

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*

A Study for Cost Analysis for Demand Responsive Transport Systems (DRTs) Considering Operational Characteristics.

竹内龍介**・大蔵泉***・中村文彦****

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

1. はじめに

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り、利用者サービスの低下が発生し、バス利用者の減少が起きている。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ている。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。

近年では、上記のような公共交通に対する需要が少ない地域や、公共交通空白地域への公共交通サービスを提供するために、様々な施策が展開されている。

また、2002 年 2 月に改正道路運送法が施行された。乗合バス路線は緩和が実施され、需給規制が廃止されたことを受け、様々な需要形態に応じた新しいバスサービスが今後期待される一方、不採算路線から撤退する可能性も考えられる。

そのような背景の中、既存公共交通の導入が困難な地域に適応した、新しい形の公共交通が検討されてきている。その中で DRT(Demand Responsive Transport) 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^{1)~3)}。

DRT は、以上のように期待される一方で、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、本研究の目的を、DRT の利用者の予約に応じた運行方式の特徴を整理した上で、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。

2. 既存研究の整理及び本研究の意義

(1) 既存研究の整理

(a) DRT の運行方式に関する研究

DRT の運行方式に関する既存研究では、利用者の需要に応じた路線設定方法の整理や、配車方法を取り扱ってきている。

路線設定に関する研究では、予約に応じた運行方式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³⁾⁴⁾。

しかしながら各運行方式が利用者サービスやコストに与える影響の整理を行っていない点で問題がある。また DRT の配車方法に関する研究では、利用者に提供するサービスと、DRT の走行時間の加重和を最小化する配車方法を求める、最適化手法であるダイヤル・ア・ライド問題(Dial-A-Ride Problem: DARP)の解法が中心に行なわれてきている⁵⁾⁶⁾。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变化や、その変化に対する利用者の行動を取り扱っていない点で問題がある。

(b) 運行コストの分析方法

DRT の運行コストの分析を行った研究は行なわれていないため、既存バスのコスト分析の整理を通し、DRT のコスト分析に必要な要因を以下に整理する。Small⁷⁾は、経路長、ピーク時車両台数や台キロで示される生産物を用いた費用関数の構築を行うことにより、

* Keywords: 公共交通計画、公共交通運用

** 学生員 工修 横浜国立大学大学院環境情報学府

*** フェロー 工博 横浜国立大学大学院工学研究院

**** 正会員 工博 横浜国立大学大学院環境情報研究院

(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 土木工学教室内 交通研究室 Tel & Fax 045(339)4039)

バスコストモデル作成を試みた。溝上ら⁸⁾は、バス運行に掛かる費用を、車両費用、燃料費用や人件費を用いている。

(c) 既存バス代替交通手段の整理

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⁹⁾。

清水ら¹⁰⁾は、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しているが、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。

(2) 既存研究の問題点及び本研究の意義

既存バスのコスト分析では、予め決められた路線上を決められたダイヤに沿って運行されるという条件でコストを算出するが、DRT のコスト分析では、需要に応じ路線やダイヤが変化することを考慮する必要がある。

またコスト分析を行う上では、DRT 運行モデルを構築する必要があるが、既存研究では、需要に応じた運行がコストや利用者に対する影響を、十分検討していない点で問題がある。以上より本研究は、DRT の運行方式が利用者やコストに与える影響を整理した上で、コストを分析することと、DRT を含めた既存バス撤退後の代替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点で意義がある。

3. DRT 運行方式の整理とコストの分析方法

(1) 適用可能性のある対象地域とトリップ

1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るため、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ときには、路線当りの需要密度が低くなるため、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。

(2) 運行方式によるDRT の分類と整理

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を表2に示す。

表1 DRT の適用可能性がある地域

対象利用者	人口密度	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)

表2 DRT 運行方式の分類

種類	① Route Deviation	② Semi- Dynamic	③ Dynamic
概念図			
起終点設定	起点(起終点)の設定あり	起点(起終点)の設定あり	起点(起終点)の設定無し
路線設定	基本路線+予約に応じ運行する迂回経路	基本的な移動経路を設定し、予約に応じ経路変更	予約に応じて路線を設定
ダイヤ設定	路線全体にダイヤを設定	起点出発時刻、終点到着時刻(両方もしくは一方を設定)	予約に応じてダイヤ設定
予約受付方法	迂回経路の停留所を通過する前までに予約	起点出発時刻より前に予約	任意の時刻に予約受付が可能
凡例： ■ 起点(終点) ● 停留所 ○ 停留所(予約に応じ停車) ——— 路線 - - - - 路線(予約に応じて運行)			

