集計型交通モデルを組み込んだ マイクロシミュレーション型都市モデルによる 湖西市の交通・土地利用総合施策評価

和田　東子[1]・杉木　直[2]・松尾　幸二郎[3]

[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: wada.toko.xu@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　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

地方都市では，急速に進む人口減少や少子高齢化により，中心市街地の衰退や都市機能の低下，低密度市街地の拡散といった社会問題が顕在化している．安心で快適な生活環境の実現や持続可能な都市経営を可能とするために，コンパクトシティ・プラス・交通ネットワークの理念に基づく立地適正化計画が2014年に制度化された．これは，医療・福祉・商業施設等の都市機能や居住機能の集約及び公共交通の充実等により，持続可能な都市構造の実現を目指す政策である．

本研究では，ライフイベントに伴う個人属性や選択行動の変化を表現し，都市の将来人口分布予測や世帯構造の変化を分析可能な，マイクロシミュレーション型都市モデルを用いて立地適正化計画に関する都市政策評価を行う．具体的には，既開発のマイクロシミュレーションに交通モデルを組み込んで静岡県湖西市に適用し，将来の交通手段選択の変化が都市構造に与える影響の視点から，都市政策の検証を行う．

Key Words : *Micro Simulation，Location Optimization Plan, Urban policy analysis, Transportation Model*

1. はじめに

我が国では，急速に進む人口減少や少子高齢化により，中心市街地の衰退や都市機能の低下，低密度市街地の拡散といった社会問題が顕在化している．これに対し，安心で快適な生活環境の実現や持続可能な都市経営を可能とするために，立地適正化計画が制度化された．これは，医療・福祉・商業施設等の都市機能や居住機能の集約及び公共交通の充実等により，持続可能な都市構造の実現を目指す政策である．一方で，都市政策の評価手法として，ライフイベントに伴う個人属性の変化や選択行動を多様な属性を考慮した上で表現し，都市の将来人口分布予測や世帯構造の変化を分析可能な，マイクロシミュレーション型都市モデルが開発されている．マイクロシミュレーションに関する既往研究として，杉木ら[1)]はサンプルマイクロデータによって得られる各属性間の相関性に関する情報等を利用してシミュレーション初期時点のマイクロデータを推計するシステムの構築や，仮想の線形都市を対象としたマイクロシミュレーション型都市モデルの構築及び集計化の影響等の分析を行った．さらに，鈴木ら[2)]は人口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った．その結果，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ている．これらの既往研究では，モデルの構築や精度・有効性の検証等は行われているが，実際の都市政策への適用に関する研究蓄積は十分ではない．

そこで本研究では，既開発のマイクロシミュレーション型都市モデルを静岡県湖西市に適用し，立地適正化計画に関する都市政策評価を行うことを目的とする．具体的には，既開発のマイクロシミュレーションに交通モデルを組み込んで静岡県湖西市に適用し，将来の交通手段選択の変化が都市構造に与える影響の視点から，都市政策の検証を行う．

2. 対象地域の都市政策

(1) 対象地域の概要

本研究で対象とする静岡県湖西市は，静岡県の最西部に位置し，2005 年をピークに徐々に人口が減少しており，高齢者が増加し子どもや働く年代の人が減少している．また，コミュニティバスが導入されているが，便数の不足やバス停の位置などの問題により利用者の満足度が低く，公共交通分担率は 4.2%にとどまっている．自動車依存率が高くなることで近隣都市での買い物機会が増え，市外への所得流出が地域経済の課題となっている．これらの課題に対応したコンパクトなまちづくりを進めるため，2021 年に湖西市立地適正化計画が策定された．本計画は，市街化区域内に都市機能誘導区域と居住誘導区域を設定し，将来にわたり都市機能の維持を図ることを目的としている．都市機能誘導区域は，福祉・医療・商業等の都市機能を中心拠点や生活拠点に誘導・集約し，サービスの効率的な提供を図る区域である．居住誘導区域は，人口密度を維持し，生活サービスやコミュニティが持続的に確保されるよう居住を誘導すべき区域である．湖西市の都市政策に関する区域区分を図-1 に示す．具体的には，空き家の利活用や撤去，JR 駅周辺にスーパー，学校，病院などの施設を集める都市機能整備に関する政策が行われている．

