

# 空間相関と個人の交通アクセシビリティを 考慮した居住地選択モデルの構築

宮地 航輝<sup>1</sup>・柳沼 秀樹<sup>2</sup>・寺部 慎太郎<sup>3</sup>・海野 遥香<sup>4</sup>・鈴木 雄<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生非会員 東京理科大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: 7622535@ed.tus.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 東京理科大学准教授 理工学部土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: yaginuma@rs.tus.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: terabe@rs.tus.ac.jp

<sup>4</sup>正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: unoharuka@rs.tus.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 東京理科大学助教 理工学部土木工学科 (〒 278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

E-mail: yusuzuki@rs.tus.ac.jp

近年我が国では、交通網の成熟化が進み、沿線や駅前、駅ナカ開発など、生活圏レベルでの政策検討が進められている。また、デジタル化や時差出勤、テレワークなどが急速に普及し、人々のライフスタイルが多様化している状況にある。そのため、Activity based Model を活用した個人の生活・交通行動分析が実務でも展開されている。一方、活動起点となる居住地の選択は未だ外生的に扱われている状況にある。本研究では、空間相関と個人・世帯属性、および ABM から得られる交通アクセシビリティを導入した居住地選択モデルを構築した。ケーススタディとして東京都豊洲地区に提案モデルを適用し、個人の生活行動の変化が居住地選択に及ぼす影響をシミュレーション分析により明らかにした。

**Key Words:** Spatial Correlation, Residential Choice Model, Transportation Accessibility

## 1. はじめに

我が国ではこれまで、鉄道路線や高速道路の新線整備といった都市圏レベルの大規模（マクロ）な整備・政策が行われてきた。しかし、近年では、交通網等の成熟化により沿線や駅ナカ、交通拠点整備のような、個人個人の生活が変わるような生活圏レベルの小規模（ミクロ）な政策が行われるようになってきている。また、ここ数年で、デジタル化や時差出勤、テレワークなどが急速に普及し、人々のライフスタイルや価値観の多様化もみられるようになった。インフラ整備や都市開発、交通施策を計画するにあたって、その効果や影響の評価・予測を行うことは非常に重要であるが、従来の需要予測手法では、個人レベルでの需要変化を捉えることができず、近年のミクロレベルの政策評価には限界がある。そのため、Activity based Model を活用した個人の生活・交通行動分析が実務でも展開されている。一方、活動起点となる居住地の選択は未だ外生的に扱われている状況にある。以上を踏まえて、本研究では、交通行動および居住立地に着目し、個人ごとの交通アクセシビリティや個人、世帯属性を考慮した居住地選択モデルを構築するとともに、隣接する居住ゾーンの空間相関を考慮することでモデルの精度向上を図る。近年

の政策スタイルを考慮した、個人レベルの新たな需要予測手法の開発を目指す。

## 2. 本研究の位置付け

### (1) 既往研究のレビュー

既往研究において、土地利用モデルと交通モデルを組み合わせたモデルの検討が行われている。中でも、尹、青山、中川、松中ら<sup>1)</sup>は、立地変動を考慮した土地利用交通モデルの構築を行った。交通施設整備によるアクセシビリティの変化や地域振興策としての企業誘致による雇用の創出がもたらす効果、および産業活動や人口が減少する過程、産業の場合には新規設立と倒産、人口の場合には自然増減以外に転入・転出・住み替えを、交通モデルや住宅立地配分モデル、商業立地配分モデル、競合モデル等の様々なサブモデルを構築し均衡状態を求める実用的かつ包括的な土地利用・交通モデルを考案した。交通モデルに関しては、土地利用モデルから得られる夜間人口等をインプットとする四段階推定法を用いて、需要予測を行う。また交通モデルから得られる所要時間をアクセシビリティ指標として土地利用モデルにインプットする。そしてまた同様の計算を繰り返し均衡状態を求めるといったモデル構造

