

厚生省科学研究費  
(課題番号H12-政策-014)  
報告書(平成12年度)

# 地理情報システムを用いた 地域人口動態の規定要因に関する研究

平成13年3月

主任研究者 小口 高

# 目 次

## I. 総括研究報告

- 地理情報システムを用いた地域人口動態の規定要因に関する研究 ----- 1  
小口 高

## II. 分担研究報告

1. GISを援用した人口分析とその応用 ----- 7  
武者忠彦・江崎雄治・西岡八郎・青木賢人・小口 高
2. 補間法による国勢調査人口メッシュデータの座標変換 ----- 23  
青木賢人・シアク＝ジャン・小口 高
3. 首都圏とその周辺部における標高・傾斜と人口密度との関係 ----- 45  
—GISによる分析—  
小口 高・青木賢人・シアク＝ジャン
4. 東京および大阪大都市圏における少子高齢化の地域差 ----- 67  
江崎雄治

## 総括研究報告

地理情報システムを用いた地域人口動態の規定要因に関する研究

主任研究者      小口 高

# 厚生科学研究費補助金(政策科学推進研究事業)

## 総括研究報告書

### 地理情報システムを用いた地域人口動態の規定要因に関する研究

主任研究者 小口 高 (東京大学空間情報科学研究センター 助教授)

#### 研究要旨

本研究は地理情報システム(Geographic Information Systems: GIS)を用いて、わが国における人口動態とその変動の規定要因を解明することを目的とする。GISを用いて人口動態を地図化、視覚化する試みは近年行われ始めているが、その分布の規定要因を解明しようと試みた研究は少ない。そこで本研究では、人口分布あるいは人口増加率、また出生、死亡等の人口動態が、職業や学歴といった住民の諸属性、あるいは住宅事情等の社会経済的要因とどのような関連性を有するかを検討し、さらに地形、気候等の地理的諸条件によっていかなる影響を受けるかについても分析を試みる。

#### 分担研究者

西岡八郎(国立社会保障・人口問題研究所  
人口構造研究部長)

江崎雄治(国立社会保障・人口問題研究所  
人口構造研究部研究員)

位の座標系を持つものに変換するための手法の開発を行う。

(3)上記(2)によって変換された1km×1kmの修正メッシュデータを用いて、土地高度、傾斜などの自然的土地条件と人口分布との関連性について検討する。

(4)都市圏程度の地域的範囲において、特に少子化、高齢化などの現象に注目しながら、人口動態の地域差とそれをもたらす諸要因について考察する。

#### A. 研究目的

本研究の目的は地理情報システム(Geographic Information Systems: GIS)を用いて、わが国における人口動態とその変動の規定要因を解明することにあるが、研究事業初年度である平成12年度においては、以下の4点の個別課題を設定した。

(1)内外におけるGISを用いた人口分析に関する既存研究をサーベイし、論点の整理と課題の導出を行う。

(2)緯度経度系による人口データをメートル単

#### B. 研究方法

年度前半においては、既存研究のレビューのための文献収集、整理作業を行い、逐次各文献の読み合わせを行い、本研究における課題導出のための議論を行った。また、その研究課題への取り組みに際して適当と思われる研究対象地域について、いくつかの候補を挙

げた上で比較検討を行った。

年度後半においては上記課題に関する具体的な分析作業を行った。メッシュデータをGISソフトウェア上で利用するにあたっては、必要となる集計項目、分析対象範囲に即してデータを整理、再編成する必要があるため、最初にこの作業を行った。そして上記(3)の課題においては、(2)で得られた修正メッシュデータが必要なため、おおむね(2)→(3)という流れで分析作業を連続的に行った。一方(4)においては、緯度経度座標系におけるデータの利用が可能のため、上記(2)～(3)と平行して作業を行った。

#### (倫理面への配慮)

本研究においては、特定個人を調査対象者として設定するようなことはないため、研究遂行にあたって倫理面での問題は特段発生しないものと考えられる。

#### C. D. 研究結果と考察

(1)GISを用いた人口分析に関する既存研究群のサーベイにより、特に海外においては衛星写真データを用いたリモートセンシング技術を応用し、土地利用と人口分布との関連性を考察するなどの研究が多く見られる一方で、本研究のような3次メッシュスケールのデータを取り扱った研究は比較的少ないことがわかった。

(2)緯度経度に基づく地域メッシュ統計は場所によって面積に差が生じるため、原データの補間によって1km×1kmの修正メッシュデータを作成した。三角法、Kriging法等による補間作業を行い、それぞれパラメータを変化させることにより、原データとの整合性に関して比較検討を行った。

(3)(2)の修正データを用い、関東甲信における土地高度、傾斜と人口分布との関連性について検討したところ、人口密度は基本的に高度・傾斜と負の相関を持ち、過去25年間の人口変化もその傾向を助長しているが、これらとは異なった特徴がみられる場合もあることが判明した。その理由として、大河川沿いにおける低湿地の存在や、近年の丘陵地帯における大規模開発の影響などが見い出された。

(4)東京大都市圏、大阪大都市圏の範囲内における各メッシュの子ども・婦人比を計算し、各年次の分布状況を比較したところ、少子化の進行が都心地域から郊外に向かって波及していった様子が確認された。また東京圏ではその波及は非等方向的であり、西郊方向への波及が相対的に早い様子が観察された。

