

事前評価支援を目的とした植生圏に関する 空間的分析システムの構築

摂南大学 工学部 都市環境システム工学科
准教授 熊谷 樹一郎

平成22年11月

助成研究者紹介

くまがい き いちろう
熊谷 樹一郎

現職：摂南大学 理工学部 教授（博士（工学））

主な著書：

- 1)空間情報工学概論-実習ソフト，データ付き-，p.229，日本測量協会，2005年8月（共著）
- 2)ジオインフォマティクス入門，p.253，理工図書，2002年9月（共著）
- 3)空から見る国土の変遷，p.261，古今書院，2002年8月（共著）

主な論文（査読付き）：

- 1)熊谷樹一郎，何勇，伊勢木祥男：延焼遮断機能に着目した都市内植生分布の分析手法の開発，GIS-理論と応用，Vol. 17, No. 2, pp.45-56，2009年12月（2009年11月2日デジタルライブラリ掲載），地理情報システム学会
- 2) Kiichiro Kumagai: Verification of the analysis method for extracting spatial continuity of vegetation distribution on a regional scale, Proceedings of the 11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (Reviewed Paper), pp.166_1-166_9, 2009(CD-ROM)
- 3)枝村俊郎，熊谷樹一郎：縄文遺跡の立地性向，GIS-理論と応用，Vol. 17, No. 1, pp.63-72，2009年6月（2009年4月27日デジタルライブラリ掲載），地理情報システム学会
- 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年7月，(社)土木学会
- 5)川原広誉，熊谷樹一郎：建物高さ情報を導入した広域的な建物密集度の分析，環境情報科学論文集，No.21, pp.31-36, 2007年11月，(社)環境情報科学センター
- 6) Kiichiro Kumagai and Sosuke Maeda: Spatial and Seasonal Analysis of Vegetation Distribution in Urban Areas on a Regional Scale Regional Scale, Proceedings of the 10th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (Reviewed Paper), pp.157_1-157_9, 2007(CD-ROM).
- 7)熊谷樹一郎：市街地内の街区特性を対象とした建物密集度の空間解析，環境情報科学論文集，No.20, pp.123-128, 2006年11月，(社)環境情報科学センター

目次

1. 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的	1
2. 都府県レベルでの植生圏の空間分析システム	3
2.1 都府県レベルでの植生圏の空間分析	3
2.2 対象領域・使用データ	3
2.3 植生分布変移軸の考え方	4
2.4 観測時期の異なる複数のデータの適用	8
2.5 植生の季節変化に対する考え方	12
2.6 分析結果と検証	15
3. 市町村レベルでの植生圏の空間分析システム	23
3.1 市町村レベルでの植生圏の空間分析	23
3.2 対象領域・使用データ	24
3.3 ネットワーク空間への空間分析の適用	25
3.4 水路ネットワーク上での空間分析方法の提案	36
3.5 分析結果と検証	39
4. 局所レベルでの植生圏の空間分析システム	45
4.1 局所レベルでの植生圏の空間分析	45
4.2 対象領域・使用データ	46
4.3 延焼シミュレーション	46
4.4 避難経路の選定支援を目的とした延焼遮断機能の分析方法の提案	50
4.5 分析結果と検証	53
5. 結論	59
5.1 研究の成果	59
5.2 今後の課題	61

参考文献

1. 序論

1.1 研究の背景

持続的な開発を前提とした社会資本の整備が望まれるようになって久しい。この間、建設事業にあたっては環境影響評価などの事前評価が入念に行われ、生態系などにも配慮した施策が施されてきている。例えば、環境影響評価では一般にダム・道路の建設や宅地造成工事などの規模の大きな建設事業において、大気や水質、騒音や振動などといった項目ごとに調査・分析が実施され、さまざまな面からの結果を基に環境の保全が図られるよう配慮されている（環境省，2001）。

一方で、少子高齢化社会に向けた社会資本の整備においては、環境に与えるインパクトをより慎重に分析する必要性が益々高まってくる。したがって、多様な尺度で現況を調査し、分析する姿勢が問われることになるが、広域レベルの調査・分析では費用と労力の問題が生じるとともに、局所レベルでのものとの連携が図られておらず、現実には適した分析方法が存在していなかった。

環境を構成する要素として、植生の担う役割は大きい。植生は、生態系を維持する自然環境の一部を成す役割に加えて、環境保全、防災、景観などの面で重要な機能を有しており、建設事業を実施する上でさまざまな視点からの現況把握が必要となってくる。従来までの施策を見ると、植生の量的な確保に主眼がおかれる傾向にあったが、最近では質的・配置的な問題も注目されるようになってきている。特に配置的な問題として取り上げられる植生分布の空間的な連続性については、自然豊かな領域、都市化の進んだ領域、それらを結びつける領域での役割を明確にした上で、スケールごとに現況を把握していくことの重要性も指摘されている（狩谷・他，2001）。

1.2 研究の目的

そこで本研究では、環境影響評価や景観分析、防災対策などで対象となる植生圏を取り上げ、地理空間情報を採用したマルチスケールでの空間的分析システムの構築を試みる。具体的には、都府県レベル、市町村レベル、局所レベルに区分した上で、植生圏の役割を調査・整理し、空間的に分析する手法を開発する。具体的には次の4点にまとめられる。

①都府県レベルでは、植生分布の連続性を対象とした空間分析を取り上げる。植生には季節変化があることに着目し、これまでに開発してきた分析方法に対して、複数の観測時

期のデータを適用し、その影響を調査する。さらに、植生の季節変化に対する空間分析の視点を整理した上で、計画策定に対する支援情報の抽出方法を開発し、その適用性を検証する。

②市町村レベルについては、水と緑のネットワークに着目する。市町村のレベルでは植生圏が土地利用や都市施設と併せて議論されることが多い。そこで本研究では、河川や水路との空間的な関連性について取り上げ、空間分析する方法を開発する。

③局所レベルのアプローチでは、植生圏のより具体的な機能として延焼遮断機能を取り上げる。植生分布の有する延焼遮断機能が避難経路の形成に寄与する度合いを空間的な観点から分析する方法を開発する。具体的には、著者らが開発してきた延焼シミュレーションによる分析方法をさらに拡張し、植生分布と建物、周辺街路との空間的な関連性の面から分析する手法を検討・開発するものである。

2. 都府県レベルでの植生圏の空間分析システム

2.1 都府県レベルでの植生圏の空間分析

都府県レベルは広域的なレベルの位置づけとなるため、植生圏の役割が多様になる。その役割は一般に、都府県の広域緑地計画などに取りまとめられている。特に、植生分布の空間的な連続性については重要な役割として挙げられている。緑のネットワークとも呼ばれる空間的な連続性については、景観の保全や生態系に維持、ヒートアイランド現象の緩和などといったさまざまな効果が期待されている。これまでは、線状の道路や河川に着目した上で、それらの緑化などを通じて空間的な連続性の確保を目指してきた傾向にある。

一方、現存する植生そのものから連続する箇所を特定していくことも望まれている。実際に、広域緑地計画では緑のネットワークを道路から構成する「道系軸」と河川などによる「水系軸」、さらには植生分布そのものから得られる「植生軸」という3つの視点から構成することが多い。しかし、植生分布そのものについては、大規模な公園などを中心に、主観的に決めていくほかなく、客観的な分析手法の開発が望まれていた。

そこで我々は、広域データとして衛星データを採用するとともに、空間的自己相関分析法を応用した新たな植生分布の分析方法を提案してきた。この手法は、都市部と郊外部それぞれにおいて、植生分布の空間的に連続した箇所を「植生分布変移軸」として抽出するものであり、軸上には植生被覆率の集積することを明らかにしている（熊谷ら，2008）。

その一方で、植生そのものには季節による変化（フェノロジー）が存在する。採用した衛星データは、ある特定に日時に観測されたものであり、季節による変遷が常に反映されたものではない。さらに、植生軸の決定には、植生の季節による変化を考慮した例は少なく、その扱いについて一定の指針を示す必要がある。

本章では、これまでに開発してきた空間分析方法に対して、複数の時期に観測された衛星データを導入し、その結果を検証するとともに、季節変化を加味した植生軸の抽出方法を提案した。

2.2 対象領域・使用データ

対象領域は、図-2.2.1 に示した大阪府全域とした。大阪府は、北摂山系、金剛生駒山系、和泉葛城山系に囲まれており、淀川、大和川といった河川がその中央を流れている。広域的な視点から都市内の植生分布を議論する上で、周囲の山系や都市内を貫く河川敷との関

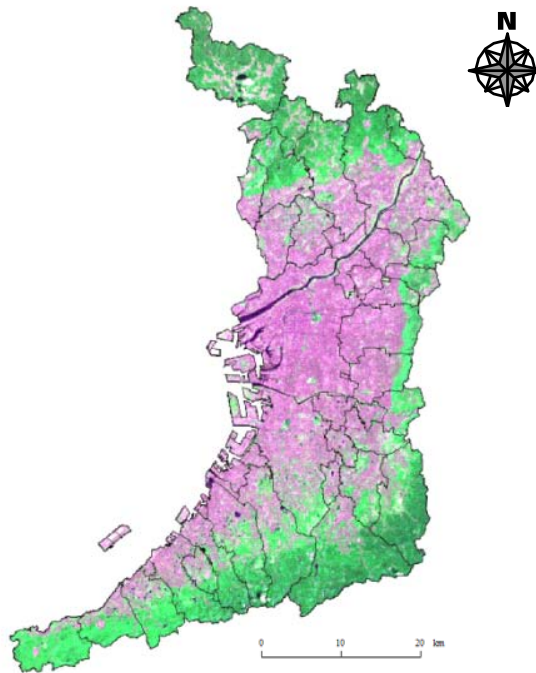


図-2.2.1 対象領域の Landsat ETM+データ（市町村界を重ねて表示）

連性に配慮することが望まれる領域ともいえる。

対象データは、広域的な植生情報を内包している Landsat ETM+（空間分解能：30m×30m）データを採用した。観測時期については、2001年4月22日、2000年8月25日、2001年10月15日、2000年12月15日の異なる4時期のデータを用いた。

また、検証用のデータとしては、大阪府環境農林水産部が平成15年に実施したみどりの現況調査の成果である「みどりの分布図」を用いた。みどりの分布図は航空写真の目視判読によって作成されており、樹林、草地、農地、裸地、水面といった項目ごとに構成されている（大阪府環境農林水産部、2004）。本研究では、樹林と草地、農地を取り上げ、検証に用いることとする。

2.3 植生分布変移軸の考え方

本研究では、4時期の観測時期の異なる衛星データを用いて、植生の季節による影響を把握・考慮した分析を行う。定常的に植生被覆量の多い箇所の集積する領域を植生分布変移軸として定義・抽出し、抽出した軸周辺の植生種の現況を分析した。以下に適用した分析方法の概要を述べる。

(1)衛星データの前処理

本研究では、分析に用いる 4 時期の衛星データに前処理として大気補正、幾何補正を行い、各観測時期の NDVI を算出している。空間分解能の決定には、テストエリアでの植生被覆率との相関を調査し、最も相関係数の高い値を得た空間分解能 60m×60m に内挿している。図-2.3.1 に 4 時期の NDVI を示す。

(2)空間的自己相関分析の適用

空間的自己相関分析とは、局所領域内での空間属性の分布パターンを分析するものである。具体的には、局所領域での空間的自己相関測度 $G_i(d)$ を次の式から求めることによって

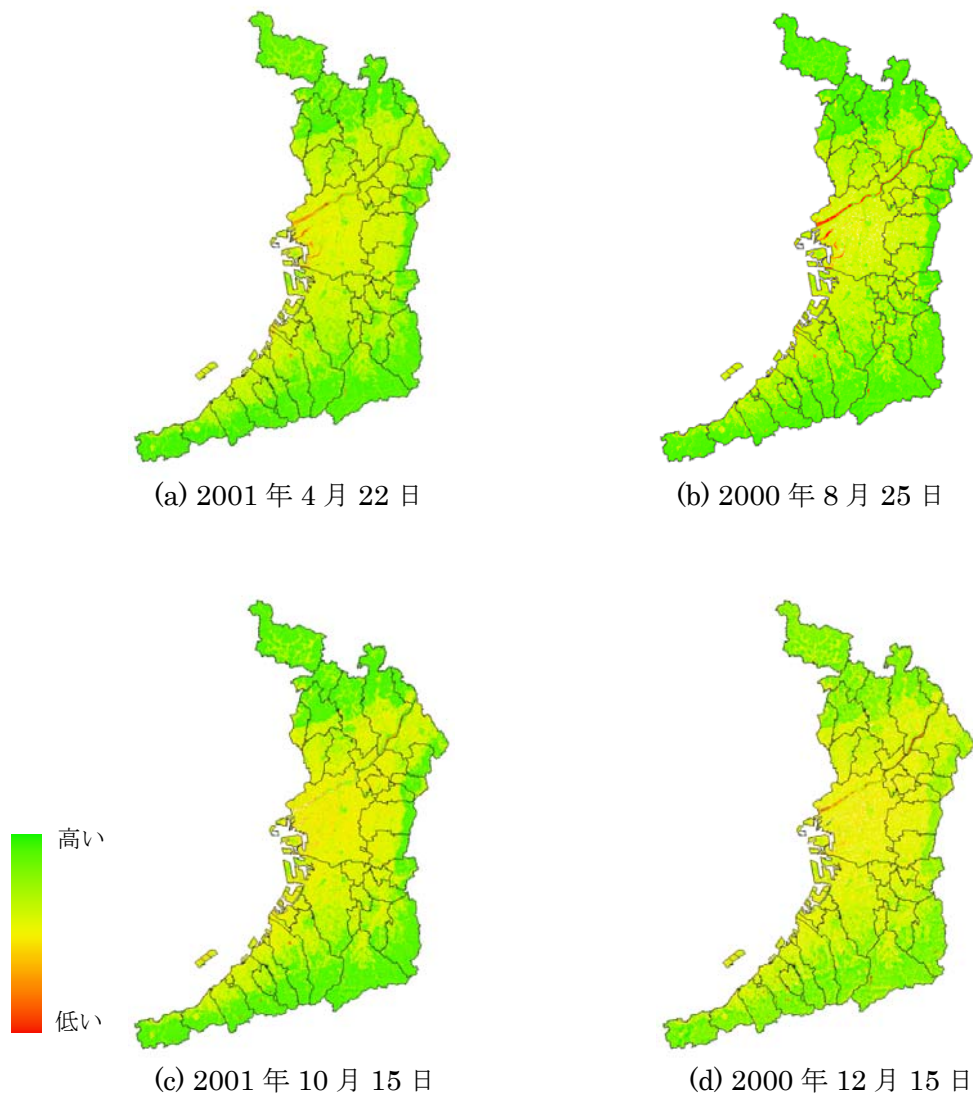


図-2.3.1 4 時期の NDVI

得られる (Getis, A., et al. (1992)).

$$G_i(d) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij}(d)x_j}{\sum_{j=1}^n x_j} \quad (i \neq j) \quad \text{式 (2.3.1)}$$

ただし, $w_{ij}(d)$ は, i 番の画素の中心位置から距離パラメータ d を半径とする範囲内に j 番の画素の中心位置が入っていれば 1, それ以外は 0 を表す. x_j は空間属性の値となるが, 正の値のみ適用可能である. 本研究では, 計算上では $-1 \leq \text{NDVI} \leq 1$ となることから, 対象領域内の全ての NDVI にオフセット (+1) を与えた上で x_j に割り当てている.

本研究ではさらに, この $G_i(d)$ から得られる式 (2.3.2) の検定統計量 $Z_i(d)$ によって空間的自己相関の有・無が判定できることに注目した.

$$Z_i(d) = \frac{G_i(d) - E[G_i(d)]}{\sqrt{\text{Var}G_i(d)}} \quad \text{式 (2.3.2)}$$

各距離パラメータから得られた検定統計量 $z_i(d)$ を基に有意水準を 10% に設定し, 「正の空間的自己相関あり」, 「空間的自己相関なし」, 「負の空間的自己相関あり」の 3 種類に判別した. つまり, NDVI の高い値が密に分布していれば「正の空間的自己相関あり」, NDVI の低い値が密に分布していれば「負の空間的自己相関あり」に判別される.

本研究では, 各観測時期の衛星データより算出した NDVI を基に距離パラメータ d を 90m から 1050m まで 60m ピッチで変化させながら, 空間的自己相関分析を適用した.

(3) 植生分布変移軸の抽出

植生分布変移軸の抽出には, 各観測時期で SSC (Spatial Scale of Clumping) を作成する. SSC の作成には, 空間的自己相関分析の結果を適用している.

a) 正・負の SSC の作成

正の SSC では「正の空間的自己相関あり」, 負の SSC では「負の空間的自己相関あり」として最大距離パラメータで判別された領域を最下層とし, 距離パラメータごとにこれらを重ね合わせる. 作成概念を図-2.3.2 に示す. 正の SSC の A のような層数の最も高い領域は近傍から遠方にかけて植生被覆量の多い箇所が集積し, 植生分布の連続性の高い領域と

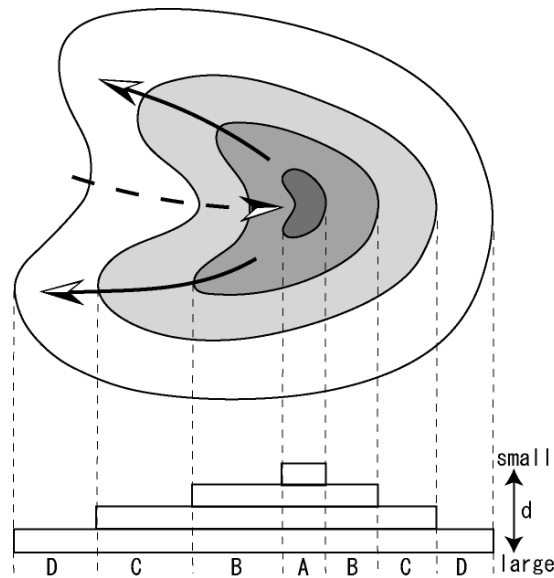


図-2.3.2 SSCの作成概念

解釈できる。層数の最も低い D のような領域は近傍では植生被覆量の多い箇所のばらつきがあるものの、遠方までみると植生被覆量の多い箇所が集積していると解釈できる。負の SSC の A の領域は、植生分布の乏しい箇所が広範囲から近傍にかけて集積し、D の領域は近傍では植生被覆量の多い箇所が混在しているものの、遠方では植生被覆量の少ない箇所が集積していると解釈できる。

b) 植生分布変移軸の抽出

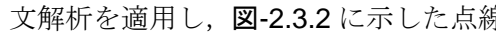
図-2.3.2 において、正の SSC での層数が多い箇所は近傍から遠方にわたって NDVI の高い値が集積している箇所であることから、核となる植生としての条件を備えた箇所と解釈できる。その一方で、核となる植生から都市化した領域へ連続する植生分布は重要な役割を成し、保全対象の候補ともいえる。従来の研究では植生分布の集積度を定量化するアプローチが多いものの、核となる植生域と都市化した領域を結ぶ箇所について言及したものは見られなかった。

このような箇所は、正の SSC であれば層数の多い領域から少ない領域をつなぐ箇所に該当し、かつ、植生被覆量の多い箇所がなるべく集まっていることが望まれる。そこで本方法では、SSC の層数の段階的な変化を利用し、植生分布変移軸を新たに定義している。

正の SSC の場合、これを地形データとして仮定した上で、水文解析に応用した。具体的には、図-2.3.2 の実線矢印のように、正の SSC を対象に水系線・集水域の計算を実施した上で尾根線を抽出した。尾根線は標高の高い領域から低い領域に向かうにつれて標高が低

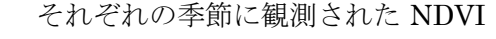
くなりにくい線であり、SSC においては近傍から遠方にかけての高 NDVI 箇所の集積状態が維持されやすいと仮定できる。

一方、負の SSC の層数が多い箇所は NDVI の低い値が近傍から遠方にわたって集積しており、建設事業に併せた緑化の推進などに重点をおく箇所と解釈することも可能である。植生分布の少ない箇所では単独で対策を講じるのではなく、郊外部との連続性を保ちつつ周囲の希少な植生分布との空間的な関連性を持たせながら緑化の誘導などを図っていくことが望まれる。

そこで本研究では、負の SSC の層数が少ない箇所から層数の多い箇所へ向かう線として植生分布変移軸を定義した。具体的には、負の SSC を地形データとして仮定した上で、水文解析を適用し、-2.3.2 に示した点線矢印の水系線（谷線）を抽出した。これは、希少な植生分布の集中する箇所については負の SSC の層数が少なくなるとの仮定に基づいており、負の SSC で層数の多い地域に郊外部から近づくなかで層数の最も増えにくい線が谷線として抽出されているとの考え方に基づいたものである。

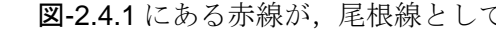
2.4 観測時期の異なる複数のデータの適用

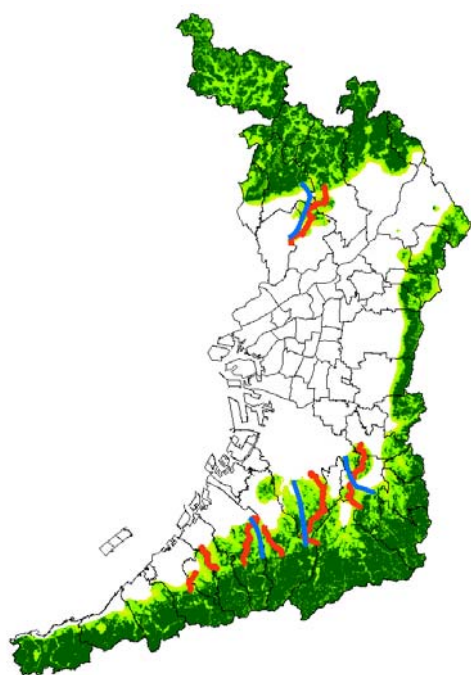
(1)正の SSC

それぞれの季節に観測された NDVI の適用結果を-2.4.1 に示す。ここでは、SSC の層数を黄緑色から緑色で表している。

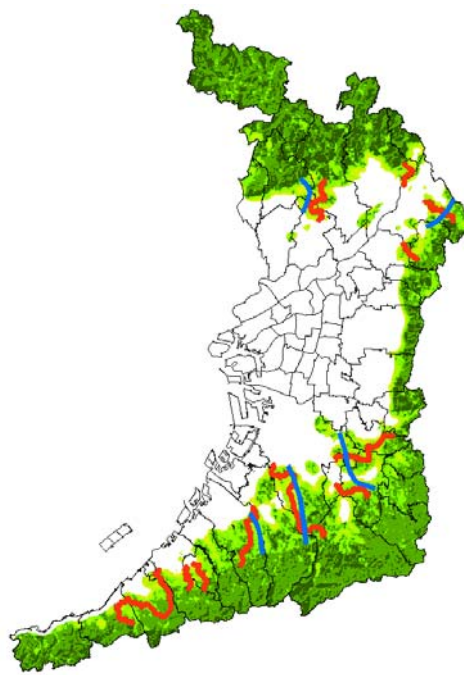
4 つの適用結果に共通に見られる傾向として、対象領域の北部、東部および南部の各山系の位置で SSC の層数が高くなっていることがわかる。また、領域中央の平野部に向けて徐々に SSC の層数が減少する傾向も確認できる。特に領域南部に位置する堺市南部や和泉市南部、岸和田市南部では SSC の層数がなだらかに減少する傾向が見られる。

4 つの SSC を比較すると、SSC そのものの層数が発生している領域に違いが見られる。具体的には、秋期（2001年10月15日）や冬期（2000年12月15日）に観測された SSC よりも、夏期（2000年8月25日）に観測された SSC の方が層数の生じているエリアが広がっている。正の SSC は現存する植生が比較的広く分布するところから生成される。したがって、秋期や冬期には植生分布の広がりや離散的と判定されたことが推定される。植生の季節変化が空間的分布状態にも現れた結果と予想される。

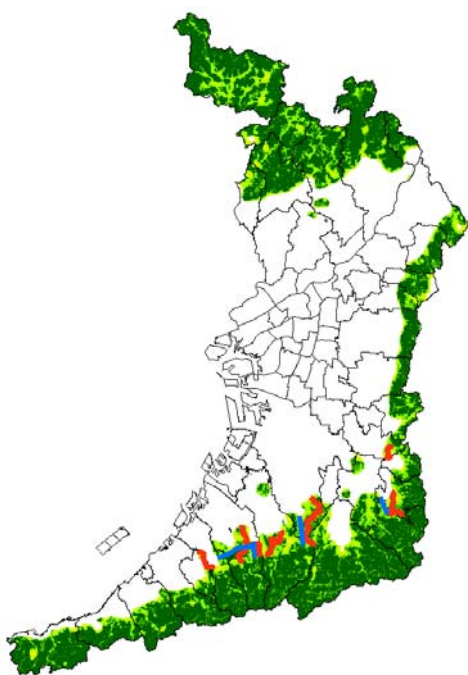
-2.4.1 にある赤線が、尾根線として抽出された植生分布変移軸である。4 つのデータを通じて、SSC の層数が多い箇所から少ない箇所に表れていることがわかる。本対象領域の



