

交通・土地利用モデルによる 都市コンパクト化政策の評価 —新潟都市圏を例として—

菊池 浩紀¹・Guenter EMBERGER²・福田 敦³・石坂 哲宏⁴

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: cshi15001@g.nihon-u.ac.jp

²Associate Professor, Institute of Transportation, Vienna University of Technology.

E-mail: guenter.emberger@tuwien.ac.at

³正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: fukuda.atsushi@nihon-u.ac.jp

⁴正会員 日本大学准教授 理工学部交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: ishizaka.tetsuhiro@nihon-u.ac.jp

わが国が直面する人口減少に対処するためには、都市圏をコンパクト化し効率的な土地利用と交通体系を実現していくための政策が必要である。しかし、都市圏をコンパクトに作り変えるには多年を要し、その評価を行うためには動的な分析が必要とされている。

そこで、本研究では動的な分析が可能なMetropolitan Activity Relocation Simulator (都市再配置モデル)を新潟都市圏に適用し、都市をコンパクト化する政策を導入した際の評価をするためにシミュレーションを行った。具体的には、公共交通(鉄道やバス)が通らない交通空白地帯の居住地を公共交通沿線に集約させる政策「公共交通指向型開発(TOD政策)」を導入すると仮定した。その政策が基準年、10年後、20年後に導入されるシナリオを設定し、政策の導入時期により交通行動と居住地選択行動にどのような変化をするか分析・評価した。また、このモデルには国勢調査で集計されるゾーンあたり世帯収入や住宅費用などの詳細データ(マイクロデータ)必要となり、各ゾーン単位における政策の評価を行った。

Key Words : MARS, Urban Consolidation Policy, Niigata Urban Area, Zone Unit, Person Trip Survey

1. はじめに

近年、わが国では首都圏をはじめとする大都市に人口が集中し、地方の中小規模の都市において人口流出が加速している。近い将来、人口流出の更なる加速により地方都市の衰退が予想されることから、そのような事象を防ぐ政策シナリオをいかに立案し、実施するかは重要な課題となっている。特に、自家用車の普及増加による公共交通機関の衰退や人口減少による未使用地などの増加は、地方都市の更なる衰退に繋がる。この問題に対して、国土交通省は交通政策基本法の中で「人口減少社会にあっても活力を維持していくためには、地域においては諸機能が集約した拠点とこれを結ぶネットワークが整備されたコンパクトシティを形成することが必要。」¹⁾と述べており、将来を見通した効率的な土地利用と交通体系

の実現に向けた政策の提示は、地方都市衰退を抑止するためにも必要不可欠であるとしている。しかし、都市における土地利用と交通体系の見直しは多年を要し、その都市の特徴を踏まえた政策シナリオを立案、評価する必要がある。そのためには動的な分析が不可欠である。

そこで、本研究では、公共交通機関が衰退し、人口減少が加速されると予想されている新潟都市圏を対象とし、ウィーン工科大学のGuenter EMBERGERらが開発した都市。地域における立地と交通行動の関係を動的に推計が可能であるMetropolitan Activity Relocation Simulator (都市再配置モデル、以下、MARSモデル)を適用し、都市のコンパクト化に関する政策を導入した際の評価をするためにシミュレーションを行うことを目的とする。また、既存のMARSモデルでは考慮出来ない、道路ネットワークの変化を考慮できるようにモデルを改良した上で、導入

時期が異なる政策シナリオを設定した。その政策シナリオにより、ゾーン単位での交通行動と居住地選択行動にどのような変化が起こりうるか分析し、都市のコンパクト化政策の評価を行うことを目的とする。なお、本研究では、パーソントリップ調査（以下、PT調査）で用いられるゾーン単位での詳細データ（マイクロデータ）を用いることとする。

