

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可能性のシミュレーションによる検討*

An Analysis on Possibility of Introducing Small Capacity Public Transport Systems as an Alternative Mode of Route Bus Services in an Area with Sparse Public Transport Demand*

西山陽介**・福本雅之***・加藤博和****・孫卓*****

By Yosuke NISHIYAMA**・Masayuki FUKUMOTO***・Hirokazu KATO****・Zhuo Sun*****

1. はじめに

地域公共交通の利用者はモータリゼーションの進展により年々減少している。特に地方部では人々の移動はマイカーに大きく依存しており、過疎化の進展もあって、地域公共交通を営利事業として成立させることが困難であり、また公的補助にも限界がある。一方、高齢社会の到来により、高齢者の移動手段確保のために地域公共交通が果たす役割は増大するであろう。このため、財政負担を抑えつつ、地域の実情に合った、利便性が高く効率的な地域公共交通の供給方法の開発が必要である。その試みとして近年、路線バスに代えて、乗合タクシーのように小型車両を用いた「少量乗合運送サービス」によって地域公共交通を確保する事例が増えつつある。

本研究では、公共交通の需要が希薄な地域における少量乗合運送サービスの導入可能性について検討するためのシミュレーション手法を構築することを目的とする。そのために、実際の地域を対象として、少量乗合運送サービス導入による利用意向の変化に関するアンケート調査を実施する。その結果を踏まえて導入に伴う運行経費の変化や、DRT (Demand Responsive Transport) の形態を採用した際に必要となる車両台数・対応可能な利用者数などについて、シミュレーションを用いて検討する。

2. 少量乗合運送サービスに関する既往研究

少量乗合運送サービスの特徴は、既報¹⁾において整理している。少量乗合運送サービスに関する既往研究は、DRT を対象とするものがほとんどである。竹内ら²⁾は、DRT の運行経費分析を実施し、既存バス廃止後の代替公共交通システムを費用の面から評価している。上島ら³⁾は、予約デマンドに対する車両割り当てアルゴリズム

* キーワード：公共交通計画、公共交通運用

** 非会員、修(工)、(株)新日鉄都市開発

(東京都中央区日本橋1丁目13番1号 日鐵日本橋ビル、

TEL 03-3276-8095、E-mail Yosuke.Nishiyama@nscp-net.com)

*** 学生員、修(工)、名古屋大学大学院 環境学研究所

(名古屋市中種区不老町、TEL 052-789-3828、

E-mail fukumoto@nagoya-u.jp)

**** 正員、博(工)、名古屋大学大学院准教授 環境学研究所

***** 非会員、修(工)、名古屋大学大学院 環境学研究所

を用いて、所与の需要に対する DRT サービスレベルを検討している。吉田ら⁴⁾は、人口高密度地区への DRT 導入事例について利用者特性を分析し、導入特性をシミュレーションと実験運行データから検討している。野田ら⁵⁾は、シミュレーションによってデマンドバスと従来の路線バスとの利便性と採算性の比較を行っている。これらは、仮想の地域における DRT 運行シミュレーションによって DRT の特性などを把握するものである。実際の地域を対象として、路線バスの代替交通機関としての少量乗合運送サービス導入可能性を検討している研究は見あたらない。

本研究では、実際の地域を対象として、既存路線バスに代えて少量乗合運送サービスを導入することが可能かどうかを明らかにするためのシミュレーション手法を開発する。その際、現在の路線バスの利用状況や、地域住民の利用意向を考慮することに重点を置く。

既報¹⁾で指摘した通り、路線バスの代替交通機関としての小型車両導入可否を判断する重要なポイントは、路線毎の利用特性や需要発生のピークを把握することである。本研究では、これらを考慮したシミュレーションモデルを構築する。

3. 対象地域の概要とシミュレーションの諸設定

(1) 対象地域・路線の概要

愛知県田原市西部(旧渥美町)を分析対象地域とする。大規模農業が展開されており、人口がまばらなため、住民の移動のほとんどがクルマに依存しており、公共交通利用は非常に少ない。対象地域の基本指標・公共交通網を図-1および表-1に示す。対象地域内には路線バス2路線、コミュニティバス1路線、福祉バスが存在しているが、今回はこの中でも地域の基幹路線であり、国庫補助路線にも指定されている豊鉄バス伊良湖本線を対象とする。