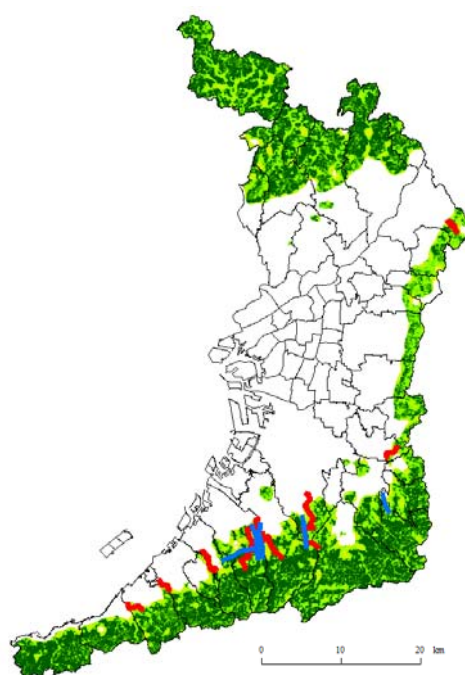
(a) 2001年4月22日



(b) 2000年8月25日



(c) 2001年10月15日



(d) 2000年12月15日

— 植生分布変移軸 — 比較軸

図-2.4.1 各時期での正のSSC

大阪府の場合、周囲を囲む北摂山系・金剛生駒山系・和泉葛城山系から都市化の進んだ平野部へと植生分布変移軸が抽出されている。

一方で、それぞれでの植生分布変移軸を比較すると、ほとんど同じような箇所から抽出されているものも散見されるが、多くは季節によって大きく異なっている。春期（2001年4月22日）や夏期（2000年8月25日）に観測されたデータでの結果については、北部や北東部から植生分布変移軸が抽出されている。南部では、長短の違いや、抽出箇所に微妙な違いがあるものの、春期や夏期、秋期、冬期にて常に植生分布変移軸が抽出される傾向にある。これは、対象領域の南部においてやや開発圧力が弱いことにも起因しているが、いずれにしても、植生分布変移軸の抽出には、植生そのものの季節変化が影響していることが示唆されている。

(2)負の SSC

負の SSC の結果を図-2.4.2 に示す。SSC の層数が少ない箇所から多い箇所までを黄色から赤色のグラデーションで表している。

負の SSC は、NDVI の値の低い箇所が集積している状況を表している。これは、都市化に伴い、植生分布の少なくなった箇所が集まっている状況を表すことになる。図-2.4.2 では、負の SSC そのものが大阪市を中心とした平野部に広がっていることがわかる。周辺の山系と対照に、都市域の空間的な特徴が表れた結果と解釈できる。また、層数の低い箇所は、どの季節においても周辺の山系との境界部分に分布しており、郊外部の植生分布が都市域の集積箇所になんらかの影響を与えている可能性が示唆される。

一方、観測季節間で比較すると、秋期（2001年10月15日）および冬期（2000年12月15日）のケースで、負の SSC が広く分布していることがわかる。加えて、SSC の層数も高い状態が維持されている。これは、NDVI の値が全体として低くなり、空間的な分布状態にもばらつきが少なくなっていることに起因している可能性がある。対して、春期（2001年4月22日）と夏期（2000年8月25日）については負の SSC の範囲そのものが狭く、かつ、周辺山系との境界部分で層数の低い箇所が散見される。郊外部の植生分布の影響がより鮮明に表れていると推察される。

植生分布変移軸は、郊外部から都市部へ向けて抽出される傾向にある。興味深い点は、長短や位置は異なるものの、どの季節のデータであっても淀川に沿った植生分布変移軸が抽出されている点である。しかし、正の SSC のケースと同様に、多くの植生分布変移軸に

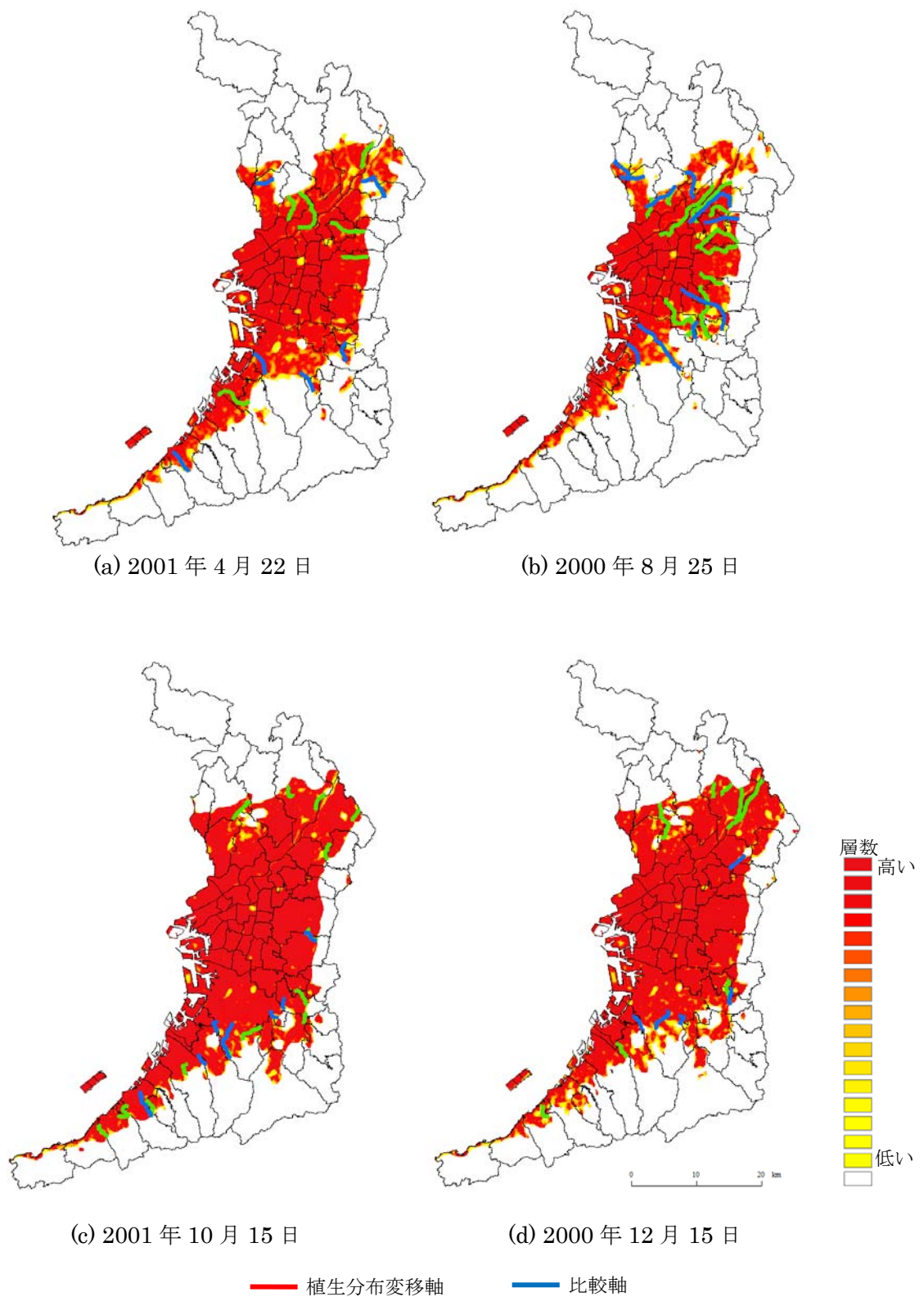


図-2.4.2 各時期での負の SSC

については、データの観測された季節によってその位置や長さは異なっている。夏期（2000年8月25日）ケースでは、大阪市の中心部近くまで植生分布変移軸が延びている。その一方で、秋期（2001年10月15日）のケースでは非常に短い植生分布変移軸が散在する傾向にある。

2.5 植生の季節変化に対する考え方

(1) 基本的な考え方

前節では、各観測季節の NDVI に、これまで開発してきた植生分布の空間分析方法を適用した。その結果、正・負のいずれの SSC においても、観測季節によって結果の異なることが示された。また、植生分布の連続箇所として抽出した植生分布変移軸についても同様であった。

生態系の保全を考えていくのであれば、季節変化はその一環に過ぎず、ひいては図-2.4.1 および図-2.4.2 の異なる結果を有効に活用していくことが望まれる。例えば、夏期のみに表示される植生分布変移軸は、植生の活性度の低くなる秋期、冬期、春期にあっても保全すべき対象となる可能性がある。冬期のみ抽出される植生分布変移軸は、植生の希少な時期において大切な役割を担っている可能性もある。

一方で、季節変化に影響を受けずに、植生分布の連続性を構成する箇所があれば、どのような役割を成すであろうか。例えば、広域緑地計画などの策定を想定すると、植生分布変移軸上の箇所をネットワークの候補として扱うケースが考えられる。しかし、季節ごとの SSC を計算し、複数の植生分布変移軸を抽出した場合、観測季節ごとの全ての植生分布変移軸を対象とすれば軸そのものが交錯し、複雑・難解な表現とならざるを得ない。策定された計画は通常、対象者の行動指針となるものであるが、このままでは混乱を招く恐れがある。さらに、抽出された植生分布変移軸は、使用されたデータの観測季節を属性として有するため、どの季節の植生分布変移軸を計画上の表現として優先するか、といった問題がでてくる。本来は、季節の優劣はないはずであり、むしろ季節ごとの計画と四季を通じた計画との両面から策定支援を実施することが望まれる。

そこで、本研究では、四季を通じた計画の策定支援を前提とした方法について開発・検討することとした。つまり、季節変化に関わらず、植生分布の連続性を維持する箇所を抽出するアプローチである。季節ごとの詳細な分析は、従来までの SSC の分析を観測季節のデータに個別に適用することとし、より詳細な市町村などでの計画に反映させる。その一

方で、都府県単位の広域的計画では、さまざまな季節変化があっても、少なくとも植生分布の連続性を維持している箇所を抽出するといったアプローチをとることとした。言い換えれば、季節変化に対してより絞り込んだ上での植生分布変移軸の抽出を試みる、ということになる。

(2)ISSCs の提案

ここでは、新たに ISSCs (Integration of seasonal SSCs)を提案する。以下に、正の SSC を利用した場合と、負の SSC を利用した場合に分け、詳細を説明する。

a)正の SSC の場合

ISSCs の生成には、各観測時期で作成した SSC の結果を用いる。作成概念を図-2.5.1 に示す。具体的には、各観測時期で作成された SSC の中で距離パラメータが最大の時の層を基準面と設定し、同じ位置での 4 時期の SSC の層数を比較する。正の ISSCs では、層数の比較の際に、図-2.5.1 の例であれば 2000 年 12 月 15 日観測の処理結果のように最小の層数の層を選択する。これにより、どの季節においても、少なくとも植生被覆量の多い箇所が集積する層数を抽出したことになる。結果として、植生の季節変化に依存せず、植生被覆量の多い箇所が集積する範囲が選定される。

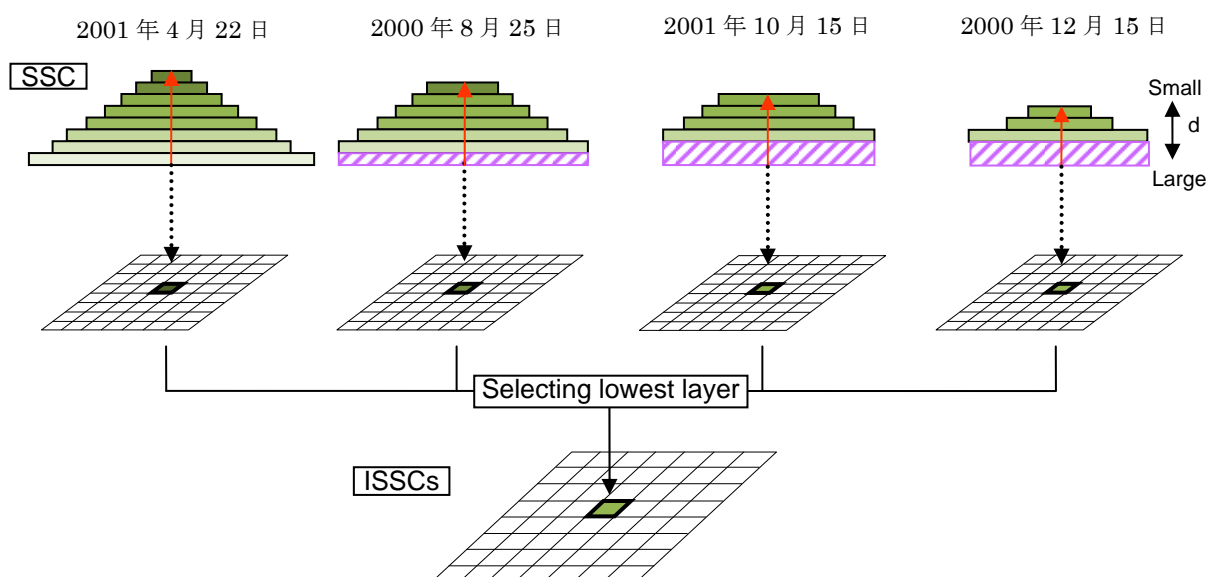


図-2.5.1 ISSCs の作成概念 (正の SSC の場合)

植生分布変移軸の抽出には、SSC の場合と同様に ISSCs を標高データと仮定した上で、水文解析を応用した。山岳部から郊外部に向けて現存する植生分布の連続性の高い領域を抽出することを目的とし、層数の高い層から低くなりにくい尾根線を植生分布変移軸として抽出している。

b)負の SSC の場合

負のケースでの ISSCs の作成概念は図-2.5.2 のとおりである。都市域での分析が中心となるが、ここでは4つの観測季節の SSC を比較し、最上層の層数を抽出することで ISSCs を作成する。これは、周囲に植生被覆量の少ない箇所が最も集積する状態を抽出していることになる。つまり、植生分布の連続性が保たれない時期の層数が選ばれており、4つの観測季節のなかで、植生分布の連続性を維持する箇所がより絞り込まれた状況での結果といえる。

ここでは、正のケースと同様に、水文解析によって谷線を抽出し、植生分布変移軸として定義した。

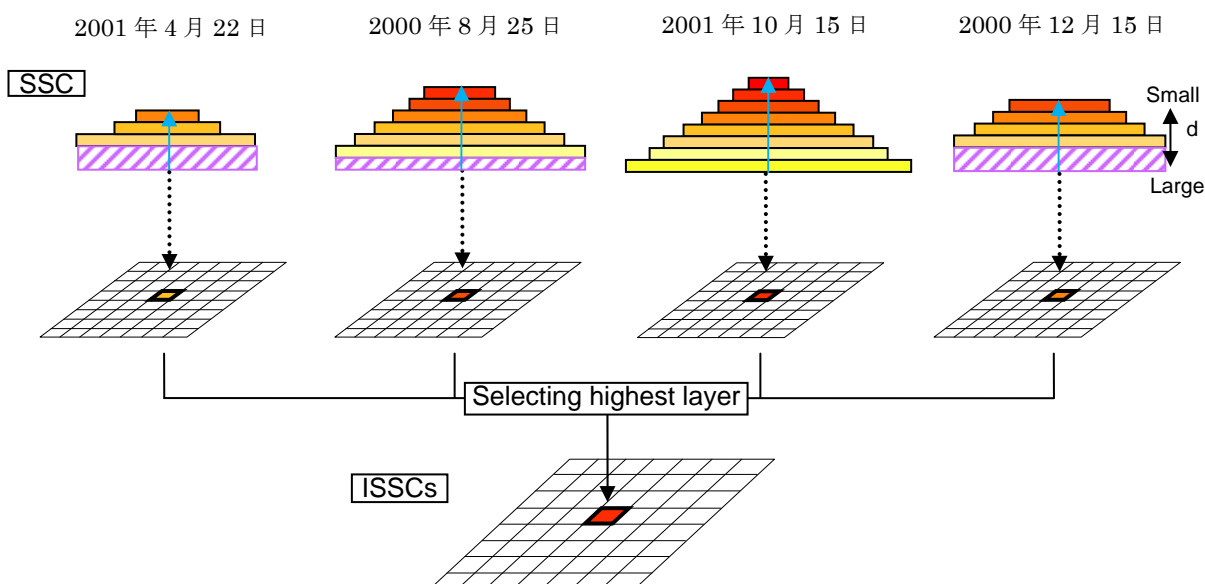


図-2.5.2 ISSCs の作成概念 (負の SSC の場合)

2.6 分析結果と検証

(1)検証方法

抽出された植生分布変移軸周辺での植生分布を調査する．具体的には，**図-2.6.1**のように抽出された線上に，調査地点を 2010m おきに設定した上で，調査範囲の半径を距離パラメータと同様に 1050m～90m で変化させ，それぞれの調査範囲内に含まれる植生被覆率の統計量を計算した．

植生被覆率については，大阪府の作成した「みどりの分布図」を基に，樹林，草地，農地を取り上げ，全ての対象とした場合と，個々の場合とで，60m 四方での緑被率を計算した．植生ごとの被覆率を用いることによって，季節変化の影響を加味することが期待できるとともに，ISSCs を通じたアプローチの評価が可能となる．

正の SSC においては，調査範囲内において植生被覆率の高い値がどの程度分布しているか，を検証することを目的として，得られた被覆率の上位 10%の値を抽出した．負の SSC においては，都心での希少な植生分布が調査範囲内に存在するか否かを検証することを目的として，調査範囲内の植生被覆率の最大値を抽出した．

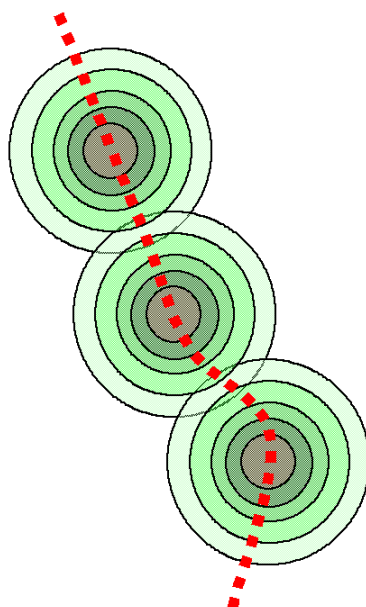


図-2.6.1 検証方法の考え方

(2)比較軸の設定

抽出さ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。ここでは、「大阪府広域緑地計画」で挙げられている道系軸・水系軸・植生軸に注目し、植生分布変移軸と同条件の位置とするために、正・負の SSC および ISSCs において最も層数の多い領域から最も層数の少ない領域の間に位置づけられているものを目視判読によって選定し、比較対象とした。図-2.4.1 および図-2.4.2 に青線で示されたものが比較軸である。

調査範囲が小さくなるにつれて、植生分布変移軸沿いの植生被覆率の統計量が比較軸沿いのものと比べて大きくなれば、提案した手法の妥当性が示唆されたことになる。

(3)正の SSC

a)4 つの観測時期での結果

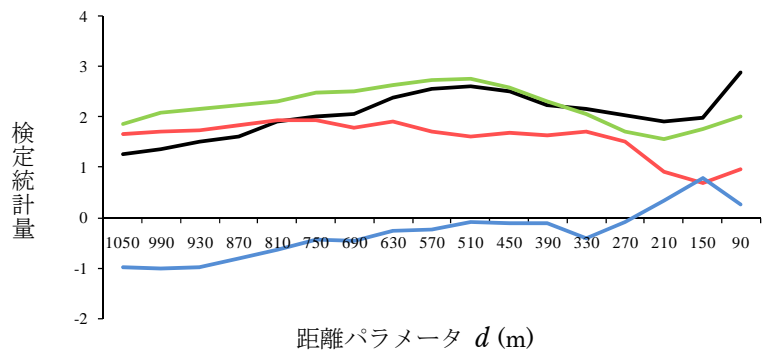
図-2.6.2 に各時期の SSC における比較の結果を示す。ここでは、調査範囲内で計算された植生被覆率の上位 10%の値の平均値の差分を検定統計量として表している。検定統計量の値が正を示せば、比較軸よりも植生分布変移軸の方が周辺に高い植生被覆率の値が集積していることになる。

図-2.6.2 では、みどりの分布図で示された樹林、草地、農地ごとの結果に加えて、全ての植生をひとまとめにした結果（「樹林+草地+農地」と表記）を観測時期ごとに整理している。

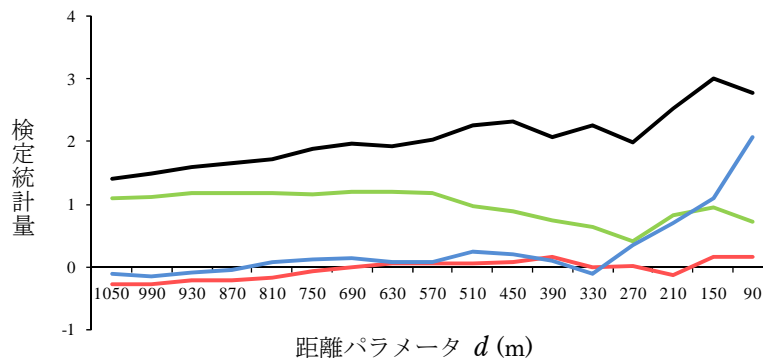
結果では、4 つの観測季節を通じて、「樹林+草地+農地」において検定統計量がほぼ正の値を示しており、植生分布変移軸に近づくにつれて被覆率の高い箇所が集積する傾向がわかる。観測季節ごとの結果を見ると、春期（2001 年 4 月 22 日）では、草地の被覆率の高い箇所が植生分布変移軸周辺に集まっていることがわかる。また、夏期（2000 年 8 月 25 日）では、植生分布変移軸の近傍になるにつれて農地の高被覆率の箇所が集まる傾向が示されている。秋期（2001 年 10 月 15 日）においては、春期と同様に草地の高被覆率の箇所が植生分布変移軸に沿って集積していることがうかがえる。一方、樹林地については、春期、夏期、秋期を通じて、被覆率の高い箇所が植生分布変移軸上に集まる傾向が示されている。冬期（2000 年 12 月 15 日）についても、樹林の分布は同様の傾向を示している。

b)ISSCs での結果

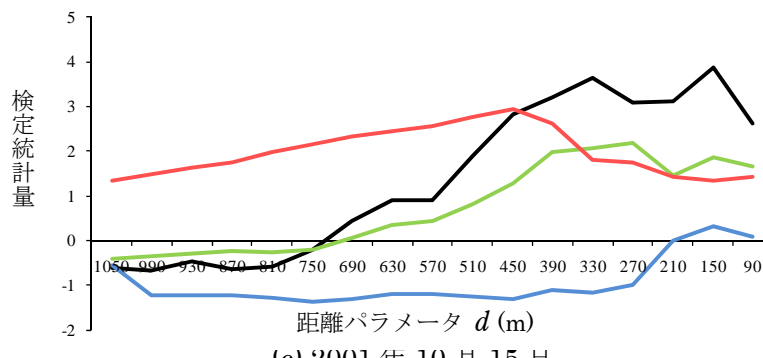
図-2.6.3 に、正の ISSCs の結果を示す。ISSCs は、4 つの観測季節を通じて植生分布の連続箇所を絞り込んだ結果とも言い換えることができる。図-2.6.3 では、層数の抽出され