2. 既存研究の整理

交通・土地利用モデルを用いて、都市のコンパクト化政策の評価を行っている研究は数多く見受けられる。都市のコンパクト化に関する研究として、例えば牧野ら²⁾は、コンパクトシティ政策が都市構造と交通環境負荷にどの程度及ぼすかシミュレーションを行った。道路混雑等の各交通手段毎の特性を考慮したモデルを構築し、郊外店舗立地の有無のシナリオを設定した。その結果を基に鉄道サービス向上政策と容積率規制緩和政策は都市面積の縮小やエネルギー消費の削減および鉄道事業者の収益などがコンパクトシティ政策に効果があると論じている。また、中道ら³⁾は、既存のSLIM CITYモデルを改良し、都市コンパクト化政策の評価を行っている。具体的には、都市構造の変化や公共交通改善のシナリオを設定し、都市全体における居住状況や交通行動などの変化を分析している。その結果、都市コンパクト化政策とともに公共交通機関の改善が有効であると明らかにしている。しかし、これらの多くの研究は、将来の1時点、あるいは複数時点におけるコンパクト化政策導入の効果やコンパクト化の観点から見た場合の望ましい都市構造について空間的に論じたものがほとんどであり、ゾーンレベルで中長期的に土地利用や交通行動の変化について分析している研究は見当たらない。

一方、動的モデルを用いた政策評価の研究として、Pfaffenbichlerら⁴⁾は、長期的な都市計画戦略を評価するためのフレームワークを提案を目的とし、SPM (Sketch Planning Model) を用いて土地利用と交通の評価を行っている。そのモデルでは、公共交通の運行頻度向上や駐車料金の改定などの政策を設定し、推計を行っている。その結果、対象都市中心部周辺のゾーンの駐車料金を安価にすることで、ゾーン人口の増加につながることがわかった。さらに、公共交通の運行頻度向上により公共交通分担率が高くなったことを明らかにしている。また、Hanら⁵⁾は、都市間交通の開発におけるエネルギー利用とCO₂排出量の推移を動的に推計している。交通や土地利用状況を考慮不可能な交通ネットワークを用いて、そのネットワークの拡張や燃料税導入に関する政策を導入している。その結果、それらの政策の導入により、燃料消費量やCO₂排出量を大幅に削減できることを明らかにし

ている。しかし、多くの動的モデルを用いた政策評価の研究では、基準年に政策を導入し、その政策の効果を推計する研究が多く、政策の導入時期の変化による効果を推計する研究は少ない。また、空間的かつ動的に政策効果を推計している研究も少ない。

これに対して、MARSモデルを活用した研究として、Pfaffenbichlerら^{6),7),8)}は、MARSモデルを開発し、様々な都市へ適用している。そのモデルに公共交通機関利用率の増加を念頭に置いた政策を導入し、その時の交通手段別割合を推計している。その結果、統計データと比較し、開発したMARSモデルの妥当性が高いことを証明し、公共交通利用率を年々増加させた場合の効果を時系列に推計している。しかし、MARSモデルでは、時系列に変化する土地利用や交通ネットワークには対応できていない。

以上を踏まえ、本研究では、ゾーン単位での詳細なデータを活用したMARSモデルを用いて、政策シナリオや交通ネットワークを動的に導入、各ゾーン単位の交通行動と居住地選択行動の変化を分析した。

3. 研究方法

(1) MARSモデルの概要および改良

a) MARSモデルの概要

MARSモデルは、都市、地域における立地と交通行動の関係を動的に構成しており、システムダイナミクス理論に基づくシミュレーションソフト「Vensim」にて記述されている。具体的には、図-1に示すように「交通サブモデル」、「土地利用・居住モデル」、「土地利用・職場モデル」の3つのサブモデルで構成されている。各サブモデルは、居住と職場の空間分布、アクセシビリティ、地価及び利用可能な土地によって相互に結びれている。交通サブモデルはゾーンをさらに詳細に分割した単位まで、土地利用サブモデルはゾーン単位での推計が可能である。

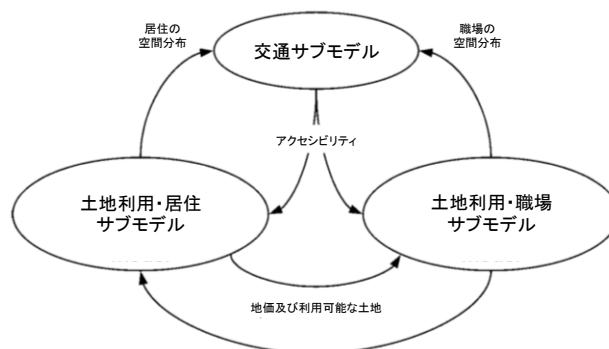


図-1 MARSモデルの構造概要

一方、MARSモデルには60個以上の入力データ⁹⁾が必

要となる。大半のデータは、主に日本の多くの都市圏で行われている国勢調査、PT調査の結果から用いることができる人口、トリップ数、車両登録台数、住宅数等である。MARSモデルで特徴的な点は、発着地から駅、駐車場までの平均歩行時間などアクセスやイグレスに関するデータを入力する点にある。アクセスおよびイグレスデータは交通サブモデルに含まれるトリップ発生モデルにおいてトリップを推計するために用いられる。なお、トリップは、仕事目的 (HWH) トリップとその他目的 (HOH) トリップ別に推計される。

