

# 乗合タクシー運行シミュレーターの開発と活用に関する研究 ～新しい乗合サービスの企画検討への応用～

東京大学大学院 工学系研究科 都市工学専攻  
藤垣洋平, 高見淳史, 大森宣暁, 原田昇

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景と目的

本研究で扱う乗合タクシーに関する背景と、本研究の目的についてまず述べる。

国内では地方部や郊外部を中心に、人口減少とモータリゼーションの影響などを受けて路線バスの衰退が続いているが、一方で高齢化が各地で進んでおり、自動車の運転ができない高齢者などの移動手段の確保が大きな課題となっている地域も多い。そのような中で、運行時刻や経路を需要に合わせて柔軟に変化させる乗合タクシーが、公共交通不便地域の解消などを目的として近年多くの地域で導入されている。しかし、運行時刻や経路を需要に合わせて柔軟に変化させる乗合タクシーは、路線バスよりも運行形態が複雑であるため、車両投入台数と待ち時間、そして需要の関係が複雑であり、最適な料金などのサービス変数を設定することは容易ではない。また、住民参加型で地域の公共交通を考える取り組みが増えており、乗合タクシーの計画においても地域住民が主体となることも考えられる。そこで本研究では、乗合タクシーに関連する様々な指標の整理と、運行の様子の理解促進を目的として、専門家以外でも分かりやすいような乗合タクシーの運行シミュレーターを開発することを第1の目的とする。さらに、計画者の視点に立ち、シミュレーターを用いた乗合タクシーの採算性検証方法や、料金設定や車両数の検討を行う手法を提案し、実際の地域での運行計画を対象に計算例を示すことを第2の目的とする。

本研究では、運行シミュレーターの需要のインプット方法が異なる2通りの活用方法を、二宮町、多治見市を対象にしたケーススタディを通して示す。まず2章では二宮町を対象にして、すでに運行が始まっているデマンドタクシーを対象にシミュレーションを構築した。二宮町では、住民(利用者)への運行の様子の説明と、効率的な利用を促進することを目的として、需要を「予測」せず、複数の場合を見せて利用方法を誘導するという目的を視野に入れてシミュレーションを構築する。シミュレーションの提示により、需要そのものが変化する可能性に着目した活用法である。一方で3章では、多治見市を対象にして、実際には運行されていない高利便性の乗合タクシーを対象にした、採算性検証や料金設定や車両数の検討を行う。多治見市の分析では、タクシー事業者や行政といった計画者側の視点に立ち、利用意向調査を元にして需要を「予測」し、その上でサービスの採算性の検証を行う。

### 1.2 先行研究の整理と本研究の特徴

続いて本研究の特徴を、先行研究と比較しながら述べる。

運行時刻や経路を需要に合わせて柔軟に変化させる「乗合タクシー」や「デマンドバス」といった公共交通の運行シミュレーションとしては、坪内ら<sup>1)</sup>が自身の配車アルゴリズムに対応した運行シミュレーターを開発している。しかし、シミュレーターの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し多様な主体間での議論に用いることは難しい。本研究で提案するシミュレーターでは *artisoc* のマップ出力やコントロールパネルの機能を活用し、時間帯ごとに刻々と変わる運行の様子を分かりやすく可視化するとともに、コントロールパネル上のスライドバーやボタンを用いて、台数や需要などを閲覧者が簡単に変更できるようにしている点が特徴である。

