

**「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
第2期／自動運転(システムとサービスの拡張)／
GNSS(位置情報)等を活用した信号制御等に係る研究開発」**

**成果報告書
概要版**

一般社団法人UTMS協会

コイト電工株式会社

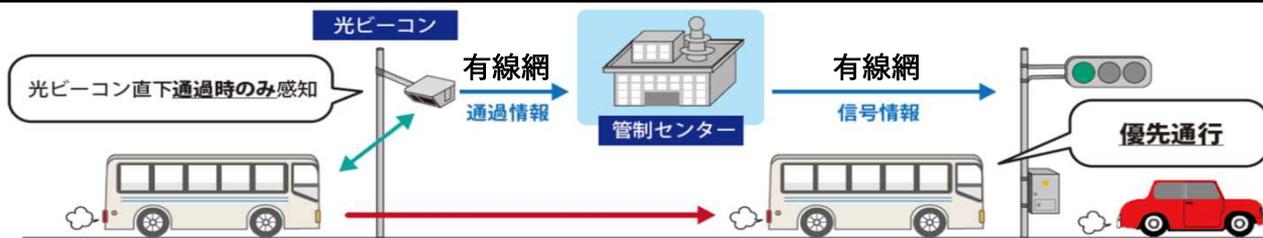
2022年4月

1. 研究開発の概要

全世界測位システム(GNSS)による位置情報及び携帯電話通信網を活用し、都道府県警察の交通管制システムと公共車両(自動運転バス、緊急車両等)を連携させることで、リアルタイムな優先信号制御を広範囲で社会実装を可能とすることを目的とする。

従来の
優先信号制御

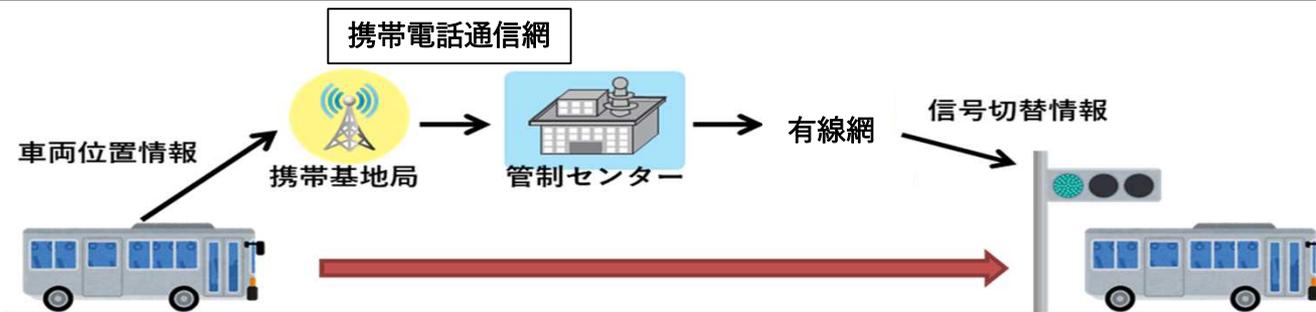
光ビーコン直下を通過した公共車両等感知し、優先信号制御を実施



課題: 定点感知のため感知以降の交通状況変化(例えば渋滞)に対応出来ない
光ビーコンが設置された場所でしかサービスが提供できない

本研究開発で
目指すGNSS
等を活用した
優先信号制御

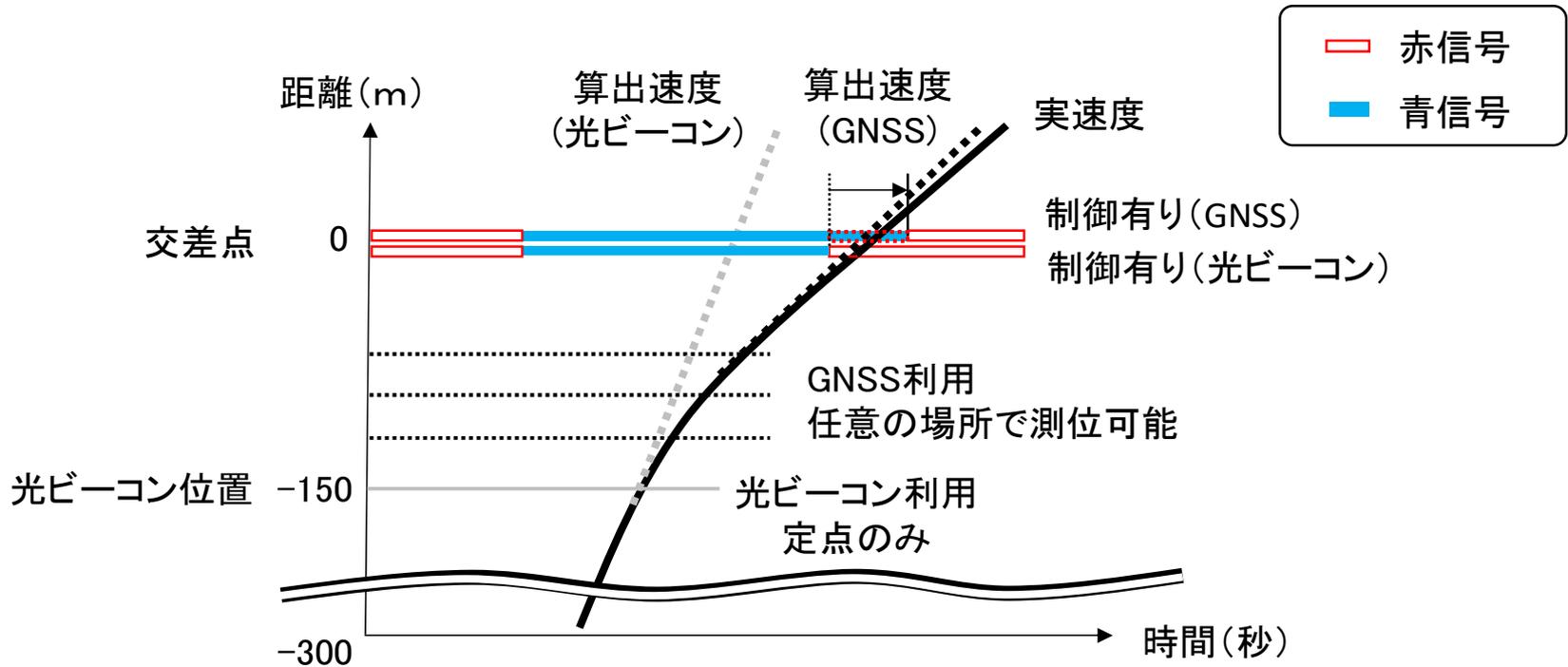
- ・GNSS等により公共車両等の位置情報を取得し、リアルタイムな信号制御を実施
- ・光ビーコンが設置されていない場所でもサービス提供が可能