交通手段選択モデルは式(1a)で表される。なお、式(1a)の t_{ij}^m と c_{ij}^m は、本研究で考慮する道路ネットワークが変化すると同時に変化する値である。

$$T_{ij}^m = \left[P_i * \frac{A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)}{\sum_{mj} A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)} \right]_{HWH} \quad (1a)$$

$$+ \left[P_i * \frac{A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)}{\sum_{mj} A_j / f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)} \right]_{HOH}$$

ここで、 T_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップ数、 P_i : ゾーン i におけるトリップ発生率、 A_j : 目的地ゾーン j の魅力度、 t_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までの旅行時間、 c_{ij}^m : 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップあたりの旅行費用、 $f(t_{ij}^m, c_{ij}^m)$: 手段 m によるゾーン i からゾーン j までのトリップの摩擦係数

また、交通モデルと土地利用モデルを結ぶアクセシビリティモデルは式(1b)で表される。このアクセシビリティのゾーンあたりの職場数の変化によって、式(1c)の居住地選択行動に変化をあたえる。本研究では、式(1b)の重み係数は既存のMARSモデルの値を用いている。

$${}^{wp} Acc_i^m(t) = \sum_j N_j^{wp}(t) \quad (1b)$$

$$* \left[10^{-4} * (t_{ij}^m(t))^2 - 0.0183 * t_{ij}^m(t) + 0.75 \right]$$

ここで、 ${}^{wp} Acc_j^m(t)$: T 年における手段 m によるゾーン j から職場へのアクセシビリティ、 $N_j^{wp}(t)$: T 年におけるゾーン j の職場数

一方、居住地選択モデルは式(1c)で表される。

$$N_j^{in}(t) = P^{in}(t) \quad (1c)$$

$$* \frac{a^{in} * e^{b^{in * {}^{wp} Acc_j^m(t) + ShGr_j(t) * (c^{in} * ShGr_j(t) + d^{in})} * e^{in} * R_j^D(t)}}{\sum_j a^{in} * e^{b^{in * {}^{wp} Acc_j^m(t) + ShGr_j(t) * (c^{in} * ShGr_j(t) + d^{in})} * e^{in} * R_j^D(t)}}$$

ここで、 $N_j^{in}(t)$: T 年におけるゾーン j に居住空間を必

要とする居住者数、 $A_j^{in}(t)$: T 年におけるゾーン j に移住する魅力度、 $f(Z_j^{in}(t))$: インピーダンス Z による T 年におけるゾーン j へ移住する摩擦係数、 $ShGr_j(t)$: T 年におけるゾーン j の緑地割合、 $R_j^D(t)$: T 年におけるゾーン j の住居の月額家賃または住宅ローン (円)、 $a^{in}, b^{in}, c^{in}, d^{in}, e^{in}$: パラメータ