#### E. 結論

GISを用いた人口分析、とりわけメッシュデータを用いて地域人口動態の規定要因を探る研究は今後大いに発展が期待される分野であり、本研究の初年度における分析作業においても多くの知見を得ることができた。

緯度経度系のメッシュデータを1km×1kmのものに補正する手法がおおむね確立され、日本全国のデータ(または同種の海外のデータ)にわたってこの手法が応用されることが示された。またこのようなデータを用いて高度、傾斜などの自然的土地条件と人口分布との関連性を検証したところ、居住に際しての自然的制約が縮小したと思われる現在においてもなお、自然的土地条件が一定の影響を与えていることが確かめられた。

一方、大都市圏を範囲とした人口動態の分析において、少子化などの先進地域の存在が認められ、その進行が空間的に波及している

様子がうかがえた。このようなメカニズムの存在が確かであれば、先進地域の現在の状況が、少子化などに関して他の地域の今後を占う上で注目すべきものとなることから、今後は分析対象範囲を拡大して、このような現象の安定性について検証作業を行うこととする。

#### F. 健康危険情報

(特になし)

#### G. 研究発表

##### 2. 学会発表

江崎雄治：「東京および大阪大都市圏における少子高齢化の地域差－GIS を用いた分析－」(日本人口学会東日本地域部会 2000 年度第 2 回研究報告会. 2001 年 3 月 24 日)

#### H. 知的財産権の出願・登録情報

(特になし)

## 分担研究報告－1

### GISを援用した人口分析とその応用

武者 忠彦  
江崎 雄治  
西岡 八郎  
青木 賢人  
小口 高

# GISを援用した人口分析とその応用

武者忠彦<sup>1</sup>・江崎雄治<sup>2</sup>・西岡八郎<sup>2</sup>・青木賢人<sup>3</sup>・小口 高<sup>4</sup>

## I はじめに

GIS(地理情報システム)は、近年の情報技術の急速な展開にともない、わが国においても行政、ビジネス、環境などの分野でそのツールとしての重要性が高まっている。学術分野においてもGISが応用される領域は広がりつつあり、人口という研究対象もその例外ではない。

GISでデータ処理をするためには、扱うデータに空間的な分布が与えられている必要がある。物理的なデータ、例えば建築物、道路、地形といった情報はリモートセンシング技術の進展などによって比較的容易に空間データとして利用可能になったため、GISを援用した空間分析はこの種のデータにおいて研究が先行した。一方、社会経済的なデータは地域全体の集計値として与えられているものが多く、空間データとしてGISで利用することを難しくしているが、人口データはそのなかでは比較的利用可能性が高いものであるだろう。

もっともわが国において、人口に関する空間分析は、GISが普及する以前から地域メッシュ統計や細密数値情報などを用いた多くの研究蓄積があり、それらは主にメッシュデータを用いることで、出生・死亡・移動から人口分布を定量的に分析したものであった(大友, 1978; 浅見, 1982; 川上, 1988)。また最近においても谷内(1992, 1995)が、東京および京阪神大都市圏における標準地域メッシュ別の都市人口分布を1880年代まで溯って推計し、それらを図化することによって都市の空間的拡大過程を明らかにしている。しかしながら、世界的にみて日本の空間データ整備はメッシュデータが先行し、ベクター型データなどのGISで利用可能な形式でのデータ整備が遅れてきたことが指摘されている。この点に関して久保(1990)は、メッシュデータから今日的なGISへの転換期における諸問題を、海外の動向と比較しながら整理している。そのなかでメッシュデータのデメリットとして、情報の精度の低さやそれを克服するために必要とされる作業量の多さをあげているが、上述した既往研究ではいずれもそのような制約から、対象地域を狭めたり、分析手法をより簡便なものにする必要があった。まさにこの点において、今日のGISによる空間データの効率的な入力・蓄積・検索・分析機能は、空間的な人口分析により大きな可能性を与えることとなり、実際にGISを援用した人口研究が、様々なアプローチから試みられているのである。

以下では、まず第II章で人口分析における空間データの問題を扱い、続く第III章、第IV章ではGISを援用した人口分析についてまとめる。このうち第III章では、人口推計など人口そのものを

---

1 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻修士課程

2 国立社会保障・人口問題研究所

3 (福)恩賜財団母子愛育会リサーチレジデント(東京大学空間情報科学研究センター)

4 東京大学空間情報科学研究センター



対象とした研究について整理し、第IV章では、都市計画やマーケティングといった、人口データを用いて新たな情報を抽出する応用的な事例についてまとめる。最後の第V章では、人口分析におけるGISの意義と、今後GISを人口分析に援用するにあたっての課題を検討する。

## II 空間データと人口分析

人口分析に限らず、GISを用いて空間分析をする際にまず重要となるのは空間データ整備の問題である。近年、統計や地図のデジタル化が急速に進んできたとはいえ、一般的にGISプロジェクトの総費用の7～8割が初期のデータ入力に投入されるといわれるように、データをいかにして獲得するかが依然として大きな問題になっている。この状況を打開するために、現在では官学の各方面で空間データの共用化による効率的な利用が進められている(データのクリアリングハウス)。ここではデータの共用化、標準化、統合という観点から、GISを用いて人口分析をするための効率的なデータ利用に関する研究をまとめてみたい。

