

大都市郊外地域における DRT システムの適用可能性に関する研究**

Feasibility on Demand Responsive Transport systems in a suburban area.

竹内龍介**・中村文彦***・矢部努****

By Ryusuke Takeuchi**, Fumihiko Nakamura***, and Tsutomu Yabe****

1. はじめに

近年バス利用者は、都市部や市街地を中心に起こる道路混雑によるサービス低下、自家用車の保有や利用の増加や、中山間地域での人口減少によって減少傾向にある。その結果バス事業者は赤字路線の運行本数削減や、地域からの撤退を行ってきている。そのため、自家用車免許非保有者、高齢者や障害者のモビリティ確保が困難になってきている。

そのような中、新たなサービスの一環として公共交通需要が少ない地域に於いて、既存の交通サービスでは確保できない部分を補充する新しい考え方がある。その中で Demand Responsive Transport (DRT) システムは、利用者需要にダイナミックに対応したサービスを供給する可能性があるシステムとして期待される。

その一方で DRT は、提供サービスが予約受付数により変化するため、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、所要時間が増加するので、一部利用者が DRT 利用を中止する可能性がある。逆に利用者数が少ない場合には、目的地への所要時間が短縮されて、予約数が増加する可能性がある。

そのため、DRT の適用可能性を評価するためには、予約数の変化が DRT のサービスに与える影響を表現できる DRT 供給側分析と、DRT のサービスの変化による需要の変化を示せる需要側分析の双方と統合した形態を取る必要がある。また、対象地域の問題点と DRT 導入により解消される点を整理することと、DRT の運行代替案構築に必要な運行形態整理と適用上のインパクトの整理を行い、導入時の需要や運行費用の算出と評価を行うことも同時に必要がある。

既存研究では、DRT の迂回により起こる所要時間の増加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¹⁾や、対象地域のすべての利用者が DRT を利用すると仮定して、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。^{2),3)}しかしながら、予約数の変化により起こるサービス内容の変化と、それにより起こる需要の変化を考慮していない点で問題がある。

そこで本研究では、大都市郊外地域における DRT 適用可能性の評価を、(1) DRT の導入代替案の構築とその評価手法の確立、(2) DRT の評価に必要な分析手法の検討と、(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点を通して行うこととする。

2. DRT 導入代替案構築手法の検討

(1) 導入代替案の構築手順について

DRT の導入代替案を構築するためには、まず ①既存のバスが抱える問題点を把握し、DRT を導入することでそれらの問題に対応可能な範囲を明確にすることと、②DRT を導入した場合、対象となる利用者と運行上の特徴である予約に応じた運行形態の特徴を把握し、想定される効果を把握する必要がある。以下で上記の2点に関して検討を行う。

(2) バス輸送システムの問題と DRT の適用可能範囲

a) バス輸送システムの抱える問題

本研究で対象とする、大都市郊外地域でのバス輸送システムの問題点を主体別に整理する。利用者側の問題点には、平日朝夕の駅前広場付近の混雑や日中の低頻度な運行や、目的地までのバス路線が設定されていないことがある。事業者側の問題には、日中の低密度な需要が原因で起こる、低採算性や赤字額拡大がある。また行政側の問題には、バス事業者への赤字補填や、バスサービスが低い地域での代替的な交通手段提供がある。

b) DRT の適用可能範囲

公共交通の需要が少なく、在来のバスが導入されていない交通空白地域や、自家用車の利用増加や人口減少により利用者が減少し、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への移動制約者が

* Keywords: 公共交通計画、公共交通運用

** 正会員 博(工) (株)現代文化研究所 交通研究室

*** 正会員 工博 横浜国立大学大学院環境情報研究院

**** 正会員 工修 横浜国立大学大学院環境情報研究院
(〒102-0074 千代田区九段南 2-3-18 トヨタ九段ビル
Tel 03(3264)6128 Fax 03(3264)2636)

表 1 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

表 2 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	高レベルなサービスによるトリップ頻度改善と自家用車からの転換	予約取りまとめた運行による平均乗車密度向上、収入の改善	補助金額や、地域内の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	予約サービスへの受容性	ITS技術導入や運営に掛かる費用 配車係のトレーニング	DRT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	既存バス代替	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導入計画手法構築、補助金額の削減
	既存バス補充	現状の交通状況改善	他の交通手段とのコスト比較	

