

平成27年度

「高精度測位技術を活用した公共交通システムの
高度化に係る技術開発」の事業結果について

2016年3月14日

一般財団法人 運輸政策研究機構
日本電気株式会社

目次

I 調査概要

- 1. 1 本研究の背景及び目的
- 1. 2 本研究が目指す公共交通機関の利便性向上のイメージ

II 平成27年度実施事業の結果報告

- 2. 1 公共交通システムに高精度の位置測位技術を適用し、信頼性の高い位置情報の取得を可能とするための技術開発に係る検討
- 2. 2 交通結節点における乗継ぎ円滑化等に資する一元的な情報提供等を可能とするための技術開発に係る検討

1. 1 本研究の背景及び目的

交通政策基本法（平成25年12月施行）及び交通政策基本計画（平成27年2月策定）では、公共交通の利便性向上等を図るため、定時性の確保、速達性の向上、乗継ぎの円滑化、交通結節機能の高度化に必要な施策を講じることとされており、高精度測位技術やICTを活用して公共交通システムを高度化することが求められている。また、2020年に予定されているオリンピック・パラリンピック東京大会においては、多数の訪日客が予想され、公共交通機関の正確な運行情報の提供等による利便性向上がますます重要であると思われる。

その際、路線バスの様に道路事情により運行に影響を受けやすい交通モードにおける利便性の向上等を実現するためには、利用者に対する正確な運行情報等の案内提供が不可欠であると考えられる。

現状では、**①現在のバス運行情報提供システムでは、バスの位置情報に相当程度誤差が生じ、不正確な情報提供がされる場合がある****②交通結節点では個々の事業者において運行情報等の提供が行われているが、横断的・一元的な情報提供は十分でないなどの問題点がある。**

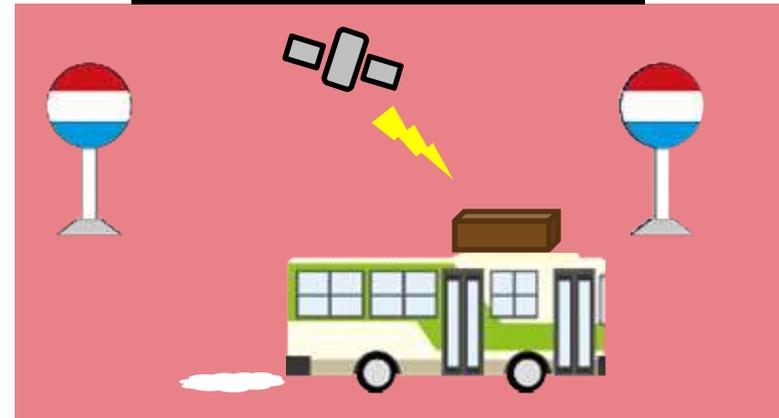
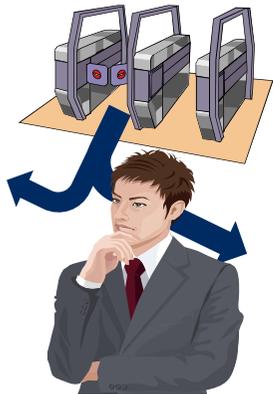
そこで検討チームでは、路線バスが絡む旅客移動において的確な運行情報等を提供するシステム等の全体イメージの構築を最終目標としつつ、今年度は、現状と課題を整理した上で、「高精度測位技術」や「既存ICT」を活用し課題解決に向けた2つの実証実験（5頁参照）を行う。

1. 2 本研究が目指す公共交通機関の利便性向上のイメージ（現状）

【現状】

乗換のための情報検索

バス運行情報検索



現
状

・ 個々の事業者において情報等の提供が行われているが、横断的・一元的な情報提供は十分でないなど、利用者が必要な情報を把握しづらい場合がある。

・ 現在のバス運行情報提供システムでは、バスの位置情報に相当程度誤差が生じ、不正確な情報提供がされる場合がある。

課
題

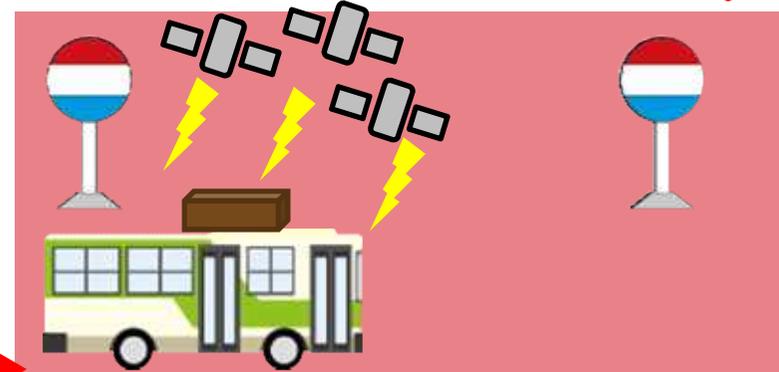
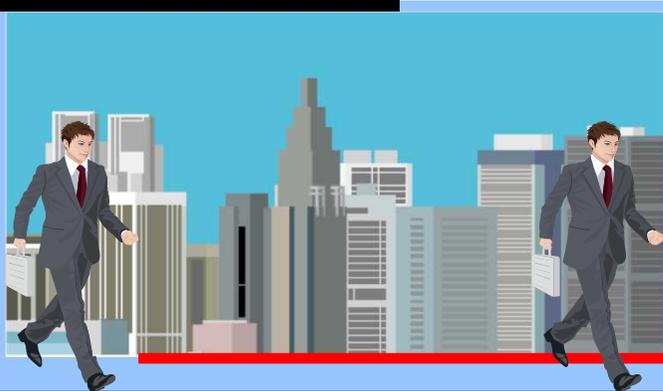
・ 公共交通利用者に対し、目的地まで円滑な移動を支援するための各種情報を一元的にわかりやすく提供できるシステムの構築

・ 路線バスの位置情報を高精度・リアルタイムに常時把握可能とするためのバス運行情報提供システムの高度化が必要

1. 2 本研究が目指す公共交通機関の利便性向上のイメージ (将来)

【将来】

一括検索



本年度
実施
事項

②交通結節点における乗継ぎ円滑化等に資する一元的な情報提供等を可能にするための技術開発に係る検討

・既存のICTを活用し、交通結節点（渋谷駅）において駅改札口から目的地のバス乗り場まで移動できるシステムを構築し円滑に移動可能か検討を行う。

①公共交通システムに高精度の位置測位技術を適用し、信頼性の高い位置情報の取得を可能とするための技術開発に係る検討

・高精度測位（準天頂衛星等）に対応した車載機をバス車両に搭載し、既存車載機の測位情報と比較し、測位情報の誤差や、不確定な情報提供等の問題点が解決可能か検討を行う。

路線バスが絡む旅客移動において、的確な運行情報等を提供するシステム等の全体イメージの構築を最終目標

Ⅱ 平成27年度実施事項の結果報告

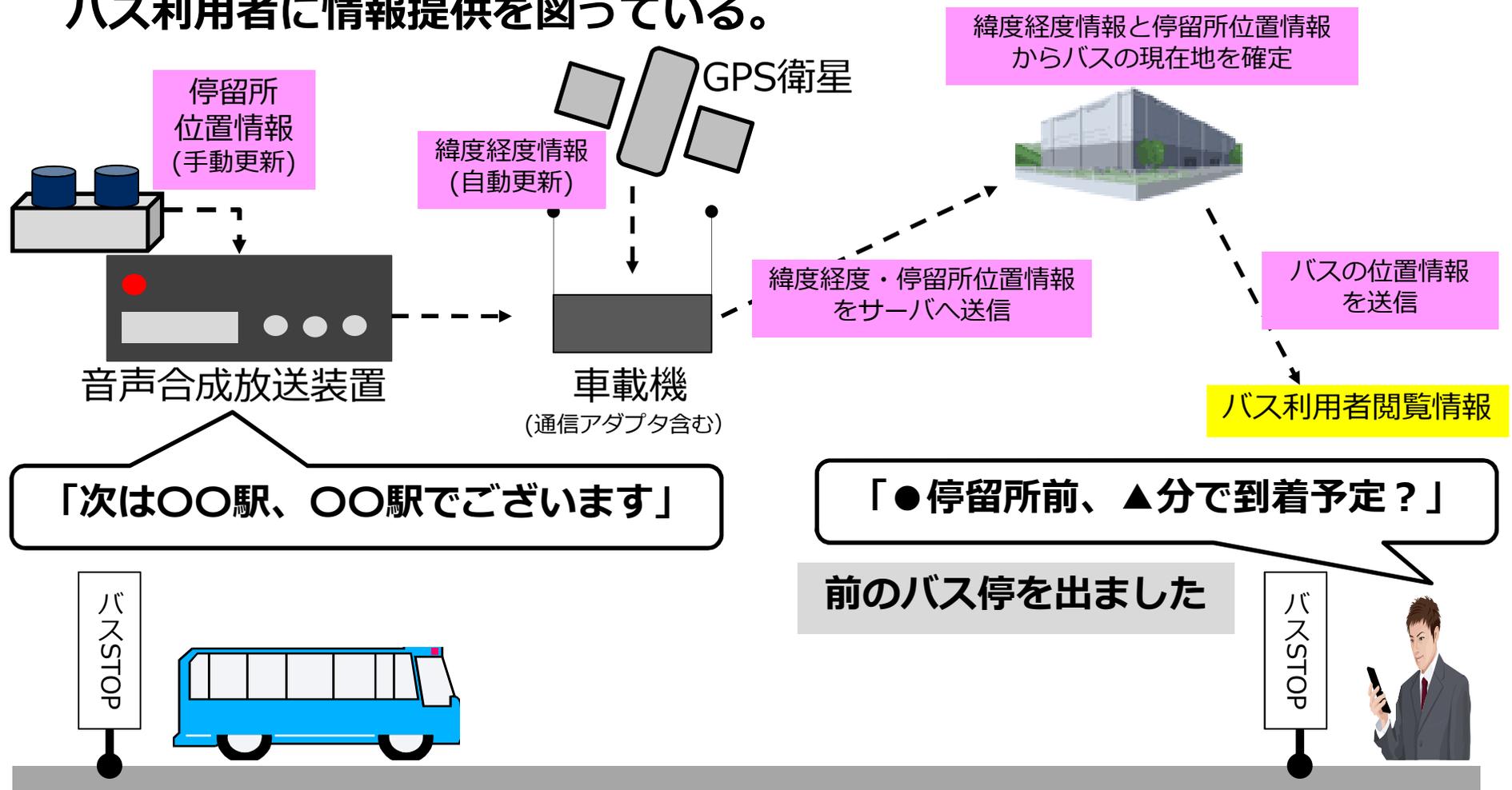
2. 1 公共交通システムに高精度の位置測位技術を適用し、 信頼性の高い位置情報の取得を可能とするための 技術開発に係る検討