### 1. センサス・マッピング・システム(CMS)

センサス・マッピング・システム(以下、CMS)は、1990年の国勢調査における基本単位区の導入に合わせて開発された地理情報システムである。CMSを用いることにより、より高度な小地域統計の分析が可能になることが期待されており、実際に1990年のデータは基本単位区別の男女・年齢別人口を、町丁・字等に足し上げた形式で提供されている(大林, 1996)。CMSの特徴は、分析の背景となる電子地図をユーザー側が準備するという点にある。すなわち、統計局は基本単位区別の統計データと境域の座標データのみを提供する。民間による電子地図が整備されているわが国では、これが一概に問題であるとはいえない。しかし、楊井(1999)は、CMSの現状をアメリカの同様なセンサスに関するGISであるタイガーシステムと対比しながら、日本においてもインターネットによって電子地図やセンサスデータが広く提供されることの必要性を指摘している。

### 2. インターネットGIS

情報ネットワーク、特に今日多くの人々に利用されているインターネットを介した空間データの提供は、データの効率的な利用に大きな可能性を与えている。高坂(1999)によれば、情報ネットワークによる空間データの提供は、①空間データ・サーバによる提供、②メタデータ・サーバによる検索、③Web 地図作成ソフトウェアによる対話的地図作成という3つに分類される。ここではその詳細までは触れないが、人口分析において特に注目されるのは、③に分類されるオンデマンド型のGISである。例えば、希少な地域統計である明治～昭和初期にかけての人口統計の空間データと属性データをインターネット上で共用化することによって、ユーザーが自由に空間分析できるようにしたシステム<sup>1)</sup>(村山・尾野, 1998; 村山, 1999)、シカゴ学派の社会地区分析にみられた社会地図を、インターネットを通じて全国の主要都市について閲覧できるシステム<sup>2)</sup>(矢野, 1999)な

どがすでに構築されている。また Murayama(2000)は、マレーシアにおける様々な人口属性データについて、インターネット上でユーザーが任意にコロプレス図を作成できるシステム<sup>3)</sup>を紹介している。このシステムを利用すると、マレーシア人の比率がマレー半島北西部で高くなっていることなどが、ユーザーのリクエストに従って瞬時にコロプレス図として表示される。

### 3. 異なる空間データの統合

GISによって空間分析を進めるにあたって、対象地域が広範囲であったり、扱う対象が様々である場合、異なる空間データの仕様を統合することも研究課題のひとつである。Switzer et al. (1996)はバルト海沿岸地域において、各国で仕様の異なる土地利用や人口分布のデータベースを空中写真などをもとにGIS上で統合している。このシステム上で海岸線からのバッファリングをおこなうと、バルト海沿岸地域では海岸から10kmの地域に1億5千万人が居住していることなどが明らかになる。このようなデータベースは、国境を越えた環境問題の解決などにも有効な情報を提供する。一方わが国においては、標準地域メッシュなどに使われている地理座標系のデータと、細密数値情報などに使われている平面直角座標系のデータの統合が課題のひとつであった。吉川・島田(1993)では、ガウス・クリューガー変換によってこれらのデータを統合することで、地域メッシュ統計をより詳細に分析しているが、現在はGIS上で座標変換のためのソフトウェアを利用することによって、瞬時に平面直角座標系やUTM座標系などの間のデータ変換が可能となっている。

### 4. 地域単位問題

人口は通常、ある一定の単位地域ごとに集計されたデータとなっている。これまでは都道府県、市町村が単位地域として、その合理性はともかく、一般的に使用されてきた。しかしながら、GISの発達によってこれまで到底作業しきれなかった極めて非集計に近いデータについても、比較的容易に処理することが可能になったために、どのくらいの単位の大きさが適切なのかという「修正可能面域単位問題」が議論されるようになってきている。人口についていえば、利用する空間単位の大きさと結果の安定性はトレードオフの関係にあることから、どの空間単位で地図を描けば最も合理的となるのか判断が難しい(石川, 2000)。このような問題に対して、ある一定の人口密度以上の地区を抽出する場合における、単位統計地区の面積の影響を緩和するための技術的な操作を提示した研究などもある(田頭・岡部, 1997)。

## III GISを援用した人口分析

実証的な人口分析においてGISを用いることの意義は、これまでのアナログの分析では扱うことが難しかった多量のデータを蓄積・整理することによって、人口に関する新たな情報を抽出することであろう。GISの利用を通じて、人口に関する研究は主に3つの方向でその研究領域が拡大し

たようにみえる。

第1に、研究対象地域の外側への拡大である。リモートセンシングデータ、特に最近ではIKONOSなどの高解像度の衛星画像データをGISによって処理することにより、広範囲にわたって一定の精度を保った分析が可能になった。また、これまでは統計データが未整備であったような地域でもリモートセンシングデータを使って人口分析が可能になった。第2に、基本単位区別の人口データや、小売店のPOSデータなどの非集計データを処理することにより、ミクロスケールでの詳細な人口分析も可能となった。これはいうなれば、研究対象地域の内側への拡大である。第3に、時系列方向への拡大である。具体的には、GISを用いて過去の統計データの空間的な把握が可能になったことを意味する。これまでの研究では、過去の統計を扱うにはメッシュなどでデータが標準化されていないために、作業を何らかの方法で簡略化せざるを得なかったが、GISによってデータを非集計のままに扱ったり、効率的に集計できるようになった。さらにこれら3つに補足するならば、自然的・社会経済的条件と人口分布の重ね合わせといった、より高度な分析もGISによって可能となってきている。

