

ETC2.0 を活用した高速バスロケーションサービスのプロトタイプの開発

松崎 暁¹・松山 隆雄²・吉田 幸男³・
関口 広喜³・山本 伸之³・日下部 貴彦⁴

¹ 非会員 国土交通省 関東地方整備局 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2 番地 1)
E-mail: matsuzaki-a8310@mlit.go.jp

² 非会員 国土交通省 関東地方整備局 (〒330-9724 埼玉県さいたま市中央区新都心 2 番地 1)

³ 非会員 国土交通省 東京国道事務所 (〒102-8340 東京都千代田区九段南 1-2-1)

⁴ 正会員 東京大学講師 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5)
E-mail: t.kusakabe@csis.u-tokyo.ac.jp

高速道路及び直轄国道を中心に ETC2.0 データを収集可能な ITS スポットが全国的に整備されつつある。ETC2.0 によるデータは、車載器で取得された GPS による車両位置の過去データだけでなく、ITS スポット通過情報とよばれるデータを即時的に収集できる仕組みが構築されてきている。本研究では、このような ITS スポット通過情報を前提として実施可能となる公共交通円滑化支援策を検討するために必要な、データ利用のプラットフォームを開発することを目的としている。具体的には、ETC2.0 データで高速バスの運行位置、走行速度、到着予定時刻の即時的な把握を行うプロトタイプシステムを構築したうえで、位置情報や時間信頼性に関する検証を実施し、運行管理支援や利用者への情報提供方法を検討する。

Key Words: Probe vehicle, ETC2.0, Automatic vehicle location, Highway bus

1. はじめに

都市間の大量輸送を担う高速バスは、鉄道と比較してより柔軟に様々な地域を目的地に直接的に人員を輸送できることから中長距離の都市部と地方部及び地方部同士を結ぶ重要な交通手段の一つである。平成 25 年の実績¹で 311 事業者、延べ 4778 系統、12,251 本/日が運行されており、年間 108,615 千人の輸送人員がある。平成 28 年 4 月に開業したバスタ新宿では、この内の 10%を越える最大 1,624 本/日が発着しており、高速バス発着の一大拠点となっている。高速バスは、道路の交通状況により運行の遅れ等が生じることがあるが、特に人口が集中している首都圏では、交通集中や事故等の発生による運行の遅れや発着時刻の信頼性の課題がある。一方で、こうした遅れ等の情報提供は必ずしも十分ではなく、観測も容易ではない。こうした観測及び情報提供を行うための手段として、長距離を走行する高速バスに対応した高速バス用バスロケーションシステム(バスロケ)の導入が挙げられるが、現在、バスタ新宿へ乗り入れるバス会社 118 社のうち、バスロケを導入している会社は、初期投資が高額な上、通信コスト等の定常的な経費がかかるこ

とから、大手を中心とした 16 社が導入しているに過ぎない。また、これらのバスロケのシステムのプラットフォームは、共通化されておらず、各バス会社が独自に導入し、独自の情報提供を行っている状況である。以上に示したように、多くの事業者によって運行される高速バスでは、利用者に対して均質な情報提供が難しいだけでなく、バス事業者が運行路線のリアルタイムの状況を把握したり、運行状況の統計情報などを観測に基づいて把握することは必ずしも容易では無いことがわかる。このことから、利用者への情報提供の促進や、高速バスシステムの改善、効率化に必要な統計情報の把握のためには、中小の事業者も導入可能でかつ、同様の操作性や情報収集が行える共通プラットフォームの構築が必要だと考えられる。

近年、高速道路及び直轄国道を中心に ETC2.0 データを収集可能な ITS スポットが全国的に整備されつつあり、全国約 1,700 箇所(2011 年時点)に設置²されている。ETC2.0 車載器は、全国で約 225 万台(平成 29 年 2 月時点)に普及している状況³である。これらの車両は、ITS スポットとの双方向通信により、運転者への情報提供だけでなく、搭載車両の GPS による車両位置のデー

タ（プローブデータ）を収集できる機能があり、大量の軌跡データを背景とした様々な活用方法及び分析方法が検討されている（例えば大竹ら⁴⁾、鹿野島・牧野⁵⁾）。また、山田らの研究⁶⁾では、ETCと同様の5.8 GHz-DSRCによる通信規格での高速路線バスの走行履歴情報の収集システムについて研究を行っている。

