

# 高度化したバス輸送システムの計画手法に関する研究

*A Study on Planning Process for Bus Rapid Transit System*

矢 部 努

*Tsutomu Yabe*



## 高度化したバス輸送システムの計画手法に関する研究

### 論文要旨

都市交通における公共交通の必要性については言うまでもない。わが国においては、地方中核都市等の幹線的公共交通機関や大都市郊外の住宅地と鉄道駅を結ぶ中量輸送システム導入への期待が高まり、今日では、わが国でも中心市街地の活性化やまちづくりに寄与すると考えられている **LRT (Light Rail Transit)** が複数の都市で計画されている。ところが、**LRT** 等を導入するための事業費は地方の自治体にとって負担が大きく、沿線開発における移動需要の不確実性に対する柔軟性に欠ける面がある。このため、都市交通機関としての中量輸送システムへのニーズがありながら、事業化に至ったケースは多くない。一方、路線バスは初期投資費用が安く、整備の柔軟性が高いとされているが、定時性や輸送力に問題があるため、代替案として検討される場面は多くない。ただし近年では、バス専用道路等を伴って高度化されたバス輸送システムの一種である **BRT (Bus Rapid Transit)** が注目されている。**BRT** とは、「バス専用道路等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バスをベースとした都市交通システム」として定義される。**BRT** は、海外の諸都市で導入、計画が進められており、中量輸送システムに匹敵する輸送力が低コストのもとで実現している。わが国においても、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において、その代替案として適用可能性を検討する意義は大きいと考えられる。

そこで本研究では、高度化したバス輸送システムに関わる計画手法に着目する。本研究の目的設定のための視点として、バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価について、代替案を比較する際の評価指標トレードオフの関係について、都市内公共交通システムとして導入する際の都市への影響について、以上 3 つの視点から整理した。その結果、高度化したバス輸送システムに対応した性能評価指標が明らかにされていない現状において、公共交通システムの総合評価のための評価指標の設定及び計測に関しては、計画主体の目標や目的との整合を図ることが重要であること、そのためには、インフラ整備手法から運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえた評価指標の体系的整理が必要であること、さらに、公共交通ネットワークを空間的に評価する際には、個々の路線沿線、いわゆる軸空間への影響についても議論していくことが重要であることが明らかとなった。

以上の視点に基づき、既往研究や海外事例を踏まえて高度化したバス輸送システムの計画フレームを検討し、その評価指標および計測方法を体系化すること、システムを構成する要素とその多様性について適切な評価指標と計測方法を明確にした上で、システムの性

能評価を行い、各要素間に存在するトレードオフの関係と都市に及ぼす影響を把握すること、さらにそれらの結果を受けて都市内における高度化したバス輸送システムの計画手法を構築すること、以上の点を本研究の目的とする。

第1章では、本研究の検討課題として、バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価の考え方、代替案を比較する際の評価指標トレードオフの関係について、都市内公共交通システムとして導入する際のまちづくりの視点について、以上3つの視点から整理を行った。その上で、本研究における検討課題と目的を抽出し、研究の構成を示した。

第2章では、バス輸送システムに関する既往研究の整理を受けて、わが国の都市の形態や公共交通をとりまく法制度等を踏まえ、高度化したバス輸送システムに関する個別課題の評価とそれらを体系的に整理することを目標とした本研究の意義を再確認し、本研究の位置づけを示した。

第3章では、従来のバス輸送計画の枠組みを捉えた上で、高度化したバス輸送システムの計画フレームについて検討し、それらを構成する要素と近年の動向、および本研究における検討課題を示した。検討の結果、本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムの適用領域あるいは方向性として、既存のバス輸送システムの改善方策としての高度化、および都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点をあげた。さらに、それぞれの計画フレームにおいて重要となる要素、および視点を踏まえて、本研究における検討課題を抽出した。

第4章では、高度化したバス輸送システムの1つの形態であるBRT (Bus Rapid Transit) について、既存文献で示されている定義に加え、都市計画や都市交通計画における位置づけが明確になされていること、という視点をあわせて定義した上で、導入事例における計画手法の整理を行った。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯、2) 都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方、3) 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ、4) 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性、以上4つの視点に着目して整理を行った。

その結果、第1に1930年代以降における走行空間の高度化の経緯に着目すると、BRTの導入都市では、都市交通計画の中に基幹的交通システムとしてバス輸送を明確に位置づけ、他の軌道系システムとの代替案比較に基づき、各都市の事情に合った選択を行っていることが明らかになった。第2に、バス専用走行空間の整備の考え方について整理すると、整備の目的やプロセス、空間確保の方法には多様なバリエーションが存在していることが明らかとなった。この多様性は、バス輸送がもつ運行の柔軟性によるものであり、大きな利点の1つであると考えられる。第3に、BRTの都市における位置づけに着目すると、将来の移動需要に応じた軌道系システムへの転換を前提とした整備が行われている都市の存在等、バス輸送システムがもつ運行の柔軟性を活かした計画が可能であることが明らかとなった。第4に、バス輸送は段階的なインフラ整備が可能という点、不確実性への対応が軌道系交通システムに比べて容易であるという点が明らかとなった。

第5章では、高度化したバス輸送システムのインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理を行った。具体的には、都市交通としての高度化したバス輸送システムが担う役割に焦点をあて、インフラ整備手法、及び運用の方法論の確立に資する高度化したバス輸送システムの性能評価指標を体系的に整理し、今後の都市交通計画の政策論を展開するための客観的評価指標の計測方法について、理論的側面と実証的側面から考察を行った。

第6章では、第5章において体系化を行った評価指標とその計測方法を踏まえ、国内外で導入されている様々なタイプのバス乗降施設の運用方式に着目し、現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析、及び性能評価を試みた。その上で、従来行われていなかった新たな運用方式での1人あたりの乗降時間、及び停車時間に影響を与える要因について性能評価のためのモデル化を行い、各運用方式と輸送力の関係についてのケーススタディを行った結果、車外運賃收受方式、あるいは非接触 IC カードによる乗降時間・バス停車時間の短縮効果について明らかにすることができた。また、バス輸送計画における多様化の方向性と課題について示唆した。

さらに、第7章では、第5章において仮説を設定した高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフについて、インフラ整備とその運用方法に着目し、専用走行空間を活用したバス輸送システムの輸送能力評価に関する論点を整理すること、専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の関係を評価すること、輸送能力とコストの関係を踏まえた比較分析によりバス輸送の適用領域についての考察を行うこと、以上3点を目的とし分析を行った。この結果、専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することで、サービスレベルを大きく落とさずに、ある程度高頻度のバス輸送が可能であること、これまで、バスではサービスが難しいとされてきた領域（輸送力1万人/h程度）でも、運用上の工夫をすることで、コスト面で相対的に有利な領域があること、以上2点が明らかとなった。

第8章では、バス輸送システムが都市に及ぼす影響に関する分析を行った。ここでは、高度化したバス輸送システムの導入により都市に及ぼす影響を考察するため、わが国で高頻度にバスが運行されている軸状空間（公共交通軸空間）の存在を確認し、その軸状空間の有無や延長がその都市全体の公共交通分担率に寄与しているかどうか、公共交通軸空間とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性に違いがあるかどうか分析を行った。その結果、第一に、わが国における公共交通軸空間存在を確認し、当初想定したよりも多く存在していることが明らかになった。第二に、公共交通軸空間の有無・延長と、その都市のトータルとしての公共交通の分担率との関係について分析した結果、公共交通軸空間を有する都市のほうが、また、その延長が長い都市ほど、都市全体としてのバス・路面電車分担率が高くなる傾向にあることが分かった。このことは、同じような規模の都市群において、公共交通軸空間の存在がトータルとしての公共交通分担率に寄与する可能性が示唆された。第三に、特徴的な都市をケーススタディとして分析を行った結果、

地方都市において特別 **TOD** を意識してはいない公共交通軸空間でも、中心市街地への移動に関して言えば、都市内で相対的にバス・路面電車の公共交通の分担率が高いレベルを保っていることが分かった。また、公共交通の高頻度サービス（公共交通軸空間）の存在が、自動車への依存を軽減する可能性があることを示唆した。さらに国勢調査、商業統計調査に基づく分析より、わが国において自然発生的に形成された公共交通軸空間には、都市全体からみて相対的に公共交通軸沿線に都市機能が集積している例と、中心市街地へ向かう幹線交通軸としての機能がより卓越している例、の **2** つのパターンの存在を示した。

以上のことから、今後の都市計画において公共交通軸の適用を検討する際の知見として、すでに都市機能がある程度集積した軸状空間が存在する場合には、軸上の公共交通のサービスレベルを高めることで、自動車に過度に依存しないまちづくりに資する可能性があること、都市内で相対的に求心力が高い地域（中心市街地等）につながる自然発生的な公共交通軸空間が存在する場合、その沿線に対し、住宅地等の戦略的な土地利用の誘導を行うことで、前者と同様の効果が期待できること、を示唆した。

第 **9** 章では、第 **8** 章までに検討した高度化したバス輸送システムの計画の考え方、ならびに各構成要素の多様化を前提としたシステムの性能評価の結果を受けて、高度化したバス輸送システムの計画手法を明らかにした。具体的には、高度化したバス輸送システムの計画フレームとして、既存のバス輸送システムの改善（高度化）、都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の **2** 点についてとりまとめた。前者については、検討した計画フレームに照らし合わせて、これまで評価の結果に基づき、バス輸送システムを高度化させる要素がもたらす効果・影響について、フレームワーク法を用いて評価を行った。後者の評価については、同じく検討した計画フレームに照らし合わせ、計画代替案との比較検討の際に考慮すべき評価指標間のトレードオフの関係について整理した。また、高度化したバス輸送システムの導入事例に基づき、段階的整備の柔軟性、すなわち時間軸を考慮した計画手法について考察を行った。さらに、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について、同じく導入事例分析に基づき考察を行った。

以上のように、バス輸送システムを高度化することで、コスト面の優位性のみならず段階的な整備が可能という点から、想定外の事象や不確実性への対応が容易であること、専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することでサービスレベルを大きく落とさずに、ある程度高頻度のバス輸送が可能であること、を示した。また、これらの分析結果を受けて、検討を行った高度化したバス輸送システムの計画手法の有用性を確認し、計画・運営・運行の側面からみた課題と官民の役割分担のあり方について考察を行った。以上の結果より、今後の都市交通計画における **1** つの代替案として、高度化したバス輸送システム検討のための一助になり得たと結論づけられる。

## 目次

第1章 序論.....	1
1.1 本研究の背景 .....	1
1.1.1 バス輸送の現状 .....	1
1.1.2 高度化したバス輸送システムへの関心 .....	3
1.1.3 高度化したバス輸送システム評価に関する論点.....	5
1.1.4 本研究の視点.....	7
1.2 本研究の目的 .....	10
1.3 本研究の構成 .....	12
第1章 参考文献 .....	15
第2章 バス輸送システムに関する既往研究の整理.....	16
2.1 はじめに .....	16
2.2 バス輸送システム全般に関する既往研究の整理 .....	17
2.2.1 需要の側面に関する研究.....	17
2.2.2 供給の側面に関する研究.....	18
2.3 バス輸送システムの性能評価に関する既往研究の整理 .....	21
2.3.1 バス車両に関する研究 .....	21
2.3.2 走行空間に関する研究 .....	21
2.3.3 停車施設に関する研究 .....	23
2.4 バス輸送システムの計画手法に関する既往研究の整理 .....	25
2.4.1 高度化したバス輸送システムに関する研究.....	25
2.4.2 都市内における基幹交通としてのバス輸送システムの役割に関する研究.....	26
2.4.3 バス輸送システムの財源制度・運営形態に関する研究.....	27
2.5 本章のまとめ .....	29
第2章 参考文献 .....	30
第3章 高度化したバス輸送システムの計画フレーム .....	36
3.1 はじめに .....	36
3.2 高度化したバス輸送システムの計画フレームの検討 .....	37
3.2.1 従来のバス輸送計画.....	37
3.2.2 高度化したバス輸送システムの計画フレームの検討 .....	38

3.3 走行空間に関する高度化 .....	48
3.3.1 走行空間の分類 .....	48
3.3.2 一般道路上のバス専用走行空間 .....	49
3.3.3 バス専用道路 .....	53
3.3.4 ガイドウェイバス .....	55
3.4 乗降施設に関する高度化 .....	57
3.4.1 全体設計と都市デザインの統合 .....	57
3.4.2 乗降施設の設計 .....	58
3.5 車両に関する高度化 .....	61
3.5.1 一般的な考慮要件 .....	61
3.5.2 車両構造の高度化 .....	62
3.5.3 車両の動力システムの高度化 .....	63
3.6 運行サービスに関する高度化 .....	64
3.6.1 利用者ニーズを考慮した運用方式の高度化 .....	64
3.6.2 運賃収受方式の高度化 .....	65
3.6.3 ITS 技術と情報提供に関する高度化 .....	67
3.6.4 イメージ戦略とマーケティング .....	69
3.7 土地利用計画と高度化したバス輸送システムの連携 .....	70
3.8 本章のまとめ ー本研究における検討課題ー .....	71
第3章 参考文献 .....	73
 第4章 高度化したバス輸送システムの導入事例における計画手法の整理 .....	75
4.1 はじめに .....	75
4.2 バス走行空間の高度化の経緯に関する整理 .....	76
4.3 バス専用走行空間の整備の考え方に関する整理 .....	81
4.4 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけに関する整理 .....	83
4.5 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性 .....	86
4.5.1 公共交通システムの乗り継ぎに関する課題 .....	86
4.5.2 都市内バス輸送における段階的インフラ整備に関する事例整理 .....	87
4.6 本章のまとめ .....	94
第4章 参考文献 .....	95
 第5章 高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化と計測方法 .....	96
5.1 はじめに .....	96



5.2	高度化したバス輸送システムの評価指標設定の考え方 .....	98
5.3	高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化.....	101
5.3.1	公共交通システムの代替案比較における評価指標の枠組み.....	101
5.3.2	高度化したバス輸送システムの基本性能指標 .....	105
5.3.3	代替案として比較検討する際の評価指標 .....	111
5.3.4	都市への影響を評価する際の評価指標 .....	112
5.3.5	評価指標の体系化 .....	113
5.4	本章のまとめ .....	116
第5章	参考文献 .....	117
第6章 高度化したバス輸送システムの性能評価 .....		118
6.1	はじめに .....	118
6.2	既存の研究成果と分析の位置づけ .....	119
6.3	バス乗降施設の運用方式の整理 .....	120
6.4	調査の概要.....	121
6.5	バス停車時間の分析結果 .....	123
6.6	各運用方式と輸送力の関係、及び多様化の可能性.....	125
6.7	本章のまとめ .....	126
第6章	参考文献 .....	127
第7章 高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフ .....		128
7.1	はじめに .....	128
7.2	論点の整理.....	129
7.2.1	バス走行空間の高度化に関する事例の再整理 .....	129
7.2.2	バスの輸送能力算定に関する論点と分析課題 .....	131
7.3	専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の評価 .....	133
7.3.1	交通システムの輸送力に関する定義.....	133
7.3.2	前提条件の設定 .....	133
7.3.3	バス停車方法に関する運用方法代替案の設定 .....	134
7.3.4	計算に関わる変動要因と評価指標の整理 .....	135
7.3.5	バス運用方法別の処理能力の算定と考察 .....	137
7.3.6	算定結果のまとめ .....	140
7.4	バス輸送の適用領域の分析ー輸送力とコストの関係 .....	141
7.4.1	分析の考え方.....	141

7.4.2	前提条件 .....	141
7.4.3	代替交通システムの設定 .....	142
7.4.4	分析結果と考察 .....	143
7.5	本章のまとめ .....	144
第7章	参考文献 .....	145
第8章 バス輸送システムが都市に及ぼす影響に関する分析 .....		146
8.1	はじめに .....	146
8.2	分析対象都市の選定と公共交通軸空間の抽出 .....	148
8.2.1	分析対象都市の選定 .....	148
8.2.2	公共交通軸空間の定義、及び抽出条件の設定 .....	148
8.3	公共交通軸空間と交通行動特性に関する分析 .....	150
8.3.1	公共交通軸空間と公共交通分担率との関係把握 .....	150
8.3.2	交通行動特性に関する分析 .....	150
8.5	公共交通軸空間と人口・商業指標との関連性分析 .....	156
8.6	本章のまとめ .....	159
第8章	参考文献 .....	161
第9章 都市内における高度化したバス輸送システムの計画手法 .....		162
9.1	はじめに .....	162
9.2	評価指標間のトレードオフを考慮した計画手法 .....	163
9.2.1	バス輸送システムを高度化する各要素がもたらす効果・影響 .....	163
9.2.2	評価指標間のトレードオフの関係 .....	165
9.3	時間軸を考慮した計画手法 .....	166
9.3.1	バス輸送システムを高度化する要素の段階的な整備 .....	166
9.3.2	軌道系システムへの転換可能性 .....	167
9.4	財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法 .....	169
9.4.1	公共交通システムをとりまく財源・法制度 .....	169
9.4.2	分析の方法と対象都市の選定 .....	170
9.4.3	各都市のBRT導入経緯と計画・運営・運行の現状把握 .....	171
9.4.4	各都市のBRT整備における財源制度、組織形態の比較 .....	179
9.4.5	わが国のバス輸送を高度化するための課題と方向性 .....	184
9.5	本章のまとめ .....	189
第9章	参考文献 .....	190

第 10 章 結論と今後の課題 .....	192
10.1 結論 .....	192
10.2 今後の課題 .....	195

## 第 1 章 序論

### 1.1 本研究の背景

#### 1.1.1 バス輸送の現状

従来バス輸送は、都市において短～中距離の交通需要や鉄道端末としての需要を担う重要な交通機関とされているが、大都市の一部の路線や比較的好調な高速バス路線を除けば、自家用車や二輪車の利用増加に伴って、その輸送人員は年々減少傾向にある。全国における乗合バスの輸送人員は、1970 年度の 100 億人に対し 2000 年度には約 48 億人に減少しており、その後も減少が続いている<sup>1)</sup>。

都市部におけるバス利用者数減少の背景として、一般に、以下のようなバス輸送を取りまく負の要因の悪循環が指摘されている。通常バスは一般道路上を走行し、バス専用レーンなどの優先方策がなされている道路空間以外では、自家用車等と道路を共有している。しかし自家用車の普及・利用の増加により道路混雑が深刻化するにつれ、バスの走行速度が低下し、所要時間のばらつきも大きくなる、いわゆる定時性の低下が問題となっている。バスの定時性が失われると、バス停では時刻表どおりにバスが来ないことが多くなる。また利用者は、時刻表をあてにすることができなくなり、バスを利用するためには余裕時間を計算して出発しなければならなくなる。このことを、一般的に信頼性の低下という。利用者のバスに対する信頼性の低下に伴って、利用者のバス離れが発生し、バス事業者において運賃の値上げ、路線の縮小を余儀なくさせたことが、利用者の減少にいつそう拍車をかけ、公共交通から自家用車への交通手段の転換に伴う道路混雑が深刻化している状況であるといえる。

また、2002 年の改正道路運送法の施行により、乗合バス事業に関する規制緩和が実施され、事業の新規参入及び退出の規制と、運賃に関する規制が見直されている。都市中心部においては、新規事業参入の兆しも見えてきており、都市の郊外部ではバス路線の統廃合が始まりつつある。一方、地方都市では不採算路線の撤廃が進み、地方自治体の多くがその対応に苦慮している。そのような背景の下で、バスの事業性が低い路線や地域では、国土交通省の指導の下、道府県単位で地域協議会が設立され、廃止の要望が出された路線への対応方法について協議を行う体制が整いつつある。上記のようないわゆる過疎地の交通サービスの問題に関してはこれまで多くの研究や報告がなされており、その方向性として、完全にバスを廃止して福祉的な交通サービスのみに特化する施策、自治体の支援・補助によりバスの代替的なサービスを提供する施策、あるいは自治体主導でコミュニティバスや DRT（需要応答型交通システム）を導入する施策等、自治体によって複数の政策代替案が存在することや、それらの適用可能性についての議論が進められている<sup>2)</sup>。

ところで、バスの規制緩和による影響については、以上のような過疎地域のモビリティ低下の問題がクローズアップされがちであるが、特にその影響が小さいと思われ

る都市部においても、少し違った視点から議論すべき点がある。1 つは、規制緩和を契機とした地方自治体のバス輸送計画への取り組みの変化であり、もう 1 つは、バス輸送に関わる規制が緩和されていない部分についてである。

#### (1) 規制緩和を契機とした地方自治体のバス輸送計画への取り組みの変化

これまでも、1997 年に創設されたオムニバスタウン構想により、関係省庁間の連携を伴う制度に基づいて、コミュニティバスの整備やバスの走行環境改善のための施設整備が進められてきたが、規制緩和を契機として、地方自治体は交通計画におけるバス輸送システムのあり方を真剣に考えるようになった。すなわち、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といえる。具体的な動きとしては、鉄道廃止代替バスの運行開始を契機として市内全体のバス輸送体系の見直しを進めた例、都市内のバス路線再編に加えて自治体とバス事業者との協働関係を構築しようとした例、都市交通マスタープランの中で新規導入のコミュニティバス路線と在来バス路線の役割分担を整理し、体系的な都市交通システムの構築を目指した例、等が挙げられる<sup>3)</sup>。

#### (2) バス輸送に関わる規制が緩和されていない部分

規制緩和といえども、バス輸送に関わる全ての規制が緩和されたわけではない。規制緩和によって新規参入の自由度が増し、都市部におけるニーズに合ったサービスが提供されるようになって考えられているが、車両設計の基準および走行空間とバス停留所設置に関する基準はこれまでと全く変わっていない。車両設計に関しては、安全面等への配慮によるものであるが、大型バスや連節バスにより大量輸送を実現させている諸外国に比べて遅れをとっていることは否めない。わが国でも、連節バスにより運行されている路線がいくつか存在するが、車両自体が大型（12m 以上）であることから道路交通法の特例措置を受ける形で運行されており、国土交通省への届け出が必要となっている。また、走行空間やバス停留所に関しても、交通管理者（所管の警察署、公安委員会）が路線や停留所の位置を許可する際のスタンスは従来と変わっていない。わが国には、時間帯によりバス専用レーン規制が行われている区間が約 1,300km 以上存在しているものの<sup>4)</sup>、違反車両が路上駐車の影響等によりほとんど機能していない箇所が数多くある。

海外に目を向けると、基幹的な公共交通システムとして、バスを高度化させたシステムである BRT (Bus Rapid Transit) への注目が高まっており、米国をはじめとして複数の都市で導入されている<sup>4)</sup>。その中で、バス専用道路や物理的に走行空間を分離したバス専用レーンが機能し、バスの走行速度を飛躍的に向上させた都市が相当数存在している。一方、わが国のバス専用道路については、バスターミナルなどを除けば、鉄道廃線跡地をバス専用道路に転用した例が数箇所存在するが、都市交通計画に

において明確に位置づけられている例はない。2002年には国土交通省の社会実験として、北九州市内の鉄道廃線跡地などをバス専用道路として活用した急行バスの有効性の検証が行われていたが、他の地域では同様の動きは見られない。バス専用道路そのものは現在の法制度の中で整備が可能であるが、その整備効果が十分に検証されていないため、特定のバス事業者のための道路インフラを整備することの根拠が十分に説明できておらず、バス専用の走行空間を整備する環境にはなっていないといえる。

以上の2点から、都市部ではバス輸送を都市交通体系の中で見直す動きが見られつつあるものの、現状では規制緩和によってバス輸送が本来もつ柔軟性を活かせる環境になっていないと考えられる。都市部における道路混雑の緩和、環境対策、高齢化対策等、バス輸送がその一端を担う場面が存在する中で、バス輸送がその機能を発揮するために、多くの課題を解決する必要がある。そこで本研究では、都市部におけるバス輸送システムを取り扱うこととし、特に、海外で注目が高まっている高度化したバス輸送システムに関わる計画手法に着目する。以下1.1.2節では、高度化したバス輸送システムへの関心の高まりと研究テーマとして取り扱うことの意義を示し、1.1.3節では、高度化したバス輸送システムの評価に関する論点を整理した上で、本研究の目的設定のための視点を1.1.4節に示す。

### 1.1.2 高度化したバス輸送システムへの関心

都市交通における公共交通の必要性については言うまでもなく、今後の社会情勢の変化を考慮すれば、ますますその役割は重要性を増している。近年では、わが国のみならず、海外の諸都市で、鉄道とバスの中間的な輸送能力を有し、かつ建設費が比較的安く省力化・省エネルギーが可能な中量輸送システムの計画が進められている。特に、欧州を中心とした多くの都市においては、環境に優しく、誰にでも利用しやすいトラム（LRT）が導入され、質的・量的にも市民の足として大きな役割を担っている。ここでいうトラムとは、欧米で路面電車を意味する単語であるが、英語圏では古い路面電車のイメージを避けてLRT（Light Rail Transit）と呼ばれている。LRTとは、通常の鉄道（Heavy Rail）に対して、軽量の交通システムということで命名され、速度や輸送力、定時性などで既存の路面電車と区分しているが、一般に古いタイプの路面電車を改良したものも含んでおり、その定義は曖昧である。

一方、わが国においては、地方中核都市等の幹線的公共交通機関や大都市郊外の住宅地と鉄道駅を結ぶ交通機関として、モノレールやガイドウェイシステム（AGT）等の中量輸送機関への期待が高まり、昭和50年代から各都市に導入されてきた。今日では、わが国でも中心市街地の活性化やまちづくりに寄与すると考えられているLRTが、複数の都市で計画されている。ところが、中量輸送システムであるLRTやAGTを導入するための事業費は地方の自治体にとって負担が大きく、沿線開発における移動需要の不確実性に対しての柔軟性に欠ける面がある。このため、都市交通機関としての中量輸送機関へのニーズがありながら、事業化に至ったケースは多くない。一方、路

線バスは初期投資費用が安く、柔軟性は非常に高い交通機関であるが、走行空間である道路を一般車等と共有するため、定時性や輸送力に問題がある。さらに、公共交通の中でもバス輸送の重要性については、これまでそれほど深く認識されてきていない。例えば、軌道系交通機関の導入を検討している地方都市においては、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等を活用し、高度化したバス輸送システムに着目した例はあまりない。

Levinson ら<sup>5)</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、近年バス専用道路等を伴って高度化されたバス輸送システムの一つであるBRT (Bus Rapid Transit) が注目されている。BRT とは、「バス専用道路等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バスをベースとした都市交通システム」として定義される<sup>5)</sup>。図 1-1 は、BRT を構成する要素を概念化したものであり、BRT は、多様な走行空間（地上や地下、高架に完全分離された専用走行空間から、幹線道路や街路における混在走行空間に至るまで）・駅（停留所、乗継ターミナル）・車両・ITS 等を統合したシステムであり、土地利用計画及び公共交通ネットワークと整合を図ることが可能である。一般に、図 1-1 に示したような項目を複数含んだシステムをBRT と定義する。但しBRT の中でも、ゴムタイヤトラムと呼ばれる（欧州ではLRT の一種と考えられている）システム等、軌道系交通に近いシステムも存在しており、高度化したバス輸送システムに含まれない例外的なBRT もあるが、高度化したバス輸送システムを構成する要素については第3章で詳述する。

今日BRT は、海外の諸都市で導入、計画が進められているが、特にアメリカでは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が低コストのもとで実現している。わが国においても、これまで軌道系交通機関へのニーズ

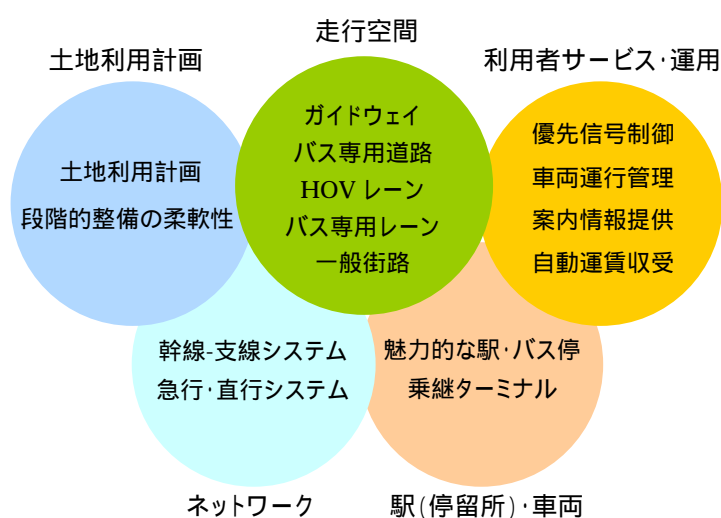


図 1-1 BRT (Bus Rapid Transit) の基本的なコンセプト<sup>8)</sup>

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において、その代替案として高度化した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と考えられる。

### 1.1.3 高度化したバス輸送システム評価に関する論点

前節では、都市内の公共交通システムの代替案として高度化したバス輸送システムを検討することの意義を示した。一方、これまで、土木計画学の分野においても、都市部のバス輸送をテーマとした多数の研究論文が有益な成果を挙げてきている。しかしながら、それらの研究成果が地方自治体の策定する都市交通計画に十分反映されているとは言えず、結果として、総合的な都市交通計画におけるバス輸送の扱われ方は、道路交通（自動車）や鉄道に比べて不十分であるといえる。今日のわが国では、これまでの大幅な人口増加と経済発展を前提とした時代から、少子高齢化に伴う成熟した社会の中での都市交通のあり方が問われる時代になってきており、その一端を担うバス輸送計画とその研究の必要性は高いと考えられる。

1.1.1 節で示したように、都市部ではバス輸送を都市交通体系の中で見直されつつあるが、バス輸送が本来もつ柔軟性を発揮し、バス輸送の機能を高度化したシステムを計画に反映させるためには、多くの課題が残されている。具体的には、バスの需要に関する側面、供給システム分析の側面、交通工学的な側面、まちづくりの側面、結節点整備などの施設設計の側面、財源・法制度の側面などが指摘されている<sup>6)</sup>。これらの課題のうち、バスの需要に関する側面については、需要予測の開発に主眼をおいた理論的な部分と、現況の需要特性の分析に主眼をおいた実証的な部分の2つに大きく区分できる。既往の研究に関しては第2章で整理するが、理論的な部分においては、OD推計、手段選択モデルの改良など、実用的にはほぼ十分な成果が蓄積されている。実証的な部分においては、最近では都市型コミュニティバスの需要予測や、中山間地域のバス輸送に関する研究が進められている。一方、その他の課題、特に供給システム分析の側面においては、バス路線網の最適化問題やディマンドバスの配車問題など理論的な研究成果が蓄積されているものの、実際のコスト構造や運行状況の評価など、システムの実態解明ベースとした課題が多く残されている。また、それに基づくバス輸送システムの計画手法も十分整理されているとはいえない。したがって本研究では、バス輸送システムの課題のうち、特に施設整備を含めた供給システム分析、およびまちづくりや制度面を考慮した都市部におけるバスの計画手法に着目する。

ただし、総合的な都市交通計画において公共交通システムを検討・評価する際には、上記の課題を個々に明らかにするだけでは十分ではない。すなわち、計画策定プロセスの段階ごとに想定される課題を明らかにし、それらを複合的に検証していく必要がある。一般に、都市交通計画の計画手法として、計画目標などの計画フレームを設定した上で具体的な目標指標に置き換え、実行可能な代替案を設定・評価し、施策の効果や実現可能性を評価する手順がとられる。このことから、検討すべき段階として、



公共交通システムの基本性能評価の段階、代替案を比較検討する段階、都市への影響を評価する段階、の3つに集約できる。以下では、その3段階において想定される論点を整理する。

#### (1) 公共交通システムの基本性能評価の段階

公共交通システムの基本性能を評価する際の一例として、輸送能力があげられる。バス輸送システムの輸送能力に関しては、一般に1時間あたり数千人の輸送需要に対応し、10km程度の比較的短距離の移動に利用される輸送機関と定義されてきた。また、大都市圏においては大量高速輸送機関による幹線交通網を補完する役割を担い、地方中核都市においては都市内交通の基幹的な輸送機関である。しかし、諸外国のBRT導入事例にみられるように、いくつかの要素をともなってバスを高度化することで、バスが本来もつ適応範囲に加え、より大量・高速な輸送が可能となっており、従来のバスと比較して、速度、信頼性等の点で優れているといわれている。すなわち概念的には、バス輸送システムの個々の要素を高度化することによって、その適応範囲が拡大させることが可能である(図1-2)。したがって、都市における政策代替案として高度化したバス輸送システムを検討する際の前段階として、個々の要素がシステム全体に与える影響、効果を把握し、システム全体としての基本性能をより正確に把握しておく必要がある。

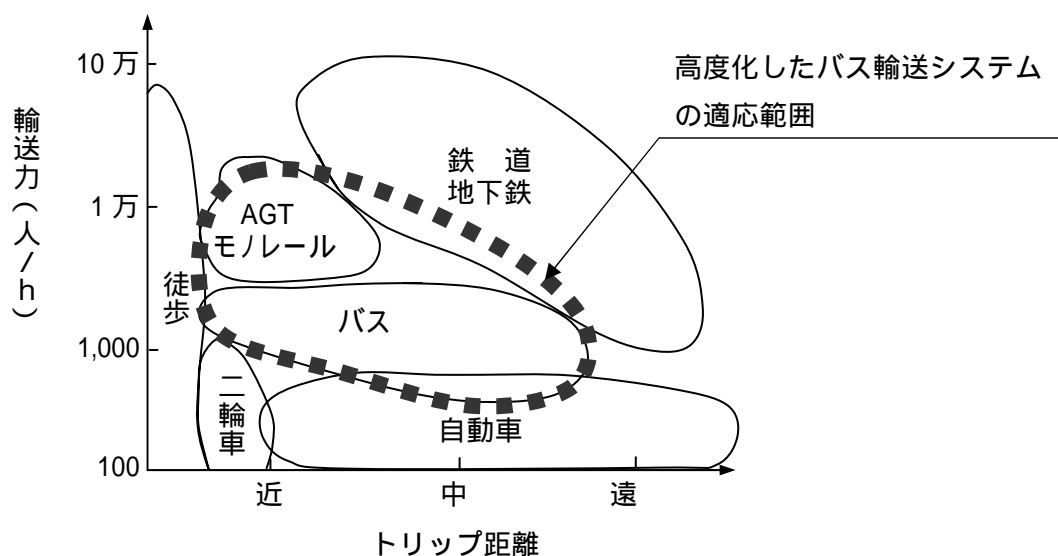


図 1-2 都市内交通の適応範囲（イメージ図）

※新谷洋二「都市交通計画（第2版）」<sup>7)</sup>に一部加筆修正

#### (2) 代替案を比較検討する段階

公共交通システムは、交通需要の変化に対応し個人のモビリティを向上させるため

に導入されるものであり、それはシステムの利用者や沿線居住者等に便益をもたらす。しかし、システムの導入によって、沿道環境への影響等の負の便益をもたらす場合もある。したがって、都市交通計画においては、影響を受ける主体を明確にした上で複数の視点に基づく評価指標を用いて代替案を比較する必要がある。例えば、発生する交通需要に対応させるために必要な輸送力、走行速度や運行間隔などの供給側のサービスレベルのみならず、システムを導入する際に必要となる空間、整備コスト、沿道への影響等とのトレードオフを考慮し、比較検討を行う必要がある。

### (3) 都市への影響を評価する段階

一般に、交通需要のほとんどは都市活動による派生需要であると言われている。すなわち、目的地に存在する施設において、業務、買い物等を行おうとする本源的な需要に伴って発生する移動がトリップである。その意味では、交通の問題は土地利用の間には密接な関係がある。例えば、土地利用の変化は移動の起終点の変化として交通需要に変化をもたらし、交通サービスの変化は、施設立地の優位性を変化させることにより土地利用に影響を与える。別の見方をすると、交通関連施設は都市の施設の 1 つではあるが、交通システムが都市の中の活動をサポートする部分がある一方で、都市が交通システムの機能を十分発揮させるために寄与する部分があると考えられる。このように、都市（土地利用）と交通の間には強い相互作用があり、表裏一体の関係にあるといえる。

#### 1.1.4 本研究の視点

本研究では 1.1.1 節で示したように、都市部におけるバス輸送システムを取り扱うこととし、特に海外で注目が高まっている高度化したバス輸送システムに関わる計画手法に着目する。本節では、1.1.3 節で示した論点に基づき、本研究の目的設定のための視点整理を行う。具体的には、1) バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価について、2) 代替案を比較する際の評価指標トレードオフの関係について、3) 都市内公共交通システムとして導入する際のまちづくりの視点について、以上 3 つの視点から整理する。

##### (1) バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価について

都市規模や土地利用の成長に対応した都市交通サービスのあり方が問われており、世界中でバス輸送の役割が大きく見直されている。1.1.1 節で示したように、海外では BRT が注目されており、世界各都市で土地利用との整合が図られながら導入、及び計画が進められている。わが国においてもその概念が輸入されつつあるものの<sup>8)</sup>、BRT の技術的側面が大きくクローズアップされているきらいもある<sup>9)</sup>。昨今では、道路整備プロセスや鉄道プロジェクトにおける体系的評価手法が整いつつあるが<sup>10)11)</sup>、高度化したバス輸送システムに対応した性能評価指標（パフォーマンス指標）は明らかに

されていないのが現状である。

交通システムの総合評価のためのパフォーマンス指標の計測の設定に関しては、都市計画マスタープランにおける計画主体の目標や目的との整合を図る必要がある。

### (2) 各要素を取り入れる際に発生するトレードオフの関係

自治体が都市交通システムの代替案の比較を行う上での最も重要な評価指標の一例として、システムの輸送力と施設整備コストがあげられる。輸送力算定においては、理論的・実証的な検証が必要となる。公共交通システムの輸送力を決定する要因としては、空間的な制約、輸送にかかる費用、法的な制約などの制度面、運用方法などの技術的側面、の4つに大きく分類できる。例えば、利用可能な空間と費用が無限であれば、バスを高度化することで鉄道等の軌道系交通機関と同等の輸送力を実現可能である。ただし、その場合には鉄道並みの大規模な停留所施設や乗り継ぎターミナルが必要であり、運行に必要な乗務員も増加するため人件費の負担が非常に大きくなることを考慮しなければならない。また、空間的な制約が発生する場合にも、技術面での工夫が必要となる。ここでの技術とは、バスの必要走行空間を低減させる車両技術や、停留所での停車時間を減少させる工夫が考えられる。また技術革新は、開発費用として輸送コストに反映されるとともに、現行の法制度との関連を検討する必要がある。

また、これまでのバス輸送に関する研究においては、事業者・自治体・利用者・沿線住民（環境への影響）といった路線バスの関連主体に個別に着目し、バスの輸送能力や利用者評価、ネットワーク評価など、個別のパーツに特化したものが多く、総合的な都市交通計画という視点を踏まえたバス輸送計画の研究は十分に行われてきてない。例えば、沿道の都市活動は自動車やバスでの移動需要として顕在化し、自動車需要は道路混雑というかたちでバス輸送に負の影響を与え、一方バスの需要は、停留所での乗降時間に影響を与え、結果としてバス輸送自体のパフォーマンスに帰着する。したがって、このような高度化したバス輸送のインフラ整備手法から運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理が必要である。

### (3) 都市内の基幹交通として導入する際のまちづくりの視点

都市交通計画においては、都市計画、土地利用と交通計画を一体的に考えることの重要性は、すでに多方面から指摘されている<sup>12)</sup>。しかし、実際に交通計画においては、都市計画で決まっている用途地域や道路網を与件として計画を策定することが多く、開発構想、土地利用を前提として計画が進む場合が多い。すなわち交通と都市とは必ずしも一体的には検討されていないのが現状である。

わが国、特に大都市においては、モータリゼーションが進行する以前から、自動車依存の低下を意図しない考え方で、郊外と都心部を結ぶいわゆる通勤鉄道を軸とした開発が進められてきた。1980年代の米国では、それまでの自動車依存への反省から、

公共交通の駅（停留所）徒歩圏の開発を高密度にして、公共交通を利用しやすいまちづくりを行う考え方としての TOD が議論されてきた<sup>13)14)</sup>。この TOD の概念は、わが国にも輸入され、基幹的な公共交通を有する都市軸（公共交通軸）が注目されるようになった。ところで、一言で公共交通軸といっても、軸となる公共交通機関の駅間の長さによって、沿線の開発形態が駅を中心とする拠点開発となるのか、あるいは帯状開発となるのか変わってくる<sup>15)</sup>。また、軸となる公共交通が鉄道なのか、路面電車あるいはバスなのかによってイメージは異なり、その特性により駅勢圏も大きく異なることを考慮すれば、公共交通軸という概念は多様性を有していることが容易に推察できる。

結果として、いくつかの都市交通マスタープランの大きな柱として公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているものの、国内外の経験に基づいた適用可能性と課題の整理に関する議論が十分でなく、具体的なイメージを欠いたまま概念が先行している懸念がある。大都市圏での基幹的交通、例えば通勤鉄道沿線での開発に関しては事例も多く、制度上の課題などもおよそ明らかになっているが、自動車への依存度が高く都市高速鉄道が存在しない地方都市、具体的には、一定規模以上の中心市街地を有する地方中核都市においては、より深刻な状況にあるといえる。それらの都市のいくつかで、都市マスタープランあるいは都市交通マスタープランの中で公共交通軸が明示されているが、将来的に具現化されるのか、曖昧な概念整理のみとなってしまうのか、事後の評価が必要である。

その一方で、多くの都市では、大都市の通勤鉄道と同様に、モータリゼーションの進展よりも前に中心市街地に向かう放射状の幹線バス路線、あるいは路面電車が存在しており、自然発生的に都市活動が集中していた可能性がある。しかし、公共交通の利用しやすい街を作るために、戦災復興で中心市街地を整備していたのは昭和 30 年代ころまでで、その後は市街地の受け皿をその外側に作ってきた。その後、多くの商業機能が中心部の外側の幹線道路沿線に集積するようになり、市役所や公的施設が郊外に移転し、結果として多くの都市において公共交通が利用しにくい都市構造になってしまっている。そもそもマスタープランの中で、都市構造をどうするのかという方針を立てるべきであった、という指摘がなされているが、今かろうじて残っている公共交通の機能を活かす土地利用の戦略を検討すべき、という議論もある。

では、現存している公共交通の機能を活かすために、どのような検討が必要であろうか。これまで、都市内の公共交通ネットワークを評価した研究が多数発表されており、それぞれ有益な成果をあげているが、ネットワークモデルを検討する際に、個々の路線やコリドーの条件については比較的単純化されている例が多い。これは、ネットワークで評価する際に、個別の路線についての条件を詳細にすると解が複雑になるという理由によるものであるが、公共交通ネットワークを空間的に評価する際には、個々の路線沿線、いわゆる軸空間への影響についても議論していくことが重要である。

## 1.2 本研究の目的

前節では、高度化したバス輸送システムの計画手法を考えていく場合、システムを構成する要素とその多様性について適切な評価指標と評価基準を明確にすることがあること、各要素間に存在するトレードオフの関係を把握する必要があること、都市内に新規にシステムを導入する場合及び既存のシステムを活用する際の空間的な評価においてはコリドーレベル（軸空間）での評価が重要であること、の3点を示した。

そこで、以上の検討結果にもとづき、本研究の目的を以下のように設定する。

### (1) 高度化したバス輸送システムの計画手法のフレームに関する整理（第3章）

高度化したバス輸送システムの適用領域あるいは方向性としては、1) 既存のバス輸送システムの改善（高度化）、2) 都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点が考えられる。前者については、具体的には、輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化等に関わる課題の検討があげられる。後者については、新規導入計画における代替案比較を行う際の評価の視点や、バス輸送のイメージ戦略の検討等があげられる。上記の点をふまえて、従来のバス輸送計画の枠組みで捉えた上で、高度化したバス輸送システムの計画手法のフレームについて整理する。さらに既存事例に基づき、バス輸送システムを高度化する際の構成要素に関わる検討課題を抽出する。

### (2) 多様な評価軸を考慮した高度化したバス輸送システムの導入事例分析（第4章）

高度化したバス輸送システムの1つの形態であるBRTについて、既存文献で示されている上記の定義に加えて、都市計画や都市交通計画における位置づけが明確になされていること、という視点をあわせて定義した上で、導入事例における計画手法の整理を行うこととする。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯、2) 都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方、3) 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ、4) 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性、以上4つの視点に着目して整理を行う。

### (3) 高度化したバス輸送システムの評価、政策決定時の評価指標の体系化（第5章）

高度化したバス輸送システムのインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理を行う。具体的には、都市交通としての高度化したバス輸送システムが担う役割に焦点をあて、インフラ整備手法、及び運用の方法論の確立に資する高度化したバス輸送システムの性能評価指標を体系的に整理すること、及び、今後の都市交通計画の政策論を展開するための客観的評価指標の計測方法について、理論的側面と実証的側面から考察することを本章の目的とする。

(4) 各要素を考慮した高度化したバス輸送システムの性能評価（第 6 章，第 7 章）

国内外で導入されている様々なタイプのバス乗降施設の運用方式に着目し，現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析，及び性能評価を試みる。また，専用走行空間におけるバスの運用代替案を設定し，シミュレーション計算を行うことで，専用道路を活用したバス輸送の輸送能力について評価を行う。さらに，代替交通システムとの輸送力とコストの関係から，専用道路を活用したバス輸送の適用領域を考察する。

(5) バス輸送システムが都市に及ぼす影響に関する分析（第 8 章）

わが国において，バスあるいは路面電車が高頻度に運行されている軸状空間の存在を整理し，その軸状空間の有無や延長がその都市全体の公共交通分担率に寄与しているかどうか把握する。さらに，詳細なデータが利用可能ないくつかの特徴的な都市を抽出し，各種データを活用して，バスや路面電車の高頻度輸送区間沿線とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性を把握する。これらの分析を踏まえて，わが国の都市交通計画において公共交通軸の考え方を適用する際の課題に関する知見を得ることを目的とする。

(6) 都市交通計画における高度化したバス輸送システムの計画手法の構築（第 9 章）

高度化したバス輸送システムの評価指標やトレードオフの関係に基づき，都市交通計画の策定段階における計画手法を明らかにする。さらに，わが国に **BRT** を導入する際，すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の，計画・運営・運行の側面からみた課題と今後の方向性について考察する。

### 1.3 本研究の構成

前述の視点に基づいて、本研究では以下のような章構成をとる。

まず、第 1 章では、本研究の背景となるわが国のバス輸送システムの現状と問題点を把握するとともに、規制緩和を契機とした地方自治体のバス輸送計画への取り組みの変化や高度化したバス輸送システムへの関心の高まりの中で、本研究で対象とする高度化したバス輸送システムの評価に関する論点を示した。さらに、論点整理に基づき、本研究の目的と研究全体の構成を示す。

第 2 章では、都市内のバス輸送システムに関して国内外の既往研究のレビューを行う。2.2 節では、バス輸送システム全体に関わる既往研究について、需要および供給の側面から整理し、本研究の位置づけを明らかにする。2.3 節では、バス輸送システムの性能評価に関する既往研究について、特に供給側の視点から整理を行い、バス輸送システムを高度化する際の研究課題を示す。2.4 節では、バス輸送システムの計画手法に関する既往研究を踏まえて、特に都市内におけるバス輸送システムの役割、および導入の際の財源制度や運営形態についての研究課題を整理する。2.5 節では、本研究の意義と検討課題の位置づけを示す。

第 3 章では、高度化したバス輸送システムの計画フレームについての検討を行う。バス輸送の計画手法については、これまで一般的に定式化されたものは少ないが、3.2 節では、従来のバス輸送計画の枠組みで捉えた上で、高度化したバス輸送システムを構成する要素と近年の動向、および本研究の検討課題について整理する。さらに、高度化したバス輸送システムを構成する各要素について、計画策定の際の考慮要件を抽出する。

第 4 章では、高度化したバス輸送システムの 1 つの形態である BRT (Bus Rapid Transit) について、海外諸都市の導入事例における計画手法の整理を行うこととする。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯 (4.2 節)、都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方 (4.3 節)、都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ (4.4 節)、都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性 (4.5 節) に着目して整理を行う。

第 5 章では、高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化と計測方法を示す。これまでのバス輸送システムに関する研究においては、事業者・自治体・利用者・沿線住民（環境への影響）といった路線バスの関連主体に個別に着目し、バスの輸送能力や利用者評価、ネットワーク評価など、個別のパーツに特化したものが多く、総合的な都市交通計画という視点を踏まえたバス輸送計画の研究は十分に行われてきてない。各種の要素を含んだ高度化したバス輸送システムを代替案として検討する場合には、このようなトレードオフの関係を踏まえた性能評価を行う必要があるといえる。そこで、このようなバス輸送システムのインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的

整理を行う。また、今後の都市交通計画の政策論を展開するための客観的評価指標の計測方法について、理論的側面と実証的側面から考察する。

第6章では、第5章に示す高度化したバス輸送システムの評価指標について具体的な計測を行う。ここでは、国内外で導入されている様々なタイプのバス乗降施設の運用方式に着目し、現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析、及び性能評価を試みる。その上で、バス輸送計画における多様化の方向性と課題について整理する。

第7章では、高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフを考慮したパフォーマンス評価を行う。具体的には、バス輸送計画におけるインフラ整備とその運用方法に着目し、専用走行空間を活用したバス輸送システムの輸送能力評価に関する論点を整理すること、専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の関係を評価すること、輸送能力とコストの関係を踏まえた比較分析によりバス輸送の適用領域についての考察を行うことを目的とし、以下の手順で分析を進める。まず、バス専用走行空間に関する先進事例に基づき、バス専用道路の輸送能力に関する評価分析の視点、及び代替軌道系交通システムとの比較を行う際の論点を整理する（7.2節）。次に、専用走行空間でのバス運用代替案と評価指標を設定し、シミュレーション計算により処理能力との関係を考察する（7.3節）。さらに、バス輸送の運用代替案及び代替軌道系交通システムの輸送能力とコストの関係を考慮した上で、空間的な前提条件等を揃えた比較分析に基づき、専用走行空間を活用したバス輸送が相対的に有利となる領域について考察する（7.4節）。

第8章では、バス輸送システムがまちづくりに及ぼす影響に関する分析を行う。まず、わが国においてバスあるいは路面電車が高頻度に運行されている軸状空間の存在を整理し、その軸状空間の有無や延長がその都市全体の公共交通分担率に寄与しているかどうか把握する。さらに、詳細なデータが利用可能ないくつかの特徴的な都市を抽出し、各都市圏のパーソントリップ調査や国勢調査・商業統計調査のデータを活用して、同都市内でバスや路面電車の高頻度輸送区間沿線とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性を把握する。これらの分析を踏まえて、わが国の都市交通計画において公共交通軸の考え方を適用する際に考慮すべき点や課題に関する知見を得るための考察を行う。

第9章では、高度化したバス輸送システムの評価指標やトレードオフの関係に基づき、都市交通計画の策定段階における計画手法を明らかにする。さらに、わが国にBRTを導入する際、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の、計画・運営・運行の側面からみた課題と今後の方向性について考察する。

第10章では、以上にて得られた結果をとりまとめ、本研究の総括と今後の課題を示す。



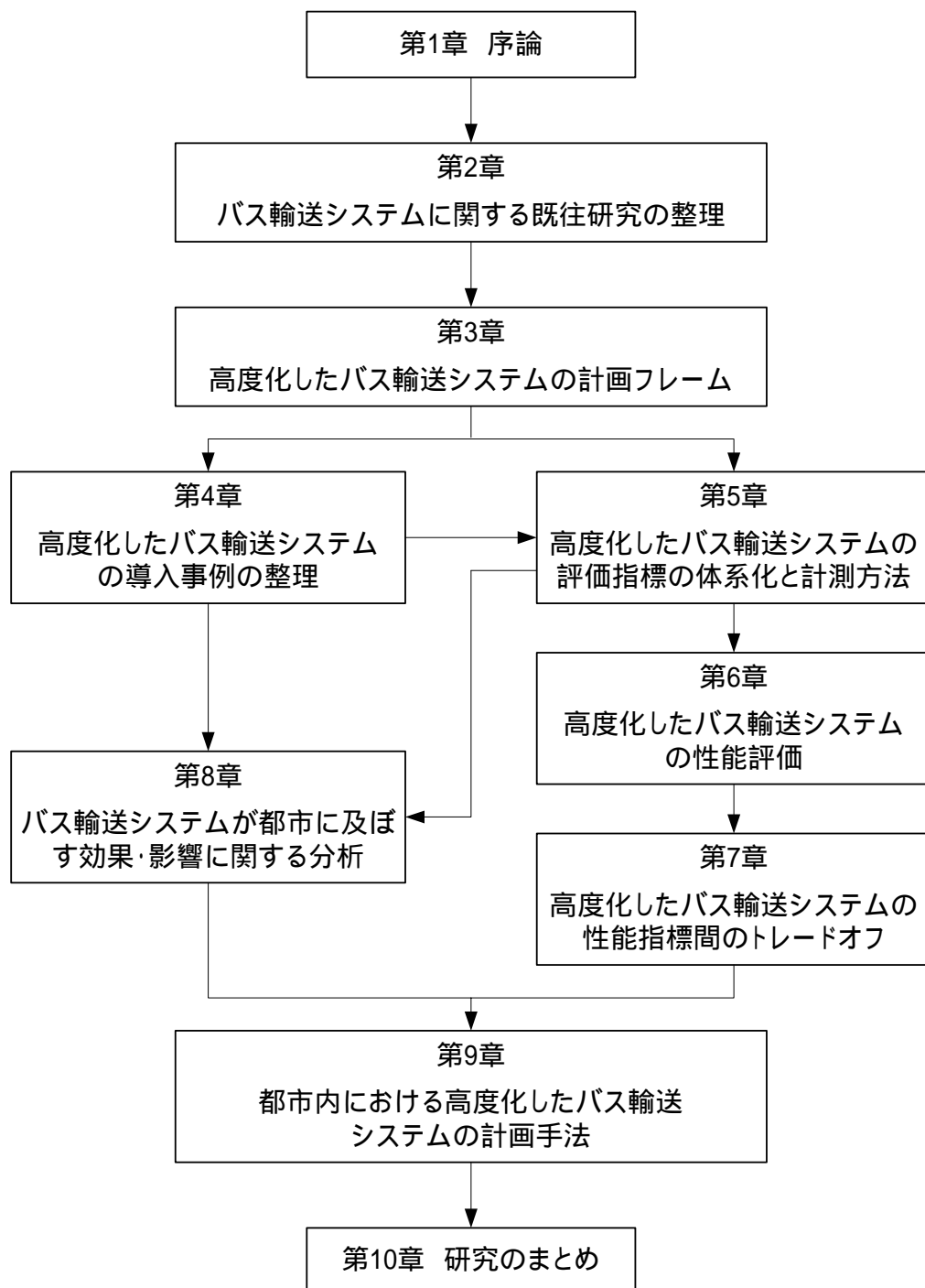


図 1-3 本研究の構成

## 第 1 章 参考文献

- 1) (社) 日本バス協会：日本のバス事業，2004
- 2) 中村文彦：生活交通の再編に向けての一考察，運輸と経済 第 62 巻 第 3 号，pp.43-49，2002
- 3) 中村文彦：都市バス輸送におけるインフラ整備に関する研究課題と考察，土木計画学研究・講演集 No.26，no.246，2002
- 4) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, S. Rutherford, R. L. Smith, J. Cracknell, and R. Soberman : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit, Transportation Research Board, 2003
- 5) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford and E. Bruhn : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transportation Research Board, 2003
- 6) 中村文彦：都市部のバス交通に関する研究課題，土木計画学研究・講演集 No.25，no.2，2002
- 7) 新谷洋二：都市交通計画（第 2 版），技報堂出版，2003
- 8) 矢部努，牧村和彦，中村文彦：高速輸送バスシステム－BRT 導入の新たな展開」，運輸と経済，Vol.64，No.12，pp.48-58，2004
- 9) 北山真，吉田正，田口浩，今村崇：新しい交通システム BRT の最新事例と今後への期待，土木計画学研究・講演集 No.31，No.134，2005
- 10) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編：道路投資の評価に関する指針（案）第 2 版，2000
- 11) 運輸政策研究機構：鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル 05
- 12) 天野光三編：都市の公共交通，第 5 章，1988
- 13) P. Calthorpe : The Next American Metropolis, Princeton Architectural Press, pp.41-71, 1993
- 14) R. Cervero : Transit-Supportive Development in the United States, FTA, 1993
- 15) 中村文彦：都市における公共交通計画の課題－公共交通指向型開発（TOD）への期待－，高速道路と自動車，No.39(8)，pp.7-11，1996

## 第2章 バス輸送システムに関する既往研究の整理

### 2.1 はじめに

第1章で述べたように、都市内の公共交通システムの代替案として高度化したバス輸送システムを検討することの意義は大きい。本章では、高度化したバス輸送システムを検討するにあたり、都市部のバス輸送をテーマとした既往研究を整理する。これまで、都市部のバス輸送に関する多数の研究論文が有益な成果を挙げてきている。しかし、わが国の一般的なバス事業においては、バスが走行する道路とターミナル整備以外については、基本的に自治体はすべての段階において無関係な場合が多いため、それらの有益な研究成果は、必ずしも地方自治体の策定する都市交通計画に十分反映されているとは言えず、結果として、総合的な都市交通計画におけるバス輸送の扱われ方は、自動車や鉄道に比べて不十分であるといえる。

近年、都市部ではバス輸送を都市交通体系の中で見直しつつあるが、バス輸送が本来もつ路線設定等の柔軟性を発揮し、バス輸送の機能を高度化したシステムを計画に反映させるためには、第1章で示したように多くの課題が残されている。また、本研究で対象とする高度化したバス輸送システムを取り扱う上では、バス輸送に関する様々な視点から既往の研究を整理し、都市公共交通計画におけるバス輸送システムの位置づけ、および高度化の可能性を把握することが必要となる。

そこで本章では、まず2.2節でバス輸送システム全体に関わる既往研究について、需要および供給の側面から整理し、本研究の位置づけを明らかにする。2.3節では、バス輸送システムの性能評価に関する既往研究について、特に供給側の視点から整理を行い、バス輸送システムを高度化する際の研究課題を示す。2.4節では、バス輸送システムの計画手法に関する既往研究を踏まえて、特に都市内におけるバス輸送システムの役割、および導入の際の財源制度や運営形態についての研究課題を整理する。2.5節では、本研究の意義と検討課題の位置づけを示す。なお、本研究では高度化したバス輸送システムの計画手法について議論を進めていくが、本章においては都市におけるバス輸送全般を既往研究整理の対象とする。

## 2.2 バス輸送システム全般に関する既往研究の整理

### 2.2.1 需要の側面に関する研究

需要の側面に関する研究は、現況の需要特性の分析に着目したものと需要予測手法の構築に着目したものに分類できる。

#### (1) 現況の需要特性の分析に着目した研究

現況の需要特性について取り扱った研究については、利用者の交通行動特性に基づくバスの利用特性に主眼をおいたものと、バス輸送に対する利用者評価に主眼をおいたものに区分できる。

バスの利用特性については、個人の交通行動特性を明らかにする中で、様々なモデルの構築が行われている。非集計行動モデルを用いた例としては、原田<sup>1)</sup>による鉄道駅へのアクセス手段選択の特性を分析した例や、杉恵ら<sup>2)</sup>による交通手段選択とサービスレベルの関連性を評価した例がよく知られている。近年では、その非集計モデルが有する問題点を解決するため、個人属性の違いや行動変化を明示的に表現するなど<sup>3)4)</sup>のモデルの改良が進んでいる。その他、パーソントリップ調査やバス乗降客調査によるバス利用者 OD 交通量の調査や、高山ら<sup>5)</sup>による、バス利用者の乗り換え OD 推計を行った例がある。

バス輸送に対する利用者評価については、利用者へのアンケート調査に基づく分析例として、利用者の主観的な意識構造に着目した生田ら<sup>6)</sup>、金井ら<sup>7)</sup>の例や、バスの情報提供ニーズについて顧客満足度調査手法を用いた中村<sup>8)</sup>らの例など、多数報告されている。近年では、高齢化社会の進展と相まって、移動に対する高齢者の抵抗感を定量化した研究成果<sup>9)10)</sup>や、過疎地域のモビリティ確保のためのバス利便性評価を行った研究成果<sup>11)12)13)</sup>の蓄積が増えてきている。また、バス利用促進のための社会実験に基づく分析<sup>14)</sup>や、個人の行動変容を促すモビリティ・マネジメントの効果検証<sup>15)16)</sup>など、新たな評価手法の開発が進められている。

以上のように、バスの需要特性に関しては、多方面からのアプローチが行われている。これらは、バス輸送システムの改善方法の提案、および需要予測手法開発のための研究として位置づけられるものであり、いずれの研究においても有用な成果が報告されている。

#### (2) 需要予測手法の構築に着目した研究

都市交通計画における交通需要予測手法として最も広く用いられている手法は、発生・分布・交通機関分担・配分という 4 段階に交通需要推計プロセスを分割してモデルをつくり、予測においてはそれらを順次連鎖させて用いるという 4 段階需要推計モデルである<sup>17)</sup>。

4 段階推定法は、交通行動の背後にある複雑な意思決定のメカニズムについて必要最低限

の要因のみを抽出することにより、簡潔に表現した実用的な交通需要予測手法であるとされているが、各予測段階での整合性が不十分である点、トリップを解析の単位としている点、個人が一日で行う複数トリップの関係が明確に考慮されていない点など、構造上の問題点が指摘されてきた。近年では、従来の4段階推計の各段階のモデルの改良から、個人の交通行動を非集計分析によるモデル化や、トリップの発生、目的地、利用交通手段、経路等を同時に決定する同時選択モデルといった新しい角度からのアプローチまで、多くの試みがなされている<sup>17)</sup>。

バス輸送の需要予測については、独自の方法論が確立していないものの、1980年代以降、非集計行動モデルについての研究が進められるにつれ<sup>18)19)</sup>、バス輸送の需要予測への適用が行われてきた。河上ら<sup>20)</sup>は、バス輸送計画の位置づけを示し、モデルによる予測結果に基づきバス輸送改善の方向性を示唆している。以降、分析に必要なデータ制約上の問題は指摘されているものの<sup>17)</sup>、非集計行動モデルや同時選択モデル等による交通機関分担の予測精度は向上しつつあり、これらのモデルの有用性は十分確立されているものと考えられる。また、高齢化社会への対応や地域のモビリティ確保の観点から、多くの都市でコミュニティバスの導入が進められており、新田ら<sup>21)22)</sup>によるコミュニティバスの需要予測手法や高齢者の移動特性に着目したモデルの提案が行われている。

非集計行動モデルの他にも、潜在的なバスの需要を把握するための方法がいくつか提案されている。例えば、渡辺<sup>23)</sup>によるバス停勢力圏の簡便区画法や、竹内ら<sup>24)</sup>によるポテンシャルモデル計測法、およびポテンシャルモデルをベースとした杉尾ら<sup>25)</sup>による路線評価手法があげられる。

以上のように、需要の側面に関する研究については、様々なモデルの開発と応用により交通行動特性の把握が行われており、需要予測への適用方法も整理されてきているといえる。なお、需要分析においては、従来から分析に用いるデータの問題が指摘されている。需要特性や利用者意識の把握に着目した研究では、アンケート調査により作成したデータによるものが大半であり、サンプルの抽出方法やデータに存在するバイアス等の問題がある。また、需要予測においては、バス事業者が行う利用者 OD 調査や都市圏のパーソントリップ調査データが主に用いられているが、前者は調査にかかるコストの高さから定常的に調査を行うことが困難であり、後者は利用可能なデータがゾーン単位であるため、バス路線単位で分析を行うための精度が担保されないという問題がある。ただし近年では、バス車両の乗降口に設置された乗降客自動計測装置による分析<sup>26)</sup>や携帯電話を用いた調査手法の研究<sup>27)</sup>が進められており、今後の展開が期待される。

