

## バス関連施策の社会的費用低減効果の比較\*

### Comparison of Social Cost Reduction of Bus Priority Measures\*

玉澤 学\*\*・徳永幸之\*\*\*

By Manabu TAMAZAWA\*\*・Yoshiyuki TOKUNAGA\*\*\*

#### 1. はじめに

自動車交通の増加による都市内道路の渋滞は近年ますます深刻化しているが、多くの都市において道路整備や鉄道整備が困難な状況にあることから、その対策としてはバス専用レーンの導入やバスペイの設置といった道路交通空間の再配分による対応に限られることが多い。しかし、どのような交通条件においてどのように道路空間を配分すればいいかについては十分に議論されているとは言いがたい。例えば、バス専用レーンの導入基準として、バス平均乗車人数に関わりなく1時間50本以上といった画一的な基準が適用されていたり、1人しか乗車していない乗用車と50人乗車しているバスとでは輸送効率が全く異なるにもかかわらず、バスレーンだけ空いて見えるという道路空間占有率のみでバスレーンは非効率であるという批判を受ける場合もある。

道路交通空間の再配分を考える際には、朝倉<sup>1)</sup>が指摘するように、交通システム全体として交通所要時間が最小となる公共交通の利用割合を実現するための輸送頻度や料金をデザインすることが必要になる。石田ら<sup>2)</sup>は都市内における各交通手段の成立可能性領域と有利地域を議論しているが、バスの最大輸送能力については定員と運行本数のみで考えており、乗用車等一般交通との相互作用による影響までは考慮していない。しかし、実際には乗降の多いバス停ではバスペイ空き待ちのバスが生じ、バス交通のみならず一般交通の所要時間を増大させるなど、その適正領域についてはバス停における挙動を考慮した上で議論する必要がある。

そこで、本研究ではバスペイ設置、バス専用レーン導入、バス乗降時間短縮の3施策に着目し、一般交通との相互作用を考慮したミクロ交通シミュレーションモデルを構築し、交通システム全体としてバス関連施策の比較評価を行っていく。その際、短期的な評価だけでなく、バスの相対的サービス水準の変化により長期的には分担率も変化することも考慮して、施策の有効性を議論する。

#### 2. 従来研究と本研究の考え方

##### (1) バス関連施策に関する従来研究

これまでもバス関連施策の効果をシミュレーションモデルにより計測した研究がいくつかなされている。

佐野ら<sup>3)</sup>は長岡市のバス・HOVレーン導入路線において、車線規制違反取締り、バス優先信号、流入規制信号の3施策の効果を比較している。また、小原ら<sup>4)</sup>は鎌倉地域を対象とした分析において、バス専用レーンとバス追い越し現示の導入効果が大きいことを明らかにしている。しかし、これらの研究は特定路線での施策評価を目的としており、また、バス停での挙動を明示的に扱っていない。

様々な交通条件の下でバス関連施策の有効性を評価する目的で、かつバス停での挙動を考慮した研究に大城ら<sup>5)</sup>と鈴木ら<sup>6)</sup>の研究がある。大城らはショックウェーブ理論に基づいて遅れ時間を算出するシミュレーションモデルを構築し、バスペイ設置とバス乗降時間短縮との道路交通総遅れ時間を比較している。鈴木らは小原らの研究でも用いたミクロ交通シミュレーションモデルtiss-NETにバス停挙動を組み込み、仮想的なネットワークにおいてバスペイ設置とバス停車時間短縮の効果を分析している。これらの研究の結果、バスペイ設置施策は一般車の遅れ時間短縮には効果があるもののバスの遅れ時間を増大させるという問題点が指摘されている。しかし、大城ら、鈴木らの研究はいずれも仮定の片側1車線道路を対象としたものであるが、仙台市におけるバスペイ設置箇所をみると多車線道路も多いこと、また、バス専用レーンとバス乗降時間短縮との比較はなされていないという課題が残されている。

本研究では多車線道路におけるバスペイ設置やバス専用レーン導入施策とバス乗降時間短縮施策の比較を目的として、鈴木ら<sup>6)</sup>と同様のミクロ交通シミュレーションモデルであるが、多車線道路に対応したモデルを構築する。ただし、鈴木らのモデルのようにネットワークには対応していない。対象とする交通条件は、実際の路線における現況交通状況を基本ケースとするが、異なる交通状況を検討するため、また施策効果によって長期的にはバスと一般車の分担率が変化すると考えられるため、バスと一般車の分担率を変化させたケースを設定し、施策の有効性について議論する。

\*キーワード：公共交通計画、交通計画評価、公共交通運用、ITS

\*\*学生員，工修，東北大学大学院 情報科学研究科

\*\*\*正員，工博，東北大学大学院 情報科学研究科  
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06，  
TEL 022-217-7502，FAX 022-217-7500)

