

バス及び周辺車両に着目したバスベイ型停留所に関する研究

宮崎 嵩大¹・鹿田 成則²・小根山 裕之³

¹正会員 建設技研インターナショナル 道路・交通部(〒136-0071 東京都江東区亀戸2-25-14 立花アネックスビル)
E-mail:miyazaki-takahiro@ctii.co.jp

^{2,3}正会員 首都大学東京 都市環境科学研究科都市基盤環境工学域(〒192-0397 東京都八王子市南大沢一丁目一番地)
E-mail:shikata@tmu.ac.jp

バスが停留所に停車する際車線を閉塞すると、後続車両の進行を阻害し交通流の円滑性を損なう一因となる。そこで、バスの停車による交通流への影響に対する解決策の一環として、バスベイ型バス停留所の整備が進められている。本線からバスを離脱させることで、後続車の追越しを容易にさせるなど通過交通に対するバスの影響を低減する効果が期待される。しかしながら、バスベイ型バス停留所の幾何構造の周辺車両に対する影響についての知見は十分でなく、バス停留所の整備の実施を困難にさせている。

そこで本研究では、バスベイ型バス停留所の実測調査を行い、バス停留所の幾何構造と周辺車両への影響の関係を明らかにすることにより、現地の状況に即したバスベイ型バス停留所の設計に資する知見を得ることを目的とする。

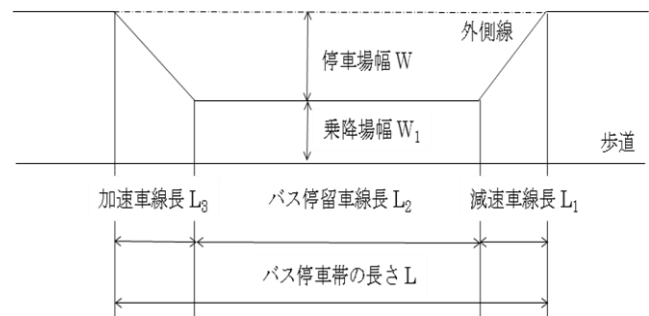
Key Words : 公共交通計画, バスベイ整備効果計測法, バスベイ設計手法論

1. はじめに

バスが停留所に停車する際車線を閉塞すると、後続車両の進行を阻害し交通流の円滑性を損なう一因となる。特に、都市郊外部や地方の幹線道路の往復2車線の道路では、その影響が大きく見られる。そこで、バスの停車による交通流への影響に対する解決策の一環として、バスベイ型バス停留所の整備が進められている。バスベイ型バス停留所は、「歩道に切込を入れてバス停留所を設けるもの」であり、本線からバスを離脱させることで、後続車の追越しを容易にさせるなど通過交通に対するバスの影響を低減する効果が期待される。一方、整備の際には歩道に切り込みをいれなければならない、道路空間に十分なスペースがない場合には設置が困難な場合も多く、設置する場合にも過度な切り込みは歩行空間の減少など歩道利用者に対して悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、バスの周辺車両への影響低減と歩行空間への影響のバランスを図りつつバス停留所を整備することが不可欠となる。バスベイ型バス停留所に関しては、「道路構造令の解説と運用」において設計の数値基準(表-1)が示され、全国でこれを参考にしてバス停留所の整備が進められているが、ここで示されている数値は一般的な条件下

における基準値であり、実際にバス停留所を整備するには現地の状況に応じた整備が求められる。しかしながら、バスベイ型バス停留所の幾何構造の周辺車両に対する影響についての知見は十分でなく、柔軟な整備の実施を困難にさせている。

表-1 バスベイ型バス停留所の幾何構造のスペック
(道路構造令の解説と運用より引用)



設計速度 V(km/h)	第3種の道路				第4種の道路			停車場幅 W	乗降場幅 W ₁
	80	60	50	40	60	50	40		
減速車線長 L ₁ (m)	35	25	20	20	20	15	12	3.5 (3.0)	3.0 (2.0)
バス停留車線長 L ₂ (m)	15	15	15	15	15	15	15		
加速車線長 L ₃ (m)	40	30	25	25	25	20	13		
バス停車帯の長さ L(m)	90	70	60	60	60	50	40		