- (1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点
- (2) 実証実験の概要
- (3) 実証実験の結果
 - ・ 定点観測結果
 - ・ 動点観測結果
- (4) 高精度測位技術普及による期待される効果
- (5) 課題の整理

(1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点

バス運行情報提供システムの仕組み

GPS情報と停留所情報をサーバーへ送信、サーバーで位置を確定し、バス利用者に情報提供を図っている。



(1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点

バス運行情報提供システムの問題点

バス運行情報提供システムは**GPS測位情報等**を利用して、バスの位置情報を収集することにより、バスの運行情報を利用者に提供している。しかしながら都市部においては、高層ビル街・高架橋等の影響によりバス車両の測位情報が正確に把握できないことで、以下の問題が生じることがあり、利用者の利便性向上の妨げとなっている。

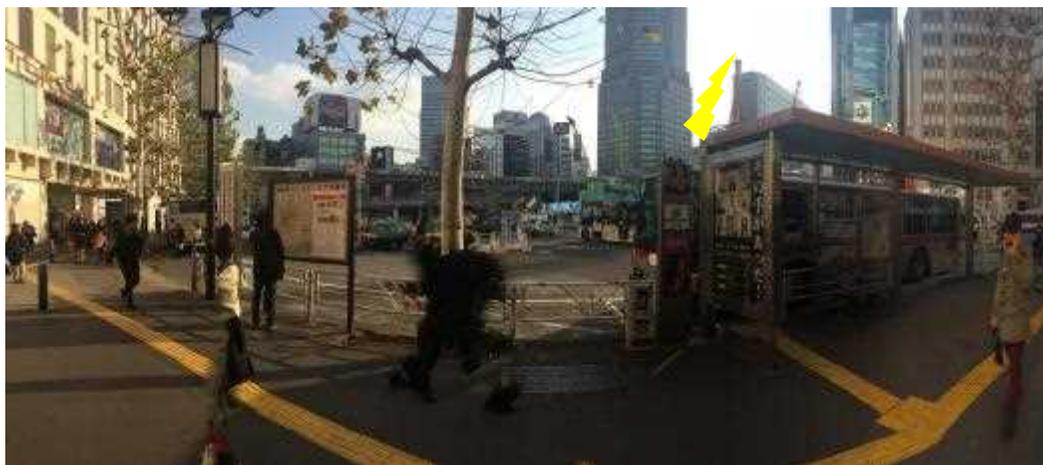


図 渋谷駅西口バス乗り場（高層ビル街）



図 昭和女子大バス乗り場（高架橋）

(1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点

バス運行情報提供システムの問題点

① マルチパスの影響

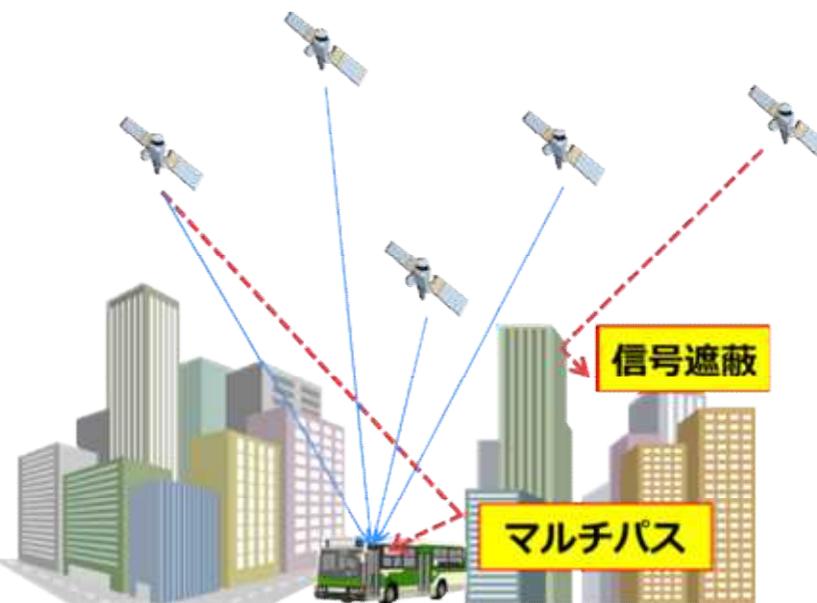
ビルなどに反射して受信機へ到達する電波は、反射せずに到達する電波と比較して到達時間がかかることから「距離が遠い」と計測される。このため、正確な測位を乱す要因となる。これにより、バスの位置が実際の位置から離れた位置と認識してしまう。

② 信号遮蔽による捕捉衛星数減少の影響

上空が塞がっていて、測位に必要な衛星数を捕捉できない場合、バス位置が、どこなのかを判別できない。これにより、位置による解析ロジックを使うことができない。(ドア開閉や音声合成放送装置のイベントからだけで判断する)

補足 (位置捕捉について)

GPS衛星を6機捕捉できると測位精度は高いが、衛星捕捉数が少ないとマルチパスによる影響が出やすくなる。

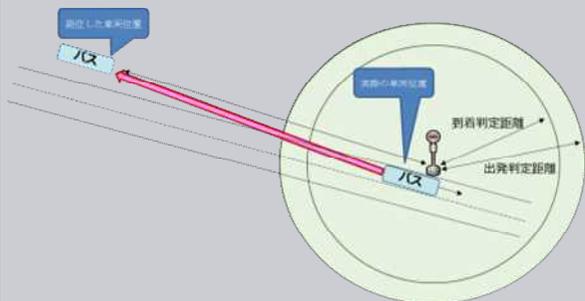


(1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点

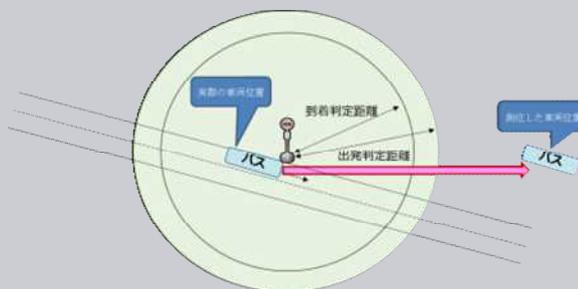
バス運行情報提供システムの問題点

測位精度が低いことが主要因

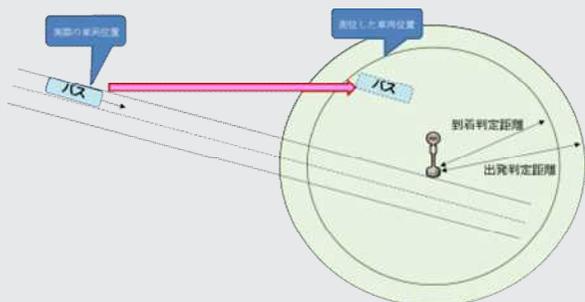
① 実際の車両は停留所に到着しているが、該当車両がまだ停留所に到着していないと判断してしまう。



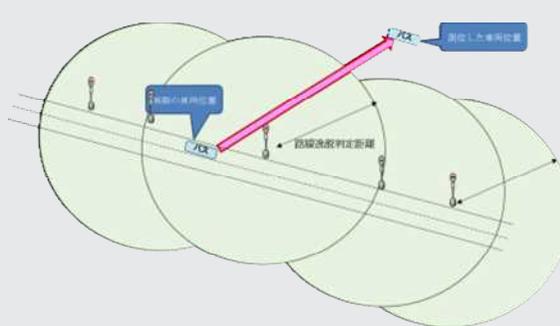
③ 実際の車両は停留所を出発していないが、該当車両が停留所を出発と判断してしまう。



② 実際の車両は停留所に到着していないが、該当車両が停留所に到着と判断してしまう。

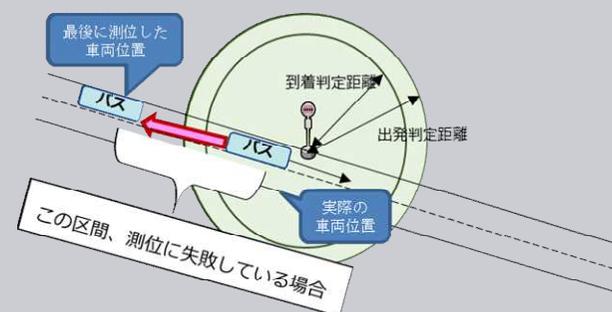


④ 実際の車両は通常の運行をしているが、該当車両が路線逸脱したと判断してしまう

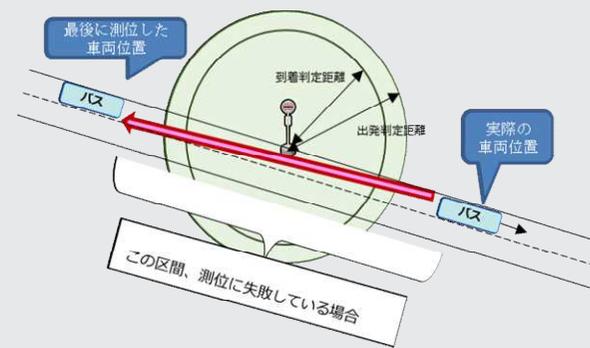


測位に失敗することが主原因

⑤ 停留所に到着しているが、到着していないと判断するケース



⑥ 停留所を通過しているが、到着していないと判断するケース



(1) バス運行情報提供システムの仕組み・問題点

問題解決のために

高精度測位技術（準天頂衛星）を利活用し、
いくつかの環境下（高層ビル街・高架橋）において
バス停での正確な測位情報が受信可能か検討を行う。

- | |
|--|
| ①実際の車両は停留所に到着しているが、該当車両がまだ停留所に到着していないと判断してしまう。 |
| ②実際の車両は停留所に到着していないが、該当車両が停留所に到着と判断してしまう。 |
| ③実際の車両は停留所を出発していないが、該当車両が停留所を出発と判断してしまう。 |
| ④実際の車両は通常の運行をしているが、該当車両が路線逸脱したと判断してしまう |
| ⑤停留所に到着しているが、到着していないと判断するケース |
| ⑥停留所を通過しているが、到着していないと判断するケース |

