

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19510248

研究課題名(和文) 地理情報データに関する空間・時間変化量の解析

研究課題名(英文) Geographical Data Analyses by Using Space and Time Variables

研究代表者

梅川 通久 (UMEKAWA MICHIHISA)

京都大学・地域研究統合情報センター・研究員

研究者番号：80372548

研究成果の概要：

人口密度分布の各国規模のスケールでのメッシュデータを用い、人口密度ポテンシャルの概念を導入して、境界地問題として数値的に解析する技術の確立と、実際の適用を行った。特に日本、ベトナム、中国といった、特色のある人口密度分布が見られる国について計算した。この計算により、地理的にどういった地域が人を引き付けているのか、あるいは地域の持つ人口密度分布を決定する要素について、定性的な議論のみならず定量的な分析が可能となる基礎資料を提示することが出来た。また、人口動態論などでのモデルを確立する過程として議論されて来た問題を、非線形段階で定量的に取り扱うことが初めて可能となった。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：地域研究・地域研究

キーワード：地理情報システム(GIS)、地域研究、地域情報学、数値解析

## 1. 研究開始当初の背景

標高、植生など、様々な地理学的情報が、地図上に分布する形で存在する。本研究で取り扱う人口密度分布もそのひとつである。こうした地図上に分布する地理学的量が数値データの形で存在する場合、地理情報システム(GIS)などを用いると地図上で可視化して表示することが可能であり、様々な理解や研究の助けとなる。地理学的量が数値情報として存在する場合は、そういった直接表示するなどの単純な利用以外にも、分析や解析そ

の物を適切な理論に基づいて定量的に行える。それにより、新しい概念を導入することや、定性的に確からなかった諸問題について定量的な証をたてることにもつながり、様々な発展につなげることが出来る。

地理学的諸量の中でも人口密度分布は、人文地理や歴史をはじめとする様々な専門分野に深い関連をもつ量であり、本研究で行った様な数値解析結果の利用によりそこから新しい情報を引き出すことが出来れば、様々な比較や、分野を超えた総合的地域研究の為にも有用であると言える。

## 2. 研究の目的

以上のような現状を踏まえ、人口密度分布の数値データを用いて、ポテンシャルの概念を導入した地理情報データの解析を行った。

この研究は、2次元のポアソン方程式を数値的に解く事により、数値データとして与えられた地図上に分布するデータについてのポテンシャル解析を行う為の基礎的な技術を確立すること、確立した基礎的な技術によって、実際に国スケールの領域についての、人口密度ポテンシャルを計算し、その定量的解析から実際に人口密度に関する問題を分析することを目的とする。

人口密度分布は、1. で述べたように様々な分野と密接に関係をもつ量であり、本研究においてポテンシャル分布を数値的にもとめることにより求まる、土地が人口密度分布に対して与える影響の数値化は、それ自体が様々な社会的問題への提言の基礎資料として使えると同時に、多くの研究への基礎的な情報の提供や新たな研究手法の提示を行うという側面からも、重要である。

## 3. 研究の方法

### (1) 概要

研究は大きく、適切な人口密度分布情報の収集と計算に載せる為の情報の整理、基礎的な計算技術の確立、プログラム記述などの実際の作成、得た計算結果の定性的な分析の各段階を経て行われた。特に本研究においては、最終的解釈のほか、基礎技術の確立という観点から、初期段階での計算技術に関する考察やプログラム作成も、最終的に成果の一部としてまとめられる。

### (2) データ収集

地域研究や人文地理学などの各専門分において、人口密度分布に関する情報がどの様に公開されているか、形式、地域、データの解像度、著作権などの基本的な情報を収集し、本研究で実施する数値計算への適合性や、計算結果と分析結果の利用可能性について、事前に調査と分析を行った。

その結果、求められる結果とさせられる研究上の制限を考慮し、インターネット上で入手可能で教育・研究目的で自由な利用が可能なデータを利用することとした。

具体的には、アメリカ合衆国 Columbia University, Socioeconomic Data and Application Center (SEDAC) により収集公開されている、全世界を網羅した人口密度分布のグリッド形式による数値データを用い、特に日本、ベトナム、中国等のデータに関す