また、運行間隔が短く利便性が高いような乗合タクシーを適用対象としている点も特徴である。現状の路線バスや、自治体が高齢者等の移動手段確保を目的として運行する「コミュニティバス」や「乗合タクシー」は、数時間に1本といったような運行頻度の地域も少なくない。一方で、運転能力の衰えた高齢者に対して免許の返納を促す取り組みが各地で行われているが、そのような公共交通の利便性が低い地域では自動車の運転を辞めると大幅に移動の自由度が下がるため、高齢者が運転を続けようとする傾向がある。橋本ら<sup>2)</sup>の研究より、公共交通の利便性が高い地域ほど高齢者が自主的に免許を返納する傾向があることが示されており、また「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が得られている。そのため、数時間に1本といったような運行頻度では自主的な免許返納の促進には不十分であると考えられる。そこで本研究では、「公共交通の利便性が低く運転を辞めれば移動の自由度が大幅に下がる」と思い消極的に運転を継続している高齢者などでも、自動車に多額の費用を費やしているという点に着目した。そこで、ある程度高価格でも高利便性の乗合タクシーサービスを提供できれば、そのような高齢者等の消極的運転者が、そのままの出費で移動の自由度を下げることなく自動車の運転を辞められるのではないかと考えた。本研究では都市圏郊外部を対象にして、運行車両数が多く待ち時間も10～30分程度と比較的短いような高利便性の乗合タクシーを検討できるようなシミュレーターを構築し、採算性を検証するという点が特徴である。

## 2. 二宮町を対象にしたシミュレーション構築

### 2.1 二宮町におけるデマンドタクシーの概要

神奈川県二宮町では、2013年10月からデマンドタクシー「このタク」の運行を開始している。対象となる住宅地域と、駅や町役場、商業施設や公共施設などの指定施設を結ぶ移動に利用可能であり、住宅地域内では数十メートル毎に細かく設置されたミーティングスポットのうち希望する地点で乗降できる。運行間隔は30分であり、乗車の目安の時刻が毎時00分と30分に設定されている。午前9時30分発～午後5時発までの16便が設定されている。車両は一般タクシーの車両を用いており、予約があった場合にのみ、タクシー事業者が空車のタクシーをデマンドタクシーとして配車する。運賃は個人で予約した場合には1乗車あたり400円であるが、2人～4人のグループでまとめて同じ便に乗るという予約を行うと割引になる「まとめて予約割」という制度がある。運行経費は、タクシー事業者に乗車人数に関わらず1便当たりの金額で町が支払いを行うことになっており、1台の乗車人数が少ないほど、町が多くの金額を負担することになる。なお、町からタクシー事業者に支払われる金額は、図1の運行エリアのうち、対象住宅地と北側の「中央エリア」にある施設を結ぶ場合と、対象住宅地と南側の「駅周辺エリア」にある施設を結ぶ場合で、別の金額が設定されている。距離による加算は行われない。また、同じエリア間を移動する場合であれば、乗降施設やミーティングスポットが異なる場合でも「まとめて予約割」が使用できる。さらに、「まとめて予約割」を用いた予約ではない場合でも、同じ時刻の便、同じエリア間の予約者が複数いた場合には、相乗りでの運行になる。この場合には、「まとめて予約割」は適用されず、利用者の方が支払う金額は相乗りしない場合と同じ400円である。



図1 二宮町デマンドタクシーの運行区域の案内図<sup>①</sup>

### 2.2 二宮町におけるシミュレーションの目的

二宮町におけるシミュレーションの目的は、「まとめて予約割」の利用有無により、利用者数毎の行政負担がどのよう

に異なるかを検討することである。「まとめて予約割」の利用により相乗りになる便が増えれば、個別に複数便で一人ずつ利用するよりも1つの便を複数人で利用することで、必要な便数が減るため、行政負担は減る可能性がある。一方で、1台当たりの人数が同じであれば、偶然同じ便に個別予約した利用者が複数人居て相乗りとなる場合に比べると、「まとめて予約割」の方が一人当たり運賃の割引をする分、行政負担は増える可能性もある。そのため、利用者数、行政費用負担と「まとめて予約割」の関係は単純ではない。利用者数により、「まとめて予約割」がどのように影響するかを検討していく。また、シミュレーションを町の担当者の方や、運行対象地域の方に見ていただき、相乗りの際の運行のイメージをつかむとともに、費用負担の変化について考える材料にすることを目指している。なお、需要は地域の方の呼びかけや、地域の年齢構成の変化などにより大きく変わるものと考え、需要を予測するということとは行わず、あくまで様々な需要パターンの時にどのような運行になるかを表現するにとめている。

