

植生の大気汚染ガス吸収量を指標とした市街化シミュレーション*

Urban Growth Simulation by using Atmospheric Pollution Gas Absorption by Vegetation Area*

渡辺公次郎**・近藤光男***

By Kojiro WATANABE**・Akio KONDO***

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年、徳島都市圏を含む多くの地方都市では、中心部の空洞化にもかかわらず、市街化調整区域（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。郊外部で良好な自然環境資源を残していくためには、適切な市街化のコントロールが重要である。平成12年の改正都市計画法では、調整区域における開発許可制度が見直され、地域の実情に応じた開発コントロールが可能になった。そのため、地方自治体では調整区域の開発規制をはじめ、市街化区域をも含めた、都市全体の土地利用のあり方に関する議論が始まっている。

ところで、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。当然ながら、市街化が進み、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。どこで、どの程度の開発であれば、大気浄化機能はどの程度変化するのか。大気浄化機能を維持しながら、開発需要を満たすような市街地形態を予測できれば、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、植生の大気汚染ガス吸収量を制約条件に用いた市街化シミュレーション手法を開発することを目的とする。本研究で扱う大気汚染ガスは、二酸化炭素(CO₂)、二酸化窒素(NO₂)、二酸化硫黄(SO₂)とする。本研究では植生を、樹林地や農地など、まとまって存在する植物と定義する。

(2) 本研究の構成

本研究では、まず市街化シミュレーションモデルを開発する。これは市街地分布をセル単位で予測するモデルである。大気汚染ガス吸収量の推計では、既往研究で提案されているモデルを用いる。これらを用いて、将来の市街化動向を左右する開発規制をいくつか想定し、その

効果を大気汚染ガス吸収量で評価する。

(3) 既往関連研究

ここでは、既往関連研究を挙げ、本研究との違いを述べる。筆者らは、これまで、豊橋市周辺部¹⁾や途上国²⁾を対象に、セルオートマトン(CA)を用いた市街化予測モデルを開発してきた。CAとは、局所的な相互作用から複雑な現象を再現することができる手法で、都市計画分野でも土地利用や人口変化、歩行者流動のモデル化に用いられている³⁾。国内では、筆者ら以外にも、瀧澤ら⁴⁾による土地利用パターン形成予測モデル、佐々木ら⁵⁾によるニューラルネットワークとCAを組み合わせた土地利用-人口モデル、奥野ら⁶⁾によるGAとCAを組み合わせたモデル、斉藤⁷⁾による建物配置シミュレーション、五十嵐ら⁸⁾による人口分布予測モデル、本間ら⁹⁾による人口変動モデル、小林ら¹⁰⁾による森林のネットワーク分析モデルなど、様々なモデルが提案されている。ここでは、筆者らが開発してきたモデルをもとに、CAを用いた市街化予測モデルを開発する。

一方、大気汚染ガス吸収量の推計に関する研究では、三宅ら¹¹⁾は、植生の持つ同化生産量に基づく大気汚染ガス吸収モデルを開発している。このモデルは、汚染ガス濃度以外の環境要因の変動に影響されない点で優れており、植物被覆面積当たりの比較的長期間のガス吸収量を推計するのに適しているといわれている^{11),12)}。このモデルを用いて、山田ら¹³⁾は、緑地の環境保全機能評価を、篠塚ら¹⁴⁾は、緑地と街路樹の大気浄化量推計を、小川ら¹⁵⁾は、大気浄化機能の経済的評価を行っており、様々な研究で利用されている。本研究でもこのモデルを用い、大気汚染ガス吸収量の推計を行う。

以上、CAの都市モデルへの応用と大気汚染ガス吸収量推計モデルの既往研究についてまとめたが、両者を組み合わせ、大気汚染ガス吸収量を評価指標に、開発規制の評価を行った研究はまだみられない。

(4) 研究対象地域

研究対象地域は、近年郊外部へのスプロール化が顕著な徳島市周辺部（徳島市、鳴門市、小松島市、松茂町、北島町、藍住町、石井町）である（図1）。この地域の都市計画区域は、藍住町のみが含まれる藍住都市計画区

* キーワード：都市計画、GIS、土地利用

** 正会員 博（工） 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部
エコシステム工学コース（徳島市南常三島町2-1 TEL (088) 656-7612
kojiro@eco.tokushima-u.ac.jp）