(a) 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。

(b) 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に設定されている。(以下起点出発間隔と記述)

(c) 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。

(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、配車に必要な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 運行方式のコスト分析では、1 章に示したように、需要に応じた運行によって、運行時間や導入車両台数が変化するため、運行方式を整理しコストの変化に着目する必要がある。

3 章(2)及び表 2 で示した運行方式を、3 章(1)及び表 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 1 (a)、(i)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コストを分析する必要がある。

都市部で対象利用者を限定せずに運行する DRT には

(表 1 (u)に対応)、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場合が多い。すなわち、利用者の予約の有無でそれらの費用は変化しない。よって既存バスとコストを比較するには、分析する必要性が低い。但し、迂回経路を複数設定した場合には、迂回の有無によりコストの変化を起こる可能性があり、同時に利用者の待ち時間や乗車時間の変化の影響も検討の余地があるが、実際には、都市部でこのような場面はほとんど発生しない。

郊外地域で利用者を限定せずに運行する DRT は(表 1 (e)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。

以上の運行システムのうち、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、また都市部で導入される DRT は、上記のようにコストの分析を行う必要性は少ないため、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 Semi-Dynamic 方式の運行システムを分析対象とした。

4. DRT 運行コスト分析

本章では、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。

(1) Semi-Dynamic 方式の運行方式整理

2 章(2)(b)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、予約する時間帯別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。

(2) 需要の変化が利用者及び運行側に与える影響

(a) 利用者を与える影響

表3 需要の変化による影響

需要	運行方法	1運行当りの路線長	導入車両台数	コスト	利用者サービス
増加	(変化無し)	増加	増加	増加	低
	起点出発間隔の短縮	(変化無し)	増加	増加	高
	予約の拒否	(変化無し)	(変化無し)	減少	高(但し予約拒否をされた利用者のサービスは低下)
減少	(変化無し)	減少	増加	増加	高
	起点出発間隔の延長	増加	減少	減少	低

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。

(b) 運行側に与える影響

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。この場合、起点出発間隔の短縮や、予約の拒否を行うことによって、路線長の増加を防ぐことができるが、利用者サービスやコスト変化に着目する必要がある。また利用者数が減少した場合には、各便が受付ける予約数が減少するため、起点出発間隔の延長を行うことができる。

以上を踏まえ、需要の変化による影響を表3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。

(3) 評価指標の考え方

(a) 利用者サービス指標

利用者に提供するサービスは、運行時に予約を受付けることによって変化するため、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、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た場合、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)式のようになる。

(b) 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4に運行側評価指標を整理した。

$$LOS(a) = \frac{(\text{目的地到着時刻} - \text{予約時刻})}{\text{最短経路での所要時間}} \dots (1)$$

$$LOS(b) = \frac{(\text{待ち時間} + \text{乗車時間})}{\text{最短経路での所要時間}} \dots (2)$$

表 4 運行側評価指標

分類項目	評価指標
運行状況の把握	運行時間(時間)
	必要車両台数(台)
	迂回の状況(運行時間の比較)
コスト	運行コスト(円)
輸送人員	利用者数・予約不成立の人数

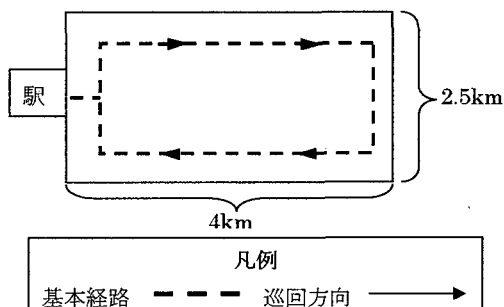
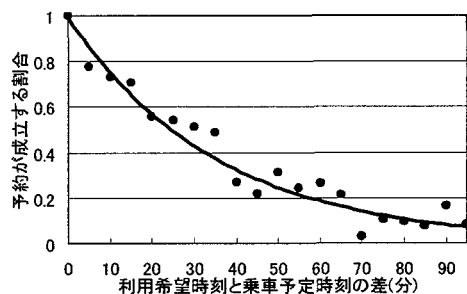


図 1 対象地域概略図

図 2 予約成立の関係¹²⁾

(4) シミュレーション前提条件

(a) 対象地域

2章(3)で示したように、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¹¹⁾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、10km²~30km²⁴⁾¹²⁾程度だが、対象地域が広範囲に及び場合、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10km²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1参照)

表 5 DRT 運行方式設定条件

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(図1)
起点出発間隔	等間隔に設定(5分~120分)
走行速度 ¹³⁾	12km/h
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 各便の路線長の制限; 目的地到着時刻 の上限を持たせ、路線長を最大8km と設定した。

