

生活利便施設の立地との相互作用を考慮した 世帯マイクロシミュレーションの構築

平沼 克¹・鈴木 温²・香田 拳斗³

¹学生会員 名城大学 理工学研究科社会基盤デザイン工学専攻 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

E-mail: 193433005@c alumni.meijo-u.ac.jp

²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 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

E-mail: atsuzuki@meijo-u.ac.jp

³非会員 名城大学 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501)

E-mail: 170448036@c alumni.meijo-u.ac.jp

個人や世帯の遷移をミクロレベルで分析可能であることに加え、施策の効果分析にも有用であるという長所を持つ世帯マイクロシミュレーション (HUMS) の開発が進められている。しかし、現状のモデルは個人や世帯の遷移のみのシミュレーションにとどまっており、生活利便施設の立地や撤退といった建物側の遷移は考慮されていない。地区の交通施策や再開発等の施策の有効性を評価するためには、世帯のライフイベントの発生だけでなく、世帯の立地と建物の立地との動的な相互作用を考慮することが不可欠である。本研究では、愛知県瀬戸市を対象に世帯の立地選択と生活利便施設の立地の相互作用を考慮した世帯マイクロシミュレーションを開発することを目的とする。生活利便施設のうち、特に商業施設の立地に関するマイクロデータを用いて施設の立地、撤退をモデル化し、アクセシビリティの変化を世帯の居住地選択に影響を与える。構築したモデルによる推計結果と実績値を比較して、モデルの精度評価を行う。

Key Words: Household Microsimulation, Location of Facility

1. はじめに

我が国では、人口減少や少子高齢化に起因した都市の衰退が深刻化している。商業施設をはじめとした生活利便施設は、人口が減少すると経営が立ち行かなくなり、存続が難しくなる。生活利便施設の撤退は、生活利便性の低下に直結する。生活利便性の低下した地域は新たな転入者が減少するため、人口減少がさらに加速する。このような、人口減少と生活利便性の低下に関する「負のスパイラル」が大都市の郊外や地方都市を中心に全国的に発生しており、都市の衰退に拍車をかけている。

都市の衰退を防ぐためには、負のスパイラルからの脱却が必要不可欠である。しかし、このような課題の解決に資する研究の蓄積は十分でない。

近年、政策の効果を分析、評価するツールとしてマイクロシミュレーションの開発が進められている。本研究は、これまで開発されてきたマイクロシミュレーションを改良し、世帯の立地選択と生活利便施設の立地の相互作用を考慮した世帯マイクロシミュレーションを開発することを目的とする。これにより、世帯の立地と建物の

立地が動的に相互作用していく、より現実に近い都市構造の遷移の表現が可能になるとともに、人口減少と生活利便性の低下に関する負のスパイラル問題の解決に役立つツールになりうると考えている。

2. 既存モデルの整理と本研究の位置づけ

マイクロシミュレーションは、個人や世帯、企業等を個々の単位で操作することによって、それらの遷移についてミクロレベルの分析ができるという特徴を持っている。我が国における先駆的な研究として、林・富田¹⁾は、世帯のライフサイクルと住宅需要・立地モデルを考慮したマイクロシミュレーションを構築して、個人属性を考慮した将来人口予測を行った。当初は仮想都市を対象に構築されてきたが、データの整備やコンピュータの高性能化が進むとともに実都市を対象にした大規模なモデルの開発が進められるようになった。鈴木ら²⁾は、人口40万人規模の富山市を対象にマイクロシミュレーションを構築し、高精度な結果が得られた。

筆者らは、政策の効果分析を目指し、住宅団地を対象としたモデルの開発を進めてきた³⁾。これまで開発してきたモデルは、個人や世帯の遷移に焦点を当てた構造になっている。主に自然増減の推定に関わるライフイベント発生モデルについては、すでに高精度な結果の算出が実現できている。本研究においては、ライフイベントの発生処理や発生確率は既存モデル³⁾を踏襲する。