### 2.2.2 供給の側面に関する研究

供給の側面に関する研究には、バス輸送システムの性能評価に着目したものと、計

画手法に着目したものに分類できる。第 1 章で示したように、本研究では、高度化したバス輸送システムを構成する要素と多様化に関する評価、およびその計画手法に着目している。したがって本節では、供給の側面に関する既往研究の概略についてまとめた上で、2.3 節で詳述することとする。

#### (1) バス輸送システムの性能評価に着目した研究

バス輸送システムの性能評価に関する研究は、バスの走行特性に主眼をおいたものと、運行コストに主眼をおいたものに区分できる。

バスの走行特性については、わが国では高度経済成長によるモータリゼーションの進展に伴って発生した自動車交通による影響分析に端を発し、河上ら<sup>28)</sup>によるバスの遅延に関する研究以降、次第に取り扱われるようになった。その後、毛利ら<sup>29)</sup>により、バスと乗用車で構成される混合交通流の特性が明らかにされ、中川ら<sup>30)</sup>により都市部におけるバス走行特性と利便性の関連性について評価が行われている。近年では、バスロケーションシステムの導入によりバスの位置データが取得可能になったことから、バスの運行データを用いた運行特性の分析<sup>31)</sup>や、GPS を活用したバスの定時運行評価に関する分析<sup>32)</sup>などが報告されている。このほか、バス輸送の走行空間に関する評価例や停車施設の特性に関する分析例などが数多く報告されているが、その詳細と本研究との関連性については、は 2.3 節で整理する。

バスの運行コストについても国内外で多くの研究がなされている。国内では、稲村ら<sup>33)</sup>によるバス輸送の経営問題としての公営バス事業体の財務分析や、木下ら<sup>34)</sup>によるバス輸送システムの運行コストの分析に基づくバス輸送改善策の検討などがあげられる。また、杉尾<sup>35)36)</sup>らにより、ポテンシャルモデル法に基づく路線ごとの経営改善方針の提案が行われている。海外では、詳細な項目に基づく公共交通輸送システムのコスト比較モデルに関する研究<sup>37)38)</sup>等が報告されている。

以上のように、性能評価に関しても多くの研究例があり、バス輸送システムの骨格を形成する個別要素についての評価手法は、ある程度整理されているといえる。しかし、バス輸送システムの評価を行った既往研究には、利用者やバス事業者といった個別の関連主体に着目し、バスの輸送能力や利用者評価、バスネットワーク評価など、個々のパーツに特化したものが多く、総合的な都市交通計画という視点につながる評価は十分に行われてきてない。例えば、沿道の都市活動は自動車やバスでの移動需要として顕在化し、自動車需要は道路混雑というかたちでバス輸送に負の影響を与え、一方バスの需要は、停留所での乗降時間に影響を与え、結果としてバス輸送自体のパフォーマンスに帰着する。本研究で取り扱う高度化したバス輸送の適用可能性を評価する上では、このようなバス輸送の運用方法、運行コスト、さらには沿道状況との関連性をも踏まえたパフォーマンス指標を体系的に整理する必要があるといえる。

## (2) バス輸送システムの計画手法に着目した研究

バス輸送システムの計画手法に関しては、現況のバス輸送の特性に関する研究成果と同様、個別の計画課題に焦点を絞った研究が国内外で行われている。しかし、バス輸送システム全体の計画手法については、国内では中村<sup>39)</sup>による端末バス輸送計画手法に関する研究がある他、海外で数例存在するのみである。以下、バス輸送システムの個別の計画課題と全体の計画手法に関する既往研究の概略を示す。

個別の計画課題としては、バス路線網の最適化問題やバス優先方策の評価等の研究成果が蓄積されている。バス路線網の最適化については、高山ら<sup>40)</sup>による遺伝的アルゴリズムを用いたモデル分析などがあげられ、多様な前提条件に基づく方法論が確立されてきているが、実務面への適用性が課題となっている。バス優先方策の評価については、特にバス専用レーンの導入評価に関わる研究が多くみられ、マイクロシミュレーションを活用した佐野ら<sup>41)</sup>の例など、実用性の高い評価手法が提案されている。バス優先方策の評価についての課題としては、バス輸送システムの計画手法としての位置づけが明確にされていないこと、および多様な運用方式の評価を比較していないことがあげられる。

バス輸送システム全体の計画手法については、先にあげた中村<sup>39)</sup>による一連の研究が代表的なものであり、この中では、個別に検討した計画手法の整合性を検討し、鉄道端末バス輸送計画手法の全体像を明らかにしている。しかし、本研究で取り扱う高度化したバス輸送に関する部分については、一部の優先方策に関する記述にとどまっている。一方、海外に目を向けると、都市規模や土地利用の成長に対応した都市交通サービスのあり方が問われており、世界中でバス輸送の役割が大きく見直されている。特に、バス車両をベースとして高度化された交通システムとしての **BRT(Bus Rapid Transit)**が注目されており、世界各都市で土地利用との整合が図られながら導入、及び計画が進められている。**BRT** に関しては、米国<sup>42)</sup>やドイツ<sup>43)</sup>において計画指針としてまとめられている例が存在するが、これらは、前者は米国の都市計画や条件に基づいて、後者は開発途上国における計画指針として記述されたものであるため、わが国に適用する際には注意が必要である。少なくともわが国においては、本研究で取り扱う高度化したバス輸送に関する計画手法についてまとめた文献は存在せず、わが国の都市の形態や公共交通をとりまく法制度等を踏まえ、高度化したバス輸送システムに関する個別課題の評価とそれらを体系的に整理するための研究の必要があるといえる。

## 2.3 バス輸送システムの性能評価に関する既往研究の整理

本節では、バス輸送システムの性能評価に関する既往研究を整理する。バス輸送システムの性能を規定する要因としては、具体的に車両、走行空間、停車施設の 3 つがあげられる。ここで、上記 3 つの要素に区分するアプローチは、Vuchic<sup>44)</sup>や中村<sup>39)</sup>が公共交通機関の研究で取り扱っている方式であり、基本的な性能評価の枠組みとしては適切であるといえる。既往研究の概略については 2.2 節に示したとおりであるが、ここでは、バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価に関する視点に沿って整理し、本研究の位置づけを確認する。

### 2.3.1 バス車両に関する研究

バス車両に関する研究は、車両の基本特性に着目したものと、車両の運用方式に着目したものに区分できる。

車両の基本特性については、機械工学や自動車工学の分野において多岐にわたる研究が行われているが、都市交通計画の中ではあまり触れられていない。海外においては、TRB<sup>42)</sup>による BRT のガイドラインの中で、扉の位置や座席の配置などの車両特性や、3 連節バスなどの基本性能等が整理されている。またバス車両の技術と燃費特性、および排気ガスの特性について詳細にまとめた文献<sup>45)</sup>がある。研究ベースでは、D'agosto<sup>46)</sup>によるハイブリッドバスと通常のバス車両の加減速性能と排気ガスの比較を行った例がある。また、車両の改善は BRT の基本コンセプトであり、従来のバスがもつ悪いイメージからの脱却を図ることを目的とした斬新なデザインのバス車両の導入が進んでいる。この点も、わが国への高度化したバス輸送の導入を検討する際の、1 つの考慮要件であると考えられる。

車両の運用方式に着目した研究事例としては、中村<sup>39)</sup>による車両サイズの多様化を取り入れたバス輸送計画を評価した例がある。また、大城ら<sup>47)</sup>による研究では、バス車両の乗降口のステップ数や運賃收受方法がバスの乗降時間に与える影響を分析している。

本研究では、車両の基本特性そのものについての分析は行わないが、バス車両の多様性はバス輸送システムを高度化するための要素の 1 つであるため、第 6 章で行う性能評価にあたっては、その前提条件として考慮することとする。

### 2.3.2 走行空間に関する研究

バス輸送システムの走行空間については、優先方策に関連する研究が多数報告されている。優先方策とは、通常は道路空間において、一般車両に対してバス車両に何らかの優先走行権を与える施策のことである。バスの優先方策については、中村<sup>39)</sup>が整理しているように、バス以外の車両の走行が認められない「バス専用道路」や、一般街路の一部車線をバス専用割り当てる「バス専用レーン」、および交差点における「優



先信号制御」などがあげられる。走行空間は、本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムを構成する要素の中で最も重要な骨格をなす要素であり、国内外において優先方策の効果を実証的に評価した例や、シミュレーション等を用いて理論的に評価した研究事例は多い。

#### (1) 優先方策に関する実証的な評価

バスの走行空間に関する優先方策を実証的な研究としては、**Gardner** ら<sup>48)</sup>による、途上国におけるバス専用道路のパフォーマンスを評価した例や、ブラジル国内の各都市に導入されているバス専用道路の走行速度の特性をレビューした **Meirelles**<sup>49)</sup> の例などがある。わが国では、バス専用レーンの設置効果に関する研究<sup>50)51)52)</sup>や、上野ら<sup>53)</sup>による、セットバックバス専用レーンによる交通改善の検討を行った例がある。加藤ら<sup>54)</sup>は、ガイドウェイバス導入に伴う地上区間の交通状況への影響についての調査分析を行っている。また、ニュータウンにおけるバス専用道路に関しては、英国の **Runcorn** ニュータウン事例がよく知られているが、わが国では、成田ニュータウンにおけるバスの優先手法に関する考察が中村ら<sup>55)</sup>によって行われている。以上の実証的研究において、優先方策の評価が行われているが、これらは個々の施策の事後評価という側面が大きく、評価手法の一般化について示唆している例はあまり多くない。

#### (2) 優先方策に関する理論的な評価

シミュレーション等を用いた理論的な評価では、バス専用レーンの評価および輸送能力の算定について扱ったものが多い。わが国では、坂本ら<sup>56)~59)</sup>による一連の研究において、バスの優先方策の評価に対応したシミュレーションパッケージ (**tiss-NET**) を開発し、実際にバス専用レーンの導入効果について評価を行っている。**Jacques** ら<sup>60)</sup>は、いくつかの前提条件の下で幹線道路上のバス専用レーンの処理能力と走行速度について、**TRAF-NETSIM** を用いて評価しており、**Highway Capacity Manual**<sup>61)</sup>に示された評価値との比較を行っている。**Khan** ら<sup>62)</sup>は、オタワの **Transitway** の輸送能力を評価するためのプログラム (**TRNSIM**) を開発し、良好な再現性を示している。バス専用道路の処理能力に関しては、指針等に示される数値や実績値としての数値、分析により算定された数値が報告されている。

ただし、これらの輸送力は、算定のための詳細なデータが示されていないものや、特殊な条件下（停留所のない 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が必要である。また、高度化したバス輸送システムの 1 つのコンセプトである高頻度で高容量の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。これまで、輸送力とコストの関係に着目し、バスと他の交通機関との比較分析を行った研究事例はあるが、その際、交通機関の輸送能力値は一定としており、本研究の第 6 章で取り扱うように、停車施設における運用方法の代替案を考慮し、輸送能力のパラメータを変動させて評価した例はない。

### 2.3.3 停車施設に関する研究

本研究では、停車施設として、高度化したバス輸送システムの基本要素である走行空間上のバス停留所を取り上げ、バスターミナルや車両基地については扱わない。ここでは、走行区間上のバス停留所に関する既往研究の整理を行う。バス輸送システムの性能評価に関わるバス停留所の検討課題としては、バス停の配置問題、バスの停車方式、運賃収受方式に区分できる。

#### (1) バス停の配置問題に関する研究

バス停の配置問題について、数理学的手法を用いた研究が数例存在する。**Lesley**<sup>63)</sup>は、乗客の所要時間を評価基準にバス停間隔を論じている。**Vuchic**<sup>44)</sup>は、バス停間隔を短くしてバス停への利用者のアクセスを高めることと、バス停間隔を長くして路線の走行速度を高めることの妥協の産物であるとし、平均的に **400~600m** が適当であると述べている。その中で、バス停間隔を短くすることは、走行速度等のサービスレベルを低下させると共に、必要以上にバス停施設を整備する上で不経済であると指摘している。また、新田ら<sup>65)</sup>は、高齢者の交通負担感を反映したバス停間隔の評価を行っている。

理論的な検証例として鈴木<sup>65)</sup>は、路線網や運行頻度といった変数を与えた上で、利用者の総所要時間が最小となるように数学的なモデルによりバス停留所の最適配置を行っている。また、バス停数と運行頻度との関係性を評価するモデルを提案した菊池<sup>66)</sup>の例がある。いずれも、評価のための前提条件を簡略化している。

#### (2) バスの停車方式に関する研究

バスの停車方式に関しては、中村<sup>39)</sup>の研究の中で停車方式の多様化を取り上げ、利用者の乗車時間を短縮する快速運行と、アクセス時間を短縮するフリー乗降の **2** つの停車方式について需要特性と道路状況に応じて適切な停車方式を選択する輸送計画代替案について評価している。海外では、ブラジルの **Porto Alegre** で運用されている **Bus Ordering** (バス隊列走行) システムについての運行挙動を検討した **Nelson** ら<sup>67)</sup>の例がある。また、一般車との混在道路上のバス停におけるバスの停車時間をシミュレーションにより評価した **Silva** ら<sup>68)</sup>の例や、バス車両の同時到着に起因するバスの発車待ちによる遅れを評価した **Gibson** ら<sup>69)</sup>の例がある。その他、**HCM**<sup>61)</sup>の中では、バスベイの運用方式(バース数)とバス停の容量の関係について記載されている。しかし近年では、いくつかの都市での **BRT** の導入に伴って、バス専用道路上における車両運用やバス停における多様な停車方式が見られるようになり、これらを前提とした輸送能力の評価を横並びで比較した例はなく、高度化したバス輸送システムの計画手法を議論する上では、上記の視点から評価を行う必要がある。

### (3) 運賃收受方式に関する研究

バス停における輸送力は、停止時の最小車頭時間により求められ、最小車頭時間は利用者の乗降時間とクリアランス時間から計算される。バス乗降時間に関する研究成果は HCM<sup>61)</sup>の中で整理されており、乗降客 1 人あたりに必要な時間は、主に扉の数、ステップの段数、運賃收受方式、その他利用者の属性による要因で説明されるとしている。Dueker<sup>70)</sup>は、重回帰分析を用いて実データに基づく乗降時間特性のモデル化を行っており、影響要因を定量的に示している。わが国では、大城らによる一連の研究<sup>71)72)73)</sup>において、バスの運賃收受方式がバス乗降時間に与える影響を評価している。

しかし今日では、乗降時間の短縮を 1 つの目的とした、Curitiba(ブラジル)や Bogotá(コロンビア)で導入されているような車外運賃收受方式や、ソウルやわが国の一部バス事業者でみられるような IC カードによる運賃收受方式が導入されている。これまで、多様な運賃收受方式が、バスの乗降時間、すなわちバスの停車時間およびバスの走行速度に与える影響を比較した例は存在しない。以上の点についても、本研究の検討課題とする。

## 2.4 バス輸送システムの計画手法に関する既往研究の整理

本節では、バス輸送システムの計画手法に関する既往研究を整理する。概略については 2.2 節に示したとおりであるが、ここでは、第 1 章で述べた高度化したバス輸送システム評価に関する論点に沿って整理し、本研究の位置づけを確認する。

### 2.4.1 高度化したバス輸送システムに関する研究

高度化したバス輸送システムは、既存のバス輸送をベースとして、専用走行空間や停留所での運用の工夫等を伴って走行速度、信頼性、輸送力等を向上させたシステムと定義することができる。バスの専用走行空間や停車施設の工夫はそれほど新しい概念ではなく、例えばバスの専用走行空間は、1937年にChicagoで、都市内における世界で初めてのバス専用レーンの計画が策定されている。この計画では、都心部の幹線道路上にバス専用レーンを備えた高速バス運行を実現するため、3本の鉄道廃線をバス専用レーンに転換することが示されており、実際に1939年に整備が行われている<sup>74)</sup>。世界で初めてバス輸送システムを高度化し、都市内の公共交通ネットワークとして確立したのはCuritiba（ブラジル）である。第4章で詳述するが、Curitibaでは1974年以降バス専用道路の整備が始まり、専用道路を走行する幹線バス輸送と周辺部のターミナルを基点とする支線バスシステムが導入されている。この頃から、BRT（Bus Rapid Transit）という交通システムの概念が導入され始めている。ここでは、様々な工夫を伴って高度化されたバス輸送システム、すなわちBRTに関する既往研究について整理する。

従来のバス輸送システムから BRT の概念に発展する経緯については、Grava<sup>74)</sup>がまとめた都市交通システムに関する書籍の中で整理されている。近年米国では、都市内交通システムとしての BRT が注目されており、FTA（米国運輸省公共交通局）を主導とした国家的な戦略の下で計画が進められている<sup>42)</sup>。また、米国の GAO（会計検査院）が公表した調査報告書<sup>75)</sup>では、BRT と LRT の両方を運営している 6 事業者のデータを比較した結果、建設・運営コストの面では BRT が LRT よりも優位性があることを示している。その他の国では、ブラジルにおける BRT 導入都市(Curitiba, Porto Alegre, Sao Paulo, Belo Horizonte 等)の最新動向を報告した例<sup>76)</sup>や、Ottawa<sup>77)</sup>や Sydney<sup>78)</sup>、ソウル<sup>79)</sup>の BRT についての報告例がある。一方わが国では、BRT の概念と海外の事例を紹介した太田<sup>80)</sup>、矢部ら<sup>81)</sup>の例が存在するものの、BRT という言葉自体にあまり馴染みがなく、単にバス輸送の機能を一部拡張したシステムと捉えられている可能性が高い<sup>82)</sup>。わが国で BRT への認識が低い一因として、BRT の導入事例として区分できる例が、名古屋のガイドウェイバスや基幹バスなど数少ないということも考えられる。しかし、第 1 章でも示したように、都市部における道路混雑の緩和、環境対策等の課題を解決するために公共交通システムがその一端を担う場面が存在する中で、高度化したバス輸送システムがその代替案になりうることが考えられることから、その計画手法の整理を進める必要があるといえる。

## 2.4.2 都市内における基幹交通としてのバス輸送システムの役割に関する研究

都市内の交通混雑等の問題に対応する中長期的な課題として、交通と土地利用計画との連携の必要性が指摘されている。近年では、公共交通利用の促進を視野に入れた都市計画、あるいは土地利用の誘導に関連した**TOD**（公共交通指向型開発）の検討と、公共交通システムを軸とした公共交通軸の適用可能性が議論されている。以下では、**TOD**および公共交通軸に関する既往研究を整理する。

### （1）**TOD**（公共交通指向型開発）に関する研究

**TOD**の定義は、**Calthorpe**<sup>83)</sup>あるいは**Cervero**<sup>84)</sup>らによってなされ、わが国では中村<sup>85)</sup>が概念整理を行っている。基本的には、公共交通の利用を促進する工夫を含んだ郊外開発の新たな方向性の1つであり、主に鉄道駅（停留所）徒歩圏の高密度開発とアクセス路の確保が重要視されている。中村<sup>85)</sup>は、バス型**TOD**の開発事例に着目し、**Curitiba**や**Ottawa**オタワでの先進事例の分析を踏まえ、バス型**TOD**をわが国に適用する際には、潜在需要の確保とバス専用道路の確保の検討が必要であるとしている。その上で、潜在的な需要を都市計画的な手法で誘導できるかが重要であり、この課題をクリアすることで、**TOD**が交通負荷の小さいまちづくりに寄与する可能性があることを指摘している。わが国では、特に大都市においては、モータリゼーションが進行する以前から、自動車依存の低下を意図しない考え方で、郊外と都心部を結ぶいわゆる通勤鉄道を軸とした開発が進められてきた。1980年代の米国では、それまでの自動車依存への反省から、公共交通の駅（停留所）徒歩圏の開発を高密度にして、公共交通を利用しやすいまちづくりを行う考え方としての**TOD**が議論され<sup>83) 84)</sup>、その後、わが国の大都市通勤鉄道の沿線開発を参考として概念が整理されてきた。この**TOD**の概念は、わが国にも輸入され、中村<sup>85) 86)</sup>により**Curitiba**や**Ottawa**での戦略的な開発が紹介されるとともに、基幹的な公共交通を有する都市軸（公共交通軸）が注目されるようになった。近年では、わが国のいくつかの都市交通マスタープランの大きな柱として、公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているものの、国内外の経験に基づいた適用可能性と課題の整理に関する議論が十分でなく、具体的なイメージを欠いたまま概念が先行している懸念もある。

### （2）公共交通軸に関する研究

前項で述べたように、近年いくつかの都市で、都市交通マスタープラン等の中で公共交通軸が明示されているが、地方中核都市クラスにおいては、公共交通軸を戦略的に誘導した事例は存在しない。また、公共交通軸をキーワードとした既往研究はない。一方、地理学的な視点から、等価路線図を用いた都市軸という概念で、施設立地が都市構造に及ぼす影響を考察した例があるが、地価の形成要因と都市軸の形成の因果関係が明確ではない<sup>87)</sup>。

以上のように、わが国の大都市においては、自動車への依存が深刻化する以前から鉄道網が発達した結果、通勤鉄道を軸とした開発が進められてきた。つまり、特別**TOD**の概念

を意図しない開発や都市計画により、結果として鉄道利用促進の効果をあげてきている。一方、バス輸送の場合には、特に地方都市での基幹的交通としての役割を担っているにもかかわらず、都市計画との関連はほとんど議論されていない。以上の問題に対して、これまで十分に調査されてきたとはいえ、結果としてバス、あるいは路面電車を活かした公共交通軸という概念も具体化されず、目標も不明確であったため、実現可能性の検討も十分であるとはいえない。したがって、都市計画における公共交通軸の適用可能性を検討する上で、現在図らずも公共交通が高密度に運行されている区間がそもそもわが国にどの程度存在し、そこでの交通行動特性、都市機能、及び都市活動の実態がどうなっているのか明らかにすることが必要であり、本研究が果たす役割と意義は大きい。

#### 2.4.3 バス輸送システムの財源制度・運営形態に関する研究

本研究では、わが国に **BRT** を導入する際、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の計画手法に関連して、バス輸送システムの財源制度、計画・運営・運行の側面からみた課題と方向性について議論する。以下では、都市公共交通の財源制度、規制と組織形態、および **BRT** 先進事例をベースとした財源制度・運営形態に関する研究について整理する。

##### (1) 都市公共交通の財源制度に関する研究

都市公共交通の財源制度に関しては、多くの既存研究で紹介、比較整理されている。各国の財源制度については、松中<sup>88)</sup>が、わが国の交通施設整備における実質的な負担者構造に着目して、各種事業の財政面での特徴と問題点を整理している。海外事例については、氏岡<sup>89)</sup>が都市公共交通財源の雇用者負担に着目してフランスの交通税とわが国の例を比較し、阿部<sup>90)</sup>がドイツにおける公共交通建設費用の補助制度に関して整理し、わが国への応用の可能性を示唆しているが、実現には至っていない。

##### (2) 都市公共交通の規制と組織形態に関する研究

都市が抱える交通問題を議論する上で、Pucher<sup>91)</sup>は先進諸国の都市公共交通の規制の現状について比較整理しており、各国の都市交通の計画・運営に関わる組織形態について以下の3点を言及している。第1に、1980年代から多くの国において、競争原理の導入を目的とした規制緩和の中で民営事業者が増加していること、第2に、公共交通に対する計画・財源確保の権限が国から地方自治体へ委譲されつつあること、第3に、都市圏全体のサービス、運賃構造、補助金、計画・管理等の統合を前提とした公共交通の地域化が広がっていること、としている。太田<sup>92)</sup>は、こうした動きは自動車保有の高まりと市街地拡散が進展していく中で、公共交通の効率化の社会的要請が高まった結果であると指摘している。またその考察の中で、欧米諸国の都市公共交通の仕組みと組織形態について、計画の側面と事業の側面から比較することで、わが国における都市公共交通制度の方向性を示唆している。このように自動車社会の進展に

より、世界的に都市公共交通政策の見直しや効率化が進められている中で、中村<sup>93)</sup>は、都市公共交通の中のバス輸送について、事業の側面をさらに運営と運行の2つの段階に分けて考察を加えている。運行については広義には運営の一部分であるが、バス輸送においては、車両と運転手の管理が様々な場面に大きく影響する労働集約産業であるので、その部分を独立して考察している。サービス内容や補助金の枠組みが決まった段階で、運行を行うバス事業者の役割がこの段階であり、バス車両と運転士の品質の管理が主たる業務と考えられる。本研究では、9.4節にて、中村<sup>93)</sup>が示した分類軸をベースとして、わが国をはじめとする各都市のバス輸送の特徴と問題点を明らかにする上で、システム導入の段階を計画、運営、運行の3つの段階に分け、さらに必要に応じてその中身を詳細に検討することで、各主体がそれぞれどのように関わっているかについて整理を行う。

### (3) BRT 先進事例をベースとした財源制度・運営形態に関する研究

本研究でBRT先進事例に関する財源制度・運営形態に着目した理由は、その整備に要する時間と費用が他の中量軌道系システムに比べ少ないこと、単にバスを改善したシステムではなく様々な設備や運営・運用上の工夫が施されていること、新規あるいは既存の道路空間で運用が行われるため、道路管理主体、事業主体等の連携に着目すべき点が多いことがあげられる。BRTについては、2.3.1節で示したとおり、TRB<sup>42)</sup>、矢部<sup>94)</sup>、中村<sup>95)</sup>等により輸送能力の評価等が行われており、BRTを導入した都市個別の事例についても、Curitiba<sup>85)96)</sup>、Ottawa<sup>77)</sup>、ソウル<sup>79)</sup>等、複数の報告がなされている。しかしここで挙げた例は、いずれもシステムの導入経緯や概要、および基本性能等の紹介にとどまっており、本研究で着目した計画・運営・運行形態に関する記述は少なく、体系的に整理されていない。ソウルの事例に関しては、藤田<sup>97)</sup>が都市交通政策における行政の取り組みや制度面について紹介しているが、わが国へ適用する際の課題や方向性は示していない。また、各都市の計画・運営・運行形態と財源制度について、わが国の現状と体系的に比較した研究はこれまで行われていない。

以上のように、都市公共交通の現状や先進諸国が抱えている課題については、これまでの研究で蓄積が増えてきている。一方、先進諸国以外の国や経済発展が著しい開発途上国のいくつかの都市においても、進展するモータリゼーションへの対応から、BRTをはじめとした基幹的公共交通システムや新たな計画・運営形態の考え方が導入されてきている。これらの都市の事例を、そのままわが国の政策に適用することは必ずしも有効な方法ではないが、学ぶべき点が多い。したがって、高度化したバス輸送システムの概念をわが国に適用するにあたって、BRTを整備した各都市の導入の経緯と現在の運営形態に関して体系的に比較・整理し、わが国に適用する際の課題と、解決の方向性を考察する必要がある。

## 2.5 本章のまとめ

### (1) 本研究の意義

バス輸送の需要の側面については、現況の需要特性や需要予測手法に関する多方面からのアプローチが行われており、いずれの研究においても有用な成果が報告されている。特に、様々なモデルの開発と応用により交通行動特性の把握が行われており、需要予測への適用方法も整理されてきているといえる。これらの考え方は、高度化したバス輸送システムを検討する場面への応用も十分可能と考えられる。一方、バス輸送の供給の側面においては、バス輸送システムの骨格を形成する個別要素についての評価手法はある程度整理されているといえるが、既往研究においては、利用者やバス事業者といった個別の関連主体に着目したものが多く、総合的な都市交通計画という視点につながる評価は十分に行われてきてない。また、**BRT**に関する諸外国の計画指針は示されているが、それぞれの国の都市計画や条件に基づいて記述されたものであるため、わが国に適用する際には注意が必要であり、少なくともわが国においては、本研究で取り扱う高度化したバス輸送に関する計画手法についてまとめた文献は存在しない。したがって、わが国の都市の形態や公共交通をとりまく法制度等を踏まえ、高度化したバス輸送システムに関する個別課題の評価とそれらを体系的に整理することを目標とした本研究の意義は大きいといえる。

### (2) 本研究の検討課題の位置づけ

高度化したバス輸送システムの導入事例については、わが国で体系的に整理されたものはない。本研究では、関連する海外諸都市の**BRT**導入事例について多様な評価軸を用いて整理し、高度化したバス輸送システムがわが国における代替案になりうるかどうか考察し、計画手法の整理のための基礎資料とする。

バス輸送システムの性能評価については、バス専用道路上における車両運用やバス停における多様な停車方式を前提とした輸送能力の評価を横並びで比較した例はなく、高度化したバス輸送システムの計画手法を議論する上では、上記の視点から評価を行う必要がある。本研究では、バス輸送システムの特性に基づき、交通計画策定の際に参考となる評価指標と評価の考え方を体系化し、指標計測・評価の方法論を明らかにする。また、シミュレーション等により、専用道路を活用したバス輸送の輸送能力について評価を行う。

バス輸送システムの計画手法については、これまで研究成果の蓄積が進んでいるが、バス輸送と、土地利用および都市計画との関連はほとんど議論されていない。また、高度化したバス輸送システムを検討していく場合、地方自治体の役割が重要となってくるが、バス輸送にかかわる財源制度や運営組織形態に関する議論が十分でない。本研究では、都市内の公共交通軸空間としての高度化したバス輸送システムの適用可能性を考察し、財源・運営組織形態に基づくバス輸送の計画手法を明らかにする。



## 第2章 参考文献

- 1) 原田昇：鉄道駅・アクセス手段選択行動の分析，都市計画論文集 No.16，pp.301-306，1981
- 2) 杉恵頼寧，松本隆：交通機関の選択とサービスレベルの評価の関連分析，都市計画論文集 No.22，pp.499-504，1987
- 3) 杉恵頼寧，張峻屹/藤原章正：個人の異質性による交通機関選択モデルの構造分析，土木計画学研究・講演集 No.17，pp.427-429，1995
- 4) 張峻屹，杉恵頼寧，藤原章正：行動の変化を明示的に考慮した交通機関選択モデルの提案，土木計画学研究・講演集 No.25，no.45，2002
- 5) 高山純一，宮崎耕輔，四藤一成，北原良彦：バス乗降客アンケート調査を用いた情報量最小下による乗り換え OD 推計法，土木計画学研究・講演集 No.17，pp.465-468，1995
- 6) 生田正洋，天野光三，中川大：バスの利便性評価指標と利用者の行動・意識に関する研究，都市計画論文集 No.26，pp.265-270，1991
- 7) 金井昌信，青島縮次郎，杉木直，柳澤一貴：バス交通に対する認識と関心を考慮した主観的評価構造に関する研究，土木計画学研究・講演集 No.24，no.305，2001
- 8) 中村文彦，牧村和彦，秋元伸裕：顧客満足度指標を用いたバス情報提供ニーズの分析，土木計画学研究・講演集 No.23 (2)，pp.403-406，2000
- 9) 新田保次，上田正，森康男：高齢者の交通形態別等価時間係数と時間価値，土木計画学研究・講演集 No.16(2)，pp.191-194，1993
- 10) 太田政彦，秋山哲男，新田保次，申連植：等価時間係数による移動制約者のバス利用抵抗について，土木学会年次学術講演会講演概要集第4部49巻，pp.286-287，1994
- 11) 猪井博登，新田保次，藤井嘉彦，東口真也：地方部の高齢者に着目したバス需要に関する一考察，土木計画学研究・講演集 No.24，no.21，2001
- 12) 喜多秀行，谷本圭志，有田和人：過疎地域におけるバスサービスの利便性調査手法と評価手法の提案，土木計画学研究・講演集 No.24，no.360，2001
- 13) 金井昌信，青島縮次郎，杉木直：バス非利用者のバス利用意向とバス路線存続意向における認知的不協和に関する実証分析，土木計画学研究・論文集 No.20(3)，pp.727-734，2003
- 14) 柳澤一貴，青島縮次郎，金井昌信，杉木直：バス利用モニター実験によるバス評価の変化とバス利用意向との関連分析，土木計画学研究・講演集 No.26，no.175，2002
- 15) 藤井聡：BI法に基づくバス利用の行動－意図の一致性分析，土木計画学研究・講演集 No.27，no.169，2003
- 16) 谷口綾子，原文宏，藤井聡：モビリティ・マネジメントによる公共交通利用促進

とその定量効果の検証一帯広市のコミュニティバスを例として一、土木計画学研究・講演集 No.30, no.6, 2004

- 17) 交通工学会：交通工学ハンドブック，第 10 章 交通需要予測，2001
- 18) 交通工学会：やさしい非集計分析，丸善，1993
- 19) 土木学会：非集計行動モデルの理論と実際，丸善，1995
- 20) 河上省吾，広島康裕，溝上章志：鉄道端末バスサービスの改善計画のための交通需要予測モデルの開発と適用，土木計画学研究・論文集 No.2, pp.53-60, 1985
- 21) 新田保次，都君燮：利用頻度を考慮した高齢者対応型コミュニティバスの需要予測に関する研究，土木計画学研究・論文集 No.16, pp.793-800, 1999
- 22) 新田保次，都君燮，森康男：一般化時間を組み込んだ高齢者対応型バスへの交通手段転換モデル構築に関する研究，都市計画論文集 No.32, pp.643-648, 1997
- 23) 渡辺千賀恵：バス運行頻度の影響を考慮したバス停勢力圏の簡便区画法，土木計画学研究・論文集 No.2, pp.61-68, 1985
- 24) 竹内伝史，山田寿志：都市バスにおける公共補助の論理とその判定指標としての路線ポテンシャル，土木計画学論文集 No.425/IV-14, pp.183-192, 1991
- 25) 杉尾恵太，磯部知彦，竹内伝史：GIS を用いたバス路線網計画支援システムの構築一潜在需要の把握による路線評価について一，土木計画学研究・論文集 No.18 (4), pp.617-626, 2001
- 26) 矢部努，大蔵泉，中村文彦：リアルタイム情報を用いたバス運行管理の高度化に関する研究，都市計画論文集 35, pp.451-456, 2000
- 27) N. Ohmori, M. Nanazato, N. Harata : GPS Mobile Phone-Based Activity Diary Survey, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, pp.1104-1115, 2005
- 28) 河上省吾，米谷栄二：バス運転における遅延について，第 8 回日本道路会議論文集，pp.1089-1092, 1965
- 29) 毛利正光，新田保次：バスと乗用車で構成される混合交通流の基礎的特性，土木学会論文報告集 Vol.238, pp.135-143, 1981
- 30) 中川大，天野光三，戸田常一：バス交通を主体とした都市公共交通網の利便性評価に関する研究，都市計画論文集 No.25, pp.55-60, 1990
- 31) 頭川正信，高野伸栄，萩原亨：バス運行データを用いた路線バスの運行評価に関する研究，土木計画学研究・講演集 No.21 (2), pp.289-292, 1998
- 32) 吉田長裕，内田敬，日野泰雄，戸松稔，浪本正男：GPS を活用したバスの定時運行評価に関する事例分析，土木計画学研究・講演集 No.27, no.172, 2003
- 33) 稲村肇，谷口正明：公営バス事業体の財務分析，都市計画論文集 No.25, no.61, 1990
- 34) 木下瑞夫，青木秀幸：バスシステムの運行コスト分析，土木計画学研究・講演集 No.7, pp.9-15, 1985

- 35) 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史: 企業性と公共性を考慮したバス路線別経営改善方針の提案～素質面と顕在面のギャップを鍵概念として～, 土木計画学研究・論文集 No.16, pp.785-792, 1999
- 36) 杉尾恵太, 竹内伝史, 磯部友彦: 企業性と公共性を考慮したバス路線別経営改善方針の提案, 土木計画学研究・講演集 No.21 (1), pp.491-494, 1998
- 37) J. R. Meyer, J. F. Kain and M. Wohl: Urban Transportation Problem, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1965, (井上孝訳, 都市交通の分析, 鹿島出版会, 1970)
- 38) R. J. Allport: The Costing of Bus, Light Rail Transit and Metro Public Transport Systems, Traffic Engineering and Control vol.22, pp.633-639, 1981
- 39) 中村文彦: 多様な輸送方式を取り入れた鉄道端末バス輸送手法に関する研究, 東京大学博士論文, 1991
- 40) 高山純一, 宮崎耕輔, 塩土圭介: 快速バスを導入した最適バス路線網計画に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No.15, pp.679-688, 1998
- 41) 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方策の評価, 土木計画学研究・論文集 No.17, pp.933-940, 2000
- 42) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford, and E. Bruhn: TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transportation Research Board, 2003
- 43) L. Wright: Bus Rapid Transit Planning Guide, GTZ, 2004
- 44) V. R. Vuchic: 都市の公共旅客輸送—そのシステムとテクノロジー, 技報堂出版, 1990
- 45) IEA: Bus Systems For The Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide, Chapter 3 Bus Technologies and Fuels, IEA Publications, pp.61-122, 2002
- 46) M. A. D'agosto, S. K. Ribeiro: Performance evaluation of hybrid-drive buses and potential fuel savings in Braziln urban transit, Transportation Vol.31, pp.479-496, 2004
- 47) 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講演概要集第4部 52巻, pp.6-7, 1997
- 48) G. Gardner, P. R. Cornwll, J. A. Cracknell: The performance of busway transit in developing cities, TRRL Research Report RR329, Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, 1991
- 49) A. Meirelles: A Review of Bus Priority Systems in Brazil: from Bus Lanes to Busway Transit, Smart Urban Transport Conference, 17-20 October, Brisbane Australia, 2000
- 50) 日野泰雄, 塚口博司, 東野隆朗, 竹林弘晃, 中平明憲: バス優先システム導入効果に関する事例的研究, 土木計画学研究・論文集 No.19-4, pp.853-858, 2002

- 51) 水明洋, 竹内伝史, 福島利彦: バス専用レーン設置効果の評価に関する研究, 交通工学 Vol.30 No.5, pp.13-22, 1995
- 52) 高山康弘, 中川三朗, 為国孝敏: 宇都宮市における交通管理方策の事後評価についてーバス専用・優先レーンを対象としてー, 土木計画学研究・講演集 No.22(1), pp.519-522, 1999
- 53) 上野隆一, 中村文彦: セットバックバス専用レーンによる交通改善の検討, 土木計画学研究・講演集 No.23(2), pp.399-402, 2000
- 54) 加藤博和, 鈴木弘司, 高須賀大索: ガイドウェイバスシステム導入による交通状況への短期的影響に関する調査分析ー地上走行区間を対象としてー, 土木計画学研究・論文集 No.19 (3), pp.569-576, 2002
- 55) 中村文彦, 太田勝敏, 新谷洋二: 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 Vol.23 No.5, pp.23-33, 1988
- 56) 鈴木尚樹, 坂本邦宏, 久保田尚: tiss-NET を用いたバス優先策総合評価システムの開発, 土木計画学研究・講演集 No.22(1), pp.503-506, 1999
- 57) 鈴木尚樹, 坂本邦宏, 久保田尚: バス優先策の高度化に対応した総合評価システムの開発, 土木計画学研究・講演集 No.23(2), pp.407-410, 2000
- 58) 鈴木尚樹, 坂本邦宏, 久保田尚: tiss - NET を用いたバス優先策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
- 59) 鈴木尚樹, 坂本邦宏, 久保田尚: バス優先策の高度化に対応した総合評価システムの開発, 土木計画学研究・論文集 No.18 (5), pp.869-876, 2001
- 60) St Jacques K., Levinson H. : Operational Analysis of Bus Lanes on Arterials, TCRP Report 26 (Washington D. C., Transportation Research Board), 1997
- 61) TRB : Highway Capacity Manual. Special Report 209, Washington D.C., 1985
- 62) S. A. Zargari, A. K. Khan : A Simulation of the Bus Transitway, Journal of Advanced Transportation, vol.32, No.2, pp.152-174, 1998
- 63) L. J. S. Lesley : Optimum Bus-Stop Spacing: Part 1, Traffic Engineering and Control vol.17, pp.399-401, 1976
- 64) 新田保次, 上羽省司: 高齢者の交通負担感を反映したバス停間隔評価の試み, 土木計画学研究・論文集 No.14, pp.687-693, 1997
- 65) 鈴木勉: 通勤バス路線上の停留所の最適配置, 都市計画論文集 No.22, pp.247-252, 1987
- 66) Kikuchi, S : Relationship between the number of stops and headway for a fixed route transit system, Transportation Research A, Vol.19, No.1, pp.65-71, 1985
- 67) J. D. Nelson, P. J. Hills : Innovative bus control for congested urban corridors: the application of convoying systems, Traffic Engineering and Control vol.31 (5), pp.299-306, 1990
- 68) P. C. Silva : Simulating bus stops in mixed traffic, Traffic Engineering and

- Control vol.41(4), pp.160-165, 2000
- 69) J. Gibson, I. Beaza : Bus-stops, congestion and congested bus-stops, Traffic Engineering and Control vol.30 (6), pp.291-302, 1989
  - 70) K. J. Dueker, T. J. Kimpel, J. G. Strathman : Determinants of Bus Dwell Time, Journal of Public Transportation, Vol. 7, No. 1, pp.21-40, 2004
  - 71) 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講演概要集第 4 部 51 巻, pp.240-241, 1996
  - 72) 大城温, 大蔵泉, 中村文彦 : 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, 第 17 回交通工学研究発表会論文集, pp.233-236, 1997
  - 73) 大城温, 大蔵泉, 中村文彦 : 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, 都市計画論文集 No.33, pp.595-600, 1998
  - 74) S. Grava : Urban Transportation Systems, Chapter9 「Bus Rapid Transit」, The McGraw-Hill Companies, pp.383-420, 2002
  - 75) GAO : MASS TRANSIT Bus Rapid Transit Shows Promise, US General Accounting Office, Washington DC, 2001
  - 76) A. C. Meirelles : Update on busway priority systems in Brazil, SMART URBAN TRANSPORT 2002.2, pp.20-22, 2002
  - 77) A.M.カーン : オタワのトランジットウェイの現状と将来の課題, 国際交通安全学会誌 Vol.18, No.3, pp.193-202, 1992
  - 78) Focus on Sydney's Liverpool to Parramatta T-way, SMART URBAN TRANSPORT 2003.7, pp.18-20, 2003
  - 79) J. Pucher, H. Park, M. H. Kim : Public transport in Seoul: Meeting the burgeoning travel demands of a megacity, Public Transport International, May/June 2005, Vol.54, No.3, pp.54-61, 2005
  - 80) 太田勝敏 : バスの新たな地平ー都市幹線輸送としてのバスター, 高速道路と自動車, 第 45 巻, 第 10 号, pp.7-10, 2002
  - 81) 矢部努, 牧村和彦, 中村文彦 : 高速輸送バスシステムーBRT 導入の新たな展開, 運輸と経済, Vol.64, No.12, pp.48-58, 2004
  - 82) 北山真, 吉田正, 田口浩, 今村崇 : 新しい交通システム BRT の最新事例と今後への期待, 土木計画学研究・講演集 No.31, No.134, 2005
  - 83) P. Calthorpe : The Next American Metropolis, Princeton Architectural Press, pp.41-71, 1993
  - 84) R. Cervero : Transit-Supportive Development in the United States, FTA, 1993
  - 85) 中村文彦 : バス型の公共交通指向型開発の動向と適用可能性, 都市計画学論文集 No.30, pp.607-612, 1995
  - 86) 中村文彦 : 公共交通を活用した都市開発の適用可能性に関する基礎的研究, 国際交通安全学会誌 Vol.24 No.1, pp.17-24, 1998

- 87) 足達健夫, 高野伸栄, 五十嵐日出夫: 都市発展方向の土木地理学的研究, 土木計画学研究・講演集 No.15(1)-2, pp.859-864, 1992
- 88) 松中亮治, 中川大: 交通整備財源の負担者比較手法を用いた事業種別の財源構成, 土木計画学研究・論文集 No.14, pp.43-50, 1997
- 89) 氏岡康士, 太田勝敏, 原田昇: 雇用者による都市公共交通財源負担に関する日仏比較研究, 都市計画論文集 No.30, pp.601-606, 1995
- 90) 阿部成治: ドイツにおける公共交通建設費用の補助制度ー自治体交通財政法の変遷と地域環境問題での議論ー, 都市計画論文集 No.31, pp.673-678, 1998
- 91) J. Pucher, C. Lefèvre: The Urban Transport Crisis, (邦訳) 木下直俊, 内田信行, 山本雄吾, 西村弘: 『都市交通の危機』, 白桃書房, 1996
- 92) 太田勝敏: 都市の公共交通システムの整備政策に関する研究, 第 6 章 都市公共交通の整備・運営・経営制度に関する考察, 日本交通政策研究会, pp.113-131, 2000
- 93) 中村文彦: バス輸送計画の新しい展開に関する考察, バスワンデーセミナー バスサービスの課題と処方箋〜第 1 部: 地域が支えるバス交通の新しい動き, pp.1-8, 2003
- 94) 矢部努, 中村文彦, 大蔵泉: 専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 No.21 No.3, pp.667-676, 2004
- 95) 中村文彦, 浅野真, 山崎隆之: ブラジルのバス専用道路システムの最新情報: BRT としてのバス, 交通工学 Vol.37 No.4, pp.91-97, 2002
- 96) 中村文彦: クリチバ市の都市交通ー公共輸送を軸とした持続可能な都市開発の方向性, 交通工学 Vol.30 No.5, pp.33-40, 1995
- 97) 藤田崇義: 環境容量に配慮した都市交通政策に関する理論的視座ーソウルにおける都市バス体系改編の取り組みを中心としてー, 交通学研究 2004 年研究年報, 日本交通学会, pp.61-70, 2004

### 第3章 高度化したバス輸送システムの計画フレーム

#### 3.1 はじめに

第1章で示したように、都市部ではバス輸送を都市交通体系の中で見直す動きがみられつつあるものの、バス輸送が本来もつ柔軟性を発揮し、バス輸送の機能を高度化したシステムを計画に反映させるためには、多くの課題が残されているといえる。そこで本章では、従来のバス輸送計画のフレームを概観するとともに、それらをベースとして、高度化したバス輸送システムのための計画フレームを検討する。バス輸送の計画手法については、一般的に定式化されたものは少ないが、本章では、これまで行われているバス輸送計画を図3-1のような枠組みで捉えた上で、高度化したバス輸送システムを構成する要素と近年の動向、および本研究の検討課題について整理する。

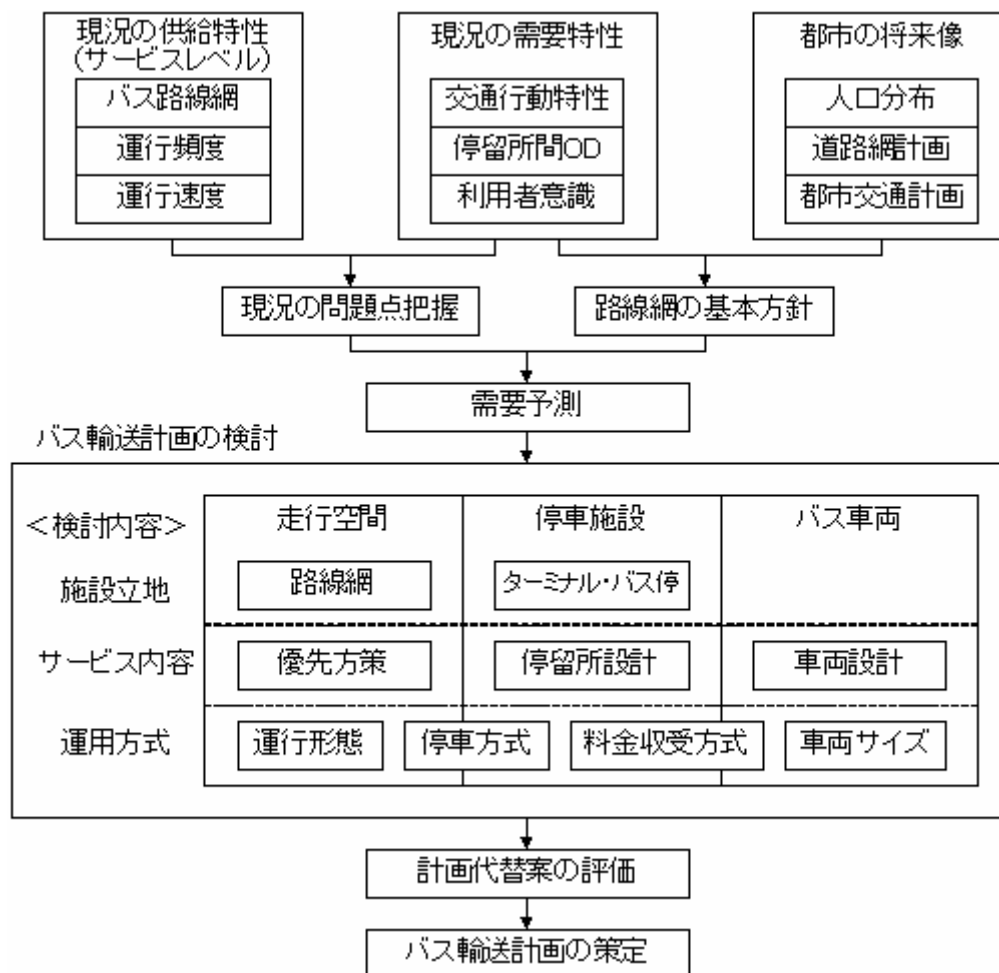


図 3-1 従来のバス輸送計画のフレームと計画要素

※新谷 〇に加筆

## 3.2 高度化したバス輸送システムの計画フレームの検討

### 3.2.1 従来のバス輸送計画

#### (1) 従来のバス輸送計画のフレーム

バス輸送計画は、図 3-1 に示すように、現況の需要特性あるいは予測された需要に対し、既存の道路網等の走行空間、バスターミナルやバス停等の停車施設、車両を用いて、サービス内容（路線網、運行頻度、運賃等）を検討、評価し策定されるものである<sup>1)</sup>。また、必要に応じて、運行速度の向上や定時性の確保のために、後述する各種の優先方策が検討され、それらに関わる施設設計等が計画の対象となっている。わが国においてバス輸送計画手法を体系的に整理した例としては、大都市郊外の鉄道端末バス輸送計画に着目した中村<sup>2)</sup>の例があり、バス輸送が本来有しているサービスの柔軟性を活かして、路線ごとの需要特性や道路状況に対応した個別の計画手法の検討とそれらの体系化を行っている。また、都市内の主要な公共交通機関として位置づけられるバスの輸送計画は、本来であれば、都市計画マスタープラン等に基づく都市の将来像を達成するために、上位の計画と整合されるべきである。しかし、これまで一般にバス輸送計画に位置づけられるものとして、需要特性に応じてバス路線網を再構築（再編）することを主眼においた例が多くなっている。

#### (2) 従来のバス輸送計画の問題点と課題

これまでバス輸送計画は、一般的にはバス事業者が独自に行っており、その事業認可の監督と、関連する道路管理や交通管理の面で行政が関わってきていた<sup>1)</sup>。また、バス輸送計画における関連主体の問題点も指摘されてきた。行政側の問題点としては、事業許認可、道路管理、交通管理を別々の行政機関が行うことにより、それぞれの調整が図られていなかったことや、地方自治体が、地域のモビリティ確保のためのバス輸送計画にほとんど関与してこなかったことがあげられる。バス事業者側の問題点としては、事業者の保守的体質と労働集約的特性の<sup>2</sup>点が指摘されている<sup>1)</sup>。前者は、地域における独占的市場のもとで、新規の利用者を獲得するためのマーケティングの発想が乏しかったこと、後者は、運転手の高年齢化による事業者全体の人件費の増加が原因としてあげられる。

しかし近年では、複数の行政機関が横断的に関与する新たな制度の創設や、地方自治体によるコミュニティバスの導入にあわせた都市交通マスタープランの見直しが行われるなど、バス輸送を取りまく環境は変化している。すなわち、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輸送計画を策定し、運営していく形態だけでなく、バス事業者と自治体、あるいは市民参加を含めたバス輸送計画が求められるようになりつつあるといえる。ただし、前述のように現在のバス輸送計画における課題として、地方自治体が自分たちのバス輸送のあり方検討する際の計画手法の欠如、および整備のための財源の確保があげられる。



### 3.2.2 高度化したバス輸送システムの計画フレームの検討

次に、従来のバス輸送計画を踏まえて、バス輸送を高度化した場合の計画のフレームについて検討する。一般に、バス輸送システムを高度化させる要素としては、バス運行管理システムやバス優先信号制御等の ITS 技術を活用することが取りあげられる場合が多い。しかし、既存のバス輸送の改善を考えた場合、必ずしも技術的に高度なシステムを導入する必要はなく、走行空間や停車施設に関連する運用方式の工夫、あるいは車両の多様化等により達成され得ることがこれまでの多くの研究成果により明らかになっている<sup>2)</sup>。そこで本研究で取り扱うバス輸送システムの高度化とは、多様な走行空間（バス専用道路等）、停車施設（バス停、乗継ターミナル）、運行計画の多様化、ITS 技術等の工夫を伴って、土地利用計画と整合させること、と定義する（表 3-1）。上記の構成要素は、第 1 章で示した BRT（Bus Rapid Transit）の基本的なコンセプトと合致するものである。

高度化したバス輸送システムの適用領域あるいは方向性としては、1) 既存のバス輸送システムの改善（高度化）、2) 都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の 2 点が考えられる。前者については、具体的には、輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化等に関わる課題の検討があげられる。後者については、新規導入計画における代替案比較を行う際の評価の視点や、バス輸送のイメージ戦略の検討等があげられる。以下では、上記の 2 点について、計画フレームを検討する。

表 3-1 バス輸送システムの高度化の要素と検討課題

高度化の要素	施策例	検討課題
走行空間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バス専用レーン</li> <li>・バス専用道路</li> <li>・優先信号制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輸送力／定時性向上への寄与</li> <li>・必要となる空間</li> <li>・整備コストとの関係</li> </ul>
乗降施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プラットホーム</li> <li>・追い越し施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗降処理能力向上への寄与</li> <li>・安全性／快適性向上への寄与</li> </ul>
車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型バス／連節バス</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・輸送力向上への寄与</li> </ul>
運用方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数扉による同時乗降</li> <li>・運賃収受方式</li> <li>・隊列走行</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・乗降時間に与える影響</li> <li>・輸送力向上への寄与</li> </ul>
土地利用計画との連携・整合	<ul style="list-style-type: none"> <li>・段階的整備</li> <li>・公共交通軸</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・段階的整備の柔軟性</li> <li>・公共交通軸と都市活動の関係</li> </ul>

#### (1) 既存のバス輸送システムの改善方策として高度化する場合

都市内のバス利用を促進することは、道路交通の円滑化の点から必要な課題の 1 つ

である。近年では、バス利用を促進するために、既存のバス輸送システムの問題点を改善する各種の取り組みがなされている。バス輸送システムの改善の方向性としては、先に述べた輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化があげられる。以下では、それぞれの方向性について高度化の考え方を整理する。

#### (a) 輸送力の向上

バスの輸送力を向上させる考え方は、2つの方向がある。1つは路線網の再編成や終バス時刻の延長、ダイヤモンドバスの実施等によるエリア全体の輸送力の改善、もう1つは、幹線バス路線の断面における輸送能力の向上である。前者については、高山ら<sup>3)</sup>による最適なバス路線網再編計画に関する研究や、竹内<sup>4)</sup>によるDRTシステムの適用可能性に関する研究等により、理論整理と実務上の課題の整理が行われている。深夜バスに関しては、近年いくつかのバス事業者が導入を進めているが、運転手の労働条件の問題解決が課題としてあげられている。いずれも、バス輸送がもつ柔軟性と機能を活用するための重要な課題であるが、既に各種の研究成果が報告されており、その有用性も高いと考えられることから、本研究では理論的な分析等は行わず、関連する箇所において既存の研究成果に基づき考察を行うこととする。

一方、後者の幹線バス路線の輸送能力については、走行空間における優先方策や停車施設の設計、あるいは各種の運用方式等、多岐にわたる影響要因を検討する必要がある。既存の研究<sup>5)</sup>によれば、時間・方向あたりのバスの最大輸送力は、上記の要素の高度化により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おり、幹線的な公共交通システムの代替案として、世界的にBRTへの注目が高まっている。

走行空間における優先方策については、近年、海外を中心に、既存の都市にバス専用道路やガイドウェイバスを導入・計画する例が増えてきている。その導入経緯としては、沿線開発の段階に応じて暫定的にバスを導入し、将来は軌道系に変更するタイプのみでなく、Ottawa（カナダ）にみられるように軌道系システムとの比較検討の上で、将来の都市構造を見据えてバスによる幹線輸送を選択した事例が存在している。いずれも、システム全体としては、バスとは別の交通機関としてのイメージが強く、従来のバス輸送がもつ定時性の低さ等の悪いイメージからの脱却が図られている点が注目されている。

停車施設については、Curitiba（ブラジル）やBogotá（コロンビア）にみられるようなシェルター型のバス停を用いた事前運賃収受方式や、連節バスとの組み合わせにより利用者の乗降時間を短縮させ、結果としてバスの走行速度、輸送能力を高めている例がある。また、バス停のプラットフォームの高さをバスの床面と同じレベルにし、バス車両とそのプラットフォームの隙間を極力小さくするように停車させることで、同様の効果が得られるPorto Alegre（ブラジル）の島式バス停の例などが知られている。

また、走行空間や停車施設、車両に関わる工夫を組み合わせ、バスの運用方式を高度化することで、バスによる大量輸送を意図して導入された例がある。例えば

Curitibaでは、放射型の都市軸を高密度化した都市構造と土地利用計画を整合させ、バス専用道路を高容量の3連節バス（全長25m、定員270名）により運用することで、1時間あたり1方向14,000人以上の輸送力を実現している<sup>6)</sup>。また、同じくブラジルのPorto Alegreでは、都心部から郊外方向に向かうバスを方向別に3つのグループに分け、信号制御により予め最大6台のバス隊列を形成させている。これは、バス専用道路起点にて信号制御により走行順序を整理することで、中間の停留所から乗車する利用者が、自分の乗りたいバスが隊列の中のどのあたりに停車するか分からない、といった混乱を防ぐための工夫であり、**Bus Oedering**と呼ばれている。この運用方式では、ある程度の表定速度（19km/h）を保ちつつ1時間あたり1方向最大360台の高頻度バス輸送が可能であり、バス定員を85名とすれば、3万人/h以上の輸送力を達成することが可能となっている。

以上のように、走行空間や停車施設の設計とバスの運用方法を工夫することで、中量輸送機関と同等以上の輸送力を確保することが可能である。したがって、バス輸送の高度化による輸送能力の向上のための計画フレームを検討する上で、施設設計や運用上の工夫が輸送能力向上にどの程度寄与するのか、あるいは他の交通機関との比較を行う上で、各種条件下での輸送能力を評価することが必要であり、それらの関係は図 3-2 のようにまとめられる。

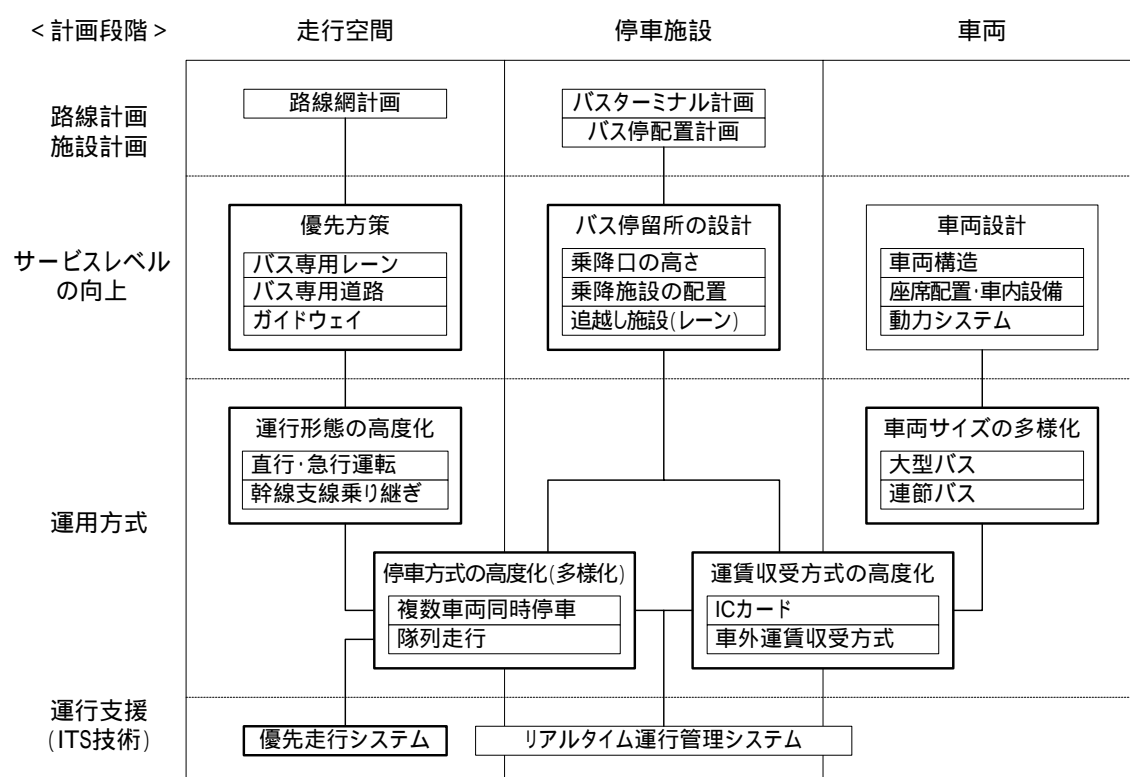


図 3-2 バス輸送の高度化による輸送力向上のための計画フレーム

※太枠は本研究で取り扱う要素

## (b) 信頼性の向上

自家用車の普及・利用の増加に伴う道路混雑が、走行空間を共有するバスの走行速度を低下させ、所要時間のばらつきを大きくする定時性を低下が問題視されている。バスの定時性が低下すると時刻表どおりにバスが来なくなり、利用者は時刻表をあてにすることができなくなるため、ある程度の余裕時間を計算してバスを利用しなければなくなる。また、ある路線上で連続するバス車両の運行間隔が均一ではなくなる現象、すなわちバスの団子運転が問題となっている。いったん団子運転が発生すると、バス停で待つ利用者の待ち時間が増加するだけでなく、最初の車両に多くの乗客が乗り込むためバス停での停車時間が長くなることで、その車両の走行速度が低下する。その上、その車両内が混雑することによる立ち客の増加により乗客の快適性が低下する。一方後続の車両が処理する利用者が相対的に少なくなることで、バス停における早発が発生しやすくなり、いっそう団子運転を助長することになる。これらの現象を総称して、一般的にバスの信頼性の低下という。このようなバスの信頼性について、バス輸送システムを高度化することにより向上させる考え方としては、直接的にはバスの定時性を高めるための各種の優先方策を導入することが最も効果的である。また間接的には、利用者にバスの運行情報をリアルタイムで提供することも信頼性の向上につながるものと考えられる。後者については、利便性の向上の項で概説する。

