

動線データを用いたバス走行改善の検討支援に関する研究

今井龍一¹・井星雄貴²・濱田俊一³・中村俊之⁴・牧村和彦⁵

¹正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: imai-r92ta@nilim.go.jp

²非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター 情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: iboshi-y8910@nilim.go.jp

³非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

E-mail: hamada-s8810@nilim.go.jp

⁴正会員 一般財団法人 計量計画研究所 道路計画研究室
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2番9号)

E-mail: tnakamura@ibs.or.jp

⁵正会員 一般財団法人 計量計画研究所 社会基盤・経済研究部
(〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2番9号)

E-mail: kmakimura@ibs.or.jp

本研究は、動線データ（乗用車のプローブデータ、バスICカードデータ）を活用したバス停留所付近の走行改善の検討支援策を考案し、さいたま市の全バス停留所を対象に同支援策を適用し有用性を検証した。

具体的には、さいたま市内の全バス停留所を対象に、バスICカードデータから収集されるバス停留所の乗車人員数を基に利用者数の多い停留所を抽出した。次に、利用者数の多い停留所30箇所に対して、バスICカードデータから推計したバスの走行速度および一般車のプローブデータによる走行速度などの走行状況に加え、バスサービスの実態や停留所施設の整備状況などを整理した。各整理結果に基づいて、バスおよび一般車の走行データを組み合わせた停留所付近の走行阻害要因を走行阻害率として数値化し、改善が必要なバス停留所の候補を明らかにした。

Key Words : trail data, probe data, busICdata, transportation planning

1 はじめに

人の動きを捉える動線データは多種多様な方法で収集されている。例えば、被験者が1日の行動を紙媒体のアンケート調査票に記入するパーソントリップデータ¹⁾は、都市圏の計画策定に活用されている。また、GPSによる位置特定が可能な携帯電話やカーナビゲーションから収集するプローブパーソンデータやプローブデータ²⁾、さらにバス・鉄道の交通系ICカードデータ³⁾が代表的な動線データとして挙げられる。

これまで動線データを収集・把握するのに採用されていた方法はパーソントリップ調査が主であった。近年は、多様な計測機器によってデジタル化された膨大な動線データがリアルタイムに収集されており、人の動きをマイクロに捉えられる土壌が整ってきている。例えば、鉄道事業者やバス事業者で導入されている交通系ICカードは、

全国的な普及に加え、近い将来には北海道から九州までを1枚のICカードで行き来できる相互利用が可能な環境が整うと考えられる。それに伴い収集される動線データは、様々な活用可能性を秘めている。

そうした中、大量かつ継続的に収集されている動線データを扱った既往研究に着目すると、携帯電話を活用した回遊行動の把握²⁾、パーソントリップ調査の結果に基づく人の動きの把握¹⁾、交通系ICカードデータに基づく鉄道・バスの利用者行動の把握³⁾などが報告されている。これら事例の多くは単一の動線データを利用したものとなっており、同一エリアで異なる複数の動線データを活用している事例は少ない。また、動線データの扱った既往研究は、人の動きの把握を主眼にしていることが多く、具体的な交通計画分野の活用を視野に入れた事例が現段階では少ないことも事実である。

本研究の目的は、民間プローブデータおよびバスIC

カードデータに着目し、異なる2種類の動線データを利用したバス停留所周辺の走行改善の検討支援策を考案することとした。また、さいたま市内の全バス停留所を対象に考案した支援策を適用して有用性を明らかにする。

2 動線データの既往研究と本研究の位置づけ

本研究では、民間事業者で収集されている乗用車のプローブデータ（以下、「民間プローブデータ」という。）と、バスの乗降時に収集されているバス IC カードデータとを用いたバス停留所周辺の走行改善の検討支援策を考案する。本章では民間プローブデータおよびバス IC カードデータの活用に関する既往研究を整理し、本研究の位置づけを明らかにする。

(1) 民間プローブデータに関する既往研究

自動車に限定したプローブデータに関する既往研究としては、データの取得精度や必要サンプル数の考察⁴⁾、取得したデータを地図上にマッチングする技術に基づく経路選択⁵⁾および取得したデータから交通状況特性の把握⁶⁾などが挙げられる。とくに、大量の乗用車を対象にした民間プローブデータの精度や必要サンプル数の考察は、橋本らの研究⁷⁾にてまとめられている。

(2) バス IC カードデータに関する既往研究

バス IC カードデータに関する既往研究としては、交通現象の解明、長期間のデータ特性を活かした交通調査への利用や需要推計への利用および交通計画への利用などが挙げられる。

交通現象の解明の既往研究として、岡村ら⁸⁾は、広島都市圏の共通磁気カードの乗車データ（2000年10月の1週間分）を用いて、既存交通調査データの補完代替可能性を検討している。

交通調査への利用や需要推計への利用の既往研究として、Trepnierら⁹⁾はカナダガティノ市を対象に全国世帯交通調査結果と IC カードのデータとを用いて、系統別の利用特性、利用時間帯の特性や利用者の OD 分布特性を分析している。

交通計画への利用の既往研究として、Bagchiら¹⁰⁾は、IC カードデータを用いて、英国ウエストヨークシャーのブラッドフォード地域を対象にバスとバスの乗り継ぎ特性を分析し、IC カード利用者の乗り継ぎ実態を明らかにしている。また、中島ら¹¹⁾は大阪での鉄道の新規開業路線に伴う利用者の乗車時間の変化を数値として捉えて分析し、開業路線による効果を把握している。

