

新たなモビリティサービス導入下での ライフスタイル変化を踏まえた 都市モデルによる都市構造の将来予測分析

川島直樹¹・杉木直²・鈴木温³・松尾幸二郎⁴

¹ 学生会員 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学専攻(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ケ丘 1-1)
E-mail:kawashima.naoki.cj@tut.jp

² 正会員 豊橋技術科学大学准教授 建築・都市システム学系(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ケ丘 1-1)
E-mail:sugiki@ace.tut.ac.jp

³ 正会員 名城大学教授 理工学部社会基盤デザイン工学科(〒468-8502 愛知県名古屋市中白区塩釜口 1-501)
E-mail:atsuzuki@meijo-u.ac.jp

⁴ 正会員 豊橋技術科学大学准教授 建築・都市システム学系(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ケ丘 1-1)
E-mail:k-matsuo@ace.tut.ac.jp

現在我が国では、人口減少やモータリゼーションの進展によって公共交通の衰退や高齢ドライバーの重大事故増加といった交通問題が発生している。一方で、自動運転や MaaS といった新たなモビリティサービスの実現は、居住地選択や交通行動の変化を通じて都市構造に大きな影響を与える可能性を有している。そこで本研究では、新たなモビリティサービスによるライフスタイル変化を考慮した都市モデルを構築し、都市構造の将来予測分析を行うことを目的とする。具体的には、新たなモビリティサービス導入下におけるライフスタイル変化に関する SP データなどに基づいてマイクロシミュレーション型都市モデルの構築を行う。また、宮城県仙台都市圏を対象とし、構築された都市モデルについて、将来時点の居住地選択や交通行動の変化を分析する。

Key Words : *Autonomous Vehicle, MaaS, Lifestyle changes, Residential location choice, Urban model*

1. はじめに

現在、我が国では人口減少・少子高齢化やモータリゼーションの進展といった社会問題を背景として、郊外部では公共交通の衰退や高齢ドライバーによる重大事故の増加、都心部では慢性的な渋滞といった交通問題が発生し、その状況は深刻化している。一方で、現在の日本では自動運転や Mobility as a Service (以下「MaaS」と称する) といった「新たなモビリティサービス」に関する技術開発や社会実験などが盛んに行われている。現状の目的は移動の最適化であるが、自動運転の技術レベル向上や MaaS の普及による自家用車を持たないライフスタイルへの変化は、居住地選択・交通行動を通じて都市構造に大きな影響を与え、「コンパクトシティ」や「持続可能な都市構造」の実現等に寄与する可能性を有している。

居住地選択に関する分析手法として、都市マイクロシミュレーションモデルが有用である。このモデルでは、個人・世帯を最小単位として扱い、詳細な属性を考慮し

た上で、ライフイベント（加齢，就学・就職，結婚・離婚，出産等）の発生や、転居に伴う対象地域への転出・転入，居住地の選択等を確率的に計算することによって、人口・世帯の分布や世帯構造の変化を経年的に分析可能とした都市モデルである。このモデルに関する既往研究として、鈴木らは¹⁾人口 40 万人規模の富山市全域を対象としたマイクロシミュレーション型都市モデルを構築し、アンケートデータをもとに生成した個人・世帯マイクロデータを用いて、各個人のライフイベントの発生確率を考慮した人口遷移のモデル化を行い、40 万人規模の都市を対象としたマイクロシミュレーションによる推計の有効性を示した。既存のマイクロシミュレーション型都市モデルでは世帯ライフステージの変化やその下での居住地選択は表現可能であるが、新たなモビリティサービス実現下での自家用車を持たないライフスタイルへの移行や、公共交通の利便性が高い地域への集住に与える効果は評価されていない。

交通行動に関する分析手法としては、都市マイクロシ

ミュレーションモデルと親和性が高いアクティビティベース交通モデルが有用である。このモデルでは、1 日を通じての個人の生活活動全般の予測を行うことで、交通サービスの改善や、通勤時間や勤務時間等の勤務条件の変化、生活環境、交通環境の変化の個人・世帯へ及ぼす総体的な影響の評価が可能である。このモデルに関する既往研究として、藤井ら²⁾は個人の生活行動の再現を図る際に重要な制約条件である時空間プリズム制約を考慮した上で、個人の一日の行動軌跡を再現する交通行動マイクロシミュレーション PCATS の構築を行っている。しかし、このモデルは個人のみを対象とした分析であり、世帯構成員の相互依存性を考慮されていない。信夫ら³⁾は北海道大樹町を対象に、世帯内の同乗行動を考慮したアクティビティベース交通モデルを構築し、自動運転型地域公共交通システム導入後の生活交通の利便性を評価した。しかし、このモデルの対象地域である大樹町は散居型の構造となっており、交通手段が限られているため、都市への適用には改良が必要である。