前者のバスの優先方策には、バス専用道路等の走行空間に関する方策と、バス優先信号等の交差点処理に関する方策等、様々な種類のものが存在する。バス専用走行空間は、路面標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類できる。わが国においてもバス専用レーンが設定されている都市が多数あり、ピーク時間帯規制等による運用がなされている。ただし、一般車の走行車線と物理的に分離されていないため、バスの運行頻度が低い場合や一般車の交通量が多いピーク時（渋滞時）には、バスレーンを遵守しない車両により、バス専用レーンが機能しないことが多い<sup>7)</sup>。バス専用道路は、特に北南米の各都市で特徴的な活用事例が多く見られる。この代表例については既存の研究成果<sup>8)9)10)</sup>によっても整理されており、いずれも都市計画上の位置づけが明確になされている。一方、わが国のバス専用道路については、駅前広場等を除けば、鉄道廃線敷をバス専用道路に転用した例が数箇所存在するが、都市交通計画において明確に位置づけられている例はない。したがって、バスの走行空間に関する優先方策としてバス専用道路の効果を評価する際には、実際のデータに基づく実証的な分析が困難であるため、シミュレーション等を用いた理論的な分析が必要となる。

一方、交差点における優先方策については、バス感知器によるバス優先信号制御が一般的である。一般車との混在交通におけるバス優先信号の基本的な原理は、交差点直前において、青信号終了後の一定時間内にその交差点に到着が予想される車両を感知した際、その車両を通過させるように青時間を延長する方式である。あるいは、上記の青信号延長の許容時間内にバスの到着が間に合わないことが予想される場合は、

赤信号時間を短縮して交差点でバスの停止時間を短縮させる方式となっている。バスの優先信号制御に関してはこれまで佐野ら<sup>11)</sup>、鈴木ら<sup>12)</sup>によるシミュレーションモデルを用いた評価により、有用な成果が得られており、本研究では、それらの知見に基づいて評価を行う。

以上の点をまとめると、バス輸送の高度化による信頼性向上のための計画フレームは、図 3-3 のように整理できる。

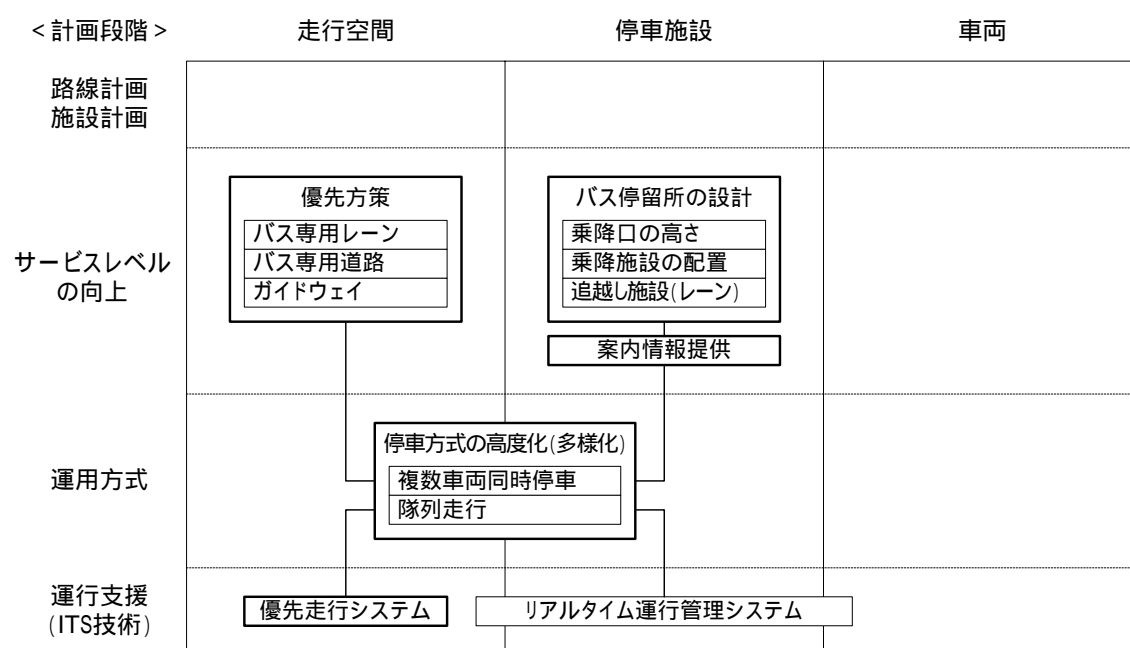


図 3-3 バス輸送の高度化による信頼性向上のための計画フレーム

※太枠は本研究で取り扱う要素、案内情報提供については次項で概説

### (c) 利便性の向上

バスの利便性を向上させるための要素については、中村<sup>13)</sup>による分類等、様々なかたちで整理されている。バスの利便性を向上させるため方向性としては、優先方策によるバスの走行速度の向上、案内情報提供の充実、運行形態の多様化と乗り継ぎ利便性の向上等、総合的なサービスの改善等があげられる。

案内情報については、路線網や時刻表等の静的な情報提供と、リアルタイムデータを活用した運行情報や乗車前の経路探索システム等の動的な情報提供がある。いずれも、バスの信頼性向上という点では貢献しているが、案内設備としての問題点として、具体的には、費用が効果であり事業者の自己負担では導入が困難なことや、路線変更に伴う維持管理、複数の事業者間での調整が図られていないことなどが指摘されている<sup>13)</sup>。

運行形態の多様化と乗り継ぎ利便性については、わが国では、盛岡市におけるゾー

ンバスシステムや、大阪市におけるフィーダーバス機能を有した「赤バス」と鉄道・バス乗り継ぎ割引制度等が存在しているが、全国的には普及していない。海外では、都心部のある区域内のバス運賃の無料化や、ICカードによる乗り継ぎ割引システム普及が進んでおり、都心部を含めた面的な利便性の向上による公共交通の利用促進が図られている。

本研究で取り扱うバス輸送システムの高度化による視点を考慮すると、その計画フレームは図 3-4 のように整理できる。

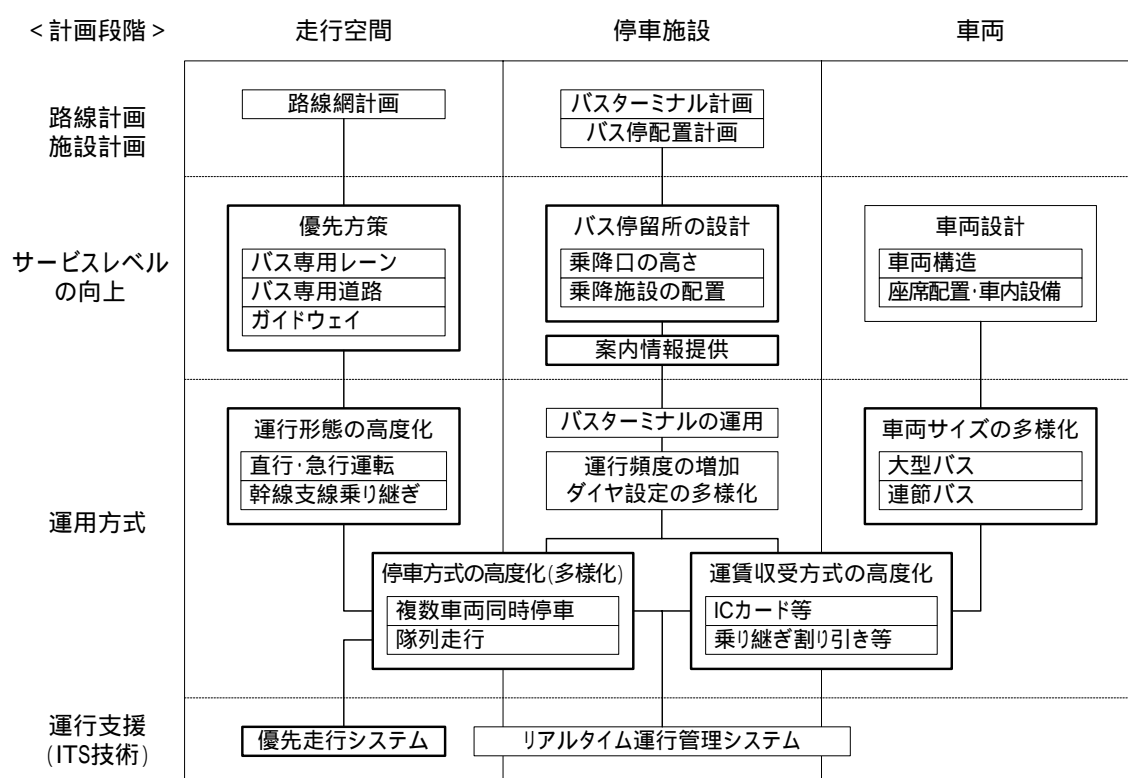


図 3-4 バス輸送の高度化による利便性向上のための計画フレーム

※太枠は本研究で取り扱う要素

#### (d) 運行管理の高度化

わが国では、1980 年代以降、バス運行管理システムに関する補助制度の拡大により、各都市でバスロケーションシステムと呼ばれるバスの運行を管理するシステムの導入が進められてきた。本来の意味でのバスロケーションシステムは、「運行中のバスに対して、その移動状況や現在位置を中央指令局でモニタリングでき、各バス車両に対して運行に関する指示を出すことが可能なシステム」と定義される<sup>14)</sup>。導入初期の頃のバスロケーションシステムと呼ばれる事例の多くは、バス車両がある地点を通過したという信号を直接バス停に伝えバス停で表示する接近情報提供システムであった。また事業者側においても、バスの配車や運行管理に活用するというよりは、運転手の労務管理に用いられていたという側

面が強かった。近年では、情報通信技術の発展に伴って、例えば GPS による車両の現在位置を特定し、パケット通信等を用いてリアルタイムで位置情報を把握することにより、様々な運行管理、およびモニタリングを行えるようになっている。ソウルでは、バス乗降口に設置されたセンサーや、非接触 IC カード等により得られた乗降実績と利用特性データに基づき、数理モデルを用いた運行最適化計算を行っている<sup>15)</sup>。このモデルにより各路線の適正な配車台数や運行ダイヤが求められ、最終的な運行ダイヤを決定している。

以上のように、バスの運行管理の高度化による様々な効果が期待されており、検討の必要性は高い。本研究では、運行管理の高度化による収集データの質の向上に伴ういくつかの研究課題について取り扱う。具体的には、リアルタイムの運行データを用いた、バスの団子運転の予測および回避策の評価や、道路側とバス車両との通信による運転支援と事故回避の可能性の検討を行う。以上の点をまとめると、運行管理の高度化に関連した計画フレームは図 3-5 のように整理できる。

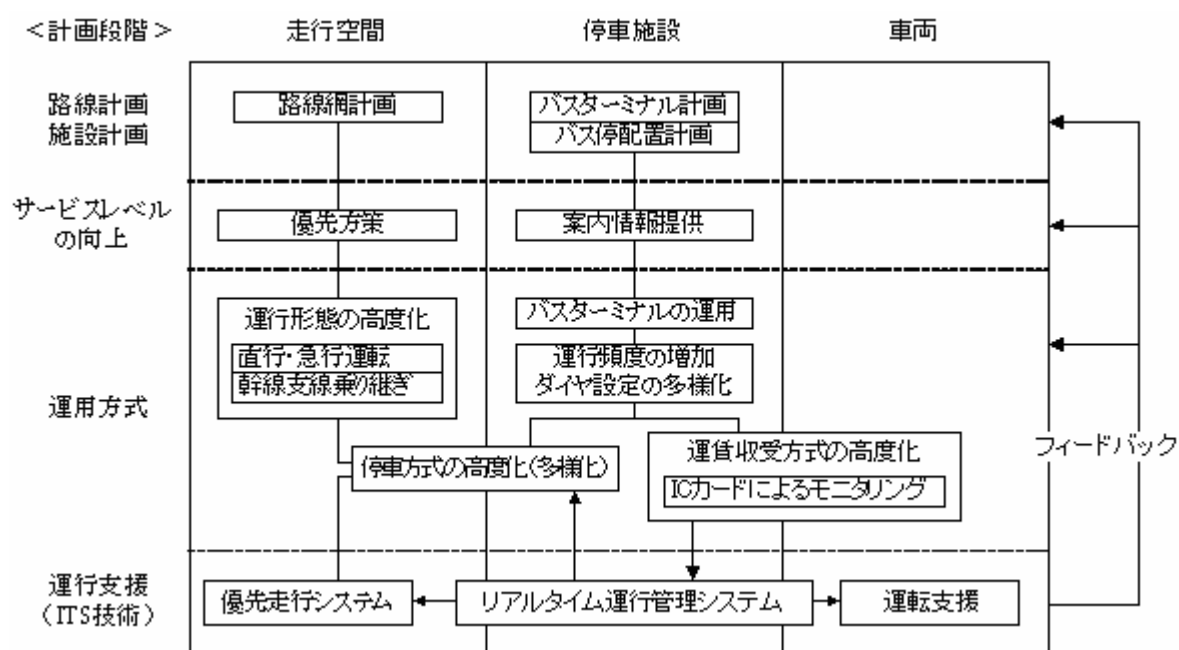


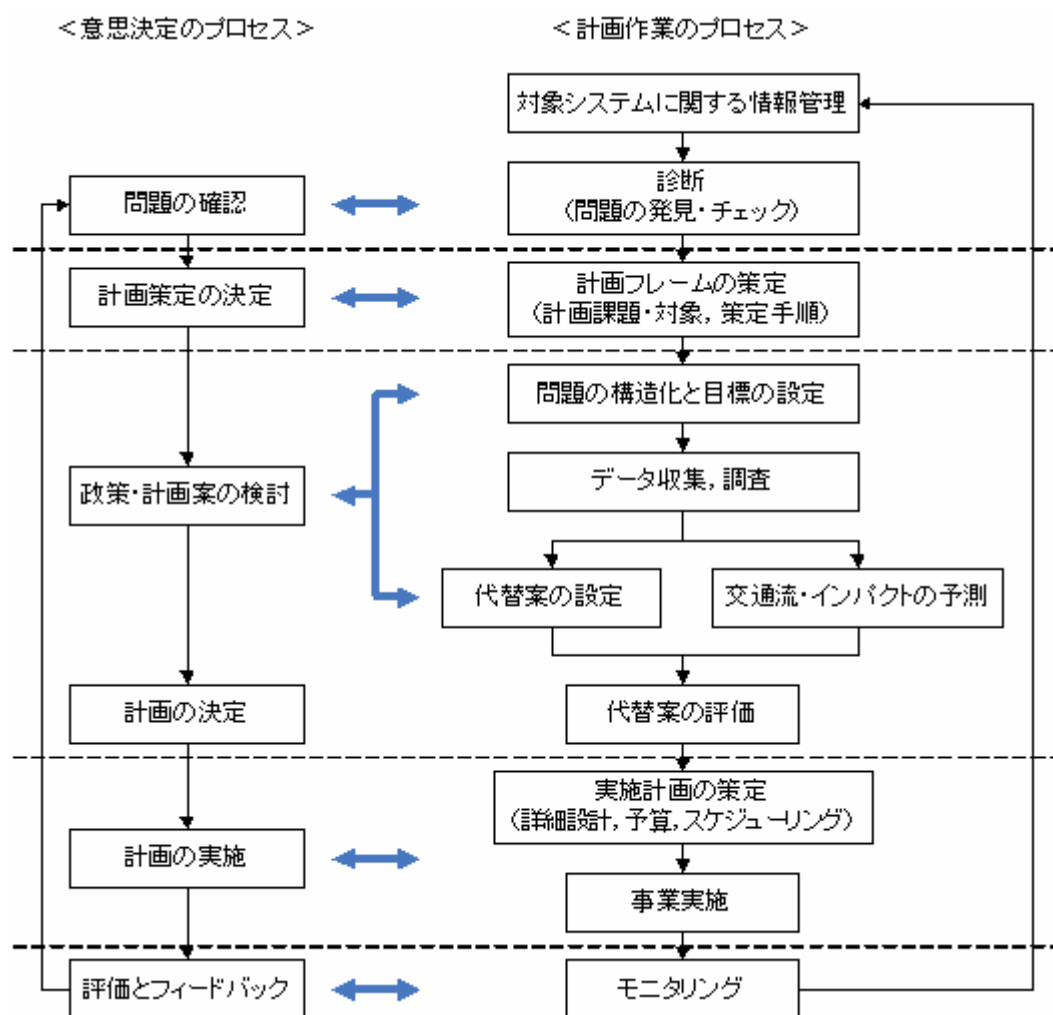
図 3-5 バス輸送における運行管理の高度化に関連した計画フレーム

※太枠は本研究で取り扱う要素

(2) 基幹的交通システムとして新規に高度化したバス輸送システムを導入する場合

都市内において、基幹的交通システムとして新規に高度化したバス輸送システムを導入する際の計画フレームとしては、代替案比較を行う際の評価の視点があげられる。

公共交通システムの計画フレームについては、太田<sup>16)</sup>が示した交通システム計画プロセスの概念図(図3-6)のように、意思決定の側面と意思決定の過程で提案・検討される代替案を策定する計画作業の側面の2つに分けて考えると理解しやすい。意思決定のプロセスと計画作業のプロセスでは、各段階における相互作用が含まれている。問題の確認の段階では、収集された各種の情報に基づき交通システムの診断が行われる。もし問題が発見された場合は、確認された問題に対して計画策定の決定がなされた後に、具体的に達成すべき目標の設定が行われ、分析に必要なデータ収集が行われる。次にいくつかの制約条件の下で実行可能性のある代替案を幅広く設定し、代替案のもたらすインパクトを予測するモデル等を構築し、評価のためのインプットを用意す



注) 太矢印は、2つの並行なプロセス間での主要な相互作用を表す

図3-6 交通システム計画のプロセス<sup>16)</sup>



る。また、この予測作業の結果に基づいて、代替案の見直し等が行われる。次の代替案の評価の段階では、現状案をはじめ各代替案の効果・インパクトを、当初設定した目標・目的に照らし合わせ、関連主体ごとに評価指標に基づき比較し、計画案の決定を行う。そして、適切な手順を経て意思決定がなされ代替案が選定されると、その実施に向けて詳細な設計、予算、実施スケジュールが決定され、具体的に事業が実施される。また、事業の進捗状況と事業が当初の目標にあった成果を上げているかどうか、適宜モニタリングを行うことになる。

このような交通システム計画のプロセスに照らし合わせたとき、都市内に基幹的交通システムとして新規に高度化したバス輸送システムを導入する場合には、従来のバス輸送計画のフレームを用いて検討することは難しい。これは従来のバス輸送計画のフレームが、バス輸送システムの新規導入を想定したものではなく、主として既存のバス輸送システムの路線網再編や、サービスレベルの改善等を想定していると考えられるためである。したがって、高度化したバス輸送システムを都市内の基幹的交通システムの代替案として評価する際には、他の交通システムとの比較を行うための新たな評価方法の枠組みを検討する必要がある。具体的には、交通システムの計画プロセスをベースとして、空間や費用等、評価ための前提条件を設定した上で、その輸送能力や効果、インパクトを評価するための理論的・実証的な検証が必要となる。

例えば、公共交通機関の輸送能力を決定する要因としては、空間的な制約、輸送にかかる費用、法的な制約などの制度面、運用方法などの技術的側面、の4つに大きく分類できる。仮に、利用可能な空間と費用が無限であれば、バスの各種技術を活用することで鉄道等の軌道系交通機関と同等の輸送力を実現可能である。ただし、その場合には鉄道並みの大規模な停留所施設や乗り継ぎターミナルが必要であり、運行に必要な乗務員も増加するため人件費の負担が非常に大きくなることを考慮しなければならない。また、空間的な制約が発生する場合にも、技術面での工夫が必要となる。ここでの技術とは、バスの必要走行空間を低減させる車両技術や、停留所での停車時間を減少させる工夫が考えられる。また技術革新は、開発費用として輸送コストに反映されるとともに、現行の法制度との関連を検討する必要がある。

以上のように、都市交通計画の中で、高度化したバス輸送システムを代替案として検討する場合には、従来のバス輸送計画の枠組みの中だけの議論では必ずしも十分ではなく、システムの事前評価の際の検討フレームを新たに構築する必要がある。さらには、都市の機能と交通システムの相互の連携がもつ意義について明らかにする必要がある。すなわち、都市計画あるいは土地利用計画の中での高度化したバス輸送システムが果たす役割について明らかにすると共に、都市機能の存在が交通システムに与える影響を把握する必要がある。以上のことをまとめると、新規に高度化したバス輸送システムを導入する場合の計画フレームは図 3-7 のように整理できる。

また、次節以降では、高度化したバス輸送システムの構成要素について個別に整理する。

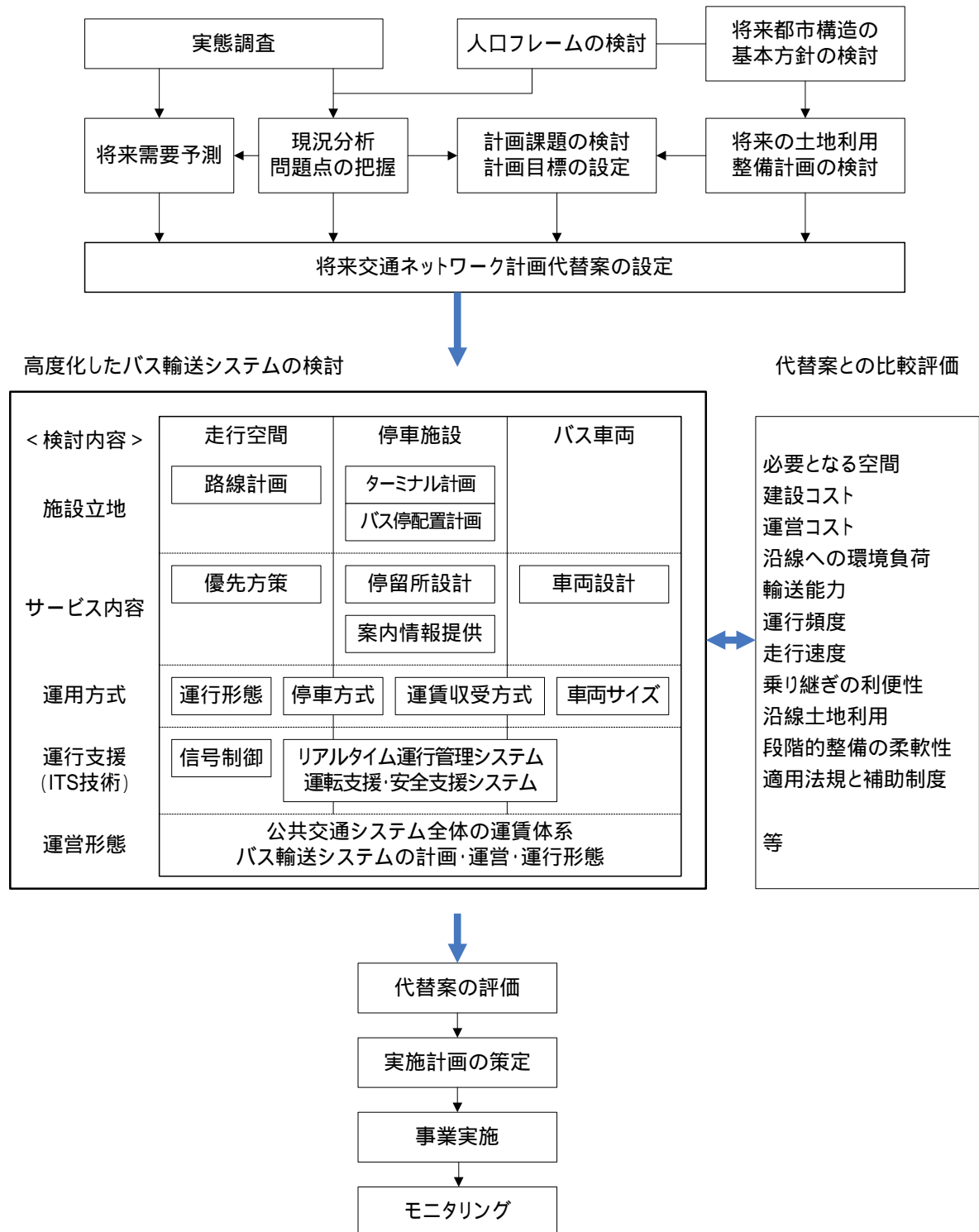


図 3-7 新規に高度化したバス輸送システムを導入する場合の計画フレーム

### 3.3 走行空間に関する高度化

走行空間は、バス輸送システムを高度化する上で重要な要素となる。本節では、バス輸送システムの走行空間の形態を分類し、計画の際の考慮要件について整理する。

#### 3.3.1 走行空間の分類

バス輸送システムの走行空間は、表 3-2 に示すように、一般車と共有する混在交通上での運用から完全に分離されたバス専用道路までの 5 つに分類することができる。また、表中の下の段階にいくにしたがって、高度化の度合いが大きくなる。

最初の段階は、一般道における一般車との混在交通上での運用であり、これは一般的な路線バスの走行空間である。しかし、一般道路上における運用では、同一空間上を走行する一般車の影響を大きく受けるため、特に都市部ではバスの走行速度が大きく低下する。第 2 段階は、一般道路上のバス専用（優先）レーンであり、わが国でも多くの都市で、特にピーク時間帯規制等による運用がなされている。第 3 段階は、一般道路上で縁石等により物理的に分離されたレーンであり、道路上の中央走行バス専用道路等がこれにあたる。名古屋の基幹バスは、道路の中央側のレーンを専用的に走行しているが、物理的に一般車走行車線と分離されていない点で、バス専用道路という定義には当てはまらない。第 4 段階は、専らバスのみが走行できる平面上のバス専用道路であり、前の段階との違いは、バス専用道路と隣接する同一平面状に一般車用のレーンの有無によって定義できる。部分的な流入規制とは、バス専用道路と平面交差する一般道との交差点において、信号処理が必要であることを意味する。最後の段階は、立体的に完全に分離されたバス専用道路で、バス専用のトンネルや高架のバス専用道路があてはまる。また、ガイドウェイバスもバス専用の走行空間の一種として位置づけることができる。ガイドウェイバスを表 3-2 にあてはめるならば、分類のⅣあるいはⅤに該当する。

表 3-2 流入規制の段階による走行空間の分類

分類	道路区分	流入規制	走行施設の例
I	一般道路	なし	(混合交通上での運用)
II	一般道路	バス専用	・ 順行、及び逆行バスレーン
III	一般道路	バス専用  ※物理的に 一般車と分離	・ 幹線道路上の中央走行バス専用道路 ・ ボトルネック回避型バス専用レーン
IV	専用道路		・ 平面バス専用道路
V	専用道路 高速道路		・ バストンネル ・ 立体的に分離された高架バス専用道路 ・ 高速道路上のバス専用レーン

高度化の度合い

わが国でも導入事例の多いバス優先方策に関しては、第 2 章で示したように、特にバス専用レーンの導入評価に関わる研究が多くみられ、実証的および理論的な視点から実用性の高い評価手法が提案されている。一方、一般道路上で縁石等により物理的に分離されたバス専用道路や、バス専用の走行空間としてのバス専用道路に関しては、わが国ではほとんど存在せず、名古屋のガイドウェイバスに関する事後評価<sup>17)</sup>等を除けば、実証的な評価は行われていない。そこで本研究では、バス輸送システムを高度化するための要素として、一般道路上のバス専用走行空間、およびバス専用道路に着目し、以下に導入事例を示すとともに、計画の際の考慮要件を整理する。

### 3.3.2 一般道路上のバス専用走行空間

一般道路上のバス専用走行空間は、路面標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類できる。

#### (1) バス専用レーン

バス専用レーンの例としては、路側走行バス専用レーン、バス逆行レーン、中央走行バス専用レーンがある。

路側走行バス専用レーンは、片側 2 車線以上の道路において、路側（歩道側）の 1 車線をバス専用の走行車線とするものであり、1970 年代以降、わが国でも多くの都市で積極的に導入が進められてきた。バス専用レーンは、全体で見ればそれなりの効果を上げてきたが、バスレーンの設置区間がバス路線全体の中で見れば短いこと、規制により本来走行できないはずの一般車両の流入や路上駐車等により、バス専用レーンもバスの定時性を確保するところまでには至っていない。しかし、バス専用レーンのカラー舗装等による一般車両への周知の徹底や、警察官や監視員による徹底した遵守指導などを実施し、違反車両を極力減少させて、バス専用レーンの機能を確保した例が石川県金沢市などにみられる。

バス逆行レーンは、一方通行の道路のうち 1 車線をバス専用の逆行レーンとしたもので、台北や Bangkok（タイ）、欧米のいくつかの都市で導入されている。フランスでは、地方都市に至るまでバス逆行レーンが普及しているほか、事故や一般車両の誤進入を防ぐために逆行レーンを縁石で区切っている例がある。わが国では、バス逆行レーンの事例は少なく、反対方向に向かう道路が、大型車の通行できない区間の場合や、著しく迂回が大きくなるなどの事情により例外的に逆送できるようにしたものであり、数箇所で見られる程度である。

中央走行バス専用レーンは、同じく片側 2 車線以上の道路の中央寄りの車線をバス専用レーンにしたものである。わが国では、主に複数のバス路線が集まる区間における右折処理のために導入された例が多い。また、名古屋市の基幹バス（新出来町線）では、バスに対する一般車両の影響を少なくし、バスの定時性を確保するために、中

中央走行方式のバス専用レーンが採用されている。新出来町線のうち約 **9km** の区間を中央走行バス専用レーンとし、朝と夕方のピーク時のみバス専用（その他の時間帯は優先レーン）の規制となっている。このバス専用レーンにはカラー舗装を施し、一般レーンと区別するとともに、バス停は道路中央に設置し、一般車線とガードレールで区分して利用者の安全性を確保している。この中央走行バス専用レーン導入後の調査では、ピーク時の表定速度は **14km/h** から **20km/h** に向上し、同区間の利用者が **3** 割程度増加したと報告されている。しかし、表定速度に関しては、一般的な路線バスのバス停間隔よりも長いこと（平均 **600m**）、利用者に関しては、並行するバス路線からの転換によるものが多く、バスネットワーク全体としての利用者数はそれほど増加していないと想定される。



図 3-8 中央走行バス専用レーンの例（基幹バス，名古屋）

以上のように、一般道路上のバス専用レーンは、通行規制によりバスの優先通行権を与えられているが、一般車線との物理的な分離がないため、違反走行車両や路上駐車の影響を受けやすい。したがって多く事例では、バスの定時性を確保するところまでには至らず、飛躍的なバスサービスレベルの向上にはつながっていない。また、名古屋の基幹バスに見られるような中央走行バス専用レーンは、交差点部分に右折レーンがある場合にバスレーンと一般車右折レーンの位置関係が逆転するなど、多少複雑な構造になっていることから、導入当初は不慣れな一般ドライバーによる事故や誤進入が多いなどの問題がある。

とはいうものの、路側走行バス専用レーン導入の影響把握については多くの研究事例があり、影響要因や効果を測定するための評価方法はほぼ確立されていると考えられる。また基幹バスについても、周知の徹底等により事故やトラブルは減少しており、

優先レーンとなる時間帯における課題（信号の手前で停車する一般車がバスレーンに重なりバスがスムーズに進めない等）を除けば、このシステムは機能していると言える。したがって、本研究では、一般道路上のバス専用レーンに関する理論的な評価は行わないこととする。

## （2）一般道路上で物理的に分離されたバス専用道路

一般道路上で物理的に分離されたバス専用道路とは、文字通り縁石や分離帯等によって一般車線と分離されたバス専用の走行空間であり、既存事例の多くは終日バス専用となっている。一般道路上のバス専用道路は、特に南米の各都市で特徴的な事例が多く見られる。これらの代表例についてはいずれも都市計画上の位置づけが明確になされているものが多く、空間確保の方法や運用上の工夫点など、いくつかの視点から整理すると、表 3-3 のようにまとめることができる。

海外の事例では、バス定時性の向上に加え、バスによる大量輸送を意図して導入される場合も多い。例えばCuritibaでは、土地利用計画と整合させた上で、放射状の都市軸上に高密度な土地利用誘導が行われ、都市軸の成長に合わせて段階的にバス輸送システムを拡張している。その都市軸に沿ってバス専用道路が整備されており、バス停や乗り継ぎターミナル等の施設整備の工夫を伴って、大量かつ高頻度な輸送が実現されている（図3-9）。また同じくブラジルのPorto Alegreでは、都心部から郊外方向に向かうバスを方向別に3つのグループに分け、予め最大6台のバス隊列を形成させてお

表 3-3 一般道路上で物理的に分離されたバス専用道路の事例

都市名 (供用開始)	バス専用 道路延長	空間確保 の方法	運用の工夫に関する視点と具体例		
			路線計画	施設整備の工夫	運行システム
Curitiba (1974)	75km	土地区画 整理	・放射型の都市軸 ・土地利用計画との 整合	・大量輸送のための 停留所と乗り継ぎタ ーミナルの整備	・高容量3連節バス、 ・車外運賃収受 ・優先信号制御
Porto Alegre (1977)	15km	新規道路 整備等	・幹線支線の統合に より乗り換えが不要	・6台同時停車可能 な停留所設計 ・嵩上げ島式停留所	・バスコンボイ運行に よる高容量輸送
Bogotá (2000)	55km	鉄道廃線、 道路空間の 再配分	・快速・急行運転 ・幹線支線型の路線 ネットワーク	・複数車両同時停車 可能な停留所設計 ・プラットホーム型バ ス停	・高容量連節バス ・車外運賃収受 ・千鳥式運行形態
Jakarta (2004)	13km	道路空間の 再配分	・将来の軌道系への 変更を視野	・プラットホーム型バ ス停	・車外運賃収受
北九州 (1991-2005)	3.3km	鉄道廃線敷 の転用	(都市交通計画上 の位置づけなし)	・旧電停を停留所と して活用	

り、このシステムは、**Bus Ordering** と呼ばれている。この運用方式では、ある程度の表定速度（19km/h）を保ちつつ、1時間あたり1方向最大360台の高頻度バス輸送が可能であり、バス定員を85名とすれば、3万人/h以上の輸送力を達成することになる。

一方わが国においては、駅前広場等を除き、都市計画道路として整備されたバス専用道路はなく、北九州市に見られるような、鉄道廃線敷を転用した道路運送法上のバス専用道路が存在するのみであった。しかし、その北九州市のバス専用道路も鉄道事業者から北九州市に売却され、2005年には都市計画道路としての整備が進んでおり、バス専用道路は姿を消している（図3-10）。つまりわが国では、一般道路上で物理的に分離されたバス専用道路はなく、当然ながらバス専用道路としての機能、および輸送能力を実証的に評価した例は存在しない。したがって、バス輸送システムの高度化という視点に立って、一般道路上のバス専用道路の適用可能性を評価する上で、シミュレーションを用いた輸送能力の評価等の理論的な検証を行う必要がある。



図 3-9 Curitiba（ブラジル）のバス専用道路

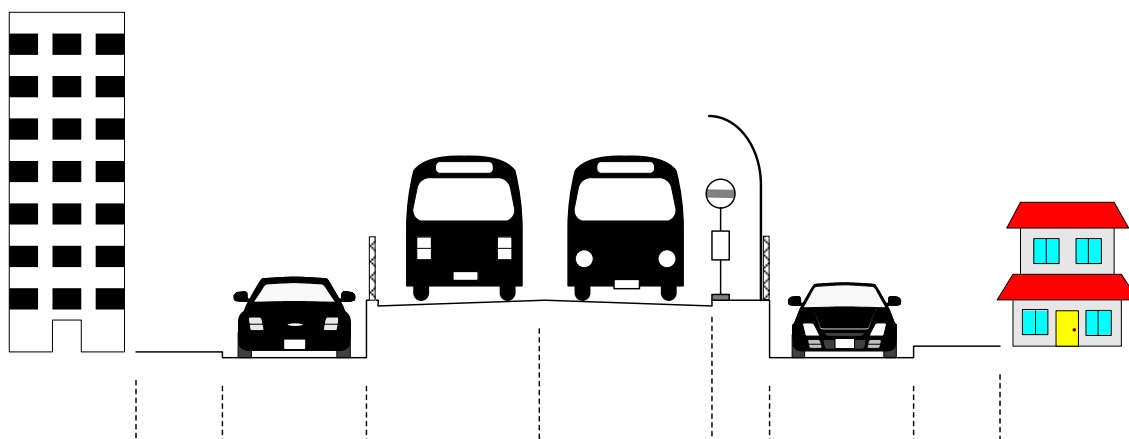


図 3-10 北九州市のバス専用道路断面図（2005 年まで）

### 3.3.3 バス専用道路

一般道路上の以外のバス専用走行空間は、他の交通の影響を最小限にできるという点で、最も高度化されたバス走行空間である。米国では、バス専用道路を有した高度化したバス輸送システムである **BRT (Bus Rapid Transit)** が注目され、その適用可能性検討のための国家的プロジェクトが進んでおり、米国内のバス専用道路の事例が増えてきている。バス専用道路の事例については、表 3-4 で整理した。

例えば、**Pittsburgh** では、都心部と郊外を結ぶ 3 本のバス専用道路（総延長 31km）が整備されている。2000 年に整備された西線は、鉄道廃線敷をバス専用道路に転用したもので、都心部から空港へのアクセス改善を目的として、ピーク時 5 分間隔オフピーク時は約 15 分間隔で運行されている。バス専用道路上のバス停間隔は 1～1.5km であり、平面交差がほとんどないことから平均速度 50km/h 以上の高速輸送が可能となっている他、いくつかのバス停にはパーク＆ライド駐車場が計画的に整備されている。BRT の先駆事例として世界的に知られている **Ottawa** では、1983 年からバス専用道路（**Ottawa** では **Transitway** と呼ぶ）の建設が始まり、2005 年時点では、60km の

表 3-4 バス専用道路の事例

都市名 (供用開始)	バス専用 道路延長	空間確保 の方法	運用の工夫に関する視点と具体例		
			路線計画	施設整備の工夫	運行システム
<b>Runcorn</b> (1973)	22km	ニュータウン 建設時	・バス停周辺の土地 利用	・8 の字型のバス専 用道路	・一般道との立体交 差、優先信号制御
<b>Pittsburgh</b> (1977)	35km	貨物鉄道廃 線の転用	・都心部と空港、住 宅地の接続等	・LRT と共用走行路	—
<b>Ottawa</b> (1983)	26km		・都心部から放射 4 方向への幹線支線 網の整備 ・TOD の適用	・沿線開発にあわせ た段階的な整備 ・乗継ぎターミナル	・高規格な走行路と 停留所間隔 ・平均速度 50km/h 以上の高速輸送
<b>Seattle</b> (1991)	2km	地下トンネル	・土地利用計画との 整合 ・TOD の適用	・LRT への転用を想 定した専用地下ト ンネル	・ハイブリッド連節 バスでのトンネル 内電気走行
<b>Miami</b> (1997)	14km	貨物鉄道廃 線の転用	・起点で通勤鉄道に 接続	・広幅員のバス専用 道路	・優先信号制御
岡崎 (1964)	2.2km	鉄道廃線敷 の転用	(都市交通計画上の 位置づけなし)	・旧単線軌道のため すれ違いポイント で相互通行	・朝ピーク時は約 5 分間隔で運行
富山 (1980)	2.3km			・一般車両の進入を 防止するため遮断 機を活用	・朝ピークのみ平行 幹線道路の渋滞を 避け片方向運行



Transitway が整備されている。また、土地利用と公共交通政策との整合を図ることにより公共交通システムの利便性を向上させ、多くの利用者を獲得することに成功している。これらの他、表 3-4 が示すように、バス専用道路の導入意図や経緯の違いによって、各種の工夫が施されていることが分かる。

一方、わが国のバス専用道路としては、鉄道廃線をバス専用道路に転用した岡崎市や富山市の例など、その導入事例は極めて少なく、いずれも都市計画上の位置づけはなされていない。したがって、最も高度化されたバス輸送システムの要素であるバス専用道路が、輸送能力向上や定時性確保にどのように貢献したのか、海外事例に基づき実証的に分析すると共に、シミュレーションを用いて解析し、LRT や新交通システムとの代替案比較を定量的に行う必要がある。



図 3-11 バス専用道路の例（左上から，Pittsburg，Ottawa，Miami，岡崎）

### 3.3.4 ガイドウェイバス

側方ガイド壁等の車両案内装置を伴って、バスの専用走行空間を確保した特殊な例として、ガイドウェイバスがあげられる。ガイドウェイバスは、1980年に **Essen**（ドイツ）で試行的に導入され、その後 **Adelaide**（豪州）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。わが国においても、名古屋市内で導入がなされている。以上の例は、車両側方に案内車輪をつけたバスが、ガイドウェイを走る方式で運行されているが、近年では、新しい案内装置によるガイドウェイシステムが実用化されている。

ガイドウェイバスの事例に関して、その動機づけとタイプにより、表 3-5 のように整理できる。例えば、フランスの **Rouen** では、**CIVIS** という光学的追尾方式のガイドウェイバスシステム（走行空間は物理的なガイド壁を伴っていないが、道路上の白線を感じて走行する案内装置を有するという点でガイドウェイバス的一种と定義する）を導入している。**Rouen** では、1997 年に、LRT の整備計画が検討されたが、予算の関係でコストが安価な **CIVIS** が選択された。**CIVIS** は、道路上に白線マーカ―を感知し、正確に白線に沿って走行する無軌条システムとなっているため、通常のバス専用道路より狭い幅員で運用することが可能となっている。このシステムは、米国の **Las Vegas** でも導入されている。また白線検知ではなく、路面に埋め込まれた磁気マーカ―により誘導させる方式もあり、オランダの **Eindhoven** 等で導入されている。同様の誘導方式として、淡路島の実験線や愛知万博で実用化された **IMTS** があげられ、同システムは自動隊列運転が可能となっている。

これらのシステムは、軌道系機関に比べ安価な整備コストと、バスに対する悪いイメージの脱却に主眼を置いているが、軌道系交通機関との比較を行う際には、その輸送力と運営費用との関係からも評価を行う必要がある。また、イギリスの各都市 (**Leeds**, **Ipswich**, **Bradford** 等) 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

表 3-5 ガイドウェイバス導入都市の分類

導入タイプ 動機づけ	試行的 (技術検証)	短～中区間型	長区間型 (延長 5km 以上)
新交通バス システムとして	・Essen (独) ・淡路島	—	・Adelaide (豪) ・名古屋
LRT の代替として	—	・Las Vegas (米)	・Nancy, Caen (仏) ・Eindhoven (蘭) ・Trieste (伊)
バス優先方策 (ボトルネック回避) として	—	・Mannheim (独) ・Leeds (英) ・Ipswich (英) ・Bradford (英)	—

の区間において、物理的にバス車両のみが走行可能なガイドウェイを設置している。このガイドウェイは、バスの運転士が前方の渋滞の有無を確認した後、必要が生じた場合についてのみ利用するようになっており、バス車両が漏斗のような構造になっているガイドウェイの入り口にさしかかると、車両の側面に設置されたガイド車輪によってスムーズにガイドウェイへと操舵される。ガイドウェイの中では、垂直設置された縁石にガイド車輪がフィットし、自動的にコントロールされる。したがって、バス運転士は横断歩道を横断する歩行者のみに注意を払うだけで良い。このガイドウェイと従来のバスレーンの大きな違いは、物理的な制約によって一般車両の進入を防止するか否かということである。従来のバスレーンにおいては、違反車両を取り締まりによって防止する以外に方法がなかったが、ガイドウェイにおいては、下の概念図が示す通り、バス車両用の縁石と中央部の溝を設けることにより、バス以外の車両が走行しようとした場合に著しく走行性を低下させるように工夫されている。さらに、優先信号を組み合わせることで、結果的に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。わが国には上記の例は存在せず、上記のようなバス輸送システムの高度化するための最小限の工夫により、バスの定時性がどの程度向上するのか、定量的に評価する必要がある。



図 3-12 Rouen のガイドウェイ区間  
( CIVIS : 白線検知システム )



図 3-13 Leeds のガイドウェイ区間  
( 物理的ガイドウェイ )

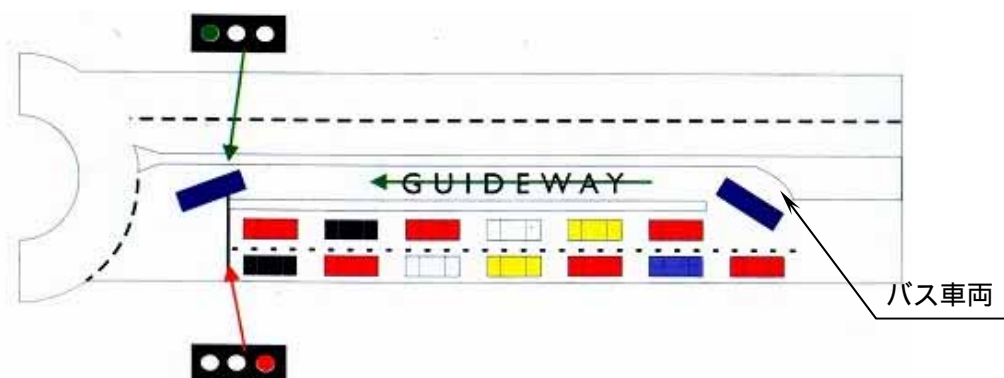


図 3-14 Leeds のガイドウェイ区間の概念図

### 3.4 乗降施設に関する高度化

乗降施設は、路線上のバス停、乗り継ぎ施設、他の交通システムとの結節点としてのターミナル等、バス輸送システムを高度化する上で重要な要素の1つである。これらは、利用者の利便性、快適性、安全性を向上させる機能を有するとともに、停車方式等の運用上の工夫を伴ってバス輸送システムの輸送能力を向上させることが可能である。また、都市におけるバス輸送システムの存在感、あるいは位置づけを明確に示す意味でのイメージ戦略としての機能をあわせ持っている。本節では、高度化したバス輸送システムの計画フレームにおける乗降施設の位置づけと、計画の際の考慮要件について整理する。

#### 3.4.1 全体設計と都市デザインの統合

バス輸送システムを高度化する際の1つの方向性として、従来のバス輸送に対する悪いイメージからの脱却を図るとともに、利用者の目に見える新たなブランドイメージを付加することが重要である。高い品質を有した停車施設は、バスを待つ利用者の快適性を向上させ、公共交通輸送としてのバス輸送システムの存在感を示すことができる。米国のBRTに関するガイドライン<sup>5)</sup>では、上記の点を重視しており、計画の際の留意事項として以下のようにまとめている（表3-6）。この中で、BRTの専用道路や停車施設を都市景観を形成する要素の一部として捉え、統一感と存在感を示すことによるバスのブランドイメージの向上を図るべきであること、及び沿線環境や住民参加を考慮した上で、現況及び将来の土地利用と整合を図るべきであること等を示している。このように、都市デザインとの統合に関する考慮要件については、既存のガイドラインにより明らかにされている。本研究では、この中でイメージ戦略について3.6.4節で、交通と土地利用との関係について第8章で取り扱うこととする。

表 3-6 BRT システム全体設計と都市デザインの統合の際の留意事項 \*TRB<sup>5)</sup>を基に整理

項目	留意事項	適用事例
都市の資産としての BRT	・BRT の専用道路や停車施設を都市施設の一部として統合することによる街の景観形成	Orlando (米国)
連続性と変化性の要素	・BRT の専用道路の舗装やバス停の材質、形状の統一によるブランドイメージの向上	Rouen (フランス)
状況に応じた設計	・多様な沿線地域の特性に応じた柔軟性のある設計	Ottawa (カナダ)
交通と土地利用の関係	・BRT の路線とバス停位置と現在及び将来の土地利用との整合性	Curitiba (ブラジル)
住民参加	・沿線住民との協働作業によるバス停の配置箇所やデザインの決定	



### 3.4.2 乗降施設の設計

ここでは、バス輸送システムを高度化するための乗降施設の設計に関する課題について整理する。乗降施設は、バス輸送システムを高度化する上で重要な要素の1つであり、停車方式等の工夫を伴う輸送能力向上の視点と、利用者の快適性、安全性を向上させる視点に区分できる。

#### (1) 輸送能力を向上させるための乗降施設の設計の高度化

高度化したバス輸送システムを計画する上で、運行計画と乗降施設の設計は総合関係にあるといえる。すなわち、供給すべきサービスレベル（運行頻度や速度、輸送力）は予測された需要によって決定され、そのサービスレベルを達成するための走行空間や乗降施設の設計が求められる一方で、走行空間や乗降施設に関わる空間的な制約がかかる場合には、何らかの運用上の工夫が必要となる。ここでいう運用上の工夫とは、制約のある空間内で運賃收受方式の工夫等によりいかに効率良く乗降の処理を行うか、あるいは快速運行等の停車方式の工夫によりどの程度輸送力や高い速度を確保することができるか、といったものが考えられる。

海外では、バスの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計画された事例が多くみられる。例えば、ブラジルのCuritibaでは、バス専用道路上を高容量の3連節バス（全長25m、定員270名）により運用することで、1時間あたり1方向14,000人以上の輸送力を実現している。この高容量のバス車両を運用する場合に問題となるのは、乗降客が集中するバス停での乗降時間の長さが全体の走行速度に影響を与える度合いであるが、Curitibaでは、車両に設けられた5箇所の扉と、その5箇所の扉で同時に乗降が可能なバス停施設（チューブ型バス停、図3-15）を設計することで概ね解決している。Curitibaのバス停設計で特徴的な要素として、乗降部分（プラットフォーム）と車両乗降口のレベルを同一の高さにしていることがあげられ、同様の事例として、Bogotá（コロンビア、図3-16）やJakarta（インドネシア）、Quite（エ



図 3-15 チューブ型バス停（Curitiba）



図 3-16 同一平面で乗降可能なバス停（Bogotá）

クアドル)などでみられる。同一の高さで乗降するためには、プラットホームと車両乗降口の水平方向、および鉛直方向のギャップをできるだけ少なくする必要があるが、これらをうまく処理できれば、利用者の乗降時間を短縮するだけでなく、補助なしで車椅子利用者が乗降可能となる。ただし、プラットホームの高さを上げることは、車椅子利用者のためのスロープを設置する必要があることや、一般的なバス停に比べて整備コストが高くなることなどが課題としてあげられる。

また、3.2.2節で示したPorto AlegreのBus Orderingの例では、6台の隊列を組んだ一隊のバス車両が同時に停車可能な大規模なバス停を用いて運行されている(図3-17)。Ottawaやソウル(韓国)においては、多路線が集中するバス停に複数車両が同時停車可能なバス停が設置されており、あわせてそのバス停に停車しないバスが停車中のバスを追い越すための追い越しレーンが設置されている。これにより、急行運転等の多様な運行形態を行うことができ、システム全体としての輸送能力、あるいは走行速度を向上させることが可能となっている。

さらには、バス車両の設計にも関連するが、運賃収受方式の違いがバス利用者の乗降時間と、バス停における処理能力に影響を与えることは明白である。主にバスによる大量輸送を行っているCuritibaやBogotáでは、シェルター型のバス停を用いた車外運賃収受方式をとっており、乗降時間にかかる時間を最小にしている。また一般的なバス停におけるバス乗車時の運賃収受方式であっても、非接触ICカード等の普及により1人あたりの乗り込み時間を少なくすることで、全体の処理能力の向上に寄与する可能性がある。

このように、乗降施設でのバスの運用方法を工夫することで、利用者の乗降時間を短縮し、大量、高速な輸送を行うことが可能となっている。したがって、バス乗降施設の設計や運賃収受方式の高度化が、バス停での処理能力や定時性の向上に対して実際に寄与する度合いや、他の交通機関との比較を行う際に、運用上の工夫等の各種条件下で、輸送能力を評価することが検討課題となる。



図 3-17 6 台のバス車両が同時停車可能なバス停 (Porto Alegre)

## (2) 利用者の快適性, 安全性を向上させるための乗降施設の設計の高度化

一般に, 市民が持っているバスサービスに対するイメージは, 他の交通機関に比べて低い場合が多く, とりわけバスの待ち時間が苦痛に感じられるバス停空間等によって, バスの利用が妨げられている場面も多い。しかし既往研究によれば, 待合空間としてのバス停の快適性を向上させることで, この課題はある程度改善できる可能性が示されている。

例えば村田ら<sup>18)</sup>は, 移動制約者を含めたすべてのバス利用者が快適に乗降できるノンステップバスの導入に際して, その利点を十分に活かしかねないバス停の構造上の問題点を指摘し, 必要空間面積や情報面の充実等の改善策が有効であることを示している。田中<sup>19)</sup>は, バス停の待ち空間機能に着目し, その整備上の問題点と改善の方向性を示しており, その中で, バス停の上屋やベンチ等の整備状況の違いが, 利用者の許容待ち時間に影響を与えていることを示している。さらに埴<sup>20)</sup>は, バス利用者の視点から, バス停待合空間の快適性に影響を与える要因を明らかにするとともに, 今後のバス停整備においては, 利用者ニーズに応じた上屋の設置やベンチの配置を重視すべきであるとしている。

また, 米国の **BRT** のガイドライン<sup>5)</sup>では, 乗降施設の設計で重視すべき点として, シェルター (上屋+側面), 情報提供 (乗り換え路線図, バス停周辺地図, リアルタイム運行情報), ベンチ・背もたれ等をあげている。また, 安全性および安心感を向上させるための工夫の必要性を示しており, 例えば, バス停の視認性が最も重要であることから, シェルター等もできるだけガラスや透明樹脂性の素材を用いて死角を作らないことや (図 3-18, 図 3-19), 夜間の照明が必要であるとしている。

本研究では, 快適性, 安全性向上に関連する乗降施設の高度化については, 3.5 節におけるイメージ戦略の中で定性的に整理する。



図 3-18 BRT のバス停 (Vancouver)



図 3-19 BRT のバス停 (Bogotá)

### 3.5 車両に関する高度化

車両は、利用者にとってのバス輸送システムの魅力に大きな影響を与えるだけでなく、運営、運行費用に至るまで、システムの全ての側面に影響を与える要素である。本節では、高度化したバス輸送システムの計画フレームにおけるバス車両の位置づけと、計画の際の考慮要件について整理する。

#### 3.5.1 一般的な考慮要件

バス輸送システムを高度化する上で、車両の特性は重要な要素となる。具体的には、車両 1 台あたりの乗車定員や加減速性能等の車両の基本特性は、路線の輸送能力に直接影響を与え、車両の動力システムは、乗り心地、環境負荷、サービスの信頼性、運行に関わる費用等に影響を及ぼす。また、走行空間や乗降施設と同様、都市におけるバス輸送システムの存在感やイメージ戦略としての機能をあわせ持っている。

米国の BRT のガイドライン<sup>5)</sup>では、車両を決定する際に考慮すべき留意事項が示されている。主な項目としては、表 3-7 に示すとおりである。

表 3-7 BRT システムの車両に関する留意事項

項目	留意事項
車両の決定	・ サービス形態や路線長を考慮して車両の長さ、座席数、車椅子利用者への対応、動力システムを決定する。
利用者の利便性	・ 短時間でスムーズな乗降を行うことができるようにする。 ・ プラットホームを設けない場合は低床車両（道路面から <b>38cm</b> 以内）を用いることが望ましい。 ・ 乗降扉は十分な幅と数を設ける必要がある。 ・ 車内の広い通路は乗車時間を短縮させることができる。
車内の快適性	・ 需要に応じて車内の快適性確保のための十分な容量を確保。 ・ 利用者の評価に大きな影響を与える乗り心地を確保するため、スムーズな運行が可能な動力システムが望ましい。
沿道環境	・ 沿道環境に配慮したクリーンディーゼルエンジン、ハイブリッドエンジン、 <b>CNG</b> 内燃機関等の導入が望ましい。 ・ 上記の動力システムは、排気面だけでなく騒音の面でも有効。
その他	・ 誘導システムは、バス停付近における鉄道に近い乗降サービスと、快適な乗り心地を提供することが可能である。 ・ 車両の費用はライフサイクルを考慮して検討すべきである。

\*TRB<sup>5)</sup>を基に整理



### 3.5.2 車両構造の高度化

車両構造は、バス輸送システムを高度化させる上での主要な要素の 1 つであり、具体的には、車両の長さ（乗車定員）、床面の高さ等によって区分される。実際に、海外諸都市の **BRT** においては、その需要や路線の特性に応じて様々なタイプの車両が導入されており、以下に各地域の事例と車両の特徴を整理する。

米国では、通常長さ（約 12～13m）の低床型車両（ノンステップ車両）が一般的に用いられている。低床型車両の特徴としては、歩道等に設置された通常のタイプのバス停での乗降が容易であること、および車椅子利用者の乗降も比較的容易であることがあげられる。また米国のいくつかの都市や、南米の諸都市では、高い需要に対応した連節バスが採用されている。連節バスは、一般にはバス 2 台分をつなげた構造（全長約 18m）で後部車両の車輪がカーブに応じて操舵される機構を持っているため、車体が長いにもかかわらず内輪差・回転半径による道路占有面積は、一般の大型バス並という特徴を持っている。

また、**Curitiba** をはじめとしたいいくつかの都市では、さらに高容量な 3 連節バス（全長約 25m、図 3-20）による大量輸送を行っている。3 連節バスは最大 270 名の定員を輸送することができるが、利用者が多いバス停ではその乗降にかかる時間を短縮する

表 3-8 BRT に導入されている車両の構造上の特徴

分類	車両の全長	扉の数	座席数	最大定員	導入事例
従来型車両	約 12m	2～3 箇所	35～44 席	60～70 人	米国諸都市
	約 13m	2～3 箇所	35～52 席	70～80 人	
連節バス	約 18m	2～4 箇所	31～65 席	90～120 人	Vancouver 他
3 連節バス	約 25m	3～5 箇所	40～70 席	140～270 人	Curitiba 他
ゴムタイヤ トラム	約 18～24m	3～5 箇所	27～46 席	100～140 人	Rouen, Nancy 他



図 3-20 3 連節バス（Curitiba）



図 3-21 ゴムタイヤトラム（Nancy）

ため合計 5 箇所の扉が設置されている。

さらに欧州では、走行速度や輸送力のみならず、車両のデザインと機能を工夫することで、バスがもつ悪いイメージをからの脱却を図ると共に、LRT の代替交通機関としての新たな技術開発が行われ、いくつかの都市で実際に導入されている。これらは、欧州ではゴムタイヤトラムと呼ばれ、道路上に設置された操舵用の軌道や白線等にガイドされて走行するシステムとなっている（図 3-21）。

以上のように、車両構造の工夫によりバス輸送システムを高度化した例が多数存在している。わが国でも、平成 10 年に、運輸省（現国土交通省）により「連節バスの構造要件」が通達され、連節バスが一般路線バスとしても運行可能となり、幕張や湘南台等で連節バスによるバス輸送が行われている。したがって、連節バスを含めた車両構造が利用者の乗降特性に与える影響、及びバス停の構造や運用の多様化とあわせて輸送能力に与える影響を評価する必要がある。

### 3.5.3 車両の動力システムの高度化

車両の動力システムは、乗り心地、環境負荷、サービスの信頼性、運行に関わる費用等に影響を及ぼす。現在用いられている動力システムは、内燃機関、電気自動車（トロリーバスを含む）、デュアルモード、ハイブリッドの 4 種類であるが、将来的には燃料電池が実用化されると考えられる。燃料電池は、水素と酸素を利用したものであり、実用化までにはまだ数年かかるといわれているが、燃料電池バスに転換可能なバス輸送システムの設計が既に行われている<sup>5)</sup>。

次に環境面から考察する。バス輸送システムの高度化により、30 秒間隔での運用を前提とすれば、ピーク時間帯の 1 時間に最大 120 台以上の車両が走行することになる。その際、車両による排気ガスや騒音の低減は重要課題の 1 つとなる。近年では、環境問題への意識の高まりと技術革新によって、多様な動力システムが開発、導入されており、Zimmerman ら<sup>20)</sup>による研究では、近年の開発動向について以下のようにまとめられている。

最新の 4 サイクル電子制御ディーゼルエンジンは、1994 年以前のものと比較して、PM（浮遊粒子物質）の排出を 1/3 に減少させるとともに、NO<sub>x</sub>（窒素酸化物）や CO（一酸化炭素）、HC（炭化水素）の排出量を減少させている。また、硫黄成分の少ない燃料と触媒を使用するハイブリッドディーゼルエンジンは、PM をほとんど排出せず、HC の排出を 70%減少させるとともに、燃費を 30%改善している。また騒音に関しても、新たな動力システムを採用した車両では、エンジン音を従来のものよりも小さくすることができるため、騒音レベルを環境面での許容レベルに抑えることが可能となっている。

以上のように、バス車両の動力システムの高度化により、従来のシステムに比べて環境負荷を低減できる可能性が高まっており、これまで指摘されてきた軌道系交通機関との環境面での優位性の差は縮まりつつあると考えられる。

### 3.6 運行サービスに関する高度化

本章では、高度化したバス輸送システムの計画フレームの検討を行っている。3.3節～3.5節では、バス輸送システムを高度化する上で重要な要素となる走行空間、乗降施設、車両に関する研究課題の整理を行った。しかし、図 3-7 に示したように、都市内の基幹的交通システムとして導入する場合には、他の交通システムとの比較を行うための新たな評価方法の枠組みが必要である。そこで本節では、高度化したバス輸送システムの計画にあたって、上記の 3 つの要素以外の視点からみた検討課題を整理する。具体的には、利用者ニーズを考慮した運用方式の高度化、運賃收受方式の高度化、ITS 技術と情報提供に関する高度化、およびイメージ戦略とマーケティングについて整理する。

#### 3.6.1 利用者ニーズを考慮した運用方式の高度化

高度化したバス輸送システムの新規導入計画の策定する際には、予測された交通需要や利用者ニーズに対応した輸送計画に基づき、費用対効果の観点から他の交通システムとの比較を行った上で、その妥当性を明確に示す必要がある。すなわち、他の交通システムと同様に、利用者の移動ニーズや走行速度、土地利用や環境への影響を考慮した評価指標に基づき評価する必要がある。具体的には、システムの基本性能、運行に関する柔軟性、輸送能力、インフラ整備や運行に関わるコスト等、客観的に複数の視点から代替案の比較分析を行うことになる。

バス輸送システムの利点の1つは、バス専用道路等の専用走行空間と一般車両が混在する道路を走行可能な運行の柔軟性と、乗り継ぎによる抵抗感を緩和させる直行運転（たとえば郊外住宅地から都心部への直行路線）が可能な点である。交通機関を利用する際の乗り継ぎが、利用者にとってプラスに働く場面はほとんどないため、利用者ニーズを考慮した運用方式の高度化は重要な検討課題の1つといえる。その他、軌道系交通システムに対するバス輸送システムの主な利点について、定性的には以下のように整理できる。

- ・需要の変化に応じて、設計基準の変更を行うことが可能であること。
- ・比較的安価なインフラ整備費用、及びより短期間での整備が可能であること。
- ・輸送容量は路線全体で一定である必要はなく、需要の分布に応じた柔軟性の高い運行形態をとることが可能であること
- ・幹線－支線接続、および直行運転の組み合わせにより、低密度地区へも乗り換えなしで運行可能であること。
- ・重要な区間の整備を優先的に実施しても、路線全体のサービス提供が可能であるような段階的整備の柔軟性が高いこと。

上記の点を検証するため、第 4 章では、計画段階から開業に至るまでの段階的なインフラ整備プロセスに関して、BRT を導入した海外諸都市の事例を通して分析を行う。

### 3.6.2 運賃収受方式の高度化

運賃収受方式は、車外で行う場合と車内で行う場合に区分できる。

#### (1) 車外運賃収受方式

車外運賃収受方式は、乗降施設と車両の設計に大きな影響を与える。乗降施設に関連した運賃収受方式の高度化の例として、海外諸都市で導入されている **BRT** では、従来の路線バスとは異なり、バス停やターミナルでの停車時間を減少させるために、運賃収受を車外で行い、車両の複数の扉から同時に乗降するシステムを採用している場合が多い。この運賃収受方式には、待合空間に入る際に予め運賃を支払う鉄道駅の改札のようなシステムと、乗車する前に券売機で乗車券を購入するシステムがある。