(3) 本研究の位置づけ

既往の民間プローブデータを用いた研究では、収集されるデータ自体の精度の検証やデータ特性の把握を目的に実施されていることが多い。また、道路事業の実施に伴う効果把握などの活用例が示されている。一方、バス IC カードデータは、大量なデータを長期間収集できる環境がようやく整いつつあり、IC カードの導入路線や開業路線の効果検証などの活用例が示されている。

これらの活用例では、単一の動線データを用いて分析しているが、同一エリアで異なる複数の動線データを複合して分析すると、公共交通計画の支援に繋がる新たな知見が得られることが期待できる。

本研究は、バス停留所周辺の走行改善の検討支援策に、2種類の動線データの各特性を活用する点に特徴がある。また、本研究により得られる知見は、全国的に広がりつつある IC カードデータの有用な可能性を示唆するものであると考えられる。

3 動線データを用いたバス走行改善の検討支援及び走行阻害箇所の抽出方法の提案

(1) 動線データを用いたバス走行改善の検討支援

従来のバス走行改善の検討事例として、新潟市オムニバスタウン計画に基づくバス停環境整備計画¹²⁾がある。同計画では、各バス停留所を現地踏査で確認し、運行路線や運行本数などのサービスレベル、バリアフリー重点地区および病院などの施設を加味した上で改善すべきバス停留所（とくに上屋の整備候補箇所）を選定している。

一方、本研究が提案する動線データを用いたバス走行改善の検討支援の手順を図-1に示す。従来手法（新潟市）では把握していない動線データによるバスの走行速度や利用者数、一般車の走行速度などの客観的なデータに基づき、走行阻害箇所を抽出していることが大きな特徴である。各 Step の内容を以下に示す。

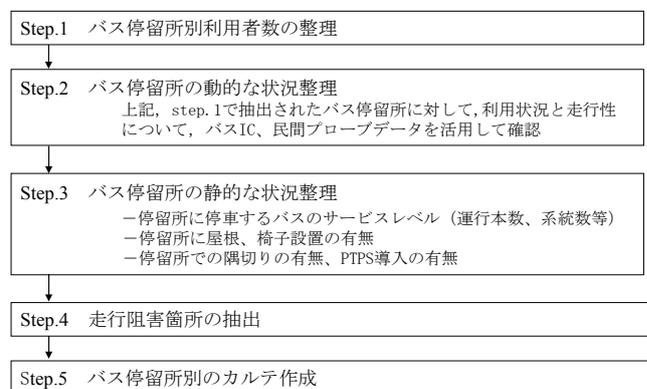


図-1 バス走行改善の検討支援の手順

a) Step.1 バス停留所別利用者数の整理

Step.1 では、バス IC カードデータを用いて各停留所別利用者数を整理する。この結果、例えばバス停留所が1,000 箇所以上存在していても優先的に整備すべきバス停留所の効率的な抽出が可能となる。

b) Step.2 バス停留所の動的な状況整理

Step.2 では、民間プローブデータとバス IC カードデータとを活用し、目的に応じた様々な指標を設定して動的な状況を整理する。具体的には、表-1 に示す 9 つの指標を動的な状況として設定した。この設定により、乗車人員の多い停留所や時間帯、天候や通勤時間帯での利用状況の違いなどが把握できる。

表-1 のバスの利用状況では、利用者数の 1 日平均や月別の指標に加えて、ベッドタウン地域の通勤時間帯の利用者数が多くなることを想定した通勤時間利用率も 1 つの指標とした。また、一般的に休日の利用者数は平日より少なくなること、雨の日の利用者数は晴れの日より多くなることが知られている。動線データを活用することで天気による利用者数の差も数値化できることから、1 つの指標として設定した。

表-1 のバス・一般車の走行性は、バス・一般車が当該バス停留所付近をどれくらいの速度で走行しているのかを捉えるために時間帯別、時間区分別を指標とした。これは、同じ箇所でも時間帯によって走行性は大きく異なるためである。

Step.2 で設定する指標は、先に示した従来手法の新潟市のバス停環境整備計画では把握することが大変困難な項目であるが、本研究のように動線データを利用すると比較的容易に作成できる。

c) Step.3 バス停留所の静的な状況整理

Step.3 では、バス停留所の運行本数、運行系統数や運行本数などのバスサービスレベルの把握や停留所の位置する道路の車線数やバスベ이의整備状況などのバス走行環境も整理する。具体的には、表-2 に示す 9 つの指標を静的な状況として設定した。

表-2 のバス運行実態では、運行事業者や運行系統の基礎情報に加えて、サービスレベルの指標となる運行本数も設定した。バスの走行環境では、バス停留所のサービスレベルの向上に係わる指標を設定した。具体的には、走行性向上に関する指標として車線数、バスベ이의整備状況、PTPS（公共車両優先システム、Public Transportation Priority System）の導入状況および優先（専用）レーンの整備状況、利便性向上に関する指標として、上屋や椅子の整備状況を設定した。

Step.2 の動的な状況は動線データを用いて整理・把握できるが、静的な状況は、実際に現地踏査する必要がある。しかし、Step.1 にて、乗車人員の多いバス停留所を先に抽出していることから、新潟市の事例のように対象