発生する可能性がある。その上記の人々へのモビリティを確保するために、DRT を導入する必要がある。

上記の問題を、対象地域での公共交通の問題の発生時期と、そのときの公共交通の状況の 2 点に着目して整理する。対象地域における公共交通の状況に着目すると、交通空白地域で既存の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 種類がある。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 種類がある。以上をまとめ、DRT の適用範囲を表 1 に整理する。

(3) DRT 導入代替案の内容

a) DRT 導入目的の指針

交通政策の観点から DRT の導入目的を整理すると、表 1 に示したように、①既存公共交通の代替交通手段として導入される DRT と、②既存公共交通の補充的な公共交通としての導入される DRT の 2 種類がある。

このうち、①の場合は DRT の導入により、既存バスより運行コスト(赤字額・補助金頒布額)が削減されることや、利用者満足度や利用者の増加を最終的な目的とする。また②の場合は、他交通手段(コミュニティバスやタクシー)と DRT を比較した場合、目標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を目的とする。DRT の導入目的とその影響を、利用者、運営及び運行主体である事業者、地域内の交通計画主体である行政の関連主体別に表 2 に整理する。利用者への影響には 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あり、事業者側への影響は予約を取りまと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ある。また行政側の影響には DRT の導入計画や運行補助等がある。

b) DRT 導入目的と導入効果

DRT の対象利用者を、①免許非保有者及び世帯の保有台数による制約者、②自家用車・公共交通選択層(現状ではバス利用)及び、③自家用車・公共交通選択層(現状では自家用車利用)の 3 種類に分類し、上記利用者を対象とした DRT を導入した際に期待される効果に着目し、導入目的とその効果を表 3 に示すように設定する。

利用者側の課題には、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の変化がある。具体的には、既存バスの代替交通手段として DRT を導入した場合に、サービス内容が現状の利用者に受容されて、公共交通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。運営及び運行主体である(バス事業者)の課題には、配車システムの設定やコストの効率性が論点となり、導入計画主体である行政の課題には、導入計画の手法や、導入時の目標としての補助金額の削減が論点となる。また計画、運営及び運行側の共通の課題には、既存バス代替交通手段として導入した場合の、運行コストの削減可能性や、現状以上のコストを掛けた場合の輸送人員数の変化を検討することがある。

なお、特定利用者に限定する場合には、移動機会を与える目的での DRT を導入することとなり、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なる可能性がある。そのため、一般乗合輸送で既存バスの代替交通手段として導入される DRT を本研究での分析対象とした。

表3 DRT 導入目的とその効果

導入目的	概要	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	免許非保有者	○	○	○
	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、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

表4 DRT 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					
			利用者側				運行側	問題点
	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	○	○	×		Time Window 制約	配車技術が複雑 利用者サービス低下

c) DRT 運行形態について 4.5

DRT 運行形態を、固定路線の一部区間に予約に応じてのみ運行する迂回路線を設定する方式(Route Deviation 方式)、起終点とそこの出発(到着)時刻を固定し、その間を予約に応じ運行する方式(Semi-Dynamic 方式)と、予約に応じてその都度路線や時刻表を設定する方(Dynamic 方式)の3種類に分類する。

Route Deviation 方式は、路線(地域)の一部にある需要の少ない地域へ予約に応じて運行する区間を設定する方式である。そのため在来のバスに一番近い形で導入でき、その地域の利用者のアクセス向上に役立つ。一方で迂回個所数が少ないと予約に応じられる区間が短くなることや、迂回個所数の増加により待ち時間や所要時間の増加が大きといった問題点があるため、面的にサービスを提供することが困難となる。

Semi-Dynamic 方式は、起点の出発時刻を基準に起終点間を予約に応じて路線網を設定して運行する方式である。対象地域のトリップを取りまとめ、予約に応じ経路を柔軟に設定できるので Route Deviation 方式に比べサービス提供範囲が広がるが、追加の予約が待ち時間が乗車時間に与える影響を少なくするために、ある時間までに予約を締め切る点や、起終点と起点出発時刻が固定されている点では、自由度は低くなる。

Dynamic 方式は、対象地域内を予約に完全に依拠して運行する方式を取るため、路線設定や予約の受け付けは

完全に利用者に対応した形態を取り、時間的、空間的な自由度が一番高い。その一方で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く、短時間に予約が集中した場合に、一部の予約を受け付けられないことや配車処理が複雑になる可能性がある。実際には、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っているため、一般乗合輸送には適さない。

