

運行形態別 DRT システムの導入効果の評価について*

Evaluation on Demand Responsive Transport systems considering operational conditions.

竹内 龍介**・中村 文彦***

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

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、自家用車免許非所有者、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できるため、需要が低密度な地域や、高齢者・障害者用の移送サービスとして適用可能性が検討されてきている¹⁾²⁾。

その一方で DRT は、予約に応じてその都度経路や時刻表を設定するため、導入に当たり、適用可能性の考えられる地域、予約に応じた運行形態の設計方法や、予約に応じた運行に対する需給両サイドの評価が必要となる。

既存研究では、運行形態別の適用可能性のある地域を定性的に整理したもの¹⁾²⁾³⁾、導入実証実験に関する評価や、最適な配車方法の解を求める、巡回セールスマン問題(TSP)により、最適な配車を求めるアルゴリズムを検討したものがあるが^{3),4)}、運行形態を定量的に比較検討したものは少ない。

そこで、本研究では、①現在国内外で導入されて

* キーワーズ 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

〒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

いる DRT の導入事例の整理を通し、導入目的や運行形態の特徴を把握することにより、DRT が需要と供給の双方で持つ特徴と、そのときに利用者に提供するサービスや運行形態の評価に関して検討する。また、②運行形態別の DRT 導入効果を、シミュレーションの構築を通して把握することとする。

2, DRT システムの特徴整理

(1) DRT の導入背景・目的

a) 導入背景となった制度

1960~70 年代にかけ、欧米及び日本で導入された初期の DRT は、低生産性、配車の信頼性の問題や予約に応じた運行のメリットが見込まれなくなったため、移動制約者等の特定の目的を除き、殆どが定時定路線型の既存バスに置換えられた^{4)・6)}。

その一方で、1990 年以降より、欧米及び日本で DRT の実証実験や本格的な導入が行われてきている。導入の背景となった制度には、予約や配車に使用される ITS 技術に関する制度、運行補助や福祉的な制度などの運行に関する制度や、その背景となる交通政策に関する DRT の位置付けがある。欧米及び日本での制度を表 1 に示す。

b) DRT の導入背景と対象地域

DRT の導入対象地域には、人口や需要が小さい地域である。適用可能性のある地域を、対象利用者と地域の 2 点に着目し整理する。

利用者を限定しない一般乗合輸送の場合には、都心部では既存公共交通が運行されていない地域に適用され、郊外部や地方部では駅端末や、地域内での移動向けの交通手段として適用可能性がある。また高齢者・障害者のモビリティ確保のための ST サービスは、各地域での Door-to-Door のサービスを提供する交通手段として適用可能性がある。

表1 各国におけるDRT導入背景の比較

	日本	北米	EU諸国
ITS技術	高度道路システム推進に関する全体構想(旧VERTIS) ITS基本戦略委員会(ITS Japan)	Advanced Public Transportation Systems(US DOT, FTA)	SAMPO/SAMPLUS Project 他
制度	導入実証実験(国土交通省等)	FTA Section6/18 (FTA,TCRP) Americans with Disabilities ACT	SAMPO/SAMPLUS Project 他
交通政策	既存バスの代替交通手段 移動制約者の交通手段確保	移動制約者用の交通手段 地方部での交通手段確保	高齢者への交通手段確保、人口や需要が 低密度な地域での交通手段確保

表2 各運行形態の導入上の課題

	EU諸国(SAMPO/SAMPLUS)	アメリカ(FTA Section6)	
	導入対象地域	導入対象地域	予約システムの特徴
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の長さが相対的に短く、オプションとして設定。時間価値が低い利用者へサービスを提供	部分的にDoor-to-Doorのサービスを提供する。路線が固定されているため、事前予約を行わずに利用が可能
Semi-Dynamic	都市内で部分的に公共交通の運行されていない、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く、トリップが分散している郊外地域へ適用可能性がある	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	利用者のトリップパターンがある程度固定しているが、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への適用	事前利用登録が必要

c) 導入地域の人口密度

導入地域のうち、日本(実験導入を含む)・EU

(SAMPLUS Project 対象地域)・アメリカ(Section6 導入地区)での人口と面積を、図1に整理する。対象地区の面積及び人口の規模はかなり分散していることが分かる。人口密度の高い Campi(イタリア)、Jarvenpää(フィンランド)では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の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。

