

市街地変遷形態予測支援を目的とした DLA モデルと CA モデルの併用について

東京理科大学理工学部 正会員 小島尚人、大林成行
株式会社 長大 齊藤 勤
ハイテクシステム株式会社 嶋原 雄一

1. はじめに

持続開発と環境保全のあり方が指摘される中で、土地被覆の変化を分析し、将来にわたる土地利用構想へとつなげていくことがますます重要になってきている。筆者らはこれに対する支援策として、フラクタル理論を導入した土地被覆変化の分析方法を開発し、その有用性を示してきた¹⁾。しかし、このモデルは過去から現在に至るまでの市街地形態の分析モデルとしての有用性はあるが、将来にわたって市街化がどのように進んでいくのかといった点、換言すれば市街地の「変遷形態の予測」の問題については、言及されていなかった。

従来までの市街地変遷形態の予測に関する研究を振り返ると、国内外において様々な特徴を有した市街地変遷シミュレーションモデルが提案されているものの、予測結果の精度比較の問題や都市計画等にこれらの市街地変遷シミュレーションモデルから得られる予測結果を活用しようとする場合、どの予測結果を信頼して良いのかといった問題については十分な議論がなされていない現状にある。これらの点は、市街地変遷シミュレーションモデルを活用していく上で解決しなければならない重要な問題となっている。

そこで、本研究では市街地変遷形態の予測に用いる基本モデルである DLA モデル (DLA model: Diffusion Limited Aggregation model) と CA モデル (CA model: Cellular Automata model) を取り上げ、それぞれのモデルをベースとした市街地変遷シミュレーションモデルを構築する。構築したそれぞれのモデルから得られる予測結果を比較し、それぞれのモデルの適用限界を明確にした上で、それぞれのモデルの利点を活かすべく、これら 2 つのモデルを併用した市街地変遷シミュレーションモデル、いわゆる、SDC モデル (SDC model: city growth Simulation model integrating DLA model with CA model) を構築する。

2. 対象領域と衛星データ

対象領域は、千葉県北西部に位置する東葛地区を中心とした領域 (東西 30km × 南北 30km) である。東京に近いという利便性に加え基幹交通網が整備されたことから、東京のベッドタウンとして急速に市街化が進展してきた地区である。使用した衛星データは、過去 30 年を対象に MSS データと TM データの中から雲やノイズ等の影響のない良質なものを検索した。

3. 研究の流れ

図 - 1 に本研究の流れを示す。

(1) 評価基準画像の作成

衛星データから教師付き最尤法を用いて土地被覆分類図を作成する。最も新しい時期の土地被覆分類図上で市街地に分類された画素を基準とし、分類結果が変化しない画素を安定画素、様々に変化する画素を変化画素として表現した「評価基準画像」を作成する。

(2) DLA モデルを用いたシミュレーション画像の作成

DLA モデルは無限遠から発生した拡散粒子がランダムウォークする過程で核に凝集し、核を成長させるといったモデルである。本研究では、衛星データから判別された過去の市街地領域を DLA モデルにいう「成長の元になる核」として設定する。対象領域内の任意の点から拡散粒子を発生させ、核に凝集した時点で市街地へ変化した領域を示す「成長画素」として表示する。成長画素を増加させ、市街地が成長していく様子をシミュレートした市街地変遷シミュレーション画像を作成する。

(3) CA モデルを用いたシミュレーション画像の作成

CA モデルは個々のセルが自ら活動しながら周囲のセルと情報を交換し、自分と同様のセルを生成するといったモデルである。本研究では、DLA モデルと同様に衛星データから判別された過去の市街地領域を CA モデルにいう「セル」として設定した。対象領域内の任意のセルを選定し、その周りの 8 近傍画素に新たなセルを 1 つ生成させる。セルを増加させ、市街地が成長していく様子をシミュレートした市街地変遷シミュレーション画像を作成する。

(4) SDC モデルを用いたシミュレーション画像の作成

DLA モデルと CA モデル、それぞれのモデルを適用した市街地変遷シミュレーションモデルと同様に、衛星デ

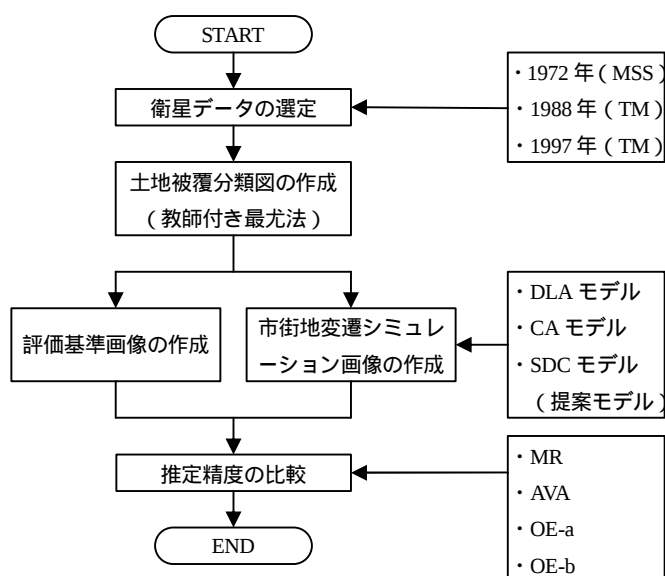


図 - 1 本研究の流れ

キーワード：市街地変遷シミュレーション、衛星データ、拡散凝集モデル
セルオートマトン、フラクタル理論

〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641

Tel:04-7124-1501, e-mail:kojima_h@rs.noda.sut.ac.jp

表 - 1 変化の組み合わせ (単位: 画素)