である。交通と土地利用の相互作用を包括的に加味した分析手法で、用いられている土地利用モデル及び交通モデルは集計的な分析手法である。立地選択のような空間分析手法に関しては、空間データの相関や異質性を考慮したモデリングが必要性的について研究が蓄積されている。このような応用空間統計学に関しては堤、瀬谷らのレビューが詳しく、土木計画分野への適用可能性に言及している。このような空間的特性を考慮したモデルに関しては兵藤、坂井、河村ら<sup>2)</sup>が空間相関を考慮した物流施設立地選択モデルを検討している。密な隣接データである 3 次メッシュデータを用いており、様々なモデルの比較検討を行なっている。特に空間ラグモデルと空間誤差モデルの導入による精度向上の可能性が示された。またこの研究では空間重み行列の入力もモデル精度に影響を与えることが示唆された。

## (2) 本研究の位置付け

本研究では、従来用いられてきた集計モデルが変わる、非集計モデル(離散選択モデル)を用いた居住地選択モデルを構築し、個人の行動選択を考慮したミクロな施策に対する分析手法の構築を目指す。既往研究で明らかになっている有用な変数を用いるとともに、手段選択モデルから交通アクセシビリティを算出し、居住地選択モデルの変数に取り入れることで個人ごとのアクセシビリティの変化による居住地需要の変化を分析できるモデルを構築する。また隣接ゾーンとの空間相関が想定されるため、離散選択モデルと空間ラグモデル(SLM)を組み合わせたモデルを適用することで空間相関並びに立地需要の均衡状態の表現を試みる。また分析では、東京 PT 調査における計画基本ゾーンレベルのデータを用いる。形状並びに大きさの異なる政策区域レベルの空間データ利用が本研究の特徴でもある。

## 3. 使用データと基礎集計

### (1) 使用データ

本研究では、H30 東京パーソントリップ調査の行動データおよび居住地データを主に用いてモデルを構築する。本来は、広域に適用できる居住地選択モデルを構築することが理想である。しかし本研究では、モデルケースとして、H30 東京パーソントリップ調査で区分される計画基本ゾーンの内、豊洲を含むゾーンとそのゾーンに隣接する 3 ゾーンの計 4 つの、自宅からの通勤者に限定して分析を行う。図-1 に対象地域を示す。また、平成 26 年商業統計調査の小売業事業所数、平成 30 年地価公示データの宅地地価、平成 30 年町丁別犯罪認知件数も分析に用いた。



図-1 対象地域

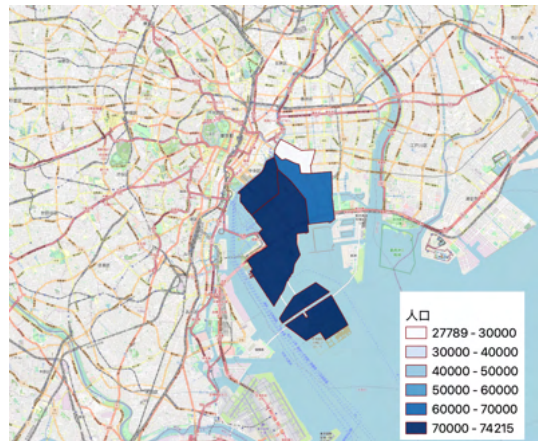


図-2 人口分布

### (2) 基礎集計

モデル構築にあたり、主に東京 PT 調査データの分析を行い、対象地域居住者の活動並びに世帯属性の傾向把握を行った。図-2を見ると勝どき地区、豊洲地区の人口が多く、居住地需要が高いことが推測される。図-3は対象地域居住者の仕事目的地の分布を示す。仕事目的地は居住地から近い場所が多く、都外への移動は少ない傾向が把握できる。図-4は東京 PT 調査データより抽出した世帯収入割合である。勝どき地区、豊洲地区は世帯収入 1000 万円以上の世帯が多く、辰巳地区、木場地区は比較的少ない傾向にある。図-5は東京 PT 調査データより抽出した単身世帯割合である。地区による大きな特徴は特に見られないが、木場地区は 3 割程度と比較的高い傾向にあることがわかる。以上を踏まえ、高収入世帯ダミー、単身世帯ダミーを用いることで、世帯個人属性の特徴を捉えた居住地選択の表現を試みる。またモデリングを行うことで通勤アクセシビリティがどの程度居住地需要に影響を及ぼすのか明らかにしたい。



