

(44) 観測時期の異なる衛星データを用いた 植生分布の空間特性の分析

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、植生の量的な調査だけではなく、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、衛星データより算出した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。その一方で、植生分布の配置計画を策定する上では、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が望まれる。そこで、本研究では観測時期の異なる衛星データから得たNDVIを基に2時期の植生分布変移軸を抽出した。植生分布変移軸の比較から植生分布の変遷を連なりの面から把握できる可能性が示唆された。

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

1. はじめに

都市の緑地などの植生群は自然の状態で保たれている原生的な植生群とは異なり、人間が適正な保全・整備・管理を行うことにより存在しうるものである。都市全体を対象とした広域的な視点から植生群の分布の状況を把握した上で、都市の将来像を見据えた保全・創出を行っていく必要がある¹⁾。広範囲の植生分布を把握する手法の一つとして、地球観測衛星データ（以降、衛星データと呼ぶ）の利用がある。衛星データからNDVI (Normalized Difference Vegetation Index : 正規化植生指数) を算出し、緑被率を推定しようとする試みは特に多く見られる²⁾³⁾。その一方で、都市全体を対象とした場合では、植生分布はさまざまな空間パターンで分布する傾向にある。植生の量的な調査だけではなく、個々の植生分布の空間的な位置関係を考慮した現状を把握する必要がある。例えば、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。一方で、

ネットワークの基となるのは道路などの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。経年的な変遷についても、緑被率などの数値を取り上げる傾向にあり、空間分布やネットワークの観点からの分析が難しい現状にある。

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衛星データより算出したNDVIを適用することで、広範囲から植生分布の空間的な連なりを抽出する分析手法の開発を試みてきた⁴⁾。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植生分布の配置計画の策定には、長期間の監視結果による都市整備の進捗と植生分布の変遷との関係を明らかにすることが望まれる。そこで、本研究では複数の観測時期の衛星データを利用することで、空間的な連なりとしての植生分布の変遷の把握を広範囲から試みた。

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、植生分布が多様である。一方で、近年ではニュータウン型の開発や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。

3. 植生分布の空間的な連りの抽出

(1) 植生分布の空間的な分布状態の把握

衛星データより算出した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分布の空間的な分布状況を把握する。空間的自己相関分析は局所領域での空間属性の分布パターンを分析する手法である。本研究では、広域から狭域へ調査範囲を狭めていきながら空間的自己相関分析を実施し、検定統計量を算出する。算出した結果のうち有意水準10%を基準にNDVIの高い画素が集積することを表す「正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ことを表す「空間的自己相関なし」、NDVIの低い画素が集積することを表す「負の空間的自己相関あり」の3種類に区分している。図-1のように空間的自己相関分析の各調査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。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」の場合に分け、最大の調査範囲での判定結果を最下層と設定した上で、調査範囲を狭めながら「空間的自己相関あり」と判定された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ことを意味する。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集まる傾向を示すと解釈できる。負のSSCでは層数が高いほど、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と解釈できる。2000年と2013年のSSCをそれぞれ図-2 (a) および (b) に示す。

