

オンデマンド型乗合交通（DRT）の 運行方式による費用の違いの評価

柳川 達郎¹・杉浦 晶子²・加藤 博和³・森田 紘圭⁴

¹非会員 (元)名古屋大学 大学院環境学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2 (651))

²正会員 名古屋大学 大学院環境学研究科

E-mail:akikos@nagoya-u.jp

³正会員 名古屋大学 大学院環境学研究科

E-mail:kato@env.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 大日本コンサルタント株式会社 インフラ技術研究所

オンデマンド型乗合交通（DRT）には多様な方式があり、その導入を検討する際、利用者・供給者にとって最適なサービス方式を選定することが重要である。それを可能にする評価手法を開発するため、その評価要素の1つである運行費用を推計するモデルを構築した。大都市近郊に位置する愛知県西春日井郡豊山町に適用した結果、予約システムの有無と車両定員が運行費用に大きく影響することが明らかになった。また、発生需要量が大きくなるにつれて、最適方式の決定要因が予約システムの有無から車両定員へと変化することが示された。さらに、豊山町で推計された需要量での最適方式は、予約システムを用いず、出発地を自宅とする定員9人の方式であることが示された。

Key Words : Demand Responsive Transport, Pubulic Transport Planning, Service Level

1. はじめに

(1) 背景

近年、公共交通不便地区の拡大や交通弱者問題に対応する公共交通サービスとして、オンデマンド型乗合交通（DRT : Demand Responsive Transport）が注目されている。

2015年2月に閣議決定された国の交通政策基本計画では、DRTの導入数を2013年の314市町村から2020年までに700市町村とする目標が掲げられ、今後も導入数の増加が予想される。しかし、既存の導入地の中には、地域の需要レベルや主要利用者層に合わせたサービス方式の検討を十分に図らなかったり、タクシー等の既存交通モードとの競合が起きないようにしたために中途半端な設定となって、利用が少なく、中には中止してしまった事例も存在している。したがって、多様なオンデマンド方式の中から地域に適したオンデマンド方式の検討を行ったうえで導入を決定することが重要である。

(2) 目的と構成

本研究では多様なオンデマンド方式導入シナリオを設定し、各シナリオについてシミュレーションを行い比較することで、運行費用面で最適なオンデマンド方式の選定を可能にする手法の構築を行う。構築した手法を名古屋

市近郊の愛知県西春日井郡豊山町に適用し、研究事例の少ない都市域内における公共交通不便地区の解消策を提示し、今後の DRT 導入検討の際に資する知見を得ることを目的とする。

以下、第2章において、既往研究を整理し、本研究の位置づけを明確化する。第3章では、多様なオンデマンド方式を考慮した、DRT導入可能性のシミュレーションと費用評価手法を構築する。第4章では、ケーススタディとして対象とする都市域内に存在する愛知県西春日井郡豊山町の概要とシミュレーションを実施する際の諸条件を示す。第5章では、構築した評価手法を適用し、同町におけるDRT導入可能性の検討を行う。最後に第6章で本研究の結論として、得られた知見と今後の課題について整理する。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

DRTに関する研究は、近年特に蓄積が進みつつあるが、本研究と関連する既往研究は以下のものが挙げられる。

竹内ら（2005）¹⁾は仮想地域を対象に、予約による運行状況・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評価モデルを構築し、利用者数やDRTの起点出発間隔と運行費用との関係についてシミュレーション

ョンを通して明らかにすることで、既存バスの代替手段としてのDRTの導入可能性を評価している。

吉田ら（2006）²⁾は、都市域における適用事例を取り上げ、都市型DRTの運用面で重要となる点を明らかにすることに取り組んだ。運用にあたって重要な視点であるミーティングポイント（MP、停車地）の配置形態と、単位時間に発生する需要との関連から、運行形態ごとに利用者の乗車距離（迂回距離）がどの程度大きくなるかをシミュレーションによって計測することで、DRTの導入適性を評価している。

福本ら（2009）³⁾は路線バスからDRTに移行する際のサービス内容の変更が利用意向に及ぼす影響を考慮できるモデルを作成したうえで、実地域を対象に運行シミュレーションを実施し、デマンド数と運行費用の関係から、既存バスの代替手段としてのDRT導入可能性を評価している。

倉内ら（2009）⁴⁾は、仮想地域において、乗客の相互作用などを考慮可能なマルチエージェントシミュレーターを用い、ネットワーク形状や乗客の発生量、料金体系を変化させた際の利用者の所要時間を含む費用と供給者の運営費用からDRTの導入効果を明らかにしている。

長谷川・鈴木（2011）⁵⁾はDRTを含む異なる3種類の交通サービスに関して、都市の大きさおよび需要密度の違いによって生じる所要時間を車両の配車シミュレーションから算出し、供給側の運営費用と利用者側の一般化費用の合計が最小となる交通サービスを明らかにしている。