### 2.3 シミュレーションの構成

artisocを用いて構築した、二宮町で運行されているデマンドタクシーの運行シミュレーションの構成について述べる。まず、利用者とタクシー車両をエージェントとして生成し、タクシー車両は発車時刻になった場合に、利用者は各便の到着予定時刻の5分前に、その利用者の出発地点に発生するように設定した。利用者の出発地点は、住宅地域内のミーティングスポットからランダムに決定される。到着地も同様に、目的地として選択可能な施設群からランダムに選択される。利用者発生確率については、コントロールパネルで1日の利用者数期待値の調整が可能である。コントロールパネルで指定した値を変更しない限りは、時間帯に関わらず一様な確率で利用者が発生するようになっている。Universeのルールにて、利用者発生とタクシー車両発生、および車両への客の割り当てを行っている。タクシー車両エージェントのルールでは、乗降場所までのルート計算を行っている。複数の利用者を乗せる場合は、住宅地域の出口に最も近い利用者を最後に拾うものとして、そこから順に最も近い客をその客の直前に拾う、ということを繰り返して乗車順を決める。また、同じ便で同じゾーン間の需要が、タクシー車両の定員である4人を超える場合には、実際の運行でも原則として複数の空車のタクシーが配車されることから、4人ごとに1台追加の車両が生成され駅から出発するものとしている。Universe および車両エージェントで行う処理のフローチャートを図2と図3に示す。

また、「まとめて予約割」ボタンを設定し、そのボタンを押している状態では、すべての利用者が2～4人の組として

発生し、「まとめて予約割」を利用する状態となる。タクシー車両も、その組ごとに1台が配車される。

なお、二宮のシミュレーションにおける車両の運行経路については、以下の5点で現実の運行とは異なる可能性があるため、適用やシミュレーションを使った議論の際には留意が必要である。

- (1) 経路はネットワーク上での最短経路を通るようなアルゴリズムを採用しているが、道幅など諸事情を踏まえ、実際の運転手が異なるルートを取る可能性もある。
- (2) 所要時間は、平均時速 18km で計算しているが、実際には所要時間が異なる場合もある。
- (3) 全てのタクシー車両は駅から出発するものとしているが、実際には途中の道路を空車で運行中の車両が配車される可能性もある。
- (4) 実際に利用者を迎えに行く順番は、タクシー会社のオペレーターの判断なので、シミュレーターのアルゴリズムの通りになるわけではない。
- (5) 帰り（各施設から住宅地へ）の輸送は表現していない。また、出発地は富士見ヶ丘・松根地区だけを対象としており、山西地区は含んでいない。

続いて、アウトプットについて述べる。まずマップ出力として地図上にタクシー車両と利用者の動きを表現する。背景地図には、OpenStreetMap<sup>®</sup>を用いている。グラフ出力として、その時点までの行政の費用負担総額を示す時系列グラフを表示する。コントロールパネルにて、利用者の発生密度を、1日当たりの利用者数の形で指定できる。図4にシミュレーション画面の例を示す。

