

高利便性乗合タクシーの成立可能性分析と サービス変数最適化手法の提案

藤垣洋平¹・高見淳史²・大森宣暁³・原田昇⁴

¹正会員 株式会社 構造計画研究所 (〒164-0012 東京都中野区本町4-38-13)

E-mail: yohei-fujigaki@kke.co.jp

²正会員 東京大学大学院助教 工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: takami@ut.t.u-tokyo.ac.jp

³正会員 東京大学大学院准教授 工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: nobuaki@ut.t.u-tokyo.ac.jp

⁴正会員 東京大学大学院教授 工学系研究科都市工学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail: nhara@ut.t.u-tokyo.ac.jp

本研究では、主に都市圏郊外の住宅団地を対象として、移動の自由度が下がることを懸念して運転を継続している高齢者などの消極的運転者が、移動時刻の自由度をあまり下げずに自家用車から移行できるようなサービスを目指して、高利便性の乗合タクシーサービスを提案する。その上で、岐阜県多治見市で行った利用意向調査と、マルチエージェントシミュレーションプラットフォーム`artisoc`を用いて構築した運行シミュレーションを元に、複数の料金・待ち時間設定での採算性の検証を行う。また料金・台数設定の最適化手法として、先行研究で考慮されていない利用者増減と待ち時間増減の相互作用を組み込んだ均衡分析と、サービス変数の最適化手法を提案し、多治見市での調査データを元に計算例を示す。

Key Words : Taxi, DRT, Transit, Simulation, MAS, Optimization

1. 研究の背景と目的

(1) 研究の背景

日本では人口減少やモータリゼーションを背景として地方部や郊外部を中心に路線バスの衰退が進んでいる地域が少なくない。一方で、多くの地域で高齢化が進んでおり、高齢運転者の自動車事故や、運転ができない高齢者の移動手段の確保が各地で課題となっている。運転能力が衰えた高齢者に対して、自主的に免許を返納するように促す取り組みが各地で行われているが、公共交通の利便性が低い地域では、自動車運転を辞めると移動の自由度が下がることを恐れて無理に運転を続ける高齢者も存在する。橋本¹⁾らは、「公共交通が充実している」と感じる高齢者ほど、自主的に免許を返納し、また返納後の生活にも満足している傾向があることを示している。また同時に、「1時間に2本以上のバスの運行があるか否か」が、「公共交通が充実している」と感じるか否かに大きな影響を与えるという結果を得ている。一方で、全国の地方部や郊外部において、高齢者の移動手段確保のために導入されているコミュニティバスやデマンドタク

シーなどの公共交通は、数時間に1本、または1日数本といったような低い利便性のもも多く、そのような地域では高齢者が移動の自由度の低下を恐れ、無理に運転を続けてしまうことが懸念される。

(2) 研究の目的と構成

本研究では、移動の自由度が大きく下がることを恐れて消極的に運転を続けている高齢者などでも、自家用車の購入と維持のために多額の費用を費やしているという点に着目した。自家用車に費やしている多額の費用を充てれば、全ての移動をタクシーに置き換えた場合の費用を賄えるような人が相当程度存在する可能性を、筆者らは既に示しており²⁾、そこでさらに移動時刻・方向が近い利用者同士で乗り合いできれば、一般のタクシーのように電話をすれば10~20分程度の待ち時間で到着し、ドアtoドアに近い形で輸送できる公共交通が提供できるのではないかと考えた。このような乗合タクシーが存在すれば、運転に不安を感じた人が、そのままの出費で移動の自由度をあまり下げずに運転を辞めることができる。本研究では、このような高利便性乗合タクシーの採算性

を検証するとともに、料金や投入台数設定手法を提案し、多治見市での調査を元に計算例を示すことを目的とする。

まず2章において先行研究と比較しながら本研究の特徴について述べたうえで、3章で岐阜県多治見市の住宅団地を対象にした乗合タクシーサービス計画の採算性評価を行う。続いて4章で待ち時間増減と利用者数増減の均衡分析手法を提案して多治見市での計算例を示し、5章では均衡分析を用いたサービス変数最適化手法について述べるとともに多治見市の場合の最適値の計算を行う。

2. 先行研究の整理と本研究の特徴

(1) 検討対象とするサービスの特徴

デマンドバスや乗合タクシーといった、需要に合わせて柔軟に運行ルートや時刻を変える公共交通の需要予測と採算性評価については、森山ら³⁾が中山間地域を対象としたサービスの需要予測モデルを構築しており、高野ら⁴⁾は森山らのモデルを用いた予測を行うとともに、実際に運行が始まった後の実績値との比較を行っている。地方部や中山間地域を対象とした、数時間に1本のサービスを検討するためのモデルやその適用事例は存在するが、大都市圏郊外を想定した高利便性の乗合タクシーの需要予測モデルは限られている。高利便性乗合タクシーサービスを対象にするという点が本研究の特徴である。

