東京都市圏における公共施設の立地選択モデルの構築

薄　雪晴[1]・寺部　慎太郎[2]・柳沼　秀樹[3]・海野　遥香[4]・鈴木　雄[5]

[1]非会員　東京理科大学大学院　創域理工学研究科社会基盤工学専攻　博士後期課程
（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail:7622702@ed.tus.ac.jp

[2]正会員　東京理科大学教授　創域理工学部社会基盤工学科（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail:terabe@rs.tus.ac.jp

[3]正会員　東京理科大学准教授　創域理工学部社会基盤工学科（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail:yaginuma@rs.tus.ac.jp

[4]正会員　茨城大学助教　理工学研究科（〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1）
E-mail: haruka.uno.uj38@vc.ibaraki.ac.jp

[5]正会員　東京理科大学助教　創域理工学部社会基盤工学科（〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641）
E-mail:yusuzuki@rs.tus.ac.jp

近年，耐震不足と施設老朽化のため，公共施設の更新や再配置などが進んでいる．一方，立地適正化計画に基づき，公共施設を活かしてまちの賑わいを創出した都市もある．地域活性化や人口減少により，公共施設等の再配置による拠点形成の政策は検討されているが，公共施設に関する立地因子の研究については明らかにされたものがほとんど見られない．そのため，本研究は多項ロジットモデルを用いて公共施設の立地選択モデルを構築し，各公共施設の立地因子を明らかにする．それにより，将来人口の変化や土地利用の変化などによる，将来の各公共施設の立地傾向を予測することが期待できる．

Key Words: *public facility, disaggregate behavioural model, Tokyo metropolitan area, hospital*

1. はじめに

日本では，多くの公共施設は 1960 年代に建設・整備が行われている．建築から 50~60 年が経過した公共施設は，耐震不足と施設老朽化のため，その更新や再配置などが進んでいる．さらに，2000 年代に多く行われた市町村合併により，同じ自治体内で類似した公共施設の重複も散見されるようになった．このため，各自治体には，長期的視点で，統廃合による施設の再編を計画的に実施することが求められている．

一方，まちの賑わいを創出するため，医療・福祉・商業などの都市機能を中心拠点，生活拠点などに集約，誘導するまちづくりの支援を目的に立地適正化計画制度が 2014 年に創設された．この制度は拠点となる区域や居住を誘導する区域など，将来のまちづくりを想定しながら公共施設を集約・再編することで，住民の利便性の向上を図るとしている [1)]．個別の公共施設の移転を契機として，周辺の道路事業等の基盤整備を一体的に進めたことで，中心拠点としての公共施設整備と地区の中心性を高めることができ，中心市街地一帯の魅力を向上させて，地域経済の活性化に貢献することが期待されている．

今後人口減少，少子高齢化の進展による世帯構成の変化により，子育て支援施設や学校教育施設では余剰が発生し，高齢者を対象とした福祉施設の需要が高まるなど，公共施設へのニーズが変化することが予想される

このようなまちの賑わいの創出や人口減少の背景によって，公共施設等の再配置による拠点形成の政策も検討している [2)]．また，公共施設に関する立地因子の研究については明らかにされたものがほとんど見られない．

そこで，本研究は公共施設の立地に着目し，離散選択モデルを用いて，各公共施設の立地選択モデルを構築することを目的とする．各要因が公共施設の立地選択にどうのように影響を与えるかを明らかにする．それにより，将来人口の変化や土地利用の変化などによる，将来の各公共施設の立地傾向を予測することが期待できる．

2. 既往研究

(1) 公共施設立地に関する既往研究

嚴ら [3]は，カーネル関数を用いて，商業集積度を計算し，商業集積の中で公共施設の地理的な位置関係を定量化する総合立地合致度の指標を提案した．人口 5 万人以上の市町村を対象としてその空間関係の変化を分析した．その結果，施設数が少ない病院，図書館，行政サービス施設といった公共施設が，商業集積度の高い場所に立地する傾向があることを示した．

西尾ら [4]は，病院の整備状況と移転実態を整理して，人口規模の大きな市区に病院が数多く立地している状況にあることが分かった．そして，市街化調整区域や白地域等本来開発を抑制するべき場所に数多く立地していることが明らかになった．吉城ら [5]は，全国の市区町村を分析対象とし，人口規模と図書館・保育園などのような子育て関連施設の立地の関係を明らかにした．田村ら [6]は，広島県全域の 1km メッシュを対象とし，人口分布と各施設の立地分布データを用いて，人口密度と各施設の立地との関連分析を行った．その施設の中で，郵便局・福祉施設・医療機関・学校等公共施設も含めた．