また、対象とする大都市郊外部でのトリップ形態には、居住地域の間、居住地域から駅、病院等の特定施設や、商業施設が集積する駅付近等があり、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ることができる。

以上より、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の所要時間短縮の可能性があり、利用者には予約時の提供サービスの情報を示すことができる Semi-Dynamic 方式を検討する。

d) 評価指標

DRT 導入計画で必要な評価指標のうち、利用者に関するものには、予約システムを含めた DRT が提供するサービスに対する周知、満足度や、導入時の交通手段選択の変化状況がある。運行事業者に関するものには、在来のバスと比較した場合の、運行コスト、運賃収入や、採算性の変化がある。また行政に関するものには DRT と在来のバスの採算性や補助金の支出額の差がある。

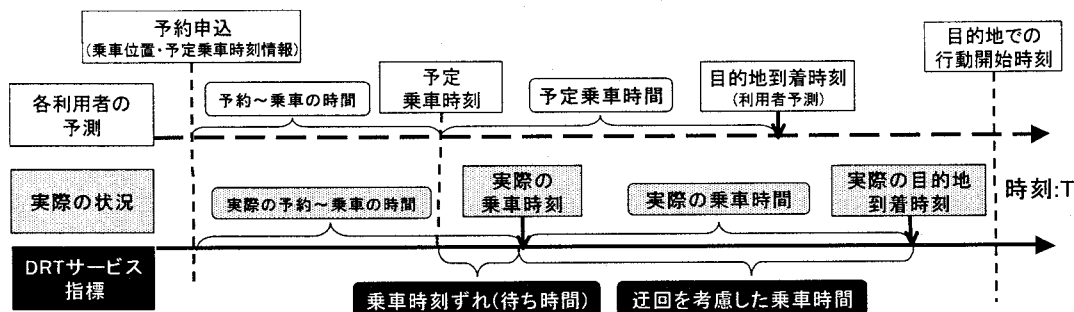


図1 利用者の予約行動とDRTの提供サービス

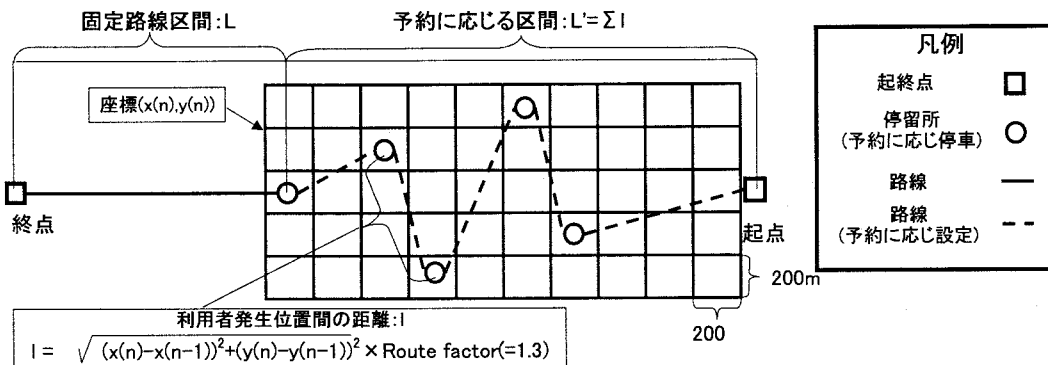


図2 Semi-Dynamic 運行形態

3. 適用可能性評価の分析手法

DRTの適用可能性評価の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。

(1) 需要サイド分析

需要サイドの分析を行うときには、予約行為に対する各利用者の行動に着目するので、非集計モデルを適用する必要がある⁶⁾。また、対象地域へ導入した場合の具体的なサービスを検討するためには、運行形態、予約方法や、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、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。

利用者の行動を、目的地の到着時刻を検討し、その時間に間に合うようにDRTに乗車するよう予約すると考え、その時刻までに到着する便を予約し、予定乗車時刻及び目的地到着時刻の情報を得るが、実際には他の予約が入るため、乗車時刻と目的地到着時刻がずれる。(図1)

ここで、予約時に分かる予定乗車時間を在来の公共交通の時刻表に該当すると考え、待ち時間を、予定乗車時刻と実際の乗車時刻の差とし、乗車時間は実際の乗車時刻から目的地到着時刻の差とすることができる。

