

5.8 GHz-DSRCを活用した高速バスロケーションシステムの開発*

The Development of An Express Bus Location System that uses 5.8 GHz-DSRC

山田 晴利^{*2}・平井節生^{*3}・吉永弘志^{*4}・真部 泰幸^{*5}
・今村知人^{*6}・小川智弘^{*7}

By Harutoshi YAMADA^{*2}・Setsuo Hirai^{*3}・Hiroshi YOSHINAGA^{*4}・Yasuyuki MANABE^{*5}
・Tomohito IMAMURA^{*6}・Tomohiro OGAWA^{*7}

1. はじめに

バスロケーションシステムは、バス車両ごとにGPSで把握した車両位置、通過時刻等の走行情報を収集し、バス事業者の運行管理に役立てるほか、バス利用者への情報提供に利用（バス停留所の情報表示版やPC、携帯電話等の端末に路線バスの運行状況や到着予想時刻などの情報を提供）するものである。

国土技術政策総合研究所では、高速路線バスにおいて、ETCで用いられている無線通信技術である5.8GHz-DSRCを応用したバスロケーションシステムを構築した。バス車両のプロブデータに加えて既に広く普及しているETC車載器の通過情報を取得することで、道路管理・交通管制の高度化にも活用することができる。

本論文では、5.8GHz-DSRCを用いた新しい高速路線バスロケーションシステムの概要と機能について報告する。

2. バス交通再生プロジェクト¹⁾

国土交通省では、2005年度から「バス交通再生プロジェクト」を自動車交通・道路兩行政の連携により展開している。これは、ITS技術を活用したバスロケーションシステム導入拡大等による「バス待ち状況の改善」、マイカー抑制やバス専用・優先レーン拡充、渋滞解消等による「バス走行環境の改善」などを柱とする総合的施策によってバス交通を再生し、バリアフリー、環境改善、

地域再生の実現を図ろうとするものである。

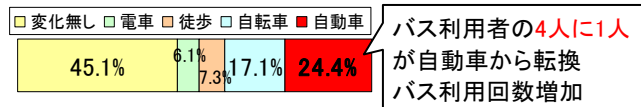
2004年現在の日本全国のバスロケーションシステムの導入状況は、系統数ベースで28%であるが、高速バス路線に限れば5%となっており、バスロケーションシステム導入が高速路線バスで遅れていることがわかる。一方で、バスロケーションシステムを導入した地域におけるアンケート調査では、バス利用者の3割がシステム導入によってバス利用回数が増加し、バス利用者の4人に1人が「交通手段がマイカーからバスへと転換した」と回答している（図-1）。

「バス交通再生プロジェクト」では、高速路線バスのロケーションシステムによるバス交通再生の効果を期待し、全面的な導入支援を実施している。本高速バスロケーションシステムはその一環であり、5.8GHz-DSRC技術を応用したシステムを開発し試行導入することにより、高速路線バスにおけるバス待ち状況の改善・バス走行環境の改善を図ろうとするものである。

バス利用回数（システム導入による変化）



転換交通手段(システム導入前の交通手段)



*キーワード：バスロケーションシステム、5.8GHz-DSRC、プロブ

*2正員、博（工）、国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター（茨城県つくば市旭一番地、TEL 029-864-4496、FAX 029-864-0565）

*3正員、修（工）、国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 高度道路交通システム研究室（同上）

*4非会員、学（農）、***同上

*5非会員、修（工）、***同上

*6非会員、学（工）、***同上

*7非会員、学（理）、国土技術政策総合研究所 環境研究部 道路環境研究室

（出展；京都市交通局調査(上)、金沢国道事務所調査(下)）

図-1 バスロケーションシステムの導入状況・効果

3. DSRCを応用した高速バスロケーションシステム

(1) システムの概要

日本各地で実用化されているバスロケーションシステムは、各バス車両の走行情報を収集する通信手段として、主に携帯電話の packets 通信を利用している。当所で構築した高速路線バスロケーションシステムは、高速道路上では packets 通信の代わりに5.8GHz-DSRC路車間通信技術を利用する（図-2）。

