

バス優先方策を取り入れたバス輸送システムの評価に関する研究

A Study on Evaluation of Bus System with Bus Priority Measures

中 村 文 彦

By Fumihiko Nakamura

The purpose of this paper is to develop the frame for evaluation of bus system with bus priority measures and clarify the related issues. The results are as follows.

Firstly the intentions for introducing bus priority measures can be divided into three types. And alternatives and items to evaluate must be different by each intention.

Secondly the physical possibility in introducing bus priority measures are discussed. Especially technical and institutional issues about transitway (grade separated busway) and guided bus system are identified.

And lastly in calculating the effect on bus user and bus operator the operation style before introducing the measures was found to be important to consider.

1. はじめに

自家用車の普及に伴い、特に軌道系の交通機関を持っていない地方都市等において、道路交通の問題が深刻化しており、公共交通の役割が重要視されてきている。公共交通のうち、バス輸送については、道路交通の影響を受け易いため、運行の信頼性は決して高くなく、また、輸送容量もそれほど大きくないと考えられている¹⁾。その結果、わが国では、多くの都市において、そのような既存のバス輸送システムを改善することよりも、軌道系の交通機関を新たに導入することに関心が注がれている²⁾。とはいえ、既存のバス輸送システムが深刻な問題を抱えているにもかかわらず、費用や需要の面から軌道系の交通機関を導入できないままの都市も少なくない。

反面、海外ではバス輸送システムへの関心は決して

低くなく、様々な形態のバス優先方策（道路空間においてバスの走行を優先させる様々な方策）の導入が進んでいる。そのような方策によりバスの輸送容量を増大させる提案もみられ、有効な成果をあげている例も存在する^{3) 4)}。わが国でも特色ある形態のバス優先方策が何都市かで試みられているが、いづれも単発的な実験のレベルに留まっている。各方策については、その得失が十分には整理されておらず、その結果、導入評価の考え方も整理されていない。また、各方策の交通政策上の導入の背景あるいは意図は必ずしも一意的とはいえ、当然ながら、評価方法を整理する際にはそこまで言及する必要があるが、その点も十分に議論されているとはいえない。このような状況を踏まえた場合、わが国でもバス優先方策をバス輸送システムの点から検討する意義は依然として十分にあると考えられる。

そこで本研究では、既存事例整理等を通して、わが国において、バス優先方策を取り入れたバス輸送

キーワード：バス輸送、優先方策、評価手法
正会員 工博 東京大学工学部都市工学科助手
(〒113 東京都文京区本郷7-3-1)

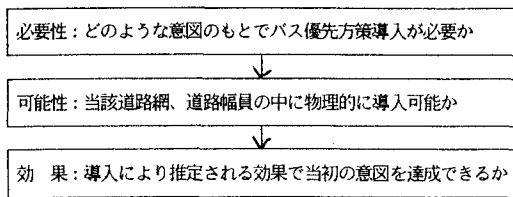


図1. バス優先方策を導入したバス輸送システムの評価方法の大枠

システム導入の評価方法を整理することを目的とする。評価方法は、図1のような3段階に区分できる。これをもとに、本研究では、1)導入意図を分類し各意図毎に評価の考え方を整理すること、2)現在行われている、あるいは提案されていて実現可能性の高い各バス優先方策に関してその得失をまとめた上で、導入可能性を整理すること、3)効果を推定する上で注意すべき点を整理すること、の3課題を設定した。

以下、まず2節では、バス優先方策に関する既存の研究成果の整理を通して本研究の意義を確認した。次に3節では、課題1)を取り上げ、既存事例等とともに導入意図を分類し意図毎にバス優先方策導入の評価方法について検討した。4節では、課題2)を取り上げ、わが国の現存の都市構造を踏まえ、導入可能性を検討する意義のあるバス優先方策について議

