地域性に応じた植生分布特性の 広域分析手法の提案

松田 優花¹・植松 恒²・熊谷 樹一郎³

¹学生員 摂南大学大学院 理工学研究科社会開発工学専攻 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)

E-mail: 15m206my@edu.setsunan.ac.jp

²正会員 京都市教育委員会事務局 総務部 (〒604-8571 京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町 488)

E-mail: qf774-uematsu@edu.city.kyoto.jp

³正会員 摂南大学教授 理工学部都市環境工学科 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)

E-mail: kumagai@civ.setsunan.ac.jp

緑地などに存在する植生が空間的に連なるように分布することで、ヒートアイランド現象の緩和や生物多様性への寄与などの植生分布が有する機能が効果的に果たされる。我々は、衛星データから算出したNDVIに空間的自己相関分析を応用することで、植生被覆量の多い箇所から少ない箇所へと植生分布が空間的に連なる箇所を抽出する分析手法を開発してきた。その一方で、わが国では少子高齢化が進むなかでコンパクトシティへの移行が提唱されており、今後、増加の見込まれる移転跡地などにおいて植生分布の空間特性を明らかにした上で、オープンスペースの利用方針を検討する必要性がでてきている。本研究では空間的自己相関分析を段階的に適用する方法を提示し、土地利用状況に応じた植生分布の空間的な連なりを抽出するとともに、その特性について考察した。

Key Words: *normalized difference vegetation index, spatial autocorrelation, vegetation distribution, spatial characteristic*

1. はじめに

急激な人口減少と高齢化に伴い、わが国では「コンパクトシティ・プラス・ネットワーク」の考え方に基づいて都市構造の再編が進められようとしている。具体的には、核となる地域に都市機能や居住を集約させ、それらを公共交通により連結させるといった取り組みである¹⁾。一方で、少子高齢化に伴った人口減少によって都市が縮退する地域では、都市施設や家屋の移転・撤去に伴い空き地などのオープンスペースが増加し、無計画な空き地の増加などによる地域の荒廃が懸念されている。そのため、都市基盤の整備状況などの地域性に応じたオープンスペースの利用方針を検討するべきとの指摘がある²⁾。

オープンスペースの代表的な土地被覆状態として草地や樹林地などの植生面が挙げられる。植生面の分布状態は散在するよりも、空間的な連なりを形成することでヒートアイランド現象の緩和や生物多様性の維持といった植生の有する機能がより効果的にもたらされるとの指摘がある^{3),4)}。近年では、洪水

時の氾濫原としての役割など防災・減災の機能を重視していこうとする動きもある⁵⁾。都道府県広域緑地計画において自治体ごとに策定される「みどりの将来像」では、大規模な植生面を拠点とした緑のネットワークを維持・創出する植生分布の整備方針が定められている^{4),6)}。一方、「みどりの将来像」などでの緑のネットワークは道路など都市施設の位置が基になっており、必ずしも実際の植生の分布状態から得られたものではないといった特徴がある。

これまで我々は、地球観測衛星データ（以降、衛星データと呼ぶ）から算出したNDVI（Normalized Difference Vegetation Index：正規化植生指数）を植生面の占める量（植生被覆量）の代替値として採用した上で、空間的自己相関分析を応用することで、植生被覆量の多い箇所から少ない箇所へと空間的に連なる植生分布を植生分布変移軸と定義し、抽出する広域分析手法を開発してきた⁷⁾。さらに、2時期の植生分布変移軸の比較からその変遷を分析した結果、郊外部などの植生の分布状態がまばらな地域において、縮小や分断といった変化が顕著であること

図-1 対象領域を含む Landsat-8 OLI データ (トゥルーカラー画像)