(2) 運行シミュレーションの特徴

柔軟な公共交通の運行シミュレーションとしては、坪内ら⁵⁾が自身の開発した配車アルゴリズムに対応したシミュレーターを開発している。需要量、投入台数と予約の成立率の関係を評価できるが、目的はあくまで台数の検討が中心であり、運行の様子を分かりやすく表現するという点には改善の余地が大きいと考えられる。本研究で提案するシミュレーションは、運行の様子を可視化でき、また閲覧者が変数を調整できる機能があり、様々な関係主体が使用可能であるという点が特徴である。

(3) 均衡概念と最適化技術の特徴

均衡概念と最適化技術に関しては、需要予測モデルと、供給側のシミュレーションを組み合わせ分析を行う点が特徴である。森山ら、高野らの需要予測モデルを用いた分析では、利用者数が比較的少ない条件を扱っているため、利用者数の増加が待ち時間の増加に繋がるという供給側の特性を考慮していない。一方で坪内らのような運行シミュレーションでは、所与の需要に対する台数ごとの配車システムのパフォーマンスを計算しているが、待ち時間が少なくなれば利用したいと思う人が増えるというような、需要予測モデル側の特徴を組み合わせた分

析は行われていない。本研究では、需要予測モデルと供給側のシミュレーションを組み合わせる手法を提案しているという点が特徴である。

3. 高利便性乗合タクシーの採算性検証

3章では、岐阜県多治見市の住宅団地を対象にした、乗合タクシーサービス計画の採算性評価を行う。利用意向調査を元に需要を推計するとともに、シミュレーションを用いて必要台数を求め、複数のサービス案で収支額の推計を行った。

(1) 利用意向調査

a) 対象地と想定するサービスの概要

対象地域は、岐阜県多治見市の中心市街地の南側に位置する、「市之倉ハイランド」という丘陵部の住宅団地である。市之倉ハイランドから多治見駅や中心市街地までの所要時間は、自動車で約15分程度である。中心市街地と市之倉ハイランドの間には大型商業施設（パロー多治見南店など）も立地している。近年は高齢化が進み、60代前後の人口が男女とも多くなっている。この市之倉ハイランドの居住者を対象に、仮想の高利便性乗合タクシーサービスを想定して利用意向調査を行った。想定するサービスは、図1に示す施設及びエリアと、ハイランドを結ぶ運行を行うものとしている。対象施設と、対象エリア内に設置されたミーティングスポットから乗降できるものとして調査と分析を行っている。また、今回の分析で扱うサービスは、全て1週間単位での定額制乗り放題サービスとする。

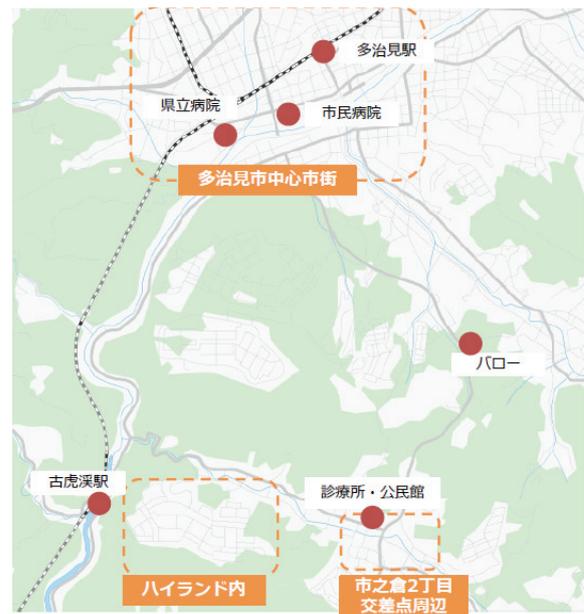


図1 想定する乗合タクシーのサービス対象地域
(背景地図：OpenStreetMap® © OpenStreetMapへの協力者)

b) 調査の概要

乗合タクシーの利用意向と、調査票記入日までの1週間の、自宅を発着地とする対象地域内の移動について何う調査を行った。利用意向に関しては、表1に示すサービス変数が異なる5種類のサービスに案ついて、それぞれ利用意向を聞いている。

