

# 都市計画基礎調査データを用いた 居住地分布の逐次的中期予測手法の開発

森本 拓磨<sup>1</sup>・浅田 拓海<sup>2</sup>・有村 幹治<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 環境創生工学系専攻 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:16021071@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:asada@mmm.muroran-it.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 室蘭工業大学 大学院工学研究科 暮らし環境系領域 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)

E-mail:arimura@mmm.muroran-it.ac.jp

本研究では、札幌市における10年分の都市計画基礎調査データを用いて、先行研究で提案した非線形SVMによる住宅立地推定モデルの精度および信頼性の向上を図るとともに、本モデルによる居住地の将来推計・可視化手法を開発した。具体的には、H17からH25までの都市計画基礎調査データから、住宅の「出現・非出現」および「消失・非消失」に定常的に影響する当該住宅および周囲住宅による立地特性値を抽出し、それを変数とした住宅立地判別モデルを構築した。次に、このモデルによって、2年毎の逐次予測を行ない、10年後の予測結果と実際の比較から、本手法の精度を確認した。さらに、本手法を用いて、札幌市における20年後までの居住地分布の中期予測を行ない、対象都市の将来像について考察を行った。

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

## 1. はじめに

現在、我が国では、少子高齢化や人口減少が進行しており、多面的かつ迅速な対策が喫緊の課題となっている。これらの課題は、今後の我が国の経済状況や社会情勢に多大な影響を与えると懸念されている<sup>1)</sup>。さらに、それに伴う各都市における市街地のスプロール化<sup>2)</sup>や家屋の空き家問題<sup>3)</sup>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、多面的な議論がなされている。このような議論を行うためには、現在の都市構造を明らかにし、その上で将来の都市像を推測、可視化することで、具体的な施策につなげることが必要となる。

一方、近年、各種の行政関連資料のデジタル化が進んでおり、住宅に関しては、建物のマイクロジオデータを用いて立地解析などを行うアプローチが増えつつある。その中でも、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「都市計画基礎調査」は、昨今、各地方自治体で積極的にデジタル化が進められている。このデータには、建物種別、建築年、延床面積など建物や立地に関する多種の情報が位置情報とあわせて収録されていることから、地方都市における居住地構造の分析や将来推計などの多様な解析に活用されることが期待されている。このように、都市計画基礎調査の位置情報付きデータ（以下、都市計画基礎調査データ）は、各自治体

で構築が進められており、基本的な現状分析に活用されているものの、都市の将来予測を行った事例は極めて少ない。著者らは、帯広市の都市計画基礎調査データと、条・丁目・町別・性別・年齢別人口のデータとを統合させ、コーホート要因法により推計した将来居住者数を可視化し、帯広市の将来における土地利用の方向性について考察している<sup>4)</sup>。また、直接的な先行研究としては、札幌市の都市計画基礎調査データを用いた事例も報告している。この研究では、当該住宅および周辺住宅の建物情報（立地特性値）を変数とした非線形サポートベクターマシン（SVM : Support Vector Machine）によって、住宅立地パターン、すなわち「出現・非出現（空）」、「消失・非消失（残存）」をそれぞれ判別する2つの住宅立地判別モデルを開発した<sup>5)</sup>。しかしながら、本モデルは、平成21、23年度の2年度分という短期間における教師データから構築したものであり、中・長期における将来予測を行うには信頼性に欠くという問題を有する。

住宅の立地は、各種施策や人口動態、交通需要、地価などの様々な要素により変動する。したがって、30年後、50年後といった長期予測は難しいが、上記のような要素が現状のまま保持する場合、いわゆるwith outケースを仮定して10年後、20年後程度の居住地分布を予測できれば、都市・交通施策等の中期的な計画に役立つものと思われる。

そこで、本研究では、札幌市の平成17年度から25年度までの都市計画基礎調査データを揃え、住宅の立地パターンに定常的に影響する立地特性値を抽出することで、上記モデル<sup>9)</sup>の中期予測における信頼性の向上を図る。さらに、本モデルによる逐次的な居住地分布の将来推計・可視化手法を開発するとともに、本手法によって、札幌市における10年後、20年後の予測を行ない、その将来像について考察を行う。

## 2. 定常性を考慮した住宅立地判別モデルの構築

本章では、都市計画基礎調査のデータのうち、建物に関するデータを用いて、住宅の立地パターン（出現・非出現、消失・非消失）と、当該住宅および周辺住宅の建物情報からなる立地特性値との関係について明らかにする。すなわち、平成17年度、19年度、21年度、23年度、25年度の5年度分のデータを用いて、立地パターンに定常的に影響する立地特性値を抽出し、先行研究で提案した住宅立地判別モデルを再構築する。なお、以下では、先行研究<sup>9)</sup>と同様に北区を対象として分析を行うが、発表の際には、札幌市全区の結果を報告する。

### (1) 住宅立地パターンのメッシュデータ化

図-1に示すように、「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。本研究では、図-2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（出現メッシュ）と出現せずに空のままとなるメッシュ（空メッシュ）に区分し、メッシュ単位で分析を行うこととした。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（消失メッシュ）と消失せずに住宅が残存するメッシュ（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) 出現・消失に定常的に影響を及ぼす立地特性値

住宅そのものやその周囲の住宅の立地状況などの立地環境は、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立地パターンデータをを用いて、表-1に示すような立地環境に関する指標（立地特性値）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」のそれぞれにおける差について検討する。なお、周囲エリアの建物情報の集計は、空間解析で広く用いられるバッ

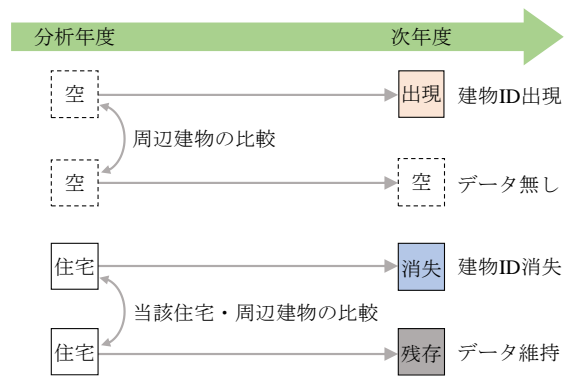


図-1 住宅の立地パターン

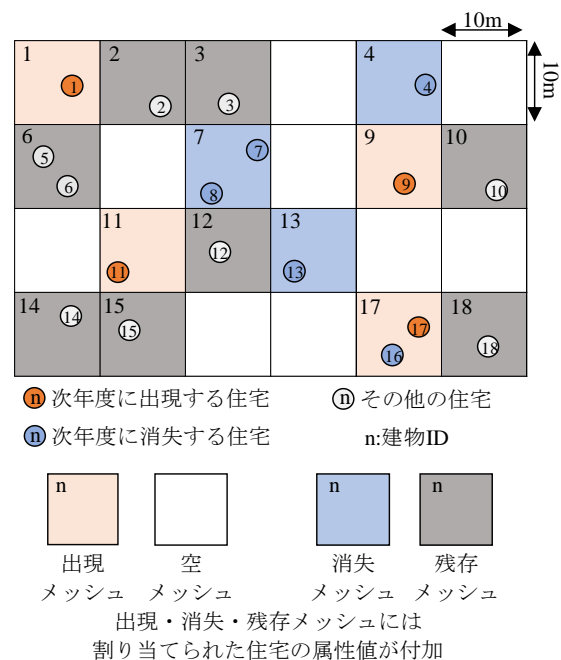


図-2 立地パターンのメッシュデータ化

ファ処理によって行った。バッファの半径は100mとしたが、この値については事前どの程度の半径で立地特性値の差が見られるかを検討した上で採用した。

先行研究では、H21とH23の年度間比較により、「出現・空」、「消失・残存」に影響する立地特性値を抽出し、それを変数とした住宅立地判別モデルを開発した<sup>9)</sup>。しかしながら、この2年度分のデータのみでは、長期的な立地現象を予測することは困難であり、信頼性に欠ける。そこで、本研究では、H17～H25までの隔年のデータを揃え、どの年度においても、「出現・空」または「消失・残存」に影響する立地特性値を抽出し、それを用いて、モデルを再構築する。

具体的な方法を以下に示す。各年度間において、表-1の立地特性値を算出し、「出現と空」あるいは「消失と残存」において有意差があり（表中の青セル部）、かつ

大小関係が比較年度によって変わらない立地特性値（以下、有効立地特性値。表中の赤セル部）を調べた。10年程度ではあるが、このような定常的に立地に影響する立地特性値を用いることで、中期に渡る将来予測の信頼性を向上させることができると考えられる。

a) 住宅の出現と立地環境の関係

表-1（上段）に示すように、「出現・空」に関しては、周囲住宅の建築面積、延床面積、建築年数、木造率が有効立地特性値として抽出された。これらの数値の大小関係から、木造の戸建て住宅が多く、比較的新しい住宅が集まるエリアで、新たな住宅が出現する傾向にあることがわかる。

b) 住宅の消失と立地環境の関係

表-1（下段）には、「消失・残存」の結果を示している。「消失・残存」では、周囲住宅の道路幅員、建築年数、当該住宅の建築面積、延床面積、駐車面積、建築年数、実容積率、実建蔽率、道路幅員（隣接道路幅員）が有効立地特性値として抽出された。これらの数値の大小関係によると、駐車面積や隣接道路幅員が小さいなど自動車利用としては比較的不便な環境であることや、周囲の住宅の建ぺい率や容積率が高く集約的であることが、住宅の消失に影響を及ぼす傾向にあると言える。

表-1 立地特性値の比較

| 比較年度       | 17_19 |       | 19_21 |       | 21_23 |       | 23_25 |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|            | 出現    | 空地    | 出現    | 空地    | 出現    | 空地    | 出現    | 空地    |
| 立地特性値(周囲)  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 建築面積 $m^2$ | 87.6  | 128.2 | 100.4 | 145.7 | 91.8  | 216.8 | 87.4  | 127.4 |
| 延床面積 $m^2$ | 173.0 | 301.8 | 213.6 | 387.1 | 202.4 | 455.3 | 172.9 | 411.7 |
| 駐車面積 $m^2$ | 6.14  | 9.50  | 6.36  | 40.3  | 7.14  | 7.65  | 5.40  | 21.3  |
| 実容積率%      | 62.3  | 66.0  | 62.9  | 67.8  | 66.2  | 63.6  | 64.0  | 75.1  |
| 実建蔽率%      | 33.9  | 33.8  | 33.6  | 34.2  | 34.4  | 33.5  | 34.5  | 34.8  |
| 道路幅員m      | 5.52  | 4.59  | 7.17  | 4.67  | 6.78  | 5.86  | 5.65  | 5.24  |
| 建築年数       | 16.3  | 19.8  | 15.6  | 20.9  | 15.4  | 22.2  | 19.7  | 23.6  |
| 木造率%       | 88.5  | 82.6  | 87.1  | 83.4  | 88.3  | 81.8  | 88.8  | 79.3  |
| 敷地残存率%     | 89.7  | 88.6  | 90.1  | 87.7  | 90.1  | 88.2  | 88.3  | 88.1  |

| 比較年度        | 17_19 |       | 19_21 |       | 21_23 |       | 23_25 |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    |
| 立地特性値(周囲)   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 建築面積 $m^2$  | 83.3  | 84.0  | 88.9  | 91.0  | 83.0  | 83.3  | 77.3  | 84.5  |
| 延床面積 $m^2$  | 146.3 | 166.6 | 195.7 | 187.3 | 152.1 | 172.7 | 134.3 | 180.2 |
| 駐車面積 $m^2$  | 4.40  | 6.34  | 8.32  | 6.07  | 6.47  | 6.22  | 4.46  | 7.89  |
| 実容積率%       | 54.2  | 63.2  | 69.9  | 62.4  | 57.5  | 62.9  | 54.5  | 65.9  |
| 実建蔽率%       | 31.5  | 34.1  | 34.5  | 33.8  | 32.4  | 33.8  | 31.8  | 34.6  |
| 道路幅員m       | 2.70  | 3.51  | 3.41  | 3.84  | 3.31  | 4.69  | 3.44  | 4.27  |
| 建築年数        | 23.3  | 21.2  | 25.3  | 22.0  | 25.7  | 22.0  | 27.3  | 24.8  |
| 木造率%        | 87.5  | 88.5  | 85.1  | 87.9  | 89.3  | 89.4  | 87.8  | 87.8  |
| 敷地残存率%      | 85.5  | 85.5  | 84.8  | 85.0  | 84.6  | 85.4  | 84.6  | 85.3  |
| 立地特性値(当該住宅) | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    | 消失    | 残存    |
| 敷地面積 $m^2$  | 340.8 | 448.5 | 472.8 | 306.3 | 403.2 | 290.4 | 375.4 | 343.5 |
| 建築面積 $m^2$  | 56.3  | 85.6  | 56.5  | 76.8  | 53.8  | 79.1  | 50.3  | 81.3  |
| 延床面積 $m^2$  | 89.2  | 210.8 | 105.9 | 156.7 | 89.2  | 165.8 | 80.4  | 157.7 |
| 駐車面積 $m^2$  | 0.92  | 8.25  | 1.48  | 5.99  | 0.56  | 9.29  | 2.40  | 6.88  |
| 建築年数        | 31.1  | 20.1  | 33.9  | 21.4  | 34.0  | 21.6  | 36.1  | 25.0  |
| 実容積率%       | 39.1  | 65.8  | 38.9  | 66.6  | 35.5  | 60.3  | 30.3  | 67.8  |
| 実建蔽率%       | 24.7  | 34.2  | 21.7  | 34.5  | 22.1  | 33.1  | 18.9  | 35.9  |
| 道路幅員m       | 0.54  | 4.55  | 0.96  | 3.97  | 1.14  | 5.37  | 0.47  | 4.00  |

■: P<0.1      ■: 4断面ともに有意差ありかつ大小関係が同じ(有効立地特性値)

(3) 非線形SVMによる住宅立地判定モデル

本研究で使用した最も年度が古いデータであるHI7とHI9とのデータを用いて、SVMによる「出現・空」および「消失・残存」の2つの判定モデルについて検討する。判定に用いる変数は、表-1から得られた有効立地特性値である。カーネルには、最もよく使用されるラジアル基底関数（RBF：radial basis function）カーネルを採用した。なお、判別対のデータ数を合わせるために、出現、空、消失、残存の各データ数を250で統一し、対象地区の全データからランダムに抽出した。RBFカーネルでは、Cと $\sigma$ 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るグリッドサーチを行った。なお、この判別成功率は、5重交差確認法によって算出される平均値である。また、グリッドサーチの範囲は、C、 $\sigma$ ともに、底が2、指数が-5から5の指数増加列とした。

図-4に示すように、「出現・空」では $C=0.5$ 、 $\sigma=2$ 、「消失・残存」では $C=2$ 、 $\sigma=0.25$ において判別成功率のピークが見られた。これらのパラメータの組み合わせを用いた場合の判別結果を表-2に示す。判別成功率は、「出現・空」では62.9%、「消失・残存」では83.2%を示し、高い精度での判別が可能であることから、これらの組み合わせを最適パラメータとして採用した。

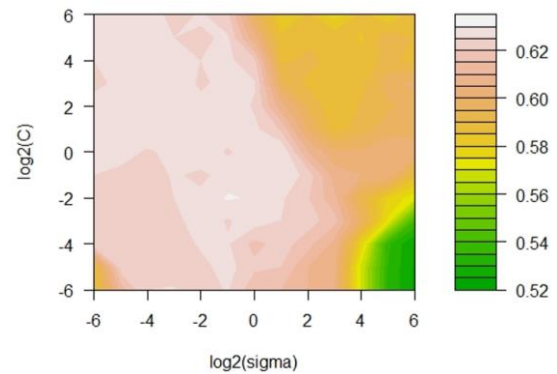


図-3 SVMパラメータと判別率の関係（出現・空）

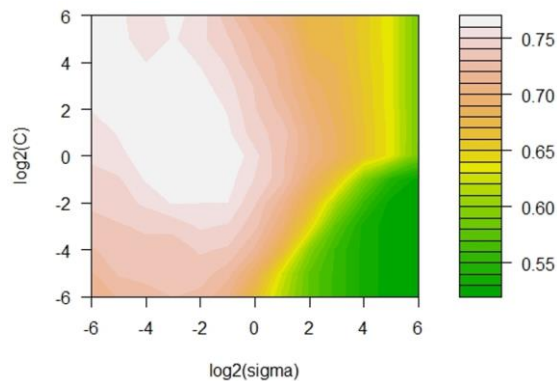


図-4 SVMパラメータと判別率の関係（消失・残存）



### 3. 本モデルによる居住地の逐次将来予測

#### (1) 2年毎の逐次予測手法およびその精度検証

前章で得られたモデルを用いて、対象地区における住宅分布の将来予測を行う。まず、もっとも古い調査年度であるH17のデータから、以下の方法で、10年後(H25)の住宅分布を予測し、実際の分布との比較により、精度の確認を行う。H17の立地パターンデータ(10m×10mメッシュ毎に住宅の有・無を表現)を用い、各有効立地特性値から本モデルにより、2年後(H19)の各メッシュにおける「出現・空」、「消滅・残存」を推定する。その結果を用いて、同様の方法により、さらに2年後(H21)の住宅分布データを作成する。これを10年後(H25)まで繰り返し行う。なお、住宅が出現する場合、その住宅の建物情報値は、周囲100mの住宅の情報値の範囲から乱数により設定した。

本モデルでは、10m×10mメッシュ毎の住宅立地パターンを推定できるため、街区レベルなどの詳細な分析に利用できる。しかしながら、出現に関しては、実際の出現とは位置にずれが生じ、10mレベルでピンポイントに推定することは難しい。そこで、予測した住宅分布の精度を10mメッシュより大きい街区レベルで検証することを考え、100m×100mメッシュ毎に住宅数を算出し、H25における予測値と観測値の比較を行った。その結果、図-5に示すように、両者の関係を見ると、決定係数が0.8以上となり、1対1で対応することから、大部分のメッシュでは、10年後の予測が精度よく行えていることが示された。

また、両者に大きな差が生じているメッシュもあることから、これらのメッシュがどのような箇所にあるのかを確認するため、予測値と観測値の差分を空間的に可視化した。図-6に示すように、全体としては、誤差が約±10以内に収まるメッシュが広く分布していることがわかる。しかし、北東部の篠路やあいの里地区の一部では、予測値が30程度少なく算出される箇所が集まっている。これらの地区では、先行研究で示したように、近年、住宅の立地が盛んであり、変化が大きい<sup>9)</sup>ため、本研究で構築した判別モデルでは適用が難しいものと考えられる。このように、一部の地区においては、大きな誤差が生じることから、これに影響する要因を調べ、本手法の適用範囲を広げたい。

#### (2) 札幌市における居住地分布の中期予測

上記のように、大部分の地区で予測が精度よく行えることがわかったことから、分析開始年度をH25(2013年)とし、10年後(2023年)、20年後(2033年)までの予測を行い、得られた結果から対象地域における将来の

表-2 5重交差確認の結果

a 「出現・空」 最適パラメータ :  $C=0.25, \sigma=0.5$

|              |    |      |      |
|--------------|----|------|------|
| 判別成功率: 62.9% |    | 判別値  |      |
|              |    | 出現   | 空    |
| 観測値          | 出現 | 40.6 | 27.7 |
|              | 空  | 9.4  | 22.3 |

b 「消失・残存」 最適パラメータ :  $C=2, \sigma=0.25$

|              |    |      |      |
|--------------|----|------|------|
| 判別成功率: 81.3% |    | 判別値  |      |
|              |    | 残存   | 消失   |
| 観測値          | 残存 | 37.5 | 6.3  |
|              | 消失 | 12.5 | 43.8 |

※判別成功率は交差確認5回分の平均値を示す。

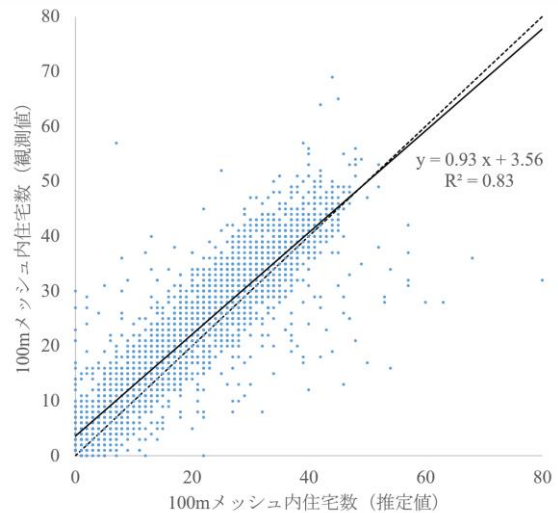


図-5 100mメッシュ内住宅数の予測値と観測値の関係

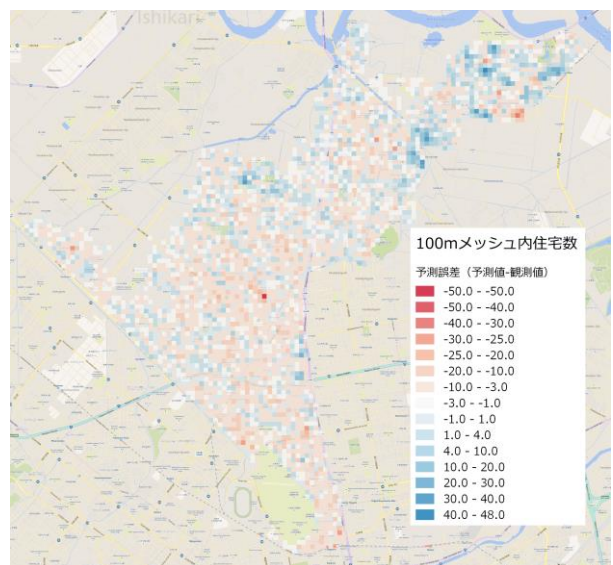


図-6 予測値と観測値の差の空間分析

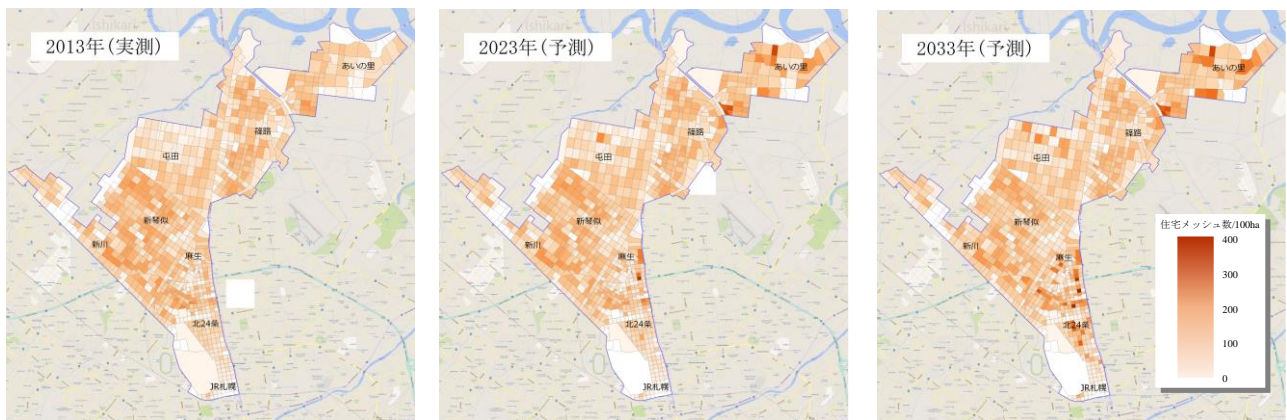


図-7 札幌市北区における住宅分布の中期予測結果

居住地分布について考察を行う。なお、上述のように、本手法では、10m×10mメッシュ毎の立地パターンデータが得られるが、ここでは、対象地区の全体像について検討することとし、小ゾーン（都市計画基礎調査区）毎に100ha当たりの住宅メッシュ数を求め、それをGIS上に可視化した。対象地区における2013年（H25実績）および2023年と2033年（予測）のゾーン別住宅密度を図-7に示す。2011年は、実際の分布として新川や北24条など比較的都心部に近く、鉄道や高速道路の沿道エリアで住宅が多い。10年後の2021年には、北部のあいの里や篠路エリアで住宅が増加し、都心近郊よりも住宅密度が高いゾーンも幾つか出現する。20年後の2031年になると、北部では屯田エリアで増加が見られるものの全体としては収束傾向にある。その一方で、南部の都心に近い北24条や麻布エリアにおいて住宅の増加が顕著に現れるこのような増加傾向の中、中間部の新琴似エリア周辺においては、わずかではあるが、一様的に住宅の減少が生じる傾向にある。今後は、本手法の適用範囲を札幌市全域に広げ、市全体としての将来居住地について予測を行ない、その傾向について考察を行う予定である。

#### 4. まとめ

本研究では、札幌市のH17からH25までの都市計画基礎調査データを用いて、先行研究で提案した住宅立地判別モデルの再構築を行うとともに、そのモデルによる住宅立地の逐次予測手法を開発し、対象都市における居住地分布の中期予測を試みた。

モデルの再構築に関しては、H17、H19、H21、H23、H25の各年度において、住宅の「出現・空（非出現）」、「消失・残存（非消失）」に定常的に影響を与える立地特性値（有効立地特性値）を抽出した。この有効立地特性値を変数としたSVMによる住宅立地判別モデルを構

築し、「出現・空」、「消失・残存」の両モデルの判別率は、それぞれ62.9%、81.3%を示した。

また、逐次予測については、100mメッシュ毎（街区レベル）で住宅数を用いて、10年後の予測結果と実際との関係を求めたところ、大部分のメッシュで住宅数が同程度となることを示した。

今後は、得られた課題を踏まえつつ、他の区でも同様の分析を行い、札幌市全体における居住地の中期予測を行い、考察を行う。発表時には、その結果について報告したい。

#### 参考文献

- 1) 内閣府：平成26年版高齢社会白書，  
<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2014/zenbun/pdf/mokuji1.pdf>，2015.2閲覧
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 福田健志：空き家問題の現状と対策，国立国会図書館，調査と情報－ISSUE BRIEF－，No.791，2013.
- 5) 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.
- 6) 浅田拓海，生富直孝，有村幹治：SVMを用いた空間的立地パターン判別による将来居住分布の推定，土木学会論文集D3（土木計画学），Vol.71，No.5（土木計画学研究・論文集第32巻），I\_221-I\_228，2015.