2. 【特長】 GNSS等を活用した優先信号制御

交差点への到着時間誤差を最小化するためにGNSS等を活用した優先信号制御では、光ビーコンよりも交差点に近い位置に最終判定位置を設定する。

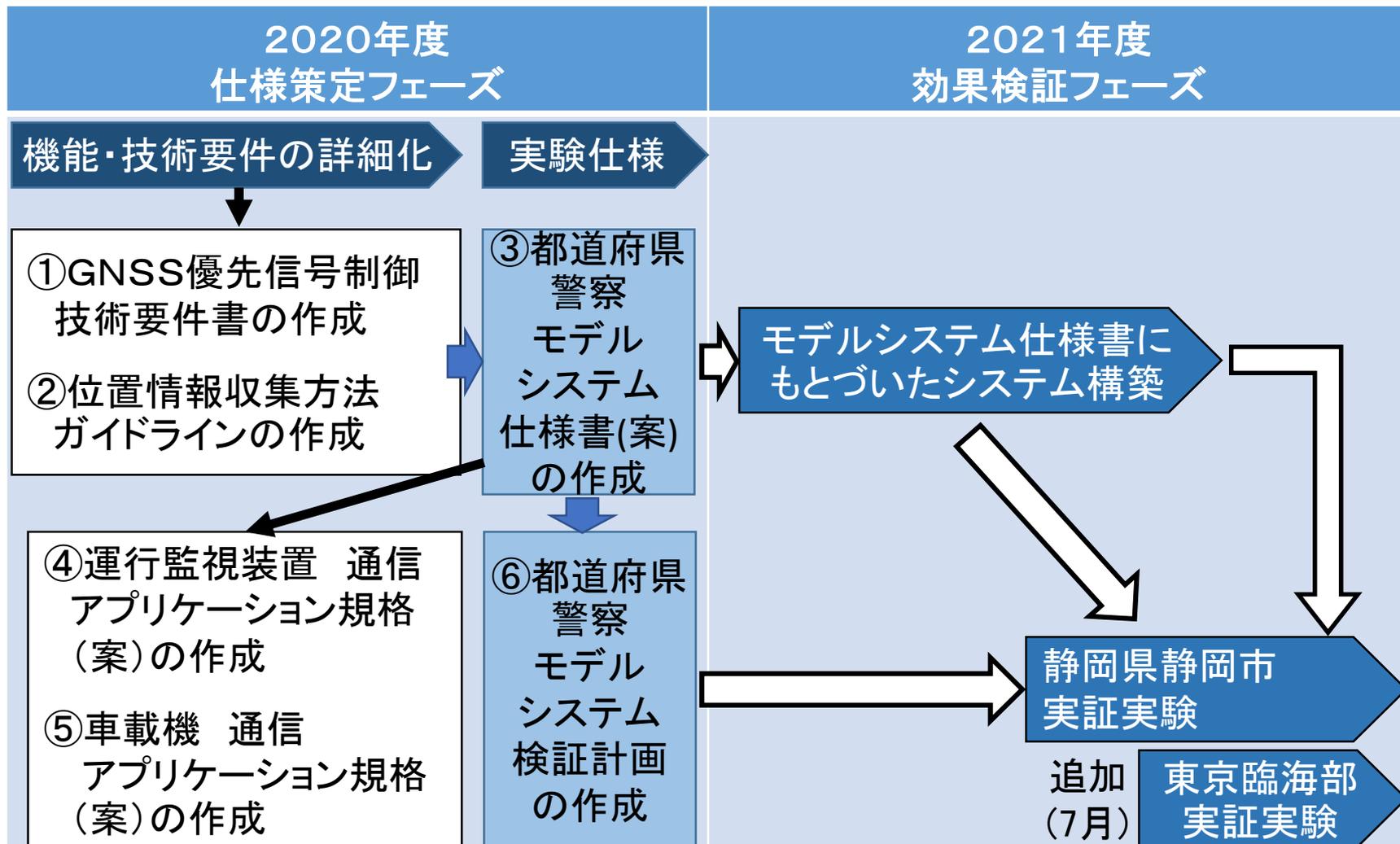
最終判定位置で実速度に基づいた到着時間を求めるため、算出速度と実速度の差が抑えられ、到着時間誤差を最小化することが出来る。