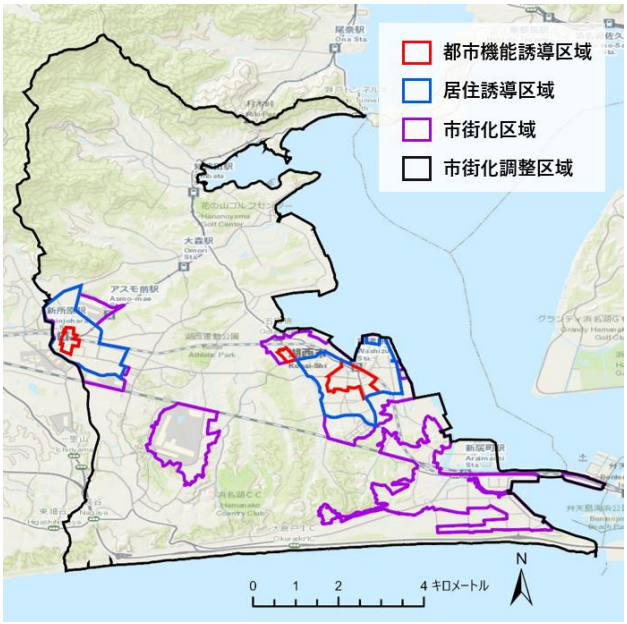


図-1 湖西市における都市政策に関する区域区分

(2) 湖西市企業シャトル BaaS

企業シャトルBaaSは，既存の地域資源である企業シャトルバスを有効活用し，実証実験に協力する市内企業と公共交通空白時間に運行する企業シャトルバスに市民が乗車する移動サービスである．市民公共交通の便益を高め，自動車に依存しない街づくりを目指しつつ，地域経済の活性化や昼夜間人口差の解消の為に地域サービスの充実を図ることを目的としている．2022年の実証実験時の運賃は200円で，利用者は事前にユーザ登録を行い，利用する路線，乗車・降車するバス停を予約する必要がある．運行路線は4つあり，それぞれデンソー，プライムアースEVエナジー，ソニー湖西（SGMO），浜名湖電装の4社の企業シャトルバスである．従来の路線から僅かに迂回し，駅，住宅街，スーパーマーケット，ドラッグストア，カフェや病院を経由する路線となっている．利用者は午前中の買い物へのニーズが高く，これらのニーズに適した地域内の店舗が集中している市街地を通過する路線が設定されている．

(3) デマンド型乗合タクシー

デマンド型乗合タクシーは，決められた時間に自宅から希望する指定降車場所までを乗り合いで運行する移動サービスである．地区内移動は1人400円，地区外移動は1人乗車が800円，2人以上乗車が1人500円であり，一般のタクシーよりも安く移動することができる．湖西市は，令和4年4月からデマンド型乗合タクシーの運行区域を市内全域に拡大し，公共交通空白地域に住んでいる方も自宅から希望するスーパーや病院，駅などの市指定施設へアクセスしやすい仕組みを整えている．

3. 分析モデルの構築

(1) モデル構造

本研究で構築する都市モデルの全体構造を図-2に示す．モデルでは，最初に既存のマイクロシミュレーション型都市モデルから個人・世帯属性の遷移や人口世帯分布を予測する．次に，4段階推定法を用いて構築した交通モデルから，「生成交通量の推定」，「発生・集中交通量の推定」，「分布交通量の推定」，「交通手段別交通量の推定」を行い，都市政策によって変化する交通需要を予測する．

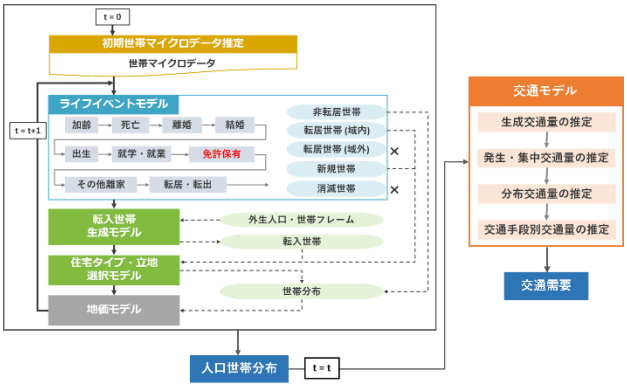


図-2 モデルの全体構造

(2) マイクロシミュレーション型都市モデル

本研究では既存のマイクロシミュレーション型都市モデル[3]をベースとする．**図-2**より，マイクロシミュレーション型都市モデルは個人・世帯に関するマイクロデータを有する「初期世帯マイクロデータ」，世帯の変化予測に関する「ライフイベント発生モデル」，「転入世帯生成モデル」，「住宅タイプ・立地選択モデル」，「地価モデル」により構成されている．

「初期世帯マイクロデータ」は個人・世帯に関する年齢，性別等の属性情報を有している．「ライフイベント発生モデル」は加齢，結婚，出生といった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．また，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．さらに，「住宅タイプ・立地選択モデル」で個人・世帯の住み替えを表現し，「地価モデル」で地域内の立地変化に伴う地価の変化を表現する．これらをシミュレーションタイムステップごとに繰り返すことで，将来の都市構造を予測する．

図-2に赤字で示す，ライフイベント発生モデルの免許保有では，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．発生確率は，オプション属性の付与時に作成した性別年齢別運転免許保有率より，1歳下の保有率との差分により算出する．得られた取得率・返納率に基づき，モンテカルロ法により確率的に免許保有更新を行う．

企業シャトルBaaSやデマンド型乗合タクシー導入下では，公共交通機関の利用率上昇を考慮し，免許返納率のみ影響を受けることを仮定するため，湖西市地域住民アンケートの結果より集計した性別年齢別運転免許返納率に基づき判定する．

(3) 交通モデル

a) 生成交通量の推定

各種要因に関する原単位法を求め，各々の現況値を求める方法である生成原単位法を用いて，式(1)より目的別に生成交通量を推定する．トリップ目的は，通勤，通学，業務，帰宅，私用を考慮する．個人属性は，職業，年齢階層，運転免許保有状況とする．職業は第 1 次就業者，第 2 次就業者，第 3 次就業者，就学者，主婦・無職とする．年齢階層は 5～14 歳，15～64 歳，65～74 歳，75 歳以上で分類し，免許保有状況は保有，非保有により分類する．

$$T^p = \sum a_i^p \cdot N_i \qquad (1)$$

ここで，T^pは目的pの生成交通量であり，a_i^pは目的p，個人属性iの生成原単位，N_iは個人属性iの人口総数である．

b) 発生・集中交通量の推定

生成交通量をコントロールトータルとし，回帰モデル法を用いて式(2)より目的別に発生・集中交通量を推定する．この時，説明変数に高い相関がある場合，多重共線性を引き起こすことから，各説明変数間の相関分析を行い，相関が高い人口指標は同一モデルに同時に使用しないように，モデルの人口指標の検討を行う．