を明らかにしている⁸⁾。

その一方で、都市の縮退によって生じるオープンスペースについては、市民農園としての利用推進や市民公開緑地（仮称）としての再整備などが対策として挙げられているものの^{9),10)}、空間的な連なりといった分布特性についての言及はほとんど見られない。都市形態には、都心部、郊外部、農村部などのような人口分布や都市整備の状態に応じた違いがあり、それぞれで核となる地域が形成され、都市構造が再編されていく。特に、核となる地域の周辺では荒廃の可能性が危惧されており、都市形態に応じた植生分布の連なりを抽出することによって、緑のネットワークを考慮したオープンスペースの整備・利用方針を議論していくことが望まれる。そこで、本研究では植生分布の集積状態に応じて山岳部、郊外部、都市部と段階的に地域を区分し、それぞれの地域性に応じた植生分布の空間的な連なりを抽出する分析手法を提案するとともに、抽出結果の特徴を整理・考察した。

2. 対象領域および対象データの選定

(1) 対象領域

対象領域は図-1 に示す大阪府全域とした。大阪府は古くから経済の中心として栄えてきた大都市でありながら、北摂山系や金剛生駒山系、和泉葛城山系

からなる山岳部に囲まれており、郊外部には緑豊かな住宅地が広がっている。淀川や大和川といった大規模な河川も都市の中央に流れているなど、対象領域内には多様な空間パターンで植生が分布する。

(2) 対象データ

対象データは対象領域の全域の植生分布を把握することから、2015 年 9 月 28 日観測の Landsat-8 OLI データ（空間分解能：30m × 30m）を採用した。前処理として MODTRAN に基づいた大気補正処理を行った後、NDVI を算出している。また、分析結果の検証には国土地理院が提供する「数値地図 5000（土地利用）」の近畿圏 2008 年を使用した。

(3) NDVI の算出

広範囲での分析を行うことから、本研究では植生被覆量を代替する指標として衛星データから算出される NDVI を採用した。式 (1) によって計算される NDVI は植生の活性度を表す指標である。

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}} \quad (1)$$

ただし、 R_{RED} は赤色波長域、 R_{NIR} は近赤外域の反射率を表す。衛星画像から得られた NDVI は植生被覆量と強い相関があることが知られており、広範囲からの緑被率の推定に採用されている¹¹⁾⁻¹³⁾。一方で、NDVI の画素値は必ずしも観測したセンサの空間分解能で規定される地上の大きさを代表した値とはならないとの指摘がある¹³⁾。先行研究では、2000 年の衛星データを対象に NDVI の空間分解能を変化させながら、高分解能衛星データの目視判読により作成した植生被覆率データと比較し、相関係数が最も高い値を示す 60m × 60m を NDVI の空間分解能として採用している^{7),8)}。本研究では、将来的に 2000 年の分析結果との比較を通じて地域ごとの植生分布の空間的な連なりの変遷を把握することを想定しており、先行研究と同様の空間分解能（60m × 60m）を採用することとした。

3. 地域性に応じた植生分布の空間特性の把握

(1) 植生分布の空間的な分布状態の把握

算出した NDVI を空間的自己相関分析を応用した分析手法に適用することで植生の空間的な分布状況を把握する。分析手法は局所領域での空間属性パターンを分析する G 統計量を用いる。地点 i における G 統計量は次式で与えられる¹⁴⁾。

図-2 SSC の作成方法

$$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_j}{\sum_j x_j} \quad i \neq j \quad (2)$$

局所的な空間的自己相関測度 $G_i(d)$ は、地点 i の半径 d 領域内に位置する点の属性値 x_j の合計値を全地点の点属性値 x_j の合計値で割る比率で表される統計量である。 $w_{ij}(d)$ は地点 i から半径 d 内に地点 j が属するか否かを判定する重み係数である。本研究では $G_i(d)$ から計算される検定統計量を用いて、有意水準 10% を基準に局所的な空間的自己相関の有無を判定する。分析の対象となる地域全体と比べて、注目する画素から半径 d 内に NDVI の高い画素が集積すると「正の空間的自己相関あり」、NDVI の低い画素が集積すると「負の空間的自己相関あり」、NDVI の高い画素や低い画素が混在する場合には「空間的自己相関なし」と画素ごとに判定される。なお、 x_j は正の値を対象とすることからすべての画素の NDVI の値に 1 を加え、0 以上 2 以下の値に変換した上で G 統計量を算出している。

