

バス運行データを用いた路線バスの運行評価に関する研究 Bus Performance Assessment Based on Bus Traveling Data

頭川 正信* 高野 伸栄** 萩原 亨***

Zukawa Masanobu Shin-ei Takano Toru Hagiwara

1. はじめに

図1は、路線バスの運行時間に影響を及ぼす要因を構造化したものである。中村¹⁾らは、バス運行データを用いて図1の「間接要因」について分析を行った。バス運行データとして区間別の所要時間を用いた。Levison²⁾は、バス運行データを用いて運行時間に占める各要因の構成率について検討し、「交通制御」と「停車（バス停）」が大きな要因であるとした。Rouphail³⁾及び Khasnabis⁴⁾は、「直接要因」である「交通制御」について交通流シミュレーションを用いて検討した。バス優先制御の信号によってバスの遅れが短くなり、しかも他の交通に遅れを及ぼすことはなかったとの結果を示した。これらの研究は、道路交通による混雑と乗降がバス運行に与える影響が大きいことを示し、バス運行の改善点と改善する手法について述べている。しかし、「交通制御」が実際のバス運行に与える影響について、バス1便1便の詳細な走行挙動記録データを基礎に運行実態について分析した例は少ない。

本研究は、公共車輦優先システム（以下「PTPS」という）⁴⁾が実際に稼動した点に着目し、
・PTPSを用いた「交通制御」がバスの運行に及ぼす影響
・PTPSにおいて収集されたバス運行データから「交通制御」と「停車」が運行時間に与える影響と運行時間の変動に与える影響
について分析を行なった。これらの分析結果を用いて、安定した路線バスの運行にとってどのような対策が有効であるかについて提言する。

2. バス運行に関するデータ収集

2. 1 PTPS の概要

PTPSは、バス等の大量輸送機関の優先通行を確保、

Key Words: 公共交通運用、ITS、交通制御

* 正員 東日本旅客鉄道株式会社

** 正員 北海道大学大学院工学研究科・都市環境工学専攻

*** 正員 北海道大学大学院工学研究科・都市環境工学専攻

(〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目、TEL:011-706-6214

FAX:011-726-2296 E-mail:hagiwara@eng.hokudai.ac.jp)

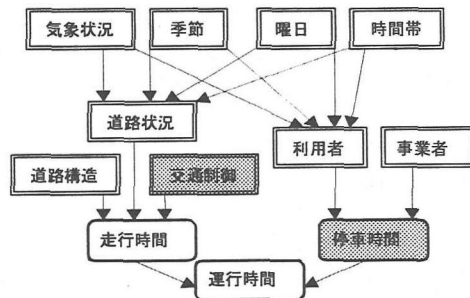


図1 バスの運行に関わる要因

効率的な運用及び利便性の向上を支援するシステムとして位置づけされている。平成8年4月に札幌市内の国道36号線月寒中央通11丁目～南4条西3丁目5.7kmの都心向き車線に導入され、その後平成9年2月より清田区真栄～南4条西3丁目10.3kmに延長された⁵⁾。バスレーンに加え、朝ラッシュ時(7:30～9:00)に路側に設置した光ビーコンとバスに搭載した車載機との間で光通信を行うことで①バスの信号待ちをなくすように信号機の青延長や赤短縮（それぞれ最大5秒）を行い、②次のバス停まで無停車で走れる速度や主要目的地までの予想所要時間をバスに伝達し、③バスが安全に右折できるようにバス専用右折信号の制御を行ない、④バス停にバスの接近を表示する、というシステムである。

2. 2 光ビーコンによるバス運行データ

表1は、国道36号線において設置された光ビーコンの位置と対応する停留所番号及び停留所間番号を示している。PTPSで用いられている路側の光ビーコンは、各停留所の前後に設置され、都心向きの便の車両番号・通過時刻を秒単位で終日デジタル値として記録している。これを用いて①停留所の前後に設置された光ビーコンの通過時間の差（停留所における滞在時間）と②停留所の直後にある光ビーコンと次の停留所の直前にある光ビーコン間の時間差（停留所間の移動時間）を求めた。停留所の滞在時間には停留所前後の光ビーコン間の走行時間と停留所の停車時間が含まれ、停留所間の移動時間には光

ビーコン間の走行時間と走行中の赤信号などによる停車時間が含まれる。また、光ビーコンデータの誤検知率について調査を行った。欠損率を含めた誤検知率は2%前後となっていた。