そこで本研究では、バスベイ型バス停留所の実測調査を行い、バス停留所の幾何構造と周辺車両への影響の関係を明らかにすることにより、現地の状況に即したバスベイ型バス停留所の設計に資する知見を得ることを目的とする。

2. 観測の概要

(1) 観測地点

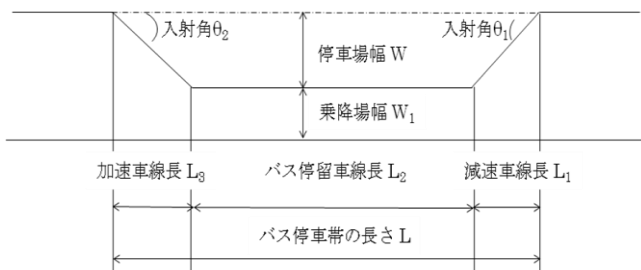
本研究では、平成23年11月～平成24年2月にかけて、「都道47号線(町田街道)」で行った観測のデータに基づいて分析を行った。各バス停留所の選定条件は、以下のとおりである。

- ①バス停留所が、信号交差点の下流部にあること
- ②往復2車線道路であること
- ③路上駐車等バス以外の阻害要因が少ない場所

以上の条件に合致し、かつ「停車場幅」と「バス停留車線長」との組み合わせで異なる条件となるバス停留所を選定した。(表2)。なお、本研究では「停車場幅」に基づいて本研究では、バス停留所を「狭さく型」(停車場幅:1.25m)、「標準型」(停車場幅:1.5m)、「幅広型」(停車場幅:1.9m, 3.5m)の3種類に分類した。

表-2 調査対象のバス停留所のスペック表

バス停留所名	バス停留所の幾何構造				交差点区分	観測日時
	減速車線長 L_1 (m)	バス停留車線長 L_2 (m)	加速車線長 L_3 (m)	片側車道幅員(m)		
中村不動入口	3.0	15.0	3.0	3.5	狭さく型	2011/12/8-9 600~1000
	停車場幅 W (m)	乗降幅 W_1 (m)	入射角 θ_1 (減速)	入射角 θ_2 (加速)		
下根岸	1.25	3.0	25.4	25.4	標準型	2011/11/24 12/8-9 1030~1500
	減速車線長 L_1 (m)	バス停留車線長 L_2 (m)	加速車線長 L_3 (m)	片側車道幅員(m)		
上宿	6.3	15.0	6.0	4.5	標準型	2011/11/25 1030~1500
	停車場幅 W (m)	乗降幅 W_1 (m)	入射角 θ_1 (減速)	入射角 θ_2 (加速)		
浄水場前	1.5	2.0	13.9	14.6	幅広型	2011/11/15 730~1300
	減速車線長 L_1 (m)	バス停留車線長 L_2 (m)	加速車線長 L_3 (m)	片側車道幅員(m)		
相原十字路	8.5	16.5	9.4	3.75	幅広型	2012/2/18 1100~1500
	停車場幅 W (m)	乗降幅 W_1 (m)	入射角 θ_1 (減速)	入射角 θ_2 (加速)		



(2) バスの停車状況の観測

バスについては「バス停における停車・発車時刻」、「停車時のバス停柱を基準とした道路との水平方向の距離」及び「バスの前方、後方2断面におけるバスと縁石との距離」を計測した。2断面に関しては、バス停留所

に設置されているガードレール柱を利用することにより、測点間距離を統一した。また、バス毎に停車位置が異なるため、バス停柱を基準とした道路との水平方向の距離を測定し、バスの詳細な停車位置を把握した。以下に、計測箇所の概略図を示す。

