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

植松 恒¹・松田 優花²・熊谷 樹一郎³

¹学生員 摂南大学大学院 工学研究科創生工学専攻 (〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8)

E-mail: 13d301uh@edu.setsunan.ac.jp

²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

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

都市の緑地などの植生群を保全・創出していくには、個々の植生分布の空間的な位置関係を考慮した現状を広範囲から把握する必要がある。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植生分布変移軸と定義し、抽出する分析手法を開発してきた。本研究では、都市整備の進捗と植生分布の変遷との関係を広域的に把握することを目指し、2000 年と 2013 年の観測時期の異なる衛星データから得た NDVI を基に 2 時期での植生分布の集積状態と植生分布変移軸を比較した。その結果、植生被覆量の多い箇所の集積する領域が限定されてきており、縮小や分断といった変化が植生分布の空間的な連なりに影響を及ぼしている可能性が示唆された。

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

1. はじめに

現在、日本国内では少子高齢化社会を迎えつつあるなかで、集約型都市構造への転換が提唱され、多極ネットワーク型コンパクトシティの実現へ向けた施策が立てられてきている¹⁾。その一方で、長期間にわたる都市構造の集約化のなかで、増加の見込まれる空き地などといったオープンスペースの扱いについては問題点が不明確であるなど、議論の余地が多い。具体的な施策を立てていくなかでマクロ的な視点の必要性が指摘されており、都市全体の空間の中でのオープンスペースの役割をネットワークとして見ていくことが望まれている^{2),3)}。

オープンスペースの代表的な土地利用形態として緑地が挙げられる。特に、植生の分布状態については、都道府県広域緑地計画などでの「みどりの将来像図」では大規模な植生群を拠点とする緑のネットワークを形成するように、植生分布の保全や緑化の推進を重点的に行う地域などを取り決めている⁴⁾。緑のネットワークは、植生分布が連なりを形成する

ことで、生物の育成の場としての機能や周辺の市街地の気温を低減するといった緑の効果を期待した計画である^{5),6)}。一方で、ネットワークを構成する基となるのは、道路や河川といった都市施設であることが多く、必ずしも植生分布そのものが反映されたものではない。

これまで我々は、空間的自己相関分析を応用した空間分析手法に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) を適用することで、植生分布の空間的な連なりを広範囲から抽出する分析手法の開発を試みてきた⁷⁾。NDVI を植生被覆量の代替値として採用した上で、植生被覆量の多い箇所から少ない箇所へと連なる植生分布を植生分布変移軸として定義・抽出し、緑のネットワークに対する新たなモニタリングの視点を提供している。

将来の都市像を想定した緑地などの配置計画を策定していくには、都市構造の変化とともに植生分布の集積や分断、さらにはネットワークの形成状態の

変遷もモニタリングしていくことが望まれる。本研究では複数の観測時期の衛星データを適用した上で、植生分布の空間的な連なりに生じた変化の抽出を試みるとともにその内容を明らかにした。

2. 対象領域および対象データの選定

(1) 対象領域

対象領域として、大阪府北部(30km × 25km)を選定した。大阪府北部は大阪府中心部のベッドタウンとして発達し、豊かな自然をあわせ持つ地域であり、植生が多様な形態で分布している。その一方で、近年では中心市街地の再開発や郊外のニュータウン型の開発、高速道路の建設が進められており、都市整備の活発な地域でもある。

(2) 対象データ

広域的な植生分布の変遷の把握を前提として、対象領域を一度に観測できる2000年8月25日観測のLandsat-7 ETM+データと2013年7月20日観測のLandsat-8 OLIデータ(ともに空間分解能:30m × 30m)とを対象データとして採用した。

(3) NDVIの取り扱い

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得られたNDVIを採用している。NDVIは式(1)のように計算される植生の活性度を表す指標である⁸⁾。

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

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。一方で、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^{9)~11)}。本研究では前処理として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。NDVIは衛星データの画素単位で計算されることになるが、そ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での大きさを代表した値とはならないとの指摘がある¹¹⁾。そこで、本研究では2001年10月3日に観測されたIKONOS画像(空間分解能:4m × 4m)を目視判読することにより作成した植生被覆率データとLandsat-7 ETM+データから算出したNDVIとを空間分解能を変化させながら比較し、最も相関係数が高い値を示した60m × 60mをNDVIの空間分解能として採用し

