

# 空間統計モデルに基づく長期人口動態の予測

広島大学 学生会員 ○久保野衆  
広島大学 正会員 塚井誠人

## 1. 背景・目的

出生と死亡からなる自然増減の予測は、国立社会保障・人口問題研究所（以下、社人研）の研究によるコーホート要因法など、人口の年齢構成に基づいて予測する手法がほぼ確立している。一方、転入と転出からなる社会増減の予測については、社人研の手法に代表されるように、過去の社会増減のトレンドの外挿によることが多い。

本研究では、自治体ごとの土地利用状況やインフラ整備水準を説明変数として自治体ごとの転出と転入からなる社会増減を予測する、空間計量経済モデルの構築を行う。さらに、得られた推計結果と社人研の推計結果を比較し、本推計手法の評価を行う。また、Table. 1 に本研究の対象をまとめる。

Table. 1 本研究の対象

|       |                                                               |
|-------|---------------------------------------------------------------|
| 対象地域  | 中国地方 5 県(岡山, 広島, 山口, 島根, 鳥取)の 119 市区町村(2010 年時点の市町村境界)        |
| 対象年次  | 2010 年から 2040 年の 5 年ごと                                        |
| 使用データ | 人口データ(国勢調査, 総務省統計局)<br>将来推計人口データ(社人研)<br>地理データ(国土数値情報, 国土交通省) |

## 2. 空間計量経済モデル

地域間の人口移動や幹線交通網、通信基盤設備など、地域間のヒトやモノの移動を考える際に、各地域間の空間的な依存関係は考慮することはできない。それらのデータの分析には、空間計量経済モデルが適用される。

空間計量経済学の代表的なモデルは、目的変数に空間的自己相関を考慮した空間自己回帰(spatial autoregressive (SAR))モデルであり、次式のように定式化される。

$$\mathbf{Y} = \rho \mathbf{WY} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (1)$$

ここで、 $N$  : 自治体数,  $K$  : 説明変数,  $\mathbf{Y}$  : 目的変数( $N \times 1$ ),  $\mathbf{X}$  : 説明変数( $N \times K$ ),  $\mathbf{W}$  : 空間重み行列( $N \times N$ ),

$\boldsymbol{\beta}$  : 構造パラメータ( $K \times 1$ ),  $\rho$  : 空間相関パラメータ,  $\boldsymbol{\varepsilon}$  : 誤差項( $N \times 1$ )である。

続いて、SAR モデルのパラメータ推定結果を示す。モデルの説明変数として、土地利用やインフラ整備水準などを表す指標を複数設定し、試行錯誤により推定に用いる変数を決定した。本推計におけるパラメータの推定結果を Table. 2 に示す。

転出人口は、決定係数が非常に高く(9.93)、最終対数尤度が最小自乗法 OLS の最終対数尤度と比較して値が大きいことから、SAR モデルのあてはまりが良いことがわかる。次に各パラメータをみると、全てのパラメータが有意な結果が得られた。また、 $\rho$  の  $t$  値より、転出人口について空間相関があることがわかる。さらに、Moran's I の値が非常に小さいことから、SAR モデルは残差成分の空間的自己相関を除去し、回帰成分で空間依存性を説明できていることがわかる。以上から、自治体別の転出人口データについて SAR モデルの挙動は良好といえる。

Table. 2 SAR モデルの推定結果

| 説明変数        | パラメータ推定値 <sup>#</sup> (転出) |           | パラメータ推定値 <sup>#</sup> (転入) |           |
|-------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
|             | SARモデル                     | OLS       | SARモデル                     | OLS       |
| 定数項         | -448.01*                   | 101.16    | -395.26                    | 9.59      |
| C           | (-1.75)                    | -0.92     | (-1.34)                    | -0.07     |
| 総人口         | -0.01*                     | -0.01     | -0.01                      | 0.00      |
| POP         | (-1.78)                    | (-1.05)   | (-0.081)                   | (-0.34)   |
| 駅の数         | 55.75***                   | 55.97***  | 64.06***                   | 64.12***  |
| STA         | (3.84)                     | (3.67)    | (3.68)                     | (3.56)    |
| 医療機関の数      | 33.82***                   | 32.21***  | 32.56***                   | 31.32***  |
| MED         | (10.94)                    | -10.16    | (8.78)                     | (8.38)    |
| 福祉施設の数      | -18.24***                  | -20.44*** | -22.50***                  | -24.17*** |
| WEL         | (-5.39)                    | (-5.99)   | (-5.56)                    | (-6.00)   |
| $\rho$      | 0.22**                     | -         | 0.17                       | -         |
| (空間相関パラメータ) | (-2.35)                    | -         | (1.51)                     | -         |
| s           | 795.67***                  | -         | 953.08***                  | -         |
| (重み行列)      | -14.63                     | -         | (14.63)                    | -         |
| 1サンプルあたり    | -8.10                      | -8.10     | -8.28                      | -8.30     |
| 最終対数尤度      | 0.99                       | 0.98      | 0.99                       | 0.98      |
| 決定係数        | 0.09                       | 0.35      | 0.27                       | 0.26      |
| Moran's I   |                            |           |                            |           |
| 標本数         | 107.00                     | 107.00    | 107.00                     | 107.00    |