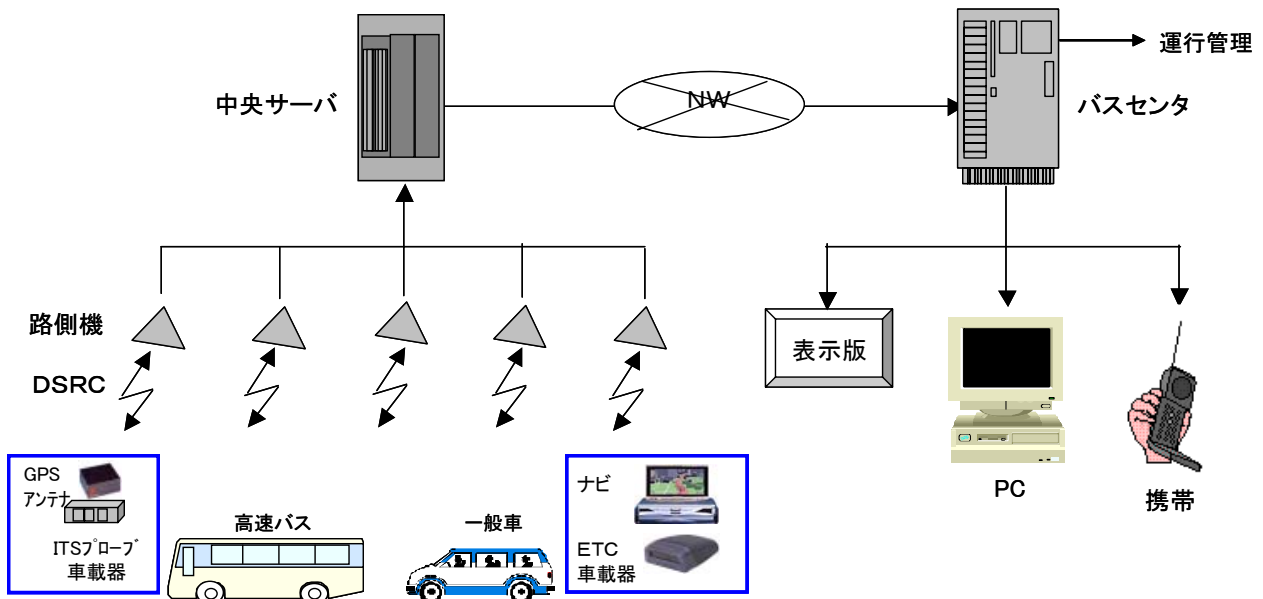


図-2 5.8GHz-DSRC を活用したバスロケーションシステム

高速路線バス車両に搭載したITSプローブ車載器と高速道路上に設置した路側無線装置との間のDSRC通信によってバスの走行履歴情報を収集し、バスセンタ装置に送信して、バスの運行状況や到着予想時刻などの情報をバス停留所の情報表示板やインターネットを介してPC、携帯電話等の端末に配信する。バスセンタ装置に収集された情報は、バス事業者の運行管理等にも活用される。

通信費が無料のDSRCを利用することでパケット通信に要する費用の削減が可能となるほか、走行中に収集されるバス車両の走行履歴データ（通過時刻、緯度・経度、速度等）を取得できるので、より詳細な道路交通状況の把握が可能となる。

(2) 既存 ETC の有効利用

高速道路上の路側無線装置は、高速路線バス車両のITS車載器プローブデータのほか、一般車両に搭載されたETC車載器の通過情報も取得できる二重運転（パラレルランニング）仕様とした。ETC車載器の通過情報は、エンジンの入切によりIDがランダムに変化するLIDを利用しているため、匿名性を有している。そのため、個人を特定することなく通過情報を取得できる。

2006年6月現在、ETC車載器のセットアップ台数は約1250万台にまで急速に普及し、ETC利用率は全国平均で6割を超え、首都高においては7割に達しようとしている。このように広く普及しているETC車載器の通過情報と高速路線バス車両のプローブデータとを取得することで、道路管理や交通管制の早期の高度化が可能となる。

