

**「ICT を活用した次世代 ITS」のうち
「歩車間通信技術の開発」
平成 27 年度研究成果報告書**

平成28年3月

株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所

目次

1.	はじめに.....	10
2.	歩車間通信の通信プロトコル開発.....	11
2.1.	背景.....	11
2.2.	研究目的.....	12
2.3.	歩行者端末システム.....	13
2.3.1.	700MHz 帯通信端末.....	15
2.3.2.	スマートフォン.....	17
2.4.	RC-013 1.0 対応.....	18
2.4.1.	概要.....	18
2.4.2.	DF_共通領域管理情報.....	19
2.4.3.	DF_時刻情報.....	19
2.4.4.	DF_位置情報.....	20
2.4.5.	DF_車両状態情報.....	20
2.4.6.	DF_車両属性情報.....	21
2.4.7.	DF_位置オプション情報.....	21
2.4.8.	DF_GPS 状態オプション情報.....	21
2.4.9.	DF_位置取得オプション情報.....	22
2.4.10.	DF_車両状態オプション情報.....	22
2.4.11.	DF_交差点情報.....	23
2.4.12.	DF_拡張情報.....	24
2.4.13.	DF_自由領域管理情報.....	24
2.4.14.	DF_個別アプリデータ管理情報セット.....	24
2.4.15.	自由アプリデータ領域.....	24
2.4.16.	スマートフォンから発信する情報の検討.....	25
2.5.	700MHz 帯通信端末における Bluetooth 機能.....	27
2.5.1.	Bluetooth 仕様.....	27
2.5.2.	データフォーマット.....	28
3.	700MHz 帯セルラーへの干渉検証.....	43
3.1.	干渉環境.....	43
3.1.1.	干渉環境の概要.....	43
3.1.2.	干渉要因.....	45
3.2.	通信システムの無線仕様.....	48
3.2.1.	700MHz 帯通信システムの無線仕様.....	48
3.2.2.	セルラー通信システムの無線仕様.....	49

3.3.	レベルダイヤ	50
3.3.1.	感度抑圧干渉のレベルダイヤ	50
3.3.2.	スプリアス干渉のレベルダイヤ	52
3.3.3.	アンテナ間の伝搬減衰量とフィルタ減衰量の関係	54
3.3.4.	アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB 設定によるレベルダイヤ	56
3.4.	実証試験概要	57
3.4.1.	ケーススタディ 1 概要	57
3.4.2.	ケーススタディ 2 概要	58
3.5.	実証試験系	59
3.5.1.	試験器性能確認の試験系	59
3.5.2.	感度抑圧干渉試験系	64
3.5.3.	スプリアス干渉試験系	68
3.5.4.	シミュレータ対向による試験系	71
3.5.5.	シミュレータ対向による試験系 (フィルタ適用による効果確認)	77
3.5.6.	セルラー通信端末による試験系	89
3.5.7.	セルラー通信端末による試験系 (フィルタ適用による効果確認)	96
3.6.	実証試験結果	102
3.6.1.	試験器性能確認試験結果	102
3.6.2.	感度抑圧干渉試験結果	108
3.6.3.	スプリアス干渉試験結果	110
3.6.4.	シミュレータ対向による試験結果	111
3.6.5.	シミュレータ対向による試験結果 (フィルタ適用による効果確認)	115
3.6.6.	セルラー通信端末による試験結果	117
3.6.7.	セルラー通信端末による試験結果 (フィルタ適用による効果確認)	122
4.	省電力実現に向けた検討	124
4.1.	700MHz 帯通信起動/停止制御機能	124
4.1.1.	危険・安全地帯判定	125
4.1.2.	700MHz 帯通信起動・停止機能	125
4.2.	700MHz 帯通信起動/停止機能実装確認	127
4.2.1.	評価環境	127
4.2.2.	評価結果	130
4.3.	実環境における実証及び課題の抽出	135
4.3.1.	評価環境	135
4.3.2.	評価結果	143
4.4.	利用時間検討	147
4.4.1.	バッテリー	147

4.4.2. 消費電流と利用時間	148
5. まとめ.....	150
6. 参考文献.....	151

図表目次

図 2.3-1 歩行者端末システム 構成	14
図 2.3-2 歩行者端末システム 運用展開例	14
図 2.3-3 700MHz 帯通信端末 構成	15
図 2.3-4 700MHz 帯通信端末 外観写真	15
図 2.3-5 700MHz 帯通信端末 内蔵アンテナ	16
図 2.5-1 プロバイダ情報 bit 配列	39
図 3.1-1 干渉環境 概要	44
図 3.1-2 周波数構成	44
図 3.1-3 感度抑圧干渉 概要	46
図 3.1-4 スプリアス干渉 概要	46
図 3.1-5 セルラー通信システム 受信ブロック図と干渉箇所	47
図 3.3-1 アンテナ間の伝搬減衰量(自由空間減衰量換算)とフィルタ減衰量の関係	55
図 3.4-1 実証試験ケーススタディ 1 概要	57
図 3.4-2 実証試験ケーススタディ 2 概要	58
図 3.5-1 端末シミュレータ試験系 ブロック図	59
図 3.5-2 端末シミュレータ試験系 試験環境	60
図 3.5-3 スループット特性 試験画像	60
図 3.5-4 700MHz 帯通信端末試験系 ブロック図	61
図 3.5-5 700MHz 帯通信端末試験系 試験環境	61
図 3.5-6 任意信号発生器試験系 ブロック図	62
図 3.5-7 任意信号発生器試験系 試験環境	63
図 3.5-8 任意信号発生器 出力信号のイメージ	63
図 3.5-9 感度抑圧干渉試験系 ブロック図	65
図 3.5-10 感度抑圧干渉試験系 試験環境	66
図 3.5-11 700MHz 帯通信端末 送信波形 (時間軸)	67
図 3.5-12 スプリアス干渉試験系 ブロック図	69
図 3.5-13 スプリアス干渉試験系 試験環境	70
図 3.5-14 シミュレータ対向 ケーススタディ 1 試験系ブロック図	72
図 3.5-15 シミュレータ対向 ケーススタディ 1 試験系 試験環境	73
図 3.5-16 シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験系 ブロック図	75
図 3.5-17 シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験系 試験環境	76
図 3.5-18 フィルタ適用後のブロック図	78
図 3.5-19 セルラー通信用受信フィルタの通過特性 (直列数: 1)	79
図 3.5-20 セルラー通信用受信フィルタの通過特性 (直列数: 2)	79

図 3.5-21	700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性 (直列数: 1)	80
図 3.5-22	700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性 (直列数: 2)	80
図 3.5-23	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 ブロック図	82
図 3.5-24	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境(1)	83
図 3.5-25	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境(2)	84
図 3.5-26	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 ブロック図	86
図 3.5-27	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境(1)	87
図 3.5-28	シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境(2)	88
図 3.5-29	セルラー通信端末 加工イメージ	89
図 3.5-30	セルラー通信端末 改造	89
図 3.5-31	セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験系 ブロック図	91
図 3.5-32	セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験系 試験環境	92
図 3.5-33	セルラー通信端末 ケーススタディ 2 試験系 ブロック図	94
図 3.5-34	セルラー通信端末 ケーススタディ 2 試験系 試験環境	95
図 3.5-35	セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系ブロック図	97
図 3.5-36	セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境	98
図 3.5-37	セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 ブロック図	100
図 3.5-38	セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境	101
図 3.6-1	700MHz 帯通信端末 送信波形	103
図 3.6-2	700MHz 帯通信端末 送信波形 (時間軸)	104
図 3.6-3	770MHz~810MHz 不要輻射特性	104
図 3.6-4	任意信号発生器 送信波形 (n=2)	105
図 3.6-5	任意信号発生器 送信波形 (n=5)	106
図 3.6-6	任意信号発生器 送信波形 (n=10)	106
図 3.6-7	任意信号発生器 送信波形 (n=50)	107
図 3.6-8	干渉レベルに対するスループット特性(ユーザ数: 1)	109
図 3.6-9	干渉レベルに対するスループット特性(ユーザ数: 50)	109
図 3.6-10	スプリアス干渉レベルに対するスループット特性	110
図 3.6-11	シミュレータ対向 ケーススタディ 1 試験結果	111
図 3.6-12	アンテナ間距離とスループットの関係	112
図 3.6-13	シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験結果	113
図 3.6-14	シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験結果	114
図 3.6-15	シミュレータ対向 (フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験結果	115
図 3.6-16	シミュレータ対向 (フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験結果	116
図 3.6-17	セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験結果	118
図 3.6-18	アンテナ間距離とスループットの関係	119

図 3.6-19	セルラー通信端末 ケーススタディ 2 の試験結果.....	120
図 3.6-20	アンテナ間距離とスループットの関係.....	121
図 3.6-21	セルラー通信端末 (フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験結果.....	122
図 3.6-22	セルラー通信端末 (フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験結果.....	123
図 4.1-1	従来型 700MHz 帯通信 動作シーケンス.....	124
図 4.1-2	平成 27 年度 700MHz 帯通信 動作シーケンス(起動→危険地帯遷移).....	125
図 4.1-3	700MHz 帯通信起動・停止機能 概略.....	126
図 4.2-1	消費電流計測環境 概要.....	127
図 4.2-2	アプリケーション コマンド選択.....	128
図 4.2-3	実験での測定ポイント.....	128
図 4.2-4	RF-停止状態 動作部分概略.....	129
図 4.2-5	RF-起動 送信状態 動作部分概略.....	129
図 4.2-6	RF-起動 非送信状態 動作部分概略.....	130
図 4.2-7	RF-起動状態 送受信消費電流比較.....	132
図 4.2-8	RF-起動状態 送受信消費電流比較 (拡大図).....	133
図 4.2-9	RF-起動→停止状態遷移 消費電流比較.....	134
図 4.2-10	RF-停止→起動状態遷移 消費電流比較.....	134
図 4.3-1	横須賀 YRP 評価場所.....	135
図 4.3-2	700MHz 帯通信端末 評価セット.....	136
図 4.3-3	評価の様子.....	136
図 4.3-4	YRP 単独歩行評価.....	136
図 4.3-5	アプリ・700MHz 帯通信端末動作概略.....	137
図 4.3-6	安全地帯・危険地帯スマートフォン表示.....	138
図 4.3-7	地点 A 危険地帯.....	139
図 4.3-8	地点 B 危険地帯.....	140
図 4.3-9	地点 C 危険地帯.....	141
図 4.3-10	地点 D 危険地帯.....	142
図 4.3-11	横須賀 YRP 電流プロファイル.....	144
図 4.3-12	歩行経路全体.....	145
図 4.3-13	歩行経路 各地点拡大.....	145
図 4.4-1	送信間隔と消費電流の関係.....	148
図 4.4-2	停止状態と消費電流の関係.....	149
表 2.3-1	700MHz 帯通信端末 ソフト開発環境.....	16
表 2.3-2	スマートフォン 仕様.....	17
表 2.4-1	RC-013 データ通信フォーマット.....	18

表 2.5-1 700MHz 帯通信端末 Bluetooth 仕様.....	27
表 2.5-2 データフォーマット 一覧.....	28
表 2.5-3 POS データフォーマット.....	29
表 2.5-4 PWR データフォーマット.....	31
表 2.5-5 CNF データフォーマット.....	32
表 2.5-6 INFO_REQ データフォーマット.....	33
表 2.5-7 INFO_RES データフォーマット.....	34
表 2.5-8 測位精度.....	35
表 2.5-9 移動速度.....	36
表 2.5-10 向き精度.....	37
表 2.5-11 加速度精度.....	38
表 2.5-12 車両サイズ.....	40
表 2.5-13 車両用途種別.....	41
表 2.5-14 RSSI 値.....	42
表 3.2-1 700MHz 帯通信システム 無線仕様.....	48
表 3.2-2 セルラー通信システム 受信感度仕様.....	49
表 3.2-3 700MHz 帯通信と近接するセルラー通信システム周波数構成.....	49
表 3.3-1 感度抑圧干渉 レベルダイヤ.....	51
表 3.3-2 スプリアス干渉 レベルダイヤ.....	53
表 3.3-3 感度抑圧干渉 レベルダイヤ (アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB の場合)	56
表 3.3-4 スプリアス干渉 レベルダイヤ (アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB の場合)	56
表 3.5-1 セルラー通信用受信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量.....	78
表 3.5-2 700MHz 帯通信用送信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量.....	78
表 3.6-1 受信感度レベル 試験結果.....	102
表 3.6-2 受信感度レベル 試験結果 (セルラー通信端末)	117
表 3.6-3 端末シミュレータとセルラー通信端末のケーススタディ 1 最大干渉レベル	119
表 4.2-1 700MHz 帯通信端末 起動/停止機能実装確認 送信端末ログ	131
表 4.2-2 700MHz 帯通信端末 起動/停止機能実装確認 受信端末ログ	131
表 4.3-1 YRP 平均通過時間比較.....	146
表 4.4-1 送信間隔と速度の関係.....	148

1. はじめに

自動走行システムには、①交通事故の削減、②交通渋滞の緩和、③環境負荷の低減という効果が期待され、特に超高齢化社会を迎える中、世界一安全な道路交通社会を目指す我が国にとって、関連技術の開発やその普及に向けた環境整備は極めて重要である。自動走行システムを実現するためには、従来の自動車単体での運転支援技術（自律型）の更なる高度化に加え、車と車、インフラ、歩行者等をつなぐ高度な無線通信技術を活用した運転支援技術（協調型）の早期実用化が不可欠である。

平成 25 年に閣議決定された「世界最先端 IT 国家創造宣言」において、「車の自律系システムと車と車、道路と車との情報交換等を組み合わせ、2020 年代中には自動走行システムの試用を開始する。これらの取り組みなどにより、2018 年を目途に交通事故死者数を 2,500 人以下とし、2020 年までには、世界で最も安全な道路交通社会を実現する（交通事故死者数が人口比で世界一少ない割合になることを目指す）」とされている。

この国家目標を実現するために、内閣府における SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）が創設された。本研究開発は、SIP・自動走行システムに係わる研究開発の一部として実施されるものである。

2. 歩車間通信の通信プロトコル開発

2.1. 背景

1章で示した方針により本研究開発においては、歩行者等と近接する自動車との間で位置情報等を交換し衝突等を回避するための歩車間通信システムの研究開発を行う。総務省では、平成22年度より、ドライバー及び歩行者の双方もしくは片方に対して注意喚起情報を提供するシステム成立性の基礎検討となる高効率無線通信技術に関する調査検討を実施している。

平成22年度の報告では、システム成立の重要な要件である電波伝搬特性やデータ伝送遅延等の点で、700MHz帯を用いたシステムの優位性が報告された。平成23年度は、700MHz帯を用いた車車間（車載器と車載器の通信）及び路車間（路側帯に設置される機器と車載器との通信）通信システムに大きな影響を与えず、より少ない周波数帯域幅で効率的な通信を実現できる700MHz帯通信端末と車載器との高効率無線通信技術の調査検討を実施した。平成24年度の報告では、700MHz帯を用いた車車間及び路車間通信システムと同時共存できる歩車間通信制御方式案を検討し、提案されたそれぞれの通信制御方式案において、同時共存可能な無線機台数や通信パラメータを検証することで、車車間及び路車間通信システムと共存できる可能性を確認した。平成25年度は、700MHz帯通信端末や車載器が大規模かつ多様に分布した環境を想定したシミュレーション評価や実機を用いた評価試験を行い、700MHz帯を用いた歩車間通信制御方式の車車間及び路車間通信との成立性について確認がなされている。平成26年度は700MHz帯におけるデータ通信フォーマットを歩行者端末システムに対応させた。その上で、準天頂衛星から得られる位置情報を利用した700MHz帯通信端末と車載器との通信を行った。また、歩行者端末システムにおける省電力への取り組みとして、位置情報を送受信する無線通信方式の検討と評価を行った。

今後700MHz帯通信端末を普及するためには、通信端末のさらなる小型化が求められる。商用化された際、通信端末とスマートフォンは同じかばんやポケットに入れて用いられる可能性が高いことから、本年度は同周波数帯で通信が行われるLTE(Long Term Evolution)のBand 28 (Downlink)に対する干渉を検証し、課題の明確化と対策を検討した。また、700MHz通信の起動/停止機能を追加することによる歩行者端末の消費電力の影響を確認した。さらに、実証実験において、スマートフォンアプリからの要求に応じて700MHz通信を制御することによる消費電流の低減に対する効果と長時間使用に向けた可能性について調査した。

2.2. 研究目的

SIP の基本計画に従い、700MHz 帯通信に影響が及ぶような通信方式の変更を加えることなく、700MHz 帯通信端末の普及に必須である省電力技術を導入する。この省電力化が700MHz 帯通信モデムを ON/OFF する制御信号を用いて、間欠受信を実現することで可能であることを確認する。本研究においては、この制御信号伝達に Bluetooth を用いることとし、間欠受信を含めた省電力の検討、700MHz 帯通信端末外部からの情報取得の確認を行う。

また、本研究ではこれまで検証してきた700MHz 帯通信端末の無線性能において、セルラーの700MHz 帯への無線干渉の検討を行う。平成 27 年度では、その干渉を測定するための実験系を構築する。実験系のセルラー側は基地局シミュレータと端末シミュレータを用い、干渉源としての700MHz 帯通信側は既存端末で構成する。測定する周波数はセルラーの端末試験で用いる周波数で行う（3GPP TS36.508 の試験条件を用いる[1]）。

2.3. 歩行者端末システム

歩行者端末システムの構成を図 2.3-1 に示す。歩行者端末システムは、車載器や路側帯器と通信を行う 700MHz 帯通信端末と、準天頂衛星の電波を受信する準天頂端末、700MHz 帯通信端末と準天頂端末を Bluetooth で接続して通信するスマートフォンからなる。なお、700MHz 帯通信端末は平成 26 年度の評価で用いられた端末と同型機である。

準天頂端末は イ) 高度位置精度技術の開発 において開発を行っているため、本報告書では詳細を割愛する。

評価で使用するスマートフォンは GPS、加速度、温度などのセンサや Bluetooth、電話 (LTE や 3G)、Wi-Fi(IEEE 802.11n など)の無線機能が搭載されている。実験では Android OS を採用しているスマートフォンを用いて測定した位置情報を Bluetooth でデータ送信するという方法を採用した。詳細については 2.3.2 章に示す。

このようにスマートフォンに搭載されている機能を有効に活用することで、将来的には杖に 700MHz 帯通信機能機能を組み込み、スマートフォンと通信するといった活用方法(図 2.3-2 参照)も考えられる。

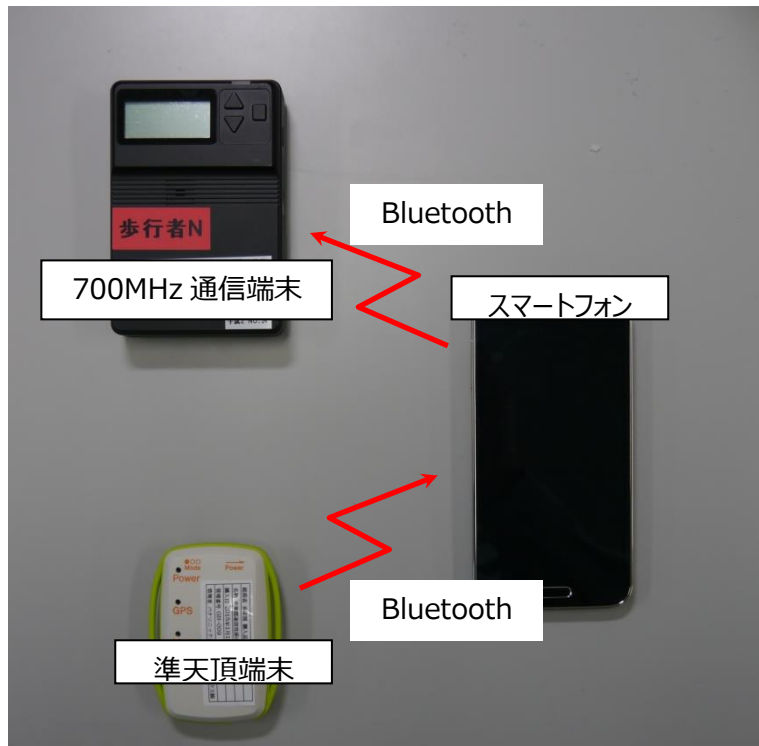


図 2.3-1 歩行者端末システム 構成

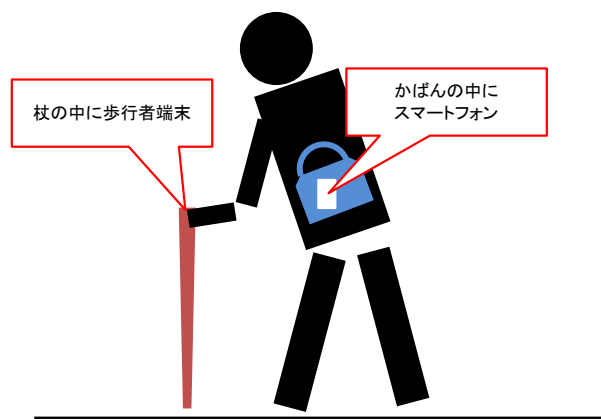


図 2.3-2 歩行者端末システム 運用展開例

2.3.1. 700MHz 帯通信端末

ここでは、700MHz 帯通信端末の仕様について説明する。

2.3.1.1. ハード仕様

700MHz 帯通信端末の構成を図 2.3-3 に、外観写真を図 2.3-4 にそれぞれ示す。700MHz 帯通信端末は 700MHz 帯域のアンテナを内蔵しており、その外観写真を図 2.3-5 に示す。なお、無線仕様については 3.2 章を参考のこと。

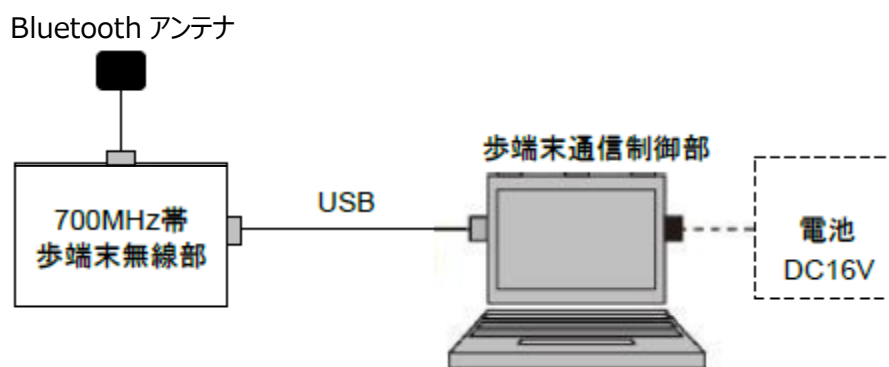


図 2.3-3 700MHz 帯通信端末 構成



図 2.3-4 700MHz 帯通信端末 外観写真

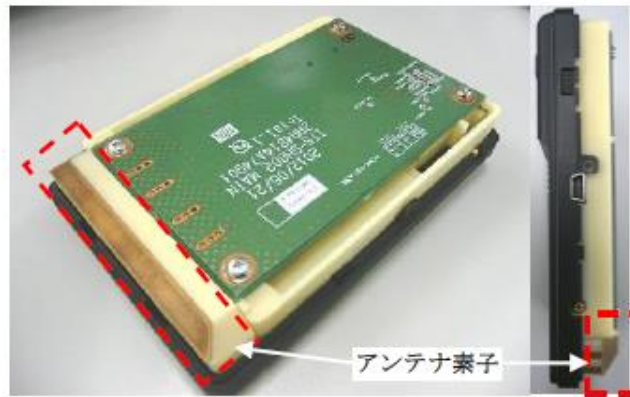


図 2.3-5 700MHz 帯通信端末 内蔵アンテナ

2.3.1.2. ソフト仕様

700MHz 帯通信端末のソフト開発環境を表 2.3-1 に示す.

表 2.3-1 700MHz 帯通信端末 ソフト開発環境

仕様項目	仕様内容
PC	IBM PC/AT 互換
OS	Microsoft Windows 7 (32bit)
CPU	Intel CORE i5
開発言語	C

2.3.2. スマートフォン

ここでは、700MHz 帯通信端末に接続するスマートフォンの仕様について説明する。

2.3.2.1. ハード仕様

スマートフォンの仕様を表 2.3-2 に示す。

表 2.3-2 スマートフォン 仕様

仕様項目	仕様内容
OS	Android 5.0 (Lollipop)
メモリ	RAM : 2GB ROM : 32GB
バッテリー	2800mAh
ディスプレイ	5.1 inch (1920×1080)
GPS	対応
A-GPS	対応
Bluetooth	V4.0 (Smart Ready とみられる)
LTE	800/1500/1700/2000MHz
WCDMA	850/900/2000MHz
GSM	850/900/1800/1900MHz
Wi-Fi	IEEE 802.11a/b/g/n/ac 準拠

2.3.2.2. ソフト仕様

スマートフォンに搭載するアプリケーションは、イ) 高度位置精度技術の開発 において開発を行っているため、本報告書では詳細を割愛する。

2.4. RC-013 1.0 対応

歩車間・車車間・路車間で通信されるメッセージの種類は一つであり，その通信フォーマットは RC-013 である[2]。RC-013 は共通に送信するメッセージであり，交通安全を実現するための基本的な情報となる。ここでは，700MHz 帯通信端末が送信するメッセージ内容について説明する。なお，RC-013 は「実験用車車間通信メッセージガイドライン」であるため，歩行者が取得できない情報も存在する。そのような情報については不定値をセットする。

2.4.1. 概要

RC-013 の構成は共通領域と自由領域の2つに分けられる。RC-013 のデータ通信フォーマットの詳細を表 2.4-1 に示す。

共通領域はすべての端末が通信する情報領域である。共通領域のヘッダには，DF_共通領域管理情報が格納される。DF_共通領域管理情報は共通領域で格納されている内容が示されている。共通領域のデータとして DF_時刻情報，DF_位置情報，DF_車両状態情報，DF_車両属性情報が格納される。オプションとして DF_GPS 状態オプション情報，DF_位置取得オプション情報，DF_車両状態オプション情報，DF_交差点情報，DF_拡張情報がある。

自由領域はサービスやアプリケーションにより個別に定義される領域である。そのため RC-013 はデータサイズと管理情報の仕様のみ定義している。

表 2.4-1 RC-013 データ通信フォーマット

領域	データフォーマット	必須	任意	サイズ (byte)
共通領域	DF_共通領域管理情報	○		8
	DF_時刻情報	○		4
	DF_位置情報	○		11
	DF_車両状態情報	○		9
	DF_車両属性情報	○		4
	DF_位置オプション情報		○	2
	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	DF_自由領域管理情報		○	0~1
	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)		○	0~60

2.4.2. DF_共通領域管理情報

2.4.2.1. DE_共通サービス規格 ID

共通サービス規格を識別する ID 情報。定義されている ID が 1（車車間通信共通サービス規格）のみであるため、1 を設定する。

2.4.2.2. DE_メッセージ ID

メッセージを識別する ID 情報。定義されている ID が 1（基本メッセージ）のみであるため、1 を設定する。

2.4.2.3. DE_バージョン情報

メッセージのバージョン情報。Version 1 なので、1 を設定する。

2.4.2.4. DE_車両 ID

車両毎にテンポラリに設定される ID 情報。700MHz 帯通信端末も起動時にランダムな値を設定する。

2.4.2.5. DE_インクリメントカウンタ

データ送信順を示す番号情報。0 から 255 の範囲で送信の度に 1 加算される。255 の次は 0 に戻る。

2.4.2.6. DE_共通アプリデータ長

共通アプリデータ領域のデータサイズ情報。後述のデータ定義を踏まえて 54（0x36）とセットされる。

2.4.2.7. DE_オプションフラグ

格納するオプション情報を示すフラグ情報。700MHz 帯通信端末は 63（0x3F）とセットする。対向機側から自由領域に情報が含まれているとき、またはスマートフォンアプリから自由領域に対して情報が付加されているときは 7 bit 目に 1 を立てる。もとの値が 63（0x3F）の場合は 175（0xAF）となる。

2.4.3. DF_時刻情報

2.4.3.1. DE_うるう秒補正情報

時刻のうるう秒補正機能の有無を示す情報。

2.4.3.2. DE_時刻（時）

送信するメッセージ内容を確定した時刻のうち、時（Hour）を示す。日本標準時（JST：グリニッジ標準時 + 9Hour）としてセットする。0 から 23 のいずれかが入るが、不定の場合は 127（0x7F）をセットする。

2.4.3.3. DE_時刻（分）

送信するメッセージ内容を確定した時刻のうち、分（Minute）を示す。0 から 59 のいずれかが入るが、不定の場合は 255（0xFF）をセットする。

2.4.3.4. DE_時刻（秒）

送信するメッセージ内容を確定した時刻のうち、秒（Second）を示す。分解能は 0.001

秒で 0 から 60.999 までを表す。不定の場合は 65535 (0xFFFF) をセットする。

2.4.4. DF_位置情報

2.4.4.1. DE_緯度

位置の緯度情報。測地系は WGS84 を使用。プラスは北緯、マイナスは南緯を示す。不定の場合は-2147483648 (0x80000000) をセットする。Bluetooth を通じて位置情報を取得できない時は 0 をセットする。

2.4.4.2. DE_経度

位置の経度情報。測地系は WGS84 を使用。プラスは東経、マイナスは西経を示す。不定の場合は-2147483648 (0x80000000) をセットする。Bluetooth を通じて位置情報を取得できない時は 0 をセットする。

2.4.4.3. DE_高度

基準面からの高度情報。-409.5m から-0.1m を 0xF001 から 0xFFFF, 0m から 6143.9m を 0x0000~0xEFFF と表す。分解能は 0.1m。6143.9m 以上は 0xEFFF で表す。不定の場合は 0xF000 をセットする。Bluetooth を通じて位置情報を取得できない時は 0 をセットする。

2.4.4.4. DE_位置取得情報

水平方向位置（緯度・経度）の信頼度を示す情報。搭載されている測位システムに応じたクラスの値をセットする。

2.4.4.5. DE_高度取得情報

高度の信頼度を示す情報。搭載されている測位システムに応じたクラスの値をセットする。

2.4.5. DF_車両状態情報

2.4.5.1. DE_車速

自車両の速度情報。700MHz 帯通信端末は速度を取得できないため、不定 (0xFFFF) をセットする。

2.4.5.2. DE_車両方位角

自車両の進行方位角情報。700MHz 帯通信端末は移動方位を取得できないため、不定 (0xFFFF) をセットする。

2.4.5.3. DE_前後加速度

自車両前後方向の加速度情報。700MHz 帯通信端末は加速度を取得できないため、不定 (0x8000) をセットする。

2.4.5.4. DE_車速取得情報

車速の信頼度を示す情報。700MHz 帯通信端末は取得できないため、不定 (0) をセットする。

2.4.5.5. DE_車両方位角取得情報

車両方位角の信頼度を示す情報。700MHz 帯通信端末は取得できないため、不定 (0) をセットする。

2.4.5.6. DE_前後加速度取得情報

前後加速度の信頼度を示す情報。700MHz 帯通信端末は取得できないため、不定 (0) をセットする。

2.4.5.7. DE_シフトポジション

自車両のシフトポジション情報。700MHz 帯通信端末は不定 (7) をセットする。

2.4.5.8. DE_ステアリング角度

自車両のステアリング操舵角度情報。700MHz 帯通信端末からは不定 (0x800) をセットする。

2.4.6. DF_車両属性情報

2.4.6.1. DE_車両サイズ種別

自車両のサイズ情報。700MHz 帯通信端末は歩行者を示す 6 をセットする。

2.4.6.2. DE_車両用途種別

自車両の用途種別情報。700MHz 帯通信端末はその他 (15) をセットする。

2.4.6.3. DE_車幅

自車両の全幅情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0x3FF) をセットする。

2.4.6.4. DE_車長

自車両の全長情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0x3FFF) をセットする。

2.4.7. DF_位置オプション情報

2.4.7.1. DE_位置情報遅れ時間

測位データの更新周期情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0x1F) をセットする。

2.4.7.2. DE_リビジョンカウンタ

GPS レシーバでデータ受信したタイミングから同じデータを送信している期間の情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0x1F) をセットする。

2.4.7.3. DE_道路施設情報

走行・停車している場所の道路施設情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする。

2.4.7.4. DE_道路区分情報

走行している道路の道路区分情報。700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする。

2.4.8. DF_GPS 状態オプション情報

2.4.8.1. DE_位置情報誤差楕円長半径

GPS により取得した位置情報の信頼度指標である水平方向の誤差楕円の長半径情報。

700MHz 帯通信端末は不定 (0xFF) をセットする.

2.4.8.2. DE_位置情報誤差楕円短半径

GPS により取得した位置情報の信頼度指標である水平方向の誤差楕円の短半径情報.

700MHz 帯通信端末は不定 (0xFF) をセットする.

2.4.8.3. DE_位置情報誤差楕円回転角

GPS により取得した位置情報の信頼度指標である水平方向の誤差楕円の回転角情報.

700MHz 帯通信端末は不定 (0xFFFF) をセットする.

2.4.9. DF_位置取得オプション情報

2.4.9.1. DE_GPS 測位モード

GPS により取得した位置情報がどのような測位モードで測位されたかを示す情報.

700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.9.2. DE_GPS 位置精度低下率

GPS により取得した位置情報が、衛星の幾何学的配置によりどれくらい位置精度へ影響を受けた状態で取得したものかを示す情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0x3F) をセットする.

2.4.9.3. DE_GPS 衛星補足数

GPS により取得した位置情報が、いくつかの GPS 衛星を補足した状態で取得したものかを示す情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0xF) をセットする.

2.4.9.4. DE_GPS マルチパス検出

GPS により取得した位置情報が、マルチパスの影響の元で取得されたものかを示す情報. マルチパスとは GPS 衛星から発射された電波が周辺の建物などに反射され、それらを受信している状況を示す. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.9.5. DE_自律航法機能情報

GPS により取得した位置情報が、いくつかの GPS 衛星を補足した状態で取得したものかを示す情報. 700MHz 帯通信端末は自律航法機能無し (0) をセットする.

2.4.9.6. DE_マップマッチング機能情報

自車両の位置情報に対するマップマッチング機能が搭載しているかを示す情報. 700MHz 帯通信端末はマップマッチング機能無し (0) をセットする.

2.4.10. DF_車両状態オプション情報

2.4.10.1. DE_ヨーレート

自車両のヨーレート. 700MHz 帯通信端末は不定 (0x8000) をセットする.

2.4.10.2. DE_ブレーキ状態

自車両のブレーキ状態情報. 700MHz 帯通信端末は各ビット値を OFF もしくは無効にする. 結果, セットする値を 0x00 とする.

2.4.10.3. DE_補助ブレーキ状態

自車両の補助ブレーキ状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.4. DE_アクセルペダル開度

自車両のアクセルペダルの操作量をセットする. 700MHz 帯通信端末は不定 (0xFF) をセットする.

2.4.10.5. DE_灯火類状態

自車両のウィンカ・ハザード・前照灯の状態情報. 700MHz 帯通信端末は各ビット値を OFF もしくは無効にする. 結果, セットする値を 0x00 とする.

2.4.10.6. DE_ACC (Adaptive Cruise Control) 作動状態

自車両の ACC 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.7. DE_C-ACC (Cooperative - Adaptive Cruise Control) 作動状態

自車両の C-ACC 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.8. DE_PCS (Pre Crash Safety) 作動状態

自車両の PCS 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.9. DE_ABS (Antilock Brake System) 作動状態

自車両の ABS 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.10. DE_TRC (Traction Control System) 作動状態

自車両の TRC 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.11. DE_ESC (Electronic Stability Control System) 作動状態

自車両の ESC 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.12. DE_LKA (Lane Keeping Assist System) 作動状態

自車両の LKA 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.10.13. DE_LDA (Lane Departure Warning System) 作動状態

自車両の LDA 作動状態情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.11. DF_交差点情報

2.4.11.1. DE_交差点距離取得情報

前方直近の交差点までの距離情報の取得先情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.11.2. DE_交差点距離

前方直近の交差点までの距離情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0x3FF) をセットする.

2.4.11.3. DE_交差点位置取得情報

前方直近の交差点までの位置情報の取得先情報. 700MHz 帯通信端末は不定 (0) をセットする.

2.4.11.4. DE_交差点緯度

前方直近の交差点の緯度. 700MHz 帯通信端末は不定 (0x80000000) をセットする.

2.4.11.5. DE_交差点経度

前方直近の交差点の経度. 700MHz 帯通信端末は不定 (0x80000000) をセットする.

2.4.12. DF_拡張情報

2.4.12.1. DE_その他用拡張情報

2.4.6.2 DE_車両用途種別 で「その他 (15)」をセットしているため、通常状態を示す 0 をセットする.

2.4.13. DF_自由領域管理情報

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、格納されない。なお、スマートフォン搭載のアプリケーションからの要求ならびに対向機側からの通信で使用することがある。

2.4.13.1. DE_自由アプリヘッダ長

個別アプリデータ管理情報セットに含まれるデータサイズ情報. 数値幅は 4~22(単位は byte).

2.4.13.2. DE_個別アプリデータ数

自由アプリデータ領域に格納される個別アプリデータ数. 数値幅は 1~7(単位は個).

2.4.14. DF_個別アプリデータ管理情報セット

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、格納されない。なお、スマートフォン搭載のアプリケーションからの要求ならびに対向機側からの通信で使用することがある。

2.4.14.1. DE_個別サービス規格 ID

個別アプリデータサービスに対応する個別サービス企画 ID 情報. 入力される値はサービスの定義による。

2.4.14.2. DE_個別アプリデータ先頭アドレス

自由アプリデータ領域の先頭を 0 とした個別アプリデータ格納開始位置を示す. 数値幅は 0~59(単位は byte).

2.4.14.3. DE_個別アプリデータ長

個別アプリデータのデータサイズ情報を示す. 数値幅は 0~60(単位は byte).