測位精度が向上
すると正確に車
両の位置がわか
るため問題解決
できる

測位成功率の
向上で問題解
決できる

(2) 実証実験の概要

目的

測位の向上については、「測位精度」、「測位成功率」、「測位頻度」の3点が課題である。高精度測位技術（準天頂衛星等）を活用し、バス車両の測位において、「測位精度」及び「測位成功率」を向上させることが可能か検討を行う。

現状のバス運行情報提供システムはGPSでの車両の位置測位である為、高層ビル・高架下等を走行する際に、測位情報の取得が困難な場合があり測位情報に誤差が生じ、不確定な情報提供がされる場合がある。

今後、追加打ち上げが予定される準天頂衛星に対応した車載機をバス車両に搭載し、既存車載機との測位情報と比較し、測位情報の誤差や、不確定な情報提供等の問題点が解決可能か検討を行う。



(2) 実証実験の概要

実験車載機の特徴



図：新車載機（バス運行情報提供システム）

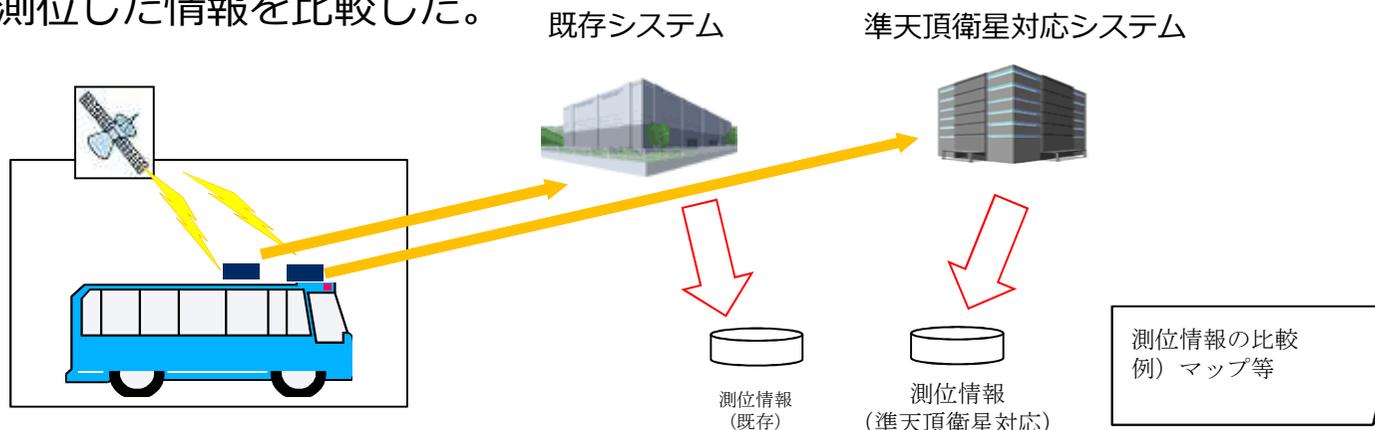
| 項目 | 今回 | 補足 |
|----------|----|---|
| GPS | ◎ | 従前の車載機性能 |
| QZS（準天頂） | ◎ | 測位補完のみ、測位補強は未実施※ |
| GLONASS | ◎ | ロシア |
| SBAS | ◎ | SBAS(補強システム)はレンジングデイクレディンシャルを利用、インテグリティは利用無 |

※測位補強（L6、L1S信号）のサービス開始は2～3年後の予定のため

対象車両

2車両（淡島営業所870号車、8732号車）

バス運行情報提供システムが稼働しているバス事業者の路線バス車両に、準天頂衛星対応の車載機を設置し、測位した情報を比較した。

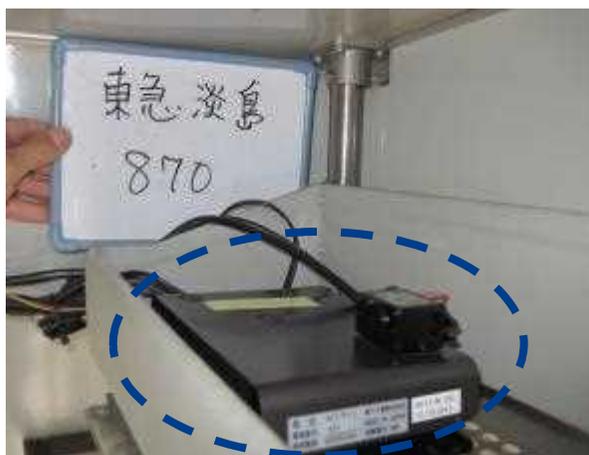


(2) 実証実験の概要

東急バス淡島営業所 870号車 / 8732号車



車載機アンテナ (前扉上部 : 既存アンテナ近傍)



高精度測位技術対応車載機 (運転席上部に設置)

