

# 市街地の空間特性からみた自然環境評価に関する研究\*

## - 郊外地域の自然再生に着目して -

### STUDY ON EVALUATION OF NATURAL ENVIRONMENT\* IN THE SPATIAL CHARACTERISTICS OF A CITY AREA

岩下篤\*\*・荒川慧\*\*\*・宮下清栄\*\*\*\*・高橋賢一\*\*\*\*\*

By Atsushi IWASHITA\*\*・Satoshi ARAKAWA\*\*\*・Kiyoe MIYASHITA\*\*\*\*・Kenichi TAKAHASHI\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年、人間の生活環境を含めた地球全体の生態系保護と再生が大きく取り上げられるようになってきた。

都市域において自然共生を促すのは重要であるが、都市域は元来自然性の高い場所が限定されている上に、地価が高いことや集約的な土地利用がなされているために、今後新たに大規模な自然環境を確保することが困難である。そこで、既存の自然環境空間の改善、保存が急務となっている。

今後の人口減少、財政制約、環境制約等を考慮すると拡大した市街地の集約化と郊外部からの撤退等の検討がなされている。これらの方針に基づいた考察を行うときに、自然再生も同時に行うことが「生活の質」を高める上で重要な論点になる。そこで本研究では、都市化の進展により拡大してきた郊外に着目する。郊外はこれまでの都市化に伴い、住宅地等の供給の捌け口となり自然環境を失ってきた。しかし、郊外の既存する自然環境は生物多様性を高めるだけでなく、環境負荷の緩和など多目的な役割を担っている。

本研究では、郊外地域における自然被覆の現状、特徴を把握するとともに、緑や地形などの自然環境要素、人口や公共交通などの空間特性より、郊外地域における自然環境の評価を行うことを目的とする。

## 2. 解析準備

本研究では、1995年11月19日、1998年1月13日、2002年10月29日の秋季、冬季それぞれ関東地方

\*キーワード：都市計画、リモートセンシング、土地利用

\*\*学生会員、法政大学大学院工学研究科

\*\*\*正員、工修、千葉市役所

\*\*\*\*正員、工修、法政大学大学院工学研究科

\*\*\*\*\*正員、工博、法政大学大学院工学研究科

〒184-0002 小金井市梶野町3-7-2

TEL042-387-6289

2173×1610pixel (約110×80km) が撮影されているLANDSAT-TMデータ (以降TMデータ) を使用した。このTMデータより、東京都市部、埼玉県西部地域884×1051pixel (約45×50km) を対象地域とし、解析を行った (図-1)。幾何補正はGCP (Ground Control Point) を利用し、アフィン変換を行った。許容誤差は1画素以内とした。

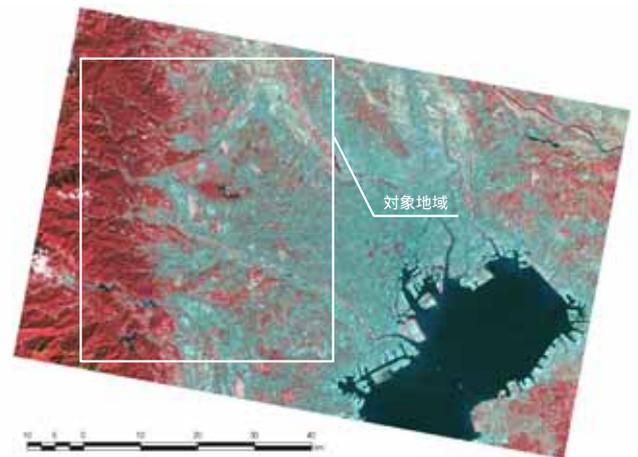


図-1 LANDSAT-TM データ

本研究で使用する TM データは、後に GIS データとのオーバーレイ処理を考慮し、再配列の際に pixel サイズを 50m に変換し、使用することとした。

## 3. 研究方法

分析は大きく 3 つによって構成される。

第 1 に、TM データより基本的な統計量を算出し、当該地域の自然被覆特性を検出する。具体的には TM データより正規化植生指数 Normalized Difference Vegetation Index (以降 NDVI)、地表面温度を算出する。DEM (Digital Elevation Model) の情報から対象地域における標高や傾斜度を抽出し地理情報を確認する。教師付き分類により TM データから土地利用図を作成し、算出した NDVI、地表面温度との関係を探る。当該地域における社寺の役割と分布を検証する。TM データより緑地消失エリアを抽出し、その特徴を把握する。