2. 3 バス運行データの解析期間

本研究では平成8年9月第1週平日(9/2-9/6)および平成9年1月第1週平日(1/7-1/12)の計50,352観測のデータを対象に分析を行なった。9月の平日は、年間で最も交通需要が安定している。なお調査対象期間の天候は、小雨に見舞われた日が数日あったものの概ね晴天であり、路面状況は良好であった。1月は冬期間を想定したが、雪氷が少なく、夏期と同様な交通状況であった。また、時間帯区分は以下のように定義した。

- ・朝ラ：7:31～8:45
- ・日中：8:46～16:30
- ・夕方：16:31～19:00

3. 運行実態

3. 1 PTPS 区間全体

図2は、バス停1からバス停11まで運行した便の総運行時間の平均値と変動係数を時間帯別に集計した結果である。9月と1月の各種時間データに大きな違いはなかった。9月の平均運行時間は、日中が最短であり、朝ラッシュ時・夕方の順となった。1月は、夕方の平均運行時間が最も短くなった。両月とも、移動時間が総運行時間の約8割、停車時間が約2割となった。時間帯による差は、時間及び変動の両者において小さかった。朝の移動時間は、昼及び夕方とほとんど同じであり、朝ラッシュの影響は見られなかった。停車時間は、昼間に最大となり、1月の方が9月よりもすべての時間帯において長くなっていた。

運行時間の変動係数は、朝ラッシュ時が最も高く、日中・夕方と低下した。滞在時間の変動係数は、移動時間の2倍となっていた。滞在時間の標準偏差は、移動時間の6～8割程度の値となった。運行時間に占める滞在時間の影響は小さいが、運行時間の変動に占める滞在時間の影響は大きいと言えた。

3. 2 停留所間の移動時間

図3(a)、(b)は、9月の各区間における停留所間の移動時間の平均値と変動係数を求めた結果である。9月と1月は、ほとんど同じ値と傾向を示した。平均値については都心近くの一部区間(豊平3条8

表1 光ビーコンの設置位置と番号

バス停名称	収集	番号	信号	区間
バス停	バス停	バス停	機数	距離(km)
月寒中央11	出	***	1	0.317
月寒中央10	入	1	2	0.527
月寒中央駅前	入	2	3	0.352
月寒中央4	入	3	4	0.336
月寒中央2	入	4	5	0.312
豊平郵便局	入	5	6(1)	0.191
美園3条6	通過	***	6(2)	0.249
美園3条4	入	6	7	0.678
豊平3条12	入	7	8	0.692
豊平3条8	入	8	9	0.491
豊平3条4	入	9	10	0.326
豊平橋	入	10	11(1)	0.33
南4条東4	通過	***	11(2)	0.313
南4条東1	入	11	12	0.977
北大通西3	***	***	9	

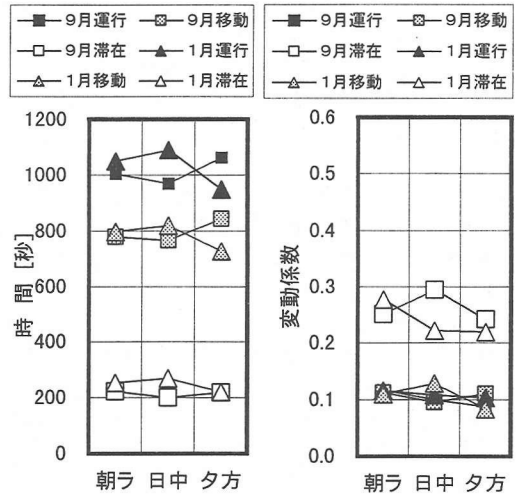


図2 全区間の運行・移動・滞在時間と変動係数

(L09)～南4条東4(L11(1)))において朝が最も速くなっていた。9月夕方の運行時間において移動時間が伸びていた。豊平橋を先頭とする渋滞が原因となっていた。変動係数については郊外部で朝の変動が最大になるのに対し、都心近くの一部区間(豊平3条8(L09)～南4条東4(L11(1)))では日中の変

