

マルチエージェントシミュレーションによる緑地変化予測とその有効性に関する研究

小林 祐司*¹ 菖蒲 亮*²

1 研究の背景と目的

近年の人間や都市を取り巻く環境は急激な変化を見せている。市街地の進展により都市内と周辺の緑の環境は縮退の一途をたどっており、特に都市近郊の住宅開発や、市街地内未利用空地等の利用化によって緑の環境は絶対的に規模が縮小している。したがって、生活環境や自然環境の維持・保全を考え、市街地や緑地の変化を定量的に把握、分析し予測を交えて評価を行うことは、重要であると考えられる。

そこで本研究では、緑地環境の変化を把握する基礎的な手法の確立を行うために、マルチエージェントシミュレーション (MAS) を用いて、緑地変化予測を行う。緑地変化予測をするにあたり、都市の変化要素などを考慮した MAS モデルを構築し、将来的な市街地や緑地の変化予測を、2通りのパターンに分類してシミュレーションを行う。そして、シミュレーションの有効性や課題を把握することを目的とする。

2 研究の方法

まずシミュレーションに適した対象地を大分市の 7 地区から選定する。次に、ランドサット TM データから得られた、対象地の土地被覆分類 (高密度市街地、低密度市街地、農地等、緑地) の経年的な変化を把握し、それらを考慮した上で、各変化要素の遷移確率や変化パターンを用いて MAS モデルを構築する。そして、シミュレーションを繰り返し実行し、変化要素や変化フローに修正を加えながら、実測値と比較することで、MAS モデルの有効性を検証する。MAS モデルの有効性や課題を確認し、対象地を 2 通りの変化予測パターンでシミュレーションを実行する。その結果から、将来的な市街地や緑地環境の把握や、都市の変化要素となるものの抽出・分析をし、最後に考察を行う。

3 対象地の選定と概要

本研究では、大分市植田地区 (図 1) をシミュレーション対象地として選定した。植田地区は、近年の市街地の拡大に伴う急激な人口増加や、その購買力に誘発された大規模商業施設の立地が顕著となっている。大分市都市計画マスタープランの人口予測によると、2010年まで植田地区の人口は増加傾向にあるが、2020年以降は一転して減少傾向となる見通しである。

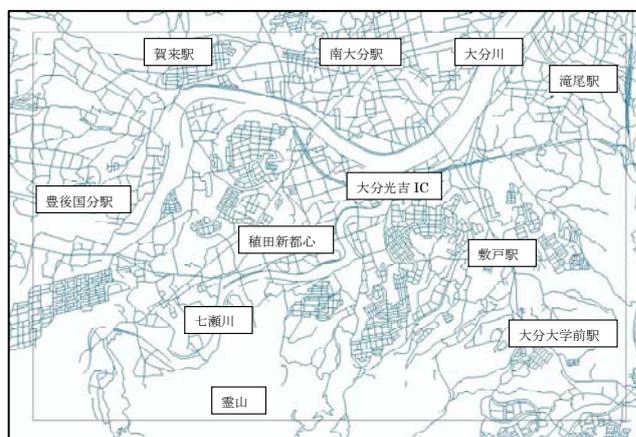


図 1 シミュレーション対象地：植田地区

4 MASモデルの構築

緑地変化予測を行う前に、MAS モデルの有効性の検証をするため、まず 1985 年から 2002 年までの変化予測の MAS モデルを構築し、シミュレーションを実行する。そのシミュレーション結果と、実際の 2002 年の土地被覆分類データと比較することで、MAS モデルの有効性の検証をする。

4-1 基礎データの構築

最初に、ランドサット TM データより得られた 1985 年と 2002 年の土地被覆分類図を、教師付き分類・最尤法を用いて作成した。土地被覆分類のカテゴリーは、高密度市街地・低密度市街地・緑地・農地等・水域の 5 分類である。本研究では、シミュレーション対象地を植田地区と比較的狭い範囲に絞っているため、都市的な変化要素や地理的条件まで詳細に考慮するため、50m メッシュ

