

周辺立地環境を考慮した 住宅立地パターンの推定

浅田 拓海¹・生富 直孝²・有村 幹治³

¹正会員 室蘭工業大学助教 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail:asada@mmm.muroran-it.ac.jp

²学生会員 室蘭工業大学 建築社会基盤系学科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail: 11021005@mmm.muroran-it.ac.jp

³正会員 室蘭工業大学准教授 大学院工学研究科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail:arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

本研究では、札幌市の「都市計画基礎調査」データを用いて、住宅の出現・消失に影響する要因について、当該住宅および周辺施設の立地状況から明らかにするとともに、得られた結果を用いて、住宅の出現および消失の判別モデルの開発を行った。その結果、住宅の出現には半径30m周囲の住宅築年数や敷地残存率が、消失には当該住宅の築年数や半径100m周囲の住宅建ぺい率が影響を及ぼすことがわかった。さらに、これらの因子を用いて、SVMによるパターン認識を行ったところ、住宅の「出現・非出現」、「消失・非消失」を精度よく推定することができ、「都市計画基礎調査」データとSVMを組み合わせることによって、将来居住分布の推定が可能となることを示した。

Key Words : residential location, space analysis, pattern recognition, future prediction

1. はじめに

我が国では、少子化と高齢化が急激な速度で進行しており、多面的かつ早急な対策が必要不可欠となっている。人口については、2005年に、1899年からの統計史上初めての自然減となり、2006年に再び増加したが、それ以降、年間自然増加数は減少し続けている¹⁾。さらに、2010年の総人口に占める65歳以上人口の割合（高齢化率）は23.1%であり、今後も増加を続ける見通しとなっている²⁾。高齢化は、医療・福祉はもちろん、雇用や居住、ビジネス環境など、地域経済や社会情勢に大きな影響を与えることが指摘されている。

一方で、各都市における市街地のスプロール化及びびりバース・スプロール³⁾、家屋の高齢化や空き家の増加⁴⁾への対策など、人口減少下における将来の都市構造のあり方について、様々な分野を横断して議論がなされている。「コンパクトシティ」の概念は、近年、広く知られるようになり、都市計画マスタープランをはじめ、各種メディアの中でも「コンパクトシティ」というキーワードが頻繁に見られるようになった。しかしながら、コンパクトシティに向けたイメージや方向性が定まらず、ま

た、当該都市の実情に応じた有効な方法論も示されていないことから、具体的な施策に踏み込めずにいるケースもあるのが現状となっている。本研究で対象とする札幌市においては、順調に人口を伸ばし続けているものの、2020年には人口減少に転じると予想されている⁵⁾。市街地においても、人口増加にともなって拡張が進んだが、将来においては、その反動として市街地の低密度化が生じると予想される。「コンパクトシティ」を掲げ、社会構造や経済状況、また環境負荷の側面から多様な将来像を描くことは可能である。しかし、まず第一には、議論の出発点として、将来の都市像を定量的に分析、可視化することによって、情報を集約、共有し、具体的な施策につなげることが必要となろう。

都市の将来像について定量的な分析を行った事例としては、以下のような研究が報告されている。奥村⁶⁾、土屋・室町⁷⁾、有賀ら⁸⁾は、「国勢調査地域メッシュ統計（総務省統計局）」を利用して将来人口推計を行い、メッシュ統計の有用性を示している。ただし、国勢調査地域メッシュ統計は、首都圏、近畿圏、中部圏のみが対象のため、他の都市には適用できない。一方、おおむね5年毎に実施される都市計画に関する基礎調査である「都

