

# 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、自家用車の保有台数や利用の増加や、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、路線の廃止を行ってきている。その一方で、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。

そのような背景の中、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応じた、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提供し、低需要な地域に適用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に影響を与える可能性がある。すなわち、予約数が増加すると所要時間が増加するため、一部利用者が DRT 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 の迂回により起こる所要時間増加によるコスト増加とサービスレベルの低下の関係を、損益分岐点の概念により整理したもの<sup>1)</sup>や、需要の条件を DRT 利用者限定し、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

\* キーワーズ 公共交通計画、公共交通運用

\*\* 正会員，工博，(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

る<sup>2),3)</sup>が、予約数変化とサービス変化との関係を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 適用可能性を評価するためには、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、さらに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。

本研究では、大都市郊外地域における DRT 適用可能性評価を (1)DRT 導入代替案構築手法確立、と (2)ケーススタディを通じた適用可能性評価手法の検討を通し行うことを目的とする。

## 2, DRT 導入代替案構築手法の検討

### (1) 大都市郊外地域での問題

大都市郊外地域でのバス輸送システムの問題点を利用者側から考えると、平日朝夕の駅前広場付近の混雑、日中の低頻度な運行や目的地までバス路線が無いことがある。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り、行政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の代替交通手段提供がある。

### (2) DRT 導入代替案の目的設定

DRT は、既存バスがサービス出来ない範囲を補完する輸送システムが必要な場合と、既存バス撤退後の代替交通手段が必要となる場合に導入可能性がある。このうち、<sup>1)</sup>の場合は公共交通空白地域で DRT やコミュニティバスを導入代替案とし、利用者サービスやコスト面で優位となる代替案を選択する

表1 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	予約取り纏めによる平均乗車密度向上, 収入の改善	補助金額改善、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	予約サービスへの受容性	ITS技術導入・運営費用	DRT導入計画手法のノウハウ不足
	既存バス補充		配車係のトレーニング	
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	他の交通手段とのコスト比較 予算(補助金)制約	

表2 DRT 運行代替案の特徴整理

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

こととし、 の場合は、DRT 導入によるコスト削減効果や利用者提供サービスを比較する。以上の方針を関連主体別の効果と問題点、導入上の課題の3点に着目し表1にまとめた。

(3) 運行代替案設定項目

運行代替案を、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設定(Route Deviation 方式)、起終点とその出発(到着)時刻を固定し、その間を予約に応じて運行する方式(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法(Dynamic 方式)の3種類に分類する<sup>3)</sup>。

Route Deviation 方式は、路線(地域)の一部にある需要の少ない地域へのアクセス向上に役立つが、迂回発生による利用者サービス低下の可能性がある。

Semi-Dynamic 方式では、対象地域のトリップを取りまとめられるためサービス提供範囲が広がるが、起終点を基準に路線と時刻表を決定するため、路線設定や予約受付時刻の自由度は低くなる。

Dynamic 方式は、路線や予約受付時刻に自由度があるが、短時間に予約が集中した場合に一部予約を受け付けられないことや、配車処理方法が複雑になる可能性がある。以上をまとめ表2に示す。

(4) 評価指標

DRT 導入評価指標を利用者、事業者と行政の3主体に分け検討する。利用者の評価指標は、対象利用者やトリップ、サービス受容性がある。事業者評価指標には、台時間や利用者当たりの運行コスト変化に代表される生産性向上や運行コスト全体の変化があり、行政側評価指標には補助金の削減額や地域内モビリティ確保に関するものがある。

3, 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

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、大都市郊外地域とし、その中で自家用車やバスの分担率が高いと考えられる、駅から離れた地域とする。

以上を考慮し、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を調査対象地域とした。

綾瀬市内のバスは、平日日中では1時間に1~3本程度と本数が少なく、また停留所までの距離が徒歩

表3 対象地域条件

地域名	地域規模(km <sup>2</sup> )	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

表4 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

10分以上掛かる地域があるため、サービスレベルが低い問題がある。また住民の移動は自家用車に依存しているため利用者数が少ないという問題もある。

(b) DRT 運行代替案の選択

DRT 導入対象地域を、市内の住宅地から隣接市にある駅までの距離が 2~5km の 4 地域とした(表 3)。

また運行形態を、表 2 に示した対象地域の条件と本研究条件が一致する Semi-Dynamic 方式とした。

(c) 利用者選好意識調査概要

既存バスを DRT に置き換えた場合の交通手段選択(自家用車または DRT)を条件とした。

DRT の提供サービスを、ある時刻までに目的地に到着する便の予約締切時刻、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て、利用者選好意識調査(SP 調査)を実施した。

DRT の起点出発間隔を 3 通り(10 分,20 分,30 分)、利用者予約状況により変化する所要時間を 3 通り(ほぼ直行,既存バスと同様,既存バスの 1.5 倍程度)の、計 9 通り設定して具体的なサービスを求めた。運賃は既存バスと同等の運賃と設定した。また自家用車サービスは乗車時間と駐車料金とした。

(d) 調査実施日時と場所

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。

(2) 需要モデル推計結果

表5 DRT 運行コスト設定条件<sup>5),6)</sup>

分類項目	コスト	
運送費	人件費	315 (円/台 km)
	燃料費	22 (円/台 km)
	修繕費	17 (円/台 km)
管理費	人件費	21 (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)	

