

夏季および冬季に観測された夜間気温と透水面の分布状態との比較

岩田健太郎・植松恒・熊谷樹一郎

Comparison between pervious surface distributions and nighttime air temperatures observed in summer and winter

Kentaro IWATA, Hitoshi UEMATSU and Kiichiro KUMAGAI

Abstract: In this study, we analyze the relationship between the spatial continuity of pervious surface distributions and the nighttime air temperatures observed in summer and winter. We calculate pervious surface ratio based on the mixture pixel analysis of remotely sensed data. The spatial continuity of the pervious surface distributions is detected through the application of the spatial analysis we developed. We observed the air temperatures at 48 observation sites in the study area. We analyze the relationship between the air temperature dropping phenomenon and the spatial feature of the pervious surface distributions using the nighttime air temperature data observed in summer and winter, respectively.

Keywords: 現地計測 (field measurement), 夜間気温 (nighttime air temperatures)
透水面分布 (pervious surface distributions), 空間的自己相関 (spatial autocorrelation)

1. はじめに

ヒートアイランド現象の緩和策として都市内に残された緑地などの透水面の活用が期待されている（環境省, 2013）。透水面は蒸発散機能を有しており、透水面から 250m 程度の範囲内に位置する周辺市街地では、冷気のにじみ出しによる影響を受けるとの報告がある(成田ほか, 2004)。個々の透水面が空間的に連なれば周辺地域の気温をより低減させるとの指摘もある。これまで我々は、地球観測衛星データ（以降、衛星データ）から透水面の分布状態を把握し、空間的自己相関分析に適用することで、透水面分布が空間的に連なる箇所を透水面軸として抽出してきた（熊谷ほか, 2012）。さらに、気象観測データを用いた検証結果

から、夏季の静穏な夜間において透水面軸の周辺で気温の低減効果を示唆する結果を得ている。その一方で、ヒートアイランド現象の実態把握には、高密度での気象観測が必要となる。例えば、高密度に観測された気温データを使用することで、透水面軸の詳細な分析が可能になると期待できる。また、冬季においても都市の高温化が生態系に悪影響を及ぼすと指摘される一方で、冬季は夏季に比べると日射による蓄熱量が少ないため、放射冷却などの効果が顕著に表れ、周辺市街地の気温の低減を期待できる。しかし、冬季の都市部を対象としたヒートアイランド対策に関する研究事例はそれほど多くない。そこで、本研究では、衛星データから算出した衛星透水面率の推定結果を空間的自己相関分析へ適用し、透水面分布が空間的に連なる箇所を透水面軸として抽出した。さらに、夏季と冬季においてデータロガー付温湿度計を用いた高密度な現地計測を実施し、得られた気

熊谷：〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17-8

摂南大学 理工学部 都市環境工学科

TEL & FAX : 072-839-9122

E-mail : kumagai@civ.setsunan.ac.jp

温データを用いて透水面軸が有する気温の低減効果について詳細に分析するとともに、夏季と冬季との透水面軸の効果について比較・分析した。

2. 対象領域と対象データの選定

2.1 対象領域

対象領域は京都市の都市部（約15km×約20km）とした。京都市は三方を山に囲まれた盆地に都市が形成され、ヒートアイランド現象が顕著に現れる都市の1つである。都市部には京都御所や吉田山などの大規模な透水面が混在する。

2.2 対象データ

対象データとして2013年7月20日に観測されたLandsat-8 OLIデータ（空間分解能：30m×30m）を使用した。Landsat-8 OLIデータには京都市の都市部を含む約185km四方が1シーンとして同時に観測されており、広域分析に適している。

3. 透水面の分布状態の把握

3.1 衛星データを用いた透水面率の推定

本研究では、衛星データから地表面の被覆状態を分類する混合スペクトル分析の考え方を基に、1画素における透水面の面積占有率を衛星透水面率として定義・算出した。衛星透水面率の推定精度については、高解像度の衛星データ（空間分解能：1m×1m）を目視判読して作成した検証用の透水面率と衛星透水面率とを比較し、妥当な精度を有していることを確認している。