なお、式(1a)から式(1c)において、下線部に示した変数はゾーン単位で外生的に与えられる変数であり、ゾーン単位でのデータが必要となる。

さらに、本研究で着目した式(1a)から式(1c)のモデルについて、各変数の因果関係 (因果ループ) を表したものを図-2に示す。

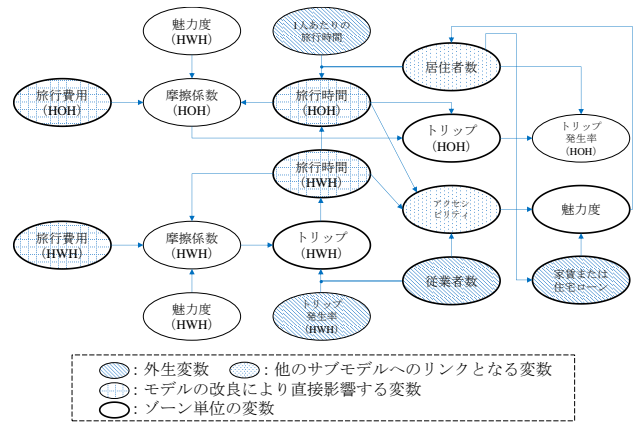


図-2 各モデルの因果ループ

図-2より、「1人あたりの旅行時間」および「トリップ発生率 (HWH)」は、MARSモデルに外生的に入力される値であるため常に一定である。次に「アクセシビリティ」および「居住者数」は、交通サブモデルおよび土地利用サブモデルを相互にリンクする働きをもつ変数である。また、「旅行時間 (HWH・HOH)」および「旅行費用 (HWH・HOH)」は、MARSモデルの改良した際に直接影響する変数である。これらの変数は道路ネットワークが変化と同時に値も変化する。モデル改良の詳細は次節で説明する。最後に居住者数や従業者数などゾーン単位で表現される変数が存在する。その中でも、居住者数、従業者数および家賃または住宅ローンは外生的に与える変数である。一方、トリップや魅力度などの変数は内生的に与えられる。

b) MARSモデルの改良

本研究では、既存のMARSモデルに道路ネットワークと土地利用の変化を考慮するためにモデルの改良を行った。具体的には、MARSモデル内の交通モデルでは、交通需要予測の四段階推計法における配分交通量の計算が行われていないため、複雑なネットワークを使用せずに、

ゾーン間距離から与えられる単純ネットワークのみを用いている。そこで、より現実に近いネットワーク上での交通行動を表現するために、図-3に示すように交通需要予測ソフトJICA STRADAを用いて、道路の車線数や旅行時間を考慮した最短旅行時間経路のゾーン間距離（以下、ゾーン間距離）を用いて、MARSモデルにて計算できるように改良を行った。この道路ネットワークは、市街地中心部は県道レベル、郊外部は市道レベルまでの道路ネットワークが表現されている。しかし、道路のみ表現されているため自動車や二輪車の計算は可能であるが、本研究では道路を走行しない鉄道やバスなどの公共交通も計算するために新たにリンクとノードを追加し、公共交通もこのネットワーク上で計算を可能とした。さらに、道路ネットワークの変化を考慮するために、基準年から10年後と20年後に道路ネットワークを変更できるようにモデルの改良を行った。（以下、本研究で用いる道路ネットワークを交通ネットワークとする。）

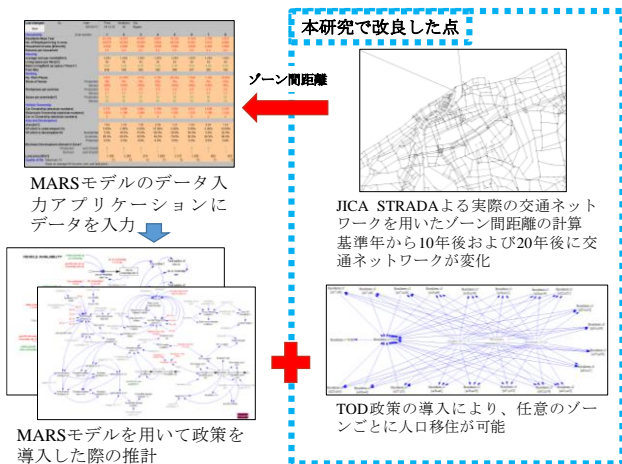


図-3 本研究におけるモデル改良の概要

また、TOD政策の導入にあたり、既存のMARSモデルではゾーン単位での人口の移住割合を設定することはできないため、本研究では図-4で示すゾーン別に人口移住の設定が可能になるようにモデルを改良した。そのため、例えば、公共交通の通らないゾーンiから公共交通が通るゾーンjに毎年ゾーンiからN人移住させたい時に既存モデルを用いると全てのゾーンに同じ人数の人口が移住することになってしまう。図-4で示すように、VensimモデルのIF THEN ELSE関数を用いることにより、TOD政策導入の際にゾーン単位で人口の移住割合を設定できる。