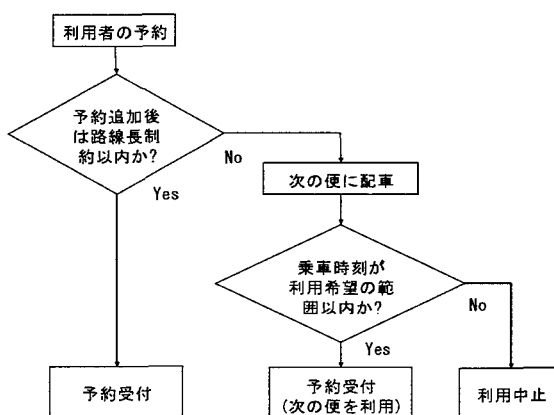


図 3 予約受付のフロー

(b) 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/km²となる。これは、典型的な郊外地域では、15~20km/km²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。

(c) DRTシステム運行条件

Semi-Dynamic方式のDRT運行方式では、表2と3章(2)(b)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、4章(2)で示

表6 バス運行費用原単位¹⁴⁾

コスト分類		費用(円/台 km)
運送費	人件費	315
	燃料費	21.6
	修繕費	17.3
一般管理費	人件費	20.9

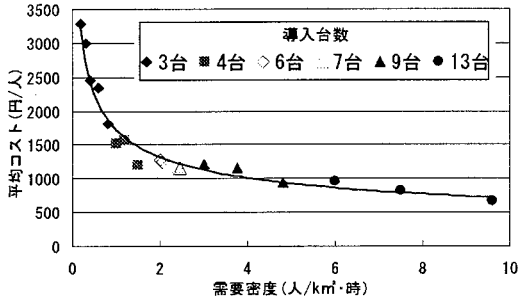


図4 需要密度とDRT 運行コストの関係

したように、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2に、予約受付のフローを図3に示す。

(d) 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。また運行費用は、表6に整理した。

(5) 計算の手順

(4)で示した前提条件をもとに、平均需要密度を0.1～10.0人/km²・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付けられるよう、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。

(6) 計算結果

(a) 需要密度と運行コストの関係

図4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。

(b) 利用者サービスとコストの関係

図5及び図6に平均コストと利用者サービス(平均待

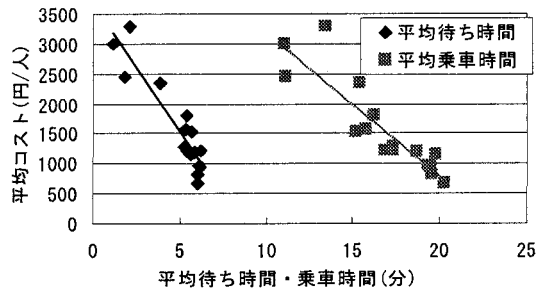


図5 待ち時間・乗車時間と平均コストの関係

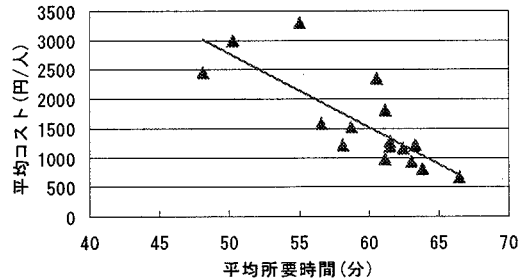


図6 所要時間と平均コストの関係

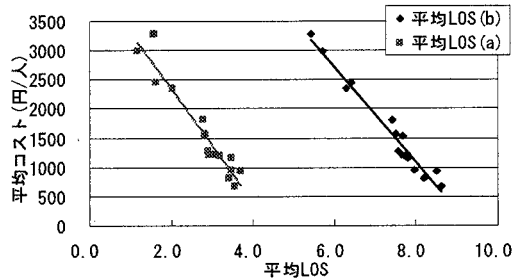


図7 LOS指標とコストの関係

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(a)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っていることがわかる。

(c) LOS指標とコストの関係

図7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。

(7) 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. コスト比較による既存バス代替交通手段評価

(1) 既存バス代替交通手段の種類

ここでは、2 章(1)(c)で示した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 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。

(2) 運行方式に着目した比較

(a) 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

の少ない場合にも固定路線を運行するため、予約に応じた路線設定を行う 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。

(b) 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¹⁰⁾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¹⁰⁾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¹⁰⁾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进行待時間は、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 4 章(3)で示したように、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た運行するため、待ち

