

# 賑わいが街を変える

## - AI シミュレーションによる都市動態 100 年予測 - に関する研究

筑波大学 教授 倉橋節也

### 概要：

感染症や気候変動による自然災害、高齢化などの社会リスクに対して、スプロール化し衰退しつつある都市を再活性化し、ひと中心の賑わいを介した持続的に発展可能な都市空間を実現する施策が求められている。本研究では、実際の世帯構成に基づいた都市動態モデルを用いたシミュレーションによって、その実現のための都市政策の、100 年間の長期に渡る効果とリスクの比較評価を目的とする。合成人口データに基づく都市モデルに基づいて、人口減少に対応するコンパクトシティ化政策の探索を行うことを目的とし、近年盛んに議論されているトラムの導入や、同じく近年盛んに行われている高層集合住宅の建設・供給が、都市の形態に与える中・長期的な影響を、その基本的なメカニズムとともに推定することが重要な課題であると判断し、抽象モデルに基づいて取り組んだ。こうした設定に基づいて、都市居住者に開かれた拠点施設の設置、その周辺での交流促進政策、およびトラムの導入の実施を想定したシミュレーション実験を実行した。トラム利用と併せて徒歩で利用できる拠点施設の適切な配置に加え、その周辺での交流促進政策が一定の規模に達すると、あたかも「相転移」が起こるように、急激に自家用車利用のトラム利用への転換、それに伴う二酸化炭素排出量の削減、および拡散居住の改善が見られた。

キーワード：都市モデル 合成人口データ コンパクトシティ シミュレーション

### 1. はじめに

本研究では、人口減少や高齢化、巨大都市圏への人口集中が進む中、市街地の衰退が著しい地方都市の代表的再活性化政策である、コンパクトシティへの転換に焦点を当てる。コロナ禍において、リモートワークなど働き方が大きく変容しつつある中、スプロール化し衰退しつつある都市を再活性化し、ひと中心の賑わいを介した持続的に発展可能な都市空間を実現する施策が求められている。そこで、実際の世帯構成に基づいた都市動態モデルを用いたシミュレーションによって、その実現のための都市政策の長期に渡る効果とリスクの比較評価を目的とする。自律的な住民の行動を、強制ではなく誘導することによりボトムアップ的に望ましい都市構造を実現する政策について、合成人口データに基づく AI シミュレーションモデルを用いて検証する。

### 2. 研究方法スプロール都市モデル

#### (1) スプロール都市モデル

スプロール都市モデルは、スプロール化が進行した日本の典型的な地方都市を抽象化したものである。すなわち、当初、職住分離のゾーニングに則って計画された、中心業務地区(CBD)とその郊外の鉄道路線沿いのベッドタウンが、モータリゼーションを背景とした世帯の自律的な転居の繰り返しを通して変容し、大部分の住居がCBDを取り囲むように低密度に拡散している。二つの駅とそれらを結ぶ鉄道および幹線道路とともに、均一かつ高密度で車道および歩道が配置されていると仮定する。世帯エージェントの数は1,000と設定する。1世帯エージェントが実際の10世帯に相当し、すなわち実際の10,000世帯のふるまいをシミ

ユレートする。CBD にも同数の職場が、中央駅を中心とした正規分布に基づき配置される。加えて、CBD に、多様な、思いがけない活動と呼び込む役割を担う、都市居住者が日常的に気軽に利用できる拠点施設を 1 か所配置する。拠点施設を中心として半径 500m の範囲内では、交流促進政策の実施を考慮する。

### (2) トラムモデルの構築

つぎに、中心市街地へのトラムの導入を考慮する。トラム路線は、鉄道と相互乗り入れを想定する。すなわち、中央駅から放射状に 3 路線が設置され、かつ端部は CBC を取り囲む拡散した住居群を通過する。各路線には一般的な実際のトラムと同様に、400m 間隔で停留所が設置される。スプロール都市モデルの概念図を図 1 に示す。