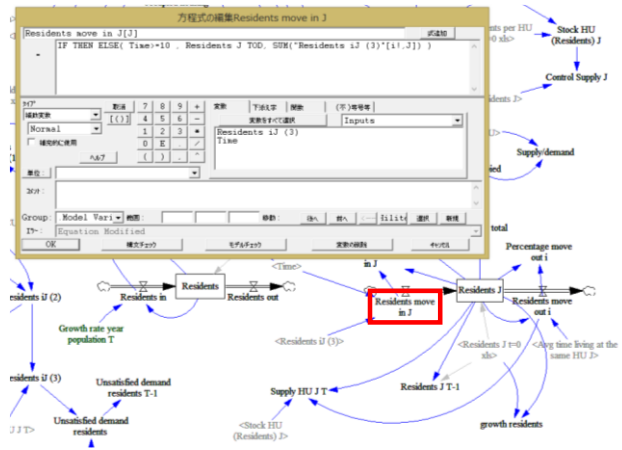


図-4 Vensimにおけるゾーン別移住モデル

(2) データの活用

3章で述べたようにMARSモデルには多くの入力データが必要となる。そこで、新潟都市圏では過去3回（1978年、1988年、2002年）PT調査が行われており、その結果を入手し、MARSモデルに必要なデータを準備した。特に居住者数（人口）や雇用者数などは任意で設定したゾーン単位での詳細なデータが必要となる。例えば、居住者数と雇用者数のデータは、前半の10年間は増加傾向であり、後半の10年間は減少傾向である。これらのデータをExcelをベース作成されたアプリケーションに入力を行うと、直接Vensimのモデル内にデータが入力される。

さらに、交通手段別に各ゾーン間距離、速度などのデータも必要となるため、地理情報システム（以下、GIS）を用いて作成した。また、図-5で示すようにGISを用いて対象エリア内を38ゾーンに分割した。これらのゾーンはPT調査を行う際に用いるゾーニングマップと新潟市から発行されている都市計画図を基に作成した。具体的には新潟市内35ゾーン、その他市町村を域外ゾーンとして3ゾーンの合計38個のゾーンを設定した。特に市街地中心部は用途地域が複数種類あるため、ゾーンを詳細に設定し、郊外の多くは1つの用途地域であるためPT調査のゾーンマップと同様のゾーンに設定した。一方、域外ゾーンは用途地域に関係せずに市町村境をゾーン境界と設定した。

(3) 対象都市の概要

本研究では、図-5で示す新潟市を中心に隣接した市町村で構成される新潟都市圏を対象とした。新潟中心部から放射状に都市圏が広がり、郊外部に豊栄、新発田、新津、内野といった小規模市街地が点在する。また、新潟市では、将来市街地にバス高速輸送システム（以下、BRT）の導入¹⁰が計画されており、それに合わせてTOD政策の実施が想定され、その場合、交通行動の変化と土

土地利用の変化を長期的に推計する必要であると考えられる。さらに、新潟都市圏では今後人口減少と高齢化が急激に進行することが問題となっており、公共交通機関の整備も必要と考えられる。



図-5 新潟都市圏の位置

現在の新潟都市圏の交通状況をPT調査の結果から分析すると、全ての行動目的において自動車の非常に利用が多く、交通手段分担率は自動車が約70%を占めており、公共交通機関（鉄道およびバス）はわずか54%となっている。特に都市圏南部の旧白根市周辺は公共交通空白地帯であり、他の地域と比較して自動車利用が多い。また、図-6に示すように人口は年々減少傾向にあるが、自動車の登録台数は増加傾向にある。このことから、1人あたりの自動車保有台数が増加しており、今後も自動車交通の増加が懸念されている。

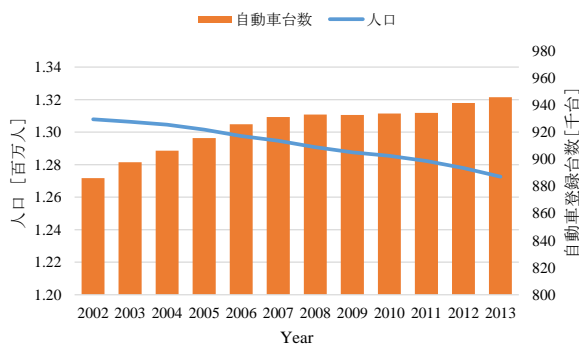


図-6 新潟都市圏の人口と自動車登録台数

一方、土地利用は、市街地中心部や幹線道路沿線に住宅・商業施設が集中しているものの住宅地は郊外まで拡大し、決してコンパクトな土地利用とはなっていない。また、多くの会社は新潟駅周辺を中心に広がっているため、他の地域から市街地中心部へ通勤するという状況となっている。

