

平成 29 年度
「自動走行支援通信のメッセージセット
及びプロトコルに関する調査検討」
の請負報告書

平成 30 年 3 月

沖電気工業株式会社

目次

1.	自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討の概要	1
1.1.	調査検討の目的	1
1.2.	調査検討の背景	1
1.3.	調査検討の前提条件	1
1.4.	調査検討の実施項目	2
1.5.	調査検討会の設置と実施体制	7
1.6.	審議経過	7
2.	自動走行支援通信の通信要件の検討	9
2.1.	通信要件検討の実施方法	9
2.2.	自動走行向けの通信活用ユースケースの調査	10
2.2.1.	自工会検討 UC 及び ITS 無線通信活用の位置づけ	10
2.2.2.	UC2：走行車両が収集した緊急ハザード情報を路側インフラへ伝達（路車間通信）	12
2.2.3.	UC3：走行車両から収集した緊急ハザード情報を上流インフラから走行車両へ再配信（路車間通信）	14
2.2.4.	UC4：緊急回避事象が発生した際に、後続車両に緊急ハザード情報を配信（車車間通信）	16
2.2.5.	UC5：上流インフラから取得した対向車線の緊急ハザード情報を対向車に再配信（路車間通信、車車間通信）	19
2.2.6.	UC6：本線合流車両へ、本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、合流を円滑化（路車間通信）	22
2.2.7.	UC7：本線車両へ、IC での合流車の出現タイミングを伝達し、合流を円滑化（オプションユースケース）（路車間通信）	24
2.2.8.	UC8：本線合流や車線変更の際に、関係車両間で相互の走行情報を交換し円滑な合流・車線変更を行う（車車間通信）	26
2.3.	前提条件の整理	33
2.4.	通信活用モデルの検討	34
2.4.1.	UC2	34
2.4.2.	UC3	35
2.4.3.	UC4	35
2.4.4.	UC5	36
2.4.5.	UC6	37
2.4.6.	UC7	37
2.4.7.	UC8	38

2.5.	通信要件の抽出	39
2.5.1.	H28年度の自工会検討 UC の要件抽出からの変更点.....	39
2.5.2.	自工会検討 UC2～8 の通信要件の抽出結果	40
2.6.	自動走行支援通信の通信要件の検討のまとめ.....	42
3.	自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討.....	51
3.1.	メッセージセット及びプロトコル検討の実施方法.....	51
3.2.	メッセージセット検討	52
3.2.1.	既存メッセージセット規格との比較分析	52
3.2.2.	自工会検討 UC のメッセージセット内容の分類、共通化.....	56
3.2.3.	セキュリティ調査.....	60
3.2.4.	パケット分割／再結合.....	61
3.2.5.	パケット構成（案）	63
3.3.	プロトコル検討	67
3.3.1.	通信仕様素案（候補通信方式：ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109） ...	67
3.3.2.	通信仕様素案（候補通信方式：ARIB STD-T75）	67
3.4.	自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討のまとめ	69
4.	メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討.....	83
4.1.	メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討の実施方法.....	83
4.2.	メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討	84
4.2.1.	電波伝搬モデル検討	84
4.2.2.	評価条件	87
4.2.3.	有効性の机上検討結果：UC2.....	91
4.2.4.	有効性の机上検討結果：UC3.....	113
4.2.5.	有効性の机上検討結果：UC4.....	131
4.2.6.	有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）	152
4.2.7.	有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）	170
4.2.8.	有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）	186
4.2.9.	有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）	208
4.2.10.	有効性の机上検討結果：UC6.....	226
4.2.11.	有効性の机上検討結果：UC7.....	244
4.2.12.	有効性の机上検討結果：UC8.....	262
4.2.13.	有効性の机上検討結果：ARIB STD-T75	298
4.3.	メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討のまとめ	299
5.	まとめ.....	323
5.1.	成果まとめ	323
5.1.1.	全体	323

5.1.2. 自動走行支援通信の要件の検討.....	326
5.1.3. 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討.....	334
5.1.4. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討.....	347
5.2. 課題まとめ	369
6. 【付属資料 1】平成 29 年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討 実施体制及び構成員名簿.....	371
6.1. 実施体制.....	371
6.2. 構成員名簿	372
7. 【付属資料 2】平成 29 年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討 議事録集.....	373
7.1. 第 1 回会合議事録	373
7.2. 第 2 回会合議事録	382
7.3. 第 3 回会合議事録	390

1. 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討の概要

1.1. 調査検討の目的

SIP「自動走行システム」関連事業のこれまでの成果や、日本自動車工業会（以下、自工会）における検討状況、欧米における関連する ITS 無線通信の仕様検討状況等を踏まえ、自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコル策定に係る調査検討を行う。

1.2. 調査検討の背景

調査検討実施にあたっての背景を、自動走行の実現へ向けた取り組みと自動走行支援通信のメッセージセット、プロトコル策定の必要性の観点から以下に記す。

- ・ 自動走行の実現へ向けた取り組み

道路交通のさらなる円滑化や交通事故の削減、さらには高齢者等の移動支援やドライバ不足の対応など、自動走行の実現は従来の道路交通・移動に係る社会的課題の解決に資するものと期待され、政府や民間事業者等による実現へ向けた取り組みが加速している。

高度な自動走行システムの実現のためには、車車間通信・路車間通信を利用して、先読み情報を含めた車両の周辺情報の収集や車両間の調停等を行うことが有効であり、高速道路における合流シーンなどドライバによる複雑な判断が要求される場面において、円滑な自動走行を行うために通信の利用は不可欠である。

自動走行向けの通信活用ユースケース（高速道路における合流支援等）を想定しつつ、当該ユースケースに対応する通信技術の開発や実証実験による実際の道路交通環境下での通信成立性の検証等が実施されてきた。

- ・ 自動走行支援通信のメッセージセット、プロトコル策定の必要性

実際に車車間通信・路車間通信技術を自動走行システムに適用していくためには、ターゲットとなる自動運転レベルを明確にしたうえで、具体的な通信活用ユースケースに応じて ITS 無線通信要件を設定し、これを基に自動走行を支援する車車間通信・路車間通信（自動走行支援通信）のメッセージセットとプロトコルを策定する必要がある。

1.3. 調査検討の前提条件

調査を実施するにあたって考慮した前提条件を以下に示す。

- ・ 調査検討で扱う自動走行支援通信は、自動運転レベル 2・3 の自動走行車を対象とした以下の表 1.3-1「自動走行支援通信のステージ」におけるステージ 2-2 の通信も見据えつつ、ステージ 2-1 の通信を主な検討対象とする。また、自動走行車は自律センサをベースとして自動運転を行うこととし、車両挙動の安定化や交通流の円滑化など補助的な目的で通信を使用することとする。

- ・ 調査検討にあたっては、平成 28 年度に実施された「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」及び平成 26 年度～28 年度に実施された「自動走行システムに必要な車車間通信・路車間通信技術の開発」の検討結果を踏まえる。
- ・ 調査検討にあたっては、自工会における自動走行への ITS 無線通信の活用に関する検討状況を踏まえる。また、最新の ITS 無線通信の規格化、標準化の動向を踏まえる。

表 1.3-1：自動走行支援通信のステージ

ステージ	サービス	対象	送信情報	通信状態の確認	通信の相手方	通信の形態
1	安全運転支援	人間のドライバー (自動走行車)	・車の現在の情報(位置、速度、操舵等) ・インフラ関連情報 (信号情報、路側センサー情報等)	受信確認 無	・周辺の車 ・路側インフラ	V2V型 V2I型
2-1 ※検討 対象	自動走行支援 (高速道路)	自動走行車 (自動運転 レベル2・3)	・自動走行車の判断 (車線変更、合流、緊急回避等) ・周辺状況(周辺の車の認識状況、落下物等)	受信確認 有	・周辺の車 ・路側インフラ	V2V型 V2I型
2-2	自動走行支援 (一般道)	自動走行車 (自動運転 レベル2・3)	・自動走行車の判断(右左折、停車等) ・周辺状況(周囲の歩行者の認識状況等)	受信確認 有	・周辺の車 ・路側インフラ	V2V型 V2I型
特-1	自動走行支援 (隊列走行)	自動走行車 (隊列走行車)	・電子牽引 (動作モニタ情報、周辺画像情報等)	常時監視	・隊列内車	V2V型
特-2	自動走行支援 (限定空間)	自動走行車 (自動運転 レベル4)	・管制(動作モニタ情報、緊急停止等)	常時監視	・自動走行車 管制センター	V2I型
3	協調型 自動走行	自動走行車 (自動運転 レベル4・5)	・自動走行車搭載AI同士の調停 (渋滞時の車線変更・合流等)	要求に 対する 応答	・調停相手車 (ただし周辺の車も調停 内容を知る必要あり)	V2V型

1.4. 調査検討の実施項目

本調査検討の実実施計画及び実施範囲を、表 1.4-1 に示す。表 1.4-1 の赤枠部分が本調査検討の実施範囲である。

本調査検討における実施項目（1）では、自動走行の通信活用ユースケースを想定した車車間・路車間通信の通信要件を抽出し、H27 年度以降に ITS 情報通信システム推進会議（以下、ITS FORUM と記す）及び平成 28 年度に「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」において検討された通信要件との相互検証を行う。また、相互検証を行いつつ、実施項目（2）のシミュレーション評価等の机上検討に必要な条件を明確にする。

本調査検討は、本年度の調査検討結果を踏まえ、次年度に調査検討内容のさらなる精緻化・詳細化を図る予定である。具体的に、本年度は自動走行支援通信のメッセージセット案及びプロトコル案を検討し、当該案の有効性を机上検討する。次年度は、本年度検討したメッセージセット案及びプロトコル案に基づく自動走行支援通信による効果の詳細について、自律型システムのみに基づく自動走行車の挙動を通信の活用によりどのように改善するか等をシミュレーション等により検証・評価し、メッセージセット案及びプロトコル案を改善する予定である。

表 1.4-1：調査検討の実施計画

※表中の赤枠部分が H29 年度実施の本調査検討の実施項目と成果

	実施項目	成果
H27(2015)年度 ※ITS FORUMにおける活動	・既存のITS無線通信をベースとした可能性検討	・可能性検討(特定サービスの要件検討、課題抽出等)
H28(2016)年度 ※H28請負作業	(1) 自動走行向けの通信要件検討 (2) 自動走行向けITS無線通信手順の検討 (3) 自動走行向けITS無線通信手順の通信性能の机上検証	・自動走行向けITS無線通信の導入可能性検討 ・通信仕様案の検討
H29(2017)年度	(1) 自動走行支援通信の通信要件の策定 (2) 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定	・自動走行向けITS無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案の検討(ステージ2-1) ・通信活用モデル、通信要件、ITS無線通信の有効性と課題まとめ(自動運転レベル2、3)
H30(2018)年度以降 ※H29仕様書より	・さらなる精緻化・詳細化(シミュレーション等による検証・評価)	・自動走行車の挙動の通信活用による改善を検証・評価 ・メッセージセット案及びプロトコル案の改善

実施計画に基づき調査検討の目的を達成するための実施項目と成果目標を以下に示す。
また、調査検討全体の実施フローを図 1.4-1 に示す。

【実施項目】

(1) 自動走行通信の通信要件の検討

自動運転レベル 2・3 の自動走行向けの通信活用ユースケースを調査・分析し、ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討を実施する上での前提条件を整理するとともに、通信要件を抽出する。

ア 前提条件の整理

具体的な通信活用ユースケース(自動運転レベル 2・3 の自動走行車における車線変更支援、合流部走行支援、緊急ブレーキ回避、交通障害事象発生情報収集・通知、緊急車両通過のための車線変更等)に対して、車両密度・速度や電波伝搬環境等の道路環境条件、対象車種やアンテナ設置位置、自律型システムの装備等の車両条件、及び、想定する送信情報、通信状態の確認、通信の相手方、通信形態及び電波伝搬モデル等の通信システム条件といった調査検討を実施する際の前提条件をユースケース毎に整理する。

イ 通信活用モデルの検討

ユースケース毎に、(1)アの前提条件で整理した自律型システムと組み合わせて自動運転レベル2・3の自動走行を支援する通信活用のモデルを検討する。また、それぞれの通信活用モデルにおいて、通信を活用することによる車両挙動の安定化や交通流の円滑化等の改善効果を検討し、技術的な困難性や実用化の難易度等を踏まえて検討した通信活用モデルを整理する。

ウ 通信要件の検討

(1)アの前提条件及び(1)イの通信活用モデルを踏まえて、ユースケース毎に目標通信品質や通信距離、データサイズ、通信頻度、送信車両台数、通信遅延等の通信要件を抽出する。

(2) 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討

上記(2)で抽出した通信要件より、自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルを検討した上で、当該メッセージセット及びプロトコルの有効性について机上検討する。

ア 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討

上記(1)で抽出した通信要件より、自動走行向けの通信活用ユースケースを実現するための ITS 無線通信手順を検討し、ステージ2-1における ITS 無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案としてまとめる。なお、検討にあたっては、これまで国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討、規格化されてきた ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 の通信仕様を参考にする。

イ 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討

上記(2)アで検討したメッセージセット案及びプロトコル案について、当該案による自動走行支援通信が(1)イで検討した改善効果に対してどの程度有効であるか机上検討を行う。

【成果目標】

欧米における車車間・路車間通信の仕様検討状況を踏まえつつ、今後の実機評価や実験用ガイドライン等の策定に向けた自動走行支援通信のメッセージセット案及びプロトコル案をまとめる。

- ・ ステージ2-1の自動走行向けの通信活用ユースケースを想定した ITS 無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案のまとめ
- ・ 自動運転レベル2・3の自動走行を支援する通信活用モデル、通信要件、ITS 無線通信の有効性と課題のまとめ

なお、欧米では LTE や Wi-Fi の ITS 利用が検討されており、国内でも ITS FORUM (無線方式検討 TG) において LTE 適用検討が開始されているが、本調査検討では、まず 700MHz 帯及び 5.8GHz 帯の ITS 無線通信を対象を絞って検討を行うことで、自動走行支援通信技術の仕様素案、検証方法を確立することを目指す。

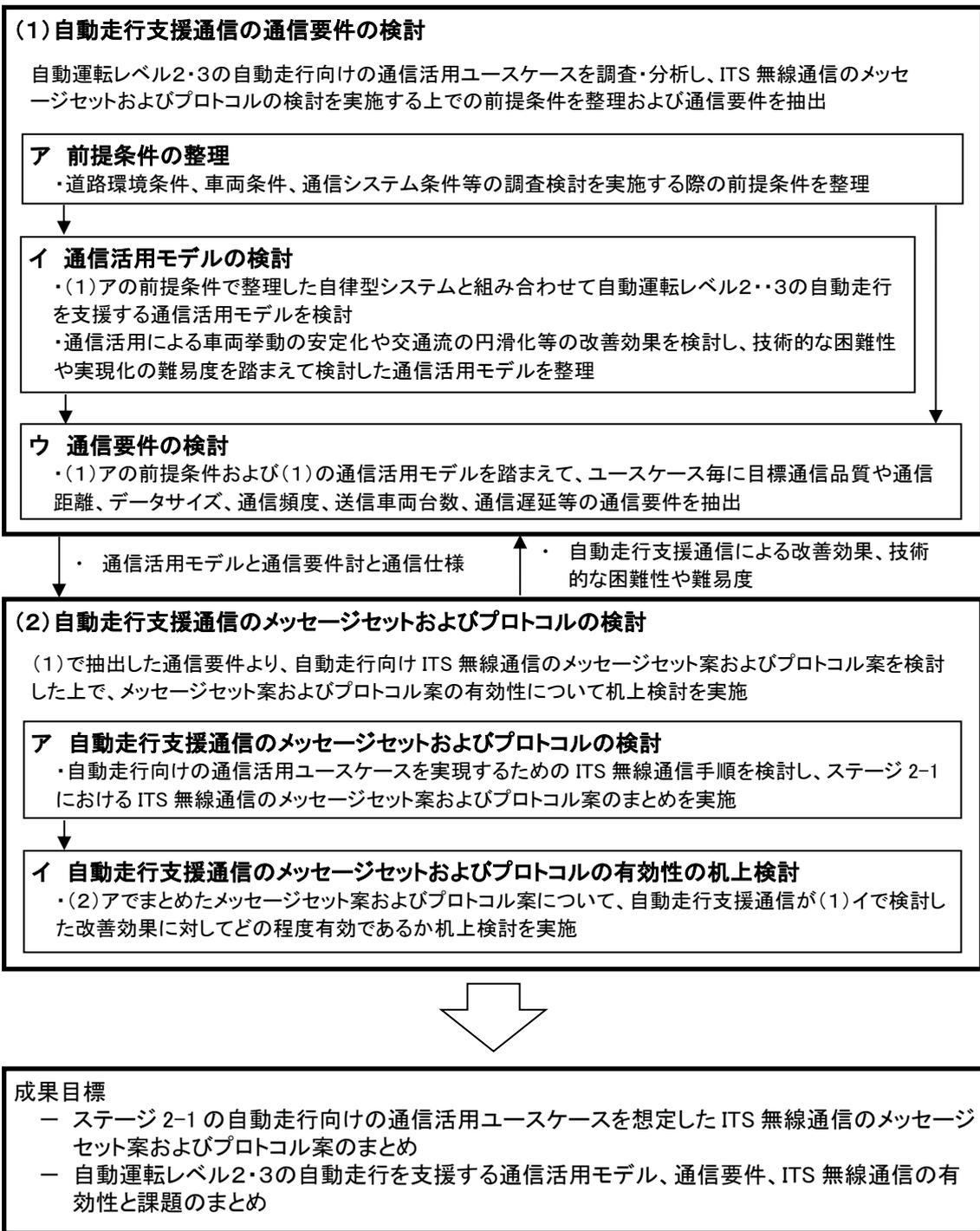


図 1.4-1：調査検討全体の実施フロー

1.5. 調査検討会の設置と実施体制

無線通信技術や運転支援・自動走行に関する専門家や学識経験者等からなる検討会を設置し、調査検討の実施内容に関する議論を実施した。具体的には、ITS 研究を実施している大学、自動車メーカー、ITS 通信機器メーカー、無線通信標準化に関わる団体から有識者に参加頂いた。また、自動車メーカーの構成員には、自工会や SIP における議論や情報の展開も担当してもらった。

なお、通信要件まとめの実施にあたっては ITS 情報通信システム推進会議（以下、ITS FORUM と記す）、特に無線方式検討 TG と連携して開催した。

調査検討会の実施体制及び構成員名簿、ならびに調査検討会における議論の詳細を議事録として、それぞれ 6 章【付属資料 1】ならびに 7 章【付属資料 2】に示す。

1.6. 審議経過

自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会は、全 3 回開催した。

- ・ 第 1 回 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
(2017 年 10 月 19 日)
 - 主査の選出。
 - 検討会設置規程の確認、調査検討概要の説明。
 - 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査の進め方を提示。自工会の検討内容及び安全運転支援等、国内外の既存の規格を調査・参考とすることで承認を得た。
 - 通信要件の抽出方法を提示。セキュリティの検討への反映方法について議論が行われた。
 - 通信仕様を検討するにあたり、国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討・規格化されてきた、ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 の通信仕様を参考とすることで承認を得た。
 - メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討の進め方を提示。採用する電波伝搬モデルやシミュレーション評価の方法について議論が行われた。また、シャドウイングの反映については、次年度以降の課題とすることで承認を得た。
 - 全体の実施計画を提示し承認を得た。

- ・ 第 2 回 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
(2017 年 12 月 21 日)

- 前回会合で議論した課題、アクションアイテムについて、対応方法を提示し承認を得た。
 - 今年度自工会にて検討中のユースケース（案）について、説明、議論が行われた。
 - 自工会検討メッセージ内容と国内外既存メッセージの比較分析結果を報告。安全運転支援のメッセージセットとの共通化の可能性について議論が行われた。
 - 通信方式毎のセキュリティの反映方法について報告し承認を得た。
 - 複数 UC が同時発生した場合のメッセージセットの使い分けについて議論が行われた。次年度以降の課題とすることで承認を得た。
- ・ 第3回自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
(2018年2月26日)
- 前回会合で議論した課題、または、アクションアイテムについて、対応方法を提示し承認を得た。
 - 検討対象とした改定後の自工会検討ユースケース2～8の通信要件の抽出結果を報告。
 - 通信形態毎のメッセージセット（案）を報告。
 - ユースケース2～8に対して、机上検討結果より、検討対象とする通信方式の適用可否及び必要となる追加機能について報告。
 - 本調査検討の報告書目次案を提示し承認を得た。
 - 成果まとめ案について説明し、記載する課題について、意見交換を実施。

2. 自動走行支援通信の通信要件の検討

本章では、自動運転レベル 2・3 の自動走行向け通信活用ユースケース（以下、UC）を調査・分析し、ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討を実施する上での前提条件を整理するとともに、UC 毎に通信要件を抽出する。

2.1. 通信要件検討の実施方法

図 2.1-1 に、本章における自動走行支援通信の通信要件の検討の流れを示す。

まず、2.2 節にて、自工会にて検討された自動走行向けの通信活用 UC を中心に調査・分析し、本調査検討で対象とする自動運転レベル 2・3、特にステージ 2-1 の UC を抽出する。続いて、2.3 節にて、抽出した UC に対して、道路環境条件、車両条件、及び通信システム条件といった検討を実施する際の前提条件を整理する。さらに、2.4 節では、2.3 節の前提条件を踏まえて、レベル 2・3 の自動走行を支援する通信活用のモデルを検討する。最後に 2.5 節にて、前提条件及び通信活用モデルを踏まえて、目標通信品質や通信距離、データサイズ、通信頻度、送信車両台数、通信遅延等の通信要件を UC 毎にまとめる。

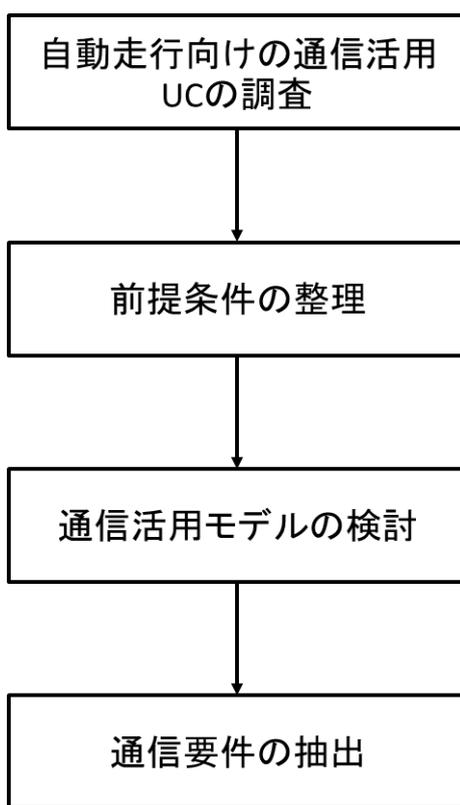


図 2.1-1：自動走行支援通信の通信要件の検討の流れ

2.2. 自動走行向けの通信活用ユースケースの調査

本節では、自工会にて検討された自動走行向けの通信活用 UC を中心に調査する。

2.2.1. 自工会検討 UC 及び ITS 無線通信活用の位置づけ

自工会では、検討対象とする UC の改定が行われた（「自動走行向け ITS 無線通信活用シーンと通信手順（案）」版 3、2018 年 1 月）。表 2.2-1 及び図 2.2-1 に、改定後の自動走行向け通信活用 UC 一覧及び概要を示す。

本調査検討では、自動走行支援通信のステージ 2-1 に該当する自工会検討 UC1～8 の中で、特に UC2～8 を対象とする。なお、UC1 に関しては、自工会における今後の具体的なメッセージ内容等の検討に基づいて、メッセージサイズの見積もりや通信方式の検討を行う必要がある。

表 2.2-1：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 一覧

本調査検討対象UC

UC No.	情報種別	通信形態	内容	備考
1	先読み情報	路車間	自立センサでは検知できない先の情報として渋滞情報、料金所情報、臨時走行レーン情報などを取得し、未然に経路、車線選択を行うことで走行を円滑化する	追加UC
2	車両からの緊急ハザード情報発信	路車間 (UL)	走行車両が収集した緊急ハザード情報を路側インフラへ伝達	旧UC3に相当
3		路車間 (DL)	走行車両から収集した緊急ハザード情報を上流インフラから走行車両へ再配信	追加UC
4		車車間	緊急回避事象が発生した際に、後続車両に緊急ハザード情報を配信	旧UC2に相当
5		路車間	上流インフラから取得した対向車線の緊急ハザード情報を、対向車に再配信	旧UC4 (路車間) に相当
		車車間		旧UC4 (車車間) に相当
6	合流／車線変更支援情報	路車間 (DL)	本線合流車両へ、本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、合流を円滑化	追加UC
7	8	路車間 (DL)	本線走行車両へ、ICでの合流車の出現タイミングを伝達し、合流を円滑化	追加UC
		車車間	本線合流や車線変更の際に、関係車両間で相互の走行情報を交換し円滑な合流・車線変更を行う	旧UC1に相当
9	隊列走行支援情報	車車間／路車間	追従走行する大型トラック間で相互に走行情報を伝達し、隊列走行を形成 一般自動運転車割込み時の走行調停を合わせて行う（一時的な混合走行の許容と離脱推奨、離脱後の隊列再形成など）	具体的支援内容が定まるまでは保留

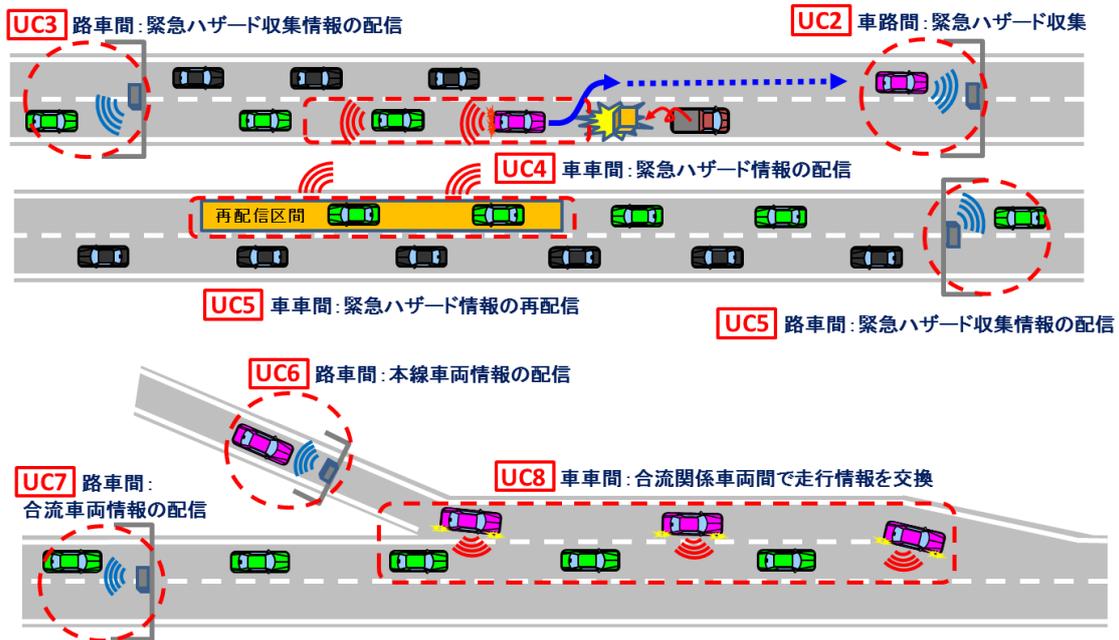


図 2.2-1：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 概要（UC2～8）

表 2.2-2 に、自工会が想定する自動走行向け ITS 通信活用の位置づけ等を示す。これらは、ITS FORUM の無線方式検討 TG と自工会の議論、整合結果を踏まえて整理されたものである。

表 2.2-2：ITS 無線通信活用の位置づけ、効果等

項目	前提条件
自動走行支援 通信活用の 位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律自動運転に対してあくまで支援を行う情報の位置づけ ● 通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮し、必ずしも通信情報が届かなくても自律系で自動走行が出来ることが前提
期待する効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律処理系の中に通信情報を加えることで、周囲の状況判断を早くできるようになることから、自動走行の際の判断の迅速性や確実性を高めることを目的とする
検討の内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動運転の通信活用ユースケースを実現するための情報内容、通信手順を明確にし、活用シーンにおける通信対象車両（収容台数）を考慮して、通信が確実に行える通信容量となる通信方式を検討する ● 尚、活用シーンとしては自動運転の実用化時期の早い高速道路を想定する
通信相手車両の 特定	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信相手車両を特定して相互通信を行う必要があるが、その特定方法として、位置座標のみとした場合、現状の測位精度では信頼性の高い特定が困難と判断し、位置座標の他に自車のセンサ（レーダー・カメラ）で認識している周辺車両情報を走行車線情報とあわせて用いて特定する方法を想定する

以下に、自工会検討資料をもとに、表 2.2-1 の UC2～8 の概要を示す。

2.2.2. UC2：走行車両が収集した緊急ハザード情報を路側インフラへ伝達（路車間通信）

(1) 目的

自動運転車に搭載のセンサや走行履歴などにより、道路上で発生している交通障害を高精度位置とともに路側にアップリンクし、路側センサ配備を補完するとともに緊急性の高い情報の早期配信に繋げる。

【ハザード情報例】

① 自車で検出するハザード

落下物や故障車、逆走車、渋滞末尾など相対速度が大きい物体を検知し、緊急減速などを行った履歴

上記ハザード情報を発生地点と共に蓄積し、次に通過する路側インフラにアップリンクする。路側では、アップリンク情報の緊急度・アップ頻度などを考慮してインフラからの情報配信可否を判断する。

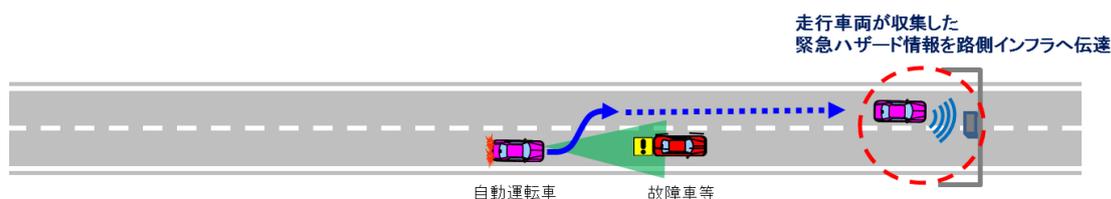


図 2.2-2：UC2（路車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99% (仮) を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

インフラを通過する際の路車間通信をトリガとして、収集したハザード情報をプローブ情報とは別情報の緊急処理情報として路側にアップリンクする通信方式を想定する。

(4) 通信対象想定

インフラを通過するのは車頭時間 1 秒とすると 1 秒当たり 1 回、片側 3 車線として同時通過は 3 台として秒 3 回通信すると想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-3 に、UC2 の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-4 に、UC2 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは計 405byte である。

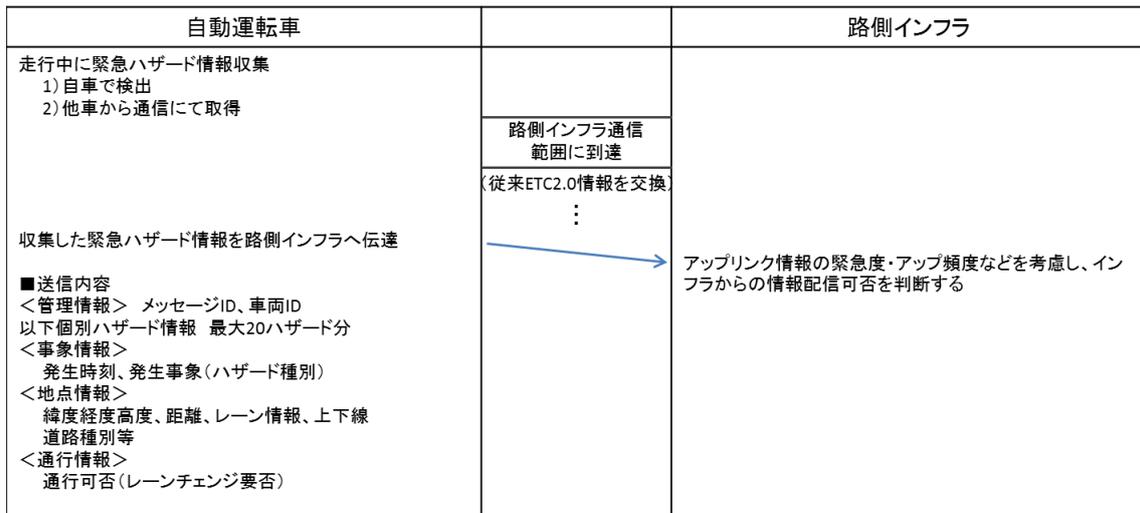


図 2.2-3 : UC2 の情報交換シーケンスと通信内容

①通信情報内容(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
以下個別ハザード情報 max20ハザード分	
<事象情報>	
発生時刻	32bit
発生事象(ハザード種別)	8bit
<地点情報>	
緯度経度高度	88bit
距離	16bit
レーン情報/上下線	4bit
道路種別等	8bit
<通行情報>	
通行可否(レーンチェンジ要否)	2bit
トータルメッセージサイズ	405byte

図 2.2-4 : UC2 のメッセージサイズ

2.2.3. UC3：走行車両から収集した緊急ハザード情報を上流インフラから走行車両へ再配信（路車間通信）

(1) 目的

自動運転車などから路側に集約されたハザード情報を、ハザード発生地点の上流インフラから再配信することで緊急性の高い情報の早期配信に繋げる。

【ハザード情報例】

① 自動運転車が検出するハザード

落下物や故障車、逆走車、渋滞末尾など相対速度が大きい物体を検知し、緊急減速などを行った履歴

路側では、自動運転車からのアップリンク情報の緊急度・アップ頻度などを考慮し、インフラからの情報配信可否を判断した上で配信を行う。

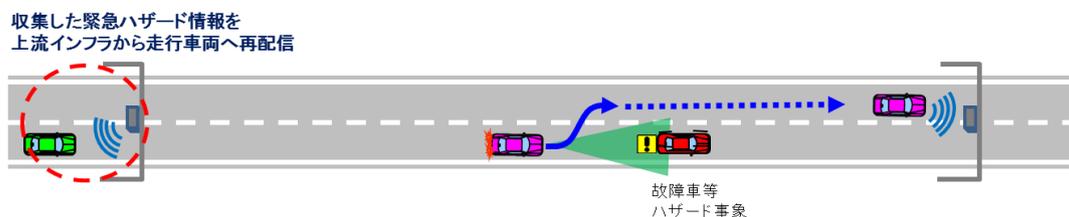


図 2.2-5：UC3（路車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99% (仮) を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

インフラを通過する際の路車間通信として、従来 VICS の配信情報に加えて緊急ハザード情報を送信することを想定する。

(4) 通信対象想定

インフラを通過するのは車頭時間 1 秒とすると 1 秒当たり 1 回、片側 3 車線として同時通過は 3 台として秒 3 回通信すると想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-6 に、UC3 の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-7 に、UC3 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは計 405byte である。

自動運転車		路側インフラ
	路側インフラ通信 範囲に到達 (従来ETC2.0情報に加え) 緊急ハザード情報を路から受信 …	UC2におけるアップリンク情報の緊急度・アップ頻度などを考慮し、インフラからの情報配信可否を判断する ■送信内容 <管理情報> メッセージID、路側機ID 以下個別ハザード情報 最大20ハザード分 <事象情報> 発生時刻、発生事象(ハザード種別) <地点情報> 緯度経度高度、距離、レーン情報、上下線 道路種別等 <通行情報> 通行可否(レーンチェンジ要否)

図 2.2-6 : UC3 の情報交換シーケンスと通信内容

①通信情報内容(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
以下個別ハザード情報 max20ハザード分	
<事象情報>	
発生時刻	32bit
発生事象(ハザード種別)	8bit
<地点情報>	
緯度経度高度	88bit
距離	16bit
レーン情報/上下線	4bit
道路種別等	8bit
<通行情報>	
通行可否(レーンチェンジ要否)	2bit
トータルメッセージサイズ	405byte

図 2.2-7 : UC3 のメッセージサイズ (自工会検討結果)

2.2.4. UC4：緊急回避事象が発生した際に、後続車両に緊急ハザード情報を配信（車車間通信）

(1) 目的

自動運転車が緊急減速や緊急車線変更を行った場合に後続車へ緊急ハザード情報を伝送することで、後続車の円滑な回避制御や、必要に応じて自動走行制御の支援レベルの変更を実現する。

【ハザード情報例】

- ① 発生した緊急回避行動種別
発生地点及び緊急制動、緊急車線変更など
- ② 原因（判る場合）
対象物情報（速度、車両種別）

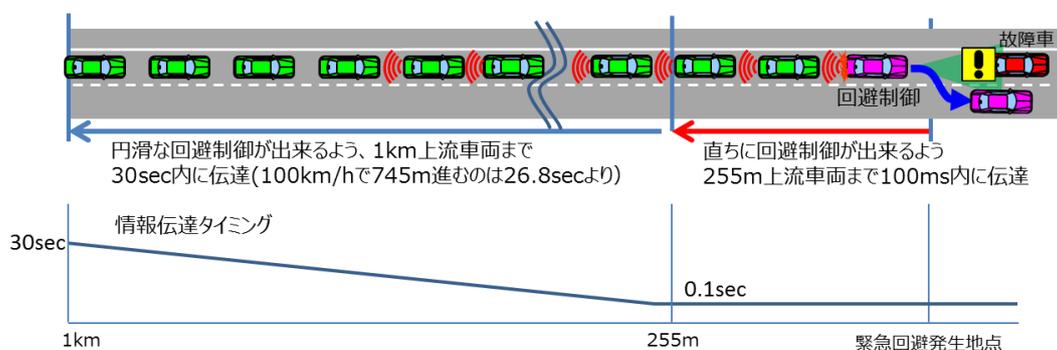


図 2.2-8：UC4（車車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ ハザードに対する回避制御を行うために、ハザード発生地点からの距離に応じた図示するタイミング以内で情報を伝達させる
- ・ その際に情報を再配信する場合は以下に留意する
 - 1)同一情報を複数の車両から同じタイミングで発信しない
 - 2)鮮度の古い情報は発信しない（1時間以内）
 - 3)路側インフラより同一情報が配信されたら発信しない
- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては99%(仮)を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする

(3) 通信方法案

- ・ 緊急ハザード事象を迅速に255m以内の後続車へ確実に伝送できる通信方式として、緊急ハザード事象発生後からハザード発生地点を通過するまでの間で通信を2秒毎に実施し、直接伝達することを想定

- ・ 車群を越えた 1km 上流の後続車両まで緊急ハザード情報を到達させるため、ハザード地点の上流 750m(仮) までの範囲の後続車両は、緊急ハザード情報を受信した際に緊急ハザード情報をハザード地点を通過するまで、上記と同様に再配信し、750m 以上で受信した場合は、750m 地点に到達後に再配信動作を行うことを想定する
- ・ 但し、同一ハザード情報発信が同時多発しないよう、以下の場合には再配信は行わない事とする
 - 1) 自車より後方の車両が再配信を行った場合
 - 2) ハザード発生より 1 時間以上経過している場合
 - 3) 上流路側インフラより同一地点のハザード情報を取得している場合
 - 4) 上流路側インフラより同一地点のハザード解消情報を取得している場合
- ・ また、複数車両が同時に同一メッセージを送信しない様、近傍車両が同一メッセージを送信している場合は送信終了後 1 秒待つてから送信を開始する通信方式を想定する

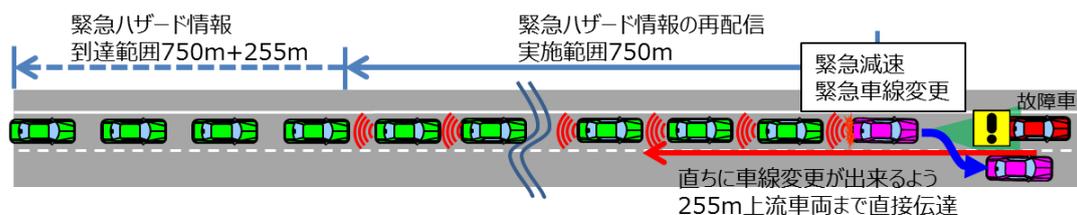


図 2.2-9 : UC4 の車車間通信による実施例

(4) 通信対象想定

通信範囲の最大通信対象車両数としては、非渋滞での走行の最悪環境として 40km/h、1 秒車間で車長 5m の乗用車が走行していると想定すると、再配信車両は最大 47 台となる。

但し、近傍車両が同一メッセージを送信している場合は、送信終了後 1 秒待つてから送信を開始する通信方式を想定しているため、1 つの緊急ハザード事象に対して実際に通信が行われるのは 1 秒に 1 回となる。

また、緊急事象であり、同一通信範囲で複数個所の複数の緊急ハザード事象は発生しないと想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-10 に、UC4 の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-11 に、UC4 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは計 39byte である。

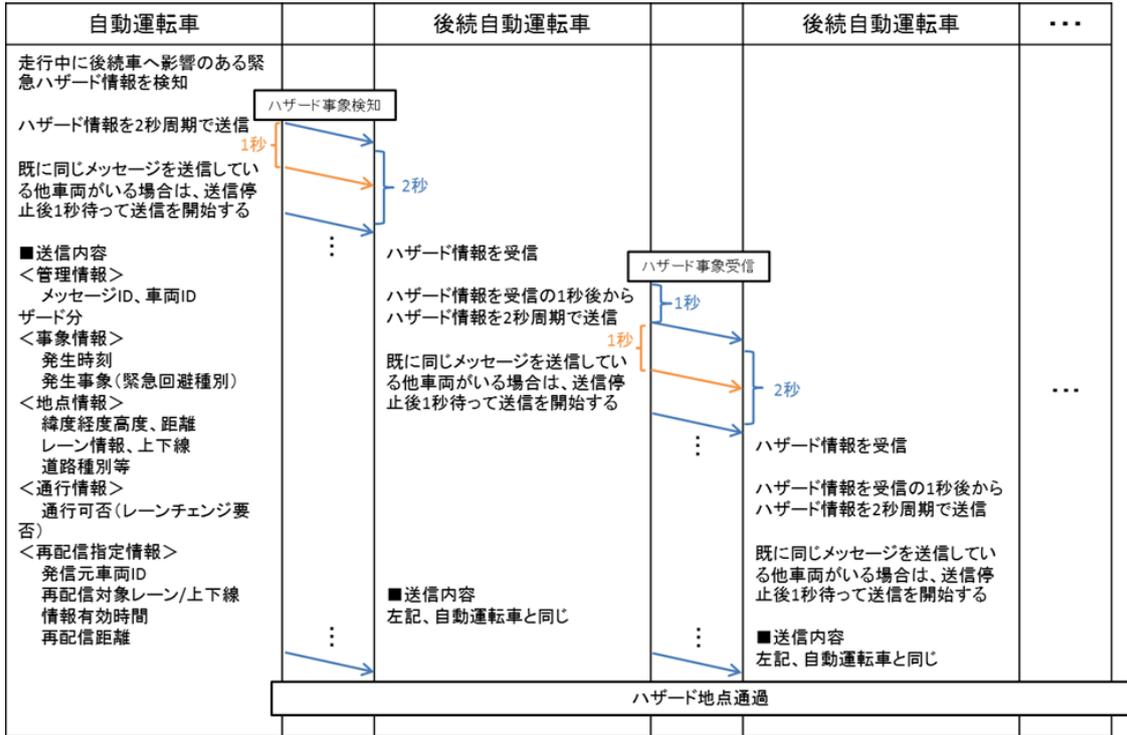


図 2.2-10 : UC4 の情報交換シーケンスと通信内容

①基本メッセージセット(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
<事象情報>	
発生時刻	32bit
発生事象(緊急回避行動種別)	8bit
対象物情報(速度、車両種別)	24bit
<地点情報>	
緯度経度高度	88bit
距離	16bit
レーン情報/上下線	4bit
道路種別等	8bit
<通行情報>	
通行可否(レーンチェンジ要否)	2bit
<配信指定情報>	
発信元車両ID	32bit
配信対象レーン/上下線	4bit
情報有効時間	32bit
再配信距離	16bit
トータルメッセージサイズ	39byte

図 2.2-11 : UC4 のメッセージサイズ(自工会検討結果)

2.2.5. UC5: 上流インフラから取得した対向車線の緊急ハザード情報を対向車に再配信（路車間通信、車車間通信）

(1) 目的

路側から受けた緊急性の高い先読み情報を、車両から対向車線の車両などへ情報再配信することで、ETC2.0のインフラ通過後の区間の配信補完を行うとともに緊急性の高い情報を早期配信を行う。

- ① 路側機より対向車線の緊急ハザード情報を取得
- ② 指定場所に到達した際にハザード情報を対向車線の走行車両に再配信する

但し、対向車線側に渋滞発生時は再配信情報が鮮度的に有効ではなくなるので再配信は行わない。

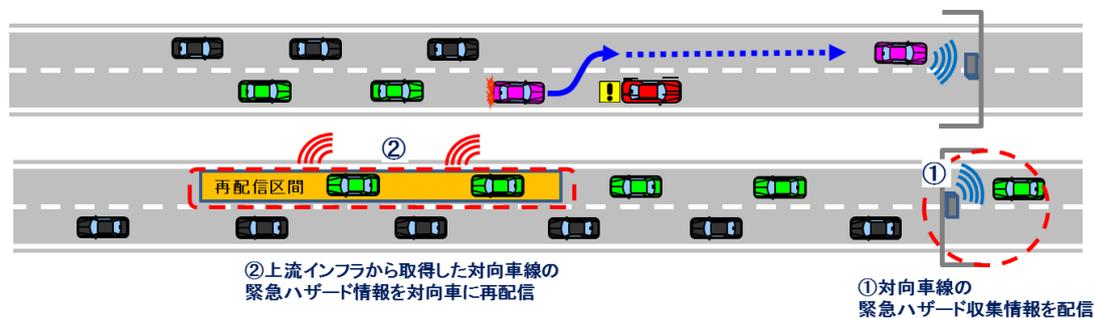


図 2.2-12 : UC5（路車間通信、車車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては99%(仮)を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

緊急ハザード情報を対向車へ再配信区間の間は2秒毎に送信することとする。また、複数車両が同時に同一メッセージを送信しない様、近傍車両が同一メッセージを送信している場合は、送信終了後1秒待ってから送信を開始する通信方式とする。

(4) 通信対象想定

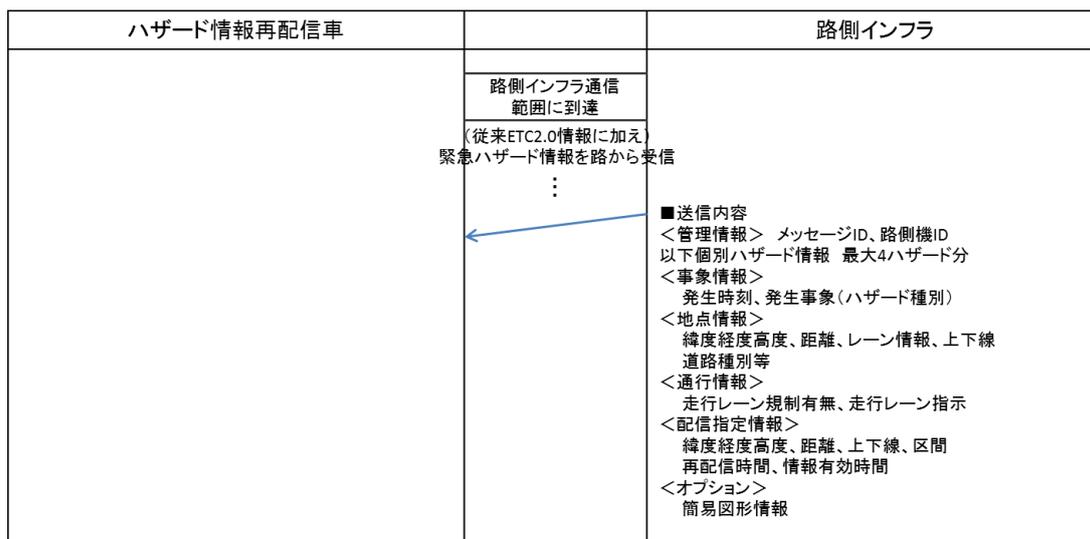
高速道路対向車線の車両:片側3車線を想定し中央分離帯を考慮して通信距離100m程度
緊急事象であり、同一通信範囲で複数個所は発生しないと想定し、緊急ハザード情報は最短で1秒おきに送信となるため、秒あたり1回送信すると想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

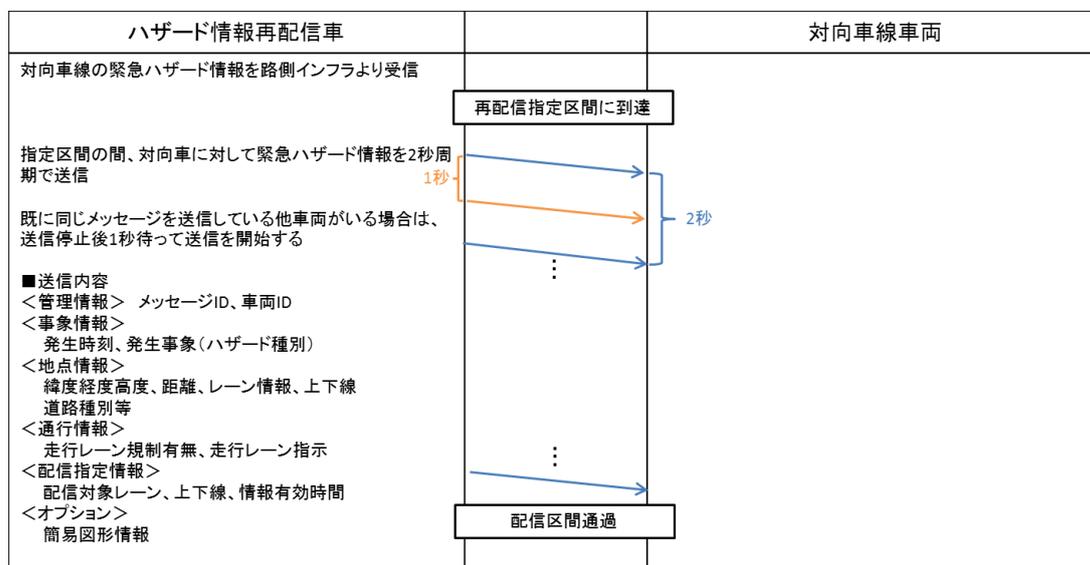
図 2.2-13 に、UC5（路車間通信および車車間通信）の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-14 に、UC5 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、路車間通信におけるメッセージサイズは、簡易図形情報を送信しない場合は計 175byte、簡易図形情報を合わせて送信する場合は計 4175byte である。また、路車間通信におけるメッセージサイズは、簡易図形情報を送信しない場合は計 30byte、簡易図形情報を合わせて送信する場合は計 1030byte である。



(a) 路車間通信



(b) 車車間通信

図 2.2-13 : UC5 の情報交換シーケンスと通信内容

①路⇒車への通信内容	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
路側機ID	32bit
以下個別ハザード情報 max4ハザード分	
<事象情報>	
発生時刻	32bit
発生事象 (ハザード種別)	8bit
<地点情報>	
緯度経度高度	88bit
距離	16bit
レーン情報/上下線	4bit
道路種別等	8bit
<通行情報>	
走行レーン規制有無/走行レーン指示	8bit
<配信指定情報>	
再配信場所	
緯度経度高度、距離、上下線、区間	124bit
再配信時間、情報有効時間	64bit
トータルメッセージサイズ	175byte
ドライバ向けに簡易図形送信時は1kb/ハザード追加となり	
トータルメッセージサイズ	4175byte

(a) 路車間通信

②車⇒車への通信内容(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車載機ID	32bit
<事象情報>	
発生時刻	32bit
発生事象 (ハザード種別)	8bit
<地点情報>	
緯度経度高度	88bit
距離	16bit
レーン情報/上下線	4bit
道路種別等	8bit
<通行情報>	
走行レーン規制有無/走行レーン指示	8bit
<配信指定情報>	
配信対象レーン/上下線	4bit
情報有効時間	32bit
トータルメッセージサイズ	30byte
簡易図形を送信する場合は+1kb	1030byte

(b) 車車間通信

図 2.2-14 : UC5 のメッセージサイズ (自工会検討結果)

2.2.6. UC6：本線合流車両へ、本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、合流を円滑化（路車間通信）

(1) 目的

合流シーンにおいては合流車と本線車が横並びしてしまうと、合流が難しくなり、状況によっては本線車の流れを乱す原因となっている。このため、合流車両に本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、加速レーン起点で到達タイミングが一致しないように走行速度制御を行い、合流の円滑化を図る。

本線車両の走行情報は路側のセンサより収集する。

最終的な合流判断・制御は自律系センサによる車線変更動作を基本とし、本支援は予め通信情報を活用することで、より円滑な合流を実現することを目的とする。

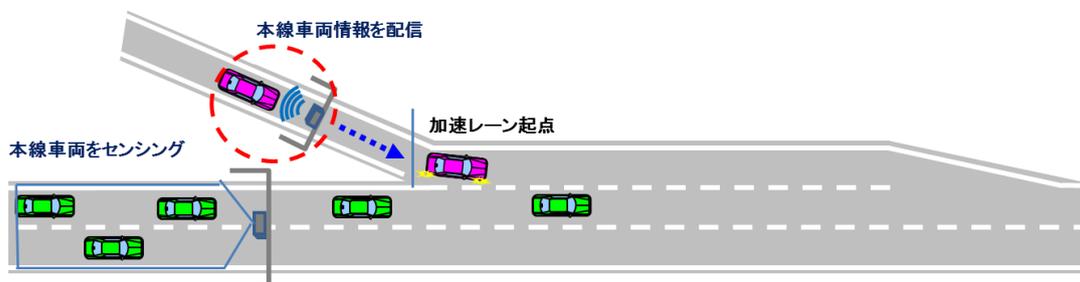


図 2.2-15：UC6（路車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99% (仮) を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

インフラを通過する際の路車間通信として、従来 VICS の配信情報に加えて本線車両の走行情報を送信することを想定する。

(4) 通信対象想定

インフラを通過するのは車頭時間 1 秒とすると 1 秒当たり 1 回、片側 2 車線として同時通過は 2 台として秒 2 回通信することを想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-16 に、UC6 の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-17 に、UC6 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは計 772byte である。

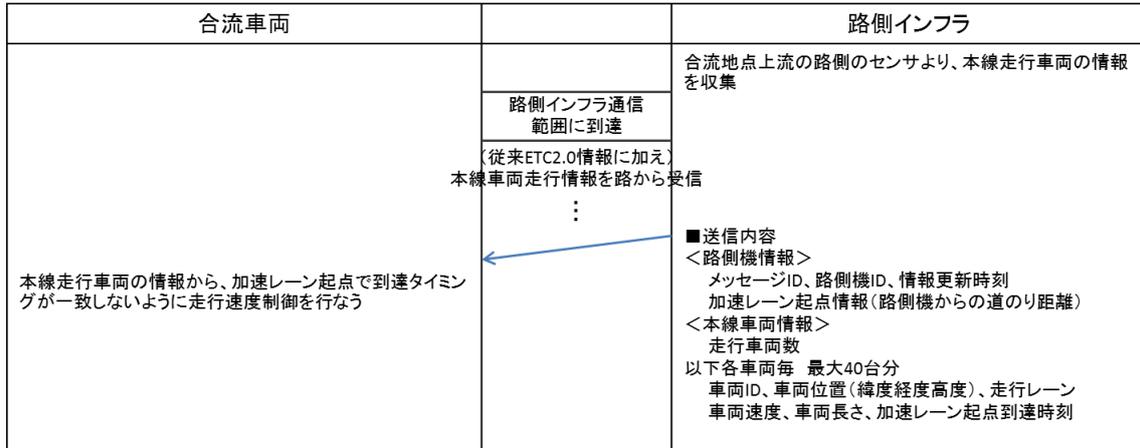


図 2.2-16 : UC6 の情報交換シーケンスと通信内容

①路⇒車への通信内容	
<路側機情報>	
メッセージID	8bit
路側機ID	32bit
加速レーン起点情報	16bit (路側機からの道のり距離)
情報更新時刻	32bit
<本線車両情報>	
走行車両数	8bit (最大40台)
以下各車両毎	
車両ID	8bit
車両位置	88bit(緯度経度高度)
走行レーン	8bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
加速レーン起点到達時刻	16bit
トータルメッセージサイズ	772byte
※走行車両数	
路側センサの検知範囲を200mと想定し、時速40km/hで車間1sec、車長5mとすると1レーンあたり13台で、全3レーンあるとするとトータル39台となるため40台で設定	

図 2.2-17 : UC6 のメッセージサイズ (自工会検討結果)

2.2.7. UC7：本線車両へ、IC での合流車の出現タイミングを伝達し、合流を円滑化（オプションユースケース）（路車間通信）

(1) 目的

合流支援は UC6 を主体的に活用することとし、本支援は合流車がある場合に本線車の急激な速度変更や、走行レーンへの車線変更などを抑制することで UC6 をより精度高く実現するための補足的な情報として活用する。

合流車両の走行情報は路側のセンサより収集する。

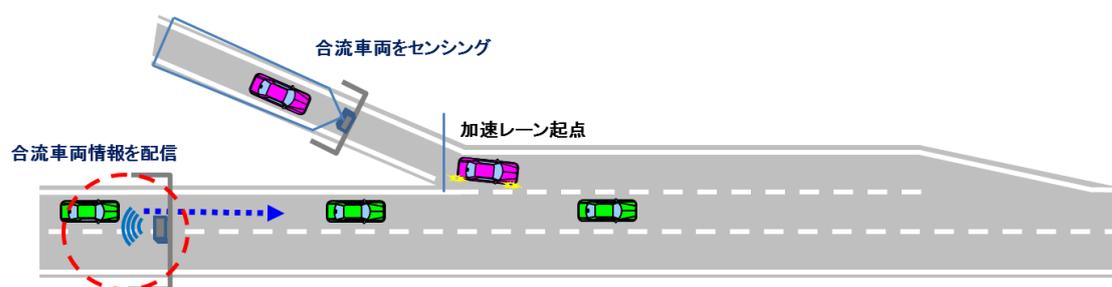


図 2.2-18：UC7（路車間通信）概要

(2) 検討の前提

- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99% (仮) を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

インフラを通過する際の路車間通信として、従来 VICS の配信情報に加えて本線車両の走行情報を送信することを想定する。

(4) 通信対象想定

インフラを通過するのは車頭時間 1 秒とすると 1 秒当たり 1 回、片側 3 車線として同時通過は 3 台として秒 3 回通信すると想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-19 に、UC7 の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-20 に、UC7 のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは計 202byte である。

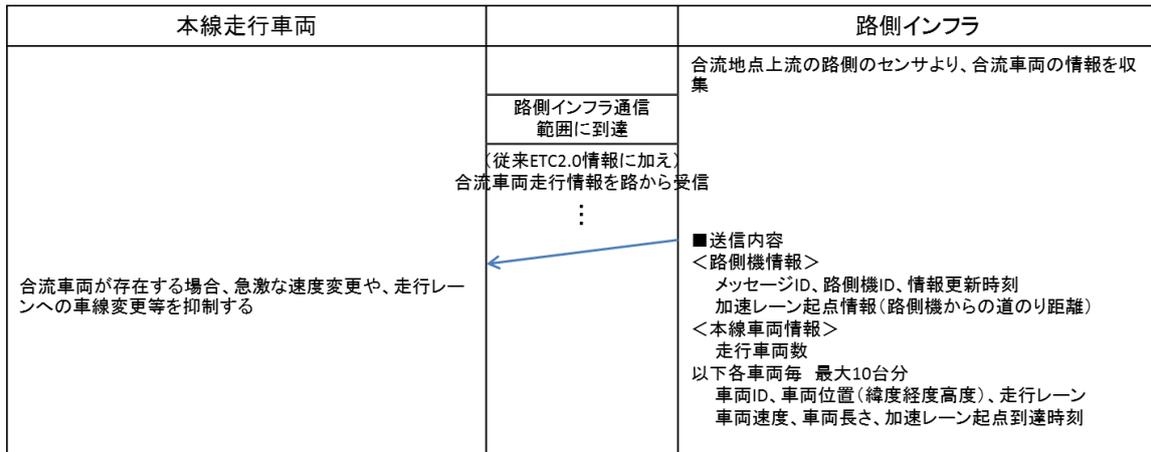


図 2.2-19 : UC7 の情報交換シーケンスと通信内容

①路⇒車への通信内容	
＜路側機情報＞	
メッセージID	8bit
路側機ID	32bit
加速レーン起点情報	16bit（路側機からの道のり距離）
情報更新時刻	32bit
＜合流車両情報＞	
走行車両数	8bit（最大10台）
以下各車両毎	
車両ID	8bit
車両位置	88bit(緯度経度高度)
走行レーン	8bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
加速レーン起点到達時刻	16bit
トータルメッセージサイズ	202byte
※走行車両数 路側センサの検知範囲を80mと想定し、時速40km/hで車間1sec、 車長5mとすると1レーンあたり5台で、全2レーンあるとするとトータル 10台となる	

図 2.2-20 : UC7 のメッセージサイズ（自工会検討結果）

2.2.8. UC8：本線合流や車線変更の際に、関係車両間で相互の走行情報を交換し円滑な合流・車線変更を行う（車車間通信）

合流箇所での支援は、路車間通信による UC6 を主として活用してゆくが、路車間インフラの整備は合流環境の厳しい地点から整備されると想定される。

将来的には通信車載機搭載車の普及率向上が見込まれることと、路車間インフラのない地点でも、円滑な合流を実現してゆくために車車間による合流・車線変更支援も活用してゆく。

車車間による合流・車線変更支援に関しては、ユースケースの活用のしやすさを考慮し、主に加速レーン起点に到達するまでに円滑に合流が実現できるよう支援する合流支援と、加速レーン起点到達後に車線変更を円滑に行えるよう支援する車線変更支援に分けて支援を実施する。

路側による合流支援がある場合や、単に車線変更を行う場合には車線変更支援のみを必要に応じて活用する。

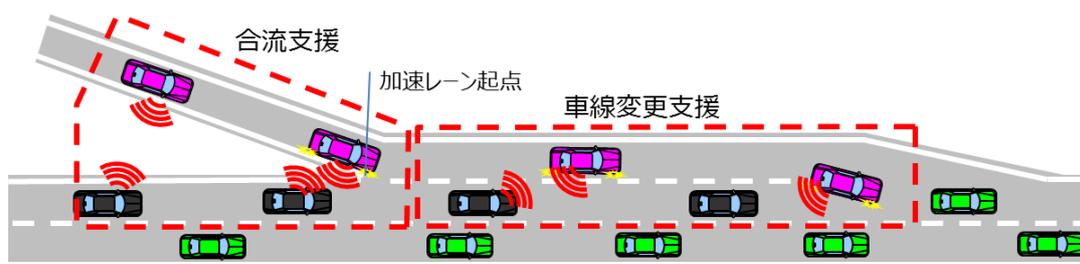


図 2.2-21：UC8（車車間通信）概要

合流支援

(1) 目的

合流シーンにおいては合流車と本線車が横並びしてしまうと、合流が難しくなり、状況によっては本線車の流れを乱す原因となっている。このため、合流車両、本線車両双方で車両の走行情報を伝達することで、加速レーン起点で到達タイミングが一致しないように走行速度制御を行い、合流の円滑化を図る。

最終的な合流判断・制御は自律系センサによる車線変更動作を基本とし、本支援は予め通信情報を活用することで、より円滑な合流を実現することを目的とする。

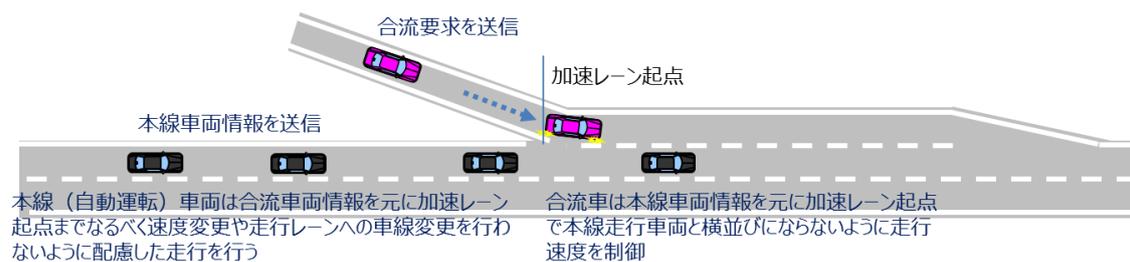


図 2.2-22 : UC8 (合流支援) 概要

(2) 検討の前提

- ・ UC6 と同等の情報を収集するために、合流車は路側インフラ設置位置通過と同じタイミングで合流要求を送信。本線車両は、路側センサ検知範囲と同等の範囲の車両がそれぞれ本線車両情報を返信する。
- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99% (仮) を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

路車インフラの整備がない合流地点で、路車インフラと同等の情報を取得できることを目的とし、以下を想定する。

- ① 合流車両は、加速レーン起点到達 5 秒前 (仮) に合流要求を送信
- ② 本線走行車両で、インフラセンサ検知範囲に想定される距離範囲内に位置する車両は自ら本線車両情報を返信 (その際、前走車までの車間距離も併せて送信)
- ③ 合流車は自車の加速レーン起点への到達時間、本線車両それぞれの到達時間などから本線車両のどの車両の間に合流するかを演算、決定する
 ※演算の結果、安全に合流が出来る間隔が確保できない場合はドライバにハンドオーバー要求する
- ④ 合流車は決定した本線車両間に加速レーン起点で到達するよう、速度制御を行ってゆく
- ⑤ 本線 (自動運転) 車両は合流要求情報を元に加速レーン起点までなるべく速度変更や走行レーンへの車線変更を行わないように配慮した走行を行う

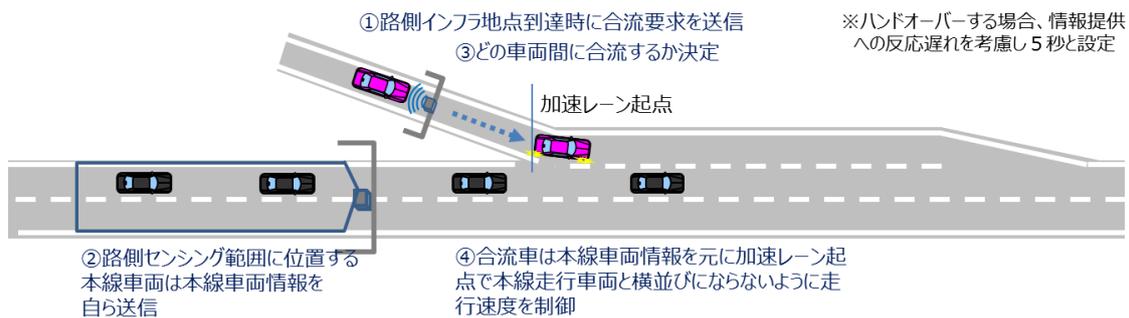


図 2.2-23 : UC8 (合流支援) 実施例

(4) 通信対象想定

合流要求を送信するのはインフラを通過するのと同様に車頭時間 1 秒とすると 1 秒当たり 1 回、片側 2 車線として同時通過は 2 台として秒 2 回通信することを想定する。

本線車情報は、センサ検知範囲内の車両台数最大 40 台が秒 2 回通信することを想定する。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-24 に、UC8 (合流支援) の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-25 に、UC8 (合流支援) のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは合流車両：計 39byte、関係車両：25byte である。

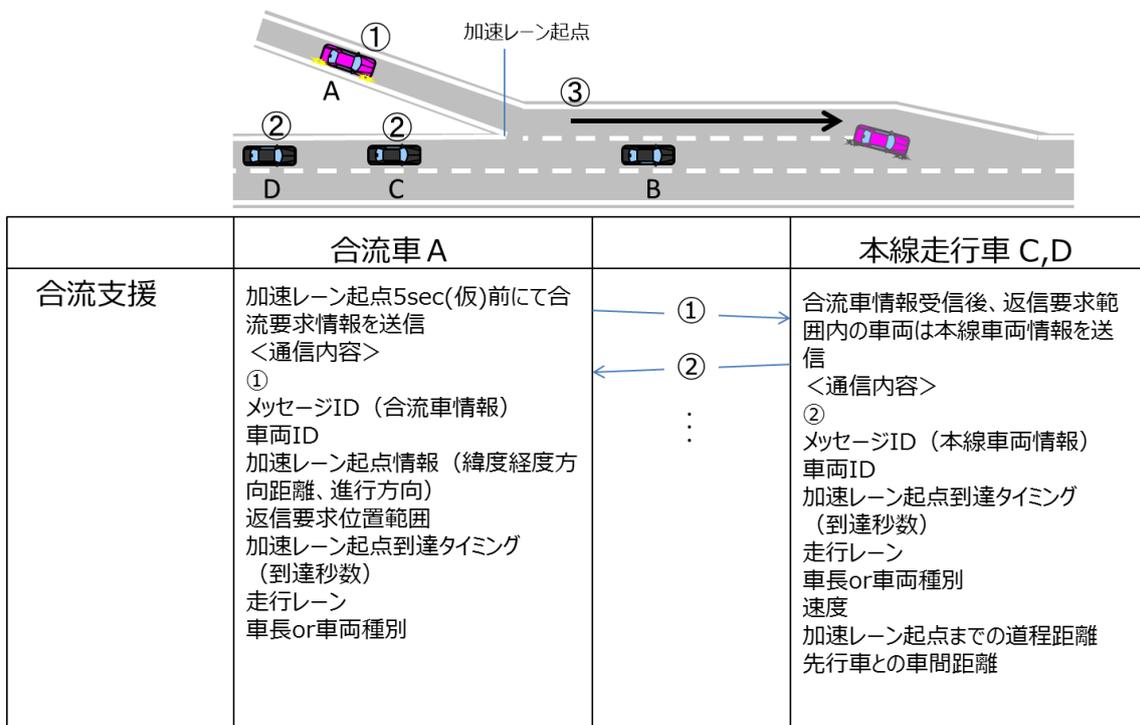


図 2.2-24 : UC8 (合流支援) の情報交換シーケンスと通信内容

①基本メッセージセット(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
<加速レーン起点情報>	
緯度経度高度	88bit
レーン情報/上下線	4bit
返信要求位置範囲(上流)	16bit
(下流)	16bit
(それぞれ加速レーン起点からの道のり距離)	
<合流車情報>	
車両位置 (緯度経度高度)	88bit
走行レーン	8bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
加速レーン起点到達時刻	16bit
トータルメッセージサイズ	39byte

(a) 合流車両

②基本メッセージセット(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
<本線車両情報>	
車両位置 (緯度経度高度)	88bit
走行レーン	8bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
加速レーン起点到達時刻	16bit
先行車との車間距離	16bit
トータルメッセージサイズ	25byte

(b) 関係 (受入) 車両

図 2.2-25 : UC8 (合流支援) のメッセージサイズ (自工会検討結果)

車線変更支援

(1) 目的

車線変更シーンにおいては、近傍車両によって遮蔽されていたり、速度差が大きく接近してくる車両については自律センサでの検知が困難となる場合がある。

このため、車線変更車両、周辺車両双方で車両の走行情報を伝達することで、車線変更先の適切な決定に寄与し、車線変更の円滑化を図る。

最終的な車線変更判断・制御は自律系センサによる車線変更動作を基本とし、本支援は予め通信情報を活用することで、より円滑な車線変更を実現することを目的とする。



図 2.2-26 : UC8 (車線変更支援) 概要

(2) 検討の前提

- ・ 車線変更を行う車両は車線変更要求を送信
- ・ 関係車両の対象範囲の車両は走行情報を返信する
- ・ 確実性の高い情報送信とするため、通信パケット到達率としては 99%(仮)を想定し、必要に応じて連送などを行うものとする。

(3) 通信方法案

車線変更シーンにおいては、近傍車両よって遮蔽されていたり、速度差が大きく接近してくる車両については自律センサでの検知が困難となる場合がある。

このため、車線変更車両、周辺車両双方で車両の走行情報を伝達することで、車線変更先の適切な決定に寄与し、車線変更の円滑化を図ることを目的として以下を想定する。

<速度差があるシーンで車線変更を実施>

- ① 車線変更先レーン車両が 100km/h で走行しているところ、自車が 80km/h 程度まで加速してから車線変更要求を出し、その後 100km/h まで加速して車線変更を実施することを想定
 2 台後方の車両の位置まで把握するとし、車間 2sec、車長 5m とすると 116m 後方の車両まで把握が必要。また自車が 80km/h から 100km/h まで 0.15G (緩やかな加速) で加速するとすると、100km/h に到達する際には約 10m 後方の車両と横並びになるため、合計 126m 後方の車両の存在を把握する必要がある
- ② 同様に自車 60km/h、車線変更先レーン車両が 40km/h とし、2 台前方の車両位置まで把握するには 39m 前方の車両の存在を把握する必要があるが、①の方が長いので長い方を採用する

これらから、車線変更要求に対しては車線変更先レーンの前後 126m の範囲の車両の走行情報を取得し、車線変更実施の際の周辺車両情報として活用する。

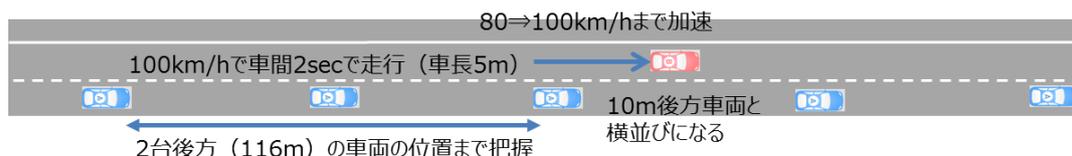


図 2.2-27 : UC8 (車線変更支援) 実施例

(4) 通信対象想定

速度差 20km/h、自車の前後 2 台分までの車両位置を把握するための関係車の対象範囲は前後 126m と想定される。ここで関係車両群の最大数は速度 40km/h、車長 5m、車間 1sec とすると、1 回の車線変更要求に対して最大 16 台が返信することになる。

(5) 情報交換シーケンスと通信内容

図 2.2-28 に、UC8（車線変更支援）の情報交換シーケンスと通信内容を示す。

(6) メッセージサイズ

図 2.2-29 に、UC8（車線変更支援）のメッセージ内容とそのサイズを示す。同図より、メッセージサイズは車線変更車両：計 21byte、関係車両：23byte である。

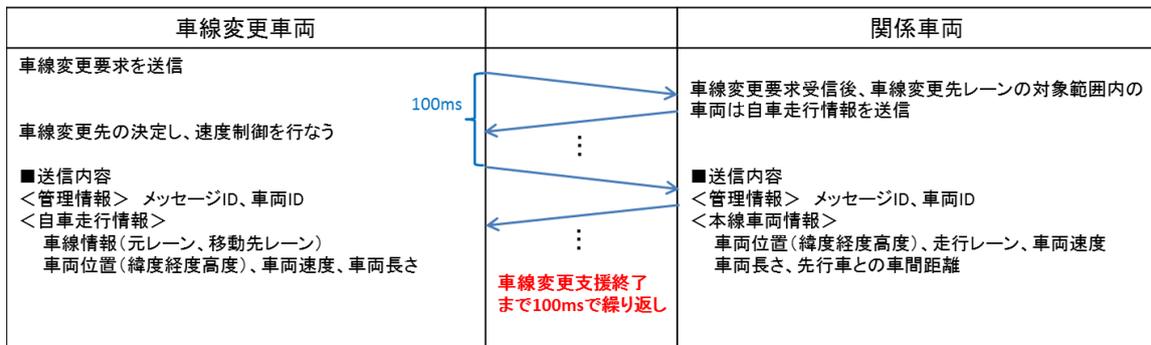


図 2.2-28 : UC8（車線変更支援）の情報交換シーケンスと通信内容

①基本メッセージセット(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
<自車走行情報>	
車線情報 (元レーン、移動先レーン)	8bit
車両位置 (緯度経度高度)	88bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
トータルメッセージサイズ	21byte

(a) 車線変更車両

②基本メッセージセット(RC-013/BSM/CAMを参照し設定)	
<管理情報>	
メッセージID	8bit
車両ID	32bit
<関係車両情報>	
車両位置 (緯度経度高度)	88bit
走行レーン	8bit
車両速度	16bit
車両長さ	14bit
先行車との車間距離	16bit
トータルメッセージサイズ	23byte

(b) 関係 (受入) 車両

図 2.2-29 : UC8 (車線変更支援) のメッセージサイズ (自工会検討結果)

2.3. 前提条件の整理

本節では、自工会にて検討された UC に対して、交通量や電波伝搬環境等の道路環境条件、対象車種やアンテナ設置位置等の車両条件、及び想定する通信形態や電波伝搬モデル等の通信システム条件といった調査検討を行う際の前提条件を整理する。なお、整理にあたっては、平成 28 年度「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」を参考とする。

表 2.3-1 に、本調査検討の前提条件を示す。同表には、本調査検討の対象外となる条件を「今年度調査検討の範囲外」として示している。

(1) 道路環境条件

本調査検討における道路環境条件としては、基本的な条件での検討を目的として、都市間高速道路を想定し、通信相手とは見通し内となる条件で検討を行うこととする。見通し外となる状況が発生する都市高速道路を想定した検討が今後必要である。

(2) 車両条件

車両条件に関しても同様に、基本的な条件での検討を目的として、全車が乗用車であり、通信機器を搭載し通信を行っている場合の検討を行うこととする。但し、電波伝搬特性評価、無線回線設計等の一部検討では、必要に応じて大型車想定での検討も行う。大型車や二輪車が混在した場合や通信機器を搭載していない車両が混在する場合の検討、アンテナ設置位置依存性の考慮に関しては、それらの条件を整合した上で今後検討が必要である。

最終的には、通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮した検討が必要となるが、本調査検討では「全車両が通信機を搭載」を前提に検討を行うこととする。

(3) 通信システム条件

通信システムに関して、本調査検討では、まず 700MHz 帯及び 5.8GHz 帯の 3 つの ITS 無線通信方式を対象を絞って検討を行うことで、自動走行向けの無線通信技術の検証方法を確立することを目指す。国内 ITS 無線通信の実験用ガイドラインである ITS FORUM RC-005、及び通信規格である ARIB STD-T109 ならびに ARIB STD-T75 の無線通信手順を検討対象とする。複数の UC が混在する場合の検討や、ETC2.0、安全運転支援等の他システム（既存サービス）との共用検討は今後の課題である。

また、本調査検討では、レーダ等の自律系により取得した位置座標、周辺車両情報を通信によって交換・共有し、それらを照合することで、通信している車両の紐付け、区別はできることを前提とする。また、自律系によって取得した位置情報の精度は十分高く、車線管理も可能であり、応答をする範囲等の自車両が通信すべきか判断するための情報はデ

一タ内に含まれている想定で検討する。さらに、自車両の合流実施、他車両の進入検知等の最終的な判断は自律系で実施することを前提とする。

表 2.3-1：本調査検討の前提条件

項目	今年度調査検討の検討条件	今年度調査検討の範囲外
道路環境	<ul style="list-style-type: none"> ●都市間高速道路を想定 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両とは見通し内 －片側3車線(合流レーンのある箇所では片側4～5車線) －交通量:車間時間1s以上 ●非渋滞時を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ●都市高速道路への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －見通し外となる状況が発生 ●渋滞時への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両の特定方法等
車両	<ul style="list-style-type: none"> ●乗用車(アンテナはルーフに搭載)から中心に検討 ●全車が通信機器を搭載し、同じ通信制御ロジックで走行 	<ul style="list-style-type: none"> ●大型車、二輪車の追加
通信システム	<ul style="list-style-type: none"> ●通信形態と検討対象とする通信方式 <ul style="list-style-type: none"> －車車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 －路車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ARIB STD-T75、ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 ●各UCが単独で存在する場合から検討 	<ul style="list-style-type: none"> ●車車・路車間が混在、複数UCが混在する場合の検討 ●他システム(既存サービス)との共用検討 <ul style="list-style-type: none"> －5.8GHz帯: ETC2.0/その他DSRC －700MHz: 情報提供型安全運転支援

2.4. 通信活用モデルの検討

本節では、2.2 節にて整理した自工会検討 UC2～8 の内容をもとに、通信活用モデルとして通信シーケンスを UC 毎に検討する。

2.4.1. UC2

図 2.4-1 に、UC2 の通信シーケンス (案) を示す。自工会検討の通信シーケンスからの変更 (追加) は、路側機は一定周期でパケットを送信し (同図では 100ms 周期)、車両は、路側機からのパケットを受信できるエリア内に進入したら、アップリンクの通信を開始する点である。アップリンク通信の開始/終了を判断する方法 (例) としては、路側機からのパケットの受信レベルがキャリアセンスレベル等の閾値以上/以下で切り替える方法が考えられる。

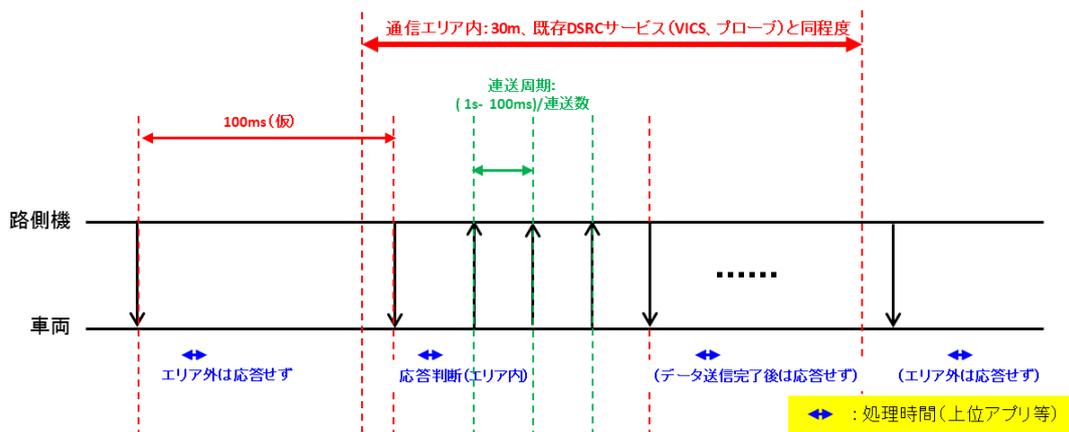


図 2.4-1 : UC2 の通信シーケンス (案)
 路側機：連送なし、車両：3 連送の場合

2.4.2. UC3

図 2.4-2 に、UC3 の通信シーケンス (案) を示す。緊急ハザード地点上流の路側機は、自動運転車などから路側に集約されたハザード情報を、エリアを通過する車両に再配信する。

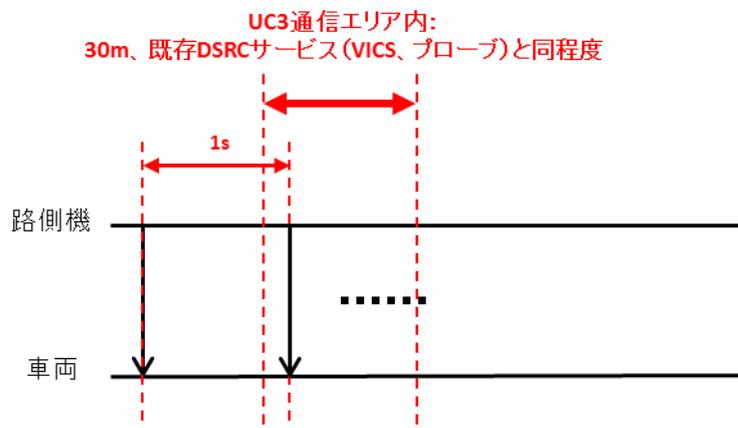


図 2.4-2 : UC3 の通信シーケンス (案)
 連送なしの場合

2.4.3. UC4

図 2.4-3 に、UC4 の通信シーケンス (案) を示す。ハザード情報を受け取った車両は、再配信を行い後続車に情報を伝達する。但し、通信トラフィックの増大を抑制するために、同一ハザード情報を自車より後方の車両が配信していることを検知した場合、その情報の再配信は停止する (図 2.4-3 の※1)。

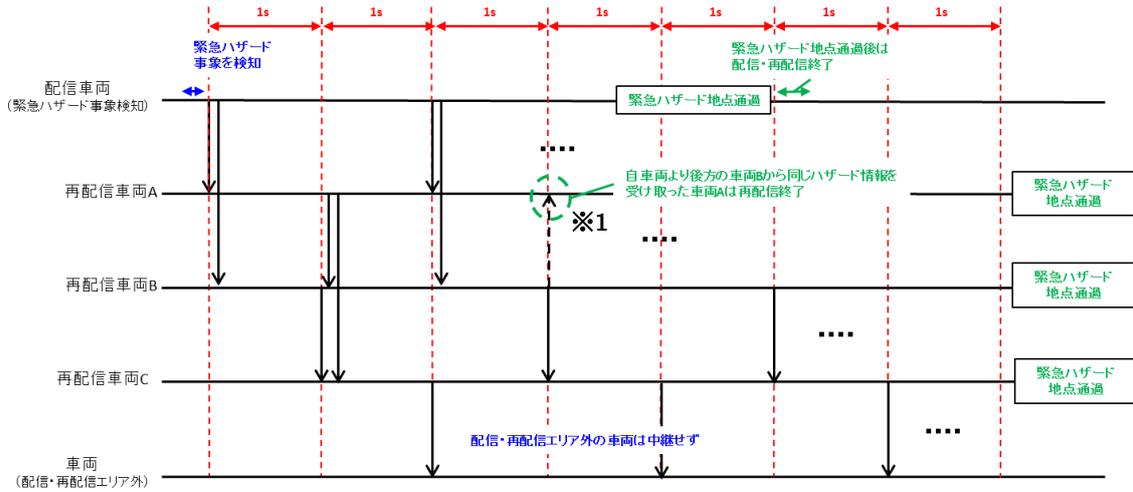


図 2.4-3 : UC4 の通信シーケンス (案)
配信、再配信ともに連送なしの場合

2.4.4. UC5

図 2.4-4 に、UC5（路車間通信及び車車間通信）の通信シーケンス（案）を示す。自工会検討の通信シーケンスからの変更はない。

- UC5（路車間）： 路側機は再配信車両に再配信エリア情報を送信
- UC5（車車間）： 再配信車両は受信した再配信エリア情報をもとに再配信を実施

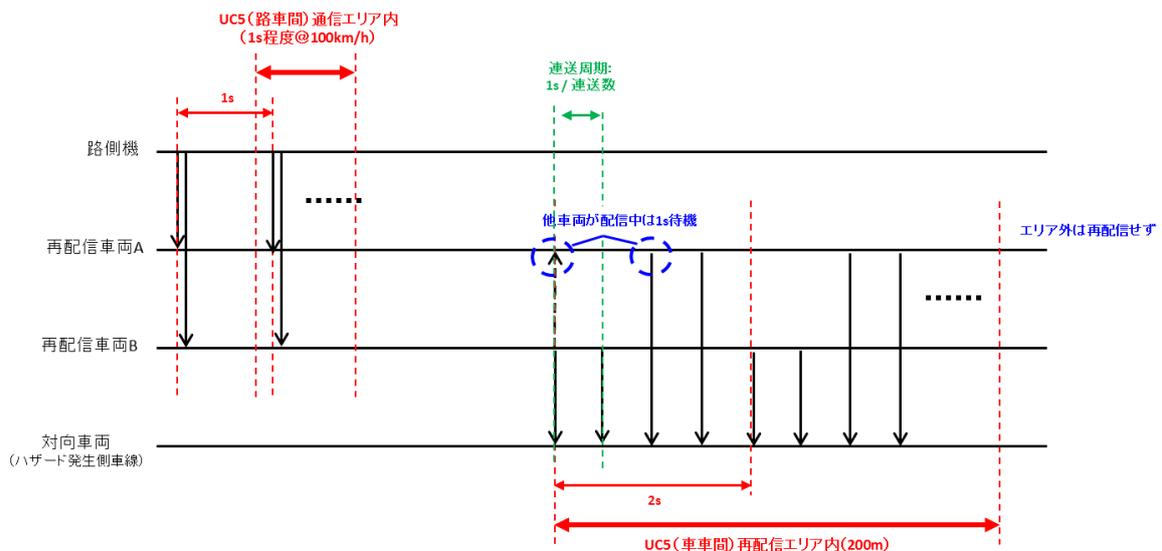


図 2.4-4 : UC5 の通信シーケンス (案)
配信：連送なし、再配信：2連送の場合

2.4.5. UC6

図 2.4-5 に、UC6 の通信シーケンス（案）を示す。本線に設置された路側のセンサにより検知された情報を、エリアを通過する車両に同報配信する。

図 2.4-5 の※1 で示すように、センシング情報の更新頻度やタイミングによって、センシング情報の更新時刻と車両の受信時刻に時刻差が生じる。時刻差に対する許容値によって本シーケンスを見直す必要がある可能性はあるが、時刻差に対する許容値の精緻化は合流地点の推定処理の検討とともに進める必要がある。そのため、センシング情報の更新時刻と車両の受信時刻との時刻差を考慮した本シーケンスを見直しは今後の課題とする。