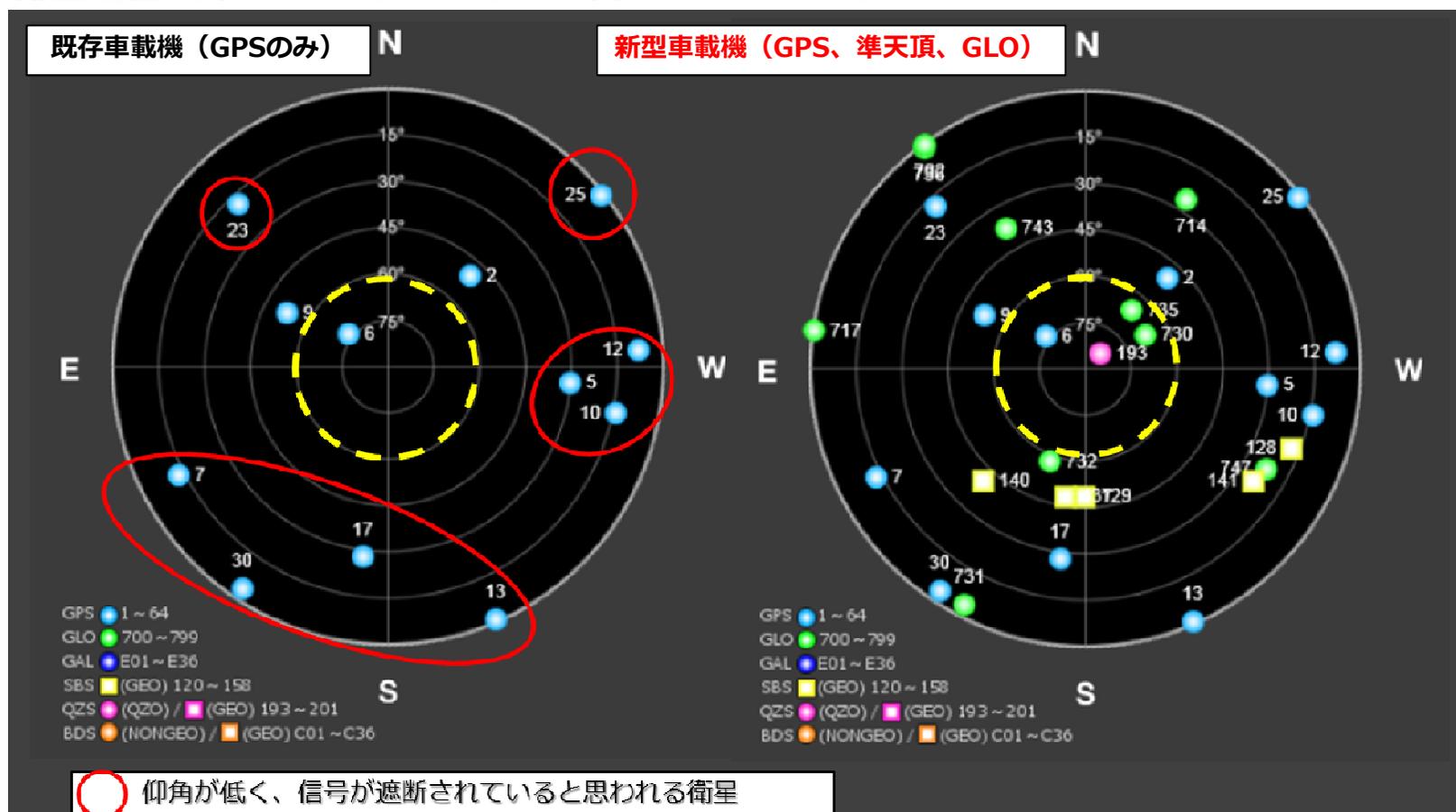
(2) 実証実験の概要

実験期間

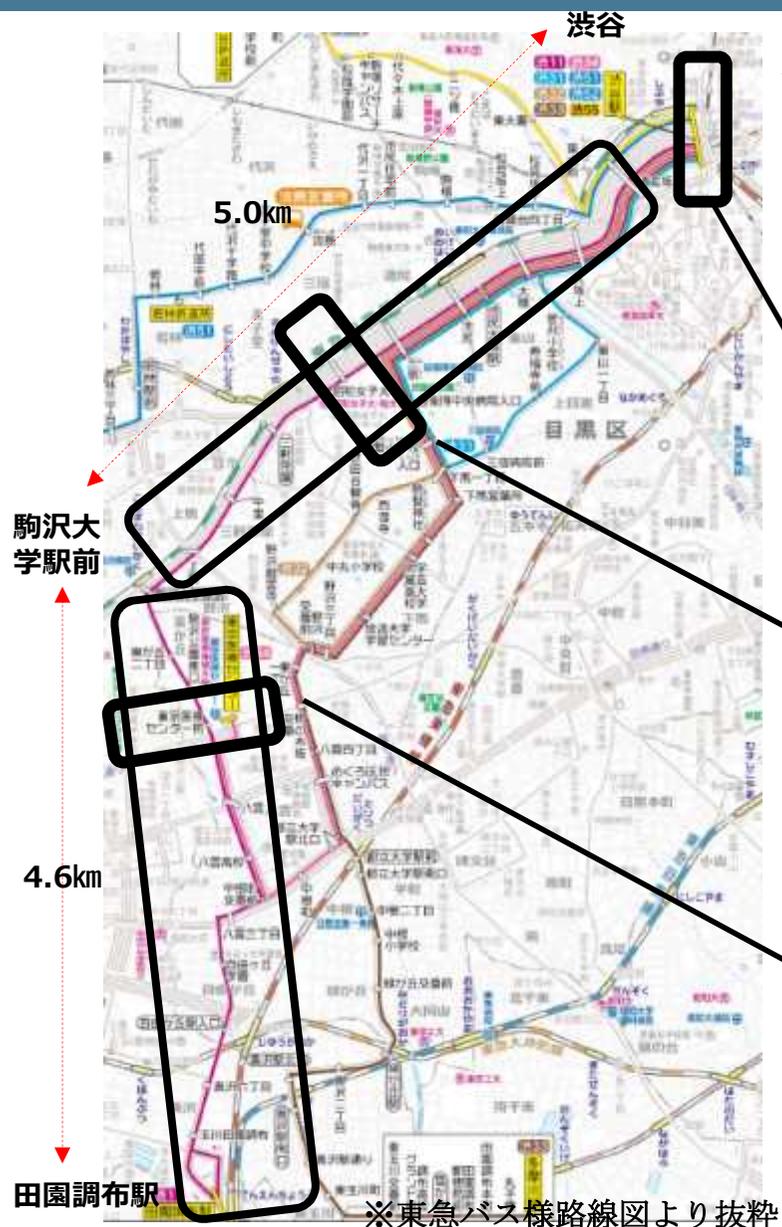
平成27年11月16日～11月30日

準天頂衛星は、現在1機体制で測位に有効な配置に常時存在する訳では無い為、収集データの比較は準天頂衛星が測位に有効な時間帯を対象として行う。

参考) 衛星配置 (平成27年11月16日 12:40)



(2) 実証実験の概要



渋11系統 (淡島営業所)

起点 : 渋谷駅

経由地 : 三軒茶屋・東京医療センター前・自由が丘駅入口

終点 : 田園調布駅

① 高層ビル街
→ 渋谷駅

② 高架下
→ 昭和女子大

③ オープンスカイ
→ 東京医療
センター前



※google より抜粋

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

定点観測 ①高層ビル街（渋谷駅）

11/16~27 渋谷駅発の定点観測



- ◆ 新型車載機
- 既存車載機

内円：約10m
外円：約30m

● 新型車載機
バス車両の移動軌跡に近い通知
(測位情報)が行われている。
平均：13.8m 標準偏差：7.6m
最小：2.1m 最大：49.5m

● 既存車載機
測位位置のバラツキが大きい。
平均：51.1m 標準偏差：38.4m
最小：5.3m 最大：186.0m

● 高層ビル街（渋谷）では、測位機会
109回のうち9回測位に失敗した。
● 既存車載機測位失敗時の衛星
例)11/23 13:05 (青：GPS)
GPS衛星の仰角が高い順に
75°、60°、45°、30°
仰角が低い衛星は、見えないため
測位に失敗している。



衛星配置

GPSのみ

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

定点観測 ②高架下 (昭和女子大前)

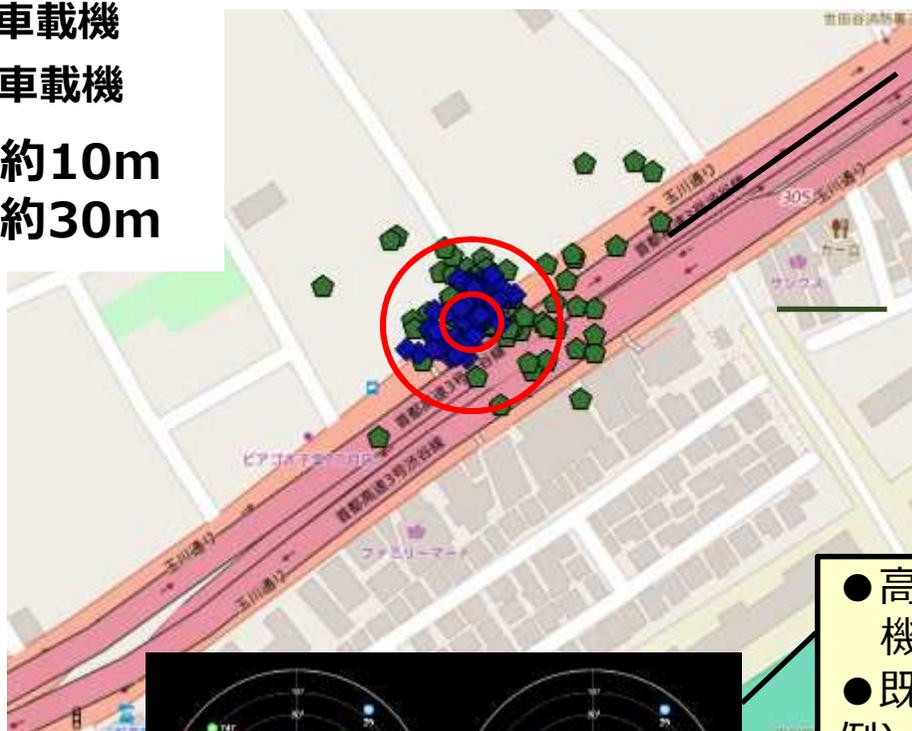
11/16~27 渋谷駅行きの昭和女子大前通過時の定点観測

◆ 新型車載機

◆ 既存車載機

内円 : 約10m

外円 : 約30m



● 新型車載機

測位位置は停留所に近い。

平均 : 10.4m 標準偏差 : 6.1m

最小 : 0.9m 最大 : 29.6m

● 既存車載機

測位のバラツキが大きい。

平均 : 28.9m 標準偏差 : 20.4m

最小 : 2.9m 最大 : 93.4m



衛星配置

GPSのみ

- 高架下 (昭和女子大前) では、測位機会 74 回のうち 4 回測位に失敗した。
- 既存車載機測位失敗時の衛星例) 11/18 13:32 (青 : GPS)
GPS衛星の仰角が高い順に 75°、55°、45°、30°、25°
仰角が低い衛星は、見えないため測位に失敗している。(4機以上が見えていなかったと思われる。)

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

定点観測 ③ オープンスカイ (東京医療センター前)

11/16~27 渋谷駅行きの東京医療センター前の定点観測



● **新型車載機**
 バス車両の測位位置の
 バラツキは、小さい。
 平均：2.7m 標準偏差：1.9m
 最少：0.2m 最大：9.1m

● **既存車載機**
 バス車両の測位位置の
 バラツキは、小さい。
 平均：8.6m 標準偏差：2.8m
 最少：2.4m 最大：16.2m

◆ **新型車載機**
 内円：約10m
 外円：約30m



衛星配置

GPSのみ

● オープンスカイ (東京医療センター前)
 測位機会 103回は全て測位成功。
 ● 既存車載機測位時の衛星
 例) 11/18 11:28 (青: GPS)
 GPS衛星の仰角が高い順に
 60°, 60°, 55°, 40°, 30°, 15°, 15°
 仰角が低い衛星(15°)でも遮断されず
 に見えており6機以上補足できている
 ため、測位精度は高い。

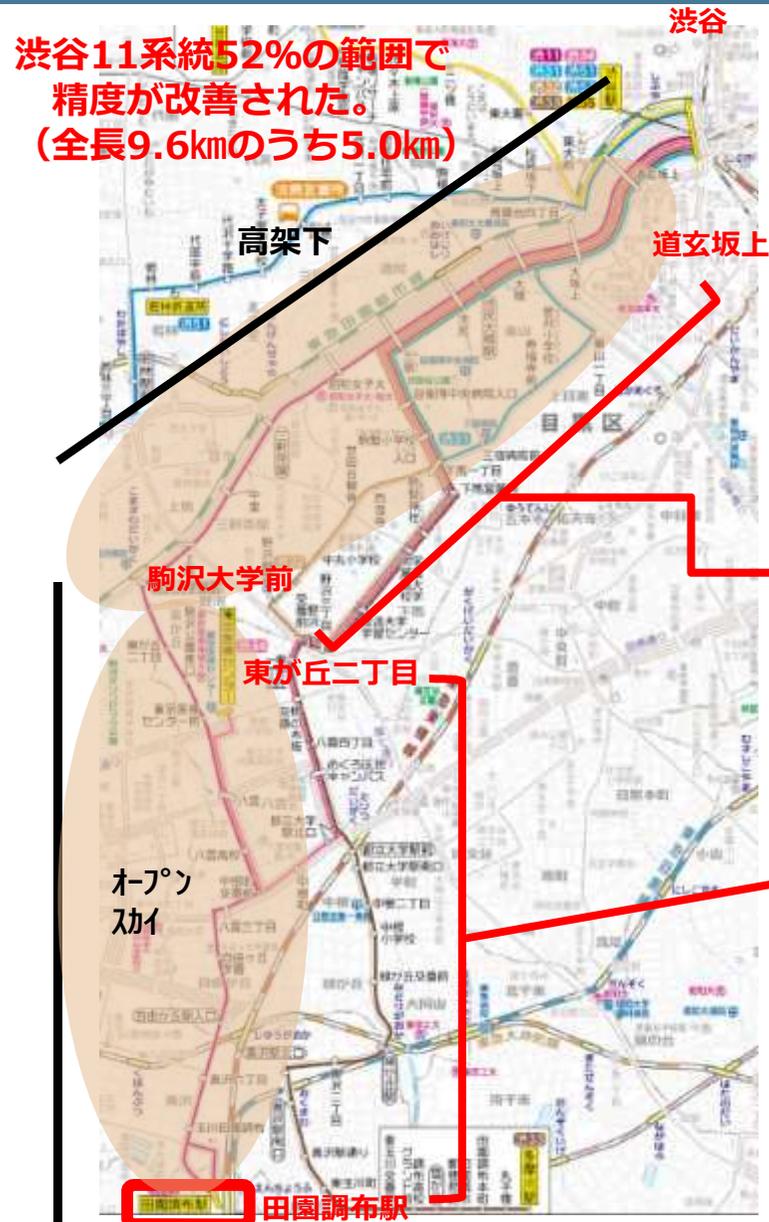
(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