1世帯当たり2名分の調査票を入れた封筒を投函し、郵送で回収した。主な利用者層と考えられる高齢の方の回答を得るため、3人以上の世帯ではできるだけご年配の方に回答していただくようお願いした。配布期間は2013年10月28日～31日で、回答していただける場合は11月10日までに投函していただくようお願いした。配布部数は1,080部で、ほぼ全戸へ配布を行った。回収部数は、161世帯245人であった。

表1 提示したサービス案の待ち時間・料金設定

	案1	案2	案3	案4	案5
待ち時間	10分		20分		30分
料金	5000円	10000円	2500円	5000円	2500円

c) 結果の概要

続いて、調査結果の概要を示す。まず、各サービスへの利用意向を示した人の割合を図2に示す。最も多くの方が利用したいと回答した案3では、全体の25%以上の回答者が利用したいと回答している。また、乗合タクシーサービスがあった場合に、自動車を手放したいか、という質問に対しては、同じく最も割合が高かった案3において1割程度の方が手放したいと回答した。このことから、乗合タクシーサービスが存在すれば、無理に運転を続けることを止めて乗合タクシーサービスに移行したいと考える消極的な運転者が、まとまった量存在するという可能性が示唆される。

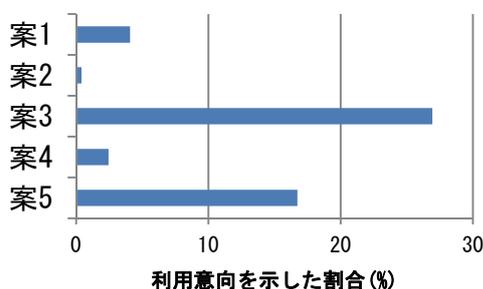


図2 各サービス案に利用意向を示した人の割合

(3) 需要モデルの推定

対象とする乗合タクシーの定額制サービスに加入するか否かを選択する2項ロジットモデルを構築する。説明変数としては待ち時間と料金の2つを用いている。なお、

「高齢者ダミー」および「運転への不安ダミー」を変数として含んだモデルも推計したが、それらの変数は有意にならなかったため用いていない。また、全てのサービスに利用意向を示さなかった回答者が全体の57%を占めているため、それらの「全てのサービスに利用意向を示さなかった回答者」を「固定層」とし、「1つ以上のサービスに利用意向を示した回答者」を「選択層」として選別し、選択層を対象にモデルを構築した。モデル推定に用いた選択層は105人であり、各回答者が先述の通り5つのサービスについて回答しているため、525回分の選択結果を用いてモデルを推定している。効用関数は、加入する場合の効用を U_{use} 、加入しない場合を U_{notuse} 、平均待ち時間を t (分)、料金を f (円)としたときに、下式のようなものとしてモデルを推定している。モデルの推定結果を、表2に示す。全てのパラメータが1%有意となっている。また、自由度調整済み尤度比は0.43となり、十分に説明力があるモデルであると言える。

$$U_{use} = b_t t + b_f f + \varepsilon_1$$

$$U_{notuse} = b_c + \varepsilon_2$$

表2 加入選択モデルのパラメータ推定結果

変数名	パラメータ	t値
待ち時間(分)	$-7.62 \times 10^{-2**}$	-3.11
料金(円)	$-1.25 \times 10^{-3**}$	-7.95
定数項	$-5.04**$	-5.22

** : 1%有意

(4) シミュレーションの構築

続いて、乗合タクシーの運行シミュレーションについて述べる。マルチエージェントシミュレーションプラットフォームartisoを用いて、乗合タクシーの運行シミュレーションを構築した。ここではシミュレーターを、実際には運行されていないサービスで、利用者の時空間的分布と待ち時間の関係を推計する目的で使用している。

運行方法については、図1にあるように対象地区と施設とを結ぶ形で円形に近い幹線道路網があるという特徴を踏まえ、環状運行を基本とした運行ルールとした。環状道路網を右回り、左回りに運行する車両を同じ台数だけ運行し、各地区内や施設に乗降者がある場合のみ、幹線道路から外れて施設又は地区へ立ち寄るものとしている。また、中心市街地内、ハイランド内の巡回路については巡回セールスマン問題(TSP)の近似解法を適用し、乗降客がいる地点間を結んでいる。なお以降の分析においては、台数の表記は1方向あたり台数で表示する。

利用者と車両の対応関係については、右回りか左回りのうち利用者の目的地に近い方の周回方向の車両で、利用者発生後に最も早く来た車両に、定員を超えない範囲で利用者が割りつけられ、満員の場合は次の便以降に割