以上を踏まえ、本研究では新たなモビリティサービスの将来需要とそれらが都市構造に与える影響の評価手法として、ライフスタイル変化を踏まえた都市モデルを構築し、都市構造の将来予測分析を行うことを目的とする。具体的には、新たなモビリティサービス導入下におけるライフスタイル変化についての Web アンケートの分析結果などに基づいて、マイクロシミュレーション型都市モデルの構築を行う。また、宮城県仙台都市圏を対象とし、構築された都市モデルについて、第 5 回仙台都市圏 PT 調査により得られたデータを用いて集計分析やパラメータ推定を行い、将来時点の居住地選択や交通行動の変化を分析する。

2. 都市モデルの全体構造

本研究で構築するマイクロシミュレーション型都市モデルの全体構造を図-1 に示す。モデルでは、まず、新たなモビリティサービスが居住地分布に与える影響を評価するため、既存の都市モデル¹⁾⁴⁾に改良を加えた都市マイクロシミュレーションモデルによって個人や世帯属性の遷移や居住地分布を予測する。次に、既存研究²⁾³⁾を参考に再構築したアクティビティベース交通モデルによって、新たなモビリティサービスで変化した交通需要を世帯単位で予測する。

図-1 に赤字で示した「免許保有」、「自家用車保有」、「立地選択モデル」、「交通手段選択モデル」は新たなモビリティサービスが大きく影響を与えると想定した項目である。シミュレーションタイムステップは1年とし、経年変化を繰り返すことで、新たなモビリティサービスに対する需要予測を可能とする。

3. 都市マイクロシミュレーションモデル

(1) 都市マイクロシミュレーションモデルの基本構造

本研究では、鈴木らによって開発されたマイクロシミュレーション型都市モデルをベースモデルとしてモデルの構築を行う。モデルは図-1 のように、個人・世帯に関するマイクロデータを有する「データベース」、世帯の変化予測に関する「ライフイベントモデル」、「転入世帯生成モデル」、「立地選択モデル」、「地価モデル」により構成されている。「データベース」は初期世帯マイクロデータに相当し、個人・世帯に関する年齢、性別