図-3 対象地域居住者の仕事目的地

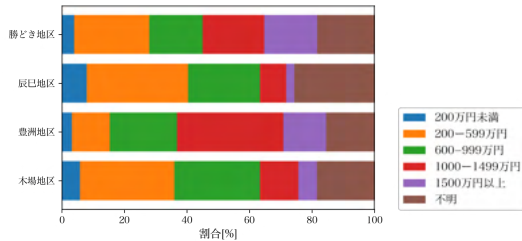


図-4 世帯収入割合

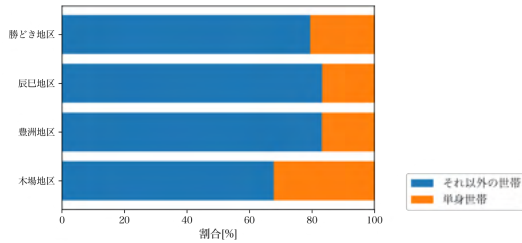


図-5 単身世帯割合

## 4. 居住地選択モデルの構築

### (1) 居住地選択モデルの概略

本研究では、MNL を用いた居住地選択モデルを構築する。また、本研究で構築する居住地選択モデルは、自宅から勤務地に向かう人を対象として、選択肢集合は対象地域の計画基本ゾーンレベルつまり豊洲を含むゾーンとそのゾーンに隣接する3ゾーンの計4つに設定する。効用関数は以下の(1)のように定義する。説明変数として、世帯属性ダミーやゾーン平均地価、ログサム変数、ゾーン事業所数、犯罪発生率を用いた。犯罪発生率については、犯罪認知件数を人口で除した値として定義する。

$$v_{ip} = ASC_i + a \cdot \text{Logsum}_p + b \cdot \text{Variable}_i + c \cdot \text{Dummy}_p + \dots \quad (1)$$

ここで  $v_{ip}$  は個人  $p$  の選択肢  $i$  における効用、 $ASC_i$  はゾーン  $i$  の定数項、 $a, b, c$  は各変数のパラメータ、 $\text{Logsum}$  はログサム変数、 $\text{Variable}$  はサービスレベル変数、 $\text{Dummy}$  はダミー変数である。

ログサム変数は、個人の各居住地から勤務地までのアクセシビリティとして、通勤手段選択のログサム変数を導入し、(2)より算出した。 $V_m$  はある OD 間の交通手段選択モデルの効用関数、 $V_{od}^*$  は手段選択モデルで計算されるログサム変数、 $\theta$  はスケールパラメータである

$$v^*_{od} = \frac{1}{\theta} \ln \sum_m \exp(\theta V_m) \quad (2)$$

### (2) 空間ラグモデル (SCL)

空間ラグモデルは隣接するゾーンの目的変数の影響を相関係数を用いて記述することが可能である。目的変数の空間的な相互作用を考慮した均衡状態を記述することもできる。空間ラグモデルは以下の(3)で表される。

$$y = \rho W y + \beta x \quad (3)$$

ここで  $W$  は空間重み行列、 $\rho$  は相関係数、 $\beta$  はパラメータ、 $x$  は説明変数である。本研究では、効用関数を以下のように定式化することで空間ラグモデルと MNL を融合し、空間相関を考慮したモデルを検証する。

効用関数は以下の式(4)のように定式化する。

$$v = \rho W v + \beta x \quad (4)$$

隣接ゾーンの効用が所定のゾーンに与える影響の度合いは、ゾーン間の距離やゾーン間ネットワーク、ゾーン境界の地形などに依存することが考えられる。本研究では、豊洲周辺の計画基本ゾーンを選択肢集合としているが、このような政策区域の境界は、川や山、海といった地形的な境界を持つことも少なくない。そこで本研究では、ゾーン境界が隣接ゾーンとの相関に影響を及ぼすと仮定し、ゾーン境界を考慮した空間重み行列を定義する。今回は隣接ゾーンの効用が所定のゾーンに与える影響の度合い(重み)は、ゾーン境界線長比に比例すると考え、(5b)より重み  $w_{ij}$  を算出する。ここで  $l_{ij}$  はゾーン  $i$  とゾーン  $j$  の境界線距離である。図-6は3つの隣接するゾーンのイメージである。例えばゾーン2の効用がゾーン1の効用に与える影響の重み  $w_{12}$  は以下の(5c)のようになる。