「都市計画基礎調査」は、近年、データのデジタル化が進展しており、建物種別の建築年情報など立地に関する多種の情報が、建物の位置情報データとあわせて収録されている。しかしながら、「都市計画基礎調査」データを都市の現状把握などの基礎的な分析事例は増えつつあるが、人口や居住地の空間分布の将来予測などのような分析に用いられた事例は少ない。有村らは、帯広市の「都市計画基礎調査」データと人口データとを統合させ、ゾーン別の将来居住者数を推計し、可視化を行い、それを基に帯広都市圏の将来における土地利用の方向性について考察を述べている¹⁰⁾。しかしながら、この研究では、2009年時点の建物データを将来居住者数の推計に用いており、建物の消失・出現の立地パターンや住宅の将来分布を反映させるには至っていない。

「都市計画基礎調査」データのような、膨大かつ多様な情報に空間解析を適用することで、住宅が消失する場合あるいは出現する場合と、当該住宅の周辺立地環境との関係性を明らかにすることができると考えられる。さらに、その結果から、住宅の出現や消失のような立地パターンを推定することができれば、それをを用いることで、将来、なんらかの居住地集約の誘導（ロケーションマネジメント）が成されない場合、いわゆる *without case* や *B.A.U* ケースにおける土地利用分布の状況を把握することが可能となる。

以上を踏まえて、本研究では、札幌市の「都市計画基礎調査」データを用いて、住宅の出現および消失のパターンを推定できるモデルを開発することを目的とする。具体的には、まず、周辺立地環境と住宅の出現および消失の関係について明らかにした後、その結果を基に、サポートベクターマシン（以下、*SVM*）による住宅の「出現・消失」パターン推定方法を開発し、それをを用いて、札幌市における将来の住宅分布の推計を試みる。

2. 対象都市の住宅立地概況

本研究では、札幌市（市街化区域）の「都市計画基礎調査」データのうち、土地・建物に関するデータを用いる。対象年度は、21年度、23年度の2年度分である。当データは、建物ポイントデータ、敷地ポリゴンデータ、ゾーン（約5700ゾーン）ポリゴンデータの3種類で構成されている。また、建物ポイントデータには、建物の固有ID（以下、建物ID）、建築用途小分類、建築構造、階数、建物高さ、実容積率、実建ぺい率、建築年度（築年数）、隣接道路幅員などが、位置情報とあわせて収録されている。ゾーンポリゴンデータに収録されているゾーン面積および人口のデータを用いて、ゾーン別の人口密度（H23）を求めた。図-1に示すように、札幌市では、

