

# 空間統計学を用いた地域人口分析

—出生力転換における拡散理論の方法論的刷新とローカル・モデル—

Regional Population Analysis using the Spatial Statistic Methods:  
New Methodological Approach for the Diffusion Theory of Fertility Transition  
and the Local Modeling

鎌田 健司 (国立社会保障・人口問題研究所)

Kenji KAMATA (National Institute of Population and Social Security Research)

kamata-kenji@ipss.go.jp

本報告は、空間統計学を用いた地域人口分析について紹介することを目的とする。今回、取り上げるトピックは(1)出生力転換における拡散理論を空間統計学により再検証するという研究、(2)出生力と地域環境要因との関係が地域によって異なることを許容するローカル・モデルを用いた研究の2つである。

空間統計学は1960年代に基礎的な理論が整備され、1990年代以降に応用研究が広く使われるようになった比較的新しい研究分野である(瀬谷・堤 2014)。コンピュータの急速な発展・小型化に伴い地理情報システム(GIS: Geographic Information System)が普及したこともその要因であると考えられる。空間統計学は緯度経度による位置情報をもとに、対象間の隣接関係や距離・面積・高度を情報として扱い、従来の統計学的手法を空間的に拡張した分野である。空間データの基本的な特性に、「空間的自己相関」(Spatial Autocorrelation)と「空間的異質性」(Spatial Heterogeneity)がある。前者は空間的距離が近いほど似たような値をとる(もしくは異なる)ことを示す特性であり、1(-1)に近いほど距離が近いほど似たような(異なる)分布になる。後者は、回帰分析など統計モデリングにおいて、モデルの誤差項の分散が空間的に不均一とする特性であり、地域によって従属変数と独立変数の関係(係数)が異なることを許容するローカル推定である。

## (1) 出生力転換における拡散理論の空間統計学による再検証

出生力転換は、人口転換理論(Thompson 1929, Notestein 1945)の「多産少死」から「少産少死」に至る過程における出生力の低下過程を示す。先行する死亡力転換(疫学的転換)は近代医薬の発展・公衆衛生の向上、工業化に伴う生活水準・栄養水準の向上、インフラ整備、教育水準の向上による乳児の衛生環境への影響など「近代化仮説」によって説明される(阿藤 2000)。一方、出生力転換は同様の社会状況の変化時においても高い出生力を維持し、死亡力転換後に生じる傾向があり異なるメカニズムであると考えられ、プリンストン大学人口学研究所のCoaleを中心とした「ヨーロッパ出生力プロジェクト」(1963-1986)による出生抑制行動の革新的行動の「拡散理論」(Innovative Diffusion)が有名である。同研究は18-20世紀の欧州の地域データにおいて、出生力や結婚率について検討を行った結果、「近代化仮説」による説明は適さず、地域の言語圏、宗教分布といった文化的共通性を通じた出生抑制に関する情報・行動が他の地域に拡散したと説明される(Coale and Watkins 1986, Watkins 1987など)。このような出生力低下の「拡散理論」について、空間統計学を用いてモデリングを行う研究が1990年代以降行われており(たとえば, Montgomery and

Casterline 1993, Montgomery and Casterline 1996, Rosero-Bixby and Casterline 1993, Entwisle et al. 1996, Palloni 2001, Goldstein and Klüsener 2014 など)、それぞれの研究において拡散理論が支持されている。また、第二の人口転換過程についても同様に拡散効果が観察されることを示す研究もある (Vitali and Billari 2014)。これらの研究における空間モデリングでは、回帰モデルに隣接地域の出生力を導入する空間的自己相関モデル、当該地域の一期前の出生力を導入する空間的ラグモデル、パネル構造を導入した空間的ダービンモデルなど様々な手法による検証がなされている。

(2) 出生力と地域環境要因との関係が地域によって異なることを許容するローカル・モデル

地域データを用いて人口属性を観察する場合、その地域の年齢構成や産業構造などの構成効果や地域特有の文化・制度の影響 (レジーム効果)、地理空間的な影響 (伝播効果、ネットワーク効果、フィードバック効果) を受けると考えられる。このような構造が想定される場合に、一般的な回帰分析などの統計モデリングを行う場合、従属変数と独立変数の関係は平均的な一律の係数として推定されるため、地域特有の関係性を捉えることができない。なお、このような推定モデルをグローバル・モデルと呼ぶ。一方、ある変数に対する反応は歴史的・地理的な理由によって地域ごとに異なるということが十分考えられる。このように、係数が地域によって異なるという状況は空間的非定常性 (spatial non-stationarity) と呼ばれ、そのようなモデリングをローカル・モデルと呼ぶ。ローカル・モデルの一つに地理的加重回帰法 (GWR: Geographically Weighted Regression) がある (Brunsdon et al. 1996; Fotheringham 2000; Fotheringham et al. 2002)。GWR はノンパラメトリック空間回帰モデルの一手法、すなわち条件付きカーネル回帰法を空間的に拡張したモデルである。通常回帰モデルに位置情報 (緯度経度) を導入し、回帰モデルの係数の推定に空間的加重をかけることで、係数の空間的なばらつきを表現するモデルである。このようなローカル推定の地域人口分野への適用例として、地域出生率の分析 (鎌田・岩澤 2009)、人口学分析への適用可能性の検討 (Matthews and Yang 2012)、小地域将来人口推計への適用 (Chi 2017)、Covid-19 の死亡率分析 (Middya and Roy 2021) などがある。

近年の空間統計学の人口学分野への適用は他の分野に比べて遅れがちであったが (Matthews and Parker 2013)、人口統計や地理空間データの整備などに伴い、急速な進展がみられる。空間計量経済モデル、地理的加重回帰法、マルチレベル・モデリング、空間パターン分析など様々な試みが行われ、2013 年には国際学術雑誌 "Spatial Demography" が設立された。我が国においても国勢調査の地域メッシュ統計や国土数値情報など利用可能性が高まっており、空間統計学を用いた地域人口分析の適用範囲は拡大している途上にある。

瀬谷創・堤盛人 (2014) 『空間統計学 自然科学から人文・社会科学まで』朝倉書店。

阿藤誠, 2000. 『現代人口学 少子高齢社会の基礎知識』日本評論社。

鎌田健司・岩澤美帆 (2009) 「出生力の地域格差の要因分析—非定常性を考慮した地理的加重回帰法による検証—」『人口学研究』, 第 45 号, pp. 1-20.

※ 英文文献は紙幅制限のため省略 (当日の報告資料に掲載します)。