実験結果 (一覧)

| | ①高層ビル街 n=109 (渋谷駅) | | | ②高架下 n=74 (昭和女子大前) | | | ③オープンカイ n=103 (東京医療センター前) | | |
|---------------|---|-----------|-----------|---|-----------|-----------|---|-----------|-----------|
| 測位環境 |  | | |  | | |  | | |
| ①測位状況 | 測位 成功数 | 測位 失敗数 | 測位 成功率 | 測位 成功数 | 測位 失敗数 | 測位 成功率 | 測位 成功数 | 測位 失敗数 | 測位 成功率 |
| 新車載機 | 109 | 0 | 100% | 74 | 0 | 100% | 103 | 0 | 100% |
| 既存車載機 | 100 | 9 | 92% | 70 | 4 | 95% | 103 | 0 | 100% |
| ②距離誤差 | 平均[m] | | 標準偏差[m] | 平均[m] | | 標準偏差[m] | 平均[m] | | 標準偏差[m] |
| 新車載機 ・・・㍑ | 13.8 | | 7.6 | 10.4 | | 6.1 | 2.7 | | 1.9 |
| 既存車載機 ・・・㍑ | 51.1 | | 38.4 | 28.9 | | 20.4 | 8.6 | | 2.8 |
| 差異 ・・・㍑-㍑ | 37.3 | | 30.8 | 18.5 | | 14.3 | 5.9 | | 0.9 |

※平均：測位した位置とバス停距離の平均 標準偏差：測位した位置とバス停距離のばらつき

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果 (成功率の比較)



さらに、高架下、オープンスカイについて、昭和女子大前、東京医療センター前以外のバス停も含めた測位成功率は、以下のとおり。

※凡例：(既存車載機成功率) ⇒ (新車載機成功率)



(高架下)
77.9%
⇒ **100%**
約**22%**改善

(オープンスカイ)
99.7%
⇒ **100%**
約**0.3%**改善

※東急バス様路線図より抜粋

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

考察

新車載機では測位成功率100%だが既存車載機では測位に失敗している。

(測位成功率が高層ビル街:92%、高架下:78%)

- ・・・新車載機では、仰角70度以上の準天頂衛星等を補足できた影響で測位の成功率が既存車載機よりアップした。

→⑤～⑥の問題を解決と判断

測位成功時の精度を新車載機と既存車載機で比較し、新車載機では測位精度が向上している。(平均値・標準偏差ともに新型車載機の方が小さいため、ばらつきが小さい)

- ・・・10m程度の誤差であれば、バス停でも車両が目視できる範囲であることから測位精度は明らかに向上した(既存は30m～50mの誤差)

→①～④の問題を解決と判断

以上の結果から、「高精度測位技術」を活用することで「高い測位精度」、「高い測位成功率」でバス車両の運行把握が可能となった。

(3) 実証実験の結果 ・ 定点観測結果

結論

現在は、準天頂衛星「みちびき」1機体制での運用であるが、平成29年度以降4機体制が確立されれば、通年24時間で高精度な測位情報を利活用し、バス車両の高精度な運行情報の把握が可能であると考えられる。

4. (2)① i) 衛星測位

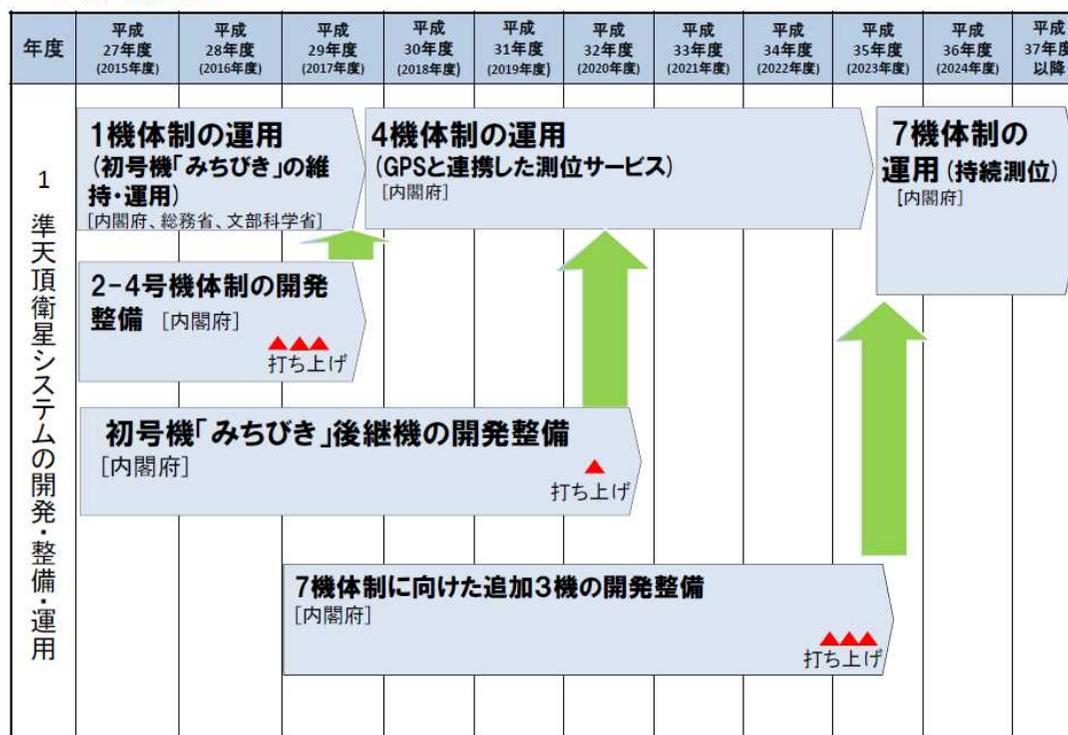


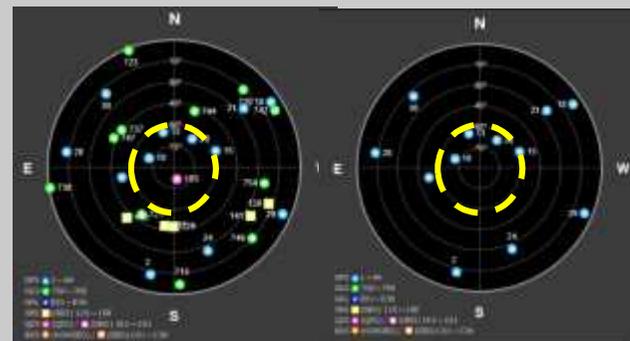
図 宇宙基本計画工程表（平成27年度改訂）（出所：平成27年12月宇宙開発戦略本部決定）

(3) 実証実験の結果 ・ 動点観測結果

1 運行の情報を追跡-1

11/16 16:44 渋谷駅発の1運行の情報を整理

①高層ビル街（渋谷駅）



図：衛星配置（右：GPSのみ）

- 新型車載機
バス車両の移動軌跡に近い通知（測位情報）が行われている。
- 既存車載機
ドア開後、移動していないのに、測位情報が離れた位置として通知された。
仰角の低いGPSは、周囲のビルにより信号が遮蔽され測位に利用されなかった可能性が高い。このため、このエリアでは既存車載機（GPSのみ）の場合は少ない衛星数で測位しなければならず測位精度が低かったと考えられる。

(3) 実証実験の結果 ・ 動点観測結果

1 運行の情報を追跡-1

11/16 16:44 渋谷駅発の1運行の情報を整理

②高架下 (大橋付近)



● **新型車載機**
バス車両の移動軌跡に近い通知 (測位情報) が行われている。

● **既存車載機**
西側に位置するGPS衛星が道路の南東側にあるビルに反射して受信機に到着し、路線から離れた位置が通知されたと考えられる。

②高架下 (三軒茶屋～駒沢大学駅付近)



図：衛星配置 (右：GPSのみ)

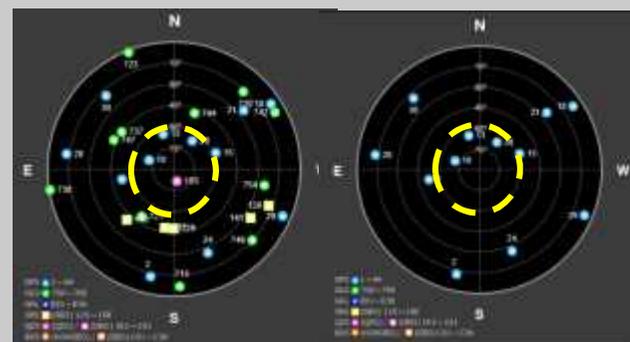
● **新型車載機** ● **既存車載機**
南西に仰角が高い衛星がなく、北西に位置するGPS衛星が道路の南西にあるビルに反射して受信機に到着した為、路線から離れた位置が通知されたと考えられる。