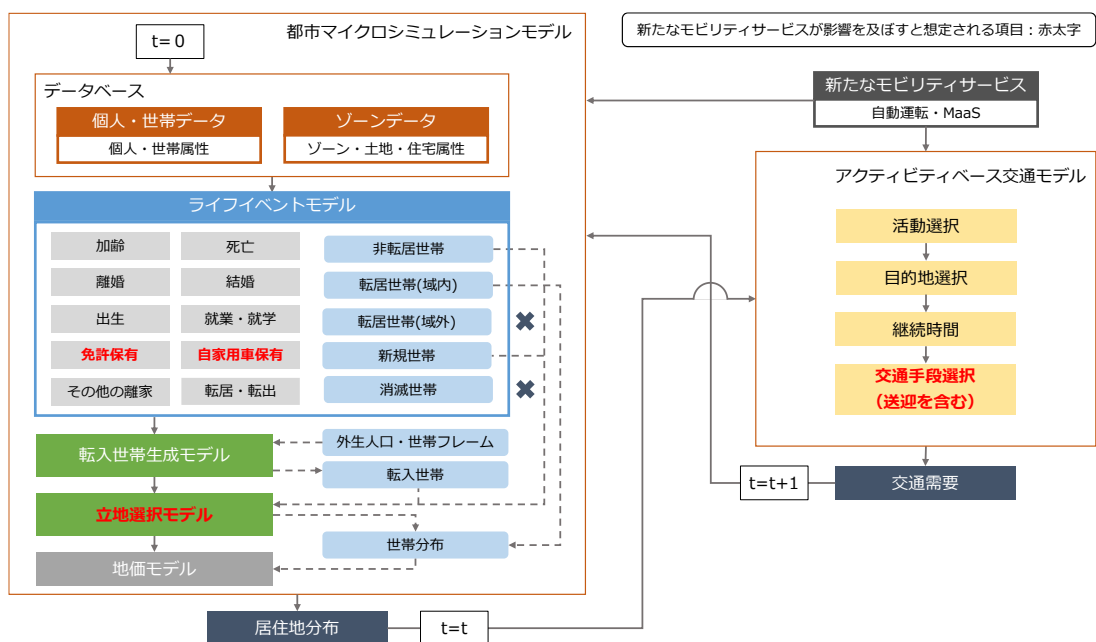


図-1 都市モデルの全体像

などの属性情報を有し、「ライフイベントモデル」では、ライフイベントを連続で発生させ、個人・世帯の変遷を表現する。さらに、新規の転入世帯について「転入世帯生成モデル」で世帯の生成を行う。「立地選択モデル」では、個人・世帯の住み替えを表現している。転入世帯については世帯の属性、ゾーン・土地・住宅属性を説明変数とする多項ロジットモデルによって住宅タイプ、居住ゾーン選択を行う。「立地選択モデル」では、パーソントリップ調査等のアンケート調査より得られる過去に転居を行ったデータを基にパラメータ推計を行う。

(2) 初期世帯マイクロデータ

初期世帯マイクロデータ推定手法の簡略化したフローを図-2に示す。初期世帯マイクロデータの推定では、周辺分布として国勢調査より得られる性別5歳階級別人口及び、世帯人数別世帯数を用い、サンプルデータとしてパーソントリップ調査より得られる世帯サンプルデータを用いる。初期世帯マイクロデータ生成の前段階として、世帯人数別世帯数に対して世帯タイプを付加する。世帯タイプとは一つの世帯を構成する世帯構成員の続柄より判定されるものである。世帯人数から構成される世帯構成について世帯サンプルの自由度が10以上の場合は世帯タイプとして設定し、自由度が10未満の世帯構成については、世帯人数別の「その他」として設定する。

世帯タイプ及び世帯サンプルの世帯構成をもとに各世帯構成員の世帯内の世代及び、性別を付与する。また、世帯構成員の年齢決定の際に、対象となる世帯構成の世帯サンプルが自由度10以上得られる場合は、主成分分析により属性間の相関性を考慮した年齢の決定を行う。属性間の相関性を考慮した年齢の決定とは、世帯サンプルデータから得られる年齢構成の組み合わせの特性を反映しつつ、周辺分布と一致するような初期世帯マイクロデータの生成を行うため講じるものである。具体的には、パーソントリップ調査により得られる世帯サンプルにおける m 人世帯データの属性変数($X_{is} = (x_{1s}, \dots, x_{ms})$)を、式(1)のように主成分分析を用いて無相関変数($P_{is} = (p_{1s}, \dots, p_{ms})$)に変換する。

$$P = aX \tag{1}$$

ここで、 s は世帯番号、 i は世帯人数、 a は主成分負荷量を表している。世帯サンプルの無相関変数 P_{is} の値に基づいて、図-3に示すように、 $i = 1 \sim m$ について累積曲線を作成する。式(1)より式(2)が導出される。

$$X = A^{-1}P = BP \tag{2}$$

世帯を生成する際には属性 i に対して乱数 ran_i を発生させ、図の累積曲線より $i = 1 \sim m$ について生成世帯の各構成員に対する P_{is} を求める。生成世帯の x_i は式(2)より

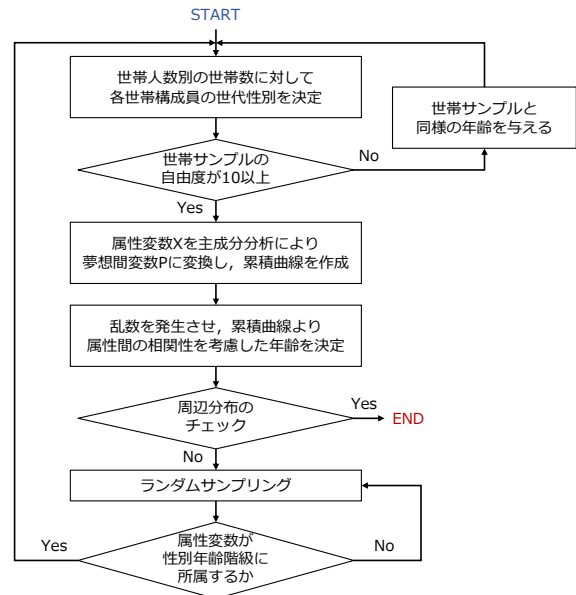


図-2 初期マイクロデータの推定フロー

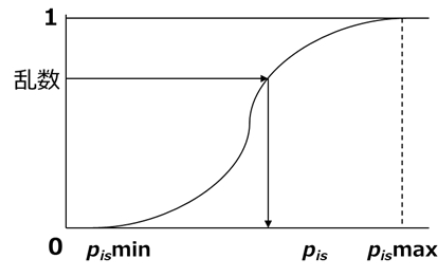


図-3 無相関変数を用いた相関の統合

$i = 1 \sim m$ について求められる。また、世帯サンプルの自由度が10未満の場合は、世帯サンプルから世帯をランダムに抽出し世帯サンプルと同様の年齢を与える。このような処理を対象地域内の全ての世帯人数別世帯数に対して行い、初期世帯マイクロデータが生成される。生成した初期世帯マイクロデータは周辺分布を満たしていないため、世帯をランダムに抽出し、周辺分布を満たすまで世帯の入れ替えを行う。以上の処理における世帯データの生成、調整はモンテカルロ法により確率的に行う。