前者については、乗降施設の占有面積の関係から、全てのバス停でこの方式を行うことが困難であり、一般には、中央走行バス専用道路の整備とあわせて、道路空間上に設置される例が多い（図 3-22）。

後者については、バス車内で検札員もしくは自動検札機により検札を行う場合と、信用乗車方式と呼ばれる欧州の **LRT** にみられる方式がある（図 3-23）。この方式のメリットは、どのドアからも乗降が可能のため表定速度が早くなること、および車内で運賃収受を行う必要がないことから巨大な運賃箱を設置が不要であり車内の通路を広くとることができること、などがあげられる。またいずれの場合も、無賃乗車が問題となってくるが、欧州では私服の職員による抜き打ち検札を行い、不正乗車の場合には理由如何に関わらず高額な反則金を課している。しかし、わが国では、慣例上高額な反則金を設定することができず、確実に運賃収受を行う必要があるため、上記の運賃収受方式を採用している例はない。

したがって、車外運賃収受方式を行った場合に、どの程度の時間短縮と輸送能力向上につながるかについては、わが国での実証的な検証は困難なため、海外諸都市で観測されたデータに基づき評価を行う必要がある。



図 3-22 バス停の改札（Bogotá）



図 3-23 バス車内の検札機（Rouen）

## (2) 車内運賃収受方式

車内での運賃収受は、わが国をはじめ、一般的な路線バスで採用されているシステムである。このシステムは、歩道上のバス停に特別な券売機等を設置する必要がなく、需要があまり多くない停留所や、オフピーク時において有効である。近年では、車内運賃収受の新たな方式として、IC カードあるいはスマートカードと呼ばれる非接触式のカードが開発され、ソウルでは地下鉄とバスの運賃支払い、および乗り継ぎ割引に対応している（図 3-24、図 3-25）。わが国でも、いくつかのバス事業者を導入されており、首都圏でもまもなく導入されることになっている。このシステムが広く普及し、ほとんどのバス利用者が IC カードを利用すれば、乗降時間の短縮につながる可能性が高いと考えられる。米国の BRT ガイドライン<sup>5)</sup>では、車内での運賃収受方式別の利用者 1 人あたりのサービス時間について、表 3-9 のように観測値と既定値が示されている。

しかし大城ら<sup>22)</sup>の研究で指摘されているように、バスの乗降時間には運賃収受方式以外の要因も影響しているため、単純な既定値とはならない可能性がある。したがって、運賃収受方式の違いに着目した実際の観測データに基づき、乗降時間に与える要因を分析した上で、輸送計画に反映する必要がある。



図 3-24 IC カードリーダー（ソウル）



図 3-25 IC カード（ソウル）

表 3-9 運賃収受方式別の利用者 1 人あたりの乗車サービス時間<sup>5)</sup>

運賃収受方式	乗車サービス時間（秒 / 人）	
	観測値	既定値
事前支払い（無料・定期等含む）	2.25～2.75	2.5
チケット、トークン	3.4～3.6	3.5
スマートカード	3.0～3.7	3.5
現金（両替・おつり）	3.6～4.3	4.0
Swipe カード・Dip カード*	4.2	4.2

\*溝に当てて後か前に引き抜くタイプ、あるいは下に差し込むタイプ



### 3.6.3 ITS 技術と情報提供に関する高度化

バス輸送システムを高度化し、都市内の基幹的交通システムの代替案として、他の軌道系交通システムと同等のサービスを行うためには、定時運行を行うことで利用者の信頼性を高め、高速性を有しかつ安全なシステムであることが求められる。そのためには、鉄道や新交通システムと同様に運行状況をモニタリングし、迅速な運行管理を行う必要がある。また利用者に対しては、バスの到着時刻情報の提供や乗降時間を短縮させるなど、利便性を向上させる必要がある。第 1 章で示したように、ITS 技術の適用は BRT システムの主要な要素の 1 つであり、上記の課題に対応するための重要な要素となっている。ここでは、バス輸送システムを高度化するための要素である ITS 技術についての動向を整理し、バス輸送システムの運行を支援する各種の技術に関する考察を行う。バス輸送システムに関連する具体的な技術としては、車両自動位置情報の自動把握と運行管理、電子運賃収受システムと乗降客数の自動把握、利用者への情報提供等があげられる。

#### (1) 車両位置情報の自動把握と運行管理

バスの車両位置情報を自動把握については最新の技術というわけではなく、わが国でも、バスロケーションシステム、あるいはバス運行管理システムと称される、バス車両の位置情報を把握するシステムが多くのバス事業者で導入されてきた。その背景には、バス輸送の定時性の低下が問題視されていた中で、利用者へのリアルタイム情報提供の重要性と、運転手の労務管理を効率的に進めるためにバス運行実績のデータ化が必要であったこと等が考えられる。しかし旧来のシステムは、利用者への情報提供と運転手の労務管理という面では一定の効果を上げたものの、ダイヤの乱れが生じた場合にリアルタイムでバスの運行を制御する仕組みにはなっていなかった。また、バスの位置情報を運行管理に活用するための研究<sup>23)</sup>も行われているが、本来の意味での「バス運行管理システム」とはいえない例が多かった。

近年では、GPS 等の位置特定技術の開発が進み、比較的安価で容易に精度の高い位置情報が取得できるようになっている。海外の諸都市を始め、わが国でも GPS 車載器を搭載したバス車両から得られる位置データをもとに、利用者への情報提供や運行特性の把握に活用されている。また、GPS 等を搭載した車両のことを「プローブカー」といい、道路の混雑状況や、ボトルネックとなっている地点を特定する分析手法の研究が進められている。このシステムは、バスの運行特性の把握やダイヤの作成にも活用されつつある。さらに海外の BRT の導入事例では、把握された位置情報に基づき、バスの運行間隔を制御することでスケジュール通りの運行を可能にし、車両故障時等では中央司令室の管理業務の作業に大きく貢献している。また、インターネットや携帯電話、停留所のディスプレイ等を利用して、バスの利用者にはリアルタイムの情報を提供することが可能となっている。

上記以外の車両位置情報活用の方方向性としては、道路や路面の状況を位置情報をも

とにバス運転手に通知して、バスの事故回避のための支援を行うことが考えられる<sup>24)</sup>。

### (2) 電子運賃收受システムと乗降客数の自動把握

運賃收受方式の高度化は、利便性向上と乗降時間の短縮を図るという観点で、バス輸送システムを高度化するための重要な要素であるとともに、検討課題であることは既に 3.6.2 節で示した。ここでは、ITS 技術を活用した運行管理の視点から考察を行う。

一般に、現在普及しつつある IC カードの利点としては、運賃收受の際の利便性向上のほかに、利用者データの収集と管理という側面がある。IC カードは、これまでの磁気カードに比べて保存できるデータの容量が大きいため、利用者の属性等の情報を持たせることができる。プライバシー保護の観点からデータの利用には細心の注意が必要ではあるが、これまでのバス利用者 OD 調査にかかる費用や労力と比較すれば、より安価で正確な情報を定常的に収集することが可能である。また、従来からある、バス車両の乗降口での自動乗降者計測システムと連動することで、さらに精度の高いデータ収集が可能である。

ソウルの事例では、IC カードにより得られた利用者の乗降実績と利用特性をモニタリングし、収集されたデータに基づく数理モデルを用いてバス運行を最適化する計算を行っている。このモデルにより各路線の適正な配車台数や運行ダイヤが求められ、現場にフィードバックしていく仕組みを構築している。

今後バス輸送システムに対する自治体の関与が求められるという前提に立つならば、市内の全路線の経路や停留所位置、運行スケジュールや運賃制度、民間事業者との委託契約に基づく補助金額の検討において、重要な役割を果たすことが考えられる。

### (3) 利用者への情報提供

ITS 技術の普及によりバス運行情報の利用者への提供が容易となり、一般的に行われるようになった。わが国におけるバス利用者への情報提供は、古くは昭和 50 年の東急コーチ（当時の東急電鉄による迂回型ダイヤモンドバス）で採用され、始発駅の自由が丘駅でのバス接近情報の提供が最初である。これは、自由が丘駅の 1 つ手前のバス停にバスが到着した際に、その接近情報を駅の待合スペースに表示するものであった。

近年では、中村ら<sup>25)26)</sup>の研究にみられるように、バス停における案内情報提供の位置づけと利用者ニーズの分析や、携帯電話やインターネットによる情報提供に対する利用者の満足度等が分析されており、バス輸送に対する情報提供のあり方はほぼ確立されている。具体的には、バス利用者は、バスの位置情報や遅延情報等の動的な情報のみならず、運行スケジュールや運賃、経路情報等の静的な情報へのニーズが高いことが明らかになっており、それらに対応した情報提供が行われている。

このように、近年ではバス利用者への情報提供はごく一般的になっており、バス輸送システムを高度化する上では必須の要素であるが、利用者の特性やニーズに応じた情報提供を行うことが重要である。

### 3.6.4 イメージ戦略とマーケティング

従来、利用者のバス輸送システムに対するイメージは、その信頼性の低さに起因してネガティブな印象が強いとされてきた。バス輸送システムを高度化し、都市内の基幹的交通機関の代替案として導入する際は、その輸送能力やサービスレベルの確保のみならず、利用促進策としてのイメージ戦略とマーケティングの視点も重要となる。マーケティングの基本的な目的としては、従来のバス輸送がもつネガティブなイメージを払拭した新しい輸送システムであることを周知すること、バス車両や乗降施設の設計およびマークの統一などシステム全体のデザインを特徴のあるものにすること、の2点が考えられる。

前者については、バス専用道路等を整備することにより、バスの走行速度と信頼性が向上することを積極的に周知するとともに、バス輸送システムの存在感を高めていくことが考えられる。3.2.4節で示したガイドウェイバスや、欧州で導入されているゴムタイヤトラムも1つの例である。3.3.1節で示したように、1つの方向性として、従来のバス輸送に対する悪いイメージからの脱却を図るとともに、利用者の目に見える新たなブランドイメージを付加することが重要である。快適性の高い停車施設は、利用者の魅力を向上させ、公共交通としてのバス輸送の存在感を示すことができる。

後者については、車両のデザインやシステム全体の色彩やマーク等、従来からあるバスサービスとの違いが明確に出るようにすることなどが考えられる。時刻表や路線図、バス停のデザインや案内板にも統一的なデザインを施す必要がある。また、全国的なインターネット普及を考慮すれば、利用者への情報提供と関連して、時刻表や路線図はもとより、バス停周辺の地図や乗り継ぎ情報等、多様な情報を発信し、利用促進を図る必要がある。



図 3-26 統一されたデザイン（左，右上）と乗り継ぎ情報（右下）(Vancouver)



### 3.7 土地利用計画と高度化したバス輸送システムの連携

第 1 章で示したように、都市交通計画においては土地利用計画と公共交通計画を一体的に考えることが重要であり、互いの相乗効果を考慮して計画を検討すべきである。

公共交通の駅やバス停周辺に、商業・業務機能や住居を集積させる土地利用形態は、公共交通利用を促進するとともに、公共交通利用者の利便性を向上させる。このような土地利用戦略は **TOD (Transit Oriented Development)** として知られ、公共交通システムとの連携のもとで進められるものである。**1980** 年代の米国では、それまでの自動車指向の強かった計画の考え方への反省から **TOD** の考え方がいくつかの都市で導入された。その後、**TOD** の概念はわが国にも輸入され、**Curitiba** や **Ottawa** での戦略的な開発が紹介されるとともに、基幹的な公共交通を有する都市軸（公共交通軸）が注目されるようになった。

例えば、**Curitiba** の都心部から郊外に向かう 5 つのバス専用道路のうちの 4 つは、公共交通軸として沿線の高密度開発を伴って形成され、沿線の地価を高めている。またゾーン規制により、高密度開発をバス専用道路沿線に制限することで、この開発形態を支援している。結果として、**Curitiba** では、土地利用計画と高度化したバス輸送システムが互いに連携することでその相乗効果を生み出している。しかし、わが国では、いくつかの都市交通マスタープランの大きな柱として公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているものの、国内外の経験に基づいた適用可能性と課題の整理に関する議論が十分でなく、具体的なイメージを欠いたまま概念が先行している懸念がある。その問題を考える上では、都市計画あるいは土地利用計画の将来目標に対し、公共交通システムが果たす役割は何か、逆に、土地利用政策が公共交通の利用促進に寄与する部分は何か、といった都市と交通の連携について議論する必要がある。

わが国の都市の多くは、大都市の通勤鉄道と同様に、モータリゼーションの進展よりも前に中心市街地に向かう放射状の幹線バス路線等が存在しており、自然発生的に都市活動が集中していた可能性がある。そのことを検証するためには、実際に日本国内に点在する路線バスの高頻度運行区間の実態に着目し、既存のバス輸送システムと都市計画との関連について考察する必要がある。

本研究では第 8 章において、わが国のバス輸送が高頻度に行われている軸状空間を抽出し、その都市全体の公共交通分担率への寄与の有無、および軸状空間における交通行動特性や人口・商業関連指標の特性とその他の地区のそれとの相違点について分析する。これらの分析を踏まえて、わが国の都市交通計画において公共交通軸の考え方を適用する際に考慮すべき点や課題に関する知見を得ることを目的として考察を行うこととする。

### 3.8 本章のまとめ - 本研究における検討課題 -

本章では、従来のバス輸送計画の枠組みを捉えた上で、高度化したバス輸送システムの計画フレームについて検討し、それらを構成する要素と近年の動向、および本研究における検討課題を示した。検討の結果、本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムの適用領域あるいは方向性として、既存のバス輸送システムの改善方策としての高度化、および都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点をあげた。さらに、それぞれの計画フレームにおいて重要となる要素、および視点を踏まえて、本研究における検討課題を抽出した。検討課題について以下のようにまとめられる。

#### (1) 高度化したバス輸送システムの位置づけ

バス輸送システムの最大の利点は、バス専用道路等の専用走行空間と一般車両が混在する道路を走行可能な運行の柔軟性と、乗り継ぎによる抵抗感を緩和させる直行運転や需要特性に対応した幹線―支線の運行形態をとることが可能な路線計画の柔軟性を有することである。しかし、わが国には上記の柔軟性を十分に活かしたバス輸送を行っている例はなく、導入事例をもとに検証することが困難である。したがって、海外諸都市におけるBRTの導入事例に基づくケーススタディにより、上記の点を含めた多様な評価軸にて考察を行う必要がある。

#### (2) 高度化したバス輸送システムの計画フレームに関わる要素

本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムの導入については、既存のバス輸送システムの改善方策としての高度化、および都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2つの方向性があることを示した。また、前者については、輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化といった視点があり、後者については、代替案比較を行う際の評価の視点が重要であることを明らかにした。いずれの方向性においても、高度化したバス輸送システムの計画フレームに関わる要素について、その工夫や多様化、および制約条件を前提とした評価を行う必要がある。したがって、それぞれの要素に関する前提条件を整理した上で、評価指標と評価手法を検討し、実証的および理論的な評価を行う必要がある。また、都市内の基幹的交通システムとして代替案となる他の交通システムとの比較を行う上で、その評価方法を検討・実施する必要がある。

#### (3) 土地利用計画と高度化したバス輸送システムの連携の可能性

都市交通計画においては土地利用計画と公共交通計画を一体的に考えることが重要であり、互いの相乗効果を考慮した計画の必要性を示した。しかし、わが国では、いくつかの都市交通マスタープランの大きな柱として公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているものの、国内外の経験に基づいた適用可能性と課題の整理に関

する議論が十分でなく、具体的なイメージを欠いたまま概念が先行している懸念がある。その問題を考える上では、都市計画あるいは土地利用計画の将来目標に対し、公共交通システムが果たす役割は何か、逆に、土地利用形態やある種の誘導政策が公共交通の利用促進に寄与する部分は何か、といった都市と交通の連携について議論する必要がある。

#### (4) 高度化したバス輸送システムの計画手法

本章では直接触れなかったが、上記の検討課題に関する分析を行った上で、本研究の最終目的である、高度化したバス輸送システムの計画手法について明らかにする必要がある。具体的には、高度化したバス輸送システムの個別要素に関わる評価や、評価指標間トレードオフの関係に基づき、都市交通計画の策定段階における総合評価の方法論を明らかにする。さらに、財源・法制度に基づくバス輸送の計画手法を構築する必要がある。

### 第3章 参考文献

- 1) 新谷洋二：都市交通計画（第2版）第8章 都市の公共輸送計画，技報堂出版，pp.119-152，2003
- 2) 中村文彦：多様な輸送方式を取り入れた鉄道端末バス輸送手法に関する研究，東京大学博士論文，1991
- 3) 高山純一，宮崎耕輔：バスダイヤを考慮した最適バス路線網再編計画策定に関する研究，土木計画学研究・論文集 No.13，pp. 827-836，1996
- 4) 竹内龍介：利用時の予約行動の影響を踏まえた DRT システムの適用可能性に関する研究，横浜国立大学工学博士学位論文，2004
- 5) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford, and E. Bruhn : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transportation Research Board, 2003
- 6) URBS, Curitiba : <http://www.curitiba.pr.gov.br>, 2005
- 7) 須々木淳：バスレーンにおける一般車の遵守度がバス運行に与える影響に関する研究，横浜国立大学卒業論文，2001
- 8) 中村文彦：都市バス輸送におけるインフラ整備に関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
- 9) 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
- 10) 秀島栄三，赤松俊哉，山本幸司：都市バスシステムのための諸技術に関する一考察—ブラジルと日本の事例の比較による，土木計画学研究・講演集 No.24，CD-ROM, no.358，2001
- 11) 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
- 12) 鈴木尚樹，坂本邦宏，久保田尚：tiss - NET を用いたバス優先策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
- 13) 中村文彦：都市内バス輸送の利用促進策の動向と課題，国際交通安全学会誌 Vol.18，No.3，pp.164-172，1992
- 14) 中村文彦：都市内バスサービスの現状と課題，日交研シリーズ A-120，1998
- 15) ソウル特別市：公共交通体系改編情報（韓国語），  
<http://bus.seoul.go.kr/bus/main.asp>，2005
- 16) 太田勝敏：交通システム計画，交通工学研究会編，技術書院，1988
- 17) 加藤博和，鈴木弘司，高須賀大索：ガイドウェイバスシステム導入による交通状況への短期的影響に関する調査分析—地上走行区間を対象として—，土木計画学研究・論文集 No.19（3），pp.569-576，2002
- 18) 村田康裕，川上光彦，馬場先恵子，中野雅樹，馬場啓輔：バス停のバリアフリー

- 環境向上に関する調査研究－金沢市における事例調査－，土木計画学研究・講演集 No.20(2)，pp.791-794，1997
- 19) 田中聖人：バス停空間整備についての一考察，土木計画学研究・講演集 No.21 (2)，pp.837-840，1998
- 20) 塙綾子：バス停待合空間設計のための基礎的研究，横浜国立大学卒業論文，2005
- 21) H. S. Levinson, S. Zimmerman : Vehicle Selection for BRT: Issues and Options, Journal of Public Transportation Vol.7 No.1, pp.83-103, 2004
- 22) 大城温，大蔵泉，中村文彦：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，第17回交通工学研究発表会論文集，pp.233-236，1997
- 23) 矢部努，大蔵泉，中村文彦：リアルタイム情報を用いたバス運行管理の高度化に関する研究，都市計画論文集 35，pp.451-456，2000
- 24) 一瀬温史：路線バスの事故要因分析と ITS 技術による事故回避可能性に関する基礎的研究，横浜国立大学卒業論文，2004
- 25) 中村文彦，新谷洋二：郊外鉄道端末バスサービスにおける案内情報提供のあり方に関する研究－案内情報サービスの位置づけとニーズの構造分析を中心に－，土木計画学研究・論文集 No.7，pp.155-162，1989
- 26) 中村文彦，牧村和彦，秋元伸裕：顧客満足度指標を用いたバス情報提供ニーズの分析，土木計画学研究・講演集 No.23 (2)，pp.403-406，2000

## 第4章 高度化したバス輸送システムの導入事例における計画手法の整理

### 4.1 はじめに

第3章で示したように、バス輸送システムが他の軌道系システムに対して有している利点は、専用走行空間と一般車両が混在する一般道路をともに走行することが可能な運行の柔軟性や、需要特性に対応した運行形態が可能な路線計画の柔軟性等であると考えられる。従来わが国においては、バス輸送システムは大都市圏における鉄道ネットワークの補完的交通や鉄道端末交通としての役割、あるいは中小規模の都市における主要な移動手段としての役割を担ってきた。しかし、これまでのバス輸送計画は、一般的にはバス事業者が独自に行っており、事業の許認可や停車施設等の道路管理、あるいは優先方策等の交通管理の側面を除いて、行政がバス輸送計画に関わる場面は少なかった。正確には、都市交通マスタープランにおけるバス輸送の位置づけや、新交通等の整備にあわせたバス路線の再編など、行政が立案した都市交通計画の中にバスについての記述が見られるものの、実際に計画された通りの改善が行われることは少なかったと言える。

一方、海外の諸都市においては、バス専用道路等の各種工夫と伴ってバス輸送システムを高度化した **BRT (Bus Rapid Transit)** が注目されている。**BRT** とは、「バス専用道路等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バスをベースとした都市交通システム」として定義され<sup>1)</sup>、多様な走行空間（地上や地下、高架に完全分離された専用走行空間から、幹線道路や街路における混在走行空間に至るまで）・駅（停留所、乗継ターミナル）・車両・ITS 技術等を統合したシステムであり、土地利用計画、および公共交通ネットワークと整合が図られている。近年では、海外諸都市で **BRT** の計画・導入が進められており、特に米国では国家的戦略のもとでの検討が行われている。その他の国においても、**BRT** が都市計画、あるいは都市交通計画の中に明確に位置づけられている例がほとんどである。

本章では、高度化したバス輸送システムの1つの形態である **BRT** について、既存文献で示されている上記の定義に加えて、都市計画や都市交通計画における位置づけが明確になされていること、という視点をあわせて定義した上で、導入事例における計画手法の整理を行うこととする。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯、2) 都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方、3) 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ、4) 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性、以上4つの視点に着目して整理を行う。

## 4.2 バス走行空間の高度化の経緯に関する整理

バス輸送は、基本的に車両が走行できるあらゆる道路での運行が可能な路線設定の容易さと、移動需要に即座に対応できるという柔軟性ゆえに、多くの都市で導入されてきた。わが国でも**20世紀初頭以降**、動力機関を有した車両によるバス輸送が開始され、今日まで都市部における基幹的交通機関、あるいは鉄道等を補完する交通機関として重要な役割を担ってきている。しかし、戦後の高度成長期以降、急速なモータリゼーションによる道路混雑によりバスの走行環境が悪化し、その運行効率が低下とともにバス事業者としての経営状態が悪化するなど、従来のバス輸送を取りまく環境が厳しくなっていることは周知のとおりである。そのような状況下で、バスの走行環境を改善するための各種の方策がとられるようになり、中でも優先方策は、最も改善効果が大きい施策として注目されるようになった。本節では、バスの走行空間における優先方策に着目して、従来のバス輸送から**BRT**の概念に発展する経緯について整理する。

優先方策としての専用走行空間を活用したバス輸送については、それほど新しいものではない。最も古い例としては、**1937年**に米国の**Chicago**で、都市内における世界で初めてのバス専用レーンの導入が行われている。このバスレーンは、路面電車の廃止に伴って確保された道路空間をバスレーンに転用したものであり、主に自動車交通の増加による道路混雑区間に整備された。その後の数十年の間に、いくつかの都市では路面電車の廃止に併せたバスレーンへの転換が盛んに行われたが、これは進展するモータリゼーションへの対応のためであり、バス輸送を基幹的な交通システムとして位置づけたものではない。

**1960年代**になって、米国ではトランジットモールとしてのバス専用走行空間の整備が行われるようになった。これは、都心部における業務活動を活発にさせ、買い物客や来訪者にとっての魅力の向上させるための計画に基づいたものである。初めてトランジットモールが整備されたのは、**1967年**の**Minneapolis**（米国）のニコレットモールであり、それに引き続き、**Chicago**、**Philadelphia**（米国）で整備が行われている。また、**Liege**（ベルギー）では、**1970年代**に従来走行していた路面電車廃線敷を公共交通軸として保存するため、バス専用道路に転用した例がある。

米国における**1960年代**のもう1つの大きな動きは、都市大量公共輸送法の制定と連邦政府の財源の公共交通への積極的な投資を背景としたバス専用道路の整備である。本来の意味でのバス専用道路は、**Washington D.C.**の**Shirley Highway (I-395)**と**Los Angeles**のダウンタウンと郊外を結ぶ幹線道路（**I-10**）上の**El Monte Busway**であり、それぞれ**1969年**と**1973年**に運用が開始されている。**Shirley Highway**におけるバス専用道路は、道路の中央に**2車線**のリバーシブルレーンを設置したもので、段階的な拡張整備によって、現在では約**20km**の延長となっている。ただし近年では、バス専用の規制ではなく、カープールやバンプールを行う車両も走行できるように規制が変更され

ている。

1960年代には、都市内のみならずニュータウン計画時においてもバス専用道路の検討が行われている。イギリスの**Runcorn**ニュータウンでは、バス優先施策としてのバス専用道路の整備計画が1964年に承認され、大規模なバス専用道路が整備されている。ニュータウン内を8の字にループする延長19kmのバス専用道路は、ニュータウン内をほとんど全ての居住区からバス停まで徒歩5分以内でアクセスが可能となるように設計されているとともに、工業団地や商業地区、鉄道駅や学校等と直結されている。この**Runcorn**のモデルは、このあと整備されるニュータウンのバス輸送計画の先駆事例となったが、イギリスの他のニュータウンでは、必ずしも大規模なバス専用道路の整備を行っていない。その多くは、整備コストに見合った工夫や実験により得られた手法の適用と考える方が望ましく、実際に、以降のニュータウン計画では、簡素化されたバス専用道路におけるミニバスの運行や短区間のバス専用リンクの整備が中心となった。

1970～1980年代になって、米国では、モータリゼーションの進展に対応したTSM的な議論展開の中で、バスだけでなく多人数乗車車両も走行可能なHOVレーンの運用（例えば1971年に**Seattle**で運用を開始）や、TDMにおける公共輸送機関の活用が短期メニューとして登場した。このころ、**Curitiba**（ブラジル）では、今日のBRTの先駆事例となったバス輸送システムの運用（1974年～）が始まっている。**Curitiba**の事例に関しては後述するが、バス専用道路と高密度で高度な土地利用政策を伴った5本の都市軸を段階的に整備することにより、公共交通の利用促進を図っている。**Ottawa**（カナダ）では、1976年以降、郊外の住宅地やショッピングセンターの整備がバス専用道路ネットワーク（**Transitway**）整備とあわせて段階的に行われてきた。**Ottawa**では、**Transitway**の整備や乗り継ぎ施設の整備と連動して、沿線の高密度開発や住宅地区への歩行者アクセス道路の確保等が都市計画指針に明示されており、**TOD**（**Transit Oriented Development**=公共交通指向型開発）の典型例として知られている。

1980年には、**Essen**（ドイツ）で、一般車両の進入を物理的に排除したガイドウェイバスの試験的な導入が開始されている。このガイドウェイバスは**O-bahn**と呼ばれ、バス車両の側面に取り付けられた案内輪が縁石（ガイド壁）を捉えて運行するシステムである。その後、このシステムは**Adelaide**（豪州）で本格的に導入され、郊外と都心を結ぶ12kmのバス専用道路が、1986年から1989年にかけて段階的に整備されている。また、英国の各都市（**Leeds, Ipswich, Bradford**）では、一般道路における道路混雑を避けるため、ボトルネックとなっている交差点直前の渋滞長に相当する区間（数百m）にバス専用のガイドウェイが整備されている。

1990年代の半ばになって、都市交通計画におけるバス輸送システムの重要性が再認識されるようになり、安価な整備コストと高い柔軟性をあわせ持つバス輸送システムの概念が形成されてきた。1990年代の後半には、米国を中心として、バス専用道路等を伴ってバス輸送システムを高度化した**BRT**が注目されるようになった。現在では、



表 4-1 海外諸都市における BRT の特徴整理

国名	都市名	人口(万人)	開業年次	主な特徴
米 国	Boston	300	2002	路線名は Silver-Line, バス専用トンネル, トロリー&CNG デュアルモード連節バス
	Charlotte	110	1997	ピーク時に高速道路のバス専用レーンを走行
	Cleveland	200	建設中	中央走行バス専用道路, ハイブリッド (ディーゼル+電気) 連節バス
	Eugene	20	計画中	専用レーン, 低床ガイドウェイバス
	Hartford	80	建設中	鉄道廃線をバス専用道路に転用
	Honolulu	90	1999	急行運行サービス, 特徴的なデザインの連節バス
	Houston	180	1979	高速道路の HOV レーン
	Los Angeles	960	1977	高速道路の HOV レーン, 急行サービス, 低床 CNG バス
	Miami	230	1996	鉄道廃線をバス専用道路に転用, 地下鉄に接続
	New York	1600	1963	高速道路上の逆行バス専用レーン
	Pittsburgh	170	1977	高規格バス専用道路, 急行サービス
	Seattle	180	1990 (一時休止)	バス専用トンネル, デュアルモード (トロリー+ディーゼル) 連節バス
	Las Vegas	45	2003	ガイドウェイバス (光学的追尾方式)
カ ナ ダ	Ottawa	70	1983	大規模バス専用道路ネットワーク, 急行サービス, バス追い越し車線
	Vancouver	210	1996	中央走行バス専用道路, 急行サービス, 軌道系交通機関との接続
イ ギ リ ス	Runcorn NT	10	1973	8 の字型バス専用道路, ニュータウン計画と一体化した整備
	Bradford	45	2001	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁), 交差点混雑区間を回避するバス専用道路
	Ipswich	14	1995	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁), バス専用リンク
	Leeds	70	1995	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁), 交差点混雑区間を回避するバス専用道路
フ ラ ン ス	Rouen	40	1999	ガイドウェイバス (光学的追尾方式)
オ ラ ン ダ	Eindhoven	20	2003	ガイドウェイバス (磁気マーカー感知方式)
ド イ ツ	Essen	60	1980	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁)
	Mannheim	31	1984-2005	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁), LRT との共用走行路により幹線道路混雑区間を回避
豪 州	Adelaide	110	1989	ガイドウェイバス (物理的ガイド壁), 急行サービス
	Brisbane	150	1990	バス専用道路, 都心部バストンネル
	Sydney	170	2003	バス専用道路, 急行サービス
ブ ラ ジ ル	Curitiba	160	1973	土地利用計画と整合したバス専用道路 (都市軸), 高容量 3 連節バス, 事前運賃収受
	Sao Paulo	850	1975	大規模バス専用道路ネットワーク, 島式バス停, バス追い越し車線
	Porto Alegre	130	1978	中央走行バス専用道路, 嵩上げ島式バス停, バスコンボイ運行による大量輸送
	Belo Horizonte	220	1981	中央走行バス専用道路, バス追い越し車線
コロンビア	Bogotá	500	2000	中央走行バス専用道路, 嵩上げ島式バス停
エクアドル	Quito	150	1996	中央走行バス専用道路, 嵩上げ島式バス停, トロリー連接バス, 事前運賃収受
韓 国	ソ ウ ル	990	2004	中央走行バス専用道路, 既存バスネットワークを大規模改編
台 湾	台 北	260	1990	中央走行バス専用道路
中 国	北 京	1390	建設中	中央走行バス専用道路
	昆 明	495	1999	都心部の混雑を回避するバス専用道路
	重 慶	3097	計画中	中央走行バス専用道路
インドネシア	Jakarta	916	2004	中央走行バス専用道路

表 4-1 に示すように、世界中の多くの都市で **BRT** が導入あるいは計画されている。特に米国では、**FTA**（米国運輸省公共交通局）が主導とした戦略的検討により、米国内の都市に対して **BRT** 導入に関する適用可能性の調査や評価実施を働きかける一方、各種助成をおこなっており、都市圏の計画プロセスの中に戦略的に組み込まれつつある。現在、米国内の **10** 都市を **BRT** モデル都市と認定して、デモンストレーションプログラムを実施し広く周知を図っている。

欧州では、米国で導入されている **BRT** のコンセプトのような走行速度や輸送力のみならず、車両デザインと機能を工夫することで、バスがもつ悪いイメージをからの脱却を図ると共に、**LRT** の代替交通機関としての新たな技術開発が行われ、いくつかの都市で実際に導入されている。例えば **Rouen**（フランス）では、**1997** 年に **LRT** の整備計画が検討されたが、予算の関係でコストが安価な **CIVIS** が選択された。**CIVIS** は、光学的追尾方式のガイドウェイバスシステム（走行空間は物理的なガイド壁を伴っていないが、道路上の白線を検知して走行するという点でガイドウェイバスの一種と定義する）である。**CIVIS** は、道路上に白線マーカを検知し、正確に白線に沿って走行する無軌条システムとなっているため、通常のバス専用道路より狭い幅員で運用することが可能となっている。**2005** 年の時点では、専用道路と混在道路からなる **25.6km** のルートが整備されている。

また、米国での **BRT** の成功に影響を受けたオーストラリアでは、**Sydney** や **Brisbane** などで、都市交通マスタープランの中で **BRT** を主要な公共交通システムとして位置づけ、整備が進められている。例えば **Sydney** では、西部の郊外地域に対する交通システムとして、**BRT**（**T-way** と呼ばれる）を選択した。ヒアリングによれば、**BRT** は人口が低密な地域に対する交通システム代替案として最も整備費用が安く、柔軟性を有していると考えられたためである。**T-way** は、都市圏全体で **7** 路線 **95km** の延長となっており、**2002** 年-**2010** 年の間で整備する計画となっている。**2003** 年に運用が開始された **T-way** は、計画延長約 **30km** であるが、現在はそのうち **20km** バス専用道路となっており、既存の道路の未使用空間および他の未整備地域に整備されている。残りの **10km** は、既存の道路におけるバス優先レーンを走行している。また計画では、将来の **LRT** 化が前提となっている。バス専用道路整備の工夫として、各バス停には、セキュリティーカメラ、およびリアルタイムバス情報提供のためのディスプレイを備えており、全てのバス停は車椅子でのアクセスが容易となるような設計となっている。バス専用道路に関しては、バスと緊急車両以外の通行を禁止し、違反車両のナンバープレート検知のための監視カメラが設置されている。

アジアでは、台北（台湾）、ソウル（韓国）、**Jakarta**（インドネシア）などアジア諸都市においても、バス専用道路の整備や路線網の改編等、**BRT** に関連した様々な取り組みがなされ、その他中国等で **BRT** の導入計画が検討されている。わが国における **BRT** の事例としては、名古屋の基幹バスやガイドウェイバスがその概念に相当するものと考えられる。

以上のように、表 4-1 に示した **BRT** の事例の多くは、各都市の都市交通マスタープ

ランや公共交通に関する戦略的検討の中で計画・導入が図られており、バス専用道路や優先信号システムなど様々な設備と工夫が用いられている。このように、北米や欧州、アジア諸都市では都市内の公共交通軸の選択肢の一つとして **BRT** が注目されており、**LRT** 等との比較を詳細に行い、都市の事情に合った選択を行っていると考えられる。

### 4.3 バス専用走行空間の整備の考え方に関する整理

4.2 節でみてきたように、これまでのバス輸送における専用走行空間の整備については、いくつかの考え方が存在している。ここでは、4.2 節で示した経緯に基づき、その導入目的と導入プロセスに着目し分類を行う。

バスの専用走行空間の導入目的としては、①都心部における買い物客や来訪者の利便性向上や魅力向上のためのトランジットモール等としての導入、②ニュータウンの居住者のためのモビリティ確保のための戦略としての導入、③バス優先方策の新たな技術の適用としての導入、④都市内の基幹的交通システムとしてバス輸送を選択し、高度化のための一方策として導入した例、等に分類できる。①の事例としては、**Minneapolis** のニコレットモールや **Portland** (米国) のトランジットモール等があげられる。これらの事例の多くは、基本的にバス以外の車両が進入できないという意味ではバス専用の走行空間であるが、主眼はあくまで都心部における歩行者の回遊性の向上に置かれており、都市内の基幹的な交通システムという位置づけではない。②の事例としては、4.2 節で示した英国の **Runcorn** ニュータウン等、ニュータウン計画の際に居住者のモビリティ確保の戦略として導入された事例がいくつか存在しているが、大規模なバス専用道路を整備した例は少なく、ニュータウンから幹線道路に出る際の短区間のバス専用走行空間（バス専用リンク）の整備が中心となっている。③の事例としては、例えば **Essen** でのガイドウェイバスの試験的な導入等があげられる。**O-Bahn** と呼ばれるこのシステムは、**Adelaide** で本格的に導入されているが、4.2 節で示したような大規模なガイドウェイを整備した例は他都市にはみられず、英国の各都市での一般道のボトルネック区間を回避するためのガイドウェイの整備が中心となっている。④の事例としては、4.2 節に示したように、**Curitiba** や **Ottawa** をはじめ都市計画や土地利用計画と連動した整備が世界的に普及しつつあると言える。

また、専用走行空間の導入プロセスについては、その導入手法および空間確保の方法によって分類できる。導入手法としては、新たな施策・技術を適用するにあたっての技術的検証の側面としての事例と、都市交通計画における戦略的な検討に基づき導入された事例に区分できる。空間確保の方法については、新規のプロジェクトとして道路整備や土地区画整理と連動して専用走行空間を整備した事例と、路面電車等の廃線に伴う軌道敷の転用や道路空間の再配分によって整備した事例に区分できる。

以上の視点に基づき、バス専用走行空間の整備の考え方について整理すると、各事例は表 4-2 のようにまとめられる。このように、バス専用走行空間の整備の目的やプロセス、空間確保の方法には多様なバリエーションが存在している。この多様性は、バス輸送がもつ運行の柔軟性によるものであり、大きな利点の 1 つであると考えられる。

表 4-2 バス輸送における専用走行空間の整備の考え方についての分類

<div>導入プロセス (導入手法)</div> <div>(空間確保)</div> <div>導入目的</div>	新たな施策・技術を適用する際の 技術的検証の側面		都市交通計画における戦略的な 検討に基づく導入	
	新規プロジェクト (道路整備や土地区 画整理との連動)	路面電車廃線敷の 転用等の道路空間 の再配分	新規プロジェクト (道路整備や土地区 画整理との連動)	路面電車廃線敷の 転用等の道路空間 の再配分
①都心部における利便性・魅力向上のためのトランジットモール等として		Minneapolis (米)		Liege (ベルギー) Chicago (米) Denver (米)
②ニュータウン居住者のためのモビリティ戦略として			Runcorn-NT (英) Redditch-NT (英) Irvine-NT (英)	
③バス優先方策の新たな技術の適用として	Leeds (英) Ipswich (英) Bradford (英) 淡路島 (日本)	Mannheim (独)		
④都市内の基幹的交通システムとしてバス輸送を選択し、高度化のための一方策として導入	Essen (独) Rouen (仏) Nancy (仏) Caen (仏) Seattle (米) Adelaide (豪) 名古屋 (日本)	Pittsburgh (米)	Ottawa (カナダ) Vancouver (カナダ) Boston (米) Cleveland (米) Eugene (米) Honolulu (米) Brisbane (豪) Sydney (豪) Istanbul (トルコ) Curitiba (ブラジル) Porto Alegre (ブラジル) Sao Paulo (ブラジル)	Miami (米) Pittsburgh (米) Houston (米) Los Angeles (米) New York (米) Bogotá (コロンビア) Quito (エクアドル) ソウル (韓国) 台北 (台湾) Jakarta (インドネシア)

#### 4.4 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけに関する整理

本節では、海外諸都市に導入されているBRTに関して、それぞれの事例の都市交通計画における位置づけを整理する。BRTは、走行空間等のインフラ施設や運行形態の工夫により、都市内における公共交通システムとして幅広い領域に適用可能である。

例えば、数十万から百万人以上の人口規模の都市において都市内鉄道が整備されていない場合には、その都市の基幹的交通システムの代替案としてのBRTを適用することが可能である。この場合のネットワークの概念としては、図4-1に示すように、都心部を貫通するような複数の幹線バスと、郊外地区の乗り継ぎターミナルで接続する支線バスとの組み合わせによる運行が考えられる。また、4.5節で後述するように、公共交通システムの利便性を高めるためには、乗り継ぎの連続性を向上させることが非常に重要であるため、乗り継ぎターミナルの設計においては、幹線バスから支線バス、あるいはその逆の乗り継ぎにかかる抵抗を緩和させるような工夫が必要である。具体的には、同一ホームでの乗り継ぎや、運賃収受の工夫、到着・出発ダイヤの調整等の運行管理、あるいは、幹線バスから直接支線バス区間に乗り入れる直行バス等、多様な運行方法を導入することが考えられる。このようなBRTによるネットワークの形態をとっている都市としては、Ottawa（カナダ）、Curitiba（ブラジル）、Bogotá（コロンビア）、Quito（エクアドル）などがあげられる。これらの事例では、都市の成長に伴って段階的にバス専用道路等のインフラ整備を行っている例が多く、バス輸送がもつ柔軟性を十分に発揮している。この段階的整備の柔軟性については4.5節で詳述する。

また、すでに鉄道を有している都市では、鉄道輸送の延伸区間への適用や鉄道端末交通としてのBRTの導入が考えられる。前者の例としては、都市交通マスタープラン

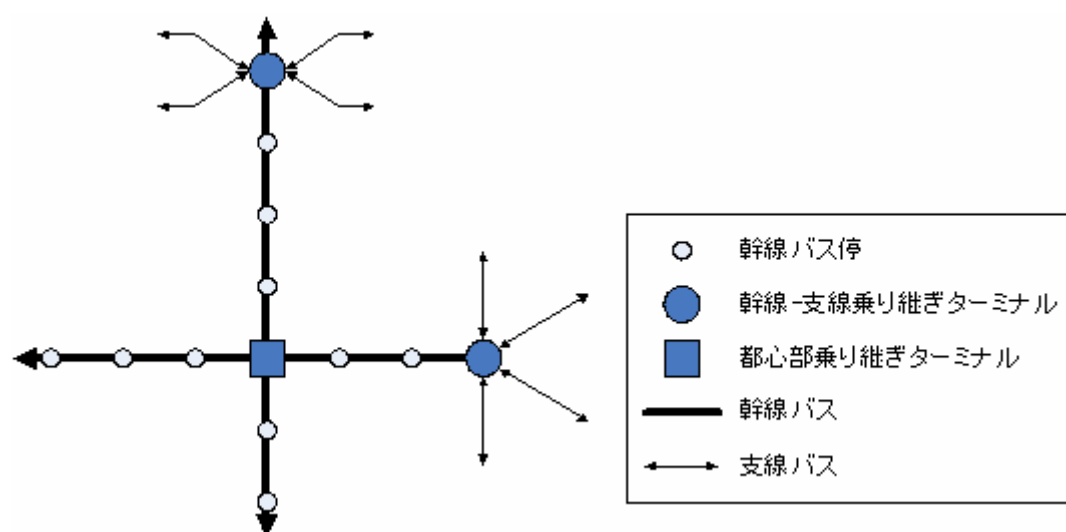


図 4-1 基幹的交通システムとしてのBRTを導入する場合の概念図

で既存の鉄道の延伸計画や輸送力強化（例えば複線化）が示されているものの、延伸区間への整備コストが高く、計画年次の予測需要に対しては鉄道整備が過剰投資となる場合に、その延伸区間の整備代替案としてBRTの導入が想定される（図4-2）。このようなネットワークの形態をとっている例として、Miami（米国）では、都市高速鉄道の終点駅に接続する約8kmのバス専用道路が整備されており、同区間ではBRTの整備前に比べて公共交通の分担率が50%増加したという報告がされている<sup>4)</sup>。後者についても、鉄道の延伸と同様の考え方で、鉄道駅での乗り継ぎの連続性を高める工夫を行うことで、BRTを適用することが考えられる（図4-3）。

さらにBRTは、必ずしも都市内の公共交通システムとしての最終形である必要はない。すなわち、都市の成長、あるいは将来の移動需要の増加に対応して、BRTよりさらに輸送力が高い鉄道等の軌道系交通機関へ変更するという代替案が想定される。このBRTから鉄道への変更は、例えば途上国において、より輸送力の高い交通システムの整備が必須となるような需要が見込まれた場合に、自治体の財政状態に照らし合わせて検討を行うことが考えられる。つまりBRTの路線上において、将来に渡って、1時間あたり数万人以上の

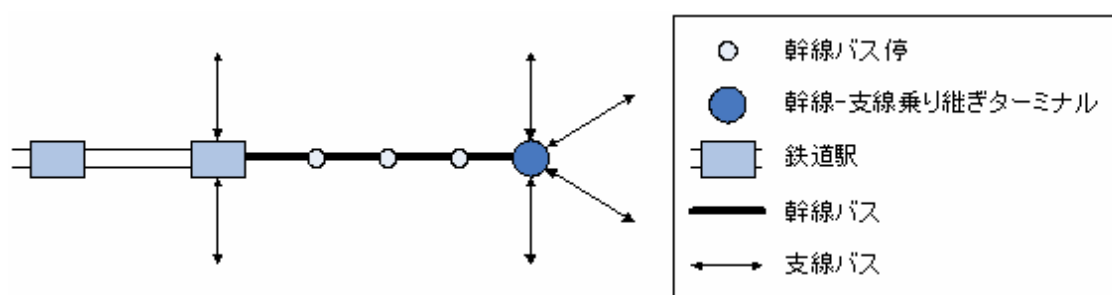


図 4-2 鉄道の延伸区間として BRT を導入する場合の概念図

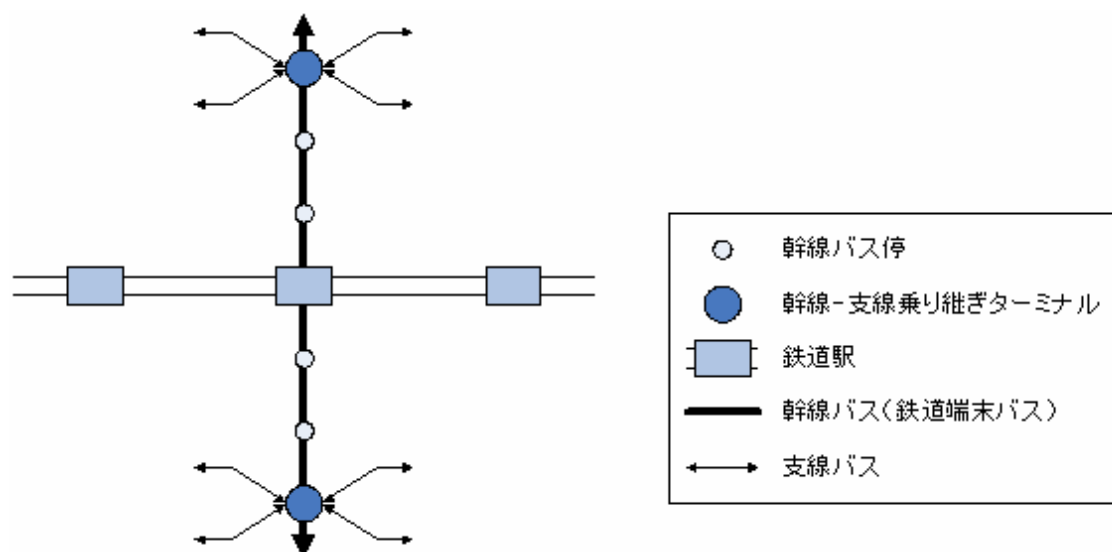


図 4-3 鉄道端末交通システムとしての BRT を導入する場合の概念図

需要が予測される場合に、軌道系システムへの変更を行うだけの財政的な裏づけを議論する必要がある。また、将来の軌道系システムの整備を前提としながらも、現在の需要が鉄道整備に見合っていない場合に、暫定的にBRTを整備するという考え方もある。これは、公共交通システムの計画から全面開業までの整備プロセスを考えた場合、鉄道やLRT等の軌道系交通システムの整備においては、プロジェクトが計画されてから実際に開業されるまでに非常に長い期間を要するか、部分的に開業されていくのが通例である。このため、計画された路線が全面開業するまでは、交通サービスが全く提供されない場合や、部分的に開業された区間以外の移動を行うための乗り継ぎが発生する。交通機関の乗り継ぎが、利用者にとってプラスに働く場面はほとんどないので、乗り継ぎの連続性の確保に十分注意を払う必要があり、仮に十分な注意を払ったとしても、結果的にサービスレベルが低い状態が続くことになる。一方、BRTにおいては、計画されてから実際にサービスを開始するまでの期間は軌道系に比べ短いと考えられる。仮に、バス専用道路が部分的にのみ整備されたとしても、バスは一般道を走行することが可能であるため、利用者に乗り継ぎの負担を強わずに路線全体としてのサービスを提供することが可能である。また、将来の軌道系システムへの変更を前提とした場合であっても、早い段階で高いサービスレベルを有する交通システムを整備しておくことで、将来に渡っての公共交通利用の促進に資する、利用者への視覚的なイメージを与えることができると考えられる。このような考え方にに基づきBRTを整備している事例としては、Sydney（豪州）、Jakarta（インドネシア）等があげられるが、現在までにBRTを鉄道に変更した都市は存在しない。また、CuritibaやBogotá等にみられるように、断面輸送力が1時間当たり1～2万人を超えるような高品質なBRTの運用が行われており、BRTの適用領域は軌道系システムに近づいている。

このように、高度化したバス輸送システムであるBRTの都市内での位置づけには多様な方向性があることが明らかとなった。以上の点を整理すると、都市交通計画におけるBRTの位置づけについては、表4-2のようにまとめられる。

表 4-2 都市交通計画における BRT の位置づけ <sup>3)</sup>

ネットワークの形態	内容	事例（代表例）
基幹的交通システム	都市内基幹的交通システムとしての幹線－支線型ネットワーク	Curitiba（ブラジル） Bogotá（コロンビア）
軌道系システムの延伸	軌道系交通機関の延伸部分への適用	Miami（米国） *北京（中国）
端末交通システム	既存の軌道系交通システムの端末交通機関としての適用	※明確に分類はできない
将来の軌道系への転換	将来の需要に応じた軌道系交通システムへの転換を前提とした整備	**Sydney（豪州） **Jakarta（インドネシア）

\*計画段階、\*\*将来計画（現在はBRT）



## 4.5 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性

都市のモータリゼーションが進展する中で、公共交通輸送の利便性を高めるためには、交通機関同士の結節機能を向上させることが非常に重要である。自動車で移動する際の最大の利点は、発地から目的地までドア to ドアで移動できることである。一方、公共交通システム、特に軌道系交通機関での移動を考えた場合、通常何らかの乗り継ぎをしなければならないため、その抵抗感から利用をあきらめてしまうことが多い。公共交通システムが自動車の利便性に対抗するためには、この抵抗感を少しでも緩和させるため、乗り継ぎの連続性を向上させる必要がある。第3章で示したように、バス輸送システムの利点は、専用走行空間と一般車両が混在する一般道路をともに走行することが可能な運行の柔軟性や、需要特性に対応した運行形態（例えば、乗り継ぎによる抵抗感を緩和させる郊外住宅地から都心部への直行運転等）が可能な点である。

そこで本節では、公共交通システムの乗り継ぎに関する課題を整理した上で、BRTの段階的整備を行っている都市の事例に基づき、段階的整備の柔軟性の観点から考察を行う。

### 4.5.1 公共交通システムの乗り継ぎに関する課題

まず、都市内のバス輸送システムの段階的整備に関する考察を行うにあたって、公共交通システムの乗り継ぎについての課題を整理する。前述のように、都市内の移動手段として自動車と公共交通システムを比較した場合、自動車がドア to ドアでの移動を可能にしているのに対し、公共輸送システムの利用に際しては、鉄道と鉄道、鉄道とバスとの乗換え、さらには鉄道駅やバス停から目的地に行くための徒歩や自転車などの端末交通手段との乗換えが必要となることが大きな違いである。

これまで、公共交通システムの乗り継ぎについては、いくつかの研究が行われている。例えば、待ち時間や上下移動、水平移動などの移動手段別に時間価値を算出して乗り継ぎの一般化費用を定義し、乗り継ぎ抵抗を評価する研究が行われている<sup>5)</sup>。また、バスの乗り継ぎに着目した研究では、乗り継ぎ抵抗について、利用者アンケート調査データから推定されたモデルにより乗り継ぎ1回あたり約10分(待ち時間を含まない)に相当するという結果が得られている<sup>6)</sup>。さらには、公共交通の乗り継ぎ改善のための情報提供の効果について報告されている<sup>7)</sup>。このように、公共輸送機関の計画においては、乗継ぎの回数をいかに少なくするか、あるいは、どのように連続的(シームレス)にし、利用者の負担を軽減するかということが重要な課題となる。乗継ぎの連続性の概念は、以下の物理的、心理的、経済的、時間的の連続性の4つの要素に区分できる<sup>8)</sup>。

物理的な連続性とは、移動の水平距離と垂直距離をできるだけ少なくすることが目標となる。例えば、鉄道同士の乗継では、同一ホーム上で行うことを可能にすることが望ましい。また、Curitiba (Brazil) では、幹線バスの軸上約1.4kmおきに乗継ぎターミナルが整備されており、同一のプラットホーム上で環状バスあるいは支線バス

等に乗り継ぐことが可能となっている。

心理的な連続性とは、具体的には乗り換えに関連する案内情報の問題を意味する。特に交通事業者が異なる場合は深刻な問題となりうる。この場合、表示の形態、色彩、言葉などを統一させ、必要最低限な案内情報を効果的に提供することが望ましい。

経済的な連続性では、乗り継ぐたびに運賃を支払う、あるいは切符を購入して改札口を通るという煩わしさの問題、他の会社線に乗り継ぐ度に初乗り運賃を支払うことで、移動距離に比べて支払う運賃が割高になるという問題を解消することが重要となる。特に欧米で導入されている施策としては、利用する交通機関に関わらず、移動するゾーンで決まった運賃を支払うゾーン運賃制度、あるいは共通運賃制度がある。

時間的な連続性とは、乗り継ぎの待ち時間が少ないことを意味する。米国では、バスの乗り継ぎターミナルで各路線のバスがほぼ同時刻に集結し、利用者が乗り継ぎの際に無駄な時間を過ごさないための工夫がなされている。また、日本の大阪市や盛岡市で実施されているゾーンバスシステムや、幹線バスと支線バスを同一ホーム上で同時発着させるシステムなども見られる。

海外の例を見てみると、**Ottawa**（カナダ）や **Adelaide**（豪州）では、方向別に重複している系統を束ねてバス専用道路を走行し、途中から各目的地へ別れていく運行方式を行っている。この運行方式では、幹線区間から支線区間に入る地点で各目的地へ別れていくため、ゾーンバスより系統数は多くなるが、乗り継ぎは少なくなる。幹線部分は本数が多くなるが、運行制御により運行間隔を調整することが可能であるためダンゴ運転が発生することは少ない。本数の多い時間帯は急行運転が可能であり、所要時間短縮にもつながるので、乗り継ぎ抵抗の軽減策として有効な路線網形態である。また **Porto Alegre**（ブラジル）のバスシステムは同様の路線網形態であるが、自分が乗車すべきバスの位置を明確にするため、予めバスの隊列を形成させる方式を採用している。

#### 4.5.2 都市内バス輸送における段階的インフラ整備に関する事例整理

公共交通システムの計画から全面開業までの整備プロセスを考えた場合、**LRT**や**AGT**等の軌道系交通機関の整備プロジェクトは、計画が策定されてから実際に開業されるまでに非常に長い期間を要するか、もしくは部分的に開業されるのが普通である。このため、計画された路線が全面開業するまでは、交通サービスが全く提供されない場合や、部分的に開業された区間以外の移動を行うためには乗り継ぎが必要となる。**4.5.1**節で示したように、交通機関同士の乗り継ぎが利用者にとってプラスの効果を発生させる場面は皆無であるので、結果的にサービスレベルが低い状態が続くことになる。

一方、専用走行空間を活用したバス輸送においては、計画されてから実際にサービスを開始するまでの期間は、軌道系のそれと比較して短いと考えられる。もしバス専用道路が部分的にのみ整備されたとしても、バスは一般道を走行することが可能であ

るため、利用者に乗り継ぎの負担を与えずに路線全体としてのサービスを提供することが可能である。そして、利用者へ交通サービスを継続的に提供しつつ、バス専用道路の整備を進めることで、段階的にサービスレベルを向上させることができる。

以下では、その典型例として **Curitiba**（ブラジル）、**Ottawa**（カナダ）、**Brisbane**（豪州）をケーススタディとして、段階的整備の柔軟性という観点から考察を行う。

#### （1）Ottawa の事例

**Ottawa** では、1980 年代より基幹的交通機関の整備計画が検討され、バス専用道路と幹線道路上の専用レーン、および一般車との混在道路から構成される **Transitway** が現在までに 60km 整備されている。そのうち、バス専用道路の延長は 26km である。**Ottawa** では、1970 年代に策定された都市交通計画において、都市内の交通システムの代替案としてバスと **LRT** が検討の対象となった。その結果、**Transitway** の整備コストが **LRT** の 50% であること、バス輸送は早い段階で交通サービスを提供できること、バスは郊外での循環運行が可能であること、**LRT** の場合は少なくとも 1 回以上の乗り継ぎが発生してしまうこと、等の理由から、基幹的交通機関として **Transitway** を用いたバス輸送システムが選択された。**Transitway** が提供するサービスは、幹線輸送、フィーダー輸送、急行運転を統合した以下の 2 つの基本サービスパターンからなるシステムとなっている。1 つは、バスは全駅に停車し、軌道系交通機関のような幹線輸送を行っている。2 点目はピーク時間帯にはランプアクセスとして、住宅地区とダウンタウンの間を乗り継ぎ無しでの直行運転を実施している。このように、バス専用道路を活用し、バス輸送が有する柔軟性を踏まえて運行を工夫することで、利用者の利便性を向上させている。

**Transitway** は、まず 1983 年に都心部から東西方向に向かう区間の整備が行われ、現在では、26km のバス専用道路を含む全長 60km のシステムとなっている（図 4-4、図 4-5）。**Transitway** による幹線輸送では、1 日あたり約 20 万人が利用しており、バス輸送システム全体の約 70% を占めている。

**Transitway** の段階的整備の戦略として、従来に行われてきた都心部から優先的に整備する方式ではなく、郊外の **Transitway** から段階的に整備するという方式（outside-in アプローチ）が採用されたことは注目すべきである。このアプローチは、限られた資金の中でより長い区間の整備を可能としてきた。もちろん、都心部の整備は必要不可欠であり、将来の需要の増加に対応して、都心部におけるバス専用レーンとして **Transitway** を整備することが検討されている。このアプローチによる郊外への整備を優先させたことと利用者獲得のためのマーケティング戦略により、公共交通システムの利用者を引きつけることとなり、他の多くの都市で採用された都心部優先の整備よりも、公共交通システム選択に及ぼす影響が大きいことが明らかとなった。また、幹線から支線（郊外）に直接アクセスする運行形態をとったことで、ほとんど乗り継ぎが必要なくなり、より多くの利用者を獲得することに成功している。

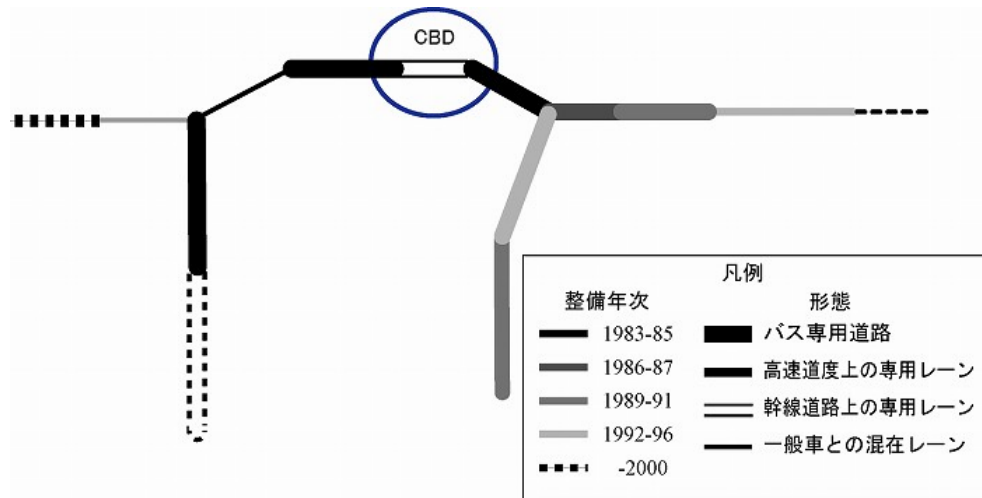


図 4-4 Transitway 段階的整備の概念図 ( Ottawa )

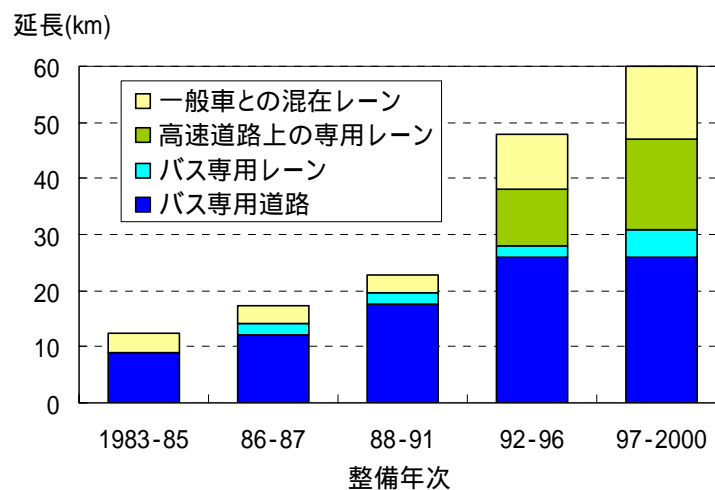


図 4-5 Transitway 整備延長の変遷 ( Ottawa )

## (2) Curitiba の事例

Curitiba は、バス輸送システムを中心としたネットワークを軸とした都市計画によって、持続可能な都市開発を実現している都市として知られている。Curitiba では、1960 年代～1980 年代にかけての都市の成長(年間 4%以上割合で人口が増加)に対応するため、1972 年より都心部から郊外方向に、バス専用道路を伴った 5 本の都市軸を放射状に設定し、土地用途規制と容積率規制によりその沿道を高密度集積化している(図 4-6)。また都市の成長や時代の変化に対応して、段階的に柔軟な都市開発を進めている(図 4-7)。5 本の都市軸におけるバス専用車線は、過去 30 年にわたって段階的に拡張されてきており、1972 年の段階では、5 本のうちの 2 本(延長 20km)に集中投資され、2 年間の建設期間を経て 1974 年にサービスが開始された。当時の利用者数は 1 日あたり 54,000 人であった。1982

年までに、5本の都市軸におけるバス輸送は、1日当たり400,000人の利用者となり、乗り継ぎターミナルや料金収受方法の改良、バス車両および路線拡張の後に、バス輸送システムは1日当たり1,000,000人を越える利用者となった。

その後、6本目の軸として雇用促進軸と称してバス専用道路の整備が行われている。これは、低所得者層が不法占拠していた高压電線沿線を新たな軸として、沿線に職業訓練所や学校を整備し、低所得者層の社会進出を促進している。