一方、既存モデル³⁾のうち社会増減の推定や政策効果の分析に関わる立地選択モデルは、現在も改良途上にある。既存モデルでは、生活利便施設等の居住地の地域特性に関する情報はすべて外生的に与えており、時間の推移に関わらず地域特性は遷移しない構造であった。居住者が遷移していく中で施設側が遷移しない状態は現実的とは言えず、そのような条件下で政策の効果を実証的に表現することはできない。地価推定モデルや上位ゾーン選択モデルにおいて前年の人口密度や高齢化率を反映させる形で地域特性の遷移の内生化を図った改良は行われているが、生活利便性評価に直接関わる要素については内生化がされていない。高精度な政策分析のためには、一部の要素の内生化だけではなく、施設側の詳細な立地予測まで行えるような抜本的な改良が不可欠である。

以上を踏まえ、本研究で構築するモデルの全体構造を図-1に示す。

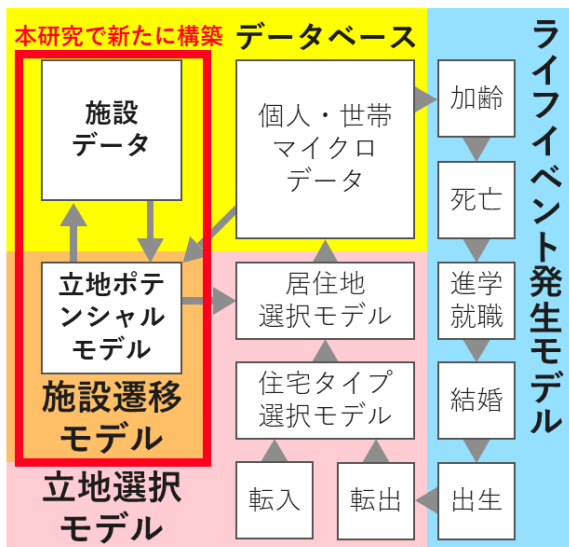


図-1 本研究で構築するモデルの全体構造

図中赤枠で囲った部分が本研究で新たに構築する部分である。本研究では、生活利便施設の立地変化を予測する施設遷移モデルの構築を新たに行う。これに合わせ、施設に関するデータベースを整備するとともに、居住地選択モデルの改良を行う。これらの改良によって、個人や世帯の遷移と生活利便施設の立地の遷移の相互作用を表現することを目指す。

3. 対象地域および施設

(1) 対象地域

モデル構築を行う対象都市には、愛知県瀬戸市を選んだ。瀬戸市は、名古屋都市圏の東側に位置する郊外都市で、人口減少および高齢化が進むとともに、中心市街地の衰退が深刻化している。2020年4月現在の人口は129,140人、高齢化率は29.6%である。市内においてより詳細なレベルのモデル構築を行う地域には、市の中南部に位置する菱野団地を選んだ。対象地域の位置図を図-2に示す。

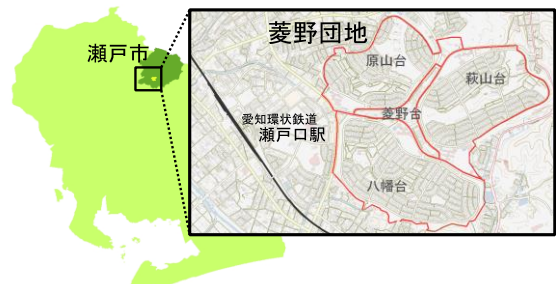


図-2 対象地域の位置図

菱野団地は、高度経済成長期に開発された住宅団地で、高齢化率は2020年4月現在42.2%と、市内でも特に高齢化が深刻な地域である。菱野団地では2019年3月に再生計画が策定され⁴⁾、現在は具体的な政策の検討が行われている。本研究における政策分析は、菱野団地再生計画に関連した分析を行う。

(2) ゾーン設定

本研究では、瀬戸市全域を連区と呼ばれる小地域群で18ゾーンに分割したものを上位ゾーン、菱野団地内を地理的關係や立地する住宅の種類に応じて10ゾーンに分割したものを下位ゾーンと表記する。各ゾーンの代表点は、それぞれの重心点とする。図3に上位ゾーンの設定図を、図4に下位ゾーンの設定図をそれぞれ示す。図中の番号はゾーンコードを表す。