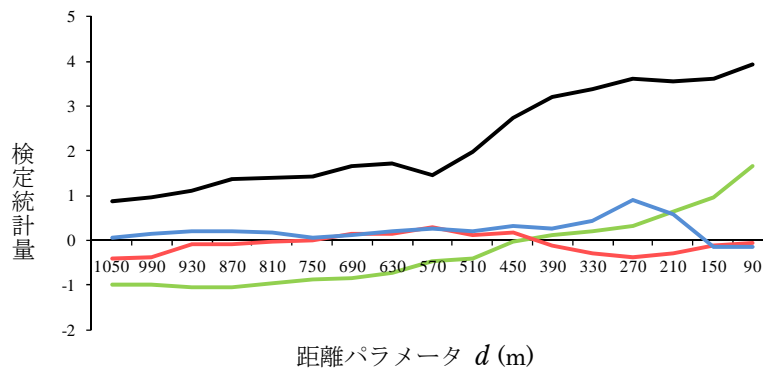
(a) 2001年4月22日



(b) 2000年8月25日



(c) 2001年10月15日



(d) 2000年12月15日

— 樹林+草地+農地 — 樹林 — 草地 — 農地

図-2.6.2 各時期の正のSSCにおける植生分布変移軸周辺と比較軸周辺との植生被覆率の差

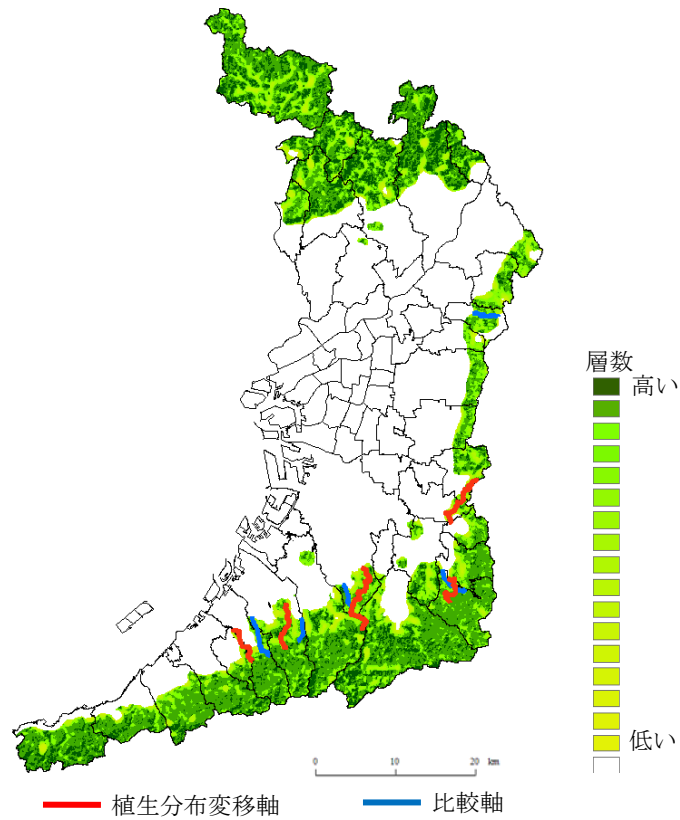


図-2.6.3 ISSCsの結果(正のケース)

ている領域が、図-2.4.1と比較して少なくなっていることがわかる。

植生分布変移軸についても同様の傾向にあり、本数や長さなどが限定されているとともに、抽出される箇所も対象領域の南部～南東部に限定されている。

図-2.6.4には、ISSCs上での植生分布変移軸と比較軸周辺の植生被覆率の違いを整理した。「樹林地+草地+農地」では、軸近傍に向かうにつれて、植生分布変移軸の方が被覆率の高

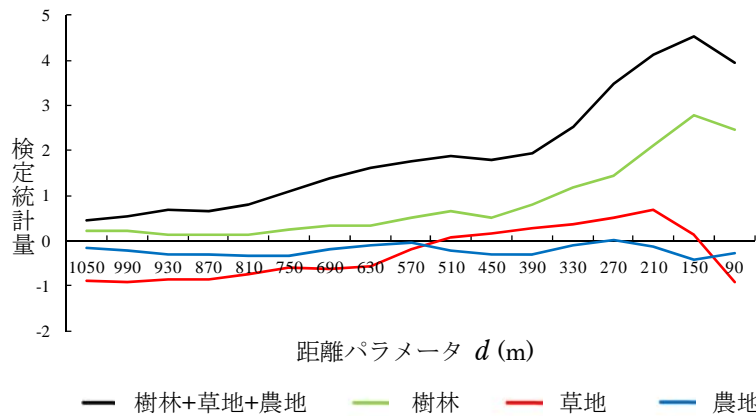


図-2.6.4 正のISSCsにおける植生分布変移軸周辺と比較軸周辺との植生被覆率の差

い箇所が集積する傾向が示されている。さらに、植生ごとの傾向をみると、4つの季節で刈り取りなど、植生の被覆状態に変化の多い農地や、フェノロジーが植生被覆状態に影響を受けやすい草地ではそれほど差がなく、樹林の被覆率で植生分布変移軸の近傍に高い箇所が集まる傾向が明らかである。

図-2.6.5には、正のISSCsから得られた植生分布変移軸の一部を拡大し、背景にLandsat ETM+データのトゥルーカラー画像、みどりの分布図より作成した樹林の植生被覆率を表示させた。なお、赤線が植生分布変移軸、その周辺の薄い赤色の範囲は、距離パラメータ d の最大範囲を示す。

植生分布変移軸上には、樹林の植生被覆率の高い箇所が連続しており、山岳部と郊外部をつなぐ位置づけとなっていることがわかる。

(4)負のSSC

a)4つの観測時期での結果

図-2.6.6に、各時期の負のSSCにおける植生分布変移軸周辺と比較軸周辺での植生被覆率の比較結果を示す。ここでは、調査範囲内の植生被覆率の最大値を抽出し、その平均を比較している。

4つの観測季節を通じて共通する点は、草地の被覆率の高い箇所が植生分布変移軸に沿って抽出できている点である。また、夏期(2000年8月25日)においては、農地の高被覆率が植生分布軸周辺に集まっている傾向がみられる。負のSSCは主に都市域での結果とな

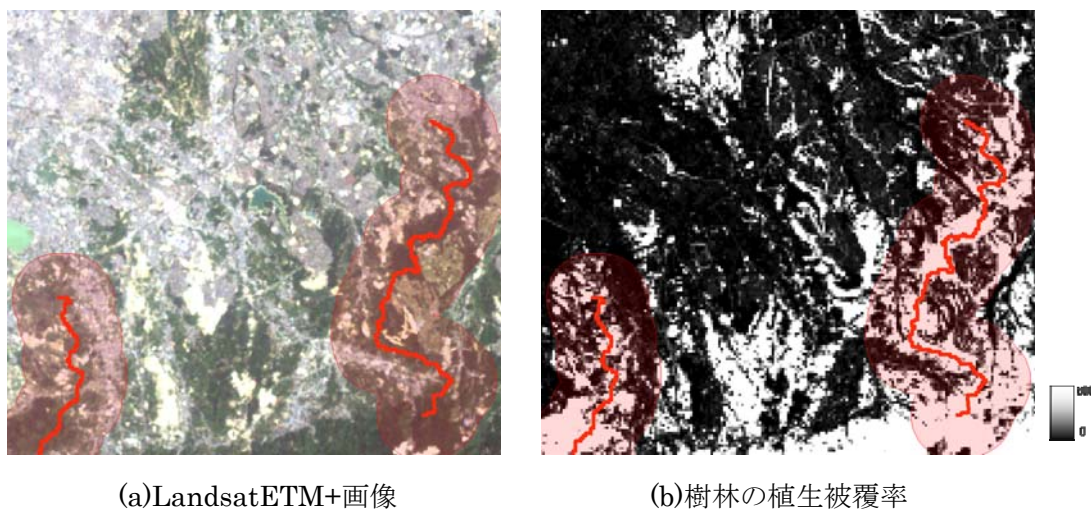
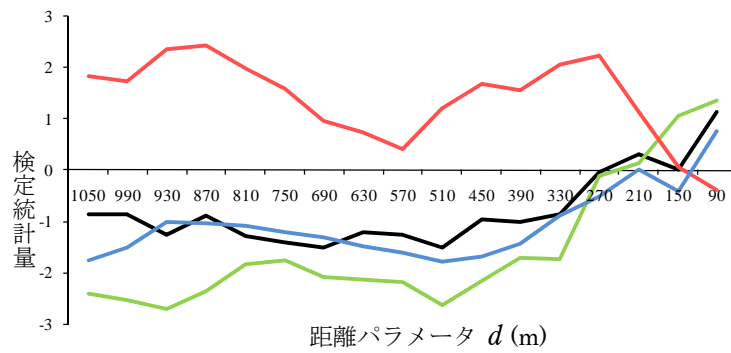
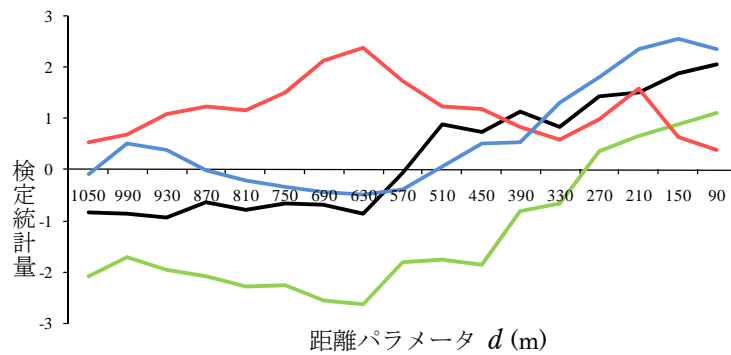


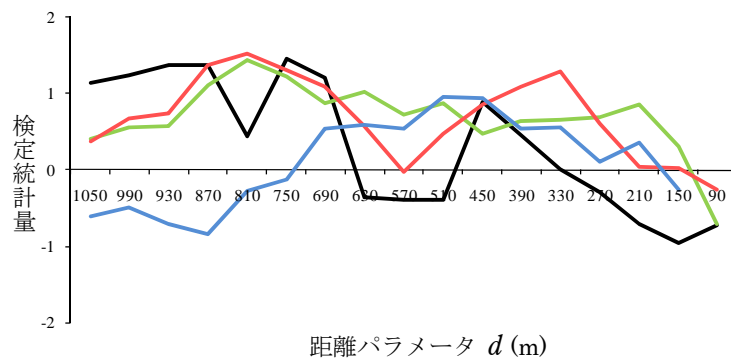
図-2.6.5 正のISSCsにおける植生分布変移軸の例



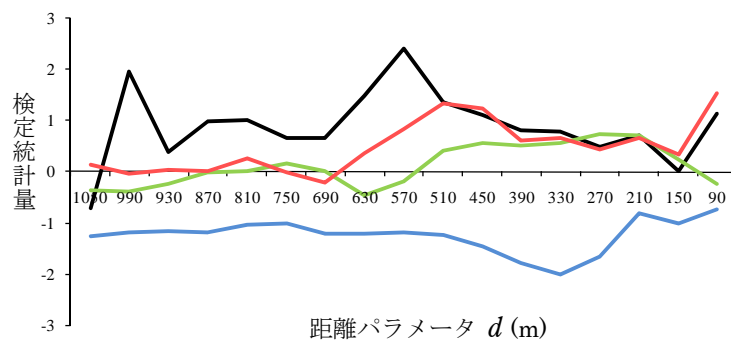
(a) 2001年4月22日



(b) 2000年8月25日



(c) 2001年10月15日



(d) 2000年12月15日

— 樹林+草地+農地 — 樹林 — 草地 — 農地

図-2.6.6 各時期の負のSSCにおける植生分布変移軸周辺と比較軸周辺との植生被覆率の差

ることもあり、樹林の被覆率についてはあまり集積の傾向が見られないことも特徴的である。

b)ISSCs での結果

図-2.6.7 に負の ISSCs の結果を示す。正の ISSCs とは逆に、層数の最も高い箇所を抽出している関係で、ISSCs の層数が表れた箇所が広く分布していることがわかる。また、緑色で示された植生分布変移軸についても、図-2.4.2 の各時期の SSC のものと同じような箇所から抽出されているケースもあるものの、ほとんどが異なる長さ・位置となっていることが確認できる。

図-2.6.8 には、正の ISSCs 上での植生分布変移軸周辺と比較軸周辺との植生被覆率の比較結果を示した。軸近傍に向かうにつれて特徴的な傾向は見られないものの、草地においては被覆率の高い箇所が植生分布変移軸の周辺に集積する傾向を確認できる。

負の ISSCs における植生分布変移軸の拡大表示した例を図-2.6.9 に示す。図中では、対象領域内の中心を流れる淀川沿いの河川敷にある草地が抽出されていることがわかる。負の ISSCs では、4 つの観測時期を通じて植生分布の空間的連続性が最低限で確保される範

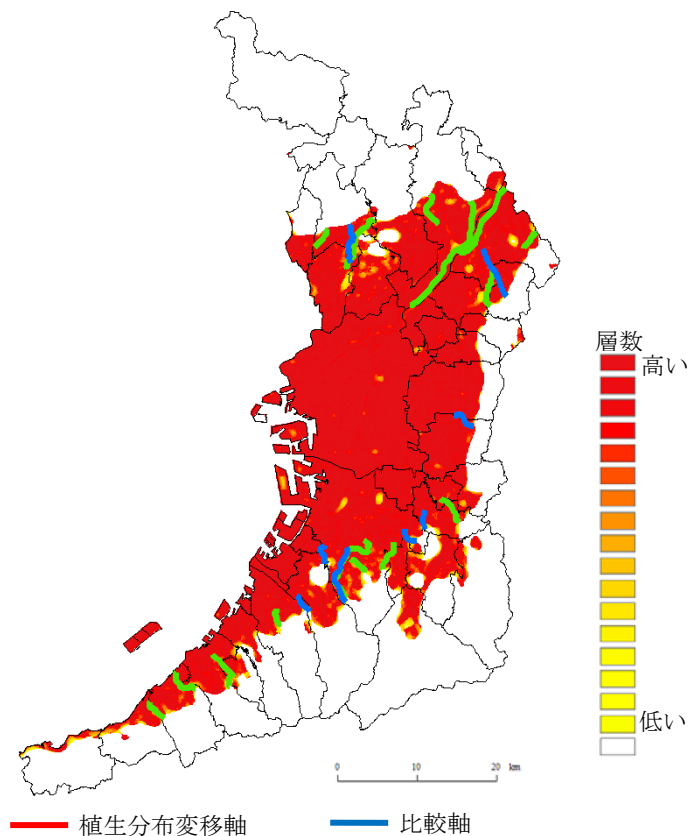


図-2.6.7 ISSCs の結果(負のケース)

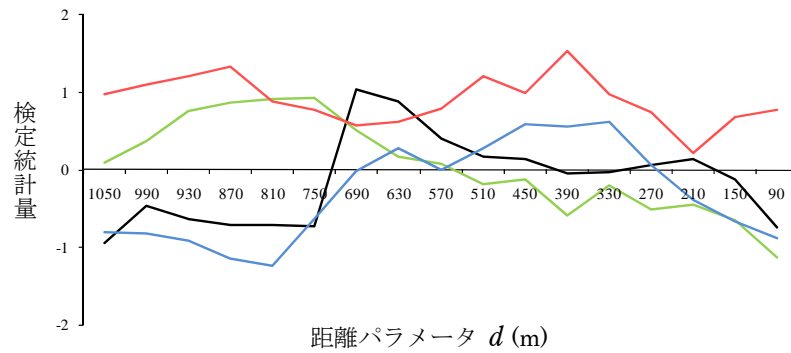
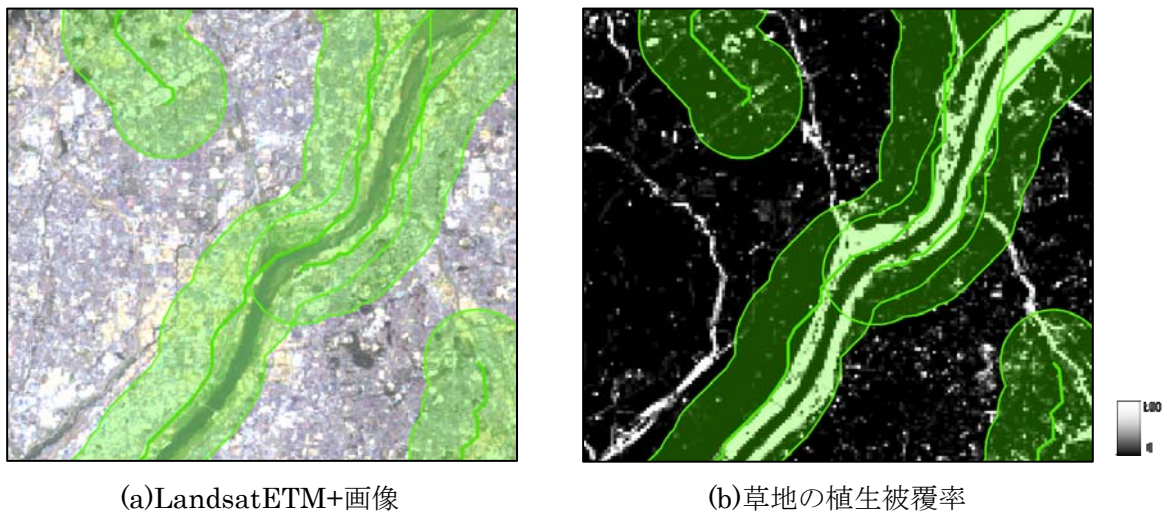


図-2.6.8 負の ISSCs における植生分布変移軸周辺と比較軸周辺との植生被覆率の差



(a)LandsatETM+画像

(b)草地の植生被覆率

図-2.6.9 負の ISSCs における植生分布変移軸の例

囲を示しており、植生分布変移軸はそのなかから抽出されたものである。対象領域内では、都市域であっても河川に沿った草地の分布が、4つの観測季節を通じて空間的な連続性に大きく寄与している可能性が示唆された。

3. 市町村レベルでの植生圏の空間分析システム

3.1 市町村レベルでの植生圏の空間分析

2章では、都府県レベルといった広域的な視点から植生圏の空間分析について議論した。そこでは、植生分布そのものの空間的な連続性を取り上げ、巨視的、かつ、4つの観測季節を通じた共通的な視点より分析する方法を提案した。

一方で、市町村レベルになると、具体的な計画の立案にはより詳細な分析項目が必要となる。例えば、土地利用の面からのアプローチに見られるように、公園・緑地と農地などに区分した上で詳細な計画を立案しているケースもある。植生の分布を土地利用の区分ごとに分け、その役割を明確にしようとするものである。また、市町村レベルでは、植生分布の単体で扱うケースよりは、他の地物などと併せた上で議論することも多くなってくる。特に目にすることが多いのは、河川・水路などと植生分布との関連性をうたったものであり、一般に「水と緑のネットワーク」といった表現が用いられる。これは、1997年に改正された河川法の下で活発になった親水性の確保や生態系の維持の流れをくんだものと解釈することもできる。

ただし、植生分布そのものと河川・水路などとの空間的な関連性を客観的に分析した例はほとんど見られない。河川・水路は上流から下流までつながるネットワークであり、その空間における植生分布の位置づけを把握することは「水と緑のネットワーク」を検討していく上で重要になるはずである。さらに、植生分布そのものの空間的な連続性を加味した上で、河川・水路ネットワークとの関連性を分析するアプローチは、それぞれの空間特性が複雑に交差する可能性があり、分析する手立てがないのが現状である。

植生分布の連続性が高い箇所であっても、近傍の河川・水路網での連続性が高くなければ、水と緑で形成するネットワーク上において望ましい状態とはいえない。また、河川・水路網での植生分布が維持されたとしても、植生分布そのものの空間的連続性が少なければ、周辺と遮断された位置づけとなっている可能性がある。

そこで、本研究では、水路網と植生分布を取り上げ、それぞれの空間的特性を分析する方法を開発することとした。具体的には、2章で取り上げたSSCを採用するとともに、水路網をネットワークとしてとらえ、ネットワーク空間分析方法の応用することで、植生分布と水路網との空間的連続性についての関係を分析することとした。

3.2 対象領域・使用データ

(1)対象領域

対象領域は大阪府寝屋川市とした。寝屋川市は大阪府のやや北東部に位置づけられており、北摂地域と呼ばれる淀川の左岸部にある。約 5km 四方に広がっており、人口を約 24 万人要する市域である。

寝屋川市は、高度経済成長期に急激な宅地開発が進められた地域としての特徴も有しており、市の北部から中部・西部にかけては、水田・蓮畑だった場所に無秩序に宅地開発が行われ、密集市街地が形成された。一方で、市の西部は生駒山系に端を発する丘陵地帯となっており、多くの計画的な開発が実施された経緯を有している。

(2)使用データ

a)水路網データ

図-3.2.1 に対象領域と水路網データを示す。水路網データは、国土地理院より公開されている基盤地図情報に着目し、基盤地図情報内の水涯線のデータを採用した。ただし、水涯線は水際線のことであり、必ずしも水路が一つのラインとして表現されていない。そこで、基盤地図情報や寝屋川市都市計画図を参考に、水涯線の中心線を水路ネットワークデータ

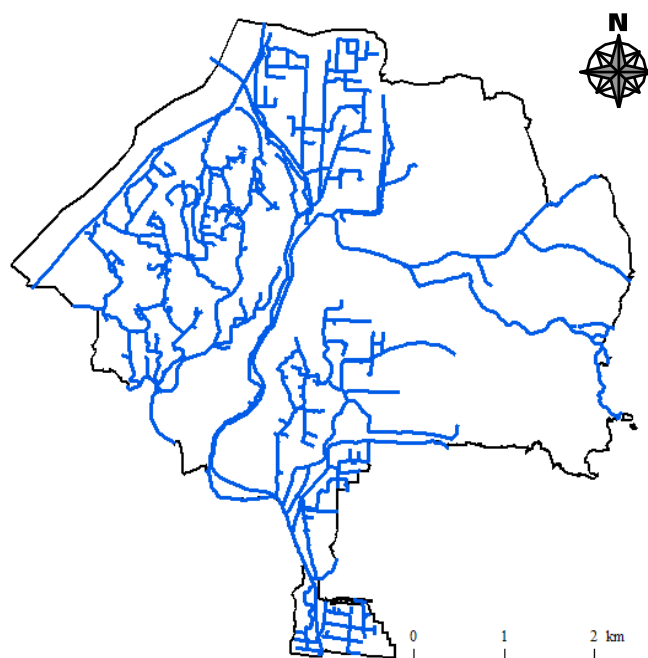


図-3.2.1 対象領域の水路網データ（青色で表示）

として抽出し、ネットワーク空間分析に用いることとした。一方、寝屋川市まち建設部下水道室に依頼し、提供を受けた水路網管理図を基に、抽出した水路網データの細部について追加・修正を実施している。

b)SSC

本研究では、植生分布そのものの空間的な連続性を表すデータとして、前章で説明したSSCを採用する。植生被覆率のデータとして、大阪府環境農林水産部が作成した「みどりの分布図」を用いて、樹林、農地、草地の3つの項目のデータを植生のデータとした。ここでは、空間分析方法の開発を目的としているため、個々の植生種ごとの分析は今後の課題とした。20mピッチの解像度で植生被覆率を計算し、そのデータを基に正・負のSSCを作成した。

3.3 ネットワーク空間への空間分析の適用

(1)空間的自己相関分析の応用

図-3.3.1 に本研究で提案する空間的自己相関分析のネットワーク空間への応用の概念図を示す。図中左はこれまでの空間的自己相関分析の概念図である。ある観測ポイント（●印）から距離パラメータ d の範囲内にある属性値（○印）を計算し、その値の高・低が集積しているか否かを分析するものであった。

本研究では、この考え方をネットワーク空間上に応用する。つまり、図-3.3.1 の右側のように、●印の観測点からグレーで示されたネットワーク空間上の距離 d に該当する範囲を決定し、それ以内に該当する○印の属性値を計算するものである。

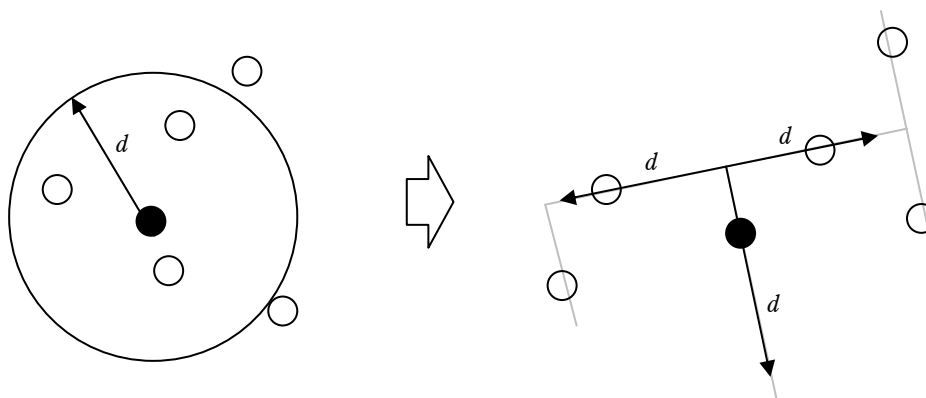


図-3.3.1 空間的自己相関分析のネットワーク空間への応用概念

実際の計算では、次のようにデータを整備し、空間的自己相関分析を応用した。

まず、水路網ネットワーク上に 40m ピッチでポイントを発生させた。次に、水路網ネットワーク近傍での植生の分布状態を把握するために、発生させたポイントにから半径 20m のバッファを発生させ、その中に含まれる植生被覆率、正・負の SSC の層数を属性値として格納した。植生被覆率については、バッファ内の値の平均値を計算し、正・負の SSC については最頻値を属性値として用いることとした。