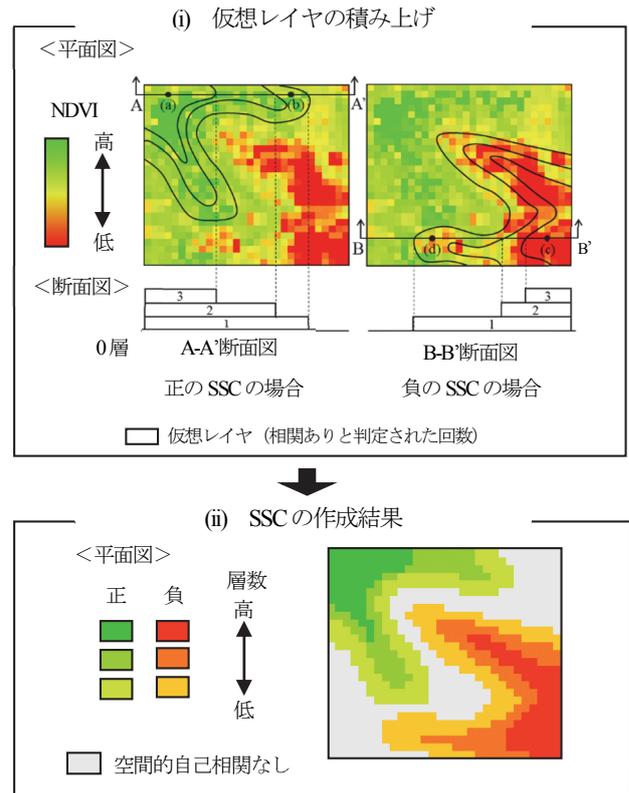


図-1 SSCの作成概念

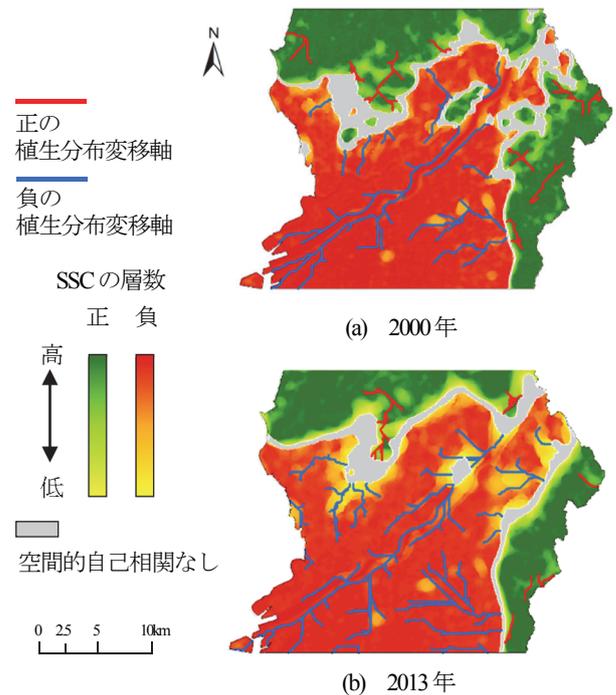


図-2 2時期のSSCと植生分布変移軸

(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が表され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。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。負のSSCでは谷線を抽出した。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考えられる。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りの抽出を前提に、正での尾根線と負での谷線のなかでも、SSCの斜面部分に位置し、かつ、広域的観点から2km以上のものを植生分布変移軸として定義・選定した。図-2に、選定した植生分布変移軸を正の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（なお、カラー表示は発表時に紹介する）。

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

正と負のSSCの総面積を比較したところ、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の層数の分布状態を把握するために、SSCの各層の構成比を図-3の相対度数で比較した。図-3(a)の正のSSCでは、2000年と比べて2013年の方が下層部分の割合が多いことがわかる。これは、空間的自己相関分析において調査範囲の広い場合にのみ正の相関があったことを意味する。図-2では、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部分が現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が多いと判定されるようになったことを示している。図-3(b)の負のSSCにおいても2013年の方が下層部分の割合が多い傾向が見られた。負のSSCでは、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たことから、負のSSCの領域に植生分布のまばらであった箇所が含まれるように変化することが考えられる。

(2) 植生分布変移軸の抽出箇所の特徴

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りの変遷について分析した。図-4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距離パラメータ d までの範囲を「検証範囲」、 d から最大距離 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NDVIの平均値の差をそれぞれで検定統計量として算出した。つまり、2000