本研究では、植生分布が連なる箇所を抽出するために NDVI より SSC (Spatial Scale of Clumping) を作成する。SSC は局所的な範囲 d を可変とした上で、注目する画素を中心に半径 d を狭めていながら空間的自己相関分析を実施し、相対的に NDVI の高い画素が集積する「正の空間的自己相関あり」の判定結果を仮想的なレイヤとして重ねあわせることで作成される⁷⁾。

一方、相対的に NDVI の高い画素が集積していないと判定される地域にも、まばらな植生分布が存在している可能性がある。そこで、「正の空間的自己相関あり」と判定されない地域での分析を行えるよう手法の拡張を試みた。具体的な SSC の作成方法と提案手法を以下に述べる。

a) SSC の作成

図-2 (i) の (a) および (b) の画素周辺には NDVI の高い画素が集積しているため、最大の調査範囲 d_{max} で空間的自己相関分析を実施した際には「正の空間的自己相関あり」と判定される。 d_{max} において「正の空間的自己相関あり」と判定される画素には 1 層目の仮想レイヤを設定する。 d_{max} から調査範囲を減少させながら空間的自己相関分析を行うと、(a) の画素では調査範囲を減少させても「正の空間的自己相関あり」と判定される一方で、(b) の画素では最大の調査範囲で判定を行ったときにのみ「正の空間的自己相関あり」と判定される。各地点においても調査範囲の縮小に伴い「正の空間的自己相関あり」と判定される回数が異なってくる。その回数分を仮想レイヤとして重ねることで、図-2 (i) のように

図-3 SSCと植生分布変移軸の作成結果

NDVIの高い画素の集積度合いを等高線のように表す。これをSSCと定義している。SSCの層数が高い画素はその画素の近傍・遠方の双方で相対的にNDVIの高い画素が集積していることを表しており、SSCの層数が低い画素は近傍ではNDVIの高い画素が集積していないものの遠方まで範囲を広げるとNDVIの高い画素が集積していることを表している。作成したSSCを図-3(c)に示す。図-3(a)の衛星画像や図-3(b)のNDVIと比較すると、SSCは相対的に植生が多く分布している山岳部などの地域で生成されていることがわかる。

一方、SSCは調査範囲 d が大きくなるにつれて「正の空間的自己相関あり」と判定される面積の変化量は収束する傾向がある。そこで、調査範囲の変更に伴う面積比率の変化量が0.3%未満となる調査範囲を最大の調査範囲 $d_{\max}$ (1470m)として定めている。 $d_{\max}$ から1画素にあたる60mずつ調査範囲を減少させていき、3画素×3画素のウィンドウサイズと同等の90mを最小の調査範囲と設定している。

b) 段階的なSSCの作成

先行研究では「正の空間的自己相関あり」と「負の空間的自己相関あり」に着目しSSCを作成すること

で植生分布の集積が多い地域と少ない地域での分析を実施してきた⁷⁾。これまでの手法の適用では「空間的自己相関なし」と判定される箇所は植生分布がまばらに存在するような地域を示すが、分析の対象外となっていた。しかし、空間的自己相関なしの地域では植生群の分断等の変遷が顕著であることが先行研究で明らかとなっており、植生分布の集積状態が高い地域と低い地域とを繋ぐ中間の地域についても詳細な分析が望まれる⁸⁾。