(3) オプション属性の付与

生成した初期世帯マイクロデータに対するオプション属性として、住宅形態、就業・就学状態、運転免許保有状態、自家用車保有状態の付与をモンテカルロ法によって確率的に行う。

a) 住宅形態

住宅形態は、持家戸建、持家集合、賃貸戸建、賃貸集合の4つに分類する。住宅形態について、表-1のように持家戸建・持家集合・賃貸戸建・賃貸集合に区分して集計を行い、割合を算出する。得られた割合より周辺分布を作成し、世帯に対してモンテカルロ法により確率的に属性を付与する。

表-1 住宅タイプ集計分類

分類	仙台都市圏PT調査 世帯表
持家戸建	一戸建て(持家)
持家集合	マンション(持家)
賃貸戸建	一戸建て(賃貸)
賃貸集合	アパート・マンション(賃貸)
	社宅・官舎・寮
	高齢者集合住宅

表-2 就業・就学状態集計分類

分類	仙台都市圏PT調査 世帯表
フルタイム職	有職者(区分不明)
	有職者(正社員・正職員)
フルタイム職以外	有職者(派遣・契約・パート・アルバイト)
	有職者(自営業・役員・その他)
学生	学生・生徒・児童
無職	園児・未就学児
	専業主婦・主夫
	休職中・長期休暇
	無職

b) 就業・就学状況

就業形態は、「フルタイム職」、「フルタイム職以外」、「学生」、「無職」の4つに分類する。5歳階級ごとの未婚男性、未婚女性、有配偶男性、有配偶女性の項目に対して、表-2のようにフルタイム職、フルタイム職以外、学生、無職に区分して、就業形態の割合を算出する。得られた割合を周辺分布としてモンテカルロ法により確率的に属性を付与する。

c) 運転免許保有状態

運転免許保有状態は「保有あり」と「保有なし」に分類する。運転免許統計より、性別、年齢別の免許保有割合を算出し、得られた割合を周辺分布とし、モンテカルロ法により確率的に免許保有状態を付与する。

d) 自家用車保有状態

自家用車保有状態は「保有あり」と「保有なし」に分類する。モンテカルロ法により確率的に自家用車保有状態を付与する。

(4) ライフイベントモデル

a) 加齢

加齢イベントとは、各シミュレーションタイムステップにおいて最初に行われる処理であり、生存している全個人に対して、年齢を1歳加える。加齢した年齢を基に、これ以降のライフイベントの発生確率を与える。

b) 死亡

死亡イベントでは、「性別年齢別死亡確率」をもとに、各個人の死亡を判定する。性別年齢別死亡確率はワイブル分布を仮定した生存時間解析を用いて算出する。ワイブル分布の累積生存確率 $S(t)$ は式(3)のように表される。

$$S(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha \right] \quad (t \geq 0) \quad (3)$$

ここで、 t は生存時間(年齢)、 α 、 β はそれぞれパラメータを表している。算出した死亡確率を基に、モンテカルロ法により個人の死亡を判定する。死亡と判定された個人データに関しては、どのイベントに関しても対象外になる処理が施される。死亡イベントは、加齢イベントの後に行われるため0歳の新生児の死亡確率が0になるが、新生児の死亡確率は非常に低いため、無視しても影響は少ない。そのため、0歳児に関しても同様に処理を行う。

c) 離婚

離婚イベントでは、「性別年齢別離婚率」に従い、婚姻夫婦の離婚を判定する。「性別年齢別離婚率」は、男性の年齢別離婚者数をその年齢の男性の有配偶者で割ることにより算出し、夫の年齢別離婚確立をその夫婦の離婚率とみなす。また、離婚時の離家者の性別構成比率として「地域別親との同別居割合」より全国平均値を用いて離家判定を行う。さらに、離婚後の離家者の行先として、①実母のいる世帯に合流、②域内で独立世帯となり、転居する、③域外へ転出する、の3パターンに分類し、まず①が可能な場合は、「①かそれ以外か」をモンテカルロ法により決定し、「それ以外」となった場合はさらにモンテカルロ法により②か③を決定する。