$$T_i = \sum_k a_k X_{ik} + a_0 \qquad (2)$$

ここで，T_iはゾーンiの目的別発生・集中交通量，X_{ik}は説明変数，a_0，a_kはパラメータである．説明変数は，総人口，総就業者数，総就学者数，総従業者数といった人口指標である．

c) 分布交通量の推定

ゾーン別発生・集中交通量をもとに，ゾーン間交通量を求める．重力モデル法を用いて，式(3)よりゾーン内外分布交通量を，式(4)よりゾーン内々分布交通量を推定する．

$$T_{ij} = k_1 \cdot G_i^{\alpha} \cdot A_j^{\beta} \cdot R_{ij}^{-\gamma} \qquad (3)$$

$$X_{ii} = k_2 \cdot (G_i \cdot A_i)^{\tau} M_i^{\varphi} \qquad (4)$$

ここで，T_{ij}はij間 OD 交通量，X_{ii}はゾーンi内のトリップ数，G_iはゾーンiの発生交通量，A_jはゾーンiの集中交通量であり，R_{ij}はゾーンij中心位置からの最短経路での時間距離である．M_iはゾーンiの用途面積を用いる．k_1，α，β，γ，k_2，τ，φは推定対象となるパラメータである．

d) 交通手段別交通量の推定

地域間の交通手段の利用特性に基づき，将来の交通施策を反映して，交通手段別の分布交通量を予測する．交通手段分担予測モデルの検討手順を**図-3** に示す．第 1 段階として，分担率曲線モデルを用いて，式(5)より全手段のゾーン間交通量から歩行者系交通量を分担する歩行者系交通分担モデルを構築する．第 2 段階では，非集計ロジットモデルを用いて，式(6)，(7)より歩行者系以外の交通機関利用交通量を自動車・公共機関の 2 手段に分担する機関別交通分担モデルを構築する．第 3 段階では，公共機関利用交通量をバス（BaaS 含む）・デマンド型乗合タクシーの 2 手段に分担する公共機関別交通分担モデルを構築する．

ゾーン内々の交通手段分担については，内々交通の距離や所要時間を設定することが困難なこと，現状の分担状況が将来大きくは変わらないと考えられることから，現況の分担率を適用する．

$$P_{ij} = \frac{k}{1 + \alpha \cdot exp\left(-\beta X_{ij}\right)} \qquad (5)$$

$$P_n(k) = \frac{exp(V_{kn})}{\sum_{l=1}^{l} exp(V_{ln})} \quad (6)$$

$$V_{kn} = a_1 X_{1kn} + a_2 X_{2kn} + \cdots + a_m X_{mkn} \quad (7)$$

ここで，式(5)のP_{ij}はゾーンij間の歩行者系分担率，X_{ij}はゾーンij間の道路距離，k，α，βはパラメータである．歩行者系交通の分担率は道路距離と強い相関があるため，ゾーン間の道路距離を説明変数とする．また，特に自動車利用状況には運転免許保有状況が大きく影響するため，通勤・帰宅・業務・私用目的については，運転免許保有ダミーも説明変数として加え，検討を行う．式(6)，(7)の$P_n(k)$は交通nの交通機関kの選択確率，V_{kn}は個人nの交通機関kの効用，a_mはパラメータ，X_{mkn}は個人nの交通機関kの効用を表す要因である．

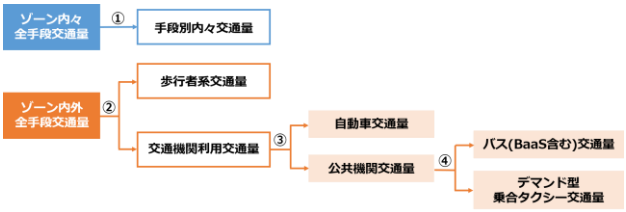


図-3　交通手段分担予測モデルの検討手順

4.　対象都市への適用

(1)　使用データ

a)　マイクロシミュレーション型都市モデル

本研究では，静岡県湖西市を対象として，4 次メッシュベースでマイクロシミュレーション型都市モデルを構築した．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，人口等基本調査，世帯構造等基本調査及び，人口動態調査を使用する．ライフイベントモデルにおけるイベント生起確率については国勢調査，人口動態調査等の統計データに基づき定義する．免許保有には，2020 年に湖西市在住の 65 歳以上の高齢者が在住する世帯を対象に行われた湖西市地域住民アンケートの結果を用いる．転入世帯生成モデルには，国立社会保障・人口問題研究所の将来推計人口・世帯数を使用する．地価モデルと立地選択モデルには国土数値情報から用途地域，地価公示等のデータを使用する．これらは，一般に入手可能なオープンデータである．なお，本研究は 2015 年の統計データをベースとしており，シミュレーションタイムステップは2015 年から 2025 年の 10 年間である．平成 27 年国勢調査における対象地域内の人口有メッシュは 217 である．メッシュ内総人口は 58,958 人，総世帯数は 22,219 世帯である．

b)　交通モデル

交通モデルにおいて，生成交通量推定には第 4 回西遠都市圏パーソントリップ調査を用いる．発生・集中交通量推定に第 4 回西遠都市圏パーソントリップ調査，平成 27 年国勢調査，平成 26 年度経済センサス，平成 27 年住民基本台帳，分布交通量推定の際のメッシュ重心からの最短経路算出には ESRI 社のデータを用いる．交通手段別交通量の推定には，第 4 回西遠都市圏パーソントリップ調査を用いる．