DRTの需要把握に関する既往研究には、以下の研究がある。林・湯沢（2006）⁶⁾は、複数自治体のデマンドバス導入事例を対象にして、運行実態と運行経費、需要予測と普及過程の整理が行っている。その結果、需要は高齢者数とある程度比例関係になることが指摘された。

高野・森本（2012）⁷⁾は、DRTにおける利用者数の実測と予測の乖離に関して調査を行っている。その結果、高齢女性人口と利用者数との相関が高いことが明らかにしている。

山田・塩濱（2013）⁸⁾は、DRTは需要分布の状況によっては、輸送効率が低下する可能性を指摘しており、需要が中心部に集約が進み移動距離が短くなるとDRTの輸送効率は低下することを明らかにし、その場合は輸送対象を区分し別々に運行する方が輸送効率が高まる場合があることを明らかにしている。

既往研究では、代替案の検討の際、DRTとタクシー、コミュニティバスのように異なる交通モード間での比較が多く、多様なオンデマンド方式間のパフォーマンスを比較している研究は数少ない。特に、予約の自由度によって発生需要量が変化したり、車両定員が変わると巡回時間が変化するなどして、提供されるDRTのサービスレベルが変化し、それによって発生需要量がさらに変動す

ることが予想されるというDRTならではの特徴を考慮に入れる必要がある。また、都市部近郊での事例研究は数少ない状況にある。

そこで、本研究では、大都市近郊を対象に、実地域において多様なオンデマンド方式を考慮したシミュレーションを実施し、供給側の評価として運行費用を算出することを通じ、その地域に適するオンデマンド方式を選定できる評価手法を構築する。

3. DRT導入可能性の検討手法の開発

本研究では、まず全国9つのDRT導入自治体にヒアリングを実施し、そこから得られた知見をもとに、多様なオンデマンド方式から複数の供給シナリオを設定する。次にシミュレーションの対象地域において発生需要量を推計し、その需要量に応じた配車シミュレーションを行うことで、1日の運行経費、必要車両台数、必要オペレータ数と各利用者の平均乗車時間を算出する。これらの結果を用いて総運行費用を算出することで、対象地域におけるDRT導入可能性の評価を行う（図-1）。

(1) 供給シナリオの設定

ヒアリングで得られた知見をもとに、オンデマンド方式の具体的な項目を、出発地、予約締切時刻、車両定員とし、シナリオを設定する。

出発地は、自宅前までDRTが迎えに来る自宅前送迎可能型（以下自宅前型）と、既定のミーティングポイントまでDRTが迎えに来るミーティングポイント型（以下MP型）とする。また、予約締切時刻に関しては、ヒアリング結果より、予約システムを導入している場合は乗車便出発30分前とし、予約システムを導入していない場

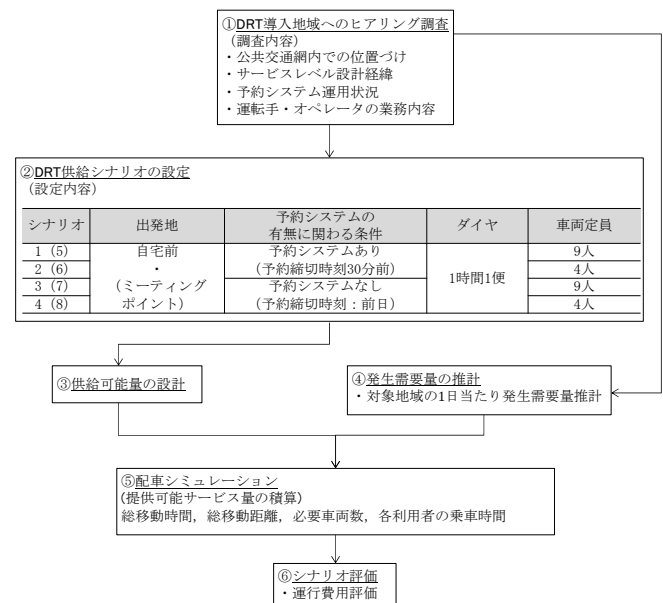


図-1 DRT導入可能性評価フロー

合は前日と設定している。車両は、多くの自治体で用いられているワゴン型（定員9人）とセダン型（定員4人）を用いるものとする。

(2) 発生需要量の推計

DRT利用者の大半は高齢者である。そこで、利用者数と高齢者数の相関が高いことに着目し、林・湯沢（2006）、高野・森本（2012）は、エリア内の高齢者数を説明変数とする簡易な推定式より需要推計が可能であることを示している。しかし、DRTは運行形態や地域の特性（地形や人口規模）によって予約や利用時の利便性が変わるため、需要量も異なってくる。そのため本来は、多様なオンデマンド方式ごとにその特徴を踏まえた需要の推計が必要であるが、この観点の研究はいまだ十分とは言えない。

