

377.5  
1A

**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**

**Feasibility study on Demand Responsive Transport systems (DRTs)  
considering trip reservation systems.**

**2004 年 3 月**

**横浜国立大学大学院 環境情報学府**

**竹内 龍介**

横浜国立大学附属図書館



11468208

## 論文題名：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

### 論文要旨：

近年都市部では、自家用車利用の増大による渋滞の発生が原因で、バスの定時性が確保できなくなってきた。その結果利用者サービスの低下が発生し、悪循環としてバス利用者の減少が起こっている。また地方部では、自家用車利用者の増加によるバス利用者の減少や、人口減少による潜在的なバス利用者の減少が起こってきている。その結果、バス事業者は利用者の少ない赤字バス路線の廃止や運行本数の削減を行ってきた。その一方で、地区内のバス路線が廃止された場合、日常の移動をバスに依存している、高齢者や障害者及び免許非保有者に対するモビリティの確保が困難となっている。

そのような背景の中、既存公共交通の適用が困難な地区へ適応した様々な新しい形の公共交通システムが提案されてきている。その中で、Demand Responsive Transport systems(DRTs：需要応答型交通システム)は、利用者の需要に応じた運行形態をとるため、交通の需要が少なく、従来の公共交通機関の整備が困難な地域に適した交通システムとして期待される。

DRT システムは、1960 年代にアメリカで、既存バス代替交通や公共交通空白地域に導入された、高品質なサービスを提供するモビリティとして、また既存バスとタクシーのモビリティギャップを補充する交通機関として導入された。また 1970 年代には日本で、人口減少と自家用車利用率の増大によるバス採算性の悪化といった問題点を背景に、ヨーロッパ諸国ではイギリスを中心に既存公共交通の少ない地域や高齢者・障害者等の特定利用者への公共交通として導入された。

その一方で、初期の DRT は、生産性の問題(利用者当りの運行コストが非常に高い)や、配車技術が手動であったこともあり、予約に即座に対応できない点や、乗車予定時刻と実際の乗車時刻の差が大きくなる可能性があり、利用者の DRT に対する信頼性の低下や、大規模システムでは配車が複雑になるため導入が困難になるという問題点を抱えていた。

近年では、高度化した情報通信技術の適用により配車面の問題が解決され、在来の公共交通の導入が困難な地域や、移動制約者に対するアクセシビリティ・モビリティの確保等を目的に、DRT の導入・適用可能性実験や本導入がなされてきている。EU 諸国で 1990 年代後半に実施された SAMPO(Systems for Advanced Management for Public Operators) Project や、日本で 2001 年度に実施された「交通不便者のシビルミニマム確保のためのデマンド型交通モデル実験」のように、複数地域での適用可能性実験が行われてきている。

DRT は、以上のように既存公共交通の導入が困難な地域に適用可能性のあるシステムとして期待をされる一方、利用者の予約に応じて路線や時刻表をその都度決定するため、利用者の待ち時間や乗車時間が変動する。そのため場合によっては利用者にとって使いにくい可能性がある。よって DRT の需要を分析するに当

たっては、利用者の所要時間の受容を分析する必要がある。また、DRT の運行を計画するに当たっては、需要に応じた運行方式が、利用者に提供するサービスや、運行コストに与える影響を整理した上で、運行コストを分析し、利用者に提供するサービスの推定を行う必要がある。さらに DRT を導入した場合の評価を行うためには、DRT が提供するサービスに対する利用者の選好状況を調査し、また同時にそのときの運行コストを算出し、運行代替案評価を行う必要がある。

さらに、DRT のような既存交通システムの間を補充するような交通システムは、「Paratransit」と総称されることが多いが、既存研究では DRT や Paratransit の分類に曖昧な点が多いため、運行形態、対象地域や利用者等の指標を用い、都市交通システムの中での DRT の位置付けを同時に行う必要がある。

よって本研究では、利用者の予約に応じた運行を行う DRT システムの適用可能性を評価する手法を以下に示すように行った。

第 1 章では、本研究の背景となる既存のバス輸送機関の問題点を整理すると共に、その中での DRT システムの役割を示し、予約に応じた運行形態が、需要側、供給側、また適用可能性の点においてどのような分析課題を有するかを示し、研究全体のフローを示した。

第 2 章では、DRT システムの既存研究の整理を通し、分析課題を整理した。DRT を含めた既存公共交通と自家用車の中間に位置づけられる公共交通システムの指標整理を通し、DRT の位置づけを行い、対象利用者や適用可能性のある地域と、運行形態の特徴を示す。またその運行形態の特徴を踏まえ、DRT の導入検討に必要な配車技術や、運行に掛かるコストの算出方法、またそれらを実証する方法を整理し、DRT 適用可能性評価に必要な分析の課題を整理した。

第 3 章では、日本及び欧米諸国で導入されている DRT 事例整理を通し、評価手法の検討を行った。1960 年代～70 年代に北米・ヨーロッパ諸国及び日本で導入が行われたが、初期の DRT の問題点には上記で示したように、①予約に応じた運行システムの開発という技術的な側面や、②利用者当りの費用等、運行コストの問題があった。前者の問題は、近年の ITS 技術の発達により、運行管理技術、車両位置取得システム等が適用されるようになり解決されてきている。その一方で後者の問題点に対する整理は、DRT の導入市場とその市場環境の課題、運行形態の特徴と技術適用方法に関する課題、また交通政策面での課題整理という点で十分にされていない。よって北米・ヨーロッパ・日本における DRT の導入事例の整理を、①初期の DRT 導入背景および目的その運行技術と問題点、②現在導入されている DRT の技術面、制度面、政策面の課題 ③現在導入されている DRT の事例整理を行い、実務面また研究面からの課題設定を行った。

第 4 章では、第 2 章で示した課題を踏まえて、DRT システムの需要推計構築を実施した。交通需要を推計する方法には、対象地域をゾーンに分割しその中での交通量の発生を集計した上で、需要を予測する集計モデルと、個人単位の交通行動を予測する非集計モデルの 2 種類がある。DRT が各利用者に提供する待ち時間や乗車時間は、予約の受付状況により変化する可能性があるため、非集計モデル

を適用した DRT 需要推計を、利用者選好意識調査を通し実施した。その結果追加予約によるサービス低下が利用者選択確率を著しく低下させることが分かった。

第 5 章では、DRT システムの運行形態の特性を整理した上で、運行に必要なとなるコストの分析を行った。上記で示したように、DRT は既存公共交通と異なり、利用者の予約に応じてその都度路線や時刻表を設定するため、必要車両台数や、走行時間が変化をする可能性がある。DRT の運行形態の特徴を整理し、それらが利用者及び運行側に与える影響を考慮した、DRT 運行シミュレーションモデルを構築し、コストの分析を行った。また DRT がコスト面で、適切な運行システムかを検討するために、他の既存バス代替交通手段であるコミュニティバス及びタクシーとの運行コストの比較を行った。その結果低需要の場合には、コミュニティバスより DRT の方が低コストで運行できることを立証した。

第 6 章では、大都市郊外地域の平日日中を対象とした DRT の適用可能性評価を DRT 導入代替案の構築手法の確立と神奈川県綾瀬市を対象にしたケーススタディを通し行った。

DRT の代替案構築手法では、既存バスの問題点に対応するような DRT 導入代替案の目的設定を、3 章で示した導入事例と照らし合わせて整理し、各運行形態の評価を対象利用者・トリップ・提供サービス及び予約処理手法に着目して行った。また代替案評価の分析には、第 4 章で構築した DRT 需要推計モデルと、第 5 章で構築した DRT コストモデルを統合することにより行った。以上を用い、平日日中をケーススタディとして、DRT 適用可能性の評価を行った。その結果、既存バスと同コストで DRT を運行する場合、利用者数が同様となることが明らかになった。これは DRT の低生産性が原因であり、予約に応じた運行がコスト削減や利用者サービスの向上に繋がるとは限らないことが分かった。以上より DRT の適用条件は、利用者が予約に応じたサービスが在来のバスより好ましいと判断する場合や、DRT 車両購入費や人件費の削減が行われた場合となる。

第 7 章では、以上より得られた DRT 適用可能性評価に必要な点を取りまとめ、本研究の総括を行った。

## 目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	2
1.2 バス輸送システムの今後の動向	4
1.3 バス輸送に対する施策と DRT システム	5
1.4 DRT システムの概要	6
1.5 本研究の目的と構成	7
1.5.1 本研究の目的	7
1.5.2 本研究の構成	8
第2章 既存研究の整理	13
2.1 序論	14
2.2 DRT システムの分類と特徴整理	15
2.2.1 既存公共交通と自家用車の間の輸送機関	15
2.2.2 DRT のシステムの概要	17
2.2.3 DRT の対象地区と対象利用者	19
2.2.4 DRT の運行形態と提供サービス	20
2.2.5 DRT 導入評価方法	23
2.3 DRT 需要推計モデルの構築方法	23
2.3.1 交通需要の推計方法	24
2.3.2 DRT 需要推計に対する非集計モデル適用	24
2.3.3 データ収集方法	26
2.3.4 DRT の提供サービスと変数設定と課題	26
2.3.5 既存研究での DRT 需要推計方法	27
2.3.6 DRT 需要推計に関するその他の問題	29
2.4 DRT 運行システムに関する既存研究	30
2.4.1 DRT 配車方法に関する既存研究	30
2.4.2 ITS 技術の適用	31
2.4.3 運行コストの分析方法	33
2.5 DRT の適用可能性評価に関する研究	35
2.5.1 予約に応じた運行の需要サイドへの影響を 踏まえた適用可能性研究	36
2.5.2 事業面からの DRT システム評価指標の考え方	36
2.5.3 既存バス路線評価手法と DRT 適用可能性評価指針	36
2.6 既存研究の問題点及び本研究の意義	37

### 第3章 DRTシステムの導入事例整理と計画手法の検討 43

3.1 導入	44
3.2 初期のDRT事例と課題の整理	45
3.2.1 各地域での導入背景と目的	45
3.2.2 運行上の特徴整理	46
3.2.3 評価指標と問題点の整理	47
3.2.4 初期のDRTの導入事例整理	49
3.3 近年のDRT導入背景	53
3.3.1 技術的な背景	53
3.3.2 制度的な背景	55
3.3.3 都市交通政策面でのDRTの位置づけ	60
3.4 運行形態の特徴整理	61
3.4.1 運行形態とその決定方法	61
3.4.2 予約方法と提供サービスの設定	61
3.4.3 ITS技術の適用と配車システム	63
3.5 導入代替案と評価指標の整理	66
3.5.1 導入背景及びその目的	66
3.5.2 対象となる需要及びその形態	67
3.5.3 他の公共交通手段との複合的な運行	67
3.5.4 DRT導入の評価と移転可能性	68
3.5.5 導入地域における評価指標の整理	69
3.6 各国でのDRT導入事例整理	71
3.6.1 日本におけるDRTの導入事例整理	73
3.6.2 ヨーロッパ諸国におけるDRTの導入状況と事例整理	81
3.6.3 北米での導入状況	88
3.7 DRT検討課題の整理	91

### 第4章 DRTシステム需要推計に関する研究 97

4.1 DRT需要推計の概要	98
4.2 DRTの提供サービスと評価指標の検討	98
4.2.1 運行方法と提供サービスの概念	98
4.2.2 運行形態と提供サービス	99
4.2.3 利用者評価指標	99
4.2.4 DRTが提供するサービスの整理	100
4.3 利用者選好意識調査概要	101
4.3.1 DRTシステム対象地域及び対象トリップ	101
4.3.2 DRTの提供するサービスと選択肢の設定	102

4.3.3	調査方法	103
4.4	DRT利用者選好意識調査結果	103
4.4.1	SP調査回答者の属性	103
4.4.2	DRT非選択層の要因特定	105
4.4.3	自家用車、DRT選択需要モデルの推定	105
4.5	DRTのサービスレベルと選択状況	106
4.5.1	対象地域の設定条件	106
4.5.2	DRT選択確率の変化	108
4.6	まとめ	110

## 第5章 運行特性を踏まえたDRTシステムの

### コスト分析に関する研究 113

5.1	導入	114
5.2	DRT運行方式の整理とコストの分析方法	114
5.2.1	適用可能性のある対象地域とトリップ	114
5.2.2	運行形態によるDRTの分類と整理	115
5.2.3	コスト面からみたDR運行方式の着目点	116
5.3	Route Deviation方式のコスト分析	117
5.3.1	条件設定	117
5.3.2	運行コスト算出	118
5.3.3	運行コストと予約受付けの関連	121
5.3.4	Route Deviation方式運行コストまとめ	121
5.4	Semi-Dynamic方式のコスト分析	122
5.4.1	Semi-Dynamic方式の運行方式整理	122
5.4.2	需要の変化が利用者及び運行側に与える影響	122
5.4.3	評価指標の考え方	123
5.4.4	シミュレーション前提条件	125
5.4.5	Semi-Dynamic方式計算結果	127
5.4.6	Semi-Dynamic方式まとめ	130
5.5	コスト比較による既存バス代替交通手段評価	130
5.5.1	既存バス代替交通手段の種類	130
5.5.2	運行方式に着目した比較	130
5.5.3	評価指標の検討	132
5.5.4	計算の手順	133
5.5.5	各代替案の需要密度と運行コストの関係	133
5.6	まとめ	134

## 第6章 大都市郊外地域でのDRT適用可能性評価 137

6.1 序論	138
6.2 DRT導入代替案構築手法の検討	140
6.2.1 大都市郊外地域における既存バスの問題点	140
6.2.2 各主体別の問題点整理とDRT適用可能性	141
6.2.3 DRT導入代替案の目的設定	143
6.2.4 運行代替案設定項目	145
6.2.5 評価指標	148
6.3 適用可能性評価の分析手法整理	149
6.3.1 需要側分析	150
6.3.2 供給側分析	150
6.3.3 需要・供給側分析の統合	150
6.4 大都市郊外地域におけるケーススタディ	150
6.4.1 対象地域の概要	151
6.4.2 各主体間の問題点整理と代替案の方針検討	152
6.4.3 調査前提条件の設定	153
6.4.4 実地調査	155
6.4.5 調査結果と交通気機関選択モデル構築	157
6.4.6 交通機関選択モデル構築	158
6.5 DRT導入代替案評価	159
6.5.1 分析手法と設定条件	159
6.5.2 評価指標の算出	162
6.5.3 適用可能性評価まとめ	170
6.6 まとめ	170

## 第7章 研究の総括 173

7.1 導入	174
7.2 各章の総括	174
7.2.1 DRT導入事例整理と評価手法	174
7.2.2 DRT需要推計	177
7.2.3 DRTコスト分析	177
7.2.4 適用可能性評価	178
7.3 DRT導入代替案計画手法のまとめ	179
7.4 今後の課題	181
謝辞	185
付録	



## 図表一覧

### 図一覧

#### 第1章 序論

図 1-1	DRT システム概念図	7
図 1-2	本研究のフロー	10

#### 第2章 既存研究の整理

図 2-1	DRT 運行システムの概要	18
-------	---------------	----

#### 第3章 DRT システムの導入事例整理と計画手法の検討

図 3-1	DRT 導入事例分析のフレーム	44
図 3-2	予約締切り時刻(SAMPLUS Project)	62
図 3-3	DRT 導入対象地域面積及び人口	66
図 3-4	東急トランセ路線図	77
図 3-5	デマンドルートバス停	77
図 3-6	東急トランセ車両	77
図 3-7	中村まちバス路線図	78
図 3-8	中村まちバス車両	78
図 3-9	けいはんな D バス車両	79
図 3-10	けいはんな D バス路線図	79
図 3-11	おだか e まちタクシー車両概要図	80
図 3-12	おだか e まちタクシー車両	81
図 3-13	Personal Bus 路線図・車両	86
図 3-14	Flex Route(Gothenburg)路線図	87
図 3-15	Flex Route(Gothenburg)使用車両	87
図 3-16	Allobus 車両	88
図 3-17	Flex Route(Minnesota valley)路線図	90

#### 第4章 DRT システムの需要推計

図 4-1	各利用者の DRT 所要時間に関する概念図	100
図 4-2	回答者属性(年代・性別)	104
図 4-3	バス運行間隔と選択状況	104
図 4-4	自家用車の利用状況と選択状況	105
図 4-6	対象地域概略図	108
図 4-7	DRT 選択確率変化(予約してから乗車するまでの時間が変化した場合)	109

図 4 - 8	DRT 選択確率変化 (車内時間が変化した場合)	109
---------	--------------------------	-----

## 第 5 章 運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析

図 5 - 1	Route Deviation 方式概念図	118
図 5 - 2	運行頻度・予約発生頻度別総運行時間	119
図 5 - 3	DRT 年間運行コスト	119
図 5 - 4	コストの内訳(運転間隔 15 分)	120
図 5 - 5	運行時間の内訳(運転間隔 15 分)	120
図 5 - 6	総運行時間内訳(路線長 4km, 運転時間 15 分)	120
図 5 - 7	予約拒否とコストの関係	121
図 5 - 8	対象地域概略図	125
図 5 - 9	利用者希望時刻のずれと予約成立の関係	126
図 5 - 10	予約受付のフロー	127
図 5 - 11	需要密度と DRT 運行コストの関係	128
図 5 - 12	待ち時間・乗車時間と平均コストの関係	129
図 5 - 13	所要時間と平均コストの関係	129
図 5 - 14	LOS 指標とコストの関係	129
図 5 - 15	需要密度と平均コストの関係	133

## 第 6 章 大都市郊外地域での DRT 適用可能性評価

図 6 - 1	DRT 適用可能性評価フロー	139
図 6 - 2	綾瀬市概要図及び綾瀬市バス路線図	151
図 6 - 3	通勤通学時の交通手段分担率	152
図 6 - 4	平日日中私事目的での交通手段分担率	152
図 6 - 5	DRT システム路線概要図	155
図 6 - 6	性別及び年齢別の回答者構成比	157
図 6 - 7	職業構成比	158
図 6 - 8	居住地～海老名駅間の交通手段	158
図 6 - 9	各地域の発生トリップ数	160
図 6 - 10	DRT 評価フロー	161
図 6 - 11	起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(小園地区)	163
図 6 - 12	起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(綾西地区)	163
図 6 - 13	起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(寺尾地区)	164
図 6 - 14	起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(大上地区)	164
図 6 - 15	損益分岐図(小園地区)	165
図 6 - 16	DRT/バスコスト比較(小園地区)	165
図 6 - 17	DRT/バスコスト比較(寺尾地区)	166

図 6 - 18	DRT/バスコスト比較(大上地区)	166
図 6 - 19	DRT/バスコスト比較(綾西地区)	166
図 6 - 20	運行コスト削減による効果(小園地区)	167
図 6 - 21	利用者増加率と運行コストの関係(DRT 需要 1 割増加)	169
図 6 - 22	利用者増加率と運行コストの関係(DRT 需要 2 割増加)	169

## 表一覽

### 第 1 章 序論

表 1 - 1	地方バス路線維持費国庫補助金交付実績の推移	2
表 1 - 2	乗合バス輸送人員の推移	2
表 1 - 3	バス交通に対する施策整理	4

### 第 2 章 既存研究の整理

表 2 - 1	Paratransit の種類とその概要	15
表 2 - 2	DRT の分類方法	17
表 2 - 3	DRT システム適用可能性のある地域の分類	20
表 2 - 4	DRT 運行形態の分類	22
表 2 - 5	DRT システムの評価指標	23
表 2 - 6	DRT の運行に適用されている技術とその内容	32

### 第 3 章 DRT システムの導入事例整理と計画手法の検討

表 3 - 1	初期の DRT 導入事例	49
表 3 - 2	日本における初期の DRT システム	50
表 3 - 3	日本における初期の DRT の運行形態特徴整理	50
表 3 - 4	ヨーロッパ諸国での導入事例と運行形態	52
表 3 - 5	北米での 1970 年代の DRT 導入事例整理	52
表 3 - 6	DRT に適用する ITS 技術施策の整理	55
表 3 - 7	DRT 導入計画における ITS 技術の位置づけ整理と 各国間の比較	55
表 3 - 8	SAMPLUS Project 参加地域の市場環境比較	56
表 3 - 9	各運行形態の導入上課題	61
表 3 - 10	ITS 配車技術概要(SAMPLUS Project)	63
表 3 - 11	配車使用技術(SAMPLUS Project)	63
表 3 - 12	配車方法の整理	64
表 3 - 13	ITS 技術導入時の効果	65
表 3 - 14	DRT 及び他交通手段との組み合わせ	67
表 3 - 15	SAMPLUS Project での評価項目	68

表 3 - 16	導入実験評価項目(日本：交通不便者のシビル ミニマム確保のためのデマンド型交通モデル実験)	69
表 3 - 17	バス・DRT コスト比較(福島県小高町)	70
表 3 - 18	運行側評価指標(FTA Section18)	71
表 3 - 19	導入地域基礎データ	72
表 3 - 20	パフォーマンス指標	72
表 3 - 21	近年の日本における DRT の導入状況	73
表 3 - 22	運行特性(車両、予約システム、運行形態)	74
表 3 - 23	SAMPLUS Project での導入状況	78
表 3 - 24	SAMPLUS Project 各地域の運行状況	81
表 3 - 25	SAMPLUS Project 運行形態の整理	83
表 3 - 26	DRT 評価指標の代表例	82
表 3 - 27	FTA Section18 運行形態	89
表 3 - 28	導入状況例(FTA Section18)	89
<b>第 4 章</b>	<b>DRT システムの需要推計</b>	
表 4 - 1	DRT が提供するサービス変数	101
表 4 - 2	SP 調査に使用した DRT 変数の設定方法(直行表 L <sub>8</sub> )	102
表 4 - 3	DRT が提供するサービス指標	103
表 4 - 4	調査項目	103
表 4 - 5	判別分析結果	105
表 4 - 6	非集計モデル推定結果	106
表 4 - 7	自家用車及び DRT 設定条件	107
表 4 - 8	対象地域の駅からの距離	107
<b>第 5 章</b>	<b>運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析</b>	
表 5 - 1	DRT の適用可能性のある地域とトリップ	115
表 5 - 2	運行ダイヤ設定項目	117
表 5 - 3	運行費用原単位	117
表 5 - 4	運行頻度・予約発生頻度別導入台数	119
表 5 - 5	需要の変化による各指標の影響	122
表 5 - 6	運行側評価指標	124
表 5 - 7	運行設定条件	126
表 5 - 8	分析上の代替案	131
表 5 - 9	DRT との比較に必要な条件	132

<b>第 6 章</b>	<b>大都市郊外地域での DRT 適用可能性評価</b>	
表 6 - 1	主体別既存バス問題点設定	141
表 6 - 2	DRT 導入可能性の対象範囲	142
表 6 - 3	DRT 導入目的と各主体への影響	143
表 6 - 4	DRT 導入シナリオと利用者へのインパクト	144
表 6 - 5	DRT トリップ形態の分類	146
表 6 - 6	各運行形態の特徴整理	148
表 6 - 7	評価指標一覧	149
表 6 - 8	綾瀬市内における問題点の設定	153
表 6 - 9	調査概要	157
表 6 - 10	質問項目及びその内容	157
表 6 - 11	回答者の自家用車利用可能性	158
表 6 - 12	DRT/自家用車手段選択モデル推定結果	159
表 6 - 13	DRT 運行コスト	161
<b>第 7 章</b>	<b>研究の総括</b>	
表 7 - 1	日本における DRT の動向整理と各施策の方向性	175

# 第 1 章 序論

- 1.1 研究の背景
- 1.2 バス輸送システムの今後の動向
- 1.3 バス輸送に対する施策と DRT システム
- 1.4 DRT システムの概要
- 1.5 本研究の目的と構成

## 第1章 序論

### 1.1 本研究の背景

既存公共交通機関の中でバスは、小規模から中規模の輸送に適した交通機関とされ、都市部では大量輸送機関である鉄道の端末輸送や、鉄道を整備導入する程の需要が無い地域への公共交通機関として導入され、交通ネットワークの一部を担っている。また中規模な都市や、上記2地域と比較した場合に需要が相対的に低い郊外地域及び小規模な地域での中心的な公共交通システムとして適用されている<sup>1)</sup>。

以上のような都市公共交通システムの性格を持つバスであるが、都市部及び地方部でのバス利用者は、長期に渡り減少傾向にある。3大都市圏では1970年の44億人をピークに減少を続け、1997年には31億人とピーク時の7割程度に減少し、地方部では、1965年の58億人をピークに1997年には22億人とピーク時の4割以下に減少している<sup>1)</sup>。

都市部でのバス利用者減少の原因は、自家用車交通量の増大による渋滞の発生によりバスの走行速度が低下し、その結果起こる所要時間の増加や定時性の低下といったサービスの低下や<sup>2)</sup>、鉄道や地下鉄の整備によってバス利用者の他モードへの転換が原因とされている。道路の混雑状況を、道路交通センサスによる政令指定都市の主要都市部での自家用車交通量(12時間走行台キロ)と、ピーク時平均走行旅行時間の変化に着目し以下に整理する。1980年と1997年の上記のデータを比較すると、自家用車交通量は平均で1.45倍に増大する一方、ピーク時平均旅行速度は、28km/時から22km/時まで低下した<sup>2)</sup>。その一方で、都市部でのバス表定速度は、1960年代には15km/時～17km/時であったが、近年では11～14km程度と低下傾向にある。また定時性の低下は、ピーク時およびオフピーク時といった時間帯毎の変化だけではなく、同一時間帯に走行する各車両の走行中に起こる、信号待ちや渋滞により運行間隔が乱れることも原因となる。その結果同一時間帯でも走行時間の変化が起こり、バス停への到着時刻にばらつきが生じ、不規則な運行となるため、利用者のバスに対する信頼性が低下し、利用者への提供サービスが低下するといった問題がある。

その一方で地方部では、自家用車利用者の増大<sup>3)</sup>によるバス利用者の減少や、過疎地域での人口減少による潜在的なバス利用者の減少が起こってきている<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>。地方バス路線維持費国庫補助金交付実績の推移に着目すると、表1-1に示すように、1985年から1994年の9年間の系統数や補助金額の変化は、第2種、

表 1-1 地方バス路線維持費国庫補助金交付実績の推移<sup>3)</sup>

項目			年度	1985年	1994年	指数 (1985年を 100とする)
第2種 生活路線	生活路線に掛かる補助	路線補助維持費	金額	7407447	7863782	1.06
			事業者数	158	154	0.97
			系統数	5057	4255	0.84
		車両購入費補助	金額	969362	862509	0.89
			事業者数	72	61	0.85
			系統数	245	191	0.78
第3種 生活路線	乗車密度5人未満の路線に係る運行費補助	金額	844508	541131	0.64	
		事業者数	80	71	0.89	
		系統数	824	523	0.63	
廃止路線 代替バス	廃止路線代替バス運行に 掛かる費用	車両購入費補助	金額	141513	153505	1.08
			事業者数	71	69	0.97
			車両数	104	103	0.99
		初度開設費補助	金額	17264	11101	0.64
			市町村数	32	22	0.69
		運行費補助	金額	431987	1566120	3.63
市町村数	272		452	1.66		

表 1-2 乗合バス輸送人員の推移<sup>4)</sup>

	1975年(昭和50年)	1985年(昭和60年)	2001年(平成13年)
乗合バス	9180468	7003507	4568037
市町村代替バス	176956	220725	1473
貸切代替バス	470	7170	12297
合計	9357894	7231402	4581807

単位：1000人

第3種生活路線では少ないものの廃止路線代替バスは、運行費補助の金額数が3.6倍、市町村数で1.7倍となっており、バス路線の廃止が増大していることが分かる。<sup>4)</sup>

また、表1-2に示すように、国内の乗合バス事業の輸送人員は減少傾向にあり、1975年を基準にすると、2001年には輸送人員が5割に低下している。また乗合バスの運行が廃止された地区に導入される市町村が主体となり運行・運営を行う市町村代替バスや貸切バス輸送による路線バスの代替輸送である貸切代替バスによる輸送人員は増加傾向にあり、自治体が主体となって導入するバスシステムに対する運行の必要性があることが分かる。

大都市圏及び地方都市圏でのバス分担率も、利用者減少と自家用車利用の増加に伴い現象傾向にある。このうち地方都市圏では近年バス分担率を比較すると、半分以下に減少している。(仙台：10.4%(1982)→5.7%(1992)、宇都宮：7.6%(1975)→2.8%(1992))<sup>4)</sup>。また大都市圏では、代表交通手段及び、端末交通手段のトリップ数は共に約10%の減少をしている一方、端末交通分担率は、1988年から1998年の間に2%程度減少傾向にあり、鉄道端末としての利用者



## 第1章

も全体的に低下傾向にある<sup>10)</sup>。

以上に示すように、バス利用者が減少傾向にある一方、バス事業者にとっては、利用者の減少による採算性の悪化に繋がっている。現状では公営事業者で8割、民営事業者で7割が赤字となっている<sup>11)</sup>ため、バス事業者は経営合理化の1つの手段として、不採算路線からの撤退や運行本数の削減を行うようになってきている。廃止路線のキロ数に着目すると、1970年代には年2000～3000km程度であったが、1990年代に入り約10000km程度の路線が廃止となっている<sup>14)</sup>。

またバスの生産性と言う観点から平均乗車密に着目すると、バス走行キロは1970年度に293億5000万km/年であったものが、1998年度には290億5000万km/年と、変化が無いが輸送人キロは、1970年に527億1200万人キロあったが、1998年には281億1900万人キロと減少傾向にあり、乗車密度も18人から10人へと減少している<sup>15)</sup>。

### 1.2 バス輸送システムの今後の動向

以上で示したように、バス利用者の減少やその結果起こるバス輸送システムの採算性や生産性の悪化により、バス事業者は運行本数の削減・路線廃止・事業者の地域内からの撤退を行ってきている。そのため、地区内のバス路線が廃止された場合、日常の移動をバスに依存している、高齢者や障害者及び免許非保有者に対するモビリティの確保が困難となってきた。

また、2002年2月に改正道路運送法が施行された。乗合バスについては事業の規制緩和が実施され、事業参入及び退出の規制と、運賃に対する規制が見直された。事業の参入・退出に対する規制緩和に着目して整理をすると、路線バス事業への参入は需給調整規制を前提とする免許制から、輸送の安全確保などに関する資格要件をチェックする許可制に移動した。このため、バス事業への新規参入が容易となり、既存のバスが導入されている地域への新規事業者の参入のみではなく、様々な需要形態に応じた、新しい形態のバスサービスが提供される可能性がある。その一方で、バス事業や路線の廃止については、6ヶ月前の事前届出制とした。また地域での生活交通確保を行う必要がある場合は、地域協議会の検討や補助制度などの必要な財源確保についての付帯決議がされた。また赤字バスに対する補助制度も、内部補助を前提とした赤字事業者への補助から、地域にとって必要となる路線毎に補助を行う方式となった。そのため、地域内に運行されるバスのうち不採算路線は、事業者が撤退する可能性が出てきた<sup>6)</sup>。

### 1.3 バス輸送に対する施策とDRTシステム

以上のような問題意識のもと、バス輸送に対する様々な施策が行われている。具体的な施策には、既存バス走行路整備・車両や路線の改善といった、既存バスの改良を行う方法、既存バスに対する補助を行う方法や、バス運行方式の改善や新方式の運行形態の提供する方法がある。表1-3にバス交通に対する施策の整理を示す。このうち、都市部では道路等の施設整備・交通管理やバス事業に関するものが中心となり、在来のバス輸送を支える施策が中心となる一方、過疎地域では、補助施策や運行方式の改善が中心となる。

また以上で取り上げた施策では、既存バスの問題に対応する施策である一方、公共交通の需要が少ない地域では、公共交通空白地域への公共交通サービスを

表1-3 バス交通に対する施策整理 (参考文献3より加筆修正)

分類項目	施策方針	具体的な施策内容
バス走行路整備	バス走行路確保	バス専用道・バス専用レーン・優先レーン整備
	信号政策	バス優先信号
	運行管理	バスロケーションシステム
バス車両改善	乗降口改善	バス乗降口拡大・低床式バス
	エンジン改善	加減速性能向上・低公害バス導入
	居住性向上	座席・通路改善
路線改善	路線網整備	バス路線網パターン・停留所改善
		交通空白地域への新規路線導入
	乗降施設改善	駅前広場・バスターミナル整備
		バス停留所整備・改善
運行方式改善	運行回数	運行回数増強
	運行時間帯	運行時間拡大・深夜バス運行
	路線設定	フリー乗降方式・予約に応じた運行方式
補助金施策	既存事業者補助	過疎地域・赤字路線補助・代替バス開設補助
運賃施策	運賃値下げ	初乗運賃・対距離運賃値下げ
	乗継運賃	バス間・バス～鉄道乗継割引
情報提供	路線・時刻表案内	案内板設置・路線図配布・インターネット上での公開

## 第1章

提供するために、在来のバスシステムに代わりコミュニティバスや乗合タクシーなどを活用した公共交通の運行など様々な交通に対する施策が展開されてきている。

その中で、Demand Responsive Transport systems(DRTs：需要応答型交通システム)<sup>8)~10)</sup>は、利用者の需要に応じた運行形態をとるため、交通の需要が少なく、従来の公共交通機関の整備が困難な地区に適した交通システムとして期待される。

### 1.4 DRT システムの概要

1960年代から北米では、従来のバスの赤字解消と、郊外化によるトリップが分散化したために、従来のバスサービスが提供できない地域に居住する高齢者や障害者などの移動制約者や自家用車を利用できない低所得層の人々を対象に DRT システムが導入された。その後 1990 年に ADA(American with Disability Act:アメリカ障害者法)が制定され、既存公共交通のアクセシビリティの改善や、Paratransit に対応するアクセシ性の高い交通システムの導入が求められたため、更なる DRT システムの導入が行われている。DRT の営業台キロに着目すると、1994 年には 20000 台キロであったが、1998 年には 26000 台キロと増加している。

EU 諸国では 1990 年代後半から、通信情報技術を用いた車両と外部の双方向通信による融合や、その技術により提供される情報サービス及びそのビジネスである、テレマティックスを活用した DRT の予約受付や配車方法の実証実験である SAMPO (Systems of Advanced Management for Public Organization) Projects や SAMPLUS Project において、既存公共交通の適用が困難な地域への適用可能性の検証を目的とした導入が行われている。また現在では本格運行への移行や、他地域への技術移転が行われつつある。

一方で日本では近年、ITS 技術を使用した、リアルタイムでの予約受付や配車方法を適用したバス車両を利用した DRT システム(ディマンドバス)が導入され、既存公共交通の導入が困難な地方部を中心に、人口密度の低い地域での実証実験が行われてきている。

DRT システムは、利用者の予約を受け付け運行経路やダイヤをその都度決定するため、需要サイドである利用者にとっては、待ち時間や所要時間等の提供サービスが変化する可能性があり、使いづらい交通システムになってしまう可能性がある。また供給サイドである運行側は、利用者の予約に応じた運行システムの設計方法を検討し、必要車両台数や走行時間の変化やそれによるコストや提供サービスの変化を考慮する必要がある。

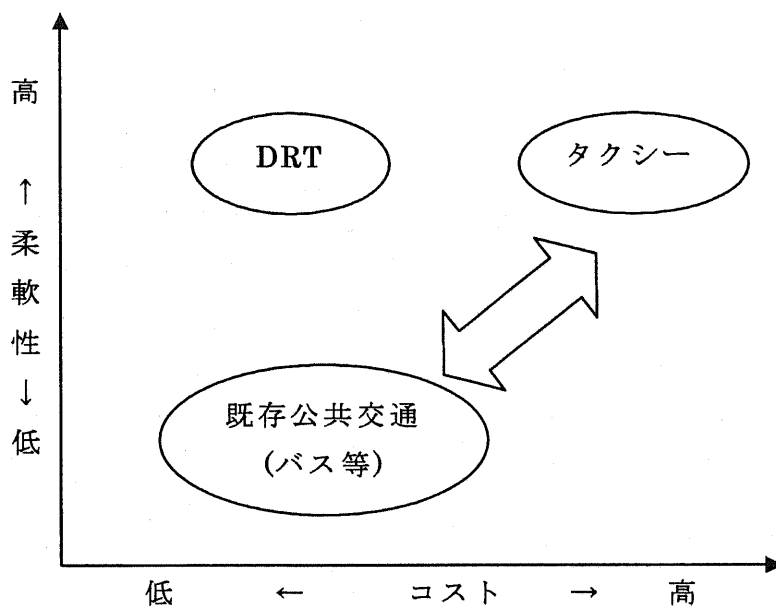


図 1-1 DRT システム概念図<sup>16)</sup>

また、供給サイドから DRT の適用可能性を評価する際には、他の既存バス代替交通手段と運行コストの比較を行い、予約に応じた運行のコスト効率性を分析することが必要とある。更には、予約の受付数の変化によって、利用者に提供するサービスが変化する可能性があるため、DRT の導入を計画するに当たっては、予約に応じた運行が必要及び供給サイドの双方に与える影響を分析した上で、適用可能性を評価する必要がある。

さらに、DRT システムのような既存交通システムの間を補充するような交通システムは、「Paratransit」と総称されることが多いが、既存研究ではシステム分類に曖昧な点が多いので、交通システムの中での DRT システムの位置付けを同時に行う必要がある。

## 1.5 本研究の目的と構成

以上で示した課題を踏まえ、本節では本研究の目的及び構成を以下に示す。

### 1.5.1 本研究の目的

#### (1) DRT システムの導入事例の整理とその計画手法の検討(第3章)

日本・ヨーロッパ・アメリカでの DRT 導入事例整理を、①初期の事例整理と課題設定、②現在導入されている DRT の技術面、制度面、政策面の課題 ③現在導入されている DRT の事例を導入背景目的、運行形態の特徴、ITS 技術

## 第1章

による運行、評価指標を整理し、また以上の総括として、実務面また研究面からの課題設定を行う。

### (2) DRT システムの需要推計に関する研究 (第 4 章)

予約システムの設計方法や利用者の予約状況によって変化する DRT システムの提供サービスが、利用者選好に与える影響を考慮した需要推計モデルの構築を行う。

### (3) 運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析(第 5 章)

DRT システムの利用者の予約に応じた運行形態の特徴を整理し、コストの分析を行う。また DRT を含めた既存バス撤退後の代替的公共交通システムを、コスト面から評価を行う。

### (4) 大都市郊外地域での DRT 適用可能性評価(第 6 章)

DRT 導入時に必要となる導入代替案構築手法を確立すると共に、4 章で検討した DRT 需要調査手法と、5 章で検討した DRT 運行形態を考慮した運行コスト分析の結果を基に、需要・供給両サイドの分析を統合したモデルを構築し、DRT 導入効果の分析手法を提案する。また、以上の結果を元に大都市郊外地域の平日日中をケーススタディとした、DRT 適用可能性評価を行う。

## 1.5.2 本研究の構成

第 1 章では、本研究の背景となる既存のバス輸送機関の問題点を整理すると共に、その中の DRT システムの役割を示し、予約に応じた運行形態が、需要・供給双方のサイドや、適用可能性評価においてどのような分析課題をあるかを示し、研究全体のフローを示す。

第 2 章では、DRT システムの既存研究の整理を通し、分析課題を整理する。DRT を含めた既存公共交通と自家用車の中間に位置づけられる公共交通システムの分類を通し都市交通における DRT の位置づけを行い、対象利用者や適用可能性のある地域や、運行形態の特徴及び評価指標を示す。またその特徴を踏まえ、DRT 導入評価に必要な、DRT 需要推計方法や、利用者の予約に応じた運行システムの設定に必要な配車技術や、運行コストの算出方法、またそれらを実証する方法を整理し、DRT 適用可能性評価に必要な分析課題を検討する。

第 3 章では、1960 年代～70 年代に北米・ヨーロッパ諸国及び日本で導入が行われたが、初期の DRT の問題点には上記で示したように、①予約に応じた運行システムの開発という技術的な側面や、②利用者当りの費用等、運行コス

トの問題があった。後者の問題は、近年の ITS 技術の発達により、運行管理技術、車両位置取得システム等が適用されるようになり解決されてきている。その一方で前者の問題点に対する整理は、DRT の導入市場とその市場環境の課題、運行形態の特徴と技術適用方法に関する課題、また交通政策面での課題整理という点で十分にされていない。よって北米・ヨーロッパ・日本における DRT の導入事例の整理を、①初期の DRT 導入背景および目的その運行技術と問題点、②現在導入されている DRT の技術面、制度面、政策面の課題 ③現在導入されている DRT の事例整理を行い実務面また研究面からの課題設定を行う。

第4章では、第2章で示した課題を踏まえて、DRT システムの需要推計を行った。交通需要を推計する方法には、対象地域をゾーンに分割しその中での交通量の発生を集計した上で、需要を予測する集計モデルと、個人単位の交通行動を予測する非集計モデルの2種類がある。DRT が各利用者に提供する待ち時間や乗車時間は、予約の受付状況により変化する可能性があるため、利用者選好意識調査を通し、非集計モデルによる DRT 需要推計構築を試みる。

第5章では、DRT システムの運行形態の特性を整理した上で、運行に必要なとなるコストの分析を行う。上記で示したように、DRT は既存公共交通と異なり、利用者の予約に応じてその都度路線や時刻表を設定するため、必要車両台数や、走行時間が変化をする可能性がある。そこで DRT の運行形態の特徴を整理し、それらが利用者及び運行側に与える影響を考慮した、DRT 運行シミュレーションモデルを構築し、コストの分析を行う。また DRT がコスト面で、適切な運行システムかを検討するために、他の既存バス代替交通手段であるコミュニティバス及びタクシーとの運行コストの比較を行う。

第6章では、DRT 導入代替案の構築を行った上で、第4章で構築した DRT 需要推計モデルと第5章で構築した DRT コストモデルの統合を通し、大都市郊外地域の平日日中をケーススタディとした、DRT システムの適用可能性評価を行う。

第7章では、以上より得られた DRT 導入計画に必要なとなる点を取りまとめ、本研究の総括と今後の課題を提示する。

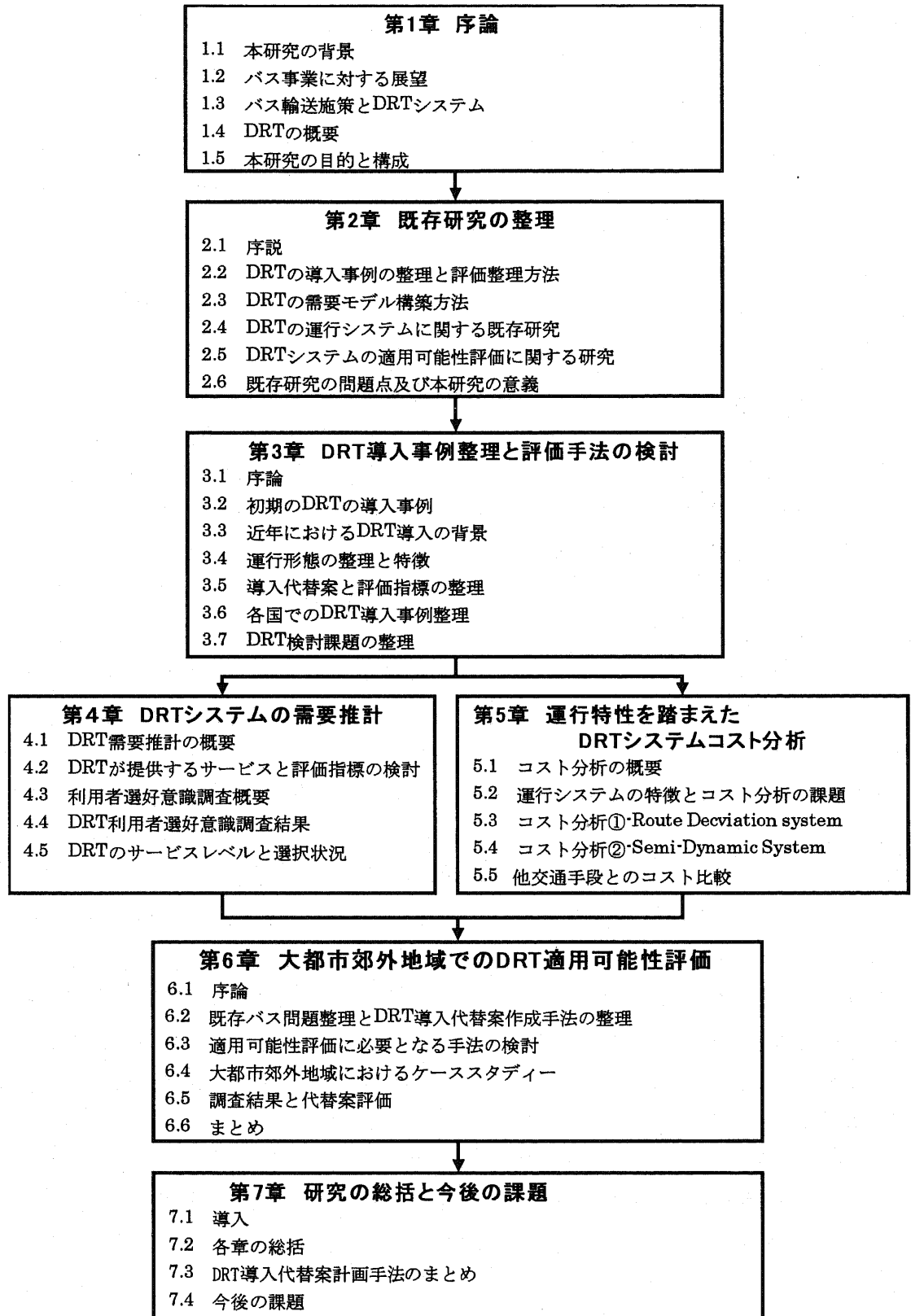


図 1-2 本研究のフロー

## 第1章 参考文献

- 1) (社)日本バス協会(1997),「日本のバス事業」
- 2) 日本交通政策研究会編(2002),「自動車交通研究 環境と政策」.pp.29, pp74
- 3) (社)交通工学研究会(2001),「交通工学ハンドブック」,第14章 公共交通システム計画
- 4) 運輸省地域交通局監修(1991),「平成3年版 地域交通年報」,(財)運輸経済研究センター
- 5) 鈴木文彦(1999),「首都圏における乗合バス事業の経営動向と課題」,運輸と経済,1999年6月号,pp.27-33
- 6) 杉山雅洋・山内弘隆・山本雄二郎(2003),「規制緩和時代のバス&タクシー」,地域科学研究会
- 7) 秋山哲男・中村文彦(2000),「バスはよみがえる」,日本評論社
- 8) ETTS, Introducing the Samplus projects, SAMPLUS Homepage,  
<http://www.europrojects.ie/samplusmainweb>
- 9) FTA 編、(財)運輸経済研究センター(1978),「これからの交通 パラ・トランジット」
- 10) Vukan R. Vuchic(1981),”Urban Public Transport”, Chapter 2 Urban Passenger Transport, Prentice Hall,
- 11) Transportation Research Board (2002), “Contracting for Bus and Demand-Responsive Transit Services”, Transportation Research Board
- 12) 交通エコロジー・モビリティ財団(2000),「欧米主要国における高齢者・障害者の移動に関する調査」
- 13) 東京都市圏交通計画協議会(2003),「平成10年 東京都市圏パーソントリップ調査(総合都市交通体系調査)報告書」—現状把握編—(その1)
- 14) (社)日本自動車会議所編集(2000),「数字で見る自動車2000」
- 15) 姫野侑(2002),「規制緩和はバス輸送を改革できるか—街づくりの視点からの批判的検討(前編)」,運輸と経済,第62巻,第5号,pp.32-42
- 16) Pekka Eloranta (1999),” Guidelines for Implementation of a SAMPLUS system: Standards to Adopt and Results to Expect”, European Commission-DGXIII Telematics Application Programme Transport Sector.



## **第 2 章 既存研究の整理**

- 2.1 序論**
- 2.2 DRT システムの分類と特徴整理**
- 2.3 DRT 需要推計モデルの構築方法**
- 2.4 DRT 運行システムに関する既存研究**
- 2.5 DRT の適用可能性評価に関する研究**
- 2.6 既存研究の問題点及び本研究の意義**

## 第2章 既存研究の整理

### 2.1 序説

本章ではDRTに関する既存研究の整理を行う。DRTの導入や運行を計画する上では、まずDRTが都市公共交通の中でどのような役割を持ち、どのような地域や利用者に適用可能性があるかを整理し、需要に応じた運行形態が持つ特徴(運行形態や提供サービス)を整理する必要がある。同時に、DRT導入対象地域の事例を通し、導入効果の評価指標を整理することも必要となる。またDRTの導入効果を定量的に評価するためには、予約に応じて運行するサービスに対する利用者受容性や選好意識を把握し、需要分析方法やモデル化の手法を確立する必要がある、また同時に供給サイドの分析である、導入費用(初期投資・運行コスト)と、そのときに提供できるサービスを評価する手法やモデルを確立する手法が必要となる。さらに、DRTは需要数の変化によって、提供するサービスや運行コストが変動するため、導入効果を評価するためには、以上で作成した、DRTの需要サイドと供給サイドのモデルの統合を試みる必要がある。

以上より、DRTに関する既存研究の整理を、4点に取りまとめ検討する。2節ではDRTを含めた既存公共交通と自家用車の中間に位置づけられる公共交通システムより、DRTと分類される交通システムの位置づけを行い、運行上の特徴整理として、DRTの対象利用者や適用可能性のある地域と、運行形態を示す。また導入事例を整理する上で必要となる指標を示す。3節では、DRTの需要推計方法の整理を、既存交通の需要推計方法や調査方法の整理や、既存のDRT需要推計モデルの整理を通して行う。4節では、DRTの運行システムの分析方法の整理を行う。初期のDRTでは、電話予約を行い、その予約をもとに、配車係が、手動で経路やダイヤを設定していたが、近年のITS技術の進展により、ほぼリアルタイムでの運行が可能となってきた点や、配車方法、運行側の評価方法について検討する。5節では、DRTの評価を行う上で必要となる、需要モデルと供給モデルの統合による評価手法の確立方法について示す。6節では、以上で取りまとめた、既存研究の課題と本研究の意義を示す。

## 2.2 DRTの分類と特徴整理

### 2.2.1 既存公共交通と自家用車の間に介在する公共交通システム

バスや鉄道等の既存公共交通システムと、個別利用を行う自家用車の中間に位置づけられる公共交通システムを、既存研究では「Paratransit」や「Demand Responsive Transport」という名称で呼ばれている<sup>1)-6)</sup>。またParatransitの分類は、個人が所有し運転する自家用車と、決められた路線・時刻表に沿い、公営/民営の会社が運行する従来の公共交通機関との中間に位置する交通システムと定義され<sup>1)-3)</sup>、既存研究では以下に示す種類がParatransitとされている。

表 2-1 Paratransit の種類とその概要

地域	年代	名称	導入目的/運行上の特徴	
			導入地域・対象利用者	運行上の特徴
北米	1900年代～	Jitney	都市内の移動。	利用者の需要に応じて運行車両数を変化。利用者は利用時に呼び止め。
	1960年代～	Dial-A-Ride	高齢者・障害者等の移動制約者や、低所得層へのモビリティ提供。	利用時に電話で予約。
	1970年代～	Shared-Ride Taxi	郊外鉄道駅～居住地、商業地域～空港等特定2点間でのタクシー相乗り	利用時の呼び止め、起終点乗場での乗合乗車。
		Subscription Bus Car Pool Van Pool	朝夕ピーク時に起こる道路混雑の緩和を目的に、相乗りを推進	事前に登録した会員の自宅の前から、勤務地までのDoor-to-Doorのサービス。
欧州	1970年代～	Dial-A-Ride (DRT)	既存公共交通適用が困難な郊外地域や過疎地域での地域内のトリップを対象	利用者の予約に応じ路線/時刻表を柔軟に設定。電話による予約。
	1990年代～	DRT		ITS技術を適用し、予約に応じ運行。電話/インターネットでの予約。
日本	1970年代～	ダイヤモンドバス	郊外地域や過疎地域で既存公共交通の運行が困難な地域での移動を対象	利用者の予約に応じ運行経路や時刻表を設定。電話やキオスク端末での予約。
東南アジア	1900年代～	Paratransit	固定路線(もしくは一部の迂回経路)に沿い需要の変化に応じ運行。	呼び止めによる利用。

北米では、通勤時に居住地から勤務地まで、通勤者が自家用車に相乗りを行う Carpool、レンタルのバンに相乗りを行う Vanpool や、バス車両を利用した乗合を行う予約バス(Subscription Bus)があり、また郊外地域の駅～居住地や都心部～空港等の特定の2地点を対象に、相乗りを行う Shared-Ride Taxiがある。さらに都市部や地方部で、高齢者や障害者などの移動制約者を対象に、電話での利用希望に応じ、路線や時刻表を設定して運行する Dial-A-Ride や、主に都市内で固定路線を運行し、路上での利用者の呼び止めに応じ乗降を取り扱い、乗合運行を行う Jitney がある。

日本では1970年代に、利用者の需要に応じて運行されるディマンドバスが導入された。その一方ヨーロッパ諸国では1970年代にイギリスを中心に電話での予約に応じて乗合輸送を行う Dial-A-Ride(DRT)の導入が試みられたが、その後EU諸国で1990年代後半より、近年発達してきたITS技術を用いて、利用者の需要に応じて運行する交通手段である DRT System の実験が行われてきている<sup>3)</sup>。

発展途上国では大都市地域を中心に在来の公共交通以外の交通機関であり、在来のバスによる公共交通サービスより柔軟で、自家用車に近いサービスを提供する交通機関の総称を、“Paratransit”という名称で分類を行っている<sup>3)</sup>。

以上のシステムを地域や年代別に分類すると、表2-1のようになる。また以上の Paratransit は、相乗りをすることを前提に分類を行ったが、分類方法によっては、車両自体を保有しないが、個人の利用希望に応じて運行するタクシーや、レンタカー、Car-Sharing を Paratransit の分類に含むこともある<sup>2)</sup>。

以上で示した公共交通システムの特徴を踏まえ、既存研究での分類方法を示した上で Paratransit と DRT に関する分類と定義を以下に示す。Vuchic<sup>2)</sup> は Paratransit の分類を、利用形態(個人利用・定期的な予約による利用・公共的な利用)、車両・システムの所有者(個人・企業や学校等の交通事業者では無い機関・交通事業者)、路線設定方法(一定路線、利用者のアクセス距離に合わせ調整可能)、利用者がサービスを受ける方法(時刻表基準・電話等での予約・路上で呼止)としている。新谷ら<sup>7)</sup>は輸送距離と利用客数により Paratransit の位置付けを行っている。Grayら<sup>1)</sup> Paratransit を用途と特性(輸送形態・提供サービス)に分類した上で、自家用車と既存公共交通の間の交通で時間・空間の設定方法の柔軟性に着目して分類している。Lastrucci<sup>8)</sup> は DRT を、利用者の需要に直接答えるサービスであり、自家用車並みに自由度がある公共交通と定義している。また Cervero<sup>3)</sup> は、既存バスと自家用車の間に位置する公共交通で、地域内の様々な場所を結ぶことができ、経路や時刻表に柔軟性を持った乗合型交通機関と定義し、利用者へのサービス提供方法、路線設定方法、対象利用者に着目して分類を行っている。

表2-2 DRTの分類方法

種類 分類項目		自家用車	タクシー	DRT	バス
事業者		個人所有	個人・民営 事業者	公営/民営の事業者による運行	
利用方法		個人の任意	呼止め・予約	予約	時刻表
提供サービス			個人の任意	予約に応じた経路・時刻表	定時・定路線
トリップ 特性	形態	分散・低密度	分散・低密度	分散・低密度 (One-to-Many, Many-to-Many)	中~高密度
	距離	近~長距離	近~中距離	近~中距離	中~長距離
需要規模		低~中密度	低~中密度	低~中密度	中~高密度
対象利用者		一般	一般・特定	一般乗合・特定乗合 (高齢者,障害者に限定)	一般乗合
運行上特徴				ITS技術を適用した 運行システム	

太田<sup>9)</sup>は東南アジア諸国における路面公共交通の分類を行う上で、乗合型の輸送形態を取るもので、バスとタクシーの中間に位置づけられる輸送機関としてParatransitを定義している。

一方、Demand Responsive Transport (DRT)は以下のように定義される。Vuchic<sup>5)</sup>は、DRTを各利用者の行き先や時刻の希望に応じ、経路や時刻表が部分的もしくは完全に決定される運行形態をとるParatransitと定義している。Yngve<sup>6)</sup>らは、タクシーと従来バスとの間に位置付け、利用者が希望した乗降場所のみに路線を設定した運行形態をとる交通機関であると定義している。以上をまとめ、分類項目を表2-2に示すように取りまとめ、他交通手段である自家用車、タクシー及び既存バスと分類上の比較を行う。

### 2.2.2 DRTシステムの概要

利用者の予約を受付け、DRTへの配車や運行指示を行うシステムは、近年発達してきているITSが適用されている。利用者は、乗車時間や目的地等の利用希望を電話・インターネット・キオスク端末を利用して配車センター(Travel Dispatch Center:TDC)に連絡する。配車センターでは、利用者から受けた予約や、自動車両位置取得システム(Automated Vehicle Location:AVL)を通し、車載機(Mobile Data Terminal:MDT)から定期的に得られる位置情報や、過去の配車状況や道路状況のデータ等を基に、配車やスケジューリングを実行する。その配車結果を元に、DRT車両に運行指示を行う。