(4) 政策シナリオの設定

現在、新潟都市圏では、多くの人々が郊外から中心部へ自動車や二輪車を利用して通勤・通学をしていることから、自動車や二輪車から公共交通へ転換させるため、本研究では都市のコンパクト化政策として、TOD政策を導入するシナリオを設定した。具体的には、図-7に示すように黄色で塗りつぶされている郊外の鉄道が通らない流出ゾーンから市街地中心部のJR線3路線（信越本線、白新線、越後線）が通る集約ゾーンへ政策導入時から毎年3%人口を集約させると仮定した。

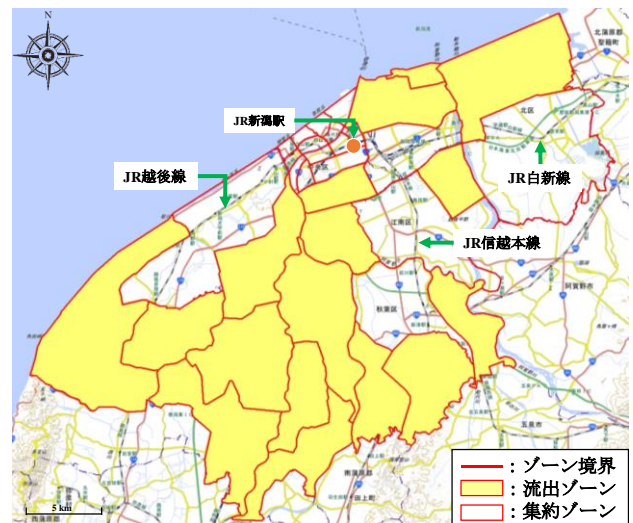


図-7 各ゾーン別における人口流出および集約

その際、図-8に示すようにTOD政策をそれぞれ基準年（2002年）、2012年、2022年に導入することとし、それぞれシナリオA、シナリオB、シナリオCとし、政策を導入しないBAUシナリオとし、合計4シナリオを設定した。さらに、TOD政策と併せて公共交通機関の運行頻度向上政策を導入した。この政策は、新潟市内を走行するJR線（信越本線、白新線、越後線）のピーク時間帯の15分から7.5分、オフ・ピーク時間帯の20分から10分とし、バスはのピーク時間帯の10分から5分、オフ・ピーク時間帯の20分から10分と設定した。なお、公共交通機関の運行頻度向上政策は、BAUシナリオを除き、全て基準年から導入するとした。これは、矢部ら¹¹⁾の研究によると、高頻度な公共交通機関は、TOD政策を導入しなくとも公共交通分担率を高水準で維持していることが明らかとな

っているからである。

また、交通ネットワークについては、2012年、2022年の10年おきに変化すると仮定した。交通ネットワークの変化は、新潟市の道路方針¹²を基に道路の新設および拡幅を考慮した。

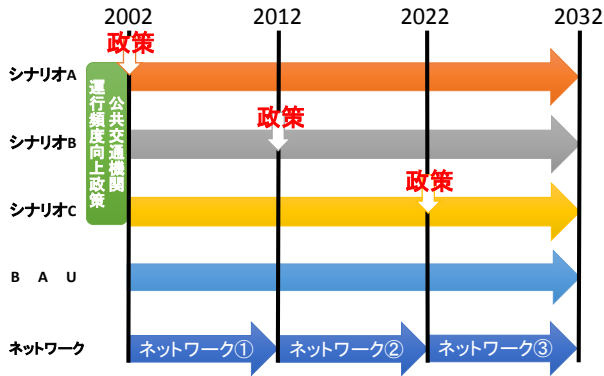


図-8 政策シナリオの簡略図

4. 結果

本稿では「交通行動の変化」および「居住者選択行動の変化」について計算結果を以下に示す。また、各項目とも都市圏中心部（以下、中心部）および都市圏郊外部（以下、郊外部）のデータをグラフに示した。なお、中心部は集約ゾーン、郊外部は流出ゾーンとした。それぞれのゾーンの位置関係は前章の図-7に示す。