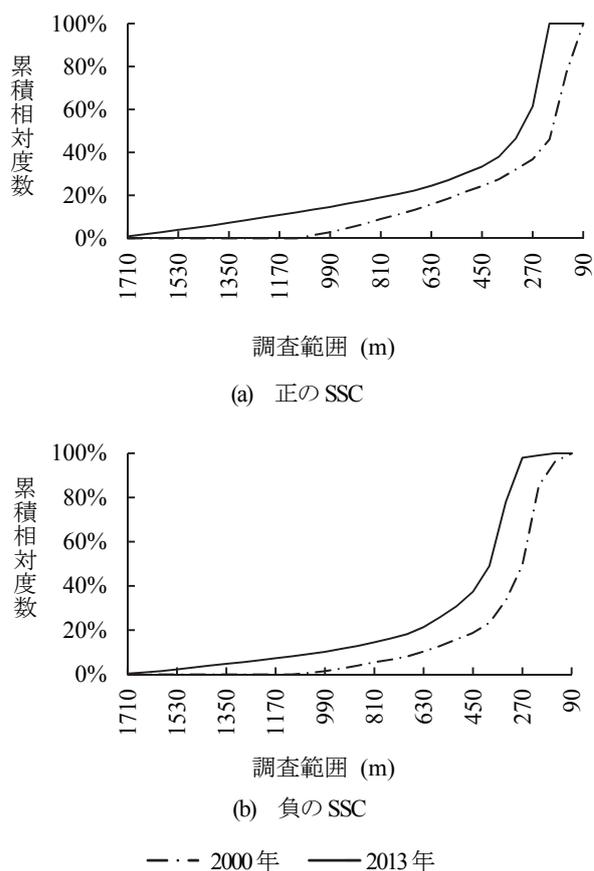


図-3 SSCの各層の構成比の累積値

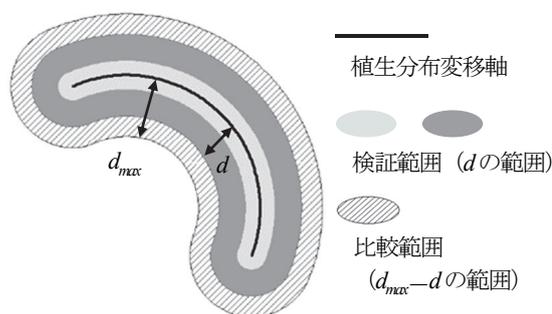
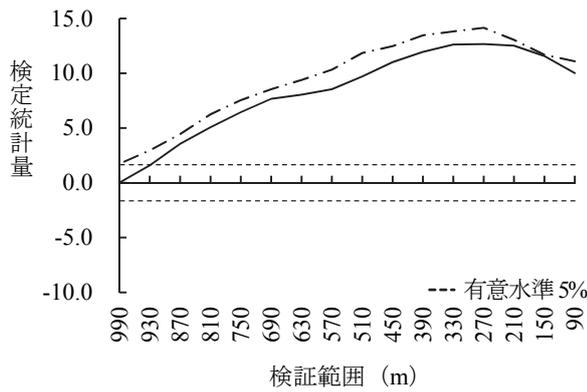
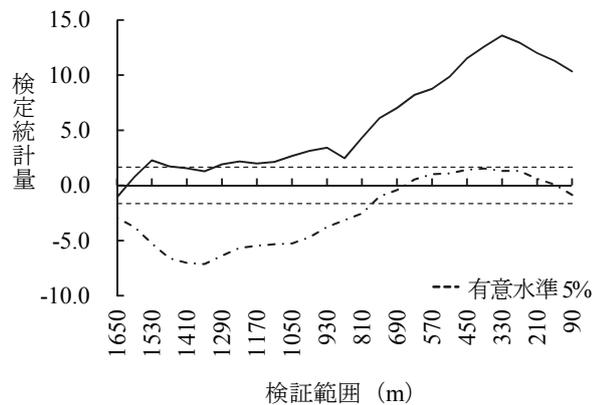


図-4 検証の概念図

年の植生分布変移軸であれば、その位置周辺のNDVIが2013年でどのように変遷していたかを検証することになる。なお、植生被覆量の多い箇所から少ない箇所の間での植生分布の連りの変遷の検証を目的として対象とする範囲をSSCの斜面部分に限定している。本報告では、特徴的であった図-5の正の植生分布変移軸での検証結果について説明する。2000年に正の植生分布変移軸として抽出された箇所では、2000年と2013年のNDVIの両方で検定統計量の値が正側に振れ、検証範囲870m以下ではともに正側に有意な結果が得られた。つまり、植生分布の連なりが維持されていたことを示唆している。一方で、2013年に正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で検定統計量の値が正側に有意な結果を得られなかった。2013年のNDVIでは、



(a) 2000年の植生分布変移軸



(b) 2013年の植生分布変移軸

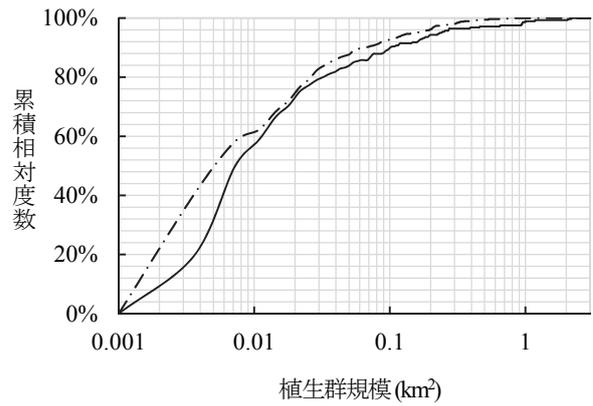
--- 2000年のNDVI ——— 2013年のNDVI

図-5 植生分布変移軸周辺のNDVIの比較

1290m以下の検証範囲で正側に有意な結果が得られた。2013年に正の植生分布変移軸として抽出された箇所は山岳部側に移動しており、2000年のNDVIについては、比較範囲に植生被覆量の高い箇所が多く含まれていた可能性が考えられる。

(3) 空間的自己相関なしの領域での比較

対象領域において、正のSSCは範囲が減少し、負のSSCは都心部を中心に広く分布する傾向を示した。正の植生分布変移軸は平野部から山岳部に移動する傾向が見られる。この傾向には、2000年において「正の空間的自己相関あり」と判別され、正の植生分布変移軸を構成していた植生分布が2013年において、「空間的自己相関なし」と判別される領域へ移り変わった現象が含まれている。そこで、本研究では「空間的自己相関なし」と判別される領域の植生群の面積と構成比とを2時期で比較した。具体的には、対象領域内において、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などを含む地域をテストエリアと選定した。テストエリアにおけるNDVIの平均値・分散を元に植生の有り・無しを画素単



--- 2000年 ——— 2013年

図-6 空間的自己相関なし領域での植生群の構成

位で試験的に判別し、植生群の面積と構成を比較した。結果を図-6に示す。2時期を比較すると、2013年において0.001km²~0.005km²程度の小さな植生群の割合が相対的に少ない傾向が確認できる。正・負のSSCの変化と併せると、小規模な植生群が少なくなる一方で、規模の大きな植生群が相対的に多くなり、植生分布の空間的な連なりに影響を及ぼしていることが示唆される。

5. まとめ

観測時期の異なる衛星データに空間分析手法を適用し、2時期の植生分布変移軸を抽出した。抽出結果を比較・分析したところ、2時期で正の植生分布変移軸の抽出される箇所の特徴が変化している傾向を確認した。時期の異なる植生分布変移軸の比較から植生分布の変遷を連年りの面から把握できる可能性が示唆された。本研究は2時期の衛星データを用いたが、今後は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年りの変遷を把握することを考えている。

参考文献

- 1) 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，p234，社団法人日本公園緑地協会，2007。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 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。