1960年代以降、北米導入された初期のDRT(Dial-A-Ride)では、オペレータは、電話で予約を受け付け、配車やスケジューリングをオペレータ自身の経験に基づき実行していたが、現在ではインターネットやキオスク端末を通して得られた利用者予約を受け付け、コンピュータソフトによる配車やスケジューリングが行われるようになってきたため、予約処理及び配車能力が向上し、平均乗車密度の向上に貢献している。またオペレーションセンターと車両の通信には、パケット通信等のデータ通信網を利用したシステムが導入されている。図2-1にDRT運行システムの概念図を示す。

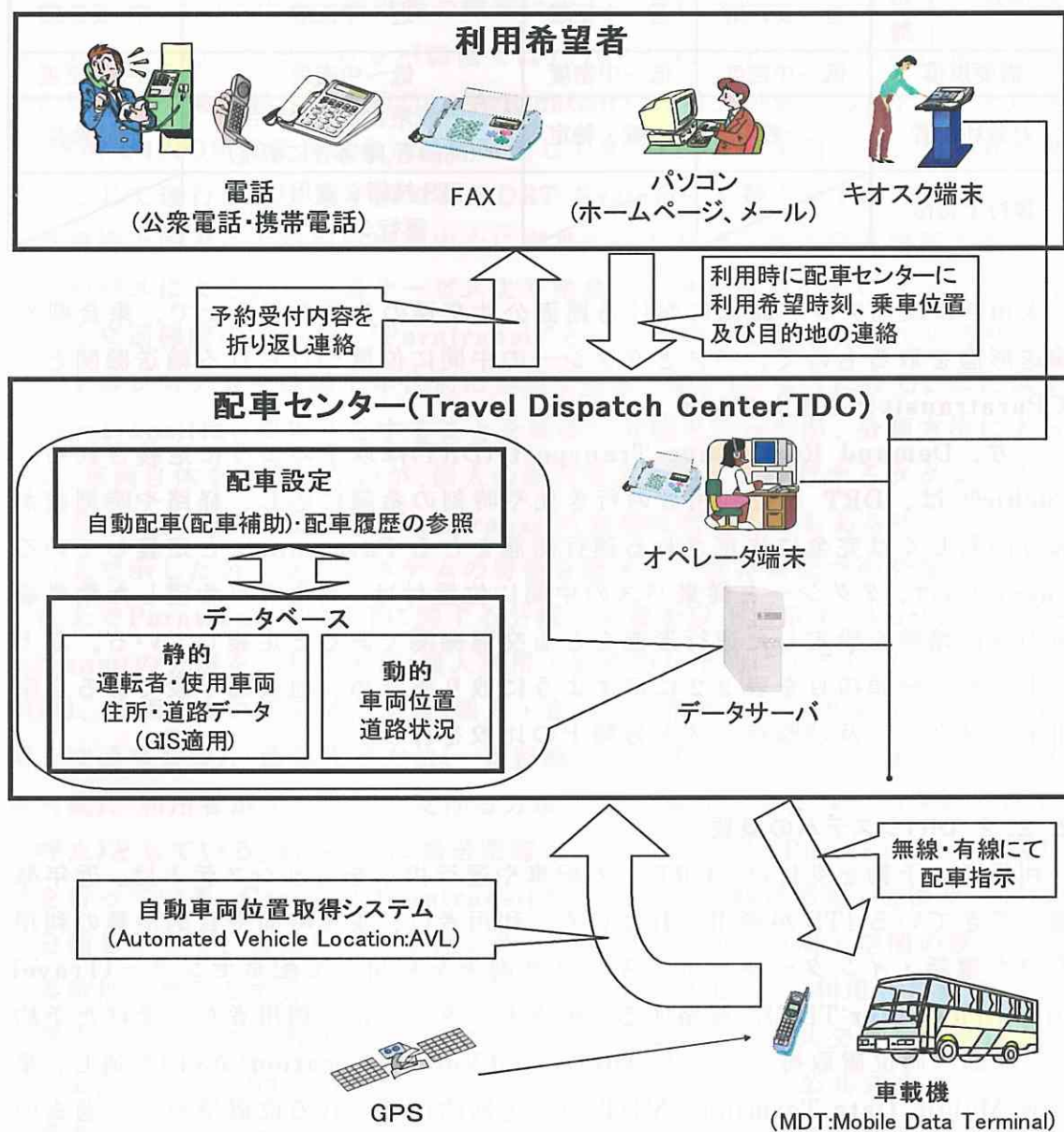


図2-1 DRT運行システムの概要(参考文献3,10を基に著者が加筆修正)

### 2.2.3 DRTの導入対象地区と対象利用者

2章2節で示したように、DRTは需要密度が低く既存公共交通の適用が困難な地域への適用可能性がある。需要密度が低い地域へのDRTの適用方法を、導入する状況を踏まえて検討する。

地域内の高齢者や障害者等の移動制約者へのモビリティを確保するために交通システムを導入する場合は、人口密度に関係なく、需要の発生密度が相対的に低下するため、DRTの適用可能性が考えられる(このようなサービスはシェアードトランスポートサービス：STSと一般的に呼ばれる)<sup>12)</sup>。また郊外地域や地方部の居住地域で人口密度が低く、既存バスの適用が困難な場合にDRTの適用可能性がある。さらに、都市部では、需要の少ない時間帯や需要自体が少ないトリップへの適用可能性がある<sup>13)</sup>。以上を踏まえ、DRTシステムの適用地域や対象利用者を表2-3に示すように4種類に分類する。

#### (1) 郊外や地方部で高齢者及び障害者向けに運行されるDRT

郊外地域や都市地域で居住地域が分散し人口密度が低い地域では、在来のバスシステムの導入が困難となる可能性や、既存バスが運行されていたとしても、自宅～バス停留所間のアクセス距離が長くなるため、自家用車の運転が困難な高齢者や障害者へのモビリティの確保が困難となる。この場合DRTは上記の人のモビリティ確保のために導入される。

#### (2) 都市地域で高齢者及び障害者向けに運行されるDRT

都市地域では公共交通機関が整備されている一方、高齢者や障害者にとっては、駅やバス停までのアクセス距離や、乗換移動が抵抗となり得るため、利用が困難になる可能性がある。この場合DRTはDoor-to-Doorの交通手段を提供しアクセシビリティを改善できると期待できる。

#### (3) 郊外や地方部で導入されるDRT

郊外や地方部で居住地域が分散している地域や、低密度な居住地域では、公共交通の需要密度が低くなるため、既存バスの利用者が少なり、運行が困難となる可能性がある。このような地域では、DRTが予約に応じて運行することにより、平均乗車密度の増加や走行距離の削減を図れる可能性があるため、既存公共交通(バス)代替交通手段や交通空白地域で既存バスネットワークを補充する交通機関としての適用可能性が期待できる。

表 2-3 DRT システム適用可能性のある地域の分類

対象利用者	人口密度	対象地域	特徴
高齢者・障害者等移動制約者	低	郊外・地方部	スペシャルトランスポートサービス (Special Transport Service :STS)
	高	都市部	
(特に限定しない)	低	郊外・地方部	既存公共交通代替交通手段 交通空白地域での公共交通提供
	高	都市部	既存公共交通のニッチサービス

#### (4) 都市部で導入される DRT システム

都市部では、大量輸送機関である鉄道やその末端交通手段の公共交通が整備されているが、需要が少なくトリップ OD が分散する傾向にある、夜間や観光客向けの公共交通が整備されていない可能性がある。DRT は以上に示したようなトリップを対象に隙間交通(ニッチサービスを提供できる可能性がある。

#### 2. 2. 4 DRT の運行形態と提供サービス

既存研究では、DRT の運行形態分類項目を、利用者の予約に応じ柔軟に路線や時刻表を設定する点に着目し、予約に応じた路線設定方法や、DRT が行うトリップ形態に着目して整理を行っている。予約に応じた路線設定方法の分類を行った研究を以下に示す。

Yngve ら<sup>6)</sup>らや Ambrosino ら<sup>11)</sup>は、予約に応じた運行形態が提供するサービスの広域性に着目し、路線設定の分類を、起終点や固定路線の有無によって行っている。Lastucci<sup>5)</sup>は、DRT の運行形態を、路線・停留所・時刻表の設定方法(固定・一部固定・予約に応じ設定)に着目した分類を行っている。また、秋山<sup>12)</sup>らは、予約に応じた路線設定方法を、時刻表(起点及び終点の出発時刻や到着時刻)の設定や、路線の設定方法(起終点の設定と経路の設定)により分類を行っている。DRT のトリップに着目した研究では、Cassey<sup>14)</sup>らの、One-to-One から Many-to-Many まで様々なトリップ形態に分類する手法がある。

しかしながら以上の研究では、DRT の路線設定の分類に留まっており、実際に DRT が利用者に提供するサービスや運行方法に与える影響を考慮していない点で問題があり、予約を受付時間帯(予約締切時刻設定、任意の時間帯での予約受付)により、路線設定方法や提供サービスが変化する点を考慮した分類を行う必要がある。

よって本研究では DRT の運行形態の分類を、需要に応じた運行経路の設定範囲と、ダイヤ設定の柔軟性、DRT が行う Trip の 3 点に着目して表 2-4 のように分類し、各運行形態が提供サービスに与える影響も同時に考慮した。



### (1) Fixed 方式

Fixed 方式は、既存バスと同様に路線・停留所・時刻表の設定を行うが、利用者の運行があるときのみ、設定されたダイヤに沿って運行するシステムであり、利用者の予約状況による待ち時間や乗車時間等提供サービスは変化しない。

### (2) Route Deviation 方式

Route Deviation 方式は、既存バスとほぼ同様の運行形態をとり、基本路線・停留所・時刻表の設定を行うが、路線の一部に予約に応じてのみ運行する迂回経路(停留所)を設定している。すなわち迂回ルート上で予約が無い場合、基本路線のみの運行となるため、既存バスと全く同一の運行形態を取ることとなる。

迂回経路の区間が短い場合、予約の追加が提供サービスに与える影響が少ないが、迂回経路数を増加させると、運行経路の設定範囲が広がるため、柔軟なサービスが提供できる一方、予約追加による利用者提供サービスの変化が大きくなる可能性がある。

### (3) Semi-Dynamic 方式

Semi-Dynamic 方式は、起点(起終点)と起点出発時刻(終点到着時刻)を設定し、その間に予約に応じて経路を設定する路線網を設定する。乗車中に他の利用者の予約による待ち時間や乗車時間変化を防止するため、予約締切時刻を起点の出発時刻の前に設定するケースが多いが、任意の時刻に予約を行えない。



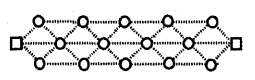
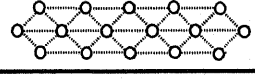
### (4) Dynamic 方式

Dynamic 方式は、経路や時刻表を利用者の予約に完全に応じた運行形態を取るため、他利用者の予約が入った場合、待ち時間や乗車時間等の提供サービスが変化する可能性が大きい。そのため Dynamic 方式を導入している大半の地域では、予約を乗車の10分~2時間前までに締め切っている<sup>5),15)</sup>。

以上の分類では、停留所を基準に路線網を設定する既存バス改良型のDRTシステムであるが、日本で近年導入されてきているタクシー車両を利用した乗合タクシー型のDRTシステムを以上の分類と比較すると以下のようなになる。

運行形態はSemi-Dynamic方式やDynamic方式となるが、停留所を設定せず対象地域内の任意の場所での乗降を認める場合や、路線網を設定せずに対象地域の道路網全体を路線として運行するため柔軟性が高まることと、車両定員が10人以下と平均乗車密度が低レベルの場合に対応するシステムであることが特徴となる。

表2-4 DRT運行形態の分類

分類	路線設定方法			時刻表	トリップ形態
	概略図	起終点	路線・経路		
Fixed		固定	固定	固定 (予約が入った ときのみ運行)	One-to-One
Route Deviation		固定	固定＋一部予約 に応じ運行する 経路を設定	固定	One-to-Few
Semi-Dynamic		固定	起終点間を予約 に応じ、その都 度経路を設定	起点出発時間 (終点到着時間) を設定	One-to-Many Many-to-Many
Dynamic		非固定	予約に応じ運行	予約に応じ 設定	

凡例

起点(終点) □      停留所 ● (予約に応じ停車) ○      路線 —      路線 (予約に応じ運行) - -

### 2.2.5 DRT導入評価方法

近年EU諸国及び日本では、予約処理や配車にITS技術を適用したDRTシステムの適用可能性実験が各地で行われてきている。これらの適用可能性の評価には、2章2節3及び4に示した、導入可能性のある地域や対象利用者及びトリップを導入評価基準とし、適用可能性の判断することや、DRTシステムの運行形態と提供するサービスとその効果を評価基準に設定する必要がある。

利用者側のサービスに対する評価には、DRTは既存の公共交通と異なり利用時に予約の必要があることや、他利用者の予約状況による提供サービス(待ち時間や乗車時間)が変化をする可能性がある点を考慮する必要がある。KFBでは<sup>16)</sup> スウェーデンイエテボリで、高齢者・障害者用に導入されたDRTの利用者評価指標として、利用者サービスである徒歩移動距離・待ち時間・所要時間や、予約システム評価指標である、予約締切時刻・予定到着時刻・乗車時刻の連絡等を利用者アンケートによって評価を行っている。ETTS<sup>17)</sup>では、イタリアフィレンツェで導入されたDRTシステムの利用者アンケートを通し、利用時の予約の容易さ・快適性・予約時間への満足度の評価を行っている。また金ら<sup>18)</sup>は、高知県中村市で導入されたDRTシステムの利用者を対象にバス停までの距離・予約制の運行等10項目に対して調査を行い評価指標を算出している。

またDRT導入による需要数変化は、アメリカフロリダ州ブロード郡で既存バス路線をRoute Deviation式に変更した際に、利用者が15000人/月より27000人/月に増加した例<sup>1)</sup>や、高知県中村市では既存バスをDRTに置換え、利用者

表2-5 DRTシステムの評価指標

関連主体	評価指標	
利用者側	提供サービス	提供サービスの変化(アクセス距離・待ち時間等)
		新しいサービスに対する満足度(予約システムに)
	利用者数	導入前後の利用者数変化、自家用車からの転換
運行側	運行コスト	他モードの運行コスト比較
	運行効率	平均乗車密度の変化、必要車両数、運行時間短縮
	その他	環境負荷の改善

が7人/日より30人/日に増加した<sup>19)</sup>例がある。

運行側の評価指標には、既存バスやタクシー等の他交通手段の代替交通手段としてDRTを導入した場合の運行コスト変化が適用されている。KFB<sup>16)</sup>では、高齢者・障害者用の移送サービスを福祉タクシーからDRTシステムに置換えた場合のコスト比較を行い、コスト削減効果を示している。またAmaldiら<sup>25)</sup>は、イタリアミラノで既存のバスをDRTシステムに置き換えた場合の効果を、シミュレーションによって事前評価を行い、DRTパフォーマンス指標である車両台数や運行時間の削減効果を示している。またバス(DRT)車両走行台キロや自家用車からの転換による自家用車走行台キロの削減による環境負荷削減も考慮する場合がある。

以上のように、既存研究では利用者の予約システムや、サービス変化に対する受容性を評価指標に取り入れている他、DRT導入事前事後での単純な比較が行われているが、予約システムの設計方法や、提供サービスの差が利用者の選択状況に与える影響については分析がされていない点で問題がある。

また、短期間で行われた実験効果や、導入事前事後のコスト変化を単純に比較した評価指標が適用されているが、他地域への技術移転を考慮するためには、各実験データを蓄積し、そのデータを基に対象地域・利用者や運行形態の差を比較し、DRT導入時の基準となる指標の構築が今後必要となる。

### 2.3 DRTシステム需要推計モデル構築方法

本節ではDRTの需要分析方法を、(1)交通需要の分析方法、(2)DRTに需要モデル構築に必要な調査方法への指針、(3)既存研究でのDRT需要推計方法とその論点の3点に着目し、研究課題を提示する。

### 2.3.1 交通需要推計方法<sup>21)-23)</sup>

1960年代より交通の需要分析手法として、対象地区をいくつかのゾーンに分割し、そのゾーン単位の交通の発生量を測定する集計分析が伝統的に使用されている。集計分析を適用した場合、取り扱うゾーンのサイズが空間的に大きく、利用者の交通行動はゾーン単位の平均値を使用して取り扱う。しかしながら、DRTは地域内の個別需要に応じ、路線や時刻表をその都度変更するため、各個人の提供サービスはそのときの予約状況により異なる。そのため、集計分析はDRTの需要調査には適さない。

代替的な考え方として、1970年代以降研究されている非集計分析の研究が行われてきている。非集計分析では個人の交通行動を、個人属性(性別・年代・収入・免許保有等)と、個人に関する交通手段のサービス変数によって説明する手法である。以下では非集計モデルを適用したDRTの需要推計手法を検討する。

### 2.3.2 非集計モデルの種類とDRTシステム需要推計方法の指針

#### (1) 非集計モデルの概念

非集計モデルでは、トリップ頻度(外出回数)・目的地・出発時刻・交通手段選択といった交通行動を、個人レベルに着目して分析する方法であり、個人(もしくは世帯)が利用可能な選択肢集合の中から、もっとも望ましい選択肢を合理的に選択するという合理的な行動理論を用い、選択を行うルールには選択肢の望ましさを表す効用を最大にする選択肢を選ぶ効用最大化基準を適用している。

#### (2) 非集計モデルの種類と特徴整理

(1)で示したように、非集計モデルでは交通行動の各段階を分析対象とするが、DRTシステムの需要推計課題は2章2節5で示したように、公共交通改善状況を需要サイドより分析できることが必要となる。具体的にはDRT導入時の公共交通サービス改善をもたらす、外出状況の改善効果と、交通手段選択の改善が該当する。以下では以上で示した2項目に該当するモデルの特徴整理を行う。

##### ① 交通手段選択モデルの種類と二項選択モデル

交通手段選択モデルとして適用されている非集計モデルの種類には、自家用車・バスや自家用車・DRT等の2種類の交通手段選択状況を示す二項選択モデル、3種類以上の交通手段選択状況を占めず多項選択モデルや、アクセス交通手段選択とアクセス駅や買物場所の複数の選択状況を段階的に推定するネステッドロジットモデル等がある。以上に示した種類のうち、2項選択モデル式は以下に示すような形を取る。

$$P_{in} = \frac{\text{Exp}(V_{in})}{\sum_{i=1}^2 \text{Exp}(V_{in})}$$

$P_{in}$ …個人  $n$  が交通手段  $i$  を選択する確率

$V_{in}$ …個人  $n$  が交通手段  $i$  を選択した場合に得られる効用(確定項)

(但し、個人  $n$  が交通手段  $i$  を選択した場合の効用を  $U_{in}$ 、この中で確率的に変動する項を  $\varepsilon_{in}$ 、変動しない部分を  $V_{in}$  とし、 $U_{in}=V_{in} + \varepsilon_{in}$  とする)

② トリップ頻度モデルと Ordered Logit モデル

トリップ頻度に関する非集計モデルは、北村らが示したように効用の概念を用いずに確率分布を直接推定するモデル(重回帰モデルやポアソン回帰モデル)、また効用関数によるモデル(Ordered Probit/Ordered Logit モデル)の適用手法がある。このうち、週当たりのトリップ回数に代表されるような選択肢の選択結果が整数で示せるものに対しロジットモデルを適用したモデルを Ordered Logit モデルと呼ぶ。Ordered Logit モデルは、上記のようなトリップ回数を 0 回/1 回、1 回/2 回…のように、2 項選択を段階的に行うことにより選択確率を推計する手法であり、以下に示すような形となる。

$$P_i = \frac{1}{1 + \text{Exp}(V_1 - V_2 - \theta_{i-1})} \frac{1}{1 + \text{Exp}(V_1 - V_2 - \theta_i)}$$

$P_i$ …回答カテゴリーが  $i$  ( $i=1, \dots, 5$ ) を選択する確率

$V_i$ …回答カテゴリーが  $i$  の時に得られる効用(確定項)

$\theta_i$ …カテゴリー  $i$  の閾値

その一方でモデル開発に主眼を置いている点や、意識データの閾値を適用する必要があるためデータ制約があることを考慮することが必要となる。

(3) DRT 需要推計方法の指針

DRT を利用者の選択肢に組み込む場合、DRT の利用方法や提供サービスの特徴を整理する必要がある。すなわち 2 章 1 節に示したように、DRT 利用時の予約方法や、複数利用者の予約を取りまとめて運行するため、予約してから乗車するまでの時間や、乗車してから目的地に到着するまでの時刻がその都度変化する可能性があることを、DRT の選択肢に関する情報や選択肢特性として組み込む必要がある。

### 2.3.3 データ収集方法

非集計モデル構築に使用するデータは、①利用者が行った交通行動の記録より、交通行動分析を行う方法(行動調査: Revealed Preference(RP) Survey)と、②現在導入されていない交通機関の導入事前段階や、現状では行われていない交通機関サービス改善が行われる段階で、仮想的な交通手段選択を行う利用者選好意識調査(Stated Preference (SP) Survey:SP)の2種類がある。

DRTのような新しい交通サービスの需要推計を行う場合には、現状でDRTが導入されている地域が少ないことや、変数の操作性が容易であり、提供サービスに対する感度分析の容易性を考慮すると、SP調査や、RP調査とSP調査を統合した形での調査が望ましい。

### 2.3.4 DRTの提供サービスと変数設定と課題

DRTのサービス変数の設定方法を、予約行為が利用者サービスに与える影響と、既存公共交通との比較を通し以下に整理を行う。

#### (1) 予約行為が提供サービスに与える影響

利用時の予約行為は2章2節で示したように、①任意の時間に予約が可能なものや、②DRTが起点を出発する前までに予約を締め切る方法の2種類がある。以上の2種類の予約方法が、待ち時間や乗車時間などの利用者サービスに与える影響を検討する。

①の予約システムの場合、利用者が任意の時間に自由に利用できる一方、運行中に予約を追加され経路が変更されるため、追加予約が待ち時間や乗車時間に与える影響が大きくなる可能性があり、場合によっては利用者にとって使用しづらいものになる可能性がある。また②のような予約システムの場合、任意の時間に利用できない点では利便性の低下する可能性があるが、予約締め切り後に待ち時間や乗車時間が変化する可能性は無い点で利点がある<sup>2)</sup>。

利用者が予約を行うときの行動の考え方を、目的地到着時刻を基準に利用者の行動を仮定した天野ら<sup>23)</sup>の研究を基に整理をすると、目的地にある時刻に到着するためには、ある時刻までに予約を行うと言う行動を設定できる。

#### (2) DRTの提供サービス設定

(1)で示した条件を基に、DRTの提供サービスを既存公共交通と同様に所要時間を、①アクセス時間(距離)・②待ち時間・③乗車時間の3項目に分類して以下に設定を行う。

### ① アクセス距離

アクセス距離は、停留所が設定される場合、既存バスと同様に、自宅等の出発地から停留所までの距離となる。DRTの既存導入事例では、停留所の間隔を300m以内に設定することや、利用者のアクセス距離を150m以内に設定することで、既存バスよりアクセス距離を短縮することにより、利用者サービスの向上を図っている。また、停留所を設定せずに、利用者に対し Door-to-Door のサービスを提供する可能性がある<sup>5), 20)</sup>。

### ② 待ち時間

既存バスの待ち時間の待ち時間は、時刻表を基準に検討を行う。簡便な方法として、運行間隔の半分を期待待ち時間とする方法があるが、運行間隔が長い場合に待ち時間が非常に長くなり非現実的になるため、利用者の行動データをより運行間隔の伸びに対し、待ち時間の伸びを小さくするよう設定する方法がある<sup>24)</sup>。これは利用者が時刻表に沿った行動をしていることを示す。

また、利用者の行動に即したバスのサービス指標は利用者が予め時刻表を確認した上で停留所に向かう場合と、確認せずに乗車を行う場合が考えられる<sup>25)</sup>。その一方で DRT の場合、行動の基準となる時刻表の設定が無いが、予約をすると予定乗車時刻の連絡を受けるため、その時間を基準に利用者が行動すると仮定できる。

以上より、予約してから実際乗車するまでの時間のうち、アクセス時間を除いた時間を考慮し、i)利用者が乗車希望する時刻とその予約を考慮し配車を行った結果求まる乗車予定時刻との差である予約受付希望時間差、ii)利用者が予約希望してから乗車するまでの時間の2種類を待ち時間の指標と設定する<sup>10)</sup>。

### ③ 乗車時間

乗車時間は、乗車をしてから目的地に到着するまでの時間であり、既存バスであれば渋滞が発生しない限り、時刻が一定となる一方、DRTの場合、予約の状況により、乗車時間毎回変化する可能性があることと、乗車後に他利用者の予約が入った場合、利用者が予測していた乗車時間より長くなる可能性がある。

## 2.3.5 既存研究での DRT 需要推計方法

既存研究での DRT 需要推計方法は、(1)DRT 導入対象となる利用者が知覚する現状の公共交通の問題点を整理し、潜在需要を質的な分析方法と、(2)上記で示したように非集計モデルを適用した量的な分析方法の2種類がある。また DRT システムの導入が行われている地区がまだ少なく、実際の選択行動を用い

## 第2章

ることが困難なため、既存公共交通の選択状況による代用や、SP 調査を適用した DRT 選択行動の調査が行われている。

### (1) 質的潜在利用分析方法

既存公共交通を DRT に置き換えた場合の潜在需要推計方法は、Jean Gras<sup>26)</sup>が行ったものがある。この研究ではフランスパリにあるシャルル・ド・ゴール空港勤務者及び周辺住民を対象に、既存公共交通の問題点を調査し、DRT 適用可能性を分析した。その結果、既存公共交通は運行時間・頻度・路線設定の点で利用に難があることが分かり、DRT の導入により以上の問題点を解決する可能性を示唆した。

### (2) 非集計モデルを適用した手法(量的分析)

#### ① 潜在的な需要の推計

潜在的な需要の推計を行った研究は、杉恵ら<sup>27)</sup>による中山間地域における高齢者に提供する公共交通システムの潜在需要の分析がある。この研究では、高齢者の住民を対象に外出頻度・既存交通サービスレベル・サービス水準の限界値に関するアンケート調査を行い、公共交通利用意向を示すために、以上の変数を用い 2 項ロジットモデルを適用した。またこのモデルを用い、運行代替案の 1 つとしてダイヤモンド型公共交通システム(DRT)の需要推計を行っている。

#### ② 利用者数の推計

山本ら<sup>28)</sup>は、高齢者及び障害者への新しい公共交通サービスとして、予約に応じて運行する新しい輸送サービスに対する利用者意向調査を通し、公共輸送サービスへの転換状況を検討した。対象とした輸送サービスは、表 2-2 に分類した DRT システムのうち、Route Deviation 方式、Dynamic 方式の DRT システム及び、会員制乗り合いタクシーとした。また、Moche ら<sup>29)</sup>は、アメリカ北カリフォルニアで導入された Dial-A-Ride が提供するサービスが改善された場合に起こる利用者数変化を、予約締切時刻・所要時間・乗車時刻決定時刻をダミー変数として設定し、SP 調査によるデータ収集を通し、非集計モデルの適用による推定を試みた。

#### ③ DRT 手段選択モデルの推計

中村ら<sup>30)</sup>は、鉄道駅端末交通手段(自家用車・バス)の選択状況を通し、車外時間・待ち時間が交通手段選択に与える影響を、非集計モデルの構築を通し分析し、DRT システムサービス変数の設定方法を示唆した。また田邊ら<sup>31)</sup>は、



都市内に予約に応じて運行する新しいバスサービスを導入した場合の交通手段選択状況を、変数に所要時間(共通変数)及び予約ダミー(DRT 固有変数)を設定し、非集計モデルの適用を試みた。

### (3) DRT 需要推計に関する分析課題

(1)及び(2)で示したように DRT 需要推計方法には、①既存公共交通が提供するサービスの問題を把握し、DRT システム導入による問題解決を質的に分析する方法や、②予約によるサービスが利用者の選択行動に与える影響を非集計モデルの適用により求める手法の2種類がある。

このうち①の分析は、DRT 対象市場を検討する際には重要となるが、予約による利用のサービス変化が、利用者の選択状況に与える影響を定量的に把握することが困難な点で問題がある。但し高齢者や障害者へのモビリティ確保を目的に導入する DRT の分析では、移動機会の提供を目的とするため、所要時間の変化に対する選好状態の変化より、予約を行えば Door-to-Door のサービスが提供できることに対する選好を把握することが重要となる可能性がある。

また②の分析では、既存研究で非集計モデルの DRT サービスレベルに適用されている変数が、所要時間や予約に関するダミー変数に留まっているが、実際には DRT の運行形態や予約状況により、待ち時間や乗車時間が変化する可能性を考慮していない点で問題がある。

### 2.3.6 DRT 需要推計に関するその他の問題

#### (1) 選択肢に関する情報及び知覚が選択行動に与える影響

DRT の需要推計方法は、2章3節5に示した手法があるが、交通行動には、潜在的や主観的な心理要因が影響する可能性があるため、利用者の DRT 提供サービスに関する情報や知覚が、態度・選好状況及び交通行動に与える影響を把握する必要がある<sup>23)</sup>。既存研究では倉内ら<sup>33)</sup>による、Dial-A-Ride に対する利用者の態度や知覚値が、選択状況に与える影響を LISREL モデルにより推計を行っている。

#### (2) DRT 導入段階を踏まえた選択肢に関する情報及び知覚の分析課題

DRT 導入初期の段階では、提供サービスが既存公共交通と異なり利用時の予約の必要性や、待ち時間・乗車時間がその都度変化することがあるため、各利用者の主観により選択状況が著しく影響する可能性を考慮する必要がある。また利用者が繰り返し利用していく場合、DRT 提供サービスに対する情報や知覚が変化する可能性があることも同時に検討課題となる。

## 2.4 DRT運行システムに関する既存研究

DRT 供給サイドの分析である DRT 運行システム分析では、運行に必要な運行技術や要素によって決定される生産に掛かる費用を求めることを最終的な目的とする。本節では、予約に応じた運行システムの設計の構成要素である配車手法や ITS 技術適用手法と、運行コストの分析方法の 2 点を検討する。

### 2.4.1 DRT 配車方法に関する既存研究

DRT の配車方法に関する研究は、DRT の総移動時間を最小化する数学的な最適化手法である巡回セールスマン問題(Traveling Salesman Problem:以下 TSP と記述)や、利用者提供サービスと、DRT 走行時間の加重和を目的関数とし、その関数の最小にする配車方法を求める最適化の手法であるダイアル・ア・ライド問題(Dial-A-Ride Problem:以下 DARP と記述)がある。これらの問題点には、予約数の増加に応じ、最適解を求めるための計算が膨大となることがあるため、近似的な最適解の発見手法に主眼を置いた研究が中心となっている。

初期の TSP 及び DARP 問題の研究は、Harilaos<sup>34)</sup>、森津ら<sup>35)</sup>が行ったように、対象地域に任意の時間帯に発生する利用者の予約にダイナミックに応じ、経路やスケジュールを決定する際に、利用者サービス待ち時間及び乗車時間を最小化するように変数を設定する方法や、森津<sup>36)</sup>が行った、予め運行経路を複数設定し、その中から予約に応じた運行ルートを探索する方法がある。

近年では、DARP の計算手法の改良に着目した研究が行われている。道路混雑の影響によるリンク間所要時間の変化に着目した Liping<sup>37)</sup>の研究や、予約の受付形態(利用者の予約方法(Dynamic 方式と Semi-Dynamic 方式)の区別を行い、運行シミュレーションの作成を行った、Horn<sup>38)</sup>の研究がある。また、最適化手法の 1 つである遺伝アルゴリズムを適用した、内村ら<sup>39)</sup>らの研究がある。

さらに、最適解を総当りではなく、新しく予約が加わった場合の他の利用社に対する影響を最小化するように問題を解く、Insertion Algorithm の適用による計算負荷の解消を試みたものもある<sup>40),42)</sup>。

これらの研究では、複数利用者の予約を取りまとめて運行をした場合に変化する、各利用者の待ち時間や乗車時間の変化と、その中での車両運行時間の最小化という点のみに着目している点や、計算に使用するデータに既存公共交通の需要発生パターンや、実際に DRT の運行されている地域の需要の発生パターンを使用しているため、DRT が提供するサービスに対する利用者の交通行動に対する影響を示していない点で問題がある。

実際の地域で適用されている DRT の配車手法には、新たに予約を加えたと

きの他利用者への予定乗車時刻や目的地到着時刻等のサービスの影響を考慮し、その結果を基に運転者や配車係がルートを決する方法や<sup>17)</sup>、交通エコ・モビリティ財団<sup>43)</sup>や、国土交通省の実証実験<sup>44)</sup>で示されているように、予約の連絡を受け、運転者の判断による経路決定を行っている。

また実際の DRT 配車システムと最適配車の解の乖離状況を示した研究には、森津ら<sup>45)</sup>による DARP により求めた配車の最適解が、実際の運行と乖離する問題点を考慮した上で、運行制御シミュレータを利用したオペレータのトレーニングを通し、運行制御に関する知識をルール化したエキスパートシステムの適用に関するものがある。また ITS 技術を適用した運行では、長期的な運用実績の蓄積を元に、配車を行うことが考えられている。

以上より、必ずしも TSP や DARP に代表される最適化の手法が、実際の配車や運行には有益とは限らないこととなり、DRT が提供するサービスと利用者の行動の関係を踏まえる必要がある。

### 2.4.2 ITS 技術の適用

DRT の運行に必要な、予約受付・車両配車・車両と配車センター間の通信には近年 ITS 技術が適用されるようになり、効率的な運行が行われるようになってきている。以下では(1)DRT 運行に適用されている ITS 技術の整理と、(2)ITS 技術の分析・評価手法とその課題の 2 点に分類し整理をする。

#### (1) DRT 運行に適用される ITS 技術

アメリカ連邦交通局(Federal Transit Administration:FTA)では、公共交通の効率性や安全性の向上を図り、利用者に対して運行システムの情報を提供する ITS 技術である、Advanced Public Transportation systems(APTS)の中で、公共交通運用に適用されている ITS 技術を車両制御・運行情報提供・電子運賃支払の 3 点に分類し、その中で DRT 運行に適用されている ITS 技術の種類と、その適用事例を提示している<sup>14)</sup>。DRT 運行に適用されている技術とその内容を表 2-6 に示す。この中では配車処理や配車指示の技術だけでは無く、公共交通全体の情報提供に関する事項も含まれ、DRT マルチモーダル施策に含まれていることが分かる。

#### (2) ITS 技術の分析・評価とその課題

ITS 技術の適用による評価では、予約情報の信頼性向上や、配車効率の向上による車両当り乗車定員の向上等の生産性指標の向上に着目している。

Gray<sup>32)</sup>らは、オペレータによる DRT システムの配車システムは、各利用者

表 2-6 DRT の運行に適用されている技術とその内容<sup>14)</sup>

適用技術	APTS での技術	内容
Fleet Management Systems (車両制御システム)	Automatic Vehicle Location (自動車両位置取得システム)	自動的な車両位置の取得システム
	Advanced Communications (高度情報通信)	車両~オペレーションセンター間の情報通信
	Transit Operation Software Computer Aided Dispatch (コンピュータ配車システム)	コンピュータソフトを利用した、予約に応じた配車の実行
	Geographic Information Systems (地理情報システム)	コンピュータ上での地理情報処理 / 希望利用者の位置情報管理
Travel Information systems (運行情報提供システム)	Automated Transit Information (自動公共交通情報提供システム)	車両の位置情報や運行情報の提供
	Multinomial Traveler Information (公共交通情報提供)	公共交通機関全体の情報提供
Electronic Payment systems (電子支払システム)	Automated Fare Payment (自動運賃支払システム)	自動運賃収集
	Multi-Carrier Fare Integration (乗継運賃システム)	公共交通全体での運賃システム統合

に連絡する乗車予定時刻と実際の乗車時間の差を、コンピュータを使用した配車システムの導入による改善できることを示している。また Robert ら<sup>2)</sup>は、DRT の利用者の予約に応じて運行するシステムに必要な技術整理を行っている。また、この中で ITS 技術による効果(利用者数の増加、運行コスト、1 マイル当り運行費用、限界費用)の検討を行っている。日本においては、ITS 基本戦略委員会の方針<sup>46)</sup>による、DRT に適用する ITS 技術のニーズとして、利用者の予約に応じた運行の実現や、利用者の待ち時間の短縮を取り上げ、今後の検討課題としている。また Liping<sup>47)</sup>らは、自動車両位置取得システム(AVL)によって得られる、リアルタイムの車両位置のデータを用いた場合の配車効率性の評価を、シミュレーション構築を通し試みている。

ITS 技術の導入評価手法には、FTA<sup>48)</sup>による ITS 技術の適用に関する代替案構築と評価方法を、運行システムへのニーズ整理とそのニーズに応じたシステム導入の決定方法、導入計画及びその評価方法を検討した研究がある。

以上の研究では、国内での DRT 導入事例が少なく未だ実験段階のものが多いため、ITS 技術適用方法や評価フレームの概要整理のみに留まっている。そのため実験や本運行のデータ収集を通し、ITS 技術適用により構築可能な運行形態や提供サービスに対する指針や、導入費用を今後明らかにする必要がある。

### 2.4.3 DRT 運行コスト分析方法

DRT 運行費用の分析では、他交通手段と同様に運行に必要な投入要素とその結果得られる産出物の関係を取り扱う必要がある。すなわち、運行に必要な要素の費用(燃料費や人件費)を導入した場合に交通事業者が得られる中間産出物である、台トリップ・台キロ・台時間の単位や、最終生産物である旅客トリップ自体を測定する。既存研究では、DRT 運行コストの分析が行われていないため本節では、(1)バスコストの分析方法の種類を整理し、(2)バスコスト分析に関する既存研究を整理した上で、(3) DRT 運行コストの構成要素を把握して、DRT コスト分析課題を提示する。

#### (1) バスコスト分析手法の種類<sup>49)</sup>

バスの費用関数の特定方法は、一般的には、スモールら<sup>5)</sup>が示すように、①会計学的アプローチ、②工学的アプローチ、③統計学的アプローチの3種類があり、通常は以上に示した3つの手法のうち2つ以上の手法が適用される。

##### ① 会計学的アプローチ

バス事業体の会計報告を利用し、バスの導入・運行に掛かる費用を特定の産出物に起因するように処理を行う。バスコスト(TC)は施設費用を示すルート長(RM)、ピーク時投入台数を示すピーク台数(PV)、人件費に関するハンドル時間を示す台時間(VH)及び、主に燃料費を示す走行台キロ(VM)により示される。

$$TC = c1RM+c2PV+c3VH+c4VM$$

##### ② 工学的アプローチ

バスの生産過程より生産関数を統計的に求める手法であり、具体的には、バスの運行頻度や車両の購入費用、システム更新費用等のバスの生産過程に掛かる費用を特定し、それらを積み上げる形で費用関数を構築する。

##### ③ 統計学的アプローチ

単一企業の長期的な費用データもしくは他企業のクロスセクションデータを用い、費用構造を統計学的に把握する手法であり、費用関数の形状は、トランスログ型費用関数の推計を行う。

#### (2) 既存バスのコスト分析方法

バスサービスのコスト分析では、(1)で示した会計学的アプローチを用い、経

路長・ピーク時車両台数・台キロで示される生産物を用いた費用関数の構築を通し、バスコストモデル作成を試みた Small<sup>49)</sup>の分析や、統計学的なアプローチを用い、投入要素に車両費用・燃料費用・人件費、生産物に乗車人員を用いることにより Trans-log 型の費用関数の推定を行った溝上ら<sup>50)</sup>の分析がある。

既存バス事業者の収支に着目した分析では、稲村ら<sup>51)</sup>による分析では、財務分析をストック(貸借対照表)・フロー(損益計算表)・剰余資金処分表・運用資金表の財務的な分析を通し、経営状態の分析を行っている。井上ら<sup>52)</sup>は、既存バスの営業費用と営業収入を基に、採算性を求め路線別の営業評価を行っている。また田宮ら<sup>53)</sup>は、バス運行費用及び混雑費用を用い道路混雑による損失分を費用換算した上でコスト算出を行っている。

### (3) DRT 運行コストの構成要素

#### ① DRT 費用の構成要素と分析例

DRT の導入や運行に掛かるコストは、運行に必要な車両購入費、予約の受付や配車に必要な配車センターの購入費、車庫等の施設費用と、DRT 車両運転時に必要な人件費・燃料費・修繕費・通信費により構成される運行費用がある。

国土交通省道路局<sup>54)</sup>では、高知県中村市で運行されている DRT と、DRT 導入前に運行されていた既存バス運行コストの比較を、導入事前事後の走行距離削減量、DRT 運行制御に必要なシステム費用である、予約対応によるオペレータの勤務負担増加分や車両~配車センター間の通信費により行っている。

その一方で、運行制御に必要な配車センター導入費用や、導入対象地域や、利用者数といった規模による費用の差については触れていない。

また ITS 技術を適用した運行システムの導入コストの試算は、FTA<sup>48)</sup>により行われている。この研究では、新規に適用する ITS 技術の導入費用として、購入費、維持費、配車係のトレーニング費用を挙げている。

#### ② タクシー車両を利用した DRT のコスト分析指針

タクシー車両を利用した DRT システムのコスト構成要素の把握には、福島県小高町で運行されている、ジャンボタクシーを利用した DRT システムの運行コストと巡回型バスの運行コストを比較し、タクシー車両のコスト面での優位性を示した国土交通省東北運輸局<sup>55)</sup>の分析がある。この研究では、運行費用内訳をタクシー借上料・人件費・システム保守量・通信費用としている。

また、中村らは<sup>56)</sup>カナダリムスキー市で導入されている、タクシー車両を利用した場合に掛かる費用の算出方法として、タクシー会社に対する費用補助という点に着目している。

### (4) コスト分析の課題

DRT コスト分析には、日本国内での DRT 導入事例数のごく少数であることや、その殆どが実証実験段階であり、数ヶ月程度のコストデータしか蓄積が無いことや、実験に掛かる費用の金額や構造が本格導入時と異なる可能性が大きいこと、(1)で示した会計学的及び統計学的アプローチによる分析が困難である。よって DRT 生産過程に掛かるコストを積上げ式工学的アプローチを適用することが望ましい。

既存バスコスト分析の改良を通じた DRT コスト分析の構築手法を検討する際の論点を以下に整理する。既存バスコスト分析では、定時定路線型路線の運行に必要な車両台数・人件費・燃料費等と基準としているが、DRT コスト分析では、予約に応じた運行によって運行時間や導入車両台数が変化する。よって、予約に応じた運行形態が運行コスト(また提供サービス)に与える影響要因を把握し、また予約発生状況により運行状況が変化する状況をシミュレーションの構築を通じコスト分析を行うことが必要となり、また投入コストと提供サービスの関係も同時に把握する必要がある。

また2章4節2でも示したように、DRT 導入事例よりコストデータの収集を行い、DRT 運行コストの要因分析(バス・ジャンボタクシー等の使用車両や運行形態・適用技術等)を今後行う必要がある。

## 2.5 DRT の適用可能性評価に関する研究

DRT システムの適用可能性を評価するに当たっては、予約数に応じ変化する提供サービスに対する利用者の交通行動(利用頻度や交通機関選択状況)と、そのときに必要となる車両数や運行時間によって求まるコストの双方を検討する必要がある。すなわち、需要サイドから検討すると、DRT は予約数増加によるサービス低下が DRT の利用中止に繋がり、結果として予約数減少に繋がることと、予約数が少ない場合にはサービス水準が改善され、予約数が増加する可能性があり、また供給サイドから検討すると、予約増加により台当たりの乗車定員が増加すれば、利用者あたりの平均運行コストが減少するため、利益が上がる(もしくは赤字額が減少する)可能性がある一方、利用者のサービスが低下し、利用者数が減少する。そのため DRT 適用可能性評価では、以上を踏まえ、需要サイドと供給サイドの相互作用を考慮する必要がある。

### 2.5.1 予約に応じた運行の需要サイドへの影響を踏まえた適用可能性研究

Horn<sup>57)</sup>らによる研究では、既存公共交通システムであるタクシー・バス・LRT・鉄道に、DRTを含めた都市交通システムのパフォーマンスの評価を、一般化費用を用いて行っている。DRTに対する分析では、需要数の増加によるDRTサービス低下の可能性を示しているが、DRTの提供サービスの変化による、利用者の選択状況の変化やその結果起こる車両運行状況や運行コスト等の前提条件が不明瞭である。

また野田<sup>58)</sup>らは、DRTの運行シミュレーションモデルの構築を通し、出発地から目的地までの所要時間による利用者選択状況とコストの関係を用いてDRTの採算性評価を行っているが、利用者の利用可能な交通手段が、徒歩もしくはDRTとするなど前提条件に問題がある。

### 2.5.2 事業面からのDRTシステム評価指標の考え方

DRT等の既存公共交通が成立する条件を検討する上では、事業採算性や補助金の必要性を検討する必要がある。公共交通の導入・事業を評価する手法は、以下のような手法がある。

太田ら<sup>59)</sup>が示すように、都市間の公共交通パフォーマンス指標である、サービス地域の人口特性・需要(利用者人数)・公共交通サービスの供給(車両数や人口あたりの平均台時間や台キロ)を求め、その値を基準に収入や費用を示し、比較の基本指標となる営業係数、1トリップや1人キロ当たりの費用を求める方法がある。しかしながら2章4節3に示したように、国内のDRT導入事例が未だ少数なため、基準となるパフォーマンスを示すことは困難な点を留意する必要がある。

公共交通の事業を評価する分析方法には、新谷ら<sup>60)</sup>が行った新しい公共交通システムであるLRT導入施策実施の判断材料として、LRT導入時の交通手段の分担率や道路混雑率などの各指標の変化予測を通し、交通事業収支の判断材料である損益分岐点算出を行った研究がある。DRT導入評価に損益分岐点を用いる際には、DRT提供サービスに対する利用者の選好と補助金額を考慮した形態での、収支状況に着目した形態で行う必要となる。

### 2.5.3 既存バス路線評価手法とDRT適用可能性評価指針

杉尾ら<sup>61)</sup>は、バス事業に対する経営改善方針策をバス路線別に行う手法を、各路線の持つ事業環境である公共性と企業性の2点に着目し、さらにそれを素質面と健在面の2点に着目して比較することにより、経営の改善方針策を示している。また溝上ら<sup>62)</sup>は、バス路線網の再編計画手法を、生産効率性指標である、



標準的な費用構造の分析と、顕在的なバス利用者の推計手法である路線ポテンシャルの推計を通し、路線別の需要及び供給サイドでの実現値と推計値を比較することにより求めている。

以上の2研究では需要を集計的に推計しているが、2章3節に示したようにDRTの需要推計には、非集計モデルを適用することが望ましいことと、バス運行コストを各対象地域での運行実績を基に統計的に推計しているため、新しい輸送形態のコスト推定には適用が困難である。DRTの評価手法には、上記に示した項目に関する改善が必要となる。

また、既存バス代替交通手段の各手段別の比較および評価を行う手法は、清水ら<sup>63)</sup>が行った、代替バスや乗合タクシーを運行している地域での実態調査を通し運行コストや採算性を比較があるが、各代替交通手段の運行方式の特徴を踏まえたコスト比較は行っていない。

以上より、上記で示した既存公共交通評価との比較を通しDRT適用可能性を検討及び評価する方法は以下のように整理される。まず、対象地域における、既存バスの問題点を把握し行い、2章3節に示したようなDRTシステムの利用者選好意識調査を通し需要推計することと、2章4節で整理したように運行特性を考慮したDRT運行コストを分析する。また需給両サイドの分析結果を利用して、DRTパフォーマンス評価及び採算性分析を行うこととする。

### 2.6 既存研究の問題点及び本研究の意義

以上に示してきたDRTに関する既存研究を踏まえ、既存研究の問題点と、本研究の意義を以下に示す。

既存研究におけるDRT需要サイド分析では、潜在需要分析・トリップ頻度やDRTを含めた交通手段選択に関する研究が取り組まれているが、非集計モデルを適用したDRTシステムの需要推計モデルでは、変数に所要時間や予約ダミーのみを適用しており、予約状況によって変化する待ち時間や乗車時間の変化が示されていない点で問題がある。DRT供給サイドの分析では、近年発達してきたITS技術適用手法とその評価や、数学的な配車最適手法に関する研究があるが、予約に応じた運行形態の特性を踏まえたコスト分析は行われていない。また適用可能性評価では、予約に応じた運行形態が需要と供給双方のサイドへの影響を踏まえた分析がされていない点で問題がある。

さらにDRT分析を行う上では、分析の前提条件となる指標や評価項目を実際の導入事例より検討を行う必要があるが、既存研究では各地域もしくは各プロジェクト単位の範囲でのみ整理が行われているのみである。

## 第2章

以上を踏まえ本研究の意義を以下に示す。

まず、近年各国で導入されている DRT 導入事例整理を通し評価手法に必要な指標や評価項目を抽出する。DRT 需要分析では、予約に応じた運行形態が利用者の待ち時間や乗車時間に与える影響を整理した上で、仮想的な状態の交通手段選択状況を調べる利用者選好意識調査(SP 調査)を行う。また運行形態が利用者サービスやコストに与える影響を整理し、予約に応じた運行状況をシミュレーションにより表現した形でコストを分析し、DRT のコスト面での優位性を既存バス撤退後の代替公共交通手段との比較を通し立証する。

さらに DRT の適用可能性評価方法として、DRT 提供サービスへの選好意識調査を通し得られる需要推計モデルを確立と、DRT が提供するサービスとコストの関係を示す運行シミュレーションを構築した上で、双方の統合を行う。

第2章 参考文献

- 1) George E Gray, and Leater A. Hoel (1992), "Pubic Transportation", Chapter 4, Urban Passenger Transport Modes, Prentice Hall
- 2) Vuchan.R. Vuchic (1981), "Urban Public Transport", Chapter 2 Urban Passenger Transport, Prentice Hall
- 3) Roberto Cervero(1997), " Paratransit in America ~Redefining the Mass transport systems", Praeger
- 4) (財)運輸経済研究センター(1978), 「これからの交通パラ・トランジット」, 第1章 序, (財)運輸経済研究センター
- 5) G. Ambrosino, M. Boero, P. Eloranta, D. Engels, B. Finn, P.Sassoli(2000), "Flexible Mobility Solutions in Europe through Cooperation Between Operators, IT Suppliers and Authorities", 7th World Congress on ITS CD Proceeding
- 6) Yngve Westerlund, Dr Agneta Ståhl, Dr John Nelson and Dr Jenny Mageean (2000), " Transport Telematics For Elderly Users: Successful Use of Automated Booking and Call-back for Demand Responsive Transport Services in Gothenburg", 7th World Congress on ITS CD Proceeding
- 7) 新谷洋二(2003), 「都市交通計画」, 第8章 都市の公共輸送計画, 技報堂
- 8) L.Lastrucci (2000), " An Advanced Demand Responsive Transport System", 7th World Congress on ITS, CD Proceeding
- 9) 太田勝敏(1990), 「発展途上国における中間的公共交通手段の役割り: ジャガルトとウジュンパンタン」, 土木計画学研究・講演集, Vol.12, pp.689-696
- 10) (株)松下電器産業・(株)高知県西南交通・中村市・高知市(2000), 「中村まちバス実験結果報告書」
- 11) G.Ambrosion, M. Boreo, A. Iacometti, P.Sassoli (1996), "Integration of Demand Responsive Services for Flexible Management of Bus Operations in Florence", 3rd World Congress on ITS CD-proceedin
- 12) 秋山哲男・中村文彦(2000), 「バスはよみがえる」第3章 高齢者・障害者とバス・タクシー・STサービス, 日本評論社
- 13) Information Society Technologies (2003), "The INVETE Test Sites and Evaluation Results in Florence"  
"http://www.vtt.fi/aut/kau/projects/invete/pdf/ws\_florence.pdf"
- 14) Robert F Casey et al (1998), "Advanced Public Transportation Systems: The State of The Art Update '98" FTA Intelligent Transportation Systems/Advanced Public Transportation Systems Program.
- 15) Jenny Mageean and John Nelson(2003), " Demand Responsive Transport Services: Recent European Experience",  
http://www.stellaproject.org/FocusGroup2/Newcastle2003/Presentations/n

elson\_May03\_v2.ppt

- 16) KFB(2000), "Flexilble Service Routes in Gothenburg".
- 17) ETTS, Introducing the Samplus projects, SAMPLUS Homepage,  
<http://www.europjects.ie/samplusmainweb/>
- 18) 金載炅・秋山哲男(2002), 「フレックス型の中村まちバスの利用特性とサービスの質に関する基礎的研究」, 第26回土木計画学研究・発表会, CD-ROM 概要集
- 19) 交通エコ・モビリティ財団(2003), 「高齢者・障害者向け地域福祉交通サービスの整備方針に関する調査 平成14年度報告書」
- 20) E. Amaldi, A. Colorni, S. Fiorenzo Catalano (2000), "A dial-a-ride system to be implemented in a suburban area of Milan," 7th World Congress on ITS CD Proceeding
- 21) 土木学会(1995), 「非集計行動モデルの理論と実際」, 第1章 非集計行動モデルの意義と現状, 丸善
- 22) 新谷洋二(2003), 「都市交通計画」, 第6章 都市交通の予測と計画, 技報堂出版
- 23) 北村隆一・森川高行編著(2001), 「交通行動の分析とモデリング」, 第5章 交通行動モデル推定のための調査法, pp.69-101
- 24) 中川大・天野光三・戸田常一(1990), 「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」, 第25回日本都市計画学会学術研究論文集,  
pp.55-60
- 25) 土木学会(1995), 「非集計行動モデルの理論と実際」, 第7章 交通機関選択モデルへの適用事例, 丸善
- 26) Jean Gras (2002), "Allobus: a response tailored to a target market",  
European Transport Conference 2000 Proceeding of Seminar E, pp.63~69
- 27) 杉恵頼寧(2002), 「中山間地域の高齢者に対する交通サービスのあり方に関する研究」, 日本交通政策研究会
- 28) 山本哲・山中英生・長楽英晴(2002), 「地方都市における高齢者公共輸送サービスへの市民意向分析」, 第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp.201-204
- 29) Moche Ben-Akiva, Julian Benjamin, Geoffrey J. Lauprete and Amalia Polydoropoulou, (1997), "Impact of Advanced Public Transportation Systems on Travel by Dial-A-Ride", Transportation Research Record 1557,  
pp.72-79
- 30) 木賀万里絵・大蔵泉・中村文彦(2000), 「Demand Responsive Transit の需要予測に関する基礎的研究」, 土木学会第55回年次学術講演会講演概要集,  
pp.234~235
- 31) 田邊慎太郎・原文宏・徳織智美・伊藤信之・若菜千穂(2002), 「新たなバスサービス導入に向けた公共交通機関選択に関する研究」, 第26回土木計画学研究発表会 CD-ROM
- 32) George E Gray, Leater and A. Hoel (1979), "Pubic Transportation", Chapter 8, Demand-Responsive Transportation, Prentice Hall
- 33) 倉内慎也・森川高行・佐々木邦明(1997), 「潜在的要因を考慮した離散型選択

- モデルによるパラトランジットの利用予測分析」, 土木計画学研究・講演集, No20(2), pp629-632
- 34) Harlaos, N., Psaraftis(1980) "A Dynamic Programming Solution to the Single Vehicle Many-to-Many Immediate Request Dial-a-ride Problem" *Transportation Science*, Vol.14, No.2, pp.130~154
- 35) 枝村俊郎・森津秀夫・金森哲郎(1981)「デマンドバスのルート探索問題について」土木学会第36回年次学術講演会 pp.323~324
- 36) 枝村俊郎・森津秀夫・亀山寿仁(1982)「デマンドバスの経路探索アルゴリズムの改良」土木学会第37回年次学術講演会 pp.285~286
- 37) Liping Fu (2002) "Scheduling dial-a-ride paratransit under time-varying, stochastic congestion", *Transportation Research Part B* 36 pp.485-506
- 38) M.E.T.Horn(2002), "Fleet scheduling and Dispatching for demand responsive passenger service" *Transportation Research Part A* 36 (1) pp.35-63
- 39) 内村圭一・濱本康光・西田憲一郎(2002), 「乗客の途中乗車を考慮した Dial-a-Ride システム」, *交通工学*, 第37巻4号, pp.61-71
- 40) 森津秀雄・枝村俊郎・佐溝純一(1986), 「経路探索型デマンドバスのシミュレーション」, *土木学*第41回年次学術講演会, pp.249-250
- 41) Maged Dessouky, Mansour Rahimi, Merrill Weidner (2003), "Jointly optimizing cost, service, and environmental performance in demand responsive transit scheduling." *Transportation Research Part D* 8, pp.433-465
- 42) 倉内文孝(2003), 「分析・設計(2)デマンドバス」, *土木計画学ワンデーセミナー シリーズ 38 バスサービスの課題と処方箋*, pp. 58-72
- 43) 交通エコ・モビリティ財団(2003), 「高齢者・障害者向け福祉交通サービスの整備方針に関する調査」
- 44) 国土交通省自動車交通局(2002), 「道路運送事業の情報化対応実証実験(デマンド交通サービス自動配車システム)報告書」
- 45) 森津秀雄・枝村俊郎・宮垣直也(1986), 「デマンドバスの運行制御について」, 土木学会大第41回年次学術講演会, pp. 35-36
- 46) ITS 基本戦略委員会企画 WG(2003), 「ITS 基本戦略委員会企画 WG 報告書」
- 47) Liping Fu(2002), "A simulation model for evaluating advanced dial-a-ride systems," *Transportation Research Part A* 36, pp.291-307
- 48) U.S Department of Transportation(2002), "Technology in Rural Transit: Linking People with Their Community", FTA
- 49) ケネス・A・スモール(1991), 「都市交通の経済分析」, 第3章 費用, 頸草書房
- 50) 溝上章志・松井寛(1986), 「バス路線評価指標の開発に関する2,3の研究」, *土木計画学研究・論文集*, No.9, pp.265-271, 1986
- 51) 稲村肇・谷口正明(1990), 「公営バス事業体の財務分析」, 第25回日本都市計

