

都市部バス停における 社会的費用低減策の比較分析*

A Comparison Analysis of Social Cost Reduction Policy Related to Bus Stop in Urban Area*

玉澤 学**・徳永幸之***

By Manabu TAMAZAWA**・Yoshiyuki TOKUNAGA***

1. はじめに

乗降客数の多いバス停では乗降に長時間を要するため、バスの所要時間が増大するだけでなく、後続交通にも大きな影響を与えており、利用者と後続車の時間費用を合わせると非常に大きな社会的費用を発生させている。

これまでは後続交通に対する問題の解決策として、バスベ이의設置がなされてきた。これは後続交通の遅れ時間を減らすことができるが、バスベイから一般車線に合流するまでの遅れ時間が生じ、バス交通(乗客とバス事業者)にとっては負の効果になっている。また、バスベいの容量不足でバスベいの空き待ちのバスが車線を塞いでいるバス停も見かける。

一方、バス乗降時間を短縮することができれば、後続交通の遅れ時間とバス交通の遅れ時間の両方を減らすことができる。将来ノンステップバスや非接触式料金収受システムの導入等により、バス乗降時間の短縮は可能であるが、その導入にあたってはコストと効果について検討し、どのような交通条件においてどのような施策を採るべきか整理しておく必要がある。

本研究では、既にバスベいを設置しているが容量不足でバスベイ空き待ちのバスが発生しているバス停を対象に、バス乗降時間の短縮効果をバス*¹の追加設置方策と比較することによりバス乗降時間短縮方策の有効性について議論する。

2. 従来研究と本研究の考え方

大城、中村ら(1998)¹⁾は、片側1車線の道路にあるバス停を対象にシミュレーションを行い、バスベいを設置する場合とバス乗降時間を短縮する場合とで道路交通全体の総遅れ時間を比較し、バス乗降時間の短縮がより有効である交通条件が多いという結論を得ている。

この論文ではバスの交通量の比較的少ないバス停を想定しているのに対し、本研究ではバスの交通量が非常に多いバス停を想定している。バスの交通量が非常に多いバス停では、バス停がバスで非常に混雑し、バスベイの中に入ることができないバスベイ空き待ちのバスが存在する。これらのバスは一般車線を塞いでしまうため、後続交通にも大きな影響を与える(図1)。

本研究では、片側2車線の道路で、バスベイ空き待ちのバスが生ずるバス停においてバス乗降時間を短縮する場合とバスベいのバースを追加設置する場合とでバス交通および一般交通に与える影響をシミュレーションによりそれぞれ定量的に示す。

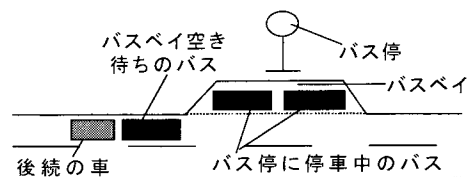


図1 バスベイ空き待ちバスの存在

3. ミクロ交通シミュレーションモデル

本モデルは、車両1台ずつを移動させるマイクロシミュレーションモデルで、C言語を用いてパーソナルコンピュータ上に開発したものである。本シミュ

*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，東北大学助教授 情報科学研究科

(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06,

TEL 0227-7502, FAX 022-217-7500)

ュレーションで走行させる車種は一般車とバスの2種である。

(1) 移動原理

本研究では、ミクロ的に様々な不定期な事象を取り扱うため、ピリオディック・スキニング方式を採用した。各車両は以下の仮定に基づいて移動する。

- ① 車両は常に最高速度(制限速度+ α)で走行しようとし、最高速度までは等加速運動を行う。
- ② 最大加速度、最大減速度、追従車頭時間は車種ごとに分類されており、各車両はその範囲を超えて加速、減速を行うことはない。
- ③ 車両は車線変更、バスベイ進入以外はリンクを途中で抜けることはない。
- ④ 前方の車両までの距離が十分に大きいときは自由走行、前方の車両までの距離が近いときには追従走行を行う