つまり、水路網近傍での植生の被覆状態が植生被覆率で表現され、その植生の空間的な連続性が正・負の SSC の層数として表されることになる。

(2)空間的自己相関分析の適用結果

空間的自己相関分析の場合、距離パラメータ d によってその結果が大きく変わることが知られている。そこで本研究でも距離パラメータ d と空間的自己相関分析の結果を比較・分析することとした。具体的には、距離パラメータ d を 20m ピッチで増加させ、その際に空間的自己相関分析の結果として得られる標準化正規変量を求め、その変遷を確認した。また、有意水準を正負の両側で 10%として正の空間的自己相関の有り・無し・負の空間的自己相関有りの 3 種類に判別した結果の推移についても検証した。

a)植生被覆率

図-3.3.2 に植生被覆率を対象とした計算結果の一例を示す。ここでは紙面の都合上、距離パラメータ d が 100m, 200m, 300m, 400m の際の結果を水路網上にカラーチャートで表している。背景には植生被覆率をグラデーションで表示している。

全体をみると、対象領域の西部には植生被覆率の高い箇所がまとまって分布していることがわかる。また、中央部から西部には植生被覆率の低い領域が広がっており、西北端には淀川に沿った河川敷のエリアが植生被覆率の高い領域として存在している。水路の多くは、植生被覆率の低い箇所が広がる対処領域中央部から西部に広く分布していることも確認できる。

標準化正規変量は、植生被覆率の高い箇所が多くある西部の水路においてプラスの値を示す傾向が読み取れる。中央部から西部の水路ではマイナスの値となっていることもわかる。一方、距離パラメータが大きくなるにつれて、標準化正規変量の値がややばらつく傾向が画像から読み取ることができる。特に、緑色で示したマイナスの標準化正規変量の箇所が黄色～オレンジ色のプラスの値へと変化している箇所が散見される。

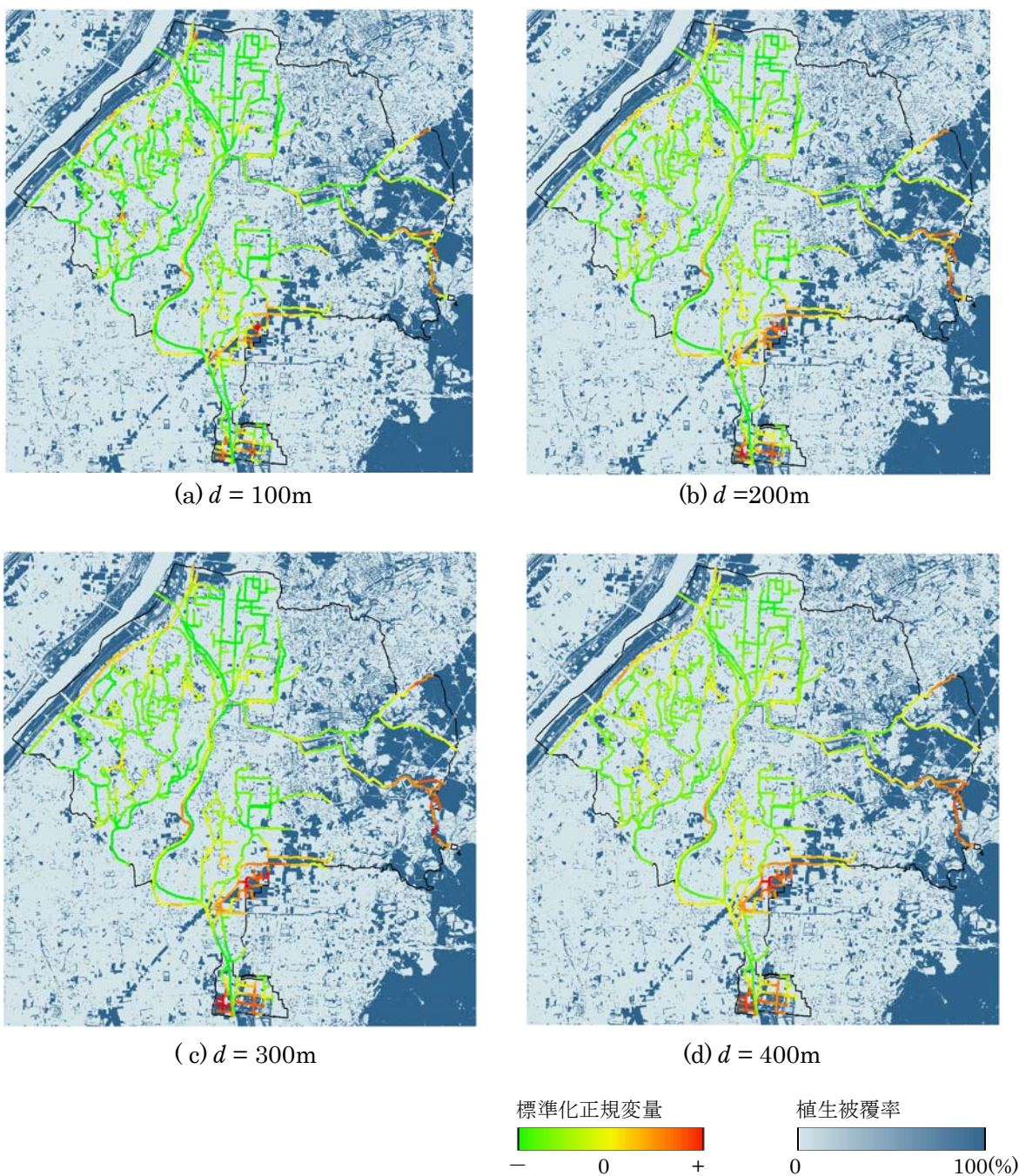


図-3.3.2 植生被覆率を対象とした空間的自己相関分析の結果

次に、有意水準 10%で正の空間的自己相関有り，相関無し，負の空間的自己相関有りに判別した結果について，距離パラメータごとの変遷を調査した．図-3.3.3 に正・負の空間的自己相関有り，相関無しの観測点の割合の変遷を示し，図-3.3.4 には隣り合う距離パラメータでの割合の差を取りまとめた．図-3.3.4 において，変動が小さくなれば，判別結果に変化が少なくなっていることを示す．

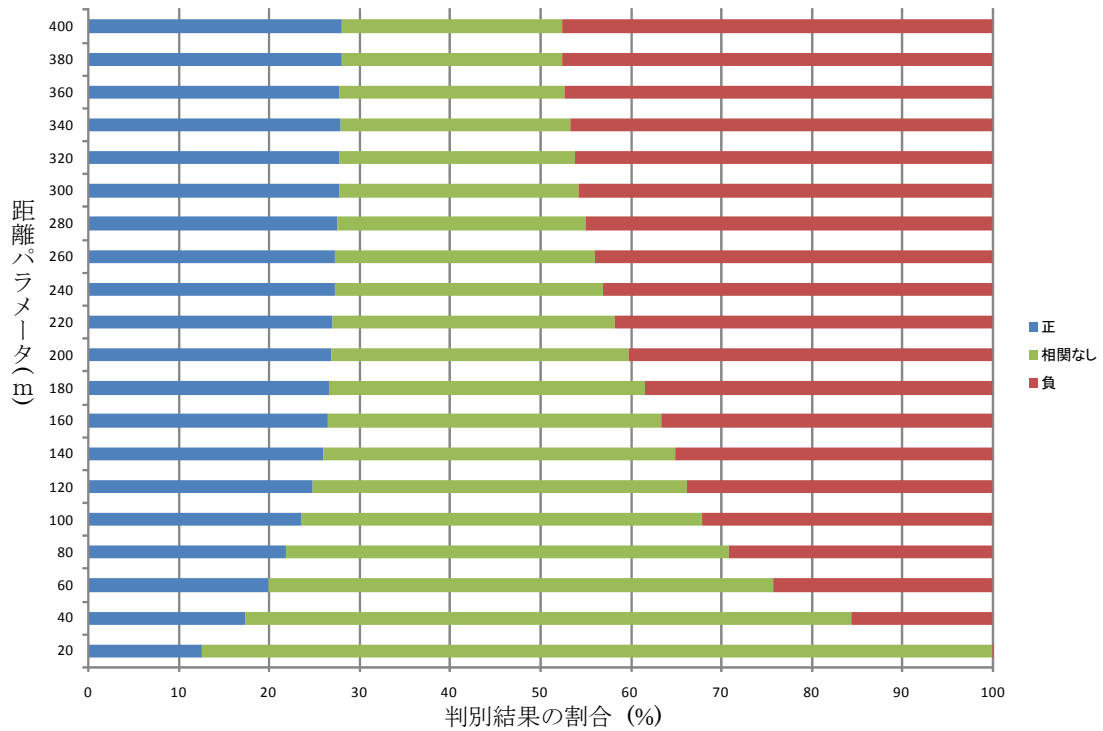


図-3.3.3 判別結果の割合の推移 (植生被覆率)

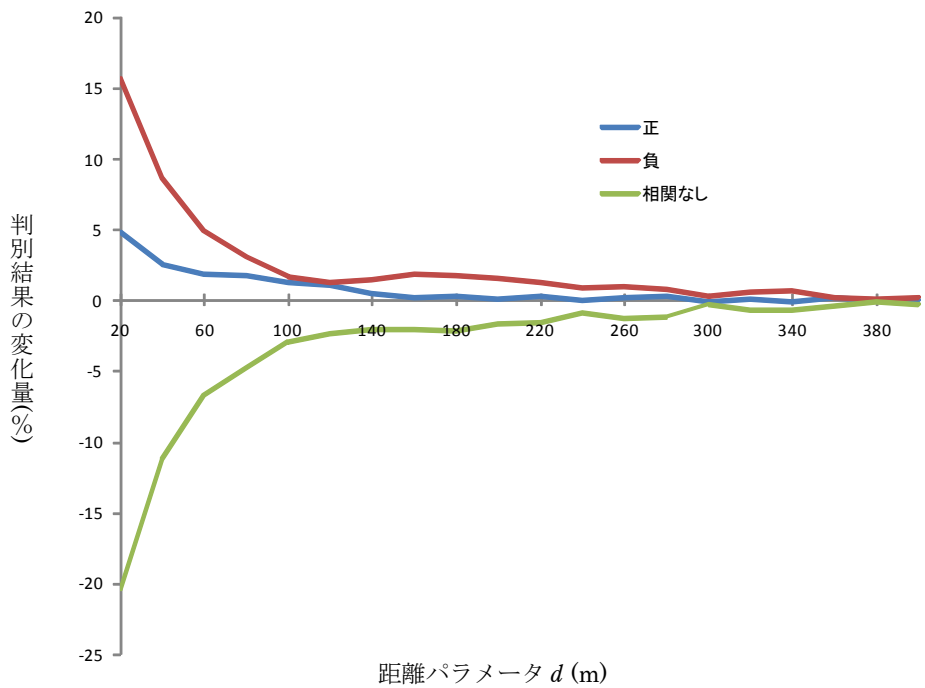


図-3.3.4 判別結果の割合の変化量 (植生被覆率)

図-3.3.3 からわかるように、距離パラメータが小さい場合は相関なしの観測点が多かったものの、距離パラメータが大きくなるにつれて、負の相関が増加する傾向にある。図-3.3.4

で変化量を見れば、距離パラメータの増加に伴い、その変化量は収束していることも確認できる。

図-3.3.5 は判別結果を画像表示したものである。距離パラメータが 100m, 200m, 300m および 400m のケースを例として表示している。距離パラメータが増加することで、相関無しの箇所が正・負の相関有りの箇所に変化し、結果として正・負の相関有りの箇所が連続する傾向が見て取れる。

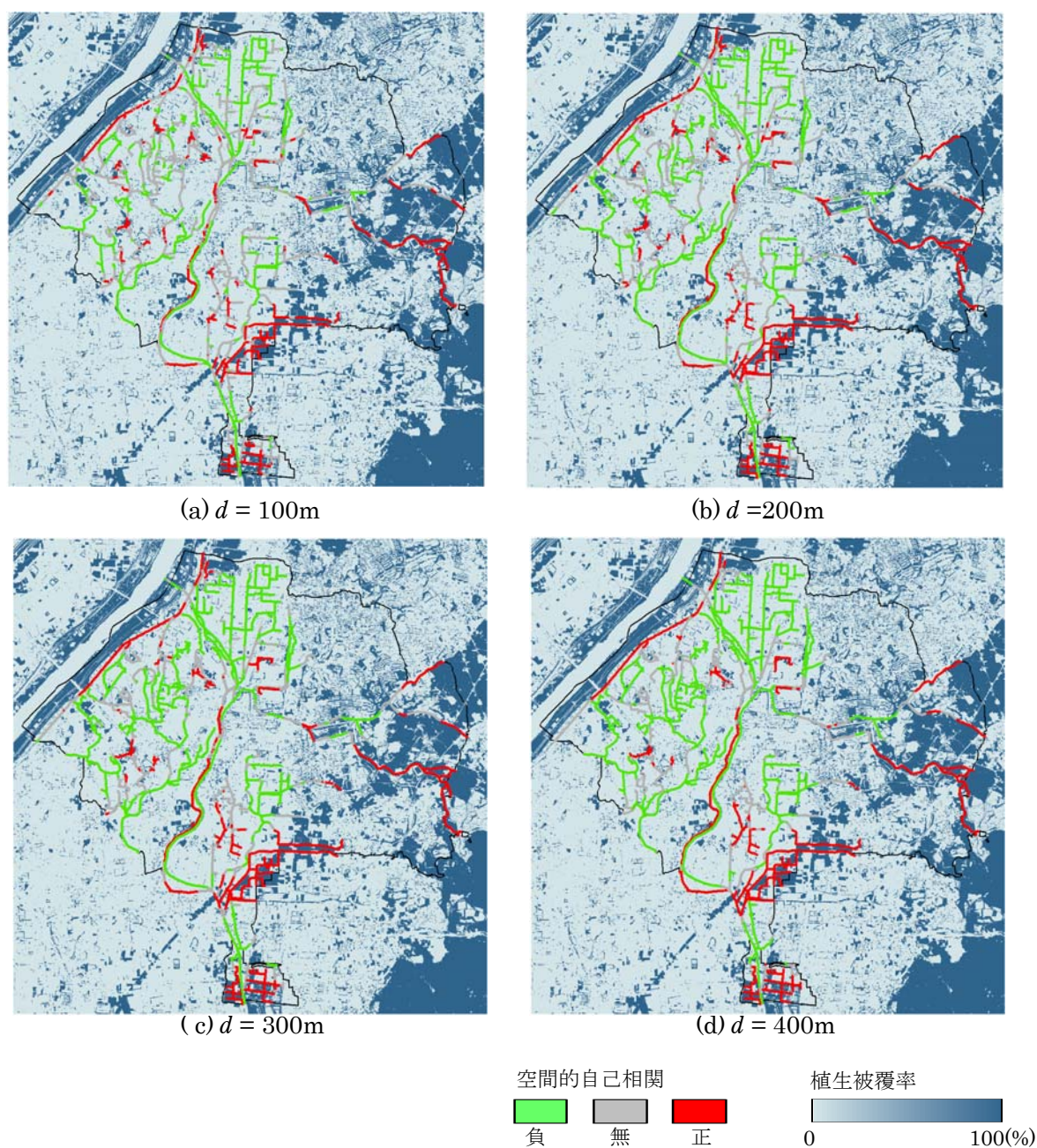


図-3.3.5 植生被覆率でのネットワーク上の空間的自己相関分析結果

b) 正の SSC の層数

図-3.3.6 に正の SSC の層数を対象としたネットワーク上での空間的自己相関分析結果を示す。ここでも同様に距離パラメータが 100m, 200m, 300m および 400m のケースを例として挙げている。

正の SSC の層数が高い箇所は、植生被覆率の高い箇所の多かった領域西部や南西部などに分布していることがわかる。一方で、層数 0 を示す白色の領域は領域内に広く分布して

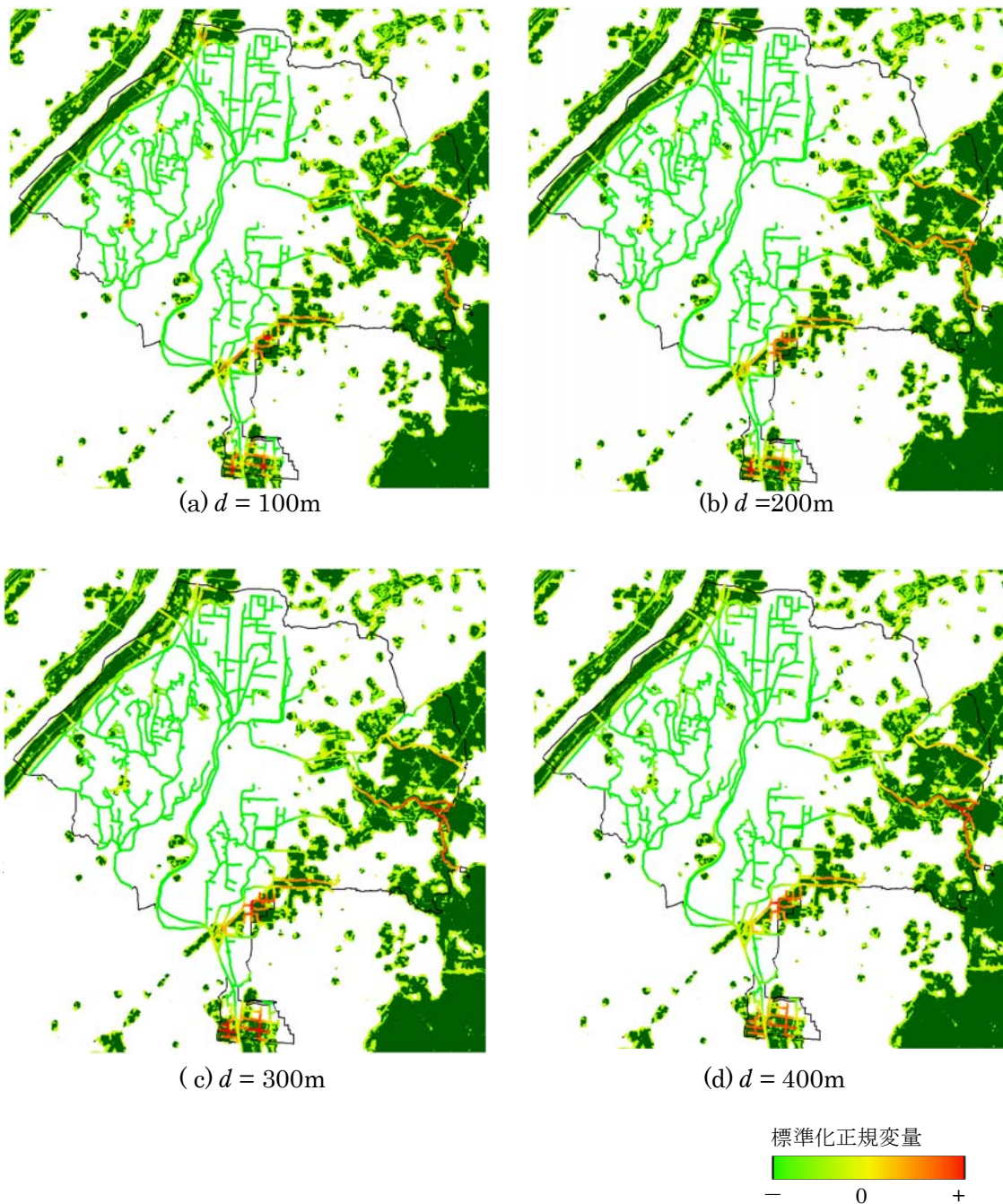


図-3.3.6 正の SSC の層数を対象とした空間的自己相関分析の結果

いることが確認できる。結果として、ネットワーク上での標準化正規変量もほとんどがマイナスの値を示す傾向にある。

次に、正・負の空間的自己相関有り、相関無しの変遷について見る。図-3.3.7 に判別結果の割合の推移を、図-3.3.8 に判別結果の割合の変化量を示す。

ここでも植生被覆率のケースと同様に、距離パラメータが小さいケースでは負の相関がほとんど表れず、相関無しの割合が支配的である。その一方で、距離パラメータが 80m～140m で急激に負の相関有りと判定された箇所が増加し、相関無しの箇所が減少する変化を示している。図-3.3.8 ではその変化が変化量として表れており、植生被覆率よりもより急激な変遷であることが図-3.3.4 との比較より読み取ることができる。また、距離パラメータ 200m 以降の収束の傾向が植生被覆率のケースと比較してより明確に現れていることも特徴的である。

図-3.3.9 では正の SSC の層数を対象とした正・負の空間的自己相関分析有り、相関無しの結果の一例をネットワーク上に表示している。距離パラメータが 100m で相関無しと判別されていた領域中央部から西部の水路網が、距離パラメータ 200m ではほとんどで負の相関有りとして判別されるようになっていく。

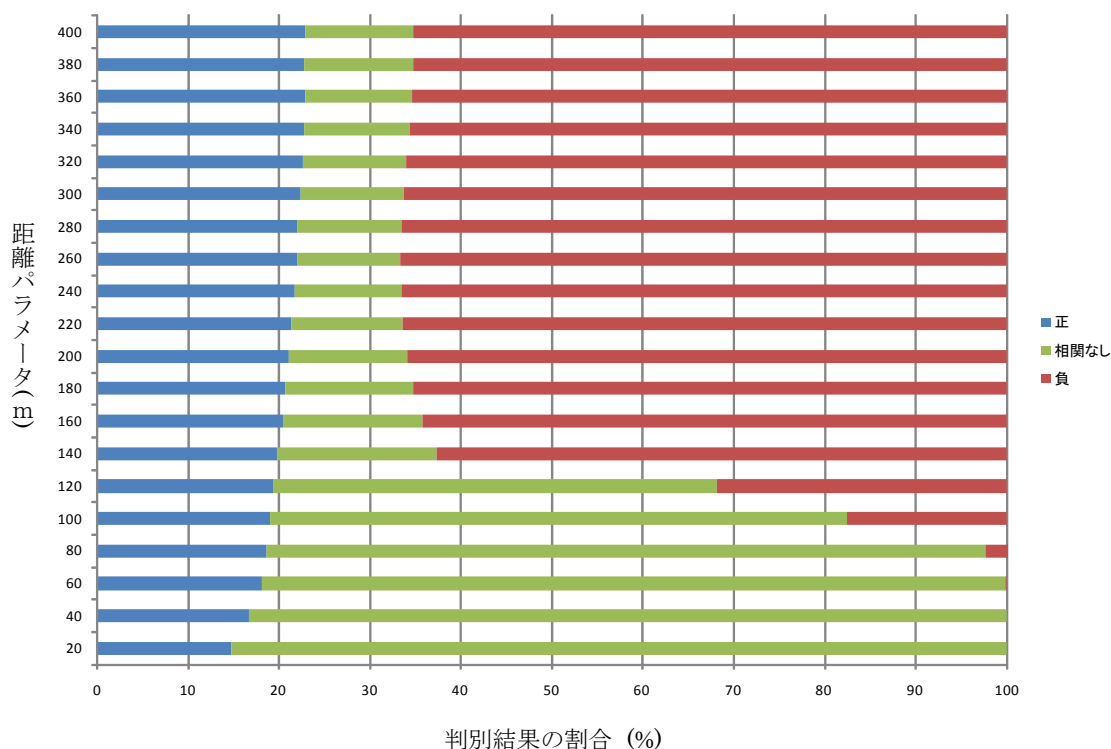


図-3.3.7 判別結果の割合の推移 (正の SSC の層数)