## 第2章

- 画学会学術研究論文集, pp.61-66
- 52)井上信昭・堤香代子・樗木武・坂本淳一(1996),「人口減少地域を含む地方都市圏のバス交通の展望と課題」,土木計画学研究・論文集 No.13, pp.751-760
- 53)田宮行郎・榛沢芳雄・福田敦:バスサービス改善策の経済評価に関する基礎的研究,土木計画学研究・講演集,No.13.(1), pp.645-650, 1990
- 54)国土交通省 道路局 ITS 推進室 (2000),「地域 ITS 効果事例集」,  
<http://www.jice.or.jp/itschiiki-j/benefits/html/t3-10.html>
- 55)国土交通省東北運輸局 (2003),「福島県小高町におけるデマンド型乗合タクシー導入例-IT を活用した地域交通確保・工夫事例調査」
- 56)中村文彦・木賀万里絵(2000),「ダイヤモンドバスサービスの新しい展開」,交通工学, Vol.35 No.1, pp.59-66
- 57)M.E.T.Horn (2002),“Multi-modal and demand-responsive passenger transport systems: a modeling framework with embedded control systems“, Transportation Research PartA 36 No.2 pp.167-188
- 58)野田五十樹・太田正幸・篠田孝祐・熊田陽一郎・中島秀之(2003),「デマンドバスはペイするか?」研究報告「知能と複雑系」アブストラクト, No.131-006
- 59)太田勝敏(1987),「交通工学実務双書-3 交通システム計画」,第6章,交通関連データ収集と情報管理
- 60)新谷洋二(2000),「都市の公共交通システムの整備政策に関する研究」,都市の公共交通プロジェクト、日本交通政策研究会
- 61)杉尾恵太・磯部友彦・竹内伝史(1999),「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・論文集 No.16, pp.785-792
- 62)溝上章志・土田直樹・橋本淳也・柿本竜治(2003),「路線別特性評価に基づくバス路線網再編計画手法の提案」,第28回土木計画学研究・発表会,CDROM 概要集
- 63)清水浩志郎・木村一裕・伊藤誉志広・斎藤靖(1997),「廃止路線代替バス運行地域の交通の確保に関する考察」,土木計画学研究・講演集, No20(2), pp.699-702

## **第 3 章 DRT システムの導入事例 整理と計画手法の検討**

- 3.1 導入**
- 3.2 初期の DRT 事例と課題の整理**
- 3.3 近年の DRT 導入背景**
- 3.4 運行形態の特徴整理**
- 3.5 導入代替案と評価指標の整理**
- 3.6 各国での DRT 導入事例整理**
- 3.7 DRT 検討課題の整理**

## 第3章 DRTシステムの導入事例整理と計画手法の検討

### 3.1 導入

DRTシステムは、北米では1960年代より、ヨーロッパ諸国及び日本では1970年より既存公共交通システムの適用が困難な地域やトリップを対象に導入が行われてきている。初期のDRTの導入課題には、予約に応じた運行システムの開発という技術的な側面<sup>1)</sup>や、利用者当りの費用等、運行コストの問題<sup>2)</sup>が指摘されていたが、後者の問題は近年のITS技術の発達により、運行管理技術(Travel Dispatch Center: TDC)、車両位置取得システム(Automated Vehicle Location: AVL)等が適用されるようになり解決されてきている<sup>3)</sup>。その一方で前者の問題点に対する整理は、DRTの導入市場とその市場環境に対する問題点、運行形態特徴と技術適用方法の整理や、交通政策面での論点整理という点で十分にされていない。

本章では、北米・ヨーロッパ・日本におけるDRTの導入事例の整理を、①初期のDRT導入背景および目的その運行技術と問題点、②現在導入されているDRTの技術面、制度面、政策面の課題 ③現在導入されているDRTの事例を導入背景目的、運行形態の特徴、ITS技術による運行、評価指標を整理し、また以上の総括として、実務面また研究面からの課題設定を行った。



図 3-1 DRT 導入事例分析のフレーム



## 3.2 初期のDRT導入整理と課題

本節では1960年代から1970年代にかけて導入された初期のDRTシステムの事例を整理し、その問題点の整理を行う。

### 3.2.1 各地域での導入背景と目的

北米では1960年代に土地利用の変化により居住地や勤務地が郊外へ移動する傾向が起こり、その結果在来のバス路線を従来の都市内のみではなく郊外地域へ延長する一方、公共交通需要の少ない郊外地域での公共交通サービスの整備と、都市内に残る自家用車利用が不可能な高齢者・障害者及び低所得層へ公共交通を提供する必要が出てきた。また都市内での既存公共交通の利用者減少と、赤字幅の増大にといった問題を抱えており、そのような背景の中既存バスの代替交通や公共交通空白地域での新しい交通で、高品質なサービスを提供するモビリティとして、また既存バスとタクシー(exclusive taxi)のモビリティギャップを補充する交通機関としてDRTの導入がされ、1960年代末には約100地域でDRTの導入がされた<sup>2)-4)</sup>。

日本では、1972年大阪府能登郡能勢町でDRTが導入され、その後鬼怒川温泉(栃木)、間谷(大阪府豊中市)、等々力、深沢地区(東京都世田谷区)の4地域で導入され、1980年代末までに東京及び横浜4地域で導入された。それらの導入目的は、既存バス代替交通手段としての導入、既存バスが導入されていない地域への新しいバスシステム導入、観光地での送迎用システムとしての導入がある。このうち能勢町では人口減少と自家用車利用率の増大によるバス採算性の悪化という背景の中、利用者増加・コスト削減・受益者負担の3点を目的に、間谷ではバス採算性及び、バス運行による住環境悪化(騒音・排気・事故)の問題を目的に導入されている。鬼怒川では各宿泊施設による独自のマイクロバスの運行による交通事故の危険性・駅前広場混雑といった問題の解決を目的としている。東京及び横浜では既存バスネットワークの整備されていない地区に補充する形で導入されている<sup>5),6)</sup>。

ヨーロッパ諸国では、1970年にエメン(オランダ)でタクシーが導入されたが1972年に廃止された、その一方でイギリスでは、1972年にOxfordでDRTシステムの導入が行われて以来、既存公共交通の少ない地域や高齢者障害者等の特定利用者に対する公共交通システムとしてロンドン、マンチェスター、レニングで導入がされている<sup>7),8)</sup>。

### 3.2.2 運行上の特徴整理

#### (1) 導入対象地域とシステム規模

北米で1960年代に導入された地域では、既存公共交通の整備がされていなく、人口規模が2万人以下の小規模な地域で、車両数10台以下の導入がなされている一方、1970年代になり導入車両数が10台以上、人口規模で1万~10万程度と規模の拡大が図られ、また既存バスや鉄道との接続が図られるようになった。その一方で日本では導入事例数と少ないが、既存代替交通手段として導入された能勢町を代表例に挙げると、導入車両数4台、人口規模約1万人と同様の範囲となっている。

#### (2) 事業者

2章表2-1に示したように、DRTは公営及び民営事業者による運行であり、北米での事業者は主に連邦政府からの補助金を受け公営事業者による運行が中心となる一方、日本では在来の大型バスの運行が困難な地域による運行が困難な地域への民間事業者による新規事業開拓や、需要が少なく採算性の悪い地域への採算性改善を民間バス事業者が自主的に行うようになっている。

#### (3) 運行形態

各地域で導入されたDRTの運行形態を予約に応じた路線設定方法に着目すると、対象地域内の需要に応じ自由に路線設定を行う方法(Dynamic方式)、対象地域内の需要に応じ部分的に予約に応じる方法(Semi-Dynamic方式)、公共施設等特定の1~数停留所のみで予約に応じ迂回する方法(Route-Deviation方式)に分類され、運行方法の決定は対象とする地域のトリップに依存する。

#### (4) 予約受付の処理と配車方法

利用者の予約は、電話、起点などの固定停留所からの乗車時に運転者に口頭でされている。また予約受付やダイヤ作成は手動で行っていた。そのため、利用者が予約をしてからトリップを決定するまでに、数時間~1日程度かかることもあるが、リアルタイムでの電話受付に対応する方法もある。この場合には、電話での予約時での予約時刻と実際の到着時刻に差が発生する可能性があり、利用者に対する信頼性低下に繋がる可能性がある。

また、固定路線に部分的に予約に応じる区間を設定するRoute-Deviation方式や、予め路線を設定しその部分を予約が入ったときのみ運行するシステムでは、予約による配車を行う必要が無いため、停留所での予約を行いその結果を運転者に伝える方式がとれ、その方式には、無線や微弱無線により運転者に指示を行っている。

(5) 運賃設定

運賃の設定は、既存バスと同様に設定する場合と既存バス運賃より高く設定する場合があります。高い運賃を設定する理由には冷暖房完備、座席の改良などによる車両サービスの向上、利用者の予約に応じた運行システムによるサービス向上や、路線設定に対する受益者負担がある。また同一の運行地域でも、停留所間・停留所～戸口間・戸口～戸口間といったサービスレベルの差により運賃を変更する場合があります。

(6) 導入車両規模

DRTの車両サイズは、既存バスより低需要な地域での運行のため、北米地域では5名～20名、イギリスでは平均で16人、日本では定員が20～40名程度で小規模なサイズの車両を使用している。また生産性と言う観点から平均乗車人数と車両サイズを比較すると、北米の6都市(ハドンフィールド、ダウエンポート、バタヴィア、レジナ、ベイリッジス、アンアーバー)では、台時間当たり6～20人程度であり、車両規模とほぼ一致する。また、運行形態と比較すると、Route Deviation方式では、車両定員が10～20人、Dynamic方式では5～10人と、運行方式による需要規模を推測することが出来る。

3.2.3 評価指標と問題点の整理

(1) 生産性に関する問題

上記で示したように、DRTは公共交通需要が低い地域に導入されるため、既存バスの代替交通手段として適用し、公共交通サービスの改善が図られ、利用者数が増加したとしても、生産性はかなり低いものとなる。DRTと既存バスの生産性を1トリップ当り、台マイルあたり、人マイルあたりの単位で比較すると、1トリップ当り・人マイル当りの費用はそれぞれ4倍、6倍となる一方、台キロ当たりの費用は既存バスの方が2倍程度となる。その一方営業台キロ、営業運行時間当たりのトリップ数はそれぞれ既存バス方が14倍、12倍程度となり、生産性が非常に低い<sup>2)</sup>。このため北米では1970年代に一般利用者を対象としたDRTが導入されていたが、1980年代には殆どが運行を中止した。またイギリスでは、高齢者及び障害者のみに限定したサービスとして現在(ロンドン、マンチェスター、レニングでの導入が行われている)

(2) 配車技術の問題点

前節で述べたように、初期のDRTは配車係による手動の配車であったため、リアルタイム(もしくはそれに準ずるタイミングでの)予約が困難であり、利用

の前日までに予約を締め切る必要性があったことや、配車係による乗車予定時刻と実際の乗車時刻の差が大きくなる可能性があった。またシステム規模が大規模になると、配車が複雑になるため導入が困難であった。

#### (3) その他導入上の問題点

(1)では DRT の生産性の低さを問題点に取り上げたが、運行コスト面から考えた DRT の問題点は、予約に応じた運行によるコスト削減の効果となる。日本で初期に導入された DRT の事例を通し、問題点を示す。予約に応じた運行によるコスト削減効果が薄れたことや、②システム更新に掛かる費用の問題がある。DRT の運行コストに関する問題としては、予約に応じた運行に必要となる施設に掛かるコストの増加分と、固定路線・時刻表で運行される既存バスと運行コストを比較した場合に運行コストがどのように変化するかといった面に着目する必要がある。また運賃収入では、予約に応じた運行形態や運賃の値上げが利用者に受け入れられ、その結果利用者数が増加(もしくは減少)するのか、といった面に着目する必要がある。

また、DRT の導入市場の環境に対する問題点には、規制面や既存事業との調整といった点があった。日本では DRT を一般バスとしてでは無く、貸切バス事業の一環として導入され、また、ヨーロッパでは在来のタクシー事業者との市場調整が課題となったことがある。

#### (4) 初期 DRT 導入事例の総括

初期に導入された DRT 導入背景は、土地利用の変化や自家用車利用の増大による公共交通需要の低密度化及び分散化にあり、その結果需要が相対的に低い地域に適用されてきたバスシステムでは採算面で問題があった。そのため、需要が少なく在来の交通システムの導入が困難な地域や、既存の公共交通の運行が困難な地域への補充的な公共交通システムの必要性が出てきたため、DRT システムが、既存公共交通の代替交通手段として、また既存公共交通を補充する交通手段として、利用者の予約に応じて運行し効率性を向上することを目的に導入された。

その一方で、公共交通需要の少ない地域に適用されたため、運行面での効率性はある程度限定されていたことや、配車技術面も ITS 技術が十分に発達していなかったために、利用者への情報の信頼性で問題があった。また、法規制面では既存事業との調整といった面で問題点があり、DRT の導入市場環境が十分に整備されていなかった点がある。

表 3-1 初期の DRT 導入事例

	北米	ヨーロッパ	日本
導入背景・目的	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 既存バス赤字解消</li> <li>● 郊外部の人口が低密度な地域への公共交通確保</li> <li>● 都市部での高齢者・障害者・低所得層への公共交通提供</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 郊外の人口密度が低い地域のモビリティ確保</li> <li>● 高齢者・障害者へのモビリティ確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 過疎地域での公共交通確保</li> <li>● 都市郊外部でのバスサービス提供</li> <li>● 観光用の送迎バス</li> </ul>
導入年代	1960年代～	1970年代～	1970年代～
主な導入都市	ハドンフィールド ダウエンポート バタヴィア レジナ ベイリッジス アンアーバー	エメン(オランダ) オックスフォード ロンドン・レニング (イギリス)	能勢町(大阪) 間谷(大阪) 世田谷(東京) 鬼怒川(栃木) (他東京及び神奈川4地域)
導入地域特性	地方部での導入	都市・郊外地域	過疎地域・郊外居住地域
運行上特徴(概要)	使用車両規模：5～20人 (タクシー車両を利用する場合もあり) コンピュータを使用した配車システムの導入	電話による予約 平均定員人員 16人 コンピュータによる配車システム	電話・コールポールによる予約 車両規模 20～40人 バスロケーションシステムによる配車
運行事業者	主に公営事業者	公営事業者	民間事業者
導入上の問題点と現状	低生産性 高齢者及び障害者への公共交通手段としての Paratransit	低生産性 (限定された地域で残る) →路線の固定化	運行コストの削減効果 システム更新費用 →在来のバスに置換え

### 3.2.4 初期の DRT の導入事例整理

3章2節3までは、1960～1970年代に各国で導入された初期の DRT 導入事例の整理を通し、その導入状況と問題点を整理したが、具体的な導入事例と運行上の特徴を取りまとめる。

#### (1) 日本における DRT 導入事例 5)・7)・9)

日本では既存バス代替交通手段や既存バスを補充する交通手段として DRT が 1970～80年代に、大都市郊外地域、過疎地域及び、観光地に導入された。導入事例を表 3-2、運行形態の特徴を表 3-3 に示す。これらの導入事例のうち、東京・神奈川・大阪では、通信システム更新時のコストの問題や、運行効率が改善されなかった既存バスによる運行に戻されているが、東武ダイヤルバスでは、既存バスやマイクロバスによる運行よりも DRT の方が効率的であると判断され、現在でも運行が続けられている。

表3-2 日本における初期のDRTシステム

地域	名称	導入年	廃止年	導入対象地域			導入目的
				郊外	地方	観光地	
能勢町 (大阪府豊能郡)	能勢町 デマンドバス	1972	1997		○		R
鬼怒川 (栃木県塩谷郡)	東武ダイヤル バス	1974	—			○	R
問谷 (大阪府豊中市)	問谷コール モービル	1975	1985	○			R
駒沢(東京都世田谷区)	東急コーチ	1975	2000	○			S
鷺沼(神奈川県川崎市)		1979	2000	○			S
青葉台(神奈川県横浜市)		1981	2001	○			S
二子玉川(東京都世田谷区)		1987	2001	○			S
市ヶ尾(神奈川県横浜市)		1987	2001	○			S

備考 R…既存バス置換、S…既存公共交通補充

表3-3 日本における初期のDRTの運行形態特徴整理

地区	運行形態 <sup>※1</sup>	車両定員/台数		予約システム	
		台数 <sup>※2</sup>	定員	電話	コールポール <sup>※3</sup>
能勢町(大阪府豊能郡)	D	4	28		○
鬼怒川 (栃木県塩谷郡)	S	6	23	○	○
		3	46		
問宮(大阪府豊中市)	S	3	46		○
駒沢(東京都世田谷区)	R	6	42		○
鷺沼(神奈川県川崎市)	R	—	49		○
青葉台(神奈川県横浜市)	R	—	56		○
二子玉川(東京都世田谷区)	R	—	45		○
市ヶ尾(神奈川県横浜市)	R	—	56		○

※1 運行形態、D: Dynamic, S: Semi-Dynamic, R: Route Deviation

※2 車両台数を営業所単位で集計したため、DRT専用車両台数は不明

※3 予約ボタンが設定されている停留所の名称

(2) ヨーロッパ諸国

ヨーロッパ諸国の導入事例を①高齢者・障害者向けのシステムと②一般旅客向けの公共交通システムの2種類に分けて整理する。

① 高齢者及び障害者用のDRTシステム

イギリスでは、1972年にオックスフォードでDRTシステムの導入が行われて以来、公共交通需要の少ない地域に適用された。小型バス(平均座席数16人)によるサービスを提供し、無線管理センターにより利用者の電話予約の制御や、

コンピュータを利用したリアルタイムの最短経路配車を行っている。しかしながら、上記で示したように DRT は、生産性が非常に低く一般の公共交通としての適用が困難であるため、現在イギリスでは高齢者及び障害者向けのサービスとしてレニング、マンチエスター、ロンドンで運行されている。ロンドンでは行政区からの補助を受け、朝ピーク時を除いたすべての時間帯に高齢者及び障害者の既存公共交通手段へのアクセス手段として、マンチエスターでは Bury 地区で Semi-Dynamic 形式の DRT システムが運行されている。ドイツではベルリンで、障害者向けの Door-to-Door のサービスを提供する交通手段として DRT(TELEBUS)が導入されている。100 台のバンを利用し、朝 5 時～深夜 1 時まで運行され、利用者数は 1000～1500 人/日程度となっている<sup>11)</sup>。

#### ② 需要密度が低い地域の DRT システム

ヨーロッパ諸国で日中時間帯や人口密度の低い地域に、既存公共交通の代替交通手段や補充的な交通手段として導入された DRT システムを運行形態毎に分類し、表 3-4 に示す。

導入対象地域の規模は、中規模の市街地から、地方部での運行及び郡内の数個の町までと範囲に差があり、運行時間帯も対象とするトリップ別に異なる。Prontobus では午前中の買い物目的のトリップを対象とする場合一方、夕方及び夜間のサービスを改善するために運行する(Tübingen, Linz)場合や、24 時間運行の利用などがある。車両サイズは低必要な地域であるため、座席数が 8~25 席の車両が適用されている、また時間帯毎の需要変化に対応できるよう、車両サイズを変更する場合がある。運賃は、DRT が既存公共交通より高いサービスを提供することから、一般的に既存公共交通より高く設定されている。また地域によっては、現状の 4 倍の運賃でも利用者の約半数は利用する意思がある。平均乗車密度は約 2 人であり、地域によっては車両サイズが需要に対し大すぎる可能性があることが指摘されている。また運賃収入は運行コストの 10%~50%となっているが、既存交通の運行コストを削減できた地域は、表 3-4 で示した 12 地域のうち 5 地域となり、その削減率は Linz では 70~90%となっている。コストの削減可能性は、利用者増加を行うことによる利用者当りコストの削減、需要密度に見合った小型車両の導入や、必ずしも必要としないサービス(例えば無料電話等の廃止)を行う点がある。

表 3-4 ヨーロッパ諸国での導入事例と運行形態<sup>12)</sup>

	停留所間	停留所~戸口	戸口間
運行スケジュール有	R-Bus Wunstorf(ドイツ) TAXITUB(フランス) L.I.F.T Berlin(駅着) (ドイツ)	Shared Taxi Hurt (ドイツ) Shared Taxi Linz (オーストリア) L.I.F.T (駅発)(ドイツ)	Swedish school taxi (スウェーデン) Nacht-SAM Tubingen (ドイツ)
運行スケジュール無し	AUTOPLUS La Rochelle (フランス)	Terintaxi(オランダ)	Prontobus Val Nure (アイルランド) Anrufbus Leer(ドイツ)

(3) 北米

北米では、1960年代にマサチューセッツ工科大学、フォード及びGMの研究所によって実験的な導入が行われ、1970年代には本格的な運行の実施が行われるようになった。代表的な導入事例を表3-5に示す。対象需要は、地区内移動の交通手段や、既存公共交通(鉄道及びバス)端末輸送として、需要に応じ柔軟なトリップ形態を取る。また運行時間は12時間~24時間と、1日を通しサー

表 3-5 北米での1970年代のDRT導入事例整理<sup>13)</sup>

	都市名	ハドン フィールド	ダウエン ポート	バタヴィア	レジナ	ベイ リッジズ	アン アーバー
	所有形態	公営	民営	公営	公営	公営	公営
主な サービス 地域	人口(万人)	2.75	9.85	18	18	13.7	17
	面積(km <sup>2</sup> )	21	51.8	11.1	7.3	34	6.2
	人口密度 (千人/km <sup>2</sup> )	1.3	1.9	1.6	2.5	3-9	2.7
サー ビス	平日運行時間	24時間	24時間	12時間	17時間	19.5時間	11.5時間
	ピーク*	M-M	M-M	M-M(S)	M-O(S)	M-O(S)	M-F
	オフピーク*				M-F	M-F	
設備	車両数	12	23	5	6	5	3
	座席数	17	7	23/10	14/23/42	11	10
	ピーク 車両数	12	15~20	5	6	4	3
	オフピーク 車両数	4	12~16	3	3	2	3
その他	配車方法	マニュアル					
	競合輸送機関	-	バス	-	-	-	バス
	他モードとの 接続	鉄道端末	-	-	バス端末	鉄道端末	-

※ M-M: Many-to-Many, Many-to-few, Many-to-One (One-to-Many), S: 予約サービス



バスを提供する場合も含まれる。導入車両台数は3~23台と日本の事例と比べ大規模となるものも含まれ、運行の規模にある程度の幅が魅される傾向にある。利用水準は、台時間当たり5~15人程度であるが、既存バスでの運行時に比べが250~800%規模の増加をしている。また利用者特性は、低~中所得層もしくは自家用車を持たない世帯となっている。

運賃設定は、既存バスに比べ上昇している場合が多い一方、提供サービスの向上が原因となり、利用者が増加している。運行コストは、車両サイズによる違い(定員が8~12人のバンの場合運行コストが低下する)がある一方その原因は事業者の性質による。(タクシー事業者は運用面の経験があるため、運行コストを低レベルに抑えられる性質がある。)

### 3.3 近年におけるDRT導入背景

初期のDRTには以上に示したように、運行システムやコスト面に関する問題点があった一方、1章に示したように近年北米、日本、EU諸国ではDRTシステムの導入/適用可能性実験及び、本格導入が行われてきている。本節では各国における導入背景を、(1)技術的な背景、(2)制度上の問題、(3)政策面での展開状況を整理し、各国での導入事例の整理を行う。

#### 3.3.1 技術的な背景

初期に導入されたDRTシステムの配車は、配車係による手作業によって行われていたため、前節で示したように予定乗車時刻と実際の乗車時刻のずれが大きくなる等、信頼性と言う面で問題があったが、近年では、ITS技術の適用が行われてきている。

##### (1) 北米

北米では、1991年より、アメリカ連邦交通局(FTA)が主体となり、公共交通にとって有益となる先駆的な技術の適用方法を調査・開発するためのプログラムであり、公共交通運行者がシステム適用に関する意思決定や運行を効率化することと、利用者の快適性を向上することを最終目標とした、APTS(Advanced Public Transportation Systems: APTS)が出版された。この中でDRTに適用される技術については、運行管理ソフトの概要と導入に際しての問題点(ソフト価格、開発会社、補助金の問題)を取り上げて、また先駆的な導入事例の紹介を行っている<sup>3)</sup>。

#### (2) EU 諸国

EU 諸国では、EU 委員会が主体となり 1995 年～1999 年の間に行われた DRT システムの導入及び適用可能性の実験である SAMPO(Systems for Advanced Management of Public Organization)において、DRT の運行に重要な役割を占める ITS 技術の適用方法の整理とその評価を行っている<sup>14)</sup>。

#### (3) 日本

日本では、1996 年 7 月に ITS に関連する 5 省庁(当時)(警察庁、通商産業省、運輸省、郵政省、建設省)による「高度道路交通システム (ITS) 推進に関する全体構想」が策定され、地域に定着させるための ITS モデル実験への取り組みが行われた。この中で、1997 年から 1999 年地域の事情に即した ITS の検討の必要性が提起され、ITS モデル地区実験構想が VERTIS(道路・交通車両インテリジェント化推進協議会)に委託され、開始された。このプロジェクトの 1 つとして、2000 年 4 月より DRT システムの実証実験が高知県中村市で行われた。

また ITS Japan(旧 VERTIS)の ITS 基本戦略委員会のワークグループでは、ITS ビジネスをユーザーニーズである、マーケティング視点から課題調査・分析して、短期的な事業の拡大が行われるビジネス分野の抽出と課題を示している。具体的には、ITS 技術に対するニーズを洗い出し、その中で順位付けを行うことと、利用者、事業者側の双方が利益を得られるような仕組みを策定することを目標としている。

この中で DRT(ダイヤモンドバス)のニーズの立場を、バス利用者・システム管理者及び省庁の 3 つに分類し、利用者側のニーズを公共交通の効率的な利用や予約に応じた利用による時間待ちの削減、システム管理者のニーズをオンデマンド運行の実現や、高効率な運転による事業効率の向上、省庁側のニーズを自家用車交通の削減による社会経済効果を高めることや、運送業サービスや事業採算の向上を図り、その結果として実現する渋滞緩和、事故率低下、環境改善の明快化を目標としている。

DRT への課題を、利用者が目的地に時間内に到着することに対するニーズが高い都市部での運行は、施策に考慮が必要であることと、地方部での赤字路線におけるニーズが高いが、同時に自家用車へ依存度が高いため、相当なインセンティブが必要となること、乗合タクシーとの差別化について法律の整備が必要不可欠である。また、費用対効果、通信費用負担の問題、柔軟な勤務体系の導入も課題として取り上げている<sup>15),16)</sup>。

表 3-6 DRT に適用する ITS 技術施策の整理

地域	ヨーロッパ(EU 諸国)	北米	日本	
実施主体	EU 委員会	連邦交通局(FTA)	ITS Japan(VERTIS)	
名称	SAMPO/SAMPLUS Project	Advanced Public Transport Systems	ITS モデル実験 構想	ITS 基本戦略 委員会
開始時期	1995~1999	1991~	1996~1997	2003~
プロジェクト 目的	DRT システム実験	公共交通運行への ITS 技術適用	各地域に応じた ITS 技術適用	ITS ビジネスモデル戦略提案
DRT 実験内容	DRT システムの導入 実験と適用可能性評価	DRT システムへの ITS 技術導入推進	過疎地域における公共交通改善	ITS 技術を適用した DRT システムの 位置づけ整理
概要	実験対象地域における DRT 実証実験及び適用可能性評価	ITS 技術導入問題 点の把握と先駆的 な導入事例整理	DRT 導入実験 の実行(高知県 中村市)	問題点の抽出とビ ジネスモデル提案

表 3-7 DRT 導入計画における ITS 技術の位置付け整理と各国間の比較

	ヨーロッパ(EU 諸国)	北米	日本
プロジェクト名称	SAMPO/SAMPLUS Project	Advanced Public Transport Systems	ITS 基本戦略委員会
ITS 適用環境	複数導入事例の実証実験/ 適用可能性評価	DRT 導入が進み、利用 主体は整理されている	ITS 技術の適用例の一環 としての DRT システム
関連主体	バス事業者 行政 EU 委員会	バス事業者 (運行者・運営者) システム開発者	バス利用者・ システム開発者・関連省庁
運行形態の整理	有り	無し	無し
使用技術整理	有(各技術の役割整理)	各技術の役割整理	無し
導入事例の整理	実験内で行われた Project の整理	各導入事例での 適用手法の提示	無し
評価	ITS 技術の DRT に対する 適用可能性評価	ITS 技術によるパフォー マンス向上	具体的な評価施策は整理 されていない

### 3.3.2 制度的な背景

DRT 導入の制度面には、市場参入に対する規制面及び運行補助に対する制度の2点を各国の状況を踏まえ整理する。

#### (1) アメリカ

アメリカでは 1964 年に都市大量輸送法(Urban Mass Transportation Act :

後の連邦交通法)成立し、連邦政府と州から地方自治体に対する補助金の制度が整備され、既存公共交通機関とそれを補充する Carpool や Vanpool 等に対する補助制度が確立された。然しながら 1980 年には公共交通利用者の減少による赤字増大による補助金支出額の増大が問題となり、UMTA(Urban Mass Transit Administration)の提案により競争入札制の導入が図られた<sup>4)</sup>。

また、地方部の人口規模が小さい(概ね 1～2.5 万人規模)地域における公共交通導入に対する補助金制度は、FTA により定められており、地方部における公共交通のプログラム(Section 18: Public Transportation for Non urbanized Areas Program<sup>17)</sup>)と、地方部での高齢者と障害者向け交通に関するプログラム(Section 16: for meeting the special needs of the elderly and disabled.)<sup>18)</sup>により設定されている。Section 18 は現時点で約 1200 地域に適用され、DRT やその他路線のバス等地域のモビリティ確保に役立っている。

アメリカでは、1982 年に都市間バスの規制緩和がされ、運賃設定、事業の進入及び退出に対する規制緩和がされた一方、地域内バスは都市交通政策の重要施策として位置づけられ、参入、価格面での規制は維持されている<sup>19)</sup>。

#### (2) ヨーロッパ(EU)諸国

EU 諸国では各国によって政策の状況が異なるため、DRT の適用可能性の状況が各国により統一されていない部分が多い。その一方で各国の交通政策のフレームが、EU 諸国全体の交通政策(Common European Transport Policy)を遵守する必要性と、今後の DRT 導入計画に対するフレームの構築が必要となる。

表 3-8 に SAMPLUS Project 実施国の市場環境及び DRT 運行事業者を整理する。強い規制が行われている国では、DRT 導入対象地域で既存バス事業を行っている事業者による運行が中心となる一方、規制の地域では、フランチャイズ制(契約運行)の導入が行われている。

SAMPLUS Project では、導入実験と適用可能性評価を目的としていたため、補助金額や補助方法については具体的な方策が示されていないが、ヨーロッパ諸国で一般乗合輸送に使用されている DRT の運行コストに対する運賃収入の割合は 10%～50%となり、DRT 導入のフレームを検討する際には、補助金制度の整備や活用方法検討が必要となる。また、DRT 導入時の問題点として、既存公共交通事業との調整に関する問題点が挙げられる。具体的には、利用者の希望に直接応じて運行するタクシーシステムとの競合が発生する可能性があり、運賃面や路線設定での調整に関する政策が必要な場合が考えられる。

表 3-8 SAMPLUS Project 参加地域の市場環境比較

	市場環境	DRT 導入の状態
ベルギー	事業規模・地域内の路線を独占 計画的な強い規制	地域内バス事業者による DRT 運行
フィンランド	オープンアクセス方式(参入、各路線の事業者 数への規制無し)、運賃規制あり	社会的なサービスである DRT は非営 利運行、フランチャイズ製の導入
イタリア	事業規模・地域内の路線を独占 監督官庁による路線配分	地域内の公営バス事業者(ATAF)によ る DRT 運行
スウェーデン	フランチャイズシステム方式 監督官庁による路線配分、運賃規制有	(公営事業者)
アイルランド	州所有のバス運行会社による路線所有 州による路線計画設定及び免許の発行	州所有のバス事業者による運行
イギリス	規制なし(Open Access)、個々の路線毎に免許 を発行(但し複数路線運行が必要)	(地域事業者)

### (3) 日本におけるバス規制と補助金制度

1章で示したように、日本の大半のバス事業者が赤字事業者である一方生活交通確保の観点から、バス事業者に対する運行補助金(第2種、第3種生活維持路線に対する)が支出されている。また従来型の規制下では、バス事業者の事業参入は免許制で地域内のバス事業者が単一事業者であり、不採算路線に対する補助は、各事業者による内部補助という形で行われてきた。

バス事業に関する規制緩和策には、2002年2月に施行された改正道路運送法があり、乗合バス事業の需給規制が撤廃され、事業参入については、需給調整規制を前提とした免許制から運送の安全確保等に関する資格要件をチェックする許可制へ移行することとなった。そのため、利用者にニーズに合った新しい形態のバスサービスの提供が期待される。その一方で乗合バス事業や路線廃止に関する退出規制については、6ヶ月前の事前届出制とし、地域の生活交通確保のための具体的な協議に必要な機関を設定することとなった。また需給規制撤廃の撤廃により、赤字路線への内部補助が困難となる点が問題となる<sup>20)</sup>。

その一方で近年では、バス利用促進や生活交通の確保に向けた様々な施策が導入されている。この中で、既存の公共交通の適用が困難な地域向けの公共交通として、路線や停留所を詳細に設定し利用者サービスの向上を図ることや、既存バス撤退後の代替バスとして導入されてきているコミュニティバスや、既存バス撤退後の代替交通手段や、深夜帯・空港への少人数での乗合を行う、乗合タクシーの導入が行われてきている。コミュニティバスの導入が普及してきているが、その中での運行形態の特徴には、契約による運行など、様々な形式の運行がされる一方、補助金に関しても様々な種類の補助金が示されてる。

(4) 各国における DRT 導入に関する制度

DRT の運行制度は、① 1 地域～数地域単位での導入実験の制度 ② 適用可能性の実験や分析を踏まえた導入実験の制度 ③ 本運行のための運行制度の 3 種類に分類される。

アメリカで連邦交通局によって整理された、FTA Section18 では本運行による制度分類となっており、導入計画のフレームが整備されている。

EU 諸国では前節にも示したように、ITS 技術を適用した DRT の実証実験である SAMPO (Systems for Advanced Management for Public Operator) Project が、EU 委員会が主体となり 1995 年～1996 年に 5 カ国で実施され、実験終了後には、実験地域の増加と、適用可能性評価を加えた SAMPLUS Project が 1997～1999 年の間に実施された。

またイギリスでは、SAMPLUS Project で DRT の実証実験や適用可能性の評価後、環境交通省(DETR: Department of Environment Transportation and Region)が他地域での適用可能性を、エネルギー問題や公共交通に対する補助金の変化に着目して検討した。運行計画は、Transport Operations Research Group (TORG)が主体となり、2001 年 10 月より 3 都市(Lincolnshire、Surrey、Northumberland)で実験を行った<sup>21)</sup>。

これらの導入目的は都市間バスのフィーダーサービス、高齢者・障害者用の交通システムとされている。運行技術にはテレマティクス技術である、配車センターにおける(Travel Dispatch Center:TDCs) や、車両運用管理・配車・予約受付、車両位置情報(Automated Vehicle Location:AVL)等を適用した。以上の実験による DRT システムの利点を、交通事業運営費の削減・モビリティの改善や促進・モビリティ確保・移動制約者のバリア撤去・自家用車利用の抑制の 5 点とした一方、既存公共交通とのすみ分け・TDC の所有と運営・通信費用、車両や TDC の購入補助金の支出を問題としている。また DRT を需要が少ない地域に対応できる、ニッチサービスやスペシャルトランスポートサービスの 1 つと位置づけ、またインターモーダル政策の一環として導入し、シームレスなネットワーク形成をする交通システムの 1 つと位置づけた。

日本における DRT システムの実験は、前節での ITS の実証実験の他に、2001 年 9 月には、国土交通省が主体となり「交通不便者のシビルミニマム確保のためのデマンド交通システムのモデル実験事業」として、情報技術を適用した DRT システムやタクシーを利用した交通システムの実験対象地域 5 地域(福島県小高町、埼玉県上尾市、神奈川県横須賀市、大阪府岬町、徳島県井川町)が選定され、その後の実験実施に移った<sup>22)</sup>。この背景には、第 1 章に述べたように改正道路運送の実施より、バス事業の廃止が許可制から事前届出制になったた

め、交通不便地域での必要最低限の公共交通を提供することが今後必要となることがある。

#### (5) 福祉的な制度による DRT 運行<sup>2), 23)-26)</sup>

高齢者及び障害者への移動円滑化に関する政策概要には、高齢者・及び障害者が健常者と同様に公共交通機関を利用できることを目的とした、(1)既存公共交通の改良(乗降設備の改良、駅施設やバスステップ)と(2)アクセス性が高く Door-to-Door のサービスが提供できる公共交通の導入の2種類がある。このうち DRT は(2)の施策に含まれる。

北米では、1990年にアメリカ障害者法(Americans with Disabilities Act of 1990)が制定され、障害者に対する雇用、公的サービス、民間事業者が運営する公共的施設、サービス等面での差別禁止を明示している。このうち、交通は公的サービスに含まれ、障害者のアクセスを容易にするための交通手段としての DRT 導入の方針が示されている。

日本では、2000年11月には、「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律(交通バリアフリー法)」の付帯決議として、高齢者及び障害者への個別もしくはそれに近い形のサービスを充実するために、地域福祉交通である Special Transport Service(STS)やタクシーの導入を図ることが取り上げられている。

EU 諸国では、高齢者及び障害者に対する施策の一環としてアクセス性の高い公共交通手段の導入及び適用がなされており、3章2節で示したような DRT システムの導入が行われている地区がある。

#### (6) DRT に関連した制度のまとめ

以上で示した、各国における DRT の導入施策を各地域の比較を通し以下にまとめる。北米では規制市場下で地域内の公営事業者により、公共交通の輸送計画が設定され、必要に応じ DRT の導入が行われてきている。また前節でも示したように、DRT の生産性が低く、1 トリップ当り平均運賃収入が\$1.83 に対しコストは\$13.47 なので、補助金は\$11.64 となり補助金の比率は 86%となっているため、運行補助の制度が必要不可欠であり、連邦交通局による補助金制度が整備されている。ヨーロッパでは、一般公共交通として DRT システムが数地域のみで適用されていたが、1990年代に行われた DRT 実証実験及び適用可能性実験を通し、DRT 導入の方法論が確立されると共に、ITS 技術の適用に関する整備も同時に行われ、本格導入や、各国の実情に応じた導入実験や適用手法も整理されてきている。その一方で実証実験、技術移転が行われている

段階であり、本格的な導入に当たっては補助金制度の整備や、既存公共交通との住み分け等の課題がある。

その一方日本では、バス市場規制の緩和により、導入の可能性が高まる、新しいバス輸送形態である DRT システムや、公共交通の需要が少ない地方部や過疎地域における、既存事業者の撤退による公共交通整備の整備という問題点に対応する公共交通システムとして、DRT システムが位置付けられる。国土交通省による実証実験が行われてきている一方、本運行に対する制度や導入上の課題の整理が始まったばかりであり、今後実証実験の継続や、他地域への技術移転に必要となるノウハウの整理や、導入制度の整備が必要となる。

#### 3.3.3 都市交通政策面での DRT の位置づけ

都市交通政策面での DRT システムの位置づけを、各国の都市圏計画制度や、その他都市交通政策制度での位置づけに着目して整理をする。

北米では、ADA に示されているように高齢者及び障害者に対し、アクセス性の高い公共交通を提供してモビリティを確保する必要性が示されているが、その一方で一般乗合輸送としては高コストになる可能性が大きいため、一般の公共交通としての適用可能性は低く、空港への乗合輸送や高齢者及び障害者等への特定輸送機関としての位置づけがされる。また 3 章 3 節 2 で示した FTA Section18 では、人口規模が小さく、公共交通サービスが提供されていない地域や、サービスレベルの低い公共交通が提供されている地域のモビリティ改善を導入目的としている。

日本では、3 章 2 節に示したように初期に導入された DRT はその殆どが廃止されたが、近年では、既存バスの代替交通手段や、既存公共交通を補間する公共交通として DRT が着目され、市町村レベルのマスタープランで導入の検討を図っている地区がある。

ヨーロッパ諸国では、3 章 2 節で示したようにイギリス・ドイツの大都市で高齢者及び障害者用の交通手段として DRT(Dial-A-Ride)の導入が行われている一方、一般乗合輸送機関として本導入が行われている地区は、既存バス代替交通手段や、既存バスの補充的な交通手段として各国 1~2 地域のみで導入されている。また他地域では、SAMPO Project に代表されるように、ITS 技術を活用した実験導入・適用可能性評価やその延長上での導入が行われている。



### 3.4 運行形態の特徴整理

#### 3.4.1 運行形態とその決定方法

2章2節で述べたように、DRTの運行形態では、需要に応じて運行する路線の対象範囲、時刻設定の柔軟性及びDRTのトリップ形態の3点に着目して分類をしたが、本節では導入計画上の問題点をEU諸国及びアメリカでの例を基に表3-9に整理する。このうちEU諸国では、各運行形態を導入の容易さを考慮した形で導入対象地域を分類し、DRTの導入実績がない地域では、予約に応じる時空間的な範囲が狭いRoute Deviation方式の適用を勧めている。

#### 3.4.2 予約方法と提供サービスの設定

予約方法には、(1)事前に予約を締め切る方法、(2)任意の時間帯に予約を受け付ける方法があるが、2章2節に示したように運行形態や提供サービスに影響するため、以下に2種類の予約がサービスに与える影響を整理する。

##### (1) 予約を前もって締め切る場合

DRT車両のトリップパターンが日々異なる場合で、対象地域の需要密度が低い場合やODが分散している場合、また迂回による平均乗車密度の上昇により、利用者当りの運行コストを低下させる場合に適用可能性がある。利用者にとっては、任意の時刻に利用できないが、乗車前に運行経路が決定されるため、乗

表3-9 各運行形態の導入上課題

	EU諸国 (SAMPO/SAMPLUS)	アメリカ(FTA Section18)	
	導入対象地域	導入対象地域	その他特徴
Route Deviation	既存公共交通が存在しない地域	全路線に対し迂回路線が相対的に短く、オプションとして設定。時間価値が低い利用者へのサービス提供	部分的に Door-to-Door サービス提供するが、路線が固定されているため、利用者は事前予約を行わずに利用可能
Semi-Dynamic	都市内で公共交通網が設定されているが、部分的に低需要密度な地域。	Route Deviation 方式に比べ予約に応じる範囲が広いため、トリップが分散している郊外地域への適用可能性	予約に応じてのみ運行する区間が中心となるため、予約やコールバックが必要
Dynamic	既存交通路線が整備されているが、運行頻度が低く、路線網を再整備する必要がある地域。	対象利用者のトリップパターンがある程度固定されているが低頻度で需要が少なく定時定路線型の運行が困難な地域	事前利用登録が必要

車前に乗車時刻や目的地到着時刻の情報を得られる。また運行側は、出発後に新たな予約を追加する必要が無く、配車や配車指示が容易になる利点がある。

予約締切り時刻は、起点出発時刻より短い時間が好まれるが、予約後の他利用者の予約受付による経路設定の変更及び、予約取り消し等の変化を考慮すると、ある程度の余裕を持った設定を行う必要がある。

SAMPLUS Project における予約締切り時刻を図 3-2 に示す。このうちイタリア(Campi, Porta Romana, Florence)及びスウェーデン(Gothenburg)では、予約締切り時刻が 10 分~15 分となっているが、他地域では概ね 1 時間以上となっている。また日本では、Semi-Dynamic 方式の場合 30 分(福島県小高町等)となっているが、Route-Deviation 方式のように複雑な配車形態を取らなく、時刻表が設定されている場合、出発の 30 分前~停留所到着の 5 分前と予約締切り時刻を短く設定することができる。また車載機を設置しないで運行を行う場合には、運転者に迂回指示を出せる範囲に限定され、利用日の前日までに予約を締め切る場合がある(青森県弘前市)。

(2) リアルタイムでの予約の場合

リアルタイムでの予約受付の場合には、Door-to-Door のサービス形態が必要であり、対象地域内の OD は分散しているが固定パターンが少ない場合、また対象地域内の需要密度がある程度の高さを持っている一方個々のトリップ距離が余り長くない場合に適用可能性がある。

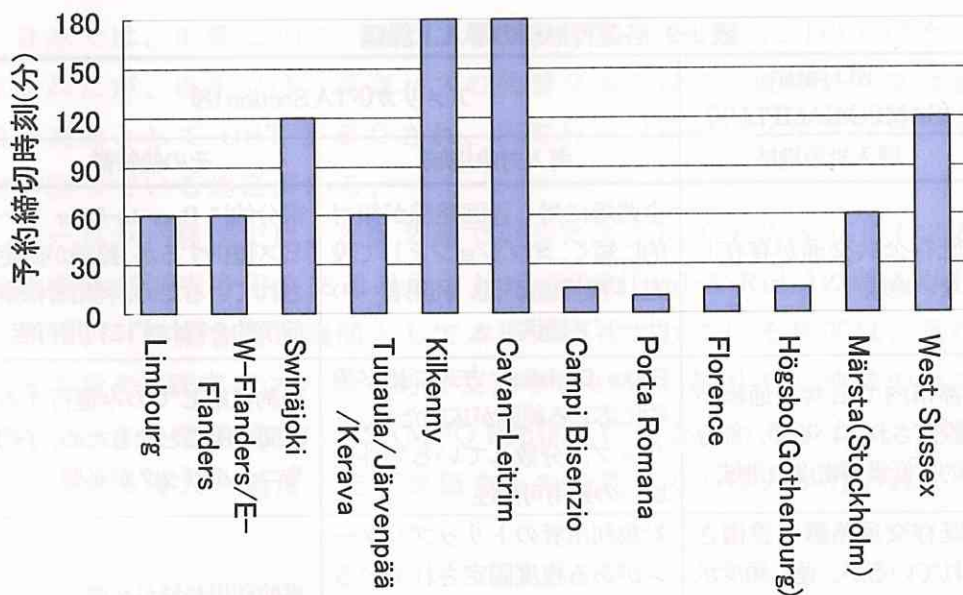


図 3-2 予約締切り時刻(SAMPLUS Project)<sup>14)</sup>

利用者は任意の時間に予約が出来るが、任意の時間帯に発生する予約に応じた運行をするため、他利用者の予約により乗車時間が変化することが大きい可能性があることと、配車システムが複雑になる可能性がある。実際の導入事例には、高知県中村市(中村まちバス)、けいはんな学研都市(けいはんな D バス)がある。

### 3.4.3 ITS 技術の適用と配車システム

近年導入されている DRT には ITS 技術が適用されているが、具体的には 2 章に示したように、利用者の予約に応じて運行計画を立て、配車や運行指示を行う配車センター(Travel Dispatch Center:以下 TDC と表記)を中心に、車両～TDC 間の通信、車両位置取得、利用者位置管理等に適用されている。本節では、配車技術に適用される TDC と予約方法の設定を整理する。

#### (1) TDC と予約方法

3 章 2 節に示したように、初期の DRT では、配車係による手動配車であったため、利用者に対する信頼性が低下する問題があったが、ITS 技術を適用することにより、以上問題の解決を試みている。配車手法の具体的な分類では、利用者の予約に応じた配車の受付と、運行経路の決定方法であり、SAMPLUS Project で適用されている ITS 技術概要を表 3-10 に導入状況を表 3-11 に示す。

表 3-10 ITS 配車技術概要 (SAMPLUS Project)<sup>14)</sup>

使用技術	概要
IVRS (Interactive Voice Response System)	配車係が不要の自動配車システム
TDC (Travel Dispatch Center)	予約受付・配車センター(配車係による手動管理)
GSM (Global System for Mobile Communications)	車両/TDC 間の通信システム
AVL(Automated Vehicle Location)	GPS のビーコンをベースにした自動配車取得システム

表 3-11 配車使用技術(SAMPLUS Project)<sup>14)</sup>

配車方法	導入事例
TDC(Manual)	フィンランド 2 地域、Florence(イタリア)、Marsta(スウェーデン)、West Sussex(イギリス)
TDC(Manual)+運転者	Campi, Porta Romana(イタリア)、アイルランド
運転者+TDC(IVRS/Manual)	ベルギー 3 地域、Gothenburg(スウェーデン)

利用者の予約受け付けには、配車係が不要である IVRS がベルギー及びスウェーデンで試験的に適用されている。また配車方法は、TDC 単独で行う方法と、TDC と運転者の判断の双方を適用する場合があるが、具体的な経路設定は、運転者や配車係に依存していることが分かる。

(2) 配車方法の整理

2章4節に示した配車の数学的最適化手法では、配車の解析手法は利用者所要時間と運行コストを最小化するように配車ルールを設定しているが、実際の導入地域では、予約優先順位と乗車時刻や目的地到着時刻に示される利用者サービスを配車の判断基準としている。配車方法の例を表3-12に示す。

日本で運行されている DRT のうち、Semi-Dynamic 方式及び Dynamic 方式の配車方法は、予約順を配車し、経路設定は運転者による判断や TDC による配車結果を中心にする2種類がある。また運転者の判断を基準にする場合には、対象運行地域の範囲が十分に狭い場合や、予め設定した経路に対し予約を追加する手法(がある。また SAMPLUS Project の事例では、乗車時刻・降車時刻・他交通手段との乗継等を基準に配車を行っている。

表3-12 配車方法の整理

地域名	配車順序	経路設定	配車の判断基準
高知県中村市(日本)	予約順	運転者	(運転者の経験)
けいはんな学研都市(日本)	予約順	Operation Center (自動)	他利用者の乗車時刻への影響
福島県小高町(日本)	予約順	運転者	(運転者の経験)
大阪府岬町(日本)	予約順	Operation Center 利用者	他利用者の乗車時間 固定路線バスの乗車時刻
ベルギー	予約順	Operation Center 運転者	乗車時刻を優先した配車 (但し乗継を考慮する場合、降車時刻、町への到着時刻を優先)
フィンランド	予約順	Operation center	乗車時刻、降車時刻のうち利用者の指定したもののみ使用
Campi(イタリア)	予約順	運転者 Operation Center	目的地到着時刻を優先
Gothenburg(スウェーデン)	複数予約を取りまとめ後	運転者 Operation Center	複数利用者の予約を取りまとめて配車
アイルランド	予約順	運転者 Operation Center	乗車時刻を優先(天気の問題)

(3) ITS 技術適用上の課題

以上に示したように、DRT 運行には ITS 技術が適用されているが、ITS 技術導入上の課題には、①ITS 導入による費用便益、②ITS 技術管理者の決定方法の2点がある。

① 費用便益分析

ITS 技術費用には、初期費用である配車センター(TDC)の設備や配車ソフトの費用、車載機購入費用があり、運営費用には TDC の使用費用、通信費用や、システムの修理費用及び、配車係の訓練に掛かる費用がある。また便益には、車両位置情報システム(AVL)の導入による配車効率向上や、平均乗車人員向上があり、配車エラーの減少による信頼性の向上、電子データを使用することによってデータ紛失を防止し(回復性向上)、またそれらの効果によりパフォーマンスの向上を図ることができる。(表 3 - 13 参照)

各地域の運行形態や提供サービスにより必要な技術やそのパフォーマンス異なることや、予算制約上導入できる技術が限定される場合があるため、ITS 技術導入時には、ある予算制約下で各技術の導入案の採択を、費用便益分析を通し実行することが望ましい。

② ITS 技術管理者の設定

DRT の運行管理を行う TDC の管理には、単独地域の場合にはその地域の運行事業者や自治体が管理するが、複数地域に跨り運行される場合や、TDC 導入及び運営費用の削減を目的に、複数地域の DRT の運行を単独の TDC で処理する場合があるが、複数の主体が関わる場合には、管理者および費用負担のルールを決定する必要がある。

表 3-13 ITS 技術導入時の効果 <sup>27)</sup>

費用	便益
導入費用	キャパシティ
修理費用	信頼性
運行費用	回復性
配車係の訓練	パフォーマンス向上

### 3.5 導入代替案と評価指標の整理

3章3節で示したDRT導入施策の背景と、3章4節で示した近年の運行システムの状況を整理し、DRT導入代替案の検討と評価指標の考え方を以下に示す。

#### 3.5.1 導入背景及びその目的

DRTの導入背景には、人口密度及び需要密度が低く、在来のバスの導入や運行継続が困難な地域が中心である。また導入目的は、そのような地域での公共交通手段確保であり、具体的には、既存バスの代替交通手段(既存バスの置換えや、需要密度が低く在来のバスの導入が困難な地域)や、既存バスではカバーできない地域への公共交通手段提供、また高齢者及び障害者等特定利用者に対する公共交通手段の確保を目的に導入されている。

また具体的に導入されている地域のうち、日本(実験導入を含む全域)・EU(SAMPLUS Project 対象地域)・北米(Section18 導入例)を取り上げ、図3-2に整理する。対象となる地区の面積規模及び人口規模はかなり分散していることが分かる。また Campi(イタリア)、Järvenpää(フィンランド)のように都市部で既存バスのサービスを提供できない地域や、都市～郊外部間の既存バスサービスを置換える目的で運行されている。また人口密度の低い地域に導入されたDRTは、郊外及び地方部での公共交通手段確保を目的に導入されている。

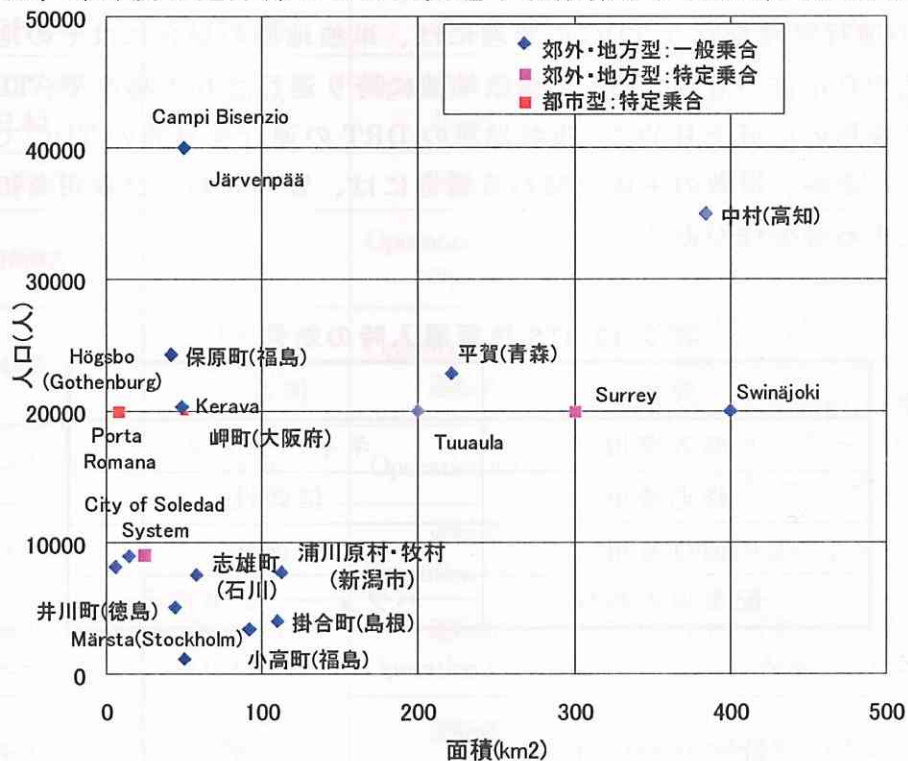


図 3-3 DRT 導入対象地域面積及び人口

3.5.2 対象となる需要及びその形態

DRTの導入対象となる地域及びトリップは、郊外地域の鉄道端末輸送や、郊外地域でのモビリティ確保、また中心市街地、病院等の公共施設へのアクセス交通手段として導入されている。運行時間は10時間～12時間程度、始発時刻は午前7時から10時、最終便は午後5時から7時程度と、主に日中の移動を対象にしていることがわかる。

3.5.3 他の公共交通手段との組み合わせ

地方部の低人口密度の地域では、DRTのみで公共交通サービスを提供するが、実際には、対象地域に導入するDRTを他の公共交通と組み合わせて運行する場合がある。表3-14にアメリカで導入されているDRTと他交通手段の組み合わせの例を示す。以上の導入事例のDRTでは、福祉的な目的でDoor-to-Doorのサービスを行うもの、日中需要が少ない場合に既存バスをRoute-Deviation方式の運行に変更してアクセス性の向上を行うものや、既存公共交通として補完的な運行形態を取るものには、毎日運行で無いものがあり、運行形態も多様