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & \cdots & w_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{i1} & \cdots & w_{ij} \end{bmatrix} \quad (5a)$$

$$w_{ij} = \frac{l_{ij}}{\sum_j l_{ij}} \quad (5b)$$

$$w_{12} = \frac{l_{12}}{l_{12} + l_{13}} = \frac{c}{c + d} \quad (5c)$$

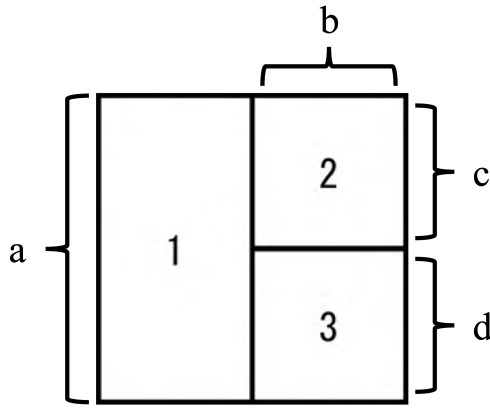


図-6 境界線比

表-1 推定結果

variable	parameters	t-value	
勝どき (定数項)	-6.78	52.5	**
辰巳 (定数項)	1.53	2.22	**
豊洲 (定数項)	-0.896	-20	**
木場 (定数項)	0	-	
通勤ログサム	0.175	2.26	**
小売業事業所数	0.0194	7.64	**
犯罪発生率	-0.0719	-9.8	**
平均地価	-0.0366	-4.19	**
高収入世帯ダミー	1.67	6.11	**
単身世帯ダミー	0.793	2.92	**
相関係数	-0.678	-1.5	
number of samples	439		
Initial likelihood	-740		
Final likelihood	-566		
rho-square	0.235		
rho-square-bar	0.221		

\*: 5%有意, \*\*: 1%有意

## 5. パラメータ推定結果

居住地選択モデルのパラメータの推定結果を表-1に示す。今回推定したモデルの尤度比は0.221であり、モデルの適合度としては十分な結果は得られなかった。しかし、各変数のパラメータを見ると相関係数以外は統計的に有意な結果となった。世帯属性が居住地選択に大きな影響を与えることが今回の結果から示唆された。勤務地までの交通アクセシビリティとして導入した通勤アクセスログサムであるが、符号条件および統計的にも有意な結果が得られた。相関係数を見ると、選択肢ゾーン間で負の相関が発生していることが示唆される結果となった。犯罪発生率と地価に関しては負のパラメータを示しており符号条件の論理性も正しい結果となった。一方で、勝どき地区の定数項が比較的大きな値となっており、現状の説明変数では十分に選択行動を表現できていない可能性がある。また世帯属性に関して世帯収入と世帯人数のダミーを取り入れたが、あくまで個人の選択行動を記述したに過ぎず、共働き世帯等の集団意思決定の要素を取り入れられていないため、今回のような結果となってしまった可能性が考えられる。

## 6. ケーススタディ分析

構築した居住地選択モデルを用いて、東京8号線の延伸による豊洲地区の最大20分のアクセス向上を想定した感度分析を行う。

### (1) ペルソナを想定した感度分析

延伸による豊洲地区から豊洲以北への最大20分の通勤アクセス向上を想定した感度分析を行う。豊洲以北に勤務する人を想定し、世帯属性の違いおよびアクセス向上による居住地選択確率の変化を分析する。横軸が鉄

道短縮所要時間、縦軸が選択確率の増減を示す図-7～図-11を見ると、20分の鉄道所要時間短縮で、最大で4%程度の豊洲地区の需要増加が見込まれることがわかる。世帯で比較すると、高収入世帯の方が、アクセシビリティ向上による需要増加効果が大きいことが示唆される結果となった。

### (2) 税収予測

住民税の増減率の予測を行う。以下の(6)に示す簡易的な式を用いて感度分析を行い、今後の施策評価への適用可能性を提示する。

$$tax = \{a \times pop_a \times (1 + up_a) + b \times pop_b \times (1 + up_b)\} \times taxper \quad (6)$$