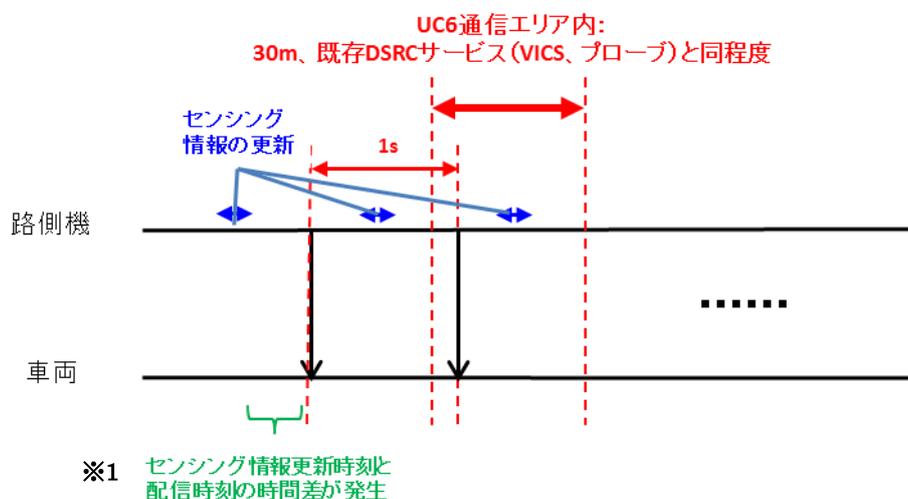


図 2.4-5 : UC6 の通信シーケンス（案）
連送なしの場合

2.4.6. UC7

図 2.4-6 に、UC7 の通信シーケンス（案）を示す。合流車線に設置された路側のセンサにより検知された情報を、エリアを通過する車両に同報配信する。

UC6 と同様に、センシング情報の更新時刻と車両の受信時刻との時刻差を考慮した本シーケンスを見直しは今後の課題とする。

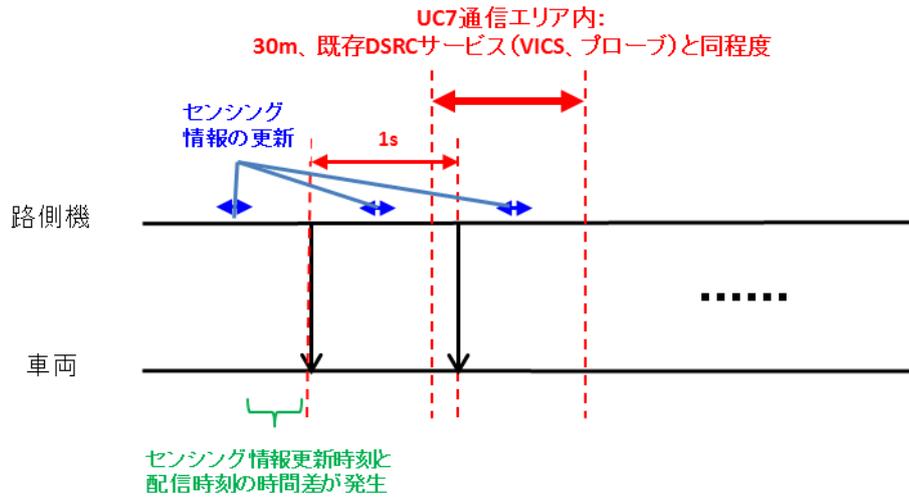


図 2.4-6 : UC7 の通信シーケンス (案)
連送なしの場合

2.4.7. UC8

図 2.4-7 に、UC8 合流支援の通信シーケンス (案) を示す。図 2.2-24 に示す自工会検討の通信シーケンスからの変更はない。

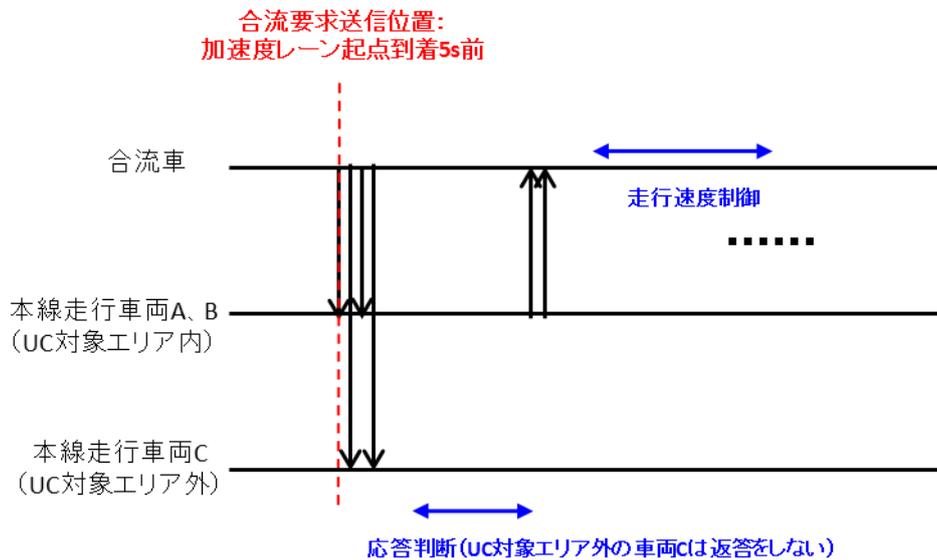


図 2.4-7 : UC8 合流支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

図 2.4-8 に、UC8 車線変更支援の通信シーケンス (案) を示す。図 2.2-28 に示す自工会検討の通信シーケンスからの変更はない。

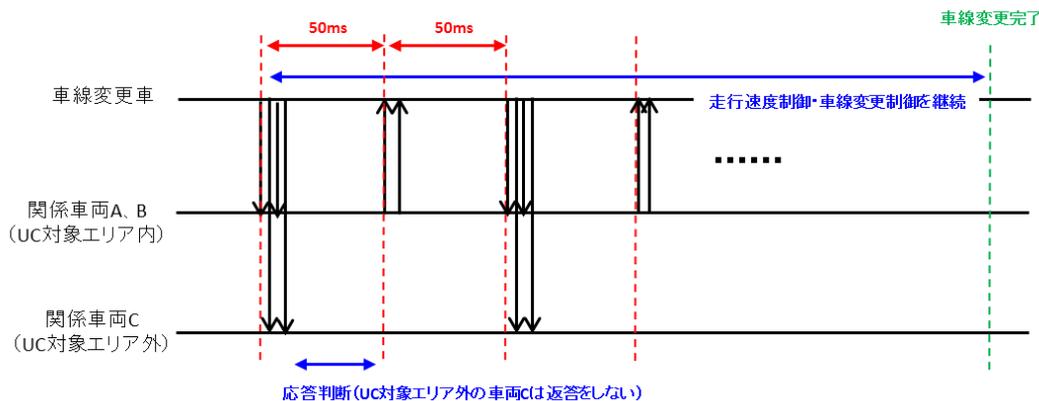


図 2.4-8 : UC8 車線変更支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

2.5. 通信要件の抽出

本節では、前提条件を踏まえて、目標通信品質や通信距離、データサイズ、通信頻度、車両台数、通信遅延等の通信要件を自工会検討 UC2~8 についてまとめる。

2.5.1. H28 年度の自工会検討 UC の要件抽出からの変更点

H28 年度の「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」における自工会検討 UC の要件抽出時からの変更点を示す。

※1

H28 年度検討における路車間通信の UC 対象エリアは、走行速度 100km/h で 1s 走行する距離 27.8m としているが、本調査検討では従来 DSRC サービス (VICS、プローブ) と同程度を想定し 30m とする。

※2

H28 年度検討における UC2 の UC 対象エリアは 1060m (750m+255m+緊急ハザード通過後 55m) としているが、本調査検討の UC4 の UC 対象エリアは緊急ハザード発生地点より (再) 配信範囲 750m+到達範囲 255m (再配信は行わない) に相当する 1km (1005m) とする。

なお、H28 年度検討におけるデータサイズはセキュリティ等のオーバーヘッド 250byte を加えた形で整理されているが、本調査検討ではセキュリティ等のオーバーヘッドは含まない形でデータサイズを整理する。後述のシミュレーション評価等の机上検討では各候補通信方式で想定するオーバーヘッドを加えた形で評価を行う。

2.5.2. 自工会検討 UC2~8 の通信要件の抽出結果

表 2.5-1 に、自工会検討 UC2~8 の通信要件の抽出結果を示す。

同表の要件抽出にあたっては以下の想定、見積もりを行った。

- 図 2.5-1 に、UC8（合流支援）の必要通信距離を見積もる際の条件を示す。合流車両が合流要求情報を送信開始した 5s 後に本線を走行する関係車両（合流受入車両）の走行範囲の中央に到達する場合を想定して、必要通信距離は 215m とする。

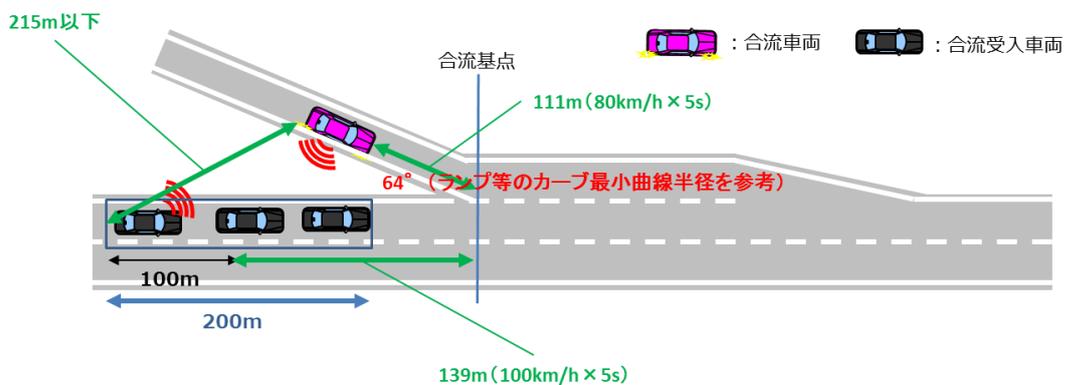


図 2.5-1 : UC8（合流支援）の必要通信距離

- 図 2.5-2 に、UC8（車線変更支援）における 1s 当たりの送信パケット数の見積もる際の条件を示す。同図に示すように、車間 1s で加減速を行う 94m と実際に車線変更を行う 83m を合わせた 178m の範囲の車線変更車両 11 台が同時に 100ms で要求パケットを送信し、各合流車両のパケットに対して関係車両 16 台が返答を行うとする。その場合の 1s 当たりの送信パケット数は、車線変更車両：110 パケット、関係車両：1760 パケットとなる。

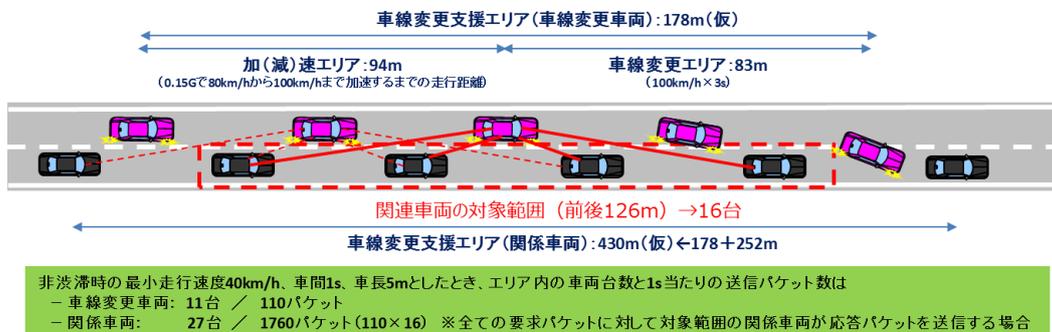


図 2.5-2 : UC8（車線変更支援）の送信パケット数

表 2.5-1：自工会検討 UC2～8 の通信要件まとめ

UC No.	2	3	4	5		6	7	8		
情報種別	車両からの緊急ハザード情報発信					合流／車線変更支援情報				
内容	路側インフラへ伝達	上流インフラから再配信	後続車両に配信	対向車に再配信		合流支援			車線変更支援	
						本線合流車両へ伝達	本線走行車両へ伝達	合流／車線変更車両－関係車両(受入車両)間で交換		
通信形態	路車(UL)	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)		車車間		
UC対象エリア	30m ^{※1}		1km ^{※2}	30m ^{※1}	255m(仮)	30m ^{※1}		200m	252m	
必要通信距離	30m ^{※1}		255m	30m ^{※1}	100m	30m ^{※1}		215m	126m	
通信品質	PER<1E-2(仮)									
1s当りの平均送信データ量	1215byte	405byte	916.5byte	175byte ／4175byte	30byte ／1030byte	772byte	202byte	1078byte	42790byte	
データサイズ	405byte	405byte	39byte	175byte ／4175byte (簡易図形)	30byte ／1030byte (簡易図形)	772byte	202byte	39byte(合流) ／25byte(本線)	21byte(車線変更) ／23byte(関係)	
送信頻度	1s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	1s間隔	1s間隔	0.1s間隔	
送信台数	3台	1台 (路側)	47台	1台 (路側)	2台	1台 (路側のみ)	1台 (路側のみ)	2台(合流) ／40台(本線)	11台(車線変更) ／27台(関係)	
通信遅延	1s以下	1s以下	0.1～30s以下	1s以下	2s以下	1s以下	1s以下	100ms以下		
通信相手	路側機	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (後続車両)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (対向車線)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両(合流／車線変更車両－本線／関係車両間)		
最大走行速度差	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h	200km/h	40km/h	100km/h	60km/h		

2.6. 自動走行支援通信の通信要件の検討のまとめ

自動運転レベル2・3、特に自動走行支援通信のステージ2-1に該当する自動走行向け通信活用ユースケース（以下、UC）を調査・分析し、ITS無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討を実施する上での前提条件を整理及びUC毎の通信要件の抽出を行った。

【自動走行向け通信活用 UC 調査】

2018年1月に改定が行われた自工会検討UCの調査を行った。表2.6-1に、改定後の自工会検討UC一覧を示す。

表 2.6-1：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 一覧

本調査検討対象UC

UC No.	情報種別	通信形態	内容	備考
1	先読み情報	路車間	自立センサでは検知できない先の情報として渋滞情報、料金所情報、臨時走行レーン情報などを取得し、未然に経路、車線選択を行うことで走行を円滑化する	追加UC
2	車両からの緊急ハザード情報発信	路車間(UL)	走行車両が収集した緊急ハザード情報を路側インフラへ伝達	旧UC3に相当
3		路車間(DL)	走行車両から収集した緊急ハザード情報を上流インフラから走行車両へ再配信	追加UC
4		車車間	緊急回避事象が発生した際に、後続車両に緊急ハザード情報を配信	旧UC2に相当
5		路車間	上流インフラから取得した対向車線の緊急ハザード情報を、対向車に再配信	旧UC4(路車間)に相当
		車車間		旧UC4(車車間)に相当
6	合流／車線変更支援情報	路車間(DL)	本線合流車両へ、本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、合流を円滑化	追加UC
7		路車間(DL)	本線走行車両へ、ICでの合流車の出現タイミングを伝達し、合流を円滑化	追加UC
8		車車間	本線合流や車線変更の際に、関係車両間で相互の走行情報を交換し円滑な合流・車線変更を行う	旧UC1に相当
9	隊列走行支援情報	車車間／路車間	追従走行する大型トラック間で相互に走行情報を伝達し、隊列走行を形成 一般自動運転車割込み時の走行調停を合わせて行う(一時的な混合走行の許容と離脱推奨、離脱後の隊列再形成など)	具体的支援内容が定まるまでは保留

本調査検討では、自動走行支援通信のステージ2-1に該当する自工会検討UC1～8の内、特にUC2～8を対象とする（UC1に関しては、今後、自工会における具体的なメッセージ内容等の検討に基づいて、メッセージサイズの見積もりや通信方式の検討を行う必要あり）。図2.6-1に、自工会検討UC2～8の概要を示す。

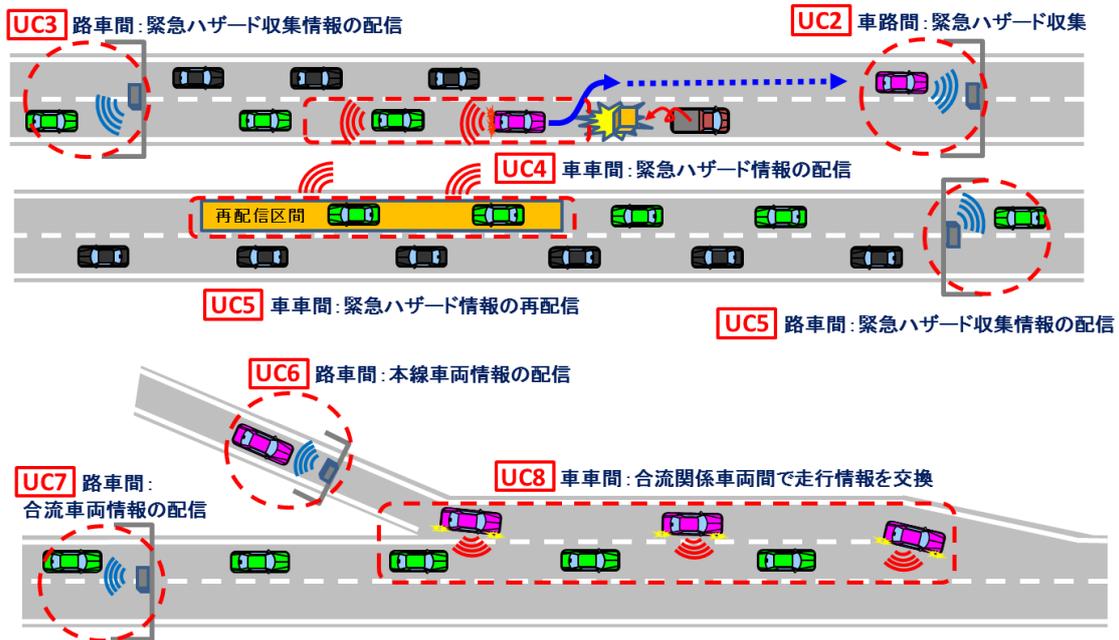


図 2.6-1：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 概要（UC2～8）

表 2.6-2 に、自工会が想定する自動走行向け ITS 通信活用の位置づけ等を示す。

表 2.6-2：ITS 無線通信活用の位置づけ、効果等

項目	前提条件
自動走行支援通信活用の位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律自動運転に対してあくまで支援を行う情報の位置づけ ● 通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮し、必ずしも通信情報が届かなくても自律系で自動走行が出来ることが前提
期待する効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律処理系の中に通信情報を加えることで、周囲の状況判断を早くできるようになることから、自動走行の際の判断の迅速性や確実性を高めることを目的とする
検討の内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動運転の通信活用ユースケースを実現するための情報内容、通信手順を明確にし、活用シーンにおける通信対象車両（収容台数）を考慮して、通信が確実に行える通信容量となる通信方式を検討する ● 尚、活用シーンとしては自動運転の実用化時期の早い高速道路を想定する
通信相手車両の特定	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信相手車両を特定して相互通信を行う必要があるが、その特定方法として、位置座標のみとした場合、現状の測位精度では信頼性の高い特定が困難と判断し、位置座標の他に自車のセンサ（レーダー・カメラ）で認識している周辺車両情報を走行車線情報とあわせて用いて特定する方法を想定する

【前提条件の整理】

自工会にて検討された UC に対して、交通量や電波伝搬環境等の道路環境条件、対象車種やアンテナ設置位置等の車両条件、及び想定する通信形態や電波伝搬モデル等の通信システム条件といった調査検討を行う際の前提条件を整理した。表 2.6-3 に、本調査検討を行う際の前提条件を示す。

最終的には、通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮した検討が必要となるが、本調査検討では「全車両が通信機を搭載」を前提に検討を行った。

表 2.6-3：本調査検討の前提条件

項目	今年度調査検討の検討条件	今年度調査検討の範囲外
道路環境	<ul style="list-style-type: none"> ●都市間高速道路を想定 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両とは見通し内 －片側3車線(合流レーンのある箇所では片側4～5車線) －交通量:車間時間1s以上 ●非渋滞時を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ●都市高速道路への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －見通し外となる状況が発生 ●渋滞時への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両の特定方法等
車両	<ul style="list-style-type: none"> ●乗用車(アンテナはルーフに搭載)から中心に検討 ●全車が通信機器を搭載し、同じ通信制御ロジックで走行 	●大型車、二輪車の追加
通信システム	<ul style="list-style-type: none"> ●通信形態と検討対象とする通信方式 <ul style="list-style-type: none"> －車車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 －路車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ARIB STD-T75、ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 ●各UCが単独で存在する場合から検討 	<ul style="list-style-type: none"> ●車車・路車間が混在、複数UCが混在する場合の検討 ●他システム(既存サービス)との共用検討 <ul style="list-style-type: none"> －5.8GHz帯: ETC2.0/その他DSRC －700MHz: 情報提供型安全運転支援

【通信活用モデルの検討】

自工会検討 UC2～8 に対して、通信活用モデルとして通信シーケンス(案)を検討した。図 2.6-2 から図 2.6-9 に、自工会検討 UC2～8 の通信シーケンス(案)を示す。

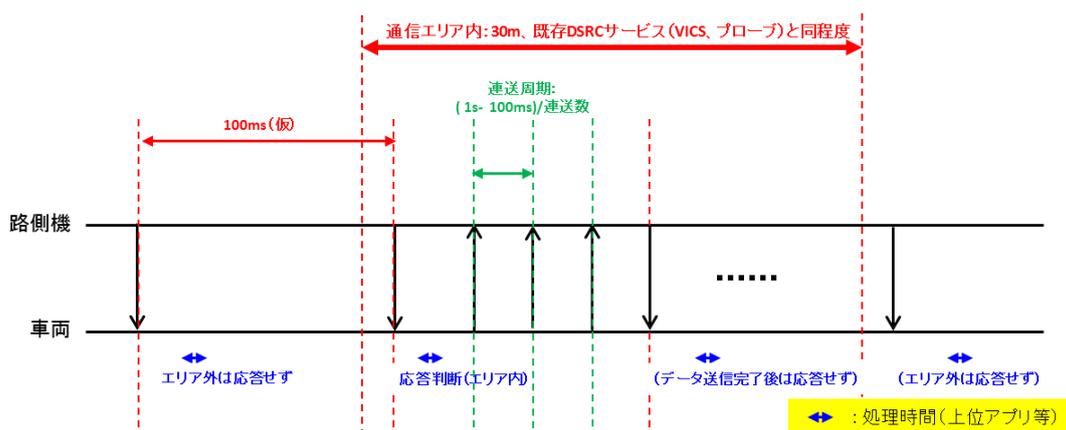


図 2.6-2：UC2 の通信シーケンス(案)
路側機：連送なし、車両：3連送の場合

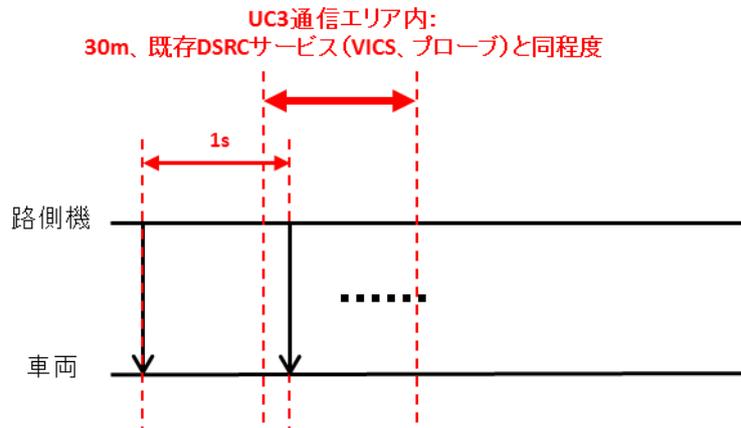


図 2.6-3 : UC3 の通信シーケンス (案)
連送なしの場合

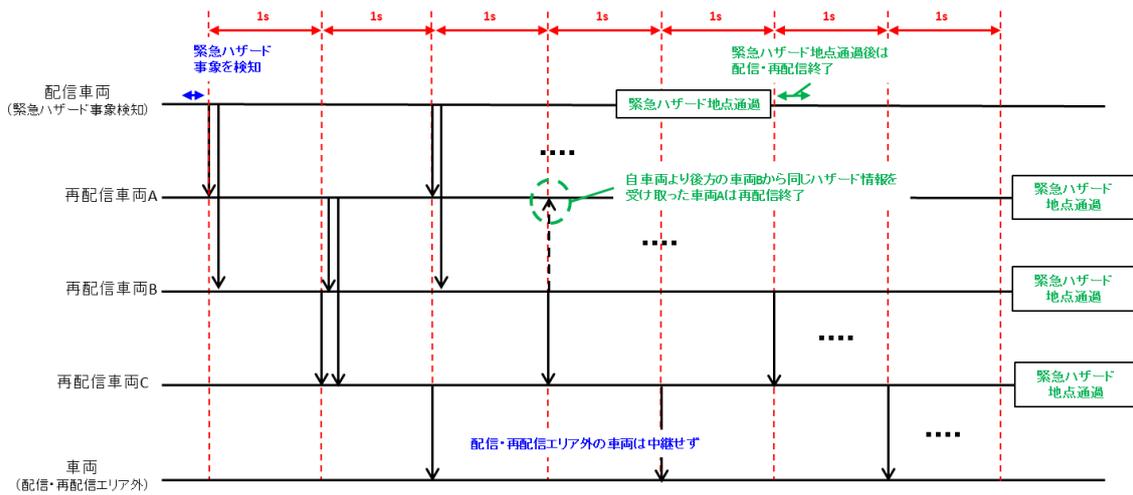


図 2.6-4 : UC4 の通信シーケンス (案)
配信、再配信ともに連送なしの場合

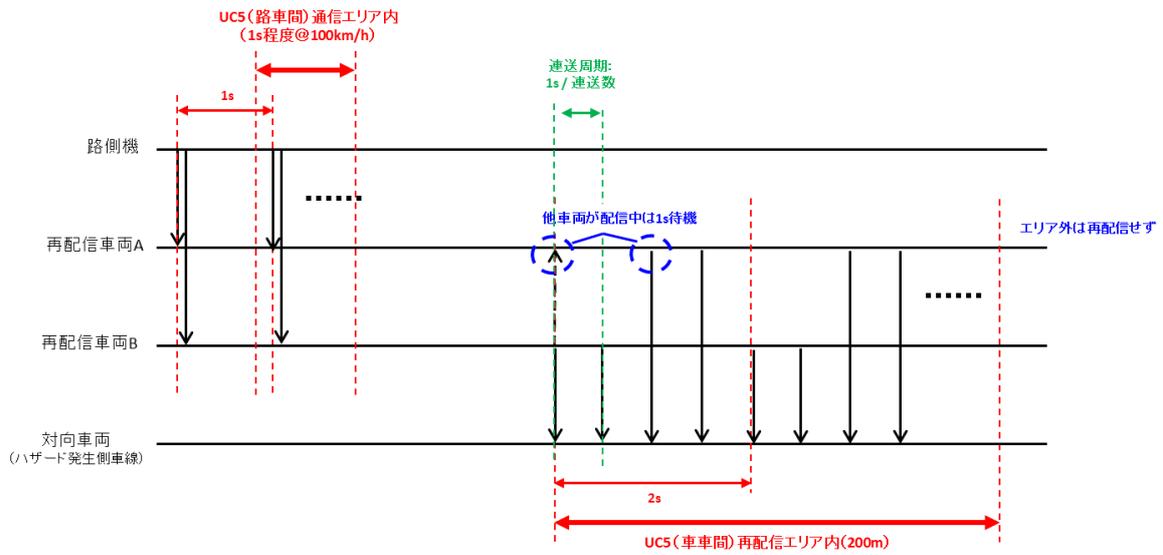


図 2.6-5 : UC5 の通信シーケンス (案)
 配信：連送なし、再配信：2 連送の場合

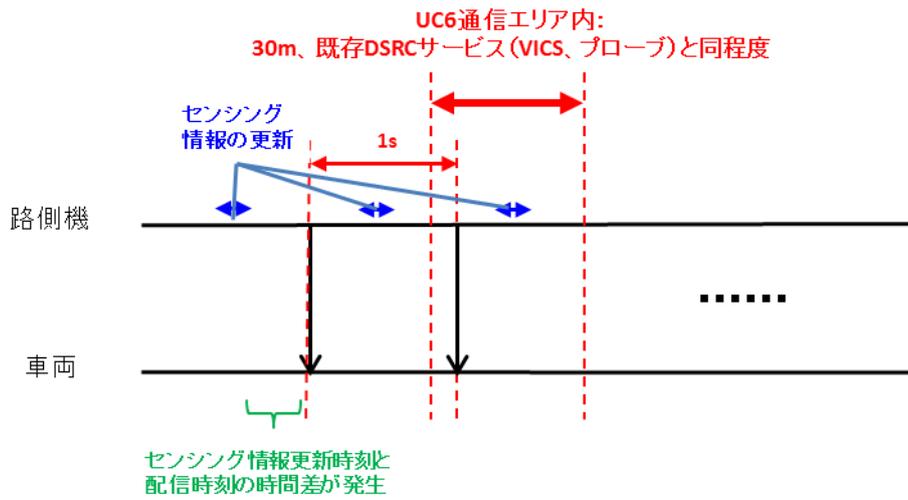


図 2.6-6 : UC6 の通信シーケンス (案)
 連送なしの場合

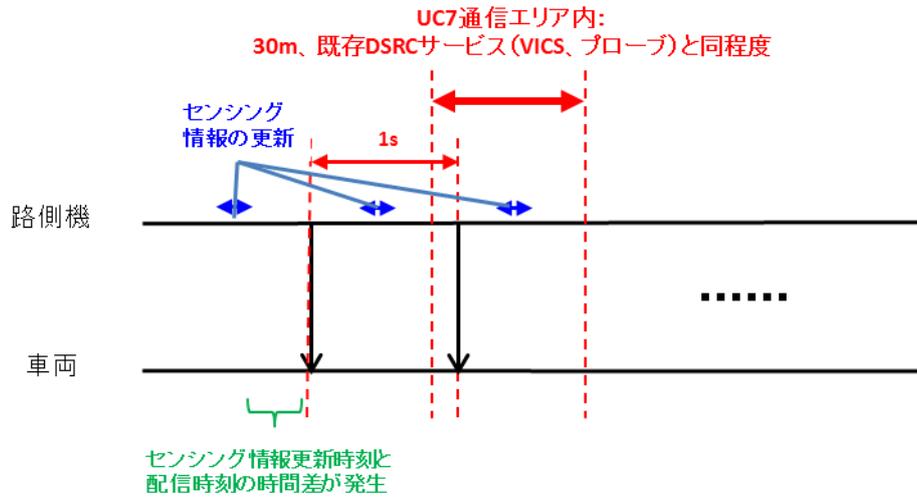


図 2.6-7 : UC7 の通信シーケンス (案)
連送なしの場合

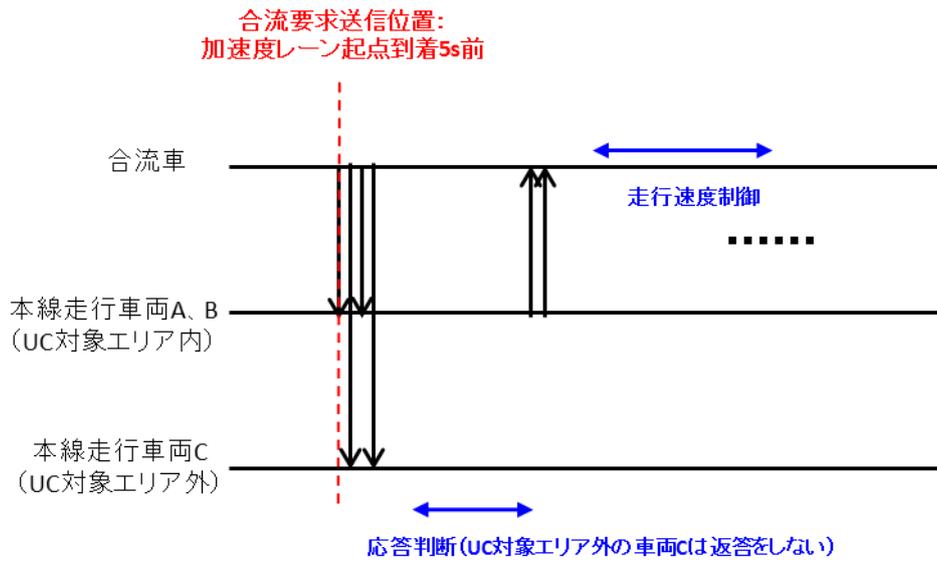


図 2.6-8 : UC8 合流支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

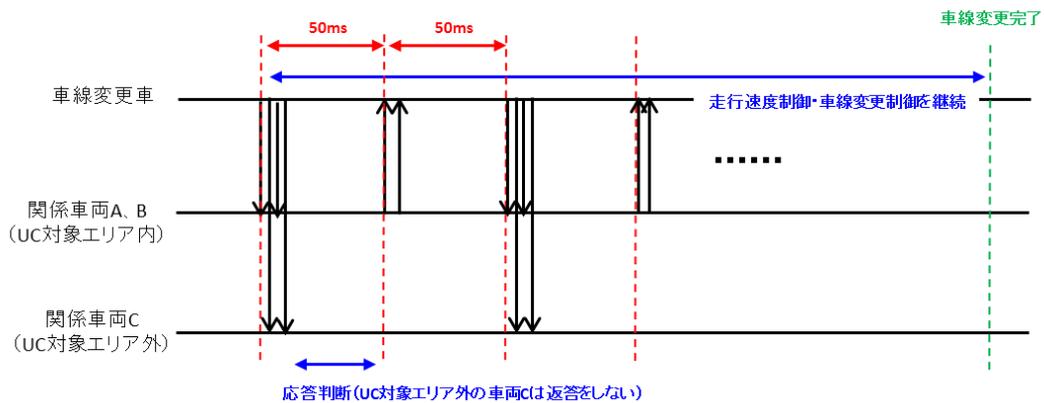


図 2.6-9 : UC8 車線変更支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

【通信要件の抽出】

上記の前提条件を踏まえて、目標通信品質や通信距離、データサイズ、通信頻度、車両台数、通信遅延等の通信要件を自工会検討 UC2～8 についてまとめた。表 2.6-4 に、UC2～8 の通信要件まとめを示す。

なお、データサイズはセキュリティ等のオーバーヘッドを含まないため、シミュレーション評価等の机上検討では各候補通信方式で想定するオーバーヘッドを加えた形で通信品質評価を行う。

表 2.6-4：自工会検討 UC2～8 の通信要件まとめ

UC No.	2	3	4	5		6	7	8		
情報種別	車両からの緊急ハザード情報発信					合流／車線変更支援情報				
内容	路側インフラへ伝達	上流インフラから再配信	後続車両に配信	対向車に再配信		合流支援			車線変更支援	
						本線合流車両へ伝達	本線走行車両へ伝達	合流／車線変更車両－関係車両(受入車両)間で交換		
通信形態	路車(UL)	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)		車車間		
UC対象エリア	30m ^{※1}		1km ^{※2}	30m ^{※1}	255m(仮)	30m ^{※1}		200m	252m	
必要通信距離	30m ^{※1}		255m	30m ^{※1}	100m	30m ^{※1}		215m	126m	
通信品質	PER<1E-2(仮)									
1s当りの平均送信データ量	1215byte	405byte	916.5byte	175byte ／4175byte	30byte ／1030byte	772byte	202byte	1078byte	42790byte	
データサイズ	405byte	405byte	39byte	175byte ／4175byte (簡易図形)	30byte ／1030byte (簡易図形)	772byte	202byte	39byte(合流) ／25byte(本線)	21byte(車線変更) ／23byte(関係)	
送信頻度	1s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	1s間隔	1s間隔	0.1s間隔	
送信台数	3台	1台 (路側)	47台	1台 (路側)	2台	1台 (路側のみ)	1台 (路側のみ)	2台(合流) ／40台(本線)	11台(車線変更) ／27台(関係)	
通信遅延	1s以下	1s以下	0.1～30s以下	1s以下	2s以下	1s以下	1s以下	100ms以下		
通信相手	路側機	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (後続車両)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (対向車線)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両 (対象エリア内)	非特定車両(合流／車線変更車両－本線／関係車両間)		
最大走行速度差	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h	200km/h	40km/h	100km/h	60km/h		

3. 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討

本章では、2章にて抽出した通信要件を踏まえて、自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルを検討する。

3.1. メッセージセット及びプロトコル検討の実施方法

図 3.1-1 に、自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討の流れを示す。

まず、自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討において、抽出した自工会検討 UC の通信要件を踏まえて、自動走行向けの通信活用ユースケースを実現するためのメッセージセット及びプロトコルを検討する。メッセージセットの検討にあたっては、国内外において規格化されてきた ITS FORUM RC-013 や SAE、ETSI のメッセージ仕様を参考にする。また、プロトコルの検討にあたっては、これまで国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討、規格化されてきた ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 の通信仕様を参考にする。

続いて、自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討において、上記検討したメッセージセット仕様及びプロトコル仕様について、当該仕様による自動走行支援通信が本調査検討の対象 UC に対してどの程度有効であるかシミュレーション評価等の机上検討で確認する。

最後に、有効性の机上検討結果を踏まえて、ステージ 2-1 における ITS 無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案としてまとめる。

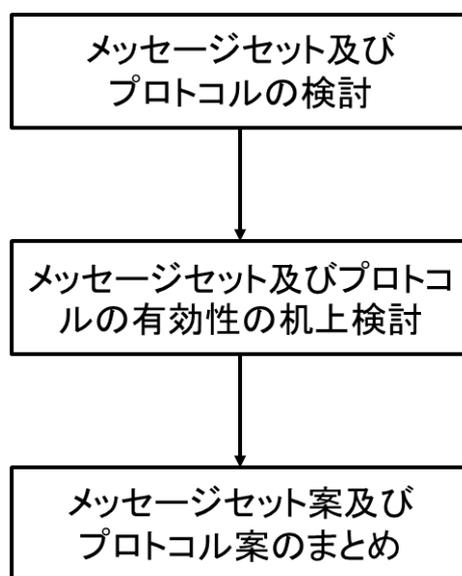


図 3.1-1 : メッセージセット及びプロトコルの検討の流れ

3.2. メッセージセット検討

本節では、現在安全運転支援等で採用されている国内外のメッセージセット規格を調査し、自工会検討 UC で検討されているメッセージ内容、サイズと比較し、流用／共通化が可能か等の分析を行う。

続いて、パケット通信時のオーバーヘッドサイズを見積もるために既存のセキュリティ方式、データサイズの調査を行う。

最後に比較分析、調査結果をもとに各 UC に対する自動走行支援通信の通信品質評価を行うための各候補通信方式のパケット構成（案）を検討する。

3.2.1. 既存メッセージセット規格との比較分析

本調査検討の対象である自工会検討 UC に自動走行支援通信を適用した場合の通信品質評価を行うためにメッセージセットのサイズ見積もりを主な目的とする。現在、欧米等で自動走行支援通信用のメッセージセットの検討が進められているが、まだ検討段階であるため、安全運転支援等の既存のメッセージセットを参考にして比較分析を行うこととする。

本調査検討におけるメッセージセットの調査、検討は、通信品質評価を行うためのサイズ見積もりを主目的としているため、具体的な検討が今後継続して必要である。

参考とするメッセージセット規格は以下のものとする。

- 国内： ITS FORUM RC-013
- 国外： SAE（米国）、ETSI（欧州）

上記の3つの規格とも安全運転支援用のメッセージセット規格である。

■ ITS FORUM RC-013

・ ITS FORUM RC-013 1.1 版「700MHz 帯高度道路交通システム 実験用車車間通信メッセージガイドライン」

■ SAE

・ SAE J2735_201603 「Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary」

■ ETSI

・ EN 302 637-2 「Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 2: Specification of Cooperative Awareness Basic Service」

・ EN 302 637-3 「Intelligent Transport Systems (ITS); Vehicular Communications; Basic Set of Applications; Part 3: Specifications of Decentralized Environmental Notification Basic Service」

以下に、メッセージセットの検討結果を示す。

表 3.2-1 に、自工会検討 UC2~8 のメッセージ内容と既存規格との比較結果を示す。同表では自工会検討 UC のメッセージ内容を分類し必要な情報を「○」としている。また、分類した情報が既存規格で定義されているかを調査し、同じ内容、サイズの情報がある場合は「○」、サイズ等の一部が異なるものの同様の情報がある場合は「△」としている。

なお、ITS FORUM RC-013 に関しては「基本メッセージ」、SAE に関しては「BSM (Basic Safe Message)」、ETSI に関しては「CAM (Cooperative Awareness Message)」及び「DENM (Decentralized Environmental Notification Message)」について調査し、比較している。

同表より、サイズ、詳細定義が異なるケースがあるものの国内外の従来規格において自工会検討 UC で必要なメッセージ内容と同様の情報が定義されており、流用／共通化の可能性があることが分かる。

続いて、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージセットを適用した場合の分析結果を示す。表 3.2-2 に、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとそのデータエレメントの構成を示す。

同表に示すように、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージ構成をベースとして自動走行支援通信のメッセージセットを定義した場合、自工会検討 UC の想定されるメッセージ内容の内、18.75 バイトが基本メッセージのデータエレメントとして定義されている。それ以外の自工会検討 UC のメッセージ内容に関しては、新たに共通領域として追加定義、もしくは自由領域を利用する必要がある。共通領域の追加定義は既存規格との互換性、自由領域の利用は大きいサイズのメッセージをパケット送信する際の分割／再結合の検討が必要となる（分割／再結合については後述）。

表 3.2-1：自工会検討 UC2～8 のメッセージ内容一覧及び既存メッセージセット規格との比較

領域	情報名		bit	対応情報										共通化判定※1				
				UC2	UC3	UC4	UC5		UC6	UC7	UC8				ITS FORUM RC-013 基本メッセージ	SAE BSM	ETSI	
	路車間	車車間					合流支援	車線変更支援			関係車	CAM	DENM					
大項目	小項目	合流車	本線走行車	車線変更車	関係車													
合計メッセージサイズ[byte]		405	405	39	175/4175	30/1030	772	202	39	25	21	23	—	—	—	—		
共通	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※3	△※3	
自由	路側機情報	加速レーン起点情報	16	最大				○	○									
		情報更新時刻	32	20 ハザード分				○	○							△※2	△※2	
	事象情報	発生時刻	32	○	○	○	○	○								△op※2		△※2
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○		○	○										△※3
		発生事象(緊急回避行動種別)	8			○												
		対象物情報(速度、車両種別)	24			○												△※4
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○	○	○	○										△※2
		距離	16	○	○	○	○	○							○op			△op※2
		レーン情報/上下線	4	○	○	○	○	○								△op※3		△op※3
	加速レーン	道路種別等	8	○	○	○	○	○										△op※3
		緯度経度高度	88							○								
	起点情報	レーン情報/上下線	4							○								
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32							○								
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○	○	○												
		走行規制有無/走行レーン指定	8				○	○										
	配信指定情報	配信元車両ID	32			○												
		配信対象レーン/上下線	4			○		○										
		情報有効時間	32			○		○										△※2
		再配信距離	16			○												
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124				○		最大									
	再配信時間、情報有効時間	64				○	40 台分											
車両情報	走行車両数	8						○	○									
	車両ID	8						○	○									
	車両位置(緯度経度高度)	88	最大					○	○	○	○	○	○	○	○	△※2		
	走行レーン	8	4 ハザード分					○	○	○	○	○	○	○	○	△op※3	△op※3	
	車両速度	16						○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	△op※2	
	車両長さ	14						○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	△※2	
	加速レーン起点到達時刻	16						○	○	○	○	○	○	○				
	先行車との車間距離	16									○	○	○	○				
オプション	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8										○	○					
	簡易図形情報	8000				○	○											

※1 ○:共通化可能(1台分) / △:定義は異なるが同様の情報 / op:オプションの場合 ※2 サイズが異なる ※3 格納情報の定義に差はあるものの同様の扱い ※4 複数データ要素の結合することにより同様の情報

表 3.2-2 : ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとデータエレメント構成

表 4-1 基本メッセージの構成

領域	データ構造	格納する DF	サイズ (byte)	備考
共通領域	共通アプリヘッダ領域	DF_共通領域管理情報	8	格納は必須。
		DF_時刻情報	4	28 格納は必須。正しい値をセット出来ない場合は不定値をセットする。
	DF_位置情報	11		
	DF_車両状態情報	9		
	DF_車両属性情報	4		
	共通アプリデータ領域	DF_位置オプション情報 (*)	2	0~26 格納は任意。格納順序は変更不可。
		DF_GPS 状態オプション情報 (*)	4	
		DF_位置取得オプション情報 (*)	2	
		DF_車両状態オプション情報 (*)	7	
		DF_交差点情報 (*)	10	
DF_拡張情報 (*)		1		
自由領域	自由アプリヘッダ領域	DF_自由領域管理情報	0~1	0~22 格納は任意。サイズは個別アプリデータ数により変化。
		DF_個別アプリデータ管理情報セット	0~21	
	自由アプリデータ領域	(規定しない)	0~60	格納は任意。格納順序は DF_個別アプリデータ管理情報セットの格納順に従う。
			計 36~100	(*):オプション情報

自工会検討UCのメッセージと
共通化可能なデータエレメント
(18.75バイト分)

表 5-1 DF_共通領域管理情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_共通領域管理情報	64bit	必須。
DE_共通サービス規格 ID	3bit	必須。
DE_メッセージ ID	2bit	必須。
DE_バージョン情報	3bit	必須。
DE_車両 ID	32bit	必須。
DE_インクリメントカウンタ	8bit	必須。
DE_共通アプリデータ長	8bit	必須。
DE_オプションフラグ	8bit	必須。

表 5-3 DF_位置情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_位置情報	88bit	必須。
DE_緯度	32bit	必須。
DE_経度	32bit	必須。
DE_高度	16bit	
DE_位置取得情報	4bit	必須。
DE_高度取得情報	4bit	

表 5-4 DF_車両状態情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両状態情報	72bit	必須。
DE_車速	16bit	必須。
DE_車両方位角	16bit	必須。
DE_前後加速度	16bit	必須。
DE_車速取得情報	3bit	必須。
DE_車両方位角取得情報	3bit	必須。
DE_前後加速度取得情報	3bit	必須。
DE_シフトポジション	3bit	
DE_ステアリング角度	12bit	

表 5-5 DF_車両属性情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両属性情報	32bit	必須。
DE_車両サイズ種別	4bit	必須。
DE_車両用途種別	4bit	必須。
DE_車幅	10bit	
DE_車長	14bit	

3.2.2. 自工会検討 UC のメッセージセット内容の分類、共通化

続いて、自工会検討 UC2~8 のメッセージ内容を比較分類し、共通化可能な情報の抽出等を行う。

表 3.2-3 に、通信形態（送信局）が路車間通信（基地局）、路車間通信（移動局）及び車車間通信（移動局）の場合のメッセージ内容の分類結果を示す。

同表に示すように、ITS FORUM RC-013 等の規格を参考に、全 UC に共通な情報を共通領域、UC 毎に必要な情報を自由領域として定義すると、管理情報（メッセージ ID、車両／路側機 ID）は全 UC に共通な情報であり共通領域として定義するのが適当であることが分かる。但し、同表ではサイズが同じである車両 ID と路側機 ID を同一情報として扱うことを想定したが、共用した場合に想定サイズで必要な情報が定義可能かどうか等の確認が必要である。

一方、UC 毎に異なる管理情報以外の情報については、緊急ハザード配信に関する UC（同表、水色部分）と合流／車線変更に関する UC（同表、オレンジ色部分）で大きく分かれることが確認できる。

表 3.2-3 : 自工会検討 UC のメッセージ内容の分類

(a) 路車間通信 (基地局)

領域	情報名		bit	ハザード		合流		共通化				
	大項目	小項目		UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	ETSI		
				UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	CAM	DENM	
合計メッセージサイズ[byte]				405	175/4175	772	202					
共通 領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○		△			
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○			△	△	
自由 領域	路側機 情報	加速レーン起点情報	16			○	○					
		情報更新時刻	32			○	○			△	△	
	事象情報	発生時刻	32	○	○				△		△	
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○						△	
		発生事象(緊急回避行動種別)	8									
		対象物情報(速度、車両種別)	24								△	
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○							△
		距離	16	○	○				○			△
		レーン情報/上下線	4	○	○					△		△
	加速 レーン	道路種別等	8	○	○							△
		緯度経度高度	88									
	起点情報	レーン情報/上下線	4									
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32									
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○								
		走行規制有無/走行レーン指定	8		○							
	配信指定 情報	配信元車両ID	32									
		配信対象レーン/上下線	4									
		情報有効時間	32									△
		再配信距離	16									
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124		○							
	車両情報	再配信時間、情報有効時間	64		○							
		走行車両数	8			○	○					
		車両ID	8			○	○					
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	△			
走行レーン		8			○	○			△		△	
車両速度		16			○	○	○	△	△	△		
車両長さ		14			○	○	○	△	△			
加速レーン起点到達時刻		16			○	○						
先行車との車間距離		16										
車線情報(元レーン、移動先レーン)		8										
オプション	簡易図形情報	8000		○								

(b) 路車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード	共通化			
	大項目	小項目		UC2	RC-013	SAE BSM	ETSI	
							CAM	DENM
合計メッセージサイズ[byte]				405				
共通領域	管理情報	メッセージID	8	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	△	△
自由領域	路側機情報	加速レーン起点情報	16					
		情報更新時刻	32				△	△
	事象情報	発生時刻	32	○		△		△
		発生事象(ハザード種別)	8	○				△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8					
		対象物情報(速度、車両種別)	24					△
	地点情報	緯度経度高度	88	○				△
		距離	16	○		○		△
		レーン情報/上下線	4	○			△	△
		道路種別等	8	○				△
	加速レーン	緯度経度高度	88					
		レーン情報/上下線	4					
	起点情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32					
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○				
		走行規制有無/走行レーン指定	8					
	配信指定情報	配信元車両ID	32					
		配信対象レーン/上下線	4					
		情報有効時間	32					△
		再配信距離	16					
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124					
		再配信時間、情報有効時間	64					
	車両情報	走行車両数	8					
		車両ID	8					
車両位置(緯度経度高度)		88		○	○	△		
走行レーン		8				△	△	
車両速度		16		○	△	△	△	
車両長さ		14		○	△	△		
加速レーン起点到達時刻		16						
先行車との車間距離		16						
車線情報(元レーン、移動先レーン)		8						
オプション	簡易図形情報	8000						

(c) 車車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード		合流/車線変更				共通化			
	大項目	小項目		UC4	UC5 車車間	UC8				RC-013	SAE BSM	ETSI	
						合流支援 合流車	本線 走行車	車線変更 車両	関係 車両			CAM	DENM
		合計メッセージサイズ[byte]		39	30/1030	39	25	21	23				
共通 領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
自由 領域	路側機 情報	加速レーン起点情報	16										
		情報更新時刻	32									△	△
	事象情報	発生時刻	32	○	○						△		△
		発生事象(ハザード種別)	8		○								△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8	○									
		対象物情報(速度、車両種別)	24	○									△
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○								△
		距離	16	○	○						Op		△
		レーン情報/上下線	4	○	○							△	△
	加速 レーン 起点情報	道路種別等	8	○	○								△
		緯度経度高度	88			○							
		レーン情報/上下線	4			○							
	通行情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32			○							
		通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○									
	配信指定 情報	走行規制有無/走行レーン指定	8		○								
		配信元車両ID	32	○									
		配信対象レーン/上下線	4	○	○								
		情報有効時間	32	○	○								△
		再配信距離	16	○									
	車両情報	緯度経度高度、距離、上下線、区間	124										
		再配信時間、情報有効時間	64										
		走行車両数	8										
		車両ID	8										
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	○	○	△		
走行レーン		8			○	○	○	○	○		△	△	
車両速度		16			○	○	○	○	○	○	△	△	
車両長さ		14			○	○	○	○	○	○	△	△	
加速レーン起点到達時刻		16			○	○							
オプション	先行車との車間距離	16				○							
	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8						○					
	簡易図形情報	8000		○									

3.2.3. セキュリティ調査

3つの候補通信方式（ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109、ARIB STD-T75）にてパケット送信時のオーバーヘッドサイズを見積もるためにセキュリティに関する調査を行う。

ARIB STD-T75

ARIB STD-T75では、DSRC 専用で最低限レベルでのプライバシー／無線傍受対策として、秘話鍵配送のスクランブルによる簡易秘話方式（秘話スクランブル方式）を定めている。

図 3.2-1 に、ARIB STD-T75 におけるスクランブル概要及び秘話スクランブル方式を示す。秘話スクランブル方式における秘話鍵は、基地局と移動局にあらかじめ用意した同一の変換テーブルと、リンクチャネル確立フェーズで交換されるリンクアドレスを利用して生成される。つまり、セキュリティによるオーバーヘッドは特に必要でない。

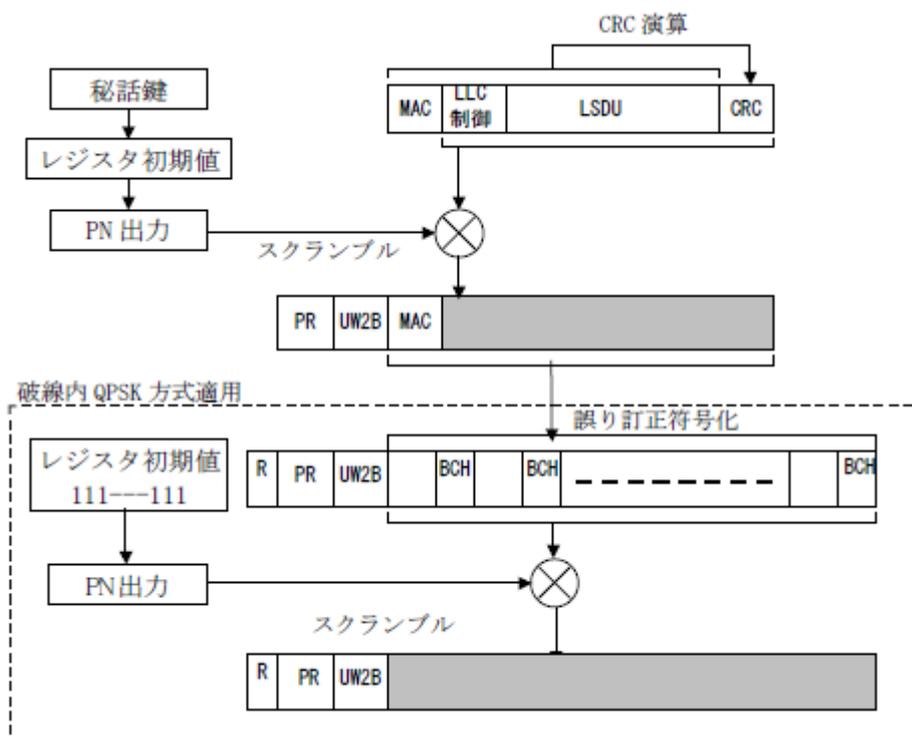


図 3.2-1 : ARIB STD-T75 のスクランブル概要と秘話スクランブル方式

ARIB STD-T109

ARIB STD-T109 を用いる安全運転支援システムにおけるセキュリティのオーバーヘッドは、車載機：27 バイト及び基地局：56 バイトとしている。

- ARIB STD-T109 への適用を想定したセキュリティ関連のガイドライン ITS FORUM RC-009 があるが、具体的な方式やオーバーヘッドサイズは規定していない。
- ARIB STD-T109 も用いた安全運転支援システムで実際に用いられているセキュリティ仕様は非公開であり、上記オーバーヘッドの内容等の詳細は不明である。

ITS FORUM RC-005

ITS FOURM RC-005 へ適用するセキュリティ方式はまだ規定されていない。

図 3.2-2 に示すように、代表的なセキュリティ方式である公開鍵方式及び共通鍵方式 (MAC 方式) におけるセキュリティデータサイズ (例) は 204 バイト及び 53 バイトである。

データ改ざん、なりすまし等への対抗や国際協調の観点を考慮して、欧米で採用されている IEEE1609.2 の公開鍵方式のオーバーヘッドサイズ 204 バイトと H28 年度「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」における想定サイズ 250 バイト (公開鍵方式と同程度) を踏まえて、本調査検討では以下の 2 ケースを想定して検討、評価を進める。

- 27/56 バイト : ARIB STD-T109 (車載機/路側機) のセキュリティデータと同じサイズ
- 250 バイト : H28 年度調査検討における想定サイズ

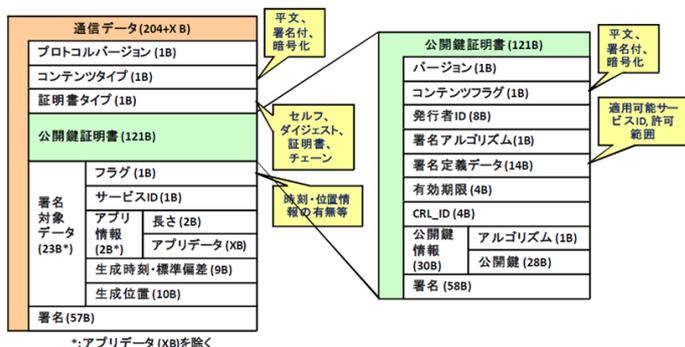


図 6-2 電子署名方式での通信フォーマット (IEEE1609.2)

**公開鍵方式の
セキュリティデータサイズ (例) : 204byte
(IEEE1609.2規格の最小サイズ)**



図 6-4 MAC 方式の通信フォーマット例

**共通鍵方式の
セキュリティデータサイズ (例) : 53byte**

図 3.2-2 : 公開鍵方式と共通鍵方式 (MAC 方式)

3.2.4. パケット分割/再結合

メッセージサイズが大きい自工会検討 UC に対しては、パケット分割/再結合の処理が必要となる。候補通信方式毎にパケット分割/再結合の処理方法及びそれにとまなうオーバーヘッドサイズを整理する。

3つの候補通信方式に適用されるパケット分割/再結合処理は以下のガイドライン、通信規格で規定されている。

- ITS FORUM RC-005 : ITS FORUM RC-014
- ARIB STD-T109 : ITS FORUM RC-010
- ARIB STD-T75 : 同規格内にて規定

ITS FORUM RC-005/ITS FORUM RC-014

図 3.2-3 に、ITS FORUM RC-005 に適用される ITS FORUM RC-014 におけるデータ交換例を示す。パケット分割/再結合は ITS-LPP 層及び ITS-ASL-ELCP 層の 2ヶ所で行われる。同図に示すように、アプリケーションから 1386 バイト以上のデータを受け取った場合、パケット分割が行われ計 13 バイトのオーバーヘッドが追加される。

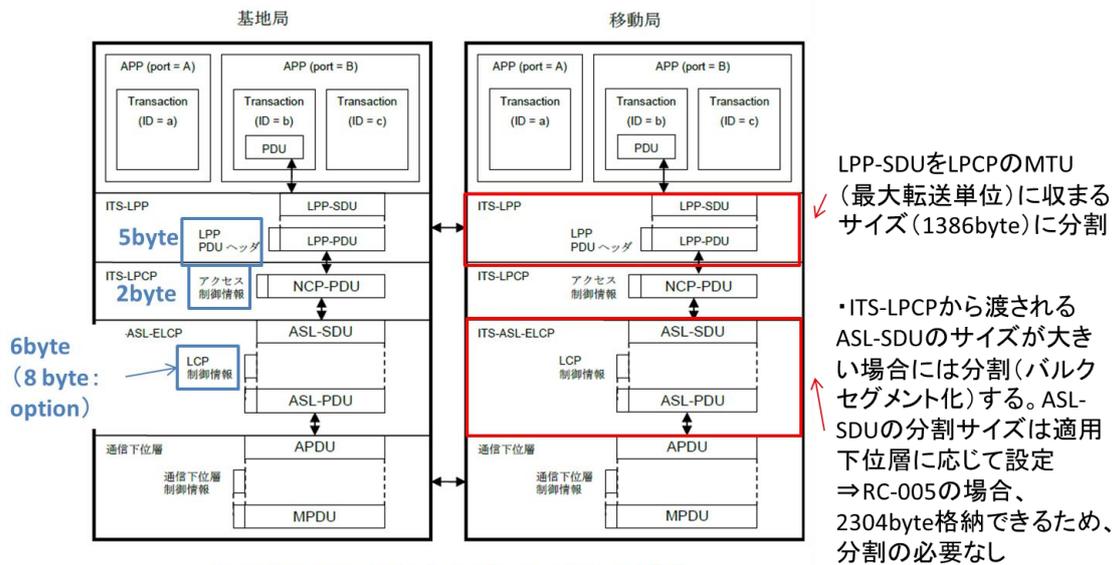


図 3.3-2 ITS-LPP におけるトランザクション間データ交換例

図 3.2-3 : データ交換例 (ITS FORUM RC-014)

ARIB STD-T109/ITS FORUM RC-010

図 3.2-4 に示すように、(路側機における) パケット分割及び送信を ARIB STD-T109 に適用するために ITS FORUM RC-010 において規定されるオーバーヘッドサイズは、路側機 (基地局) : 5 バイト及び車載機 (移動局) : 1 バイトである。

注意すべきは、本パケット分割/再結合が適用される送信元は路側機のみである点である。すなわち、ARIB STD-T109 及び ITS FORUM RC-010 を自動走行支援通信に適用した場合、車載機が送信するメッセージに対してはパケット分割/再結合を行うことができない。さらに、ARIB STD-T109 による 760MHz 帯 ITS 無線通信を自動走行支援通信として使用する場合は送信パケット長に上限がある。

後述の有効性の机上検討では、車載機におけるパケット分割／再結合、送信制限に関しては今後見直されることを想定して、通信品質評価を行うこととする。

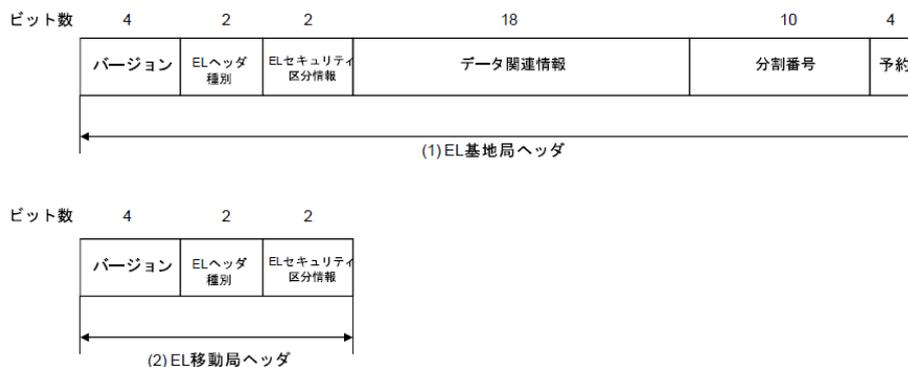


図 3.10 EL 基地局ヘッダと EL 移動局ヘッダの構成

図 3.2-4：パケット分割／再結合のための EL ヘッダの構成（ITS FORUM RC-010）

ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 規格内でパケット分割／再結合に関して規定されており、MAC 制御フィールドの一部を用いて処理が行われる。すなわち、パケット分割／再結合によるオーバーヘッドの追加は必要でない。

3.2.5. パケット構成（案）

以上、セキュリティ及びパケット分割／再結合による追加オーバーヘッドの整理結果を踏まえて、候補通信方式毎のパケット構成（案）を示す。

図 3.2-5 から図 3.2-7 に、それぞれ ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 を候補通信方式とした場合の自動走行支援通信のパケット構成（案）を示す。

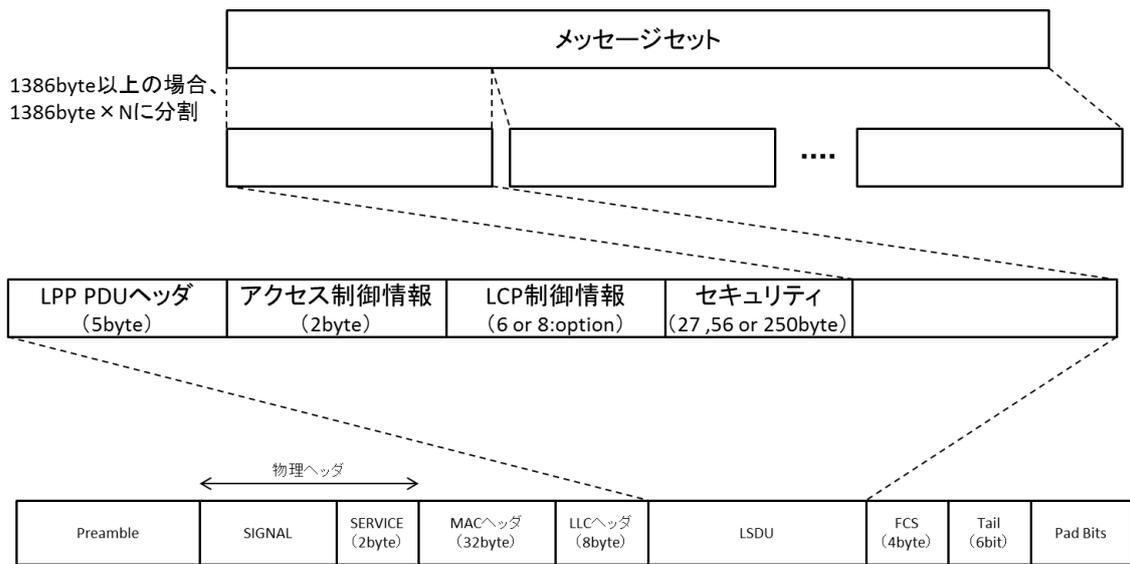
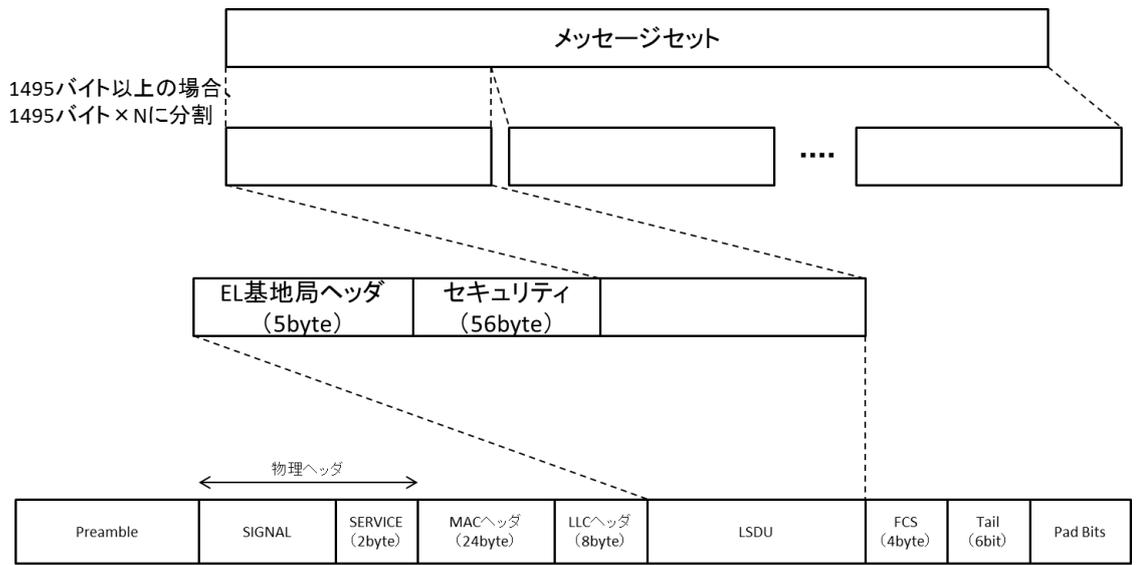
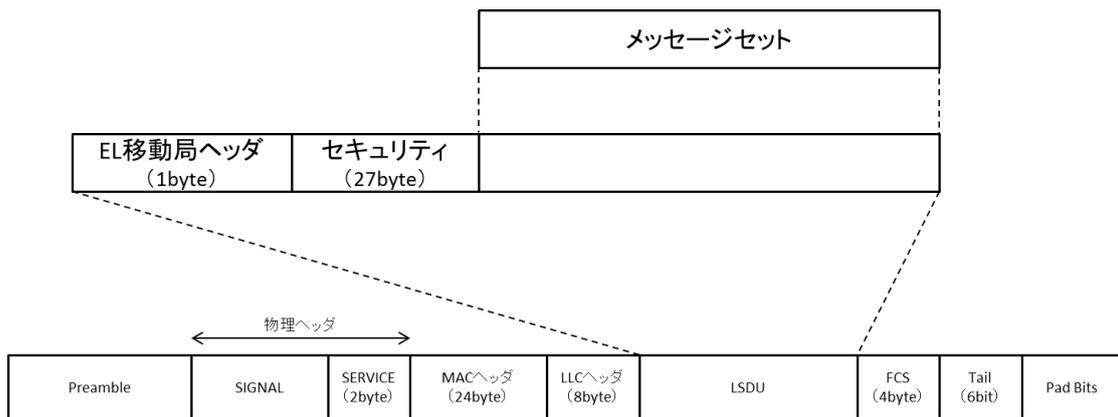


図 3.2-5：自動走行支援通信のパケット構成（案）
候補通信方式：ITS FORUM RC-005（路側機、車載機）



(a) 路側機



(b) 車載機

図 3.2-6 : 自動走行支援通信の packets 構成 (案)

候補通信方式 : ARIB STD-T109

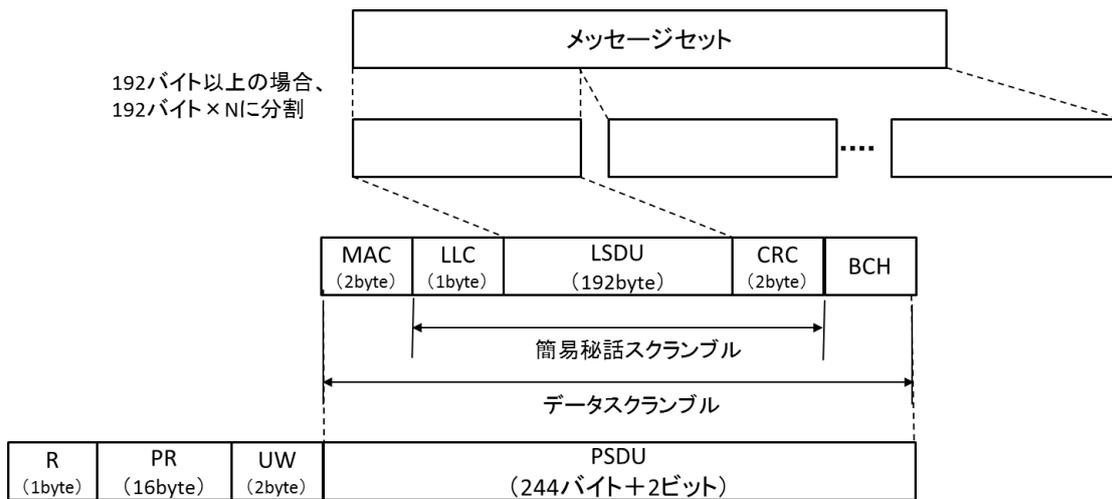


図 3.2-7：自動走行支援通信のパケット構成（案）
候補通信方式：ARIB STD-T75（路側機、車載機）

3.3. プロトコル検討

本節では、これまで国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討、規格化されてきた ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 をベースに自動走行支援通信の通信仕様を検討する。

3.3.1. 通信仕様素案（候補通信方式：ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109）

表 3.3-1 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。同表の赤字が候補通信方式の仕様から追加変更が必要な部分である。

H28 年度「自動走行向け無線通信手順についての調査検討」において、自工会検討 UC の要件（通信品質）を満足するための対策技術として受信ダイバーシチ機能及び連送制御機能が挙げられている。後述の有効性の机上検討より両機能が必要であることが分かる。

また、自工会検討 UC8 においては、関係車両の返答タイミングが同時となりパケット衝突が増大するため、送信タイミング制御機能の追加が必要であることが、有効性の机上検討より分かる。

3.3.2. 通信仕様素案（候補通信方式：ARIB STD-T75）

表 3.3-2 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ARIB STD-T75 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。

後述の有効性の机上検討より、特に仕様、機能の追加変更なしで、通信形態が路車間通信の UC に対して目標通信性能を満足することが分かる。但し、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他と比べて低いため、今後 UC の条件、要件が変更された場合の対応が課題となる。

表 3.3-1 : 自動走行支援通信の仕様素案 (主な通信諸元)

候補通信方式 (ベースの ITS 無線通信) が ITS FORUM RC-005 / ARIB STD-T109 の場合

項目		ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	備考
対応可能UC		UC2~8		
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	760 MHz帯	
	空中線電力	10mW/MHz以下		
	占有帯域幅	9MHz		
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		
	誤り訂正	畳み込み符号(符号化率1/2)		
	ダイバーシチ制御	なし/ あり(受信ダイバーシチ)		自動走行支援時は「あり」
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	CSMA/CA		ランダムバックオフ制御
	CWサイズ	63		
	キャリアセンス感度	プリアンブル: -85dBm、 プリアンブル以外: -65dBm		
	通信形態	ブロードキャスト		
アプリ/ 上位層	連送制御	あり		UCに応じて回数を変更
	送信タイミング制御	なし/あり		UC8(車車間)は「あり」

※ 赤字: 候補通信方式の仕様からの追加変更部分

表 3.3-2 : 自動走行支援通信の仕様素案 (主な通信諸元)

候補通信方式 (ベースの ITS 無線通信) が ARIB STD-T75 の場合

項目		ARIB STD-T75	備考
対応可能UC		UC2、3、5~7	
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	
	空中線電力	基地局: 300mW以下 移動局: 10mW以下	
	占有帯域幅	4.4MHz	
	変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	
	誤り訂正	BCH(63, 51)	
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	TDMA	スロテッドALOHA
	再送制御	あり	ACK制御
	パケット分割・再結合	あり	

3.4. 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討のまとめ

抽出した通信要件を踏まえて、自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルを検討した。

【メッセージセット検討】

現在安全運転支援等で採用されている国内外のメッセージセット規格を調査し、自工会検討 UC で検討されているメッセージ内容、サイズと比較し、流用／共通化が可能か等の分析を行った。

次に、パケット通信時のオーバーヘッドサイズを見積もるために、既存のセキュリティ方式及びパケット分割／再結合処理に関する調査を行った。

さらに、上記の比較分析、調査結果をもとに、各 UC に対する自動走行支援通信の通信品質評価を行うための各候補通信方式のパケット構成（案）を検討した。

国内外のメッセージセット規格との比較

表 3.4-1 に、自工会検討 UC2～8 のメッセージ内容と既存メッセージセット規格との比較結果を示す。同表では、メッセージ内容を分類し各 UC において必要な情報であることを「○」としている。また、分類した情報が国内外の既存メッセージセット規格で定義されているかを調査し、同じ内容、サイズの情報がある場合は「○」、サイズ等の一部内容が異なるものの同様の情報がある場合は「△」としている。

なお、欧米等の自動走行支援通信用のメッセージセットに関しては検討中であるため、以下の国内外の安全運転支援用のメッセージセット規格を、比較の対象とした。

- 国内： ITS FORUM RC-013（基本メッセージ）
- 国外： SAE（米国：BSM）、ETSI（欧州：CAM、DENM）

同表より、サイズ、詳細定義が異なるケースがあるものの国内外の安全運転支援通信用のメッセージセット規格は、自工会検討 UC で必要なメッセージ内容と同様の情報を定義しており、自動走行支援通信用のメッセージセットへの流用／共通化の可能性があるとわかった。

表 3.4-2 に、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージセットを適用した場合の分析結果として、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとそのデータエレメントの構成を示す。同表に示すように、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージ構成をベースとして自動走行支援通信のメッセージセットを定義した場合、自工会検討 UC の想定されるメッセージ内容の内、18.75 バイトが基本メッセージのデータエレメントとして定義されており、それ以外は、新たに共通領域として追加定義、もしくは自由領域を利用する必要があることを確認した。共通領域の追加定義は既存規格との互換性、自由領域の利用は大きいサイズのメッセージをパケット送信する際の分割／再結合の検討が今後必要である。

自工会検討 UC のメッセージ内容の分類

自工会検討 UC2～8 のメッセージ内容を比較分類し、共通化可能な情報の抽出等を行った。

表 3.4-3 に、通信形態（送信局）が路車間通信（基地局）、路車間通信（移動局）及び車車間通信（移動局）の場合のメッセージ内容の分類結果を示す。ITS FORUM RC-013 等の規格を参考に、全 UC に共通な情報を共通領域、UC 毎に必要な情報を自由領域として分類すると、管理情報（メッセージ ID、車両／路側機 ID）は全 UC に共通な情報であり共通領域として定義するのが適当であり、UC 毎に異なる情報については、緊急ハザード配信に関する UC と合流／車線変更に関する UC で必要となる情報が大きく分かれることが確認できた。

同表ではサイズが同じである車両 ID と路側機 ID を同一情報として扱うことを想定したが、共用した場合に想定サイズで必要な情報が定義可能かどうか等の確認が今後必要である。

表 3.4-1：自工会検討 UC2~8 のメッセージ内容一覧及び既存メッセージセット規格との比較

領域	情報名		bit	対応情報										共通化判定※1					
				UC2	UC3	UC4	UC5		UC6	UC7	UC8				ITS FORUM RC-013 基本メッセージ	SAE BSM	ETSI		
	路車間	車車間					合流支援				車線変更支援		関係車	CAM			DENM		
	大項目	小項目		合流車	本線走行車	車線変更車	関係車	基本メッセージ	BSM	CAM	DENM								
合計メッセージサイズ[byte]			405	405	39	175/4175	30/1030	772	202	39	25	21	23	—	—	—	—		
共通	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※3	△※3
自由	路側機情報	加速レーン起点情報	16					○	○										
		情報更新時刻	32					○	○									△※2	△※2
	事象情報	発生時刻	32	○	○	○	○	○										△op※2	△※2
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○		○	○											△※3
		発生事象(緊急回避行動種別)	8			○													
		対象物情報(速度、車両種別)	24			○													△※4
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○	○	○	○											△※2
		距離	16	○	○	○	○	○								○op			△op※2
		レーン情報/上下線	4	○	○	○	○	○										△op※3	△op※3
	加速レーン	道路種別等	8	○	○	○	○	○											△op※3
		緯度経度高度	88								○								
	起点情報	レーン情報/上下線	4								○								
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32								○								
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○	○	○													
		走行規制有無/走行レーン指定	8				○	○											
	配信指定情報	配信元車両ID	32			○													
		配信対象レーン/上下線	4			○		○											
		情報有効時間	32			○		○											△※2
		再配信距離	16			○													
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124				○												
車両情報	再配信時間、情報有効時間	64				○													
	走行車両数	8						○	○										
	車両ID	8						○	○										
	車両位置(緯度経度高度)	88						○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2		
	走行レーン	8						○	○	○	○	○	○	○	○		△op※3	△op※3	
	車両速度	16						○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	△※2	△op※2	
	車両長さ	14						○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	△※2		
	加速レーン起点到達時刻	16						○	○	○	○	○	○	○	○				
	先行車との車間距離	16						○	○	○	○	○	○	○	○				
オプション	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8										○	○						
	簡易図形情報	8000				○	○												

※1 ○:共通化可能(1台分) / △:定義は異なるが同様の情報 / op:オプションの場合 ※2 サイズが異なる ※3 格納情報の定義に差はあるものの同様の扱い ※4 複数データエレメントの結合することにより同様の情報

表 3.4-2 : ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとデータエレメント構成

表 4-1 基本メッセージの構成

領域	データ構造	格納する DF	サイズ (byte)	備考
共通領域	共通アプリヘッダ領域	DF_共通領域管理情報	8	格納は必須。
		DF_時刻情報	4	28 格納は必須。正しい値をセット出来ない場合は不定値をセットする。
	DF_位置情報	11		
	DF_車両状態情報	9		
	DF_車両属性情報	4		
	共通アプリデータ領域	DF_位置オプション情報 (*)	2	0~26 格納は任意。格納順序は変更不可。
		DF_GPS 状態オプション情報 (*)	4	
		DF_位置取得オプション情報 (*)	2	
		DF_車両状態オプション情報 (*)	7	
		DF_交差点情報 (*)	10	
DF_拡張情報 (*)		1		
自由領域	自由アプリヘッダ領域	DF_自由領域管理情報	0~1	0~22 格納は任意。サイズは個別アプリデータ数により変化。
		DF_個別アプリデータ管理情報セット	0~21	
	自由アプリデータ領域	(規定しない)	0~60	格納は任意。格納順序は DF_個別アプリデータ管理情報セットの格納順に従う。
			計 36~100	(*):オプション情報

自工会検討UCのメッセージと
共通化可能なデータエレメント
(18.75バイト分)

表 5-1 DF_共通領域管理情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_共通領域管理情報	64bit	必須。
DE_共通サービス規格 ID	3bit	必須。
DE_メッセージ ID	2bit	必須。
DE_バージョン情報	3bit	必須。
DE_車両 ID	32bit	必須。
DE_インクリメントカウンタ	8bit	必須。
DE_共通アプリデータ長	8bit	必須。
DE_オプションフラグ	8bit	必須。

表 5-3 DF_位置情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_位置情報	88bit	必須。
DE_緯度	32bit	必須。
DE_経度	32bit	必須。
DE_高度	16bit	
DE_位置取得情報	4bit	必須。
DE_高度取得情報	4bit	

表 5-4 DF_車両状態情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両状態情報	72bit	必須。
DE_車速	16bit	必須。
DE_車両方位角	16bit	必須。
DE_前後加速度	16bit	必須。
DE_車速取得情報	3bit	必須。
DE_車両方位角取得情報	3bit	必須。
DE_前後加速度取得情報	3bit	必須。
DE_シフトポジション	3bit	
DE_ステアリング角度	12bit	

表 5-5 DF_車両属性情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両属性情報	32bit	必須。
DE_車両サイズ種別	4bit	必須。
DE_車両用途種別	4bit	必須。
DE_車幅	10bit	
DE_車長	14bit	

表 3.4-3 : 自工会検討 UC のメッセージ内容の分類

(a) 路車間通信 (基地局)

領域	情報名		bit	ハザード		合流		共通化				
	大項目	小項目		UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	ETSI		
				UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	CAM	DENM	
合計メッセージサイズ[byte]				405	175/4175	772	202					
共通 領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○		△			
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○			△	△	
自由 領域	路側機 情報	加速レーン起点情報	16			○	○					
		情報更新時刻	32			○	○			△	△	
	事象情報	発生時刻	32	○	○				△		△	
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○						△	
		発生事象(緊急回避行動種別)	8									
		対象物情報(速度、車両種別)	24								△	
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○							△
		距離	16	○	○				○			△
		レーン情報/上下線	4	○	○					△		△
	加速 レーン	道路種別等	8	○	○							△
		緯度経度高度	88									
	起点情報	レーン情報/上下線	4									
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32									
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○								
		走行規制有無/走行レーン指定	8		○							
	配信指定 情報	配信元車両ID	32									
		配信対象レーン/上下線	4									
		情報有効時間	32									△
		再配信距離	16									
	車両情報	緯度経度高度、距離、上下線、区間	124		○							
		再配信時間、情報有効時間	64		○							
		走行車両数	8			○	○					
		車両ID	8			○	○					
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	△			
走行レーン		8			○	○			△		△	
車両速度		16			○	○	○	△	△	△		
車両長さ		14			○	○	○	△	△			
加速レーン起点到達時刻		16			○	○						
先行車との車間距離		16										
車線情報(元レーン、移動先レーン)	8											
オプション	簡易図形情報	8000		○								

(b) 路車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード	共通化			
	大項目	小項目		UC2	RC-013	SAE BSM	ETSI	
							CAM	DENM
合計メッセージサイズ[byte]				405				
共通領域	管理情報	メッセージID	8	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	△	△
自由領域	路側機情報	加速レーン起点情報	16					
		情報更新時刻	32				△	△
	事象情報	発生時刻	32	○		△		△
		発生事象(ハザード種別)	8	○				△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8					
		対象物情報(速度、車両種別)	24					△
	地点情報	緯度経度高度	88	○				△
		距離	16	○		○		△
		レーン情報/上下線	4	○			△	△
		道路種別等	8	○				△
	加速レーン	緯度経度高度	88					
		レーン情報/上下線	4					
	起点情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32					
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○				
		走行規制有無/走行レーン指定	8					
	配信指定情報	配信元車両ID	32					
		配信対象レーン/上下線	4					
		情報有効時間	32					△
		再配信距離	16					
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124					
		再配信時間、情報有効時間	64					
	車両情報	走行車両数	8					
		車両ID	8					
車両位置(緯度経度高度)		88		○	○	△		
走行レーン		8				△	△	
車両速度		16		○	△	△	△	
車両長さ		14		○	△	△		
加速レーン起点到達時刻		16						
先行車との車間距離		16						
車線情報(元レーン、移動先レーン)		8						
オプション	簡易図形情報	8000						

(c) 車車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード		合流/車線変更				共通化			
	大項目	小項目		UC4	UC5 車車間	UC8				RC-013	SAE BSM	ETSI	
						合流支援 合流車	車線変更支援 本線 走行車		車線変更 車両			関係 車両	CAM
		合計メッセージサイズ[byte]		39	30/1030	39	25	21	23				
共通 領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
自由 領域	路側機 情報	加速レーン起点情報	16										
		情報更新時刻	32									△	△
	事象情報	発生時刻	32	○	○							△	△
		発生事象(ハザード種別)	8		○								△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8	○									
		対象物情報(速度、車両種別)	24	○									△
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○								△
		距離	16	○	○						○op		△
		レーン情報/上下線	4	○	○							△	△
	加速 レーン 起点情報	道路種別等	8	○	○								△
		緯度経度高度	88			○							
		レーン情報/上下線	4			○							
	通行情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32			○							
		通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○									
	配信指定 情報	走行規制有無/走行レーン指定	8		○								
		配信元車両ID	32	○									
		配信対象レーン/上下線	4	○	○								
		情報有効時間	32	○	○								△
	車両情報	再配信距離	16	○									
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124										
		再配信時間、情報有効時間	64										
		走行車両数	8										
		車両ID	8										
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	○	○	△		
走行レーン		8			○	○	○	○	○		△	△	
車両速度		16			○	○	○	○	○	○	△	△	
車両長さ		14			○	○	○	○	○	○	△	△	
加速レーン起点到達時刻		16			○	○							
オプション	先行車との車間距離	16				○			○				
	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8						○					
	簡易図形情報	8000		○									

セキュリティ方式調査

3つの候補通信方式（ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109、ARIB STD-T75）にてパケット送信時のオーバーヘッドサイズを見積もるためにセキュリティに関する調査を行った。

■ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 では、DSRC 専用で最低限レベルでのプライバシー／無線傍受対策として、秘話鍵配送のスクランブルによる簡易秘話方式（秘話スクランブル方式）を定めている。秘話スクランブル方式における秘話鍵は、基地局と移動局にあらかじめ用意した同一の変換テーブルと、リンクチャネル確立フェーズで交換されるリンクアドレスを利用して生成される。つまり、セキュリティによるオーバーヘッドは特に必要でない。