(2) バスの停車に関わる挙動

各車種のバスの停車に関わる挙動を以下に説明する。尚、バスは必ずバス停で停車するものとし、必ずバスベイ内に入って利用者の乗降を行う。

a) バスの挙動

○バス停停止状態

バス停に停止していて、利用者が乗降している状態では、バス停での停止時間は、乗車客数に1人あたりの平均乗車時間を乗じたものと、降車客数に1人あたりの平均降車時間を乗じたもののうちの大きな方として計算される。

○バスベイ空き待ち状態

バスベイ内にバスが停車しており、バスベイ内に入ることができない場合は、バスベイ領域の後方でバスベイが空くのを待つ。バスベイが空いたらバスベイ内に入り、バス停停止状態となる。

○バスベイから一般車線への合流待ち状態

バス停での停止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ない場合には合流できない。

b) 一般車の挙動

○バスベイ空き待ち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が存在した場合、車線変更を行う。バス後続車が追い越しを行う必要条件下以下の点である。

- ・前方のバスがバスベイ空き待ちをしている
- ・右側車線後方の走行車との距離が十分にある。

4. シミュレーション概要

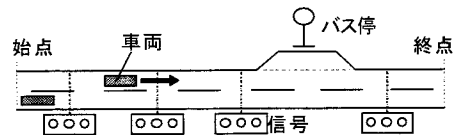


図2 シミュレーションを行うバス停付近の状況

(1) 対象バス停付近の概要

降車人数の多い県庁市役所前(仙台駅行き方面側)以下県庁前のバス停を対象にシミュレーションを行う。県庁前のバス停は2バス分の領域を持ったバスベイが設置されている。図2にシミュレーションを行うバス停付近800[m]区間の状況を示す。

信号とバス停の配置、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。

(2) 時間帯ごとに変動させるパラメータ

以下のパラメータは時間帯別とその平均値が変動し、さらに正規分布に従う乱数によりその値が決定される。

表1 時間帯ごとに変動させるパラメータ

	6:30～	7:00～	7:30～	8:00～	8:30～	9:00～
一般車流入台数[台]	538	592	592	619	619	606
バス流入台数[台]	6	29	50	65	59	38
バス乗車人数	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
バス降車人数	1.9	4.3	6.4	10.1	8.6	8.5
バス平均乗客数	16.4	23.3	26.8	29.8	26.8	31.0

a) 一般車交通量およびバス交通量

仙台市道路交通等現況調査によるデータから一般車交通量およびバス交通量の30分ごとの平均を求め、表1のように30分ごとに変化させる。

b) バス乗車人数およびバス降車人数

車載レコーダーによるトラフィックデータから1台あたりバス乗車人数および降車人数の30分ごとの平均を求め、表1のように30分ごとに変化させる。

c) 一般車乗員数およびバス乗客数

一般車乗員数は1.3[人]とする。バス乗客数は車載レコーダーによるトラフィックデータから1台

あたりバス乗客数の30分ごとの平均を求め、表1のように30分ごとに変化させる。

5. シミュレーション結果

シミュレーションに乱数を用いているため、シミュレーションを5回行い、その平均を結果とする。

(1) ケース1 (現況)

表2を見ると、8：00～9：00の時間帯で降車人数が多く、バスの交通量も多いため、停車時間の長いバスがバスベイ内を占有し、長時間バスベイ空き待ちを強いられるバスが発生しやすくなる。そのため、バスベイ空き待ちのバスが一般車の走行を妨害する時間も増大し、一般車の流入交通も処理しきれなくなっており、それが原因でこの時間帯の一般車およびバスの総走行時間が非常に長くなっている。

渋滞のピークを過ぎた9：00～9：30の時間帯では流出台数のほうが流入台数よりも多くなり、8：00～9：00に処理し切れなかった車をこの時間帯で処理している。

尚、バスベイから一般車線への合流に要する時間はバスベイ空き待ち時間が増大するにつれて減少しているが、これはバスベイ空き待ちのバスが一般車線を塞いでいるため、一般車両の影響を受けずに合流できるためである。

表2ケース1(現況)