そこで本研究では、図-2 (ii) で SSC が作成されていない領域、つまり、「正の空間的自己相関あり」と判定されない灰色の領域に注目した上で、その範囲を対象に SSC を作成した。同様に、SSC の作成されない領域に着目し、繰り返し SSC を作成することで、植生被覆箇所の多い地域から少ない地域にかけて段階的に SSC を作成し、地域性に応じた植生分布の空間特性の把握を試みた。

具体的には、図-2 (ii) の灰色の領域の NDVI を対象に調査範囲を狭めながら空間的自己相関分析を実施した。ここで、例えば図-2 (iii) の (c) のような画素で空間的自己相関分析を行う場合、SSC が既に作成されている領域が空間的自己相関分析の調査範囲に含まれることになる。そのため、図-2 (iii) の青枠のように空間的自己相関分析の対象範囲を既に作成されている SSC の最大の調査範囲の距離だけ後退させている。

領域を限定した上で SSC を作成することは、限定された領域内で相対的に NDVI の高い値が集まっている画素を「正の空間的自己相関あり」と判定し、結果を積み上げることになる。2 次的な SSC は図-2 (iv) のように作成され、既に作成した SSC と比べてより植生分布がまばらな地域での植生分布の空間特性を表していることになる。本稿ではこれを第 2 の SSC と定義するとともに、従来の手法で得られる図-2 (ii) の SSC を第 1 の SSC と呼ぶこととした。対象領域における第 2 の SSC の作成結果を図-3 (d) に示す。図-3 (a) および (b) と比較すると、図-3 (d) の第 2 の SSC は郊外部などの植生被覆量の多い箇所が散在する地域で抽出されている特徴がある。本研究では図-3 (e) と図-3 (f) のように SSC を作成する対象の範囲をさらに絞り込み、段階的に第 3 と第 4 の SSC を作成することで、より植生分布の集積状態のまばらな地域における SSC を作成した。なお、本研究では対象領域を網羅する第 4 の SSC まで作成している。なお、第 1 から第 4 の SSC は植生分布の多く集積する領域から希少な領域までを相対的に区分している。本研究で述べる地域性とは、SSC で区分される各領域の植生の集積状態や都市構造の違いを

示している。対象領域の植生の分布状態によっては SSC で区分される領域の特性は異なる可能性がある。提案手法を他地域で適用する場合には、その都度各 SSC の区分が表す地域性について整理することが望まれる。

図-3 (e) の第 3 と図-3 (f) の第 4 の SSC は植生分布の集積状態が高い地域から低い地域へと段階的に作成されており、植生の分布状態の観点から都市構造の異なる地域を区分できていることがわかる。なお、段階的に作成した第 2 から第 4 の SSC の最大の調査範囲は、第 1 の SSC では 1470m であったのに対して、第 2 では 750m、第 3 では 630m、第 4 では 330m となった。最大の調査範囲は相対的に植生被覆量の多い箇所が集積する最大の範囲であり、各 SSC が表現する植生分布の集積状態の空間的なスケールを表している。

(2) 植生分布変移軸の選定

SSC はその層数の高低によって地形図のように植生分布の連なり度合いが表されたものとみなすことができる。図-2 (ii) の赤矢印で示す SSC の尾根部は SSC が高い領域から低い領域に向かうに連れて層の高さが低くなりにくい部分であり、近傍から遠方まで NDVI の高い画素が集積した状態が維持されやすいと仮定できる。言い換えれば、森林などのまとまった植生域から都市部へと植生の分布状態が変化していくなかで、点在する植生被覆箇所が連なる中心付近を SSC の尾根として表現していることになる。そこで、SSC の山と谷を逆転させた上で水文解析により谷線を求めることで SSC の尾根線を抽出した。抽出した尾根線は図-3 (c) の第 1 の SSC であれば第 1 の植生分布変移軸、図-3 (d) の第 2 の SSC であれば第 2 の植生分布変移軸といったように第 4 まで定義した。各植生分布変移軸が 2 次元的にどの程度の広がりを持つ植生分布の連なりを抽出しているかについては、3. (1) b) で述べた SSC の最大の調査範囲 (NDVI の高い値の箇所が集まっていると判定される最大範囲) と一致する。