■ARIB STD-T109

ARIB STD-T109 を用いる安全運転支援システムにおけるセキュリティのオーバーヘッドは、車載機：27 バイト及び基地局：56 バイトとしている。

■ITS FORUM RC-005

ITS FORUM RC-005 へ適用するセキュリティ方式はまだ規定されていない。

データ改ざん、なりすまし等への対抗や国際協調の観点を考慮して、欧米で採用されている IEEE1609.2 の公開鍵方式のオーバーヘッドサイズ 204 バイトと H28 年度「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」における想定サイズ 250 バイト（公開鍵方式と同程度）を踏まえて、本調査検討では以下の 2 ケースを想定して検討、評価を進めることとした。

- 27 または 56 バイト：ARIB STD-T109（車載機／路側機）のセキュリティデータと同じサイズ
- 250 バイト：H28 年度調査検討における想定サイズ

パケット分割／再結合

メッセージサイズが大きい自工会検討 UC に対しては、パケット分割／再結合の処理が必要となる。3つの候補通信方式に適用されるパケット分割／再結合処理は以下のガイドライン、通信規格で規定されている。

- ITS FORUM RC-005： ITS FORUM RC-014
- ARIB STD-T109： ITS FORUM RC-010
- ARIB STD-T75： 同規格内にて規定

候補通信方式毎にパケット分割／再結合の処理方法及びそれともなうオーバーヘッドサイズを整理した。

■ ITS FORUM RC-005/ITS FORUM RC-014

図 3.4-1 の ITS FORUM RC-005 に適用される ITS FORUM RC-014 におけるデータ交換例に示すように、パケット分割/再結合は ITS-LPP 層及び ITS-ASL-ELCP 層の 2 ヶ所で行われ、アプリケーションから 1386 バイト以上のデータを受け取った場合、パケット分割が行われ計 13 バイトのオーバーヘッドが追加される。

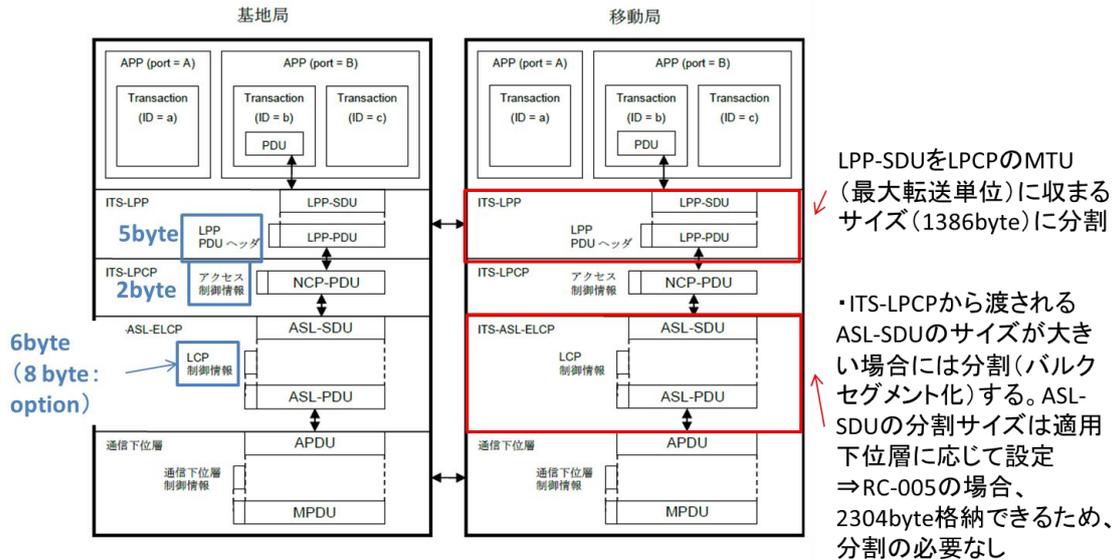


図 3.3-2 ITS-LPP におけるトランザクション間データ交換例

図 3.4-1 : データ交換例 (ITS FORUM RC-014)

■ ARIB STD-T109/ITS FORUM RC-010

路側機におけるパケット分割及び送信を ARIB STD-T109 に適用するために ITS FORUM RC-010 において規定されるオーバーヘッドサイズは、路側機 (基地局) : 5 バイト及び車載機 (移動局) : 1 バイトである。

本パケット分割/再結合が適用される送信元は路側機のみである点に注意を要する。すなわち、ARIB STD-T109 及び ITS FORUM RC-010 を自動走行支援通信に適用した場合、車載機が送信するメッセージに対してはパケット分割/再結合を行うことができない。

さらに、ARIB STD-T109 による 760MHz 帯 ITS 無線通信を自動走行支援通信として使用する場合は送信パケット長に上限がある。

■ ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 規格内でパケット分割/再結合に関して規定されており、MAC 制御フィールドの一部を用いて処理が行われる。すなわち、パケット分割/再結合によるオーバーヘッドの追加は必要でない。

パケット構成案

セキュリティ及びパケット分割／再結合による追加オーバーヘッドの整理結果を踏まえて、候補通信方式毎のパケット構成（案）を検討した。

図 3.4-2 から図 3.4-4 に、それぞれ ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 を候補通信方式とした場合の自動走行支援通信のパケット構成（案）を示す。

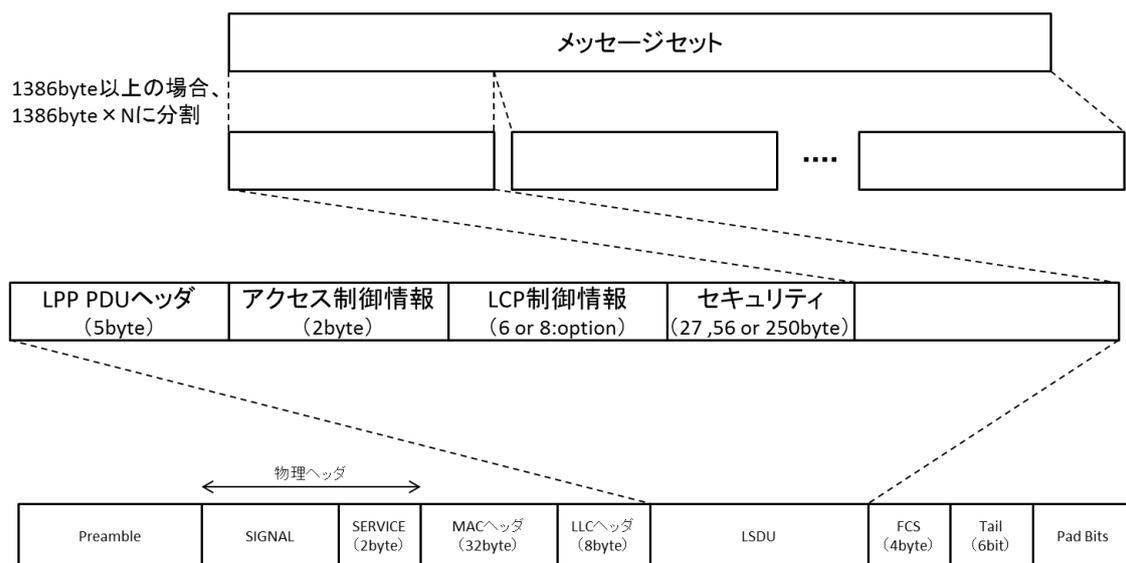
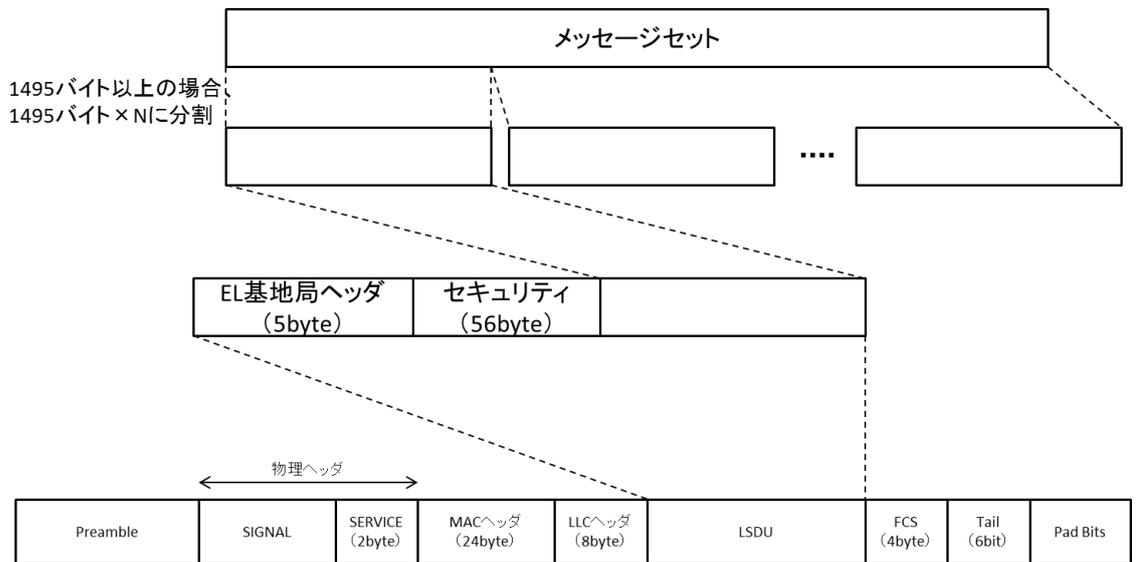
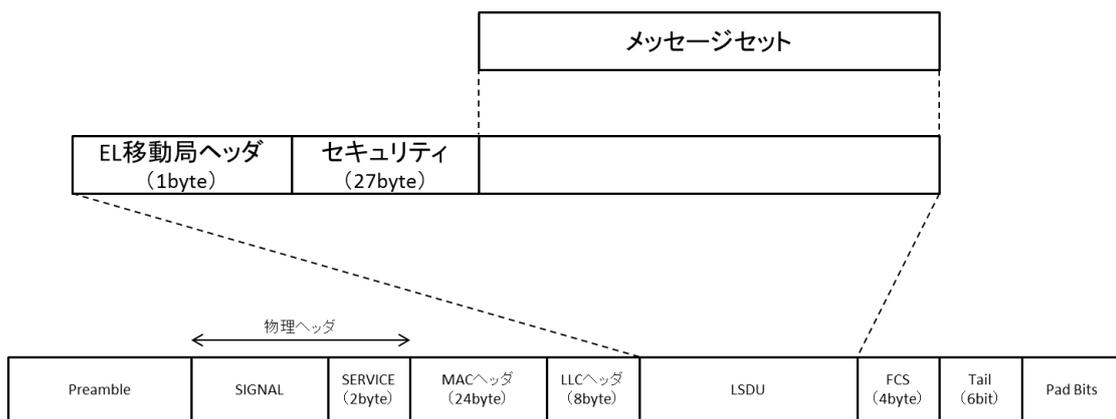


図 3.4-2：自動走行支援通信のパケット構成（案）
候補通信方式：ITS FORUM RC-005（路側機、車載機）



(a) 路側機



(b) 車載機

図 3.4-3 : 自動走行支援通信の packets 構成 (案)

候補通信方式 : ARIB STD-T109

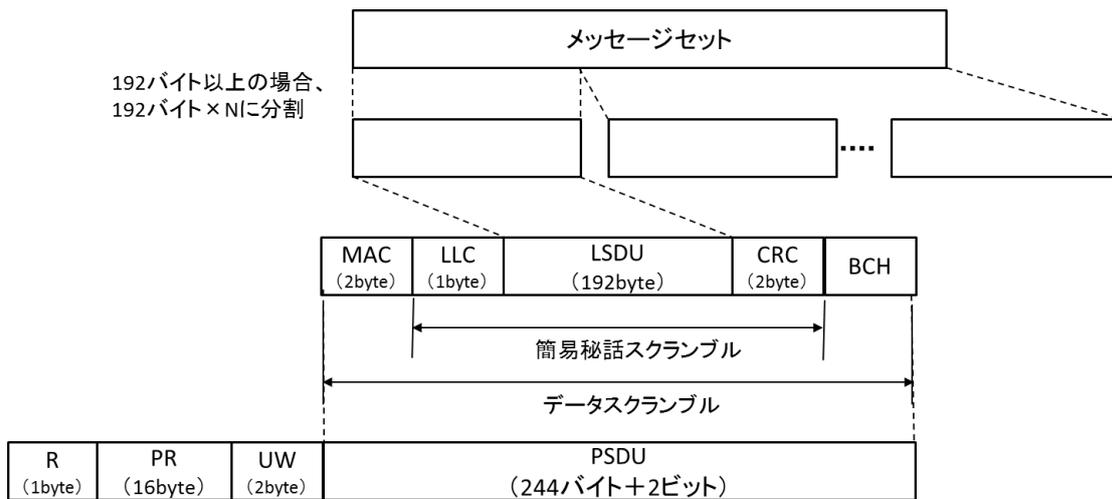


図 3.4-4：自動走行支援通信の packets 構成（案）
候補通信方式：ARIB STD-T75（路側機、車載機）

【プロトコル検討】

これまで国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討、規格化されてきた ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 をベースに自動走行支援通信の通信仕様を検討し、当該仕様による自動走行支援通信が本調査検討の対象 UC に対してどの程度有効であるかシミュレーション評価等の机上検討結果を踏まえて、ステージ 2-1 における ITS 無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案としてまとめた。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109

表 3.4-4 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。同表の赤字が候補通信方式の仕様から追加変更が必要な部分である。

H28 年度「自動走行向け無線通信手順についての調査検討」において、自工会検討 UC の要件（通信品質）を満足するための対策技術として受信ダイバーシチ機能及び連送制御機能が挙げられているが、有効性の机上検討より、両機能が必要であることが分かった。

また、自工会検討 UC8 においては、関係車両の返答タイミングが同時となりパケット衝突が増大するため、送信タイミング制御機能の追加が必要であることが、有効性の机上検討より分かった。

■候補通信方式：ARIB STD-T75

表 3.4-5 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ARIB STD-T75 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。

有効性の机上検討より、特に仕様、機能の追加変更なしで、通信形態が路車間通信の UC に対して目標通信性能を満足することを確認した。但し、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他と比べて低いため、今後 UC の条件、要件が変更された場合の対応が課題となる。

表 3.4-4 : 自動走行支援通信の仕様素案 (主な通信諸元)

候補通信方式 (ベースの ITS 無線通信) が ITS FORUM RC-005 / ARIB STD-T109 の場合

項目		ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	備考
対応可能UC		UC2~8		
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	760 MHz帯	
	空中線電力	10mW/MHz以下		
	占有帯域幅	9MHz		
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		
	誤り訂正	畳み込み符号(符号化率1/2)		
	ダイバーシチ制御	なし/ あり(受信ダイバーシチ)		自動走行支援時は「あり」
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	CSMA/CA		ランダムバックオフ制御
	CWサイズ	63		
	キャリアセンス感度	プリアンブル:-85dBm、 プリアンブル以外:-65dBm		
	通信形態	ブロードキャスト		
アプリ/ 上位層	連送制御	あり		UCに応じて回数を変更
	送信タイミング制御	なし/あり		UC8(車車間)は「あり」

※赤字: 候補通信方式の仕様からの追加変更部分

表 3.4-5 : 自動走行支援通信の仕様素案 (主な通信諸元)

候補通信方式 (ベースの ITS 無線通信) が ARIB STD-T75 の場合

項目		ARIB STD-T75	備考
対応可能UC		UC2、3、5~7	
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	
	空中線電力	基地局: 300mW以下 移動局: 10mW以下	
	占有帯域幅	4.4MHz	
	変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	
	誤り訂正	BCH(63, 51)	
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	TDMA	スロテッドALOHA
	再送制御	あり	ACK制御
	パケット分割・再結合	あり	

4. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討

本節では、3.2、3.3節にて検討したメッセージセット及びプロトコルを適用した場合の通信性能に関して、計算機シミュレーションによる机上検証を UC 毎に行なう。また、評価結果を、要件や自律系の値と比較することで、通信を活用することによる車両挙動の安定化や交通流の円滑化等の改善効果について分析を行なう。

4.1. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討の実施方法

図 4.1-1 に、本節におけるメッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討の流れを示す。パケットエラー率-CNR 特性等の通信品質特性、アクセス制御や車両の移動等の時間的・場所的変動を考慮したシミュレーション評価系を用いて通信性能を検証する。

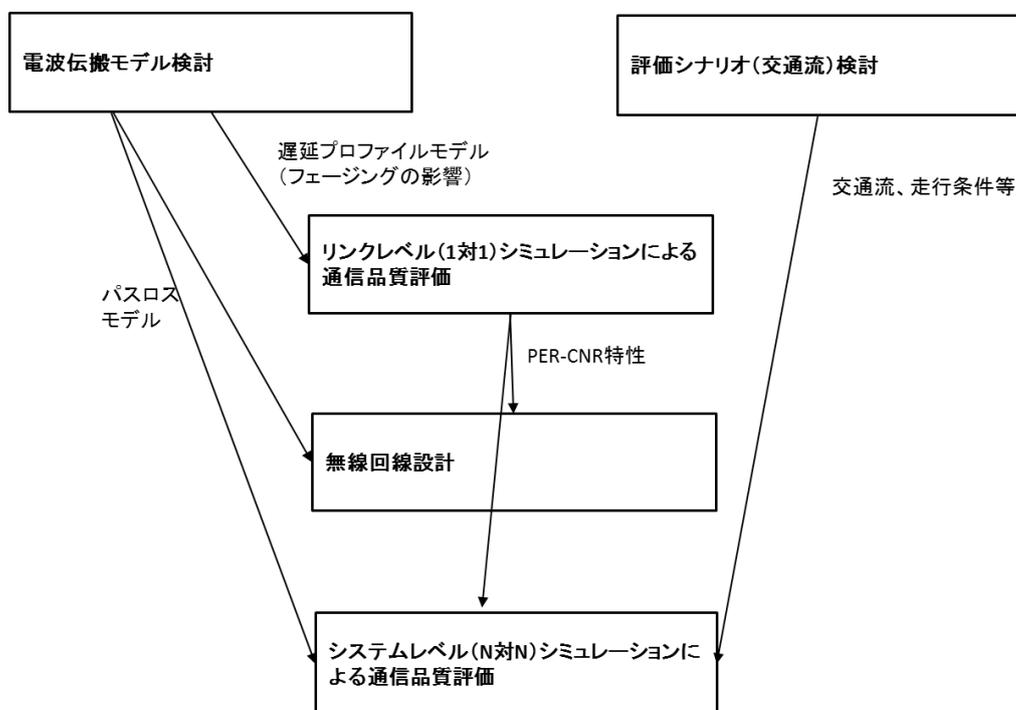


図 4.1-1：メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討の流れ

4.2. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討

本項では、パケットエラー率-CNR 特性等の通信品質特性、アクセス制御や車両の移動等の時間的・場所的変動を考慮したシミュレーション評価系を用いて通信性能をユースケース毎に検証する。

4.2.1. 電波伝搬モデル検討

電波伝搬環境は、伝搬損失（パスロス）、シャドウイング及びマルチパスフェージングで特徴付けられる。本調査検討では、送受信点間の距離による減衰であるパスロス及び多重波による干渉によって生じるマルチパスフェージングを考慮して検討を行う。周辺の車体や建物による遮蔽状況の変動が原因であるシャドウイングは、見通し内環境で車体による遮蔽を考慮しない本調査検討では考慮しない。

受信電力特性を評価するためのモデルとしてパスロスモデルを検討し、リンクレベルシミュレーションによる PER 特性評価の際に用いるモデルとして、マルチパスのフェージングによる電力変動に加えて到達時間差の影響を考慮した遅延プロファイルモデルを検討する。

(1) パスロスモデル

距離減衰特性を表すパスロスモデルの代表的なものとして、奥村カーブ/奥村-秦カーブや坂上モデル、Walfish-池上モデル等があるが、本調査検討では、車車間通信及び路車間通信の評価に適したパスロスモデルとして、H28年度の「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」等を参考に、以下に示す「ITS 通信シミュレーション評価シナリオ」モデルを用いることとする。

$$L_{LoS,m} = L_{bp} + 6 + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases}$$
$$L_{bp} = \left\lceil 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_1 h_2} \right) \right\rceil \quad R_{bp} \approx \frac{4h_1 h_2}{\lambda}$$

ここで、 $L_{LoS,m}$ は伝搬損失[dB]、 λ は波長[m]、 h_1, h_2 は送受信のアンテナ高[m]、 d はアンテナ間距離[m]である。

「ITS 通信シミュレーション評価シナリオ」モデルは、ITU-R P.1411 において勧告化されたモデルを基本モデルとしている。但し、本モデルは、市街地等において道路沿いに電波が伝搬する、いわゆるストリートキャニオン環境を想定したモデルであり、高速道路におけるモデルではない。そのため、高速道路が非常に厳しい伝搬環境であると仮定すると、他モデル（伊藤-多賀モデル等）との比較により 10dB 程度のマージン確保が望ましい。今後高速道路における測定が行われた際には、測定結果との比較分析、モデルの見直しが必要である。

(2) 遅延プロファイルモデル

マルチパスフェージングの影響を表す遅延プロファイルモデルの検討では、パスロスモデルと同様に、H28 年度の「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」等を参考とする。

ITS FORUM RC-005 (5.8GHz 帯)

ITS FORUM 運転支援通信システム専門委員会 伝搬モデル検討合同連絡会の検討モデル（都市部、郊外、市街地）の内、最も厳しい都市部環境の遅延プロファイルモデルを採用する。

表 4.2-1 に、本調査検討の ITS FORUM RC-005 の評価を行う際に用いる遅延プロファイルモデルを示す。

表 4.2-1：遅延プロファイルモデル (ITS FORUM RC-005)

遅延量 [us]	相対電力 [dB]	ライスファクタ [dB]
0	0	9.85
0.1	-7.61	6.05
0.2	-12.78	4.97
0.3	-17.48	4.56
0.4	-19.33	4.24
0.5	-21.65	4.07
0.6	-21.71	4.06
0.7	-24.88	4.39
0.8	-28.48	4.03
0.9	-29.44	4.36
1.0	-30.49	6.39
1.1	-32.90	6.63
1.4	-32.92	7.27
1.7	-33.70	6.51

ARIB STD-T109 (700MHz 帯)

上記の ITS FORUM RC-005 と同様に、伝搬モデル合同連絡会における議論を反映したモデルを採用する。表 4.2-2 に、本調査検討の ARIB STD-T109 の評価を行う際

に用いる遅延プロファイルモデルを示す。本モデルは、遅延スプレッドが大きい20%のプロファイルを選択し、それを代表するようなダブルクラスタ型の統計的プロファイルモデルである。

表 4.2-2：遅延プロファイルモデル（ARIB STD-T109）

遅延量 [us]	相対電力 [dB]	ライスファクタ [dB]
0	0	13.4
0.1	-1.7	6.8
0.2	-3.4	
0.3	-5.1	
0.4	-6.9	
0.5	-8.6	
0.6	-10.3	
0.7	-12.0	
0.8	-13.7	
0.9	-15.4	
1.0	-17.1	
1.1	-18.9	
1.2	-20.6	
1.3	-22.3	
1.4	-24.0	
1.5	-25.7	13.1
1.8	-19.4	7.7
1.9	-21.3	
2.0	-23.2	
2.1	-25.1	
2.2	-27.0	
2.3	-28.9	
2.4	-30.8	
2.5	-32.7	
2.6	-34.5	
2.7	-36.4	
2.8	-38.3	
2.9	-40.2	
3.0	-42.1	
3.1	-44.0	
3.2	-45.9	
3.3	-47.8	

ARIB STD-T75 (5.8GHz 帯)

指向性アンテナを用いた近距離のスポット通信を想定し、直接波のみ存在する場合のモデルを用いる。

4.2.2. 評価条件

以下に、伝搬損失特性評価、リンクレベルシミュレーションによる通信品質評価、無線回線設計、ならびにシステムレベルシミュレーションによる通信性能評価における評価条件を示す。

表 4.2-3 に、シミュレーション評価条件を示す。

表 4.2-3：シミュレーション評価条件

項目		ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	備考
L1 関連	中心周波数	5810MHz	760MHz	
	空中線電力	10mW/MHz		
	占有帯域幅	9MHz		
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		2方式を優先
	誤り訂正	畳み込み符号/符号化率(R) 1/2		R=1/2を優先
	ダイバーシチ	なし、あり(最大比合成)		
	雑音電力密度	-173.9dBm/Hz		T=25℃
	雑音指数	10dB		
	固定劣化	5dB		
	アンテナ利得(車載器)	4dBi	2dBi	全方位無指向性アンテナ
	ケーブル・コネクタロス(車載器)	4dB	2dB	※絶対利得0dBを想定(規格値より) 情通審資料を参考に値を決定
	PER-CINR特性	リンクレベルシミュレーション結果を利用		PER-CINR特性も同じと仮定
L2 関連	MAC方式	CSMA/CA		ランダムバックオフ制御
	CWサイズ	63		暫定値
	スロットタイム	13usec		
	キャリアセンス感度	プリアンブル:-85dBm、プリアンブル以外:-65dBm		
	通信形態	ブロードキャスト		
	連送	なし、あり		
電波 伝搬	伝搬損失モデル	「ITS通信シミュレーション評価シナリオ」モデル(LOS環境)		ITU-R P.1411モデル(中央値)と同じ
	アンテナ高	1.5m		乗用車のルーフ上に設置

なお、本調査検討では、ルーフ上にアンテナを設置することを想定し、普通車及び大型車のアンテナ高を、それぞれ 1.5m 及び 4m とする。

また、UC2、UC3、UC5（路車間通信）、UC6 及び UC7 における路側機アンテナは、中央車線上に設置することを想定する。図 4.2-1 に、路側機アンテナの指向性パターンを示す（アンテナ利得は 10dBi、アンテナ高は 5m、俯角 27 度とする）。

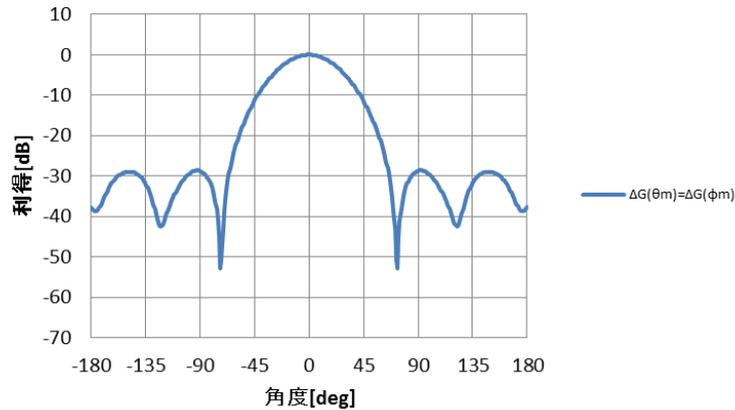


図 4.2-1：路側機アンテナの指向性パターン

表 4.2-4 に、システムレベルシミュレーションの評価対象を示す。同表において、「○」はシステムレベルシミュレーションを実施する UC であり、「-」は評価対象外とする。「-」は通信形態が路車間通信、ダウンリンクの UC であり、同報配信を想定しているため、送信台数が路側機 1 台のみとなる。送信台数が 1 台の場合、パケット衝突が発生しないため、システムレベルシミュレーションの評価対象外とした。以降の評価において、システムレベルシミュレーションの評価対象外の UC については、無線回線設計の結果によって通信要件を達成するかの判断を行なう。

表 4.2-4：システムレベルシミュレーション評価対象

UC No.	2	3	4	5		6	7	8
通信形態	路車間 (UL)	路車間 (DL)	車車間	路車間 (DL)	車車間	路車間 (DL)		車車間
システムレベルシミュレーション評価対象	○	-	○	-	○	-	-	○

図 4.2-2 に、UC2 のシステムレベルのシミュレーションにおける道路条件、交通流モデルを示す。車両は、車線毎に平均車間 1s の対数正規分布で発生し、路側機からのパケットを受信し、かつ、受信電力がキャリアセンスレベル以上ならば、アップリンクのパケットを送信する。また、本評価では、路側機の送信条件 (仮) として、送信周期 100ms、データサイズ 100byte とする。さらに、車両が路側機からのパケットを受信し、パケット送信を開始するまでの時間を考慮した UC 対象エリア 35m (仮) のエリア端で受信電力がキャリアセンスレベルと等しくなるように路側機の送信電力を調整した状態で評価を行う。

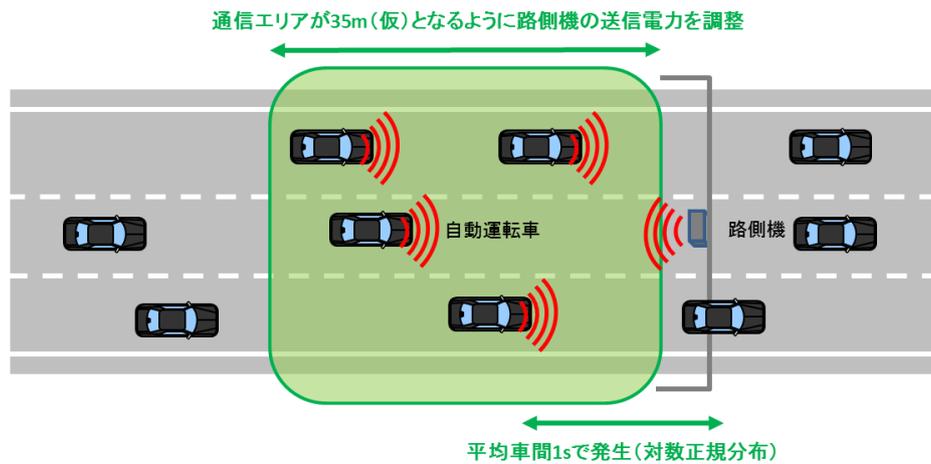


図 4.2-2：道路条件・交通流モデル（UC2）

図 4.2-3 に、UC4 のシステムレベルのシミュレーションにおける道路条件、交通流モデルを示す。2.4.3 項の想定と同様に走行速度は 40km/h とする。

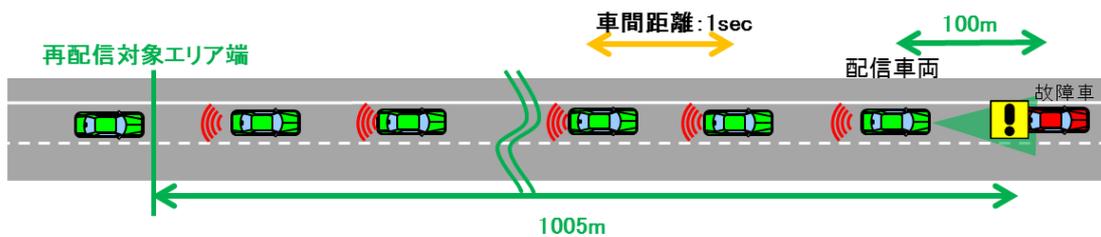


図 4.2-3：道路条件・交通流モデル（UC4）

図 4.2-4 に、UC5（車車間通信）のシステムレベルのシミュレーションにおける道路条件、交通流モデルを示す。UC5（車車間通信）を実施する際、対向車線では UC4 が発生している。本評価では同図のように UC4 の交通流、通信トラフィックを付加した状態で UC5（車車間通信）の通信性能を評価する。通信として厳しい条件として通信トラフィックが多い、UC4 の一回目の中継を行なう車両付近に UC5 の再配信車両がいる場合の通信性能を目標値と比較する。

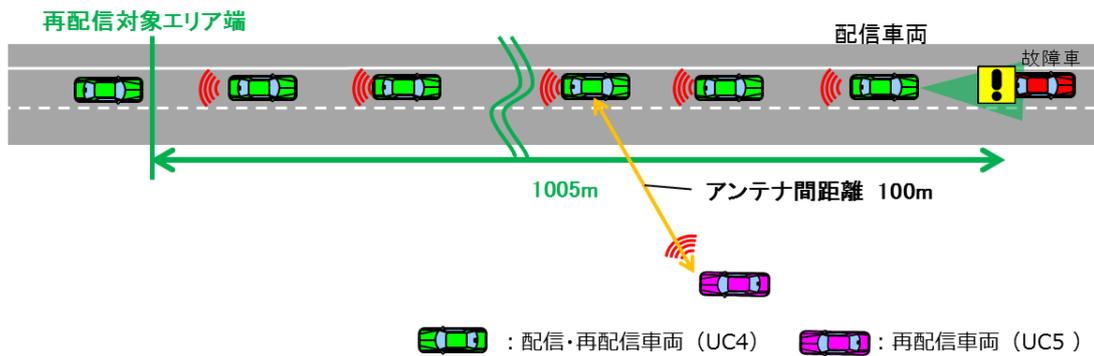


図 4.2-4：道路条件・交通流モデル (UC5：車車間通信)

図 4.2-5 に、UC8 のシステムレベルのシミュレーションにおける道路条件、交通流モデルを示す。

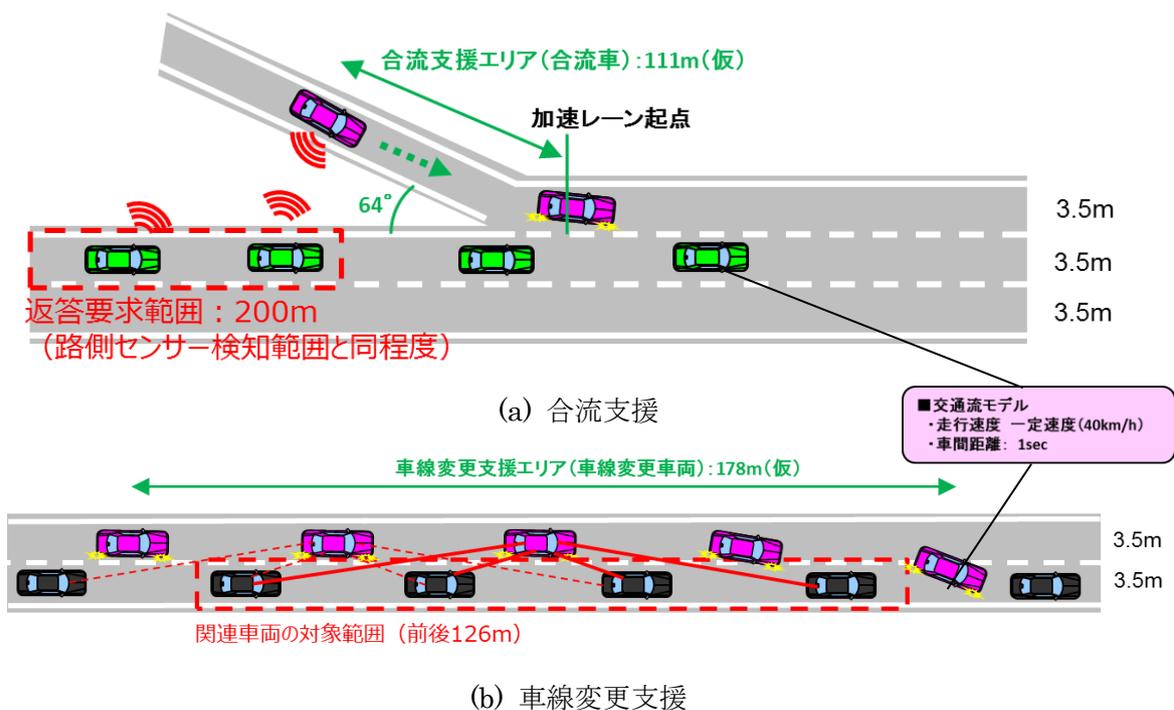
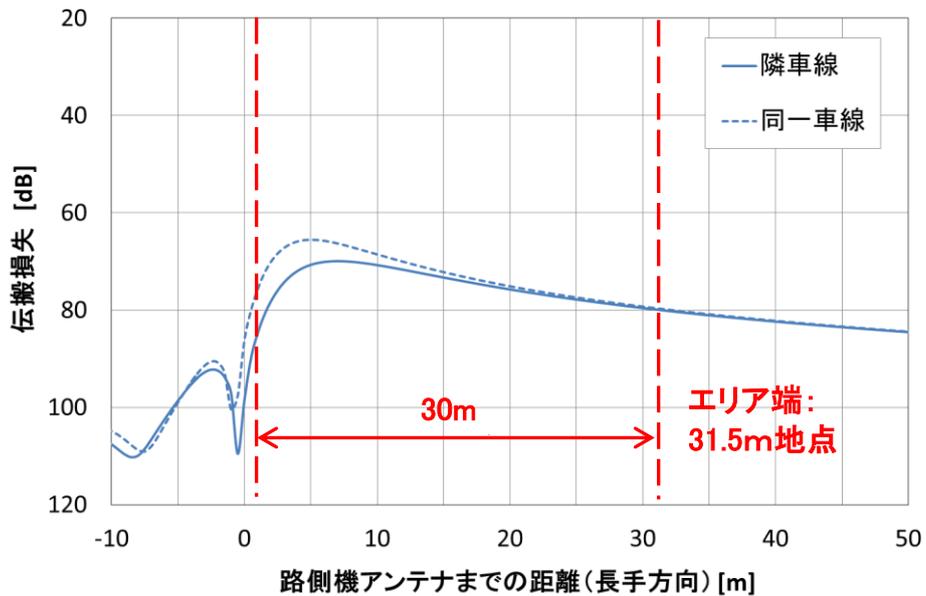


図 4.2-5：道路条件・交通流モデル (UC8)

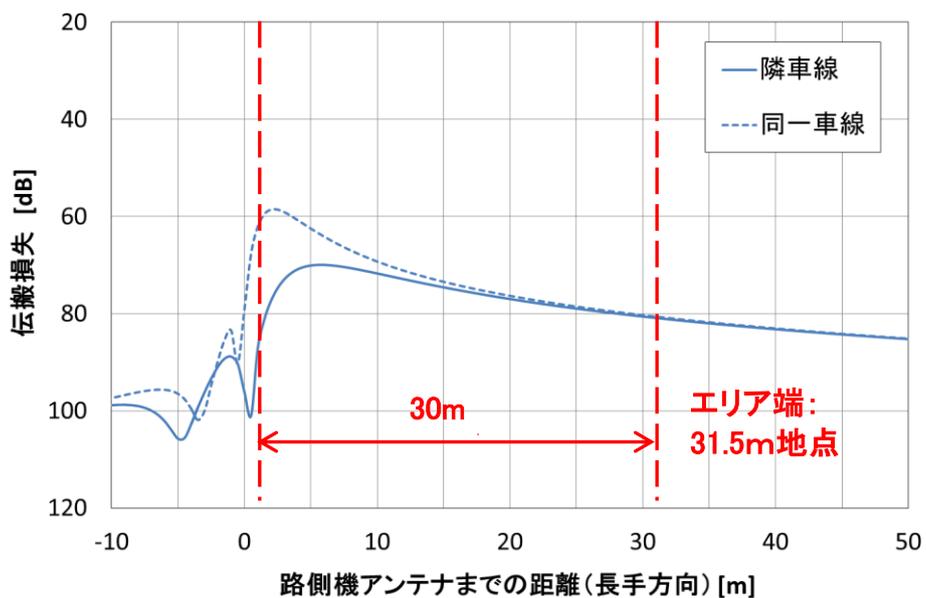
4.2.3. 有効性の机上検討結果：UC2

以下に、UC2に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性）を示す。

(1) 伝搬損失特性

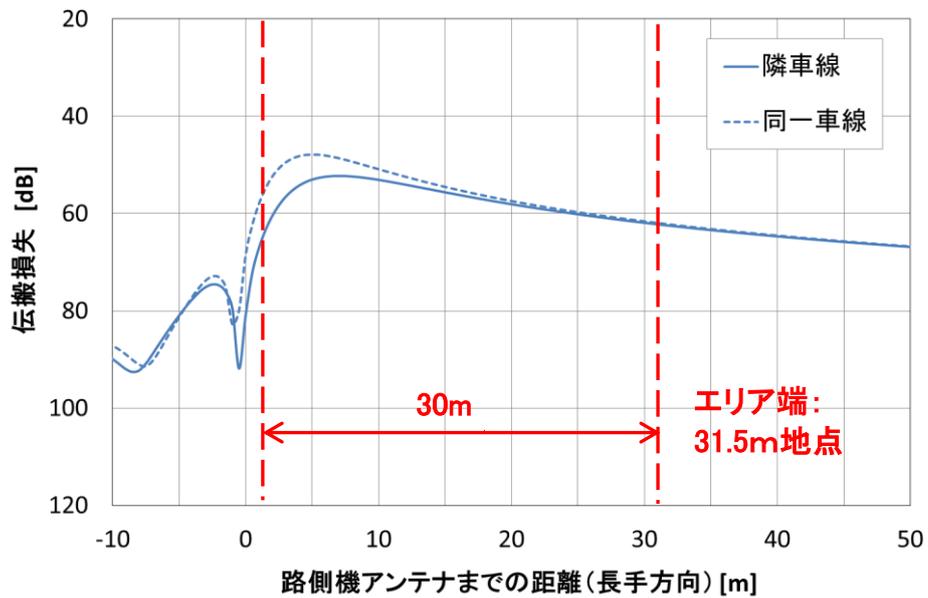


(a) 普通車想定（アンテナ高 1.5m）

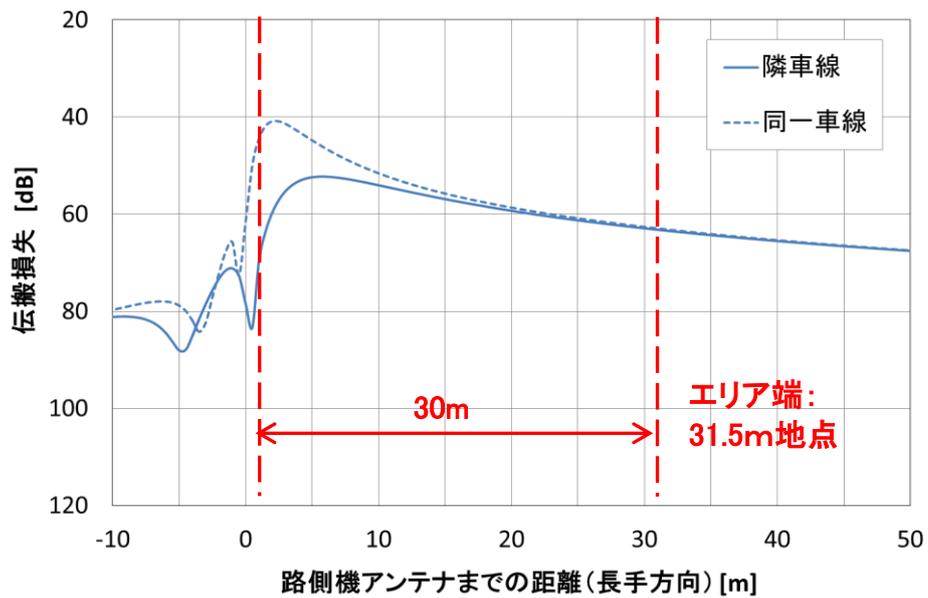


(b) 大型車想定（アンテナ高 4m）

図 4.2-6：UC2 の伝搬損失-アンテナ間距離特性（ITS FORUM RC-005）



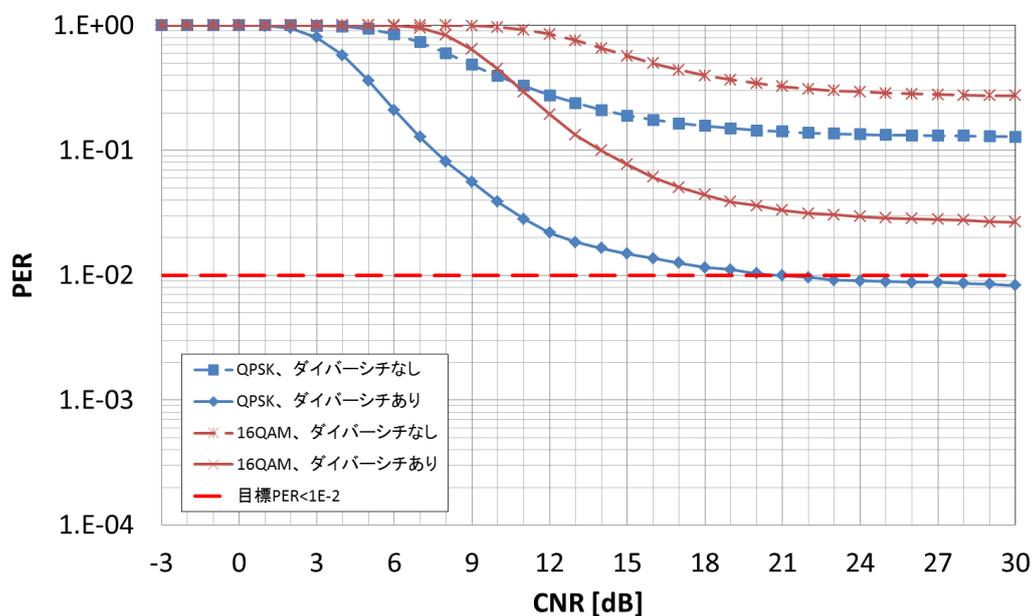
(a) 普通車想定 (アンテナ高 1.5m)



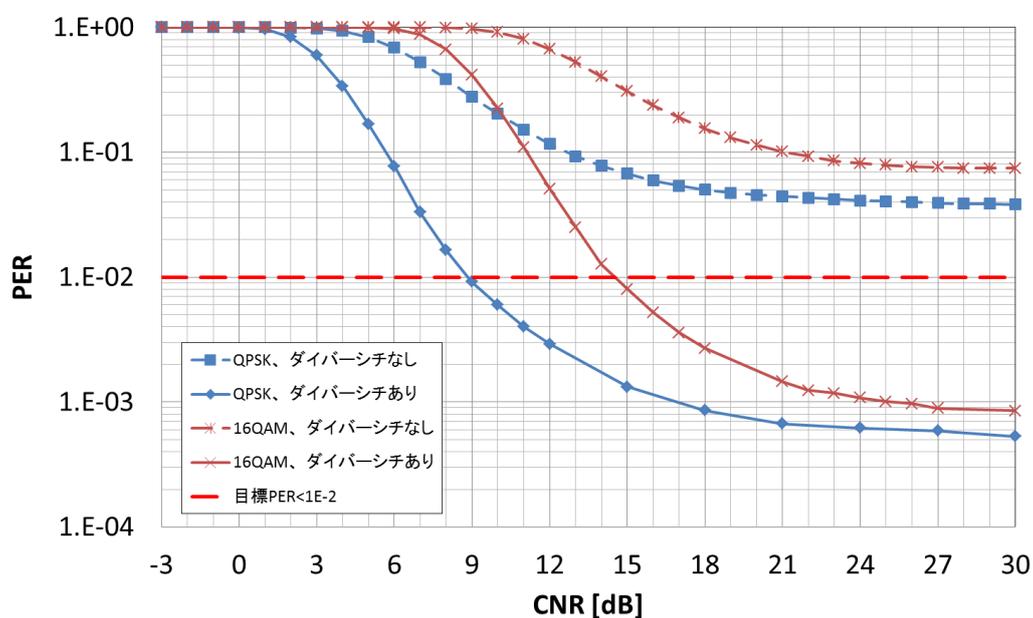
(b) 大型車想定 (アンテナ高 4m)

図 4.2-7 : UC2 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-8 : UC2 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h)

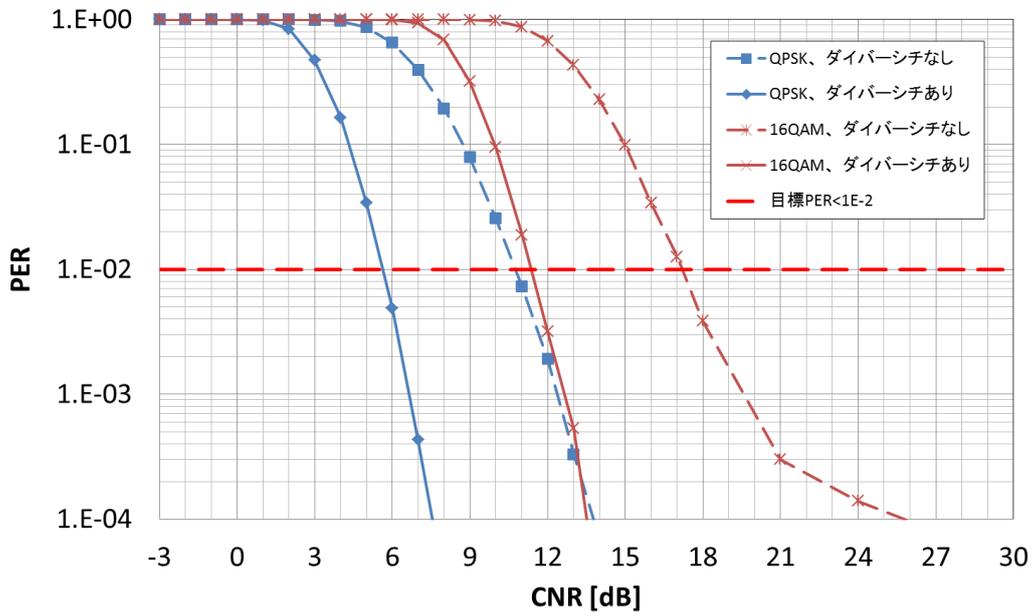
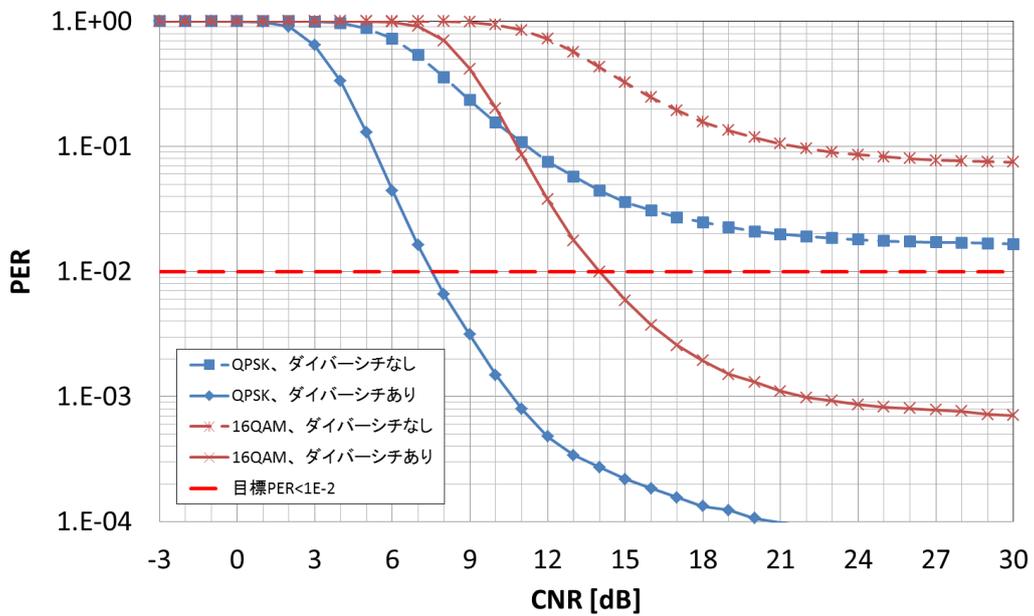
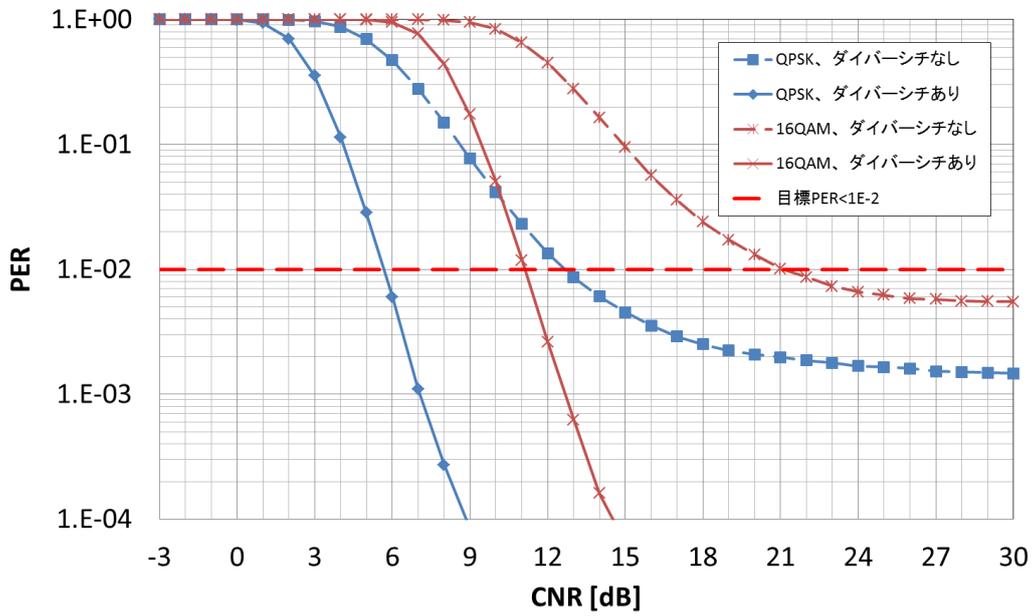


図 4.2-9 : UC2 PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-10 : UC2 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、2 連送)

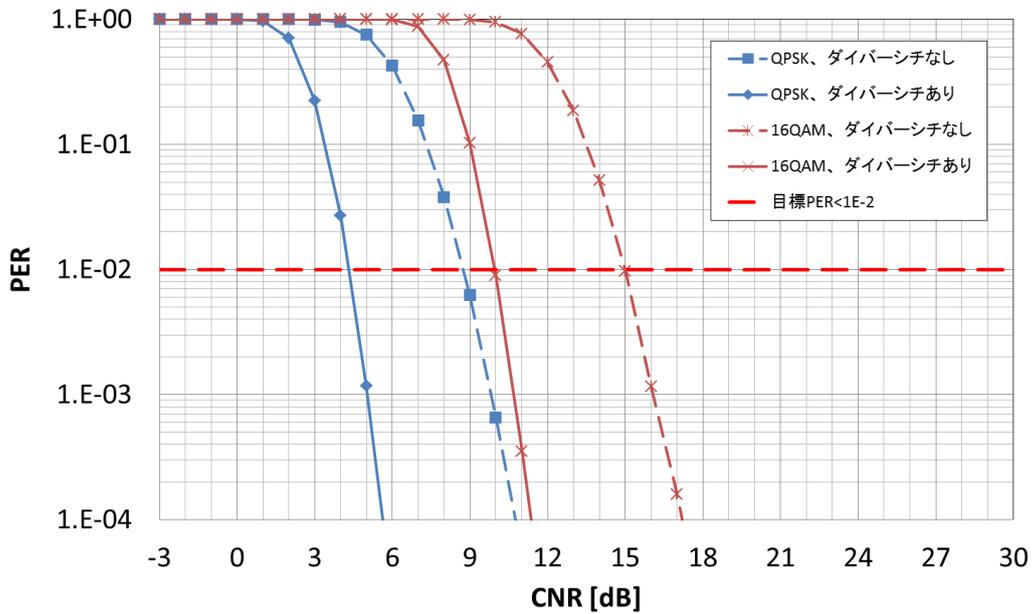
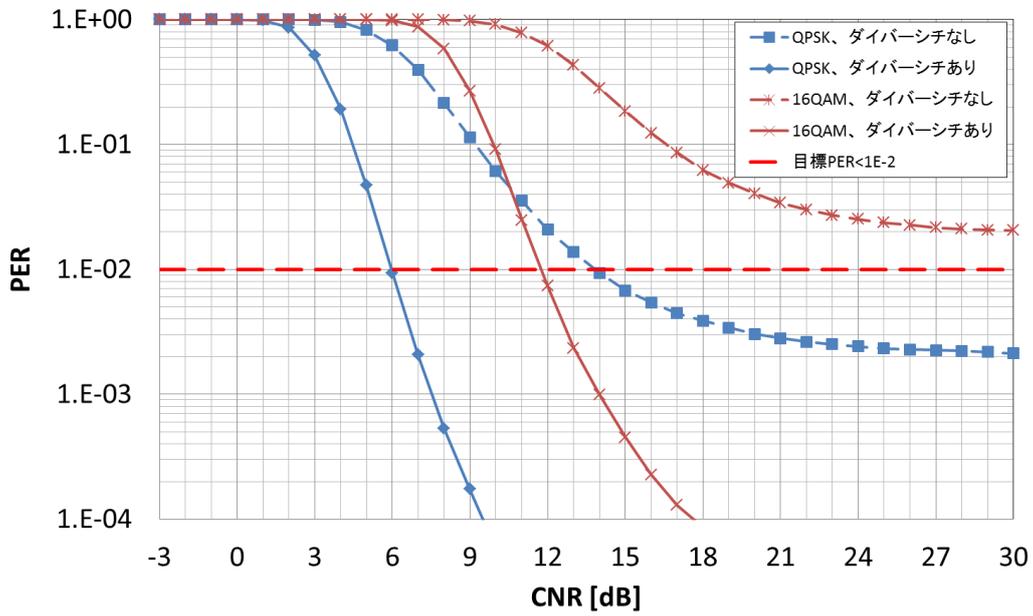
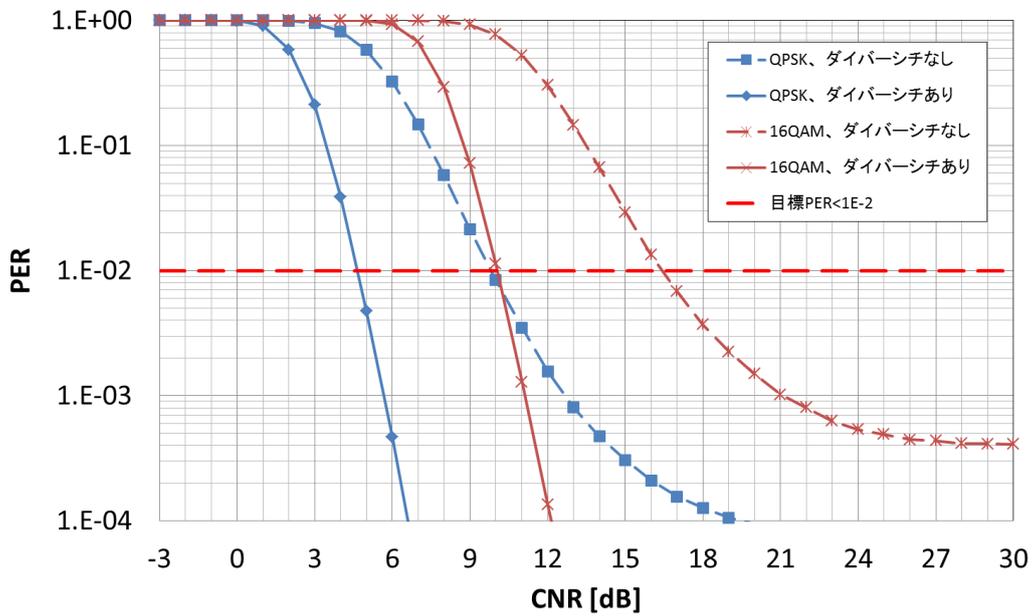


図 4.2-11 : UC2 PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-12 : UC2 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、3 連送)

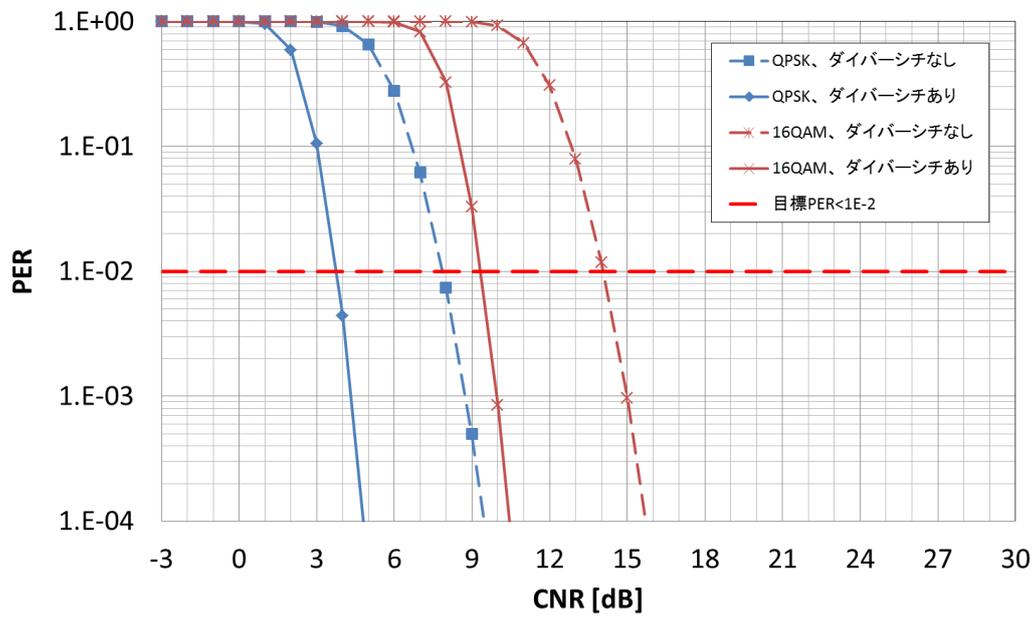


図 4.2-13 : UC2 PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-5 から表 4.2-10 に UC2 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-5 より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、必要通信距離を満足しないことが分かる。メッセージサイズが 405byte と大きく、エラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。一方、表 4.2-6 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合において、必要通信距離を満足することが分かる。これは ARIB STD-T109 では、一様フェージングの影響が小さいために PER-CNR 特性が、ITS FORUM RC-005 に比べ改善することに起因する。

表 4.2-7、表 4.2-9 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では回線設計を満たさない ITS FORUM RC-005 に対しても、ダイバーシチまたは連送（セキリティによるオーバーヘッド 250byte、16QAM の場合のみ両機能）を適用することで必要通信距離に対するシステムマージンを満足することが分かる。

表 4.2-5 : UC2 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	20.0	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-69.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	95.9	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	15.9	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	20.0	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-69.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	95.9	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	14.9	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.9	-	14.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.5	-	-74.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	107.0	-	101.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	27.0	-	21.3	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.9	-	14.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.5	-	-74.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	107.0	-	101.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	26.0	-	20.3	

表 4.2-6 : UC2 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.6	17.2	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-83.8	-72.2	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.1	100.3	88.7	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.7	37.9	26.3	32.1	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.6	17.2	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-83.8	-72.2	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.1	100.3	88.7	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	31.7	36.9	25.3	31.1	

表 4.2-7 : UC2 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.5	-	14.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.9	-	-75.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.4	-	101.9	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	28.4	-	21.9	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.5	-	14.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.9	-	-75.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.4	-	101.9	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	27.4	-	20.9	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.7	5.7	21.0	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.7	-83.7	-68.4	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	103.2	110.2	94.9	104.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	23.2	30.2	14.9	24.8	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.7	5.7	21.0	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.7	-83.7	-68.4	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	103.2	110.2	94.9	104.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.2	29.2	13.9	23.8	

表 4.2-8 : UC2 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.3	15.0	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.1	-74.4	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	101.6	90.9	95.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.7	39.2	28.5	33.5	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.3	15.0	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.1	-74.4	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	101.6	90.9	95.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	33.7	38.2	27.5	32.5	

表 4.2-9 : UC2 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	6.0	-	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.4	-	-77.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	109.9	-	104.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.1	29.9	-	24.1	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	6.0	-	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.4	-	-77.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	109.9	-	104.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.1	28.9	-	23.1	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.8	4.6	16.4	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.6	-84.8	-73.0	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.1	111.3	99.5	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.1	31.3	19.5	25.8	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	0.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.8	4.6	16.4	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.6	-84.8	-73.0	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.1	111.3	99.5	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.1	30.3	18.5	24.8	

表 4.2-10 : UC2 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

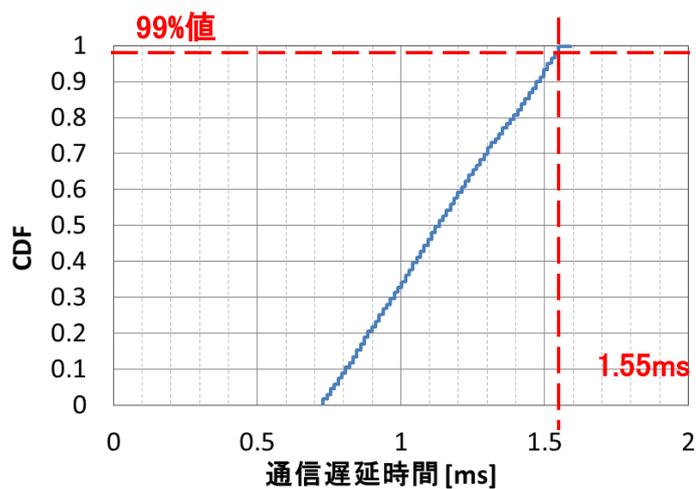
記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.1	9.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.3	-80.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.0	102.1	91.8	96.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.6	39.7	29.4	34.1	

(b) 大型車想定

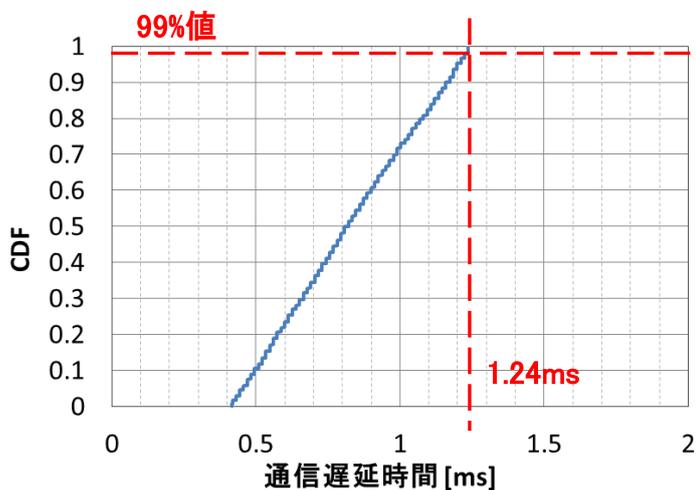
記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	10.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	10.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.1	9.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.3	-80.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.0	102.1	91.8	96.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.6	38.7	28.4	33.1	

(4) 通信性能特性 (システムレベルシミュレーション)

システムレベルシミュレーション結果として、図 4.2-14 に、ARIB STD-T109 のダイバーシチ、連送を適用しない場合における通信遅延時間特性 (累積分布) を示す。同図より、99%値の通信遅延時間は QPSK、16QAM でそれぞれ 1.6ms、1.2ms となり、通信遅延時間の要件である 1s よりも十分短いことが分かる。よって、ARIB STD-T109 の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずとも通信要件を満足する。



(a)ARIB STD-T109/QPSK



(b)ARIB STD-T109/16QAM

図 4.2-14 : UC2 の通信遅延時間特性 (ダイバーシチ、連送適用なし)

図 4.2-15 に、UC2 に対して、ダイバーシチ、連送を適用した場合のシステムレベルシミュレーション結果として、ITS FORUM RC-005、QPSK ダイバーシチあり、3 連送の場合の通信遅延時間特性（累積分布）を示す。同図より、99%値の通信遅延時間は 601ms となり、通信遅延時間の要件である 1s よりも十分短いことが分かる。また、通信遅延時間が、1ms 程度、300ms 程度、600ms 程度と 3 つのグループに分かれているが、それぞれ 1 連送目、2 連送目、3 連送目で受信に成功した場合に相当する。本評価では連送を適用する場合、アプリケーションレイヤでパケット生成した時刻から、連送パケットの内、最初に受信成功した時刻を通信遅延時間として定義している。また、連送周期としては、通信要件の通信頻度 1s からエリア内に入ったことを通知するためのパケットの送信周期 100ms を引いた 900ms を、連送回数で等分割した値を採用している（2 連送時：450ms、3 連送時：300ms）。99%値の通信遅延時間は 601ms ではあるが、8 割以上が 1.5ms 程度の非常に小さい通信遅延時間で収まっていることが分かる。

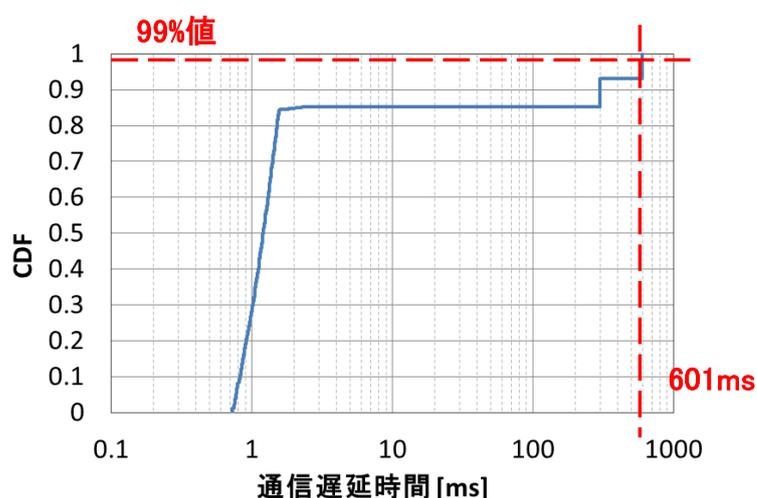


図 4.2-15 : UC2 の通信遅延時間特性（例）
 (ITS FORUM RC-005、セキュリティによるオーバーヘッド 250byte、
 QPSK、ダイバーシチあり、3 連送)

表 4.2-11、表 4.2-12 に、UC2 の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレーション評価結果を示す。表 4.2-12(b)にて、黄色で塗りつぶした条件が、通信距離、パケット到達率及び通信遅延時間の通信要件を満足するケースである。表 4.2-11、表 4.2-12 より以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK (6Mbps) とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、変調方式 QPSK (6Mbps)、16QAM (12Mbps) の両方に対して、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

エラーフロアを軽減する対策として、マルチパス発生を抑えるための路側機アンテナの指向性パターン及び設置の最適化等も挙げられる。

表 4.2-11 : UC2 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティ によるオーバ ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	15.5	—	—
		2連送	—	28.0	—	21.5
		3連送	21.7	29.5	—	23.5
	27	適用せず	—	26.0	—	20.3
		2連送	22.2	29.2	13.9	23.8
		3連送	25.1	30.3	18.5	24.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	31.7	36.9	25.3	31.1
		2連送	33.7	38.2	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

表 4.2-12 : UC2 システムレベルシミュレーション評価結果

(a) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.8	—	—
		2連送	—	99.7	—	99.7
		3連送	99.5	99.7	—	99.8
	27	適用せず	—	99.4	—	99.4
		2連送	99.5	99.9	99.0	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.8	99.9
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.6	99.6	99.7	99.7
		2連送	99.9	99.9	99.9	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.9	99.9

※ — : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

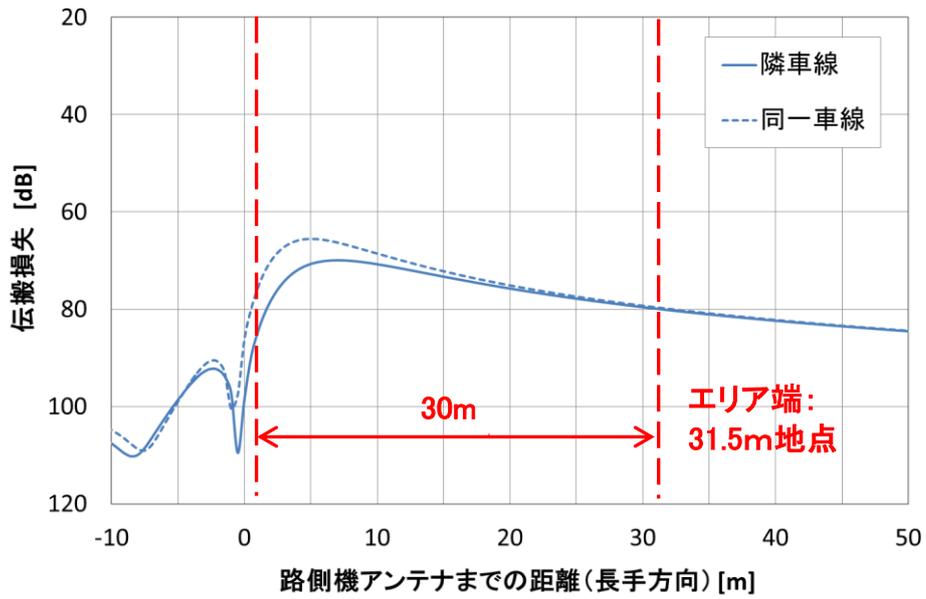
(b) 通信遅延時間特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(1)	—(2)	—(1)	—(1)
		2連送	—(1)	452	—(1)	451
		3連送	602	602	—(1)	601
	27	適用せず	—(1)	2	—(1)	1
		2連送	452	451	451	451
		3連送	601	601	601	601
ARIB STD-T109	27	適用せず	2	2	1	1
		2連送	452	452	451	451
		3連送	601	601	601	601

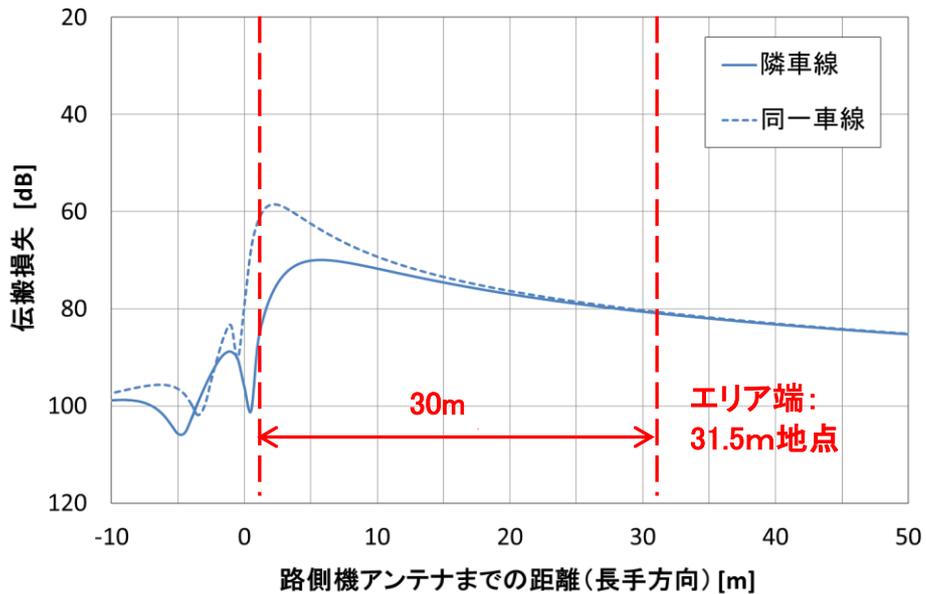
4.2.4. 有効性の机上検討結果：UC3

以下に、UC3に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。

(1) 伝搬損失特性

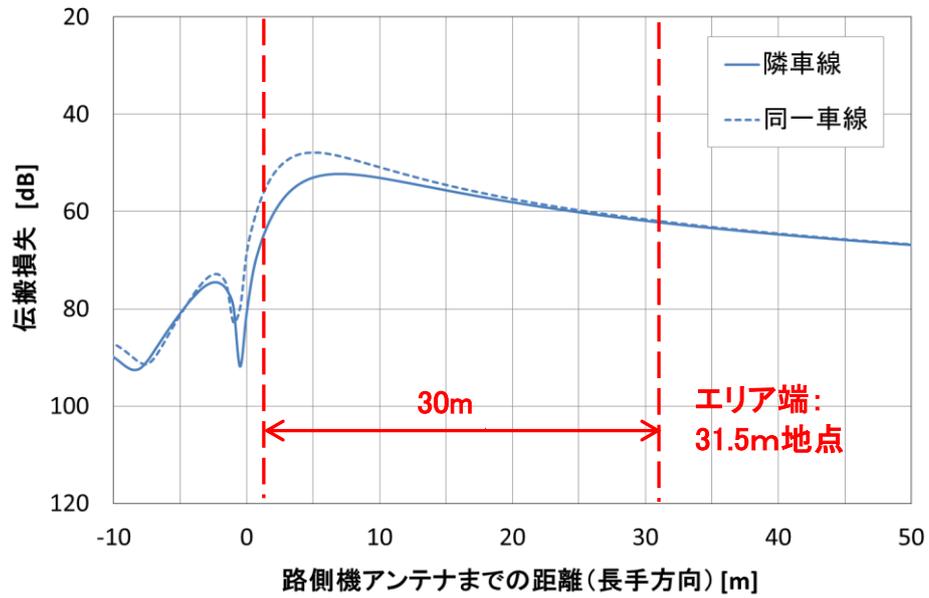


(a) 普通車想定（アンテナ高 1.5m）

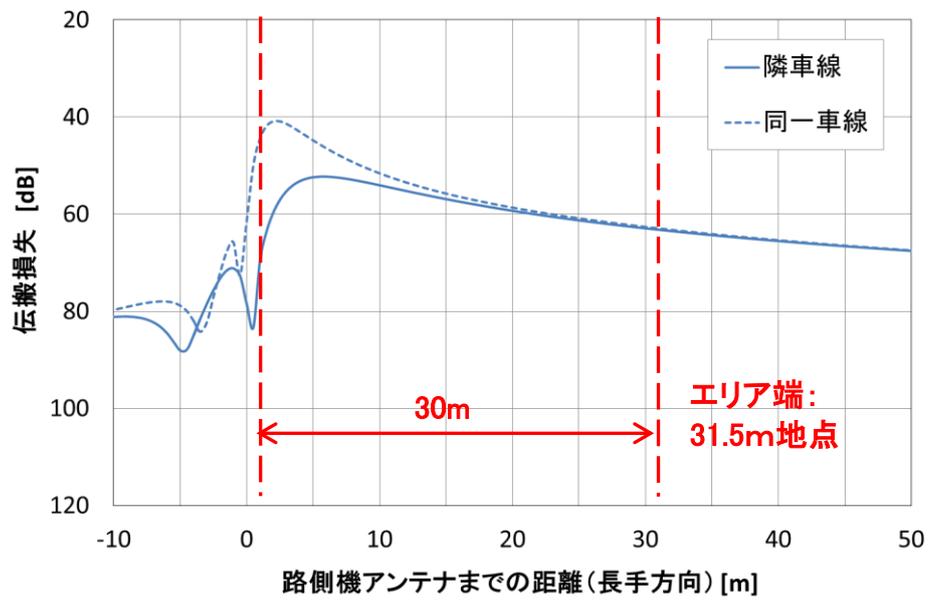


(b) 大型車想定（アンテナ高 4m）

図 4.2-16：UC3 の伝搬損失-アンテナ間距離特性（ITS FORUM RC-005）



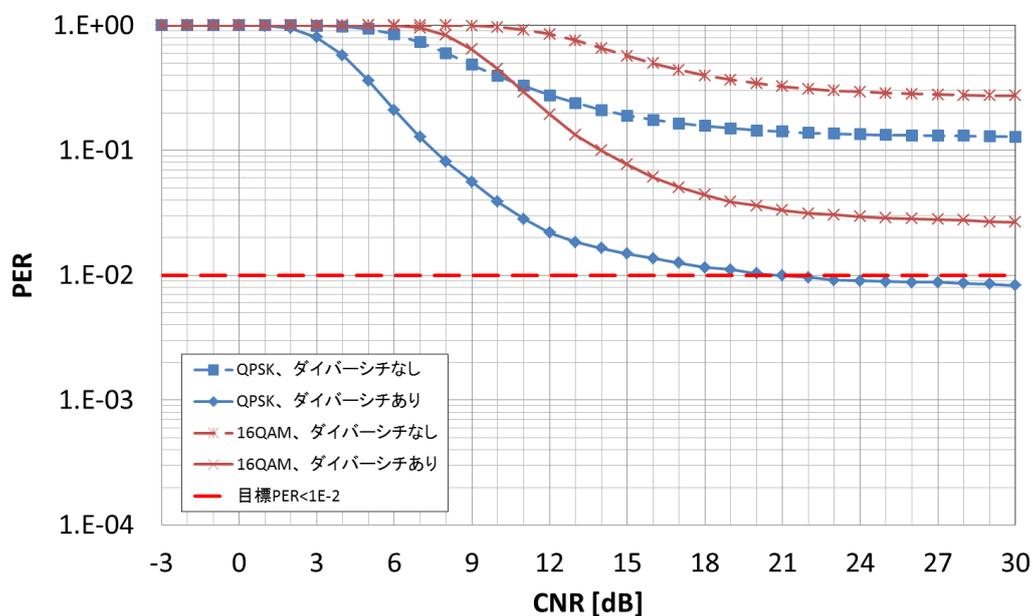
(a) 普通車想定 (アンテナ高 1.5m)



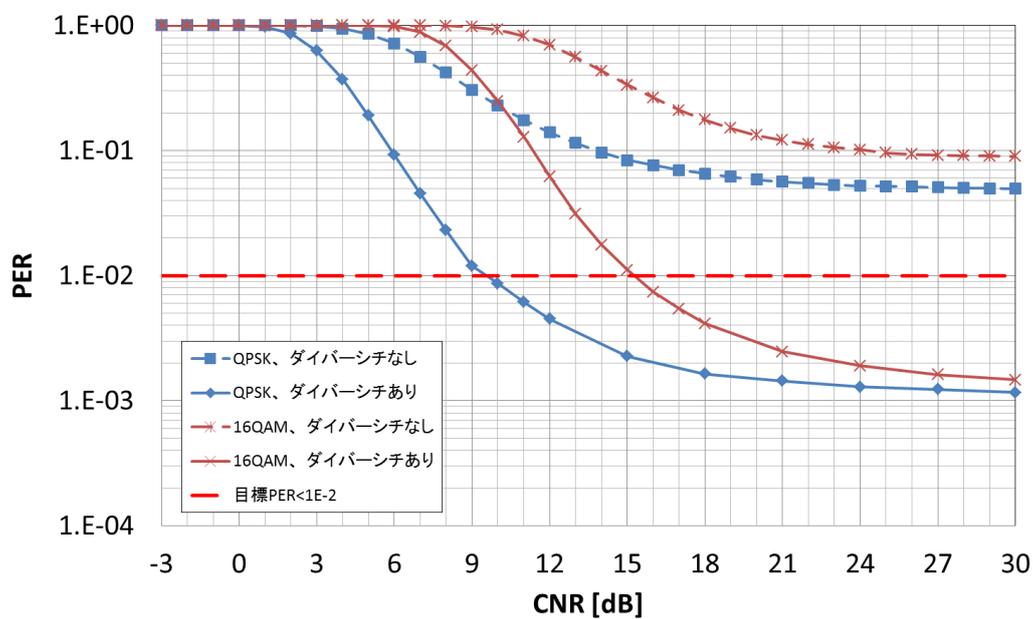
(b) 大型車想定 (アンテナ高 4m)

図 4.2-17 : UC3 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-18 : UC3 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h)

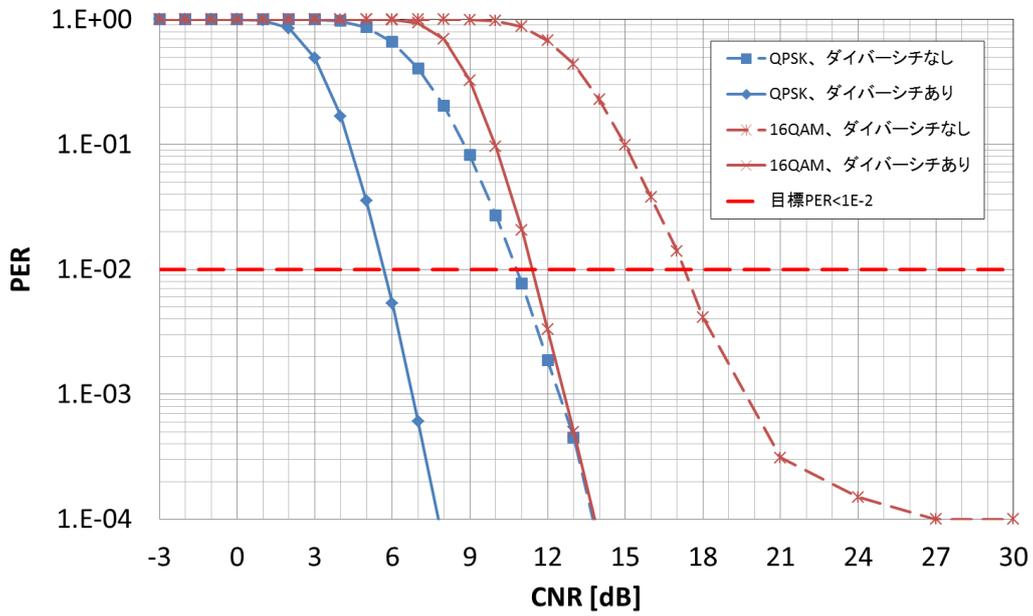
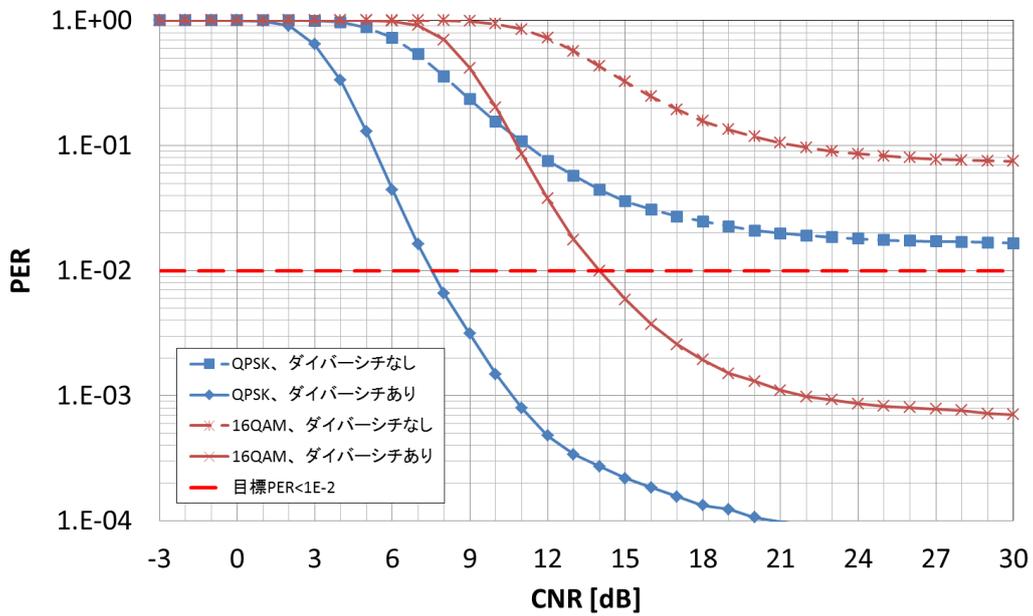
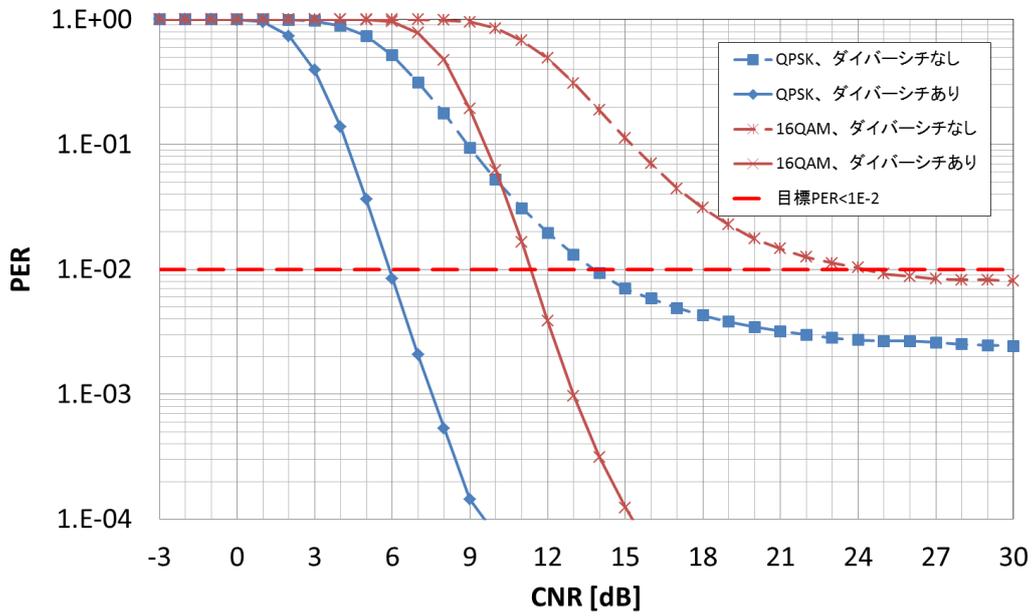