データでシミュレーションを実行することにした。そこで、土地被覆分類図を 50m メッシュデータに変換し、MAS モデルで使用する都市情報等を収めた空間データ基盤データ（鉄道路線、用途地域、農用地区域、急傾斜地）も同様に変換した。シミュレーションの対象範囲は植田地区の植田新都心を中心とした、東西方向 8,850m×南北方向 5,850mで 50mメッシュデータとすると、東西方向に 177pixel, 南北方向に 117pixel となり、対象地の合計 pixel 数は $177 \times 117 = 20,709$ pixel である。

4-2 エージェントの分類と定義

MAS モデルで使用するエージェントの分類（表 1）の説明を行う。「主要変化エージェント」は土地被覆分類で得られた 4 種類のエージェントで構成された MAS モデルで、変化の中心となるエージェントである。「変化要素エージェント」は MAS モデルの変化要素として追加したエージェントで、変化要素の効果によって「市街化促進要素エージェント」と「市街化抑制要素エージェント」に分類できる。「その他のエージェント」は、シミュレーション画面上で位置を把握しやすくするために追加したエージェントである。

表 1 エージェントの分類

分類	エージェント	主な内容	
主要変化エージェント	高密度市街地	高密度な住宅地、商業地	
	低密度市街地	低密度な住宅地、商業地	
	緑地	森林、野原など	
	農地等	田畑、荒地など	
変化要素エージェント	市街化促進要素エージェント	JR各駅	
	用途地域	商業系用地、住宅系用地	
	市街化抑制要素エージェント	農用地区域	農業を振興している地域
	急傾斜地	急な傾斜地、崖など	
その他のエージェント	道路	国道、県道	
	河川	一級、二級河川	

4-3 シミュレーションの全体フロー

MASモデルのシミュレーションの軸となる全体フロー（図 2）の説明をする。

- ①シミュレーションがスタートすると、主要変化エージェントをランダムに選択する。
- ②選択された主要変化エージェントは、変化フローによって振る舞いが決定される。（図 3）
- ③それぞれ変化したエージェント数をカウント

し、1年経過のいずれかの条件を満たしたとき、シミュレーション内で1年経過とみなす。

- ④各エージェントの合計Pixel数をカウントし、シミュレーション終了条件を満たすと終了する。満たさなかった場合、①に戻り終了条件を満たすまでシミュレーションは続けられる。

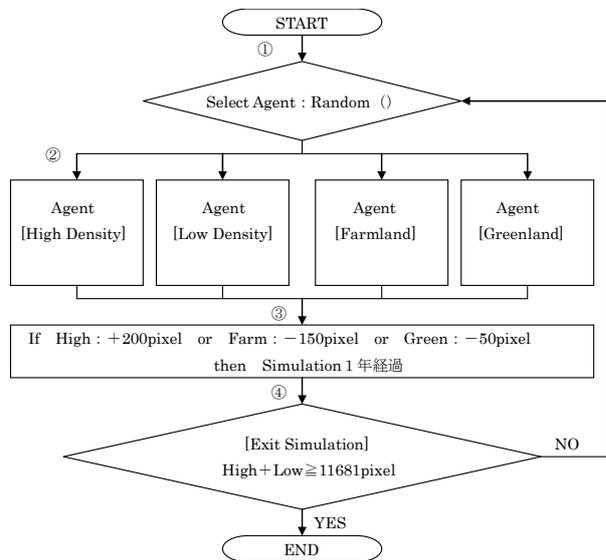


図 2 シミュレーション全体フロー

4-4 エージェントの変化フロー

初めに変化の際に使用するエージェントの変化確率を算出する。表 2 は実際の植田地区の 1985 年から 2002 年までの土地被覆遷移数を表しており、各エージェントの遷移数と合計との割合から、表 3 の遷移確率を算出した。MASモデルの中心となるエージェントの変化フローとは、主要変化エージェントが変化要素の条件式を判断して、振る舞いを決めるエージェント変化のルールであり、全体フロー（図 2）の②で使用する。低密度市街地の変化フロー（図 3）を例として説明をすると、変化フローには、変化要素の条件式がいくつか与えられており、各エージェントによって条件式は全て異なる。