2.4.15. 自由アプリデータ領域

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、格納されない。なお、スマートフォン搭載のアプリケーションからの要求ならびに対向機側からの通信で使用することがある。データの仕様は各サービスの定義による。

2.4.16. スマートフォンから発信する情報の検討

RC-013 の各データフォーマットに対して、端末を特定されることなく必要な情報をスマートフォンから提供可能か検討した。平成 27 年度に検証する内容から情報内容について 2.4.16.1～2.4.16.14 章に示す。

2.4.16.1. DF_共通領域管理情報

DF_共通領域管理情報には、DE_インクリメントカウンタと DE_車両 ID が含まれている。DE_インクリメントカウンタは 700MHz 帯通信端末が車両へ送る度に 1 加算される値である。700MHz 帯通信端末が車両に情報を送る頻度は 100msec に対し、スマートフォンから 700MHz 帯通信端末への送信間隔は速度と移動距離の観点より 1.0sec 間隔で行う。送信タイミングが異なるため、スマートフォンで設定される値と 700MHz 帯通信で設定する値は合致しない。

ランダムで決定される DE_車両 ID は、セキュリティの確保された 700MHz 帯通信端末と車載器の間のみで通信すべき内容と考える。

これらの理由より、ヘッダ部分を示す DF_共通領域管理情報はスマートフォンから送信すべきでないと判断した。

2.4.16.2. DF_時刻情報

RC-013 仕様上では「送信するメッセージ内容を確定した時刻」とある。700MHz 帯通信端末から RC-013 で送信する主情報はスマートフォンから受信する位置情報である。そのため、位置を取得した時刻が DF_時刻情報に相当と考える。時刻は周知の情報であることから、時刻情報はスマートフォンが提供することとする。

2.4.16.3. DF_位置情報

DF_位置情報はスマートフォン所有者の場所を示す情報である。スマートフォンから Bluetooth を通じて送信できる範囲は数 m から数十 m の範囲である。位置情報が漏れるとしても極めて狭い地域で、かつ受信者とほぼ同じ位置であることから周知の情報である。そのため、セキュリティに関する問題点は軽微と考えることから、位置情報はスマートフォンから提供することとする。

2.4.16.4. DF_車両状態情報

RC-013 の仕様上、必須な情報なので削除することはできないが、スマートフォンで判別および生成できる情報はないため、スマートフォンからは提供しない。なお、700MHz 帯通信端末が送信時に値を代入する処理を行う。

2.4.16.5. DF_車両属性情報

仕様上、「車両属性」とあるがここで歩行者を示す情報が含まれており、700MHz 帯通信端末と車載器を判別できる箇所である。固定値であるため、都度スマートフォンから送信する必要性は無い。700MHz 帯通信端末が送信時に値を代入する処理を行う。

2.4.16.6. DF_位置オプション情報

オプションの情報である。スマートフォンから送信が必要と判断した場合はアプリの仕様を定義する必要がある。

2.4.16.7. DF_GPS 状態オプション情報

オプションの情報である。スマートフォンから送信が必要と判断した場合はアプリの仕様を定義する必要がある。

2.4.16.8. DF_位置取得オプション情報

オプションの情報である。スマートフォンから送信が必要と判断した場合はアプリの仕様を定義する必要がある。

2.4.16.9. DF_車両状態オプション情報

スマートフォンから提供できる情報はないため、送信対象から外す。

2.4.16.10. DF_交差点情報

オプションの情報である。スマートフォンから送信が必要と判断した場合はアプリの仕様を定義する必要がある。

2.4.16.11. DF_拡張情報

オプションの情報である。DF_車両属性情報のデータエレメントが固定されているので、必要と判断した時は 700MHz 帯通信端末が値を入力する。

2.4.16.12. DF_自由領域管理情報

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、使用しない。スマートフォン搭載のアプリケーションからデータが送信された場合、DE_オプションフラグを変更した上で車載器に対して送信する。また、車載器から受信した場合はその情報をスマートフォン搭載アプリケーションへ送信する。

2.4.16.13. DF_個別アプリデータ管理情報セット

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、使用しない。スマートフォン搭載のアプリケーションからデータが送信された場合、DE_オプションフラグを変更した上で車載器に対して送信する。また、車載器から受信した場合はその情報をスマートフォン搭載アプリケーションへ送信する。

2.4.16.14. 自由アプリデータ領域

平成 27 年度の試験仕様では DE_オプションフラグの 7bit に 0 が設定されているため、使用しない。スマートフォン搭載のアプリケーションからデータが送信された場合、DE_オプションフラグを変更した上で車載器に対して送信する。また、車載器から受信した場合はその情報をスマートフォン搭載アプリケーションへ送信する。

2.5. 700MHz 帯通信端末における Bluetooth 機能

Bluetooth Ver2.1+EDR 準拠した Module を 700MHz 帯通信端末に搭載しており、本 Module を動作させる。外部との通信を行うために必要なデータフォーマットについてはイ) 高度位置精度技術の開発 とともに検討を行った。Bluetooth の Module については 2.5.1 章に、データフォーマットについては 2.5.2 章に記載する。

2.5.1. Bluetooth 仕様

Bluetooth の仕様を表 2.5-1 に示す。検討された Bluetooth Module はシリアル通信の UART(Universal Asynchronous Receiver Transfer)を採用しており、プロファイル/プロトコルスタック実装済みのため、簡単なコマンド操作により Bluetooth 通信を構築できる。また、シリアル通信プロファイル(SPP)を搭載しているため、通常のシリアルデータ通信を Bluetooth 無線に置き換えられる。

表 2.5-1 700MHz 帯通信端末 Bluetooth 仕様

仕様項目	仕様内容
認証	Bluetooth Ver2.1+EDR 準拠 日本国内電波法取得済み (工事設計認証)
プロファイル	SPP, DUN (DT のみ)
周波数	2402 から 2480MHz
変調方式	GFSK (1Mbps) , $\pi/4$ -DQPSK (2MHz), 8DPSK (3Mbps)
拡散方式	周波数ホッピング
チャンネル間隔	1MHz
チャンネル数	79ch
伝送速度	3Mbps (無線部・プロトコルも含むデータ転送最大値)
受信感度	-70dBm
送信電力	+4dBm Bluetooth TX power class2
UART プロトコル	調歩同期式シリアル通信 【要ハードウェアフロー制御 (RTS/CTS 有効)】
UART 信号レベル	電源電圧
UART ボーレート	9.6 kbps (default)

2.5.2. データフォーマット

イ) 高度位置精度技術の開発 と共同で Bluetooth 通信用データフォーマットを検討した。定義したデータフォーマットを表 2.5-2 に示す。なお、データの書式はすべてバイナリ形式とする。

表 2.5-2 データフォーマット 一覧

データフォーマット名	説明
POS	スマートフォンもしくは車載器の位置情報を通信
PWR	700MHz 帯通信の ON/OFF 制御
CNF	PWR に対する応答
INFO_REQ	700MHz 帯通信端末の設定状態取得要求
INFO_RES	INFO_REQ に対する応答

2.5.2.1. POS

スマートフォンもしくは車載器の位置情報を通信するフォーマットを表 2.5-3 に示す。

700MHz 帯通信端末が RC-013 で送信するデータは、表 2.5-3 の変数名を太字で表している。測位専用端末から取得したデータを POS データフォーマットに適合するように変換する。

表 2.5-3 POS データフォーマット

変数名	意味	サイズ[bit]	備考
Start	コマンド開始識別子	8	0x80 [固定値]
Flags	フラグ	8	bit0 で checksum の有無を示す。 0: 無効, 1 : 有効 (default)
Msg	メッセージ種別	8	0x10:位置情報通知
Size	データサイズ	8	Start から Stop までの Byte size 自由領域なし : 39byte 固定 自由領域あり : 41byte 以上 (checksum ありの場合)
Seq	シーケンス番号	16	
vehicle_id	車両 ID	32	[送信] ¹ 値無効 [受信] ² 車載器から送信された ID
leapsecond	うるう秒補正情報	1	1:有効 (Android 標準) 0:無効
Hour	時刻 (時)	7	UTC「時」+9 時間
Minute	時刻 (分)	8	UTC「分」
Msec	時刻 (秒)	16	UTC「ミリ秒」
Latitude	緯度	32	RC-013 仕様
longitude	経度	32	RC-013 仕様
Altitude	高度	16	RC-013 仕様
posconfi	位置取得情報	4	RC-013 仕様 2.5.2.6.1 参照
elevconfi	高度取得情報	4	RC-013 仕様 2.5.2.6.1 参照
speed	速度	16	RC-013 仕様

¹ 700MHz 帯通信端末がスマートフォンへ送信する情報

² スマートフォンが 700MHz 帯通信端末から受信した情報

Heading	向き	16	RC-013 仕様
acceleration	加速度	16	RC-013 仕様
spdconfi	移動速度精度	3	RC-013 仕様 2.5.2.6.2 参照
headconfi	向き精度	3	RC-013 仕様 2.5.2.6.3 参照
accelconfi	加速度精度	3	RC-013 仕様 2.5.2.6.4 参照
transstat	シフトポジション	3	RC-013 仕様 [送信] 値無効(不定値 0x7 を使用する) [受信] 車載器から送信された 情報
steerangle	ステアリング角度	12	RC-013 仕様 [送信] 値無効(不定値 0x800を使用する) [受信] 車載器から送信された 情報
Provider	プロバイダ情報	8	2.5.2.6.5 参照
vsc	車両サイズ種別	4	RC-013 仕様 2.5.2.6.6 参照
vrc	車両用途種別	4	RC-013 仕様 2.5.2.6.7 参照
rssi	受信信号強度	8	2.5.2.6.8 参照 [送信] 値無効 [受信] 車載器からの受信信号 強度
free area size	自由領域データサイズ	8	使用時, 入力される値は 1~82 の間 (自由領域全体のデータ長 を指す) ³
free area	自由領域データ	0~656	使用時, 自由領域に追加される データを入力 ³
checksum	—	8	無効時は含まれない
Stop	コマンド停止識別子	8	0x0A [固定値]

³ 自由領域の有無についてはデータサイズで判定. データサイズが Checksum 有り:39(無し:38)の場合は自由領域なしと判断.

2.5.2.2. PWR

700MHz 帯通信を ON/OFF 制御する命令のデータフォーマットを表 2.5-4 に示す.

表 2.5-4 PWR データフォーマット

変数名	意味	サイズ[bit]	備考
Start	コマンド開始識別子	8	0x80 [固定値]
Flags	フラグ	8	bit0 で checksum の有無を示す . 0: 無効 , 1 : 有効 (default)
Msg	メッセージ種別	8	0x20:電源制御要求
Size	データサイズ	8	Start から Stop までの Byte size (可変)
Seq	シーケンス番号	16	
Control	通信 ON/OFF	8	0x01: 通信 ON 0x00: 通信 OFF
Checksum	—	8	無効時は含まれない
Stop	コマンド停止識別子	8	0x0A [固定値]

2.5.2.3. CNF

2.5.2.2 PWR に対する応答のデータフォーマットを表 2.5-5 に示す.

表 2.5-5 CNF データフォーマット

変数名	意味	サイズ[bit]	備考
Start	コマンド開始識別子	8	0x80 [固定値]
Flags	フラグ	8	bit0 で checksum の有無を示す . 0: 無効 , 1 : 有効 (default)
Msg	メッセージ種別	8	0x21:電源制御応答
Size	データサイズ	8	Start から Stop までの Byte size (可変)
Seq	応答を返すシーケンス番号	16	
Conf	応答	8	0xFF: NAK 0x00: ACK
checksum	—	8	無効時は含まれない
Stop	コマンド停止識別子	8	0x0A [固定値]

2.5.2.4. INFO_REQ

700MHz 帯通信端末の設定状態を要求するフォーマットを表 2.5-6 に示す.

表 2.5-6 INFO_REQ データフォーマット

変数名	意味	サイズ[bit]	備考
Start	コマンド開始識別子	8	0x80 [固定値]
Flags	フラグ	8	bit0 で checksum の有無を示す . 0: 無効 , 1 : 有効 (default)
Msg	メッセージ種別	8	0xF0: 端末状態取得要求
Size	データサイズ	8	Start から Stop までの Byte size (可変)
Seq	シーケンス番号	16	
Checksum	—	8	無効時は含まれない
Stop	コマンド停止識別子	8	0x0A [固定値]

2.5.2.5. INFO_RES

2.5.2.4INFO_REQ に対する応答のフォーマットを表 2.5-7 に示す.

表 2.5-7 INFO_RES データフォーマット

変数名	意味	サイズ[bit]	備考
Start	コマンド開始識別子	8	0x80 [固定値]
Flags	フラグ	8	bit0 で checksum の有無を示す . 0: 無効 , 1 : 有効 (default)
Msg	メッセージ種別	8	0x31:設定応答
Size	データサイズ	8	Start から Stop までの Byte size (可変)
Seq	応答を返すシーケンス番号	16	
Data	端末状態	可変	
checksum	—	8	無効時は含まれない
Stop	コマンド停止識別子	8	0x0A [固定値]

2.5.2.6. パラメータ

2.5.2.6.1. 測位精度

測位精度のパラメータを表 2.5-8 に示す.

表 2.5-8 測位精度

数値	意味
0	不定
1	100m 超クラス
2	100m クラス
3	75m クラス
4	50m クラス
5	40m クラス
6	30m クラス
7	25m クラス
8	20m クラス
9	15m クラス
10	10m クラス
11	7.5m クラス
12	5m クラス
13	2.5m クラス
14	1m クラス
15	0.1m 以下クラス

2.5.2.6.2. 移動速度精度

移動速度のパラメータを表 2.5-9 に示す。

表 2.5-9 移動速度

数値	意味
0	不定
1	10m/s 超クラス
2	10m/s クラス
3	5m/s クラス
4	1m/s クラス
5	0.5m/s クラス
6	0.1m/s クラス
7	0.05m/s クラス

2.5.2.6.3. 向き精度

向き精度のパラメータを表 2.5-10 に示す.

表 2.5-10 向き精度

数値	意味
0	不定
1	30deg 超クラス
2	30deg クラス
3	20deg クラス
4	10deg クラス
5	5deg クラス
6	1deg クラス
7	0.5deg クラス

2.5.2.6.4. 加速度精度

加速度精度のパラメータを表 2.5-11 に示す.

表 2.5-11 加速度精度

数値	意味
0	不定
1	5 m/s ² 超クラス
2	5 m/s ² クラス
3	2.5m/s ² クラス
4	1m/s ² クラス
5	0.5m/s ² クラス
6	0.1m/s ² クラス
7	0.05m/s ² クラス

2.5.2.6.5. プロバイダ情報

プロバイダ情報のビット配置図を図 2.5-1 に示す.

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	R	PDR	OTH			VTG		

図 2.5-1 プロバイダ情報 bit 配列

bit2-0 VTG : 衛星測位種別

- 000b GPS 衛星のみで測位
- 001b GLONASS 衛星のみで測位
- 010b 準天頂衛星のみで測位
- 011b 複数の衛星システムを利用して測位
- 100b-111b reserved

bit5-3 OTH : その他の測位種別 (reserved)

- 000b-111b reserved
- ※default : 000b

bit6 PDR : PDR 状態

- 0b PDR なし
- 1b PDR あり

bit7 R : reserved

- 0b, 1b reserved
- ※default : 0b

2.5.2.6.6. 車両サイズ種別

車両サイズのパラメータを表 2.5-12 に示す.

表 2.5-12 車両サイズ

数値	意味
0	大型自動車
1	中型自動車
2	普通自動車
3	自動二輪車
4	自転車
5	自転車以外の軽車両 (荷車, 人力車など)
6	歩行者 (車いす, シニアカー含む)
7	路面電車
8~14	予約
15	その他・不明

2.5.2.6.7. 車両用途種別

車両用途種別のパラメータを表 2.5-13 に示す.

表 2.5-13 車両用途種別

数値	意味
0	自家用自動車
1	緊急自動車
2	道路維持作業用自動車
3	旅客運送事業用自動車
4	貨物運送事業用自動車
5	特殊自動車 (2 を除く)
6~14	予約
15	その他・不明

2.5.2.6.8. RSSI 値

RSSI 値のパラメータを表 2.5-14 に示す。出力される値は 0.5dBm 刻み、-114~13.5dBm の範囲で出力する。

表 2.5-14 RSSI 値

数値	意味
0	-114dBm 以下
1	-113.5dBm
2	-113.0dBm
3	-112.5dBm
4	-112.0dBm
...	...
...	...
255	13.5dBm 以上

3. 700MHz 帯セルラーへの干渉検証

本章は実施計画書 ウ) 歩車間通信の通信プロトコルの開発 の本年度目標に記されている「700MHz 帯通信端末の無線性能において、セルラーの 700MHz 帯への無線干渉の検討」部分に対応する。

3.1. 干渉環境

3.1.1. 干渉環境の概要

歩行者端末システムの実現に向けた取り組みの 1 つとして、周波数利用の観点から他システムとの共存性を確認するために無線干渉を検証することが挙げられる。本研究では、700MHz 帯を利用する歩行者端末システムが、隣接する周波数帯域で利用される 700MHz 帯のセルラー通信システム(LTE Band28)に与える干渉影響を検証する。また、歩行者端末システムで利用する 700MHz 帯通信端末の機能を 700MHz 帯セルラー通信端末へ搭載することを含め、実証試験による干渉影響の検証を行うことを目的とする。

無線干渉を検証する環境を図 3.1-1 に示す。セルラー通信端末に対し、700MHz 帯通信端末からの送信波（与干渉波）とセルラー基地局からの送信波（被干渉波）が、同時に入力される環境での干渉について検証を行う。

与干渉波・被干渉波の周波数構成を図 3.1-2 に示す。与干渉波となる 700MHz 帯通信システムは、周波数範囲: 750MHz~770MHz を割り当てられ、中心周波数: 760MHz, 帯域幅: 8.3MHz の 1ch, ガードバンド:5MHz で構成される。また、被干渉波となるセルラーは、受信周波数範囲: 770MHz~806MHz が割り当てられ、帯域幅: 3,5,10,15,20 で構成される。これはセルラー通信では LTE の Band28 と呼ばれる周波数帯を指す。与干渉波に最も影響される被干渉波の周波数構成は、中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz となる。これらのことから、700MHz 帯通信システムとセルラー通信システムは、利用周波数が隣接しているため、システム間アイソレーション量の検証が必要である。なお、セルラーの周波数構成は、3GPP 規格と総務省発表の周波数割当計画を参照している[3][4]。

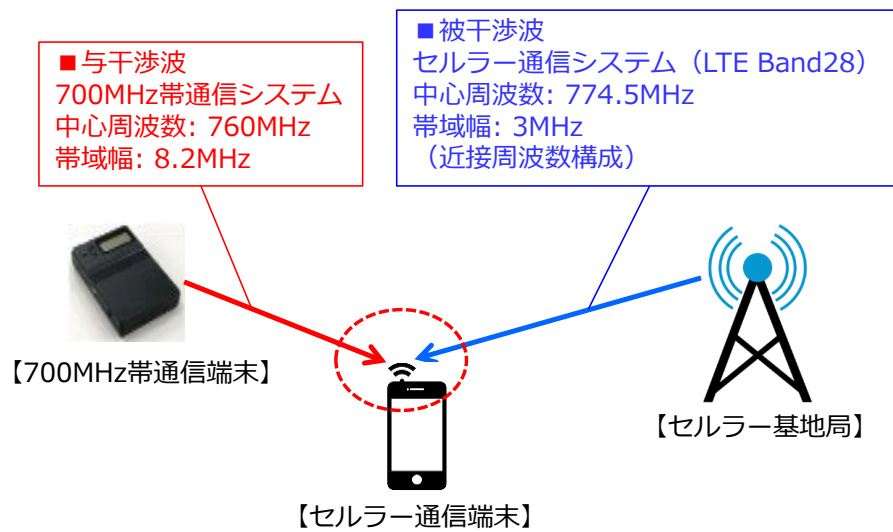


図 3.1-1 干渉環境 概要



図 3.1-2 周波数構成

3.1.2. 干渉要因

干渉には複数の要因が存在する。それぞれの要因に対してレベルダイヤを作成し、検証する。700MHz 帯通信システムからセルラー通信システムへの干渉要因として、感度抑圧干渉とスプリアス干渉の 2 種類を検証する。

感度抑圧干渉は、被干渉波に対して与干渉波が大幅に大きい場合、増幅器または変換器が飽和状態に達すると被干渉波の増幅度低下が発生するために受信感度が劣化する。感度抑圧干渉の概要図を図 3.1-3 に示す。

一方、スプリアス干渉は、与干渉波の歪み成分のスペクトラム広がりや被干渉波の周波数帯に被ることで、受信感度が劣化する。スプリアス干渉の概要図を図 3.1-4 に示す。

セルラー通信システムの受信ブロック図と干渉箇所を図 3.1-5 に示す。感度抑圧干渉は、増幅度の性能低下が原因となるため、増幅器または変換器が干渉箇所となる。また、スプリアス干渉は、信号復調時の性能低下が原因となるため、ベースバンド部が干渉箇所となる。

本研究では、セルラー通信システムの Downlink において 700MHz 帯通信システムが与える影響を検証する目的であるため、以後、与干渉波は 700MHz 帯通信システム、被干渉波はセルラー通信システムと記載する。

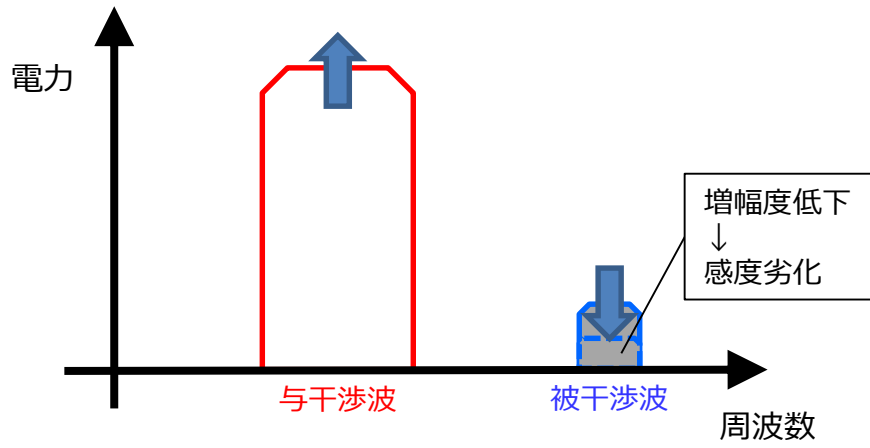


図 3.1-3 感度抑圧干渉 概要

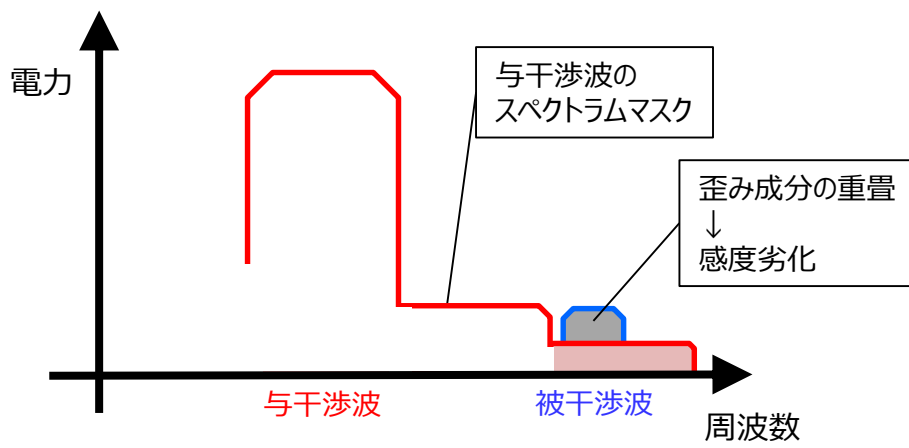


図 3.1-4 スプリアス干渉 概要

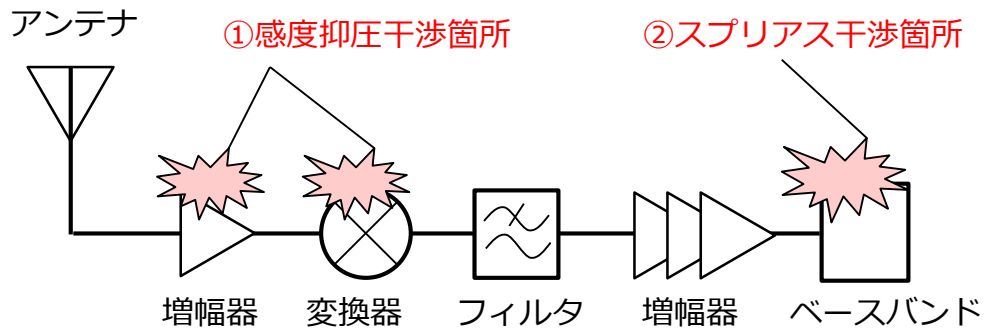


図 3.1-5 セルラー通信システム 受信ブロック図と干渉箇所

3.2. 通信システムの無線仕様

700MHz 帯セルラーの干渉検証を行うため、700MHz 帯通信システムと 700MHz 帯セルラー通信システムの無線仕様について説明する。なお、無線仕様は干渉検証に必要な項目のみを抜粋する。

3.2.1. 700MHz 帯通信システムの無線仕様

700MHz 帯通信システムの無線仕様を表 3.2-1 に示す。周波数は 760MHz、送信出力は 19.2dBm である。変調方式は BPSK, QPSK, 16QAM を使用するが、本研究での評価では与干渉波として最も影響度が大きい(最も送信時間が長い)BPSK を設定する。不要輻射は ARIB 規格を参照した[6]。不要輻射は、100kHz 帯域幅における電力にて規定されるが、送信出力との相対差が必要であるため、dBc/100kHz に換算した数値を記載する。そのため、770MHz～810MHz の不要輻射は、-50dBc/100kHz (50dBr) としてレベルダイヤに反映させている。

表 3.2-1 700MHz 帯通信システム 無線仕様

	項目	規格	
①	周波数	760MHz	
②	送信出力	10mW/MHz	
③	送信出力	19.2dBm	
④	占有帯域幅	8.3MHz	
⑤	変調方式	BPSK	
⑥	送信時間	330us	
⑦	不要輻射	710MHz以下	2.5uW/100kHz
		710MHz～750MHz	20nW/100kHz
		750MHz～755MHz	0.1mW/100kHz
		765MHz～770MHz	0.1mW/100kHz
		770MHz～810MHz	10nW/100kHz
		810MHz～1GHz	2.5uW/100kHz
		1GHz以上	2.5uW/100kHz
⑧	不要輻射 (dBc換算)	710MHz以下	-26dBc/100kHz
		710MHz～750MHz	-47dBc/100kHz
		750MHz～755MHz	-10dBc/100kHz
		765MHz～770MHz	-10dBc/100kHz
		770MHz～810MHz	-50dBc/100kHz
		810MHz～1GHz	-26dBc/100kHz
		1GHz以上	-26dBc/100kHz

3.2.2. セルラー通信システムの無線仕様

セルラー通信システムは、700MHz帯を利用するLTEのBand28を対象とする。700MHz帯セルラー干渉検証で必要となるセルラー通信システムの無線仕様は、受信感度特性であり3GPP規格を参照する[3]。受信感度仕様を表3.2-2に示す。なお、変調方式はQPSKである。

700MHz帯通信システムに近接するセルラーの周波数構成を表3.2-3に示す。中心周波数: 774.5MHz(下限周波数: 773.0MHz)、帯域幅: 3MHzの周波数帯域が700MHz帯通信システムに最も近接し、かつ最小帯域幅の周波数構成となる。最も干渉影響が大きいと想定するこの周波数構成において干渉試験を行う。

表 3.2-2 セルラー通信システム 受信感度仕様

E-UTRA Band	Channel bandwidth						Duplex Mode
	1.4 MHz (dBm)	3 MHz (dBm)	5 MHz (dBm)	10 MHz (dBm)	15 MHz (dBm)	20 MHz (dBm)	
1			-100	-97	-95.2	-94	FDD
2	-102.7	-99.7	-98	-95	-93.2	-92	FDD
3	-101.7	-98.7	-97	-94	-92.2	-91	FDD
4	-104.7	-101.7	-100	-97	-95.2	-94	FDD
5	-103.2	-100.2	-98	-95			FDD
6			-100	-97			FDD
7			-98	-95	-93.2	-92	FDD
8	-102.2	-99.2	-97	-94			FDD
9			-99	-96	-94.2	-93	FDD
10			-100	-97	-95.2	-94	FDD
11			-100	-97			FDD
12	-101.7	-98.7	-97	-94			FDD
13			-97	-94			FDD
14			-97	-94			FDD
...							
17			-97	-94			FDD
18			-100 ^r	-97 ^r	-95.2 ^r		FDD
19			-100	-97	-95.2		FDD
20			-97	-94	-91.2	-90	FDD
21			-100	-97	-95.2		FDD
22			-97	-94	-92.2	-91	FDD
23	-104.7	-101.7	-100	-97	-95.2	-94	FDD
24			-100	-97			FDD
25	-101.2	-98.2	-96.5	-93.5	-91.7	-90.5	FDD
26	-102.7	-99.7	-97.5 ^b	-94.5 ^b	-92.7 ^b		FDD
27	-103.2	-100.2	-98	-95			FDD
28		-100.2	-98.5	-95.5	-93.7	-91	FDD

表 3.2-3 700MHz帯通信と近接するセルラー通信システム周波数構成

周波数(Downlink)			周波数(Uplink)		帯域幅 (MHz)	MCS	SPEC 感度点 (dBm)
ch	中心 (MHz)	下限 (MHz)	ch	中心 (MHz)			
9375	774.5	773.0	27375	719.5	3	QPSK	-100.2

3.3. レベルダイヤ

ここでは、感度抑圧干渉とスプリアス干渉のレベルダイヤについて説明する。レベルダイヤは、3GPP 規格[3]と情報通信審議会の報告書[7]に準拠した許容干渉レベルに対して、机上で算出される干渉レベルとの差分を示すものであり、干渉要因毎にレベルダイヤを作成する必要がある。感度抑圧干渉のレベルダイヤを 3.3.1 章で、スプリアス干渉のレベルダイヤを 3.3.2 章でそれぞれ説明する。

3.3.1. 感度抑圧干渉のレベルダイヤ

干渉要因の 1 つである感度抑圧干渉のレベルダイヤについて説明する。感度抑圧干渉は、セルラー通信端末の受信波に対して 700MHz 帯通信端末の送信波が大幅に大きい場合、増幅器または変換器が飽和状態に達することで、セルラー通信端末の増幅度低下が発生し、受信感度が劣化する現象である。感度抑圧干渉のレベルダイヤを表 3.3-1 に示す。送信出力は ARIB 規格を参照している[6]。送信給電損失および受信給電損失は、セルラー通信端末型であることを前提として 0dB を想定する。また、許容干渉レベルは、情報通信審議会の報告書を参照し、-56.0dBm とする[7]。干渉レベルは、送信電力と同値の 19.2dBm であり、これにより許容干渉レベルを満足するための所要改善量は、75.2dB と算出される。

表 3.3-1 に示す①700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末のアンテナ間の伝搬減衰量と、②フィルタによる回路内減衰量の合計値が、上記の所要改善量より上回る必要がある。アンテナ間の伝搬減衰量は、送信アンテナ利得、空間減衰量、受信アンテナ利得の合計となり、受信電力は、受信給電損失とフィルタ減衰量の合計となる。アンテナ間の伝搬減衰量とフィルタ減衰量に関しては、3.3.3 章で説明する。

表 3.3-1 感度抑圧干渉 レベルダイヤ

送信電力			アンテナ間の伝搬減衰量				受信電力			比較		所要改善量
送信出力	送信給電損失	送信電力合計	送信アンテナ利得	空間減衰量	受信アンテナ利得	減衰量合計	受信給電損失	フィルタ減衰量	受信電力合計	干渉レベル	許容干渉レベル	
dBm	dB	dBm	dBi	dB	dBi	dB	dB	dB	dB	dBm	dBm	dB
19.2	0	19.2	-	-	-	①	0	②	0	19.2	-56.0	75.2

3.3.2. スプリアス干渉のレベルダイヤ

もう一つの干渉要因であるスプリアス干渉のレベルダイヤについて説明する。スプリアス干渉は、700MHz帯通信端末の送信波の歪み成分であるスペクトラム広がりセルラー通信端末の受信周波数帯に被ることで、感度劣化する現象である。スプリアス干渉のレベルダイヤを表 3.3-2 に示す。送信出力は ARIB 規格を参照している[6]。送信給電損失および受信給電損失は、セルラー通信端末型であることを前提として 0dB を想定し、700MHz帯通信システム送信波のマスク減衰量: -50dBc としている。また、許容干渉レベルは、情報通信審議会の報告書を参照し、-110.8dBm/MHz としている[7]。干渉レベルは、送信スプリアス電力合計値と同値の-40.0dBm/MHz であり、これにより許容干渉レベルを満足するための所要改善量は、70.8dB となる。

感度抑圧干渉のレベルダイヤと同様に、表 3.3-2 に示す①700MHz帯通信端末とセルラー通信端末のアンテナ間の伝搬減衰量と、②フィルタによる回路内減衰量の合計値が、上記の所要改善量より上回る必要がある。アンテナ間の伝搬減衰量は、送信アンテナ利得、空間減衰量、受信アンテナ利得の合計となり、受信スプリアス電力は、受信給電損失となる。アンテナ間伝搬減衰量とフィルタ減衰量に関しては、3.3.3 章で説明する。

表 3.3-2 スプリアス干渉 レベルダイヤ

送信スプリアス電力					アンテナ間の伝搬減衰量				受信スプリアス電力		比較		所要 改善量	
送信出力		マスク 減衰量	フィルタ 減衰量	送信 給電損失	送信スプ リアス電 力合計	送信 アンテナ 利得	空間 減衰量	受信 アンテナ 利得	減衰量 合計	受信 給電損失	受信利得 合計	干渉 レベル		許容干渉 レベル
dBm	dBm /MHz	dBr	dBc	dB	dBm /MHz	dBi	dB	dBi	dB	dB	dB	dBm /MHz	dBm /MHz	dB
19.2	10.0	50	②	0	-40	-	-	-	①	0	0	-40.0	-110.8	70.8

3.3.3. アンテナ間の伝搬減衰量とフィルタ減衰量の関係

レベルダイヤ検証では、①アンテナ間の伝搬減衰量と、②フィルタ減衰量の合計値が、所要改善量より上回る必要がある。ここでは、アンテナ間の伝搬減衰量とフィルタ減衰量の関係について説明する。

アンテナ間の伝搬減衰量は、送信アンテナ利得、空間減衰量、受信アンテナ利得の合計で構成され、アンテナ間距離が大きくなると空間減衰量が大きくなり、アンテナ間の伝搬減衰量が大きくなる。その場合、フィルタ減衰量が小さくても所要改善量を満足することが可能となる。アンテナ間の伝搬減衰量(自由空間減衰量換算)とフィルタ減衰量の関係を図 3.3-1 に示す。セルラー通信端末型を想定し、送信アンテナ利得: 0dBi, 受信アンテナ利得: 0dBi とし、アンテナ間の伝搬減衰量を算出している。なお、波長を λ , アンテナ間距離を d (単位: [m]) として、アンテナ間の伝搬減衰量を式(1)から算出する。

$$L = 20 * \log\left(\frac{4 * \pi * d}{\lambda}\right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

例えば、アンテナ間距離 1m の場合は、アンテナ間の伝搬減衰量が約 30.0dB となり、所要改善量 75.2dB から減算した約 45.2dB の減衰量を有するフィルタ適用が必要となる。また、アンテナ間距離 200m の場合は、伝搬減衰量が 76.0dB となり、所要改善量 75.2dB を満足するため、フィルタ適用は不要となる。このようにアンテナ間の伝搬減衰量と所要改善量それぞれの値から、フィルタの適用可否とフィルタによる減衰量を求めることができる。

本研究では、700MHz 帯通信システムの機能をセルラー通信端末に搭載することを想定し、700MHz 帯通信アンテナとセルラー通信アンテナのアンテナ間距離: 5~10cm を想定する。アンテナ間距離 10cm 程度の距離は、近傍界と遠方界の境界範囲の中にあり、アンテナ間の伝搬減衰量を算出するには、机上計算が困難であり、電磁界シミュレータや実証試験によるアンテナ設計および解析が必要となる。特に近傍界においては、アンテナ間の電磁気的な結合が強くなり、それぞれのアンテナの電磁界分布が変わること、アンテナサイズや周辺部品の影響も大きいことが理由である。以上のように、近傍界におけるアンテナ間の伝搬減衰量の机上計算が困難であるため、本研究では、ダイポールアンテナ間結合の実測値である 10dB をアンテナ間の伝搬減衰量と設定する。

なお、平成 28 年度の ウ) 歩車間通信の通信プロトコルの開発 において、アンテナ間の伝搬減衰量の妥当性と適切なアンテナ設計について詳細検証を行う予定である。

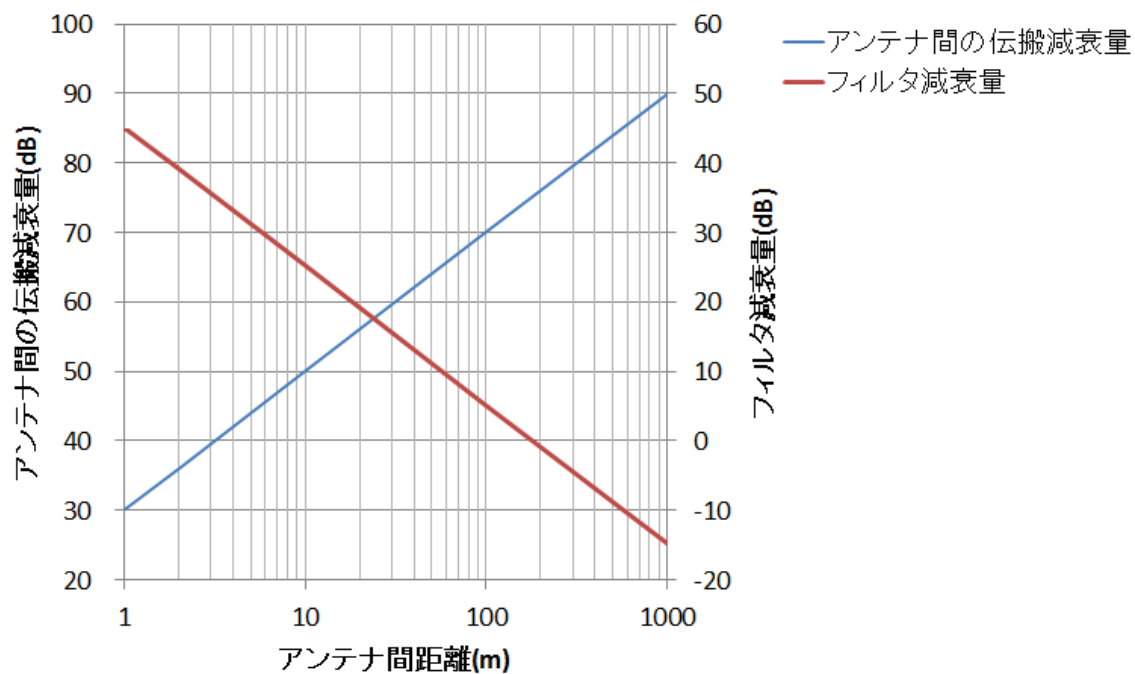


図 3.3-1 アンテナ間の伝搬減衰量(自由空間減衰量換算)とフィルタ減衰量の関係

3.3.4. アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB 設定によるレベルダイヤ

本研究では、700MHz 帯通信システムの機能を 700MHz 帯セルラー通信端末へ搭載することを想定し、アンテナ間距離: 5~10cm, アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB を想定した場合のレベルダイヤについて説明する。

アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB を想定した場合の感度抑圧干渉のレベルダイヤを表 3.3-3 に示す。フィルタ減衰量: 65.2dB を確保することで、許容干渉レベル: -56dBm に対して、干渉レベル: -56dBm となり、所要改善量: 0dB となる。

同様に、アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB を想定した場合のスプリアス干渉のレベルダイヤを表 3.3-4 に示す。フィルタ減衰量: 60.8dB を確保することで、許容干渉レベル: -110.8dBm/MHz に対して、干渉レベル: -100.8dBm/MHz となり、所要改善量: 0dB となる。

よって、アンテナ間距離: 5~10cm, アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB を想定した場合、感度抑圧干渉に対して、65.2dB の減衰量を有するフィルタ、スプリアス干渉に対して、60.8dB の減衰量を有するフィルタが必要となる。

表 3.3-3 感度抑圧干渉 レベルダイヤ (アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB の場合)

送信電力			アンテナ間の伝搬減衰量				受信電力			比較		所要改善量
送信出力	送信給電損失	送信電力合計	送信アンテナ利得	空間減衰量	受信アンテナ利得	減衰量合計	受信給電損失	フィルタ減衰量	受信電力合計	干渉レベル	許容干渉レベル	
dBm	dB	dBm	dBi	dB	dBi	dB	dB	dB	dB	dBm	dBm	dB
19.2	0	19.2	-	-	-	10.0	0	65.2	0	-56.0	-56.0	0.0

表 3.3-4 スプリアス干渉 レベルダイヤ (アンテナ間の伝搬減衰量: 10dB の場合)

送信スプリアス電力					アンテナ間の伝搬減衰量				受信スプリアス電力		比較		所要改善量	
送信出力		マスク減衰量	フィルタ減衰量	送信給電損失	送信スプリアス電力合計	送信アンテナ利得	空間減衰量	受信アンテナ利得	減衰量合計	受信給電損失	受信利得合計	干渉レベル		許容干渉レベル
dBm	dBm/MHz	dBr	dB	dB	dBm/MHz	dBi	dB	dBi	dB	dB	dB	dBm/MHz	dBm/MHz	dB
19.2	10.0	50	60.8	0	-101	-	-	-	10	0	0	-110.8	-110.8	0.0

3.4. 実証試験概要

700MHz 帯を利用する歩行者端末システムが、隣接する周波数帯域で利用される700MHz 帯のセルラー通信システム(LTE Band28)に与える干渉影響を検証するための実証試験の概要について説明する。

実証試験は、実環境を想定した2つのケーススタディで実施する。ケーススタディ1は、ユーザが700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末を同じかばんやポケットに入れる、もしくはセルラー通信端末に700MHz 帯通信機能を搭載することにより、双方のアンテナが近接している場面でのセルラー通信が受ける干渉影響を検証する。また、ケーススタディ2は、ケーススタディ1のユーザ周辺に700MHz 帯通信端末が1台以上存在する場面でのセルラー通信が受ける干渉影響を検証する。ケーススタディ1の概要を3.4.1章で、ケーススタディ2の概要を3.4.2章でそれぞれ説明する。

3.4.1. ケーススタディ1概要

ケーススタディ1は、2種類のアンテナ近接条件における干渉影響を検証する。ケーススタディ1の概要を図3.4-1に示す。

近接条件①は、ユーザ1が700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末を所持し、700MHz 帯通信アンテナとセルラー通信アンテナが近接する状況を、近接条件②は、セルラー通信端末に700MHz 帯通信機能が搭載され、700MHz 帯通信アンテナとセルラー通信アンテナが近接する状況を想定する。アンテナ間距離は、近接条件①、②の想定を基に5~10cm、アンテナ間の伝搬減衰量は10dBと設定する。このときの700MHz 帯通信の送信波がセルラー通信端末のアンテナへ入力した場合のスループット特性を評価することで、セルラー通信性能に対する影響を確認する。