り付けられる。なお、車両はワゴン車タイプのジャンボタクシーを想定し、定員は8名と仮定している。

シミュレーターでは、時間の経過とともに地図上に車両のアイコンが動く様子を逐一表示することができる。時計も表示しており、需要は時間帯ごとに異なる発生率にすることができる。また、その時点までに乗車した利用者が経験した平均待ち時間を、時系列グラフで表示している。さらに、コントロールパネルを用いて、シミュレーションの開始・終了時間や、1方向あたり台数などを変化させることができる。シミュレーション画面の例を図3に示す。また、背景画像にはOpenStreetMap⁶⁾を使用している。

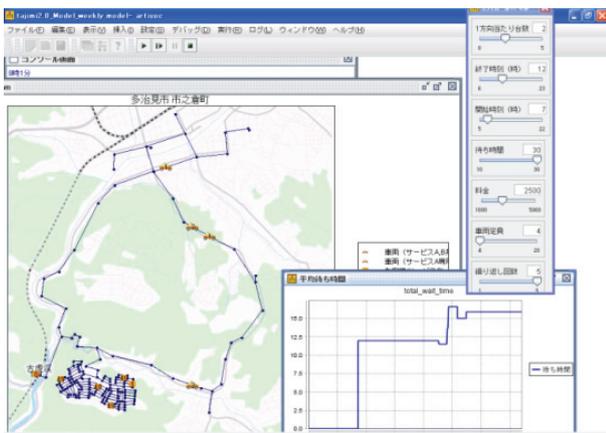


図3 シミュレーター画面の例

(5) サービス案の比較

複数のサービス案を対象にした、収支額の推計と比較を行う。対象とする案は、調査で直接利用意向を聞いている5案のうち、特に利用意向を示した割合が小さかった案2と案4を除いた3案である。

収入と経費の推計方法について述べる。収入は、利用意向調査で得られた性別年代別の「定額制への加入意向がある人の割合」を、市之倉ハイランド内の性別年代別推計人口に掛けて合計することで利用者数を推計し、そこから収入を推計した。また対象人口は、人口比での回答率が5%以上得られた40~80代とし、回答率および利用意向を示した割合が小さかった30代以下は含まないものとした。経費については、必要台数に1台当たり必要経費を乗じて算出した。1台当たり経費は、先行事例⁷⁾を参考に1月あたり50万円とした。

必要台数については、各サービス案で提示した待ち時間を守れるような台数をシミュレーションを用いて求めた。まず、収入の計算で対象とした40~80代を対象に、各サービス案で利用意向を示した回答者の地区内での移動を、性別年代別の拡大率で拡大したトリップ数が各施設・ゾーン間で発生すると仮定して、実際に運行をシミュレーションした。その上で、各必要台数の場合で実際

ほどの程度の平均待ち時間になるかを算出し、提示した平均待ち時間を超えない最低台数を求めた。シミュレーションでは需要の発生に乱数を用いており、結果が乱数依存であるため、平均待ち時間の測定を10回を行い、その平均値および信頼区間上限を確認している。また、シミュレーション対象時間は1日の中でも特に平均待ち時間が大きくなる7時~12時を対象として、その時間内での平均待ち時間を求めている。各案について、提示した待ち時間を超える前後の台数での、10回の平均待ち時間測定値の平均値、標準偏差、t分布を用いた95%信頼区間上限を表3に示す。平均値が提示時間を下回る場合は、信頼区間上限も提示時間の1割程度しか超えておらず、概ね提示した時間を守れる状態になっていると言える。

表3 サービス案と台数ごとの平均待ち時間測定結果

	案1(10分)		案3(20分)		案5(30分)	
台数	3台	4台	3台	4台	2台	3台
平均	12.0	9.8	25.7	19.5	51.8	29.7
標準偏差	1.1	1.2	3.1	3.6	6.4	5.5
信頼区間上限	12.8	10.6	28.0	22.0	56.4	33.7

以上のようにして求めた必要台数を用いて、各サービス案の収支額を推計した結果を表4に示す。今回対象とした3案の中では、案3が最も利益が大きくなり、また案5でも黒字になるという推計結果となった。

なお案3の場合での、7時~12時までの、住宅地から各施設・地区を周回して同じ地点に戻る1周当たりの乗車人数は平均4人程度であり、需要が住宅地を出発する方向に偏っていることも踏まえると、相乗り率は高いと言える。また、案3の場合の利用者1人、1週間あたりの乗合タクシー利用回数は平均73回であり、最も近い市之倉ハイランド~古虎溪駅間でもタクシーでは迎車料を含め1040円かかるため、その料金で全移動が可能であっても、個別にタクシーで移動した場合は週7600円程度かかることになる。対象地区では通常のタクシーでも電話での呼び出しから乗車まで15分程度かかる場合もあり、平均待ち時間20分の乗合タクシーはタクシーに比べても大きく利便性が劣るものではない。それでも、タクシーに比べ非常に安い料金設定で利益を出せる可能性があるのは、相乗りによる効率化の効果であると言える。