なお、水文解析によって谷線を抽出する際には、集水面積を確定する必要がある。本研究では植生分布の集積状態が低い地域に向けて伸びる植生分布の空間的な連なりを抽出するため、SSC が作成されない領域内で水系線の枝分かれが始まる集水面積で確定した。結果として、第 1 の SSC から得られる尾根線は 1.818km² (505 画素)、第 2 では 0.828km² (230 画素)、第 3 では 0.774km² (215 画素)、第 4 では 0.936km² (260 画素) の集水面積を採用した。

図-4 植生分布変移軸の検証方法

図-5 植生分布変移軸の検証結果

(3) 抽出結果の分布状態

図-3の○印は植生分布変移軸が特徴的に抽出されている箇所を示している。図-3 (a) および (b) の衛星画像やNDVIと植生分布変移軸を確認すると、図-3 (d) の第2の植生分布変移軸は大規模な緑地公園や樹林地のような植生分布が都市域に向けて広く分布している箇所で軸が伸びており、図-3 (e) の第3の植生分布変移軸では大規模河川の河川敷に沿うように軸が抽出されている特徴がある。図-3 (f) の第4では都心部の河川敷や緑地公園などの植生分布を連なりとして捉えていることがうかがえる。

4. 空間特性の分析

(1) 植生分布変移軸の抽出結果の検証

a) 抽出手法の適用性の検証

植生分布変移軸はG統計量を応用したSSCの考え方から、近傍から遠方までNDVIの高い画素が集積した状態が維持されやすい箇所との仮定の下で抽出されている。そこで、植生分布変移軸の近傍と遠方とのNDVIの平均値を比較することで、植生分布変移軸の抽出方法の適用性を明らかにする。検証は図-4に示すように、植生分布変移軸から調査範囲 d の領域を「検証範囲」、 d から調査範囲 $d_{\max}$ までの領域を「比較範囲」と設定した上で、 d を変化させながらその都度検証範囲と比較範囲に含まれるNDVIの

平均値を算出した。検証にはWelch法に基づく2標本の差を利用した検定の考えを用いており、帰無仮説を「軸の近傍とそれ以外とはNDVIの平均値に差はない」とした上で、検証範囲のNDVIの平均値と比較範囲のNDVIの平均値の差を式(3)から検定統計量 t_0 として算出した。

$$t_0 = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)}} \quad (3)$$

$\bar{x}_1$, s_1^2 および n_1 は検証範囲に含まれるNDVIの平均値、分散とデータ数を示し、 $\bar{x}_2$, s_2^2 および n_2 は比較範囲に含まれるNDVIの平均値、分散とデータ数を示す。

算出した検定統計量を図-5に示す。図-5では検定統計量が正側に振れると検証範囲内に含まれるNDVIの平均値の方が高い値を示すことを表している。結果はいずれの植生分布変移軸についても検定統計量が正側に振れ、有意水準5%を上回ることを確認した。また、得られた植生分布変移軸は近傍にNDVIの高い画素が集積することが明らかとなった。