(3) 実証実験の結果 ・ 動点観測結果

1 運行の情報を追跡-1

11/16 16:44 渋谷駅発の1運行の情報を整理

③ オープンスカイ (東京医療センター付近)



図：衛星配置 (右：GPSのみ)

● 新型車載機 ● 既存車載機

オープンスカイ的环境下では、ともにバス車両の移動軌跡に近い通知 (測位情報) が行われている。

- ★バス停からバス停間でも高精度な位置測位ができた。
- ★運行状況を細かく制御することで、より正確な位置・所要時間をバス利用者に提供できるようになり、サービス向上につながる。

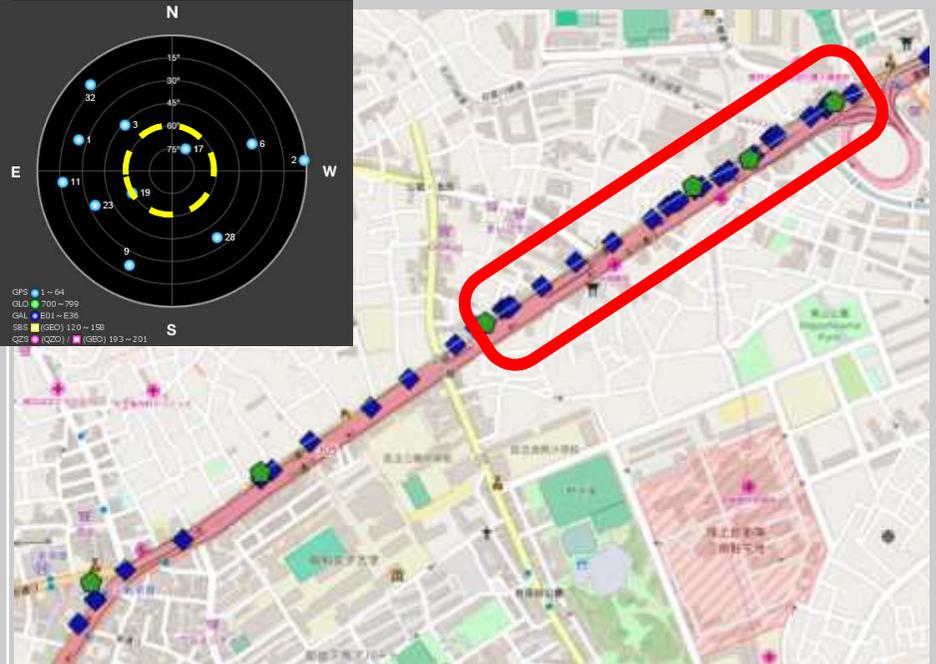
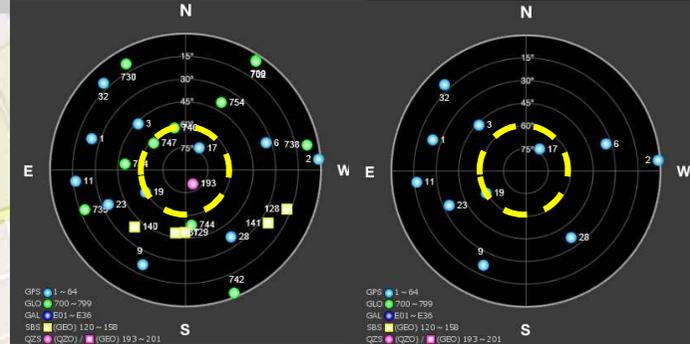
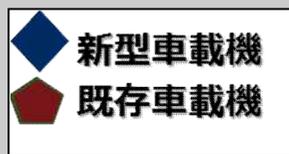
(3) 実証実験の結果 ・ 動点観測結果

1 運行の情報を追跡-2

11/27 9:20 田園調布駅発の1運行の情報を整理 (乗車して確認した便)

③ オープンスカイ (東京医療センター前付近)

② 高架下 (三軒茶屋、昭和女子大前付近)



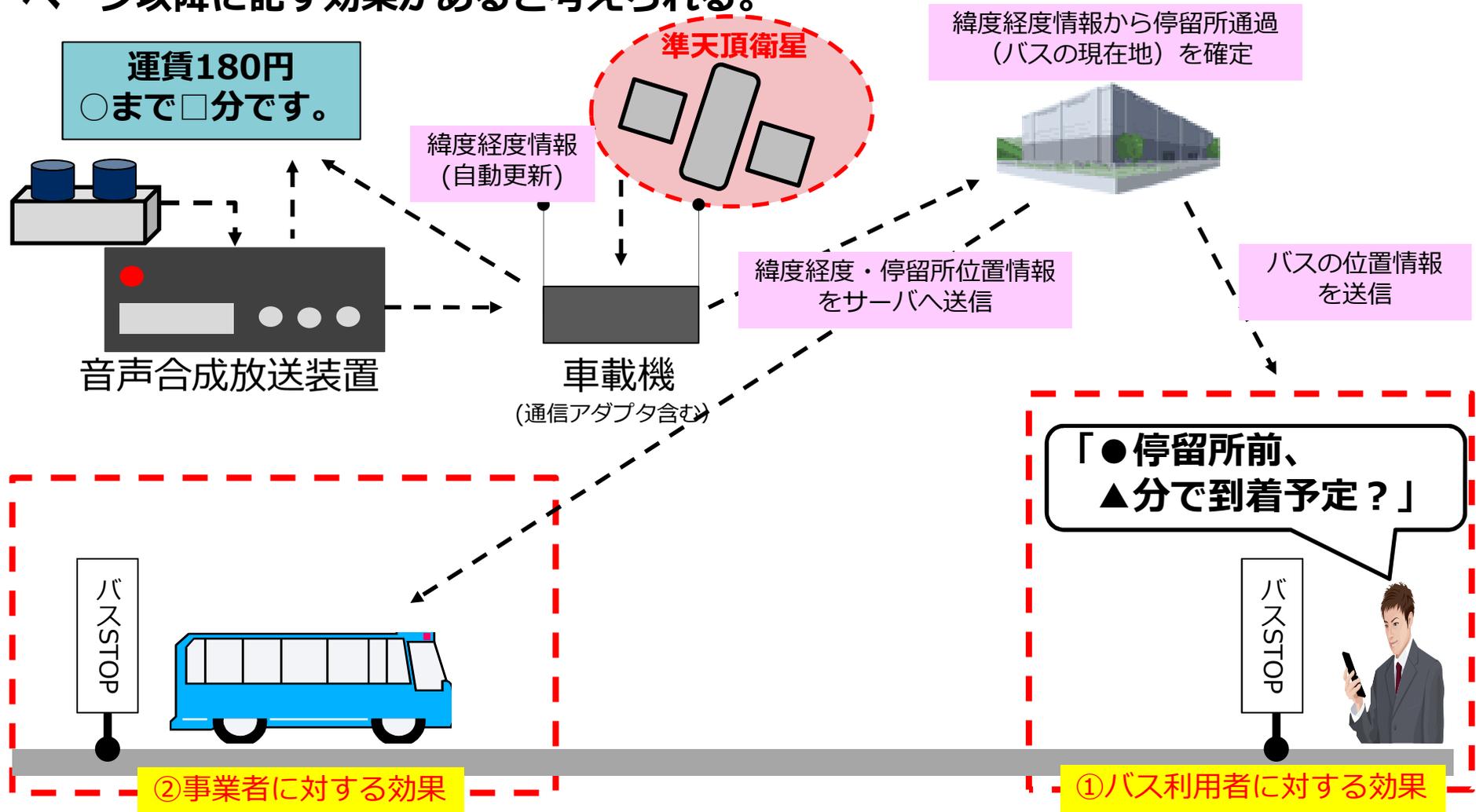
● 新車載機
 渋滞が発生している状態が、交通情報を参照しなくても測位情報からだけで理解できる。

★ バスは決まった時間に決まったところを運行している。運行情報を正確に収集・解析することで、交通情報を調べなくとも渋滞の発生等を収集することが可能となる

(4) 高精度測位技術普及による期待される効果

期待される効果

高精度測位技術普及により、バス利用者だけでなく事業者や運転士に対して29ページ以降に記す効果があると考えられる。



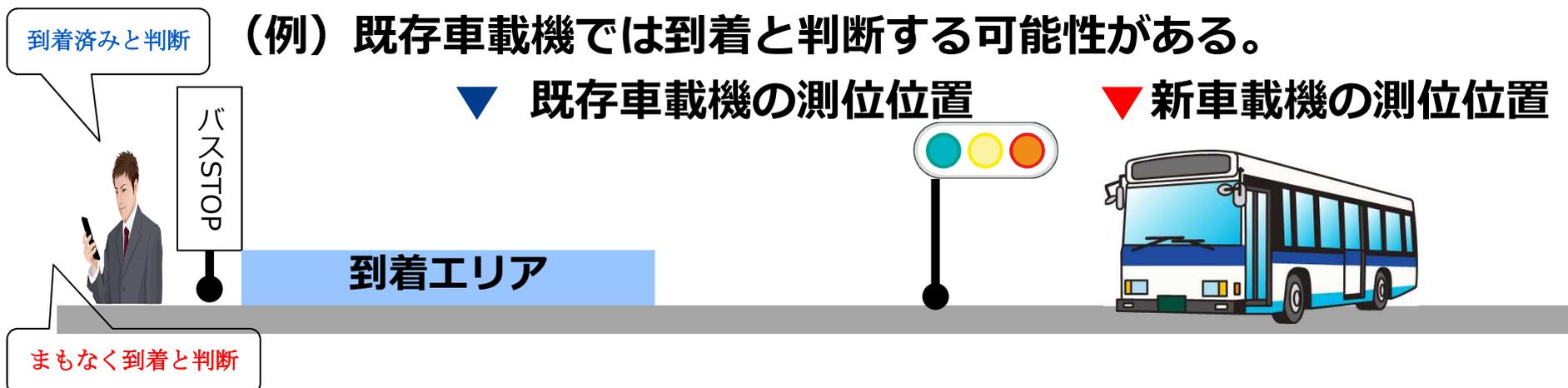
(4) 高精度測位技術普及による期待される効果

高精度な位置情報が取得される事で下記事項が期待される。

① 精度向上による利用者に対する効果

- ・ 高層ビル街や高架下でもより高精度な運行情報が把握可能となり利用者向Web案内や停留所表示機の精度向上が可能
- ★ 測位成功率の向上する事で運行情報の正確性がます
- ★ 測位誤差が小さくなる事でバス停への到着判定の正確性がます