(3) 使用周波数

DSRC通信における周波数は、通信の干渉をさけるため、ITSプローブ用、ETC用でそれぞれ別チャンネルの周波数を使用している。また、高速道路の上下線においても干渉の可能性があるので、ITSプローブ用、ETC用それぞれの上下線で計4チャンネルを用いることとした（図-3）。また、現在旧総務省令に基づいて製造され運用されているETC車載器は、図-4に示すF1及びF2の周波数を使用しているが、これは新総務省令²⁾に基づくETC車載器よりも約2倍広い占有幅を有する。そのため、旧ETC車載器との干渉の可能性があるので、本システムにおける路側無線装置では5790MHz及び5800MHzを使用しないこととした。

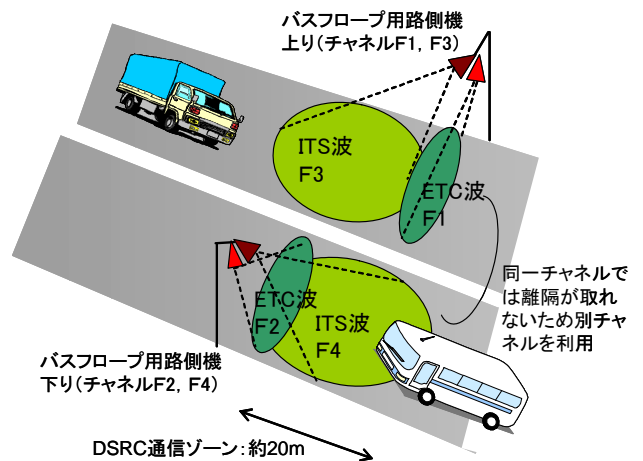
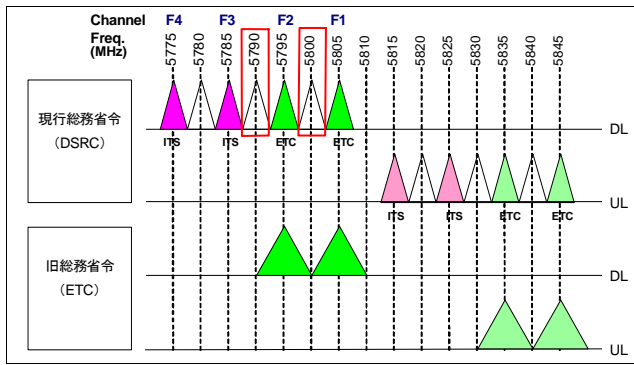


図-3 周波数使用イメージ



(DL : 路側装置送信周波数, UL : 車載器送信周波数)

図-4 高速バスロケーションシステムの周波数配置

(4) パスプローブ車載器

バスプローブ車載器は、ITS基本処理部とプローブ処理部で構成されている。ITS基本処理部は、主に路側無線装置とのDSRC通信の処理を行い、プローブ処理部は、車載ジャイロからの信号とGPSアンテナからのGPS受信信号及び車速パルス信号等を用いて1秒または15m毎に収集されるプローブデータの処理を行っている。また、プローブデータを蓄積し、所要のデータ量に圧縮した上で圧縮データ（情報容量：約3.7KB）を車載器本体メモリに伝達する機能を有する。表-1にプローブデータ項目の一覧を示す。本システムの圧縮方式は、直近で収集したアップリンクデータとの差分が閾値（設計変更可能）を超えた場合のみ記録する差分方式とした。

高速路線バスは、高速道路だけでなく一般道走行も行うため、本高速バスロケーションシステムでは、一般道での通信は既存の packets 通信で行い、高速道路上において5.8GHz-DSRC通信に切り替えることで車両情報の収集を行う（図-5）。切替は、高速道路の出入口をチェックポイントとして登録することで高速道路の入口から出口までをDSRC通信区間として定義し制御する。