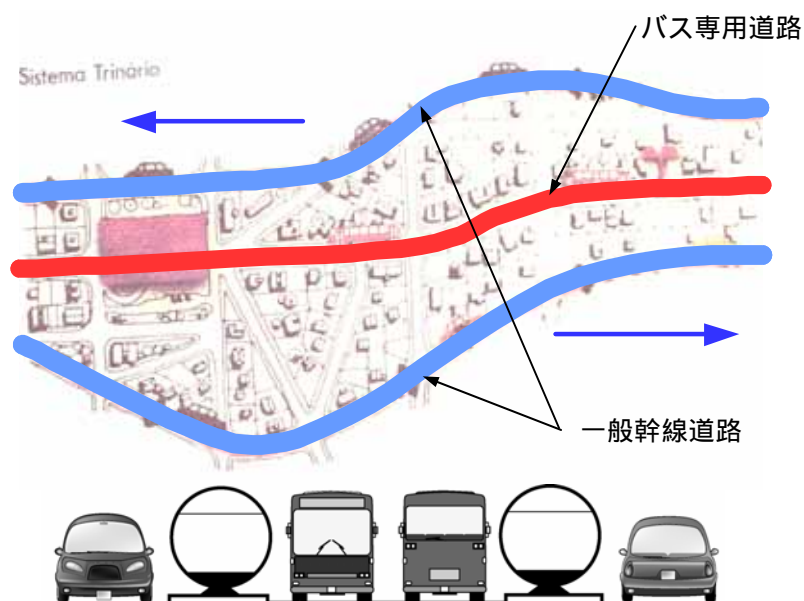


図 4-6 都市軸の平面図とバス専用道路の断面図（真ん中がバス専用道）

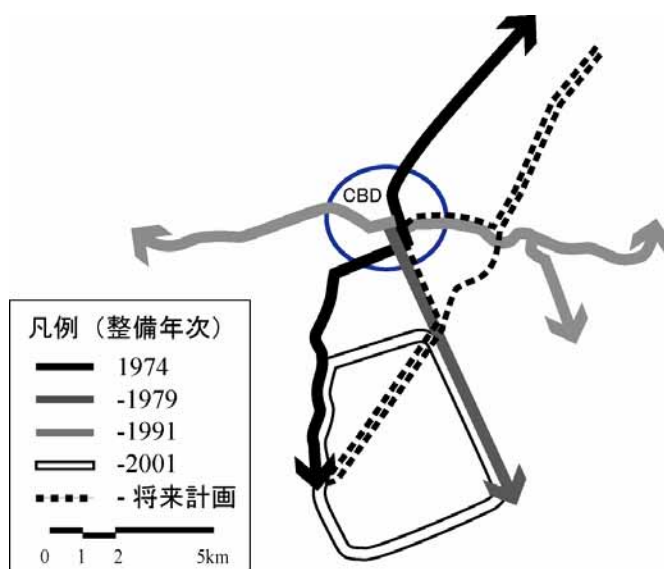


図 4-7 Curitiba におけるバス専用道路（都市軸）の段階的整備

Curitiba では、特に古くから開発されてきた南北の都市軸の発展に伴って、幹線バスを LRT 等の軌道系システムに変更する計画が検討された経緯があるが実現には至らなかった。1980 年代後半に検討された軌道系システムへの変更計画が頓挫した背景には、資金の問題と同時に政治的な問題があったとされている<sup>9)</sup>。1990 年代中頃の時点では、高容量のバス車両等によるバス専用道路上での運用の工夫により、断面輸送力は 14,000 人／時・方向となっており、都市軸がこのまま発展するとしても当面の需要は十分処理できるとしていた。しかし 2000 年代になって、増加する南北方向のトリップ需要に対して、現在の南北軸のバス輸送容量はすでに飽和状態となり、新たな交通システムとして南北の都市軸に並行する国道に沿って、モノレール等の軌道系交通機関の整備計画の策定が行われている。ただし、建設資金の確保が不可能となり、現在では他の都市軸と同様バス専用道路と高容量の 3 連節バスによる輸送が計画されている。このように Curitiba では、限られた資金の中で、都市の成長に応じたバス輸送システムの拡張を行っている。また、バス輸送システムは軌道系システムと比較して、計画の見直しの際にも柔軟な対応が可能なシステムであるといえる。

### (3) Brisbane の事例

Brisbane では、1995 年に市内におけるバス専用道路整備の戦略的な検討が開始されており、都心部から放射方向 5 本（東・西・南東・南西・北方向）のコリドー上に合計 75km のバス専用道路整備する計画が公表されている。バス専用道路の整備効果として、バス車両の運用効率化、ランニングコストの削減、地域への波及効果の最大化等が謳われている。現在のところ、この 5 本のバス専用道路計画のうち 2 本（South East Busway, Inner Northern Busway）が整備されており、バスの運用が行われている。なお後者については、段階的にバス専用道路整備プロジェクトが進行中である。

South East Busway は、都心部から南東方向に伸びる高速道路に並行する形で計画された 2 車線、延長 16.6km のバス専用道路である。このバス専用道路は、主に平面区間からなり、一部高架区間（約 2 km）と地下トンネル（約 1.6 km）から構成され、将来的に LRT への転換が可能なかたちで設計されている。都市間高速道路に並行する区間では、すでに開通していた 6 車線の高速道路の北側の一部区間（8.8 km）に、あらかじめ 2 車線の用地が確保されており、この区間をバス専用道路として整備している。

また、市の南東部から都心部への渡河部においては、新たにバス専用の橋梁を建設するのではなく、既存のビクトリア橋（4 車線+歩道）を活用している。具体的には、もともと 4 車線あった一般車両の車線を 2 車線に減らし、西側の 2 車線を終日バス専用道路にすることで、South East Busway に接続しており、道路空間の再配分事例として注目される（図 4-8）。現状の一般車の交通量を見る限り、ピーク時には若干混雑しているものの一般車の大きな混乱はなく、他の経路へ迂回するなどの対応が行われているものと推測される。

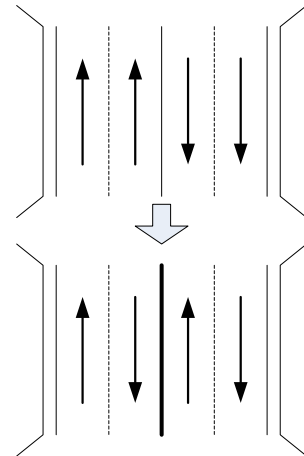


図 4-8 4 車線道路（橋梁）のうち 2 車線をバス専用道路に再配分した例

South East Busway を走行するバス路線の終点は、都心部の **Queen Street Bus Station** であり、現在は完全地下化されている。地上部は 4 ブロック相当が歩行者モール（**Queen St. Mall**）となっている。このモールは、もともと一般車が走行できる道路であったが、1980 年代に都心部の来街者数の減少による衰退などを契機に、1987 年に完全モール化されたものである。その後、バス専用道路の整備計画に基づいて、この地下部分にバスターミナルを整備することとなり、バス専用道路を走行する路線を含む合計 60 以上の路線が乗り入れている。

South East Busway の利用者数は、整備が完了した 2001 年の前後で 42% 増加し、現在は 1 日あたり 6 万人の利用者数となっている。市当局によれば、自動車利用者からの転換は年間 375,000 人に上ると推計されている。

Inner Northern Busway は、都心部から市の北部に向かうバス専用道路として計画されており現在は整備が段階的に進んでいる。2004 年 2 月現在で 2.8 km が完成し、整備が完了していない区間は一般道をバスレーンとして運用されており、大学や大規模病院等の主要施設とリンクしている。最終的には、路線バスと緊急車両のみが走行できる 4.7 km のバス専用道路になる計画である。

また、将来バス専用道路の整備が予定されている一般道路区間において、都心部と市の北部を結ぶ路線が集まる地点に、ショッピングセンターが立地されている。このショッピングセンターの敷地内にはバスターミナルが整備されており、ターミナルの整備用地はショッピングセンター側から提供されている。これは、ショッピングセンター計画時に、容積率を緩和することと引き換えに、バスターミナル設置のための用地を提供させたためである。このほか、**Brisbane** は大学や病院等の大規模集客施設の建設に際し、バス専用道路沿線の駅（停留所）に併設させるように誘導しており、バス輸送のためのインフラ整備の新たな手法として注目される。

#### (4) 本節のまとめとわが国における段階的整備の可能性

本節では、公共交通システムの乗り継ぎに関する課題を整理した上で、**BRT**の段階的整備を行っている都市の事例に基づき、段階的整備の柔軟性の観点から考察を行った。

この結果、**Ottawa** や **Curitiba** に見られるように、都市内の基幹的交通システムとしてバス輸送システムを選択することで、限られた資金の中でより長い区間へのバス専用道路の整備と、都市の成長に応じた段階的な輸送サービスの提供を行うことが可能であることが明らかとなった。また、**Ottawa** のように郊外への整備を優先させ、利用促進のためのマーケティング戦略を行ったことや、**Curitiba** のように、早期に都市軸としての位置づけと土地利用の方向性を明示することで、公共交通システムの利用者を引きつけることとなり、他の多くの都市で採用された都心部優先の整備よりも、公共交通システム選択に及ぼす影響が大きいことが示された。さらには、**Brisbane** にみられるように、バス専用道路を伴ったバス輸送システムの整備と大規模施設の立地誘導による工夫を行うことで、他の移動手段からバスへの手段転換を促進する可能性があることを示した。このように、バス輸送は専用走行空間を活用することで、都市内の基幹的交通システムとしての役割を十分果たすことができる可能性を示した。また、バス輸送は段階的なインフラ整備が可能という点、不確実性への対応が軌道系交通システムに比べて容易であるという点を示した。これらの考え方は、今後都市内の基幹的交通システムの整備を検討しているアジア諸都市においても適用可能であり、都市交通計画の代替案として考慮する意義は大きい。

一方、わが国においては、少子高齢化による人口と移動需要の減少に伴い、今後大きな成長が見込まれる都市はほとんどないと考えられる。都市計画においては市街化区域から市街化調整区域に変更する逆線引きによる市街地の縮減の動きも見られつつある。また、交通の視点から見れば、地方都市のローカル鉄道の廃止に伴う代替バスの運行が増えつつあり、今後わが国では必ずしも都市が成長あるいは拡大するばかりではなく、その逆の方向に進んでいく場面が想定される。その意味では、土地利用計画や都市交通計画においては、これまでのように計画年次を想定した単調増加の考え方だけでなく、都市の成熟の度合いに応じた計画目標を設定することが重要となる。例えば、4.4 節で示したような、将来の需要に応じた **BRT** から軌道系交通システムへの転換を前提とした計画だけではなく、逆に、既存の鉄道から **BRT** への変更についても議論の余地があると考えられる。ただし、それは鉄道からバスへのグレードダウンという考え方ではなく、例えば鉄道に相当する需要が将来見込めない（需要の減少）局面が想定された場合、現在の鉄道を廃線にし、軌道敷をバス専用道路化して都市内における多様な運行形態を行うといったことも考えられる。この場合、鉄道の運行費用と **BRT** の整備・運行費用とのコスト面の比較が前提となるが、都市全体での公共交通サービス等の評価指標と照らし合わせて検討を行う必要がある。

以上のように、バス輸送システムは都市の成長だけでなく、成熟の度合いに応じた段階的整備の柔軟性が高いことが示された。



## 4.6 本章のまとめ

本章では、高度化したバス輸送システムの1つの形態である **BRT** に関して、海外諸都市の導入事例に基づき、その計画手法について整理を行った。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯、2) 都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方、3) 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ、4) 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性、以上4つの視点に着目して考察を行った。その結果について以下にまとめる。

第1に、バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯に関しては、1930年代の米国において、道路混雑を回避するためのバス優先方策としてバス専用レーンが導入されたのを始めとして、1970年代以降、今日の **BRT** の概念が生まれてきた。走行空間の高度化の経緯に着目すると、**BRT** の導入都市では、都市交通計画の中に基幹的交通システムとしてバス輸送を明確に位置づけ、他の軌道系システムとの代替案比較に基づいて、各都市の事情に合った選択を行っていることが明らかになった。

第2に、バス専用走行空間の整備の考え方について整理すると、都心部におけるトランジットモールやニュータウンにおけるモビリティ戦略として、あるいは、都市内の基幹的交通システムにおける優先方策としてなど、整備の目的やプロセス、空間確保の方法には多様なバリエーションが存在していることが明らかとなった。この多様性は、バス輸送がもつ運行の柔軟性によるものであり、大きな利点の1つであると考えられる。

第3に、高度化したバス輸送システムである **BRT** の都市内での位置づけに着目すると、幹線的な輸送システムや軌道系システムの延伸、あるいは鉄道端末交通としての導入が行われていることが分かった。また、将来の移動需要に応じた軌道系システムへの転換を前提とした整備が行われている都市も存在しており、バス輸送システムがもつ運行の柔軟性を活かした計画が可能であることが明らかとなった。

第4に、**BRT** の段階的整備を行っている都市の事例に基づき、その柔軟性の観点から考察を行った結果、都市内の基幹的交通システムとしてバス輸送システムを選択することで、限られた資金の中で、都市の成長に応じた段階的な輸送サービスの提供を行うことが可能であることが明らかとなった。また、郊外への整備を優先させ、利用促進のためのマーケティング戦略や、早期に都市軸としての位置づけと土地利用の方向性を明示することで、公共交通システムの利用者を引きつけることが示された。また、バス輸送は段階的なインフラ整備が可能という点、不確実性への対応が軌道系交通システムに比べて容易であるという点を示した。以上の考え方は、今後都市内の基幹的交通システムの整備を検討しているアジア諸都市においても適用可能であり、都市交通計画の代替案として考慮する意義は大きいと考えられる。

#### 第4章 参考文献

- 1) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford, E. Bruhn : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transportation Research Board, 2003
- 2) G. Sigurd : Urban Transportation Systems, Chapter9 「Bus Rapid Transit」, The McGraw-Hill Companies, pp.383-420, 2002
- 3) L. Wright : Bus Rapid Transit Planning Guide, GTZ, 2004
- 4) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, S. Rutherford, R. L. Smith, J. Cracknell, R. Soberman : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 1: Case Studies in Bus Rapid Transit, Transportation Research Board, 2003
- 5) 加藤浩徳, 石田東生, 加藤新一郎, 芝海潤 : 乗継利便性向上の視点から見た鉄道駅施設改良による便益計測モデルの構築, 土木計画学研究・講演集 No.23(1), pp.535-538, 2000
- 6) 佐藤寛之, 青山吉隆, 中川大, 松中亮治, 白柳博章 : 都市公共交通ターミナルにおける乗継抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.24, P.96, 2001
- 7) 牧村和彦, 佐藤和彦, 中村文彦 : 公共交通乗り継ぎ改善のための情報提供に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 No.19 (2), pp.767-770, 1996
- 8) 中村文彦 : 都市における公共交通計画の課題ー公共交通指向型開発 (TOD) への期待ー, 高速道路と自動車, 第39巻, 第8号, pp.7-11, 1996
- 9) 中村文彦 : クリチバ市の都市交通-公共輸送を軸とした持続可能な都市開発の方向性, 交通工学 Vol.30 No.5, pp.33-40, 1995

## 第5章 高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化と計測方法

### 5.1 はじめに

都市交通計画における公共交通サービスの重要性が指摘されて久しい。近年では、いくつか地方都市の都市交通マスタープランの大きな柱として、都市の骨格を形成する公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているが、軸となる交通機関が明示されていないものが多く、具体的なイメージを欠いたまま、公共交通軸の概念のみが先行している懸念もある<sup>1)</sup>。一方、海外に目を向けると、都市規模や土地利用の成長に対応した都市交通サービスのあり方が問われており、LRTとともにバス輸送の役割が大きく見直されている。特に、第1章で示したように、バス車両をベースとして高度化された交通システムとしてのBRT（Bus Rapid Transit）が注目されており、世界各都市で土地利用との整合が図られながら計画、導入が進められている。わが国においても、BRTの概念が紹介されつつあるものの<sup>2)</sup>、その技術的側面が大きくクローズアップされているきらいもある<sup>3)</sup>。

また、近年わが国では、中央省庁等改革を契機として各省庁の政策について自ら評価を行うことを基本とし、政策評価の導入が進められている。2002年4月からは、行政機関が行う政策の評価に関する法律が施行され、法律上の明確な枠組みに基づいて政策評価が実施されることになった。都市計画、都市交通計画の分野においても、幅広い政策を対象とした総合的な政策評価制度の確立、評価が実施されてきている。ここでいう行政評価とは、事業の計画および実施に対し、事業を実施した結果、その目的を満足するものであったかどうかを分析・評価し、次の計画に反映させるというフィードバック機能を有するものであるとともに、市民への説明責任を果たすものであると考えられる。

昨今では、政策評価の導入に伴って、道路整備や鉄道整備プロジェクトにおける体系的評価手法が整いつつあるものの<sup>4)5)</sup>、バス輸送システムやBRTに関する評価手法は明らかにされておらず、その根拠となる性能判定指標（パフォーマンス指標）が体系的に整理されていないのが現状である。規制緩和後、交通サービス提供の責任を負うことが予想される自治体においては、まちづくりの骨格となる交通システムの代替案として高度化したバス輸送システムを検討する場面があるとすれば、そ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担保する評価指標を明確にする必要性が高まっていると考えられる。

また、これまでのバス輸送システムに関する研究においては、事業者・自治体・利用者・沿線住民（環境への影響）といった路線バスの関連主体に個別に着目し、バスの輸送能力や利用者評価、ネットワーク評価など、個別のパーツに特化したものが多く、総合的な都市交通計画という視点を踏まえたバス輸送計画の研究は十分に行われてきてない。例えば、沿道の都市活動は自動車やバスでの移動需要として顕在化し、

自動車需要は道路混雑というかたちでバス輸送に負の影響を与え、一方バスの需要は、停留所での乗降時間に影響を与え、結果としてバス輸送自体のパフォーマンスに帰着する。第 3 章で示したような各種の要素を含んだ高度化したバス輸送システムを代替案として検討する場合には、このようなトレードオフの関係を踏まえた性能評価を行う必要があるといえる。

そこで本章では、このようなバス輸送システムのインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理を行うこととする。具体的には、都市交通としての高度化したバス輸送システムが担う役割に焦点をあて、インフラ整備手法、及び運用の方法論の確立に資する高度化したバス輸送システムの性能評価指標を体系的に整理すること、及び、今後の都市交通計画の政策論を展開するための客観的評価指標の計測方法について、理論的側面と実証的側面から考察することを本章の目的とする。

## 5.2 高度化したバス輸送システムの評価指標設定の考え方

総合的な都市交通計画において公共交通システムを検討・評価する際には、計画策定プロセスの段階ごとに想定される課題を明らかにし、それらを複合的に検証していく必要がある。3.2 節に示したように、一般的な都市交通計画の計画手法としては、現況の問題点を分析・把握し、それらを解決するための計画目標などの計画フレームを設定して具体的な目標指標に置き換え、実行可能な代替案を設定・評価し、施策の効果や実現可能性を評価する手順がとられる。さらには、計画の進捗状況の把握や事後評価、あるいは長期的な戦略を有する計画における不確実性に対応するためのモニタリングを行うことが重要となる。したがって、上記の各プロセスにおいて評価を実施するためには、それぞれ適切な評価指標を設定する必要がある。

しかし 1.1.3 節に示したように、バス輸送システムが本来もつ柔軟性を発揮し、その機能を高度化したシステムを都市交通計画に反映させるためには、多くの課題が残されている。それらの課題の 1 つである供給システム分析の側面においては、コスト構造や輸送力等のシステムの基本的な能力に関する評価や、まちづくりに与える影響の評価があげられる。このことから、本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムを検討する段階として 1.1.3 節に示した、公共交通システムの基本性能評価の段階、代替案を比較検討する段階、まちづくりへの波及効果を評価する段階、の 3 点に着目し、それぞれ評価指標の設定の考え方を整理する。

### (1) 公共交通システムの基本性能評価の段階

都市交通問題の解決を目標として新規に公共交通システムの導入を検討する際は、計画課題を設定した上で、それらの課題に対応できるかどうかを明らかにする必要がある。すなわち、計画代替案の設定を行う際に、政策ニーズや計画目標に対応した適切な代替案を検討する必要がある。代替案を設定する際の評価指標の一例として、公共交通システムの輸送能力があげられる。バス輸送システムの輸送能力に関しては、一般に、1 時間あたり数千人の輸送需要に対応し、10km 程度の比較的短距離の移動に利用される輸送機関と定義され、大都市圏における大量高速輸送機関による幹線交通網の補完や、地方中核都市における基幹的な輸送機関と位置づけられてきた。しかし、第 3 章に示した海外諸都市の BRT 導入事例にみられるように、様々な要素によりバスを高度化することで、バスが本来もつ適応範囲に加え、より大量・高速な輸送を行うことができ、従来のバスと比較して、速度、信頼性等を向上させることが可能となっている。すなわち概念的には、バス輸送システムの個々の要素を高度化することによって、その適応範囲が拡大させることが可能である。しかし、これまでわが国では、バス輸送システムの高度化により、どの程度輸送力の向上に寄与するのかといった分析はされておらず、その根拠となる性能判定指標（パフォーマンス指標）も体系的に整理されていないのが現状である。計画目標に対応した適切な代替案を設定する上で

は、個々の要素がシステム全体に与える影響・効果を把握し、システム全体としての基本性能をより正確に把握するための評価指標を検討する必要がある。

## (2) 代替案を比較検討する段階

代替案の評価は、設定された代替案に関する効果の予測結果をもとに、計画目標に照らし合わせて目標の達成状況を明らかにし、計画主体にとって最も望ましい代替案を選択できるようにするための手法である。同時に、代替案の評価を通してその問題点が明らかになることから、その改善あるいは新規の代替案の設定のよりどころとなるものであり、場合によっては、計画目標の見直しが行われるなど、計画プロセスに不可欠な段階である。

公共交通システムについては、交通需要の変化に対応し個人のモビリティを向上させるために導入されるものであり、それは移動時間の短縮効果や利便性の向上といった利用者への便益をもたらす。またシステムの導入によって、沿道環境の変化等、システムを利用しない人への影響をもたらす場合もある。このように、公共交通システムは、利用者への影響のみならず、複数の主体への影響はきわめて広範にわたる性質をもっている。したがって、都市交通計画においては、影響を受ける主体を明確にした上で複数の視点に基づく評価指標を用いて代替案を比較する必要がある。例えば、発生する交通需要に対応させるために必要な輸送力、走行速度や運行間隔などの供給側のサービスレベルのみならず、システムを導入する際に必要となる空間、整備コスト、沿道への影響等とのトレードオフを考慮し、比較検討を行うための評価指標の設定が必要となる。

## (3) まちづくりへの波及効果を評価する段階

一般に、交通需要のほとんどは都市活動による派生需要であると言われている。すなわち、目的地に存在する施設において、業務、買い物等を行おうとする本源的な需要に伴って発生する移動がトリップである。その意味では、交通の問題は土地利用の間には密接な関係がある。例えば、土地利用の変化は移動の起終点の変化として交通需要に変化をもたらし、交通サービスの変化は、施設立地の優位性を変化させることにより土地利用に影響を与える。別の見方をすると、交通関連施設は都市の施設の 1 つではあるが、交通システムが都市の中の活動をサポートする部分がある一方で、都市が交通システムの機能を十分発揮させるために寄与する部分があると考えられる。このように、都市（土地利用）と交通の間には強い相互作用があり、表裏一体の関係にあるといえる。また、前項で示した公共交通システムの沿道への環境負荷や、その他の波及効果を考慮する必要がある。

まちづくりへの波及効果についても、代替案を比較検討する上での重要な評価指標であり、設定された計画目標に照らし合わせた評価を行う必要がある。また、公共交通システムの整備による波及効果は長期にわたることから、その影響の発生時点に注

意し，将来の需要に対応した維持・運営費用，あるいは沿線への影響を考慮するための評価指標を設定する必要がある。

### 5.3 高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化

本研究では、高度化したバス輸送システムに着目しているが、公共交通システムの代替案を検討する際の評価指標の大枠は、他の軌道系交通システムと大きく異なるものではないと考えられる。そこで本節では、まず、都市内公共交通システムの代替案を設定する際の評価指標の枠組みを整理する。さらに、高度化したバス輸送システムに着目し、代替案の1つとして設定する際の基本性能評価指標、代替案として比較検討する際の評価指標、まちづくりへの影響・効果の評価する際の評価指標、以上3点について整理を行った上で、評価指標の体系化を行う。

#### 5.3.1 公共交通システムの代替案比較における評価指標の枠組み

都市内に導入する公共交通システムを決定する際には、複数の客観的な評価指標に基づく代替案の比較・評価を行う必要がある。交通システム計画は、太田<sup>6)</sup>が指摘しているように、多主体多目的計画であり、その影響はきわめて広範にわたる性質をもっている。このため、代替案の比較・評価にあたっては、このような性質を踏まえた総合的な評価方法が必要とされる。Meyer<sup>7)</sup>は、有効な評価を行うための注意点として表5-1に示すような点をあげている。

表 5-1 代替案評価プロセスにおいて考慮すべき点

項目	内容、考慮点
評価の視点	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価は、意思決定者が直面する主要課題と意思決定事項に焦点をあてるべきであること。</li> <li>・評価基準、評価対象時間軸、検討する要因、および分析範囲と規模は、意思決定の本質に適合したものであること。</li> </ul>
評価の対象	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価は、計画目標・目的と代替案の結果とを関連付けるべきであること。</li> </ul>
評価の関連主体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価は、交通計画・代替案により影響を受ける主体別に行うこと。</li> <li>・交通計画の影響は広範にわたることから、その便益と費用が及ぶ主体を明確に示すことが合意形成の上で重要である。</li> </ul>
評価の時間軸	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画、および交通施設整備に伴う影響は長期にわたることから、その影響の発生時点の分布に注意し、将来の維持・運営費用、あるいは地域開発効果などによる影響を考慮することが重要である。</li> </ul>
評価の単位	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地域交通計画においては、全域のみならず地区別の分析に対応可能な集計レベルで行い、情報提供可能な評価であること。</li> </ul>
実現可能性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価においては、各代替案の実現のための要件（資金、労働力、建設能力、技術力等）を分析すべきであること。</li> </ul>
意思決定者への情報提供	<ul style="list-style-type: none"> <li>・代替案の価値についての情報は、意思決定者に理解しやすく利用しやすい形式で、適時に提供すべきであること。</li> </ul>

\*Meyer<sup>7)</sup>に基づき作成



表 5-1 に示すように、交通システムの代替案評価においては、計画目標・目的に対応した代替案の設定を行った上で、代替案の実施により影響が及ぶ関連主体とエリアを特定し、適切な評価指標により分析・評価を行う必要がある。また、評価指標はさまざまな要因や関連主体を考慮し、網羅的に抽出されていることが望ましい。

Wright<sup>8)</sup>は、公共交通システムの代替案比較における評価項目の概要を示している。具体的には表 5-2 のように、システムコスト、システムのサービスレベル、システムのパフォーマンス、およびシステム導入による波及効果の 4 点について示している。Wright は、全ての都市に共通して最も優れた代替案は存在しないため、各都市の現状および将来の状況を詳細に分析した上で、公共交通システムの代替案について様々な要素を比較検討し、その都市の計画目標に合致した代替案を選択する必要があるとしている。

また 5.1 節に示したように、わが国の公共事業評価の考え方としては、公共事業による様々な効果・影響について整理し、論理的かつ客観的に評価を実施していくための手法が検討されている。また 2004 年には、費用便益分析手法の実施に係る計測手法や考え方などに関して各事業分野において共通的に考慮すべき事項について定めた

表 5-2 公共交通システムの代替案比較における評価項目の概要<sup>8)</sup>

評価項目	評価指標
コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インフラ整備コスト</li> <li>・運行コスト</li> </ul>
システム設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画および事業期間</li> <li>・システムの輸送力</li> <li>・システムの拡張性</li> <li>・システムの柔軟性</li> <li>・維持管理</li> </ul>
パフォーマンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・旅行時間／表定速度</li> <li>・運行頻度</li> <li>・信頼性</li> <li>・快適性</li> <li>・安全性</li> <li>・利用者サービス</li> <li>・システムのイメージ</li> </ul>
波及効果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・経済的な影響</li> <li>・社会的な影響</li> <li>・環境への影響</li> <li>・まちづくりへの影響</li> </ul>

「公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針」がとりまとめられている。そのうち、公共交通システムに関連したところでは、「鉄道プロジェクトの事業評価手法マニュアル 2005（案）」<sup>5)</sup>が示され、鉄道事業における事前評価、再評価、事後評価のそれぞれに対応した評価手法が示されている。一例として事前評価（新規事業採択時評価）については、事業の計画目標を明確にした上で、事業効率、事業による効果・影響、実施環境の3つの視点から事業を総合評価することとしている。この中で、事業効率については、事業実施により得られる効果のうち貨幣換算可能な効果を対象に便益計測した上で、建設投資額等の費用と比較する費用対便益を分析するとともに、財務分析結果から得られる事業収支の見通しから、採算面での事業の成立性を評価する。また、事業による効果・影響については、計画目標の達成度合い、および多元的な効果・影響を評価する。実施環境については、関連主体との調整状況や用地買収の見通し等の事業の実行可能性と、既存の上位計画との整合性をふまえた事業の成立性について評価することとしている。また、事業による効果・影響を把握するための評価指標に関しては、事業の効果や影響を適切に表現できるように、現状からの改善可能性の度合いや政策目標に対する貢献度といった観点から、事業目的や地域の実情をふまえて、評価主体が設定する必要がある。評価指標の設定の一例として、都市内鉄道の事前評価における評価指標の一覧を表5-3に示す。ここでは、評価指標の設定に関して、利用者への効果・影響と社会全体への効果・影響に分類しており、後者については、国土交通省の公共事業評価の基本的考え方の体系を参考に、国土交通省の政策目標に対応した住民生活、地域経済、地域社会、環境、安全の5項目により整理されている。

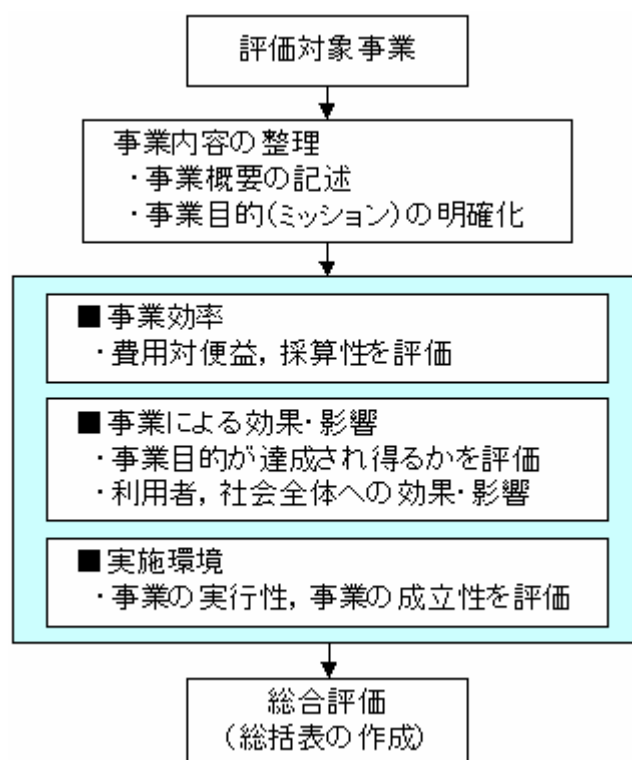


図 5-1 鉄道事業の事前評価（新規事業採択時評価）の体系<sup>5)</sup>

表 5-3 鉄道事業の事前評価（新規事業採択時評価）における評価項目・評価指標の例

評価項目			評価指標（例）
利用者への効果・影響			<ul style="list-style-type: none"> <li>・主要区間の所要時間の変化（〇分短縮）</li> <li>・主要区間の乗換回数の変化（〇回減）</li> <li>・主要区間の混雑率の変化（〇%減）</li> </ul>
社会全体への効果・影響	住民生活	地域の拠点地区へのアクセス性向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象地域の拠点地区からの〇分圏夜間人口（または従業員人口）の変化率（〇%増）</li> <li>※拠点地区は沿線地域の特性を考慮して適宜設定</li> </ul>
		高速交通の結節点へのアクセス性向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象地域の空港・新幹線停車駅からの〇分圏夜間人口（または従業員人口）の変化率（〇%増）</li> </ul>
		鉄道空白地域の解消	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象地域における鉄道駅から徒歩〇分（〇m）圏のカバー人口（夜間人口）の変化率（〇%増）</li> </ul>
		生活利便性の向上	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線から〇分圏に計画されている生活関連施設数（〇箇所）</li> <li>※都市計画決定あるいは誘致決定などにより位置づけられている各種公共施設（公民館、コミュニティプラザ等）、ショッピングストアなどの商業施設、高度医療施設、等</li> </ul>
	地域経済	地域の活性化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線地域等における商業ポテンシャルの変化（〇%増）</li> </ul>
		企業立地の促進	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線地域等における企業立地ポテンシャルの変化（〇%増）</li> <li>・当該事業に併せて沿線の〇〇地区において計画されている企業立地の規模（延床面積〇㎡）</li> <li>※都市計画決定あるいは誘致決定がなされている等</li> </ul>
	地域社会	定住人口の増加	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該事業に併せて沿線の〇〇地区において計画されている住宅開発の規模（床面積〇㎡）</li> <li>※都市計画決定あるいは誘致決定などにより位置づけられている開発</li> </ul>
	環境	局所的環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線の主要道路における自動車起源のNOx、SPMの排出量の変化率（〇%減）</li> <li>・環境基準の達成箇所数の変化（〇箇所増）</li> </ul>
		地球的環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線の主要道路における自動車起源のCO2排出量の変化率（〇%減）</li> </ul>
	安全	道路交通事故の減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>・沿線の主要道路における道路交通事故件数の変化（〇件減）</li> </ul>

\*鉄道プロジェクトの事業評価手法マニュアル 2005（案）<sup>9</sup>より引用

### 5.3.2 高度化したバス輸送システムの基本性能指標

本研究で取り扱う高度化したバス輸送システムの計画フレームについては、3.2.2 節で示したように、既存のバス輸送システムの改善方策として高度化する場合と、都市内に新規に導入する基幹的交通システムの代替案として高度化したバス輸送システムを検討する場合に区分できる。前者の評価項目としては、バス輸送システムの改善にともなう輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化等が考えられる。後者の評価に関しては、現況課題に基づく計画目標に対応した複数の代替案を設定した上で、事業効率や各主体への効果・影響を比較検討することになる。

特に後者に関連して、近年では諸都市で、鉄道とバスの中間的な輸送能力を有し、かつ建設費が比較的安く省力化・省エネルギーが可能な中量輸送システムの計画が進められている。特に海外の多くの都市においては、トラム（LRT）や BRT が導入され、都市内交通として大きな役割を担っている。わが国においても、地方中核都市等の幹線の公共交通機関や大都市郊外の住宅地と鉄道駅を結ぶ交通機関として、モノレールやガイドウェイシステム（AGT）等が各都市に導入されており、今日では、中心市街地の活性化やまちづくりに寄与すると考えられている LRT の導入が複数の都市で計画されている。ところが、バス輸送システムについては、比較的安価な初期投資費用と高い柔軟性を有しているものの、表 5-4 に示されるように、定時性や輸送力が軌道系システムと比較して低いという認識から、わが国ではバス輸送システムが都市内の基幹的交通システムの代替案として設定された例は少なかったといえる。しかし、第 3 章に示した海外諸都市の BRT 導入事例にみられるように、様々な要素によりバスを高度化することで、バスが本来もつ適応範囲に加え、より大量・高速な輸送を行うことができ、従来のバスと比較して、速度や信頼性等

表 5-4 一般的な都市交通システムの基本性能<sup>10)</sup>

交通システム	建設費（含車両費） [ 億円 / km ]	表定速度 [ km / h ]	最大輸送力 [ 人 / km・方向 ]
都市高速鉄道 （地下鉄等）	250～300	32	64,000
モノレール	システム部：30～70 インフラ部：35～75	30	21,000
AGT	システム部：30～65 インフラ部：35～100	27	16,000
路面電車・LRT	25	20～25	11,000
ガイドウェイバス	50	20～30	4,000
路線バス	0	12	2,500

\*都市交通研究会<sup>10)</sup>より一部抜粋。算定根拠は国内の実績値等に基づく。

を向上させることが可能となっている。すなわち、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・財政的な問題のため軌道系交通の整備が困難であった都市において、その代替案としてバス輸送システムの選択する可能性があるといえる。しかし、これまでわが国では、バス輸送システムの高度化により、どの程度輸送力の向上に寄与するのかといった分析はされていないと。計画目標に対応した適切な代替案を設定する上では、個々の要素がシステム全体に与える影響・効果を把握し、システム全体としての基本性能をより正確に把握するための評価指標を検討する必要がある。

以上の点から、バス輸送システムにおける各種の高度化を前提に、公共交通システム計画の代替案として設定する判断基準となる基本性能として、その輸送力と高度化にかかるシステムコストが重要な評価項目となると考えられる。以下に、高度化したバス輸送システムの基本性能としての輸送力とシステムコストの考え方を整理する。

#### (1) 高度化したバス輸送システムの輸送力

交通システムの輸送力は、一般的に、ある条件下で路線上の任意の地点を1時間に通過することができる最大の編成数（バスの場合は車両数）として定義される<sup>10)</sup>。路線上の任意の地点を通過する車両の数である運行頻度は、当該時間帯の路線の運行間隔の逆数であり、路線の運行頻度は、路線上の各断面において運行間隔が最短となる地点により規定される。一般に、利用者の乗降のために停車する駅（停留所）で達成される運行間隔は、路線上の任意の地点よりも必ず大きくなるため、交通システムの輸送力は、停車時間の最も長い駅（最大の乗降客を処理する停留所）の輸送力により支配される。通常、バスの運行間隔は、車両の加減速度や停留所の停車時間、及び信号交差点での遅れ時間を考慮する形で算定を行う。

また、走行空間の特性によってもバスの輸送力は異なる。一般車両が混在する都市部の道路上でのバス輸送においては、上記の要因の他、連続する信号交差点や路上駐車車両の影響を考慮する必要がある。3.3節に示したように、バス専用走行空間は、路面標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類できる。バス専用レーンについては、わが国でも時間帯規制による運用がなされている。ただし、一般車の走行車線と物理的に分離されていないため、バスの運行頻度が低い場合や一般車の交通量が多いピーク時（渋滞時）には、バスレーンを遵守しない車両によりバス専用レーンが機能しないことが多い。バス専用道路は、特に北南米の各都市で特徴的な活用事例が多く見られる。これらの事例は、表3-3に示す一般道路上で物理的に分離されたものと、表3-4に示す一般道路上以外のバス専用道路に区分される。バス専用道路は、一般的にバスと緊急車両以外の通行が規制されているため一般車の混入による影響を受けないが、一般道路との交差点を有する場合には、交差点における信号処理による影響を考慮した輸送力の算定を行う必要がある。

さらに、3.5.2 節で示したように、バスの車両構造も輸送力に影響を与える。特徴的な例として、Curitiba をはじめとしたいくつかの都市では、高容量な 3 連節バス（全長約 25m）による大量輸送を行っている。3 連節バスは最大 270 名の定員を輸送することができるが、利用者が多いバス停ではその乗降にかかる時間を短縮するため合計 5 箇所の扉が設置されている。わが国でも、平成 10 年に運輸省（現国土交通省）により「連節バスの構造要件」が通達され、連節バスが一般路線バスとしても運行可能となり、幕張や辻堂等で連節バスによるバス輸送が行われている。したがって、連節バスを含めた車両構造やバス停の構造が利用者の乗降特性に与える影響、及び 3.6 節に示したような運用の多様化とあわせて輸送能力に与える影響を評価する必要がある。

以上の点を整理すると、高度化したバス輸送システムの基本性能として輸送力を算定する場合の評価指標、および算定方法の考え方については図 5-2 のように記述できる。また輸送力算定の根拠となる関連する前提条件については、表 5-5 のようにまとめられる。

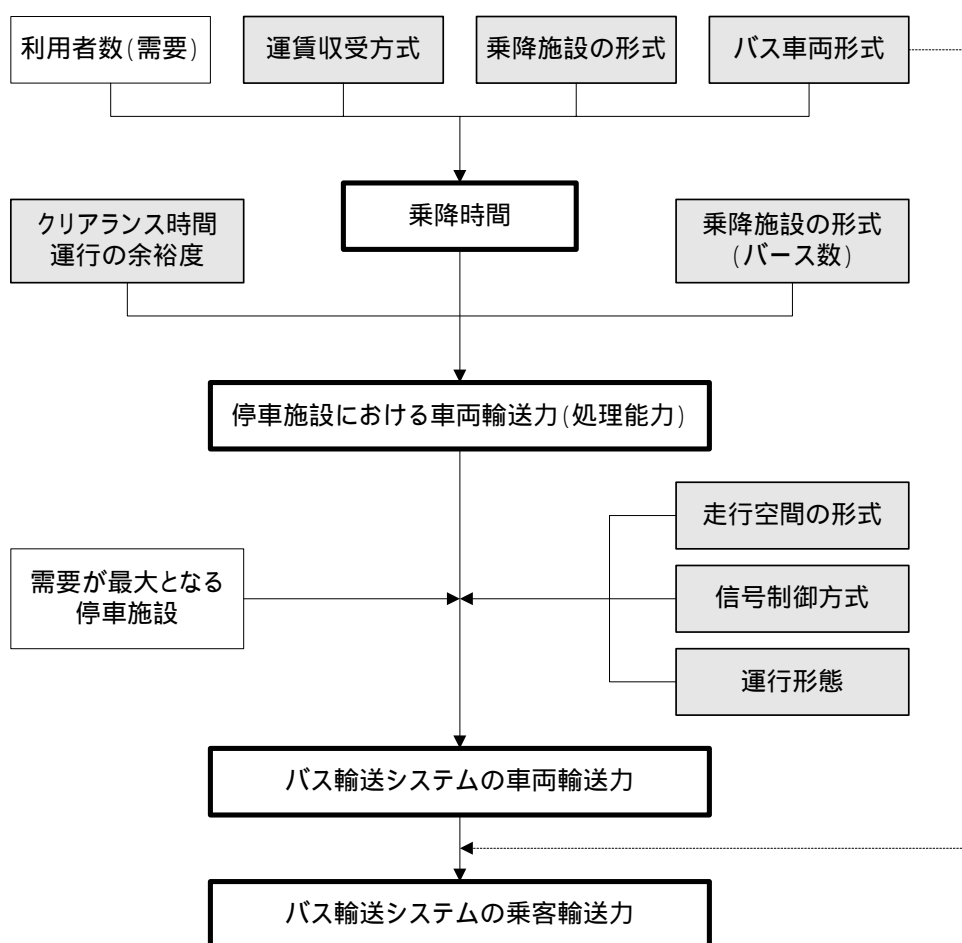


図 5-2 バス輸送システムの輸送力算定の考え方

※太線は、バス輸送システムの基本性能の評価項目  
 ※網掛けは、バス輸送システムの高度化に関連した要素

表 5-5 高度化したバス輸送システムの輸送力算定のための考慮要件

高度化の要素	高度化の例	輸送力の算定根拠となる前提条件
走行空間	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バス専用レーン</li> <li>・バス専用道路</li> <li>・優先信号制御</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・走行速度（最高速度）</li> <li>・信号交差点の処理方式</li> </ul>
停車施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同一レベルでの乗降</li> <li>・乗降施設の配置</li> <li>・追い越し施設</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バスベイの形状</li> <li>・バス停設置間隔</li> <li>・同時停車可能なバス台数</li> </ul>
バス車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大型バス</li> <li>・連節バス（3 連節バス）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・バス車両の加減速性能</li> <li>・バス車両の乗車定員</li> </ul>
運用方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数扉による同時乗降</li> <li>・運賃収受方式</li> <li>・隊列走行</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一人あたりの乗降時間</li> <li>・平均停車時間</li> <li>・バス運行頻度</li> </ul>

## (2) バス輸送システムの高度化にかかるシステムコスト

Diaz ら<sup>14)</sup>は、高度化したバス輸送システムの 1 つの形態である **BRT** の大きな利点は、将来の利用者の増加に対応可能な拡張性を有し、多様な運行形態への適用が容易であることとしている。バス輸送システムを高度化し、新たな公共交通システムとして設計することは、システムに含める複数の要素を選択し組み合わせることであり、それらの選択によるインフラ整備コストを検討する必要がある。

一般に公共交通システムの計画においては、空間的・物理的な制約を受けることが多い。例えば、バス輸送システムに関しては、整備可能な空間が存在しない場合、バス専用道路やデザイン性を重視した停車施設を整備することができない。逆に、諸都市の事例にみられるように、鉄道廃線をバス専用道路に転用することで、費用対効果に優れたシステムを構築することが可能な場合もある。公共交通システムを考えた場合、高い走行速度や信頼性、および安全性を備えていることは理想ではあるが、バス輸送システムの場合、例えば走行空間に関しては、サービスを提供する路線全体にわたって高度化を行う必要はない。すなわち、4.5 節に示したように、一般道が混雑する区間のみを高度化することで、路線全体のサービスレベルを高めることも可能である。

仮に、用地取得にかかる費用が同じであれば、高度化したバス輸送システムの走行空間の典型例であるバス専用道路の整備コストは、軌道系システムの軌道を同じ距離だけ整備するよりも安価である。また、整備後の維持管理に必要なコストも同様であると考えられる。さらに、海外諸都市で導入されている **BRT** の事例を概観すれば、その多くは低床、低騒音、低排出ガス車両を用いており、車内の座席や扉の配置が工夫され、従来からのバスのネガティブなイメージから脱却を図るための特徴的なデザインが施されている。表 5-6 は、各都市の **BRT** の走行空間の特徴とインフラ整備コスト

との関係を示したものであり、いかなる形態の走行空間や停車施設を整備するかによって整備費用は大きく異なることが分かる。つまり、バス輸送システムの高度化に伴うシステムコストは、建設を行う都市や取り入れる要素の形式に依存する。また Diaz<sup>11)</sup>に基づき整理すると、第3章に示したバス輸送システムを高度化するための各要素の整備に必要なコストは表5-7のようにまとめられる。

以上のように、バス輸送システムにおける各種の高度化を前提に、公共交通システム計画の代替案として設定する場合、必要となる輸送力を実現するための高度化にかかるシステムコストを概算した上で検討する必要があるといえる。さらに、車両の運用・配車方式によっては運転手の運用方法も異なることから、これらを考慮した運行コストについてもあわせて検討する必要がある。

表 5-6 各都市の BRT の走行空間の特徴とインフラ整備コストとの関係

都市名	専用走行空間 延長 (km)	整備コスト (億円 / km)	インフラ整備 (走行空間) の特徴
台北 (台湾)	57	0.6	・幹線道路上のバス専用道路
Porto Alegre (ブラジル)	27	1.2	・幹線道路上の中央走行バス専用道路
Quito (エクアドル)	10	1.4	・幹線道路上の中央走行バス専用道路
Leeds (英国)	3.4	1.7	・ボトルネック回避型ガイドウェイ
Las Vegas (米国)	11	2.0	・幹線道路上のバス専用レーン
Curitiba (ブラジル)	57	2.9	・幹線道路上の中央走行バス専用道路
Sao Paulo (ブラジル)	114	3.5	・幹線道路上の中央走行バス専用道路
Pittsburg (米国) ※南線	6.9	4.3	・鉄道廃線敷を転用したバス専用道路
Ottawa (カナダ)	26	5.8	・バス専用道路
Bogotá (コロンビア)	30	6.1	・幹線道路上のバス専用道路 (4 車線)
Brisbane (豪州)	17	13.7	・バス専用道路
Pittsburg (米国) ※西線	8.0	39.5	・バス専用道路
名古屋 (日本)	6.5	57.7	・高架ガイドウェイ
Seattle (米国)	3.4	153.8	・バストンネル
Lyon (フランス)	18	23.6	(LRT)
Bordeaux (フランス)	23	40.5	(LRT)
Portland (米国)	28	43.5	(LRT)
Kuala Lumpur (マレーシア)	29	57.5	(AGT)
Bangkok (タイ)	23	85.0	(AGT)

\*Diaz<sup>11)</sup>, Levinson<sup>12)</sup>等に基づき作成。1US\$=115 円で換算。



表 5-7 バス輸送システムを高度化するための各要素の整備に必要なコスト

高度化要素	各要素	コスト	単位	備考
走行空間	一般道路上のバス専用レーン	1.8－2.1	億円／km	用地費を除く
	平面空間上のバス専用道路	4.7－7.3	億円／km	用地費を除く
	高架バス専用道路	8.6－22	億円／km	用地費を除く
	地下バス専用道路	43－75	億円／km	
	側方ガイド輪によるガイドウェイ	5－	億円／km	用地費除く
	光学式ガイドウェイ	1.3－1.5	億円／車両	※車両搭載システム
	磁気誘導式ガイドウェイ	1.4－	百万円／km	磁気センサー
		5.8－11	億円／車両	※車両搭載システム
停車施設	通常の上屋つきバス停	1.7－2.3	百万円／バス停	
	デザイン性を重視したバス停	2.9－4.1	百万円／バス停	
	プラットホームを備えたバス停	17－288	百万円／バス停	P&R 駐車場等を除く
	乗り継ぎターミナル	0.6－2.3	億円／バス停	P&R 駐車場等を除く
	バスベイ	5.8－6.9	百万円／箇所	
	追い越しレーン	180－208	百万円／km	
車両	通常車両	35－40	百万円／台	
	ノンステップバス	35－43	百万円／台	
	連節バス	48－74	百万円／台	
	3 連節バス	50	百万円／台	※Curitiba
	デザイン性を重視した連節バス	72－184	百万円／台	
	圧縮天然ガスシステム	0－4.6	百万円／台	追加費用
		81－115	百万円	インフラ整備費用
	トロリー／デュアルモード	23－46	百万円	追加費用
運賃収受	ハイブリッドシステム	12－29	百万円	追加費用
	車外運賃収受方式（支払証明）	3.5－6.9	百万円／機	
	車外運賃収受方式（自動改札）	2.3－4.1	百万円／機	
	車内自動運賃箱（現金、トークン）	0.2－0.6	百万円／機	
	車内自動運賃箱（IC カード対応）	1.2－1.4	百万円／機	管理システムを除く
ITS	車内自動運賃箱（磁気カード対応）	1.4－1.6	百万円／機	管理システムを除く
	優先信号制御（システム）	0.5－1.2	百万円／箇所	※平均
	優先信号制御（車載機）	0.1－0.2	百万円／台	※平均
	リアルタイム運行管理（初期費用）	0.9*－18**	億円／一式	*バス 150 台
	リアルタイム運行管理（維持管理）	25*－172**	百万円／年	**バス 1100 台

※Diaz ら<sup>10)</sup>に基づき作成。金額は導入都市の実績値による。

### 5.3.3 代替案として比較検討する際の評価指標

5.3.1 節に示したように、都市内に導入する公共交通システムを決定する際には、計画目標に対応した複数の客観的な評価指標を設定した上で、代替案の比較・評価を行う必要がある。また第3章に示したように、本研究で対象としている高度化したバス輸送システムの計画フレームにおいては、従来のバス輸送システムの枠組みから外れる部分があるため、そのことを考慮した評価を行う必要がある。ここでは、代替案を比較検討する際の評価の視点を整理した上で、評価プロセスに照らし合わせた評価指標設定の考慮要件を整理する。

#### (1) 評価の視点

今日では、多種多様な公共交通システムが開発され、既存の公共交通システムについては、様々な運用方式の導入や技術開発が行われている。また、これらのシステムの導入や改善が、道路交通問題や環境問題の観点から重要となり、潜在的な利用者の特性や沿道の土地利用の特性とあわせて計画される必要がある。したがって、高度化したバス輸送システムの評価指標の設定の際の視点としては、他の公共交通システムの評価と同様に、潜在的利用者を含めた利用者側の視点、計画主体（運行主体）の視点、自動車利用者の視点、沿道住民からの視点の4つに大きく分類できる（表5-8）。さらに、それぞれいくつかの評価指標を含んだ評価項目に分類されるが、各評価指標の間には相互関係（トレードオフ）が多く存在するため、それらの効果を重複して計測することのないように、注意深く検討していく必要がある。また、整理された評価指標を用いて、高度化したバス輸送システムを含めた交通システムの適用可能性について総合的な評価を行う場合には、計画主体（自治体等）の政策判断の際に代替案となる他の交通機関との比較検討に際し、費用対効果や沿線土地利用への影響を加味した評価方法を検討する必要がある。

表 5-8 評価指標設定のための4つの主体

評価の視点	考え方	指標の設定例
利用者	既存の公共交通利用者と潜在的利用者双方を考慮し、サービスの量と質への認識を反映させる。	所要時間の短縮 信頼性、安全性
計画主体 （運行主体）	どの程度、有効かつ効率的にサービスが提供可能かを踏まえ、運行管理に反映する。	輸送力、 費用対効果、 費用効率性
自動車利用者	公共交通システムと自動車との移動時間やコストに関するトレードオフを考慮する。	移動時間の変化、 経路選択の自由度
沿線住民	公共交通サービス提供に伴う沿線への影響、沿道土地利用や交通行動パターンの変化を考慮する。	環境影響指標、 土地利用の自由度

## (2) 評価指標設定の考慮要件

公共交通システムの代替案比較のための評価指標の設定に関しては、都市計画マスタープラン等、計画主体の目標や目的との整合を図る必要がある。以下に、代替案比較のプロセスと考慮要件を整理する。

### ①計画の目標と目的

評価に際しては、定量的に測定・推定可能な指標を設定すべきであるが、検討の初期段階においては必ずしも計測可能性のみを重要視せず、計画主体の政策目標と連動して評価指標を検討することが望ましい。

### ②関連主体・利害関係者・制約条件の特定

表 5-8 に示したように、交通システム導入の際に影響を受ける主体を整理し、それぞれにどのような制約条件が存在するか特定する必要がある。

### ③評価指標の選択とコンセンサスの構築

仮に評価指標を設定しても、指標計測のためのデータの収集が困難な場合、意思決定のためのコンセンサス形成にとって意味のないものになる可能性がある。ただし、その重要性が高い場合は、アンケート調査や代替指標の設定による評価の可能性を検討すべきである。

### ④評価指標の計測可能性・妥当性の検討

実際に設定した指標の計測可能性の検討を行うと共に、評価の際の有意性、妥当性の検証を行う必要がある。

### ⑤評価に基づく政策代替案の比較

設定された指標に基づき、政策代替案における効果・便益の算定を行とともに、事業主体の立場から評価するため財務分析を行う。その上で、費用対効果等の推定と比較を行い、当初の政策目標が達成度、都市全体への影響についての評価を行う。

### ⑥総合評価の実施

上記の結果に基づき高度化したバス輸送システムを含めた代替案について、総合的な評価を行うことになる。

## 5.3.4 都市への影響を評価する際的评价指標

近年では、自動車交通への過度の依存に伴う交通混雑等により都市内で多くの問題が発生しており、都市内の公共交通の重要性が高まっていることは言うまでもない。このような中で、広義の TDM 施策の中に位置づけられる中長期的な課題として、交

通負荷を軽減させるための土地利用戦略の注目が高まっている。需要が都市活動からの派生需要であることを考えれば、単純に自動車での移動を別の手段に転換させるという発想だけでなく、都市活動のあり方にまで議論を広げ、自動車に過度に依存しない公共交通利用の促進を視野に入れた都市計画、およびそれを支援する公共交通システムの検討を行う必要がある。

その意味では、交通の問題は土地利用の間には密接な関係がある。例えば、土地利用の変化は移動の起終点の変化として交通需要に変化をもたらし、交通サービスの変化は、施設立地の優位性を変化させることにより土地利用に影響を与える。別の見方をすると、交通関連施設は都市の施設の 1 つではあるが、交通システムが都市の中の活動をサポートする部分がある一方で、都市が交通システムの機能を十分発揮させるために寄与する部分があると考えられる。このように、都市（土地利用）と交通の間には強い相互作用があり、表裏一体の関係にあるといえる。

以上の点を考慮すると、公共交通システムの計画段階における、都市への影響を評価する際の評価項目として、大きくは、沿線土地利用への影響、および環境への影響の 2 点に分類できる。表 5-9 では、上記の点についての考慮用件を示す。

表 5-9 都市への影響を評価する際の評価指標の考え方

評価項目	考え方	評価指標の設定例
沿線土地利用への影響	公共交通システム導入による地域経済（商業・業務機能等）に与える影響や沿道土地利用の変化に伴う交通行動パターンの変化等を考慮する。	沿道土地利用の変化、 商業関連指標の変化、 人口密度の変化、 沿道分断率
環境への影響	公共交通システム導入による排出ガスや騒音の発生、および自動車交通量の変化に伴う同削減量等。場合によっては、インフラ建設時の排出量等を考慮	CO2 排出量の変化、 沿道自動車交通による NOx, PM 排出量変化、 騒音等の変化

### 5.3.5 評価指標の体系化

以上に整理した点を踏まえて、高度化したバス輸送システム評価における関連主体別評価指標の体系化の例を表 5-10 に示す。ここに示した評価指標は、そのすべてについて計測する必要があるということではなく、計画目標に照らし合わせ、必要に応じて選択した上で、総合的な評価を行うことが重要である。

表 5-10 高度化したバス輸送システム評価の際の関連主体別評価指標の体系化の例（その１）

評価項目		評価指標	評価の単位(例)	説明	考え方, 計測方法(事前評価, 事後評価)
利用者	走行速度 (乗車時間)	表定速度, 乗車時間	・主要区間の所要時間(○分短縮) ・路線全体の平均速度(○km/h)	・従前の当該区間の所要時間との差 ・停留所の停車時間を考慮した平均旅行速度	車両性能, 輸送力, 乗車密度との関係式から算出 実測値により算定(他交通機関との比)
		遅れ時間	・標準的な所要時間との差(○分)	・運行ダイヤからの遅れ時間 ・停留所停車時間等の変動により発生	輸送力, 乗客発生率等からシミュレーション評価 実測値により算定
		定時性(乗車時間の変動)	・所要時間の分散(○分)	・運行ダイヤの乱れによる乗車時間の変動	乗降人数の変動を与件としてシミュレーション評価 実測値により算定
	待ち時間	平均待ち時間	・停留所における平均待ち時間(○分)	・運行頻度の1/2, ダイヤを考慮した関数により設定 ・幹線・支線接続による接続待ち時間を考慮	運行頻度, 乗降人数の変動を考慮して評価 時間帯別, 利用目的別に評価
		遅れ時間(信頼性)	・運行ダイヤからの遅れ時間(○分)	・運行ダイヤからの遅れ時間	運行頻度, 乗降人数の変動を考慮して評価 実測値により算定
		定時性(待ち時間の変動)	・停留所における待ち時間の分散(○分)	・運行ダイヤの乱れによる待ち時間の変動	乗降人数の変動を与件としてシミュレーション評価 実測値により算定
		乗車拒否率	・停留所における積み残しの発生率(%)	・ピーク時車内混雑による乗車拒否率	乗降人数の変動を与件としてシミュレーション評価 実測値により算定
	乗換え時間	平均乗換え時間	・乗換えに要する時間(○分) ・総移動時間に対する乗換え時間比	・バス, 及び他交通機関との間の乗換え時間 ・乗換え時間, 乗換え抵抗を考慮した利便性評価	乗換え施設, 運行頻度を与件として評価 実測値により利用者属性別に算定
		平均乗換え回数	・各ODにおける平均乗換え回数(○回) ・各属性別の乗換え抵抗の時間換算値(○分)	・運行方式(幹線支線, 直行)により評価	運行方式を与件として算定 利用者の移動パターン・意識調査により算定
	費用	運賃	・運賃(円) ・乗継における追加運賃(円)	・ゾーン運賃制度や共通運賃制度, 乗継割引を考慮	利用者ニーズにより評価 利用者意識調査により評価
		平均アクセス時間	・停留所までの平均所要時間(○分)	・停留所までの平均アクセス時間	沿線居住密度とバス停間隔より算定 (乗車側/降車側の区別, エリア別の差異の扱い)
	利用しやすさ	サービス提供時間	・始発時間～終発時間(○時間)	・始発～最終バスのサービス提供時間 ・運行コストとのトレードオフが発生	利用者ニーズに基づき評価
		運行頻度	・時間帯別運行頻度(○本/時間)	・1時間当たり運行回数 ・ピーク時運行回数	運行コストのトレードオフを評価
		分かりやすさ	・路線形態, 迂回率等 ・利用者の主観値(良・悪)	・ラウンドダイヤの設定可能性 ・情報提供による分かりやすさの向上効果	運行効率性, 運行コストとのトレードオフを評価
		移動制約者の利用可能性	・自力でのアクセス, 乗降可能性 ・補助つきでの乗降可能性	・バス停と車内(乗車口)との段差有無 ・バス停までのアクセスのしやすさ	車両, 停留所の構造により算定, 固定費用とのトレード オフを考慮
	快適性	停留所(駅)空間の快適性	・バス待ちの負担感の貨幣換算(○円)	・バス停での待ち時間の負担感, 緩和可能性を考慮	利用者意識調査等によるバス停待ち時間との関連性評価
		座席率	・車内の座席数(席) ・利用者に占める着席率(%)	・バス車両定員に占める座席数 ・利用者全体の着席率	停車時間, 運行効率性とのトレードオフを評価 実測値により算定
		安心感	・停留所における夜間の明るさ等	・停留所付近の明るさ, 商業施設等の有無	照明施設の検討, 路線設定時に考慮 利用者意識調査等により評価
	安全性	車内事故発生率	・車内転倒事故等の発生率(回/運行km)	・立ち席の快適性(危険性)	実績値に基づき, 他の交通機関との比較により評価