d) 結婚

結婚イベントでは、「性別年齢別結婚率」に従い、未婚の個人を対象として結婚を判定する。「性別年齢別結婚率」は、性別年齢別の婚姻件数を各年齢の未婚者数で割ることにより算出する。得られた「性別年齢別結婚率」よりモンテカルロ法により確率的に結婚を判定し、結婚と判定された男女をリストアップする。リストアップした男女に対して、「夫の年齢に対する妻の年齢の割合」と「妻の年齢に対する夫の年齢の割合」を基に、配偶者の年齢を割り当てる。割り当てた配偶者の年齢が男女とも一致している場合、ペアが決定する。ペアが成立しなかった男女に関しては、配偶者を域外から転入させ結婚させる。結婚後の世帯形成に関しては、「結婚時の世帯合流比率」に従い①夫の世帯に合流、②妻の世帯に合流、③夫と妻による独立世帯となる、のいずれかにモンテカルロ法により分類する。

e) 出生

出生イベントでは、既婚女性を対象として「年齢別出生順位別出生率」に従い、年齢と出産人数に応じた確率で出生イベントを発生させる。「年齢別出生順位別出生率」は一般化ガンマ分布モデルを用いて算出する。一般化対数ガンマ分布モデルによる年齢別出生順位別出生率 $g_n(x)$ を式(4)に示す。

$$g_n(x) = \frac{C_n |\lambda|}{b_n \Gamma(\lambda_n^{-2})} (\lambda_n^{-2})^{\lambda_n^{-2}} \exp \left[\lambda_n^{-2} \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) - \lambda_n^{-2} \exp \left\{ \lambda_n \left(\frac{x - u_n}{b_n} \right) \right\} \right] \quad (4)$$

ここで、 x は母親の年齢、 $\Gamma()$ はガンマ分布、 C_n 、 u_n 、 b_n 、 λ_n はそれぞれパラメータを表している。

f) 就業・就学状況更新

就業・就学状況更新イベントでは、前年の就業・就学状態が学生だった 16 歳、19 歳、21 歳、23 歳の個人に対して、性別年齢別の進学率を用いて、イベント発生年の進路を決定する。就業・就学状況更新イベントでは、主に学生に対する処理と学生以外に対する処理の 2 パターンを行う。

学生に対する処理に関しては、先述した就学・就業状態に関するオプション属性が学生の個人に対して「性別年齢別進学率」に基づきモンテカルロ法により進学または就職判定を行う。その際の離家に関しては、進学する学生に対しては「性別年齢別進学時離家確率」、就職する学生に対しては「性別年齢別就職時離家確率」に従い離家判定を行う。また、U ターン就職についても考慮するため、「性別年齢別 U ターン就職率」に従い、学生を実家に合流させる。学生以外に対する処理に関しては、オプション属性付与で用いた職業割合を用いて、モンテカルロ法により学生以外の新たな職業を割り当てる。

g) 免許保有更新

免許保有更新イベントでは、18 歳以上の個人を対象として運転免許の取得・返納の判定を行う。

取得率に関しては、オプション属性付与の際に算出した「性別年齢別普通免許保有率」に対して、一歳下の保有率との差分により算出する。また、返納率も「性別年齢別普通免許保有率」と同様に運転免許統計より算出し、一歳下の返納率との差分により算出する。この際、あらかじめ保有率・返納率を移動平均にすることにより、取得率・返納率の変化をなだらかにする。

また、新たなモビリティサービスによる影響を加味するため、新たなモビリティサービスに関する SP 調査データより免許保有意向のパラメータをロジットモデルにて算出する。得られた取得率・返納率およびパラメータから、新たなモビリティサービス導入下での取得率・返納率を算出し、モンテカルロ法により確率的に免許保有更新を行う。

h) 自家用車保有更新

自家用車保有更新イベントでは、18 歳以上の免許を保有している個人を対象として自家用車の購入・売却の判定を行う。パーソントリップデータより自家用車保有率を算出し、それに基づき購入率および売却率を求める。

また、新たなモビリティサービスによる影響を加味するため、免許保有更新イベントと同様に、新たなモビリティサービスに関する SP 調査データより自家用車保有意向のパラメータをロジットモデルにて算出する。得られた購入率・売却率およびパラメータから、新たなモビリティサービス導入下での購入率・売却率を算出し、モ