表 2 土地被覆遷移ピクセル数

	2002年					
	高密度市街地	低密度市街地	緑地	その他	合計	
1985年	高密度市街地	1621	276	17	37	1951
	低密度市街地	2754	2690	92	762	6298
	緑地	472	851	4126	631	6080
	その他	542	2475	969	1843	5829
	合計	5389	6292	5204	3273	20158

表3 土地利用遷移確率表

		2002年				
		高密度市街地	低密度市街地	緑地	その他	合計
1985年	高密度市街地	0.831	0.141	0.009	0.019	1.000
	低密度市街地	0.437	0.427	0.015	0.121	1.000
	緑地	0.078	0.140	0.679	0.104	1.000
	その他	0.093	0.425	0.166	0.316	1.000
	合計	0.267	0.312	0.258	0.162	1.000

表4 MASモデルの再現率

	高密度市街地	低密度市街地	緑地	農地等
実測値 (2002年)	5389	6292	5204	3273
MASモデル (2002年)	5288	6393	5397	3145
正	3524	3923	3518	1704
誤	1764	2470	1879	1441
再現率 (%)	66.6	61.4	65.2	54.2

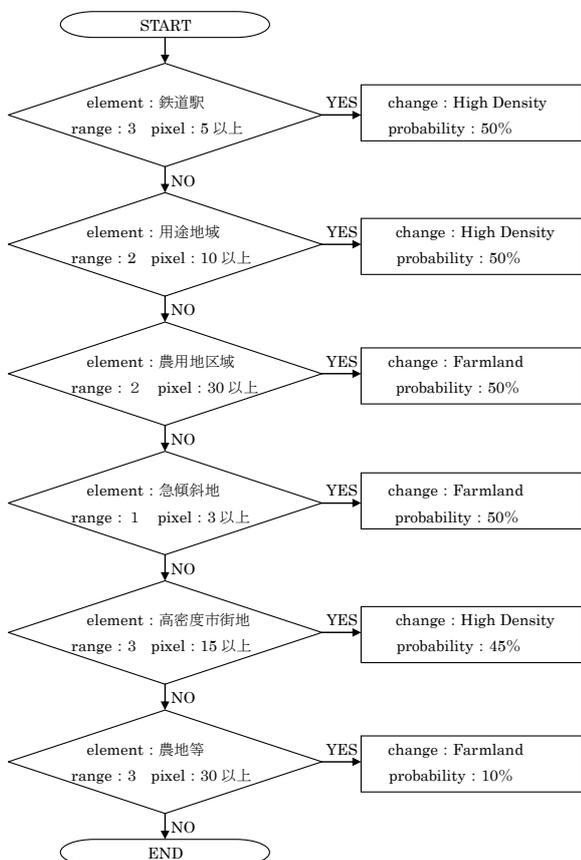


図3 低密度市街地エージェント変化フロー

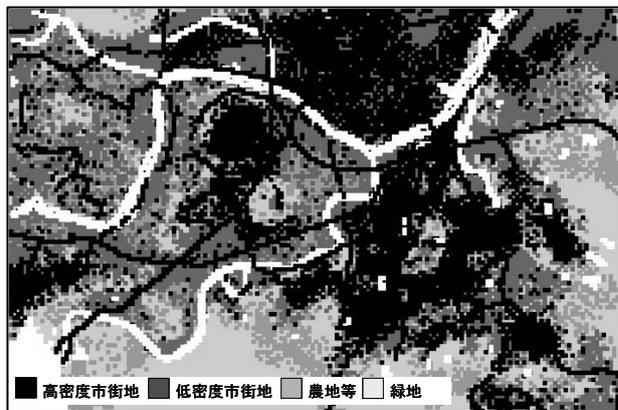


図4 植田地区シミュレーション結果：2002年

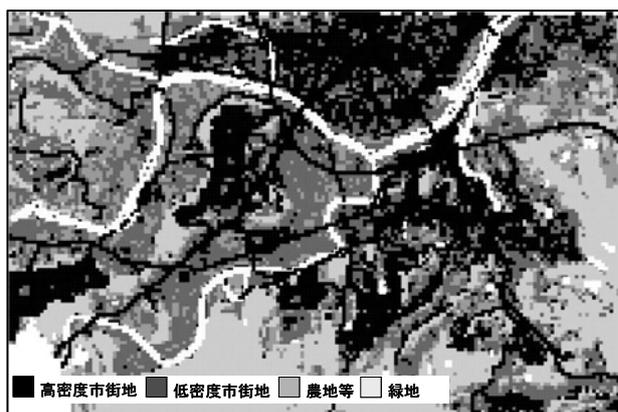


図5 植田地区実測値：2002年

5 MASモデルの有効性の検討

1985年から2002年までのMASモデルによるシミュレーション結果は図4のようになった。この結果を実測値データと比較すると、表4のようになり各エージェントの再現率は60%前後となった。しかし、シミュレーション結果を図5の植田地区の実測値と比較してみると、市街地の分布は多くはなっているが、各エージェントの分布状況は概ね一致していると考えられる。さらに50mメッシュデータという条件の上で、各エージェントの再現率が60%前後という結果を踏まえると、今回の結果はMASモデルによるシミュレーションの有効性を十分に証明していると考えられる。

6 MASモデルによる緑地変化予測