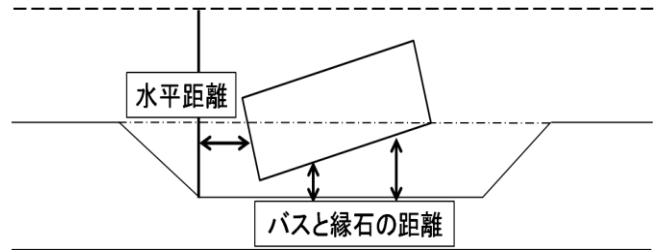


図-1 バスの計測箇所

(3) バス及び周辺車両の挙動の観測

バス及び周辺車両については、バス停付近に設けた4箇所の断面の通過時刻、中央線越えの有無及び対向車の影響の有無を観測した。なお、ここでいう「周辺車両」とは、「バス停車時にバスの後方に位置しており、かつバス停車の影響を受けていると思われる車両」のことである(図-2)。

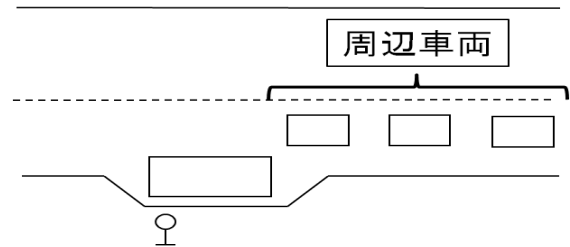


図-2 周辺車両

(4) 観測箇所

観測箇所の概略図を以下に示す。観測箇所を「バス停上流区間」、「バス追い越し区間」、「バス停下流区間」の3区間におけることで、区間毎の影響分析を行う。本分析では、「各断面間の距離」と「通過時刻」を元にタイム・スペース図を作成することで、各車両の影響の度合いについて把握した。(図-3.4)。

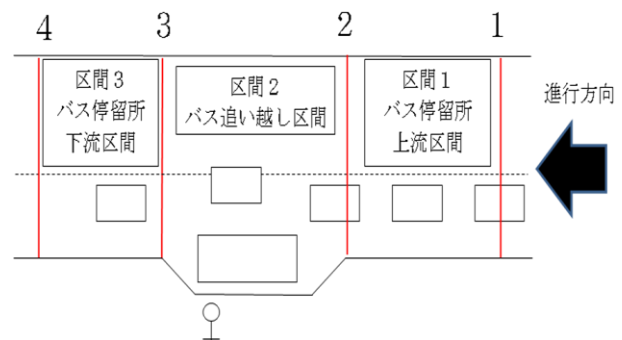


図-3 観測区間

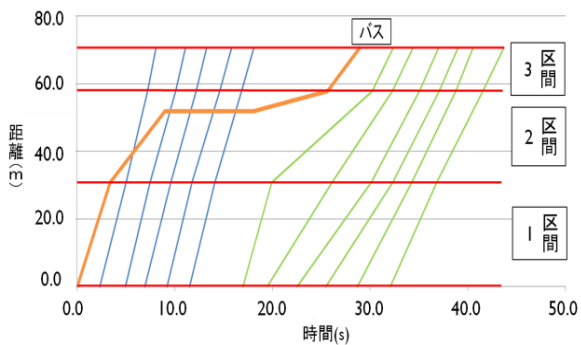


図-4 タイムスペース図

3. 周辺車両の影響分析

(1) 分析方法

a) 周辺車両の走行状態の区分と分析対象車両

本分析に際し、周辺車両の走行状態を以下の4つに区分した。

① 追い越し車両

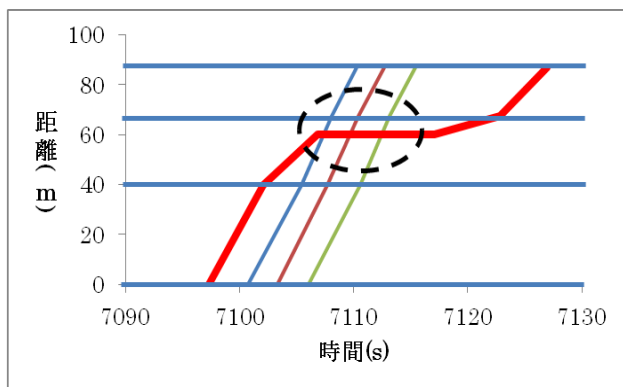


図-5 追い越し車両

「追い越し車両」とは、バスが停車している間にバスを追い越した後続車両のことであり、図5で○で囲まれている車両である。また、本研究では追い越し車両を「対向車両あり」と「なし」で分けている。これは、一般的に追い越し時には、対向車両の影響を受け、その影響の有無を区分けするためである。