図 4.2-19 : UC3 PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-20 : UC3 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、2 連送)

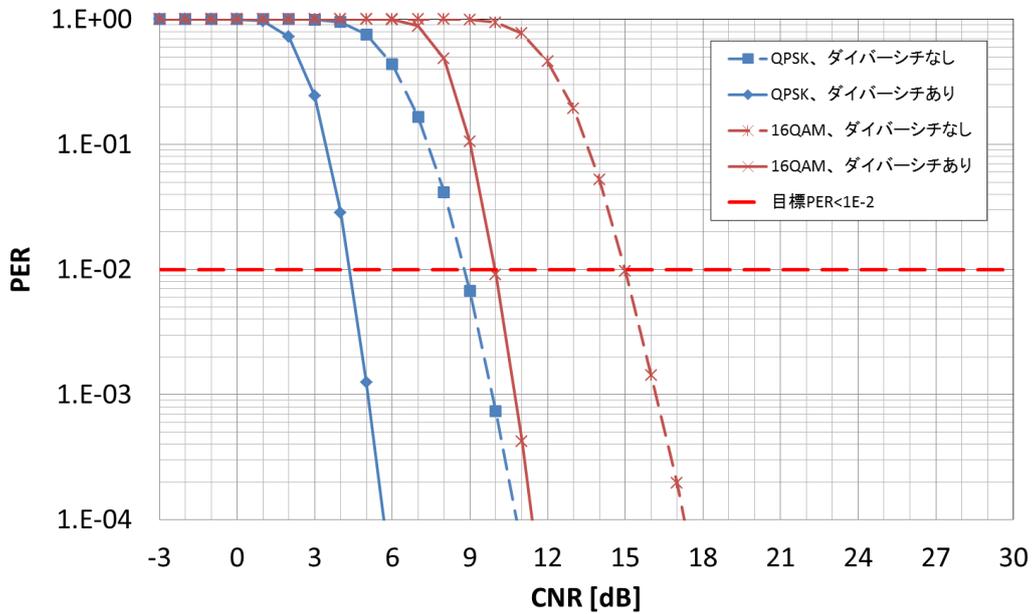
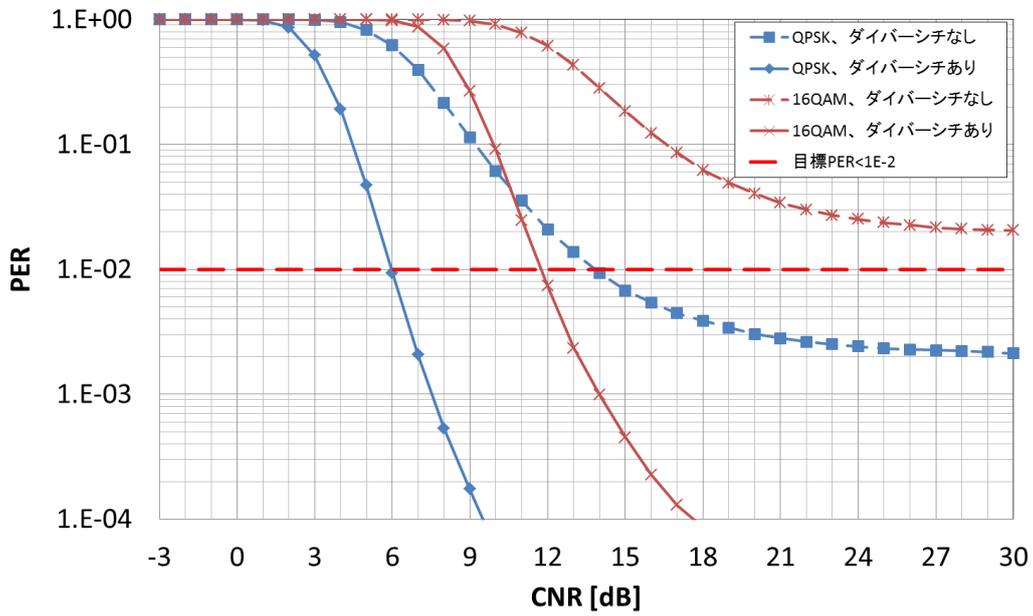
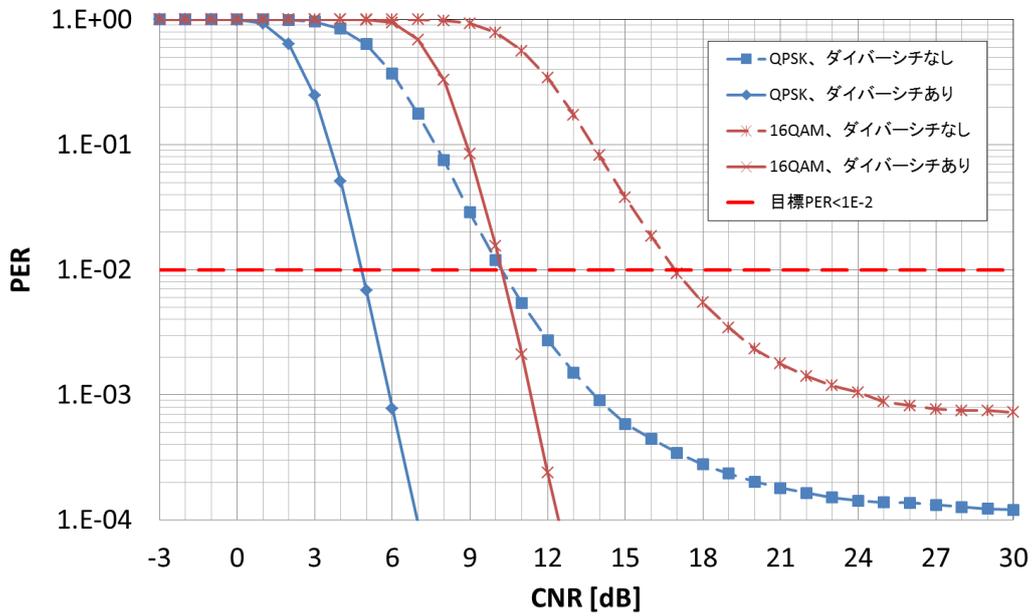


図 4.2-21 : UC3 PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-22 : UC3 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、3 連送)

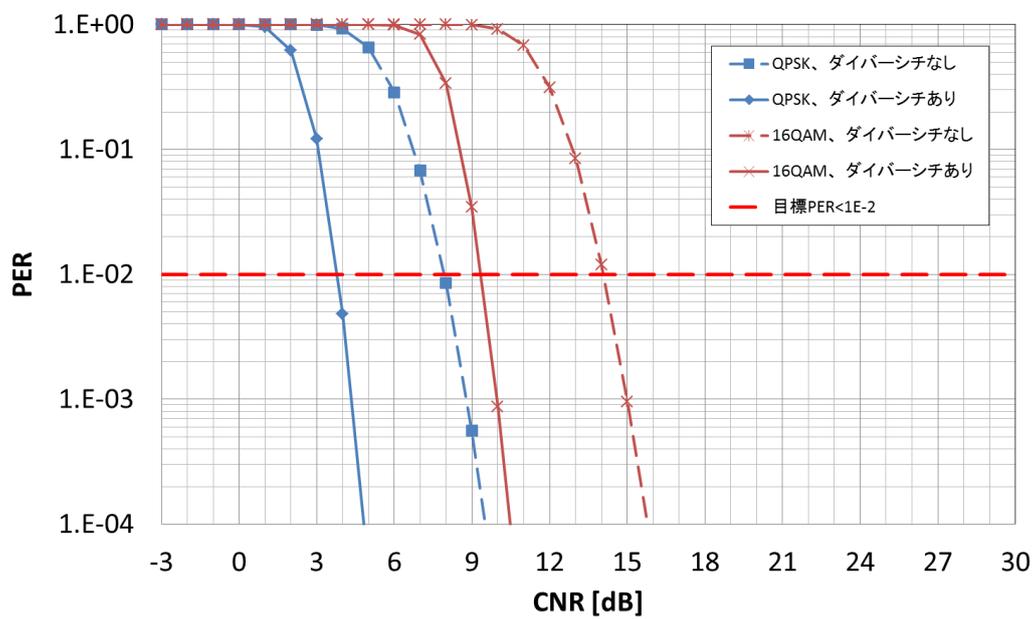


図 4.2-23 : UC3 PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 405byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-13 から表 4.2-18 に UC3 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-13 より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、必要通信距離を満足しないことが分かる。メッセージサイズが 405byte と大きく、エラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。一方、表 4.2-14 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合においても、QPSK、16QAM とともに必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-15、表 4.2-17 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では回線設計を満たさない ITS FORUM RC-005 に対しても、ダイバーシチまたは連送（セキュリティによるオーバーヘッド 250byte、16QAM の場合のみ両機能）を適用することで必要通信距離に対するシステムマージンを満足することが分かる。

表 4.2-19 に、UC3 の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果を示す。同表の黄色で塗りつぶした条件が、全ての通信要件を満足するケースである。同表より、以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式を QSPK（6Mbps）とする場合、ダイバーシチまたは連送（3 連送以上）の適用が必要である。
 - ・ 変調方式を 16QAM（12Mbps）とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-13 : UC3 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	20.0	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-69.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	95.9	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	15.9	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	20	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-69.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	95.9	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	14.9	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	9.3	-	15.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.1	-	-74.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	106.6	-	100.6	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	26.6	-	20.6	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	9.3	-	15.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.1	-	-74.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	106.6	-	100.6	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	25.6	-	19.6	

表 4.2-14 : UC3 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.7	17.3	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-83.7	-72.1	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.1	100.2	88.6	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.7	37.8	26.2	32.1	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.7	17.3	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-83.7	-72.1	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.1	100.2	88.6	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	31.7	36.8	25.2	31.1	

表 4.2-15 : UC3 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.5	-	14.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.9	-	-75.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.4	-	101.9	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	28.4	-	21.9	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.5	-	14.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.9	-	-75.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.4	-	101.9	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	27.4	-	20.9	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	5.9	24.4	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.5	-65.0	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	110.0	91.5	104.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.1	30.0	11.5	24.5	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	5.9	24.4	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.5	-65.0	-78.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	110.0	91.5	104.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.1	29.0	10.5	23.5	

表 4.2-16 : UC3 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.4	15.0	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.0	-74.4	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	101.5	90.9	95.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.7	39.1	28.5	33.5	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.4	15.0	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.0	-74.4	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	101.5	90.9	95.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	33.7	38.1	27.5	32.5	

表 4.2-17 : UC3 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	6.0	-	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.4	-	-77.6	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	109.9	-	104.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.1	29.9	-	24.1	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.8	6.0	-	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.6	-83.4	-	-77.6	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	109.9	-	104.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.1	28.9	-	23.1	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.2	4.8	16.9	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.2	-84.6	-72.5	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.7	111.1	99.0	105.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.7	31.1	19.0	25.7	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.2	4.8	16.9	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.2	-84.6	-72.5	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.7	111.1	99.0	105.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	24.7	30.1	18.0	24.7	

表 4.2-18 : UC3 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.1	9.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.3	-80.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.0	102.1	91.8	96.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.6	39.7	29.4	34.1	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.1	9.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.3	-80.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.0	102.1	91.8	96.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.6	38.7	28.4	33.1	

表 4.2-19 : UC3 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	14.9	—	—
		2連送	—	27.4	—	20.9
		3連送	21.1	28.9	—	23.1
	56	適用せず	—	25.6	—	19.6
		2連送	21.1	29.0	10.5	23.5
		3連送	24.7	30.1	18.0	24.7
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.7	36.8	25.2	31.1
		2連送	33.7	38.1	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

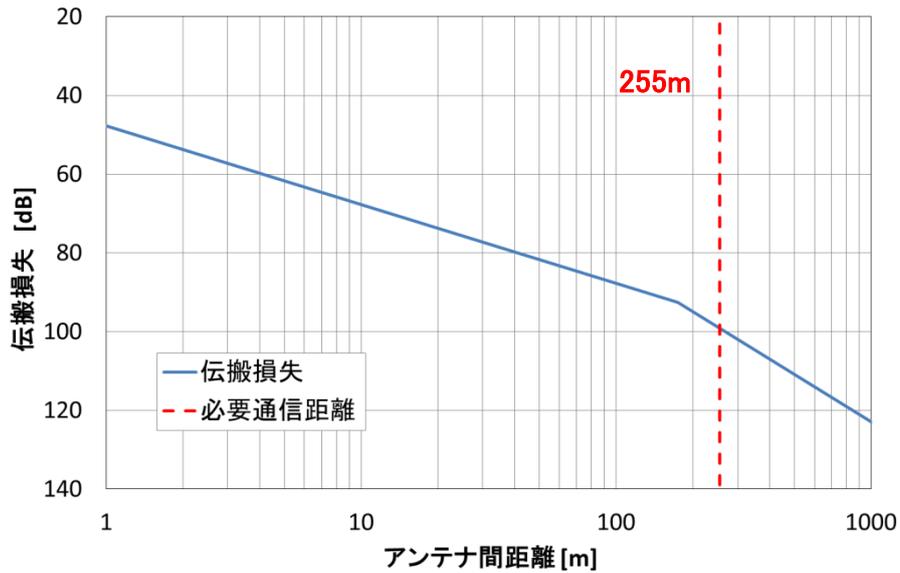
※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

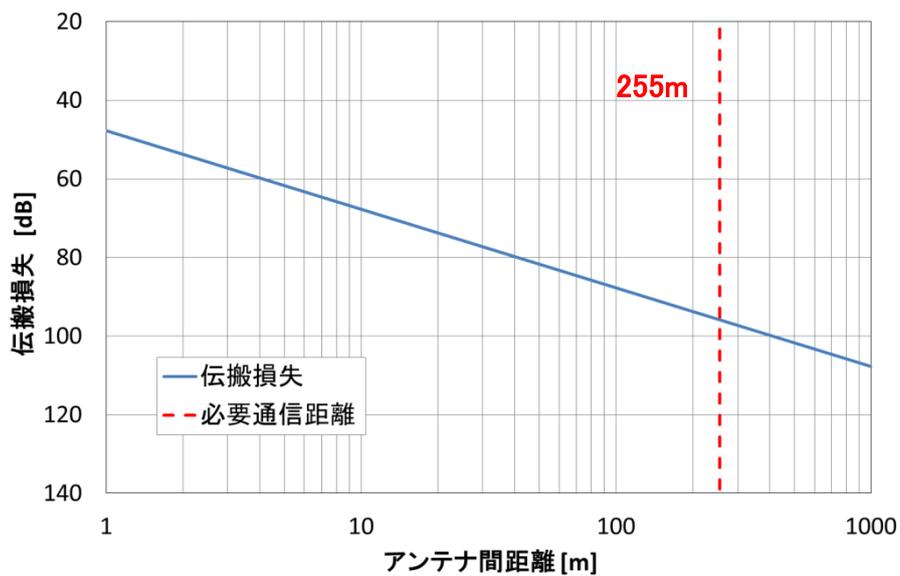
4.2.5. 有効性の机上検討結果：UC4

以下に、UC4に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性）を示す。

(1) 伝搬損失特性

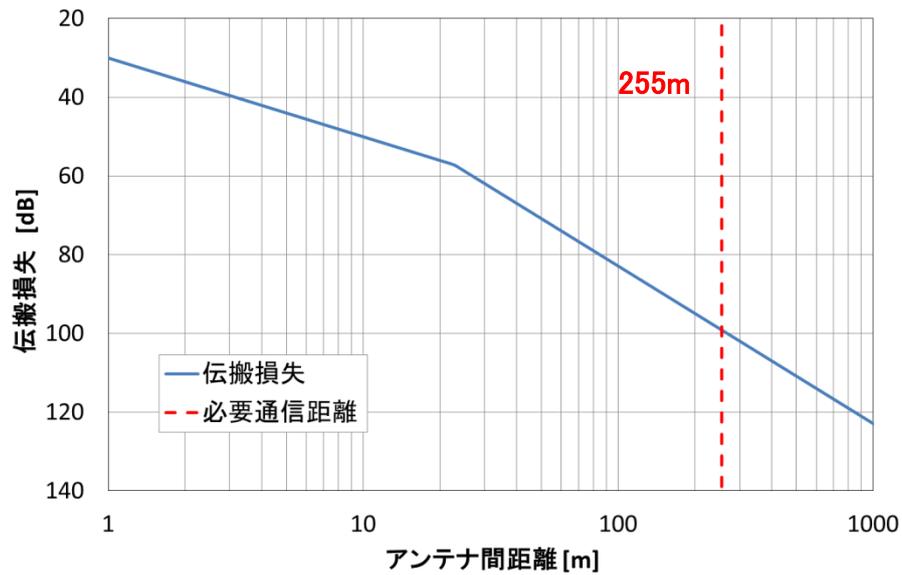


(a) 普通車同士（アンテナ高 1.5m）

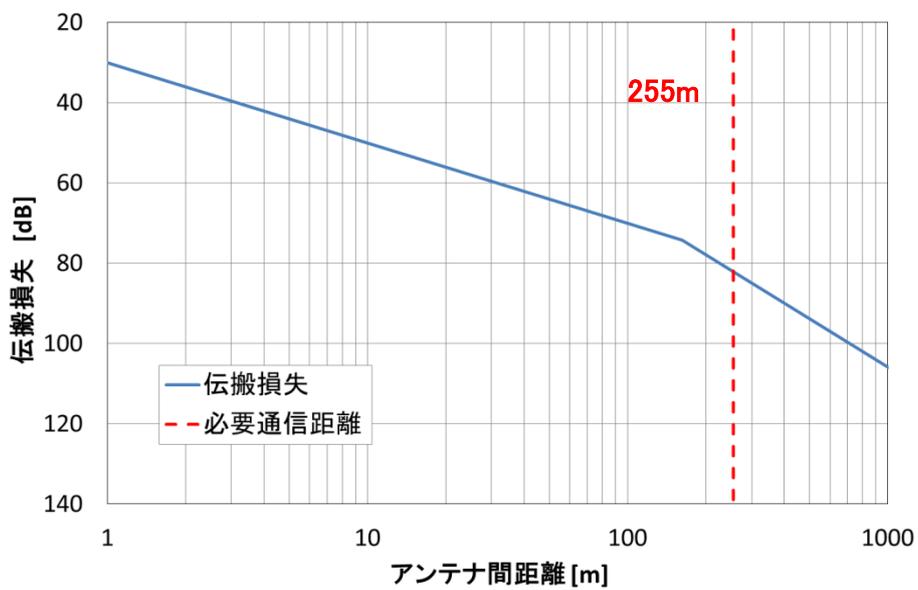


(b) 大型車同士（アンテナ高 4m）

図 4.2-24：UC4 の伝搬損失-アンテナ間距離特性（ITS FORUM RC-005）



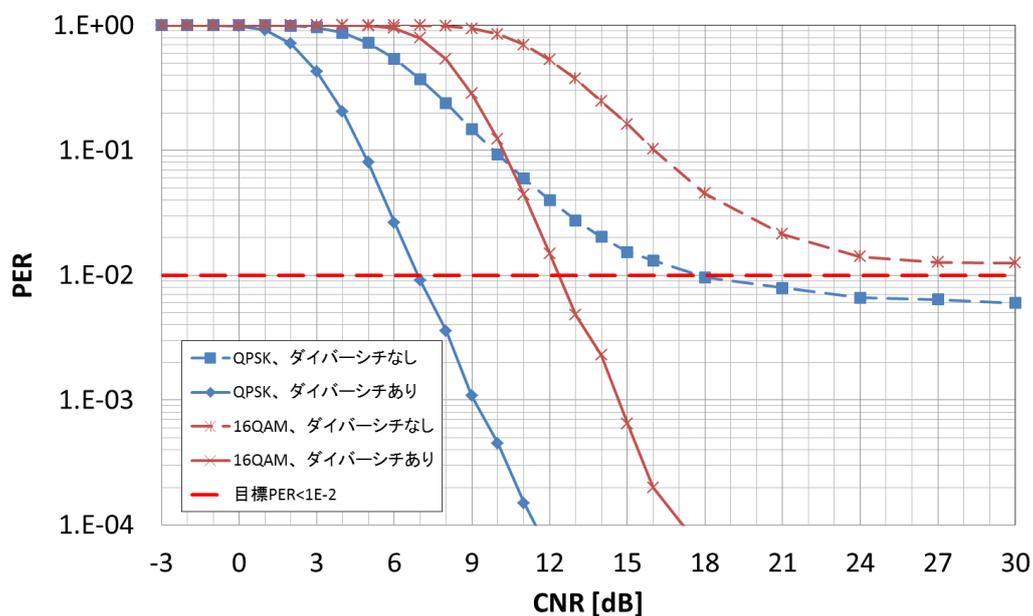
(a) 普通車同士 (アンテナ高 1.5m)



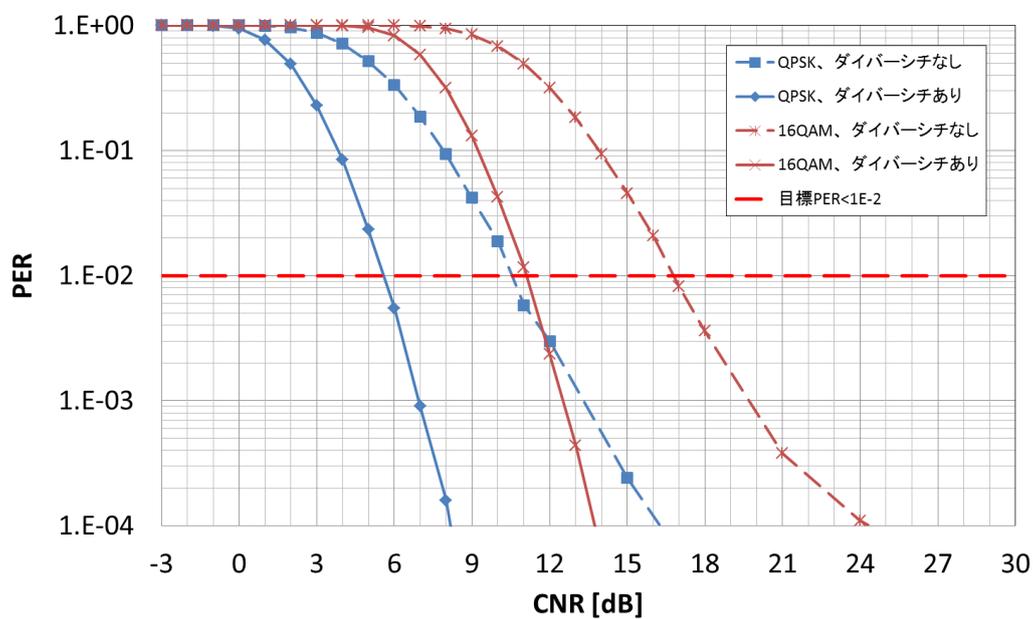
(b) 大型車同士 (アンテナ高 4m)

図 4.2-25 : UC4 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-26 : UC4 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h)

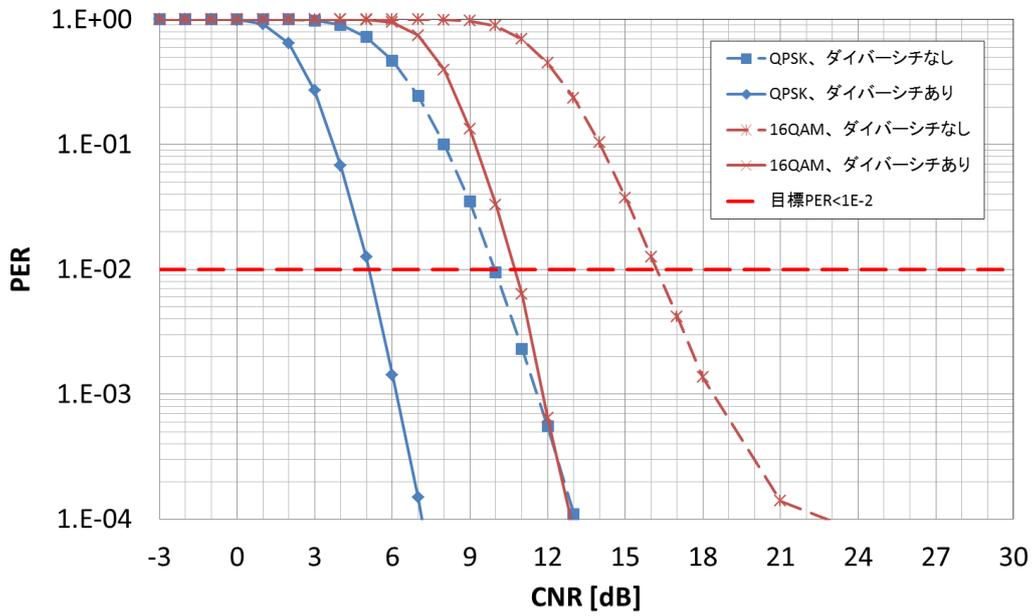
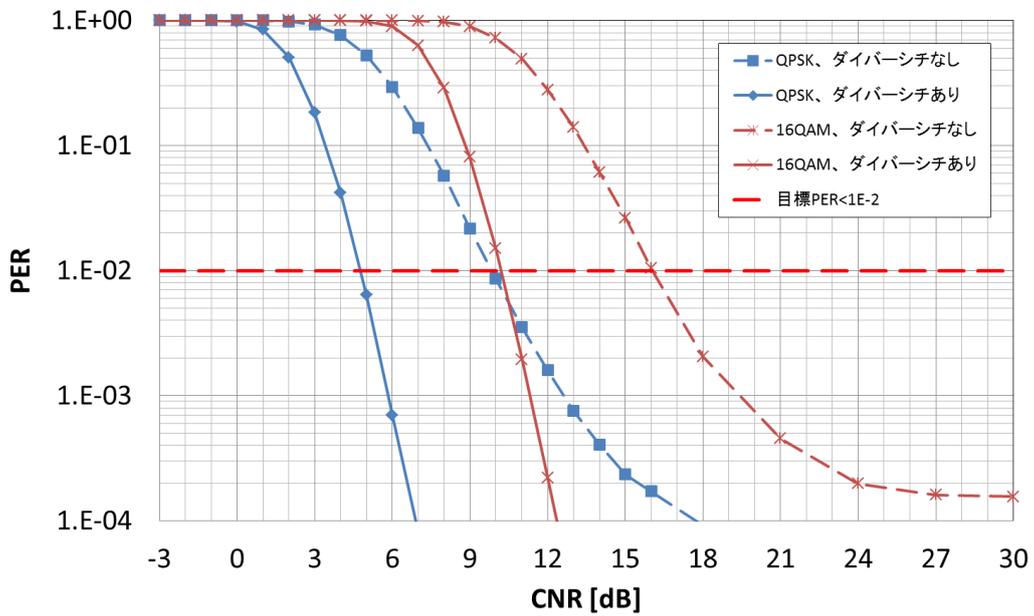
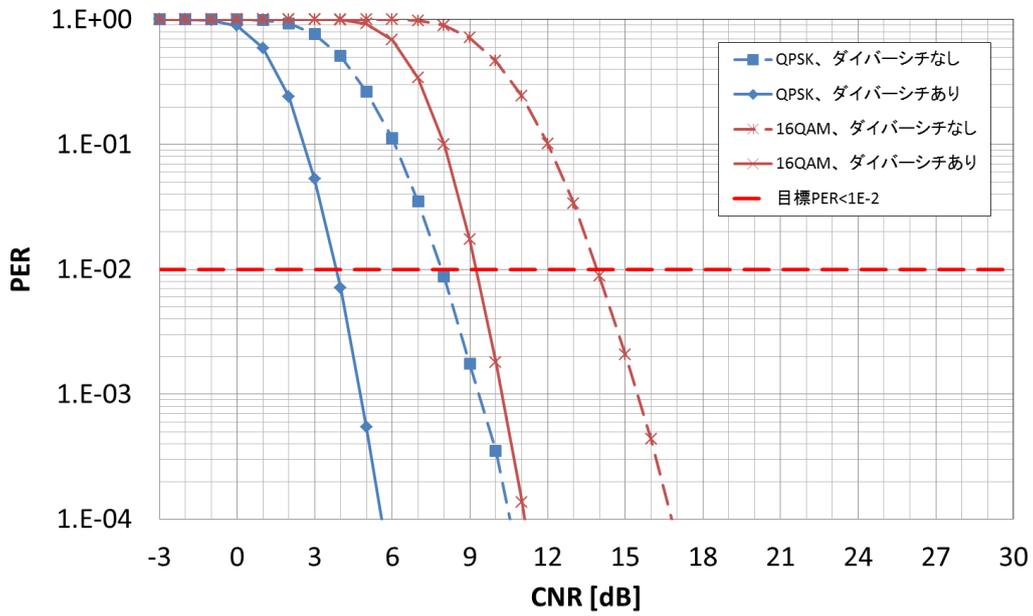


図 4.2-27 : UC4 PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-28 : UC4 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h、2 連送)

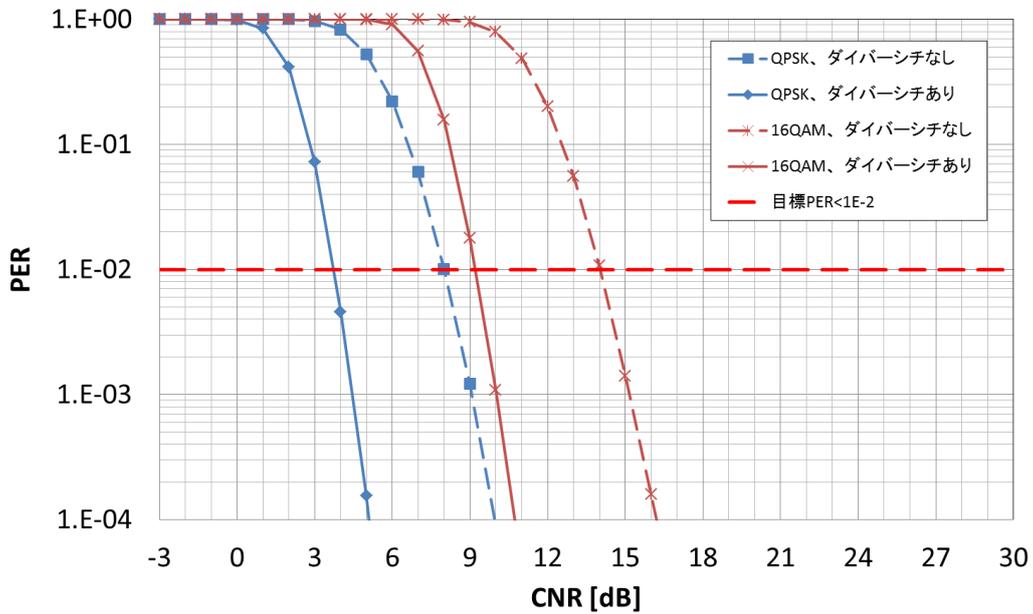
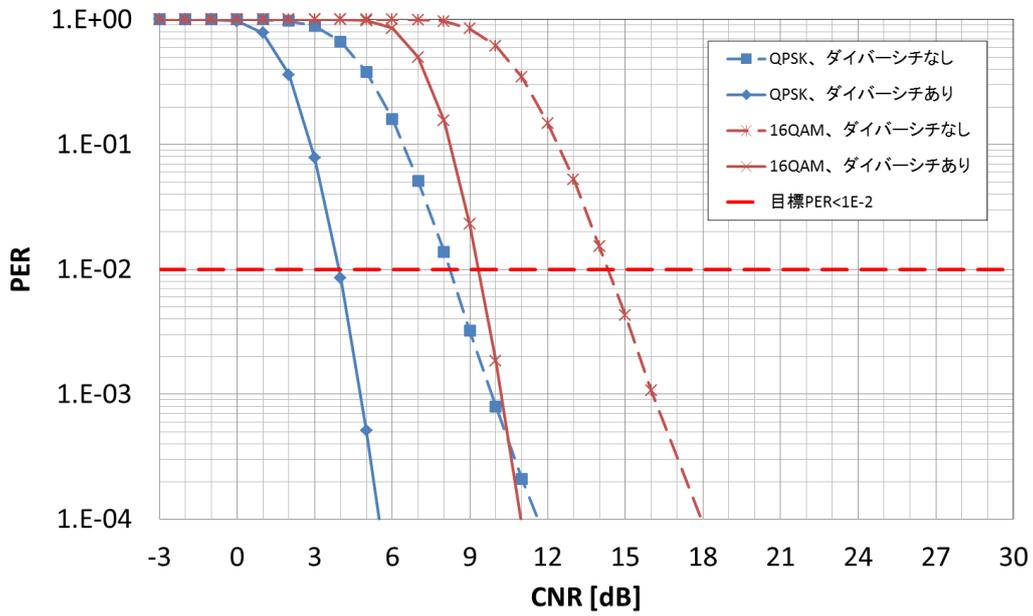
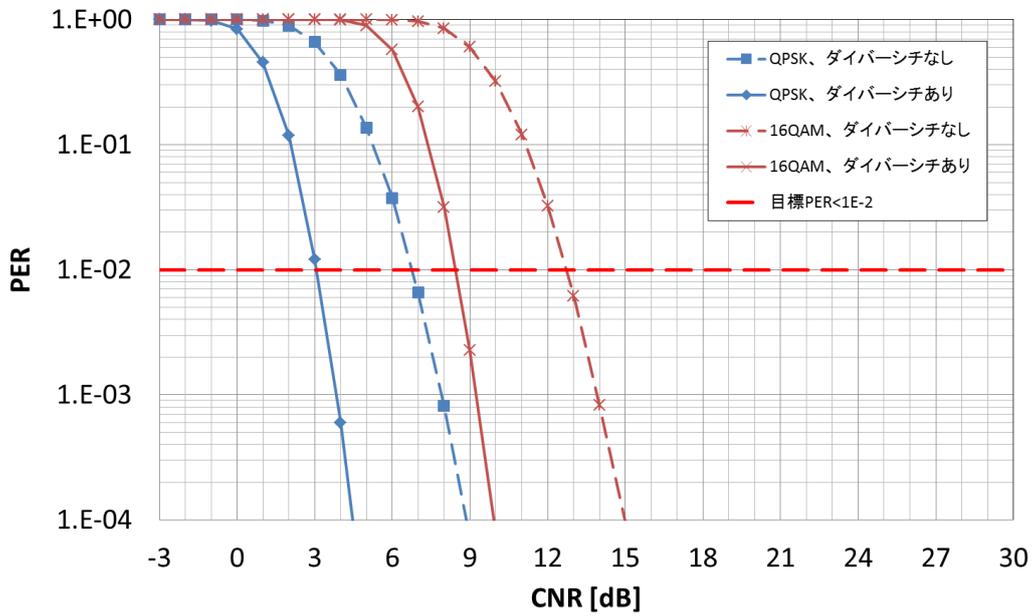


図 4.2-29 : UC4 PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-30 : UC4 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h、3 連送)

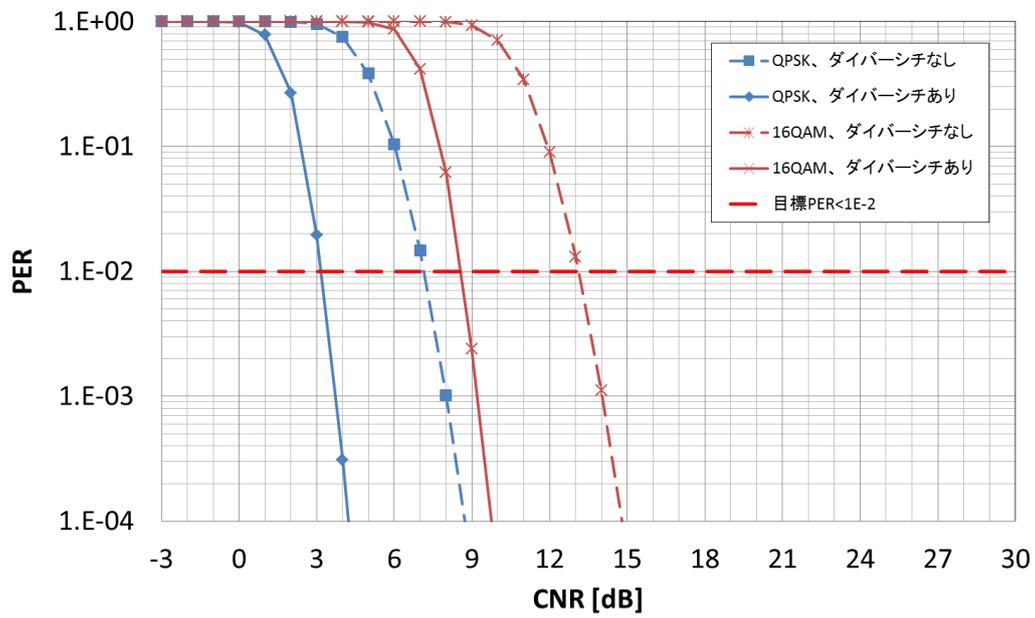


図 4.2-31 : UC4 PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 39byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-20 から表 4.2-25 に UC4 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-20 及び表 4.2-21 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合、必要通信距離を満足しないことが分かった。これは、必要通信距離が **255m** と大きく、伝搬損失が大きいためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である（そのため、ダイバーシチ、連送を適用しない場合については、システムレベルシミュレーション評価は実施せず）。

表 4.2-20 : UC4 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	17.6	6.9	-	12.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-71.8	-82.5	-	-77.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.3	102.0	-	96.5	
V	無線区間距離	m	255.0		必要通信距離(1ホップあたり)		
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	-7.8	2.9	-	-2.6	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	17.6	6.9	-	12.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-71.8	-82.5	-	-77.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.3	102.0	-	96.5	
V	無線区間距離	m	255.0		必要通信距離(1ホップあたり)		
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	-4.6	6.1	-	0.6	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.6	16.8	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-83.8	-72.6	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	103.3	92.1	97.8	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	-0.8	4.2	-7.0	-1.3	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.6	16.8	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-83.8	-72.6	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	103.3	92.1	97.8	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	2.4	7.4	-3.8	1.9	

表 4.2-21 : UC4 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.1	16.2	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.5	-84.3	-73.2	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.8	92.7	98.2	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	-0.1	4.7	-6.4	-0.9	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.1	16.2	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.5	-84.3	-73.2	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.8	92.7	98.2	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	82.1				
X	システムマージン =U-W	dB	16.9	21.7	10.6	16.1	

表 4.2-22 : UC4 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.8	4.8	16.0	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.6	-84.6	-73.4	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.1	104.1	92.9	98.7	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	0.0	5.0	-6.2	-0.4	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.8	4.8	16.0	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.6	-84.6	-73.4	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.1	104.1	92.9	98.7	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	3.2	8.2	-3.0	2.8	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	13.9	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.5	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.1	95.0	99.6	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	1.9	6.0	-4.1	0.5	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	13.9	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.5	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.1	95.0	99.6	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	5.1	9.2	-0.9	3.7	

表 4.2-23 : UC4 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.0	3.7	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.4	-85.7	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.9	105.2	94.9	99.7	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	1.8	6.1	-4.2	0.6	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.0	3.7	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.4	-85.7	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.9	105.2	94.9	99.7	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	82.1				
X	システムマージン =U-W	dB	18.8	23.1	12.8	17.6	

表 4.2-24 : UC4 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.2	3.9	14.3	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.2	-85.5	-75.1	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.7	105.0	94.6	99.6	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	1.6	5.9	-4.5	0.5	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.2	3.9	14.3	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.2	-85.5	-75.1	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.7	105.0	94.6	99.6	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	4.8	9.1	-1.3	3.7	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.8	3.1	12.7	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.6	-86.3	-76.7	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	105.8	96.2	100.5	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	3.0	6.7	-2.9	1.4	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.8	3.1	12.7	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.6	-86.3	-76.7	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.1	105.8	96.2	100.5	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	95.9				
X	システムマージン =U-W	dB	6.2	9.9	0.3	4.6	

表 4.2-25 : UC4 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.2	3.2	13.1	8.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.2	-86.2	-76.3	-80.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.7	105.7	95.8	100.3	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	99.1				
X	システムマージン =U-W	dB	2.6	6.6	-3.3	1.2	

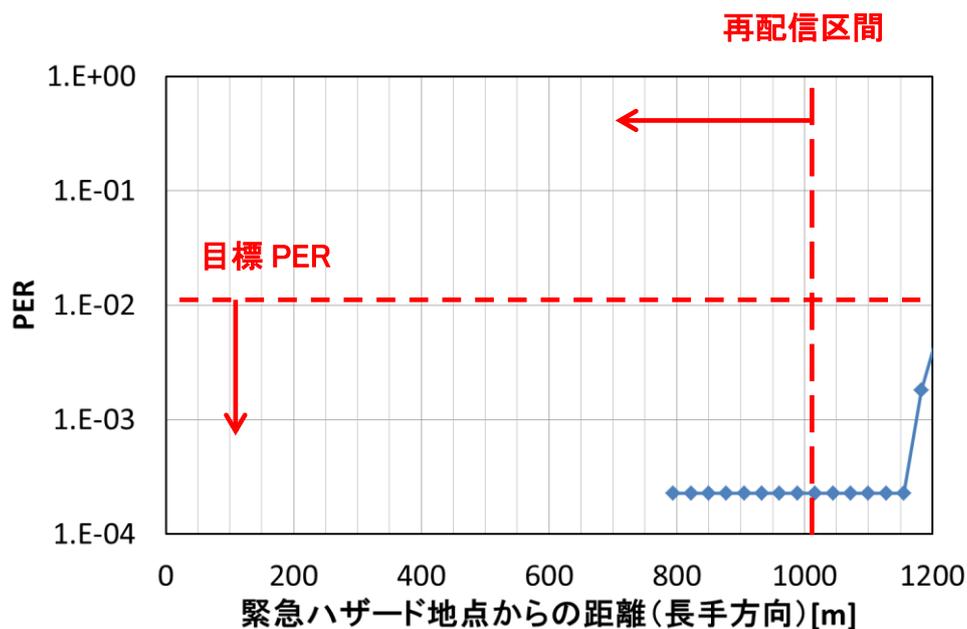
(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.2	3.2	13.1	8.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.2	-86.2	-76.3	-80.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.7	105.7	95.8	100.3	
V	無線区間距離	m	255.0				必要通信距離(1ホップあたり)
W	無線区間伝搬損失	dB	82.1				
X	システムマージン =U-W	dB	19.6	23.6	13.7	18.2	

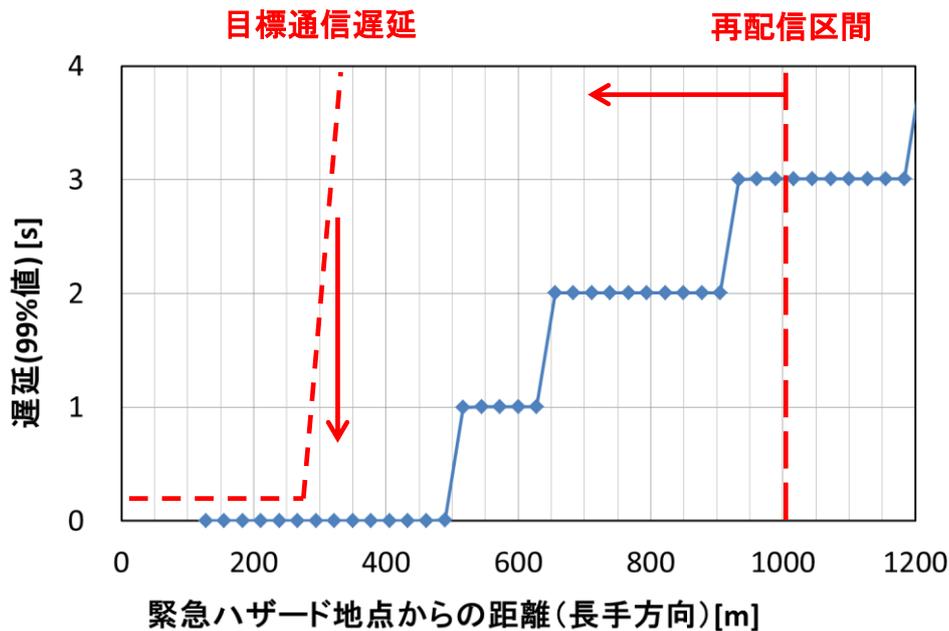
(4) 通信性能特性 (システムレベルシミュレーション)

図 4.2-32 に、システムレベルシミュレーション評価結果例として、ITS FORUM RC-005、QPSK、ダイバーシチあり、連送なしの場合の通信性能評価結果を示す。UC4 は緊急ハザード地点から 255m 上流に 100ms で通知する必要があるため、UC2 と異なり連送は間隔を空けずに行うこととする。

同図(a)より、中継距離が長くなるほど PER が増加するものの、UC 対象エリア端の 1005m 地点までは目標 $PER \leq 0.01$ (パケット到達率 99%以上) を満足することが分かる。また、同図(b)より、255m の通信遅延時間は 3.3ms と目標通信遅延時間である 100ms よりも十分に小さいことが分かる。また、End-to-End の通信遅延時間の 99%値は 3s であり、こちらも目標通信遅延時間である 30s 以下であることが分かる。End-to-End の通信遅延時間が 3s とは、再配信車両は中継時に 1s 待機することを考慮すると、多くの中継が 2 回 (3 ホップ) で 1005m 地点まで到達していることを意味している。



(a)PER 特性



(b)通信遅延時間特性

図 4.2-32 : UC4 の通信性能評価結果 (例)

ITS FORUM RC-005、QPSK、ダイバーシチあり、連送なし

表 4.2-26、表 4.2-27 に、UC4 の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレーション評価結果を示す。表 4.2-27(b)にて、黄色で塗りつぶした条件が、通信距離、パケット到達率または通信遅延時間の通信要件を満足するケースである。表 4.2-26、表 4.2-27 により以下のことが分かる。

■候補通信方式 : ITS FORUM RC-005

目標性能であるパケット到達率 99%以上及び通信遅延 0.1s 以下@緊急ハザード発生地点かつ 255m 上流/30s 以下@1km 上流を達成するには

- 変調方式を QSPK (6Mbps) とする場合、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM (12Mbps) とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式 : ARIB STD-T109

- 変調方式を QSPK (6Mbps) とする場合はダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM (12Mbps) とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

但し、表 4.2-26 より、通信要件を満足するケースにおける回線設計のシステムマージンは 10dB 以下となっている。周辺車両からのマルチパスやシャドウイングによる受信レベルの変動に対して、マージンが確保可能か今後検討、評価が必要である。

表 4.2-26 : UC4 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-7.8	2.9	—	-2.6
		2連送	0	5.0	-6.2	-0.4
		3連送	1.6	5.9	-4.5	0.5
	27	適用せず	-0.8	4.2	-7.0	-1.3
		2連送	1.9	6.0	-4.1	0.5
		3連送	3.0	6.7	-2.9	1.4
ARIB STD-T109	27	適用せず	-0.1	4.7	-6.4	-0.9
		2連送	1.8	6.1	-4.2	0.6
		3連送	2.6	6.6	-3.3	1.2

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

表 4.2-27 : UC4 システムレベルシミュレーション評価結果

(a) PER 特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(2)	99.9	—(1)	—(2)
		2連送	—(2)	100	—(2)	—(2)
		3連送	100	100	—(2)	100
	27	適用せず	—(2)	99.7	—(2)	—(2)
		2連送	100	99.9	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	—(2)	99.8	—(2)	—(2)
		2連送	100	100	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	99.9

※ —(1): 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) ■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

※ —(2): 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(b) 通信遅延時間特性 (1km 地点)

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End 通信遅延時間(99%値) [s] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	2	-(2)	-(2)
		3連送	3	2	-(2)	3
	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3

※ -(1) : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(通信遅延30 s以下)を達成
 ※ -(2) : 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(c) 通信遅延時間特性 (255m 地点)

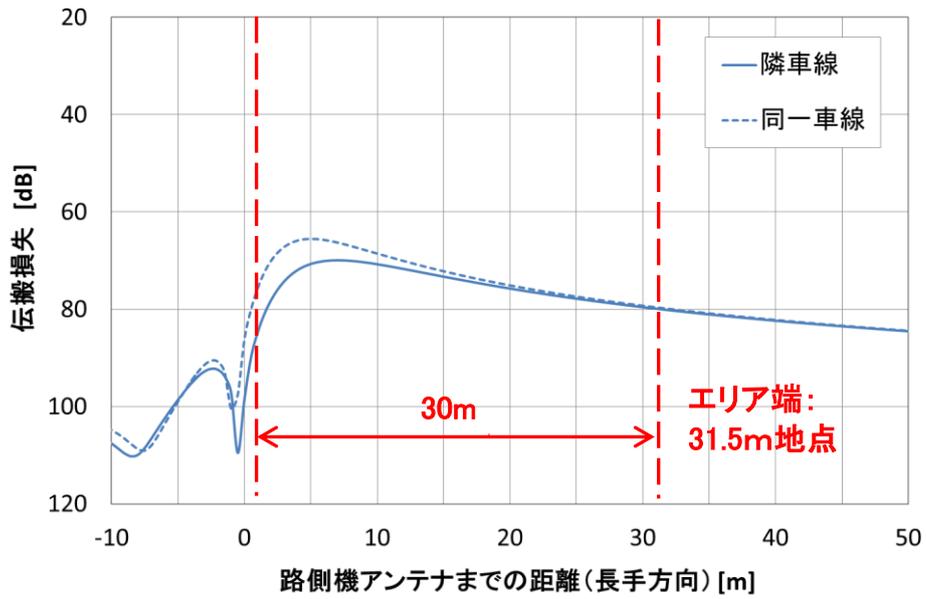
通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			255m地点 通信遅延時間(99%値) [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3.4	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	6.2	-(2)	-(2)
		3連送	12.5	4.6	-(2)	20.5
	27	適用せず	-(2)	5.3	-(2)	-(2)
		2連送	11.5	11.5	-(2)	9.2
		3連送	16.7	23.3	-(2)	13.1
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	5.6	-(2)	-(2)
		2連送	13.4	10.6	-(2)	7.6
		3連送	20.5	17.2	-(2)	16.6

※ -(1) : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(通信遅延100ms以下)を達成
 ※ -(2) : 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

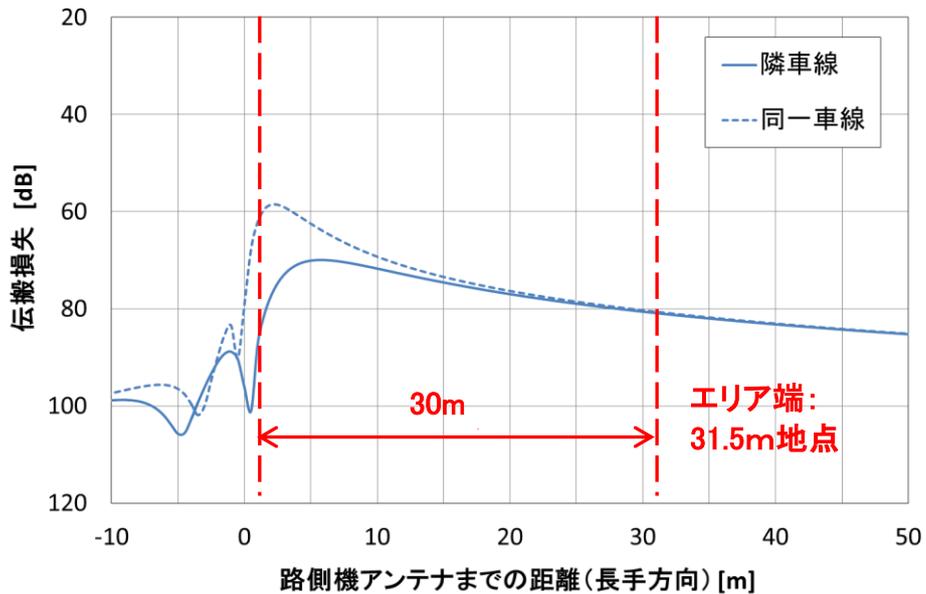
4.2.6. 有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）

以下に、UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。

(1) 伝搬損失特性

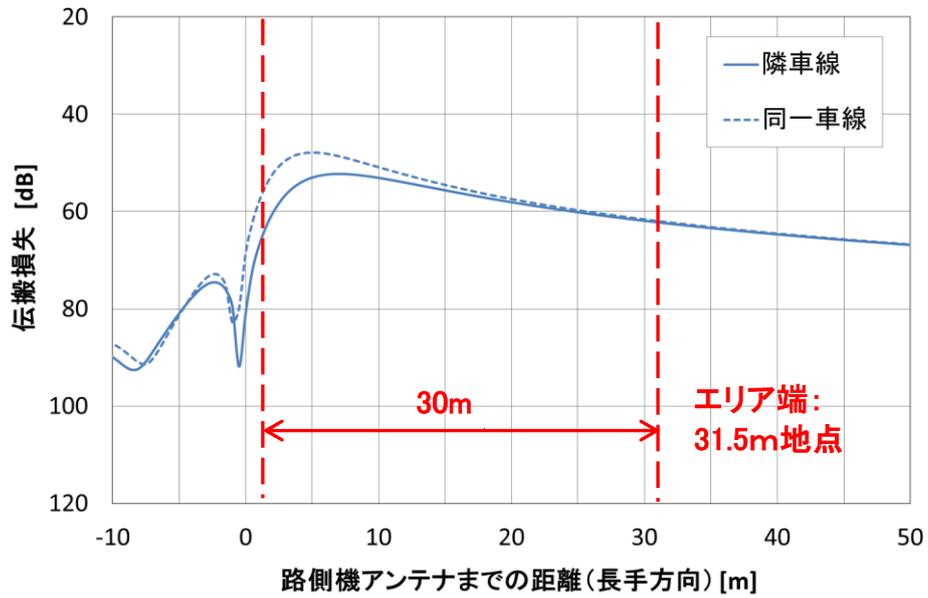


(a) 普通車想定（アンテナ高 1.5m）

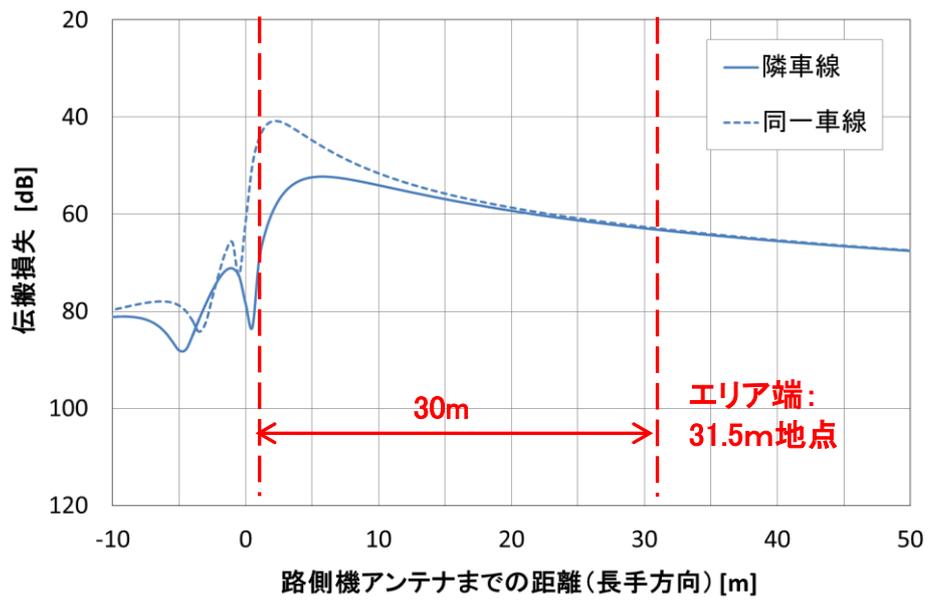


(b) 大型車想定（アンテナ高 4m）

図 4.2-33：UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）の伝搬損失-アンテナ間距離特性
(ITS FORUM RC-005)



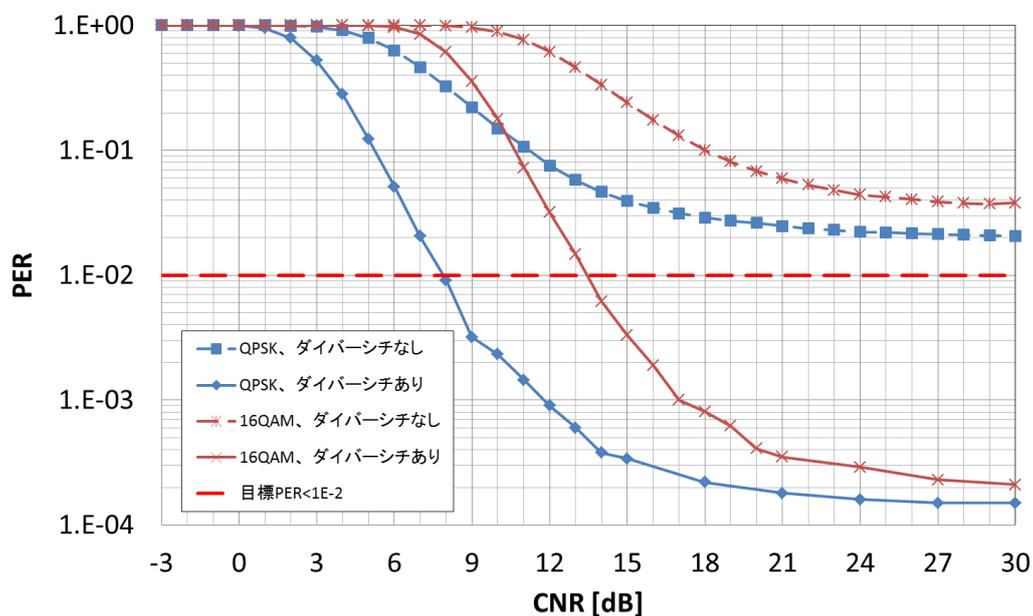
(a) 普通車想定 (アンテナ高 1.5m)



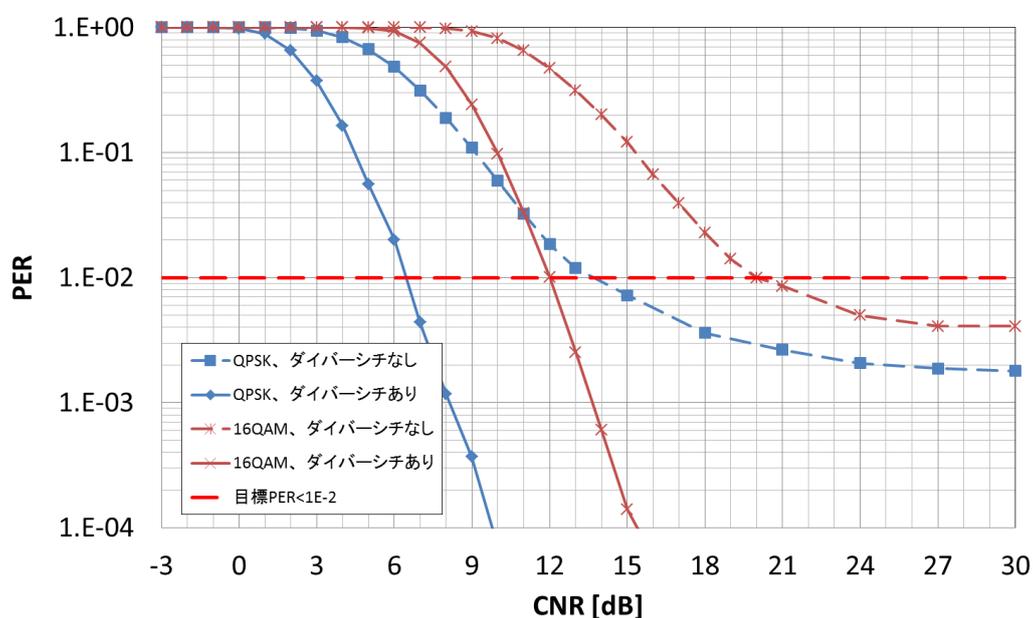
(b) 大型車想定 (アンテナ高 4m)

図 4.2-34 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-35 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h)

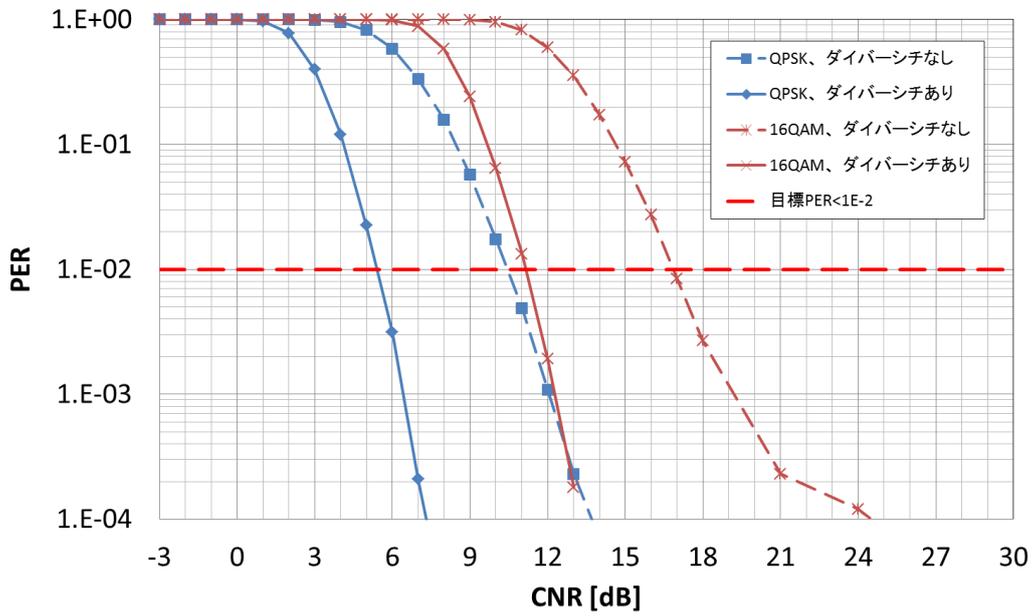
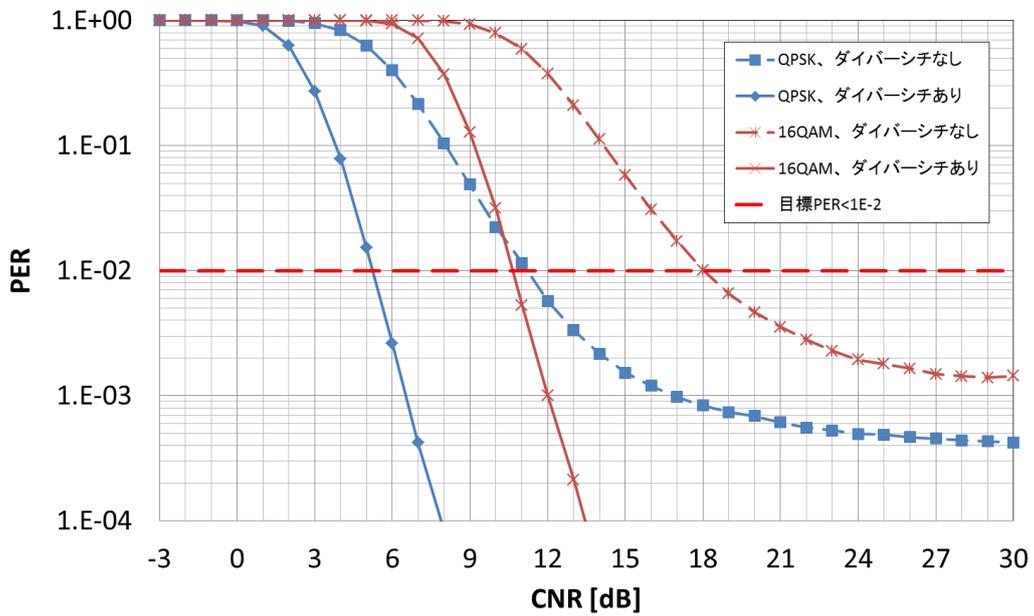
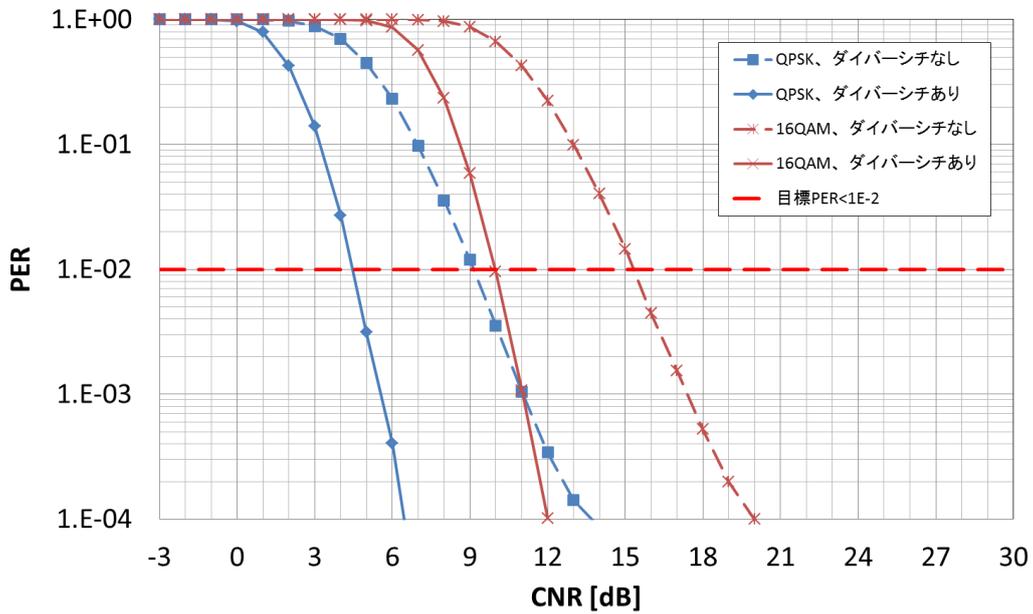


図 4.2-36 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-37 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h、2 連送)

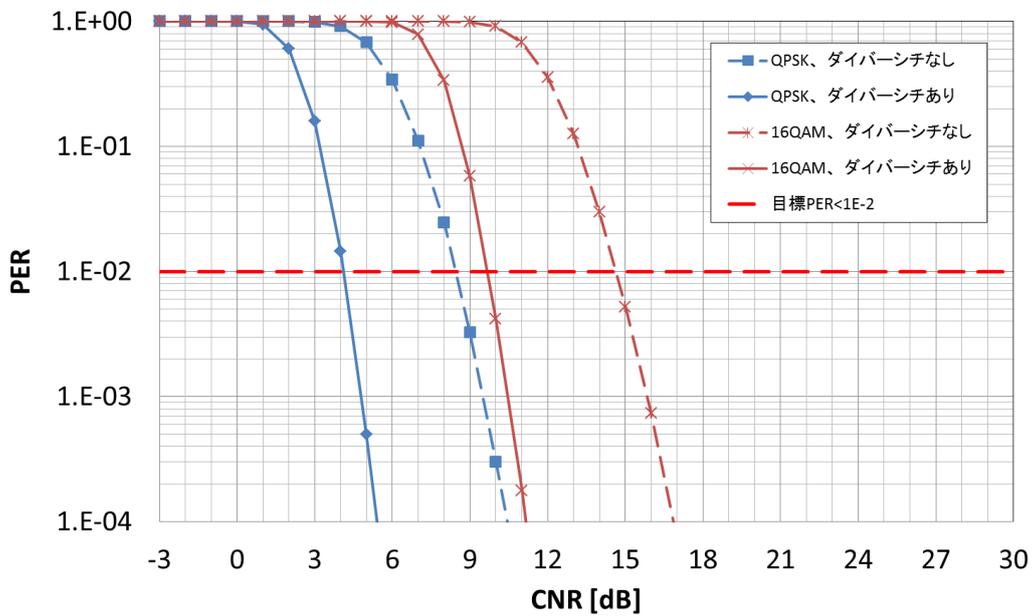
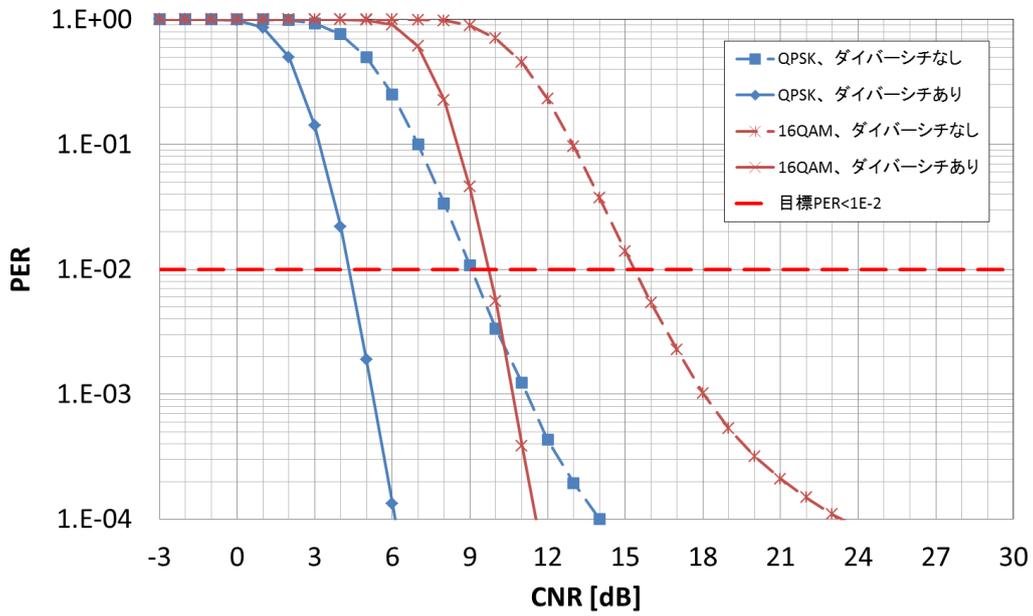
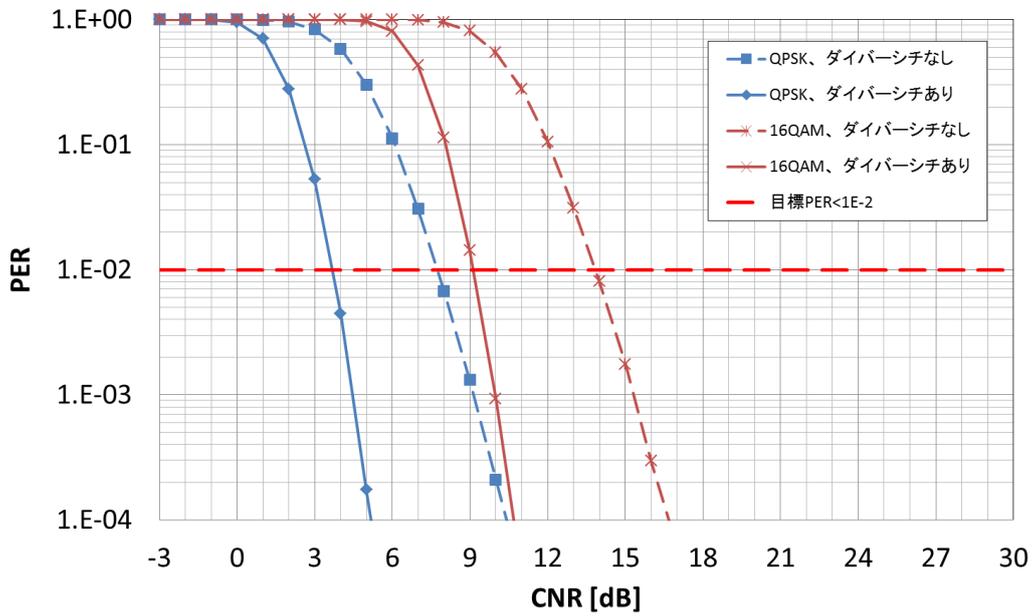


図 4.2-38 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-39 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h、3 連送)

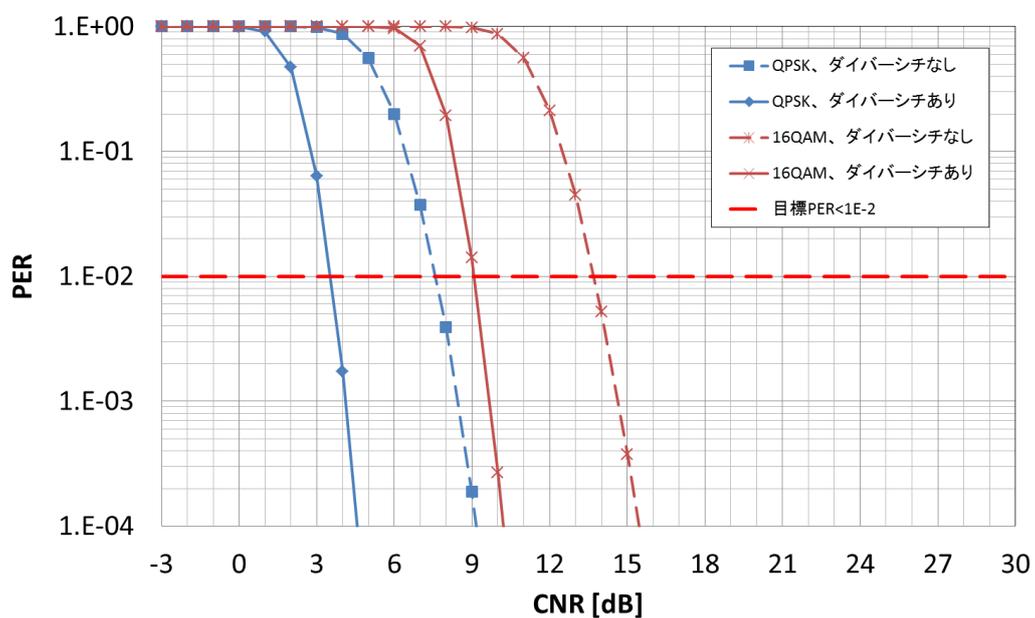


図 4.2-40 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 175byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-28 から表 4.2-33 に UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-28 より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、セキュリティによるオーバーヘッド 250byte を採用すると必要通信距離を満足しないことが分かる。一方、セキュリティによるオーバーヘッド 56byte の場合、同表より QPSK、16QAM とともに必要通信距離 30m を満足するようになることが分かる。これは、パケット長が短くなったことにより、一様フェージングの影響が軽減し、PER-CNR 特性（図 4.2-35）が改善しているためである。また、表 4.2-29 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、QPSK、16QAM とともに必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-34 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果を示す。同表の黄色で塗りつぶした条件が、全ての通信要件を満足するケースである。同表より、以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-28 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.9	-	13.5	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.5	-	-75.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.0	-	102.4	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	28.0	-	22.4	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9		T=25°C		
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞		干渉なしを想定		
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.9	-	13.5	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.5	-	-75.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0		所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記		
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	108.0	-	102.4	
V	無線区間距離	m	31.5		通信エリア: 30m(1.5~31.5m)		
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	27.0	-	21.4	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.4	6.5	20.0	12.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.0	-82.9	-69.4	-77.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.5	109.4	95.9	103.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.5	29.4	15.9	23.9	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.4	6.5	20.0	12.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.0	-82.9	-69.4	-77.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.5	109.4	95.9	103.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.5	28.4	14.9	22.9	

表 4.2-29 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.4	16.8	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.0	-84.0	-72.6	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.5	100.5	89.1	94.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	33.1	38.1	26.7	32.4	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.4	16.8	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.0	-84.0	-72.6	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.5	100.5	89.1	94.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.1	37.1	25.7	31.4	

表 4.2-30 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 2 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.2	18.0	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-84.2	-71.4	-78.8	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	104.7	110.7	97.9	105.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	24.7	30.7	17.9	25.3	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.2	18.0	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-84.2	-71.4	-78.8	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	104.7	110.7	97.9	105.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	23.7	29.7	16.9	24.3	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.2	4.5	15.3	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.2	-84.9	-74.1	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.7	111.4	100.6	105.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.7	31.4	20.6	25.9	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.2	4.5	15.3	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.2	-84.9	-74.1	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.7	111.4	100.6	105.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.7	30.4	19.6	24.9	

表 4.2-31: UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.4	4.1	14.6	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.0	-85.3	-74.8	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.5	101.8	91.3	96.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.1	39.4	28.9	33.8	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.4	4.1	14.6	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.0	-85.3	-74.8	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.5	101.8	91.3	96.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.1	38.4	27.9	32.8	

表 4.2-32 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 3 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.1	4.3	15.4	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.3	-85.1	-74.0	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.8	111.6	100.5	106.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.8	31.6	20.5	26.2	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.1	4.3	15.4	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.3	-85.1	-74.0	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.8	111.6	100.5	106.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.8	30.6	19.5	25.2	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.7	3.7	12.8	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.7	-85.7	-76.6	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	108.2	112.2	103.1	106.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	28.2	32.2	23.1	26.8	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.7	3.7	12.8	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.7	-85.7	-76.6	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	108.2	112.2	103.1	106.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	27.2	31.2	22.1	25.8	

表 4.2-33 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 3 連送
(ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.6	3.5	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.8	-85.9	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	102.4	92.2	96.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.9	40.0	29.8	34.4	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.6	3.5	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.8	-85.9	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	102.4	92.2	96.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.9	39.0	28.8	33.4	

表 4.2-34 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	27.0	—	21.4
		2連送	23.7	29.7	16.9	24.3
		3連送	25.8	30.6	19.5	25.2
	56	適用せず	21.5	28.4	14.9	22.9
		2連送	25.7	30.4	19.6	24.9
		3連送	27.2	31.2	22.1	25.8
ARIB STD-T109	56	適用せず	32.1	37.1	25.7	31.4
		2連送	34.1	38.4	27.9	32.8
		3連送	34.9	39.0	28.8	33.4

※ —: エラーフロアが目標PER以上

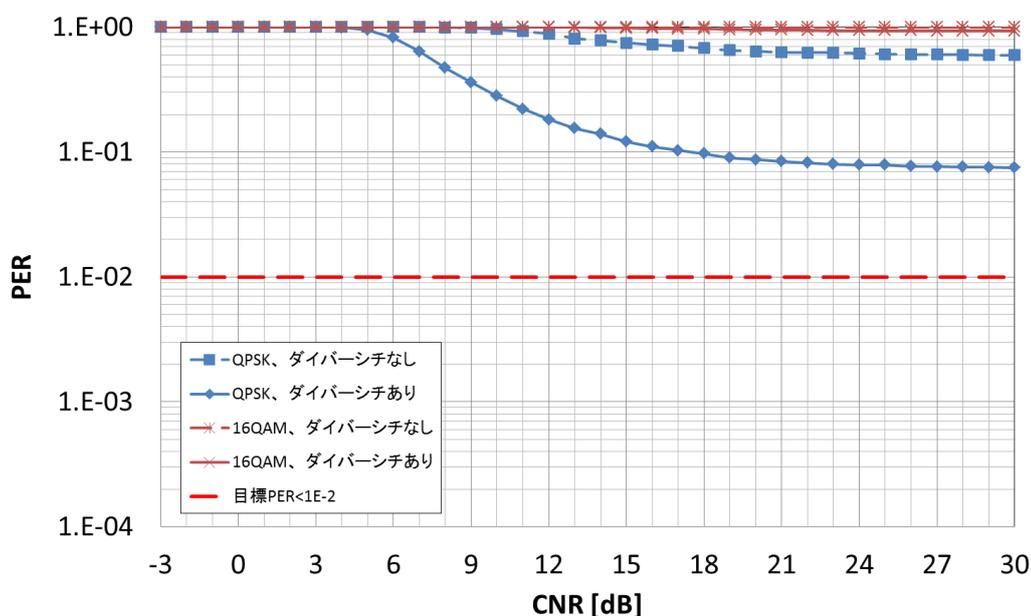
■: システムマージン0dB以上

4.2.7. 有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）

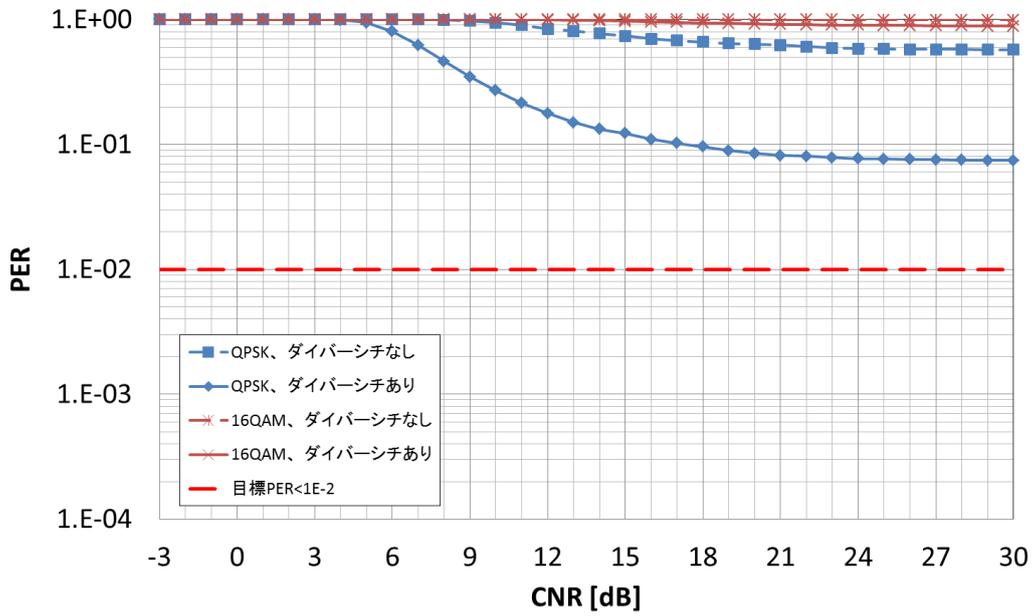
以下に、UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）に関する総合検証結果（リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。伝搬損失特性については、4.2.6 項と同一の結果となる。

(1) 通信品質特性（リンクレベルシミュレーション）

UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）は、メッセージサイズ 4175byte と大きいため、3.2.4 項の packets 構成（案）に従い分割／再結合が必要となる。本 UC のリンクレベルシミュレーションでは、分割したすべての packets の受信に成功した場合に packets が到達した（1 つでも受信にした場合は packets エラー）として評価を行う。



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-41: UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性 (ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 4175byte、分割サイズ 1399byte、相対速度 100km/h)

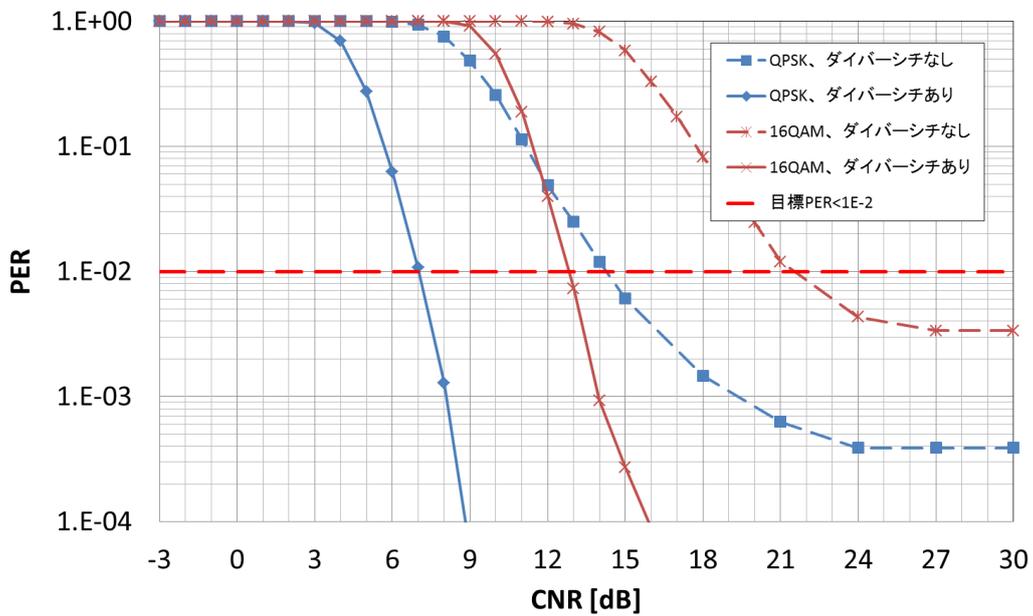
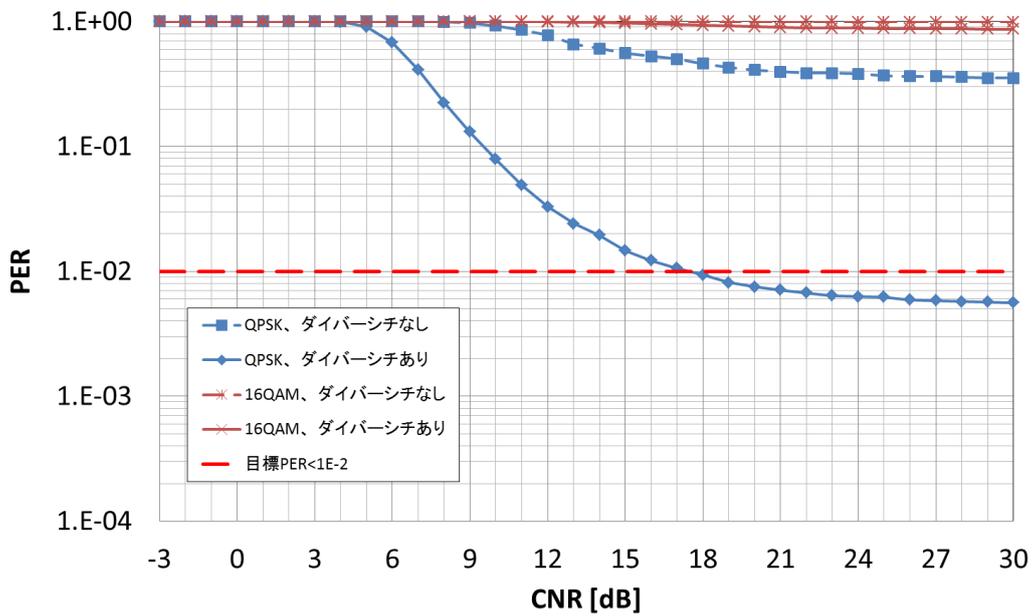
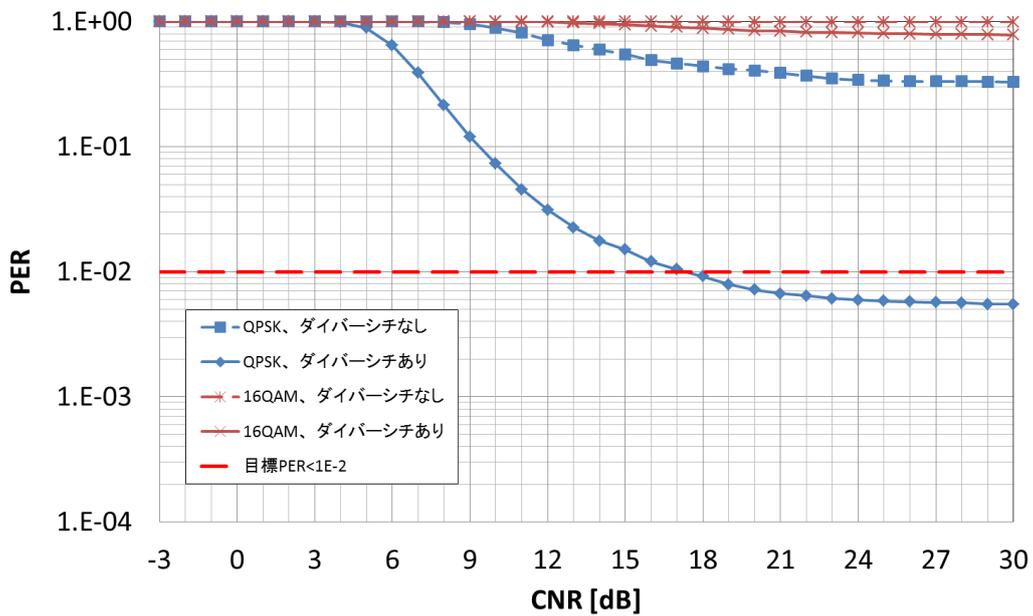