*** 正会員 工博 所属同上
（TEL (088) 656-7339 kondo@eco.tokushima-u.ac.jp）

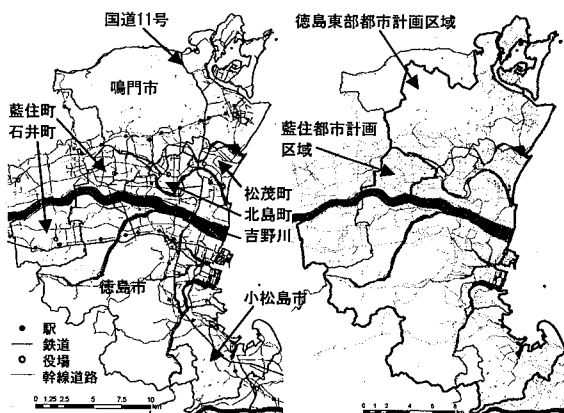


図1 研究対象地域

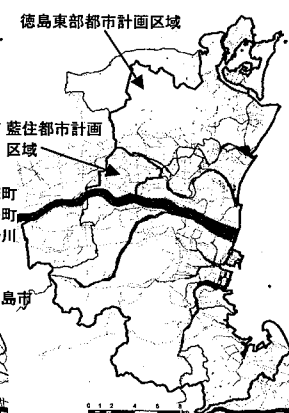


図2 都市計画区域

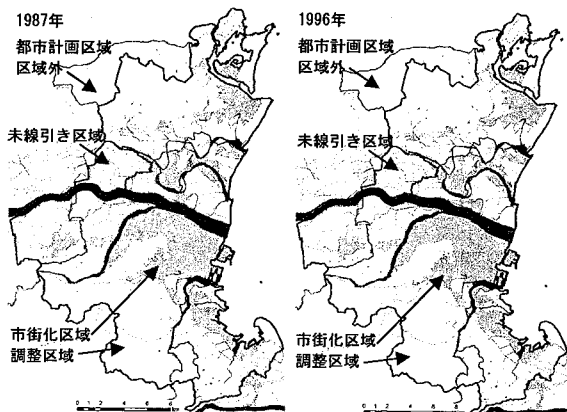


図3 区域区分 (1987年、1996年)

表1 対象地域内の人口

	面積[km ²]	人口[人]			1985～2000年の増減	
		1985年	1995年	2000年	[人]	[%]
徳島市	191.65	257,884	268,706	268,218	10,334	4.01
鳴門市	135.45	64,329	64,923	64,620	291	0.45
小松島市	44.73	43,998	43,349	43,078	-920	-2.09
藍住町	16.27	22,619	28,408	30,368	7,749	34.28
石井町	28.78	25,071	25,436	26,023	952	3.80
北島町	8.75	17,745	19,514	19,823	2,078	11.71
松茂町	12.62	10,957	13,562	14,267	3,310	30.21
合計	426	431,646	450,336	452,130	20,484	4.75

域と、それ以外の市町を含む徳島東部都市計画区域の2地域が存在する(図2)。藍住都市計画区域は区域区分がなされていない、いわゆる未線引き都市計画区域である。図3に対象地域の区域区分を示す。

表1に対象地域の人口と1985～2000年までの変化を示す。徳島市の北部に隣接する松茂町、藍住町では、人口は30%、北島町では11%増加している。それに比べて小松島市では2%減少しており、徳島市の北部方面へのスプロールが進んでいることがわかる。松茂町には対象地域を縦断する国道11号が走っており、この付近での沿道開発も人口増の要因と考えられる。藍住町には国道11号のような幹線道路や鉄道駅、大規模な集客施設等は立地していないにも関わらず人口が増えているのは、開発を行う上で制約の少ない、未線引き都市計画区域であるこ

とが要因になっていると考えられる。

2. 市街化予測モデル

(1) モデル開発の流れ

これまで筆者らが開発してきたCA市街化予測モデルをもとに、対象地域内の市街化を予測するモデルを開発する。まず、市街化要因を分析し、その結果を踏まえて市街化をモデル化し、キャリブレーションを行い再現性を確認する。

(2) 市街化要因の分析

本研究では、市街化を土地利用が市街地以外から市街地に変化すること、すなわち、建物が存在しない場所、新たに建物が建設された状態と定義する。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り、この中の「建物用地」のカテゴリーのデータを市街地とした。このデータは、3次メッシュを縦横に10等分した約100mメッシュ(セル)形式になっている。ここではデータ処理の都合上、補間することで正方形セルにデータを変換した。補間した大きさは120mとした。以降、シミュレーションで用いる全てのデータは、このサイズのセルデータに変換して用いる。以下では、1987年から97年の市街化の要因を分析する。

まず、1987年から97年までに市街化したセル(市街化セル)を抽出し、そこから、幹線道路(幅員5.5m以上)、駅、各市町の役場までの距離と市街化セルの標高を集計した。幹線道路、駅、役場は利便性に、標高は開発しやすさに関連していると考えたため、市街化要因分析で用いることにした。

幹線道路、駅、役場は、「数値地図25000(空間データ基盤)」より、標高は「数値地図50mメッシュ(標高)」を用いて、120mセル形式に変換した。また、今回の対象地域は図3に示すように、市街化区域、市街化調整区域、未線引き都市計画区域、都市計画区域外の4種類の区域が含まれている。そのため、区域指定の市街化への影響を把握するために、各区域ごとの市街化セル数も集計した。1987年～97年に市街化したセルを図4に、集計結果を表2に示す。

表2によると、幹線道路からの距離が近いほど市街化セル数は多くなっている。沿道開発や、自動車でのアクセス性を重視する傾向が表れていると考えられる。役場からの距離も、近いほど市街化セル数は多くなっており、各市町の中心へのアクセス性が市街化の要因となっていると考えられる。しかし、駅の場合はそういった傾向がみられない。対象地域の鉄道はJRのみであり、大都市周辺部に比べると本数も少なく、鉄道が主要な交通