② 非追い越し車両

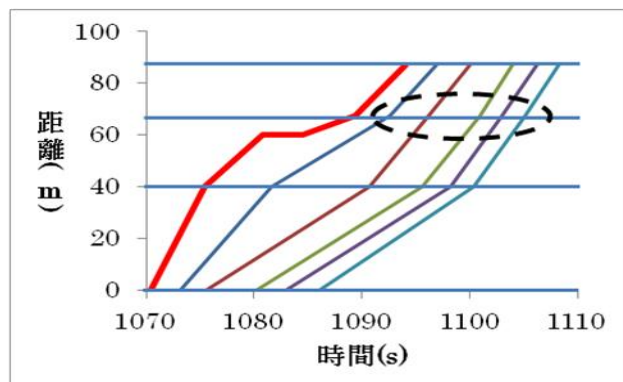


図-6 非追い越し車両

「非追い越し車両」とは、バス停車中にバスの直近まで到達しているが、バスを追い越すことができなかったバスの後続車両であり、図6で○で囲まれている車両である。

③ 追従車両

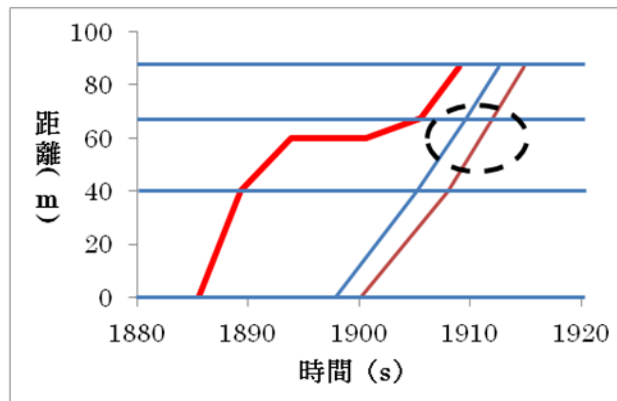


図-7 追従車両

「追従車両」とは、バス出発時にはバスの直近に到達していないが、断面3にバスが到達するまでにバスに追い付き、影響を受けた後続車両であり、図7で○で囲まれている車両である。

上記の状態区分の全てにおいて、以下の車両を分析対象とした。

- ・バスの後続先頭車両

バス停車の影響を最も直接的に受ける後続車群の先頭車両。

- ・対向車線にはみ出さずにバスを追い越した車両

対向車線へのはみ出しの有無は、対向車両の到着状況に強く依存することから、本分析では対向車線にはみ出さずにバスを追い越した車両に限定することとした。

- ・バスの発進時に、バスの停車位置から上流35m以内を走行している車両

バスが本線に完全に復帰するまで、バスは周辺車両に影響を及ぼし続ける。バスが発進し本線に復帰するまでの時間と、周辺車両の平均速度からバスの影響区間を推定し、この区間内に存在する車両に影響を受けた車両とした。

b) 分析指標：遅れ時間および残存幅員

① 遅れ時間

遅れ時間は、バスの影響を受けて走行した場合の全区間通過時間からバスの影響を受けずに走行した場合の通過時間の差分を取ることで求められる(図-8 参照)。遅れ時間は設定した区間長に依存せず、バスの停車によって受ける影響を直接的に表現できる指標である。