(2) 供給サイド分析

供給サイドの分析では、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、予約に応じた場合の運行コストと提供サービスを算出する必要がある。Semi-Dynamic方式の分析では、ある程度の余裕を持って車両及び運転者を用意出来ると仮定した上で、起点の出発時刻の間隔と、予約数を設定し、その予約数に応じた場合に必要になる車両数、人件費や必要な施設費をDRT運行シミュレーションにより求め、運行コストを求める。ここでメッシュ間隔は、乗車位置へのアクセス距離を最大100mとして、その2倍の200mとし、2点間の移動距離は、現実の道路網に沿った移動距離を算出できるように、メッシュ間の最短距離に最短経路に対する実際の道路距離の近似的な比であるルートファクターを掛けた値とした。また巡回の順番は、起点から近い位置より予約に応じることとした。(図2)

(3) 需要・供給サイド分析の統合

1.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するため、予約数が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。またその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、需要側分析で得られた需要モデルと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。そこで、予めDRTの需要数を設定し、その需要に応じた運行した場合のDRTのサービスを(2)で示

した供給モデルにより求め、その場合の DRT 需要を(1)で示した需要モデルを用いて求める。そして、設定した分担率と需要モデルで算出した需要数が均衡するまで収束計算を行うこととする。

4、大都市郊外地域におけるケーススタディ

(1) 対象地域と調査概要

a) 対象地域概要

調査対象地域の選定条件を、朝夕ピーク時には通勤通学利用者が集中するが、平日日中の利用者数が相対的に少ないと考えられる、大都市郊外地域とする。また移動手段が徒歩や自転車等の移動が中心となると、自家用車や公共交通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。以上を考慮して、調査対象地域を、市内には鉄道駅が無く市内の公共交通はバスのみである、神奈川県県央部に位置する綾瀬市とした。綾瀬市内のバスは、平日日中は1時間に1~3本程度と本数が少なく、一部地域では停留所までの距離が徒歩10分以上掛かる地域があり、バスのサービスレベルが低いこと、住民の交通手段は自家用車に依存しているためバスの利用者数が少ない問題点がある。

b) DRT 導入代替案の選択

DRT の導入対象となる地域を、居住地から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/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した。(図3) また対象地域内の交通需要を、平日日中の居住地から駅までのバス及び自動車での私事目的でのトリップ数とし、平成10年東京都市圏パーソントリップ調査⁷⁾の結果より抽出した。(表5)

(2) DRT 需要推計調査

a) 調査方針

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(SP 調査)を通し実施した。現状では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、対象地区から海老名駅までの距離は2~5km 程度離れているため、徒歩や自転車を利用する割合が少ないということを考慮し、利用者の選択する交通手段と自家用車と DRT と設定し、これ

表5 予約に応じて運行する地域規模と需要総数

地域名	地域規模(km ²)	需要数(人/日中10時間)
小園	3.8	1123
綾西	4.5	2413
寺尾	2	298
大上	2	677

らの2項選択を1対比較によって質問した。

b) SP 調査の実施方法

Semi-Dynamic 方式の DRT が提供するサービスでは、起終点からの距離により、予約による待ち時間や乗車時間が変化する可能性がある。つまり、起点から近い位置で乗車する場合には、乗車後に他の利用者が乗車するため、待ち時間の変化が小さいが、乗車時間の変化が大きくなる。一方で終点付近で乗車する場合には、その逆に待ち時間の変化が大きく、乗車時間の変化が小さくなる。

よって調査時では、選択肢の設定条件が地区により異なることや、DRT という新しいサービスを質問者に十分に理解して貰うことも同時に必要になる。そこで。以上の条件を満たすために、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^{8,9)}。

c) 変数の設定方法

Semi-Dynamic 方式の提供サービスは、3 (2)に示したシミュレーションを基に、起点の出発間隔及び需要数を設定して求めた迂回状況により、各利用者の予約締切時刻、乗車時刻や目的地到着時刻を求めることが出来る。よって、予約数により変化する各地域での提供サービスの値を、予約をすべて受け付けた状況を想定することにより求めた。具体的には、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、SP 調査に必要な変数である、起点の出発時刻(以下予約締切時刻と記述) 待ち時間と乗車時間を算出した。予約による不確実性を利用者に示すために、待ち時間と乗車時間はそれぞれ平均値と最大値を算出した。また運賃を既存バスと同等の運賃とした。自家用車サービスは乗車時間と駐車料金とした。