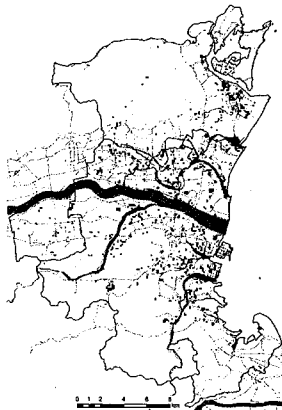


図4 1987年～97年までに市街化したセル

表2 市街化したセルと幹線道路、役場、駅、標高、区域区分の関係

幹線道路(幅員5.5m以上)からの距離			役場からの距離		
	セル数	[%]		セル数	[%]
0-120m	229	28.41	0-960m	184	22.83
120-240m	320	39.70	960-1920m	252	31.27
240-360m	129	16.00	1920-2880m	186	23.08
360-480m	61	7.57	2880-3960m	99	12.28
480m-	67	8.31	3960m-	85	10.55
計	806	100.00	計	806	100.00

駅からの距離			標高		
	セル数	[%]		セル数	[%]
0-480m	26	3.23	0-20m	767	95.16
480-960m	61	7.57	20-40m	9	1.12
960-1920m	244	30.27	40-60m	24	2.98
1920-3960m	362	44.91	60m-	6	0.74
3960m-	113	14.02	計	806	100.00
計	806	100.00			

区域区分		セル数	各区域の市街化率 [%]
名称	面積[セル数]		
調整区域	22267	239	1.07
市街化区域	4930	486	9.86
未線引き	1128	79	7.00
都市計画区域外	2182	2	0.09
計	30507	806	

手段となり得ていない現状が影響していると考えられる。標高をみると、大部分が40m以下の平地で市街化しており、それより高い標高の地域では開発がそれほど進んでいないことが分かる。

区域区分の違いによる市街化傾向を、市街化率で比較すると、市街化区域、未線引き区域、調整区域、都市計画区域外の順で大きくなっている。調整区域では開発が規制されているのに対して、未線引き区域では、そういった規制がないため、市街化率は調整区域よりも高くなっている。

以上より、対象地域の市街化は、幹線道路、役場に近いほど、標高が低いほど促進され、調整区域は、市街化区域、未線引き区域よりも市街化されにくい傾向にあり、都市計画区域外での市街化面積はごく僅かであることが分かった。

(3) モデルの内容

以上、市街化要因分析で得られた知見をもとに、モデルを開発する。セルの大きさは市街地データと同じ、120m×120m、セルの変化は、土地利用データの「田」、「その他農用地」、「森林」、「荒地」、「その他の用地」から市街地への変化のみとし、それ以外のカテゴリは不変とした。但し、保安林に該当するセルについては、土地利用に関係なく不変とした。なお、本モデルでは、市街地の密度は考慮しない。

次に、モデルの処理の流れを説明する。まず、市街地でないセルの中から、市街化が可能なセル ij を1つ選択する。市街化が可能な条件は、標高40m以下、かつ土地利用が田、その他農用地、森林、荒地、その他の用地のいずれかとした。次に、セル ij の遷移ポテンシャル pt_{ij} を式(1)より計算し、これが、式(2)で発生させた乱数 ran ⁸⁾よりも大きければ、セル ij は市街地に遷移する。乱数を使う理由は、式(1)だけでは表せない市街化の不確実性を考慮するためである。

$$pt_{ij} = r_urban_{ij} \cdot reg_{ij} \cdot (road_{ij} + elev_{ij} + townh_{ij}) / 3 \quad (1)$$

$$ran' = \{-\ln(ran)\}^r \quad (2)$$

ここで、 r_urban_{ij} はセル ij のムーア近傍内(図5)の市街化率である。市街化はある程度まとまりを保ちながら拡大していくと考えたため、市街化率 r_urban_{ij} が高いほど、 pt_{ij} は高くなる。 reg_{ij} はセル ij の区域区分に関する係数で、セル ij が調整区域であれば0.5、それ以外であれば1.0とした。 $road_{ij}$ は幹線道路からの距離、 $townh_{ij}$ は役場からの距離、 $elev_{ij}$ は標高による、市街化ポテンシャルである(表3)。

前述したように、CAモデルは隣接するセルの相互作用を利用して複雑な挙動を生み出すモデルである。そのため、これらのパラメータにより市街化の大きな傾向をえ示すことができれば、あとはセル同士の相互作用により市街化が進んでいくと考えた。そこで今回は、2章

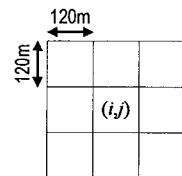


図5 モデルの近傍型

表3 遷移ポテンシャル式のパラメータ

幹線道路からの距離	road _{ij}	役場からの距離	townh _{ij}	標高	elev _{ij}
0-120m	1	0-960m	1	0-20m	1
120-240m	0.9	960-1920m	0.9	20-40m	0.9
240-360m	0.8	1920-2880m	0.7	40-60m	0.2
360-480m	0.6	2880-3960m	0.4	60m-	0.1
480m-	0.2	3960m-	0.1		