以下ではそれらの具体的な研究動向を整理するが、いずれの研究にも共通するテーマは、これまで人口に関する情報が得られなかった地域スケールや時代スケールにおいて、様々なデータを処理することにより、人口推計値(またはその地域的分布)という新しい情報を抽出することにある。

### 1. リモートセンシングデータによる人口分析

空中写真や衛星画像などのリモートセンシングデータは、デジタルの空間データとしてGISに取り込むことにより、人口に関する分析に用いられるようになった。特に、衛星画像データの解像度が向上し、IRS(解像度5m)やIKONOS(解像度1m)による画像データでは建築物や土地利用のひとつひとつが識別できるため、センサスが整備されていないような地域での人口分析に貴重なデータとなっている。スービットほか(1994)は、これまで正確な実態把握ができなかったタイの山岳民族の移動耕作地域を、現地調査とランドサットによる衛星画像データによってモニタリングし、GISによって村落の分布図と人口センサスを作成した。さらに山岳民族の麻薬剤植物プランテーションをコントロールするために、GISによるアヘン生産地域の土地分級をおこない、様々な環境問題を抱えている山岳民族のための村落開発計画にも応用している。同様に、McCracken et al.(1999)は、人口分布が把握されていないブラジル・アマゾン地域において、空中写真とランドサットTMデータを用いて個別農用地レベルの分析を行った。ここでは個別農家の生計戦略と土地利用の関係を分析し、人口と森林減少との因果関係を明らかにしている。

さらに最近では、衛星画像の夜間地上光の分布を手がかりとして、詳細な人口分布を推定しようとする試みがなされている。例えば Sutton(1997)は、DMSP/OLS(Defense Meteorological Satellite Program's Operational Linescan System)画像による夜間イメージデータをもとに、アメリカ大陸部における人口分布を推計し、それを小地域人口統計と比較して都市の人口密度減少関数を導いている。同様に、Nakayama(1997)は北海道においてDMSP画像を用いてローカルなスケ

ールでの詳細な人口分布推計をおこなっている。もちろんこれら先進国においてはすでに詳細な人口分布は把握されているわけで、都市化の新しいモニタリング手法としては重要であるものの、これらの研究の本質的な意義は、小スケールでの人口データを得ることが難しい地域における人口分布推計への応用にあるだろう。これについては中谷(1999)が、面補間 Areal Interpolation というデータ変換の概念を応用し、中国における人口分布推定をおこなっている。具体的には中国の1990年国勢調査によるカウンティ単位人口統計を利用し、人口を面補間によって夜間地上光分布にもとづいて配分するという方法を導入している。今後、グローバル・スケールの環境問題への対処が重要となることが予想されるなかで、統計が未整備の地域においても人口の面的な広がりを正確に把握し、環境への負荷を考察することが重要となるだろう。

## 2. ミクロスケールにおける人口分析

従来、市町村よりも下位の町丁目、字、基本単位区といった地域単位のデータや、さらに進んでまったくの非集計データ(個別データ)を用いて人口分析をすることは、作業量の膨大さや情報の地図化による空間把握の困難さのために、ほとんど行われていなかった。しかし、GISを用いてこれらの問題点を解消することにより、詳細なスケールでの人口の地域的分布を論じた研究が行われるようになった。松橋・森口(2000)では、自動車交通に起因する沿道の騒音や大気汚染などの環境問題に対する基礎データとして、GISを援用した沿道からの詳細な距離帯別人口密度を推計している。そこでは基本単位区別の人口データを、街区や建物のポリゴンデータ、建物の属性データにしたがって配分することによって、統計地区よりもさらにミクロスケールでの人口分布を明らかにしている。また Al-Garni(1995)は、サウジアラビアのリヤド都市域において、空中写真をもとに、学校や教会の立地、家の大きさなどの社会的要因を考慮した人口推計をおこない、現実の人口分布をかなり正確に説明できることを明らかにした。さらに、人口推計だけではなく、ある特定の人口集団の詳細な分布パターンを明らかにする際にもGISが用いられている。由井(2000)は、GISを用いて東京都区部における母子世帯率を町丁単位で表示し、北区・足立区・葛飾区といった北東部の区の一部において母子世帯率が高いことを示した。しかし、非集計データの利用に際しては、プライバシー保護の問題が生じるため、指定統計については個別データの開示が基本的には行われられないという問題もある。これについては、利用者の求めに応じてオーサライズされた公的機関がオーダーメイドの作表を担当するという仕組みをつくるのが、日本における現実的な解決策という指摘がなされている(村山, 2001)。

## 3. 過去の統計による人口分析

統計データが整備される以前の時代について、社会経済的データの空間分析を行うことは困難な作業である。特に小スケールでの時系列的な分析は、統計資料が限られており、わが国では明治以降、統計の単位地域となる市町村が頻繁に合併されたために、その重要性は認識されつつも、作業量の制約からほとんど行われていなかった。しかしながらGISを援用することによって、人口現象をはじめとした社会的データの空間分析についても、その方法論も含めた研究が進み

