

機関番号：14101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20740226

研究課題名（和文）人口移動現象の数値的及び理論的研究

研究課題名（英文） Numerical and Theoretical Studies of Population Migration

研究代表者

國仲 寛人 (KUNINAKA HIROTO)

三重大学・教育学部・准教授

研究者番号：70402766

研究成果の概要（和文）：

人口は行政の基本データであり、各自治体の人口の変動は政治経済の状況等に起因する人口移動や人口増加によって決定される。本研究では、国勢調査データ等の解析により、日本の市町村単位の人口分布の特徴的な時間変化を明らかにした。特に、都市の人口分布に普遍的に見られると言われる Zipf の法則が、日本の場合市町村合併の影響で破れる事を示し、人口移動モデルによるシミュレーションでも定性的な再現ができることを示した。

研究成果の概要（英文）：

Human population is one of the fundamental data in public administration. The change in the human population in a given region depends on the natural increase of population and the population migration due to the political and economic situation. In this work, we have shown the characteristic change in the municipal population distribution using the census data of Japan. Especially, we have shown that the great merger of municipalities might cause the violation of Zipf's law which is globally observed in the city size distribution. In addition, we constructed the model of population migration to have confirmed that the great merger of municipalities violates Zipf's law.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：統計物理学

科研費の分科・細目：物理学・数理物理・物性基礎

キーワード：統計物理学、人口、生態学、社会学

## 1. 研究開始当初の背景

人口の増減に関する数理モデル研究は 18 世紀のマルサスによる、人口成長の先駆的な理論研究に端を発し、1 つの研究領域が確立

されている。人口の数理的研究においては、人口成長の理論的記述だけでなく、人口移動による人口分布の変化も興味深い問題である。人口分布は政治・経済の状況等の様々な

要因に影響されるが、基本的には人間の「出生」、「死亡」、「移動」の3要素が大きく影響する。従って人口移動現象のモデル化には、拡散や流れを表す方程式の単純な拡張では不十分であり、種の増殖・消滅や移動傾向の変化を考慮することが必要である。

人口分布には、しばしばべき分布や対数正規分布と呼ばれる分布関数が観測されることがある。都市の人口分布に関しては、べき指数が-1となるべき分布に従うことが知られている。これはZipfの法則と呼ばれ、都市の人口分布以外にも単語の出現頻度や地震の発生頻度と規模の関係、個人所得の分布等で幅広く観測されている。Zipfの法則の成立についてはまだ不明の点が多く、これを再現するモデルの数も限られている。

近年、物理学の分野においても統計力学的手法に基づいた人口移動のモデル解析が盛んに行われている。例えば、格子上に定義した人口の移動確率の時間変化をモデル化したマスター方程式の解析や、地方と都市間の経済格差による人口移動をイジングモデルに類似したモデルで解析した研究が行われている。

## 2. 研究の目的

本研究の申請時の目的は、日本の市町村や県の特徴的な人口分布の起源を国勢調査報告等のデータ解析により調べ、更に日本の人口移動の傾向を反映した人口移動モデルに基づいて、市町村合併や年齢構造などの要因が人口分布形成に与える影響を調べることであった。具体的には、

1. 市町村合併や年齢構造の人口分布への影響をモデル解析により調べる。
2. 市の人口ランク分布のZipfの法則への緩和プロセスの解明とモデルの構築。
3. スモールワールドネットワークと人口移動プロセスとの関連を調べる。

の3点が主な目的であった。

## 3. 研究の方法

本研究の方法は、“国勢調査報告書のデータ解析”と“数値モデルによるシミュレーション”の二つである。国勢調査報告書に関しては、1980年以降のデータは総務省統計局のホームページからダウンロードしたものを用い、それ以前のデータは総務省統計図書館に所蔵されているデータをパソコンに入力したものを用いた。また人口密度を調べる際には、国土地理院から提供された各市町村の面積データを利用した。他にも、日本統計協会発行の『市区町村人口の長期系列』等のデータも一部用いている。数値モデルによるシミュレーションは、個人所有のワークステーション及び必要に応じて京都大学基礎物理学研究所の計算機施設を利用して行った。

## 4. 研究成果

研究の主な成果：

本研究によって得られた成果は次の5項目にまとめられる。

### (1) 市の人口分布の時間変化を再現するモデルの構築

日本の市の人口分布の時間変化を調べ、その時間変化の特徴を再現する数値モデルを構築した。都市の人口分布は様々な国のデータに基づいて調べられてきており、横軸に人口、縦軸に順位を取ったランクサイズ分布（ヒストグラムの累積分布に等しい）は、べき指数-1のべき分布に従うという指摘がなされてきた。このことはZipfの法則と呼ばれ、市のランクサイズ分布のみならず、固体の破壊や企業の収入等様々な自然・社会現象で観測される。戦後の国勢調査データの解析から市のランクサイズ分布のべき指数は時代と共に変化し、更にZipfの法則が成立