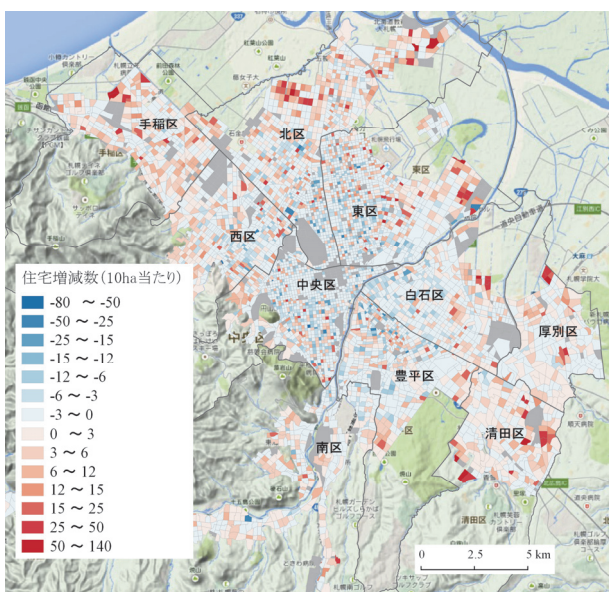
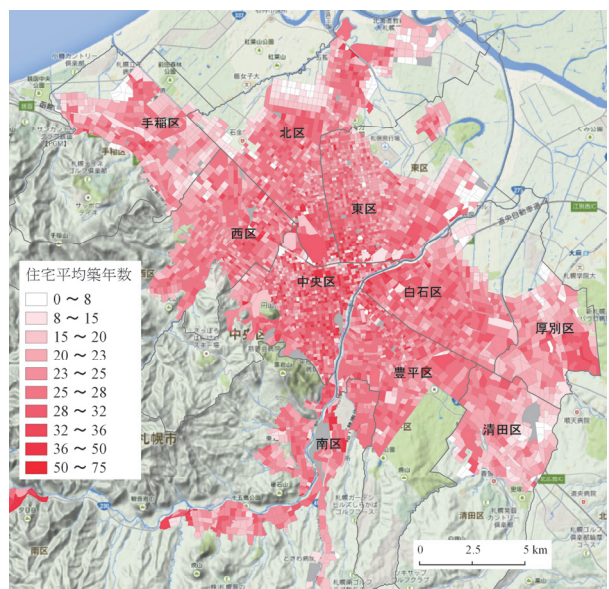
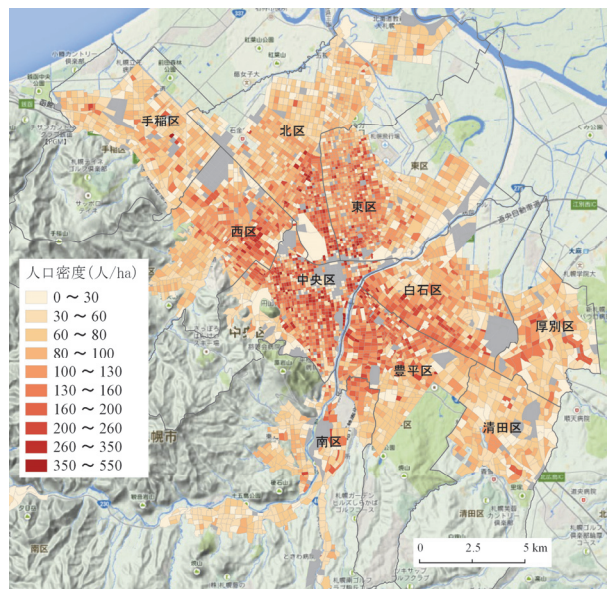


図-1 対象都市の人口および住宅分布の概要

中央区とその周辺の西区，北区，東区，豊平区の一部において人口密度が高く，中央区を中心に人口が集中していることが分かる。

対象都市の住宅立地の状況を把握するため，住宅（専用住宅，共同住宅，一般店舗併用住宅，事務所併用住宅，飲食店併用住宅）の築年数をゾーン毎に集計した．H23における各ゾーンの住宅築年数（平均値）を図-1に示す．中央区周辺では，平均築年数が30年以上となるゾーンが多く，北区，手稲区，厚別区，清田区など中央区から離れ，都市域の外縁部（以下，フリンジエリア）になると築年数が10年未満となるゾーンが多くなる．

本研究では，住宅の「出現」および「消失」に着目するため，図-2に示すように，分析年度（H21）と次年度（H23）のデータを照合して，次年度に建物IDが新たに出現する住宅（以下，出現住宅）と次年度に建物IDが消失する住宅（以下，消失住宅）を抽出した．この出現住宅と消失住宅をゾーン毎に集計し，H21からH23にかけての住宅増減数（出現住宅数－消失住宅数）を求めた（図-1）．中央区やその周辺では，住宅が減少する傾向にあるが，減少数は少なく，分析年度における住宅立地の動きは小さい．これに対し，中央区から離れた，北区，手稲区，東区，清田区，厚別区のフリンジエリア，特に，人口密度が小さいゾーンにおいて，住宅が増加するケースが多く見られる．築年数の分布を比較すると，築年数が大きいエリアでは住宅が減少，その逆にフリンジ部などの築年数が小さいエリアでは住宅が増加する傾向がうかがえる（図-1）．以上のことから，札幌市では，分析年度の平成21年の時点において，居住地のスプロール化が進行していると言える．