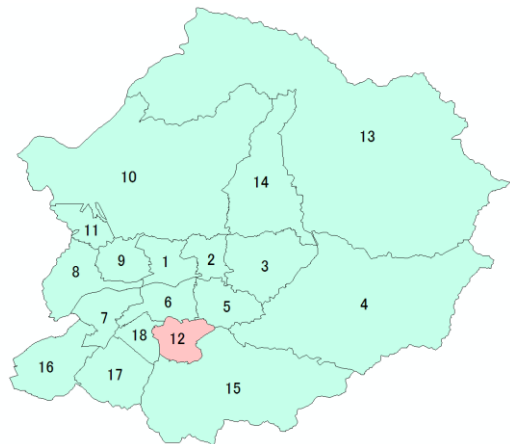


図-3 上位ゾーン選択モデルにおける選択肢の設定状態
(桃色のゾーン(12)が菱野団地)

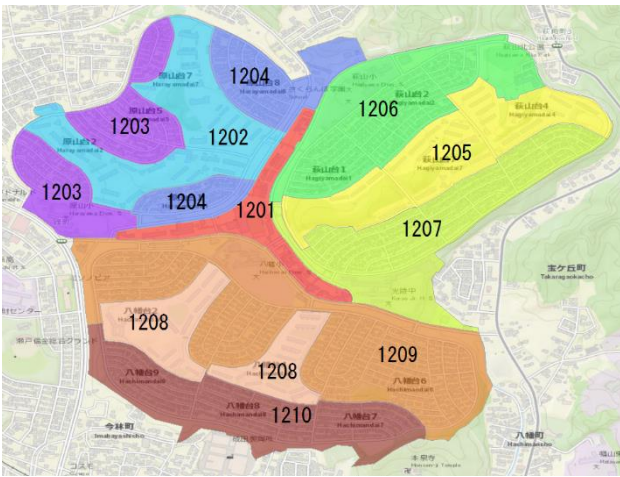


図-4 下位ゾーン選択モデルにおける選択肢の設定状態

(3) 対象施設

対象施設には、生活利便施設のひとつとして商業施設を考慮する。施設は、株式会社ゼンリンの建物ポイントデータをもとに、それぞれの施設で取り扱われている財・サービスに着目して分類を行った。初めに、家計調査収支項目の中分類 36 項目をもとに、現地調査等によって各施設と取り扱われている財・サービスの対応表を作成した。次に、作成した対応表について因子分析を行い、食料・日用品、家具・工具・住宅設備、衣料、医薬品、生鮮食品、外食、家具・教育娯楽サービス、衣料関連サービスの 8 因子が得られた。最後に、食料品・日用品が扱われている施設について、因子の組み合わせによってグループ A, B, C の 3 種類に分類したうえでそれぞれの存続撤退傾向を把握した⁵⁾。各分類の設定およびそれぞれの立地撤退の実績値を表 1 に示す。

表-1 施設分類と立地撤退数 (2013年→2018年)

施設グループ	各施設グループの特徴	存続	撤退	転換
A	食料品・日用品のみ取り扱い 財・サービスの多様性：低	86	57	4
B	食料品・日用品+1~3因子 財・サービスの多様性：中	67	115	5
C	食料品・日用品+3因子~ 財・サービスの多様性：高	13	0	0

各グループ別の立地撤退状況 (2013年→2018年) とその分布について図4 から図-6 にそれぞれ示す。図中のアイコンの大きさは、施設の面積を表している。

これらの図から、施設の規模や扱う財・サービスの多様性によって存続撤退の傾向が異なることがわかる。したがって、施設の存続撤退を表現する立地ポテンシャルモデルは施設グループごとに構築それぞれ構築する。本研究では、グループ A, B, C について、施設分類 $k=(1,2,3)$ と表記する。