3.2 SSCの作成と透水面軸の抽出

算出した衛星透水面率に空間的自己相関分析を応用することでSSC（Spatial Scale of Clumping）を作成した（熊谷・前田、2008）。ここでは、距離パラメータ d を30m間隔で減少させながら空間的自己相関分析を実施する。図-1の①のように衛星透水面率の低い値の画素が広い範囲で集まっているような地点では、最大から最小の距離パラメータで「負の空間的自己相関あり」と判別され、仮想レイヤーが積み上げられる。その一方で、図-1の②

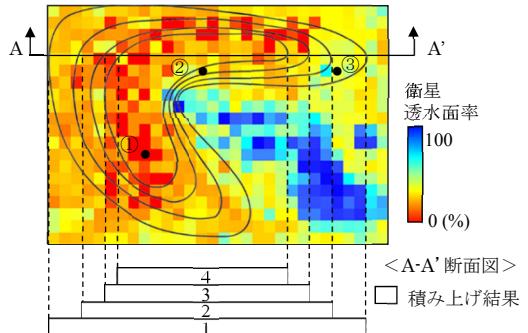


図-1 SSCの作成概念

のように衛星透水面率の低い値の画素と高い値の画素が混在している地点や、図-1の③のように衛星透水面率の高い値の画素が比較的集まっている地点では、距離パラメータを減少させていく中で「負の空間的自己相関あり」と判別されなくなり、仮想レイヤーの積み上げが終了する。図-1のように画素ごとに積み上げられた仮想レイヤーで同じ層数のものを結ぶと、地形データのように見なすことができる。これをSSCと定義している。図-2のSSCの作成結果では、層数が高い箇所を示す赤色の領域は、透水面の占有率が少ない都市部を中心に分布している。一方で、SSCの層数が低い箇所を示す領域は、透水面が空間的に散在して分布しており、作成したSSCの谷部分では、透水面が分布している可能性の高い箇所が、透水面の少ない領域の近傍に迫るよう分布している。そこで、本研究では水系網解析を用いることでSSCの谷部分を谷線として抽出した。さらに抽出した谷線の中からSSCの最上層から最下層まで連なる谷線を透水面軸として定義・抽出した。図-2に透水面軸の抽出結果を示す。なお、算出した衛星透水面率を用いて透水面軸近傍と遠方との土地被覆状態を比較した結果、透水面軸近傍では遠方と比べて衛星透水面率の割合が高くなる傾向にあることを統計的に確認している。

4. 高密度な気温の現地計測の実施

4.1 観測地点の選定

都市部における気温の分布状況を把握するには高密度な気象観測を実施することが望まれて

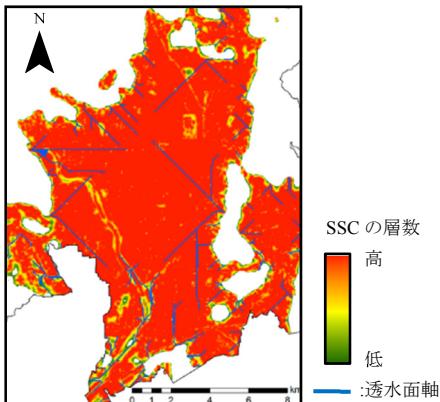
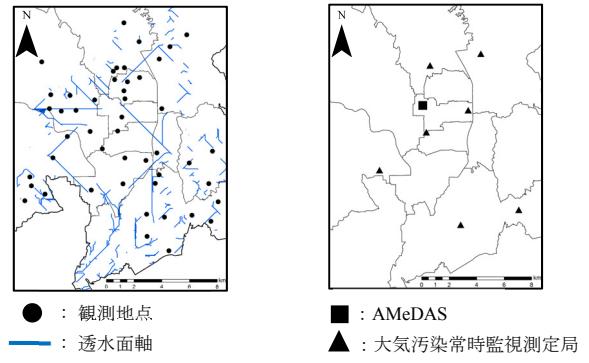


