

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：34428

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04727

研究課題名(和文) 都市の縮減を想定した低・未利用な空間の広域的な計測手法の開発

研究課題名(英文) Measuring low-used and unused spaces aimed at introducing smarter city shrinkage

研究代表者

熊谷 樹一郎 (Kumagai, Kiichiro)

摂南大学・理工学部・教授

研究者番号：00319790

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：我が国では、急速な人口減少、高齢化社会の到来を迎えており、人口を活動の拠点となる区域に誘導・集約させる政策が推し進められている。一方、拠点と期待されている領域とその周辺では、空き家・空き店舗・空き地などの低・未利用な空間が散在する傾向にあり、継続的な観測・状況把握が必要となる。しかし、空き家・空き地などは市街地内に混在しており、その拡がりを見測する方法に課題があった。本研究では空き家分布の広域推定の観点から機械学習の一つであるランダムフォレストの適用を検討し、推定精度向上を達成するとともに、開発した局所人口分布の空間分析法の観点からは低・未利用空間の拡大する地区を抽出可能となることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発・採用している空き家分布推定法では、地方行政の日常的な業務から生成されるデータのみを使用し、かつ、現地調査の省力化も図ることが可能であり、効率的な観測・状況把握を可能とするものである。局所人口分布の空間分析はまったく新しい発想に基づいた手法であり、世界に先んじて急速な人口減少、高齢化社会を迎える我が国から発信された先駆的、革新的な分析アプローチとなる。

研究成果の概要(英文)：In Japan, population decline is one of the important issues that need to be tackled in socioeconomic fields. Firstly, we examine the applicability of Random Forest to the vacant house estimation method for the improvement of estimation accuracy. The application of Random Forest seems to contribute to obtaining high and stable estimation accuracy. Secondly, we apply an analysis method composed of a spatial autocorrelation analysis to the local population data and the local household-size data generated through the 1995 and 2015 national census, and detect their spatial dynamics. We newly define an index regarding the size of an area where lower local mean sizes of households are distributed in urbanized areas, in addition to the spatial local-population index defined previously. It is shown that the local population dynamics are described by the combination of the variations of the 2 indices between 1995 and 2015.

研究分野：地理空間情報を適用した都市解析

キーワード：低・未利用空間 空間的自己相関分析 空き家 人口分布

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我が国では、世界に先駆けて急速な人口減少、高齢化社会の到来を迎えており、国土交通省は集約したまちづくり(コンパクト・プラス・ネットワーク)を実現すべく、都市再生特別措置法および地域公共交通活性化再生法などを2014年に改正し、誘導区域などの設定によって中長期的にそれぞれの「極」に人口を誘導・集約させる方針を示している。

設定された誘導区域の境界付近や市街化調整区域などでは市街地の荒廃に対する慎重な対応が必要となる。特に、耕作放棄地、管理放棄された森林のみならず、市街地内の空き家・空き店舗・空き地を加えた低・未利用な空間は、都市の集約化の進展を検証する上でも重要な対象となる。一方で、その拡がりについては、人口集中地区(DID)の面積と人口密度を求め、時間的な変化を比較することが一般的であった。具体的な用途に着目した例では、市街地内の駐車場・空き地の総面積を計算し、併せて1区間あたりの平均面積を調査した上で、都心・郊外での違いを明らかにしたものがある。広域的な観点では、人口分布の郊外への偏りを表現した指標を用いて、市町村単位での特性を明らかにした例が見られる。しかし、誘導区域の内・外などで生じる低・未利用な空間とは、空き地などが市街地内に混在している状況にあることが通常であり、その拡がりをいかに定義し、把握していくかといった課題があった。低・未利用な状態がどこに、どの程度存在し、どのように変化しているかといった情報を空間的な測度として表すことができれば、より効果的な都市の縮減(Smarter City Shrinkage)を目指す集約化の施策決定を具体的に支援することが期待できる。