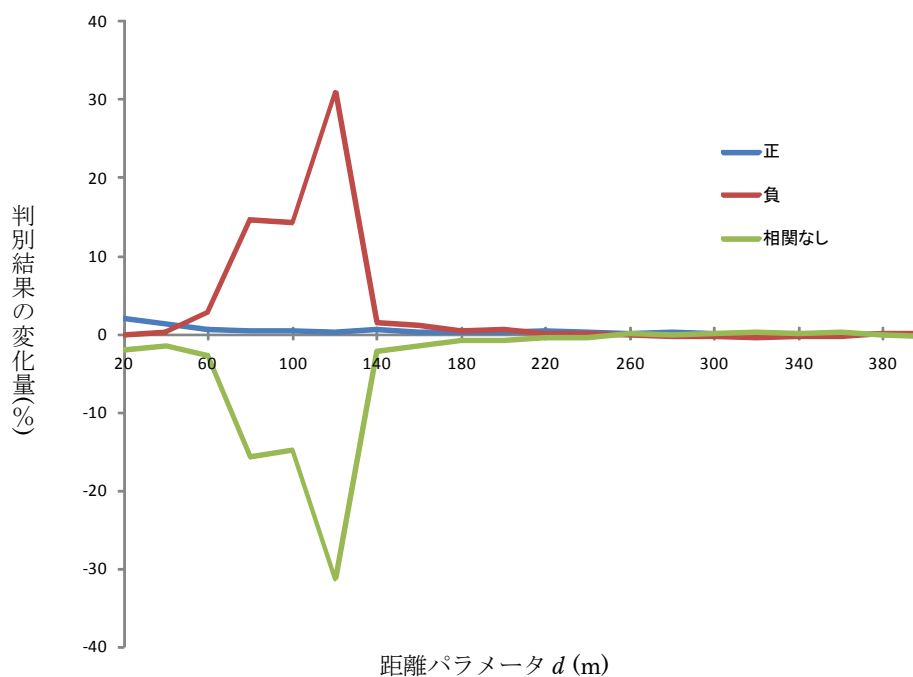


図-3.3.8 判別結果の割合の変化（正の SSC の層数）

c)負の SSC の層数

図-3.3.10に負の SSC の層数を対象としたネットワーク上での空間的自己相関分析結果を示す。これまでと同様に距離パラメータが 100m, 200m, 300m および 400m のケースを例として挙げている。

負の SSC については、層数の高い領域が対象領域に広く分布していることがわかる。特に、高度経済成長期から市街化の進んでいる領域中央から西部の地域には、負の SSC の最も高い層数が広がる傾向にある。

一方で、標準化正規変量については、領域の中央部から西部にかけて SSC の層数が高い箇所が集積していることを示す正の値をとっていることが確認できる。また、東部については、層数の低い値の集積を表す負の値がネットワーク上に示されている。ただし、例として挙げた距離パラメータ間では標準化正規変量の値にそれほど大きな変化は見られない。

次に、正・負の空間的自己相関有り、相関無しの変遷について調査する。図-3.3.11 に判別結果の割合の推移を、図-3.3.12 に判別結果の割合の変化量を示す。

ここでは、正の SSC の層数のケースと逆に、距離パラメータが小さい場合には正の相関がまったくなく、ほとんどが相関無しに該当していることがわかる。その後、距離パラメータが 80m になるまで急激に正の相関有りの観測箇所が増加し、相関無しの箇所が減少す

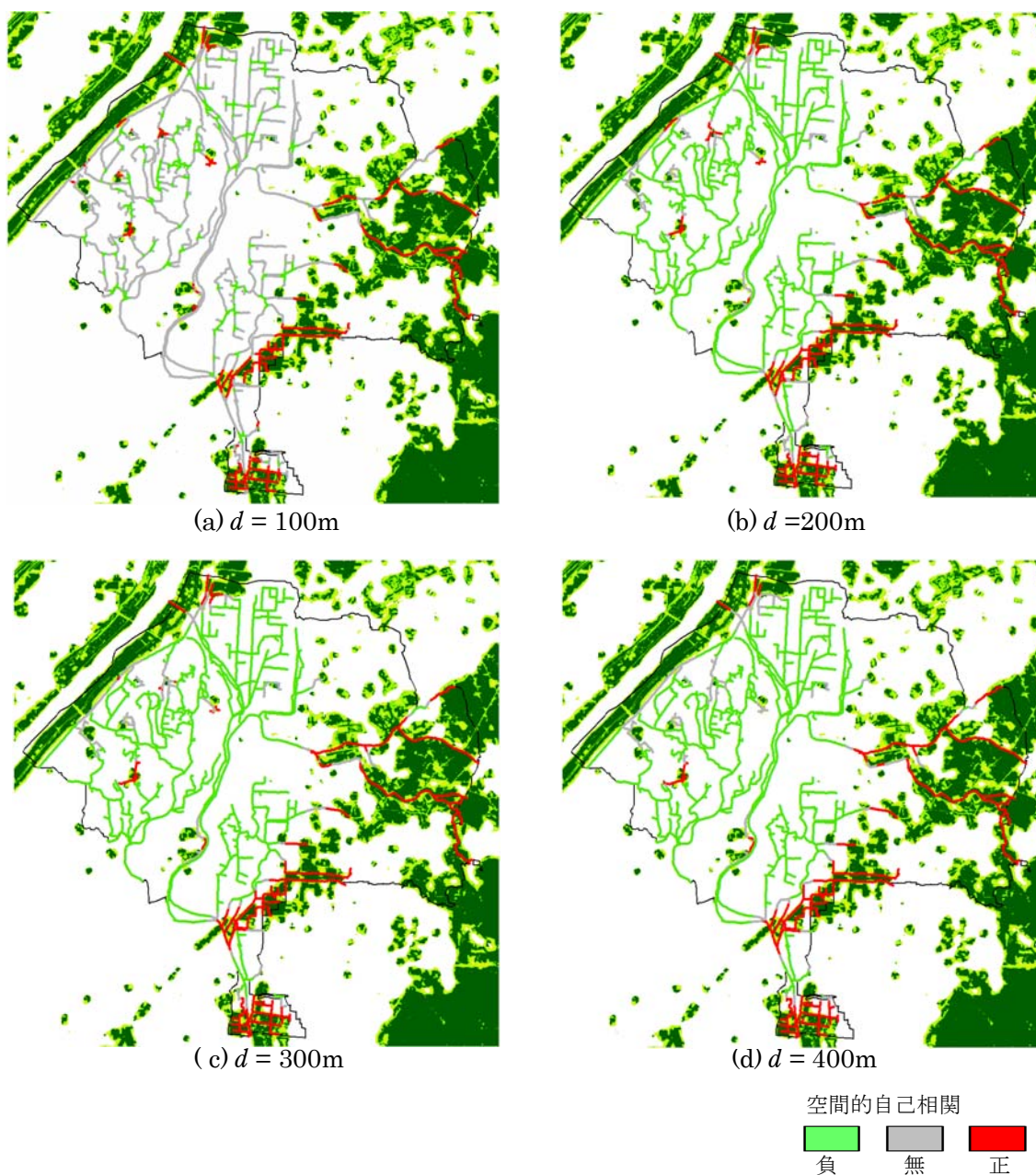


図-3.3.9 正の SSC の層数でのネットワーク上の空間的自己相関分析結果

る。図-3.3.12 のグラフからも把握できるように、変動量は距離パラメータの小さいときに大きく、徐々に小さくなり、収束していることが確認できる。このグラフの形状は、正の SSC の層数の場合を示した図-3.7.8 とは異なるものであり、植生被覆率での場合を示した図-3.3.3 のものと似た傾向を示している。これは、正の SSC の層数が全ネットワーク上で少なく、結果としてデータの空間的な分散が小さくなっていることが影響していると推察される。

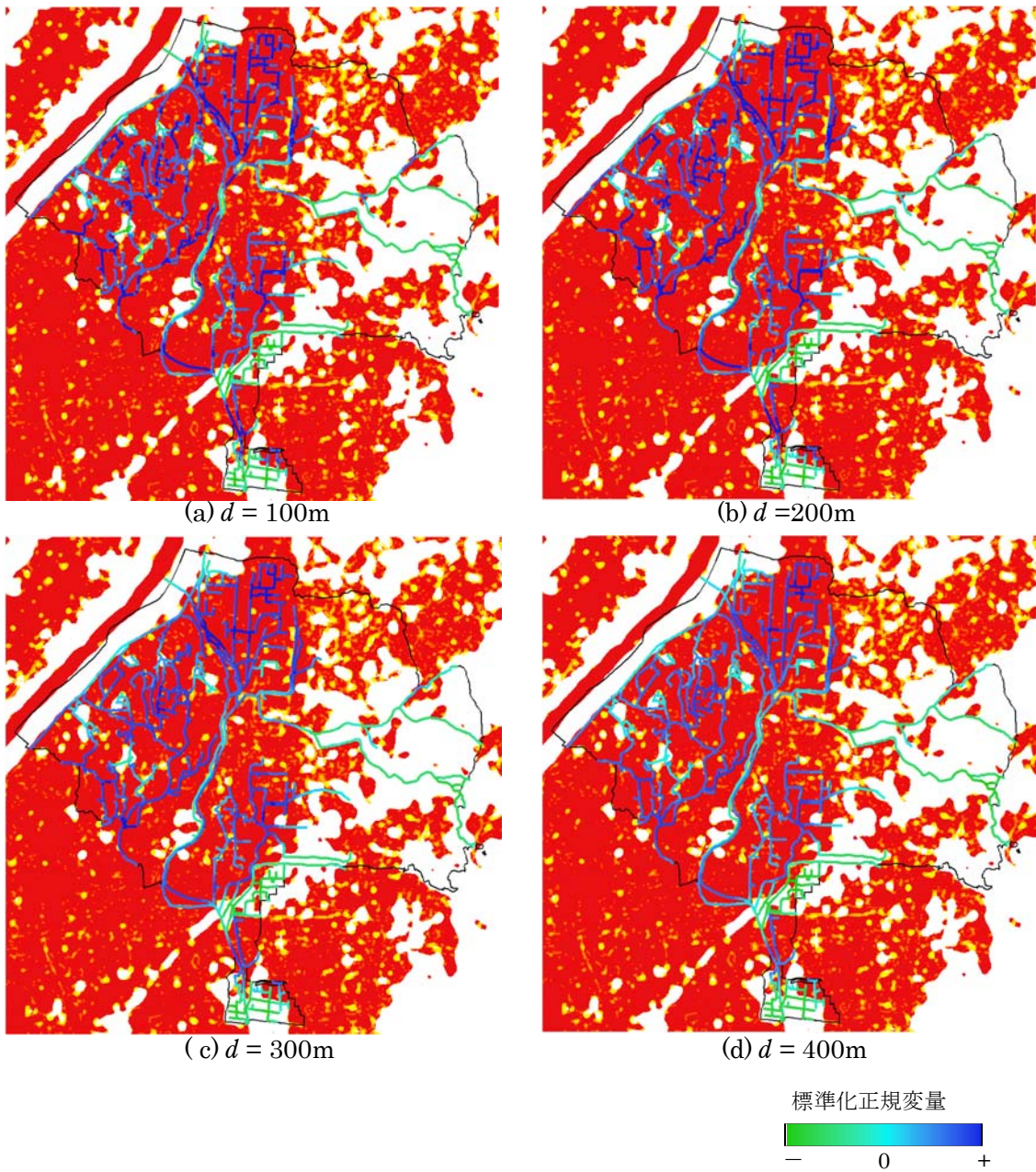


図-3.3.10 負の SSC の層数を対象とした空間的自己相関分析の結果

図-3.3.13 には、距離パラメータごとの判別結果を対象領域上のネットワーク上に表示している。領域の北部から西部にかけては、青色で示された正の相関有りがまとまって分布しており、水路上において植生分布の連続性が希薄な箇所が連続していることを表している。その一方で、領域の中央付近を南北に流れる水路については、周辺を負の SSC の層数の高い領域で囲まれているにも関わらず、負の空間的自己相関有り、もしくは、相関なしとして判別されている。これは、周辺の高い層数と比較して層数の低い箇所が水路沿いに

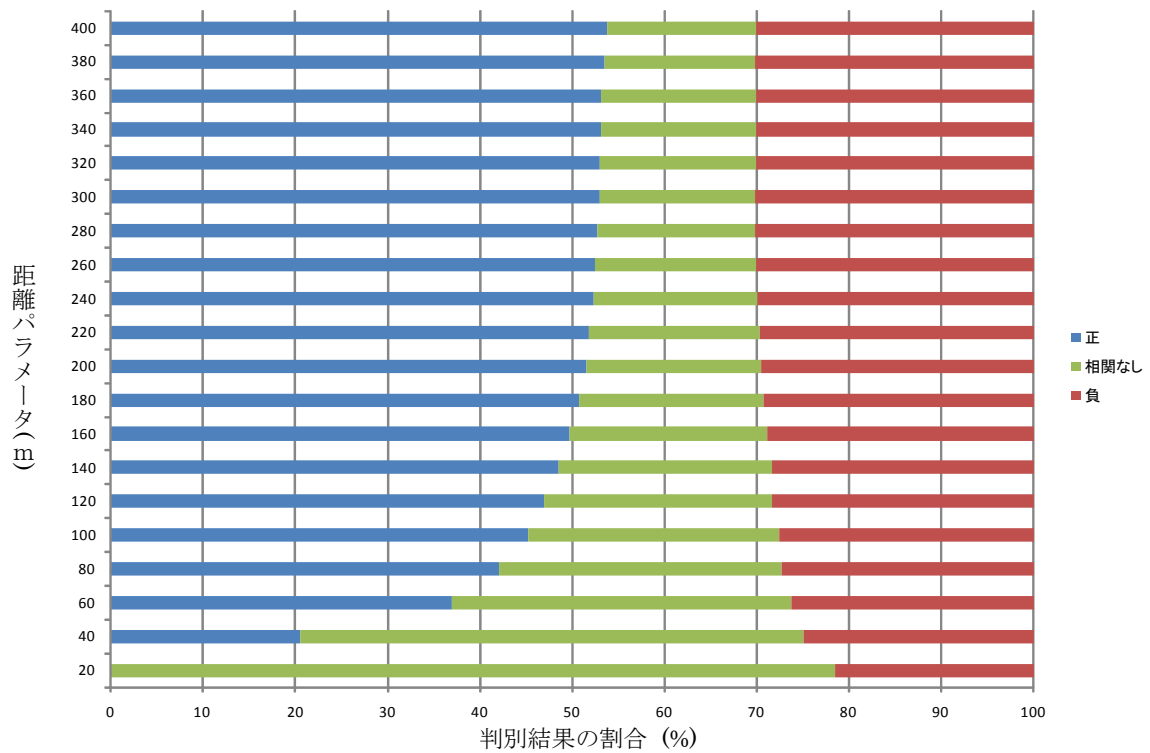


図-3.3.11 判別結果の割合の推移 (負の SSC の層数)

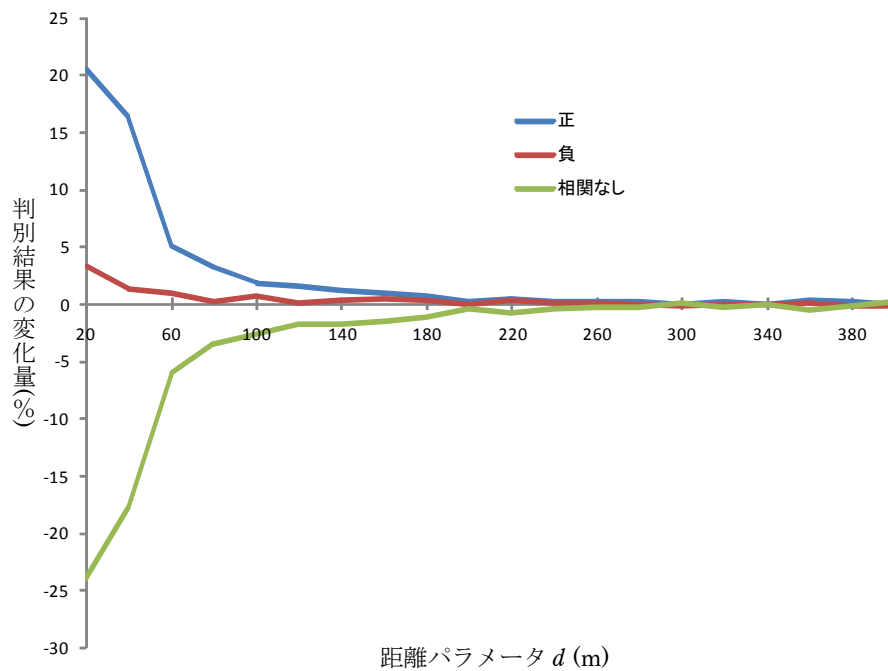


図-3.3.12 判別結果の割合の変化 (負の SSC の層数)

集まっていることを示唆したものであり、興味深い結果といえる。

本研究では、いずれかの判別結果の変動量が 0.5%を下回った距離パラメータを調査し、

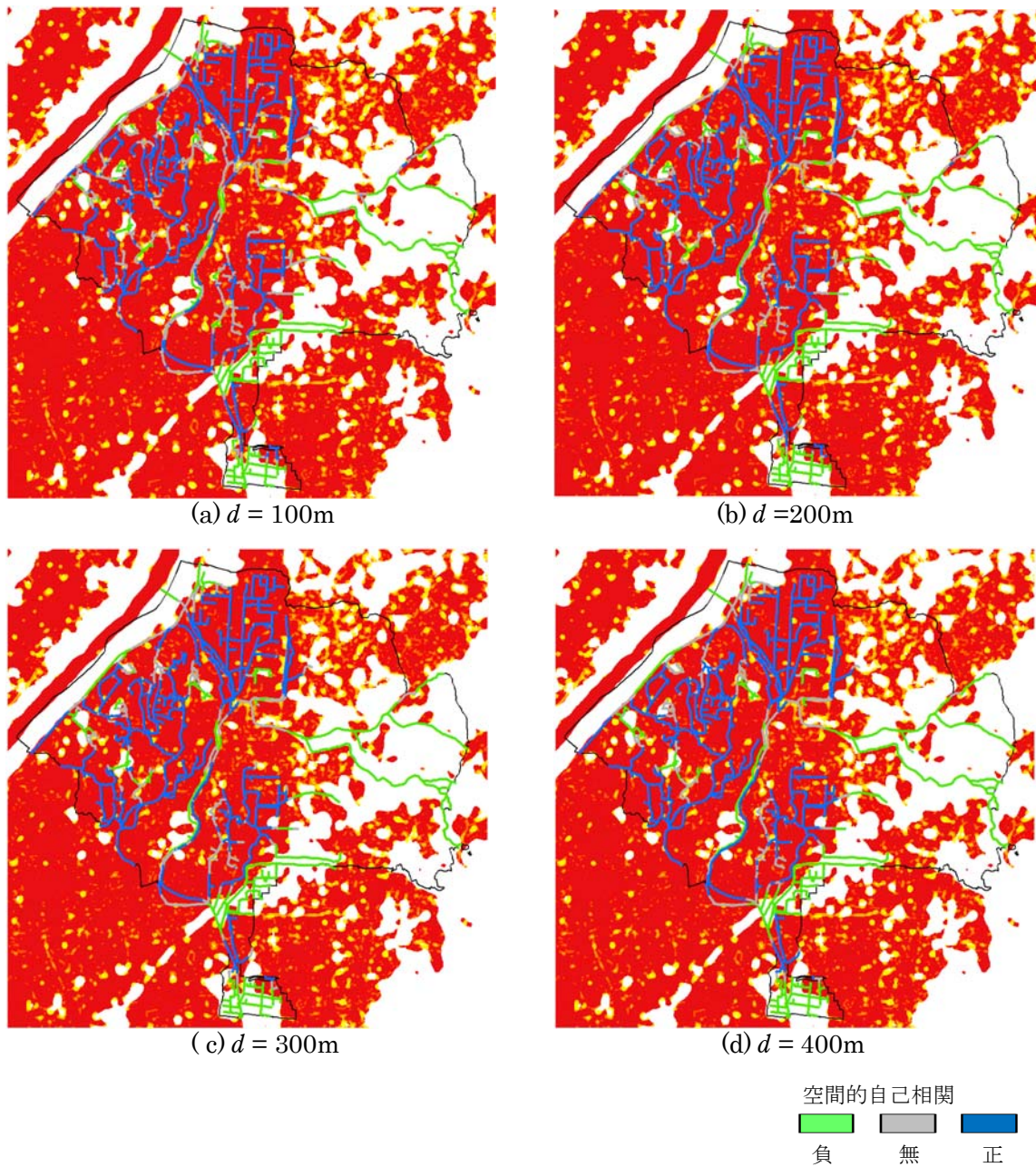


図-3.3.13 負の SSC の層数でのネットワーク上の空間的自己相関分析結果

定常状態の距離パラメータとして採用した。その結果、今回の場合は距離パラメータが 380m であった。以後の検討にはこの距離パラメータでの結果を採用する。

3.4 水路ネットワーク上での空間分析方法の提案

(1)水路ネットワーク上の空間分析方法の考え方

植生被覆率や正・負の SSC の層数をネットワーク上の空間的自己相関分析に適用するこ

とで、水路網からみた集積状況が把握できた。その一方で、現状での水路周辺の植生の集積状態と植生分布全体からみた集積状態とを比較することは重要となる。水路に沿って植生の集積があるところであっても、周囲の植生分布から孤立するような箇所は、そのものの維持に配慮が必要な箇所といえるとともに、植生の希薄な領域での重要な役割をなしている可能性もある。

そこで本研究では、正・負の SSC の層数と植生被覆率とのネットワーク空間分析結果を組み合わせた上で、水路ネットワークに沿ったより詳細な分析を実施する方法について開発することとした。

具体的には、郊外部を中心とする正の SSC と都市部を中心とする負の SSC とに区分した上で、それぞれのネットワーク空間での空間的自己相関分析結果を組み合わせ、その結果から注目すべき水路を抽出するといった流れである。次に詳細を示す。

(2)正の SSC の層数と植生被覆率

正の SSC の層数と植生被覆率との分析結果を組み合わせると、表-3.4.1 のように整理される。すべての組み合わせは表のようにケース 1 からケース 9 までの 9 とおりとなる。

例えば、ケース 1 を取り上げれば、水路網に沿って植生が集積しており、かつ、植生分布全体でも連続性に寄与する箇所であることから、水と緑のネットワークの形成においては、核となる箇所として解釈できる。

一方、ケース 7 の場合であると、水路網に沿って植生の集積が見られるものの、植生分布全体としては連続性の低い箇所となっている。つまり、植生そのものは水路に沿って現存するものの、周囲から孤立したような状態となっている可能性がある。

(3)負の SSC の層数と植生被覆率

負の SSC の層数と植生被覆率とのネットワーク上での空間的自己相関分析結果を組み合わせると、表-3.4.2 のようになる。これもケース 10～ケース 18 までの 9 とおりである。

ケース 10 を例に挙げれば、水路網に沿って植生の集積が見られるが、植生分布全体では空間的連続性の低い箇所である。植生の希薄な都市部では、周辺と比較して貴重な水と緑の場を形成している可能性があり、重要視すべき箇所とも解釈可能である。ケース 16 については、同様に植生の集積が水路網に沿って存在し、それが空間的連続性に寄与することを示唆したケースである。周辺の植生分布との入念な調査を実施した上で、今後の計画策

表-3.4.1 正の SSC の層数と植生被覆率との比較解釈

SSC	植生被覆率	解釈	ケース名
正の 相関 有り	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しており、植生分布の面でも空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース1
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面では空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース2
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース3
相関 無し	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース4
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面でも空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース5
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しており、植生分布の面でも空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース6
負の 相関 有り	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しているものの、植生分布の面では空間的な連続性が低い箇所。	ケース7
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面でも空間的な連続性が低い箇所。	ケース8
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しており、植生分布の面でも空間的な連続性が低い箇所。	ケース9

表-3.4.2 負の SSC の層数と植生被覆率との比較解釈

SSC	植生被覆率	解釈	ケース名
正の 相関 有り	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性が低い箇所。	ケース10
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面では空間的な連続性が低い箇所。	ケース11
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しており、植生分布の面でも空間的な連続性が低い箇所。	ケース12
相関 無し	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース13
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面では空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース14
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性への寄与が低い箇所。	ケース15
負の 相関 有り	正の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の高い箇所が集積しており、植生分布の面では空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース16
	相関無し	水路網に沿って植生被覆率の高低がばらついており、植生分布の面では空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース17
	負の相関有り	水路網に沿って植生被覆率の低い箇所が集積しているものの、植生分布の面では空間的な連続性に寄与している箇所。	ケース18

定に配慮すべき地域とも考えることが可能である

次節では、対象領域で実際にこれらの組み合わせを抽出し、得られた知見を整理していく。

3.5 分析結果と検証

(1)正の SSC 層数と植生被覆率との空間的連続性の比較結果

a)ネットワーク上での SSC 層数に正の空間的自己相関あり (ケース 1~ケース 3)

図-3.5.1 に分析結果を示す。ここではケース 1~ケース 3 を対象に結果を表示している。抽出できたほとんどの箇所がケース 1 となっている。これは植生が豊かで、かつ、連続性の高い領域に水路が通過していることを意味している。領域の東部については、自然地の残された領域が多く、その役割をなしている。一方、南部に抽出された地域については、水田などの農地が結果に寄与していると推測される。ただし、現在では第二京阪国道が建設された箇所も含まれており、水と緑の関係についてより慎重な現状調査も必要と指摘できる。