た⁷⁾。なお、2013年に観測されたLandsat-8 OLIデータについても2000年観測の衛星データの画素と同等の大きさを網羅すると仮定し、NDVIの空間分解能を60m × 60mと設定している。

3. 植生分布の空間的な連なりの抽出

(1) 植生分布の空間的な分布状態の把握

空間的自己相関分析を応用した分析手法に衛星データから算出したNDVIを適用することで植生分布の空間的な分布状況を把握する。本研究での空間分析手法として、局所領域での空間属性の分布パターンを分析するG統計量を採用した。地点*i*におけるG統計量は次式で与えられる¹²⁾。

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

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。 $G_i(d)$ からは検定統計量が計算され、本研究であれば注目する画素の中心から半径*d*領域内に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の高い画素と低い画素が混在する場合は「空間的自己相関なし」に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、ここでは対象領域内の全ての画素のNDVIをオフセット(+1)し、NDVIを0以上2以下の値に変更した上でG統計量を算出している。

本研究では、局所的な範囲を可変とした上で、注目する画素を中心に狭めていながら空間的自己相関分析を実施し、空間的自己相関測度を検定統計量として算出する。有意水準は10%としている。図-1のように空間的自己相関分析の各範囲での判定結果を仮想レイヤとして積み上げたものがSSC(Spatial Scale of Clumping)である⁷⁾。具体的には「正の空間的自己相関あり」と「負の空間的自己相関あり」の場合のそれぞれについて、最大の範囲での判定結果を最下層と設定した上で、範囲を狭めるにつれて「空間的自己相関あり」と判定されれば結果を積み上げていくことでSSCを作成する。

図-1(i)の(a)点は、その画素を中心に近傍から遠方までNDVIの高い画素が集積している地域を表している。このような地点は正のSSCの層数が高い

図-1 SSCの作成概念図

箇所となる。図-1 (i) の (b) 点のような正の SSC の層数の低い箇所は、注目する画素の近傍では NDVI の高い画素と低い画素が混在した状態となるものの、画素中心から遠方までの範囲では NDVI の高い画素が集積する地域である。つまり、正の SSC は層数が高いほどその地点を中心に植生被覆量の多い箇所が空間的に集まる傾向を示す。図-1 (i) の (c) 点は、その画素を中心に近傍から遠方まで NDVI の低い画素が集積していることを表す地域である。負の SSC では層数が高い箇所ほど、その地点を中心として近傍から遠方まで植生被覆量の少ない箇所が集まる傾向を示す。

なお、SSC の作成には積み上げの基準となる最大の範囲を設定する必要がある。本研究では最小の範囲の半径 d を 3 画素 $\times$ 3 画素のウィンドウサイズと同等の 90m とした上で、 d を増加させながら対象領

域の全体で空間的自己相関分析を実施し、判定結果の変化量が収束する傾向を調査した。半径 d の増加に伴う「正の空間的自己相関あり」、「負の空間的自己相関あり」、「空間的自己相関なし」のそれぞれの判別結果の面積率の差分が処理対象となる領域全体の 0.3% 未満となる場合に収束していると判断し、条件として設定した。最大の範囲を検討した結果、2000 年では 1050m、2013 年では 1710m で判別結果が収束する傾向を示した。そこで、半径 $d = 1710\text{m}$ の SSC の層を積み上げる基準面として、2 時期共通で採用するものとした。結果として、2000 年については、1050m~1710m までは各層の形状に変化がなく、垂直に重なっていることになる¹³⁾。

(2) 植生分布変移軸の選定

正・負の 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を表現したものと見なすことができる。そこで SSC に水文解析を応用することで植生分布の空間的な連なりを抽出した。正の SSC では尾根線を抽出した。図-1 (iii) の赤矢印で示した正の 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ことを意味する。負の SSC では谷線を抽出した。図-1 (iii) の青矢印で示した負の SSC の谷部は、都市部において希少な植生分布の集まりが都心部などの植生被覆量の少ない領域に迫るように分布する箇所となる。本研究では植生被覆量の多い箇所と少ない箇所の間での連なりの抽出を前提に、正の SSC での尾根線と負の SSC での谷線のなかでも、SSC の斜面部分に位置し、かつ、広域的分析の観点から 2km 以上のものを植生分布変移軸として定義・選定した。