伊良湖本線の利用者数は、田原駅前(中心部：C)～保美(周辺集積地区：S)間が1便あたり14.0人であるのに対し、保美(S)～伊良湖岬(縁辺部：E)間は1便あたり1.8人と極端に少ない。そこで、少量乗合運送サービスへの切り替え区域として、S～E間とその周辺地区を

設定する。また、少量乗合運送サービスの導入に併せて、エリア型デマンド運行を実施した場合の影響についても検討する。

(2) 需要発生モデルと利用意向調査

需要発生については、従来の路線バスに代えて少量乗合運送サービスを導入することによる利用状況変化のモデルを既報⁹⁾で構築しており、これをバス路線・人口などのデータを用いて拡張したものを用いる。

モデルを実際に適用するためには、導入後のサービスの変化が、利用意向に及ぼす影響を把握することが必要である。そこで、公共交通利用者と公共交通非利用者を対象に、表-2に示すアンケート調査を行っている。

得られた回答から、LOS（運賃・運行本数・DRT導入）の変化による利用意向の変化を、現状の1人あたり利用回数に対する比率として算出する。このうち、コミュニティバス利用者の利用意向の変化を図-2に示す。利用意向は運賃の変化による影響を大きく受ける一方、運行本数増にあまり影響を受けないことが分かる。また、DRTの導入による予約抵抗パラメータ d は、自宅前乗車による利便性向上により相殺されることが分かる。

さらに、対象地区内を現在運行しているコミュニティバスについて、利用者の沿線人口に対する割合を求め、それを用いて、中心部への移動需要を表すパラメータ α および集積地区と中心部との移動需要比 λ を算出する。乗継抵抗・予約抵抗も併せた各パラメータの推計値を表-3に示す。

(3) シミュレーションのシナリオとフロー

シミュレーションのフローチャートを図-3に示す。以下、各項目について説明する。

a) 導入シナリオの設定

本研究では表-4に示す3つのシナリオを検討する。対象地域内において公共交通需要が見込まれるODのほとんどは各地区～S付近であることと、Cへ行く利用人も、シナリオ1・2ではSで乗継となり、シナリオ3の場合はS～C間は既存路線と同経路を走行すると仮定していることから、シミュレーションにおいて起終点は

Sと設定する。

b) 需要発生

DRT導入の場合、バス停勢圏人口から前節で推計したパラメータを用いて、エリア内のメッシュから人口が

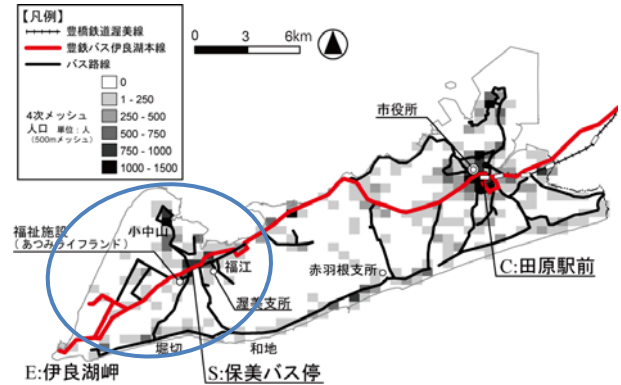


図-1 田原市の人口分布と公共交通網(円内が対象地区)

表-1 愛知県田原市西部(旧渥美町)の基本指標

人口	21,378人(市全体:66,743人)
面積	82.18km ² (市全体:188.58km ²)
高齢化率	24.9%(市全体:19.9%)

表-2 アンケート調査概要

対象	バス利用者 (高校生除く)	公共交通非利用者
路線 場所	豊鉄バス伊良湖本線 コミュニティバス 福社施設送迎バス	あつみライフランド (福祉施設) あつみショッピングプレイ (買物施設)
実施日	2008年1月21日～23日(3日間)	
方法	対話式アンケート	
内容	各LOSの設定およびDRTに対する利用意向 運賃・運行本数・乗り継ぎ・バス停近さ・ 電話予約・現在の利用状況 バス利用者には現在の利用状況	
サンプル 数	43	40