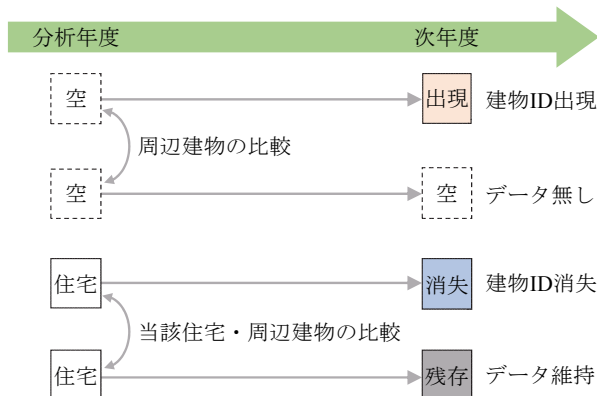


図-2 住宅の立地パターン

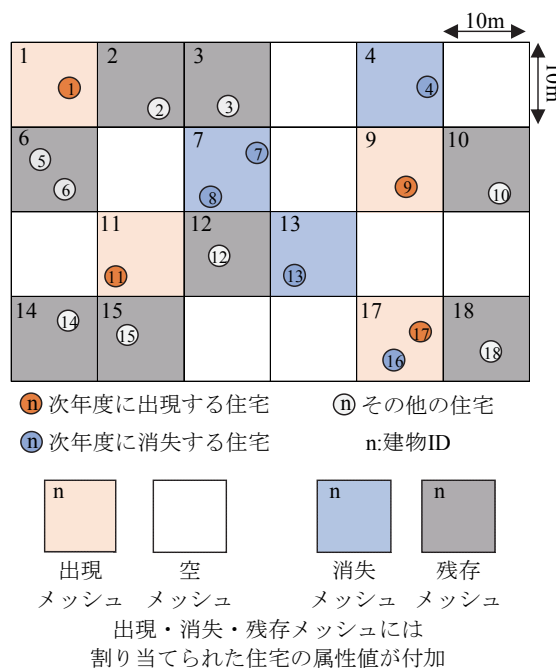


図-3 立地パターンのメッシュデータ

3. 住宅立地パターンと周辺立地環境との関係

本章では，「都市計画基礎調査」の建物ポイントデータを用いて，住宅の立地パターン（出現・消失）と，当該住宅および周辺建物の立地状況との関係について明らかにする．なお，本稿では，出現住宅および消失住宅が比較的多い北区を対象として分析を行う．

(1) 住宅立地パターンのメッシュデータ

図-2に示したように，「出現」に関しては，住宅が「出現する」というデータはあるが，「出現しない」というデータは存在しないことから，両者を比較することはできない．そこで，本研究では，図-3に示すように，対象エリアを10m×10mのメッシュで分割し，次年度に住宅が出現するメッシュ（以下，出現メッシュ）と出現せずに空のままとなるメッシュ（以下，空メッシュ）に区分し，これらを比較することとした．

また，分析単位を統一するため，「消失」に関しても，次年度に消失する住宅が存在するメッシュ（以下，消失メッシュ）と消失せずに住宅が残存するメッシュ（以下，残存メッシュ）に区分した．ただし，メッシュ内に複数の住宅が存在する場合は稀にあるため，その場合はランダムに選んだいずれかの住宅を当該メッシュに割り当てた．

(2) 住宅立地パターンに関する空間解析

当該住宅の状況に加えて，周囲の建物や敷地の状況は，住宅の出現や消失に影響を及ぼすと考えられる．そこで，上記の方法で作成した住宅立地パターンのメッシュデータを用いて，表-1に示すような空間的分布に関する指標（以下，空間特性値）を算出し，「出現メッシュと空メッシュ」および「消失メッシュと残存メッシュ」においてその違いについて検討する（図-2）．空間特性値としては，①当該住宅の状況，②周辺