研究代表者は、これまで広域的な観点からオープンスペースなどの分布状態を把握する手法を開発してきた。特に、空間的な拡がりの観点から分布の連なりを抽出する手法について独自の手法を開発してきており、市街化の進んだ地域であっても希少なオープンスペースの空間的連なりが存在することを明らかにした。開発手法を予備的に応用したところ、人口の集中する地区に含まれていても、局所人口が多い箇所や少ない箇所がランダムに分布する範囲が縮小したり、拡大したりする地区があることが確認されており、都心であっても低・未利用な状態の変化に多様性のあることがわかっている。

人口減少期を迎えた現在では、いかに効果的な都市の縮減を図るかといった点が課題である。今後の都市の縮減については、都市の郊外化と、政策としての誘導の結果とが混在した状態で進んでいく。このような複雑な都市の縮減過程は従来には見られなかったものであり、その状態を表す測度の開発が望まれる。一方、都市の縮減を対象とした測度として、何をどのように扱うかといった課題がある。都市の拡大期では市街地や人口集中地区(DID)の面積などで拡がりを測ることが可能であったが、縮減期には市街地であっても空洞化や人口密度の低下などの都市のスポンジ化が起こるとともに、その周辺では空き地・駐車場・耕作放棄地など多様な状態が生じる。このような既に都市化されたなかで発生する低・未利用な空間の拡がりをどのように測定していくかが課題となっている。

2. 研究の目的

本研究は、都市の集約過程で必要となる土地利用の転換施策、誘導策の策定における意思決定を支援することを最終目標とした上で、オープンスペースの広域分布に対する空間分析手法を応用し、地理空間情報の活用によって顕在的側面と潜在的側面の両面から都市の縮減を対象とした計測手法を開発する。具体的には以下の2点のとおりである。

(1)都市縮減の潜在的な要素として空き家を取り上げ、開発してきた空間的な分布推定法の精度向上を図ることによって広域的な分布状態を定量的に表す。

(2)都市構造の顕在的な要素として局所人口を取り上げ、低密に分布する空間範囲を計測する手法を開発し、都市が郊外化・スポンジ化した空間スケールを解析する。

3. 研究の方法

(1)空き家を対象とした空間的な分布推定法の精度向上について

対象領域・対象データの選定

対象領域として、現地調査などのこれまでの実績のある寝屋川市全域を選定した。寝屋川市の協力の下で入手した水道栓の開閉データ、固定資産台帳データ、さらに、国勢調査・基本単位区データを採用した。また、寝屋川市内の特徴的な小地区を対象に、空き家の現地調査を実施し、広域推定における基準データを整備した。

ランダムフォレストを適用した空き家推定精度の検証

本研究では、空き家分布の推定方法の精度向上を目指し、新たな手法の適用を検討した。近年になって利用可能なデータ量が増加するとともにコンピューターの処理能力も向上し、機械学習・深層学習などを適用した分析法が一般的、かつ、実用的になってきた。そこで、これまで用いられてきた順序ロジットモデルと、新たに導入したランダムフォレストを空き家推定モデル