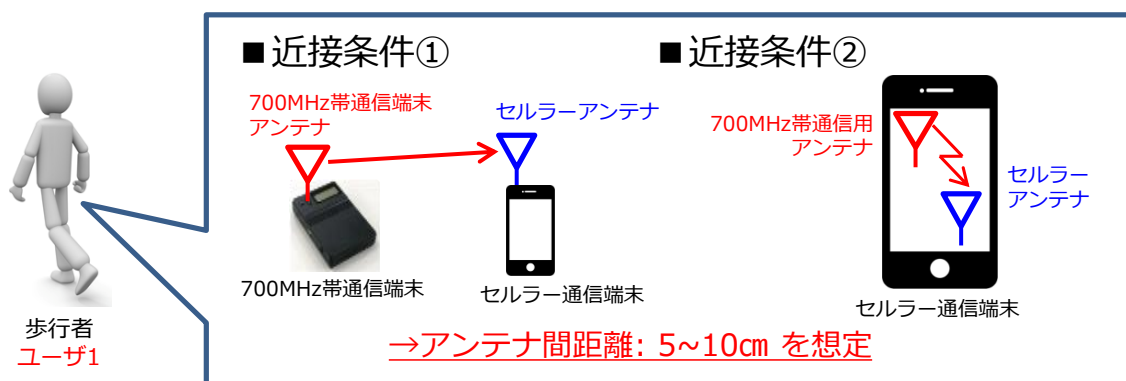
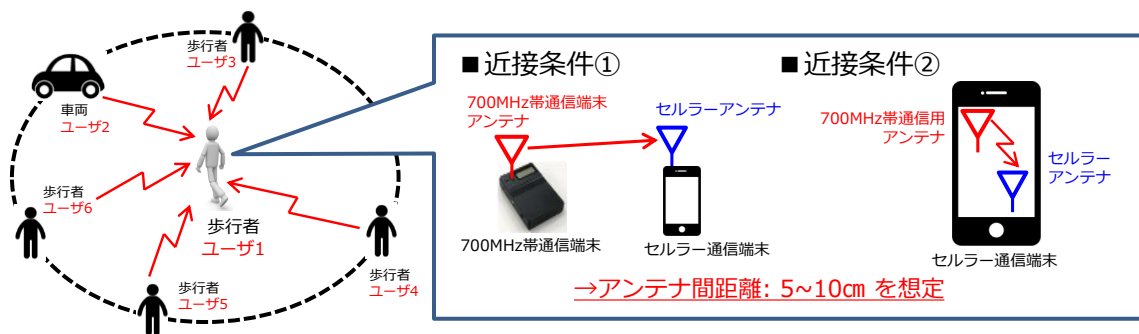


図 3.4-1 実証試験ケーススタディ1概要

3.4.2. ケーススタディ 2 概要

ケーススタディ 2 は、700MHz 帯通信システム送信信号の時間占有率が高い条件のもとで、セルラー通信端末に対する干渉影響を確認する。ケーススタディ 2 の概要を図 3.4-2 に示す。

実証試験に登場するユーザ 1 はケーススタディ 1 で示した近接条件①もしくは②に該当する 700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末を有する (3.4.1 章参照)。ユーザ 1 の周辺には 700MHz 帯通信端末を所持する複数のユーザ (ユーザ数 $n=1, 2, 3, 4, 5, 10, 50$) が存在する。この時、複数のユーザはユーザ 1 から等距離 (距離 $d : 1 < d < 1000[m]$) の円周上に存在する。このような状況を想定し、セルラー通信への影響を確認する。ケーススタディ 1 と同様に、700MHz 帯通信システムの送信信号がセルラー通信端末へ入力した場合のスループット特性を評価することで、セルラー通信性能への影響を確認する。



3.5. 実証試験系

ここでは、実証試験系について説明する。

3.5.1. 試験器性能確認の試験系

干渉検証で使用する試験器の性能を確認する。端末シミュレータの受信感度性能を確認するための試験系を 3.5.1.1 章で、700MHz 帯通信端末の送信性能を確認するための試験系を 3.5.1.2 章で、700MHz 帯通信システムの送信信号を任意信号発生器で出力した時の送信性能を確認するための試験系について 3.5.1.3 章でそれぞれ説明する。

3.5.1.1. 端末シミュレータ試験系

端末シミュレータの受信性能を確認するための試験系のブロック図を図 3.5-1 に、試験環境を図 3.5-2 にそれぞれ示す。

端末シミュレータは、3GPP 無線規格を満足する Aeroflex 社製の TM500 を使用する。基地局シミュレータは、アンリツ社製の MT8820C を使用し、シミュレータ対向の試験系となる。基地局シミュレータのスループット特性の試験画面を図 3.5-3 に示す。物理層におけるスループット特性が 95%以上となる受信感度レベルを評価し、実際に 3GPP 無線規格に合致するか確認する。

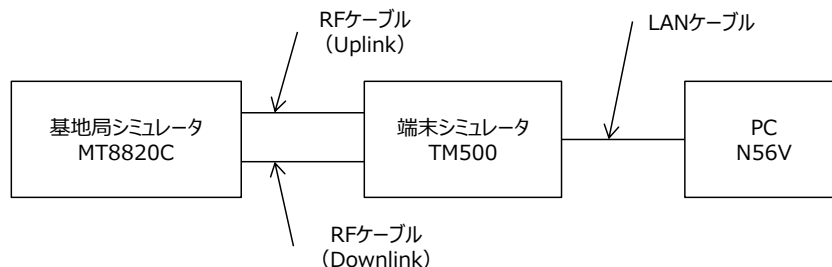


図 3.5-1 端末シミュレータ試験系 ブロック図

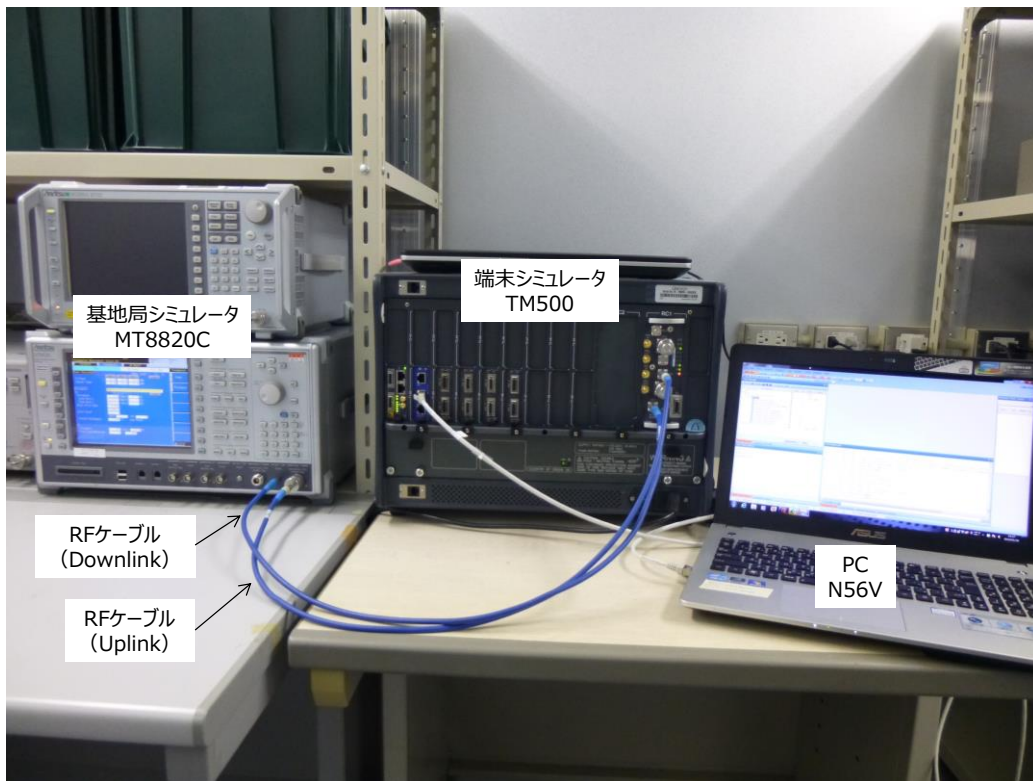


図 3.5-2 端末シミュレータ試験系 試験環境



図 3.5-3 スループット特性 試験画像

3.5.1.2. 700MHz 帯通信端末試験系

700MHz セルラーへの干渉検証の試験において、実使用に近い試験環境を実現するため、700MHz 帯通信端末を適用する試験も実施する。700MHz 帯通信端末の干渉検証に必要な送信出力電力と不要輻射特性を確認する試験系のブロック図を図 3.5-4 に、試験環境を図 3.5-5 にそれぞれ示す。700MHz 帯通信端末の出力を 3dB のアッテネータを経由し、シグナルアナライザ（アンリツ社製 MS2690A）に接続することで、波形を確認できる。3dB のアッテネータはシグナルアナライザへ入力される信号レベルを下げるために使用した。波形をもとに 700MHz 帯通信端末の送信間隔や最大不要輻射特性を評価する。

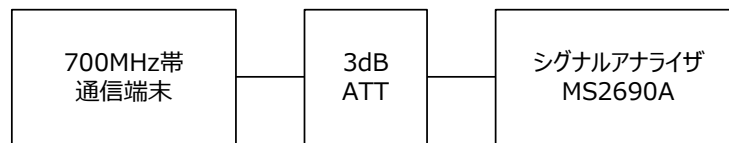


図 3.5-4 700MHz 帯通信端末試験系 ブロック図

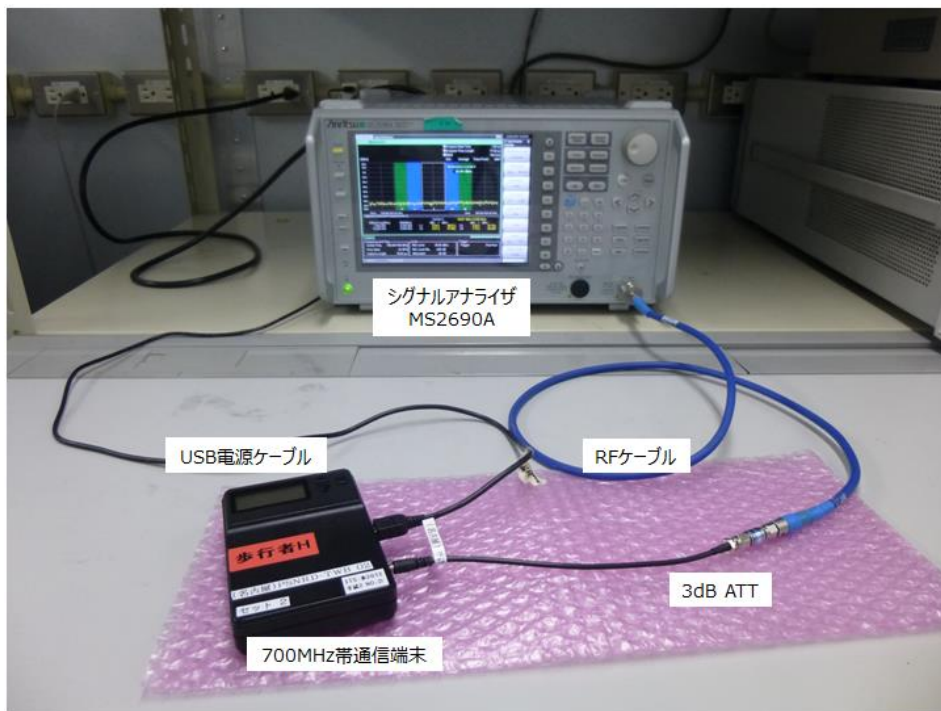


図 3.5-5 700MHz 帯通信端末試験系 試験環境

3.5.1.3. 任意信号発生器試験系

700MHz 帯セルラーへの干渉検証において、ケーススタディ 2 では 700MHz 帯通信端末を所持する複数のユーザが存在することを想定した試験を行う。700MHz 端末の台数に限りがあるため、複数ユーザが出力する送信信号を任意信号発生器で出力することでケーススタディ 2 の干渉環境を実現する。

任意信号発生器の送信信号を確認する試験系のブロック図を図 3.5-6 に、試験環境を図 3.5-7 にそれぞれ示す。任意信号発生器（アンリツ社製 MG3700A）は、3dB アッテネータを経由してシグナルアナライザに接続する。3dB アッテネータはシグナルアナライザへ入力される信号レベルを下げるために使用した。3.4.2 章で示したユーザ数を任意信号発生器に設定すると、時間均等分割したタイミングで送信信号を出力する。この送信信号が想定通りに出力していることをシグナルアナライザで確認する。

任意信号発生器に入力するデータは、計算機シミュレータで作成した 700MHz 帯通信のベースバンド信号を用いる。この計算機シミュレータでは、入力パラメータとしてユーザ数：2～50 とユーザ 1 との相対電力差(ユーザ 2～50 で共通設定)を設定可能である。任意信号発生器 出力信号のイメージを図 3.5-8 に示す。各ユーザの送信間隔は 100msec であり、複数ユーザ設定時の送信間隔は等間隔である。

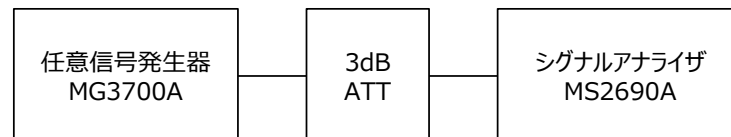


図 3.5-6 任意信号発生器試験系 ブロック図

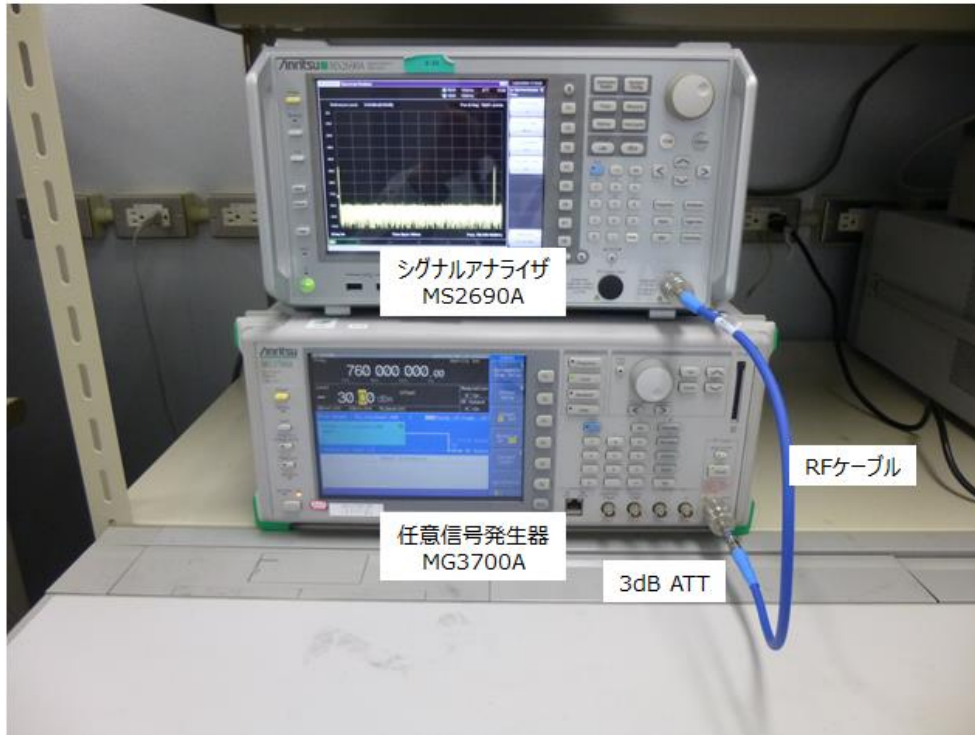


図 3.5-7 任意信号発生器試験系 試験環境

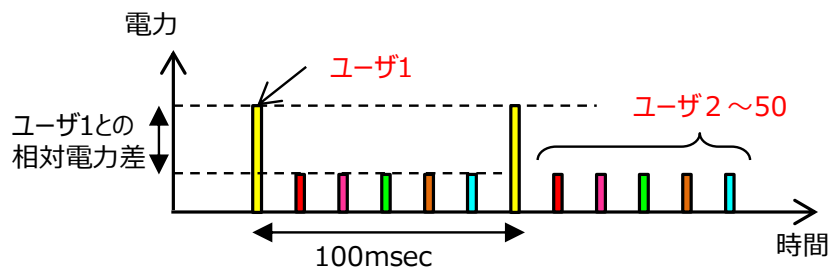


図 3.5-8 任意信号発生器 出力信号のイメージ

3.5.2. 感度抑圧干渉試験系

3.3.1 章で説明した感度抑圧干渉のレベルダイヤについて妥当性を実証試験で確認する。感度抑圧干渉の試験系のブロック図を図 3.5-9 に、試験環境を図 3.5-10 にそれぞれ示す。

この試験では端末シミュレータと基地局シミュレータが対向する構成となる。Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 4 とパワーコンバイナ 1, 2 経由で接続される。パワーコンバイナ 1 に任意信号発生器①がアイソレータ 2 とバンドパスフィルタ経由で接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm, 任意信号発生器②から出力される 700MHz 帯通信システムの送信信号は中心周波数: 760MHz である。

感度抑圧干渉以外による通信品質が劣化することを避けるため、任意信号発生器②から出力される 700MHz 帯通信システムの送信波信号が端末シミュレータ以外へ流れないようにする目的でアイソレータ 1, 2, 4 を適用している。同時に、スプリアス干渉により通信品質が劣化することを避けるため、任意信号発生器から出力される送信信号のスペクトラムのセルラーの周波数帯域帯域に発生するサイドローブを減衰させる目的でバンドパスフィルタを適用している。

任意信号発生器②から出力された 700MHz 帯通信システムの送信信号を図 3.5-11 に示す。図より、送信間隔である 100msec 毎に 330usec 間送信信号（現在送信している RC-013 のデータサイズ相当）が出力していることを確認できる。

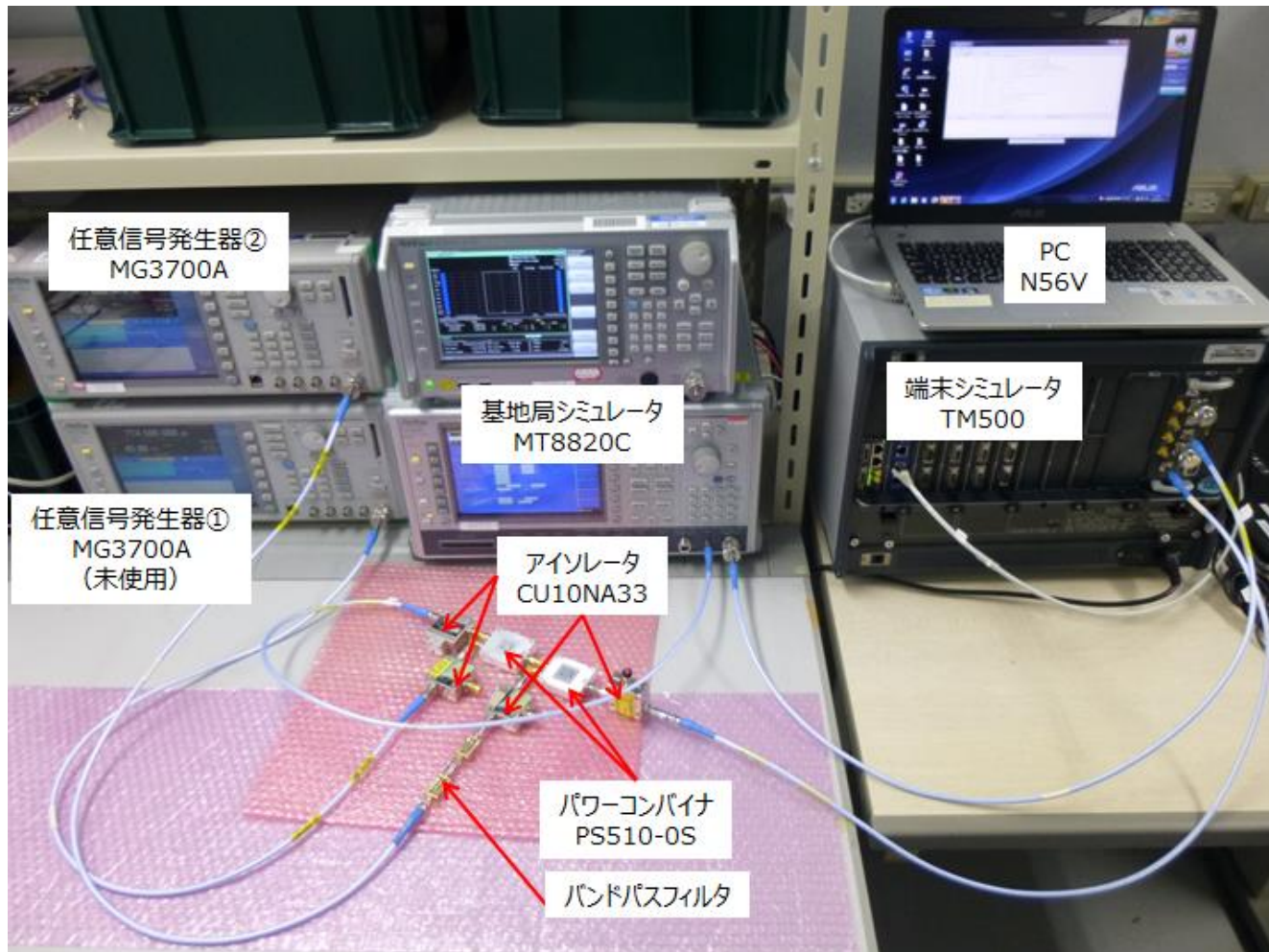


図 3.5-10 感度抑圧干渉試験系 試験環境

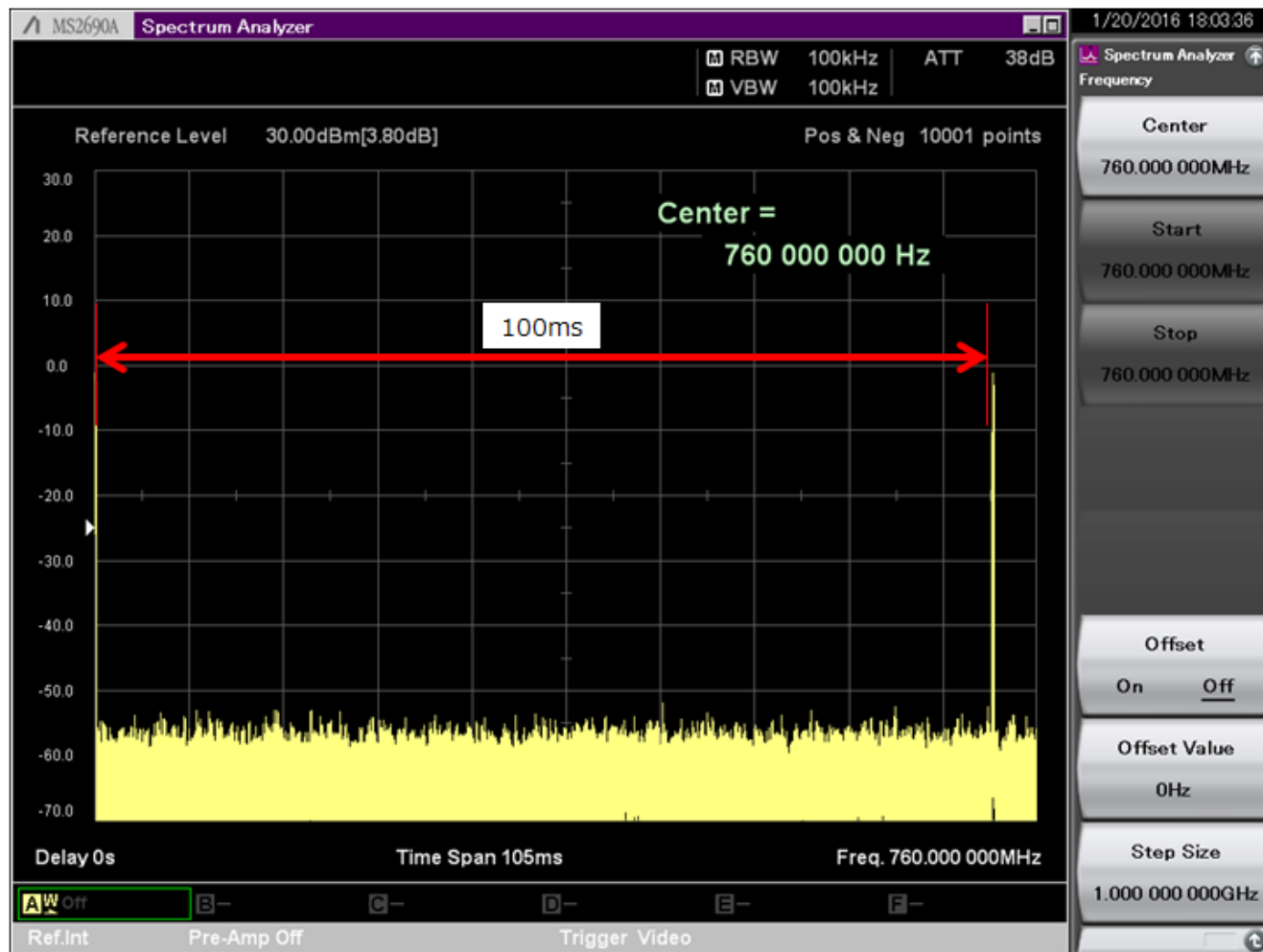


图 3.5-11 700MHz 帶通信端末 送信波形 (時間軸)

3.5.3. スプリアス干渉試験系

3.3.2 章で説明したスプリアス干渉のレベルダイヤについて妥当性を実証試験で確認する。スプリアス干渉の試験系のブロック図を図 3.5-12 に、試験環境を図 3.5-13 にそれぞれ示す。

この試験では端末シミュレータと基地局シミュレータが対向する構成となる。Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 4 とパワーコンバイナ 1, 2 経由で接続される。パワーコンバイナ 1 に任意信号発生器①がアイソレータ 2 経由で、パワーコンバイナ 2 に任意信号発生器②がアイソレータ 3 とバンドパスフィルタ経由で接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm である。任意信号発生器①は、セルラー周波数帯域のスプリアス信号を出力する。

スプリアス以外の原因により通信品質が劣化することを避けるため、任意信号発生器①から出力される 700MHz 帯通信システムのスプリアス信号が端末シミュレータ以外へ流れないようにする目的でアイソレータ 1, 2, 4 を適用している。

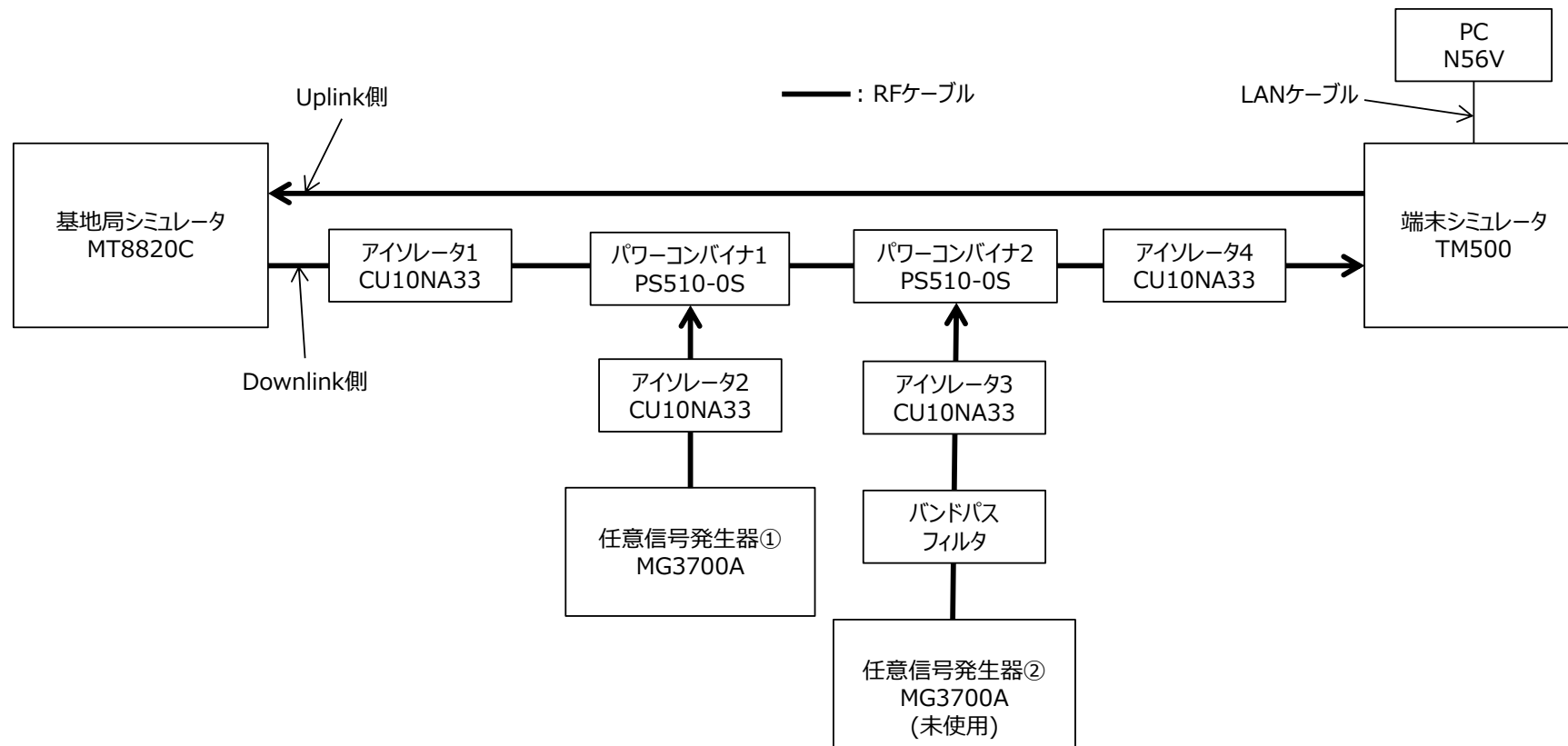


図 3.5-12 スプリアス干渉試験系 ブロック図

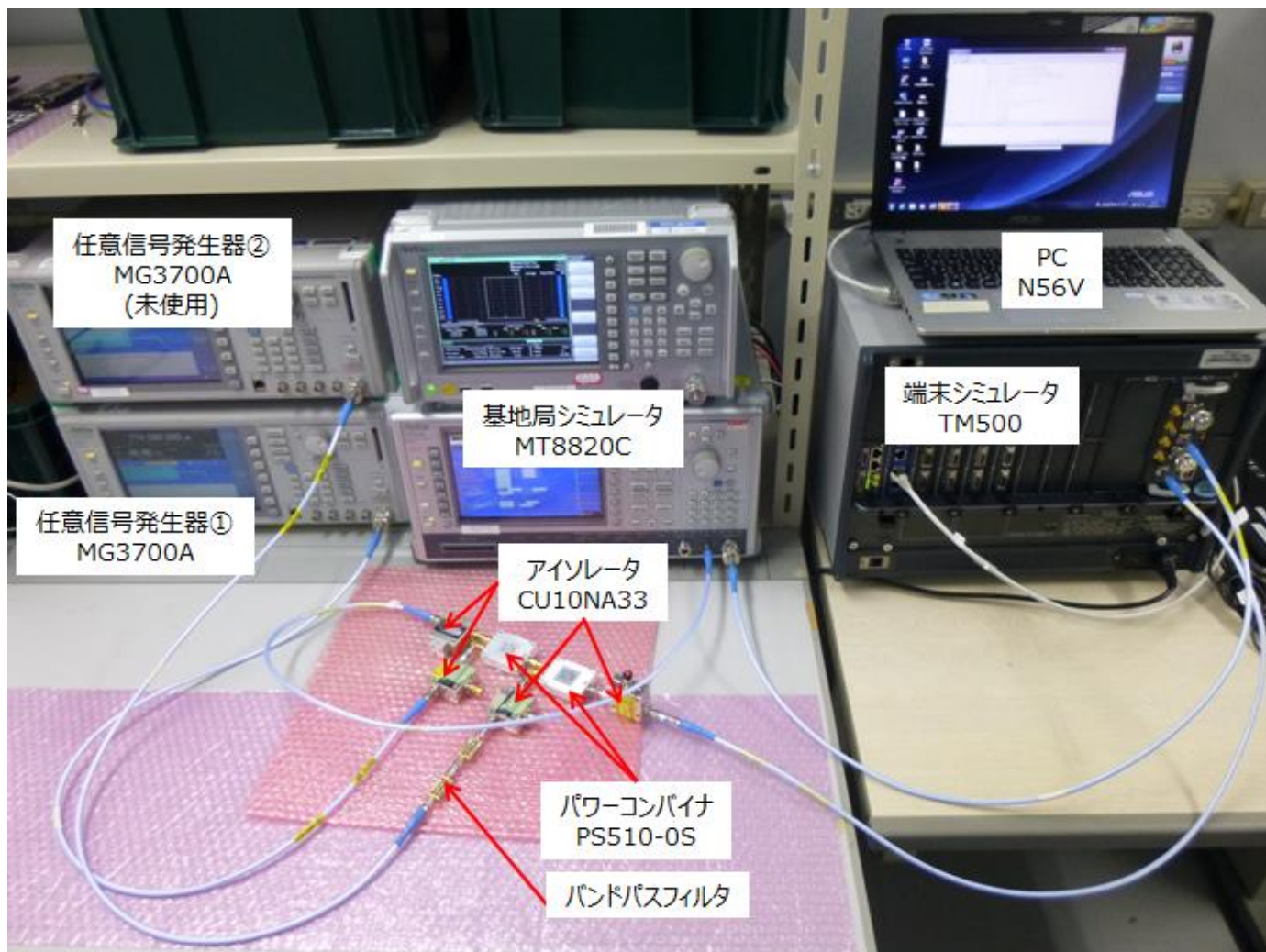


図 3.5-13 スプリアス干渉試験系 試験環境

3.5.4. シミュレータ対向による試験系

端末シミュレータと基地局シミュレータが対向する構成で、ケーススタディ 1 および 2 (3.4 章参照) を確認する。ケーススタディ 1 の試験系を 3.5.4.1 章で、ケーススタディ 2 の試験系を 3.5.4.2 章でそれぞれ説明する。

3.5.4.1. ケーススタディ 1 試験系

ケーススタディ 1 の試験系のブロック図を図 3.5-14 に、試験環境を図 3.5-15 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5 とパワーコンバイナ 1, 2, 3 経由で接続される。パワーコンバイナ 3 にアイソレータ 4 と可変アッテネータ (可変 ATT) 経由で 700MHz 帯通信端末が接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm である。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

無線干渉以外の通信品質劣化を避けるため、任意信号発生器から出力される 700MHz 帯通信システムの送信波信号が端末シミュレータ以外へ流れないようにする目的でアイソレータ 1, 2, 3, 5 を適用している。なお、ケーススタディ 1 および 2 の試験系を共通化しており、ケーススタディ 1 の試験では任意信号発生器を使用しない。

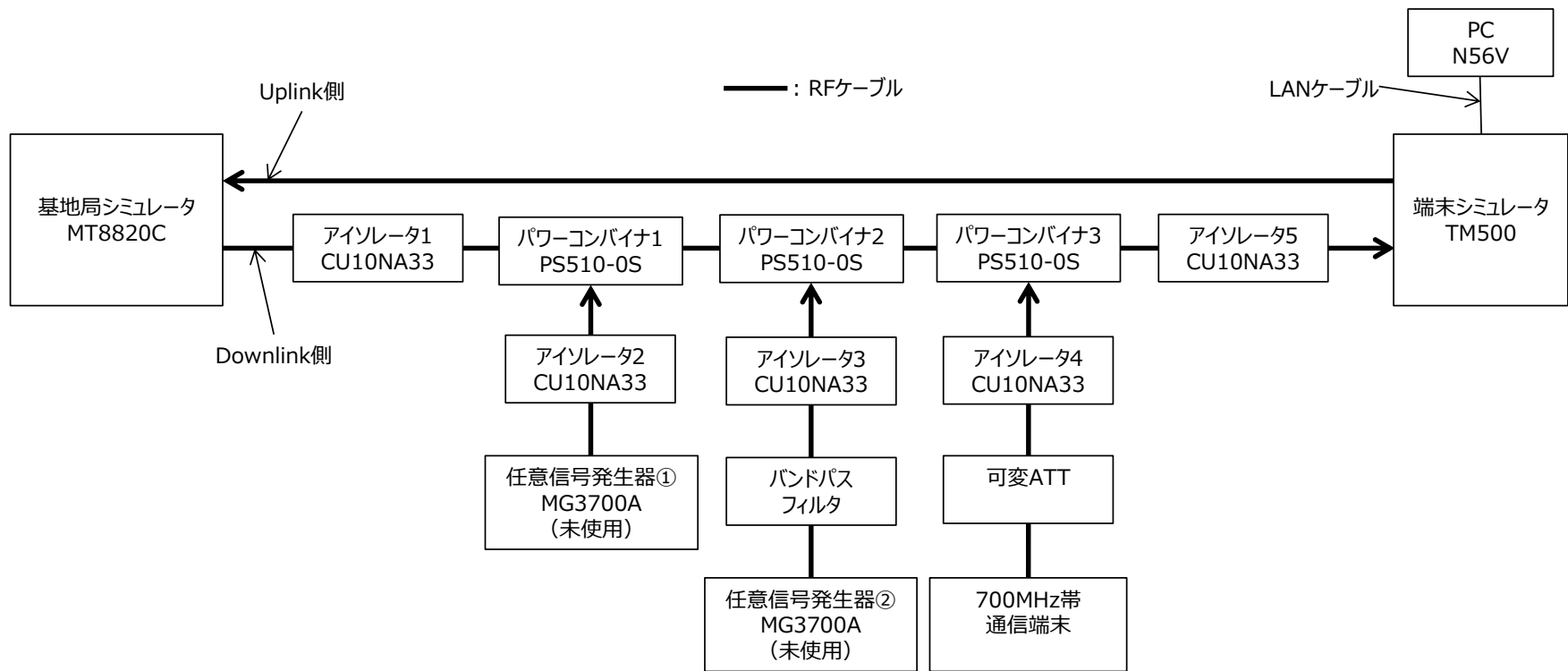


図 3.5-14 シミュレータ対向 ケーススタディ 1 試験系ブロック図

3.5.4.2. ケーススタディ 2 試験系

ケーススタディ 2 の試験系のブロック図を図 3.5-16 に、試験環境を図 3.5-17 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5 とパワーコンバイナ 1, 2, 3 経由で接続される。パワーコンバイナ 1 に任意信号発生器①がアイソレータ 2 経由で、パワーコンバイナ 2 に任意信号発生器②がアイソレータ 3 とバンドパスフィルタ経由で、パワーコンバイナ 3 に 700MHz 帯通信端末がアイソレータ 4 と可変アッテネータ経由で接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。任意信号発生器は、ユーザ 1 の周囲に存在するユーザが所持する 700MHz 帯通信端末の出力信号を模擬するものであり、任意信号発生器①は、760MHz の出力信号を、任意信号発生器②は、スプリアス出力信号、774.5MHz の出力信号を発生させる。

スプリアス干渉の通信品質の劣化を避けるため、任意信号発生器②から出力される送信信号のスペクトラムのセルラーの周波数帯域帯域に発生するサイドローブを減衰させ、かつ 700MHz 帯通信システムの出力信号を通過させるフィルタとしてバンドパスフィルタを適用している。

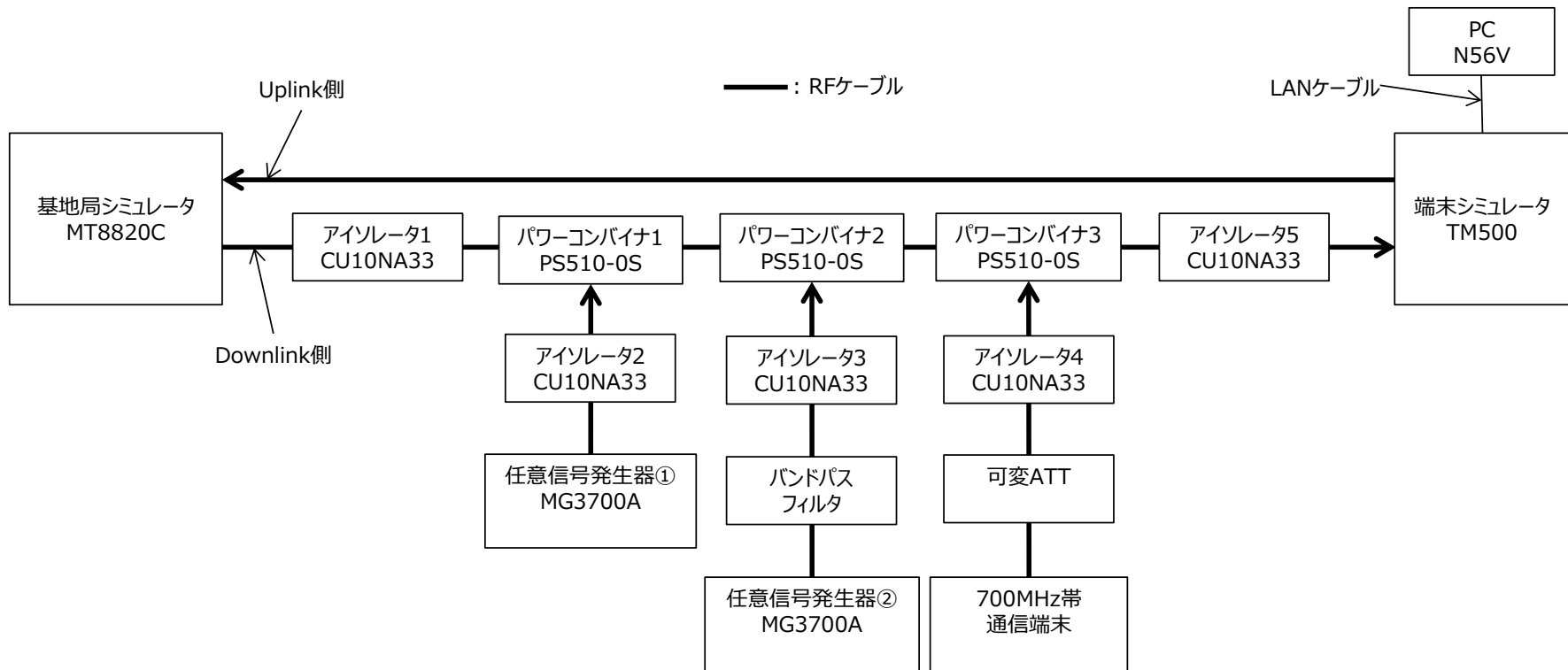


図 3.5-16 シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験系 ブロック図

3.5.5. シミュレータ対向による試験系（フィルタ適用による効果確認）

ここでは端末シミュレータと基地局シミュレータが対向する構成に、3.3.4章で説明したレベルダイヤにおける必要フィルタ減衰量に対して、既存フィルタを付加した環境でケーススタディ1および2（3.4章参照）を確認する。