## (2) 本研究で対象とするバス関連施策

本研究では、バスベイ設置策、バス専用レーン導入、バス乗降時間短縮策の3施策の評価を行う。この3施策は表-1のようにそれぞれ優遇する対象が異なっている。

バスベイ設置は、一般交通の所要時間を短縮するが、バス交通の所要時間をバスベイから一般車線への合流するのに要する時間だけ増加させてしまう。

バス専用レーン導入は、バス交通の所要時間を短縮するが、一般交通の所要時間を増加させてしまう。

これに対して、バス乗降時間を短縮することができれば、バス交通のみならず一般交通にも効果が期待される。近年のIT技術の進展やバス低床化によってバス乗降時間を短縮可能であると考えられる。本研究では早期に実現でき、かつ乗降時間短縮の効果が大きいものとして、非接触式バスカードリーダーの導入を考える。非接触式バスカードリーダーの導入により短縮される乗降時間は、大城ら<sup>7)8)9)</sup>の研究により利用者1人あたり0.76[s]とする。

表-1 各施策実施時による所要時間の変化

|           | 一般交通 | バス交通 |
|-----------|------|------|
| バスベイ設置    | 減少   | 増加   |
| バス専用レーン導入 | 増加   | 減少   |
| バス乗降時間短縮  | 減少   | 減少   |

## (3) 本研究で用いる評価指標

本研究で評価を行う3施策の効果を評価するには、一般交通とバス交通の両方を考慮し、かつ総合的に評価できる指標を用いる必要がある。

そこで本研究では、大城ら<sup>9)</sup>の論文で提案された道路交通総遅れ時間の指標を改良し、道路交通改善の評価指標として(1)式で示される「道路交通総所要時間」を用いることとする。ただし、本研究では一般車乗員とバス乗客の時間価値は同一であると仮定している。

$$T_{\text{traffic}} = T_{\text{Car}} + T_{\text{Bus}}$$

$$= \sum_i^P u_i x_i + \sum_j^Q v_j y_j \quad (1)$$

$T_{\text{traffic}}$  : 道路交通総所要時間

$T_{\text{Car}}$  : 一般車乗員総所要時間

$T_{\text{Bus}}$  : バス乗客総所要時間

$u_i$  : 一般車  $i$  の所要時間

$x_i$  : 一般車  $i$  の車内人数

$v_j$  : バス  $j$  の所要時間

$y_j$  : バス  $j$  の車内人数

$P$  : シミュレーションで発生した総一般車台数

$Q$  : シミュレーションで発生した総バス台数

## 3. シミュレーションモデルと入力データ

### (1) ミクロ交通シミュレーションモデル

#### (a) 概要

本研究で開発したシミュレーションモデルは、車両1台ずつを移動させるミクロ交通シミュレーションモデルで、1.0[s]間隔のピリオディック・スキャンニング方式を採用している。また車種は一般車とバスのみとした。各車両は以下の仮定に基づいて移動する。

- 自由走行速度 (制限速度+ $\alpha$ )、最大加速度、最大減速度、追従車頭時間は車両ごとに割り当てられる。
- 前方車両までの距離が十分に大きいときには自由走行、小さい時には追従走行を行う。ここで自由走行は割り当てられた自由走行速度まで等加速度運動を行うものとする。
- 前方に停止車両、赤信号、バス停 (バスの場合のみ) のいずれかが存在する場合、車両速度は、停止予定位置までの距離によって計算される。ここで、車両が停止するために減速を始める地点から停止予定位置までの距離を停止制動距離と定義する。停止制動距離は車両の速度の関数として求められる。

#### (b) バス特有の挙動

##### ● バス停停止状態

バス停での乗降客が存在する場合、バスは必ずバス停で停止を行う。バスベイがある場合には必ずバスベイ内に入って利用者の乗降を行う。本研究では乗車口と降車口が分かれているバスを想定し、バス停での停止時間を(2)式によって計算する。

$$t_{\text{stop}} = \text{Max}(t_{\text{on}}, t_{\text{off}}) + \varepsilon \quad (2)$$

$t_{\text{stop}}$  : バス停停止時間

$t_{\text{on}}$  : 乗車時間

$t_{\text{off}}$  : 降車時間

$\varepsilon$  : 停止に必要な時間 (扉の開閉など)

##### ● バスベイ (バース) 空き待ち状態

バスベイがあるバス停において、バスがバスベイ内に停車しており、バスベイに入ることができない場合は、バス停後方でバスベイが空くのを待つ。バスベイが空き次第、バスベイ内に入る。

また、バスベイの無いバス停において、バスがバース (バス停領域内) に入ることができない場合は、バス停後方でバースが空くのを待つ。バースが空き次第、バース内に入る。

##### ● バスベイから一般車線への合流待ち状態

バスベイのあるバス停で、利用者の乗降が終了した車両はバスベイから一般車線に合流するが、右側車線後方の走行車両との距離が十分で無い場合には合

流できない。

### (c) 一般車特有の挙動

#### ● 停止中のバスによる走行阻害状態

バス後続車両は、前方にバスベイ空き待ちのバス及びバス停停止中のバスが存在した場合、車線変更を行う。バス後続車両が車線変更できる条件は、右側車線後方車の走行を妨げないことである。

