

時空間分析を用いた都市成長管理のための 持続可能性アセスメント予測評価手法

柴田裕希*、伊藤夏生*、杉田暁**、林希一郎***、大場真****

*東邦大学、**中部大学国際 GIS センター、***名古屋大学、****国立環境研究所

1. はじめに

持続可能な都市形成のためには、開発事業の意思決定の際に持続可能性アセスメント (SA : Sustainability Assessment) を用いて、都市の環境面と社会・経済面を含む問題複合体に対し課題の解決を図る手段が有効とされている (文献 : 1)。一方で、現在の我が国の環境アセスメントのシステムは環境面の予測評価に特化していることから、今後は、環境面の評価と、経済・社会面の評価を統合するための手法が必要になる。

本研究ではこの SA の評価手法の基礎研究として、人口分布の振る舞いと緑地面積の変化に関し、1990 年代以降の人口成熟期 (1996 年・2001 年・2007 年・2011 年) に着目し時系列で整理することで、開発に伴う生態系サービスの損失を把握した。加えて、複数の人口変動シナリオ (2025 年) を想定し、それぞれのシナリオに基づく生態系サービス量の変化を予測することにより、中長期的な SA の予測評価手法を開発し、これをデジタルアースのプラットフォームとして統合していくことを目指した。なお、本稿に示した内容の詳細は文献 2 に記した。

2. 方法

国土地理院 2.5 万分 1 地形図、船橋市の都市計画基礎調査・町丁別常住人口、総務省統計局の国勢調査を用いて、各年*1 の緑被率*2・人口密度*3 の 100m メッシュデータを作成した。その後、船橋市内及び境界から 2km 以内の全鉄道駅からの距離区分*4 ごとにメッシュを分類し、それぞれの 4 時点の緑被率と人口密度の変化の関係を累乗近似したうえで、国立社会保障・人口問題研究所の 2025 年推計人口および、千葉県都市計画マスタープラン (船橋) から各シナリオの人口密度を設定し*5、この近似曲線を用いて 2025 年の各メッシュの予測人口に対応した緑被率を推計した。

生態系サービスの評価では、調節サービスを炭素吸収量 (1) 式、大気浄化機能である SO₂・NO₂ 吸収量 (2)・(3) 式、文化的サービスを最寄りのオープンスペースへの近さの指標として文化的サービス得点 (4) 式、供給サービスを農業産出額 (5) 式とし、評価した。炭素吸収量と大気浄化機能は既存評価モデル (文献 : 4, 5) を基に算出した。

・調整サービスの評価
船橋市における SO₂・NO₂ 年間平均濃度 (H20) をそれぞれ、0.002ppm・0.018ppm とし (文献 : 3)、20°C、1 気圧条件下での濃度に換算した。

$$U_c \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} = 72/162 \times P_g \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} \quad (1)$$

$$U_{SO_2} \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} = 20.7 \times (52 \times 10^{-7}) (\mu\text{g/cm}^3) \times P_g \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} \quad (2)$$

$$U_{NO_2} \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} = 15.5 \times (44 \times 10^{-6}) (\mu\text{g/cm}^3) \times P_g \text{ (t/m}^2 \cdot \text{年)} \quad (3)$$

U_c, U_{SO₂}, U_{NO₂} の評価式および植物総生産量については文献 : 4, 5 による。

U_c : 炭素吸収量 U_{SO₂} : SO₂ 吸収量
U_{NO₂} : NO₂ 吸収量 P_g : 植物総生産量

・文化的サービスの評価方法

$$CS(\text{pt}) = \text{Pop}_i \times P_{ti} \quad (4)$$

CS : 文化的サービス得点 Pop_i : メッシュ i の人口
P_{ti} : メッシュ i の緑地公園近接度得点 (近接度得点は、メッシュと緑地公園までの 500m 以上の距離を得点 1、距離が 100m 近くなるごとに得点が 1 上昇し、メッシュ内に緑地公園がある場合は得点 7 とした。