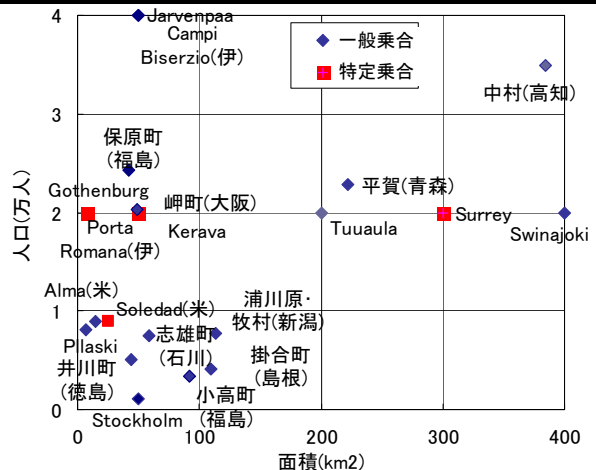


図1 DRT導入地域の人口及び面積

(2) 運行形態

a) 運行形態の分類

DRTの運行形態を、① 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)、② 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運行する方式(Semi-Dynamic方式)と、③ 予約に応じその都度路線や時刻表を設定する方式(Dynamic方式)の3種類に分類する。EU諸国及びアメリカでの各運行形態の導入上の課題を表2に整理する。EU諸国では、各運行形態を、導入の容易さにより導入対象地域を分類し、DRTの導入実績がない地域では、予約に応じる範囲が狭いRoute Deviation方式の適用を勧めている。一方アメリカでは、需要の密度を基準に運

行形態を分類している。また導入地区での他の交通手段の組合せと、運行形態の関係をFTA Section6での導入事例を基に整理する。Route Deviation方式は既存バス補充や通院用サービスとして、Semi-Dynamic方式は病院輸送や地域内の移動サービスとして、Dynamic方式はDoor-to-Doorの移送サービスが必要な利用者へのモビリティ確保を目的に導入されている。

b) 予約受付方法

予約受付方法には、① 予約を運行前に締切する方法と、② 任意の時間に予約を受け付ける方法の2種類がある。①の手法では、任意の時刻に予約できないが、利用者は事前に乗車時刻等の予約の情報を得られ、配車も容易になる利点を持つ。また②の方法では、利用者は任意の時間に予約が出来るが、乗車

表 3 各運行形態の導入上の課題

地域名	導入対象地域	対象利用者※1	配車順序	経路設定※2	配車の判断基準
中村市(高知)	地方都市	G	予約順	D	運転者の判断
小高町(福島)	地方都市	G	予約順	D	運転者の判断
けいはんな学研都市(京都)	郊外駅端末/施設	G	予約順	O	他利用者の乗車時刻への影響
岬町(大阪)	郊外駅端末/施設	G	予約順	O	他利用者の乗車時間、固定路線バスの乗車時刻
ベルギー	郊外駅端末	G	予約順	D/O	乗車時刻を優先した配車 (但し乗継を考慮する場合、降車・到着時刻を優先)
フィンランド	郊外駅端末、都心部	G	予約順	O	乗車時刻、降車時刻のうち利用者の指定したもの
Campi(イタリア)	郊外～都心部	G	予約順	D/O	目的地到着時刻を優先
Gothenburg(スウェーデン)	都心部	F	予約取りまとめ	D/O	複数利用者の予約を取りまとめて配車
アイルランド	地方部	G	予約順	D/O	乗車時刻を優先