表1. 本論文の研究対象とするバス優先方策

分類	方策の名称	定義	
完全占有空間	バス専用道路	バスのみが通行可能な道路 ・独立な道路(Runcorn等) ・一般道路併設高架(Ottawa等) ・トランジットモール(Denver等)	
	バス専用リク	同上で約100m未満の短区間(英国ニューカ等)	
道路の一部を占有	順行バスレーン	路側車線がバス専用(優先)(事例多数) 中央線変移との併用も有(福岡等)	
		中央走行	中央側車線がバス専用(優先)(名古屋等)
		突出型バス併用	路側第2車線がバスレーン、第1車線は停車帯かバス停突出部(大阪、ロンドン等)
	バス逆行レーン	片方向についてはバス専用とし他方向は一般車の通行を認める(大阪、ロンドン等)	
交差点処理	バス優先信号	バスの走行を円滑にするべく青時間等を調整するもの(事例多数)	
	バス専用右(左)折レーン	交差点でのバスのみ右(左)折を認め、専用の車線を用意したもの(熊本他多数)	
他	ガイドウェイバス	軌道上は案内装置で走行(Essen等)	

※ここでの用語はその道路空間の役割による分類である。例えば、交通年鑑等によるバス専用道路には本表でのバス逆行レーンや駅前広場でのバス専用の乗降施設等がカウントされている⁹⁾。

表2. 大規模なバス優先方策プロジェクトとその評価

プロジェクト名(国名)	概要と評価方法の特色
Bus Demonstration Project(英国)	・9地域でバスサービス改善を伴う試行 ・交通事故、運行速度等から評価 ¹⁾
Runcorn, Redditch, Irvine, Washingtonの各New Town(英国)	・バス専用道路、バス専用リンクの導入 ・ニュータウンの交通計画史という点からの評価 ⁶⁾⁷⁾⁸⁾
成田ニュータウン(日本)	・バスサービス街路の導入(物理的工夫) ・居住者、事業者のサイドから評価 ⁹⁾
基幹バス：新出来町線(日本)	・中央走行のバス専用レーン導入 ・自治体、自動車利用者による評価 ¹⁰⁾

論した。そして5節では、課題3)を取り上げ、仮想的な値での計算を通して議論し、最終的には評価の全体像を整理した。なお、ここで、内外の文献等を整理し、都市部において考えられるバス優先方策を表1にまとめた。以下では、これらのバス優先方策を検討対象とする。表からもわかるように、ガイドウェイバス等新規の技術発展も考えれば、優先方策の種類は豊富であり、各方策の適切な導入条件や評価方法を整理することの必要性は高いといえる。

2. バス優先方策に関する既存研究の動向

バス優先方策に関する研究の大半は、それら各方策に関する技術論というよりは、むしろ各方策に対する評価方法を取り扱っている。各研究は、実証的な立場から具体的な導入事例あるいは実験事例に基づいて評価を行い、計画の方法論の考察を行うタイプのものと、理論的な立場から方策適用の際の評価モデルの構築を目指すタイプのものとに区分できる。

実証的な立場からの研究は、実際に実施された大規模なプロジェクトの評価を行ったものが主であり、表2のようなものがある。それぞれの実証的研究では、いくつかの大規模なバス優先方策プロジェクトの評価がされている。反面、評価の方法がまちまちであり、評価手法としては、汎用的とはいえない。

一方、理論的な研究では、バス専用レーンの評価を交通工学的な観点から扱ったものが中心的であり、TRRLによる評価モデル(1977)¹¹⁾¹²⁾に代表される。この評価手法は、交通流シミュレーションモデルの発展に伴い、Iunesら(1988)¹³⁾によって改良されている。これらは、バス専用レーンを対象とし、当該区間での自家用車走行に対する影響を丁寧に取り入

れている反面、バス輸送システムとしての視点等が欠けている点が特色といえる。また、先に取り上げた実証的な研究のほとんどがバス路線あるいはバス路線網レベルで評価しているのと比べても、これらの研究例での評価方法は対照的である。

