

選択行動からみた公共施設の接近性分析

津田 さやか・大佛 俊泰

Accessibility Analysis on Choice Behavior of Public Facilities

Sayaka TSUDA and Toshihiro OSARAGI

Abstract : Estimating the number of users and their spatial distribution is necessary in the planning process of public facilities. In the present study, we construct a Nested Logit Model that describes library choice behavior of users. The model is composed of the functions of libraries' attraction and users' movement cost, which is described by using network-distance, the means of transportation, direction of movement, and the number of changes of transportation. As the numerical examples, we validate the model estimated using the data of Yokohama City Library, from the view point of estimation accuracy of the number of users and their spatial distribution of newly constructed libraries.

Keywords : 公共図書館 (public library), 利用者の空間分布 (spatial distribution of users), 接近性 (accessibility), 選択行動 (choice behavior)

1. はじめに

地域施設の配置計画・規模計画に際しては、利用圏の広がりや利用者数をどのように見積もるかが重要となる。本研究では、GIS ネットワークデータを用いて、移動手段の違いを考慮しながら移動コストを構成し、施設選択行動をネスティッド・ロジットモデルで記述する。このモデルを用いて、公共図書館新設時の利用者人数の推定を行い、その推定精度の検証を行う。

2. 分析データの前処理

2.1 メッシュ別利用者数の構成

図書館利用者データは町丁目単位のデータで与えられている。しかし、利用者の空間分布を理解しにくいため、住宅の延床面積の空間分布をもと

津田：〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

東京工業大学大学院 情報理工学研究科

情報環境学専攻 大佛研究室

E-mail: tsuda.s.ac@m.titech.ac.jp

に図書館利用者データを 250m メッシュへ振り分け、これを分析データとした（図 1 (1)）。

2.2 図書館への移動手段・移動経路

後述する施設利用選択モデルの移動コストを構成するため、移動手段別移動距離を以下の手順で求めた。図書館までの移動手段として、徒歩、バス、鉄道の 3 種類を考え、それぞれ移動速度及び移動手段切り替え時間を設定した（図 1 (2)）。居住者は居住地点から徒歩、バス、鉄道、またはその組み合わせの移動手段の中で、移動時間が最短となる手段と経路で移動するものと考え、移動経路を推定した。また、移動手段別移動距離及び移動手段切り替え回数を算出した。

2.3 移動コストのモデル化

以上で求めた移動手段別移動距離及び移動手段切り替え回数を所与として、移動コストを構成した（図 2）。ただし、移動コストは日常生活における都市内移動の方向性に依存している。そこで、鉄道に関しては、都心部へ向かう方向（上り）

と遠ざかる方向（下り）を区別した。

また、移動手段の切り替えも移動コストに大きく影響する。そこで、鉄道やバスに乗った回数をそれぞれ移動コストに組み込んだ。鉄道については、事業者の異なる鉄道路線に乗り換える場合、また、バスについては系統の異なるバス路線に乗り換える場合にも乗り換え回数に加算した。

2.4 利用者特性の設定

図書館利用時の効用関数を構成するために、利用者特性を以下の手順で設定した。本来、効用関数は利用者ごとに設定し、モデルに組み込むべきであるが、入手可能なデータの制約から、各人の属性をモデルに組み込むことは出来ない。そこで、ここでは居住地別の職業従事者割合・労働力割合を利用者特性変数と考え、効用関数を構成した（図3）。

3. 施設利用選択モデル

3.1 利用確率の定式化

図書館の利用行動を s ($s=1$: 利用しない, $s=2$: 利用する) で表わし、行動 s を選択するときの効用を V_{si} 、図書館 m が持つ魅力度を V_m 、移動コスト V_{2mi} とする。このとき、居住地点 i における行動確率 $P(s, m, i)$ は次式で表現できる。ただし、 Λ_{si} は図書館の魅力度と移動コストの合成関数であり、 λ は未知パラメータである。以下では、このモデルを施設利用選択モデルと呼ぶ。

$$P(s, m, i) = \frac{e^{V_{si} + \lambda \Lambda_{si}} e^{V_m + V_{smi}}}{\sum_{s'} e^{V_{s'i} + \lambda \Lambda_{s'i}} \sum_{m'} e^{V_{m'i} + V_{sm'i}}} \quad (1)$$

