

走行履歴データを用いたバス優先施策の事後評価に関する研究*

Study on Post Evaluation of Bus lane system using bus probe vehicle data*

中嶋康博**, 牧村和彦**, 森川博邦***, 森本善也****, 森川高行*****

By Yasuhiro NAKAJIMA, Kazuhiko MAKIMURA, Hirokuni MORIKAWA, Yoshiya MORIMOTO and Takayuki MORIKAWA

1. はじめに

モータリゼーションの進展により、特にピーク時間帯では道路交通の需要量が供給量を上回り、道路交通環境が悪化し、それに伴いバスの定時性も低下すると同時に利用者も低下の一途を辿っている。バスを始めとする公共交通は移動制約者や地球環境の観点から重要な交通手段であることが自明である。しかし、利用者の向上には未だに抜本的な解決策が見いだせていない。中京都市圏パーソントリップ調査では昭和46年から平成13年の30年間で自動車分担率が31.3%から56.3%の1.8倍と増加したのに対し、バス分担率は6.4%から1.4%と約1/5に低下¹⁾した。この低下傾向は、中京都市圏に限らず全国の地方都市圏でも同様の状況である。これまでバスの走行環境に関する優先施策（例えばPTPS、特定時間帯のバス専用レーン化、ガイドウェイバス等）が各種行われている。それら施策の優位性は、個別に杉野²⁾、清水ら³⁾、日野ら⁴⁾等により行われているものの、評価に必要なバス旅行速度等の収集に別途調査等が必要であったため、優先施策の総括的な政策レビューは実施されていない。

一方、近年、バスロケーションシステム（以後、バスロケ）を導入する事業者が約90社と5年前の約3倍⁵⁾となった。これによりバスの走行履歴データは全国各地で蓄積されており、これらデータを活用することで、バスの走行上の障害箇所や優先方策の事後評価が可能となっている。

そこで本研究では、名古屋市営バスの走行履歴データに着目し、当該データから区間走行時間の作成方法を検討し、バス走行上の障害箇所を抽出する方法を提案する。また、中央走行バスレーン、路側走行バスレーン、非バスレーンの3区間を対象に、信頼性を考慮

した優先施策政策レビューを行うことを目的とする。

2. 旅行時間データの作成方法

本研究で用いるバス走行履歴データは、平成16年度に実験的に行っていた名古屋市営バスの緯度経度情報を持たないデータである。具体的な取得データは、“営業所番号、車両番号、行き先、時刻、停留所番号、標柱番号”である。また、取得のタイミングは、“バス停留所に停車する場合”はドア閉後約30m進んだ時、“バス停留所を停車しない場合”は運転手による次バス停留所案内のボタン操作の時に行われる(表1)。

表1 名古屋市営バスの走行履歴データ概要

	内容
期間	・2004.11.1(月)~11.30(火)
台数	・1,010台(約850台/日)
データの取得方法	・乗降客あり:バス停でのドア開閉後、バス発信後約30m時にデータ送信 ・乗降客なし:運転手のボタン操作(次バス停留所案内放送時)にデータ送信
データ取得間隔	・バス停間隔
データ項目	・営業所番号、車両番号、行き先、時刻、停留所番号、標柱番号(但し、停留所番号は、次の停留所番号)
備考	・系統データもあり。 ・1ヶ月の全データ量:約170MB/月

当該データから旅行時間データを作成する際には、評価を行う際の視覚化も鑑み、GIS(Geographical Information System)上でも活用できるよう電子道路地図(以後、DRM: Digital Road Map)を活用した旅行時間データの作成方法を提案する(図1)。

まず、DRMとバスの系統データから、分析・評価のためのDRMの作成を行う。具体的にはDRMからバスの系統となる交差点間隔の道路(以後、リンク)データを抽出し、その後、各バス停留所の場所を抽出したリンクにプロットする。

次に、走行履歴データからバス停留所間の旅行時間データの作成を行う。作成には本データの取得方法を鑑み、2つのデータクレンジングが必要である。1つ目はDRMとマッチングする前の走行履歴データの処理、