ここで  $tax$  は住民税収、 $a$  は高収入世帯の平均課税対象額、 $b$  は高収入でない世帯の平均課税対象額、 $pop_a$ 、 $pop_b$  はそれぞれ高収入世帯数と高収入でない世帯数、 $up_a$ 、 $up_b$  それぞれ高収入世帯と高収入でない世帯の居住地需要増加率、 $taxper$  は税率を表す。課税対象額を高収入世帯では200、高収入でない世帯を100、税率を6%とする。また図-4より、高収入世帯数を40、高収入でない世帯数を60と設定する。図-12は豊洲から各方面への通勤アクセスが上昇した時の税収の変化率である。20分の鉄道所要時間短縮で、最大で1.04倍程度の税収増加が見込まれる結果となった。

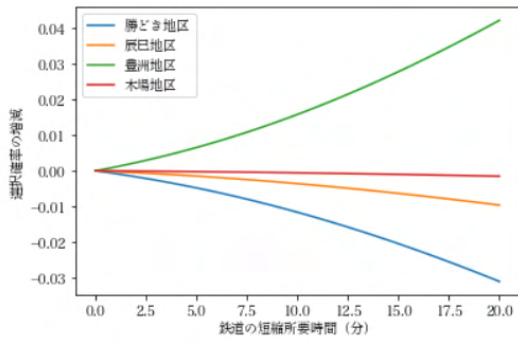


図-7 選択確率の増減（高収入単身世帯）

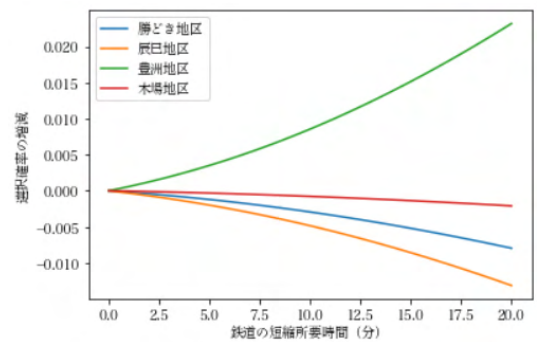


図-10 選択確率の増減（高収入でない単身世帯）

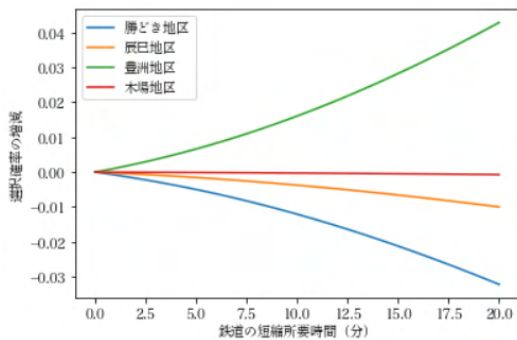


図-8 選択確率の増減（単身でない高収入世帯）

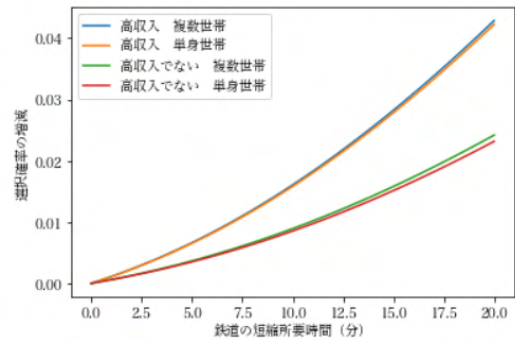


図-11 豊洲需要増加世帯比較

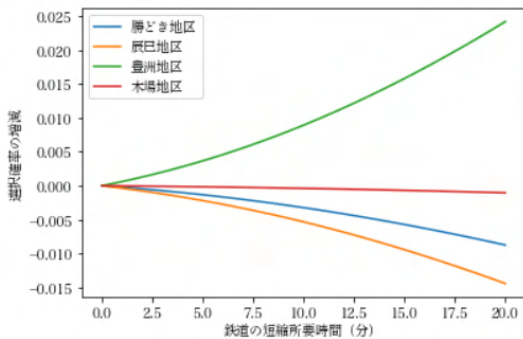


図-9 選択確率の増減（単身でなく高収入でもない世帯）

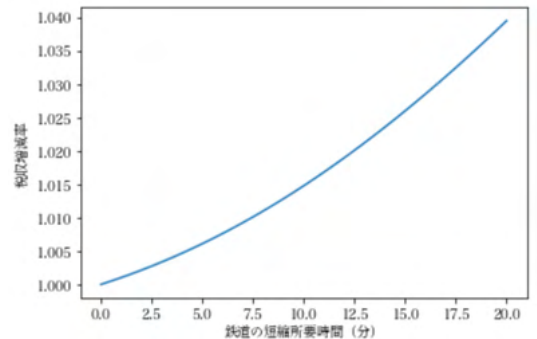


図-12 税収予測

## 7. おわりに

本研究では、空間相関と個人ごとの交通アクセシビリティの違いを加味した居住地選択モデルを構築した。通勤時における、所要時間やコストの変動といった交通アクセシビリティの変化がもたらす居住地需要の変化を分析可能とした。また、モデルを用いてペルソナを設定した施策分析、簡易的な税収予測を行うことで、施策評価への適用可能性を示すことができた。一方精度向上のため、空間相関の考慮並びに空間重み行列と

して境界線比を採用しモデル構築を行ったが、精度は低い結果となってしまった。今回構築したモデルでは、世帯属性に関して世帯収入と世帯人数のダミーを取り入れたが、あくまで個人の選択行動を記述したに過ぎない。共働き世帯等の集団意思決定の要素を取り入れられていないことが低精度の原因の一つとしても考えられる。加えて、本研究ではモデルケースとして対象範囲を豊洲周辺に設定したが、非常に狭い範囲である。モデルの空間移転性並びに広範囲への適用の検討を行う必要もあるだろう。今後は選択肢集合や変数を含め

たモデル構造，集団意思決定の要素の取り込みなど，精度および汎用性向上に向けて課題が多く残された。

#### 参考文献

- 1) 尹 鍾進, 青山 吉隆, 中川 大, 松中 亮治: 立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築 土木計画学論文集, Vol.17,247-256, 2000.9
- 2) 堤 盛人, 瀬谷 創: 土木計画における応用空間統計学の可能性 土木学会論文集 D3, Vol.168, No.5, I1-I20, 2012
- 3) 兵藤 哲朗, 坂井 孝典, 河村 和哉: 東京都市圏物資流動調査による空間相関を考慮した物流施設立地選択モデルの検討 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.71, No.4, 156 - 167, 2015
- 4) 富岡秀虎, 森本章倫: CUE モデルを用いた LRT 導入による人口誘導効果に関する研究 公益社団法人日本都市計画学会, 都市計画論文集, Vol.53, No.3, 1348-1354, 2018.10