光ビーコン制御ありとGNSS等を活用した制御あり(渋滞時)での比較

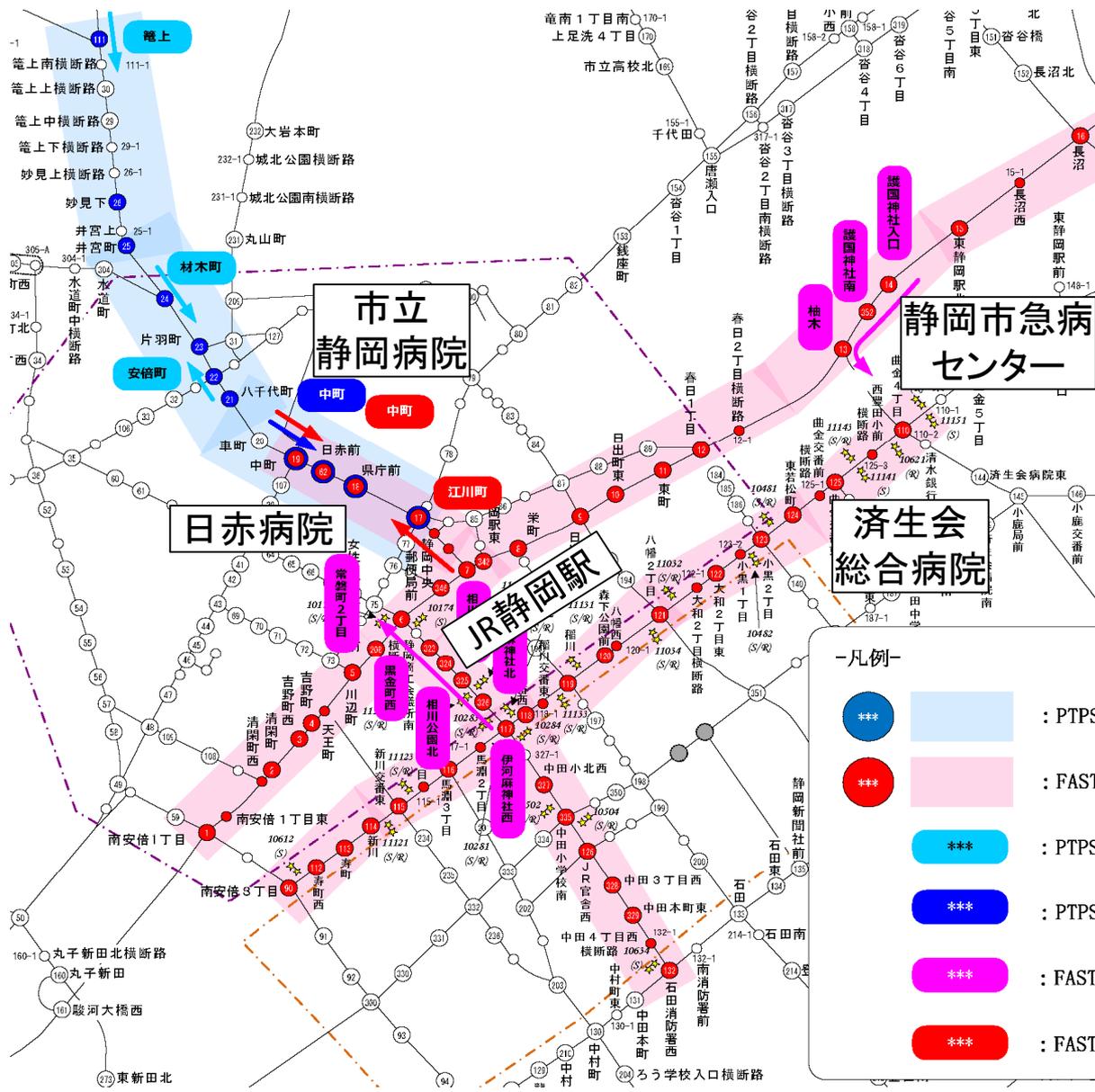
- 到着時間誤差の減少により、旅行時間の短縮や交差方向の渋滞緩和を期待
- 信号制御機、管制センター等の現状機能を活かし、導入しやすいシステム構成を検討
⇒ 現状実施されている市街地を中心とした地域の更なる普及拡大を狙う

3. 研究開発の実績



- ・2020年度は仕様書(案)等6種類の文書を「GNSS活用委員会」の承認を得て策定
 - ・2021年度は静岡市(優先信号制御)、東京臨海部(位置情報配信)で実証実験を実施
- コロナ渦ではあったが関係各所のご協力により全ての項目を予定通り完了

4. 実証実験の概要

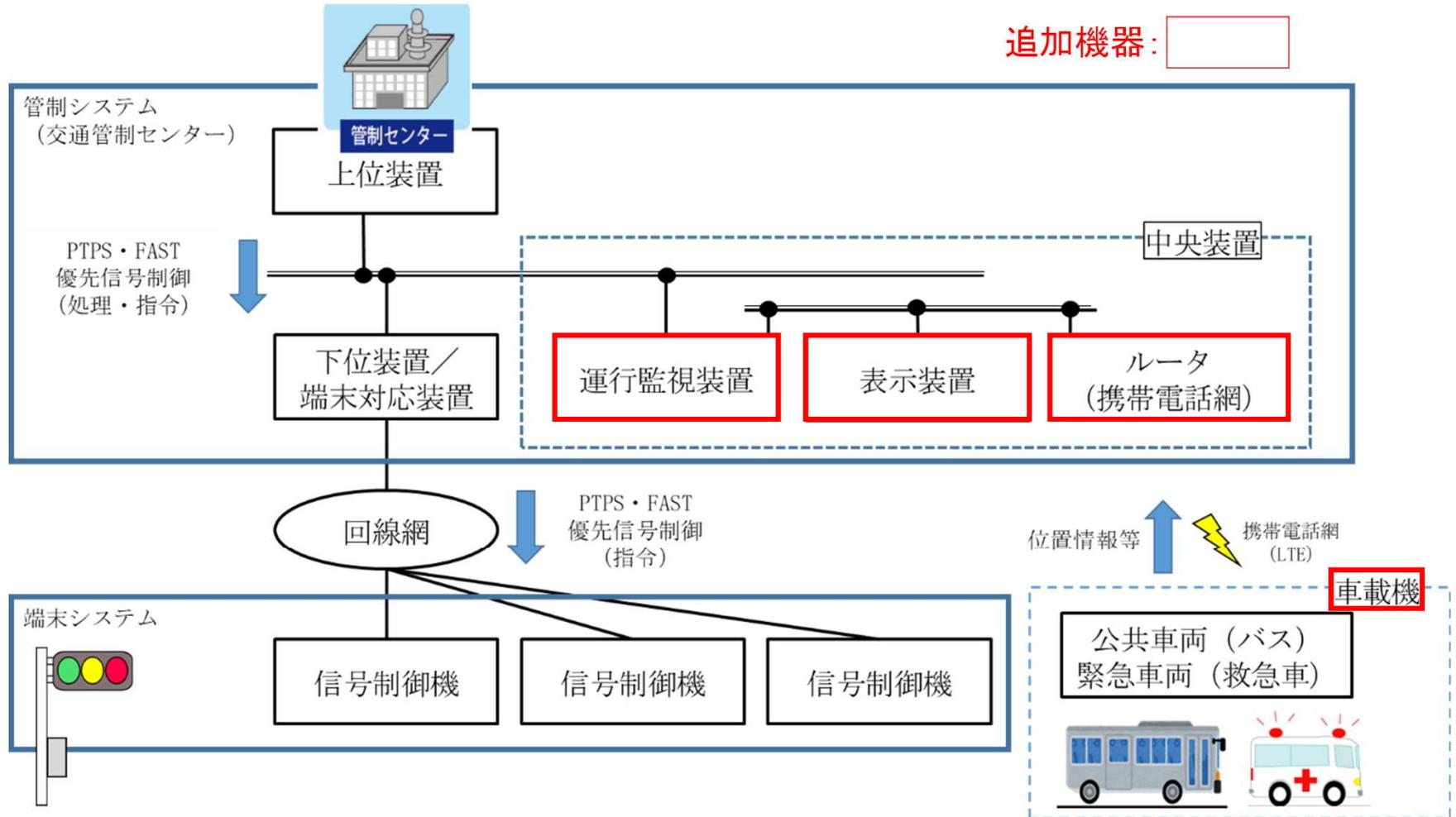


項目	内容
目的	光ビーコン制御と制御効果同等以上となるかどうかを検証
場所	静岡県静岡市
期間	'21年11月～'22年1月 (年末年始期間除く)
車載機台数	・PTPS(バス) 3台 ・FAST(救急車) 3台
収集周期	2秒毎
位置誤差	10m以下