		シミュレーション画像		総画素数
		市街地	その他	
評価基準画像	市街地	A	B	A+B
	その他	C	D	C+D

表 - 2 本研究で使った定量評価指標

Match Rate (MR: 一致率) = $A / (A+B+C) \times 100 (\%)$
AVerage Accuracy (AVA: 平均精度) = $(A / (A+B) + D / (C+D)) / 2 \times 100 (\%)$
Omission Error-a (OE-a: 市街地に対する誤分類率) = $B / (A+B) \times 100 (\%)$
Omission Error-b (OE-b: その他に対する誤分類率) = $C / (C+D) \times 100 (\%)$

注)AVA:「市街地」に対する推定精度と「その他の土地被覆」に対する推定精度の平均
 OE-a:「市街地」として推定されるべき画素に対する「その他の土地被覆」として推定された画素の割合
 OE-b:「その他の土地被覆」として推定されるべき画素に対する「市街地」として推定された画素の割合

ータから判別された過去の市街地領域を核もしくはセルとして設定する。1画素が市街地として成長する度に、乱数に基づいてDLAかCAモデルいずれかを選択し、シミュレーションを繰り返していく。

また、凝集と拡散処理に基づくDLAとCAモデルでは、既存の核から離れた箇所に新たな核を生成することができないといった限界がある。そこで、SDCモデルでは、既存の市街地からの距離と市街地の面積占有率に基づいてポロノイ分割画像を作成し、これを新たな核となる市街地の発生を促す誘導確率(PSC画像: Probabilistic Sub-area for City growth estimation)として、シミュレーションに取り入れた。ある一定の誘導確率以上になった場合に、ランダムウォークする個体を停止させて、これを市街地の核とするものである。

(5) 推定精度の検証

本研究では、評価基準画像とシミュレーション画像を比較することにより、各モデルの推定精度を検証する。この比較の際に起こる変化の組み合わせは、「市街地」と「その他の土地被覆」に限定した場合、表-1に示す4つのケースが挙げられ、各ケースの画素数をA、B、C、Dとする。表-2に示す3つの定量評価指標を計算することにより、各モデルの効用と限界を明らかにする。

4. シミュレーションモデルの精度比較

(1) 定量評価指標の計算結果から得られる知見

定量評価指標の計算結果を表-3に示す。DLAモデルやCAモデルよりもSDCモデルの方が、MRとAVAの値が高いことが判る。また、OE-aの計算結果を見てみると、他のモデルよりSDCモデルの方が低い値を示していることが判る。このことは、SDCモデルの推定精度が他のモデルの推定精度より高いことを意味している。

OE-bの計算結果を見てみると、他のモデルよりSDCモデルの方が高い値を示していることが判る。このことは、SDCモデルを用いた場合、対象領域内の至る所に市街地が成長したことが原因として考えられる。

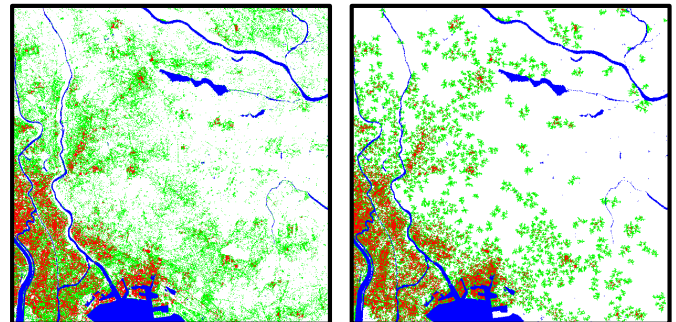
(2) シミュレーション画像から得られる知見

図-2にMRが最大値を示すシミュレーション画像を示す。

表 - 3 定量評価指標の計算結果 (単位: %)

	MR	AVA	OE-a	OE-b
DLAモデル	45.7	63.3	36.7	11.1
CAモデル	42.5	61.2	38.8	12.6
SDCモデル	55.6	72.4	27.6	14.2

(シミュレーション期間: 1972年~1997年)



(a) 評価基準画像

(b) DLAモデル

(c) CAモデル

(d) SDCモデル

■ 既存の市街地領域 ■ 市街地領域(評価基準画像) ■ 水域
 ■ 成長画素(シミュレーション画像)

図 - 2 MRが最大値を示すシミュレーション画像

(シミュレーション期間: 1972年~1997年)

DLAモデルでは「糸菌状」に、CAモデルでは「団子状」に市街地が成長していくことが判る。従来までの多くの研究内容と同じ結果ではあるが、この点は意外にも問題点として指摘されていない²⁾。これに対して、提案モデル(SDCモデル)では、評価用データと類似する市街地の成長パターンとなっており、シミュレーション精度が向上していることが判る。DLAとCAモデルの併用とPSC画像に基づく誘導確率を取り入れたSDCモデルの有用性が認められる。

5. まとめ

本研究の内容は、以下の2点にまとめられる。

市街地の変遷形態をシミュレートする上でのDLAモデルとCAモデルの効用と限界を明らかにした。

DLAモデルとCAモデルの利点を活かすために、DLAモデルとCAモデルを併用した市街地変遷シミュレーションモデル(SDCモデル)を構築するとともに、その有用性を示した。

今後の課題として、SDCモデルに土地利用に関する各種の規制や道路網等の市街地形成に関わる制約条件を取り入れ、市街地変遷形態を予測することを考えている。

【参考文献】1) 小島尚人、大林成行、武藤恵美子: 土地被覆時系列分析における衛星マルチスペクトルデータを用いた場合の分析手法、土木学会論文集、No.516/ -27、pp217~226、1995年6月

2) Batty,M. and P.A.Longley. : Fractal Cities , Academic Press , 1994年.