水文解析によって尾根線や谷線を抽出するには、集水面積を確定する必要がある。ここでは、植生被覆量の高い（あるいは、低い）箇所が集まっている場所とまばらな場所をつなぐ部分の分析となるため、SSC の斜面での植生分布変移軸の現れ方に着目する。集水面積の絞り込みに伴い SSC の最上層内での水系線の枝分かれが始まる集水面積を決定し、尾根線と谷線を抽出する値として採用した。2000 年の正の SSC から得られる尾根線は 1.314km^2 (365 画素)、負の SSC から得られる谷線は 1.98km^2 (550 画素)、2013 年の尾根線は 1.458km^2 (405 画素)、谷線は 0.99km^2 (275 画素) の集水面積を採用している。

4. 植生分布の空間特性の変遷の把握

(1) 2 時期での植生の分布状態の比較

2000 年と 2013 年の NDVI の算出結果を図-2 に、SSC の作成結果を図-3 に示す。2 時期の NDVI を比較すると 2013 年の方が山岳部の一部や都市域で NDVI の低い値を示す傾向が確認できる。正と負の SSC の総面積を 2 時期で比較したところ、正の SSC の総面積は約 30% 減少し、負の SSC の総面積は約 20% 増加していた。SSC の層数の分布状態の変化を把握するために、SSC の各層の占める面積の構成比を図-4 の累積相対度数で比較した。図-4 (a) の正の SSC においては、2000 年と比べて 2013 年では最下層の調査範囲が 1710m と広がっていると同時に、下層部分の割合が増加することがわかる。正の SSC の層数の低い箇所は調査範囲の広い場合にのみ正の空間的自己相関ありと判定される地域である。正の SSC の推移を図-3 で確認すると、正の SSC そのものの面積は減少しているなかで、空間的自己相関なしとの境界部分に層数の低いことを表わす黄緑色～黄色の部分が見られていることが確認できる。かつて近傍から遠方に渡って植生被覆量の多い箇所が集積していると判定されていた箇所が、遠方まで範囲を広げてはじめて植生被覆量の多い箇所が集まっていると判定されるように変化すると判断される。図-4 (b) の負の SSC においても 2013 年で下層部分の割合が多い傾向が見られた。負の SSC では、総面積が増加するとともに上層部分の占める割合が減少している。図-3 の対象領域における分布では、負の SSC は都市部から郊外部へ範囲が広がる傾向が確認できる。負の SSC の領域は植生分布のまばらであった箇所が含まれるように広がったことが考えられる。

(2) 植生分布変移軸の抽出箇所の特徴

a) 植生分布変移軸の抽出状態

図-3 に選定した植生分布変移軸について正の SSC から作成されるものを赤線、負の SSC から作成されるものを青線で示す。図-3 (a) の黒丸内の正の植生分布変移軸を図-3 (b) の 2013 年のものと比較すると、北上し、山岳部に移動する傾向や植生分布変移軸そのものが消滅している箇所もみられる。図-3 (b) の負の植生分布変移軸の分布状態では、河川敷を中心に都市域の全体に抽出箇所が広く分布するように変化している傾向が確認できる。図-2 と比較すると目視では NDVI の低い値の分布状態のなかで抽出されている面もある。都市内の希少な植生分布の連なりを抽出している可能性もあるが、NDVI の極小さな値のみとなると分布の連なりを形成しうる植

図-2 NDVI の算出結果

図-3 SSC と植生分布変移軸の抽出結果

生そのものが存在するか否かといった点についても注意が必要となる。本研究では NDVI の分布状態に検討の範囲を絞ることとし、低い NDVI の分布と植生の存在量との空間的な関連性については今後の課題とする。

b) 検証方法の考え方

本研究では、植生分布変移軸の近傍と遠方の NDVI の平均値を統計的に比較することで、植生分布の空間的な連なりの変遷について分析した。図-5 のように 2000 年および 2013 年の植生分布変移軸のそれぞれから調査範囲（距離パラメータ d までの範囲）を「検証範囲」、各調査範囲 d から最大の調査範囲 $d_{\max}$ までの範囲を「比較範囲」と設定した。 $d_{\max}$ から d を狭めながら各範囲における 2000 年および 2013 年の 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では 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 の平均値の差を次式から検定統計量 t_0 として算出した。

$$t_0 = \frac{\bar{x}_{in} - \bar{x}_{out}}{\sqrt{\left(\frac{s_{in}^2}{n_{in}} + \frac{s_{out}^2}{n_{out}}\right)}} \quad (3)$$