表3-14 DRT及び他交通手段との組み合わせ(FTA Section18)<sup>17)</sup>

運行会社		Central Vermont Transportation Association	Town & County Transit	Gray's Harbor Transit Authority
地域名		Washington/Orange county	Chenango in Norwich, Newyork	Cray's Harbor County
交通手段				
バス	運行 地域	商業地の回廊に沿い 2市街地間の運行	居住地域～都心部 都心部	地域内サービス
	運行 時間	平日：6:00～19:00 休日：9:00～17:00	朝(都心方向)・午後(居住地方向) 都心部:9:30～17:30(1時間間隔)	平日：5:00～21:30 休日：8:00～20:00
DRT(Route Deviation)	運行 地域	都心部～医療センター間 (迂回運行部分：起点の 都心部/医療センター付近)	日中の公共交通サービス 通院者向けサービス	地域内サービス(バ スサービスの補充)
	運行 時間	7:30～16:30	(1日前までに予約)	平日:8:00～15:00 休日 11:00～17:00
DRT (Semi-Dynamic Dynamic)	運行 地域	通院者の病院への輸送 (社会福祉的なサービス)	地方部地域内移動 (利用者を限定せず)	地域内移動向けサー ビス
	運行 時間	(運行時間設定無し)	10:00～14:00 (日により運行地域変更)	8:30～16:30
Subscription Service	運行 地域	都心部から地方部への サービス	Door-to-Doorの利用者 向けサービス	
	運行 時間	9:00～17:00 (日により運行地域変更)	-	

性を持つ。また日本では、バスネットワークの一部路線を Route-Deviation 方式の DRT として運行する場合や、地区内の移動を DRT に地域間の移動には鉄道もしくは既存のバスと役割分担を行う場合がある。

### 3.5.4 DRT 導入の評価と移転可能性

DRT 導入評価項目については導入目的により評価項目が異なるが、一般的には2章5節で示したような利用者側指標及び供給側指標に分類されるようになる。3章3節に示した、近年の DRT 導入実験の評価項目を以下に整理する。

SAMPLUS Project では、ITS 技術を適用した DRT の適用可能性と、各地域が抱える交通の問題点を解消することとなっている。具体的にはシステムと評価の目的(赤字額を増加させずに利用者サービス向上・平均乗車密度の増加及びコスト効率性向上・公共交通アクセス性向上(頻度・サービス近接性・信頼性)と、評価閾値と期待する効果(ITS 技術の導入によるコスト効率性改善、車両運行効率性。対象地域の交通問題の改善)としている。評価項目を表3-15に示す。SAMPLUS Project で導入実験評価の特徴は、各地域の実験期間が19ヶ月と長期間に渡り実施されたこと、また SAMPO Project から継続した地域では概ね

表3-15 SAMPLUS Project での評価項目<sup>14)</sup>

評価項目	指標	内容
経済性	運行コスト TDCコスト 車両回転率 路線の直接性 利用率	コスト/台時間・コスト/人, コスト/km コスト/人 車両の運行時間 潜在利用者の推計基準 台当り利用者
サービス指針	対象利用者基礎情報 トリップ目的 オペレーター指標 サービス適用範囲 サービス信頼性 予約の容易性 利用者快適性	年齢・性別・自家用車利用可能性 業務・買物等のトリップ目的とその頻度 利用者側の行動によるトリップ取りまとめ 運行時間に対する満足度 乗車時刻、目的地到着時刻への満足 予約システムの使いやすさ 車両の快適性
技術パフォーマンス	システムパフォーマンス システム処理能力 潜在利用者 LOSS データ信頼性	利用者の配車への信頼性、配車係の操作性 予約締切時刻、予約に必要な時間、 予約キャンセル 予約処理能力の問題
市場計画	(具体的な指標は提案されていない)	



表 3-16 導入実験評価項目 (日本:交通不便者のシビルミニマム確保のためのデマンド型交通モデル実験)<sup>20)</sup>

評価項目		内容
実施実験		実験体制・スケジュール(開発・モデル実験・評価)
実施内容	利用者	利用状況・予約システム評価・運行形態評価 (エリア設定・運行時間等)
	システム運用者	車載機・配車機器の操作性評価と課題抽出
	行政(地方自治体)	地域に与える影響の評価(商店活性化)、システム評価
	システム設計・開発	コスト構造分析・システム信頼性
	運行者(事業者)評価	利用者数変化・運行効率(コスト・車両稼働状況・サービス変化) 運営事業者競争力

4 年程実験が継続され、運行上の課題整理と対策が十分に行われたことや、実験結果の Feedback により柔軟にシステムの改善が行えた点がある。

日本では近年各地で DRT(デマンド型交通システム)の実験が行われているが、そのうち、2001年～2002年の間に実施された「交通不便者シビルミニマム確保のためのデマンド交通のモデル実験」での評価を例に表 3-16 にまとめる。

実験の背景及び目的には、地方中核都市や中山間地域での既存公共交通のサービスの低下や大都市郊外地域での交通空白地域があるため、それらの地域における主に高齢者を対象にしたデマンド型交通システム(DRT)の適用可能性を目的として、実証実験計画自身の評価及び、実験内容の評価を行っているが、DRT に適用する ITS 技術の評価項目には、開発・操作に対する項目が含まれている。

### 3.5.5 導入地域における評価指標の整理

DRT の導入指標には、2 章 2 節に示したような、予約に応じた運行形態の特徴を把握するものや、3 章 5 節 4 に示したような導入実験を評価する指標を取り上げたが、DRT の導入数は近年増加傾向にあるものの、EU 及び日本では本運行をしている事例が少なく、また本運行の実施期間が短いため、定量的なデータに偏りがある。

よって本節では、(1)導入実験に対する目的を具体的に示すような評価指標及び(2)DRT を導入地域別や他公共交通機関と比較する際に使用するパフォーマンス指標(FTA Section18)における、評価指標に着目して以下に整理する。

(1) 導入効果指標

導入効果を示す指標を利用者側及び運行側から整理する。運行側(もしくは運営側)の指標として、DRT と既存バスの運行コストを比較した例である、福島県相馬郡小高町で導入された DRT 運行費用と、同地域で福祉バスの各運行方式(自治体直轄・運行委託・運営運行全委託)の費用試算値と、実際に適用された DRT の運行費用を表 3-17 に示す。このうち DRT の運行コストの内訳はタクシー借り上げ料が大半を示すが、バス運行時に掛かる人件費に比べ低額なるため総経費が削減できる可能性が分かる。

表 3-17 バス・DRT コスト比較(福島県小高町)<sup>29)</sup>

種類	バス運行費用(推計値)			DRT 運行費用(実績値)	
	町直営	車両は町 運行は事業者委託	全事業者委託		
総経費	27136	23136	32990	17650	
走行経費	240	240	240	—	
車両費	2496	2496	3000	—	
タクシー借上料	—	—	—	12000	
システム保守通信料	—	—	—	1600	
人件費	運転者	12000	10000	12500	280
	運行管理費	6000	5000	5000	—
	整備管理者	6000	5000	5000	—
整備費用	400	400	400	—	
その他費用	—	—	—	830	

単位：千円

(2) DRT のパフォーマンス指標

DRT やその他公共交通の運行状況を比較に使用するパフォーマンス指標は、台キロ・運行時間・トリップ当りの費用で示されるコスト有効性、利用者、台キロ・運行時間当たりの利用者数によって示されるサービス効率性と、需要及び供給側の結果を取りまとめたコスト効果の 3 点により構成される。

アメリカ連邦交通局(FTA)Section18 の補助金対象地域を対象にし、導入状況概要を表 3-18 に示す。導入地域全体の各指標の傾向は、平均値より最頻地の方が小さい値を取る。これは平均値が大規模導入地域の値の影響を受けている傾向があるためである。また利用者数は日平均約 100 人で需要密度の低い地域で運行されていることが分かる、またトリップ当りの運行費用が平均値 7 ドル/トリップ、最頻値が 3.5 ドル/トリップであるが、DRT の運賃は 0.5~2.5 ドルとなるため、運行状況によっては補助金の額が増大になる可能性がある。

また表 3-19 に FTASection18 導入地域の導入地域基礎データを、表 3-20 にパフォーマンス指標を示す。

FTA Section18 の導入事例では、DRT は約 7 割の地域で導入されている一方、DRT が単独で導入されている地域も約 4 割の地域ある。表 3-14 に示したように、DRT と他の公共交通システムが導入されている地域では、DRT が補充的な公共交通として福祉的な公共交通となっていることがある。

導入台数は FIXED が導入されている地域が多いが、年間利用者の平均値では DRT+FIXED が導入されている地域が最大であり、最頻値では FIXED が些最大值を取る、これは、FIXED システムを運行できる地区での需要規模が大きいことを表している。また各輸送システムの輸送量を示す、年間 1 台当りのトリップ数では、FIXED システムが一番高く、これも、需要規模の大きさが要因となる。またトリップ当りのコストは、全体の平均値で検討した場合には、平均値は 7 ドル/トリップであるが、他交通機関の適用されている地区の平均値に比べ値が大きい、この理由には乗合タクシー、介護車両の平均乗車密度が他輸送システムに比べ低レベルなことが原因の 1 つとして考えられる。

またパフォーマンス指標については、DRT と FIXED システムを比較すると、トリップ当り、km 当りの運行コストは DRT の方が高い傾向があるが、運行時間当りのコストは DRT の方が低い傾向にある。これは、上記で示したように DRT の需要規模が低いことが原因と考えられるが、その一方で雇用形態の工夫等によって、ハンドル時間当りの支出額を抑える傾向が分かる。

表 3-18 運行側評価指標(FTA Section18)<sup>17)</sup>

	平均	最頻値
車両台数 (台)	11	6
利用者数 (人/年)	52196	33274
年間予算 (ドル/年)	315700	153500
トリップ/台 (トリップ/年/台)	7875	5385
台当り年間予算 (ドル/年/台)	31500	25000
費用/トリップ (ドル/トリップ)	7	4.62

### 3.6 各国での DRT 導入事例整理

本節では現在各国で導入されている DRT の導入状況の事例を取り上げ、導入地域、運行形態を整理し、その中で特徴のある事例を個別に整理する。

表 3-19 導入地域基礎データ<sup>17)</sup>

導入システム	導入地域数	車両数(台)		年間利用者(人/年)		年間予算(ドル)		トリップ数/台/年		予算/台		予算/トリップ	
		平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値
DRT	371	7	4	42,190	18,067	189,422	90,000	6,238	4,999	25,968	21,579	7	4
FIXED	97	7	5	124,823	59,083	355,036	204,851	14,940	9,760	48,110	40,333	6	3
DRT + Fixed	344	13	8	132,039	43,448	462,795	201,659	9,250	6,221	34,920	26,427	7	5
DRT + 他交通機関※	23	5	2	31,510	8,523	143,762	58,799	5,078	3,243	37,794	19,600	18	6
FIXED + 他交通機関※	242	16	19	82,117	47,190	398,417	232,410	6,075	4,645	29,046	24,698	7	5
他交通機関※	20	10	7	99,613	52,855	474,127	193,460	8,465	4,631	42,597	28,877	10	5
全体	1,097	10	5	97,083	28,746	334,836	118,731	7,941	5,470	32,083	24,894	7	5

表 3-20 パフォーマンス指標<sup>17)</sup>

導入システム	トリップ当り運行コスト (ドル/トリップ)		Km 当りコスト (ドル/km)		運行時間当りコスト (ドル/時間)		1Km 当り利用者(人/km)		1 時間当り利用者(人/時間)		サンプル数
	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	平均	最頻値	
DRT	6	5	2	1	26	20	0.5	0.3	5	4	55
FIXED	5	3	1	1	30	25	0.4	0.4	6	6	9
DRT + Fixed	5	4	2	1	29	27	0.8	0.5	8	6	48
DRT + 他交通機関※	4	3	1	1	20	23	0.7	0.5	5	6	13
FIXED + 他交通機関※	6	5	1	1	26	20	0.5	0.3	6	4	61
他交通機関※	5	4	2	2	23	23	0.7	0.5	5	7	5

※ 他交通機関：乗合タクシー(Shared Ride Taxi)、介護車両(Subscription Service)など

3.6.1 日本におけるDRTの導入事例整理

日本では、3章4節に示したように技術面や施策面でのDRT導入状況が整理され、2001年以降には実証実験や正式運行の地域数が増加傾向にある。導入地域及び導入年の特徴を表3-21に、運行形態上の特徴を表3-22に示す。

(1) 導入目的と対象地域

DRTの導入対象地域は、表2-3に示したように大都市都市部、地方中核都市や、過疎地域等様々な種類がある。都市部では既存バスサービスが提供されていない居住地域への新しい公共交通サービスの提供(東京都渋谷区)や、工業地域での需要が少ない日中の既存バスサービス向上を目的とした導入(大阪市南港)がなされている。また大都市郊外地域や地方部主要都市では、既存バスサ

表 3-21 近年の日本におけるDRTの導入状況

対象地域	導入地域(県名)	路線設定	運行状況※1	導入(実験)年	導入目的※2
都市	渋谷(東京)	業務・市街地～駅	P	1998～	S
	南港(大阪)	業務地域～駅	D	2001	R
	高知(高知)	市街地～駅	D	2000	S
郊外	鎌倉(神奈川)	駅～居住地	P	1995～	S
	下芥身(岐阜)	居住地～駅	D	2000	S
	稲城(東京)	居住地～駅	P	2001～	S
	鳴門(徳島)	居住地～駅	P	2001～	S
	上尾(埼玉)	居住地～駅	D→P	2001～	S
	けいはんな学研都市 (京都・大阪・奈良)	居住地～ 公共施設・駅	D	2002 2003	S
	名護(沖縄)	市街地～居住地	D	2002～2003	S
	宇都宮(栃木県)	居住地	D	2003	S
地方	中村(高知)	市街地・居住地	D→P	2000～	R
	平賀(青森)	居住地～駅	D	2001～	S
	小高町(福島)	居住地～市街地	D→P	2001～	S
	岬町(大阪府)	居住地～ 公共施設・駅	D	2002	R
	浦川原・牧村(新潟)	居住地～駅	D	2002～	S
	井川町(徳島)	居住地～駅	D	2002	S
	掛合町(島根)	居住地～市街地	D→P	2002～	S
	保原町(福島)	居住地～市街地	D→P	2002～	S
	志雄町(石川)	居住地～市役所	D→P	2002～	R

備考 ※1 D…実証実験、P…正式運行 ※2 S…既存バス補充、R…既存バス代替交通手段

ービスが提供されていない団地や公共施設の前へ停留所を設定し、バスサービスの向上を図る場合(栃木県宇都宮、埼玉県上尾市)や、居住地域～駅・商業施設間などで既存バスでは乗換えが必要な区間への補足的なサービスを提供する目的で導入されている(けいはんな学研都市、京都府・大阪府・奈良県)。

その他の小規模な地方都市や、山間部の集落では、在来のバスが運行されていない地域での新しい公共交通サービスの提供を目的とした導入(福島県相馬郡小高町)、運行本数が1日数本程度と少ない地域でのバスサービス改善を目的とした導入や(Door-to-Doorのサービス提供、利用者の予約に応じた運行)、運行本数が少ない既存バスの代替交通手段としてのDRTの導入(高知県中村

表 3-22 運行特性(車両、予約システム、運行形態)

	導入地域(県名)	使用車種 <sup>※1</sup>	車両台数(台)	定員(人)	予約システム <sup>※2</sup>		運行形態(路線設定)		
					予約締切時刻	Call Back	運行形態 <sup>※3</sup>	運行時間	停留所設定
都市	渋谷(東京)	B	5	26	5	×	R	12:00	○
	南港(大阪)	B	4	(NA)	T	×	R	7:00	○
	高知(高知)	B	1	(NA)	T	×	R	7:00	○
郊外	稲城(東京)	B	3	35	T	×	R	13:50	○
	鎌倉(神奈川)	B	6	39	5	×	R	17:00	○
	下芥身(岐阜)	B	1	44	T	(NA)	R	7:00	○
	鳴門(徳島)	B	22	55・72	10	×	R	8:00	○
	上尾(埼玉)	B	6	26・49	T	×	R	10:00	○
	けいはんな学研都市(京都・大阪・奈良)	B	3	35	F	×	D	11:00	○
	名護(沖縄)	B	5	25	T	×	R	13:00	○
	宇都宮(栃木)	B	32	29・61	T	×	R	14:00	○
地方	中村(高知)	B	2	24	F	○	D	9:30	○
	平賀(青森)	B	1	40・50	前日	×	R	10:00	○
	小高町(福島)	T	3	9	30	○	S	9:00	×
	岬町(大阪)	T	2	7	F	×	D	5:00	○
	浦川原村・牧村(新潟)	B	1	29	前日	×	R	7:00	○
	井川町(徳島)	B/T	8	3	T	×	S	6:15	○
	掛合町(島根)	T	2	(NA)	30	×	S	8:30	×
	保原町(福島)	B/T	5	3~8	30	○	S	8:30	×
志雄町(石川)	B/T	5	4~9	30	×	S	10:20	×	

※1 B…バス車両、T…タクシー車両、※2 T…時刻表を基準、F…任意の時刻

※3 R…Route Deviation, S…Semi-Dynamic D…Dynamic (NA)…該当データ無し

市)がなされている。また地域内で利用者の少ない集落への迂回路線の設定(青森県黒石市)、集落内から既存バスまでのまでの距離が長い場合の端末交通としての DRT システムの導入(徳島県三好郡井川町)としての導入方法がある。

#### (2) 対象トリップ

DRT が対象とするトリップは、第 2 章で示したように、対象地域内の分散したトリップを取りまとめて運行することが可能である。表 3 - 21 及び(1)で示した導入対象地域から整理を行うと、居住地域内や居住地域から商業施設や公共施設への移動や、鉄道駅へのアクセス交通手段としての導入がなされているので、買物目的や通院等の私事目的の外出を対象としていることが分かる。

運行時間帯に着目すると、始発時間が朝 8 時から 9 時、最終便の運行時間が 18 時から 20 時程度が中心であるため、日中のトリップを対象としていることが分かる。またその一方で団地等を対象とした路線では、通勤及び通学のトリップを検討していることが分かる。

#### (3) 運行形態

運行形態は、2 章 2 節で示したように、Fixed 方式、Route Deviation 方式、Semi-Dynamic 方式 Dynamic 方式の 4 種類がある。

Route Deviation 方式は、病院等の公共施設の正面に迂回路線のバス停を設置して公共施設へのアクセス性を改善する場合や、在来のバスが導入されていない団地や居住地等への迂回路線設定によるバスサービスの改善を図る場合に導入されている。

Semi-Dynamic 方式では、起点を出発する時刻を設定し、その前までに受け付けた予約に応じその都度経路の設定を行うシステムで、対象地域内に分散したトリップに対応できる可能性がある。現在 Semi-Dynamic 方式は、人口密度が低く在来のバスが導入されていない地域(福島県相馬郡小高町)や、従来のバスでは対応できないトリップへの対応(福島県伊達郡保原町)、既存バスの代替交通手段としてサービスを改善するといった目的で導入されている。また、既存バスの Feeder 路線としての導入で、既存バスのダイヤに合わせた運行をする地域もある(徳島県三好郡井川町・石川県志雄町)

Dynamic 方式は Semi-Dynamic 方式と同様、対象地域内に分散したトリップを取りまとめ、経路を短縮できる可能性のあるシステムであるが、利用者の予約に完全応じて経路や時刻表を設定して運行する点で異なる。Dynamic 方式は、中村まちバス(高知県中村市)や、けいはんな D バス(けいはんな学研都市)にて適用され、地域内に分散した Trip に応じて運行されている。

### 第3章

停留所の設定方法は、既存のバスと同様の停留所を使用する方法、利用者の予約に応じた区間に新しい停留所を設定する方法、予約に応じ対象地域にきめ細かく停留所を提供する方法や、停留所を設置せずに Door-to-Door のサービスを提供する方法がある。

#### (4) 予約受付形態

DRT の予約には、初期の DRT より適用されていた電話やコールポール(予約ボタンのついた停留所)を使用する他に、近年では FAX、メール、インターネットのホームページを使用したものがあるが、導入地域のうち大半が電話による予約受付を行っている一方、予約に応じて運行する箇所が少ない Route Deviation 方式では、迂回部分のみにコールポールを設定し、コールポールのみで予約を受け付ける場合が多い。また予約受付時間は、表 3-23 に示したように車両の出発前に予約を締め切る場合と、任意の時間帯に予約を受け付ける場合の 2 種類がある。Semi-Dynamic 方式の DRT は、起点出発の時刻を基準に予約を締め切り、現在日本で導入されている Semi-Dynamic 方式の DRT では、起点の 30 分前までに予約を締め切っている。Route Deviation 方式では、利用(予約)するバスが起点を出発する前(30 分～5 分)までとなっている。Dynamic 方式では、利用者の予約に完全に対応して時刻表や経路を運行するため、予約締切時間を設定せず、任意の時間に予約を受け付ける場合がある。

#### (5) 使用車両

DRT の運行に使用されている車両は、バス車両を使用する場合と、タクシー車両を利用する場合がある。バス車両を利用している地域では、短期的に行われる実証実験を行っている地区での導入や、既存バス路線を改良し、迂回ルートを設定した場合の導入がされている。その一方で人口密度の低い地方都市部や過疎地域では、ジャンボタクシーや既存タクシー車両を利用したサービスも提供されている。

#### (6) 運賃設定

既存バスを補充した形で導入されている DRT の運賃は、既存バスと同様に運賃設定がされている場合が多いが、一部地域では、運賃を安く設定している場合がある。また過疎地域では、導入時に既存タクシー運賃と比較しているが、実際に設定されている運賃は 300 円程度と、タクシー利用時より低額に設定されている。



(7) 近年の日本における導入事例紹介

① 東急トランセ

1998年に東急バスの子会社である東急トランセが、渋谷駅(東京都渋谷区)を中心に循環型路線を導入した。このシステムは路線の一部に迂回ルートを設置した、Route Deviation 方式のDRTである。利用者が迂回路線上の停留所を利用する場合、停留所に設置されている予約ボタンを押すことにより予約を行い(図3-4下部)、停留所から予約があった場合は、微弱電波を利用し、迂回路線の手前(鉢山町交番)に設置されているコーナーポストを点灯させ、運転者に予約を連絡する。また迂回ルート上で降車する場合は、利用時に口頭で運転者に連絡する。



図 3-4 東急トランセ路線図 <sup>30)</sup>



図 3-5 デマンドルートバス停



図 3-6 東急トランセ車両

② 中村まちバス

高知県中村市に2000年4月より導入されたシステムであり、利用率の低い市内循環バスの代替交通手段として、中心市街地である3km四方の路線網を、予約に応じて運行を行うDynamic方式のDRTシステムが導入された。路線の決定方法としては、利用者の予約にその都度応じ、予約の入った順に経路を決定して行く方式を取り、その中で最短経路を探索する方式をとる。

既存の市内循環型バス路線は、目的地まで運行されていたため、目的地までの迂回が多くなることや、導入車両台数も限られていたため、利用者の待ち時間や乗車時間が長くなる傾向にあった(既存バスの運行間隔は0.5本/時)。予約に応じて経路を設定した場合には、経路長を短く設定でき、待ち時間や乗車時間を短縮することが可能となった。利用者が電話・FAX・パソコン・キオスク端末を利用しオペレーションセンターに利用希望時刻・目的地を連絡し、オペレータが配車を行い、その結果得られた可能な運行計画を利用者に連絡する。また予約に応じた運行スケジュールを車載機に連絡し、運行指示を行っている。

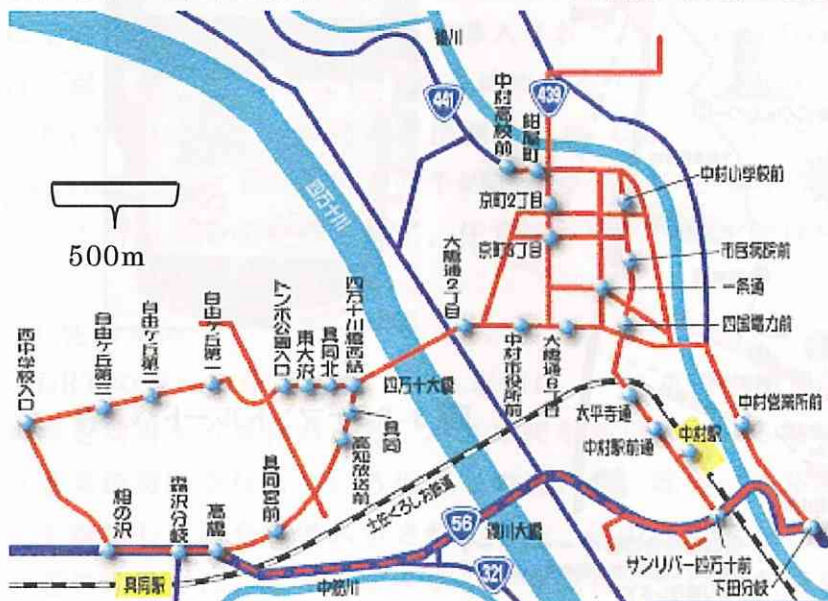


図 3-7 中村まちバス路線図 <sup>32)</sup>



図 3-8 中村まちバス車両 <sup>33)</sup>

③ けいはんなデマンドバス(D-Bus)

京都・大阪・奈良3県に跨り、現在開発が行われている関西学園都市内のうち、精華西木津地区、高山地区、正常相楽地区の3地区で、既存バスの運行されていないODを対象に(鉄道駅・居住地域・病院・商業施設、研究施設)事後的に運行されたシステムである。2002年10月~12月と2003年7月~11月の間に、として運行された。運行形態は、利用者の予約に応じて運行するDynamic方式であり、利用者の予約が入った順に予約を受け付けて運行する形態をとる。また停留所の設定は、約200m間隔と既存バスより短く行っている。



図 3-9 けいはんな D バス車両



図 3-10 けいはんな D バス路線図

(路線図を基に著者作成、太字は居住地・施設が集積し停留所が密な区間、点線は施設アクセス・他方面バス乗換用停留所が中心に設定されている区間)

④ おだか e まちタクシー

福島県小高町では、市内に運行されているバスの路線数と本数の双方が少なく、居住地域と市街地間の移動は、自家用車に依存してきた。免許非保有者は、自宅から病院や商店街のある中心市街地に自家用車での送迎やタクシーを利用せざるを得ない。

そのため、2002年4月に導入されたシステムであり、既存バス路線が導入されていない地域に、導入された Semi-Dynamic 方式のシステムである。小高町の東部・西部・まちなかの3区域に分割して、基本路線を設定し、予約に応じて運行する経路をその都度設定する。時刻表は、駅付近の中心市街地付近の通過時刻を基準として、利用者の予約を受け付け、決定をしている。また停留所は設定されておらず、利用者の予約に応じ、自宅前、中心市街地にある病院や商店等の前で乗降が可能な Door-to-Door のサービスを提供している。

利用者は利用の30分前までにオペレーションセンターに電話を行い、予約希望を連絡する。オペレーションセンターでは、利用者の予約を受け付け、配車を行い、利用者に乗車時刻及び待ち時間の概算値を連絡する。またGPSを利用した管理サーバーにより、車両の位置情報や、利用者の乗降状況を把握することが出来る。

配車を行う場合、利用者の予約の入った順番に乗車を行えるように配車し、経路は運転者の判断によって決定される。また、予約が集中する場合や、利用者の待ち時間が長すぎる場合に予約が不成立する場合がある。

運営費用は、小高町商工会がタクシーの空車時間分を借り上げて、その分のコストを支払う形で賄う形式を取っている。

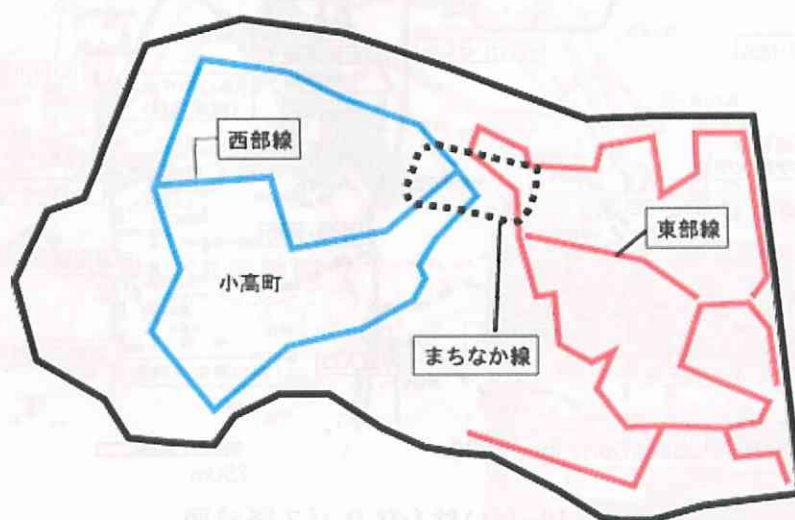


図 3-11 おだか e まちタクシー路線概要図



図 3-12 おだか e まちタクシー車両

### 3.6.2 ヨーロッパ諸国における DRT の導入状況と事例整理

3章3節~5節に示したように EU 加盟国で EU 加盟国である 4 カ国 5 地域で (スウェーデン、イタリア、ベルギー、フィンランド) で近年発達してきた通信情報技術を用い利用者の需要に応じて運行する交通手段である DRT System の導入実験が 1995~96 年の間に行われた。(SAMPO: Systems for Advanced Management of Public Operator project) また、SAMPO Project 終了後には、アイルランド、イギリスでの実験を加えた SAMPLUS Project が 6 カ国 9 地域で行われ、各地域での実験の継続や適用可能性の評価が行われた。

表 3-23 SAMPLUS Project での導入状況

国名	都市名	導入対象地域	対象利用者
ベルギー	Limbourg	郊外部での公共交通端末	一般乗合
	W-Flanders		
	E-Flanders		
フィンランド	Keshi-Uusimaa (Tuusula, Kerava Järvenpää)	地方部での公共交通端末 都市部低需要地域での運行	一般乗合 (タクシー車両は 高齢者・障害者用)
	Swinäjoki	郊外地域	一般乗合
イタリア	Campi Bisenzio	郊外部から都心部のアクセス	一般乗合
	Porta Romana	都市部	高齢者・障害者
	Florence	都市部	
スウェーデン	Högsbo(Gothenburg)	都市部	高齢者・障害者
	Märsta(Stockholm)	地方部	一般乗合
アイルランド	Kilkenny	地方部	一般乗合
イギリス	West Sussex	郊外部	一般乗合
	Surrey	都市~地方部間	高齢者・障害者

### 第3章

これらの実験では、上記で示した ITS 技術の DRT に対する適用可能性を示すと共に、都市部及び郊外部での特定利用者(高齢者・障害者)向けの Door-to-Door の公共交通開発や、需要が低密度な地域や分散している地域での旅客輸送期間の適用化可能性を導入目的としている。

#### (1) 導入対象地域

SAMPO 及び SAMPLUS Project での導入対象地域を地域特性及び対象利用者の 2 点に分類し表 3-23 に示す。地方部の一般利用者を対象とした DRT は、既存公共交通の端末交通手段(ベルギー、フィンランド)、郊外から都心部への交通手段(イタリア)、その他地域内の移動を対象としている。また都心部で運行されている DRT は高齢者・障害者の移動の他、都市内の低需要な地域を対象に運行を行っている。

#### (2) 対象利用者及びトリップ

導入対象地域により異なるが、特定利用者を対象とした公共交通機関では、高齢者及び障害者の日常の移動(買い物や私事目的)を対象にしている。またこれらの実験では、上記で示した ITS 技術の DRT に対する適用可能性を示すと共に、都市部及び郊外部での特定利用者(高齢者・障害者)向けの Door-to-Door の公共交通開発や、需要が低密度な地域や分散している地域での旅客輸送機関の適用可能性を導入目的としている。

表 3-24 SAMPLUS Project 各地域の運行状況

国名	都市/地域名	車両台数(DRT)		路線数	
		DRT	タクシー	路線数	運行時間
ベルギー	Limbourg	20	—	21	月-金曜日 13-5 土曜日:12
	W-Flanders/E-Flanders	5	—	6	月-金曜日 13:5
フィンランド	Tuuula/Järvenpää/Kerava (Swinäjoki)	2	30	1	平日 13-5 休日 7.5
	Swinäjoki	2	30	2	12.5(平日 3 日)
アイルランド	Kilkenny/ Cavan-Leitrim	7	—	4	1 日 2~3 回
イタリア	Campi Bisenzio	4	—	1	14
	Porta Romana	2	—	1	14
	Florence	5	—	1	16
スウェーデン	Högsbo(Gothenburg)	4	—	1	8
	Märsta(Stockholm)	1	—	1	8
イギリス	West Sussex	2	—	1	NA
	Surrey	NA	—	1	NA

備考 NA・・・参照データ無し)

表 3-25 SAMPLUS Project 運行形態の整理

停留所設定 運行形態	あり	部分的に設定	無し
Semi-Dynamic	West Sussex(イギリス) Limbourg,W&E-Fkanders (ベルギー) Marsta(スウェーデン), Porta Lomana(イタリア)	Gothenburg (スウェーデン)	Cavan-Leitrim ,Fermanagh (アイルランド)
Dynamic	Tuuaula/Järvenpää/Kerava (フィンランド), Campi (イタリア)	Swinäjoki (フィンランド)	Florence (イタリア)

(3) 運行形態上の特徴

表 3-24 に各実験地域での DRT 運行の基礎的な情報である、導入車両台数、路線数及び運行時間を示し、表 3-26 に路線設定状況を示す。導入車両台数は Limbourg(ベルギー)を除き 1~7 台と少数に留まっているが、Limbourg では複数路線を分割し設定していることを考慮すると、他地域での導入台数と一致する。また各地域の運行時間は概ね 12 時程度であるが、アイルランドでは、1 日 3 回のみとかなり限定されていることや Swinäjoki(フィンランド)のように毎日運行で無い地域があり、これらの地域では既存公共交通を補充する形での導入や、社会的に必要最低限の公共交通の導入がされていることが分かる。

(4) 導入評価指標整理

SAMPLUS Project の導入評価指標は、表 3-15 に示したように①経済性、②サービス指針、③技術パフォーマンス、④市場計画の 4 点に着目されているが、各実験地域での評価項目のうち、特色ある指標を表 3-26 に整理する。

① 経済性指標

経済性の評価指標のうち、ベルギーの例ではトリップあたりの運行コストは既存バスに比べ約 2 倍程度と非常に高い値を取るが、営業時間当りの運行費用については、複数地域で比較を行うと、営業時間当りの運行費用は地域によってばらつきがあるが、この理由はコストの算出方法(計画段階のコストを利用、また契約運行に掛かる費用のみを算出)が原因となっている。また台キロ当りの運行費用も同様に差がある。また利用者 1 人当りの配車センター(TDC)コストは、0.6~4.5 Euro/Passenger と非常にばらつきがあるが、利用者数によってこの値の大小が決定されるため、導入時にある程度の乗客数が確保される必要が

ある。運行指標のうち車両回転率が4~8割と地域毎に差がある原因は、タクシー車両を利用したサービス提供を行っている地区でのDRT車両稼働率が低いことがあり、その他の地域では、概ね7~8割と高水準となっている。

また、複数利用者の予約取りまとめによる迂回の発生状況を示す、目的地への直接性は、最短経路と比較して7%の増加と比較的低水準になっている。

#### ② サービス指針

対象となる利用者の属性は、対象地域の属性によって異なるが、郊外地域の鉄道端末輸送機関として導入されているベルギーでは利用者の8割は女性が占めることや、買い物トリップを中心としている、また自家用車利用可能性の無い公共交通Captive層が9割を占めている。また、導入地域のサービスは詳細を示すが、運行時間帯は平日12~14時前後、土曜及び休日は平日より短いもしくは運行されない場合が多いため、現在運行されていない時間帯への希望が多い。配車のサービスに対する信頼性指標では、前もって予定乗車時刻の誤差幅基準を設定(10~15分)を設定し、その満足度を設定するようにしているが、その満足度は概ね6割程度となっている。また所要時間はDRTの対象地域規模が大きくなるにつれ、予約受付数が増大し迂回が増加する可能性があり、利用者満足度が減少する傾向にあり、また車外時間と車内時間を比較した場合には、同時間であっても車外時間の方を拒否する傾向にある。またアクセス時間は、2分程度であれば8割以上の利用者が満足している一方、10分以上になると頻度の低下に繋がる可能性がある。

また予約システムに対する満足度は概ねよいが、操作性の問題や予約締切後に最終的に確定した乗車時刻を連絡するCall Backの問題点として、Call Backの連絡前に利用者が自宅を出てしまうので、連絡ができない点がある。

#### ② 技術面

TDCによる配車信頼性は非常に高く、配車のミスは2%しか起こらないが、システムの信頼性低下が起こる一方、システムの処理能力等が原因となる。

また予約締切時刻は、10~120分と幅があるが、配車処理の観点から見ると締切時刻が長いほうが余裕が持てる。またTDCのエラー(予約を行おうとしても応答が無い)によって、一部利用者が利用を中止するために、潜在的な利用者の喪失が10%弱発生している点が問題となる。



表 3-26 DRT 評価指標の代表例 22)

		評価指標	代表的な値/内容	備考/問題点
経済性	運行コスト	トリップ当り (Euro/Trip)	14.4 (フィンランド)	既存バスは 7Euro/Trip 以下
		営業時間当り (Euro/hour)	58~105	コスト算出方法による差
		人当り (Euro/km)	0.85~25	
		TDC コスト (Euro/passenger)	0.6~4.5	
		実験期間中利用者数増加	11~14%	
	運行指標	車両回転率	35~78%	タクシー車両の利用による変化
		目的地直接性	迂回による距離増加 7%	
利用率(人/車両・時)		4~36	地域の需要密度による差	
サービス指針	個人属性	利用者属性	女性: 80%(ベルギー)	
		自家用車利用可能性	公共交通 Captive 90%(ベルギー)	
		年齢(最頻値)	15歳以下(フィンランド)	学生、主婦、高齢者が中心であるが、対象地域により依存。
			15-30(Campi Porta Romana)	
	31-45(Florence)			
	44(ベルギー)			
	トリップ目的	買い物/Social Visits/業務	対象地域に依存する	
	サービス適用範囲	休日サービス提供・運行時間延長、24時間サービス提供	予約不成立の発生(1~10%)	
	サービス信頼性	Time Window 設定	80%が満足 (ベルギー)	TDC システムによる改善
		15分以上のずれを遅れと定義	発生率 11%, 64%の利用者は満足(フィンランド)	
	予約の容易さ	満足度 45~65%	人間工学的な問題(イエテボリ)	
利用者利便性	所要時間満足度	40~62%	所要時間へお満足度は運行エリア規模の増加により低下。	
	運賃満足度	72~90%		
	徒歩時間満足度	82%~90%	徒歩時間が2分以内、10分以上では利用頻度の減少に繋がる(ベルギー)	
	Call Back		Call Back 時の利用者の問題	
技術面	システムパフォーマンス	配車信頼性	配車ミス 2%	改善点: スケジューリング設定の改善、運行形態による影響
	システムキャパシティ	予約締切時間	10~120分	予約締切時間が長いと運転者・配車係の負担軽減
		Call Back	到着の 15~30分前	導入する必要は必ずしもない
	潜在利用者の喪失	4~12%	TDC の処理能力の問題	
	データ信頼性	(データ欠損等)		

(5) ヨーロッパ諸国での DRT 導入事例

① Personal Bus (Campi:イタリア)

Firenze 郊外地域に導入された DRT システムで、Dynamic 方式の運行形態を取る DRT システムであり、約 30km の範囲を 9 台の車両(一般利用者用 5 台、高齢者及び障害者用 4 台)と、利用者の予約に応じ、その都度路線設定を行って運行するシステムである。また図 3-2 でも示したが、予約は乗車の 10 分前までに行うためほぼリアルタイムでの運行を行っている。

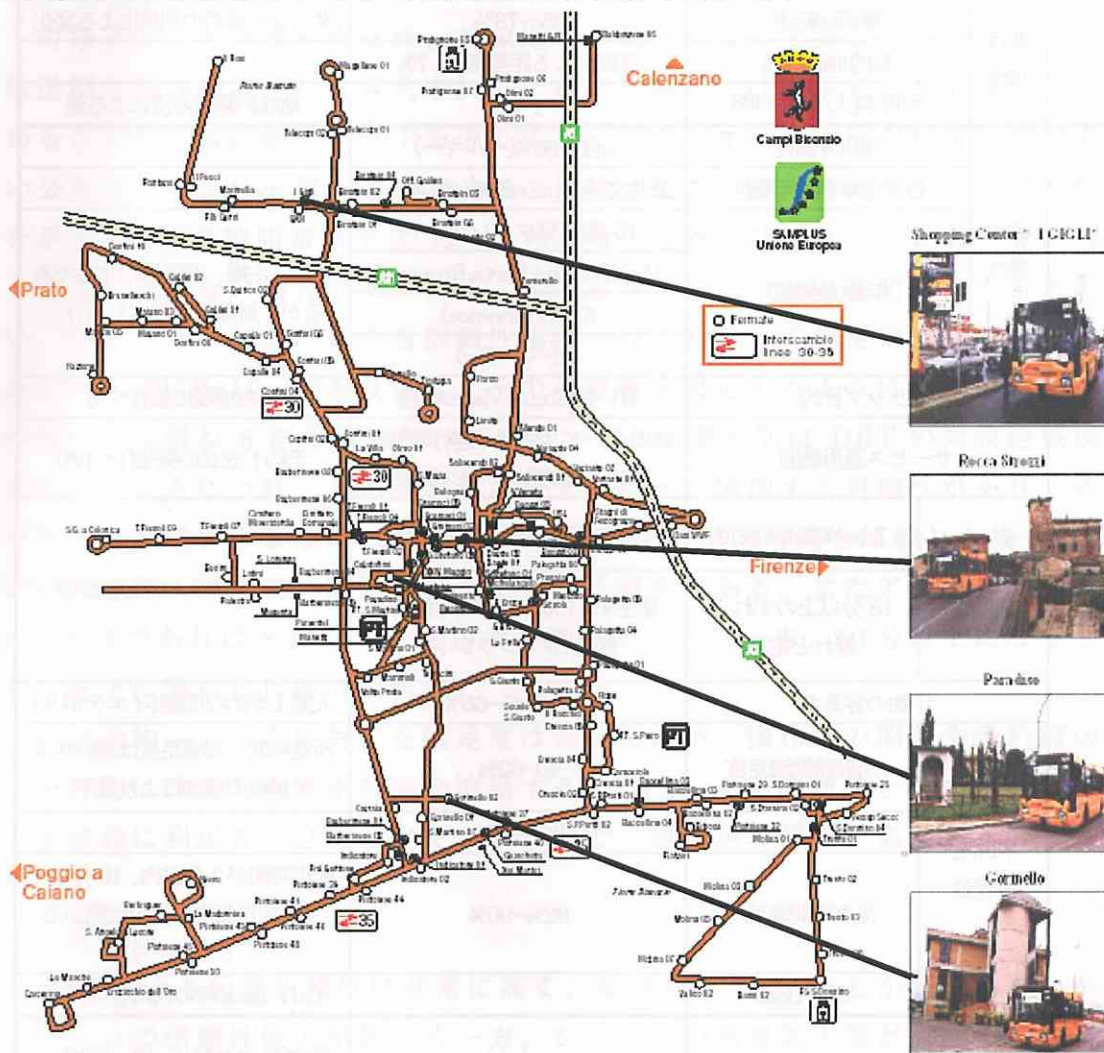


図 3-13 Personal Bus 路線図・車両<sup>34)</sup>

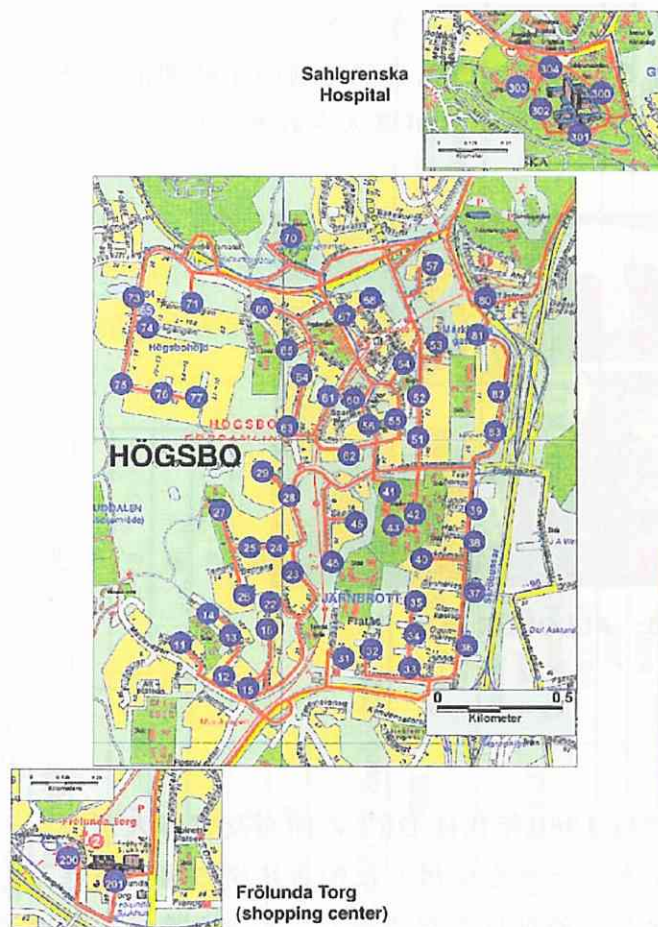


図 3-15 Flex Route  
使用車両(Gothenburg)

図 3-14 Flex Route 路線図(Gothenburg) <sup>35)</sup>

② Flex Route, (Gothenburg:スウェーデン)

1996年にSwedenの市街地(約7k m<sup>2</sup>)に導入したシステムである。高齢者や障害者の都市地域内での移動を目的に導入したシステムであり、市街地の端2箇所にある起点より、30分もしくは60分間隔で出発し、市街地内の路線網を利用者の予約に受け付け運行を行うFlexible方式のDRTシステムである。利用者は電話やインターネットを通し予約を行う。

③ ALLOBus(Paris:フランス)

既存公共交通の適用が困難な特定のトリップを対象としたDRTシステムには、1998年にパリ、シャルル・ド・ゴール空港勤務者の通勤交通手段として導入されたAllobusがある。既存公共交通の運行時間帯外に空港勤務者が通勤帰宅を行うため、空港勤務者の通勤トリップに占める公共交通利用率6.5%と、空港利用者の25%に対して低く、空港勤務者の需要に応じた公共交通整備が課題となっていた点や、空港付近の非就業者に対してモビリティを提供することに

より、就業機会を与えることが導入のきっかけとなった。

運行システムは、電話受付によるシステム出発希望時刻の1時間前までに予約し、30分間隔での運転を基本とするシステムが導入された<sup>36)</sup>。



図 3-16 ALLOBUS 車両<sup>36)</sup>

### 3. 6. 3 北米での導入状況

#### (1) DRT 導入状況概要

3章2節に示したように、北米では1960年代にDRTの開発及び導入が進み、70年代に各地で導入が進み、コンピュータを使用した配車技術の開発が進んだ一方、生産性の低さ等が原因となり、福祉目的や空港アクセスの旅客輸送機関と特定なトリップを対象としたシステムとなった。その一方で、一般公共交通としての導入は、FTA Section18のプログラムで示したように、需要密度が低く従来型の路線の導入が困難な地域へも適用されている。表3-28にFTA Section18で適用されている旅客輸送機関の運行形態とその導入地域数を示し、表3-29に代表的な導入事例を示す。

導入地域では、地方の都市部及び郡部で適用されているが、対象地域の人口密度は、1~1300人程度とばらつきがあるが、概ね低密度である。運行形態のうち、路線当りの導入車両台数は、Venangを除き1~6台程度となっている。また、対象利用者は一般の利用者を含む場合もある一方、高齢者・障害者の通院や日常の移動を中心にしている。

運行上の特徴を整理すると、運行時間は平日日中を中心にしているが、Cunty Senior Citizensのように、週1回のみ運行に留まる地域もある。また予約締切時間については、リアルタイムでの利用が可能なものがCity of Soledad System, City of Almaで適用されている一方、他地域では、利用前日までに予約を締め切る形態をとる。

表 3-28 FTA Section18 運行形態 17)

運行形態	導入地域数	割合
DRT	371	34
FIXED Route	97	9
DRT + Fixed Route	344	31
その他交通機関※	23	2
DRT + その他交通機関※	242	22
FIXED Route + その他交通機関※	20	2

表 3-29 導入状況列(FTA Section18) 17)

名称	City of Alma Dial-A-Ride	Bonifay Florida	Carroll, Iowa	LAREDO (WEBB COUNTRY)	Venang County	City of Soledad System	County Senior Citizens	Pillaski County Transit system
地域名	Alma, Michigan	Tri-county community council Incorporated	Iowa Western Iowa Transit System	TEXAS, RL AGLIA	Pennsylvania, and ITS Transportation Services	California	Ellendale, North Dakota	Hawkinsville Georgia
範囲(km <sup>2</sup> )	15	5500	9000	9220	2650	25	2900	6.4
人口(人)	9000	64453	78836	10728	59381	9000	5900	8106
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	600	12	9	1	22	360	2	1267
導入地域	ミシガン中央部小規模都市	北フロリダ3郡	西アイオワ6郡	南テキサス1都市	ペンシルベニア中央部の3都市	北カリフォルニア地方都市	北ダコタの地方郡	東ジョージア州の郡部
運行方式	Dynamic	Semi-Dynamic	Dynamic	Dynamic	Dynamic	Dynamic	Dynamic	Dynamic
導入台数	6台	44	40	6	21	1	1	1
路線数	1	10	6	6	1	1	3	1
対象利用者	地区内移動	医療、リハビリセンター利用者	一般、高齢者・障害者、	通院者、障害者	高齢者センター利用者	地区内外への移動	高齢者・障害者	主に高齢者・低所得層
運行時間	平日 7:30~17:30	1日前	平日 7:00~17:00	6:00~11:00 13:00~19:30	-	8:10~17:00	8:30~15:30(週1回)	平日 8時~17時
予約締め切り	15分前	1日前	1日前	-	-	(予約後10-15分で到着)	-	3日~24時間前
運賃	(1ドル)	(1ドル)	1ドル	高齢者/障害者は無料	-	0.75(子供高齢者:0.25)	-	1
他モードとの連携	乗合タクシー	-	-	-	固定路線バス	-	医療用車両	-

(2) 北米での具体的な導入事例

① Flex Route : Minnesota valley

アメリカミネソタ州ミネソタバレーに導入されている DRT システムであり、既存バスネットワークの一部を補充するシステムである。図 3-17 に示すように、固定の路線及び停留所が設定され、予約に応じてのみ運行する Deviation Area が路線の周り 1.2km に設定されている。予約は利用の 2 日前までに行う必要があり、運賃は固定ルート上 \$1.25 である一方 Deviation Area 上が \$1.75 と運賃が高めに設定され、高度なサービスを提供する場合にはそれに見合った運賃を利用客に対し支払う仕組みになっている。

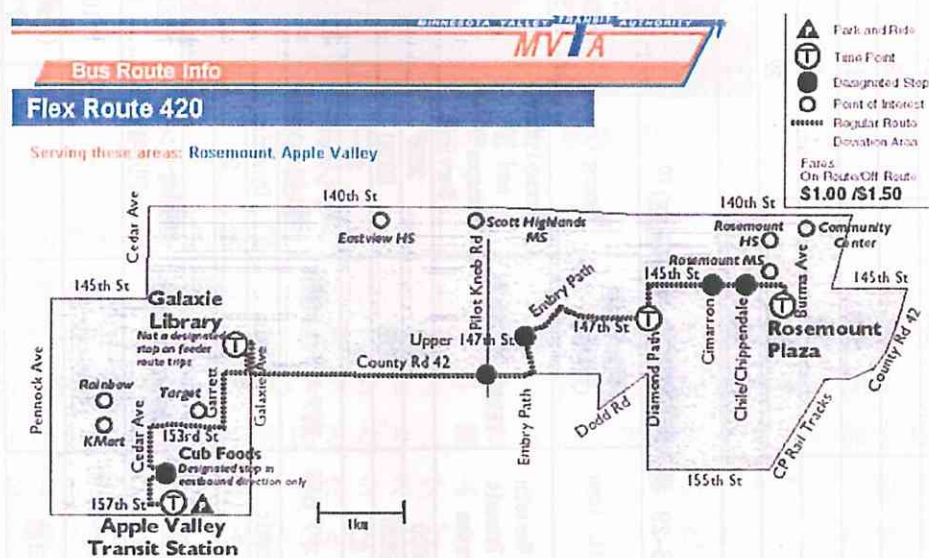


図 3-17 Flex Route(Minnesota valley)路線図 38)

② Taxi bus カナダケベック州

1996年にカナダのケベック州の過疎地域に導入されたシステムであり、既存バスの代替交通手段にタクシー車両を利用した運行を行っている。既存のバス路線と同様に固定された路線を設定し、停留所に時刻表を提示している Fixed 方式であるが、利用者の予約が入らない時刻は運行しないようになっている。

利用者が利用する際には、予約の1時間前までに運行センターに利用を連絡する。タクシーを運行する会社は、利用者からバスを利用した場合と同額の運賃を徴収する一方、行政からは、運行したタクシーで運行した場合の運賃と、バスで運行した場合の運賃の差額を運行会社に支払う。

### 3.7 DRT 検討課題の整理

以上で示した DRT の導入に関する取りまとめを 運営・事業としての課題と、研究上の課題の 2 点に分類し、以下に整理する。

#### 3.7.1 運営者・事業者側の検討課題整理

##### ① 制度面の課題

アメリカ及び EU 諸国でのバス事業に対する規制と DRT の導入状況を比較する。強い規制下においては、地域内のバス事業者により DRT が運行されている。またオープンアクセス方式及びフランチャイズ方式が適用されている規制緩和が行われている地域での DRT には、DRT を社会的に必要なサービスと位置づけた、非営利的な運行がなされている。

DRT は既存バスとタクシーの中間に位置づけられる公共交通機関であり、導入する際には、既存のバス及びタクシー事業者との調整が必要となる場合もある。また交通政策上の課題も同時に検討すると、地域内の交通計画上どのように DRT システムの地域内での位置づけを整理することと、運営及び運行主体を設定する方法の整理と決定方法が必要となる場合がある。

さらに DRT 運行コストの問題には、ITS 技術の導入や運行には数百万の費用が掛かることや、需要が低密度な地域で導入するために運賃収入が低くなる可能性があるため、補助金適用や、運行コスト削減に対する工夫が必要となる。

##### ② ITS 技術の適用方法とその課題整理

2000 年以降 ITS 技術を適用した DRT の導入実験が日本各地で行われてきている一方、技術の導入課題及び評価の整理が行われていない点がある。①でも示したように、ITS 技術の導入及び運営には費用が掛かることや、運行管理技術が今までに無いものであるため、配車係のトレーニングの時間及び費用が必要となる。

ITS 技術の導入については、適用しない場合の問題点の把握と、ITS 技術による問題解決方法と効果の整理が必要となる。具体的には 3 章 5 節で示したように、新しい地域で導入する場合の課題には、ITS 技術の導入に対する評価の整理を行う必要がある。DRT に使用される ITS 技術の個々の特徴整理と導入費用及びその効果を整理し、カスタマイズを行う方式、また導入した場合の便益を解くがある。その一方では、日本における過疎地域の導入事例で示したように、運行形態が複雑でない場合には、ITS 技術を用いない単純なシステム導入も考えられる。

#### ③ DRT 導入計画上の課題

DRT 導入計画フレームの策定を既存バスの計画に基づき整理すると、対象となる地域の公共交通計画主体や、運営及び運行に関する行政(自治体)と事業者の役割分担の枠組みの中<sup>32)</sup>で、DRT がどのように導入されることが望ましいのかを以下に整理する。

DRT の導入計画段階では、中村まちバス(高知県中村市)等のように、地域内の唯一の公共交通手段として DRT を導入する場合には、予約に応じた運行形態(路線設定やサービス内容)を決定し、利用者のサービスに対する受容性への調査を、導入事前に対象利用者に対し十分に説明を行ったうえで実施することや、また実験期間中や実験事後に、実験結果の Feed Back をする必要がある。また既存バスとの運行コスト面や提供サービス面の比較を行い、DRT が利用者、運行者、自治体にとって本当に有効な交通システムかを分析し、導入計画を進めていく必要がある。

その一方で、既存バス路線網が設定されている地域では、Campi(イタリア)のように既存バス代替交通手段として地域内の全路線を DRT に置き換える場合や、また表 3-12 の FTA Section18 の事例で示したように、既存バスネットワークの補充手段としての導入や、特定のトリップに対応した交通手段としてのみ導入する場合等、DRT の導入状態が多少変化する可能性があるが、公共交通網計画の上で DRT をどのように位置づけるかという点も重要となる。また、DRT 導入地域の市場環境にもよるが、運営や運行の主体と役割の整理を十分に行う必要がある。