#### ● 車線変更

一般車は追従走行している場合、以下に示す条件を満たすかどうかを各時刻に判断し、条件を満たす場合には車線変更を行う（バスは車線変更を行わないものとする）。

- 自由走行速度よりも5[km/h]以上遅い速度で走行を強いられ、快適に走行できない場合
- 車線変更することにより、自車の速度が5[km/h]以上改善される場合
- 車線変更することにより、車線変更後の前方車及び後方車の走行を妨げない場合

### (2) シミュレーション入力データ

#### (a) 対象バス停付近の概要

本研究では、仙台市の県庁市役所前（東二番町通）上り（仙台駅方面行き）バス停の前後1000[m]の区間（以下、県庁市役所前という）と北仙台上りバス停の前後500[m]区間（以下、北仙台という）の2区間を対象とする。県庁市役所前は図-1に示すとおり、片側3車線に3バス分のバスベイが設置されている。北仙台は図-2に示すとおり、片側2車線に7:00~9:00の時間帯はバス・HOVレーン（2人以上乗車の定員7人以上の車両は通行可。以下、単にバス専用レーンという）が設定されている。信号とバス停の位置、信号サイクルは実際の地理状況や信号サイクルと同一である。なお、途中交差点での出入りは相対的に少ないため考えないこととした。

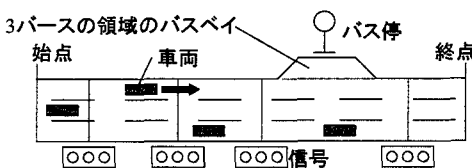


図-1 県庁市役所前のバス停状況

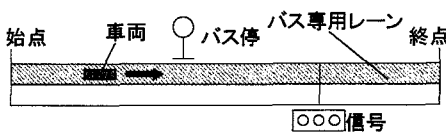


図-2 北仙台のバス停状況

#### (b) 時間帯ごとに変動させる入力データ

各バス停の入力データを表-2と表-3に示す。入力データは時間帯によってその平均値と分散が変動し、さらに正規分布に従う乱数によりその値が決定される。一般車及びバス交通量のデータは仙台市道路交通等現況調査（1998年）を、バス停乗車人数及びバス停降車人数、バス車内人数のデータは仙台市交通局のトラフィックデータ（2000年）を用いている。なお、一般車の車内人数は1.3[人]とする。また、仙台市交通局のトラフィックデータの解析からバス乗降時間は利用者1人あたり3.08 [s]かかるものとする。

表-2 県庁市役所前の入力データ

| 時間帯             | -7:00 | -7:30 | -8:00 | -8:30 | -9:00 | -9:30 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 一般車交通量[台/30min] | 765   | 855   | 870   | 870   | 870   | 870   |
| バス交通量[台/30min]  | 5     | 35    | 55    | 67    | 57    | 46    |
| バス停乗車人数[人/台]    | 0.05  | 0.09  | 0.17  | 0.22  | 0.27  | 0.27  |
| バス停降車人数[人/台]    | 1.90  | 4.28  | 6.40  | 10.07 | 8.57  | 8.51  |
| バス車内人数[人/台]     | 16.4  | 23.3  | 26.8  | 29.8  | 26.8  | 31.0  |

表-3 北仙台の入力データ

| 時間帯             | -7:00 | -7:30 | -8:00 | -8:30 | -9:00 | -9:30 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 一般車交通量[台/30min] | 481   | 521   | 561   | 551   | 561   | 591   |
| バス交通量[台/30min]  | 11    | 23    | 25    | 23    | 24    | 23    |
| バス停乗車人数[人/台]    | 0.20  | 0.53  | 0.96  | 1.84  | 0.53  | 0.67  |
| バス停降車人数[人/台]    | 0.00  | 0.25  | 4.09  | 1.74  | 1.24  | 1.85  |
| バス車内人数[人/台]     | 20.2  | 31.9  | 40.7  | 39.3  | 38.7  | 40.1  |

#### (c) バス分担率

本研究では、バス分担率を(3)式により定義する。上記(b)のデータ及び仮定に基づけば、現状のバス分担率は県庁市役所前52%、北仙台53%である。

$$V = \frac{C_{Bus}}{C_{Car} + C_{Bus}} \quad (3)$$

$V$  : バス分担率

$C_{Car}$  : 一般車利用者数

$C_{Bus}$  : バス利用者数

本研究では施策効果により大幅に分担率が変化することを想定して、バス分担率を±20%変化させたケースも設定する。その際、大幅な分担率変化であることから、バス利用者の増減をバス運行台数または1台あたりバス車内人数のどちらか一方だけの増減で対応するのではなく、両者を同じ割合で変化させて対応させるものとする。すなわち、バス利用者数が $C_{Bus}$ から $C'_{Bus}$ に変化するとき、バス台数と1台あたりバス車内人数はそれぞれ分担率変化前の $\sqrt{C'_{Bus}/C_{Bus}}$ 倍に変化すると仮定する。一般車に関しては、1台あたり車内人数は1.3[人]で固定し、台数のみが変化するものと仮定する。