図-5 グループ A 存続撤退状況

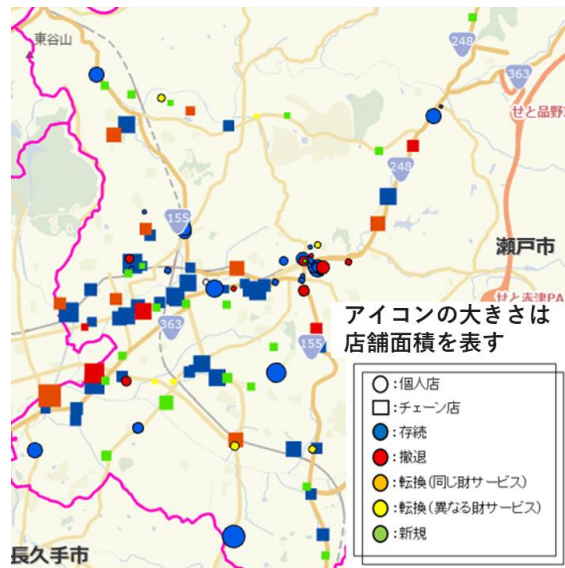


図-6 グループ B 存続撤退状況

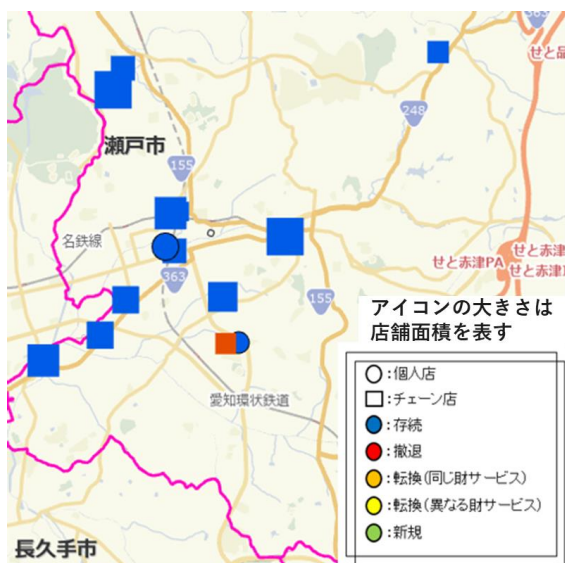


図-7 グループ C 存続撤退状況

4. 世帯の立地選択と施設立地の相互作用の構築

本研究で新たに構築する立地ポテンシャルモデルと他モデルとの関係を図-7に示す。

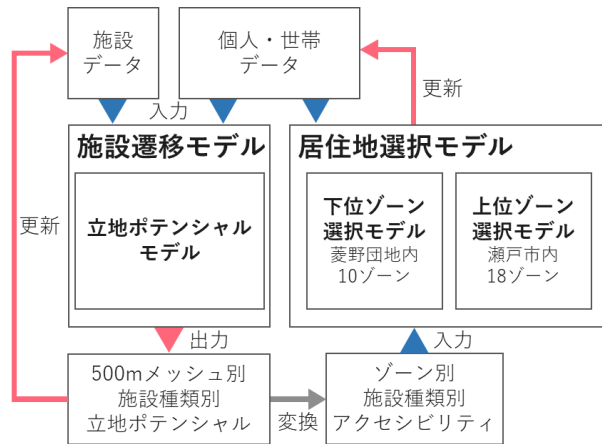


図-8 立地ポテンシャルモデルと他モデルの関係

施設遷移モデルは、施設および個人、世帯に関する情報を入力データとして各地点の立地ポテンシャルの値を出力する。出力された立地ポテンシャルの値にしたがって施設の情報を更新すると同時に、アクセシビリティの値を算出し、その値を居住地選択モデルの入力データのひとつとして活用する。アクセシビリティの値を、生活利便性を評価する指標として施設遷移モデルと居住地選択モデルの間でやり取りを行うことで、居住地選択に施設立地の変化を反映させる。また、入力データとして個人および世帯データを用いることで、人口の変化→建物立地の変化→居住地選択志向の変化という一連の流れを表現することができる。