(2)　交通モデル構築結果

a)　生成交通量予測モデル

生成原単位の推定結果を**表-1** に示す．運転免許を保有している人の方が交通行動を多く行うことを表現できていることがわかる．

表-1　生成原単位表

職業	年齢階層	運転免許	通勤	通学	帰宅	業務	私用	全目的
第1次就業者	5～14歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	15～64歳	有り	0.0953	0.0000	0.4434	0.3737	0.1568	1.0692
		無し	0.1164	0.0000	0.3630	0.5068	0.1233	1.1096
	65～74歳	有り	0.0244	0.0000	0.4479	0.4019	0.1516	1.0257
		無し	0.0539	0.0000	0.4276	0.5017	0.0000	0.9832
	75歳以上	有り	0.0083	0.0000	0.4295	0.5148	0.1169	1.0696
		無し	0.0161	0.0000	0.4058	0.4380	0.0322	0.8921
第2次就業者	5～14歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	15～64歳	有り	0.3952	0.0000	0.4421	0.0482	0.1220	1.0075
		無し	0.4336	0.0000	0.4493	0.0541	0.0191	0.9561
	65～74歳	有り	0.3140	0.0000	0.4250	0.2022	0.1002	1.0414
		無し	0.2308	0.0000	0.5000	0.0440	0.2253	1.0000
	75歳以上	有り	0.2941	0.0000	0.4265	0.2059	0.0000	0.9265
		無し	0.0000	0.0000	0.5000	0.1667	0.3333	1.0000
第3次就業者	5～14歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	15～64歳	有り	0.3206	0.0000	0.3825	0.1314	0.1813	1.0158
		無し	0.3845	0.0000	0.4103	0.0697	0.0697	0.9342
	65～74歳	有り	0.1999	0.0000	0.3747	0.2492	0.1995	1.0234
		無し	0.2476	0.0000	0.3365	0.0756	0.3006	0.9603
	75歳以上	有り	0.1982	0.0000	0.3590	0.1189	0.2599	0.9361
		無し	0.1176	0.0000	0.4275	0.1608	0.1490	0.8549
学生	5～14歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.7072	0.7886	0.0000	0.5036	1.9994
	15～64歳	有り	0.0000	0.3590	0.4296	0.0294	0.1536	0.9716
		無し	0.0000	0.4270	0.4562	0.0049	0.0976	0.9857
	65～74歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	75歳以上	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
主婦・無職ほか	5～14歳	有り	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
		無し	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	15～64歳	有り	0.0000	0.0000	0.3892	0.0238	0.5213	0.9342
		無し	0.0000	0.0000	0.3576	0.0230	0.4368	0.8175
	65～74歳	有り	0.0000	0.0000	0.3945	0.0803	0.4439	0.9187
		無し	0.0000	0.0000	0.3444	0.0331	0.4106	0.7881
	75歳以上	有り	0.0000	0.0000	0.3803	0.0651	0.4591	0.9046
		無し	0.0000	0.0000	0.3327	0.0389	0.3444	0.7161

b) 発生・集中交通量予測モデル

発生・集中交通量予測モデルの推定結果を**表-2** に示す．各パラメータの t 値は有意であり，おおむね良好なモデルが推定された．

c) 分布交通量予測モデル

ゾーン内外分布交通量予測モデルの推定結果を**表-3** に，ゾーン内々分布交通量予測モデルの推定結果を**表-4** に示す．どちらのモデルも相関係数は比較的高く，おおむね良好なパラメータ推定結果を得た．

d) 交通手段分担予測モデル

全手段のゾーン間交通量から歩行者系交通量を分担する分担率曲線モデルの推定結果を**表-5**，**図-4**，**図-5** に示す．また，歩行者系以外の交通機関利用交通量を自動車・公共機関の 2 手段に分担する機関別交通分担モデルの推定結果を**表-6** に示す．どちらも各パラメータの t 値は有意であり，おおむね良好なモデルが推定された．

表-2 発生・集中交通量モデルの推定結果

		変数名	パラメータ	T値	P値	判定	重相関係数	修正済決定係数
発生交通量モデル	通勤	総就業者数	0.9294	11.0639	0.0000	**	0.98	0.945
		定数項	-317.9996	-0.9136	0.3962			
	通学	総就学者数	1.0459	23.2585	0.0000	**	0.99	0.987
		定数項	-77.1415	-1.4831	0.1886			
	帰宅	総人口	0.9876	5.7513	0.0022	*	0.98	0.946
		総従業者数	0.9120	5.1961	0.0035	*		
		定数項	-4399.5485	-4.0597	0.0097			
	業務	総就業者数	0.4174	5.3592	0.0017	*	0.91	0.798
		定数項	-4860.8194	-4.1710	0.0059			
	私用	総人口	0.9879	10.6732	0.0000	**	0.97	0.942
		定数項	-2824.8168	-4.1437	0.0061			
集中交通量モデル	通勤	総従業者数	0.6597	14.1914	0.0000	**	0.99	0.966
		定数項	-109.9253	-0.5401	0.6086			
	通学	通学者数	0.9433	11.9484	0.0000	**	0.98	0.953
		定数項	-24.2855	-0.2668	0.7986			
	帰宅	総人口	1.2269	34.8737	0.0000	**	1.00	0.994
		定数項	-774.7993	-2.9902	0.0243			
	業務	総就業者数	0.2678	3.2101	0.0237	*	0.89	0.721
		1次産業従業者数	1.3619	2.9717	0.0311	*		
		定数項	-299.0326	-0.8192	0.4499			
	私用	総人口	0.7454	2.5686	0.0491	*	0.96	0.913
		通学者数	2.0750	2.2941	0.0453	*		
		定数項	-3503.2437	-2.2773	0.0718			