図-2 SSC と透水面軸の算出結果

いる。本研究では、データロガー付温湿度計 (TR-72wf ((株) ティアンドディ)) を対象領域内に位置する小学校の百葉箱内に設置し、気温の現地計測を実施することとした。現地計測を実施するにあたり、事前に百葉箱本体の状態や周辺の地表面被覆状態、測定装置の計測に影響を与える人工排熱発生源などの障害物を調査した上で、データロガー付温湿度計を設置する48校を選定している。図-3 (a) にデータロガー付温湿度計を設置した観測地点を示す。現地計測は、夏季が2015年7月下旬から2015年9月下旬にかけて、冬季が2015年12月中旬から2016年3月上旬にかけて温度と湿度を10分間隔で実施した。

4.2 気温データの整備

本研究では、放射冷却が生じやすい気象条件下で気温データとの関連性を検証するため、現地計測の結果から、夏季では2015年8月、冬季では2016年1月と2月に観測された典型的な晴天日に該当する夜間の気温データを抽出した。具体的には、AMeDASで観測された気象データから夏季と冬季の降水量が1mm未満かつ日照時間が夏季では8時間以上、冬季では6時間以上に該当する日を典型的な晴天日として選定した。この選定条件を満たす日数として夏季は11日間、冬季は24日間抽出した。さらに、図-3 (b) に位置するAMeDASと大気汚染常時監視測定期で観測された風速データを用いて、風速の平均値が2.0m/s以下となる静穏な時間帯を選定した。その結果、晴



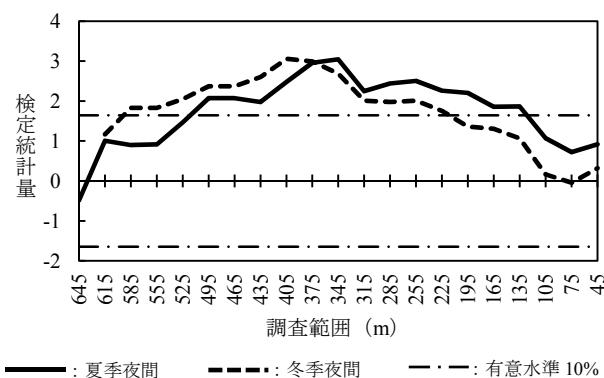
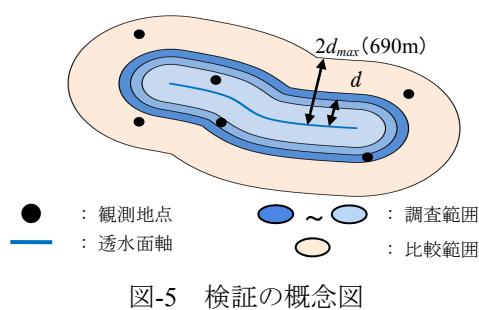
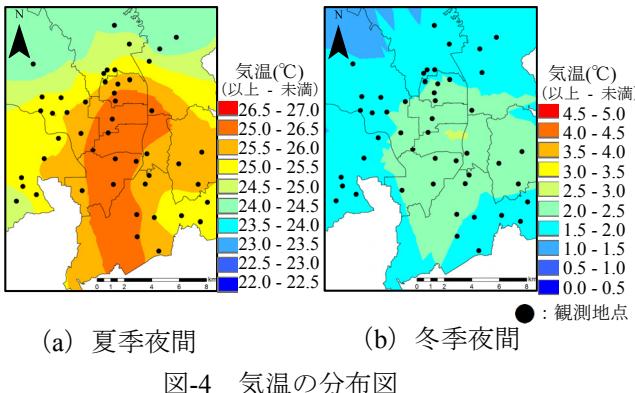
(a) 気温の観測地点 (b) 風速の観測地点