動が最大になっていた。

図4(a)、(b)は、停留所間の移動時間分布を示した結果である。移動時間の分布は、2つに分かれた。2つの分布の時間差は、この区間における信号停車時間にほぼ等しかった。移動時間の短い側の分布は信号で停車しなかった便を、長い側の分布は信号で停車した便と言えた。図4(a)(L02)では朝ラッシュ時の信号停車回数が日中よりも少ない便の割合が多くなっていた。しかし、図4(b)(L08)ではほとんど同じとなっていた。朝ラッシュ時に短い信号待ちが多くなる場合と、ほとんど両者に差がない場合があった。朝ラッシュ時に長い信号待ちが増える場合はなかった。

3. 3 停留所の滞在時間

図5(a)、(b)は、各停留所における滞在時間の平均値と変動係数である。平均値については一部の停留所(S05、S10)を除けば利用者の多い朝が最も長かった。変動係数は朝よりも日中、夕方の方が大きくなっていた。全体に9月よりも1月の滞在時間が長くなっていた。

停留所の滞在時間分布を計算した。滞在時間の分布は停留所を通過する便の分布と乗降を伴う便の分布に別れた。例えば乗降者が1名であっても停車する便と通過する便とでは停留所の滞在時間に大きな差があった。朝は乗客数が多いため滞在時間の平均値は大きい。通過する便が少なく変動係数は小さくなった。日中は、停留所を通過する便の割合が朝よりも増加し、滞在時間の平均値は小さくなっていた。

4. 考察

バス専用レーンと PTPS は、停留所間の移動時間による遅れを最小かつ一定とするために有効と言えよう。バス専用レーンと PTPS によって朝ラッシュ時は道路が最も混雑する時間帯であるが、移動時間及び変動係数が他の時間帯とほぼ同じとなっていた。9月の夕方において、道路交通混雑のため移動時間低下が見られ、その変動係数も増加した。バス専用レーンの効果は、車輛の地点速度からも検証できた。車輛感知器データ(98/8/7)から、バス専用レーンの地点速度は、一般車線の約2倍となっていた。PTPSの効果は、信号停止回数の減少にある。前述の地点速度調査から、3つの時間帯においてバス走行車線の地点速度はほぼ同じと言えた。図4に示す移動時間分布の比較から、移動時間の短い分布が信号停止

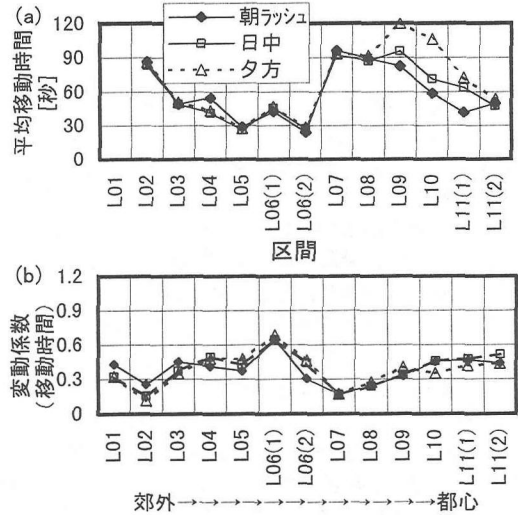


図3 9月における停留所間の移動時間と変動係数

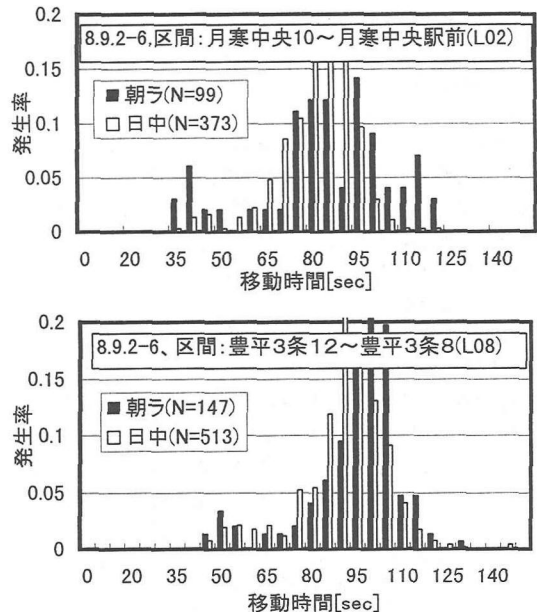


図4 区間L02とL08の移動時間分布(9月)

しなかった便が多くなることが期待される。しかし、図4に示すように効果的であった交差点と効果が顕著でなかった交差点があった。バス路線(国道36号線)を横切る交通流との関係があり、一概に優先するシステムではないことを考慮する必要があるが、運用手法に検討の余地はあろう。ただし、バス専用

