(53) 植生分布の地域性に応じた空間特性の広域分析

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]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

[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，都市機能が集約される都市中心部や移転跡地が増加する郊外部など，地域ごとの植生分布の空間特性を明らかにする必要がでてきている．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

少子高齢化社会を迎えつつあるわが国が持続可能な都市発展を遂げていくには，エコロジカルな方法により都市をコンパクトな形に再生することが求められている．都市機能の集約が進められる一方で，増加が見込まれる空き地などといったオープンスペースを戦略的にマネジメントする必要があるものの，具体的な施策はこれまであまりみられない．オープンスペースの土地利用形態の1つに緑地がある．緑地を占めることが多い植生域は，ヒートアイランド現象の緩和や生物多様性の維持などの機能を有する．特に，これらの機能は植生の分布が空間的な連なりを形成することで効果的にもたらされると指摘されている[1)]．

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[2)]．さらに，観測時期の異なる衛星データを用いて2時期の植生分布変移軸を抽出し，その変遷を分析した結果，植生の分布密度が中程度の地域において，縮小や分断といった変化が顕著であることを明らかにした[3)]．このような地域は，開発圧力の低下に伴い居住誘導区域などの検討対象となる可能性がある．

これからのわが国での緑とオープンスペースの政策では，都市機能が集約される都市中心部や移転跡地が増加する郊外部など，地域ごとに植生分布の機能を最大限に発揮させることが望まれる[4)]．そこで，本研究では都市内の地域性に応じて植生分布の空間的な連なりを抽出する分析方法を提示するとともに，適用した結果について考察した．

2.　対象領域および対象データの選定

対象領域は大阪府全域とした．大阪府は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都市部が囲まれ，西は大阪湾に面している．淀川や大和川といった規模の大きな河川が都市の中央部に流れているなど，対象領域内には多様な空間パターンで植生が分布する．

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．

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

本研究では，衛星データから得たNDVIをローカルな空間的自己相関分析であるG統計量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．具体的には，局所範囲を表す距離パラメータ d を狭めていきながらG統計量を算出し，有意水準の比較からNDVIの高い画素が集積する「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」に画素ごとに区分している．**図-1**のように空間的自己相関分析の各距離パラメータ d での判定結果を仮想レイヤーとして積み上げたものがSSC（Spatial Scale of Clumping）である[2]．本稿では「正の空間的自己相関あり」と判別される最大の距離パラメータ d での判定結果を最下層と設定した上で，距離パラメータ d を狭めながら「正の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，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．作成したSSCを**図-2**（b）に示す．**図-2**（a）の衛星画像と比較すると，**図-2**（b）のSSCは主に山岳部で生成されることがわかる．その一方で，**図-2**（b）の白色で示された「正の空間的自己相関あり」と判定されない領域については，SSCが生成された領域と異なる空間パターンで植生が分布している可能性がある．

本研究では，**図-1**（ii）の灰色で示す「正の空間的自己相関あり」と判定されなかった範囲を対象に再びG統計量を算出し，**図-1**（iii）のようにSSCを作成した（なお，カラー表示は発表時に紹介する）．対象領域におけるSSCの作成結果を**図-2**（c）に示す．本研究では，**図-2**（d）と**図-2**（e）のようにSSC算出の範囲をさらに段階的に絞り込むことで，対象領域内の地域ごとの植生の分布状態に沿ったSSCの作成を試みた．**図-2**（c）は郊外部などの植生被覆量の高い箇所が散在する地域，**図-2**（d）は市街地内の植生被覆量の高い箇所が希少な地域，**図-2**（e）は対象領域の都心部の地域においてSSCが作成されていることがわかる．