図-3 気温および風速の観測地点

天日の翌4時に観測された気温データを透水面軸の検証に用いることとした。図-4 (a) は2015年8月、図-4 (b) は2016年1月と2月の晴天日に観測された平均気温を面的に内挿処理した分布図である。夏季の結果と冬季の結果ともに郊外部と比べて都市中心部に位置する観測地点の気温が約2°C高い値を示すなど京都市の都市部を中心にヒートアイランド現象が発生している状態を高密度に観測することができた。

5. 夜間気温と透水面軸との関連性の検証

図-3 (a) のように抽出された透水面軸と現地計測から得た晴天日の気温データを用いて、透水面軸が有する気温の低減効果について検証した。検証の概念図を図-5に示す。検証には平均の差の検定を用いており、透水面軸から調査範囲を645m～45mまで距離パラメータ d を30m間隔で変化させ、各調査範囲内に含まれる観測地点と、透水面軸からの距離が $d \sim 2d_{max}$ の比較範囲に位置する観測地点との気温の平均値を統計的に比較した。図-5の d はSSCを作成する際に設定した距離パラメータを基にしている。図-6に夏季と冬季の夜間における気温の検証結果を示す。横軸に調査範囲、縦軸に検定統計量を表し、検定統計量の値が正の側に振れると、比較範囲よりも調査範囲で平均気温が低くなることを意味する。ほぼすべての調査範囲で検定統計量が正側に振れ、夏季は透水面軸から495m～135mまでの調査範囲で、冬



季は透水面軸から 585m~225m の調査範囲で正の側の有意水準 10% (1.645) を満たす結果を示しており、透水面軸周辺で気温の低減効果が示唆された。一方で、調査範囲が 345m 以内の軸近傍地域においては、範囲を狭めるにつれて、検定統計量が増加するといった傾向は見られなかった。これは、調査範囲を 345m 以内に狭めると、調査範囲から比較範囲へ位置区分の変化する観測地点がより多くなることに原因があると考えられる。以上の結果から、夏季と冬季ともに、透水面軸から 300m~400m 程度の範囲において、透水面分布の連なりが有する気温の低減効果に寄与する結果が得られた。

6. おわりに

衛星データから算出した衛星透水面率に空間的自己相関分析を応用し、透水面分布が空間的に連なる箇所を抽出した。さらに夏季と冬季にデータロガー付温湿度計を用いて気温の現地計測を実施し、その結果から透水面軸が有する気温の低減効果について平均の差の検定を実施した。結果として、夏季と冬季ともに、静穏な夜間において透水面軸の近傍で気温が低くなることが確認され、特に、調査範囲 345m 前後での範囲内において、透水面軸の気温の低減効果が最も大きくなる可能性が示唆された。今後の展開として、夏季と冬季とが同様な傾向であったことから、観測地点の標高や天空率、周辺の透水面の分布状態などから、観測地点と気温との関連性について詳細な分析を実施することを考えている。

謝辞

京都市環境政策局環境指導課より大気汚染常時監視測定期の測定データファイルをいただきました。気温の現地計測を実施するにあたり、京都市内の小学校 48 校の先生方にご協力の上、データロガー付温湿度計を百葉箱内に設置させていただきました。記して感謝いたします。

参考文献

- 環境省 (2013) ヒートアイランド対策大綱, 21.
- 成田健一, 三上岳彦, 菅原広史, 本條毅, 木村圭司, 桑田直也 (2004) 新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象, 地理学評論, 77, 6, 403-420.
- 熊谷樹一郎, 植松恒, 中島善彰 (2012) 広域的な観点からの透水面分布の分布状態と夜間気温との関連性の検証, GIS-理論と応用, 20, 2, 47-57.
- 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.