### (3) シミュレーションモデルの検証

#### (a) バス停挙動の検証

構築したシミュレーションモデルのバス停挙動の妥当性を検証するために、一般車のバスによる走行阻害時間、バスのバスベイ空き待ち時間、バスのバス停停止時間の調査を以下の場所・時間で、ビデオ撮影によって行った

・場所：県庁市役所前のバス停

・日時：2001年10月17日（水） 7:30～8:30

シミュレーションモデルによる計算値と調査による観測値とを比較したものを表－4に示す。一般車がバスベイ空き待ちのバスによって走行阻害される時間、バス停停止時間に関しては観測値と近い値が得られており、概ね妥当な結果が得られているものと判断した。

なお、バスベイ空き待ち時間に関してはやや過大になっているが、これは構築したモデルでは、バスはバスベイ内に入らなければ利用者の乗降を行えないと仮定しているのに対し、実際はバスベイに入れない一部のバスがバスベイ空き待ち状態を取らずに、バスベイ外で利用者の降車を行っていることが主な原因と考えられる。しかし、このようにバスベイに入らずに利用者の降車を行っている状態は本来望ましくないため、本研究ではそのような挙動はモデルに組み込まずに分析を行っていく。また、バスにバスベイ空き待ち時間が生じているのに一般車の走行阻害時間がほぼ0となっているのは、この区間始点で片側2車線から3車線となることから流入交通量は可能交通容量に対して余裕があり、比較的容易に車線を変更することが可能になっているためである。

#### (b) 走行時間の検証

走行時間の妥当性を検証するために、一般車の所要時間の調査を以下の場所・時間で行った。ただし、全ての車両の所要時間を計測することは困難であるため、一部の車両についてのみ調査を行うものとする。

・場所：県庁市役所前のバス停の前後1000[m]及び北仙台のバス停の前後500[m]

・日時：2002年6月20日～7月3日の平日 8:30～9:30

シミュレーションモデルによる計算値と調査による観測値とを比較したものを表－5に示す。北仙台におけるバス専用レーンへの一般車の混入率（全一般車交通量に対するバス専用レーン走行一般車の割合）は約20%であった。なお、HOVレーンとしていることからバス専用レーン走行一般車の全てが違反車ではないが、ここでは違反車と表記することにする。

一般車の所要時間は県庁市役所前、北仙台の対象区間とも、概ね近い値が得られている。信号停止回数の影響で観測値のばらつきも大きいこと、現状再現性しか検証できないなど、モデルの検証には限界があるが、概ね妥当な結果が得られているものと判断した。

表－4 計算値と観測値の比較（バス停挙動）

|     |                  | 計算値  | 観測値  |
|-----|------------------|------|------|
| 一般車 | バスによる走行阻害時間[s/台] | 0.2  | 0.0  |
| バス  | バスベイ空き待ち時間[s/台]  | 11.1 | 7.9  |
|     | バス停停止時間[s/台]     | 32.6 | 29.5 |

表－5 計算値と観測値の比較（走行時間）

|     |                    | 計算値   | 観測値   |
|-----|--------------------|-------|-------|
| 一般車 | 所要時間[s/台](県庁市役所前)  | 138.3 | 133.2 |
|     | 所要時間[s/台](北仙台 遵守車) | 207.3 | 218.8 |
|     | 所要時間[s/台](北仙台 違反車) | 73.6  | 68.3  |

### 4. バスベイ設置策の効果分析

#### (1) 概要

バスベイが設置されている県庁市役所前のバス停区間を対象に、

・バスベイ無

（図中では、バスベイを「ベイ」と略記する）

・バスベイ無＋非接触式バスカードリーダー導入

（図中では、非接触式バスカードリーダー導入を「R導入」と略記する）

・バスベイ有（現状）

・バスベイ有＋非接触式バスカードリーダー導入

の4ケースについて、さらにバス分担率を以下のように変化させてシミュレーションを行った。

・現状のバス分担率（52%）

・バス分担率が現状から20%低下した場合

・バス分担率が現状から20%上昇した場合

ただし、本研究では簡便のため、バスから一般車への転換、一般車からバスへの転換のみを考え、他の交通機関への転換、他の交通機関からの転換は考慮しない。すなわち、一般車利用者数とバス利用者数の合計は常に変化しないと仮定している。また、混雑状況の変化による経路変更も考慮しない。

