

## 外濠周辺から武蔵野地域にかけての熱環境評価

法政大学大学院 学生会員 ○東中 昌也  
法政大学大学院 正会員 宮下 清栄

### 1.研究背景・目的

東京などの大都市では、急速な都市化の進展により地球温暖化の数倍のスピードで気温上昇が進行している。こうした高温化は頻繁な集中豪雨の発生、熱帯夜の増加、冬日の減少を引き起こす。また、人工排熱の増加により気温上昇を招く悪循環を形成しており、都市の熱環境の改善が急務の課題となっている。そこで本研究では、サーマルカメラを用いて外濠周辺における温熱環境を可視化し、緑地および水域が熱環境に与える効果を定量的に把握する。東京都における土地利用現況やみどり率データ等を用いて地表面被覆が地表面温度に及ぼす影響について分析を行う。ヒートアイランド形成要因の空間的な影響度の変動を考慮するため、空間的地理加重回帰モデルの適用を試みる。

### 2.研究方法

赤外線カメラによる熱画像の観測を行った。都市部における貴重な自然空間として外濠を選定し、赤外線カメラを用いて緑地および水辺の表面温度を観測することで、構成要素別表面温度の時間変化を把握した。

次に、より広い範囲での地表面被覆と地表面温度の関係性を把握するため、東京都の人工衛星画像より得られた土地被覆分類を用いて、熱衛星画像より得られた熱赤外放射輝度との関係性を分析した。衛星熱画像のデジタル値から得られる温度情報は輝度温度と呼ばれ、地表面の熱放射を高解像度で面的にとらえている。本研究では、空間分解能 90m を有する ASTER の TIR で観測された熱赤外画像における輝度のデジタル値を目的変数として用いた。

### 3.都市部における自然空間の熱環境の可視化

2009 年 8 月 25 日に外濠周辺の表面温度観測を行った。代表事例を図 1 に示す。また、撮影時刻及び撮影時刻における東京の気温を各熱画像の右下部に示す。

8 時 15 分では道路や建物において周囲の要素よりも温度上昇が見られた。14 時 15 分には、建物壁面の表面温度もかなり上昇し、緑地についてもさらに上昇しているが、水面に関しては反射によってビルの表面温度が写り込んでしまっている部分を除けば、水面自体の表面温度はほとんど変化していない。日が傾き始めた 18 時 15 分には、緑地の表面温度はかなり下がっているが、道路表面や建物壁面の温度は依然として気温よりも高いままであった。

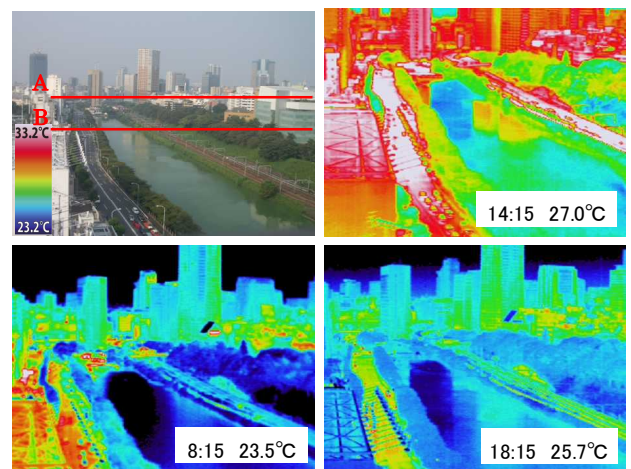


図 1 外濠空間における各表面温度の可視化

次に撮影した熱画像からラインプロファイルを作成したものを図 2, 3 に示す。プロファイルを作成したラインは図 1 に示す 2 本である。図 2 に示すライン A は建物壁面を横切るラインであり、ほぼ全ての時間において気温よりも高い値で推移している。網掛けした範囲は教会の屋根の部分であり、日中は周囲よりも際立って表面温度が高い。しかし、日没後は周囲の要素と同じ温度程度まで下がっていることが分かる。ライン B は、網掛けの範囲において比較的表面温度が低い値を示している(図 3)。網掛け(1)は外濠の植栽であり、(1)が接する道路の表面温度は右肩下がりに推移していることから、外濠における植栽の樹冠が道路上に迫り出していることで、道路表面に影が形成され、道路の表面温度の上昇を抑制していると考えられる。また(2)は外濠の水面であり、いずれの時間においても周囲よりも低い温度である。