る分析を行った。SEDAC のデータを処理し、本研究で用いるプログラムで使用可能な形に整形した上で数値計算を実行した。

### (3) 数値計算

物理学の理論から、重力場や電場等はポテンシャルを用いて場の構造を記述出来る事がわかる。例えば重力場等については、重力ポテンシャルの空間的分布が求まれば、重力加速度の分布等の基本的な量を求める事が出来る。

本研究は、地理学的な量に適用した Poisson 方程式を解く事により行われた。一般に、微分方程式は解析的に解く事が出来ない。本研究においても数値的な方法を用い、有限差分化した方程式を実際の数値計算に適用した。アルゴリズムとして不完全コレスキー分解による前処理付共役勾配法である ICCG (Incomplete Cholesky decomposition - Conjugate Gradient) 法を用いて Poisson 方程式解法ルーチンを作成し、使用した。ルーチンは Fortran で作成し、Linux システム上の GNU Fortran90 コンパイラにより実行形式を得た。

本ルーチンによる計算の信頼性は、小規模連立1次方程式の例題を計算した結果正しい解が得られた事、及び本研究に用いられたモデルの計算結果から逆演算によって得られた値と元の人口密度値との比較を行い、元の値が0であったグリッドにおいて一致率の算出が不能であった場合を除き、すべてのグリッドで変数の精度一杯の同一性が得られた事の2点によって、十分である事を確認した。

## 4. 研究成果

### (1) モデル

日本、ベトナム、中国の3国についてそれぞれ計算し、特に重要な日本とベトナムについて、詳細を分析した。

人口密度分布データのグリッドの大きさは、緯度方向経度方向共 2.5' で、それぞれのモデルにおいて国土全体をカバーする範囲のデータを用いた。簡単の為に、数値計算ではこれらのデータを元に、2次元デカルト座標系、境界条件を0に固定、居住不可能地域での人口密度を居住可能地域と同等として値を0とする、各仮定を置いた。ベトナムのモデルにおいては、本来であれば隣接する地域の人口密度分布による効果が無視出来ないが、本研究では最も基礎的な情報を得る事が目的である為、周辺地域は人口0の扱いとし、その影響を無視した。

### (2) 結果

各モデルの計算結果を示す。全てのモデルについて、境界条件として固定された0が最

大値となり、それ以外のグリッドでのポテンシャルの値は全て負となる。従って、全体の構造は人口密度の高い地域に向かって谷が形成される様な形となる。ポテンシャルの最小値は、日本モデルでは-2,709,445、ベトナムモデルでは-638,060 となった。

図1に、日本モデルの人口密度分布を表す色分布、ポテンシャルを表す等高線、ポテンシャルの勾配から導かれた人口密度に対して働く仮想的な力に関する量の分布を表すベクトル場を示す。

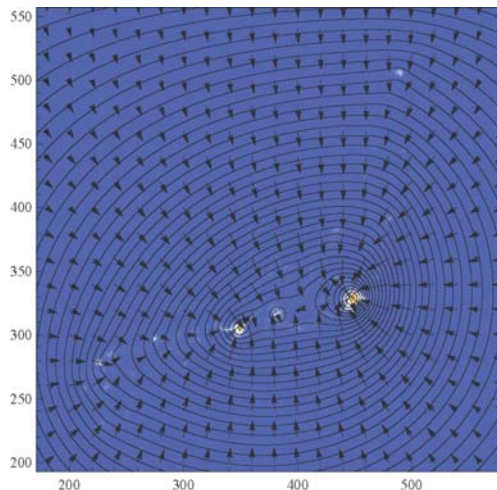


図1 日本モデルの結果

等高線は、ポテンシャル最小値までを40等分した値毎に引かれている。またベクトル場は、40グリッド分の長さが最大値を示す様に規格化されている。

図1から、東京、名古屋、大阪の3都市圏が、大きなひとつのポテンシャルの谷を形成している事がわかる。この事はこれらの都市圏の人口集中が日本において支配的である事を示している。人口密度分布のデータ等から直接そういった事を定性的に理解出来る事は明らかであるが、ポテンシャルを算出する事によって、人口の集中度合いその物を直接的に数値として論じる事が可能となった。

3都市圏による深いポテンシャルの谷の他、例えば福岡や札幌などに相当する小規模なポテンシャルの谷が存在する事が、等高線の構造からわかる。これらの小規模なポテンシャルの構造は、おそらくこれらの都市圏周辺のみモデルによる数値計算を実行した場合、本研究で見られる3都市圏での明らかな谷の構造が、それぞれの小都市圏において見られると考えられる。