本研究においても、オンデマンド方式の選択によって需要量が変わるかを推計することは必要であるが、そのために十分なデータを入手することができなかった。そこで、既往研究で行われているようにヒアリング先のDRTの実績値を使用し、1週間当たりの平均利用者数を目的変数、運行エリアの高齢者数を説明変数とする簡易な需要予測式を用いて当該地域の発生需要量を推計した（表-1）。

本研究では、予約締切時刻の違いによってのみ発生利用者数が変化することとする。中部運輸局管内で運行されているDRTの予約締切時刻別利用者数の平均値によると、予約締切時刻が前日の場合、利用者数は全体平均の約0.5倍となっており、30分前の場合は全体平均の約2倍である。上記で推計される利用者数は、予約締切時刻が様々なDRTの運行実績に基づき算出されるので、これを全体平均と見なし、シナリオの予約締切時刻が前日の場合は、0.5倍、30分前の場合は、2倍の需要が発生するものとする。

(3) 配車シミュレーションの概要

図-2 は配車シミュレーションのフローチャートである。DRT の配車方法については、簡便のため運行時刻があらかじめ設定されているものとする。発生需要量の推計式より推計した個々の発生需要に対して時間帯別に利用者の乗降地点を経由して起点から終点まで最短距離を走行するものとする。また、利用者は予約順に車両に割り振られ、その車両は総運行距離が最短となる順に、割り振られた利用者の所に迎えに行くものとする。このとき、以下の制約条件に従いすべての需要を捌ききれるように、必要に応じて車両・オペレータ数を増加させて、必要車両数と必要オペレータ数を決定する。

- a) 車両容量と時間制約：設定ダイヤの運行の中で、車両定員（4人もしくは9人）を超える需要が発生

表-1 DRT 利用者数の推定結果

変数名	係数	t値
定数項	-1.62	-0.0106
エリア内 65歳以上人口	0.0566	4.65
決定係数 (R^2)	0.755	

サンプル数：9

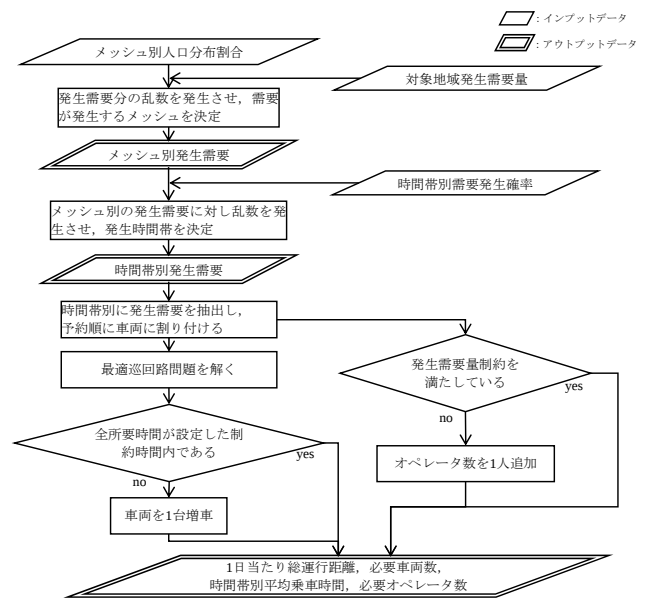


図-2 配車シミュレーションフローチャート

した場合は、車両定員の最大数の需要を送迎し、その需要を捌ききった後、残りの需要を同様に捌いていくこととする。このとき、総移動時間が一定の時間内（外生的に設定）に収まらない場合、車両を1台増加させる。

- b) 発生需要量制約：1時間当たりの発生需要量が一定量（予約システムを導入している場合は12人時、予約システムを導入していない場合は7.5人時）を超えた場合、オペレータ数を1名増加させる。

(4) シナリオ評価手法

既往研究では、発生する需要量（一定値）に応じて個々の交通モードやDRTの運行形態ごとにかかる運行費用を算出し、運行費用が安価なシナリオを最適シナリオとするものが多い。本研究では、供給側の視点として運行費用評価を行う。既往研究との違いは、予約システムの導入や車両サイズの大きさが費用に与える影響を扱った点にある。以下では、評価に用いる運行費用の具体的な算出方法を説明する。

配車シミュレーションから算出された総移動時間、必要車両数、必要オペレータ数を用いて1日当たりの運行費用を算出する。国土交通省自動車局（2014）⁹⁾のハイヤー・タクシーにおける走行キロ当たり原価（表-2）に、シミュレーションより算出された総走行距離を乗じて走