*Keywords: プローブ, 公共交通評価, 道路計画

** 正会員 (財)計量計画研究所交通研究室
〒162-0845 新宿区市ヶ谷本村町2番9号
TEL. 03-3268-9950, ynakajima@ibs.or.jp

*** 国土交通省中部地方整備局交通対策課

**** 国土交通省中部地方整備局名古屋国道事務所
交通対策課

***** 正会員 名古屋大学大学院環境学研究科

2 つ目はマップマッチング後に作成できるバス停留所間の旅行時間データでの処理である．具体的には，本データのデータ取得間隔は“バス停間隔”であるが，バス事業所のサーバに得られるデータレコードは，同一データ項目の“バス停でのバス通過時の履歴のレコード”と“15秒間隔でバス車両内のLEDに表示される次バス停案内情報提供時のレコード”の複数レコードである．そこで1つ目のデータクレンジングは，取り扱うデータを必要最小限にするため，複数の同一レコードを1レコードにする方法等を実施する．2つ目はマップマッチング後に得られる旅行時間の分布形を鑑みた上での異常な旅行時間データの削除である．今回の旅行時間データの作成では x $u-2$, $u-2$ x (x : 各サンプルの旅行時間, u : 平均旅行時間, σ : 標準偏差) を対象とし，実際は 2km/h 以下, 60km/h 以上が対象となった．

これら 2 つのクレンジングを名古屋市の主要なバス発着地である栄の 19 系統(栄着)を対象として行くと，分析に利用可能データは全 40.5 万レコード(100%)からデータクレンジング 1 後が 36.3 万レコード(89.6%)となり，データクレンジング 2 後の利用可能なデータとしては 36.2 万レコード(89.3%)となった(表 2)．

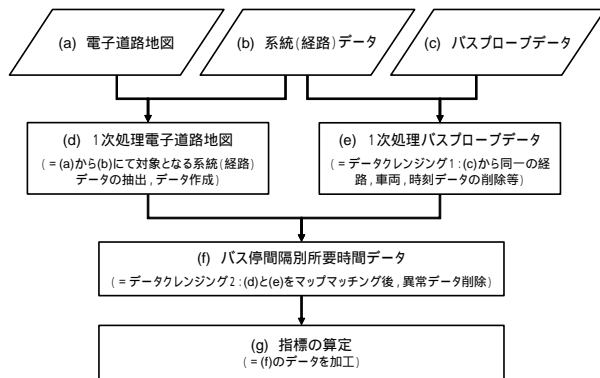


図 1 旅行時間データの作成方法

表 2 データクレンジングによるデータ量の変化

バスプローブデータ(生データ)		
40.5 万レコード (100%)	データクレンジング 1 後のデータ量	
	36.3 万レコード (89.6%)	データクレンジング 2 後のデータ量
		36.2 万レコード (89.3%)

3. バス走行上の阻害箇所の分析

バスは，走行の優先施策が実施されていない限り，道路の混雑状況等により走行性が阻害される．そのバス走行上の阻害箇所を 2 章にて作成したバス停留所間旅行時間データを用いて発見を試みる．尚，当該箇所の発見に用いる指標は，平均旅行時間を用いる．但し，

各バス停留所間旅行時間を比較するため，相対的な分析を実施する上で指標は 1km あたりの数値を用いる(式(1))．算定エリアは，図 2 に示す栄を中心とした 19 系統上り方面(栄着方面)にて実施した．

・平均旅行時間(\overline{TT}):

$$\overline{TT}^{(s \rightarrow s+1)/km} = \overline{TT}^{s \rightarrow s+1} / L^{s \rightarrow s+1} \quad (1)$$

$$\overline{TT}^{s \rightarrow s+1} = \sum_t \left(\sum_i^n TT_{t-i}^{s \rightarrow s+1} / n \right) \quad (2)$$

$$TT_{t-i}^{s \rightarrow s+1} = BST_{t-i}^{s+1} - BST_{t-i}^s \quad (3)$$

備考: 数式の変数の説明は，式 6 の後に示す．

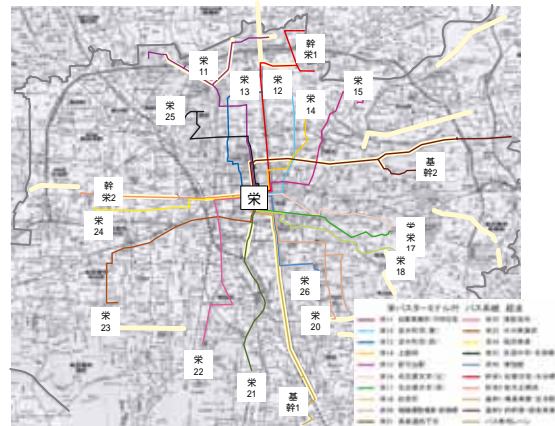


図 2 算定エリア(19 系統・上り)