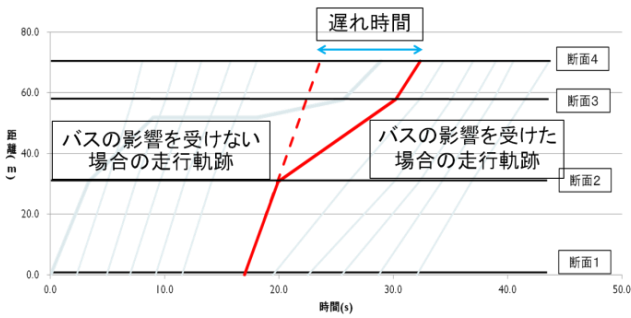


図-8 遅れ時間

②残存幅員

残存幅員は、図-9に示すように片側車道幅員から、停車時にバスが占有した幅員(バス占有幅)を差し引いた残りの幅員である。残存幅員は、バスの後方に位置する後続車両がバスを追い越す際に走行できる幅員であり、後続車両がバスを追い越すかどうかを判断する基準の一つとなる。つまり、この値が小さくなればなるほど、追い越しが困難となり、周辺車両はバスの影響を強く受けることとなる。

本分析では、対向車線にはみ出してバスを追い越した車両を分析の対象から除外しているため、バスの追い越しは、残存幅員に強く依存するものと考えられる。

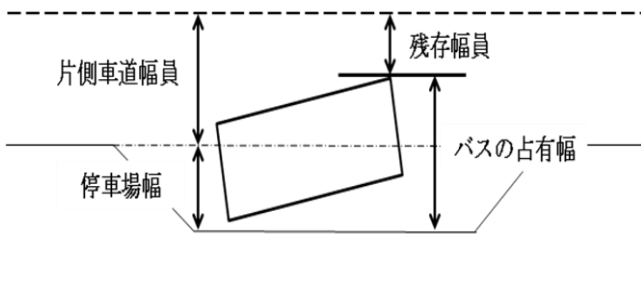


図-9 残存幅員

(2) 分析結果

a) 区間毎の残存幅員と遅れ時間の関係

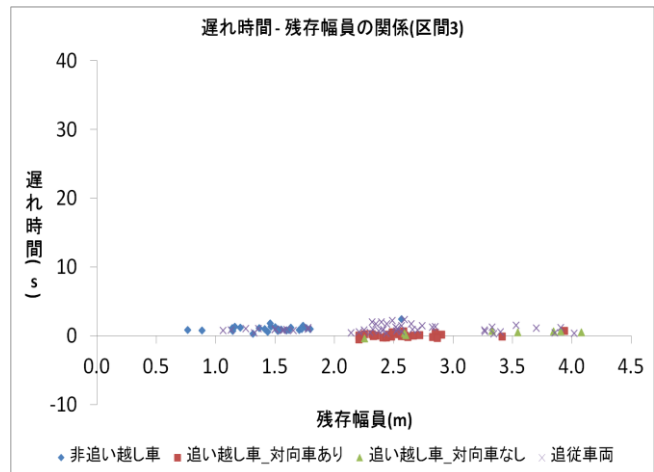
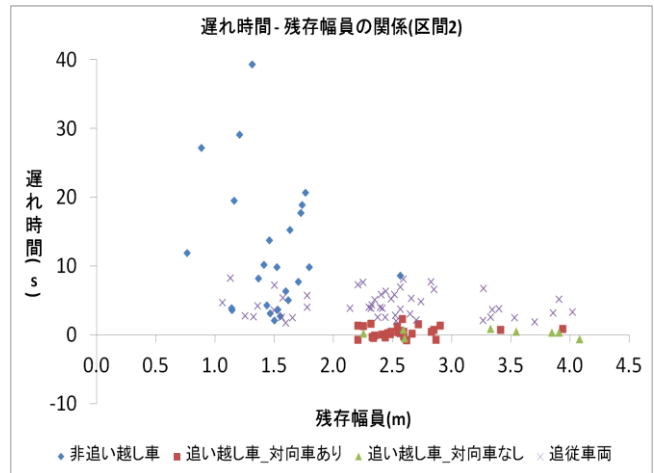
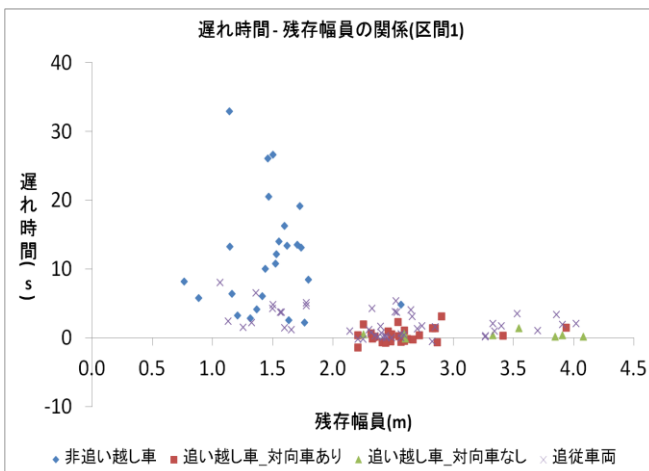


