

(71) 低未利用空間のモニタリングを目的とした 空き家推定モデルの構築

熊谷 樹一郎¹・植松 恒²・山本 純平³

¹正会員 摂南大学教授 理工学部都市環境工学科 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8)

E-mail: kumagai@civ.setsunan.ac.jp

²正会員 京都市教育委員会 事務局 (〒604-8161 京都市中京区烏丸通三条下ル饅頭屋町595 - 3)

³学生員 摂南大学大学院 理工学研究科社会開発工学専攻 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町17-8)

我が国では少子高齢化社会の到来を迎えており、コンパクト・プラス・ネットワークの方針の下で都市構造を変化させようとしている。その結果、誘導施策による人口流出・都市機能移転が進む一方で、郊外にむけた都市化は依然として進行しつつあり、都心部・郊外部での低未利用空間の増加が危惧されている。低未利用空間の状態を表す一指標として空き家率があるが、都市全体を対象とするには調査に多大な労力と時間を要することが指摘されており、今後必要となる中長期的なモニタリングに採用するには課題があった。そこで本研究では、地方自治体が定期的に取得・更新する情報に着目し、ベイズ統計に基づいた空き家推定モデルの構築を試みた。現地調査結果との比較から、本モデルの適用により85%以上の推定精度が得られることが明らかとなった。

Key Words : *urban structure, vacancy, low usage spaces, hierarchical Bayesian ordered logit model, water hydrant*

1. はじめに

我が国では少子高齢化社会の到来を迎えており、立地適正化計画や地域公共交通網形成計画などの立案を通じて都市構造そのものを変化させようとしている。中長期間にわたった変化が対象となることから広域的、面的なモニタリング手法の導入の必要性が指摘されている。立地適正化計画では、居住や都市機能を誘導する区域を定め、一定の人口密度が保たれた中で市民が歩いて暮らせるようなまちの実現を目指している。その一方で、誘導によって人口流出や都市機能の移転が生じ、区域の周辺では空き家・空き地などの低未利用の空間が増加する可能性が指摘されている。また、誘導施策が整備されてきてはいるものの、都市化が郊外に拡散する傾向は依然として続いており、都市の内部において空き地・空き家等の空間が小さな敷地単位で相当程度の分量で発生する「都市のスポンジ化」と呼ばれる現象も発生する恐れがある。いずれも低未利用な空間がどのような分布となっているかを把握することが重視されてきているといえる。

低未利用の空間を表す一つの指標として、空き家率が

ある。空き家そのものは、近年増加の傾向に歯止めがかからず、2013年で13.5%を示す状況であり¹⁾、「空家等対策の推進に関する特別措置法」の制定により、著しく老朽化し、災害時での倒壊などの危険性の高い建物を「特定空家等」とした上で、強制代執行を可能とするなどの法整備が進められている。一方、建物の老朽化の如何に関わらず広域的な空き家分布の把握が可能となれば、立地適正化計画での都市機能・居住の誘導の効果を検証することが可能となるとともに「都市のスポンジ化」をモニタリングすることもできる。しかし、現地調査の実施する範囲が広域にわたる場合、「特定空家等」を含めた全般的な空き家を調査するには多大な時間と労力を要することが指摘されており、中長期的なモニタリングを実施するには課題があった。

そこで、本研究では地方自治体が定期的に取得・更新する情報を適用した空き家推定モデルの構築を試みた。市の協力の下で実データを提案モデルに適用し、推定精度の検証を実施した。さらに、研究対象とした市で実施された空き家に関する実態調査の結果を採用し、提案した推定モデルでの結果との比較の考え方を整理した。

2. 対象領域および対象データの選定

対象領域は大阪府寝屋川市全域とした。この地域には、住宅市街地総合整備事業の対象となる密集住宅地区があり、防災上の観点から老朽化した建物について対策が議論されてきた経緯がある。使用するデータとしてZMAP TOWNⅡ（ゼンリン）の2015年の建物データ（以下、建物データと呼ぶ）を採用し、市から提供を受けた2016年の家屋台帳より築年数、建物の構造、建物の種類を整備した。同様に提供を受けた2016年と2017年の2期における水道栓の開閉データ（以下、水道栓データと呼ぶ）、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。ここでは各々のデータから建物あたりの水道栓密度、建築面積、築年数、水道栓の開閉している日数、各期間での人口密度の増減などを水道栓単位で格納している。