(1) 指標の設定

施設立地の遷移の結果を居住地選択モデルに反映させるための指標には、施設へのアクセシビリティ指標を用いる。本研究で用いるアクセシビリティ指標の構造を式(1)~(3)に示す。

$$ACC_i = \sum_j Z_j \cdot f(d_{ij}) \quad (1)$$

$$f(x_{ij}) = \exp(-\lambda d_{ij}) \quad (2)$$

$$Z_j = \sum_k z_j^k \quad (3)$$

ACC_i : 地点 i の施設アクセシビリティ

z_j^k : 地点 j 内に立地する施設分類 k の施設数

d_{ij} : 地点 i ~ 地点 j 間の道路距離

λ : パラメータ

ここで、地点 i はアクセシビリティを算出する居住地のゾーン、地点 j は施設側のゾーンを表す。アクセシビリティ指標は、距離抵抗を考慮した重力型の指標を採用した。生活必需品の獲得、すなわち買物に対するアクセシビリティは生活利便性に大きな影響を与えると仮定し、この値を居住地選択において効用を構成する要素のひとつとして活用する。

(2) 施設遷移モデルの構築

施設遷移モデルでは、対象地域の一定範囲内の商業施設数を予測する。「その場所で施設が成り立つか」を表す立地ポテンシャルを定義し、その値を遷移させる立地ポテンシャルモデルを構築する。算出された値に従って各ゾーン内の施設数を変化させる。

(3) 立地選択モデルの構築

立地選択モデルでは、市内で転居を行う世帯、および新たに転入してくる世帯を対象に、多項ロジットモデルを用いて居住する住宅のタイプや場所を選択させる。

住宅タイプ選択モデルは、世帯特性を考慮した効用関数を用いて持家戸建、持家集合、賃貸集合の3タイプから選択を行うモデルである。既存モデルにおいて精度の高さが確認されているため、既存研究で推定したパラメータを用いる。

上位ゾーン選択モデルは、3章で述べた上位ゾーンのうちのどのゾーンに居住するかを選択するモデルである。多項ロジットモデルを用いるという点は既存モデルと同様であるが、効用関数において考慮する要素を改めて検討する。上位ゾーン選択モデルで菱野団地を選択された場合は、次に述べる下位ゾーン選択モデルに移行して、さらに詳細な居住地選択を行う。

下位ゾーンモデルは、上位ゾーンで菱野団地を選択した世帯を対象に、3章で述べた下位ゾーンの中で居住地を選択するモデルである。下位ゾーン選択モデルも、上位ゾーン選択モデルと同様の方針で改良を行う。

5. モデルの詳細設計

(1) データベースの構造

a) 個人データベース

個人データベース内で管理される個人属性には、個人ID、世帯番号、生存確認、居住地、年齢、性別、続柄、婚姻状態、子どもの人数、世帯人数、職業、住宅タイプ、世帯収入、世帯タイプおよび交通手段を設定した。表-1に、各個人属性の仕様および分類の設定を示す。

これらの属性のうち、世帯番号、居住地、年齢、性別、続柄、世帯人数、世帯タイプについては、平野⁹⁾の

表-2 個人属性のデータ構造

個人属性	データ構造
個人ID	個人ごとに割り振られる番号
世帯番号	世帯ごとに割り振られる番号
生存判定	生存:0 死亡:死亡した年
居住地	瀬戸市内18ゾーン+菱野団地内10ゾーン
年齢	各個人の年齢(1歳階級)
性別	男性or女性
続柄	世帯主, 配偶者, (世帯主から見て) 父親, 母親, 子ども
婚姻状態	未婚or既婚
子どもの人数	世帯主および母親に付与
世帯人数	全員に付与
職業	フルタイム職, フルタイム以外, 主婦, 学生, 無職
住宅タイプ	持家戸建, 持家集合, 賃貸集合
世帯年収	世帯主に付与
世帯タイプ	30タイプ
交通手段	交通手段選択モデルから確率的に付与

方法を使用して初期値を生成した。生成には、平成27年国勢調査より、年齢(5歳階級)別・男女別人口の瀬戸市における小地域集計データ、夫の年齢(各歳)・妻の年齢(各歳)別夫婦数の愛知県における統計データ、世帯の家族類型(22区分)・世帯人員(7区分)別一般世帯数の瀬戸市における統計データ、世帯の種類(2区分)・世帯人員別一般世帯数の瀬戸市における統計データを使用した。