エリア（半径30m・100m）の建物状況，③周辺エリア（半径100m）の敷地状況，④主要施設（駅，公園）との最近傍距離，に着目し，GISソフトウェア（QGIS）の空間解析ツールを用いてこれらを算出した。

a) 出現住宅と周辺立地環境の関係

出現メッシュと空きメッシュについて，各空間特性値の差を確認するため検定を行った（表-1）。なお，空きメッシュに関しては，データ数が膨大なため，全空きメッシュの中からランダムにサンプリングした250メッシュを分析に用いることとした。

表-1に示すように，周囲エリアの②建物状況や③敷地状況，④主要施設との距離においては，出現メッシュと空メッシュに有意な差（危険率5%）が見られた。

②周囲の建物状況に関しては，半径30m周囲の木造住宅率，半径100m周囲の実建ぺい率や延床面積などが住宅の出現に影響することがわかる。また，築年数に関しては，いずれの半径においても有意な差が見られた。

③周囲の敷地状況については，周囲半径によらず，出現メッシュは，空メッシュよりも大きい。④主要施設との距離では，公園との距離においては差が見られないが，駅（JR北海道）との距離では，出現メッシュの方が有意に大きくなった。

b) 消失住宅と周辺立地環境の関係

同様に，消失メッシュと残存メッシュの空間特性値について検定を行った。なお，残存メッシュは，空きメッシュと同様の理由により，全残存メッシュの中からランダムサンプリングした250メッシュを用いた。

表-1のように，消失メッシュと残存メッシュに関しては，①当該住宅の状況，周囲エリアの②建物状況，③敷地状況，④主要施設との距離において，有意な差が見られた。築年数をみると，消失住宅の平均築年数は約37年となり，対象地域における平均的な住宅寿命が示された。また，消失する場合の周囲建物の築年数は，およそ25～30年となり，残存する場合よりも大きくなったことから，当該住宅自身に加え，周辺の住宅が古くなると消失が発生する傾向にあるといえる。④主要施設との距離に関しては，鉄道（JR）駅との距離が短い場合ほど，住宅が消失する傾向が示された。前述のように，駅との距離が長いほど住宅が出現する傾向があることをあわせて考えると，対象地域では，鉄道よりも自動車に依存にした住宅立地の傾向に進んでいるものと思われる。

(3) 出現・消失に影響を及ぼす要因評価

次に，住宅の出現・非出現（空き）または消失・非消失（残存）について，各種空間特性値の影響度を定量化した。具体的には，表-1に示した空間特性値を説明変数，「出現メッシュ・空メッシュ」または「消失

表-1 空間特性値の比較

空間特性値	出現 n=1680	空 n=250	消失 n=765	残存 n=250
①当該住宅の状況				
敷地面積：m ²	—	—	254.7	286.6
建築面積：m ²	—	—	57.5	82.5
延床面積：m ²	—	—	99.5	169.9
築年数	—	—	37.1	23.7
②周囲（半径30m・100m）エリアの建物状況				
・半径30m				
住宅数	7.7	9.5	13.5	12.3
木造住宅率：%	90.1	85.9	88.2	91.1
平均建築面積：m ²	82.7	118.3	77.5	76.8
平均延床面積：m ²	161.0	280.3	157.8	147.6
平均駐車面積：m ²	47.4	88.7	68.7	57.5
平均築年数	16.1	20.8	29.1	23.1
平均実容積率：%	60.4	61.5	75.2	64.4
平均実建ぺい率：%	34.6	34.0	39.7	36.1
平均隣接道路幅員：m	9.8	9.9	8.9	8.8
・半径100m				
住宅数	66.7	76.5	94.3	88.3
木造住宅率：%	89.8	88.3	87.2	90.4
平均建築面積：m ²	81.2	88.2	81.9	77.0
平均延床面積：m ²	157.3	192.2	179.7	149.4
平均駐車面積：m ²	362.1	531.9	642.4	467.8
平均築年数	17.3	20.9	25.7	22.8
平均実容積率：%	67.2	73.0	85.0	71.0
平均実建ぺい率：%	37.6	39.2	42.9	39.0
平均隣接道路幅員：m	11.0	11.1	10.3	10.5
③周囲（半径30m・100m）エリアの敷地状況				
・半径30m				
敷地残存率：%	79.6	73.2	67.5	69.2
・半径100m				
敷地残存率：%	77.2	73.8	70.7	71.4
④主要施設との距離（最も近い施設との距離）				
駅距離：m	1626.5	1452.4	1255.8	1429.1
公園距離：m	117.7	124.2	118.6	114.5