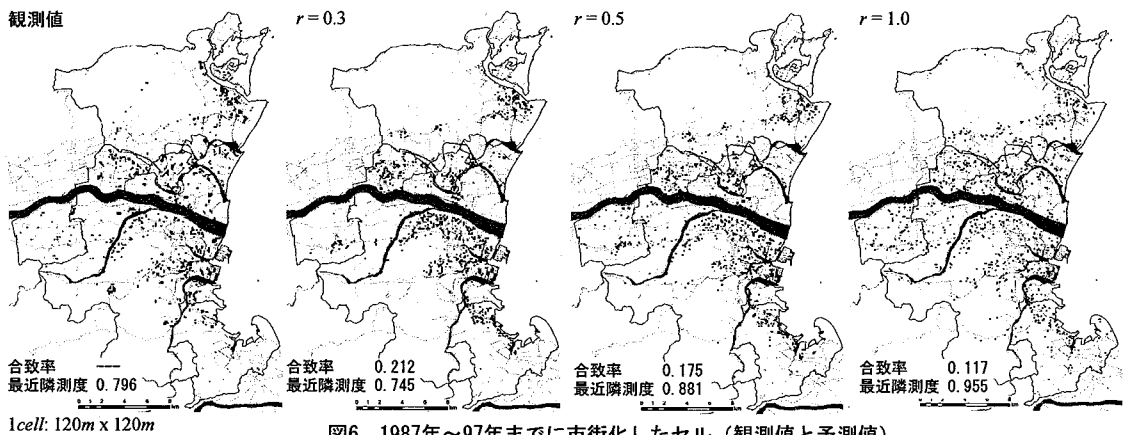


図6 1987年～97年までに市街化したセル（観測値と予測値）

表4 r を変化させた場合の合致率と最近隣測度

r	1987～97年 に市街化し たセル数(A)	出現位置 が合致した セル数(B)	合致率 (B/A)	最近隣測度		誤差 C-D
				観測値(C)	予測値(D)	
0.3	806	162	0.212	0.796	0.745	0.051
0.5	806	138	0.175	0.796	0.881	0.085
1.0	806	98	0.117	0.796	0.955	0.159

的に設定した。

区域区分に関する係数については、規制の度合いに応じて市街化ポテンシャルを変化させるために用いた。ここでは、調整区域で大幅に低く設定することで、開発が厳しく制限される状況を表した。これ以外の区域については調整区域ほど厳しい規制ではないため、1.0として、この項を無視して考えることにした。

これらのパラメータは、過去のデータを用いて、詳細にキャリブレーションすることで、再現性が向上することも大いにあり得るが、それは今後の課題としたい。 $ran1$ は0～1までの一様乱数、 r は乱数値をコントロールするパラメータである。この流れを、外生的に与えられたコントロールトータルに達するまで繰り返す。

(4) 再現性の検討

1987年を初期値とするシミュレーションを行い、1997年の市街地を再現することで、モデルの精度を確認する。コントロールトータルは、この10年間に市街地に変化したセル数である。

式(2)の r を決定するため、 $r=0.3, 0.5, 1.0$ のシミュレーションを行った。精度の検証には、合致率と最近隣測度¹⁶⁾を用いた。合致率は、期間中に市街化したセルのうち予測結果と出現位置が合致した割合である。最近隣測度は、セルの分布パターンの類似度に関する指標として用いた。各ケースの合致率と最近隣測度を表4に、分布図を図6に示す。

分布図をみると、 r が大きくなるにつれて分散的な市街化を示している。 $r=0.3$ の結果は、約2割程度合致しており、最近隣測度の誤差も0.051と、 $r=0.5, 1.0$ の結果より

も精度は高い。しかし、うまく予測できていない地域も存在する。徳島市南西部にまとまった市街地が存在するがこれは、大規模住宅団地開発である。徳島市吉野川北岸地区の国道11号から少し離れた地域や、松茂町北部の徳島空港付近にもまとまった市街地が存在するが、こういった計画的な市街地や空港など、式(1)の市街化要因に含まれない要因が影響している場合は、本モデルではうまく予測できず、改善の余地がある。表4によると、 $r=0.3$ の場合、合致率が最も高く、観測値と予測値の最近隣測度の誤差が最も小さい。図6をみても、この場合は観測値と類似する分布傾向を示していたため、以降のシミュレーションでは $r=0.3$ を用いる。

3. 大気汚染ガス吸収量の推計

大気汚染ガス吸収量($W_{CO_2}, W_{SO_2}, W_{NO_2}$ [t/yr])の推計には、三宅ら^{11), 12)}が提案している、各植生区分の一次生産量を基にした簡便な推計方法を踏襲する。推計式を次式(3)～(5)に示す。このモデルは、汚染ガス濃度と植生区分ごとの面積が分かれば、吸収量が推計できる点が大きな特徴である。

$$W_{CO_2} = 1.63 \cdot Pg \cdot S \quad (3)$$

$$W_{SO_2} = 20.7 \cdot C_{SO_2} \cdot Pg \cdot S \quad (4)$$

$$W_{NO_2} = 15.5 \cdot C_{NO_2} \cdot Pg \cdot S \quad (5)$$

ここで、 Pg [t/ha-yr]は総生産量、 S [ha]は面積、 C_{SO_2} と

表5 植生区分ごとの総生産量 Pg ¹¹⁾

植生区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pg [t/ha yr]	20	14	11	10	9	8	6	5	10
植生区分	10	11	12	13	14	15	16	17	97
Pg [t/ha yr]	7	12	11	15	8	5	1	5	0

