

## (43) 高分解能光学衛星画像データを用いた 屋上緑化領域の抽出手法の検討

園部 雅史<sup>1</sup>・羽柴 秀樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 日本大学助手 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:sonobe@civil.cst.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>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

近年、地球温暖化と都市化の影響によりヒートアイランド現象による都市部の気温上昇が問題になっている。東京都は「東京における自然の保護と回復に関する条例」を2001年に制定し、条例に該当する構造物建設等の開発を行う事業者に対し、緑化計画書の提出を求める等、緑被率の向上のための施策を行っており、気温低減を目指している。その内、屋上緑化による二酸化炭素の吸収量の増加や蒸散作用による気温低減効果が注目されている。そこで本研究では夏季に観測されたWorldView-3衛星画像データのマルチスペクトル衛星観測情報を利用し、正規化植生指標値の解析による千代田区内の屋上緑化領域の抽出手法を試みた。これらの結果から長期的且つ定期的で半自動的な屋上緑化抽出手法の有効性について考察した。

**Key Words:** WorldView-3, NDVI, Remote Sensing, rooftop greening

### 1. はじめに

近年、地球温暖化と都市化の影響によりヒートアイランド現象による都市部の気温増加が問題になっている。この対応として、環境省は「ヒートアイランド対策要綱」を平成16年に策定しているが、策定以降も気温30℃を超える状況の長時間化や熱帯夜日数の増加を背景に平成25年に改定した<sup>1)</sup>。主な改定内容の一つとして、「地表面被覆の改善」を挙げ、地区計画等における緑化率の条例制度や緑地協定制度等の既存制度の活用を推進しており、都市部における植生がより重要視されていることがわかる。また、東京都は建築行為のレベル毎に緑化を義務化する条例「東京における自然の保護と回復に関する条例」<sup>2)</sup>を2001年に制定し、気温低減や緑の創出と自然環境の保全を行っている。本条例は該当する建築行為を行うものに対し、敷地や建築物の緑化領域について緑化計画書を事前に自治体に提出するものであり、屋上緑化によるビルの耐熱温度の低減が期待されている。また、千代田区緑化推進要綱<sup>3)</sup>の内、条例に適用する建築物の屋上に環境負荷の低減に貢献するソーラーパネル等の機器の設置等が行われているが、天候に左右されることがコストが高いことが課題として挙げられる。さらにソーラーパネルの普及のみでは都市の景観や過ごしやすさへ

の効果が期待できず、一定の緑化率を保つことが必要である<sup>4)</sup>。このような背景から高分解能衛星画像データを用いた都市内植生の把握に関わる研究が行われている<sup>5)</sup>。屋上緑化に関しては航空機観測画像データや高分解能光学衛星画像データを用いた屋上緑化可能面積の推定に関わる研究<sup>6)</sup>や東京都の緑被率標準調査マニュアル（昭和63年）に則った目視判読による緑被率の調査が行われている<sup>8)</sup>。上記の手法では、作業者の一律性に欠けるリスクがあることや作業コストがかかる可能性がある。そのため、比較的容易に入手可能な建築物の外周線情報と高分解能衛星画像データの波長特性を利用することにより、屋上緑化領域を半自動的に抽出することは今後の緑化領域の効率的な把握のためにも意義がある。そこで本研究では、東京都千代田区を対象とし、屋上緑化にスコープを当て、比較的容易に入手可能な建築物の外周線情報と高分解能衛星画像データを用いて、屋上緑化範囲の抽出における手法を検討した。

### 2. 調査対象地域と使用データ

#### (1) 調査対象地域

本研究の調査対象地域は東京都千代田区とした(図-1)。



図-1 調査対象地域

千代田区は東京23区のほぼ中央に位置し、植生が豊かな皇居のある千代田区千代田は区全体の面積の約12%を占める。業務系複合市街地や官公庁複合市街地区においてオフィスビル群の増加によるコンクリート等の被覆や緑地部分の減少によるヒートアイランド現象の課題を有している。