b) 植生分布変移軸の妥当性の検証

本研究では、地域ごとに得られた植生分布変移軸の妥当性を検証するために、比較の対象を設定することとした。具体的には、大阪府が2009年に策定した「みどりの大阪推進計画」の中で掲げられている「地域別みどりの将来像」において骨格となるみどりと指定している箇所を目視判読により選定し⁵⁾、「比較軸」と定義した。図-6のように、それぞれの軸から調査範囲 d の範囲を「検証範囲」と設定し、最大の検証範囲($d_{\max}$)から距離 d ごとに狭めていきながら植生分布変移軸まわりと比較軸まわりのNDVIの平均値を算出し、帰無仮説を「植生分布変移軸近傍と比較軸近傍とはNDVIの平均値に差はない」とした上で、式(3)を用いて検定統計量を算出した。その際、 $\bar{x}_1$, s_1^2 および n_1 には植生分布変移軸の検証範囲に含まれるNDVIの平均値、分散およびデータ数を、 $\bar{x}_2$, s_2^2 および n_2 には比較軸の検証範囲に含まれるNDVIの平均値、分散およびデータ数を代入する。結果を図-7に示す。検定統計量が正側に振れると植生分布変移軸における検証範囲内のNDVIの平均値の方が比較軸まわりよりも高いことを表している。結果はすべての調査範囲において、検定統計量が正側に振れるとともに、有意水準5%を上回ることを確認した。さらに、各軸の近傍へ調査範囲が絞り込まれるにつれて、植生分布変移軸沿いにNDVIの高い画素が集積する傾向を示すことがわかる。

図-6 比較軸との検証方法

図-7 比較軸との検証結果

表-1 区分した植生群の一致率

		判読した植生群	
		植生	植生以外
閾値によって 区分された結果	植生	89.1%	14.9%
	植生以外	10.9%	85.1%

(単位: %)

(2) 植生分布変移軸の地域的特徴の把握

a) 連なりを構成する植生群の検証

抽出した各植生分布変移軸はその段階に応じて山岳部の樹林地や河川敷、都心部の緑地公園など様々な植生分布を連なりとして抽出しており、その地域的な特徴は植生分布の規模として表れている可能性がある。そこで、連なりを構成する植生分布の規模の比較から各植生分布変移軸の特徴を把握した。

先行研究では、テストエリア内で確定させた植生群と最も一致する NDVI の閾値を決定することで植生群を抽出し、植生分布の空間的な連なりの変遷を分析してきた⁸⁾。本研究でも同様の手法を用いて試験的な植生群を抽出した。具体的には、都市域でまとまった植生群が存在する大規模な緑地（大阪城公園や大仙公園）と農業振興地域を含む地域をテスト

エリア（総面積：7.2km²）と設定した。大阪府が航空写真の目視判読により作成した「緑の分布図データ」（2000 年作成，空間分解能：1m × 1m）の植生面をもとに，対象データの衛星画像（2015 年観測）を用いて 2000 年時点から変化のあった植生域を補完することでテストエリア内の植生群を確定した。NDVI に閾値を設け，閾値以上であれば植生面，閾値未満であればそれ以外というように分類した結果と，判読した植生群とを照らし合わせ，最も一致する NDVI の閾値を決定した。表-1 は NDVI の閾値によって区分された結果と判読した植生群との一致率をエラーマトリクスで示したものである。ともに植生，植生以外とされる領域の一致率は 80% を越えている。この閾値を用いて対象領域の植生域を確定し，上下左右 8 方向に隣接する画素をひとまとまりとして植生群と定義・抽出した。

植生分布変移軸として抽出された連なりを構成する植生群の規模を調査するため，第 1 の植生分布変移軸から 210m，第 2 と第 3 の植生分布変移軸から 270m，第 4 では 150m の範囲に含まれる植生群の規模の構成比を比較した。なお，各植生分布変移軸からの範囲は，4 章 (1) a) の検証において検定統計量が最大となる調査範囲である。

図-8 は第 1 から第 4 の植生分布変移軸の周辺に含まれる植生群の規模を累積相対度数で表したものである。図-8 の第 1 の植生分布変移軸の結果では他の軸と比べて 0.1km²以上の大規模な植生群を特に多く含んでいることがわかる。大規模な植生群が広く分布する地域で連なりが抽出されていることを示している。第 2 の植生分布変移軸ではグラフの形状がなだらかなり、1km²以下の様々な規模の植生群で連なりが構成されている傾向がある。第 3 の植生分布変移軸では 0.04km²以下の小規模な植生群が第 4 の植生分布変移軸と比べて多く含まれている傾向がある。