#### (2) 一般車所要時間の分析

図－3は一般車所要時間の結果である。バス分担率の上昇に伴い、一般車所要時間が短縮されている。これはバス分担率の上昇に伴い、道路の走行車数が減少し、渋滞が緩和されているためである。バスベイ設置による一般車所要時間の短縮効果は、バス分担率が低い場合にのみ得られており、バス分担率が高い場合はほとんど得られていない。これは一般交通の交通容量に余裕があり、車線変更が容易であるため、バス停車の影響を一般交通はほとんど受けないことを意味している。すなわち、一般交通の交通量が可能交通容量に近く、車線変更が困難になる程度混雑した状況でなければ、バスベイ設置によ

る効果は一般交通に表われないと言える。

また、非接触式バスカードリーダー導入による一般車所要時間の短縮効果も、同様の理由でバス分担率が低い場合にしか得られず、バス分担率が高い場合はほとんど得られていない。

### (3) バス所要時間の分析

図-4はバス所要時間の結果である。バス分担率が低い場合、バスは一般車の渋滞の影響を受けて所要時間が増加する。特にバスベイが無い場合、バスの停止により一般車が渋滞を起こし、さらにバスがその渋滞に巻き込まれて所要時間が増加するという悪循環が起こる。このため、バス分担率が低い場合にはバスベイ設置によるバス所要時間短縮の効果が得られている。しかし、バス分担率が高い場合には、バスベイ空き待ちのバスの存在によって困難なく合流できるため、大城<sup>9)</sup>が指摘しているバスベイからの合流遅れはほとんど生じていない。

非接触式バスカードリーダー導入によるバス所要時間短縮の効果は、バス分担率に関わらず得られており、バス乗降時間短縮がバス交通に有効であることが分かる。

### (4) 道路交通総所要時間の分析

図-5は道路交通総所要時間の結果である。バスベイ設置による道路交通総所要時間の短縮効果は、バス分担率が低い場合に限られ、バス分担率が現状以上の場合にはバスベイ設置効果は得られていない。一方、非接触式バスカードリーダー導入による道路交通総所要時間の短縮効果は、バス分担率に関わらず得られている。すなわち、大城<sup>9)</sup>が片側1車線道路で指摘していた「道路交通総所要時間の観点からバスベイ設置と比較してバス乗降時間短縮がより有効である交通条件が多く存在する」ことが多車線道路においても言えることが示された。なお、今回の条件設定では短縮効果はさほど大きくないが、料金収受方式の変更や車両改善による更なる乗降時間短縮が図られれば、より大きな短縮効果が期待される。

## 5. バス専用レーン導入の効果分析

### (1) 概要

バス専用レーンが導入されている北仙台のバス停区間を対象に、

- ・バス専用レーン無

(図中では、バス専用レーンを「バスL」と略記する)

- ・バス専用レーン無+非接触式バスカードリーダー導入
  - ・バス専用レーン有(現状)
  - ・バス専用レーン有+非接触式バスカードリーダー導入
- の4ケースについて、さらにバス分担率を以下のように変化させてシミュレーションを行った。

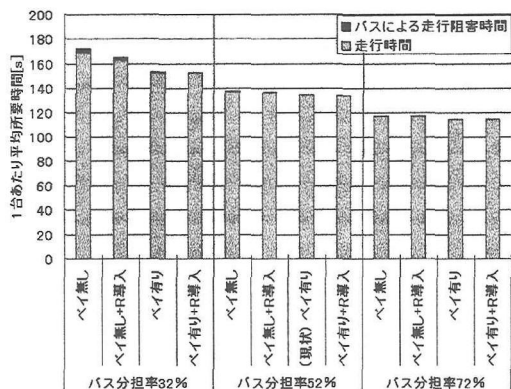


図-3 一般車所要時間の変化(県庁市役所前)

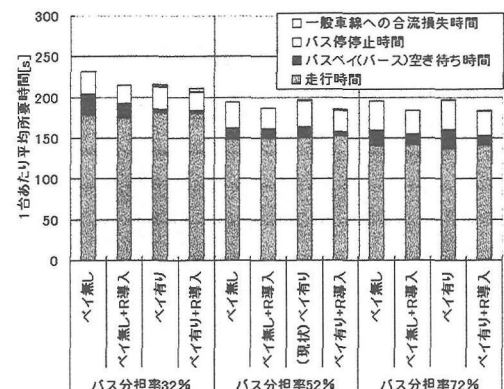


図-4 バス所要時間の変化(県庁市役所前)

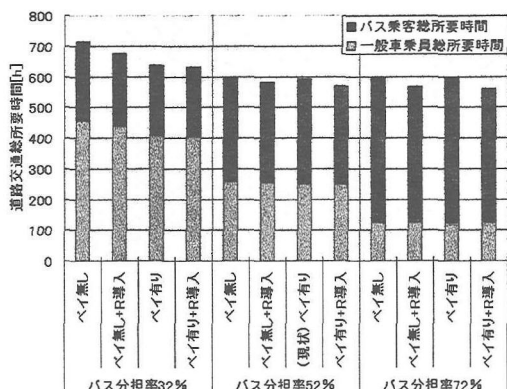


図-5 道路交通総所要時間の変化(県庁市役所前)