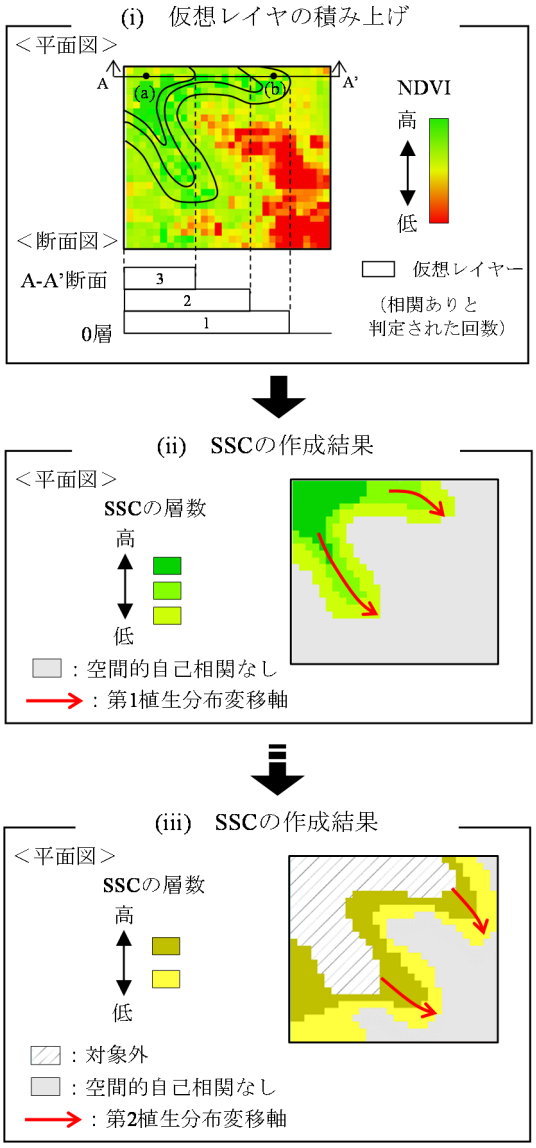
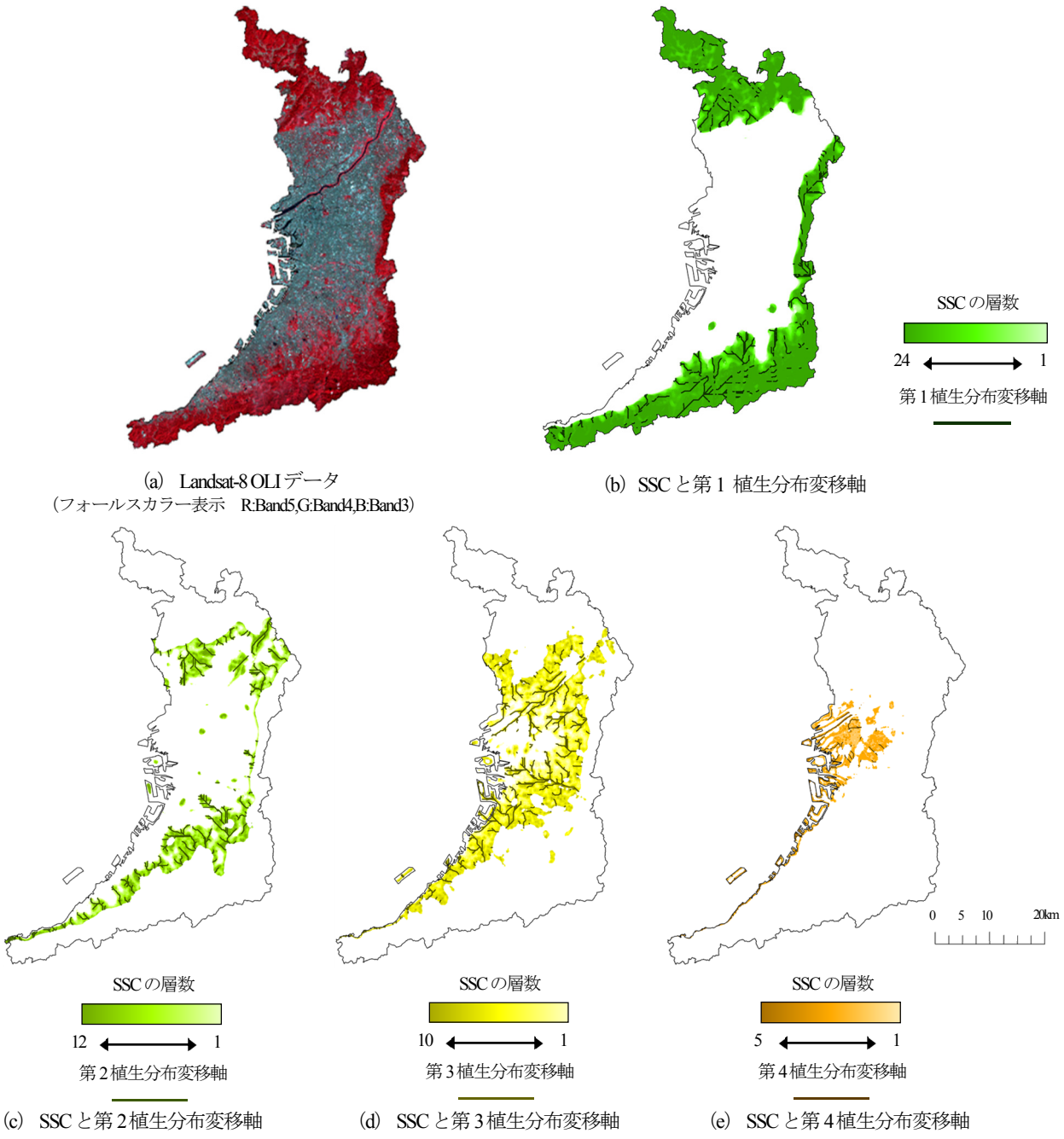