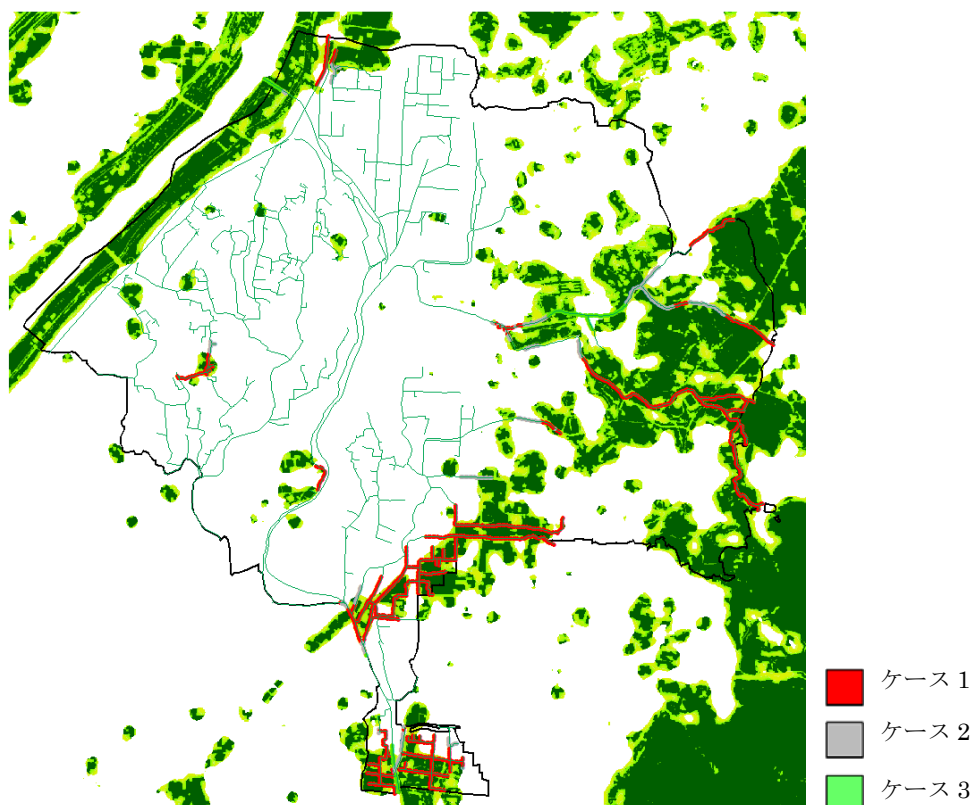


図-3.5.1 分析結果 (ケース 1~ケース 3)

b) ネットワーク上での SSC 層数に空間的自己相関無し (ケース 4~ケース 6)

図-3.5.2 には SSC の層数ではネットワーク上の空間的自己相関無しの結果を示す。抽出されたケースは、主にケース 4 が主となっている。特に、水路上に長く抽出されているのは西北部にある淀川沿いの箇所である。ここは、淀川沿いの植生分布が水路沿いにも集積しているものの、正の SSC と負の SCC の境界に該当する箇所となっており、郊外部のように植生分布の連続性は高くない。その結果抽出されたものである。現存する植生分布は水路に沿った希少な植生分布としてみることもできる。

c) ネットワーク上での SSC 層数に負の空間的自己相関あり (ケース 7~ケース 9)

ケース 7 からケース 9 の結果を図-3.5.3 に示す。領域内で最も多く抽出されているのはケース 9 である。ケース 9 は水路に沿って植生被覆率の少ない箇所が集積しており、植生分布の連続性に関しても水路上で低い値が集まっていることを表す。植生分布の希薄な都市域での水路については、負の SSC の結果で詳細に見ていく必要がある。一方、対象領域の中心に、ケース 7 の水路をみることもできる。正の SSC の層数では植生分布の空間的連続性が低いと判定されているものの、植生の集積する水路を示すことから、これについても

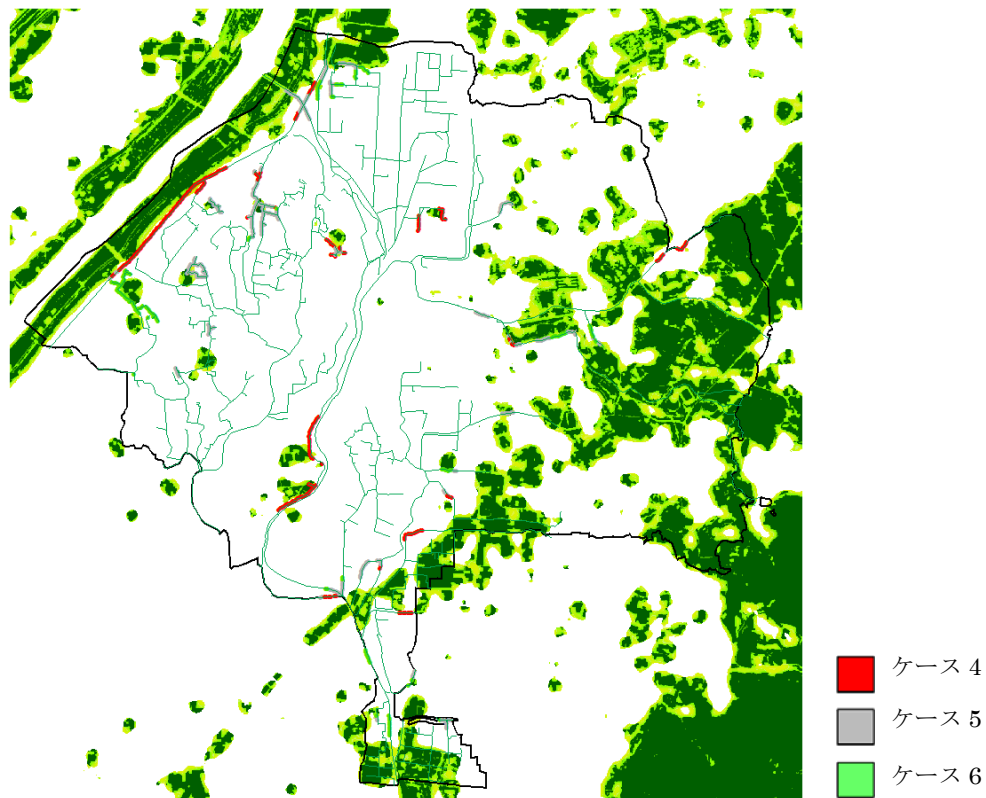


図-3.5.2 分析結果 (ケース 4~ケース 6)

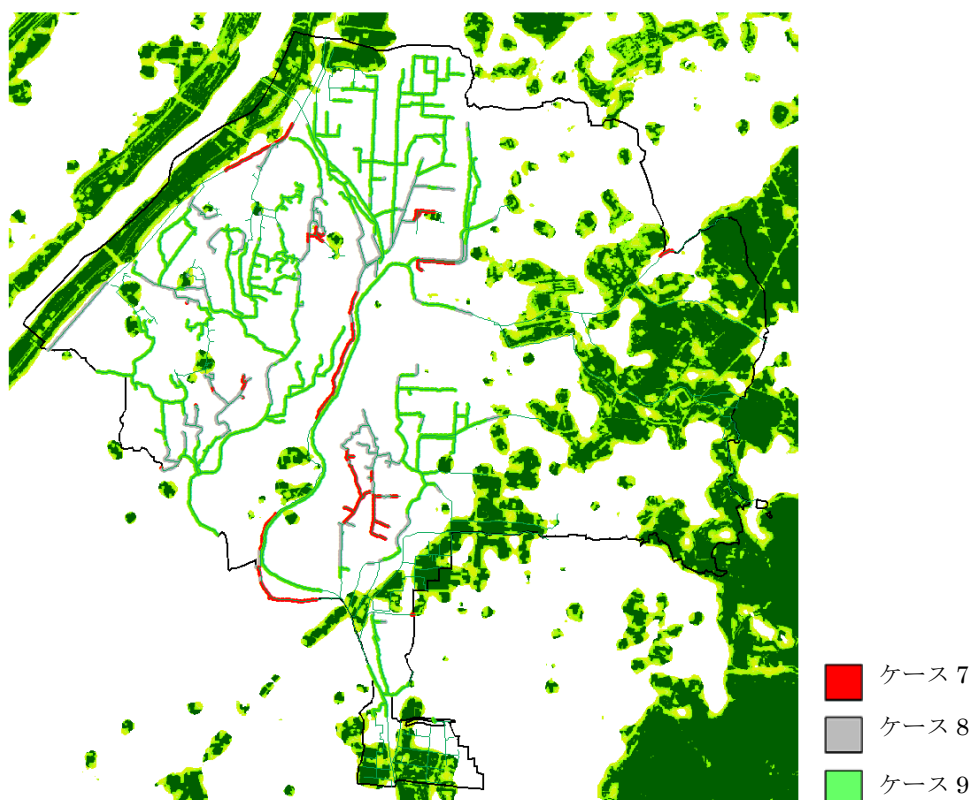


図-3.5.3 分析結果（ケース 7～ケース 9）

負の SSC の層数のケースで詳細に分析していくことが望まれる。北部の淀川沿いの水路についても、ケース 7 に該当しており、同様に負の SSC の層数での分析で詳細を確認していくこととする。

(2)負の SSC と植生被覆率との空間的連続性の比較結果

a)ネットワーク上での SSC 層数に正の空間的自己相関あり(ケース 10～ケース 12)

図-3.5.4 に結果を示す。この場合は、ケース 12 が水路上に広く分布していることが確認できる。水路網に沿って植生の少ない箇所が集積しており、かつ、植生分布の面でも空間的な連続性が低い箇所であり、植生分布の希薄な都市域の現状を表したものと解釈できる。一方、ケース 10 の植生分布の連続性は低いものの、水路上に植生の集積している箇所も領域の中央からやや南に位置づけられる傾向にある。この箇所は図-3.5.3 においてもケース 7 として抽出された箇所である。現地を確認したところ、小学校を囲うような水路に沿った樹林や草地などが配置され、希少な植生圏を形成していることが判明した。

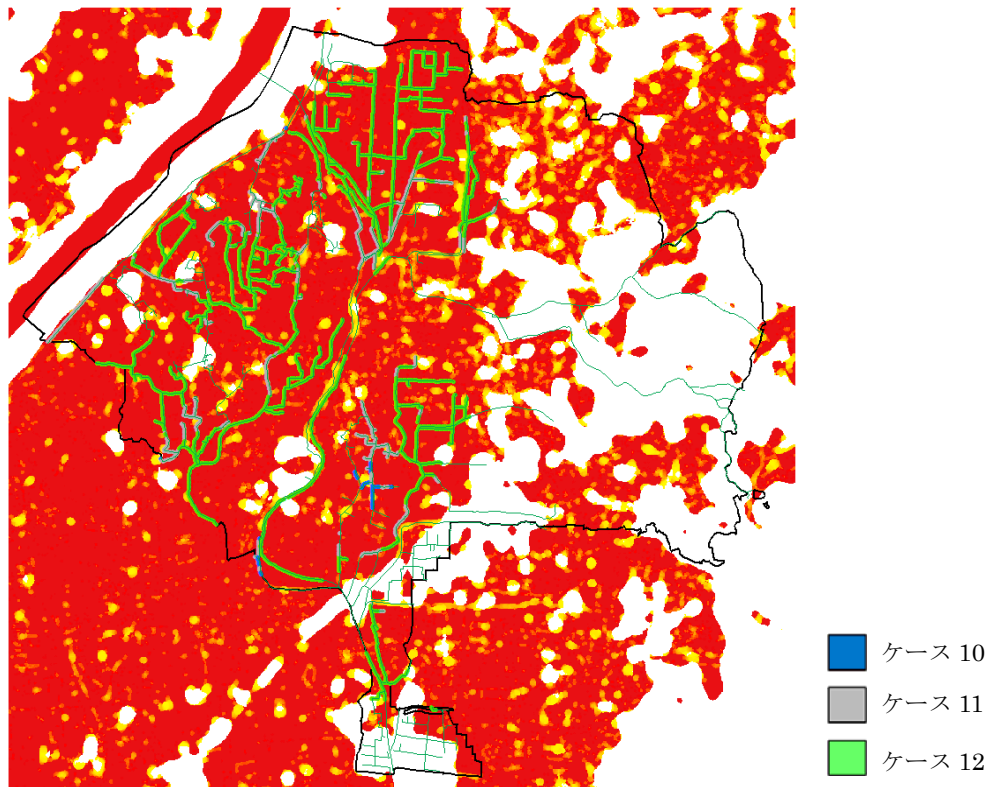


図-3.5.4 分析結果（ケース 10～ケース 12）

b) ネットワーク上での SSC 層数に空間的自己相関なし（ケース 13～ケース 15）

図-3.5.5 はケース 13～ケース 15 の結果である。負の SSC の層数で相関がない箇所となる関係で、都市部と郊外部の境界や、都市部のなかの希少な植生分布が抽出される傾向にある。

図では、ケース 15 の水路が、領域の中央で抽出されている。水路に沿った植生が少なく、植生分布の面でも連続性への寄与があまり高くない箇所である。ただし、都心部において負の SSC の層数にばらつきがあるということは、周辺に希少な植生分布が残っている可能性のある水路と判断することができる。現地を確認すると、官舎の建て替えに伴って、親水公園の整備が進められており、今後、水と緑のネットワークの形成に重要な役割を成す可能性が高い箇所と判断される。

c) ネットワーク上での SSC 層数に負の空間的自己相関あり（ケース 16～ケース 18）

ケース 16～ケース 18 までの結果を図-3.5.6 に示す。ここでは、ケース 16 の箇所が多く抽出されている。領域東部の郊外部では、多くの水路に沿って植生の集積が見られ、かつ、植生分布の連続性に寄与している箇所が散見される。一方で、領域の中央には南北方向に

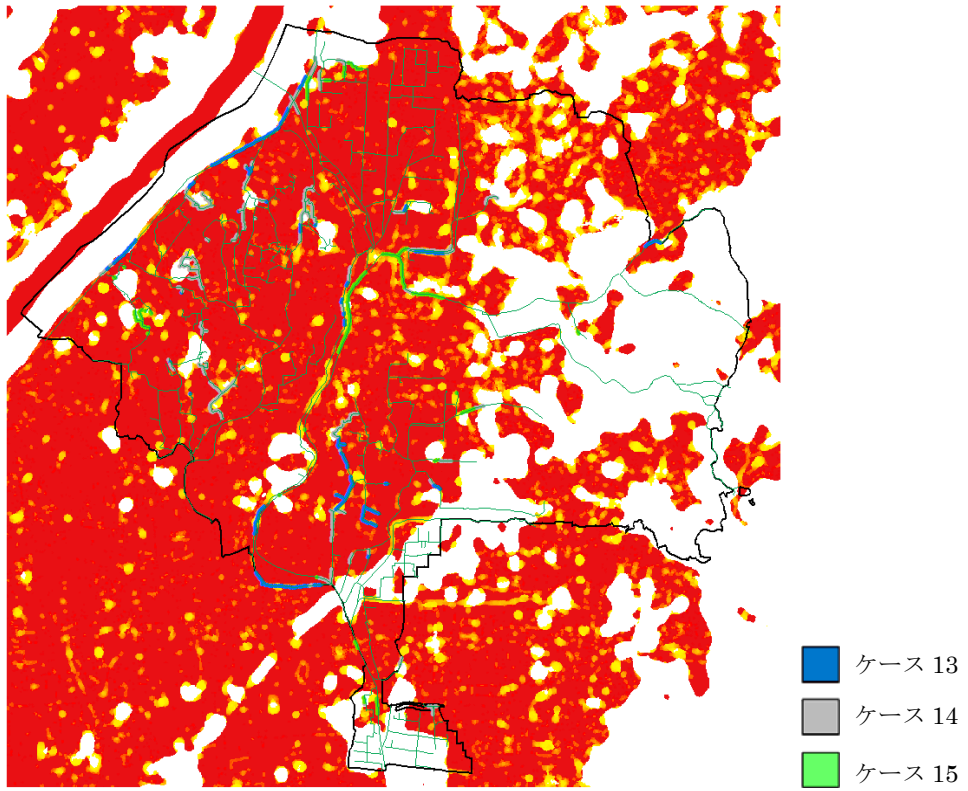


図-3.5.5 分析結果（ケース 13～ケース 15）

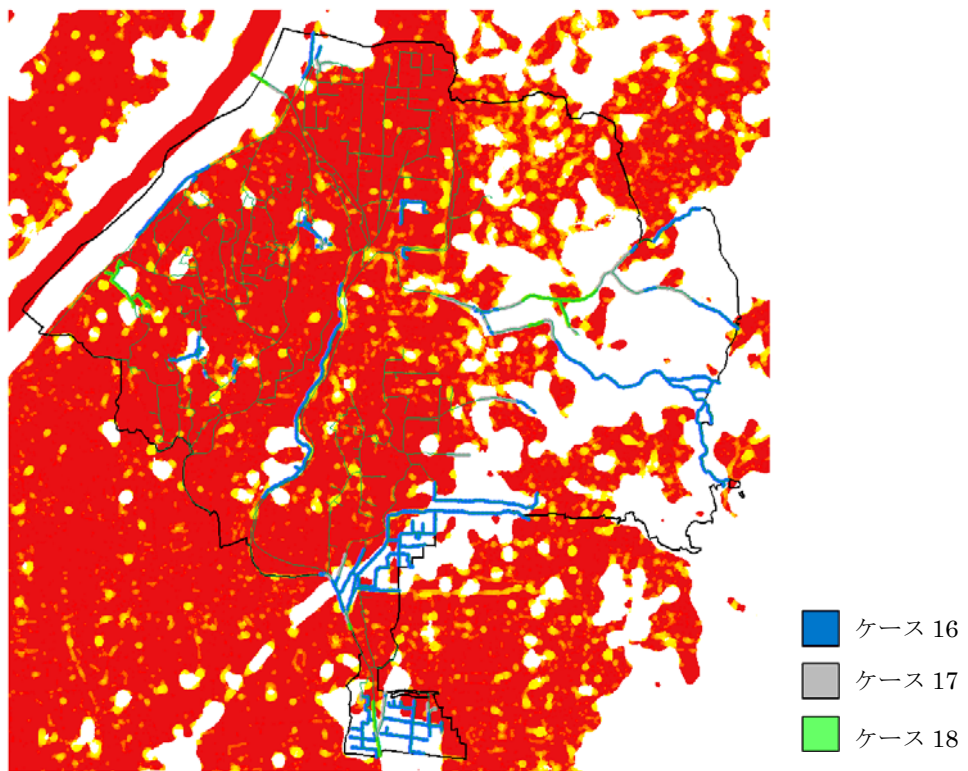


図-3.5.6 分析結果（ケース 16～ケース 18）

ケース 16 の水路が抽出されている。この結果は、ケース 7 として抽出されたものと同一のものである。正の SSC の面から見れば、まとまった植生分布とはいえないものの、負の SSC では、都市域での希少な植生分布において空間的な連続性に寄与している水路と判断される。この水路は、友呂岐水路と呼ばれる水路であり、周囲には友呂岐緑地などが整備され、地域の住民に親しまれている箇所である。

以上のように、植生被覆率と正・負の SSC の層数とを水路ネットワーク上の空間的自己相関分析に適用し、それらを重ね合わせることによって、植生の分布と水路との関連性が明らかになるとともに、空間的な連続性への寄与も明確となることが確認された。これらの情報は、河川・水路の整備計画に関しても有効な支援情報になり得るものと考えている。

4. 局所レベルでの植生圏の空間分析システム

4.1 局所レベルでの植生圏の空間分析

局所レベルでは、植生圏に期待される役割がより詳細となってくる。特に、空間的な特徴を利用するものとしては、生態系の保全や避難経路としての役割を成す緑道、ヒートアイランド現象を緩和する風の道、火災時に延焼遮断帯など多岐にわたる。

一方、植生または植生分布の機能に着目したアプローチとしては、土砂崩壊防止などの土地機能、自然度などを表す生態系維持機能、既成市街地での緑地の見えやすさを表す景観保全機能の3つの機能面から定量的な評価を加え、計画に反映させたものがある(伊藤・武内ら, 1993)。特に防災・減災面での機能については、1995年の阪神・淡路大震災において、発生した火災による延焼を防いだ植生が多数確認されたこともあり、延焼遮断の機能が注目されている。古くは岩河(1984)らの検討してきた植生の延焼遮断機能であるが、最近でも小規模緑地の延焼遮断効果をシミュレーションで明らかにする研究(大和田・佐々木, 2004)や、防災公園での防火樹林帯としての役割の重要性を指摘するものなどが見られる(石渡・伊藤ら, 2005)。

都市内に現存する植生分布の延焼遮断の効果が個々に明らかになれば、防災面での寄与の度合いが明確になり、「安全・安心」面での事業の住民説明や住民参加型・協働型まちづくりなどに貴重な情報を提供することが期待できる。そこで我々は、植生の延焼遮断機能を定量化する手法を開発してきた(熊谷ら, 2009)。

その一方で、植生の延焼遮断機能そのものは、火災の拡がりを食い止める機能であるが、実際の災害が発生した場合には避難経路を通じて一次避難地や二次避難地に避難するプロセスが発生する。災害時の安全・安心を考える上で、植生分布の延焼遮断機能もより具体的な役割としての効果を議論することで、防災計画の策定へと反映することが可能となるはずである。

そこで、本研究では避難経路の選定支援を目的として、植生分布の延焼遮断機能を分析する方法を開発することとした。具体的には、植生分布と、延焼の媒体となる建物、さらには避難経路の候補となる周辺街路との空間的な位置関係を分析することとし、避難経路を確保といった面から植生分布の延焼遮断機能を分析する方法である。

4.2 対象領域・使用データ

(1)対象領域

密集市街地や計画的に整備された市街地などさまざまな市街地形態が存在しており，古くからの樹木や竹藪などからなるオープンスペースや街路樹，大規模植生など植生分布に多様性もある地域として，寝屋川市国松町・八幡台（約 400m×200m）を本研究の対象領域とした．領域内は，標高 20m～35m 程度の緩斜面で構成されており，北東部分が標高の最も高い地域となっている．領域内のグロス建ぺい率は 0.6 である．

(2)使用データ

都市内には，植生や建物，さらには，塀やフェンスなどの構造物もあり，延焼に対してそれぞれの挙動が想定される．ここでは，延焼遮断機能の分析方法の開発を目的として，建物と植生（樹木）に研究の対象を絞ることとした．建物のデータは，Z-map（ゼンリン）の建物ポリゴンデータを採用した．植生分布データは大阪府環境農林水産部（2004）が航空写真の判読より整備したみどりの分布図から「樹木」の分布データを抽出し，採用している．データは人が連続したひとまとまりとして判読した単位でポリゴン化されたものであり，本研究ではこれを「植生群」と呼ぶこととする．したがって，以後の「植生群」とは樹木，あるいは樹木のまとまりを意味する．また，延焼モデルには植生の高さが必要となるが，ここではまず寝屋川市より提供された航空写真データを NEC システムテクノロジーの開発したステレオ処理システム（RealScape）に適用することで得られた地表面の高さデータと，国土地理院から提供されている数値地図 5m メッシュ（標高，大阪，2006 年）の地盤高データとを差し引いて地物高さデータを生成し，現地調査による修正を加えて，植生群に該当する値を代表高さとして付与した．なお，数値地図 5m メッシュのデータは，延焼モデルに導入する地盤高データとしても採用した．

4.3 延焼シミュレーション

(1)採用した延焼遮断判定方法

本研究で採用した延焼遮断判定方法は，建設省総合技術開発プロジェクト（1982），火災予防審議会・東京消防庁（2001）の延焼モデルに基づいたものであり，大和田・佐々木（2004）の延焼シミュレーションを参考としている．

(2)延焼遮断判定について

延焼遮断判定は、建物間において式(4.3.1)のように気流温度・気温・輻射熱を合計した値 T (°C) (以降、受熱点温度と呼ぶ) を計算し、延焼しない限界温度 (200°C) 未満であるかどうかで判定を行った。

$$T = T_1 + T_2 + \frac{R}{20} \quad \text{式 (4.3.1)}$$

ただし、 T_1 は気流温度 (°C)、 T_2 は気温 (°C)、 R は輻射熱量 (Kcal/m²h) である。

気流温度 T_1 は、式(4.3.2)より火災域から距離 X (m) で地上 6m の地点の温度として求めた。

$$T_1 = \frac{209\sqrt{\varphi \cdot D \cdot U \cdot (\cos\alpha)^{0.8}}}{X(X+D/2)^{0.8}} \quad \text{式 (4.3.2)}$$