表 5-10 高度化したバス輸送システム評価の際の関連主体別評価指標の体系化の例（その2）

評価項目		評価指標	評価の単位(例)	説明	考え方, 計測方法(事前評価, 事後評価)
バス事業者 (計画主体, 運行主体)	空間的サービス圏域	サービス圏域	・路線(停留所)カバー圏域, 人数等 ・沿線の生活関連施設数等	・バスサービスを行うエリアの広さ ・バス利用によりアクセス可能な施設数	路線設定時に評価 (停留所設置間隔とのトレードオフを考慮)
		サービス密度	・エリア別路線数, 運行頻度等	・エリア別の運行路線数, 運行頻度	路線設定時に評価 (停留所設置間隔とのトレードオフを考慮)
		停留所間隔	・停留所間隔(m)	・平均停留所間隔	停留所配置最適モデル等により考慮(旅行速度, 停留所アクセス利便性とのトレードオフを考慮)
	サービスレベル	運行頻度	・時間帯別運行頻度(〇本/時間)	・1時間当たり運行回数 ・ピーク時運行回数	運行コストとのトレードオフを考慮 実績値により算定
		遅れ時間	・標準的な所要時間との差(〇分)	・運行ダイヤからの遅れ時間	
		表定速度	・主要区間の所要時間(〇分短縮) ・路線全体の平均速度(〇km/h)	・走行時間, 停車時間, ターミナル待機時間に依存	
	輸送力 (容量)	輸送容量	・断面輸送力(車両/時間/方向) ・乗客輸送力(人/時間/方向)	・断面車両輸送力/断面乗客輸送力 ・単位距離あたり乗客輸送力	乗客の変動を考慮したシミュレーション評価 利用者発生密度, 運行コストとのトレードオフを考慮
		車両容量	・車両定員(人/車両) ・座席率(座席数/定員)	・車両定員と座席率	車両の多様性を考慮
		停留所, ターミナル容量	・停留所処理能力(台/時間) ・ターミナル処理能力(台/時間)	・乗降客数と車両停車時間より停留所, ターミナル処理能力を評価 必要バース数, 面積の算定	停車時間を考慮したシミュレーション評価 実績値により算定
	経済性 (効率性)	運行効率(実車率)	・実車距離率(%) ・実車時間率(%)	・総走行距離に占める営業距離 ・総走行時間に占める営業時間	仮想的orネットワーク等を考慮した上で評価 (他の交通機関との比較) 実績値により算定
		運行効率(回送率)	・回送距離率(%) ・回送時間率(%)	・総走行距離に占める回送距離 ・総走行時間に占める回送時間	
		初期費用	・初期投資費用(円)	・車両購入費, 道路整備費用, 停留所整備費用等	
		運行費用	・年間運行費用(円/年) ・輸送費用原単位(円/人・km)	・年間総運行費用 ・乗車人kmあたりのコスト	
		費用効率性	・年間運行費用(円/年) ・運行費用原単位(円/車両・km) ・運行費用原単位(円/車両・時間)	・実車率, 車両回送距離(時間)を考慮 ・車両走行1kmあたりのコスト ・車両走行1時間あたりのコスト	
		利用者数	・年間利用者数(人/年) ・年間総輸送人キロ(人・km/年)等	・システムの年間利用者数, 及び総輸送人員×距離	サービス水準とのトレードオフで需要が変化することを考慮 実測値により算定
		運賃収入等	・年間総運賃収入(円/年) ・運賃外収入(円/年)	・利用者運賃収入, 及び運賃外収入	サービス水準とのトレードオフで需要が変化することを考慮 実測値により算定
	安全性	事故発生率	・事故発生率(回/運行km)	・既存統計資料より算出 ・各交通機関との比較	既存バス事故データにより算出 ITSによる事故軽減(運転士負担軽減)策の検討
	計画的指標 (影響評価)	沿線土地利用への影響	・沿線土地利用の変化 ・沿線人口密度の変化	・サービスレベル, 停留所間隔との関係について分析	既存海外事例等により考察 事前事後比較により評価
		自動車依存からの脱却	・バスによる移動可能な交通行動パターン	・ODパターンのうち, 当該路線が利用可能な交通行動パターンを集計	既存の交通行動パターンにより推計 利用者アンケート等により手段転換率を算定
		段階的整備の柔軟性	・計画策定から運営開始までの時間 ・アップグレード, 拡張の可能性	・部分的開業を含めた整備の柔軟性を考慮 ・不確実性への対応可能性を考慮	軌道系交通機関との比較分析
		計画変更の柔軟性	・路線変更, サービスレベル変更の柔軟性	・路線網改編等への対応可能性を考慮 ・不確実性への対応可能性を考慮	軌道系交通機関との比較分析
自動車利用者	一般自動車への影響	所要時間の変化等	・所要時間の変化率(%) ・旅行速度の変化(〇km/h)	・バス路線並行区間の自動車所要時間 ・バス路線との交差道路の一般自動車に対する影響評価	シミュレーションにより評価 実測値により算定
沿線住民等	沿道環境への影響	環境影響評価	・CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , PM等の排出量	・騒音, 大気への影響を原単位ベースで評価 ・技術革新による軽減率を考慮	運行頻度と車両加減速を考慮したシミュレーション等
	生活への影響	モビリティ指標	・モビリティ向上効果 ・外出促進効果	・手段選択可能性の増加効果等	利用者側指標を基に計算を工夫 利用者満足度調査等により評価
		沿道分断率	・沿道分断率(%)	・平面専用道における運行頻度と沿道分断率の関係評価	サービスレベル(運行頻度)とのトレードオフを考慮 利用者満足度調査等により評価

## 5.4 本章のまとめ

本章では、高度化したバス輸送システムにおけるインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理を行った。具体的には、都市内公共交通システムの代替案を設定する際の評価指標の枠組みを整理した上で、高度化したバス輸送システムに着目し、代替案の 1 つとして設定する際の基本性能評価指標、代替案として比較検討する際の評価指標、まちづくりへの影響・効果を評価する際の評価指標、以上 3 点について整理を行った。それらを受けて、高度化したバス輸送システム評価における関連主体別評価指標について例示した。第 3 章で示したような各種の要素を含んだ高度化したバス輸送システムを代替案として検討する場合には、このようなトレードオフの関係を踏まえた性能評価を行う必要があると考えられる。

本研究では、第 6 章にて、高度化したバス輸送システムの輸送力と表定速度の関係について、仮想的なコリドー（バス専用道路）上での運用方式の代替案を設定した上で、シミュレーション計算により評価を行う。また第 7 章では、各運用方式に要するコストを与件としたコストモデルにより、他の交通システムとの比較に基づき高度化したバス輸送システムが相対的に有利となる領域を示す。ただし、シミュレーション計算においては、様々な前提条件の設定が必要なことから、いかなる場面でも上記の結果が成立するとは限らないため、実際の計画時においては注意深く前提条件を整理する必要がある。

また、高度化したバス輸送システムの導入により、都市に何らかの影響を及ぼす可能性がある。システムを導入したコリドー（沿線）を軸状空間として捉えれば、その形態や延長が都市全体の公共交通分担率に寄与し、軸状空間とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性に違いが見られる可能性がある。この点については、第 8 章にて、わが国に自然発生的に存在する公共交通軸空間を抽出し分析を行う。

## 第5章 参考文献

- 1) 矢部努, 中村誉, 中村文彦: わが国の都市内公共交通軸空間の実態に関する研究, 土木計画学研究・講演集 No.29, No.135, 2004
- 2) 矢部努, 牧村和彦, 中村文彦: 高速輸送バスシステムーBRT 導入の新たな展開」, 運輸と経済, Vol.64, No.12, pp.48-58, 2004
- 3) 北山真, 吉田正, 田口浩, 今村崇: 新しい交通システム BRT の最新事例と今後への期待, 土木計画学研究・講演集 No.31, No.134, 2005
- 4) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編: 道路投資の評価に関する指針 (案) 第2版, 2000
- 5) 国土交通省鉄道局総務課鉄道企画室: 鉄道プロジェクトの事業評価手法マニュアル 2005 (案), 2005
- 6) 太田勝敏: 交通システム計画, 交通工学研究会編, 技術書院, 1988
- 7) M. D. Meyer, E. J. Miller : URBAN TRANSPORTATION PLANNING ; A Decision- Oriented Approach, McGraw-Hill, Chapter 5, 1984
- 8) L. Wright : Bus Rapid Transit Planning Guide, GTZ, 2004
- 9) 国土交通省: 公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針, 2005
- 10) V. R. Vuchic : Urban Public Transportation Systems and Technology, New Jersey. Prentice-Hall Inc., 1981
- 11) R. B. Diaz, M. Chang, G. Darido, E. Kim, D. Schneck, B. A. Hamilton : Characteristics of Bus Rapid Transit for Decision-Making, Federal Transit Administration, 2004
- 12) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford, E. Bruhn : TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines, Transportation Research Board, 2003



## 第6章 高度化したバス輸送システムの性能評価

### 6.1 はじめに

都市交通における公共交通輸送の重要性については言うまでもなく、とりわけバス輸送については、運行計画や運用方式の柔軟性、多様性といった観点から、その重要性が再評価され、国内外を問わずバスの利便性向上に向けた様々な取り組み、工夫が行われている<sup>1)</sup>。わが国においては、交通バリアフリー法に基づくバスの低床化や、ICカードによる運賃収受方式の導入が進められ、バスの停車時間短縮への効果も期待されている。海外に目を向けると、米国をはじめとしてバス高速輸送(BRT: Bus Rapid Transit)が注目され、走行空間や停留所、あるいは運賃収受方法等の工夫を伴って高度化されたバス輸送が、中量輸送システムに匹敵する輸送力、走行速度を低コストで実現している。

これまで、バス停車時間に与える影響要因の評価は多数行われているが、上述のような乗降施設に関する様々な運用方法の違いを比較評価したものはなく、他の評価指標の間にあるトレードオフの関係は明らかにされていない。また、バス輸送計画における乗降施設整備や運用方法の多様性に関する議論も十分でなく、バス輸送が有する柔軟性等のメリットを活かしきれていない。

本章では、国内外で導入されている様々なタイプのバス乗降施設の運用方式に着目し、現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析、及び性能評価を試みる。その上で、バス輸送計画における高度化・多様化の方向性と課題について整理することを目的とする。

## 6.2 既存の研究成果と分析の位置づけ

公共交通輸送の性能は、速度や密度、運行頻度等の基本要素により構成され、それらは公共交通輸送の最も重要な性能指標である「輸送力」の決定要素となることが指摘されている<sup>2)</sup>。交通システムの輸送力は、ある条件下で路線上の任意の地点を1時間に通過することができる最大編成数（バスの場合は車両数）として定義できる<sup>3)</sup>。路線上の任意の地点の運行頻度は、当該時間帯の運行間隔の逆数であり、路線の運行頻度は、路線上の各断面において運行間隔が最短となる地点により決定される。一般に、乗降施設で達成される運行間隔は、路線上の任意の地点の運行間隔よりも必ず大きくなるため、交通システムの輸送力は、停車時間の最も長い駅（最大の乗降客を処理する停留所）の輸送力により支配されることになる。

停留所での輸送力は、停止時の最小車頭時間により求められ、最小車頭時間は利用者の乗降時間とクリアランス時間から計算される。バス乗降時間に関する研究成果はHCM<sup>4)</sup>の中で整理されており、乗降客1人あたりに必要な時間は、主に扉の数、ステップの段数、運賃収受方式、その他利用者の属性による要因で説明されるとしている。大城<sup>5)</sup>やDueker<sup>6)</sup>は、重回帰分析を用いて実データに基づく乗降時間特性のモデル化を行っており、影響要因を定量的に示している。また、クリアランス時間は、乗降のための停車時間を除いた停留所での損失時間と定義されるが、実測例はあまりなく、扉の開閉時間とクリアランス時間の合計値は概ね9～20秒であるといわれている<sup>4)</sup>。

このように、バスの性能評価は従来から行われているが、ICカードの導入等の新技術や運用方法を踏まえた性能評価は行われていない。これらについて調査データに基づき評価し、他の性能指標とのトレードオフの関係を明らかにし、バス輸送計画における乗降施設の運用方式の多様化についての考察を行うという点で本、研究の意義は大きいと考えられる。

### 6.3 バス乗降施設の運用方式の整理

バス乗降施設の運用方式は、乗降施設のデザイン、車両の形式、及び運賃収受形態により分類できる（表 6-1）。近年、導入されている技術として、プラットホーム型乗降施設とノンステップバス〔例：Jakarta（インドネシア）、Bogotá（コロンビア）等〕、高容量-複数扉による同時乗降方式〔例：神奈中-慶応大学線、Curitiba（ブラジル）他〕、非接触 IC カードによる運賃収受〔例：山梨交通、ソウル（韓国）他〕などがあげられる。これまでの研究成果によれば、バスの停車時間に与える影響が大きい項目として、バス車両の構造（ステップ数）、運賃支払方法等が指摘されている<sup>3)~6)</sup>。また HCM によれば、車両の扉の数や運賃収受のタイミングによってバス停車時間が大きく異なることが示唆されているが、一部の形式については、実際のデータにより検証されたものではなく推定値となっている<sup>4)</sup>。

表 6-1 バス乗降施設の運用方式の分類

カテゴリ	分類軸	詳細
バス乗降施設のデザイン	歩道停車型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路上停車</li> <li>・バスベイ</li> <li>・テラス式 等</li> </ul>
	プラットホーム型	<ul style="list-style-type: none"> <li>・島式/歩道側</li> <li>・ホームドア有/無</li> </ul>
車両の形式	扉幅，乗降扉数	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通常幅～広幅</li> <li>・2～5 扉（3 連節バス）</li> </ul>
	ステップ数 （床面高）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノンステップバス</li> <li>・ステップ数 1～3</li> </ul>
運賃収受方式	運賃体系	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対キロ制/均一</li> <li>・無料</li> </ul>
	運賃支払方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>・釣銭/両替方式</li> <li>・磁気バスカード</li> <li>・非接触 IC カード</li> </ul>
	運賃収受の タイミング	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車外収受方式</li> <li>・車内収受方式 （乗車時，降車時，車内検札）</li> </ul>

## 6.4 調査の概要

### (1) 調査対象都市の選定

本研究では、バス乗降時間に対する影響要因を明らかにするため、乗降施設にてバスの乗降の様子をビデオ撮影により記録し、調査員によるカウント調査と合わせてデータを収集した。調査地の選定については、都市内幹線バス輸送が行われていること、従来検証されていない新技術が導入されていること、以上 2 点に着目して選定した。調査の概要は、表 6-2 に示すとおりである。

表 2 調査の概要

項目		調査を行った都市		
		Curitiba (ブラジル)	Jakarta (インドネシア)	ソウル (韓国)
調査日		2004 年 3 月	2005 年 3 月	2004 年 11 月
調査地点		市内中心部	市内業務地区	市内業務地区
運用方式の特徴	停留所デザイン	・プラットホーム (ホームドア)	・プラットホーム (ホームドア)	・中央歩道型
	車両形式	・ノンステップ (25m/5 扉)	・ノンステップ (15m/1 扉)	・通常型車両 (12m/2 扉)
	運賃収受	・車外運賃収受	・車外運賃収受	・乗車時 (車内) ・IC カード
	乗降時の特徴	・計 5 扉で降車→乗車の順	・広幅 1 扉で降車→乗車の順	・前扉で乗車、後扉で降車
サンプル数		40 台	157 台	47 台
調査内容		<ul style="list-style-type: none"> <li>・バス停車時間 (次頁参照)</li> <li>・バス乗降人数</li> <li>・車内立席者の有無</li> <li>・降車／乗車客の錯綜有無</li> </ul>		

## (2) 計測方法

バスの輸送力算定に用いる最小車頭時間  $T$  は、停車時間  $TD$  と、クリアランス時間  $TL$  の和で表される。バスの停車時間  $TD$  は、実際に利用者が乗降している時間 ( $T_a$ ,  $T_b$ ) と、損失時間 (= 扉の開閉に要する時間  $T_{La}$ ,  $T_{Ld}$ ) に分けられる。本研究の調査では、乗降人数および  $TD$  について計測を行った。

クリチバとジャカルタでは、同一の扉で降車→乗車の順に行われ、ソウルでは、乗車と降車が前後別の扉で行われる。なお、クリチバでは3連節バスを用いて、最大5つの扉で同時に乗降が行われるため、それぞれの扉における乗降者数をカウントした。

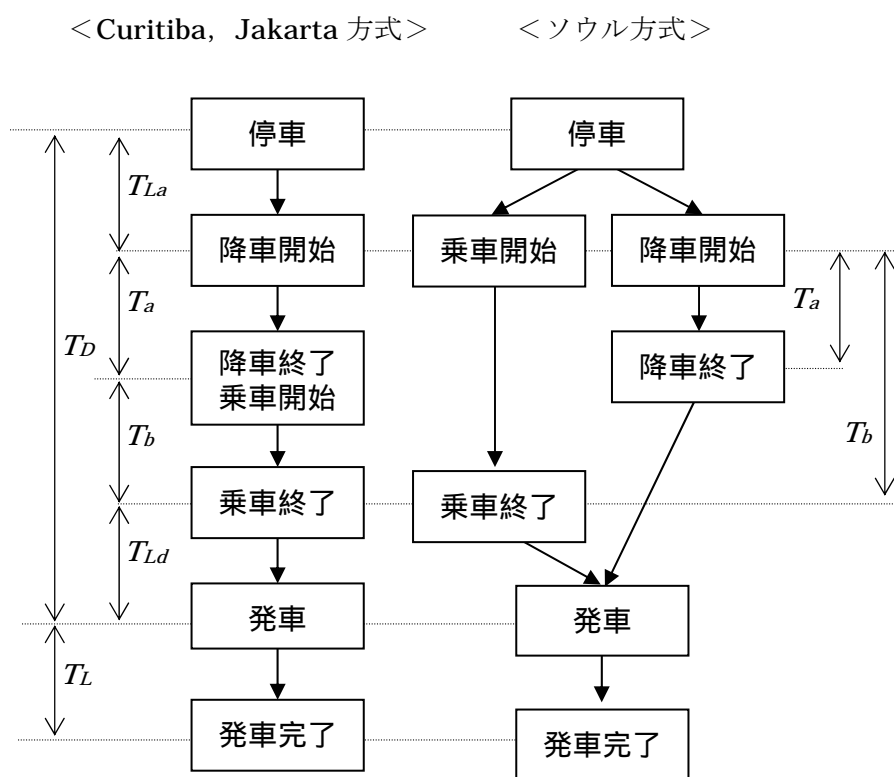


図 6-1 バス停車時間の概念

## 6.5 バス停車時間の分析結果

### (1) 各運用方式の乗降時間特性

バス乗降人数と停車時間の関係を以下に整理する。

クリチバの幹線バスは、合計 5 つの扉による同時乗降が行われるため、1 台あたりの乗降人数が非常に多くなっている。ただし、乗降客は 5 つの扉に均等には分布しないため、各扉の分散が大きい場合には、最も混雑する扉での乗降時間が停車時間を左右する傾向にある（図 6-2）。

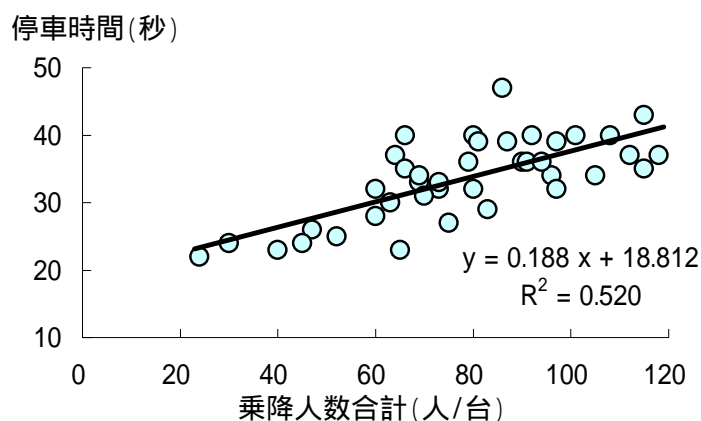


図 6-2 バス乗降時間特性（Curitiba）

ジャカルタの幹線バスは、2 名が並んで乗降可能な広幅扉 1 箇所乗降が同時に行われている。車外運賃收受方式のため、乗降時間に影響を与える要因は少ないが、降車客と乗車客との錯綜の有無や、扉付近での立席乗客の有無が影響を与えているため、乗降人数と停車時間の関係にばらつきが生じている（図 6-3）。

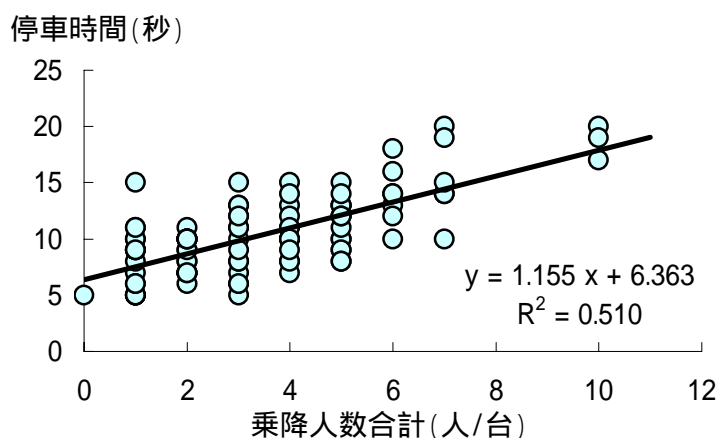


図 6-3 バス乗降時間特性（Jakarta）

ソウルの幹線バスは、日本でも一般的に使用されている車両で、後扉降車、前扉乗車で運用されている。ここでは、収集したサンプルのうち、乗車時間が降車時間を上回っているもののみに分析に用いた。乗車人数と停車時間の単相関をみると、ほぼ直線上にサンプルが分布しており、乗車人数に比例して停車時間が増加することがうかがえる。ただし、乗車人数が5名程度を超えると、ICカードリーダー付近での先詰まりが生じることが観測された。

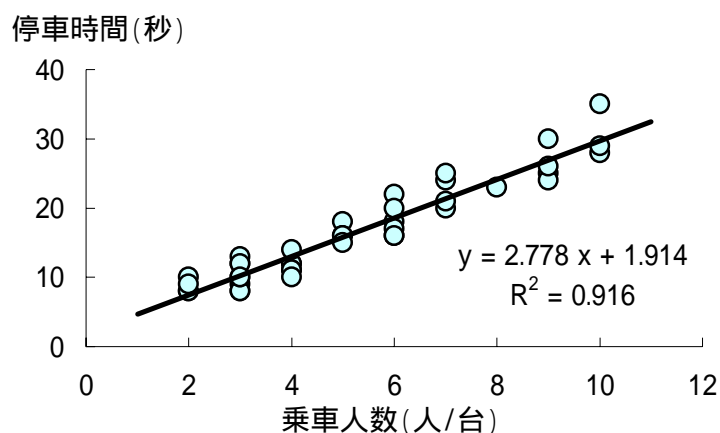


図 6-4 バス乗降時間特性（ソウル）

## (2) バスの停車時間に影響を与える要因分析

次に、以上の観測結果と考察を踏まえて説明変数として設定し、バスの停車時間 **TD** を目的変数とした重回帰分析によるモデル化を行った（表 6-3）。各都市の偏回帰係数の比較結果は、以下のようにまとめられる。

- ・ 定数項は運用方式により異なるが、各都市で観測された扉開閉の損失時間（ $T_{La}+T_{Ld}$ ）とほぼ同値である。
- ・ 広幅扉における車外運賃収受方式での平均乗降時間はおおよそ **0.8～0.9 秒/人** であると考えられる。
- ・ IC カードによる運賃収受方式では、**1.8 秒/人** の平均乗降時間であるが、乗車人数の増加により処理能力は低下する（5 名以上/未満での平均値差が最も大）。
- ・ 5 つの扉で同時に処理を行うことで、1 人あたりの平均乗降時間は **0.1～0.3 秒/人** となるが、各扉へのばらつきが停車時間に影響を与える。
- ・ 1 つの扉で降車と乗車を行うことで発生する錯綜は、停車時間に **1～3 秒/回** 程度の影響を与える。
- ・ 車内の混雑状況（扉付近の立席乗客の有無）は、乗降に影響を与え、停車時間の増加につながる。

表 6-3 バス停車時間の統計値（重回帰分析）

説明変数	Curitiba		Jakarta		ソウル	
	偏回帰 係数	t 値	偏回帰 係数	t 値	偏回帰 係数	t 値
（定数）	11.15	(3.74)	6.25	(18.8)	4.33	(2.59)
総乗車人数	0.28	(6.14)	0.85	(8.69)	1.79	(3.64)
総降車人数	0.13	(2.87)	0.82	(8.34)	-	-
扉付近の立席乗客有無	-	-	1.53	(3.67)	2.26	(3.80)
降車/乗車客の錯綜回数	2.86	(2.04)	1.11	(2.54)	-	-
各扉乗降人数標準偏差	1.38	(3.73)	-	-	-	-
5 人目以降の乗車人数	-	-	-	-	1.23	(2.08)
決定係数	0.694		0.647		0.745	
サンプル数	40		157		47	

## 6.6 各運用方式と輸送力の関係，及び多様化の可能性

前章で示したバス停車時間のモデル式と既存の研究成果<sup>5)</sup>を用いて，バス停留所の時間あたり処理能力（輸送力）との関係について，ケーススタディにより都市間比較を行った。前提条件は，以下に示すとおりである。

### < ケーススタディの前提条件 >

- ・各システムの基本性能は表 6-2 の通りとする。
- ・路線上の最も乗降客が多い停留所（ピーク時）とする。
- ・降車客は一律 10 人/台，乗車客は 1～30 人/とする。
- ・車内は立席が出る混雑状況である。
- ・運用方式は，先に分析した 3 都市のタイプと，日本で一般的なバスカードによる均一運賃先払い方式（ノンステップバス使用）を比較する。

ケーススタディの結果を図 6-5 に示す。車外運賃収受方式（Curitiba, Jakarta）による運用が，他の方式よりも処理能力が大きくなることが確認された。また，乗車人数が少ない場合では，IC カードによる運賃収受により，車外運賃収受方式と遜色ない停車時間で処理することが可能である。さらに，日本で行われているバスカード方式に比べ，IC カード方式を導入することで，2 割～4 割程度処理能力を向上させること



が可能である。以上のことから、IC カード方式、車外運賃収受方式の導入によるバス停車時間の短縮効果について実際の調査データに基づき明らかにすることができた。

わが国では、2005 年 3 月より藤沢市湘南台地区で連節バスを用いて複数扉での降車によりピーク時の処理能力を向上させている。また首都圏では、2006 年以降のバス共通 IC カード導入を進めており、利便性向上と停車時間短縮効果が期待される。また、多数の乗降客を処理する必要があるターミナルや特定の停留所においては、海外事例にもある車外運賃収受方式を組み合わせることで、路線全体の処理能力を高めることが可能である。但し、Curitiba や Jakarta のようなプラットホーム形式の乗降施設の場合、1 箇所あたり数百万円以上の整備費用が必要であるため、費用対効果を踏まえて導入を検討する必要がある。

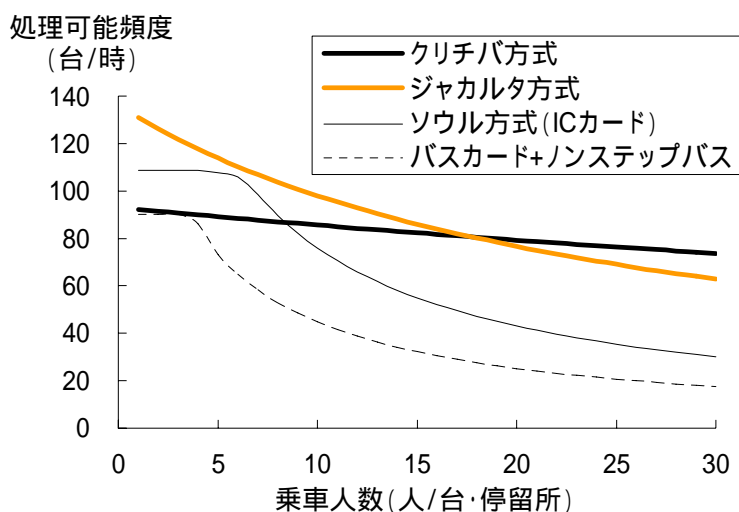


図 6-5 乗降施設における乗降人数と処理能力の関係

(注) Curitiba 方式は 270 名定員の 3 連節バスであるため、輸送人員はおおよそ 4 倍程度となる。

## 6.7 本章のまとめ

本研究では、国内外で導入されているバス乗降施設の運用方式に着目し、現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析を行った。そこで、従来行われていなかった新たな運用方式での 1 人あたりの乗降時間、及び停車時間に影響を与える要因について性能評価のためのモデル化を行った。さらに、各運用方式と輸送力の関係についてのケーススタディを行った結果、車外運賃収受方式、あるいは非接触 IC カードによる乗降時間・バス停車時間の短縮効果について明らかにすることができた。また、バス輸送計画における多様化の方向性と課題について示唆した。

## 第 6 章 参考文献

- 1) 矢部努, 中村文彦, 大蔵泉 : 専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 No.21 No.3, pp.667-676, 2004
- 2) V. R. Vuchic : Urban Public Transportation Systems and Technology, New Jersey. Prentice-Hall Inc., 1981
- 3) TRB : TCRP Report100 Transit Capacity and Quality of Service Manual 2nd Edition, Part4 Bus Transit Capacity, 2003
- 4) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000
- 5) 大城温, 大蔵泉, 中村文彦 : 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, 第 17 回交通工学研究発表会論文集, pp.233-236, 1997
- 6) K.J.Dueker, T.J.Kimpel, J.G.Strathman : Determinants of Bus Dwell Time, Journal of Public Transportation, Vol.7, No.1, pp.21-40, 2004

## 第7章 高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフ

### 7.1 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、軌道系交通システム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システム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しての工学的な技術論、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。

そこで本章では、バス輸送計画におけるインフラ整備とその運用方法に着目し、専用走行空間を活用したバス輸送システムの輸送能力評価に関する論点を整理すること、専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の関係を評価すること、輸送能力とコストの関係を踏まえた比較分析によりバス輸送の適用領域についての考察を行うこと、以上3点を目的とし、以下の手順で分析を進めた。

まず、バス専用走行空間に関する先進事例に基づき、バス専用道路の輸送能力に関する評価分析の視点、及び代替軌道系交通システムとの比較を行う際の論点を整理する。次に、専用走行空間でのバス運用代替案と評価指標を設定し、シミュレーション計算により処理能力との関係を考察する。なお本研究では、これまでバス優先方策の評価において適用実績があり、汎用性が高いと考えられるtiss-NET<sup>2),3)</sup>をシミュレーションモデルとして用いた。さらに、バス輸送の運用代替案及び代替軌道系交通システムの輸送能力とコストの関係を考慮した上で、空間的な前提条件等を揃えた比較分析に基づき、専用走行空間を活用したバス輸送が相対的に有利となる領域について考察する。

## 7.2 論点の整理

### 7.2.1 バス走行空間の高度化に関する事例の再整理

#### (1) バス専用道路の活用事例整理

バス専用走行空間は、路面標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類できる。前者の例として、わが国でもバス専用レーンが設定されている都市が多数あり、ピーク時間帯規制等による運用がなされている。ただし、一般車の走行車線と物理的に分離されていないため、バスの運行頻度が低い場合や一般車の交通量が多いピーク時（渋滞時）には、バスレーンを遵守しない車両により、バス専用レーンが機能しないことが多い<sup>4)</sup>。

バス専用道路は、特に北南米の各都市で特徴的な活用事例が多く見られる。この代表例については既存の研究成果<sup>5)6)7)</sup>によっても整理されており、いずれも都市計画上の位置づけが明確になされている。これらの事例における空間確保の方法や運用上の工夫点など、いくつかの視点から整理すると、表3-3あるいは表3-4のようにまとめることができる。一方、わが国のバス専用道路については、バスターミナルなどを除けば、鉄道廃線敷をバス専用道路に転用した例が数箇所存在するが、都市交通計画において明確に位置づけられている例はない。また、名古屋の基幹バスは、物理的に一般車走行車線と分離されていない点で、バス専用道路という定義には当てはまらない。

海外の事例では、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。例えば、ブラジルのクリチバでは、放射型の都市軸を高密度化した都市構造と土地利用計画を整合させ、バス専用道路を高容量の3連節バス（全長25m、定員270名）により運用することで、1時間あたり1方向14,000人以上の輸送力を実現している<sup>8)9)</sup>。ただし停留所間隔は400mのため表定速度は20km/hとなっており、高速輸送よりはむしろ大量輸送をコンセプトとしている。また、同じくブラジルのポルトアレグレでは、都心部から郊外方向に向かうバスを方向別に3つのグループ（A－B－C）に分け、予め最大6台のバス隊列を形成させている。これは、図7-1のようにバス専用道路起点にて信号制御により走行順序を整理することで、中間の停留所から乗車する利用者が、自分の乗りたいバスが隊列の中のどのあたりに停車するかが

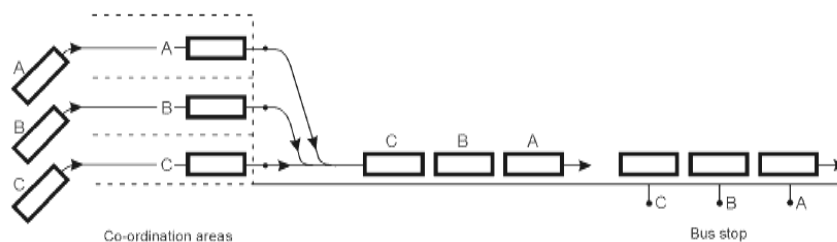


図 7-1 Bus Ordering 概念図 <sup>10)</sup>

分からない、といった混乱を防ぐための工夫であり、このシステムはBus Orderingと呼ばれている。この運用方式では、ある程度の表定速度（19km/h）を保ちつつ1時間・1方向あたり最大360台の高頻度バス輸送が可能であり、バス定員を85名とすれば、3万人/h以上の輸送力を達成することができる。

このように、専用走行空間でのバスの運用方法を工夫することで、中量輸送システムと同等以上の輸送力を確保することが可能である。したがって、バス輸送に関するインフラ整備が定時性向上に寄与する度合いや、他の交通システムとの比較を行う上で、運用上の工夫等の各種条件下での輸送能力を評価することが重要となる。

### (2) ガイドウェイバスの活用事例整理

縁石や側方ガイド壁により、物理的にバスの専用走行空間を確保した特殊な例として、ガイドウェイバスが挙げられる。ガイドウェイバスは、1980年にEssen（ドイツ）で試行的に導入され、その後Adelaide（豪州）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。わが国においても、名古屋市内で導入がなされている。

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において、物理的にバス車両のみが走行可能なガイドウェイを設置している。また、優先信号を組み合わせることで、結果的に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<sup>6)</sup>。

以上の例は、車両側方に案内車輪をつけたバスが、ガイドウェイを走る方式で運行されているが、近年では、各種技術を導入した新しいガイドウェイシステムが実用化されており、それらの事例に関して動機づけとタイプにより、表3-5のように整理できる。これらのシステムは、軌道系システムに比べ安価な整備コストとバスに対する悪いイメージの脱却に主眼を置いているが、軌道系交通システムとの比較を行う際には、その輸送力と運営費用との関係からも評価を行う必要がある。

### (3) バス専用道路の処理能力に関する研究事例

バス専用道路の処理能力に関する既存研究は、中村<sup>1)</sup>により整理されている(表7-1)。この中では、1) 指針等に表示される数値、2) 実績値としての数値、3) 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（停留所のない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。また海外では、バス専用道路の処理能力に関してのいくつかの条件設定と評価指標を整理した上で、シミュレーションを用いた評価により、HCM（Highway Capacity Manual）<sup>11)</sup>の設定値との比較を実施した例がある<sup>12)13)</sup>。

ところで、高頻度で高容量の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。これまで、輸送力とコストの関係に着目し、バスと他の交通システムとの比較分析を行った研究事例はあるが、その際、交通システムの輸送能力値は一定としており、本研究のように運用方法の違いにより輸送能力のパラメータを変動させて評価した例はない。

表 7-1 バス輸送能力の例 <sup>1)</sup>

分類	輸送力	前提条件等
1) 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)
2) 実測値	32,560	停留所のない 2 車線バスレーン
	29,000	専用道路上を隊列走行 (途上国)
3) 分析値	53,000	高速道上専用レーンで停留所なし
	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

### 7.2.2 バスの輸送能力算定に関する論点と分析課題

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。

公共交通システムの輸送能力を決定する要因としては、1) 空間的な制約、2) 輸送にかかる費用、3) 法的な制約などの制度面、4) 運用方法などの技術的側面、の4つに大きく分類できる。例えば、利用可能な空間と費用が無限であれば、バスの各種技術を活用することで鉄道等の軌道系交通システムと同等の輸送力を実現可能である。ただし、その場合には鉄道並みの大規模な停留所施設や乗り継ぎターミナルが必要であり、運行に必要な乗務員も増加するため人件費の負担が非常に大きくなることを考慮しなければならない。また、空間的な制約が発生する場合にも、技術面で工夫が必要となる。ここでの技術とは、バスの必要走行空間を低減させる車両技術や、停留所での停車時間を減少させる工夫が考えられる<sup>17)</sup>。また技術革新は、開発費用として輸送コストに反映されるとともに、現行の法制度との関連を検討する必要がある。

本研究では、各要因の相互関係を明らかにするための手法として、技術的・工学的な側面から輸送力に着目したミクロ的なアプローチと、各制約条件間のトレードオフに着目したマクロ的なアプローチを整合させた分析方法を提案する。具体的には、まずバスの輸送力を決定する技術的要因として、車両性能、車両運用方法、運行制御に関する各種技術（信号制御や隊列走行等）などを考慮した上で、シミュレーションにより、単位時間当たりの輸送力や旅行速度等についてミクロ的に評価する。一方、輸送力評価に関わる技術的側面以外の要因の相互関係を明らかにするため、それらのト

レードオフについてマクロ的に評価する。例えば、ある輸送需要が与えられた際に、バス輸送で処理するために必要なシステム構成やサービスレベルと費用との関係や、同じ条件を軌道系交通システムで達成するために要する費用や空間的な制約条件との関係を整理することが考えられる。これらのことを踏まえ、交通システム比較分析の際のマクロ的視点と仮説等を表7-2に整理し、相互の関係を図7-2に示した。

7.3節および7.4節では、その一部の項目について仮想的な前提条件下での試算結果をもとに考察を行い、今後の展開について論じる。

表 7-2 比較分析におけるマクロ的な視点の整理

記号	比較分析の視点	考え方、仮説等
a	必要とする空間	・各種補助制度や現行法制度との関連性の検討が必要
b	用地費以外の建設費 (7.4節で試算)	・軌道系交通システムに比べ、バスは安価
c	運営費 (7.4節で試算)	・高頻度輸送の際は、乗務員数の関係からバスが相対的に不利
d	沿線への環境負荷	・軌道系交通システムに比べバスは影響大であるが、技術次第で改善の余地あり
e	運行頻度と表定速度 (7.3節で試算)	・停留所における処理能力と停留所間隔に依存 ・保安様態によるが、軌道系に比べてバスは高頻度運行が可能
f	適用法規と補助制度 (9.4節で考察)	・インフラ整備の法制度上の位置づけを明確にする必要
g	幹線支線接続の利便性 (4.4節で考察)	・直通運転が可能のためバスが有利
h	沿線土地利用形態 (第8章で考察)	・停留所間隔次第で、拠点開発か線状開発の形態をとる
i	段階的整備の柔軟性 (4.5節で考察)	・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、第7章以降で試算を行った項目

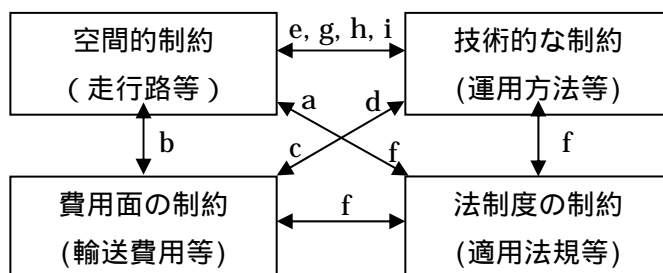


図 7-2 マクロ的な視点の相互関係

### 7.3 専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の評価

本節では、7.2 節で整理した先行事例や分析の視点に基づき、バス専用道路での停車方式の代替案を設定した上で、簡単な前提条件下でのシミュレーション計算を行う。算定結果の評価に関しては、バスの輸送力と表定速度の関係等、処理能力に関する評価指標を設定し、専用道路を活用したバス輸送の処理能力について考察を行う。

#### 7.3.1 交通システムの輸送力に関する定義

交通システムの輸送力は、一般的に、ある条件下で路線上の任意の地点を 1 時間に通過することができる最大の編成数（バスの場合は車両数）として定義される<sup>18)</sup>。路線上の任意の地点を通過する車両の数である運行頻度は、当該時間帯の路線の運行間隔の逆数であり、路線の運行頻度は、路線上の各断面において運行間隔が最短となる地点により規定される。一般に、利用者の乗降のために停車する駅（停留所）で達成される運行間隔は、路線上の任意の地点よりも必ず大きくなるため、交通システムの輸送力は、停車時間の最も長い駅（最大の乗降客を処理する停留所）の輸送力により支配される。

通常、バスの運行間隔は、車両の加減速度や停留所の停車時間、及び信号交差点での遅れ時間を考慮する形で算定を行う。また、一般車両が混在する都市部の道路上でのバス輸送においては、上記の要因のほか、連続する信号交差点や路上駐車車両の影響を考慮する必要がある。ただし、本研究で評価の対象とするバス専用道路は、バス輸送の高速性と定時性を高めるために一般車両の進入を物理的に排除するとともに、一般道と交差する場合には立体的に分離するか、平面信号交差点を設置する場合においても、その大半は **PTPS**（公共車両優先システム）によりバスに優先的に通行権を与えるというコンセプトに基づいている。したがって、専用走行空間上のバス輸送に関しては、停留所での停車時間、及び信号交差点での待ち時間の影響を考慮することで、概ねバスの輸送力を評価できると判断した。

ところで、簡略化された計算では、停留所での停車時間は平均的な値で議論されるが、停留所における乗降客の発生は一樣ではなく、各車両の停留所停車時間にはばらつきが発生する。このためバスを高頻度運行する際には、この停車時間の分散により停留所での待ち行列が発生することがあり、いわゆる団子運転の一要因となる。したがって、このような状態を再現するためには、停留所停車時間の変動、及び信号交差点における優先信号制御の有無、を考慮したシミュレーションによる輸送力の評価が有用となる。

#### 7.3.2 前提条件の設定

以上の点を考慮したシミュレーションの実施に先立ち、いくつかの前提条件を整理



する。バス専用道路の処理能力の分析に関しては、実際の走行実績データを用いた例<sup>12)</sup>や、仮想的なコリドーを設定した上で計算を行った例<sup>13)</sup>がある。わが国では、計画的にバス専用道路を整備し運用された例が少なく、実際の運行データの入手が困難であるため、本研究では、後者の手法と同様、仮想的な条件下で計算を行う。

前節で示したように、本研究で評価の対象とするバス専用道路は、緊急車両以外の一般車両の進入がなく、一般道と交差する平面信号交差点の設置は最小限に留められていること、専用道路においては信号交差点が連続的には配置されないこと、及び大半の信号交差点はPTPSによりバスの優先制御が行われていることを前提とする。

ここで、本研究で評価の対象とするネットワークとして、図 7-3 に示すような単一の信号交差点を含むコリドー（片側 1 車線のバス専用区間 2km）を設定する。この区間においては、一般車の進入はなくバスのみが走行可能とし、規制速度は 50km/h に設定する。また、停留所は 500m 間隔に 4 つ設置し、バス車両は全ての停留所に停車をすることとする。なお、表定速度の評価は対象区間においてのみ行うこととし、起終点でのバスの折り返し時間については考慮しない。

専用走行空間におけるバスの輸送力の評価に際しては、厳密には比較的長い区間で、連続する信号交差点の影響を考慮すべきであるが、サービスに影響を与える要因の多くは停留所での停車時間とその分散と信号交差点での優先制御の有無に集約されること、及び、本研究は、専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性を評価するための基礎的な考察を目的としていることから、シミュレーションの前提条件設定の妥当性は確保されていると考える。

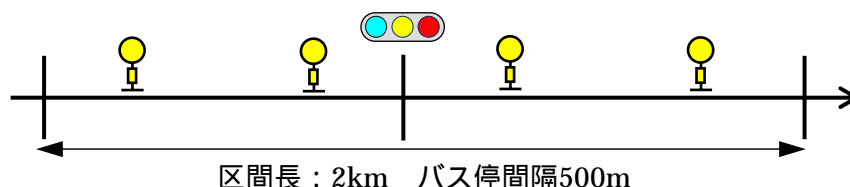


図 7-3 シミュレーション計算に用いるコリドー

### 7.3.3 バス停車方法に関する運用方法代替案の設定

バス高頻度運行区間における運用方法の考え方としては、バスの輸送力を高める停留所設計の工夫、バスのサービスレベル（表定速度）を維持する工夫、が考えられる。ここでは、通常の運用方法（各停留所に順番に 1 台ずつ停車）の他、高容量の 3 連節バス（全長 25m、定員 270 名）による運用、各停留所において複数の車両が同時に停車・乗降可能なバスベイを設置する方式、停留所でのバス同士の追い越しを認める方式、信号制御により予めバスの隊列を形成させる方式、の 4 点に着目した。本研究では、それらの組み合わせの中から、分析で適用する運用方法代替案を表 7-4 のように分類し、計算を行う。

表 7-4 バス運用方法代替案の分類

運用方法(設定ケース)		バスの追越し	バスベイ数	備考
1	通常運行方式	不可	1 台	
2	高容量バス輸送	不可	1 台	3 連節バス (25m) で運用
3	複数バスベイ	可能	最大 2 台	2 台同時停車可能
4	隊列運行方式	不可	最大 3~6 台	最大 6 台の隊列走行

### 7.3.4 計算に関わる変動要因と評価指標の整理

バスの輸送能力は、車両の加減速度や停留所の停車時間、及び信号交差点での遅れ時間等に依存する。本研究では、各運用方法でのバス輸送力の限界を把握するために、まずバスの運行頻度を与えた上で、停留所の停車時間や信号の影響を考慮し、シミュレーションにより評価対象区間の平均旅行速度やロスタイムを算出する。

#### (1) 変動要因の設定

シミュレーション上での変動要因（計算条件）の設定方法を表 7-5 に示す。

##### (a) バスの運行頻度

バスの運行頻度（1 方向 1 時間あたりの運行本数）については与件とし、60~360 台/h・方向の範囲で合計 6 パターンを設定する。

##### (b) 停留所停車時間

本分析は、ピーク時の輸送力を想定していることから、各路線の 1 時間帯の需要は大きく変動しないと仮定した。したがって停留所停車時間については、全車両・全停留所共通とし、表 7 に示す平均値を設定した上で分散を一律 0.1 に設定する。

##### (c) 信号青時間比 (g/C)

中間信号交差点の従方向青時間比については、1.0, 0.5 の 2 パターンとする。青時間比 1.0 とは、一般には信号サイクル長に対して従方向青時間が 100%割り当てられていることを示すが、ここでは、優先信号制御により信号交差点でのロスタイムが全く発生しないケースとして、青時間比 1.0 のケースで代替することとする。

表 7-5 変動要因の設定

変動要因	単位	設定値
バス運行頻度	台/方向・h	60, 90, 120, 150, 180, 360 (6パターン)
平均停車時間	秒/停留所	10, 20, 30, 40, 50, 60 (6パターン)
信号青時間比 (g/C)	—	1.0, 0.5 (2パターン)

※信号青時間比は現示の有効青時間 g とサイクル長 C の比をとる

## (2) 評価指標の検討

バス専用道路でバスを運用の関連する主体について、バス利用者、及びバス事業者（バス運転士）のほか、一般道と平面交差する場合には、信号交差点での一般車への影響を考慮する必要がある。バス利用者については、利便性に関する指標として、停留所の待ち時間、バス乗車時間が挙げられるが、ここではピーク時の高頻度輸送を想定しているため、前者は考慮しない。また、後者については平均的なサービス指標である表定速度を用いて評価する。バス事業者については、事業効率性の指標としての表定速度、及び高密運行に起因して発生する停留所や信号交差点での先行バスの発車待ち時間（ロスタイム）を評価する。交差道路を走行する一般車に関しては、信号交差点での優先信号制御により負の影響を受けるが、評価を行うためには流入交通量や交通容量を考慮する必要があるため、ここでは簡単のため省略する。

この他、沿道への影響に関しては、騒音や排気ガス、振動等の問題が考えられる。これは、バス車両の動力システムに起因するところが大きく、バス運行頻度の増加に伴ってその影響は比例するが、ここでは、定性的な評価にとどめる。なお将来的には7.2節で整理した技術革新等による低公害型の車両運用により、これらの影響は軽減可能であると考えられる。以上のことから、本分析において考慮する各関連主体と評価指標、及び評価の視点については表 7-6 のようにまとめられる。

表 7-6 本分析で用いた評価指標の整理

関連主体	評価指標	評価の視点
バス利用者	バス表定速度	・バス運用方法代替案、及び各変動要因による利便性への影響を評価
バス事業者 (バス運転士)		・事業者の運営効率性、サービスに関する指標として評価
	ロスタイム	・停留所での先行バスの発車待ち時間、及び信号交差点での停車時間を評価

### 7.3.5 バス運用方法別の処理能力の算定と考察

以上の各種条件設定にもとづき、各代替案について **tiss-NET** を適用し、評価指標の算定した結果を示す。

#### (1) 通常運行方式 [ $g/C=0.5$ に設定]

通常運行方式での算定結果を図 7-4 に示す。平均停車時間 30 秒でみると、輸送力 60 台/h のときは表定速度 20km/h を維持可能であるが、それ以上の頻度で運行を行うと、停留所での前方バス発車待ちによるロスタイムが発生するため表定速度が低下する。特に、120 台/h となると、平均停車時間 30 秒以上で停留所でのロスタイムが急激に増加する。

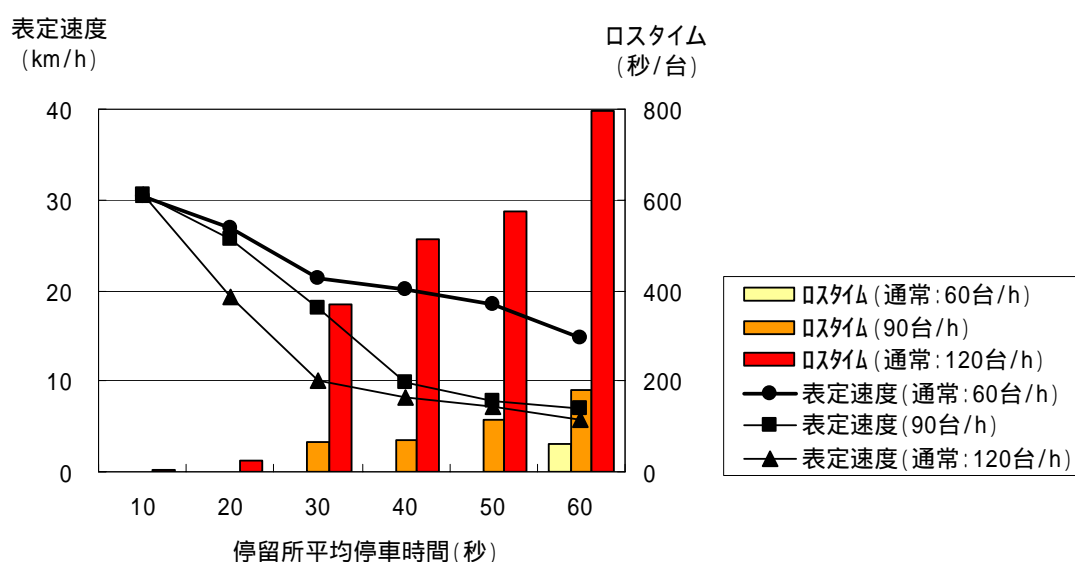


図 7-4 CASE1：通常運行方式での計算結果

#### (2) 高容量バス車両による運行方式 [ $g/C=0.5$ に設定]

高容量 (3 連節) バスは、バスの運行頻度を変更せずに旅客輸送力を高める方式である。図 7-5 に、3 連節バスを 60 台/h で運行した場合と CASE1 との比較結果を示した。同じ運行頻度の場合、3 連節バスは全長が通常車両の 2 倍のため表定速度はやや低下するが、通常車両の 3 倍程度の旅客輸送力を確保できる。逆に、3 連節バスと同等の旅客輸送力を通常車両で確保するためには、2 倍以上の運行頻度が必要となり、表定速度が大きく低下することが分かる。

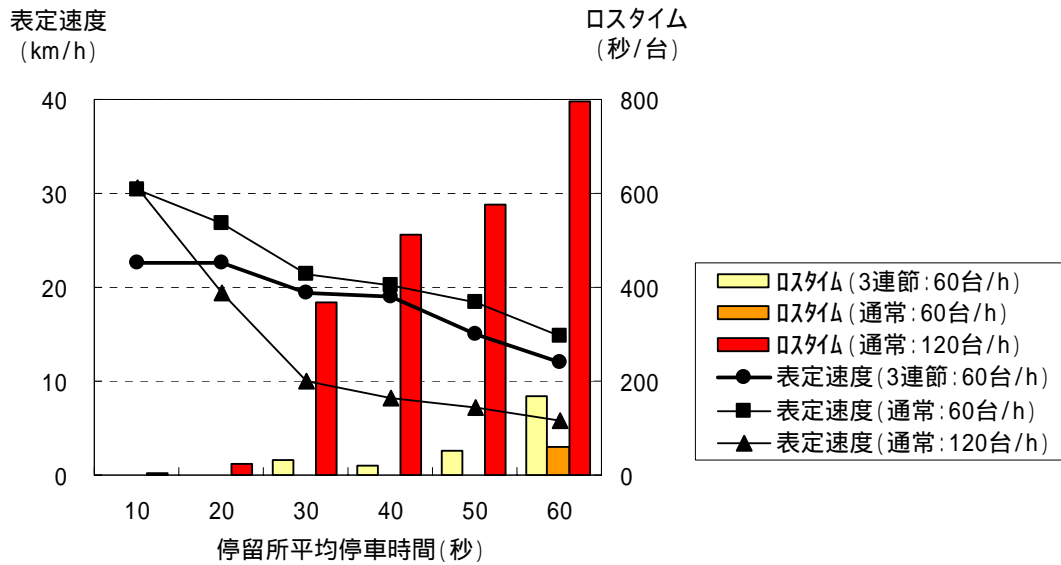


図 7-5 CASE2：高容量バス運行方式と CASE1 の比較

(3) 同時停車が可能な複数バスベイでの運用 [ $g/C=0.5$  に設定]

図 7-6 に示すとおり、各停留所に同時停車が可能な複数のバスベイを設置することで、120 台/h 以上の高頻度バス輸送でも、停留所平均停車時間が 30 秒程度であれば、表定速度 20km/h を維持することが可能である。ただしこの分析上では、バス個別の停車時間の分散をあまり大きく設定しておらず、実際には停留所での乗降客が発生しない場合（停車時間=0 秒）の影響を考慮する必要がある。また、これまでの研究成果では、停留所でのバスベイ数の増加が、バス処理能力に比例しないことが示されており<sup>11)</sup>、実際の計画上ではこのことに注意を要する。

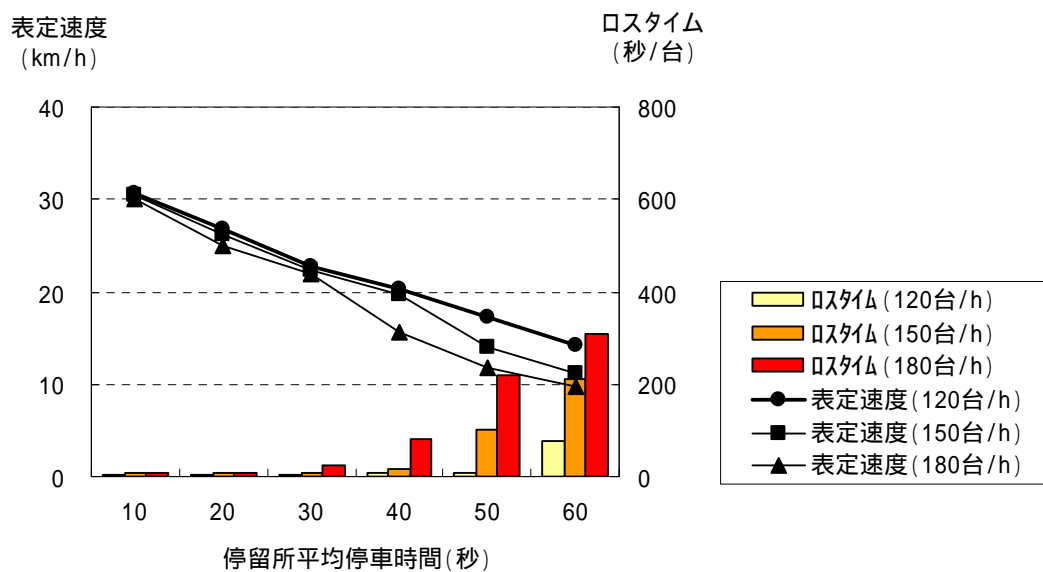


図 7-6 CASE3：複数バスベイ方式での計算結果

#### (4) 隊列運行方式による運用

ここでは、バス輸送の限界値を試算するため、先に示したポルトアレグレ（ブラジル）の **Bus Ordering** の例にならい、隊列走行方式で 1 時間あたり 360 台の高頻度輸送を再現した（図 7-7）。この結果、バス優先信号による制御を前提（ $g/C=1.0$ ）とした場合は、停留所停車時間が 40 秒程度までであれば、表定速度 20km/h を維持できることが分かった。優先信号制御を行わない場合（ $g/C=0.5$ ）は、停留所停車時間が 30 秒程度までであれば、優先信号制御を行う場合に比べて 2～3 割程度速度が低下するものの、隊列走行制御を行うことで、非常に高頻度のバス輸送を大きな速度低下なしで適用可能であることが示唆された。ただし、このような運行方式には少なくとも 6 台が同時に停車可能な停留所を整備することが必要であり、路線ごと（車両ごと）の停車時間に大きな分散が生じれば、速度低下への影響が大きいことに留意する必要がある。

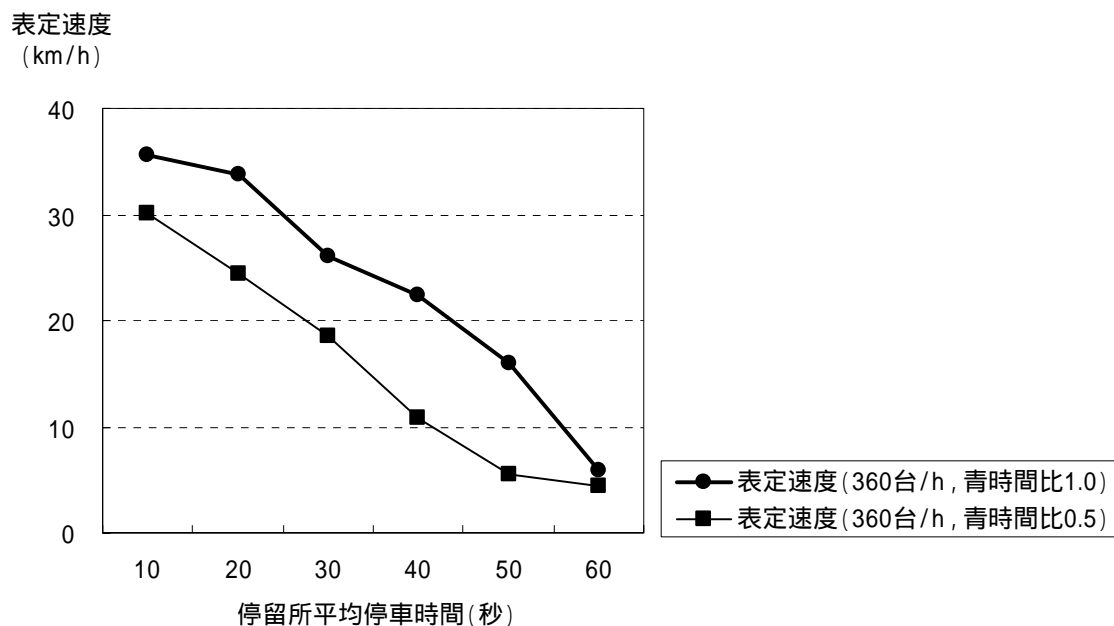


図 7-7 CASE4：隊列運行方式での計算結果

※信号による 6 台隊列制御，車両輸送力は 360 台/h

### 7.3.6 算定結果のまとめ

本章では、バス専用道路における運用代替案と計算条件を設定した上で、バス輸送頻度と表定速度、ロスタイムの関係についてシミュレーションによる算定を行った。この結果、例として停留所停車時間 30 秒、信号青時間比  $g/C=0.5$  のときの各ケースの表定速度を示すと、表 7-7 のように整理できる。仮に、表定速度 20km/h 程度を輸送サービス水準の目安とすれば、通常の運行方式（CASE1）では、輸送頻度が 90 台/方向・h を越えると同水準を維持できないが、複数のバスベイでの同時停車（CASE3）による運行を行うことで、180 台/方向・h の輸送が同水準で可能となる。また旅客輸送力で見れば、高容量バス（CASE2）は通常のバス車両の約 3 倍の定員であるため、60 台/方向・h で、通常バス車両 180 台に相当する旅客輸送力を同水準（表定速度約 20km/h）で実現可能となる。なお、隊列走行による運用（CASE4）で 360 台/方向・h の高頻度輸送を行った場合、サービス水準は低下するものの（18.5km/h）、旅客輸送力に換算して 28,800 人/h の輸送力が実現可能であり、この処理能力値がバス輸送の限界値を示していると考えられる。

バス輸送において高頻度運行を実現するためには、複数の車両が同時に停車可能な停留所等のハード整備費用や、運転士の増加による運営コストを考慮する必要がある。したがって、バス輸送システムと他の交通システムとの比較分析を行う上では、輸送力とコストの関係から適用領域を明らかにすることが重要となる。

表 7-7 各ケースの表定速度の比較

（停留所停車時間 = 30 秒，信号青時間比 = 0.5 の時： km/h）

輸送頻度 (台/方向・h)	CASE1 (通常)	CASE2 (高容量)	CASE3 (同時停車)	CASE4 (隊列走行)
60	21.4	20.1	—	—
90	18.1	—	—	—
120	10.1	—	22.8	—
150	—	—	22.4	—
180	—	—	21.8	—
360	—	—	—	18.5

※CASE2 は 3 連節バス（定員 270 名）を使用しているため、旅客輸送力は通常バスの約 3 倍となる（CASE2 以外のバス車両の定員は 80 名）。

## 7.4 バス輸送の適用領域の分析 - 輸送力とコストの関係

7.3 節では、簡便な形ではあるが、専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することで、比較的高いサービス水準を維持しながら高頻度バス輸送を実現できることを示した。次に、高頻度バス輸送を行う場合に要するコストと輸送力の関係を踏まえて、代替交通システムとの比較分析を行うことで、バス輸送の適用領域を示す。

### 7.4.1 分析の考え方

これまで海外においては、詳細な項目に基づく公共交通システムの費用モデルに関する研究<sup>16)</sup>がいくつか行われている。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する。

実際の都市において具体的に交通システム導入計画の代替案を検討する段階では、計画条件とシステム特性を踏まえ、必要空間とその用地費を考慮する必要がある。ただし本研究は、専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性評価の基礎的研究の段階という位置づけであるため、整備に必要な用地は予め確保されていると仮定し、各交通システムのコストを横並びで比較することとした。本分析においては、イニシャルコストにおける用地費は考慮しないこととするが、各交通システムにより、走行路や駅スペース等の必要空間は異なるため、用地費を考慮した場合は輸送力とコストの関係に影響を与えることが予想される。したがって、用地費を考慮したより精緻な分析については、公共交通システムの導入計画において実施すべきである。

### 7.4.2 前提条件

分析の前提条件は以下の通り設定した。

- ・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。
- ・インフラ及びシステム部（走行路や駅構造物，架線設備、バス以外の車両等を含む）の減価償却を50年，バス車両の減価償却を5年とし，1年あたりのコストを算出（社会的割引率は4%とする）。



### 7.4.3 代替交通システムの設定

代替交通システムの諸元は表7-8、及び表7-9のように設定した。なお、各交通システムの諸元は、既存統計資料等をもとに平均的な値を用いており、相対的な関係を議論する上では、妥当な設定であると言える。

表 7-8 代替交通システムの諸元設定

代替交通システム	諸元	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)	(億円/km)	
地下鉄		5	150	32	275	
新交通		3	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18）の数値の中間値を適用。

表 7-9 代替交通システム運営コスト

諸元	単位	地下鉄	新交通	モノレール	LRT
線路保存	円/車 km	56.0	30.3	45.1	40.0
電路保存	円/車 km	39.3	35.5	66.2	23.2
車両保存	円/車 km	39.8	61.3	36.0	60.0
運転	千円/人	353	283	381	126
運輸(駅当り)	千円	64,043	38,166	19,112	3,472
動力費	円/車 km	35.10	19.30	57.04	39.00
一般管理	千円/人	11,688	11,800	8,533	2,752

※運営コストについては、出典18）より平均値を算出し整理。

※LRTは路面電車事業者19社の平均。

※バスについては、1998年全国平均走行km当たり原価435.7円を適用した。3連節バスに関しては、維持管理費が通常バスの2倍程度であるため(出典：クリチバ市ヒアリング)、走行原価のうち維持管理経費を上乗せし、550円/走行kmと設定した。