図-1 SSC作成の考え方

(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．そこでSSCに水文解析を応用することで，SSCの尾根線を抽出した．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．本研究では抽出した尾根線を植生分布変移軸として，段階に応じた数字を割り振ることとした．具体的には，**図-2**（b）のSSCからは第1植生分布変移軸，**図-2**（c）のSSCからは第2植生分布変移軸，**図-2**（d）のSSCからは第3植生分布変移軸，**図-2**（e）のSSCからは第4植生分布変移軸が得られることになる．**図-2**（b）～**図-2**（d）に選定した植生分布変移軸を示す．SSCの高低に沿って，それぞれの植生分布変移軸は抽出されていることが確認できる．



(a) Landsat-8 OLI データ
(フォールスカラー表示 R:Band5,G:Band4,B:Band3)

(b) SSC と第 1 植生分布変移軸

(c) SSC と第 2 植生分布変移軸

(d) SSC と第 3 植生分布変移軸

(e) SSC と第 4 植生分布変移軸

図-2 SSC と植生分布変移軸

4. 空間特性の分析

(1) 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-3** に示すように，植生分布変移軸から距離パラメータ d の領域を「調査範囲」，d から最大距離パラメータ d_{max} までの領域を「比較範囲」と設定した上で，調査範囲と比較範囲に含まれる NDVI の平均値の差を検定統計量として算出した．調査範囲ごとの検定統計量の算出結果を**図-4** に示す．**図-4** では検定統計量が正側に振れると調査範囲内に含まれる 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．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．一方，**図-2** の各 SSC と植生分布変移軸の抽出結果からもわかるように，第 1 植生分布変移軸から第 4 植生分布変移軸へと軸の抽出範囲は限定されていく傾向がみられる．つまり，得られた植生分布変移軸は山岳部や郊外部，都市部といったそれぞれでの植