$\bar{x}_{in}$, s_{in}^2 および n_{in} は検証範囲に含まれる NDVI の平均値、分散およびデータ数を示し、 $\bar{x}_{out}$, s_{out}^2 および n_{out} 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。

c) 抽出手法の適用性の検証

植生分布変移軸は、抽出箇所の近傍に NDVI の高い画素が集積するとの仮定により抽出されている。各植生分布変移軸と同時期の NDVI を使用し検証することで、植生分布変移軸の抽出方法の適用性を明らかにする。図-6 は正の植生分布変移軸について検証範囲に含まれる NDVI の平均値と比較範囲に含まれる NDVI の平均値の差を式 (3) より検定統計量として算出し、検証範囲の大きさ (d の範囲) ごとに整理した結果を示している。図-6 の縦軸は正側に振れると検証範囲に含まれる NDVI の平均値の方が高い値を示す。横軸は数値が小さくなるにつれて植生分布変移軸の近くへ検証範囲が限定されていることを表す。図-6 (a) は破線で 2000 年での正の植生分布変移軸の抽出方法の適用性の検証結果を示している。図-6 (a) の破線では検定統計量の値が正側に振れ、検証範囲 870m 以下では正側の有意水準 5% で有意な結果が得られた。図-6 (b) では実線で 2013 年現在での検証結果を示している。図-6 (b) の実線では有意水準 5% で 1290m 以下の検証範囲で正側に有意な結果が得られる傾向が見られる。

図-7 に負の植生分布変移軸の検証結果を示す。図-7 (a) の破線での 2000 年で負の植生分布変移軸として抽出された箇所での検証結果は、すべての検証範囲で正側の有意水準 5% を超える結果を示した。図-7 (b) の実線で示した 2013 年に負の植生分布変移軸として抽出された箇所においては、1290m 以下の検証範囲で有意水準 5% を超える結果を示した。

d) 植生分布変移軸の変遷の調査

いずれの時期においても、正・負の植生分布変移軸の近傍に NDVI の高い画素が集積する結果となった。これらの空間的な特徴を有する箇所に対して 2 時期の NDVI を用いた検証結果を比較することで、抽出箇所の周辺の植生分布の連なりの変遷を調査する。考え方を図-8 に示す。図-8 のオレンジ色で示

図-8 土地被覆状態の変遷の調査方法

す 2000 年の植生分布変移軸では、前項にて検証範囲と比較範囲に含まれる 2000 年の NDVI を比較することで植生分布変移軸の抽出手法の適用性を検証したこととなる。そこで、次に同位置の 2013 年の NDVI を使用し、同様に検証する。2000 年と 2013 年の検証結果を比較することで、2000 年に抽出された植生分布変移軸の周辺の土地被覆状態がどのように変化したかを明らかにする。図-8 の青色で示す 2013 年の植生分布変移軸では、2013 年の NDVI で抽出手法の適用性を検証するとともに、2000 年の NDVI を使用することで 2013 年の植生分布変移軸の周辺の土地被覆が過去ではどのような状態であったかを調査することになる。

図-6 (a) の実線は 2000 年の正の植生分布変移軸周辺での 2013 年の NDVI の分布状態を示している。図-6 (a) からは 2000 年の正の植生分布変移軸の周辺において、2000 年と 2013 年の NDVI で同様の傾向を示すことが確認できる。2000 年の NDVI より抽出された正の植生分布変移軸は、2013 年においても抽出箇所の周辺に NDVI の高い画素が集まる傾向を維持していることが推測される。図-6 (b) の破線で示した 2013 年の正の植生分布変移軸周辺での 2000 年の NDVI の分析結果では、検定統計量の値が正側で有意な結果を得られなかった。図-3 の正の SSC の変遷を考慮すると、2013 年の正の植生分布変移軸の周辺は、2000 年の段階では近傍に限らず、広い範囲で NDVI の高い値を示す地域であったことが推測される。つまり、2013 年の正の植生分布変移軸は 2000 年から 2013 年の間に抽出箇所の近傍と遠方との NDVI の差が大きくなることによって植生分布変移軸として抽出されたことが考えられる。