算定結果を図 3 に示す．縦軸は 1km あたりの所要時間であり，縦軸の長い箇所がバス走行上で所要時間を要する箇所を示している．朝の時間帯(7:00-8:59)では，国道 41 号の黒川本通四~黒川南間, 味鏡住宅~新川中橋間, 高岳~東新町, 国道 19 号の幸心~山田間, 県道 63 号線の庄内緑地公園~名塚間等にて，走行上の阻害が発生していることが一目で確認できる．尚，実際に国道 41 号の黒川本通四~黒川南間交通状況を確認すると，交通量は 47 千台/日，混雑度 1.4，ピーク時旅行速度 13.3km/h と交通量が多く，かつ混雑している箇所であることがわかる(平成 11 年道路交通センサスデータより)．また車線区分が，黒川三丁目から黒川交差点にかけて，直線走行のレーンが 3 車線から 2 車線となり，特に直線方向に走行する車両にとっては走行性が阻害されることがわかる(図 4)．

従来はバスの走行実態を把握するため，バスに乗車し，旅行時間を人手による調査の実施や，バスの運転者からのヒアリング等によりバスの阻害箇所を把握してきたのが現実である．図 3 は分析結果の一例であるものの，客観的な情報をバス事業者，交通管理者，道路管理者が共有できるメリットは大きいと考えられる．

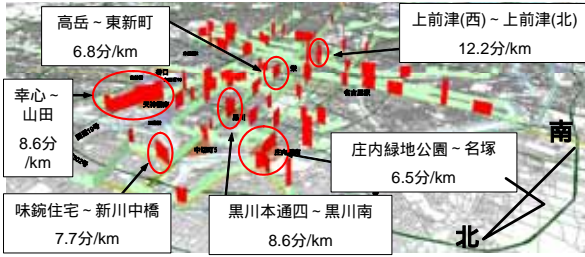


図3 バス走行上の阻害箇所(7-8時台)

【8時台の交通状況】



H11 道路交通センサ調査区間番号 1038
 ・交通量：47,460 台/日
 ・混雑度：1.4
 ・ピーク時旅行速度：13.3km/h

【車線数】

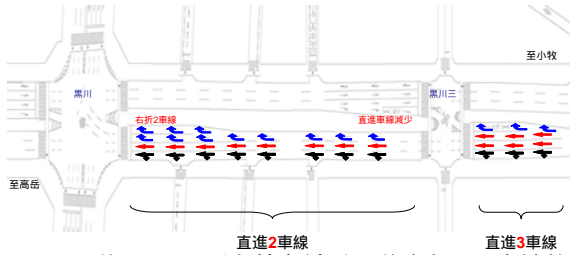


図4 国道41号黒川交差点付近の道路交通と車線数

4. 信頼性を考慮したバス走行優先施策の事後評価

名古屋市では、通勤、帰宅のピーク時間帯を対象にバスの専用レーン(中央走行タイプ、路側走行タイプ)が整備されている。これを専用レーンが整備されていない系統(栄16, 栄17)と比較し、走行性と信頼性の観点からバス専用レーンの効果を分析する。走行性は平均旅行時間(式(2)), 平均旅行速度(式(6))を用いる。信頼性はバスが時刻表通りに運行されているかが利用者にとっては重要な視点であると考え、式(4)に定義した遅れ時間割合を用いて評価を行う。ここでの遅れ時間割合とは、実データに基づいて全走行サンプルの内、時刻表から一定の時間以上遅れたサンプルの割合を示したものである。

・遅れ時間割合(RDT) :

$$RDT_t^{s \rightarrow s+1} = \sum_i^n \sigma_{t,i} \cdot DT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} / \sum_i^n DT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} \quad (4)$$

$\sigma_{t,i}$: t時, バスiの遅れがα分以上の場合・・・1

t時, バスiの遅れがα分未満の場合・・・0

$$DT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} = TT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} - BT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} \quad (5)$$

