(55) 高分解能衛星画像による土地被覆調査と LANDSAT 衛星による地表面温度画像 を用いた都心域の熱環境の分析

村本 準1·羽柴 秀樹 2

¹学生会員 日本大学 理工学研究科土木工学専攻 (〒1101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14) E-mail: cszy15016@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学 教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14) E-mail: hashiba3@civil.cst.nihon-u.ac.jp

東京都内は、ヒートアイランド現象によって真夏日・熱帯夜の日数増加や冬日の減少しており、過去 100 年の間に平均気温が 3℃上昇している.これらの問題に対して都市内の温度評価 に関する研究は多くあるが、高分解能衛星リモートセンシングを利用した都市内の熱環境評価 に関する研究はほとんど行われていない.ここでは、従来から地表面温度の観測が行われている LANDSAT 衛星の画像と高分解能衛星 Worldview-3 の画像を重ね合わせる事で、詳細な観点 から東京都市内の土地被覆と地表面温度分布の関係性について分析した.検討から、地表面温度が高い値や低い値を示す領域の土地被覆との関連性について 2,3 の特徴が示された.特に、植生や影の分布状況と地表面温度分布を重ね合わせる事で、植生や影が地表面温度に与える影響などを高分解能な観点から考察する事ができた.

Key Words: Worldview-3 satellite, LANDSAT8 satellite, urban heat island, urban environment

1. はじめに

東京都内のヒートアイランド現象は東京環境白書 2015 にも記される環境問題の一つである.そこには、 真夏日・熱帯夜の日数増加や冬日の減少などのデータが 得られており、過去 100 年の間に平均気温が 3℃上昇し たと記されている.これらの問題に対して都市内の温度 評価に関する研究は多くあるが、高分解能衛星リモート センシングを利用した都市内の熱環境評価に関する研究 はほとんど行われていない.2014 年から Worldview-3 衛 星では、パンクロマティック画像において 0.3m×0.3m、 マルチスペクトル画像において 1.2m×1.2m の超高分解 能な観測が始まり、詳細な観点からの都市空間の評価を 行うための、より高分解能な観測やその応用が期待され ている.

これまでの検討において,従来の高分解能衛星との比 較を行い,新たな判読特性の検討や分解能による判読の 違いなどを考察してきた¹²⁰.本検討では,東京都市内 のヒートアイランド現象に着目し,LANDSAT 衛星によ る地表面温度画像と高分解能衛星画像を,様々な方法で 重ね合わせを行った.そして,高分解能衛星画像による 判読特性を活かした詳細な観点から,東京都内の土地被 覆と地表面温度分布を分析し,これらの関連性について 考察を試みた.

2. 方法

(1) 対象エリア

ここでの調査分析エリアは図-1に示す.東京都心域を 含む 5.9km×4.4km である.この対象エリア内において高 分解能衛星画像による土地被覆調査,LANDSAT8 衛星 画像による地表面温度分布の調査およびこれらの関連性 について分析した.加えて,対象エリア内において,土 地被覆をより特徴づけて調査するために,図-1のA~C ように3つの細分化した領域に分けて画像判読による比 較調査を行った.Aは新御徒町駅周辺で,低層の住宅地 が密集する下町の領域である.Bは東京駅の丸の内側か ら皇居周辺で,植生や高層ビルが密集して分布する領域である. C は築地市場や月島周辺で,水域が多く分布する領域である.



図-1 今回の対象エリアと比較対象の細分化された3つの領域(A~C)

1km

(2) 使用した観測データと前処理

2014年9月22日にWorldview-3衛星によって観測され た分解能 1.2m×1.2m を有するマルチスペクトル画像デ ータと分解能 0.3m×0.3m を有するパンクロマティック 画像データを使用した.加えて画像判読による調査の精 度を向上させるため、マルチスペクトル画像から、分解 能 0.3m×0.3mのパンシャープン画像を作成した.ここ でのパンシャープン化の方法は、Zhang、Y によって提案 されている手法³を用いた.

一方,地表面温度分布のデータを得るため,2014 年 8 月 19 日に LANDSAT8/TIRS (Thermal Infrared Sensor)によっ て観測された分解能 100m×100m を有する画像データを 使用した.このデータは USGS/Earthexploler⁴⁾ から入手し た Level-1T GeoTIFF データである.このデータに対して ATCOR アルゴリズムによる地表面温度への変換処理を 施した⁵⁾.なお,気象庁観測によるこの日の東京都内の 日最高気温は 34.7°C,日最低気温は 26.5°Cであった⁶⁾.