プローブデータは、大量の軌跡データによる比較的充実した情報が得られる特徴がある一方で、処理時間がかかるため即時的な利用は難しいという問題がある。このことから、よりリアルタイム性が要求される活用方法の場合には、ETC2.0搭載車両がITSスポットを通過したことのみを情報とする即時的に処理が可能なITSスポット通過情報（ASL-IDプローブデータ）⁷⁾の活用が期待されている。ETC2.0は、高速道路での情報提供・料金收受を中心的な目的として搭載されることから、多くの高速バス事業者での搭載が期待でき、バスロケシステムの共通プラットフォーム構築の際にも活用できると考えられる。

本研究では、利用者の利便性向上と円滑な交通を実現することを旨としたバスロケシステムの共通プラットフォームを検討することを視野に、バスロケシステムでの位置把握機能に必要な機能を検討し、ETC2.0データ（特定プローブデータ）の一つであるITSスポット通過情報を用いて高速バスの運行位置、走行速度、到着予定時刻の即時的な把握を行うプロトタイプシステムを構築する。なお、特定プローブデータとは、契約を結んだ車両の情報について匿名化処理を行っていないETC2.0データを示している。

さらにこのようなシステムから得られる高速バスの位置情報、走行速度、到着予定時刻の即時的な把握や走行路線の時間信頼性を検証などの情報の活用可能性について検討するために、構築システムの動作検証を行う。

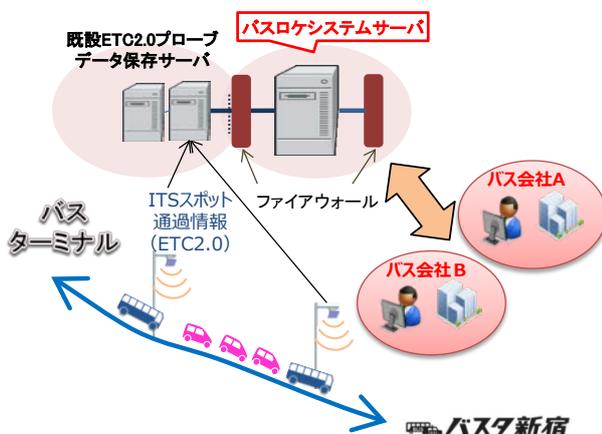


図-1 バスロケシステムの構成の概要

2. プロトタイプシステム構成

(1) システムの概要と要件

本研究のシステムでは、バス事業者の運行支援として、バスの運行実態（走行位置、遅れ時間）のリアルタイムでの閲覧や統計値の算出を行う。データには、ETC2.0搭載の高速バスがITSスポット通過した際に取得できる特定プローブデータのITSスポット通過情報を利用する。

バスの運行実態の把握では、バス利用者からの問い合わせとして想定される「〇〇時××発の(■●便の)バスが、今いる場所」あるいは、「いつ△△につく見込みか」などに対して直観的なインタフェースで把握できること、また、バス事業者が現状の運行状態を俯瞰的に把握し遅れのあるバス等を把握できることを目指した構成とした。また、バス運行の信頼性等を評価するため、バスの運行実態のログを出力する機能も要件とした。

(2) システムの構成と処理フロー

図-1は、本研究でのシステム構成の概要を示している。ETC2.0搭載の高速バスが路側上ITSスポット通過したとすると、既往のETC2.0プローブシステムに通過情報が送信される。本研究で構築するバスロケシステムには、バスロケの対象となる車両のみについてのITSスポット通過情報がETC2.0プローブシステムから発信される。バスロケシステムでは、ITSスポット通過情報をもとにa)項で示すように運行便名との関連づけ、b)項で示す走行位置、遅れ時間の算出を行ったうえ、(3)節で示すWebを介したユーザーインタフェースを通して、バス事業者に情報提供を行う構成となっている。

a) ITSスポット通過情報と必要なデータセット

ETC2.0プローブシステムから発信されるITSスポット通過情報は、「時刻、通過したITSスポット、車載器ID」で構成されている。この情報には、バスの便名に関する情報が含まれていない。このことからバス事業者が把握したい「〇〇時××発の(■●便の)」といった形式でのバスの通過実績を把握するためには、車載器IDとバス事業者内での車両の管理番号(社番)及び、社番と時刻表上での運行番号(便名)及び時刻表の関連づけが必要である。