#### 3.7.2 研究側からの課題整理

DRT の需要側分析には、運行上の特徴である、利用者の予約に応じた運行形態に対する利用者の受容性や、DRT の提供サービスに対する利用者交通行動の変化に着目した需要の分析方法の構築が必要となる。またこれらは第2章で示したように、需要を対象地域の平均値として捕らえるのではなく、個人の交通行動に与える影響とその行動を元に作成される非集計モデルを適用することが望ましい。

また、DRT の供給側分析として、運行形態を踏まえた運行コストの分析手法確立と運行形態作成手法の決定を行うことが必要となる。具体的には DRT 導入時の運行コストと提供サービスの関係を示すコスト分析手法の確立と、運行形態の特徴整理を通じた運行導入代替案の作成手法を確立し、他交通手段による運行代替案との比較も同時に必要となる。また DRT の運行コストを分析する際には、利用者の予約受付状況により、運行時間・必要台数・走行時間が変



### 第3章

化し、それらがコストへ影響を与えるため、経路をダイナミックに変更できる形式をとる DRT の運行シミュレーションを構築する必要がある。

更には、対象地域に DRT を導入した場合の代替案評価手法の確立が必要となる。この時に必要となる構成要素には、DRT 需要予測に必要なモデル、運行コスト及び提供サービスの算出する供給側の分析を統合する必要がある。

第3章 参考文献

- 1) George E Gray, Laster. A. Hoel (1992), "Pubic Transportation", Chapter 4, Urban Passenger Transport Modes, Prentice Hall
- 2) Roberto Cerveo(1997) "Paratransit in America,1997, Prentice Hall"
- 3) Federal Transit Administration (2000),"Advanced Public Transportation Systems -The State of the Art Update' 2000", USDOT and FTA
- 4) Transportation Research Board (2002),"Contracting for Bus and Demand Responsive Transit Services," Chapter 2 Public and Private Provision of Transit in the United States, Transportation Research Board
- 5) (財)運輸経済研究センター(1977),「バス・サービスの実態と可能性に関する研究」
- 6) 天野光三編(1984),「都市交通のはなし1」, 28 デマンドバス, 技報堂出版
- 7) 新谷洋二(1977),「新交通システム(5)-新しいバス運行システム-」, 高速道路と自動車, 第15巻, 第1号, pp.33-39
- 8) Peter White(1995), "Urban Public Transport", UCL Press
- 9) 佐藤久雄(1979),「デマンドバス・東急コーチの計画と実際」, 高速道路と自動車, 第22巻, 第3号, pp.28-34
- 10) 谷沢保(1975),「デマンドバスの新方式-阪急間谷団地バス-」, 高速道路と自動車, 第13巻, 第10号, pp.53-58
- 11) Bo E. Peterson(1995)"Demand Responsive public Transport, Public Transport International", 1995, January. pp.6-10
- 12) R. Borndörfer, M. Grötchel, F. Klostermeier, and C Küttner (2000),"Telebus Berlin: Vehicle Scheduling in a Dial-a-ride System", Lecture Notes on Economics and Mathematical Systems 495, pp391-422
- 13) (財)運輸経済研究センター(1978),「これからの交通パラ・トランジット」
- 14) Pekka Eloranta (1999),"Guidelines for Implementation of a SAMPLUS system: Standards to Adopt and Results to Expect", European Commission -DGXIII Telematics Application Programme Transport Sector.
- 15) ITS Japan ホームページ, <http://www.ijnet.or.jp/vertis/>
- 16) ITS 基本戦略委員会企画 WG(2003),「ITS 基本戦略委員会企画 WG 報告書」
- 17) FTA(1995),"TCRP Report6 User's Manual for Assessing Service-Delivery Systems for Rural Passenger Transportation" Transportation Research Board National Research Council
- 18) FTA(1996),"TCRP Report18 A Handbook for Acquiring Demand Responsive Transit Software". Transportation Research Board National Research Council
- 19) 金本良嗣・山内弘隆(1995)、講座・公的規制と産業(4)交通、第5章道路旅客輸送、pp193~228, NTT 出版

- 20) 杉山雅洋・山内弘隆・山本雄二郎監修(2003),「まちづくり資料シリーズ 31 巻2 規制緩和後のバス&タクシー」, 地域科学研究会
- 21) 国土交通省 総合政策局 情報管理部(2002),「交通不便者のシビルミニマム確保のためのデマンド交通システムのモデル実験事業報告書」
- 22) John D. Nelson (2002), "TORG showcases best practice for DRT  
Transportation Engineer and Control, January 2002
- 23) 和平好弘(2003),「交通バリアフリー法」と地域福祉交通整備のあり方、運輸政策研究 Vol.4 No.4 2002 Winter
- 24) 厚生省(2001),「福祉型交通システムの開発と運行システムの組織・経済の適正化に関する研究
- 25) 交通エコロジー・モビリティ財団(2000),「欧米主要国における高齢者・障害者の移動に関する報告書
- 26) 交通エコロジー・モビリティ財団(2001),「欧米主要国における高齢者・障害者の移動円滑化に関する報告書
- 27) FTA(2002), "Technology in Rural Transit: Linking People with Their Community", Federal Transit Administration
- 28) 国土交通省 総合政策局 情報管理部(2002),「交通不便者のシビルミニマム確保のための デマンド交通システムのモデル実験事業 報告書」
- 29) 国土交通省東北運輸局 (2003),「福島県小高町におけるデマンド型乗合タクシー導入例-ITを活用した地域交通確保・工夫事例調査」
- 30) 東急トランセホームページ  
<http://www.tokyubus.co.jp/top/transses/top.html>
- 31) 中村まちバスホームページ,  
<http://www.city.nakamura.kochi.jp/kanko/dbus.html>
- 32) (財)国土技術センターホームページ  
[http://www.jice.or.jp/itschiiki-j/development/areas/06-lnakamura\\_change.html](http://www.jice.or.jp/itschiiki-j/development/areas/06-lnakamura_change.html)
- 33) INVETE Project  
[http://www.vtt.fi/aut/kau/projects/invete/pdf/ws\\_florence.pdf](http://www.vtt.fi/aut/kau/projects/invete/pdf/ws_florence.pdf)
- 34) ETTS, Introducing the Samplus projects, SAMPLUS Homepage, English,  
<http://www.europjects.ie/samplusmainweb/>
- 35) The Syndicat des Transports d'Ile-de-France Homepage,  
<http://www.stif-idf.fr/english/index.htm>
- 36) Jean Gras, "Allobus; a response tailored to a target market", European Transport Conference 2000 Proceeding of Seminar E, pp.63~69
- 37) Minnesota Valley Transit Authority Homepage: <http://www.mvta.com>
- 38) バスネット研究会(2003),「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~」

## **第 4 章 DRT システム 需要推計に関する研究**

- 4.1 DRT 需要推計の概要**
- 4.2 DRT の提供サービスと評価指標の検討**
- 4.3 利用者選好意識調概要**
- 4.4 DRT 利用者選好意識調査結果**
- 4.5 DRT のサービスレベルと選択状況**
- 4.6 まとめ**

## 第4章 DRTシステムの需要推計

### 4.1 DRT需要推計の概要

Demand Responsive Transport (DRT)システムは、利用者の需要に応じ、その都度時刻表や経路を設定して運行することができるため、既存の公共交通需要の少ない地域で公共交通サービスを提供できる可能性があるシステムとして期待される。その一方、複数利用者の予約を取りまとめて運行を行うため、各利用者の待ち時間や乗車時間が、予約を受け付ける人数等によって変化する可能性がある。そのため、DRTの適用可能性を需要側から推計する場合には、各利用者の予約によって変化する乗車時刻、目的地到着時刻や所要時間に対する、利用者評価を把握する必要がある。またその結果を踏まえ、DRTを導入したときの需要推計を行う必要がある。

以上より、本章では予約を受け付けて運行を行うDRTの利用者評価指標を設定し、需要推計に必要なサービス変数を整理する。またその結果を踏まえ、郊外地域を対象とした、DRTを導入した場合の利用者選好意識調査(SP調査)を通し、需要モデルを推計しDRTを需要推計手法の確立を試みた。

### 4.2 DRTの提供サービスと評価指標の検討

#### 4.2.1 運行方法と提供サービスの概念

DRTを利用する場合、利用者は、希望乗車時刻と乗車場所をオペレーションセンターに電話やインターネットで連絡し予約する。オペレーションセンターでは、その予約をもとに路線設定やダイヤ設定を設定し、各利用者のトリップを決定し、各利用者の乗車予定時刻と乗車場所に折り返し連絡する。利用者はその連絡内容をもとに、乗車を行い目的地に向かう。また複数利用者のトリップを取りまとめて運行を行うため、必ずしも利用者の希望通りに予約を受け付けられないことや、他の利用者の予約によって、各利用者が予想した到着時刻より、実際には遅く目的地に到着することがある。

1960年代に導入された初期のDRTでは、予約受付やダイヤ作成は手動で行っていたため、利用者が予約をしてからトリップを決定するまでに、数時間・1日程度かかることもあり、利用の前日までに予約を行う必要があったが<sup>3)</sup>、現在ではITS技術の進展によりリアルタイムで予約受付、路線、ダイヤ決定、各利用者のトリップ決定を行えるようになってきている<sup>4)</sup>。

#### 4.2.2 運行形態と提供サービス

上記に示したように、DRTは利用者の予約に応じたサービスを提供するが、2章2節の運行形態分類方法及び、3章5節の運行形態の特徴で示したように、サービスの内容は運行状態によって変化し、またそれによって利用者の予約行為に対する認識も変化する可能性がある。

Route Deviation方式の場合には、基本路線と迂回経路の双方で時刻表を設定されていることが多く、利用者は予約をすることによって迂回経路上での乗車時刻及び目的地到着時刻を予測することが出来る。その一方で、予約により、迂回経路の下流側にいる他の利用者に対しては、車両が停留所に到着する時刻が遅れ、上流側の利用者は乗車時間が増加する。奥村ら<sup>5)</sup>は、Route Deviation方式のDRTシステムの予約による遅れの不効用が利用者の選択行動に対する影響を検討し、在来のバスシステムとDRTシステムの比較を行うことと、情報提供による効果の検討を試みている。

然しながら、3章5節に示したように、Route Deviationシステムは、ある程度の予約による遅れを前提としている場合があることや、予約がほぼ毎回発生する場合には、迂回が発生した場合のサービスを前提に利用する可能性がある。更に、迂回の有無による待ち時間や乗車時間の変化が離散的になる可能性があり、変数の幅が設定しにくい可能性があることや、迂回経路上から乗車する人は、乗車時間を予め知っているため、待ち時間の変動を示しにくいことや、迂回経路が1箇所の場合には、乗車時間や目的地到着時刻が変化しないため、予約行為が変数に取り込むにくい。

その一方で、Semi-Dynamic方式や、Dynamic方式は、Route Deviation方式に比べ経路設定や時刻表設定に柔軟性があるため、予約行為がサービスに与える影響を変数に取り込みやすい。利用者は予約を行い、その結果DRTの乗車時刻及び所要時間が決定する。

これらのサービスが提供する内容には、任意の時間(Semi-Dynamic方式の場合には、起点を出発する前までに)予約を行うと、ある時刻までに乗車出来る。また、他の利用者の予約が加わった場合には、運行経路を再度設定するため、乗車時刻や所要時間(目的地到着時刻)がその都度変化する可能性がある<sup>6)</sup>。

#### 4.2.3 利用者評価指標

DRTは、利用者の乗車場所や目的地に合わせて経路を設定することができるので、アクセス時間を短縮することができる。その一方、予約の受付数や各利用者の希望するトリップのODや時間帯によって、運行するダイヤを変更するため、各利用者の待ち時間や乗車時間が増加する可能性がある。よって、予約

をしてから乗車するまでの時間や乗車時間の変化、アクセス距離の変化を評価指標にする必要がある。

#### 4.2.4 DRTが提供するサービスの整理

2章3節で示したように、DRTシステムの提供するサービス変数は従来のバスシステムと異なり、利用者の予約に応じ変化する可能性がある。4章2節2に示したようにDoor-to-Doorのサービスを提供できる可能性がある一方、利用者が受けるサービスには変化がある。ここで、利用者に提供するサービスを、運行形態の特徴を考慮し、また予約の流れに沿って以下に検討をする。図4-1にDRT利用者の所要時間の概念図を示す。

利用者は乗車前に予約を行う必要があるが、3章4節に示したように、既存乗車前(もしくは起点出発時刻の前)までに予約を行い、その際に予定乗車時刻が決定するが、この後に他の利用者の予約に応じた場合に運行経路及びダイヤが変更される可能性があるため、この場合予定していた乗車時刻が変化するが、Semi-Dynamic方式の場合には、Yngve<sup>6)</sup>らが示したようにCall Backによる正確な乗車時刻を提示することが出来る。その一方で3章6節に示したように、配車システムでは、各利用者の乗車時刻のずれを前提に予約順に配車を行っていることや、利用者が上記のサービスに対しある程度満足していることがあり、またCall-Backシステムは利用者にとって必ずしも便利でないことを検討すると、変数の設定に必要となる検討項目から外し、ある程度の変化を与えることにした。

待ち時間については、図4-1に示したように、予約をしてから乗車をするまでの時間と、予定乗車時刻と実際の乗車時刻の差の2種類考えられるが、利用者の予約時間の任意性と、複数利用者の予約取りまとめによる希望乗車時刻との

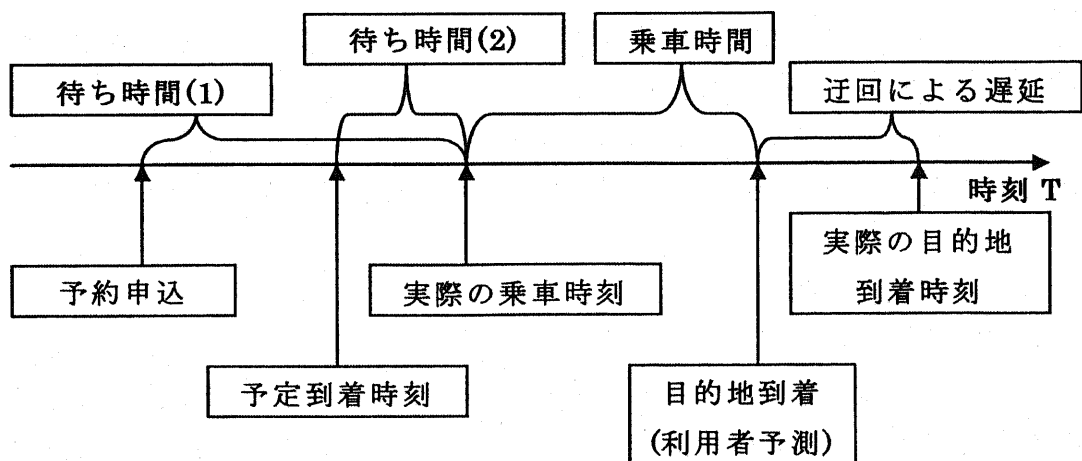


図4-1 各利用者のDRT所要時間に関する概念図

実際の乗車時刻のずれを考慮して、予約希望時刻と乗車時刻の差を待ち時間とした。また、予約してから乗車するまでの時刻は、繰り返し利用していく間に利用者が経験的に行動パターンを決定する可能性があるが、適用可能性を把握する上では、初期の状態を設定し、提供されるサービスに対する利用者の受容性を調査することが望ましい。よって本研究では、利用者の予約を受け付けた後にすぐに配車を行い、乗車時刻を決定することができ、任意の時間に予約が可能であるシステムと前提条件を設定する。また乗車時間は、他の利用者の予約が加わることによって変化することを考慮した。以上をまとめ、DRTが提供するサービスの利用者意向調査に必要な変数を検討した。交通手段の選択要因は、所要時間に関する変数、費用で示される選択肢別属性や個人属性がある。DRTの属性を予約による所要時間変化に着目して表4-1に示すように整理した。

### 4.3 利用者選好意識調査概要

#### 4.3.1 DRTシステム対象地域及び対象トリップ

2章で示したように、DRTは公共交通の需要が少なく、既存公共交通の適用が困難な地域に適用されている。このうち高齢者や障害者の特定利用者を対象とする場合は、対象地域の人口密度に関係なく、需要規模が小さくなる。その一方で、利用者を限定しない場合、対象地域の需要密度が分散する、郊外地域や過疎地域が対象となる。また、郊外地域の場合、朝夕の通勤交通手段は、既存の公共交通が確保されている。しかしながら、日中に行われる買物や私事が目的の移動は、通勤・通学の移動に比べ少ない可能性がある。以上より、郊外地域で起こる日中の移動を対象とした。

郊外地域で平日日中に起こる交通行動は、自家用車の利用が中心となる一方、既存バス路線は運行間隔が長く不便である可能性がある。そこで、既存バスをDRTに置き換えた場合に、DRTの選択可能性を推計するため、自家用車とDRTの比較を行うこととした。また郊外地域では、駅前やその周辺に商業施設があることを仮定し、自宅から駅前までの日中の買物トリップを対象とした。

表4-1 DRTが提供するサービス変数

サービス変数		DRTのサービスに関する変数	
所要時間	車外時間	アクセス時間	既存バスより短縮でき、Door-to-Doorのサービスの提供可能性がある。
		待ち時間	予約から乗車するまでの時間
	車内時間	乗車時間	他利用者予約により起こる迂回による遅延
その他	免許保有、自家用車保有等の個人属性		



4.3.2 DRTの提供するサービスと選択肢の設定

4章2節3に示したように、DRTが提供するサービス変数は、予約をしてから乗車する時間と、乗車してから目的地に到着するまでの時間とし、乗用車は目的地までの車内時間を設定した。1対比較に使用する選択肢の組み合わせは、自家用車所要時間2通りに対し、DRTのサービスレベルが2<sup>3</sup>で8通りであり、合計16通りとなるが、実験計画法で使用する直交表L<sub>8</sub>を参照し(表4-2)、交互作用が同一となる代替案の片方を外し、自家用車の所要時間毎にDRTサービスレベルを4通り設定し、選択肢を8通りとした<sup>7),8)</sup>。

各変数の値の設定には、大都市郊外地域での居住地域～駅間でバスと自家用車の分担率が高いと考えられる地域であることと、既存のDRTが提供するサービスを基準に出来ることの2点を考慮した。バス・自家用車の分担率の高い地域を検討すると、駅を中心とした場合に5km距離の距離であるので、駅から5km離れた駅前まで平日日中に買い物に行くという条件を設定し、乗車時間を表4-3に示す、既存DRTのサービスを基準し表4-4のように設定した。

また、日常の交通行動が選択行動に与える影響を検討するために、普段日中駅前まで利用している交通手段と、その所要時間、また日中の自宅付近のバス運行間隔を個人属性として質問内容に組み込んだ。

表4-2 SP調査に使用したDRT変数の設定方法(直交表L<sub>8</sub>)

代替案	属性			2因子交互作用			3因子交互作用
	予約条件 (待ち時間)	乗車 時間	遅延 時間	待ち× 乗車	待ち× 遅延	乗車× 遅延	乗車×待ち× 遅延
1	1	1	2	1	1	1	2
2	1	1	1	1	1	1	1
3	1	2	2	2	2	1	1
4	1	2	1	2	2	1	1
5	1	1	1	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	1	2	2	2	1	1	2

※ 灰色の行は複数因子の交互作用を無視した場合に消去できる。

表4-3 DRTが提供するサービス指標<sup>9)・10)</sup>

地区名	予約希望時間差	待ち時間	乗車時間
高知県中村市(日本)	11.8		9.5
大阪市南港地区(日本)	13.4		
Haddonfield(アメリカ)	-2.1	12.6	9.9
Davenport(アメリカ)		10~20	10~12
Batavia(アメリカ)		10~15	11
Ann Arbor(アメリカ)		10.8	12.6

単位：分

表4-4 調査項目

項目	自家用車	DRT
アクセス時間	自宅の前から利用が可能	
予約の条件(待ち時間)	—	乗車の10分・15分前までに予約する。
車内時間	10分・15分	15分、20分 (他利用者の予約による遅れ：0分、10分)
個人属性	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 性別・年代・免許保有・駅までのアクセス(交通手段・所要時間)</li> <li>● 自宅付近のバス運行間隔</li> <li>● DRT(ダイヤモンドバス)の認知度</li> </ul>	

#### 4.3.3 調査方法

大都市郊外地域である神奈川県県央部で、平成14年2月15日に実施された、都市交通に関するシンポジウム参加者を対象に、日中駅前までの買い物トリップを対象にしたDRTの利用者選好意識調査を行った。シンポジウム参加者に対し、予めDRTシステムの利用方法を紹介し、DRTの利用者選好意識調査を回答者にプレゼンテーション形式で1対比較の質問を提示し、予め配布した回答用紙に選択する交通機関を記入して頂く方式で実施した。

#### 4.4 DRT利用者選好意識調査結果

回答者のうち、免許を保有し、また自宅付近にバスが運行されているため、自宅からバス及び自家用車が選択可能性のあるトリップを行う回答者を有効票とした。以下に回答者の個人属性やDRTの選択状況を集計する。また調査データよりDRT選択モデルを構築する。

#### 4.4.1 SP調査回答者の属性

図4-2に回答者個人属性、図4-3及び図4-4に回答者の普段の交通行動とDRTの選択状況の比較を集計した結果を示す。シンポジウム参加者の年代は40代程度が際頻地であり、性別では男性の回答者が大半を示す。回答者の普段の交通行動に関する指標に着目すると、日中のバス運行間隔が20分以上の場合にはDRTを利用しない傾向にある(図4-3)。また普段の移動に自家用車を利用している利用者の方がDRTを選択する傾向にある(図4-4)



図4-2 回答者属性(年代・性別)

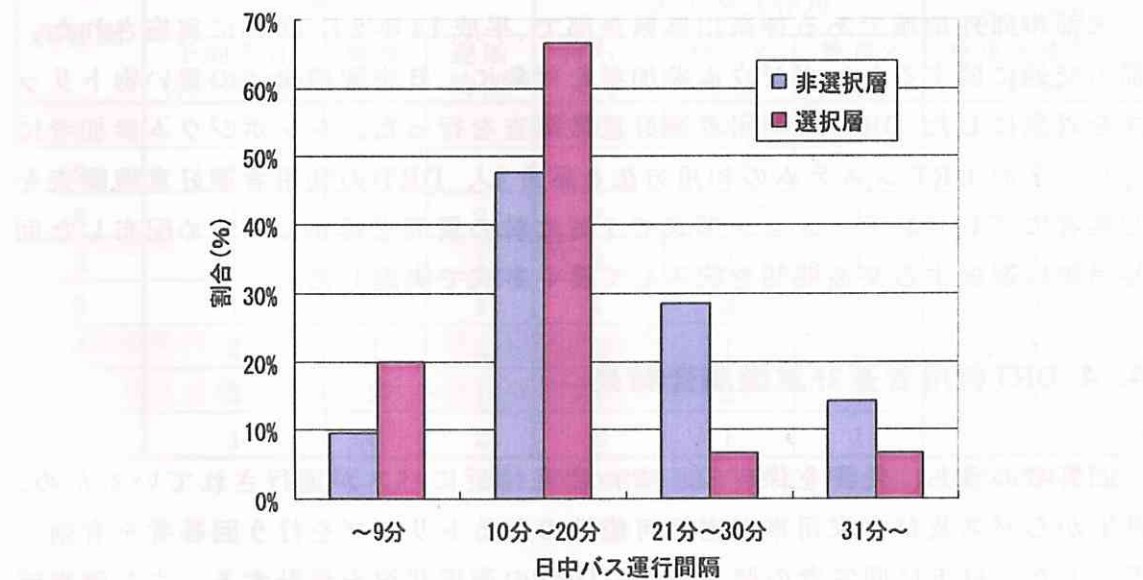


図4-3 バス運行間隔と選択状況

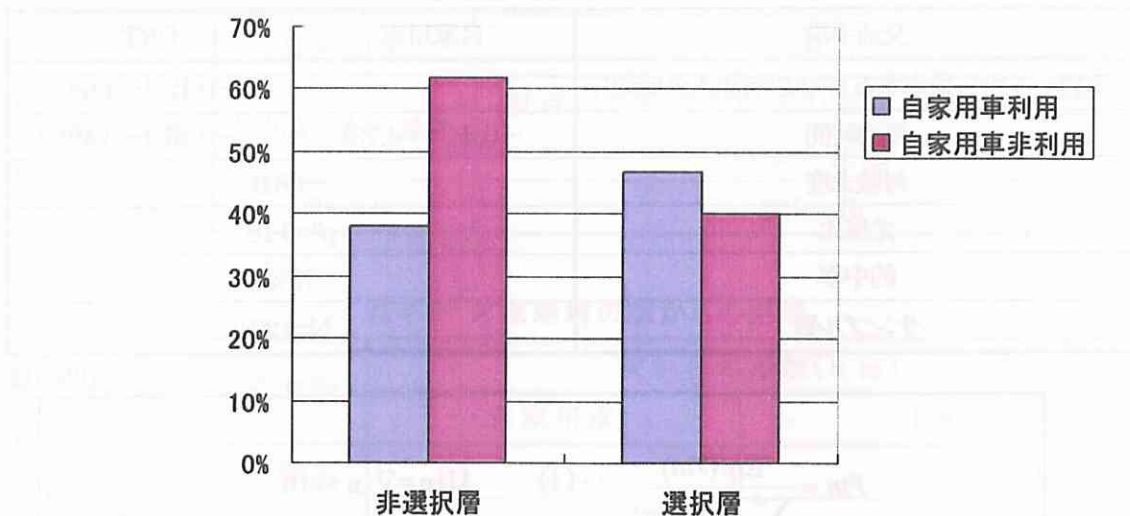


図4-4 自家用車の利用状況と選択状況

表4-5 判別分析結果

説明変数	正準標準化判別係数
自家用車利用 (dummy=1)	-0.44 (0.06)
バス運行間隔	1.00 (0.12)
的中率：63.1%(0.10)	

( )内 有意確率

#### 4.4.2 DRT非選択層の要因特定

以上の結果よりDRTのサービス水準が変化しても、自家用車のみを選択する回答者(非選択層)が存在することが分かった。そこでバスの利便性がDRT選択に与える要因を調べるために、被説明変数を選択層及び非選択層のダミー変数(非選択層ダミー=1)とし、判別分析を行った。結果を表4-5に示す。これより、日常の交通行動が、DRT選択に影響を与えていることが分かる。

#### 4.4.3 自家用車、DRT選択需要モデルの推定

有効サンプルのうち、選択層のデータを使用して、自家用車とDRTの選択状況を推計する2項ロジットモデルを適用し、DRTの利用者数を推定した。ある個人 $n$ が交通手段 $i$ を選択する確率 $P_{in}$ は、式(1)のようになる。

モデルの推定結果を表4-6に示す。DRTの変数は、予約してから乗車するまでの時間と車内時間の2つを使用した。このうちDRTの車内時間は、遅れ時間を含んだ値を適用した。他の利用者の予約遅れによる変動による選択状況が

表4-6 非集計モデル推定結果

交通手段	自家用車	DRT
予約してから乗車するまでの時間(車外時間)	—	-0.12 (-1.64)
車内時間	-0.34 (-4.73)	-0.16 (-3.42)
対数尤度	-68.0	
尤度比	$\rho^2=0.18$	
的中率	73%	
サンプル数	N=120	

)内 t値

$$P_{in} = \frac{\text{Exp}(V_{in})}{\sum_{i=1}^2 \text{Exp}(V_{in})} \dots (1) \quad U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in}$$

$P_{in}$ ・・・ある個人nが交通手段iを選択する確率

$V_{in}$ ・・・ある個人nが交通手段iを選択したときに得られる効用

$U_{in}$ ・・・確定項,  $\varepsilon_{in}$ ・・・確率項

に対して抵抗が大きかったため、尤度比が0.18と低めの値であるが、各変数のt値及び的中率は概ね良好であった。

このモデルを使用し、DRTが提供するサービスが変化したときの利用者の選択状況を推計することができる。

#### 4.5 DRTのサービスレベルと選択状況

4.4で構築したモデルを使用して、神奈川県県央部で、居住地域～駅前間のDRTシステムの導入を行った場合を想定し、予約してから乗車までの時間や、迂回による車内時間を変化させた場合の選択状況を推計する。

##### 4.5.1 対象地域の設定条件

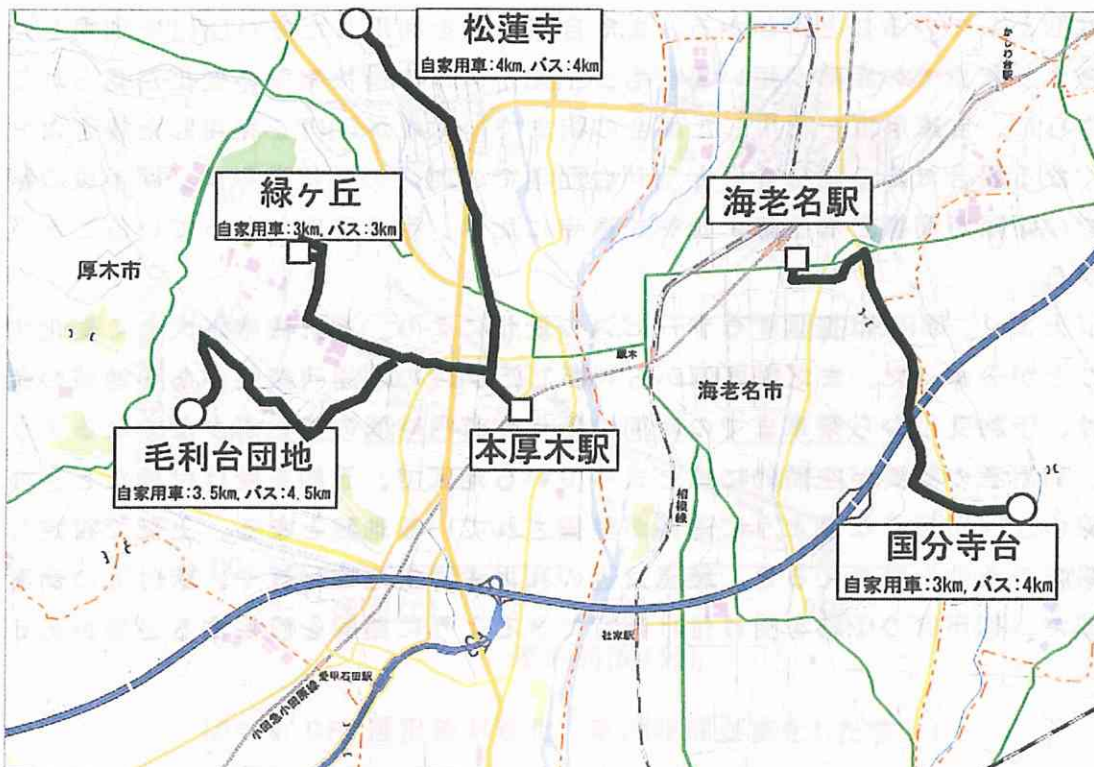
神奈川県県央部の駅前から、団地等の居住地区が終点になっているバス路線のうち、DRTの予約受付から乗車までの時間や車内時間の変化による選択状況の変化を比較できるように、駅からのバス路線距離が概ね3-4kmの区間を選択し、既存バスをDRTに置き換えた場合のDRTの選択確率を推計した。また自家用車及びDRTの走行経路・路線及び、速度は表4-7に示すように設定し、手段別の駅から対象地域距離を表4-8に示す。また対象地域概略図を図4-5に示す。

表4-7 自家用車及びDRT設定条件

	自家用車	DRT
経路・路線	最短経路を選択	既存バス路線と同様の路線を設定し予約により迂回
走行速度	18km/h	12km/h

表4-8 対象地域の駅からの距離

地区名	最寄駅	駅からの距離(km)	
		自家用車	DRT
緑ヶ丘	本厚木	3	3
松蓮寺	本厚木	4	4
国分寺台	海老名	3	4
毛利台団地	本厚木	3.5	4.5



(C)Shobunsha Publications,Inc. 2000

凡例 バス路線 起点□ 終点○ 1km

図4-6 対象地域概略図<sup>12)</sup>

#### 4.5.2 DRT選択確率の変化

予約してから乗車するまでの時間を、10分・20分・30分と変化した場合を図4-7に、車内時間を既存バスと同様に迂回しない場合、迂回により経路長が1.5倍及び2倍と変化させた場合の結果を図4-8に示す。

予約してから乗車するまでの時間(図4-7)と車内時間が長くなった場合(図4-8)は、駅までの距離に関係なく、DRTの選択確率が大きく下がっている。このうち、図4-7に示す自家用車とDRTを利用した場合の居住地域から駅までの距離が同様の地区である緑ヶ丘(駅～居住地：3km)と松連寺(駅～居住地：4km)を比較すると、距離が長い正連寺の方が予約から乗車までの時間に関係なく、DRTの選択確率が高い、この理由は表4-6に示したように、DRTの車内時間効用の係数が自家用車の車内時間の係数より小さいため、乗車時間(距離)が長くなった場合にDRTの効用が相対的に大きくなるためである、

その一方で、図4-8に示すように迂回を行い経路長が長くなった場合には、各地域共に駅までの距離が長くなるにつれ、迂回の経路が長くなり、DRTの乗車時間の効用が自家用車と比較した場合に相対的に低下するため、DRTの選択確率は低下していることがわかる。また自家用車を利用した方がDRTを利用した場合より駅までの距離が短い場合も、上記と同様の選択確率の変化が見られる。

さらに、自家用車を利用した場合の駅までの距離がDRTを利用した場合より短くなる場合である国分寺台と毛利台団地でのDRTの選択確率は、両手段の駅までの距離が同様となる緑ヶ丘や松連寺に比べ、半分程度となっていることが分かる。

以上より、DRTは提供するサービスの変化により、選択確率が大きく変化することが分かった。また需要側から判断したDRTの適用可能性がある地域の条件は、予約受付から乗車までの時間の変化や車内時間の変化が少なくなるような、利用者の需要が空間的にまとまっている地区で、予約を受け付けたときの路線の迂回が短くなるように道路が整備されている地区となる。上記で設定した路線の条件を踏まえると、終点付近の利用者居住地域付近や、駅付近の商業地域で、利用者の予約を受け付け運行できるように路線を設定する必要がある。

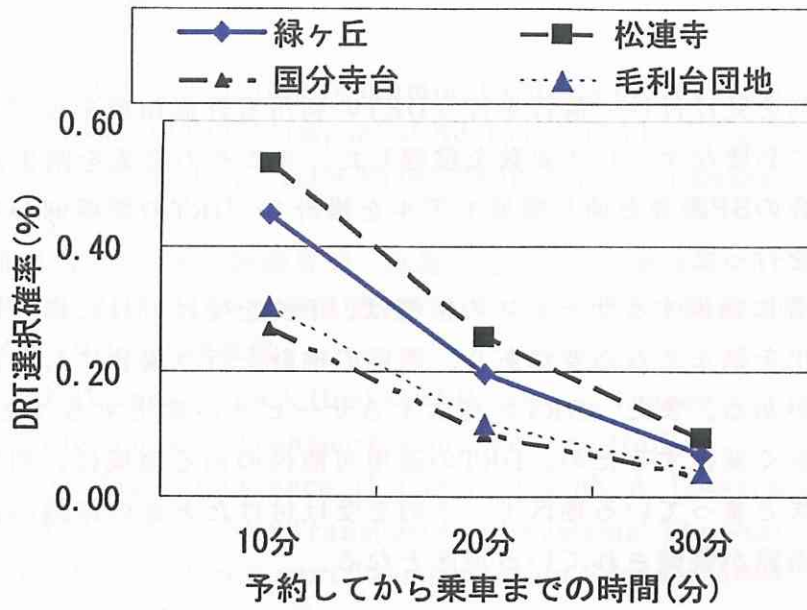


図4-7 DRT選択確率変化(予約してから乗車するまでの時間が変化した場合)

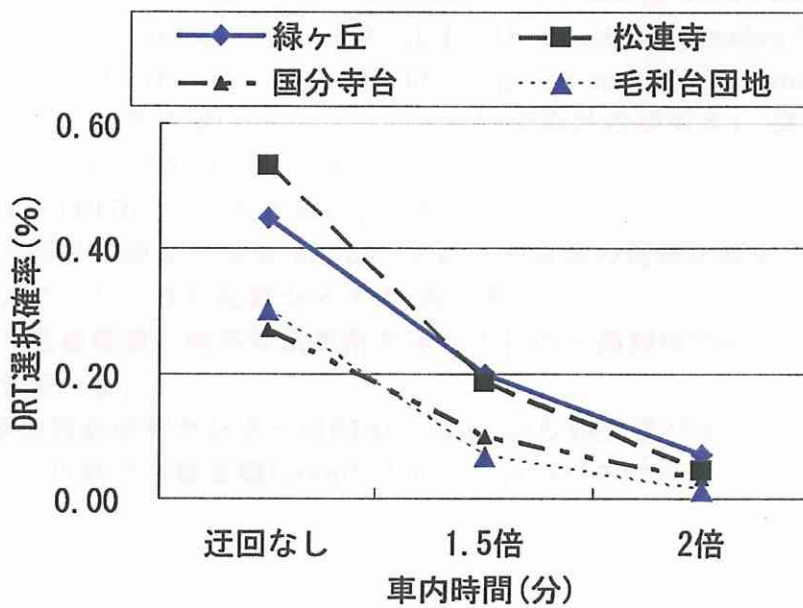


図4-8 DRT選択確率変化(車内時間が変化した場合)



### 4.6 まとめ

本章では予約を受け付けて運行を行うDRTの利用者評価指標を設定した上で、需要推計に必要なサービス変数を整理した。またその結果を踏まえ、DRTを導入した場合のSP調査を通し需要モデルを推計し、DRTの需要側からの適用可能性の評価を行った。

DRTが利用者に提供するサービスの指標は、予約を受け付けた場合に起こる、所要時間の変化を踏まえる必要があり、需要の推計を行う場合にも上記の点を考慮する必要がある。また、DRTが提供するサービスが変化することにより、選択確率が大きく変化するため、DRTの適用可能性のある地域は、利用者の需要が空間的にまとまっている地区で、予約を受け付けたときの路線の迂回が短くなるように道路が整備されている地区となる。

#### 第4章 参考文献

- 1) Moche, Ben Akiva, Julian Benjamin, Geoffrey J. Lauprete, and Amalia Polydoropoulou (1997), "Impact of Advanced Public Transportation Systems on Travel by Dial-a-Ride," *Transportation Research Record* 1557, pp.72-79
- 2) 田邊慎太郎・原文宏・徳織智美・伊藤信之・若菜千穂(2002), 「新たなバスサービス導入に向けた公共交通機関選択に関する研究」, 第26回土木計画学研究発表会, CDROM 概要集
- 3) George E.Gray&Laster A.Hoel (1979), "Public Transportation", Chapter8 Demand Responsive Transportation, Prentice Hall
- 4) Robert, F, Casey, Lawrence, N. Labell, Joseph, A, Lovecchio, et al (1998) "Advanced Public Transportation Systems: The State of The Art Update '98" FTA Intelligent Transportation Systems/Advanced Public Transportation Systems Program.
- 5) 磯崎晶光・吉村充功・奥村誠(2003), 「都市近郊デマンドバス運用に関する理論的考察」, 第28回土木計画学研究発表会・講演集, CD-ROM 概要集
- 6) Yngve Westerlund, Dr. Ageneta Stahi, Dr. John Nelson and Dr. Jenny Mageean (2000), "Transport Telematics for Elderly Users Successful Use of Automated Booking and Call-back for Demand Responsive Transport Services in Gothenburg.7th World Congress on ITS CD Proceeding.
- 7) 森川高行・杉恵頼寧(1993), 「選好意識調査設計の手引き」, 交通工学 Vol.28, No.1 1993, pp.63~71
- 8) 田口玄一(1976), 「実験計画法」, 丸善
- 9) 国土交通省自動車交通局(2002) 「道路運送事業の情報化対応実証実験(デマンド交通サービス自動配車システム)報告書」
- 10) ㈱松下電器産業・㈱高知県西南交通・中村市・高知市(2000) 「中村まちバス実験結果報告書」
- 11) (財)運輸経済研究センター(1978), 「これからの交通パラ・トランジット」
- 12) (社)神奈川県バス協会編(2000), 「かながわのバスマップ」

## **第 5 章 運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析に関する研究**

**5.1 導入**

**5.2 DRT 運行形態の整理とコストの分析方法**

**5.3 Route Deviation 方式のコスト分析**

**5.4 Semi-Dynamic 方式のコスト分析**

**5.5 コスト比較による既存バス代替交通手段評価**

**5.6 まとめ**

## 第5章 運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析

### 5.1 導入

1章で述べたように DRT は、利用者の需要に応じた運行方式を取るため、交通の需要が少なく、従来の公共交通機関の整備が困難な地区に適した交通システムとして期待される一方で、需要に応じ運行するため、1台あたりの利用者数が増加した場合、運行時間が長くなり、各利用者の所要時間の増加や、それによる利用者の利用敬遠が起こる可能性があり、場合によっては一部利用者の予約を拒否せざるを得ない場合がある。また上記の問題を解決するために、導入車両数を増加させると、運行にコストが増大する可能性がある。以上より DRT の運行を計画するには、需要に応じた運行方式を整理した上で、運行に必要なコストを分析し、利用者に提供するサービスの推定を行う必要がある。また、本当に DRT がコスト面で地域に適切なシステムかどうかを評価するためには、DRT を他の代替するシステムと比較する必要がある。

以上を踏まえ、本章では DRT の利用者の予約に応じた運行方式の特徴を整理し、DRT のコスト分析を行うことと、DRT を含めた既存バス撤退後の代替的公共交通システムに着目し、コスト面から評価検討をすることとした。

### 5.2 DRT 運行方式の整理とコストの分析方法

#### 5.2.1 適用可能性のある対象地域とトリップ

2章で述べたように、対象地域内での公共交通に対する需要が少なく、既存公共交通の適用が困難な場合に DRT の適用可能性がある。これを対象利用者と人口密度の2項目に着目し表 5-1 に整理する。利用者を移動制約者に限定した場合、対象地域の人口密度に関係無く、需要密度が低下するため、DRT の適用可能性が期待できる。具体的には、病院等の施設巡回型の DRT が考えられる。一方で利用者を限定しない場合で人口密度が低い地域では、需要密度が低く、既存バスの運行が困難となり、代替交通手段として DRT の適用が期待できる。また人口密度が高く、利用者を限定しないときには、対象地域の人口密度は高くなるが、路線を詳細に設定した場合路線当りの需要密度が低くなり、都市部で高密度なサービスを提供する、DRT の適用可能性が考えられる。

表 5-1 DRT の適用可能性のある地域とトリップ

人口密度 対象利用者	高	低
高齢者・障害者等の 移動制約者	都市部で福祉目的の交通として導入される DRT(あ)	郊外・地方部で福祉目的の交通として導入される DRT(い)
限定しない	都市部で高密度なサービスを提供する DRT(う)	既存バス代替交通手段として導入される DRT(え)

### 5.2.2 運行形態による DRT の分類と整理

2 章に示したように、DRT は地域内の様々な場所から、任意の時刻に発生する利用者の需要を取りまとめて、経路やダイヤを決定する運行方式を取る。そのため DRT の運行方式を分類するには、需要に応じた運行経路の設定範囲と、ダイヤ設定の柔軟性の 2 点を踏まえた分類方法が望ましい。以上を踏まえ、運行方式の分類と運行形態を以下に示す。

#### (1) Route Deviation 方式

既存バス路線と同様に基本路線を設定し、路線の一部に予約に応じて運行する迂回経路を追加した路線設定を行う。この場合路線の一部区間(停留所)のみで予約に応じるため、予約に応じられる範囲は一部地域となる。また基本路線にはダイヤの設定を行い、迂回経路の予約が入った場合のみダイヤを変更する。

#### (2) Semi-Dynamic 方式

起終点を設定し、その間の経路を予約に応じ決定する。起点を出発する前までに利用者の予約を締切り(以下予約締切時刻と記述)、運行経路を決定するため、各利用者の乗車後に経路や乗車時刻の変化は起こらない。またダイヤは、起点の出発時刻を基準に等間隔に運行するよう設定されている。(以下起点出発間隔と記述)

#### (3) Dynamic 方式

対象地域内に路線網を設定し、利用者の予約に完全に対応をした運行方式を取る。利用者は任意の時刻に予約を行うことが出来る一方、運行中に予約を受付けるため、各利用者の待ち時間や乗車時間の変化が起こる。また少ない車両数で運行する場合、運転者の休息時間やシフト等の勤務形態によって、運行時間が制約される可能性がある。

### 5.2.3 コスト面からみたDRT運行方式の着目点

DRT 運行に必要なコストを、既存バスと同様に施設費用と運営費用に分類し検討する。施設費用は車両購入費や、配車に必要となるオペレーションセンター、車庫等の施設購入費がある。運営費用は DRT 車両運転時に必要な運転者の人件費や燃料費、車両の修繕費や減価償却費が含まれる。DRT 運行のコスト分析では、1章に示したように需要に応じた運行により運行時間や導入車両台数が変化するため、運行形態を整理しコスト変化に着目する必要がある。

5章2節2で示した運行方式を、表5-1で示した適用可能性のある地域と対応させ、コスト分析の課題を以下に示す。

都市、郊外及び地方部で対象地域に高齢者・障害者向けに導入される DRT は(表5-1(あ)、(い)に対応)、移動機会を与えることを目的としているため、待ち時間や乗車時間の変化よりも、利用機会の有無が利用者の選択要因となる可能性が高い。よって、運行中に予約に応じ各利用者の待ち時間や乗車時間に対する変化の影響が大きくなる可能性がある Dynamic 方式の適用可能と考えられる。またコストを分析する上では、対象地域内の移動のみを目的とするため、車両の運行時間を中心に行う必要がある。

都市部で対象利用者を限定せずに運行する DRT や(表5-1(う)に対応)、郊外地域で沿線の一部に需要が少ない地域がある郊外地域に運行する DRT(表5-1(え)に対応)は、基本路線に対し、利用の少ない一部区間に迂回経路を追加する Route Deviation 方式の適用可能性がある。Route Deviation 方式は、迂回経路の運行を前提に、ダイヤの設定を行い、経路長や、必要車両台数の設定を行うと、予約数の変化によるコストの影響が少ないと考えられるが。予約の発生数や運行形態とコストの関係を分析する必要がある。

郊外地域で利用者を限定せずに運行する DRT は(表5-1(え)に対応)、対象地域の居住地が散らばっていた場合、複数箇所から発生する予約を取りまとめて運行する必要がある。その一方で、利用者の待ち時間や乗車時間が大きく変化する可能性があるため、起点の出発前までに予約を取りまとめ、その予約に応じ経路を設定して運行する、Semi-Dynamic 方式の適用可能性がある。コストを分析する上では、起終点間で予約に応じた経路やダイヤの変化に応じ、利用者の待ち時間や乗車時間の変化や、コストの分析を考慮する必要がある。

以上の運行形態のうち、高齢者及び障害者を対象とした DRT は、本研究の目的としている利用者サービスとコストの関連性が少ないため、分析対象から外した。よって、平日朝夕は、通勤及び通学交通のトリップが多く、需要が多いが、平日日中の需要が相対的に少ない、郊外地域における Route Deviation 方式(3節)と Semi-Dynamic 方式(4節)の運行システムを分析対象とした。

### 5.3 Route Deviation 方式のコスト分析

本節では、Route Deviation 方式の運行コストを算出し、予約に応じた運行形態がコストに与える影響を分析する。

#### 5.3.1 条件設定

##### (1) 路線・ダイヤの設定

対象地域を既存の公共交通でバス・自家用車の分担率の高い地域とすると、駅を中心とした郊外地域の場合、距離は 4-5km 程度となるので、駅を中心として 5km の路線長とする。また固定路線に加え、路線の中間部に利用者の予約に応じて運行する迂回経路を設定する。路線概要図を図 5-1 に運行ダイヤを、表 5-2 に示すように設定する。

##### (2) 費用構造と運行費用設定

DRT の導入及び運行に掛かる費用には、導入時に掛かる資本費用と運行時に必要となる運営費用、修繕費用及び管理費用により構成される。具体的には初期投資に必要な車両購入費用やその他運行に必要な費用、運行時に掛かる人件費や燃料費用、また車両修繕やシステム更新に掛かる費用がある。本節では、予約に応じた運行費用の変化に着目し、車両の運行に掛かる人件費や燃料費などを表 5-3 に示す。

表 5-2 運行ダイヤ設定項目

設定項目	設定値
路線長	基本路線=5km, 迂回路線=1 km
運行速度	12km
運転間隔	15,30,60 分
運行時間	10 時間
折り返し時間	最低折り返し時間=5 分
迂回経路予約発生頻度	ポアソン分布に従うと仮定(平均値 30,60,120 分)

表 5-3 運行費用原単位

コスト分類	費用(円/台 km)	
運送費	人件費	314.7
	燃料費	21.6
	修繕費	17.3
一般管理費	人件費	20.9

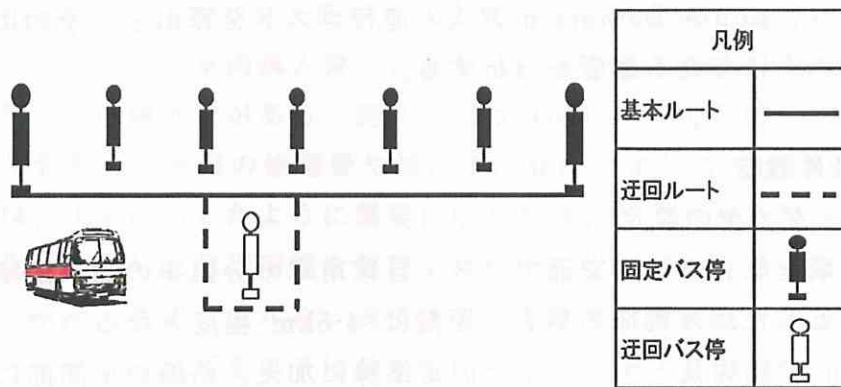


図 5-1 Route Deviation 方式概念図

### 5.3.2 運行コスト算出

運転間隔や迂回経路の予約発生頻度が変化した場合の運行時間や必要車両台数等の運行状況変化や、運行コストを算出する。

#### (1) 運行状況

予約発生確率及び運転間隔を変化させた場合、DRT の 1 日当りの総運行時間(折返時間と走行時間の総和)を図 5-2 に、必要車両台数を表 5-4 に示す。

総走行時間は予約発生頻度に応じ削減可能だが、必要車両台数は短時間に予約が集中した場合、最大限車両が必要となるため、車両数削減は期待出来ない。

運転間隔に着目した場合、総運転時間は全運行で予約に応じると、予約を受付けた運行を行わず運転間隔を半分にした場合と同様になる。必要車両台数は予約発生頻度に関係なく、予約に応じ運行をした場合、予約受付を行わず運転間隔を半分にした場合と同様の車両数が必要になる。

#### (2) コスト計算

表 5-3 で示した運行費用と、初期投資に必要な施設費用となる車両購入費用を用い、年間運行コストを算出する。導入車両は中型バスで購入費用を 1000 万円/台とする。図 5-3 より運転間隔が短い場合予約発生頻度の減少に伴いコストが減少するが、運転間隔が長い場合は変化が無い。図 5-4 に費用の内訳を示す。施設費用は変化の少ない車両購入費が 4 割程度占めているが運行コストは予約に応じた走行時間の変化により削減できる。運行時間の内訳を図 5-5 に示す。これより折返時間変化がコストに影響を与えていることが分かる。



表 5-4 運行頻度・予約発生頻度別導入台数 (単位:台)

導入台数(台)		平均予約発生間隔(分)				
		全迂回	30	60	120	迂回無し
運行間隔 (分)	15	6	6	6	6	4
	30	4	4	4	4	2
	60	2	2	2	2	1

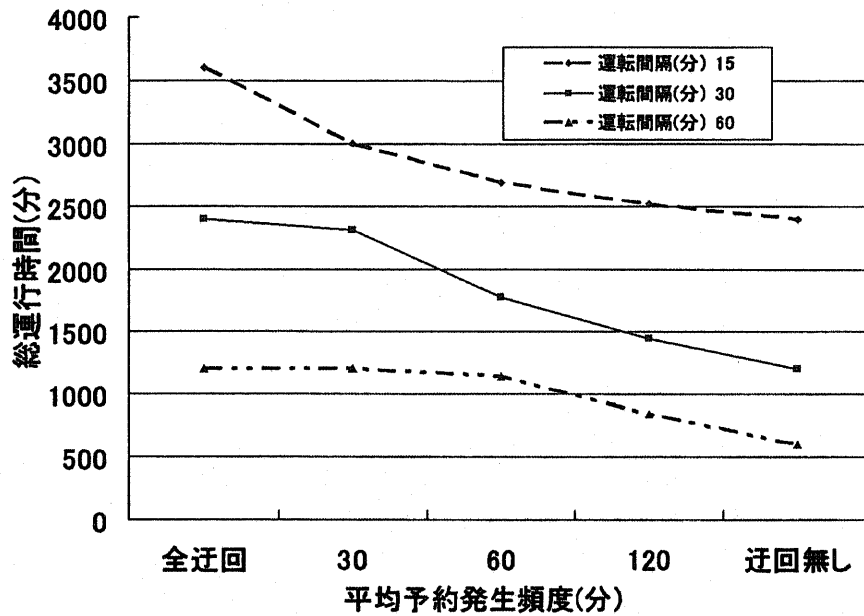


図 5-2 運行頻度・予約発生頻度別総運行時間

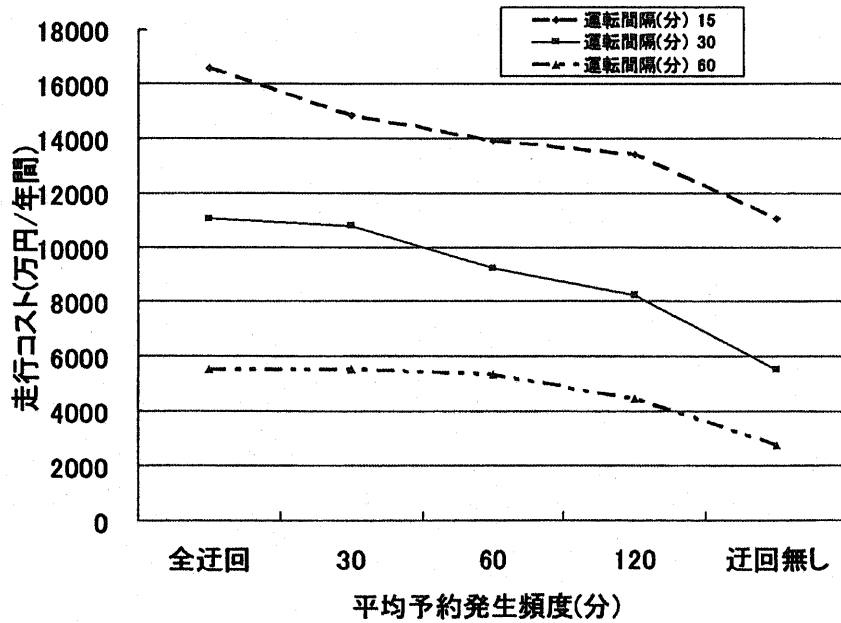


図 5-3 DRT 年間運行コスト

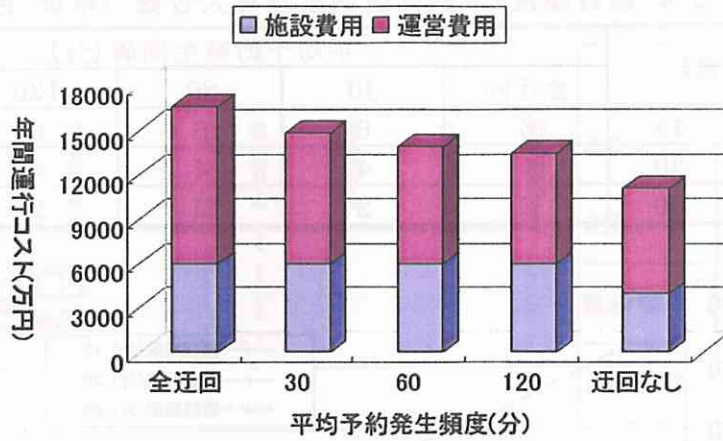


図 5-4 コストの内訳(運転間隔 15 分)

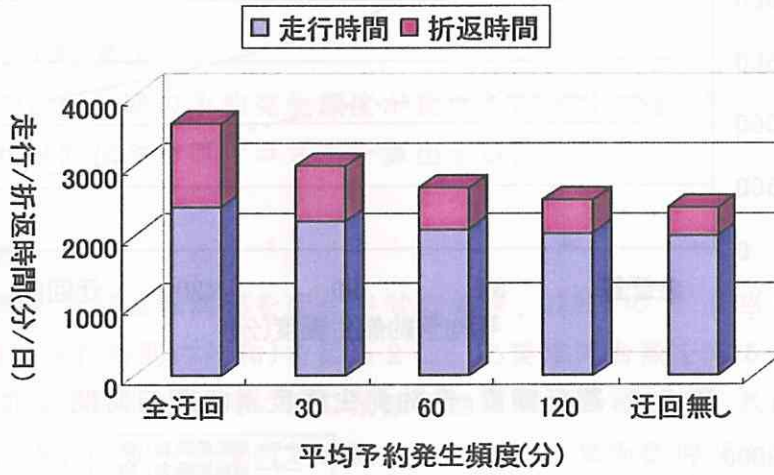


図 5-5 運行時間の内訳(運転間隔 15 分)