また、DSRC機器の故障時には、パケット通信に切り替えて伝送を継続する。

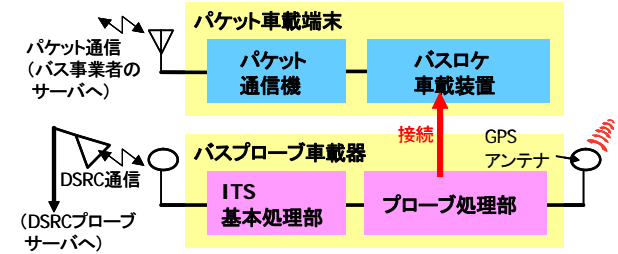
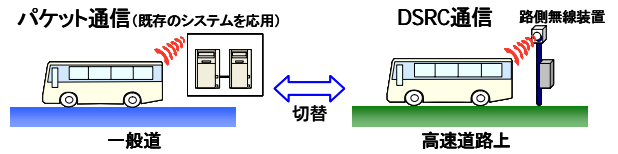


図-5 パスプローブ車載器の機器構成

4. プローブ情報を活用した処理情報

(1) 旅行時間の算出

ETC車載器の路側装置通過情報とITS車載器の走行履歴データを活用してビーコン間旅行時間、IC間（バス停間）旅行時間を算出する。

a) ビーコン間旅行時間（図-6）

収集されたETC車両のビーコン通過時刻データをもとに処理時間の増大を避けるための間引き処理（予想される総量交通の5%（仮値）程度）を行い、路側無線装置間の通過時間差よりビーコン間の旅行時間を算出する。次に異常値を検出し、不適切なデータを除外するクレンジング処理を行い、ビーコン間毎の旅行時間の算出処理を行う。また、算出した旅行速度が規制速度を超える場合は、速度補正処理を経てビーコン間旅行時間を算出する。

表-1 プローブデータ項目の一覧

	時刻	緯度・経度	高度	方位	速度	加速度	角速度
実測データの処理部の機能	0.25秒単位	0.0000001度単位 (約1cm)	0.01m単位	0.25s間の位置ベクトル	0.25s間の位置微分	0.25s間の速度微分	0.25s間の方位微分
データ量 (基準データ)	6バイト (1ms単位) (1970年～2100年迄)	4バイト (0.000001度単位) (精度約10cm以下) (日本国内網羅)	4バイト (0.001m単位) (海拔 ±9999.999m)	1バイト (16方位)	3バイト (0.001km/h単位) (±180.000km/h)	1バイト (0.1G単位) (±1.0G)	2バイト (0.1度/s) (±150.0度/s)
データ量 (差分データ)	2バイト (10ms単位) (0.00秒～600.00秒迄)	2バイト (0.000001度単位) (-50m～+50m迄)	1バイト (1m単位) (-3m～+3m) (勾配10度迄)	1バイト (16方位)	2バイト (0.1km/h) (±20km/h)	1バイト (0.1G単位) (±1.0G)	2バイト (0.1度/s) (±150.0度/s)
閾値設計値	設定しない 最小単位で演算を行なう。 ms	設定しない 最小単位で演算を行なう。 0.000001度	3m	16方位が変化した場合	5km/h	0.2G	0.5度/s

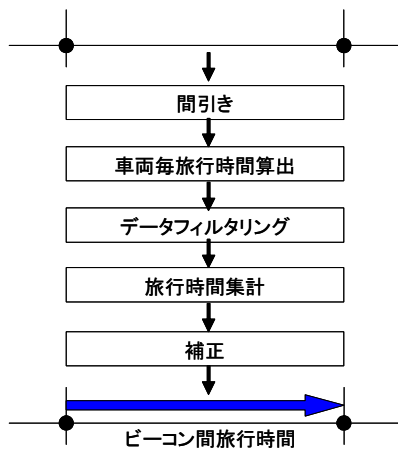


図-6 ビーコン間旅行時間の算出

b) IC間（バス停間）旅行時間

ITS車載器により1秒または15m毎に収集される走行履歴データと過去の蓄積データとの平均化処理を行い、ビーコン間旅行時間により補完をした後、単位区間（約100mのリンク）毎のリンク旅行時間を1分間隔で算出し、この算出結果を元に、IC間（バス停間）旅行時間を計算する（図-7）。データ数が不足し、有効なリンク旅行時間が得られなかった場合は、ETC車両の通過時刻データにより算出されたビーコン間旅行時間から算出する。

