

第 IV 部門

部分的最小二乗回帰を用いた地域間人口移動要因の分析

神戸大学工学部市民工学科 学生員 ○嘉祥寺 巧真
神戸大学工学研究科市民工学専攻 正会員 織田澤 利守

1. はじめに

現在の日本において、主要大都市への人口集中や急速な少子高齢化に伴う地方の人口減少が大きな問題となっている。近畿圏に着目すると、平成 27 年の国勢調査結果から近畿 2 府 4 県における居住人口の約 4 人に 1 人が中心都市である大阪市、神戸市、京都市に居住していることが分かる。地方の活性化なくして日本の経済は成り立たず国はこれまでも地方活性化や地方再生に向けて取り組んできたが、依然として地方の人口減少傾向に歯止めをかけることはできていない。そうした状況の中、都市アメニティと人口移動に関する研究は数多くなされてきたが、重回帰分析では多重共線性の影響を排除できていない¹⁾ こと、主成分回帰では移住率との相関の高い軸を切り捨てている可能性が高い²⁾ こと、都道府県単位での分析であるために都市アメニティの影響を正確に測れていないこと³⁾ が課題であった。そこで、人口がどのような特徴の地域からどのような特徴の地域へ移動しているのかを市区町村単位で考え、部分的最小二乗回帰を使用した定量的な移動パターン分析を行うことで、各地方自治体での人々を呼び寄せるための EBPM の取り組みに対して有用性、新規性のある結果を得ることができると考え、本研究を実施した。

2. モデル

本研究では、人々は都市アメニティから得られる効用が最も高い地域へと移住するという考えに基づいた地域間人口移動モデルを構築した。まず、人々は確率 λ で移住するための機会が与えられるとし、移住の機会が巡ってきた人は現在の居住地で得られる効用と、各移住先で得られる効用を比較し、自地域内移動も含めて最も高い効用を得る地域へ移住するものとする。 t 期に地域 i に居住する時の効用を次式で表す。

$$U_{i,t} = V_{i,t} + \epsilon_{i,t} = \theta_i + \sum_m \beta_m X_{i_m,t} + \epsilon_{i,t} \quad (1)$$

ここで、 $U_{i,t}$ を t 期における地域 i の効用を表す関数、 $V_{i,t}$ を t 期における地域 i の効用を表す確定項、 $\epsilon_{i,t}$ を誤差項、 θ_i を地域 i における固定効果、 $X_{i,t}$ は t 期の地域 i における都市アメニティによる効用とする。また、都市アメニティの係数ベクトルを β で表す。次に、式 (1) より、 t 期に地域 i から地域 j へ移住した時の効用 $U_{ij,t}$ を式 (2) のランダム効用で仮定する。

$$U_{ij,t} = U_{j,t} - U_{i,t} - C_{ij,t} = V_{ij,t} + \epsilon_{ij,t} \quad (2)$$

$$V_{ij,t} = (\theta_j - \theta_i - C_{ij,t}) + \sum_m \beta_m (X_{j_m,t} - X_{i_m,t}) \quad (3)$$

$$\epsilon_{ij,t} = \epsilon_{j,t} - \epsilon_{i,t} \quad (4)$$

ただし、 $C_{ij,t}$ は t 期における地域 ij 間の移住費用を表す関数である ($C_{ii} = 0$)。これらから、 t 期における地域 i から地域 j への移住確率を以下の式 (5) で表せる。

$$p_{ij,t} = \frac{\exp(V_{ij,t})}{\sum_k \exp(V_{ik,t})} \quad (5)$$

地域 i から地域 i へ移住する確率、すなわち移住の機会が巡ってきたとき、自地域内移動を選択する確率 $p_{ii,t}$ との比を取ると、

$$\frac{p_{ij,t}}{p_{ii,t}} = \frac{\frac{\exp(V_{ij,t})}{\sum_k \exp(V_{ik,t})}}{\frac{\exp(V_{ii,t})}{\sum_k \exp(V_{ik,t})}} = \frac{\exp(V_{ij,t})}{\exp(V_{ii,t})} \quad (6)$$