以上より、1)大規模なバス優先方策プロジェクトについては、個々の導入事例についての事後評価が行われているが、事前評価手法として汎用できる考え方は整理されていないこと、2)反面、交通工学的には評価手法が充実しているが、そこでは輸送システムとしての観点はないこと、がわかった。これらより、バス輸送システムという点からバス優先方策を議論する本研究の意義は十分にあるといえる。

3. バス優先方策の導入意図区分と評価方法の整理

(1) バス優先方策導入意図の区分

既存の導入事例や研究成果から、一般に既存のバス輸送システムにバス優先方策を導入する意図は、表3に示す3通りが存在すると考えられる。①と②は両立することはできないが、①と③（例えば名古屋市のガイドウェイバス²⁾）というように2つの意図にまたがる計画も存在する。以下、評価方法の概略は各導入意図によって異なるとは考えず、評価指標と代替案の設定の考え方が異なってくると考え、各導入意図毎にそれらを整理した。

(2) 導入意図毎の評価の考え方の整理

A) タイプ①：道路交通全体の円滑化

この導入意図の場合、一般車の交通容量及び利便性を低下させないことが前提条件となる。なお、バスの利便性が向上することによって一般車利用者がバス利用に転換し、その結果一般車の走行空間において交通がより円滑化されることも期待されている。この考え方は、一般車利用者の合意を得やすい反面、

円滑化された道路に新たな交通が誘発され、再度道路混雑が激化するという危険性を併せ持つ。北米における高架のバス専用道路（transitway、以下TW）の導入意図はこのタイプに属する¹⁴⁾。また、名古屋市の基幹バス新出来町線に対する議論での日本自動車連盟の立場もこのタイプに属するといえる¹⁵⁾。

この場合に重要となる評価指標は、バスと一般車の双方の所要時間がどれだけ短縮、安定されたかということになる。検討対象となる代替案としては、道路拡幅、信号制御改良といった当該道路の交通容量全体を増強する施策があげられる。

1) タイプ②：地区の自動車交通需要抑制

この導入意図の場合、ある対象地区（通常は都心地区等）の交通需要管理策の一環としてバス優先方策が位置づけられる。そのため、バス利用を促進するという点では先のタイプ①と同一ではあるが、一般車の交通容量削減や利便性低下が認められることもあり得る点でタイプ①と大きく異なる。このことは一般車利用者の合意を得にくくする。例えば、欧州でみられる交通セルでのバス専用道路あるいはトランジットモールのような考え方¹⁾、あるいは英国のロンドンで実験的な導入が進められているレッドルート上のバス専用レーン¹⁶⁾等はこのタイプの意図のもとでの提案とも解釈できる。また、駅前広場において自家用車の進入を規制する場合は、通常はタイプ①のような意図であるが、時としてこのタイプのような意図を併せ持つ場合もあり得る。

この場合に重要な評価指標は、バスの利便性がどれだけ向上し、その結果対象とする地区の一般車による交通需要をどれだけ抑制でき、さらに地区の環境の向上を達成できるかということになる。なお、バス輸送システムの重要性が強調される場合には、バス事業者に関わる指標を加えるべきであろう。対象とする代替案としては、1)バス優先方策とともに行われる歩行者専用道化等の方策の組み合わせ方のバリエーション、2)バス優先方策を伴わずに、例えばロードプライシングや駐車規制等其他の方策のみで行われる交通需要抑制策の類のものがあげられる。

2) タイプ③：大量輸送機関の必要性

この導入意図は、特に南米等の途上国において多く見受けられる。ここにおいては、代替案は主には軌道系の交通システムである¹⁷⁾¹⁸⁾。具体的には、

表3. バス優先方策の導入意図の分類

区分	導入意図
タイプ①	バスと他車が混合している現在の道路交通を、両者を分離することにより円滑化する
タイプ②	自動車交通抑制を行うために、自動車に替わる代替的な輸送システムが必要である
タイプ③	大量の需要を処理するために処理能力の高い輸送システムが必要である