※1:G・・・一般乗合輸送、S・・・高齢者・障害者用特定乗合輸送
 ※2:D・・・運転者が決定、O・・・オペレーションセンターによる決定、D/O・・・運転者、オペレーションセンター双方により決定

表 4 DRT 評価指標

評価項目	指標
経済性	運行コスト、TDCコスト、車両回転率利用率、目的地への直接性
サービス指針	利用者属性、トリップ目的、サービス信頼性、予約の容易性 サービス内容への満足度
技術パフォーマンス	システムパフォーマンス 潜在利用者のロス、データ信頼性

表 5 対象地域規模

地域名	地域規模
Case 1	2 km×2 km
Case 2	3 km×3 km
Case 3	1 km×4 km
固定路線	2km

表 6 運行コスト 9),10)

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)

中に他の利用者に対する予約の影響を受けることや、配車システムが複雑になる可能性がある。導入事例の多くは①の方法を取り、予約締切時刻は乗車の 10～180 分となっている。

c) 予約・配車システム

配車センター(Travel Dispatch Center)や自動車両位置取得システム(Automated Vehicle Location)が予約・配車システムに適用されている。通常配車センターには配車係をつけるが、EU 諸国の一部では配車係が不要な自動配車システムが導入されている。導入事例を表 3 に示す。これより対象トリップにより配車システムが異なることや、運転者や配車係による手動配車が適用される場合が多いことが分かる。

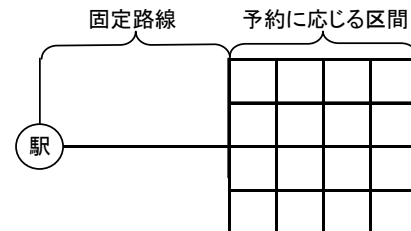


図 2 対象地域の設定方法

(3) 評価指標

DRT 導入の評価指標には、DRT の需要・供給サイドへの影響と、他の交通手段との DRT の比較した場合における DRT の優位性の 2 点がある。SAMPLUS Project での DRT の評価指標を表 4 に示す。評価項目には、導入目的(赤字額を増加させず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、期待する効果(ITS 技術によるコスト効率性改善、車両運行の効率。対象地域の交通問題の改善)としている。

また (1),(2)でも示したように、DRT 導入目的は

には、① 既存バスの代替交通手段としての導入と、在来の交通手段がサービスを提供できない地域や利用者へのモビリティ確保がある。このうち①では、DRT と既存バスの需要・供給側に与える影響の評価を行い、②の場合には、DRT の導入インパクトを中心に評価を行うこととする。

3, DRT 適用可能性の検討と評価

(1) 設定条件

a) 対象地域規模

ピーク時に比べ相対的に低い、大都市郊外地域日

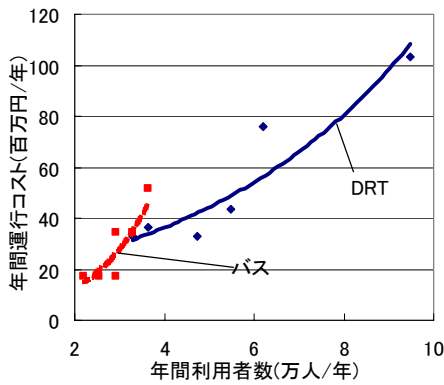


図3 運行コスト比較
(Case1 ; 需要 5人/km²・h)

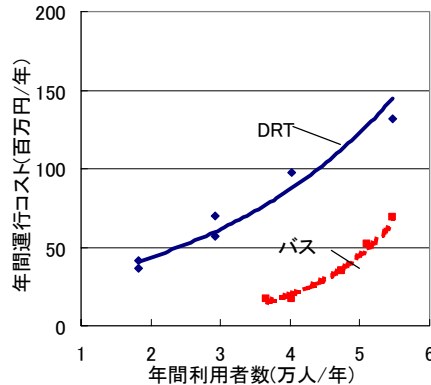


図4 運行コスト比較
(Case2 ; 需要 5人/km²・h)