・供給サービスの評価方法

$$\text{メッシュ } i \text{ の農業産出額 (円)} = 73.2 x_i + 6.99 \times 10^2 y_i \quad (5)$$

x_i : メッシュ i の田の面積 (m²)

y_i : メッシュ i の畑の面積 (m²)

表 1. 農業産出額算出条件

	面積 (ha)	船橋市内 産出額(円)	単位面積産出額 (円/m ²)
田	123	900×10 ⁶	73.2
畑	1120	7,830×10 ⁶	699

Box 1. 生態系サービス量の評価方法

3. 結果

1996年から2011年までの人口と緑被率の分布及びそれぞれの2025年の分布の予測結果（シナリオB）を図1に、駅距離区別の人口密度と平均緑被率の時間変化の関係について人口増加メッシュと人口減少メッシュに分けて分析した結果を図2に示した。また、人口シナリオ別の各生態系サービスの予測結果を表2に示した。

1996年から2011年の15年間で、船橋市内の人口が13.4%増加した一方で、緑地は21.5%の減少が確認された。

本推計では、2025年にむけて駅近傍の距離区分のみに3-4%の人口増加が生じるシナリオ（B）では市全体の緑地が2011年比で2.8%減少するが、他の駅周辺に人口が集中するシナリオ（A）と市街化調整区域に人口が広く分布するシナリオ（C）に比べて緑地が保全され、文化的サービス以外の生態系サービスの損失を最小に抑えられるシナリオであることが明らかになった。

4. まとめ

本研究では、都市の総合的なアセスメントを評価するための基礎的な指標として、人口の変動をベースにした生態系サービスの変化を用いて、過去1996年から2011年までの変化と、2025年の予測を行った。その結果、人口減少が予測される地域にあっても、再緑化の施策が実施されなければ緑被率の回復は難しく、市全体で生態系サービスの低下が継続する可能性が指摘されると同時に、鉄道駅近傍に人口を集約的に分布させるコンパクトシティの効果が十分に発揮されない可能性が指摘された。