本システムでは、車載器IDと社番については、車両をバスロケシステム登録する際に収集し、対応表をサーバーに格納している。社番と便名の関係については、運行前にWebシステムから対応表をバス事業者が入力可能な形としておき車両の割当に対応できるようにした。また、バスの遅れ表示や定刻の表示には、ITSスポット通過情報と運行便との関連づけの他に、便毎のバス通過予定時刻を示した時刻表情報が必要であり、これについてもあらかじめシステムに登録している。

b) 走行位置, 遅れ時間の算出

本システムで, バスの位置情報は定点に設置された ITS スポットで収集される. したがって, ITS スポットを通過した時刻をもとに, バス事業者・利用者が把握可能なバス停等での通過時刻を算出する必要がある. 本システムでは, 算出対象となるバス停等の前後の ITS スポットの通過時刻を距離で按分することで算出する. すなわち, 算出対象の位置が x キロポストであるとしたときの通過時刻の推定値は下記とする.

$$t_x = t_b + (t_a - t_b) \frac{x - x_b}{x_a - x_b} \quad (1)$$

ただし,

t_x : 地点 x の推定通過時刻

t_a : 地点 x の直下流の ITS スポット通過時刻

t_b : 地点 x の直両流の ITS スポット通過時刻

x_a : 地点 x の直下流の ITS スポットのキロポスト

x_b : 地点 x の直両流の ITS スポットのキロポスト

さらに, バス停でのダイヤからの遅れ時間は,

$$d_x = t_x - t_x^* \quad (2)$$

ただし,

d_x : 地点 x のダイヤからの遅れ時間の推定値

t_x^* : 地点 x のダイヤでの時刻

である. なお, システム上の地図で表示する現在位置については, 最後に通過した ITS スポットとその時刻を表示する.



図-2 ユーザーインターフェース (配車情報入力画面)



図-3 ユーザーインターフェース (情報閲覧画面)

(3) ユーザーインターフェースの構成

ユーザーインターフェースの構成は, 社番と便名の関係を入力する配車情報入力画面と情報閲覧画面の 2 種類の構成とした.

配車情報入力画面は, バス事業者の入力負担を軽減させるため, 通常使用しているエクセルデータを読み込み, 一括登録できる機能を搭載するとともに, システム上でプルダウンメニューから直接編集できる機能を搭載し, 修正等や便数の追加が可能な仕様としている (図-2).

情報閲覧画面では, 高速バスの車両位置と遅れ状況を一目で把握可能な表示とし, 車両以外の情報として道路交通情報等の道路リンク等に関する情報もマッピングできる機能を搭載した (図-3). 具体的には, 上部に国土地理院地図⁹⁾上にバス位置・リンク等の情報をマッピングし, 下部に運行中のバスの情報を表で表示している. 上部の地図では, バスを遅れ等に基づいた色付けを行ったアイコンで表示することで俯瞰的に運行状況を把握できる仕様とした. また, 地図上のアイコンをマウスクリックやマウスオーバーを行うことにより, アイコンを拡大・点滅表示するとともに, 下部の表の該当バスの行を強調表示するようにしている. 下部の表では, バスの便名, 車両番号, 運行会社, 路線, 最終通過地点とその時刻, ダイヤ上での時刻, 遅れを表示している. また, 詳細表示を選択することで, バス毎にそれらの情報の履歴をポップアップ表示で一覧参照できる仕様とした.

3. 運用実証実験

本章では, 構築したシステムについて, 試行的に運用し, システムの動作について確認を行う. 試行的な運用の対象路線は, 中央自動車道及び国道 20 号を通行する高速バス路線として, 京王電鉄バス (株) 及びアルピコ交通 (株) バスタ新宿~松本バスターミナル間の区間を走行する高速バスのうち, 1 日当たり約 20 便を対象として実施した.

動作確認では, 2 章で示した走行位置, 遅れ時間の算

出結果を検証するとともに、システムで収集したバスの運行実態のログを用いてバス運行の信頼性等の運行支援に役立つ情報整理について試行を行う。

(1) 走行位置、遅れ時間の算出結果の検証

走行位置の算出結果の検証として、ITS スポットでシステムが算出する通過実績時刻は、ETC2.0 データのプロープ情報より得られる GPS で取得された地点のうち、システムが算出する通過実績時刻を挟む 2 地点の時刻と比較すること検証する。また、バス停の通過時刻については別途収集した GPS データと比較して検証を行う。

ITS スポットでは、システムが当該車載器との通信した時刻を通過実績時刻としているため、取得地点での通過実績時刻が正確に取得されていると考えられる。このため、ETC2.0 の GPS で取得された走行軌跡のうち、ITS スポットを挟む 2 地点の時刻は 30 秒幅に収まっている。