表-3 ゾーン内外分布交通量モデルの推定結果

		α	β	γ	ln(k)	重相関係数	修正済決定係数
通勤	パラメータ	0.4339	1.0247	-1.2044	-4.2049		
	T値	1.8796	10.4547	-6.5680	-1.9359	0.88	0.761
	P値	0.0658	0.0000	0.0000	0.0583		
通学	パラメータ	-1.0430	0.0383	-1.9816	14.0799		
	T値	-1.3862	1.0601	-4.8571	2.3956	0.66	0.386
	P値	0.1753	0.2938	0.0000	0.0226		
帰宅	パラメータ	0.9696	0.1829	-1.7433	-1.2465		
	T値	6.7981	15.7215	-8.8749	-0.4416	0.86	0.725
	P値	0.0000	0.0000	0.0000	0.6606		
業務	パラメータ	0.4950	0.7287	-1.6885	-1.8402		
	T値	2.2262	4.1535	-6.5223	-0.8637	0.74	0.520
	P値	0.0311	0.0001	0.0000	0.3923		
私用	パラメータ	0.5160	0.9371	-1.8606	-3.5343		
	T値	2.6273	6.8975	-8.1479	-1.5898	0.86	0.723
	P値	0.0115	0.0000	0.0000	0.1183		

表-4 ゾーン内々分布交通量モデルの推定結果

		γ	β	ln(k)	重相関係数	修正済決定係数
通勤	パラメータ	0.7706	0.2073	-8.8294		
	T値	6.1768	1.6380	-3.7105	0.95	0.872
	P値	0.0016	0.1624	0.0138		
通学	パラメータ	1.1471	0.2918	-14.3436		
	T値	5.2428	2.0248	-2.7423	0.93	0.810
	P値	0.0063	0.0480	0.0518		
帰宅	パラメータ	0.6975	0.1281	-6.3759		
	T値	7.8706	1.5792	-3.4283	0.97	0.906
	P値	0.0005	0.1751	0.0187		
業務	パラメータ	0.6973	0.1484	-5.8864		
	T値	9.1956	1.5406	-5.5199	0.99	0.968
	P値	0.0003	0.1840	0.0027		
私用	パラメータ	0.6095	0.0626	-3.6088		
	T値	7.5229	2.6284	-1.6901	0.96	0.886
	P値	0.0007	0.0186	0.1518		

表-5 歩行者系交通分担モデルの推定結果

	上限値k	係数α	道路距離	P値	免許保有ダミー	P値
通勤	1.000	2.958	0.000	0.000	-2.703	0.000
通学	1.000	2.861	0.000	0.000	-	-
帰宅	1.000	1.704	0.000	0.000	-2.058	0.000
業務	1.000	1.935	0.000	0.049	-3.151	0.000
私用	1.000	0.925	0.000	0.000	-1.615	0.000

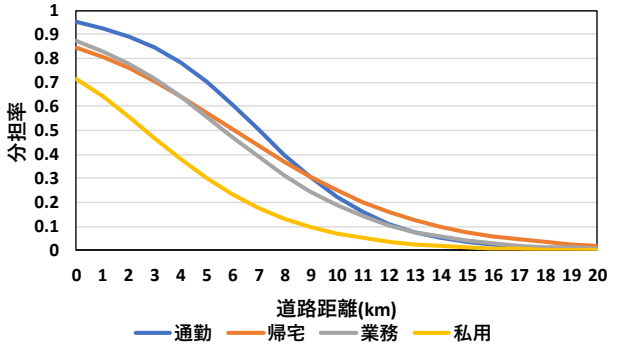


図-4 歩行者系分担率曲線モデル（免許保有者）

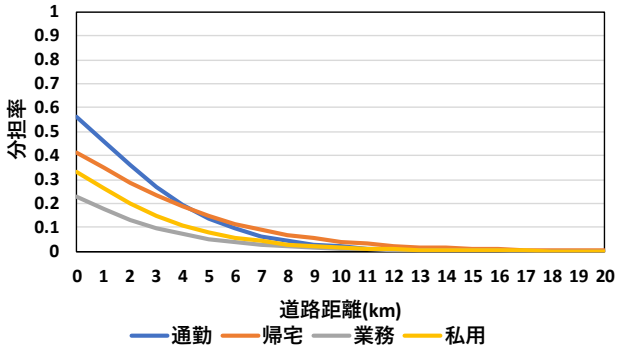


図-5 歩行者系分担率曲線モデル（免許非保有者）

表-6 機関別交通分担モデルの推定結果

説明変数			通勤		通学		帰宅		業務		私用	
			パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値	パラメータ	t値
共通変数		一般化費用（円）	-0.015	-5.17	-0.041	-8.07	-0.004	-5.04	-0.024	-4.55	-0.003	-2.16
選択肢固有変数	交通機関	年齢ダミー65歳以上(0,1)	2.743	8.59								
		最寄バス停距離(m)	-0.002	-4.90	-0.002	-3.69	-0.001	-7.27			-0.319	-1.76
		運行頻度（本/日）			0.941	7.02						
	自動車	免許保有ダミー(0,1)	4.426	14.30					5.691	6.98	0.898	10.96
		年齢ダミー15歳未満(0,1)			-4.584	-2.33					2.439	14.42
		年齢ダミー65歳以上(0,1)					-0.983	-11.15				
尤度比			0.96		0.63		0.87		0.96		0.89	