となり、両辺の対数を取ると式 (7) に変換できる。

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{p_{ij,t}}{p_{ii,t}}\right) &= V_{ij,t} - V_{ii,t} \\ &= (\theta_{ij,t} - C_{ij,t}) + \sum_m \beta_m (X_{j_m,t} - X_{i_m,t}) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\theta_{ij,t} = \theta_j - \theta_i \quad (8)$$

次に、移住確率と移住者のデータと対応させるため、選択確率と移住者との関係を導く。ここで、域内では同質な人々を仮定すると、地域 i の住人 $N_{i,t}$ のうち、地域 j へ移住する人数 $m_{ij,t}$ 、移住確率 $p_{ij,t}$ は、

$$m_{ij,t} = p_{ij,t}(\lambda N_{i,t}) \quad (9)$$

$$p_{ij,t} = \frac{m_{ij,t}}{\lambda N_{i,t}} \quad (10)$$

で与えられるため、式 (7) の左辺は

$$\ln\left(\frac{p_{ij,t}}{p_{ii,t}}\right) = \ln\left(\frac{\frac{m_{ij,t}}{\lambda N_{i,t}}}{\frac{m_{ii,t}}{\lambda N_{i,t}}}\right) = \ln\left(\frac{m_{ij,t}}{m_{ii,t}}\right) \quad (11)$$

と表され、この右辺を移住率と呼ぶ。式 (7)、式 (11) から、以下の式 (12) が得られる。左辺の被説明変数が移住率、右辺の説明変数が移住前後の都市アメニティの差を示している。

$$\ln\left(\frac{m_{ij,t}}{m_{ii,t}}\right) = \theta_{ij,t} + \alpha d_{ij,t} + \sum_m \beta_m (X_{j_m,t} - X_{i_m,t}) \quad (12)$$

$$\alpha d_{ij,t} = C_{ij,t} \quad (13)$$

ここで、移住費用 $C_{ij,t}$ は移住前後の地点間距離の関数であるという考えの下、式 (13) を適応した。部分的最小二乗回帰では、説明変数と被説明変数の共分散の絶対値が最大となるように第 1 軸を抽出し、第 2 軸以降、第 1 軸

に対して直交する軸の中で共分散の絶対値が大きい順に軸を抽出する。そのため、多重共線性の影響を排除し、被説明変数との相関が大きい順に主成分を抽出することができる。本研究では以下のように推定式を定義した。

$$\ln\left(\frac{m_{ij,t}}{m_{ii,t}}\right) = \theta_{ij,t} + \sum_n \gamma_n A_n \quad (14)$$

ここで、 A_n は各軸ごとの主成分得点である。都市アメニティの差分を取った後に主成分分析を行なっているため、式(14)における A_n は式(12)における $(X_{jm,t} - X_{im,t})$ に対応している。地点間距離の情報も A_n に包括している。

3. 分析結果

人口移動データについては2015年の国勢調査データを用いて、都市アメニティデータについては交通利便性、公共サービス、民間サービス、地域住人の属性などを示す26変数と地点間距離（対数）を用いて分析を行った。空間範囲については、1つの都市圏内移動に着目するために京阪神圏の人口3万人以上の市区町村を対象とした。

