

# 専用走行空間を活用したバス輸送に関する基礎的研究

## A study on bus transit system utilized the exclusive busway \*

矢部努\*\*・中村文彦\*\*\*・大蔵泉\*\*\*\*

By Tsutomu YABE\*\*, Fumihiko NAKAMURA\*\*\* and Izumi OKURA\*\*\*\*

### 1. はじめに

都市交通における公共交通輸送の重要性が高まりつつあるが、これまでバス輸送の重要性についてはそれほど深く認識されていない。例えば、軌道系交通機関の導入を検討している都市においては、新交通システムやモノレール、LRT 等を導入した場合の比較検討は行われているものの、代替案として専用走行空間を活用したバス輸送システムに着目した例はあまりない。

既存の研究<sup>1)</sup>によれば、時間・方向あたりのバスの最大輸送力は、中量輸送システムと遜色ない程度まで高められるとされている。また、近年アメリカでは、バス専用道路を伴って高度化されたバス輸送（BRT：Bus Rapid Transit）が注目され、国家的戦略のもとでの検討がなされており、中量輸送システムに匹敵する輸送力を低コストで実現している。我が国においても、これまで軌道系交通機関へのニーズがありながら、空間的・財政的な問題から軌道系交通の整備が困難であった都市圏において、その代替案としてバス輸送システムの適用可能性を検討する意義は大きい。

また、2002年2月から実施された乗合バス事業の規制緩和を受けて、これまでのようにバス事業者が自治体の関与なしに独自に運営するスタイルが標準ではなくなり、バス事業者と自治体、あるいは市民との協働作業としてのバス輸送計画が求められる時代に転換しつつある。道路管理者としての自治体は、バス輸送のためのインフラ整備に関する工学的な技術論、及び新規に都市交通システムを導入する際の政策判断の

客観性を明確にする必要性が高まっている。

そこで本研究では、公共交通機関としてのバス輸送の役割に着目し、インフラ整備の視点からバス専用走行空間を活用した交通システムの適用可能性を明らかにすることを目的とする。まず、既存の研究成果と先進事例について整理した上で、バス専用道路の処理能力に関する評価分析の視点、及び代替軌道系交通機関との比較を行う際の論点を整理した。また、簡単な前提条件を設定した試算を行うことで、専用道路を活用したバス輸送の適用領域について考察し、今後、適用可能性を評価するための基礎データと課題を整理した。

### 2. 既存の研究成果と論点の整理

#### (1) バス専用走行空間の活用事例整理

バス専用走行空間には、路面表示により一般車走行車線と区分されるバス専用レーンと、縁石等により物理的にバス以外の車両の通行が制限されるバス専用道路に分けられる。また、ガイドウェイバスもバス専用道路に分類される。

バス専用走行空間の活用事例については、中村による研究成果<sup>2)3)</sup>によって整理がなされており、その代表例における空間確保の方法と運用上の工夫点については、表1のようにまとめられる。

表1 海外のバス専用道路の代表例

都市名	空間確保策	総延長	運用の工夫
シアトル	地下トンネル	2km	ハイブリッド連節バス
オタワ	貨物鉄道廃線等	31km	幹線支線網整備、TOD
ピッツバーグ	同上	35km	LRT 共用走行路
マイアミ	同上	14km	通勤鉄道に接続
クリチバ	土地区画整理時	75km	3連節バス チューブ型バス停等
ポルトアレグレ	道路新設時等	15km	バスコンボイ運行 嵩上げ島式バス停

文献2)に一部加筆、総延長は専用道路複数区間の合計

\*Key Words：公共交通計画，バス専用道路

\*\*正会員，工修，横浜国立大学大学院環境情報研究院  
(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5  
TEL:045-339-4031 E-mail:yabe@cvg.ynu.ac.jp)

\*\*\*正会員，工博，横浜国立大学大学院環境情報研究院

\*\*\*\*フェロー，工博，横浜国立大学大学院工学研究院

これらは、バス定時性や信頼性の向上に加え、バスによる大量輸送を意図して導入される場合も多い。よって、バス輸送に関するインフラ整備が、どの程度の定時性向上に寄与するのか、他の交通機関との比較を行う上で、どのような条件下でどの程度の輸送能力を発揮できるのかについて評価を行うことが重要である。

### (2) ガイドウェイバスの活用事例整理

ガイドウェイバスは、1980年にエッセンで試行的に導入され、その後アデレードでは、郊外居住地と都心部を結ぶ全長12kmにわたるガイドウェイバス専用道路により大規模に運用されている。