に適用し、その適用効果を比較・検証した。

図1に結果の一例を示す。図1では、横軸に現地調査の結果内での推定結果と整合性を表す Producer's accuracy, 縦軸には推定され

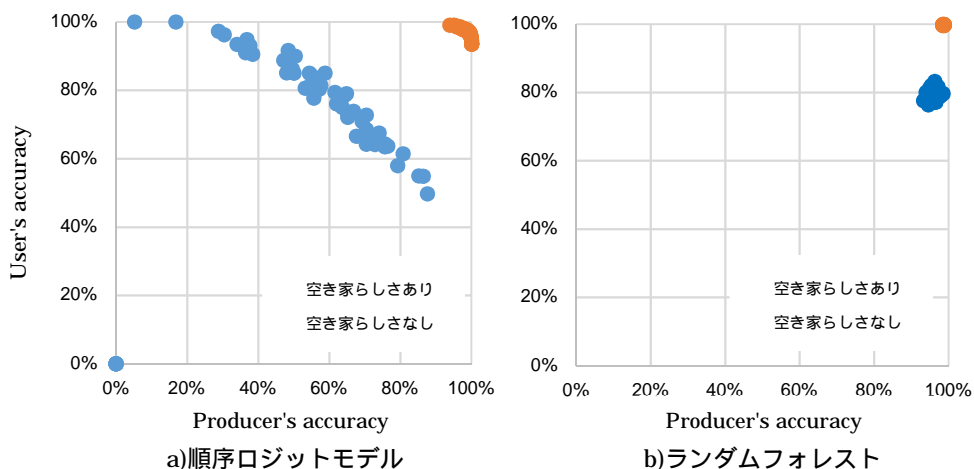


図1 空き家推定結果の例

た結果内での現地調査結果と整合性を表す User's accuracy を示しており、従来から使用されてきた順序ロジットモデルでの推定結果と、ランダムフォレストでの推定結果とがプロットされている。

「空き家らしさなし」の判定については両モデルとも高い推定精度が得られていることがわかる。一方で、「空き家らしさあり」の判定では、順序ロジットモデルでの推定精度にはばらつきが見られるものの、ランダムフォレストでは安定して高い推定精度が得られていることがわかる。検証の結果、ランダムフォレストでの判別結果は、使用したデータの組み合わせや、基準データの違いに依存せず、高い推定精度が得られることが判明している。

(2) 局所人口の分布を対象とした低密な空間スケールの分析について

対象領域・対象データの選定

対象領域としては大阪府と香川県を取り上げた。都市の郊外化、スポンジ化を低密な空間範囲の変動から抽出することを目指し、国勢調査で得られた基本単位区別集計を用いて局所人口データと、世帯人員データを整備した。

局所人口と世帯人員との低密な範囲の分析

図2は、これまで開発してきた手法を応用した低密な範囲の抽出概念である。空間的自己相関分析手法の一つである G 統計量を応用したものであり、局所人口を適用した場合の地点 i あたりの低密な範囲を示す d_n の大きさを ASP (Ambiguity of Spatial scale in densely Populated area: 高人口集積内空間不確定量) と定義するとともに、世帯人員データを適用した場合の d_n を ASH (Ambiguity of Spatial scale in a higher local size of Households: 高世帯人員集積内空間不確定量) と定義した。この適用方法をすべての地点で実施し、面的な分析結果を得ている。

ASP と ASH を比較したところ、1960 年代後半から 1970 年代にかけて、増加する人口に対応するために開発された集合住宅の広く分布する箇所で大きな値を示すことが確認できた。近年、このような集合住宅では、間取りなどが現代の生活に合わないなどの理由から次の世代が離れていく傾向にあることが指摘されている。

一方で、これらの低密な範囲は土地の利用状態に依存することも確認されている。したがって、その時間変動に着目すれば、局所人口、あるいは世帯人員の空間的な変動が現れることになる。大阪府・香川県では人口は減少しているにもかかわらず世帯数は増加しており、その結果として世帯人員が減少していることもわかっている。そこで本研究では、図2内の(a)~(d)の矢印で示さ