図 4.2-42 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 4175byte、分割サイズ 1500byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-43 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 4175byte、
分割サイズ 1399byte、相対速度 100km/h、2 連送)

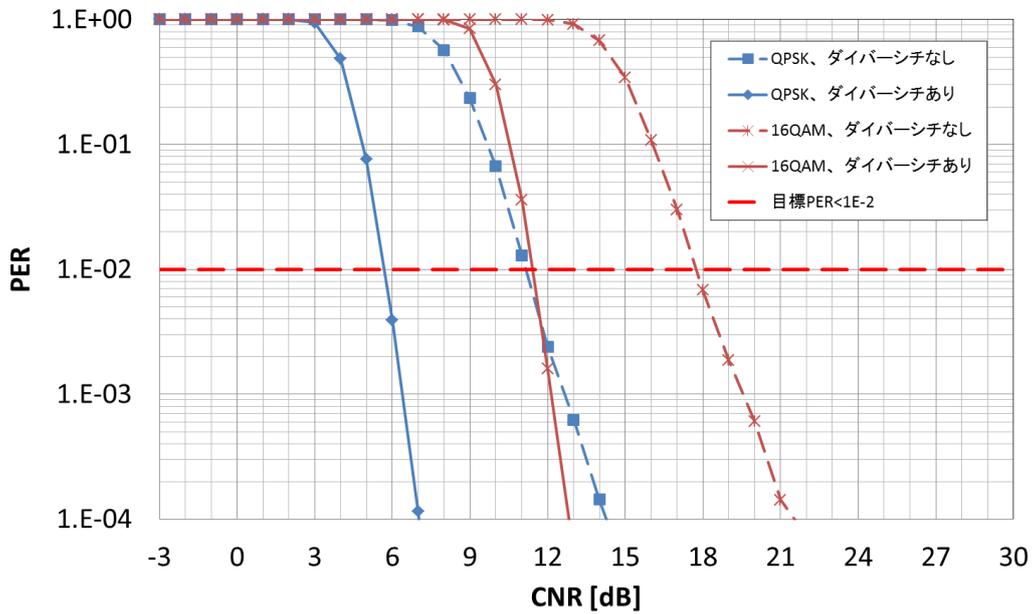
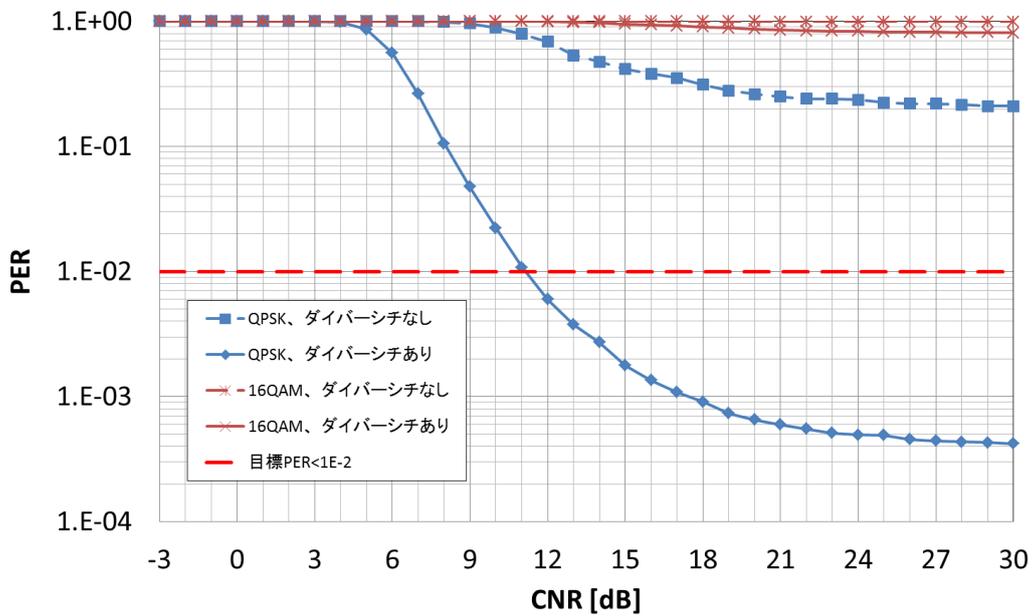
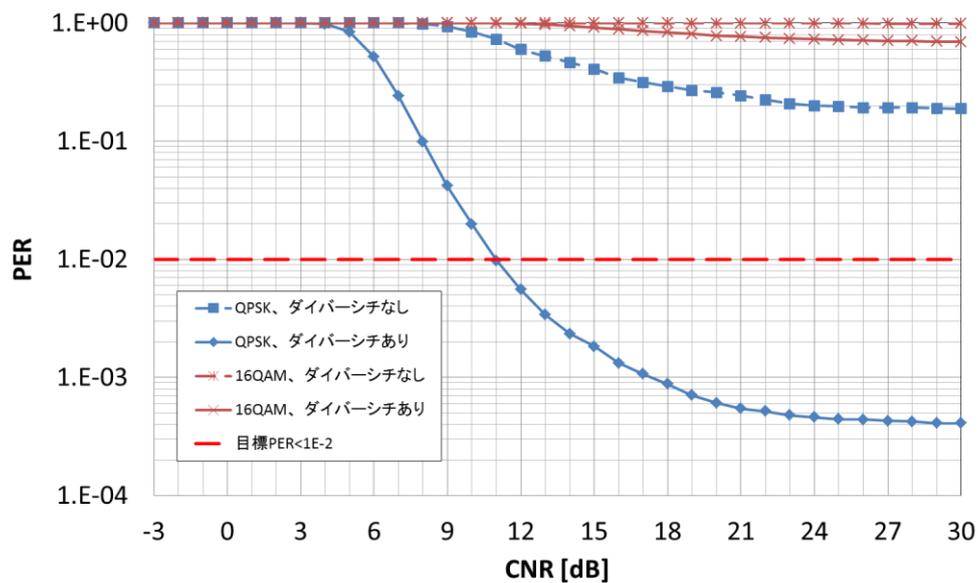


図 4.2-44 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 4175byte、
 分割サイズ 1500byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-45 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 4175byte、
分割サイズ 1399byte、相対速度 100km/h、3 連送)

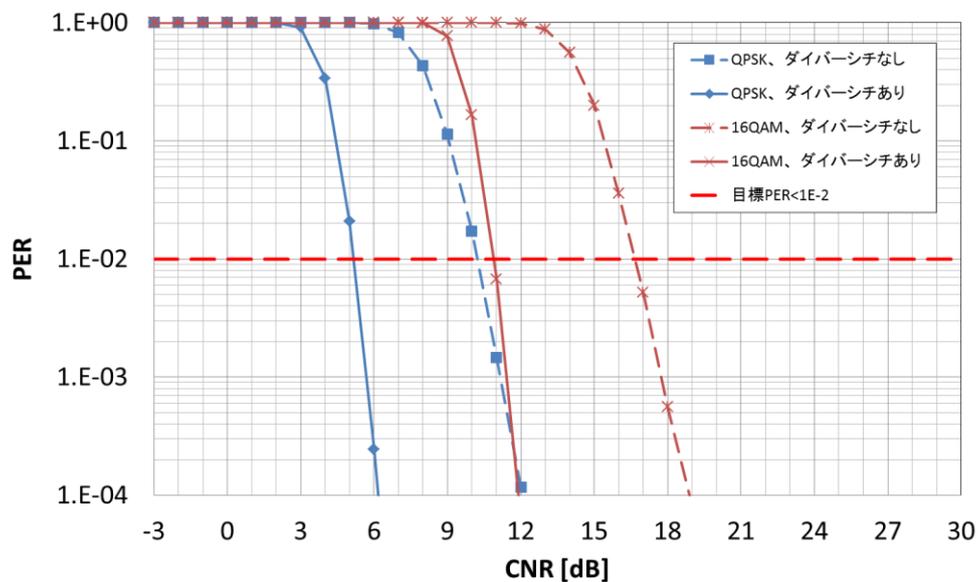


図 4.2-46 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 4175byte、
分割サイズ 1500byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(2) 無線回線設計

表 4.2-35 から表 4.2-40 に UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-35 より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、必要通信距離を満足しないことが分かる。分割後であっても、パケットサイズが 1399byte と大きく、エラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。一方、表 4.2-36 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、QPSK、16QAM ともに必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-37、表 4.2-39 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では回線設計を満たさない ITS FORUM RC-005 の場合、ダイバーシチ及び連送を適用し、かつ、変調方式として QPSK を採用することで、必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-41 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 無線回線設計結果を示す。同図より、以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、かつダイバーシチ、連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-35 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

表 4.2-36 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	14.3	7.1	21.5	12.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.1	-82.3	-67.9	-76.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.6	98.8	84.4	93.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	29.2	36.4	22.0	30.8	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	14.3	7.1	21.5	12.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-75.1	-82.3	-67.9	-76.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.6	98.8	84.4	93.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	28.2	35.4	21.0	29.8	

表 4.2-37 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 2 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	17.5	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-71.9	-	-	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.4	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	18.4	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	17.5	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-71.9	-	-	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.4	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	17.4	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	17.3	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-72.1	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.6	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	18.6	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	17.3	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-72.1	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.6	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	17.6	-	-	

表 4.2-38 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 2 連送
(ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.7	17.8	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-83.7	-71.6	-78.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	94.7	100.2	88.1	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.3	37.8	25.7	32.1	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.7	17.8	11.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-83.7	-71.6	-78.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	94.7	100.2	88.1	94.5	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	31.3	36.8	24.7	31.1	

表 4.2-39 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 3 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	11.1	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.3	-	-	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	104.8	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	24.8	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	11.1	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.3	-	-	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	104.8	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	23.8	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.9	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.5	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	105.0	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	25.0	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.9	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.5	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	105.0	-	-	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	24.0	-	-	

表 4.2-40: UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.2	5.2	16.7	10.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.2	-84.2	-72.7	-78.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.7	100.7	89.2	95.0	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	33.3	38.3	26.8	32.6	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.2	5.2	16.7	10.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.2	-84.2	-72.7	-78.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.7	100.7	89.2	95.0	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.3	37.3	25.8	31.6	

表 4.2-41 : UC5 (路車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.4	—	—
		3連送	—	23.8	—	—
	56	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.6	—	—
		3連送	—	24.0	—	—
ARIB STD-T109	56	適用せず	28.2	35.4	21.0	29.8
		2連送	31.3	36.8	24.7	31.1
		3連送	32.3	37.3	25.8	31.6

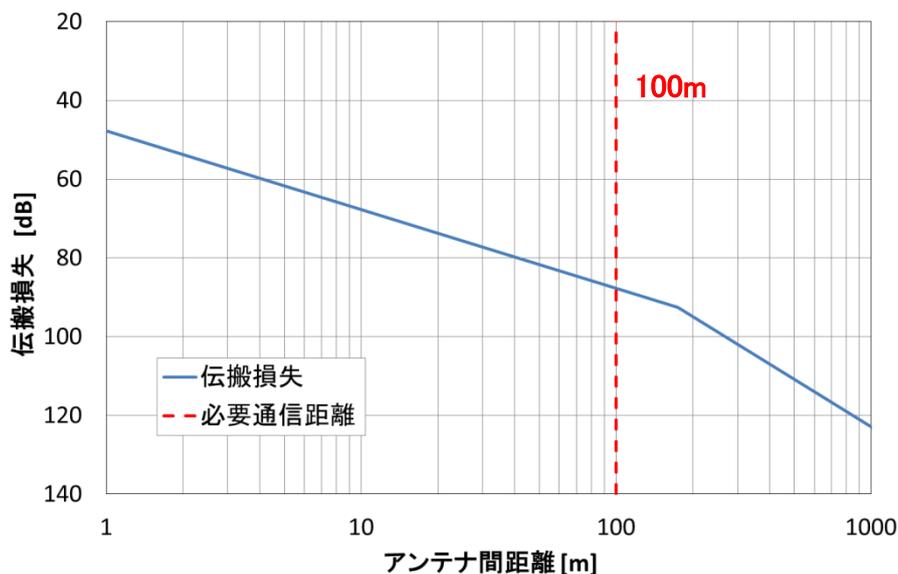
※ — : エラーフロアが目標PER以上

■ : システムマージン0dB以上

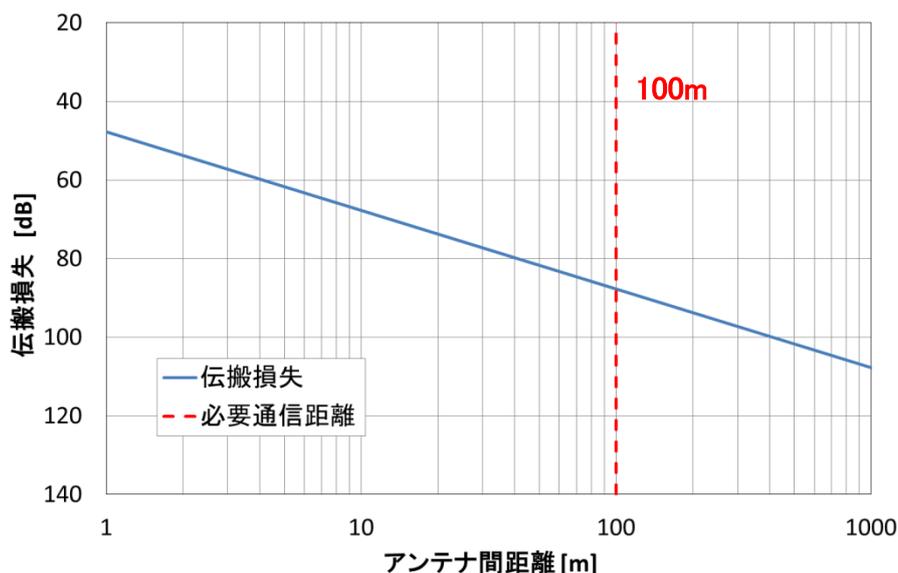
4.2.8. 有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）

以下に、UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性）を示す。

(1) 伝搬損失特性

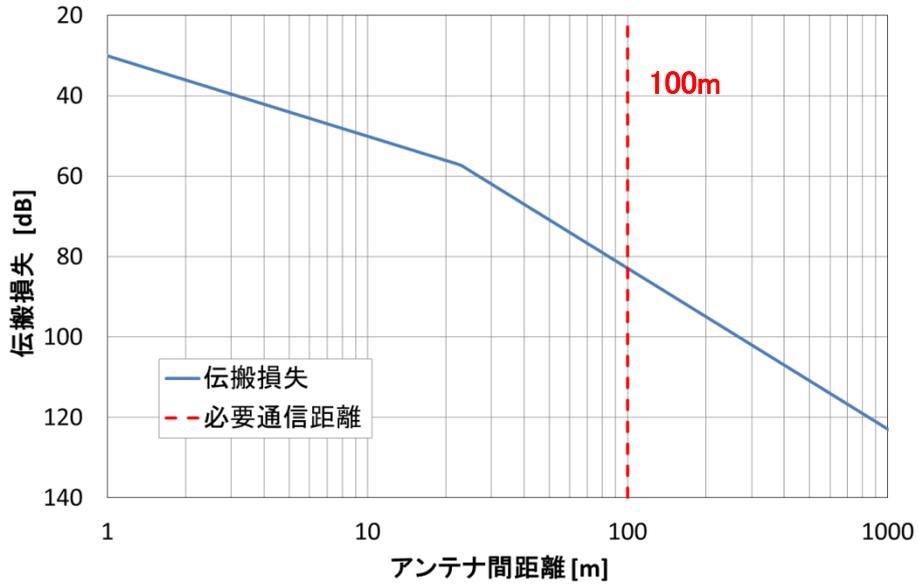


(a) 普通車同士（アンテナ高 1.5m）

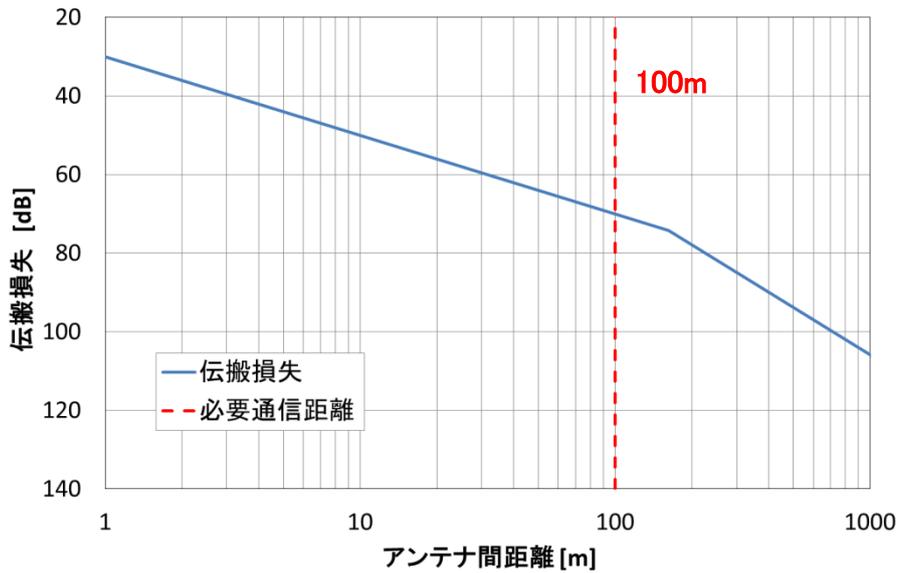


(b) 大型車同士（アンテナ高 4m）

図 4.2-47: UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ITS FORUM RC-005)



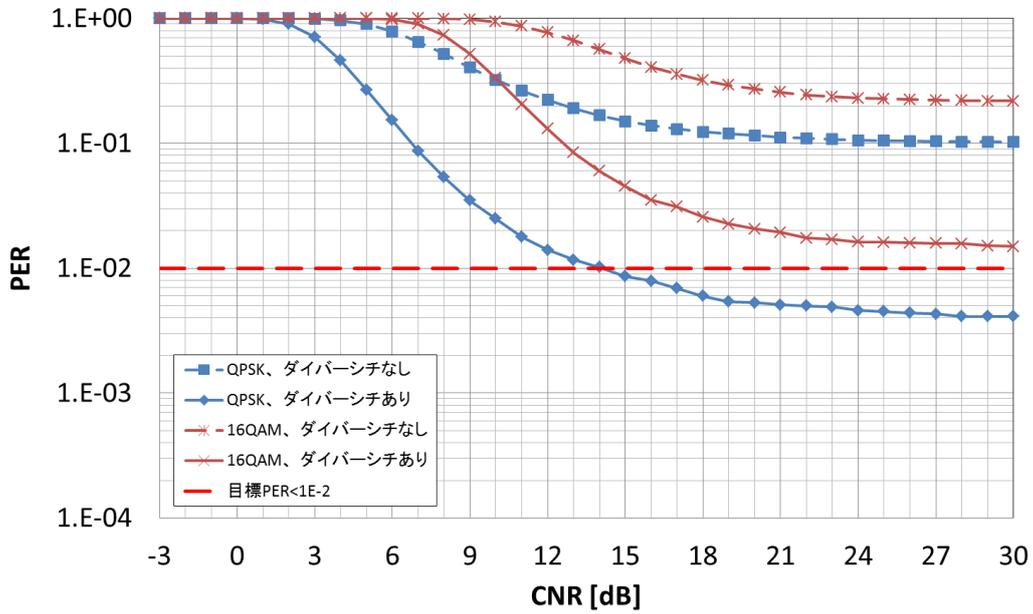
(a) 普通車同士 (アンテナ高 1.5m)



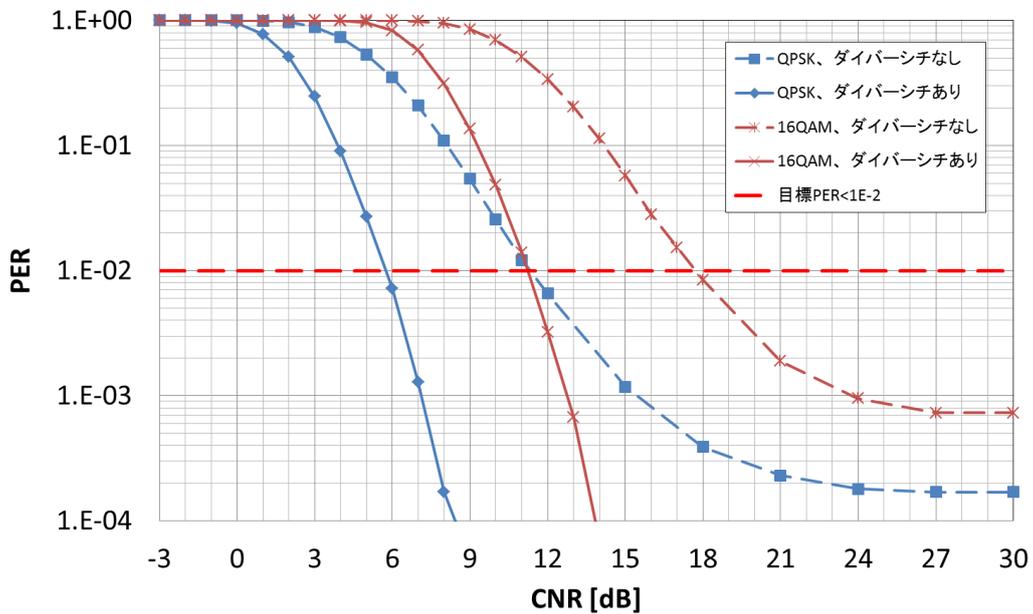
(b) 大型車同士 (アンテナ高 4m)

図 4.2-48 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-49 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h)

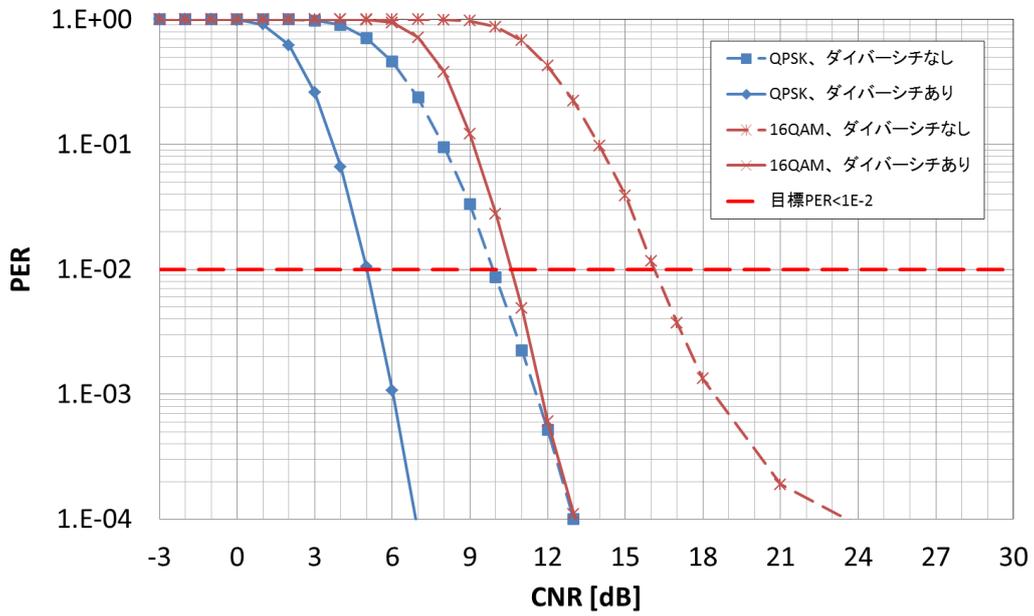
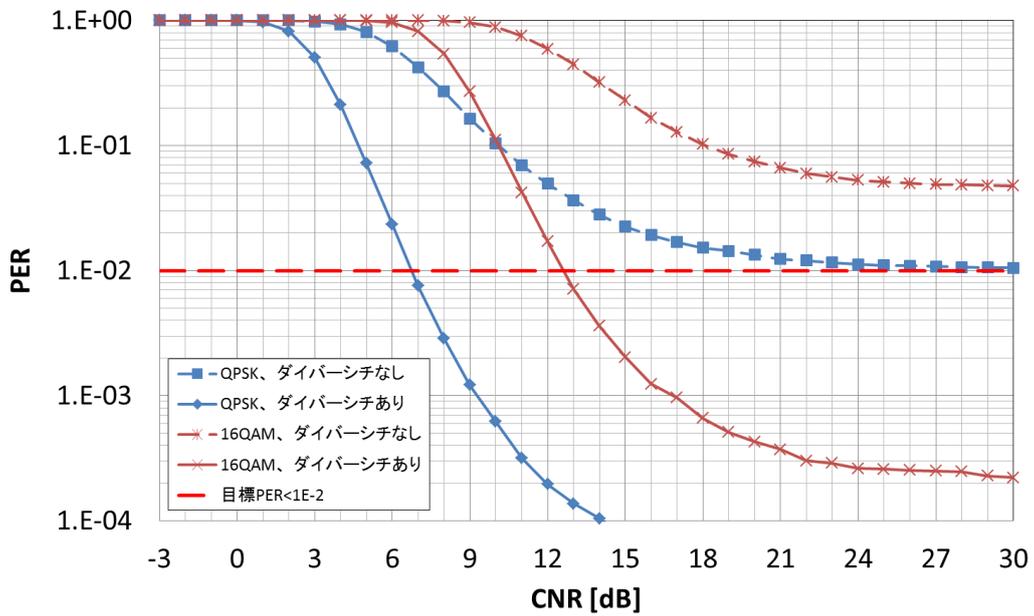
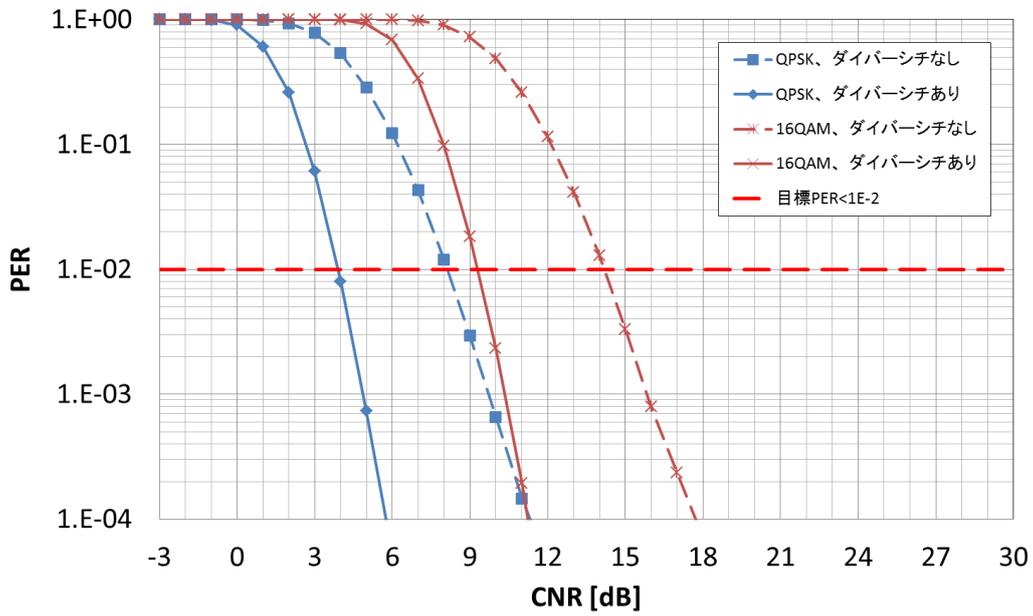


図 4.2-50 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-51 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h、2 連送)

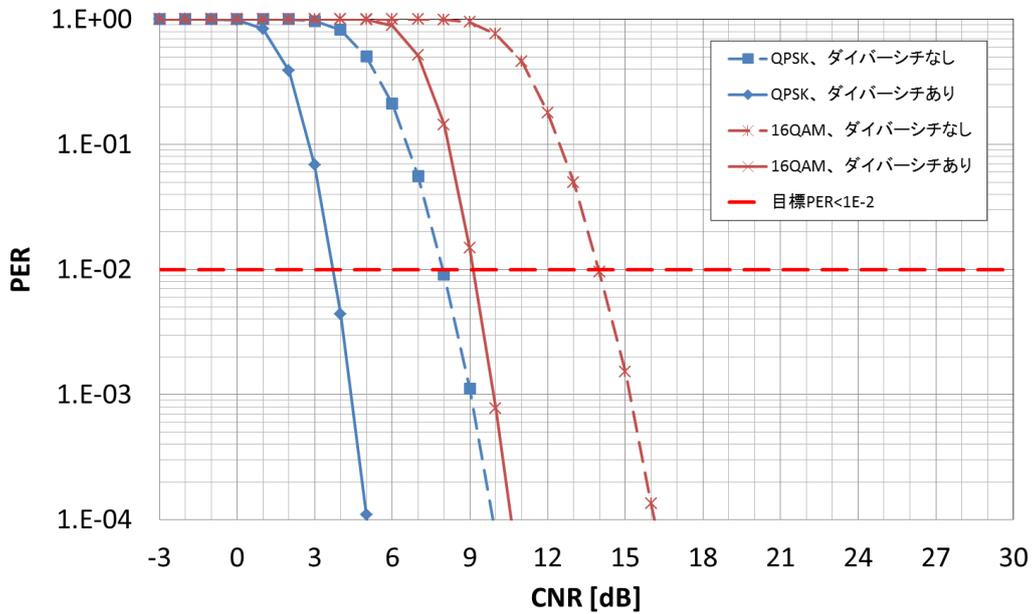
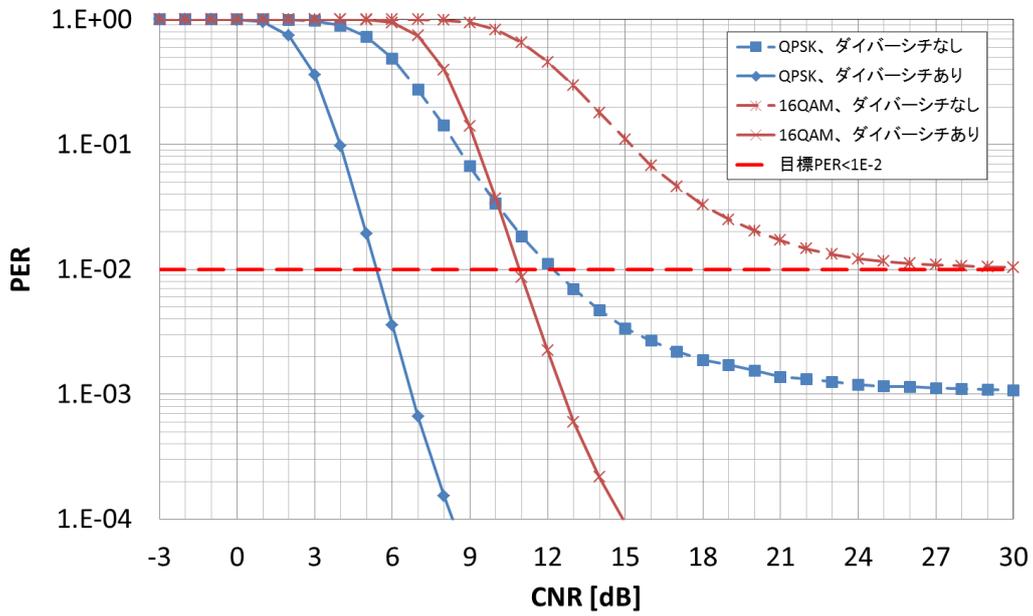
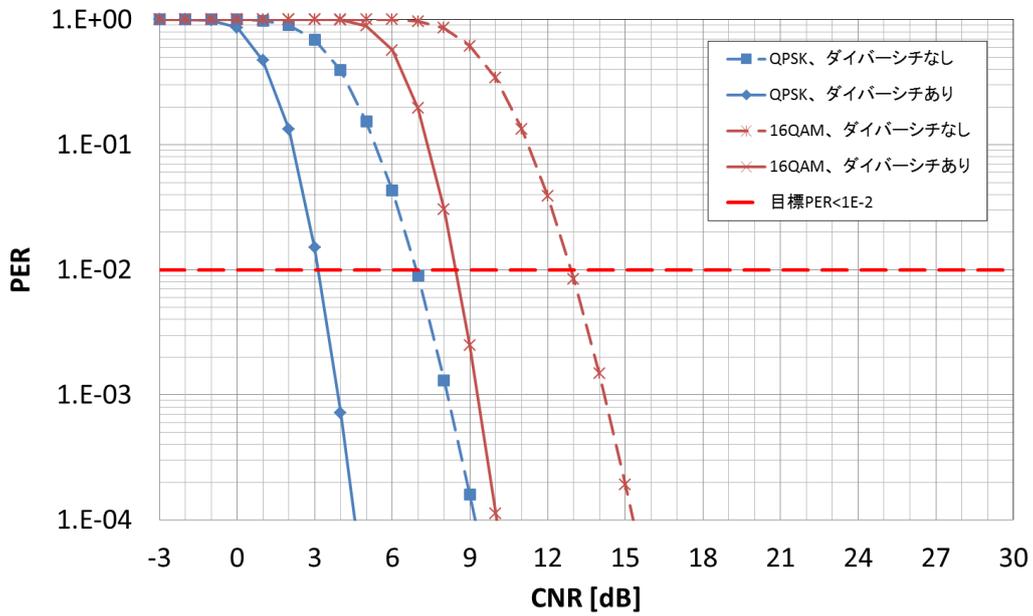


図 4.2-52 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-53 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h、3 連送)

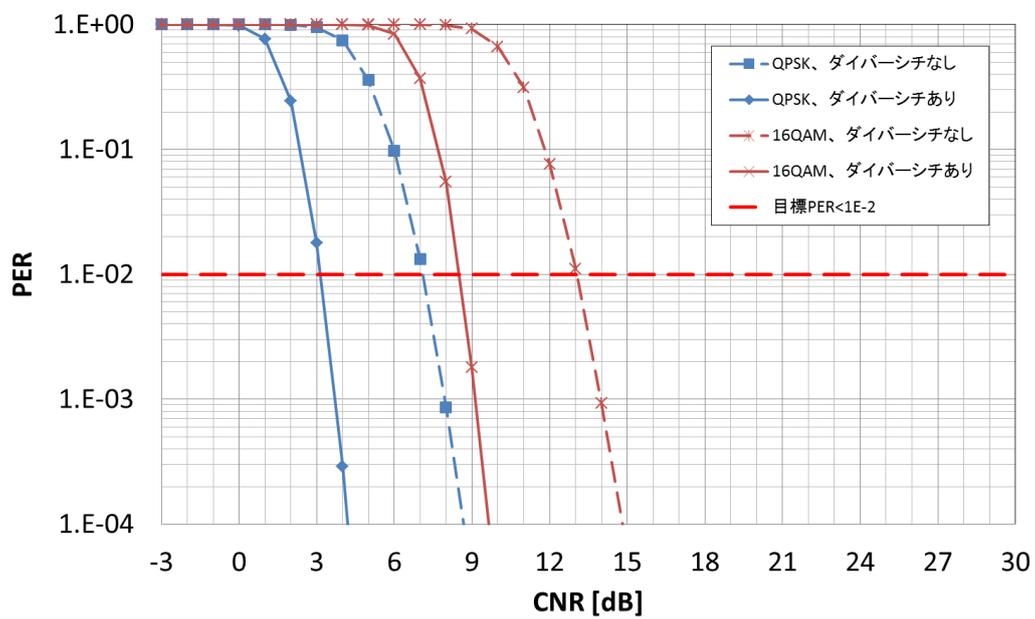


図 4.2-54 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 30byte、相対速度 200km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-42 から表 4.2-47 に UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-42 の回線設計結果より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、セキュリティデータ 250byte を採用すると必要通信距離を満足しないことが分かる。相対速度が 200km/h と大きく、エラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必須となる（そのため、ダイバーシチ、連送を適用しない場合については、システムレベルのシミュレーション評価は実施せず）。

表 4.2-44、表 4.2-46 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では回線設計を満たさない ITS FORUM RC-005、セキュリティによるオーバーヘッド 250byte の場合に対しても、連送を適用することで必要通信距離に対するシステムマージンを満足することが分かる（ダイバーシチ適用のみの場合、16QAM ではシステムマージンは確保できず）。

表 4.2-42 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	14.0	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-75.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	94.9	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	7.1	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	14.0	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-75.4	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	94.9	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	7.1	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.8	17.7	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-83.6	-71.7	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.7	103.1	91.2	97.7	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	9.9	15.3	3.4	9.9	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB _i	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB _i	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.2	5.8	17.7	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.2	-83.6	-71.7	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.7	103.1	91.2	97.7	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	9.9	15.3	3.4	9.9	

表 4.2-43 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.0	16.1	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.5	-84.4	-73.3	-78.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.9	92.8	98.3	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	16.1	21.0	9.9	15.4	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.0	16.1	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.5	-84.4	-73.3	-78.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.9	92.8	98.3	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	29.0	33.9	22.8	28.3	

表 4.2-44 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 2 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	6.8	-	12.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-82.6	-	-76.8	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	102.1	-	96.3	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	14.3	-	8.5	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	6.8	-	12.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-82.6	-	-76.8	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	102.1	-	96.3	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	14.3	-	8.5	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14.0	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	13.2	17.4	7.1	12.0	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	13.2	17.4	7.1	12.0	

表 4.2-45: UC5(車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14.0	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	18.1	22.3	12.0	16.9	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14.0	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	31.0	35.2	24.9	29.8	

表 4.2-46 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 3 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.2	5.4	-	10.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.2	-84.0	-	-78.5	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.7	103.5	-	98.0	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	8.9	15.7	-	10.2	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.2	5.4	-	10.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.2	-84.0	-	-78.5	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.7	103.5	-	98.0	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	8.9	15.7	-	10.2	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.9	3.1	12.9	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.5	-86.3	-76.5	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.0	105.8	96.0	100.5	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	14.2	18.0	8.2	12.7	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.9	3.1	12.9	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.5	-86.3	-76.5	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.0	105.8	96.0	100.5	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	14.2	18.0	8.2	12.7	

表 4.2-47: UC5(車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.1	3.2	13.1	8.5	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.3	-86.2	-76.3	-80.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.8	105.7	95.8	100.4	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	18.9	22.8	12.9	17.5	

(b) 大型車同士

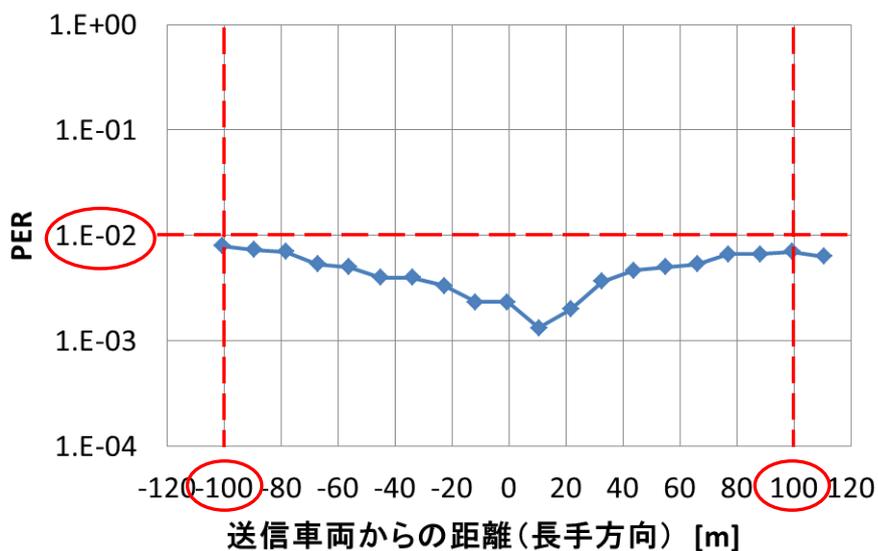
記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.1	3.2	13.1	8.5	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.3	-86.2	-76.3	-80.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.8	105.7	95.8	100.4	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	31.8	35.7	25.8	30.4	

(4) 通信性能特性 (システムレベルシミュレーション)

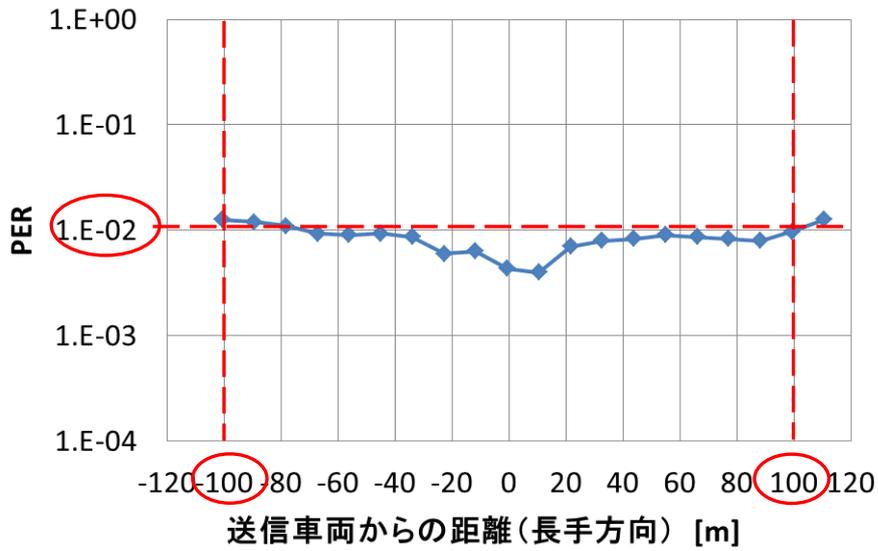
UC5 のシステムレベルシミュレーションにおいて、連送を適用する際は、通信要件の通信頻度を連送回数で等分割した時間を連送周期として採用する。

図 4.2-55 に、システムレベルシミュレーション評価結果例として、ITS FORUM RC-005 セキュリティによるオーバーヘッド 27byte のダイバーシチ、連送を適用しない場合における PER 特性を示す。同図より、QPSK の場合、UC 対象エリア (必要通信距離 100m) 内における PER が目標である 0.01 以下 (パッケージ到達率 99%以上) を満足することが分かる。16QAM の場合、UC5 送信車両の近傍を除き、目標 PER (0.01 以下) を満足しないため、必要通信距離を確保するためには、ダイバーシチや連送の適用が必要となる。

図 4.2-56 に、ARIB STD-T109 のダイバーシチ、連送を適用しない場合における PER 特性を示す。同図より、QPSK、16QAM とともに UC 対象エリア (必要通信距離 100m) 内における PER が目標である 0.01 以下 (パッケージ到達率 99%以上) を満足することが分かる

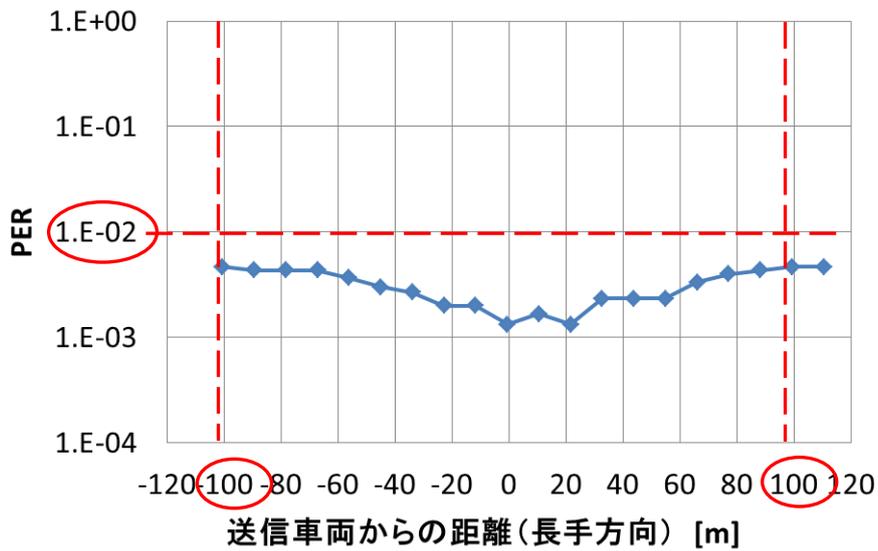


(a)QPSK

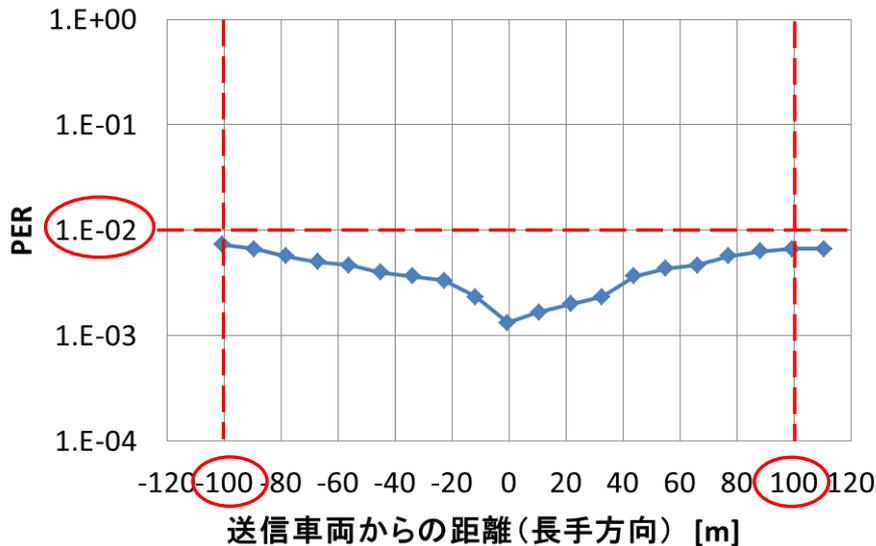


(b) 16QAM

図 4.2-55 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) の PER 特性
 (ITS FORUM RC-005、セキュリティによるオーバーヘッド 27byte、ダイバーシチ、連
 送適用なし)



(a) QPSK



(b)16QAM

図 4.2-56 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) の PER 特性
(ARIB STD-T109、ダイバーシチ、連送適用なし)

表 4.2-48、表 4.2-49 に、UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレーション評価結果を示す。表 4.2-49 にて、黄色で塗りつぶした条件が、通信距離及びパケット到達率の通信要件を満足するケースである。表 4.2-48、表 4.2-49 より、以下のことが分かる。

■候補通信方式 : ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能 (パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下) を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK (6Mbps) とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM (12Mbps) とするとダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式 : ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、多くの条件でシステムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-48 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	7.1	—	—
		2連送	—	14.3	—	8.5
		3連送	8.9	15.7	—	10.2
	27	適用せず	9.9	15.3	3.4	9.9
		2連送	13.2	17.4	7.1	12.0
		3連送	14.2	18.0	8.2	12.7
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.8	12.9	17.5

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

表 4.2-49 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報なし) シミュレーション評価結果 (パケット到達率特性)

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.4	—	—
		2連送	—	100	—	100
		3連送	100	100	—	100
	27	適用せず	99.2	99.3	98.7	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.5	99.6	99.2	99.4
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

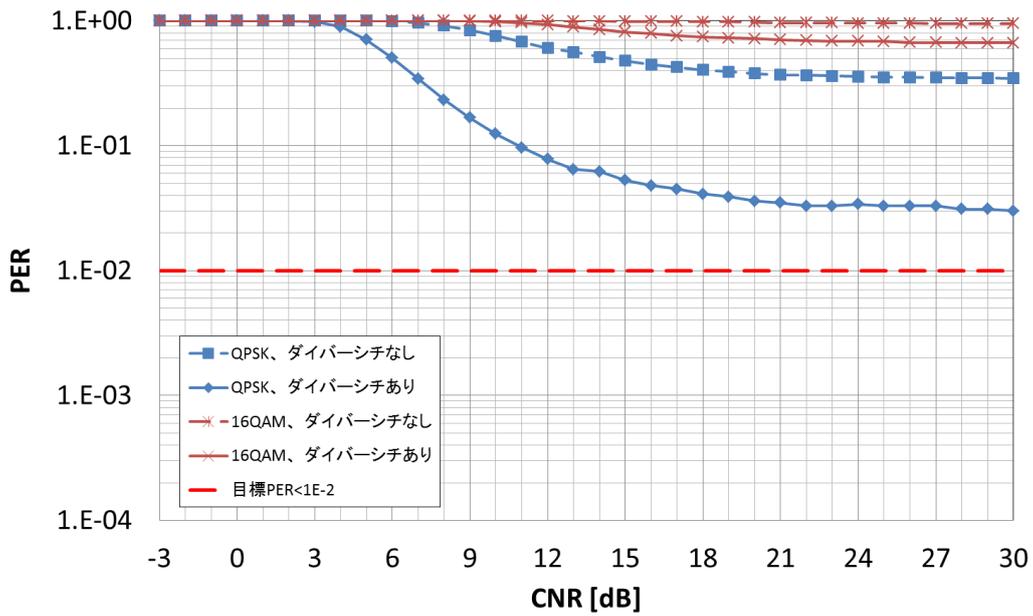
※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上)

■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

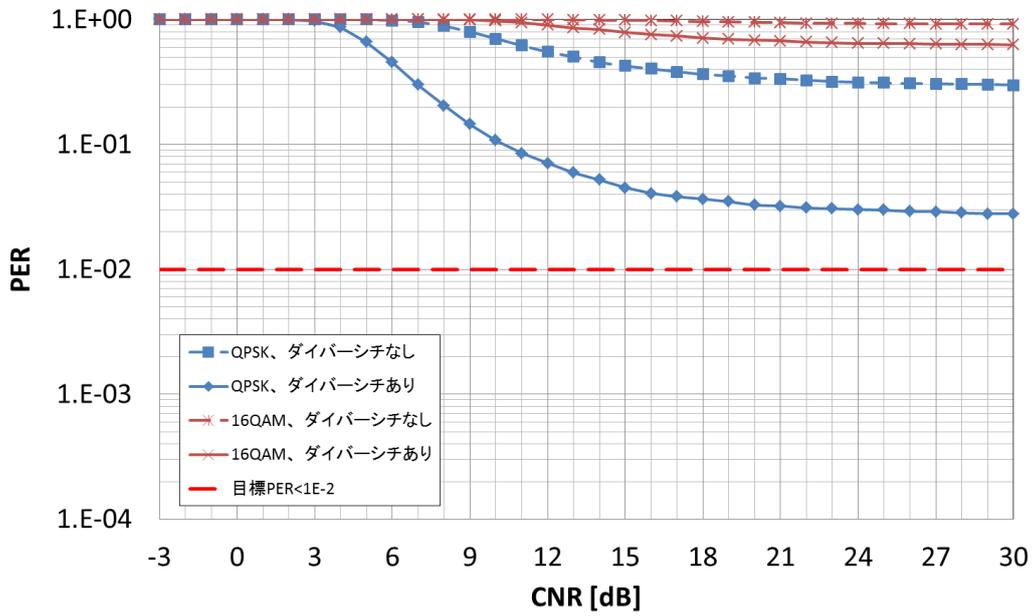
4.2.9. 有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）

以下に、UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）に関する総合検証結果（リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。伝搬損失特性については、4.2.8 項と同一の結果となる。

(1) 通信品質特性（リンクレベルシミュレーション）



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-57 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h)

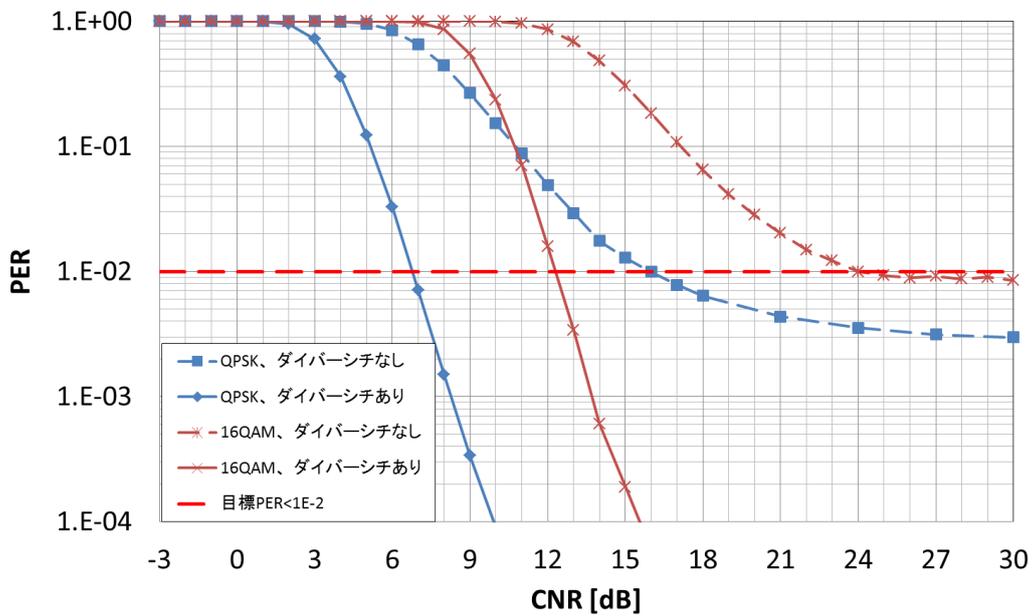
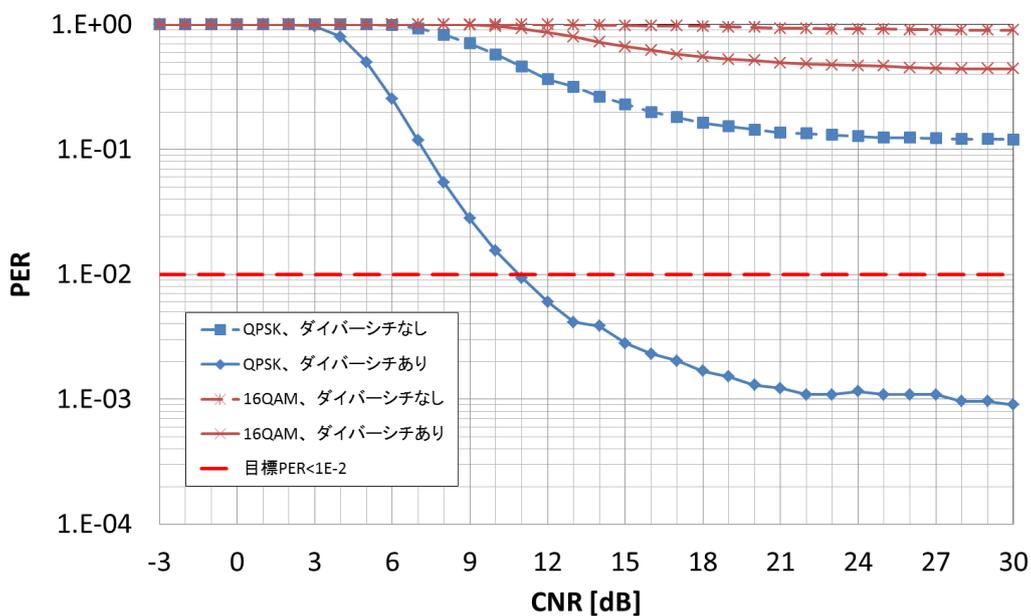
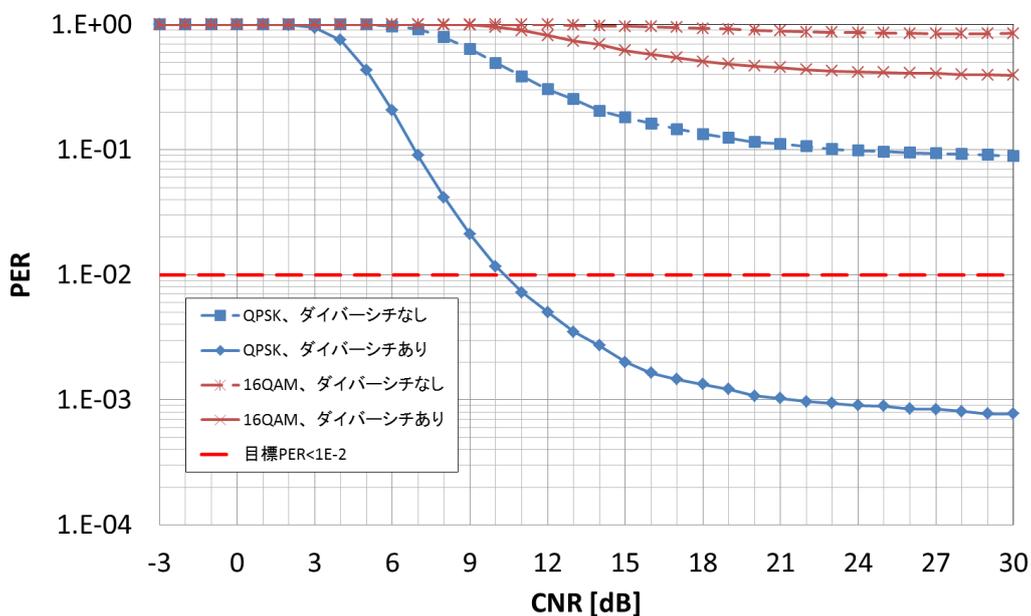


図 4.2-58 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-59 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h、2 連送)

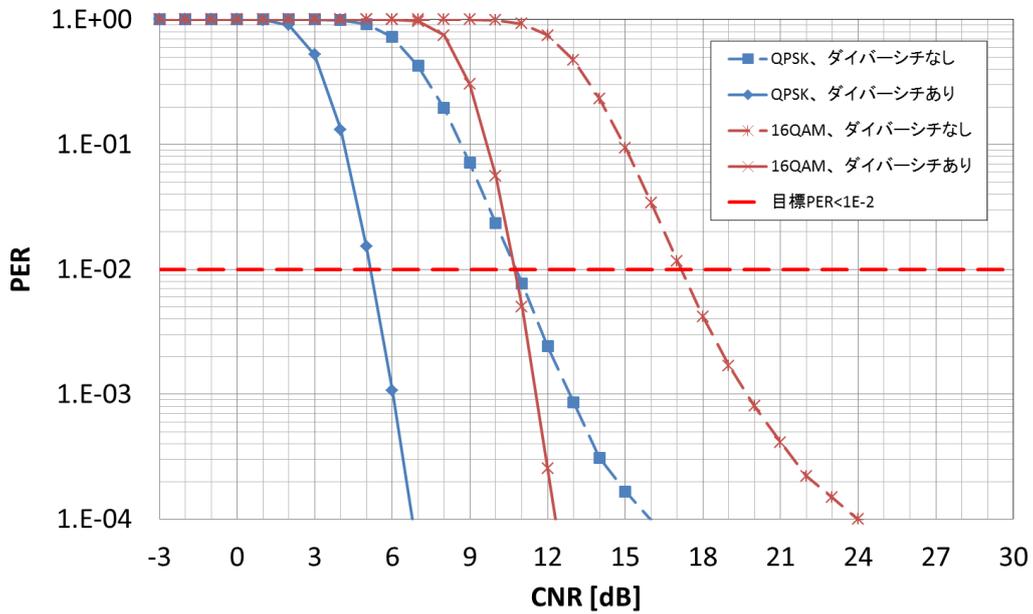
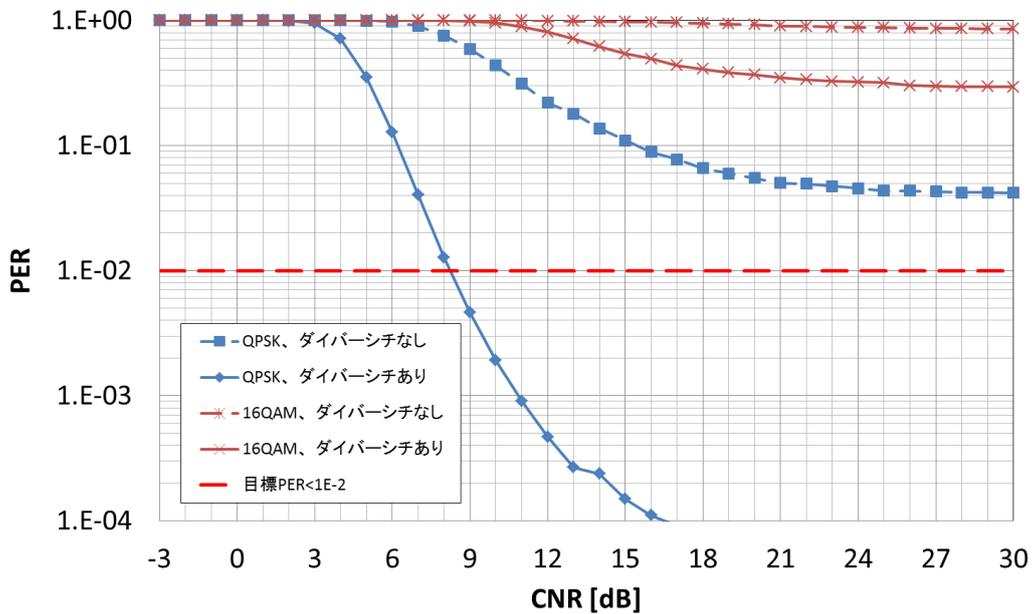
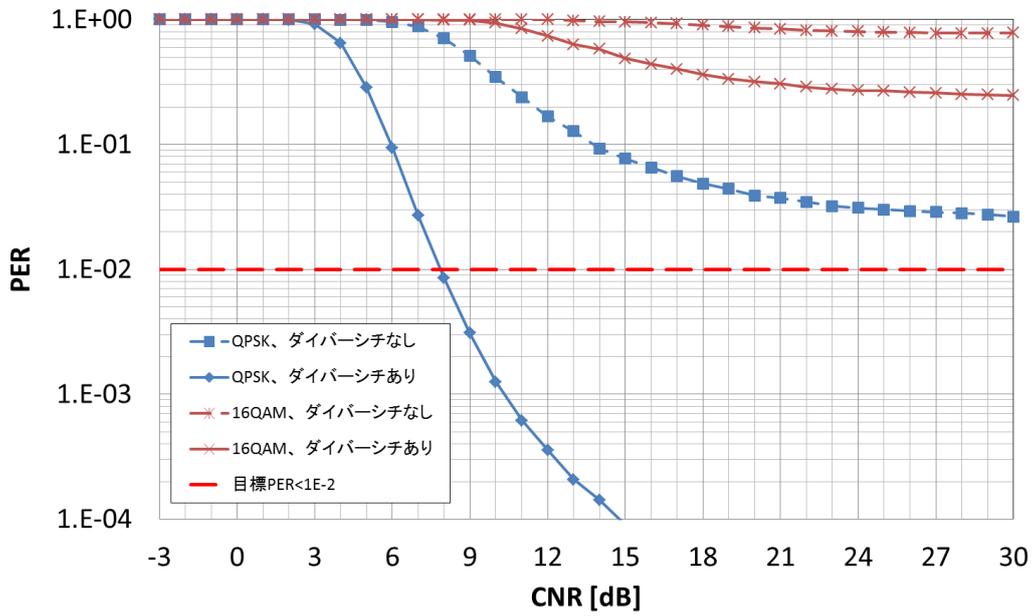


図 4.2-60 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-61 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h、3 連送)

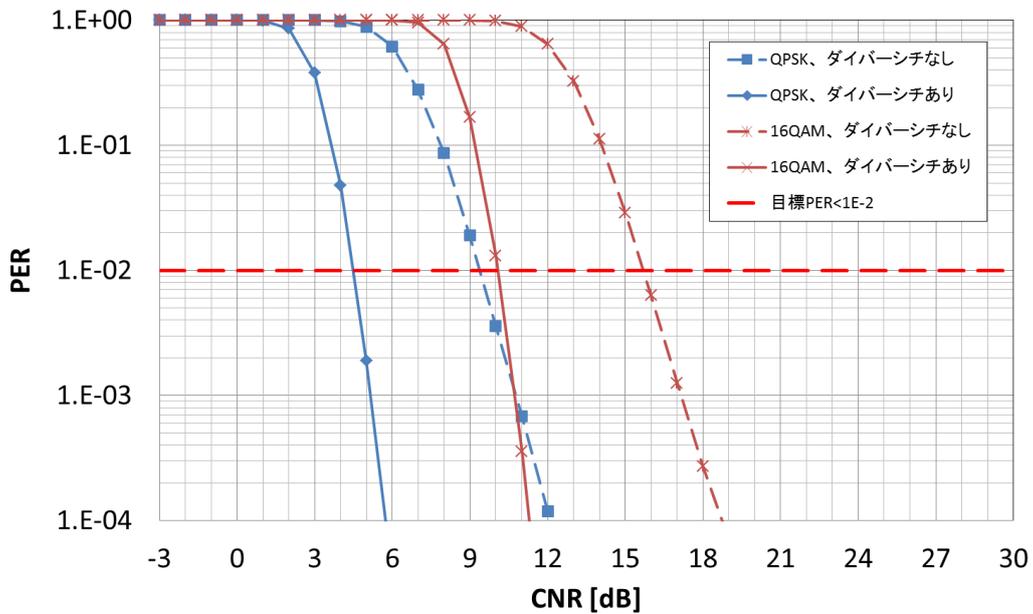


図 4.2-62 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 1030byte、相対速度 200km/h、3 連送)

(2) 無線回線設計

表 4.2-50 から表 4.2-55 に UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-50 より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、必要通信距離を満足しないことが分かる（システムレベルのシミュレーション評価は実施せず）。メッセージサイズが 1030byte と大きく、かつ、相対速度が 200km/h と大きくエラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。

表 4.2-52、表 4.2-54 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では回線設計を満たさない ITS FORUM RC-005 の場合、ダイバーシチ及び連送を適用し、かつ、変調方式として QPSK を採用する必要があることが分かる。

表 4.2-50 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	-	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	-	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	-	-	-	

表 4.2-51 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	16.0	6.7	24.0	12.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-73.4	-82.7	-65.4	-77.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	92.9	102.2	84.9	96.7	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	10.0	19.3	2.0	13.8	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	16.0	6.7	24.0	12.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-73.4	-82.7	-65.4	-77.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	92.9	102.2	84.9	96.7	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.9	32.2	14.9	26.7	

表 4.2-52 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.9	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.5	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.0	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	10.2	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.9	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-78.5	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.0	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	10.2	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.4	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-79.0	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.5	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	10.7	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	10.4	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-79.0	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	98.5	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	10.7	-	-	

表 4.2-53: UC5(車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.2	17.1	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-84.2	-72.3	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.1	103.7	91.8	98.2	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	15.2	20.8	8.9	15.3	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.8	5.2	17.1	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.6	-84.2	-72.3	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.1	103.7	91.8	98.2	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	28.1	33.7	21.8	28.2	

表 4.2-54 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 3 連送
(ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.2	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.2	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	100.7	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	12.9	-	-	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.2	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.2	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	100.7	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	12.9	-	-	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.7	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.7	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	101.2	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	13.4	-	-	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	7.7	-	-	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.7	-	-	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェーディングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	101.2	-	-	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	87.8				
X	システムマージン =U-W	dB	-	13.4	-	-	

表 4.2-55: UC5(車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

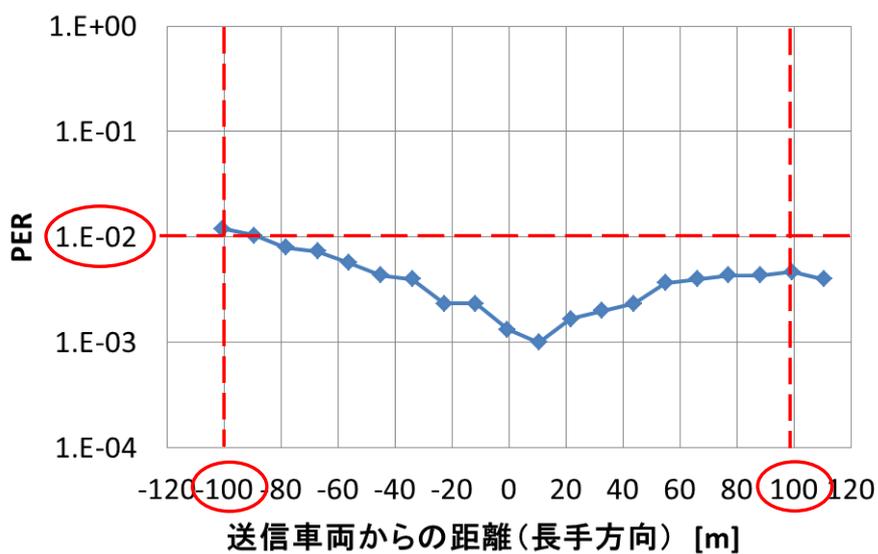
記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.4	4.5	15.7	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.0	-84.9	-73.7	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.5	104.4	93.2	98.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	82.9				
X	システムマージン =U-W	dB	16.6	21.5	10.3	15.9	

(b) 大型車同士

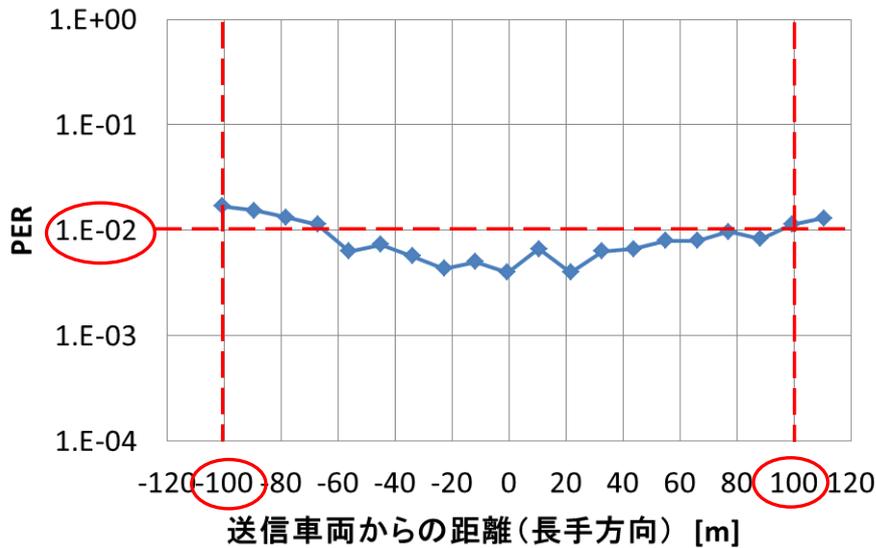
記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.4	4.5	15.7	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.0	-84.9	-73.7	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.5	104.4	93.2	98.8	
V	無線区間距離	m	100.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	70.0				
X	システムマージン =U-W	dB	29.5	34.4	23.2	28.8	

(3) 通信性能特性 (システムレベルシミュレーション)

図 4.2-63 に、システムレベルシミュレーション評価結果例として、ARIB STD-T109 のダイバーシチ、連送を適用しない場合の PER 特性を示す。同図より、QPSK、16QAM とともに UC 対象エリア (必要通信距離 100m) 内における PER が目標である 0.01 以下 (パケット到達率 99%以上) を満足しないことが分かる。これは、UC5 の評価では UC4 のトラフィックを付加しており、UC4 は 1005m と広いエリアで通信を行なっているために隠れ端末が発生し、その影響によって通信品質が劣化しているためである。



(a)QPSK



(b)16QAM

図 4.2-63 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) の PER 特性
(ARIB STD-T109、ダイバーシチ、連送適用なし)

表 4.2-56、表 4.2-57 に、UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレーション評価結果を示す。表 4.2-57 にて、黄色で塗りつぶした条件が、通信距離及びパケット到達率の通信要件を満足するケースである。表 4.2-56、表 4.2-57 より、以下のことが分かる。

■候補通信方式 : ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能 (パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下) を達成するには、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK (6Mbps) とし、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合も同様に、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK (6Mbps) とし、2 連送以上が必要

■候補通信方式 : ARIB STD-T109

- ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、多くの条件でシステムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-56 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.2	—	—
		3連送	—	12.9	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.7	—	—
		3連送	—	13.4	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	10.0	19.3	2.0	13.8
		2連送	15.2	20.8	8.9	15.3
		3連送	16.6	21.5	10.3	15.9

※ —: エラーフロアが目標PER以上 : システムマージン0dB以上

表 4.2-57 : UC5 (車車間通信、簡易図形情報あり)
システムレベルシミュレーション評価結果 (パケット到達率特性)

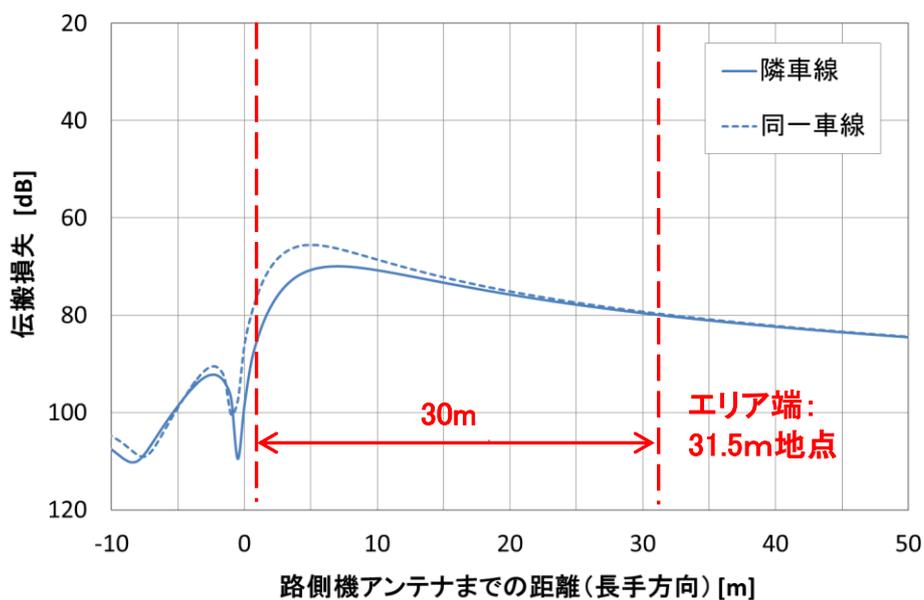
通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	98.8	99.0	98.3	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

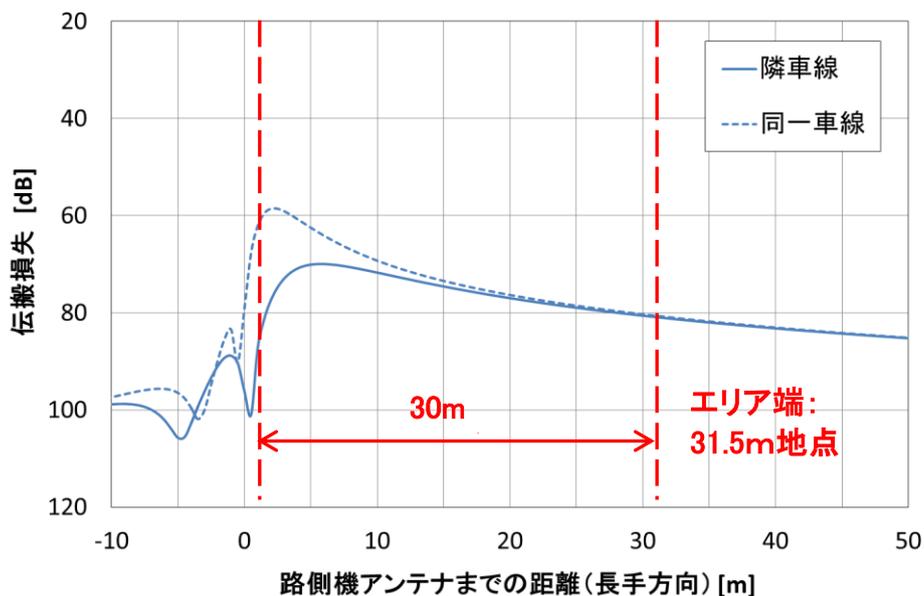
4.2.10. 有効性の机上検討結果：UC6

以下に、UC6に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。

(1) 伝搬損失特性

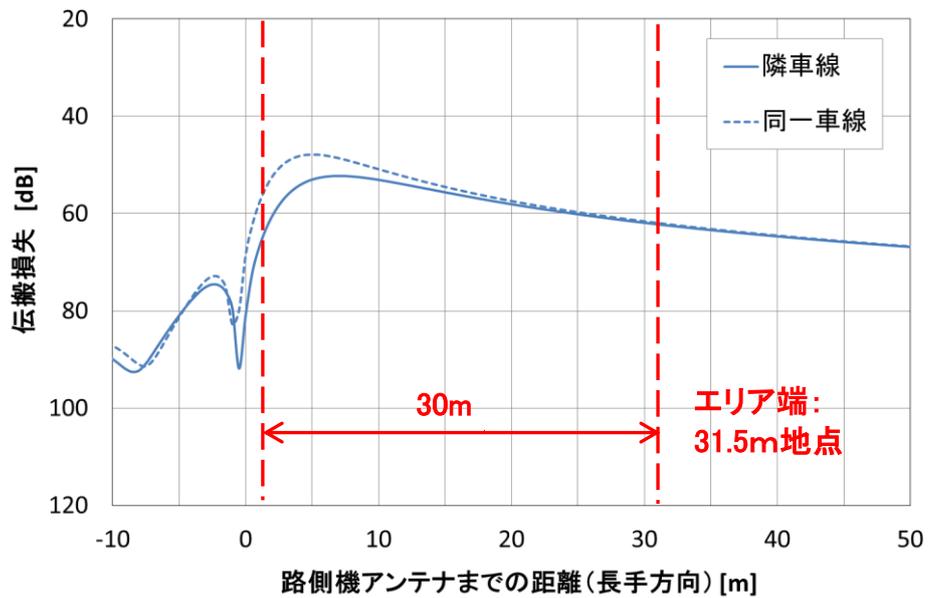


(a) 普通車想定（アンテナ高 1.5m）

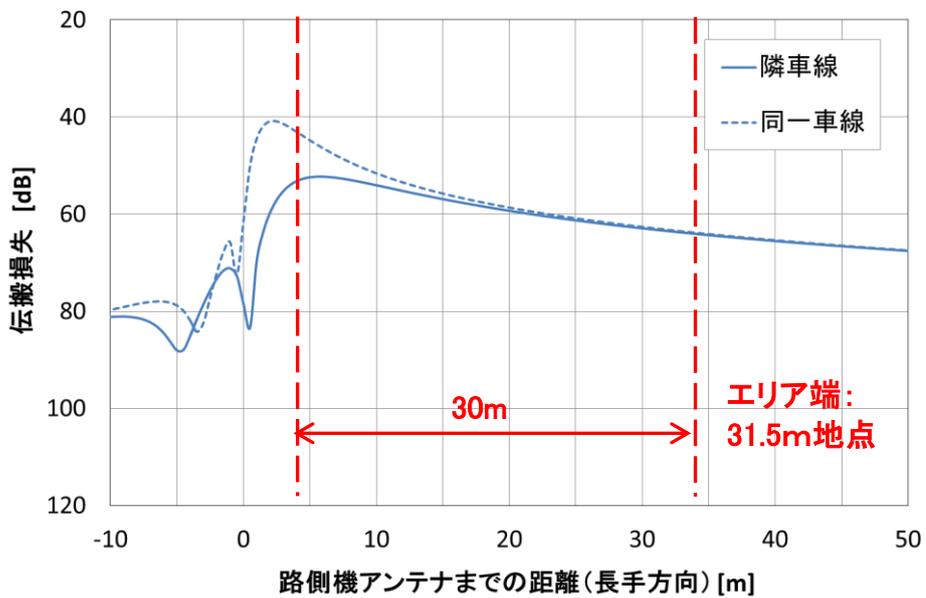


(b) 大型車想定（アンテナ高 4m）

図 4.2-64：UC6 の伝搬損失-アンテナ間距離特性（ITS FORUM RC-005）



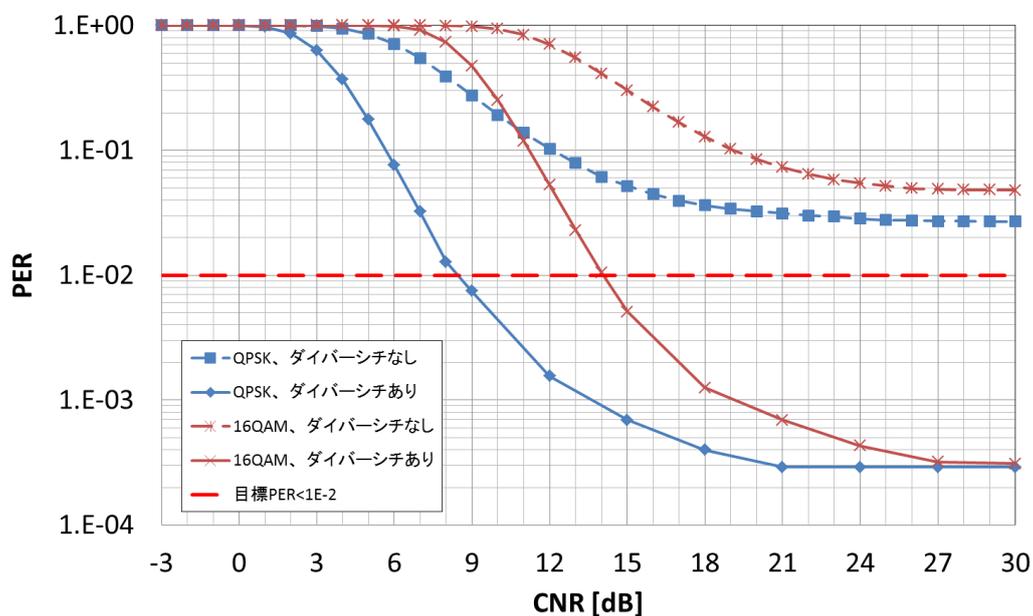
(a) 普通車想定 (アンテナ高 1.5m)



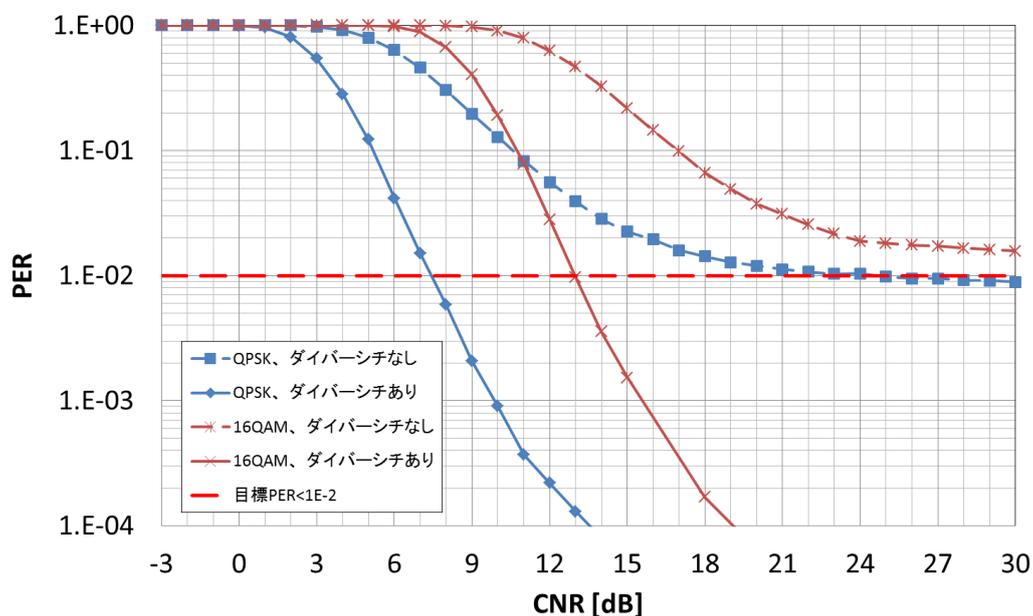
(b) 大型車想定 (アンテナ高 4m)

図 4.2-65 : UC6 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-66 : UC6 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h)

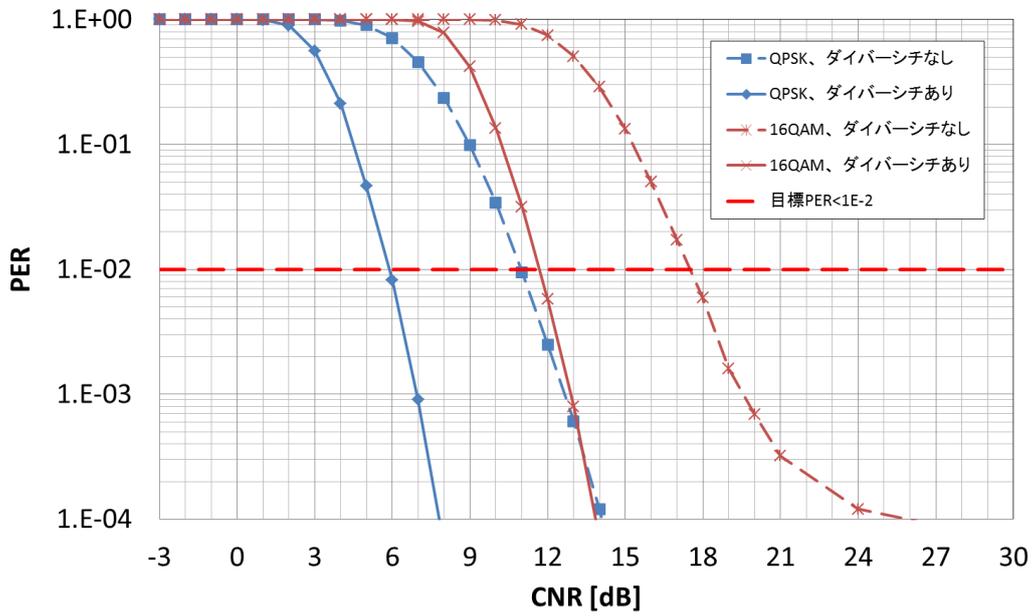
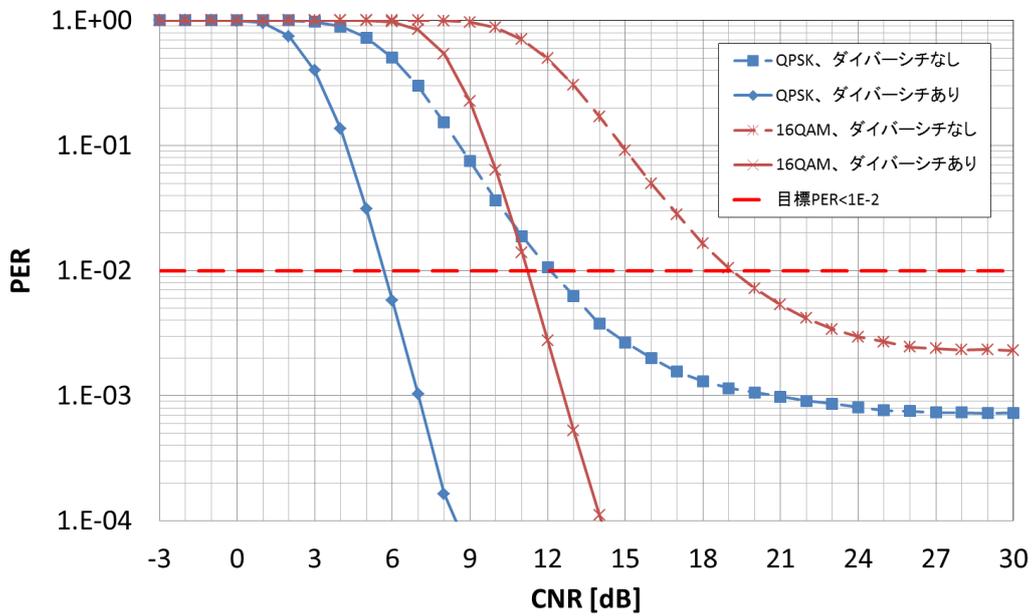
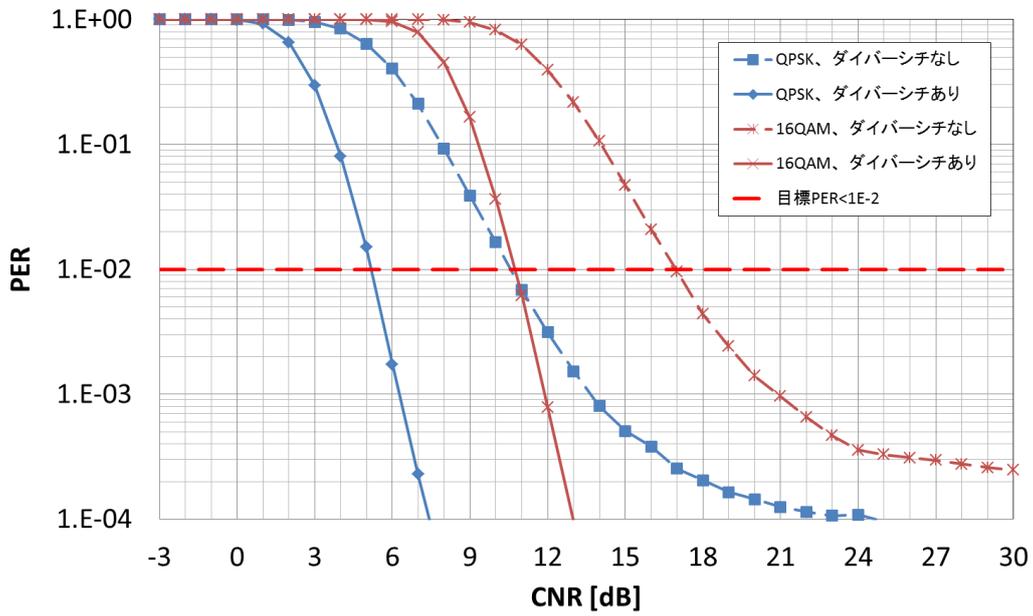