:p<0.05

メッシュ・残存メッシュ」を目的変数として判別分析を行った。ただし，多重共線性の影響を考慮し，説明変数間の相関係数が0.8（絶対値）位上となる場合は，単相関係数が小さい変数を分析から除外した。残った説明変数を用いて，ステップワイズ法による変数選択を行い，採用された説明変数の判別係数を求めた。さらに，得られた判別モデルの精度を確認するために交差確認（5重交差確認法）を行った。

a) 出現・空の判別分析

ステップワイズ法の結果，表-2aに示すように，「周囲30m敷地残存率」「周囲30m築年数」「周囲30m延床面積」「周囲30m木造住宅率」の4つの変数が採用された。周囲半径が100mではなく30mの空間特性値が選ばれたことから，住宅の出現は，比較的近い範囲の建物や敷地の状況に影響を受けるものと考えられる。表-1に示したように，これらの変数の出現メッシュと空メッシュにおける大小と判別係数の符号の合致から，多重

表-2 判別分析の結果

a 出現メッシュ(0)と空メッシュ(1)

説明変数	判別係数	標準化判別係数
30m周囲敷地残存率	-0.038	-0.479 ^{**}
30m周囲築年数	0.035	0.346 [*]
30m周囲延床面積	0.0003	0.216 [*]
30m周囲木造住宅率	-0.01	-0.210 [*]
定数項	3.124	—

b 消失メッシュ(0)と残存メッシュ(1)

説明変数	判別係数	標準化判別係数
当該住宅築年数	-0.113	-1.392 ^{**}
100m周囲実建ぺい率	-0.074	-0.449 ^{**}
定数項	6.437	—

**p<0.01 *p<0.05

共線性は生じていない。標準化判別係数をみると、特に、30m周囲の敷地残存率や住宅築年数が大きく、前者が大きいほど、または、後者が小さいほど、住宅が出現することがわかる。

交差確認により判別精度について検討した結果、表-3aに示すように、判別が成功したメッシュの割合(判別成功率)は60%を下回った。住宅の「出現」を精度よく判別するためには、他のモデルの導入や変数の見直しなどを検討する必要がある。

b) 消失・残存の判別分析

ステップワイズ法によって採用された変数は、「100m周囲平均実建ぺい率」「当該住宅築年数」の2つとなった(表-2a)。これらの変数の消失メッシュと残存メッシュにおける大小(表-1)と、判別係数の符号から多重共線性は生じていない。築年数が大きくなると建物の消失が生じることは、常識的・物理的な観点から妥当な結果と言える。一方、実建ぺい率が大きいエリアほど消失が生じている結果となった。密集する住宅地において建ぺい率が低下すると、火災時の延焼防止につながることから、住宅の消失がある地域では、そのような防災力の向上が生じていると思われる。

判別精度に関しては、表-3bに示すように、交差確認の結果、判別成功率は約75%となった。「出現と空」に比べ、「消失と残存」については、このような単純な線形判別モデルで精度よく判別を行えるが、将来推定において時系列的・連続的に判別を行う場合は、より精度の高いモデルが必要である。