エリア内の全停留所を現地踏査しなくても、例えば乗車人員の多い停留所を対象にするなど、計画的に現地踏査ができる。

d) Step.4 走行阻害箇所の抽出

走行阻害とは、図-2 に示すようなバス停留所でのバスの停車に伴って後続車両が追越できず、渋滞が発生する箇所を指している。走行阻害箇所の抽出には、民間プローブデータおよびバス IC カードデータから集計したバス停留所リンクの旅行速度と、バス停留所直前のリンクの旅行速度とを利用する。具体的には、3 つの旅行速度を用いて、走行阻害発生率を定義する。

2 種類の動線データの 30 分ごとの旅行速度データのサンプル数を N とする。この N は対象期間（第 4 章で言う 2010 年 6 月の 1 ヶ月）のうち、2 種類の動線データがともにデータ収集された場合のみ利用する。

表-1 Step.2 停留所の動的な状況整理の項目

項目	指標	内容
バスの利用状況	利用者数の平均	当該停留所での IC カードによる利用者数を 1 日平均で平日・土曜・日祝別に算出
	利用者数の変動	当該停留所での IC カードによる利用者数を月別に整理
	通勤時間利用率 (平日)	平日の通勤時間 (7 時台～8 時台) の利用者割合を「通勤利用者数 (7 時台～8 時台計) / 平日利用者数」として算出
	休日利用率	平日と比較した土曜日、日祝の利用者割合を「土曜日の利用者数 (人/日) / 平日の利用者数 (人/日)」として算出
バス・一般車の走行性	雨天利用率	平日、土曜日、日祝別に「雨天日利用者数 (人/日) / 晴天日利用者数 (人/日)」として算出
	バスの平均旅行速度	当該停留所でのバスの平均旅行速度を朝ピーク (7・8 時台)、日中 (9～16 時台)、夕ピーク (17・18 時台)、日平均で算出
	バスの平均旅行速度の変動	平日の月別の平均旅行速度の変動、時間帯別の平均旅行時間の変動を算出
	一般車の平均旅行速度	当該停留所直前の一般車の平均旅行速度を朝ピーク、日中、夕ピーク、日平均で算出
一般車の平均旅行速度の変動	平日の月別の平均旅行速度の変動、時間帯別の平均旅行時間の変動を算出	

表-2 Step.3 停留所の静的な状況整理の項目

項目	指標	内容
バスの運行実態	運行事業者	当該停留所を走行するバス事業者
	運行系統	当該停留所を走行する運行系統数
	運行本数	当該停留所を走行する運行本数を平・土・日祝別に整理
バスの走行環境	車線数	停留所の位置する道路の車線数
	バスベイ整備状況	当該停留所にバスベイが整備されているか否か
	上屋の整備状況	当該停留所に上屋が整備されているか否か
	椅子の整備状況	当該停留所に椅子が整備されているか否か
	PTPS の導入状況	当該停留所を走行する系統が PTPS 導入路線であるか否か
	優先 (専用) レーン導入状況	当該停留所を走行する系統がバス優先 (専用) レーンであるか否か



図-2 バス停での走行阻害発生状況

時刻 t における停留所の存在するリンク i のバスおよび一般車の旅行速度，一般車の直前リンク ($i-1$) の旅行速度を次のように定義する。

$V_{t,i}^{bus}$: 時刻 t における停留所の存在するリンク i のバスの旅行速度

$V_{t,i}^{car}$: 時刻 t における停留所の存在するリンク i の一般車の旅行速度

$V_{t,i-1}^{car}$: 時刻 t における停留所の存在するリンク ($i-1$) のバスの旅行速度

定義した 3 つの旅行速度を用いて，2 つの条件式を設定する。

$$V_{t,i}^{bus} - V_{t,i}^{car} < 0 \quad (1)$$

$$V_{t,i}^{car} - V_{t,i-1}^{car} < 0 \quad (2)$$

上記条件式は，停留所リンクにおけるバスの旅行速度よりも一般車の旅行速度が小さく (式(1))，かつ一般車の旅行速度が停留所の直前リンクよりも停留所リンクが大きい (式(2)) ことを示している。(式(1)) を満たす 15 分ごとの旅行速度データのサンプル数を n としたときにバス停留所の走行阻害率を次のように定義する。

$$BlockRate = \frac{n}{N} \quad (3)$$

定義した走行阻害率は，停留所で一般車がバスを追い抜くことができずに走行阻害が発生している状況を示しており，その数値が大きいほど走行阻害が発生しやすい。

なお，実データを用いた走行阻害率の算出と算出結果の検証は第 6 章 Step.4にて論ずる。

e) Step.5 バス停留所別のカルテの作成

Step.5 では，検討結果を見える化する。具体的には，現場での使いやすさを踏まえ，Step.4 までの結果を用いて停留所別にカルテ形式で整理する。

4 さいたま市を対象にしたバス走行改善の検討支援

本研究は，さいたま市内の全バス停留所を対象に前章で提案したバス走行改善の検討支援策を適用して有用性を検証した。また，本研究は，関東地方整備局大宮国道事務所，埼玉県，さいたま市の公共交通関係各課から適宜助言を頂きながら遂行した。