3.5.5.1. フィルタ適用の概要

フィルタ適用後のブロック図を図 3.5-18 に示す。

セルラー通信端末内に感度抑圧干渉の対策としてセルラー通信用受信フィルタを配置する。フィルタによりセルラー通信システムの受信信号を通過させ、700MHz 帯通信システムの送信帯域を減衰させる効果がある。セルラー通信用受信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量を表 3.5-1 に示す。減衰量は、セルラー通信帯域のインサージョンロスと、700MHz 帯通信帯域のロスとの差分で表わされ、この減衰量に対する干渉影響の定量化を行う。インサージョンロスは他の無線特性との整合が必要であり、無線回路構成に依存するため、本研究ではインサージョンロスは考慮しない。実証試験では必要フィルタ減衰量：65.2dB（3.3.4章参照）を満たすよう2個直列した既存フィルタを用いて構築する。

また、700MHz 帯通信端末内にスプリアス干渉の対策として700MHz 帯通信用送信フィルタを配置する。フィルタにより700MHz 帯通信システムの送信信号を通過させ、セルラー通信システムの受信帯域のスプリアス成分を減衰させる効果がある。700MHz 帯通信用送信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量を表 3.5-2 に示す。減衰量は、700MHz 帯通信帯域のインサージョンロスから、セルラー通信帯域のロスとの差を用いる。インサージョンロスの影響は考慮せず、上記の減衰量による干渉影響の確認を行う。実証試験では、必要フィルタ減衰量: 60.8dB を満たすよう2個直列した既存フィルタを用いて構築する。

セルラー通信用受信フィルタの通過特性（直列数: 1）を図 3.5-19 に、セルラー通信用受信フィルタの通過特性（直列数: 2）を図 3.5-20 に、700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性（直列数: 1）を図 3.5-21 に、700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性（直列数: 2）を図 3.5-22 にそれぞれ示す。これらの特性から、一般的に入手可能なフィルタを試験系に適用して、レベルダイヤを実現可能なことを確認し、3GPP 試験条件が満足できることを確認することで算出したレベルダイヤが正しいことを確認する。

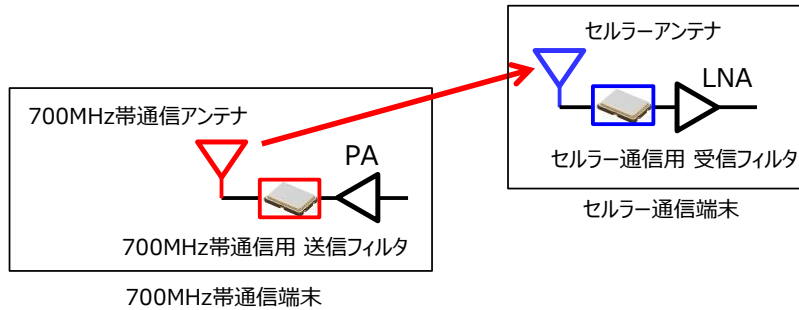


図 3.5-18 フィルタ適用後のブロック図

表 3.5-1 セルラー通信用受信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量

周波数 (MHz)	フィルタ減衰量(dB)				必要フィルタ 減衰量 (dB)
	直列数				
	1		2		
755.0	62.3	60.4	98.8	95.2	> 65.2
760.0	49.9	48.0	104.4	100.8	
765.0	59.0	57.1	99.9	96.3	
773.0	2.1	-	4.0	-	
774.5	1.9	-	3.6	-	
776.0	1.9	-	4.1	-	

表 3.5-2 700MHz 帯通信用送信フィルタ(既存フィルタ)の減衰量

周波数 (MHz)	フィルタ減衰量(dB)				必要フィルタ 減衰量 (dB)
	直列数				
	1		2		
755.0	1.3	-	2.7	-	> 60.8
760.0	0.8	-	1.7	-	
765.0	1.1	-	2.2	-	
773.0	35.2	34.3	74.1	72.3	
774.5	30.7	29.9	64.8	63.1	
776.0	23.9	23.0	49.6	47.8	

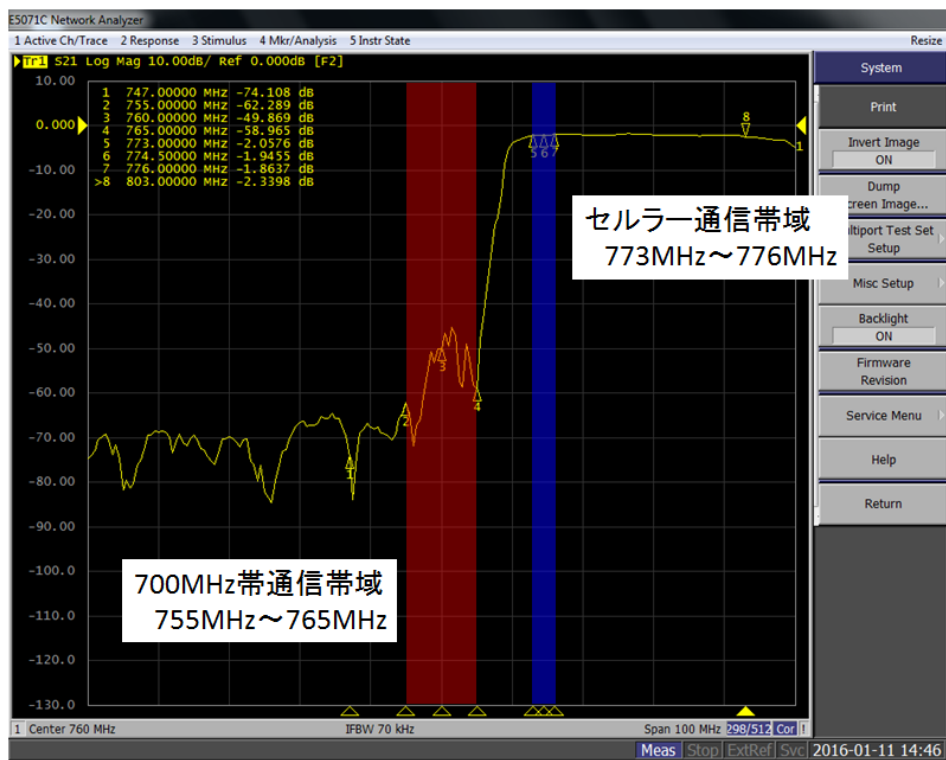


図 3.5-19 セルラー通信用受信フィルタの通過特性 (直列数: 1)

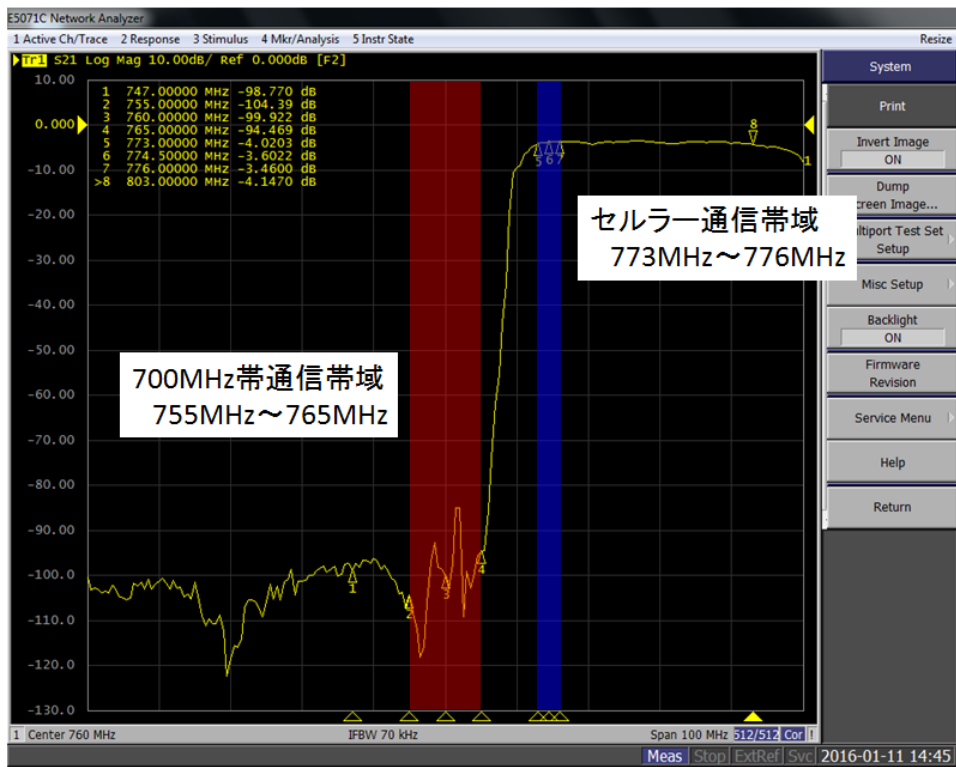


図 3.5-20 セルラー通信用受信フィルタの通過特性 (直列数: 2)

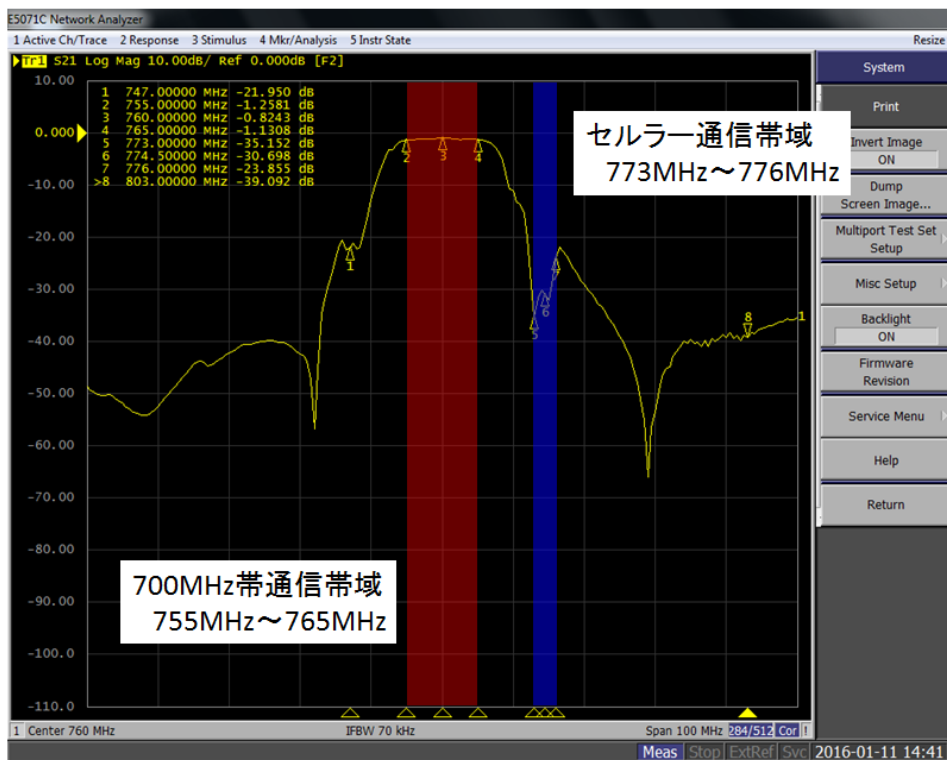


図 3.5-21 700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性 (直列数: 1)

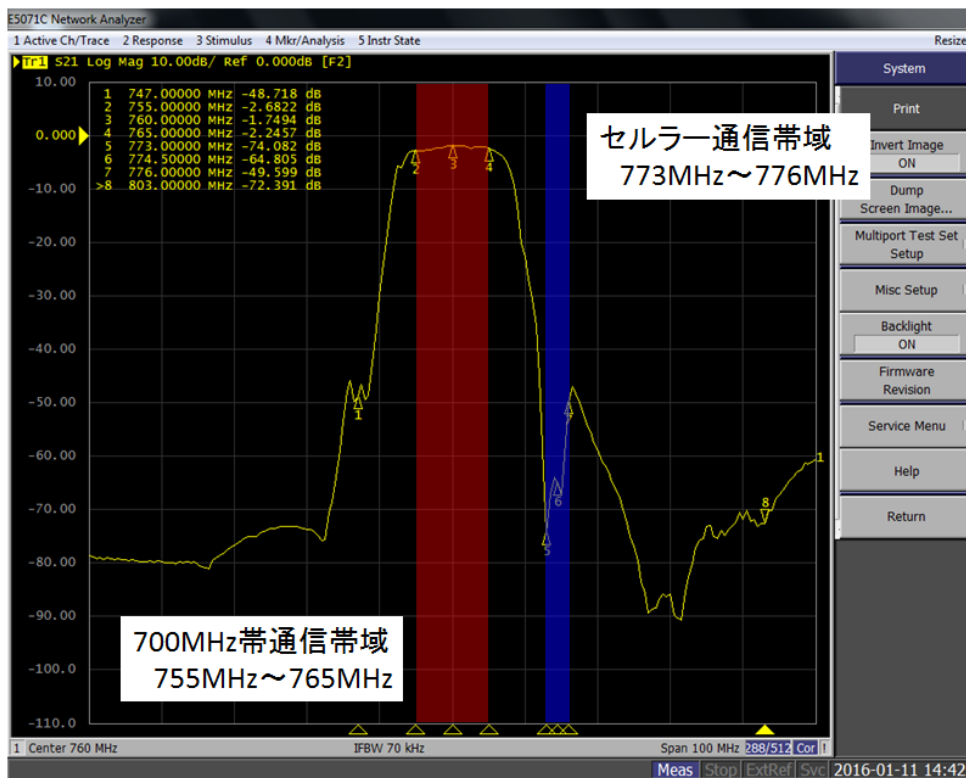


図 3.5-22 700MHz 帯通信用送信フィルタの通過特性 (直列数: 2)

3.5.5.2. ケーススタディ 1 試験系

ケーススタディ 1 の試験系のブロック図を図 3.5-23 に、試験環境を図 3.5-24 と図 3.5-25 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5, パワーコンバイナ 1, 2, 3, セルラー通信用受信フィルタ(2 段)経由で接続される。このセルラー通信用受信フィルタにより 700MHz 帯通信信号を減衰させることが可能となる。パワーコンバイナ 3 に可変 ATT, 700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段), アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末が接続される。この 700MHz 帯通信用送信フィルタにより 700MHz 帯通信端末の出力信号からスプリアス成分を減衰させることが可能となる。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm である。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

無線干渉以外の通信品質の劣化を避けるため、700MHz 帯通信端末から出力される 700MHz 帯通信システムの送信波信号が、端末シミュレータ以外へ不要に入力されることを抑止する目的でアイソレータ 1, 2, 3 を適用している。なお、ケーススタディ 1 および 2 の試験系を共通化しており、ケーススタディ 1 の試験では任意信号発生器を使用しない。

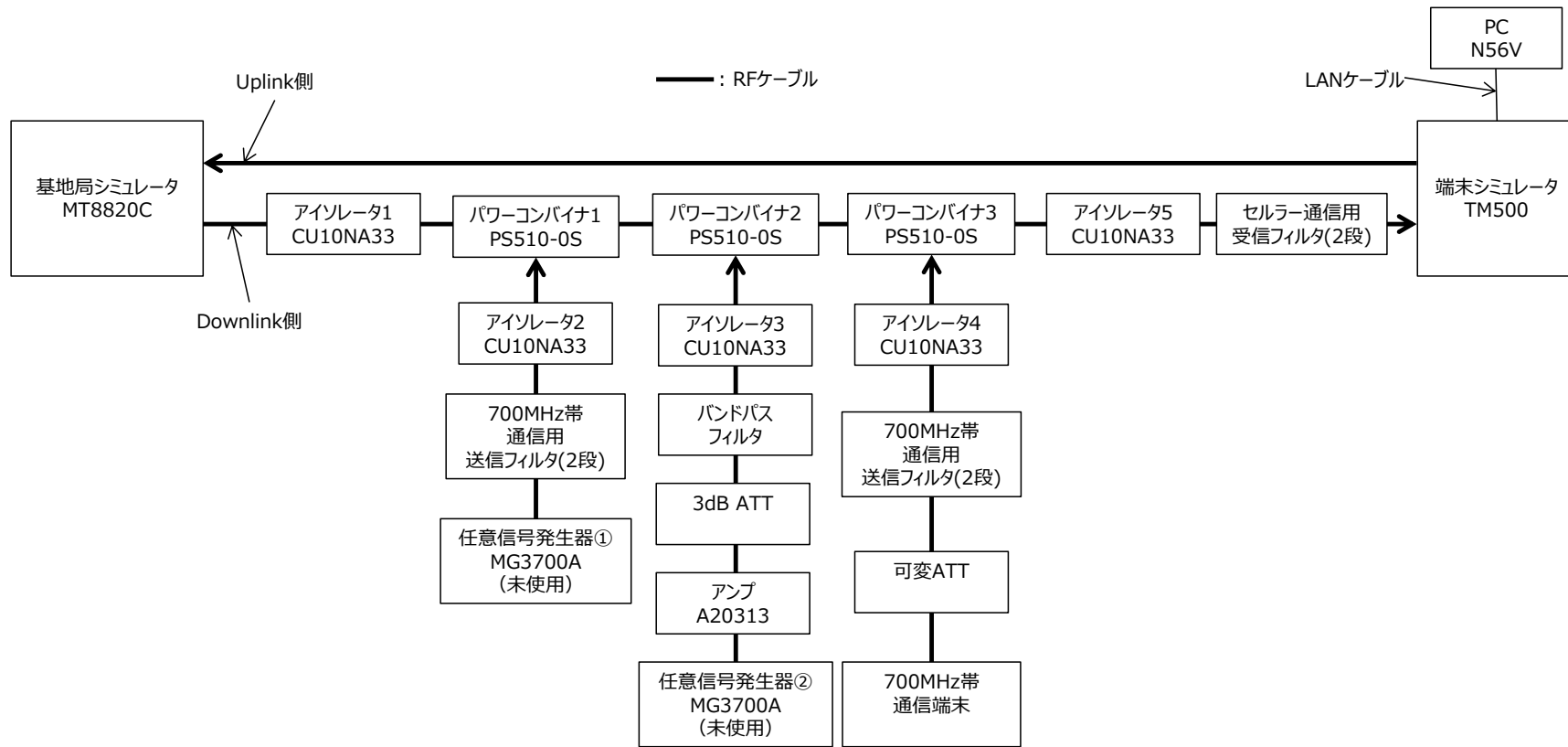


図 3.5-23 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 ブロック図

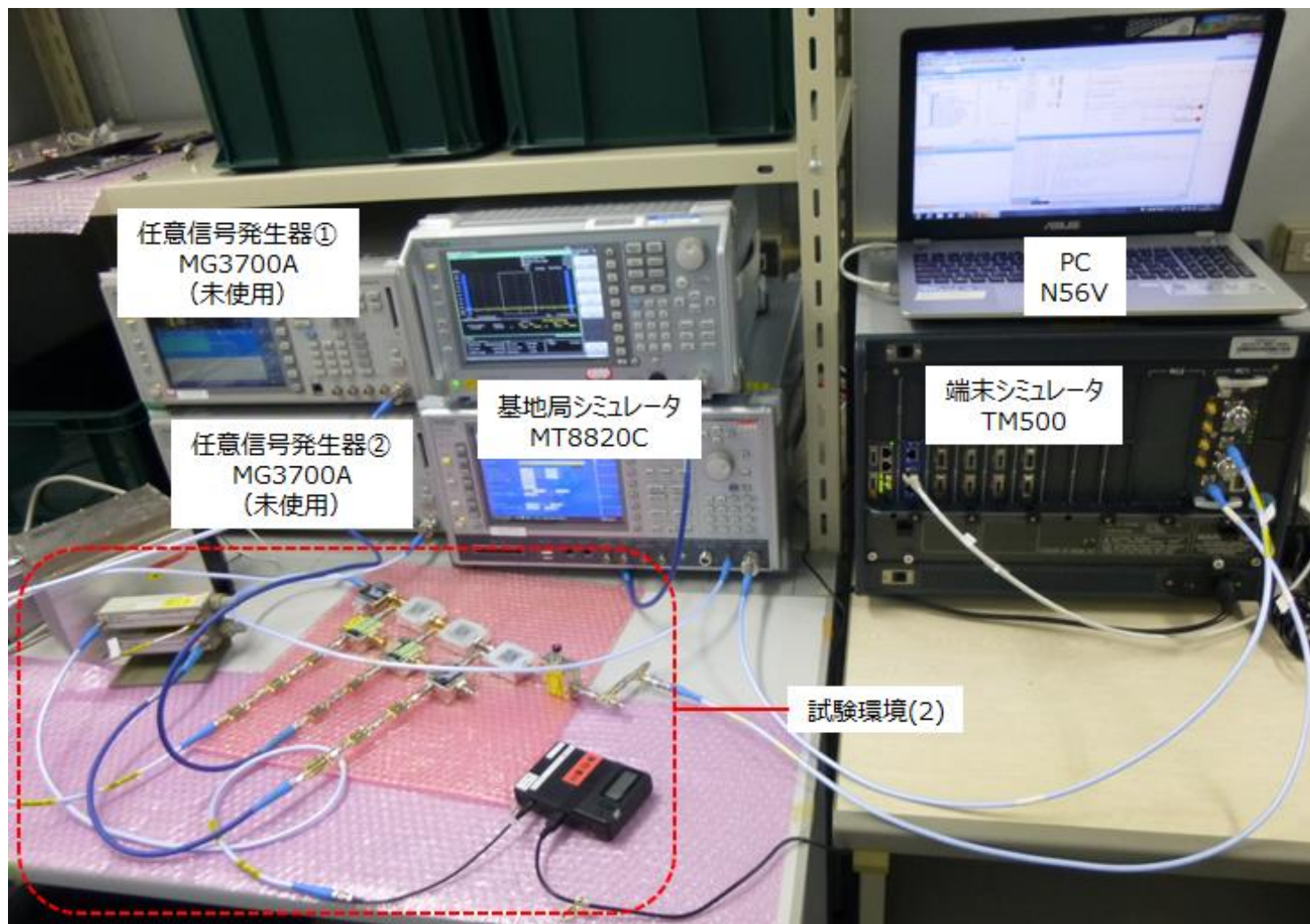


図 3.5-24 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境(1)

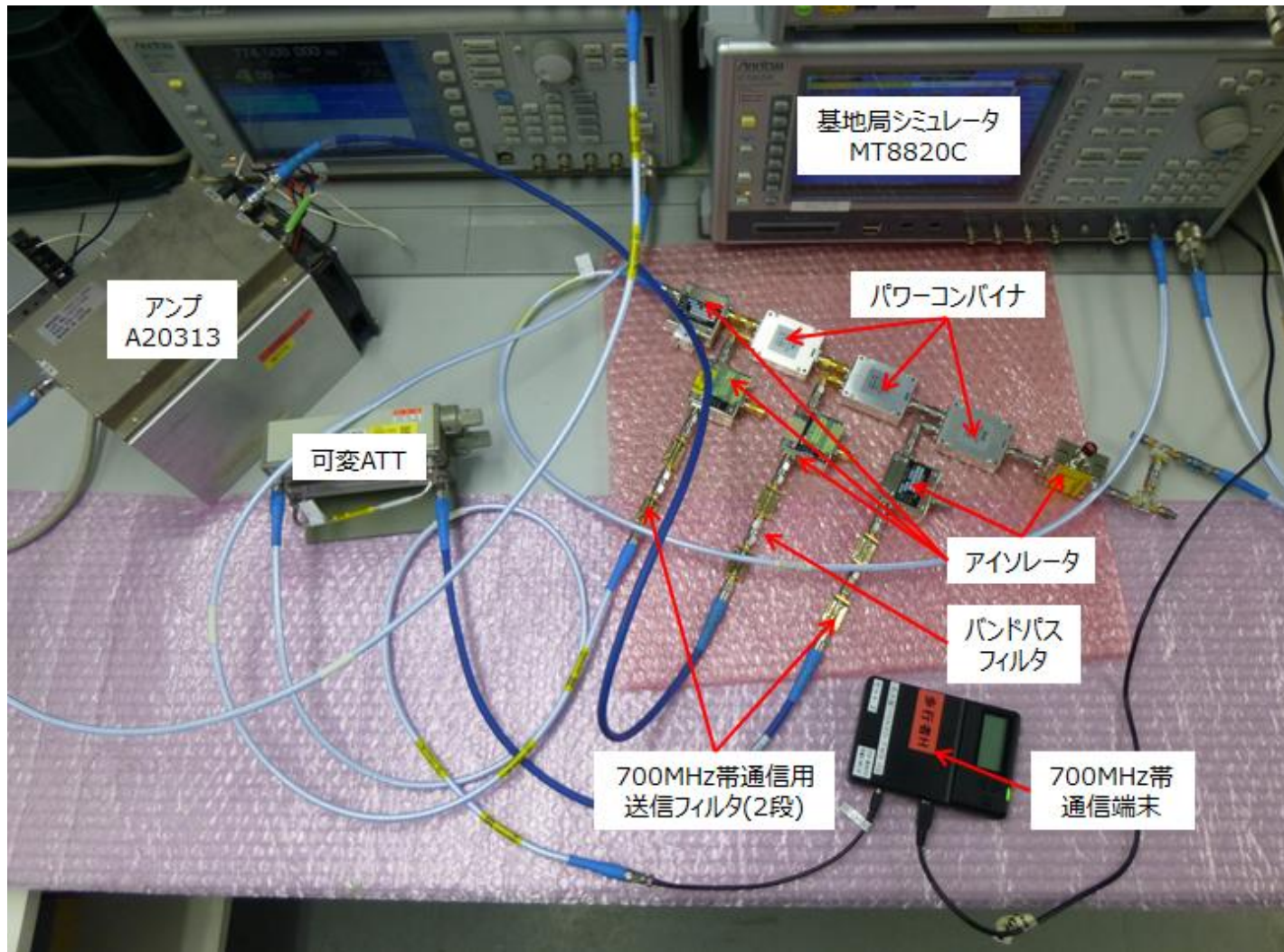


図 3.5-25 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境(2)

3.5.5.3. ケーススタディ 2 試験系

ケーススタディ 2 の試験系のブロック図を図 3.5-26 に、試験環境を図 3.5-27 と図 3.5-28 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、端末シミュレータから基地局シミュレータへ RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータから端末シミュレータへ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5, パワーコンバイナ 1, 2, 3, セルラー通信用受信フィルタ(2 段)経由で接続される。このセルラー通信用受信フィルタにより 700MHz 帯通信信号を減衰させることが可能となる。また、700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段), アイソレータ 2 経由で任意信号発生器①がパワーコンバイナ 1 へ、バンドパスフィルタ, アイソレータ 3 経由で任意信号発生器②へ、可変 ATT, 700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段), アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末がパワーコンバイナ 3 へそれぞれ接続される。これら 700MHz 帯通信用送信フィルタにより 700MHz 帯通信端末の出力信号からスプリアス成分を減衰させることが可能となる。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

任意信号発生器は、ユーザ 1 の周囲に存在する複数のユーザが所持する 700MHz 帯通信端末の出力信号を模擬するものである。任意信号発生器①は 700MHz 帯通信システムの出力信号を、任意信号発生器②は 700MHz 帯通信システムのスプリアス出力信号、つまりセルラー周波数帯域へのスプリアス信号をそれぞれ発生させる。

スプリアス干渉の通信品質の劣化を避けるため、任意信号発生器②から出力される送信信号のスペクトラムのセルラーの周波数帯域帯域に発生するサイドローブを減衰させ、かつ 700MHz 帯通信システムの出力信号を通過させるフィルタとしてバンドパスフィルタを適用している。

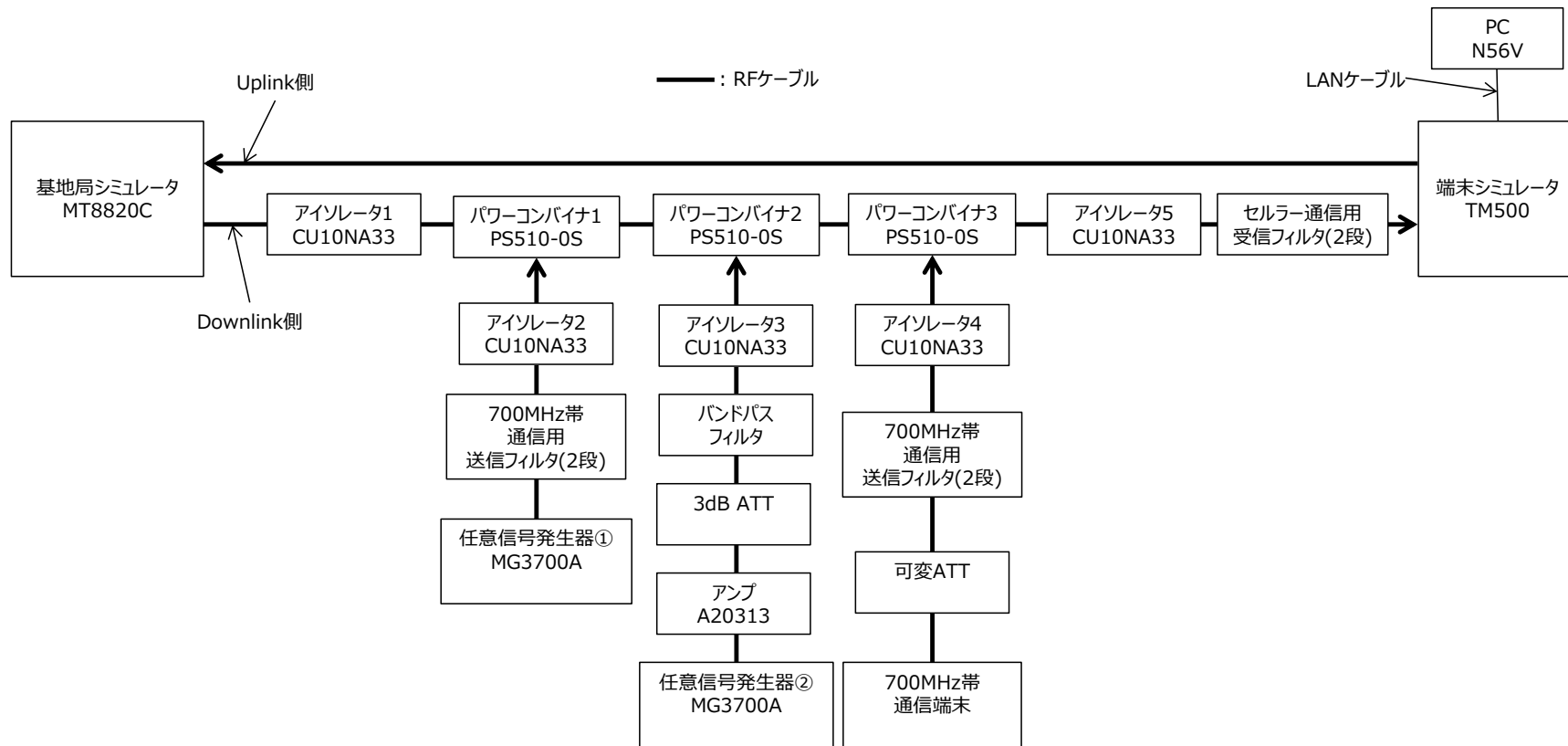


図 3.5-26 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 ブロック図

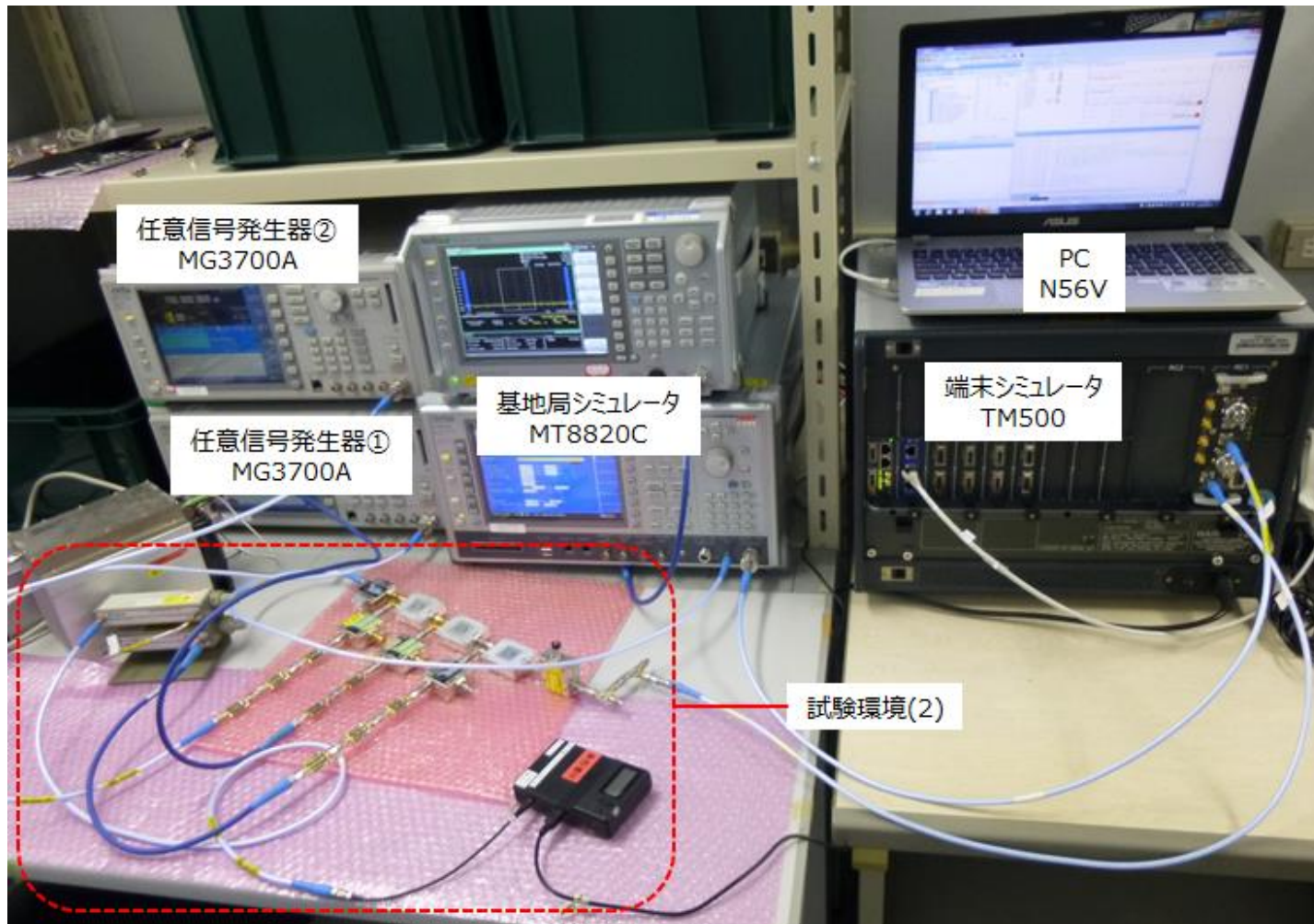


図 3.5-27 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境(1)

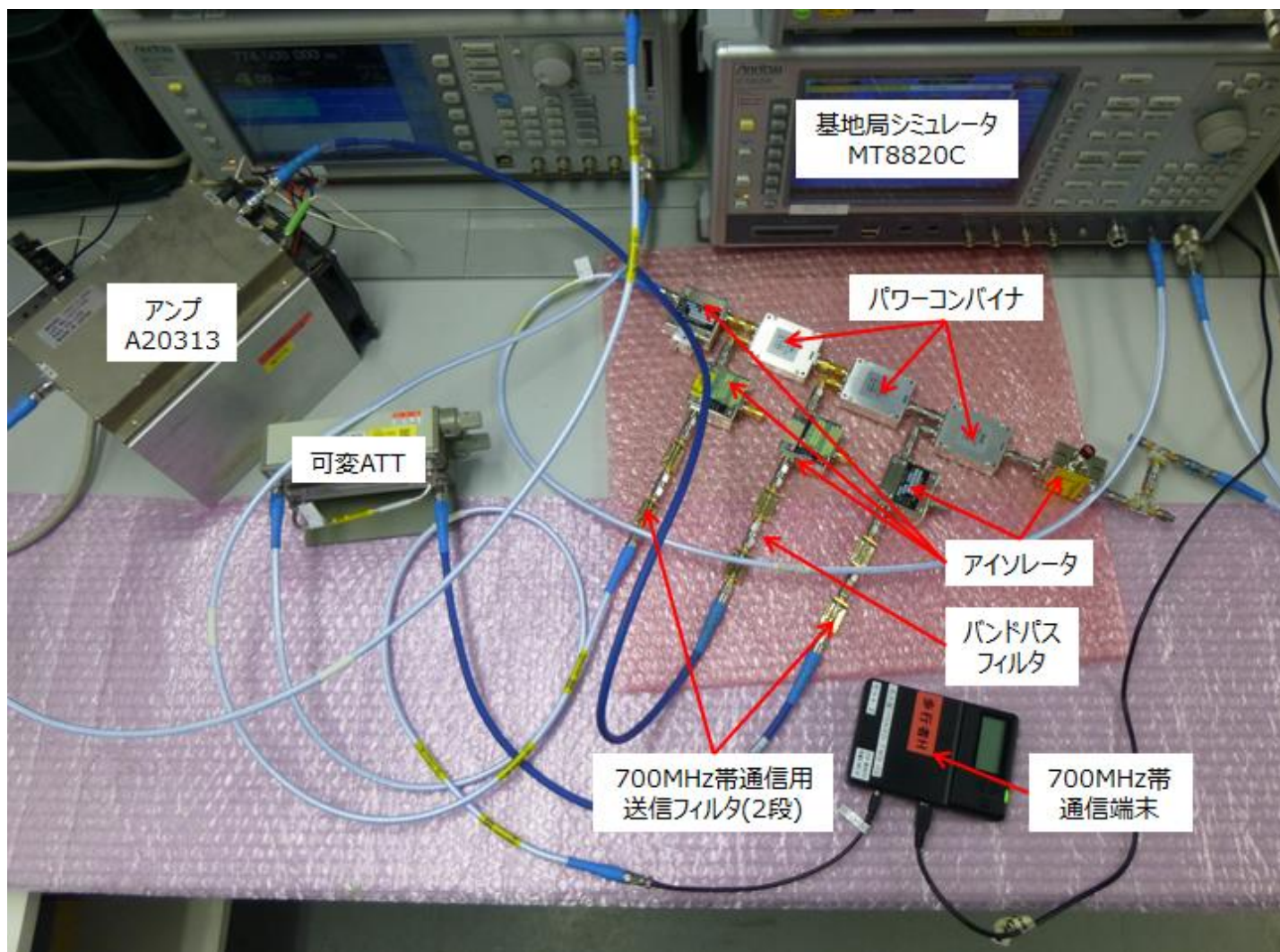


図 3.5-28 シミュレータ対向(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境(2)

3.5.6. セルラー通信端末による試験系

セルラー通信端末と基地局シミュレータが対向する構成で、ケーススタディ 1 および 2 (3.4 章参照) を確認する。ケーススタディ 1 の試験系を 3.5.6.1 章で、ケーススタディ 2 の試験系を 3.5.6.2 章でそれぞれ説明する。

セルラー通信端末と基地局シミュレータが対向する構成で実証試験を行う際、市販のセルラー通信端末のままでは基地局シミュレータと有線接続ができないため、アンテナ周辺部を改造した。このときのセルラー通信端末の加工イメージ図を図 3.5-29 に、加工後の写真を図 3.5-30 にそれぞれ示す。筐体を分解し、無線送信回路から内蔵アンテナに接続するアンテナ規定点からセミリジットケーブルを用いて、セルラー通信端末が外部への有線接続できるように加工する。なお、実験はシールドルーム内で行った。