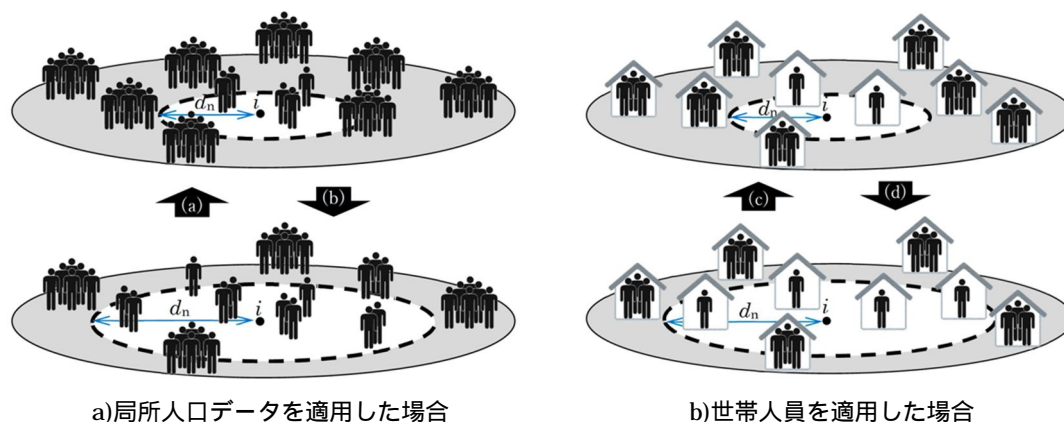


図2 低密な空間スケールとその変動の抽出

れたような変動に着目し、これらを同時に分析することを通じて図 3 のようにマッピングする方法を提案した。

図 3 は、大阪府で分析結果を一例として取り上げたものであり、ASH と ASP の 4 つの変動の組み合わせを表したものである。凡例の色分けに基に、1995 年から 2015 年までの空間変動がマッピングされている。凡例のように ASP および ASH の局所的な空間変動の組み合わせが色相と彩度に換算したグラデーションで表現されている。

灰色の部分は両指標ともわずかな変動を表しており、図 3 の対象領域内の広い範囲に分布していることがわかる。一方、対象領域の南部はさまざまな色で表示されている。また、ASH のわずかな増加を意味する薄紫色のエリアは、小さなパッチ状に広く点在していることもわかる。

凡例の第 3 象限に当たる変動がまとまって現れた箇所を取り上げ、詳細に調査したところ、1960 年代後半にニュータウンとして開発された住宅団地に位置するケースが判明している。この地域では 2016 年から住宅再生事業に基づく大規模な建て替えが行われていることが確認されている。

また、高齢化率との比較や、高齢者の同居する世帯数の増加率などとの関連性についても分析した。その結果、局所人口や世帯人員の低密な範囲が同時増加する場合には、高齢化率が高くなる傾向があり、特に高齢者との同居する世帯数の増加率がより高くなることになった。

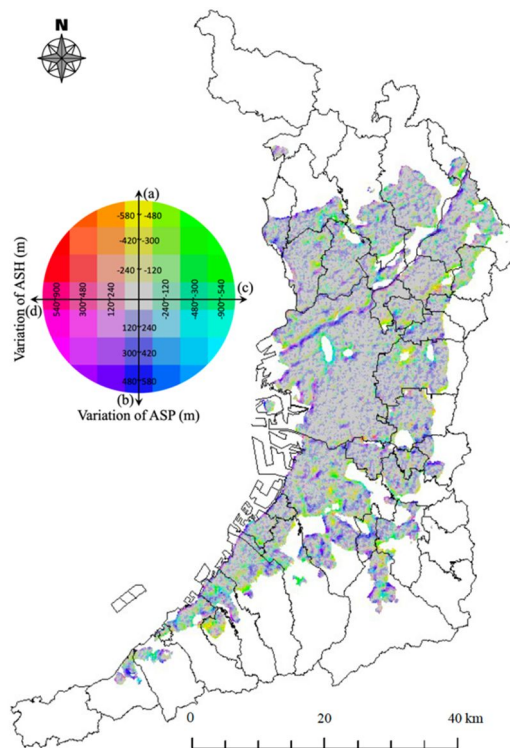


図 3 局所人口と世帯人員との低密な範囲の空間変動

4. 研究成果

(1) 空き家を対象とした空間的な分布推定法の精度向上について

空き家分布の推定方法の精度向上を目指し、新たな手法としてランダムフォレストの適用を検討した。これまで用いられてきた順序ロジットモデルでの結果と比較したところ、新たに導入したランダムフォレストに基づく空き家推定モデルでは「空き家らしさあり」の判定において安定して高い推定精度が得られていることがわかった。検証の結果、ランダムフォレストでの判別結果は、使用するデータの組み合わせや、基準データの違いに依存せず、高い推定精度が得られることが判明した。

