

「人の移動を加味したマイクロシミュレーションによる将来都市構造予測・評価技術の開発」(令和4年度～令和6年度) 評価書(年度)

令和6年2月20日(火)
建築研究所研究評価委員会
住宅・都市分科会長 松本 暢子

1. 研究課題の概要

(1) 背景及び目的・必要性

人口減少期に転じた我が国の地方都市を中心として、都市計画運用指針にも明記された EBPM (Evidence-based Policy Making: エビデンスに基づく政策立案) やコンパクト+ネットワーク型の都市構造の実現という観点において、従来よりも人の移動を考慮した予測・評価に基づく都市構造に関する政策立案に資する技術の必要性が高まってきている。

これまで、将来の都市構造を予測する手法として、従来は集計データを用いたトレンドによる人口推計手法等が多用されてきているが、人口増加基調から減少基調に転じたわが国の現状においてはトレンドによる方法では限界がある。これに対して、個体の振る舞いに基づいて将来の状況を予測するマイクロシミュレーション技術は、人々の志向や行動変容等に基づくモデルの積み上げにより時空間的な変化を予測する手法であり、有効な予測手法と考えられる。元々は社会学や経済学での利用が見られたものの、膨大な計算を要すること等の理由からこれまで大きな普及が見られなかった。しかし今世紀に入り、主に土木分野での研究が国内外で取り込まれるようになってきた。その多くは、世帯を単位としたマイクロシミュレーションをベースとして、都市内の将来の人口分布や土地利用を予測することに主眼が置かれており、計算量の削減や実用化に向けた検討が課題であった。令和3年度までの前課題では、大幅な計算時間の短縮やWebアプリケーションの構築等により実用化へ大きな前進を示せたものの、人の移動に関わる交通モデルについては十分に反映されていないこと等、本格的な実用化に向けては解決すべき事項が残されている。

そこで本研究は、人口減少局面に転じた都市構造を客観的に分析することを可能として、人の移動を加味し、マイクロシミュレーション技術をベースとしたさらなる実用性を高めた将来都市構造予測・評価技術の開発を目的とする。

(2) 研究開発の概要

ア. 人の移動を加味したマイクロシミュレーション技術の構築

これまでの世帯を単位としたマイクロシミュレーションに立脚した予測モデルでの人の移動については、外生的かつ集計的なデータとして設定することに留まっていたが、これでは、世帯への振り分けは偶然性が高く、行動モデルとは言いがたい状況であった。この研究開発課題では、こうした人の行動もマイクロシミュレーションとして実行できるようにモデル化することで、人の立地(住む場所)とそれに基づく人の行動を詳細にモデル化することが可能となる。ただし、世界的に見ても行動を記述するモデルのうち、交通モデルについては、マイクロシミュレーション技術で構築されたモデルは少なく、国内で実用化された事例は管見では見られない。そのため、まずは、交通モデルの構築方法の検討(令和4年度)として、マイクロシミュレーション技術に基づく方法と、従来の集計型モデルの改良により方法の両方について検討する。これに基づき、データの入手性を加味して実装する方法を決定し、基本設計・詳細設計の上、プログラムを作成し(令和5年度)、計算の高速化を含めた改良(令和6年度)を行う。

イ. 都市構造評価機能の拡充と計算の高速化による実用性の向上

この詳細なモデル化を受けて、近年のコンパクト+ネットワークの施策評価にも対応した評価機能や結果の比較機能を有する Web アプリケーションを構築する。Web アプリケーションは、自治体の担当者やコンサルタントなどの利用を想定したものとして作成する。

① 既存の都市構造 Web アプリケーションの高速化改良（令和4年度）

既存のアプリにおいては、現状では40万人都市で数分程度の計算時間で結果を出力・可視化することが可能であるが、現状の機構上は長時間の計算時間を要するモデル等は建研内のローカルPC上で実行し、その結果をあらかじめアップロードする形式を取っているからである。ア. で出力される移動の要素を加味した予測結果に対する評価の計算はさらに計算量が多くなることが想定されるため、さらなる高速化においては、こうした評価計算やローカルで計算しているモデルの高速化が不可欠である。

② 入力データのデータ自動連携機能の実装（令和5年度）

計算に必要なデータの多くをオープンデータから得られるように配慮しているが、現状ではそのデータを手作業でダウンロードしてきていることから、データの準備だけでかなりの手間を要する。そのため、これらのオープンデータのうち、外部連携仕様が公開されているデータについては、自動で取得できるような仕組みを導入する改良を実施する。