行費用を求める。これに、国土交通省総合政策局（2009）¹⁰⁾に示されている、DRT 導入自治体のオペレータの人件費とシステムのランニング費用に加え、本研究で実施したヒアリング先の実績値より算出した必要オペレータ数にかかる人件費と、システムを導入している場合はシステムランニング費用（表-3）を加えることで、1 日当たりの運行費用を算出する。なお、通常、予約システムを導入する場合は数百から数千万円の導入費がかかることが多いが、実際には補助金を活用して予約システムを導入している事例が多いことから、本研究では導入費は考慮しないことにする。

4. ケーススタディ地域の概要とシミュレーションの諸条件

(1) 対象地域概要

分析対象地域の愛知県西春日井郡豊山町は、名古屋市の北東部に隣接し、周囲を名古屋市、北名古屋市、小牧市、春日井市に囲まれており、面積が6.19km²と愛知県内最小かつ、約3分の1が県営名古屋空港関連の用地で占められている。人口は14,345人であり、高齢化率は19.3%である（2014年）。

高齢者分布とバス路線の状況は図-3に示した通りである。この他、南部に名古屋市営バスが一部乗り入れている。高齢化率は比較的低いが、高齢者の分布をみると、旧農業集落の南部において多い地区が存在している。

町内に鉄道は存在しないが、近隣の鉄道駅として、西の北名古屋市に名鉄犬山線の西春駅、東の春日井市に名鉄小牧線の味美駅と JR 中央本線の勝川駅が存在する。

(2) 対象地域の目的別発生需要量の推計

前章で示した需要予測式を利用して豊山町における1週間当たりの利用者数を推計し（約180人/週）、この推計値を予約締切時刻別の発生需要量に補正した（前日：約90人/週、30分前：約360人/週）。また、豊山町「平成24年度地域公共交通利用実態調査」より得られたDRT利用意向のある回答者数（265人）を用い、土木計画学研究委員会（2006）¹¹⁾に記載の行動意図が実際に実行される確率と、同町の目的別の移動頻度から、1日当たりの目的別利用者数を推計した（通院：6.58人/日、買い物：29.71人/日）。この各値に応じて、予測式より得られた各推計値を配分し、1日当たりに換算した結果、予約締切時刻が前日の場合は、通院が約2人/日、買い物が約11人/日となり、30分前の場合は、通院が約9人/日、買い物が約43人/日となった。その算出フローを図-4に示す。ここで算出された1日当たり発生需要量（予約締切時刻前日：13人/日、30分前：52人/日）をシミュレーションで用いることとする。

表-2 ハイヤー・タクシーの走行キロ当たり原価

運送原価（円・銭/km）						
人件費	燃料費	修繕費	固定資産 償却費	保険料	諸経費	計
96.57	13.63	4.30	2.91	4.22	8.86	130.49