ンテカルロ法により確率的に自家用車保有更新を行う。

i) その他の離家

離婚、就職、進学による離家とは別に、「性別年齢別離家確率」を用いて、世帯から個人を離家させる。ここで、離家者数の周辺分布から、離婚、就職、進学によるものを除き、離家者数が周辺分布を下回る場合は、周辺分布を満たすまで性別年齢別に個人を離家させる。

j) 転居発生(地域内・地域外)

「世帯主年齢別世帯人数別転居率」及び、「世帯主年齢別世帯人数別転出率」に基づき、モンテカルロ法により世帯を転入・転出させる。「世帯主年齢別世帯人数別転居率」及び、「世帯主年齢別世帯人数別転出率」は、パーソントリップ調査世帯票の「居住開始時期」、「転居前住所(ゾーンコード)」、「以前の居住形態」を基に算出する。

(5) 転入世帯生成モデル

「世帯人数別転入世帯数」と「年齢別転入人口」を用いて、転入世帯の生成を行う。シミュレーションタイムステップ $t+1$ 期の性別年齢階層別人口及び世帯人数別世帯数を外生フレームとして与え、当年の性別年齢階層別人口及び世帯人数別世帯数との差より、転入人口・世帯数が算出される。算出した転入人口・世帯数を周辺分布として初期世帯マイクロデータ生成方法と同様に転入マイクロ世帯データを算出する。

(6) 立地選択モデル

a) 住宅タイプ選択モデル

世帯の属性を変数とする多項ロジットモデルによって住宅タイプ選択を行う。世帯 n の住宅タイプ選択肢集合 A_n は、 $A_n = \{j=1(\text{持家戸建}), j=2(\text{持家集合}), j=3(\text{賃貸戸建}), j=4(\text{賃貸集合})\}$ の 4 タイプとする。住宅タイプ選択モデルにおける多項ロジットモデルの選択確率および効用関数の確定項に関する式を式(5)、式(6)に示す。

$$P_{jn} = \frac{e^{V_{jn}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}}, \quad (j \in A_n) \quad (5)$$

$$V_{jn} = \sum_k \theta_k X_{jnk}, \quad (j \in A_n) \quad (6)$$

効用関数は線形を仮定し、特性変数として、世帯人数、世帯主年齢、子供の数、転居前住居の住宅タイプ、転居理由ダミー(就業就学、結婚)の 5 つを設定する。また、選択肢特性変数として持家戸建、持家集合、賃貸戸建のそれぞれの住宅タイプに対して固有ダミーを設定する。

b) 居住ゾーン選択モデル

居住ゾーン選択モデルでは、対象地域内の全てのゾーンから 1 つのゾーンを選択する多項ロジットモデルとし、持家戸建、持家集合、賃貸戸建、賃貸集合の 4 タイプごとにパラメータ推定を行う。居住ゾーン選択モデルに置

ける効用関数の説明変数として、交通条件や立地利用、地価、世帯人数、世帯主年齢等を用いる。

また、新たなモビリティサービスによる影響を加味するため、新たなモビリティサービスに関する SP 調査データより希望居住エリアのパラメータを多項ロジットモデルにて算出する。得られた通常時の居住エリア選択確率とパラメータから、新たなモビリティサービス導入下での居住エリア選択確率を算出し、モンテカルロ法により確率的に居住エリア選択を行う。

(7) 地価モデル

地価モデルでは、各シミュレーションタイムステップ期末に各ゾーンの地価をヘドニック回帰モデルにより算出し、次期の居住ゾーン選択で用いる地価を更新する。地価算出に用いる式を式(7)に示す。

$$LP_i = \sum_k \gamma_k X_{ki} + \delta D_i + \theta \quad (7)$$

ここで、 i はゾーン、 LP は地価、 X_{ki} はゾーン条件(都市距離、駅距離、用途地域等)、 D_i は立地密度、 γ_k, δ, θ はパラメータを表している。

4. アクティビティベース交通モデル

(1) アクティビティベース交通モデルの基本構造

本研究では、藤井らによって開発された交通行動マイクロシミュレーションPCATSや、信夫らによって開発されたアクティビティベース交通モデルをベースモデルとしてモデルの構築を行う。

本モデルは生活行動の種類、時間制約、交通手段を考慮する。生活行動は固定活動(仕事、学校、病院)と自由活動(買い物、食事、社交・娯楽)に分類し、活動開始時刻(登校、出社時刻等)を時間制約とする。交通手段は自動車(普通車)、自動車(自動運転)、公共交通、MaaS、徒歩、送迎のいずれかを選択するものとする。また、世帯ごとの評価を行うため、世帯構成員それぞれに加え、送迎のように世帯構成員間相互の時間制約が生じる行動についても考慮されている。