- 5) Shlomo Bekhor, Joseph N. Prashker: GEV-based destination choice models that account for unobserved similarities among alternatives Transportation Research Part B 42, 243-262, 2008
- 6) 小松 拓磨, 中川 雅之: マイクロデータを用いた居住地選択モデルによる郊外居住の実証分析 都市住宅学, 57号, p52-60, 2007
- 7) Yoshiyuki Tokunaga, Kazuaki Miyamoto, Varameth Vichien-san: DISCRETE CHOICE MODEL WITH STRUCTURALIZED SPATIAL EFFECTS FOR LOCATION ANALYSIS: A TEST OF APPLICABILITY WITH ZONE AND AREA UNIT SYSTEMS

(2022. 9. 30 受付)

## DEVELOP A RESIDENTIAL CHOICE MODEL CONSIDERING SPATIAL CORRELATIONS AND INDIVIDUAL TRANSPORTATION ACCESSIBILITY

Koki MIYAJI, Hideki YAGINUMA, Shintaro TERABE, Haruka UNO, Yu SUZUKI

In recent years, Japan's transportation network has been maturing, and policies are being considered at the living area level, such as development along train lines, in front of stations, and at station locations. In addition, people's lifestyles are diversifying due to the rapid spread of digitalization, staggered work hours, and telework. Therefore, analysis of individual lifestyles and transportation behavior using activity-based models is being developed in practice. On the other hand, the choice of the place of residence, which is the starting point of activities, is still treated as exogenous. In this study, we constructed a residential location choice model that introduces spatial correlation, individual and household attributes, and transportation accessibility obtained from ABM. As a case study, we applied the proposed model to the Toyosu area of Tokyo, and clarified the effects of changes in individual lifestyle behavior on residential location choice through simulation analysis.