#### 7.4.4 分析結果と考察

分析結果を図7-8に示す。計算の結果、ピーク時需要1万人/h程度であれば、バスの隊列運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、この場合は、6台が同時に停車できる停留所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、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。なお、270人定員の3連節バスが導入可能な制度があれば、費用面では有利という結果になっている。

また、本分析の条件下では、平面走行空間という点でバス輸送に最も近い代替交通システムと考えられるLRTは、他の軌道系交通システムよりも安価であり、1時間当たり5,000人以上の輸送需要がある領域では、3連節バスを除くバス輸送よりもコスト面で有利となっている。ただし、実用上はバス専用道路、及びLRTは走行空間として平面空間を確保しなければならず、実際の計画段階において用地取得費の影響を考慮した場合には、この関係が変化することも考えられる。

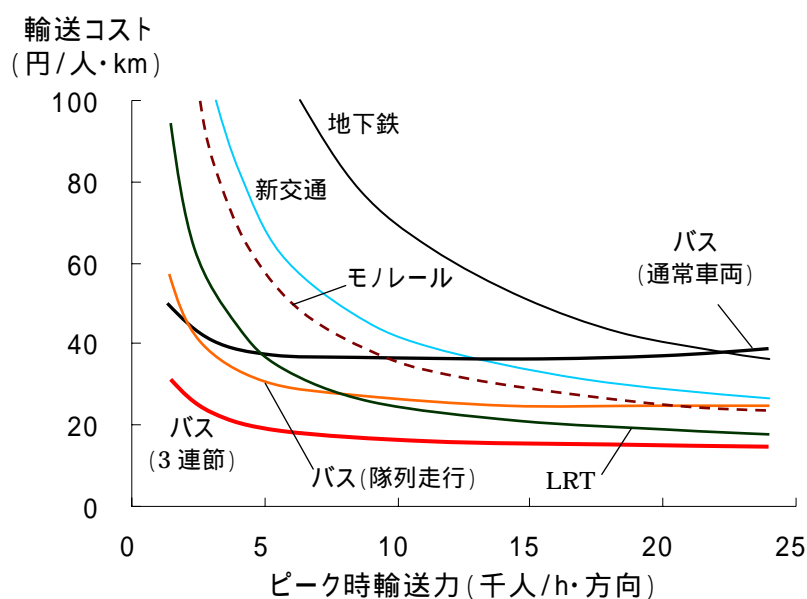


図 7-8 ピーク時需要と運営コストの関係

## 7.5 本章のまとめ

本章では、バス輸送に関わるインフラ整備と運用方法に着目し、専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性を評価するため、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。その上で、専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の評価を行った。さらに、簡便な設定ではあるが、バス輸送の適用領域（特にコスト面において、バス輸送が他の交通システムに比べ相対的に有利となる領域）についての分析を行った。

この結果、1) 専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することで、サービスレベルを大きく落とさずに、ある程度高頻度のバス輸送が可能であること、2) これまで、バスではサービスが難しいとされてきた領域（輸送力1万人/h程度）でも、運用上の工夫をすることで、コスト面で相対的に有利な領域があること、以上2点を示した。ただし、単純な前提条件による計算となっているため、実務場面においては、他の評価指標の算定を含め、設定条件を精査した上で分析を行う必要がある。

## 第7章 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) 鈴木尚樹，坂本邦宏，久保田尚：tiss-NET を用いたバス優先策総合評価システムの開発，土木計画学研究・講演集 No.22(1)，pp.503-506，1999
- 3) 鈴木尚樹，坂本邦宏，久保田尚：バス優先策の高度化に対応した総合評価システムの開発，土木計画学研究・講演集 No.23(2)，pp.407-410，2000
- 4) 須々木淳：バスレーンにおける一般車の遵守度がバス運行に与える影響に関する研究，横浜国立大学卒業論文，2001
- 5) 中村文彦：都市バス輸送におけるインフラ整備に関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
- 6) 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
- 7) 秀島栄三，赤松俊哉，山本幸司：都市バスシステムのための諸技術に関する一考察—ブラジルと日本の事例の比較による，土木計画学研究・講演集 No.24，CD-ROM，no.358，2001
- 8) 服部圭郎：人間都市クリチバ，学芸出版社，2004
- 9) URBS, Curitiba : <http://www.curitiba.pr.gov.br>, 2004
- 10) Meirelles,A. : A Review of Bus Priority Systems in Brazil: from Bus Lanes to Busway Transit, Smart Urban Transport Conference, 17-20 October, Brisbane Australia, 2000
- 11) TRB : Highway Capacity Manual. Special Report 209, Washington D.C., 2000
- 12) Zargari,S.A. and Khan,A.K. : A Simulation of the Bus Transitway, Journal of Advanced Transportation, vol.32, No.2, pp.152-174, 1998
- 13) Fernandez,R. and Planzer,R. : On the capacity of bus transit systems, Transport Reviews, Vol.22 No.3, pp.267-293, 2002
- 14) IEA : Bus Systems For The Future: Achieving Sustainable Transport Worldwide, IEA Publications, 2002
- 15) 大城温，大蔵泉，中村文彦：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，第17回交通工学研究発表会論文集，pp.233-236，1997
- 16) Vuchic, V.R. : Urban Public Transportation Systems and Technology, New Jersey. Prentice-Hall Inc., 1981
- 17) 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
- 18) 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
- 19) 平成11年度鉄道統計年報，国土交通省鉄道局

## 第8章 バス輸送システムが都市に及ぼす影響に関する分析

### 8.1 はじめに

近年、自動車交通への過度の依存に伴う交通混雑等により都市内で多くの問題が発生しており、都市内の公共交通の重要性が高まっていることは言うまでもない。このような中で、広義の **TDM** 施策の中に位置づけられる中長期的な課題として、交通負荷を軽減させるための土地利用戦略の注目が高まっている。需要が都市活動からの派生需要であることを考えれば、単純に自動車での移動を別の手段に転換させるという発想だけでなく、都市活動のあり方にまで議論を広げ、自動車に過度に依存しない、公共交通利用の促進を視野に入れた都市計画、あるいは土地利用の誘導に関連した **TOD**（公共交通指向型開発）の概念を検討する必要がある。

わが国では、特に大都市においては、モータリゼーションが進行する以前から、自動車依存の低下を意図しない考え方で、郊外と都心部を結ぶいわゆる通勤鉄道を軸とした開発が進められてきた。1980年代の米国では、それまでの自動車依存への反省から、公共交通の駅（停留所）徒歩圏の開発を高密度にして、公共交通を利用しやすいまちづくりを行う考え方としての **TOD** が議論され<sup>1)2)</sup>、その後、わが国の大都市通勤鉄道の沿線開発を参考として概念が整理されてきた。この **TOD** の概念は、わが国にも輸入され、中村<sup>3)4)</sup>により **Curitiba**（ブラジル）や **Ottawa**（カナダ）での戦略的な開発が紹介されるとともに、基幹的な公共交通を有する都市軸（公共交通軸）が注目されるようになった。ところで、一言で公共交通軸といっても、軸となる公共交通機関の駅間の長さによって、沿線の開発形態が駅を中心とする拠点開発となるのか、あるいは带状開発となるのか変わってくる<sup>5)</sup>。

また、軸となる公共交通が鉄道なのか、路面電車あるいはバスなのかによってイメージは異なり、その特性により駅勢圏も大きく異なることを考慮すれば、公共交通軸という概念は多様性を有していることが容易に推察できる。

結果として、いくつかの都市交通マスタープランの大きな柱として公共交通軸の整備が盛り込まれるようになってきているものの、国内外の経験に基づいた適用可能性と課題の整理に関する議論が十分でなく、具体的なイメージを欠いたまま概念が先行している懸念がある。大都市圏での基幹的交通、例えば通勤鉄道沿線での開発に関しては事例も多く、制度上の課題などもおよそ明らかになっているが、自動車への依存度が高く都市高速鉄道が存在しない地方都市、具体的には、一定規模以上の中心市街地を有する地方中核都市においては、より深刻な状況にあるといえる。それらの都市のいくつかで、都市マスタープランあるいは都市交通マスタープランの中で公共交通軸が明示されているが、将来的に具現化されるのか、曖昧な概念整理のみとなってしまうのか、事後の評価が必要である。

その一方で、多くの都市では、大都市の通勤鉄道と同様に、モータリゼーションの進展よりも前に中心市街地に向かう放射状の幹線バス路線、あるいは路面電車が存在しており、自然発生的に都市活動が集中していた可能性がある。しかしながら、実際に日本国内に点在するバスや路面電車の高頻度運行区間の実態に着目した研究は行われていない。また、多様なサービスが提供可能で、かつ初期的な投資が少額であることなどの特徴を持つバス輸送と都市計画との関連についての議論は少ない。

そこで本研究では、まず、わが国においてバスあるいは路面電車が高頻度に運行されている軸状空間の存在を整理し、その軸状空間の有無や延長がその都市全体の公共交通分担率に寄与しているかどうか把握する。さらに、詳細なデータが利用可能ないくつかの特徴的な都市を抽出し、各都市圏のパーソントリップ調査や国勢調査・商業統計調査のデータを活用して、同都市内でバスや路面電車の高頻度輸送区間沿線とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性を把握する。これらの分析を踏まえて、わが国の都市交通計画において公共交通軸の考え方を適用する際に考慮すべき点や課題に関する知見を得ることを目的として考察を行う。

## 8.2 分析対象都市の選定と公共交通軸空間の抽出

### 8.2.1 分析対象都市の選定

本研究における分析対象都市として、人口50万人以上の都市、または人口30万人以上の県庁所在地を設定する。ただし、3大都市圏においては個々の都市の独立性が小さいと思われるため、対象から除外する。対象となる都市は、札幌市をはじめとして全国で26都市である。

### 8.2.2 公共交通軸空間の定義，及び抽出条件の設定

公共交通軸の沿道機能や中心市街地への集中交通のトリップ目的としては、買物や私用が期待される。その量の多さが日中の高頻度運行に反映されていることを仮定した。しかしバスターミナル周辺では、多方面からのバス路線が集約され、短区間のみ高頻度運行となる場合があるので、高頻度運行区間がある程度連続していることも抽出の前提とした。以上を総合させることで、バスあるいは路面電車の高頻度運行に支えられている自然発生的公共交通軸を抽出できるものとした。具体的には、前節で選定した都市の中で、通勤通学や帰宅ピーク時の影響を受けない平日昼間（10～14時台）にバス、及び路面電車が高頻度（1時間あたり10本以上）に運行されている区間が連続して2km以上となる区間を抽出した。本研究では、これらの定義で抽出した区間の沿線を「公共交通軸空間」と定義し、以下分析を進める。

### 8.2.3 わが国の地方都市における公共交通軸空間の抽出

以上の条件の下、各都市の交通事業者提供の路線図と時刻表に基づき整理すると、調査対象の26都市において、バスの高頻度運行区間は合計33区間（19都市）、路面電車の高頻度運行区間は10区間（8都市、うち7都市がバス高頻度区間と重複）存在することが分かった（表8-1）。

表 8-1 わが国における公共交通軸空間（バス・路面電車の高頻度運行区間）

都市名	人口 (万人)	区間	区間延長 (km)	運行本数 (本/時)	最長間隔 (分)
札幌市	182	西町北 20 丁目-札幌駅	8.2	12	10
		*西四丁目-すすきの	8.4	15	4
福岡市	134	那の津口-住吉-博多駅	3.2	12	11
		西新パレス前-天神-博多駅	6.3	17	11
		六本松-天神-博多駅	5.2	13	9
		六本松-城南-博多駅	4.2	18	10
広島市	113	可部上市-広島バスセンター	17.1	20	6
		*広島駅-広電西広島駅	5.3	10	6
北九州市	101	到津の森公園前-小倉駅	5.0	11	10
		到津の森公園前-西鉄黒崎駅	7.8	19	7
		幸町-小倉駅	5.0	10	9
仙台市	101	北仙台駅-仙台駅	3.2	10	17
熊本市	66	北熊本(私鉄)-交通センター	4.2	11	13
		県庁前-交通センター	4.3	12	15
		*田崎橋-健軍町	9.2	15	5
岡山市	63	岡山商大前-岡山駅	4.4	16	6
		法界院駅前(JR)-岡山駅	3.0	10	8
		清輝橋-天満屋 BS-岡山駅	2.3	13	10
		*岡山駅前-東山	3.2	12	5
浜松市	58	常楽寺-浜松駅	2.7	11	10
		追分-浜松駅	7.2	11	10
		狸坂-浜松駅	6.1	10	10
鹿児島市	55	西鹿児島駅前-鹿児島駅前	2.7	12	15
		*鹿児島駅前-交通局前-谷山	9.3	10	6
新潟市	50	信濃町-市役所-新潟駅	5.2	14	14
静岡市	47	籠上-静岡駅	3.4	13	8
		轟橋-新静岡(私鉄)	4.5	13	10
		東部団地入口-静岡駅	5.4	10	8
金沢市	46	香林坊-金沢駅	2.1	38	5
		小立野-金沢駅	5.3	10	13
宇都宮市	44	作新学院前-宇都宮駅	3.5	13	15
大分市	44	南大平寺-大分駅-大分県庁	4.0	12	10
長崎市	42	昭和町-長崎駅	4.5	10	13
		南柳田-長崎駅	9.1	17	11
		*赤迫-西浜町-正覚寺下	7.3	12	5
		*赤迫-桜町-蛸茶屋	7.4	10	6
岐阜市	40	高富北町-岐阜駅	11.2	11	7
		正木-岐阜駅	5.4	11	9
長野市	36	長野高校前-長野駅	3.5	13	10
高知市	33	*鏡川橋-文殊通	7.8	15	5
		*高知駅-棧橋通 5 丁目	3.1	10	6
富山市	33	花園町-富山駅	2.5	11	15
		*富山駅前～南富山駅前	3.6	12	5
宮崎市	31	宮崎神宮-デパート前	2.0	14	10
合計 20 都市		34 区間(平均)	(5.1)	(13)	(10)

\*印は路面電車区間（但し、並行するバス運行本数は含めない）

（データは2003年10月時点でのものを用いた）

※ 分析対象都市のうち、公共交通軸空間が存在しない都市は、松山市・和歌山市・奈良市・いわき市・高松市・秋田市である。

※ 静岡市は清水市との合併前



### 8.3 公共交通軸空間と交通行動特性に関する分析

#### 8.3.1 公共交通軸空間と公共交通分担率との関係把握

まず、分析対象都市の公共交通軸空間の有無・延長と、その都市のトータルの分担率との関係について分析する。前章で抽出された公共交通軸空間について、都市ごとに合計した総延長（重複区間を含む）を横軸に、平成11年に行われた全国都市パーソントリップ調査における各都市の全目的トリップのバス・路面電車の分担率を縦軸にとった（図8-1）。なお、公共交通軸空間がない都市（延長0km）も分析に加えている。この結果、公共交通軸空間が存在する都市のほうが、また、その延長が長い都市ほど、都市全体としてのバス・路面電車分担率が高くなる傾向が見てとれる。これは、必ずしも公共交通軸空間の有無、あるいはその延長と都市全体の公共交通分担率との因果関係を直接説明するものではないが、少なからず相関があるといえよう。次に、公共交通軸空間がその都市の交通行動にどのような関係があるか検証するために、いくつかの都市を選定して詳細な分析を行う。

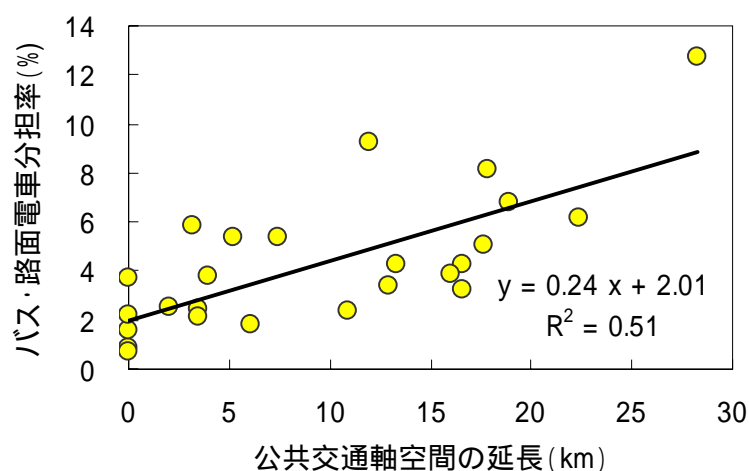


図 8-1 公共交通軸空間延長とバス・路面電車分担率の関係

\*分担率は全国都市パーソントリップ調査（H11）による

#### 8.3.2 交通行動特性に関する分析

各都市において、バスあるいは路面電車が平日日中高頻度に運行されている区間（公共交通軸空間）とそれ以外の地域の交通行動特性や人口・商業に関する特性を比較するため、公共交通軸空間を有する特徴的な都市を選定した。

##### (1) 対象都市の選定

都市の選定条件として、①交通行動を把握するためパーソントリップ（PT）調査を

行っている都市であること，②公共交通軸空間が1区間の都市と複数区間有する都市をそれぞれ選定すること，③公共交通軸空間を構成する交通機関がバスの都市と路面電車の都市をそれぞれ選定すること，以上3点を踏まえて，浜松市・新潟市・高知市の3都市を選定し，以後の分析を行うこととする。

各都市の高頻度運行区間と中心市街地の関係は図8-2～図8.4に示す通りであり，浜松市は3区間，新潟市は1区間の高頻度バス運行区間が存在し，高知市には路面電車が高頻度で運行されている区間が2区間存在している。

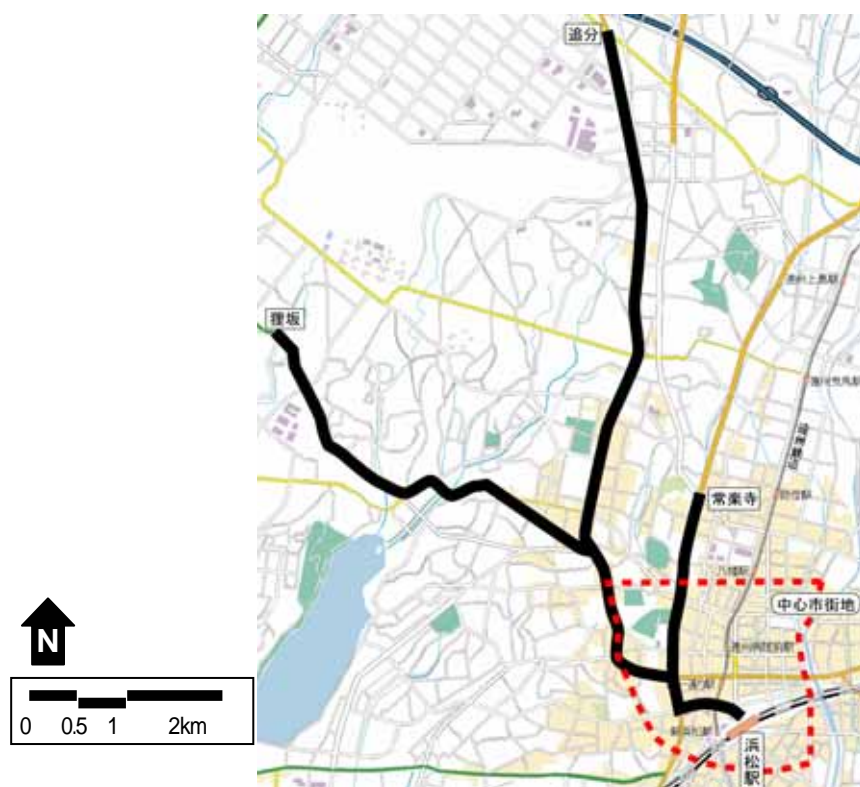


図 8-2 中心市街地とバス高頻度運行区間（浜松市）



図 8-4 中心市街地とバス高頻度運行区間（新潟市）



図 8-4 中心市街地と路面電車高頻度運行区間（高知市）

## (2) 使用するデータ

分析に使用するデータは、各都市圏で行われたPT調査データである。本研究では、各PT調査で区分された最小単位のゾーンについて、面積の半分以上が各都市で定められた中心市街地に含まれているゾーンを『中心市街地ゾーン（図表中では「中心市街地」と略す）』とした。次に、バス・路面電車の高頻度運行区間沿線の両側300mをサービス勢圏と仮定し、ゾーンの半分以上が含まれているゾーンを『バス・路面電車の高頻度運行区間沿線ゾーン（同、「公共交通軸」）』とした。同様に都市内の主要幹線道路の両側300mを影響圏と仮定し、『主要幹線道路沿線ゾーン（同、「主要幹線」）』とした。いずれにも含まれないゾーンを『その他ゾーン（同、「その他」）』とした。なお、それぞれの定義で重複する区間については、「中心市街地」>「公共交通軸」>「主要幹線」という優先順位で割り当てた（表8-2）。

表 8-2 3都市のデータとゾーン数の割合

都市名	実施年	ゾーン分類				
		中心市街地	公共交通軸	主要幹線	その他	合計ゾーン数
浜松市	S60	12%	15%	16%	57%	(74)
	H7	12%	14%	15%	59%	(78)
新潟市	H14	18%	6%	19%	58%	(142)
高知市	H9	19%	27%	13%	38%	(124)

※浜松については年次比較のため第2回、第3回PT調査を使用  
 （注）割合はゾーン数の内訳であり、面積比ではない

## (3) 分析の考え方

分析に際しては、各都市の市内全域から中心市街地へ向かうトリップ（全目的）に

着目し、①発ゾーン別の中心市街地集中トリップの代表交通手段分担率と、②各ゾーンから中心市街地へ向かうトリップ（全目的）の距離帯別の代表交通手段分担率，を集計して考察を行った。

#### （4）分析結果と考察

各都市の傾向を見ると，図5より公共交通軸空間から中心市街地へ向かうトリップに関しては，浜松（23.7%[S60]，24.2%[H7]）新潟（23.0%）高知（12.3%）いずれの都市も，他の地域から中心市街地へのトリップと比較してバスあるいは路面電車の分担率が高くなっている。また浜松における経年変化を見ると，全体的に自動車の分担率が上昇しバスの分担率が低下している中で，公共交通軸空間から中心市街地へ向かうトリップにおけるバスの分担率はやや上昇している。これらのことから，都市内の相対的に求心力が高い地域（中心市街地等）から伸びる公共交通軸空間が存在する場合，軸内の移動における公共交通利用率が他の地域に比べて大きくなる傾向がある。つまり，移動需要がある程度想定される空間において，高頻度な公共交通サービスを維持することが，公共交通の利用促進に寄与していることが伺える。

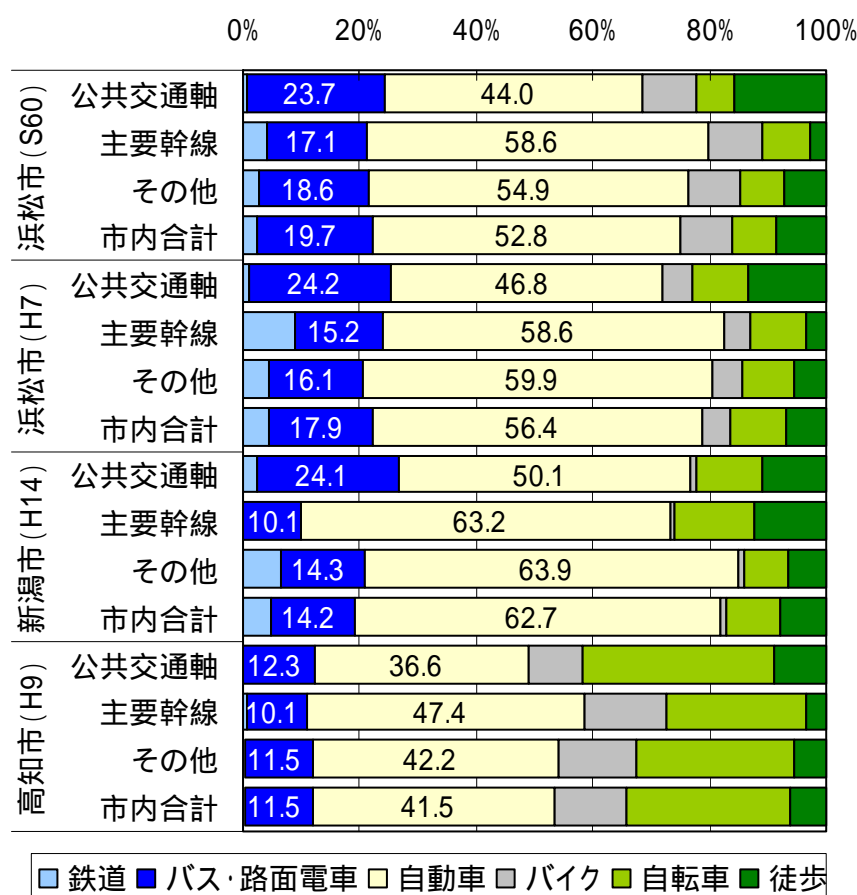


図 8-5 市内各地域 中心市街地への手段分担率  
（各都市圏PT調査データより作成，全目的トリップ）

また、高知に関しては、中心市街地へ向かうトリップ全体としての自転車利用が多くなっており、逆に自動車分担率は3都市の中で最も低くなっている。本研究では公共交通軸空間の実態と都市活動との関係に着目しているが、自転車の利用特性の分析に関しては独立した議論が必要となるため、ここでは詳細な考察は行わない。ただし、自動車に依存しないまちづくりという観点では、自転車利用を考慮することは重要であり、高知市の自転車利用の高さは注目に値する。

次に、中心市街地からの距離帯別に、各ゾーンから中心市街地に向かうトリップの代表交通手段分担率を示す(図8-6～8-8)。ここでは、徒歩・自転車利用の短距離トリップの影響を除くため、ゾーン内々トリップは除いており、鉄道端末でのバス・路面電車・自動車の利用については分担率に含めていない。また比較のため、分担率はバス・路面電車と自動車のみ記載している。各グラフより、公共交通軸空間ではいずれの距離帯においても他の地域に比べてバス・路面電車の分担率が高くなっている。0～3kmの距離帯では、バス・路面電車の利用率自体は低いものの、徒歩・自転車による移動が多くを占めるため、自動車の分担率も比較的低く(30～50%)になっている。3～5kmの距離帯では、公共交通軸空間とその他の地域のバス・路面電車分担率の差が特に大きくなっている。一般に、移動距離が長くなると自動車の分担率が増加する傾向があるが、公共交通軸空間においては、結果的に、その傾向が軽減されていると言える。すなわち、公共交通の高頻度サービス(公共交通軸空間)が、自動車への依存を軽減する可能性があると指摘できる。以上のことから、公共交通サービスが高い状態で維持されている地域では、その沿線での都市活動・都市機能にも影響を与えているのではないか、という仮説が考えられる。

次節では、公共交通軸空間と都市機能との関連性について分析・考察を行う。

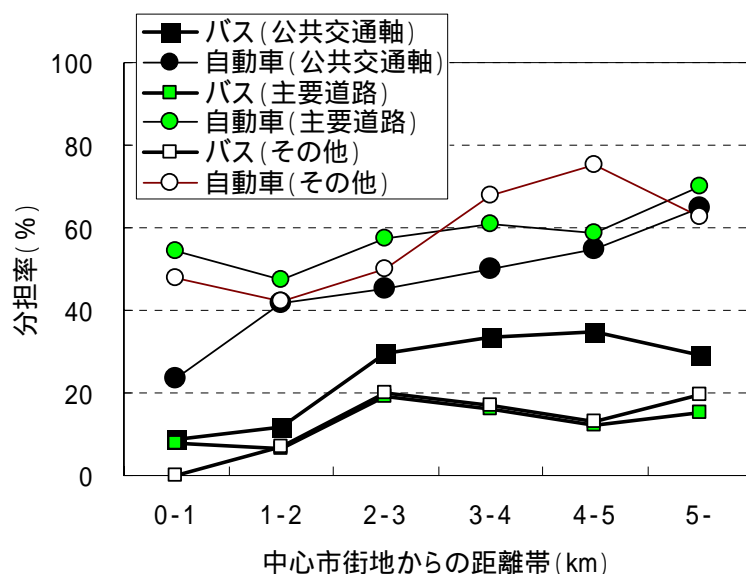


図 8-6 中心市街地からの距離帯別分担率(浜松, H7)

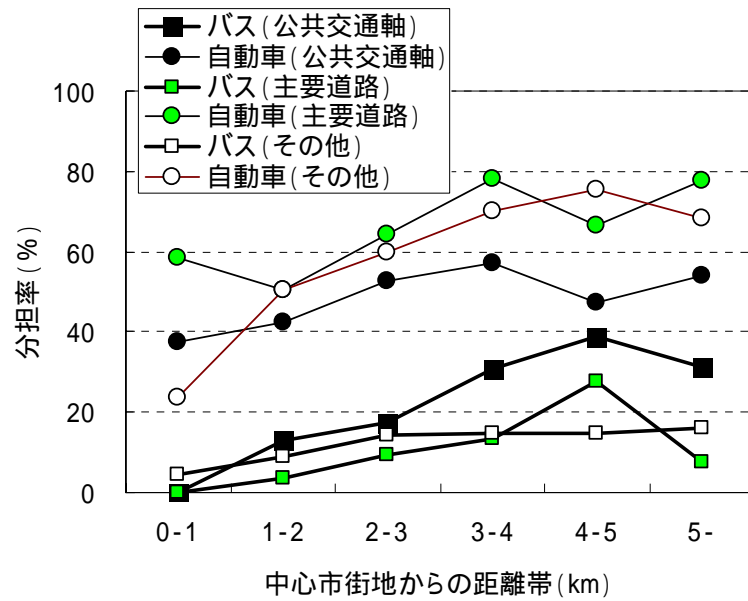


図 8-7 中心市街地からの距離帯別分担率 (新潟, H14)

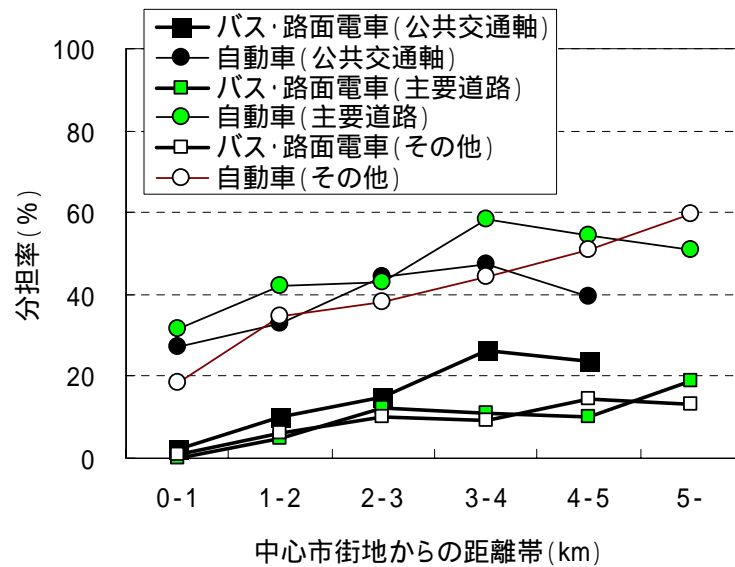


図 8-8 中心市街地からの距離帯別分担率 (高知, H9)

※高知は、中心市街地から5kmまで公共交通軸空間が存在



## 8.5 公共交通軸空間と人口・商業指標との関連性分析

本章では、前章で指摘した公共交通軸空間と都市機能の関連性について把握するため、居住特性や商業が、各地域の交通特性に与える影響を考察する。各都市の人口・商業統計指標を整理するため、国勢調査メッシュデータ（S60, H12）、商業統計調査メッシュデータ（S60, H11）を用いた。ゾーン区分はPTデータと同様の考え方で分類した。まず、各都市における地域別の人口シェアの変化と人口密度の増減率を集計した（図 8-9）。この図より、各都市とも市全体に占める中心市街地の人口シェアが減少し、郊外地域が多く含まれるその他の地域の人口シェアは増加している。また人口密度の増減率も同様の傾向があることから、地方都市全体の特徴として、相対的に地価の安い郊外へ自動車利用を前提とした居住地選択を行っていることを裏付けている。さらに、公共交通軸空間においても各都市の人口シェアは減少しており、新潟市・高知市は人口密度も減少しているが、浜松市については逆に人口密度が増加していることが分かる。

次に商業指標をみると、各都市とも中心市街地や公共交通軸空間の店舗数が減少し、その他の地域の店舗数は若干増加している。また、1 店舗あたりの売場面積は中心市街地以外での伸び率が顕著であり、郊外型店舗の進展の傾向が伺える（図 8-10）。売上に着目すると、1 店舗あたりの売上はどの地域も増加しているものの、中心市街地における伸びは各都市とも低く、都市全体の中での売上シェアも大きく低下していることから、商業指標からは中心市街地の衰退の傾向が読み取れる。公共交通軸空間に関しては各都市によって傾向が異なっている。例えば、浜松市は1 店舗あたりの売上の伸びが低く、都市の中での売上シェアも低下しているが、他の2 都市においては、公共交通軸空間が1 店舗あたりの売上が最も増加している地域となっており、シェアも若干増加していることが分かる（図 8-11）。

ここで、交通行動特性についての分析結果と、人口・商業指標の集計値を照らし合わせると、自然発生的に形成されたわが国の公共交通軸空間には、少なくとも2つのパターンが存在していると言える。すなわち、1) 都市全体からみて相対的に公共交通軸空間沿線に都市機能（商業機能）が集積している事例（新潟市・高知市）及び、2) 中心市街地へ向かう幹線交通軸としての機能がより卓越している事例（浜松市）、の存在が指摘できる。

ところで前者の場合について、都市機能の集積が公共交通の高頻度サービスによるものなのかどうか、という疑問がある。第4章で示したゾーン分類の前提条件（表 8-2）から明らかなように、本研究で抽出した公共交通軸空間の多くは主要幹線道路沿線ゾーンと重複している。

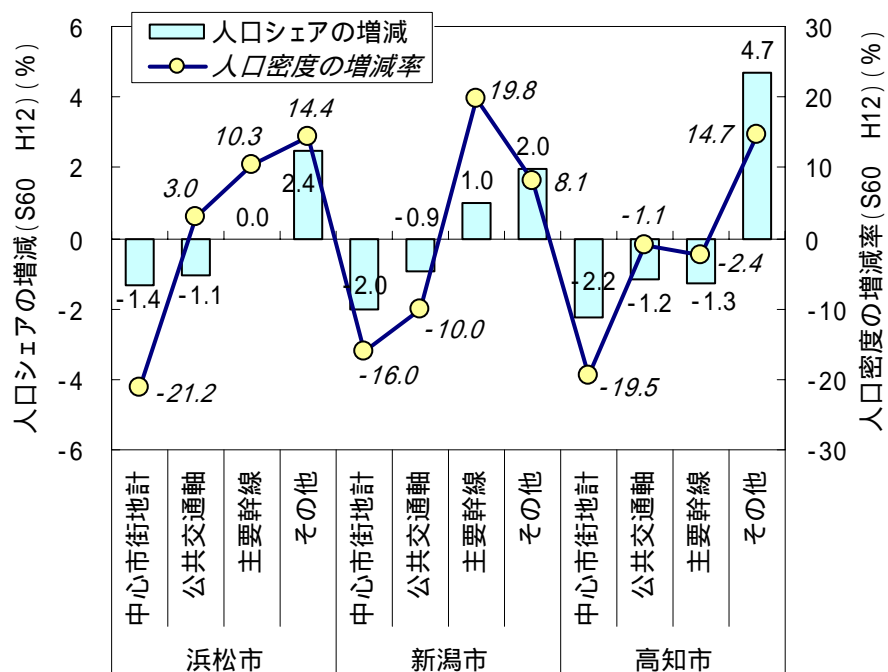


図 8-9 各都市の地域別人口指標の変化

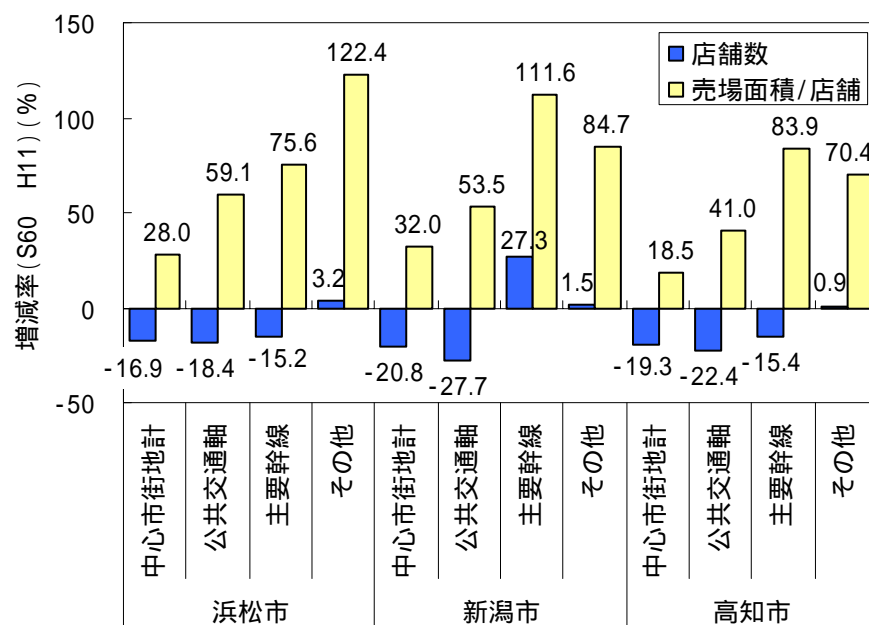


図 8-10 各都市の地域別店舗数・売場面積の変化



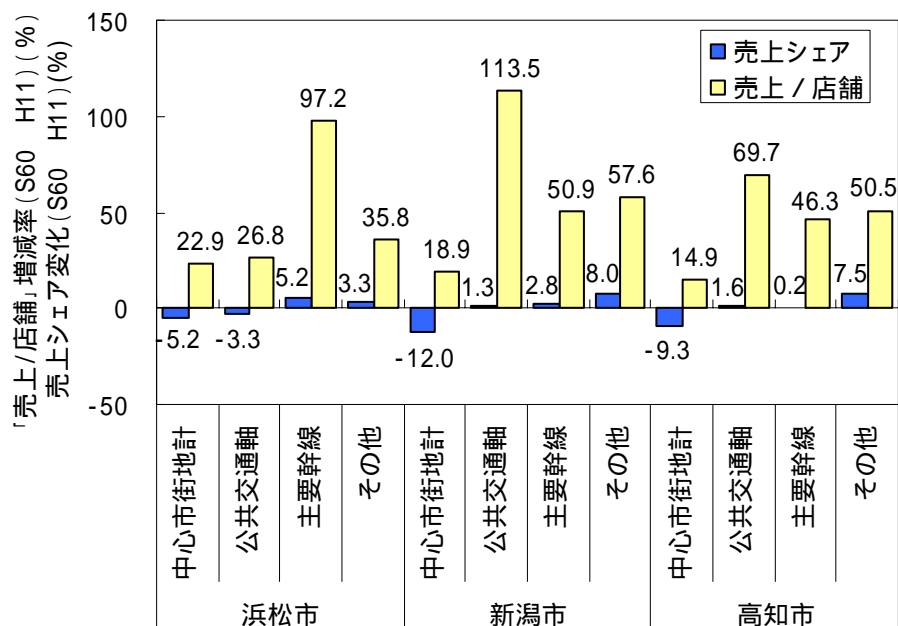


図 8-11 各都市の地域別店舗売上・シェアの変化

※ 売上シェア＝各地域の売上／都市全体の売上

※ S60の売上は消費者物価指数（≒0.86，対H11）で補正

したがって、沿線への都市機能の集積は、公共交通の高頻度運行の効果よりも主要幹線道路による影響のほうが大きいという考察を否定できない。主要幹線道路による影響のほうが大きい場合、公共交通軸空間へ集中するアクセス交通については、公共交通利用よりも自動車利用が卓越する可能性がある。しかし、都市交通マスタープラン等における公共交通軸の概念が、TODの発想に類するならば、次のように言い換えることができる。すなわち、都市内の公共交通軸とは、「適切に高密度の住宅地が公共施設・業務・商業機能などを伴って、高頻度な公共交通サービスが行われている（あるいは計画されている）区間の沿線に複合利用的に集中するような開発によって、公共交通軸内の移動や中心市街地への移動において徒歩・自転車・公共交通利用に力点が置かれ、過度に自動車に依存しないまちづくりに資すること」と解釈することができる。

以上のことから、今後、我が国の都市計画への公共交通軸の適用を想定した場合、前述の疑問に対する解答そのものにはあまり意味がないかも知れない。むしろ、都市機能がある程度集積した軸状空間が存在している場合には、軸上の公共交通サービスを高めることで自動車に過度に依存しないまちづくりが期待できること、あるいは、現在自然発生的に存在している公共交通軸空間上への戦略的な土地利用の誘導等、どう空間を活かしたまちづくりを進めていくのかといった議論が必要であること、が指摘できる。

## 8.6 本章のまとめ

本章における分析成果として、第一に、わが国における高頻度公共交通サービス区間の存在を確認し、バスや路面電車を主体とした自然発生的な公共交通軸空間を抽出したことがあげられる。この結果、調査対象の**26都市**において、**33区間（19都市）**のバス高頻度運行区間、**10区間（8都市）**の路面電車高頻度運行区間を抽出し、当初想定したよりも多く存在していることが明らかになった。

第二に、公共交通軸空間の有無・延長と、その都市のトータルとしての公共交通の分担率との関係について分析した結果、公共交通軸空間を有する都市のほうが、また、その延長が長い都市ほど、都市全体としてのバス・路面電車分担率が高くなる傾向にあることが分かった。このことは、同じような規模の都市群において、公共交通軸空間の存在がトータルとしての公共交通分担率に寄与する可能性を示唆できる。ただし、必ずしも公共交通軸空間の有無やその延長と都市全体の公共交通分担率との因果関係を示すものではないため、更なる詳細な検証が必要である。

第三に、特徴的な都市として浜松市、新潟市、高知市を例に各種データに基づく分析を行った。その結果、地方都市において特別**TOD**を意識してはいないバスや路面電車の高頻度運行区間（公共交通軸空間）でも、中心市街地への移動に関して言えば、都市内で相対的にバス・路面電車の公共交通の分担率が高いレベルを保っていることが分かった。また、公共交通の高頻度サービス（公共交通軸空間）の存在が、自動車への依存を軽減する可能性があることを示唆した。

さらに国勢調査、商業統計調査に基づく分析より、人口・商業指標からみた中心市街地は、衰退または停滞の傾向を示しており、逆に都市郊外部の低密な宅地開発や大型店舗の進出を読み取ることができた。また、わが国において自然発生的に形成された公共交通軸空間には、都市全体からみて相対的に公共交通軸沿線に都市機能が集積している例と、中心市街地へ向かう幹線交通軸としての機能がより卓越している例、の**2つのパターン**が存在していることを示した。

本研究で得られた成果はあくまで実態分析に基づくものであるが、これまで都市交通計画において提案されてきた公共交通軸が、概念先行で国内外の経験に基づく議論が十分なされていないとするならば、地方都市における公共交通軸空間の存在と、その特徴から読み取れたことは発見といえる。

以上のことをまとめると、今後の都市計画において公共交通軸の適用を検討する際の知見として以下の**2点**を指摘できる。すなわち、**1)**すでに都市機能がある程度集積した軸状空間が存在する場合には、軸上の公共交通のサービスレベルを高めることで、自動車に過度に依存しないまちづくりに資する可能性があること、**2)**都市内で相対的に求心力が高い地域（中心市街地等）につながる自然発生的な公共交通軸空間が存在する場合、その沿線に対し、住宅地等の戦略的な土地利用の誘導を行うことで、前者

と同様の効果が期待できること、があげられる。

以上のことをさらに検証するために、本研究で例示した代表的な3都市のみならず、他の分析対象都市を含めて、交通特性と都市機能の間にどのような因果関係があり、今後どのように変化していくかを明らかにすることは今後の課題である。

今後、地方都市において自動車に過度に依存しないまちづくりを検討する場合には、高頻度な公共交通サービスを有する公共交通軸空間を整備した上で、中心市街地の求心力を維持・向上させる政策や、公共交通軸沿線への住宅立地等の土地利用戦略が代替案の1つとして議論されることが考えられる。

## 第 8 章 参考文献

- 1) Calthorpe, P : The Next American Metropolis, Princeton Architectural Press, pp.41-71, 1993
- 2) Cervero, R : Transit-Supportive Development in the United States, FTA, 1993
- 3) 中村文彦：バス型の公共交通指向型開発の動向と適用可能性，第30回日本都市計画学会研究論文集，pp.607-612，1995
- 4) 中村文彦：公共交通を活用した都市開発の適用可能性に関する基礎的研究，国際交通安全学会誌 Vol.24 No.1，pp.17-24，1998
- 5) 中村文彦：都市における公共交通計画の課題－公共交通指向型開発（TOD）への期待－，高速道路と自動車，No.39(8)，pp.7-11，1996
- 6) 足達健夫，高野伸栄，五十嵐日出夫：都市発展方向の土木地理学的研究，土木計画学研究・講演集 No.15(1)-2，pp.859-864，1992
- 7) 矢部努，中村誉，中村文彦：わが国の都市内公共交通軸空間の実態に関する研究，土木計画学研究・講演集 No.29，CD-ROM No.135，2004

## 第9章 都市内における高度化したバス輸送システムの計画手法

### 9.1 はじめに

本章では、これまで検討した高度化したバス輸送システムの計画フレーム、ならびに各構成要素の多様化を前提としたシステムの性能評価の結果を受けて、高度化したバス輸送システムの計画手法について明らかにする。具体的には、第3章で検討した計画フレームと各構成要素に関わる検討課題について、第4章での海外事例の計画手法と第5章で整理した評価指標を踏まえ、第6章における性能評価、第7章における性能指標間のトレードオフの分析、第8章におけるまちづくりへの効果・影響に関する評価に基づき、高度化したバス輸送システムの計画手法としてとりまとめる。

9.2節では、評価指標間のトレードオフを考慮した計画手法について整理する。第3章で検討したように、高度化したバス輸送システムの計画フレームとしては、1) 既存のバス輸送システムの改善（高度化）、2) 都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点があげられる。前者については、3.2.2節に示した計画フレームに照らし合わせて、これまで評価の結果に基づき、バス輸送システムを高度化させる要素がもたらす効果・影響について、フレームワーク法を用いて考察を行う。また、後者については、同じく3.2.2節に示した計画フレームに照らし合わせ、評価指標間のトレードオフの関係について考察する。

次に9.3節では、第4章に示した高度化したバス輸送システムの導入事例に基づき、段階的整備の柔軟性、すなわち時間軸を考慮した計画手法について考察を行う。

さらに、9.4節では、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について、同じく導入事例分析に基づき考察を行う。都市公共交通への公共部門の関与が深く、基幹的公共交通としてBRTを導入した海外の都市を事例として、既存資料とヒアリング調査に基づき現状をマクロ的に把握し、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について考察する。具体的には、各都市の都市公共交通におけるBRTの位置づけと計画・運営・運行の現状に着目し、その導入経緯や財源確保の方法・諸制度等の視点から比較分析を行い、わが国にBRTを導入する際、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の、計画・運営・運行の側面からみた課題と今後の方向性について考察する。

## 9.2 評価指標間のトレードオフを考慮した計画手法

本節では、これまでの分析結果を受けて、評価指標間のトレードオフを考慮した計画手法について整理する。高度化したバス輸送システムの計画フレームとして、1) 既存のバス輸送システムの改善（高度化）、2) 都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点を示した。前者については、3.2.2節に示した計画フレームに照らし合わせて、前章までの分析結果に基づき、バス輸送システムを高度化させる要素がもたらす効果・影響について、フレームワーク法を用いて考察を行う。また後者については、同じく3.2.2節に示した計画フレームに照らし合わせ、評価指標間のトレードオフの関係を考察する。

### 9.2.1 バス輸送システムを高度化する各要素がもたらす効果・影響

まず、既存のバス輸送システムの改善において、高度化する各要素がもたらす効果・影響の関係について、フレームワーク法を用いて整理する。ここでフレームワーク法とは、英国における幹線道路計画の評価方法として提案された手法であり、評価主体を分類・整理し、さらに細分化された対象ごとに検討すべき効果・影響を整理した上で、各代替案についての効果分析を行うものである。既存のバス輸送システムの改善の方向性としては、3.2.2節で示したように、輸送力の向上、信頼性の向上、利便性の向上、運行管理の高度化があげられる。ここでは、これまでの個別の分析結果および考察をもとに、それぞれのバス輸送システム改善の方向性に対して、高度化の各要素を取り入れることで主要な評価指標にどのような効果・影響をもたらし得るのかを表9-1にまとめた。この表は、第6章および第7章における分析結果をもとに、その際的前提条件下で起こり得る影響についてまとめたものであり、この結果が全ての都市、あるいは導入事例における傾向を完全に説明しているというものではない。また、個々の欄ごとの解釈の際には、各前提条件の考慮が必要となる。以上のことに注意した上で考察すると、利用者の視点から見た評価指標（平均待ち時間、所要時間等）、および事業者（計画主体）の視点から見た評価指標のうち輸送能力に関わるもの（バス停処理能力、平均旅行速度等）については、全体として正の効果が見込めることが分かる。また、バス輸送システムの改善によるサービスレベルの向上は、利用者数の増加につながる可能性は高いものの、本研究においては需要側の分析を行っていないため実証はできていない。一方で、事業者の視点から見たコストに関わる指標（事業効率性等）については、全ての高度化の要素が必ずしも正の効果をもたらすわけではないといえる。とはいえ、個々の高度化の要素は、ある程度以上の効果をもたらすと考えられ、また本研究で取り扱った高度化したバス輸送システムは、個々の要素を複数組み合わせることによってその効果を発揮するものであり、海外諸都市の導入事例を鑑みれば、高度化によるバス輸送システムの改善が利用者をひきつけ、結果的に事業効率性等への効果

を高める可能性は高いと考えられる。

表 9-1 バス輸送システムを高度化する各要素がもたらす効果・影響

改善方策 主な評価指標 高度化の各要素		輸送力の向上				信頼性の向上				利便性の向上				運行管理の高度化			
		平均待ち時間	バス停処理能力	乗客輸送力	費用効率性	所要時間	定時性	利用者数	費用効率性	所要時間	平均待ち時間	平均乗換え時間	費用効率性	所要時間	平均待ち時間	平均遅れ時間	費用効率性
走行空間	バス専用レーン	○	—	○	△	○	○	△	△	○	○	—	△	○	○	○	△
	バス専用道路	○	—	○	△	○	○	△	△	○	○	—	△	○	○	○	△
	ガイドウェイ	○	—	○	△	○	○	△	△	○	○	—	△	○	○	○	△
停車施設	バス停の配置計画	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	▼	○	○	○	○	○
	バス停留所の設計	○	○	○	△	△	△	△	△	△	○	△	△	△	○	○	△
	案内情報提供	—	—	—	▼	—	—	△	▼	—	—	△	▼	—	—	—	▼
車両	車両設計の高度化	△	○	○	▼	△	△	△	▼	△	△	—	▼	△	△	△	▼
	車両サイズの多様化	△	○	○	▼	△	△	—	▼	△	△	—	▼	△	△	△	▼
運用方式	運行形態の高度化	△	○	○	▼	△	△	—	▼	△	△	▼	▼	△	△	▼	▼
	停車方式の高度化	△	○	○	▼	△	△	—	▼	△	△	▼	▼	△	△	▼	▼
	運賃收受方式の多様化	△	○	○	▼	○	○	△	▼	○	△	—	▼	○	△	○	▼
技術面	優先信号システム	○	—	○	▼	○	○	△	▼	○	○	—	▼	○	○	○	▼
	運行管理システム	△	—	△	▼	△	○	△	▼	△	△	△	▼	△	△	○	▼
	運転支援システム	—	△	△	▼	—	—	—	▼	—	—	—	▼	—	—	△	▼

(備考) 主な評価指標のうち、無印は利用者側の指標、\*印はバス事業者（計画主体）側の指標

(凡例) ○：正の効果（所要時間の短縮，費用の削減，利便性向上等）がある

△：正の効果をもたらされる可能性がある

—：影響なし（高度化の必要なし）

▼：負の効果をもたらされる可能性がある

### 9.2.2 評価指標間のトレードオフの関係

次に、都市内に新規の基幹的交通システムとして導入する場合の計画代替案の比較分析において、これまでの分析結果をもとに評価指標のトレードオフの関係を図 9-1 に整理した。例えば、路線の運行頻度は、路線上の各断面において運行間隔が最短となる地点により規定されるため、交通システムの輸送力は、停車時間の最も長い停留所の輸送力により決まる。停留所の停車時間は、乗降客数（利用者数）や運賃収受方式、および車両や停留所構造の関数であり、それは路線の表定速度に影響を与える。また、運行頻度は利用者の待ち時間減少させるとともに利便性を向上させ、利用者数の増加につながる可能性があり、その結果、事業効率性や沿線の土地利用にも影響を与えると考えられる。したがって、都市内に新規の基幹的交通システムとして導入する場合には、これらの関係を踏まえて検討を行う必要があると考えられる。

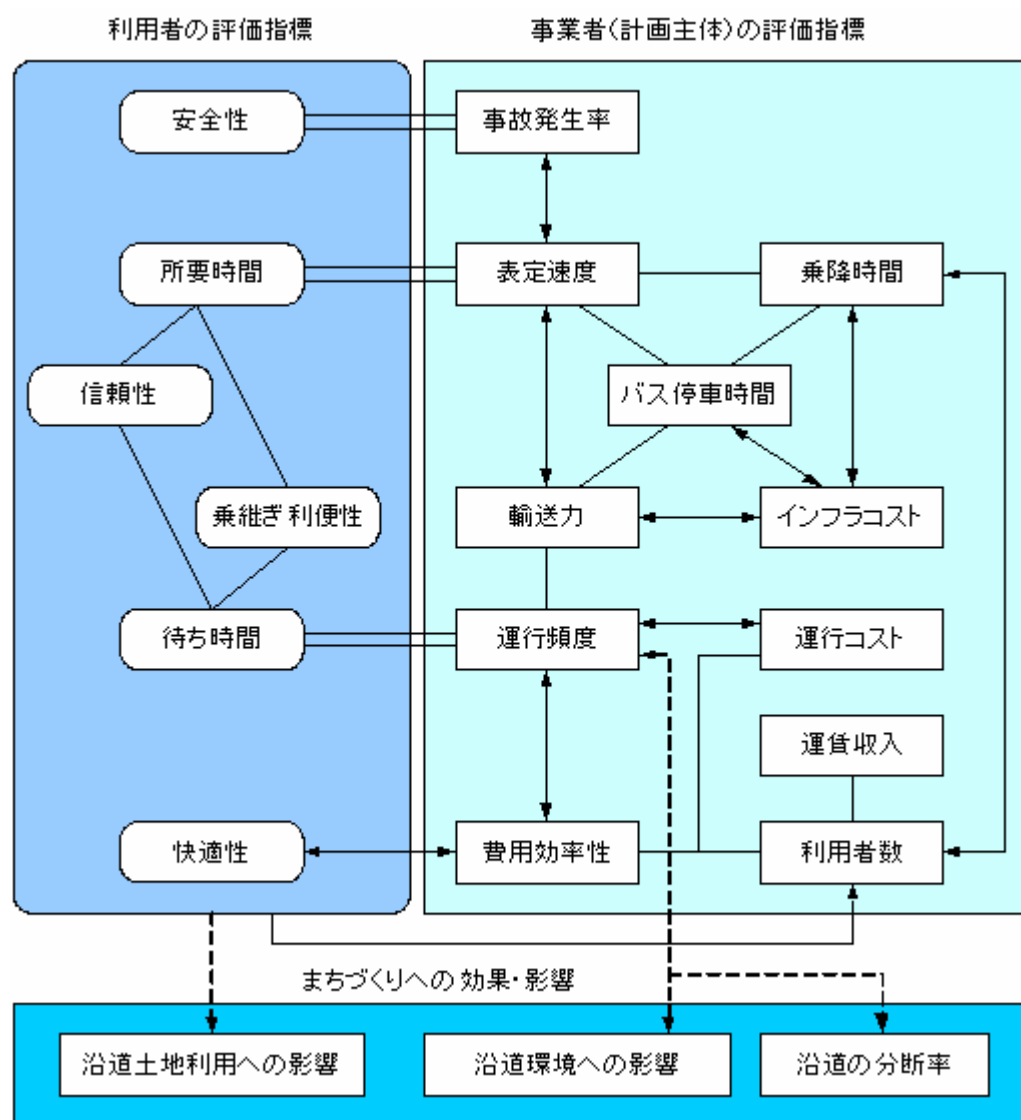


図 9-1 評価指標間のトレードオフの関係



### 9.3 時間軸を考慮した計画手法

第4章に示したように、高度化したバス輸送システムの整備は、漸進的あるいは段階的に行うことが可能であり、限られた資金の中で早期に運用を行うことができる。さらに、需要の変動に対応した延伸や改善等、システムの拡張を行うことが容易であると考えられる。すなわち、高度化したバス輸送システムの整備に際し、導入初期の段階では、必ずしも将来需要に対応したシステムの完成型である必要はなく、都市の成長に合わせて時間を追って段階的にグレードアップすることができる。**Curitiba**（ブラジル）の例にもみられるように、都市の成長の初期段階において、早期に公共交通システムを整備することが潜在的な公共交通利用者を惹きつけることにもつながる。このことは、持続可能な交通計画を検討する上で重要な考え方であるといえる。高度化したバス輸送システム導入の時間軸としては、需要、専用走行空間確保の可能性、整備のための資金、および地域の支援等に基づき検討する必要がある。

例えば、バス輸送システム導入の初期段階では、将来的にバス専用道路へのグレードアップを想定したバス専用レーンの整備により運用を開始することができる。また、バス専用道路等の走行空間は、需要の変化やその他の根拠により正当化されるのであれば、軌道系システムへ転換を行うこともあり得る。

一方 **Ottawa**（カナダ）のように、**Transitway** の段階的整備の戦略として、従来に行われてきた都心部から優先的に整備する方式ではなく、郊外の **Transitway** から段階的に整備するという方式（**outside-in** アプローチ）により、初期段階にシステムの完成型を整備することも1つの戦略であるといえる。**Ottawa** では、このアプローチによる郊外への整備を優先させたことと、利用者獲得のためのマーケティング戦略により公共交通システムの利用者を惹きつけることとなり、他の多くの都市で採用された都心部優先の整備よりも、公共交通システム選択に及ぼす影響が大きく、費用対効果も高いことが明らかとなっている。

このように、高度化したバス輸送システム整備の各段階においては、高度化の要素を適切に組み合わせて、明確な利便性の向上、あるいは便益を生み出さなければならぬと考えられる。本節では、以下、バス輸送システムの高度化のための要素の組み合わせについて示した上で、時間軸を考慮した段階的整備の考え方について示す。

#### 9.3.1 バス輸送システムを高度化する要素の段階的な整備

第3章に示したバス輸送システムを高度化する主要な要素である走行空間、停車施設、車両、運用方式および技術について、それぞれ高度化の段階の順に整理すると表9-2のようにまとめられる。高度化したバス輸送システムを代替案として検討する場合は、それぞれの要素における高度化の段階を任意に設定することになる。例えば、導入初期の段階では、混在交通での運用を基本に混雑区間のみバス専用レーンを設定し

表 9-2 バス輸送システムの高度化の要素

段階	走行空間	停車施設	車両	運用方式, 技術
1	・混在交通での運用 (一般道路)	・通常のバス停	・一般的なバス車両 ・ノンステップバス	・車内運賃収受システム
2	・バス専用レーン (一般道路)	・デザイン性を重視した バス停	・デザイン性を統一した 車両	・車両位置自動把握システム (AVL) ・運行管理システム
3	・中央走行バス専用道路 (一般道路)	・バスベイの設置 ・追越しレーンの設置	・連節バス ・3 連節バス	・情報提供システム ・車外運賃収受システム
4	・平面バス専用道路	・プラットホームを備えた 同一レベル乗降が 可能なバス停	・圧縮天然ガス車両 ・ハイブリッド車両	・優先信号制御システム
5	・立体的バス専用道路	・乗り継ぎターミナル	・トロリー車両 ・電気駆動車両	・リアルタイム運行管理 システム
6	・ガイドウェイ	・P&R 施設等を備えた ターミナル(トランジ ットセンター)	・機械誘導式車両 ・光学誘導式車両 ・磁気誘導式車両	・自動車両誘導システム

て、通常のバス停と車両を用いた一般的なバス輸送システムとして導入した上で、都市の成長、あるいは需要の増加に整合させるかたちで段階的に高度化を図っていくことが考えられる。段階的整備の方向性としては、既にシステムを整備している区間の延伸もしくはグレードアップを行う場合と、他の路線への整備する場合の 2 つが考えられる。前者の場合、バスの走行速度を向上させるための優先信号システムや低床車両、あるいは運賃収受システムの更新等が想定される。後者の場合は、土地利用や需要の変化の対応した路線の追加等が想定される。特に、アジアの大都市のように人口規模が大きく、更なる都市の空間的拡大が予想される場合にも適用可能な代替案となり得る。

### 9.3.2 軌道系システムへの転換可能性

高度化したバス輸送システムの利点の 1 つとして、LRT や新交通システム等への転換の可能性があげられる。軌道系システムへの転換に際しては、その費用対効果と資金面での裏づけを前提として、Seattle (米国) や Sydney (豪州) の例に見られるように、予め軌道系システムへの転換を想定したバス専用道路の設計により、比較的容易に行うことが可能と考えられる。このような整備が段階的に行われるのであれば、まずバス専用道路として空間を確保し、公共交通の需要を喚起することで公共交通指向型の開発を促進して、地域の支援の下に鉄道への転換を図ることができる。将来の

軌道系システムへの転換を想定してバス専用道路を整備する場合には、軌道系システム整備のための要件を満たしている必要があり、またそのような設計を行うことで、長期的な視点からみたインフラ整備にかかる費用と沿線への影響を最小限にできる可能性がある。

一方、わが国においては、少子高齢化による人口と移動需要の減少に伴い、今後大きな成長が見込まれる都市はほとんどないと考えられる。都市計画においては市街化区域から市街化調整区域に変更する逆線引きによる市街地の縮減の動きも見られつつある。また、交通の視点から見れば、地方都市のローカル鉄道の廃止に伴う代替バスの運行が増えつつあり、今後わが国では必ずしも都市が成長あるいは拡大するばかりではなく、その逆の方向に進んでいく場面が想定される。その意味では、土地利用計画や都市交通計画においては、これまでのように計画年次を想定した単調増加の考え方だけでなく、都市の成熟の度合いに応じた計画目標を設定することが重要となる。例えばわが国においては、逆に、既存の鉄道から高度化したバス輸送システムへの変更についても議論の余地があると考えられる。ただし、それは鉄道からバスへのグレードダウンという考え方ではなく、例えば鉄道に相当する需要が将来見込めない（需要の減少）局面が想定された場合、現在の鉄道を廃線にし、軌道敷をバス専用道路化して都市内における多様な運行形態を行うといったことも考えられる。この場合、鉄道の運行費用とバス輸送システムの整備・運行費用とのコスト面の比較が前提となるが、都市全体での公共交通サービス等の評価指標と照らし合わせて検討を行う必要がある。