## (2) 使用した衛星観測データ

本研究では、高分解能衛星WorldView-3衛星により2014年9月22日の夏季に観測された画像を使用した。WorldView-3衛星の空間分解能は可視光域および近赤外域のバンド帯で観測するマルチスペクトルセンサで1.2m×1.2m、パンクロマティックセンサで0.3m×0.3mを有している。

## 3. 調査手法

### (1) 画像データのオルソ化

比較的容易に入手が可能な国土地理院が発行する数値標高モデル (DEM) の10mメッシュ (標高) を用いて衛星画像データのオルソ化をおこなった。なお、千代田区の地形は皇居東側が低地で平坦であるため、オルソ化による補正量は微小であることが考えられる。皇居西側は台地であることから、オルソ化後の解析が望ましい。

### (2) 画像データの地表面反射率への変換

一般に光学衛星画像データは大気による散乱・吸収の影響を除去する必要がある。また、太陽高度や入射角が異なる場合、地表面からの反射率は異なる。そのため、使用する衛星画像データについてまず(1)の式を用いてDN値から放射輝度( $L_\lambda$ )に変換し、(2)の式より反射率( $\rho$ )に変換した。

$$L_\lambda = \text{Gain} * \text{DN} + \text{Offset} \quad (1)$$

$$\rho = \pi * L_\lambda * d^2 / \text{ESUN}_\lambda * \sin \theta \quad (2)$$

Gain : ゲイン  
DN : デジタルナンバー  
Offset : オフセット  
d : 太陽地球間距離  
ESUN $_\lambda$  : 分光太陽照度  
 $\theta$  : 太陽天頂角

### (3) 土地被覆分類による日影範囲の抽出

千代田区は高層建築物が多く、衛星画像データにおいても建築物等による光の遮蔽により、太陽照射方向の反対側に日影の暗い領域が現れる。これらの範囲は各バンド帯のDN値が総じて低下する傾向にある。そのため、太陽光照射範囲と同等に扱えば、植生の抽出漏れが発生し、正しく評価できないことが推測される。これにより、高層建築物の日影範囲の建築物の屋上は抽出されないことによる過小評価になる可能性がある。この対応として、土地被覆分類処理により、日影領域を抽出し、日向範囲と日影範囲で分類後に植生域を特定する手法を採用した。土地被覆分類はISOデータ法による教師なし分類を用いた。

### (4) 正規化植生指標値の算出

反射率変換後のマルチスペクトル衛星画像データを用いて正規化植生指標値の算出を行い、調査対象範囲の植生域を抽出した。植生域の抽出においては日向範囲および日影範囲でそれぞれの正規化植生指標値のヒストグラムから一般的に用いられる判別分析法を用いて植生域と非植生域を分類した。正規化植生指標値の算出には(3)に示す式を用いた。

$$\text{NDVI} = (\rho_{\text{Band7}} - \rho_{\text{Band5}}) / (\rho_{\text{Band7}} + \rho_{\text{Band5}}) \quad (3)$$

なお、Band5は可視光赤波長帯域、Band7は近赤外波長帯域の観測バンドを示す。得られた正規化植生指標値は-1から+1の値となり、+1に近づくほど植生活性度が高い傾向を示す。

### (5) 屋上ポリゴンの作成および補正

比較的容易に入手が可能な国土地理院が発行する基盤地図情報から建築物の外周線を入手し、ポリゴンに変換することで建築物の屋上範囲 (以降、屋上ポリゴン) とした。衛星画像データにおいて高さのある建築物は衛星観測方向に倒れこむため、正しく建築物の屋上範囲を示されていないことが確認された。そのため、衛星画像データが示す屋上範囲に屋上ポリゴンの位置の補正あるいは形状を修正した。

## (6) 屋上緑化領域の抽出と評価

屋上ポリゴンと抽出した日向および日影範囲の植生域を用いて屋上緑化領域抽出を抽出した。抽出した結果から千代田区内の屋上緑化領域の分布や抽出面積について過去の調査結果<sup>9)</sup>を用いて評価した。