得られた地表面温度画像について、LANDSAT8/TIRS 画像に付加されている位置座標情報を基準に、Nearest Neighbor 法によって地表面温度画像を Worldview-3 衛星 のマルチスペクトル画像の分解能に合わせた 1.2m×1.2 m分解能に再配列を行った.

(3) 高分解能衛星画像による土地被覆分類

Worldview-3 衛星のマルチスペクトル画像上で教師な し分類(最尤分類法)を施し,5つの土地被覆種別に大 別分類した.分類結果から,地表面温度の低下に影響を 与えていることが考えらえる植生域および影域の土地被 覆分類種の領域マスクデータを作成した.このマスクデ ータにより地表面温度画像での地表温度分布をサンプリ ングし、地表面温度分布の特徴を定量評価した.

(4) 高分解能衛星画像と地表面温度分布画像の オーバーレイ画像表示での画像判読による調査

パンシャープン化された Worldview-3 衛星画像と 1.2m ×1.2mに再配列された地表面温度分布画像を,それぞ れの画像データに付加されている位置座標情報を基準に オーバーレイ表示させ,詳細な地表面の土地被覆状況と 地表面温度分布の関係について,画像判読から調査を行 った.この判読調査を設定した 3 つの比較対象エリアで 実施し,特徴を分析した.

(5) 土地被覆分類種別ごとの地表面温度の調査

Worldview-3 衛星のマルチスペクトル画像データから 得られた,1.2m×1.2m分解能の土地被覆分類結果と同 じ分解能に再配列された地表面温度分布画像をオーバー レイ処理し,土地被覆種ごとの地表面温度の分布状況の 分析と,特定の土地被覆種領域内における地表面温度の 平均値などを定量評価した.本検討では,地表面温度の 低下に影響が大きいと考えられる植生域,および影域に 着目し,これらの土地被覆種領域内について解析した.

3. 分析結果

(1) 各エリアでの温度分布の特徴の考察

Worldview-3 衛星のパンシャープン画像と再配列後の地表面温度分布をオーバーレイ表示し、画像判読による調査を行った結果と地表面温度の凡例を図-2に示す.

図-2(A)の結果から,隅田川,神田川周辺や秋葉原駅の北側,西側で地表面温度が低い値を示している事が分かる.新御徒町駅から南の方向では周囲より若干高い地表面温度の値を示している.また,両国国技館周辺でも,地表面温度が高い値を示している.

図-2 (B)からは、皇居内の植生や外堀の水域の地表面 温度が低い値を示しており、東京駅周辺の高層ビルが建 ち並ぶ領域でも周囲に比べ低い地表面温度の値を示して いる.地表面温度が高い値を示している領域は、東京駅 の丸の内口付近や皇居内の砂利面、新宮殿などである.

図-2(C)では、隅田川の水域周辺や植生が密集する浜 離宮恩賜庭園の周辺の地表面温度は低い値を示している. また、月島駅や汐留駅でも周囲より地表面温度が低くなっている.中央卸売市場築地市場周辺や勝どき周辺、月 島の駅周辺以外の場所などでは地表面温度が高い値を示している.



(C) 築地市場周辺 図-2 各エリアの重ね合わせ結果

(2) 判読調査による3つエリアの比較考察

3 つのエリアを比較すると、皇居や浜離宮恩賜庭園な どのように植生が密集している領域で、地表面温度が低 い値を示している.また、水域周辺および東京駅周辺や 汐留駅周辺のように高層ビルが密集している領域でも、 地表面温度は低い値を示している.この事から、植生や 水域は地表面温度の低下に効果的であると確認する事が できる.また,東京駅周辺や汐留駅周辺のように高層ビルが密集するでは,高層ビルの影が温度の低下に影響していると考えられる.

新御徒町駅の南側や月島の駅周辺以外の領域,東京駅 丸の内口付近,皇居内の砂利面などでは,地表面温度が 高い値を示している.これらは,低層住宅が密集する領 域や影が差さない砂利面・アスファルト面である.また, 両国国技館,皇居内の新宮殿,中央卸売市場築地市場周 辺の地表面温度が高い事から,面積の広い屋根を持つ人 工領域構造物は,熱を蓄え地表面温度が高い値を示すの ではないかと考察された.

(3) 土地被覆分類種と地表面温度分布の関係

図-3 は Worldview-3 衛星のマルチスペクトル画像を用いた最尤分類法による 1.2m×1.2m分解能の分類結果と今回の対象エリア面積に対する各土地被覆種の面積比率である.