つつある。荒井・小池(2000)は現在の千葉県の範囲を事例として、明治期の広域測量図である迅速図にある建築物データをもとに、当時わずかに存在する地域統計と照合することで人口をキャリブレーションし、今日の標準地域メッシュ体系で人口を推計している。これによって1890年当時の千葉県内の中心地体系が明らかにされるとともに、千葉県北西部での人口増加が、これまでいわれている東京方面からのスプロールだけではなく、県内からの移動の可能性もあったことが示唆されている。この研究では、標準メッシュという比較的小スケールで推計がされているので、今後は詳細かつ定量的な人口分析変動などへの発展が期待できる。村山・尾野(1998)、村山(1999)は、明治期の徴発物件一覧表や大正・昭和初期の国勢調査をもとに、GISを援用して、これらの時期における人口の空間分析が可能となるデータベースを構築した。さらにインターネットからのアクセスにより、一般ユーザーでも対話型の操作を通じて特定の条件における人口の地域的分布を把握できるシステムを提供している。

また、直接的な人口分析ではないが、GISを援用して、古地図や地形図をもとに東京のオープンスペースの変遷過程を分析した研究(長谷部・鈴木, 1997)や、迅速図をもとに明治初期の村落立地を分析した研究(スプレイグほか, 2000)などもなされている。このようにGISは、空間データの効率的な入力、管理、検索、図化によって、過去の統計を扱う際の作業上の制約から研究者や利用者を解放することで、歴史GISとして利用される可能性も含んでいる。

#### 4. 土地利用・自然環境と人口

人口分布は、出生・死亡・移動などの直接的要因のみではなく、自然的・社会経済的条件などの間接的な要因にも影響される。特に土地利用と人口の地域的分布の関係については、都市計画学などの分野でいくつかの研究がなされている(大都市問題研究委員会, 1953; 浜田, 1977; 福地ほか, 1984)。既往研究の多くは、商業地や住宅地などの特定の土地利用用途と、人口規模や人口密度との関係を明らかにしてきたが、GISを援用して作業が効率化したことで、地形や植生といった自然地理学的な要素と人口との関係も明らかにされつつある。

Ryavec and Veregin(1998)は、中央チベットにおいて土地利用図での放牧地データとセンサスの人口データをGIS上でマッチングすることによって、耕地限界より高い地域と、それより低い人口が稠密な地域とでは放牧地の種類が異なることを明らかにした。またLin et al.(1999)は、6つのGISデータセットを用いて、東アジアと東南アジアの20の地域において地形と気候が人口に与える影響について分析した。その結果、一般的には標高や傾斜の値が大きくなるほど人口密度は低下するが、地域の気候によってその関係が変化することを指摘している。McCracken et al.(1999)は、GIS上で衛星画像データを用いて農家の土地利用形態を空間的に把握し、人口と森林減少との因果関係を明らかにした。わが国に関する研究では、青柳(1996)が仙台都市圏において3時点の植生図をGISによってオーバーレイすることで、市街地拡大プロセスのなかで、丘陵地の宅地化によってクリ・コナラ林が減少し、宅地の隣接地域ではスギの植林地化が進んでいることを明らかにしている。

## IV GISによる人口分析の応用

前章では、GISを援用することによって、人口に関する情報が得られなかった地域スケールや時代スケールにおいて、人口の推計やその地域的分布状況という新しい情報の抽出を目的とした研究を概観してきた。これらの研究は、いいかえればGISによって人口現象そのものを明らかにすることが目的である。しかしながら人口現象は、周知のように、都市計画学、交通工学、マーケティング、経済学、社会学などをはじめとして、様々な分野にとつての最も基礎的なデータのひとつであるため、GISを用いた人口分析の方法論や成果も、当然これらの分野に応用され得るものである。新しい店舗はどこに出店すれば最も高い利潤が得られるだろうか？ 保育所やごみステーションなどの公共施設の数や立地は、地域に対して適切だろうか？ 交通渋滞を解消するためにはどこからどこへ道路を建設することが効果的だろうか？ これらの問いに答えるための準備として、対象となる人口がどのように分布しているか、あるいは商圏人口はどのくらいか、通勤のネットワーク構造はどのようになっているかといった人口の空間的な分析が必要不可欠である。そこでここでは、GISを援用した人口分析の応用的な研究の例として、現在のところ、最もGISの導入が進んでいる分野である都市計画とマーケティングを取り上げて検討する。

### 1. 都市計画

都市計画の分野では、都市計画図や土地利用現況図などの地図を媒介とする表現が多いため、近年多くの自治体においてGISが導入されつつある。従来は計画の立案や意思決定のための基礎資料としてメッシュマップが利用されていたが、計画の合理性に耐えうるような情報を得るという意味では不十分であった(千歳, 1990)。一方、GISは都市計画において有効なツールになる可能性が大きい、その主な理由は2つあるように思われる。第1に、人口、道路、都市施設、土地利用計画、防災計画などの都市計画に関する様々な情報を空間をキーとしてGISによって一元的に管理することにより、業務の効率性が著しく向上する。第2に、都市の現状を把握したり都市化の動向などの将来予測をしたりする都市計画基礎調査に対して、GISによる分析が有用なデータを提供し、経済や社会の変化に対応した都市計画の策定が可能となる。実際、政令指定都市のほとんどで、都市計画基礎調査結果のGISデータ化がなされており、多くの都道府県及び市町村レベルでも、同様の作業がすでに実施されたり、実施が具体的に検討されている(大場, 1996)。