一方、イギリスの各都市では、ボトルネックとなる交差点の渋滞長に相当する数百mだけガイドウェイを設置し、信号待ちの一般車両をバスが追い抜くことにより、バスの定時性を高め、一般車両への影響を最小にしている。(詳細は文献3)を参照)

これらのシステムは、バスの定時性向上に主眼を置いているが、軌道系交通機関との比較の際には、どの程度の輸送力が確保でき、そしてどの程度の費用が必要となるかについても評価を行う必要がある。

表2 ガイドウェイバスの導入事例<sup>3)</sup>

導入目的	導入事例
幹線軌道系システム代替	アデレード、名古屋
交差点混雑区間のパイパス・スキップとして	マンハイム、リーズ、イプスウィチ、ブラッドフォード
技術検証(実験的導入)	エッセン、ナント、淡路島

### (3) バス専用道路の処理能力

バス専用道路の処理能力に関する既存研究は、中村<sup>4)</sup>により整理されている(表3)。この中では、指針等に示される数値、実績値としての数値、分析により算定された数値についてそれぞれ整理されている。

ただし、これらの輸送力は、算定のための詳細な算定根拠が示されていないものや、特殊な条件下(バス停のない2車線の高速道路、高度な信号制御、途上国での実績)における実績値であることに注意を要する。

また、高頻度なバス輸送を行うためには、高度な運行制御や停車施設、乗務員の確保が必要条件となる。しかし、このようなインフラ整備コストや、高頻度の運行にともなう人件費等の運営コストに着目し、他の交通機関と比較を行った研究はあまりされていない。

表3 バス輸送能力の例

分類	輸送力	前提条件等
指針等	6,000~12,000	80人定員×75~150台/h (算定根拠の詳細は不明)
実測値	32,560	バス停のない2車線バスレーン
	29,000	専用道路上を隊列走行(途上国)
分析値	53,000	高速道上専用レーンでバス停なし
	30,600	バスコンボイ、運賃車外払等

輸送力の単位はいずれも、人/時間/方向

### (4) BRTに関する整理

BRTはBus Rapid Transit(バス高速輸送)の略で、「バス車両をベースとして、バス専用道路等の運用により軌道系交通と比較しても遜色のない機能を有し、かつ柔軟性を兼ね備えた都市交通システム」と位置づけられる。そのコンセプトに基づき、停留所や信号制御、土地利用計画との整合(マスタープランへのバスシステム反映)等の工夫がなされており(表4)、これらのことが、我が国への適用上の課題と考えられる。

BRTは、現在北米を中心とした数都市で導入が進んでおり、特に米国では国家的戦略のもとで、各都市のMPO等と協力してBRT導入促進に向けたプログラムが実施されている。また、報告書<sup>4)</sup>によると、BRTとLRTとを比較した場合、運営コスト面で相当な優位性があることが示されている。

表4 BRTのコンセプトと工夫例

『移動時間の短縮』	『利用しやすいシステム』
バス専用道路、HOVレーンの整備	特徴的なバス停・車両のデザイン
バス停間隔の遠距離化	バス停・車両のユニバーサルデザイン
高頻度サービスの提供	大容量のバス車両
バス優先信号制御	路線の分かりやすさの向上
運賃收受方法の改善	所要時間・待ち時間等の情報提供
車両低床化、及びバス停との段差解消等による乗降時間短縮	土地利用施策との整合

## 3. 輸送能力算定に関する分析課題

専用走行空間を活用したバス輸送の評価に際しては、他の交通システムとの比較を行う上で、その輸送能力算定の理論的・実証的な検証が必要となる。

輸送能力を決定する要因は、空間的制約、費用、制度面、技術面の4つに大きく分類できる。空間と費用

が無限であれば、バスにより鉄道と同等の輸送力を達成できる。ただし、その場合には鉄道並みの大規模な停留所施設が必要となり、必要となる乗務員の増加による人件費の負担増から、バスによる輸送システムの必要性が低下する。空間的な制約が発生すると、技術面で工夫が必要となる。ここでいう技術とは、バスの必要走行空間を低減させるための車両技術（例えば、IMTS等）や、バス停停車時間を減少させるための工夫（例えば、事前運賃收受方式やバス停と車両の段差解消等）が考えられる。また、技術革新は、開発費用として輸送コストに反映され、現行の法制度との関連についても検討を行う必要がある。