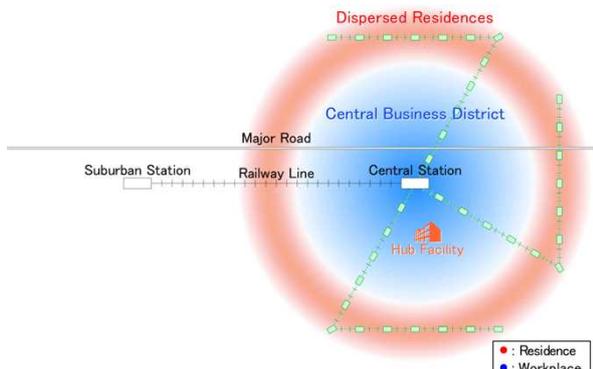


図 1 スプロール都市モデル概念図

### (3) スプロール都市モデルによる交流促進政策

シミュレーションにおける世帯エージェントのスケジューリングを図 2 に示す。移動距離や利用可能な交通手段、交通密度といった都市的変数が交通行動に影響を及ぼすという実証的な知見をモデルに反映するために、世帯エージェントの交通行動は、都市モデル上で空間的に明示的に行われる。毎回の交通行動は、自ら選択した目的トリップに従う。目的トリップを構成する手段トリップの中で最も代表的な交通手段を、その目的トリップの代表交通手段と呼ぶ。代表交通手段は、徒歩、自転車、鉄道、自家用車、トラムの 4 種類が想定されている。現実世界のモータリゼーションの進行を反映し、シミュレーション開始時は、大多数の世帯エージェントの代表交通手段は自家用車である。各世帯エージェントが住居を出発し、やがて全世帯エージェントが職場に到着した後、次いで拠点施設に向けて出発する。そこに滞在後、最後に住居へ戻る。住居に到着後、総移動コストを時間コスト、料金コスト、疲労コスト、交流価値に基づき計算する。世帯エージェントの交通手段の学習プロセスには、強化学習を援用する。それは、個人の交通手段や経路の選択は、多分に習慣的、限定合理的であるとの知見を反映するためである。このコストに従って、

目的トリップの価値リスト内の、選択された目的トリップの価値を更新する。次回以降の交通行動は、この価値リストより選択された目的トリップに従う。

学習期間を経て全世帯エージェントが交通手段を収束させた後、ランダムに選ばれた 10% の世帯エージェントは転居を行う。当該世帯エージェントには、その時点での住居の分布から大きく外れない範囲内にある候補地が 10 か所提示される。そして、その中で想定総生活コストが最小となる候補地に転居する。候補地における想定総生活コストは仮想移動コストと地代との和とする。この転居によって土地利用パターンが変化する。一回のシミュレーションはこの転居サイクルを 20 回繰り返す。モデルにおける一転居サイクルは現実世界の 2 年間を代表すると仮定する。すなわち、一回のシミュレーションは現実世界の 40 年間に相当する。

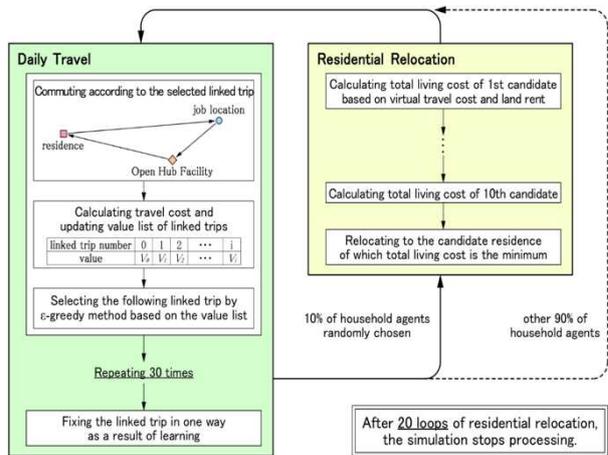


図 2 世帯エージェントのスケジューリング

## 3. 研究結果

### (1) トラム導入の影響の推定

こうした設定に基づいて、都市居住者に開かれた拠点施設の設置、その周辺での交流促進政策、およびトラムの導入の実施を想定したシミュレーション実験を実行した。拠点施設の位置は 2 通り、交流促進係数は 4 通りを組み合わせさせたシナリオを設定する。図 3 は各シナリオの最終的な住居の分布を示したものである。拠点施設を設置しない場合、自家用車利用世帯が更に増加し、CBD を取り囲む拡散的居住も更に広範囲に進行する。拠点施設を設置した場合、交流促進政策が弱い段階では同様に自家用車利用世帯が更に増加し、拡散的居住も更に広範囲に進行する。しかし、更に交流促進政策を進めると、自家用車利用世帯の半分以上がトラム利用に転換する。この転換に伴い総二酸化炭素排出量も 4 割以上減少する。さらに実行期間を延長した場合、トラム利用世帯は合計で 9 割近くに達する。そして、住居の分布に関しては、下記の二つのクラスターが創発す