- 凡例-
- : PTPS対象交差点・路線 (現状)
 - : FAST対象交差点・路線 (現状)
 - : PTPSモデルシステム優先信号制御対象交差点 (既設 3交差点)
 - : PTPSモデルシステム優先信号制御対象交差点 (新規 1交差点)
 - : FASTモデルシステム優先信号制御対象交差点 (既設 9交差点)
 - : FASTモデルシステム優先信号制御対象交差点 (新規 2交差点)

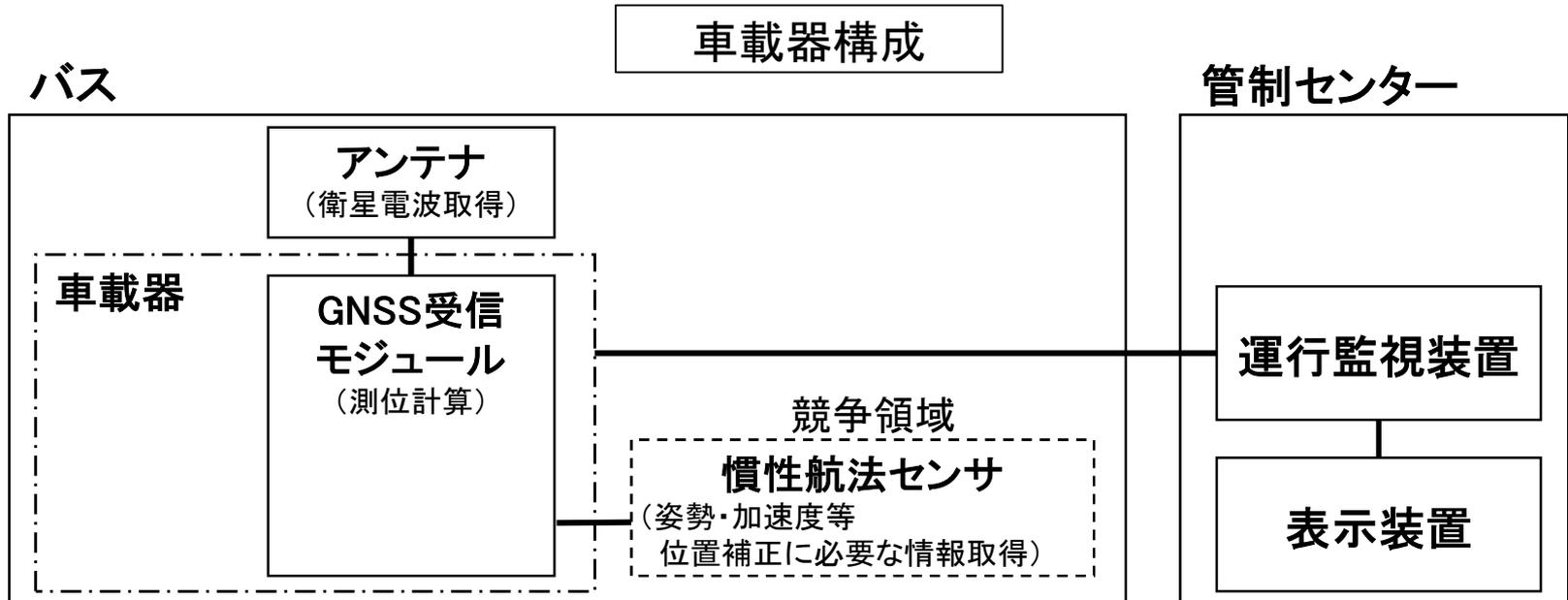
5. システム構成の概要

仕様書(案)は、既存の管制システムに新たなバス等の位置情報収集機能・優先信号制御機能等を有する「運行監視装置」と位置情報送信機能を有する「車載機」等を追加し、実証実験で検証を実施。



6. 車載器の性能要件

シンプルかつ必要最低限の性能要件で実証実験を実施



項目	性能要件
位置誤差	10m以下
送信周期	2秒周期 (GNSS情報は最大20個格納可能)
測位方式	RTK または DGPS
位置補正方式	任意に選択可能

7. 検証目的と結果まとめ

No.	検証項目	目的／評価	結果
1	優先制御動作	「青延長」、「赤短縮」の基本動作確認	優先制御(「青延長」「赤短縮」)を実行 停止線通過差異削減 平均 -74.7秒 青延長時非通過率削減 -88.9% 報告1
		基本動作:光ビーコン制御と同等以上	
2	制御効果	優先制御実施による旅行時間短縮効果確認 交差方向交通に与える影響確認	交差点通過時間短縮 平均 2.1秒 路線旅行時間短縮 平均 8.1秒 無駄な青延長時間削減 平均 2.1秒 報告2
		制御効果:光ビーコン制御と同等以上	
3	GNSS精度	選定路線の位置誤差確認	静岡市:10m以下 東京臨海部:マルチパス環境では10m以上となる 場合がある 報告3
		位置誤差:10m以下	
4	遅延時間	計測周期に対する妥当性確認	281msec(最大960msec)
		車載機~信号機の通信・処理遅延時間:1秒未満	
5	複数バス通過時の バス優先制御動作	バス連続接近時の動作確認	バス停止時の最大減速度 0.83m/s ² (0.09G)
		停止時の減速度:1.96m/s ² (0.2G)以下	
6	優先制御実施条件	バス路線に交差方向渋滞延伸時の動作確認	設定値以上で、優先制御解除を実行 (設定値100mに対し、100m以上で解除を確認)
		設定値以上の交差方向渋滞長で、優先制御実施解除	

検証の結果、既存の光ビーコン制御と比較して、同等以上の制御効果が確認出来た

8.1 検証結果 【報告1】優先制御動作(1/2)