第2に、緑地の形質を集塊度（散らばり具合）より定義し、それが生物多様性や緑地の活性度に与える影響を検証する。

第3に、自然被覆指標（NDVI、地形等）、集塊度、人口、交通利便性等を空間指標とし、それらを重ね合わせ（オーバーレイ）、同一条件化での特徴を抽出する。その考察から、郊外地域における自然環境の評価を行う。

#### 4. 自然被覆特性の検証

##### (1) 地理的指標と自然被覆の関係

TM データより植生の活性度を示す NDVI を式(1)より算出した。

$$NDVI = \frac{IR - R}{IR + R} \quad (1)$$

IR:近赤外域 band (TM band4)  
R:可視域赤 band (TM band3)

DEM より得られた傾斜度データを分類し、その分類における NDVI の特徴を探る(表-1)。

表-1 傾斜度ランクと NDVI

区分	1995			1998			2002		
	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値
level (0-3°)	0.040	-0.474	0.674	0.139	-0.714	0.796	0.074	-0.750	1.000
level (3-8°)	0.149	-0.444	0.657	0.295	-0.492	0.698	0.214	-0.667	0.820
level (8-15°)	0.225	-0.261	0.635	0.403	-0.609	0.694	0.316	-0.625	0.644
level (15-20°)	0.251	-0.257	0.629	0.453	-0.463	0.715	0.359	-0.647	0.677
level (20-30°)	0.248	-0.263	0.650	0.464	-0.346	0.724	0.363	-0.619	0.644
level (30-40°)	0.241	-0.316	0.636	0.473	-0.222	0.719	0.360	-0.571	0.675
level (40°-)	0.229	-0.166	0.638	0.477	-0.137	0.724	0.350	-0.538	0.640

急傾斜になるにつれて、NDVI が増加傾向にある。その傾向は 15° 以上の傾斜度で顕著である。さらに、急傾斜になるほど NDVI の最小値が増加する傾向にあり、多くの植生が分布していることがわかる。植生の活性は地理的指標に起因することを把握した。

##### (2) 土地利用による自然被覆の特性

土地利用分類図を教師付き分類の最尤法より算出し、13のカテゴリーに分類した。

各土地利用の NDVI 値を図-2に示す。

NDVI は森林、田、畑、公園・緑地において平均値 0.265 と全体の平均値 0.062 と比べ、高いことが明らかである。

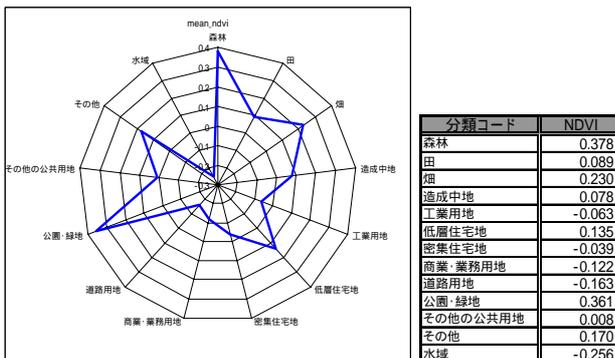


図-2 土地利用別 NDVI (2002)

さらに、低層住宅地においても 0.135 と植生の活性度が高いことが確認され、当該地域の植生に低層住宅地が有益な影響を与えていることが示唆された。

##### (3) 緑地消失エリアの特徴

本研究では NDVI0.2 以上の土地<sup>1)</sup>、および教師付き分類により作成した土地利用図から森林、田、畑、公園・緑地を抽出し、それらを緑地とした。その後、緑地とその他に分類し、1995年から2002年にかけて変化抽出を行った。緑地からその他へ変化したピクセルを緑地消失エリアと定義する。

また、東京駅から 5 km 間隔でバッファを作成し、都心からの距離との関係性を探る(図-3)。

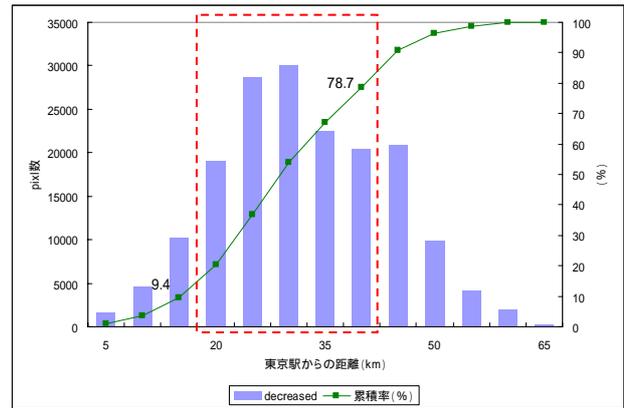


図-3 緑地消失エリアの頻度分布

東京駅から 15 km 圏域には、変化が見られず都心では緑地の変動が少ないことがうかがえる。しかし、対象地域である東京駅から 20 km 圏域から急激に緑地消失エリアが増加している。東京駅から 40 km 圏に当該地域の 78.7%、20 から 40 km 圏域に 69.2% が集中している。緑地の変動、減少が郊外の限られた地域で顕著になっていることが明らかとなった。