ただし、 φ は市街地係数、 D は同時延焼奥行 (m)、 U は風速 (m/s)、 α は風向と延焼の方向が成す角度 (°) である。同時延焼奥行 D は火災の前面から建物の燃え落ちた箇所までの幅を意味する。 D と延焼前面長 B (m) については、出火点から同心円状に延焼するモデルによって計算される。出火点から計算時点 (t 時) の火災全面までの距離 l (m)、出火点から t_k 時の延焼建物までの距離 l_k (m)、燃え落ちまでの時間 (ここでは $t - t_k = 30$ 分と設定) とすると、出火点を中心とした半径 l の扇形のうち、その弦が半径 l_k の円に接するときの弦長が B となる。すなわち、

$$D = l - l_k \quad \text{式 (4.3.3)}$$

$$B = 2\sqrt{l^2 - (l - D)^2} \quad \text{式 (4.3.4)}$$

で与えられる l および l_k は次節で設定する建物間・建物内の延焼速度によって計算される。一方で、式(4.3.3) および式(4.3.4) で得られた D および B は、以後の計算の簡略化のために、近似的に図-4.3.1のような矩形の同時延焼領域の辺長として扱われている。市街地係数 φ については次節で詳述する。

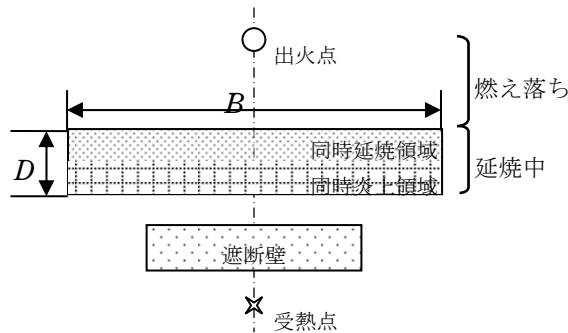


図-4.3.1 同時延焼奥行 D と火災前面長 B

また、輻射熱量 R は、

$$R = E \cdot \sqrt{\varphi} \cdot \sum_{i=0}^n (f_i(x) \cdot e_i \cdot \bar{\tau}_i) \quad \text{式 (4.3.5)}$$

ただし、 E は輻射検定面（炎面）からの輻射熱量で $44,000\text{Kcal/m}^2\text{h}$ 、 $f_i(x)$ は i 枚目の遮断壁の上部から見える輻射検定面の形状と遮断壁越しに見える輻射検定面の形状とを表す形態係数、 e_i は $f_i(x)$ に対応する輻射検定面の部分が持つ平均輝面率、 $\bar{\tau}_i$ は $f_i(x)$ に対応する i 枚の遮断壁の総合透過率である。

一方で、伊藤・鍵屋ら（2001）によれば、風速 2m/s 以上で建物間距離が 1.5m 以下の場合、樹幹部分を炎が燃え抜ける可能性があることが明らかになっていることから、火災域からの距離 X がこの条件に当てはまらない場合のみ延焼遮断判定を行うこととした。

(3) 延焼遮断における植生群の役割について

式 (4.3.1) ～式 (4.3.5) は種々の実験によって得られたものである。ここでは、植生分布の分析に応用するといった観点から、詳細については建設省総合技術開発プロジェクト（1982）に譲り、分析の対象となる植生群の延焼モデルでの役割について整理する。

植生群は、式 (4.3.5) の説明にある遮断壁として導入される。植生群の高さと幅とが形態係数 $f_i(x)$ と輝面率 e_i に反映されることに加えて、遮断壁としての総合透過率 ($\bar{\tau}_i$) が計算されることになる。透過される i 個の植生群の透過率をそれぞれ $\tau_1 \cdots \tau_i$ とすると、 $\bar{\tau}_i$ は次式のように表わされる。

$$\bar{\tau}_i = \prod_i \tau_i \quad \text{式 (4.3.6)}$$

個々の植生群の透過率 (τ_i) は,

$$\tau_i = K \left(1 - T_{\rho i} \cdot \sum_j (T_{\rho ij} \cdot T_{\varphi j}) \right)^{A_i} \quad \text{式 (4.3.7)}$$

で表される。ただし、 K は植生群内の樹木配列を考慮するための補正係数、 A_i は植生群内における樹木の仮の列数、 $T_{\rho i}$ は植生群の面積に占める樹冠面積の比率、 $T_{\rho ij}$ は植生群内に占める樹種 j の本数上の比率、 $T_{\varphi j}$ は樹種 j の遮蔽率である。

A_i は植生群の幅 (Gw_i) を平均樹冠幅 (Tw) で除することにより、以下のように算出している。

$$A_i = \frac{Gw_i}{Tw} \quad \text{式 (4.3.8)}$$

(4)延焼遮断判定と GIS 上のデータとの関係

式 (4.3.1) ~ 式 (4.3.8) で表された延焼遮断判定に関わる式内のパラメータと GIS 上に表現された建物・植生群との関係を図-4.3.2 に示す。建物間での延焼線上において、植生群との間でそれぞれのパラメータが計算され、延焼遮断判定を実施していくことになる。なお、炎の高さ H_0 と角度 θ は、同時延焼奥行 D と風速 U 、市街地係数 φ から計算される。

(5)延焼速度と延焼拡大方法

図-4.3.2 のような延焼が複数の建物間で拡大していくわけであるが、それには燃え移りの速度を設定する必要がある。ここでは、建物の内側と外側それぞれで速度を設定し、シミュレーションに適用する。建物内の延焼速度 (V_{in} : m/h) および建物間の延焼速度 (V_{out} : m/h) は、火災予防審議会・東京消防庁 (2001) の棟内延焼速度式一覧および木造防火造系建物の隣棟間延焼速度式一覧を参考とした。

図-4.3.3 には、延焼の拡大とそれに伴う植生群による延焼遮断判定のイメージを示した。建物内および建物間を最短時間で炎が広がるものとし、建物ポリゴンの重心点を基に生成した交点や頂点などで建物代表点を作成した上で、代表点間の最短経路を拡大することとした。建物間に植生群が存在する場合には、火災が植生群に到達するたびに延焼遮断判定を行うという方法と採用した。つまり、4.3 節(2)の計算が建物代表点ごとに計算される。な

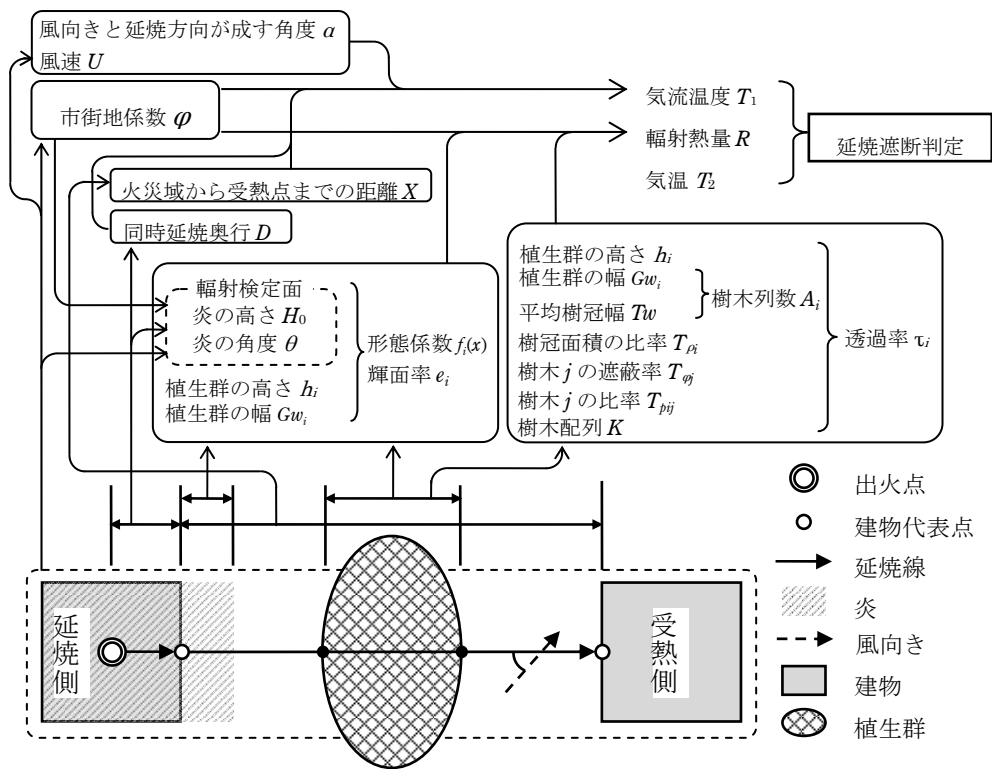


図-4.3.2 延焼遮断判定に関わるパラメータと GIS 上に表現された建物・植生との関係

お、大阪府建築都市部（2005）は、阪神・淡路大震災の事例を参考に延焼遮断帯として最低 16m の幅員の道路整備を打ち出していることから、建物間の距離 X が 16m 以上ある場合は燃え移らないように設定している。

4.4 避難経路の選定支援を目的とした延焼遮断機能の分析方法の提案

4.3 節までの延焼シミュレーションに基づき、植生群そのものがどの程度の延焼遮断機能を持つかについて、著者らは分析方法を開発してきた。その一方で、延焼遮断機能の分析

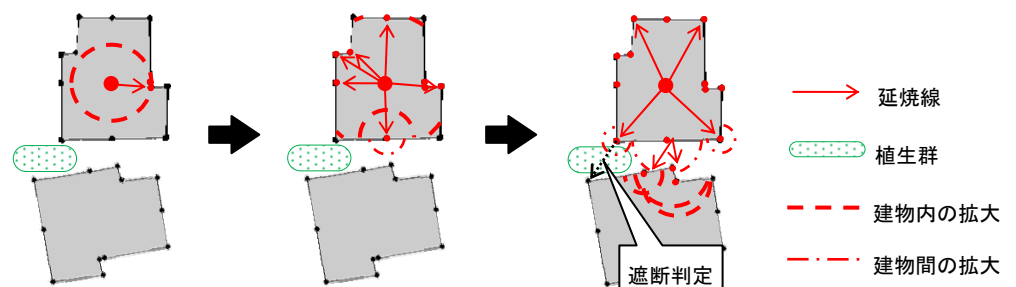


図-4.3.3 延焼の拡大と延焼遮断のイメージ

から得られた結果は、広域的な火災全般に対するものである。局所レベルの植生の延焼遮断機能には、避難経路や避難地の形成への寄与も期待されている。

そこで本研究では、避難経路の形成に関わる植生分布の延焼遮断機能に着目し、空間的な観点から図-4.4.1のような分析方法を開発した。分析方法は、4つのステップから構成されており、植生群と周辺街路との空間的な関連性を延焼経路の視点から明らかにし、避難経路選定の支援情報を抽出しようとするものである。特徴となるのは、注目する植生群1つに対して図-4.4.1の流れが1回実施されることにある。具体的には、注目する植生群がある場合と、仮想的に取り除いた場合を設定し、その2つのケースでの分析結果の差分値を植生群の延焼遮断の効果として扱うという点である。2点目の特徴は、延焼シミュレーションを実施する際に、火災の発生源（以降、出火点と呼ぶ）を特定せず、全ての建物を出火点としたシミュレーションを実施するという点にある。この特徴は、本手法が、ある特定の火災での延焼状態の忠実な再現ではなく、各建物からの出火確率を同じとした上で植生群の延焼遮断機能の効果を明らかにするところに重点を置いたものであることを表している。なお、厳密に出火確率を考えると集合住宅と一戸建て住宅ではその値が異なる。ここでは、植生群と建物の関係による街路上での特性を明らかにするため、建物単位での出火としている。

以下に、ステップごとの処理内容について詳述する。

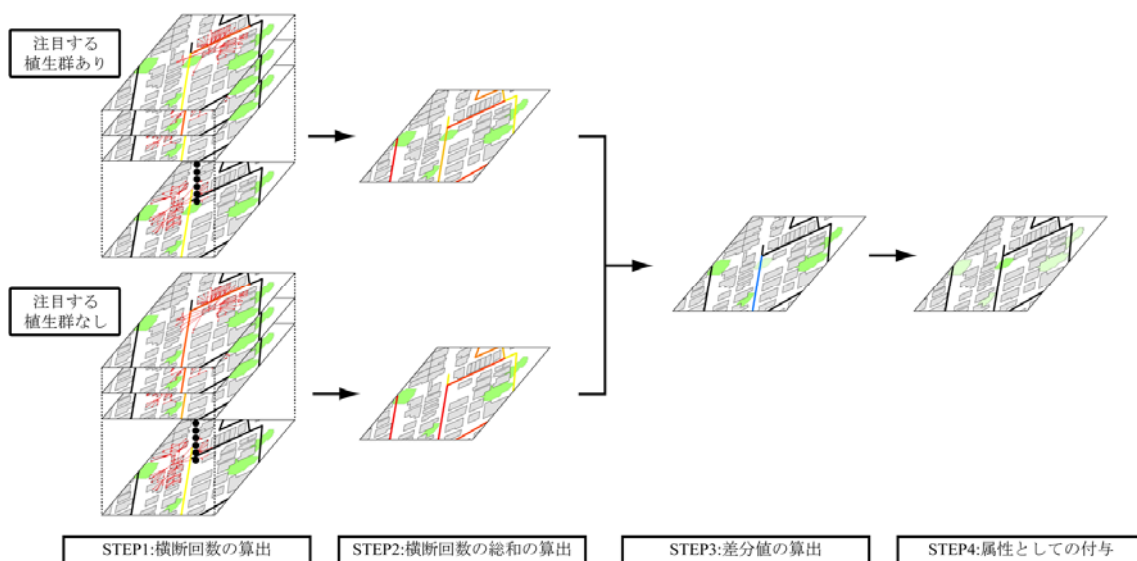


図-4.4.1 避難経路の選定支援を目的とした植生分布の延焼遮断機能の分析概念

(1)横断回数の算出 (STEP1)

まず、注目する植生群がある場合とない場合の双方において、ある建物を出火点とした延焼シミュレーションを実施する。図-4.4.2にはシミュレーション結果の一例を示した。シミュレーションによって、延焼線が確定し、延焼により着火した建物が確定するとともに、周辺街路での延焼線の横断回数が算出される。この処理を対象領域内全ての建物が出火点となる場合について実施する。

(2)総横断回数の計算 (STEP2)

STEP1で図-4.4.2のように得られた街路上での延焼線の横断回数が出火点の建物の数だけ得られる。1回のシミュレーション(1箇所の出火点)で横断した回数を属性として格納した上で、図-4.4.3のように出火点の異なるケースでの結果を総和し、あらたな街路の属性とする。

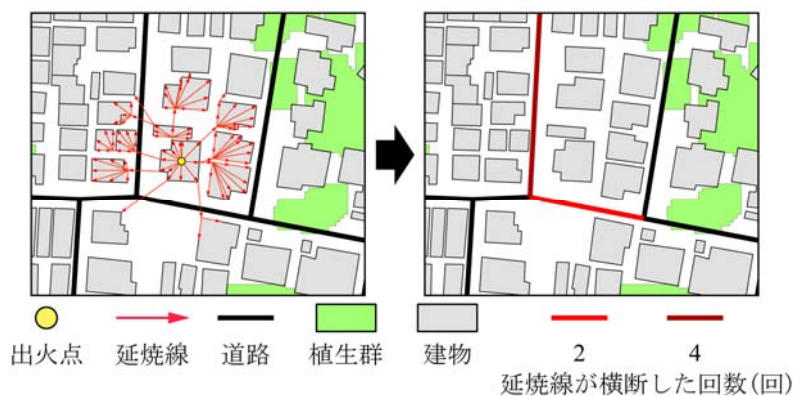


図-4.4.2 避難経路と周辺街路での横断回数

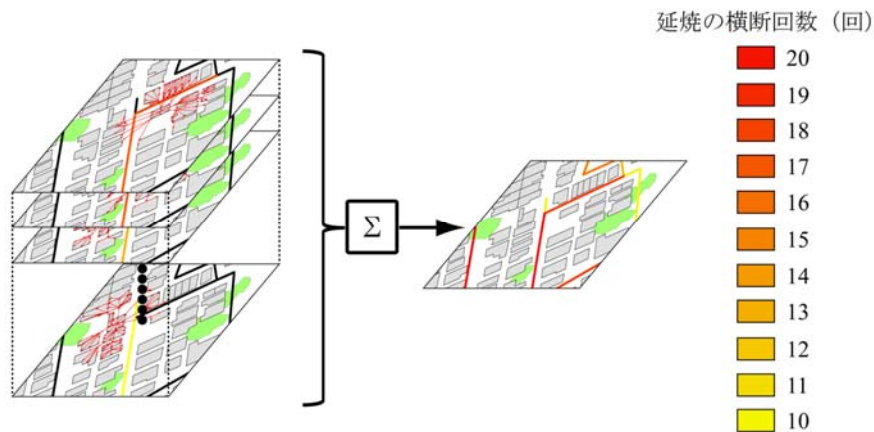


図-4.4.3 延焼線の横断回数の街路単位での総和

(3)差分値の計算 (STEP3)

注目する植生群あり・なしのそれぞれで得られた図-4.4.3 の横断回数の値の差分をとり、街路単位での違いを計算する。注目する植生群の周辺街路で、延焼線の横断回数の違いが差分値として表現されることになる。

(4) 属性としての付与(STEP4)

本手法の目的は、都市内での植生群の延焼遮断機能の効果を明らかにすることにある。そこで、図-4.4.4 のように STEP3 で得られた街路の単位での横断回数の差分値を合算し、これを注目する植生群の延焼遮断回数と定義した。

なお、植生群が n 個あるとき、開発した手法を適用すると、図-4.4.1 の分析手続き n 回実施することになる。それぞれの回ごとに個々の植生群のみに着目して、その植生群がある場合と、それが無い場合との2つを評価する。

4.5 分析結果と検証

(1)延焼シミュレーションの初期条件

開発した分析手法を対象領域・対象データに適用し、その結果を検証した。手法の適用にあたって延焼シミュレーションでは表-4.5.1 のようにパラメータを初期設定した。

開発した手法は特定の火災に対する延焼の再現を目的とするものではない。したがって、ある火災時の状況を表す気温 T_2 については平均的な気温 (20°C)、風速 U は大阪管区気象台の2006年の年平均風速 1.6m/s を参考に延焼モデルでの下限値となる 2.0m/s を設定した。延焼の方向と風向きが成す角度 α については、延焼が拡がりやすいという危険側の条件を採用し、 0° とした。

また、対象領域における樹木の配列、樹幹幅、樹種や建物の耐火構造については詳細なデ



図-4.4.4 植生群への属性 (横断回数) の付与

表-4.5.1 初期設定したパラメータ

パラメータ	値
気温 T_2	20°C
市街地係数 φ	0.6
風速 U	2m/s
延焼の方向と 風向きがなす角度 α	0°
樹木配列 K	1
平均樹冠幅 Tw	3m
樹種別比率 T_{pij}	1
平均建物間距離 L	5.21m
建物内延焼速度 V_{in}	42.8m/h
建物間延焼速度 V_{out}	28.9m/h

ータを持ち得なかったため、樹木配列を考慮するための補正係数 K については、危険側、つまり、輻射熱の最も透過しやすい配列状態とし、1.0 を採用した。平均樹幹幅については、対象領域内に多く分布している樹木（イチョウ）の幅を現地で測定した平均値を採用している。樹種については、式（4.3.7）の樹種別の樹幹比や樹木の遮蔽率にも影響を及ぼす。ここでは、イチョウのみが分布していると仮定して、建設省総合技術開発プロジェクト（1982）にまとめられた樹木モデルを参考に樹冠比 T_{pi} 、空隙率、枝下比を求め、遮蔽率 T_{qf} を計算し、表-4.5.1 のパラメータとともに透過率 τ_i を得ている。

なお、植生群の範囲については、人が連続したひとまとまりとして航空写真から判読した範囲を、一つの遮断壁を形成する独立した植生群と見なし、その単位で隣接した植生群の境界を形成するとしている。

建物については、対象領域内を全て木造防火造 2 階建てと仮定した上で、棟内延焼速度式一覧より V_{in} を選定した。平均建物間距離 L については建物代表点間で TIN を発生させ、16m 以下のラインの平均値とした。 V_{out} は木造防火造系建物の隣棟間延焼速度式一覧より着火側の構造が防火木造で、かつ、火元側が 2 階建の着火時間（ t : 分）を式（4.5.1）より算出し、式（4.5.2）によって求めた。

$$t = \{1.778 \times \exp(0.363 \times L)\} \times (0.048U + 0.822) \quad \text{式 (4.5.1)}$$

$$V_{out} = \frac{60L}{t} \quad \text{式 (4.5.2)}$$

厳密な延焼速度については、建物構造・倒壊の状態・階数などによって異なるとともに、延焼の拡大によって速度そのものが速くなる（火災予防審議会・東京消防庁，2001）。延焼速度の増加についてマクロの延焼速度で重み付けする方法もあるが（大和田・佐々木，2004），本手法では建物と植生群との空間的な配置関係からの分析に範囲を限定し，式(4.5.1)および式(4.5.2)を適用している。

市街地係数 ϕ は，同時延焼領域が全て木造建築物で隙間なく建てられている場合に 1 となる係数であり，ここでは対象領域の全面積に対する全建築物面積の比率（グロス建ぺい率）を与えている。道路を除いたネット建ぺい率を採用することも想定できるが，ここでは広域的な視点から，道路空間も植生群と建物の空間を形成する要因と捉え，グロス建ぺい率を採用している。

(2)分析結果と検証

a)延焼経路の街路横断状況

図-4.5.1には，全ての植生がある場合（現状）での各街路への延焼線の横断回数をヒストグラムで表したものである。全ての建物を着火点とした場合の結果であるが，平均値は 18.8 回，標準偏差は 22.2 回であった。最も街路の本数が多いのは 1 回以上 10 回未満である。ヒストグラムそのものの形状をみると，40 回以上 50 回未満のクラスで再びピークを迎えており，興味深い結果といえる。

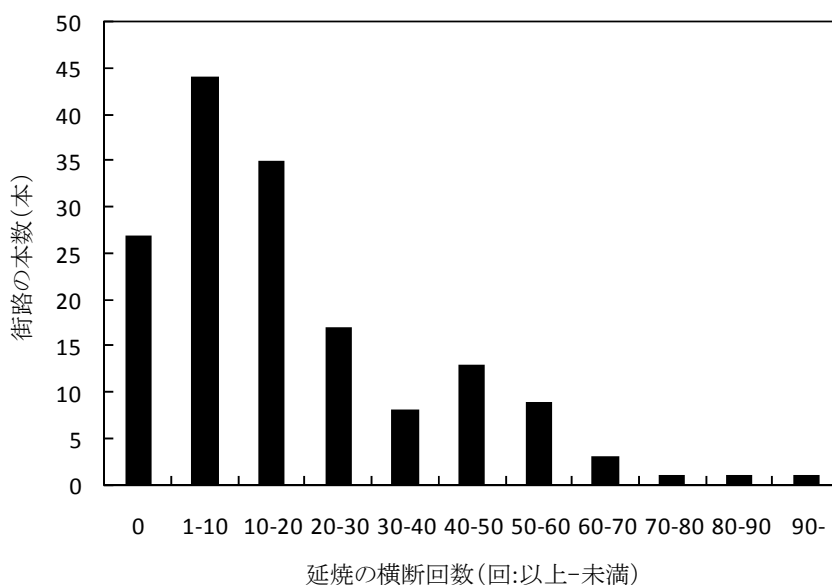


図-4.5.1 延焼の横断回数の分布

図-4.5.2には、延焼の横断回数を街路ごとに整理したものを示している。周囲の建物の配置と比較すると、必ずしも密集した箇所近傍の街路で横断回数が大きくなっているわけではないことがわかる。植生に分布についてみると、規模の大きな植生群の周辺では延焼の横断回数が小さくなっている傾向が見られるが、それ以外には植生群の位置などによってさまざまな値をとる結果となっている。

b)植生分布の延焼遮断効果

図-4.5.3では、開発した分析方法により得られた植生の延焼横断に対する遮断回数と横断回数そのものを街路ごとにプロットしたものである。横断回数と比較すると、植生群の遮断回数は、かなり小さい値となっていることがわかる。植生そのものが全ての延焼を遮断することが現実として難しいことを示唆した例ともいえる。

一方、図-4.5.3には3つの破線を示した。これらの破線は、その植生群による延焼遮断効果がなくなった場合に、街路内の通過する延焼線がどの程度大きくなるかを表したものである。例えば、「×2」は倍増することを示す。図をみると×2の破線より左にある街路は1ケースのみとなっているものの、「×1.25」より左にある分布を見れば、比較的多くの街路が該当していることがわかる。街路の多くでは1回から20回の延焼の横断があることを考