図 4.2-67 : UC6 PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-68 : UC6 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h、2 連送)

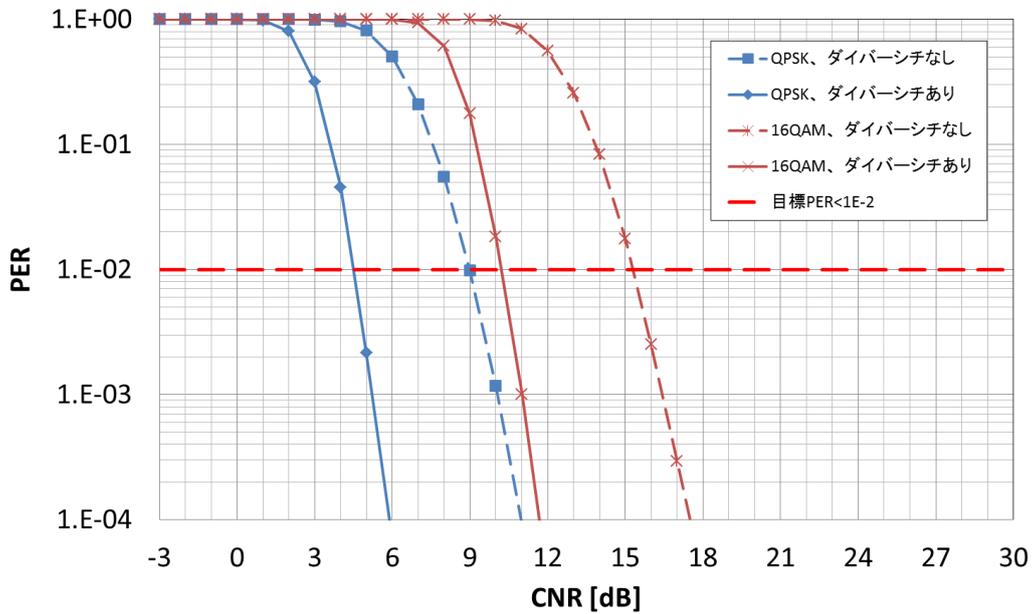
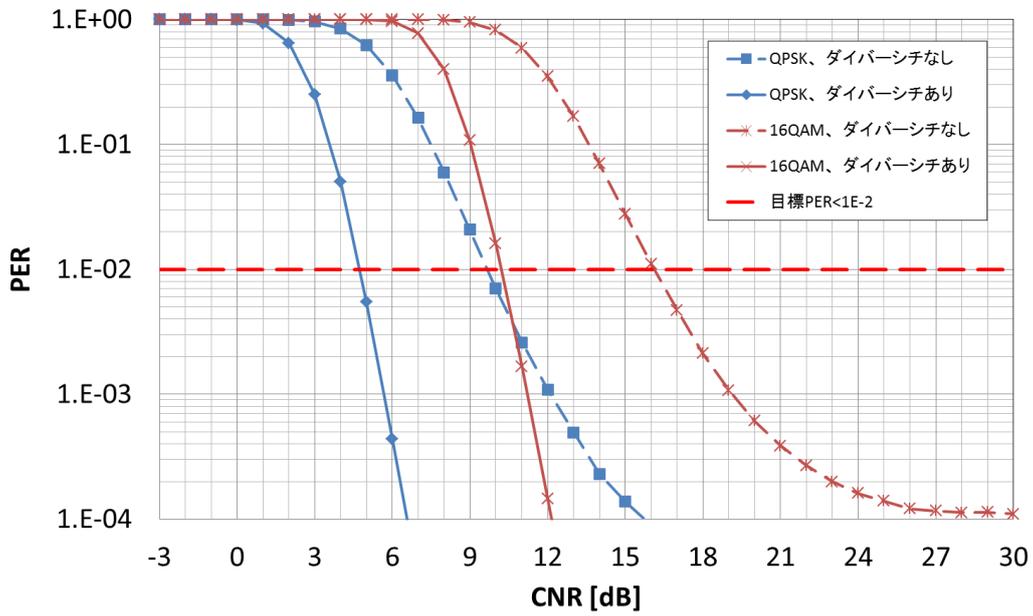
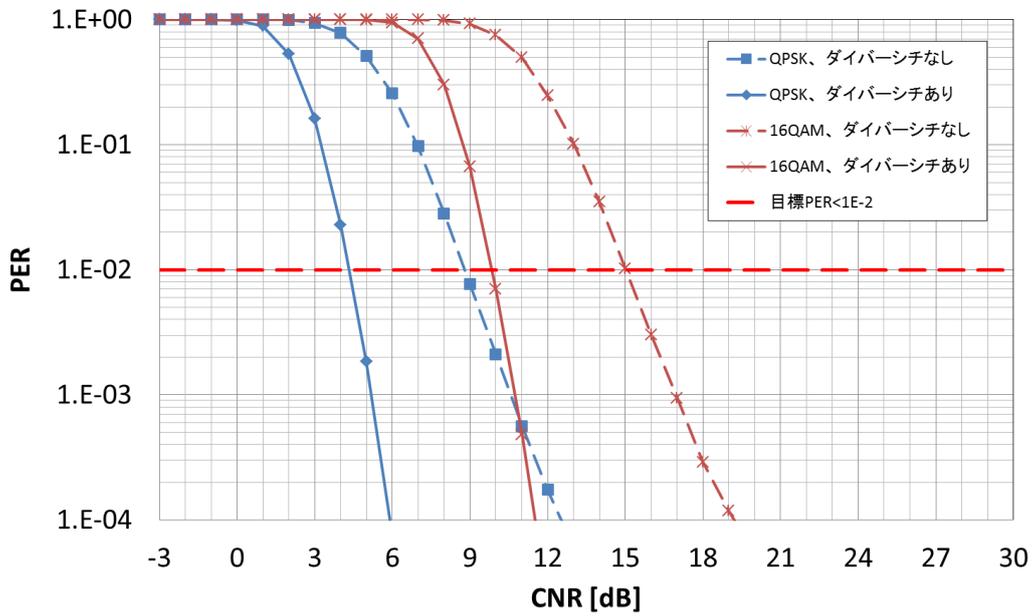


図 4.2-69 : UC6 PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-70 : UC6 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h、3 連送)

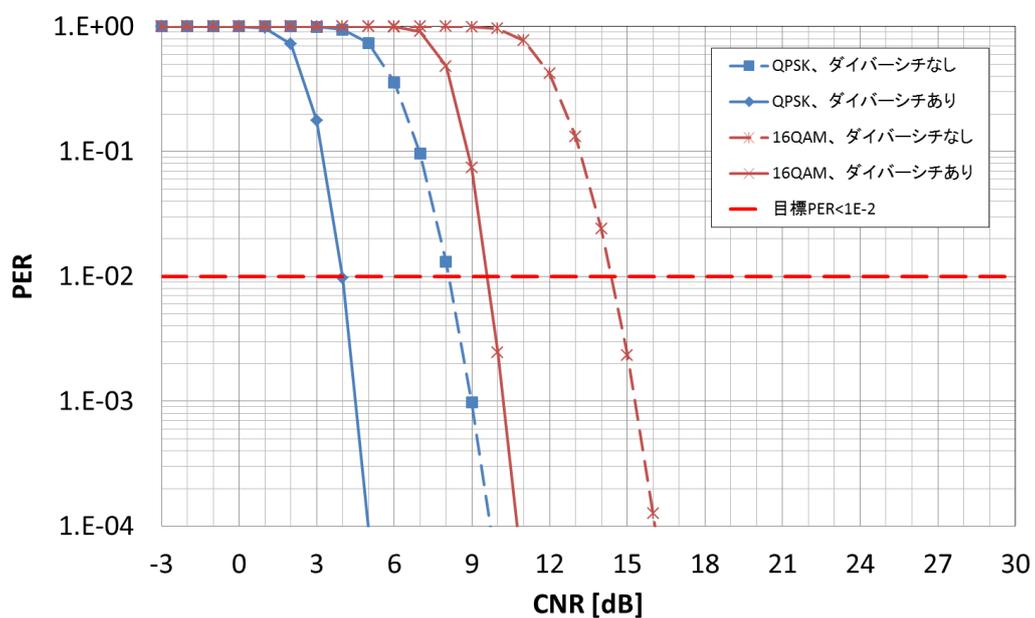


図 4.2-71 : UC6 PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 772byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-58 から表 4.2-63 に UC6 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-58 の回線設計結果より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、セキュリティによるオーバーヘッド 56byte、QPSK を除き必要通信距離 30m を満足しないことが分かる。メッセージサイズが 772byte と大きく、目標通信品質以下でエラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。また、表 4.2-59 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合においても、QPSK、16QAM とともに必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-60、表 4.2-62 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では通信要件を満足しない ITS FORUM RC-005 に対しても、ダイバーシチまたは連送の何れかを適用することで通信要件を満足することが分かる。

表 4.2-64 に、UC6 の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果を示す。同表の黄色で塗りつぶした条件が、全ての通信要件を満足するケースである。同表より、以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM（12Mbps）とすると、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-58 : UC6 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)
 (a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.4	-	13.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.0	-	-75.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	107.5	-	102.0	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	27.5	-	22.0	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	8.4	-	13.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-81.0	-	-75.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0			所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記	
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	107.5	-	102.0	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	26.5	-	21.0	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	24.4	7.4	-	13.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-65.0	-82.0	-	-76.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.5	108.5	-	102.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	11.5	28.5	-	22.9	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	24.4	7.4	-	13	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-65.0	-82.0	-	-76.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	91.5	108.5	-	102.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	10.5	27.5	-	21.9	

表 4.2-59 : UC6 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.0	5.9	17.5	11.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.4	-83.5	-71.9	-77.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	94.9	100.0	88.4	94.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.5	37.6	26.0	31.9	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.0	5.9	17.5	11.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.4	-83.5	-71.9	-77.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	94.9	100.0	88.4	94.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	31.5	36.6	25.0	30.9	

表 4.2-60 : UC6 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.1	5.7	19.1	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.3	-83.7	-70.3	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	103.8	110.2	96.8	104.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	23.8	30.2	16.8	24.7	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.1	5.7	19.1	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.3	-83.7	-70.3	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	103.8	110.2	96.8	104.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.8	29.2	15.8	23.7	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.2	16.9	10.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-84.2	-72.5	-78.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.3	110.7	99.0	105.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.3	30.7	19.0	25.1	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.2	16.9	10.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-84.2	-72.5	-78.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.3	110.7	99.0	105.1	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	24.3	29.7	18.0	24.1	

表 4.2-61 : UC6 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.0	4.5	15.3	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.4	-84.9	-74.1	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.9	101.4	90.6	95.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.5	39.0	28.2	33.3	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.0	4.5	15.3	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.4	-84.9	-74.1	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.9	101.4	90.6	95.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	33.5	38.0	27.2	32.3	

表 4.2-62 : UC6 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.7	4.7	16.1	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.7	-84.7	-73.3	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.2	111.2	99.8	105.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.2	31.2	19.8	25.7	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.7	4.7	16.1	10.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.7	-84.7	-73.3	-79.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.2	111.2	99.8	105.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.2	30.2	18.8	24.7	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.3	15.0	9.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.1	-74.4	-79.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	107.1	111.6	100.9	106.0	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	27.1	31.6	20.9	26.0	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.8	4.3	15.0	9.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.6	-85.1	-74.4	-79.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	107.1	111.6	100.9	106.0	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.1	30.6	19.9	25.0	

表 4.2-63 : UC6 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.1	4.0	14.4	9.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.3	-85.4	-75.0	-79.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.8	101.9	91.5	96.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.4	39.5	29.1	33.9	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.1	4.0	14.4	9.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.3	-85.4	-75.0	-79.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.8	101.9	91.5	96.3	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.4	38.5	28.1	32.9	

表 4.2-64 : UC6 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	26.5	—	21.0
		2連送	22.8	29.2	15.8	23.7
		3連送	25.2	30.2	18.8	24.7
	56	適用せず	10.5	27.5	—	21.9
		2連送	24.3	29.7	18.0	24.1
		3連送	26.1	30.6	19.9	25.0
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.5	36.6	25.0	30.9
		2連送	33.5	38.0	27.2	32.3
		3連送	34.4	38.5	28.1	32.9

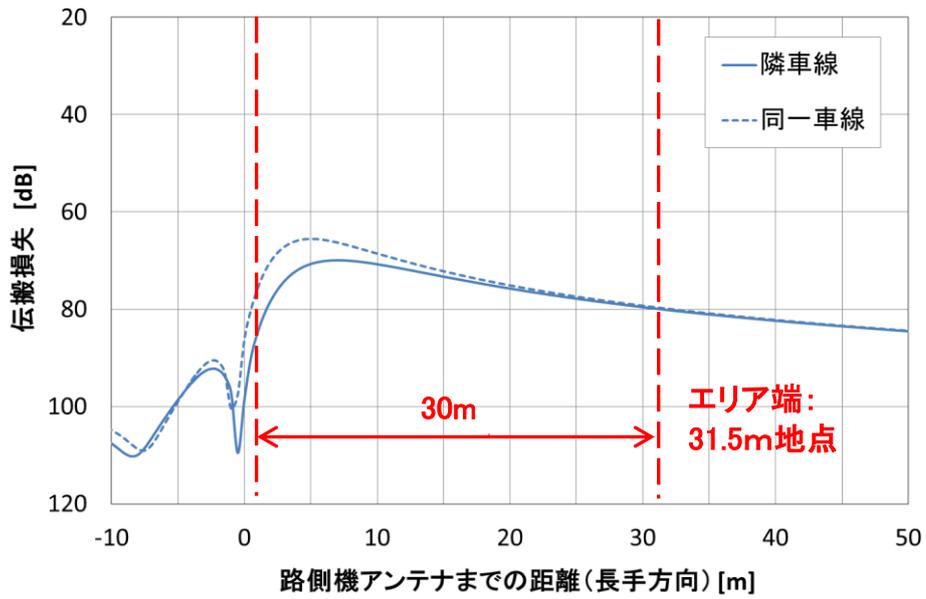
※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

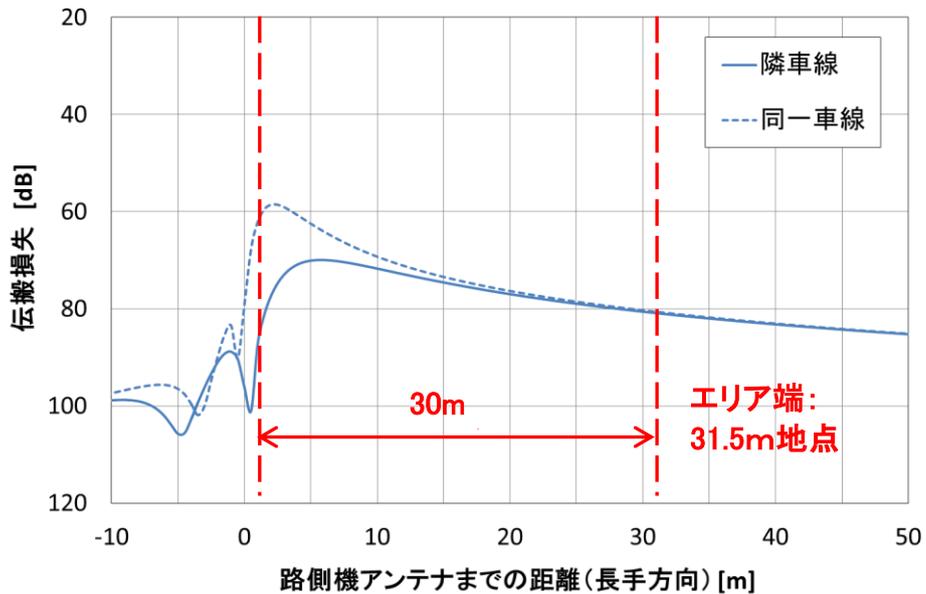
4.2.11. 有効性の机上検討結果：UC7

以下に、UC7に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計）を示す。

(1) 伝搬損失特性

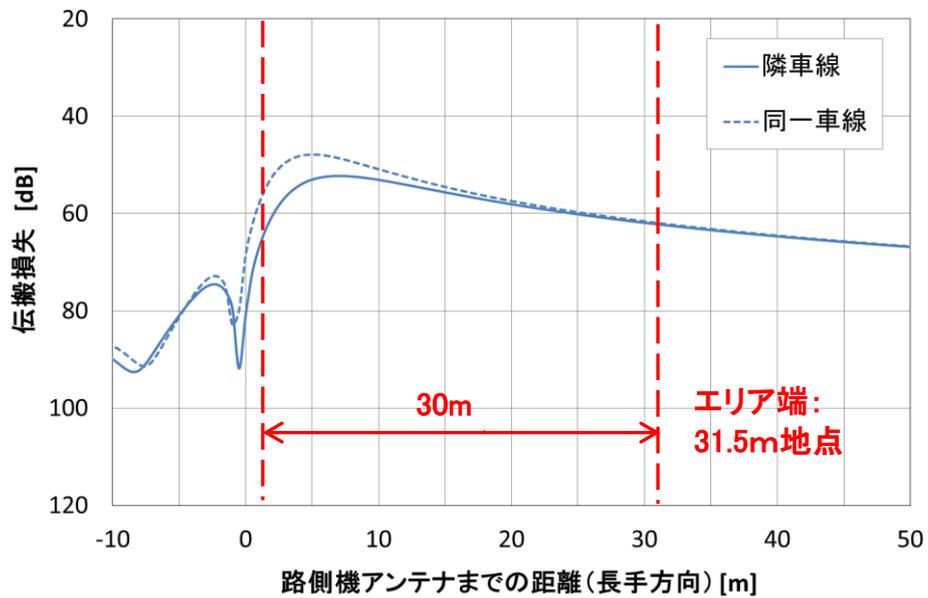


(a) 普通車想定（アンテナ高 1.5m）

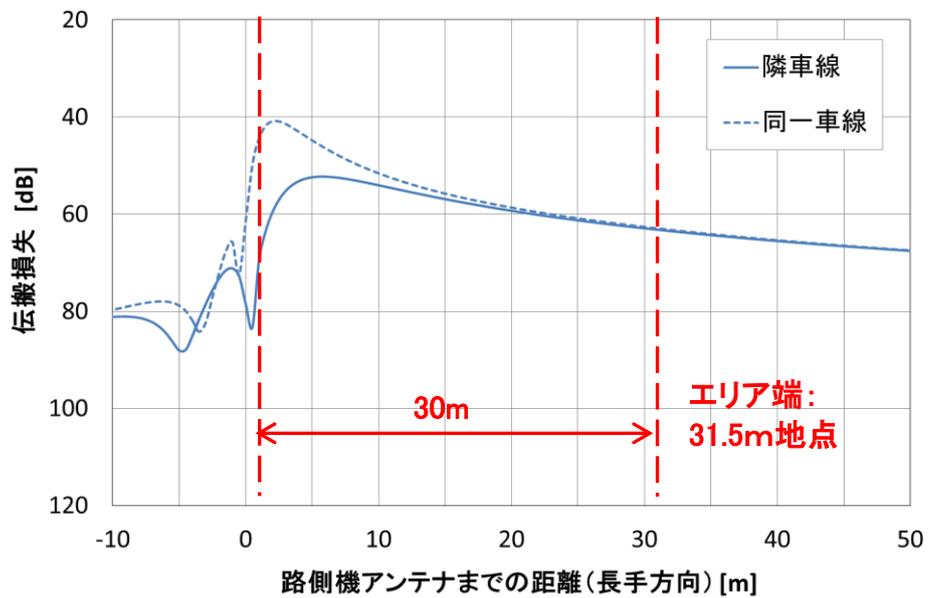


(b) 大型車想定（アンテナ高 4m）

図 4.2-72：UC7 の伝搬損失-アンテナ間距離特性（ITS FORUM RC-005）



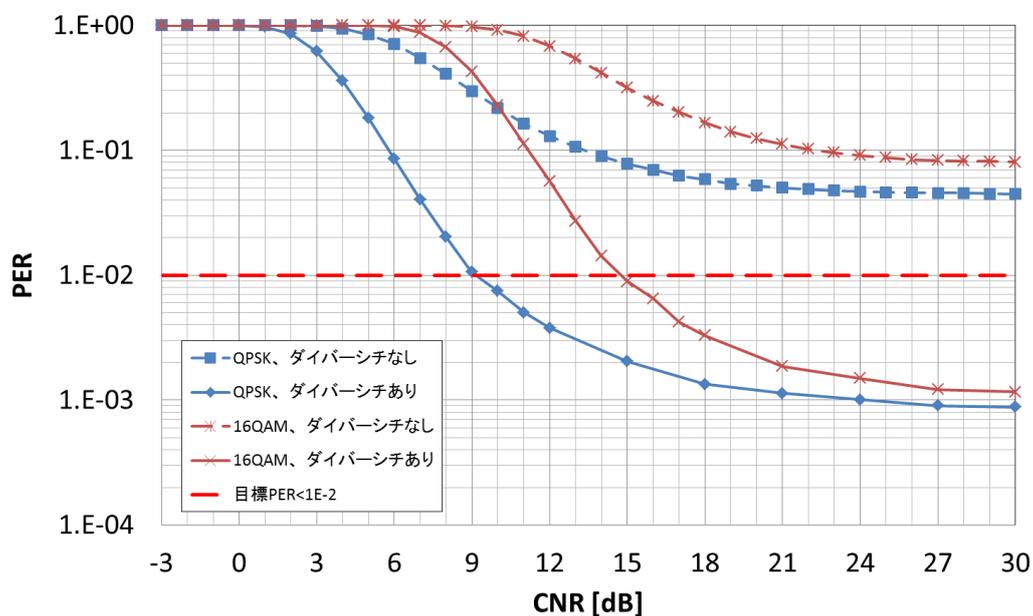
(a) 普通車想定 (アンテナ高 1.5m)



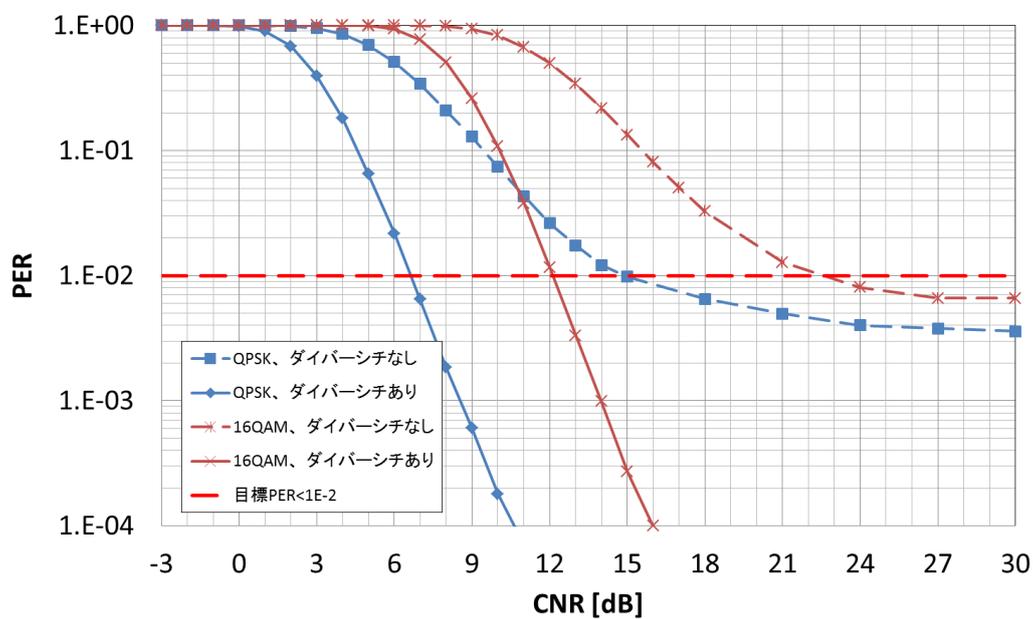
(b) 大型車想定 (アンテナ高 4m)

図 4.2-73 : UC7 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-74 : UC7 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h)

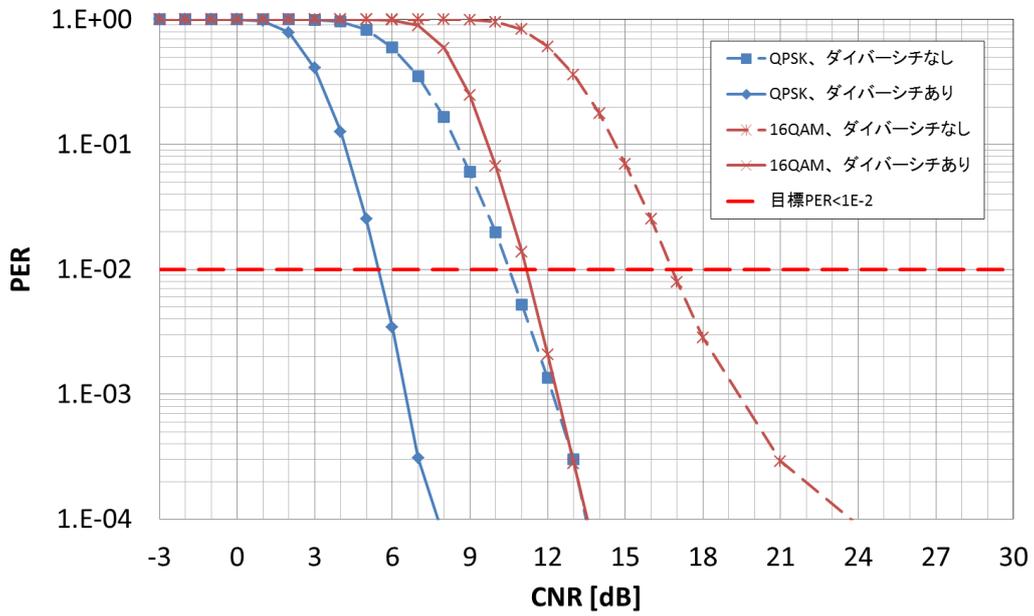
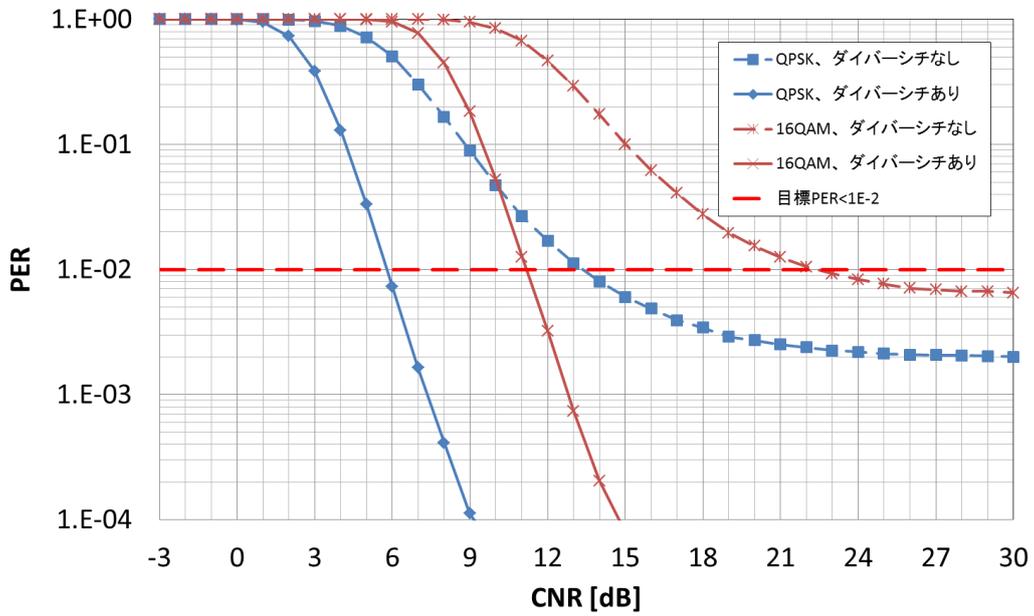
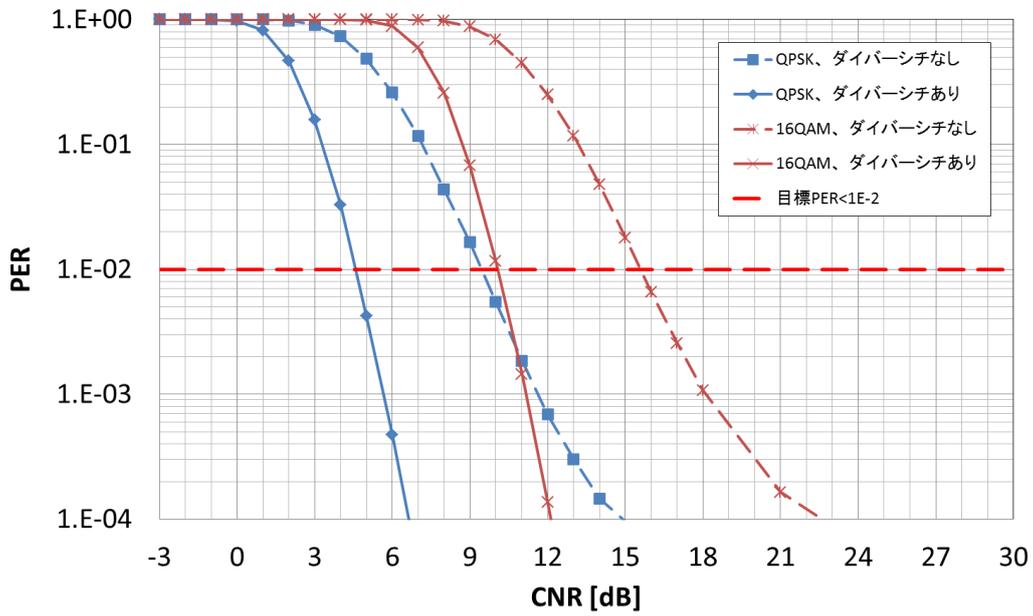


図 4.2-75 : UC7 PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-76 : UC7 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h、2 連送)

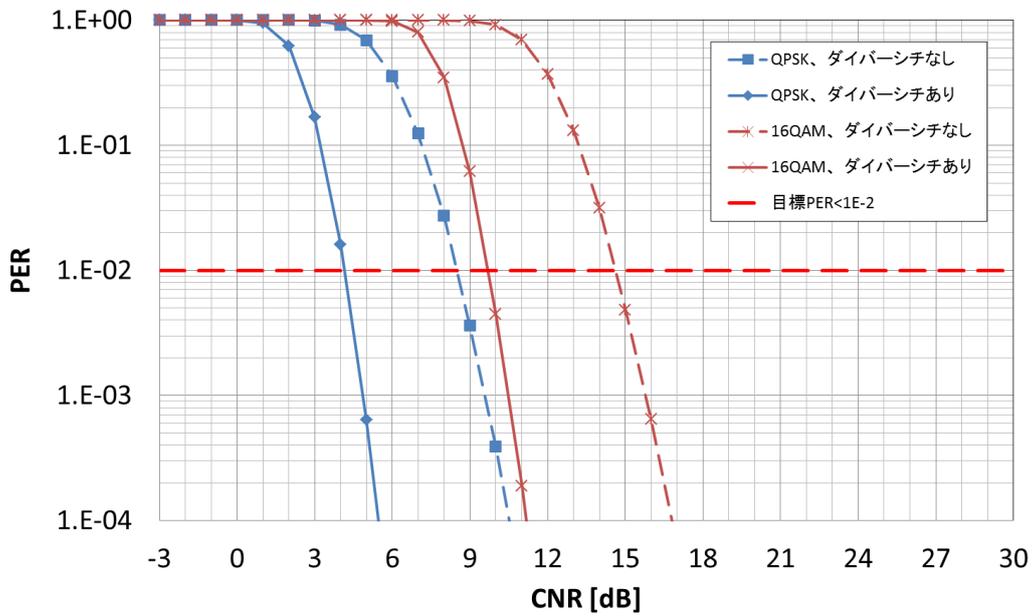
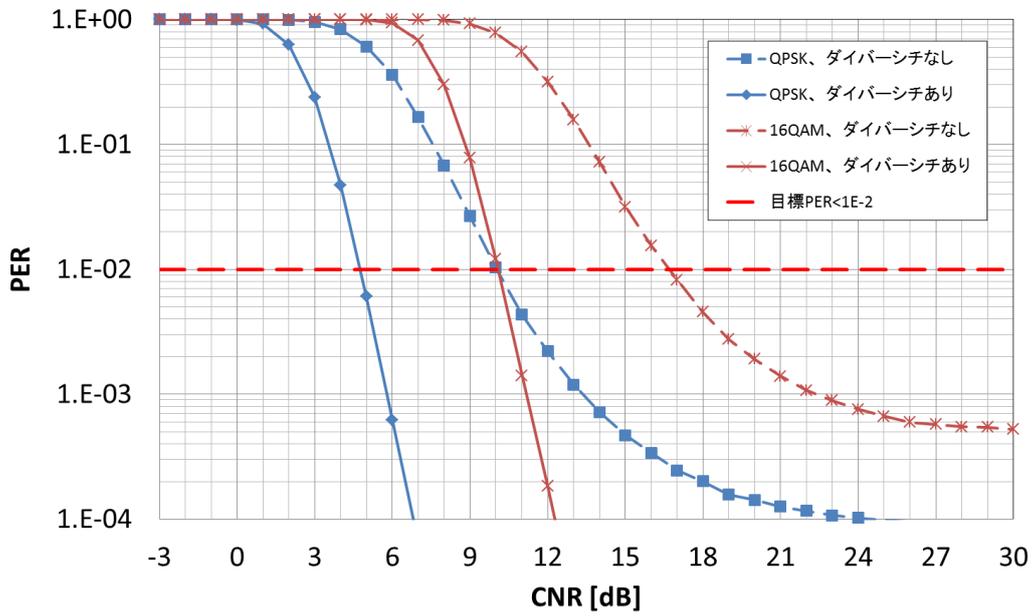
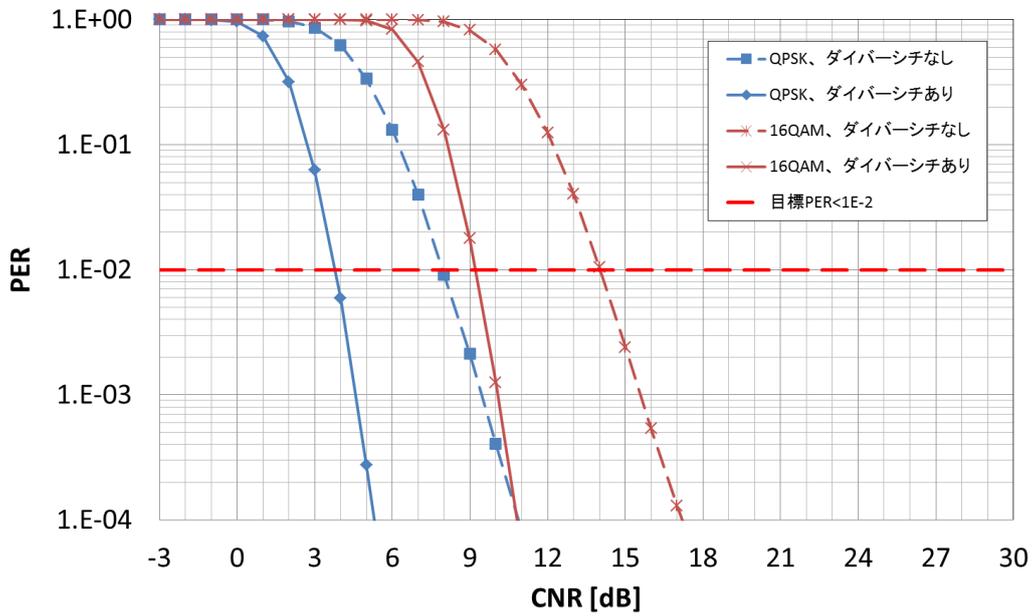


図 4.2-77 : UC7 PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte

図 4.2-78 : UC7 PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h、3 連送)

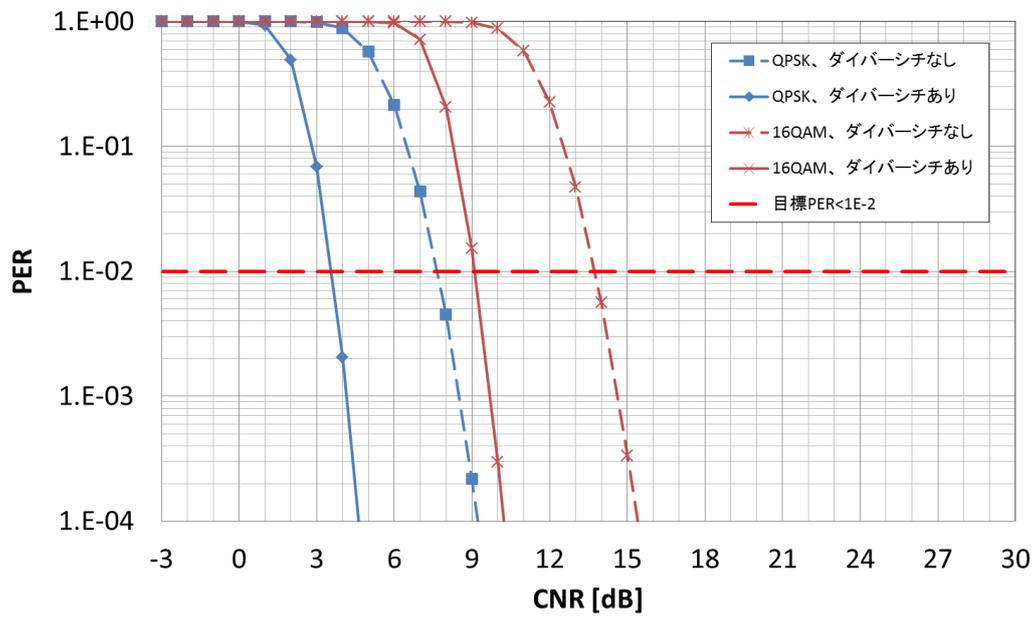


図 4.2-79 : UC7 PER-CNR 特性
 (ARIB STD-T109、メッセージサイズ 202byte、相対速度 100km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-65 から表 4.2-70 に UC7 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-65 の回線設計結果より、ITS FORUM RC-005 はダイバーシチ、連送を適用しない場合、セキュリティによるオーバーヘッド 56byte の条件を除き必要通信距離 30m を満足しないことが分かる。メッセージサイズが 202byte と大きく、目標通信品質以下でエラーフロアが発生するためであり、ダイバーシチ、連送の適用が必要である。一方、表 4.2-66 より、ARIB STD-T109 はダイバーシチ、連送を適用しない場合においても、QPSK、16QAM とともに必要通信距離 30m を満足することが分かる。

表 4.2-67、表 4.2-69 より、ダイバーシチ、連送を適用しない場合では通信要件を満足しない ITS FORUM RC-005、セキュリティによるオーバーヘッド 250byte の場合に対しても、ダイバーシチまたは連送の何れかを適用することで通信要件を満足することが分かる。

表 4.2-71 に、UC7 の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果を示す。同表の黄色で塗りつぶした条件が、全ての通信要件を満足するケースである。同表より、以下のことが分かる。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、システムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

表 4.2-65 : UC7 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)
 (a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	9.0	-	14.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.4	-	-74.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	106.9	-	101.2	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	26.9	-	21.2	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9			T=25°C	
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞			干渉なしを想定	
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	-	9	-	14.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-	-80.4	-	-74.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	-	106.9	-	101.2	
V	無線区間距離	m	31.5			通信エリア: 30m(1.5~31.5m)	
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	-	25.9	-	20.2	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	14.8	6.7	22.0	12.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-74.6	-82.7	-67.4	-77.4	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.1	109.2	93.9	103.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.1	29.2	13.9	23.9	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	14.8	6.7	22	12	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-74.6	-82.7	-67.4	-77.4	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.1	109.2	93.9	103.9	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	20.1	28.2	12.9	22.9	

表 4.2-66 : UC7 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.5	16.8	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-83.9	-72.6	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.3	100.4	89.1	94.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	32.9	38.0	26.7	32.3	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.6	5.5	16.8	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-78.8	-83.9	-72.6	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	95.3	100.4	89.1	94.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	31.9	37.0	25.7	31.3	

表 4.2-67 : UC7 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.4	5.8	22.3	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.0	-83.6	-67.1	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.5	110.1	93.6	104.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	22.5	30.1	13.6	24.7	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	13.4	5.8	22.3	11.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-76.0	-83.6	-67.1	-78.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.5	110.1	93.6	104.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	21.5	29.1	12.6	23.7	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.4	4.6	15.6	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.0	-84.8	-73.8	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.5	111.3	100.3	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	26.5	31.3	20.3	25.8	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.4	4.6	15.6	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.0	-84.8	-73.8	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	106.5	111.3	100.3	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.5	30.3	19.3	24.8	

表 4.2-68 : UC7 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.5	4.2	14.6	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.9	-85.2	-74.8	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.4	101.7	91.3	96.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.0	39.3	28.9	33.8	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.5	4.2	14.6	9.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.9	-85.2	-74.8	-79.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.4	101.7	91.3	96.2	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.0	38.3	27.9	32.8	

表 4.2-69 : UC7 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.0	4.8	16.7	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.4	-84.6	-72.7	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.9	111.1	99.2	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	25.9	31.1	19.2	25.8	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.0	4.8	16.7	10.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.4	-84.6	-72.7	-79.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	105.9	111.1	99.2	105.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	24.9	30.1	18.2	24.8	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	108.0	112.1	101.9	106.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	80.0				
X	システムマージン =U-W	dB	28.0	32.1	21.9	26.7	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 56byte 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
			なし	あり	なし	あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	0.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	29.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.8	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.6	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	108.0	112.1	101.9	106.7	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	81.0				
X	システムマージン =U-W	dB	27.0	31.1	20.9	25.7	

表 4.2-70 : UC7 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.6	3.6	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.8	-85.8	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	102.3	92.2	96.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	62.4				
X	システムマージン =U-W	dB	35.9	39.9	29.8	34.4	

(b) 大型車想定

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	10.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	10.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	3.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.6	3.6	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.8	-85.8	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.3	102.3	92.2	96.8	
V	無線区間距離	m	31.5				通信エリア: 30m(1.5~31.5m)
W	無線区間伝搬損失	dB	63.4				
X	システムマージン =U-W	dB	34.9	38.9	28.8	33.4	

表 4.2-71 : UC7 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	25.9	—	20.2
		2連送	21.5	29.1	12.6	23.7
		3連送	24.9	30.1	18.2	24.8
	56	適用せず	20.1	28.2	12.9	22.9
		2連送	25.5	30.3	19.3	24.8
		3連送	27.0	31.1	20.9	25.7
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.9	37.0	25.7	31.3
		2連送	34.0	38.3	27.9	32.8
		3連送	34.9	38.9	28.8	33.4

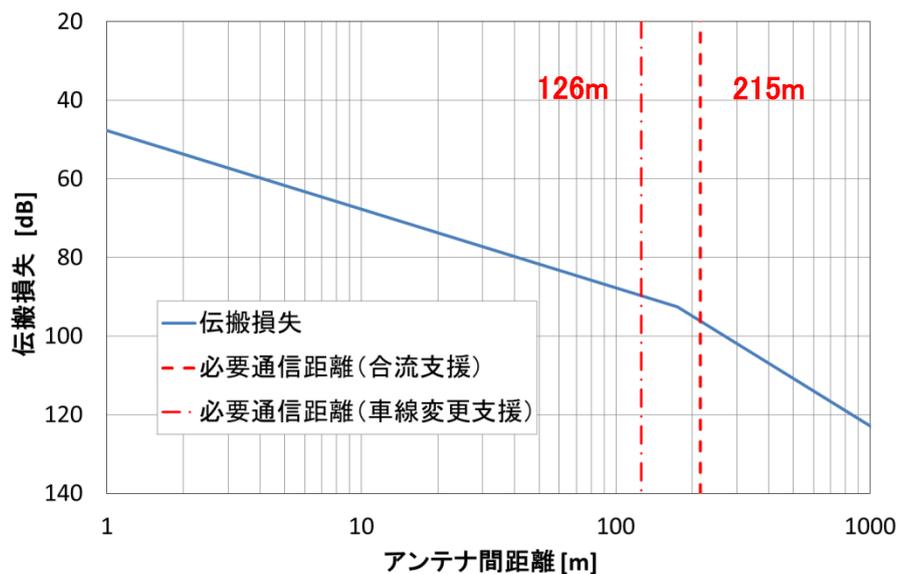
※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

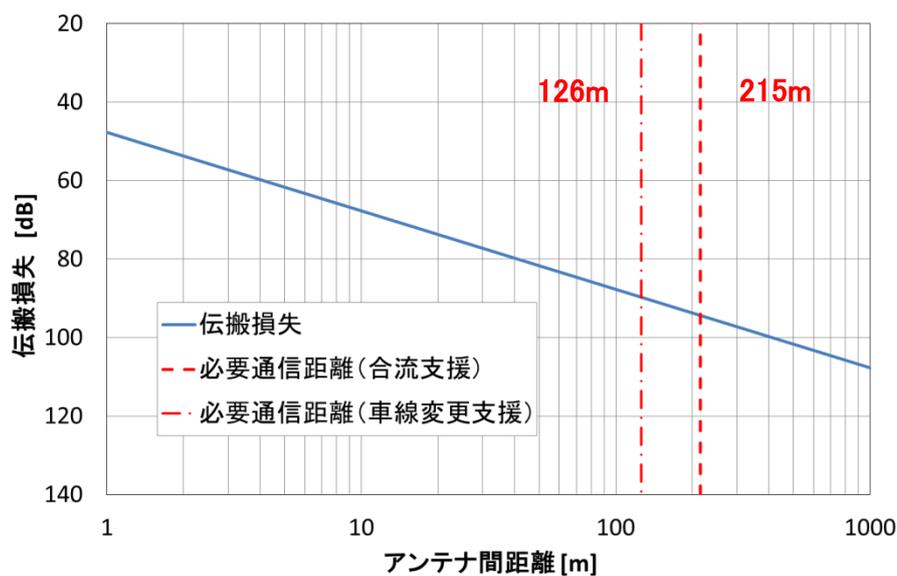
4.2.12. 有効性の机上検討結果：UC8

以下に、UC8に関する総合検証結果（伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性）を示す。

(1) 伝搬損失特性

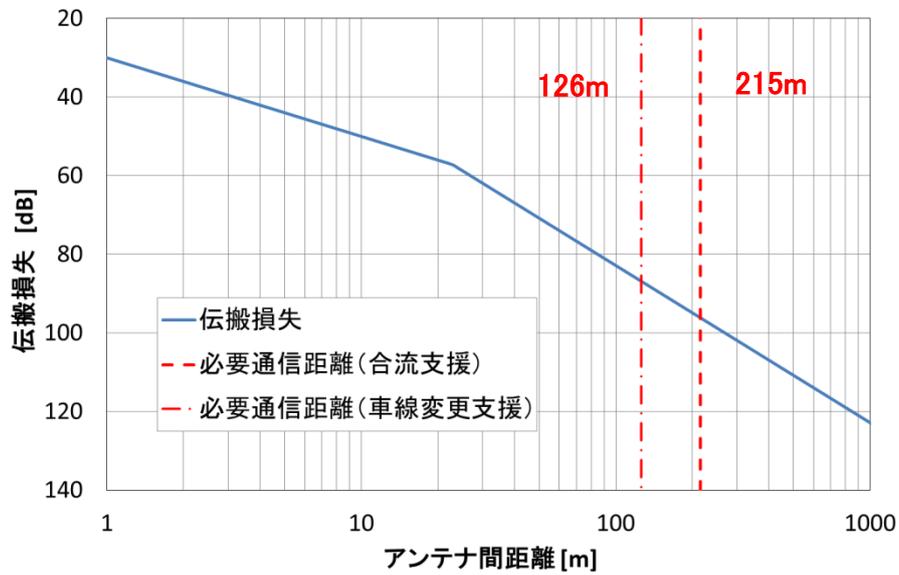


(a) 普通車同士（アンテナ高 1.5m）

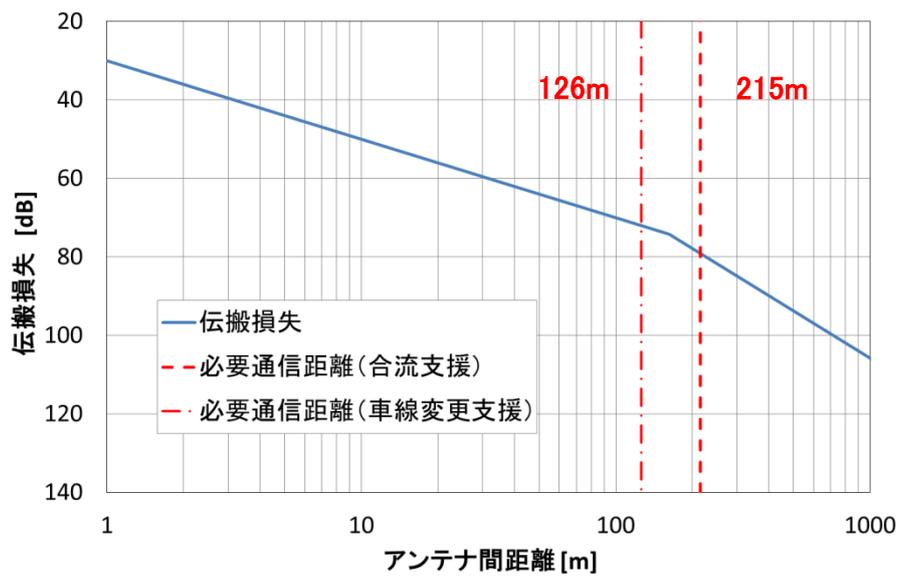


(b) 大型車同士（アンテナ高 4m）

図 4.2-80 : UC8 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ITS FORUM RC-005)



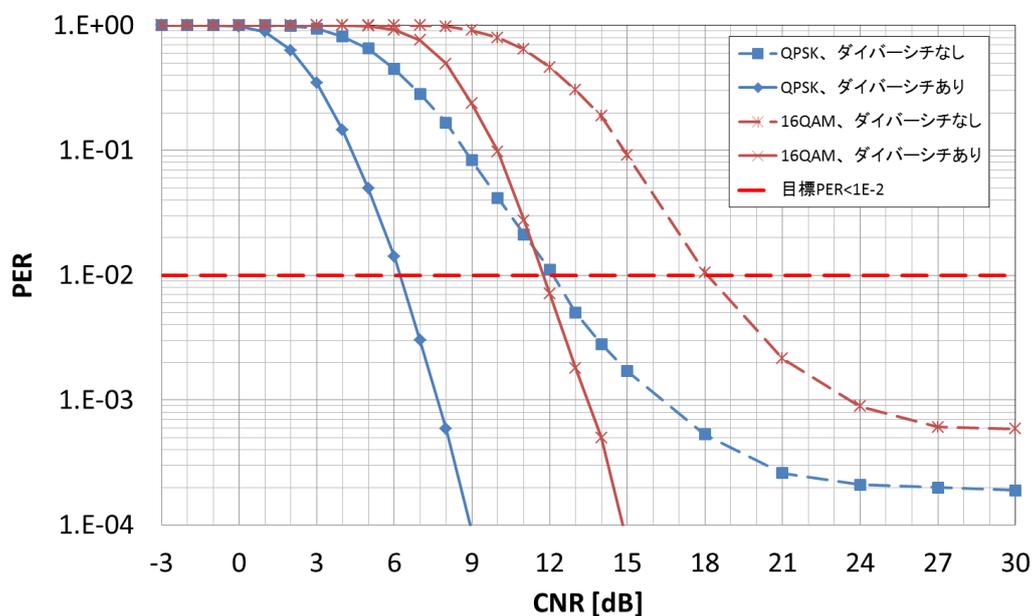
(a) 普通車同士 (アンテナ高 1.5m)



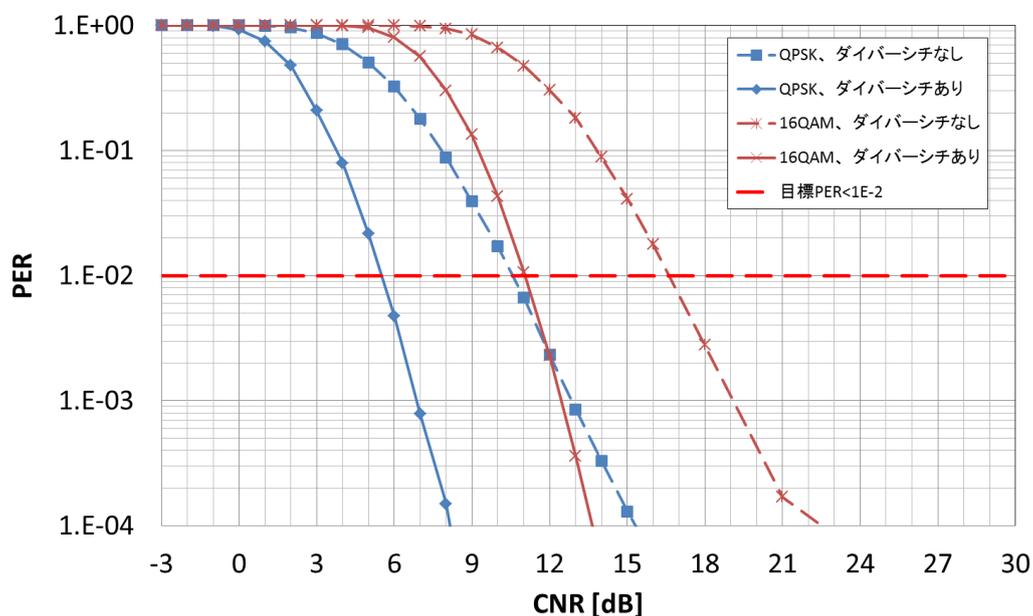
(b) 大型車同士 (アンテナ高 4m)

図 4.2-81 : UC8 の伝搬損失-アンテナ間距離特性 (ARIB STD-T109)

(2) 通信品質特性 (リンクレベルシミュレーション)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-82 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 39byte、相対速度 60km/h)

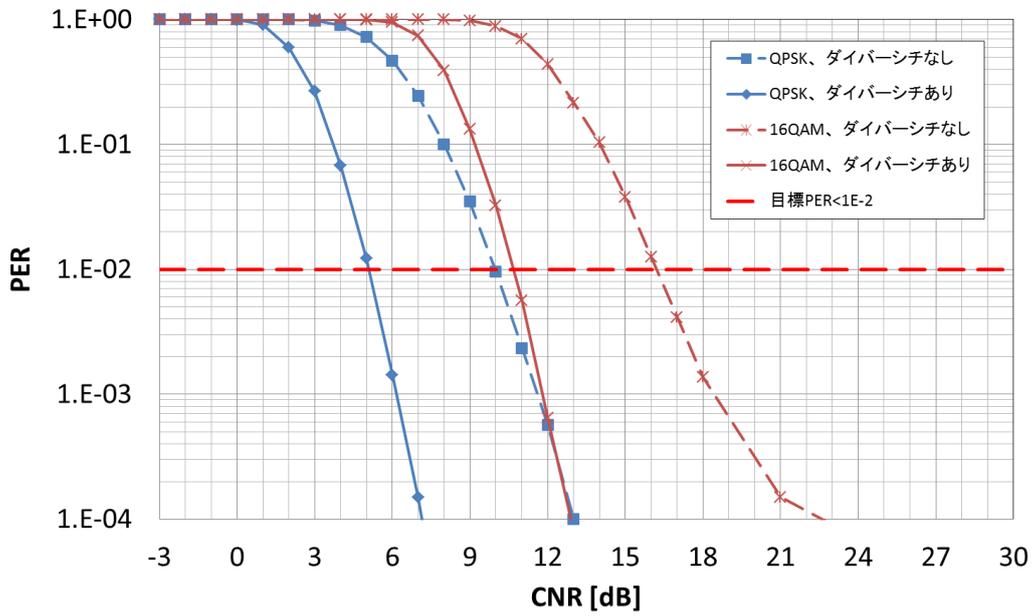
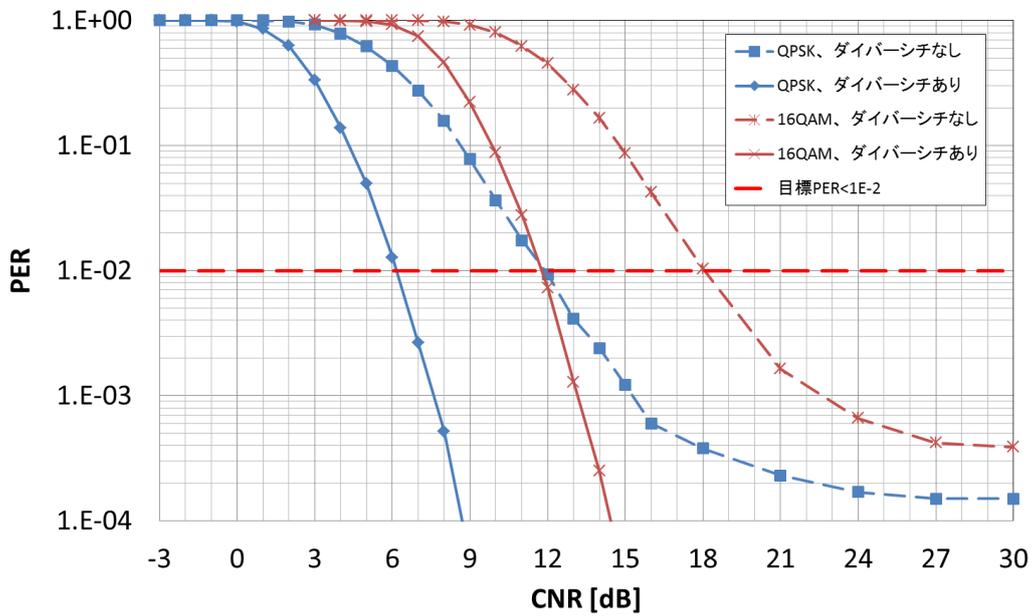
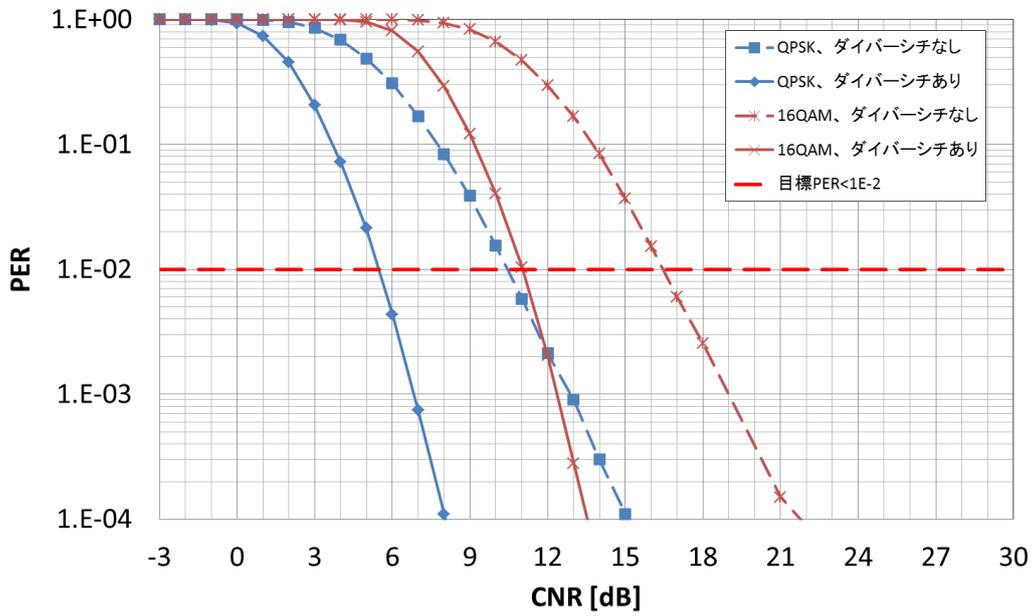


図 4.2-83 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 39byte、相対速度 60km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-84 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h)

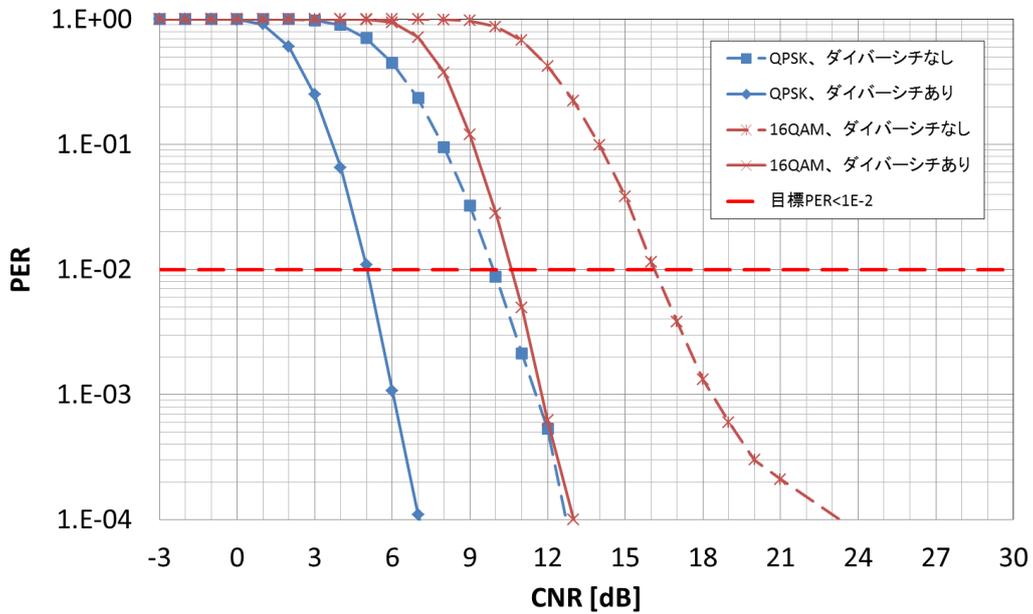
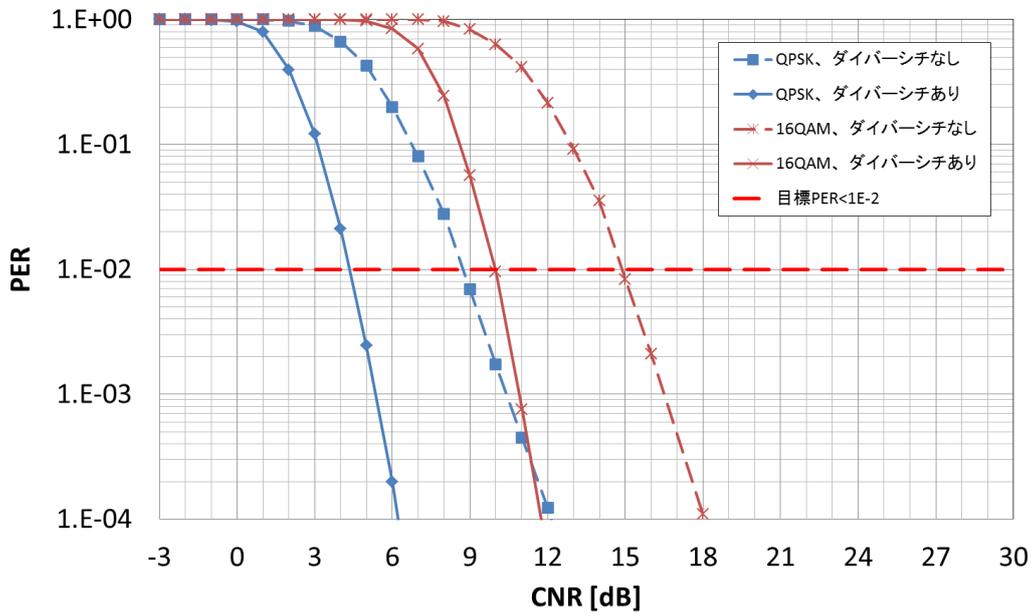
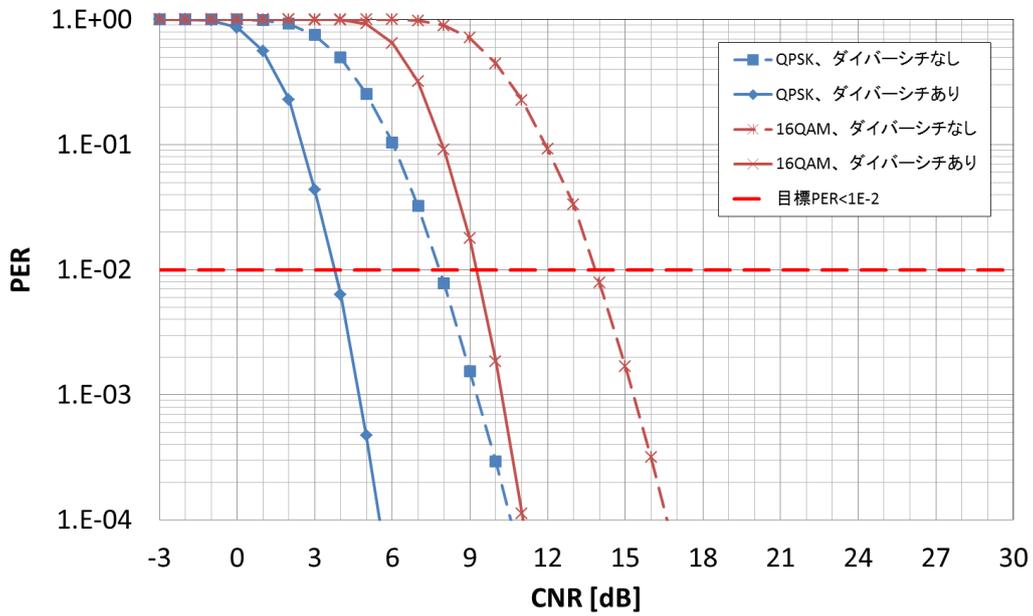


図 4.2-85 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-86 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、2 連送)

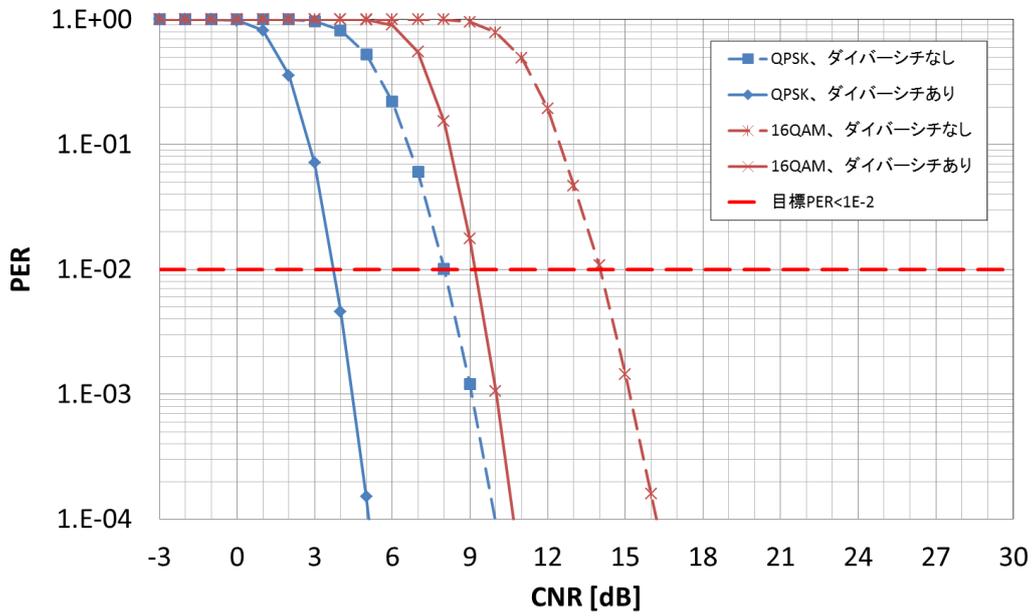
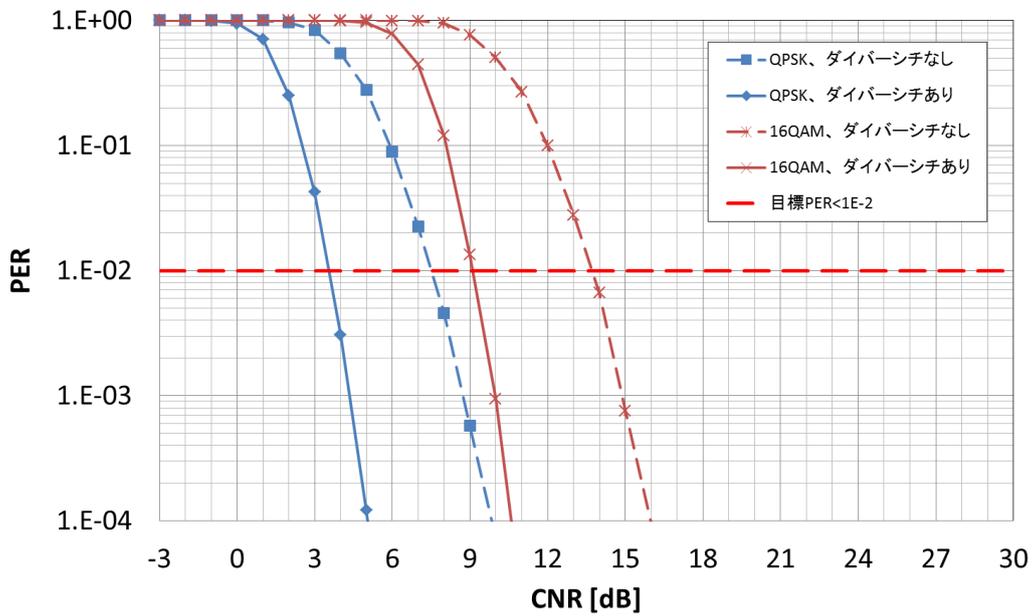
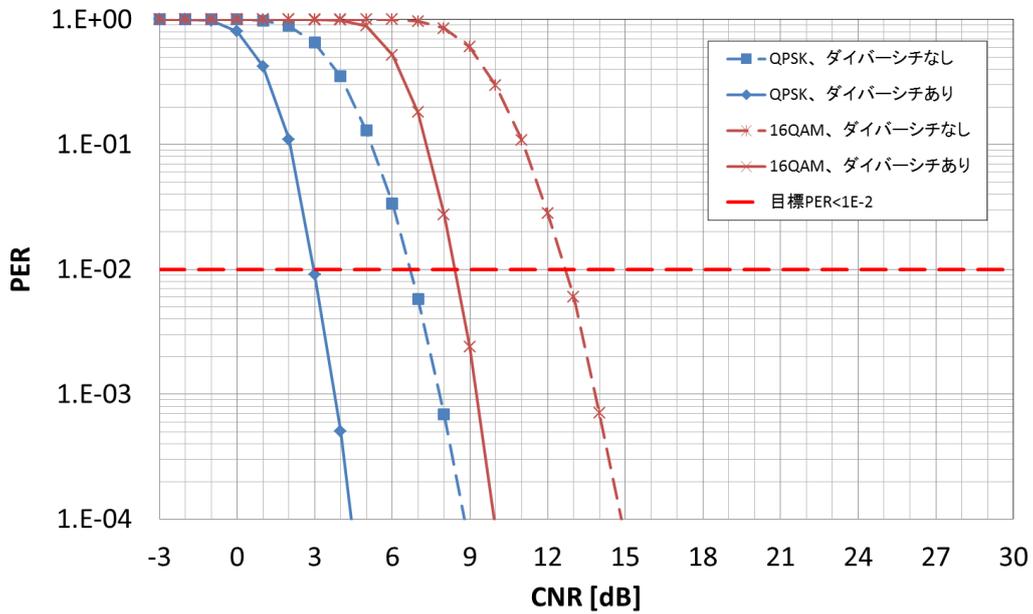


図 4.2-87 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-88 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、3 連送)

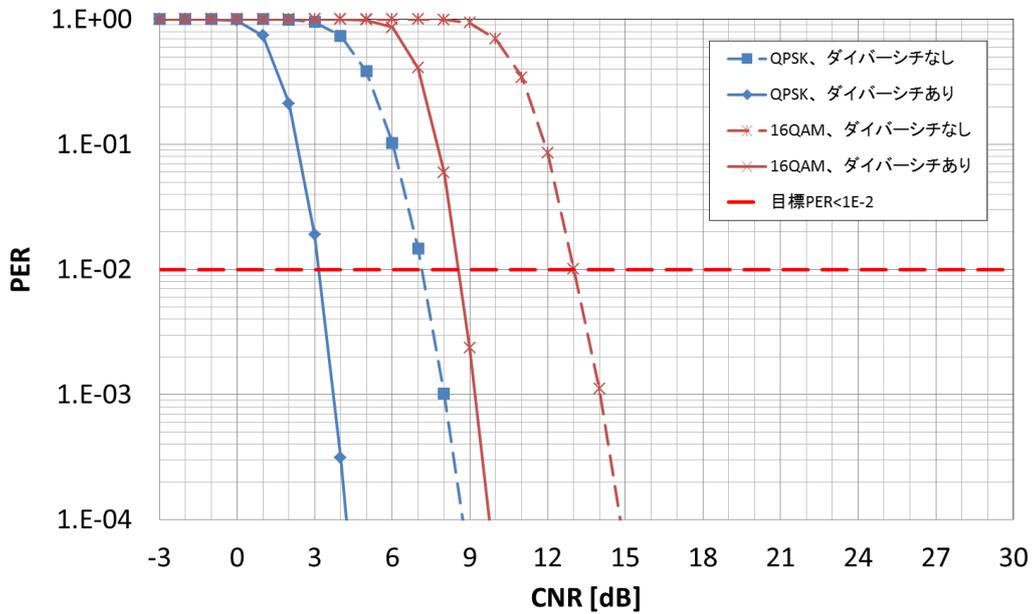
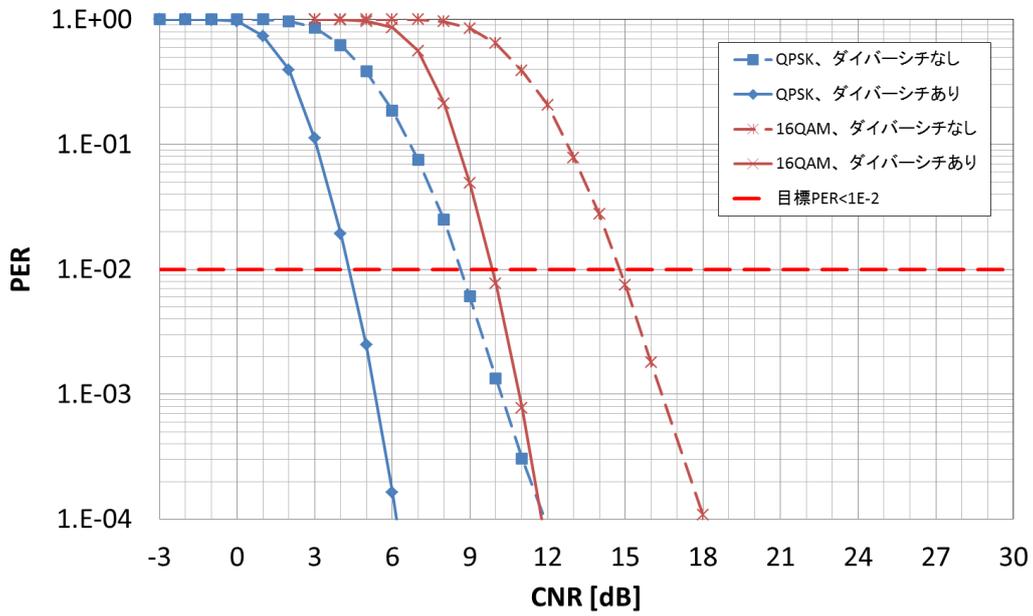
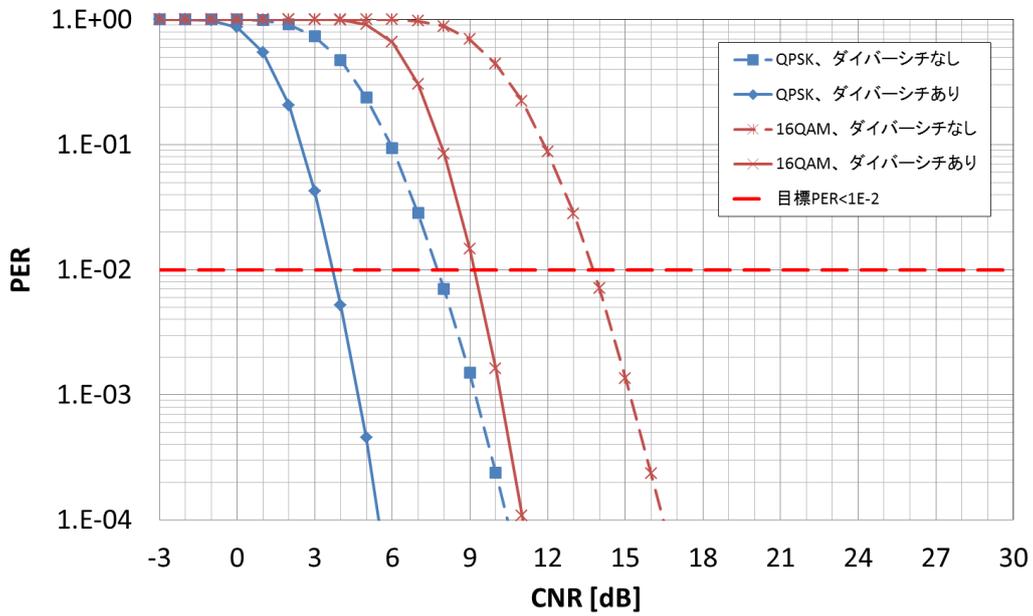


図 4.2-89 : UC8 (合流支援) PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、3 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-90 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、2 連送)

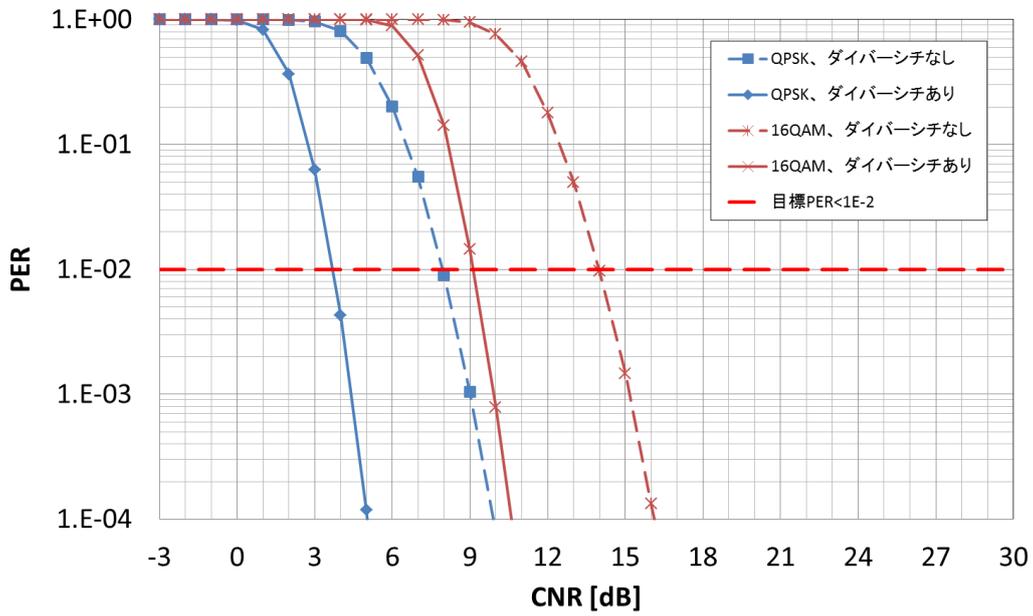
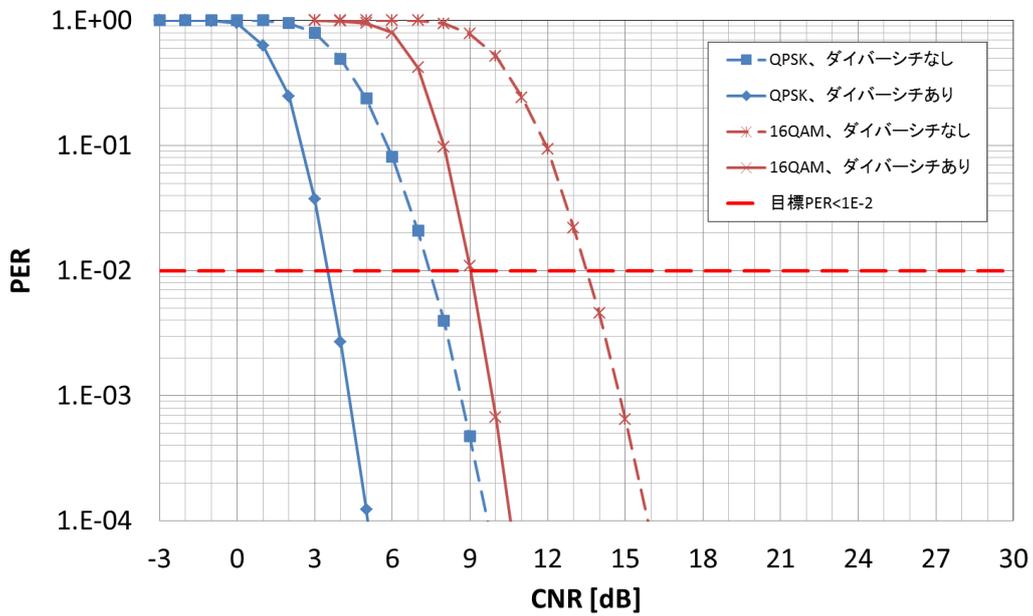
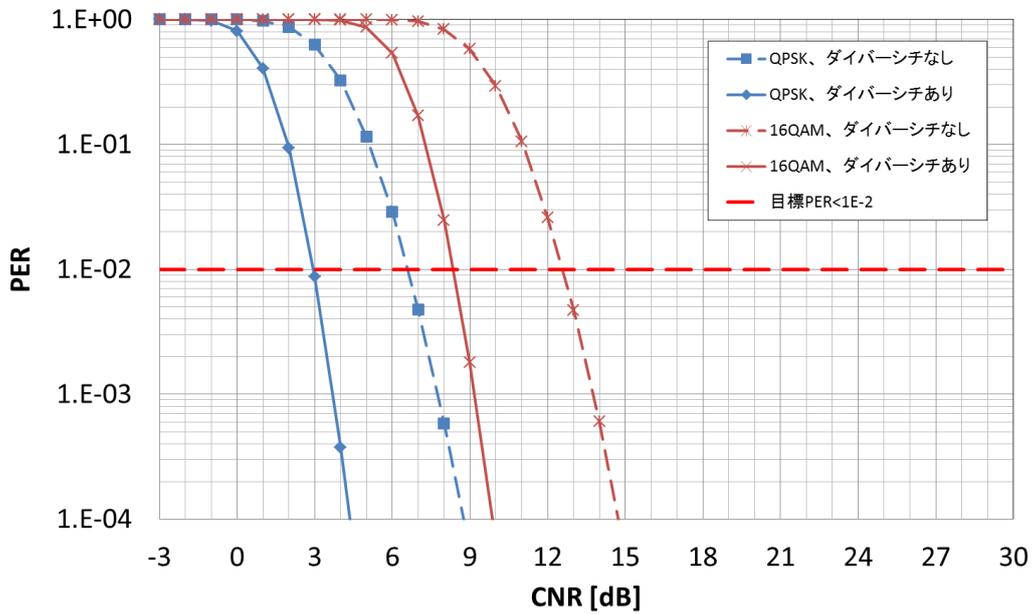


図 4.2-91 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性
(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、2 連送)



(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte



(b) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte

図 4.2-92 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性

(ITS FORUM RC-005、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、3 連送)

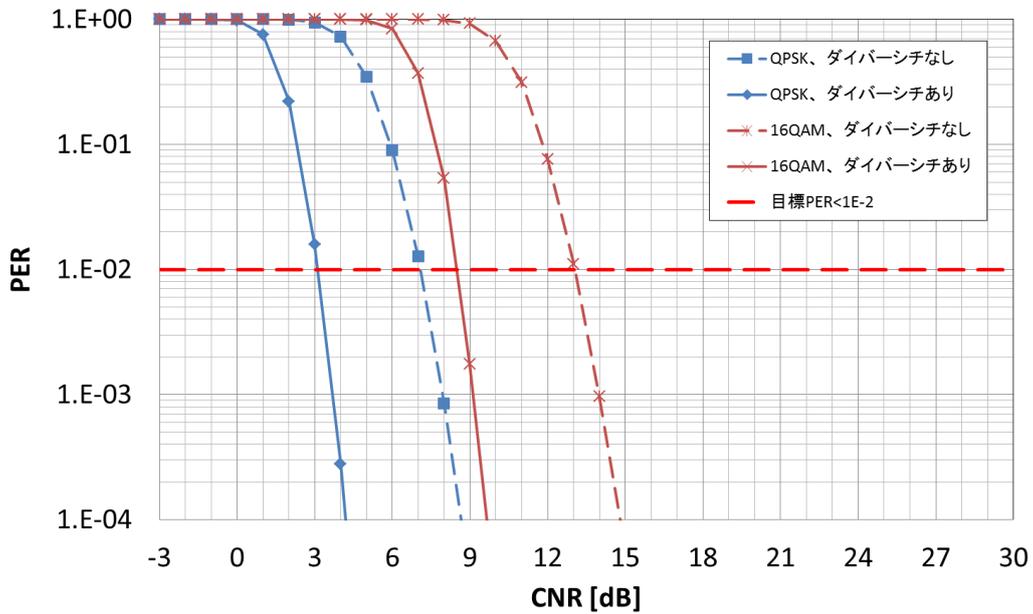


図 4.2-93 : UC8 (車線変更支援) PER-CNR 特性

(ARIB STD-T109、メッセージサイズ 23byte、相対速度 60km/h、3 連送)

(3) 無線回線設計

表 4.2-72 から表 4.2-83 に UC8 の無線回線設計の結果を示す。

表 4.2-72、表 4.2-76 及び表 4.2-78 より、合流支援において、ITS FORUM RC-005 は変調方式を QPSK (6Mbps) とした場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。必要通信距離 (215m) が長いため、変調方式を 16QAM (12Mbps) とした場合、ダイバーシチの適用が必須である。