自治体レベルでの業務の効率化に関しては、横浜市の事例が先進的である(石黒, 1996)。横浜市では、国勢調査や商業統計、土地利用現況などをもとにした都市計画関連の各種主題図をデータベース化し、市民への情報提供システムを構築するとともに、全庁的なシステムとして部局間のデータの相互利用も進められている。その結果、例えば従来は都市計画部局と固定資産担当部局が個別に作成していた地図をデータベースとして共有することが可能となり、作図およびメンテナンスの作業が大幅に軽減されることになった。

GISを用いて計画の策定に対するデータを提供するための人口分析も、徐々に増えつつある。

福井(1996)は、GISのネットワーク分析機能を用いて標準地域メッシュ単位ごとに中心都市までの鉄道所要時間および最寄り駅までの所要時間を求め、これに地域メッシュ統計データをオーバーレイすることによって、首都圏における通勤時間圏ごとの人口を明らかにしている。さらに、国勢調査と事業所統計をもとにした昼間人口の分布や幹線道路密度などを空間的に把握することによって、都市インフラ整備のための情報も提供している。また、玉川(2000)は計画論的な視点から、GISを用いた土地利用と建物現況のミクロスケールの分析によって、東京都内における「人口安定地区」の特性を分析した。ここでは、地区内における独立住宅の延べ床面積の安定に起因する居住形態の多様性が、人口安定地区の共通項であることが明らかにされている。

また、人口分析と直接的には関係しないが、大場(1996)は市川市において、都市計画の妥当性や問題地区の抽出、交通量などの将来予測のための基礎データとして、GISを用いた建築物の密集度を町丁別に示しているほか、公共施設の立地評価や配置計画の視点から宮澤(1998)は時間地理学の概念を援用し、保育所へのアクセスが可能な地域を条件別に明らかにしている。これらの成果を人口データと重ね合わせることにより、都市計画に有用な情報を提供することができるだろう。

## 2. マーケティング

マーケティングにおいて、個々の店舗が消費者に商品を提供する範囲である商圈の特性を知ることは非常に重要である。特に戦略的な新規出店をする場合には、その地域の世帯数や、競合店数、道路交通量、最寄り駅の乗降客数、消費支出などを空間的に把握することが、その後の利益と直接的に関連してくる。平下(1996)によれば、これらのデータは自社拠点や他社拠点、その他の施設などからなる「ポイントデータ」、行政界や道路などからなる「地図データ」、人口や消費支出などからなる「統計データ」、各企業内の取引数や売上データからなる「インナーデータ」の4種類に区分される。実際にマーケティングにGISを援用して、これら様々なデータをオーバーレイすることで空間分析をおこなうことができる。その際、従来よりも大規模かつ詳細なデータを使用できることや、既存のデータから2次データを生成して迅速にデータベースへ加えられることが、GISの大きな利点である(橋本, 2001)。GISを使わずに紙の地図を使ってこれらの空間分析をやることは非常に困難な作業であり、できたとしても対象とされる範囲はきわめて限定されるだろう。また、当該地域に新たな住宅開発によって商圈人口が増えたような場合、人口の地域的分布やそれにもなう諸属性の変化に対してデータを逐次書き換えることは大変な作業であるが、GISによりデータを効率的に更新、蓄積していれば、それらの変化に対応した情報を速やかに得ることが可能になるだろう。

## V 人口分析におけるGISの意義と課題

ここまでは、1970年代以降の、GIS前史ともいべきメッシュデータによる人口の空間分析から

議論をはじめ、GISで人口分析をするための空間データ整備の問題、GISを実際に援用して人口分析をおこなった研究事例、さらにはGISを用いた人口分析の応用的な研究についてみてきた。それでは、人口分析にGISを用いることによって、従来の方法と比べてどのような進歩がみられたのであろうか。これについてさらに考察を加えてみたい。

上述した研究事例では、これまで人口に関する情報が得られなかった地域スケールや時代スケールにおいても、GISによって様々なデータ処理をすることで、人口推計や地域的分布についての新しい情報を得ることができた。これらの研究において、具体的にGISのどのような機能的側面が貢献しているのだろうか。高坂(2001)は、一般的な都市研究においてGISが伝統的方法に比べて進歩した側面について、豊富なデータの世界(data rich world)の実現、様々な空間統計手法や数理モデルの実現、容易な分析結果表示の実現という3点を指摘している。これを人口分析に当てはめたとすれば、次のようになるだろう。まずデータの側面では、正確な位置情報としてポイントデータを扱えるようになり、統計単位区以下のマイクロなスケールで詳細な人口分布が把握可能となった。また衛星画像データを取り込むことにより、国境を越えるようなスケールでの分析も可能となった。次に分析法やモデルの側面では、GISを援用することにより、異なる種類の空間データが含まれるレイヤーを重ね合わせるオーバーレイのような比較的単純な分析から、ネットワーク分析によって日常的な人口移動の構造を把握したり、時間地理学的モデルによって施設の最適立地を検討するといったような高度な分析まで実行することができる。さらに人口という現象を理解する際には、その空間分布の把握が重要であるため、分析結果が容易に地図として表示されるという側面も、GISによってもたらされた人口分析の進歩のひとつであろう。特に、人口は自然的条件など比較して変化の速度が大きいことから、データの更新・図示が容易に実行されることが重要である。これらの作業はアナログの分析でも不可能ではないが、GISを援用することにより作業の効率が飛躍的に向上するため、作業量の制約から研究者を解放することができる。