表-3 日当たりオペレータ人件費とシステムランニング費用

オペレータ人件費（円/日・人）	システムランニング費用（円/日）
7,200	4,000

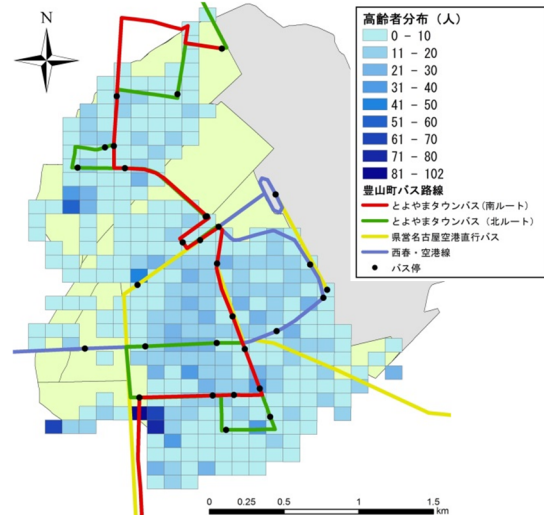


図-3 豊山町の公共交通と高齢者分布

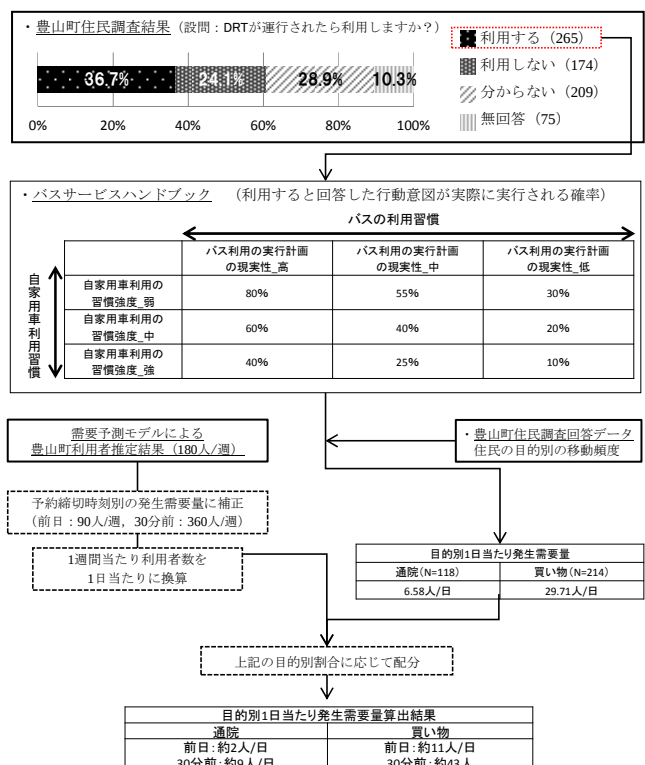


図-4 目的別発生需要量算出フロー

(3) 配車シミュレーションの諸条件

a) 使用データ

配車シミュレーションに用いたデータは、株式会社 JPS 発行「平成 22 年国勢調査 100m メッシュ推計データ」、豊山町「平成 24 年度地域公共交通利用実態調査」

より得られた目的別の時間帯別移動頻度、前節で推計した目的別 1 日当たり発生需要量である。

b) 対象地域における供給シナリオ設定

対象地域の豊山町では、町内の移動は徒歩・自転車・自動車の利用が多く、それらによる移動ができない、もしくは、不安のある高齢者や子供の移動手段の確保が課題となっている。現在、町在住の要介護者や障害者に対して、「タクシー利用料金補助事業」を実施しているほか、社会福祉法人豊山町社会福祉協議会によって、総合福祉センターしいの木（社会福祉協議会所在地）から近隣の医療機関までの送迎サービスが、自力で通院できない要介護者、要支援者、障害者等に対して行われているが、それらに該当しない高齢者の足の確保策は行われていない。そこで本研究では、既存の公共交通ではカバーしきれない公共交通不便地区を解消し得る交通手段として、タクシーや福祉移送サービスとの競合を避けつつ、既存公共交通のフィーダー機能を担う DRT を想定する。オンデマンド方式の具体的な項目等は、3 章で設定した供給シナリオ（8 シナリオ）に基づき、配車シミュレーションを行う。

c) 配車シミュレーションにおける DRT サービスレベルの設定

利用者の乗車ポイントは(1)自宅前、もしくは(2)ミーティングポイント（MP）とし、降車ポイントは、「豊山町社会教育センター」とする。現在、豊山町社会教育センターには、とよやまタウンバスのバス停（北・南ルート）と名鉄バス西春・空港線のバス停が存在する。また、配車シミュレーションを行う際、自宅前の乗車ポイントは人口の存在するメッシュ（100m メッシュ）の中央とし、MP の乗車ポイントは、豊山町内に一様に 200m 間隔で設置した MP（人口が存在しない地区を除く）とする。なお、本研究では、データの制約上、行き（自宅から目的地）の需要のみ考慮しており、帰り（目的地から自宅）の需要は考慮できていない。

表-4 に設定した DRT のサービスレベルを示す。ダイヤは 1 時間に 1 便とし、1 便当たりの最大運行可能時間（時間制約）は 45 分とした。これは、ヒアリング実施先の多くが、次の便の準備に要する時間（回送時間、オペレータと運転手の打ち合わせ等）として 15 分程度を設定していることを考慮している。車両速度は、デマンド運行によって細い路地の走行や利用者の乗降時間が定時定路線よりも掛かる可能性があることを考慮し、車両定員に関わらず一律 30km/h に設定した。

5. 都市域内の公共交通不便地区への適用

DRT 利用者の出発地点とその時間はある確率分布に従って発生するものとする。本研究では 500 回のモン

表-4 DRT のサービスレベル設定

出発地	自宅前または MP
ダイヤ	1 時間に 1 便
車両速度	30km/h
車両定員	4 人または 9 人

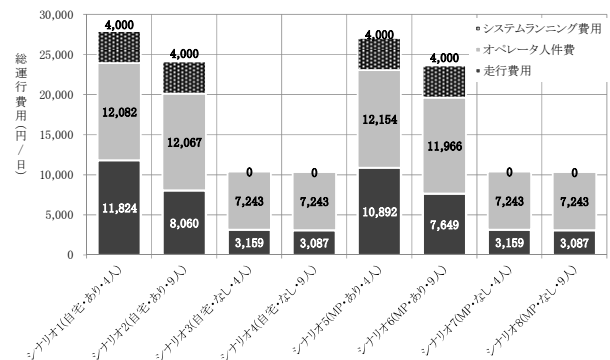


図-5 シナリオ別の総運行費用算出結果

テカルロシミュレーションによって各時間帯別の発生需要量を設定し、Jiang(2010)¹²⁾の手法を参考にして巡回路の最適化を行い、時間帯別の平均走行距離を算出し、それに走行キロ当たり原価を乗じ、更に、オペレータの人件費を加えることで運行費用を算出している。試行回数は、ランダム試行の集計結果が安定してくる値として設定しており、最大の車両定員 9 人をちょうど満たす需要が発生したとしても、その平均総走行時間は 15 分未満であり、車両 1 台あたり 1 回の運行で時間制約の 45 分を超えないことを確認済みである。