(1) 分析エリアとデータ期間

分析対象エリアおよび分析データ期間を表-3 および図-3 に示す。分析データの時間帯は，バスの走行時間帯を考慮して 6 時台～22 時台を対象としている。

さいたま市では交通戦略会議を設置し，2009 年より都市交通戦略の策定を目標に検討を進めている¹⁵⁾。同戦略では，地域拠点間および隣接都市との移動性向上が位

表-3 分析対象エリアと分析データ期間

項目	内容
分析対象エリア	埼玉県さいたま市
分析データ期間	2010年6月(1ヶ月) 平日:22日, 土曜:4日, 日祝:4日

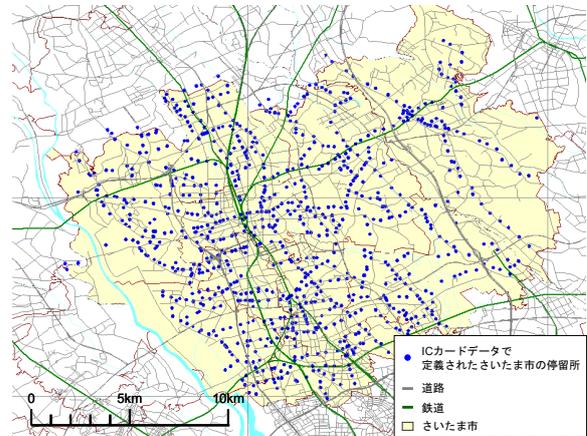


図-3 分析対象エリア (さいたま市) とバス停留所

置づけられ，速達性・定時性向上の実現を目指した施策が計画されている。

その中で公共交通としてのバスは大きな役割を果たすことが期待されている。一方，さいたま市では図-3 に示すとおり，南北に鉄道走行しており，移動しやすい環境が整備されている。しかし，大宮駅や浦和駅といった主要鉄道駅から東西方向への移動に際しては鉄道網が整備されておらず，バスに依存している状況である。そのため，バス走行環境やバス停留所の整備に対する要望は多い。しかし，市内の 1,000 箇所以上のバス停留所のどこから整備を進め，走行改善を図るべきかは交通戦略会議でも議論されていない。これらも踏まえ，本研究はバス走行改善の検討支援の対象エリアをさいたま市とした。

(2) 利用する動線データの概要

本研究で利用する動線データは，橋本ら⁷⁾，絹田ら¹⁴⁾で解説されていることから，本論文では簡潔に説明する。

a) 民間プローブデータ

乗用車に搭載されたカーナビを通じて収集されたデータであり，デジタル道路地図 (以下，「DRM」という。) のリンク単位で 5 分間隔で所要時間データが民間事業者より提供される。この所要時間データと DRM のリンク延長とを用いて，DRM リンク単位での旅行速度を算出することが可能である。

b) バス IC カードデータ

本分析で利用するバス IC カードデータは，2007 年 3 月より首都圏の私鉄・バス事業者により運行されているバスの乗降時に収集される SUICA および PASMO のデータである。2010 年 2 月時点で月当たり約 6,500 万件の

データが収集されている。データ内容としては、バスの乗降時の IC カードの運賃の支払いの際の機器へのタッチの際に乗車（降車）バス停留所や時間の移動履歴とその移動履歴に基づく DRM 間の所要時間データ（最小単位は 10 分）である。また、バス停留所位置や事業者別の運行本数や運行系統情報が収集されている。

(3) バス走行改善の検討支援の step 別の結果と考察

第 3 章にて提案したバス走行改善の検討支援の手順に沿って Step 別の実施結果および考察を以下に示す。

a) Step.1 バス停留所別利用者数の整理

バス IC カードデータを利用することで、対象エリアのさいたま市のすべての停留所の時間帯別、日別や系統別の乗車人員が収集可能であり、乗車人員の多い停留所から改善するなど効率的な方法での抽出が可能となる。その点を考慮し、本研究ではバスの乗車人員の多いバス停留所を抽出した。図-3 に示した対象エリアの全 1,116 停留所から鉄道駅を除く 802 停留所の乗車人員を集計した結果のうち、上位 30 停留所を図-4 に示す。図に示すとおり、学校・病院・役所などが上位に位置づけられること、鉄道駅を除く上位 30 停留所合計で全乗車人員の