・平均旅行速度(\overline{TS}) :

$$\overline{TS}_t^{s \rightarrow s+1} = n \cdot L^{s \rightarrow s+1} / \sum_i^n TT_{t,i}^{s \rightarrow s+1} \quad (6)$$

尚, \overline{TT} : 平均旅行時間, BST : バス停での時刻,

DT : 遅れ時間, RDT : 遅れ時間割合, \overline{TS} : 平均旅行速度, L : 距離, LT : 渋滞損失時間, BT : 基準旅行時間, Q : 車種別交通量, P : 車種別平均乗車人数を指し, 上付き, 下付文字の“s: バス停, t: 時間, i: バス車両, →: 間, km: 単位距離”を示す。

事後評価の対象とした区間は、図5に示したように6km前後のほぼ同一のバス停間を抽出した区間である。尚、遅れ時間割合の算定時の遅れ時間には、時刻表から5分以上遅れた車両を対象とした。ピーク時の7-8時台の算定結果を図3aにオフピーク時の9-16時台の算定結果を図3bに示す。また中央走行タイプと栄16の旅行時間分布を図6に示す。図6の旅行時間の分布型をみると一目でバス専用レーン有の方が、走行性、信頼性が高いことが把握できる。これを具体的にバス専用レーン有無の走行性(平均旅行時間, 平均旅行速度)にて比較を行うと、栄16, 17よりも中央走行タイプは1.4~1.5倍程度走行性が高く、路側走行タイプは1.1~1.2倍程度高いことがわかる。信頼性(遅れ時間割合)では、中央走行タイプが1.9~31倍, 路側走行タイプが1.8~9.0倍高い。

また、中央走行タイプと路側走行タイプの比較を行うと中央走行タイプの方が、路側走行タイプよりも走行性では1.2~1.3倍, 信頼性では1.0~4.2倍高くなっていることがわかる(表3a, 3b)。

さらに、バス専用レーンの現在の平均旅行速度はバス専用レーンが導入される前(中央走行タイプ 14.6km/h, 路側走行タイプ 13.0km/h)²⁾より、現在も平均旅行速度は高い状況(中央走行タイプ 15.8km/h, 路側走行タイプ 14.1km/h: 7-8時台)であることもわかる。

このように走行履歴データを活用することで、施策導入初期の評価だけではなく、継続的なモニタリングや一定の期間が経過した後の事後評価、専用施策タイプ毎の横並びの評価が可能となる。また、評価結果を次のマスタープランに反映させていくことで、実効性の高い計画策定や合意形成が期待できる。

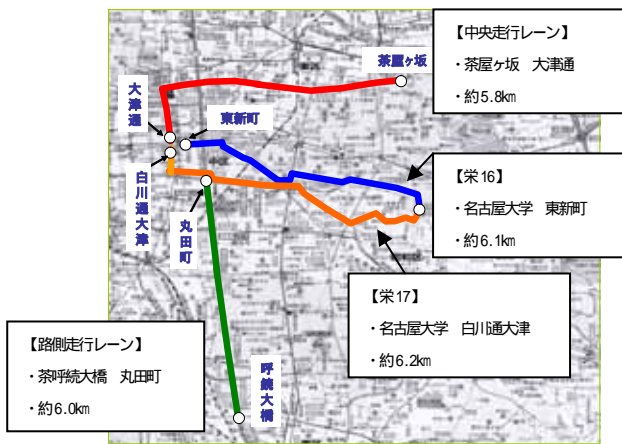


図5 検討対象とした各系統の区間

表3a バス専用レーン有無の比較（7-8時台）

	中央走行タイプ (約5.8km)	路側走行タイプ (約6.0km)	専用レーンなし	
			栄16 (約6.1km)	栄17 (約6.2km)
平均旅行時間	22.0分	25.5分 (の1.2倍)	30.7分 (の1.4, の1.2倍)	30.6分 (の1.4, の1.2倍)
平均旅行速度	15.8km/h	14.1km/h	11.9km/h	12.2km/h
遅れ時間割合	2.8%	2.9% (の1.0倍)	26.2% (の9.4, の9.0倍)	5.3% (の1.9, の1.8倍)