キーワード ヒートアイランド、サーマルカメラ、リモートセンシング、地理的加重回帰分析

連絡先 〒102-8160 千代田区富士見 2-17-1 法政大学デザイン工学部 E-mail miyazita@hosei.ac.jp

4.地表面被覆と地表面温度の関係性分析

はじめに、人工衛星画像を用いた土地被覆分類を行い、土地被覆と地表面温度の関係性を分析することで衛星画像による熱環境分析の可能性を検討した。樹木による誤差を少なくするため、植生を持つ被覆は夏季の衛星画像より抽出し、植生を持たないすべての土地被覆は冬季の衛星画像から抽出を行った。独立変数として抽出した土地被覆の分類項目を表 1、分析結果を表 2 に示す。決定係数は小さくなり、モデルの当てはまりの良さは若干悪化したが生全体の 2%とごくわずかな割合であり、土地利用や建物用途現況等のデータ整備がなされていないエリアにおいてもリモートセンシング技術を用いることで高精度に土地被覆を分類でき、熱環境改善のための分析を行うことができると言える。

次に、空間的な地表面放射輝度の分布は地理的な要因に影響を受け、様々な独立変数の影響力は空間的に変動するものとして地理的加重回帰分析(以下 GWR)を適用した。独立変数には衛星画像より分類した土地被覆を、目的変数には夏季昼間における地表面放射輝度を用いた。選択された独立変数及びモデルの精度を表 3 に示す。同様の変数を適用した重回帰モデルと比較して AIC は少し増加したものの、決定係数は大幅に改善された。図 4 より、NDVI による緑域のパラメータは大規模な公園等の緑域周辺において高い負の値で分布し、農地が多く分布している立川・小平ではパラメータは比較的大きい値で分布しているため、草地や農地よりも樹木による影響のほうが大きく、それが空間的な分布として現れていると考察できる。

5.結論

日中、外濠水面の表面温度は道路表面温度より約 10℃ 低く保たれ、外濠周辺の植栽についても道路表面に影を形成し、2℃以上道路表面温度の上昇を抑えている。衛星画像を用いて土地被覆分類を行った結果、高い精度で土地被覆分類を行うことができ、衛星画像を用いることで非常に安価で精度良く土地被覆の把握や熱環境との関係性分析を行うことが可能であると言える。空間的地理加重回帰モデルを適用した結果、重回帰モデルと比較して AIC は増加したが、決定係数については大幅に改善が見られた。また、重回帰モデルでは全体で一つしか回帰係数が得られないが、GWR によって空間的変動を考慮したパラメータの分布を把握することができた。鉄道道路のパラメータは GWR を適用した結果、高層建物が集中しているエリアでは道路上に影が形成されるため負の値となった。こうした結果はサーマルカメラでの実測と近い関係にあり、パラメータの空間的な変動を考慮することでより精度の高いモデルの作成、さらにはヒートアイランド対策のシミュレーションが可能であると考えられる。