図-7 (a) の 2000 年の負の植生分布変移軸では 2000 年と 2013 年ともに、抽出箇所の周辺に NDVI の高い画素が集まる傾向を確認できる。図-7 (b) の 2013 年に負の植生分布変移軸として抽出された箇所においては、2000 年の NDVI で 1050m 以下の検証範

(a) 2000年

(b) 2013年

□ テストエリア □ 判読した植生群

図-9 フォールスカラー画像と判読した植生群の領域

表-1 植生群の一致率について

(a) 2000年

		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	91.2	15.1
	植生以外	8.8	84.9

(単位: %)

(b) 2013年

		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	84.0	15.3
	植生以外	16.0	84.7

(単位: %)

囲とした場合に有意水準 5% を超える結果を示した。2013 年での負の植生分布変移軸の周辺では 2000 年から 2013 年に移り変わることで、NDVI の高い画素の集まりが広がる傾向を確認できる。

(3) 植生群の推定結果による比較

a) 植生群の比較

対象領域において、2000 年から 2013 年に移り変わることで、正の植生分布変移軸は平野部から山岳部に移動し、負の植生分布変移軸は河川敷を中心に都市部で広く分布する傾向が見られた。正・負の SSC の変遷と併せて考えると、2000 年から 2013 年にかけて、植生被覆量の多い箇所が集まる領域が分断されてきた可能性がある。そこで本研究では、植生分布変移軸の変化の特性を把握するためにまとまりのある植生分布を植生群として試験的に抽出し、

植生分布変移軸を構成する植生群の構成の推移を調査した。具体的には、大阪城公園などの大規模な緑地や農業振興地域での農地を含む地域を、2 時期を通じて植生分布の変化が少ない地域と見なし、テストエリア（総面積：4.6km²）として選定した。大阪府が 2002 年 10 月 17 日および 11 月 17 日撮影の航空写真の目視判読により作成した「みどりの分布図データ」（空間分解能：1m × 1m）における植生面を参照用のデータとした上で、テストエリアにおける 2000 年の衛星データのフォールスカラー画像を基に植生群の領域を確定させた。2013 年の場合も同様に「みどりの分布図データ」での植生面や 2013 年観測の衛星データを参考に、植生群の領域を確定させた。図-9 に確定した植生群のエリアの例を示す。植生群の領域を含むテストエリア内において、2000 年、2013 年それぞれにおいて NDVI を対象に閾値を変動させ、植生群と最も一致する値を決定した。表-1 に結果を示す。表-1 は閾値によって 2 つの群に区分された結果と、あらかじめ設定したテストエリア内の植生群とそれ以外の領域との一致率をエラーマトリクスで表したものである。この閾値を使用して全域で区分された領域を比較のための植生群と定義し、その分布を調査した。

b) 植生群の配置密度での比較

図-10 に、植生群の規模と構成について整理した。図-10 では縦軸に対象とする範囲における植生群の箇所数の累積値を調査範囲の面積で除した密度で表し、横軸に植生群の規模を対数値として表現している。対象領域の全体での植生群の構成を示す図-10 (a) では、0.004km²から 0.02km²程度の植生群が 2013 年で減少している傾向がみられる。その一方で、図-10 (b) は正の植生分布変移軸から 330m の範囲での植生群の構成を調査したものであるが、対象領域の全体での傾向よりも大きな、0.03km²から 0.2km²程度の植生群が減少する傾向がみられる。正の植生分布変移軸の変化がみられた対象領域の北部や東部の地域はニュータウン型の開発や高速道路が新たに整備された地域でもある。図-10 (b) でみられる規模の大きな植生群の減少する傾向は都市整備により大規模な植生群が縮小や分断されたことを示唆する結果とも考えられる。図-10 (c) は負の植生分布変移軸から 450m の範囲での結果である。図-10 (c) では 0.007km²から 0.1km²程度の規模の植生群が減少する傾向が確認できる。負の植生分布変移軸のまわりの植生群は 0.004km²から 0.02km²の範囲では対象領域全体と似た傾向を示すものの、特に 0.01km²から 0.02km²の規模の植生群の箇所数が大幅に減少していることがわかる。都市内で、植生被