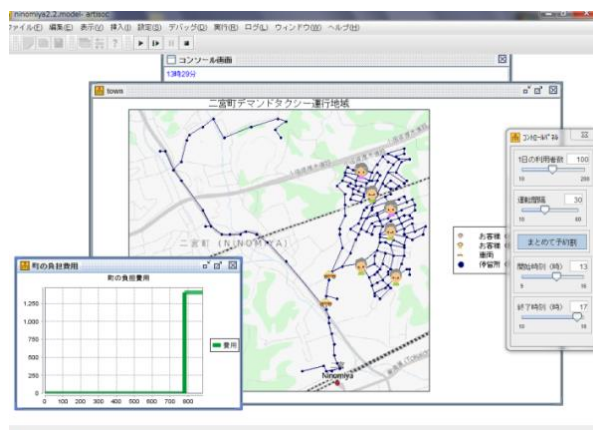


図4 シミュレーション画面の例

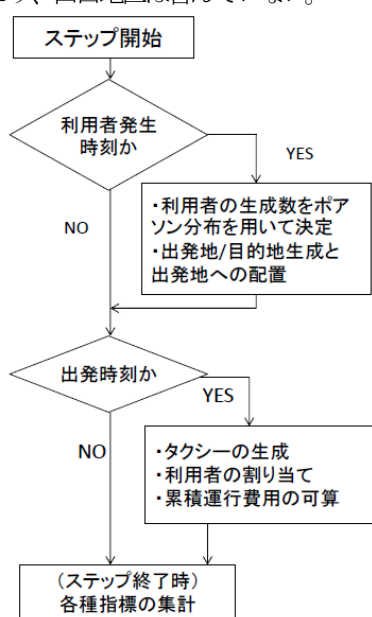


図2 全体(Universe)のルールのフロー

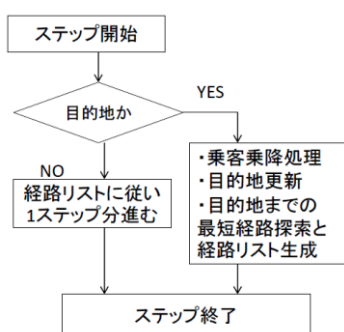


図3 車両エージェントのルールのフロー

## 2.4 行政負担額と利用者数の関係の分析

1日当たり利用者数と行政の負担額の関係、をシミュレーション実験を通して測定した。測定は、利用者数の期待値を、10人から80人の範囲まで10人刻みで変えながら、各水準3回測定している。全員が「まとめて予約割」で利用した場合と、個別予約で利用した場合の、1日当たり利用者数と町の費用負担合計を同じグラフにまとめたものを図5に示す。なお、費用負担額は1日の片道あたり（富士見ヶ丘・松根地区から各施設へ）の合計金額である。

まず、1日当たりの利用者数が60人以下であるような比較的需要が少ない状態では、「まとめて予約割」使用時の方が費用負担は少なくなっている。これは、利用者が少なくタクシーが運行しない時刻もある状態では、先述の通り個別に複数便で一人ずつ利用するよりも1つの便を複数人で利用することで、必要な便数が減るためだと考えられる。この範囲内では、完全に個別予約の場合と比べ、完全に「まとめて予約割」で利用した場合には町の費用負担が半分程度に低減される可能性もある。

一方で利用者数が1日60人を超えるような状態では、「まとめて予約割」を使わなくとも、各便に複数人の利用客が居る状態となるため輸送効率があまり変わらなくなり、「まとめて予約割」で割引を行う分だけ行政の費用負担が増える可能性が高まると言える。

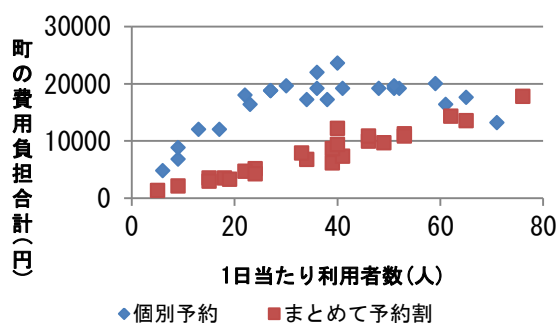


図5 行政負担額の比較

### 3. 多治見市を対象にしたシミュレーターとサービス案比較

#### 3.1 本研究で想定する乗合タクシー

続いて、岐阜県多治見市の市之倉ハイランドという住宅団地を対象として、現在には運行されていない高利便性乗合タクシーサービスを想定して、その利用意向調査をもとにシミュレーションの構築と採算性の検証を行っていく。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、丘陵部の住宅団地である。多治見駅や駅周辺の中心市街地までは自動車ですら約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も立地している。団地の造成時に入居した世代の高齢化が進んできており、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して、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うとともに、そのサービスを対象とした分析を行った。ここで想定するサービスでは、図6に示す施設及び地区を結ぶ運行を行なうものとした。対象施設と、対象地区内に50～100m毎程度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。なお、今後の分析で扱うサービスは、全て1週間単位での定額制サービスとする。