6-1 都市発展継続パターン

都市発展継続パターンは、1985年から2002年の都市発展速度が2002年以降も継続すると仮定しシミュレーションを実行する。そのシミュレーション結果は図6、図7のようになった。2022年頃からエージェントの変化量が減少し変化が見られなくなったため、シミュレーションの終了年とした。図6を見ると、対象地に高密度市街地と低密度市街地が多く分布していることがわかる。図7を見ると、緑地は農地等ほど減少することはなかったが、市街地に囲まれた小規模な緑地などは減少する傾向が多く見られた。都市発展継続パターンが2022年頃でエージェントの変化が見られ

なくなったことから、新たな変化要素が追加されない限り植田地区では都市発展が継続すると、将来的にシミュレーション結果のような均衡状態が続くことが考えられる。

6-2 都市衰退パターン

都市衰退パターンは、2002年以降は人口減少時代となり都市が衰退する速度は都市発展継続パターンの3分の1の速度と仮定した上で、都市衰退のシナリオを考慮しながらシミュレーションを実行した。2050年までシミュレーションを実行し、結果は図8、図9のようになった。低密度市街地や農地等が増加し、高密度市街地は2050年には1985年の水準まで低下した。緑地は緑化運動の促進などのシナリオを想定したが、図9を見ると若干の増加にとどまる結果となった。

7 総括

本研究では、緑地変化予測を行うMASモデルを構築してシミュレーションを実行し、将来的な都市の市街地や緑地環境の把握と変化要素の抽

出を目的とした。まずMASモデルの構築は、実際のデータを参考に遷移確率の算出や、都市の変化要素を追加することで、有効性のあるシミュレーション結果を得ることができた。そして構築したMASモデルを基準として2通りの変化予測パターンでシミュレーションを実行した。これらの結果を踏まえて、変化予測シミュレーションには人口のデータを導入する必要性を把握した。本研究のMASモデルには変化要素として、鉄道駅や用途地域も考慮したが、変化要素も人口に影響を受けて形を変えていくため、人口予測を把握することは非常に重要なことである。しかし、本研究のMASモデルでは、50mメッシュデータでシミュレーションを行ったため、人口を考慮するのは事実上困難であった。人口を考慮したMASモデルを構築するには、最低でも250mメッシュデータとする必要があると考える。そのため今後の課題として、人口予測も考慮したMASモデルを構築することで、シミュレーションの有効性も高まり、より正確な都市の市街地や緑地環境の予測と評価ができると考えられる。