表 1: PLSR 因子負荷量

Variable	Comp1	Comp2	Comp3	Comp4	Comp5
△人口密度	-0.0801	0.1577	0.1735	-0.1474	0.3031
△昼夜間比率	-0.0734	0.2450	-0.0774	0.0066	-0.0756
△割合 65 歳以上	0.0458	-0.0641	-0.1466	0.2659	0.2463
△割合 15 歳以下	0.0868	-0.2078	0.1256	-0.1219	-0.0049
△大卒率	-0.0567	0.0171	0.2545	0.0502	-0.3729
△幼稚園密度	-0.0164	0.0344	-0.3528	0.1511	-0.0768
△学校密度	-0.0607	0.1201	-0.3710	0.1954	-0.1141
△公園密度	-0.0098	-0.0331	-0.0476	0.2880	-0.0303
△介護施設密度	0.0292	-0.0458	-0.1244	0.4357	0.0012
△病院病床密度	-0.0277	0.1083	-0.1252	-0.1303	-0.2695
△高速 IC 密度	-0.0796	0.1904	-0.0471	0.1246	0.2061
△鉄道駅密度	-0.0873	0.2356	-0.0672	-0.0993	-0.0738
△鉄道種類	-0.0738	0.2063	0.2215	0.0361	-0.2038
△金融保険密度	-0.0644	0.2351	-0.0654	0.0282	-0.0208
△宿泊施設密度	-0.075	0.2062	-0.1840	0.0408	-0.1110
△飲食店密度	-0.0779	0.2449	-0.1034	-0.0337	-0.2287
△診療所密度	-0.0817	0.2640	0.0010	0.0100	-0.0603
△洗濯施設密度	-0.0699	0.2027	-0.0657	-0.0248	0.0636
△美容業密度	-0.0577	0.2406	-0.0907	-0.0034	0.0078
△図書館密度	0.0143	-0.1042	-0.2832	0.3084	0.1171
△火災発生率	-0.0574	0.2293	-0.1170	0.0376	0.2008
△犯罪率	-0.0233	0.1155	0.0629	-0.0224	0.3069
△住宅延床面積	0.0965	-0.2296	-0.2746	-0.1247	-0.4934
△大学数	-0.0382	0.1275	0.5100	0.6020	-0.2069
△アクセシビリティ	-0.1166	0.2426	0.1155	-0.1240	-0.1010
△地価	-0.0973	0.2480	-0.0469	-0.1342	0.0563
ln 地点間距離 ($d_{ij,t}$)	-0.9390	-0.3317	-0.0154	-0.0006	0.0122

表 1 に示す因子負荷量の結果から、Comp1 は近距離への移動で、その中でも郊外へ向けた移動パターン、Comp2 は Comp1 ほどは距離の影響を受けないが、郊外から近い距離の都会への移動パターン、Comp3 は住環境が整った場所の中でも、特に市街地への移動パターン、Comp4 は住環境が整った場所の中でも、特に郊外へのニュータウン

への移動パターン、Comp5 は中心市街地から少し離れた下町への移動パターンを表していると判断した。ここから得られた主成分得点を使用し、移住率と各主成分との相関関係を求めたものが、以下の表 2 である。

表 2: PLSR 結果（全年齢男女）

ln 移住率	全年齢男女
Comp1	0.386***
Comp2	0.253***
Comp3	0.164***
Comp4	0.115***
Comp5	0.0471***
Constant	-4.149***
Observations	4,547
R-squared	0.586

Standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

ここで得られた相関係数から、近距離であることが最も重要視されていること、都心的サービスが人々を惹きつけており、都会への移動も地点間距離が強く影響していること、市街地・郊外に限らず、住環境が整った街へ移動が促されており、その際に大学数と強い相関があることが明らかとなった。

20 代と 30 代の移動パターンを比較した結果や、30 代における男女別の移動パターン、各都市アメニティ変数が移住率に与える総合効果についても一定程度有意な結果を得ることができたが、ここでは割愛する。

4. 結論

本研究では、従来の研究で課題とされた多重共線性に対処できたと同時に、移住率に大きな影響を与えている軸が切り捨てられるといった主成分回帰における課題にも対処して定量的で有意な結果を得ることができたため、従来の研究よりも新規性、有用性のあるものとなった。しかし、考察では移動パターンの判別が難しいものもあったため、使用する都市アメニティデータを増やすことでより精緻な分析結果を得ることが今後の課題である。

参考文献

- [1] 張峻屹・瀬谷創・兼重仁・力石真：都道府県間人口移動の影響要因の経年的分析——空間的文脈依存性をもつ選択モデルに基づく分析——，地理科学 vol.71(3) pp.118-132, 2016.
- [2] 山名悠希・織田澤利守：地域アメニティの構成に着目した人口移動要因分析，修士論文，神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻，2020.
- [3] 當麻雅章：人口移動要因としての地域アメニティ近接性，Osaka University Knowledge Archive, 2016.