光ビーコン制御とGNSS制御の比較 **条件: 平日9~16時 (混雑の少ない時間)**

到着時間誤差の減少

- ・対象交差点の停止線通過差異により、到着時間誤差を評価
- ・優先信号制御実施率の評価
- ・青延長時非通過率の評価



	計測回数	停止線通過差異(秒)			PTPS制御実施状況						
		平均値	最大値	最小値	制御実施回数	制御実施率	青延長回数	青延長実施率	赤短縮回数	青延長時非通過回数	青延長時非通過率
光ビーコン制御	539	21.0	105.0	0.0	140	26.0%	67	12.4%	73	6	9.0%
GNSS制御	592	18.9	91.0	0.0	187	31.6%	87	14.7%	100	7	8.0%
比較結果	—	-2.1	-14.0	0.0	—	5.6	20	2.3	27	1.0	-1.0

GNSS制御は、**2秒毎に車両実速度を使用して到着予測を行うことで時間誤差が減少**

・バス到着時間誤差: 停止線通過差異(停止線到着予測時間と実時間の差異)

⇒比較結果 平均 2.1秒、最大値 14.0秒減少

・優先制御実施状況: 制御実施率(制御実施回数/計測回数)

⇒比較結果 5.6ポイント向上

・赤短縮実施状況: 赤短縮実施回数

⇒比較結果 27回向上(次ページにて事例紹介)

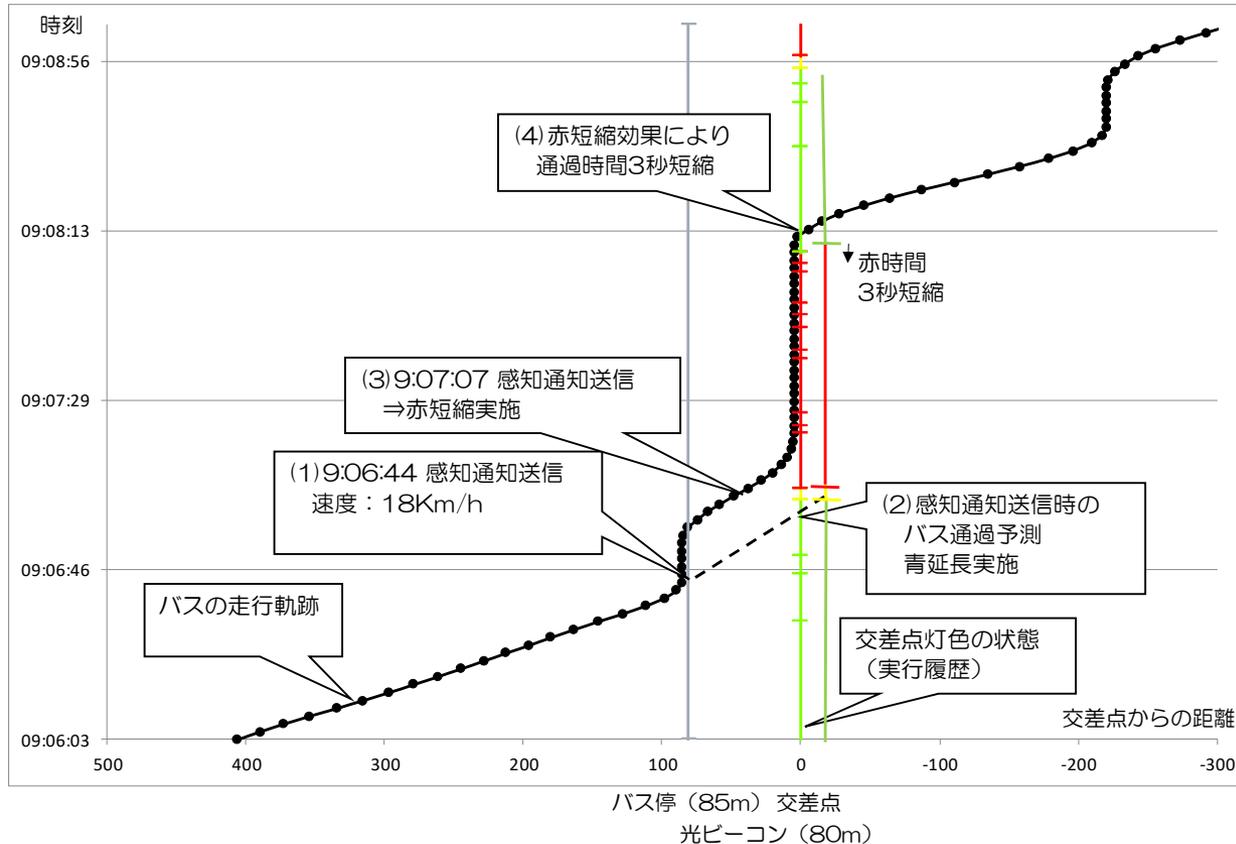
・バス非通過率: 青延長時非通過率(青延長時非通過回数/青延長実施回数)

⇒比較結果 1.0ポイント向上

8.2 検証結果【報告1】優先制御動作(1/2)

[事例] 交差点直近のバス停に停車した後の優先制御追加動作(GNSS制御の特有機能)

- ・光ビーコン制御ではビーコン通過後のバス位置が把握できないため追加動作不可
- ・GNSS制御ではバスの交差点未通過を把握出来るため、赤短縮の追加動作が可能



赤短縮の追加実施により、
バスの交差点通過時間が3秒短縮された

8.3 検証結果【報告1】優先制御動作(2/2)

光ビーコン制御とGNSS制御の比較 **条件: 平日7~9時(混雑時間)シミュレーション結果**
 「シミュレーションには実交通量データを使用」

到着時間誤差の減少

- ・対象交差点の停止線通過差異により、到着時間誤差を評価
- ・優先信号制御実施率の評価
- ・青延長時非通過率の評価



	計測回数	停止線通過差異(秒)			PTPS制御実施状況							
		平均値	最大値	最小値	制御実施回数	制御実施率	青延長回数	青延長実施率	赤短縮回数	青延長時非通過回数	青延長時非通過率	
光ビーコン制御	133	88.1	202.6	1.3	32	24.1%	10	7.5%	22	10	100.0%	
GNSS制御	140	13.4	123.7	2.2	40	28.6%	9	6.4%	31	1	11.1%	
比較結果	—	-74.7	-78.9	0.9	—	4.5	-1	-1.1	9	-9	-88.9	