表4 サービス案比較結果(収入、支出、利益は月額)

	案1	案3	案5
待ち時間	10分	20分	30分
料金(週)	5,000円	2,500円	2,500円
必要台数	各方向4台	各方向4台	各方向3台
収入推計値	1,440千円	5,620千円	3,240千円
運行経費	4,000千円	4,000千円	3,000千円
利益推計値	-2,560千円	1,620千円	240千円

4. 乗合タクシーにおける均衡概念の提案

4章では、はじめに均衡概念と関係が深いサービス特性の分類について述べた上で、サービス計画に資する均衡概念の一般的な定式化と計算例を示していく。

(1) サービスの分類

需要に合わせて運行時刻と経路を柔軟に変える乗合タクシーを、本研究では待ち時間の保証の度合いの観点から、「条件保証型サービス」と「ベストエフォート型サービス」の2種類のサービスに分類して考える。「条件保証型サービス」は、事前に運行主体が平均的な待ち時間や運行時刻の目安を提示し、それを守れるように投入台数を調整するものと定義する。利用者は、運行主体から提示された待ち時間を参考にして、利用するか否かを判断する。一方で、「ベストエフォート型」のサービスは、運行する台数は一定で、利用者数によって待ち時間が大きく変動するものである。このサービスでは利用者はその時点での待ち時間を参考にして、利用するか否かを随時判断することになる。このようなベストエフォート型では、一般的に、利用者が多いほど待ち時間は長くなるため、利用者増大は利用者が減る方向に作用する可能性があり、同様に利用者の減少は待ち時間の減少を通して、利用者が増える方向に作用する可能性がある。このような利用者増減と待ち時間増減のネガティブフィードバック関係によって到達すると考えられる利用者数を、本研究では「均衡利用者数」と定義する。

なお、フィードバックの繰り返しにより均衡利用者数に到達するのは「ベストエフォート型」の場合だけであるが、「条件保証型」の場合であっても、供給側が均衡利用者数を達成できる料金を知っていれば、同じ均衡状態を達成することが理論的には可能である。「ベストエフォート型」のサービスが十分な時間の後に均衡状態に達するという現象は、あくまで合理的な利用者を仮定した際に起こると考えられる現象であり、実証的に示されているわけではない。しかし、たとえ「ベストエフォート型」のサービスで実際には均衡に到達しない場合があるとしても、5章で述べる利益最大化手法と合わせれば「条件保証型」サービスの設計時に用いることができるという点で、この分析の意義は失われたいと言える。

(2) 均衡利用者数の導出方法

続いて、均衡利用者数と均衡待ち時間の具体的な導出方法について述べる。均衡利用者数、均衡待ち時間を導出するために、まず対象地域の乗合タクシーサービスの需要関数とパフォーマンス関数を求める。需要関数は、平均待ち時間と料金等その他の変数で利用者数を説明する関数である。例えばロジットモデルなどを用いた利用

有無の選択モデルを需要関数として用いることができる。パフォーマンス関数は、利用者数で平均待ち時間を説明する関数である。台数や車両定員、運行方法ごとに異なる関数となる。実際に運行が始まっている地域であれば、実績値に基づいて算出することもできるが、運行開始前の計画段階では、シミュレーションなどを用いて推計する必要がある。需要関数とパフォーマンス関数は、料金など他の需要関数の変数と、パフォーマンス関数に影響する台数などを固定すれば、図4のように共に利用者数—平均待ち時間平面の関数として表現できる。両者の交点を、均衡待ち時間、均衡利用者数と定義する。