(例) 既存車載機では到着と判断する可能性がある。



- ・ 区間毎の所要時間が正確に把握が可能となる事で乗車バスが目的地までの所要時間を車内に掲示可能

(4) 高精度測位技術普及による期待される効果

高精度な位置情報が取得される事で下記事項が期待される。

②精度向上による**事業者**に対する効果

- ・ 高精度な位置情報から利用者サービスが向上
利用者に対する信頼性の高いバス運行情報提供サービスの提供が可能
(クレーム数の低下など)
- ・ 高精度な位置情報から案内放送の自動化
所定の位置を通過することで案内やCM放送を流す事が可能
- ・ 誤運行や早発などの防止
高精度な位置情報から運行ルートをお知らせし
誤運行や早発などを防ぐことが可能
- ・ 交通情報(渋滞・リンク旅行時間)の収集
区間所要時間を参考に次回のダイヤ改正に反映することが可能
バスは決まった区間を恒常的に走行することから、信頼性の高い情報取得
可能で利活用等が期待される(渋滞情報等)

(5) 課題の整理

今年度は単一事業者で実験をしたが、新車載機は既存車載機に比べ高精度な測位を実現でき、より正確な運行情報把握の実現に役立つことが確認できた。この正確な運行情報把握の恩恵を利用者や事業者へ広く普及させるには「共有化」「小型化、低価格化」の促進が必要であり、今後の課題である。

1) 共有化

①事業者間での運行管理情報共有により、複数の事業者をまたがる場合でも円滑な移動が可能となり、公共交通全体としての利便性向上、需要増大を図れる。

一方共有化には共通仕様の整備に加え、情報開示やデータ変換の負担増に対する事業者の懸念解消が必要である。この懸念は共有項目が多いほど増加するため、共有項目は少ない方が望ましい。例えば高精度な位置情報からバス停接近や発着などの運行管理情報を生成できれば共有項目から除外できる。高精度位置情報の利活用により共有項目を少なくし、共有化を促進する検討が必要である。

(5) 課題の整理

2) 小型化、低価格化

- ① 小型化・低価格化は高精度車載機の普及を促進し、高精度の恩恵を広めることができる。
 - ・ より多くの移動体に高精度車載機を取付ける事によって、より広範囲なプローブ情報が取得できる。
 - ・ 他の移動体（送迎バス、ケア、自治体、タクシー）への普及も期待できる。
- ② 情報量の増大は、新たな価値の創生も期待できる。
 - ・ 交通情報としての利活用

3) その他

低コストでの測位頻度（＝位置通報頻度）の向上による、より信頼性の高い運行情報の収集

Ⅱ 平成27年度実施事業の結果報告

2. 2 交通結節点における乗継ぎ円滑化等に資する一元的な 情報提供等を可能とするための技術開発に係る検討

(1) 交通結節点における乗換の現状

(2) 実証実験の概要

(3) 実証実験の結果

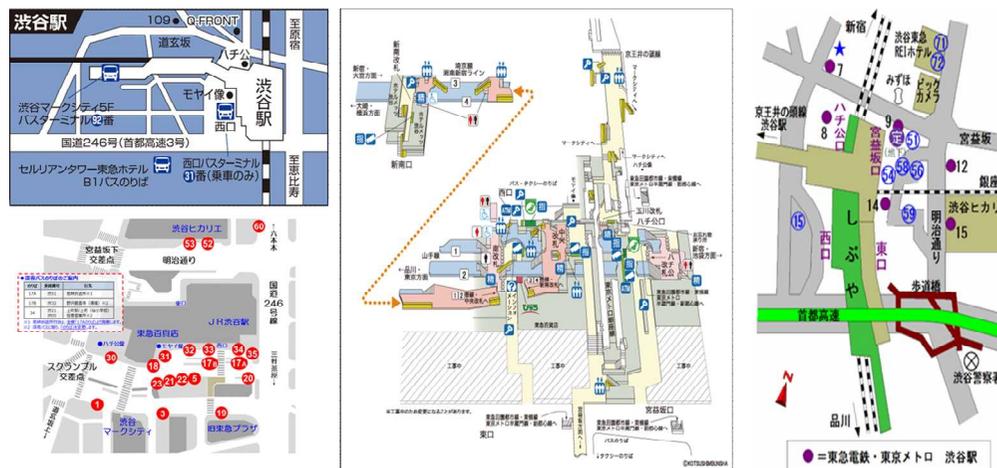
(4) 考察

(1) 交通結節点における乗換の現状

現状

交通結節点では、複数の鉄道会社・バス会社の路線が存在し、各々乗継情報等の提供をおこなっている。

しかしながら、一元的な情報提供は十分でないなど、利用者が必要な情報を把握しづらい場合がある。



改札からバス乗り場までの円滑な移動には、「正確な運行情報」と「シームレスな案内」が必要である。この「シームレスな案内」に関しては、既存のICTを用いて目的地のバス乗り場まで円滑に移動できる様々なシステムが提案されている。本実験は、この「シームレスな案内」が実現することにより、複数の鉄道・バスを利用した円滑な移動が実現可能であることを検証する。

○交通政策基本計画（平成27年2月閣議決定）（抄）

- ・経路情報等の交通に関する情報を低コストで分かりやすく提供するため、スマートフォンや各種情報案内設備等を利用した交通に関する情報の提供方策を検討する。

(2) 実証実験の概要

概要

今回の実験では、目的地までの円滑なバス利用に係る情報提供の一部として、駅改札を出た後に、利用者のスマートフォンへ現在地から目的地までの乗車可能バスの情報を提供するとともに、乗り場までのシームレスな案内をおこなうことで、交通結節点での乗継ぎの円滑化が可能か検討をおこなう。

今回、スマートフォン（iPhone）とビーコンを活用して、現在地から目的地（バス乗り場）までのルートについて、周りの風景（パノラマ写真）を活用し、言語に頼らない案内を行うことでスムーズな乗継ぎを達成させ、公共交通機関の利便性向上に寄与できないか検討を行う。

なお本実験では乗車可能バス（バス乗り場）は固定し、スムーズな乗継ぎに焦点を絞り実証実験を行う。



(2) 実証実験の概要

歩行形態

| No. | グループ名 | 詳細 |
|-----|-------|--|
| ① | グループA | スマホとアプリを利用し目的地（バス乗り場）まで歩行する。 |
| ② | グループB | 何も情報を与えず、目的地（バス乗り場）まで歩行する。 ※既存の案内を頼りに移動する事を想定 |
| ③ | グループC | 目的地（バス乗り場）までのルートを書いた地図を利用し、目的地（バス乗り場）まで歩行する。 ※スマホで地図ナビゲーションを頼りに移動する事象を、紙地図参照により疑似的に再現する |



② エスカレーターを上がった後、出口4と5に分かれます。グループCは出口5から歩行します。

(2) 実証実験の概要

提供ルート

| No. | 出発地点 | → | 到着地点 | 備考 |
|-----|---------------------|---|--------------------|-----------|
| ① | 東急東京メトロ 渋谷駅観光案内所 | → | 渋谷マークシティ5階92番バス乗り場 | 羽田空港連絡バス他 |
| ② | | → | 東口バスターミナル51番バス乗り場 | 六本木ヒルズ行き |
| ③ | JR渋谷駅ハチ公 改札口 | → | 渋谷マークシティ5階92番バス乗り場 | 羽田空港連絡バス |
| ④ | | → | 東口バスターミナル51番バス乗り場 | 六本木ヒルズ行き |



(2) 実証実験の概要

実験方法

グループA、B、Cの各グループ毎に、時間をずらし目的地（バス乗り場）までの歩行を記録及び観察した。

実験実施回数

観光案内所を起点とするコースは各ケース4回、その他は各ケース2回実施、合計36回実験を実施した（被験者は茨城県土浦市近辺在住者）

| コースNo. | 出発地 | 目的地 | グループA | グループB | グループC |
|--------|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|
| ① | 東急東京メトロ 渋谷駅観光案内所 | 渋谷マークシティ5階92 番バス乗り場 | A1 | B1 | C1 |
| | | | A2 | B2 | C2 |
| | | | A3 | B3 | C3 |
| | | | A4 | B4 | C4 |
| ② | 東急東京メトロ 渋谷駅観光案内所 | 東口バスターミナル51番 バス乗り場 | A5 | B5 | C5 |
| | | | A6 | B6 | C6 |
| | | | A7 | B7 | C7 |
| | | | A8 | B8 | C8 |
| ③ | JR渋谷駅八公 改札口 | 渋谷マークシティ5階92 番バス乗り場 | A9 | B9 | C9 |
| | | | A10 | B10 | C10 |
| ④ | JR渋谷駅八公 改札口 | 東口バスターミナル51番 バス乗り場 | A11 | B11 | C11 |
| | | | A12 | B12 | C12 |