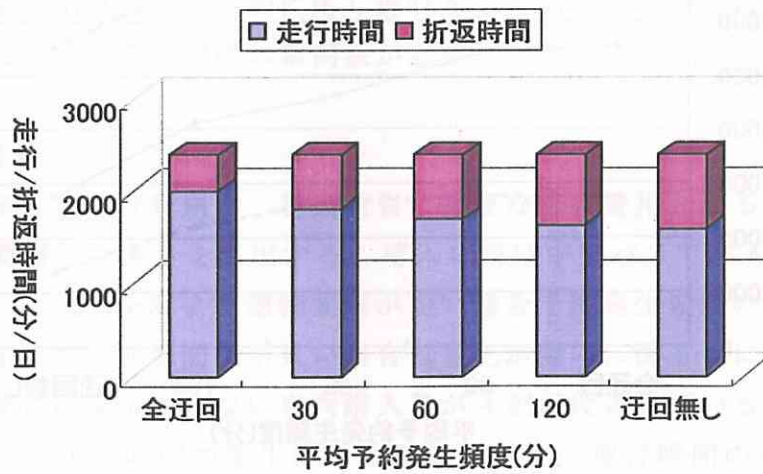


図 5-6 総運行時間内訳(路線長 4km, 運転時間 15 分)

(3) ダイヤ設定が運行に与える影響

上記の計算では、迂回経路を運行する場合としない場合で、1往復に掛かる時間(走行時間+折返し時間)が変化する場合を検討した、ここでは迂回経路の運行に関わらず、1往復に掛かる時間が変化しない場合を検討する。表5-2の条件のうち基本路線長を4km・運転間隔が15分と設定した場合の総運行時間を図5-6に示す。この場合、総運行時間及び必要台数は、予約発生頻度に関係なく一定となり、コストも同様に一定となる。

5.3.3 運行コストと予約受けの関連

予約が集中する場合に、一部の予約を拒否した場合の導入台数とコスト変化の関連を検討する。導入台数を1台削減し、運行コストを削減した場合の予約の拒否率と予約を拒否した場合のコスト削減率の関係を図5-7に示す。予約を拒否することにより、走行時間や導入車両台数を削減でき、コストが1~2割程度削減される。

5.3.4 Route Deviation 方式運行コストまとめ

Route Deviation 方式のDRTシステムでは、時間的に変動する需要に応じコストを検討する必要があり、既存バスのように平均的にコストを検討せず、確率的にコストを算出する方法が望ましい。

利用者予約が短時間に需要が集中した場合は、最大限のコストが掛かり、迂回経路を固定路線の一部として運行する場合とコストに違いが見られないこと、またダイヤ設定にコストが影響されることをRoute Deviation方式導入時に考慮する必要がある。

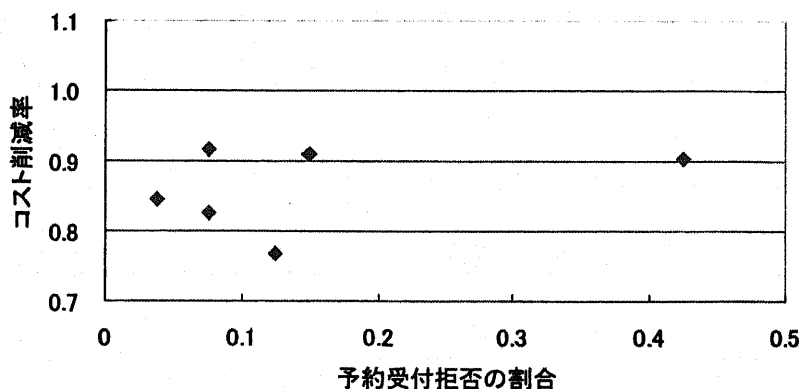


図5-7 予約拒否とコストの関係 (路線長 5km)

## 5.4 Semi-Dynamic 方式 DRT 運行コスト分析

本節では、需要の発生状況によって、運行時間や必要車両台数が変化することを考慮した、Semi-Dynamic 方式の DRT の運行シミュレーションの構築を通し、運行コストの分析を行う。

### 5.4.1 Semi-Dynamic 方式の運行方式整理

5章2節で示したように、Semi-Dynamic 方式の運行方式では、起点を基準に起点出発時刻と、予約締切り時刻の設定を行う。そのため、利用者は、乗車後に他利用者の予約による乗車時間の変化を受けないので、予約する時間帯の目的地到着時刻を判断できる。また運行側は、各便で受付ける予約の時間帯が分かる。

### 5.4.2 需要の変化が利用者及び運行側に与える影響

#### (1) 利用者を与える影響

利用者が目的地に到着するまでの交通行動を、DRT の予約行為を含めて検討を行う。利用者は目的地への到着時刻を予測し、その予定到着時刻に到着できる時間帯で、希望乗車時刻を検討し予約を行う。また利用希望時刻に運行している便が、他の利用者の利用が多く、経路長が増加し、終点到着時刻が遅延してしまう場合、利用者は次の便の利用を求められる。この場合目的地の到着時刻が予定の希望時刻より遅れるため、利用者は利用を中止する可能性がある。

#### (2) 運行側を与える影響

運行側では、目的地を一定間隔で運行する各便への予約を、予約締切り時刻まで、予約の入った順に、基本経路に迂回する形で受付ける。また、予約締切り時間まで予約を受付けると、需要が増加した場合や需要が短時間に集中した

表5-5 需要の変化による各指標の影響

予約	運行方法	運行側指標			利用者側指標
		1台当り路線長	導入車両台数	コスト	利用者サービス
増加	(変化無し)	↗	↗	↗	↘
	運行本数増加	→	↗	↗	↗
	予約拒否	→	→	↘	↘
減少	(変化無し)	↘	↗	↗	↗
	運行本数削減	↗	↘	↘	↘

凡例 増加：↗ 減少：↘ 変化無し：→

場合に、各便の路線長が増加し、利用者サービスの低下やコストが増加する可能性がある。また、そのような状況に対応するために予備車両を準備すると、導入車両台数も増加する可能性がある。この場合、起点出発間隔の短縮をして、前もって需要が集中した場合を想定して起点出発時刻を短くした場合や、需要が短期間に集中した場合には予約の拒否を行うことにより、路線長の増加を防ぐことができるが、起点出発時間を短縮する場合には、導入車両台数とコストが増加する可能性があり、予約を拒否した場合には、予約できなかった人の利用者サービスが低下する可能性がある。

また利用者数が減少した場合、各便が受付ける予約数が減少するため起点出発間隔を延長できるが、平均乗車密度が増加するため、待ち時間や乗車時間が長くなり、利用者サービスが低下する可能性がある。以上を踏まえ、需要の変化による影響を表 5-5 に整理する。また、予約が成立しない条件を整理すると、運行側による予約拒否の原因は、経路長の増加や他利用者サービスへの影響となり、利用者側からの利用中止は待ち時間や乗車時間の増加や、その結果起こる到着時間の遅延が原因となる。

### 5.4.3 評価指標の考え方

#### (1) 利用者サービス指標

利用者に提供するサービスは予約に応じた運行により変化するため、既存のバスと比較して評価指標を以下に整理する。

##### ① 待ち時間

既存バスでは時刻表をもとに、待ち時間を検討できるが、DRT では、利用者は予約受け付け時に、乗車時刻を確認する(以下予定乗車時刻と記述)。この時刻を時刻表に提示されている時刻と考え予定乗車時刻と実際に乗車する時刻との差を待ち時間と考える。また予約締切り後に最終的な乗車予定時刻をもう一度連絡した場合(Call Back)、渋滞等の遅延が無い限り予定乗車時刻と実際に乗車する時刻が一致する。

##### ② 乗車時間

乗車時間は、実際に乗車してから目的地に到着するまでの時間であるので、既存交通と同様となる。他の利用者を受け付けた場合は、経路が変更されるため、各利用者が予約を行ったときに確定した、予定乗車時間が変化するが、利用者の予約は起点出発時刻より前に締め切るため、利用者が乗車した後は乗車時間の変化は無い。

③ 所要時間

所要時間は、利用者が予約を行ってから目的地に到着するまでの時間の和であるので、待ち時間、乗車時間の他に予約を行ってから実際に乗車するまでの時間を考慮する必要がある。

④ LOS 指標

他利用者の予約を受け付け、運行する場合の所要時間と、利用者が予約を行って直ぐに乗車ができ、各利用者に対し、最短経路で運行を行った場合の所要時間を比較する指標を検討する。

利用者が予約を行ってから、目的地に到着するまでの所要時間を検討した場合には、LOS 指標は(1)式に示される。この指標は、上記で示した、待ち時間、乗車時間の指標の他、利用者が予約を行ってから乗車するまでの時間を含むため、利用者が任意の時間に予約を行う場合のサービスが検討できる。一方で、予約したときに決まる乗車時刻を時刻表を調べる行為と同様に考えると、予定乗車時刻から到着時刻の差が所要時間となり、LOS 指標は(2)式のようにになる。

(2) DRT 運行評価指標

DRT の運行側評価指標には、コストの影響要因となる、必要車両台数と走行時間を検討し、運行に必要なコストを検討する必要がある。また、需要に応じた運行により発生する迂回状況を把握する必要がある。さらに利用者の需要に応じた状況を把握するために、輸送人員や、利用を中止した人数を評価指標として取り込む必要がある。以上を踏まえ表 5-6 に運行側評価指標を整理した。

LOS 指標式	
$\text{LOS(a)} = \frac{(\text{目的地到着時刻} - \text{予約時刻})}{\text{最短経路での所要時間}} \dots (1)$	$\text{LOS(b)} = \frac{(\text{待ち時間} + \text{乗車時間})}{\text{最短経路での所要時間}} \dots (2)$

表 5-6 運行側評価指標

分類項目	評価指標
運行状況把握	運行時間・必要車両台数・迂回状況(運行時間比較)
コスト	運行コスト
輸送人員	利用者数・予約不成立の人数

5.4.4 シミュレーション前提条件

(1) 対象地域

対象地域を平日日中の公共交通需要が低い郊外地域として、既存バス代替交通手段、である DRT の導入を検討する。DRT の利用が中心となる移動距離は、徒歩や自転車による移動が困難な地域であると仮定し、既存バスや自家用車と比較を行う。既存バス及び自家用車の端末交通分担率が高い地域は、駅を中心に4~5km の地域である<sup>11)</sup>ので、DRT も同様の距離と仮定できる。また既存 DRT の導入地域規模は、10km<sup>2</sup>~30km<sup>2</sup><sup>4)12)</sup>程度だが、対象地域が広範囲に

及ぶ場合、既存バスとの競合や、複数路線の設定も検討する必要がある。予約行為以外の条件を検討する必要がある。よって、対象地域に単独路線の DRT システムを導入することとし、対象地域の規模及び形状を縦4km,横2.5km で面積10km<sup>2</sup>の長方形とした。また対象地域の片側に駅を設定し、対象地域内では任意の方向に移動が出来ることとする。(図5-8 参照)

(2) 対象地域需要及びトリップ

DRT 利用者のトリップは対象地域の任意の場所から、乗車し、降車場所は駅前とする。需要発生分布系は、希事象の発生を示すポアソン分布を使用した。また需要が発生するメッシュの大きさは、DRT に乗車するまでのアクセス距離を100m程度と考慮して乗降位置の間隔を考慮し、200m間隔とした。設定したバス路線が通る道路密度は10km/km<sup>2</sup>となる。これは、典型的な郊外地域では、15~20km/km<sup>2</sup>であることを考えれば、実現可能な設定値であると考えられる。

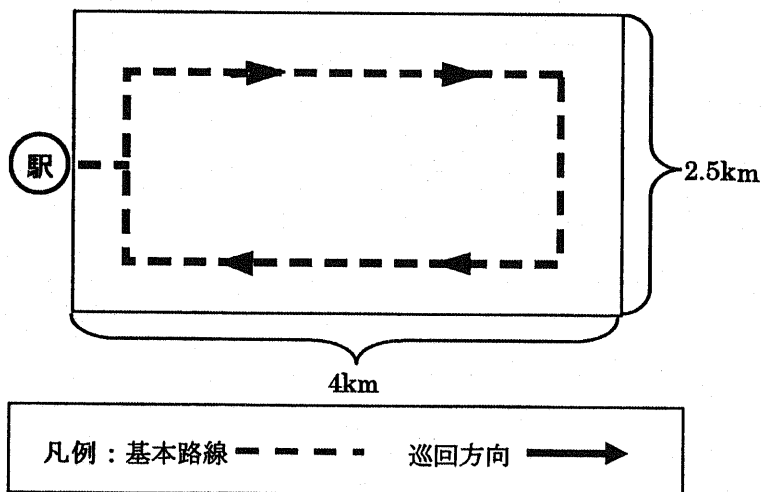


図 5-8 対象地域概略図

(3) DRT システム運行条件'

Semi-Dynamic 方式の DRT 運行方式では、5 章 2 節で整理したように、起点の出発間隔や、予約受付方法の設定が必要となる。DRT 運行方式設定条件を、表 5-7 に整理する。DRT の運行速度は平日日中の渋滞が起こらない時間帯に運行することを考慮し、12km/時とした。また配車方法を整理する上では、予約が利用者及び運行側に与える影響を整理する必要がある。利用者は希望する便への予約が路線長の制約より行えない場合、次の便へ配車される。この場合、利用希望時刻と乗車予定時刻の差が大きくなるにつれ、利用者は利用中止する可能性が大きくなる。利用希望時刻と乗車予定時刻の差と予約成立の関係を図 5-9 に、予約受付のフローを図 5-10 に示す。

表 5-7 運行設定条件

設定条件		内容
路線設定		駅を中心に巡回型の路線を設定し、予約に応じて経路を変更
起点出発間隔		等間隔に設定(5分~120分)
走行速度		12km/h <sup>13)</sup>
起点での待機時間		最小待機時間 5分
予約受付方法	予約締切時刻	起点出発 15分前まで
	予約受付内容	予約時に連絡
配車方法	経路設定	起点に近い順に予約受付
	各便の路線長制限	目的地到着時刻の上限を持たせ、路線長を最大 8km と設定

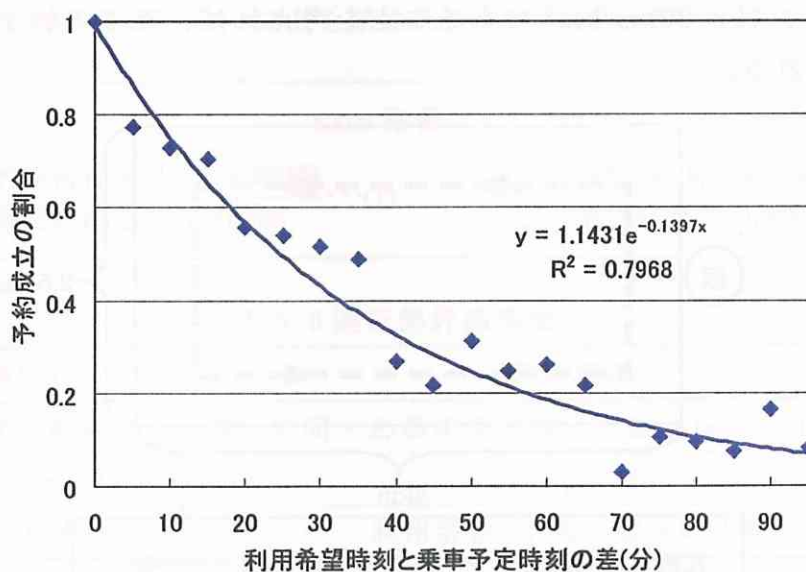


図 5-9 利用者希望時刻のずれと予約成立の関係<sup>12)</sup>



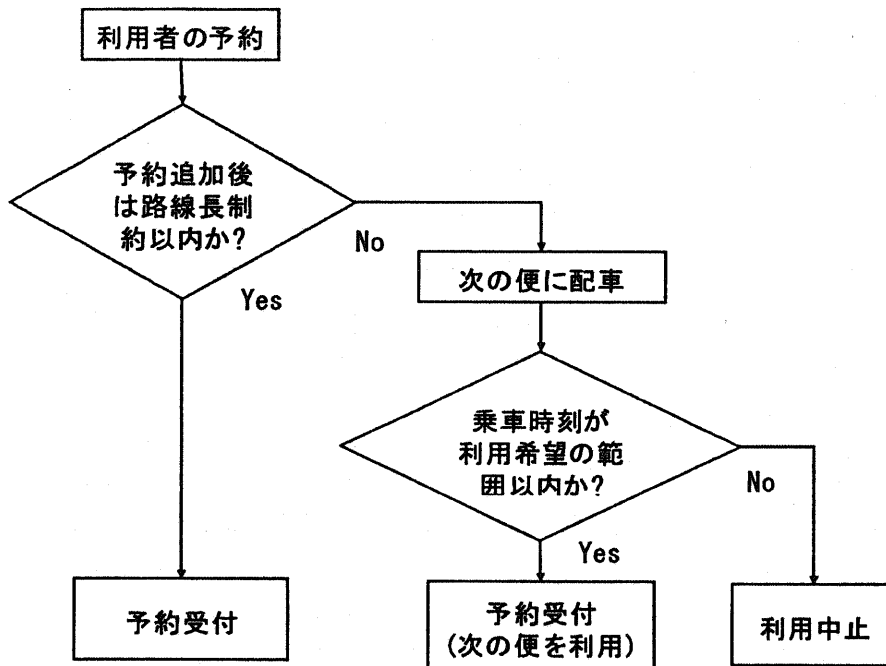


図 5-10 予約受付のフロー

(4) DRT 運行コスト

DRT 運行コストを、資本費用である車両購入費と、運行費用に分類して検討する。車両購入費用の減価償却費は、購入費用を 1000 万円、耐用年数 10 年として定額法で減価償却費を算出し、1 年目の減価償却費は 90 万円となった。また運行費用を、表 5-3 に示した値を求めた

(5) 計算の手順

以上で示した前提条件をもとに、平均需要密度を 0.1~10.0 人/km<sup>2</sup>・時と変化させ、運行時間を 1 日 10 時間と設定し、予約を受付けた運行を行った。また利用者の予約をすべて受けられるよう、十分な車両台数が準備できるという条件を設定し計算を行った。

5. 4. 5 Semi-Dynamic 方式計算結果

(1) 需要密度と運行コストの関係

図 5-11 に需要密度と利用者 1 トリップあたりの平均運行コストの関係を示す。需要が増加した場合には、必要車両台数や走行距離が増加する一方、1 台当たりの利用者数が増加するため、平均コストは減少傾向にある。

(2) 利用者サービスとコストの関係

図 5-12 及び図 5-13 に平均コストと利用者サービス(平均待ち時間・平均乗車時間・平均所要時間)の関係を示す。待ち時間、乗車時間、所要時間共に増加するにつれ、平均コストが低下傾向にある。また(1)で示したように、平均コストが高い場合には、需要が低い場合なので、他利用者の予約による影響を受けずに運行を行えていることがわかる。

(3) LOS 指標とコストの関係

図 5-14 に LOS 指標と平均コストの関係を示す。LOS(a)、LOS(b)共に、平均コストが増加するにつれ、減少する。これより、利用者サービスとコストの関係と同様に、需要が低下し、コストが増加した場合に、他利用者の予約の影響を受けず、各利用者の予約に直接応じて運行していることがわかる。また予約をしてから乗車をするまでの時間を考慮して計算した LOS(a)は、利用者数が少ない場合でも、最短経路の移動時間に比べ、非常に大きくなっていることが分かる。

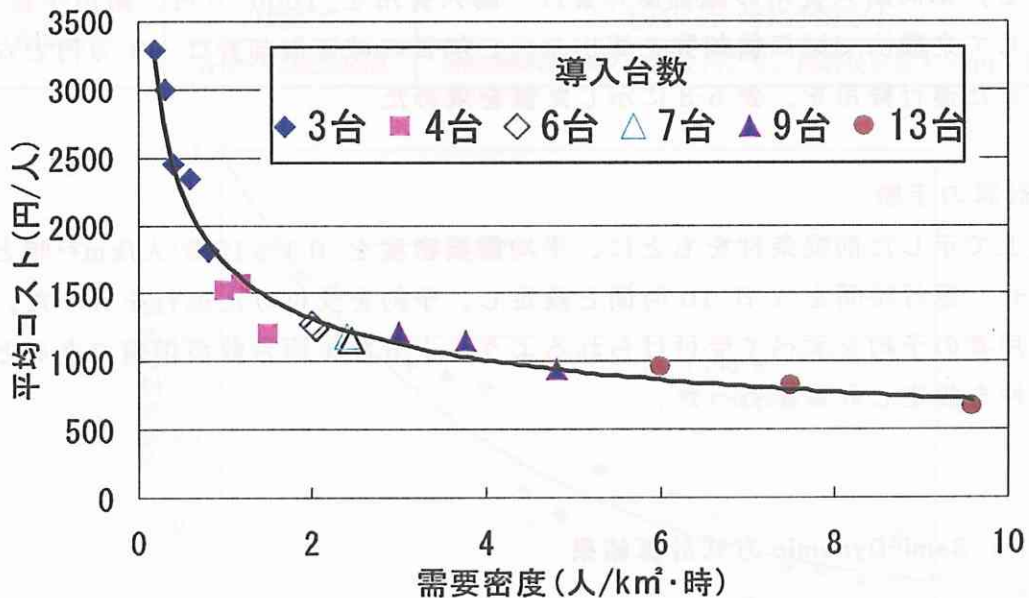


図 5-11 需要密度と DRT 運行コストの関係

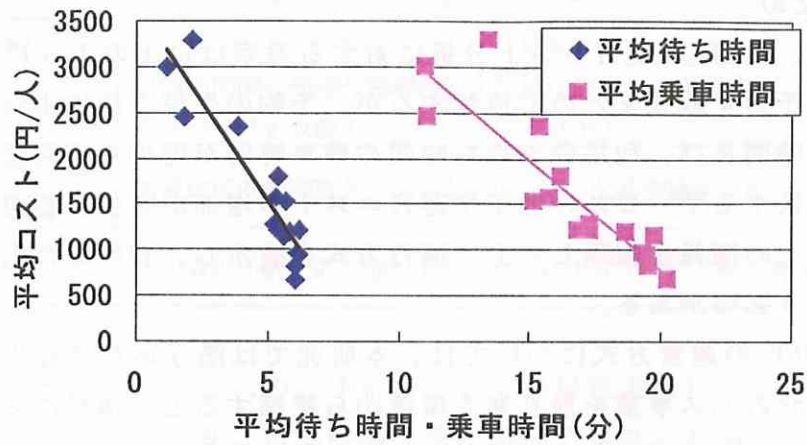


図 5-12 待ち時間・乗車時間と平均コストの関係

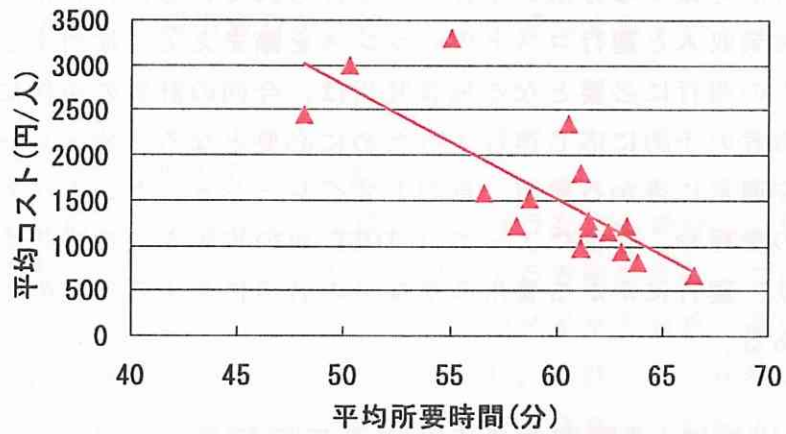


図 5-13 所要時間と平均コストの関係

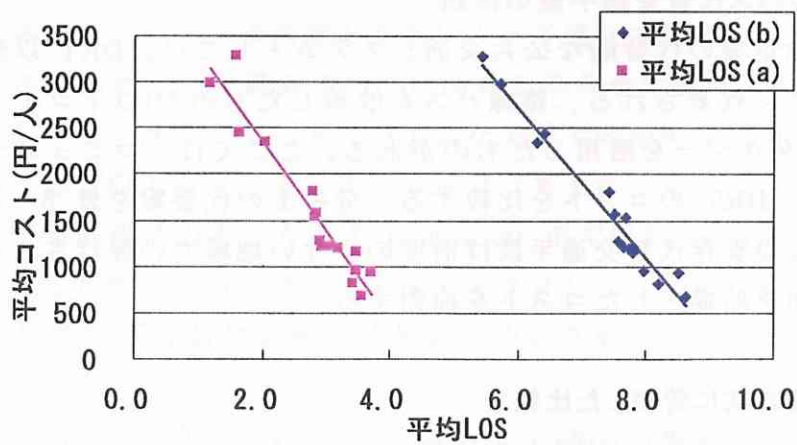


図 5-14 LOS 指標とコストの関係

### 5.4.6 まとめ

以上より、DRT の運行コスト分析に対する考察は以下ようになる。DRT システムは予約を取りまとめて運行するが、予約の受付方法によっては、導入台数や走行時間及び、利用者の待ち時間や乗車時間が増加する可能性があり、利用者へ提供するサービスの低下や運行コストの増加が発生する可能性がある。よって、以上の関係を整理した上で運行方式を設定し、判断した上で、コストの分析を行う必要がある。

また、DRT の運営方式については、本研究では踏み込んで分析を行っていないが、現状のバス事業を取り巻く環境から推察すると、運行に必要な費用の主体を明確にする必要がある。運行に必要な費用については、公営及び民営交通事業者が直接費用を負担する方法、運行費用を補助する方法、自治体が主体となる方法等様々な方法が現在取り上げられているが、利用者数によって変化する、営業収入と運行コストのバランスを踏まえて、検討する必要がある。さらに DRT の運行に必要な施設費用は、今回の計算の条件には示していないが、利用者の予約に応じ運行するために必要となる、オペレーションセンターの設置や運営に掛かる費用、車両とオペレーションセンターの通信に必要な機器の費用や、場合によっては DRT 用の車両を別途購入する必要がある。以上より、運行にかかる費用の増加分の負担に対する支出の主体を明確にする必要がある。

## 5.5 コスト比較による既存バス代替交通手段評価

### 5.5.1 既存バス代替交通手段の種類

既存バス撤退後の代替的な公共交通システムとしては、DRT 以外に、コミュニティバスに代表される、路線バスを改善したものや(以下コミュニティバスと表記)、タクシーを活用したものがある。ここでは、コミュニティバス及びタクシーと DRT のコストを比較する。分析上の代替案を表 5-7 に示す。また、これらの既存代替交通手段は需要の少ない地域での運行されるため、運行費用の補助を前提としたコストを検討する。

### 5.5.2 運行方式に着目した比較

#### (1) コミュニティバスと DRT との比較

コミュニティバスは、需要の発生数に関係無く固定路線を運行するため、需要が多い場合を DRT と比較すると、路線長増加は起こらないため、利用者の待ち時間、乗車時間やコストの増加は起こらない。その一方、需要の少ない場

表 5-8 分析上の代替案

交通手段	概要
コミュニティバス	停留所間隔の短縮や路線設定を詳細に設定し、運行することにより利用者サービスを改善する。(既存バスの改良)
タクシーの 空車時間利用	対象地域内の空車タクシーを利用して、公共交通サービスを提供する。
DRT	利用者の予約に応じ運行するため、利用者サービスを改善する。

合にも固定路線を運行するため、予約に応じて路線設定を行う DRT と比較した場合、路線長が長くなり、待ち時間、乗車時間やコストが増加する可能性がある。またコミュニティバスの路線設定方法に着目した場合、利用者のアクセス距離が長くなる場合に、路線分割を行い、路線を詳細に設定することによって、アクセス距離を短縮出来るが、運行台数が増加するため、コストが増加する可能性がある。

## (2) タクシーの空車時間利用との比較

タクシーを既存バスの代替交通手段として運行をする場合は、乗合を行う方法と、各利用者に対し個別にサービスを提供する方法がある。このうち乗合を行う場合、複数の利用者の予約に応じ、経路やダイヤを設定し運行するため、Dynamic 方式の DRT と同様の運行方式となり、運行方式の比較が出来ない。よって利用者の予約に個別に応じ、地域内の空車タクシーを配車し、サービスを提供する方法を検討する。

タクシーによる公共交通の運行は、中村ら<sup>15)</sup>が示したように、公共交通事業者、自治体等とタクシー事業者の契約によって運行される方法や、タクシー事業の規制内で決められた範囲内で、補助金を導入せず運行する方法の 2 種類がある。しかし、既存バスの運行が困難な地域での公共交通事業は、利用者数が少なく、運賃収入を中心とした独立採算は考えにくいので、補助金の適用方法を検討する必要がある。カナダ Rimouski 市での例<sup>15)</sup>を取り上げると、利用客が乗車した時刻から、降車するまでのタクシーメーターによる運賃のうち利用者の運賃分(既存公共交通と同程度)を引いた額を、運行補助として利用している。

また、地域内でのタクシーの運行状況と、利用者の行動は、松島ら<sup>16)</sup>が示すように、対象地域内に設置されている複数のタクシー乗り場で、客とタクシーが互いに待ち行列を形成し、双方が出会った瞬間に取引を行う 2 重待ち行列

表 5-9 DRT との比較に必要な条件

代替交通手段	設定内容	条件
コミュニティバス	路線設定	対象地域に巡回型の路線設定
	導入車両台数	DRT と同様の車両台数(図 5.11)
	運行コスト	DRT と同様の運行コスト(表 5.3)
タクシーの空車時間利用	配車	各利用者の予約に応じて配車 (地区内に空車タクシーが十分であると仮定)
	経路	目的地までの最短経路
	運行コスト	タクシーメーターとバス運賃の差額分

によって示され、利用者のタクシー待ち時間と、空車のタクシーが利用者を待つ時間は、双方とも独立した確率分布で示される。以上を踏まえ、DRT 運行方式と比較した場合、待ち時間は、DRT と同様に考えると、予約時に確認した、予定乗車時間から実際に乗車する時間の差となり、乗車時間は乗車してから目的地に到着するまでの時間となる。

各利用者の需要に個別に応じて運行するため、待ち時間や乗車時間の短縮を図ることができるが、利用者数が多い場合、車両数の不足による待ち時間の増加や、走行距離の増加によるコスト増加の可能性がある。

### 5.5.3 評価指標の検討

DRT を他の代替交通手段を比較する上では、4章に示したように需要に応じた運行がコストに与える影響を分析する必要がある。予約を取りまとめ、路線長を短縮できた場合には、1台当りの運行経路が短縮されるため、利用者1人当りの運行コストが低下する可能性がある。その一方、迂回によって路線長が増大した場合には、1台当りの運行コストの増大や、利用者の乗車時間が長くなることを防止するために、導入車両台数が増加し、運行コストが増大する可能性がある。

予約の取りまとめによる運行を評価する上では、需要が少ない場合には、各利用者の運行に直接対応が出来る一方、需要が増加した場合には、運行台数や運行距離が増大するためコストが増加する可能性がある。よって、需要の変化に対する各代替案の平均コストを分析する必要があると考え、評価をすることとした。

#### 5.5.4 計算の手順

対象地域の形状を図 5-8 のように設定し、対象地域内から駅前までの利用者がポアソン分布に従って発生する。また平均需要密度を 0.1 人/km<sup>2</sup>・時から 10.0 人/km<sup>2</sup>・時まで変化させ需要密度が変化した場合の運行コストを比較した。

DRT については、4 章に示したような条件設定を行い、需要密度が変化した場合に利用者の予約を受けた場合の運行コストを算出する。コミュニティバスについては、対象地域内に DRT の基本経路と同様の巡回型の固定路線を設定し、DRT と同様の車両台数で運行した場合のコストを算出する。また、DRT が予約を受け付け運行した場合におこる、路線長の変化と比較する。

タクシーに関しては、地域内に十分なタクシーが供給されていると仮定し、対象地域内の需要の発生に応じ、タクシーが配車されることとした。また最短経路をとって運行すると仮定した。以上をまとめ表 5-10 に示す。

#### 5.5.5 各代替案の需要密度と運行コストの関係

図 5-14 に対象地域の需要密度と利用者当りの平均コストの関係を示す。DRT とコミュニティバスのコストを比較すると、需要密度が低くなるにつれ、DRT の運行コストがコミュニティバスより安くなっていることが分かる。この理由は、DRT は需要密度が減少した場合に、利用者の需要がある区間のみ運行するため、運行時間や経路長を短縮できる傾向があるからである。また、タクシーの空車時間利用による運行では、資本費用が不要であるため、平均コストは需要密度に関係無くほぼ一定となるが、各車両の乗車人数が 1 人であるため、需要が増加した場合には DRT より高コストとなる。

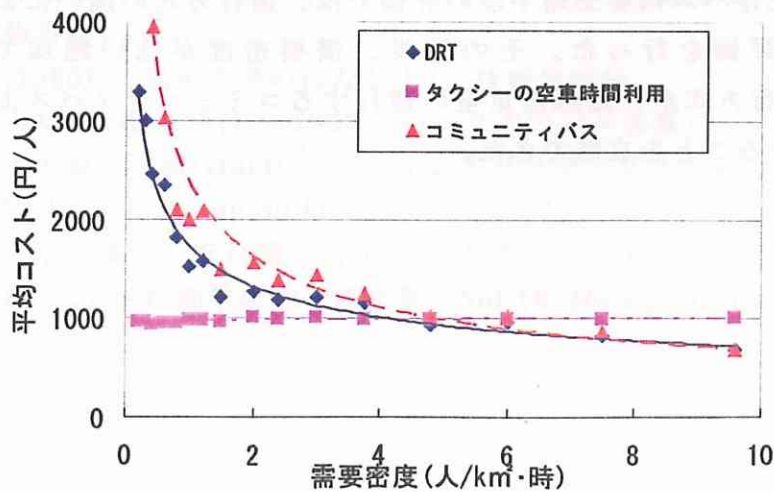


図 5-14 需要密度と平均コストの関係

## 5.6 まとめ

本研究では、DRT 運行方式の整理を通し、コスト分析に必要となる点を整理した上で、Route Deviation 方式及び、Semi-Dynamic 方式による運行方式が、利用者及び運行側に与える影響を整理し、コスト分析を行った。また、予約に応じて運行する DRT システムと他の代替交通手段との運行コストの比較を行った。

DRT の運行方式の整理では、各運行方式が提供できる地域や時間帯の柔軟性に着目して分類を行い、各運行方式が運行コストに与える影響要因の整理を行った。

その結果、各運行形式の導入対象地域や利用者による分類を行うことと、コスト分析の着目点を取りまとめることができた。

Route Deviation 方式の運行方法設定では、利用者予約が短時間に需要が集中した場合は、最大限のコストが掛かり、迂回経路を固定路線の一部として運行する場合とコストに違いがないこと、またダイヤ設定にコストが影響されることを考慮する必要がある。

また、Semi-Dynamic 方式の、予約を取りまとめた運行が、利用者に提供するサービスや運行コストに対して与える影響要因を整理し、計算例を示した。予約の受け付け状況によっては、運行コストの増大や、利用者に提供するサービスの低下が発生する可能性がある。そのため、以上の関係を整理し、導入地域の路線網の設定方法や、提供サービスに対する利用者の選好を検討した、コストの分析の必要があることを示すことができた。

さらに、既存バス代替交通手段の評価では、運行方式の違いによるコストの比較を通し評価を行った。その結果、需要密度が低い地域では、Semi-Dynamic 運行方式が、路線固定型の運行するコミュニティバスより低いコストで運行できることを立証できた。



第5章 参考文献

- 1) FTA 編, (財)運輸経済研究センター訳(1978),「これからの交通 パラ・トラ  
ンジット」
- 2) Vukan R. Vuchic (1981), "Urban Public Transport Systems and  
Technology", Chapter 2 Urban Passenger Transport
- 3) Yngve, Westerlunf, et al(2000), "Transport Telematics for Elderly Users:  
Successful Use of Automated Booking and Call-back for Demand  
Responsive Transport Services in Gothenburg", 7th World Congress on  
ITS CD-proceeding
- 4) G.Ambrosino, et. al(2000), "Flexible mobility Solutions in Europe through  
Cooperation between Operators, IT Suppliers and Authorities. ", 7th  
World Congress on ITS CD-proceeding
- 5) 森津秀夫・枝村俊朗・佐溝純一(1986),「経路探索型デマンドバスのシミュレ  
ーション」, 第41回土木学会年次学術講演会講演概要集, pp.249-250
- 6) E, Amaldi, et. Al(2000), "A dial-a-ride to be implemented in a suburban  
area of Milan", 7th World Congress on ITS, CD-Proceeding
- 7) Kenneth.A.Small(1991),「都市交通の経済分析」, 第3章費用, 勁草書房
- 8) 溝上章志・松井寛(1986),「バス路線評価指標の開発に関する 2, 3 の研究」,  
土木計画学研究・論文集, No.9, pp.265-271
- 9) 秋山哲男・中村文彦(2000),「バスはよみがえる」, 日本評論社
- 10) 清水浩志郎・木村一裕・伊藤誉志広・斎藤靖(1997),「廃止路線代替バス運行  
地域の交通の確保に関する考察」, 土木計画学研究・講演集, No20(2),  
pp.699-702
- 11) (財)運輸経済研究センター(1997),「平成7年大都市交通センサス」
- 12) (株)松下電器産業・(株)高知県西南交通・中村市・高知市(2000),「中村まちバス  
実験結果報告書」
- 13) 天野光三(1985),「都市交通のはなし I」, 技報堂出版
- 14) (社)日本バス協会編(1997),「1997年版 日本のバス事業」
- 15) 中村文彦・木賀万里絵(2000),「ダイヤモンドバスサービスの新しい展開」, 交  
通工学, VOL.35 No.1, pp.59-66
- 16) 松島格也・小林潔司・坂口潤一(2001),「タクシー・スポットの空間的均衡と  
社会的便益」, 土木計画学研究・論文集, Vol.18 ,No.4 pp.681-690

## 第 6 章 大都市郊外地域での DRT 適用可能性評価

- 6.1 序論
- 6.2 DRT 導入代替案構築手法の検討
- 6.3 適用可能性評価の分析手法整理
- 6.4 大都市郊外地域におけるケーススタディ
- 6.5 DRT 導入代替案と適用可能性評価
- 6.6 まとめ

## 第6章 大都市郊外地域でのDRT適用可能性評価

### 6.1 序論

DRTは、各利用者の需要に応じ運行するため、在来の公共交通の導入や維持が困難な公共交通需要が低い地域や分散している地域に適用可能性がある。

その一方でDRT適用上の課題には、提供サービスが予約受付数により変化するため、DRTの提供サービスの状況によっては、4章5節で示したように予約受付状況が利用者の選択状況に影響を与える可能性がある。すなわち、予約数が増加した場合には、各利用者の所要時間が長くなるため、一部利用者がDRTの利用を中止する可能性があり、逆に利用者数が少ない場合には目的地への直接性が高まるので、所要時間が短縮され予約数が増加する可能性がある。

既存研究では、DRTの迂回によって起こる所要時間の変化によるコスト増加とサービスレベルの低下を、損益分岐点の概念により整理したもの<sup>1)</sup>や、対象地域に発生する需要すべてがDRTを利用すると仮定し、各需要レベルに対する最適な運行コストの関係を示したものがある<sup>2),3)</sup>が、予約数の変化によって起こる待ち時間や乗車時間の変化と、それにより起こる予約の変化の関係は取り扱っていない点で問題がある。

以上より、DRTの適用可能性評価には予約数の変化がサービスに与える影響を表現できるDRT供給側分析と、サービス変化による需要の変化を示せる需要分析の双方と統合した形態を取る必要がある。またDRTの適用可能性を検討し評価するには、対象地域の問題点とDRT導入により解消される点を整理し、DRTの運行代替案構築に必要となる運行形態整理と適用上のインパクト整理を行い、導入時の需要や運行費用の算出と評価を行う必要がある。

以上より本章では、大都市郊外地域におけるDRT適用可能性の評価を、(1)DRT導入代替案構築及び評価手法の確立と、(2)適用可能性の分析手法の検討、(3)神奈川県綾瀬市をケーススタディとした適用可能性の評価の3点を通し行う。第6章の分析フローを図6-1に示す。



図 6-1 6章の分析フロー

## 6.2 DRT 導入代替案構築手法の検討

既存バスが抱える問題点は、1章に示したように道路混雑が原因で起こるバスサービスレベルの低下による利用者減少や、自家用車利用増加や潜在的な人口減少によるバス利用者の減少により、バス事業者の収益が減少することと、それにより起こる運行本数の減少や、路線や地域からの撤退がある。またその結果として起こる、高齢者・障害者・免許非保有者等の移動制約者に対するモビリティ確保も同様に問題となる。以下では大都市郊外部におけるバスが抱える問題点と、その内容を主体別に整理を行う。また代替案策定では、大都市郊外地域を対象とした DRT システムの導入代替案を、①導入代替案のシナリオ設定、②導入地域や運行形態等の施策整理、③評価指標の検討、3項目に着目して以下に整理する。

### 6.2.1 大都市郊外地域における既存バスの問題点

大都市郊外地域では、平日朝夕のピーク時は通勤・通学目的の需要が集中するため、居住地域内から駅端末交通手段としてのバス利用者が多い一方、パークアンドライドやキスアンドライドといった自家用車利用の増加による駅前広場や駅周辺の道路混雑が問題となる。また日中は、居住者の買物や通院等に代表されるような私事目的で、地区内及びその周辺部を中心とした地区外の移動が中心となるため、需要が相対的に少なく、目的地や出発時刻が分散する傾向にある。そのため、バス事業者や日中のバス運行頻度を少なくする場合や、場合によっては運行しない可能性がある。

そのため、低頻度なバスの運行や、利用者の希望する OD 間に路線が設定されていないことが原因となり、個人が自由に利用できる自家用車利用の増加や、高齢者・障害者等の移動制約者や、免許非保有者・世帯の自家用車保有台数の制約により自家用車の利用が困難である人達の外出頻度を下げる原因となり、結果としてバス利用者の減少要因となる。

また、バス事業者にとっては利用者減少による運賃収入の減少によって、事業採算性悪化が起こり、行政による補助金支出の増加や、バス事業者の路線からの撤退が起こる原因となるが、その一方で、移動制約者に対する公共交通提供や、自家用車利用の増加による道路混雑や駐車場整備に対する問題点に対処するには、ある程度の公共交通を確保及び整備する必要性が出てくる。そのため行政は、既存事業者への運行・運営に対する金銭的な補助や、行政が主体となったバス運営や運行、またバス路線の再編成等の路線設定計画が必要となる。

6.2.2 各主体別問題点整理とDRT導入可能性

(1) 各主体別問題点整理

2章2節及び3章4節で示した、DRTが導入されている(もしくは導入可能性のある)地域での公共交通の問題点を利用者・バス運行者(事業者)・行政の3主体に着目して以下に整理する。

公共交通の需要が少なく、既存バスが導入されていない地域や、現状ではバスサービスが提供されているが、今後自家用車利用の増加や人口減少により利用者が減少し、採算性の悪化によりバス事業者が撤退する可能性がある地域では、高齢者、免許非保有者や世帯の保有台数制約により自家用車を利用できない人等の移動制約者が発生する可能性がある。そのため上記の人々へのモビリティを確保する必要がある。

また、現状でのバスサービスに問題のある地域や、今後バス利用者が減少し、サービス低下の可能性がある地域では、バス停までのアクセス距離の問題や、低運行頻度による移動時間帯の制約、また路線が設定されていないOD間の移動制約が掛かる可能性がある。

さらに、以上のような需要の少ない地域では、行政による地域内バス事業者に対する補助金頒布や、バス計画、運営及び運行の必要性がある。

表 6-1 主体別既存バスの問題点設定

関連主体	問題点	内容	都市	郊外	地方
利用者	モビリティ確保	バス路線が設定されていない	△	○	○
		路線廃止によるモビリティ確保		○	○
	低サービス水準	低頻度な運行	△	○	○
		目的地までの路線が設定されていない	△	○	○
		所要時間(乗車時間)が長い	△	○	○
		出発地(目的地)でのアクセスが困難	△	○	○
	高運賃水準	△	○	○	
バス事業者	利用者減少	営業収入減少・採算性悪化	△	○	○
		路線からの撤退		○	○
		地域からの撤退		△	○
行政	既存バス事業者支援	補助金支出		○	○
	行政による計画	地区内バス路線計画及び調整	△	○	○
	行政による運営	民営交通事業者との契約による運行		△	○
		地方自治体による運行	△	△	○
	行政による運行	福祉・スクールバスとのサービス統合		△	○
	高齢者・障害者向けの交通サービス運行	○	○	○	

(備考) ○…一般的に問題がある △…(路線・地域等)限定的に問題が起こる可能性がある

以上の問題点を対象地域別に以下に整理する。高齢者及び障害者用のモビリティ確保は全地域における問題となるが、一般乗合輸送であるバスの問題点と照らし合わせると、都市部では、観光者や夜間帯のトリップを対象としたニッチサービス(隙間交通)の確保といった点や、交通空白地域でのモビリティ確保という問題点がある。また現状でバスが運行されている地域でも、将来的にバス利用者が減少し、平均乗車密度減少による代替交通手段導入に関する検討が必要になる可能性もある。

その一方で、地方部では既存バスが運行されているが、運行頻度が非常に低頻度なことや、路線が設定されている位置から離れた集落と停留所間のアクセス/イグレスが長距離であることが理由で、提供サービスに問題がある場合や既存バスが撤退する際の代替交通手段導入代替案を、行政が主体となり計画、運営及び運行を行う必要性がある。

また郊外地域では、6章2節1に示したように、低サービス水準なバスサービスの問題、低密度な需要が原因で起こる低水準な運賃収入による採算性や赤字額拡大の問題や、行政の補助金支出額増大といった問題があり、これらの問題を解決できるような代替交通手段の導入や、現状でバスが運行されていない地域でのモビリティ確保が問題となる。以上を整理し表6-1に示す。

(2) DRT 導入可能性の対象範囲

(1)で示した問題点に対応する DRT の導入可能性の対象範囲を、対象地域の現状及び将来の公共交通に需要量及びバス事業の観点と、対象地域での公共交通状況改善に必要な施策の2点に着目して表6-2に整理する。交通施策に関しては、交通空白地域で既存公共交通を補充する形態で導入される DRT と、既存バス撤退後の代替交通手段として導入される DRT の2種類あり、また問題が発生する時期は、現状で DRT が必要となる場合と将来的に導入が必要となる可能性のある地域の2種類が導入可能性の対象範囲となる。

表6-2 DRT 導入可能性の対象範囲

		公共交通の問題発生時期	
		現状	将来
公共交通 の状況	交通空白地域の 存在	既存交通を補充する目的で 導入される DRT	開発途上もしくは開発自体が低密度 である地域への既存公共交通を補充 する目的で導入される DRT
	既存バス撤退	既存バス代替交通手段として の DRT 導入	将来的なバス利用者低下による既存 バス代替交通手段としての DRT 導入

6.2.3 DRT 導入代替案の目的設定

(1) DRT 導入目的の設定指針

6章2節2で示したように、交通政策の観点からDRT導入目的を整理すると、①既存公共交通の代替交通手段としての導入と、②既存公共交通システムの補完的な公共交通手段としての導入の2種類がある。このうち、①の場合はDRTの導入により、既存バス運行時に比べ、運行コスト(赤字額・補助金頒布額)の削減や、利用者満足度や利用者の増加等を最終的な目的とする。また②の場合では、他交通手段(例えば5章5節で示したようなコミュニティバスやタクシー)とDRTを比較した場合、目的とする提供サービスや導入運行コストの改善の効果が最も良い代替案を選択することとする。導入目的の具体的な設定内容を表6-3に示す。このうち利用者はDRTが提供するサービスの改善とそれに伴う交通行動の変化が、事業者側は予約を取り纏めた運行によるコスト削減効果やそれに伴う新規市場開拓と、予約に応じた運行に必要な設備のコスト面や操作面が課題となる。また行政側はDRT導入計画や運行補助等が課題となる。

また、DRT対象利用者と期待される導入効果に着目して、導入シナリオを表6-4に示すように設定する。導入対象利用者を、①高齢者及び障害者、②免許非保有者及び世帯の保有台数による制約者、③自家用車・公共交通選択層(現状ではバス利用)及び、④自家用車・公共交通選択層(現状では自家用車利用)の4種類に分類し、上記利用者を対象としたDRT導入時の検討課題を表6-3で整理した内容に基づき整理する。

表 6-3 DRT 導入目的と各主体への影響

項目	導入目的	関連主体		
		利用者	バス事業者	行政
期待される導入効果	既存バス代替交通	利便性の高いサービス提供によるトリップ頻度改善 自家用車からの転換	利用者の予約を取り纏めた運行による平均乗車密度の向上、収入の改善	補助金システムの改善、地域内公共交通システム改善
	既存バス補充	新規路線設定による交通行動改善	新規事業開拓	
問題点	既存バス代替交通	予約によるサービスへの受容性(予約行為、待ち時間・所要時間変化)	ITS技術導入・運営費用配車係のトレーニング	DRTシステム導入計画手法のノウハウ不足
	既存バス補充			
導入上の課題設定	既存バス代替交通	既存バス以上のサービスの提供	既存バス運行との運行コスト比較	DRT導入計画手法の構築
	既存バス補充	現状の交通状況改善	他の交通手段との比較 予算/補助金制約	



表6-4 DRT 導入シナリオと利用者へのインパクト

導入目的	概要	福祉交通	シビルミニマム確保	既存交通手段と同程度	公共交通サービス改善による利用増加
対象利用者	高齢者・障害者	○	○	○	○
	免許非所有者		○	○	○
	選択層 (バス利用者)		△	○	○
	選択層 (自家用車利用者)			△	○
想定される効果	モビリティ向上	○	○	○	○
	外出頻度改善	△	△	△	△
	自家用車利用からの転換			△	○
論点	利用者	対象利用者/対象となる利用者に対する、サービス受容性(予約方法、提供サービス)と、交通行動変化(外出頻度向上、交通手段変化)			
	バス事業者/行政	導入計画/運行形態設定方法 コスト効率性(既存バス/他代替交通手段と比較した場合の低コスト実現可能性、また現状のシステム以上に投資した場合の他のインパクトの有無)			

(備考) ○…各代替案の対象となる利用者/施策, △…正のインパクトがある場合のみ対象となる

利用者側の課題は、対象利用者や対象となり得る利用者に対するサービス受容性やその結果起こる交通行動変化がある。具体的には、既存バス代替交通手段として DRT を導入した場合、サービス内容が現状の利用者に受容され公共交通利用を継続して利用することや、自家用車利用者の DRT への転換と、公共交通の利便性向上により起こる移動機会増加による外出(トリップ)頻度の増加が論点となる。また DRT の計画及び運行(バス事業者及び行政サイド)では、DRT 導入計画や運行方法設定方法や、導入時の目標としてのコスト効率性も論点となる。具体的には、既存バス代替交通手段として導入した場合、現状より運行コスト削減の実現可能性があるかどうか、また現状コストを上回る投資を行った場合に輸送人員数が増加するかどうかという内容を検討する必要がある。

本研究での分析対象は、表 6-4 示したもののうちこのうち特定利用者に限定する場合には、5 章でも示したように、移動機会を与える目的での導入となり、一般のバス輸送と需要面での比較が困難であることや、需要自体が非常に小さくことが考えられるため今回の分析の対象から外し、一般乗合輸送の DRT を分析対象とした。

### (3) DRT の運行方法

3 章 5 節に示した具体的な導入事例と本研究で対象とする大都市郊外地域の

具体的な状況を比較して以下に整理する。①既存公共交通の代替交通手段として導入する場合、対象地域内の人口密度が低く需要密度が低い(もしくは需要が分散している)ため、既存バスがサービスできない地域へのモビリティを確保する場合に適用されている。しかし大都市郊外地域のように OD パターンの組み合わせが多岐に渡る場合やピーク時間帯の存在など時間帯により変化する場合がありますので、すべてのバス路線を完全に DRT で代替することは困難と考えられる。②既存バスの補充を目的に導入する場合には、アクセス性の高い交通手段が必要となる場合(通院や高齢者の移動)を目的としている場合が多く、前出の対象利用者の条件に反する。その一方で、日中や夜間の需要の少ない時間帯のみに既存バスを利用者の予約に応じた運行に変更するものがある。典型的な大都市郊外地域では、朝夕のピーク時にはバス利用者が多い一方、昼間帯のトリップは相対的に需要が低く DRT の適用可能性を検討する余地がある。

#### 6.2.4 運行代替案設定項目

DRT 運行代替案の設定方法を対象とするトリップ及び運行形態による分類を行い、以下に整理する。

##### (1) 導入対象地域と対象トリップ

DRT の導入が適切となる地区は、需要密度が低レベル(もしくは分散)している地域であるが、対象地域内のトリップ OD に着目して以下に整理する。対象地域内の具体的な OD には、主に居住地域間を対象とする場合や、居住地域から駅・病院やその他特定の目的地への移動、また居住地域から商業施設が集積している地域への移動がある。対象とする地域の形状や分布トリップ数によって指標の値が変化する可能性があるが、対象地域の OD パターンとトリップの相対的な量や結びつきを表すトリップ形態の整理を表 6-5 に示す。大都市郊外地域では、居住地域から比較的トリップが集中すると考えられる駅付近の商業地への移動が多いと考えられる。

表 6-5 DRTトリップ形態の分類

対象地域の OD パターン	トリップ形態
居住地域～特定の施設	One-to-Many (Many-to-One)
居住地域～商業地域	One-to-few, few-to-One
居住地域内	Many-to-Many

### (2) 運行形態

DRTの運行形態は2章2節4で示した種類があり、5章で対象地域とコスト分析上の課題を示したが、本節では運行代替案が抱える問題点に対応する手法を検討し、3章5節で示したように、運行形態(Route Deviation Semi-Dynamic及びDynamic)と、予約形式(締切時間・コールバック)の設定による分類を行い、問題の対応方法を設定できるために好ましい。(1)で示したトリップ形態と対象の状況を比較して以下に整理する。

#### ① Route Deviation 方式

利用者需要が少ない部分(1～数停留所程度)に予約に応じ運行する区間を設定し、アクセス性の向上を図ることができ、既存バス路線から離れた地域にある施設や集落に適用可能性がある。その一方迂回発生による利用者サービスが低下するため、対象利用者の時間価値が低い場合のみ適用可能性があることや、複数地域に迂回経路を設定した場合には、道路網の整備状況にもよるが、需要発生状況により迂回距離が長くなる点が問題となる。また利用者に提供するサービスと言う視点から整理すると、基本路線上のダイヤは設定されるため、利用者は予約を行った場合には、利用者は停留所での乗車時刻や目的地への到着時刻を知ることができる。その一方、上記で示したように迂回による乗車時刻や目的地到着時刻が遅延する可能性がある。

#### ② Semi-Dynamic 方式

対象地域内の分散したトリップを取りまとめて運行するため予約応じて運行できる地域範囲が広くなり、①のRoute Deviation方式で取り上げた複数地域での予約に応じた場合の迂回距離の増加を防ぐことが出来る。また5章に示したように起点出発時刻前に予約を締切り、起終点や起点出発時刻を設定し、その条件を基準に配車を行うため、トリップが時間的や空間的に分散している場合に対応でき、利用者には予約時間帯により凡その目的地到着時刻の情報を得ることが出来る。(1)で示した典型的な大都市郊外地域で発生するトリップには、この運行形態が適用される可能性がある。

#### ③ Dynamic 方式

利用者ODが完全に分散し、頻度の低い場合に適用可能性がある一方、短時間に予約が集中すると一部予約を受け付けられない場合や、提供サービスが低下する可能性があり、また配車の処理方法が複雑になる問題点がある。

Semi-Dynamic方式と比較すると、3章・5章で示したように、基準となる

運行ダイヤが無く、完全に利用者の需要に応じた運行を行う一方、利用者の待ち時間や乗車時間に対する影響やハンドル時間を制約条件として設定し、タイムウインドウ内で可能な配車を検討する。問題点には、提供サービスがその都度変化する可能性が大きい点や、地域形状により運行状況が左右されてしまう可能性<sup>4)</sup>が大きいことがある。また5章でも示したように、高齢者や障害者等に移動機会を与える点では適用可能性があるが、大都市郊外地域では、既存バスが運行されていることを考慮すると、ある程度の需要があると考えられる。そのため大都市郊外での既存バスとの代替交通手段としては難点がある。