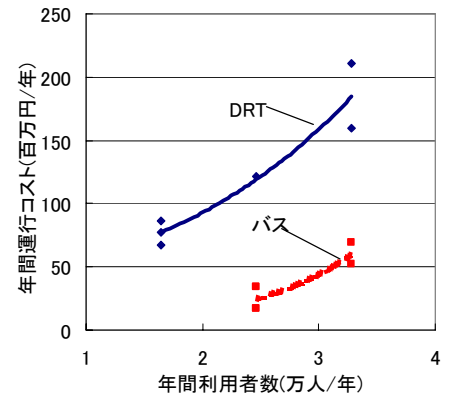


図5 運行コスト比較
(Case3 ; 需要 5人/km²・h)

中の居住地から商業施設が集積している駅までの間とし、運行形態を、居住地域内を予約に応じて運行する Semi-Dynamic 方式とする。またバスについては対象地域でのアクセス距離が概ね 500m 以内になるように設定した。対象地域の設定条件を図 2 及び表 5 に示す。

b) 需要及び供給の条件

需要は、対象地域内に一律に発生するとし、需要密度を 1~10km²/h とした。また DRT の予約に応じたサービスの変化が、利用者の交通手段選択行動に与える影響を検討できるように、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が均衡するように計算を行う方法を取った。DRT と自家用車の選択モデル及びバスと自家用車の選択モデルは参考文献 7),8) を基に算出した。また DRT 及びバスの運行コストを表 5 に示す。

(2)シミュレーション結果

予約に応じた運行によるサービス提供範囲がコスト面で優位になる条件を把握するために、DRT とバスの運行コストと利用者数の関係を検討した。各ケースの例を図 3-5 に示す。Case1 と Case2 を比較すると、Case1 の場合、予約に応じて運行する対象面積が相対的に狭いため、DRT の方がコスト面で優位になる部分が存在する一方、予約に応じ運行する面積が Case1 の 2 倍以上ある Case2 では、迂回量が増加するため、DRT がコスト面で優位になる部分が存在しない。また、Case1 と面積が同様であるが対象地域が長方形である Case3 では、Case2 と同様に迂回量が増加するため、DRT がコスト面で優位になる部分が存在しない。

4. まとめ

本研究では、① 導入事例整理を通じた DRT の特徴整理と評価方法を検討し、②運行形態別の DRT 導入効果を、シミュレーションを通して把握した。

運行形態の特徴と特徴整理では、導入事例の整理を通し、目的別の DRT の運行形態や評価方法を検討した。また、導入効果については、予約に応じた運行によりコストが削減できる条件は、予約に応じる範囲に応じることを示すことができた。

今後の課題を、配車方法や予約受付方法などを加味した形態での運行代替案の評価を行うこととする。

(参考文献)

- 1) Pekka Eloranta (1999), "Guidelines for Implementation of a SAMPLUS system: Standards to Adopt and Results to Expect", European Commission -DGX III Telematics Application Programme Transport Sector.
- 2) FTA (1995), "TCRP Report6 User's Manual for Assessing Service-Delivery Systems for Rural Passenger Transportation" Transportation Research Board National Research Council
- 3) Liping Fu(2002), "A simulation model for evaluating advanced dial-a-ride systems," Transportation Research Part A36, pp.291-307 等
- 4) Peter White(1995), "Urban Public Transport", UCL Press.
- 5) George E Gray, and Leater A. Hoel (1979), "Pubic Transportation", Chapter 4, Urban Passenger Transport Modes, Prentice Hall
- 6) Roberto Cervero(1997), " Paratransit in America ~Redefining the Mass transport systems", Praeger
- 7) 竹内龍介,中村文彦,矢部努(2004),「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」第 30 回土木計画学研究・」発表会 CD-ROM
- 8) 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
- 9) 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」
- 10) (社)日本バス協会編(1997),「1997 年版日本のバス事業」