

メッシュを用いた人口分布の同型性に関する研究

Research on the self-homomorphic relationships of
population distribution by using mesh

学籍番号 47-106740
氏名 井上 勝仁 (Inoue, Katsuhito)
指導教員 高橋 孝明 教授

1 序論

ある地域に居住する人口は、その地域の経済や環境に多大な影響を与える。したがって、これまで数多くの研究や報告がなされてきた。Gabaixは「下限のある幾何ブラウン運動を用いたモデル」を用いて、人口規模と順位が対数正規分布、または順位規模法則に従うことを示した[1]。

これまで、ほとんどの既往研究は実質地域を用いて実証分析がなされてきた。したがって、実証分析が不十分である。ゆえに、本研究では形式地域であるメッシュを用いて実証分析を行う。

本研究では、分析対象地域全域あるいは任意の大きさのメッシュを「母地域」と定義し、母地域を分割したメッシュを「単位地域」と定義する。ある母地域を、いくつかの単位地域に分割したとき、単位地域内の人口規模と、その順位の間を特徴付ける直線または曲線をモデルから統計的に導くことができる。単位地域の大きさを変えたとき、直線または曲線のパラメータが変化する。この変化が全体と一部分で共通していることを自己同型性と定義する。

本研究の目的は自己同型性があるか否かを実証的に明らかにすることである。これには、地域振興における、他地域と連携した対策の必要性を示すという動機がある。

2 分析方法

2.1 分析対象地域とデータ

本研究では分析対象地域を九州地方とした。平成17年国勢調査の1辺の長さが1kmである基準地域メッシュから、1辺の長さが2km, 4km, 8km, 16km, 32kmの統合メッシュを作成した。統合メッシュを用いて分割した時、基準地域メッシュ内の人口が0人であるメッシュを66%より多く含む統合メッシュは分析対象外とした。図1には、研究対象地域における32km統合メッシュとそれぞれのメッシュの順位が示されている。参考のために、金本、徳岡が設定した都市雇用圏を示した[2]。濃色が大都市雇用圏、淡色が小都市雇用圏を示す。

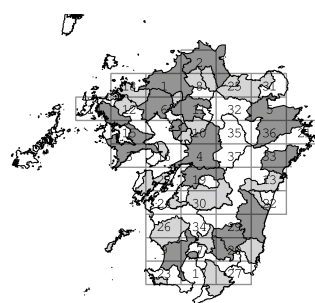


図1: 32km統合メッシュとそれぞれのメッシュの順位

2.2 分析手法

分布を特徴付ける3つのモデルを示す。

・線形モデル

$$\ln \frac{S}{S} = A - \alpha \ln \frac{r}{R} \quad (1)$$

s: 単位地域内の人口, S: 母地域内の人口,
 r: 単位地域の順位, R: 単位地域の数
 最小二乗法により, 式(1)の係数を求め, 決定係数を計算する. 線形モデルは順位規模法則をモデル化したものである.

・対数正規分布モデル

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma x} e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

単位地域の人口シェアを確率変数 X として, この時 $X \sim \text{LN}(\mu, \sigma)$ であると仮定し, 最尤推定法により式(2)のパラメータを推定する. 推定したパラメータから仮想的な分布曲線を導き, 決定係数を求める.

・非線形モデル

$$\ln\left(\frac{s}{S}\right) = \alpha_n \left(\ln\left(\frac{r}{R}\right)\right)^n + \alpha_{n-1} \left(\ln\left(\frac{r}{R}\right)\right)^{n-1} + \dots + \alpha_1 \ln\left(\frac{r}{R}\right) + A \quad (3)$$

最小二乗法により, 式(3)の係数を求め, 決定係数を計算する.

3 線形モデル

3.1 九州全域を母地域とした場合の分析

九州全体を母地域として, 単位地域を, 2km, 4km, 8km, 16km, 32km 統合メッシュとしたとき, α と決定係数の値は単調に増加した. 図2で, 横軸をランクを対数変換した値, 縦軸をサイズを対数変換した値としてプロットし, 回帰直線を示した. 表1に結果をまとめた.

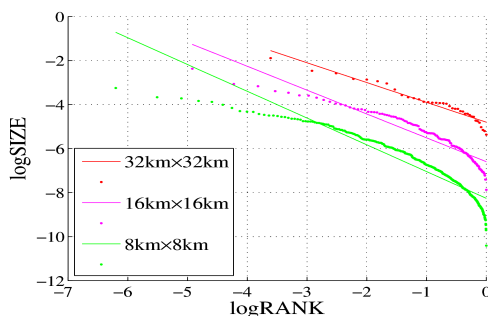


図2: 九州全域を母地域, 8km, 16km, 32km 統合メッシュを単位地域として線形モデルを用いた場合の推定値と実測値

表1. 母地域を九州全域として, 線形モデルを用いた場合の分析結果

	2×2	4×4	8×8	16×16	32×32
α	1.46	1.32	1.22	1.08	0.9
決定係数	0.85	0.88	0.89	0.90	0.94

3.2 自己同型性の分析

図3, 4は37個の母地域1つずつについて, 単位地域の大きさを変化させたときの結果を, 横軸を九州全体を母地域としたときの順位, 縦軸を37個の32km 統合メッシュのそれぞれを母地域として求めた α , 決定係数としてプロットしたものである. 母地域を九州全体としたときの結果と比較すると両者の推移は共通していない. したがって, 自己同型性は検出されない. これは, 単位地域の大きさを変えることで, 母地域内の分布の特徴がどのように変化するかを, 線形モデルが全ランクについて包括的に説明できていないということに因っている.