③ 可視化機能の3次元化改良（令和6年度）

予測・評価結果の可視化は、現状は平面的な表現にとどまっているが、これを3次元化することで、表現力を高める。

ウ. 自治体におけるケーススタディと社会実装に向けた検討

これらの一連のシステムの実用性を検証するためのケーススタディを、自治体と連携して実施する（令和4年度～6年度）。ケーススタディ対象都市としては、これまでの人口規模にとらわれず、より幅広い都市を対象として実施する。また、これらのケーススタディを受けて、要望の多い機能で実現性が容易なものについては、各年度のケーススタディ支援業務内で必要なプログラムの作成等を実施する。

最後にこれらを受けて、社会実装を意識して、操作マニュアルの改訂を行う（令和6年度）。

(3) 達成すべき目標

目標1：人の動きを加味した新たな将来都市構造予測手法の確立

目標2：都市構造 Web アプリケーションの実用性の向上

目標3：ケーススタディを通じて社会実装への道筋をつける

(4) 令和5年度の進捗・達成状況

前年度から開始した予測機能への交通モデルの実装の一環で、アクティビティーベースの複数の交通モデルに関しての実装可能性を検証し、実装するモデルの詳細設計と実装（プログラミング）を実施した。具体的には、一部集計型のモデルを併用すること、道路ネットワークの作成方法の工夫などにより計算量の劇的な削減が実現した。今年度は、日平均の予測にとどまるが、次年度に予定している時間帯・曜日別予測の実装において大きな効果をもたらすと考えている。

評価機能においては、交通モデルの特性を活かして、最寄り施設へのアクセス時間、交通量等を指標化・可視化できるようにした。

これらの交通モデルを実装したWEBアプリケーションを用いて、豊橋市でのケーススタディを2月に実施予定（市へのヒアリングを打診中）。

PLATEAUのユースケースの一つとして、宇都宮市での都市構造評価システム構築の動きがあり、それを担当しているコンサルとの協議を行った。今のところ、宇都宮市での予測手法は簡易的な方法であることから交通モデルの曜日別・時間帯別の予測のニーズあることや、一方で可視化は3Dで行われていることから等の現状から将来的にはその可視化の機能を活用できる可能性があること等、連携の方向性について今後も継続して協議する予定。

これらのことから目標を達成できた。

2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：住宅・都市分科会）

(1) 背景（目的・必要性）及び目標とする成果、成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合しているか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ①人口減少下における都市政策において、従来の都市構造からの変化を予測していくことは非常に重要、かつ難しい課題である。本研究の目的および必要性は高く、成果が期待されるものである。
- ②人の移動を考慮した個人・世帯・企業の振る舞いを予測するマイクロシミュレーション技術を活用して将来の都市構造（居住者の空間分布と土地利用）の予測と評価を行い、政策立案を支援するための技術開発とシステム構築を目指している。国の方針や社会のニーズに適合しており評価できる。
- ③概ね適合している。ただし、政策で制御可能な変数を明らかにした上で、政策検討の具体的な場面をイメージして次年度の作業を組み立てられることを期待する。また併せてシミュレーションの精度検証を行うことが望ましい。
- ④都市構造の将来予測・評価は、あらゆる政策の前提条件となり、少しでも正確な予測をすることが重要である。その点から、従来のトレンド予測とは違うアプローチにより精度を上げようとする本研究は政策立案に資するものとしてニーズが高く、また計画立案も具体的だと考える。
- ⑤大規模な土地利用転換や施設整備などが先行するケースでの交通流や都市構造へのインパクト予測への利用ニーズは大きいと思われるため、交通システムの変更を受けて都市が変動するという分析に加えて、土地利用変動先行ケースでのシミュレーションの利用検討も進めていただきたい。

(2) 他機関との関係等、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られているか。技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

- ⑥今後は、研究成果および技術を自治体等で利用できるように、成果の発表や普及に取り組む段階となっていると思われる。
- ⑦スマートシティや都市交通に関しては国総研や本省と連携し、交通モデル・行動経済学・社会学等の専門分野については大学教員と連携するなど、適切な研究体制が取られている。また、交通モデルを実装したWebアプリケーションを用いて豊橋市でケーススタディを実施するなど成果の最大化を図る取り組みがなされており評価できる。
- ⑧客員研究員の参画、学会での発表および連携を含め、十分な取り組みがすすめられている。
- ⑨研究所外専門家からの助言を求め、また自治体と連携するなど、適宜必要な体制が取られている。また、アプリケーションの開発と高速化、データ入力の省力化など、成果の最大化のための取組がなされている。