- ・現状のバス分担率(53%)
  - ・バス分担率が現状から20%低下した場合
  - ・バス分担率が現状から20%上昇した場合
- ただし、バス専用レーン導入時におけるバス専用レーンへの一般車の混入率は0%としている。

## (2) 一般車所要時間の分析

図-6は一般車所要時間の結果である。バス専用レーン導入により、一般車所要時間が増大している。特にバス分担率が現状以下の場合には、一般交通の可能交通容量を超えるため、著しく所要時間が増大している。バス分担率が高い場合には、一般交通の交通容量に余裕があるため、一般車所要時間はわずかしこ増大していない。

非接触式バスカードリーダー導入による一般車所要時間の短縮効果は、バス分担率が現状以下でバス専用レーンが無い場合に極僅かにみられる程度で、一般車に対してはほとんど影響はない。これは、このバス停の乗降客が比較的少ないためである。

## (3) バス所要時間の分析

図-7はバス所要時間の結果である。バス専用レーン導入によるバス所要時間の短縮効果は、バス分担率に関わらず得られているが、バス分担率の上昇に伴い、バス専用レーン導入の効果は小さくなっている。

非接触式バスカードリーダー導入によるバス所要時間短縮効果は、バス専用レーン導入効果に比べると非常に小さく、バス分担率が高くないと効果は明確にならない。

## (4) 道路交通総所要時間の分析

図-8は道路交通総所要時間の結果である。バス専用レーン導入による道路交通総所要時間の短縮効果は、バス分担率が高い場合しか得られない。バス分担率が現状以下の場合にはバス乗客総所要時間は短縮されるものの、一般車乗員総所要時間の増大分がバス乗客総所要時間の短縮分を大きく上回るため、道路交通総所要時間は大幅に増大する。一方、非接触式バスカードリーダー導入による道路交通総所要時間の短縮効果は、バス分担率に関わらず得られているものの、その短縮効果は相対的に小さい。すなわち、一般車交通量が多くバス乗降客数が少ない多車線区間では、バス専用レーン導入はかえって道路交通総所要時間を増大させてしまうことが多く、バス乗降時間短縮策もあり有効とは言えない。

## (5) バス専用レーンの意義

(4)のようにバス分担率が変化しない短期的視点で分析を行うと、バス専用レーン導入施策は道路交通総所要時間の観点からは有効である交通条件が少ないという結果になる。しかし長期的に考えれば、バス専用レーン導入により一般車所要時間がバス所要時間よりも遥かに大きくなり、一般車からバスへの転換が起り、バス分担率が高くなることによって現状より道路交通総所要時間が減少する可能性がある。これが本来のバス専用レーン導入の目的であることから、図-8を長期的視点から考察し直してみる。

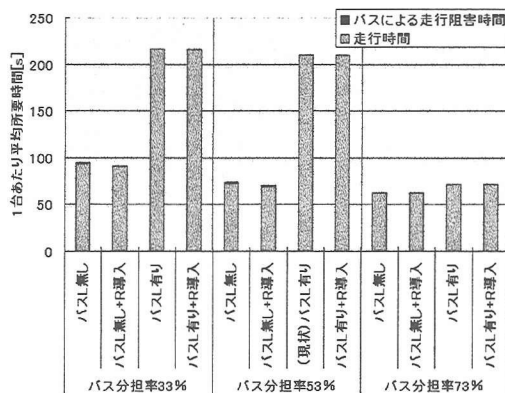


図-6 一般車所要時間の変化(北仙台)

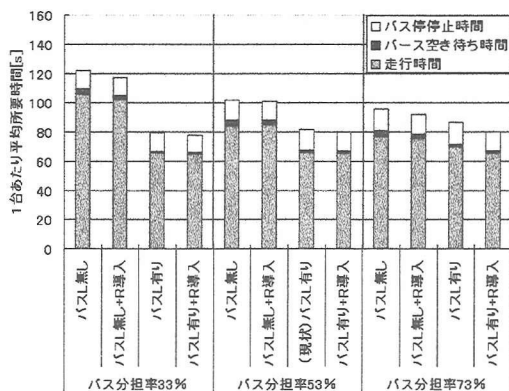


図-7 バス所要時間の変化(北仙台)

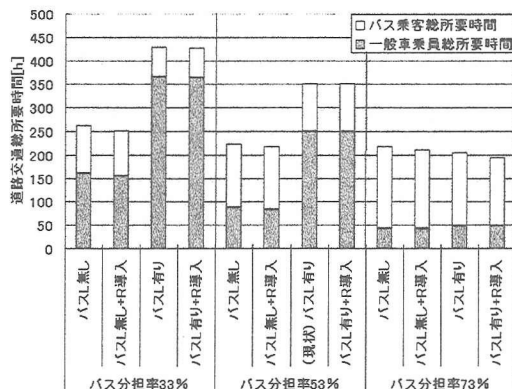


図-8 道路交通総所要時間の変化(北仙台)