図-10 遅れ時間と残存幅員の関係(区間別)

図-10は、図-3で示した3つの区間それぞれにおける残存幅員と遅れ時間の関係を示したもので、区間1がバスベイの上流部、区間2がバスベイ部、区間3がバスベイ下流部である。図-10にプロットした1点は、バス停に停車したバスの後続車群の先頭車両であり、バスの停車による影響を最も直接的に受ける車両である。

図をみると、区間1及び区間2において遅れが発生し、区間3では、遅れがほとんど発生していない様子が見てとれる。

本分析から、周辺車両は、バス停車の影響の大部分をバスを追い越すまでに受け、バスを追い越した後はほとんど影響を受けないと考えられる。つまり、バスを追い越すことができる残存幅員を確保できれば、バス停車による影響を減らすことが可能となる。

b) 全区間を対象にした残存幅員と遅れ時間の関係

図-11は、全区間の残存幅員と遅れ時間の関係を示したものである。

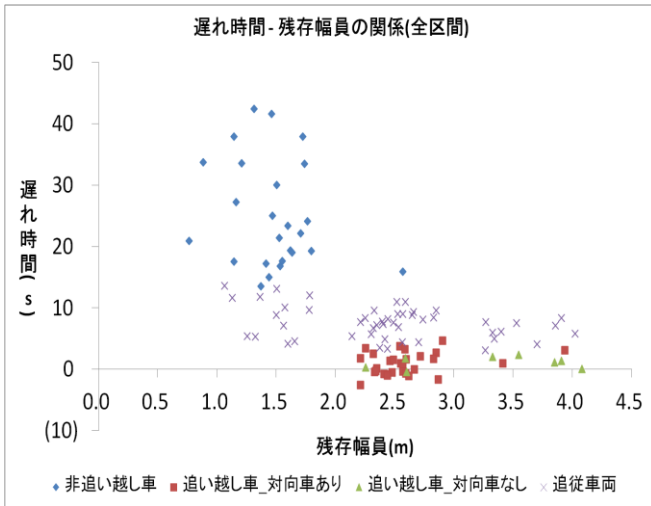


図-11 遅れ時間と残存幅員の関係

図をみると、非追い越し車両が他の車両区分に比べ、遅れ時間が大きくなっていることや、残存幅員2.0mを境に、遅れ時間の分布に大きな違いが出る(非追い越し車両数の減少、残存幅員2.0m以上の車両は、残存幅員2.0m以下の車両に比べ遅れ時間が著しく減少)様子が見取れる。

非追い越し車両は、バス停車中にバスの直近まで到達しているが、バスを追い越すことができなかったバスの後続車両である。つまり、非追い越し車両は、停車中のバスを追い越せなかったため、バスの後方で停車を余儀なくされた車両と言え、追い越せなかったことが遅れ時間の増大につながったといえる。これは、残存幅員2.0mを超えると、非追い越し車両数が著しく減少したことからも言える。

一方で、対向車両の影響をみるため、追い越し時の対向車両の存在の有無で車両を区分し、分析を行ったが、本分析では影響を見て取ることができなかった。これは、対向車線にはみ出してバスを追い越した車両を分析の対象から除外したためであると推測される。対向車両の影響をみるためには、より詳細な分析が必要となると考えられる。

以上の結果から、遅れ時間の多くは、バスを追い越すことができないことにより発生していること、また遅れ時間を減らすためには、バスの後続車両が、対向車線にはみ出すことなくバスを追い越すことができる残存幅員2.0m以上を確保することが、重要であるという結果が得られた。

