

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：34428

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14324

研究課題名（和文）高グラニュラリティ・データセットに基づいた都市構造のモニタリング

研究課題名（英文）Monitoring of urban structure on the basis of high granularity data set

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） 1,400,000 円

研究成果の概要（和文）：急激な少子高齢化の到来する我が国において、都市構造そのものが変化しようとしている。多極ネットワーク型コンパクトシティの形成を目標として、長期的な誘導によって人口を集約させる方針も示されており、その推移の把握には長い期間にわたった都市構造のモニタリングが必要である。本研究では、広域的で、かつ、より高い頻度、より高い空間解像度で取得されたデータの活用が望まれていることに注目した上で、都市の空洞化などの一指標として空き家率を取り上げ、複数年にわたった現地調査結果を基に水道栓の閉栓状況や築年数、人口密度の変遷などのデータを階層型順序ロジットモデルに導入することで広域的な空き家率の推定モデルを構築した。

研究成果の概要（英文）：Monitoring of urban structure is required against the declining birth rate and population aging. The distributions of housing vacancy are expected to be one of the indicators of monitoring urban structure. However, there are many discussions on the time and labor problems in the field survey and the method of identifying vacant houses. In this study, the field survey of vacant houses was conducted. We also applied to the hierarchical Bayesian ordered logit model by using the field survey results, the water hydrant data, the fixed assets data and the building data. The accuracy of the detection of vacant houses was discussed.

研究分野：土木計画，空間情報学

キーワード：都市構造 階層ベイズモデル 順序ロジットモデル 水道栓情報 築年数

1. 研究開始当初の背景

世界的に見て急激な少子高齢化の到来する我が国において、都市構造そのものが変化しようとしている。これに対して、多極ネットワーク型コンパクトシティを目指すことが国によって提唱されており、平成26年の都市再生特別措置法等の改正などでその促進が図られようとしている。そこでは、長期的な誘導によってそれぞれの「極」に人口を集約させる方針が示されており、長い期間にわたった都市構造のモニタリングの必要性とともに、生活利便性、健康福祉、安全・安心、地域経済、行政運営、エネルギー/低炭素といった面からの評価指標の例が示されている。

その一方で、例示された評価指標を得るためのデータは国勢調査の結果や国土数値情報などであり、更新頻度は5年程度であることが多い。また、土地統計調査では層別抽出法などを適用し、サンプリングによる推定値が空き家率などのデータとして用いられている。今後急激な進捗が予測されている少子高齢化の状態を都市構造の面からモニタリングしていくには、広域的で、かつ、より高い頻度、より高い空間解像度で取得されたデータの活用が必要となる。

我々はこれまで、市の協力の下で水道栓のデータを活用し、市民の居住状態を全域的に分析する方法を検討してきた。その結果、水道栓の開栓年数や人口変動などを共に適用することによって、住戸単位で市民の居住状態が抽出できることが確認され、都市構造の一端を表す空き家分布の広域的なモニタリングが可能となることが判明している。

つまり、水道、電気、ガスといったユーティリティのデータを活用する方法が確立できれば、生活の実態に基づいたデータが全域的・高頻度・高解像度で取得可能となり、安全・安心、地域経済、エネルギー/低炭素といった複数の面で都市構造の評価指標を提供できると期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は次の2点である。

- ・都市構造のモニタリングの観点から、ユーティリティデータの特性を明らかにする。
- ・ユーティリティデータの適用から都市構造の評価指標の提供に資するモニタリング手法を導く。

3. 研究の方法

(1)現地調査方法の標準化

現地調査の結果は、開発する推定法の推定精度を左右する重要なデータに位置づけられる。その一方で、空き家の定義そのものがない面があり、複数名での現地調査となると調査結果にばらつきが生じやすくなる傾向がある。さらに、行政からも着実な調査が求められているものの、調査の標準的な手順を示したものはなく、混乱を来している

のが現状である。

そこで本研究では、まず予備調査を実施した上で、調査時に着眼すべき内容を抽出・整理し、調査項目の標準化を試みた。実際には図1のような調査シートに調査項目を整理し、現地調査に携帯することによって調査結果を記録することとした。また、現地調査の手順としては、閉栓水道栓が属する建物を「参照建物」と定義し、調査ルートを決める際の起点・通過点・終点のキーとしてこれらを採用する方法を取りまとめた。行政の保有するユーティリティデータを活用した実用的な手順を標準化したことになる。