図-9は一般車所要時間とバス所要時間を並べて示したものである。棒グラフ上の数字はバス所要時間に対する一般車所要時間の比を表す。現状のシミュレーション結果では一般車所要時間がバス所要時間の2.6倍にもなっていることから、長期的には白矢印のようにバス分

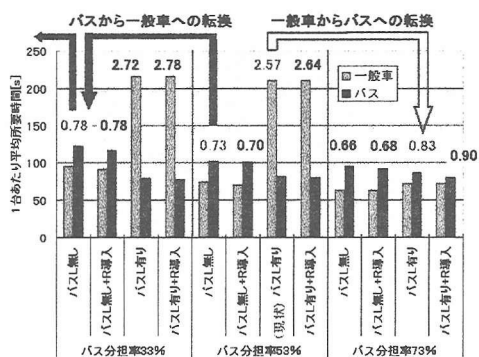


図9 バス専用レーン導入の長期的分析

担率が上昇し、道路交通総所用時間大幅に短縮され、大きなバス専用レーン導入効果が得られる可能性がある。ただし、本研究では分担率の変化を外生的に与えているため、その効果を定量的に示すことはできない。

本研究ではバス専用レーンへの一般車混入率を0%としたものを現状としているが、実際には違反車が少なからず存在するため、現状の一般交通はこれほど著しい渋滞は起きていない。さらに、シミュレーションでは混入率が30%を超えるとバス専用レーン無しの状態に近くなる。この状態では一般車よりバスの所用時間の方が大きいため、黒矢印のようにバス分担率が低下し、バス・一般車ともに所要時間が増大することになる。それでもバス所用時間の方が大きい状態は解消されないため、さらにバス分担率が低下する悪循環に陥る危険性がある。このことから、バス専用レーン導入により長期的に道路交通総所用時間を短縮させるためには、バス専用レーンを完全に遵守させることが不可欠であると言える。

## 6. バス乗降時間短縮策の費用便益分析

これまでバス乗降時間短縮策が有効である交通条件が多く、乗降客数が多いバス停においてはその効果が大きいことが明らかになった。ただし、非接触式バスカードリーダー導入には相当の投資が必要であることから、費用便益の観点からも有効性を検討する必要がある。ここでは北仙台、県庁市役所前のバス停を含むバス路線を走行するバス91台に非接触式バスカードリーダーを導入する場合の費用便益分析を行う。

### (1) 仮定条件

便益は非接触式バスカードリーダーを導入したときの道路交通総所要時間の短縮効果のみとし、それに時間価値を乗じたものをバス乗降時間短縮策に要する費用と比較することにする。

- 1人あたりの時間価値=30[円/分]

- 非接触式バスカードリーダーの価格=300[万円]
- 非接触式バスカードリーダーの償却年数=10[年]
- バスの平日の運行日数=250[日]
- ラッシュは朝・夕の2回
- ラッシュ1回あたりの道路交通総所要時間の短縮  
北仙台 : 21,682[s]  
県庁市役所前 : 37,947[s]

### (2) 計算結果

#### (a) 1年あたり費用

$$=300 \times 91 \times 1/10 = 2,730 \text{ [万円/年]}$$

#### (b) 1年あたり便益

$$\text{北仙台} = 21,682/60 \times 30 \times 2 \times 250 = 542 \text{ [万円/年]}$$

$$\text{県庁市役所前} = 37,947/60 \times 30 \times 2 \times 250 = 948 \text{ [万円/年]}$$

$$\text{合計} = 542 + 948 = 1,490 \text{ [万円/年]}$$

この結果ではB/C=0.55となっているが、費用は対象バス路線を走行する全バスを対象に計算しているのに対し、便益は2バス停のみを対象に計算しているからである。実際は20前後のバス停があるため、便益が費用を上回る可能性は高い。本研究で計測した社会的費用低減効果は対象が2バス停と限定的であり、モデルの精度的にも一般論として結論を出せる段階ではないが、オーダー的には十分検討に値するものと考えられる。利用者数が多いバス路線であれば、バス乗降時間短縮策は費用便益分析の観点からも有効な施策となり得る施策と考えられることから、都市圏全体でより詳細な検討を行う必要がある。

### 7. おわりに

本研究では、バスベイ設置、バス専用レーン導入、バス乗降時間短縮策の有効性の議論を深めるため、既存研究が対象としてきた片道1車線だけでなく、多車線道路に対応したミクロ交通シミュレーションモデルを用いて施策の比較評価を行った。その際、バスの相対的サービス水準により将来の分担率が変化することも考慮して、施策の有効性を議論し、以下の点を明らかにした。

- バスベイ設置が有効である交通条件は、一般車交通量が多く、混雑しているときに限定されるため、バス乗降時間短縮策の方が有効である交通条件が多い。
- 短期的視点において、バス専用レーン導入が有効である交通条件は、バス分担率が高く一般車交通量が少ないことであり、有効である交通条件は少ない。
- 長期的視点では、バス専用レーン導入によってバス分担率を増加させることができれば、道路交通総所要時間短縮効果は大きい。ただし、そのためには規制を徹底させる必要がある。
- 非接触式バスカードリーダー導入によるバス乗降時