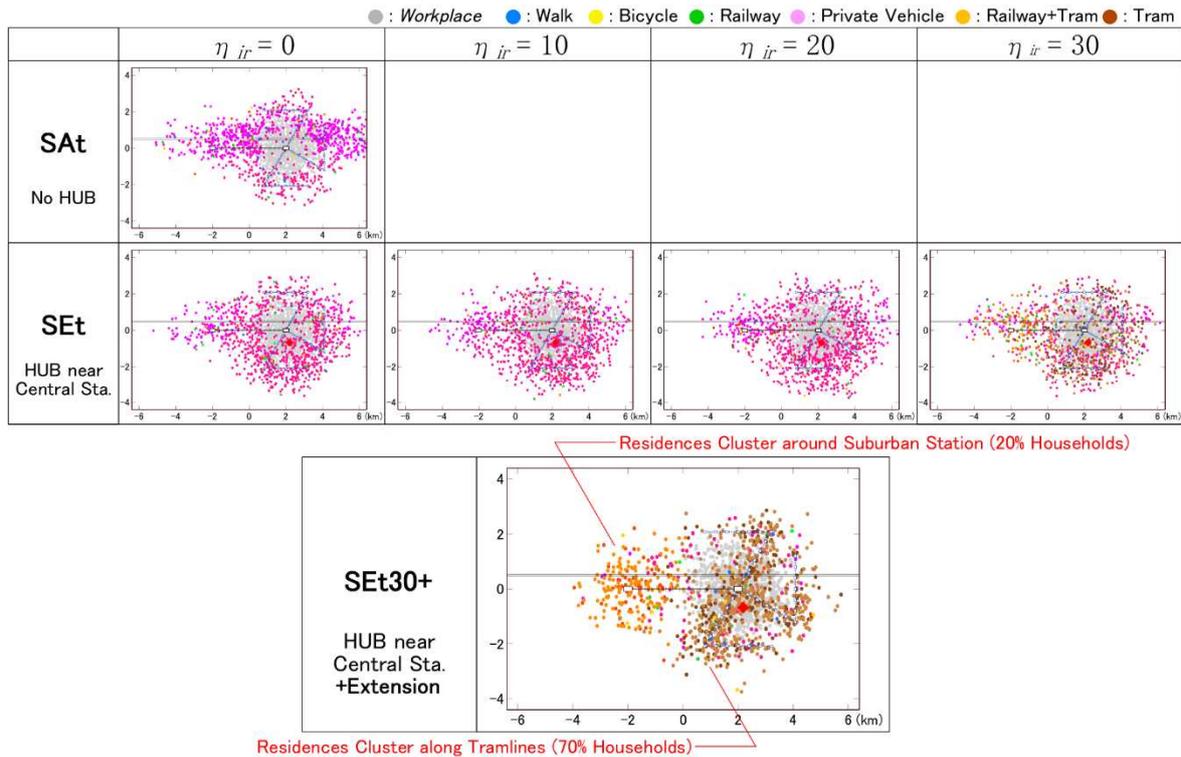


図 3 住居の分布

る。一方は鉄道とトラムを組み合わせで通勤する世帯(全体の約 2 割)からなる、郊外駅を中心としたクラスターであり、もう一方はトラムのみで通勤する世帯(全体の約 7 割)からなる、CBD の中心部から周縁にまで及ぶ、トラム路線沿いのクラスターである。すなわち、トラム利用と併せて徒歩で利用できる拠点施設の適切な配置に加え、その周囲での交流促進政策が一定の規模に達すると、あたかも「相転移」が起こるように、急激に自家用車利用のトラム利用への転換、それに伴う二酸化炭素排出量の削減、および拡散居住の改善が見られた。加えて、さらに長期間こうした政策を継続させることで、都市環境を大幅に改善することができた。