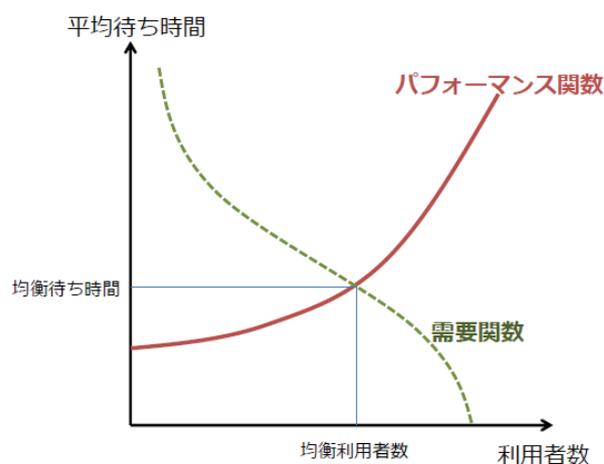


図4 需要関数・パフォーマンス関数の概念図

(3) 多治見市の調査データを用いた計算例

続いて、均衡利用者数を多治見市のデータを用いて具体的に計算した例を示していく。

まずはパフォーマンス関数の導出方法について述べる。ここではパフォーマンス関数を、定額制加入者数と平均待ち時間の関係を表す関数として、シミュレーションを用いて導出した。シミュレーションにインプットするのは加入者数ではなく各OD、時間帯ごとのトリップ数であるので、加入者数とトリップ数を対応付ける必要がある。ここでは、定額制サービス加入者数とトリップ数が比例するものと仮定して、加入者数とトリップ数を結び付けている。具体的には、3章で示した案3の場合のOD、時間帯別トリップ数を基準に、案3の0.1倍から輸送限度量まで、0.1倍刻みで変化させながらシミュレーションで待ち時間の測定を行った。トリップ数と加入者数が比例するという仮定から、トリップ数を k 倍した結果が、定額制加入者数を k 倍した結果と対応するものとした。結果の散布図から、最小二乗法を用いて指数関数近似した曲線を、パフォーマンス関数として用いている。4台の場合の例を図5に示す。

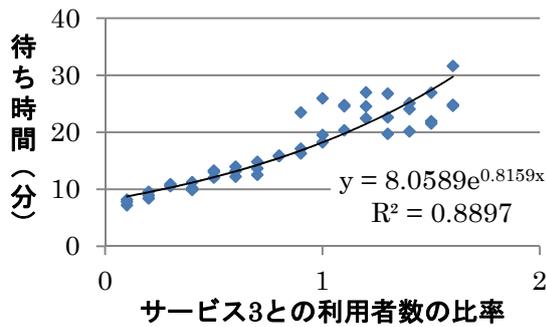


図5 パフォーマンス関数の例 (4台の場合)

需要関数は、3章(3)で推定した選択モデルを用いている。両者を組み合わせて、均衡利用者数、均衡待ち時間を導出する。図6に2500円、3台の場合の例を示す。

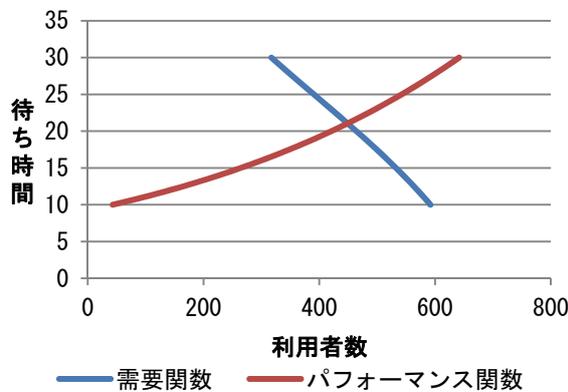


図6 均衡利用者数の導出例 (2500円、3台の場合)

需要関数が料金によって変化し、またパフォーマンス関数は台数によって変化するために、両関数の交点として求められる均衡利用者数は、台数ごと、料金ごとに別の値となる。台数ごとに、料金の関数として均衡利用者数を計算した結果を図7に示す。また、図8に均衡待ち時間を同様に計算した結果を示す。料金が高いほど、利用者が少なく、待ち時間も短いようなサービスとなる傾向がある。また同じ料金でも、台数が多いほど均衡利用者数は多く、待ち時間は短くなる傾向がある。