ここまでの議論ではGISの良い面ばかりを強調しすぎているかもしれない。実際には、GISを用いて人口分析をする際にクリアすべき課題もまだ多く残されている。例えばデータ整備については、「国土空間データ基盤」によって数値地図などの基礎的な空間データがインターネットから利用できるようになりつつあり、民間においても様々な電子空間データが提供されているものの、データが首都圏などに偏在しているために必要な地域の情報が得られなかったり、データがGISに直接インポートできる形式になっていないといった問題がある。またデータのフォーマットとともに座標系の変換が必要となる場合もあり、従来のデータ整備がGIS利用に対する障壁を低くしたとは必ずしもいえない。さらに、人口データを非集計データとして扱う場合には、プライバシーの保護という問題と常に対峙しなければならないし、それをポイントデータとしてGISに入力する場合には、依然として初期に投下する労働力や費用が非常に大きいものとなっている。このように、GISは人口分析にとってのあらゆる要請に答えてくれるような万能の道具ではない。しかし、従来のメッシュデータ分析などでは作業量の制約によってなしえなかった研究を容易にするという効用は、人口を扱う研究者にとって今後も無視することができないものとなるだろう。



なお、本稿で取り上げた文献の検索については、東京大学情報基盤センター図書館電子化部門の雑誌記事索引データベース(和文献)、および Swetscan データベース(洋文献)を使用した。また、一般図書については、東京大学オンライン蔵書目録データベース(OPAC)を使用した。本研究は、平成 12 年度厚生科学研究費補助金(政策科学推進研究事業・課題番号 H12-政策-014)による成果である。

## 注

- 1) <http://gaia.sk.tsukuba.ac.jp/~mura> および <http://gaia.sk.tsukuba.ac.jp/~mura/taisho> から利用可能。
- 2) <http://www.ritsumeai.ac.jp/kic/lt/geo/satlas/top/top.html> から利用可能。
- 3) <http://land.geo.tsukuba.ac.jp/teacher/murayama/history/malay/index-e.html> から利用可能。

## 参考文献

- 青柳光太郎 1996. 都市化に伴う土地利用変化—仙台都市圏におけるGISを用いた分析. 東北学院大学東北文化研究所紀要 28:85-96.
- 浅見泰司 1882. メッシュデータを用いたDID内外の人口分布変容の数量的分析. 都市計画 17:85-90.
- 荒井良雄・小池司朗 2000. 明治中期迅速図からのメッシュ人口推定—千葉県における推計作業(中間報告)一. 東京大学人文地理学研究 14:1-34.
- 石川義孝 2001. 人口地理学とGIS. 高坂宏行・村山祐司編『GIS—地理学への貢献』古今書院, 142-158.
- 石黒 徹 1996. GIS都市行政への展開:横浜市の都市計画情報システム. 高坂宏行・岡部篤行編『GISソースブック』古今書院, 240-250.
- 碓井照子・小長谷一之 1995. 阪神・淡路大震災における道路交通損傷の地域パターン. 地理学評論 68(9):621-633.
- 大場 亨 1993. 都市計画基礎調査の結果を用いた都市の分析と計画. 高坂宏行・岡部篤行編『GISソースブック』古今書院, 251-258.
- 大林千一 1996. 小地区人口統計. 高坂宏行・岡部篤行編『GISソースブック』古今書院, 62-64.
- 川上光彦 1988. 都市計画的ゾーニングと人口変動の関連に関する既存メッシュデータを用いた解析—金沢都市圏におけるケーススタディ. 都市計画論文集 23:67-72.
- 久保幸夫 1990. 地理情報の発展とメッシュデータ—海外の動向を中心として—. 地学雑誌 99(6):113-120.