3. 現地調査

(1) 現地調査の方法と手順

対象領域内の代表的な小地区を選定し、現地調査から得られた空き家の特性を基に全域を推定することとした。密集住宅地区、中心市街地区、郊外住宅地区、国道沿道地区、歴史的地区といった特徴の異なる5地区11町丁目目を小地区として選定している。事前に寝屋川市から対象地区内の自治会へ協力要請いただき、調査に対する地元の理解を得た。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期であり、平日の10時～17時の間で調査を実施した。具体的な手順としては、建物データと併せて、それぞれの調査期間直前の水道栓データ（2016年6月現在および2017年6月現在）を採用し、「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。

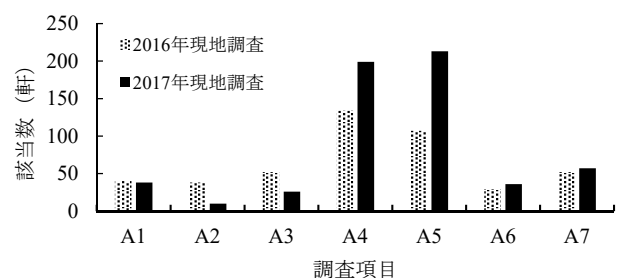
現地調査に先立ち、国土交通省の「空家調査の手引き」を参考に予備調査を実施し、表-1のような調査項目を整理した。調査項目は2種類に分けられており、A類（A1～A7）については空き家という状態に直接的な関連性のある項目、B類（B1～B3）には間接的な関連性のある項目を設定した。なお、「空き家でない」という条件として「住民が在宅している」、「洗濯物が干されている」、「室外機が稼働している」などの非空き家である条件も設定し、これらに該当しない建物に対して調査項目に沿って確認した。集合住宅については、目視によって特定できる範囲で部屋ごとの確認を実施している。

表-1 現地調査項目

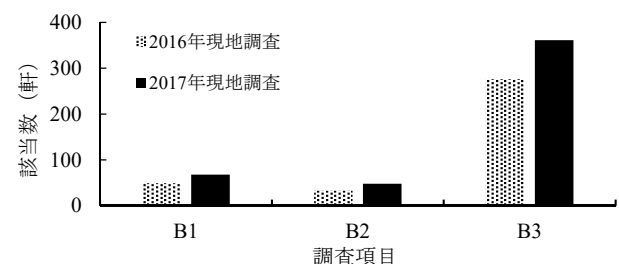
調査項目	チェック欄
A1 売り・賃貸物件（不動産の看板・旗など）となっている	
A2 表札が取り外されている（戸建のみ限る）	
A3 カーテンがない	
A4 電気メータが動いていない・存在しない	
A5 ガスメータが止まっている	
A6 水道栓が閉栓している札が掛けられている	
A7 周辺住民が空き家と認識している	
B1 郵便物が溜まっている・郵便受けの口にテープが張ってある	
B2 庭の荒れ具合（雑草で道が隠れている・通り道にクモの巣があるなど）	
B3 窓・雨戸が完全に閉まっている	

(2) 調査結果

小地区内の建物数 5,244 軒の内、2016 年の調査では 31 8 軒、2017 年の調査では 392 軒が 1 つ以上の調査項目の状況と一致した。各調査項目に該当した頻度（軒数）を図-1 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-1 (a) より 2 期の調査ともに、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-1 (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。調査を実施した時間帯は夏季の 10 時～17 時であるものの、起こりやすい事象であった可能性がある。次に、他の調査項目と同時に抽出された割合を調査した。表-2 に 2016 年および 2017 年の結果を示す。表-2 では、各行の項目で抽出された総数を分母とした上で、各列の調査項目と同時に抽出された件数を分子とした割合を整理している。対角要素はそれぞれが単独で抽出された割合である。



(a) 現地調査項目（A類）



(b) 現地調査項目（B類）

図-1 現地調査結果

表-2 調査項目が同時に抽出された割合

(a) 2016年

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3
A1	0.100	0.100	0.350	0.625	0.550	0.150	0.075	0.125	0.050	0.825
A2	0.105	0.132	0.553	0.632	0.526	0.105	0.211	0.316	0.079	0.842
A3	0.269	0.404	0.077	0.692	0.481	0.096	0.212	0.192	0.038	0.885
A4	0.187	0.179	0.269	0.194	0.560	0.097	0.164	0.164	0.067	0.843
A5	0.206	0.187	0.234	0.701	0.178	0.112	0.075	0.215	0.084	0.860
A6	0.207	0.138	0.172	0.448	0.414	0.172	0.172	0.172	0.103	0.828
A7	0.058	0.154	0.212	0.423	0.154	0.096	0.404	0.250	0.135	0.942
B1	0.102	0.245	0.204	0.449	0.469	0.102	0.265	0.327	0.122	0.714
B2	0.061	0.091	0.061	0.273	0.273	0.091	0.212	0.182	0.394	0.879
B3	0.120	0.116	0.167	0.409	0.333	0.087	0.178	0.127	0.105	0.243