## 4. 屋上緑化領域の抽出結果

### (1) 土地被覆分類による日影領域の抽出

ISOデータ法による教師なし土地被覆分類による日影領域の抽出結果を図-2に示す。建築物や木々等の遮蔽物による日影領域が抽出できていることが確認できた。なお、日影範囲の面積は約3.3km<sup>2</sup>であり、調査対象範囲の面積に対し、29%程度であった。

### (2) 屋上ポリゴンの作成および補正結果

基盤地図情報の建築物の外周線により屋上ポリゴンを作成した。屋上ポリゴンは屋上範囲内の植生域を集計可能にするため画像上の建築物の屋上に位置を補正した。屋上ポリゴンの補正例を図-3に示す。位置修正対象の屋上ポリゴンは面積が750m<sup>2</sup>以上を対象とした。

### (3) 正規化植生指標値の算出結果

オルソ化および反射率に補正した衛星画像データを用いて正規化植生指標値を算出した。日向範囲の画像を図-4に、日影範囲の画像を図-5に示す。画像上植生域は赤色、非植生域は緑色に近くなる。皇居は、植生域が広範囲に分布されていることから植生を示す赤色に近い色合いで表示されていることがわかる。

### (4) 正規化植生指標値による植生域の抽出

日向範囲および日影範囲のそれぞれで正規化植生指標値を集計し、判別分析法により植生域と非植生域で分類した。日向範囲のヒストグラムを図-6に日向範囲のヒストグラムを図-7に示す。日向範囲の閾値より日影範囲の閾値が低いことが確認できる。

### (5) 屋上ポリゴンによる屋上緑化領域の抽出

屋上ポリゴンと植生域抽出結果より得られた屋上緑化領域抽出結果と平成22年度の調査結果を図-8、図-9に示す。皇居内の建築物は除外した。①、②の地区の拡大図から得られた屋上緑化領域と平成22年度の調査結果の分布を比較すると、同様の領域が抽出されている(緑枠領域)ことや増加(青枠領域)が確認できる。なお、平成22年度の調査結果は緑被率標準調査マニュアルの調査水準Ⅰに則り、1m<sup>2</sup>以下の植生は目視から除外しており、本手法における最小抽出面積は1ピクセルの1.44m<sup>2</sup>である。