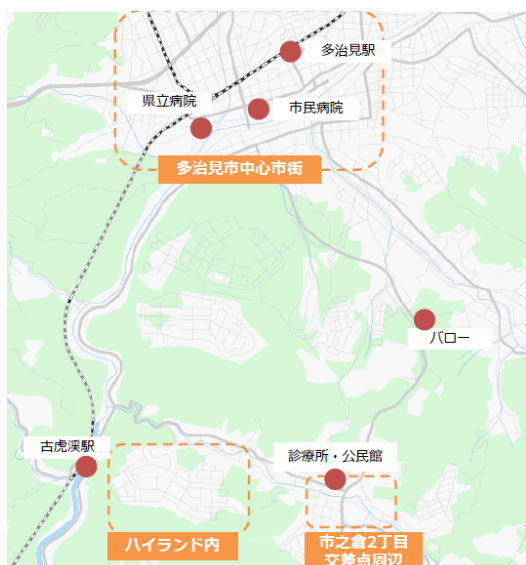


図6 想定する乗合タクシーのサービス対象エリア

(背景地図：Open Street Map<sup>3)</sup> © OpenStreetMap への協力者)

#### 3.2 利用意向調査の概要と結果

乗合タクシーの利用意向と、調査票記入日までの1週間の地域内での自宅を発着地とする移動について何う調査を行った。一人1枚の調査票に回答していただく形で、1世帯当たり2枚の調査票を入れた封筒を投函し、郵送で回収した。配布期間は2013年10月28日～31日で、回答して頂ける場合には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1080部で、ほぼ全戸への配布を行った。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。回収部数は、161世帯245人であった。また、利用意向に関しては、平均的な待ち時間と1週間当たりの定額料金の組み合わせを5つ提示し、それぞれ利用したいか否かを回答していただいた。提示した5つのサービス水準を表1に示す。

表1 利用意向調査において提示したサービス水準

	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

続いて調査結果の概要を述べる。それぞれの待ち時間、料金の組ごとに利用意向を示した人の割合を図7に示す。最も利用意向を示した人が多かった案3では、25%以上の人が利用したいと回答している。

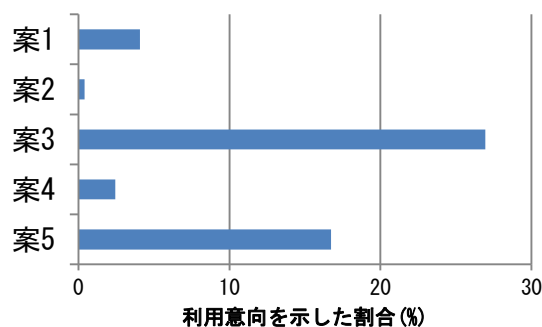


図7 定額制サービスの利用意向

#### 3.3 需要モデルの推定

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。説明変数は待ち時間と料金とした。なお、この2つの説明変数の他に、「高齢者ダミー」や「運転への不安ありダミー」を変数として含めたモデルも推定したが、それらの変数は有意にはならなかった。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」、「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、選択層を対象にしたモデルを構築した。選択モデル推定に用いた選択層は105人であり、各回答者が5水準について回答しているので、525回分の選択結果を用いてモデルを推定している。モデルを用いた利用者推計の際は、選択層割合 0.43 を対象人口に掛けて、その選択層に対してモデルを適用する。効用の式は、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、下式のようになるものとしてモデルを推定している。この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