1 常緑広葉樹林/2 マツ・スギ・ヒノキ林/3 天然性針葉樹林/4 落葉針葉樹林・竹/5 ブナ・カバ・ナラ林/6 亜熱帯低木林・低山常緑低木樹林/7 低山落葉低木林/8 高山低木林/9 常緑・落葉果樹・桑畑/10 茶畑/11 畑地/12 水田/13 両様の草原・大型植物群/14 ササ・禾本草原・人工草原/15 休耕地/16 水中・特殊草原・小型植物群/17 都市緑地/97 その他

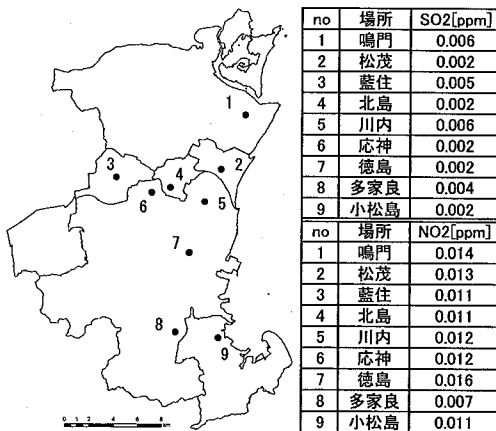


図7 対象地域内の測定局と大気汚染ガス濃度

C_{NO_2} は SO_2 と NO_2 の濃度 $[\mu g/cm^3]$ である。総生産量 P_g は、植生区分ごとに原単位が与えられている¹¹⁾。

4. シミュレーション

(1) 用いるデータ

2章のCA市街化予測モデルと、3章の三宅モデルを用いて、4つのシナリオを設定し、1997年から2007年までの市街化シミュレーションを行う。

式(3)~(5)より、大気汚染ガス吸収量を計算するためには、植生区分ごとの総生産量とガス濃度が必要である。植生区分データについては、環境省自然環境局生物多様性センターから貸与を受けた自然環境情報GISで整備されている自然環境保全基礎調査結果（第3~5回）を用いた。植生ごとの総生産量は、表5に示す参考文献¹¹⁾でまとめられているものを用いる。自然環境保全基礎調査結果は、植生が非常に細かく区分されていたため、それらを表5の区分にまとめ直して分析では用いた。

SO_2 、 NO_2 濃度については、平成15年度版徳島県環境白書¹⁷⁾に記載されている、測定局別の値を用いた。図7に対象地域内の測定局と濃度を示す。 CO_2 濃度については、全域で350ppmとした。

総生産量 P_g については、ポリゴン形式で整備されている自然環境情報GISの植生区分データを区分し直し、表5に従って P_g を割り当て、120mセル単位で合計して用いる。 SO_2 、 NO_2 濃度については、図7の測定局の位置を用いてボロノイ図を描き、各測定局が含まれる図形の属性値に、汚染ガス濃度を与え、その図形を120mセルに分割してシミュレーションで用いる。本来、道路や建物など発生源別に汚染ガス濃度も異なると考えられるが、今回はデータの制約上、このような方法をとった。

(2) シナリオ1から4のシミュレーション

次に、このデータを用いて、シナリオ別シミュレ

ーションを行う。シミュレーション開始年は1997年で、2007年までの市街化を予測する。シナリオ1は、現状維持型で、1997年時点の開発規制のままで将来市街化が進行した場合、シナリオ2は、林地が占める割合が10%以上のセルを新規開発禁止にした場合、すなわち、一定量の林地が存在する地域を保全しようとした場合である。ここで、林地とは、植生データが、表5の植生区分1~8であるセルを示す。

シナリオ3は、未線引き都市計画区域である藍住都市計画区域全域を市街化調整区域にした場合である。表1からも分かるように、藍住町では1985年~2000年までの間に、34%もの人口増加が発生している。このような無秩序な開発は、公共投資の非効率化や交通量の増加を引き起こし、都市環境にも悪影響を及ぼすことが考えられる。そのため、藍住町を調整区域に指定することで、藍住町に向かっていった開発圧力が、市街化区域に向かい、結果としてコンパクトな市街地形成（コンパクトシティ）を実現できるのではないかと考えたため、このシナリオを設定した。

シナリオ4は、対象地域全体で区域区分制度を廃止した場合である。区域区分の廃止は、既に香川中央都市計画区域等で行われている。桑田ら¹⁸⁾によると、香川中央都市計画区域の場合、都市計画区域外や未線引き区域が、香川中央都市計画区域の市街地の近くに存在していた、全域でインフラ整備が充実していた、農地転売が活発であった等の理由から、香川中央都市計画区域外へのスプロールが発生し、それが区域区分廃止の大きな原因となった。しかし、対象地域では、インフラ整備や土地利用の現況も市街化区域と調整区域では異なり、都市計画区域外へのスプロールもそれほど見られない。さらに、徳島東部都市計画区域の整備、開発及び保全の方針（平成16年）¹⁹⁾でも、区域区分廃止に否定的な方針が述べられている。

区域区分を廃止、すなわち都市計画的規制の全くない場合、どこで市街化が進み、規制のある場合と比べて大気汚染ガス吸収量がどの程度変化するかを示すことは、区域区分の効果を、都市環境的側面から評価する重要な情報になると考えられる。よって、シナリオ4は、対象地域では今のところ実現する見通しはないかもしれないが、区域区分の効果を評価するためにも重要な条件と考え、想定シナリオに含めることにした。