3都市圏による深いポテンシャルの谷は、内部にそれぞれの都市圏による個別の構造を持つ。詳しく見る為、東京、名古屋、大阪周辺の拡大を、図2に示す。

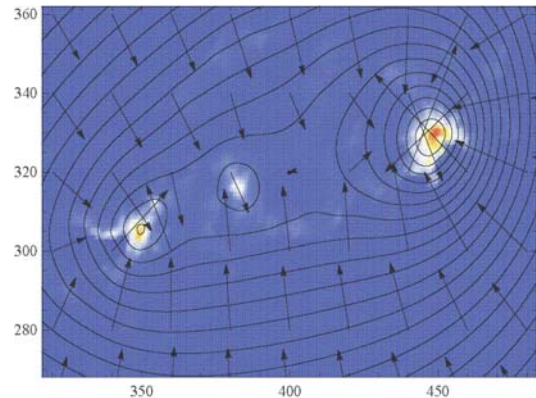


図2 東京名古屋大阪都市圏の拡大

3都市圏の中でも特に東京が突出して深い谷を形成している事がわかる。東京によるポテンシャルの谷は、大阪の約3倍、名古屋の約6倍の深さを持つ。また、ポテンシャルの勾配も東京付近が大きな値を示しており、人口密度に対して働く力が、名古屋、大阪と比較して大きい。この事から、各都市圏が人口を引き付ける力の大きさの違いが、単純な人口比から直感的に理解される物よりも実際にはもっと大きい事がわかる。

ベトナムモデルの計算結果を、図3に示す。ベトナムのポテンシャル分布では、実際の人口密度分布を反映したハノイ及びホーチミンの都市圏による2極構造が見られる。この構造自体は人口密度の分布から直接わかる事だが、ハノイ、ホーチミン間に見られる小規模都市圏のポテンシャル構造が比較的明確に見られる事が、大きなひとつの極に人口が集中する日本との対比において興味深い。都市圏の構造に関する国毎の特徴について、人口密度分布のポテンシャルを用いると比較的明確に捕らえる事が可能となる。

### (3) まとめ

本研究では、ポテンシャルの概念を人口密度分布に適用し、日本とベトナムのモデルについて、国のスケールでの人口密度分布の解析を行った。各モデルについて、求めたポテンシャルとポテンシャル分布の勾配から求められる人口密度への仮想的な力に関する量について、等高線とベクトル場の形で図示し、解析を行った。人口密度分布の各国モデルについての分析からは、都市圏への集中のパターンが各国毎の特色を持つ事が分かった。

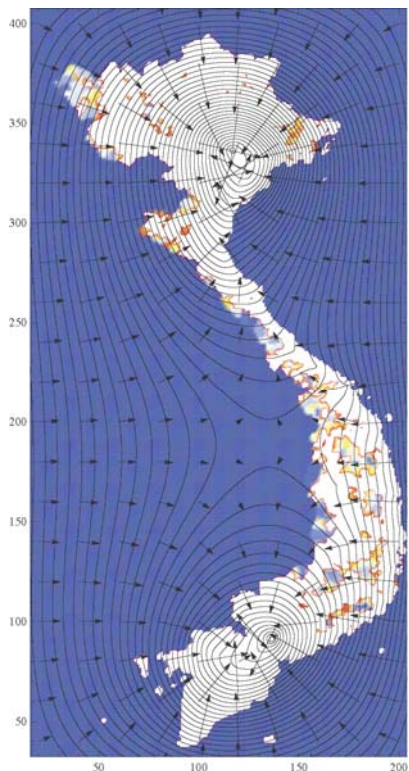


図3 ベトナムモデルの結果

日本のモデルでは、直感的理解と同様に、東京、大阪、名古屋の3都市圏が深いポテンシャルの谷を形成する地域となった。これにより、これらの地域の人口を引き付ける力が日本国内において突出している事を、直感的議論に依存せず数値で示す事が出来た。また都市等が人口を引き付ける力について、人口密度に対応したポテンシャルを導入する事により、本研究での議論の様にポテンシャルの深さの比較やポテンシャルの勾配から求まる仮想的な力を用いて、地域の魅力を表すとも言えるべき量について、直感的ではない定量的な議論を行う事が可能となった。