該当建物番号		調査項目	チェック欄
A1	売り・賃貸物件(不動産の看板・旗など)となっている		
A2	表札が取り外されている(戸建のみ限る)		
A3	カーテンがない		
A4	電気メータが動いていない・存在しない		
A5	ガスメータが止まっている		
A6	水道栓が閉栓している札が掛けられている		
A7	周辺住民が空き家と認識している		
B1	郵便物が溜まっている・郵便受けの口にテープが貼ってある		
B2	庭の荒れ具合(雑草で道が隠れている・通り道にクモの巣があるなど)		
B3	窓・雨戸が完全に閉まっている		

備考欄

図1 空き家現地調査における調査シート

(2)調査方法

代表的な小地区内で空き家分布を把握するために現地調査を行った。地区特性の異なる密集住宅地区、中心市街地区、郊外住宅地区、国道沿道地区、歴史的地区の5地区11町丁目を選定し、現地調査の対象とした。なお、事前に協力いただいた市から対象地区内の自治会へ協力要請いただき、地元の理解を得ている。調査期間は2016年6月1日~7月14日と2017年7月11日~2017年8月2日の2期にわたり、平日の10時~17時の間で調査を実施した。調査を円滑に行うために、建物データと併せて2016年の調査では水道栓開閉データ(2016年6月現在)、2017年の調査では水道栓開閉データ(2017年6月現在)とを用いた。「閉栓」・「開栓でも2カ月間以上使用されていない」水道栓を含む建物を抽出した上で、それらを参考にしながら小地区内を悉皆調査した。なお、「空き家でない」という条件として「住民が在宅している」、「洗濯物が干されている」、「室外機が稼働している」などの非空き家である条件も設定し、これらに該当しない建物に対して調査項目ごとに確認した。集合住宅については、目視によって特定できる範囲で部屋ごとの確認を実施している。

(3)ベイズ統計を応用したモデル化

本研究では、空き家である確率を求める手法としてベイズ統計に着目した。ベイズ統計とは、ある条件の下での確率(事後確率)を求める手法であり、今回であれば空き家に関連する種々のデータが示す条件の下での空き家率を求めていくアプローチとなる。ここでは、2016年と2017年に実施した現地調査の結果とを併せて採用することで、2期連続

空き家，2017 年のみで空き家，2016 年のみで空き家，非空き家の 4 種類を扱う場合と 2 期連続空き家，非空き家の 2 種類を扱う場合のそれぞれで順序のある選択肢を設定することに注目し，「階層ベイズモデル」を取り入れることによって複雑な統計モデルに対応した階層型の順序ロジットモデルを採用した。順序ロジットモデルとは，推定対象が順序のある複数の選択肢のうち，いずれに属するかを説明変数から判別するモデルであり，2 箇年の現地調査より与えられた「空き家らしさ」の度合いを順序として反映させたことになる。

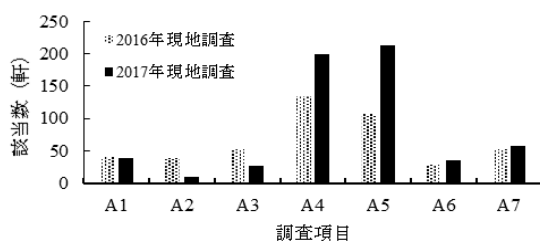
#### (4) 使用データの整備

使用データとしてはゼンリンによる ZMAP TOWN の 2015 年の建物データ（以下，建物データとする），2016 年の家屋台帳データより築年数データ，2016 年と 2017 年の 2 期にわたる水道栓の開閉データ（以下，水道栓データとする），総務省統計局による 1995 年・2000 年・2005 年・2010 年・2015 年の国勢調査の人口データ，国土交通省国土政策局による国土数値情報の用途地域データを採用した。

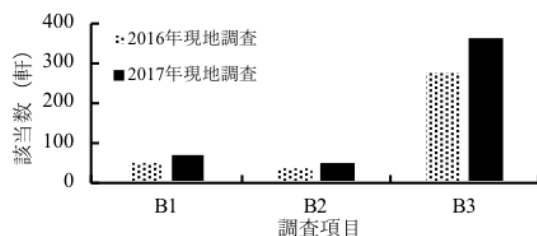
### 4. 研究成果

#### (1) 現地調査結果

現地調査の対象となる地区内の建物数 5244 軒の内，2016 年の調査では 318 軒，2017 年の調査では 392 軒が 1 つ以上の調査項目に合致した。2 期にわたる調査項目に該当した結果を図 2 に示す。横軸には各調査項目，縦軸には該当する建物の軒数を割り当てた。図 2 (a) より 2 期の調査とともに，A4：（電気メータが動いていない・存在しない）と A5：（ガスメータが止まっている）の項目が他の項目に比べて高い頻度を示した。一方で，図 2 (b) より B3：（窓・雨戸が完全に閉まっている）の項目も高い頻度である。調査を実施した時