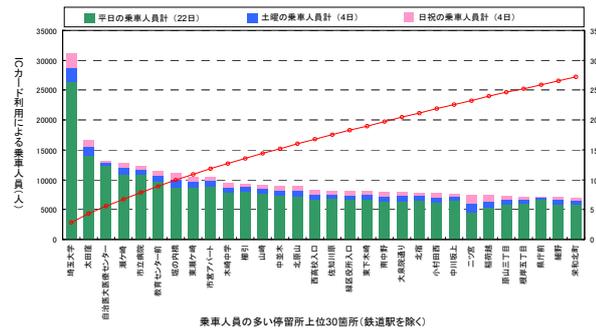


図-4 乗車人員（ICカード利用）の多い上位30停留所

表-4 利用者数に関する動的な状況の整理結果

Rank	停留所名称	利用者の平均（人/日）			通勤時間利用率		休日利用率		雨天利用率			
		平日	土曜	日曜祝日	平日	土曜	平日	土曜	日曜祝日	平日	土曜	日曜祝日
		1 埼玉大学	1,198	594	601	0.12	0.50	1.01	1.32	1.13	0.69	
2 太田窪	638	259	271	0.38	0.56	0.75	1.36	1.08	1.09			
3 自治体大坂敷センター	561	133	75	0.05	0.24	0.56	1.27	1.58	1.02			
4 龍ヶ崎	494	287	202	0.53	0.58	0.70	1.40	1.15	1.11			
5 市立病院	492	201	161	0.15	0.41	0.80	1.24	0.85	1.04			
6 体育センター前	441	258	163	0.35	0.58	0.63	1.26	0.93	1.12			
7 道の内蔵	396	337	282	0.38	0.85	0.84	1.31	0.93	0.75			
8 市立病院	394	281	181	0.49	0.71	0.62	1.41	1.19	1.20			
9 市営アパート	399	236	171	0.48	0.59	0.72	1.30	1.06	0.81			
10 本郷中学	356	233	162	0.51	0.65	0.70	1.46	1.17	0.96			
11 柳川	372	151	105	0.18	0.41	0.69	1.33	1.25	0.97			
12 山崎	351	208	137	0.50	0.59	0.66	1.33	1.07	1.12			
13 中塚本	334	221	171	0.42	0.66	0.78	1.35	1.31	0.89			
14 茅原山	330	234	177	0.43	0.71	0.76	1.39	1.15	1.13			
15 高松投入	303	219	186	0.36	0.72	0.85	1.41	0.93	1.22			
16 佐知山前	309	199	150	0.46	0.64	0.75	1.28	1.11	0.92			
17 緑区役所入口	305	191	166	0.32	0.63	0.87	1.34	0.96	1.11			
18 平下末郷	304	210	140	0.48	0.69	0.67	1.34	1.18	0.96			
19 柳中野	295	195	184	0.40	0.66	0.94	1.24	0.93	1.28			
20 大塚院通り	294	201	146	0.24	0.68	0.73	1.33	0.88	1.07			
21 北沼	296	188	130	0.46	0.64	0.69	1.23	1.08	1.04			
22 小村田西	283	194	187	0.13	0.69	0.96	1.32	0.89	1.13			
23 中川坂上	299	162	115	0.36	0.54	0.71	1.29	1.05	1.10			
24 大塚院通り	289	357	354	0.26	1.71	0.99	1.16	0.68	0.86			
25 稲原	246	233	270	0.12	0.94	1.16	1.39	1.06	1.41			
26 山崎三丁目	267	198	141	0.34	0.74	0.71	1.41	1.07	1.03			
27 柳坂五丁目	275	171	111	0.41	0.62	0.65	1.40	1.10	0.89			
28 柳川前	306	63	42	0.17	0.20	0.67	1.48	1.31	1.55			
29 稲原	272	173	113	0.63	0.65	1.45	1.45	1.08	1.08			
30 花和北町	266	176	124	0.43	0.66	0.70	1.28	0.97	0.92			

約 27% を占めていた。

Step.2 以降は、Step.1 で抽出された上位 30 停留所を対象に動的な状況整理、静的な状況整理や走行阻害箇所の抽出を実施する。なお、今回は便宜上、上位 30 停留所を対象としたが、エリア規模、停留所総数に対する停留所の割合や総乗車人員に対する乗車人員割合などの条件によって分析対象の停留所数を選定することが望ましい。

b) Step.2 バス停留所の動的な状況整理

表-1 に示した指標のうち、利用者数に関する動的な状況の整理結果の一部を表-4 に示す。この表のように旅行速度データを整理することで、図-5 のようなバス停留所別・別の旅行速度を視覚的にわかりやすい形で作成することが可能となる。例えば、日別の利用者数を示した図-5 の太田窪停留所は、平日 1 日あたり約 640 人のバス利用者が存在していた一方で、休日では約 300 人弱と平日の 5 割程度の利用者数であることが把握できた。

表-1 に示した指標のうち、旅行速度に関する動的な状況の整理結果の一部を表-5 に示す。この表のように旅行速度データを整理することで、図-6 のようなバス停留所別・時間区分別の旅行速度を視覚的にわかりやすい形で作成することが可能となる。図-6 より、太田窪