本研究では、新たな個人属性として交通手段を設定した。交通手段は、立地ポテンシャルモデルにおいて商圏人口および世帯数を算出する際に活用することを目的とし、第5回中京パーソントリップ調査のデータとロジットモデルによって推定する交通手段選択モデルを用いて各個人に付与する。

b) 建物データベース

生活利便施設に関する建物データは、株式会社ゼンリンの建物ポイントデータを整理して作成する。建物属性は、施設分類(k)、商圏人口、商圏世帯数、面積、最寄り駅までの距離を設定する。建物属性に関する情報は、施設分類と面積、最寄り駅までの距離を除き、個人や世帯の遷移結果および立地ポテンシャルモデルを通してすべて遷移が行われる仕様になっている。

(3) ライフイベント発生モデルの構築

ライフイベントは、加齢、死亡、進学就職、結婚、出生、を考慮する。発生確率の算出手法は、既存モデル³⁾を踏襲した。

(4) アクセシビリティ指標の設定

4章で述べたとおり、地点*i*および*j*はゾーン(図5お

よび図-6)の代表点とする。

施設分類別施設数の初期値は、2013年のゼンリン建物ポイントデータをもとに該当の施設数をカウントして設定した。計算開始後は、施設遷移モデルにおいて算出される立地ポテンシャルにしたがって値を変化させる。

道路距離 d_{ij} は、ゾーンの重心点を代表点とし、それらを結ぶ最短の道路距離を設定する。

(2)式に示す距離減衰のパラメータ λ は、第5回中京都市圏パーソントリップ調査をもとに算出する。

(5) 施設遷移モデルの構築

a) 立地ポテンシャル関数の構築

施設遷移モデルでは、立地ポテンシャルモデルにおいて立地ポテンシャル関数を定義する。値は、代表点*j*において算出されたものを、そのゾーンの立地ポテンシャルとして使用する。

立地ポテンシャルの初期値は、検索範囲*h*内での施設の集積度を表すカーネル密度で定義し、推定を行った。データは、建物ポイントデータを実績値として用いた。*h*の値は、施設の種類ごとにそれぞれ設定する。

立地ポテンシャル関数を式(4)に示す。

$$\rho_j^k = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \cdot g(x_j) \quad (4)$$

ρ_j^k : 地点*j*における施設種類*k*の立地ポテンシャル

シミュレーション開始後は、(4)式によって立地ポテンシャルの値を更新し、施設データや居住地選択に関する情報の更新に活用する。説明変数*x*は商圏人口、商圏世帯数、最寄り駅までの距離、他種施設の立地状況を考慮する。 $g(x_j)$ は用途地域ダミーを表し、地点*j*において用途地域の制約を考慮し、施設を建てられない場合は0、建てられる場合は1とした。

商圏は、施設の規模別に第1次商圏、第2次商圏をそれぞれ定義する。施設の規模は、売り場面積3000m²以上を大規模施設とし、それより小さい建物を小規模施設に分類する。商圏の範囲は、第5回中京パーソントリップ調査のうち、瀬戸市の小売施設を目的地としたトリップの所要時間を昇順に整理し、上位60%を占める範囲を第1次商圏、90%を占める範囲を第2次商圏に設定した。所要時間および距離の算出に用いる交通手段は、小規模施設は第1次、第2次商圏ともに徒歩、大規模施設の第1次商圏は徒歩、第2次商圏は自動車を仮定した。以上の設定により算出された商圏を表3に示す。

商圏人口および世帯数の初期値は、推定された商圏範囲と小地域別人口のデータを面積按分させることで算出した。ポテンシャル関数には、第1次商圏と第2次商圏についてそれぞれ独立した変数として設定し、パラメータ推定を行う。シミュレーション開始後は、推定された

表-3 施設の規模別商圏の算出結果

商圏設定	所要時間	距離
小規模, 第1次商圏	徒歩5分	400m
小規模, 第2次商圏	徒歩30分	2400m
大規模, 第1次商圏	徒歩20分	1600m
大規模, 第2次商圏	自動車30分	17km