(a) 現地調査項目(A 類)



(b) 現地調査項目(B 類)

図 2 現地調査結果

間帯は夏季の 10 時～17 時であり，高い割合で他の項目と同時に抽出されていることを確認している。

#### (2) 空き家の定義

本研究で扱う空き家の定義は以下のとおりとした。実施した現地調査結果において空き家という状態に直接的な関連性のある項目の A 類に 1 つ以上該当する場合と間接的な関連性のある項目の B 類における B2：（庭が荒れている）の項目に該当する場合とを空き家と設定した。なお，現地調査において集合住宅については，目視によって特定できる範囲で部屋ごとの確認を行ったが，確認できた範囲が少数であった。その中でも特に文化住宅における複数の空き部屋を確認したことから，文化住宅に属する水道栓が使用されていない住戸についても空き家と定義した。

#### (3) ユーティリティデータなどの特性分析

図 3 はユーティリティデータとして採用した水道栓の開栓年数ごとに現地調査で空き家と判定された割合（空き家率）を示したものである。空き家率にはばらつきがあり，水道栓が開栓されていても必ずしも空き家であるとは限らないことがわかる。また，閉栓年数による空き家率の変化にも顕著な傾向は見られない。一般的な調査では，水道栓の開栓・閉栓の状態のみをもって空き家と判定しているケースが多いが，図 3 ではそのままであると空き家の見落としが多くなる可能性を示唆している。

図 4 は家屋台帳データより抽出した建物の築年数ごとの空き家率をまとめた結果である。築年数が大きくなると空き家率が徐々に増加している傾向が確認できる。老朽化した建物では空き家が多くなる傾向と解釈することができるが，空き家率そのものは最大でも 20% 程度であり，築年数は空き家を説明づける一つの要素であることが確認できる。

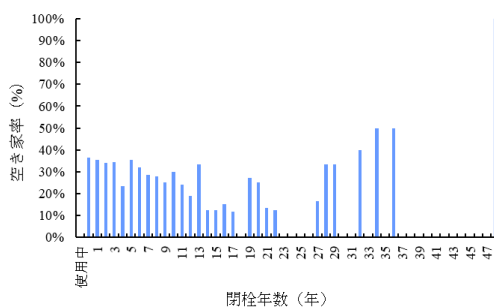


図 3 水道栓変遷年数と空き家率との関係

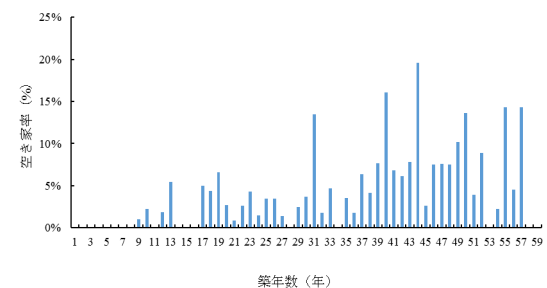


図 4 築年数と空き家率との関係

#### (4) 検討ケースの設定

本研究では、空き家を説明づける要素として、複数の情報を採用した。まず、建物の属性を表す情報として築年数、建築面積、建物あたりの水道栓個数、水道栓の閉栓日数、水道栓の利用状態、人口密度の変動(1995年から2000年、2000年から2005年、2005年から2010年および2010年から2015年)をデータとして整備した上で採用した。さらに、建物の差を表す情報として、戸建て、長屋、文化住宅といった建物タイプ、家屋台帳データから得た建物の構造、建物の種類を使用した。また、建物の存在する地域の差も加味することを目的として、住宅地や商業地などの土地の使い方が分類された用途地域の情報も導入している。

検討ケースとしては、建物の属性を表す情報は全て採用するとともに、建物の差と地域の差を表す情報を全く使用しない場合、1つのみを使用する場合、2つを使用する場合、3つを使用する場合、全てを使用する場合を想定し、それらの全ての組み合わせから16の検討ケースを設定した。

#### (5) 分析結果

判別した結果と現地調査結果とを比較し、結果をエラーマトリクスで整理した。4種類の順序を扱う場合と2種類を扱う場合とで代表的なケースを取り上げ、表3にそれらの推定精度を示した。対角要素が1.0に近ければ現地調査結果と判別結果とが一致して割合が高いことを表す。