覆量の多い箇所が集まるような希少な領域においても植生群の規模の構成が変化したことを意味している。

5. まとめ

観測時期の異なる2時期の衛星データから算出したNDVIに空間分析手法を適用し、植生分布の空間的な集積の度合いを表すSSCを作成した上で、水文解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として植生分布変移軸を抽出した。SSCの2時期での推移を確認すると、植生分布がまばらに存在するような箇所に変化が見られることがわかった。SSCの層数の比較から2000年から2013年では近傍から遠方に渡って植生被覆量の多いと判定される箇所が山岳部に限定される傾向を確認した。さらに、植生分布変移軸周辺でのNDVIの統計的な特性と植生群の規模を比較したところ、縮小や分断といった変化が植生分布の空間的な連なりに影響を及ぼしている可能性

が示唆された。なお、本研究での手法により得られる植生分布変移軸は、対象とする地域の範囲やその地域の植生の分布状態によって生成される位置が変化することが考えられる。したがって、他の地域での経年変化の分析に本分析手法を適用する場合はその地域ごとに植生分布変移軸の有する特性を整理する必要がある。

本研究では2時期の衛星データを採用し分析を進めた。次の展開として、2000年以前に観測された衛星データを本分析手法に適用し、その結果を比較することによってより長期間にわたった植生分布の連なりの変遷を把握することを考えている。また、日本国内の都市域のような地域ではLandsatなどで観測された衛星データの1画素内にさまざまな土地被覆状態が混在する可能性がある。本分析手法に高空間分解能の衛星データを採用することで、都市域内における植生分布の空間的な連なりの特性が明らかになることが期待できる。

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 2015. 10. 22).
- 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 2015. 10. 22).
 - 3) 国土交通省 都市局公園緑地・景観課：新たな時代の都市マネジメントに対応した都市公園等のあり方検討会中間とりまとめ，2015 年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001106065.pdf>>, (入手 2015. 10. 22).
 - 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) 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/kanryo/>>, (入手 2015. 10. 22).
 - 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) Ustin, S. L. : *Remote Sensing for Natural Resource Management and Environmental Monitoring, Manual of Remote Sensing Third Edition*, Volume 4, John Wiley and Sons, 2004.
 - 9) 竹内章司：衛星画像の植生指標による画素内縁被率の推定，写真測量とリモートセンシング，Vol. 26，No. 4，pp. 4-12，1987.
 - 10) 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.
 - 11) 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.
 - 12) Ord, K. and Getis, A. : Local spatial autocorrelation statistics : distributional issues and an application, *Geographical Analysis*, Vol. 27, No. 4, pp. 286-306, 1995.
 - 13) Kumagai, K. : Verification of the analysis method for extracting the spatial continuity of the vegetation distribution on a regional scale, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 35, pp. 399-407, 2011.

(2015. 10. 26 受付)

TREND ANALYSIS OF THE SPATIAL AGGLOMERATION OF VEGETATION DISTRIBUTIONS USING SATELLITE IMAGERY

Hitoshi UEMATSU, Yuka MATSUDA and Kiichiro KUMAGAI

Vegetation in urban areas has several functions such as the conservation of ecosystem, the reduction of urban heat island phenomenon, etc. The spatial continuity of vegetation distributions is required for the effective performance of the functions. In order to make locational planning of greenery areas, it is necessary to grasp the long-term change of the greenery areas. We have developed a spatial analysis method for detecting the continuity of vegetation distributions on a regional scale using remotely sensed data. The method consists of local spatial autocorrelation analysis, an overlay analysis, and a hydrological analysis with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adopted as the proxy of vegetation abundance. In this study, we apply the spatial analysis to two types of remotely sensed data acquired in 2000 and 2013, respectively. We discuss the long-term change of the spatial continuity of vegetation distributions through comparing between the results of the analysis. As a result, a change of the continuity of vegetation distributions were found to be involved in areas of large-scale urban development in study area.