人口や世帯数の変化に応じて値の更新が行われる。

最寄り駅までの距離は、ゾーンの重心点から最寄り駅までの道路距離を算出し、ポテンシャル関数の変数に用いる。この変数は、シミュレーション開始後も時間による変化に関わらず一定の値をとる。

他種施設の立地状況は、ゾーン内の全施設の集積度を表現することを狙いとしている。パラメータ推定時は、建物ポイントデータから得られる実績値をもとに、カーネル密度推定により値を設定する。シミュレーション開始後は、他種施設の立地ポテンシャルの変化をもとに値を変化させる。

(6) 立地選択モデルの構築

住宅タイプ選択モデルは既存モデル³⁾を踏襲する。

上位ゾーン選択モデルでは、地域特性で効用を表す。既存モデルでは、ゾーン内の種類別施設数を外生的に与えていたが、本モデルでは施設遷移モデルで算出した施設種類別のアクセシビリティを効用関数の変数のひとつとして新たに加え、施設に関する遷移を内生化する。その他の要素は、高齢化率を内生的に、最寄り駅までの所要時間、中心部までの所要時間、住宅数を外生的にそれぞれ考慮する。パラメータは、平成 28 年瀬戸市の連区別転入数を実績値として推定を行う。

下位ゾーン選択モデルでは、世帯特性と地域特性の両方を考慮したモデルを構築する。世帯特性は世帯主年齢、世帯人数、世帯年収を、地域特性は住宅供給数、バス停までの所要時間、最寄り駅までの所要時間、標高差、施設種類別のアクセシビリティをそれぞれ考慮する。また、世帯が選択した住宅タイプに応じてゾーンの選択可能性を調整する。菱野団地内の住民を対象に実施したアンケートデータ⁷⁾のうち、居住年数が 10 年未満の 264 世帯のデータを用いて推定を行う。

6. おわりに

本研究では、個人や世帯の遷移と施設の遷移を相互作用の表現を可能にする世帯マイクロシミュレーションのモデル構築の方法論を示した。相互作用の表現のためには施設側の遷移モデルの新設が不可欠であることを踏まえ、立地ポテンシャルの概念を用いた施設遷移モデルの定式化を行った。施設遷移モデルによって得られた結果は、アクセシビリティに変換し、個人や世帯の生活利便性評価指標のひとつとして居住地選択モデルに反映させた。

今後は、5 章で示した詳細設計に沿って必要なパラメータ推定を行う。得られたパラメータとすでに整理したデータを用いて立地ポテンシャルモデルをはじめとしたプログラム構築を行い、期間 10~20 年を目安とした政策効果の分析を行う予定である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP18K04399 によって実施した。

参考文献

- 1) 林良嗣, 富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル-住宅立地-人口属性構成予測モデル, 土木学会論文集第 395 号/IV-9 pp.84-94, 1988.
- 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-, 都市計画論文集 Vol.51 No.3 pp.839-846, 2016.
- 3) 平沼克, 鈴木温: 世帯マイクロシミュレーションを用いた住宅団地再生に向けた世帯構造分析, 土木計画学研究・講演集 Vol.60 No.26-05, 2019.
- 4) 瀬戸市: 菱野団地再生計画, <http://www.city.seto.aichi.jp/docs/2019011700012/>, 2019.
- 5) 平沼克, 鈴木温, 小笠原望: 財サービスの組み合わせに着目した商業施設の存続確率に関する研究, 第 75 回土木学会全国大会講演概要集 IV-122, 2020.
- 6) 平野巧真, 鈴木温: オープンデータを用いた初期世帯マイクロデータ生成のためのシステム構築, 平成 30 年度土木学会中部支部 講演概要集, 2019.
- 7) 瀬戸市: 平成29年度住宅団地再生モデル基礎調査, <http://www.city.seto.aichi.jp/docs/2018041600057/>, 2017.

CONSTRUCTION OF HOUSEHOLD MICRO SIMULATION CONSIDERING INTERACTION WITH THE LOCATION OF CONVENIENT FACILITIES

Suguru HIRANUMA, Atsushi SUZUKI and Gento KODA