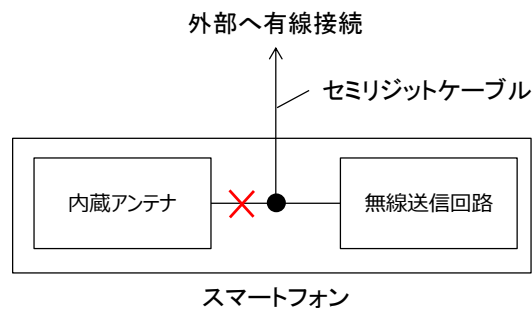


図 3.5-29 セルラー通信端末 加工イメージ

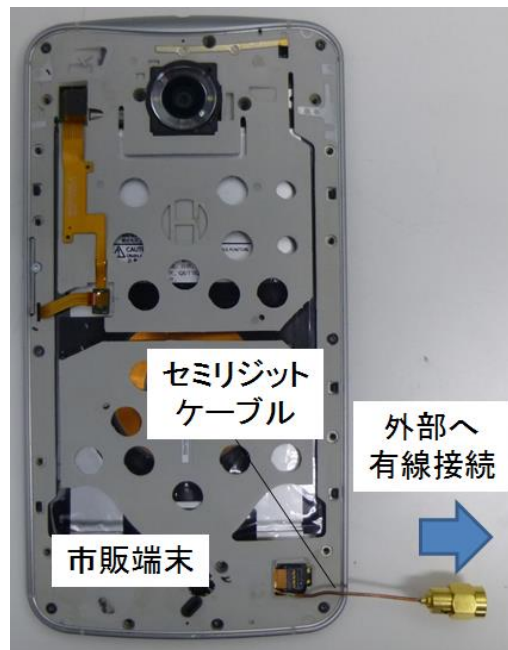


図 3.5-30 セルラー通信端末 改造

3.5.6.1. ケーススタディ 1 試験系

セルラー通信端末を用いたケーススタディ 1 の試験系のブロック図を図 3.5-31 に、試験環境を図 3.5-32 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、セルラー通信端末から基地局シミュレータへアイソレータ 5 (サーキュレータ機能)、RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータからセルラー通信端末へアイソレータ 1, 5, パワーコンバイナ 1, 2, 3, RF ケーブル経由で接続される。可変 ATT, アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末がパワーコンバイナ 3 へ接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

無線干渉以外の通信品質の劣化を避けるため、700MHz 帯通信端末から出力される 700MHz 帯通信システムの送信波信号が、セルラー通信端末以外へ不要に入力されることを抑止する目的でアイソレータ 1, 2, 3 を適用している。なお、ケーススタディ 1 および 2 の試験系を共通化しており、ケーススタディ 1 の試験では任意信号発生器を使用しない。

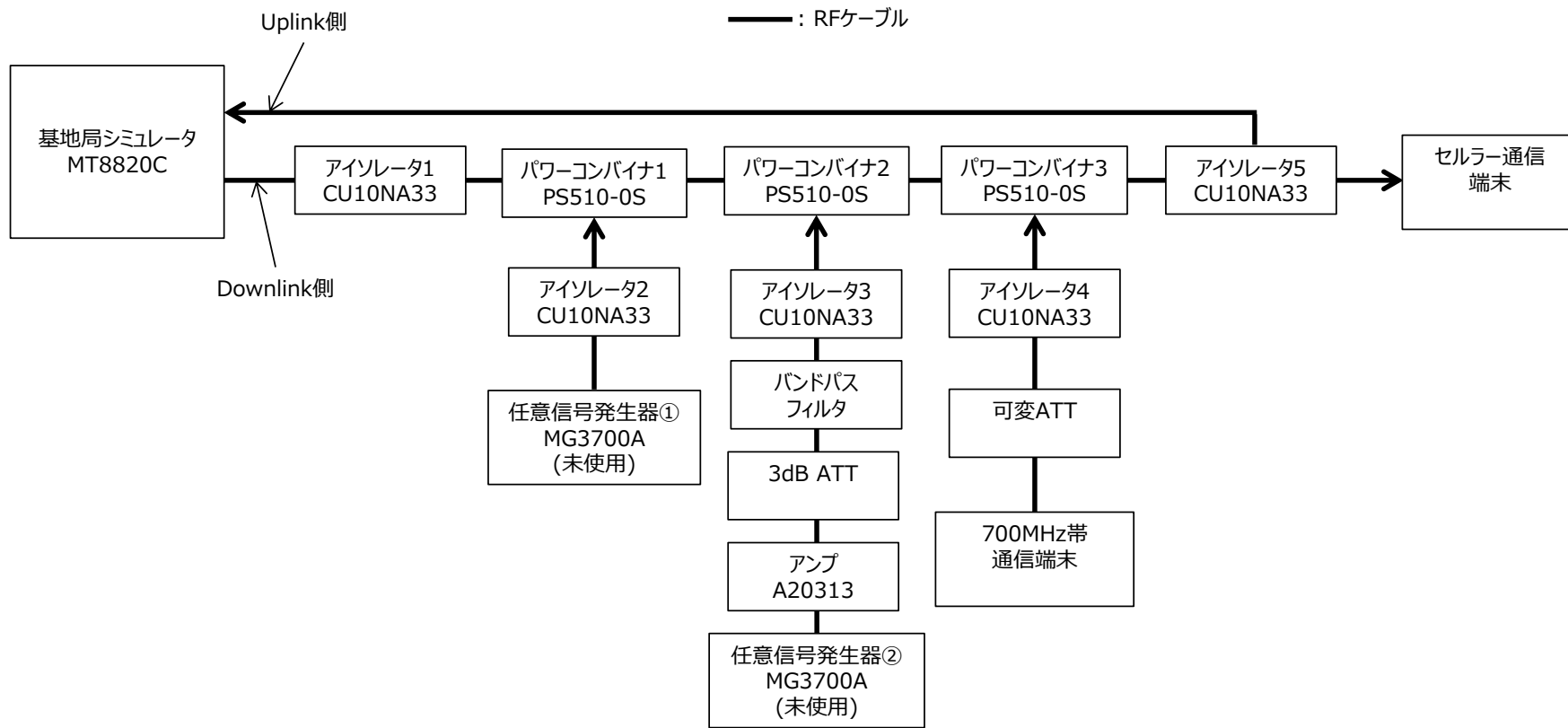


図 3.5-31 セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験系 ブロック図

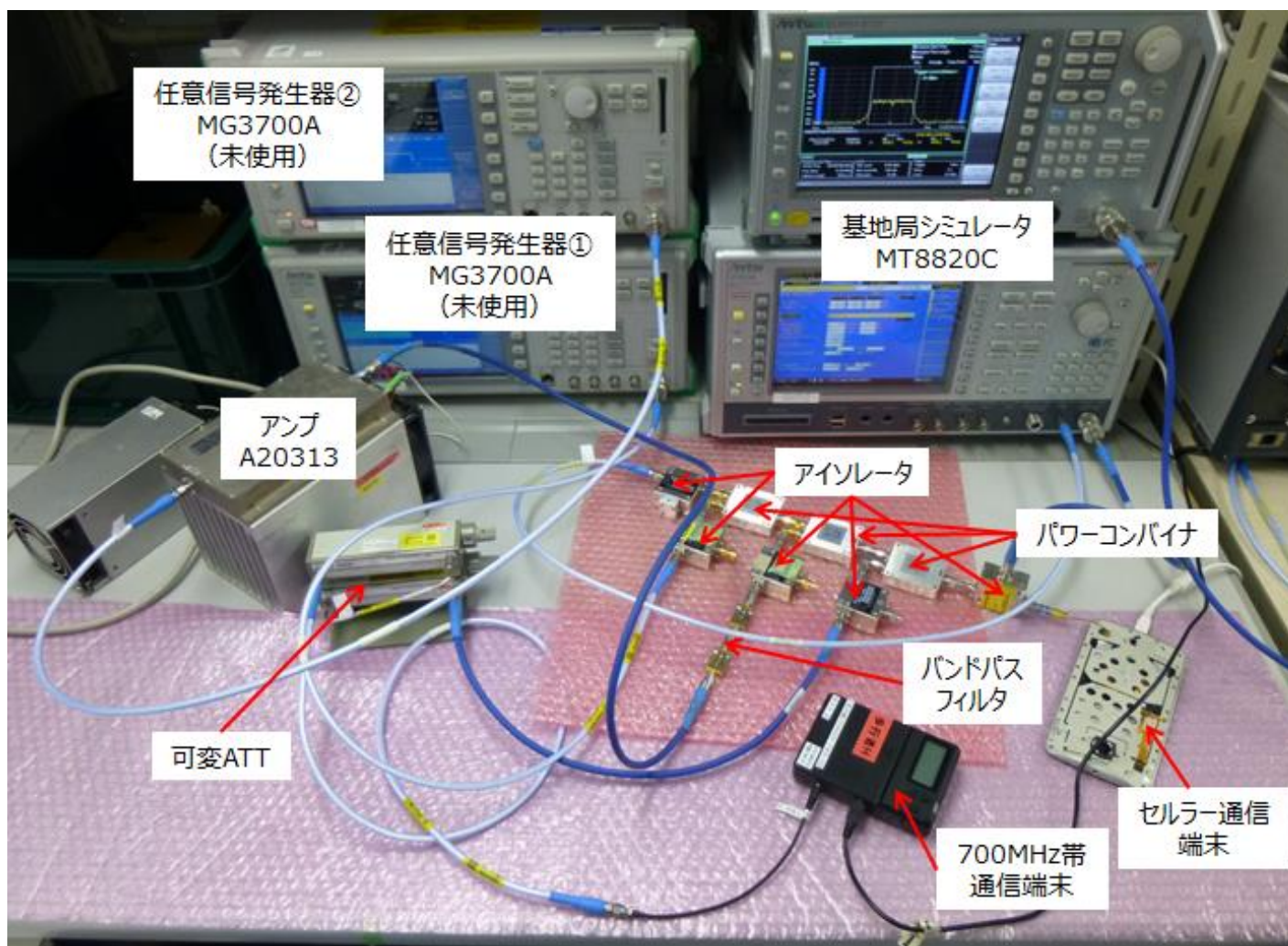


図 3.5-32 セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験系 試験環境

3.5.6.2. ケーススタディ 2 試験系

セルラー通信端末を用いた場合のケーススタディ 2 の試験系のブロック図を図 3.5-33 に、試験環境を図 3.5-34 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、セルラー通信端末から基地局シミュレータへアイソレータ 5 (サーキュレータ機能)、RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータからセルラー通信端末へ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5, パワーコンバイナ 1, 2, 3, セルラー通信用受信フィルタ経由で接続される。アイソレータ 2 経由で任意信号発生器①がパワーコンバイナ 1 へ、バンドパスフィルタ、アイソレータ 3, ATT(3dB), アンプ経由で任意信号発生器②へ、可変 ATT, アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末がパワーコンバイナへそれぞれ接続される。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

任意信号発生器は、ユーザ 1 の周囲に存在する複数のユーザが所持する 700MHz 帯通信端末の出力信号を模擬するものである。任意信号発生器①は 760MHz の出力信号を、任意信号発生器②はスプリアス出力信号である 774.5MHz の出力信号をそれぞれ発生させる。

スプリアス干渉の通信品質の劣化を避けるため、任意信号発生器②から出力される送信信号のスペクトラムのセルラーの周波数帯域帯域に発生するサイドローブを減衰させ、かつ 700MHz 帯通信システムの出力信号を通過させるフィルタとしてバンドパスフィルタを適用している。

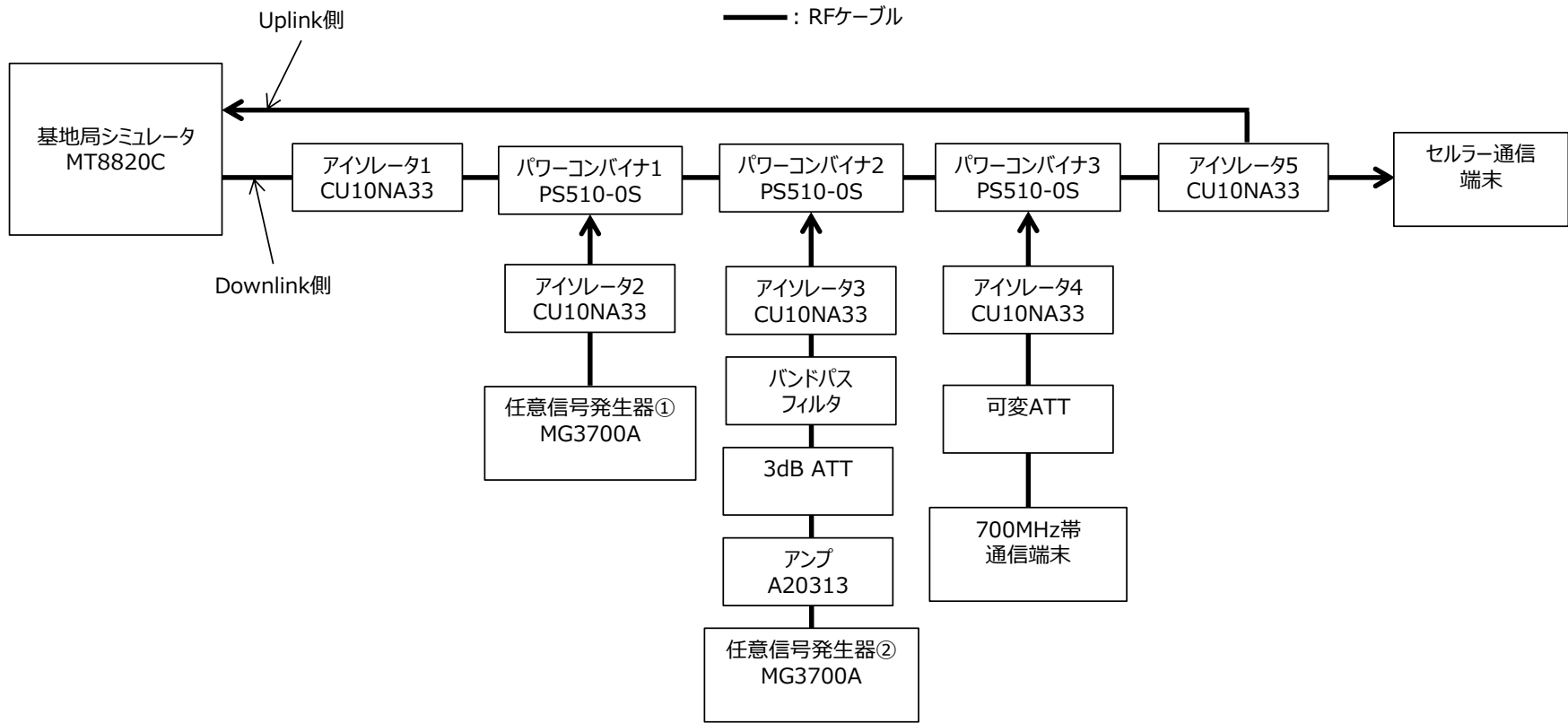


図 3.5-33 セルラー通信端末 ケーススタディ 2 試験系 ブロック図

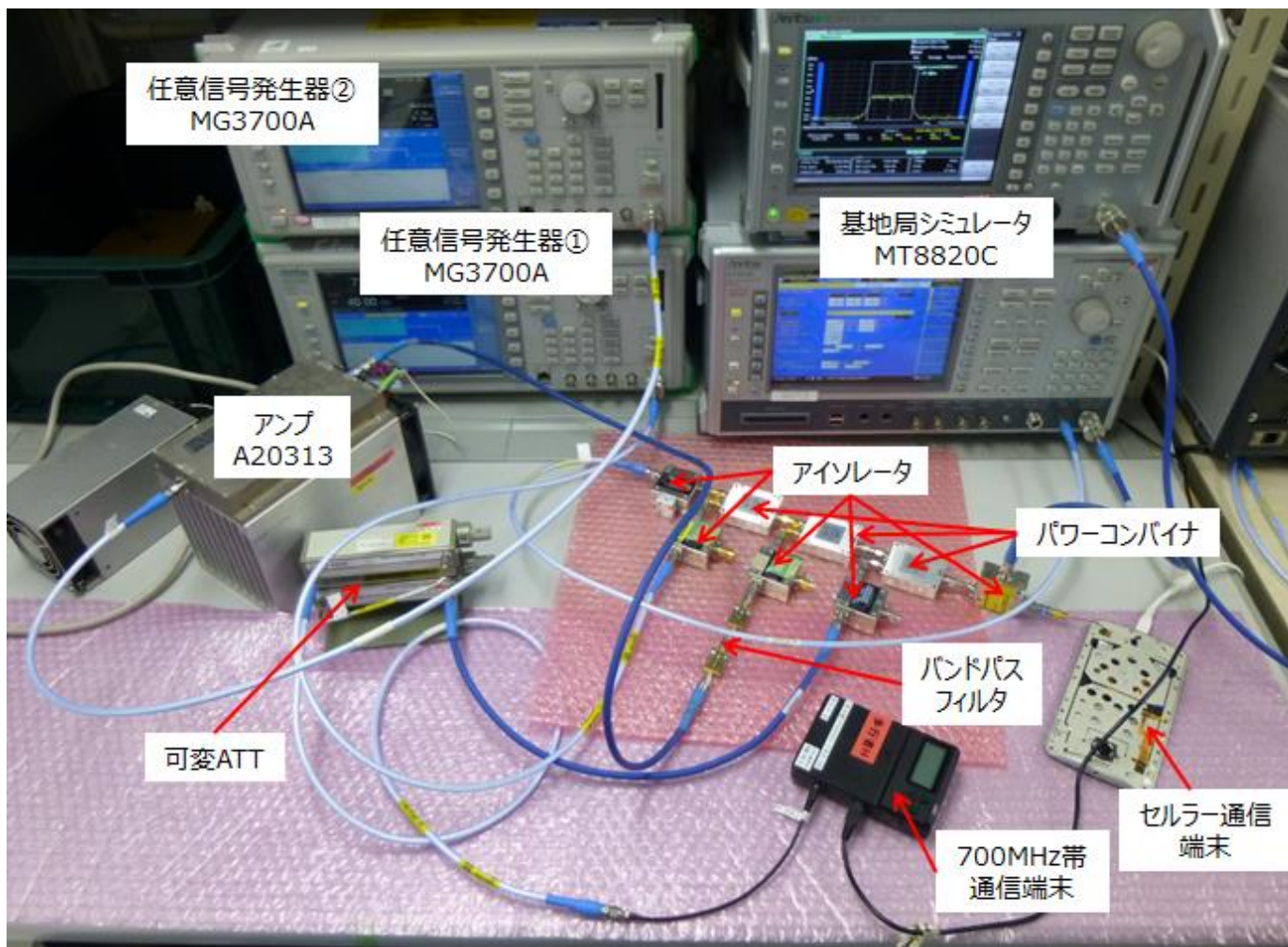


図 3.5-34 セルラー通信端末 ケーススタディ 2 試験系 試験環境

3.5.7. セルラー通信端末による試験系（フィルタ適用による効果確認）

ここではセルラー通信端末と基地局シミュレータが対向する構成で、フィルタを適用したことによる効果をケーススタディ 1 および 2（3.4 章参照）毎に確認する。適用するフィルタについては、3.5.5.1 章で記載している。

3.5.7.1. ケーススタディ 1 の試験系

ケーススタディ 1 の試験系のブロック図を図 3.5-35、試験環境を図 3.5-36 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、セルラー通信端末から基地局シミュレータへアイソレータ 5（サーキュレータ機能）、RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータからセルラー通信端末へアイソレータ 1, 5、パワーコンバイナ 1, 2, 3、セルラー通信用受信フィルタ(1 段)、RF ケーブル経由で接続される。このセルラー通信用受信フィルタにより 700MHz 帯通信信号を減衰させることが可能となる。パワーコンバイナ 3 に可変 ATT、700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段)、アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末が接続される。この 700MHz 帯通信用送信フィルタにより 700MHz 帯通信端末の出力信号からスプリアス成分を減衰させることが可能となる。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375、中心周波数: 774.5MHz、帯域幅: 3MHz、受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

無線干渉以外の通信品質の劣化を避けるため、700MHz 帯通信端末から出力される 700MHz 帯通信システムの送信波信号が、セルラー通信端末以外へ不要に入力されることを抑止する目的でアイソレータ 1, 2, 3 を適用している。なお、ケーススタディ 1 および 2 の試験系を共通化しており、ケーススタディ 1 の試験では任意信号発生器を使用しない。

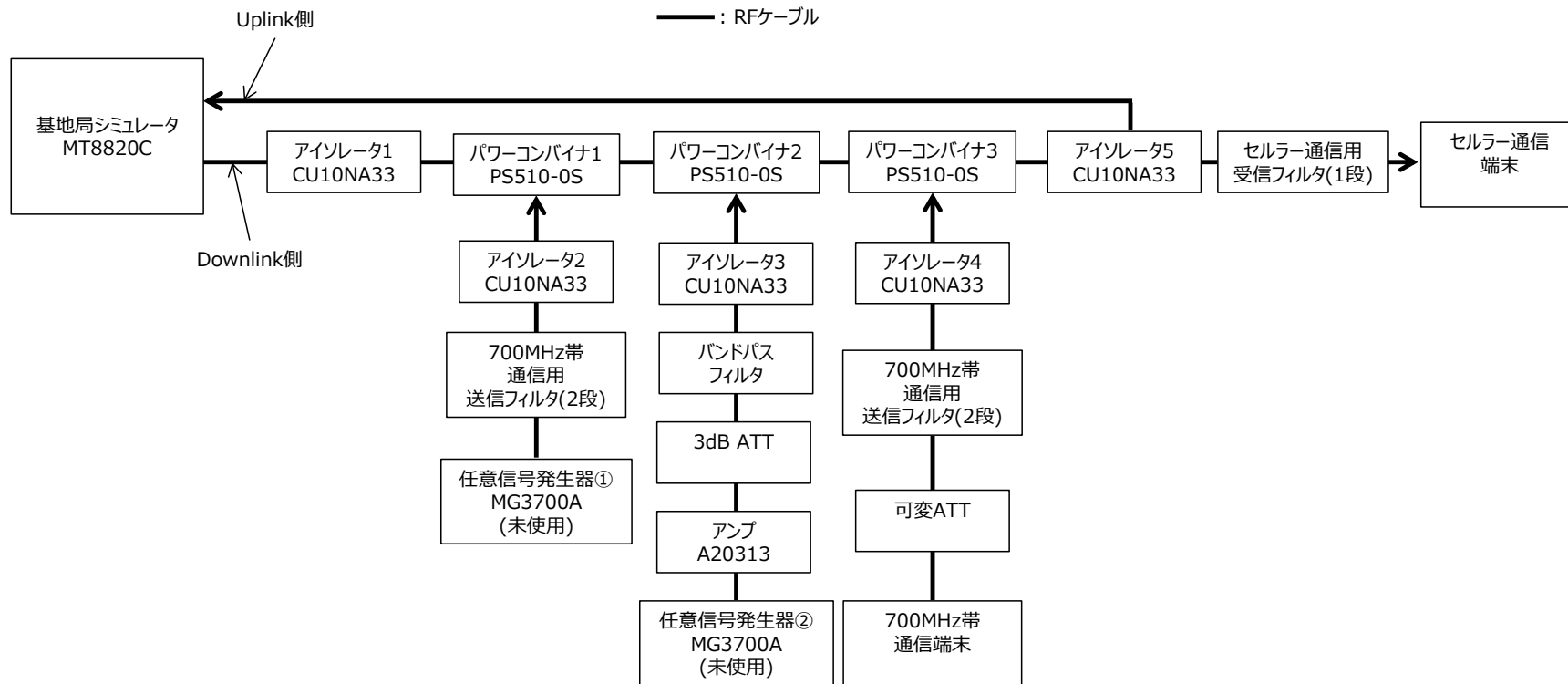


図 3.5-35 セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系ブロック図

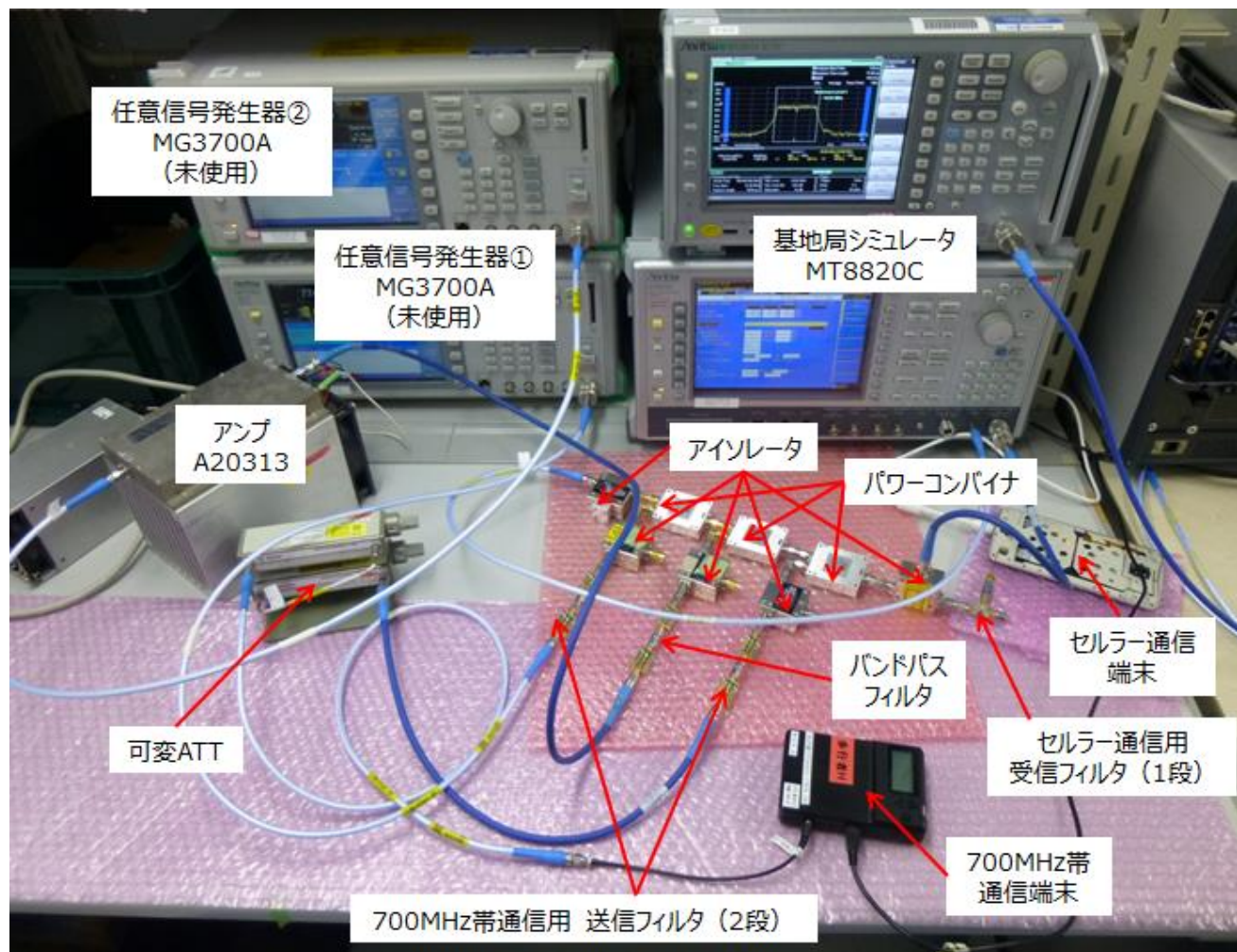


図 3.5-36 セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 1 試験系 試験環境

3.5.7.2. ケーススタディ 2 の試験系

ケーススタディ 2 の試験系のブロック図を図 3.5-37 に、試験環境を図 3.5-38 にそれぞれ示す。

Uplink 側は、セルラー通信端末から基地局シミュレータへアイソレータ 5 (サーキュレータ機能)、RF ケーブル経由で接続される。一方の Downlink 側は、基地局シミュレータからセルラー通信端末へ RF ケーブル、アイソレータ 1, 5, パワーコンバイナ 1, 2, 3, セルラー通信用受信フィルタ(1 段)経由で接続される。このセルラー通信用受信フィルタにより 700MHz 帯通信信号を減衰させることが可能となる。また、700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段)、アイソレータ 2 経由で任意信号発生器①がパワーコンバイナ 1 へ、バンドパスフィルタ、アイソレータ 3 経由で任意信号発生器②がパワーコンバイナ 2 へ、可変 ATT, 700MHz 帯通信用送信フィルタ(2 段)、アイソレータ 4 経由で 700MHz 帯通信端末がパワーコンバイナ 3 へそれぞれ接続される。これら 700MHz 帯通信用送信フィルタにより 700MHz 帯通信端末の出力信号からスプリアス成分を減衰させることが可能となる。

基地局シミュレータの Downlink 通信設定は、ch: 9375, 中心周波数: 774.5MHz, 帯域幅: 3MHz, 受信感度: -100.2dBm となる。700MHz 帯通信端末の出力は、可変 ATT により干渉レベルの調整が可能となる。

任意信号発生器は、ユーザ 1 の周囲に存在する複数のユーザが所持する 700MHz 帯通信端末の出力信号を模擬するものであり、任意信号発生器①は 700MHz 帯通信システムの出力信号を、任意信号発生器②は 700MHz 帯通信システムのスプリアス出力信号、つまりセルラー周波数帯域へのスプリアス信号をそれぞれ発生させる。

スプリアス干渉の通信品質の劣化を避けるため、任意信号発生器②から出力される送信信号のスペクトラムのセルラーの周波数帯域帯域に発生するサイドローブを減衰させ、かつ 700MHz 帯通信システムの出力信号を通過させるフィルタとしてバンドパスフィルタを適用している。

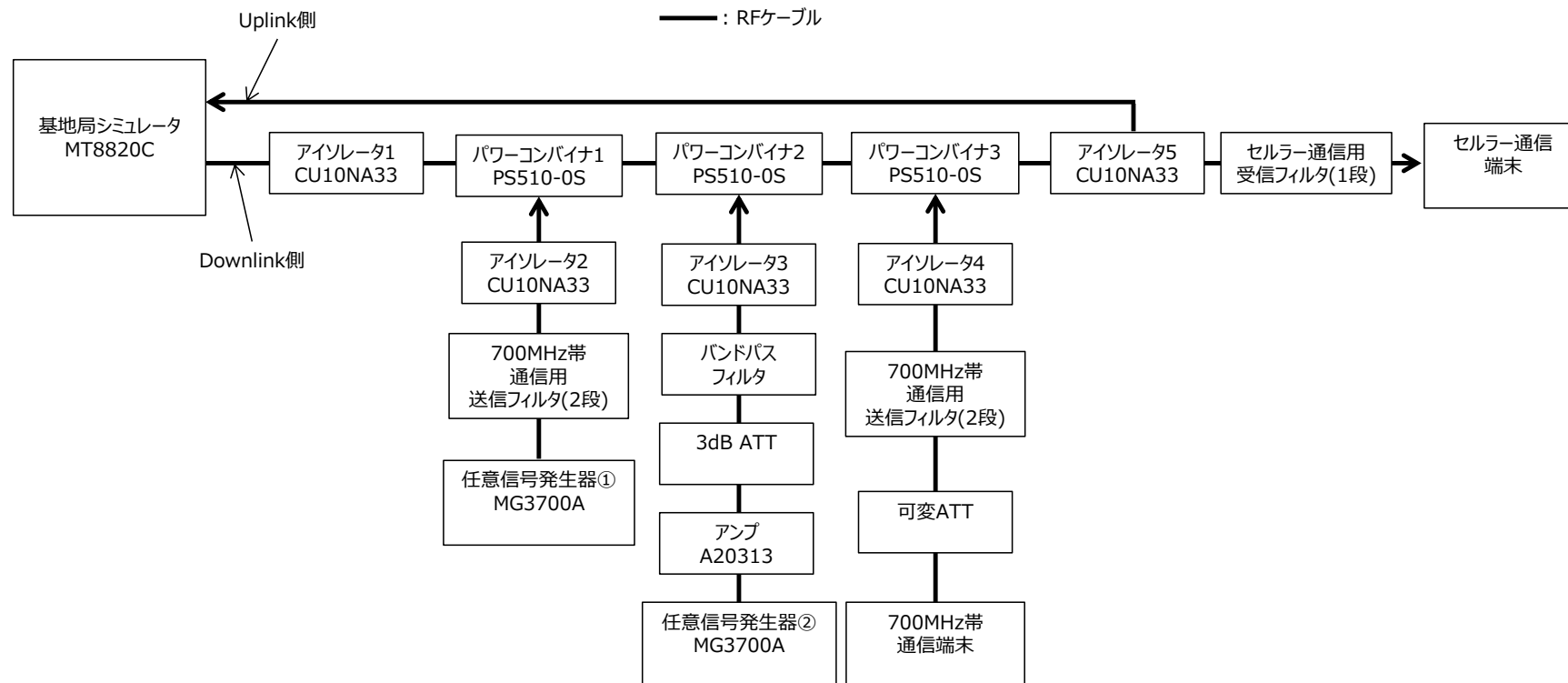


図 3.5-37 セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 ブロック図

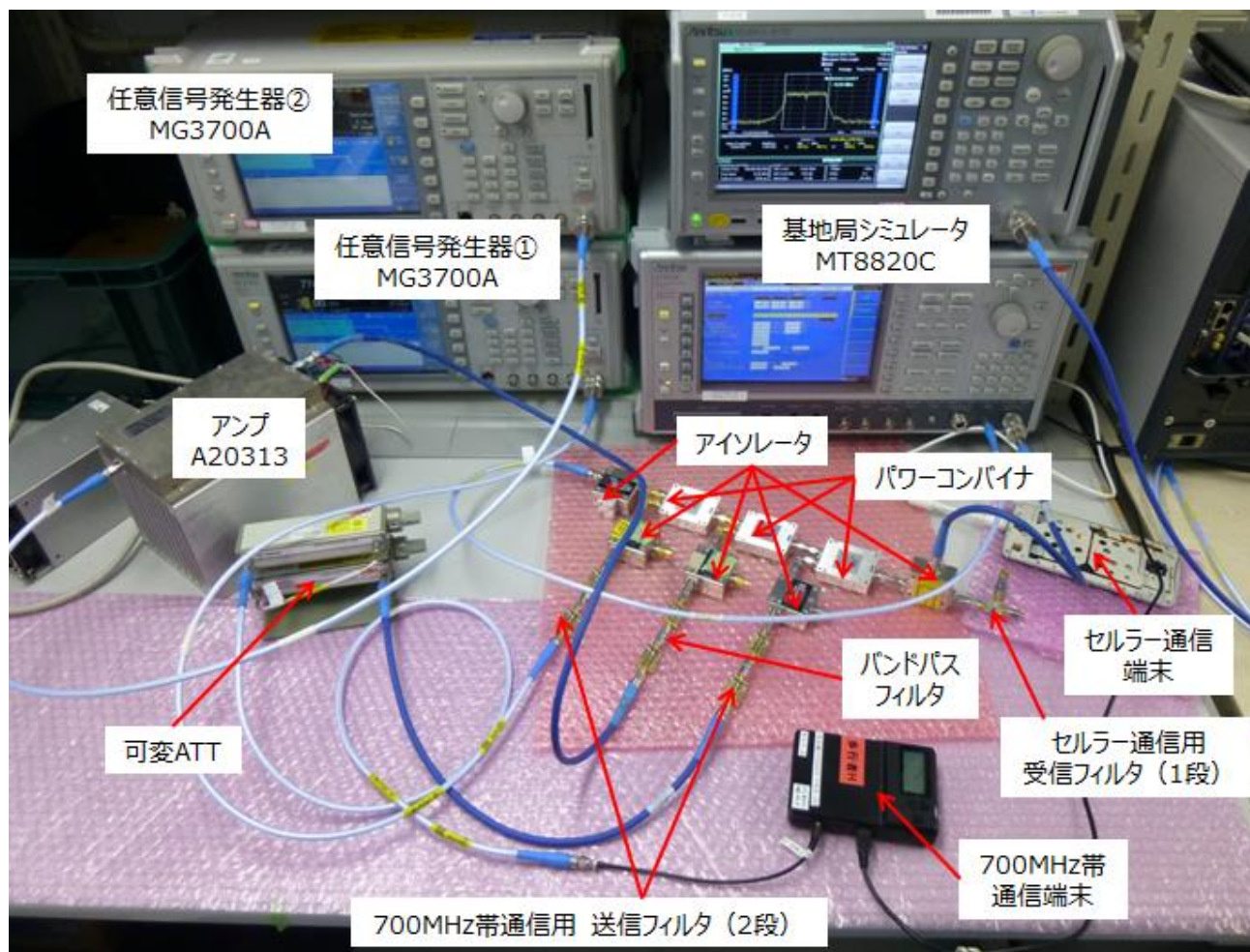


図 3.5-38 セルラー通信端末(フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験系 試験環境

3.6. 実証試験結果

ここでは、端末シミュレータの実証試験による干渉検証について説明する。

3.6.1. 試験器性能確認試験結果

干渉検証で使用する試験器の性能を確認する。端末シミュレータの受信感度性能について 3.6.1.1 章で、700MHz 帯通信端末の送信性能について 3.6.1.2 章で、700MHz 帯通信システムの送信信号を任意信号発生器で出力した時の送信性能について 3.6.1.3 章でそれぞれ説明する。

3.6.1.1. 端末シミュレータ試験結果

端末シミュレータの受信感度レベルについて説明する。端末シミュレータのスループット特性が 95%以上を示したときの受信感度レベルの下限値を 3GPP 無線規格記載の値と比較する[3]。測定値が規格記載の受信感度レベルより低い場合、規格を満足する。

表 3.6-1 に受信感度レベルの試験結果を示す。3GPP 規格の受信感度レベルは、帯域幅: 3MHz 時は-100.2dBm である。これに対して、測定値は-101.7dbm であった。また、検証したいずれの周波数、帯域幅の条件に対して、規格記載の感度値よりも測定値が下回っている。

以上のことから、今回使用する端末シミュレータは 3GPP に記載している無線規格を満足している。700MHz 帯セルラーへの干渉検証を行う試験機として、十分な受信性能を確保している。

表 3.6-1 受信感度レベル 試験結果

周波数(Downlink)			周波数(Uplink)		帯域幅 (MHz)	MCS	SPEC		受信感度
ch	中心 (MHz)	上下限 (MHz)	ch	中心 (MHz)			感度 (dBm)	TP (%)	測定値 (dBm)
9375	774.5	773.0	27375	719.5	3	QPSK	-100.2	>95%	-101.7
9385	775.5	773.0	27385	720.5	5	QPSK	-98.5	>95%	-99.7
9410	778.0	773.0	27410	723.0	10	QPSK	-95.5	>95%	-97.2
9435	780.5	773.0	27435	725.5	15	QPSK	-93.7	>95%	-94.9
9460	783.0	773.0	27460	728.0	20	QPSK	-91.0	>95%	-93.5

3.6.1.2. 700MHz 帯通信端末試験結果

700MHz 帯セルラー通信への干渉検証の試験において、実使用に近い試験環境を実現するため、700MHz 帯通信端末を適用する試験を実施する。ここでは、700MHz 帯通信端末の干渉検証に必要な送信出力電力と不要輻射特性を確認する。

700MHz 帯通信端末の送信信号波形を図 3.6-1 に、760MHz を横軸時間で確認した送信信号波形を図 3.6-2 に、770MHz～810MHz の不要輻射特性を図 3.6-3 にそれぞれ示す。図 3.6-1 より送信出力電力が 19.23dB であり、ARIB 規格の仕様値とほぼ一致する[6]。

図 3.6-2 より送信間隔は 100msec だった。現在の歩車間通信システムにおいて車載器および 700MHz 帯通信端末が送信する間隔と同じ値であることから、実使用と同じ設定ができています。

図 3.6-3 より 770MHz～810MHz の最大不要輻射特性は、-55.98dBm であることが分かる。770MHz～810MHz の不要輻射の仕様は-50dBm/100kHz (3.2.1 章参照) であることから、約 6dB のマージンがあることがわかる。