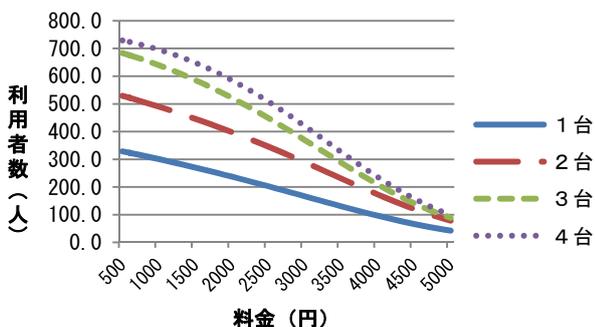


図7 台数・料金と均衡利用者数の関係

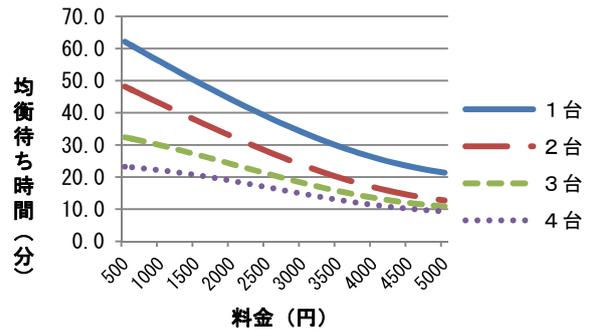


図8 台数・料金と均衡待ち時間の関係

5. 均衡概念を利用した料金と台数の最適化

(1) 利益最大化方法の一般的な定式化

均衡利用者数を用いた、利益が最大となる料金の導出方法について、まず一般的な定式化を行う。先述の通り、均衡利用者数は料金などの需要関数の変数と、台数などパフォーマンス変数に影響を与える変数ごとに求まる。需要関数の待ち時間以外の変数が料金だけであり、また運行方法と車両定員などが固定されているような場合には、均衡利用者数は料金と台数の関数として表現することができる。ここで、台数 n と料金 f の関数で表された均衡利用者数を $p(f, n)$ と置く。収入は利用者数と料金を掛けたものなので、 $p(f, n)$ に料金を掛けることで、均衡時の収入額 (R と置く) が次のように計算できる。

$$R = f * p(f, n)$$

この収入額から、1台あたり運行経費 (c と置く) に台数を乗じた値を引くことにより、利益 (U と置く) は次のように計算できる。

$$U = f * p(f, n) - nc$$

以上のような方法により利益 U が f, n の関数として表現できる。この関数を f, n について最大化すれば、利益を最大化することができる。

なお、「ベストエフォート型」の場合には以上のようにして求めた料金と台数設定により利益を最大化することができるが、「条件保証型」の場合にはさらに「提示する待ち時間」を設定する必要がある。利益を最大にする「提示する待ち時間」は、上記の手順で求めた料金と台数で達成される「均衡待ち時間」に等しくなると考えられる。なぜなら、料金と台数が固定された状態では、均衡待ち時間よりも長い待ち時間を提示すれば、均衡待ち時間を提示した場合よりも利用者が減り、また均衡待ち時間よりも短い待ち時間を提示しても、その待ち時間が達成できる限度量以上の利用者が集まってしまう、その台数では提示した時間を守れないためである。

(2) 多治見市のデータを用いた計算例

多治見市の調査データを用いて、利益が最大となるような料金設定を求めた。図7に示したような、台数ごとの料金の関数として表した均衡利用者数に、料金（1か月相当分）を掛けて均衡時の収入を求め、その上で車両1台当たりの運行経費を3章のサービス案比較の際と同様に1月50万円と仮定して、台数に応じて運行経費を引き、均衡時の利益の推計額を求めた。計算の結果を図8に示す。各方向で台数が3台、料金が2700円程度の場合に利益が最大となるという結果となった。また、その際の待ち時間は20分程度であり、利益を最大化した状態でも十分利便性の高いサービスになっていると言える。

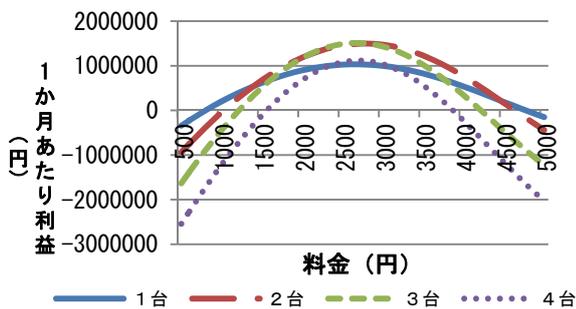


図8 料金と均衡時利益の関係

6. 結論と今後の課題

本研究では、岐阜県多治見市の住宅団地を対象にした調査を元に高利便性乗合タクシーの採算性を示すとともに、料金や投入台数設定手法を提案し、多治見市での調査データを元に計算例を示した。

3章では岐阜県多治見市の住宅団地を対象にした乗合タクシーサービス計画の採算性評価を、利用意向調査と運行シミュレーションを用いて行った。その結果、最も利益が大きくなる案と2番目の案で黒字となるような推計結果を得ることができ、本研究で提案しているような高利便性乗合タクシーでも、採算が取れる可能性があることを示した。続いて4章では待ち時間増減と利用者数増減の均衡分析手法を提案し多治見市での計算例を示した。5章では均衡分析を用いたサービス変数最適化手法について述べるとともに多治見市の場合の最適値を導出した。