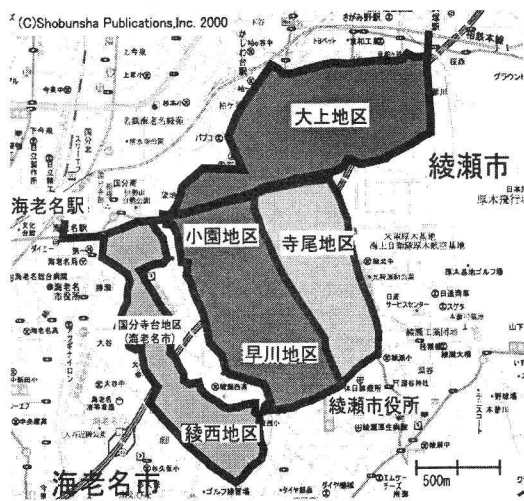


図3 対象地域概略図

表6 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(最大値)		-0.08 (-7.12)
車内時間(最大値)	-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

d) 調査実施日時と場所

調査の実施場所を、平日日中に私事目的で外出する人が、綾瀬市内の各所から集まる可能性のある場所である、綾瀬市中央部に位置する綾瀬市役所への来訪者を対象とした。2003年7月、8月の平日5日間に綾瀬市役所来庁者を対象にパソコンを用いた応答型調査を実施した。

(3) 需要モデル推計結果

有効回答者数(38人)に代替案数(起点出発間隔3通り×迂回状況3通りの9通り)を掛けた342サンプルを用いて自家用車と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。また待ち時間と乗車時間に関する変数は、各々の最大値が変数として統計的に優位となった。これより、DRTのサービスの不確実性を提示した場合に利用者はサービスの低い状態を想定することが言える。

5. DRT 導入代替案と適用可能性評価

(1) 分析概要

対象地域内での交通需要は、各対象地域内の居住地域に均一に発生すると仮定し、表5に示した私事目的のトリップを参考文献7)より時間帯別に発生数を求め、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内に一様に発生させた。また、運行側の条件として、Semi-

表7 DRT 運行コスト条件設定^{10),11)}

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)

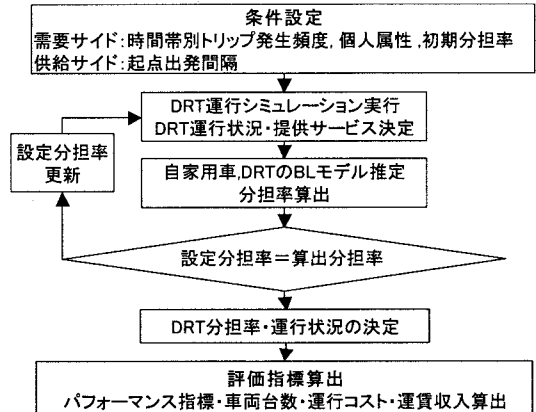


図4 DRT 適用可能性評価フロー

Dynamic方式の運行条件を、起点出発間隔を10分~120分と設定し、予備車を最大数用意できると仮定して運行をすることとした。DRT運行コストを表7に示す。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た迂回量と利用者の選択状況が均衡するよう計算を行った。(図4)

(2) 分析結果

a) DRT導入時の需要/供給サイドへの影響

起点出発間隔を10~120分と変化させた場合のDRT分担率・コストを算出した(図5~8)。対象規模が同じ大上地区と寺尾地区を比較すると、寺尾地区(図6)ではでは予約に応じた運行による走行距離や車両の台数削減により、DRTと既存バスの利用者数が一致する分担率が30%の

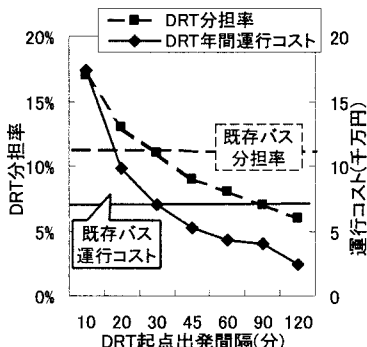


図5 DRT 導入代替案評価(小園)