間短縮策は、乗降客数が多いバス路線においては費用便益の観点からも有効な施策になる可能性がある。今回の分析を通して、仙台市の2区間におけるバスベイ設置策とバス専用レーン導入策は、道路交通総所要時間の観点からあまり有効な施策にはなっていないことも明らかになった。このことは、導入しやすい施策から実施するのではなく、その路線の交通状況に応じた適切な施策を検討する必要性があること、実施に当たっては規制の徹底などのフォローも重要であることを示唆するものである。

また、施策評価において分担率の変化という長期的視点からの分析が重要であることを示したが、この議論を深めるためには自動車とバスの分担率を生産化したモデルの構築が必要である。さらに、ネットワークに対応したモデルへの拡張も必要であるが、これは費用便益分析の観点からも必要になる。

本研究の成果は、依然として限定的な交通条件下における検討に留まっているが、今後さらに多様な交通条件下におけるバス関連施策の有効性の検討を積み重ねることによって、より適切な道路交通空間の再構成が行われることを期待するものである。その際、バス乗降時間短縮効果も有力な施策の1つになり得るものと考えている。今回の条件設定ではバス乗降時間短縮はさほど大きな効果とはならなかったが、1人あたりわずか0.76[s]の短縮でもバスベイ設置と比べ有効な交通条件が多いことから、フリーチケット制<sup>10)</sup>や車両の大幅改善による更なる乗降時間短縮を図ることも含めて検討していく必要がある。

## 参考文献

- 1) 朝倉康夫：ポストモータリゼーション社会を考える～道路交通空間の再配分～，交通工学，Vol.36，No.1，pp.17-22，2001.
- 2) 石田東生，谷口守，鈴木勉，古屋秀樹：交通手段の成立可能領域と有利地域に着目した交通政策の有効性の分析，運輸政策研究，Vol.2，No.1，pp.14-25，1999.
- 3) 佐野可寸志，松本昌二，野沢徹，尾羽根幸：交通シミュレーションモデルを用いたバス優先施策の評価，土木計画学研究・論文集，No.17，pp.933-940，2000.
- 4) 小原誠，坂本邦弘，久保田尚，高橋洋二：tiss-NETによるバス優先方策の効果分析―鎌倉地域を対象として―，土木計画学研究・講演集，No.21(2)，pp.297-300，1998.
- 5) 大城温，中村文彦，大蔵泉：バス乗降時間短縮によるバス運行および一般交通改善に関する研究，日本都市計画学会学術研究論文集，No. 33，pp.595-600，1998.
- 6) 鈴木尚樹，坂本邦弘，久保田尚：tiss-NETを用いたバス優先総合評価システムの開発，土木計画学研究・論文集，No.17，pp.885-892，2000.
- 7) 大城温，中村文彦，大蔵泉：バス停留所におけるバス乗降特性とバス交通容量への影響，交通工学研究発表会論文報告集，No. 17，pp. 233-236，1997.
- 8) 大城温，大蔵泉，中村文彦：運賃収受方法がバス乗降特性に与える影響，土木学会年次学術講演会概要集第IV部，No. 52，pp. 6-7，1997.
- 9) 大城温，大蔵泉，中村文彦：バス停留所におけるバス乗込時間の影響要因に関する研究，土木学会年次学術講演会概要集第IV部，No. 51，pp. 240-241，1996.
- 10) 中尾正俊：路面電車からLRTシステムへの転換方策，運輸政策研究，Vol.4，No.1，pp.38-43，2001

## バス関連施策の社会的費用低減効果の比較\*

玉澤 学\*\*・徳永幸之\*\*\*

本論文では、交通条件とバス分担率の異なるバス停を対象に、バス停挙動を組み込んだマイクロ交通シミュレーションモデルを構築し、バスベイ設置、バス専用レーン導入、バス乗降時間短縮策の効果を道路交通総所要時間の指標を用いて分析した。その結果、バスベイ設置とバス専用レーンが有効である交通条件が少ないこと、バス乗降時間短縮策が有効である交通条件が多いことを明らかにした。今後、実際の交通条件と施策の有効交通条件を照らし合わせ、有効な施策が実施されることが望まれる。

## Comparison of Social Cost Reduction of Bus Priority Measures\*

By Manabu TAMAZAWA\*\*・Yoshiyuki TOKUNAGA\*\*\*

In this Paper, we create a simulation model in order to evaluate bus priority measures for increasing the level of bus service. The effects of establishment of bus bays, the introduction of bus lanes, and the reduction of bus stop times are evaluated in the model. There are few traffic conditions in which establishment of bus bays and the introduction of bus lanes are effective. On the other hand, there are many traffic conditions in which there is the reduction of bus stop times effectively.