バス停では、ITS スポットから多少離れた地点であるため、ITS スポットでの通過実績時刻に到達するまでの距離を按分した所要時間を加算して通過実績時刻としている(式(2))。このためバス停近くに ITS スポットが存在する場合は精度は高いが、離れれば所要時間の精度の悪化が見込まれる。式(2)で示される遅れ時間を集計したものが図4である。図は、2月～3月の上下 246 便について、高速道路上にある神林 BS, 広丘野村 BS, みどり湖 BS, 日野 BS の通過時刻を ETC2.0 とは別途に収集した GPS での観測による通過時刻と比較した結果である。これらのバス停での延べ 984 通過中、GPS データからの算出結果と差がない同時刻は 297 通過、1 分差が 470 通過、2 分差が 176 通過、3 分差が 33 通過、4 分差が 6 通過、5 分差が 2 通過であり、78%が 1 分以内の差であった。特に、差が生じるケースとして、突発的な渋滞が発生した場合があり、この場合には遅れ時間は過小になる傾向があることがわかった。

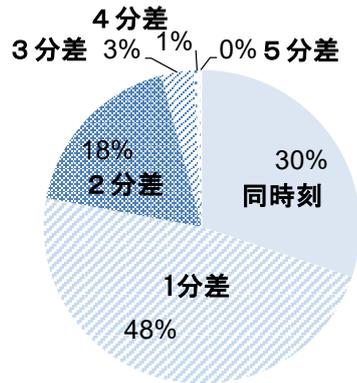


図4 通過実績時刻の算出状況

図6は、所要時間のばらつき(90%タイル値と10%タイル値の差)を平休別時間帯別に算出したものである。図によると、休日の15～17時台に松本発の便で約60分のばらつきが発生し、平日はどの時間帯も30分以内であることから、休日午後の出発便において、時間信頼性が低いことが明らかになった。

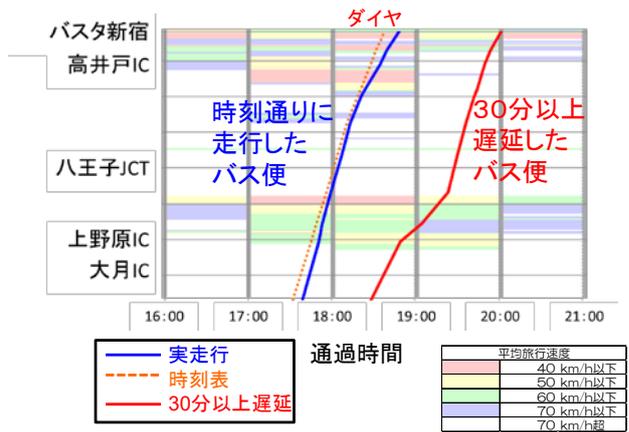
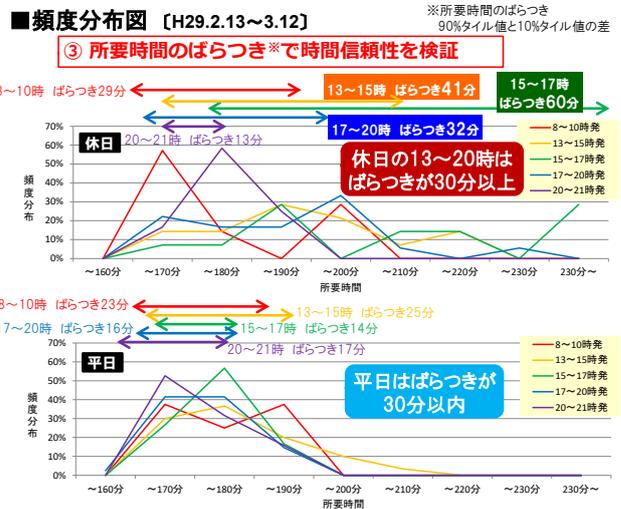


図5 高速バスの遅延実態(休日)

(2) 運行情報の整理例

システムで収集した運行情報の解析例として、高速バスの遅延実態と時刻表と実運行状況の比較による時間信頼性の可視化を行う。本研究では、運行実績をタイムスペース図に表すことで遅れ等の運行状況を俯瞰するとともに、時刻表での定刻と所要時間の実績の分布を比較できるように図化する。図5は、平成29年2月13日から3月12日の休日についてタイムスペース図を作成したものである。図では、横軸に通過時間、縦軸にバス位置を示し、背景に時間帯別旅行速度を色で表示している。