表-3 各種パラメータの推計結果

中心部への移動 需要を表す パラメータ α	集積地区と 中心部との 移動需要比 λ	乗継抵抗 r	予約抵抗 d
0.0013	1.78	0.9	0.8

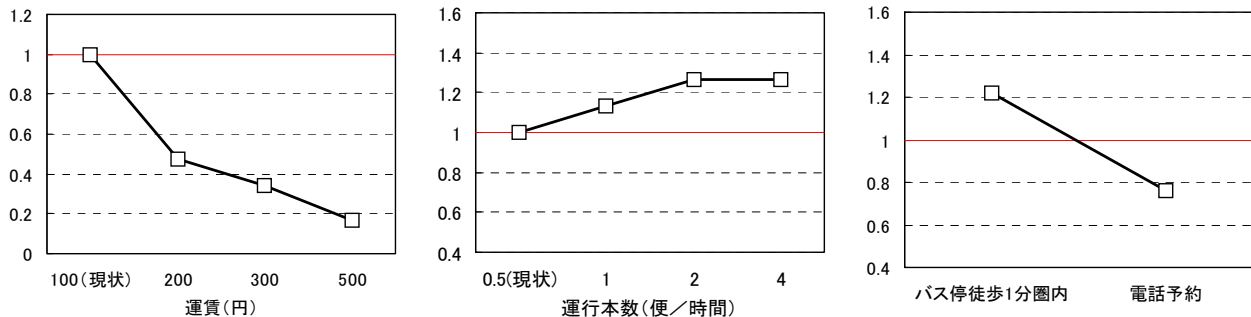


図-2 LOSの変化によるコミュニティバス利用者の利用意向(頻度)の変化

多いほど頻度が高くなるように需要を発生させる。これをデマンド数と呼ぶ。デマンド数は、同地点で複数名が乗降しないとした場合に車両が立ち寄りなければならないポイントの数を表す。実際には乗車客と降車客が存在するため、デマンド数の約半分が利用者数と考えられる。

1日あたり総デマンド数を、既存路線バスの時間帯別利用者数に従って各時間帯に配分することで、各サービス利用者の需要発生時間変動を表現している。なお、DRT 利用には予約が必要であることから、毎日利用する通勤・通学客は対象外としている。

定時定路線であるシナリオ 1 の場合、ダイヤが固定されるため、運賃による利用者数の変化は配車に影響を及ぼさないが、DRT であるシナリオ 2・3 の場合、運賃による利用意向の変化が配車に大きな影響を与えるため、E～S 間が 100 円と 200 円の場合（S～C 間は現状と同じ）を考え、それぞれの場合に期待されるデマンド数を算出する。シナリオ 2 の結果を図-4 に、シナリオ 3 の結果を図-5 にそれぞれ示す。

c) 配車

定時定路線区間については、現在のダイヤに従うものとする。

DRT の配車方法は、発生需要に対してリアルタイムに配車するのではなく、1 時間に 1 運行することとする。車両はその時間帯のデマンド発生ポイントを経由して起点から終点まで最短経路を走行するものとする。その際、平均旅行速度（30km/h）と、1 運行あたりの最大所要時間（60 分）を制約条件として与える。この制約条件の下で車両 1 両がデマンド数を捌いて帰還する確率が 80%を下回る場合（デマンド数：4）の時間帯には、運行エリアを分割して増車を行うものとする。なお、デマンド発生、配車シミュレーションには MicroCity⁷を用いた。

d) 運行経費単価

シミュレーションから、車両の総運行距離が算出されることから、これにキロあたりの運行経費単価（バス車両：333.67 円⁸）、小型車両：200 円）を乗じることで総運行経費を算出する。なお、小型車両のキロ単価はバス車両の 6 割と仮定した設定である。