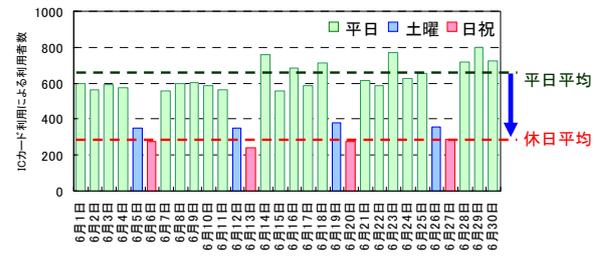


図-5 太田窪停留所における平日休別利用者数

表-5 旅行速度に関する動的な状況の整理結果

Rank	停留所名称	バスの平均旅行速度						一般車の平均旅行速度					
		平日		土曜		休日		平日		土曜		休日	
		平日	土曜	平日	土曜	平日	土曜	平日	土曜	平日	土曜	平日	土曜
1	埼玉大学	15.3	15.0	14.4	14.8	14.0	14.7	18.2	18.9	21.0	21.3	21.4	
2	太田窪	13.0	14.4	13.3	13.8	14.7	20.0	18.1	13.2	21.9	18.8	17.3	
3	自治体大坂敷センター	12.6	13.0	13.3	13.1	13.9	28.8	24.5	22.8	26.3	26.4	24.8	
4	龍ヶ崎	14.1	15.6	15.7	16.0	15.7	15.8	27.8	31.1	36.3	33.1	33.9	
5	市立病院	12.9	14.0	12.4	14.1	14.3	15.5	30.0	24.3	27.9	28.1	32.4	
6	体育センター前	14.3	16.1	15.1	16.3	17.1	17.7	28.1	28.2	30.9	31.2	39.6	
7	道の内蔵	17.2	17.8	18.1	18.3	18.5	18.1	38.8	24.5	22.8	26.3	24.8	
8	市立病院	15.6	16.9	14.8	16.7	16.0	17.0	21.5	23.0	21.1	25.1	24.2	
9	市営アパート	11.7	14.1	11.9	13.7	13.4	14.7	20.9	22.5	20.7	21.4	21.8	
10	本郷中学	15.4	15.0	14.0	15.6	14.6	15.4	24.0	18.4	16.1	25.3	22.7	
11	柳川	12.1	15.7	13.5	15.1	15.9	16.4	13.8	24.3		14.0	22.0	
12	山崎	17.2	17.7	17.9	18.3	18.0	18.3	33.3	31.1	31.0	36.1	34.9	
13	中塚本	15.6	17.3	16.2	17.2	16.8	17.1	21.5	23.0	21.1	25.1	24.2	
14	茅原山	14.9	15.6	15.7	15.9	16.0	15.9	28.8	24.3	22.8	26.3	26.4	
15	高松投入	16.0	16.5	16.7	17.2	15.4	15.7	22.4	21.0	20.1	24.6	24.3	
16	佐知山前	15.6	16.9	14.8	16.7	16.0	17.0	21.5	23.0	21.1	25.1	24.2	
17	緑区役所入口	11.7	14.1	11.9	13.7	13.4	14.7	20.9	22.5	20.7	21.4	21.8	
18	平下末郷	15.4	15.0	14.0	15.6	14.6	15.4	24.0	18.4	16.1	25.3	22.7	
19	柳中野	12.1	15.7	13.5	15.1	15.9	16.4	13.8	24.3		14.0	22.0	
20	大塚院通り	17.2	17.7	17.9	18.3	18.0	18.3	33.3	31.1	31.0	36.1	34.9	
21	北沼	15.6	17.3	16.2	17.2	16.8	17.1	21.5	23.0	21.1	25.1	24.2	
22	小村田西	13.7	13.6	12.3	13.6	14.2	15.0	28.4	22.7	21.4	25.2	23.4	
23	中川坂上	14.7	15.6	15.8	16.0	14.8	16.3	31.6	29.1	26.9	32.8	35.1	
24	大塚院通り	13.8	14.7	14.2	14.7	14.5	15.1	27.8	31.1	29.2	33.1	33.0	
25	稲原	11.5	12.7	11.3	12.7	12.5	12.7	20.9	22.5	20.7	21.4	21.8	
26	山崎三丁目	15.5	16.1	15.0	16.5	17.1	17.6	30.7	26.6	25.1	27.7	26.4	
27	柳坂五丁目	22.9	25.6	27.4	28.9	26.0	22.7	33.6	38.9	37.4	41.5	40.9	
28	柳川前	13.9	15.9	17.3	16.6	16.4	17.0	33.5	31.0	30.7	35.2	32.3	
29	稲原	15.1	14.9	13.5	15.3	14.3	15.1	24.0	18.4	16.1	25.8	23.7	
30	花和北町	14.5	15.0	14.1	14.4	15.1	15.9	29.7	27.1	25.9	32.8	30.2	
31	柳川前	13.2	13.8	14.2	14.4	14.7	15.5	19.6	19.9	19.6	20.5	21.9	
32	稲原	15.2	16.4	15.0	16.3	16.2	16.4	36.3	31.1	29.8	35.9	35.1	
33	花和北町	13.3	13.8	13.0	13.7	13.1	13.9	21.8	21.0	19.5	24.5	21.8	

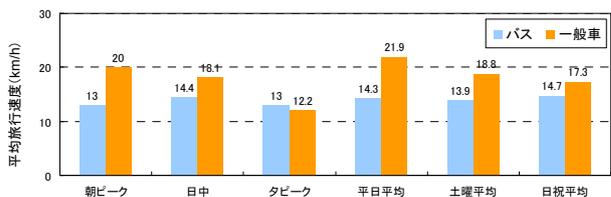


図-6 太田窪停留所における時間区分別平均旅行速度

停留所では平日朝夕ピーク時の旅行速度が低いことと、平日夕ピーク時の一般車はバスの旅行速度と同程度であることが把握できた。

上記の利用者数、旅行速度の分析結果から、動線データを活用すると、バス停留所の状況を数値化して整理できるとともに、図表化（見える化）によって実際の現象の把握が容易になったと言える。

c) Step.3 バス停留所の静的な状況整理

表-2 に示した指標のうち、さいたま市の鉄道駅を除いた乗車人員の多い太田窪停留所の静的な状況の整理結果を図-7 に示す。表中の運行系統数、バス委の走行環境の各項目は現地調査を踏まえて整理している。

d) Step.4 走行阻害箇所の抽出

Step.2 で整理した動的なデータを用いて、バス停留所の走行阻害箇所として、乗車人員の多い上位 30 停留所の走行阻害の発生率を全日（分析対象期間の 1 時間ごとの数値）、朝ピーク、夕ピークおよび雨天時の 4 つのカテゴリ別に算出した（表-6 参照）。なお、表中に走行阻害の発生率が算出できないバス停留所が存在しているが、停留所位置が病院や学校の敷地内に存在し、一般車の旅行速度データが収集できていないことが原因である。