### 3.4 シミュレーションの構成

まず、今回のサービス評価において仮定している運行方法について述べる。対象とする運行エリアの特徴として、乗降地となる地区や施設を全てつなぐような幹線道路網がほぼ円形に近い形で走っているという点がある。そこで、この円形に近いネットワーク構造を活かした分かりやすい運行ルールとして、各地区や施設間を右回りで巡回する車両と左回りで巡回する車両をそれぞれ同じ台数だけ投入し、各地区内は最短巡回路に近いルートを取るという経路選択方法を採用した。ここで、乗降地がある地区全体や施設と、そこに至るまでのアクセス路を含めた部分を「ネスト」と呼び、ネスト内は最短経路、ネスト外は車両ごとに右回りか左回りで次のネストに向かうものとしている。図8にネスト入口とネストの範囲を示す。ネスト内の運行は、巡回セールスマン問題の近似解法である **nearest neighbor** 法を使用し、ネスト出口に最も近い客を最後に拾うこととして、そこから順に最も近い客をその客の直前に拾うアルゴリズムを用いている。

また利用者と担当車両との対応関係としては、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るものとする。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。なお、車両定員はコントロールパネルで変更することが可能である。ステップ毎の車両エージェントのルールのフローチャートを図9に示す。



図8 ネスト入口とネストの範囲

(背景地図 : Open Street Map <sup>3)</sup> © OpenStreetMap への協力者)

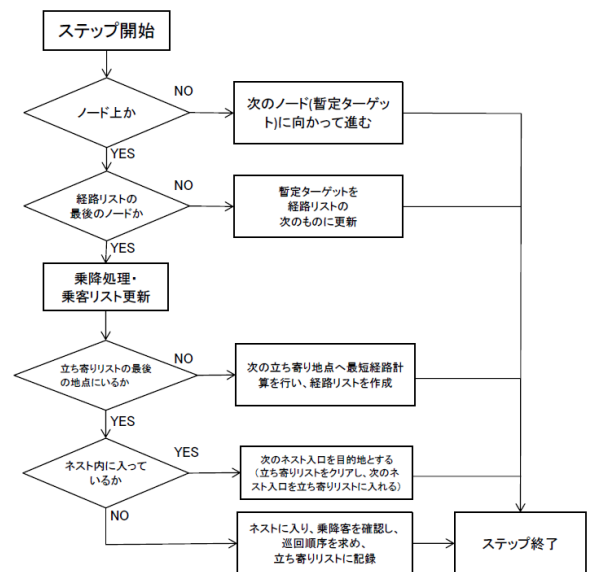


図9 車両エージェントのルールのフローの概略

利用者の発生確率については、発着施設 (又はエリア) ごと、時間帯ごと (1 時間間隔) での利用者数期待値の表をインプットし、1 時間あたりの利用者数期待値を 1 時間のステップ数で割ってステップ毎の発生確率を算出している。中心市街地内、および市之倉ハイランド内を発着する需要の発着地点は、各エリア内のミーティングスポットの中からランダムに選択されるものとしている。

シミュレーションでの出力内容としては、利用者の発生と

乗合タクシー車両の動きを表現するマップ出力と、平均待ち時間の時系列での推移を表す時系列グラフを表示する。マップ出力では、車両、利用者、そして走行可能なルートを表示する。コントロールパネルでは、「1方向あたり台数」「開始/終了時刻」「車両定員」「繰り返し回数」の各項目が設定できるようになっている。さらに、選択モデルから需要を計算する形のシミュレーターの場合には、「待ち時間」「料金」を設定することができるようになっている。また、背景地図には第2章の場合と同様に OpenStreetMap<sup>6</sup>を用いている。図10にシミュレーション実行画面の例を示す。