(1) シナリオ間の運行費用比較

シミュレーション結果を用いて、各シナリオで発生需要量（予約システムあり：52 人/日、予約システムなし：13 人/日）を捌くのにかかる 1 日の総運行費用の算出結果を図-5 に示す。

出発地については自宅前と MP とで目立った違いはみられない。一方、予約システムの有無が費用に与える影響は大きいことが分かる。これは、予約システムの有無によって当日予約に対応可能かが変化し、発生需要量が増えることに起因しており、それによって走行費用とオペレータが対応できる需要数が増えるからである。予約システムあり（推計利用者：52 人/日）の場合 1 時間当たりの発生需要量はピーク時（9 時～11 時）に 11～20 人であり、それ以外の時間帯では、数人程度である。一方、予約システムなし（推計利用者：13 人/日）の場合、ピーク時の発生需要量は、全時間帯を通して数人程度である。これより、予約システムありの場合は、その需要を捌くに当たり、ピーク時に車両 1 台で数往復しなければならぬうえに、オペレータ 1 人が 1 時間に対応可能な上限人数の 7.5 人を上回り、オペレータ数が増加した結果、走行費用とオペレータの人件費が増加する。

それに対して予約システムなしの場合は、時間帯別の発生需要が数人程度であるため、ピーク時でも 1~2 往復の運行かつ、オペレータ数も 1 人で対応可能であり、走行費用とオペレータ人件費は少なくすむ。また、車両定員の違いについては、予約システムありの場合は、時間帯別の発生需要量が多いので、定員 9 人の車両で運行すると乗車人数を高めることができるので運行費用が削減される一方で、定員 4 人の車両で運行すると車両定員の上限を超えてしまい、1 運行の中で何回も往復しなければならなくなり、運行距離が増加し走行費用が高くなる。一方、予約システムなしの場合は、1 時間当たりの発生需要量はほとんどの時間帯で数人程度であり、乗車人数が 4 人以下である。そのため、車両定員が 4 人であっても定員の上限を超えることはほとんどなく、1 運行の中で何回も往復するような状況はめったに発生しないため、走行費用にはほとんど差は生じない。

以上から、供給側からみると、最も費用負担が少ないシナリオは予約システムなしのシナリオであり、豊山町のような狭小な地域の場合は、車両定員を大きくしてもそれほど迂回距離が長くなるわけではないので、車両サイズは 9 人でも 4 人でもほとんど費用が変わらないことが分かった。また、当日予約にも対応可能な DRT を運行する場合は、システムありで定員 9 人の車両を使用して運行すれば最も低コストであるが、システムなしの場合に比べて 1 日あたり費用が 14,000 円ほど高くなることが分かった。

(2) シナリオの感度分析

DRT は、比較的需要量の小さい地域において効率よく運行が可能な交通手段である。一方、需要量が大きくなると、その分、迂回距離や必要車両数が増大し運行費用が増加する。しかし、予約システムの導入や、出発地・車両定員設定の工夫によって、対応可能な需要量が増加することで費用を抑えられる可能性もある。また、高野・森本（2012）において、「DRT 利用者は、導入後にその情報が住民間で広まることで増加する」と指摘されているように、DRT 利用者は、導入時は利用方法がわからない等の理由で少ないが、しばらくして情報が周知されてくると増加する傾向にある。

以上より、前節で設定した各シナリオの運行費用が需要量の増加に応じてどのような変化をするのか考慮しなければ、当初に予測した需要量では最適であっても、その後、需要量が増加してしまい、運行費用が想定以上に増加する可能性がある。そこで本研究では、需要量の増加に伴うシナリオごとの費用の変化を把握する。

各シナリオにおける発生需要量が 13 人/日、26 人/日、52 人/日、78 人/日となった時の総運行費用を図-6 に示す。発生需要量に応じた費用の変化をみると、発生需要量