(b) 2017年

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3
A1	0.158	0.026	0.237	0.658	0.711	0.237	0.184	0.316	0.026	0.868
A2	0.100	0.200	0.000	0.500	0.700	0.400	0.200	0.000	0.300	1.000
A3	0.346	0.000	0.077	0.846	0.769	0.115	0.115	0.346	0.115	0.923
A4	0.126	0.025	0.111	0.191	0.724	0.131	0.131	0.211	0.075	0.930
A5	0.127	0.033	0.094	0.676	0.258	0.127	0.127	0.207	0.089	0.939
A6	0.250	0.111	0.083	0.722	0.750	0.000	0.139	0.333	0.028	0.861
A7	0.123	0.035	0.053	0.456	0.474	0.088	0.351	0.228	0.298	0.895
B1	0.176	0.000	0.132	0.618	0.647	0.176	0.191	0.294	0.191	0.926
B2	0.021	0.063	0.063	0.313	0.396	0.021	0.354	0.271	0.354	0.917
B3	0.091	0.028	0.066	0.512	0.554	0.086	0.141	0.175	0.122	0.294

割合  低 高

表-2 では、抽出される頻度の高い電気メータやガスメータに関する項目（A4 および A5）において、他の項目と同時に抽出される割合が高くなっていることが確認できる。同様に抽出頻度の高かった B3 の項目はいずれの項目とも同時に抽出される割合が非常に高い。その一方で、A6:（水道栓）や B2:（庭の荒れ具合）については、2 期間でややばらつきがあるものの、他の項目と同時に抽出される割合が低い傾向にある。特に B2 は、空き家と間接的に関連のある項目と設定したにも関わらず、独立して抽出されるケースも多い。

そこで本研究では、空き家という状態に直接的な関連性のある A 類の項目に 1 つ以上該当する場合、または間接的な関連性のある項目の B2 に該当する場合を空き家と定義し、推定モデルの構築に採用することとした。

4. 空き家の推定モデルの構築

(1) 空き家推定モデル

本研究では、空き家を推定す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である確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 区分を扱う場合と「2 期連続空き家」、「非空き家」の 2 区

分を扱う場合のそれぞれで順序のある選択枝を設定した。さらに、「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枝のうち、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。

目的変数 k において順序のある選択枝が K 種類ある場合、推定値 p' は式 (1) のように決定されるとする。

$$P(k|p', c) = \begin{cases} 1 - \text{logit}^{-1}(p' - c_1) & k = 1 \\ \text{logit}^{-1}(p' - c_{k-1}) - \text{logit}^{-1}(p' - c_k) & 1 < k < K \\ \text{logit}^{-1}(p' - c_{K-1}) - 0 & k = K \end{cases} \quad (1)$$

c は p' を分類する閾値を示している。 p' は空き家の推定値であり、検討するケースに応じて式 (2) のような線形予測子より p' を算出する。

$$p' = b + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_M x_M + \gamma_1 + \cdots + \gamma_Z \quad (2)$$

b, β, γ, c については、MCMC 法の適用から事後分布を求め、事後確率最大推定値（MAP 値）を各変数のパラメータとして選定した上で、推定値の判別を行った。

(2) 推定精度の検証

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、水道栓の開閉日数、水道栓の利用状態（開栓・閉栓）、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。

表-3 に検討したケースごとのデータの組み合わせ一覧を示す。建物の立地する地点の属性を表す情報は全てのケースで共通に採用するとともに、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 つのみ使用する場合、2 つ使用する場合、3 つ使用する場合、全て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。

図-2 に 4 区分での判別結果を示す。図-2 のグラフは現

表-3 採用したデータの組み合わせ

説明変数	検討ケース番号															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
地点の特性	築年数 [年]	(全変数を採用)														
	建築面積 [m ²]															
	水道栓密度 [栓]															
	水道栓の開栓日数 [日]															
	水道栓の利用状態															
	1995年-2000年の人口密度の変動 [人/m ²]															
	2000年-2005年の人口密度の変動 [人/m ²]															
建物・地域の差	2005年-2010年の人口密度の変動 [人/m ²]															
	2010年-2015年の人口密度の変動 [人/m ²]															
	建物タイプ															
	用途地域															
	建物の構造															
	建物の種類															