これらの相互関係を解き明かし、ある輸送需要が与えられたとき（例えば、ピーク時1時間あたり1万人の需要が発生するとき）にバス輸送により処理するためにはどのようなシステムにしなければならないのか、同じ条件を軌道系交通システムで達成するためにはどの程度の費用や空間が必要となるのか、といった分析が必要となる。本研究で検討を行う分析の視点については表5に整理し、以下ではその一部の項目について簡単な前提条件下での試算結果をもとに考察を行った。

表5 交通システムの比較分析に関する視点の整理

比較分析の視点	備考, 仮説等
必要とする空間	現行法制度との関連を検討
用地費以外の建設費	軌道系システム バス
運営費	高頻度輸送の際はバスが不利
沿線への環境負荷	軌道系 < バスだが、技術次第
表定速度	停留所間隔と処理能力に依存
運行頻度	軌道系システム < バス
幹線支線接続の利便性	直通運転によりバスが有利
沿線土地利用形態	停留所間隔次第
段階的整備の柔軟性	沿線開発動向や需要の不確実性に対してはバスが有利

網掛けは、本稿で試算を行った項目

#### 4. 代替交通機関の比較分析

##### (1) 分析の考え方

先に示した代替交通機関の比較分析の視点について、試算を行った。これまで海外においては、詳細な項目に基づく公共交通輸送の費用モデルに関する研究<sup>5)</sup>が

いくつか行われているが、ここでは、簡単な前提条件を設定した上で、空間的な条件を固定し、輸送能力とシステムコストの関係を算出した。また、バス輸送の代替案については、需要と運行間隔の関係により表定速度が変化すると考えられるため、別途計算を行った。

##### (2) 前提条件

- ・幅員10m, 延長約10kmの空間が確保されたとし、路線延長10km, 駅間1km(11駅)の路線を仮定。
- ・制度上, 全ての交通システムの整備が可能とする。
- ・沿線には一様の需要分布を仮定し, 全て最寄り駅から終点までの乗車を仮定(many to one)。
- ・終点駅の直前区間を最大輸送ポイントとする。
- ・インフラ部分の減価償却を50年, 車両を10年とし, 1年あたりのコストを算出(利子率等は考慮せず)。

##### (3) 代替交通システムの設定

代替交通システムは、表6のように設定した。地下鉄と新交通については、車両編成によっては費用が異なると考えられるため、1編成あたりの車両数を2パターン設定して計算を行った。

表6 代替交通システムの諸元設定

代替システム	緒元	1編成の車両数	車両定員	表定速度 [与件]	概算建設費 [車両費含]	
	単位	(両/編成)	(人/両)	(km/h)	10	(億円/km)
地下鉄		5	150	32		275
地下鉄		10	150	32		275
新交通		3	100	27		115
新交通		6	100	27		115
モノレール		4	75	30		105
LRT		2連結	150	25		50
バス専用道	通常バス	1	80	20	10	20*
	3連節バス	1	270			50*
	隊列運行	6	80			20*

\*バスについては、車両費を別途設定(単位:百万円/台) 概算建設費は、出典6)の数値の中間値を適用 運営コストについては、出典7)より平均値を算出し適用

##### (4) 分析結果と考察

分析結果を図1に示す。計算の結果、ピーク時需要1万人/hまでは、バス専用道路(隊列走行)が他の交通システムと比較して相対的に有利となっているが、6台が同時に停車できるバス停施設の整備が必要とな

る。同システムにより2万人/h以上を輸送しようとする  
ると、乗務員が増加し人件費が上がるために、新交通  
システム等に対する費用面での優位性は失われる。た  
だし、技術開発（例えば、無人運転隊列走行）により  
人件費の上昇を抑制できる可能性がある。