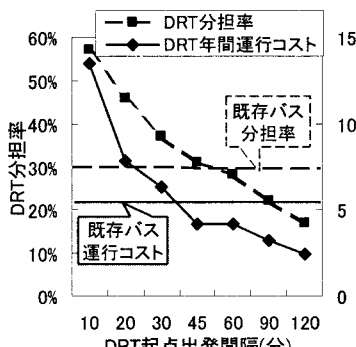


図6 DRT 導入代替案評価(寺尾)

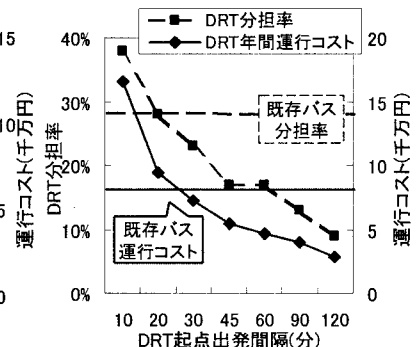


図7 DRT 導入代替案評価(大上)

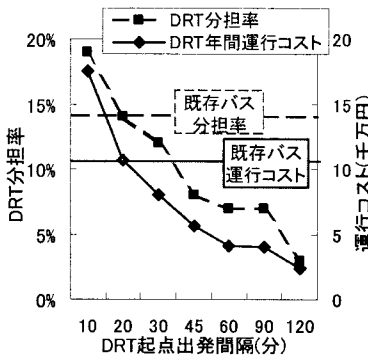


図8 DRT導入代替案評価(綾西)

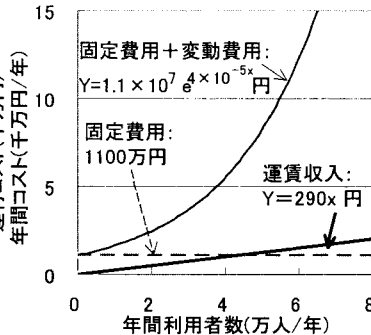


図9 損益分岐点算出(小園)

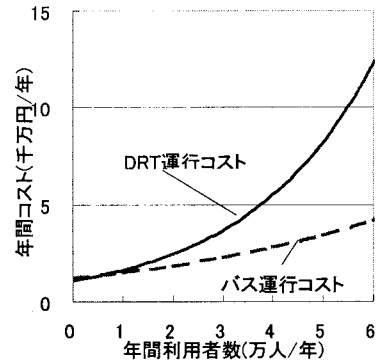


図10 DRTバスコスト比較(小園)

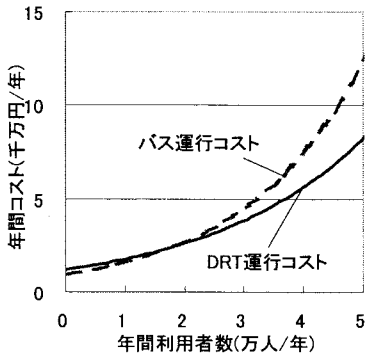


図11 DRTバスコスト比較(寺尾)

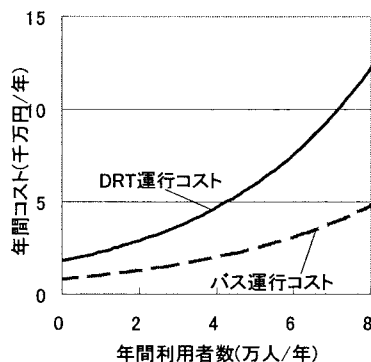


図12 DRTバスコスト比較(大上)

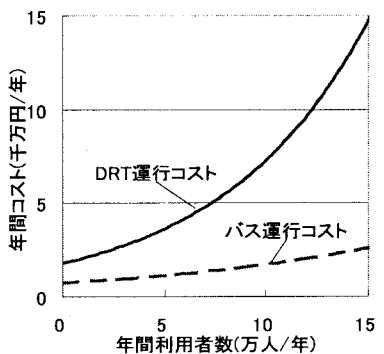


図13 DRTバスコスト比較(綾西)

ときには、DRTが同じ利用者数である場合DRTの方が安いコストで運行できるが、大上地区では需要数の増加による迂回増加やサービスが低下するため、DRTと既存バスの利用者数が一致する分担率28%のときには、DRTの方が高いコストとなった。