いずれの場合も、コントロールトータルとなる2007年の市街地面積は、1987年から1997年までに市街化した面積をそのまま用いた。各シナリオが実施された場合の予測市街地と大気汚染ガス吸収量を計算する。市街化予測結果を図8、図9に、大気汚染ガス吸収量の推計結果を表6に示す。

図8によると、シナリオ1では、徳島市の吉野川南岸、

1997年～2007年までに市街化したセルを黒、1997年の市街地をグレーで表示

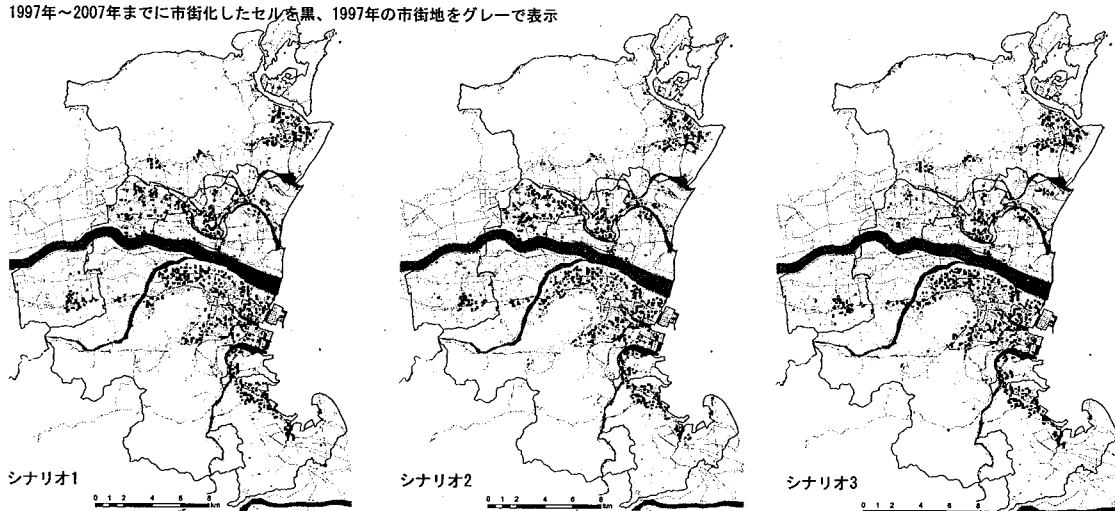


図8 市街化シミュレーション結果（シナリオ1～3、2007年）

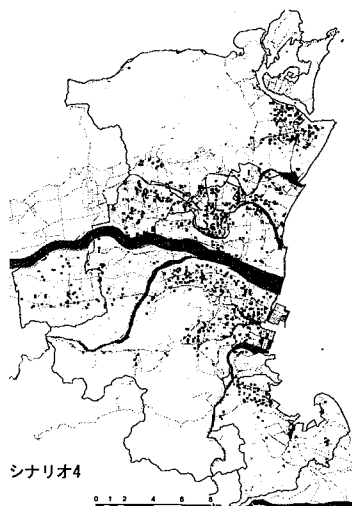


図9 市街化シミュレーション結果（シナリオ4、2007年）

小松島市中心部、北島町、鳴門市中心部では、主に市街化区域付近で市街化しているのに対し、未線引き地域の藍住町では全域的に市街化している。シナリオ2では、シナリオ1と類似する傾向を示している。シナリオ3では、藍住町を市街化調整区域としたため、藍住町で発生する開発圧力が、近隣の鳴門市、北島町、松茂町に移動している。これらの市町は、市街化区域があり、かつ交通アクセス性も高いことから、市街化が進んだと考えられる。図9によると、シナリオ4では、区域区分を廃止したため、1997年の市街地周辺であり、かつ交通アクセス性の高い地域に分散して市街化している。以上のことは、都市計画的規制を行った場合に起こりうる現象であるが、本研究で開発したモデルにより、それらを予測することができた。

表5の大気汚染ガス吸収量推計結果によると、シナリオ1と2では、どの市町も大差はなかった。この原因とし

表6 大気汚染ガス吸収量推計結果

都市	CO2 [t/yr]			
	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
徳島市	244,263.98	244,460.02	243,621.41	244,815.46
鳴門市	224,114.65	224,721.39	223,622.19	223,525.51
小松島市	67,355.44	67,366.35	67,099.90	67,623.71
藍住町	15,969.01	15,282.50	18,140.40	16,424.45
石井町	39,582.99	39,540.22	39,451.13	39,508.34
北島町	6,044.97	6,126.89	6,004.13	5,459.12
松茂町	10,011.85	10,130.87	10,063.72	9,491.59
計	607,343	607,628	608,003	606,848
都市	SO2 [t/yr]			
	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
徳島市	31.36	31.37	31.31	31.34
鳴門市	39.89	40.02	39.81	39.81
小松島市	5.01	5.00	4.99	5.02
藍住町	2.62	2.50	2.94	2.68
石井町	6.77	6.76	6.74	6.75
北島町	0.41	0.42	0.41	0.37
松茂町	0.69	0.70	0.69	0.65
計	86.75	86.77	86.90	86.63
都市	NO2 [t/yr]			
	シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3	シナリオ4
徳島市	42.64	42.71	42.49	42.84
鳴門市	51.96	52.11	51.85	51.83
小松島市	13.20	13.21	13.15	13.27
藍住町	3.25	3.11	3.70	3.35
石井町	8.01	8.00	7.99	8.00
北島町	1.24	1.26	1.23	1.12
松茂町	2.39	2.42	2.41	2.27
計	122.71	122.83	122.82	122.67