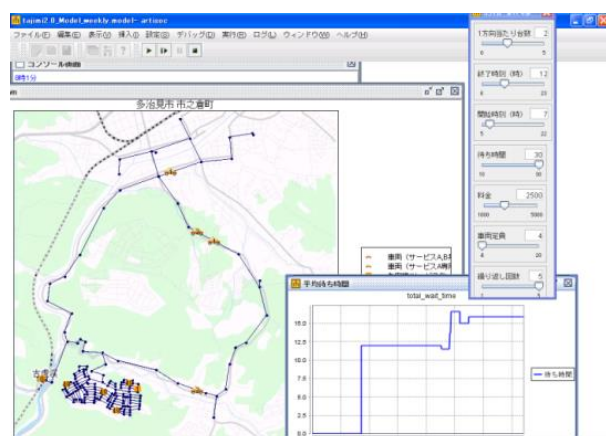


図 10 シミュレーション画面の例

### 3.5 サービス案の比較

続いて、サービス案の比較を行う。比較対象とするサービスは、直接調査で利用意向を聞いた定額制サービス5組の中から特に利用の少なかった案2、4を除いた案1、3、5である。

収入については、利用意向調査を元に算出した利用率を対象地域の人口に掛けて推計を行った。支出については、シミュレーションを用いて必要台数を推計し、1台当たり費用に台数を乗じた値を費用の総額とした。また、1台当たり経費は既存の乗合タクシーの事例<sup>4</sup>を参考に月50万円として推計した。なお、この先の計算では、調査で人口比5%以上の回答があった40～80代を対象に計算を行い、回答率および利用意向を示した割合が共に低かった30代以下は、収入計算時、および支出計算のためのシミュレーションでの需要計算時の双方において算入しないものとする。

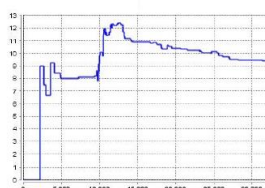
続いて、シミュレーションを用いた必要台数の算出方法について述べる。ここでは、待ち時間、料金の組を仮定した上で計算した需要をインプットして、実際に車両の運行をシミュレーションし、各台数の場合で、実際はどの程度の平均待ち時間になるかを算出する。その上で、仮定した平均待ち時間を越えない、実現可能な最低台数を求める。

待ち時間の測定に当たり、シミュレーション対象時間帯に関する検討を行った。サービスの条件として設定した「平均待ち時間」という指標は、一定期間の利用者が経験する待

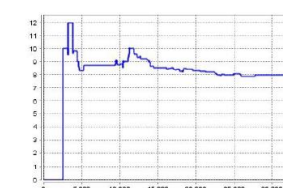
ち時間の平均値であるが、その集計時間幅の取り方により平均値も異なると考えられる。図11に、提示した待ち時間を超える前後の台数と思われる台数で、朝5時から夜の23時までの運行をシミュレーションし、各時点までの平均待ち時間を記録したグラフを示す。概ねどのグラフでも全時間帯のおよそ半ばか、それよりもやや早い時点で、それまでの平均待ち時間が最大となっており、1日の平均値よりも午前中の平均値の方が高いことが分かる。住宅地域を出発する移動は午前中に多く、到着する移動は午後が多いという傾向があるため、午前中の平均待ち時間が提示した待ち時間より長ければ、提示した条件を出発時に満たしていないと感じる利用者が多くなる可能性がある。そこで、ここでは1日の中で特に平均待ち時間が長くなると考えられる午前7時～12時までの平均待ち時間を基準値として用いる。

なお、この基準値の取り方としては、待ち時間最大値や信頼区間上限値など、様々な設定方法が考えられる。本研究では需要調査から一貫して平均待ち時間を使用しているが、他の指標と利用意向および必要台数の関係について考えることも実際の運用上は必要だと考えられる。

【案1】の需要で1方向あたり3台の場合



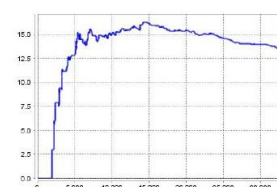
【案1】の需要で1方向あたり4台の場合



【案3】の需要で1方向あたり3台の場合



【案3】の需要で1方向あたり4台の場合



【案5】の需要で1方向あたり2台の場合



【案5】の需要で1方向あたり3台の場合



図 11 1日の中での平均待ち時間の推移

※縦軸は待ち時間（分）、横軸はステップ数を表す

※ステップ数は時間に比例し、グラフの左端が5時、右端が23時である

各サービス案での需要を発生させて、午前7時～12時までの平均待ち時間を10回測定し、平均値と標準偏差、95%信頼区間上限を計算した。平均値が提示する時間を下回る前後の台数での結果を、表4に示す。平均値が提示した待ち時