$$\Lambda_{si} = \ln \sum_{m'} e^{V_{m'i} + V_{sm'i}} \quad (2)$$

3.2 移動コストの収束計算

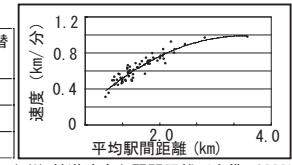
図1で求めた移動経路は、移動コストを外生的に設定して推定した経路である。ひとたび移動コストの未知パラメータが推定されれば、これを用いて移動経路を再推定した方が、より実際的な結果が得られると考えられる。そこで、一度推定したパラメータ α_i をもとに図2式 (b) に基づいて移動コスト V_{2mi} を算出し、 V_{2mi} が最少となる移動経路を再推定した。さらに、再推定した移動経路を

居住者人数は住宅の延床面積に比例するものとして、住宅ごとに割り振る。居住者は割り振られた住宅から一番近いメッシュを居住地点とし、図書館を利用する際は、そのメッシュからネットワーク（道路・線路）上を移動するものと考えた。

$n_i = N_k \times \frac{m_i}{\sum_{i \in S_k} m_i}$	n_i : 居住地点 i における居住者人数
S_k : 町丁目 k に含まれる居住地点 i の集合	
N_k : 町丁目 k における人口総数	
i : 居住地点	
k : 地点 i を含む町丁目	
m_i : 居住地点 i における住宅の延床面積	

(1) 居住地点別居住者数推定

交通手段	移動速度	移動手段切り替え時間
徒歩	80(m/分)	0分
バス	250(m/分)	10分
鉄道	図1-(3)参照	5分



(2) 交通手段別移動速度（日本地図センター）(3) 鉄道速度と駅間距離（大佛, 2009）

図1 居住地点別居住者数及び移動経路の推定方法

移動手段と経路の推定には移動時間を用いたが、パラメータの解釈が安易になるように移動コストを記述する説明変数は移動距離及び移動手段切り替え回数とした。以下のように求めた。

$$V_{1mi} = 0 \quad (a)$$

$$V_{2mi} = \alpha_1 Z_{1mi} + \alpha_2 Z_{2mi} + \alpha_3 Z_{3mi} + \alpha_4 Z_{4mi} + \alpha_5 Z_{5mi} + \alpha_6 Z_{6mi} \quad (b)$$

V_{2mi} ：移動コスト m ：図書館 i ：居住地点 α_i ：未知パラメータ ($i=1 \sim 6$)

説明変数
Z_{1mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するのに徒歩で移動した距離 (m)
Z_{2mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するのにバスで移動した距離 (m)
Z_{3mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するのに鉄道上り線で移動した距離 (m)
Z_{4mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するのに鉄道下り線で移動した距離 (m)
Z_{5mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するまでに鉄道に乗り換えた回数 (回)
Z_{6mi} 居住地点 i から図書館 m を利用するまでにバスに乗り換えた回数 (回)

図2 移動コストを記述するための説明変数の算出方法

図書館を利用するか否かは居住者の特性に依存する。メッシュ別地域特性を利用者特性と考え、図書館の利用確率を判断するモデルに組み込む。

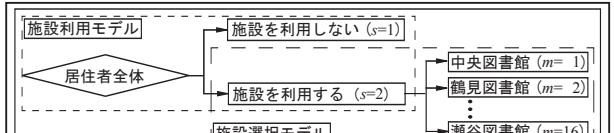
$$V_{1i} = \beta_1 Z_{11i} + \beta_2 Z_{21i} + \beta_3 Z_{31i} + \beta_4 Z_{41i} + \beta_5 Z_{51i} + \beta_6 Z_{61i} + \beta_7 Z_{71i} + V_1 \quad (c)$$

$$V_{2i} = 0 \quad (d)$$

V_{si} ：選択肢 s による効用 i ：居住地点 β_{ti} ：未知パラメータ ($t=1 \sim 7$)
 s ：図書館を利用するか否か ($s=1$: 図書館を利用しない, $s=2$: 利用する)