※○印は変数として採用されたことを意味する。

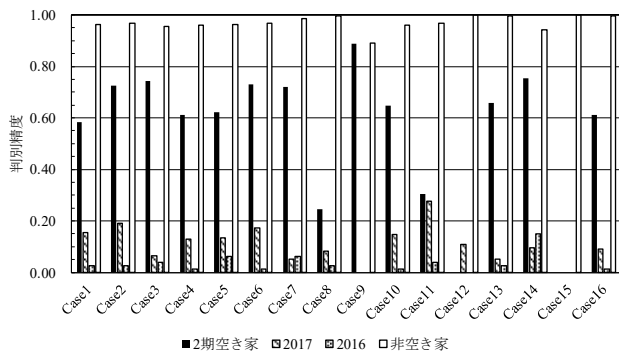


図-2 判別精度 (4区分)

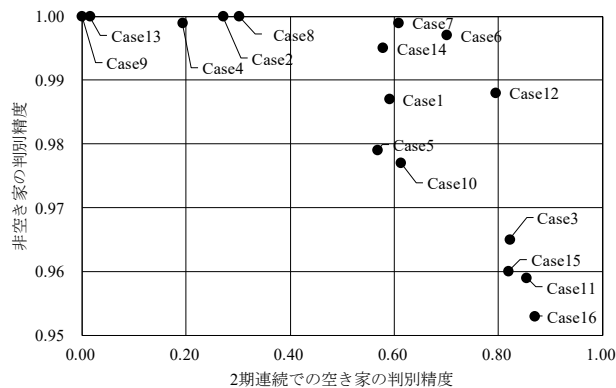


図-3 判別精度 (2区分)

地調査結果とモデルでの推定結果とが一致する割合を示しており、1.00に近づくほど一致率が高いことを意味する。図-2では用途地域と建物の構造との組み合わせのCase9で「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、すべてのケースにおいて「2017年のみ空き家」と「2016年のみ空き家」については0%~25%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。

図-3では2区分での判別精度を2軸で表した。図-3からは「非空き家」の判別精度が95%以上であるものの、「2期連続での空き家」についてはケースによってばらつきが大きいことがわかる。一方で、建物の構造と建物

の種類を考慮したCase11では、「2期連続で空き家」の推定精度が85%を上回ることが確認でき、順序ロジットモデルの適用効果が現れた結果が示された。

(3) 実態調査の結果との比較

対象領域とした寝屋川市では、2017年度に「空き家等・老朽危険建築物等対策計画」を策定した¹⁾。これは「空き家等対策の推進に関する特別措置法」に規定された計画であり、市において空き家等に関する対策を総合的かつ計画的に実施するものである。本計画を策定するなかで、市内の実態調査も実施されており、外観調査として水道栓情報を基本とした調査対象建物の抽出が試みられている。閉栓中の建物 3,613 件に加えて、水道栓情報より老朽危険建築物と想定される木造共同住宅などが抽出されており、合計 4,458 件が調査対象となっている。これらを対象とした外観調査では、現地で特定できなかったものが 1,011 件、人の出入りなどの利用が確認できるものが 1,435 件、建物の更新等が行われたもの 819 件となっており、空き家と判断されるもの（空き家等）は 1,193 件であった。空き家等については、周辺道路等への影響、建物・擁壁の損傷状態、衛生状態、景観上の調和、周辺生活環境の影響といった面から A~D ランクの 4 段階分に判定されている。

一方、自治会にも別途調査依頼がなされており、住民の認識に基づいた空き家情報も 1,044 件収集されている。ただし、外観調査との重複は 162 件にとどまっており、水道栓の開閉情報に基づいた調査では把握できない内容を含んでいる可能性もある。

紙面の都合上、詳細は発表時に譲るが、本研究での推定結果と外観調査の結果、さらには、住民の認識に基づく結果とを比較することで、提案する空き家推定モデルの特性がより鮮明になることが期待できる。

5. まとめ

本研究では、低未利用空間のモニタリングを目的として、空き家分布の広域推定モデルの構築を試みた。階層型の順序ロジットモデルを適用することで、採用するデータの組み合わせによっては高い判別精度を得ることが示され、空き家の広域推定に寄与できることが示唆された。外観調査の結果や住民の認識に基づいた結果との比較により推定モデルの特性がより明らかになると考えている。

参考文献

- 1) 寝屋川市：空き家等・老朽危険建築物等対策計画, p.62, 2018.