て、市街化したセルの土地利用の多くが水田であり、林地が開発されるケースが少なかったことが考えられる。シナリオ3の場合、藍住町では、シナリオ1に比べてCO₂吸収量が2,171.39[t/yr]（13.60%）、SO₂吸収量が0.33[t/yr]（12.57%）、NO₂吸収量が0.45[t/yr]（13.75%）増加し、未線引き区域を調整区域に指定した効果がみられた。しかし、各シナリオとも対象地域全体では、大気汚染ガス吸収量の変化はわずかであった。

(3) シナリオ5のシミュレーション

シナリオ1~4は現状が推移した場合、開発規制を行った場合、都市計画的規制を変更した場合に市街化がどう進むのかを予測するシミュレーションである。これ以外にも計画策定では、ある条件の基、どこまで市街化できるのか、という情報も開発可能地域を知るために重要である。

そこで、 SO_2 、 NO_2 吸収量を制約条件としたシミュレーション(シナリオ5)を行った。このシナリオでは、1997年を初期値とし、都市計画的規制はシナリオ1と同じ状態で、 SO_2 、 NO_2 吸収量のどちらかが4%減少するまでシミュレーションを行った。このシナリオの結果は、将来、 SO_2 または NO_2 吸収量の減少を4%まで許容した場合、どこまで市街化が進むのかを示している。ここでは、市街化の傾向を知るために、4%減という表6に示す他のシナリオの減少幅に比べて大きな値を設定した。

シナリオ5の結果を図10に示す。市街化した面積は、シナリオ1~4が806セル(1161[ha])であったのに対し、シナリオ5は1229セル(1770[ha])と、約52.5%多い。分布をみると、やはり未線引き区域である藍住町を中心に、市街化区域周辺や1997年の市街地周辺で市街化する傾向がみられる。この結果から、図10で得られた市街地分布となるように市街化を誘導する、言い換えれば、予測された市街地内で開発を進めてゆけば、 SO_2 、 NO_2 吸収量の減少は4%に抑えられることが分かる。

5. まとめ

本研究では、筆者らが提案したCA市街化予測モデルを改良し、既往研究で提案されている大気汚染ガス吸収量推計モデルと組み合わせ、大気汚染ガス吸収量を指標

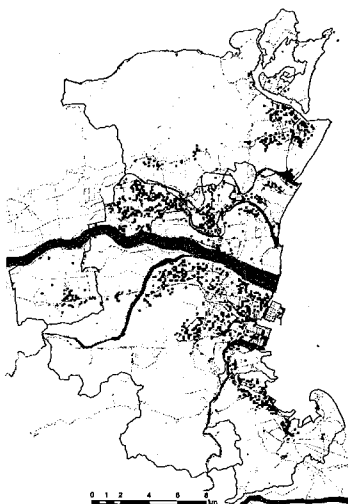


図10 SO_2 または NO_2 吸収量が4%減少した時点での市街化予測結果

とした市街化シミュレーション手法の開発を行った。以下に得られた成果を示す。

- ① 未線引き区域である藍住町を調整区域に指定した場合(シナリオ3)、藍住町で発生する開発圧力が、市街化区域を持ち交通アクセス性の高い、近隣の鳴門市、北島町、松茂町に移動することが分かった。この場合、大気汚染ガス吸収量は、藍住町で一定量の増加が予測されたが、対象地域全域では大きな変化はなかった。
- ② 区域区分を廃止した場合(シナリオ4)、1997年の時点での市街地周辺、かつ交通アクセス性の高い地域に分散して市街化することが分かった。しかし、対象地域全域の大気汚染ガス吸収量の変化は僅かであった。
- ③ SO_2 、 NO_2 吸収量を制約条件にしたシナリオ5の結果から、開発可能地域を予測することができた。最後に今後の課題を示す。
- ④ 市街化予測結果は、大気汚染ガス吸収量推計に及ぼす影響が大きいため、現在は2割程度の合致率であるCA市街化予測モデルの精度を上げる必要がある。
- ⑤ 大気汚染ガス濃度は、4章のシナリオ別シミュレーション結果を左右する重要な変数であるが、今回はデータの制約から、図7に示す9箇所の測定局別観測値を対象地域全体に割り振ることでデータを作成した。そのため、測定局が少ない地域では、シミュレーション結果の精度が低くなる可能性がある。本来、大気汚染ガス濃度は、人口密度や自動車利用率などの発生要因と、植生といった吸収要因との間の均衡により決定されると考えられる。そのため、今後は市街地の位置だけでなく、人口密度やそれに伴い変化する交通量を予測するモデルを組み込むことで、より正確な大気汚染ガス濃度を推計する必要がある。
- ⑥ 今回は、あらかじめ計算しておいた大気汚染ガス吸収量を、制約条件としてモデルで用いたが、本来、市街化の進行に伴い大気汚染ガス濃度自体も変化するはずである。そのため、大気汚染ガス濃度を市街化ポテンシャル算定の内部変数として扱う必要がある。この点については相互作用を考慮できるCAの特性を活かしながら、CA市街化予測モデルの改善を進める必要がある。