表 4.2-72 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.1	6.2	18.0	11.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.3	-83.2	-71.4	-77.7	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.8	102.7	90.9	97.2	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	0.6	6.5	-5.3	1.0	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	12.1	6.2	18.0	11.7	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-77.3	-83.2	-71.4	-77.7	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	96.8	102.7	90.9	97.2	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	2.4	8.3	-3.5	2.8	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.5	16.7	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.0	-83.9	-72.7	-78.3	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.5	103.4	92.2	97.8	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	2.3	7.2	-4.0	1.6	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.5	16.7	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-79.0	-83.9	-72.7	-78.3	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.5	103.4	92.2	97.8	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	4.1	9.0	-2.2	3.4	

表 4.2-73 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.0	5.1	16.2	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.4	-84.3	-73.2	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.9	103.8	92.7	98.2	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	2.7	7.6	-3.5	2.0	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.0	5.1	16.2	10.7	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-79.4	-84.3	-73.2	-78.7	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.9	103.8	92.7	98.2	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	79.1				
X	システムマージン =U-W	dB	19.8	24.7	13.6	19.1	

表 4.2-74 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.8	6.1	18.0	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.6	-83.3	-71.4	-77.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	102.8	90.9	97.1	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	7.4	13.1	1.2	7.4	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	11.8	6.1	18.0	11.8	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-77.6	-83.3	-71.4	-77.6	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	97.1	102.8	90.9	97.1	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	7.4	13.1	1.2	7.4	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.5	16.5	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.0	-83.9	-72.9	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.5	103.4	92.4	97.8	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	8.8	13.7	2.7	8.1	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	10.4	5.5	16.5	11.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.0	-83.9	-72.9	-78.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	98.5	103.4	92.4	97.8	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	8.8	13.7	2.7	8.1	

表 4.2-75 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.0	16.1	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-79.5	-84.4	-73.3	-78.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.9	92.8	98.3	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	86.9				
X	システムマージン =U-W	dB	12.1	17.0	5.9	11.4	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	9.9	5.0	16.1	10.6	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-79.5	-84.4	-73.3	-78.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	99.0	103.9	92.8	98.3	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	72.1				
X	システムマージン =U-W	dB	26.9	31.8	20.7	26.2	

表 4.2-76 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.7	4.4	14.9	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.7	-85.0	-74.5	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.2	104.5	94.0	98.9	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	4.0	8.3	-2.2	2.7	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.7	4.4	14.9	10.0	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-80.7	-85.0	-74.5	-79.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.2	104.5	94.0	98.9	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	5.8	10.1	-0.4	4.5	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.8	3.8	13.9	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.6	-85.6	-75.5	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.1	105.1	95.0	99.6	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	4.9	8.9	-1.2	3.4	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.8	3.8	13.9	9.3	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-81.6	-85.6	-75.5	-80.1	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.1	105.1	95.0	99.6	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	6.7	10.7	0.6	5.2	

表 4.2-77 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.0	3.7	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.4	-85.7	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.9	105.2	94.9	99.7	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	4.7	9.0	-1.3	3.5	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.0	3.7	14.0	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-81.4	-85.7	-75.4	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.9	105.2	94.9	99.7	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	79.1				
X	システムマージン =U-W	dB	21.8	26.1	15.8	20.6	

表 4.2-78 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.5	3.6	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.9	-85.8	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.4	105.3	95.2	99.8	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	5.2	9.1	-1.0	3.6	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.5	3.6	13.7	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-81.9	-85.8	-75.7	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.4	105.3	95.2	99.8	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	7.0	10.9	0.8	5.4	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.7	3.0	12.7	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.7	-86.4	-76.7	-81.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.2	105.9	96.2	100.5	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	6.0	9.7	0.0	4.3	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシティ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.7	3.0	12.7	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-82.7	-86.4	-76.7	-81.0	
R	ダイバーシティ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.2	105.9	96.2	100.5	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	94.4				
X	システムマージン =U-W	dB	7.8	11.5	1.8	6.1	

表 4.2-79 : UC8 (合流支援) 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.2	3.2	13.0	8.6	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.2	-86.2	-76.4	-80.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.7	105.7	95.9	100.3	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	96.2				
X	システムマージン =U-W	dB	5.5	9.5	-0.3	4.1	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.2	3.2	13.0	8.6	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-82.2	-86.2	-76.4	-80.8	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.7	105.7	95.9	100.3	
V	無線区間距離	m	215.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	79.1				
X	システムマージン =U-W	dB	22.6	26.6	16.8	21.2	

表 4.2-80 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 2 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.6	4.3	14.8	9.9	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-80.8	-85.1	-74.6	-79.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.3	104.6	94.1	99.0	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	10.6	14.9	4.4	9.3	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	8.6	4.3	14.8	9.9	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-80.8	-85.1	-74.6	-79.5	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	100.3	104.6	94.1	99.0	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	10.6	14.9	4.4	9.3	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.7	3.7	13.7	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.7	-85.7	-75.7	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.2	105.2	95.2	99.7	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	11.5	15.5	5.5	10.0	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.7	3.7	13.7	9.2	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-81.7	-85.7	-75.7	-80.2	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.2	105.2	95.2	99.7	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	11.5	15.5	5.5	10.0	

表 4.2-81 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 2 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14.0	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	86.9				
X	システムマージン =U-W	dB	14.1	18.3	8.0	12.9	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.9	3.7	14.0	9.1	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-81.5	-85.7	-75.4	-80.3	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.0	105.2	94.9	99.8	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	72.1				
X	システムマージン =U-W	dB	28.9	33.1	22.8	27.7	

表 4.2-82 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 3 連送 (ITS FORUM RC-005)

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
	なし	あり	なし	あり			
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.4	3.5	13.5	9.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.0	-85.9	-75.9	-80.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.5	105.4	95.4	99.9	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	11.8	15.7	5.7	10.2	

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
	なし	あり	なし	あり			
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dB	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dB	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.4	3.5	13.5	9.0	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.0	-85.9	-75.9	-80.4	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.5	105.4	95.4	99.9	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	11.8	15.7	5.7	10.2	

(c) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.6	3.0	12.6	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.8	-86.4	-76.8	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.3	105.9	96.3	100.5	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	12.6	16.2	6.6	10.8	

(d) セキュリティによるオーバーヘッド 27byte 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし	あり	なし	あり				
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	4.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	4.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	4.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	4.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	6.6	3.0	12.6	8.4	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-82.8	-86.4	-76.8	-81.0	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				
S	誤り訂正利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させているため、本項目は0dBと表記
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	102.3	105.9	96.3	100.5	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	89.7				
X	システムマージン =U-W	dB	12.6	16.2	6.6	10.8	

表 4.2-83 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計 3 連送 (ARIB STD-T109)

(a) 普通車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.1	3.1	13.0	8.5	PER<1E-2
Q	受信感度 =L+N+O+P	dBm	-82.3	-86.3	-76.4	-80.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.8	105.8	95.9	100.4	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	86.9				
X	システムマージン =U-W	dB	14.9	18.9	9.0	13.5	

(b) 大型車同士

記号	項目	単位	変調方式				備考
			QPSK		16QAM		
			ダイバーシチ				
なし		あり		なし		あり	
A	空中線電力	mW/MHz	10.0				
B	占有周波数帯域幅	MHz	9.0				
C	帯域内実行電力 =10log10(A×B)	dBm	19.5				
D	ケーブルコネクタロス (送信)	dB	2.0				
E	アンテナ利得(送信)	dBi	2.0				
F	実行放射電力 =C-D+E	dBm	19.5				
G	アンテナ利得(受信)	dBi	2.0				
H	偏波減衰	dB	0.0				
I	ケーブルコネクタロス (受信)	dB	2.0				
J	雑音電力密度	dBm/Hz	-173.9				T=25°C
K	雑音指数	dB	10.0				
L	固定劣化	dB	5.0				
M	干渉雑音電力密度	dBm/Hz	-∞				干渉なしを想定
N	雑音干渉電力密度	dBm/Hz	-163.9				
O	情報レート =10log10(B)	dB	69.5				
P	所要C/(I+N)	dB	7.1	3.1	13.0	8.5	PER<1E-2
Q	受信感度	dBm	-82.3	-86.3	-76.4	-80.9	
R	ダイバーシチ利得	dB	0.0				所要C/(I+N)に反映させている ため、本項目は0dBと表記
S	誤り訂正利得	dB	0.0				
T	フェージングマージン	dB	0.0				
U	システム許容伝搬損失 =F+G-H-I-Q+R+S-T	dB	101.8	105.8	95.9	100.4	
V	無線区間距離	m	126.0				必要通信距離
W	無線区間伝搬損失	dB	72.1				
X	システムマージン =U-W	dB	29.7	33.7	23.8	28.3	

(4) 通信性能特性 (システムレベルシミュレーション)

(ア) 合流支援

合流支援では、合流車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大することが予測される。そのため、システムレベルシミュレーションでは、CW サイズをパラメータとして、送信タイミングのランダム化の効果を確認する。ARIB STD-T109 規格に従う場合、CW サイズは 63 の固定値だが、本評価では、ITS FORUM RC-005 と同様に、最大値を 1023 として評価を実施する。

図 4.2-94 に、システムレベルシミュレーション結果の一例として、ARIB STD-T109 (16QAM) のダイバーシチ、連送を適用しない場合における PER 特性を示す。同図より、CW のサイズを大きくすると PER 特性が改善しているものの、目標である 0.01 以下 (パケット到達率 99%以上) を満足しないことが分かる。送信タイミングが重なっていることによるパケット衝突のため、その他の条件に対しても同様の通信品質となる。そのため、ダイバーシチ、連送の適用が必要となる。

次に、ダイバーシチ、連送を適用した場合の一例として、図 4.2-95 に、ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送の場合における PER 特性を示す。同図より、CW サイズを 255 以上にすることで、パケット衝突が軽減し、PER が目標である 0.01 以下 (パケット到達率 99%以上) を満足することが分かる。

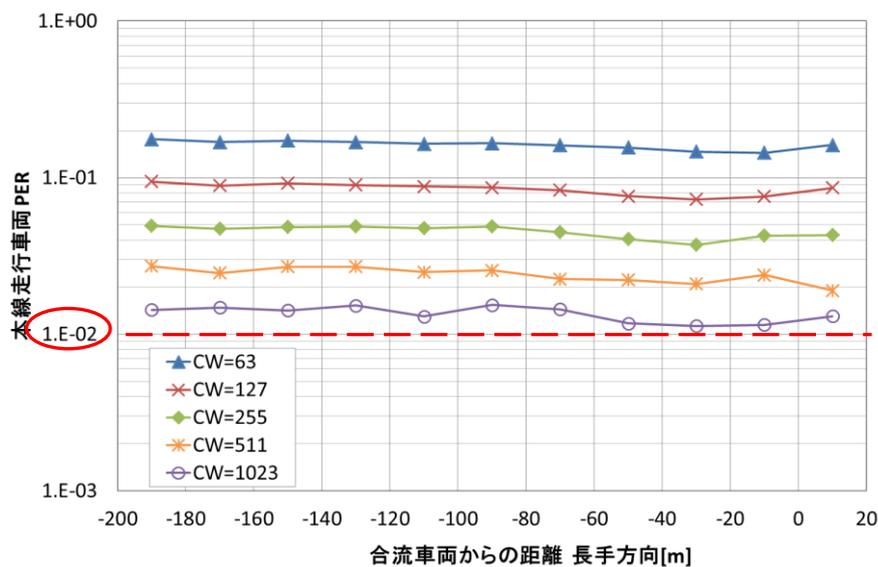


図 4.2-94 : UC8 (合流支援) PER 特性
(ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチ、連送適用なし)

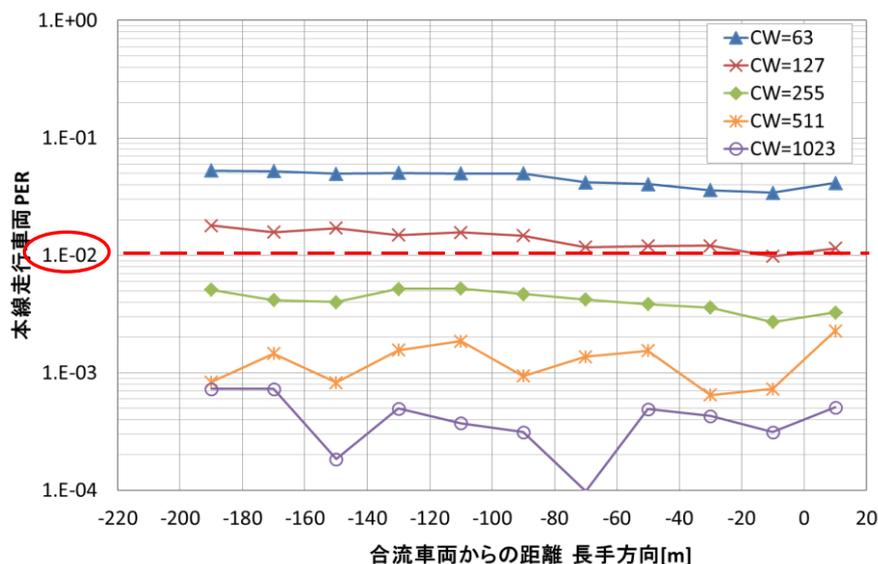


図 4.2-95 : UC8 (合流支援) PER 特性
(ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送)

表 4.2-84、表 4.2-85 に、UC8 (合流支援) の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレーション評価結果を示す。表 4.2-84 より、16QAM に対しても、ダイバーシチ及び連送を適用することで通信距離を満足することが分かる。表 4.2-85 より、PER が目標である 0.01 以下 (パッケージ到達率 99%以上) を満足するためには、CW サイズの増加等、パッケージ衝突を軽減する対策が必要であることが分かる。

但し、表 4.2-84 より、通信要件を満足するケースにおける回線設計のシステムマージンは 10dB 以下となっている。周辺車両からのマルチパスやシャドウイングによる受信レベルの変動に対して、マージンが確保可能か今後検討、評価が必要である。

パッケージ衝突を軽減する対策としては、MAC 制御 (CSMA/CA) における CW サイズ (ランダムバックオフ時間) 増加、アプリ/通信上位層における送信タイミング制御 (ランダム化) の追加等が挙げられる。

表 4.2-84 : UC8 (合流支援) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	0.6	6.5	-5.3	1.0
		2連送	4.0	8.3	-2.2	2.7
		3連送	5.2	9.1	-1.0	3.6
	27	適用せず	2.3	7.2	-4.0	1.6
		2連送	4.9	8.9	-1.2	3.4
		3連送	6.0	9.7	0.0	4.3
ARIB STD-T109	27	適用せず	2.7	7.6	-3.5	4.3
		2連送	4.7	9.0	-1.3	2.0
		3連送	5.5	9.5	-0.3	4.1

■ : システムマージン0dB以上

表 4.2-85 : UC8 (合流支援) システムレベルシミュレーション評価結果

: CW サイズ依存性

例 : ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

CW				
63	127	255	511	1023
最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア				
94.7	98.2	99.5	99.8	99.9

■ : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

(イ) 車線変更支援

車線変更支援では、合流支援と同様に、車線変更車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大する。応答範囲は合流支援の 200m と比べて 252m と大きくなり、さらにパケット衝突が増大することが予測される。そのため、車線変更支援では CW サイズは 255 以上として評価を実施する。

40km/h、車間 1s を想定した場合、UC 対象エリア内の全ての車線変更車両が 100ms 周期で送信した場合、通信トラフィックが過剰となり、送受信の処理が間に合わず、要件の遅延時間を満足しないことが確認された。そのため、本評価では送信周期を評価パラメータとし、どの程度通信トラフィックを軽減すれば目標の通信性能を満足するか分析を実施する。また、連送回数に関しては、UC8 では通信トラフィックが過剰であることを考慮し、1 回の要求パケットに対する応答パケットが通信品質を満たす、最低限の連送回数である 2 連送を採用し、以降の評価を行なう。

図 4.2-96 に、UC8 に対して、ダイバーシチ、連送を適用した場合の評価結果例として、ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送、CW 255、送信周期 500ms の場合の通信遅延時間特性（累積分布）を示す。同図より、通信遅延時間（99%値）は 19.1ms であり、目標通信遅延時間（100ms）を達成することが分かる。

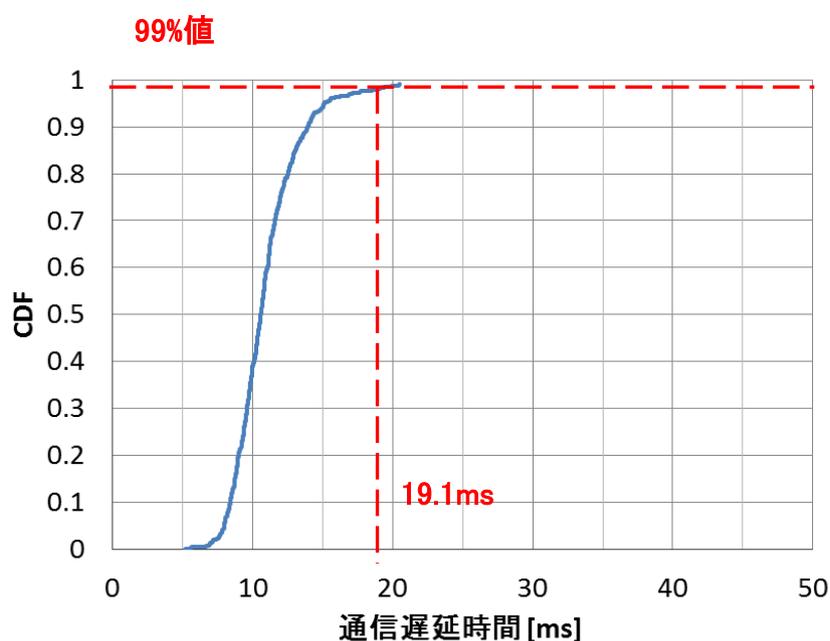


図 4.2-96 : UC8（車線変更支援）の通信遅延時間特性（例）

ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送、CW=255、送信周期 500ms

表 4.2-86、表 4.2-87 に、UC8（車線変更支援）の有効性の机上検討のまとめとして、ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 の無線回線設計結果、及びシステムレベルシミュレ

ーション評価結果を示す。表 4.2-86 より、回線設計では全ての条件で必要通信距離を満足することが分かる。表 4.2-87 より、パケット衝突等を考慮すると CW を適当な値とし、かつ、送信周期を 200ms 以上とする必要があることが分かる。よって、UC8 (車線変更支援) で目標性能を達成するためには、パケット衝突を軽減させる対策及び送信周期見直し等が必要である。

また、通信要件を満足するケースでは、回線設計において、多くの条件でシステムマージンを 10dB 以上確保していることが分かる。

パケット衝突を軽減する対策としては、UC8 (合流支援) の場合と同様に、MAC 制御 (CSMA/CA) における CW サイズ (ランダムバックオフ時間) 増加、アプリ/通信上位層における送信タイミング制御 (ランダム化) の追加等が挙げられる。

表 4.2-86 : UC8 (車線変更支援) 無線回線設計結果

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	9.4	15.1	3.2	9.4
		2連送	12.6	16.9	6.4	11.3
		3連送	13.8	17.7	7.7	12.2
	27	適用せず	10.8	15.7	4.7	10.1
		2連送	13.5	17.5	7.5	12.0
		3連送	14.6	18.2	8.6	12.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.9	13.0	17.5

■ : システムマージン0dB以上

表 4.2-87 : UC8 (車線変更支援) システムレベルシミュレーション評価結果
 : 送信周期依存性

例 : ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

(a) パケット到達率特性

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア		
100	0	0	0
200	97.8	99.3	0
500	99.2	99.7	99.2
1000	99.1	99.4	99.2

※ - : 回線設計未達 (システムマージン0dB以上)
 ※ 0 : トラフィック過剰により送受信処理が完了せず、
 一定時間、経過後全エラーとなる

■ : 目標性能 (パケット到達率99%以上) を達成

(b) 通信遅延時間特性

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア		
100	—	—	—
200	—	59.4	—
500	19.1	28.8	51.5
1000	14.7	24.8	36.7

※ - : シミュレーション評価の目標PER未達

■ : 目標性能 (通信遅延100ms以下) を達成

4.2.13. 有効性の机上検討結果：ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 の適用可能性検討の一つとして、UC 対象エリア内で車両が ARIB STD-T75 規格に従って通信を行う際に必要となる送信スロット数の見積りを行う。ARIB STD-T75 は路車間通信の規格であるため、対象となる UC は、UC2、UC3、UC5（路車間通信）、UC6 及び UC7 となる。見積りの際の評価条件は以下の通りとする。

- ① UC 対象エリア：30m
- ② 変調方式：QPSK 方式（データ部分である LSCU サイズは 192byte）
- ③ フレームクラス：C（1FCMS+7MDS+ACTS）
- ④ 車両の周波数選定時間：63.3ms

上記③を想定した際の、既存 DSRC サービスのフレーム構成（例）を図 4.2-97 に示す。また、上記①～④の評価条件のもと、車両が UC 対象エリアを通過するまで（1s）に必要な送信データ量から、1 フレームあたりに占有する必要があるスロット数を見積もった結果を表 4.2-88 に示す。同図より、1 フレームあたりで必要とするスロット数は、図 4.2-97 における送信可能なスロット数と比べて十分に小さいことが分かる。

したがって、どの UC に対しても ARIB STD-T75 を適用した場合、UC 対象エリア内の受信電力が規格感度（-60dBm）以上になるように路側機を設置すれば、各 UC のメッセージ相当のデータのやり取りは可能である。路側機設置に関しては、既存サービスと同等のエリア設計を行えば実現可能である。

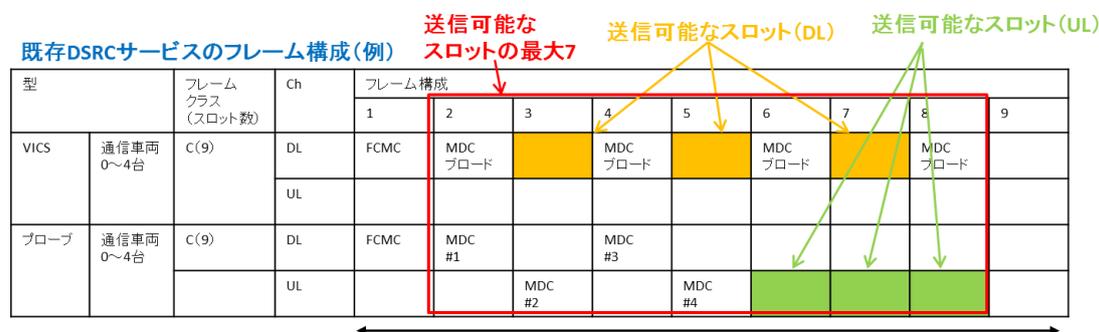


図 4.2-97：既存 DSRC サービスのフレーム構成（例）

表 4.2-88：ARIB STD-T75 適用時の UC 毎の送信スロット数 見積り結果

	UC2	UC3	UC5 (路車間)	UC6	UC7
想定送信車両台数	3台	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)
1s当たりの平均送信データ量	1215 byte	405 byte	175 byte	772 byte	202 byte
1s当たりの平均送信スロット数	6.3 スロット	2.1 スロット	0.9 スロット	4 スロット	1.1 スロット
1フレーム当たりの平均送信スロット数	0.044スロット	0.015 スロット	0.006 スロット	0.028 スロット	0.007 スロット

4.3. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討のまとめ

自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討結果を踏まえて、当該メッセージセット及びプロトコルの有効性についてシミュレーション評価等の机上検討で確認した。

【有効性の机上検討】

検討したメッセージセット及びプロトコルを適用した場合の通信性能に関して、計算機シミュレーションによる机上検証を UC 毎に行った。

まず、検討したパケット構成案、想定する走行速度（相対速度）等をもとにパケットエラー率－CNR 特性等の通信品質特性を評価（リンクレベルシミュレーション評価）し、その結果をもとに無線回線設計を UC 毎、候補通信方式毎に実施した。続いて、無線回線設計結果が通信要件を満足する条件に対して、車両の移動や他車両とのパケット衝突の影響を考慮したシステムレベルのシミュレーションにより、パケット到達率（もしくはパケットエラー率 PER）及び通信遅延時間特性を評価した。

有効性の机上検討結果：UC2

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- パケットサイズが大きく（メッセージサイズ 405byte）、エラーフロアが発生するため、セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、変調方式 QPSK（6Mbps）、16QAM（12Mbps）の両方に対して、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-1 に、UC2 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性ならびに通信遅延特性）を示す。

エラーフロアを軽減する対策として、マルチパス発生を抑えるための路側機アンテナの指向性パターン及び設置の最適化等の検討が今後必要である。

表 4.3-1：有効性の机上検討結果まとめ（UC2）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	15.5	—	—
		2連送	—	28.0	—	21.5
		3連送	21.7	29.5	—	23.5
	27	適用せず	—	26.0	—	20.3
		2連送	22.2	29.2	13.9	23.8
		3連送	25.1	30.3	18.5	24.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	31.7	36.9	25.3	31.1
		2連送	33.7	38.2	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.8	—	—
		2連送	—	99.7	—	99.7
		3連送	99.5	99.7	—	99.8
	27	適用せず	—	99.4	—	99.4
		2連送	99.5	99.9	99.0	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.8	99.9
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.6	99.6	99.7	99.7
		2連送	99.9	99.9	99.9	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.9	99.9

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

(c) 通信遅延時間特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(1)	—(2)	—(1)	—(1)
		2連送	—(1)	452	—(1)	451
		3連送	602	602	—(1)	601
	27	適用せず	—(1)	2	—(1)	1
		2連送	452	451	451	451
		3連送	601	601	601	601
ARIB STD-T109	27	適用せず	2	2	1	1
		2連送	452	452	451	451
		3連送	601	601	601	601

有効性の机上検討結果：UC3

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式を QSPK (6Mbps) とする場合、ダイバーシチまたは連送 (3 連送以上) の適用が必要である。
 - ・ 変調方式を 16QAM (12Mbps) とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-2 に、UC3 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 4.3-2：有効性の机上検討結果まとめ（UC3）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	14.9	—	—
		2連送	—	27.4	—	20.9
		3連送	21.1	28.9	—	23.1
	56	適用せず	—	25.6	—	19.6
		2連送	21.1	29.0	10.5	23.5
		3連送	24.7	30.1	18.0	24.7
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.7	36.8	25.2	31.1
		2連送	33.7	38.1	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC4

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

必要通信距離が 255m と長いため、目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 0.1s 以下@緊急ハザード発生地点から 255m 上流/30s 以下@1km 上流）を達成するには

- 変調方式を QSPK（6Mbps）とする場合、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM（12Mbps）とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

ITS FORUM RC-005 と同様に

- 変調方式を QSPK（6Mbps）とする場合はダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM（12Mbps）とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

表 4.3-3 に、UC4 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性ならびに通信遅延特性）を示す。

表 4.3-3 : 有効性の机上検討結果まとめ (UC4)

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-7.8	2.9	—	-2.6
		2連送	0	5.0	-6.2	-0.4
		3連送	1.6	5.9	-4.5	0.5
	27	適用せず	-0.8	4.2	-7.0	-1.3
		2連送	1.9	6.0	-4.1	0.5
		3連送	3.0	6.7	-2.9	1.4
ARIB STD-T109	27	適用せず	-0.1	4.7	-6.4	-0.9
		2連送	1.8	6.1	-4.2	0.6
		3連送	2.6	6.6	-3.3	1.2

※ — : エラーフロアが目標PER以上

■ : システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(2)	99.9	—(1)	—(2)
		2連送	—(2)	100	—(2)	—(2)
		3連送	100	100	—(2)	100
	27	適用せず	—(2)	99.7	—(2)	—(2)
		2連送	100	99.9	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	—(2)	99.8	—(2)	—(2)
		2連送	100	100	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	99.9

※ —(1) : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) ■ : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

※ —(2) : 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(c) 通信遅延時間特性 (1km 地点)

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End 通信遅延時間(99%値) [s] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	2	-(2)	-(2)
		3連送	3	2	-(2)	3
	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3

※ -(1) : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(通信遅延30 s以下)を達成
 ※ -(2) : 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(d) 通信遅延時間特性 (255m 地点)

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			255m地点 通信遅延時間(99%値) [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3.4	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	6.2	-(2)	-(2)
		3連送	12.5	4.6	-(2)	20.5
	27	適用せず	-(2)	5.3	-(2)	-(2)
		2連送	11.5	11.5	-(2)	9.2
		3連送	16.7	23.3	-(2)	13.1
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	5.6	-(2)	-(2)
		2連送	13.4	10.6	-(2)	7.6
		3連送	20.5	17.2	-(2)	16.6

※ -(1) : 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(通信遅延100ms以下)を達成
 ※ -(2) : 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-4 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 4.3-4：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：路車間通信、簡易図形情報なし）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	27.0	—	21.4
		2連送	23.7	29.7	16.9	24.3
		3連送	25.8	30.6	19.5	25.2
	56	適用せず	21.5	28.4	14.9	22.9
		2連送	25.7	30.4	19.6	24.9
		3連送	27.2	31.2	22.1	25.8
ARIB STD-T109	56	適用せず	32.1	37.1	25.7	31.4
		2連送	34.1	38.4	27.9	32.8
		3連送	34.9	39.0	28.8	33.4

※ —: エラーフロアが目標PER以上

: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- パケット構成（案）に従ったパケット分割後のパケットサイズが大きく、エラーフロアが発生するため、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、かつダイバーシチ、連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- パケット分割後のパケットサイズは大きいものの、エラーフロア発生の影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-5 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 4.3-5：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：路車間通信、簡易図形情報あり）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.4	—	—
		3連送	—	23.8	—	—
	56	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.6	—	—
		3連送	—	24.0	—	—
ARIB STD-T109	56	適用せず	28.2	35.4	21.0	29.8
		2連送	31.3	36.8	24.7	31.1
		3連送	32.3	37.3	25.8	31.6

※ —: エラーフロアが目標PER以上

: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 送受信車両間の相対速度が最大 200km/h と大きく、エラーフロアが発生するため、セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、エラーフロアの影響は小さくなり、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM（12Mbps）とするとダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-6 に、UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 4.3-6：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：車車間通信、簡易図形情報なし）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	7.1	—	—
		2連送	—	14.3	—	8.5
		3連送	8.9	15.7	—	10.2
	27	適用せず	9.9	15.3	3.4	9.9
		2連送	13.2	17.4	7.1	12.0
		3連送	14.2	18.0	8.2	12.7
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.8	12.9	17.5

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.4	—	—
		2連送	—	100	—	100
		3連送	100	100	—	100
	27	適用せず	99.2	99.3	98.7	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.5	99.6	99.2	99.4
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上)

■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 送受信車両間の相対速度が最大 200km/h と大きく、パケット長が長いため、エラーフロアの影響が大きい。また、パケット衝突も増加。セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK（6Mbps）とし、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合も同様に、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK（6Mbps）とし、2 連送以上が必要

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さいものの、パケット衝突が増加するため、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。

表 4.3-7 に、UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 4.3-7：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：車車間通信、簡易図形情報あり）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.2	—	—
		3連送	—	12.9	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.7	—	—
		3連送	—	13.4	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	10.0	19.3	2.0	13.8
		2連送	15.2	20.8	8.9	15.3
		3連送	16.6	21.5	10.3	15.9

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	98.8	99.0	98.3	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上)

■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC6

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM（12Mbps）とすると、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-8 に、UC6 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 4.3-8：有効性の机上検討結果まとめ（UC6）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	26.5	—	21.0
		2連送	22.8	29.2	15.8	23.7
		3連送	25.2	30.2	18.8	24.7
	56	適用せず	10.5	27.5	—	21.9
		2連送	24.3	29.7	18.0	24.1
		3連送	26.1	30.6	19.9	25.0
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.5	36.6	25.0	30.9
		2連送	33.5	38.0	27.2	32.3
		3連送	34.4	38.5	28.1	32.9

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC7

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 4.3-9 に、UC7 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 4.3-9：有効性の机上検討結果まとめ（UC7）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	25.9	—	20.2
		2連送	21.5	29.1	12.6	23.7
		3連送	24.9	30.1	18.2	24.8
	56	適用せず	20.1	28.2	12.9	22.9
		2連送	25.5	30.3	19.3	24.8
		3連送	27.0	31.1	20.9	25.7
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.9	37.0	25.7	31.3
		2連送	34.0	38.3	27.9	32.8
		3連送	34.9	38.9	28.8	33.4

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC8（合流支援）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 変調方式を QPSK（6Mbps）とした場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。必要通信距離が長いため、変調方式を 16QAM（12Mbps）とした場合、セキュリティによるオーバーヘッドを 27byte とし、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
- 合流車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての本線車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率 99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC 制御（CSMA/CA）における CW サイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- 必要通信距離が長いため、変調方式を 16QAM（12Mbps）とした場合、ダイバーシチ機能の適用が必須である。
- 合流車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての本線車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率 99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC 制御（CSMA/CA）における CW サイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。

表 4.3-10 に、UC8（合流支援）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 4.3-10：有効性の机上検討結果まとめ（UC8：合流支援）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	0.6	6.5	-5.3	1.0
		2連送	4.0	8.3	-2.2	2.7
		3連送	5.2	9.1	-1.0	3.6
	27	適用せず	2.3	7.2	-4.0	1.6
		2連送	4.9	8.9	-1.2	3.4
		3連送	6.0	9.7	0.0	4.3
ARIB STD-T109	27	適用せず	2.7	7.6	-3.5	4.3
		2連送	4.7	9.0	-1.3	2.0
		3連送	5.5	9.5	-0.3	4.1

■ : システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性：CW サイズ依存性

例：ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチあり、2連送

CW				
63	127	255	511	1023
最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア				
94.7	98.2	99.5	99.8	99.9

■ : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC8（車線変更支援）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 車線変更車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係（受入）車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC制御（CSMA/CA）におけるCWサイズ（ランダムバックオフ時間）の増加

- ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。
- さらに、UC対象エリアの車線変更車両が同時に100ms周期で要求パケットを送信し、それら全ての要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係車両が応答パケットを送信するため、更なるパケット衝突の増加、目標通信遅延時間内に送信できないケースが発生。
 - ・ 上記対策に加えて、送信周期100msもしくは想定通信車両台数（車間距離、想定速度、等）を見直すことで、見直し項目以外の通信要件を満足する。
 通信要件の見直しに関しては自工会との継続検討が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

ITS FORUM RC-005と同様に

- 車線変更車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係（受入）車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC制御（CSMA/CA）におけるCWサイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。
- さらに、UC対象エリアの車線変更車両が同時に100ms周期で要求パケットを送信し、それら全ての要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係車両が応答パケットを送信するため、更なるパケット衝突の増加、目標通信遅延時間内に送信できないケースが発生。
 - ・ 上記対策に加えて、送信周期100msもしくは想定通信車両台数（車間距離、想定速度、等）を見直すことで、見直し項目以外の通信要件を満足する。
 通信要件の見直しに関しては自工会との継続検討が必要である。

表 4.3-11 に、UC8（車線変更支援）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 4.3-11：有効性の机上検討結果まとめ（UC8：車線変更支援）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	9.4	15.1	3.2	9.4
		2連送	12.6	16.9	6.4	11.3
		3連送	13.8	17.7	7.7	12.2
	27	適用せず	10.8	15.7	4.7	10.1
		2連送	13.5	17.5	7.5	12.0
		3連送	14.6	18.2	8.6	12.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.9	13.0	17.5

■ : システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性：送信周期依存性

例：ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

(a)

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア		
100	0	0	0
200	97.8	99.3	0
500	99.2	99.7	99.2
1000	99.1	99.4	99.2

※ -：回線設計未達(システムマージン0dB以上)

※ 0:トラフィック過剰により送受信処理が完了せず、
一定時間、経過後全エラーとなる

■：目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

(c) 通信遅延時間特性：送信周期依存性

例：ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア		
100	—	—	—
200	—	59.4	—
500	19.1	28.8	51.5
1000	14.7	24.8	36.7

※ -：シミュレーション評価の目標PER未達

■：目標性能(通信遅延100ms以下)を達成

有効性の机上検討結果：UC2～8 まとめ

表 4.3-12 及び表 4.3-13 に、上記の候補通信方式をそれぞれ ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 として検討した自動走行支援通信の通信仕様素案を、自工会検討 UC2～8 に適用した場合の有効性の机上検討結果を整理したものを示す。

表 4.3-12： 机上検討結果まとめ：ITS FORUM RC-005

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
			適用せず	適用	適用せず	適用	
緊急 ハザード	2	路車間	×	○	×	○	
	3	路車間	×	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	×	○	○	○
			車車間	×	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	×	×	×	○
車車間			×	×	×	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	×	○	○	○	
	7	路車間	×	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 車載器：27byte、路側機 56byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
			適用せず	適用	適用せず	適用	
緊急 ハザード	2	路車間	×	○	○	○	
	3	路車間	×	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	○	○	○	○
			車車間	○	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	×	×	×	○
車車間			×	×	×	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	○	○	○	○	
	7	路車間	○	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

表 4.3-13： 机上検討結果まとめ：ARIB STD-T109
 セキュリティによるオーバーヘッド 車載器：27byte、路側機 56byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
			適用せず	適用	適用せず	適用	
緊急 ハザード	2	路車間	○	○	○	○	
	3	路車間	○	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	○	○	○	○
			車車間	○	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	○	○	○	○
車車間			○	○	○	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	○	○	○	○	
	7	路車間	○	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

候補通信方式：ARIB STD-T75 の有効性の机上検討結果：UC2、3、5～7（路車間通信）

候補通信方式を ARIB STD-T75 とした場合の有効性の机上検討の一つとして、UC 対象エリア内で車両が ARIB STD-T75 規格に従って通信を行う際に必要となる送信スロット数の見積りを行った。対象とした UC（路車間通信）は、UC2、UC3、UC5（路車間通信）、UC6 及び UC7 である。見積りの際の評価条件は以下の通りとした。

- ① UC 対象エリア：30m、UC 対象エリア内の通信品質は規格の設計値を満たす
- ② 変調方式：QPSK 方式（データ部分である LSCU サイズは 192byte）
- ③ フレームクラス：C（1FCMS+7MDS+ACTS）
- ④ 車両の周波数選定時間：63.3ms

上記③を想定した際の、既存 DSRC サービスのフレーム構成（例）を図 4.3-1 に示す。また、上記①～④の評価条件のもと、車両が UC 対象エリアを通過するまで（1s）に必要な送信データ量から、1 フレームあたりに占有する必要があるスロット数を見積もった結果を表 4.3-14 に示す。同図より、1 フレームあたりで必要とするスロット数は、図 4.3-1 における送信可能なスロット数と比べて十分に小さいことが分かった。

したがって、対象 UC に対して ARIB STD-T75 を適用した場合、UC 対象エリア内の受信電力が設計値（規格感度）以上になるように路側機を設計、設置すれば、各 UC のメッセージ相当のデータのやり取りは可能であることを確認した。

本机上検討より、特に仕様、機能の追加変更なしで、通信形態が路車間通信の UC に対して目標通信性能を達成する可能性があることを確認したが、実環境において上記①で想定した「UC 対象エリア内の通信品質は規格の設計値を満たす」ことを検証することが今後必要である。

また、候補通信方式が ARIB STD-T75 の場合、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他と比べて低いため、今後 UC の条件、要件が変更された場合の対応が課題となる。

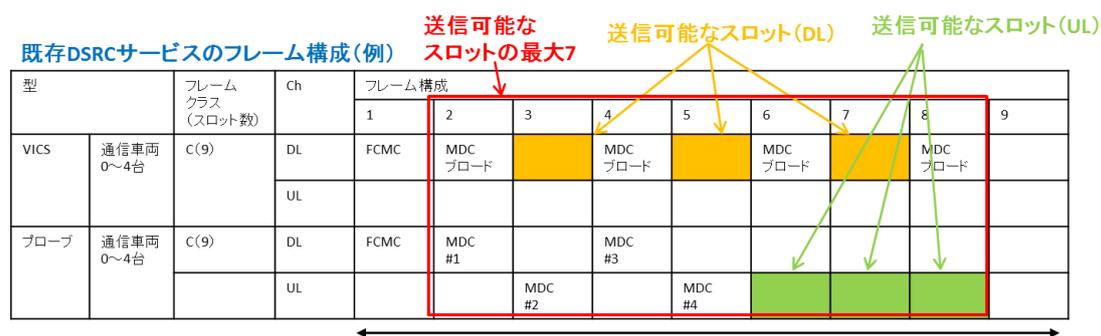


図 4.3-1 : 既存 DSRC サービスのフレーム構成 (例)

表 4.3-14 : ARIB STD-T75 適用時の UC 毎の送信スロット数 見積り結果

	UC2	UC3	UC5 (路車間)	UC6	UC7
想定送信車両台数	3台	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)
1s当たりの平均送信データ量	1215 byte	405 byte	175 byte	772 byte	202 byte
1s当たりの平均送信スロット数	6.3 スロット	2.1 スロット	0.9 スロット	4 スロット	1.1 スロット
1フレーム当たりの平均送信スロット数	0.044スロット	0.015 スロット	0.006 スロット	0.028 スロット	0.007 スロット

5. まとめ

5.1. 成果まとめ

5.1.1. 全体

SIP「自動走行システム」関連事業のこれまでの成果や、日本自動車工業会（以下、自工会）における検討状況、欧米における関連する ITS 無線通信の仕様検討状況等を踏まえ、自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコル策定に係る調査検討を行った。

- ・ 自動走行支援通信のステージ 2-1（自動運転レベル 2・3、高速道路）のユースケース（UC）として自工会検討の UC2~8 の通信要件を議論し、ITS FORUM 無線方式検討 TG と連携して通信要件まとめを実施した。
- ・ 以下を候補通信方式としてメッセージセット及び通信プロトコルを検討し、各 UC 要件における通信性能を計算機シミュレーション等の通信性能評価により明らかにした。
 - ITS FORUM RC-005
 - ARIB STD-T109
 - ARIB STD-T75
- ・ 上記通信性能評価の結果を表 5.1-1 に示し、目標性能を確保するための条件を UC 毎に明らかにした。また、その際の検討課題を抽出した。
 - ITS FORUM RC-005： 受信ダイバーシチ、連送機能の追加により目標通信性能を達成
 - ARIB STD-T109： 同上。但し、データサイズが大きい UC5（車車間通信、簡易図形情報情報あり）を行うには、送信時間制限等の通信仕様の見直しが必要
 - ARIB STD-T75： 路車間通信の UC に対して目標通信性能を達成。但し、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他の方式と比べて低いため、今後 UC の条件や要件に対する変更への対応が課題

3つの候補通信方式毎に目標性能を満足する条件を分析し、表 5.1-2 に示すように、それらをもとに自動走行支援通信の通信プロトコル仕様素案としてまとめた。

上記成果により、本調査検討の範囲では、自工会検討 UC2~8 を実現する自動走行支援通信プロトコルの目処付けができた。今後は、自動走行支援通信プロトコル仕様素案をユースケースに適用することによる車両挙動の安定化や交通流の円滑化等の改善効果の机上及び実機検証に本成果を活用していく。

表 5.1-1：通信性能評価結果まとめ

目標通信性能による判定

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件／規格の一部見直しが必要

UC(ユースケース)		通信形態	候補通信方式			
			ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	ARIB STD-T75	
緊急 ハザード	2	路車間	○	○	○	
	3	路車間	○	○	○	
	4	車車間	○	○		
	5	図形情報 なし	路車間	○	○	○
			車車間	○	○	
		図形情報 あり	路車間	○	○	○
車車間			○	△※1		
合流／ 車線変更	6	路車間	○	○	○	
	7	路車間	○	○	○	
	8	合流	車車間	△※2	△※2	
		車線変更		△※2,※3	△※2,※3	

※1：送信時間制限の見直し、パケット分割機能の追加が必要 ※2：送信タイミング制御が必要
 ※3：送信周期を伸ばす必要がある

表 5.1-2 : 通信仕様素案まとめ (主な通信諸元)

(a) 候補通信方式 : TIS FORUM RC-005、ARIB STD-T109

項目		ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	備考
対応可能UC		UC2~8		
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	760 MHz帯	
	空中線電力	10mW/MHz以下		
	占有帯域幅	9MHz		
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		
	誤り訂正	畳み込み符号(符号化率1/2)		
	ダイバーシチ制御	なし/ あり(受信ダイバーシチ)		自動走行支援時は「あり」
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	CSMA/CA		ランダムバックオフ制御
	CWサイズ	63		
	キャリアセンス感度	プリアンブル: -85dBm、 プリアンブル以外: -65dBm		
	通信形態	ブロードキャスト		
アプリ/ 上位層	連送制御	あり		UCに応じて回数を変更
	送信タイミング制御	なし/あり		UC8(車車間)は「あり」

※ 赤字: 候補通信方式の仕様からの追加変更部分

(b) 候補通信方式 : ARIB STD-T75

項目		ARIB STD-T75	備考
対応可能UC		UC2、3、5~7	
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	
	空中線電力	基地局: 300mW以下 移動局: 10mW以下	
	占有帯域幅	4.4MHz	
	変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	
	誤り訂正	BCH(63, 51)	
L2 (データ リンク層) 仕様	MAC方式	TDMA	スロテッドALOHA
	再送制御	あり	ACK制御
	パケット分割・再結合	あり	

5.1.2. 自動走行支援通信の要件の検討

自動運転レベル 2・3、特に自動走行支援通信のステージ 2-1 に該当する自動走行向け通信活用ユースケース（以下、UC）を調査・分析し、ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討を実施する上での前提条件を整理及び UC 毎の通信要件の抽出を行った。

【自動走行向け通信活用 UC 調査】

2018 年 1 月に改定が行われた自工会検討 UC の調査を行った。表 5.1-3 に、改定後の自工会検討 UC 一覧を示す。

表 5.1-3：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 一覧

本調査検討対象UC

UC No.	情報種別	通信形態	内容	備考
1	先読み情報	路車間	自立センサでは検知できない先の情報として渋滞情報、料金所情報、臨時走行レーン情報などを取得し、未然に経路、車線選択を行うことで走行を円滑化する	追加UC
2	車両からの緊急ハザード情報発信	路車間 (UL)	走行車両が収集した緊急ハザード情報を路側インフラへ伝達	旧UC3に相当
3		路車間 (DL)	走行車両から収集した緊急ハザード情報を上流インフラから走行車両へ再配信	追加UC
4		車車間	緊急回避事象が発生した際に、後続車両に緊急ハザード情報を配信	旧UC2に相当
5		路車間	上流インフラから取得した対向車線の緊急ハザード情報を、対向車に再配信	旧UC4 (路車間)に相当
	車車間	旧UC4 (車車間)に相当		
6	合流／車線変更支援情報	路車間 (DL)	本線合流車両へ、本線上を走行する車両の走行情報を伝達し、合流を円滑化	追加UC
7		路車間 (DL)	本線走行車両へ、ICでの合流車の出現タイミングを伝達し、合流を円滑化	追加UC
8		車車間	本線合流や車線変更の際に、関係車両間で相互の走行情報を交換し円滑な合流・車線変更を行う	旧UC1に相当
9	隊列走行支援情報	車車間／路車間	追従走行する大型トラック間で相互に走行情報を伝達し、隊列走行を形成 一般自動運転車割込み時の走行調停を合わせて行う（一時的な混合走行の許容と離脱推奨、離脱後の隊列再形成など）	具体的支援内容が定まるまでは保留

本調査検討では、自動走行支援通信のステージ 2-1 に該当する自工会検討 UC1～8 の内、特に UC2～8 を対象とする（UC1 に関しては、今後、自工会における具体的なメッセージ内容等の検討に基づいて、メッセージサイズの見積もりや通信方式の検討を行う必要あり）。図 5.1-1 に、自工会検討 UC2～8 の概要を示す。

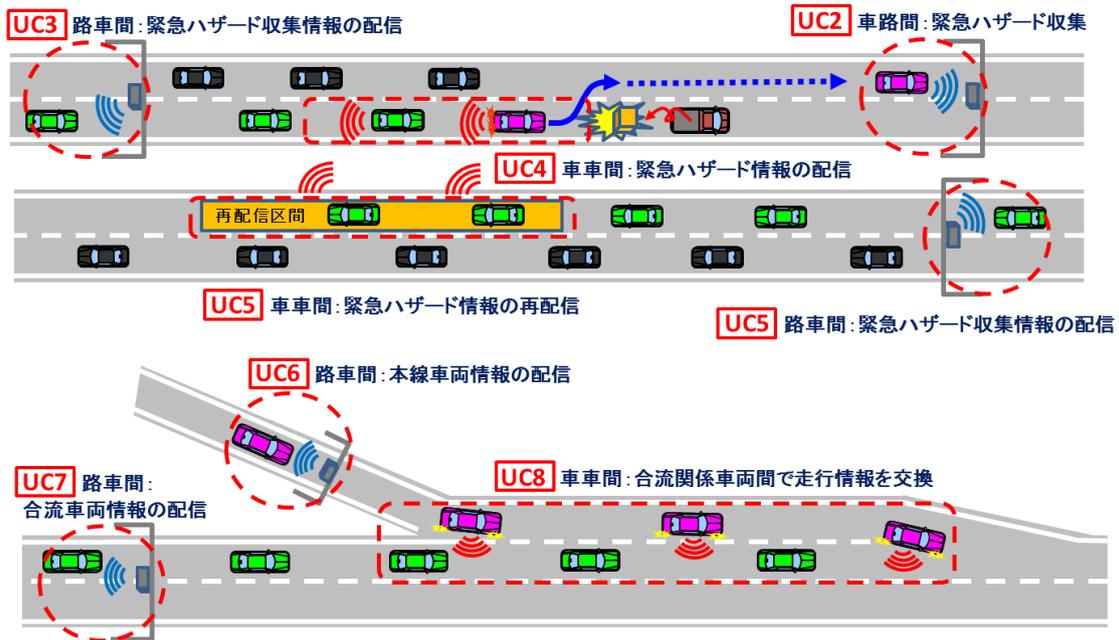


図 5.1-1：自工会検討の自動走行向け通信活用 UC 概要（UC2～8）

表 5.1-4 に、自工会が想定する自動走行向け ITS 通信活用の位置づけ等を示す。

表 5.1-4：ITS 無線通信活用の位置づけ、効果等

項目	前提条件
自動走行支援 通信活用の 位置づけ	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律自動運転に対してあくまで支援を行う情報の位置づけ ● 通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮し、必ずしも通信情報が届かなくても自律系で自動走行が出来ることが前提
期待する効果	<ul style="list-style-type: none"> ● 自律処理系の中に通信情報を加えることで、周囲の状況判断を早くできるようになることから、自動走行の際の判断の迅速性や確実性を高めることを目的とする
検討の内容	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動運転の通信活用ユースケースを実現するための情報内容、通信手順を明確にし、活用シーンにおける通信対象車両（収容台数）を考慮して、通信が確実に行える通信容量となる通信方式を検討する ● 尚、活用シーンとしては自動運転の実用化時期の早い高速道路を想定する
通信相手車両の 特定	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信相手車両を特定して相互通信を行う必要があるが、その特定方法として、位置座標のみとした場合、現状の測位精度では信頼性の高い特定が困難と判断し、位置座標の他に自車のセンサ（レーダー・カメラ）で認識している周辺車両情報を走行車線情報とあわせて用いて特定する方法を想定する

【前提条件の整理】

自工会にて検討された UC に対して、交通量や電波伝搬環境等の道路環境条件、対象車種やアンテナ設置位置等の車両条件、及び想定する通信形態や電波伝搬モデル等の通信システム条件といった調査検討を行う際の前提条件を整理した。表 5.1-5 に、本調査検討を行う際の前提条件を示す。

最終的には、通信機を持たない一般車両との混合走行を考慮した検討が必要となるが、本調査検討では同表の位置づけに従い「全車両が通信機を搭載」を前提に検討を行った。

表 5.1-5：本調査検討の前提条件

項目	今年度調査検討の検討条件	今年度調査検討の範囲外
道路環境	<ul style="list-style-type: none"> ●都市間高速道路を想定 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両とは見通し内 －片側3車線(合流レーンのある箇所では片側4～5車線) －交通量:車間時間1s以上 ●非渋滞時を想定 	<ul style="list-style-type: none"> ●都市高速道路への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －見通し外となる状況が発生 ●渋滞時への拡張 <ul style="list-style-type: none"> －通信相手車両の特定方法等
車両	<ul style="list-style-type: none"> ●乗用車(アンテナはルーフに搭載)から中心に検討 ●全車が通信機器を搭載し、同じ通信制御ロジックで走行 	●大型車、二輪車の追加
通信システム	<ul style="list-style-type: none"> ●通信形態と検討対象とする通信方式 <ul style="list-style-type: none"> －車車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 －路車間通信 <ul style="list-style-type: none"> 5.8GHz帯: ARIB STD-T75、ITS FORUM RC-005 700MHz帯: ARIB STD-T109 ●各UCが単独で存在する場合から検討 	<ul style="list-style-type: none"> ●車車・路車間が混在、複数UCが混在する場合の検討 ●他システム(既存サービス)との共用検討 <ul style="list-style-type: none"> －5.8GHz帯: ETC2.0/その他DSRC －700MHz: 情報提供型安全運転支援

【通信活用モデルの検討】

自工会検討 UC2～8 に対して、通信活用モデルとして通信シーケンス(案)を検討した。

図 5.1-2 から図 5.1-9 に、自工会検討 UC2～8 の通信シーケンス(案)を示す。

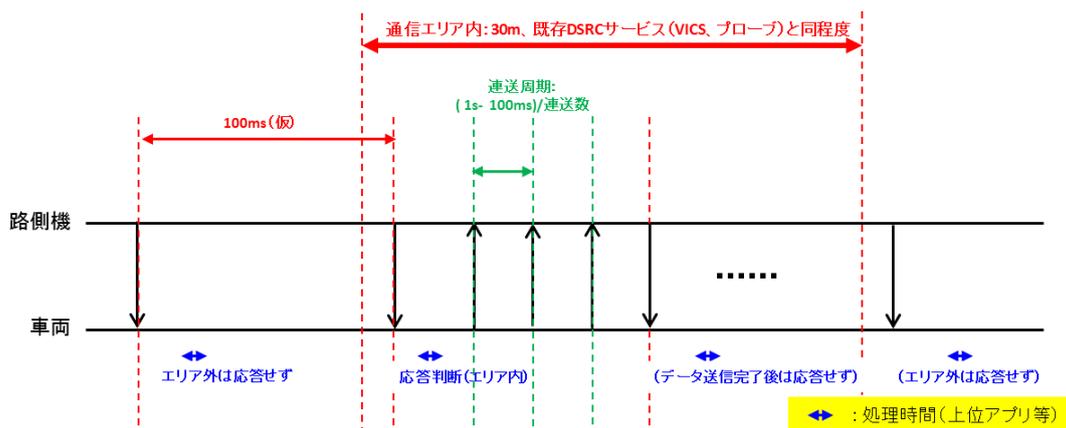


図 5.1-2：UC2 の通信シーケンス(案)
路側機：連送なし、車両：3 連送の場合

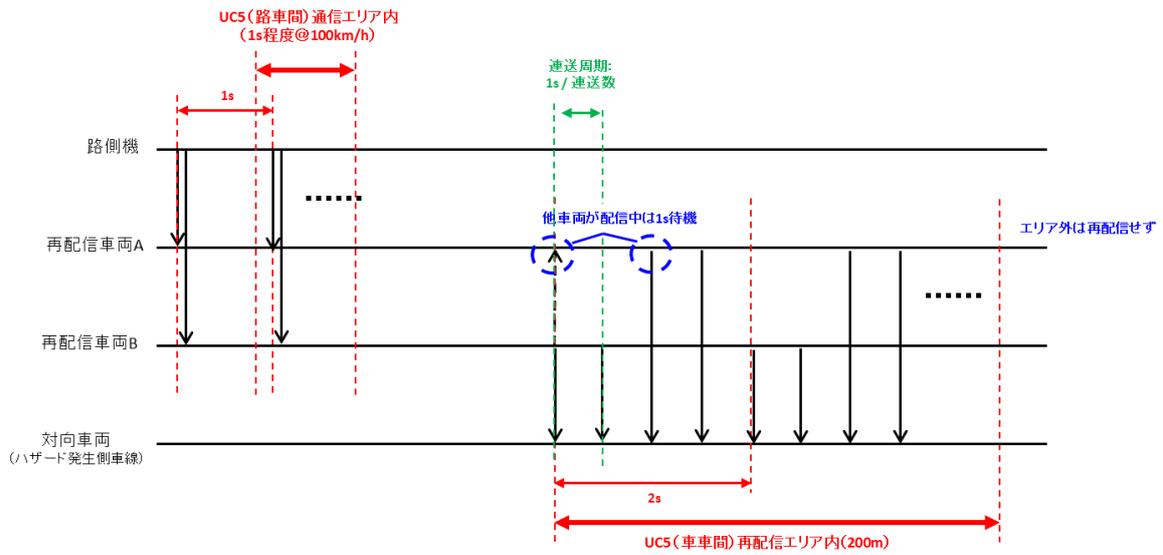


図 5.1-5 : UC5 の通信シーケンス (案)
 配信：連送なし、再配信：2 連送の場合

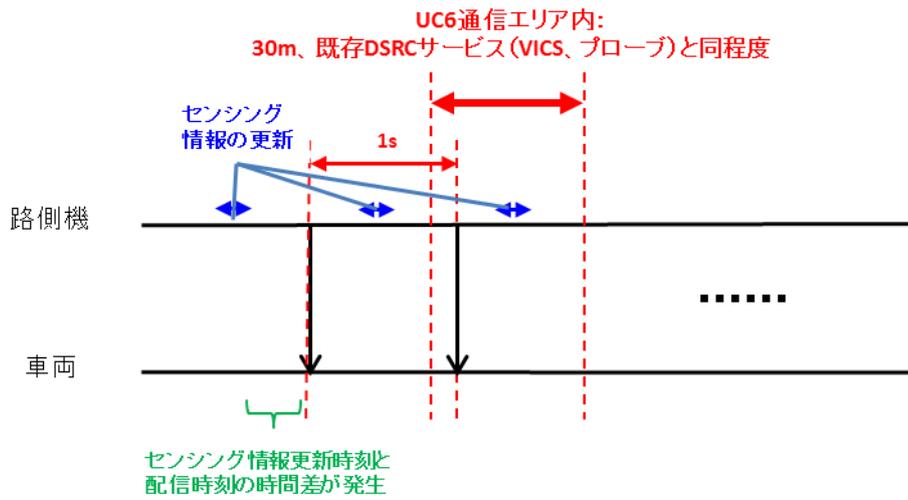


図 5.1-6 : UC6 の通信シーケンス (案)
 連送なしの場合

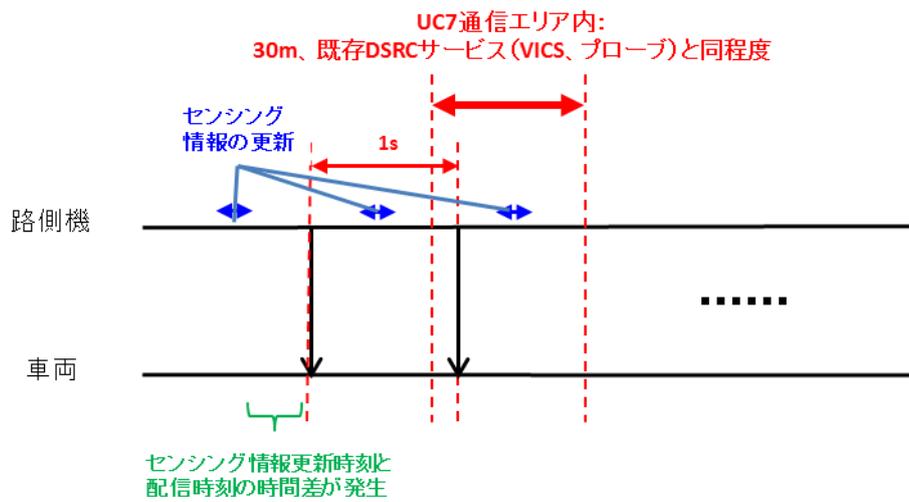


図 5.1-7 : UC7 の通信シーケンス (案)
連送なしの場合

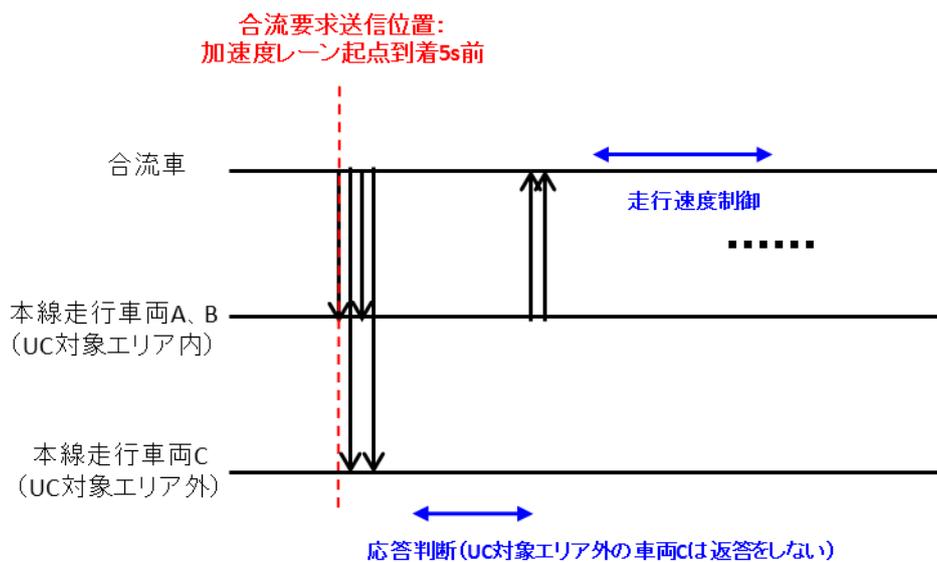


図 5.1-8 : UC8 合流支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

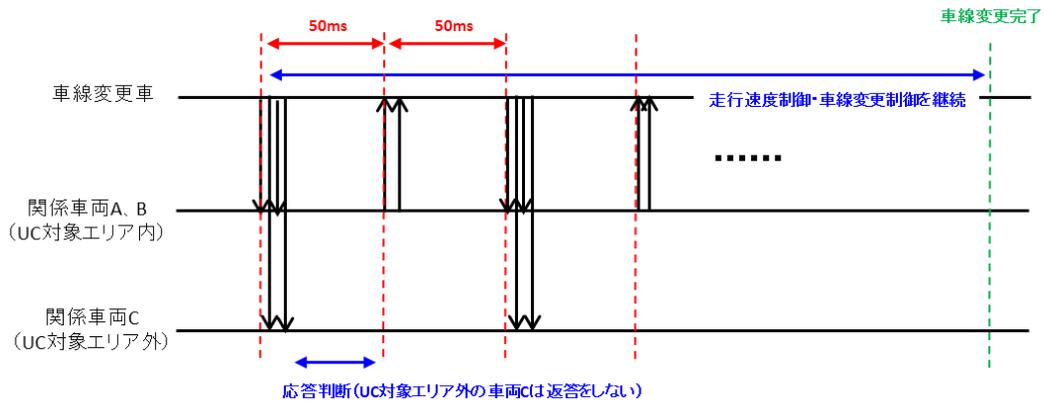


図 5.1-9 : UC8 車線変更支援の通信シーケンス (案)
2 連送の場合

【通信要件の抽出】

上記の前提条件を踏まえて、目標通信品質や通信距離、データサイズ、通信頻度、車両台数、通信遅延等の通信要件を自工会検討 UC2～8 についてまとめた。表 5.1-6 に、UC2～8 の通信要件まとめを示す。

なお、データサイズはセキュリティ等のオーバーヘッドを含まないため、シミュレーション評価等の机上検討では各候補通信方式で想定するオーバーヘッドを加えた形で通信品質評価を行った。

表 5.1-6 : 自工会検討 UC2~8 の通信要件まとめ

UC No.	2	3	4	5		6	7	8		
情報種別	車両からの緊急ハザード情報発信					合流/車線変更支援情報				
内容	路側インフラへ伝達	上流インフラから再配信	後続車両に配信	対向車に再配信		合流支援			車線変更支援	
						本線合流車両へ伝達	本線走行車両へ伝達	合流/車線変更車両-関係車両(受入車両)間で交換		
通信形態	路車(UL)	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)	車車間	路車間(DL)		車車間		
UC対象エリア	30m		1km	30m	255m(仮)	30m		200m	252m	
必要通信距離	30m		255m	30m	100m	30m		215m	126m	
通信品質	PER<1E-2(仮)									
1s当りの平均送信データ量	1215byte	405byte	916.5byte	175byte / 4175byte	30byte / 1030byte	772byte	202byte	1078byte	42790byte	
データサイズ	405byte	405byte	39byte	175byte / 4175byte (簡易図形)	30byte / 1030byte (簡易図形)	772byte	202byte	39byte(合流) / 25byte(本線)	21byte(車線変更) / 23byte(関係)	
送信頻度	1s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	2s間隔	1s間隔	1s間隔	1s間隔	0.1s間隔	
送信台数	3台	1台(路側)	47台	1台(路側)	2台	1台(路側のみ)	1台(路側のみ)	2台(合流) / 40台(本線)	11台(車線変更) / 27台(関係)	
通信遅延	1s以下	1s以下	0.1~30s以下	1s以下	2s以下	1s以下	1s以下	100ms以下		
通信相手	路側機	非特定車両(対象エリア内)	非特定車両(後続車両)	非特定車両(対象エリア内)	非特定車両(対向車線)	非特定車両(対象エリア内)	非特定車両(対象エリア内)	非特定車両(合流/車線変更車両-本線/関係車両間)		
最大走行速度差	100km/h	100km/h	100km/h	100km/h	200km/h	40km/h	100km/h	60km/h		

5.1.3. 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの検討

抽出した通信要件を踏まえて、自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルを検討した。

【メッセージセット検討】

現在安全運転支援等で採用されている国内外のメッセージセット規格を調査し、自工会検討 UC で検討されているメッセージ内容、サイズと比較し、流用／共通化が可能か等の分析を行った。

次に、パケット通信時のオーバーヘッドサイズを見積もるために、既存のセキュリティ方式及びパケット分割／再結合処理に関する調査を行った。

さらに、上記の比較分析、調査結果をもとに、各 UC に対する自動走行支援通信の通信品質評価を行うための各候補通信方式のパケット構成（案）を検討した。

国内外のメッセージセット規格との比較

表 5.1-7 に、自工会検討 UC2～8 のメッセージ内容と既存メッセージセット規格との比較結果を示す。同表では、メッセージ内容を分類し各 UC において必要な情報であることを「○」としている。また、分類した情報が国内外の既存メッセージセット規格で定義されているかを調査し、同じ内容、サイズの情報がある場合は「○」、サイズ等の一部内容が異なるものの同様の情報がある場合は「△」としている。

なお、欧米等の自動走行支援通信用のメッセージセットに関しては検討中であるため、以下の国内外の安全運転支援用のメッセージセット規格を、比較の対象とした。

- 国内： ITS FORUM RC-013（基本メッセージ）
- 国外： SAE（米国：BSM）、ETSI（欧州：CAM、DENM）

同表より、サイズ、詳細定義が異なるケースがあるものの国内外の安全運転支援通信用のメッセージセット規格は、自工会検討 UC で必要なメッセージ内容と同様の情報を定義しており、自動走行支援通信用のメッセージセットへの流用／共通化の可能性があるとわかった。

表 5.1-8 に、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージセットを適用した場合の分析結果として、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとそのデータエレメントの構成を示す。同表に示すように、ITS FORUM RC-013 の基本メッセージ構成をベースとして自動走行支援通信のメッセージセットを定義した場合、自工会検討 UC の想定されるメッセージ内容の内、18.75 バイトが基本メッセージのデータエレメントとして定義されており、それ以外は、新たに共通領域として追加定義、もしくは自由領域を利用する必要があることを確認した。

共通領域の追加定義は既存規格との互換性、自由領域の利用は大きいサイズのメッセージをパケット送信する際の分割／再結合の検討が今後必要である。

自工会検討 UC のメッセージ内容の分類

自工会検討 UC2～8 のメッセージ内容を比較分類し、共通化可能な情報の抽出等を行った。

表 5.1-9 に、通信形態（送信局）が路車間通信（基地局）、路車間通信（移動局）及び車車間通信（移動局）の場合のメッセージ内容の分類結果を示す。ITS FORUM RC-013 等の規格を参考に、全 UC に共通な情報を共通領域、UC 毎に必要な情報を自由領域として分類すると、管理情報（メッセージ ID、車両／路側機 ID）は全 UC に共通な情報であり共通領域として定義するのが適当であり、UC 毎に異なる情報については、緊急ハザード配信に関する UC と合流／車線変更に関する UC で必要となる情報が大きく分かれることが確認できた。

同表ではサイズが同じである車両 ID と路側機 ID を同一情報として扱うことを想定したが、共用した場合に想定サイズで必要な情報が定義可能かどうか等の確認が今後必要である。

表 5.1-7：自工会検討 UC2~8 のメッセージ内容一覧及び既存メッセージセット規格との比較

領域	情報名		bit	対応情報										共通化判定※1						
				UC2	UC3	UC4	UC5		UC6	UC7	UC8				ITS FORUM RC-013 基本メッセージ	SAE BSM	ETSI			
	路車間	車車間					合流支援				車線変更支援		CAM	DENM						
							合流車	本線走行車			車線変更車	関係車								
大項目	小項目	合計メッセージサイズ[byte]	405	405	39	175/4175	30/1030	772	202	39	25	21	23	—	—	—	—			
共通	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
自由	路側機情報	加速レーン起点情報	16					○	○											
		情報更新時刻	32					○	○											
	事象情報	発生時刻	32	○	○	○	○	○										△op※2	△※2	
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○		○	○											△※3	
		発生事象(緊急回避行動種別)	8			○														
		対象物情報(速度、車両種別)	24			○														△※4
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○	○	○	○												△※2
		距離	16	○	○	○	○	○									○op			△op※2
		レーン情報/上下線	4	○	○	○	○	○												△op※3
	加速レーン	道路種別等	8	○	○	○	○	○												△op※3
		緯度経度高度	88								○									
	起点情報	レーン情報/上下線	4								○									
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32								○									
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○	○	○														
		走行規制有無/走行レーン指定	8				○	○												
	配信指定情報	配信元車両ID	32			○														
		配信対象レーン/上下線	4			○			○											
		情報有効時間	32			○			○											△※2
		再配信距離	16			○														
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124				○													
車両情報	再配信時間、情報有効時間	64				○														
	走行車両数	8						○	○											
	車両ID	8						○	○											
	車両位置(緯度経度高度)	88						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	
	走行レーン	8						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△op※3	
	車両速度	16						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△op※2	
	車両長さ	14						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	
	加速レーン起点到達時刻	16						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△※2	
	先行車との車間距離	16										○	○	○	○	○	○	○		
	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8											○	○	○	○	○	○		
オプション	簡易図形情報	8000				○	○													

※1 ○:共通化可能(1台分) / △:定義は異なるが同様の情報 / op:オプションの場合 ※2 サイズが異なる ※3 格納情報の定義に差はあるものの同様の扱い ※4 複数データエレメントの結合することにより同様の情報

表 5.1-8 : ITS FORUM RC-013 の基本メッセージとデータエレメント構成

表 4-1 基本メッセージの構成

領域	データ構造	格納する DF	サイズ (byte)	備考
共通領域	共通アプリヘッダ領域	DF_共通領域管理情報	8	格納は必須。
		DF_時刻情報	4	28 格納は必須。正しい値をセット出来ない場合は不定値をセットする。
	DF_位置情報	11		
	DF_車両状態情報	9		
	DF_車両属性情報	4		
	共通アプリデータ領域	DF_位置オプション情報 (*)	2	0~26 格納は任意。格納順序は変更不可。
		DF_GPS 状態オプション情報 (*)	4	
		DF_位置取得オプション情報 (*)	2	
		DF_車両状態オプション情報 (*)	7	
		DF_交差点情報 (*)	10	
DF_拡張情報 (*)		1		
自由領域	自由アプリヘッダ領域	DF_自由領域管理情報	0~1	0~22 格納は任意。サイズは個別アプリデータ数により変化。
		DF_個別アプリデータ管理情報セット	0~21	
	自由アプリデータ領域	(規定しない)	0~60	格納は任意。格納順序は DF_個別アプリデータ管理情報セットの格納順に従う。
			計 36~100	(*):オプション情報

自工会検討UCのメッセージと
共通化可能なデータエレメント
(18.75バイト分)

表 5-1 DF_共通領域管理情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_共通領域管理情報	64bit	必須。
DE_共通サービス規格 ID	3bit	必須。
DE_メッセージ ID	2bit	必須。
DE_バージョン情報	3bit	必須。
DE_車両 ID	32bit	必須。
DE_インクリメントカウンタ	8bit	必須。
DE_共通アプリデータ長	8bit	必須。
DE_オプションフラグ	8bit	必須。

表 5-3 DF_位置情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_位置情報	88bit	必須。
DE_緯度	32bit	必須。
DE_経度	32bit	必須。
DE_高度	16bit	
DE_位置取得情報	4bit	必須。
DE_高度取得情報	4bit	

表 5-4 DF_車両状態情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両状態情報	72bit	必須。
DE_車速	16bit	必須。
DE_車両方位角	16bit	必須。
DE_前後加速度	16bit	必須。
DE_車速取得情報	3bit	必須。
DE_車両方位角取得情報	3bit	必須。
DE_前後加速度取得情報	3bit	必須。
DE_シフトポジション	3bit	
DE_ステアリング角度	12bit	

表 5-5 DF_車両属性情報の構成

データフレーム/データエレメント	サイズ	備考
DF_車両属性情報	32bit	必須。
DE_車両サイズ種別	4bit	必須。
DE_車両用途種別	4bit	必須。
DE_車幅	10bit	
DE_車長	14bit	

表 5.1-9：自工会検討 UC のメッセージ内容の分類

(a) 路車間通信（基地局）

領域	情報名		bit	ハザード		合流		共通化				
	大項目	小項目		UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	ETSI		
				UC3	UC5 路車間	UC6	UC7	RC-013	SAE BSM	CAM	DENM	
合計メッセージサイズ[byte]				405	175/4175	772	202					
共通領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○		△			
		車両／路側機ID	32	○	○	○	○			△	△	
自由領域	路側機情報	加速レーン起点情報	16			○	○					
		情報更新時刻	32			○	○			△	△	
	事象情報	発生時刻	32	○	○				△		△	
		発生事象(ハザード種別)	8	○	○						△	
		発生事象(緊急回避行動種別)	8									
		対象物情報(速度、車両種別)	24								△	
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○							△
		距離	16	○	○				○			△
		レーン情報/上下線	4	○	○						△	△
	加速レーン	道路種別等	8	○	○							△
		緯度経度高度	88									
	起点情報	レーン情報/上下線	4									
		返信要求位置範囲(上流、下流)	32									
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○								
		走行規制有無/走行レーン指定	8		○							
	配信指定情報	配信元車両ID	32									
		配信対象レーン/上下線	4									
		情報有効時間	32									△
		再配信距離	16									
	車両情報	緯度経度高度、距離、上下線、区間	124		○							
		再配信時間、情報有効時間	64		○							
		走行車両数	8			○	○					
車両ID		8			○	○						
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	△			
走行レーン		8			○	○			△		△	
車両速度		16			○	○	○	△	△	△		
車両長さ		14			○	○	○	△	△			
加速レーン起点到達時刻		16			○	○						
先行車との車間距離		16										
オプション	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8										
	簡易図形情報	8000		○								

(b) 路車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード	共通化			
	大項目	小項目		UC2	RC-013	SAE BSM	ETSI	
							CAM	DENM
合計メッセージサイズ[byte]				405				
共通領域	管理情報	メッセージID	8	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	△	△
自由領域	路側機情報	加速レーン起点情報	16					
		情報更新時刻	32				△	△
	事象情報	発生時刻	32	○		△		△
		発生事象(ハザード種別)	8	○				△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8					
		対象物情報(速度、車両種別)	24					△
	地点情報	緯度経度高度	88	○				△
		距離	16	○		○		△
		レーン情報/上下線	4	○			△	△
		道路種別等	8	○				△
	加速レーン	緯度経度高度	88					
		レーン情報/上下線	4					
	起点情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32					
	通行情報	通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○				
		走行規制有無/走行レーン指定	8					
	配信指定情報	配信元車両ID	32					
		配信対象レーン/上下線	4					
		情報有効時間	32					△
		再配信距離	16					
		緯度経度高度、距離、上下線、区間	124					
		再配信時間、情報有効時間	64					
	車両情報	走行車両数	8					
		車両ID	8					
車両位置(緯度経度高度)		88		○	○	△		
走行レーン		8				△	△	
車両速度		16		○	△	△	△	
車両長さ		14		○	△	△		
加速レーン起点到達時刻		16						
先行車との車間距離		16						
車線情報(元レーン、移動先レーン)		8						
オプション	簡易図形情報	8000						

(c) 車車間通信 (移動局)

領域	情報名		bit	ハザード		合流/車線変更				共通化			
	大項目	小項目		UC4	UC5 車車間	UC8				RC-013	SAE BSM	ETSI	
						合流支援 合流車	本線 走行車	車線変更 車両	関係 車両			CAM	DENM
		合計メッセージサイズ[byte]		39	30/1030	39	25	21	23				
共通 領域	管理情報	メッセージID	8	○	○	○	○	○	○		△		
		車両/路側機ID	32	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
自由 領域	路側機 情報	加速レーン起点情報	16										
		情報更新時刻	32									△	△
	事象情報	発生時刻	32	○	○						△		△
		発生事象(ハザード種別)	8		○								△
		発生事象(緊急回避行動種別)	8	○									
		対象物情報(速度、車両種別)	24	○									△
	地点情報	緯度経度高度	88	○	○								△
		距離	16	○	○						Op		△
		レーン情報/上下線	4	○	○							△	△
	加速 レーン 起点情報	道路種別等	8	○	○								△
		緯度経度高度	88			○							
		レーン情報/上下線	4			○							
	通行情報	返信要求位置範囲(上流、下流)	32			○							
		通行可否(レーンチェンジ要否)	2	○									
	配信指定 情報	走行規制有無/走行レーン指定	8		○								
		配信元車両ID	32	○									
		配信対象レーン/上下線	4	○	○								
		情報有効時間	32	○	○								△
		再配信距離	16	○									
	車両情報	緯度経度高度、距離、上下線、区間	124										
		再配信時間、情報有効時間	64										
		走行車両数	8										
		車両ID	8										
車両位置(緯度経度高度)		88			○	○	○	○	○	○	△		
走行レーン		8			○	○	○	○	○		△	△	
車両速度		16			○	○	○	○	○	○	△	△	
車両長さ		14			○	○	○	○	○	○	△	△	
加速レーン起点到達時刻		16			○	○							
先行車との車間距離		16				○							
オプション	車線情報(元レーン、移動先レーン)	8					○						
	簡易図形情報	8000		○									

セキュリティ方式調査

3つの候補通信方式（ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109、ARIB STD-T75）にてパケット送信時のオーバーヘッドサイズを見積もるためにセキュリティに関する調査を行った。

■ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 では、DSRC 専用で最低限レベルでのプライバシー／無線傍受対策として、秘話鍵配送のスクランブルによる簡易秘話方式（秘話スクランブル方式）を定めている。秘話スクランブル方式における秘話鍵は、基地局と移動局にあらかじめ用意した同一の変換テーブルと、リンクチャネル確立フェーズで交換されるリンクアドレスを利用して生成される。つまり、セキュリティによるオーバーヘッドは特に必要でない。

■ARIB STD-T109

ARIB STD-T109 を用いる安全運転支援システムにおけるセキュリティのオーバーヘッドは、車載機：27 バイト及び基地局：56 バイトとしている。

■ITS FOURM RC-005

ITS FOURM RC-005 へ適用するセキュリティ方式はまだ規定されていない。

データ改ざん、なりすまし等への対抗や国際協調の観点 considering、欧米で採用されている IEEE1609.2 の公開鍵方式のオーバーヘッドサイズ 204 バイトと H28 年度「自動走行向け ITS 無線通信手順についての調査検討」における想定サイズ 250 バイト（公開鍵方式と同程度）を踏まえて、本調査検討では以下の 2 ケースを想定して検討、評価を進めることとした。

- 27 または 56 バイト：ARIB STD-T109（車載機／路側機）のセキュリティデータと同じサイズ
- 250 バイト：H28 年度調査検討における想定サイズ

パケット分割／再結合

メッセージサイズが大きい自工会検討 UC に対しては、パケット分割／再結合の処理が必要となる。3つの候補通信方式に適用されるパケット分割／再結合処理は以下のガイドライン、通信規格で規定されている。

- ITS FORUM RC-005： ITS FORUM RC-014
- ARIB STD-T109： ITS FORUM RC-010
- ARIB STD-T75： 同規格内にて規定

候補通信方式毎にパケット分割／再結合の処理方法及びそれにもなうオーバーヘッドサイズを整理した。

■ ITS FOURM RC-005/ITS FORUM RC-014

図 5.1-10 に、ITS FORUM RC-005 に適用される ITS FORUM RC-014 におけるデータ交換例に示すように、パケット分割/再結合は ITS-LPP 層及び ITS-ASL-ELCP 層の 2ヶ所で行われ、アプリケーションから 1386 バイト以上のデータを受け取った場合、パケット分割が行われ計 13 バイトのオーバーヘッドが追加される。

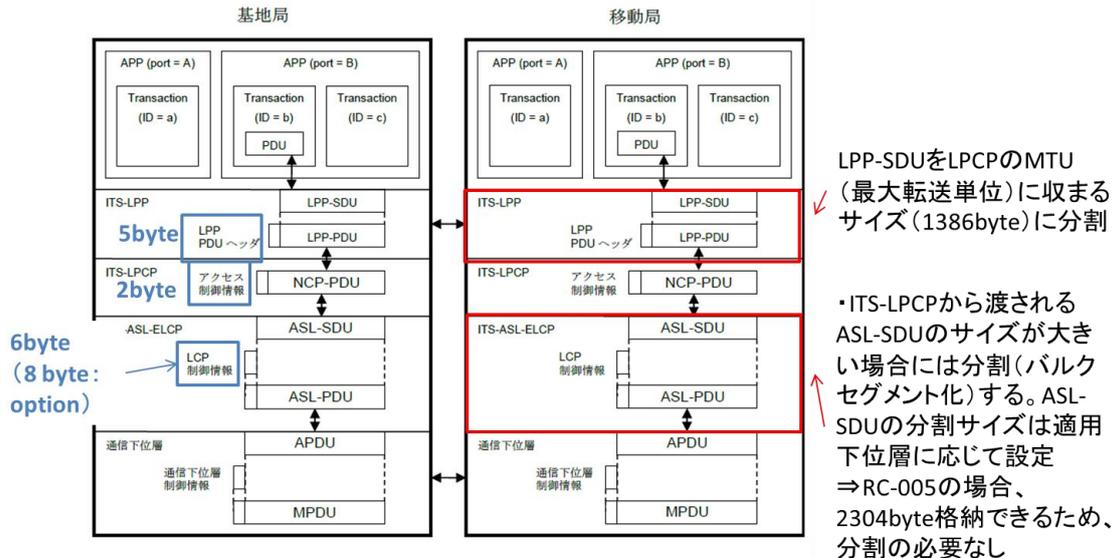


図 3.3-2 ITS-LPP におけるトランザクション間データ交換例

図 5.1-10 : データ交換例 (ITS FORUM RC-014)

■ ARIB STD-T109/ITS FORUM RC-010

路側機におけるパケット分割及び送信を ARIB STD-T109 に適用するために ITS FORUM RC-010 において規定されるオーバーヘッドサイズは、路側機 (基地局) : 5 バイト及び車載機 (移動局) : 1 バイトである。

本パケット分割/再結合が適用される送信元は路側機のみである点に注意を要する。すなわち、ARIB STD-T109 及び ITS FORUM RC-010 を自動走行支援通信に適用した場合、車載機が送信するメッセージに対してはパケット分割/再結合を行うことができない。

さらに、ARIB STD-T109 による 760MHz 帯 ITS 無線通信を自動走行支援通信として使用する場合は送信パケット長に上限がある。

■ ARIB STD-T75

ARIB STD-T75 規格内でパケット分割/再結合に関して規定されており、MAC 制御フィールドの一部を用いて処理が行われる。すなわち、パケット分割/再結合によるオーバーヘッドの追加は必要でない。

パケット構成案

セキュリティ及びパケット分割/再結合による追加オーバーヘッドの整理結果を踏まえて、候補通信方式毎のパケット構成（案）を検討した。

図 5.1-11 から図 5.1-13 に、それぞれ ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 を候補通信方式とした場合の自動走行支援通信のパケット構成（案）を示す。

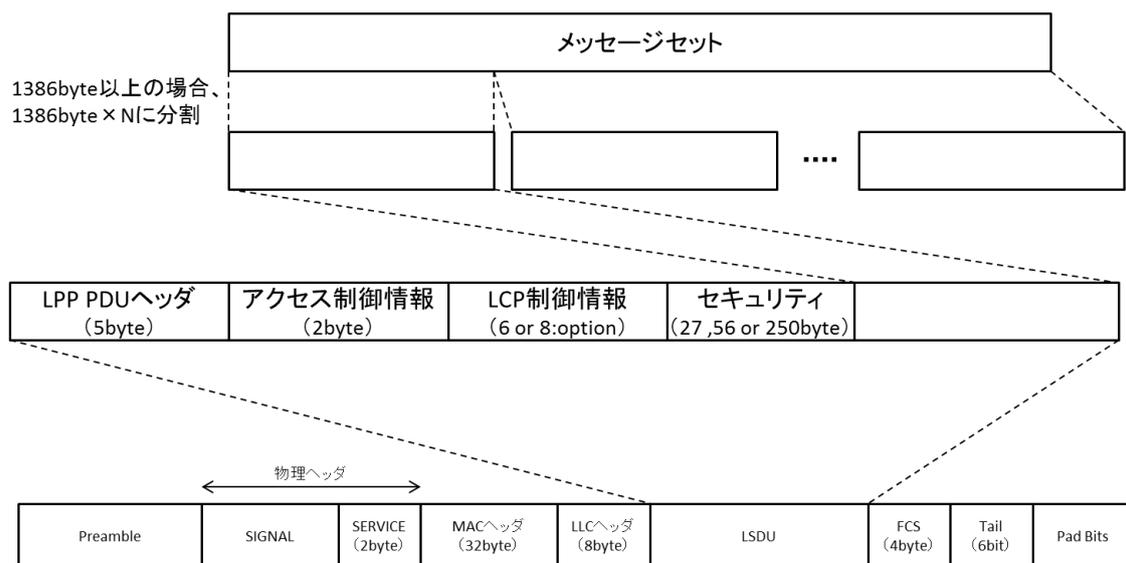
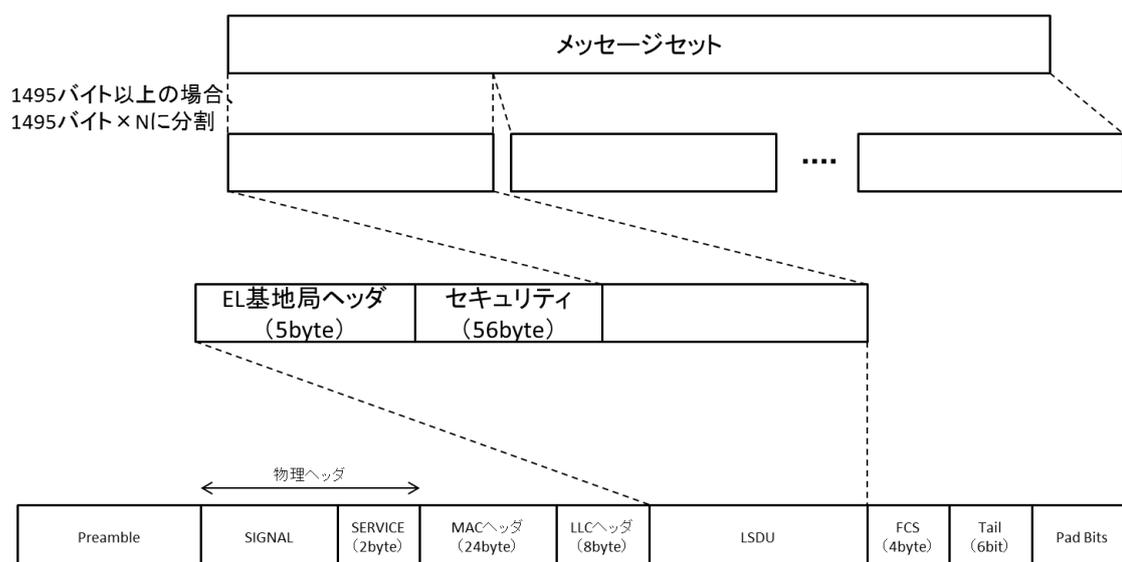
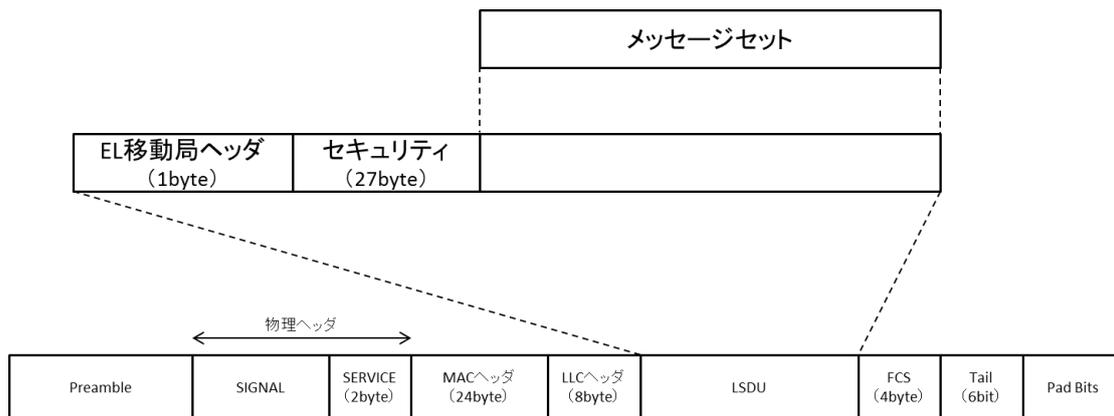