小園地区では居住地为数箇所に点在しているため、その地域沿いに既存バスも運行されているため、DRTと既存バスの利用者数が一致する分担率11%のときには、DRTと既存バスの運行コストはほぼ同様となった。また対象運行地域幅が狭い綾西地区では、迂回量は少ないが、既存バス停までの距離が短いためDRTと既存バスの利用者数が一致するが分担率が14%のとき、両者の運行コストは同額となり、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ことが分かった。

b) 損益分岐点算出

赤字への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¹²⁾。小園地区の例を図9に示す。固定費用は1,100万となり、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、需要の増加に従って赤字額が増加する傾向が伺えた。

この原因は起点出発間隔を短くした場合には、提供サービスが向上するので利用者増加に繋がる一方で、予約数が増加するにつれ迂回による走行距離の増大や導入する車両台数の増加が起り、トリップ当りのコストが増

加することが原因である。この傾向は他地域も同様の傾向が伺えた。

c) 需要規模から見たDRT適用可能性の範囲

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する。バス/自家用車選択モデルは、交通工学研究会¹³⁾の結果を基に、今回の対象地区に適応するよう定数項の調整を行い求めた。各地域の結果を図10~13に示す。

小園地区では、DRTが既存バスより低コストで運行できる範囲は、利用者数が5,000人/年(15人/日)程度の範囲までとなり、適用範囲が極めて低需要密度の領域となった。また寺尾地区では、需要規模が小さいので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、DRTの方が低コストで運行できる。

その一方、寺尾地区と地域形状が同様であるが、需要数が多い大上地区や、対象地域形状が長方形で迂回量が少ないが、表5に示したように利用者数自体が多い綾西地区では、迂回による導入車両台数や走行距離が増加するため、DRTの方が低コストで運行できる場合は存在しない。

以上の分析で使用した車両購入費や運行コストのデータは、既存バスの運送費や管理費を利用したが、DRTを導入する時には、需要の規模に見合ったサイズの車両の適用や、事業者の入札制度を適用することにより、運行コストを削減できる可能性がある。そこでDRT運行費用

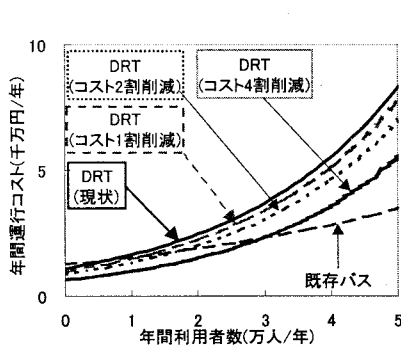


図 14 運行コスト削減状況(小園)

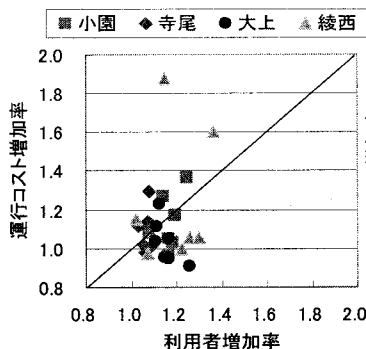


図 15 需要 1 割増加時の状況

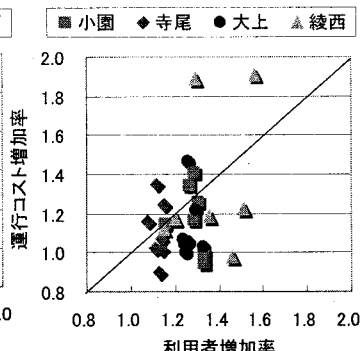


図 16 需要 2 割増加時の状況

を現状より 1 割、2 割及び 4 割削減したケースを設定し、そのときの適用範囲の変化を算出した。結果を図 14 に示す。削減率が 1 割の場合は DRT の方が低コストで運行できる範囲の変化が少ないが、2 割にした場合 15,000 人年(50 人/日)程度に、また 4 割削減した場合には、30,000 人年(80 人/日)程度まで適用範囲が広がった。

d) 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となる 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増加する可能性がある¹⁴⁾。そこで、DRT の導入により利用者のサービスが改善され、トリップ頻度が増加した場合の状況を検討する。外出頻度が増加した結果 DRT の需要が 1 割及び 2 割増加した場合を計算のケースに設定し、その場合に变化する導入車両台数や運行コストの変化を検討した。図 15 及び図 16 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。全体的に利用者の増加により、迂回による走行台キロが伸びるため、運行コストが増加する傾向にあるが、利用者が増加したにも関わらず、運行コストが 1 割弱程度減少している部分がある。