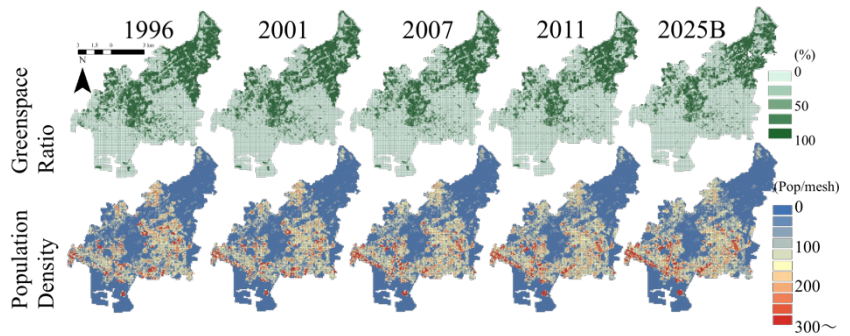


図1. 1996年から2011年の緑地と人口の分布と将来予測（シナリオB）

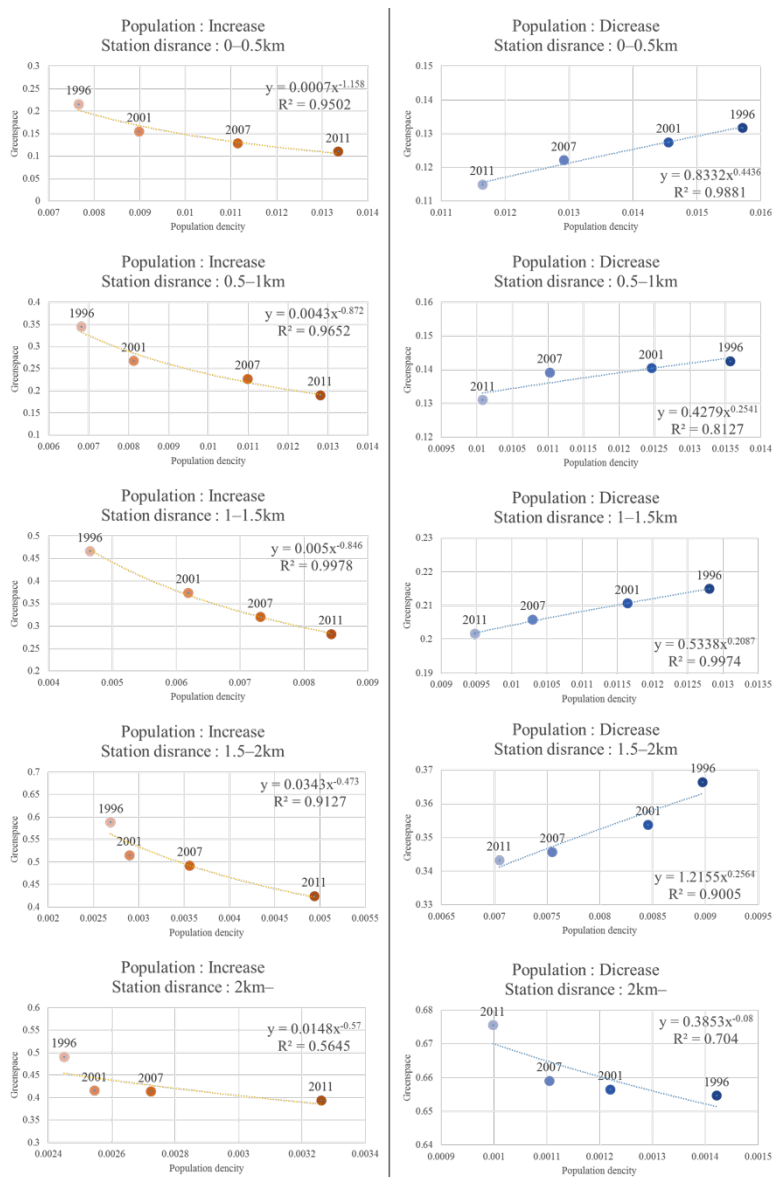


図2. 駅距離区別の人口密度と平均緑被率の時間変化の関係

この手法は、他の GIS データと統合していくことで、デジタルアースをプラットフォームとした総合的な都市の将来予測評価データベースが構築可能となると考えられる。

表 2. 人口シナリオ別の人口分布と生態系サービス

		2011 (%: 1996 level)		2025 (%: 2011 level)			
				シナリオA	シナリオB	シナリオC	
人口・ 成長人口 (人)	~0.5km	217,121	(+20.7%)	+13,500 (+6.2%)	+9,000 (+4.1%)	-10,000 (-4.6%)	
	0.5km~1km	257,932	(+14.7%)	+12,000 (+4.7%)	+8,000 (+3.1%)	-12,400 (-4.8%)	
	1km~1.5km	109,725	(+3.7%)	-23,000 (-21.0%)	-17,600 (-16.0%)	+12,300 (+11.2%)	
	1.5km~2km	23,335	(-4.1%)	-6,500 (-27.9%)	-3,900 (-16.7%)	+3,700 (+15.9%)	
	2km~	4,981	(-1.8%)	-1,400 (-28.1%)	-900 (-18.1%)	+1,000 (+20.1%)	
Total		613,094	(+13.4%)	607,763(-0.88%)			
緑被率 (%)	~0.5km	12.0	(-36.5%)	11.2 (-6.7%)	11.4 (-4.6%)	11.7 (-2.1%)	
	0.5km~1km	20.1	(-27.8%)	19.3 (-3.9%)	19.6 (-2.6%)	19.9 (-1.2%)	
	1km~1.5km	30.3	(-19.5%)	28.9 (-4.8%)	29.3 (-3.6%)	27.7 (-8.6%)	
	1.5km~2km	42.7	(-15.8%)	39.3 (-8.0%)	40.8 (-4.6%)	39.9 (-6.7%)	
	2km~	60.1	(-11.7%)	61.7 (+2.7%)	60.4 (+0.5%)	54.2 (-9.9%)	
Total		27.0	(-21.5%)	26.0 (-3.8%)	26.3 (-2.8%)	25.4 (-6.0%)	
CO ₂ 吸収量 (×10 ⁴ t/year)	24.6	(-24.1%)	23.7 (-3.7%)	24 (-2.7%)	23.1 (-6.3%)		
SO ₂ 吸収量 (t/year)	6.63	(-24.1%)	6.39 (-3.7%)	6.45 (-2.7%)	6.21 (-6.3%)		
NO ₂ 吸収量 (t/year)	42	(-24.1%)	40.5 (-3.7%)	40.9 (-2.7%)	39.4 (-6.3%)		