図-3の分析結果から,植生域と影域に着目し,それぞれの土地被覆と地表面温度分布との関係性について考察を行った.図-4は,植生域と影域を地表面温度分布のグレースケール表示上に表示させたもので,赤色の部分がそれぞれの土地被覆の分布域である.また,図-5は,植生域と影域をシュードカラー表示の地表面温度分布と透過して重ね合わせたものである.なお,図-5では,図-4で示した各特定土地被覆種の分布域のみを黒色で表示し,他は白色で表示した画像を背景画とした.さらに,その上に地表面温度分布のシュードカラー表示を透過表示させ,土地被覆分類結果と地表面温度分布の関係を表示したものである.

図-3~5 で示したここでの対象エリア全体での水域を除 く地表面温度の平均値は 40.2℃である事に対して, 図4, 5 上での植生域の分布域内のみでの平均地表面温度は 38.3℃,影域の分布域内のみでの平均地表面温度は 39.5℃であった.この分析結果より、植生域や影域では 都市内の地表面温度低下に影響を与えている事が高詳細 な土地被覆状況から示された.特に、図-5(a)から、植生 が密集する皇居や浜離宮恩賜庭園などの領域で地表面温 度が低い値を示している事が確認できる. 図-5(b)からは, 図-5(a)の植生域の結果に比べ、地表面温度が低い領域と 影域の分布が重なっている箇所が多く認められ、影域の 分布が少ない領域では、高い地表面温度域が同様に広が る傾向を示していることが認められた.このことから, 植生域周辺に比べ、顕著に地表面温度が低下していない が、都市内の地表面温度低下において影域の分布は大き く影響している事を考察する事ができた.



- : 植生域(10.3%)

- :人工構造物(33.4%)

: アスファルト, 砂利面(36.9%)

図-3 最尤分類法による分類結果と凡例









4. まとめ

ここでは、Worldview-3 衛星画像と LANDSAT8 衛星に よる地表面温度分布の画像を重ね合わせる事で、東京都 内の土地被覆と温度環境について比較考察を行った.2 つの画像データの重ね合わせから、地表面温度が高い値

や低い値を示す領域の特徴などについて考察する事がで きた. また, 植生や影の土地被覆と地表面温度分布を重 ね合わせる事で、植生や影が地表面温度に与える影響な どを考察する事ができた.

今後は、東京都内の街並みや土地被覆が地表面温度と どのように関係しているかの解析方法を深めながら、更 なる比較考察をより定量的な観点から進めていく予定で ある. また, 最尤分類法による分類精度を向上させ, 別 の土地被覆と地表面温度の分布の関係性について考察し ていく予定である.

ACKNOWLEDGEMENTS :Worldview-3 image used in this study include copyrighted material of Digital Globe, Inc., All Rights Reserved. LANDSAT8/TIRS data courtesy of the U.S. Geological Survey.

参考文献

- 村本準,羽柴秀樹: Worldview-3 衛星画像による道 1) 路沿道の詳細な都市基盤の判読性の検証. リモート センシング学会第58回学術講演会,2015.
- 村本準,羽柴秀樹: Worldview-3 衛星画像のピクセ 2) ルベース画像分類処理による詳細な社会基盤の抽出 特製の検討. 土木学会 第43回関東支部技術研究発 表会, 2016.
- Y. Zhang, Problems in the fusion of commercial high-resolution 3) satellite as well as Landsat 7 images and initial solutions. In ISPRS, Vol. 34, Part 4, Geo Spatial Theory, Processing and Applications, Ottawa, Canada, 2002.
- USGS/Earthexploler, http://earthexplorer.usgs.gov/ 4) (accessed 2016.4.1) .
- 5) Richter, R. (2010) Atmospheric / Topographic Correction for Satellite Imagery - ATCOR2/3 User Guide). DLR - German Aerospace Center, 1-165.
- 気象庁:過去の気象データ検索, <http://www.data.jma. 6) go.jp/obd/stats/etm/view/daily_s1.php?prep_no=44&block no =47662&year=2014&month=8&day=19&view=> (accessed 2016.4.1) .
- 東京環境白書 2015. 平成 27 年度,登録第 41 号,環 7) 境資料第27015号.
- 都市化の影響による気温上昇等の解析結果について 8) ~ 「ヒートアイランド監視報告 2014」を公表~. 報道発表資料,平成27年7月31日,気象庁.
- 大西 暁生,前崎 隆一:オブジェクト分類手法による 9) 詳細土地被覆情報の取得と地表面温度の再現性に関 する研究. 土木学会論文集 G (環境), Vol.70, No.5, I 59-I 69, 2014.
- 10) 内田裕貴,青山定敬,朝香智仁,野中崇志,杉村俊 郎:静止気象衛星による首都圏の熱環境について. 土木学会論文集 G (環境), Vol.71, No5, I_319-I_324, 2015.