

氏名（本籍）	<small>うえまつ</small> 植松 <small>ひとし</small> 恒（京都府）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	工博甲第9号
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当者
学位授与の年月日	平成28年9月30日
学位論文題目	広域的な観点からの透水面分布の空間特性に関する分析 手法の開発と応用
論文審査委員	（主査）教授 熊谷 樹一郎 教授 森山 正和 教授 諏訪 晴彦

論文の内容の要旨

わが国では少子高齢化社会を迎えつつあるなかで、施設や住居等がまとまって立地し、公共交通によって施設等にアクセスできる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講じられてきている。その一方で、少子高齢化やコンパクトシティへの移行により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、議論の余地は多い。近年では自然環境が有する機能を利用し、社会基盤として活用するグリーンインフラストラクチャー（以降、グリーンインフラと呼ぶ）の考え方が注目されている。今後、増加が予想されるオープンスペースをグリーンインフラとして戦略的に活用する必要がある。

グリーンインフラとしての活用が要請されている対象の 1 つにヒートアイランド現象がある。オープンスペースのなかでも緑地などの自然的な土地被覆面である透水面は蒸発散機能や放射冷却機能を有しており、市街地に比べて気温を低く保つとともに、透水面が分布する地域の周辺にまで気温の低減効果をもたらすことが知られている。これら透水面の有する機能の活用がヒートアイランド対策に期待されているものの、現状の都市の過密状態では透水面を面的、かつ、十分な面積で確保することは難しい。一方、透水面が空間的に連なることで気温の低減効果が高まるなど、空間的な分布状態によっては透水面の機能が効果的にもたらされると指摘されている。

一般に、透水面分布の空間的な連なりは、都道府県広域緑地計画などでの「みどりの将来像図」において緑のネットワークとして取り決められている。その一方で、緑のネットワークは道路や河川といった都市施設に沿うように指定されることが多く、必ずしも透水面分布そのものが反映されたものではない。都市全体の透水面の分布状態から空間的な連なりを抽出する分析手法の開発が望まれてきており、これまでも地理データや航空写真、地球観測衛星データ（以降、衛星データと呼ぶ）を基に透水面分布の空間分布を分析した試みはある。しかし、現在においても分析手法の確立には至っておらず、分析結果を実際の都市政策に活用する試みもこれまでほとんどみられない。

そこで、本研究では、透水面分布の空間的な連なりを広域から抽出する新たな分析手法を開発するとともに、得られる結果が今後の都市整備計画策定への支援情報として有用であることを示した。具体的には以下の 4 点について検討した。

1) 衛星データを用いた透水面分布の空間的な連なりの広域分析手法の開発：本研究では、散在する透水面の分布のなかで、空間的に連なる箇所を線状に抽出する分析アプローチを提案する。線状に抽出することで、これまでは定義の難しかった透水面分布の空間的な連なりの位置を客観的に特定することが可能となるとともに、連なりの方向性も表現できるものとなる。さらに、衛星データの導入に適応した分析アプローチによって透水面分布の空間的な連なりの広域的、かつ、自動的な抽出を実現した。

2) 気象観測データを用いた抽出結果の特性の把握：広域での透水面の分布状態がヒートアイランド現象に及ぼす影響はヒートアイランド対策を議論する上で注目される点であるものの、具体的な検証には至っていなかった。本研究では、開発した広域分析手法から得た透水面分布の空間的な連なりがヒートアイランド現象を緩和させる効果を示すことについて、夜間に観測された気温データを用いて実証した。

3) 透水面分布の規模に応じた広域分析の検討：周辺地域への冷却効果が低いとされる小規模な透水面であっても空間的に連なるように配置させることで、冷却効果は高まると指摘されている。一方、どの程度の規模以上の透水面分布が空間的に連なれば冷却効果が得られるのかについて明らかにされたことはなかった。本研究では、精緻な土地被覆データを基に、開発した広域分析手法を応用し、透水面の規模に応じた空間的な連なりを抽出した。夜間観測された気温データを用いた検証を通じて、空間的な連なりの面から透水面分布の規模と冷却効果の関係を広域的な観点から明らかにした。

4) 衛星データを用いた植生分布の空間的な連なりの変遷の分析：透水面分布の配置計画の策定には、長期間にわたるモニタリング結果から透水面分布の変遷を把握するとともに、都市の成長との関係を明らかにした上で計画に反映させていく過程が必要である。一方で、緑のネットワークなどに代表されるように空間分布の特性に着目する重要性は言及されているものの、その変遷を定量的に分析した例はほとんどみられない。本研究では、透水面分布のなかでも特に開発等の影響を受けやすく長期的なモニタリングが求められる植生分布を取り上げ、観測時期の異なる衛星データから得た NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を基に、植生分布の集積状態と空間的な連なりの観点からその変遷の特性を抽出した。