(2) 立地選択モデルに関する既往研究

萩野ら [7]は，第 4 回東京都市圏物流流動調査の事業所機能調査の個票を用いて，東京都市圏内の 1km メッシュ別の物流施設の立地選択確率を予測するための離散選択ロジットモデルを推定した．さらに，兵藤ら [8]は空間相関に対応するために，空間ラグモデル・空間誤差モデルに焦点を当て，物流施設立地選択モデルの精度を向上した．平田ら [9]は第 5 回東京都市圏物資流動調査結果を用いて，各物流施設ごとの輸送データから搬出搬入指標を定義し，搬出搬入特性を考慮した立地選択モデルを構築した．加藤ら [10]は，日本全国の 353 ゾーンを対象として，全国の民間研究所の立地選択ロジットモデルを構築し，研究所の立地因子を明らかにした．矢部 [11]は，東京大都市圏におけるソフトウェア産業の分布状況を明らかにした上で，ネスティッドロジットモデルを用いてソフトウェア産業の立地選択モデルを構築した．岩崎ら [12]は，首都圏を対象にネスティッドロジットモデルを用いて，移転工場の立地予測モデルを構築した．

(3) 本研究の位置づけ

上記の既往研究では，事業所や物流施設等に着目して，離散選択モデルによるそれらの立地選択モデルを構築する研究が多い．しかし，公共施設に関する立地選択モデルの分析は見当たらない．

本研究は，首都圏を対象に各公共施設の立地選択モデルを構築して，各要因が公共施設の立地選択にどうのように影響を与えるかを明らかにする．そして，将来人口や土地利用の変化などによる，将来の各公共施設の立地傾向を予測する．その結果を公共施設の立地変化による将来市民ニーズの把握や，公共施設の立地ポテンシャルの高い地域を探すことなどに活かすことを想定している．

3. 使用データ

(1) データの概要

本研究では，医療機関と，郵便局，図書館，福祉施設，都市公園，学校，役場を公共施設と定義して，国土数値情報のデータを用いた．国土数値情報の各公共施設データの中には，より詳細な属性がある．例えば，医療機関は病院，診療所，歯科に分けられている．本研究では，すべての公共施設の立地選択モデルを構築することではなく，まず病院，保育施設，都市基幹公園のような大型公共施設を分析対象とする．

分析対象地域は，東京，千葉，埼玉，神奈川の 1 都三県である．国土数値情報の 3 次メッシュ区画（1km メッシュ）を基本とした．このとき一都三県のメッシュの合計は 13351 となる．

(2) 説明変数の設定

公共施設立地に関する既往研究では，人口，市街化調整区域，商業集積度等の立地要因が明らかにされていた．各事業所や物流施設の立地選択モデルの中では，地価，可住地面積，用途地域面積シェアが説明変数としてよく用いられていた．本研究では，公共施設立地選択のモデルに用いる説明変数としては，既往研究の公共施設立地の特徴と事業所や物流施設の立地因子を参考にして，**表-1** に示すような変数を検討した．

本研究では，商業施設のポイントデータを持ってないので，商業集積度の代わりに，小売業年間販売額で表す．交通利便性について，メッシュ中心から最寄り駅，バス停までの直線距離で表す．また，可住地面積は，国土数値情報の土地利用 3 次メッシュデータの中で，田・その他農用地・建物用地・幹線交通用地・その他用地・ゴルフ場面積の総和である．地価については，公示地価は一都三県のすべてのメッシュに対応していないので，公示地価がないメッシュに対して，都道府県地価を補完する．一都三県の 1km メッシュ数は 13351 であるが，各メッシュに対応する説明変数のデータの中で欠損があるので，本研究では，リストワイズ削除を用いて，残った 1km メッシュ数は 1897 である（**図-1**）．各メッシュに対応する説明変数の欠損状況を**図-2** に示す．**図-2** より，メッシュ内のデータの中で，地価と小売業年間販売額の欠損が多いことがわかる．