(3) 対象都市適用結果

a) 発生交通量

マイクロシミュレーション型都市モデルにより算出した，湖西市の 2015 年と 2025 年におけるメッシュ別人口分布を**図-6** に示す．また，推計 OD 表の私用目的における 2015 年と 2025 年の発生交通量を**図-7** に示す．**図-6** より，人口は都市機能誘導区域，居住誘導区域に集中しており，市街化区域にも一定数集約していることが確認できる．**図-7** より，私用目的の発生交通量は都市機能誘導区域，居住誘導区域に特に集中しており，人口分布と類似しているため，発生交通量モデルは妥当な推定結果であるといえる．

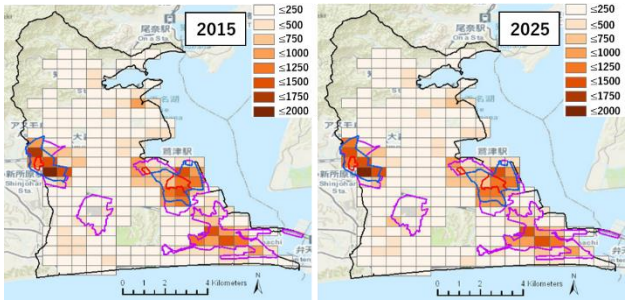


図-6 メッシュ別人口分布

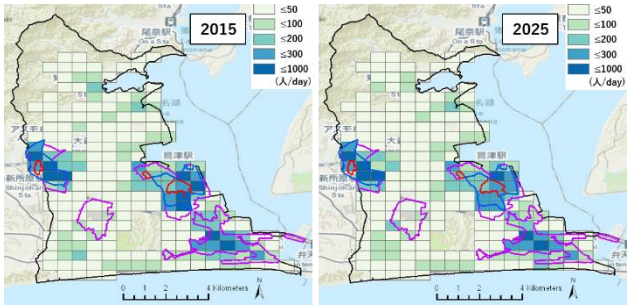


図-7 発生交通量分布（私用）

b) 集中交通量

推計 OD 表の私用目的における 2015 年と 2025 年の集中交通量を**図-8** に示す．**図-8** より，集中交通量は都市機能誘導区域，居住誘導区域に集中しているが，**図-7** の発生交通量分布と比較すると，交通量の散らばりが少なく，スーパー，病院といった特定の施設に集中していることが表現されているため，集中交通量モデルにおいても妥当な推定結果であるといえる．

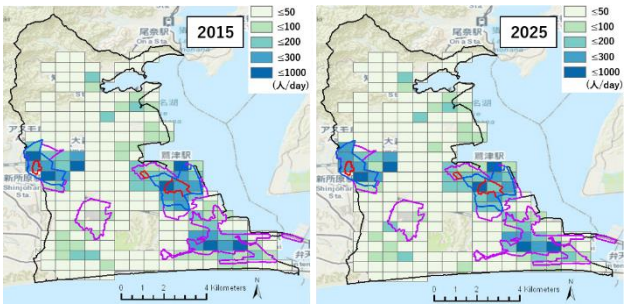


図-8 集中交通量分布（私用）

b) 交通量の経年変化

推計 OD 表の私用目的における 2015 年と 2025 年の発生・集中交通量の差を**図-9** に示す．**図-9** より，発生，集中ともに，2015 年から 2025 年にかけての人口の減少に伴い，交通量が 10 年間で減少してするメッシュが多いことわかる．特に都市機能誘導区域における交通量の減少が大きく，都市政策を行っていない状態では，人口の減少に伴う市街地部の低密化により，交通の状況も分散するものと考えられる．

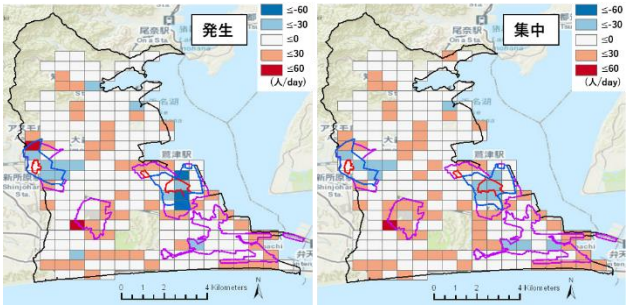


図-9 発生・集中交通量の経年変化（2025 年－2015 年）

5. 政策評価

(1) 湖西市シャトル BaaS 評価

a) 評価方法

構築したモデルを用いて，2章に示した湖西市企業シャトルBaaSの都市政策について評価する．まず，モデルを湖西市に適用し，2015年から2025年における自動車と公共交通それぞれの交通量を算出する．次に，2020年に行われた湖西市地域住民アンケートの結果を用いて，企業シャトルBaaSを「利用する」，「利用しない」の2つに分ける2項ロジットモデルを構築し，BaaSが導入された場合の交通手段選択の変化について明らかにする．

b) アンケート概要

アンケートは，湖西市の65歳以上の高齢者が在住する3,500世帯を対象に行った． 1世帯につき2票の調査票を郵送配布・回収方式にて行い，個人属性，普段の交通行動，企業シャトルBaaS事業に関する設問を設計した．なお，調査票と共に企業シャトルBaaS事業の概要を説明するチラシを同封しており，プロジェクト概要を確認してもらった上でアンケートを実施した．実施期間は2020年11月30日から12月25日，回答世帯は1,848世帯，サンプル数は3,174票，最終的な回収率は52.8%となった．回答者の個人属性を**表-7**に示す．また，企業シャトルBaaSの利用意向に関する結果を**図-10**に示す．**図-10**より， BaaSを利用したいと考える人は約17%である．さらに，企業シャトルBaaS導入時に公共交通へ変わると思う外出目的に関する結果を**図-11**に示す．**図-11**より，BaaS導入時に公共交通へ変化する外出としては，通院時が16.4%，買い物時が16.9%と多かった．