(3) 実証実験の結果

所要時間

各コース・各グループの所要時間比較は以下のとおりである。

| No. | 出発地 | 目的地 | グループA | | グループB | | グループC | |
|-----|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① | 東急東京メトロ 渋谷駅観光案内所 | 渋谷マークシティ5階 92番バス乗り場 | A1 | 12:16 | B1 | 11:02 | C1 | 10:21 |
| | | | A2 | 未着 | B2 | 21:25 | C2 | 未着 |
| | | | A3 | 12:32 | B3 | 10:26 | C3 | 12:55 |
| | | | A4 | 10:51 | B4 | 未着 | C4 | 8:02 |
| ② | 東急東京メトロ 渋谷駅観光案内所 | 東口バスターミナル 51番バス乗り場 | A5 | 3:39 | B5 | 3:03 | C5 | 3:42 |
| | | | A6 | 3:35 | B6 | 5:51 | C6 | 4:32 |
| | | | A7 | 3:55 | B7 | 4:09 | C7 | 4:30 |
| | | | A8 | 2:48 | B8 | 2:38 | C8 | 2:42 |
| ③ | JR渋谷駅八千公 改札口 | 渋谷マークシティ5階 92番バス乗り場 | A9 | 9:58 | B9 | 12:19 | C9 | 6:20 |
| | | | A10 | 6:22 | B10 | 11:48 | C10 | 11:19 |
| ④ | JR渋谷駅八千公 改札口 | 東口バスターミナル 51番バス乗り場 | A11 | 2:19 | B11 | 1:36 | C11 | 1:30 |
| | | | A12 | 3:24 | B12 | 1:26 | C12 | 1:28 |

(4) 考察

考察（骨子）

実証実験の結果を以下に整理する※。各々に関し以降に説明し最後に総括する

| | 所要時間 | 到着の成否 | インフラ整備 | 特徴、課題等 |
|----------------------------------|--|------------------------------------|--------------------|---|
| グループ A スマフォと写真 利用方式 | ①比較的短時間 ・スマフォ確認時間を除けば グループCに遜色無 ②変動が少ない | ①未着1件 ・分岐点で方向を誤る | ①数日程度 | ①安定した移動を実現 ②案内の提供位置が不安定 ・人混みの影響を受け易い ・所要時間増加の要因 ③逸脱後のリカバリが今回は困難 ④風景の変化に影響を受け易い |
| グループ B 既設案内 利用方式 | ①比較的長時間 ②変動が大きい | ①未着1件 ・大きく逸脱 ・被試験者が逸脱に気がつかない | ②不要 | ①移動が不安定 ・所要時間のばらつき、大きな逸脱、偶然目にした案内にコース選択の良否が左右 ②複数事業者が混在する交通結節点での課題が浮き彫り |
| グループ C 紙地図 利用方式 | ①短時間 ②変動が少ない | ①未着1件 ・地図上での位置を見失う | ③1～2日 ・既存の地図を流用 | ①安定した移動を実現 ②地図を見ながらの移動が多い |

※移動距離や時間が一番長く方式の差異が顕著となる観光案内所～マークシティの結果を主に整理した。

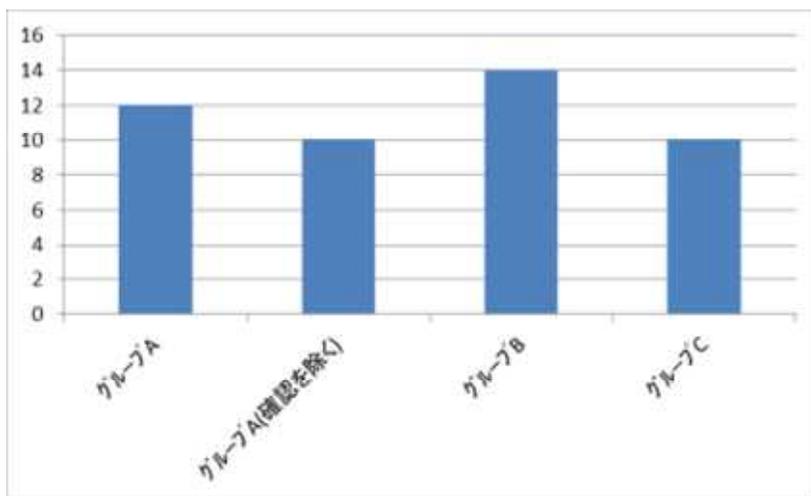
(4) 考察

(1) 所要時間

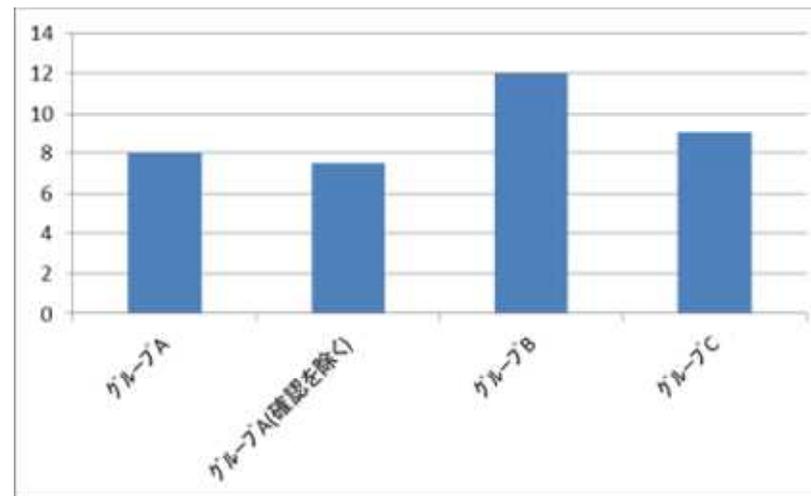
移動距離が一番長い「観光案内所～マークシティ」でみると、グループB（既設案内）の平均所要時間が一番長く、且つ所要時間に倍の開きがあった。

グループAでは分岐点で立ち止まりスマホで進むべき方向を確認するのに時間を有している。そこでグループAから確認時間を考慮した（差し引いた）結果が下図である。

下図からグループAは、確認時間を除けばグループCに対し遜色は無い。



平均所要時間の比較(観光案内所～マークシティ、分)



平均所要時間の比較(ハチ公～マークシティ、分)

(4) 考察

(2) 到着の成否

各グループとも1件の未着があったが、その内容は大きく異なる。

グループA (スマホと地図) は分岐点での方向を見誤り、またグループC (紙地図) は自身の地図上での位置を見失い未着となったが、共に大きなコース逸脱は無かった。且つ被試験者自身が逸脱を把握した。

一方グループB (既設案内) では全く異なる方向へ逸脱し、且つ被試験者が間違った方向へ移動していること自体にも気が付かなかった。

本実証実験の課題である「鉄道からバスへの円滑な乗継ぎ」の達成には、バスの出発時刻に間に合い、且つバス乗り場での待ち時間を極力最小とすることが重要となる。

従って所要時間の少ないこともさることながら、移動の安定性が重要となり、グループA (スマホと写真) とグループC (紙地図) が、グループB (既設案内) より優れている。

(4) 考察

(3) インフラの整備

グループA (スマホと写真) の準備に要した作業と時間はおおよそ次の通りであった。

- ・ 20数カ所のビーコン設置 : 半日
- ・ 案内に使用するパノラマ写真の撮影 : 半日
- ・ ビーコンの動作確認 : 通算で2日

注 : アプリケーション (以下A P) 開発及びA P動作環境の設定作業を除く



(4) 考察

(4) 特徴、課題等

グループA（スマホと写真）では人混みの影響を受け易いビーコンの特性から写真の提供が不安定となり、分岐点直近や天井へのビーコン設置により人混みの影響を避ける工夫が課題となった。

またビーコンを単一のルートにのみ設置した為、逸脱後のリカバリが困難で、より柔軟な案内には代替ルート／ビーコン増設が必要であること、風景の変化に影響を受け易いことも課題となった。

グループB（既設案内）では、複数事業者が混在する交通結節点での課題が浮き彫りとなった。

グループC（紙地図）では、地図を見ながら歩くと言う、いわゆる歩きスマホと同様な事象が起こり易いことが観測された。

(4) 考察

(5) グループAの考察

グループA (スマホと写真) は (3) に記した通りインフラ構築が容易で有る。写真の差替えやビーコン設置も容易であり、リカバリの困難性や風景の変化にも比較的容易に対応が可能である。

移動の安定性にも優れ、「鉄道からバスへの円滑な乗継ぎ」の達成に有用な方式と考える。

方式の特徴から歩きスマホの懸念も少ない。

一方で提供するルートが増大はビーコンや写真の飛躍的な増加が懸念され、容易なインフラ整備の利点が阻害される。

他の目的への利用拡大も難しく、投資効果も考慮すると全ての場合をグループAの「スマホと写真」の方式で対処は難しいと考える。

(4) 考察

(6) 課題の整理

- ① 今回の（写真とビーコンという）方式は、特定のケースにおいて「鉄道からバスへの円滑な乗継ぎ」に有効である事が確認できた。
- ② 写真と矢印による案内は、わかり易い反面、地図に慣れているととまどってしまう、というケースが発生した。
運用するには、周知方法も課題となる。
- ③ ビーコンの設置において、地権者との調整等技術以外の問題があることも判明した。
- ④ ビーコンの電波が人ごみの影響を大きく受ける為、回避するためには設置位置やビーコンの個数を増やす等、対策が必要となる。

なお、現在、各種歩行者移動支援に関するプロジェクト等が実施されているところであり、「シームレスな案内」については、別途これらの成果を活用していくことも有用であると考えられる。

Orchestrating a brighter world

未来に向かい、人が生きる、豊かに生きるために欠かせないもの。
それは「安全」「安心」「効率」「公平」という価値が実現された社会です。

NECは、ネットワーク技術とコンピューティング技術をあわせ持つ
類のないインテグレーターとしてリーダーシップを発揮し、
卓越した技術とさまざまな知見やアイデアを融合することで、
世界の国々や地域の人々と協奏しながら、
明るく希望に満ちた暮らしと社会を実現し、未来につなげていきます。

 **Orchestrating** a brighter world

NEC