付記

本研究は科学研究費補助金(若手研究B、No. 18760463、H18-19)の助成を受けている。

参考文献

- 1) 渡辺公次郎、大貝彰、五十嵐誠：セルラーオートマタを用いた市街地形態変化のモデル開発、日本建築学会計画系論文集、No.533, pp.105-112, 2000
- 2) Watanabe K., Divigalpitiya P., Ohgai A. and Kondo A.: Evaluation for Sustainable Urban Form in Asian Developing Countries by Cellular Automata Simulation, Proceedings of 9th International Conference on Computers in Urban Management and Urban Planning, ref.123, 2005
- 3) Benenson I. and Torrens P. M.: Geosimulation Automata-based modeling of urban phenomena, Wiley, 2004
- 4) 瀧澤重志、河村廣、谷明勲：セルオートマトンとしての都市（その1）—CAの応用性と土地利用パターンの形成、日本建築学会計画系論文集、No.506, pp.203-209, 1998
- 5) 佐々木恵一、田村亨、斉藤和夫：ニューラル・セルラーオートマトンを用いた土地利用—人口モデルの構築—フィリピン、メトロマニラ都市圏を対象として—、第34回日本都市計画学会学術研究論文集、pp.229-234, 1999
- 6) 奥野智江、鈴木里珠、狩野均、加藤伸子：セルオートマトンとGAを用いた仮想都市の時系列的生成手法、人工知能学会論文誌、Vol.16, No.1, pp.111-119, 2001
- 7) 斉藤千尋：道路網の効率性と街区パターン—建物の配置による街区形成シミュレーション手法の検討—、第37回日本都市計画学会学術研究論文集、pp.85-90, 2002
- 8) 五十嵐誠、大貝彰：セル・オートマトンを用いた土地利用政策の影響を考慮した人口・従業者分布予測モデル、日本建築学会計画系論文集、No.567, pp.67-74, 2003
- 9) 本間俊雄、友清貴和、松永安光、豊田星二郎、福永知哉：複層化セル・オートマトンによる地方都市の解析モデル、日本建築学会計画系論文集、No.568, pp.93-100, 2003
- 10) 小林優介、石川幹子：セルオートマトンを応用した森林のネットワークの分析手法に関する研究、第39回日本都市計画学会学術研究論文集、pp.103-108, 2004
- 11) 松尾芳雄、三宅博、青木正敏：大気浄化機能からみた農林業的土地利用の存在効果—東京都における大気汚染ガス吸収量の推定から—、農業土木学会誌、58(2), pp.131-137, 1990
- 12) プレック研究所：大気浄化植樹マニュアル—きれいな大気をとるもどすために—、公害健康被害補償予防協会、1995
- 13) 山田順之、上田純広、恒川篤史：GISを活用した緑地の環境保全機能の評価—静岡県掛川市を例として—、GIS—理論と応用、Vol.11, No.1, pp.61-69, 2003
- 14) 篠塚正義、重岡昌代、渡邊政彦：緑地及び街路樹による大気浄化機能の評価、福岡市保健環境研究所報、No. 24, pp.67-74, 1999
- 15) 小川和雄、三輪誠、嶋田知英、小川進：日本における緑地の大気浄化機能とその経済的評価、埼玉県環境科学国際センター報、第1号、pp.1-12, 2000
- 16) 大友篤：地域分析入門、東洋経済新報社、1992
- 17) 徳島県県民環境部：平成15年度版徳島県環境白書、徳島県、2003
- 18) 桑田智子、越澤明：平成12年都市計画法改正に基づく香川県の線引き廃止と都市計画区域再編に関する考察、日本建築学会技術報告集、第20号、pp.285-288, 2004
- 19) 徳島県：徳島県都市計画区域の整備、開発及び保全の方針、2004

植生の大气汚染ガス吸収量を指標とした市街化シミュレーション*

渡辺公次郎**・近藤光男***

本研究では、植生の大気汚染ガス吸収量を制約条件に用いた市街化シミュレーション手法を開発することを目的とする。まず、セルオートマトン（CA）市街化予測モデルを開発し、次に、既往研究で提案されている、植生の大気汚染ガス吸収量推計モデルを用いて、セル単位で大気汚染ガス吸収量を推計した。これらのモデルを用いて、4つの開発規制に関するシナリオを設定した場合と、大気汚染ガス吸収量を制約条件とした場合の1997年から2007年までの市街化シミュレーションを行った。その結果、未線引き区域を調整区域にした場合、その区域では一定程度の大気汚染ガス吸収量の増加が見込まれたが、対象地域全域では大きな変化はなかった。

Urban Growth Simulation by using Atmospheric Pollution Gas Absorption by Vegetation Area*

By Kojiro WATANABE**・Akio KONDO***

The purpose of this paper is to propose the urban growth simulation method using the atmospheric pollution gas absorption on vegetation area. First, Cellular Automata urban growth model was developed to estimate future urbanized area. Miyake's model (1990) was used to estimate atmospheric pollution gas absorption. Urban growth simulation for 1997 to 2007 was executed on five cases of urban development control by using the model which combined CA urban growth model and Miyake's model. If Aizumi city was designed urbanization control area, increase of amount of gas absorption was estimated from the results of model analysis.