### (3). 予約形態の整理

(2)で示したうち、Semi-Dynamic方式の運行形態に着目し予約形態の設定を①予約締切り時刻の設定及び②コールバックの2点に着目して効果を整理する。

#### ① 予約締切り時刻

3章に示したように、DRTの予約形態には、予約を事前に締切る方法と任意の時間帯に予約を受け付ける方法の2点があるが、Semi-Dynamic方式の場合、2章2節で示したように起点を出発する前に予約を締切る手法を取る。また3章の導入対象地域で示したように予約締切時間は、起点を出発する10分～180分と値に幅がある。利用者側にとっては、「予約して直ぐに乗車できる」方を好む一方、他利用者の予約が加わったときに予約内容が変更される可能性があり、また配車側では予約の中止やそれに伴う運行経路の変更があり、処理が煩雑になる可能性があることと、配車のエラーを除去する目的である程度の余裕をもって運行をする必要がある。

①で示したように、予約をした時点で決定する乗車予定時刻が変更される可能性があるため、予約締切時間後に利用者へ最終的な乗車予定時刻を提示する(コールバック)場合がある。この場合、利用者に対しほぼ正確な乗車時刻の情報を提供できる一方、コールバックを行う方法を検討する必要がある。また利用者にとっては2度手間になる可能性がある。また3章6節のSAMPLUS Project事例で示したように、コールバックを自宅へ行くと、利用者がコールバックの前に自宅を出発した場合には役に立たない。また4章で示したように導入初期段階では、予定乗車時刻が毎回変化する可能性があるため、利用者が予定到着時刻のずれをある程度把握した上で、それを補充する形でコールバックを設定することとなる。

表6-6 各運行形態の特徴整理

運行形態	運行形態の特徴		運行形態の利点及び問題点					問題点
			利用者側			運行側		
	需要形態	対象トリップ	予約 自由度	アクセ ス時間	待ち 時間	乗車 時間	予約処理	
Route Deviation	部分的に 低い	固定路線から 離れた部分の 施設・集落	×	△	○	△	停留所を 基準	迂回による 所要時間増加
Semi Dynamic	対象地域 内にある 程度分散	居住地域～特定 目的地(駅/商業 施設集積地域)	△	○	△	△	起終点間の 配車ルール	ある程度の固定 ODのみ対応
Dynamic	分散・ 低頻度	居住地域内等の 分散トリップ	○	○	×		タイムウイ ンドウ制約	配車技術が複雑・利用者サービス低下

(備考) ○…優れている △…どちらともいえない、×…劣っている

#### (4) 運行代替案のとりまとめ

以上の項目より、各運行形態代替案の取りまとめを表6-6に示す。このうちRoute-Deviation方式は、既存バスに近い形で導入が容易となる可能性が高い一方、予約に応じられる区間が短く、居住地内から時間的また空間的に発生するトリップに対応するためには、迂回による所要時間の増加が大きくなる可能性が大きい。また時間的、空間的な自由度が一番高いものはDynamic方式であるが、それ故に利用者に提供するサービスがその都度変化する可能性が大きい可能性があることと、高齢者及び障害者に対し移動機会を与える交通手段としての導入が中心となるため、分析には適さない。本研究では、利用者の予約によって起終点間を利用者の予約に応じ運行し、利用者数が少ない場合には所要時間短縮の可能性があり、利用者には予約を行った場合の提供サービスの情報を示すことができるSemi-Dynamic方式の大都市郊外地域における適用可能性を検討する。また予約形態は、Semi-Dynamic方式の運行形態である予約締め切り時刻の設定と、そのときに提供するサービスの変動を具体的に示す。

#### 6.2.5 評価指標

DRTシステム導入時の評価指標を、2章で示した利用者側評価指標、運行側評価指標を適用する。またDRTシステムを対象地域へ導入した場合に、対象地域の需要の発生状況や、利用者の個人属性、予約に応じて運行する範囲の条件によって、以上の評価指標が変化する状況も同時に検討する必要がある。需要側の評価指標は、既存公共交通をDRTシステムに置き換えた場合に、DRTが提供するサービス待ち時間や乗車時間に対する利用者の選択状況の変化とな

表6-7 評価指標一覧

関連主体	項目	内容	評価指標
利用者	対象市場	対象利用者・トリップ	年齢・職業・目的等属性別利用者数 居住者に対する各属性の利用者数
	サービス受容性	予約により提供される サービスに対する利用意向	各サービス項目に対する満足度
	交通行動改善	外出(トリップ頻度)増加・ 自家用車からの転換	各利用者・各属性の交通行動変化 <u>利用者数変化</u>
バス事業者	生産性向上	DRT パフォーマンス指標変化	<u>台時間・台キロ・利用者当りコスト変化</u> <u>運行コスト変化</u>
	運行コスト改善	既存バス/他代替交通手段との コスト比較・赤字額変化	<u>運行コスト変化</u>
行政	補助金額の削減	補助金額削減	<u>運行コスト変化</u>
	地域内モビリティ 確保	DRT を含めた 公共交通計画策定	(DRT 導入計画フレーム策定)

注：太字下線は本研究で対象とする事項

る。これは予約に応じる地域の規模や形状により、迂回の状態が変化をするため、今回予約に応じて設定した地域毎に変化が生じる可能性がある。

また、DRT が Door-to-door のサービスを提供する可能性があることを考慮すると、年齢等の個人属性や、バス停までの距離等が選択状況に影響を与える要因となる可能性がある。

事業者側の評価指標は、DRT の導入や運行に必要な費用を、運行形態により変化する必要車両台数や人件費や燃料費で示される運行に掛かる費用の変化となる。これは、既存バスの現在の運行状況を基準に比較をして、予約に応じた運行がコスト面で本当に効率的であるかどうかを判断する指標となる。また DRT の導入を、公共交通事業という観点から評価するためには、採算性や補助金の支出の判断になる材料として、収入と支出の差や損益分岐点を検討する必要がある。またそれらの費用を現状のバス比較して判断する必要がある。

### 6.3 適用可能性評価の分析手法整理

DRT 導入評価項目は、2章5節と3章5節で示したものがあるが、導入計画の段階で必要な評価指標は、利用者が予約システムを含め、DRT が提供するサービス内容に対する周知や満足度や、導入時の外出頻度や外出時の交通手段選択の変化状況を把握する必要がある。DRT 運行事業者は、現在のバスと比較し、

## 第6章

運行コストや運賃収入がどのように変化するか把握し、更に採算性の変化の状況を把握する必要がある。また導入対象地域の地方自治体(行政機関)は、既存バス事業が赤字の際には、運行補助を実施している場合に DRT 導入時に既存バス代替交通手段として、採算性と補助金支出の変化を検討する必要がある。以上を踏まえ、DRT 適用可能性評価分析に必要な手法を、需要・供給の両サイドの分析と、それを統合した形での分析手法の3点に着目し以下に整理する。

### 6.3.1 需要サイド分析

需要サイドの分析を行うときには、2章3節及び4章に示したように予約行為に対する各利用者の行動に着目をするため、非集計モデルを適用する必要がある。また、対象地域へ具体的な導入を行うに当り必要となる調査では、運行形態や予約方法、また対象とする地域によって提供するサービス内容が変化することを考慮することと、予約に応じた運行内容である、予約方法やそのときの待ち時間や乗車時間を回答者が十分に理解できる形に質問表を設計する工夫が必要となる。

### 6.3.2 供給サイド分析

供給サイド分析では、DRT 導入に必要な情報通信機器や車両数、また必要人員等を設定し、運行コストと提供サービスを算出する必要となる。よって、5章で構築した運行モデルを、導入対象地域の状況に適用できるように構築する。また、運行形態や予約方法と提供サービスを、需要側サイドとの整合性を踏まえて設定することも必要となる。

### 6.3.3 需要・供給サイド分析の統合

6章1節でも示したように、DRT は利用者予約状況により提供サービスが随時変化する。すなわち予約数が増大すると利用者サービスが低下し、予約数減少する可能性があり、利用者数が減少すると、利用者サービスが向上するために予約数が増大する場合がある一方、双方が均衡する位置が存在する。以上のことを考慮できるように、4章の需要側分析で得られた需要推計モデルと5章の供給側の分析で得られた運行コスト及び提供サービスの結果を統合し、需要量と供給量のバランスを検討する分析手法が必要となる。

## 6.4 大都市郊外地域におけるケーススタディ

本節では6章2節に示した代替案構築手法及び6章3節で示した適用可能性分析手法に即して実施された、大都市郊外地域である神奈川県綾瀬市の平日日中私事目的を対象にした、DRT 適用可能性調査の内容及びその結果を示す。

6.4.1 対象地域の概要

研究の調査対象地域の選定条件を、朝夕ピーク時には通勤・通学のトリップが集中するが、平日日中のトリップ数が相対的に少ないと考えられる、大都市郊外地域とした。また地域内の移動手段が徒歩や自転車等の移動が中心となると、自家用車、バス、DRTの利用率が極端に低くなる可能性があるため、対象地域には適さない。以上の点を考慮して、神奈川県県央部に位置する綾瀬市を調査対象地域とした。

綾瀬市は、都心より40km程度に位置している、面積22km<sup>2</sup>、人口8.1万人の郊外型の市であり<sup>5)</sup>、市内には鉄道駅が無く、公共交通は市の南北方向及び西部を中心に民営の2事業者により運行されているバスのみとなっている。また鉄道を利用する場合には、隣接した海老名市にある海老名駅、さがみ野駅や藤沢市の長後駅、湘南台駅まで移動する必要がある。(図6-2参照) 居住地域や公共施設と隣接市の駅を結ぶバス路線の運行本数は、平日日中に概ね3本/時間運行されているが、1本/時間程度の地域があることや、一部路線では、居住地



図 6-2 綾瀬市概要図及び綾瀬市バス路線図



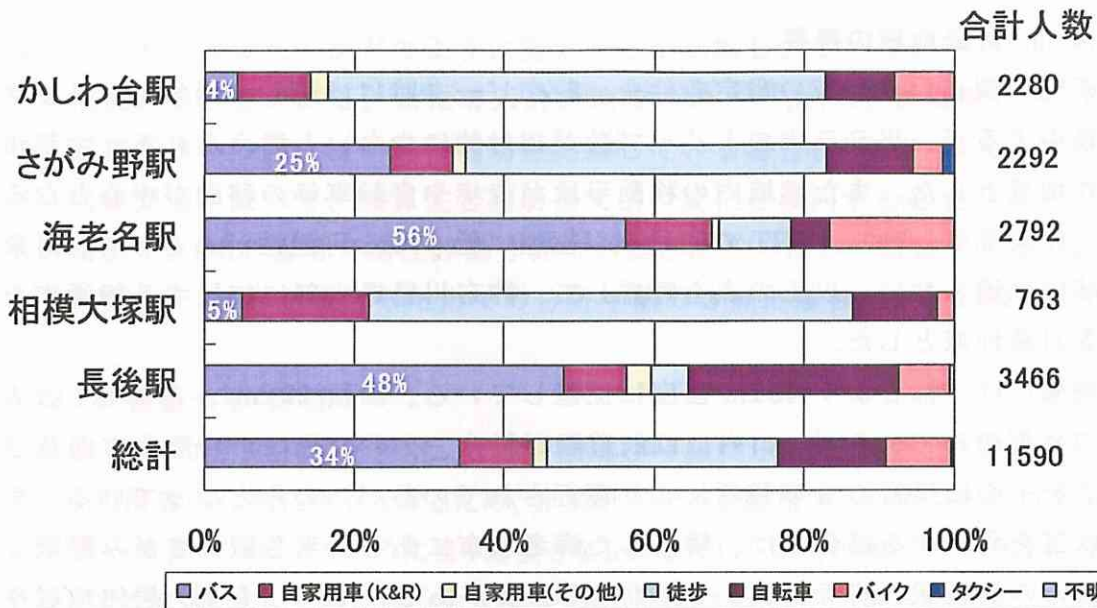


図 6-3 通勤通学時の交通手段分担率  
(綾瀬市内発隣接市の駅までの端末交通手段)

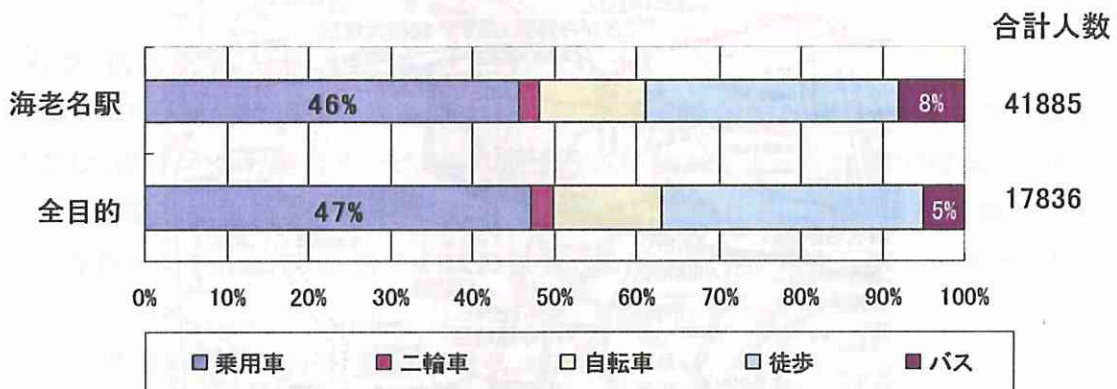


図 6-4 平日日中私事目的での交通手段分担率

から駅までに、かなりの迂回を要する地域も存在する。市内の交通状況を検討すると、朝夕ピーク時の周辺駅への端末交通分担では、バス分担率は 30%を越えるが<sup>5)</sup>、日中私事目的の移動は自家用車が中心になっており、バスの分担率は 5%程度<sup>6)</sup>と非常に低い。対象地域発の各交通手段の利用状況を図 6-3 と図 6-4 に整理する。

#### 6.4.2 対象地域における問題点整理と代替案の方針検討

##### (1) バス利用者に対する問題点

図 6-2 に示したように綾瀬市内ほぼ全域で、居住地域～駅間を中心にバス路線が設定されているが、平日日中のバス利用率は概ね 1 割以下と低水準にある。

これはバス運行頻度が1本~3本/時と運行頻度が低く、任意の時間帯に利用できないことや、自家用車の方が目的地までの直接性があるため利便性が高いことが原因として考えられる。またバス停留所まで10分以上掛かりアクセス性が悪い地域や、目的地までの路線が設定されていない地域もある。その一方で免許非保有者等の移動制約者に対するモビリティの確保や、高齢者・障害者向けのアクセス性の高い公共交通システムの導入が考えられる。

(2) バス事業者

図6-3に示したようにバス需要が少ないため、運賃収入を期待できない可能性があり、運行本数削減や路線から撤退する可能性がある。そのため需要量に見合った交通システムへの変更や運行コスト削減手法の必要がある。

(3) 行政(自治体)

自治体は、モビリティ確保の観点から地域内の公共交通網整備と維持を行う必要があるため、バス路線計画策定・既存バス事業者への運行補助や自治体が運営や運行をする輸送機関の導入が必要となる。

(4) その他項目

自家用車利用による駅付近での渋滞発生や、自家用車利用による環境負荷が問題となる可能性がある。以上を各主体別に表6-8に取りまとめる。

6.4.3 調査前提条件の設定

大都市郊外地域におけるDRT路線設定方法は、6章2節に示したようDRTの導入目的によって異なるが、前節に示したように綾瀬市ではバス路線網が整備されているが提供サービスに問題があると捕らえ、本調査では、既存バス代替交通手段としてDRTを導入した場合の選択行動変化に着目する。

表6-8 綾瀬市内における問題点の設定

関連主体	問題点概要	具体的な内容
利用者	低レベルなバスサービス	アクセス距離・運行頻度・目的地直交性
事業者	採算性悪化	採算性悪化による赤字額増加・路線(地区)からの撤退
行政	公共交通サービス確保	バス路線維持の補助金支出・路線計画・モビリティ確保
その他	道路混雑	(商業施設や駅を中心にした混雑)
	環境負荷増大	(自家用車利用増加・渋滞による排気ガス量増加)

### (1) DRT 運行代替案設定

DRT 運行代替案の設定項目を、路線設定方法と運行形態の決定の2項目に着目し整理する。DRT 路線設定と対象となる地域を、設定対象とする地域を居住地より、商業施設が集積する海老名駅までのバス路線を運行している4地区(綾西・小園及び早川、寺尾、大上)とし、上記の地域に平日日中を対象に、現状で設定されているバス路線の起終点を変更せずに、居住地域内で、利用者の需要に応じた運行をする区間を設定する。(図6-5参照)

5章2節、3節及び6章2節で示した条件を基に運行形態を以下のように設定する。Route Deviation方式は、予約に応じた経路での予約有無に関わらず、運行コストが変わらない場合があるため、運行コストの変化に着目した分析の意義が薄いことがある。また、路線の一部に需要が相対的に少ない区間が存在する可能性があるのみに導入されていることを考えると、本研究で対象としている、大都市郊外地域で需要が分散している、居住地内での予約に応じた運行をするには適さない。また Dynamic方式は待ち時間や乗車時間の変化が大きいため、利用者の受容性が低い可能性があることや、時間価値の低い高齢者及び障害者へのモビリティ確保に適用すると考えられるため、本調査の前提条件に反する。

以上より、起点の出発時刻を設定し、起点の出発前に予約を締め切る Semi-Dynamic方式の DRT を導入することとする。

### (2) 利用者提供するサービスの設定

Semi-Dynamic方式の運行システムは、起点の出発時刻が固定され、起終点の間を予約に応じて経路を設定して運行するシステムである。利用者に提供するサービスを以下に整理される。利用者は、ある時間帯に予約を行うと、利用する DRT が目的地に到着する時刻が分かり、また予定乗車時刻の連絡を受けるので、以上の情報を元に、停留所に到着する時刻を検討することができる。その一方で、他の利用者の予約も同時に受け付けると、予定乗車時刻が遅れる場合や、乗車してから目的地に到着するまでの乗車時間が目的地到着時刻の制限内で変化する可能性がある。

以上をまとめて、利用者に提供するサービスは、ある時刻までに目的地に到着時刻する便への予約を締め切る時刻、予約時に確認した予定乗車時刻と実際に乗車する時刻の差(待ち時間)の平均値と最大値、乗車時間の平均値と最大値、及び運賃を DRT 提供サービスの調査項目とした。

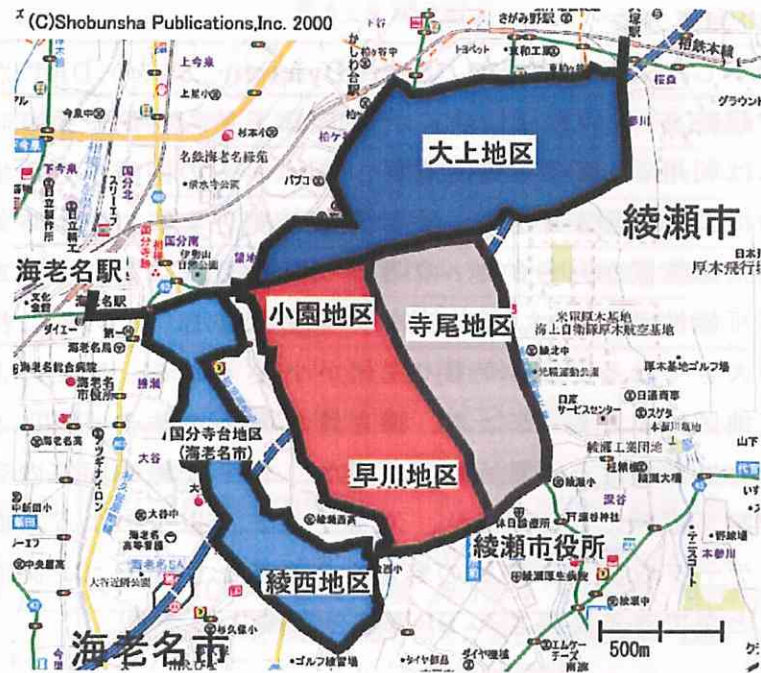


図 6-5 DRT システム路線概要図

### (3) 運行システムのモデル化とコスト算出

Semi-Dynamic 方式では、利用者の予約状況に応じ変化する、起終点間の運行距離により、必要車両台数や車両運行時間が変化する。またそれらは需要の発生量や運行形態によって変化する。そのため、起点の出発間隔と予約の受け付けにより変化する起終点間の所要時間の変化を検討し、対象地域である居住地域内に予約に応じた運行経路を設定したモデルを作成する必要がある。

また運行コストについては、上記のモデルによって求めた運行状況の結果を利用して、資本費用である車両台数や、運営費用である人件費、燃料費や修繕費を求める。また、導入車両台数や運行に必要となる運転者数は、予約数に応じ変動するが、時間帯により異なる予約数変化や、急な予約数の変化に対する予備者の導入なども考慮する必要がある、利用者の予約に応じて運行した場合の状況のある程度考慮することが必要となる。

#### 6.4.4 実地調査

平日日中に現状のバスを DRT に置き換えた場合の、利用者の交通手段選択状況を、利用者選好意識調査を通し実施した。現状での平日日中での移動には自家用車が多く使われていることや、6章2節2で示した対象地区から海老名駅までの距離には、徒歩や自転車を利用する割合が少ないということを見ると、自家用車と DRT の 2 項選択を 1 対比較によって質問を行った。

### (1) SP 調査の実施方法

6章2節で示した対象地域内で、Semi-Dynamic方式のDRTが提供するサービスには、起終点からの距離の他に予約による待ち時間や乗車時間への影響がある。これは利用者の乗車希望位置が、起点からの距離が近い場合には、他利用者の予約による影響が小さく、乗車予定時刻と実際の乗車時刻の差が小さくなる一方、乗車位置から目的地への間での予約状況により、乗車時間がその都度変化する可能性が大きい。また終点から近い場合、その逆に待ち時間が変化する割合が大きくなるが乗車時間の変化が小さくなる。以上のように選択肢の設定条件が地区により異なるため、調査員が調査方法やDRTという新しいサービスを十分に理解する必要がある。また、回答記録や回答内容変更と、調査員が行う作業が複雑になることが、欠点となる。以上のような問題点を解決するために、データ収集及び解析の容易さを考慮し、パソコン画面に質問状況を表示することができる応答型のSP調査を実施した<sup>8), 9)</sup>。

### (2) 変数の設定方法

Semi-Dynamic方式の提供サービスは、5章に示したように起点の出発間隔及び需要数を設定して求めた迂回状況を基に、各利用者の予約締切時刻、乗車時刻や目的地到着時刻が求まるので、予約数により変化するそれらの指標の変化を考慮する必要がある。5章4節で構築したシミュレーションを基に、予約をすべて受け付けた状況での各地域での提供サービスの値を求めた。具体的な設定条件は、起点出発間隔を3通り(10分・20分・30分)、また利用者の予約受付状況により変化する、待ち時間や所要時間を3通り(ほぼ直行、既存バスと同様、既存バスの1.5倍程度)を3通りの、計9通り設定した。以上の条件を用いて、SP調査に必要となる変数である、起点の出発時刻(以下予約締切時刻と記述)、待ち時間の平均値と最大値、乗車時間の平均値と最大値を算出した。また運賃については既存のバスと同等の運賃とした。

### (3) 調査実施概要

調査の実施場所の選定条件を、平日日中に私事目的で外出する人が、路線の対象地域もしくは、綾瀬市内の各所から集まる可能性のある場所である、綾瀬市中央部にある、綾瀬市役所への来訪者を対象とした。表6-9に調査概要を示し、表6-10に調査項目を示す。

表6-9 調査概要

項目	内容
調査日	平成15年7月28日(月)～30日(水), 8月4日(月)～5日(火)の平日5日間
調査時間	午前9時～午後5時
実施場所	綾瀬市役所1階の正面玄関にて実施
調査対象者	市役所来庁者を対象にアンケート調査を実施した。
調査方法	パソコンを使用した応答型調査

表6-10 質問項目及びその内容

質問項目	内容
平日日中の交通行動	平日日中の私事目的のトリップを対象(目的地、交通手段、目的、所要時間)
バスに対する意識調査	自宅付近を運行するバス路線への調査 (バス停までの距離、運行間隔、乗車時間、時刻表の確認)
SP調査	現状のバスをDRTに置き換えた場合の自家用車・DRTの交通手段選択 (設定変数) 自家用車：乗車時間、車外時間(駐車場までの距離、駐車料金) DRT：予約締切時刻、待ち時間・乗車時間(平均・最大)、運賃
その他	個人属性、居住地、性別、年代、免許保有、自家用車保有

#### 6.4.5 調査結果

回答者のうち有効回答であった145人の年齢、職業、自家用車利用可能性及び普段平日日中に利用する交通手段の集計した結果を以下に示す。年齢及び性別は平日日中の調査のため、女性及び50代以上の回答者が多く(図6-6)、職業は、主婦層及び無職・その他が過半数を占める(図6-7)。また自家用車利用が約6割を占める一方、バス利用は約2割に留まっている(図6-8)。また回答者のうち約6割が平日日中に自家用車を利用して、自由に移動が出来る可能性がある。その一方で免許非保有者は4分の1程度存在するため、現状のバス選択状況よりバスの分担率が高い可能性がある。

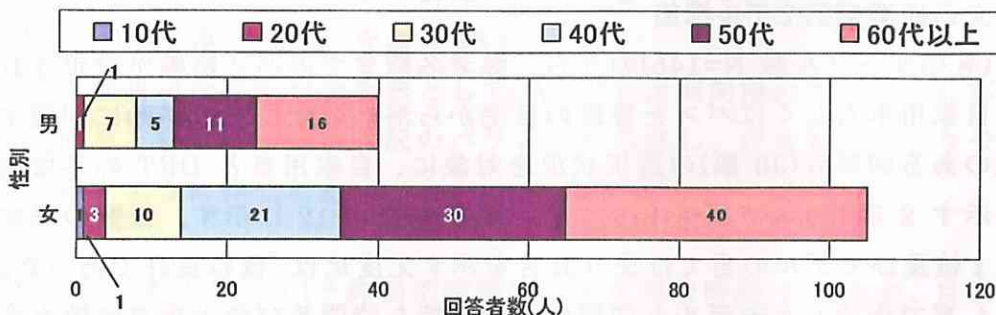


図6-6 性別及び年齢別の回答者構成比

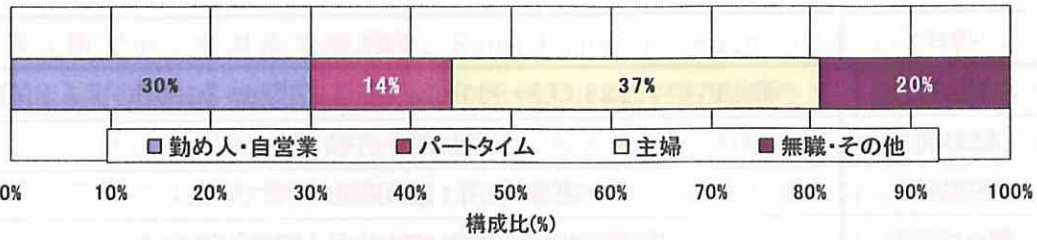


図 6-7 職業構成比

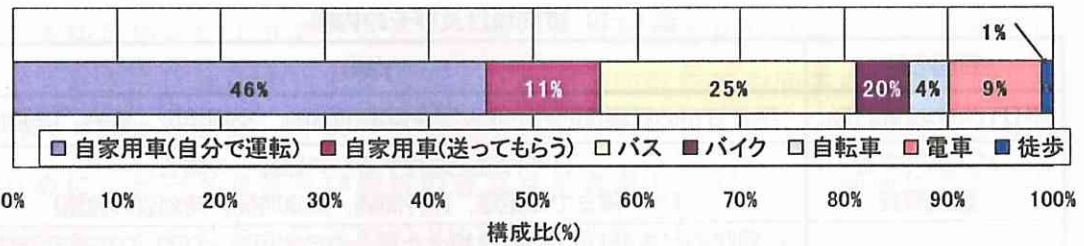


図 6-8 居住地～海老名駅間の交通手段

表 6-11 回答者の自家用車利用可能性

世帯の自家用車保有状況		世帯での自家用車保有		自家用車非保有	総計
		平日日中に利用可能	平日日中に利用不可		
乗用車免許保有	自家用車使用	86	0	0	86
	自家用車不使用	4	4	8	16
二輪免許のみ保有・使用		0	4	0	4
免許非保有		0	25	14	39
総計		90	33	22	145

#### 6.4.6 交通機関選択モデル構築

回答者(有効サンプル数 N=145)のうち、海老名駅までのバス路線が設定されていて、自家用車もしくはバスを普段の自宅から海老名駅までの移動に利用する可能性のある回答者(38票)の選択状況を対象に、自家用車とDRTの手段選択状況を示す2項選択モデルを作成した。結果を表6-12に示す。変数の推定値であるt値及びモデルの当てはまり具合を示す尤度比は、概ね良好であった。

また、4章で作成したモデルと同様に、最大待ち時間及び最大乗車時間を変数に採用した。

表 6-12 DRT/自家用車手段選択モデル推計結果

変数	自家用車	DRT
待ち時間		-0.08 (-7.12)
車内時間	-0.12 (-6.95)	-0.12 (-6.95)
自家用車利用可能性 (dummy=1)	0.53 (1.86)	
定数項(自家用車)	-4.15 (-8.08)	
対数尤度	237	
尤度比	$\rho^2=0.24$	
的中率	0.67	0.79
サンプル数	N=342	

( )内、t値

## 6.5 DRT 導入代替案と適用可能性評価

本節では6章4節で示した、調査より得られたDRT/自家用車の手段選択モデルを用い、(1)DRT導入時の需要・供給サイドへの影響、(2)事業性の観点から見たDRT評価、(3)需要規模から見たDRT適用可能性の範囲、(4)トリップ頻度増加時の対応の4点に着目し、DRT導入代替案評価を通し適用可能性評価を行う。

### 6.5.1 分析手法と設定条件

分析の設定条件を以下に示す。対象地域内に発生するトリップ発生数を、平成10年東京都市圏パーソントリップ調査の調査結果<sup>7)</sup>を基に、平日日中私事目的のトリップを利用して時間帯別に算出した。またその値を用いポアソン分布に従う乱数を、時間帯別に対象地域の居住地域内に一様に発生させた。

Semi-Dynamic方式の運行条件を、起点出発間隔を10分~120分と設定し、予備者を最大数用意できると仮定して運行をすることとした。トリップ数を図6-9に、DRT運行コストを表6-13に示す。

また適用可能性の分析手法として、各起点出発間隔に対し予約に応じて起こる迂回量と利用者の選択状況のバランスを考慮し、収束計算を行うモデルを以下に示すように作成した。

- ① 利用者サービス(予約締切時間や目的地到着時刻)の情報を、自家用車については各地域から目的地までの乗車時間を算出し、DRTについては分担



率の初期値(設定分担率)を設定し、ある予約数に応じた運行が提供するサービスを予め求める。

- ② 利用者の以上の手順で求めた、各交通手段に対する交通手段サービス情報を基に行う交通手段選択の状況を6章4節5で作成した交通機関選択モデルにより算出する。
- ③-a その結果求めたDRTの分担率(算出分担率)が設定予測値と等しい場合、予約数と予約に応じた迂回量が一致するので、計算を終了し、そのときの設定分担率を設定した起点出発間隔に対するDRTの分担率として、その他の評価指標を算出する。
- ③-b また分担率が一致しない場合で、予測した分担率より算出された分担率が低い場合には分担率を下げ、その逆の場合には分担率を上げ、①のステップに戻る。

また、DRTの分担率は、同一需要数であっても需要発生位置等シミュレーションの計算状態により異なる可能性があり、厳密な分担率を求めることが困難であるため、③の段階での設定分担率と算出分担率の比較を行う際の条件を、数値的な最適化を発見する手法である、クーン・タッカーの定理に基づき計算を行った。以上をまとめDRT導入評価フローを図6-10に示す。

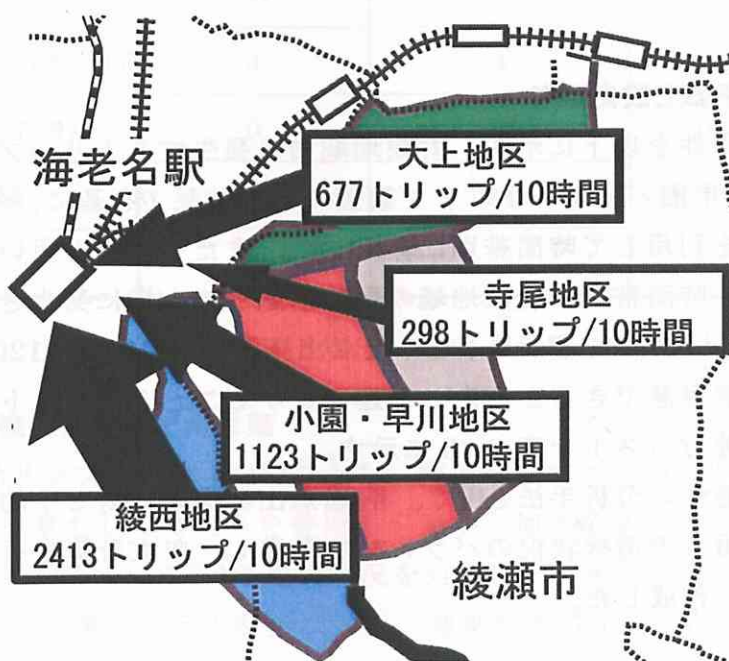


図 6-9 各地域の発生トリップ数

表 6-13 DRT 運行コスト<sup>(10,11)</sup>

分類項目		コスト
運送費	人件費	314.65(円/台 km)
	燃料費	21.57 (円/台 km)
	修繕費	17.29 (円/台 km)
管理費	人件費	20.86 (円/台 km)
情報通信費用	通信費	110(万円/年)
	システム賃貸料	348(万円/年)
車両購入費		90(万円/年)

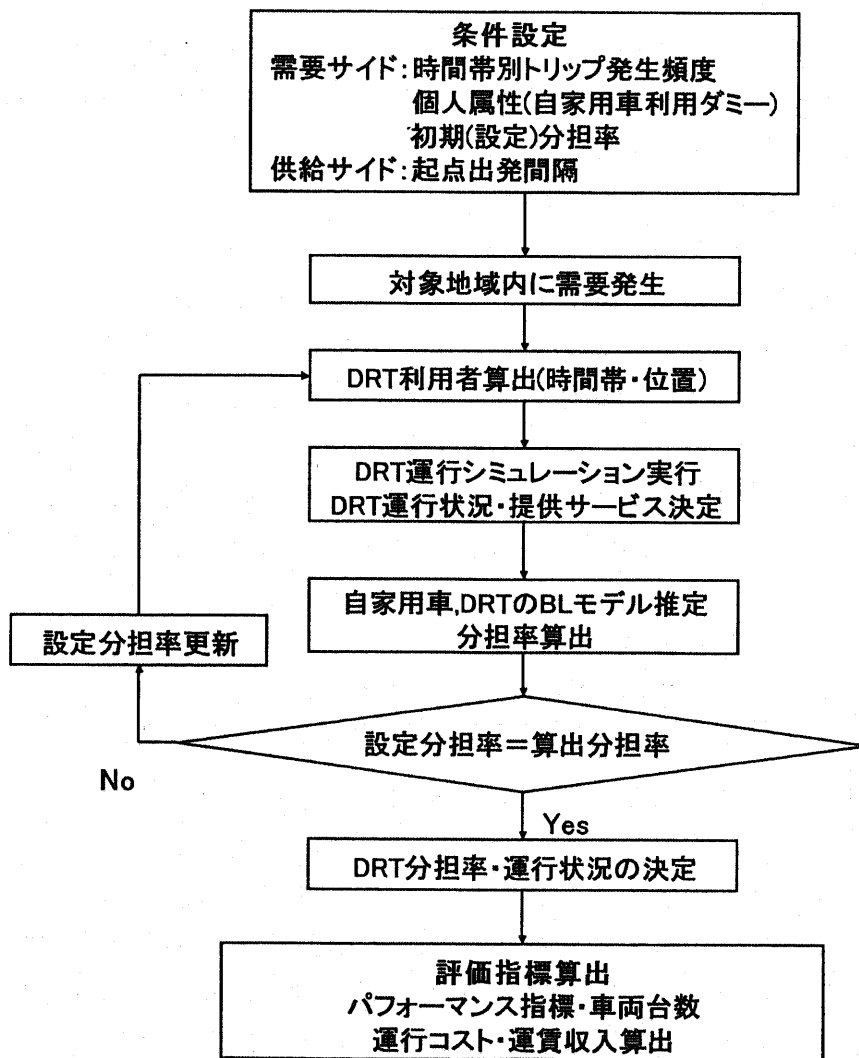


図 6-10 DRT 評価フロー

### 6.5.2 評価指標の算出

#### (1) DRT 導入時の需要・供給サイドへの影響

DRT 路線を設定した 4 地域での起点出発間隔を変化させた場合の、DRT の分担率(DRT 利用者数と自家用車利用者数の合計に対する DRT 利用者割合)と運行コストの変化を示すグラフを図 6-11~6-14 に示す。全地域の傾向には、起点出発間隔が 10 分の場合に導入車両数が増加し、1 台当たりの乗車密度が減少するため、待ち時間や乗車時間が短縮されるため選択確率が增大する一方、で起点出発間隔が長い場合、1 台当たりの予約受付数が増加し待ち時間や乗車時間が長くなるため、選択確率が低下する傾向ことがある。

各対象地域の地域形状と利用者数に着目した、既存バスとの比較は以下のようになる。対象地域の幅が広い小園では、既存バス路線が団地内を迂回するように設定されているため、DRT を運行した場合でも迂回状況が現状とほぼ同様になり、対象運行地域幅が狭い綾西では、迂回量は少ないが、既存バス停までの距離が短く、Door-to-Door サービス提供による利用者増加は期待できない可能性がある。以上 2 地域では、迂回によるサービスレベル低下が起これ、既存バスと同様の分担率になる場合、運行コストも同程度になる。対象地域規模がほぼ同様の寺尾地区と大上地区を比べると、利用者数が少ない寺尾地区では、既存バスより目的地への直行性を確保できる可能性があるため、現状の分担率の場合にはコストが安くなる一方、需要の絶対数が少ないので、運賃収入増加の期待は出来ない。また大上地区では、利用者数が多いため迂回によるサービス低下が大きく、現状の分担率を保つためには、既存バス以上にコストが掛かる。

#### (2) 事業性の観点から見た DRT 適用可能性評価

DRT 運行事業を評価する際に必要な、赤字額に対する補助金額の算出に必要な収入と支出の差の変化と、事業の赤字額が無くなる損益分岐点を求めるために、損益分岐図を作成した。縦軸に需要量を横軸に費用・収入を取ったグラフに、費用線と収入線を取り、需要量が 0 になる際に掛かる費用を線の切片より求め固定費用とし、費用から固定費用を差し引いた分を需要量に比例した部分を変動費用とする。また収入の線と変動費用の交点を損益分岐点とする<sup>12),13)</sup>。

小園地区の例を図 6-15 に示す。固定費用は 1100 万となり、変動費用は需要増加に従い著しく増加するため、損益分岐点が存在せず需要増加に従い赤字額増加の傾向が分かった。この原因は起点出発間隔を短くした場合、提供サービスが向上し利用者増加に繋がるが、予約数増加につれ迂回による走行距離増大や導入車両台数増加が起これ、トリップ当りコストが増加することである。また他地域も同様の傾向が伺えた。

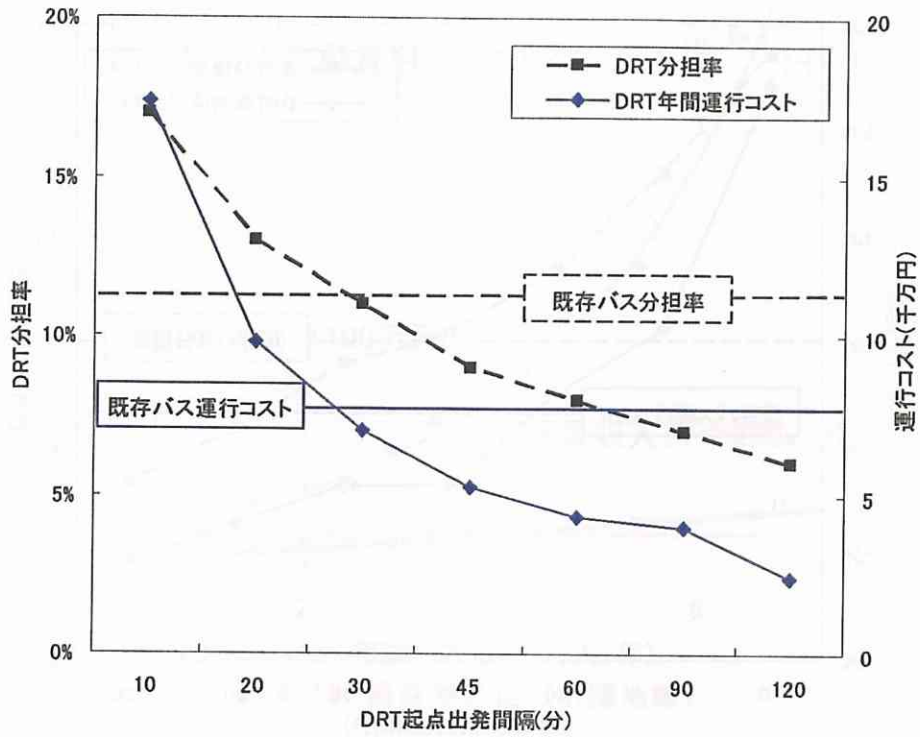


図 6-11 起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(小園地区)

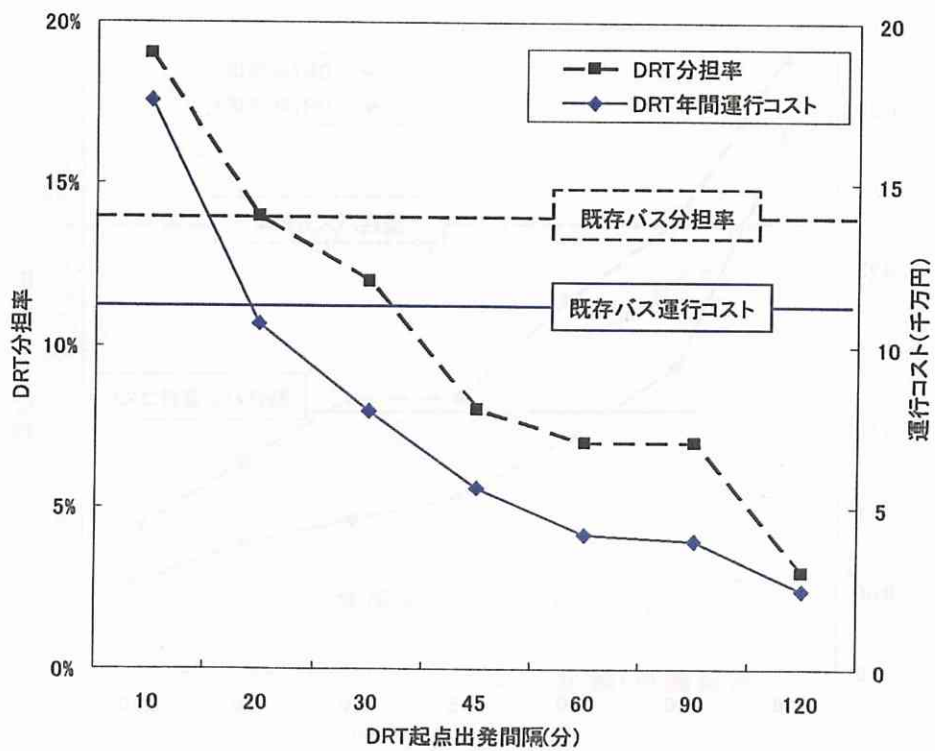


図 6-12 起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(綾西地区)

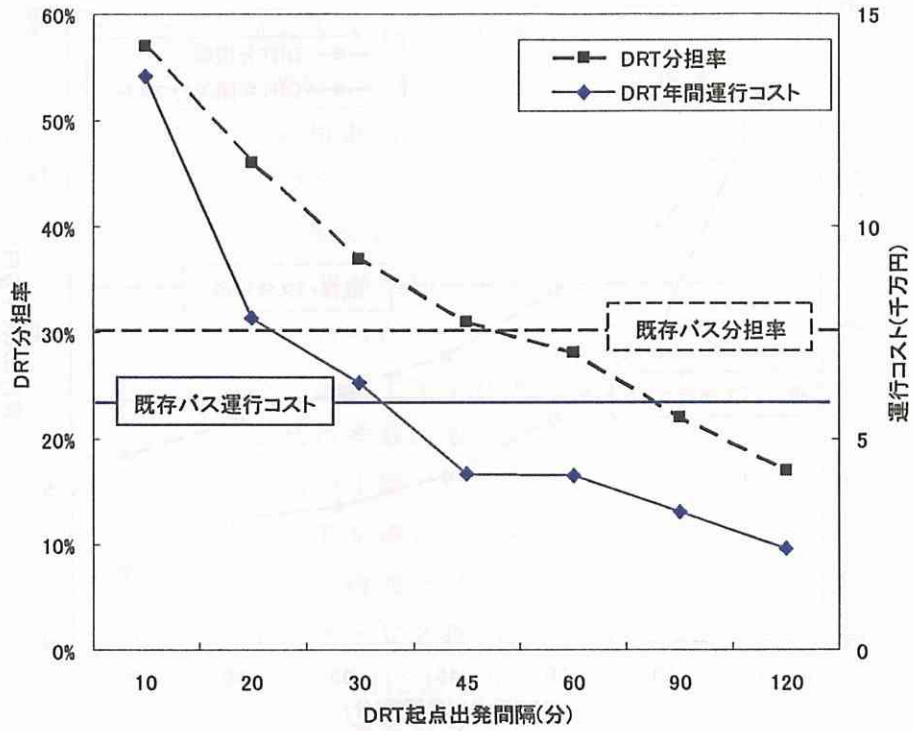


図 6-13 起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(寺尾地区)

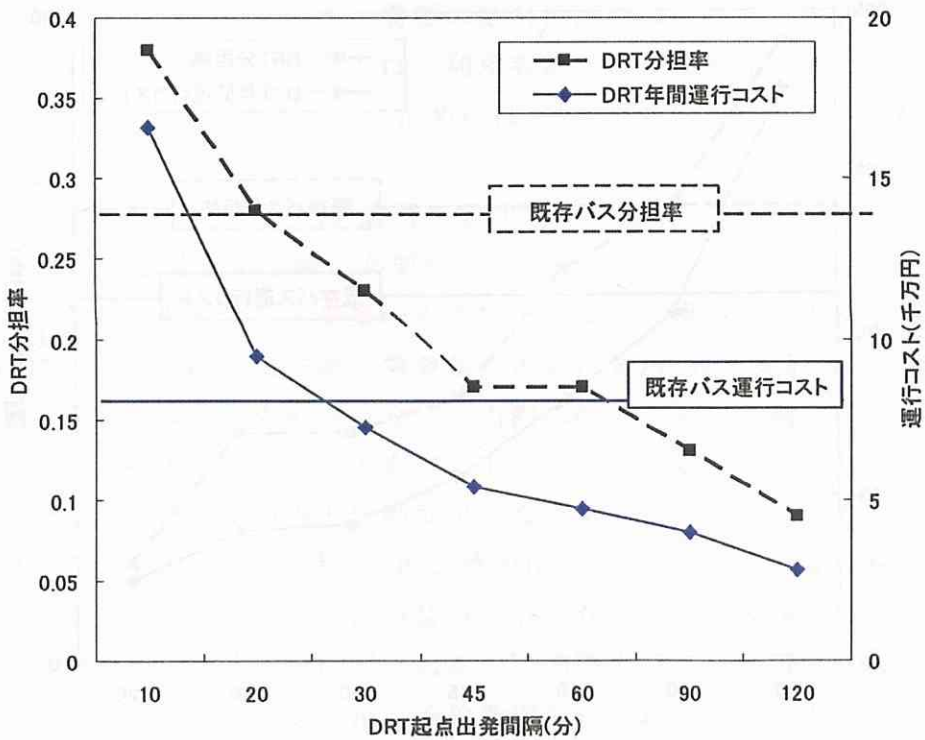


図 6-14 起点出発間隔と年間運行コスト/DRT 分担率の関係(大上地区)

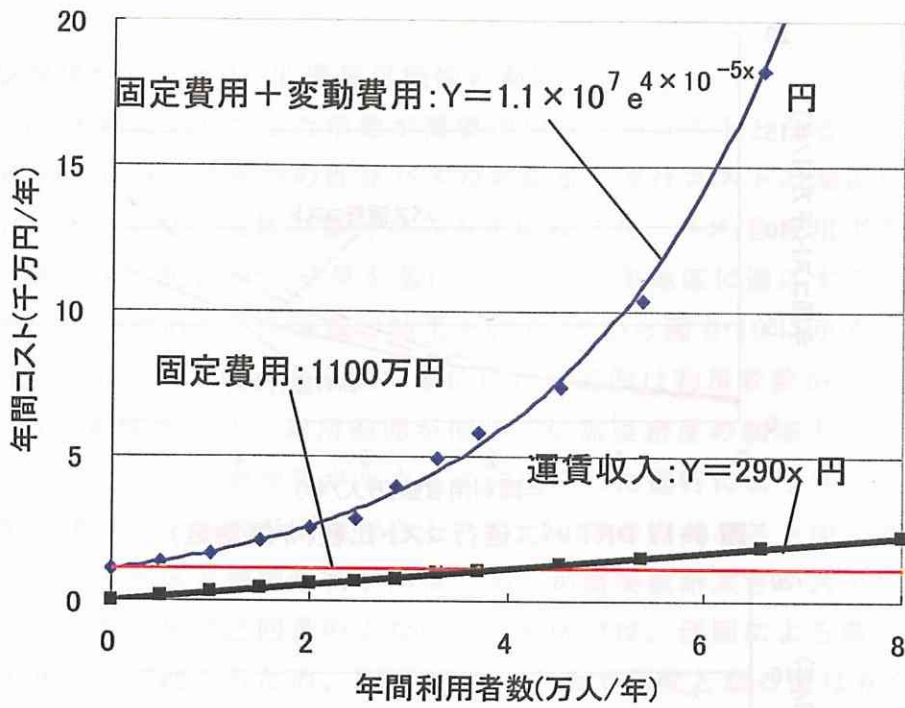


図 6-15 損益分岐図 (小園地区)

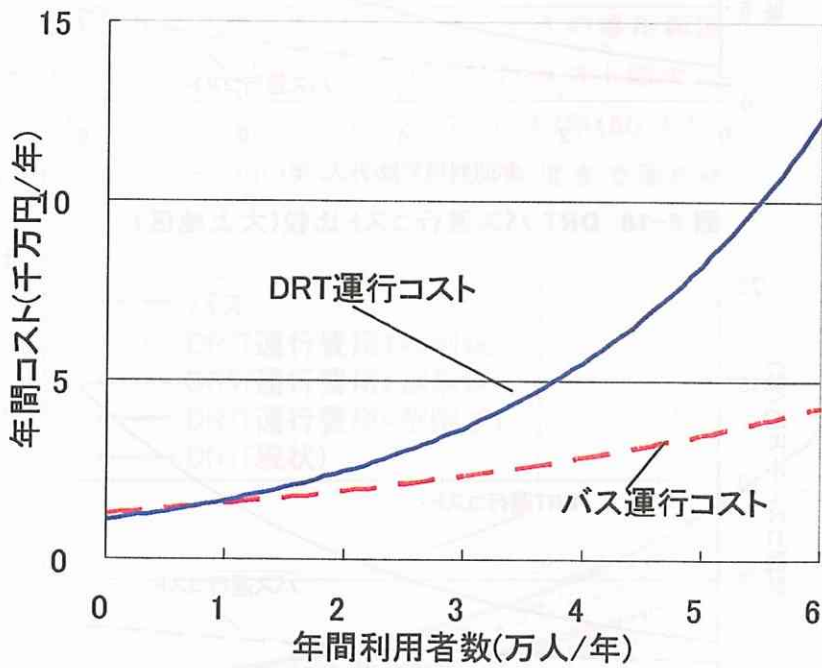


図 6-16 DRT バス運行コスト比較(小園地区)

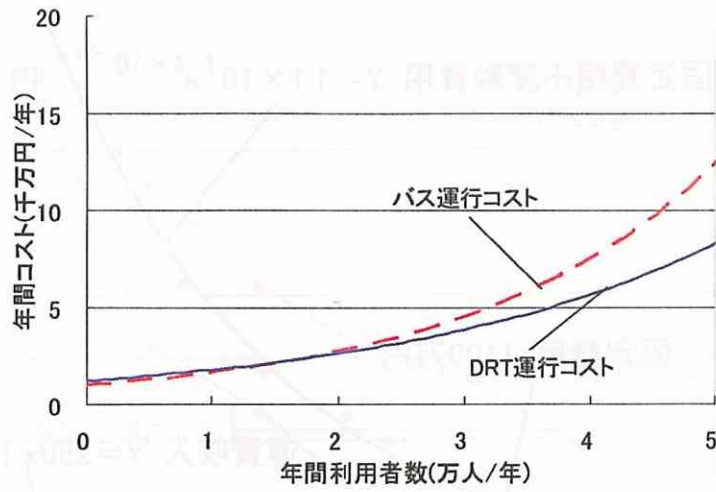


図 6-17 DRT バス運行コスト比較(寺尾地区)

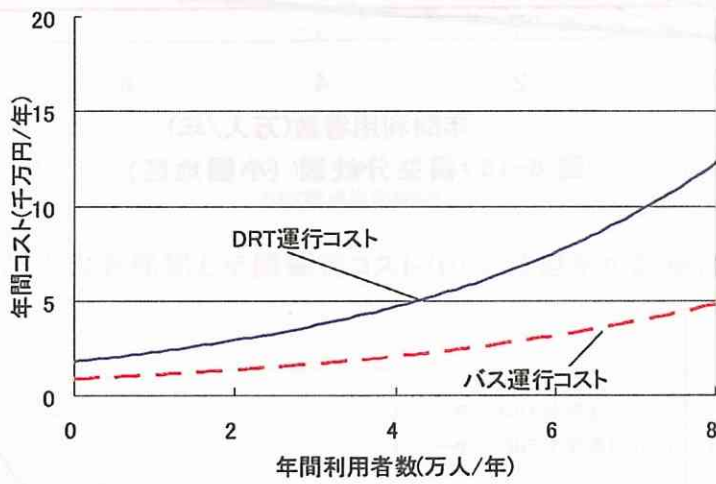


図 6-18 DRT バス運行コスト比較(大上地区)

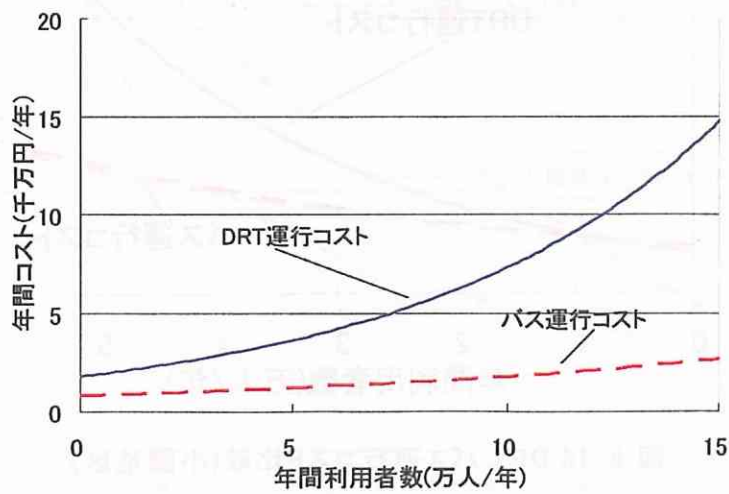


図 6-19 DRT バス運行コスト比較(綾西地区)

(3) 需要規模から見た DRT 適用可能性の範囲

(2)では、予約に応じた運行形態が需要増加時に高コストとなることを示したが、本節では定時定路線型の既存バスの需要量と運行コストの関係を求め、需要規模による、両交通機関の運行コストを比較した。バス/自家用車選択モデルには、交通工学研究会<sup>14)</sup>の結果を基に、今回の対象地区に適応するように定数項の調整を行い求めた。各地域の結果を図 6-16 から図 6-19 に示す。

小園地区では、DRT がコスト面で優位になる範囲は利用者数が 5 千人/年 (15 人/日)程度の範囲までで、適用範囲が極めて低需要密度の領域となっている。また寺尾地区では、需要規模が小さく予約に応じた運行によりサービス向上と走行距離や導入車両台数が削減できるため、DRT の方がコスト面で優位となる。その一方で寺尾地区と地域形状が同様であるが需要数が大きい大上地区や、対象地域形状が長方形で迂回量の少ない綾西地区では、迂回による導入車両台数や走行距離増加が起るため、DRT がコスト面で優位となる面は存在しない。

以上の分析で使用したコストデータは既存バスのものであるが、DRT 導入時には、需要規模に見合ったサイズの車両の適用や、事業者入札制度の適用により、運行コスト削減の可能性がある。そこで DRT 運行費用が現状より 1 割・2 割及び 4 割削減されたケースを設定し、そのときの適用範囲の変化を算出した。結果を図 6-20 に示す。削減率が 1 割の場合はコスト面で DRT が優位になる範囲の変化が少ないが、2 割にした場合 15000 人/年(50 人/日)程度に、また 4 割削減できた場合には、30000 人/年(80 人/日)程度まで適用範囲が広がった。