#### 5. 自然被覆の形質とその作用

##### (1) 集塊度の定義

ここでは小林ら<sup>2)</sup>により提案された平均連結度数より集塊度を定義する。

平均連結度数は次の工程により、算出される。

##### a) 連結度数 (CN 値)

連結度数 (CN 値) の定義は次のとおりである。

計測しようとしているメッシュが解析対象の土地利用のカテゴリー（例えば緑地）である場合  $p_{xy} = 1$  を与え、解析対象外(緑地以外)の場合は  $p_{xy} = 0$  を与える。次に、周辺メッシュ (object) が解析対象メッシュ (core) と同じカテゴリーを有する場合、接合するメッシュに名目尺度の変数  $\delta_{ij} = 1$ 、そうでない場合は  $\delta_{ij} = 0$  を与え、総和を取る。CN 値の算出式を式(2)に、概念図を図4に示す。

$$CN_{xy} = P_{xy} \sum_{i=x-1}^{x+1} \sum_{j=y-1}^{y+1} \delta_{ij} \quad (2)$$

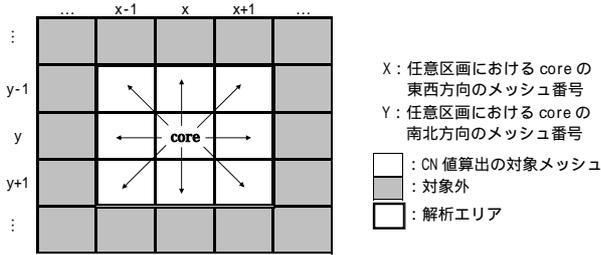


図4 CN値算出の概念図

b) 連結総数 (CTN 値)

連結総数 (CTN 値) は、任意の地域 (n×n メッシュ、ただし n は奇数をとる) を設定し、その n×n メッシュ内において、CN 値の総和を取り、その値を当該メッシュの CTN 値とする。CTN 値を計測するあたりを中心として設定したメッシュと同じカテゴリーによって領域を形成するメッシュの名目尺度を  $\eta_{ij} = 1$  として与え、それ以外のメッシュには  $\eta_{ij} = 0$  を与える。これにより  $CTN_{xy}$  は以下の式 (3) により与えられる。また、CTN 値の概念図を図 5 に示す。

$$CTN_{xy} = \sum_{i=x-\frac{n-1}{2}}^{x+\frac{n-1}{2}} \sum_{j=y-\frac{n-1}{2}}^{y+\frac{n-1}{2}} \eta_{ij} CN_{ij} \quad (3)$$

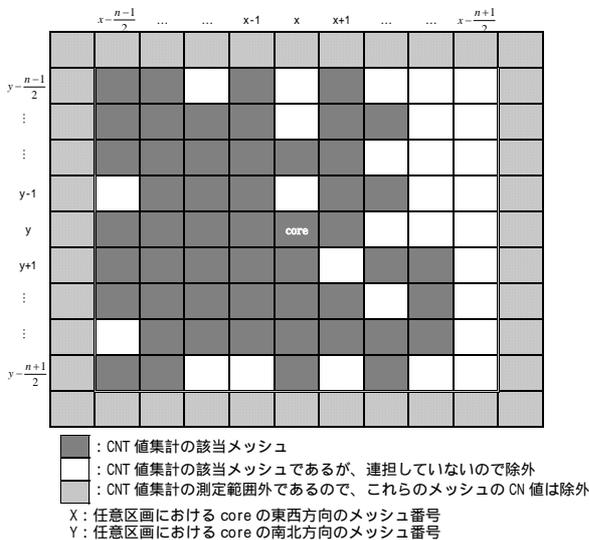


図5 CTN値算出の概念図

c) 平均連結度数

図 5 において、core と同じカテゴリーによって領域を形成するメッシュの名目尺度を  $\eta_{xy} = 1$  として与え、領域外のメッシュには  $\eta_{xy} = 0$  を与える。また、測定地域において core と同じカテゴリーを有するメッシュに、名目尺度の変数  $\delta_{xy} = 1$  を与え、別のカテゴリーを有する場合は  $\delta_{xy} = 0$  を与える。連担性を示す  $C_{xy}$  は以下の式 (4) により与えられる。