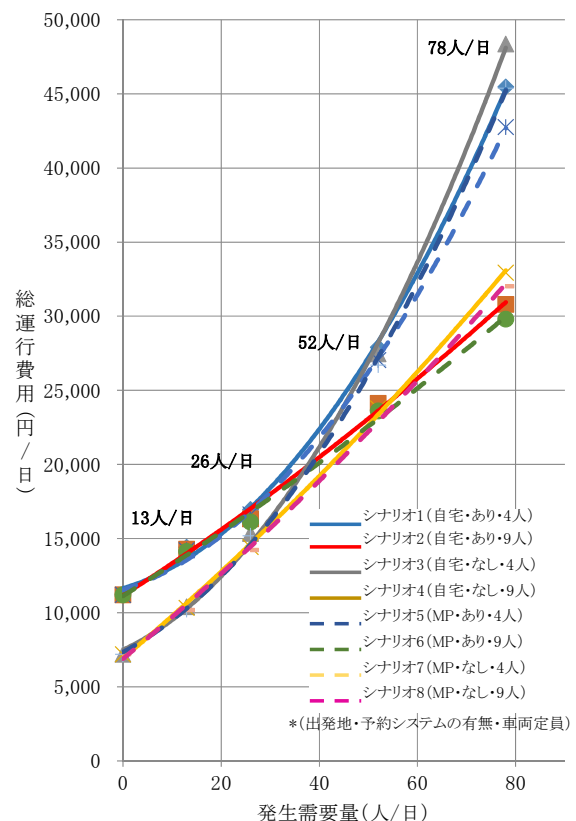


図-6 発生需要量に伴うシナリオ別の総運行費用変化

が約 30 人/日以下の場合は、出発地、車両定員に関わらず、予約システムなしのシナリオが費用最小となり、約 30~50 人/日の場合は、出発地に関わらず、予約システムなし・車両定員 9 人のサービス方式を用いるのが費用最小となることが分かる。また、約 50 人/日を超える需要の場合は、予約システムあり・車両定員 9 人・出発地 MP 型が費用最小となることが分かる。

次に、発生需要量の変化に伴う走行費用と平均オペレータ数、必要車両数の変化を図-7 と図-8 に示す。

走行費用は、発生需要量が少ない場合、出発地や車両定員による違いはほとんど見られないが、発生需要量が増加するにつれて特に車両定員が 4 人の場合は急激に増加する。発生需要量が 78 人/日の場合、車両定員 4 人の走行費用は、車両定員が 9 人の場合と比べると、1 日当たり約 15,000 円高くなっている。これは、定員 4 人の場合、需要量が大きくなると往復運行の回数が増えるからである。一方、出発地と走行費用の関係は、発生需要量 52 人/日まではほとんど差が無いが、78 人/日になると僅かに差が生じている。

必要車両数は、発生需要量が 78 人/日の定員 4 人の場合を除き、1 台で運行が可能であることが示された。これは、豊山町が比較的狭いエリアであり、分散した需要が発生したとしても迂回にかかる時間が少ないことが影響していると考えられる。

オペレータ数は、ピーク時の発生需要量の大きさに左

右される。そのため、発生需要量が 13 人/日では、予約システムの有無に関わらず 1 人で対応が可能である。しかし、発生需要量が 26 人/日では、予約システムがある場合はオペレータ 1 人で対応可能であるが、予約システムが無い場合は、1 時間当たりの発生需要に対しオペレータ 1 人では対応しきれない状況が発生する可能性が生じ、さらに発生需要量が増えると必要オペレータ数は予約システムの有無によって差が開いてくる。

以上より、DRT の運用に要する各シナリオの総運行費用は、発生需要量が 13 人/日程度までは、予約システムの運用に要するシステムランニング費に左右されることが示された。また、発生需要量 26 人/日程度の需要量であれば、予約システムの有無によって、必要オペレータ数に差が生じるため、その分の人件費が総運行費用に影響することが示された。さらに、発生需要量が 52 人/日程度では、車両定員の違いと予約システムの有無によって走行費用とオペレータ人件費に差が生じ、発生需要量が 78 人/日程度では、それらに加えて、自宅前を出発地とするかどうかで走行距離が変化してくることにより総運行費用の大きさが開いてくることが示された。

6. おわりに

本研究では、名古屋市近郊の豊山町を対象に、DRT の導入を想定して配車シミュレーションを行い、供給側から運行費用評価を行い、設定した各シナリオのうち、豊山町に適するシナリオを検討した。その結果、最も費用負担が少ないシナリオは予約システムなしのシナリオであり、豊山町のような狭小な地域の場合は、車両定員を大きくしてもそれほど迂回距離が長くなるわけではないので、車両サイズは 9 人でも 4 人でもほとんど費用が変わらないことが分かった。

豊山町のようにエリアが狭小の場合には、今回設定したオンデマンド方式（出発地・予約システムの有無・車両定員）のうち、運行費用には予約システムの有無と車両定員が大きく影響した一方、出発地は影響が小さくなった。これは、今回設定した MP の配置間隔が密であり、自宅前との間に差が生じなかったことが影響していると考えられる。

今回のシミュレーションで得られた最適なオンデマンド方式に関する結論は、あくまで対象地域における結論であり、そのまま類似の他地域に一般化できるものではないが、構築した手法そのものには汎用性がある。今後は、今回構築した手法を用い、複数の地域におけるケーススタディを通して、需要規模や地域特性ごとに適するオンデマンド方式の傾向を把握する必要がある。