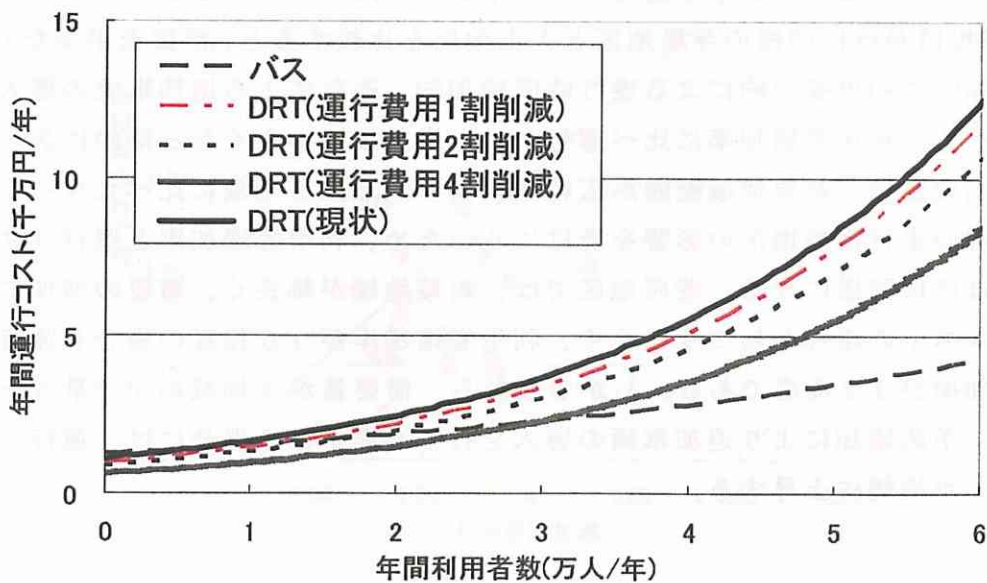


図 6-20 運行コスト削減による効果(小園地区)



(4) 外出頻度が増加した場合の対応

既存バスの代替交通手段や、補充的な公共交通輸送機関である DRT やコミュニティバスを導入した場合に、外出時のアクセス性が向上する等の理由でトリップ頻度が向上する可能性がある<sup>16)</sup>。その一方で、外出頻度増加の原因を特定するためには、外出頻度の回数をモデル化する必要があるが、複数目的地の期待効用や、各世帯の社会経済属性等を測定することは困難である<sup>17)</sup>。

本節では、DRT の導入により利用者のサービスが改善され、利用者の判断によりトリップ頻度が増加したことを前提に検討する。計算ケースには、外出頻度が増加した結果 DRT の需要が 1 割及び 2 割増加した場合を設定し、その場合に変化する導入車両台数、起点出発間隔や運行コストの変化を検討する。

図 6-21 及び図 6-22 に各地域での外出頻度増加によって起こる需要増加率と運行コスト増加率を示す。全体の傾向として、利用者の増加により、運行コストが増加傾向にあるが、利用者が増加したにも関わらず、運行コストが 1 割弱程減少している部分がある。これは利用者数が少ないときには、起点出発間隔が長くなるが、予約数が少ないために走行時間が短くなり、起点での待機時間が長くなる。このときに需要が増加すると、起点での待機時間が短くなるが、車両を追加せずにすべての予約に応じられるために、走行時間が減少し、結果的にコストが 1 割弱削減されることになる。

また利用者増加率が 1.2~1.6 倍に対し、運行コスト増加率が 1.5 倍~2 倍程度と非常に高い場合があるが、これは需要が増加した場合に起点での待機時間を短縮するのみでは対応できず、車両を追加したことが原因となっている。

地区毎に利用者増加率と運行コスト増加率に対する考察を以下に示す。

地域規模がほぼ同様の寺尾地区と大上地区を比較すると、需要量が少なく、需要増加時に利用者予約による走行時間増加や、それによる追加車両の導入が少ないため、利用者増加率に比べ運行コスト増加率が小さくなる傾向にある。

小園地区は、対象地域範囲が広いが、需要が上記 2 地域に比べ大きく、需要増加時の走行距離増加の影響を受けにくいいため、利用者増加率と運行コスト増加率はほぼ同様になる。綾西地区では、対象地域が細長く、需要の増加による運行コストの増加が起こりにくく、利用者増加率が 1.5 程度の場合も運行コスト増加率が 1.2 程度である。しかしながら、需要量が 4 地域の中で最大となるため、予約増加により追加車両の導入を行う必要がある場合には、運行コスト増加率が極端に上昇する。

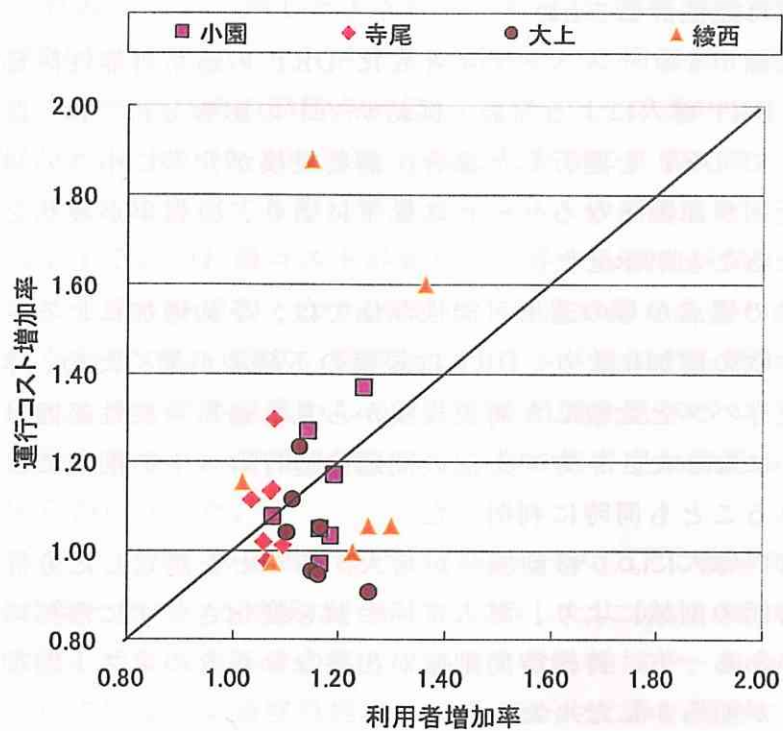


図 6-21 利用者増加率と運行コストの関係(DRT 需要 1 割増加)

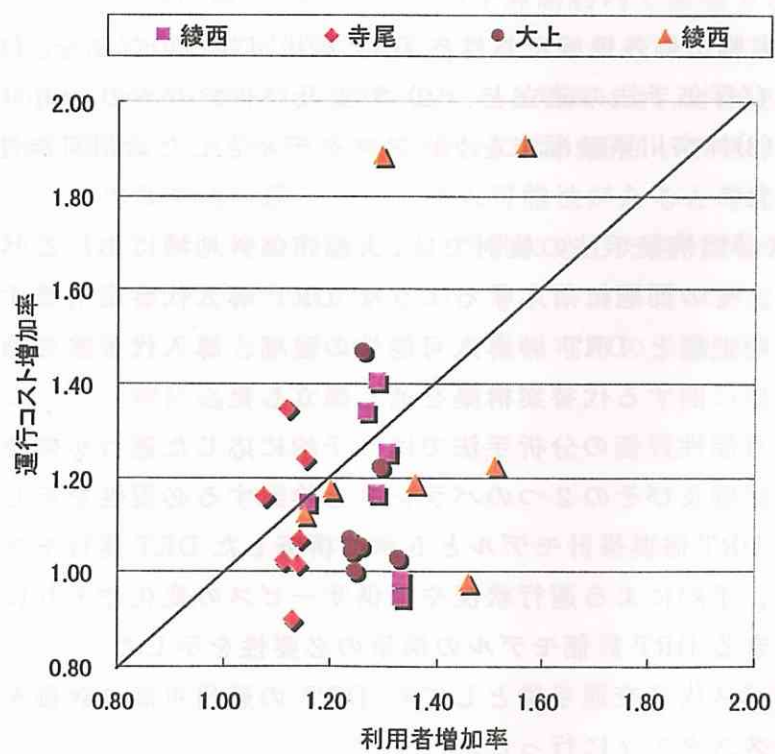


図 6-22 利用者増加率と運行コストの関係(DRT 需要 2 割増加)

### 6.5.3 適用可能性評価まとめ

神奈川県綾瀬市をケーススタディとした DRT の適用可能性評価のまとめを以下に示す。DRT 導入による需要・供給サイドの影響分析では、既存バスと比同様のコストで DRT を運行した場合、需要規模が非常に小さい場合を除き、予約による迂回が原因となるサービス低下により、分担率が現状とほぼ同様かそれ以下になることが示せた。

また事業性の観点からの適用可能性評価では、予約増加による走行距離増大や導入車両台数の増加により、DRT は規模の不経済が働くため、赤字額の増大が著しく、既存バスと比較した需要規模から見た適用可能性範囲は非常に狭いことが明らかになった。一方で上記の問題は運行コストの削減によりある程度改善が図られることも同時に判明した。

さらに DRT 導入により移動機会が増大することを想定した分析では、DRT 車両の待機時間の削減により、導入車両台数を変化させずに需要増加分に対応できる場合がある一方、待機時間削減が出来ない場合のコスト増加率が極端に上昇することが明らかになった。

## 6.6 まとめ

本章では、大都市郊外地域における DRT 適用可能性の評価を、(1) DRT 導入代替案構築及び評価手法の確立と、(2) 需要及び供給双方の適用可能性の分析手法の検討、(3) 神奈川県綾瀬市をケーススタディとした適用可能性の評価の 3 点を通し行った。

DRT 導入代替案構築手法の検討では、大都市郊外地域におけるバス交通の問題点を把握し、その問題に対応するような DRT 導入代替案構築する手法を、関連主体の問題把握と DRT の導入可能性の整理、導入代替案目的設定と、具体的な運行形態に関する代替案構築を通し確立した。

また、適用可能性評価の分析手法では、予約に応じた運行が必要・供給両サイドに与える影響及びその 2 つのバランスを検討する必要性を示し、本研究 4 章で構築した DRT 需要推計モデルと 5 章で構築した DRT 運行モデルを統合することにより、予約による運行状況や提供サービスの変化やそれに伴う需要の変化を表現できる DRT 評価モデルの構築の必要性を示した。

更に、既存バス代替交通手段としての DRT の適用可能性評価を、神奈川県綾瀬市をケーススタディに行った。

その結果本研究で設定したケースでは、DRT 導入によるサービス向上による利用者増加やそれに伴う採算性の改善を図ることが困難であることが明らかに

なった。この原因は3章に示したように、一般的にDRTの生産性が非常に低く、トリップ(人)当たりのコストが非常に高いという問題点に起因する。本研究で設定したケースも同様の問題点が起こり、トリップ当りコストは600円/人~3000円/人と、運賃(170~300円)と比較した場合に非常に高コストである。

また、損益分岐点を算出する際に需要量とコストの関係を示したが、DRTの需要量が増加するにつれ総コストが著しく上昇する傾向が伺えた。これは、上記で示した低生産性が原因となり、規模の不経済が働く点ことが原因となり、需要が低密度な状態でない限り、採算面では赤字が増加する傾向があることが明らかになった。また需要規模からの適用可能範囲を既存バスと比較したところ、以上の結果と同様に、適用可能範囲が非常に低密度な需要のみに対応していることが明らかになった。

以上の結果より、DRTの適用可能性があるケース以下に整理する。

DRT導入対象となりうる地域は、表6-2に示したような、現在もしくは今度既存バスが撤退し代替交通手段の導入が必要となる地域や、対象地域内に公共交通が整備されていない交通空白地域に、既存公共交通を補充する公共交通の導入が必要となる地域となる。

またDRT導入に当り、行政により頒布される補助金を中心とした収入額の最大値(もしくは数段階の額)を設定し、その予算制約内で実現できるDRT導入代替案を抽出する。またそのときに実現できるサービスが、利用者にとって予約に応じDoor-to-Doorのサービスを提供すると判断され、対象とする利用者の利用意向がある場合や、実際利用をする場合には、既存バスサービス改善を目的とした既存バス代替交通手段として、導入可能性があると考えられる。

実際の地域でDRT導入時の課題には、予約に応じた運行が利用者に対して本当に受け入れられるかという点があるが、導入事前事後の評価をフィードバックし、運行改善を行うことが望ましい。また帰宅時の予約方法やその受容性も考慮することも同時に必要となる。

第6章 参考文献

- 1) FTA 編,(財)運輸経済研究センター訳(1978),「これからの交通 パラ・トランジット」
- 2) Carlos F. Daganzo (1984), "Checkpoint Dial-A-Ride Systems",  
Transportation Research Part B Vol.18b, No4/5, pp315-327
- 3) 土肥徹・太田勝敏・原田昇(2000), 「需要応答型システムの適用可能性に関する研究」、第23回土木計画学研究・発表会(2), pp.511-514
- 4) 金載良・秋山哲男・鎌田実(2003), 「フレキシブルバス運行実験の利用特性と予約配車システムの適用性について」,第23回交通工学研究発表会論文報告集,pp265-268
- 5) 綾瀬市ホームページ, <http://www.city.ayase.kanagawa.jp/>
- 6) (財)運輸政策研究機構(2002), 「2000年度大都市交通センサス」、(財)運輸政策研究機構
- 7) 東京都市圏交通計画審議会(2002), 「平成10年東京都市圏パーソントリップ調査」
- 8) 鈴木聡(1988), 「交通の経路選択特性に関する研究」, 日本交通政策研究会
- 9) 森川高行・杉恵頼寧(1993), 「選好意識調査設計の手引き」, 交通工学 Vol.28, No.1, pp.63~71
- 10) 国土交通省東北運輸局 (2003), 「福島県小高町におけるデマンド型乗合タクシー導入例—ITを活用した地域交通確保・工夫事例調査」
- 11) (社)日本バス協会編(1997), 「1997年版 日本のバス事業」
- 12) 新谷洋二(2000), 「都市の公共交通システムの整備政策に関する研究」, 第4章 公共交通機関の成立条件に関する検討—成立条件判定モデルの構築—、日本交通政策研究会
- 13) 森杉嘉芳・宮城俊彦(1996), 「都市交通プロジェクトの評価—例題と演習」, 第5章 プロジェクト評価, コロナ社
- 14) 社団法人交通工学研究会(1993), 「やさしい非集計分析」, 第3章 非集計モデルの計算手順, 丸善
- 15) 大和市(2003), 「平成14年度 コミュニティバス実験運行調査」, 大和市
- 16) 吉田朗・原田昇(1990), 「休日の買い回り品買物行動を対象とした買物頻度選択モデルの研究」, 土木学会論文集, 第413号, pp.107-116
- 17) 北村隆一・森川高行編著(2001), 「交通行動の分析とモデリング」, 第5章 交通行動モデル推定のための調査法, pp.69-101

## **第7章 研究の総括**

**7.1 導入**

**7.2 各章の総括**

**7.3 DRT 適用可能性評価手法のまとめ**

**7.4 今後の課題**

## 第7章 研究の総括と今後の課題

### 7.1 導入

本章では本研究の総括として、まず各章で行った DRT の分析を個別に取りまとめ、また、研究全体の総括として、DRT 導入計画の手法に関する知見を取りまとめ、最後に今後の課題として、DRT の課題と、バス輸送機関の課題を執務面及び研究面の双方より行う。

### 7.2 各章の総括

本研究では、利用者の予約に応じて運行を行う DRT システムの適用可能性評価を、(1) DRT の導入事例整理と計画手法の検討、(2) 需要側分析による (3) 運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析、(4) 大都市郊外地域での適用可能性評価の4点に着目し分析を進めた。本節では、まず各章まとめを行い、その総括として DRT 導入計画に対する方法論の整理を行う。

#### 7.2.1 DRT システムの導入事例と評価方法(第3章)

第3章では、北米・ヨーロッパ・日本における DRT の導入事例の整理を、①初期の DRT 導入背景および目的その運行技術と問題点、②現在導入されている DRT の技術面、制度面、政策面の課題 ③現在導入されている DRT の事例を導入背景目的、運行形態の特徴、ITS 技術による運行、評価指標を整理し、DRT の評価指標の整理と、実務面及び研究面での課題と提示した。

#### (1) 初期の DRT 整理と課題 (2 節)

DRT は利用者の予約に応じ、その都度時刻表や経路を設定して運行するため、定時定路線型のバス路線と比較すると、高品質なサービスの提供が期待できると共に、複数利用者のトリップを取りまとめるため、個別輸送と比較した場合に低コストで運行できる可能性や、定時定路線型の既存バスと比較した場合に各利用者を拾い上げていくので、平均乗車密度を上昇させられる可能性があり、既存バス代替交通手段・既存公共交通の導入が困難な地域への新しい交通手段としての導入・また高齢者及び障害者等の移動制約者や空港へのアクセス利用者等特定のトリップを対象とした交通手段として 1960 年代以降に導入が行われてきた。然しながらその一方で、公共交通需要の少ない地域に適用されたた

め、運行面での効率性はある程度限定されていたことや、配車技術面も ITS 技術が十分に発達していなかったために、配車や利用者への情報の信頼性で問題があった。また、法規制面では既存事業との調整といった面で問題点があり、DRT の導入市場環境が十分に整備されていなかった点で問題があった。

(2) 近年の導入状況(第3節)

初期の DRT には運行システムやコスト面に関する問題点があった一方、1 章に示したように近年北米、日本、EU 諸国では DRT システムの導入/適用可能性実験及び、本格導入が行われてきている。技術的な背景では、ITS 技術の進展により、初期の DRT の導入上の課題であった、配車に対する信頼性の問題が解決されてきている。その一方で、DRT の新規導入時に適用される配車システムの構築方法や、導入費用、効果が実験結果より整理されていくことや、DRT の運行システムのビジネス化といった点の課題が残されている。日本においては、DRT 導入実験が 2000 年以降進み、実証実験の事例が進展しているが、以上に示した点に関しては十分に検討されていない。

制度面に関しては、北米では、地方部を対象とした公共交通導入補助プログラム(FTA Section18)に、DRT 導入のフレームワークが整理されている一方、EU 諸国及び日本では導入実験やその延長上での本格運行が実施されている段階である。本格実施に向けた制度の整理が必要となる。

また都市交通政策面に関しては、欧米諸国では、高齢者及び障害者用のモビリティ及びアクセシビリティを確保する目的での導入が位置づけられ、また北米では地方部の一般乗合輸送機関としての導入や、空港アクセスを目的とした導入が行われてきている。EU 諸国及び日本では一般乗合輸送機関としての導入は未だ実験段階やその延長上の本格運行が行われているのみであるので、今

表 7-1 日本における DRT の動向整理と各施策の方向性

分類項目	近年の動向	今後の展望	課題
技術面	ITS 技術の進展 運行技術及び信頼性向上	実験導入の継続 導入事例整理 技術適用方法整理	事例整理と課題抽出 低コスト化 操作性の向上 ビジネスモデルの構築
制度面	バス事業への参入及び 退出の規制が緩和される。	規制緩和による問題 (既存事業者の撤退)	補助金制度の充実 導入実験制度の充実 本運行への制度整備
政策面	実験導入の継続 短期的な導入施策評価	DRT 導入計画手法確立 他交通手段との統合	既存交通手段とのすみ分け 導入計画と調整



後都市交通政策面での位置づけが必要となる。

### (3) 運行形態の特徴整理(第4節)

運行形態の特徴整理を、運行形態(Route-Deviation方式、Semi-Dynamic方式、予約方法とITS技術の導入と配車システムの3点に絞り整理を行った。運行形態の決定方法は、導入の容易さや、トリップ形態と提供サービスといった条件により決定される。また予約方法(事前予約もしくは任意時間帯での予約)の2種類があり、これらの適用時に予約時間帯の任意性と所要時間の2点を考慮する必要がある。

ITS技術を適用した配車方法では、車両位置取得や予約がリアルタイム(またはそれに準ずる状態で行われるようになり、配車の信頼性が向上してきている。

また配車係を不要にしたTDC(Travel Dispatch Center)の導入が行われる等自動化の傾向にあるが、TDC単独で行う方法と、TDCと運転者の判断の双方を適用する場合があります、具体的な経路設定は運転者や配車係に委ねられている点がある。

### (4) 導入代替案と評価指標の整理(第5節)

導入代替案の評価指標の整理では、導入代替案として、導入背景及び目的、対象トリップ、他交通手段との組み合わせの3点に着目して整理を行い、評価指標の取りまとめを行った。

DRTは、人口密度の低い郊外、地方部での運行の他に、人口密度の相対的に高い都市部での交通空白地域や、都市～郊外間の既存バス置換えを目的とした導入も行われ、その運行時間は日中を中心に10時間～12時間程度と、日中の行動を主に対象にしている。またDRTを他交通手段と組み合わせて導入する場合には、既存輸送機関のネットワークを補充する形態を取り、高齢者及び障害者のモビリティ確保を目的に導入する場合や、既存バス路線の一部をRoute Deviation方式に変更する方式を取り、限定的な導入がされている。

DRT導入評価指標では、導入実験段階で重要となる、利用者の予約に応じた運行(予約受付・配車・運行指示)に使用する技術の性能・信頼性・操作性評価や、DRTの利用者特性(個人属性やトリップ頻度や目的)とDRT提供サービスに対する利用者意向や、DRTの台時間や運行キロ当たりの収入や費用等の指標によって示される、パフォーマンス指標により評価が行われている。またDRTの本格運行や、他地域への移転可能性、更には、DRTの適用可能性のある市場を分析する上では、以上の実験で得た指標を基準とすることが考えられる。

### 7.2.2 DRT 需要推計(第4章)

4章では予約を受け付けて運行を行うDRTの利用者評価指標を設定し、需要推計に必要なサービス変数を整理した。またその結果を踏まえ、DRTを導入した場合の需要推計に必要なデータを、SP調査を通し収集して需要モデルを推計し、DRTの需要推計手法の確立を試みた。

需要推計手法は2章3節で示したように、ゾーン単位での平均的な発生需要を推計する集計モデルと、各利用者の行動に着目した非集計モデルの2種類があるが、DRTは利用者の予約に応じてその都度提供するサービスが変化し、その結果各利用者の交通行動に影響を与える可能性があるため、非集計モデルの適用が望ましい。

DRTを選択肢に含んだ非集計モデルを作成するに当たり、使用するサービス変数には、アクセス時間・待ち時間・乗車時間により示される所要時間に関する変数や、運賃・年齢・自家用車利用可能性等の個人属性がある。このうち、所要時間を示すサービス変数は、予約状況によって変化することを考慮し、町時間は各利用者の予約時刻に対する任意性と、利用者の予約する希望時刻とのずれの双方を考慮できるように、予約してから乗車時刻までの差を設定し、乗車時間に関しては、他の利用者の予約による所要時間増加の可能性を遅延時間として示した。

以上のように設定した変数を利用しSP調査を実施し、そのデータをもとにDRTと自家用車の手段選択モデルを構築した。その結果、DRTが提供するサービスが変化することにより、選択確率が大きく変化するため、DRTの適用可能性のある地域は、利用者の需要が空間的にまとまっている地区で、予約を受け付けたときの路線の迂回が短くなるような地区となることが分かった。

### 7.2.3 DRT コスト分析(第5章)

5章では、DRT運行方式の整理を通し、コスト分析に必要な点を整理し、Route Deviation方式及びSemi-Dynamic方式による運行方式が、利用者及び運行側に与える影響を整理しコスト分析を行った。また予約に応じ運行するDRTシステムと他の代替交通手段との運行コストの比較を行った。DRTの運行方式の整理では、各運行方式が提供できる地域や時間帯の柔軟性に着目して分類を行い、各運行方式が運行コストに与える影響要因の整理を行い、各運行形式の導入対象地域や利用者による分類を行うことと、コスト分析の着目点を取りまとめることができた。

Route-Deviation方式の運行方法設定では、利用者予約が短時間に需要が集中した場合は、最大限のコストが掛かり、迂回ルートを固定路線の一部として

運行する場合とコストに違いがないこと、またダイヤ設定にコストが影響されることを考慮する必要がある。また、Semi-Dynamic方式の、予約を取りまとめた運行が、利用者に提供するサービスや運行コストに対して与える影響要因を整理し、計算例を示した。予約の受付状況によっては、運行コストの増大や、利用者に提供するサービスの低下が発生する可能性がある。そのため、以上の関係を整理し、導入地域の路線網の設定方法や、提供サービスに対する利用者の選好を検討した、コストの分析の必要があることを示すことができた。

更に、既存バス代替交通手段の評価では、運行方式の違いによるコストの比較を通し評価を行った。その結果、需要密度が低い地域では、Semi-Dynamic運行方式が、路線固定型の運行するコミュニティバスより低いコストで運行できることを立証できた。

### 7.2.4 大都市郊外地域における適用可能性の評価(第6章)

6章では、大都市郊外地域におけるDRT適用可能性の評価を、(1)DRT導入代替案構築及び評価手法の確立と、(2)需要及び供給双方の適用可能性の分析手法の検討、(3)神奈川県綾瀬市をケーススタディとした適用可能性の評価の3点を通し行った。

DRT導入代替案構築手法の検討では、大都市郊外地域におけるバス交通の問題点を把握し、その問題に対応するようなDRT導入代替案構築する手法を、関連主体の問題把握とDRTの導入可能性の整理、導入代替案目的設定と、具体的な運行形態に関する代替案構築を通し、確立した。

また、適用可能性評価の分析手法では、予約に応じた運行が必要・供給両サイドに与える影響及びその2つのバランスを検討する必要性を示し、本研究4章で構築したDRT需要推計モデルと5章で構築したDRT運行モデルを統合することにより、予約による運行状況や提供サービスの変化やそれに伴う需要の変化を表現できるDRT評価モデルの構築の必要性を示した。

更に、既存バス代替交通手段としてのDRTの適用可能性評価を、神奈川県綾瀬市をケーススタディに行った。

その結果本研究で設定したケースでは、DRT導入によるサービス向上による利用者増加やそれに伴う採算性の改善を図ることが困難であることが明らかになった。この原因は3章に示したように、一般的にDRTの生産性が非常に低く、トリップ(人)当たりのコストが非常に高いという問題点に起因する。本研究で設定したケースも同様の問題点が起こり、トリップ当りコストは600円/人~3000円/人と、運賃(170~300円)と比較した場合に非常に高コストである。

また、損益分岐点を算出する際に需要量とコストの関係を示したが、DRTの

は需要量が増加するにつれ総コストが著しく上昇する傾向が伺えた。これは、上記で示した低生産性が原因となり、規模の不経済が働く点ことが原因となり、需要が低密度な状態でない限り、採算面では赤字が増加する傾向があることが明らかになった。また需要規模からの適用可能範囲を既存バスと比較したところ、以上の結果と同様に、適用可能範囲が非常に低密度な需要のみに対応していることが明らかになった。

DRT の適用可能性を以下に整理する。DRT 導入対象となりうる地域は、表 6-2 に示したような、現在もしくは今度既存バスが撤退し代替交通手段の導入が必要となる地域や、対象地域内に公共交通が整備されていない交通空白地域に、既存公共交通を補充する公共交通の導入が必要となる地域となる。

また DRT 導入に当り、行政により頒布される補助金を中心とした収入額の最大値(もしくは数段階の額)を設定し、その予算制約内で実現できる DRT 導入代替案を抽出する。またそのときに実現できるサービスが、利用者にとって予約に応じ Door-to-Door のサービスを提供すると判断され、対象とする利用者の利用意向がある場合や、実際利用をする場合には、既存バスサービス改善を目的とした既存バス代替交通手段として、導入可能性があると考えられる。

実際の地域で DRT 導入時の課題には、予約に応じた運行が利用者に対して本当に受け入れられるかという点があるが、導入事前事後の評価をフィードバックし、運行改善を行うことが望ましい。また帰宅時の予約方法やその受容性も考慮することも同時に必要となる。

### 7.3 DRT 適用可能性評価手法のまとめ

本研究では、DRT 適用可能性評価手法のうち、最初の段階である(1) DRT 導入計画時の代替案計画手法を取り扱ったが、実際地域における DRT 導入代替案を検討し、その適用可能性評価を行う際には、上記の他に(2)導入実験の実施と本運行への移行時の適用可能性評価、(3)本運行後の他地域への DRT 技術移転可能性に関する適用可能性評価がある。本節では、(1)については6章の内容の拡張として、また(2)及び(3)については各段階の適用可能性評価を以下に整理する。

#### (1) DRT 導入計画段階における適用可能性

DRT の導入対象可能性のある地域には、現在または今後公共交通が提供されない可能性のあるところであり、具体的には、既存バス路線が設定されているが、サービスレベルやコスト面で問題があり、今後既存バス代替交通手段整備

が必要な地域や、交通空白地域に対しモビリティを確保する必要な地域である。

既存バス代替交通手段として DRT を適用する際には、需要側と供給側の少なくともどちらか一方に利点があることが条件となり、公共交通空白地域に対し新規に交通手段を導入する場合には、DRT システムと他に適用可能性のある代替案の、コミュニティバスやタクシーの導入時と比較して、DRT が需要もと供給側のどちらか一方で利点があることが条件となる。特に予約に応じた運行に対する利用者の受容性や、ITS 技術導入時のコスト、システム管理者の訓練等に対する手間や、予約に応じた運行による効果(具体的には、利用者利便性向上、DRT のトリップ形態の適応性やコスト変化)に対する事前評価を十分に行う必要がある。

また DRT 運行代替案には、予約に応じた運行形態の設計方法が課題となる。具体的には、予約に応じた運行形態の種類と、その導入時の利点と問題点を十分に考慮することが望まれる。これは、需要が小規模のときには Door-to-Door のサービスを提供できる一方、予約数が増加した場合に、迂回量が予約量に応じ増加することや、予約数が過剰になり十分にサービスできない可能性がある。また導入や運行の容易さ、対象地域のトリップ形態(頻度や OD)によっても運行状況が変化するため、DRT 各運行代替案が、対象地域の形状や、対象利用者及びトリップにより影響されることも考慮する必要があるからである。

運行形態と適用可能性については、3章4節の諸外国の運行形態代替案整理の事例と、6章2節で本研究での方針を示したが、現実的な代替案の検討手法では、各運行形態の利点と問題点を考慮した形が望ましい。各運行形態の代替案に関する詳細を以下に示す。

Route Deviation 方式では、他の運行代替案と比較した場合には相対的に、利用者及び運行側に与える影響が小さい。しかしながら、5章3節に示したようにコストは既存バスと変化が無い可能性があることや、利用者の所要時間に対する影響があり、利用者に受容されない可能性があるため、提供サービスに対する利用者の受容性が導入の課題になることがある。

Semi-Dynamic 方式は、Route-Deviation 方式に比べ、起終点間の経路や通過時刻に幅を持たせることが出来、またそれらの情報を利用者に提供することが可能である。その一方で予約数が増加すると必然的にサービスレベルが低下するため、あるコスト制約内での許容需要数に限界があることが問題となる。

また Dynamic 方式は、リアルタイムでの予約受付や配車を行う点では、他の代替案に比べ、最も柔軟な利用者サービスを提供する。しかしながら、そのようなサービス情報を利用者に提供する問題や利用者の受容性に関する問題があることや、6章2節に示したようにタイムウィンドウ制約があり、予約数が

多い場合には、受付予約数に限界がある可能性がある。

### (2) 導入実験と本運行における適用可能性

導入実験時には、DRTが対象地域での適用可能性を実際に導入することによって判断することが出来る。具体的には、利用者のDRTサービスに対する満足度や受容性の判断や、コストや技術面の導入時の目的に対する達成度等がある。また初期段階では、利用者が予約により利用するサービスに対し、どのように判断するかという点や、実験期間前後での予約に応じた新しいサービス形態の輸送機関に対する利用者の意向を比較し、DRT導入効果を判断する点も重要となる。また以上の結果のフィードバックを行い、次の実験段階や本運行を実施する際にDRT導入計画の判断材料とする点もある。

### (3) 他地域移転に関する適用可能性の課題

国内では、DRTの導入実験が各地で行われ、一部地域では本運行を実施しているが、今後他地域でのDRT導入計画の策定や評価を行う際には、地域の公共交通の問題点に対応し得るDRT導入代替案の構築手法が必要となり、またその際の適用可能性評価を、DRT導入対象地域に共通するもしくは地域固有の事項に分類することが重要となる。具体的には、現在国内外で導入されているDRTの対象地域の状態や、対象とする利用者及びトリップの設定、運行形態wを設定し、それらが、利用者サービス・運行コストに与える影響の整理方法や、使用技術や制度の適用方法を基準となるように整理して、新規導入地域への適用する手法の検討が必要となる。

## 7.4 今後の課題

今後の課題を(1)バス輸送計画とDRTシステム、(2)実務面からのDRTの導入課題(3)研究面からのDRT分析課題の3点に分類し、以下に示す。

### (1) バス輸送計画とDRTシステム

本研究では、既存のバス輸送計画では対応できない点を補充する方法として、DRTシステムを位置づけた。今後の課題としては、既存バスとDRTの相補的な輸送計画手法の構築や、既存バスを補充する形態で導入されるDRTシステムの適用手法の検討がある。具体的には、6章6節で示したようにDRTの生産性が低く、既存バスをすべてDRTに置き換える導入代替案は実現可能性が低い、対象地域上の需要が極端に低い地区や、トリップ発生頻度の相対的に低

い施設へのアクセスを目的に導入する Route Deviation 方式や、対象地域内の起点(もしくは終点)が分散した需要の存在する地域に対応する Semi-Dynamic 方式の導入や、高齢者及び障害者の特定利用者に対応した STS としての Dynamic 方式の適用が、適用可能性のある導入代替案となる。

また以上に示した DRT がバスネットワークのサービス向上や、総コストの削減といった目的を実現できるか評価することが最終的な目標となる。

## (2) 実務面からの DRT 導入課題

実務面からの DRT 導入課題には、導入制度面、技術面、都市交通政策上の課題と、導入代替案の評価手法の4点がある。

制度面の問題には、各国によって市場環境に差があるが、日本の今後の動向としては、バス市場の規制緩和のシビルミニマム確保といった観点で、また現在公共交通が導入されていない地域への新しい形態の輸送機関としての適用可能性があるが、ITS 技術の導入や運行には数百万の費用が掛かることや、需要が低密度な地域で導入するために運賃収入が低くなる可能性があるため、補助金適用や、運行コスト削減に対する工夫が必要となる。

技術面の課題には、ITS 技術導入効果の把握を行い、導入目的に応じた技術を適切な費用で導入し DRT サービスを提供できるようにすることがある。

交通政策上の課題には、地域内の交通計画上どのように DRT システムの地域内での位置づけを整理することと、運営及び運行主体を設定する方法の整理と決定方法が必要となる場合がある。具体的には導入地域内で現在事業を展開している既存バス事業者及びタクシー事業者との調整や、DRT 導入計画・運営・運行に自治体や事業者がどのように関わるかということになる。

具体的な DRT の導入を検討する上では、DRT を含めた既存バス代替交通手段の導入代替案を作成することが必要である。また、対象利用者やトリップを事前調査により把握し、運行形態や予約方法を考慮した運行代替案の抽出に反映させることと、運行コストの推計を行い、費用が補助金額等を考慮した上で実現可能性の判断を行うことが必要となる。

## (3) 研究面からの課題

研究面からの課題は、本研究4章から6章で取り扱った、DRT の需要推計手法の確立、DRT コスト分析手法、及びこれらを統合した適用可能性評価が、他の地域への移転可能性の検証を行うこととし、またこれらの分析に必要な利用者行動調査のデータ及びコストデータの蓄積が今後必要となる。

また、近年の DRT 研究状況を考慮し、DRT の研究課題を検討すると、既存研究で

は、DRTの代替案評価を、配車の計算方法を中心としたものや、STSとしてのDRT適用可能性に限定したものが多く、一般旅客乗合輸送の分析に必要な、対象とする需要の規模、対象利用者やそのトリップ形態に関する前提条件が不明瞭な点が多い。これらの前提条件を、DRT運行代替案の作成方針で明らかにし、DRTの適用可能性を検討することも必要となる。具体的には、交通空白地域の解消を補充する形で導入で導入されるDRTや、自家用車からの転換を考慮した形でのDRT導入代替案が現実的に適用可能性があるかどうかを検討する必要がある。



## 謝辞

本論文の執筆に当たり、様々な方からご協力やご支援を受けることが出来ましたことを、ここに謝辞として記述致します。修士課程進学以来5年もの長期間に渡り、浅学非才な私を指導して下さいました、主査である中村文彦助教授には、研究の手法から交通計画に関する様々な知識を提供下さいましたことを感謝すると共に、今後の研究や業務にその知識を活かせるよう、精進を重ねて行きます。矢部努助手及び前任の平石浩之助手(現：㈱日本能率協会総合研究所)には、実務面の豊富な知識や経験を基に様々なアドバイスを頂けたことを感謝しております。また原山大技官には、研究環境の整備や事務上の手続きを、何時でも快く引き受けて下さったことにお礼申し上げます。多忙な中審査委員を引き受けて下さいました、環境情報研究院山田均教授、佐土原聡教授、吉田聡講師及び工学研究院柴山智也教授には、他分野の論文を客観的な視野で評価して下さいましたことや、非常に有益なご意見を頂けましたことを幸せに感じております。

国内のDRT実証実験の視察は、㈱松下電器産業 山下哲郎様、斉藤貴光様、小高町商工会議所の山田厚生様及び(株)ミウラの三浦邦夫様のご協力を得て実現することが出来ましたことにお礼申し上げます。また国内DRT導入事例整理に必要な資料提供やデータの入手には、各自治体担当者及びバス事業者のご協力を得て実施することができました。国外の事例収集に当りましては、多忙な日程の中、資料をお送り下さいました、東京都立大学の秋山哲男教授及び京都大学の倉内文孝助手に感謝致しております。

DRT利用者選好意識調査の実施には、綾瀬市都市整備部都市整備課の渡邊晴樹様をはじめ、都市整備課の方々や、横浜国立大学交通研究室修士2年の池田嘉章君、山崎隆之君、修士1年の金井絵里さん、田中卓也君、学部4年生の中村誉君の協力を得て実施することができたことに感謝の意を敬します。

本研究の一部を学会論文として発表をする機会を得ることができましたが、発表の場でDRTシステムの運行形態、導入手法や評価等、貴重な意見を下さいました、広島大学の奥村誠助教授、岡村敏之助手、東京都立大学の秋山哲男教授、東京海洋大学の高橋洋二教授には、この場を借りてお礼申し上げます。

交通計画を専攻するに当りその基礎を築くのに必要な知識を提供して下さいました、著者の出身大学である中央大学理工学部の鹿島茂教授、谷下雅義助教授及び小坂浩之助手には、学部卒業後も様々な面でご支援頂きましたことに感謝いたします。

また、博士課程進学や本論文執筆にあたり、金銭的及び精神的に支えて下さいました家族には、大変感謝致しております。

最後に本論文執筆中の2003年12月16日に急逝なさいました、故大蔵泉教授に授業や研究を通し様々な点でご指導頂きましたことを感謝しつつ、ご冥福をお祈り致します。

2004年3月

竹内龍介

## 公表論文

### (審査付き論文)

- 1) 竹内龍介・大蔵泉・中村文彦(2001), 「駅前広場バス乗降施設運用代替案に関する研究」、第36回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.589-594
- 2) Ryusuke Takeuchi, Izumi Okura, Fumihiko Nakamura (2003), "Research Needs and Seeds on Demand Responsible Transport Systems (DRTs)-Case Studies in Japan, Europe and North America", Proceeding of International Symposium on City Planning 2003, pp.234-242
- 3) 竹内龍介・大蔵泉・中村文彦 (2003), 「運行特性を踏まえた DRT システムのコスト分析に関する研究」、第20回土木計画学研究・論文集、pp.638-645
- 4) Ryusuke Takeuchi, Izumi Okura, Fumihiko Nakamura, Hiroyuki Hiraishi(2003), "Feasibility Study on Demand Responsive Transport systems(DRTS)", 5th Eastern Asia Society for Transportation Studies Conference, CD-Proceeding
- 5) 竹内龍介・大蔵泉・中村文彦 (2003), 「郊外地域での日中行動を対象とした DRT システムの需要推計に関する研究」、第23回交通工学研究発表会、pp.261-264

### (口頭発表)

- 1) 竹内龍介、大蔵泉、中村文彦(2000),「駅前広場交通施設代替案に関する研究」、土木学会第55回年次講演会概要集, pp.904~905
- 2) 竹内龍介、大蔵泉、中村文彦(2000),「駅前広場バス施設シミュレーションモデル設計に関する研究」、第23回土木計画学研究・講演集, pp.423~426
- 3) 「竹内龍介・大蔵泉・中村文彦(2001),「駅前広場バス乗降施設運用代替案評価に関する研究」、土木学会第56回年次講演会概要集、pp.170-171
- 4) 竹内龍介・大蔵泉・中村文彦(2002),「DRT システムのコストモデルに関する研究」、第25回土木計画学研究・発表会, CD-ROM 概要集

### (シンポジウム・雑誌)

- 1) 中村文彦・島袋哲・竹内龍介(2001),「駅前地区の交通適正化に関する基礎的研究」、第37回土木学会シンポジウム、pp.271-278
- 2) 竹内龍介・中村文彦・山下哲郎(2003),「新しいバス輸送(ダイヤモンドバス)における動向と需要分析」、自動車技術、Vol57, No.3、pp.59-64

## 付録

1. **利用者選好意識調査(2002年2月15日実施)**
2. **パソコンによる応答型利用者選好意識調査**  
**(2003年7月,8月実施)**

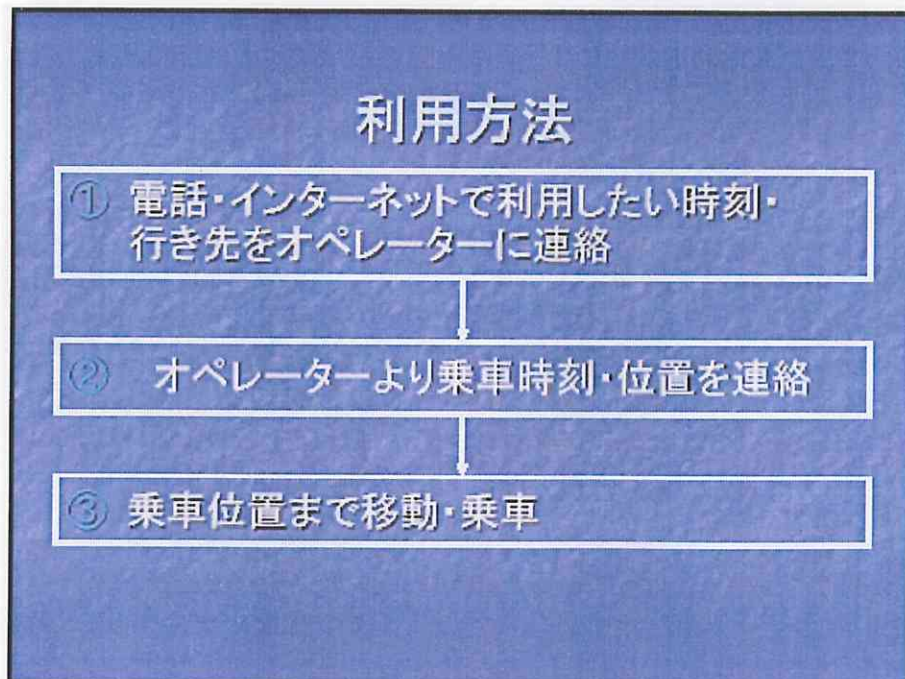
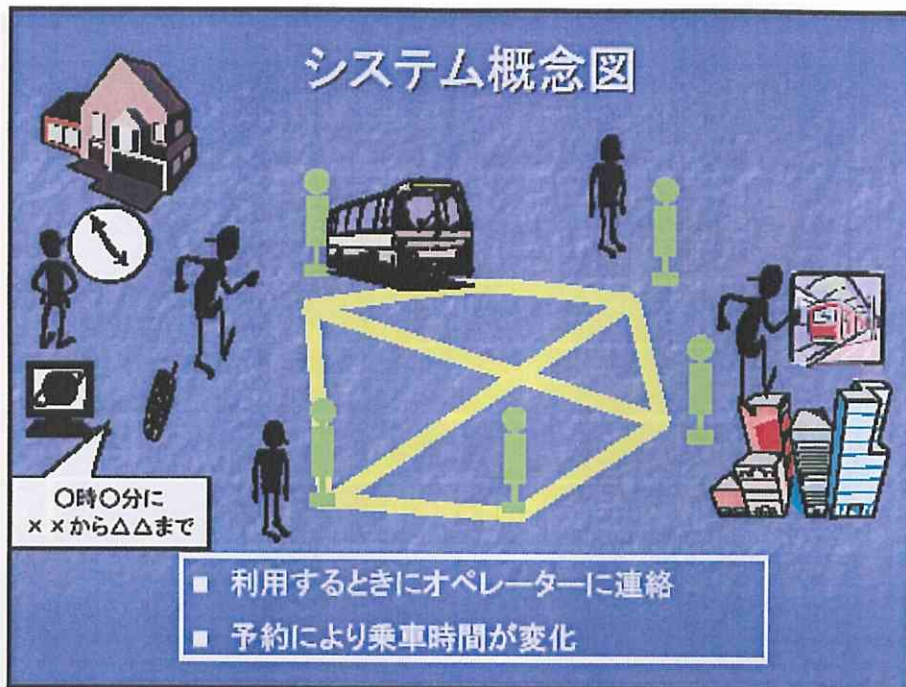
付録 1: DRT システム利用者選好意識調査 2002 年 2 月 15 日実施

## DRTシステム 利用者選好意識調査

2002年2月15日  
横浜国立大学 交通研究室

### DRTシステムとは？

- Demand Responsive Transport  
(需要応答型交通システム)  
日本では一般的に「デマンドバス」と呼ばれる
- バスとタクシーの間にある乗合の公共交通
- 複数の利用者の予約に応じて時刻表・ルートを決定



## 利用方法

① 電話・インターネットで利用したい時刻・行き先をオペレーターに連絡



② オペレーターより乗車時刻・位置を連絡



③ 乗車位置まで移動・乗車

## アンケート調査

- 」あなたは現在自宅にいて、休日日中に5km離れた駅前に日用品の買物に行くとします。
- 」このとき、これから出す2つの交通手段のうち、「自分が利用したい」と思う方を選択し、回答用紙のその番号を○をつけてください。

## 質問番号①

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで15分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の10分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで15分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

## 質問番号②

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで15分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の10分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで最小20分  
最大30分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

### 質問番号③

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

#### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで15分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

#### B) DRT

- 予約は乗車の15分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで15分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

### 質問番号④

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

#### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで15分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

#### B) DRT

- 予約は乗車の15分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで最小20分  
最大30分
- 駅前に停車
- 運賃は300円



## 質問番号⑤

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで10分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の10分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで15分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

## 質問番号⑥

目的: 自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで10分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の10分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで最小20分  
最大30分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

## 質問番号⑦

目的：自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで10分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の15分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで15分
- 駅前に停車
- 運賃は300円

## 質問番号⑧

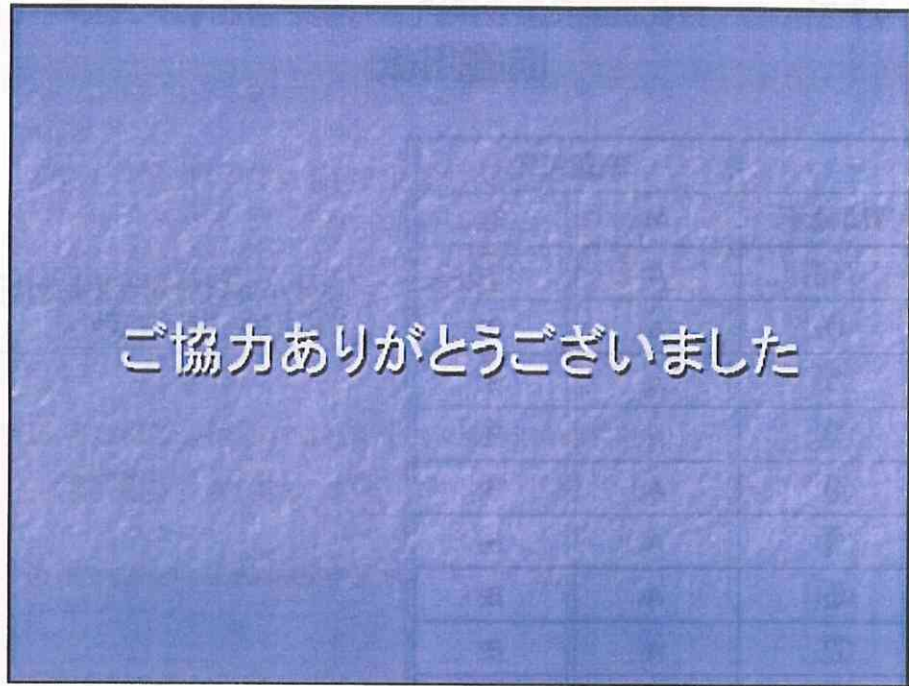
目的：自宅→5km離れた駅前までの買物

### A) 自家用車

- 駐車場まで2分
- 駅まで10分
- 駐車場は駅から徒歩5分
- 駐車料金は無料

### B) DRT

- 予約は乗車の15分前
- 停留所まで徒歩2分
- 駅まで最小20分  
最大30分
- 駅前に停車
- 運賃は300円



ご協力ありがとうございました

① ② ③

この冊子は、... (Faint text describing the book's purpose and contributors)

この冊子は、... (Faint text listing names and affiliations of contributors)

No.(        ), Date(        )

## 回答用紙

質問番号	交通手段	
	A)	B)
凡例	A	<input checked="" type="radio"/> B
①	A	B
②	A	B
③	A	B
④	A	B
⑤	A	B
⑥	A	B
⑦	A	B
⑧	A	B

自分が選択する交通手段に「○印」をつけて下さい。

以下当てはまるものに○をつけてください

### 1. 皆様自身のことについてお聞かせください

- Q1; 年齢 (10代・20代・30代・40代・50代・60代・その他(        ))  
 Q2; 性別 (男・女)  
 Q3; 就業状態 (就業・非就業)  
 Q4; 免許保有 (保有・非保有)

### 2. 普段利用している公共交通についてお聞かせください

- Q5; 自宅から駅までの交通手段・距離  
 (自家用車・バス・徒歩・自転車・バイク・その他(        ))を利用して  
 (5分以内・6分～10分・11分～15分・15分～20分・20分～25分・25分以上)  
 Q6; 日中バスの運行間隔  
 (10分以内・10～15分・15分～20分・20分～30分・30分以上)  
 Q7; デイマンドバスについて  
 (利用したことがある・名前は聞いたことがある・知らない)

ご協力ありがとうございます。

付録2 パソコンによる応答型 DRT 利用者選好意識調査 2003年7・8月実施

User Form3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

調査表番号 3 実行中

### 質問1 平日日中の交通行動に関する質問

(1) 平日日中の外出で海老名駅前に用事がある場合をご記入下さい

① 外出の目的

買物  通院  その他私事

② 外出頻度

週に 回

③ 海老名駅に行く場合に最もよく利用する交通手段をお選び下さい

自家用車 (自分で運転)  自家用車 (送ってもらう)  バス  徒歩  自転車  バイク  その他

④ 家から駅までの所要時間をお教え下さい

分

次のページへ

User Form3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

(2) 平日日中の外出で海老名駅以外に最も良く出掛ける所をご記入下さい

① 外出の目的

買物  通院  その他私事

② 外出頻度

週に 回

③ そのときの目的地(施設名と地名をお答え下さい)

施設名 住所

④ その場合に最もよく利用する交通手段をお選び下さい

自家用車 (自分で運転)  自家用車 (送ってもらう)  バス  徒歩  自転車  バイク  その他

⑤ 家からかかる所要時間をお教え下さい

分

次のページへ

User Form 6

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9 |

### 質問2 自宅から海老名駅までのバスの運行状況に関する質問

(1) 自宅付近から、海老名駅までのバス路線はありますか？

はい  いいえ  わからない

(2) (1)で、「はい」とお答えになった方は、平日日中に海老名まで外出するときに利用する、自宅付近の最寄のバス停留所についてお答え下さい。  
(バスを利用しない方は、バスを利用した場合を想定してお答え下さい)

停留所名  停留所名(左に無い場合に記入)

家からバス停までの時間  分

日中のバスの運行間隔  分に1本

バスに乗ってから駅までかかる時間  分

バスの運賃  円

家を出てからバスに乗るまでの時間  分

出掛ける前にバスの時刻表を確認する  はい  いいえ

[次のページへ](#)

User Form 6

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9 |

(3) (1)で「はい」とお答えになった方は、自宅付近で運行されている、海老名駅までのバスの運行状況について以下の項目にお答え下さい。

① 自宅からバス停までの距離に  
 1, 満足  2, やや満足  3, どちらとも言えない  4, やや不満  5, 不満

② 平日日中のバス運行本数に  
 1, 満足  2, やや満足  3, どちらとも言えない  4, やや不満  5, 不満

③ バスに乗車してから駅までの時間に  
 1, 満足  2, やや満足  3, どちらとも言えない  4, やや不満  5, 不満

④ バスの定時性(時刻表通りにバス停に来る・目的地まで渋滞がない)  
 1, 満足  2, やや満足  3, どちらとも言えない  4, やや不満  5, 不満

⑤ バスの運賃  
 1, 満足  2, やや満足  3, どちらとも言えない  4, やや不満  5, 不満

[次のページへ](#)

UserForm3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

### 質問3 自宅から綾瀬市役所までのバスの運行状況に関する質問

(1) 自宅付近から、綾瀬市役所までのバス路線はありますか？

はい       いいえ       わからない

(2) 市役所に行く場合に最もよく利用する交通手段をお選び下さい

自家用車 (自分で運転)       自家用車 (送ってもらう)       バス       徒歩       自転車       バイク       その他 \_\_\_\_\_

(3) そのときの家から市役所までの所要時間をお教え下さい

6~10 分

### 質問4 現在運行されているバスに要望やご不満の点がありましたら、ご自由にご記入下さい

次のページへ


UserForm3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

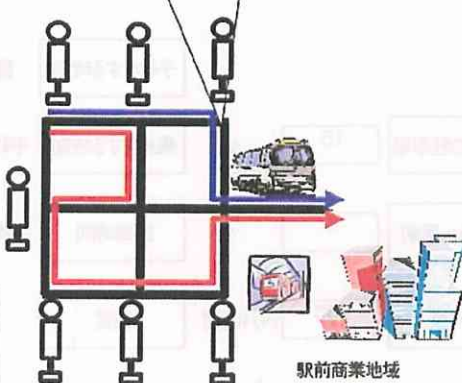
### デマンドバスシステムとは？

① 利用するときに電話やインターネットを通して出発地、目的地、利用時刻をオペレーションセンターに連絡します。

〇時〇分に  
××から△△まで



② 予約を受け付けて運行するため、予約が少ないときには最短経路で移動できますが、予約が多い場合は目的地到着時刻が遅れる可能性があります。



駅前商業地域

次のページへ

UserForm3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

### 質問5 デイモンドバスの利用者選好意識調査

平日日中に駅前まで買物に行くことを想定してお答え下さい。

駅前に到着する時刻を正午として、買物に出掛けるといたします。

デイモンドバスを利用するときは、あらかじめ乗車の予約を行う必要があります。

次のページに示す交通手段のうち、「利用したい」と思う交通手段を選択して下さい。



次のページへ

UserForm3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

### どちらの交通手段を選びますか？

自宅 から 海老名駅 駅まで

自家用車 
 デイモンドバス 

予約をする時刻 目的地到着の 60 分前まで

自宅～駅前の駐車場 15 分 乗車をする時刻 平均 5 分 最大 10 分 遅れる

駅前駐車場～駅前 5 分 乗車時間 平均 15 分 最大 20 分

駐車場料金 300 円/1時間 運賃 220 円

自家用車を選ぶ
  デイモンドバスを選ぶ

対象地域名 綾瀬中原 代替案番号 1

次へ



User Form 3

Page1 | Page2 | Page3 | Page4 | Page5 | Page6 | Page7 | Page8 | Page9

### あなたご自身のことについてお聞かせ下さい

(1) 性別  
 男       女

(2) 年代  
 1, 10代    2, 20代    3, 30代    4, 40代    5, 50代    6, 60代以上

(3) 免許の保有  
 1, 普通免許を持っていて、普段の移動(買物や送迎等)に使用している。  
 2, 普通免許は持っているが、普段の移動(買物や送迎等)には使用しない。  
 3, 二輪の免許を持っていて、普段の移動に利用している。  
 4, 二輪の免許を持っているが、普段の移動に利用していない。  
 5, 免許を持っていない。

(4) 自分が利用できる自動車の有無  
 1, 普段自由に利用できる車がある。  
 2, 家族との共用の車があるが、平日日中には利用できない。  
 3, 自宅に車が無い。

(5) 職業  
 1, 勤め人/自営業    2, 主婦    3, 学生    4, パートタイム    5, 無職/その他

(6) 居住地  
綾瀬市       他地域の場合

終了      **ご協力ありがとうございました**