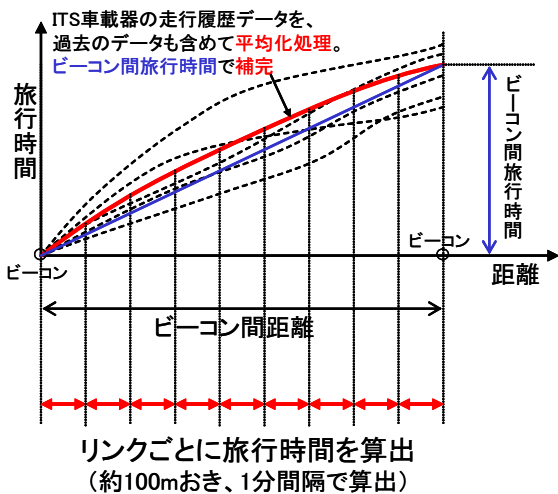


図-7 リンク旅行時間の算出

(2) 交通流異常の検出

交通流の異常について、ビーコン間旅行時間や、ITS車載器の走行履歴データ（速度変化、走行位置、加速度、角速度等）を利用し、表-2に示す5通りの判定項目により、避走や渋滞末尾等の交通流異常の検出が可能となると考えられる。具体的な判定条件については、現在検討中である。図-8および図-9に車両軌跡異常、走行軌跡分布異常の例を示した。

表-2 交通流異常の判定項目と検出概要

判定項目	検出概要
LID旅行時間異常	LIDによるビーコン間旅行時間の算出結果から旅行速度の低下や車線閉塞を判定
車両軌跡異常	過去（統計値）と現在の車両走行位置（横断方向）から異常を判定
軌跡分布異常（避走）	過去（統計値）と現在の車両走行位置分布（車線横断方向）から偏りを判定
車両挙動異常	一定時間集計した、加速度や角加速度の情報から異常値を判定
渋滞始終端（加減速）	道路リンク間において一定値以上の速度低下が発生した場合に判定

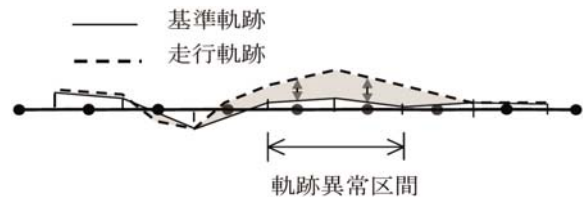


図-8 車両軌跡異常の判定

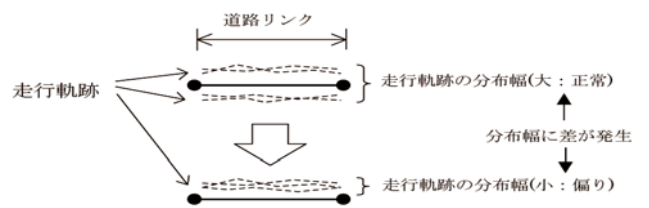


図-9 軌跡分布異常（避走）の判定

5. 今後の展開

現在は、実交通下における社会実験を計画し、本高速バス路線バスロケーションシステムの導入効果、通信方式の検証、実用化の見極め等の評価を実施する予定である。

この評価結果を踏まえ、バスロケーションシステムの導入拡大、5.8GHz-DSRCを応用した道路交通情報提供技術の開発を推進する予定である。

参考文献

1) H16国土交通省重点施策：

www.mlit.go.jp/road/road/h17juten/08.pdf

www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/09/090224/03.pdf

2) 無線設備規則：第六条別表第二号第43（最終改正）

平成一八年一月二五日総務省令第一〇号）