植生群の抽出結果と各植生分布変移軸との関係の例を図-9 に示す。図-3 (e) のように第 3 の植生分布変移軸は広い範囲で抽出されており，図-9 (c) のように郊外部から都市部にかけて散在する小規模な植生群を連なりとして抽出している傾向がわかる。一方で，第 4 の植生分布変移軸では図-3 (f) のように抽出される軸の数が減少しており，図-9 (d) のように河川敷や緑地公園のような都市中心部に小規模でまとまって存在する都市施設としての植生群を連なりとして抽出していることが示唆される。

b) 土地利用状況の整理

地域性に応じて抽出されている各植生分布変移軸の特徴を詳細に分析するため，第 1 から第 4 の植生

図-8 植生群の構成比

図-10 植生分布変移軸周辺の土地利用の割合

の軸ではその傾向がより顕著に現れている。

第1の植生分布変移軸は山岳部の自然地が多くを占める地域で、第2の植生分布変移軸は居住地や農地が混在する郊外部で、第3の植生分布変移軸は市街化の進んだ郊外部から都心部までの広範囲で、第4の植生分布変移軸は都心部や臨海部の埋立地などの地域で抽出されており、植生分布の集積状態に基づいた段階的な分析によって都市形態に応じた植生分布の連なりが抽出されていることが示唆される。

5. まとめ

本研究では、衛星データから算出したNDVIを基に、SSCを段階的に作成することで、植生分布の集積状態が高い地域から低い地域までを4段階のSSCによって区分し、各SSCから植生分布が空間的に連なる箇所を植生分布変移軸として抽出した。地域ごとに抽出した植生分布変移軸の近傍には相対的に植生被覆量の多い箇所が集まる傾向があり、大阪府が定める緑のネットワークとの比較から抽出手法の妥当性を確認した。連なりを構成する植生群の規模と土地利用状況を整理したところ、山岳部や郊外部、都心部のような地域ごとに植生分布の連なりが抽出されており、郊外部の連なりは大小さまざまな規模の植生群を含んでいることが示唆された。植生の分布状態の観点から都市形態の異なる地域を区分し、その地域性に応じた植生分布の空間的な連なりを抽出できているといえる。

コンパクトシティを推進していく上では山岳部や都市部といった都市構造の異なる地域ごとにオーブ

図-9 植生群の抽出結果の例

分布変移軸周辺の土地利用状況の違いを整理した。具体的には数値地図5000の土地利用データを用いて、4章(2)a)と同様に設定した軸からの調査範囲内に含まれる各土地利用項目の割合を算出した。なお、一般低層住宅地、密集低層住宅地、中・高層住宅地の項目は「住宅地」として、田、畑、その他の農地は「農地」としてそれぞれ1つの項目にまとめている。図-10に各植生分布変移軸周辺に含まれる土地利用項目の割合を示す。第1の植生分布変移軸では山林・荒地や農地のような自然面が8割以上を占めており、第2の軸では住宅地や農地、道路用地の割合が増加する傾向がある。第3では第2の軸と比較して工業用地や商業・業務地域の割合が増加し、第4