	時間帯	630～	7:00～	7:30～	8:00～	8:30～	9:00～
一般車	流出台数[台]	593	634	578	639*	623*	622
	所要時間[s/台]	87.7	90.3	101.9	135.6	173.7	112.8
	走行時間[s/台]	87.7	90.3	100.7	128.6	157.6	109.8
	走行阻害時間[s/台]	0.0	0.0	1.2	7.0	16.1	3.0
	合流損失時間[s/台]						
バス	流出台数[台]	6	19	45	51*	54*	49
	所要時間[s/台]	110.8	133.7	161.4	222.4	336.9	188.9
	走行時間[s/台]	92.9	108.8	118.5	136.1	205.1	125.4
	バスベイ空き待ち時間[s/台]	0.0	2.8	17.3	55.2	100.9	32.5
	バス停停止時間[s/台]	11.7	19.1	25.2	31.0	30.6	30.3
	合流損失時間[s/台]	6.2	3.0	0.4	0.1	0.3	0.7

*は流入台数を処理しきれずに、渋滞が起こっていることを示す

(2) ケース2(1人あたり乗降時間を1.0[s]短縮した場合)

ケース1(現況)から乗降時間を1.0[s]短縮した場合のシミュレーション結果を表3に示す。表2と表3の8：30～9：00の時間帯を比べると、バス停停止時

間は約7[s]短縮されているだけであるが、バスベイ空き待ち時間は約45[s]、バスの走行時間は約23[s]も短縮されていることが分かる。また一般車の走行阻害時間が約10[s]、一般車の走行時間が約40[s]短縮されている。これは乗降時間の短縮の効果が一般車およびバスの走行時間にまで影響を及ぼしていることを示している。

表3: ケース2(1人あたりの乗降時間1.0[s]短縮)

	時間帯	630～	7:00～	7:30～	8:00～	8:30～	9:00～
一般車	流出台数[台]	587	615	619	614*	674	610
	所要時間[s/台]	88.2	95.0	96.6	128.0	134.1	114.2
	走行時間[s/台]	88.2	94.6	96.0	122.8	127.5	111.6
	走行阻害時間[s/台]	0.0	0.4	0.6	5.2	6.6	2.6
	合流損失時間[s/台]						
バス	流出台数[台]	5	31	34	55*	55	39
	所要時間[s/台]	115.0	145.6	150.8	208.6	260.6	169.6
	走行時間[s/台]	115.0	121.3	120.3	153.2	182.0	128.5
	バスベイ空き待ち時間[s/台]	1.3	5.3	8.4	30.8	54.0	16.1
	バス停停止時間[s/台]	9.8	16.4	19.7	23.8	23.9	24.5
	合流損失時間[s/台]	3.9	2.0	2.4	0.8	0.7	0.5

*は流入台数を処理し切れずに、渋滞が起こっていることを示す

(3) ケース3：バースを1つ追加設置した場合

ケース1(現況)からバースを1つ追加設置した場合のシミュレーション結果を表4に示す。表2と表4の8：30～9：00の時間帯を比べると、バスのバスベイ空き待ち時間が約60[s]短縮されただけでなく、バスの走行時間も約100[s]短縮されている。また一般車の走行を妨害する時間が約12[s]、一般車の走行時間が約60[s]短縮されている。

	時間帯	630～	7:00～	7:30～	8:00～	8:30～	9:00～
一般車	流出台数[台]	581	624	607	624*	663	639
	所要時間[s/台]	89.6	93.8	94.6	136.9	114.4	96.1
	走行時間[s/台]	89.5	93.6	94.2	129.2	110.9	95.4
	走行阻害時間[s/台]	0.1	0.2	0.4	7.7	3.5	0.7
	合流損失時間[s/台]						
バス	流出台数[台]	10	29	39	54	54	39
	所要時間[s/台]	129.0	150.7	144.0	244.2	180.8	145.9
	走行時間[s/台]	108.6	120.9	108.0	151.9	108.8	83.7
	バスベイ空き待ち時間[s/台]	2.2	6.2	11.2	59.9	40.6	30.7
	バス停停止時間[s/台]	11.5	20.1	23.8	32.0	30.0	30.2
	合流損失時間[s/台]	6.7	3.5	1.0	0.4	1.4	1.3