GNSS制御は、2秒毎に車両実速度を使用して到着予測を行うことで時間誤差が減少

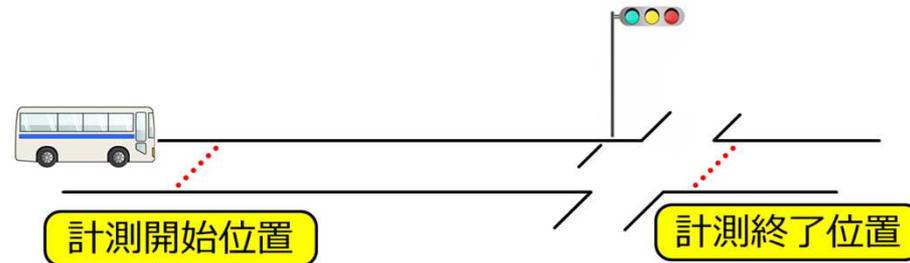
- ・バス到着時間誤差: 停止線通過差異(停止線到着予測時間と実時間の差異)
 ⇒比較結果 平均値 74.7秒、最大値 78.9秒減少
- ・優先制御実施状況: 制御実施率(制御実施回数/計測回数)
 ⇒比較結果 4.5ポイント向上
- ・赤短縮実施状況: 赤短縮実施回数
 ⇒比較結果 9回向上
- ・バス非通過率: 青延長時非通過率(青延長時非通過回数/青延長実施回数)
 ⇒比較結果 88.9ポイント向上

8.4 検証結果 【報告2】 制御効果

光ビーコン制御とGNSS制御の比較

路線旅行時間の減少

- ・ 交差点通過時間(計測開始位置～計測終了位置間)を評価 (対象は4交差点)
- ・ 路線旅行時間は、対象交差点通過時間を積上げて評価 (対象は上り線の3交差点)



	計測回数	交差点通過時間 (秒)			路線旅行時間 (交差点積上げ)			
		平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値	
光ビーコン制御	539	34.1	104.1	7.7	102.6	245.5	33.3	
GNSS制御	592	32.0	87.8	8.0	94.4	235.0	34.4	
比較結果	秒	—	-2.1	-16.3	0.3	-8.1	-10.5	1.1
	%	—	-6.7	-18.6	3.8	-8.6	-4.5	3.2

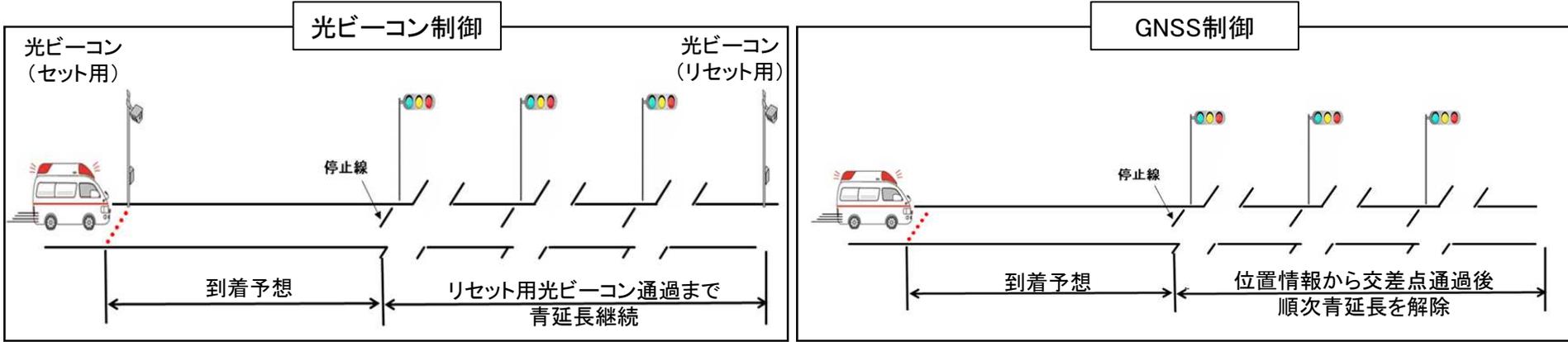
GNSS制御は、2秒毎に車両実速度を使用して到着予測を行うことで、制御実施率、青時間内通過率が向上

- ・ 交差点通過時間: (GNSS制御 - 光ビーコン制御)
⇒ 比較結果 平均値 2.1秒(6.7%)、最大値 16.3秒(18.6%)減少
- ・ 路線旅行時間: (GNSS制御 - 光ビーコン制御)
⇒ 比較結果 平均値 8.1秒(8.6%)、最大値 10.5秒(4.5%)減少

8.5 検証結果 【報告2】 制御効果

救急車の交差点通過を把握し、青延長制御を解除する(GNSS制御の特有機能)

- ・光ビーコン制御では複数交差点先のリセット用光ビーコン通過後に青延長制御を解除
- ・GNSS制御では救急車位置を把握出来るため交差点通過都度、青延長制御を解除可能



	計測回数	FAST制御実施状況		
		実施回数	青延長回数	無駄な青延長時間 (平均値)
光ビーコン制御	180	42.0	35.0	5.0
GNSS制御	165	40.0	33.0	2.9
比較結果	—	—	—	-2.1

- ・ 無駄な青延長時間の削減: (GNSS制御 - 光ビーコン制御)
GNSSにより救急車の位置情報を把握出来るため、
救急車が交差点通過直後に青信号延長制御を解除
⇒比較結果 平均 2.1秒減少

8.6 検証結果 【報告3】GNSS精度

静岡市と東京臨海部の環境が異なる地域でのGNSS精度検証

	静岡市	東京臨海部
環境		
	GNSS衛星を安定して受信しやすい	高架下やビル群が林立する環境を含む
水平位置誤差	<ul style="list-style-type: none"> ・検証路線内は位置誤差の目標性能である 10m 以下を確認 ・検証路線外ではマルチパスの影響を受け、10m以上となる場合がある 	マルチパス環境では10m以上となる場合がある
(参考) 標高位置誤差	<ul style="list-style-type: none"> ・検証路線内は±10m 以下を確認 ・検証路線外ではマルチパスの影響を受け、10m以上となる場合がある 	