バスの運行実態	事業者	国際興業株式会社				
	系統数	9系統				
	運行系統数	系統	起点・終点	運行本数(2010年10月時点)		
				平日	土曜	休日
	浦50	浦和駅東口～南浦和駅西口	65	52	47	
	浦50-2	浦和駅東口～二十三夜坂下	4	3	2	
	浦51	浦和駅東口～北浦和駅東口	28	25	24	
	浦51-2	浦和駅東口～北浦和駅東口	6	6	6	
	浦51-3	浦和駅東口～北浦和駅ターミナル	12	12	12	
	浦04	浦和駅西口～北浦和駅	58	32	32	
浦04-2	浦和駅西口～馬場折返場	58	50	56		
浦04-3	浦和駅西口～さいたま東営業所	20	15	15		
浦05	浦和駅西口～明花	9	3	2		
バスの走行環境	車線数	片側1車線	PTPS対象	○		
	バスベイ整備	×	優先(専用)レーン	×		
	上屋の整備	×	公共交通幹線軸	×		
	椅子の整備	×				

図-7 太田窪停留所の静的な状況の整理結果

Rank	停留所名称	走行阻害発生率			
		全日	朝ピーク 7・8時台	夕ピーク 17・18時台	雨天時
2	太田窪	0.32	0.25	0.62	0.30



図-8 走行阻害発生率の高い太田窪停留所の状況

表-6 の走行阻害発生率の数値が大きい箇所は、バス停留所にバスが停車している際に一般車が追い抜けない状況が発生していることが想定される。本研究では、実際に走行阻害の発生率が高い停留所、低い停留所に対して走行阻害の発生状況を現地踏査し、走行阻害発生率と実際の走行阻害とを比較検証した。

本論文では、現地踏査した特徴的な停留所として、ランク 2 の太田窪停留所、ランク 6 の教育センター前停留所の状況を概説する。走行阻害発生率の高い太田窪停留所は、交差点間隔の短い場所に位置している上に、片側 1 車線であることから、後続車の追い抜きができずに走行阻害が発生している状況が確認できた（図-8 参照）。また、走行阻害発生率の低い教育センター前停留所では、太田窪同様に片側 1 車線道路であるが、バス停部分で隔切られており、バス停車時でも後続車両の追越が可能であることが確認できた（図-9 参照）。

e) Step.5 バス停留所別のカルテ作成

Step.4 までの結果を用いてバス停留所別にカルテ形式で整理した。図-10 はカルテ例を示しており、バス停留所別の状況把握が容易となり、現場でも使いやすさも想定して作成している。カルテに掲載する内容としては、

表-6 乗車人員の多い 30 停留所における走行阻害発生率

Rank	停留所名称	走行阻害発生率			
		全日	朝ピーク 7・8時台	夕ピーク 17・18時台	雨天時
1	埼玉大学	0.16	0.46	0.33	0.40
2	太田窪	0.32	0.25	0.62	0.30
3	自治医大医療センター	-	-	-	-
4	瀬ヶ崎	0.11	0.00	0.18	0.60
5	市立病院	0.00	0.00	0.00	0.00
6	教育センター前	0.04	0.03	0.00	0.04
7	堀の内橋	0.00	0.00	0.00	0.00
8	東瀬ヶ崎	0.20	0.00	0.24	0.80
9	市営アパート	0.14	0.25	0.00	0.00
10	本崎中学	0.10	0.00	0.12	0.40
11	櫛引	0.19	0.32	0.20	0.25
12	山崎	0.15	0.32	0.17	0.25
13	中並木	-	-	-	-
14	北原山	0.12	0.17	0.24	0.20
15	西高校入口	-	-	-	-
16	佐知川原	-	-	-	-
17	緑区役所入口	0.01	0.00	0.00	0.00
18	東下木崎	0.18	0.32	0.29	0.25
19	南中野	0.22	0.27	0.24	0.18
20	大泉院通り	0.08	0.14	0.07	0.17
21	北宿	0.00	0.00	0.00	0.00
22	小村田西	-	-	-	-
23	中川坂上	0.12	0.00	0.20	0.17
24	二ツ宮	0.09	0.17	0.17	0.12
25	稲荷越	0.00	0.00	0.00	0.00
26	原山三丁目	0.12	0.13	0.24	0.20
27	根岸五丁目	0.06	0.04	0.02	0.06
28	県庁前	0.20	0.08	0.25	0.17
29	細野	0.01	0.00	0.02	0.00
30	栄和北町	0.08	0.09	0.18	0.10

Step.2 のバス停留所の動的な状況の整理で動線データにより数値化した結果をわかりやすい表現となるよう図表を用いて示したものである。この動線データを活用した乗車人員や旅行速度の整理自体も、従来のバス走行環境整備計画では困難であった内容であり、実現象を数値化していることに大きな意味があるといえる。