表 7 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	空車のタクシーを利用して、対象地域内に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。

表8 DRT との比較に必要な条件

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を設定
	導入車両台数	DRTと同様の車両台数(図4参照)
	運行コスト	DRTと同様のコスト(表6参照)
タクシーの空車時間利用	配車	利用者の予約に応じ配車 (地区内に空車の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

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。

(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。

(4) 計算の手順

対象地域の形状を 4 章で示した図 1 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/km²・時から 10.0 人/km²・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(4)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 8 に示す。

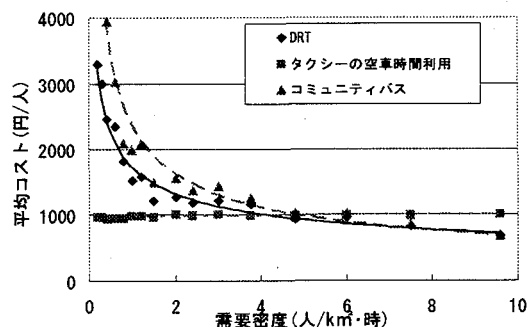


図8 需要密度と平均コストの関係

(5) 各代替案の需要密度と運行コストの関係

図 8 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。しかしながら、各運行に対し、利用者が 1 人であるため需要が増加した場合には、DRT と比較した場合のコストが高くなる。

6. まとめと今後の課題

本研究では、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た上で、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。

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。

今後の課題は以上の Semi-Dynamic 方式の問題を踏まえた上で、Dynamic 方式の適用可能性を検討することと、実際の地域に DRT を導入する場合の評価手法を確立することである。

参考文献

- 1) (財)運輸経済研究センター：これからの交通 パラ・トランジット, 1978
- 2) Vukan R. Vuchic : Urban Public Transport Systems and Technology, Chapter2 Urban Passenger Transport pp.59-118, 1981
- 3) Yngve, Westerlunf, et al : 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, 2000

- 4) G.Ambrosino, et. Al : Flexible mobility Solutions in Europe through Cooperation between Operators, IT Suppliers and Authorities. " 7th World Congress on ITS CD-proceeding, 2000
- 5) 森津秀夫・枝村俊朗・佐藤純一：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, 1986
- 6) E, Amaldi, et. al : A dial-a-ride to be implemented in a suburban area of Milan, 7th World Congress on ITS, CD-Proceeding, 2000
- 7) Kenneth. A. Small : 都市交通の経済分析 第3章 費用, 勁草書房, 1991
- 8) 溝上章志・松井寛：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
- 9) 秋山哲男・中村文彦：バスはよみがえる, 日本評論社, 2000
- 10) 清水浩志郎・木村一裕・伊藤蒼志広・斎藤靖：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, 1997
- 11) (財)運輸経済研究センター：平成7年大都市交通センサス, 1997
- 12) 株式会社電器産業・株式会社高知県西南交通・中村市・高知市：中村まちバス実験結果報告書, 2000
- 13) 天野光三：都市交通のはなし I, 技報堂出版, 1985
- 14) (社)日本バス協会編：1997 年版 日本のバス事業, 1997
- 15) 中村文彦・木賀万里絵：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, 2000
- 16) 松島格也・小林潔司・坂口潤一：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, 2001

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*

竹内龍介**・大蔵泉***・中村文彦****

本研究では、公共交通需要の少なく、既存公共交通の適用が困難な地域への適用可能性が期待される DRT(Demand Responsive Transport)システムの運行特性を運行方式に着目して整理を行い、利用者需要に対応して運行した場合のコスト分析を試みた。その結果、運行方式がコストに与える影響を整理し、Semi-Dynamic 方式の運行方式がコスト及び利用者サービスに対し与える関係を整理した上でのコスト分析の必要性を示すことができた。また、コスト比較による既存バス代替交通手段の評価を行い、需要密度が低い地域では、DRT システムが、路線固定型の運行するコミュニティバスより低コストで運行できることが分かった。

A Study for Cost Analysis for Demand Responsive Transport systems (DRTs)

Considering Operational Characteristics.

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

In this study, the authors aimed at the cost analysis for Demand Responsive Transport systems (DRTs) considering operation characteristics. DRTs are expected to accommodate in low-demand-areas, and may provide flexibility responding to each user's reservation. As results, we observed the influence of each operation types upon the cost. In addition, we indicated the needs for cost analysis of Semi-Dynamic systems with considering the relationship between operational costs and level of services for users.

Finally, we tried to compare operational cost of DRTs with other modes. As a result, we found DRTs can be operated in low costs in low-demand-areas.