以上のように、高度化したバス輸送システムの段階的整備の可能性は、その需要と都市の特性、およびインフラ整備と運営にかかるコストに大きく依存するが、これらの高度化の要素は、安価なシステムコストの利点を考慮するだけでなく、バス輸送システムが持つサービスと運用に関する高い柔軟性を考慮したものでなければならないと考えられる。また、世界的に見れば、先進諸国に見られるような成熟した都市や途上国に見られるような変化の激しい都市、あるいは同じ国内でも人口が急増している都市と衰退傾向にある都市が存在するなど、都市が持つ特徴は多種多様である。したがって、高度化したバス輸送システムを代替案として検討する際は、段階的整備の可能性に視点をおいた上で、都市の成長や需要の変動を踏まえた時間軸を考慮した評価を行う必要がある。

## 9.4 財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法

都市内で発生する交通問題への対応という点で、公共交通輸送の重要性はいうまでもないが、同時に公共交通を計画・運営する上で、国や自治体が抱える課題は大きい。近年、海外諸都市においては、公共交通システム等のインフラ建設費用や運営費への補助制度と背景として、**BRT** や **LRT** の整備が盛んに行われており、それらの計画、運営にも公共部門が深く関与している。

一方、わが国においては、それらの整備には多くの費用と時間を要し、財源や運営主体に関する課題がクリアできないという理由からシステムの導入が困難なケースが多い。また、サービスレベルの低下と利用者減少との悪循環が進み、独立採算制度を前提とした運営が困難となっている。特にバス事業に関しては、**2002** 年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。

本節では、都市公共交通への公共部門の関与が深く、基幹的公共交通として **BRT** を導入した海外の都市を事例として、既存資料とヒアリング調査に基づき現状をマクロ的に把握し、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について考察する。具体的には、**1)** 各都市の都市公共交通における **BRT** の位置づけと計画・運営・運行の現状に着目し、その導入経緯や財源確保の方法、諸制度等の視点から比較分析を行い、**2)** わが国に **BRT** を導入する際、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の、計画・運営・運行の側面からみた課題と今後の方向性について考察する。

### 9.4.1 公共交通システムをとりまく財源・法制度

公共交通システムをとりまく財源、法制度に関する既往研究については、**2.4.3** 節で整理している。以下では、それらを再整理した上で、ここでの位置づけを示す。

まず、都市公共交通の財源制度に関しては、わが国の交通施設整備における財政面での特徴と問題点を指摘したもの<sup>1)</sup>や、フランスの交通税<sup>2)</sup>やドイツの公共交通建設費用の補助制度<sup>3)</sup>に関してわが国への応用の可能性を示唆しているが、実現には至っていない。

次に、都市公共交通の規制と組織形態に関しては、**Pucher**<sup>4)</sup>による先進諸国の都市公共交通の規制の現状について比較整理しており、**1)** **1980** 年代から多くの国において、競争原理の導入を目的とした規制緩和の中で民営事業者が増加していること、**2)** 公共交通に対する計画・財源確保の権限が国から地方自治体へ委譲されつつあること、**3)** 都市圏全体のサービス、運賃構造、補助金、計画・管理等の統合を前提とした公共交通の地域化が広がっていること、以上 **3** 点を指摘している。こうした動きは自動車

保有の高まりと市街地拡散が進展していく中で、公共交通の効率化の社会的要請が高まった結果である<sup>5)</sup>。本節では、中村<sup>6)</sup>が示した分類軸をベースとして、わが国をはじめとする各都市のバス輸送の特徴と問題点を明らかにする上で、システム導入の段階を計画、運営、運行の3つの段階に分け、さらに必要に応じてその中身を詳細に検討することで、各主体がそれぞれどのように関わっているかについて整理を行う。

本節でBRTの導入都市に着目した理由としては、その整備に要する時間と費用が他の中量軌道系システムに比べ少ないこと、単にバスを改善したシステムではなく様々な設備や運営・運用上の工夫が施されていること、新規あるいは既存の道路空間で運用が行われるため、道路管理主体、事業主体等の連携に着目すべき点が多いことがあげられる。BRTについては、これまで輸送能力の評価等<sup>7) 8) 9)</sup>が行われており、BRTを導入した都市個別の事例についても、Curitiba（ブラジル）<sup>10)11)</sup>、Ottawa（カナダ）<sup>12)</sup>、ソウル（韓国）<sup>13)</sup>等、複数の報告がなされている。しかし上であげた例は、いずれもシステムの導入経緯や概要、および基本性能等の紹介にとどまっており、ここで着目した計画・運営・運行形態に関する記述は少なく、体系的に整理されていない。ソウルの事例に関しては、藤田<sup>14)</sup>が都市交通政策における行政の取り組みや制度面について紹介しているが、わが国へ適用する際の課題や方向性は示していない。また、各都市の計画・運営・運行形態と財源制度について、わが国の現状と体系的に比較した研究はこれまで行われていない。

以上のように、都市公共交通の現状や先進諸国が抱えている課題については、これまでの研究で蓄積が増えてきている。一方、先進諸国以外の国や経済発展が著しい開発途上国のいくつかの都市においても、進展するモータリゼーションへの対応から、BRTをはじめとした基幹的公共交通システムや新たな計画・運営形態の考え方が導入されてきている。これらの都市の事例を、そのままわが国の政策に適用することは必ずしも有効な方法ではないが、学ぶべき点は多い。したがって、高度化したバス輸送システムの概念をわが国に適用するにあたって、BRTを整備した各都市の導入の経緯と現在の運営形態に関して体系的に比較・整理し、わが国に適用する際の課題と、解決の方向性を考察する必要がある。

#### 9.4.2 分析の方法と対象都市の選定

前章で示したように、先進諸国の都市公共交通の計画・運営の仕組みや財源制度に関しては、これまでの研究成果により概ね明らかになっている。本研究では、先進諸国以外の都市のうち、都市内の基幹的公共交通としてBRTを導入した代表事例について、特にその計画・運営・運行形態の現状に着目し、現地ヒアリング調査や統計資料等に基づき整理を行う（9.4.3 節）。その上で、各都市とわが国の財源制度や計画・運営・運行形態についての比較分析を試み（9.4.4 節）、わが国へBRTの適用、すなわち

既存のバス輸送システムを高度化する際の課題や都市公共交通政策の方向性について考察を行う（9.4.5 節）。

ここでの比較分析の対象都市として以下の 4 都市を選定した。各都市の基本的なデータは表 9-3 に示すとおりである。

表 9-3 分析対象都市

対象都市	Bogotá (コロンビア)	Jakarta (インドネシア)	ソウル (韓国)	Curitiba (ブラジル)
面積 (km <sup>2</sup> )	490	650	600	430
人口 (万人)	約 700	約 1,000	約 1,030	約 160
BRT の導入時期	2000 年	2004 年 2 月	2004 年 7 月 (バス再編)	1974 年
ヒアリング時期	2005 年 5 月	2005 年 3 月	2004 年 11 月	2003 年 6 月 2004 年 3 月

### 9.4.3 各都市の BRT 導入経緯と計画・運営・運行の現状把握

#### (1) Bogotá (コロンビア)

##### i) 都市交通政策と BRT の概要

Bogotá 市は、人口約 700 万人を抱えるコロンビアの首都で、2000 年に都市内の幹線輸送システムとしてトランスミレニオと呼ばれる BRT が導入されている<sup>715)</sup>。BRT 導入以前の Bogotá では、道路ネットワークの 95%以上が自家用車によって占有されていたにもかかわらず、その分担率は 20%にも満たず、移動の 70%以上は 2 万台を超えるバス車両によって行われていた。バス輸送に関しても、市当局により認可された 660 以上ものバス路線に加え、未登録のフリー乗降バスによる利用客の奪い合いが相まって、都心部の交通混雑とバスサービスの低下（平均速度 10km/h 以下）と、メンテナンス不足の旧式車両による大気汚染が問題となっていた。Bogotá 市では、この問題を改善するために、20 年以上前より都市内の幹線輸送を担う交通機関の導入を検討してきた。代替案として LRT の導入が検討されたが、整備にかかるコストが高額なことや、既存のバス事業者の抵抗により実現しなかった。そこで市当局では、1995 年に JICA の支援の下で策定した都市交通マスタープランの中で、バスをベースとした都市内幹線輸送システムの導入を計画した。その後、フィージビリティスタディ（1998 年）を経て、都心部への自家用車のピーク時流入規制（ナンバープレート規制）や歩行者専用道路の整備とあわせて、バス専用道路と乗継ぎターミナルの整備を行って、2000 年に幹線支線型バス輸送システム（トランスミレニオ）を導入することとなった。LRT

計画の時とは違い、BRT 導入の際に既存バス事業者の抵抗が少なかったのは、新たに設立されたトランスミレニオの運行を行う民間事業者として統合され、安定した事業経営と収入を確保できたためと考えられる。なおトランスミレニオは、2005 年の時点で、表 9-4 に示すとおり支線バスを含めた総延長 380km（うち、バス専用道路 55km）のシステムとなっており、将来計画として、2015 年には延長 300km 以上のバス専用道路の建設が計画されている。

表 9-4 Bogotá 市のトランスミレニオ（BRT）の概要<sup>15)</sup>

項目	概要
バス専用道路延長 (総路線延長, 支線バス含む)	55 km (380km)
利用者数	95 万人/日
表定速度 (幹線)	26 km/h
バス車両数 (幹線)	約 600 台

ii) BRT の財源、及び運営について

トランスミレニオの整備費用は、第 1 フェーズ（2000～2001 年）の段階で、約 350 億円である<sup>15)</sup>。そのうち、インフラ整備や運行管理システムの構築は行政側が行い、整備に要した公的資金約 230 億円の内訳は、Bogotá 市燃料課徴金（46%）、Bogotá 市一般会計（28%）、コロンビア政府補助金（20%）、世界銀行融資（6%）となっている。バス車両の購入や車両基地、料金收受システムの整備については、海外投資機関により設立された複数の民間会社の投資により行われている。

トランスミレニオの組織形態は、図 9-2 に示すように、Bogotá 市の出資により設立された同名の運営組織によって運行計画の立案とリアルタイム運行管理が行われている。実際の運行は、運行計画に基づいてトランスミレニオから委託（契約）された民間事業者が行っている。民間事業者は、幹線バス事業者、支線バス事業者、料金收受を行う会社、および運賃収入を管理する信託機関から構成されている。幹線バスの運賃は、車内ではなくバス停留所に設けられたゲートを通過する際に支払うシステム（事前運賃收受）であり、支線バスの運賃を含めた収入は一旦全額を信託組織に集約し、幹線および支線バス運行会社には、その運行距離に応じて分配する仕組みとなっている。また運賃収入の一部は、運営組織であるトランスミレニオの事業費にあてられている。現在のところ運賃収入の配分の内訳は、幹線バス事業者 65%、支線バス事業者 20%、運賃收受会社 10%、トランスミレニオ 4%となっている。

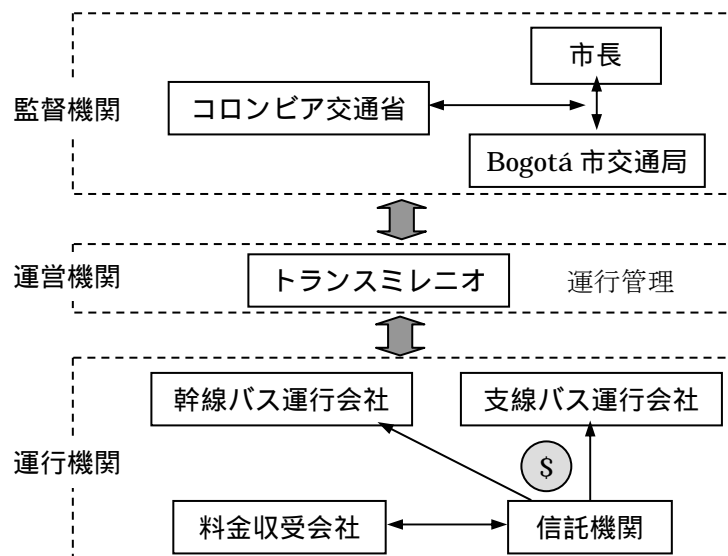


図 9-2 トランスミレニオの組織形態

## (2) Jakarta（インドネシア）

### i) 都市交通政策と BRT の概要

Jakarta では、1990 年代後半の経済危機からの経済回復と所得上昇によるモータリゼーションの進展が、公共交通サービスの質の低下を招き、都心放射方向道路における朝夕の激しい交通混雑と大気汚染や騒音等が問題化している。また JICA16) によれば、2020 年人口が 2600 万人で、交通需要は 40%増加するとされ、公共交通機関分担率は現在の約 60%から 50%以下へ低下し、自動車交通の急速な増加が懸念されている（図 9-3）。

このような中で、Jakarta 市では策定された都市交通マスタープランに基づき、都市内の幹線輸送システムとして BRT（トランスジャカルタ）の導入を進めている。ヒアリング時点では、旧市街地から新規開発地区までの 1 路線 12.9km の BRT が運行されている 17)。また、2007 年までの短期計画として、現在の路線の延伸を含めた 4 本の路線の整備を行うことを計画している（図 9-4）。このうち、東西路線については、1 路線を 2 つに分割し、東西の都市間バスターミナルから Jakarta の中心までを結ぶ 2 路線の整備を検討開始しており、2004 度の予算の中で整備費用が計上されている。また公共交通の整備計画としては、短期的には BRT を中心として整備して公共交通システムを将来的に整備する空間を確保し、需要の高まりと利用者の料金負担力の向上を見ながら、段階的に LRT や MRT などのより高いサービスレベルのシステムに転換していく計画となっている。



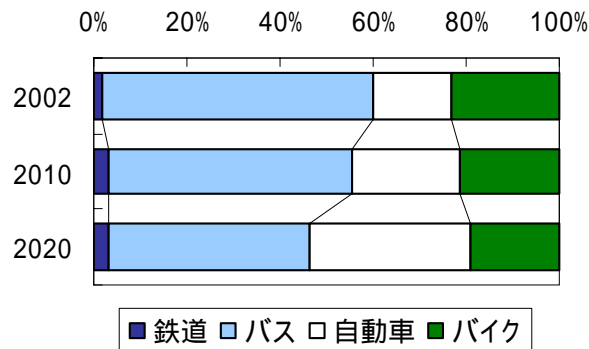


図 9-3 Jakarta 市の交通機関分担率の予測値 <sup>16)</sup>

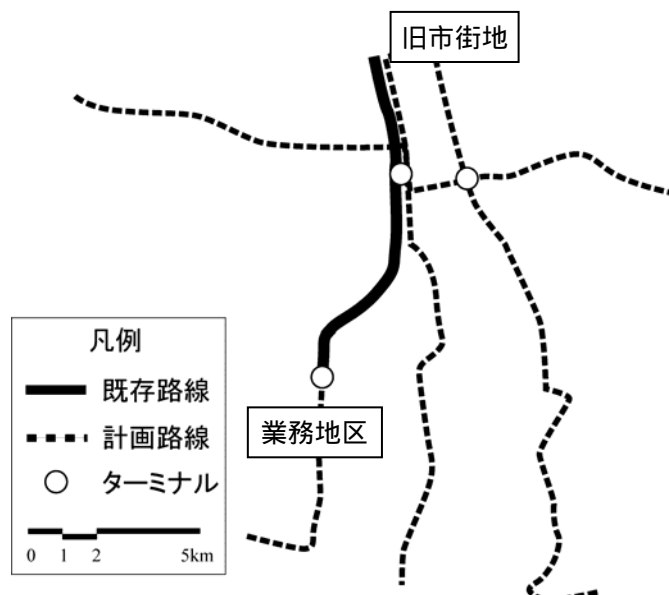


図 9-4 Jakarta 市の BRT (トランスジャカルタ) 整備計画  
JICA 資料 <sup>16)</sup>に基づき作成

## ii) BRT の財源、及び運営について

現在の BRT 路線の整備に際しては、既存の広幅員道路の中央側車線と中央分離帯をバス専用道路に再配分するかたちで行われたため、コストとしては一般車線とを区分する縁石・歩道橋・乗降施設（バス停）・検札器の整備・車両の購入費等が主な施設となっている。全ての整備にかかった費用は約 20 億円（＝1.6 億円／km）で、全て Jakarta 市の一般財源から支払われている。また、バス専用道路は、Jakarta 市の公共事業局と交通局により整備されており、この路線に関する用地取得費用はほとんど発生して

いない。運営に関しては、**Jakarta** 市の組織の 1 つとしてトランスジャカルタ (**TransJakarta**) を設置し、主に **BRT** の運営に関わるバス専用道路上の施設のメンテナンスと運行委託業務を行っている。実際の運行は、**JET (Jakarta Express Transport)** といういくつかのバス会社が共同出資して設立した民間会社に運行を委託するという形態をとっている。バス車両は **Jakarta** 市が車両メーカーに発注し、これを運行会社である **JET** に提供する仕組みとなっており、現在は 4 社の民間バス事業者により運行されている。

**BRT** の運賃収入については、一旦全額インドネシア中央銀行に集められ、それをトランスジャカルタが各バス事業者、運賃収受を行う民間会社、及び警備会社に配分している。バス事業者への配分は、その運行距離数に応じて **1km** あたり約 **6,000** ルピア (約 **70** 円) を乗じて支払っている。現在のところ、運賃収入の配分の内訳は、バス事業者 **65%**、運賃収受委託会社 **11%**、警備会社 **11%**、トランスジャカルタ **10%** である。

### (3) ソウル (韓国)

#### i) 都市交通政策と **BRT** の概要

現在、ソウル市内の都心部はほとんど地下鉄で移動できるようになっているが、郊外から都心部へ向かうトリップの主要移動手段はバスである。ところが、バス事業はソウル市の管理下におかれていたものの、全て民間バス事業者 **69** 社により運行されており、地下鉄開業後も路線の再編がされことなく長距離を運行するバス路線が多かった。一方、人口増加と郊外化に伴う通勤時間帯の道路混雑等の交通問題は深刻化しており、サービスレベル低下によるバス輸送の分担率は低下傾向にあった (図 9-5)。

この中でソウル市は、交通体系改編事業 (表 9-5) により都市交通体系の全面的に見直すこととし、**Curitiba** 市を参考として、**2004** 年 **7** 月に **BRT** の導入 (路線再編)、地下鉄との連携強化を行った。これは現ソウル市長の選挙公約によるものであり、市内の公共交通体系を抜本的に改善し、自動車利用から公共交通への転換により交通問

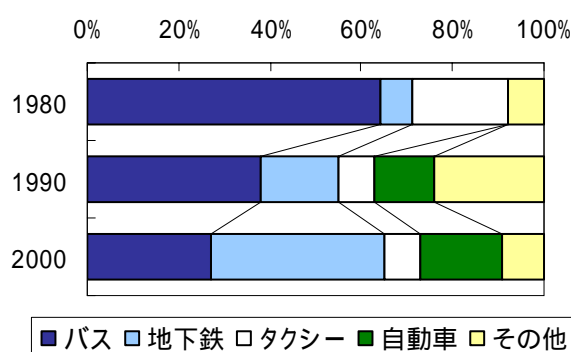


図 9-5 ソウル市の交通機関分担率 <sup>19)20)</sup>

※1980 年の自動車は「その他」に含まれる

題の改善を目指すことを目的としている。この改善事業の詳細な内容は参考資料 14)18) に記述されているため、ここではバス専用レーンの整備とモニタリングについてのみ触れておく。

これまでも、ソウル市内には路線バスのための専用レーンが一部設けられていたが、事業の中でさらに中央バス専用車線が導入されている。従来はわが国同様、道路の歩道側車線をバス専用レーンとして運用していたが、名古屋の基幹バスのように既存の道路空間を再配分して、中央線側の車線をバス専用割り当てている。歩道側の専用レーンよりも、バス以外の車両の進入を制限し、より定時性の高い運行を目指したものと考えられる。この中央バス専用レーンの場合は、バス停を島式にしなければならないが、一方で、歩道上の歩行者とバス待ち客を分離できるという長所を持っている。筆者らによる現地調査の時点で 6 区間約 30km 程度の延長であり、段階的に拡大していく予定となっている。

モニタリングに関しては、非接触 IC カードにより得られた利用者の乗降実績と利用特性に基づき、数理モデルを用いた運行最適化計算を行っている。モデルにより各路線の適正な配車台数や運行ダイヤが求められ、現場にフィードバックしていく仕組みになっている。最終的には、利用者数が安定した場合に、最終的な運行ダイヤが決まることになる。

表 9-5 ソウル市の交通体系改編事業の主な内容 20)

項目	内容
バス路線再編	既存路線を幹線・支線・広域・循環バスに再編
運営体系再編	幹線バス事業者を準公営化（※次項に詳述）
バス利便性向上	中央バス専用レーン，情報提供，IC 交通カード等
乗継システム	IC カードによる乗継割引，地下鉄との連携
モニタリング	路線調整，運行管理，データ収集・分析等

※ヒアリング資料，ソウル特別市バス HP<sup>20)</sup>より作成

## ii) BRT の財源，及び運営について

ソウル市の公共交通の財源に関して、バス事業については、運営費の約 9 割を運賃収入で賄っているとのことであるが、改編事業に伴うインフラ整備費や運行管理システムの構築等により 100 億ウォン（約 10 億円）以上の費用負担が発生しており、市の予算と国の補助金を割り当てている。地下鉄については市単独の運営であるが、建設費を国や市が補助している。運営費も赤字となっており、市の一般財源から補助を受けている。ソウル市では、バス専用レーンの確保等による運行効率化による利用者の増加を見込み、バスの運営収支は黒字に転換すると考えている。しかし路線再編後

半年間の実績によれば、バス利用者は数%増加しているものの、乗継割引システム導入により逆に運賃収入は数%減少しているとのことである。

ソウル市では、自動車需要の減少を目的とした交通政策の一環として、1996 年より市南部から都心へ流入するためのトンネル 3 箇所でロードプライシングを実施している。また、交通需要を大量に発生させ得る市内の施設に対して、負担金を課す交通誘発負担金制度が 1995 年から施行されている。但し、対象となる企業が一定の交通需要管理（フレックスタイム制やマイカー通勤抑制）を行った場合には、負担金を軽減できるインセンティブ制度があり<sup>13)</sup>、これらは新たな交通政策への財源確保の手法として注目される。

ソウル市はバス事業の中で、幹線と支線に区分していた既存バス路線を幹線バス・支線バス・循環バス・広域バスの 4 種類に再編し、バス車体の色をそれぞれ青・緑・黄・赤に区分した。また、これまでの民営バス事業者により運営されていたものを、幹線バス（BRT）については準公営の概念を導入している。さらに注目すべき点は、幹線バス事業者管理・運行サービス体系のモデルとして、各民間バス事業者を管理する新たな管理運営法人を設立したことである（表 9-6）。新規の管理運営法人の役割は、運送原価の節減や収益増加を推進するため、運行路線の管理と車両の共同購入などを行うこととしている。

上述のように、従前のソウル市バス路線は基本的に市内にある 69 社の民間バス事業者が行っており、路線の経路と延長は運賃収入に直結するという利害関係のため、路線の全面的改編の調整が進みにくい面があった。しかし、ソウル市主導の下、バスネットワークの計画・管理を行う管理組織を構築し、従来は利用者数によって決まっていた収入構造について、運行台数と距離による実績で収益を保障する体系に改編した。さらに、どのバス事業者が路線を運行するか（運行権）という点に関しては、自由競争による公開入札でバス事業者を選定する入札制を導入している。

表 9-6 幹線バス管理会社一覧

エリア	運営法人名	事業者数	運行路線	運行台数
道峰圏域	ソウル交通 Network（株）	5 社	6 路線	241 台
江東圏域	Metro バス（株）	5 社	4 路線	149 台
松坡圏域	韓国 BRT 自動車（株）	6 社	6 路線	200 台
恩平圏域	Domoa 自動車（株）	5 社	5 路線	136 台

※ソウル市ヒアリング資料により作成

#### (4) Curitiba (ブラジル)

##### i) 都市交通政策と BRT の概要

Curitiba 市は、バス中心の公共交通ネットワークを軸とした都市計画によって、持続可能な都市開発を実現している都市としていくつかの文献で紹介されている<sup>9)10)11)</sup>。特にバス輸送は専用道路の運用により行われ、土地利用政策等の都市計画と統合した BRT の先進事例となっている。Curitiba 市では 1950 年代以降の急激な人口増加により都市部の交通混雑が深刻化し、新たな都市計画の必要性が高まっていた。都市計画コンペ等を経て、都市計画を推進するための調査研究を行う専門組織の必要性が指摘され、1966 年に都市計画研究所(略称:IPPUC)という公的機関が設立された。IPPUC は、都市計画体系の見直しを提案する独立的な組織としての発言力が大きく、今日の Curitiba 市の都市政策実現に非常に重要な役割を果たしている<sup>10)</sup>。

実際の都市計画においては、都心部から伸びる 5 本の放射状の都市軸からなる都市構造が特徴的である。都市軸上では高密な土地利用誘導が行われ、都市軸の成長に合わせて段階的にバス輸送システムを拡張している(図 9-6)。1974 年に南北交通軸を整備したのを皮切りに、軸上の幹線バス輸送システムと周辺部のターミナルを基点とする支線バスシステムが導入された。以後、1980 年代に東西交通軸を整備すると共に、総合交通輸送システム(RIT)を導入し、市全域の公共交通料金を均一化している。1990 年代以降には幹線バス輸送に 270 名定員の 3 連節バスとチューブ型バス停が導入

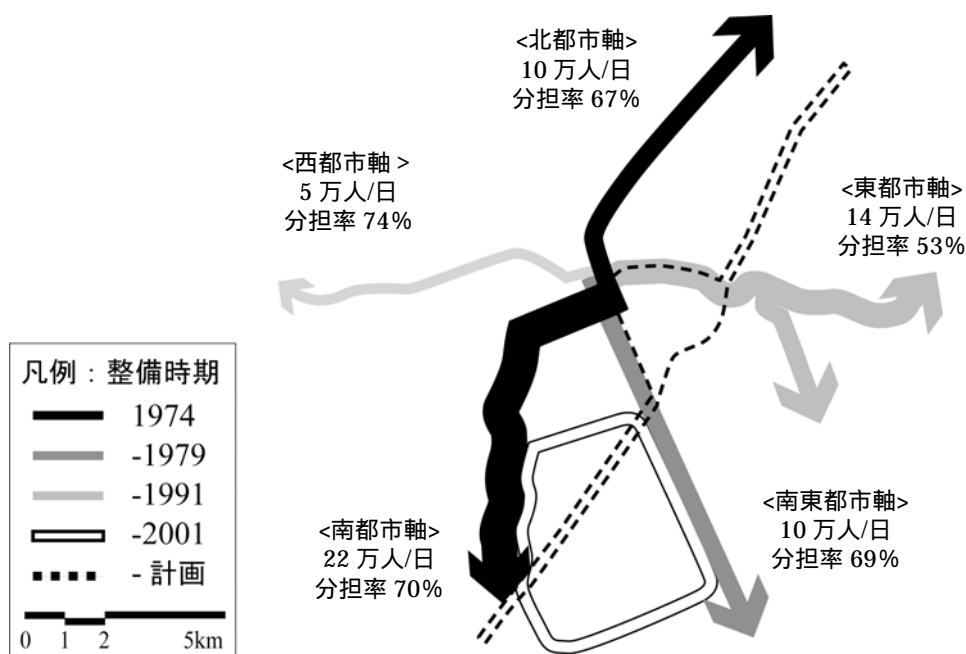


図 9-6 各都市軸のバス輸送人員と方向別バス分担率

※URBS ヒアリング資料<sup>21)</sup>に基づき作成

され、輸送力の大幅な増加を達成している 21)。現在では、各都市軸上の幹線バスの利用者数は 1 日あたり 5 万人～20 万人以上で、都市軸上のトリップの 50～70%以上の分担率を誇っている。

## ii) BRT の財源、及び運営について

Curitiba 市の都市軸やターミナル、チューブ型バス停等の施設整備費用は、先進国からの支援や世界銀行の融資、あるいはブラジル連邦政府からの補助金と市の予算により捻出されている。これらは、BRT のみならず都市軸の開発にも利用されているため、その内訳は不明である。

また、Curitiba 市のバス輸送システムは、第 3 セクターの Curitiba 市都市公社 (URBS) が管理している。ただし、市の出資は 98% (民間 2%) であり、実質的に市が管轄している。URBS は、市が策定した都市計画の基本方針に基づき市全体の交通ネットワークを計画し、運行頻度や運賃、民間バス事業者との運行契約を行う機関である。URBS は、市内に 10 社あるバス事業者に対しバス路線運行の権利をエリア別に与えており、運行は 100%民間バス事業者が行っている。運賃収入は全て URBS が一括管理し、各バス事業者には運行距離に比例してその報酬を支払う契約となっている。契約に際して URBS は、バス利用者への満足度調査によりサービスレベルが悪い事業者については契約を打ち切ることができ、バス事業者のサービスレベル向上のインセンティブとなっている。また、3 連節バスを含むバス車両は全て URBS が購入しており、約 2500 台の車両を保有している。現在は、バス事業者の運営コストとバスの購入費用は市全体の運賃収入によって 100%支払うことが可能となっている。

### 9.4.4 各都市の BRT 整備における財源制度、組織形態の比較

一般に、社会基盤（インフラストラクチャー）は、その整備、運用、維持管理に行政が関与するという点で、通常の建造物と区別して扱われている。わが国の都市内のバス輸送について上記のことを考察すると、道路やバスターミナルの整備、バス停の設置等に行政が関与していることは間違いないが、バス輸送システムそのものの計画や運用に関しては、実質的に行政よりもバス事業者のほうが大きく関与している。そのことが、都市内バス輸送が抱える様々な問題とも少なからず関連している可能性がある。したがって、わが国に BRT の考え方を導入する際、どの主体がインフラ整備を含めた路線計画やサービス水準を決定するべきか、長期的な視野にたった運営組織形態はどうあるべきか、という課題を明らかにしなければならない。ここでは、以上のことを考察するために、まず、9.4.3 節でとりあげた 4 都市の BRT 導入時におけるインフラ整備財源と組織形態について比較した（表 9-7）。

(1) 各都市の BRT の整備財源についての比較

9.4.3 節に示したように、Bogotá や Jakarta では、都市開発のための予算が潤沢ではない中で、都市内幹線輸送システムとして BRT を選択し、整備を行っている。Curitiba は、世界銀行の支援のもと、開発途上国大都市のモデルケースとして開発が進められている。いずれも、具体的な財源確保の方法については、わが国にとって直接参考となる部分は少ないが、各自治体の限られた財源の中で、できるだけ費用効率的な基幹的交通システムを自治体が主体となって整備していることは学ぶべき点である。ソウルでは、交通需要管理政策と相まって、ロードプライシングや交通誘発負担金制度により得た資金を公共交通整備に活用しており、前者はロンドン、シンガポールの例、後者はフランスの交通税<sup>2)</sup>の概念と似ている。先進諸国においては、地方自治体への各種権限の委譲にともない、各自治体が公共交通政策に活用できる独自の財源制度が確立されている<sup>2)~5)</sup>。

一方、わが国では地方分権政策が進められているものの、特に公共交通を独自に整備していくための財源が担保されておらず、役割分担も明確でないのが現状である。しかし、交通施設整備は、まちづくりや都市計画との整合をはかることが必要であり、特に身近な交通問題は自治体が主体となって進めることが適切であることが指摘されている<sup>5)</sup>。

わが国において、自治体が道路や公共交通システムの整備と管理の全般にわたり、その責任と権限を任せる地方分権化を進めていくとしたならば、太田<sup>5)</sup>が示すように、新たな地方財源の確保が大きな課題になることは間違いない。

表 9-7 各都市の BRT 整備における財源と組織形態の比較

都市名 項目	Bogotá (コロンビア)	Jakarta (インドネシア)	ソウル (韓国)	Curitiba (ブラジル)	日本 ※路線バスの典型例
計画立案	自治体	自治体	自治体	* IPPUC (公的機関)	事業者 (民間・自治体)
インフラ整備	自治体	自治体	自治体	自治体	自治体
インフラ 整備財源	・政府補助金 ・自治体燃料課徴金 ・世界銀行融資	・自治体の一般財源	・自治体の一般財源 ・交通誘発負担金 ・通行税	・政府補助金 ・自治体の一般財源 ・世界銀行融資	・道路特定財源 ・自治体の一般財源
運営	Transmilenio (市出資の公的機関)	TransJakarta (市出資の公的機関)	自治体	URBS (第3セクター)	事業者 (民間・自治体)
運営財源	運賃収入	運賃収入	運賃収入+市補助金	運賃収入	運賃収入 (独立採算)
車両購入	民間事業者	自治体	民間事業者	URBS (第3セクター)	事業者 (民間・自治体)
運行	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	民間事業者 (委託)	事業者 (民間・自治体)

\* IPPUC は、市長直結の都市計画立案機関

## (2) 各都市の BRT 整備における組織形態についての比較

次に、各都市の BRT 整備に関して、各段階における関連主体とその役割について考察する。表 9-7 に整理したとおり、事例として取り上げた 4 都市の共通点は、計画立案、インフラ整備、および運営に至るまで、全て自治体もしくは公的機関がそれらの役割を担っている、ということである。また運行に関しては、自治体等による徹底した運行管理の下、事業免許や委託契約に基づいて民間事業者が行っている。いずれも、民間事業者は運行距離に応じて収益を得られるため、運転手や車両、あるいは規定されたサービス水準維持を管理する中で、コストを節減して収益を最大化する努力を行っている。

一方、わが国の一般的なバス事業においては、バスが走行する道路とターミナル整備以外については、基本的に自治体はすべての段階において無関係な場合が多い。過疎地などで路線バスに補助金が投入される場合でも、計画、運営あるいは運行の内容に自治体に関与することはなく、路線が撤退して自治体で自主運行する場合は唯一の例外であるといえる。近年導入が進められてきたコミュニティバスは、自治体が主導的に計画や運行に関与するようになった点では画期的であるが、在来バス路線網への関与がなされておらず、運賃体系やネットワークの不整合が問題となっている。

次に、各都市の BRT の事例について、各段階での関連主体の具体的な役割について詳細に整理した（表 9-8～9-11）。各都市の事例における各主体の役割に関しても共通して言えることは、システムの計画・運営に自治体の組織が強い権限を持っていることである。その背景として、BRT が都市構造を補完する基幹的交通としての役割を担っていること（Bogotá, Jakarta, Curitiba）、権限を裏付ける財源があること（ソウル）があげられる。

いずれも実際の運行は民間事業者が行っており、自治体主導の計画をしつつ、事業者が効率的な運行を実施できるような仕組みを確立している。また Curitiba の事例は、英国のロンドンの例<sup>5)</sup>に似ており、表 9-11 に示したように、都市計画部局が路線網の基本方針を策定し、それに基づいて都市公社（URBS）が、詳細な路線配置、停留所位置、運行本数、運賃（全市共通の均一運賃）を決定し、路線毎に担当事業者を決定している。複数のエリアにまたがる路線の場合には、両方の事業者で共同運行するというかたちをとっている。日本と大きく異なるのは、バス事業者毎に車両の塗装が異なるため事業者間の差別化や競争がない点と、運賃収入が一括都市公社で管理される点である。

ソウルでは、Curitiba の BRT を参考に行っているが、市が運行についてモニタリングとフィードバックを行っている点で画期的であり、公共交通における役割分担の形態の一例として注目に値する。Bogotá や Jakarta については、自治体が出資した公的な管理組織が BRT システム全体（幹線輸送から支線サービスまで）の統括、および運行計画や徹底した運行管理を行っている。



表 9-8 Bogotá 市の BRT の組織形態

主体	自治体	事業者
	Bogotá 市 , Transmilenio	バス事業者
計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市が基本計画を策定</li> <li>・市がインフラ等の施設を整備</li> <li>・Transmilenio が運行計画を立案</li> </ul>	—
運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間会社に運行を委託</li> <li>・運賃収入は民間の信託機関が管理し運行距離で事業者に配分</li> </ul>	—
運行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理センターにて運行管理</li> <li>・運賃収受を民間会社に委託</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運行計画に基づき運行</li> <li>・運転手の管理</li> </ul>

表 9-9 Jakarta 市の BRT の組織形態

主体	自治体	事業者
	Jakarta 市 , TransJakarta	JET , バス事業者
計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市が基本計画を策定</li> <li>・市がインフラ等施設を整備</li> <li>・TransJakarta が運行計画を立案</li> </ul>	—
運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・民間会社に運行を委託</li> <li>・運賃収入は市(中央銀行)が一括管理し運行距離で事業者に配分</li> </ul>	・管理会社が民間事業者を管理, 調整
運行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運賃収受, 警備を民間会社に委託</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市の車両をレンタル</li> <li>・運転手の管理</li> </ul>

表 9-10 ソウル市の BRT の組織形態

主体	自治体	事業者
	ソウル市交通部	管理会社，バス事業者
計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市が基本方針を策定し，個別路線の運行計画を立案</li> <li>・市がインフラ等の施設を整備</li> </ul>	—
運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・路線毎に自由競争による公開入札で運行事業者を決定，委託</li> <li>・運賃収入は市が一括管理し，運行距離により事業者に配分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地区毎に共同出資で管理会社を設置</li> <li>・車両共同購入等，コスト節減と収益極大化</li> </ul>
運行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・管理センターにてリアルタイム運行管理と調整，情報提供</li> <li>・利用実績データによるモニタリングと最適配車方法の計算</li> <li>・毎日現場にフィードバック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両と運転手の管理</li> </ul>

表 9-11 Curitiba 市の BRT の組織形態

主体	自治体	事業者
	IPPUC，URBS	バス事業者
計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・都市計画研究所が基本方針立案</li> <li>・市がインフラ等の施設を整備</li> <li>・都市公社が個別路線の運行計画を立案</li> </ul>	—
運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地区毎に事業者と運行契約締結</li> <li>・運賃収入を都市公社が一括管理し運行距離により事業者に配分</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コストの最小化</li> <li>・利用者の満足度向上への努力</li> </ul>
運行	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車両と運転手，運賃収受員の管理</li> </ul>

#### 9.4.5 わが国のバス輸送を高度化するための課題と方向性

ここでは、9.4.4 節で比較整理した諸都市の事例に基づき、わが国へ BRT の適用、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の課題や都市公共交通政策の方向性について考察を行う。

##### (1) わが国の都市交通政策について

全国で公共交通の衰退が続く中で、高齢化社会や環境問題への対応といった観点から、公共交通への社会的要請が高まっている。このため、わが国の都市公共交通の計画・運営・運行に関わる組織形態や制度を見直す時期が来ていることは間違いない。都市内のバス輸送においては、民間事業者による経営が困難になりつつあり、行政による運営補助の必要性が高まっている。また、2002 年の規制緩和によって国からのバス事業に対する補助金制度が廃止され、また、国の政策として地方分権が進められている中で、今後は地方自治体が都市公共交通を主導的に計画し、サービスを提供していくことが求められる。

##### (2) バス輸送システムを高度化するためのインフラ整備について

一般に、バス輸送サービスを考えた場合、大都市においては民営でも一定の収益が期待できるが、地方都市では収益性はそれほど期待できない。こうした状況下で、民間事業者に停留所や案内情報システム等のインフラ整備を含めたあらゆるコストを負担させることは経営上困難である。したがって、バス輸送の計画と運営をすべて民間事業者に任せるというこれまでの考え方は、必ずしも効率的で使いやすいシステムの構築につながるわけではなく、計画・運営の側面において自治体の関与が必要なことは間違いない。既存のバス輸送を高度化することを考えた場合、行政主導型で行うにせよ、規制緩和にともなう市場競争に委ねるにせよ、様々なメニューが考えられるが、事業者に効率的な経営と安全性を担保させるための仕組みを構築することが必須の条件となる。近年では、規制緩和の影響やコミュニティバスの導入におけるこれまでの経験によって、バス輸送も都市の社会基盤として整備するという考え方が少しずつ浸透してきている<sup>6)</sup>。

本節で取り上げた BRT 導入都市から学ぶべきことの 1 つとして、インフラ整備の考え方があげられる。今後、各自治体が都市内の基幹的交通システム整備を計画していく際、ソウル市に見られるような新たな地方財源の確保が困難であるという前提に立つならば、定められた整備予算の中でイニシャルコストをできるだけ小さくすることが求められる。ピーク時 1 時間あたり数千人～1 万人程度の輸送需要を担う基幹的交通システムを考えた場合、既存のバス輸送システムを高度化した BRT は、他のシステムに比べイニシャルコストを小さくできることが指摘されている<sup>7)8)</sup>。新交通システム等の計画に際し、国の補助制度を背景とした整備主体と運営主体を区分するといった、

実質的な上下分離の考え方が取り入れられているが<sup>22)</sup>、BRTの計画においても不自然な考え方ではない。BRTを都市内の基幹的交通システムとして位置づけていくことを考えたとき、その基本的な要素となるインフラ整備、すなわちバス専用道路やバス停留所、あるいはターミナルの整備は、自治体が計画したネットワークと整合させるかたちで行政が整備することが、1つの方向性として考えられる。そのためには、現在の法制度や財源制度の中でできることは何か、もしくは、海外諸都市の例にみられるようなバス輸送の高度化のためのインフラを整備するために検討すべき課題は何かについて明らかにする必要がある。その中でも、走行空間に関するインフラ整備は複雑な議論を要するため、次項では、バス輸送を高度化する際の走行空間整備を1つの例として、わが国の現状と課題について考察を行う。

### (3) バス輸送の高度化のための走行空間整備について

バス輸送を高度化するための走行空間整備の課題としては、主に、道路空間の確保・規制の方法・交差点の信号制御の3点が考えられる。またそれぞれ、わが国の現状に照らし合わせた際に、既に実在している事例、制度上は整備可能であるが事例が存在しないもの、わが国の制度上整備が不可能な事例、以上3つの段階に分類できる。

先の4都市の事例では、物理的に一般車線と分離されたバス専用道路（Bogotá・Jakarta・Curitiba）や、終日通行規制によるバス専用レーン（ソウル）により、高頻度かつ高速な輸送を行っている。一方、わが国においては都市計画道路として整備されたバス専用道路は実在しておらず、鉄道廃線敷を転用した道路運送法上のバス専用道路が存在するのみである。Levinson<sup>23)</sup>は、BRT導入の初期段階から完全型に至る段階的な走行空間の整備プロセス（①混合レーン→②専用レーン→③物理的に分離された専用レーン→④完全分離された専用道路）が提案している。しかし、そのうちのいくつかは、わが国の制度上整備が不可能なもの（④）や、制度上は整備可能であっても導入のための理論構築が難しいもの（③）となっている。特殊な事例として、名古屋のガイドウェイバスは、ガイドウェイ区間（専用軌道部分）については新交通システム的一种として軌道法が適用されシステムが成立している。このため、軌道法（ガイドウェイ区間）と道路運送法（一般道路区間）の2つの法規を同時に満足しなければならず、両区間の境目にはモードインタチェンジという新たな施設を設け、軌道法車両と道路運送法車両の機能変更と確認、および一般車の進入を防止する設備を備える必要があった<sup>22)</sup>。しかし、このような形式は世界にも例がなく、一般的な議論の対象とする際には注意を要する。

したがって、わが国においてバス輸送を高度化させるため走行空間整備の課題については、既に実在している事例の活用（道路運送法上のバス専用道路に対する補助制度の検討）、制度上整備が可能な例の課題解決（交通管理者の判断により適用可能な規制のための合意形成方法等）、および整備不可能な例を可能にする方法（インフラ補助

制度等の法制度改正の検討，関連する技術開発や安全指針等の整備）等を検討していくことがあげられる。

以上のことを整理すると，わが国におけるバス輸送の走行空間の整備に関する現状と課題については，表 9-12 のようにまとめられる。

また，行政主導型でバス輸送を高度化するための具体例としては，インフラであるバス停や道路あるいはターミナルは，自治体が計画したバス路線網と整合させるかたちで自治体が整備し，民間事業者がインフラの使用料を支払うという方式が考えられる。このようにすれば，わが国のバス輸送のネックとなっているインフラ整備の問題（例えば，バス停ポールの乱立，バス事業参入を阻害するバス停空間確保の問題，バスを利用する際のバリアとなっている情報の少なさ等）も解決できる可能性がある。

表 9-12 バスの走行空間の整備に関するわが国の現状と課題

実施レベル	具体例	課題
既に実在する例	・バス専用道路 (道路運送法上の適用，鉄道廃線敷の転用)	・道路運送法上での補助制度の検討
	・バス専用レーン (時間帯規制)	・範囲拡大，遵守の徹底
	・交差点におけるバス優先信号	・システムの効率化
制度上は整備可能だが例がないもの	・バス専用レーン (終日規制) ・交差点におけるバス専用信号	・交通管理者の判断で適用可能な合意形成，調整方法の検討
制度上整備不可能なもの	・バス専用道路（一般車線との物理的分離） ・完全分離されたバス専用道路（立体交差，地下空間利用等） ・平面ガイドウェイ	・法制度（インフラ補助制度等）の検討 ・可動式ボラード等の検討 ・新たな安全指針等の検討

#### (4) バス輸送の高度化のための運営組織形態について

わが国において今後重要性が高まるであろうバス輸送の計画・運営の現状は複雑であるが，本節で取り上げた都市の事例をモデルケースとして，よりよいサービスを提供するための取り組みを整理する。

これまでも，都市のバス輸送における官民の理想的な役割分担についての課題は一般的に言われてきているが，具体的な方法については十分に論じられておらず，わが国ではそれらの考え方が適用された例はほとんどみられない。しかし，既存のバス輸

送を高度化した **BRT** を適用することを考えた場合、先の都市の事例が参考となる。

例えば、**Bogotá** や **Jakarta** の **BRT** にみられるように、システム全体の運営・路線計画を策定する市出資の公的機関を設立し、運行は民間事業者との契約を行うことで、自治体側では、独自に運行するよりも人件費や維持費用の削減することが可能となり、また民間事業者側では安定した利益の確保とコスト削減へのインセンティブが働く。わが国のバス事業にあてはめて考えれば、例えば、自治体が独自に運行していた公営バス事業を切り離し、全ての運行は民間事業者が行うこととする。ただし、都市交通戦略の計画立案と個別の路線計画の策定は自治体が行い、全路線の経路や停留所位置、運行スケジュールや運賃制度を決定する。さらに、民間事業者との委託契約に基づき補助金額を決定し、自治体内の管理組織（例えば交通局）が全体の運行管理を行うことが考えられる。

すなわち、行政主導型で **BRT** を導入する場合には、自治体が策定した基本計画に基づき運行計画を立案し、必要なインフラを整備とサービスレベル確保の責任を負い、実際に運営を行うバス事業者もサービスレベル制約下で効率性の工夫と品質管理の義務を負うことが考えられる。さらには、自治体は沿線住民や利用者の意見を積極的に計画に取り入れるなど、運行計画のフィードバック機能を有することが望ましい。

以上を整理すると、わが国のバス輸送において、事業者にとって効率的で、利用しやすいサービスを提供するための官民の役割分担の一例については、表 **9-13** のようにまとめられる。ただし、これはあくまで本研究で取り扱った **4** 都市の事例に基づく例示であり、各都市の事情や歴史的背景等を考慮すれば、行政の関わり方には多様性があることに注意する必要がある。しかしながら、行政主導型で行うにせよ、民間の活力を効率的に利用するにせよ、行政の関与が重要となってくることは間違いない。諸都市における公共交通の運営形態の考え方は、いくつかの点でわが国の参考になる点が多いと考えられ、今後これらの経過を注意深く観察していくとともに、わが国の公共交通政策に適用していく方法を検討していく必要がある。

表 9-13 バス輸送の高度化の際の官民の役割分担の例示

主体	自治体	事業者
計画	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事業者の意見を踏まえ、主導的に輸送計画を策定</li> <li>・市民参加を積極的に推進</li> <li>・道路、バス停等のインフラ整備と管理を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画策定に際し、事業者の立場から意見，提案</li> </ul>
運営	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入札契約制度等による関与</li> <li>・事業者へのインセンティブと補助金制度の根拠の明確化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サービスレベル制約下で費用効率性の取組み実施 or コスト制約の下で，サービスレベル最大化の工夫</li> </ul>
運行	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリングの実施と運行計画へのフィードバック</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全性，定時性のチェックと品質管理</li> </ul>

## 9.5 本章のまとめ

本章では、これまで検討した高度化したバス輸送システムの計画の考え方、ならびに各構成要素の多様化を前提としたシステムの性能評価の結果を受けて、都市内における高度化したバス輸送システムの計画手法を明らかにした。

9.2 節では、第 3 章で検討した計画フレームとして、1) 既存のバス輸送システムの改善（高度化）、2) 都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の 2 点についてとりまとめ、前者については、3.2.2 節に示した計画フレームに照らし合わせて、これまで評価の結果に基づき、バス輸送システムを高度化させる要素がもたらす効果・影響について、フレームワーク法を用いて評価を行った。後者の評価については、同じく 3.2.2 節に示した計画フレームに照らし合わせ、第 7 章にて分析を行った計画代替案との比較検討の際に考慮すべき評価指標間のトレードオフの関係について整理した。

9.3 節では、第 4 章に示した高度化したバス輸送システムの導入事例に基づき、段階的整備の柔軟性、すなわち時間軸を考慮した計画手法について考察を行った。その結果、高度化したバス輸送システムの段階的整備の可能性は、その需要と都市の特性、およびインフラ整備と運営にかかるコストに大きく依存するが、高度化の要素を検討する際は、安価なシステムコストの利点を考慮するだけでなく、バス輸送システムのサービスと運用の柔軟性を考慮すべきであることを示した。

9.4 節では、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について、同じく導入事例分析に基づき考察を行った。さらに、比較整理した諸都市の事例に基づき、わが国への BRT の導入、すなわち既存のバス輸送システムを高度化する際の課題や都市公共交通政策の方向性について考察を行った。その中で、行政主導型で BRT を導入する場合には、自治体が策定した基本計画に基づき運行計画を立案し、必要なインフラを整備とサービスレベル確保の責任を負い、実際に運営を行うバス事業者もサービスレベル制約下で効率性の工夫と品質管理の義務を負う等の方向性を示した。



## 第9章 参考文献

- 1) 松中亮治, 中川大: 交通整備財源の負担者比較手法を用いた事業種別の財源構成, 土木計画学研究・論文集 No.14, pp.43-50, 1997
- 2) 氏岡康士, 太田勝敏, 原田昇: 雇用者による都市公共交通財源負担に関する日仏比較研究, 都市計画論文集 No.30, pp.601-606, 1995
- 3) 阿部成治: ドイツにおける公共交通建設費用の補助制度ー自治体交通財政法の変遷と地域環境問題での議論ー, 都市計画論文集 No.31, pp.673-378, 1998
- 4) J. Pucher, C. Lefèvre: *The Urban Transport Crisis*, 1996, (邦訳) 木下直俊, 内田信行, 山本雄吾, 西村弘: 都市交通の危機, 白桃書房, 1999
- 5) 太田勝敏: 都市の公共交通システムの整備政策に関する研究, 第6章 都市公共交通の整備・運営・経営制度に関する考察, 日本交通政策研究会, pp.113-131, 2000
- 6) 中村文彦: バス輸送計画の新しい展開に関する考察, バスワンデーセミナー バスサービスの課題と処方箋ー第1部 地域が支えるバス交通の新しい動き, pp.1-8, 2003
- 7) H. S. Levinson, S. Zimmerman, J. Clinger, J. Gast, S. Rutherford and E. Bruhn: *TCRP Report 90 Bus Rapid Transit Volume 2: Implementation Guidelines*, Transportation Research Board, 2003
- 8) 矢部努, 中村文彦, 大蔵泉: 専用走行空間を活用したバス輸送の適用可能性に関する基礎的研究, 土木計画学研究・論文集 No.21 No.3, pp.667-676, 2004
- 9) 中村文彦, 浅野真, 山崎隆之: ブラジルのバス専用道路システムの最新情報: BRTとしてのバス, 交通工学 Vol.37 No.4, pp.91-97, 2002
- 10) 中村文彦: クリチバ市の都市交通ー公共輸送を軸とした持続可能な都市開発の方向性, 交通工学 Vol.30 No.5, pp.33-40, 1995
- 11) 中村文彦: バス型の公共交通指向型開発の動向と適用可能性, 第30回日本都市計画学会研究論文集, pp.607-612, 1995
- 12) A.M.カーン: オタワのトランジットウェイの現状と将来の課題, 国際交通安全学会誌 Vol.18, No.3, pp.193-202, 1992
- 13) J. Pucher: *Public transport in Seoul: Meeting the burgeoning travel demands of a megacity*, *Public Transport International*, May/June 2005, Vol.54, No.3, pp.54-61, 2005
- 14) 藤田崇義: 環境容量に配慮した都市交通政策に関する理論的視座ーソウルにおける都市バス体系改編の取り組みを中心としてー, 交通学研究 2004 年研究年報, 日本交通学会, pp.61-70, 2004
- 15) ボゴタ市トランスミレニオ: <http://www.transmilenio.gov.co>, 2005

- 16) JICA : The Study on Integrated Transportation Master Plan for JABODETABEK: Final Report, p.3-3, 2004
- 17) TransJakarta : Sebuah Langkah Untuk Transportasi Berkelanjutan (トランスジャカルタ・パンフレット), 2005
- 18) ソウル特別市 : 2002 ソウル統計年報, ソウル市印刷情報産業協同組合, 2002
- 19) 川久保素子, 家田仁 : 都市と交通におけるコントロール政策とその社会経済的背景ーソウルと東京の比較研究ー, 第 35 回日本都市計画学会研究論文集, pp.463-468, 2000
- 20) ソウル特別市, 公共交通体系改編情報 (韓国語)  
<http://bus.seoul.go.kr/bus/main.asp>,
- 21) URBS : Public Transport System, クリチバ市ヒアリング資料, 2004
- 22) 杉野尚夫 : 名古屋市におけるバス輸送システムの改善策ー基幹バスとガイドウェイバスについてー, 土木計画学研究・論文集 No.20 (2), pp.715-718, 1997

## 第 10 章 結論と今後の課題

### 10.1 結論

本研究の目的は、高度化したバス輸送システムに着目し、システムを構成する要素とその多様性について適切な評価指標と計測方法を明確にした上で、システムの性能評価を行い、各要素間に存在するトレードオフの関係と都市に及ぼす影響を把握することで、高度化したバス輸送システムの計画手法を明らかにすること、とした。

この目的に基づき、まず本研究の検討課題として、バス輸送システムを高度化するための要素とその性能評価の考え方、代替案を比較する際の評価指標トレードオフの関係について、都市内公共交通システムとして導入する際のまちづくりの視点について、以上 3 つの視点から整理を行った。また、第 2 章にて既往研究の整理に基づき本研究の位置づけを確認した後に、第 3 章にて高度化したバス輸送システムの計画フレームを検討し、第 4 章にて導入事例に基づく計画手法の整理を行った。これらの知見に基づき、第 5 章にて評価指標とその計測方法を明らかにした上で、第 6 章～第 8 章にて、高度化したバス輸送システムの性能評価、性能評価指標間のトレードオフ、都市への影響について分析した。以上の結果を踏まえて、第 9 章にて高度化したバス輸送システムの計画手法についてとりまとめた。得られた結論は以下の通りである。

#### (1) 高度化したバス輸送システムの導入事例に基づく計画手法の整理（第 4 章）

高度化したバス輸送システムの 1 つの形態である BRT (Bus Rapid Transit) について、既存文献で示されている定義に加え、都市計画や都市交通計画における位置づけが明確になされていること、という視点をあわせて定義した上で、導入事例における計画手法の整理を行った。具体的な評価軸として、1) バス輸送システムにおける走行空間の高度化の経緯、2) 都市内におけるバス専用走行空間の整備の考え方、3) 都市内における高度化したバス輸送システムの位置づけ、4) 都市内におけるバス輸送システムの段階的整備の柔軟性、以上 4 つの視点に着目して整理を行った。

その結果、第 1 に 1930 年代以降における走行空間の高度化の経緯に着目すると、BRT の導入都市では、都市交通計画の中に基幹的交通システムとしてバス輸送を明確に位置づけ、他の軌道系システムとの代替案比較に基づき、各都市の事情に合った選択を行っていることが明らかになった。第 2 に、バス専用走行空間の整備の考え方について整理すると、整備の目的やプロセス、空間確保の方法には多様なバリエーションが存在していることが明らかとなった。この多様性は、バス輸送がもつ運行の柔軟性によるものであり、大きな利点の 1 つであると考えられる。第 3 に、BRT の都市における位置づけに着目すると、将来の移動需要に応じた軌道系システムへの転換を前提とした整備が行われている都市の存在等、バス輸送システムがもつ運行の柔軟性を

活かした計画が可能であることが明らかとなった。第 4 に、バス輸送は段階的なインフラ整備が可能という点、不確実性への対応が軌道系交通システムに比べて容易であるという点が明らかとなった。

### (2) 高度化したバス輸送システムの評価指標の体系化と計測方法（第 5 章）

第 5 章にて、高度化したバス輸送システムのインフラ整備、運用方法、運行コスト、さらには沿道土地利用とのトレードオフの関連性を踏まえたパフォーマンス指標の体系的整理を行った。具体的には、都市交通としての高度化したバス輸送システムが担う役割に焦点をあて、インフラ整備手法、及び運用の方法論の確立に資する高度化したバス輸送システムの性能評価指標を体系的に整理し、今後の都市交通計画の政策論を展開するための客観的評価指標の計測方法について、理論的側面と実証的側面から考察を行った。

### (3) 高度化したバス輸送システムの性能評価（第 6 章）

第 5 章において体系化を行った評価指標とその計測方法を踏まえ、国内外で導入されている様々なタイプのバス乗降施設の運用方式に着目し、現地調査データに基づくバス停車時間の比較分析、及び性能評価を試みた。その上で、従来行われていなかった新たな運用方式での 1 人あたりの乗降時間、及び停車時間に影響を与える要因について性能評価のためのモデル化を行い、各運用方式と輸送力の関係についてのケーススタディを行った結果、車外運賃収受方式、あるいは非接触 IC カードによる乗降時間・バス停車時間の短縮効果について明らかにすることができた。また、バス輸送計画における多様化の方向性と課題について示唆した。

### (4) 高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフ（第 7 章）

第 5 章において仮説を設定した高度化したバス輸送システムの性能指標間のトレードオフについて、インフラ整備とその運用方法に着目し、専用走行空間を活用したバス輸送システムの輸送能力評価に関する論点を整理すること、専用走行空間におけるバス運用方法と処理能力の関係を評価すること、輸送能力とコストの関係を踏まえた比較分析によりバス輸送の適用領域についての考察を行うこと、以上 3 点を目的とし分析を行った。

この結果、専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することで、サービスレベルを大きく落とさずに、ある程度高頻度のバス輸送が可能であること、これまで、バスではサービスが難しいとされてきた領域（輸送力 1 万人/h 程度）でも、運用上の工夫をすることで、コスト面で相対的に有利な領域があること、以上 2 点が明らかとなった。

#### (5) バス輸送システムが都市に及ぼす影響に関する分析（第8章）

都市内の公共交通システム計画における代替案比較では、導入による波及効果を評価することが必要となる。第8章では、高度化したバス輸送システムの導入により都市に及ぼす影響を考察するため、わが国で高頻度にバスが運行されている軸状空間（公共交通軸空間）の存在を確認し、その軸状空間の有無や延長がその都市全体の公共交通分担率に寄与しているかどうか、公共交通軸空間とそれ以外の地区の交通行動特性や人口・商業関連指標の特性に違いがあるかどうか分析を行った。

その結果、第一に、わが国における公共交通軸空間存在を確認し、当初想定したよりも多く存在していることが明らかになった。第二に、公共交通軸空間の有無・延長と、その都市のトータルとしての公共交通の分担率との関係について分析した結果、公共交通軸空間を有する都市のほうが、また、その延長が長い都市ほど、都市全体としてのバス・路面電車分担率が高くなる傾向にあることが分かった。このことは、同じような規模の都市群において、公共交通軸空間の存在がトータルとしての公共交通分担率に寄与する可能性が示唆された。第三に、特徴的な都市をケーススタディとして分析を行った結果、地方都市において特別 **TOD** を意識してはいない公共交通軸空間でも、中心市街地への移動に関しても、都市内で相対的にバス・路面電車の公共交通の分担率が高いレベルを保っていることが分かった。また、公共交通の高頻度サービス（公共交通軸空間）の存在が、自動車への依存を軽減する可能性があることを示唆した。さらに国勢調査、商業統計調査に基づく分析より、わが国において自然発生的に形成された公共交通軸空間には、都市全体からみて相対的に公共交通軸沿線に都市機能が集積している例と、中心市街地へ向かう幹線交通軸としての機能がより卓越している例、の2つのパターンの存在を示した。

以上のことから、今後の都市計画において公共交通軸の適用を検討する際の知見として、すでに都市機能がある程度集積した軸状空間が存在する場合には、軸上の公共交通のサービスレベルを高めることで、自動車に過度に依存しないまちづくりに資する可能性があること、都市内で相対的に求心力が高い地域（中心市街地等）につながる自然発生的な公共交通軸空間が存在する場合、その沿線に対し、住宅地等の戦略的な土地利用の誘導を行うことで、前者と同様の効果が期待できること、が示唆できる。

#### (6) 都市内における高度化したバス輸送システムの計画手法（第9章）

第9章では、これまで検討した高度化したバス輸送システムの計画の考え方、ならびに各構成要素の多様化を前提としたシステムの性能評価の結果を受けて、高度化したバス輸送システムの計画手法を明らかにした。具体的には、高度化したバス輸送システムの計画フレームとして、既存のバス輸送システムの改善（高度化）、都市内の新規の基幹的交通システムとしての導入、の2点についてとりまとめた。前者については、検討した計画フレームに照らし合わせて、これまで評価の結果に基づき、バス輸

送システムを高度化させる要素がもたらす効果・影響について、フレームワーク法を用いて評価を行った。後者の評価については、同じく検討した計画フレームに照らし合わせ、計画代替案との比較検討の際に考慮すべき評価指標間のトレードオフの関係について整理した。また、高度化したバス輸送システムの導入事例に基づき、段階的整備の柔軟性、すなわち時間軸を考慮した計画手法について考察を行った。さらに、財源・法制度を踏まえた高度化したバス輸送システムの計画手法について、同じく導入事例分析に基づき考察を行った。

以上のように、バス輸送システムを高度化することで、コスト面の優位性のみならず段階的な整備が可能という点から、想定外の事象や不確実性への対応が容易であること、専用走行空間でのバスの停車方式や停留所の運用方法を工夫することでサービスレベルを大きく落とさずに、ある程度高頻度のバス輸送が可能であること、を示した。また、これらの分析結果を受けて、検討を行った高度化したバス輸送システムの計画手法の有用性を確認し、計画・運営・運行の側面からみた課題と官民の役割分担のあり方について考察を行った。以上の結果より、今後の都市交通計画における1つの代替案として、高度化したバス輸送システム検討ための一助になり得たと結論づけられる。

## 10.2 今後の課題

本研究では、高度化したバス輸送システムの計画手法について、理論的および実証的側面から検討を行ったが、各分析および考察においては前提条件を一部簡略化しており、実際の都市交通計画においては、都市が有する様々な特性を考慮した精緻な検討が必要となる。都市への影響に関して本研究で行った分析では、必ずしも公共交通軸空間の有無やその延長と都市全体の公共交通分担率との因果関係を示すものではないため、更なる詳細な検証が必要である。そのためには、本研究で例示した代表的な3都市のみならず、他の分析対象都市を含めて、交通特性と都市機能の間にどのような因果関係があり、今後どのように変化していくかを明らかにする必要がある。また、わが国でバス専用道路を適用する際の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、専用走行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課題となる。