説明変数
Z_{1i} 専門・技術的職業従事者数割合 (%)
Z_{2i} 事務従事者割合 (%)
Z_{3i} サービス業従事者割合 (%)
Z_{4i} 就業者割合 (%)
Z_{5i} 通学者割合 (%)
Z_{6i} 家事従事者割合 (%)
Z_{7i} 一世帯当たり述べ床面積 (m ²)

図3 利用者属性を記述するための説明変数の算出方法



(1) 施設利用選択モデル

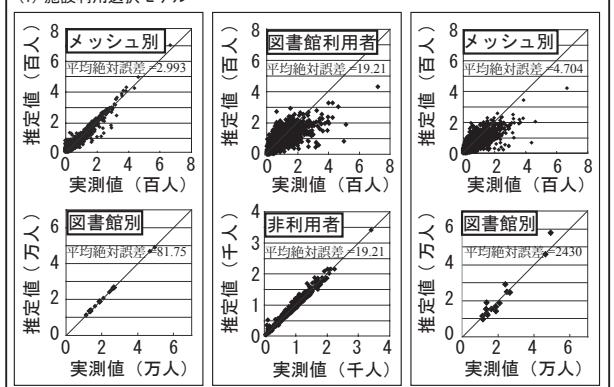


図4 モデルの推定精度

用いて、手段別移動距離・移動手段切り替え回数を求め、これを説明変数としてモデルの再推定を行った。以上の作業を推定パラメータ α_i の値が収束するまで繰り返し行った（図 5(1)(2)）。

3.3 モデルの推定精度検証

式(1)の施設利用選択モデルは施設を利用するか否かを記述するモデル（施設利用モデル）と、どの施設（図書館）を利用するかを記述するモデル（施設選択モデル）の二つから構成されており、別々に推定を行った。モデルの推定精度を図4に示す。メッシュベースでの適合性は高いとは言えないが、各図書館ベースの集計量では良好な適合性を示している（図4(4)）。

4. 推定パラメータの解釈

移動コストパラメータの推定値（図5(3)）から、移動コストは移動時間や距離だけではなく、移動の方向性や移動手段の切り替えにも大きく依存していることがわかる。鉄道においては同じ路線でも「下り」は「上り」の約2.5倍の移動コストを伴い、また、乗り換えには大きな移動コストを要することがわかる。すなわち、図書館の利用圏について検討する際には、施設までの距離だけではなく、人々の日常生活における都市内移動の方向性や移動手段の切り替えに要する労力についても考慮する必要がある。

図5(4)の利用者特性パラメータの推定値から、職種別に見ると、専門・技術的職業従事者や事務従事者が図書館を利用しやすい傾向が現れている。また、延床面積が広い住宅地に住んでいる人ほど図書館を利用しやすい。

5. 新設図書館の利用圏予測

5.1 図書館の新設

平成7年度に二つの図書館（都筑図書館・緑図書館）が新設され、横浜市立図書館は全16館から全18館となった。そこで、平成6年度の図書館利用者データをもとに施設利用選択モデルを推定し、これを用いて、平成9年度の居住者データに適用することで、新設2館を含めた平成9年