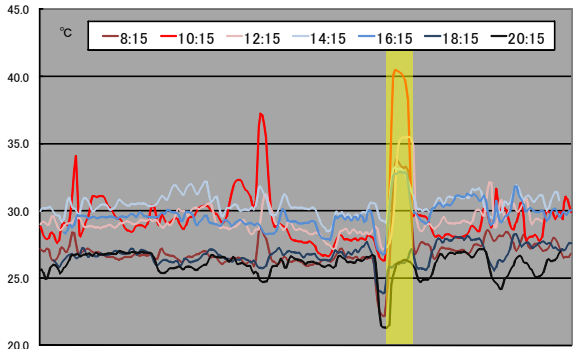


図 2 ライン A のプロフィール

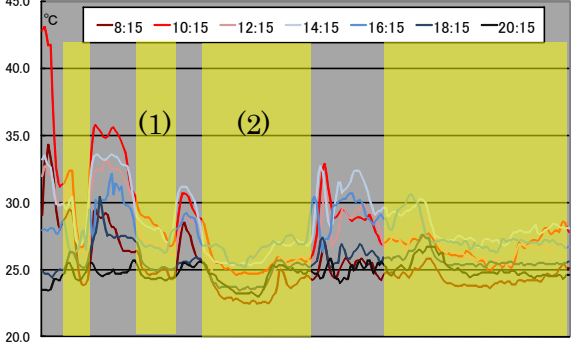


図 3 ライン B のプロフィール

表 1 独立変数

| 土地利用現況    |             | 衛星画像      |
|-----------|-------------|-----------|
| 公園運動場     | 土地利用現況      | 鉄道・道路     |
| 農用地       | 建物 平均建物階数   | 高層建物      |
| 鉄道道路      | 建物階数合計値     | 低層建物      |
| 水面        | 建物用途現況      | 人工芝       |
| 商業用地      | 建物階数の標準偏差   | 裸地        |
| 住宅用地      | 建物面積        | 草本        |
| 公共用地      | 建物延べ床面積     | 木本        |
| 森林原野      |             | 水面        |
| みどり率      | C値の最大値      | 影         |
| みどり率面積×C値 | 道路5.5未満     | 環境軸からの距離  |
| みどり率面積    | 道路5.5以上13未満 | 人工軸からの距離  |
| 環境軸からの距離  | 道路13以上      | NDVIによる緑域 |
| 人工軸からの距離  | 道路総延長       |           |
|           | 交差点数        |           |

表 2 衛星画像による分析(目的変数: 夏季昼間)

|           | 偏回帰係数    | 標準偏回帰係数     | t 値    | 有意確率  | 単相関    |
|-----------|----------|-------------|--------|-------|--------|
| (定数)      | 1664.240 |             | 1995.4 | 0.000 |        |
| 鉄道道路      | 0.003    | 0.034       | 7.5    | 0.000 | 0.340  |
| 低層建物      | 0.005    | 0.207       | 38.4   | 0.000 | 0.523  |
| 人工芝       | 0.008    | 0.060       | 16.4   | 0.000 | 0.052  |
| 水面        | -0.029   | -0.291      | -75.7  | 0.000 | -0.390 |
| 影         | -0.008   | -0.121      | -27.7  | 0.000 | -0.212 |
| 環境軸からの距離  | 0.021    | 0.142       | 38.0   | 0.000 | 0.209  |
| 人工軸からの距離  | -0.010   | -0.065      | -17.7  | 0.000 | -0.147 |
| NDVIによる緑域 | -0.007   | -0.330      | -66.3  | 0.000 | -0.476 |
| 重回帰係数     | 決定係数     | 自由度調整済み決定係数 | AIC    |       |        |
| 677       | .458     | .458        | 301487 |       |        |

表 3 GWR の独立変数と分析結果

| 選択した独立変数 | モデルの精度            |
|----------|-------------------|
| 鉄道道路     | 決定係数 0.740        |
| 低層建物     | 自由度調整済み決定係数 0.735 |
| 人工芝      | Bandwidth(m) 1899 |
| 水面       | AIC 388708        |

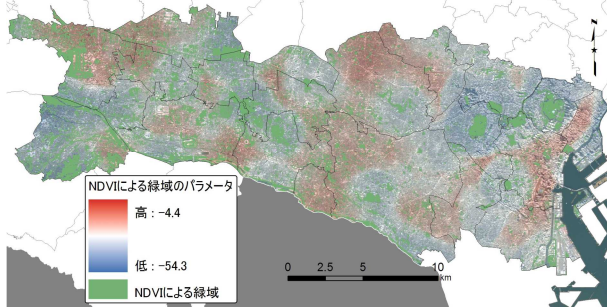


図 4 NDVI による緑域のパラメータ分布