\*:10%有意, \*\*:5%有意, \*\*\*:1%有意, #: () 内  $t$  値

キーワード SAR モデル, 社会増減, 都市施設

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻 事務室

TEL : 082-424-7819・7828

一方、転入人口では  $\rho$  が有意でなかった。すなわち、与えたデータでは転入人口について空間相関が見られないことがわかった。

各指標について、転出人口、転入人口ともに、駅の数と医療施設の数が正の相関を、また、総人口と福祉施設の数が負の相関を持つことが明らかとなった。

### 3. 将来推計人口の算出方法と結果

本推計手法の概念図を Fig. 1 に示す。本推計では、自然増減については社人研の推計値から得られる自然増減率を用いる。また、社会増減については SAR モデルを用いた予測手法を用いる。以上より、 $n$  年期首人口から  $n+5$  年の人口を推計する。さらに推計した  $n+5$  年人口についても同様に推計を行うことで  $n+10$  年の人口を推計する。これを繰り返して、 $n+X$  年の将来人口の推計を行う。

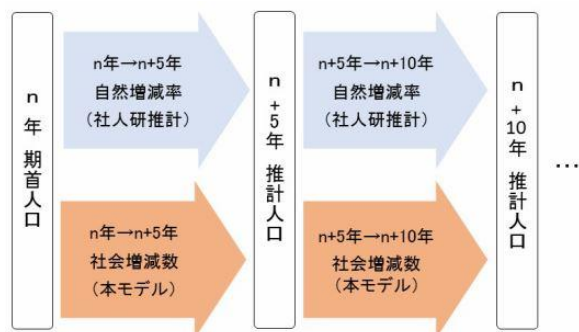


Fig. 1 本推計概念図

以上の手法により、2010 年から 2040 年までの 5 年ごとの自治体別将来推計人口を得た。対象地域全体の総人口を、社人研の推計結果と比較した結果を Fig. 2 に示す。本モデルの推計結果は、コーホート要因法の推計結果と概ね似た減少傾向にあるが、比較的緩やかな人口減少カーブを描いている。

次に、自治体ごとの人口動態の違いについて考察する。社人研の手法と提案手法の社会増減率の差を自治体ごとに図示した結果を Fig. 3 に示す。これより、社人研の推計値は人口の多い都市部に人口が集中しているが、提案手法ではその結果が弱まっている。空間的な条件を考慮することにより、地域ごとのつながりを社会増減予測に反映できる可能性が示された。

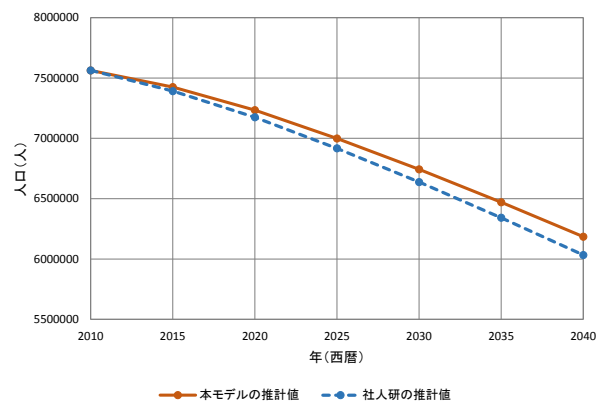


Fig. 2 推計人口の経年比較

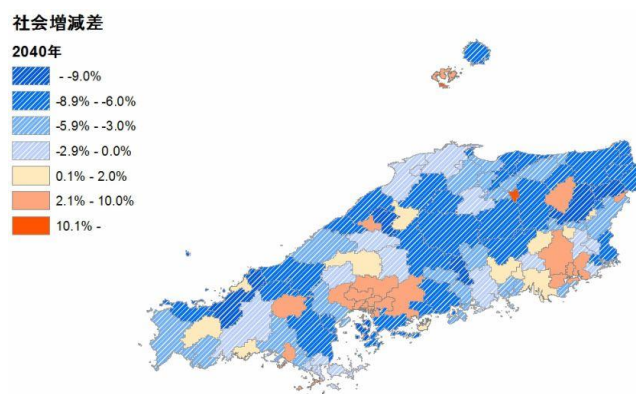


Fig. 3 社会増減率の差（[社人研]-[本推計]）

### 4. 結論

空間計量経済モデル（SAR モデル）を用いて、社会増減に有意な影響を与える要因を抽出し、自治体ごとの空間条件によって社会増減を説明する、空間計量経済モデルを提案した。その結果、自治体別の土地利用やインフラ整備の水準が社会増減に影響を与えることが示された。さらに、社人研の推計値との経年比較を行って、提案モデルの特徴を明らかにした。

今後は、社会増減に影響を与える指標について、より多くのインフラ関連変数群との対応を提案することにより精度の高い推計が可能になると考えられる。

また、地域間人口移動を統合的にとらえることのできるモデルへの改良も望ましい。

### 参考文献

- 1) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口，人口問題研究資料，第 330 号，2013
- 2) 奥村誠：国勢調査メッシュデータに基づく地区の将来人口構成予測手法，都市計画学会論文集，vol.40，pp.193-198，2005
- 3) 塚井誠人・奥村誠：事業所立地の地域間依存構造のグローバル化に関する統計的検証，第 21 回応用地域学会研究発表論文，2007