中量軌道システム（いわゆる新交通システム、以下AG）、小型地下鉄システム（以下MS）、軽量軌道システム（路面電車を含む、以下LR）などがあげられる。なお、世界銀行等によれば、一般的には、地下鉄等の軌道系を導入しなくても優先方策を伴ったバス輸送システムで、必要な輸送力をより安価に確保できるため、それらの評価は高い¹⁹⁾。

この場合に重要となる評価指標は、当該交通機関導入に要する費用とそれによって得られる輸送能力及び利用者の利便性となる。また、大規模な輸送システム導入が代替案として存在することから、沿道環境の点（例えば道路景観や騒音あるいは振動の類）からの評価も重要となる。

1) 評価指標と代替案のまとめ

以上より、各導入意図での考えられる評価指標及び代替案をまとめた。評価指標は、一般的には共通の項目で測定、計算できるので、幹線バス輸送を想定表4。バス優先方策の評価指標

関連主体	評価指標	タイプ毎の重要性		
	導入意図タイプ	①	②	③
バス利用者	移動に要する所要時間の絶対値	○	○	○
	移動に要する所要時間の変動幅	○	○	○
バス事業者 ※システム 供給者側	事業負担費用			○
	運行効率化	○	○	○
	輸送計画柔軟性		○	○
	単位時間あたり処理能力			○
自家用車 （一般車） 利用者	移動に要する所要時間の絶対値	○		
	移動に要する所要時間の変動幅	○		
沿道住民等	沿道環境の保持等		○	○

※○はそれぞれの意図において非常に重要視される指標。したがって、○印のない他の指標が不要であることを意味していない。

表5。各導入意図毎の評価代替案の例示

タイプ	考えられる代替案の例
①	・道路の新設、拡幅による交通容量の増強 ・信号制御変更等の交差点改良による交通容量の増強
②	・バス優先方策と何らかの方策を組み合わせた交通需要抑制策（その組み合わせ方によるバリエーション） ・バス優先方策以外の方策のみからなる交通需要抑制策（ロードプライシングあるいは都心地区駐車規制等）
③	・軌道系の輸送システム（AG、MS、LR等）の導入

定して、当該路線に導入する各優先方策代替案の導入評価の際に指標として考えられるものを列挙し、各導入意図の下での指標の重要性を併せて表4のようにまとめた。代替案については表5の通りである。

4. 代表的なバス優先方策の導入可能性

(1) 対象とするバス優先方策の整理

先の表1の各種バス優先方策について、次のように再分類した。まず、バス専用道路及びバス専用リンクについては、独立した道路でのバス専用道路、リンク（以下BW）、高架のバス専用道路（TW）、トランジットモール（以下TM）、の3種類に区分した。次に、各種のバスレーンや優先信号、交差点処理については、1路線中の適材適所に組み合わせて導入することが望ましいと考え、まとめて1つの方策として設定した（以下BP）。ガイドウェイバスシステムについては、特殊な存在でありながら、議論の上では重要なので、独立させた（以下GB）。

(2) 各優先方策の導入可能性

既存の道路空間に上記の各優先方策を導入する可能性は、1)当該道路空間に導入する余地が物理的にあるかどうか、2)導入することによって関連する各主体に望ましからざる影響を与えないか、という2点から議論できる。1)については道路幅員が鍵となり、2)については、特に一般車の代替経路が問題となる。但し、2)については、先の導入意図のタイプ毎に導入可能性の考え方も変わってくる。以下では、各優先方策について、その得失を踏まえた上で導入可能性について整理した。なお、TMについては、タイプ②の意図にあてはまるが、同時に商業活性化という側面があり、導入条件や代替案についてもその点を留意すべき方策である。具体的にこれらについては、既に十分議論された結果が報告されているので本研究では議論の単純化のため省略した。