前述の通り、エリア内のデマンド発生ポイントはラ

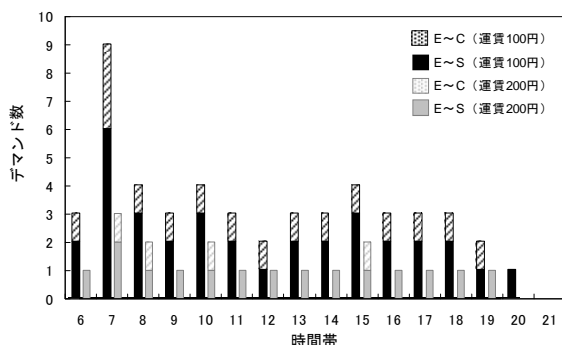


図-4 シナリオ 2 の期待デマンド数

ンダムに発生させることから、デマンド数毎に 500 回試行を行い、車両走行距離の平均値を算出して、運行経費単価を乗じることで運行経費を算出する。

4. シミュレーション結果とシナリオ間の比較

(1) 運行経費

前章(3) a)で述べた1)~3)の各シナリオについて、それぞれ30日分のシミュレーションを行い、運行経費を比較した結果を図-6に示す。

定時定路線運行のまま小型車両を導入することによる経費削減効果を確認するために、現状とシナリオ1の運行経費を比較すると、運行本数を現状と同じ1時間に1便とした場合、運行経費を約100万円抑制できることがわかる。また、運行本数を1時間に2便と倍増した場合には、現状より運行経費は約40万円増加するものの、その度合いを上回るサービスレベル向上が得られる。

次にDRT導入時の経費の変化を、シナリオ2・3から

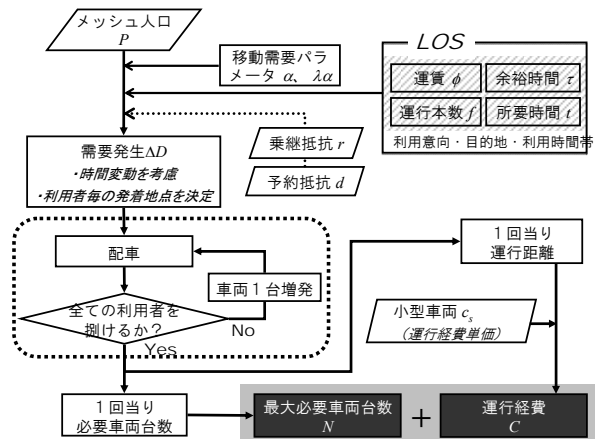


図-3 シミュレーションのフローチャート

表-4 各シナリオの設定

シナリオ	設定
シナリオ 1 (末端部小型車両化)	既存路線バスの S～E 間の車両を小型車両に置き換え。C～E 間の利用者は S で乗継
シナリオ 2 (末端部 DRT 化)	S～E 間にエリアカバー型の DRT を導入し、C～S 間の路線バスと結節。C～E 間の利用者は S で乗継
シナリオ 3 (直通 DRT 化)	S～E 間にエリアカバー型の DRT を導入し、それを C まで直通運行 (C～S 間は路線バスも運行)