表-1 説明変数の概要

説明変数	説明変数の説明	出典	年度
可住地面積	メッシュ内可住地面積	国土数値情報	2014
市街化区域面積	メッシュ内市街化区域面積		2011
市街化調整区域面積	メッシュ内市街化調整区域面積		2011
土砂災害危険箇所の面積	メッシュ内土砂災害危険箇所の面積		2010
最寄り駅までの距離	メッシュ中心から最寄り駅までの直線距離		2014
最寄り駅の乗降客数	メッシュ中心から最寄り駅の乗降客数		2014
最寄りバス停までの距離	メッシュ中心から最寄りバス停までの直線距離		2010
地価	メッシュ内地価平均		2014
住居地域シェア	住宅地域面積/(住宅地域面積+商業地域面積+工業地域面積)		2011
商業地域シェア	商業地域面積/(住宅地域面積+商業地域面積+工業地域面積)		2011
工業地域シェア	工業地域面積/(住宅地域面積+商業地域面積+工業地域面積)		2011
人口	メッシュ内人口	国勢調査	2015
小売業年間販売額	メッシュ内小売業年間販売額	商業統計	2014

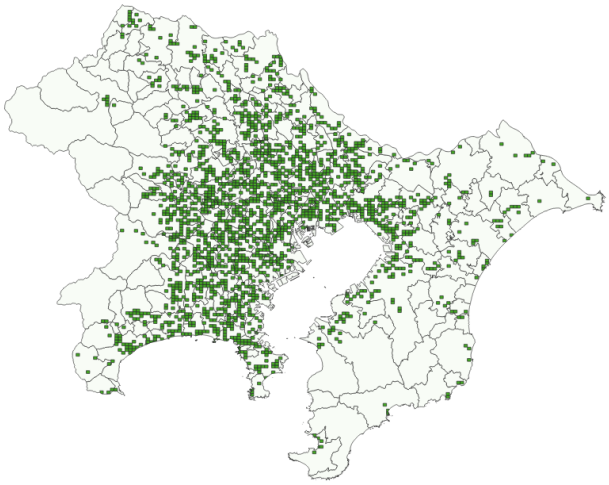


図-1 リストワイズ削除した後のメッシュの分布

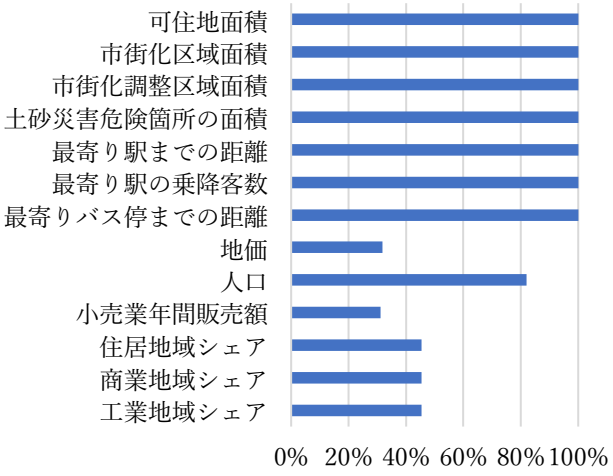


図-2 データがあるメッシュの割合

4. 立地選択モデルの構築

本研究では，リストワイズ削除した 1897 メッシュを選択肢として，多項ロジットモデルを用いて，各公共施設の立地選択モデルの推定を行う．選択肢数が膨大なため，安定した収束解を得られない場合があることが心配される．ロジットモデルの場合には，選択肢の集合の中から少量の選択肢部分集合をランダムに抽出してパラメータ推定を行う方法がある．加藤ら[10]は層別抽出した 19 の選択肢で十分安定的なパラメータが得られたとしている．本研究では，各サンプルの選択肢の集合は，実際に立地しているメッシュ以外に単純無作為 19 メッシュを抽出し，合計 20 メッシュを有する部分選択肢集合を抽出し，最尤法を用いてパラメータを推定する．

(1) ロジットモデルの概要

離散選択モデルの中で最も代表的なモデルはロジットモデルである．より一般的に利用可能な選択肢集合(J_n)の中から選択肢iを選ぶ，多肢選択の場合のロジットモデル式は，以下のとおりとなる．