今後の課題としては、需要モデルの精緻化、運行方法の高度化と運行経費計算の詳細化が挙げられる。まず需要モデルについては、本研究では単純な2項ロジットモデルを用いて料金と待ち時間を説明変数としているが、他のモデル構造の利用や、他の変数の利用によって予測精度が高まる可能性もある。また、トリップ数と加入者

数が比例すると本研究では仮定して計算したが、加入有無とトリップ数を同時に予測するようなモデルも考えられる。運行方法の高度化に関しては、シミュレーション内にプログラミングコードとして表現できるものであれば、どのような運行方法のシミュレーションでも行うことができる。そのため、複数の運行方法の比較や、時間帯別の切り替えなどを行うことも可能だと考えられる。運行経費の計算に関しては、本研究では1台当たり経費を用いているが、実際には運行時間帯や車両の種類、運転手の勤務時間や雇用形態など様々な要素によって経費は変化しうると考えられる。そのような運転手や車両運用の詳細と、運行経費の計算を一体的に行った分析も、今後取り組むべき課題の一つである。

謝辞：多治見市での調査にあたっては、株式会社コミュニティタクシーの岩村様大変お世話になりました。また、多治見市市之倉ハイランドにお住まいの方々には、貴重なお時間を頂き調査にご回答いただきました。本研究で構築した運行シミュレーションは、株式会社構造計画研究所より教育目的による無償貸与サービスを利用して借用したartiso academic 3.0を使用しています。ご厚意に感謝いたします。

付録 人口推計の方法に関して

本研究での試算において用いている市之倉ハイランドという団地単位での人口および性別年代別人口は、今回述べた調査を行った2013年10月時点では公式な統計としては公表されていなかったため、独自に合理的と考えられる仮定を置いて推計を行っている。

まず市之倉ハイランド全体の人口については、町丁目の範囲内に市之倉ハイランドが含まれている市之倉11、12、13丁目の人口を、住宅地図を用いて数えたハイランド内外での住宅数で丁目ごとに案分し、それを3つの町丁目で合計して全体の人口の推計値とした。続いて性別年代別人口に関しては、性別年代別人口が公表されていたのが市之倉町全体での値だけであったため、それを元に計算している。先述の方法で求めた「ハイランド全体の人口」が、「市之倉町全体の人口」の中で占める割合を、市之倉町の性別年代別人口に掛けることで、年代別の人口を推定している。そのため、性別年代別構成比の市之倉町内での偏りを考慮できておらず、実際の人口とは若干異なる可能性があることに留意されたい。

参考文献

1) 橋本成仁, 山本和生: 居住地特性から見る運転免許返納者の特性把握, 都市計画論文集46(3), 769-774, 2011.

- 2) 藤垣洋平, 高見淳史, 大森宣暁, 原田昇: 自家用車運転代替としての自由度の高い月額制乗合タクシー提供費用に関する研究, 土木計画学研究・講演集, vol.47, 2013.
- 3) 森山昌幸, 藤原章正, 張峻屹, 杉恵頼寧: 中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデルの提案, 土木学会論文集, No.786/IV-67, 2005.
- 4) 高野穂泉, 森本章倫: 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 (土木計画学), Vol.68, No.5 (土木計画学研究・論文集第29巻), 2012.
- 5) 坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫: オンデマンドバスの導入設計シミュレータの開発と評価, 人工知能学会論文誌, Vo.25, No.3, 2010.
- 6) OpenStreetMapへの協力者: OpenStreetMap
<http://www.openstreetmap.org> (2014年1月23日閲覧)
- 7) 国土交通省 総合政策局 交通計画課: 地域公共交通の活性化・再生への事例集より「石巻市(宮城県): いない号 地域住民の経費一部負担による乗合タクシーの導入」
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/pdf/014_ishinomaki.pdf (2014年1月28日閲覧)
- (2014.4.25 受付)

FEASIBILITY STUDY AND SERVICE LEVEL OPTIMIZATION METHODS FOR THE HIGH-CONVENIENCE SHARED RIDE TAXI SERVICE

Yohei FUJIGAKI, Kiyoshi TAKAMI, Nobuaki OHMORI, and Noboru HARATA

Service level optimization methods and simulation system for the high convenience shared ride taxi service are developed. The simulation enables planners to visualize the situation of operation under given demand and operation strategy and calculate expected wait time. Optimization method considers the interaction between demand and expected wait time. Using the survey data in Ichinokura-Highland, a residential district in Tajimi city, the optimum fare and the number of vehicles for Ichinokura-Highland area are calculated