なお、図-10 記載のバス停留所の評価内容は、関係者間で合意形成を得たものではないことに留意されたい。

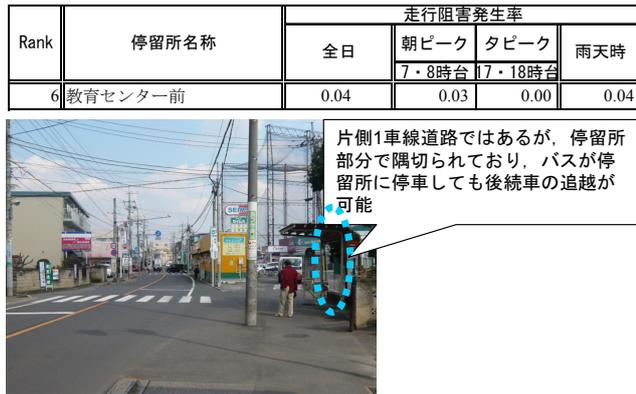


図-9 走行阻害発生率の低い教育センター前停留所の状況

5 おわりに

本研究は、複数の動線データ（バス IC データ、民間プローブデータ）を活用したバス停留所周辺の走行改善の支援策を提案した。そして、さいたま市の全バス停留所を対象に考案した支援策を適用して有用性を検証した。

具体的には、動線データを用いたバス停留所の走行阻害箇所の抽出結果および抽出されたバス停留所の現地踏査の結果から、実際に走行阻害が発生していることが確認できた。バスの走行改善の検討支援の最終的な成果として、現場で利用しやすい各停留所の状況を示すカルテの作成を提案した。今後は、カルテを用いて関係部署で協議し、必要に応じて修正・洗練を図った上で、走行改善が必要なバス停留所に適切な施策の実施が期待される。

さらには、本研究で提案した支援策は汎用性が高く、分析で利用する2種類の動線データも全国各地で収集できる環境が整いはじめている。このことを踏まえると、全国各地で同様の手順や方法に基づき、動線データを用いたバス走行改善の検討支援（本研究で提案した支援策）の展開が期待される。



図-10 Step.1～4の結果を用いて作成したバス停留所別のカルテ例

謝辞：本研究の遂行にあたり、埼玉県県土整備部道路政策課、埼玉県企画財政部交通政策課、埼玉県都市整備部都市計画課、さいたま市都市局都市計画部都市交通課、関東地方整備局大宮国道事務所計画課の各氏からは、第4章の検討に必要な動線データの提供とともに、貴重なご意見・示唆を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 例えば、関本義秀，田中洋一，水上博，柴田尚規，山田晴利：車線レベルの位置特定に向けたセンサとインフラの協調に関する基礎的検討，交通工学 Vol.45, No.3, pp.50-60, 2010.
- 2) 例えば，川崎洋輔，羽藤英二：プローブパーソン調査データを用いた時空間行動変容解析，土木計画学研究・講演集，Vol.30, 2004.
- 3) 例えば，北野誠一，中島良樹，井料隆雅，朝倉康夫：交通系ICカードデータを用いた長期間の鉄道利用履歴の分析，土木計画学研究・講演集，Vol.37, 2008.
- 4) 例えば，石田東生，三浦裕志，岡本直久，古屋秀樹：高度情報機器を用いた走行速度調査における抽出率の検討，土木計画学研究・論文集，Vol.18, pp.81-88, 2001.
- 5) 例えば，三輪富生，森川高之，岡田良之：プローブカーデータによるOD表の作成と経路選択行動に関する研究，第1回ITSシンポジウム，pp.591-596, 2002.
- 6) 例えば，田宮佳代子，瀬尾卓也：プローブカーデータを活用した都市内一般道路のQ-V特性について，土木計画学研究・講演集，Vol.25, pp.599-602, 2002.
- 7) 橋本浩良，河野友彦，門間俊幸，上坂克巳：交通円滑化対策のためのプローブデータの分析方法に関する研究，平成22年度国土技術研究会，2010.
- 8) 岡村敏之，藤原章正，小山健：共通磁気カードデータを用いた公共交通の利用特性分析の可能性，土木学会第56回年次学術講演会，pp.176-177, 2001.
- 9) Trepanier, M., Morency, C., Blanchette, C.: Enhancing household travel surveys using smart card data, *Transportation Research Board 88th Annual Meeting Compendium of Papers DVD*, 2009.
- 10) Bagchi, M., White, P. R.: What role for smart-card data from bus systems?, *Proceedings of the ICE - Municipal Engineer*, Vol.157, Issue 1, pp.39-46, 2004.
- 11) 中島良樹，北野誠一，日下部貴彦，朝倉康夫：鉄道系 ICカードデータを用いた新規開業による行動変化の実証分析，土木計画学研究・講演集，Vol.40, 2009.
- 12) 新潟市バス停環境整備検討部会：新潟市バス停環境整備計画（都市交通システム整備事業計画），2007.
- 13) 都市交通戦略協議会：さいたま市都市交通戦略（案），都市交通戦略協議会第2回合同委員会資料，2011.
- 14) 絹田裕一，矢部努，中嶋康博，牧村和彦，斎藤健，田中倫英：バスICカードデータから所要時間及び移動履歴へのデータ変換方法に関する検討，土木計画学研究・講演集，Vol.38, 2008.

SUPPORT MEASURES FOR TRANSPORTATION PLANNING WITH TRAIL DATA

Ryuichi IMAI, Yuki IBOSHI, Syunichi HAMADA,
Toshiyuki NAKAMURA and Kazuhiko MAKIMURA