$$C_{xy} = \frac{CTN_{xy}}{\sum_{i=x-\frac{n-1}{2}}^{x+\frac{n-1}{2}} \sum_{j=y-\frac{n-1}{2}}^{y+\frac{n-1}{2}} \delta_{ij} \eta_{ij}} \quad (4)$$

この式より算出される  $C_{xy}$  (以降 C 値) を平均連結度数と呼ぶ。本研究における緑地の形質は、この値をもって定義し、C 値が高い値を示すと、その領域内の連担性は高いといえ、低いと逆のことがいえる。C 値の測定範囲は 11×11pixl (500×500m) とする。(0.0 C 9.0)

(2) 集塊度による自然環境への作用

ここでは前項で算出した C 値が自然環境に及ぼす影響を探る。生態系の多様性を示す指標として Simpson の多様度指数 (以下多様度指数) を式 (5) より算出する。測定メッシュは 500×500m とする。

$$\frac{1}{l} = \frac{1}{\sum \rho_j^2} \quad (5)$$

$\rho_i = i$  種の相対優先度

土地利用図を森林、田、畑、公園・緑地、水域、構造被覆地に分類し、多様度指数の算出に用いた。C 値は 500m メッシュ内の平均値を代表値とする。それらの関係を図 6 に示す。

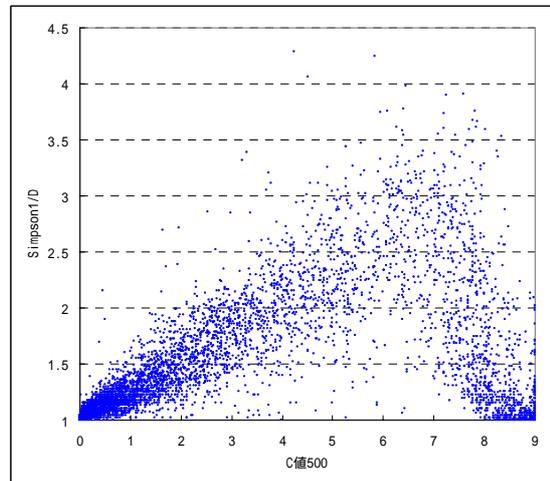


図-6 C値と多様度指数の散布図 (2002)

多様度指数は、田畑により自然環境の評価に用いられることが可能であること、由井によりアリ (生物) の種数が植生の多様度と相関が高いことが確認されており、本研究においてもこれを自然環境、生態系指標として使用した。多様度指数は、種数 (ここでは分類数) が多く、各種の個体数が均等なほど値は大きくなることが知られている。

図-6より、多様度指数はメッシュ内C値が5から8にかけてピークが見られる。緑地の集塊度が高い地域ほど自然環境が良好であり、生態系にとっても適した生育空間であることが示唆された。つまり、当該地域では集塊度の高い緑地を確保することは、植生の多様性や生態系における多様な生息環境を保持していくことになると思われる。

## 6. 自然環境評価

これまで自然被覆特性の把握を行った。ここでは、真田<sup>3)</sup>の都市空間のコンパクト化のための撤退・再集結と同様な方針から考察するために社会環境評価要素データとの重ね合わせを行った。社会環境評価要素としては人口、公共交通利便性、土地利用及び建物面積を選定した。これらのデータは自然環境データとの重ね合わせを考慮して50mメッシュデータに再構築した。

本研究でいう自然環境評価が高いとは、自然環境を保存すべき地域であることをいう。

表-2 空間特性指標とランク区分

区分	level	level	level	level	level	level	level
地形	傾斜度	0° - 3°	3° - 8°	8° - 15°	15° - 20°	20° - 30°	30° - 40°
	斜面方位	北・北西・西	南西・北東	東	南・南東	平地	0.2 - 0.3
自然	NDVI値	-0.2	-0.2 - -0.1	-0.1 - 0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3
	C値	+2	+1	-1	-2		0.3 -
人口	夜間人口	0 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	35 - 40
	従業者人口	0 - 3	3 - 6	6 - 9	9 - 12	12 - 15	15 - 18
	期間	0 - 5%	5 - 10%	10 - 15%	15 - 20%	20 - 25%	25 - 30%
交通利便性	バス運行回数	9回以下	10 - 24回	25 - 49回	50 - 99回	100 - 149回	150 - 199回
	バス路線延長	0 - 10m	10 - 20m	20 - 30m	30 - 40m	40 - 50m	50 - 60m
土地利用	宅地面積	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	40 - 50%	50 - 60%
	建物面積	0 - 15%	15 - 30%	30 - 45%	45 - 60%	60 - 75%	75 - 90%