農業産出額 (10 ⁹ 円)	8.74	(-23.5%)	8.39 (-4.1%)	8.49 (-2.9%)	8.25 (-5.6%)		
文化的サービス得点 (10 ³ pt)	3.27	(-12.3%)	3.24 (-1.0%)	3.24 (-1.0%)	3.25 (-0.8%)		

※船橋市全体 2011 年人口：613,094 人 2025 年予測人口：607,763 人
 ※2011 年における()内は 1996 年比、2025 年における()内は 2011 年比。

5. 謝辞

本研究は中部大学問題複合体を対象とするデジタルアース共同利用・共同研究 IDEAS201632 の助成を受けたものです。

注釈

- ※ 1 1996 年の土地利用のデータにおいては、紙地図を基に市内の土地区画ごとにポリゴンデータを作成した。
- ※ 2 緑地には、田、畑、放牧地、荒地、山林、公園緑地を含む。
- ※ 3 人口の分布は町丁別人口を基に、当該町丁目内での住宅地面積に応じて割り振った。
- ※ 4 駅距離区分は 0m から 2,000m までの間の 500m 間隔の 4 区分と、2,000m 以上の合計 5 区分とした。
- ※ 5 人口シナリオの設定にあたっては、いずれのシナリオも国立社会保障・人口問題研究所の 2025 年推計人口から市全体の人口を 607,763 人とした。また、千葉県都市計画マスタープラン（船橋）において、同市の駅からおよそ 1km 以内の地域で 2025 年までに 17,000 人の人口増加を見込んでいることから、これに従った人口分布をシナリオ B とし、このシナリオよりも駅近傍に人口が集中する分布をシナリオ A、逆に駅近傍で人口が減少し、その周辺で人口が増加する分布をシナリオ C とした。

参考文献・データ

1. 柴田裕希, 多島良, 原科幸彦 (2010 年) 「SEA が統合された成長管理政策策定過程の参加手法 ～ピュージェット湾広域委員会 VISION2040 を事例に～」『計画行政』 Vol.33, No.2, pp.28-38.
2. Natsuki ITO, Yuki SHIBATA, Satoru SUGITA, Kiichiro HAYASHI, Makoto Ooba “Time series Changes and Future Prospects of Green space and the Ecosystem Services — Case Study of Funabashi City in Tokyo Metropolitan Area—”*International Association of Impact Assessment, Annual Conference 36th Proceedings, In Press.*
3. 船橋市 (2013) 「船橋の環境 (H25. 市環境報告書)」
4. 山田順之 (2011) 「生態系サービスを指標とした都市域の緑地評価・計画手法に関する研究」千葉大学学位申請論文 千葉大学大学院園芸研究科環境園芸学専攻, p144.
5. 戸塚績・三宅博 (1991) 「緑地の大気浄化機能」大気汚染学会誌 26(4),A71-80