これは、起点出発間隔が長く利用者数が少ないときには、予約数が少ないために走行時間が短く、起点での待機時間が長くなる場合に起こる。このとき需要が増加すると、起点での待機時間が短くすることにより、車両を追加せずにすべての予約に応じられるようになり、さらに、起点の出発間隔を短縮することにより総運行時間を短縮できるため、結果的にコストが削減される。

一方で利用者増加率が 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。

地域規模がほぼ同様の寺尾地区と大上地区を比較すると、これらの地区は他地区に比べ需要量が少なく、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。

小園地区では、対象地域範囲が広いが、需要が上記 2 地域に比べ大きく、需要が増加してもあまり走行距離が増加しないため、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いため、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。

5. まとめ

本研究では、大都市郊外地域における DRT 適用可能性の評価を、(1) DRT の導入代替案の構築とその評価手法の確立、(2) DRT の評価に必要な分析手法の検討と、(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 点を通して行った。

DRT の導入代替案の構築とその評価手法の確立では、大都市郊外地域におけるバス交通の問題点を把握し、それに対応する DRT 導入代替案を、DRT の導入可能範囲の整理、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て行った。

DRT の評価に必要な分析の検討では、予約に応じた運行が必要・供給両サイドに与える影響とその 2 つのバランスを検討する必要性を示した。また DRT 需要推計モデルと 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。

神奈川県綾瀬市をケースとして行った、既存バス代替交通手段としての DRT の適用可能性評価では、本研究で設定したケースにおいて、DRT 導入による利用者の増加を目的としたサービス向上や、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 DRT の生産性が非常に低く、トリップ当りのコストが非常に高いという問題点に起因する。本分析でもトリップ当りコストは 600 円/人~3,000 円/人と非常に高コストであった。

また、損益分岐点を算出して需要量とコストの関係を示したが、DRT 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により、規模の不経済が働く点ことが原因である。つまり需要が低密度で無い限り、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 DRT 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を以下に整理する。

DRT 導入対象となり得る地域は、表 1 に示したような、既存バスの代替交通手段が必要となる地域や、交通空白地域に、既存公共交通を補充する公共交通が必要な地域である。またその地域で、補助金と運賃収入の額内で実現できる DRT 導入代替案を抽出し、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や、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ある。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。

今後の課題を、DRT の適用可能性を対象地域や運行形

態の属性の種類別に検討することとする。

(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 バラ・トランジット」
- 2) Carlos F. Daganzo (1984), "Checkpoint Dial-A-Ride Systems", *Transportation Research Part B* Vol.18b, No.4/5, pp.315-327
- 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) FTA(1995), "TCRP Report6 User's Manual for Assessing Service-Delivery Systems for Rural Passenger Transportation" *Transportation Research Board National Research Council*
- 5) 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, Journal CD-ROM
- 6) 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
- 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(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ー成立条件判定モデルの構築ー, 日本交通政策研究会
- 13) 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
- 14) 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

大都市郊外地域における DRT システムの適用可能性に関する研究*

竹内龍介**・中村文彦***・矢部努****

本研究では、利用者の需要に応じ路線や時刻表をダイナミックに設定することにより、在来バスの導入が困難である公共交通需要が少ない地域に適用可能性のある、DRT の大都市郊外地域での適用可能性評価を、DRT 導入代替案構築手法確立と、ケーススタディを通して行った。その結果、需要レベルが極めて低い地域のみ、DRT はバスよりコスト面や優位になることが分かった。これは DRT の低生産性が原因であり、DRT の適用条件は、需要密度が極めて低い場合、利用者が予約に応じたサービスが在来バスより好ましいと判断する場合や、DRT の車両購入費や人件費が削減された場合となる。

Feasibility on Demand Responsive Transport systems in a suburban area *

By Ryusuke Takeuchi**, Fumihiko Nakamura ***, and Tsutomu Yabe****

In this study, the authors aimed at the feasibility study on Demand Responsive Transport systems (DRTs) in a suburban area. DRTs are expected to accommodate in low-demand-areas, and might provide flexibility responding to each user's reservation. The author examined feasibility on DRTs in suburban areas as replacement for conventional bus systems by employing a discrete choice model and an operation model in addition indicating the framework of alternatives. In conclusion, the authors found DRTs has a characteristic of low-productivity, and subjects for implementation are users' preference to DRTs and reduction of operational costs.