本論文は 6 章で構成される。第 1 章は序論、第 6 章は結論である。以下に第 2 章～第 5 章の概要を記す。

第 2 章では、透水面分布の分析や透水面分布の空間的な連なりの抽出手法に関するこれまでの研究を整理した上で、本研究の範囲と特徴を示した。

第 3 章では、広域分析手法の開発について述べた。本章および第 5 章では 2000 年 8 月 25 日観測の Landsat ETM+ データを採用した。衛星データを混合スペクトル分析に適用し、衛星データの 1 画素に占める透水面の占有率を衛星透水面率と定義・算出した。検証領域での目視判読結果との比較を通じて、衛星透水面率が十分な推定精度を有していることを確認した。本研究で提案する空間分析手法はローカルな空間的自己相関分析である G 統計量を応用している。具体的には、衛星透水面率を基に距離パラメータ d を変化させながら、G 統計量を算出し、「負の空間的自己相関あり」と判別された結果を距離パラメータ d ごとに層状に重ね合わせることで負の SSC (Spatial Scale of Clumping) を作成する。負の SSC の谷部分は、衛星透水面率の高い画素が分布している可能性の高い領域が、衛星透水面率の低い領域の近傍に迫るように分布する箇所であり、結果として層数の高い領域に向けて透水面分布が連なって分布する傾向にある箇所と見なせる。そこで、水系網解析を応用することで、負の SSC の谷線を抽出し、

透水面分布の連続箇所と設定した。さらに本研究では、ヒートアイランド現象の核となる都市中心部から冷却効果が期待される郊外部や海域まで連なる透水面分布の連続箇所を透水面軸と定義し、負の SSC の最上層から最下層まで連なるものを選定した。透水面軸の抽出手法の妥当性については、透水面軸の周辺の土地被覆状態を比較することで検証した。透水面軸の周辺では透水面分布が空間的に連なることによって、透水面の割合が高くなる傾向を示した。一方、観測条件と気象条件を整理した上で選定した気温データとの比較では、透水面軸の近傍において周辺地域への冷却効果を示唆する結果を得た。

第 4 章では、透水面分布の規模に応じた広域分析を検討した。本研究では、精緻な土地被覆データである「みどりの分布図」を基に仮想的に小規模な透水面を段階的に省いた上で、開発した広域分析手法を応用し、透水面分布の規模に応じた透水面軸を抽出した。透水面の規模の基準（下限値）を大きくするにつれて、大阪湾や淀川、山岳部などの大規模な透水面を始点とする透水面軸に限定される傾向が示された。透水面軸の周辺の土地被覆状態の比較から、各透水面軸が透水面率の高い画素が集積した部分を空間的に捉えている傾向を確認した。透水面分布の規模ごとに抽出した透水面軸と気温との関連性の検証を通じて、規模の下限値を 9ha とした場合の透水面軸において周辺地域との有意な気温差が現れていることを明らかにした。さらに、透水面軸周辺の透水面の面積規模と構成比について透水面軸ごとに整理した。その結果、透水面軸の周辺地域への有意な気温差は、透水面軸を構成している透水面の規模の構成比が変化したことにより生じたことを示唆する結果を得た。

第 5 章では、植生分布の空間的な集積状態とその変遷を分析した。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 データから得た NDVI を基に、植生分布の空間的な集積の度合いを表す SSC を作成した。SSC を基に水系網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を植生分布変移軸として定義・抽出した。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結果、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。

本研究では、開発した広域分析手法から得られる透水面軸がヒートアイランド対策策定の基礎資料として有用であることを明らかにした。特に大阪府では、9ha 以上の透水面の分布から構成される透水面軸を基に、その連なりが保全され、かつ、新たに生成されるように透水面が配置されることでヒートアイランド対策の効果が高まる可能性がある。また、透水面の配置計画には連なりを構成する透水面分布の個々の規模だけではなく、その構成比についても考慮する必要性を示した。さらに、開発した分析手法は、都市構造の変化を植生分布の空間的な連なりの面から把握できることを述べた。以上のように、本研究はこれまで定義の難しかった空間的な連なりを有する透水面分布について、広域な観点から分析・抽出する手法を開発するとともに、その特性を明らかにできたと結論付けている。