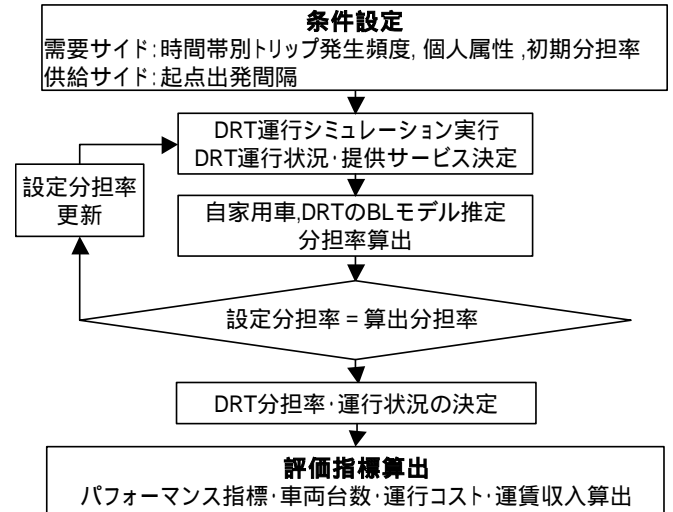


図1 DRT 適用可能性評価フロー

有効回答票(N=38)を基に、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(表 4)。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。

4, DRT 導入代替案と適用可能性評価

(1) モデル設定条件

対象地域内の平日日中私事目的の時間帯別トリップ発生数を、平成 10 年東京都市圏パーソントリップ調査の調査結果を基に算出し、トリップ発生頻度がポアソン分布に従う乱数を対象地域内に一様に発生させた。また 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。DRT 運行コストを表 5 に示す。

適用可能性の分析手法には、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が均衡するように計算を行う方法を取った。(図 1)

(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

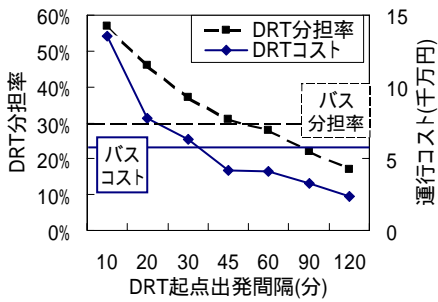


図2 DRT導入代替案評価(寺尾)

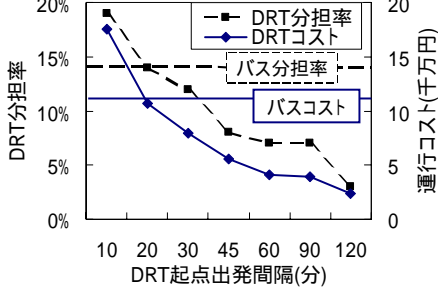


図3 DRT導入代替案評価(大上)

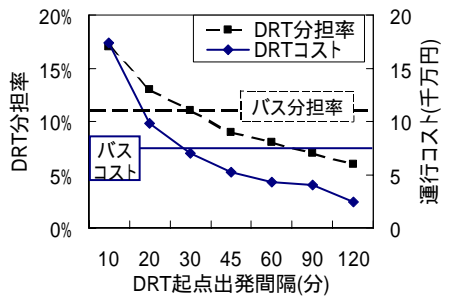


図4 DRT導入代替案評価(小園)

図5 DRT導入代替案評価(綾西)

DRT 分担率とコストを算出した(図2~5)。対象規模が同じ大上地区と寺尾地区を比較すると、寺尾地区では予約に応じた運行による走行距離、車両台数削減により DRT の方がコスト面で優位になる一方、大上地区では需要数増加による迂回増加やサービス低下のため、DRT コスト優位性が見られなかった。

小園地区では居住地が数箇所に分散し、その地域沿いに迂回する形で既存バスも運行されているため、DRT と既存バスはほぼ同様となった。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いため、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。

#### 損益分岐点算出

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。小園地区の例を図6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り、トリップ当た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。

## 5, まとめ

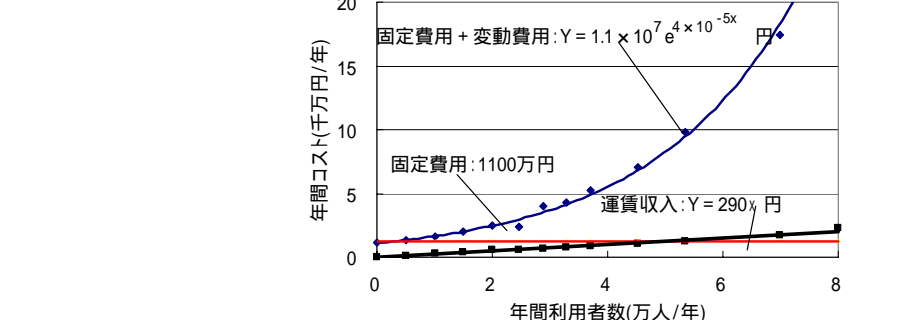


図6 損益分岐点算出(小園)

本研究では、大都市郊外地域での DRT 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。

代替案構築手法の確立では、大都市郊外地域での問題点整理と、その問題点に対応する DRT 導入手法を導入目的及び DRT 運用代替案の設定を通し行い、運行形態別の DRT の特徴を把握できた。

また適用可能性評価では、需要レベルが極めて低い地域のみで、DRT はバスより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 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のバスより好ましいと判断する場合や、車両購入費や人件費が削減された場合となる。

今後の課題を、他の地域での評価手法の移転可能性と、運行形態別の DRT 適用可能性評価とする。

#### (参考文献)

- 1) FTA 編(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) FTA (1995), "TCRP Report6 User's Manual for Assessing Service-Delivery Systems for Rural Passenger Transportation" Transportation Research Board National Research Council
- 5) 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」
- 6) (社)日本バス協会編(1997), 「1997 年版 日本のバス事業」