(1) 交通行動の変化

交通行動の変化に関して、本稿では政策の導入による中心部および郊外部の自動車（Car）と公共交通機関（PT）の分担率に着目した。中心部の交通手段分担率を図-9、郊外部の交通手段分担率を図-10に示す。

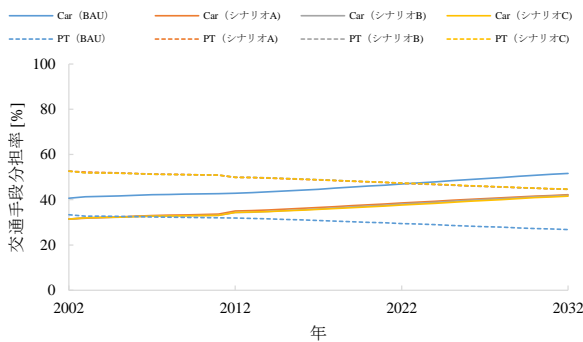


図-9 中心部の交通手段分担率

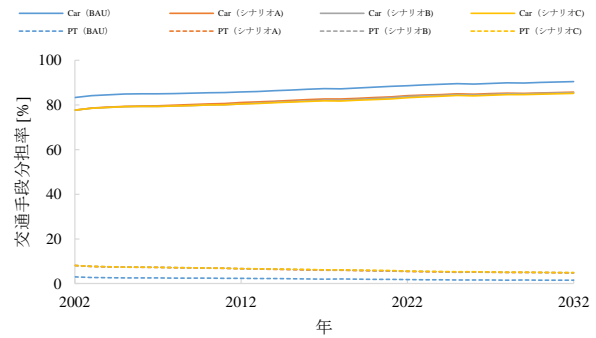


図-10 郊外部の交通手段分担率

この結果を見ると、中心部および郊外部ともに、BAUシナリオよりもその他のシナリオにおける公共交通機関の分担率が高くなっている。これは、公共交通機関の運行頻度向上政策の効果が表れていると考えられる。さらに、シナリオAからシナリオCまでの結果から、分担率に大きな差が生じていないため、TOD政策が直接交通手段分担率に影響していないことがわかる。また、中心部および郊外部の自動車分担率が増加傾向である原因として、図-6に示すように2002年から2013年まで自動車登録台数が増加傾向であるため、上記の結果のように自動車の分担率が増加したと考えられる。

(2) 居住地選択行動の変化

居住地選択行動の変化に関して、本稿では居住者数の変化に着目した。前節の交通行動と同様に中心部および郊外部に区別し、中心部ゾーンの居住者数を図-11、郊外部ゾーンの居住者数を図-12に示す。

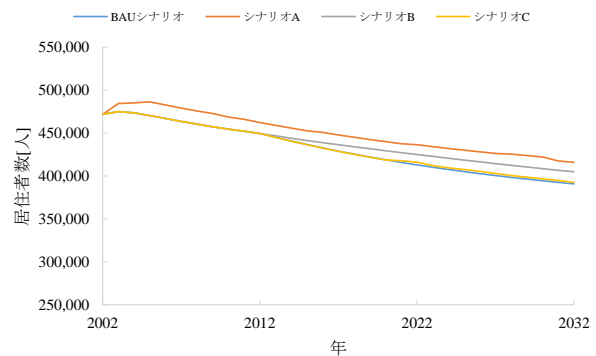


図-11 中心部ゾーンの居住者数

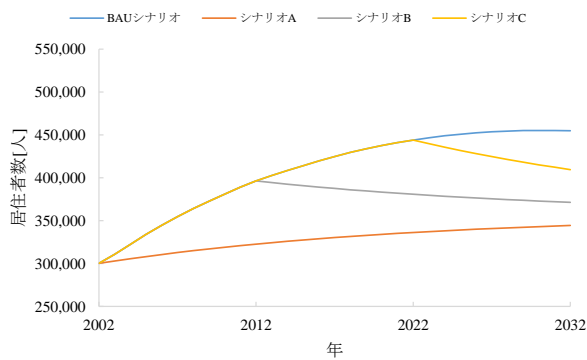


図-12 郊外部ゾーンの居住者数

この結果を見ると、TOD政策の導入時期が早いほど中心部ゾーンに居住者が多いことがわかる。しかし、中心部ゾーンは全体的に減少傾向である。これは、中心部に人口が年に3%集約するが、人口減少率が増加率を上回っていることが考えられる。一方、郊外部ゾーンはTOD政策の導入時期が早いほど居住者が少ないことがわかる。しかし、郊外部ゾーンは全体的に増加傾向である。これは、人口は集約しているが、都市が拡大する傾向が影響していると考えられる。