また、手法そのものの精緻化に関しては、サービスレベルの違いによって生じる発生需要量の違いを詳細に検

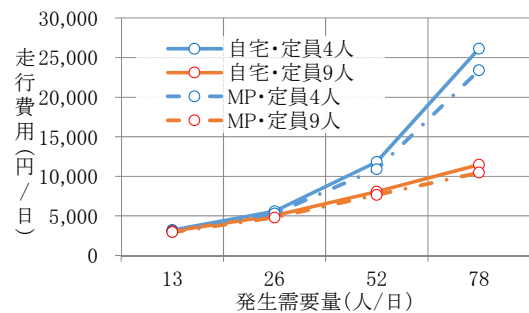


図-7 発生需要量に伴うシナリオ別の走行費用変化

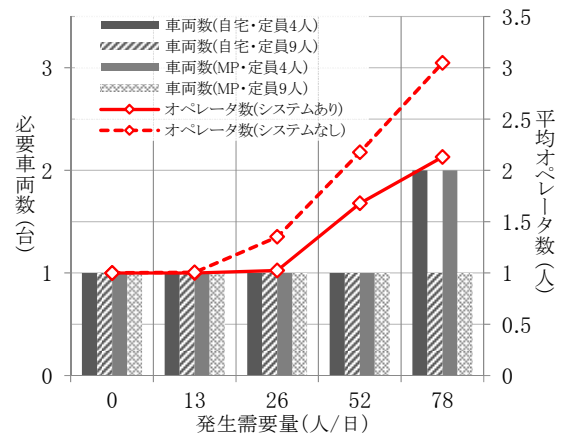


図-8 発生需要量別の必要車両数とオペレータ数

討する必要がある。さらに、複数目的地の場合や、ドアツードア型の場合の検討を併せて行う必要がある。

謝辞：本研究は、トヨタ自動車株式会社との共同研究「都市部における乗合型Demand Responsive Transportの適用可能性に関する研究」の一環として実施した。調査実施にあたってご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 竹内龍介, 中村文彦, 矢部努 (2005) : 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, 土木計画学研究・論文集, Vol.22, No.4, pp.885-893.
- 2) 吉田樹, 秋山哲男, 金載昊 (2006) : 人口高密度地区における DRT システムとその適用可能性, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.2, pp.551-558.
- 3) 福本雅之, 西山陽介, 加藤博和, 孫卓 (2009) : 公共交通需要希薄地域における少量乗合運送サービス導入方法に関するシミュレーション分析, 土木学会論文集 D, Vol.65, No.4, pp.480-492.
- 4) 倉内文孝, 米山真未, 高木朗義, 原尾彰 (2009) : デマンド応答型交通システムの特性に関するシミュレーション分析, 土木計画学研究・講演集, Vol.40
- 5) 長谷川大輔, 鈴木勉 (2011) : 都市規模・密度に着目したデマンド型交通成立条件に関する理論的考察, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.817-822.

- 6) 林光伸, 湯沢昭 (2006) : デマンドバス導入のための需要予測と運行形態の評価に関する一考察, 都市計画論文集, No.41-3.
- 7) 高野穂泉, 森本章倫 (2012) : デマンド交通における利用者数の実測と予測の乖離に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5
- 8) 山田稔, 塩濱慶之 (2013) : 地域内の需要分布特性と DRT 運行方式が輸送効率に及ぼす影響, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.5, pp.I_735-I_743.
- 9) 国土交通省自動車局 (2014) : 自動車運送事業経営指標 2013 年版. (2015. 7. 31 受付)
- 10) 国土交通省総合政策局 (2009) : 地域公共交通に関する新技術・システムの導入促進に関する調査業務, <http://www.mlit.go.jp/common/000050027.pdf>
- 11) 土木計画学研究委員会 (2006) : バスサービス・ハンドブック.
- 12) Jiang, C. (2010): A Reliable Solver of Euclidean Traveling Salesman Problems With Microsoft Excel Add-in Tools for Small-size Systems, Journal of Software, Vol.5, No.7, pp.761-768.

A COST EVALUATION OF DEMAND RESPONSIVE TRANSPORT (DRT) IN DIFFERENCE SYSTEM OF OPERATION

Tatsuro YANAGAWA, Akiko SUGIURA, Hirokazu KATO, and Hiroyoshi MORITA

This study aims to the establishment of an evaluation method which enables to adopt the most suitable DRT system from various DRT systems for public transport inconvenient districts in the urban area. As the result of having applied it to Toyoyama town in the suburbs of Nagoya city, the cost is largely affected by the difference of reservation system and seating capacity of a car. It also indicates that the determinant of the most suitable DRT system changes from the reservation system into the seating capacity of a car as the quantity demanded grows.