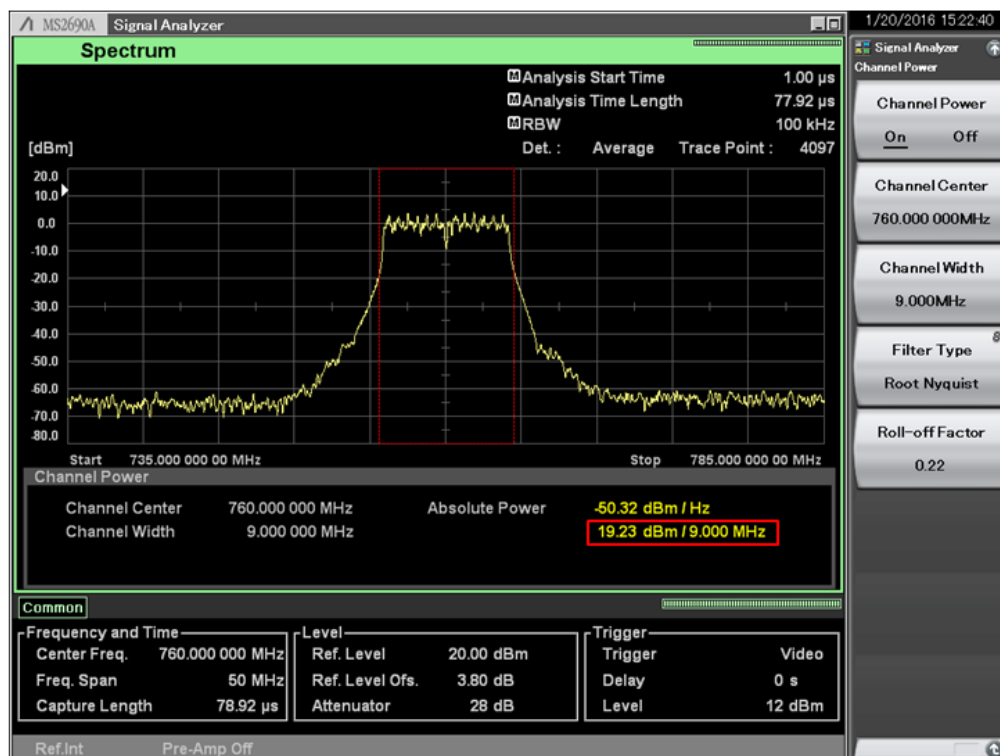


図 3.6-1 700MHz 帯通信端末 送信波形

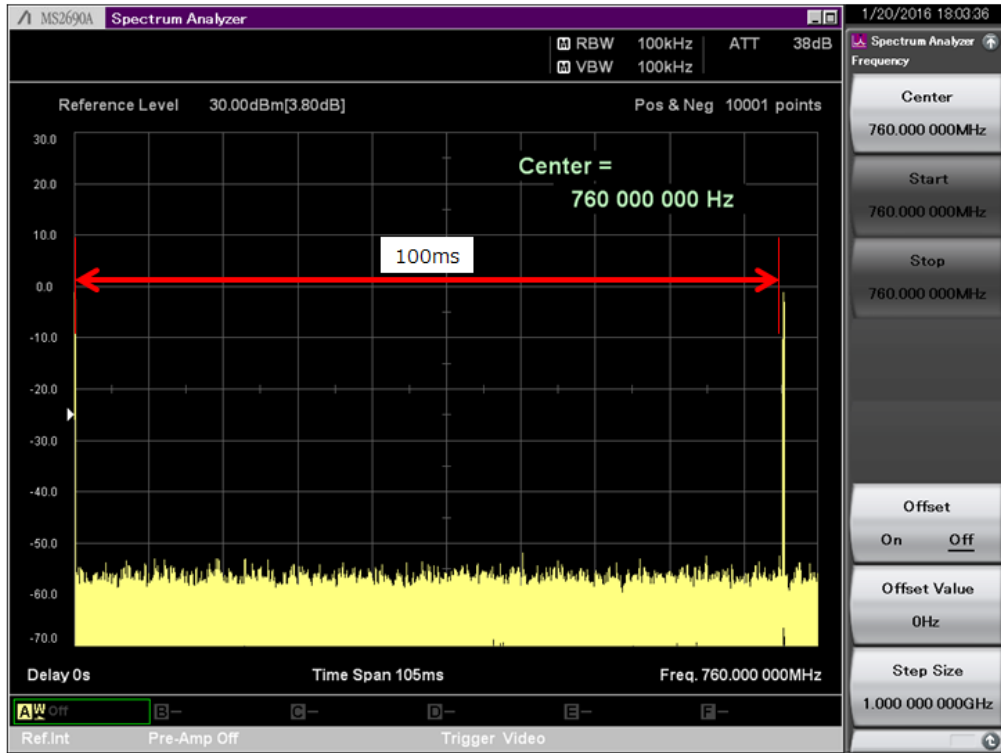


图 3.6-2 700MHz 帶通信端末 送信波形 (時間軸)

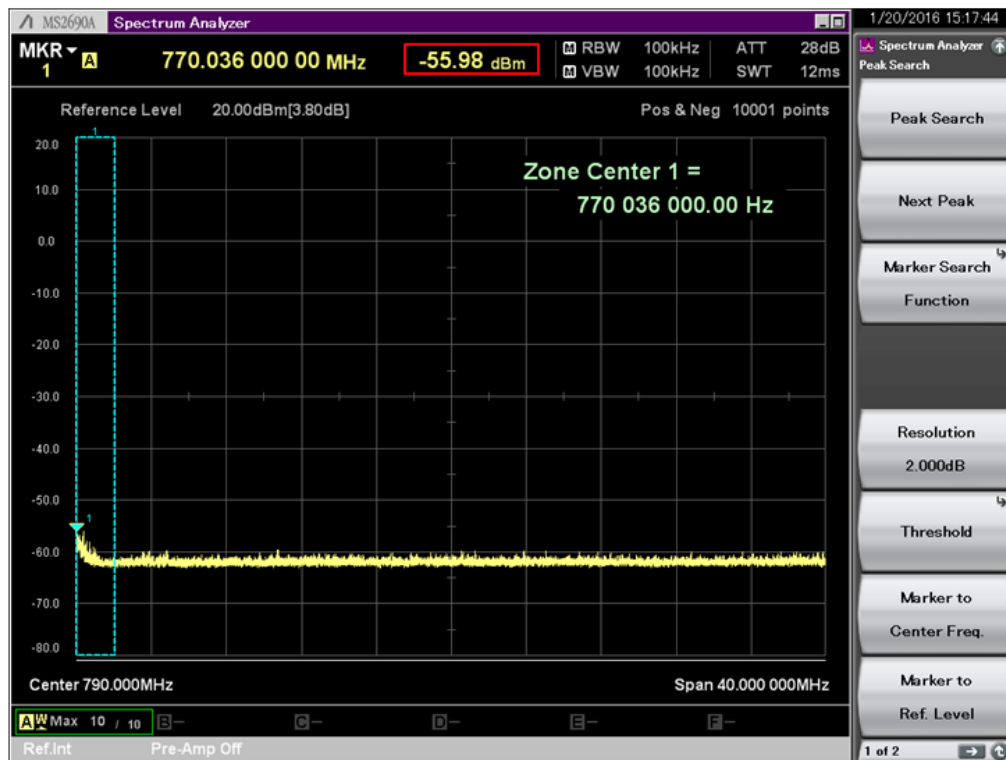


图 3.6-3 770MHz~810MHz 不要輻射特性

3.6.1.3. 任意信号発生器試験結果

700MHz 帯セルラー通信への干渉検証において、ケーススタディ 2 では、700MHz 帯通信端末を所持する複数のユーザが存在することを想定した試験を行う。この複数ユーザが出力する送信信号を任意信号発生器で出力することでケーススタディ 2 の干渉環境を実現する。ここでは、任意信号発生器の送信信号を出力する間隔が適当か確認する。

700MHz 帯通信端末を所持する複数ユーザを想定するが、ユーザ数は、任意信号発生器により設定可能となり、ユーザ数: 2, 5, 10, 50 の任意信号発生器の送信波形を記載する。任意信号発生器の送信信号波形について、ユーザ数: 2 の場合を図 3.6-4 に、ユーザ数: 5 の場合を図 3.6-5 に、ユーザ数: 10 の場合を図 3.6-6 に、ユーザ数: 50 の場合を図 3.6-7 にそれぞれ示す。複数ユーザの送信タイミングは、時間を均等分割したタイミングで送信している。

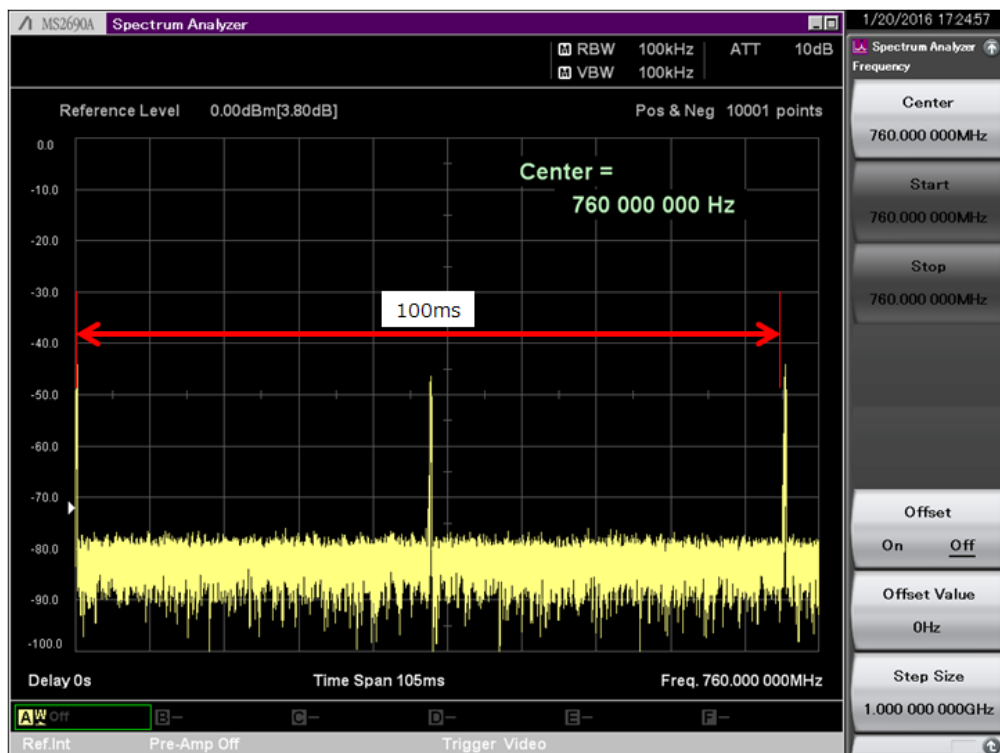


図 3.6-4 任意信号発生器 送信波形 (n=2)

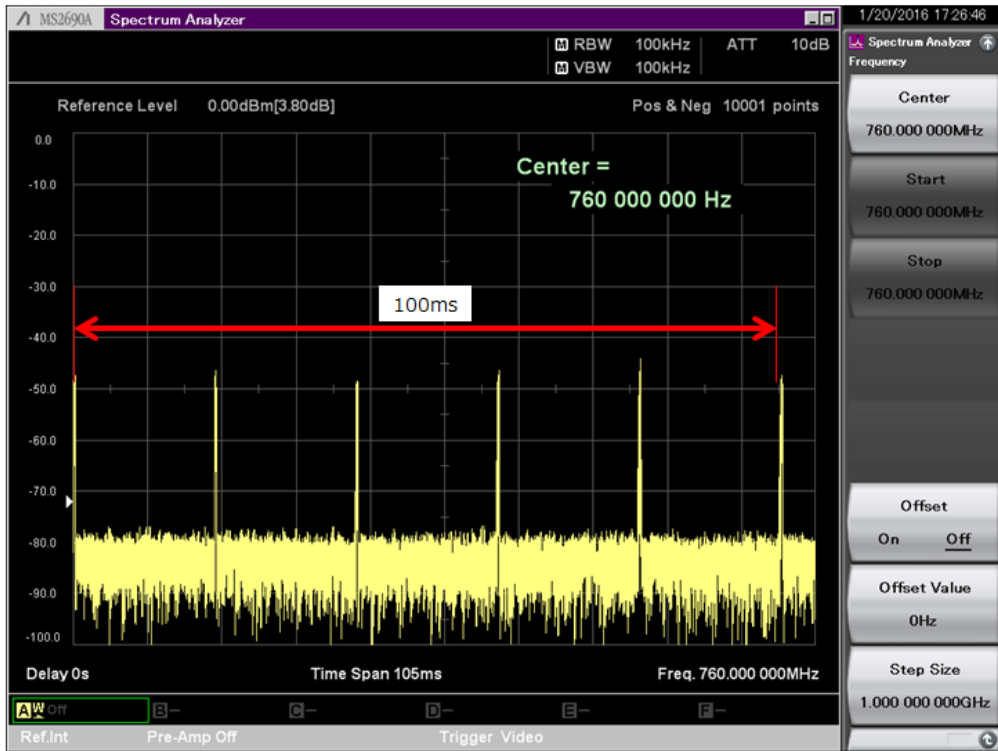


图 3.6-5 任意信号发生器 送信波形 (n=5)

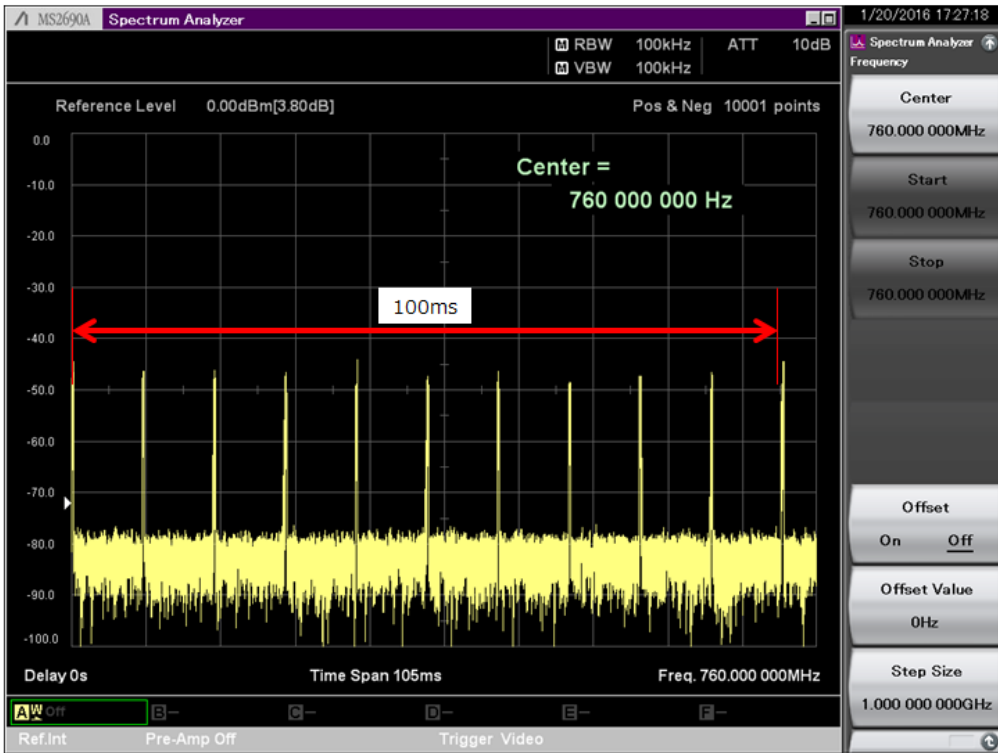


图 3.6-6 任意信号发生器 送信波形 (n=10)

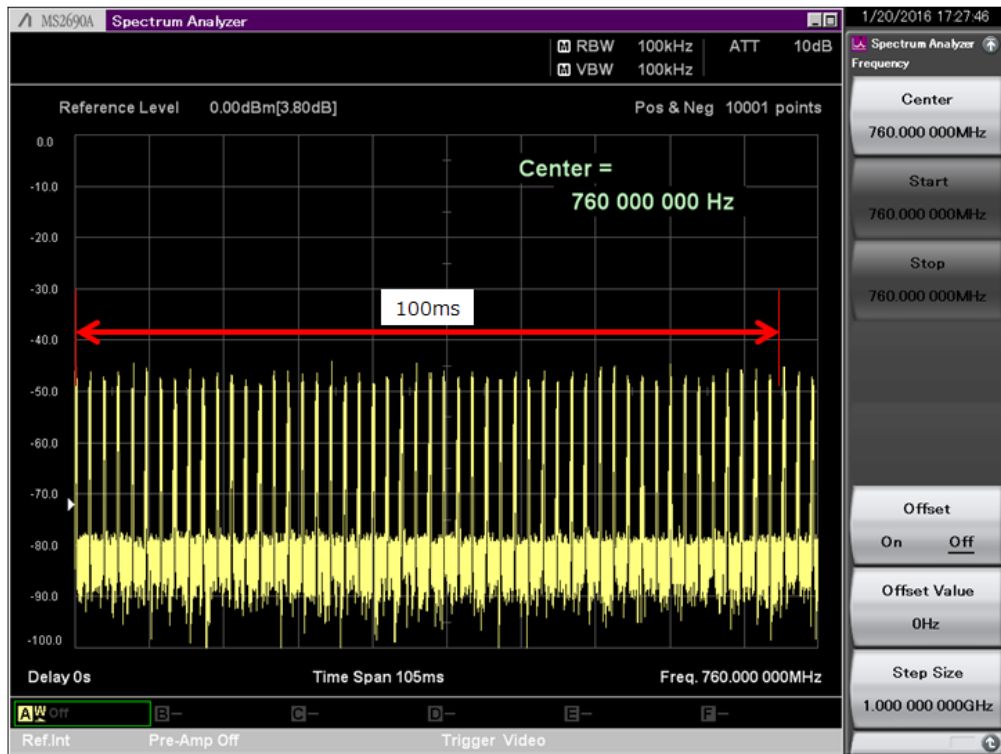


图 3.6-7 任意信号发生器 送信波形 (n=50)

3.6.2. 感度抑圧干渉試験結果

感度抑圧干渉の実証試験を行い、3.3章で説明した感度抑圧干渉のレベルダイヤについて妥当性を確認する。

ユーザ数が1のときの干渉レベルに対するスループット特性の試験結果および所要改善量を図 3.6-8 に示す。干渉レベル: -50.0dBm までスループット: 100%を維持する。干渉レベル: -28.0dBm 時にスループット: 98.9%と95%以上を維持する。スループット仕様は、95%以上であるため、干渉レベル: -28.0dBm まで許容可能となる。この干渉レベル: -28.0dBm 時のフィルタ減衰量は、 37.2dB であり、感度抑圧干渉のレベルダイヤで記載した必要フィルタ減衰量: 65.2dB (3.3.4章参照) から約 28dB の差分がある。

しかし、実際に 700MHz 帯通信端末を使用する環境においては、複数のユーザが周囲に存在する環境にあり、感度抑圧干渉の影響を受ける可能性がある。そこで、ユーザ数: 50 の場合の干渉レベルに対するスループット特性および所要改善量を図 3.6-9 に示す。干渉レベル: -53.0dBm までスループット: 100%を維持し、干渉レベル: -51.0dBm までスループット: 95%以上を維持する。スループット仕様は、95%以上であるため、干渉レベル: -51.0dBm まで許容可能となる。この干渉レベル: -51.0dBm 時のフィルタ改善量は、 60.8dB であり、感度抑圧干渉のレベルダイヤで記載した必要フィルタ改善量: 65.2dB と約 5dB の乖離がある。端末シミュレータの妨害波による耐圧性能の影響も予想されるが、レベルダイヤで算出した所要改善量が、シミュレータ対向による実証試験結果においてもほぼ同等のレベルであることが分かり、算出したレベルダイヤが正しいことを確認した。

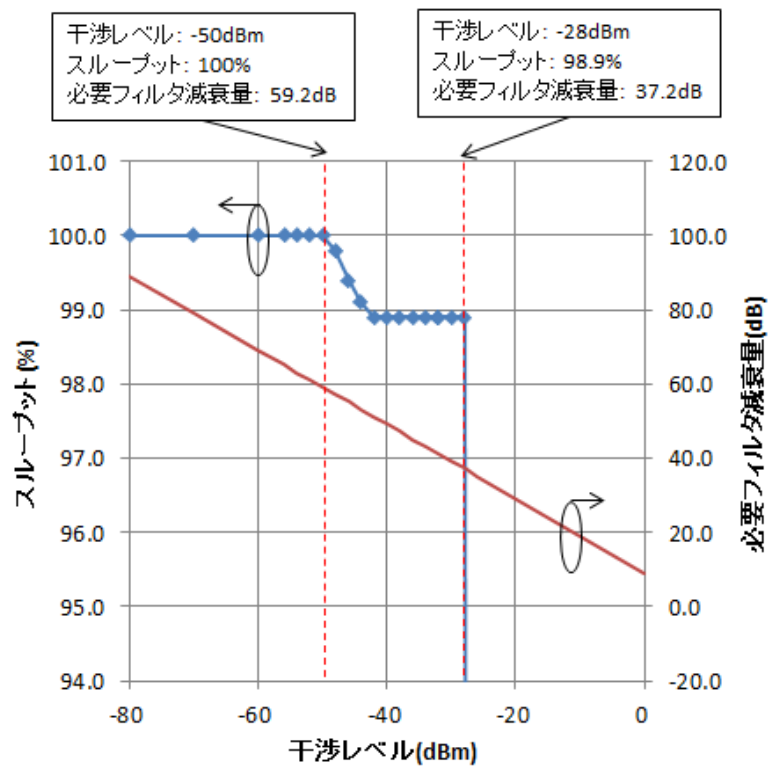


図 3.6-8 干渉レベルに対するスループット特性(ユーザ数: 1)

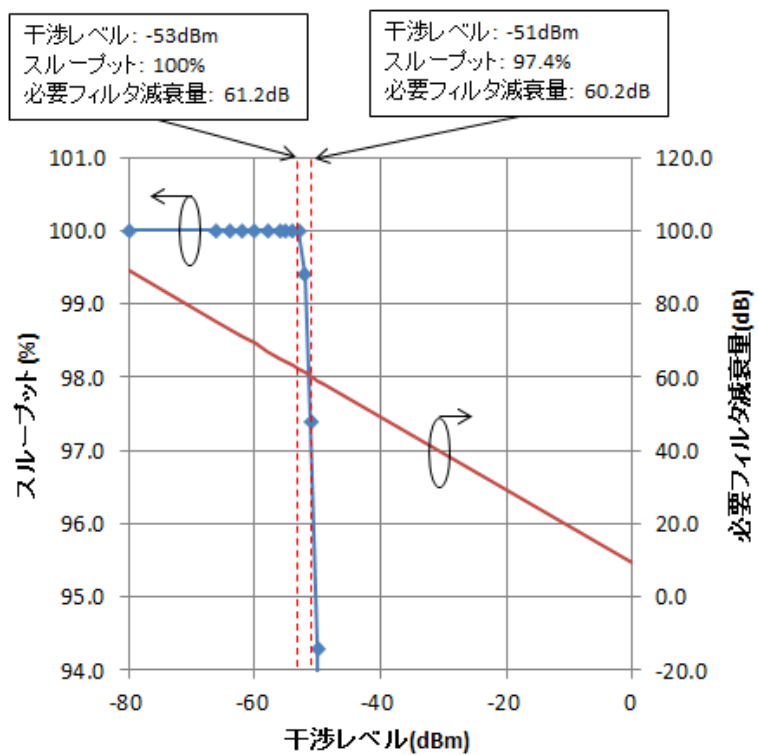


図 3.6-9 干渉レベルに対するスループット特性(ユーザ数: 50)

3.6.3. スプリアス干渉試験結果

スプリアス干渉の実証試験を行い，3.3.2 章で説明したスプリアス干渉のレベルダイヤについて妥当性を確認する。

スプリアス干渉レベルに対するスループット性能の試験結果および必要フィルタ減衰量を図 3.6-10 に示す．周囲に存在するユーザ数 1 の場合，干渉レベル: -85.2dBm/MHz までスループット: 95%以上を維持する．また，ユーザ数: 50 の場合，干渉レベル: -109.2dBm/MHz までスループット: 100% を維持する．ユーザ数: 50 において，スループット: 100%を維持する干渉レベル: -109.2dBm におけるフィルタ改善量は， 59.2dB であり，スプリアス干渉のレベルダイヤで記載した所要改善量: 60.8dB とほぼ一致することが分かり，算出したレベルダイヤが正しいことを確認した。

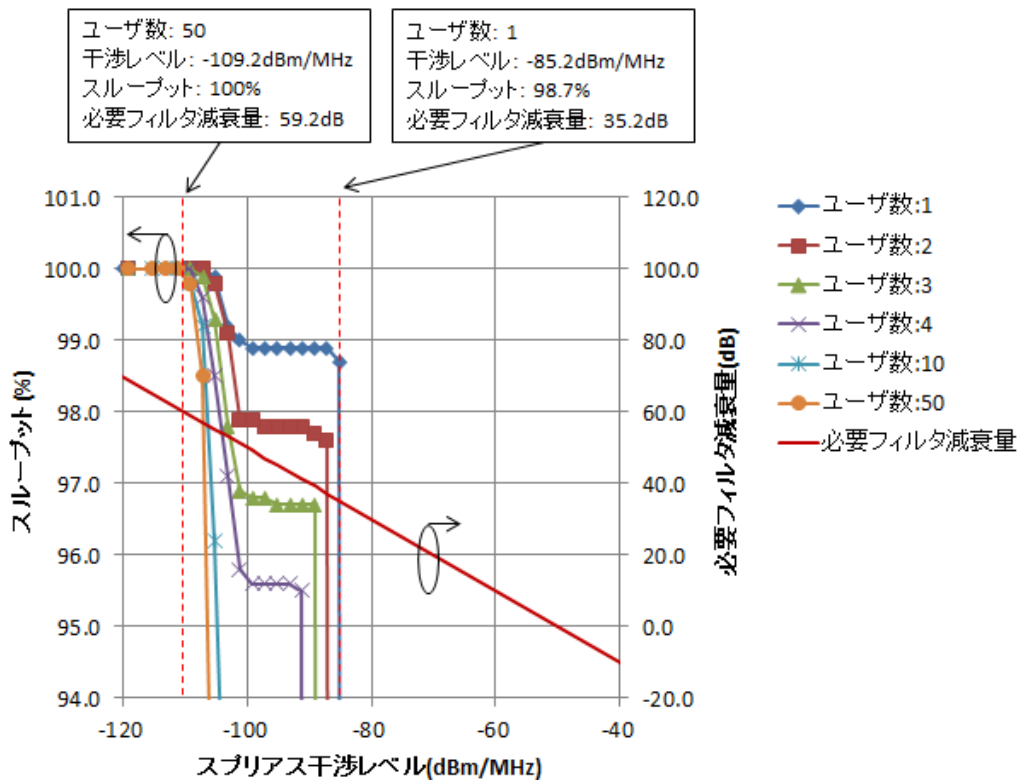


図 3.6-10 スプリアス干渉レベルに対するスループット特性

3.6.4. シミュレータ対向による試験結果

3.6.4.1. ケーススタディ 1 の試験結果

ケーススタディ 1 の試験結果を図 3.6-11 に示す。この図の横軸は、760MHz の与干渉レベルとして表記している。干渉レベル: -50.0dBm までスループット: 100%を維持し、干渉レベル: -28.0dBm までスループット: 95%以上を維持する結果となった。スループット: 100%を維持可能な干渉レベル: -50.0dBm において必要フィルタ減衰量は、59.2dB となる。必要フィルタ減衰量を自由空間距離に換算したアンテナ間距離に対するスループット特性を図 3.6-12 に示す。必要フィルタ減衰量をアンテナ間の伝搬減衰量に置き換えると、700MHz 帯通信端末と 700MHz 帯セルラー通信端末が 2.3m 以内に近づくとスループット: 95%以下となる。700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末がより近接する環境においても干渉影響を抑えるため、フィルタの適用が必要となる。

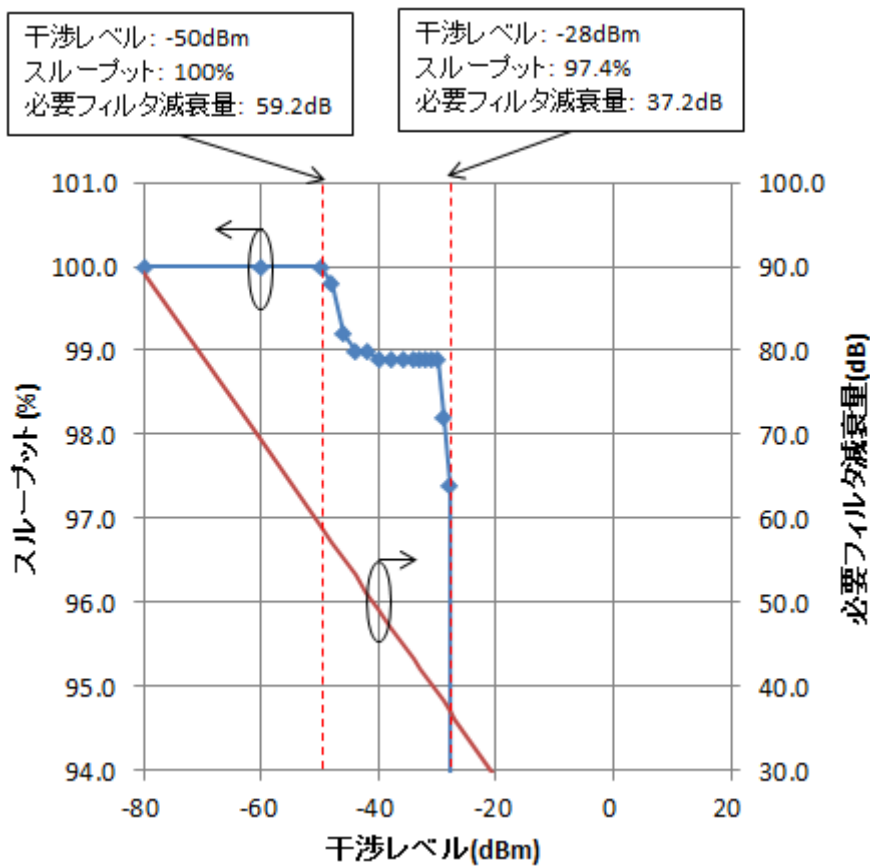


図 3.6-11 シミュレータ対向 ケーススタディ 1 試験結果

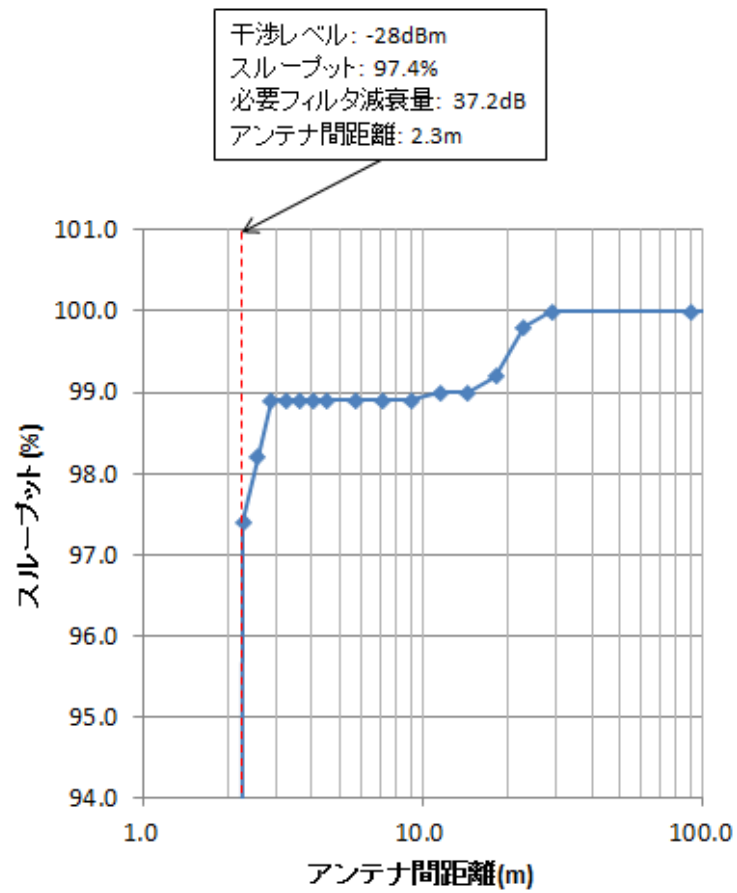


図 3.6-12 アンテナ間距離とスループットの関係
(必要フィルタ減衰量を自由空間距離に換算)

3.6.4.2. ケーススタディ 2 の試験結果

ケーススタディ 2 の試験結果を図 3.6-13 に示す。この図の横軸は、760MHz の与干渉レベルとして表記している。また、700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末を所持するユーザ 1 は、ケーススタディ 1 の試験結果からアンテナ間距離が近接する状況では通信ができないため、干渉レベルを-40dBm とした。この場合、周囲のユーザ n が存在しなくとも、ユーザ 1 が所持する 700MHz 帯通信端末により、スループット 98.9% 程度の干渉影響がある環境となる。周囲に存在するユーザ n (n=1) の場合、干渉レベル: -34.0dBm までスループット: 95% 以上を維持する。また、ユーザ n (n=50) の場合、干渉レベル: -52.0dBm までスループット: 95% 以上を維持する結果となった。必要フィルタ衰量を自由空間距離に換算したアンテナ間距離に対するスループット特性を図 3.6-14 に示す。必要フィルタ減衰量をアンテナ間の伝搬減衰量に置き換えると、ユーザ n (n=1) の場合において、ユーザ 1 との距離: 4.5m 以内でスループット: 95% 以下となる。ユーザ 1 と周囲のユーザ n がより近接する環境においても干渉影響を抑えるため、フィルタの適用が必要となる。

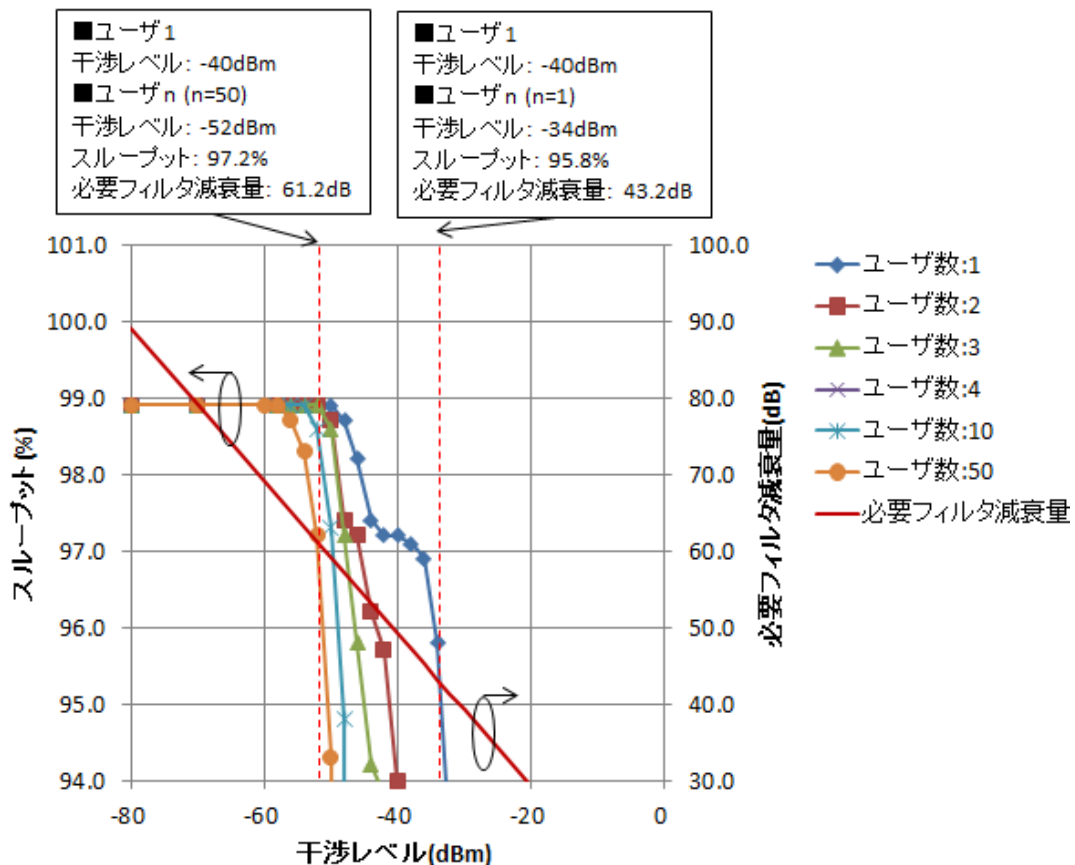


図 3.6-13 シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験結果

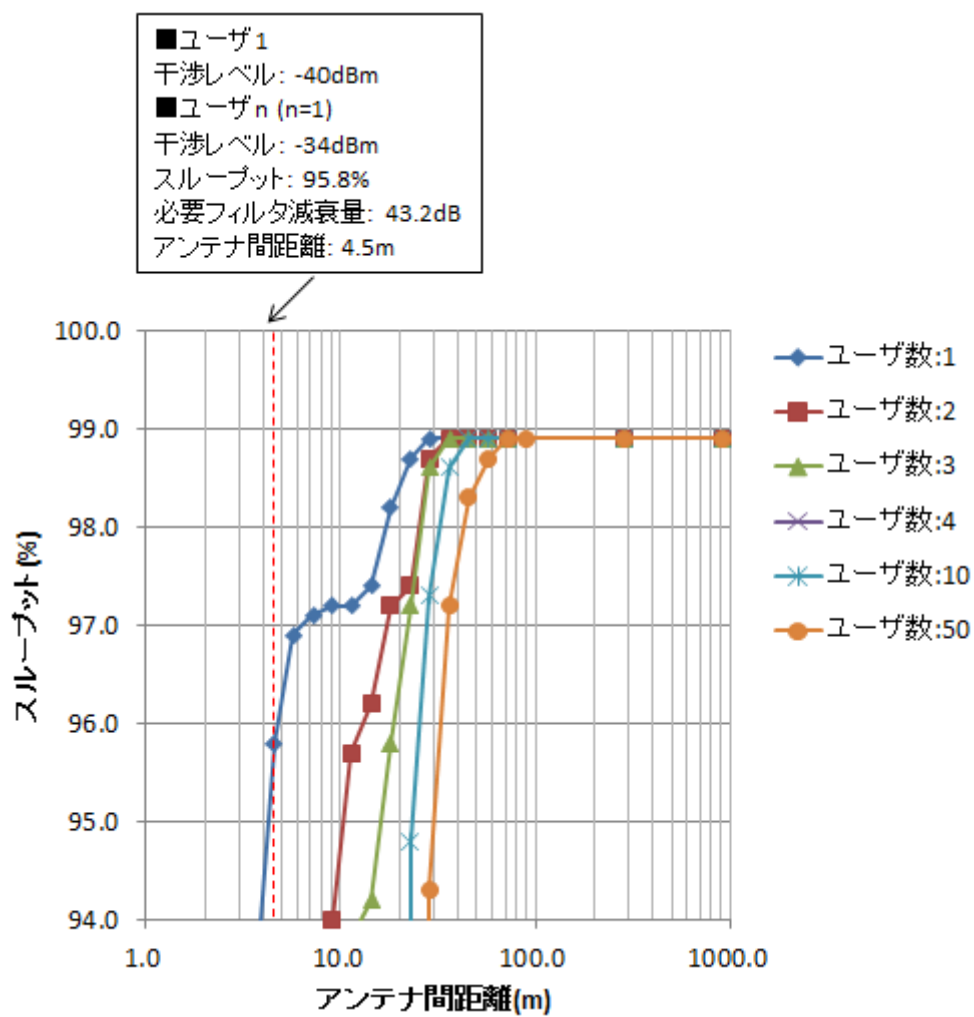


図 3.6-14 シミュレータ対向 ケーススタディ 2 試験結果
 (必要フィルタ減衰量を自由空間距離に換算)

3.6.5. シミュレータ対向による試験結果（フィルタ適用による効果確認）

3.6.5.1. ケーススタディ 1 の試験結果

フィルタ適用後のケーススタディ 1 の試験結果を図 3.6-15 に示す。この図の横軸は 760MHz の与干渉レベルとして表記している。干渉レベル: 9.2dBm 時にスループット: 100%となり、必要フィルタ減衰量: 0dB となる。700MHz 帯通信用送信フィルタが必要フィルタ減衰量: 60.8dB を満足するため、スプリアス干渉の影響を受けず、スループット: 100%を満足している。また、セルラー通信用受信フィルタが必要フィルタ減衰量: 65.2dB を満足するため、感度抑圧干渉の影響を受けず、スループット: 100%を満足している。

以上により、700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末の近接、または、セルラー通信端末への 700MHz 帯通信機能の搭載する条件において、セルラー通信システムへの干渉低減を確認した。

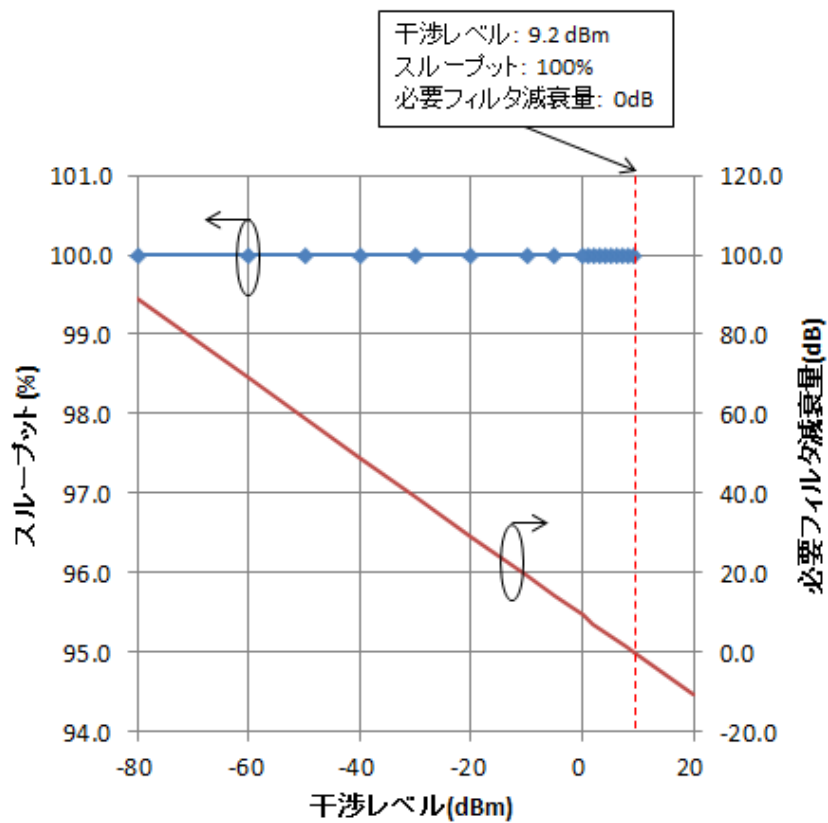


図 3.6-15 シミュレータ対向（フィルタ適用） ケーススタディ 1 試験結果

3.6.5.2. ケーススタディ 2 の試験結果

ケーススタディ 2 の試験結果を図 3.6-16 に示す。この図の横軸は、760MHz の干渉レベルとして表記している。周囲に存在するユーザ n が、1, 2, 3, 4, 10, 50 の場合全てにおいて、干渉レベル: 9.2dBm 時にスループット: 100%となり、必要フィルタ減衰量: 0dB となる。700MHz 帯通信用送信フィルタが必要フィルタ減衰量: 60.8dB を満足するため、スプリアス干渉の影響を受けず、スループット: 100%を満足している。また、セルラー通信用受信フィルタが必要フィルタ減衰量: 65.2dB を満足するため、感度抑圧干渉の影響を受けず、スループット: 100%を満足している。