4. バスの停車状況についての分析

(1) 残存幅員

残存幅員とは、図-9に示したように(片側)車道幅員から、停車時にバスが占有した幅員(バスの占有幅)を差し引いた残りの幅員であり、次式で示される。

残存幅員 = 片側車道幅員 - バスの占有幅

第3章の結果より、残存幅員を2.0m以上確保できれば、バス停車の影響を低減することができることが分かった。

残存幅員2.0mを確保できるバスベイを設置すれば後続車両への影響をかなりの程度小さくでき、バスベイの設置効果をより大きくできる。バスの占有幅はバスベイの幾何構造(バス停留車線長、停車場幅、加減速車線長など)とそれに応じたバス運転手の停止判断行動の結果として生じるものであり、バスが停止するごとに異なる。すなわちバスの占有幅はバスごとに変動し分布するといえる。残存幅員2.0m以上確保できるバス停留所を設計するためには、占有幅を推定する必要がある。

(2) バスの占有幅の分析

図-12は、バス停留所毎の占有幅の分布を示したものである。横軸のバスベイの停車場幅は左から1.25m, 1.5m, 1.5m, 1.9m, 3.5mである(表-2参照)。1.25mおよび1.5mの停車場幅のバスベイはほぼ同一の分布を示し、1.9mの停車場幅になると占有幅の分布が1.0m付近の位置に下がり、3.5mになるとほぼ0m付近に位置している。これは、停車場幅の値が大きくなるほどバスの占有幅すなわちバス停車時の車道へのはみ出し幅が小さくなることを示している。バスの運転手はバスベイの停車場幅を十分に使って停車する傾向にあるといえ、停車場幅はバスの占有幅に強く影響していると考えられる。

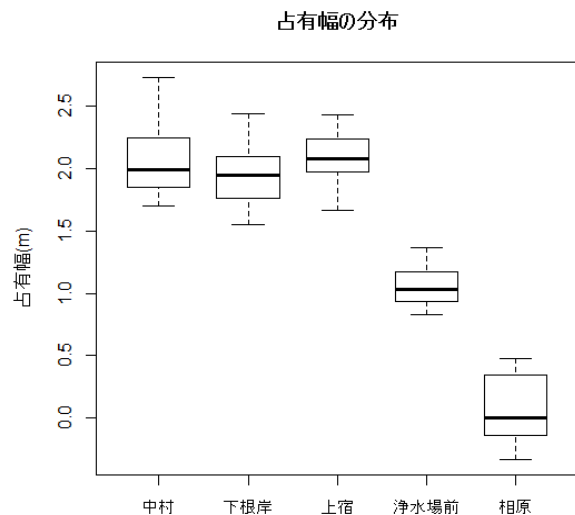


図-12 バス停留所毎の占有幅

バスの占有幅と停車場幅との間に明らかな傾向がみられることから、バスベイの幾何構造要因である停車場幅に基づいてバス占有幅を推定することが可能といえる

(3) 停車場幅によるバス占有幅の推定

バス占有幅の分布を代表する値として全体の85%のバスが占める85%タイル値を採用した。この85%タイルのバス占有幅の値と停車場幅の関係を示したのが図-13である。図からバス占有幅の85%タイル値と停車場幅との関係は負の相関を示し、この両者の関係を負の指数回帰式で代表させた。