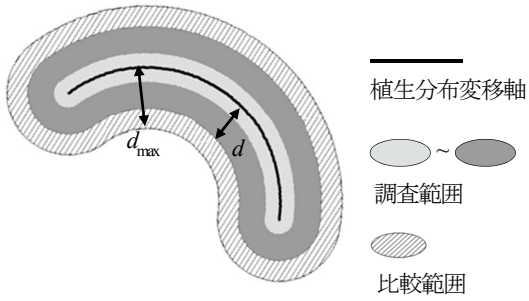


図-3　植生分布変移軸の検証方法の概念図

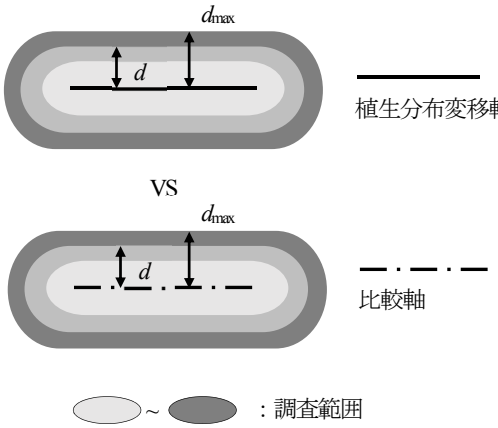


図-5　比較軸との検証方法の概念図

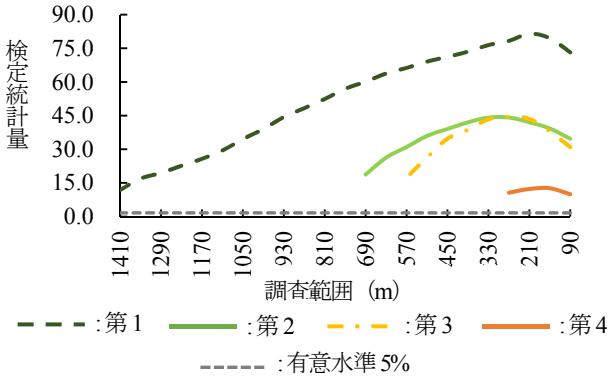


図-4　植生分布変移軸の検証結果

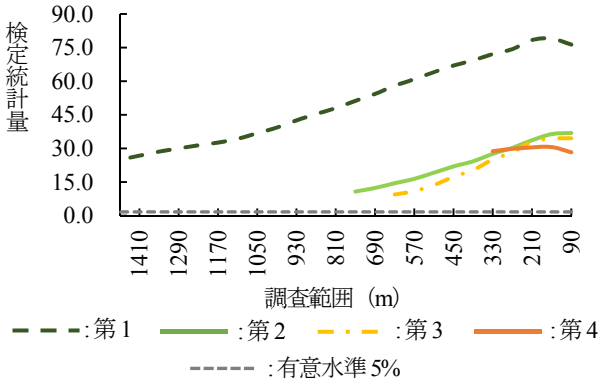


図-6　比較軸との検証結果

生の分布状態に応じて，相対的に植生被覆量の多い箇所を連なりとして抽出できている可能性がある．

(2)　植生分布変移軸の妥当性の検証

本研究では，各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」おいて骨格となるみどりと指定している河川と主要道路を目視判読により選定し [5]，「比較軸」と定義した．**図-5** のように，それぞれの軸から距離パラメータ d の範囲を「調査範囲」と設定し，最大の調査範囲（d_{max}）から調査範囲を距離パラメータ 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 の平均値の差を検定統計量として算出することで検証した．結果を**図-6** に示す．ここでは，検定統計量が正側に振れると植生分布変移軸における調査範囲内の 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．

5.　まとめ

本研究では，衛星データから算出した NDVI を基に，空間的自己相関分析を段階的に適用することで，地域ごとの植生の分布特性に応じた植生分布の空間的な連なりを抽出した．得れらた結果は，土地利用状況が異なる地域ごとの植生分布の空間的な連なりを抽出できていることが明らかとなった．今後は，空間的な連なりを構成する植生分布の規模について地域ごとに分析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，p.234，社団法人日本公園緑地協会，2007.
2)　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.
3)　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.
4)　国土交通省：新たなステージに向けた緑とオープンスペース政策の展開について，<http://www.mlit.go.jp/report/press/toshi10_hh_000225>，2016，(入手 2016.6.9).
5)　大阪府：みどりの大阪推進計画，< http://www.pref.osaka.lg.jp/midori/midori/keikaku>，2009，(入手2016.6.9).