以上により、ケーススタディ 1 の条件に加えて、ユーザ 1 以外の 700MHz 帯通信端末を所持する複数のユーザが存在する状況において、セルラー通信システムへの干渉低減を確認した。

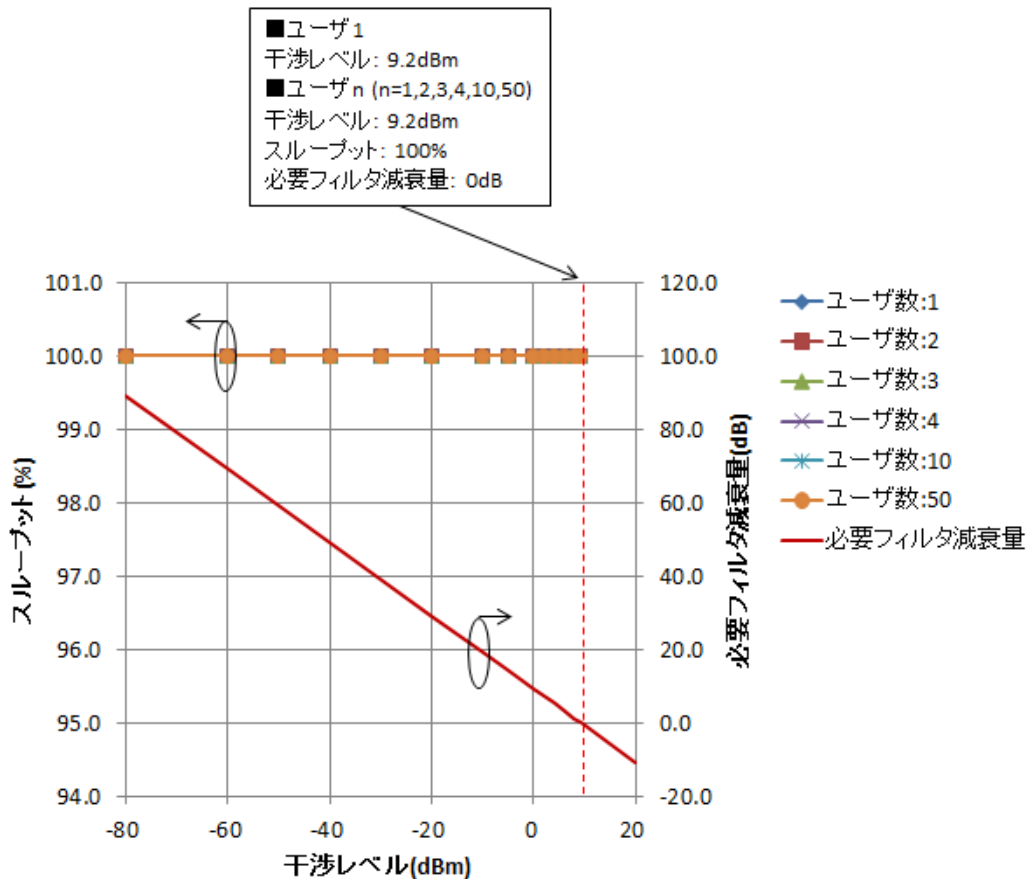


図 3.6-16 シミュレータ対向 (フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験結果

3.6.6. セルラー通信端末による試験結果

セルラー通信端末の受信感度レベルについて説明する。セルラー通信端末のスループット特性が95%以上を示したときの受信感度レベルの下限値を3GPP無線規格記載の値と比較する[3]。測定値が規格記載の受信感度レベルより低い場合、規格を満足する。受信感度レベルの試験結果を表3.6-2に示す。3GPP規格の受信感度レベルは、帯域幅:3MHz時の感度は-100.2dBmである。これに対して、測定値-104.6dBmであった。また、検証したいずれの周波数、帯域幅の条件に対して、測定値は規格の値を下回っている。

このことから、改造後のセルラー通信端末は3GPPの無線規格を満足している。

また、端末シミュレータの受信感度性能となる表3.6-1と比較して、セルラー通信端末は、1.7dB~3.1dBほど性能が高い結果となった。

表 3.6-2 受信感度レベル 試験結果 (セルラー通信端末)

周波数(Downlink)			周波数(Uplink)		帯域幅 (MHz)	MCS	SPEC		受信感度 測定値 (dBm)
ch	中心 (MHz)	上下限 (MHz)	ch	中心 (MHz)			感度 (dBm)	TP (%)	
9375	774.5	773.0	27375	719.5	3	QPSK	-100.2	>95%	-104.6
9385	775.5	773.0	27385	720.5	5	QPSK	-98.5	>95%	-102.8
9410	778.0	773.0	27410	723.0	10	QPSK	-95.5	>95%	-99.7
9435	780.5	773.0	27435	725.5	15	QPSK	-93.7	>95%	-97.4
9460	783.0	773.0	27460	728.0	20	QPSK	-91.0	>95%	-95.2

3.6.6.1. ケーススタディ 1 の試験結果

セルラー通信端末におけるケーススタディ 1 の試験結果を図 3.6-17 に示す。この図の横軸は、760MHz の与干渉レベルとして表記している。干渉レベル: -23.0dBm までスループット: 100%を維持する。また、干渉レベル: -10.0dBm までスループット: 95%以上を維持する結果となった。スループット: 100%を維持可能な干渉レベル: -23.0dBm において必要フィルタ減衰量: 32.2dB となる。必要フィルタ減衰量を自由空間距離に換算したアンテナ間距離に対するスループット特性を図 3.6-18 に示す。必要フィルタ減衰量をアンテナ間の伝搬減衰量に置き換えると、700MHz 帯通信端末と 700MHz 帯セルラー通信端末間の距離: 1.1m においてスループット: 98.9%となる。700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末がより近接する環境においても干渉影響を抑えるため、フィルタの適用が必要となる。

表 3.6-3 に端末シミュレータとセルラー通信端末のケーススタディ 1 最大干渉レベルを示す。端末シミュレータと比較して、セルラー通信端末は、18dB~27dB 程度最大干渉レベルが高く、高い干渉耐性があることが分かる。これは市販するセルラー通信端末各社は、LTE チップセットの実力を勘案したレベルダイヤが組まれており、受信感度性能および耐干渉性能が高い。よって必要フィルタ減衰量を含む所要改善量は、セルラー通信端末開発時の設計によりフィルタ減衰仕様を改善することが可能である。

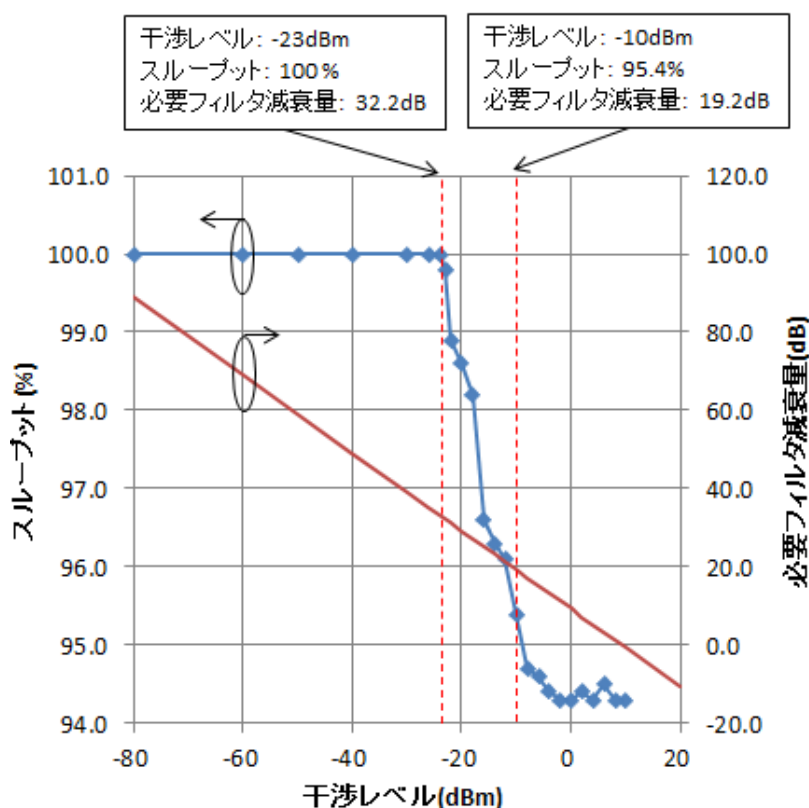


図 3.6-17 セルラー通信端末 ケーススタディ 1 試験結果

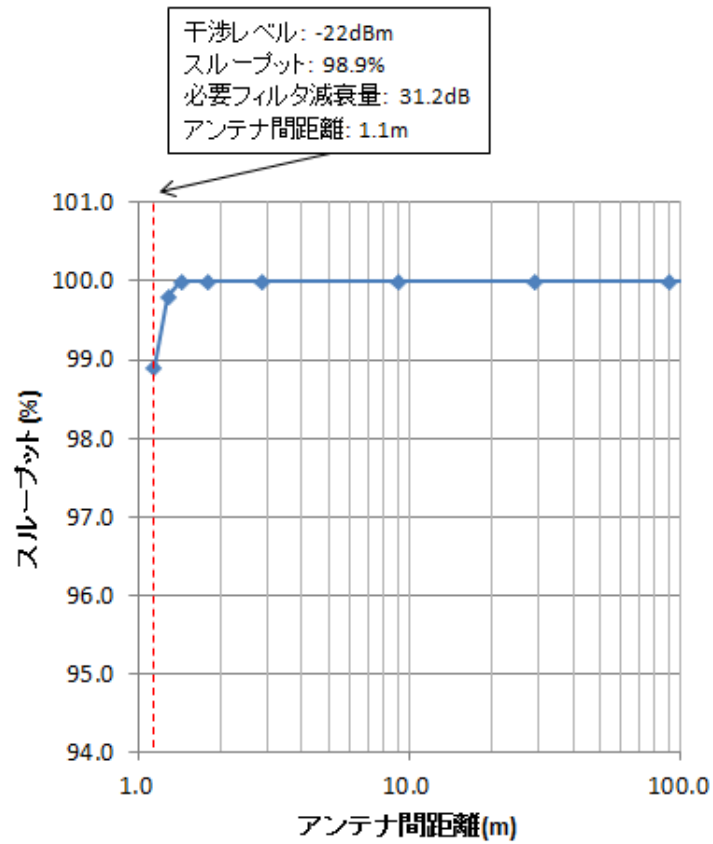


図 3.6-18 アンテナ間距離とスループットの関係
(所要改善量を自由空間距離に換算)

表 3.6-3 端末シミュレータとセルラー通信端末のケーススタディ 1 最大干渉レベル

	端末シミュレータ	市販端末	差分
最大干渉レベル スループット: 100%を維持	-50dBm	-23dBm	27dB
最大干渉レベル スループット: 95%以上を維持	-28dBm	-10dBm	18dB

3.6.6.2. ケーススタディ 2 の試験結果

ケーススタディ 2 の試験結果を図 3.6-19 に示す。この図の横軸は、760MHz の与干渉レベルとして表記している。また、700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末を所持するユーザ 1 は、ケーススタディ 1 の試験結果から、アンテナ間距離が近接する状況では通信ができないため、干渉レベルを-26dBm とした。周囲に存在するユーザ n(n=1) の場合、干渉レベル: -16.0dBm までスループット: 95%以上を維持する。また、ユーザ n(n=50) の場合、干渉レベル: -46.0dBm までスループット: 95%以上を維持する結果となった。必要フィルタ衰量を自由空間距離に換算したアンテナ間距離に対するスループット特性を図 3.6-20 に示す。700MHz 帯通信端末と 700MHz 帯セルラー通信端末間の距離: 1.1m においてスループット: 97.9%となる。ユーザ 1 と周囲のユーザ n がより近接する環境においても干渉影響を抑えるため、フィルタの適用が必要となる。

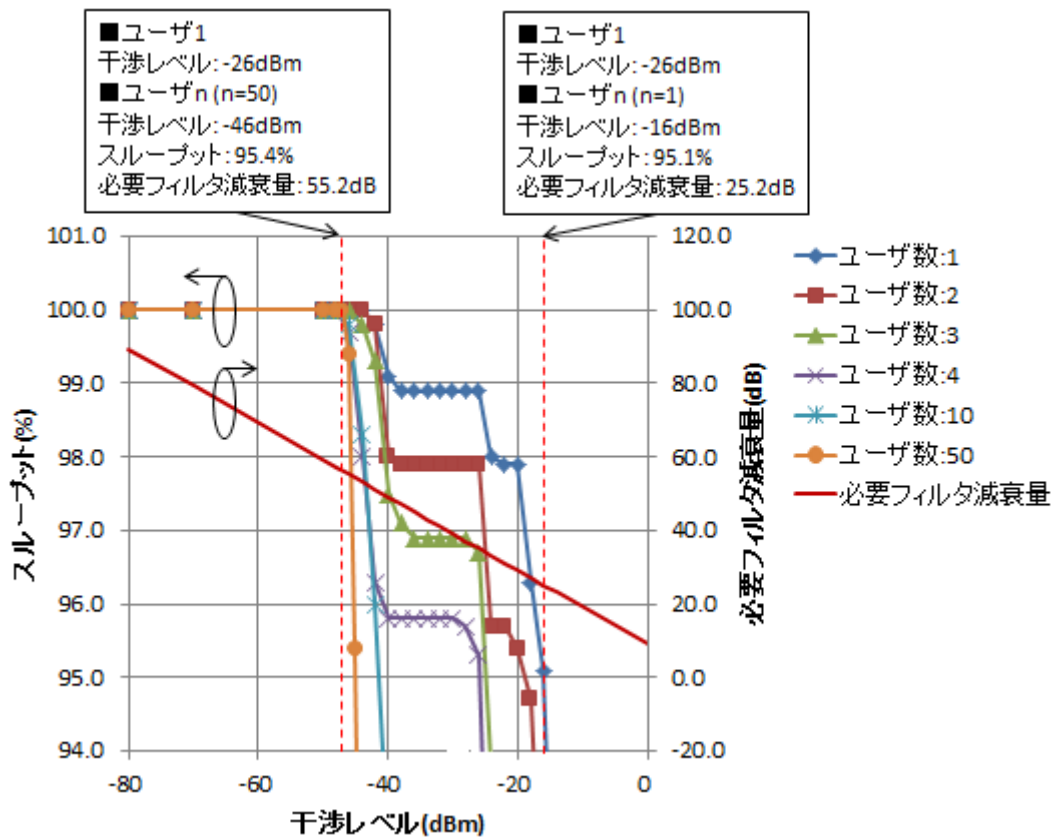


図 3.6-19 セルラー通信端末 ケーススタディ 2 の試験結果

3.6.7. セルラー通信端末による試験結果（フィルタ適用による効果確認）

3.6.7.1. ケーススタディ 1 の試験結果

フィルタ適用後のケーススタディ 1 の試験結果を図 3.6-21 に示す。感度抑圧干渉とスプリアス干渉による干渉影響の試験結果となるが、図 3.6-21 の横軸は 760MHz の与干渉レベルとして表記している。干渉レベル: 9.2dBm 時にスループット: 100% となり、必要フィルタ減衰量: 0dB となる。

以上により、700MHz 帯通信端末とセルラー通信端末の近接、または、セルラー通信端末への 700MHz 帯通信機能の搭載する条件において、セルラー通信システムへの干渉低減を確認した。

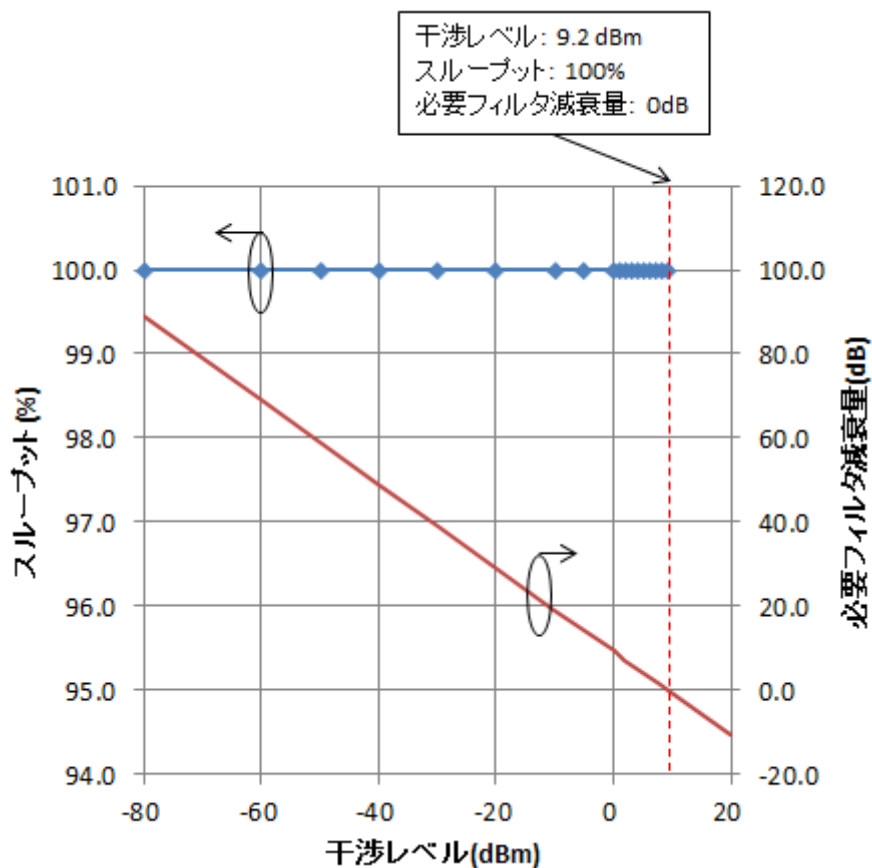


図 3.6-21 セルラー通信端末（フィルタ適用） ケーススタディ 1 試験結果

3.6.7.2. ケーススタディ 2 の試験結果

ケーススタディ 2 の試験結果を図 3.6-22 に示す。この図の横軸は、760MHz の干渉レベルとして表記している。周囲に存在するユーザ n が、1, 2, 3, 4, 10, 50 の場合全てにおいて、干渉レベル: 9.2dBm 時にスループット: 100%となり、必要フィルタ減衰量: 0dB となる。

以上により、ケーススタディ 2 のケーススタディ 1 の条件に加えて、ユーザ 1 以外の 700MHz 帯通信端末を所持する複数のユーザが存在する状況において、セルラー通信システムへの干渉低減を確認した。

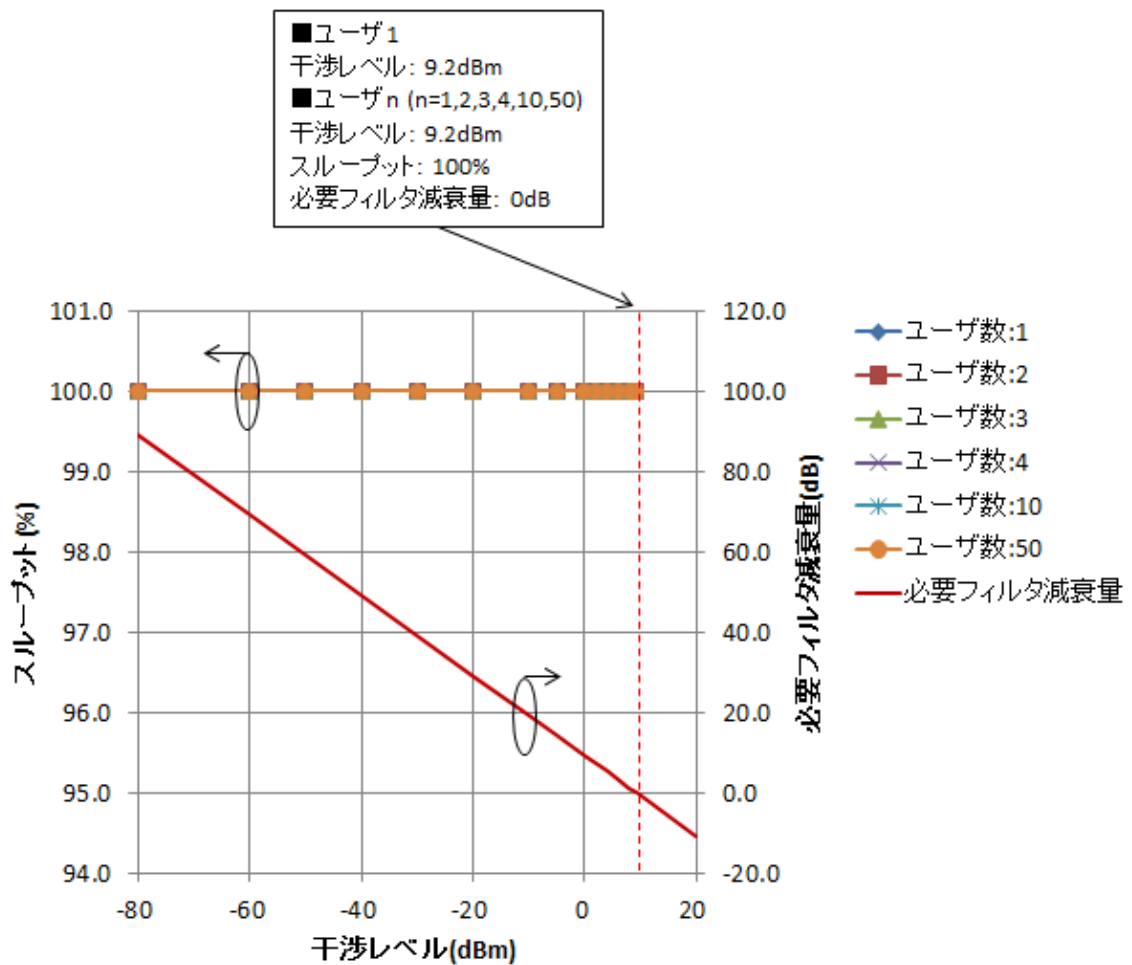


図 3.6-22 セルラー通信端末 (フィルタ適用) ケーススタディ 2 試験結果

4. 省電力実現に向けた検討

4.1. 700MHz 帯通信起動/停止制御機能

本章は実施計画書 ウ) 歩車間通信の通信プロトコルの開発 の本年度目標に記されている「スマートフォンと連携して 700MHz 帯通信を起動/停止させる機能を実現する」部分に対応する。

従来の 700MHz 帯通信の動作シーケンスを図 4.1-1 に示す。

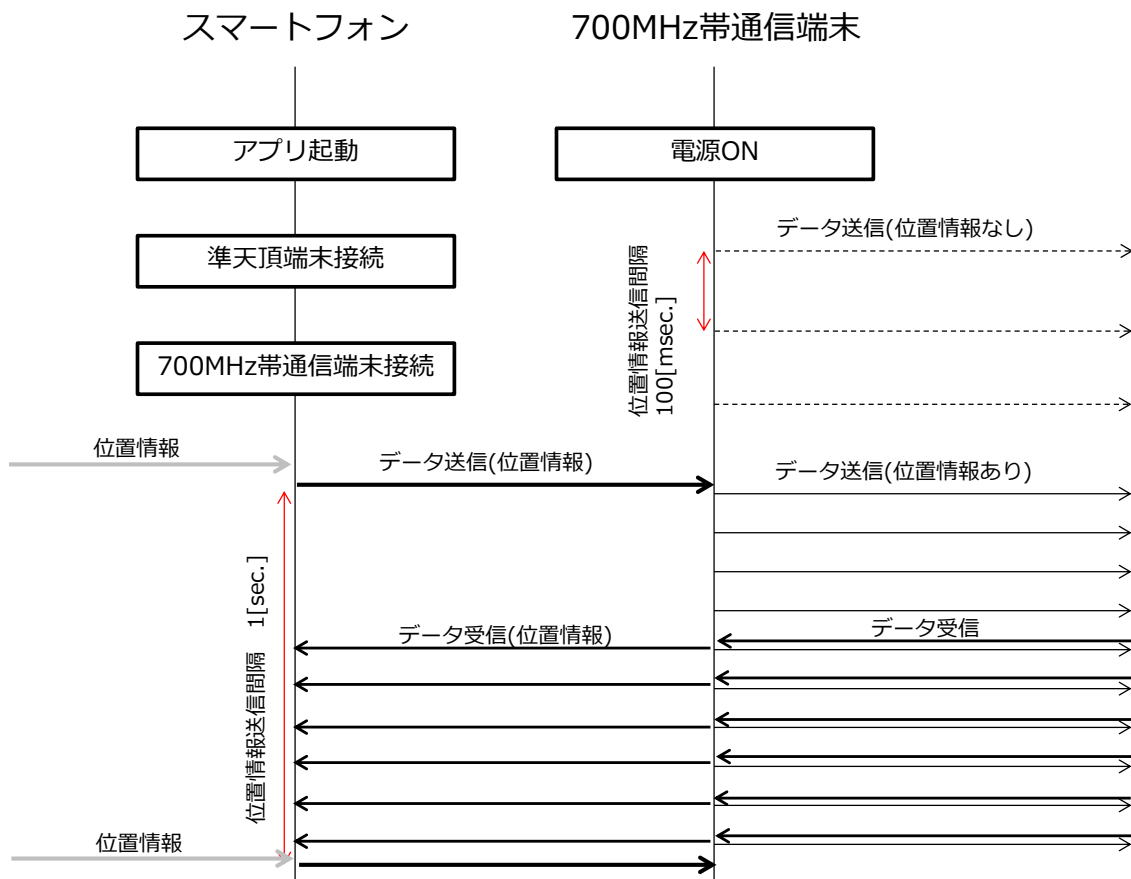


図 4.1-1 従来型 700MHz 帯通信 動作シーケンス

従来の 700MHz 帯通信端末は電源投入後、700MHz 帯通信の送受信を常時行っている。しかし、将来的な商用化に向けて 700MHz 帯通信による歩行者端末を普及させるには、一回の充電で長時間利用できることが求められる。そのため、屋内や安全と考えられる場所では 700MHz 帯通信を停止し、危険と判断されるような場所では通信するといった、場面に応じた動作を行うことで消費電力を抑えることを検討した。

スマートフォン搭載のアプリケーションから 700MHz 帯通信の起動と停止要求を受ける仕組みを追加した動作シーケンスを図 4.1-2 に示す。従来の動作シーケンスから (1) 危険・安全地帯判定、(2) 700MHz 通信起動・停止機能の 2 点を追加した。以下これらについて説明する。

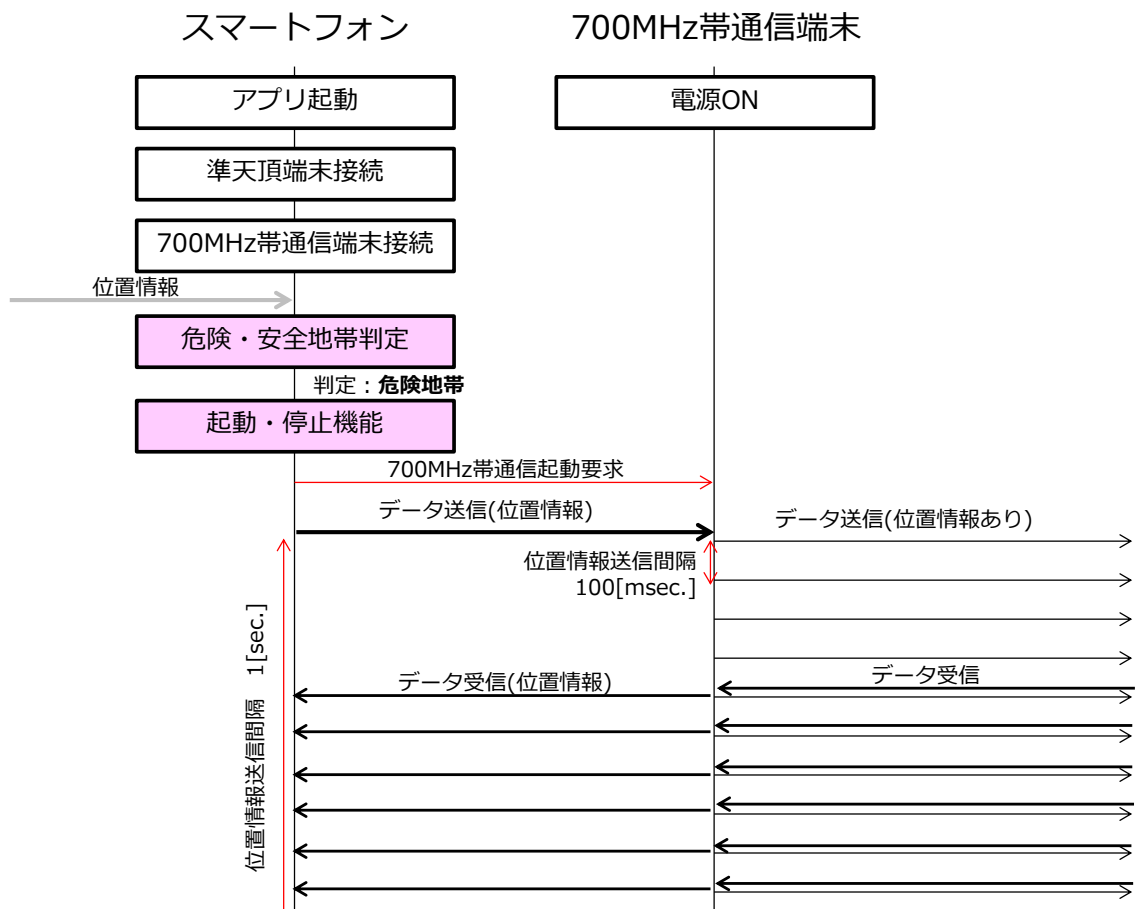


図 4.1-2 平成 27 年度 700MHz 帯通信 動作シーケンス(起動→危険地帯遷移)

4.1.1. 危険・安全地帯判定

スマートフォン搭載のアプリケーションには、あらかじめ車両との通信を行う場所を設定し、GPS や準天頂端末から得られた位置情報と設定値を比較し、「危険地帯」、「安全地帯」の判定を行う。判定結果は 700MHz 帯通信端末へ PWR データフォーマット(2.5.2.2 章参照)を送出する 700MHz 帯通信起動・停止機能へ伝達される。なお、アプリケーションは イ) 高度位置精度技術の開発 において開発を行っているため、具体的な仕様に関してはそちらを参考にされたい。

4.1.2. 700MHz 帯通信起動・停止機能

700MHz 帯通信起動・停止機能に関するシーケンスを図 4.1-3 に示す。

4.1.1 章で示した危険・安全地帯判定の結果、安全地帯から危険地帯へ遷移したと判断した時は起動要求を、危険地帯から安全地帯へ遷移した時は停止要求を 700MHz 帯通信端末へ Bluetooth 経由で送信する。

700MHz 帯通信起動要求の後に位置情報を受け取ると車載器との送受信が可能となり、

100msec 毎に歩行者データを車載器に対して送信，受信した車載器の内容は Bluetooth 経由でスマートフォン搭載アプリケーションへ送信される。

逆に 700MHz 帯通信停止要求を受け取ると 700MHz 帯通信を停止状態にする。この場合，700MHz 帯通信端末からの送信だけでなく受信も行われない。この状態はスマートフォンから 700MHz 帯通信端末へ起動要求が送られるまで継続する。

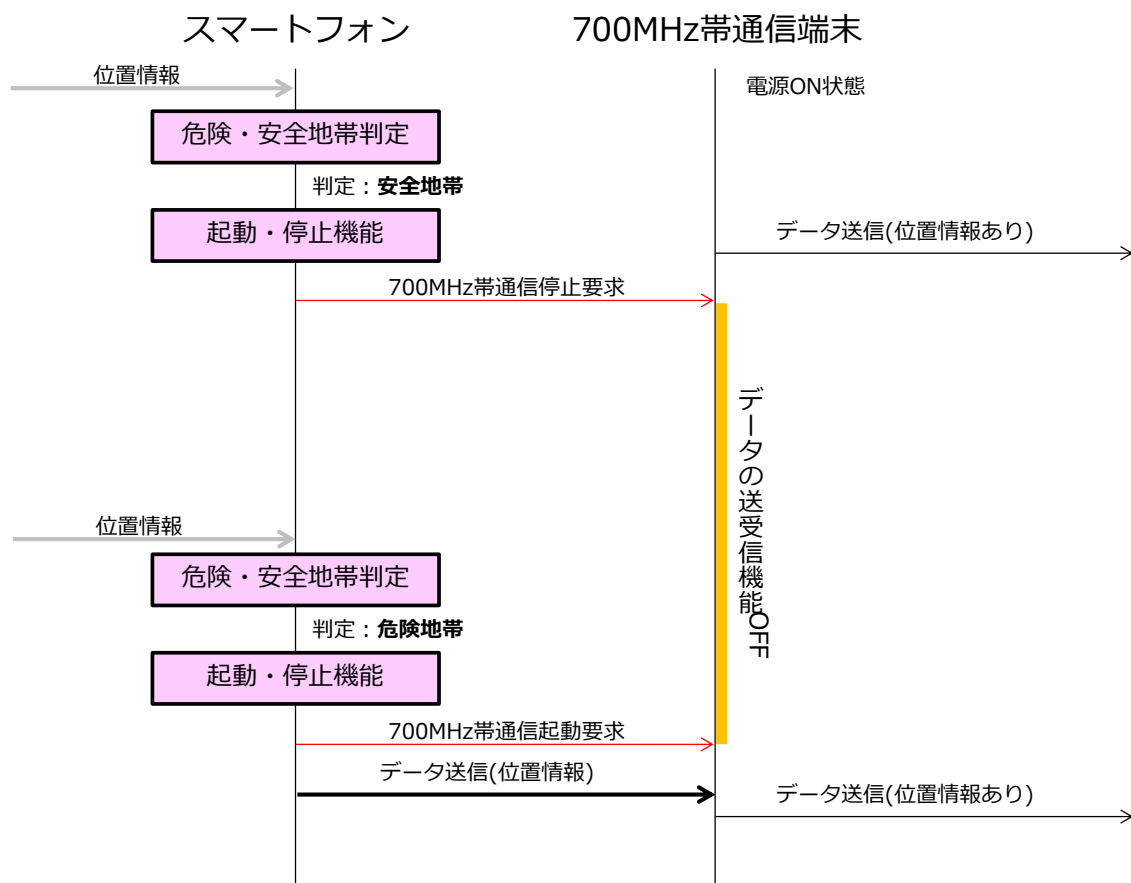


図 4.1-3 700MHz 帯通信起動・停止機能 概略

4.2. 700MHz 通信起動/停止機能実装確認

本章は実施計画書 ウ) 歩車間通信の通信プロトコルの開発 の本年度目標に記されている「Bluetooth 待ち受け受信機能を備えた 700MHz 帯通信端末試作を行う。スマートフォンと連携して 700MHz 帯通信を起動/停止させる機能を実現する。この機能を 700MHz 帯通信端末におけるバッテリーセービングモードとして規定し、実効性について検証する」部分に対応する。

2.5.2.2 章に記載のスマートフォンが PWR データフォーマットを 700MHz 帯通信端末へ送出し、700MHz 帯通信が起動/停止状態へ遷移することを確認する。

4.2.1. 評価環境

700MHz 帯通信端末を対向機とした消費電力計測環境を図 4.2-1、動作確認にするスマートフォン搭載アプリケーションの画面を図 4.2-2 に示す。

スマートフォン搭載のアプリケーション(Ped2vehApp02)には、「Power ON」と「Power OFF」コマンドが用意されている。これらコマンドが設定された時、PWR データフォーマットを Bluetooth 経由で 700MHz 通信端末へ送出する。動作の確認は対向機側での送受信ログの他に、端末の消費電流計測の結果から判断する。消費電流はオシロスコープ (TFF 社製 DPO4104B) と電流プローブ (TFF 社製 TCP0030) を用いて確認する。

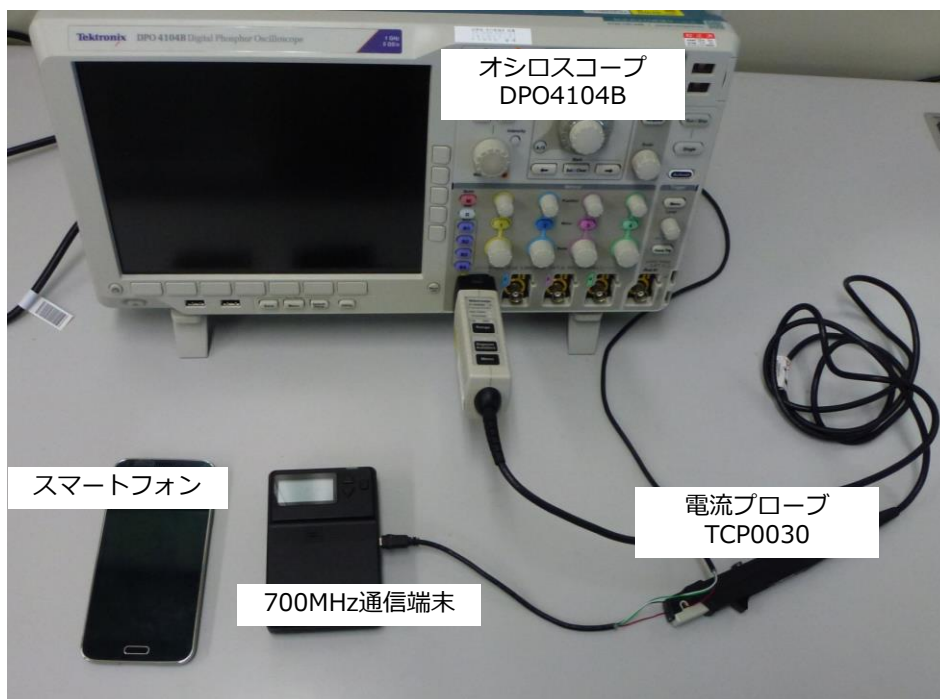


図 4.2-1 消費電流計測環境 概要



図 4.2-2 アプリケーション コマンド選択

実験での測定ポイントを図 4.2-3 に示す. 測定は(1) 全体の消費電流, (2)RF 部-PA 機能消費電流, (3)RF 部-RF 機能消費電流, (4)RF 部-BB 機能消費電流, (5)main 部消費電流(CPU や Bluetooth 通信で使用する部分)とする. (1)は電源供給の USB-miniUSB 変換ケーブルの皮膜をはずし, 電源ラインに電流プローブを挿入する. (2)から(5)はそれぞれの電源供給部分に電流プローブを挿入し確認した.