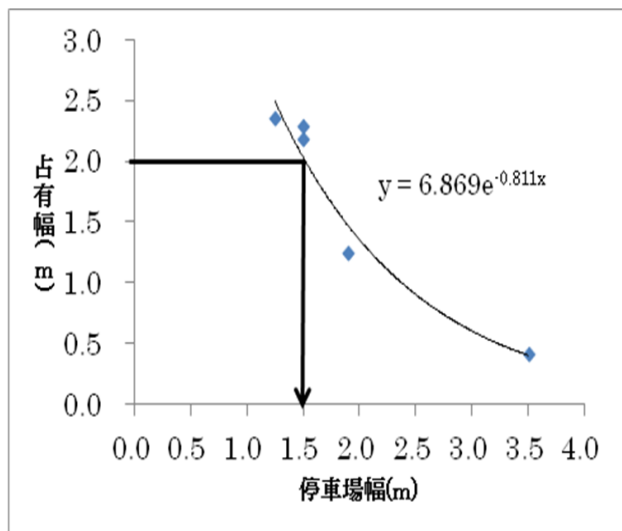


図-13 占有幅と停車場幅

残存幅員は前記したように(片側)車道幅員とバス占有幅との差である。3章においてバス停車時の後続車両の影響は残存幅員 2.0mを確保することによって相当程度軽減できることを示した。残存幅員 2.0mを確保できるバスベイの停車場幅は、図-13の関係に基づいて次式の関係から決定することができる。

$$\text{バス占有幅} \geq (\text{片側})\text{車道幅員} - 2.0$$

たとえば片側車道幅員 4.0mの道路に残存幅員 2.0mを生み出すバスベイを設置したい場合、最初にバス占有幅の最小値 2.0mを求め、このバス占有幅に対する停車場幅を図-13の関係を用いて決定する(この例では約 1.5m)。

本章において異なる幅員の道路においても残存幅員 2.0mの条件を満たすバスベイを具体的に決定できる方法を示した。分析対象にしたバスベイの中には停車場幅 3.5mのバスベイ(相原,片側車道幅員3.75m)があり、本方法を適用した場合約1.7mの停車場幅を取ればよいといえ、このバスベイは過大な停車場幅を設けているとみなせる。バスベイは歩道を切削して設置されるのが通常である。歩道を必要以上に切削せず、バスベイの設置目的であるバス停車時の周辺車両に及ぼす影響を極小にする設置方法を見出すことは重要である。

5. まとめと今後の課題

本研究では、残存幅員と遅れ時間に着目し、バスがバス停留所に停車した際の周辺交通に与える影響について分析を行った。その結果、遅れ時間の多くは、バスを追い越すことができないことにより発生していること、遅れ時間を減らすためには、バスの後続車両が、対向車線にはみ出すことなくバスを追い越すことができる残存幅員 2.0m以上を確保することが、重要であるという結果が得られた。

残存幅員はバスの停車ごとに異なり、その変動はバス占有幅の分布に依存し、このバス占有幅とバスベイの停車場幅の間に明確な関係があることを示した。この関係を用いることによりバスベイを設置する側の車道幅員を与件として残存幅員 2.0mを確保できる停車場幅を決定する新たな方法を提案することができた。

バスベイの主たる幾何構造要因であるバス停留車線長は、実際に設置されているバスベイの多くが 15m前後であり、分析に必要なレンジを確保することが困難な状況であった(バス停留車線長 30mのバスベイが1箇所含まれているが、複数のバス路線が共用しているバスベイで常時2台のバスが直列に停車し、実質 15mのバス停留車線長と同等の状況であった)。バスベイの設置は、停車場幅とバス停留車線長の組み合わせで決定すべきであり、本研究ではこの点からの分析が行えなかった。この点が今後に残された大きな課題である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路構造令の解説と運用(平成16年2月)
- 2) 田中 伸治：新たな路上駐車スペースの創出を軸とした路上駐車管理方策に関する研究, 2007年博士論文
- 3) 鈴木早紀子、大蔵泉、中村文彦、中村文彦：新形状のバスベイの設計と評価に関する研究、土木計画学研究・講演集巻:28頁:III(108),2003
- 4) 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及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
- 5) 小谷通泰、山本巖、田中清剛、藤埴忠司：「突出型バス停留所」の影響は悪に関する実験と考察、土木学会第37回年次学術講演会講演概要集, pp291-pp292,1982.10
- 6) 榛沢芳雄、池上慶一郎、安井一彦、寺内徳彰、阿久津徹、深川隆：路線バスの交通流に与える影響とバスベイ設置の効果、昭和60年度日本大学理工学部学術講演会論文集 pp235-pp236,1985.10

(?)