ア) BW

既存道路をこの形態にすることは、物理的には可能だが、当該区間を通行する一般車に対しては何らかの代替経路を必要とする。特にタイプ①の意図の場合には、現在と同等の交通容量とサービス水準を代替経路で確保する必要があるため、この意図の下ではBWの導入は困難である。他の意図の場合は、ある程度以上の代替経路の確保が土地利用や都市構

造の変更による解決のいずれかを行う必要がある。特に、現在、当該区間内に起終点を持つ一般車の移動についての処理の可能性は問題となる。

4) TW及びGB

両者とも、既存道路の中央部に高架で走行空間を確保するという点で共通しており、一般車の走行空間を損なっていないので、タイプ①の意図のもとでは有力な代替案となり得る。物理的には、理想的には幅員30m以上、最低限でも20m以上の道路空間が必要といわれる²⁾。さらにバス停間隔が増大することによる利用者の利便性低下をカバーできることも導入条件として加えられる。導入可能性については、その費用負担と走行空間の解釈の点で問題であり解決が必要である。費用負担については、新交通システム計画等で適用されているインフラ補助の流用可能性、それが可能な場合の残額負担、が問題となる。走行空間の解釈については、まずGBは、軌道法に基づく輸送システムなのかバスなのかという点で、その存在を現行の法体系が認めていないうちは実現困難なようである。TWについては、前項のBWも同様だが、わが国では、特に民営バスの免許エリアで、1民営事業者のための「公的な」道路空間は認められにくいという風潮を打破する必要がある。

両者の差異は、構造物の費用と大きさ、乗客処理能力である。2車線の道路を建設するTWと2本の軌道を建設するGBでは構造規格が異なるため、必要断面幅員や構造物の強度はTWの方が大きくなり、結果的に費用もGBの方がTWよりも2割程度安価との報告もある²⁰⁾。但し実際には、軌道設備、バス車両の改造や運転士の訓練等まで考慮して差を検討するべきで、現時点では比較は難しい。処理能力については、連結運転を行えばGBの方が高くなるといわれているが、現時点では技術的に困難のようであり、一方で、TWあるいはそれに近い形態のバス優先方策導入区間で、停車施設の運用の工夫により、英国のTRRLの調査¹⁷⁾では、時間当たり30000人近くの輸送量の記録があり、必ずしもGBの方が優れているとも言い難い。

4) BP

BPの特色は、上記のTWとGBの得失の裏返しとなる。利点は、導入費用がTW及びGBに比べて安価なこと、計画変更への柔軟性があること、であ

車線構成	導入前 (4レーン)	導入後(重方向→)		備考
		①考慮	①非考慮	
2車線だが、3車線を設定することが可能な場合	全車→ ←全車	バス→ 他車→ ←全車	同左	中央線 変移を行う
4車線が確保されている、あるいは確保できる場合	全車→ 全車→ ←全車 ←全車	バス→ 他車→ ←全車 ←全車	バス→ 他車→ ←全車 ←全車	左例は 中央線 変移を行う
4車線だが、5車線を設定することが可能な場合	同上	バス→ 他車→ 他車→ ←全車 ←全車	同左	中央線 変移を行う場合もあり得る

図2. バス専用レーンの形態(順行路側)と必要幅員の考え方

る。欠点は、完全な分離ではないため、その遵守監視、駐車取締り等の維持管理が必要なこと、その上、交差点等もあるので、得られる運行時間の安定性はTWやGBほど高くないこと、である。導入条件については、当該道路幅員に対してタイプ①の意図を持つかどうかで、異なった運用の形態を行うことになる。車線数とそのパリエーションの関係を既存の導入事例等²¹⁾²⁵⁾をもとに図2に整理した。