水平位置誤差、標高位置誤差10m以上の発生は、「マルチパスが連続する環境」「マルチパス環境下での停車」による影響
 ⇒ 路線選定時においては、マルチパス環境の影響を受けやすい区間における対策等に関する配慮が必要

9.1 光ビーコン制御とGNSS制御のコスト比較

光ビーコン制御と静岡県実証実験で検証したGNSS制御のシステム構成で比較
光ビーコン制御を100%とした場合にGNSS制御の比率で示す

[試算条件](全国都道府県単位の平均数概算)

- ・車載器対象台数 ⇒ バス:300台、救急車:200台
- ・制御対象交差点数 ⇒ バス優先:100交差点、緊急車両優先:350交差点
- ・使用期間 ⇒ 10年(電気通信用機器の耐用年数より)

各都道府県警察

単位[%]

項目	バス優先			緊急車両優先		
	光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)	光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)
イニシャル	100	20	△80	100	17	△83
ランニング	100	4	△96	100	3	△97
合計	100	15	△85	100	13	△87

各バス事業者

単位[%]

項目	バス優先		
	光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)
イニシャル	100	101	1
ランニング	100	1,933	1,833
合計	100	312	212

各消防局

単位[%]

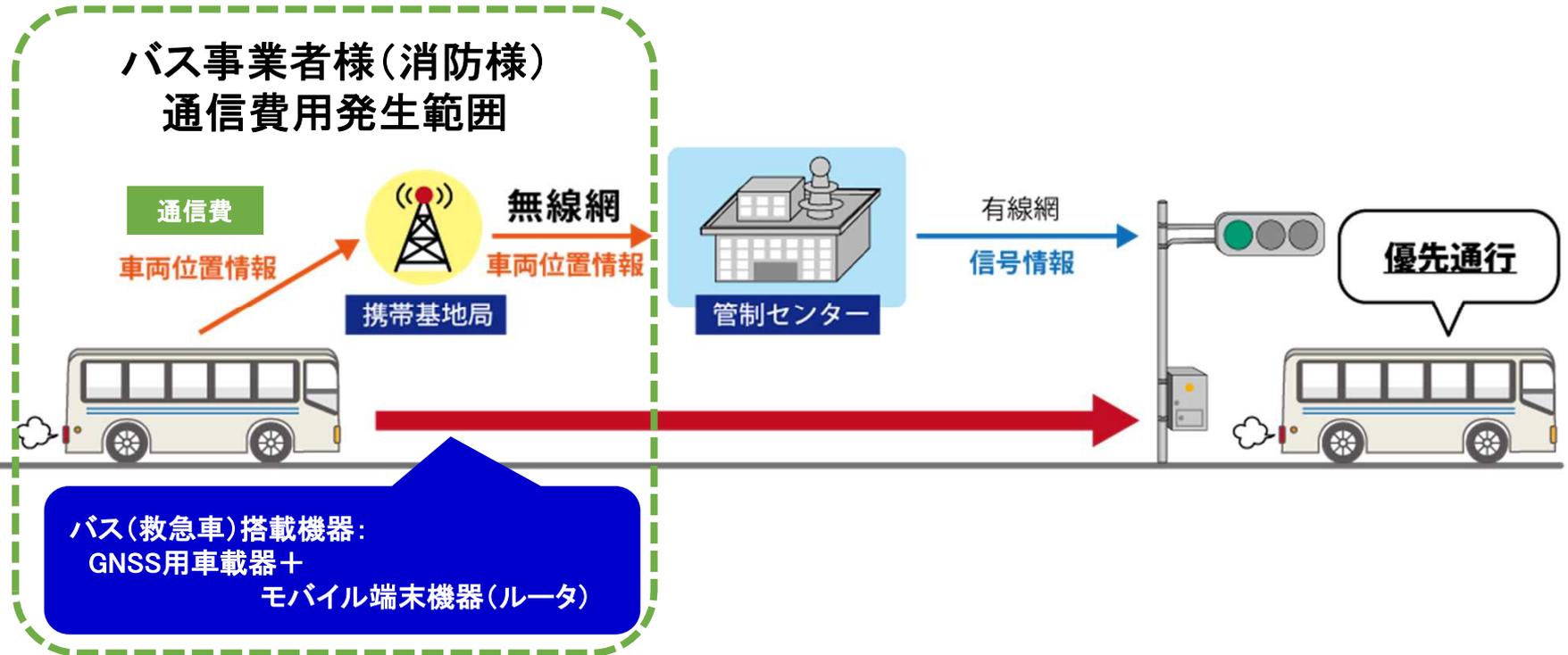
項目	緊急車両優先		
	光ビーコン ①	GNSS ②	差 ③(②-①)
イニシャル	100	101	1
ランニング	100	1,933	1,833
合計	100	246	146

※バス事業者と消防局で合計比率が異なっているのは車載器対象台数が異なるためである

バス事業者・消防局に新たに発生する通信費用(ランニングコスト高)の低減が課題

9.2 導入コスト試算 GNSS車載器搭載通信費について

1.通信費用発生範囲



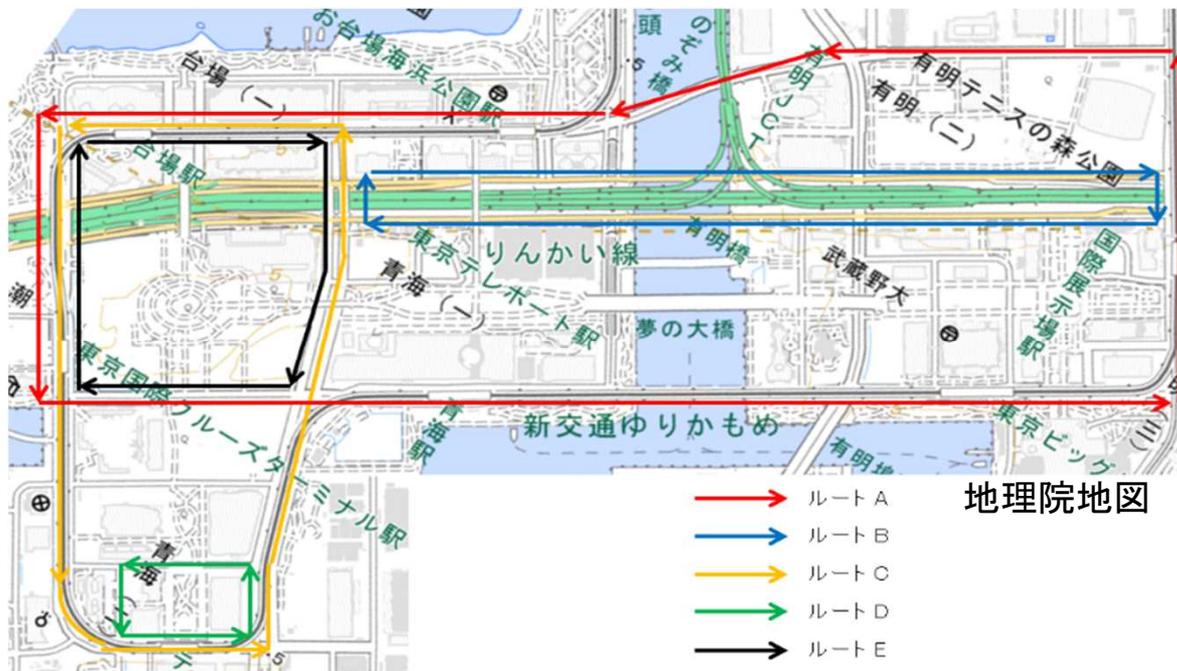
2.通信費用(GNSS車載器1台あたり)