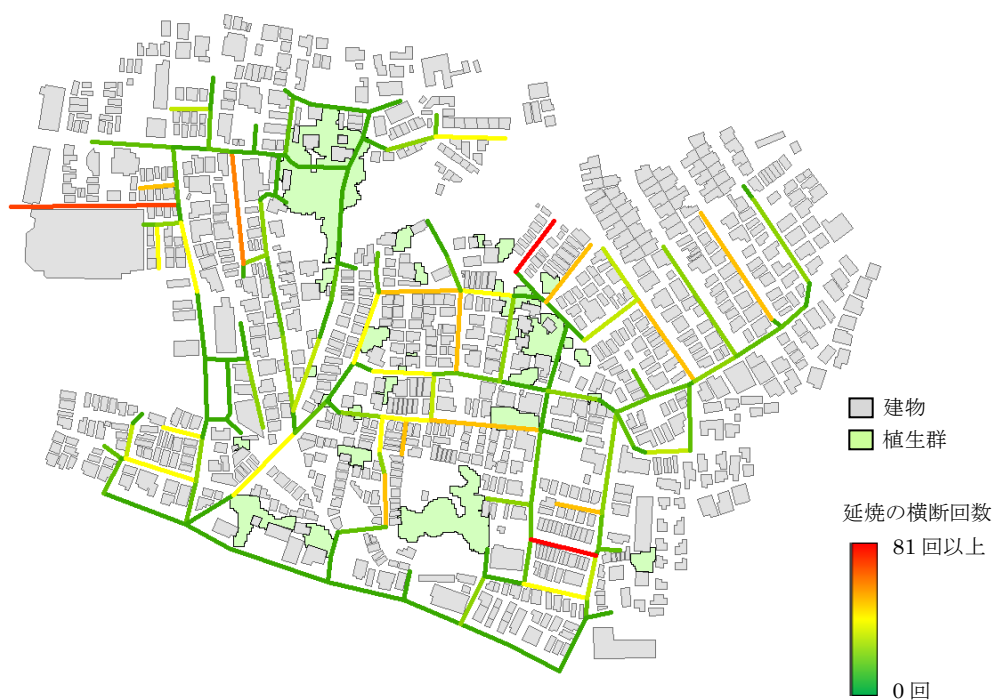


図-4.5.2 延焼の横断回数の空間的な分布

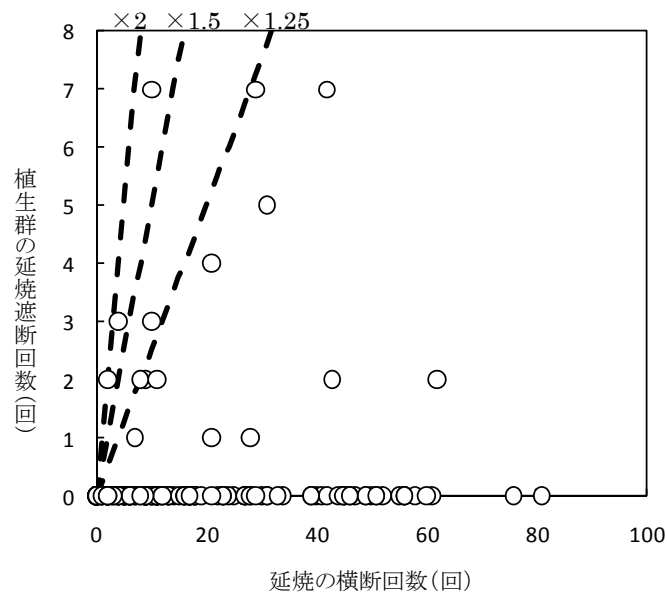


図-4.5.3 延焼の横断に対する植生群の遮断回数

えると、植生の延焼遮断回数は、割合としてその効果を見逃すことができないことがわかる。

図-4.5.4 は、植生群ごとに属性値として街路横断に対する延焼遮断回数を与え、まとめたものである。図中の北西部にある規模の大きな植生群では、高い延焼遮断回数が得られて

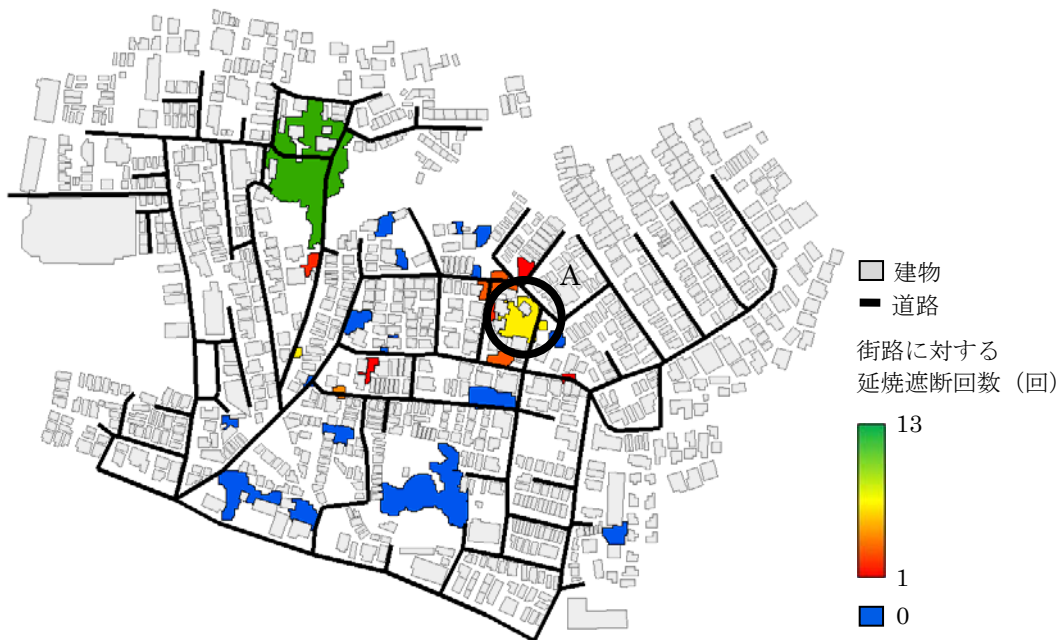


図-4.5.4 植生群ごとの街路横断に対する延焼遮断回数

いる。一方で，図中の A で示した○印内の植生群については，規模にもかかわらず比較的高い延焼遮断回数を示した。図-4.5.2 と比較すると，周囲の街路は低い延焼横断回数となっており，植生群の延焼遮断機能が効果的な役割をなしていることがわかる。

図-4.5.5 は，植生の規模による影響を除くため，延焼の横断する街路の長さで横断回数を除した上で，植生の属性情報として掲載したものである。対象領域北西部の規模の大きな植生群については，多くの街路において延焼遮断の役割を担っているだけでなく，単位街路長さあたりの遮断回数も高いことがわかる。

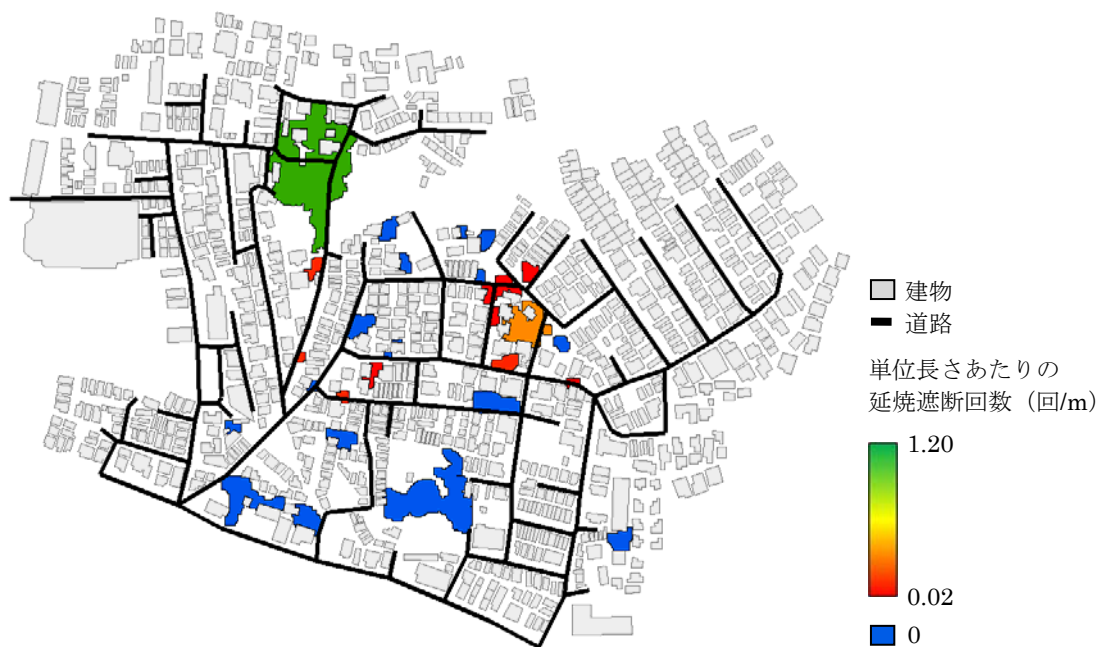


図-4.5.5 植生群ごとの街路横断に対する延焼遮断回数

5. 結論

5.1 研究の成果

本研究では、植生圏の空間的な役割に着目し、都府県レベル、市町村レベル、局所レベルといった3つのレベルから空間分析手法を開発してきた。それぞれについて研究の成果をまとめる。

(1)都府県レベルでのアプローチ

都府県レベルでは、植生分布の空間的連続性に着目したアプローチをとった。広域的な視点から植生分布を分析するアプローチであり、景観の保全や生態系に維持、ヒートアイランド現象の緩和などといったさまざまな効果の期待できる箇所が抽出されるものである。本研究では、これまでに開発してきた空間分析手法に観測時期の異なる複数の衛星データを導入し、その影響を分析するとともに、あらたな適用方法を提案した。

航空写真の判読から得られた樹林、草地、農地といった植生項目ごとの検証用データを基に調査したところ、従来までの分析手法では空間的な連続性を表すSSCや植生分布変移軸に観測季節の影響が反映されることが確認された。

本研究では、計画の策定への支援には、季節ごとに分析するアプローチと、四季を通じた分析アプローチの両面が必要であることの重要性を指摘し、ここでは複数の観測季節を通じた空間分析方法を開発した。開発法は、複数の観測時期を通じて、少なくとも植生分布の空間的連続性が維持されている箇所を抽出するアプローチであり、観測季節ごとの分析結果を有効に活用できるものである。開発手法の適用効果を確認したところ、4つの観測季節を通じて植生分布の連続性が維持される箇所が山岳部と郊外部、または、郊外部と都市部の間で抽出されていることが明らかになった。

(2)市町村レベルでのアプローチ

市町村レベルでのアプローチでは、植生単体での調査だけでなく、土地利用や種々の都市施設などとの関連性が議論されることに着目した。

本研究では、1997年の河川法の改正から注目されるようになった河川・水路に着目し、水と緑のネットワークを対象とした空間的な分析方法を開発した。開発方法は、空間的自己相関分析を水路のネットワーク空間に応用し、水路上での空間的な連続性を分析するも

のである。さらに、分析の対象として水路上の植生被覆率と正・負の SSC の層数を導入し、現存する植生の集積状態と植生分布全体での連続性の集積状態を水路ネットワーク上でクロスチェックする方法を提案した。開発方法の適用効果を検証したところ、正の SSC では、郊外部の水路沿いにおいて植生の集積があり、かつ、空間的な連続性にも寄与している箇所が抽出された。積極的に保全の対象とすべき水と緑のネットワークの候補といえる。また、負の SSC では、都市域における希少な植生が水路上に集積している箇所が抽出された。ここは、空間的な連続性についても核となりうる事が分析結果から得られており、細部にわたった計画の策定支援に有効な情報が抽出できることが示された。

(3)局所レベルでのアプローチ

最も身近なスケールである局所レベルにおいては、植生の延焼遮断機能に着目し、より具体的な適用分野として、避難経路の選定支援に向けた空間分析方法を開発した。災害発生時には、一次避難地、二次避難地へと避難が進められるが、避難経路はその際に重要な役割を成す。そこで、本研究では植生分布と、延焼の媒体となる建物、避難経路の候補となる街路との空間的な関連性から分析するアプローチを採用した。具体的には、注目する植生群がある場合と仮想的に取り除いた場合との両ケースについて、全ての建物を着火点とする延焼シミュレーションを実施し、各街路を横断する延焼線をカウントする。街路ごとにカウントされた横断回数を総和し、注目する植生群の有り・無しの差分を抽出することで植生群の延焼遮断機能を定義した。

開発した分析法を適用した結果、街路への延焼に対する植生の遮断効果は比較的小さいものの、街路の受ける延焼線の横断回数から比較すると、無視できない値であることが確認された。また、植生群ごとの分析では、植生群の規模が大きくなるにつれて周辺街路の本数が多くなり、延焼遮断効果の高くなるケースも散見されたが、建物と街路との位置関係によって延焼遮断の機能が効果を発揮しているケースも明らかになった。

(4)植生圏の空間分析システム

本研究では、3つのレベルでの分析方法を開発してきた。各々のアプローチは単独で成り立つものではない。それぞれのレベルとの関連性を図-5.1.1に示す。都府県レベルから局所レベルになるにつれて、植生圏の役割・機能は具体的になり、適用分野も多岐にわたってくる。例えば、本研究の内容で表現するのであれば、都府県レベルで抽出された植生分

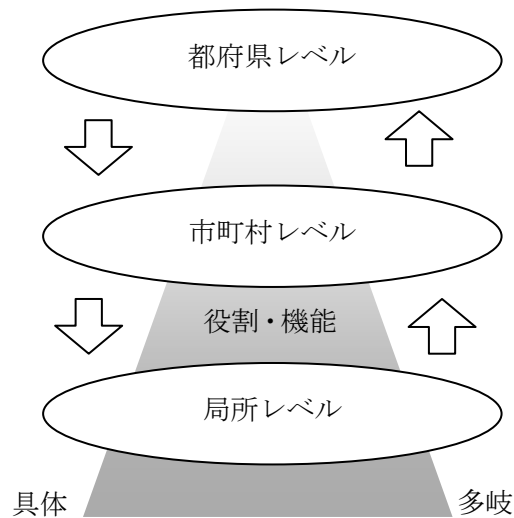


図-5.1.1. 植生圏の空間分析システムの概念

布変移軸については、市町村レベルで取り込み、さらに水路網や土地利用を考慮した分析を実施するべきであろう。実際に、淀川河川敷に抽出された植生分布変移軸は、市町村レベルでも正のSSCとして明確に位置づけられており、その周辺の水路網では水と緑のネットワークの核となるような位置づけになることが明らかになっていた。また、局所レベルになれば、詳細な分析も可能となり、小規模な植生の防災面での寄与を明らかにすることができる。ここでの問題点や課題は、市町村レベルにフィードバックされるべきであろう。今回であれば、避難地としての公園・領地の配置計画などが市町村レベルでの植生圏の空間分析として位置づけられるはずである。

5.2 今後の課題

今後の課題は以下のとおりである。

都府県レベルについては、衛星データの扱いに課題がある。具体的には、本研究で利用した Landsat ETM+データだけでなく、Terra ASTER データなどを活用することで、最新の状態で分析が可能となる。ただし、異種のデータを同時に採用するには観測センサの応答特性や、観測幅などについて入念な検討が必要となる。

市町村レベルでは、水路網そのものをネットワークとしてとらえた際に、位相の情報を反映していなかった。水路や河川には上流と下流があるがその上下関係を位相情報として分析に取り込めれば、さらに詳細な結果が得られる可能性がある。上流・下流間の連携の必要性はさまざまな視点から指摘されているところである。

その一方で、空間的な連続性を分析するアプローチそのものは、他の分野にも応用可能である。一例として挙げられるのは、ヒートアイランド現象に対する分析がある。ヒートアイランド現象の対策には、風の通り道を確保するアプローチがある。「風の道」の確保と呼ばれる対策であるが、風の道そのものが植生面や土壌面などの透水面で構成されていれば、冷却効果が高まるとされている。つまり、透水面が連続している箇所が分析できれば、ヒートアイランド現象の対策における現状把握が可能になるとともに、今後の土地利用政策へのシミュレーションなどにも応用できる可能性がある。

また、局所レベルでは、詳細な現地調査による検証が実施できなかった。具体的には、防災公園の防火樹林帯の評価方法に注目し、そこでの植生群の防火性能評価を応用する方法である。現地での計測結果を基に、数値としての比較が可能となることから、より詳細な検証が実施できるものと期待される。

参考文献

- Getis, A. and Ord, J.K. (1992) The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics, *Geographical Analysis*, **24**(3), 189-206.
- 石渡榮一・伊藤永一・岩河信文・川野勝・手代木純 (2005) 身近な公園の防火機能 (都市緑化技術開発機構 編), 続・防災公園技術ハンドブック, 環境コミュニケーションズ, 221-239.
- 伊藤重人・鍵屋浩司・長谷見雄二・三沢温・若松孝旺 (2001) 火災近傍における樹木の防災性に関する実験, 日本建築学会学術講演梗概集, 223-224.
- 伊藤泰志・武内和彦・井手任・加藤和弘・恒川篤史・齋藤馨 (1993) 緑地の持つ環境保全機能の評価と解析支援システムに関する研究, 造園雑誌, **56**(5), 319-324.
- 岩河信文 (1984) 『都市における樹木の防火機能に関する研究』, 建築研究報告.
- 環境省 (2001) 環境基本計画-環境の世紀への道しるべ-, ぎょうせい.
- 火災予防審議会・東京消防庁 (2001) 『地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策』.
- 狩谷達之, 鳥越昭彦, 笹倉久, 亀山章 (2001) 都市のエコロジカルネットワーク計画, ランドスケープ研究, **64**, 16-119.
- 建設省総合技術開発プロジェクト (1982) 都市防火対策手法の開発報告書.
- 熊谷樹一郎, 前田壮亮 (2008) 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, **64**(3), 237-247.
- 熊谷樹一郎, 何勇, 伊勢木祥男 (2009) 延焼遮断機能に着目した都市内植生分布の分析方法の開発, GIS-理論と応用, **17**(2), 45-56.
- 大阪府環境農林水産部 (2004) 平成 15 年度みどりの現況調査委託事業報告書, 大阪府.
- 大阪府建築都市部 (2005) 災害に強い都市づくりガイドライン改訂版. <<http://www.pref.osaka.jp/sokei/bousaiguide/guideline-top.html>>.
- 大和田学・佐々木寧 (2004) 小規模緑地延焼遮断効果のシミュレーション手法と検証, 「環境情報科学論文集」, 18, 165-170.

DEVELOPMENT OF SPATIAL ANALYSIS SYSTEM CONCERNED WITH VEGETATION DISTRIBUTIONS FOR THE PURPOSE OF SUPPORTING PRELIMINARY ASSESSMENT

Kumagai, K.
Setsunan University

Vegetation plays a key role in not only improving urban environments, but also conserving ecosystems. The spatial distribution of vegetation can be expected to make green corridors for landscape management, wind paths against heat island phenomena, etc. In this study, we developed spatial analysis method on three kinds of scale: a biome scale, a regional scale, and a local scale.

On a biome scale, we have developed a spatial analysis method of vegetation distributions using remotely sensed data. The method consists of a spatial autocorrelation analysis, an overlay analysis, and a hydrological analysis with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) adopted as the potential of the vegetation abundance. Application of the method leads to the extraction of the lines between the core areas and sparse areas of vegetation. We verified our method through applying a vegetation map digitized from aerial photographs. The map contained three vegetation types of land cover: grasslands, agricultural fields, and tree-covered areas. We applied four kinds of remotely sensed data, acquired in August 2000, December 2000, April 2001, and October 2001 as the biome-scale data, including the information on the seasonal fluctuations of the vegetation.

In a regional analysis, we applied network analysis to channel networks so that it was required to analyze the spatial relationship between vegetation distributions and channel networks in a master plan for parks and open spaces of municipal government. We discussed spatial features of vegetation distributions along the channel networks from both viewpoints of existence and spatial continuity of vegetation. It was shown that supporting information on the master plan seemed to be extracted through the comparison between the analysis results.

On a local scale, we developed the analysis method of vegetation distributions in terms of prevention of the fire spreading through applying a fire-spreading model. With the fire-spreading model, we analyzed the spatial relationship between vegetation distributions, buildings, and road networks in the two cases: one meant ordinary situation, the other meant current vegetation distribution was removed hypothetically. The difference between the counts of fire extending over the roads in the two cases was defined as the vegetation role in preventing the fire spreading. As a result, it was shown that the differences might be the spatial information that could be useful for the estimation of the vegetation role in terms of prevention of the fire spreading.

KEYWORDS: *spatial analysis, network analysis, vegetation distributions.*

研 究 成 果 の 要 約

助成番号	助 成 研 究 名	研 究 者 ・ 所 属
第2009-6号	事前評価支援を目的とした 植生圏に関する空間的分析システムの構築	熊谷樹一郎・摂南大学
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>1. はじめに</p> <p>持続的な開発を前提とした社会資本の整備が望まれるようになって久しい。少子高齢化社会に向けた社会資本の整備においては、環境に与えるインパクトをより慎重に分析する必要性が益々高まってくる。したがって、多様な尺度で現況を調査し、分析する姿勢が問われることになるが、広域レベルの調査・分析では費用と労力の問題が生じるとともに、局所レベルでのものとの連携が図られておらず、現実には適した分析方法が存在していなかった。</p> <p>環境を構成する要素として、植生の担う役割は大きい。植生は、生態系を維持する自然環境の一部を成す役割に加えて、環境保全、防災、景観などの面で重要な機能を有している。従来までの施策を見ると、植生の量的な確保に主眼がおかれる傾向にあったが、最近では質的・配置的な問題も注目されるようになってきている。特に配置的な問題として取り上げられる植生分布の空間的な連続性については、自然豊かな領域、都市化の進んだ領域、それらを結びつける領域での役割を明確にした上で、スケールごとに現況を把握していくことの重要性も指摘されている。</p> <p>そこで本研究では、環境影響評価や景観分析、防災対策などで対象となる植生圏を取り上げ、地理空間情報を採用したマルチスケールでの空間的分析システムの構築を試みた。具体的には、都府県レベル、市町村レベル、局所レベルに区分した上で、植生圏の役割を調査・整理し、空間的分析方法を開発した。</p> <p>2. 研究の内容</p> <p>2.1 都府県レベルの空間分析</p> <p>これまでに著者らが開発してきた植生分布の分析方法を採り上げ、植生の季節変化の影響を調査した。開発手法では、衛星データから得られたNDVIを植生被覆量の代替データとして適用し、植生分布の連続性の高低を表すSSCと、郊外部と都市部をつなぐ植生の連続箇所</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>を示す植生分布変移軸を作成・抽出できる。</p> <p>本研究では、4つの観測季節のNDVIを適用した。その結果、季節間での結果に差異が生じることが確認された。そこで、計画の策定支援には観測季節ごとの分析と、四季を通じた分析との両面が必要であることを指摘し、ここでは複数の観測季節を通じて少なくとも植生分布の空間的連続性が維持される箇所の抽出法を新たに開発した。</p> <p>2.2 市町村レベルの空間分析</p> <p>市町村レベルでは、植生単体での調査に加えて、土地利用や都市施設などとの関連性が議論されることに着目し、河川・水路を対象にネットワーク空間分析を応用した空間分析方法を開発した。空間的自己相関分析をネットワーク空間に応用するとともに、植生被覆率とSSCの層数とを併用することによって、現存する植生の集積状態と、植生分布全体での連続性の集積状態を分析するものである。分析法の適用の結果、郊外部で水路上に植生が集積し、空間的連続性に寄与する箇所や、植生の希薄な都市部の水路上で連続性の核となる植生分布が抽出できることが示唆された。</p> <p>2.3 局所レベルの空間分析</p> <p>局所レベルでは、植生の延焼遮断機能に着目し、避難経路の選定支援情報の抽出を試みた。これまでに開発してきた分析方法を応用し、植生群と延焼の媒体となる建物、避難経路の候補となる周辺街路との空間的な配置関係から植生群の延焼遮断効果を分析するものである。分析方法の適用により、周辺街路の単位長さあたりでの延焼遮断効果が明らかとなり、植生群の寄与の具合が数値化できることが確認された。</p> <p>3. おわりに</p> <p>植生分布の空間的な配置の問題を複数のレベルで分析する方法を開発した。分析より得られた植生の役割・機能はレベル間で相互に関連されることによって、計画立案や政策へのより高度な指針となるものと考えている。</p> </div> </div>		