5. 導入効果推定上の論点

表4に示した各指標の計算方法については、大方既に提案されている考え方を流用することで問題はないが、現在のバス輸送の実態を踏まえた場合、バス利用者の所要時間削減とバス事業者の運行効率化の2つの指標については、表4からもわかるように重要なので、議論する必要がある。

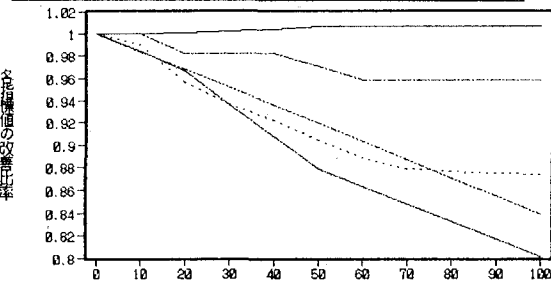
これらの指標については、既存のバス輸送システムでの所要時間あるいは費用からの変化量で評価することになる。ここで、既存の運行形態によって計算結果が異なる点に注意する。一般にダイヤが乱れるバス路線においては、バス事業者は、表6に示す3通りのいずれかの運行を行っている。ここで、表7に示す仮想的な状況で、各運行形態のもとでのバス優先方策導入による利用者の所要時間削減と事業者の運行効率化の効果を試算した結果を図3に示す。ここからわかるように、表6に示した運行形態の差は評価過程に影響を与え得るので、評価上は注意を要するべきであろう。ただ、いずれにせよ、利用者の不便益と事業者の費用負担の総和が、バス優先方策導入によって削減されることは明らかであるので、直ちにバス優先方策導入が無意味という議論は行えない。

表6. バス事業者のダイヤ乱れへの対処方法（丸数字は図3と対応）

対処形態	説明	利用者	事業者
①運行間引型	勤務時間を重視し間引く	大幅減	微増
②運行完結型	原則的に全運行を遂行	大幅減	減
③時隔維持型	代車を配備し運行間隔を保持	減	大幅減

※利用者欄：優先方策導入後の利用者に所要時間の変化
事業者欄：優先方策導入後の事業者の運営費費用負担の変化
表7. 評価指標の仮想計算における前提条件（事業者ヒアリング結果等より設定。費用値は参考文献21）より設定）

運	バス路線形態	片道16分、折返4分、起点側に車庫がある
行	運行間隔	ダイヤ上10分、4台のバスで運行
	対象時間	6時間（各バスは5往復して車庫に戻る）
計	ダイヤの乱れ	当初は平均5分（最大10分）の乱数で発生
算	利用者指標	平均所要時間の変化割合（需要一様分布下）
前	事業者指標	運営費用の削減割合
提	代車の準備	運行間隔が倍以上の場合に車庫から往復。
	間引きの基準	最後の往復を行う時点で20分以上遅れている場合にはその運行を行わない。



優先方策導入後の遅れ時間の改善（％）
— 費用① ——— 時間① ——— 費用② ——— 時間② ——— 費用③ ——— 時間③
図3. バス優先方策導入効果の試算（表7前提、丸数字表6参照）