分析フローとしては図-4に示すように、まず固定活動の有無を判定し、有の場合は固定活動、固定活動前の自由活動、固定活動後の自由活動の順に、自由活動のみ(車有)の人は車所有の場合、未所有の場合の自由活動を決定する。これらの個々の判定や分析対象を対象者に対して繰り返し行う。

(2) 各活動の決定手法

各活動は図-5に示すように、活動選択、目的地選択、活動継続時間、交通手段選択の順に決定する。

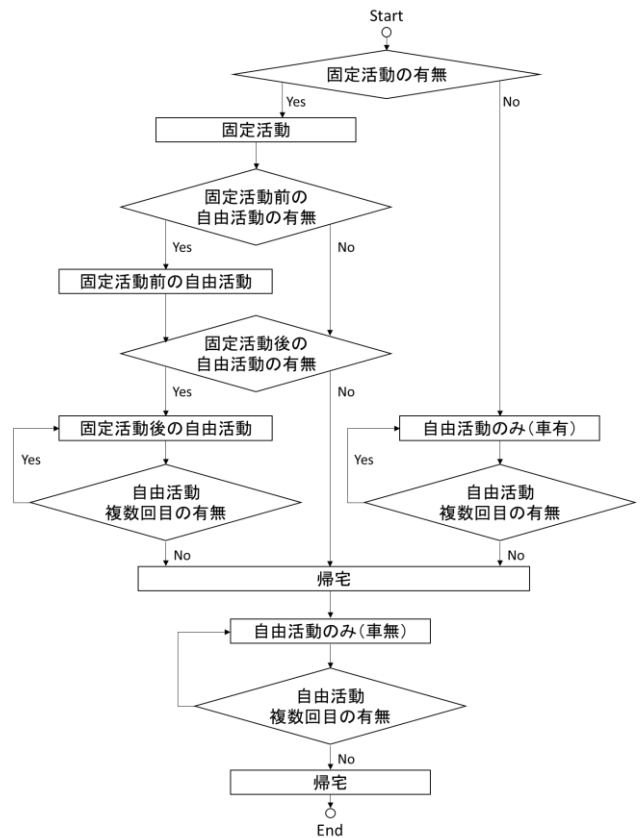


図-4 アクティビティベース交通モデルの分析フロー

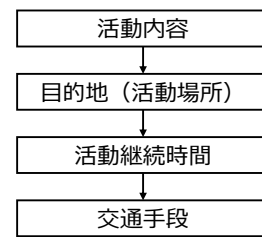


図-5 分析フロー

a) 活動内容選択モデル

アクティビティダイアリー(以下「AD」と称する)データより固定活動選択確率および自由活動選択確率を算出し、得られた割合に基づき、モンテカルロ法により確率的に活動内容を決定する。

b) 目的地選択モデル

個人・世帯属性、目的地属性を説明変数とする他行ロジットモデルによって目的地選択を行う。目的地選択モデルにおける選択肢集合は4次メッシュ単位で設定した。

c) 活動継続時間モデル

ADデータより活動開始時刻、活動継続時間を算出し、得られた割合に基づき、モンテカルロ法により確率的に活動開始時刻および活動継続時間を決定する。

d) 交通手段選択モデル

個人・世帯属性、トリップ属性、SPデータを説明変数とする多項ロジットモデルによって交通手段選択を行

う。個人 i の交通機関の選択肢集合 A_n に関しては、自動車（普通車）、公共交通、送迎、徒歩の4タイプとする。なお、新たなモビリティサービス導入下における選択肢集合に関しては、既存の交通手段に自動車（自動運転車）、MaaSを加えた6タイプとする。交通手段選択モデルにおける多項ロジットモデルの選択確率および効用関数の確定項に関する式を式(8)、式(9)に示す。

$$P_{ji} = \frac{e^{V_{jn}}}{\sum_{j \in A_n} e^{V_{jn}}}, \quad (j \in A_n) \quad (8)$$

$$V_{jn} = \sum_k \theta_k X_{jnk}, \quad (j \in A_n) \quad (9)$$

5. 仙台都市圏への適用

(1) 対象地域

本研究では、平成 29 年度に第 5 回仙台都市圏パーソントリップ調査が実施された宮城県仙台都市圏を対象地域とする。宮城県仙台都市圏は図-6 のような 18 市町村により構成されており、その総人口は約 157 万人、総世帯数は約 68 万世帯である。また、本研究における推計単位は4次メッシュとし、人口有りメッシュ数は3915である。