5. おわりに

本研究では、立地と交通行動の関係を動的に推計が可能であるMARSモデルを新潟都市圏に適用し、TOD政策を異なる時期で交通行動と居住地選択行動にどのような変化が生じるか推計・分析をした。その結果、異なる政策の導入によって、各項目に変化が表れた。交通行動は公共交通機関の運行頻度向上政策による効果で公共交通機関分担率が増えた。また、居住地選択行動については、TOD政策の早期導入効果で中心部ゾーンでは居住者が減少し、郊外部ゾーンでは増加した。

これらのことから、各ゾーンの詳細データを用いることによって、都市全体の評価ではなく各ゾーン単位での評価が可能であることがわかった。また、MARSモデルの改良によりゾーン単位で交通ネットワークに変化が生じた際にも推計が可能とした。一方、政策導入に関して、本研究の結果からTOD政策を導入するには公共交通機関の運行頻度向上政策などソフト面の政策も同時に必要であると考えられる。また、新潟都市圏では、中心部および郊外部の交通ネットワークや土地利用が異なるため、各ゾーンに対応できる柔軟な都市コンパクト化政策の検討が必要である。

今後の課題として、今回、自動車登録台数増加の影響により、政策を導入した際も自動車分担率が増加する結

果となったため、TOD政策を導入した際に公共交通機関分担率が増加するモデルの構築が必要となる。

参考文献

- 1) 国土交通省：交通政策基本法に基づく政策展開，http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/transport_policy/index.html，最終閲覧 2015 年 2 月。
- 2) 牧野夏樹，中川大，松中亮治，大庭哲治：コンパクトシティ施策が都市構造・交通環境負荷に及ぼす影響に関するシミュレーション分析，pp.739-744，都市計画論文集，No. 44-3，2009。
- 3) 中道久美子，谷口守，松中亮治：都市コンパクト化政策に対する簡易な評価システムの実用化に関する研究－豊田市を対象とした SLIM CITY モデルの応用－，pp.67-72，都市計画論文集，No. 39-3，2004。
- 4) Pfaffenbichler, P. and Shepherd, P. S. : A Dynamic Model to Appraise Strategic Land-Use and Transport Policies, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, No. 2, pp.255-283, 2002.
- 5) Han, J. and Hayashi, Y. : A System Dynamics Model of CO₂ Mitigation in China's Inter-city Passenger Transport, *Transportation Research Part D*, No. 13, pp.298-305, 2008.
- 6) Pfaffenbichler, P., Emberger, G. and Shepherd, P. S. : The Integrated Dynamic Land Use and Transport Model MARS, *Networks and Spatial Economics*, No. 8, pp.183-200, 2008.
- 7) Pfaffenbichler, P. : The Strategic, Dynamic and Integrated Urban Land Use and Transport Model MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) -Development, Testing and Application-, *Doctoral Thesis, Institute of Transportation, Vienna University of Technology*, 2003.
- 8) Pfaffenbichler, P., Emberger, G. and Shepherd, P. S. : A System Dynamics Approach to Land Use Transport Interaction Modelling: The Strategic Model MARS and Its Application, *System Dynamics Review*, Vol. 26, No. 3, pp.262-282, 2010.
- 9) Research Center of Transport Planning and Traffic Engineering, Vienna University of Technology : MARS (Metropolitan Activity Relocation Simulator) - Guidance to Data Collection Using the MARS Data User Interface-, <http://www.ivv.tuwien.ac.at/forschung/mars-metropolitan-activity-relocation-simulator/datarequirements/guidance-to-data-collection-using-the-mars-data-user-interface.html>，最終閲覧 2015 年 2 月。
- 10) 新潟市：新潟市 BRT 第 1 期導入計画～持続可能な“新バスシステム”を目指して～，2013。
- 11) 矢部努，中村文彦，岡村敏之：わが国の都市内公共交通軸空間の実態に関する研究，pp.643-650，*土木計画学研究・論文集*，Vol. 22，No. 3，2005。
- 12) 新潟市：都市計画道路の見直し方針，2010。

(2015. 4. 24 受付)