間を下回る台数は、案1と案3で各方向4台、案5で各方向3台となっている。

表4 台数ごとの平均待ち時間の測定結果

番号(提示時間)	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

最後に、収入推計値と必要台数を組み合わせて、利益を算出した。収支推計の全体のまとめを表5に示す。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。

表5 収支計算の結果

	案1	案3	案5
必要台数	各方向4台	各方向4台	各方向3台
収入推計値	1,480千円	4,910千円	3,050千円
支出	4,000千円	4,000千円	3,000千円
利益推計値	-2,520千円	910千円	50千円

#### 4. まとめと今後の課題

本研究では、乗合タクシーに関連する様々な指標の整理と、運行の様子の理解促進を目的として、専門家以外でも分かりやすいような乗合タクシーの運行シミュレーターを、artisoacを用いて開発した。二宮町のデマンドタクシーを対象にした運行シミュレーターでは、「まとめて予約制」の利用有無により行政負担がどの程度変わるかを、相乗りする場合の運行の様子と合わせて表現できるシミュレーターを構築した。また、計画者の視点に立ち、シミュレーターを用いて乗合タクシーの採算性検証や、料金設定や車両数の検討を行う手法を提案し、実際に多治見市で行った調査を元に計算を行い、想定した乗合タクシーの採算性評価と、異なる料金・待ち時間の案での収支の比較を行った。

今後の課題としては、運行方法の高度化・多様化と、需要予測モデルの精緻化、そして運行経費算出方法の精緻化が挙げられる。運行方法については、車両エージェントとUniverseのルールに記述できるものであれば、どのような運行方法や配車方法でも表現が可能である。様々な運行方法を実装して比較をすることや、時間帯に応じて使い分けのようなシミュレーションも可能であると考えられる。需要予測に関しては、待ち時間の平均値だけでなく、最大値など様々な待ち時間分布の特徴量を組み合わせることや、個人の行動特性を踏まえて定額制加入有無とトリップ頻度を同時推定

するようなモデルが考えられる。運行経費算出方法については、本研究では1台当たりの費用として人件費や車両関連費用などを全て合算した概算値を用いているが、実際には運転手の勤務時間や雇用形態、車両の所有形態や燃費などによって大きく変化する可能性もある。また、人件費や車両関連費用は車両運用や運転手の勤務シフトの組み方とも関係がある。運行方法と費用の関係をより総合的に扱うことも、今後の課題といえる。

#### 謝辞

二宮町でのシミュレーション構築に関しては、二宮町企画政策課の宮嶋様、高橋様に様々な情報提供とご助言を頂きました。多治見市での調査に当たっては、株式会社コミュニティータクシーの岩村様にご大変お世話になりました。また、調査に答えて頂いた市之倉ハイランドの皆様、シミュレーターを見ていただいた二宮町の皆様にも大変感謝いたしております。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artisoac academic 3.0を使用しています。ご厚意に感謝いたします。

#### 参考文献

- 1) 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, Vol.25, No.3, 2010.
- 2) 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.
- 3) OpenStreetMapへの協力者: OpenStreetMap  
<http://www.openstreetmap.org/copyright>  
(2014年1月23日閲覧)
- 4) 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](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport/pdf/014_ishinomaki.pdf) (2014年1月28日閲覧)
- 5) 二宮町: デマンドタクシー「このタク」  
<http://www.town.ninomiya.kanagawa.jp/kurasi/koutuukikan/ninotaku.html> (2014年1月1日閲覧)