(2) 使用データ

a) マイクロシミュレーション型都市モデル

住宅タイプ選択モデルでは、パラメータ推定のサンプルデータとして第5回仙台都市圏パーソントリップ調査、世帯票アンケート項目の世帯人数、世帯主年齢、子供の数、転居前住居の住宅タイプ、転居理由を用いている。



図-6 対象地域

宮城県仙台都市圏は、平成23年に起こった東日本大震災の影響を受けているため、調査が実施された平成29年より5年以内(平成24年~平成29年)に転居を行った世帯のデータを用いている。

地価モデルでは、宮城県仙台都市圏の地価公示データを用いている。また、地価のパラメータ推定において、特性変数として用いる都心距離、駅距離を求める際に宮城県仙台都市圏のネットワークデータを用いている。

b) アクティビティベース交通モデル

第5回仙台都市圏パーソントリップ調査の個人表において、各世帯構成員について個人属性や1週間における移動、目的地での各日における活動を把握されている。本研究では、この調査結果の平日5日間をADデータとして利用し、世帯タイプや目的別の移動時に選択する交通手段や時間帯、移動時の所要時間の分析に用いる。

(3) 初期世帯マイクロデータ

初期世帯マイクロデータの生成には、国勢調査の地域メッシュ統計を周辺分布として用いる。また、個人・世帯属性の生成には、国勢調査の小地域集計、人口統計基本調査、世帯構造等基本調査及び人口動態調査を使用している。初期世帯マイクロデータは既往の論文⁵⁾で推定精度の検証を行っており、推定結果においてある程度の精度が確保できていることから、マイクロシミュレーション型都市モデルに用いる初期世帯マイクロデータとしての有効性が示されている。

6. 新たなモビリティサービスの将来需要と都市構造に関する将来予測分析

新たなモビリティサービスの有無によって仙台都市圏の将来人口分布や居住エリアがどのように変化するかを考察を行う。また、交通手段分担率等の比較分析を行うことで新たなモビリティサービスの将来需要を算定する。

シミュレーション初期年次は2015年とし、生成した初期世帯マイクロデータを用いて、30年間の将来予測シミュレーションを実行する。なお、本研究では新たなモビリティサービスが普及する時期を2030年から2045年と仮定し、シミュレーションタイムステップ15年目を境に、with(自動運転・MaaS有り)とwithout(自動運転・MaaS無し)に分岐することで比較分析を行う予定である。ケース設定は表-3に示した通りの組合せである。

表-3 ケース設定

ケース設定	自動運転	MaaS
ケース①	無し	無し
ケース②	あり	無し
ケース③	無し	あり
ケース④	あり	あり

7. おわりに

本研究では、新たなモビリティサービスの将来需要とそれらが都市構造に与える影響の評価手法として、ライフスタイル変化を踏まえた都市モデルの構築を行った。講演時にはマイクロシミュレーション型都市モデル及びアクティビティベース交通モデルを一連のモデルとして実行し、仙台都市圏の将来人口分布の予測や新たなモビリティサービスの将来需要についての発表を行う。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 20K04721 の助成を受け、実施しました。また、仙台都市圏パーソントリップ調査データについては宮城県土木部都市計画課より利用許可をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 鈴木温, 杉木直, 宮本和明: 空間的マイクロシミュレーションを用いた都市内人口分布の将来予測—人口 40 万人規模の富山市を対象として—, 日本都市計画学会・都市計画論文集, Vol.51, No.3, pp.839-846, 2016.
- 2) 藤井聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, 門間俊幸: 時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.14, 1997.
- 3) 信夫匡人, 杉木直, 松尾幸二郎: 将来世帯構成・交通行動の相互依存性を考慮した生産空間における自動運転型地域公共交通システム導入の評価, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.62, CD-ROM, 2020.
- 4) 山崎大嗣, 杉木直, 宮本和明, 松尾幸二郎: 仙台都市圏を対象としたマイクロシミュレーション型都市モデルによる将来人口分布予測及び交通政策の評価, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.62, CD-ROM, 2020.
- 5) 山崎大嗣, 杉木直: マイクロシミュレーション型都市モデルを用いた将来人口予測及び交通政策評価, 土木計画学研究・講演集, Vol.60, CD-ROM, 2019.

(2022. 9. 30 受付)

ANALYSIS OF FUTURE FORECASTS OF URBAN STRUCTURE BASED ON URBAN MODEL BASED ON LIFESTYLE CHANGES UNDER THE INTRODUCTION OF NEW MOBILITY SERVICES

Naoki KAWASHIMA, Nao SUGIKI, Atsushi SUZUKI and Kojiro MATSUO