ンスペースの利用方針を定めていく必要がある。本稿で提案した各植生分布変移軸は、緑地等の空間的な分布状態の観点からオープンスペースの利用方針を定める際の検討材料となりうる。例えば、都市機能が縮退されていく居住誘導区域外では、まばらな植生分布が空間的に連なる第2や第3の植生分布変移軸に沿って緑化を進めるなど、緑のネットワークを考慮したオープンスペースの利用方針を提示できる可能性がある。今後の展開としては、ヘドニックアプローチを用いて植生分布変移軸と地価との関係を分析することを考えている。植生分布の空間的な連なりが周辺地域に及ぼす影響を地価の面から把握できれば、立地適正化計画の策定に対して新たな視点を提供できる可能性がある。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土のグランドデザイン 2050, 2014 年, <<http://www.mlit.go.jp/common/001047113.pdf>>, (入手 2016. 10. 13).
- 2) 国土交通省・国土交通政策研究所：オープンスペースの実態把握と利活用に関する調査研究, 2012 年, <<http://www.mlit.go.jp/pri/houkoku/gaiyou/pdf/kkk106.pdf>>, (入手 2016. 10. 13).
- 3) 国土交通省：「環境の世紀」における公園緑地の取り組み, 2004 年, <<http://www.mlit.go.jp/crd/park/joho/dl/kankyot/>>, (入手 2016. 10. 13).
- 4) 国土交通省都市・地域整備局都市計画課・公園緑地課：新編緑の基本計画ハンドブック, p. 234, 社団法人日本公園緑地協会, 2007.
- 5) 環境省自然環境局：生態系を活用した防災・減災に関する考え方, 2016 年, <<http://www.env.go.jp/nature/biodic/eco-drr/pamph01.pdf>>, (入手 2016. 12. 17).
- 6) 大阪府：みどりの大阪推進計画, 2009 年, <<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/217/00019983/ful.pdf>>, (入手 2015. 10. 22).
- 7) 熊谷樹一郎, 前田壮亮：事前広域評価支援を目的とした植生分布に関する空間分析方法の開発, 土木学会論文集 F, Vol. 64, No. 3, pp. 237-247, 2008.
- 8) 植松恒, 松田優花, 熊谷樹一郎：衛星画像を用いた植生分布の空間的な集積状態とその変遷の分析, 土木学会論文集 F3, Vol. 71, No. 2, pp. II_1-II_9, 2015.
- 9) 国土交通省：コンパクトシティの形成に関連する支援施策集, 2008 年, <http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/toshi_city_plan_tk_000026.html>, (入手 2016. 10. 21).
- 10) 国土交通省都市局：平成 29 年度都市局関係予算概算要求概要, 2016 年, <<https://www.mlit.go.jp/common/001142730.pdf>>, (入手 2016. 10. 26).
- 11) 竹内章司：衛星画像の植生指標による画素内緑被率の推定, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 26, No. 4, pp. 4-12, 1987.
- 12) 羽柴秀樹, 亀田和昭, 田中總太郎, 杉村俊郎：高分解能衛星画像データによる都市域の小規模植生分布の抽出, 土木学会論文集, No. 685 / VII-20, pp. 27-39, 2001.
- 13) 平野勇二郎, 安岡善文, 柴崎亮介：都市域を対象とした NDVI による実用的な緑被率推定, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 22, No. 2, pp. 163-174, 2002.
- 14) Ord, K. and Getis, A. : Local spatial autocorrelation statistics : distributional issues and an application, Geographical Analysis, Vol. 27, No. 4, pp. 286-306, 1995.

(2016. 10. 26 受付)

SPATIAL ANALYSIS OF VEGETATION DISTRIBUTIONS ACCORDING TO THE LOCAL FEATURES OF URBAN STRUCTURES

Yuka MATSUDA, Hitoshi UEMATSU and Kiichiro KUMAGAI

The spatial continuity of vegetation distributions is required for the effective performance of the conservation of ecosystem, the reduction of urban heat island phenomenon, etc. It is also expected to make something of value as one of the factors of urban structure. We have developed a spatial analysis method for detecting the continuity of vegetation distributions on a regional scale using remotely data. The method consists of local spatial autocorrelation and hydrological analysis, while NDVI is adopted as the proxy of vegetation abundance. On the other hand, there is a variety of vegetation distributions around urban areas: a completely urbanized area, a suburb area and mountainous area. In this study, we improve the analysis method for detecting the spatial continuity of vegetation distributions by the application of local spatial autocorrelation to every urban area.