表-7　回答者の個人属性

男女比 (n=3,155)	男性	50.9%				
	女性	49.0%				
	その他	0.1%				
年齢構成 (n=3,164)	20代以下	0.5%	30代	0.9%	40代	3.0%
	50代	4.1%	60代	26.2%	70代	46.4%
	80代	16.5%	90代	2.6%		
運転免許の有無 (n=3,126)	持っている	76.8%				
	持っていない	16.1%				
	持っていたが返納した	7.1%				
自家用車の有無 (n=3,094)	持っている	75.5%				
	持っていない	24.5%				

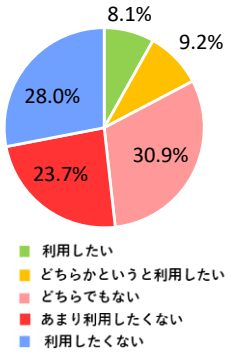


図-10　BaaS 利用意向

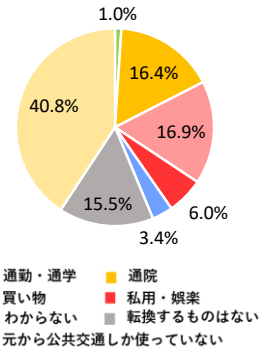


図-11　公共交通への転換

企業シャトルBaaS事業に関する設問から，企業シャトルBaaSの利用意向があると答えた人を「利用する」，ないと答えた人を「利用しない」とし，二項ロジットモデルを構築する．また，このアンケートは65歳以上の高齢者が在住する世帯を対象に行っており，外出は通院，買い物を含む私用目的がほとんどであるため，65歳以上における私用目的の交通を対象に分析する．

c)　二項ロジットモデルの説明変数

二項ロジットモデルを構築するにあたり，企業シャトル BaaS の利用意向にはどのような要因が関係しているかを明らかにするため，アンケートのクロス集計を行った．最初に，アンケート回答者の居住地区と企業シャトル BaaS の利用意向についてクロス集計を行った．湖西市の地区別バス停の位置を**図-12** に，集計結果を**図-13** に示す．**図-12** より，既存バスのバス停は湖西市全体に広がっているが，知波田・新所・入出地区において少ない．また，企業シャトル BaaS による新たなバス停は，主に岡崎地区，鷲津地区に多いことが確認できる．**図-13** より，企業シャトル BaaS 利用意向は白須賀地区，岡崎地区の順に高いことがわかる．この結果から，企業シャトル BaaS の導入により，居住地付近でバス停が増加する世帯の利用意向が高いことが考えられる．

次に，アンケート回答者の居住地における既存バス停までの距離を算出し，地区ごとに分析した結果を**図-14** に示す．**図-14** より，白須賀地区，知波田・新所・入出地区はバス停まで 1000m 以上の割合が多く，バス停までの距離が遠い世帯が多いことがわかる．