表3b バス専用レーン有無の比較（9-16時台）

	中央走行タイプ (約5.8km)	路側走行タイプ (約6.0km)	専用レーンなし	
			栄16 (約6.1km)	栄17 (約6.2km)
平均旅行時間	20.3分	25.9分 (の1.3倍)	30.2分 (の1.5, の1.2倍)	28.5分 (の1.4, の1.1倍)
平均旅行速度	17.1km/h	13.9km/h	12.1km/h	13.1km/h
遅れ時間割合	0.5%	2.1% (の4.2倍)	9.6% (の19.2, の4.6倍)	15.5% (の31.0, の7.4倍)

4. まとめ

本研究では、バスの走行履歴データを活用し、次の知見を得ることができた。

緯度経度情報なしのバス走行履歴データからGIS上へのマッチング方法を通じた旅行時間データへの作成方法を提案し、実際に名古屋市バス走行履歴データを用いて分析用の旅行時間データの作成の実施を行った。

による旅行時間データより、バス走行上の阻害箇所の把握し、各々の主体（バス事業者、交通行政、道路行政）にて活用可能な検討材料となることを示した。

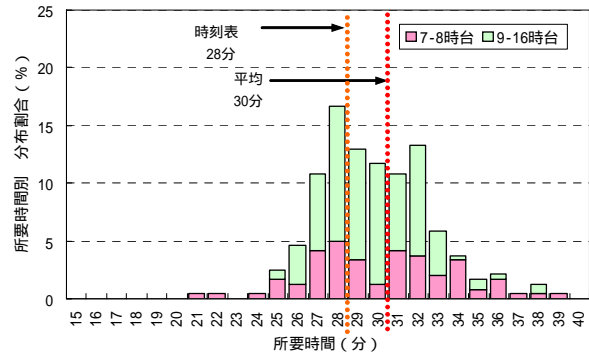
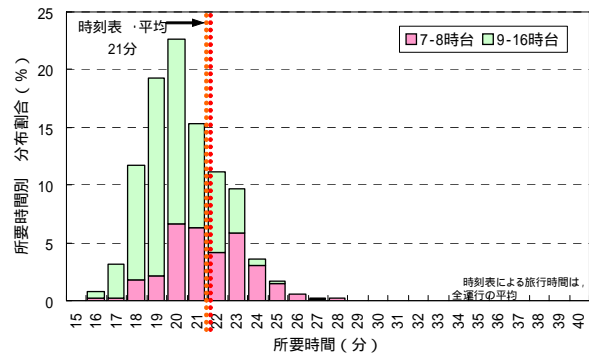


図6 旅行時間分布（上：中央走行タイプ，下：栄16）

バス走行の優先施策としてバス専用レーン（中央走行タイプ，路側走行タイプ）の評価を走行性と新たに信頼性という視点からも実施し、中央走行タイプが最も高い評価が得られた。また過去の施策実施直後のデータと比較しても現在の走行性が高いことが把握でき、モニタリングにおいてもバス走行履歴データの活用可能性を示した。

今回はバスの走行状況からの視点で分析を行ったが、道路交通を評価する上では、一般車両の走行状況も併せて評価していくことが必要であると考える。

最後に、本研究を進めるにあたり、動的交通需要マネジメント研究会（座長：森川高行教授）のメンバーの方々には貴重なご意見を賜った。データ提供を頂いた名古屋市殿、また（株）ライテック鈴木大輔様、西脇正倫様には多くのご示唆を頂いた。この紙面を借りて感謝の意を表す次第である。

参考文献

- 1) 中部圏都市圏総合都市交通計画協議会，第4回 パーソントリップ調査（平成13年実態調査）誰もが安心して移動できる中京都市圏の実現をめざして，平成16年3月
- 2) 杉野，名古屋市におけるバス輸送システムの改善策-基幹バスとガイドウェイバスについて-，土木計画学研究・論文集 No.15，1998
- 3) 清水，加藤ら，中央走行方式バスシステム導入による効果の事後評価，第32回土木計画学研究・講演集，2005
- 4) 日野ら，バス優先システム導入効果に関する事例的研究，土木計画学研究・論文集 Vol.19，2002
- 5) ODAWARA, The Present Status and Future of Probe Vehicle and Development, 12th ITS World Congress, 2005