ベトナムのモデルでは、ホーチミンとハノイによる2極構造のポテンシャル分布が見られた。この様な2極間のポテンシャルの深さと距離との関係の分析は本研究では行っていないが、1極集中構造の日本では小規模な都市によるポテンシャルの構造が脆弱であるのに対して、2極構造のベトナムでは小規模都市に起因するポテンシャルの構造がある程度明瞭に形成されているという、地方都市圏に関するポテンシャル構造の異なる特色が見られた。ベトナムのモデルでのポテンシャル分布を考察する事により、日本における人口の1極集中問題を考察する上でのヒントが見出されるかもしれない。

ここまでの議論から、本研究で導入した人口密度に関するポテンシャルは「人口密度を引き付ける力」に関する量である事が理解された。この概念は、人口密度分布以外の地理学的な量に対しても、条件や仮定を置いた上で適用可能だと考えられる。例えば言語や特定の習慣の分布を当該人口の比率等として数値化し、本研究と同様の計算によってポテ

ンシャルを求めて定量解析を行うといった方法も興味深い。また、異なる種類の地理学的な量の地図上での分布に対してポテンシャルという共通の量を導入する事により、相関関係や複合した効果の定量的な分析へとつなげる事も期待される。さらに、本研究で行った人口密度分布に関する解析それ自体を進展させる事も重要であり、特に地形や交通等の情報を加えてより詳細な計算を行う事や、小さなスケールでの分析を行う事等が、今後の課題として挙げられる。

地理学的な量に対するポテンシャルの解析手法が、本研究で取り上げた人口密度分布に留まらず地理学的な量一般に適用可能であるならば、既存のGIS上で動作するルーチンやプラグイン等を開発する事により、本研究で人口密度分布に用いた物と同じ原理の定量的解析を、様々な量に対して比較的容易に適用可能となる。本研究では実際にプログラムを組み、全て明示的な計算を行ったが、例えばGIS上にプログラムをロードし、基となる地理学的データを読み込ませるだけで計算が自動的に実行され、その結果がレイヤーとして生成・表示される事が可能となれば、数値計算技術の有無とは無関係にユーザーが解析を実行する事が可能となり、応用の幅が広がると予想される。今後の研究では、そういったGISを用いた利用方法の開発や一般化に取り組む事も必要となるだろう。

## 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 4件)

① 梅川通久, 「ポテンシャルを用いた人口密度分布の解析」, 人文科学とコンピュータシンポジウム論文集, 査読有り, IPSJ Symposium Series Vol. 2008, No. 15, pp. 195-200, 2008年

② Michihisa Umekawa, "The Application of Physical Potential Theory to the Geographic Information Science -An Example to The Population Density-", Proceedings of the International Conference on GeoInformatics for Spatial-Infrastructure Development in Earth & Allied Sciences, 査読有り, JVGC Technical Document No. 4, pp. 403-408, 2008

③ 梅川通久, 荒木茂, 『地域研究画像データベース』を利用したフィールド写真の収集と公開」, アジア・アフリカ地域研究, 査読有り, Vol. 8(1), pp. 52-74, 2008年

④ 梅川通久, 「人文科学における GIS 利用の動向」, アジア遊学 113 地域情報学の創出, 査読有り, Vol. 113, pp. 196-203, 2008 年

[学会発表] (計 3 件)

① 梅川通久, 「人口密度分布に対するポテンシャル解析の適用」, 情報処理学会第 71 回全国大会, 2009 年 3 月 10 日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

② 梅川通久, 「「ポテンシャル」を用いた地理情報解析の試み」, 人文地理学会 2008 年度大会, 2008 年 11 月 9 日, 筑波大学

③ 梅川通久、荒木茂, 「ウェブベース汎用写真閲覧システムの構築と今後の展開」, 東京大学空間情報科学研究センター全国共同利用研究発表大会, 2007 年 11 月 1 日, 東京大学柏キャンパス

[その他]

ホームページ情報  
研究概要報告ウェブサイト  
[http://www.cias.kyoto-u.ac.jp/~umekawa/geo\\_analysis/](http://www.cias.kyoto-u.ac.jp/~umekawa/geo_analysis/)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

梅川 通久 (UMEKAWA MICHIHISA)  
京都大学・地域研究統合情報センター・研究員  
研究者番号: 80372548

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし