

ニューラルネットワークとセルオートマトンを用いた土地利用予測 A Landuse Forest Model combined with Neural Network and Cellular Automata

池田寛之**・渡辺公次郎***・近藤光男****

By Hiroyuki IKEDA**・Kojiro WATANABE***・Akio KONDO****

1. はじめに

近年,多くの地方都市では,中心部の空洞化が進む一方,市街化調整区域を中心に,分散的な市街化が進行し,緑地や農地が減少しつつある.こういったことや無秩序な開発行為によって,郊外部の豊かな自然が破壊されている.また植生は,大気汚染ガスを吸収することで,大気を浄化する機能を持っているが,市街化により植生が減少すれば,この効果も減る.そうかといって,郊外部の開発を全く認めないのも非現実的である.保全と開発のバランスのとれた土地利用が予測できれば,より効果的な土地利用規制を行うための情報となりうる.

そこで本研究では,ニューラルネットワーク(以下 NN)とセルオートマトン(以下 CA)を用いた土地利用予測と郊外部の市街化規制方策の検討手法を目的とする.

本研究の対象地域は,近年郊外部へのスプロール化が顕著な徳島市周辺部とする(図1).

2. 土地利用予測モデルの構築

(1) ニューラルネットワークによる土地利用予測モデルの構築

本研究では, NN と CA の 2 つを用いて土地利用予測を行う.分析で用いる土地利用データは,1987 年と 1997 年の国土数値情報の土地利用データであるが,このままでは土地利用の区分が多すぎるので,表 1 のように再編した.このデータは約 100m メッシュ形式であるが,本研究では,まず NN を用いて大まかな土地利用の変化の流れを予測するために 1200m メッシュ形式で表 1 の土地利用区分ごとの比率を求めた.なお,水域系・幹線交通用地は不変とする.次に土地利用変化をもたらす要因を,道路,駅,役所までの距離,平均標高,平均傾斜,平均地価,人口,区域区分とした.

*キーワード: 都市計画, 土地利用

**学生員, 徳島大学大学院先端技術科学教育部

***正員, 博士(工学), 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

****正員, 工博, 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

(〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町2-1 Tel. 088-656-7612)



図1 研究対象地域

表1 土地利用分類

土地利用グループ	「国土数値情報」の土地利用分類
山林系	森林・荒地・ゴルフ場
農地系	田・畑・果樹園・その他の農用地 その他の樹木畑
空地系	その他の用地
建物系	建物用地
水域系	内水地・河川地及び湖沼 海浜・海水域
幹線交通用地	幹線交通用地

道路,駅,役所は利便性に,平均標高,平均傾斜,平均地価は開発のしやすさに,人口は社会経済に,区域区分は開発規制に関連していると考えられる.道路,駅,役所までの距離は,1200m メッシュ間の距離を利用した.区域区分は,対象地域内に存在する都市計画区域外,市街化区域,調整区域,未線引き区域の 1200m メッシュ内の比率を利用した.

本研究で用いるのは,NN の誤差逆伝搬モデルで,入力層,中間層,出力層から構成される.入力層のニューロンにはメッシュの要因値が入力され,出力層ニューロンは推計された 4 つの土地利用系の値(各 0.0~1.0)が出力される.この 4 つの値を,そのメッシュの推定土地利用比率としている.本研究では,中間層を 1 層とする全 3 層構造とし,中間ニューロン数は 11 個した.各層のニューロンの 1 つ 1 つは隣の層のすべてのニューロンと結びついており,この結合には,それぞれに変化する重み(図 2 の w)

が設定されている。前のニューロンからの値をその重みにより変化させ、次のニューロンに送り出す「前進型処理」と出力値（推定土地利用比率）と教師値（実際の土地利用比率）との誤差修正のために各重みを変更する「後進型処理」とを交互に行いながら、出力値と教師値が一致するように学習を繰り返すものである。学習回数は、各セルの出力値と教師値との誤差が 1% になるまで繰り返し、473,527 回で終了した。

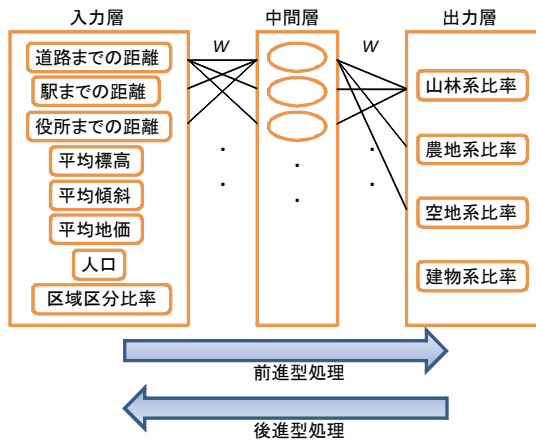


図2 NNによる土地利用予測モデルの流れ

(2) ニューラルネットワークによる土地利用予測モデルの精度

本研究では、1987 年の 1200m メッシュ内での土地利用比率を再現し、そこで得た説明変数の係数を用いて 1997 年の 1200m メッシュ内での土地利用比率を求めた。結果を表 2、建物系比率の図を図 3 に示す。ここでは、教師値と推定値の差が 1% 以内なら正解としている。表 2 をみると山林系・空地系・建物系は 5 割以上の正解率であるのに対し農地系は 5 割に満たない。これは入力層の土地利用変化をもたらす要因に原因があると考えられる。入力層のニューロンの数が多ければ多いほど 1987 年の再現はしやすくなるが、1997 年の予測は困難であった。これは、予測値となるのが地価・人口の 2 つだけということにも原因だと考えられる。図 3 をみると山林系比率と農地比率の中心部が違うことと空地比率と建物比率の北・南部が違うことが目立つ。真に土地利用変化に有効な要因だけを見つけ出せば正解率を上げられると思われる。

表 2 1997 年の正解率

山林系	農地系	空地系	建物系
69.26%	40.13%	59.55%	55.99%

(3) セルラーオートマタによる土地利用予測モデルの構築

次に NN で得られた 1200m メッシュ内の推定土地利用比率を用いて CA による土地利用予測を行う。ここでは、建物系セルの遷移のみを対象とする土地利用予測モ

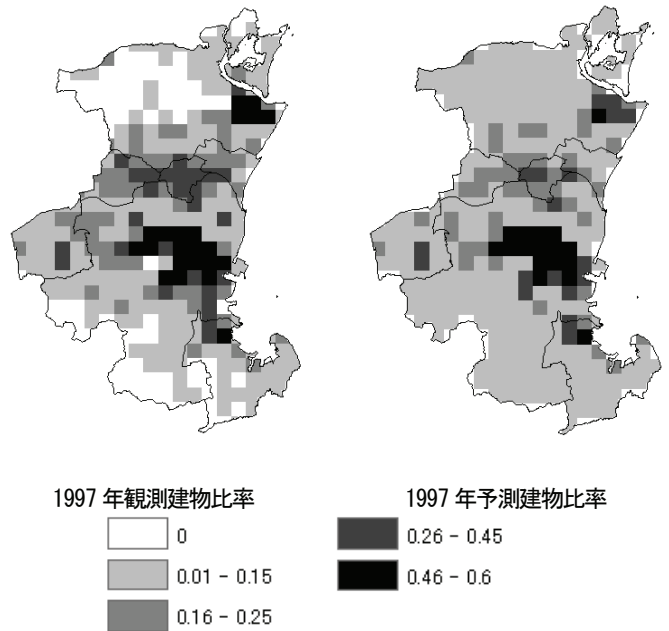


図3 1997 年の観測土地利用比率と予測土地利用比率
 デルの構築を試みた。ここで本モデルではセルサイズを 1200m×1200m とした。また、本モデルの処理プロセスは、最初にセルをランダムに 1 つ選択し、選択されたセルの遷移ポテンシャル（式(1)）が、乱数より大きければ、建物系セルに遷移する。また、選択されたセルが未線引き区域なら、そのセルの遷移ポテンシャルは式(2)となる。そして、対象地域全体で遷移したセル数が、コントロールトータルに達した時点で終了とする。

$$Pt = regu \times land \times rate_urban \times NN \dots (1)$$

$$Pt = land \times rate_urban \times NN \dots (2)$$

ここで、*regu* は土地利用規制を表す係数で、都市計画区域外なら 0.1、調整区域なら 0.5、市街化区域なら 1、*land* は選択されたセルの建物系セルに遷移する確率を表す係数で、山林系なら 0.3、農地系なら 1.0、空地系なら 0.7、*rate_urban* はセルの近傍セル（図 4）内の建物系セルからの影響を表す係数で、例えば①・②・⑤が建物系セルであるならば建物系セルからの影響は 3/8 となる。ここで、近傍は選択されたセルを中心に半径 1 セル以内とした。*NN* は NN から得られる 1200m メッシュ内の建物比率である。

表 3 1987 年～1997 年で建物系に遷移したセル数

都市計画区域外	2	山林→建物	28
調整区域	235	農地→建物	453
未線引き区域	79	空地→建物	321
市街化区域	486		

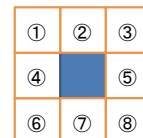


図4 セルの近傍型

モデルの精度を確認するために 1987 年を初期値とするシミュレーションを行い、1997 年の土地利用を再現

した。コントロールトータルは、この 10 年間に建物系セルに遷移したセル数で、表 3 より山林系セルが建物系セルに遷移するセル数は 28、農地系セルが建物系セルに遷移するセル数は 453、空地系セルが建物系セルに遷移するセル数は 321 というように土地利用ごとに区分した。結果を表 4、表 5、図 5 に示す。

表 4、5 をみると、空地系から建物系に遷移した箇所と市街化区域で遷移した箇所の、実際に建物系に遷移したセルと推定セルが合致した割合（以下、合致率）が最も高い。これは、その箇所に実際に建物系セルの遷移が集中していたため、変化が捉えやすかったと考えられる。図 5 予測土地利用をみると、建物系セルに遷移したセルは南部分に多いことが分かる。これは、1987 年時に建物系セルが南部分に集中していることが原因と考えられる。

表 4 土地利用予測モデルの精度（土地利用区分）

	合致したセル数	実際に遷移したセル数	合致率
山林→建物	0	28	0.00%
農地→建物	58	453	12.80%
空地→建物	80	321	24.92%

表 5 土地利用予測モデルの精度（区域区分）

	合致したセル数	実際に遷移したセル数	合致率
都市計画区域外	0	2	0.00%
調整区域	7	235	2.98%
未線引き区域	0	79	0.00%
市街化区域	131	486	26.95%

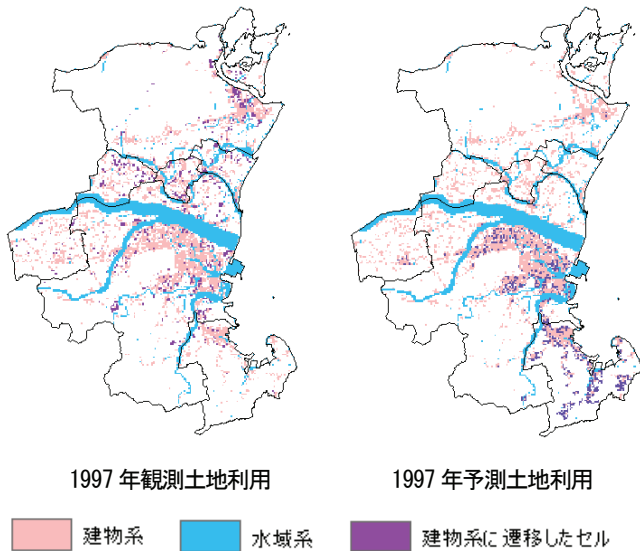


図 5 1997 年の観測土地利用と予測土地利用

3. シミュレーション

2 章で得られた土地利用予測モデルを用いて、1997 年から 2010 年までの土地利用予測を行った。予測では、1200m メッシュごとに 1985、1990、1995、2000 年の人口データ（国勢調査）と 1983 年～2005 年の地価データ（国土数値情報地価公示点）を用いて、2010 年の将来人口・地価を予測し、回帰分析モデルを用いて将来値を

求めた。本研究では、3 つのシナリオを想定してシミュレーションを行った。シナリオ 1 は 1997 年と同じ市街化規制が 2010 年まで続く場合、シナリオ 2 は未線引き区域を調整区域にした場合、シナリオ 3 は全域で区域区分を廃止した場合である。シミュレーションの結果を表 6、図 6 に示す。

図 6 をみると、中心部に建物比率が最も高くなっていることが分かる。また、シナリオ 1、2、3 をみても、どのシナリオも中心部と南部のセルが建物系セルに遷移していることから、中心部から外に向かって建物系セルが増加していることが分かる。これらのことから、どのような規制をかけても市街化を中心部に留めておくことができないと予測される。

次に表 6 をみると、シナリオ 1、2 はほぼ同じ結果だが、シナリオ 3 は他の 2 つのシナリオに比べて調整区域で遷移したセル数が多いことが分かる。このことから、区域区分を廃止する施策は市街化区域の開発を抑えるのに効果があったといえる。

表 6 遷移したセル数（区域区分）

	遷移したセル数		
	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
都市計画区域外	0	0	0
調整区域	314	316	394
未線引き区域	0	0	0
市街化区域	545	543	465

4. まとめ

本研究では、徳島市周辺部の土地利用変化について (1) NN を用いた 1200m メッシュでの土地利用変化の予測、(2) NN で得た予測結果と CA を用いた 120m メッシュでの土地利用予測モデルを構築、(3) 3 つのシナリオを想定してシミュレーションを行い、以下の結論を得た。

- (1) 土地利用変化をもたらす要因について、取捨選択する必要性が示唆された。また、中心部が最も建物系の変化が多いことが分かった。
- (2) 予測結果から、建物系セルが集中している箇所が建物系セルに遷移しやすいことが予測された。
- (3) 本モデルの建物系セルが集中している周辺のセルは建物系セルに遷移しやすいという CA の遷移ルールが、土地利用予測モデルの精度が低い原因として考えられる。

今後の課題としては、土地利用予測モデルの精度を向上させることに加え、建物系だけでなく、山林系・農地系・空地系の 3 つの土地利用も予測できる土地利用予測モデルの構築が必要である。

付記

本研究は科学研究費補助金（若手研究 B、2006～2007 年度、No. 18760463）による成果の一部である。

参考文献

- 1) 伊藤史子, 村田亜希子: 千葉県流山市南西部における土地利用変化NNモデルの構築-細密数値情報を用いた変化要因分析-, 日本都市計画学会学術研究論文集, 第35回, pp. 1129-1134, 2000.
- 2) 大貝彰, 河合修治: メッシュデータを用いた小売業売場面積推計ニューラルネットワークモデルの開発, 日本都市計画学会学術研究論文集, 第33回, pp. 337-342, 1998.
- 3) 新井健, 峯村昌典, 秋山哲也: メッシュモデルによる土地利用変化過程のシミュレーション分析-セルオートマトンの適用-, 地理情報システム学会講演論文集, 8, pp69-72, 1999.

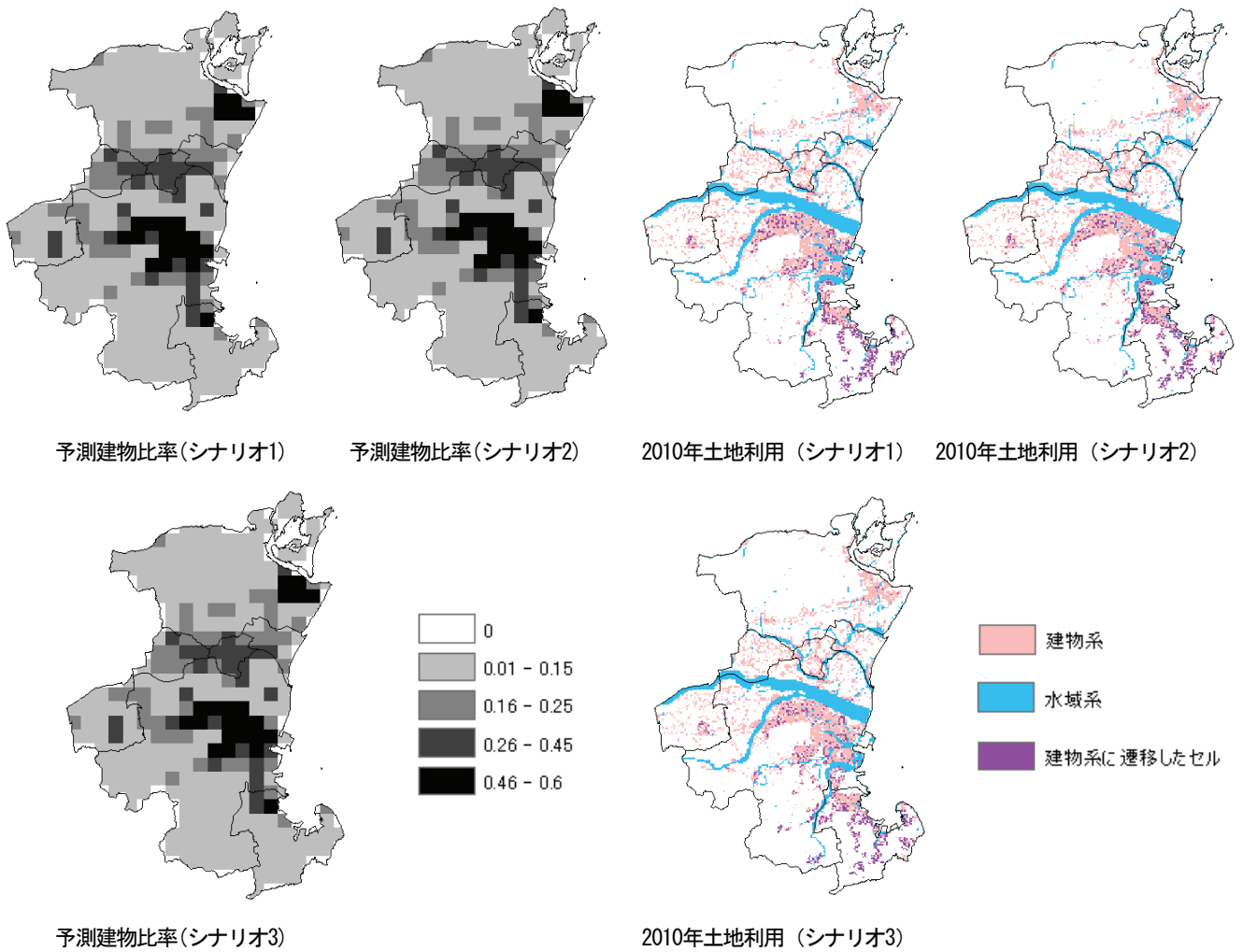


図6 シミュレーション結果