## (2) 郊外住宅地のコミュニティ調査

近年、各地の地方都市でも、ライトレール(トラム)の導入やタワーマンションの建設が計画されてきている。しかし、どのような都市機能を導入するかは、コミュニティの状況を把握する必要がある。特に、孤独や孤立など、包摂的な社会関係を構築するための調査も重要となる。そこで、兵庫県の A 市を対象に、合成人口データを用いた世帯構成分析とインタビュー調査を実施した。図 4 に、合成人口データから推定した世帯マップを示す。この分析結果から、駅に近い地区では、高齢者世帯や高齢単身世帯が比較的多く、駅から遠い地区では、夫婦と子供の若い世帯が多いことがわかってきた。また、地域活動に関わるきっかけとしては、子供を介してママ友と知

り合うことが最も多く、続いて地域イベントへの参加が契機となったと話す人が多かった。これらの分析から、コミュニティ内の高齢者向け交通手段や、学校区単位でのつながり、地域イベントの重要性などが明らかとなり、それらをサポートする都市機能の導入が求められていることが示唆された。

## 4. まとめ

新都市の周縁における拡散的な居住の改善が、空間的に明示的な自律的エージェントと平面都市スキームとのマイクロマクロリンクに基づいてモデル化された。このことは、拠点施設の適切な配置、交流促進政策、トラム導入の組み合わせが、持続可能な都市の成長に向けたマネジメントに有効であることを示唆している。

交流促進政策は、利便性や安全性、豊かな体験といったインセンティブにより、市街地における歩行を誘導する施策である。一方で、実際に成果を上げているトラムの導入例は、その多くが、歩行者に優しい別の施策と組み合わせられている。例えばドイツのカールスルーエでは、トラム沿線の一部のトランジットモール化、すなわち自家用車の通行制限を伴う。また、日本の富山では、中央駅から離れたトラム沿線の商店街の再活性化にも力が入れている。すなわちこの実験は、トラムの導入が、トラム利用前後の「街歩き」を誘導する政策と組み

合わされることで、都市環境の改善に大きな効果を発揮するという機序を明らかにしたといえるだろう。シミュレーション上で創発した住居のクラスターは、当初の職住分離に基づく多中心的で合理的な土地利用からは逸脱しているものの、コンパクトな都市化としての、下記のような肯定的な評価が可能である。第一に、公共交通機関利用主体の職住近接型「街なか居住」の実現により、居住者がラッシュアワーの苦痛や大気汚染から解放されることである。第二に、混合土地利用によって中心市街地に幅広い社会活動がもたらされ、その再活性化を後押しすることである。

### 謝辞

本研究の実施にあたり、一般財団法人 国土技術研究センターから研究開発助成の支援を。ここに感謝の意を表す。

### 参考文献

- 1) 1) 原田拓弥, 村田忠彦, 並列計算を用いた SA 法による都道府県レベルの大規模世帯の復元, 計測自動制御学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 421-429, 2018
- 2) 永井秀幸, 倉橋節也, "コンパクトシティへ向けた処方箋 - 賑わい醸成とトラムの導入 -", 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J102-D, No.11, pp.750-758, 2019
- 3) 倉橋節也, "新型コロナウイルス(COVID-19)における感染予防策の推定", 人工知能学会論文誌, 35 卷 3 号 p. D-K28\_1-8, 2020
- 4) H. Nagai and S. Kurahashi, Measures to prevent and control the spread of novel coronavirus disease (COVID-19) infection in tourism locations, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, 15:2, 1-12, 2022
- 5) H. Nagai and S. Kurahashi, Agent-Based Modeling of the Formation and Prevention of Residential Diffusion on Urban Edges, Sustainability 2021, 13, 12500. <https://doi.org/10.3390/su132212500>
- 6) H. Nagai and S. Kurahashi, Simulating the re-concentration of dispersed habitation in the peripheral urban area using an artificial society approach, International Journal of Urban Sustainable Development, 15:1, 14-34, DOI: 10.1080/19463138.2022.2157005