レーンとの組み合わせでなければ、Rouphail ら³⁾の研究でも示された通り、PTPS の効果はほとんど失われてしまう。

滞在時間の変動は、運行時間全体の変動に与える影響が大きかった。また、バスレーンと PTPS による移動時間の安定が、滞在時間変動を抑制していたと言える。滞在時間の変動は、乗降客の人数に起因する。乗降人数と乗降時間についての実態調査結果は、乗降人数と乗降時間の相関性の高さを示した。一方、乗車（降車）人数は、車輛の到着時刻間隔に影響される。PTPS データから到着待ち時間を求め、滞在時間との関係を調べた。朝ラッシュ時間帯において到着時間が長くなると滞在時間が長くなった。日中及び夕方時間帯では、その影響はほとんど見られなかった。朝ラッシュ時の到着時間の遅れは、滞在時間の遅れに直結すると言えた。しかし、実際には、バス運行の課題であるダング運転も、朝ラッシュ時に若干見られた程度となっていた。バスレーンと PTPS により朝ラッシュ時には極端な移動時間の遅れがなく、到着時間が一定となり、乗降人数のバラツキを小さくしていたと言えよう。

5. まとめ

PTPS によりサンプリングされたバス運行データを用いた調査の特色は、移動時間・滞在時間に分離することでバスの遅れの発生要因について踏み込んだ分析が行えるようになった点であろう。本研究で行った調査結果を基に、安定したバス運行に有効な対策をまとめる。

- ・ 停留所間移動時間の増加要因として交通混雑による走行速度の低下と途中の信号停車がある。前者についてはバスレーンの導入によって走行速度を向上することができる。後者については PTPS の信号制御によって信号待ち停車時間を短縮することができる。しかし、PTPS 自体の時間制御は限られており、バスレーンのような劇的な効果は期待できない。PTPS はバスレーンと組み合わせて使われるシステムであり、効果的な運用場面について細かい検討を行う必要がある。

- ・ 停留所の滞在時間は、停留所停車便と通過便の混在が変動に与える影響が大きい。また、停留所に停車することによって所要時間が大きく増加する。前者については、ある一定区間において時間調整を行う運行計画が有効である。後者については、停留所を通過する快速便を運行し、バス同士の追い越しが行える設備を設けるシステムの導入が考えられる。

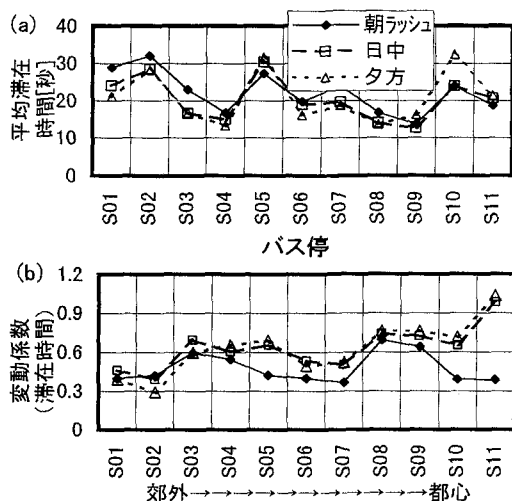


図5 各停留所における滞在時間と変動係数(9月)

また停留所では速やかに乗降を済ませられるように設備・施設の改善が必要である。

最後に PTPS 関連データの入手に当たり、北海道警察交通管制課の増山芳邦課長はじめ関係者の方々には大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中村文彦、新谷洋二、太田勝敏、バス運行実績データを用いたバス運行状況に関する分析、土木学会第41回年次学術講演会、pp.247-248、1986
- 2) Herbert S. Levinson, Analyzing Transit Travel Time Performance, TRB, Transportation Research Record 915, pp.1-6
- 3) Nagui M. Rouphail, Operational Evaluation of Bus Priority Strategies, TRB, Transportation Research Record 994, pp.30-34
- 4) Shehamay Khasnabis and Rama K. Rudraraju, Optimum Bus Headway for Preemption (A Simulation Approach), TRB, Transportation Research Record 1603, pp.128-136, 1997
- 5) 岡田義昭、公共車輛優先システム (PTPS) 及び車輛運行管理システム (MOCS) の運用状況、月刊交通、97年12月号、pp.6-12、1997