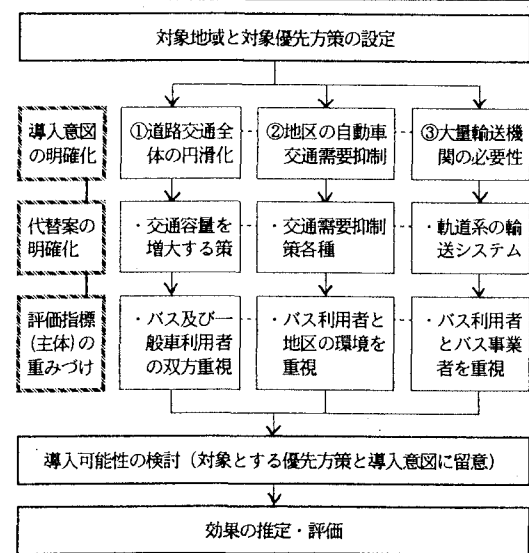


図4. バス優先方策を取り入れたバス輸送システムの評価体系

6. 結論と今後の課題

以上、3節～5節の議論をもとに、非常に大雑把であり、かつ具体的な検証を伴ってはいないものの、バス優先方策を取り入れたバス輸送システムの評価体系を図4のようにまとめることができた。このフローから本研究の結論と今後の課題は次のように整理した。まず、本研究の結論は、導入意図を3種類に分類し意図毎に評価の考え方を整理できたこと（課題1）、各バス優先方策の得失を踏まえて導入可能性を整理し、技術的あるいは制度的な問題点を明らかにした（課題2）、効果推定上バス事業者の運行形態の留意が必要なこと（課題3）、の3点である。そして、今後の課題としては、導入意図等の概念区分について実態に即してより綿密に整理すること、導入効果推定計算について、より多様な条件を用いて計算し、さらに問題点を洗い出すこと、その意味をこめて事例分析を行いデータ上の問題点にも言及すること、等があげられる。

なお、本研究の一部は平成2年度文部省科学研究費補助金（奨励研究）の交付のもとに進められた成果をもとにしていることをここに明記する。

また、本研究をまとめるにあたり、指導をいただいた、日本大学教授の新谷洋二先生、東京大学教授の太田勝敏先生、同助手の原田昇先生に深く感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1) 天野：都市の公共交通、技報堂出版、1988
- 2) 土木学会編：交通整備制度、1988
- 3) 国際交通安全学会：道路交通における公共輸送利用促進に関する調査、1991
- 4) T.R.B. : Highway Capacity Manual, 1985
- 5) Department of the Environment : Bus demonstration project 1972
- 6) H.Dupree : Urban transportation: the new town solution, 1988
- 7) S.Grava : Busways in new towns, Traffic Quarterly Vol.31 No.4 pp.657-672, 1977
- 8) 中村、太田、新谷：ニュータウンにおけるバスの優先手法適用に関する考察、交通工学 第23巻 No.5 pp.23-33, 1988
- 9) 中村、太田、新谷：住宅地のバスサービス改善に対する居住者の評価構造に関する分析、土木学会第42年次学術講演会講演概要集第IV部 pp.290-291, 1987
- 10) 名古屋市：基幹バス運行効果測定調査報告書、1986
- 11) R.H.Oldfield, P.H.Bly & F.V. Webster : With-flow bus lanes : economic justification using a theoretical model, TRRL LR 809, 1977
- 12) P.H.Bly & F.V. Webster : Contra-flow bus lanes : economic justification using a theoretical model, TRRL LR 918, 1977
- 13) F.lunes & L. Willumsen : The computer-assisted design of with-flow bus lanes with BLISS, T.E. & C. Vol.28 No.7/8 pp.384-391, 1988
- 14) V.Wilkins : Busways-Economical rapid transit, M.T. Vol.17 No.7/8 pp.16-19, 1990
- 15) 日本自動車連盟：基幹バスと自家用車の適正な共存を、JAFMATE 第24巻第3号 p.24, 1986
- 16) Department of Transportation : Traffic in london, 1988
- 17) P.R.Cornwell et.al. : The case for busway transit, PTRC annual meeting proceeding Vol.P331 pp.53-55, 1990
- 18) N.A.Tyler : The enhancement of capacity in urban bus systems, PTRC annual meeting proceeding Vol.P331 pp.57-60, 1990
- 19) 世界銀行：都市交通、1987
- 20) M.J.Read et.al. : The potential for guided busways, T.E. & C. Vol.31 No.11 pp.299-304, 1990
- 21) 中村：多様な輸送方式を取り入れた鉄道端バス輸送計画手法に関する研究、東京大学学位論文、1991