目的変数を4種類で扱った場合の結果において、表3(a)の用途地域と建物の構造との組み合わせのケースでは2期連続空き家、非空き家の一致率が88%を上回る結果が確認された。一方で、表3(a)と表3(b)の建物タイプ・建物の構造・建物の種類を組み合わせたケースとで見られるように、2017年のみ空き家と2016年のみ空き家については他のすべてのケースを通じて0%~15%程度の低い値を示した。これは、本研究のモデルが短期間での空き家状態の変化を十分に表現できないことを示唆した結果といえる。

目的変数を2種類で扱った場合の結果では、表3(c)の建物の構造と建物の種類とを考慮したケースと表3(d)の用途地域と建物の構造とを考慮したケースより、検討ケースや採用する要素の組み合わせによって空き家の推定精度が0~85%とばらつきがみられたものの、順序ロジットモデルの適用を通じて推定精度が向上する傾向が確認された。特に、検討したケースなかでも建物の構造と建物の種類を考慮したケースにおける結果では、空き家の推定精度が85%を上回るとともに、非空き家の推定精度においても95%以上を示しており、本研究で検討したケースの中で最も安定した結果であることが示唆された。

今後、集約化都市構造への転換が進められていく中で、立地適正化計画などにに基づき

種々の誘導策が講じられていくが、その効果の中長期的にモニタリングことが必要不可欠である。その一方で、モニタリングにかかる費用と時間の問題は避けて通れない現状にある。本研究のアプローチでは、地方自治体の通常の活動で蓄積される水道栓の管理情報や固定資産管理の情報、国が定期的を実施し、公開している調査結果を採用しており、モニタリングの継続性といった面でも寄与できる。今後は、判別精度のさらなる向上や分析モデルの改善などが望まれる。

表1 判別結果

(a) 用途地域と建物の構造を採用したケース

		現地調査結果			
		2期連続空き家	2017年空き家	2016年空き家	非空き家
順序ロジットモデル	2期連続空き家	0.889	0.532	0.475	0.110
	2017年空き家	0.000	0.000	0.000	0.000
	2016年空き家	0.000	0.000	0.000	0.000
	非空き家	0.111	0.468	0.525	0.890

(b) 建物タイプと建物の構造・種類を採用したケース

		現地調査結果			
		2期連続空き家	2017年空き家	2016年空き家	非空き家
順序ロジットモデル	2期連続空き家	0.754	0.340	0.125	0.008
	2017年空き家	0.108	0.096	0.100	0.025
	2016年空き家	0.008	0.019	0.150	0.024
	非空き家	0.131	0.545	0.625	0.943

(c) 建物の構造と建物の種類を採用したケース

		現地調査結果	
		空き家	非空き家
順序ロジットモデル	空き家	0.854	0.041
	非空き家	0.146	0.959

(d) 用途地域と建物の構造を採用したケース

		現地調査結果	
		空き家	非空き家
順序ロジットモデル	空き家	0.000	0.000
	非空き家	1.000	1.000

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4件)

小野裕基, 熊谷樹一郎, 植松恒, 山本純平: 都市構造のモニタリングを目的とした空き家推定モデル構築の試み, 日本写真測量学会平成30年度年次学術講演会発表論文集, 査読無し, 2018年, pp.77-80.

小野裕基, 植松恒, 熊谷樹一郎: 都市構造のモニタリングを目的とした空き家分布の広域推定モデルについて, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.26, 査読無し, 2017年, pp.F4\_4\_1 - F4\_4\_4.

Kiichiro Kumagai, Yuka Matsuda, and Yuki Ono: Estimation of Housing Vacancy Distributions: Basic Bayesian Approach Using Utility Data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XLI-B2, 査読無し, 2016, pp.709-713.

小野裕基, 松田優花, 植松恒, 熊谷樹一郎:

現地調査情報の分析を通じた空き家分布の広域推定方法の検討，地理情報システム学会講演論文集，Vo.25，査読無し，2016年，pp.D5\_4\_1 - D5\_4\_4.

[学会発表](計 3件)

熊谷樹一郎：統計モデリングを応用した空き家分布の広域推定の試み，平成 29 年度土木学会全国大会第 72 回年次学術講演会，2017 年

熊谷樹一郎：都市構造の分析を前提とした空き家広域推定に関する基礎的検討，平成 28 年度土木学会関西支部年次学術講演会，2016 年

熊谷樹一郎：ユーティリティデータを適用した空き家分布の広域推定の試み，平成 28 年度土木学会全国大会第 71 回年次学術講演会，2016 年

## 6. 研究組織

### (1) 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

### (2) 研究協力者

植松 恒 (UEMATSU, Hitoshi)

松田 優花 (MATSUDA, Yuka)

小野 裕基 (ONO, Yuki)