する期間は30年程度だということが明らかになった(図1)。また戦後2回起こった市町村大合併(昭和と平成の大合併)が、市のランクサイズ分布におけるジップ則の破れに関与することがわかった。更にエージェントベースモデルに基づく人口移動モデルを構築し、市のランクサイズ分布に見られる Zipf の法則の再現、更に市町村合併による市のべき指数の時間変化を定性的に説明する事に成功した。また、市町村合併の影響がない場合のべき指数の変化も調べた。これは日本統計協会発行の『市区町村人口の長期系列』に基づいたデータ解析であり、平成12年10月1日の市町村区分で、市の人口分布が戦後どのように変化するかを調べたものである。この解析により、市町村合併がない場合はべき指数は単調に-1に近づき、ジップ則を回復することがわかった。

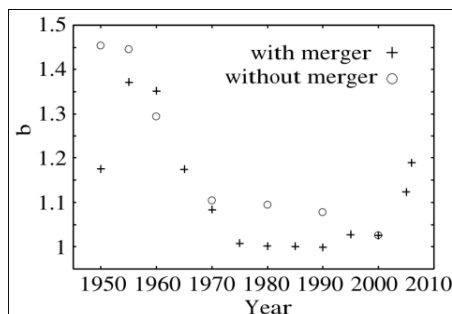


図1: べき指数の絶対値の経年変化。○は市町村合併がない場合。+は市町村合併がある場合。

(2) 日本の全市町村の人口分布の時間変化

1980年以降の全市町村人口の累積分布の時間変化を調べた。1980年から2000年の間の全市町村人口の累積分布はほとんど同じ形となり、二つのべき分布を接続した形の分布関数で近似できる事がわかったが、平成の市町村合併の

影響で2005年には対数正規分布に移行することがわかった。今後人口が都市部に集中して流入したり、再び市町村の合併が促進されれば元の分布形に戻るかもしれないが、人口成長が全国的に頭打ちになっていることと、都市部への人口移動の沈静化を考慮すると、人口分布の形状は定常になるのかもしれない。

(3) 埼玉県の人口分布と各市町村の人口成長の時間変化

2005年に埼玉県に存在する全市町村人口の累積分布を調べたところ、日本の全市町村の人口分布と極めて近い形をしていることがわかった。そこで、各市町村の1960年から2000年までの人口成長率の分布を調べるとべき分布となっていることが判明し、この事が分布の概形の形成に関与している事が推測される。

(4) 人口密度の空間および統計分布の時間変化

国勢調査のデータに基づき、日本の人口密度の空間分布と統計分布を調べた。日本全国を3228(1925年の自治体数)の自治体に区分し、それぞれにおける人口を各自自治体の面積で割ったものを人口密度として、その空間分布を調べた。1925年から2000年のデータを調べた結果、関東圏、中京圏、近畿圏の中心となる都市に人口が集中し、更に徐々に近隣の都市にも人口が集まってくる様子がわかった(図2上)。更に人口密度を横軸、順位を縦軸に取ったランク分布を調べると、1940年頃に対数正規分布に近い人口密度分布が、高度経済成長期の都市への人口集中によってテール部分がずれてくること、更に12000[人/km<sup>2</sup>]程度が上限値となり、中規模の都市への人口移動によって対数正規分布から大きくずれることがわかった(図2下)。このことから、大都