*は流入台数を処理しきれずに、渋滞が起こっていることを示す

6. バス乗降時間短縮方策による総所要時間短縮効果の概算

(1) 各政策の総合評価

表5にケース1～3の3時間(6：30～9：30)の総計データを示す。ケース2と3の所要時間の短縮効果

を比較してみると、乗降時間短縮方策もバースの追加設置方策並の渋滞緩和の施策として有効であると言える。

バスベイ空き待ちのバスの発生を抑えるためには、これまではバースの追加設置方策が取られてきた。しかしながらケース1～3の結果を見ると、それほど大幅な短縮でなくとも、乗降時間短縮方策でバスベイ空き待ちのバスの発生を抑えられることが分かる。

表5各政策の総合評価

	施行政策	現況	乗降時間 1.0[秒]短縮	1バス追加設置
一般車	所要時間[s/台]	126.0	114.2	111.0
	走行時間[s/台]	121.0	111.6	108.7
	走行阻害時間[s/台]	5.0	2.6	2.3
	総所要時間短縮効果[s]	-	60458	74952
バス	所要時間[s/台]	260.0	223.4	212.2
	走行時間[s/台]	169.6	166.6	147.1
	バス空き待ち時間[s/台]	56.4	30.2	30.6
	バス停止時間[s/台]	33.1	25.2	32.6
	合流損失時間[s/台]	0.9	1.4	1.9
	総所要時間短縮効果[s]	-	246750	311774
	総所要時間短縮効果[s]	-	307208	386726

(2) バス乗降時間短縮方策の費用と便益

ここでは、バス乗降時間短縮方策による総所要時間短縮効果の概算を大城らの論文を参考に計算した。対象とした方策は、現在の状態から1人あたりの乗降時間を1.0[s]短縮した場合である。ここでは1.1人あたりの乗降時間を1.0[s]短縮する具体的な施策として非接触式バスカードリーダーつきノンステップバスの導入を考えた。

ここでは政策を施行したときの所要時間の短縮効果に時間価値を乗じたものを便益とし、バス乗降時間短縮に要する費用と比較することにする。ただし対象はシミュレーションを行った県庁前の1バス停のみである。

以下の仮定を前提に計算を行う。

- ・時間価値は1人あたり30[円/分]
- ・乗客合計所要時間の短縮分=307208[s]
- ・1往復2時間とすると、シミュレーション走行バス台数=188[台]
- ・夕方のラッシュ時でも同じ節約効果が得られるものとする。
- ・非接触式バスカードリーダーつきノンステップバス

と従来のバスとの差額は1台あたり1300万円

・バスの償却年数は10年

[1年あたり便益/1バス停あたり]

$=307208/60 \times 30 \times 2 \times 365 = 1.1$ [億円/年]

[1年あたり費用]

$=13000000 \times 188/10 = 2.4$ [億円/年]

試算の結果、バス乗降時間短縮方策は便益よりも費用の方が大きくなるが、この便益は1つのバス停のみを対象としているのに対して、費用はこの路線を走行する全バス停を対象にしてあるからで、実際にはこれらのバスが停止する他のバス停でも効果が見込めるから、便益はもっと大きな値となる。本研究では1バス停のみのシミュレーションしか行わなかったため、これより詳細な便益を計算することはできないが、乗降人数が多いバス路線であれば乗降時間短縮は費用便益分析の観点から見ても十分実施するに値する政策であると考えられ、今後バスベイのバース追加設置方策との比較を都市圏内全体を対象に行い、どのような政策の組み合わせが良いのかを十分に検討をしていくべきである。

7. 結論

バスベイ空き待ちのバスが生じるバス停をモデルにマイクロ交通シミュレーションを行い、バス乗降時間の短縮効果をバースの追加設置方策と比較した。その結果、乗降時間を短縮することにより一般交通とバス交通の両方の走行時間短縮効果をバースの追加設置と同程度の効果が期待できることを明らかにした。またバス乗降時間短縮方策による総所要時間短縮効果を概算し、バス乗降時間短縮方策の有効性を貨幣価値で示した。

補注

*1 バスベイ内のバスの停まることのできる領域

参考文献

- 1) 大城風, 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」 第33回 日本都市計画学会学術研究論文集, pp595-600, 1998