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j \in Jn} \exp(V_j)}$$

なお，P_iは選択肢iを選ぶ確率，V_iは選択肢iを選んだときに得られる効用である．

(2) 病院の立地選択モデル

一都三県の病院の立地状況は**図-3** に示す．本研究では，リストワイズ削除した後のメッシュに立地してない病院はサンプル数から除外した．病院のサンプル数は 611 である（除外しないサンプル数：1616）．病院の立地選択モデルの推定結果を**表-2** に示す．モデルで有意がある変数は t 値によって判定され，t 値の絶対値が 1.96 より大き

い場合，対応する変数は統計的には 95%の信頼度で選択確率に影響を与える要因と見なせる．ただし，説明変数としての採択には，通常 1.5 程度を超えていれば良い．

採択した変数の MNL 結果では，病院の立地因子は，最寄り駅までの距離と，最寄りバス停までの距離，地価，人口，市街化調整区域面積であることが明らかになった．そのうち，最寄り駅までの距離，最寄りバス停までの距離，市街化調整区域面積の増加が，病院立地の効用を低減させることを示した．地価の符号が正である理由について，病院は集客するために，地価より人口が多いところや交通利便性が高いところに立地している．これらの地域は地価が高いため，正の結果を示した．

モデルの適合度は尤度比によって判定され，通常 0.2 以上であれば良好とされる．本研究の病院の立地選択モデルの尤度比は 0.08 であり，モデルの当てはまりはあまり良くない．その理由は，本研究では選択肢集合が多くて，PC の計算処理を軽くするために，各メッシュの効用関数の中で定数項を入れていない．そして，使っている説明変数はすべて連続変数であり，地域特性のようなダミー変数を考慮してないので，モデルの当てはまりは良くないと考えられる．

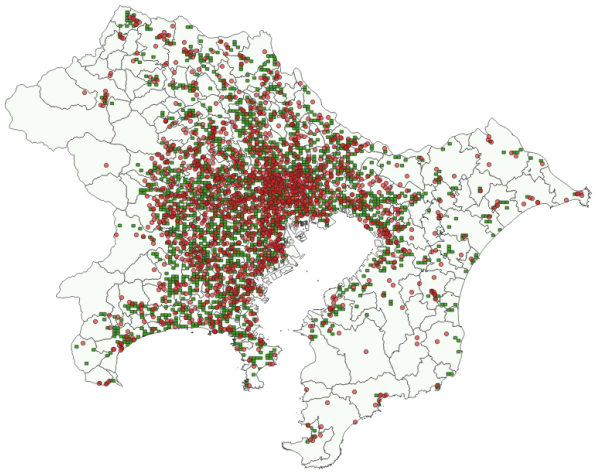


図-3 一都三県の病院の立地分布

表-2 病院の立地選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	t 値
市街化調整区域面積（m^2）	-3.47×10^{-7}	-1.34
最寄り駅までの 距離（m）	-0.00015	-2.11
最寄りバス停までの距離（m）	-0.00122	-3.56
地価（円/m^2）	5.33×10^{-7}	5.55
人口（人）	6.4×10^{-5}	8.43
尤度比	0.08	
サンプル数	611	