4. 住宅立地判別モデルの開発

第3章では、判別分析を用いて、住宅の出現および消失に影響する空間的因子を明らかにしたが、判別精度

表-3 5重交差確認の結果

a 出現メッシュと空メッシュ

判別成功率: 58.6%		判別値	
		出現	空
観測値	出現	29.7	20.5
	空	21.0	29.0

b 消失メッシュと残存メッシュ

判別成功率: 74.8%		判別値	
		消失	残存
観測値	消失	34.2	15.2
	残存	10.1	40.6

※各判別結果の5回分データ数を全体数で除した値を示す。

については課題が残った。そこで、未知データに対する判別精度(汎化性能)が高く、近年、画像認識や機械学習などの分野で広く用いられているサポートベクターマシン(SVM)を導入し、「出現メッシュ・空メッシュ」および「消失メッシュ・残存メッシュ」の判別を試みる。

SVMは、マージン最大化識別器にカーネルを組み合わせたパターン認識手法であり、学習用データを用いてサポートベクターと呼ばれる識別要素を決定し、未知のデータに適用した場合に高い判別精度(汎化性能)が期待できる¹⁾。また、データの確率分布に依存しないノンパラメトリックな手法であるため、多重共線性への考慮や変数選択のように変数を捨てることなく分析を行うことができる²⁾。

SVMに用いる説明変数は、表-1に示した説明変数のうち、「出現・空」および「消失・残存」において有意な差が見られた変数とした。なお、判別対のデータ数を合わせるために、出現、空、消失、残存のデータ数を250で統一した。また、本研究では、判別の誤りを許容するソフトマージンSVMを採用するため、 γ とCの2つのパラメータ調整が必要となる。そこで、この2つのパラメータを変化させ、最も判別成功率が高くなる組み合わせを求めた。なお、この判別成功率は、前章と同様に、5重交差確認法によって算出した。

図-4に示すように、「出現メッシュ・空メッシュ」の判別では、 γ が0.2、Cが3500で判別成功率が最大となり、67%を示した。「消失メッシュ・残存メッシュ」の判別では、 γ が0.001、Cが251で判別成功率が最大となり、78%を示した。前章の線形判別モデルを用いた場合と比較すると、SVMでは精度がおよそ4~8%向上することがわかる(図-5)。このように、変数やパラメータの調整が必要とはなるが、SVMを用いることで、住宅の出現や消失を精度よく推定できる。

5. まとめ

本研究では、札幌市の「都市計画基礎調査」データを用いて、住宅の出現および消失に影響する周辺立地環境要因について明らかにした。さらに、その結果を基に、「出現・非出現」および「消失・非消失」の判別モデルの開発を行った。得られた結果を以下に示す。

- ・出現住宅と消失住宅の集計結果をマップ上で視覚化することで、中央区やその周辺での住宅減少と、中央区から離れたフリンジエリアでの住宅増加を見ることができ、居住地のスプロール化を確認することができた。
- ・空間解析によって周辺建物の立地状況に関する空間特性値を算出し、それらを用いて判別分析を行った。その結果、住宅の出現には半径30m周囲の住宅築年数、敷地残存率、延床面積、木造住宅率が、消失には、半径100m周囲の実建ぺい率と当該住宅の築年数が影響を及ぼすことがわかった。
- ・SVMを用いて、住宅の「出現・非出現」および「消失・非消失」の判別を行った。その結果、「出現・非出現」では判別成功率が67%、「消失・非消失」では79%となり、SVMの有効性が示唆された。

今後は、他の区においても同様の分析を行う予定であるが、中央区などのように都市構造が複雑になると、本稿で示したSVMモデルでは対応が難しい。説明変数やパラメータの見直し、カーネル関数の導入などを検討し、精度の向上を目指す。さらに、そのモデルを用いて、札幌市における将来の居住分布の予測を行う予定である。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成23年人口動態統計の年間推計，
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/sukei11/index.html>，2012.2閲覧
- 2) 内閣府：平成23年版高齢社会白書，
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2011/zenbun/pdf/1s1s_1.pdf，2012.2閲覧
- 3) 谷口守：リバース・スプロールを考える：人口減少期を迎えたスプロール市街地が抱える課題，都市住宅学，61号，pp.28-33，2008。
- 4) 植村哲士，宇都正哲，水石仁，榊原渉，安田純子：人口減少時代の住宅・土地利用・社会資本管理の問題とその解決に向けて（上）（中）（下），知的資産創造，8月号・9月号・10月号，pp.6-23，pp.62-75，pp.60-77。2009。
- 5) 福田健志：空きや問題の現状と対策，国立国会図書館，調査と情報—ISSUE BRIEF—，No.791，2013。
- 6) 国立社会保障・人口問題研究所：市区町村別将来推計人口（2013年3月推計），<http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/shicyoson13/1kouhyo/gaiyo.pdf>，2014.6閲覧
- 7) 奥村誠：国勢調査メッシュデータに基づく地区の将来人口

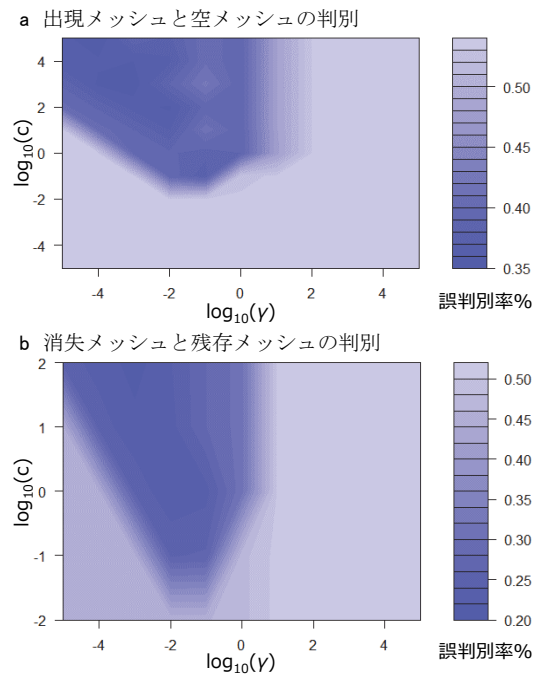


図-4 SVMのパラメータと判別成功率の関係

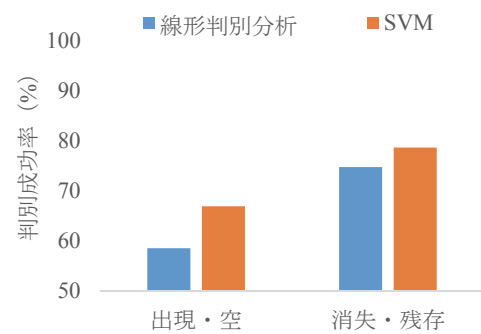


図-5 線形判別分析とSVMの判別精度

構成予測手法，都市計画論文集，Vol.40，No.3，pp.193-198，2005.10。

- 8) 土屋貴佳，室町泰徳：メッシュ単位の将来人口推計モデルの構築に関する研究，第32回土木計画学研究発表会・講演集，CD-ROM，2005。
- 9) 有賀敏典，松橋啓介，米澤健一：自然増減と社会増減を明示的に考慮した地域内人口分布の変化—1980年から2005年までの全国国勢調査・基準地域メッシュデータを用いて—，都市計画論文集，Vol.46，No.3，pp.847-852，2011。
- 10) 有村幹治，猪股亮平，田村亨：帯広都市圏を対象とした将来居住分布の推定，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol.68，No.5（土木計画学研究・論文集第29巻），I_375-I_382，2012。
- 11) 阿部重夫：パターン認識のためのサポートベクターマシン入門，森北出版社，2011。
- 12) 長谷川裕修，藤井勝，有村幹治，田村亨：サポートベクターマシンを用いた意識調査データの分析に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集，第36巻，pp.332，2007。