(2) 局所人口の分布を対象とした低密な空間スケールの分析について

空間的自己相関分析手法の一つである G 統計量を応用し、局所人口の低密な空間スケールを規定する ASP を開発した。さらに、世帯人員の適用から得られる ASH も新たに定義し、それらの組み合わせによって低密な空間範囲の変動を図化する手法を提案した。提案手法の適用の結果、人口・世帯人員ともに低密な範囲が広がる地区が抽出された。特に規模の大きな箇所では、1960 年代後半に開発されたニュータウンなども含まれており、今後の人口分布の空間変動のモニタリングに対しても適用が可能となることが示唆された。また、低密な範囲の広がる領域とそこの高齢化とを比較したところ、高齢化率が上昇し、高齢者世帯数が増化する傾向が確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kumagai K., Tsukamoto S., Tokoi H., Wada M.	4. 巻 V-4-2022
2. 論文標題 SPATIAL VARIATION ANALYSIS OF LOCAL POPULATION DATA AND LOCAL HOUSEHOLD-SIZE DATA FOR URBAN MANAGEMENT IN A DECLINING POPULATION	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 283 ~ 291
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5194/isprs-annals-V-4-2022-283-2022	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 該当する

1. 著者名 床井晴香, 熊谷樹一郎	4. 巻 31
2. 論文標題 土地利用計画制度の変更に伴った人口分布の空間変動について	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 B3_6_1, B3_6_4
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 -

1. 著者名 森本裕真, 熊谷樹一郎	4. 巻 2022
2. 論文標題 空き家現地調査を対象とした空撮画像の適用可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本写真測量学会令和5年度秋季学術講演会発表論文集	6. 最初と最後の頁 31-34
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 -

1. 著者名 金子渉平, 熊谷樹一郎	4. 巻 31
2. 論文標題 時間的な変動を加味したオープンスペースと地価との地理的加重回帰分析の試み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地理情報システム学会講演論文集	6. 最初と最後の頁 D3_1_1, D3_1_4
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 -

1. 著者名 Kiichiro Kumagai and Yuki Kameda	4. 巻 V-4-2021
2. 論文標題 Detection of the spatial variations of local populations from the viewpoint of urban structure analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences	6. 最初と最後の頁 177, 185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/isprs-annals-V-4-2021-177-2021	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 塚本真太郎, 熊谷樹一郎	4. 巻 2021
2. 論文標題 市街地の開発形態に着目した人口分布の空間的分析の試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本写真測量学会令和3年度秋季学術講演会発表論文集	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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田祐希, 熊谷樹一郎	4. 巻 2020
2. 論文標題 局所人口の分布状態を対象とした空間分析方法について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本写真測量学会令和2年度年次学術講演会発表論文集	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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀田祐希, 熊谷樹一郎	4. 巻 54
2. 論文標題 地方都市と中心都市における局所人口分布の変遷の比較	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木情報学シンポジウム講演集	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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 金子渉平, 熊谷樹一郎
2. 発表標題 地理的・時間的加重回帰モデルを用いたオープンスペースと地価との関連性分析の試み
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森本裕真, 金子渉平, 熊谷樹一郎
2. 発表標題 深層学習を適用した空き家現地調査方法の改善の試み
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kiiichiro Kumagai, Shintaro Tsukamoto, Haruka Tokoi, and Miyuki Wada
2. 発表標題 Spatial variation analysis of local population data and local household-size data for urban management in a declining population
3. 学会等名 The XXIVth ISPRS Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 床井晴香, 塚本真太郎, 熊谷樹一郎
2. 発表標題 局所的な人口と世帯人員の分布に着目した空間分析の応用
3. 学会等名 令和4年度土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塚本真太郎, 熊谷樹一郎
2. 発表標題 用途地域に着目した低密度な人口分布の空間的な広がりに関する分析
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kichiro Kumagai, Yuki Kameda
2. 発表標題 Detection of the spatial variations of local populations from the viewpoint of urban structure analysis
3. 学会等名 The XXIVth ISPRS Congress (国際学会)
4. 発表年 2021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
---------	---------