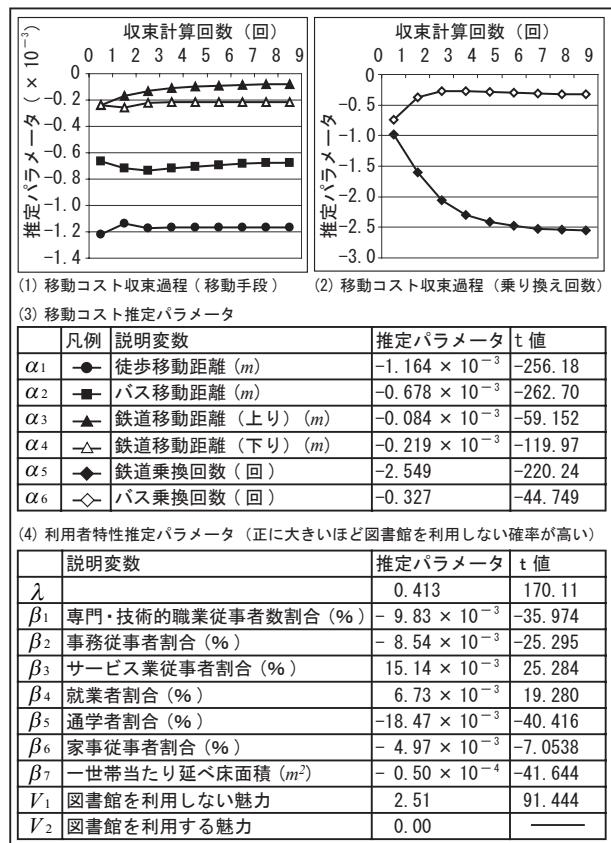


図5 平成6年度図書館データによる推定パラメータ

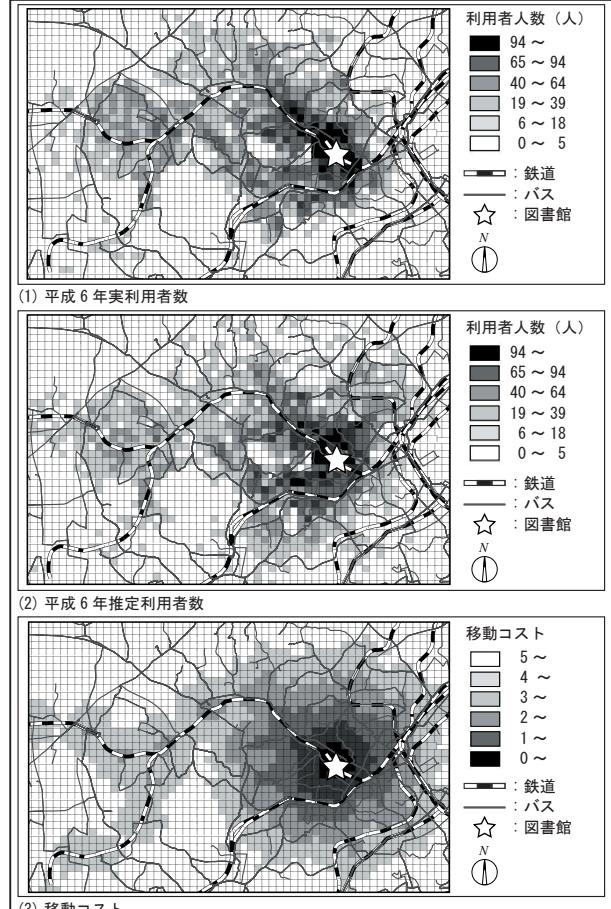


図6 保土ヶ谷図書館の利用圏分布と移動コスト

度の各図書館の利用者人数を推定する。

5.2 新設図書館の魅力度推定

平成9年度の図書館利用者数を推定するためには、新設図書館の魅力度を推定する必要がある。そこで、平成6年度の利用選択モデルで推定された図書館（計16館）の魅力度 V_m がどのような要因と関連しているかを調べた。具体的には、図書館に関する情報（閲覧席数・蔵書数・延床面積・職員数・設立日数等）や周辺商業施設・事務所施設に関する情報（総数・総延床面積・従業員数・年間商品販売額）を用いて分析を行い、図書館の魅力度を記述する簡便なモデルを構築した（図7）。このモデルを用いて新設図書館の魅力度を推定をした。

5.3 新設図書館利用者数の推定結果

図書館利用者数の推定値と実測値の一致状況を図8に示す。メッシュベースでの適合性は高くなっている（図8(1)）、図書館ベースの集計量では良好な適合性を示している（図8(2)）。

5.4 新館による利用圏分布

平成6年度・9年度の利用圏の違いを見ると、新設された二つの図書館周辺及び鉄道沿線沿いで利用者数の変化が大きい（図9(1)(2)）。こうした利用圏の大きな変化を施設利用選択モデルが良好に表現していることがわかる（図9(3)）。

6.まとめ

図書館利用に関する移動コストを移動の方向性などを考慮しながら構成し、施設利用選択行動モデルを構築した。これを用いて、新設館の利用圏の推定精度を検証し、図書館別の利用者数及び利用圏の広がりを比較的良好に推定できることを示した。