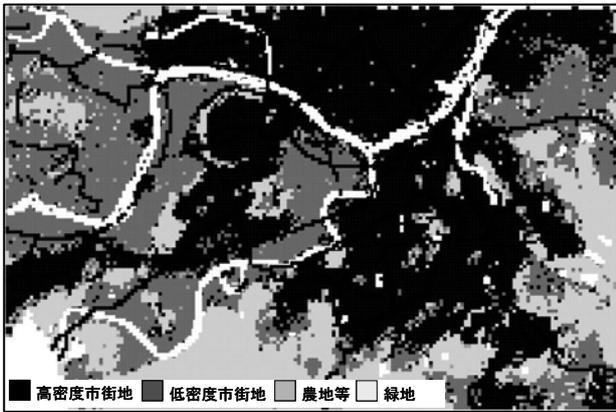


図6 植田地区シミュレーション結果：2022年

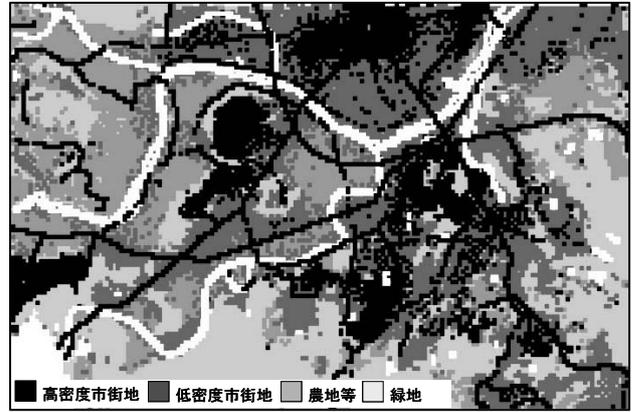


図8 植田地区シミュレーション結果：2050年

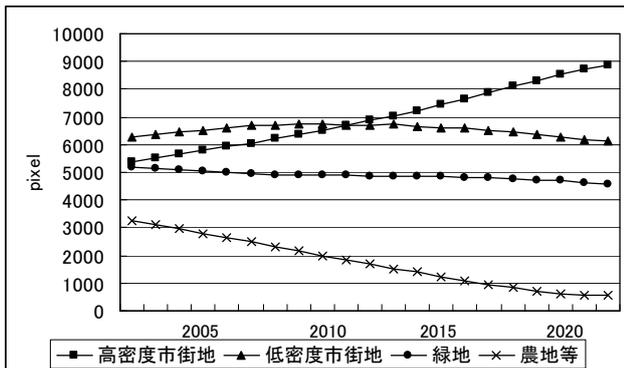


図7 各エージェントの合計Pixel変化量

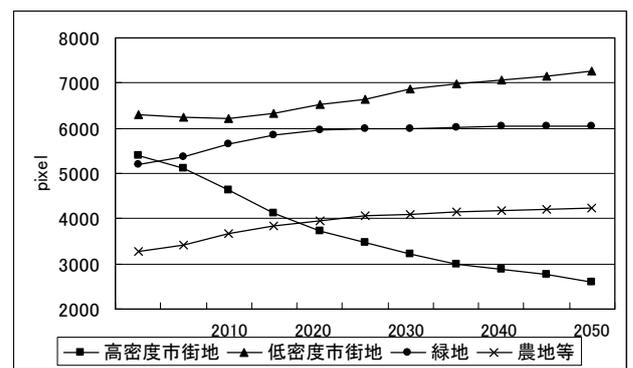


図9 各エージェントの合計Pixel変化量

【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.523, pp.105-112, 2000.7
- 2) 瀧澤重志, 河村廣, 谷明勲: 適応的マルチエージェントシステムによる都市の土地利用パターンの形成, 日本建築学会計画系論文集, 第528号, pp.267-275, 2000.2
- 3) 小林祐司, 佐藤誠治, 有馬隆文, 姫野由香: ランドサット TM データを利用した緑地分布傾向の把握手法に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, 第35号, pp.1009-1014, 2000.11
- 4) 大分市都市計画マスタープラン, 第3章地区別構想: 植田地区

【謝辞】

本研究は, 本学卒業生川浪亮一氏の協力を得て実施したものである。

*1: 大分大学工学部福祉環境工学科・建築コース, 准教授, 博士(工学)

*2: 大分大学工学部福祉環境工学科・建築コース, 技術職員

研究実施期間: 2008年度~2010年度