図によると、休日日中出発便に30分以上遅延する高速バスが存在し、小仏トンネル付近の渋滞の影響で上野原 IC 付近で遅れ始めている傾向であることがわかった。



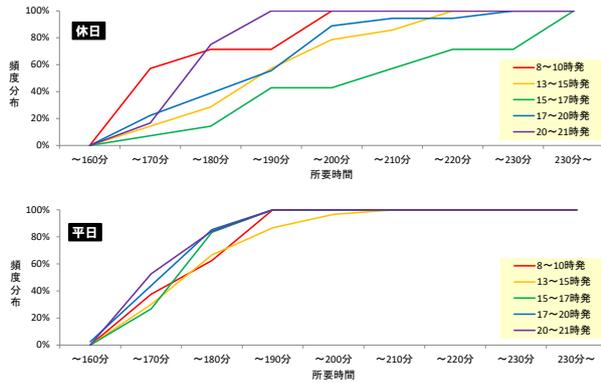


図-6 高速バスの平休別時間帯別所要時間のばらつきと累積図
4. まとめと今後の課題

本研究では、高速バス事業者の運行管理支援や利用者への情報提供方法を検討するため、ETC2.0 データの ITS スポット通過情報を用いて高速バスの運行位置、走行速度、到着予定時刻の即時的な把握を行うプロトタイプシステムを構築した。システムを活用して高速バスの位置把握及び運行実態の事後的把握ができることを確認した。また、実験に協力を依頼した京王電鉄バス(株)に事後的なヒアリングを行ったところ、バスの遅れが数字で確認できたことが、運行管理に役立ったとの回答があった。

ヒアリングでの回答にもあるように、開発したシステムを用いることで運行実態が定量的に把握できることが示された。このように把握できた実態を運用面で活かす施策として、バスの遅れや運行実態にあわせた鉄道との連携施策、道路状況に応じた代替経路選択等が想定できるだろう。今後の研究では、このような施策に活かせるようシステムを改良し、検証をすすめたい。また、今後、システムの実用化へ向けた課題の検証やシステム改良を

行いつつ、対象路線の拡大についても検討したい。

謝辞：国土交通省関東地方整備局で実施している地域道路経済戦略研究会関東地方研究会での議論を踏まえて作成したものである。また、京王電鉄バス(株)及びアルピコ交通(株)の皆様には実験に協力いただきました議論に加わった委員および関係者ならびに実験協力者に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本バス協会：日本のバス事業，Vol. 54, 2015.
- 2) 国土交通省：全国の ETC2.0 路側機設置箇所，http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/tenkai.html，2011. (2017年4月5日アクセス)
- 3) (一財) ITS-TEA：セットアップ件数の推移-ETC2.0 (DSRC)，<http://www.go-etc.jp/fukyu/etc2/index.html>，2017. (2017年4月5日アクセス)
- 4) 大竹岳，松田奈緒子，鹿谷征生，牧野浩志：ETC2.0 車両運行管理支援サービスに関する社会実験について，土木計画学研究・講演集，Vol.53, 2006.
- 5) 鹿野島秀行，牧野浩志：ETC2.0 プローブ情報による観光交通把握手法，土木計画学研究・講演集，Vol.53, 2006.
- 6) 山田 晴利，平井節生，吉永弘志，真部泰幸，今村知人，小川智弘：5.8GHz - DSRC を活用した高速バスロケーションシステムの開発 5.8GHz - DSRC を活用した高速バスロケーションシステムの開発，土木計画学研究・講演集，Vol.34, 2006.
- 7) 牧野浩志，小木曾俊夫，渡部大輔，広正樹：ITS スポットの技術仕様書の改定と全国の一般道への展開について，国総研レポート 2015，pp.102, 2015.
- 8) 国土地理院：国土地理院地図，<http://maps.gsi.go.jp>，2017. (2017年4月5日アクセス)

(2017.4.28 受付)

DEVELOPMENT OF PROTOTYPE SYSTEM FOR AUTOMATIC VEHICLE LOCATION MONITORING OF HIGHWAY BUS UTILIZING ETC2.0

Akira MATSUZAKI, Takao MATSUYAMA, Yukio YOSHIDA, Hiroki SEKIGUCHI, Nobuyuki YAMAMOTO, Takahiko KUSAKABE