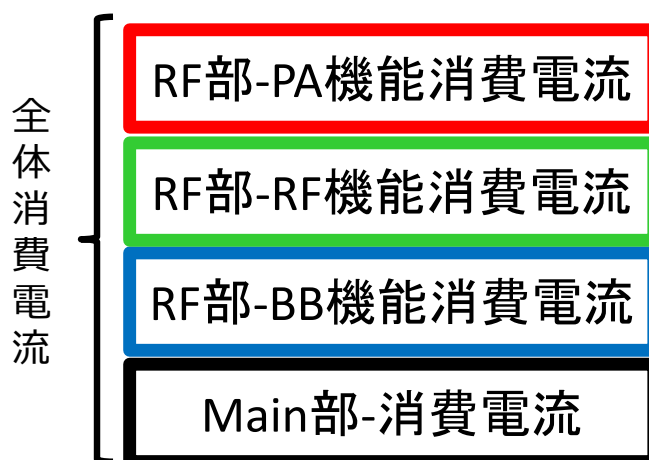


図 4.2-3 実験での測定ポイント

700MHz 帯通信端末の停止状態における動作部分を図 4.2-4 に示す。今回、RF に関する部分について電源供給を停止することを停止状態と定義している。そのため、PWR データフォーマットで OFF を要求すると、(5) Main 部のみが動作している状態となる。

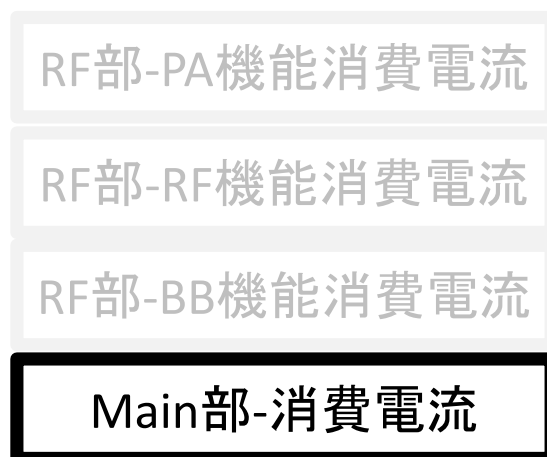


図 4.2-4 RF-停止状態 動作部分概略

次に、700MHz 帯通信端末が送信状態のときの動作部分を図 4.2-5 に示す。これは700MHz 帯通信が起動状態でタイマーが発破したときに遷移する状態である。この場合(2)RF-PA 部, (3)RF-RF 部, (4)RF-BB 部, (5)main 部のすべてが動作する。



図 4.2-5 RF-起動 送信状態 動作部分概略

最後に 700MHz 帯通信端末の起動状態で送信していない状態を図 4.2-6 に示す。この場合は「受信状態」もしくは「受信待機状態」と呼ばれる。「受信状態」は対抗機からデータを受信している最中、「受信待機状態」はデータを受信していない状態を指す。この時は (2)RF-PA 部の制御を内部で行っており、PWR データフォーマットと関係なく OFF になっている。このため、(3)RF-RF 部、(4)RF-BB 部、(5)Main 部が動作する。



図 4.2-6 RF-起動 非送信状態 動作部分概略

4.2.2. 評価結果

送信側 700MHz帯通信端末の ID は 0xf7afefb9 (十進数で 4155502521) が設定されている。この時の送信側 700MHz帯通信端末の送信ログを表 4.2-1 に、受信側 700MHz帯通信端末の受信ログを表 4.2-2 にそれぞれ示す。

表の 14 時 38 分 22 秒において、送信側 700MHz 帯通信端末の通信機能が起動状態の時、受信側 700MHz 帯通信端末のログに送信側 700MHz 帯通信端末の位置情報が出力されていることから、正しく受信できていることが確認できる。このとき PWR データフォーマットにより送信側 700MHz 帯通信端末を起動→停止状態へ遷移させると、対向機スマートフォンのログに、送信側 700MHz 帯通信端末のログが出力されなくなる。約 5 分後、送信側 700MHz 帯通信端末を停止→起動状態へ遷移させると、表の 14 時 43 分 19 秒以降のデータより再び送信側 700MHz 帯通信端末の位置情報が出力されていることから、再び正しく送受信ができていることを確認した。

これらのことから、PWR データフォーマットにより 700MHz 帯通信端末の 起動/停止制御の実装を確認した。また、受信機側に異常が発生していないことも併せて確認した。

表 4.2-1 700MHz 帯通信端末 起動/停止機能実装確認 送信端末ログ

ログ種別	日時	ID	緯度	経度
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000001	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677

約 5 分間停止状態にした後, 再度起動要求受信

0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000001	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000001	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000001	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000001	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000001	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831

表 4.2-2 700MHz 帯通信端末 起動/停止機能実装確認 受信端末ログ

ログ種別	日時	ID	緯度	経度
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677
0x00000002	2015/11/10 14:38:22	0xf7afeb9 (4155502521)	383530972	1408436677

送信側が停止状態にある間, 当該 ID のデータは受信せず

0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:19	0xf7afeb9 (4155502521)	383531184	1408436629
0x00000002	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000002	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000002	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831
0x00000002	2015/11/10 14:43:20	0xf7afeb9 (4155502521)	383531313	1408436831

送信側と同じデータを受信

送受信時の(1)全体消費電流のグラフを図 4.2-7 に示す。消費電流は送信時の電流を基準(100%)として説明する。(A)で示した部分は(3)RF-PA 機能が動作していない部分である。「受信動作中」と「受信待受状態」では大きく値は変化しないことから、以降は区別せずに「受信状態」と示す。仕様により 700MHz 通信端末 100msec 毎に 1 回 (1 秒間で 10 回) 送信する。このグラフから、送信状態と比較して受信状態は約 45%程度しか電流を消費していないことがわかる。

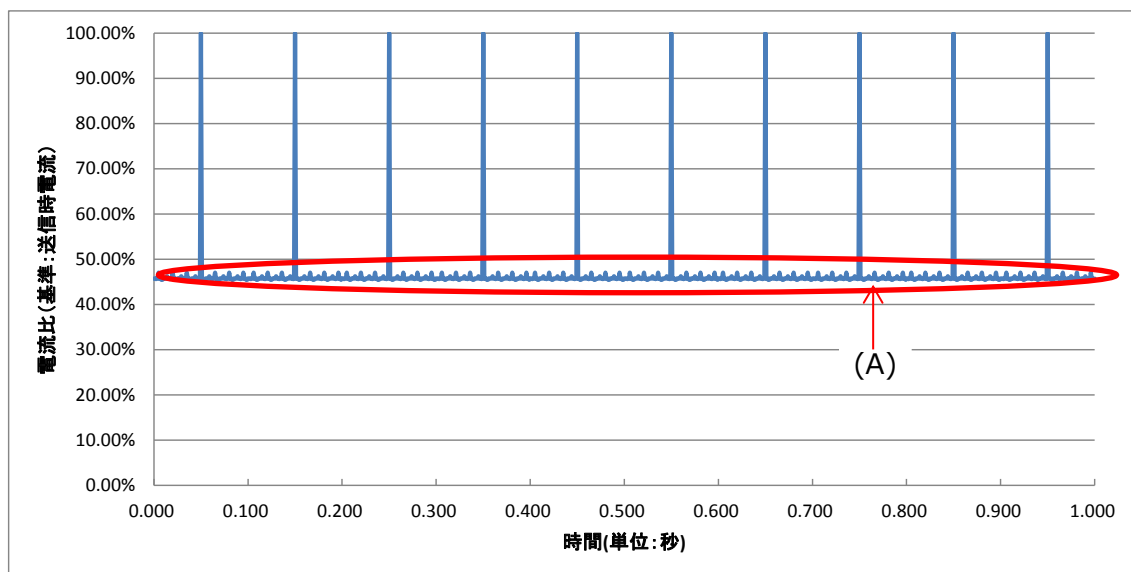


図 4.2-7 RF-起動状態 送受信消費電流比較

図 4.2-7 の比較図を拡大したもの (開始 0~0.2 秒の範囲) を図 4.2-8 に示す。送信データサイズと転送速度によれば送信時間は約 0.3msec 程度しかない。このことから、送信時の電流が高いとはいえ起動状態中の約 99%は規格上受信状態である。そのため、現状の 700MHz 帯通信端末において、受信状態を含めた 700MHz 帯通信を停止することが省電力化に最も効果があると言える。

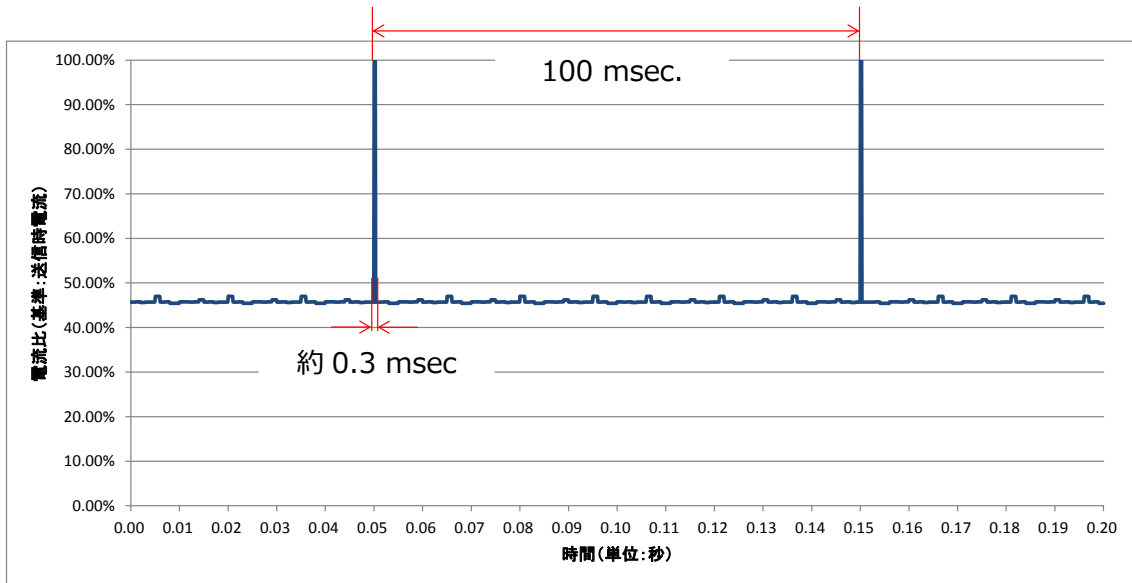


図 4.2-8 RF-起動状態 送受信消費電流比較 (拡大図)

700MHz 通信起動→停止状態へ遷移するときのグラフを図 4.2-9 に、停止→起動状態へ遷移するときのグラフを図 4.2-10 にそれぞれ示す。(B)で示した部分が停止状態である。PWR データフォーマットで停止要求を受け取った直後に RF に関する機能を停止するため、停止状態の消費電流は約 25%程度になる。今回使用した端末において、RF の停止要求には即座に対応するが、RF の起動要求には若干の時間を要することが判明した。これは端末で使用している部品の動作安定には必要な時間であることから、スマートフォン搭載アプリケーションから起動要求を発信するときは、起動に要する時間を考慮した上で発信する必要がある。また、今後の 700MHz 帯通信端末開発においては省電力かつ、受信から起動までの時間短縮化を実現できる部品の選択が求められる。

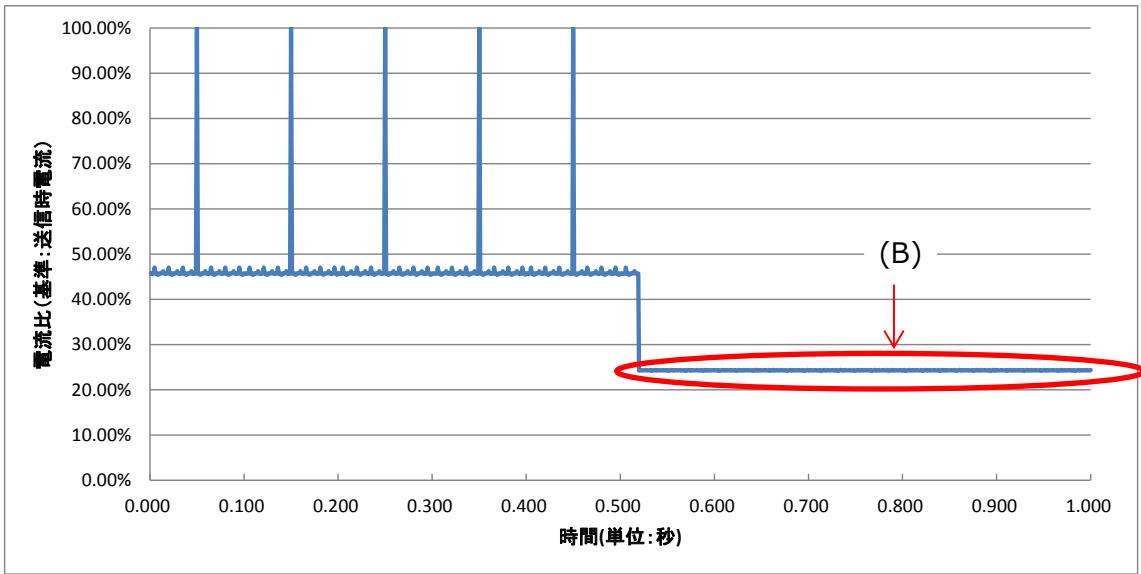


圖 4.2-9 RF-起動→停止狀態遷移 消費電流比較

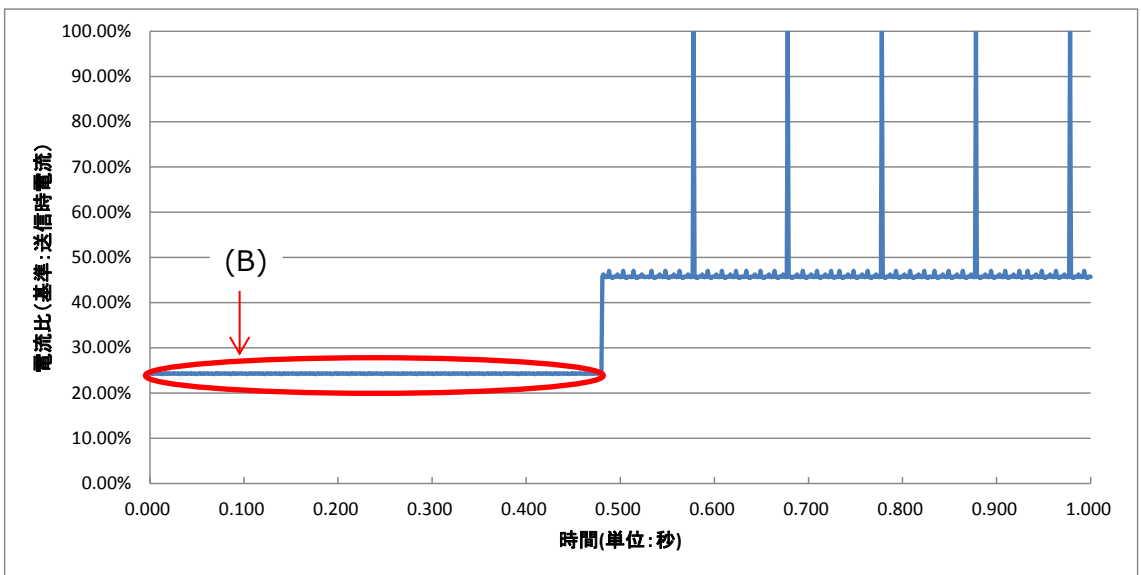


圖 4.2-10 RF-停止→起動狀態遷移 消費電流比較

4.3. 実環境における実証及び課題の抽出

本章は実施計画書 エ) 実環境における実証実験および課題の抽出 の本年度目標に記されている「700MHz 帯通信端末のバッテリーセービングモードにおける消費電力を測定する」部分に対応する。本章では 700MHz 帯通信端末とスマートフォン，準天頂端末を実際に動作させ，700MHz 帯通信端末の省電力化効果について確認する。

700MHz 帯通信端末とスマートフォン，準天頂端末を用いてフィールドにおいて 4.2 章同様に 700MHz 通信を起動/停止制御できるか確認を行った。

フィールド上では電流を計測するオシロスコープを使用できないため，700MHz 通信端末の消費電流を計測する機能を追加し検証を行ったところ，取得した位置情報を元にスマートフォンが 700MHz 通信の起動/停止を制御し，700MHz 通信端末がそれに沿った動作をしていることを確認した。

4.3.1. 評価環境

4.3.1.1. 評価場所

フィールド試験を行った環境を示す。試験は横須賀市にある YRP 周辺で行った。YRP 周辺地図を図 4.3-1 に示す。なお，実証実験当日の環境については以下のとおり。

場所：横須賀市光の丘 YRP（横須賀リサーチパーク）

日時：2015 年 1 月 20 日 11:00 – 15:00

天気：晴れ



図 4.3-1 横須賀 YRP 評価場所

また、700MHz帯通信端末の機材を図 4.3-2 に示す。画板の上にログ出力 PC とスマートフォン、準天頂端末、700MHz帯通信端末を固定した YRP での実験の様子を図 4.3-3 と図 4.3-4 にそれぞれ示す。



図 4.3-2 700MHz帯通信端末 評価セット



図 4.3-3 評価の様子



図 4.3-4 YRP 単独歩行評価

4.3.1.2. 危険地帯・安全地帯の検討

今年度の実証実験において「交差点付近のエリアは危険地帯」、「交差点以外のエリアは安全地帯」と定義し検証を行った。

歩行者がいる場所とその時の振る舞いについてまとめた内容を図 4.3-5 に示す。700MHz 帯通信端末とスマートフォンを持った歩行者が安全地帯にいる間、スマートフォン搭載アプリケーションは 700MHz 帯通信端末に対して位置情報を提供しない。安全地帯から危険地帯に入った時にスマートフォン搭載アプリケーションは 700MHz 帯通信端末に対して起動要求を送信する。危険地帯にいる間、スマートフォン搭載アプリケーションは 700MHz 帯通信端末に対して位置情報を提供する。危険地帯から安全地帯に入った時にスマートフォン搭載アプリケーションは 700MHz 帯通信端末に対して停止要求を送信する。

本実験では、図 4.3-1 の地点 A~D で示している場所はすべて交差点であることから、イ) 高度位置精度技術の開発 で開発されているスマートフォン搭載のアプリケーションの仕様により、ある地点の座標から半径 X[m] の範囲を「危険地帯」とし、それ以外の部分を「安全地帯」と定義する。安全地帯・危険地帯を表示するスマートフォン画面を図 4.3-6 に、各地点の危険地帯設定については 4.3.1.2.1 章~4.3.1.2.4 章にそれぞれ示す。

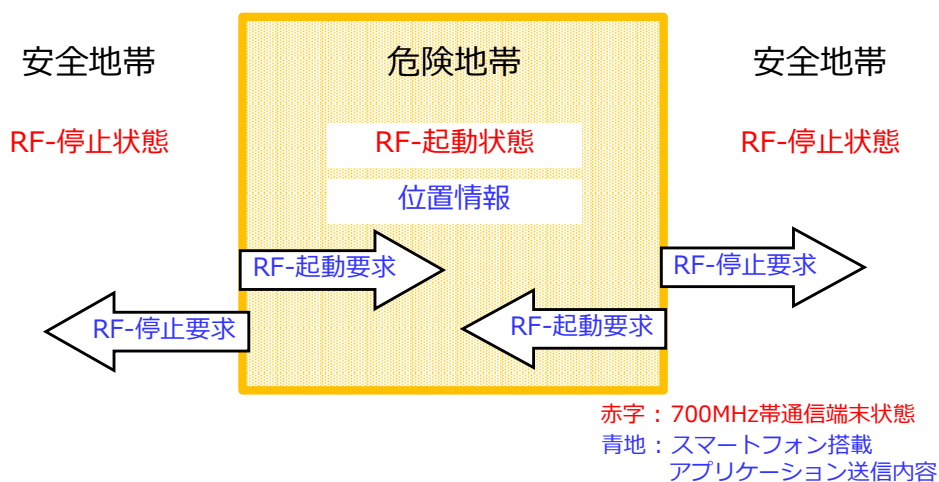


図 4.3-5 アプリ・700MHz 帯通信端末動作概略



図 4.3-6 安全地帯・危険地帯スマートフォン表示

4.3.1.2.1. 地点 A

地点 A の中心座標は北緯 35 度 13 分 26.35 秒，東経 139 度 40 分 30.79 秒に設定した。
当該地点から 15m の範囲を危険地帯とする（図 4.3-7 参照）。



図 4.3-7 地点 A 危険地帯

4.3.1.2.2. 地点 B

地点 B の中心座標は北緯 35 度 13 分 22.37 秒，東経 139 度 40 分 29.21 秒に設定した。
当該地点から 25m の範囲を危険地帯とする（図 4.3-8 参照）。



図 4.3-8 地点 B 危険地帯

4.3.1.2.3. 地点 C

地点 C の中心座標は北緯 35 度 13 分 20.78 秒，東経 139 度 40 分 40.25 秒に設定した。
当該地点から 20m の範囲を危険地帯とする（図 4.3-9 参照）。



図 4.3-9 地点 C 危険地帯

4.3.1.2.4. 地点 D

地点 D の中心座標は北緯 35 度 13 分 26.01 秒，東経 139 度 40 分 41.68 秒に設定した。
当該地点から 25m の範囲を危険地帯とする（図 4.3-10 参照）。



図 4.3-10 地点 D 危険地帯

4.3.2. 評価結果

700MHz 帯通信端末の電流値を基に作成した電流プロファイルを図 4.3-11 に示す。

危険地帯通過時は、700MHz 通信が起動しデータの送受信が可能な時は約 50%以上の消費電流を示す。一方、700MHz 通信が停止状態となる安全地帯通過時の消費電流は、送信時と比べ約 75%も低減する。今回の YRP において、スマートフォン搭載アプリケーションのエリア判定結果により起動要求と停止要求を正しく判別し、700MHz 帯通信端末へ送信することを確認した。また、要求に応じて 700MHz 帯通信端末は 700MHz 帯通信の起動/停止制御することを併せて確認した。

今回の試験結果では、安全地帯の通過時間は全体の約 70%を占めていた。消費電流の変化は危険地帯エリア設定範囲、道路の長さ、車両の往来度合い、信号のサイクルといった環境に依存する部分もあるが、常時起動状態する従来の 700MHz 帯通信端末と消費電力を比較すると 1/3 低減することを確認した。よって、危険地帯での通過時間が短くなるにつれて低減率は高くなることがわかる。

なお、今回の試験で示している電流比は 700MHz 帯通信端末の試作機上の数値である。商用化に向けては各部品を再選定し、それに伴うソフトウェアの再構築により停止状態の電流を抑える取り組みも必要である。

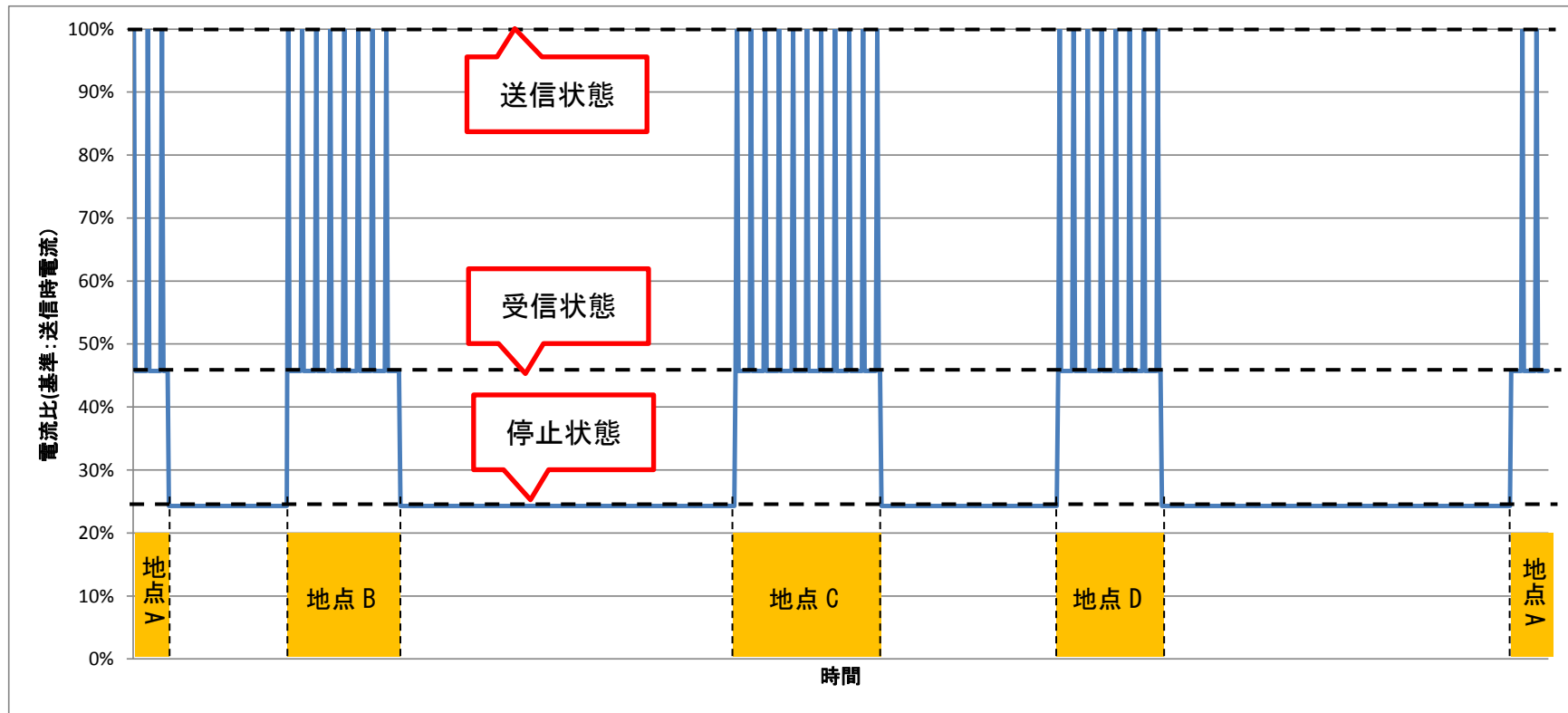


図 4.3-11 横須賀 YRP 電流プロフィール

ここで、内回りと外回りをを行い、起動時間にどのように影響を及ぼすか確認した。まず、地図上の歩行ルートで比較する。試験を行った YRP 周辺の歩行経路を示した図を図 4.3-12 に、各地点を拡大した図を図 4.3-13 にそれぞれ示す。



図 4.3-12 歩行経路全体

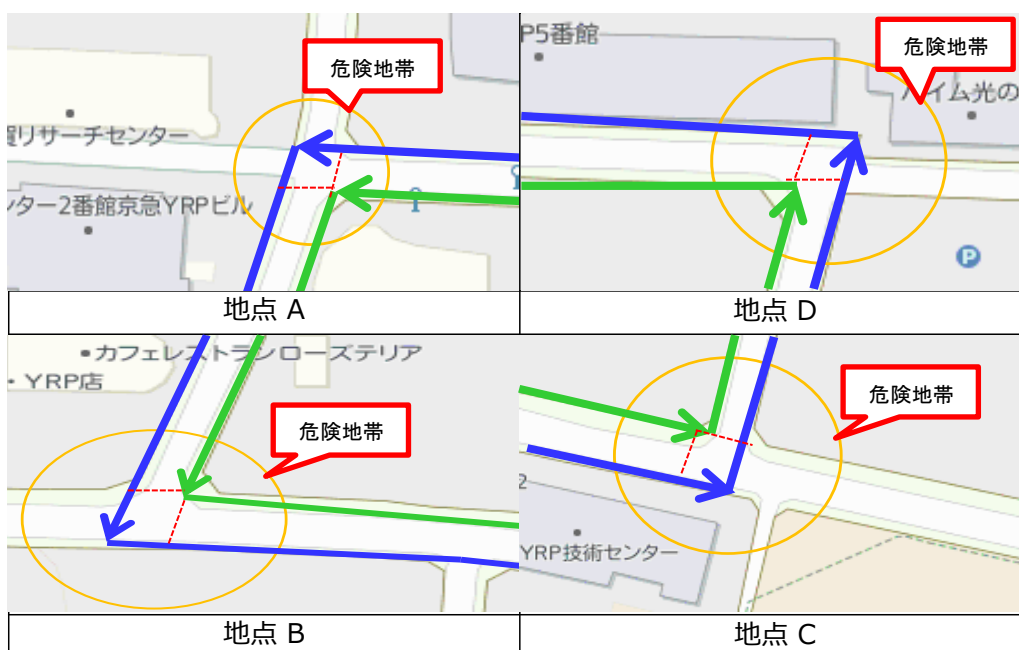


図 4.3-13 歩行経路 各地点拡大

緑で示す歩行ルート（内回り）の場合、危険地帯を歩行する距離は短く、短時間での通過となる。しかし、青線で示す歩行ルート（外回り）は車両通過待ちと横断歩道の分だけ交差点での滞在時間が長くなる。結果、危険地帯に長くいることになり、その間は700MHz帯通信を行うことになる。

各地点での通過時間を計測し、それぞれ平均した結果を表 4.3-1 に示す。外回りから内回りを引いた値を時間差とすると、車幅は7m程度の道路であることから、秒速1~1.5m程度の場合、地点BとCでの時間差は10~15秒程度の影響しか及ぼさないはずである。しかし、実際は30秒程度の差が現れている。これは、交差点での車両通過待ちによるところが大きい。車両を目視したら通過するまでに数秒程度待つことになるため、複数台走行するとその分長く横断歩道手前に停止することになる。この他に歩行者が交差点付近で停止する要素として「赤信号による停止」がある。各信号機に設定されているサイクルがわかれば、その交差点での最大待ち時間が取得できる。

今回の内回りのように、横断歩道を渡らないことで危険地帯の滞在時間を短くすることが可能である。よって、スマートフォン搭載アプリケーションは横断歩道通過回数を最小に抑え、車両の通過が少ない横断歩道や信号の待ち時間が短い所での横断を促す機能を有したナビゲーションを提供すると、さらに消費電流を抑えることが可能となる。

表 4.3-1 YRP 平均通過時間比較

単位:秒	内回り	外回り	時間差
地点 A	22.0	35.5	13.5
地点 B	27.8	61	33.3
地点 C	24.3	55	30.7
地点 D	27.0	57	30.0

4.4. 利用時間検討

本章は、4.2章と4.3章に記載した700MHz帯通信端末の消費電流を基に、現在入手可能なバッテリーと従来機の組み合わせで、どの程度利用が可能か確認する。

4.4.1. バッテリー

電池は一般的に入手しやすい乾電池やボタン型電池と呼ばれる一次電池とスマートフォンやパソコンに採用されている「充電」が可能な二次電池が存在する。

一次電池は規格で形状（単1形や単3形）や電圧が決まっている。一般に入手しやすいアルカリマンガン電池やオキシライド電池の電圧は1.5Vである。今回の試作機ベースで見ると送信時に大量の電流が流れることや小型化が求められていることから、入手しやすいとはいえず一次電池は不適であると判断した。

二次電池は一次電池と違い充電が可能である。貯めることができる容量（放電容量：単位mAhで表される）は素材や形状により変わる。本年度は新たな端末の設計をしないことから、現在販売されているスマートフォンに採用されている電池を示し、現在入手可能な電池から使用可能な時間を算出する。

2010年のスマートフォンが登場した頃の二次電池は約1000~1500mAh程度で、連続通話時間がカタログスペックで300分程度であった。ところが、現在スマートフォンに搭載されている電池は約2800~3000mAhとなり、2010年頃と比べて容量は3倍に増加している。この他に、スマートフォンの充電を目的とした「モバイルバッテリー」と呼ばれる充電電池は0.7~3.0倍の容量を持つものもある。これは、二次電池に使用されている素材がリチウムイオン電池からリチウムイオンポリマー電池に変わった影響もあると見ている。

リチウムイオン電池は二次電池の中ではエネルギー密度が高く、高電圧が得られるものである。従来の二次電池で発生するメモリ効果（放電しきらずに充電することにより充電容量が減る現象）が起こりにくく、継ぎ足し充電を頻繁に行う携帯電話やスマートフォンに向いている。また、自己放電（放置することで電池残量が減る）が少ない点も利点である。

しかし、リチウムイオン電池は電解質に液体を用いているために小型・軽量化が難しいという欠点があった。その欠点を埋めるために開発された電池がリチウムイオンポリマー電池である。リチウムイオンポリマー電池は液体の電解質を固体と液体の間であるゲル状態にした。これにより形状を自由にできる上、液体と違い外からの負荷に対して耐性が強くなった。しかも、蓄積可能なエネルギー量は液体と比べて増していることから高容量の電池も提供が可能になった。

また、近年のスマートフォンの連続通話時間はカタログスペックで1100分程度と4倍程度に伸びている。高機能化が進んだにも関わらず電池容量以上に使用時間が伸びたことから、スマートフォンに搭載された部品の省電力化の効果も大きいと考えられる。

4.4.2. 消費電流と利用時間

まず、データ送信間隔と距離の関係性をまとめた表を表 4.4-1 に示す。現在、100msec 毎に取得している。これは車車間通信を基にしており、車両の速度(時速 30~40km)で見ると約 1m 毎に位置情報を取得できる。ところが、歩行者の場合、時速 3.6km では 0.1m 毎となり移動量が小さく、誤差と取られる可能性もある。そのため、送信間隔を長くすると消費電流が軽減するか確認した結果を図 4.4-1 に示す。図 4.4-1 は、100~2000msec の送信間隔で 60 分間 700MHz 帯通信を行った時の消費電流を、100msec 時の消費電流を基準に比較した。

この結果、100msec が 1000msec と送信回数が 1/10 に減っても 0.2%程度しか低減できない。これは送信時の電流は高いが、送信時間が短いため全体の消費電流に与える影響が小さい。将来、歩行者からの送信間隔はどれほど必要か検討する機会が発生すると見ているが、消費電流という面では送信間隔を伸ばしても、利用時間に対しては影響を与えるものではない。

表 4.4-1 送信間隔と速度の関係

移動距離[m]	送信間隔[msec]			
	100	...	1000	2000
時速 2 km	0.056	...	0.556	1.111
時速 3.6 km	0.100	...	1.000	2.000
時速 4 km	0.111	...	1.111	2.222
時速 8 km	0.222	...	2.222	4.444
時速 30 km	0.833	...	8.333	16.667
時速 40 km	1.111	...	11.111	22.222

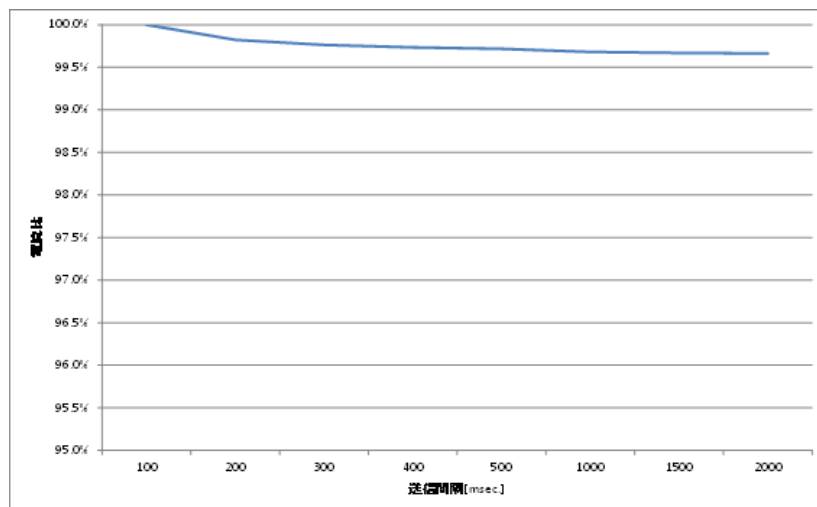


図 4.4-1 送信間隔と消費電流の関係

次に、700MHz 帯通信機能に起動/停止制御を追加することにより、消費電流はどのように変化したか調査した結果を図 4.4-2 に示す。図 4.4-2 は、100msec の送信間隔で 0~60 分間 700MHz 帯通信を行った時の消費電流について、60 分間（停止時間 0 分）700MHz 帯通信を行った時の消費電流を基準に比較した。

送信間隔を変更した場合と比べて 700MHz 帯通信を停止状態にした時のほうがはるかに消費電流への影響は大きく、60 分中 40 分停止状態があると約 6 割程度の消費電流で済む。今年度使用した端末では 60 分間停止でも約 30%の消費電流が発生しているが、商用化に向けて省電力な部品を選択し、かつ部品にマッチしたソフトウェアを構築するとより低減可能と考えている。

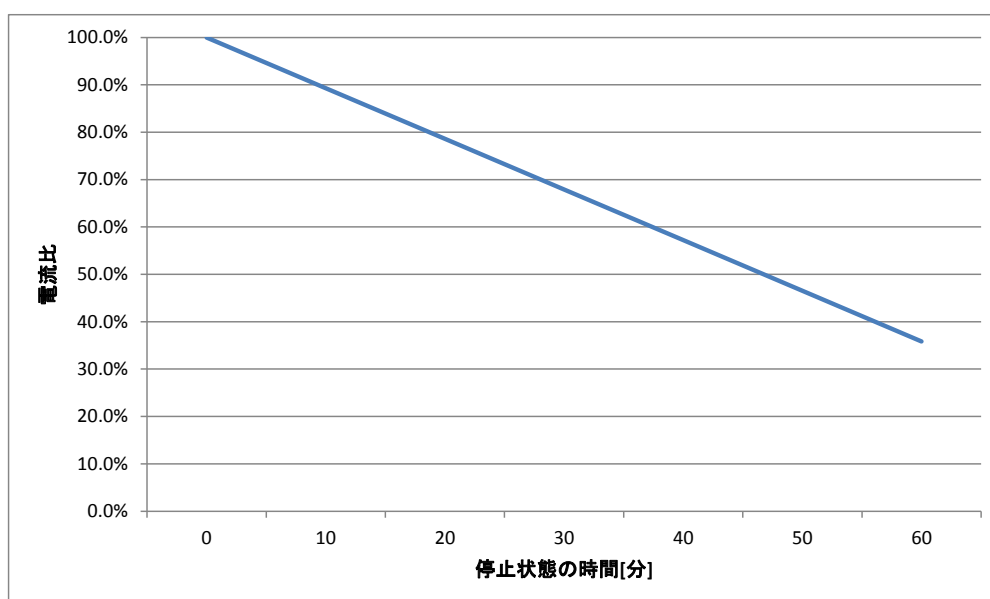


図 4.4-2 停止状態と消費電流の関係

横須賀 YRP での評価において、外回りの時、700MHz 帯通信を行っていた時間は全体の 1/3 程度である。現在入手できる二次電池で端末を構成し、60 分あたり 20 分前後 700MHz 帯通信を行ったとして連続使用時間を計算したところ、日中行動できる時間をカバーできる事がわかった。これにより、前出の「モバイルバッテリー」を使って現在の 700MHz 帯通信端末で長時間の検証も可能であることを示している。

平成 28 年度は想定される生活パターンにおける 700MHz 帯通信の 1 日の通信時間がどの程度であるか調査する。この結果を基にバッテリーへの要求仕様を検討する。

5. まとめ

専用端末の携帯性を考慮した省電力技術の導入、700MHz 帯通信プロトコルの互換性を維持の実現を3カ年の目的とし、以下の年次目標を設定した。

[平成26年度]

『Bluetooth 並びに 700MHz 帯通信 I/F の検証』、『基本機能試験』（端末試作 未実施）

- 既存端末メッセージアップデート
- 実証実験の追加試験で互換性確認
- Bluetooth による制御信号伝達確認

[平成27年度]

『700MHz 帯通信端末試作』、『700MHz 帯通信端末動作確認』

- セルラーの 700MHz 帯への無線干渉の検討
- 700MHz 帯通信の起動/停止制御機能の実現

[平成28年度]

『実証端末製造（アンテナ小型化・ログ機能実現）』、『実証実験（アンテナ小型化・省電力機能検証）』

- アンテナの最適な構造と配置検証・試作
- SIP 車車・路車実証実験の追加試験で歩端末実証実験実施

これまでの評価結果より、平成27年度は『700MHz 帯通信端末試作』『700MHz 帯通信端末動作確認』を実施し、以下の成果を達成した。

- セルラーの 700MHz 帯への無線干渉の検討
 - レベルダイヤ算出及びシミュレータ対向実験により課題を抽出し、干渉下での通信性能を担保する条件を確認
- 700MHz 帯通信の起動/停止制御機能の実現
 - バッテリーセービング機能として 700MHz 帯通信の起動/停止制御機能を実現し、実証実験において省電力効果を確認
- 詳細電力測定で電池容量の要求条件明確化
 - バッテリーセービング時の受信のみ及び停止時の電力差分を測定し、生活シーンに応じた 700MHz 帯通信の起動/停止制御により、省電力効果が見込めることを確認

この評価において、課題Ⅱの歩車間通信担当者（国土交通省 SIP 受託者）と、平成27年度実証実験を連携・協力して実施し、成果価値を向上させた。関係者に対して感謝を申し上げる。

6. 参考文献

この研究報告書は以下の文章を必要に応じて参照する。

- [1] 3GPP TS 36.508 v12.6.0, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Packet Core (EPC) Common test environments for User Equipment (UE) conformance testing (Release 12)”, 2015
- [2] ITS 情報通信システム推進会議, “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” ITS FORUM RC-013 1.0 版, 2014
- [3] 3GPP TS 36.101 v12.6.0, “Technical Specification Group Radio Access Network Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) User Equipment (UE) radio transmission and reception (Release 12)”, 2015
- [4] 総務省, 周波数割当計画,
<http://www.tele.soumu.go.jp/j/adm/freq/search/share/plan.htm>, 2015
- [5] IEEE Std 802.11™-2012, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”
- [6] 一般社団法人電波産業会, “700MHz 帯高度道路交通システム 標準規格“ARIB STD-T109 1.0 版, 2012
- [7] 情報通信審議会一部答申「第3世代移動通信システム (IMT-2000) の高度化のための技術的方策」
- [8] Aeroflex(Cobham Company), TM500 user manual
- [9] アンリツ株式会社, MT8820C ラジオコミュニケーションアナライザ 取扱説明書
- [10] アンリツ株式会社, MS2690A スペクトラムアナライザ/シグナルアナライザ 取扱説明書
- [11] アンリツ株式会社, MG3700A ベクトル信号発生器 取扱説明書
- [12] 株式会社 TFF(テクトロニクス社), DPO4104B オシロスコープ ユーザマニュアル

この研究報告書で使用している地図は株式会社ゼンリンデータコムが提供している areacutter のデータを参照している (許諾番号: Z05E-第 195 号)。