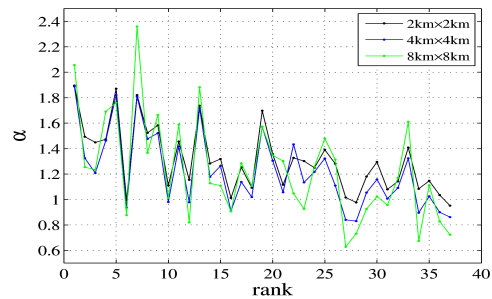


図3: 37個の32km 統合メッシュを母地域, 2km, 4km, 8km 統合メッシュを単位地域としたときの線形モデルの α の推移

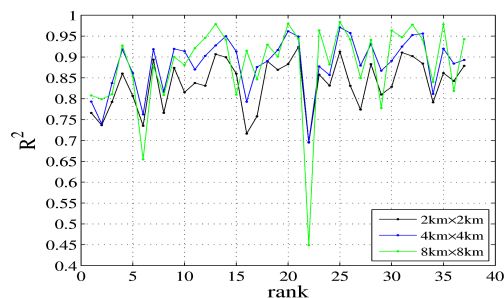


図4: 37個の32km 統合メッシュを母地域, 2km, 4km, 8km 統合メッシュを単位地域としたときの線形モデルの決定係数の推移

4 対数正規分布モデル

4.1 九州全域を母地域とした場合の分析

九州全体を母地域とし,単位地域を,2km,4km,8km,16km,32km 統合メッシュとしたとき, μ の値は単調に増加し, σ の値は単調に減少し,決定係数の値には減少傾向がみられた.図5で,横軸をランクを対数変換した値,縦軸をサイズを対数変換した値としてプロットし,分布曲線を示した.表2に結果をまとめた.

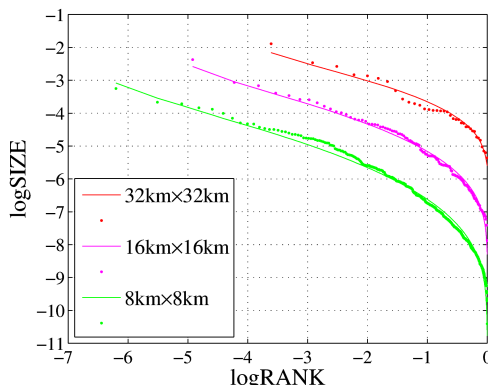


図 5: 九州全域を母地域,8km,16km,32km 統合メッシュを単位地域として対数正規分布モデルを用いた場合の推定値と実測値

表 2. 母地域を九州全域として,対数正規分布モデルを用いた場合の分析結果

	2×2	4×4	8×8	16×16	32×32
μ	-10.14	-8.61	-7.05	-5.54	-3.67
σ	1.58	1.39	1.26	1.08	0.81
決定係数	0.995	0.986	0.986	0.987	0.971

4.2 同型性の分析

図 6, 7, 8 は 37 個の母地域 1 つずつについて,単位地域の大きさを変化させたときの結果を,横軸を九州全体を母地域としたときの順位,縦軸を 37 個の 32km 統合メッシュのそれぞれを母地域として求めた μ , σ , 決定係数としてプロットしたものである.母地域を九州全体としたときの結果と比較すると両者の推移は共通している.したがって,自己同型性が検出された.対数正規分布モデルを用いて求めた理論上の曲線は実

測値と非常にフィッティングが良い.ゆえに,単位地域の大きさを変えることで,母地域内での分布の特徴がどのように変化するかを,全ランクについて包括的に説明できる.その結果として,対数正規分布モデルを用いた場合での自己同型性の検出を導いている.