図 5.1-11：自動走行支援通信のパケット構成（案）
候補通信方式：ITS FORUM RC-005（路側機、車載機）



(a) 路側機



(b) 車載機

図 5.1-12 : 自動走行支援通信のパケット構成 (案)

候補通信方式 : ARIB STD-T109

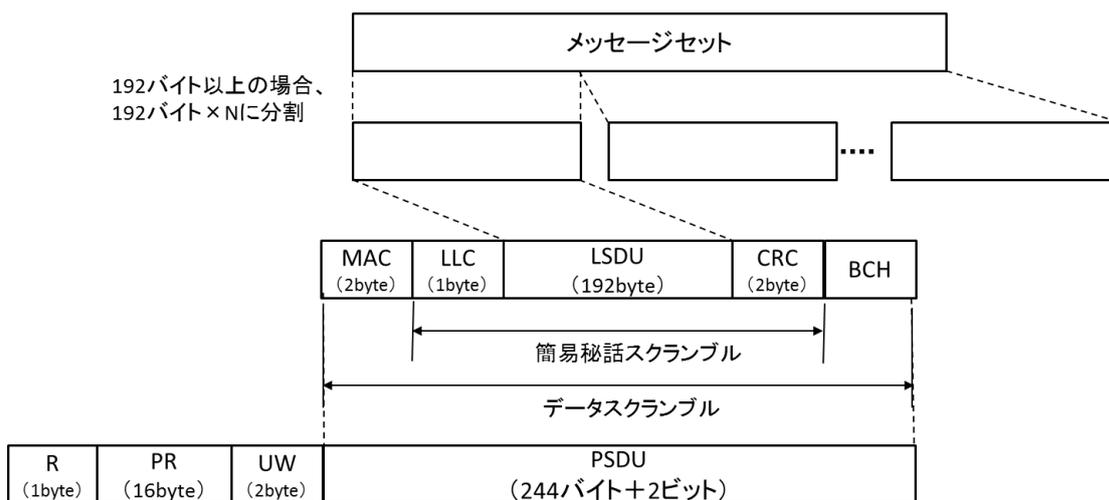


図 5.1-13 : 自動走行支援通信のパケット構成 (案)

候補通信方式 : ARIB STD-T75 (路側機、車載機)

【プロトコル検討】

これまで国内において車車間・路車間通信向け ITS 無線通信として検討、規格化されてきた ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 及び ARIB STD-T75 をベースに自動走行支援通信の通信仕様を検討し、当該仕様による自動走行支援通信が本調査検討の対象 UC に対してどの程度有効であるかシミュレーション評価等の机上検討結果を踏まえて、ステージ 2-1 における ITS 無線通信のメッセージセット案及びプロトコル案としてまとめた。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109

表 5.1-10 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ITS FORUM RC-005、ARIB STD-T109 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。同表の赤字が候補通信方式の仕様から追加変更が必要な部分である。

H28 年度「自動走行向け無線通信手順についての調査検討」において、自工会検討 UC の要件（通信品質）を満足するための対策技術として受信ダイバーシチ機能及び連送制御機能が挙げられているが、有効性の机上検討より、両機能が必要であることが分かった。

また、自工会検討 UC8 においては、関係車両の返答タイミングが同時となりパケット衝突が増大するため、送信タイミング制御機能の追加が必要であることが、有効性の机上検討より分かった。

■候補通信方式：ARIB STD-T75

表 5.1-11 に、候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）を ARIB STD-T75 とした場合の、自動走行支援通信の仕様素案の主な通信諸元を示す。

有効性の机上検討より、特に仕様、機能の追加変更なしで、通信形態が路車間通信の UC に対して目標通信性能を満足することを確認した。但し、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他と比べて低いため、今後 UC の条件、要件が変更された場合の対応が課題となる。

表 5.1-10：自動走行支援通信の仕様素案（主な通信諸元）

候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）が ITS FORUM RC-005／ARIB STD-T109 の場合

項目		ITS FORUM RC-005	ARIB STD-T109	備考
対応可能UC		UC2～8		
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	760 MHz帯	
	空中線電力	10mW/MHz以下		
	占有帯域幅	9MHz		
	変調方式	QPSK/OFDM、16QAM/OFDM		
	誤り訂正	畳み込み符号(符号化率1/2)		
	ダイバーシチ制御	なし／あり(受信ダイバーシチ)		自動走行支援時は「あり」
L2 (データリンク層) 仕様	MAC方式	CSMA/CA		ランダムバックオフ制御
	CWサイズ	63		
	キャリアセンス感度	プリアンブル:-85dBm、 プリアンブル以外:-65dBm		
	通信形態	ブロードキャスト		
アプリ／ 上位層	連送制御	あり		UCに応じて回数を変更
	送信タイミング制御	なし／あり		UC8(車車間)は「あり」

※赤字: 候補通信方式の仕様からの追加変更部分

表 5.1-11：自動走行支援通信の仕様素案（主な通信諸元）

候補通信方式（ベースの ITS 無線通信）が ARIB STD-T75 の場合

項目		ARIB STD-T75	備考
対応可能UC		UC2、3、5～7	
L1 (物理層) 仕様	中心周波数	5.8GHz帯	
	空中線電力	基地局: 300mW以下 移動局: 10mW以下	
	占有帯域幅	4.4MHz	
	変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	
	誤り訂正	BCH(63, 51)	
L2 (データリンク層) 仕様	MAC方式	TDMA	スロテッドALOHA
	再送制御	あり	ACK制御
	パケット分割・再結合	あり	

5.1.4. メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討

自動走行向け ITS 無線通信のメッセージセット及びプロトコルの検討結果を踏まえて、当該メッセージセット及びプロトコルの有効性についてシミュレーション評価等の机上検討で確認した。

【有効性の机上検討】

検討したメッセージセット及びプロトコルを適用した場合の通信性能に関して、計算機シミュレーションによる机上検証を UC 毎に行った。

まず、検討したパケット構成案、想定する走行速度（相対速度）等をもとにパケットエラー率－CNR 特性等の通信品質特性を評価（リンクレベルシミュレーション評価）し、その結果をもとに無線回線設計を UC 毎、候補通信方式毎に実施した。続いて、無線回線設計結果が通信要件を満足する条件に対して、車両の移動や他車両とのパケット衝突の影響を考慮したシステムレベルのシミュレーションにより、パケット到達率（もしくはパケットエラー率 PER）及び通信遅延時間特性を評価した。

有効性の机上検討結果：UC2

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- パケットサイズが大きく（メッセージサイズ 405byte）、エラーフロアが発生するため、セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、変調方式 QPSK（6Mbps）、16QAM（12Mbps）の両方に対して、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-12 に、UC2 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性ならびに通信遅延特性）を示す。

エラーフロアを軽減する対策として、マルチパス発生を抑えるための路側機アンテナの指向性パターン及び設置の最適化等の検討が今後必要である。

表 5.1-12：有効性の机上検討結果まとめ（UC2）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	15.5	—	—
		2連送	—	28.0	—	21.5
		3連送	21.7	29.5	—	23.5
	27	適用せず	—	26.0	—	20.3
		2連送	22.2	29.2	13.9	23.8
		3連送	25.1	30.3	18.5	24.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	31.7	36.9	25.3	31.1
		2連送	33.7	38.2	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.8	—	—
		2連送	—	99.7	—	99.7
		3連送	99.5	99.7	—	99.8
	27	適用せず	—	99.4	—	99.4
		2連送	99.5	99.9	99.0	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.8	99.9
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.6	99.6	99.7	99.7
		2連送	99.9	99.9	99.9	99.9
		3連送	99.9	99.9	99.9	99.9

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

(c) 通信遅延時間特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(1)	—(2)	—(1)	—(1)
		2連送	—(1)	452	—(1)	451
		3連送	602	602	—(1)	601
	27	適用せず	—(1)	2	—(1)	1
		2連送	452	451	451	451
		3連送	601	601	601	601
ARIB STD-T109	27	適用せず	2	2	1	1
		2連送	452	452	451	451
		3連送	601	601	601	601

有効性の机上検討結果：UC3

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式を QSPK (6Mbps) とする場合、ダイバーシチまたは連送 (3 連送以上) の適用が必要である。
 - ・ 変調方式を 16QAM (12Mbps) とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-13 に、UC3 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 5.1-13：有効性の机上検討結果まとめ（UC3）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	14.9	—	—
		2連送	—	27.4	—	20.9
		3連送	21.1	28.9	—	23.1
	27	適用せず	—	25.6	—	19.6
		2連送	21.1	29.0	10.5	23.5
		3連送	24.7	30.1	18.0	24.7
ARIB STD-T109	27	適用せず	31.7	36.8	25.2	31.1
		2連送	33.7	38.1	27.5	32.5
		3連送	34.6	38.7	28.4	33.1

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC4

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

必要通信距離が 255m と長いため、目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 0.1s 以下@緊急ハザード発生地点から 255m 上流/30s 以下@1km 上流）を達成するには

- 変調方式を QSPK（6Mbps）とする場合、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM（12Mbps）とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

ITS FORUM RC-005 と同様に

- 変調方式を QSPK（6Mbps）とする場合はダイバーシチまたは連送の適用が必要である。
- 変調方式を 16QAM（12Mbps）とする場合、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。

表 5.1-14 に、UC4 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性ならびに通信遅延特性）を示す。

表 5.1-14：有効性の机上検討結果まとめ (UC4)

(a) 無線回線設

通信方式	セキュリティ によるオーバ ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-7.8	2.9	—	-2.6
		2連送	0	5.0	-6.2	-0.4
		3連送	1.6	5.9	-4.5	0.5
	27	適用せず	-0.8	4.2	-7.0	-1.3
		2連送	1.9	6.0	-4.1	0.5
		3連送	3.0	6.7	-2.9	1.4
ARIB STD-T109	27	適用せず	-0.1	4.7	-6.4	-0.9
		2連送	1.8	6.1	-4.2	0.6
		3連送	2.6	6.6	-3.3	1.2

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティ によるオーバ ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—(2)	99.9	—(1)	—(2)
		2連送	—(2)	100	—(2)	—(2)
		3連送	100	100	—(2)	100
	27	適用せず	—(2)	99.7	—(2)	—(2)
		2連送	100	99.9	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	—(2)	99.8	—(2)	—(2)
		2連送	100	100	—(2)	99.9
		3連送	100	100	—(2)	99.9

※ —(1): 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) ■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

※ —(2): 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(c) 通信遅延時間特性 (1km 地点)

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			End to End 通信遅延時間(99%値) [s] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	2	-(2)	-(2)
		3連送	3	2	-(2)	3
	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	3	-(2)	-(2)
		2連送	3	2	-(2)	3
		3連送	3	2	-(2)	3

※ -(1): 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) ■: 目標性能(通信遅延30 s以下)を達成

※ -(2): 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

(d) 通信遅延時間特性 (255m 地点)

通信方式	セキュリティ によるオーバー ヘッドの想定 サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			255m地点 通信遅延時間(99%値) [ms] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	-(2)	3.4	-(1)	-(2)
		2連送	-(2)	6.2	-(2)	-(2)
		3連送	12.5	4.6	-(2)	20.5
	27	適用せず	-(2)	5.3	-(2)	-(2)
		2連送	11.5	11.5	-(2)	9.2
		3連送	16.7	23.3	-(2)	13.1
ARIB STD-T109	27	適用せず	-(2)	5.6	-(2)	-(2)
		2連送	13.4	10.6	-(2)	7.6
		3連送	20.5	17.2	-(2)	16.6

※ -(1): 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上) ■: 目標性能(通信遅延100ms以下)を達成

※ -(2): 回線設計未達(システムマージン0dB以上)

有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-15 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報なし）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 5.1-15：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：路車間通信、簡易図形情報なし）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	27.0	—	21.4
		2連送	23.7	29.7	16.9	24.3
		3連送	25.8	30.6	19.5	25.2
	56	適用せず	21.5	28.4	14.9	22.9
		2連送	25.7	30.4	19.6	24.9
		3連送	27.2	31.2	22.1	25.8
ARIB STD-T109	56	適用せず	32.1	37.1	25.7	31.4
		2連送	34.1	38.4	27.9	32.8
		3連送	34.9	39.0	28.8	33.4

※ —: エラーフロアが目標PER以上

: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- パケット構成（案）に従ったパケット分割後のパケットサイズが大きく、エラーフロアが発生するため、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、かつダイバーシチ、連送の両機能の適用が必須である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- パケット分割後のパケットサイズは大きいものの、エラーフロア発生の影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-16 に、UC5（路車間通信、簡易図形情報あり）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 5.1-16：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：路車間通信、簡易図形情報あり）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.4	—	—
		3連送	—	23.8	—	—
	56	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	17.6	—	—
		3連送	—	24.0	—	—
ARIB STD-T109	56	適用せず	28.2	35.4	21.0	29.8
		2連送	31.3	36.8	24.7	31.1
		3連送	32.3	37.3	25.8	31.6

※ —:エラーフロアが目標PER以上

■:システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 送受信車両間の相対速度が最大 200km/h と大きく、エラーフロアが発生するため、セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、連送機能の適用が必須である。
 - ・ ダイバーシチ機能を適用しない場合、変調方式は QPSK（6Mbps）とし、3 連送以上が必要
 - ・ ダイバーシチ機能を適用する場合、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合、エラーフロアの影響は小さくなり、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM（12Mbps）とするとダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さく、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-17 に、UC5（車車間通信、簡易図形情報なし）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 5.1-17：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：車車間通信、簡易図形情報なし）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	7.1	—	—
		2連送	—	14.3	—	8.5
		3連送	8.9	15.7	—	10.2
	27	適用せず	9.9	15.3	3.4	9.9
		2連送	13.2	17.4	7.1	12.0
		3連送	14.2	18.0	8.2	12.7
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.8	12.9	17.5

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	98.4	—	—
		2連送	—	100	—	100
		3連送	100	100	—	100
	27	適用せず	99.2	99.3	98.7	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100
ARIB STD-T109	27	適用せず	99.5	99.6	99.2	99.4
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

※ —: 回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上)

■: 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 送受信車両間の相対速度が最大 200km/h と大きく、パケット長が長いため、エラーフロアの影響が大きい。また、パケット衝突も増加。セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK（6Mbps）とし、2 連送以上が必要
- セキュリティによるオーバーヘッドが 27byte の場合も同様に、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
 - ・ 変調方式は QPSK（6Mbps）とし、2 連送以上が必要

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- エラーフロアの影響は小さいものの、パケット衝突が増加するため、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。

表 5.1-18 に、UC5（車車間通信、簡易図形情報あり）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 5.1-18：有効性の机上検討結果まとめ（UC5：車車間通信、簡易図形情報あり）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.2	—	—
		3連送	—	12.9	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	10.7	—	—
		3連送	—	13.4	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	10.0	19.3	2.0	13.8
		2連送	15.2	20.8	8.9	15.3
		3連送	16.6	21.5	10.3	15.9

※ —:エラーフロアが目標PER以上

■:システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
	27	適用せず	—	—	—	—
		2連送	—	100	—	—
		3連送	—	100	—	—
ARIB STD-T109	27	適用せず	98.8	99.0	98.3	99.1
		2連送	100	100	100	100
		3連送	100	100	100	100

※ —:回線設計未達(エラーフロアが目標PER以上)

■:目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC6

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、必要通信距離内で目標性能を達成するには、変調方式を 16QAM（12Mbps）とすると、ダイバーシチまたは連送の適用が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-19 に、UC6 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 5.1-19：有効性の机上検討結果まとめ（UC6）
(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	26.5	—	21.0
		2連送	22.8	29.2	15.8	23.7
		3連送	25.2	30.2	18.8	24.7
	56	適用せず	10.5	27.5	—	21.9
		2連送	24.3	29.7	18.0	24.1
		3連送	26.1	30.6	19.9	25.0
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.5	36.6	25.0	30.9
		2連送	33.5	38.0	27.2	32.3
		3連送	34.4	38.5	28.1	32.9

※ —: エラーフロアが目標PER以上

: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC7

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、及び無線回線設計に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- セキュリティによるオーバーヘッドが 250byte の場合、必要通信距離内で目標性能（パケット到達率 99%以上、通信遅延 1s 以下）を達成するには、ダイバーシチまたは連送機能の適用が必要である。
- セキュリティによるオーバーヘッドが 56byte の場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。

表 5.1-20 に、UC7 の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計）を示す。

表 5.1-20：有効性の机上検討結果まとめ（UC7）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
システムマージン [dB] @PER=1E-2						
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	—	25.9	—	20.2
		2連送	21.5	29.1	12.6	23.7
		3連送	24.9	30.1	18.2	24.8
	56	適用せず	20.1	28.2	12.9	22.9
		2連送	25.5	30.3	19.3	24.8
		3連送	27.0	31.1	20.9	25.7
ARIB STD-T109	56	適用せず	31.9	37.0	25.7	31.3
		2連送	34.0	38.3	27.9	32.8
		3連送	34.9	38.9	28.8	33.4

※ —: エラーフロアが目標PER以上

■: システムマージン0dB以上

有効性の机上検討結果：UC8（合流支援）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 変調方式を QPSK（6Mbps）とした場合、ダイバーシチ、連送を適用せずに必要通信距離内で目標通信品質を達成する。必要通信距離が長いため、変調方式を 16QAM（12Mbps）とした場合、セキュリティによるオーバーヘッドを 27byte とし、ダイバーシチ及び連送の両機能の適用が必須である。
- 合流車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての本線車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率 99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC 制御（CSMA/CA）における CW サイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

- 必要通信距離が長いため、変調方式を 16QAM（12Mbps）とした場合、ダイバーシチ機能の適用が必須である。
- 合流車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての本線車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率 99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC 制御（CSMA/CA）における CW サイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。

表 5.1-21 に、UC8（合流支援）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 5.1-21：有効性の机上検討結果まとめ（UC8：合流支援）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシチ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	0.6	6.5	-5.3	1.0
		2連送	4.0	8.3	-2.2	2.7
		3連送	5.2	9.1	-1.0	3.6
	27	適用せず	2.3	7.2	-4.0	1.6
		2連送	4.9	8.9	-1.2	3.4
		3連送	6.0	9.7	0.0	4.3
ARIB STD-T109	27	適用せず	2.7	7.6	-3.5	4.3
		2連送	4.7	9.0	-1.3	2.0
		3連送	5.5	9.5	-0.3	4.1

■ : システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性：CW サイズ依存性

例：ARIB STD-T109、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

CW				
63	127	255	511	1023
最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア				
94.7	98.2	99.5	99.8	99.9

■ : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

有効性の机上検討結果：UC8（車線変更支援）

伝搬損失特性、リンクレベルシミュレーションによる通信品質特性、無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによる通信性能特性に関する机上検討結果より、以下のことが分かった。

■候補通信方式：ITS FORUM RC-005

- 車線変更車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係（受入）車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC 制御（CSMA/CA）における CW サイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加

が必要である。

- さらに、UC対象エリアの車線変更車両が同時に100ms周期で要求パケットを送信し、それら全ての要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係車両が応答パケットを送信するため、更なるパケット衝突の増加、目標通信遅延時間内に送信できないケースが発生。
 - ・ 上記対策に加えて、送信周期100msもしくは想定通信車両台数（車間距離、想定速度、等）を見直すことで、見直し項目以外の通信要件を満足する。通信要件の見直しに関しては自工会との継続検討が必要である。

■候補通信方式：ARIB STD-T109

ITS FORUM RC-005と同様に

- 車線変更車両の要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係（受入）車両が同時に応答パケットを送信するため、パケット衝突が増大し、目標性能（パケット到達率99%以上）を達成せず。対策として
 - ・ MAC制御（CSMA/CA）におけるCWサイズ（ランダムバックオフ時間）の増加
 - ・ もしくはアプリ／通信上位層における送信タイミング制御（ランダム化）の追加が必要である。
- さらに、UC対象エリアの車線変更車両が同時に100ms周期で要求パケットを送信し、それら全ての要求パケットに対して、応答範囲内の全ての関係車両が応答パケットを送信するため、更なるパケット衝突の増加、目標通信遅延時間内に送信できないケースが発生。
 - ・ 上記対策に加えて、送信周期100msもしくは想定通信車両台数（車間距離、想定速度、等）を見直すことで、見直し項目以外の通信要件を満足する。通信要件の見直しに関しては自工会との継続検討が必要である。

表 5.1-22 に、UC8（車線変更支援）の有効性の机上検討結果まとめ（無線回線設計、及びシステムレベルシミュレーションによるパケット到達率特性）を示す。

表 5.1-22：有効性の机上検討結果まとめ（UC8：車線変更支援）

(a) 無線回線設計

通信方式	セキュリティによるオーバーヘッドの想定サイズ [byte]	連送	変調方式(ビットレート)			
			QPSK(6Mbps)		16QAM(12Mbps)	
			ダイバーシティ			
			適用せず	適用(最大比合成)	適用せず	適用(最大比合成)
			システムマージン [dB] @PER=1E-2			
ITS FORUM RC-005	250	適用せず	9.4	15.1	3.2	9.4
		2連送	12.6	16.9	6.4	11.3
		3連送	13.8	17.7	7.7	12.2
	27	適用せず	10.8	15.7	4.7	10.1
		2連送	13.5	17.5	7.5	12.0
		3連送	14.6	18.2	8.6	12.8
ARIB STD-T109	27	適用せず	16.1	21.0	9.9	15.4
		2連送	18.1	22.3	12.0	16.9
		3連送	18.9	22.9	13.0	17.5

■ : システムマージン0dB以上

(b) パケット到達率特性：CW サイズ依存性

例：ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最小パケット到達率 [%] @UC対象エリア		
100	0	0	0
200	97.8	99.3	0
500	99.2	99.7	99.2
1000	99.1	99.4	99.2

※ -：回線設計未達(システムマージン0dB以上)

※ 0:トラフィック過剰により送受信処理が完了せず、
一定時間、経過後全エラーとなる

■ : 目標性能(パケット到達率99%以上)を達成

(c) 通信遅延時間特性：CW サイズ依存性

例：ITS FORUM RC-005、16QAM、ダイバーシチあり、2 連送

送信 周期 [ms]	CW		
	255	511	1023
	最大通信遅延時間 [ms] @UC対象エリア		
100	—	—	—
200	—	59.4	—
500	19.1	28.8	51.5
1000	14.7	24.8	36.7

※ -:シミュレーション評価の目標PER未達

■ : 目標性能(通信遅延100ms以下)を達成

有効性の机上検討結果：UC2～8 まとめ

表 5.1-23 及び表 5.1-24 に、上記の候補通信方式をそれぞれ ITS FORUM RC-005 及び ARIB STD-T109 として検討した自動走行支援通信の通信仕様素案を、自工会検討 UC2～8 に適用した場合の有効性の机上検討結果を整理したものを示す。

表 5.1-23： 机上検討結果まとめ：ITS FORUM RC-005

(a) セキュリティによるオーバーヘッド 250byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
緊急 ハザード	2	路車間	×	○	×	○	
	3	路車間	×	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	×	○	○	○
			車車間	×	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	×	×	×	○
車車間			×	×	×	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	×	○	○	○	
	7	路車間	×	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

(b) セキュリティによるオーバーヘッド 車載器：27byte、路側機 56byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
緊急 ハザード	2	路車間	×	○	○	○	
	3	路車間	×	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	○	○	○	○
			車車間	○	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	×	×	×	○
車車間			×	×	×	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	○	○	○	○	
	7	路車間	○	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2: 40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

表 5.1-24： 机上検討結果まとめ：ARIB STD-T109
セキュリティによるオーバーヘッド 車載器：27byte、路側機 56byte

○：目標通信性能を達成、×：未達、△：通信要件の一部見直しにより達成

UC		通信形態	ダイバーシティ制御				
			適用せず		適用		
			連送制御				
			適用せず	適用	適用せず	適用	
緊急 ハザード	2	路車間	○	○	○	○	
	3	路車間	○	○	○	○	
	4	車車間	×	○	○	○	
	5	図形情報 なし	路車間	○	○	○	○
			車車間	○	○	○	○
		図形情報 あり	路車間	○	○	○	○
車車間			○	○	○	○	
合流/ 車線変更	6	路車間	○	○	○	○	
	7	路車間	○	○	○	○	
	8	合流	×	△※1	×	△※1	
		車線変更	×	△※2	×	△※2	

△※1:40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信タイミング制御が必要

△※2:40km/h、車間1sの交通量を想定した場合、送信周期200ms以上かつ送信タイミング制御が必要

候補通信方式：ARIB STD-T75 の有効性の机上検討結果：UC2、3、5～7（路車間通信）

候補通信方式を ARIB STD-T75 とした場合の有効性の机上検討の一つとして、UC 対象エリア内で車両が ARIB STD-T75 規格に従って通信を行う際に必要となる送信スロット数の見積りを行った。対象とした UC（路車間通信）は、UC2、UC3、UC5（路車間通信）、UC6 及び UC7 である。見積りの際の評価条件は以下の通りとした。

- ① UC 対象エリア：30m、UC 対象エリア内の通信品質は規格の設計値を満たす
- ② 変調方式：QPSK 方式（データ部分である LSCU サイズは 192byte）
- ③ フレームクラス：C（1FCMS+7MDS+ACTS）
- ④ 車両の周波数選定時間：63.3ms

上記③を想定した際の、既存 DSRC サービスのフレーム構成（例）を図 5.1-14 に示す。また、上記①～④の評価条件のもと、車両が UC 対象エリアを通過するまで（1s）に必要な送信データ量から、1 フレームあたりに占有する必要があるスロット数を見積もった結果を表 5.1-25 に示す。同表より、1 フレームあたりで必要とするスロット数は、図 5.1-14 における送信可能なスロット数と比べて十分に小さいことが分かった。

したがって、対象 UC に対して ARIB STD-T75 を適用した場合、UC 対象エリア内の受信電力が設計値（規格感度）以上になるように路側機を設計、設置すれば、各 UC のメッセージ相当のデータのやり取りは可能であることを確認した。

本机上検討より、特に仕様、機能の追加変更なしで、通信形態が路車間通信の UC に対して目標通信性能を達成する可能性があることを確認したが、実環境において上記①で想定した「UC 対象エリア内の通信品質は規格の設計値を満たす」ことを検証することが今後必要である。

また、候補通信方式が ARIB STD-T75 の場合、スポット通信であり、通信可能時間及びデータ量の上限が他と比べて低いため、今後 UC の条件、要件が変更された場合の対応が課題となる。

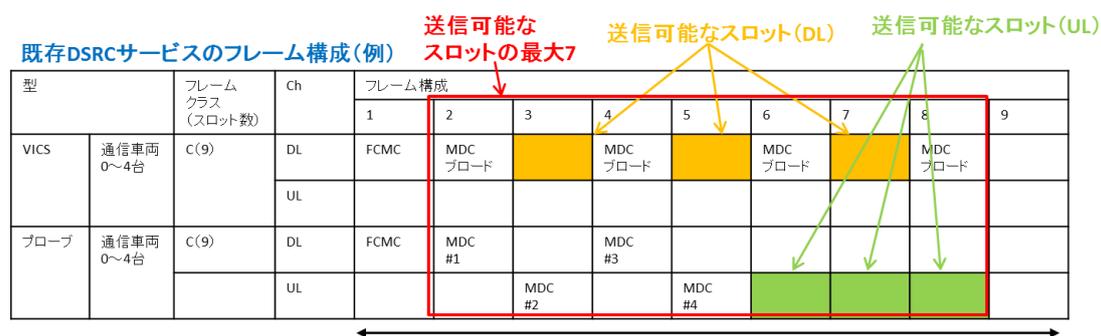


図 5.1-14 : 既存 DSRC サービスのフレーム構成 (例)

表 5.1-25 : ARIB STD-T75 適用時の UC 毎の送信スロット数 見積り結果

	UC2	UC3	UC5 (路車間)	UC6	UC7
想定送信車両台数	3台	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)	-(路のみ)
1s当たりの平均送信データ量	1215 byte	405 byte	175 byte	772 byte	202 byte
1s当たりの平均送信スロット数	6.3 スロット	2.1 スロット	0.9 スロット	4 スロット	1.1 スロット
1フレーム当たりの平均送信スロット数	0.044スロット	0.015 スロット	0.006 スロット	0.028 スロット	0.007 スロット

5.2. 課題まとめ

調査検討の過程において抽出された課題を表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1：検討において抽出された課題一覧

項目	No.	課題内容	説明、指摘事項等	実施結果、今後の対応等
0 全体	0-1	ダイナミックマップの検討状況の反映(車両位置の特定方法等)	ダイナミックマップにおける車両位置の特定方法を踏まえてメッセージセットの検討を行う必要がある。ダイナミックマップ検討チームと整合を取りながら進めて欲しい。	車両位置の特定方法は検討対象外であるが、手順等に通信に関わる部分があるか確認。ダイナミックマップ検討チームにヒアリングを実施し、車線情報等の必要性等の指摘を受ける。
	0-2	通信結果の車両制御への反映	通信結果を反映した車両制御の詳細はユースケース毎に決めるのか？	自工会との整合、議論を継続し、来年度以降の検討に反映
	0-3	ITS用の無線通信以外の検討	セルラーシステム、Wi-Fi等の検討対象とするITS無線通信以外の検討	セルラーシステムに関しては、ITS FORUMと連携を取りながら、前提条件等を無線方式検討TGへインプットする(Wi-Fiに関しては必要性が出てくれば検討する)。
	0-4	自工会検討UC以外の検討	本線同士の合流、トンネル内の合流(漏洩同軸ケーブルによる通信の活用等)についての検討	今後の課題として報告書に整理
1 (1)自動走行支援通信の通信要件の策定	1-1	検討対象とする道路	一般道について検討した際に、高速道路を対象として検討した内容に見直しが入らないように調査検討を進める必要がある。	高速道路に限定した検討条件による残課題として整理
	1-2	上位層におけるアルゴリズム	想定アルゴリズムで合流等が成立することの確認	来年度計画の交通流シミュレーションの評価により確認、見直しをする。
	1-3	通信要件の妥当性	通信品質、遅延時間等の通信要件を評価基準とした評価結果の車両挙動等の安定化に対する妥当性	通信品質99%は仮の値であり妥当性は今後議論が必要である(自工会との整合、議論を継続)
	1-4		センシング時の処理遅延等、本線車両をセンシングして路側機から配信するまでの遅延時間(UC6)を考慮する必要がある。	今後の課題として報告書に整理(精緻化するためには、配信情報から合流位置を推定するアルゴリズムの検討と合わせて進める必要あり)
2 (2)自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定	2-1	メッセージセットの検討	通信機を持たない車両がいるケースを対象とすると、路側機のメッセージセットが変わるのではないか？	今年度は全車両が通信機を持つ想定で検討を実施。通信機を持たない車両がいるケースの検討をどのように進めるか等、自工会との整合、議論を継続し、来年度以降の検討に反映
	2-2		メッセージセットを、ASN.1形式等、標準的な表記とすると良い。	今後の課題として報告書に整理(今年度はメッセージセットのサイズ見積もり、通信性能評価に注力)
	2-3		車両ID等のデータエレメントのサイズの妥当性(自動走行支援通信を実現するために十分か？)	今後の課題として報告書に整理
	2-4	メッセージセットの切替の検討	複数UCの同時発生時における、切替方法およびメッセージ構成に関する検討	今年度は単独UCを想定して評価(メッセージ構成に関わる共用可能なメッセージについては整理を実施)。その他の詳細検討は、今後の課題として報告書に整理
	2-5	セキュリティを考慮した検討	鍵の配信手順等を考慮した検討	今年度は既存の方式を調査分析。詳細は来年度以降の検討対象とする。
	2-6		虚偽の情報等が送られてきた場合の検討	最終判断は自律系を想定(自工会との整合、議論を継続)。残課題として報告書に整理
	2-7	シャドウイング、マルチパスを考慮した評価	大型車によるシャドウイングや周辺車両によるマルチパスの変化の影響を考慮した評価	来年度に、シャドウイングやマルチパスの影響を考慮した評価を実施する(今年度は統計的なマルチパスの影響を反映した評価を実施)
	2-8	各通信方式の制限	ARIB STD-T109の送信時間制限等の各通信方式における制限	解決すべき課題として整理し、報告書に記載
	2-9	複数の通信方式の混在、切替の検討	検討対象としている複数の通信方式の混在や切り替えに関する検討	今年度は通信方式毎の上位層での制御を中心に検討を行う。通信容量不足等の問題が発生した場合には、切り替え等の検討の必要性を課題とし報告書に整理
	2-10	既存システムの影響	既存システムとの共用に関する検討	今年度は単独システムを想定して評価。今後の課題として報告書に整理

6. 【付属資料1】平成29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討 実施体制及び構成員名簿

6.1. 実施体制

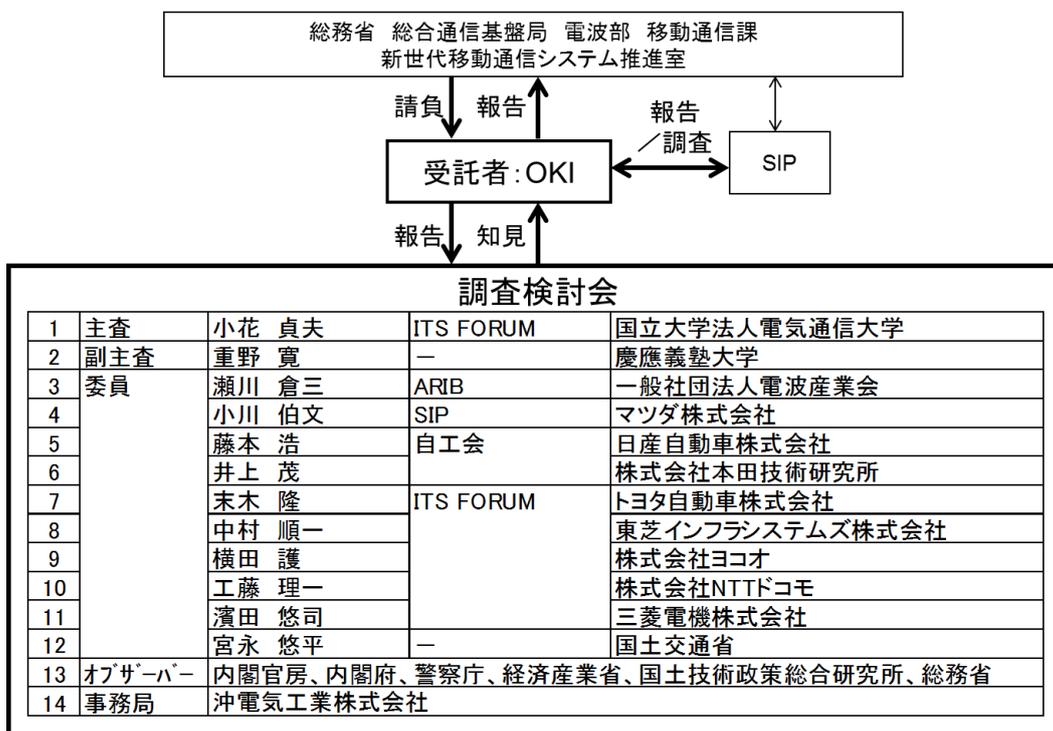


図 6.1-1：自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討の実施体制

6.2. 構成員名簿

表 6.2-1：自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討の
構成員名簿

	名前	委員会等	所属
主査	小花 貞夫	ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 委員長	国立大学法人電気通信大学 情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻
副 主査	重野 寛	—	慶應義塾大学 理工学部 情報工学科
委員	瀬川 倉三	—	一般社団法人電波産業会 研究開発本部 ITS グループ
	小川 伯文	SIP 自動走行システム システム実用化 WG 車路車間通信民間窓口 国際連携 WG 準構成員 Connected Vehicle 窓口	マツダ株式会社 R&D 技術管理本部 開発調査部
	藤本 浩	一般社団法人日本自動車工業会 安全・環境技術委員会 ITS 技術部会 移動体通信分科会長	日産自動車株式会社 電子技術・システム技術開発本部 AD&ADAS 先行技術開発部 戦略企画グループ
	井上 茂	一般社団法人日本自動車工業会 ITS 技術部会 移動体通信分科会 協調活動検討ワーキング 主査	株式会社本田技術研究所 四輪 R&D センター 第 12 技術開発室 第 1 ブロック
	末木 隆	ITS 情報通信システム推進会議 700MHz 帯 ITS 実用化専門委員会 委員長	トヨタ自動車株式会社 ITS 企画部 ITS 企画室
	中村 順一	ITS 情報通信システム推進会議 5GHz 帯路車間通信検討 WG 主査	東芝インフラシステムズ株式会社 社会システム事業部 道路ソリューション技術部
	横田 護	ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討 TG ユースケース検討 G	株式会社ヨコオ 経営企画本部 新事業開発室 システム事業開発室 システム事業推進グループ
	工藤 理一	ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討 TG 通信方式検討 G	株式会社 NTT ドコモ 先進技術研究所 5G 推進室 5G 無線技術研究グループ
	濱田 悠司	ITS 情報通信システム推進会議 高度化専門委員会 無線方式検討 TG ガイドライン検討 G	三菱電機株式会社 先端技術総合研究所 地理情報通信技術グループ
		宮永 悠平	—
オブザーバ		内閣官房	
		内閣府	
		警察庁	
		経済産業省	
		国土技術政策総合研究所	
		総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課 新世代移動通信システム推進室	
事務局 (請負者)		沖電気工業株式会社	

7. 【付属資料2】平成29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討 議事録集

7.1. 第1回会合議事録

H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 第1回会合議事録

1. 日時：平成29年10月19日（木） 10:00～12:00

2. 場所：STANDARD 会議室 虎ノ門ヒルズ FRONT 店 5階小ホール

3. 出席者：(順不同、敬称略)

(1) 委員

小花 貞夫（主査）、重野 寛（副主査）、瀬川 倉三、小川 博文、井上 茂、
末木 隆、中村 順一、横田 護、工藤 理一、濱田 悠司、
中村 一成（宮永 悠平代理）

(2) オブザーバ

[内閣官房 IT 総合戦略室] 大澤 良樹、河西 航太

[警察庁 交通局 交通企画課兼交通規制課] 大塚 裕貴

[経済産業省 産業技術環境局 国際標準課] 岩崎 則昌

[国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室] 小木曾俊夫

[総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課] 石井 智章

(3) 事務局 [沖電気工業]

浜口 雅春、加藤 圭、金子 富、中林 昭一、星名 悟、中野 通博、
菊池 典恭、畑本 浩伸、矢野 貴大

4. 配布資料

- H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
第1回 議事次第
- [H29_自動走行支援通信-1-1]
平成29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 規程
- [H29_自動走行支援通信-1-2]

「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会」概要

- [H29_自動走行支援通信-1-3]
「(1) 自動走行支援通信の通信要件の策定」実施内容
- [H29_自動走行支援通信-1-4]
「(2) 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定」実施内容
- [H29_自動走行支援通信-1-5]
自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 スケジュール
- [付属資料 1]
自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 構成員名簿

5. 開会

総務省移動通信課 石井様より開会の挨拶が行われた。

石井様) 総務省として、SIP の枠組みの中で、車車間、路車間通信の研究開発を行っている。この場では、自動車工業会（以下、自工会）等と連携をとりながら、具体的にメッセージセット及びプロトコルを整理したい。様々な意見を取り入れたと考えているため、協力をお願いする。

6. 委員の紹介

委員、オブザーバ及び事務局の自己紹介が行われた。

7. 検討会開催に関する説明（検討会規程の確認）

資料 [H29 _自動走行支援通信-1-1] に基づき、検討会規程の説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

中村（順）委員) 守秘義務について確認したい。本調査検討の情報を、ITS 情報通信システム推進会議 5GHz 帯路車間通信検討 WG に展開することは禁止か。

浜口) 委員が取りまとめている WG への情報展開は問題ない。条件等何かあれば連絡する。

8. 主査の選出

小花委員、重野委員がそれぞれ、主査、副主査に選出された。小花主査、重野副主査より以下のコメントがあった。

小花主査) 本調査検討の内容は、早めに完遂すべき内容と捉えている。今年度議論するユースケースが全てではなく、次のステップの検討も必要となる。次のステップに早く進むためにも、今年度の調査検討にてしっかりと成果を出してほしい。良い成果を出すために、委員の方々には忌憚ない意見を述べてほしい。

重野副主査) V2V、V2X の研究が進んできており、昨今、自動走行についても研究が始まった。期待していたトピックスであるため、成果創出に協力していきたい。

9. 議事

(1) 調査検討概要説明

資料 [H29 _自動走行支援通信-1-2] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

中村 (順) 委員) 本調査検討において、メッセージセット及びプロトコルについて、標準化を見据えた成果報告を行う理解で良いか。

浜口) 電波関連の制度に関わる部分がある場合は、標準化に向けた提案を行う。

中村 (順) 委員) メッセージセットの検討を行うには、セキュリティについても検討する必要がある。つまり、通信目的以外のメッセージも含めた自動運転車の標準的なメッセージセットが必要となると考える。そのため、ISO にて標準規格とすることを考えながら検討を進めると良い。

浜口) 指摘の通りではあるが、セキュリティに関しては、まずは調査する既存のメッセージセットを参考に、通信の観点からメッセージセット案を作成し、提案することを考えている。

横田委員) 検討対象としているのは、どのような高速道路か。

浜口) 基本的には高速道路全般を考えているが、都市間高速道路等の前提条件が入る場合には、明確にして提示する。

瀬川委員) 実用化の早い高速道路を想定してまず検討するという方針は良い。しかし、一般道について検討した際に、それまで検討していた部分に対して見直しが入らないように、注意しながら調査検討を進める必要がある。

浜口) 一般道に適用した際の評価は実施しないが、高速道路に限定した検討条件による残課題として整理したい。

小川委員) 9 ページの前提条件において、「通信相手車両の特定」とある。この実現のためには、GPS だけでなく、ダイナミックマップにおける車両位置の特定方法が関わってくると理解している。そのため、SIP におけるダイナミックマップ検討チームと整合をとりながら進めてほしい。

小花主査) ダイナミックマップにおいて、周辺車両の情報はセンターまでアップされるのか。

小川委員) アップをしない想定で検討している。短い更新周期が必要な情報は、通信にて周辺車両と直接やり取りを行う。準動的な情報は、ダイナミックマップにおけるマップ経由でやり取りを行う。

小花主査) SIP におけるダイナミックマップ検討チームと整合とはどのような意味合いか。

小川委員) 自車位置の特定方法は、ダイナミックマップにおいては、地図上のあるマーカーポイントを基準に位置の推定を行っている。その推定方法、表現方法と整合をとって欲しいという意味である。

小花主査) 自車位置の特定方法の検討は本調査検討の対象範囲なのか。

浜口) 特定方法の検討は対象範囲外だが、通信の手順等に関わる部分があるのであれば、検討する必要がある。通信の手順等に関わるか確認を行う。

小川委員) 自車位置の特定のためにやり取りしていた情報は、これまでは GPS の情報である、緯度、経度であった。先ほど述べた通り、ダイナミックマップではマーカーポイントからの位置が情報として必要となるため、メッセージセットの中に組み込む必要があるのではないかと考えている。

工藤委員) 世界的な動向としては、位置情報のやり取りの際の主な通信形態は、ブロードキャストで片方向の通信という認識である。9 ページにおいて、相互通信が必要と記載されているが、これは自動走行支援通信全般に相互通信が必要という意味か。

浜口) 特定のユースケースにおいて、相互通信が必要となるという意味であり、相互通信が自動走行支援通信全般に必要とは考えていない。

井上委員) 自工会において、8 ページにある合流シーンのユースケースの検討が進んでいる。合流地点のビデオ映像の解析を行っているが、当初易しい条件と考えていたスムーズな交通流の環境でも、車両の位置関係によっては、車両の挙動が乱れて交通流に影響を与える問題が発生することが分かってきた。その検討結果を反映し、支援方法を見直したものを今年度のインプットとしたい。また、車車間通信では、車載器の普及率が課題となり、かつ、地形によっては通信が困難となるケースが発生することが予測されるため、まずは路車間通信での検討が有効と考えている。そのため、路車間通信のシナリオも検討しているため、情報共有していきたい。

末木委員) 安全運転支援等、既に利用されているメッセージセットがあるため、個別のものとして自動走行支援通信メッセージセットを考えるのではなく、既存のメッ

メッセージセットの拡張として扱えるものにできると良い。

浜口) そのように考えている。検討方針については、[H29_自動走行支援通信-1-4]にて説明する。

中村(順)委員) 通信機を持たない一般車両あるいは二輪車等が入るケースは評価の対象としなくて良いのか。その対象次第で、路側機のメッセージセットは変わってくるのではないかと。

浜口) 必ずしも通信情報が届かなくても自律系で自動走行ができることを前提にしている。そのため、通信側の検討内容として通信機を持たない一般車両がいるケースについてどこまで踏み込むべきか、改めて自工会と整合をとり整理する。

重野委員) どこまで通信結果を反映した車両制御を行うかによって、やり取りすべき情報が変わる。通信による車両制御の詳細はユースケース毎に決めているのか。

浜口) 自工会と整合をとり検討を進める。

瀬川委員) 検討対象として複数の通信方式があるが、それらの通信方式の混在や切り替え等についてはどのように考えているのか。

浜口) 昨年度の評価によって、L1(物理層)、L2(データリンク層)の範囲での通信品質確保に関して検討は進んできている。そのため、今年度は上位層での制御を中心に検討を行う。その検討の中で、通信容量が足りない等の問題が発生した場合には、切り替え等を検討する必要性について課題として挙げる。

(2) 調査検討実施内容説明

① 自動支援通信の通信要件の策定

資料 [H29_自動走行支援通信-1-3] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

工藤委員) 5 ページに記載の通信システム以外(セルラーシステム、Wi-Fi 等)は検討しないのか。

浜口) 基本的には提示の通信システムについて調査検討を進める。しかし、本調査検討は ITS FORUM と連携をとりながら進めるため、セルラーシステムについては、メッセージセットやプロトコルに関する前提条件等を、無線方式タスクグループへインプットし、検討を進めたいと考えている。Wi-Fi については必要性が出てくれば検討する。

小花主査) 大型車と普通車の混在はどこまで考慮して評価を行うのか。例えば、大型車によるシャドウイングを考慮した評価は行うのか。

中林) 今年度は、車種毎のアンテナ高による伝搬距離への影響については考慮するが、シャドウイングについては考慮しない。

- 浜口) 指摘の通り、車両または地形によるシャドウイングの検討は、最悪ケースを考
えるのであれば必要となる。しかし、どのような状況であれば最悪ケースとな
るのか、その抽出が困難であるため、まずは、環境条件から除いて評価を行う。
課題としては捉えている。
- 小花主査) 車両によるマルチパスの変化による影響は考慮しなくも良いのか。
- 中林) 電波伝搬シミュレーション等を用いて局所的な変動の反映は行わないが、統計
的なマルチパスの影響を反映した評価を行う。
- 小花主査) 上位層における合意形成のアルゴリズムは既に決まっているのか。
- 中林) 新たなインプットがないため、まずは、昨年度のインプットを考慮した評価を
行う。
- 浜口) ITS FORUM において検討している内容があるため、その検討結果を反映する。
- 井上委員) 自動運転レベル 4 程度になると、ルールを細かく定め、互いに制御しあう必要
が出てくるかもしれない。しかし、本調査検討の対象である自動運転レベル 2・
3 では、本線側に極力影響を与えないことを目指し、合流車両側が合流できる場
所を把握して合流できるように制御することを想定しているため、その想定
のアルゴリズムとなっている。
- 小花主査) その想定で合流が成立できるかを確認しなくて良いのか。
- 井上委員) シミュレーションを行い、見直す必要はある。
- 浜口) 交通流のシミュレーションは来年度計画している。そのタイミングで、見直し
ができる。
- 小花主査) 合流や車線変更が混在すると、合意のキャンセルが必要になるケース等が発生
すると思うが、その影響等は検討しないのか。
- 浜口) こちらの課題に対しても、交通流のシミュレーションを行う環境が整えば検討
できると考える。
- 中村 (順) 委員) セキュリティについて考慮した評価は実施しないのか。通信要件にも関
わる要素であるため、鍵の配信手順等は早い段階で考慮すべきと考える。
- 浜口) 調査が必要と捉えているが、セキュリティの場合、既存の方式の情報は入手し
難い状況であると認識している。情報があれば展開をお願いしたい。
- 中村 (順) 委員) DSRC-SPF は参考になるのではないか。最近のセキュリティに対する考
え方は、脆弱性を確認してもらうため情報をオープンにしている (セキュリテ
ィの根幹を守るのは鍵)。そのため、アルゴリズムの情報は入手できるのでは
ないか。
- 浜口) 調査する。
- 重野副主査) セキュリティを考慮するという観点は重要と理解している。しかし、リアル

タイム性が必要、且つ、不特定多数との通信が対象となると、非常に技術的には難しいと考える。本調査検討での整理は、前述した問題があることと、それに対してどのような切り口で、下側のプロトコルをモデル化して考えたかを明記しておくことが大事になると考える。例えば、通信距離に関しては、周囲の状況によって届く距離は変わるが、様々なケースを考えると混乱を招くため、一定の通信距離にモデル化する等の割り切った想定をして、その想定を互いに共有しながら整理をするなどの方針で良いかと考える。

工藤委員) 特定の相手と通信を行うユースケースにおいて、秘匿性はどのように考えているのか。完全に周囲の車両は傍受できなくするべきなのか、WAVE で定義されているようなレベルが良いのか、方針は決まっているのか。

浜口) 指摘の内容を考慮してどのように検討するか整理を行う。

重野副主査) セキュリティに関しても、車両にどこまで自律性を仮定するのかによって、検討内容が変わってくると考える。

小花主査) 虚偽の情報等が送られてくるとも考えるべきである。

浜口) 車載器をどこまで信用するか、車両の制御をどこまで行うのか、自工会と整合をとりつつ整理する。

小川委員) 自工会としては、最終判断は自律系を想定している。その想定を基にどのような手順をとるかは議論していく。

井上委員) あくまで本調査検討の自動運転レベルでは、自律系自動運転に対して支援することが通信の役割。レベルが上がった際の位置付けに関しては議論が必要と捉えている。

中村(順)委員) 車載器はコンシューマに渡っているため悪用される可能性がある。しかし、路側機は管理が可能なため、路側機情報はセキュリティ的に信頼できるものであることが分かるような仕組みを入れられるのではないかと。その仕組みがあれば、路側機情報を基に車載器から送信された情報が信頼できるものが判断する仕組みを考えることができるかもしれない。

② 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定

資料 [H29_自動走行支援通信-1-4] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

濱田委員) メッセージセットの机上検討とは、データサイズとして評価するのか。アプリケーションの動きとして評価するのか。

中林) アプリケーションの動きを反映した通信性能評価を行う。しかし、その通信結果に連動した車両の挙動の変更等を反映した評価は行わない。

濱田委員) 評価の結果、追加メッセージの提案はするのか。

- 中林) 必要に応じて提案する。
- 瀬川委員) 4 ページにおいて国内外の規格の調査に関連するが、RC-013 の検討の際に日米欧の規格の比較・整理を実施した。必要であれば展開できる。
- 浜口) 参考にさせてほしい。
- 瀬川委員) 7 ページの無線回線設計等、どこまでの要素を考慮するかで、多数のパターンを考えられるため、前提条件を明確に提示すると良い。
- 中林) 指摘の通りであるため、整理する。
- 重野副主査) MAC レイヤが評価対象になっているが、MAC レイヤを考慮した際に、無線回線設計におけるトラフィックの条件はどのように考えているのか。他のシステム（ビーコン等）のトラフィックも考慮して、設計を行うのか。
- 中林) 今年度は単独を想定し、他システムのトラフィックは考慮しない。
- 工藤委員) 伝搬損失モデルについて、ITU-R P.1411 が例として掲載されているが、ITU-R P.1411 では、条件として甘くはないかと懸念している。見直し外等、最悪ケースの採用した評価も実施したほうが良いのではないかと懸念している。
- 中林) 提示したモデルは、ITU-R P.1411 の中央値のモデルのため、指摘の通り最悪ケースではない。しかし、移動体の場合、最悪ケースが長時間継続することはないと考えている。また、最悪ケースが継続した想定で評価をすると、厳しすぎる条件となってしまうとも考えられる。まずは、無線回線設計において、提示したモデル以外にも調査し、提示したモデルとのギャップを確認する。
- 瀬川委員) 車車間通信の場合、遮蔽は回避できない。そのため、評価結果によっては、車車間通信だけでユースケースを実現することには拘らずに、路車間通信を利用することも視野に入れておいたほうが良いと考える。
- 浜口) 通信品質 99%を実現できるのは、あくまである条件下においてであることを、誤解なく伝えるため、報告の方法等は注意する。
- 小花主査) 通信仕様による制限（ARIB STD-T109 の送信時間制限等）についてはどのように考えているか。
- 浜口) 通信仕様毎に、対象ユースケースを実現するためには、解決しなくてはならない課題があることを提示する。通信仕様の見直し等があった場合に、インプットにできればと考える。
- 末木委員) 昨年度までの SIP の結果は反映するのか。
- 中林) 送信時間制限に対する対応等、参考にできると考える。
- 末木委員) メッセージセット及びプロトコルの有効性の机上検討とあるが、具体的な評価基準はなにか。
- 浜口) まずは、通信品質、遅延時間を評価基準とする。それを車両の挙動の分析につ

なげられるかは議論していきたい。

末木委員) 現段階の通信品質等の通信要件は、メッセージセットに関わる上位での処理方法等を根拠とした値とはなっていない理解である。これらを評価基準とした評価結果を用いた車両挙動の安定化等に対する分析の妥当性は示せるのか。

浜口) 指摘の通りである。通信品質 99%が妥当か、その値が車両の挙動にどうつながるかは今後つめていく必要があると考える。

井上委員) 現状、自工会としても明確な裏づけはなく、通信品質の 99%は仮の値としている。

小花主査) 通信品質 99%以外にも複数パターン (95%、90%等) 検討しても良いかと考える。

中村 (順) 委員) 本調査検討会資料においてプロトコルは L2 以下の通信を指している理解だが、メッセージセットのレイヤにもプロトコルがある。本調査検討で対象範囲外としても、それぞれのレイヤのプロトコルに関して、検討が必要なことは課題等でまとめておくと良い。

浜口) 指摘の通りであるため、整理して提示する。

小花主査) プロトコルの階層化を明確にすると良い。

③ 実施計画

資料 [H29 ITS 通信手順-1-5] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

小花主査) 今回指摘された課題に対して、今年度どこまで対応するかを整理し、次回の調査検討会の最初等に説明をしてほしい。

浜口) 整理して説明する。

10. その他連絡事項

- ・ 第 2 回会合は、12 月 21 日 10:00~12:00 に行う。
- ・ 第 3 回会合は、2 月 26 日 15:00~17:00 に行う。
- ・ 委員就任の承諾書をお送りするため、返信をお願いする。

以上

7.2. 第2回会合議事録

H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 第2回会合議事録

1. 日時：平成29年12月21日（木） 10:00～12:00

2. 場所：OKI 虎ノ門本社3階会議室1

3. 出席者：(順不同、敬称略)

(1) 委員

小花 貞夫（主査）、重野 寛（副主査）、瀬川 倉三、小川 博文、藤本 浩、
井上 茂、末木 隆、中村 順一、横田 護、工藤 理一、濱田 悠司

(2) オブザーバ

[内閣官房 IT 総合戦略室] 大澤 良樹

[警察庁 交通局 交通企画課兼交通規制課] 大塚 裕貴

[経済産業省 産業技術環境局 国際標準課] 小林 史和

[国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室] 小木曾俊夫

[総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課] 川崎 大佑

(3) 事務局 [沖電気工業]

浜口 雅春、中林 昭一、浅野 欽也、菊池 典恭、畑本 浩伸、矢野 貴大

4. 配布資料

- H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
第2回 議事次第
- [H29_自動走行支援通信-2-1]
H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
第1回会合議事録
- [H29_自動走行支援通信-2-2]
「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会」アクシ
ョンアイテム一覧
- [H29_自動走行支援通信-2-3]
「(1) 自動走行支援通信の通信要件の策定」実施状況報告
- [H29_自動走行支援通信-2-4]

「(2) 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定」実施状況報告

- [H29_自動走行支援通信-2-5]

自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討実施スケジュール

- [付属資料 1]

自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 構成員名簿

5. 開会

総務省移動通信課 川崎課長補佐より開会の挨拶が行われた。

川崎課長補佐) 自動走行において、アイコンタクト等、運転者同士の意思疎通の代わりに通信で実現していくことが重要と考える。実現のため、様々な意見交換をお願いする。

6. 第 1 回会合議事録 (案) の確認

資料 [H29_自動走行支援通信-2-1] に対し、修正が必要でないことを確認した。

7. 議事

(1) アクションアイテムの確認

資料 [H29_自動走行支援通信-2-2] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、特に指摘事項はなかった。

(2) 日本自動車工業会資料「自動運転向け ITS 通信 活用シーンと通信手順(案) DRAFT 版」の説明

最新のユースケース (以下、UC) 検討状況について、井上委員より説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

中村委員) 検討 UC は自動運転車と一般車両の混在は想定しているのか。

井上委員) 路車間通信 UC においては、混在を想定しているが、サービスを受ける自動運転車は通信機を持っている必要がある。車車間通信の場合においても、ある程度の混在に耐えうるように、先行車との車間距離情報を送信することを検討している。

中村委員) JEITA で四つ角に路側センサを設置する UC を検討しており、センサ精度の考慮等で苦労していた認識がある。本調査検討の UC においても精度の考え方は

注意が必要である。

井上委員) 道路管理者、インフラメーカーと協力して、妥当な性能、実現性等議論しながら進める。

中村委員) 先読み情報の情報配信追加項目として SA/PA の入り口等の渋滞末尾情報を挙げているが、渋滞末尾を判断する方法はあるのか。

井上委員) 渋滞末尾の正確な位置を把握することは難しい。しかし、渋滞末尾のおおよその位置であっても、情報として所持していれば準備行動が可能となる。そのため、情報配信追加項目として挙げている。

小花主査) 合流支援において、本線側に一般車両が存在し、加減速や車線変更を実施していた場合、合流位置の推定が困難なのではないか。

井上委員) 課題として捉えている。カメラで追尾し一般車両の挙動予測をする等、今後も検討していく。

中村委員) レーダやカメラで一般車両の合流地点の位置を正確に知るためには、上流から合流地点まで追尾する必要があるのではないか。

井上委員) 予測情報で問題がないか明らかにするため、予測位置と実際の位置との差を分析していく必要がある。

小川委員) 合流条件の厳しい首都高速道路等において、効果があるか検証していく必要がある。

小花主査) 合流時とその他のシーンで、許容される車線変更の時間が異なることが予測されるが、検討する車線変更の UC は 1 つで十分なのか。

井上委員) 路側機等を用いた合流支援によって、加速レーン起点において本線車両との位置と速度差を調整している。そのため、それ以降は基本的に自律系で合流できると想定している。また、合流地点以外の車線変更の場合、通行規制等により車線変更時間が限られるケースが考えられる。しかし、その場合、先読み情報として通行規制地点を取得できていることを前提条件として考えており、通行規制地点周辺では車線変更は避けることが可能である。よって、車線変更時間を制限しない車線変更の UC を挙げている。

小花主査) 加速レーン起点において、合流車両と本線車両が適切な位置にすることが前提となっているが、一般車両が混在した場合にも問題は発生しないのか。

藤本委員) 実際の合流地点におけるビデオ分析を始めている。あくまで現在の印象ではあるが、200m 程度手前でセンシングした一般車両が、その後に合流の障害になるような行動を取るケースはほとんどない。頻度の高い行動としては、合流レーン側を避ける方向に車線変更をすることである。この場合、予想の位置に車両が存在しない状態となるが、合流の障害になることはない。今後、国土技術政

策総合研究所等と協力して更なる分析を進める。

また、合流支援のポイントとしては、加速レーン起点に到達するタイミングをずらすことを考えている。タイミングが重なると合流車両と本線車両が互いに譲り合い、その結果、スムーズに流れていた車線においても車群を形成してしまう現象が発生する。また、池袋等、加速レーンが短く厳しい環境では、加速レーン到達後に車両制御を行なっても車線変更が間に合わない。そのため、事前に通信によって加速レーン起点に到達するタイミングをずらすことが重要と捉えている。

中村委員) 阪神高速道路にも、非常に条件の厳しい合流地点があるため、そちらも分析すると良い。

藤本委員) 国土技術政策総合研究所等と協力して進めていく。

瀬川委員) UC の数が増えているが、昨年度までの 4 つの UC と異なるサービスが追加されているのか。

井上委員) 実現しようとしているサービスは同じである。昨年度までの 4 つの UC を実現する方法を細分化することで、UC 数が増加している。

(3) 調査検討実施内容説明

① 自動支援通信の通信要件の策定

資料 [H29_自動走行支援通信-2-3] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

中村委員) センシング時の処理遅延等、本線車両をセンシングして路側機から配信するまでの遅延時間は考慮しないのか。

浜口) 考慮して評価を実施する。

小花主査) ハザード事象はどのように検知するのか。

井上委員) 物体自体を検知するのではなく、緊急回避（緊急減速、緊急車線変更等）が発生したことをトリガに情報を送信する。

小花主査) ハザード事象発生直後は、緊急回避行動を実施する車両が複数台発生することが予測されるが、その全ての車両でハザード情報を送信するのか。

藤本委員) ハザード地点との位置関係はそれぞれの車両で異なるため、送信時間に差が出る。そのため、他車両が送信している場合には、自車両は送信しない仕組みを考えている。ただし、緊急回避行動を実施した時間差が非常に小さい場合には、ハザード情報を複数車両が送信するケースは発生する。

小花主査) 路側機にアップされたハザード情報は配信され続けるのか。またハザード情報

の重複についてはどのように考えているのか。

井上委員) ハザード情報の配信は時間的な制約が必要と考えている。また、道路管理者側で緊急ハザードの事象が取り除かれたと判断できた場合には、配信を停止する。ハザード情報の重複については、位置情報を基に同一ハザード情報かどうかを車両側で判断を行い、複数車両が路側機に送信しない仕組みを検討している。また、上流の路側機から緊急ハザード情報を受信している場合には、UC4 の中継をやめることを検討している。

藤本委員) ハザード情報の配信について2つの目的がある。1つ目は、ハザード地点近傍の車両は迅速な回避行動が必要なため情報を配信する。2つ目として、ハザード事象が本当に発生しているのかを確認することを目的とする。車両からはハザード情報を道路管理者側のサーバにアップし、道路管理者がハザード情報の発生回数、頻度等を確認できるようにする。その上でさらに、道路管理者側でその地点でハザード事象が発生しているか実際に確認した上で、路側機から配信するといった流れが必要と考えている。つまり、道路管理者側に判断材料となる情報を提供する仕組みとして提案しており、道路管理者と協力して検討を進める必要がある。

重野副主査) UC 毎に異なるメッセージセットを用いる想定なのか。それとも、全情報を一括で送り、受信側で必要な情報を判断し活用することを想定しているのか。

井上委員) 効率面を考えると別々が望ましい。

重野副主査) 別々として考える場合、UC が同時に発生すると、それぞれメッセージセットを送ることになる。それぞれのメッセージセット間で重複している情報があるため、同じ情報を複数回送ること(多重化)となるが、どのように考えているか。

藤本委員) 課題として捉えている。しかし、現在検討対象としている高速道路環境においては、本検討 UC の多重化の頻度は多くないと考えている。また、複数 UC が同時に発生した場合は、その緊急性を考慮して優先度をつけることを検討している。

重野副主査) メッセージセットを一括で送るかどうかの問題は、通信量や通信の仕組みに関わるだけでなく、UC 及び優先度の判断の責任をどこが持つか、つまり、責任の所在に関わる部分であり、しっかり検討していかななくてはならない項目だと考える。

通信距離が UC 毎に異なるが、混在する場合にはどのように考えればよいか。

浜口) 今年度は、それぞれの UC の要件を達成する通信方式を検討する。混在した場合、課題が出てくることが予想されるが、次年度以降に検討することを想定している。

小花主査) 今年度の評価では、UC 毎にメッセージセットを分けて送信するのか。

- 浜口) UC 毎にメッセージセットを分けて送信する。
- 工藤委員) UC3 にて上流からハザード情報を配信している場合、UC5 である対向車線からの配信は必要なのか。
- 浜口) 指摘の通り、全ての UC が同時に必要とは考えていない。まずは、考えられる情報の伝達方法を挙げて、それぞれについて実現可能か検討する。最終的には、実現したいサービスまたは環境等によって選択が必要と考えている。
- 小花主査) 合流支援の実現方法として、路車間通信と車車間通信があるが、どちらを利用するか車両側で判断する方法はあるのか。
- 井上委員) 車両としては路側機の位置情報を所持していることを想定している。そのため、路側機がない場合、あるいは、路側機の位置を通過しても情報を受信できなかった場合に、車車間通信により合流支援を実施する。

② 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定

資料 [H29_自動走行支援通信-2-4] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

濱田委員) ITS FORUM RC-005 の分割/再結合について、ARIB STD-T109 想定 of ITS FORUM RC-010 を参照しているが、ITS FORUM RC-014 にて、ITS FORUM RC-005 に適用可能な分割/再結合があるため、参考にすると良い。

中林) 参考にする。

藤本委員) どういった設計思想で UC を分析しているのか、データエレメントを分析しているのか、その思想を明らかにした上で、その分析結果を提示してほしい。例えば、データエレメント、ヘッダの観点でそれぞれ設計思想が必要と考える。データエレメントであれば、シンプルにするのか、国際標準を見据えるのか、あるいは、車両制御を考慮して精度が高い情報を送れるようにするか等が考えられる。また、UC を分析して輻輳制御が必要となれば、ヘッダ部分を工夫することで実現するのか、あるいは、データエレメントを用いてアプリケーション側で判断する仕組みとするのか（その場合、予備拡張とするのか）等が考えられる。そのような方針を決め、提案をしてほしい。さらに、単純に既存のものにはまるかどうかではなく、設計思想とその分析結果より、既存方式で改良すべき点はどこかを整理すると良いと考える。

浜口) 承知した。改めて整理する。

瀬川委員) 要求・目的が異なるため、これまでの安全運転支援通信のメッセージやプロトコルを踏襲する必要はない。

浜口) セキュリティの観点を例とすると、SAE や ETSI も安全運転支援の範囲の規格であり、自動運転のセキュリティ等については検討中といった状況と理解して

いる。入手可能な情報の中で、それぞれどういった観点で検討しているかを整理し、参考とする。

小花主査) 自動運転用のデータサイズを見積もる際に明確な前例はないため、例えば、CAM、DENM で同じ内容のパラメータを整理し、サイズの確認等を行なうことは間違いではないと考える。ただし、それが自動運転用として十分かは別問題として考える必要があるかもしれない。

浜口) 指摘の通りではあるが、現段階ではサイズ等は既存のものを参考として整理を行なう。

工藤委員) 4 ページのメッセージセットの一覧表において、UC2~UC5 はハザード地点を伝えることが目的であり、メッセージセットの構成が似ていることが確認できる。ハザード関連の情報は項目数が多いように思えるが全て必要なのか。

浜口) 現想定では、車両から送信可能なデータエレメントは全て用意しておくことを考えている。

工藤委員) 必須とオプションを区別しないことによってサイズが大きくなり、必要以上に厳しい評価になっていないか。また、ハザード関連の UC の内、データエレメントの種類が多いにも関わらず UC4 のサイズが小さいのは何故か。

藤本委員) 日本自動車工業会（以下、自工会）として提示しているメッセージは必要最低限のものであり、一般的に見ても過剰な情報を格納している訳ではない。

中林) 路車間通信ではハザード情報を複数（UC2,3：20 ハザード、UC4：4 ハザード）まとめて送信しているが、車車間通信の UC4 では検知した 1 ハザード分の情報のみ送信しているためサイズが小さい。

中村委員) 13 ページの ARIB STD-T75 について、フレーム構成（例）を上げてデータ送信量を見積もっているが、提示しているパターン以外の可能性もあるため、評価として十分か注意が必要である。また、ACTC 等は考慮する必要はないのか。

小花主査) 全てのパターンを考えるのは難しいため、空きスロットの条件として、最悪、最良、平均の条件で評価し、整理する方法でも良いかもしれない。

浜口) 指摘の通り仮定している部分がある。スロットがどの程度空いていたら要件を達成できるか、あるいは、ETC2.0 と共用するためにはどの程度スロットを利用できるか等、整理する際の観点は改めて検討する

末木委員) 簡易図形情報は自動運転に必要なのか。

藤本委員) 自動運転においても、制御の状態遷移が発生した際には、ドライバへ通知したほうが良いのでは、といった考えから情報として格納している。

重野副主査) 16 ページにおいて、ITS FORUM RC-005 について「IEEE802.11-2012 準拠 (上限 7951byte) とすることが望ましい」とある。しかし、メッセージセットが格納可能であれば、ここまで大きいサイズを想定しないほうが良いと考える。サイズが大きくなると有線系との接続で分割が必要となり、システム全体としては効率が落ちる。そのため、サイズが大きくなるのであれば、路側機のバックエンドのサイズと無線系のサイズ、そのバランスを考慮する必要がある。(明確な根拠はないが、一般的にはイーサネット準拠として 1500byte として有線系のサイズを考えていることが多い)

瀬川委員) 上限 7951byte が望ましいと記載するのであれば、IEEE802.11-2016 準拠と記載すべきである。

③ 実施計画

資料 [H29 ITS 通信手順-2-5] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

小花主査) 自工会の意見を聞きながら、調査検討を進めると良い。

藤本委員) 設計思想が明確になれば問題がないと考える。

瀬川委員) 本調査検討の対象範囲ではないと捉えているが、本線同士の合流、トンネル内の合流についても検討していく必要があると考えている。トンネル内での路側機の実現性、例えば、現状ではトンネル内は漏洩同軸ケーブルが活用されているが、それらの活用が可能なのかを見極めながら検討を進めていく必要があるのではと考えている。

浜口) 重要な項目であり、忘れないよう資料に残しておく。トンネル内において考慮すべき要素については、課題として整理する。

8. その他連絡事項

- ・ 一月末に設計思想及びシミュレーション評価結果を整理した中間報告資料を展開する。
- ・ 第 3 回会合は、2 月 26 日 15:00~17:00 に行う。

以上

7.3. 第3回会合議事録

H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会 第3回会合議事録

1. 日時：平成30年2月26日（月） 15:00～17:00

2. 場所：OKI 虎ノ門本社 3階会議室1

3. 出席者：(順不同、敬称略)

(1) 委員

小花 貞夫（主査）、重野 寛（副主査）、瀬川 倉三、小川 博文、井上 茂、
末木 隆、中村 順一、横田 護、工藤 理一、濱田 悠司

(2) オブザーバ

[内閣官房 IT 総合戦略室] 河西 航太

[内閣府 政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付 参事官（社会システム基盤）
付] 竹馬 真樹

[警察庁 交通局 交通企画課兼交通規制課] 大塚 裕貴

[経済産業省 産業技術環境局 国際標準課] 小林 史和

[国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 高度道路交通システム研究室] 小木曾俊夫

[総務省 総合通信基盤局 電波部 移動通信課] 和田 憲拓、石井 智章

(3) 事務局 [沖電気工業]

浜口 雅春、加藤 圭、金子 富、中林 昭一、浅野 欽也、矢野 貴大

4. 配布資料

- H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
第3回 議事次第
- [H29_自動走行支援通信-3-1]
H29年度 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討会
第2回会合議事録（案）
- [H29_自動走行支援通信-3-2]
「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討」アクション
アイテム一覧
- [H29_自動走行支援通信-3-3]

- 「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討」概要
- [H29_自動走行支援通信-3-4]
「(1) 自動走行支援通信の通信要件の策定」実施状況報告
- [H29_自動走行支援通信-3-5]
「(2) 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定」実施状況報告
- [H29_自動走行支援通信-3-6]
「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討」成果まとめ(案)
- [H29_自動走行支援通信-3-7]
「自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルに関する調査検討」報告書目次(案)
- [付属資料1]
「自動運転向け ITS 通信活用シーンと通信手順(案)」版3

5. 開会

総務省移動通信課 和田係長より開会の挨拶が行われた。

和田様) 本調査検討は来年度以降も検討を続けていきたい内容と捉えている。引き続き活発な議論をお願いします。

続いて、小花主査より以下のコメントがあった。

小花主査) 今年度のまとめの調査検討会となるため、報告書がより良いものとなるように、忌憚のない意見をお願いします。また、来年度以降も同内容の調査検討が続くことを想定して、来年度以降の課題についての議論もお願いします。

6. 第2回会合議事録(案)の確認

資料[H29_自動走行支援通信-3-1]に対し、修正が必要でないことを確認した。

7. 議事

(1) アクションアイテムの確認

資料[H29_自動走行支援通信-3-2]に基づき、説明が行われた。本説明に対し、特に指摘事項はなかった。

(2) 調査検討実施内容説明

① 検討概要の説明

資料 [H29_自動走行支援通信-3-3] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

末木委員) 11 ページに記載の「アプリケーション、上位層も含めて検討」は、アクションアイテム一覧のどの項目に該当するのか。

中林) No.0-6 が該当する。

末木委員) 上位のプロトコルとしてアウトプットとして出すのではなく、設計思想として反映したという理解でよいか。

中林) その理解でよい。通信だけで検討できる部分と上位も含めて検討すべき部分を明確にして検討を進めたという位置づけである。

小花主査) No.0-6 の対応として記載している「検討方針、進め方の整理」の内容が、11 ページの内容にそのまま対応するのであれば、No.0-6 の対応方法の欄に直接記載しても良いのではないか。

中林) 修正する。

② 自動支援通信の通信要件の策定

資料 [H29_自動走行支援通信-3-4] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

小花主査) 15 ページにおける赤点線枠の意味を教えてください。

中林) 合流車両・車線変更車両として車両情報を取得したい範囲を表しており、電波として届く範囲とは異なる。具体的な値は、日本自動車工業会の設計値(資料[付属資料 1] 31 ページ) を採用している。

小花主査) 対象範囲にはどの程度の車両が存在するのか。

中林) 非渋滞時の厳しい条件として走行速度 40km/h を想定しており、その場合、車間 1 秒、車長 5m とすると、対象範囲に 16 台程度存在する。

小花主査) ユースケース (以下、UC) 8 はユニキャストを想定しているのか。

中林) 合流車両・車線変更車両はブロードキャストで送信する。その要求を受信した車両はアプリケーション側で自車両が応答を返すべきかを判断を行い、応答を返す。その際も応答としてはブロードキャストで送信を行い、合流車両・車線変更車両がアプリケーション側で自車両に対応する応答かを判断することをまずは想定している。

小花主査) 要求は連送をするのか。

中林) 連送することも検討している。但し、通信要件にある送信周期 100ms では連送数を増やすとトラフィックが混み、走行速度 40km/h、車間 1 秒、車長 5m を想定した場合、目標通信性能を満たさないことをシミュレーション評価にて確認

している。どの程度の送信周期であれば、目標通信性能を達成するか等、評価・分析を行なっており、詳細については、資料 [H29_自動走行支援通信-3-5] にて説明を行う。

中村委員) 路車間通信(ダウンリンク)を用いる UC の通信要件において、通信遅延等による受信タイミングのバラつきを考慮して送信頻度を増加させているが、増加させた場合でも、最悪一度しか受信タイミングがないと理解している。99%の受信成功確率の通信が一度だけで本当に問題が発生しないのか、マージンを設けなくて良いのか等、今後の検討課題として提示すると良いと考える。また、UC6 等、判定処理側に必要な情報の鮮度を設計の送信頻度で満たしているのかも検討していく必要がある。

中林) 一度の受信で問題がないかは、通信品質の要件に依存する。99%以上の通信品質が求められるのであれば、指摘の通り、受信の機会を増やすことが 1 つの方法として考えられる。しかし、現状は仮の値ではあるが、99%を目標通信品質としており、この値を基準に問題があるかどうかを判断している。

中村委員) 実環境では、遮蔽等によりエラーが多くなると予測されるため、エラーが発生して、それに伴い遅延が発生したとしても問題とならないように、送信頻度を決めたほうが良い。しかし、どの程度エラーが増えるかは、わからない部分もあるため、送信頻度の要件としては、幅を持たせ、また、さらなる精緻化は今後の課題として記載しておく方が良いと考える。

中林) 課題として反映する。

小花主査) 通信できなかった場合は、自律系の情報のみで車両を制御するという理解で良いか。

井上委員) その理解で良い。

小花主査) 想定する UC において、エラーの具体的な許容値はないのか。自律系の車両制御のみで問題を回避できる条件等、何かしら許容値を定義しないと議論が収束しないのではないか。

井上委員) インフラを整備して通信により情報が欲しいシーンとして、自律系のみによる自動走行が難しい場所が挙げられる。これらの場所で自動走行を行うには基本的に通信による情報が必要となる。

小花主査) 通信に 100%成功を要求しても実現できないため、どの値まで許容するかを精緻化していく必要がある。

浜口) 指摘の通り、許容するパラメータの精緻化は今後の課題である。その議論の素材とするためにも、まずは要件を仮決めし、それぞれの UC における通信品質や遅延の評価を行い、また、課題を抽出する。今後は、それらの結果を判断材料として、要件を満たすことができない UC 等、優先すべきパラメータを議論

していく必要がある。

工藤委員) 合流支援や車線変更支援の UC において、車間距離や速度が安定した交通流を想定して通信エリアを設計しているが、実環境では車間や車速が急激に変化することも予測される。そのため、応答エリアを限定して通信すると役に立たない場合があるのではと懸念している。また、現設計では、応答車両台数が非常に多いため、複数車線で車線変更が同時発生した場合等の最悪条件を考えると、通信プロトコルだけで回避できる状態ではなくなることが予想される。提供する機能を明確化し、設計等に反映することで、通信要件についてより議論がしやすくなるように考える必要がある。

中林) 前提条件を設けて設計している部分があり、指摘の通り、本当に厳しい条件の場合に現在の設計でよいのか、今後も議論していく必要があると考えている。報告書に課題として明記する。

③ 自動走行支援通信のメッセージセット及びプロトコルの策定

資料 [H29_自動走行支援通信-3-5] に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

小花主査) 様々な条件があるため評価結果の表が多数あるが、まとめた結果はあるか。

中林) 評価結果まとめとして 32~34 ページに目標通信性能を満たす条件を示している。

小花主査) 本調査検討の ARIB STD-T109 の評価において、安全運転支援のトラフィックは考慮しているか。

中林) 考慮していない。

小花主査) ARIB STD-T109 の結果がよく見えるが、既存との共用を考えると、必ずしも ITS FORUM RC-005 よりも良い結果となるわけではないという理解でよいか。

中林) その理解でよい。本検討では単独システムを前提として評価している。

重野副主査) 31 ページの UC2 の遅延について、連送時の遅延が数 100ms と非常に大きい値となっているのは何故か。

中林) 連送する場合、2 連送目を直ぐに出しているのではなく、連送のない場合の送信周期を等分割した時間を連送周期とし、2 連送目を送信している。その時間も遅延時間に含めているため提示した遅延時間となっている。

重野副主査) その想定の場合、連送の間は、常に無線機をロックしている状態ではないという理解でよいか。

中林) 上位側で連送タイミングを制御し、無線機に各送信データを渡す形を想定すると、連送の間で無線機をロックさせる必要はないと考えている。今後の検討で連送制御をどこで行うか、連送周期をいくつにするか等を決める際に、無線機

ロックの問題について考慮する必要がある。

重野副主査) 報告書では、どのような遅延までを考慮しているか、遅延の定義を明記してほしい。

重野副主査) 本評価において、ARIB STD-T109 の路車間は、車車間・路車間共用通信制御を想定した制御を行なっているのか。

中林) 想定していない。基本的な CSMA/CA 制御によるブロードキャスト通信を行った場合の評価を行っている。

小花主査) UC8 の連送とは、応答有無に関わらず指定の連送回数分の送信を行なうことを想定しているのか。

中林) 応答対象となる全車両から応答が返ってきたかは合流車両・車線変更車両側では判断できない。そのため、応答が返ってきた時点で送信を停止すると応答対象範囲内に確認が出来ていない車両が存在する可能性がある。そのような車両があると、最適な車両制御が出来なくなる可能性があり、それを回避するため、指定の連送回数分は送信を行なう動作を想定している。

小花主査) 安全運転支援通信で周辺車両の位置は把握できている前提ではないのか。

浜口) 本調査検討では安全運転支援通信との共用は、検討対象外としていることもあり、安全運転支援通信で位置把握できていることを前提としていない。共用したときの検討は今後の課題とする。

小花主査) 応答として、合流や車線変更の許可を返すのであれば、全車両の位置を把握する必要は無く、許可をした車両との位置関係が分かればよいのではないか。その場合、全ての車両応答を待つ必要がない。そして、応答の確認後、それ以降は連送を停止することでトラフィックを軽減できるのではないか。今後の検討課題として報告書に明記すると良い。

小川委員) 車載器搭載率が 100%であれば提示のシーケンスでも良いが、100%でなく応答を返さない車両がいる場合の検討も必要と考える。対応通信機が無く応答を返さない車両がいても問題が発生しないシーケンスを考えることで、通信機はあるがエラーして応答を返さない車両がいる場合にも問題が発生しないシーケンスとなる。検討の必要性は想定する条件に依存するため、報告書ではより明確に、前提条件を記載すると良い。

重野副主査) 本調査検討では、車両動作に関わる情報・手順を通信が提供することを想定して通信仕様を検討しているために議論が難しくなっている可能性がある。通信により情報を受け取った側の車両動作は規定せずに、通信はあくまで情報提供として何をすれば良いかを議論すべき。議論をすっきりさせるためには、UC 毎に通信サービス（情報提供、情報収集等）として何を提供するのかを明確化

し、その通信サービスを達成するためのメッセージセットについて検討・整理する形が良いと考える。

中村委員) 本調査検討において、メッセージセットの策定が 1 つの目標と考えると、メッセージセットで検討すべき内容がまだあるのではないか。例えば、UC6 のメッセージセットにおいて、車両 ID が入っているが、車両をセンサで検知した際に、その車両 ID をセンサ側で分かるのか。また、メッセージ ID、車両 ID 及び路側機 ID を、32bit で設計しているがこのサイズで十分なのか。これらの疑問に対する見解をそれぞれの分野の有識者から情報収集をする必要があるということも課題として記載しても良いのではないか。

浜口) 指摘の通り、センシングした車両情報と通信でやりとりする車両情報については、必ずしも同じにはならないため、改めて確認する。また、データエレメント 1 つ 1 つは、正式版を作っていく上では、精査する必要があることを明記する。

中村委員) ASN.1 等、メッセージセットとして、標準的な表記方法で記載すると、バイトサイズやオプション等の情報が分かりやすくなると思う。

瀬川委員) データエレメントのサイズはどのように見積もっているのか。

井上委員) 自動走行用のメッセージセットは確立されていないため、国内、国外の安全運転支援のメッセージセットを参考にしている。

中村委員) 自動走行支援用として問題がないか吟味していく必要がある。また、メッセージセットは係争問題に関わる可能性があるため、情報の信頼度の確保も念頭に置きながら検討を進める必要があると考える。

浜口) 「メッセージセットの策定」という表現を使っているが、本調査検討ではメッセージセットを決めることが目的ではない。通信性能を評価していくために、メッセージサイズの見積りが必要なため、既存の技術を参考にまずは素案を作成したという位置づけとなる。議論を通してその素案の課題を抽出し整理できれば良いと捉えている。

工藤委員) 連送する場合、連送周期についてもランダム化すると良い。また、全ての連送が完了するまで受信側は待つのかどうかで、それ以降の動作が変わるため、そのルールを検討する必要があると考える。例えば、連送の完了を待たず、受信成功次第、受信後の処理を実施するのであれば、UC2 の結果のように常に遅延時間が連送周期と同程度になるのでは無くバラつきがある結果になることが予想される。また、UC8 において連送の完了を待たない場合には、最初に連送されたパケットの受信に成功した車両が先に応答を返してペアを形成するため、最適なペアを選定できない可能性がある。

UCとしては、ユニキャストによる応答が必要な想定のものだと議論が難しいと感じた。応答側に応じて車両の動作が変わると通信もそれに合わせて要件が変わるため、システム全体の要件が決まらなると、条件が変わるたびに評価が必要ということになりかねない。そのため、各車両は応答を待つことなく自車両の運行情報を周囲に報知し、受信した周辺車両は必要に応じてその情報を利用するようなアルゴリズムを前提としてUCを検討しても良いのではないかと。

メッセージセットとしては、自律センサでは得られない運行情報等はないのか。例えば、合流支援の場合、加速の計画が共有できれば、合流地点における本線車両位置の推定精度が上がるのが期待されるため、通信による情報のやりとりの効果がイメージできる。そのような自律センサでは得られない将来予測のための情報が現在のメッセージセット案に十分に入っているかといった観点で検討を進める方法もあると考える。

井上委員) 現在提示しているUCはステージ2-1を対象としており、調停等を行なう目的ではなくセンシングの拡張を目的としている。将来予測のための情報は、ステージ2-1以降のステージで検討すると捉えている。

(3) 成果まとめ(案)の説明

資料[H29 ITS 通信手順-3-6]に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

瀬川委員) 2ページの記載では、通信要件だけでなくメッセージセットに対しても無線方式検討TGと連携してまとめているように読み取れる。無線方式検討TGはメッセージセットの検討は行なっていないため、誤解が生じない表現に修正をお願いする。

浜口) 誤解のない表現に修正する。

瀬川委員) 無線方式検討TGの次回合点が3/20(火)にあるが、それまでに本調査検討の内容を何か反映するのか。

浜口) フィードバックは間に合わないため、検討結果を紹介する形にとどめる。

(4) 報告書目次(案)の説明

資料[H29 ITS 通信手順-3-7]に基づき、説明が行われた。本説明に対し、以下の質疑応答が行われた。

中村委員) 本調査検討の検討内容から考えると、目次案にある「策定」という表現は見直しても良いのではないかと。

浜口) 誤解のないよう、「検討」という表現に修正する。

8. その他連絡事項

- ・ 報告書（案）は 3/13（火）に送付する。3/20（火）期限としてメール審議をお願いする。

以上