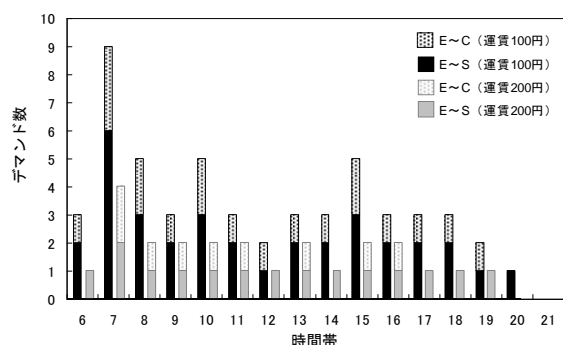


図-5 シナリオ 3 の期待デマンド数

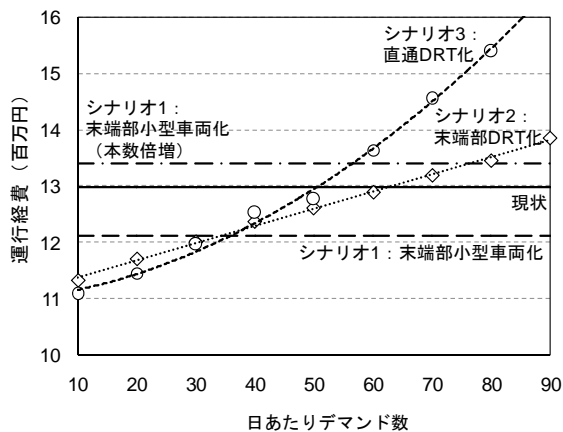


図-6 現状と各シナリオの運行経費の比較

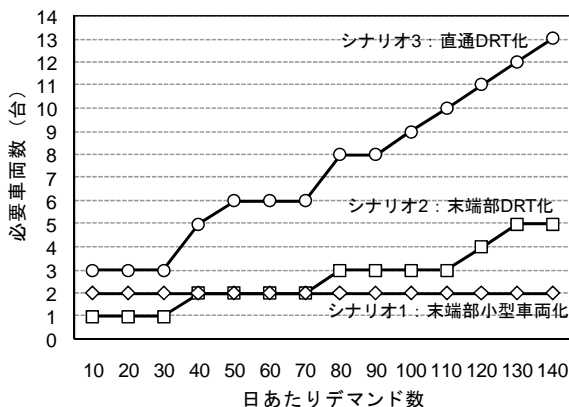


図-7 デマンド数と小型車両の必要車両数の関係

比較する。シナリオ2（末端部DRT化）の場合、各運賃時に想定されるデマンド数（E～S間100円時：50、E～S間200円時：20）であれば運行経費を現状より削減でき、対象地域におけるデマンド数が60程度までであれば現状の運行経費の範囲内で運行可能である。

シナリオ3（直通DRT化）の場合、現状より運行経費を削減可能なデマンド数は50程度までであり、運賃がE～S間100円（デマンド数53）の場合、経費面で不利となる。運賃がE～S間200円（デマンド数23）の場合、経費面で有利となるが、シナリオ3では、デマンド数の変化が運行経費に及ぼす影響が大きいことから、利用者数が増加した場合、大幅な経費増となる可能性もある。

(2) 必要車両数

前節の運行経費は、キロ単価を用いて算出しているが、実際には車両数の増加に伴って、車両償却費や新たな運転手の雇用などにより、キロ単価に含まれない追加的費用が必要となる。そこで、必要車両数を算出する。

現状やシナリオ1のような定時定路線運行の場合、ダイヤの組み方によって必要車両数が決まるが、DRTとなるシナリオ2・3の場合は、前章(5) d)のように設定しているため、デマンド数によって必要車両数が変わる。

図-7に日あたりデマンド数と必要小型車両数との関係

を示す（時間帯によるデマンド数の変動は考慮せず）。シナリオ3（直通DRT化）の場合、デマンド数の変化の影響が大きいことが見て取れる。一方、シナリオ2（末端部DRT化）の場合は、日あたりデマンド数が70程度までであれば、定時定路線であるシナリオ1と必要車両数は2両で変わらないほか、デマンド数が30程度までであれば、1両しか必要ない。

5. まとめ

本研究では実際の地域を対象に、現在の路線バスの利用状況や、地域住民の利用意向を考慮して、既存路線バスに代えて少量乗合運送サービスの導入が可能かどうかを検討するためのシミュレーションを行った。

その結果、1)利用意向は運賃の影響を大きく受ける一方、運行本数や乗継の影響は比較的小さい、2)DRTの導入は、デマンド数によっては必要車両数が増加する可能性があるものの、一定のデマンド数（シナリオ2：60、シナリオ3：50）までであれば、運行経費の削減とサービスレベル向上が両立できる可能性がある、ことが明らかとなった。

今後は、本研究で構築したシミュレーション手法を一般化し、他の地域にも用いることができる汎用的なシステムとすることが可能かどうか検討を行う予定である。

【謝辞】

本研究の実施にあたっては、愛知県田原市・豊鉄バス株式会社にデータ提供やアンケート実施など多大なご協力をいただいた。ここに記して謝意を示す。

【参考文献】

- 1) 福本雅之・加藤博和：需要発生時間・空間的変動と少量乗合輸送サービスの導入可能性との関係分析，土木計画学研究・講演集 Vol.35，CD-ROM，2007。
- 2) 竹内龍介・大蔵泉・中村文彦：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，土木計画学研究・論文集，No.20，No.3，pp.637-645，2003。
- 3) 上島清孝・倉内文孝・飯田恭敬：車両割り当てアルゴリズムを用いた DRT サービスに関する考察，第3回 ITS シンポジウム論文集，pp.29-34，2004。
- 4) 吉田樹・秋山哲男・金載昊：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，No.23，No.2，pp.551-558，2006。
- 5) 野田五十樹・篠田孝祐・太田正幸・中島秀之：シミュレーションによるデマンドバス利便性の評価，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.1，pp.242-252，2008。
- 6) 加藤博和・福本雅之：地方部における幹線路線バス再生方策検討に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集 Vol.36，CD-ROM，2007。
- 7) MicroCity: A Spatial Analysis and Simulation Framework <http://microcity.sourceforge.net/>
- 8) 国土交通省 2007 年 10 月 25 日記者発表「平成 18 年度乗合バス事業の収支状況について」より、「ブロック別実車走行キロあたりの原価」の東海ブロック・民営の運送原価