市への人口集中や人口密度の上限の影響で、人口密度の増え方が単純な乗算過程から変化してきていることが示唆される。

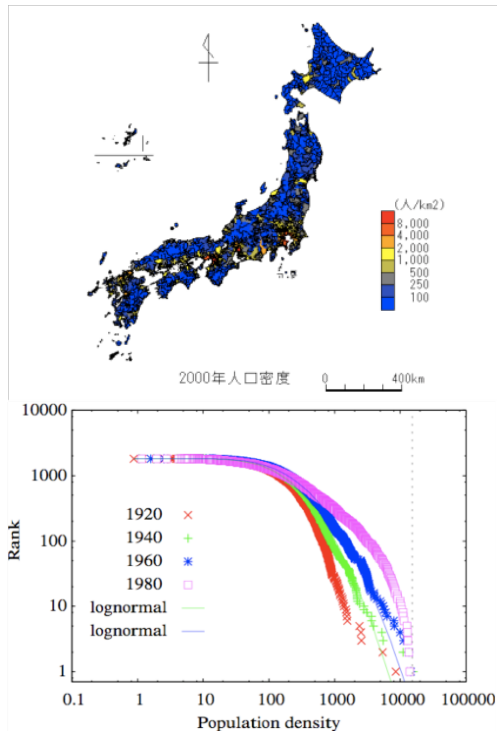


図2：日本の人口密度の空間分布（2000年）と、人口密度のランク分布の時間変化。

(5) 人口分布やその他の系における対数正規分布の出現に関する理論的考察

人口や人口密度の統計分布にしばしば見られる対数正規分布の出現について理論的な考察を行った。対数正規分布は人口統計分布だけでなく、様々な自然現象や経済現象にも観測される。確率的なノイズを含む微分方程式に基づき、そのノイズの強さによって、最終的な物理量の分布が対数正規分布になるか正規分布になるかが決まることを示した。その考察に基づき、人口統計分布以外にも、児童の身長分布、宇宙空間の物質の密度揺らぎの分布等の具体的な物理例に見られる対数正規分布の出現に関する考察を行った。このような統計分布の出現メカニズムと具体的な例の比較は人口問題を含む社会

現象の解析においても有用だと思われる。

以上の成果の国内外における位置づけとインパクト：

海外の都市における Zipf の法則からのべき指数の時間変化を調べた研究はいくつか存在するが、日本の場合は市町村合併の影響が強いという結果が得られ、Zipf の法則の破れの起源が海外の場合に比べて特徴的であるという結果が得られた。本研究の当該分野におけるインパクトは現在の所あまり実感できていないが、岩波書店の一般向けの科学雑誌『科学』の記事や共著の本に研究の一部が収録されたことで、今後一般の読者や人口学の研究者達の目に触れることも予想され、そこから得たフィードバックに基づく研究の発展も期待される。

今後の展望：

2009 年度以降はデータ解析を重視したため、当初予定したようなモデルの改良ができず、また人口移動ネットワークの特徴の解析にも着手できなかった。今後はこれらの課題を順次遂行することに加え、ヨーロッパやアメリカ等の外国の人口分布の解析にも着手する予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 5 件)

(1) 國仲寛人、松下貢：複雑系の統計性、進化経済学論集、査読無、vol. 14、2010、p.p. 946-957.

(2) 國仲寛人、松下貢：複雑系の統計性—新しい社会科学の発展に向けて、科学、査読有、79、2009、p.p.1146-1155.

(3) H. Kuninaka and M. Matsushita, Relationship between growth rate and size distribution of municipalities, Proc. of the 9th Asia-Pacific Complex Systems Conference, (Eds. M. Matsushita, Y. Aruka, A. Namatame, and H. Sato), 査読無、9、2009、 p.p.407-408.

(4) H. Kuninaka and M. Matsushita: Modeling of population migration to reproduce rank-size distribution of cities in Japan, Complex Sciences First International Conference, Complex'2009 (Berlin:Springer, ed. by J. Zhou), 査読有、2009、 p.p.441-445.

(5) H. Kuninaka and M. Matsushita: J. Phys. Soc. Jpn.、 査読有、 77 (2008) 114801-1-114801-6.

〔学会発表〕(計 8件)

(1) 國仲寛人 : Statistical Properties of Population Density of Japan, European Conference of Complex Systems 2010, 2010年9月14日、ポルトガル・リスボン大学

(2) 國仲寛人、松下貢 : 複雑系の統計性、進化経済学会第14回大阪大会、2010年3月28日、四天王寺大学、大阪

(3) 國仲寛人、松下貢 : Relationship between growth rate and size distribution of municipalities, The 9th Asia-Pacific Complex Systems Conference, 2009年11月6日、中央大学、東京

(4) 國仲寛人、松下貢 : 市町村の存続時間と人口分布の関係、日本物理学会秋季大会、2009年9月25日、熊本大学、熊本

(5) 國仲寛人、松下貢 : Relationship between duration and population distribution of municipalities, European Conference of Complex Systems 2009, 2009年9月22日、イギリス・ウォリック大学

(6) 國仲寛人、松下貢 : 市町村人口分布の時間変化に見られる特徴、日本物理学会第64回年次大会、2009年3月27日、立教大学、東京

(7) 國仲寛人、松下貢 : Modeling of popula

tion migration to reproduce rank-size distribution of cities in Japan, The 1st international conference of Complex'2009, 2009年2月25日、上海理工大学、上海

(8) 國仲寛人、松下貢 : 市町村合併モデルと人口分布の時間変化、日本物理学会 2008 年秋季大会、2008 年 9 月 23 日、岩手大学、岩手

〔図書〕(計 1件)

(1) 青木正直, 青山秀明, 有賀裕二, 吉川洋監修 : 『50のキーワードで読み解く経済学教室 —社会経済物理学とは何か?—』東京図書、(2011年5月発売)、p. p. 348-355.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

國仲 寛人 (KUNINAKA HIROTO)  
三重大学・教育学部・准教授  
研究者番号 : 70402766

(2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者

( )

研究者番号 :