(3) 今後の予定

病院の立地選択モデルの精度を高めるために，ダミー変数を検討してモデルの説明変数に入れる．そして，他の公共施設の多項ロジットモデルも構築する．

REFERENCES

1) 国土交通省：コンパクトシティの形成に向けて，2015. [Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism: Toward the Formation of Compact Cities, 2015.] https://www.mlit.go.jp/common/001083358.pdf
2) 野嶋慎二，松浦健治郎，樋口秀：コンパクトシティの拠点づくり,株式会社学芸出版社，2020. [Shinji Nojima, Kenjiro Matsuura, and Shu Higuchi: Building Compact City Bases, Gakugei Shuppansha Co.2020.]
3) 定梶圭，嚴先鏞，鈴木勉：施設集積に基づいた鉄道駅の類型化と拠点性に関する研究，都市計画論文集, Vol.56，No.1，pp.397-402，2021． [Jokaji, K., Eom, S. and Suzuki, T.: Analysis on facility accumulation around railway stations and classification for suitability as urban cores, Journal of the City Planning Institute of Japan, Vol.56, No.1, pp.397-402, 2021.]
4) 西尾英俊，村木美貴：病院立地と人口分布の関連性に関する研究．都市計画論文集，No.41-3，pp.797-802，2006. [Nishio, H. and Muraki, M.: A relationship between location of medical facilities and population, Journal of the City Planning Institute of Japan, No.41-3, October, 2006.]
5) 吉城秀治，辰巳浩，堤香代子，坂井康介，永田香織：子育て関連施設立地と人口規模に関する研究，土木学会論文集 D3，Vol.76，No.5，pp.385-396，2021. [Yoshiki, S., Taysumi, H., Tsutsumi, K., Sakai, K. and Nagata, K.: A study on relationships between child-rearing facilities and population sizes, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol.76, No.5, pp.385-396, 2021.]
6) 田村将太，田中貴宏：人口密度を指標とした都市施設の立地傾向に関する調査報告-コンパクトシティ実現に向けた基礎的検討-，土木学会論文集 D3，Vol.75，No.3，pp.172-180，2019. [Tamura, S. and Tanaka, T.: A report on the relationship between existence of various facilities and population density -basic study for compact city design- , Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol.75, No.3, pp.172-180, 2019.]
7) 萩野保克，遠藤弘太郎：立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析~第 4 回東京都市圏物資流動調査~，土木計画学研究・論文集，Vol.24，No.1，pp.103-110，2007. [Hagino, Y. and Endo, K.: A potential analysis of distribution facilities locations using discrete choice modeling in Tokyo metropolitan region-from the Tokyo metropolitan region freight survey, Infrastructure planning review, Vol.24, No.1, pp.103-110, 2007.]
8) 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，pp.156-167，2015. [Hyodo ,T., Sakai, T. and Kawamura, K.: Analysis of logistics facility location choice in the Tokyo metropolitan area using discrete choice models with spatial correlation, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol.71, No.4, pp.156-167,

2015.]
9) 平田輝満，笠原徳文，豊崎祐司：東京都市圏における搬出搬入条件を考慮した物流施設の立地選択モデルの構築．土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.72，No.5, pp.1057-1065，2016. [Hirata, T., Kasahara, N. and Toyozaki, Y.: Location choice model for logistics firms considering transport cost conditions in tokyo mereopolotan area, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Vol.72, No.5, pp.1057-1065, 2016.]
10) 加藤勝敏，岩崎義一，相茶正彦，遠藤弘太郎，鈴木千広，瀬口哲夫: 非集計ロジットモデルを用いた民間研究所の立地要因に関する研究，土木計画学研究・論文集，No.13，pp.241-246，1996． [Kato, K., Iwasaki, Y., Aicha, M., Endo,K., Suzuki, C. and Seguchi, T.: A study on locational factors of the private research institute location based on logit model of disaggregate behavioral analyses, Infrastructure planning review, No.13，pp.241-246，1996.]
11) 矢部直人：東京大都市圏におけるソフトウェア産業の立地-ネスティッドロジットモデルによる分析-. 地理学評論，78-8，pp.514-533， 2005. [Yabe, N.: Location analysis of software industries in the Tokyo metropolitan area: a nested logit model, Geographical Review of Japan, 78-8, pp.514-533, 2005.]
12) 岩崎義一，相茶正彦，遠藤弘太郎，土居厚司，瀬口哲夫，加藤勝敏：非集計分析に基づく工場立地因子を考慮した移転工場の立地予測モデルの開発に関する研究-首都圏地域を対象として-，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.239-246，1995. [Iwasaki, Y., Aicha, M., Endo, K., Doi, A., Seguchi, T. and Kato , K.: A study on the development of forecasting model of factory relocation based on disaggregate behavioral analysis in consideration of industrial location factors -case study in Tokyo metropolitan area-, Infrastructure planning review, No.12，pp.239-246，1995.]

(?)

(?)

ANALYSIS OF PUBLIC FACILITIES LOCATIONS IN THE TOKYO METROPOLITAN AREA BY USING DISCRETE CHOICE MODELING

Xueqing BO, Shintaro TERABE, Hideki YAGINUMA, Haruka UNO and Yu SUZUKI

In recent years, public facilities have been renewed or reallocated due to lack of earthquake resistance and aging facilities. On the other hand, some cities have created lively towns by utilizing public facilities based on location optimization plans. Although the policy of creating new hubs by reallocation of public facilities has been addressed due to regional revitalization and population decline, there are few studies on location factors related to public facilities. Therefore, this study constructs a location selection model for public facilities using a multinomial logit model and clarifies the location factors for each public facility. We predict future trends in the location of public facilities based on future changes in population and land use.