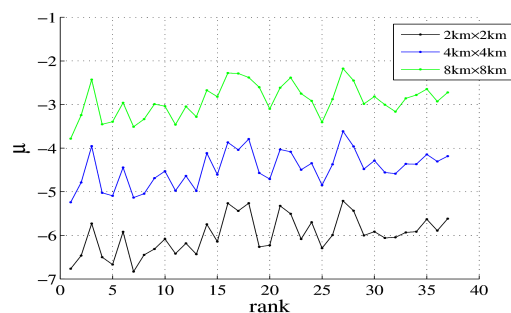


図 6: 37 個の 32km 統合メッシュを母地域,2km,4km,8km 統合メッシュを単位地域としたときの対数正規分布モデルの μ

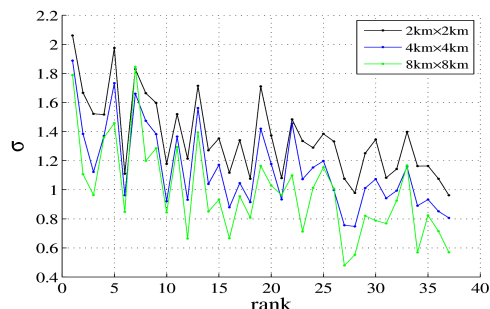


図 7: 37 個の 32km 統合メッシュを母地域,2km,4km,8km 統合メッシュを単位地域としたときの対数正規分布モデルの σ

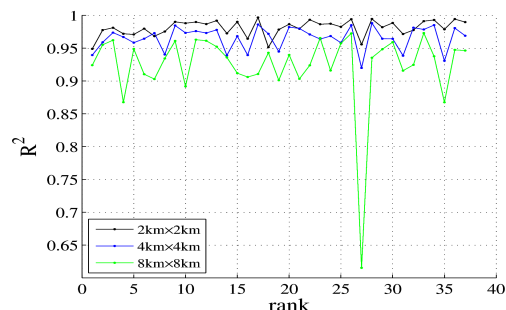


図 8: 37 個の 32km 統合メッシュを母地域,2km,4km,8km 統合メッシュを単位地域としたときの対数正規分布モデルの決定係数

5 非線形モデル

5.1 九州全域を母地域とした場合の分析

九州全体を母地域とし,単位地域を,2km,

4km, 8km, 16km, 32km 統合メッシュとしたとき, α , 決定係数の値に目立った傾向はみられない. 図9で, 横軸をランクを対数変換した値, 縦軸をサイズを対数変換した値としてプロットし, 回帰曲線を示した. 表3に結果をまとめた.

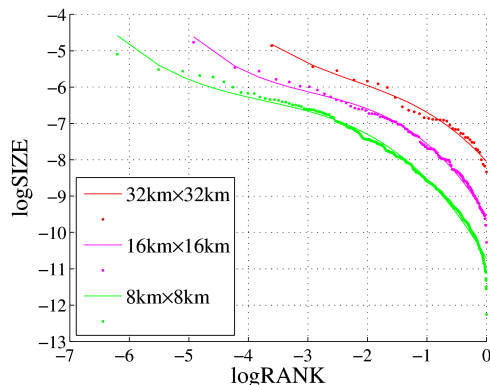


図9: 九州全域を母地域, 8km, 16km, 32km 統合メッシュを単位地域として非線形モデルを用いた場合の推定値と実測値

表3. 母地域を九州全域として, 非線形モデルを用いた場合の分析結果

	2×2	4×4	8×8	16×16	32×32
1 次の係数	-0.0487	-0.0449	-0.0582	-0.0897	-0.0810
2 次の係数	-0.661	-0.580	-0.649	-0.782	-0.548
3 次の係数	-3.24	-2.83	-2.77	-2.68	-1.81
決定係数	0.970	0.980	0.990	0.99	0.970

5.2 自己同型性の分析

37個の母地域1つずつについて, 単位地域の大きさを変化させたときの各係数, 決定係数の値に関して, 母地域が九州全体としたときの結果と比較すると両者の推移は共通していない. したがって, 自己同型性は検出されない. この結果から, 自己同型性は回帰曲線との当てはまりが良ければ表れるというものではないということが分かる. つまり, それぞれの係数やパラメータに意味があることが必要であるということである.

6 総括

6.1 結論

対数正規分布モデルで自己同型性を検出できたことを採用する. 対数正規分布モデルを用いた分析では, 理論上の曲線と実測値のフィッティングが良いので, 単位地域を大きくしたとき, 表れている分布の特徴が変化する様子を最も良く説明していると考えられる. また, 順位規模法則と対数正規分布モデルが生じる動学的な理論的根拠がGabaixのモデルにより裏付けられる.

本研究により, 全体での人口の分布構造と部分での人口の分布構造が独立でないことが明らかになった. ゆえに, 人口流出が著しい過疎地域の地域振興はその地域のみでの対策は効果が薄いということが出来る. したがって, 今後の対策は他地域と連携してなされるべきであると示すことができた.

6.2 今後の課題

今後の研究課題は動学的な分析に発展させることである. 本研究では平成17年の国勢調査のデータのみを取り扱ったので, 静的な分布状況のみしか分析することができなかった.

参考文献

- [1]Gabaix, X, (1999), "Zipf's law for cities : an explanation", The Quarterly Journal of Economics vol.114 issue 3 pp.739-767.
- [2]金本良嗣, 徳岡一幸, (2002), 「日本の都市圏設定基準」, 『応用地域学研究』 No.7 pp.1-15.