⑩対象とする豊橋市の状況に制約可能範囲が影響を受ける部分があると思うので、多様な都市の変化に対応したシミュレーションが可能となるよう、関連研究組織との連携を引き続き進めていただきたい。

(3) 研究開発が目標に向けて順調に進捗しているか。

以下に5名の評価委員の所見を示す。

⑪今年度は、交通計画の知見を踏まえた技術開発が行われ、社会実装にむけて検証に取り組みられたといえる。ケーススタディの結果も含め、予定通りの進捗状況と受け止めている。

⑫マイクロシミュレーションによる予測モデルに交通モデルを実装し、また、Web アプリケーションの実用性向上のための高速化などの改良を試み、さらに、豊橋市におけるケーススタディを実施することで社会実装への手掛かりを得るなど、研究開発の目標に向けて着実に進捗している。

⑬計画にもとづいて、順調にすすんでいる。

⑭アプリケーションの実用化に向けた取り組みや地方自治体におけるケーススタディが最終段階に向けて順調に進捗している。

⑮データ整理やプログラム設計は順調に進捗していると思われる。

(4) 総合所見

今後の研究に当たって、下記に留意して進めることを期待する。

⑯これまでの研究の成果を、いかに価値のあるものとして示していくかが、今後の大きな課題となっていると考えられる。ケーススタディとしての豊橋市の成果を示すことは非常に重要と思われる。さらに、都市の規模や対象とする範囲を変えたケーススタディが行われ、その結果の公開が効果的に示されることが望まれる。また、土地利用について過去から現在への変化を検証することで、開発された技術の実効性が判断できるのではないだろうか。研究課題にある「都市構造」を予測するうえでは、土地利用の予測が求められる。商業集積、住宅地の変容（居住者構造、建築形態）などの具体的に予測できる内容やその精度が明示されることが期待される。

⑰本研究課題が目標とする成果やその活用方法は、国の方針や社会のニーズに見事に適合しており、価値の高い研究成果が期待される。今後の研究開発において以下の視点が強化されれば、より確実性の高い社会実装につながるものと期待される。

・将来都市構造の予測結果を精度の高いEvidence とするためには、ケーススタディを試みる地方自治体等における過去のデータを用いて、予測精度の検証や感度分析などを実施されるとよい。

・開発する Web アプリケーションを政策の企画立案プロセスで有効に機能させるためには、どのような変数やデータを政策変数として導入し、操作可能とするかについて検討されるとよい。

⑱これまでシミュレーション技術の開発に比重が置かれていたものの、現段階までは全体として順調に進んでいると評価できる。次年度に向けては、自治体の具体的な政策検討の場面でいかに有用かを実証していただくことを期待する。多くの政策変数が想定されるので、典型的な検討例を例示的に示されることを期待する。

⑲有意義な研究が順調に進捗していると考えられる。最終段階として、その将来予測の正確さについて、是非実証していただき、アプリケーションによる汎用化を実現していただきたい。

⑳プログラムの利用可能性ケースを想定した予測精度の検証を進めていただきたい。質疑で議論のあった学校統廃合による影響などは、検証を必要としている自治体も多いと思われ、本研究の成果の活用を期待したい。

参考：建築研究所としての対応内容

- ・ 所見⑯への対応

ご意見を踏まえ、予測できる内容やその精度を明示的かつ具体的に示せるよう、ケーススタディ等を通じて知見を蓄積し、最終年度に作成予定のマニュアルなどに反映させていきたいと考えています。

- ・ 所見⑰への対応

ご意見を踏まえ、予測精度の検証や感度分析などを適時行うことと、さらにそれらがどういう政策変数との関係にあるかを意識しながら研究を推進し、それらで得られた知見を最終年度に作成予定のマニュアルなどに反映させていきたいと考えています。

- ・ 所見⑱への対応

ご意見を踏まえ、最終年度に作成予定のマニュアルの検討においては、自治体実務での利活用を想定した検討を意識的に行うようにしたいと考えています。

- ・ 所見⑲への対応

ご意見を踏まえ、予測精度の実証などを適時行うことを意識しながら研究を推進し、それらで得られた知見を最終年度に作成予定のマニュアルなどに反映させていきたいと考えています。

- ・ 所見⑳への対応

ご意見を踏まえ、具体的な場面を想定した検証を意識的に行い、それらで得られた知見を最終年度に作成予定のマニュアルなどに反映させていきたいと考えています。

3. 評価結果

- A 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができる。
- B 研究開発課題として、目標の達成を概ね見込むことができる。
- C 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができない。