

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：32686

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K21578

研究課題名(和文)地理空間ビッグデータとスパコンを用いた高齢者の生活基盤評価

研究課題名(英文)Evaluation of the living infrastructure for the elderly using geographic spatial big data and supercomputing

研究代表者

大西 立顕(Ohnishi, Takaaki)

立教大学・人工知能科学研究科・教授

研究者番号：10376387

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,900,000円

研究成果の概要(和文)：マルチフラクタルの手法を用いて年齢階層別人口と店舗・施設の空間分布を解析し、マルチフラクタル性を持つ空間スケールを特定して、特異性指数と大域スペクトルにより空間分布の特徴を定量化した。各地域の医療施設の診療圏内の人口分布と施設数の変化を分析し、都市と地方の適切な診療圏距離を導出した上で、夜間人口と昼間人口の違いに着目して高齢者の医療困難リスクを推定した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人や店舗・施設の空間分布のマルチフラクタル解析は、空間的に高精度なデータを用いることではじめて実施可能となる分析であり、年齢階層・業種の属性情報を活用することで詳細な解析を行うことができた。地理空間ビッグデータを活用することで、高齢者の医療困難リスクの計測を実施し、高齢者の生活基盤の評価につながる成果が得られた。国内における労働人口減少と高齢化による医療・介護負担増の問題の解決に向けた医療施設の適切な配置を検討するための知見も得られた。

研究成果の概要(英文)：Using the multifractal method, we analyzed the spatial distribution of population and facilities by age group, identified spatial scales with multifractal characteristics, and quantified the spatial distribution features using singularity strength and spectrum. We analyzed the population distribution and facility changes within the medical service areas in each region, derived appropriate medical service area distances for urban and rural areas, and estimated the healthcare vulnerability of the elderly by focusing on the difference between nighttime and daytime populations.

研究分野：経済物理学

 キーワード：年齢階層別人口 電話帳 店舗・施設数 空間分布 マルチフラクタル 特異性指数 医療施設 COVID  
-19

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

人口減少や高齢化が深刻な地域では食料品・日用品店、医療・福祉施設、公共機関、交通機関の撤退や人手不足により、生活不安の増大、買い物難民や移動困難者の発生、生活インフラの維持管理の問題、防災力の低下が懸念されている。このような地域で暮らすことの多い高齢者は、生活基盤の悪化が年々深刻化してきている。本研究では、スパコンを駆使して時間的高頻度・空間的高精度な人・店舗に関する時系列地理空間ビッグデータを分析する。全国の高齢者一人一人について、買い物困難、生活困難、限界集落になる潜在的なリスクを定量的に計測し、高齢者の生活基盤をリアルタイムにエビデンスに基づいて評価することで政策提言を科学的に支援する。

### 2. 研究の目的

地理的な制約等に起因する移動困難者（交通手段を持たない高齢者）の発生は超高齢化社会における問題の一つである。日本の都市部と地方とでは、高齢者や生産年齢者の空間分布及び店舗・施設の空間分布が異なることが予想される。本研究では、地域ごとに年齢階層別の空間的な人口分布及び店舗・施設の空間分布を解析・比較することで、地理的な観点から高齢者の生活環境を捉える。国勢調査 100m メッシュ推計データや業種・緯度経度情報付き電話帳データなどを活用して、全国規模で人口や店舗・施設に関する時間的高頻度・空間的高精度な空間情報を分析する。小地域毎に年齢階層人口、世帯数、業種別店舗・施設数の時系列地理空間データを作成して解析することで、地理的な観点から生活環境を定量化を行い、高齢者が居住している地域の生活環境をエビデンスに基づいて評価する。

### 3. 研究の方法

(1) 海外の多くの都市と異なり、日本の多くの都市は周囲を海や山に囲まれており、平野が非常に狭く山岳地帯も多い。そのため、地形は複雑なフラクタル構造をしており、単純な理想的二次元平面とみなすことができない。人や店舗・施設は、そのようなフラクタル空間上に居住・立地しているため、日本の人口や店舗・施設の空間分布は非常に複雑なものになっている。マルチフラクタル解析は、空間的に非一様に密度分布する対象物の空間構造を定量化する解析手法である。人口の空間分布や道路や建物等の空間分布はマルチフラクタルという幾何学的特徴を近似的に持つことが先行研究で示されている。マルチフラクタルとは、各地点周辺のフラクタル次元が空間内で不均一となるような構造である。特異性の強さ（特異性指数）と呼ばれる局所的なフラクタル次元に対して、その特異性の強さをもつ部分のフラクタル次元（大域スペクトル）を対応させることで空間分布の特徴を表現する。年齢階層別人口の空間分布と店舗・施設の空間分布に対してマルチフラクタル解析を行った。都市空間のマルチフラクタル解析の専門家と議論を行い、助言を得ながら分析を進めた。

(2) 医療施設に注目した解析を行った。国内の各地域（都市部・地方部）の医療施設において、それぞれの診療圏内の年齢階級ごとの人口分布の変化と施設数の変化を観測した。2010年と2015年の国勢調査の人口データと、2011年以降の各年の電話帳データを用いて、地域毎の年齢階層別人口と医療施設数の変化について観測した。平日と休日の人口の違い、各医療施設の診療圏の大きさと高齢者人口の空間分布、診療科の違いに注目して地域毎の特徴について考察を行った。各年代の見込み患者の人口の相補累積分布関数を求めて特徴把握を行い、平日と休日の年代毎の違いを考察した。

(3) 年に数回更新され、大小限らず店舗・施設毎に業種や住所の情報が付与されている電話帳データを用いて、数ヶ月の時間解像度で市区町村やさらに小さな地域毎に店舗・施設数を推定する手法を開発した。観測された法人の倒産件数の推移が、東京商工リサーチや帝国データバンクが算出している結果とどの程度合致するか、これらの調査会社の調査が及ばない小さな店舗の倒産件数が電話帳データで推定できるかを調べた。開発手法を用いて店舗・施設数の増減の解析を行った。新型コロナウイルス感染症の流行前後の時期にも注目し、業種別に店舗・施設数の変化を観測して各地域毎に特徴を定量化することで、新型コロナウイルス感染症が各地域・業種に与えた影響を調べた。

### 4. 研究成果

(1) マルチフラクタルの手法を用いて年齢階層別に人口の空間分布を解析した。人口分布のデータとして平成 27 年国勢調査 100m メッシュ推計データを用いて分析を行った。このデータから約 100m のメッシュ内の各年齢階層の人口推計が観測できる。100m を最小単位として様々なメッシュの大きさで空間を分割し、メッシュ内の人口割合を確率測度として定義した。マルチフラクタル性が見られる空間スケールを検討し、そのスケールのもとで特異性の強さと大域スペクトルを算出した。様々な空間スケールで観測することでスケール領域と大域スペクトルを比較した。これにより、注目している地点が周辺エリアと比較してどのくらい密度が異なっている

るか、密集・過密（点在・過疎）の度合いはどの程度か、密集・過密している地点がどのくらい孤立（隣接）して分布しているかなどをスペクトルとして一般的かつ詳細に定量化することができた。首都圏においては、生産年齢層の人口分布の特異性指数は広い範囲の値をとり、人口が著しく密集した地点が存在しており、他の年齢層に比べて空間分布の非均一性が強いことが判明した。一方、高齢者の人口分布の特異性指数は狭い範囲の値をとり、他の年齢層に比べて人口密度の小さい領域の分布の仕方は均一的になっており、人口密度の大きい領域の地点数が少ないことを明らかにした。

(2) 人口や産業の集積過程において、店舗・施設の空間分布は人口の空間分布と相互作用しながら形成されていると考えられる。各業種に属する店舗・施設の空間分布についてもマルチフラクタル性が見られるかを評価し、マルチフラクタル解析により得られる特異性指数と大域スペクトルを用いて、業種ごとに店舗・施設の空間分布の特徴を調べた。店舗・施設の空間分布のデータとして全国版・業種情報付き電話帳データを用いて解析を行った結果、全39業種のうち、生活関連店や病院・福祉施設等の12業種において、店舗・施設空間分布にマルチフラクタル性が確認できることが分かった。空間分布の特異性指数や大域スペクトルを業種間で比較したところ、専門的な業種や商業色の強い業種では、店舗・施設が極めて集中して立地していることが示唆された。スケーリング則の先行研究においても、専門的な業種や商業色の強い業種の店舗・施設は人口の多い都市に集中する傾向があることが示されており、集積をマルチフラクタルの観点からみても矛盾しない結果が得られた。マルチフラクタル解析を用いることで、スケーリング則のように都市や自治体といった恣意的な空間領域の定義に依存することなく、各地点の人口や店舗・施設の集中度合いをデータ駆動の自然な形で考察することが可能となった。特異性指数や大域スペクトルから空間分布の特徴をどのように解釈できるかについて議論を行った。

(3) 高齢者の医療困難リスクを計測するために、日本国内の各地域の医療施設において診療圏内の年齢階級ごとの人口分布の変化と、施設数変化を調べた。2010年と2015年の国勢調査の人口データと、2011年以降の各年の電話帳データベースを使用し、地域毎の人口分布変化と医療施設数変化を定量化した。平日と休日の人口の違い、各医療施設の診療圏の大きさと高齢者人口分布、診療科の違い、都市部と地方の違いに注目して、全国規模で地域毎の特徴を抽出した。都市部について、各施設に高齢者が通うことを想定し、診療圏を徒歩圏である半径1km円と仮定した上で診療所半径1km圏内の人口分布について年代別に可視化を行った結果、70歳代の高齢者は平日と休日における診療所1km圏内の人口分布に大きな差がなく、他の年齢層と異なる傾向を持つことがわかった。都心部に一定数の高齢者が存在することやコロナ渦で都心部の平日の総人口が減少したことを想定すると、全体的に見込み患者数が減少する一方で高齢者は同様の比率では減少しないため、高齢者への配慮の重要性を明らかにした。

(4) 国勢調査の人口データで夜間人口を、モバイル空間統計データで昼間人口を、電話帳データベースで店舗・施設数を推定することで日本全国の各医療施設の診療圏内の人口分布を解析した。各都道府県ごとに診療所が担当する領域（診療圏）を調べた。都心部では半径1kmの診療圏内の見込み患者の把握が経営に大きく影響するとされている。都市と地方の生活環境の違いを考慮した適切な診療圏距離を導出するために、各メッシュあたりの診療所数を把握して、全診療所の診療圏での人口カバー率の計算を行った。都心部の各診療所の半径1km圏内の人口カバー率が95%であることを用いて地方の診療圏を推定した結果、例えば東北地方では車社会であることを反映して半径15km程度になることを明らかにした。都心の診療圏内の年齢階層別の人口分布を観測した結果、夜間人口はどの年齢層も指数分布に従うが、昼間人口は就労世代はベキ分布、70代以上は指数分布に従うことを明らかにした。夜間人口は風邪などの対応や高齢者や小児の医療を想定した診療圏内人口、昼間人口は成人病などの慢性疾患を想定した診療圏内人口に対応しており、集患対象に応じて潜在的な患者数が大きく異なることが確認できた。

(5) 数ヶ月毎に更新される電話帳データを用いて全国規模で店舗・施設数を解析した。データは2018年9月から2021年5月までの12時点、各時点約500万レコードあり、業種は大分類で25、小分類で322に分類されている。データのレコード数は年々減少傾向にあり、電話帳に登録されていない店舗・施設も存在することを考慮して、店舗・施設数の変動率を業種間で比較することで分析を行った。データのバイアスを減らすため、分析期間中に業種の分類コードが変更になった一部の業種、データの更新頻度が極端に少ない一部の都道府県は分析から除外した。新型コロナウイルス感染症の発生前後における店舗・施設数の変動を解析した結果、旅行代理店やカラオケなどの娯楽を提供する店舗・施設は発生後に一部の県で大きく減少し、特に茨城県、大阪府、兵庫県で減少幅が大きく、栃木県では比較的減少幅が小さいことを明らかにした。飲食店・旅行関連の店舗・施設は、東京都や大阪府など都市部での減少が特に顕著であることも分かった。東京都と大阪府において美容・ファッション関連のサービス業、その他のサービス業に關係した店舗・施設は大きく減少していたが、暮らし関連のサービス業に關係した店舗・施設はそれほど減少していなかったことも明らかにした。これらが高齢者の生活基盤に与える影響についても考察を行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Saito Saki, Ito Mariko I., Ohnishi Takaaki	4. 巻 16
2. 論文標題 Fluctuations in the Number of Stores by Industry During the COVID-19 Pandemic Based on Japanese Phone Book Entries	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Review of Socionetwork Strategies	6. 最初と最後の頁 545-557
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12626-022-00120-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Mariko I. Ito, Takaaki Ohnishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Fractal Patterns in Spatial Distribution of Population by Age Group	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 arXiv:2005.03935	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 伊藤毅, 伊藤真利子, 大西立顕	4. 巻 4
2. 論文標題 医療施設の診療圏内の年齢階級別人口分布とその時空間変化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会 第83回全国大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 447-448
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 伊藤毅, 大西立顕, 伊藤真利子
2. 発表標題 国勢調査とモバイル空間統計を用いた診療所の診療圏内の人口分布の推定
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤紗季, 伊藤真利子, 大西立顕
2. 発表標題 電話帳データを用いたコロナ禍における全国の業種別店舗数の変動
3. 学会等名 2021年度 CIGS経済・社会との分野横断的研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤紗季, 伊藤真利子, 大西立顕
2. 発表標題 コロナ禍における電話帳データの登録店舗数の都道府県別変動調査
3. 学会等名 情報処理学会 第84回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 齋藤紗季, 伊藤真利子, 大西立顕
2. 発表標題 電話帳データを用いた新型コロナウイルスの影響による店舗数の変化の把握
3. 学会等名 第26回進化経済学会京都大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤真利子, 大西立顕
2. 発表標題 年齢階層別人口の空間分布に対するマルチフラクタル解析
3. 学会等名 第24回進化経済学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mariko Ito and Takaaki Ohnishi
2. 発表標題 Multifractal statistics for characterizing two-dimensional spatial distribution of population and stores/facilities
3. 学会等名 12th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics (CMStatistics 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤真利子, 大西立頭
2. 発表標題 人口及び商業施設分布のマルチフラクタル解析
3. 学会等名 Data-driven Mathematical Sciences: 経済物理学とその周辺 2019年度第2回研究会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------