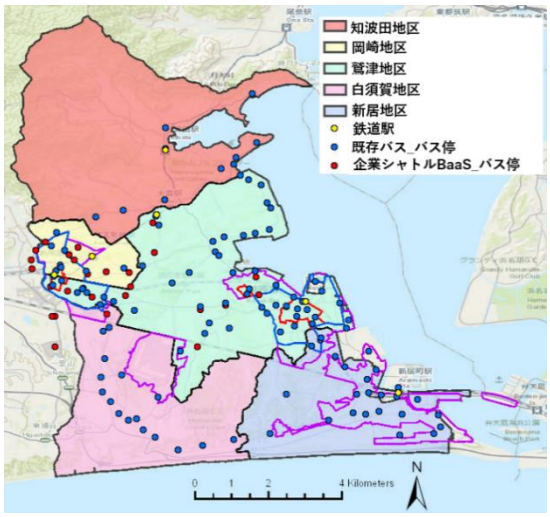


図-12　地区別バス停位置

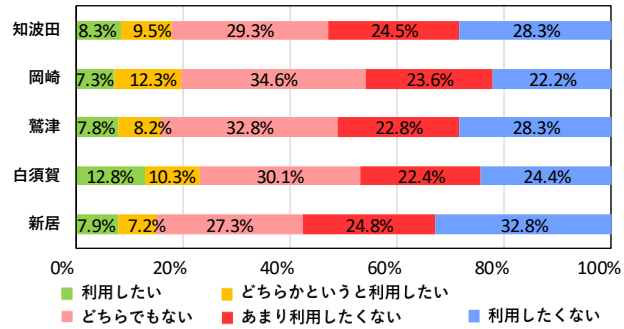


図-13　回答者の居住地区と BaaS 利用意向

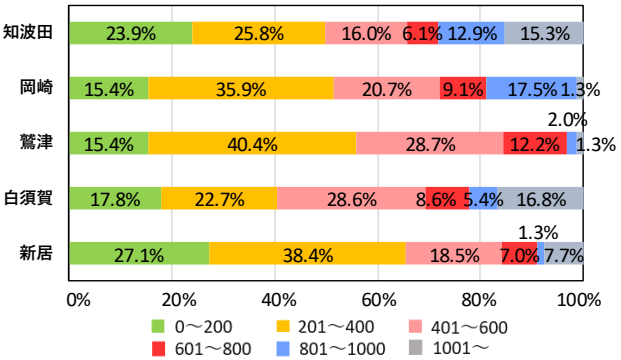


図-14　回答者の居住地区とバス停距離

分析結果から，企業シャトル BaaS の利用意向は，既存バス停までの距離が遠く，企業シャトル BaaS の導入により，居住地付近でバス停が新たにできる世帯において高いことが考えられる．そのため，最寄りバス停までの距離を説明変数とし，二項ロジットモデルを構築する．構築したモデルを適用し，企業シャトル BaaS 導入後の公共交通における利用者増加の観点から，評価を行う．

(2)　デマンド型乗合タクシー評価

a)　評価方法

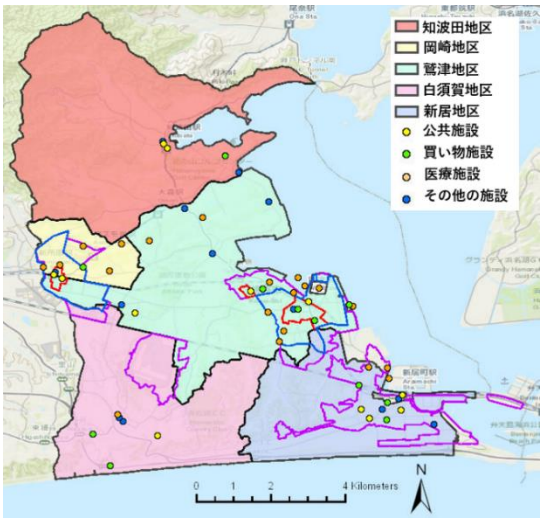
2章に示したデマンド型乗合タクシーの都市政策についても評価する．まず，モデルを湖西市に適用し，2015

年から2025年における自動車と公共交通それぞれの交通量を算出する．次に，デマンド型乗合タクシー利用実績データを用いて，デマンド型乗合タクシーを「利用する」，「利用しない」の2つに分ける二項ロジットモデルを構築し，導入後の交通手段選択の変化について明らかにする．なお，デマンド型乗合タクシーは，平日の8:00～17:30の運行で，利用者は65歳以上の高齢者がほとんどであり，主に通院，買い物を含む私用目的であるため，65歳以上における私用目的の交通を対象に分析する．

b)　二項ロジットモデルの説明変数

デマンド型乗合タクシー利用実績データは，2022 年 4 月～2023 年 3 月の利用者に関するデータである．デマンド型乗合タクシーの行先となっている，公共施設，買い物施設，医療施設，その他の施設の位置を**図–15** に示す．また，利用データから作成した地区別の 1 年間の OD 表を**表–8** に示す．**図–15**，**表–8** より，各施設それぞれ鷲津地区に最も集中しており，交通量も集中していることがわかる．また，白須賀地区は各施設それぞれ少なく，**図–12** より既存バスのバス停数も少ないため，デマンド型乗合タクシーの発生交通量は最も多くなっている．

分析結果から，デマンド型乗合タクシーの利用意向は，既存バス停までの距離が遠く，地区内に各施設が少ない世帯において高いことが考えられる．そのため，企業シャトルBaaSと同じく，最寄りバス停までの距離を説明変数とし，二項ロジットモデルを構築する．構築したモデルを適用し，デマンド型乗合タクシー導入後の公共交通における利用者増加の観点から，評価を行う．



図–15　地区別各施設位置

表–8　デマンド型乗合タクシーOD 表

	知波田	岡崎	鷲津	白須賀	新居	発生交通量
知波田	15	128	233	0	5	381
岡崎	1	107	39	3	5	155
鷲津	0	7	89	1	5	102
白須賀	0	263	373	41	148	825
新居	4	37	210	0	381	632
集中交通量	20	542	944	45	544	

6.　おわりに

本研究では，企業シャトルBaaS，デマンド型乗合タクシーといった公共交通関連施策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．また，構築した交通モデルを対象都市に適用し，人口分布と交通量分布の比較から，その妥当性を確認できた．

講演時には，企業シャトルBaaS，デマンド型乗合タクシーといった都市政策について，導入後の公共交通における利用者増加の観点から発表を行う．

謝辞：本研究は JSPS 科研費 20K04721 および 23H01530 の助成を受け実施しました．ここに感謝の意を表します．また，静岡県に第 4 回西遠都市圏パーソントリップ調査を，湖西市に地域住民アンケート，コーちゃんタクシー利用データを提供していただきました．ここに感謝の意を表します．

REFERENCES

1)　杉木直，宮本和明：土地利用マイクロシミュレーションにおける初期マイクロ世帯データの推定手法，土木計画学研究・講演集，Vol.39，CD-ROM，2009．
2)　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．
3)　長尾将吾，杉木直，松尾幸二郎：オープンデータを用いたメッシュベースのマイクロシミュレーション型都市モデルの構築，第 60 回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2019．

(Received August 30, 2023)
(Accepted October 13, 2023)

COMPREHENSIVE POLICY EVALUATION OF TRANSPORTATION AND LAND USE IN KOSAI CITY USING URBAN MICROSIMULATION MODEL INCORPORATING AN AGGREGATE TRAFFIC MODEL

Toko WADA, Nao SUGIKI and Kojiro MATSUO