参考文献

- 津田さやか・大佛俊泰（2009）地理的特性と移動手段を考慮した公共図書館選択行動モデル、地理情報システム学会講演論文集、18, 475-478
 最密数値情報説明書（首都圏住地利用動向調査）（1998）日本地図センター
 大佛俊泰（2009）都市防災計画のための鉄道利用者の時空間分布推定、日本建築学会計画系論文集、74, 137-144

図書館の魅力度を職員数・図書館周辺商業施設延床面積・一般飲食店年間販売額から推定するモデルを構築した。図書館のサービス度を示す職員数に加え、図書館周辺の商業集積が図書館の魅力度を高めていると言える。

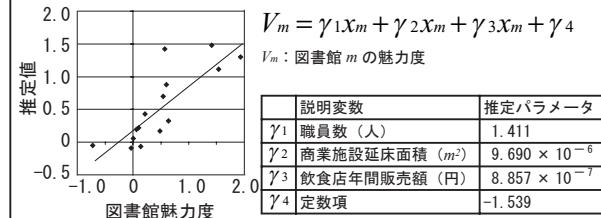


図7 図書館の魅力度推定

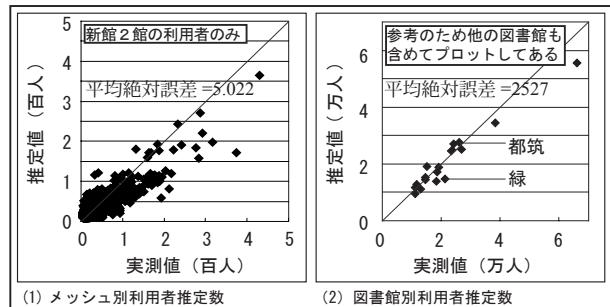


図8 施設利用選択モデルの推定結果（平成9年度）

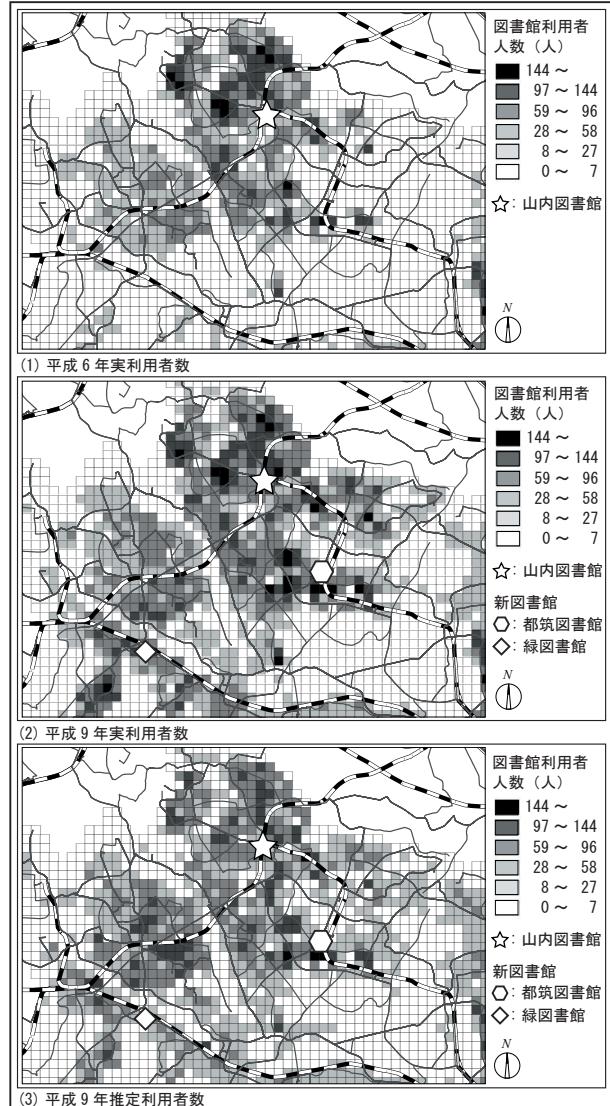


図9 図書館利用圏の変化とモデルによる推定