通信費用細目	費用	備考
契約事務手数料	約3,000円	回線開通初期費用
モバイル端末機器購入(ルータ)	約25,000円	
モバイル回線(7GBプラン)	約2,000円/月	回線開通後の月額使用料

※導入コスト試算における通信費用は、回線開通時の初期費用を含む

10. 模擬緊急車両位置情報配信実験の概要

別途実施されたSIP自動運転「東京臨海部実証実験」において模擬緊急車両の位置情報配信実験を実施

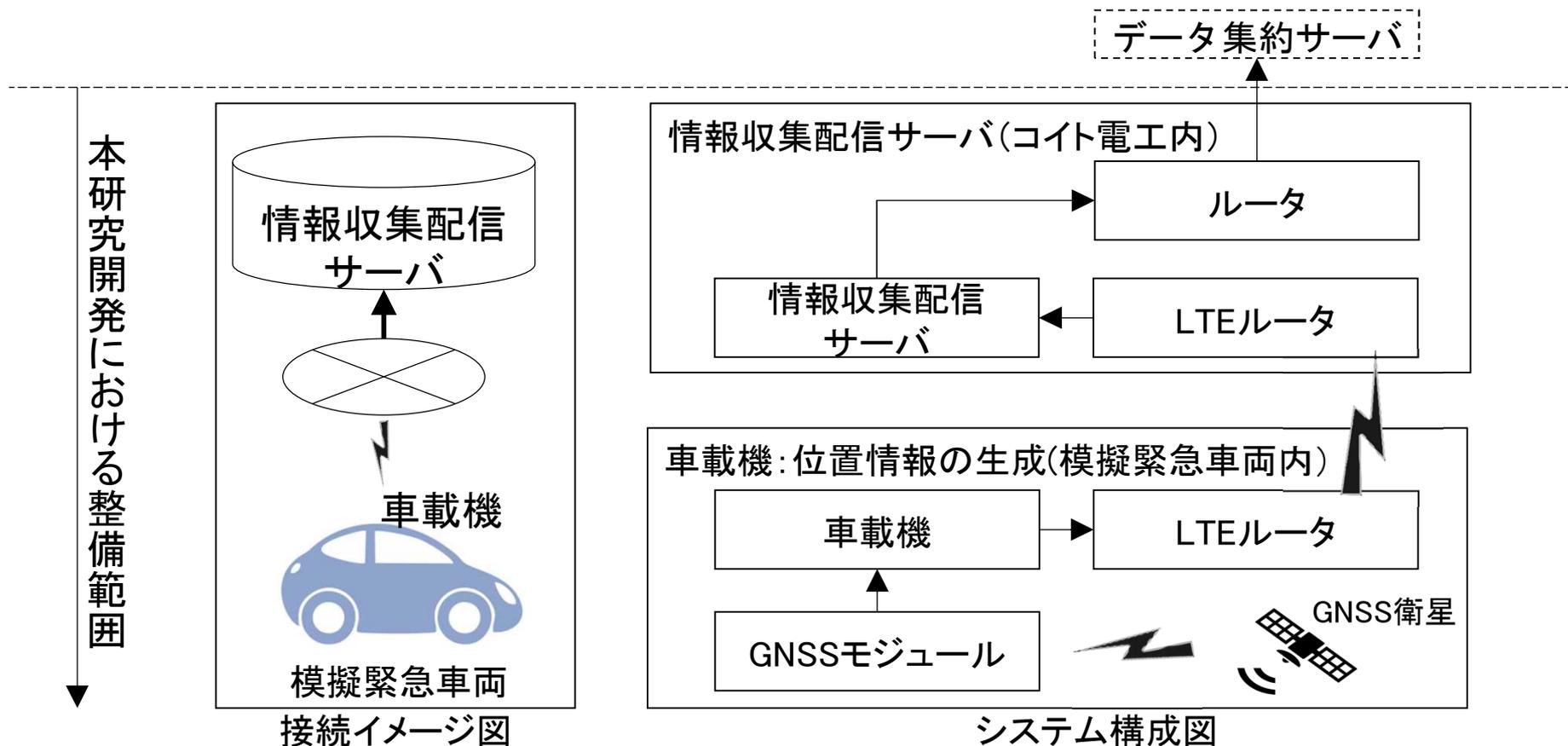


項目	内容
目的	自動運転車両等への情報提供検証
場所	東京都 臨海副都心地区
期間	‘22年1月10～21日 のうち、平日10日間
時間	10時～16時
車載機台数	模擬緊急車両 2台
走行ルート	ルートA～Eの 5ルート
収集周期	2秒毎

多様な広域交通環境情報(信号情報、車線別渋滞情報等)のユースケースの一つとして、緊急車両の位置情報を他SIP施策である集約事業、V2N配信事業と協業して実施

11. 模擬緊急車両位置情報配信実験システム構成の概要

優先信号制御用途に開発した「車載機」を模擬緊急車両に搭載、運行監視装置を流用した「情報収集配信サーバ」を下記のとおり配置・整備し、本研究開発成果を活用



位置情報が実験に参加した自動運転車両まで配信・活用されたことは、自動運転車両に搭載された3D地図に紐付いた確認画面(ダイナミックマップビューワー)にて確認した

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）」(NEDO管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。