- 高坂宏行 1999. 情報ネットワークによる空間データの提供. 地理誌叢 40(2):29-35.
- 高坂宏行 2001. GISの発展に向けて. 高坂宏行・村山祐司編『GIS—地理学への貢献』古今書院, 367-383.
- 柴崎亮介・巖 網林 1997. 地理情報システム(GIS)による都市空間の把握と分析. 都市問題 88(9):69-82.
- 関根智子 1996. GISを利用した生活環境評価システムの構築とその応用. 地理学評論 69(1):1-19.
- 田頭直人・岡部篤行 1997. ある密度以上の地区を抽出する場合における統計地区単位の面積の影響. GIS—理論と応用 5(1):11-18.
- 谷内 達 1992. 東京及びその周辺のメッシュ人口分布図の作成, 1883~1985 年. 東京大学教養学部人文科学科紀要 95:33-53.
- 谷内 達 1995. 東京大都市圏・京阪神大都市圏の都市人口分布図の作成, 1883~1985 年. 東京大学教養学部人文科学科紀要 101:99-118.
- 玉川英則 2000. 地域の「サステイナビリティ」に関する試論的考察—東京都内における人口安定地区とそのインプリケーション—. 総合都市研究 71:5-20.
- 千歳壽一 1990. 都市行政におけるメッシュマップの利用—東京都を例として—. 地学雑誌 99(6):92-97.
- 中村和郎・寄藤 昂・村山祐司編 1998. 『地理情報システムを学ぶ』古今書院.
- 中谷友樹 1999. DMSP/OLS Nighttime Stable Image による中国人口分布推定モデル. GIS学会 Virtual Conference.
- 橋本雄一 2001. 商業地理学とGIS. 高坂宏行・村山祐司編『GIS—地理学への貢献』古今書院, 159-176.
- 長谷部原・鈴木雅和 1997. GISによる江戸—東京都市化過程におけるオープンスペースの変遷分析. ランドスケープ研究 60(5):633-638.
- 浜田学昭 1977. 都市の人口規模と土地利用. 都市問題研究 29(8):51-66.
- 福井弘道 1996. GISを用いた都市・地域の解析. 高坂宏行・岡部篤行編『GISソースブック』古今書院, 336-345.
- 福地崇生・山口 誠・樺山資秀 1984. 大都市圏中心地域の人口動態・土地利用形態のマクロ的分析. 地域学研究 14:59-77.
- 松橋啓介・森口祐一 2000. 基本単位区別集計データを用いた沿道人口分布の詳細な推計. GIS—理論と応用 8(1):115-120.
- 宮澤 仁 1998a. 東京都中野区における保育所へのアクセス可能性に関する時空間制約の分析. 地理学評論 71:859-886.
- 村山祐司 1999. インターネットGIS—大正・昭和初期における国勢調査の地図表示システム. 筑波大学人文地理学研究 23:59-79.
- 村山祐司 2001. 地理学とGIS. 高坂宏行・村山祐司編『GIS—地理学への貢献』古今書院,

1-23.

- 村山祐司・尾野久二 1998. インターネットGISの開発—明治期地域統計を事例に. 筑波大学人文地理学研究 22:99-128.
- 谷貝 等 1989. 時間地理学のシミュレーション・モデル—私はどこへ行くことができるのだろうか?—. 地理 34(12):44-50.
- 楊井貴晴 1999. 国際統計展望 GIS及び電子地図のセンサスへの適用—国連の人口・住宅センサスに関する専門家会議の概要. 統計 50(9):58-61.
- 矢野桂司 1999. 『地理情報システムの世界—GISで何ができるか—』ニュートンプレス.
- 由井義通 2000. 東京都におけるひとり親世帯の住宅問題. 地理科学 55:77-98.
- 吉川 徹・島田良一 1993. 首都圏の細密数値情報土地利用データの標準地域メッシュシステムによる集計と図化. 総合都市研究 49:81-94.
- スプレイグ, D・後藤巖寛・守山 弘 2000. 迅速測図のGIS解析による明治初期の農村土地利用の分析. ランドスケープ研究 63(5):771-774.
- スービット, V・ダラスリ, D・ランブン, S・トンチャイ, S 春山成子訳 1994. リモートセンシングとGISを用いたタイ山岳民族の集落立地条件の解析. 地理 39(2):6-8.
- Al-Garni, A. M. 1995. Mathematical Predictive Models for Population Estimation in Urban Areas Using Space Products and GIS Technology. *Mathematical and Computer Modelling* 22(1): 95-108.
- Hui, L. 1998. Focus Issue—GIS in Spatial Population Analysis and Regional Economic Development. *International Journal of Geographical Information Science* 12(7): 649-650.
- Lin, Z., Oguchi, T. and Duan F. 1999. Topographic and Climatic Influences on Population and Soil in East to Southeast Asia: A GIS Approach. *Geographical Review of Japan* 72(2): 181-192.
- McCracken, S. D. et al. 1999. Remote Sensing and GIS at Farm Property Level: Demography and Deforestation in the Brazilian Amazon. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65(11): 1311-1320.
- Murayama, Y. 2000. Internet GIS for Malaysian Population Analysis. *Science Reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba Section A* 21: 131-146.
- Nakayama, M. 1998. DMSP/OLS Imagery to Estimate Population. *International Symposium on Resource and Environmental Monitoring, Budapest*: 1-4.
- Ryavec, K. E. and Veregin, H. 1998. Population and Rangelands in Central Tibet : A GIS-based Approach. *GeoJournal* 44(1): 61-72.
- Sutton, P. 1997. Modeling Population Density with Night-time Satellite Imagery and GIS. *Computers Environment and Urban Systems* 21(3): 227-244.
- Sweitzer, J. et al. 1996. Land Cover and Population Density in the Baltic Sea Drainage Basin: A GIS Database. *Ambio: a Journal of Human Environment Research and Management* 25(3): 191-198.

191-198.

Wu, F. and Webster, C. J. 2000. Simulating Artificial Cities in a GIS Environment: Urban Growth under Alternative Regulation Regimes. *International Journal of Geographical Information Science* 14(7): 625-648.