また仮に制度上、270人定員の3連節バスが導入可  
能であれば、費用面では有利という結果になっている。

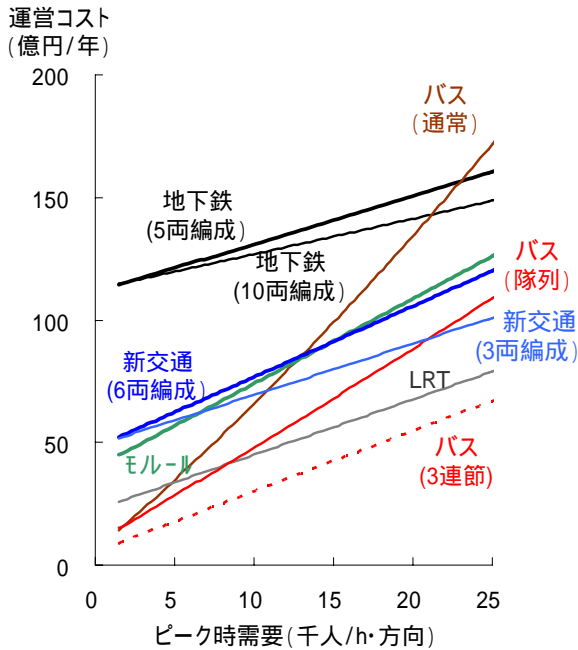


図1 ピーク時需要と運営コストの関係

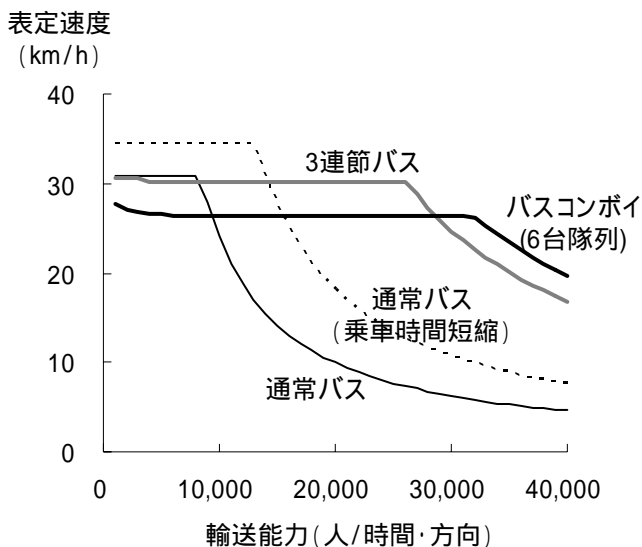


図2 ピーク時需要とバス表定速度の関係

また、バス専用道路における高度な制御を前提とし  
た場合、通常バス（定員80）では、輸送力1万人/h以  
上を達成しようとするると表定速度が低下するが、乗車  
時間を短縮（3 1.5秒/人）すると、理論上1.5万人/h

まで表定速度が一定となる。隊列走行では、約3万人  
/hまで表定速度が一定となり、運用上の工夫を施すこ  
とで、利便性を低下させずにバス輸送能力を向上でき  
ることが示唆される。ただし、実際の運用上では、利  
用者のバス停到着のランダム性等の影響により、滑ら  
かな曲線を示すと考えられる。

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、バス専用道路の処理能力に関する評価  
分析の視点、及び代替交通システムとの比較を行う際  
の論点を整理した上で、バス専用道路を活用したバス  
輸送システムが、他交通システムに比べ相対的に有利  
となる条件（特にコスト面）についての試算を行った。  
ただし、簡単な前提条件による計算となっているため、  
他の評価指標の算定を含め、設定条件を精査しつ  
つ分析を行っていく必要がある。

今後は、バス輸送能力を規定する各種代替案を評価  
可能なシミュレーションモデルを用いてより精緻な計  
算を行い、今回整理のみにとどまった他の評価指標に  
ついて分析を行う。さらに、現行法制度等による制約  
条件や、所要時間や乗り換え有無などの利用者利便性  
の視点についても考慮することで、専用道路空間を活  
用したバス輸送の適用可能性とその限界を明らかにす  
ることが今後の課題である。

最後に、本研究は（財）国土技術研究センターの助  
成による新道路研究会の成果の一部である。ここに記  
して感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 中村文彦：幹線バスの輸送能力に関する一考察，土  
木計画学研究・講演集 No.17, pp.925-928, 1995
- 2) 中村文彦：都市バス輸送におけるインフラ整備に關  
する研究課題と考察，土木計画学研究・講演集  
No.26, CD-ROM, no.246, 2002
- 3) 中村文彦：都市圏交通システムにおける高速バスシ  
ステムの可能性，高速道路と自動車，第45巻，第10  
号，pp.11-15, 2002
- 4) GAO：MASS TRANSIT Bus Rapid Transit Shows Promise，  
US General Accounting Office, Washington DC, 2001
- 5) 例えば，Allport, R.J.：The Costing of Bus, Light Rail  
Transit and Metro Public Transport Systems，Traffic  
Engineering + Control 22, pp.633-639, 1981
- 6) 都市交通研究会：これからの都市交通 - 環境を考  
えた魅力ある都市づくり，山海堂，2002
- 7) 平成12年度鉄道統計年報，国土交通省鉄道局