表-2に示した指標を50mメッシュで整備し、これらを重ね合わせる(オーバーレイ)ことにより、自然環境を回復すべき重点地域の特定を行う(図-7)。オーバーレイ処理は既存の自然被覆が良好であり、さらに公共交通機関も整備されている地域においては都市内の貴重な自然であるため自然環境を保存すべき地域と仮定しており、自然、公共交通の重み(ウェイト)を高くしている。また、自然被覆が乏しく、公共交通機関も整備されていない地域においては自然環境評価が低い地区であり、撤退を考慮すると共に自然環境を回復すべき地域として考えている。

図-7より、当該地域は3つのエリアに分類される。AREA1は都心より35km圏域で、駅前のバス路線網により環境評価が高い。しかし、北部、南部の鉄道整備状況の低い地域では評価も低い状況となっている。AREA2は30から45km圏域で、全体的に自然を再生すべきエリアが多く分布しており、自然被覆を回復すべき重点地域であることが示唆される。AREA3は45km圏域以降の山岳地帯であり、自然被覆が良好であることにより、自然環境評価が高まっていることがうかがえる。更に、詳細

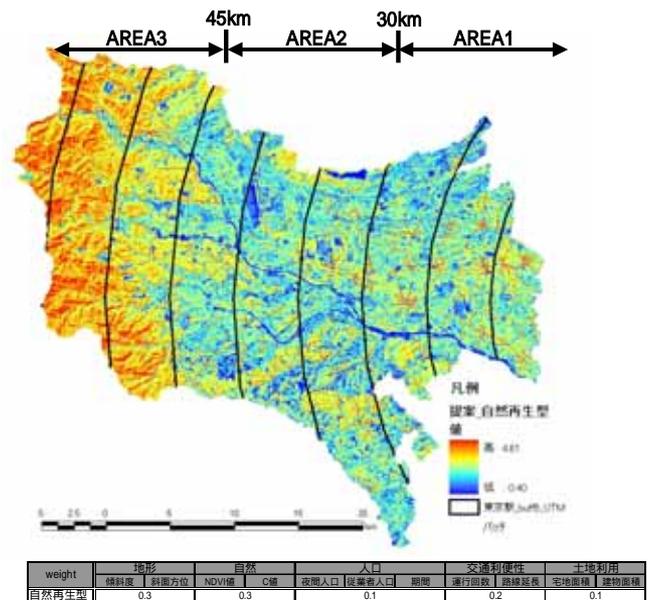


図-7 自然再生重点地域

に検討すると市街地内にも貴重な自然が多く残されており、これらをネットワークする自然再生が都市再生に繋がるものと思われる。

## 7. まとめ

本研究では、以下の結論を得た。TMデータよりNDVIを抽出し、NDVIは地理的要因に大きく影響を受ける。各土地利用によってNDVIに特性があることを把握した。緑地の消失エリアは都心より20から40kmの圏域において集中している。緑地の集塊性が高い地域では、生態系における多様な生息場所となっていることが示唆された。自然環境評価より対象地域を3エリアに分類し、都心より30から45km圏域が自然環境を回復すべき重点地域であることを把握した。

しかし、自然環境評価を提示したものの、その評価はデータのみにより構築されたものであり、今後現地調査等のミクロ分析を通じ、その信頼性を確認する必要がある。併せて、評価に対する妥当性、空間特性指標の検討を行い、より実践的な自然環境評価の確立を目指すことを今後の課題としたい。

### 参考文献

- 1) 武若聡他: 都市内河川による大気冷却効果 - 都市内河川内外の夏季の熱環境および気象観測 -, 土木学会論文集 4- -25, pp.11-20, 1993
- 2) 小林祐司ほか: ランドサットTMデータを利用した緑地分析傾向の把握手法に関する研究, 第35回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.1009-1014, 2000
- 3) 真田健助ほか: 都市空間コンパクト化のための撤退・再集結地区特定に関する基礎的研究, 土木計画学研究・講演集 No29, 2004