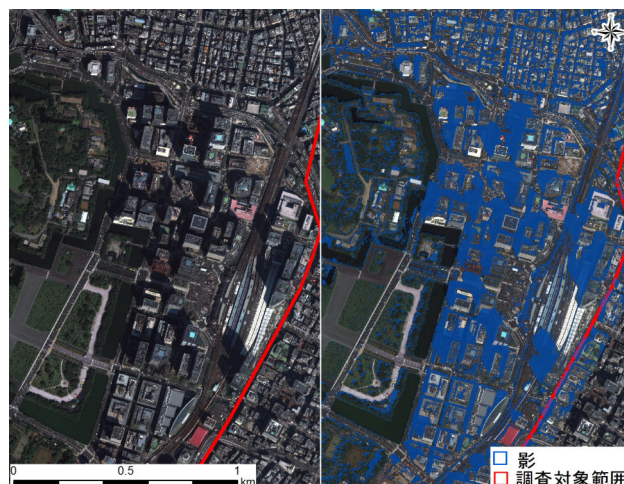


図-2 日影範囲の抽出結果の例

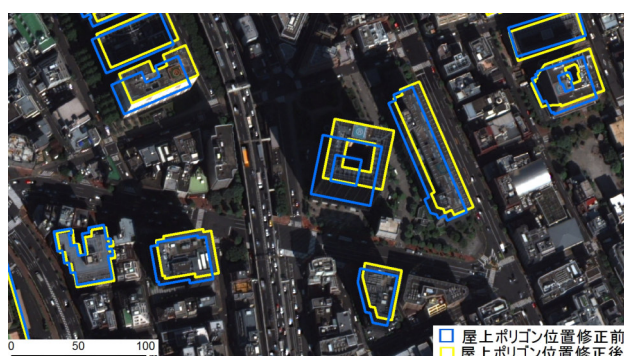


図-3 屋上ポリゴンの位置補正

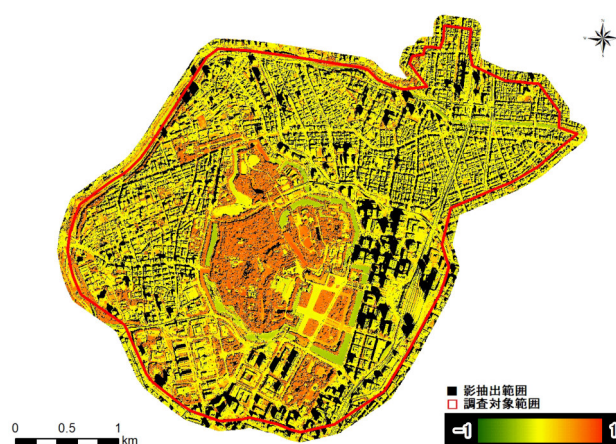


図-4 日向範囲の正規化植生指標値画像

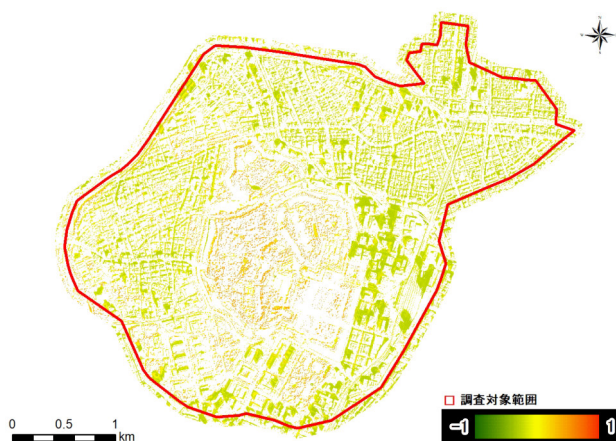


図-5 日影範囲の正規化植生指標値画像

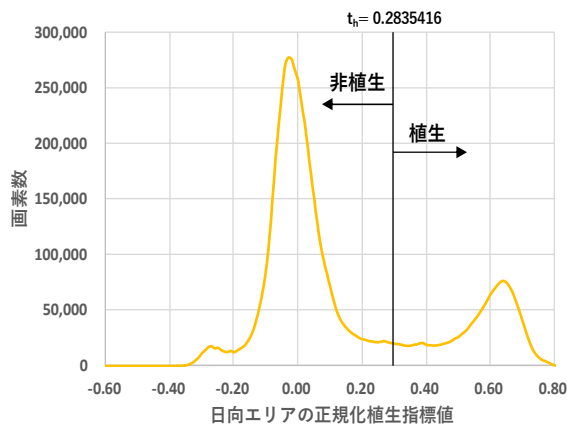


図-6 日向範囲の正規化植生指標値

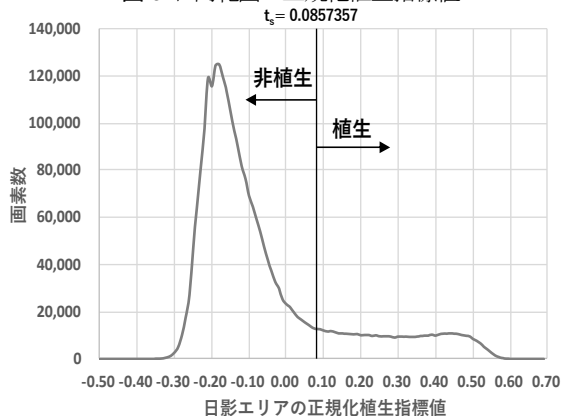


図-7 日影範囲の正規化植生指標値

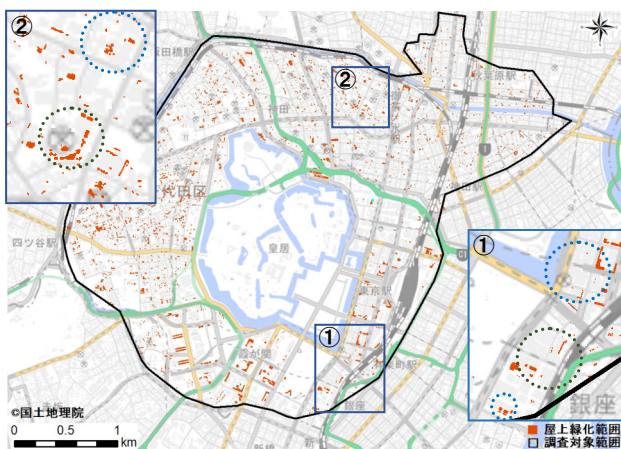


図-8 屋上緑化領域の抽出結果

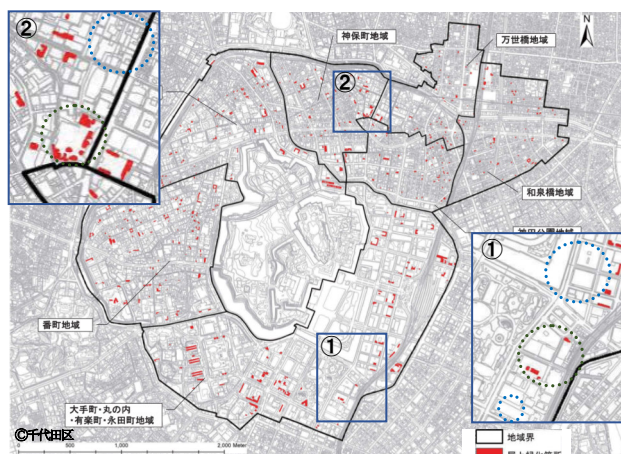


図-9 過去の屋上緑化領域抽出結果（平成22年度）<sup>8)</sup>

## 5. おわりに

ここでは高分解能衛星画像データを用いて千代田区を対象に屋上緑化領域の抽出を行った。比較的容易に入手が可能な基盤地図情報の建築物の外周線データと高分解能衛星画像データを併用することで屋上緑化領域を抽出し、分布を把握できた。抽出した屋上緑化領域の分布と平成22年度の屋上緑化領域の抽出結果から、千代田区内の屋上緑化領域の増加が確認できた。これらの結果から航空機撮影費用を含む航空機センサ画像データと比較し、比較的安価な衛星画像データを用いることにより、より安価で定期的に且つ長期的に調査可能であることが示された。さらに同季節、同条件で観測された衛星画像データを用いることで屋上緑化領域の自動抽出の可能性が示されたと考えられる。さらに、建築物の高さや所有者等の属性情報を含む屋上ポリゴンに関するGISデータを併用することで、より詳細で効果的な緑化領域の管理が可能であると考えられる。このことは、緑化計画書を提出を要する建築物施工後の行政における緑化領域の管理において利用できることが考えられる。今後は現地調査を実施し、本手法の精度評価を行う予定である。

**ACKNOWLEDGEMENTS** : Worldview-3 image used in this study include copyrighted material of Digital Globe, Inc. All Rights Reserved.

## 参考文献

- 1) 環境省：ヒートアイランド対策大綱の見直しについて、  
<<http://www.env.go.jp/press/16849.html>>（入手 2017.5.4）。
- 2) 東京都環境局：東京における自然の保護と回復に関する条例施工規則、<[https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/nature/guide/protection\\_recovery\\_01.html](https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/nature/guide/protection_recovery_01.html)>（入手 2017.5.4）。
- 3) 東京都千代田区：千代田区緑化推進要綱、<[https://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/kankyo/ryokuka/documents/d0011743\\_1.pdf](https://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/kankyo/ryokuka/documents/d0011743_1.pdf)>（入手 2017.5.5）。
- 4) 梅干野 晃：特集「21世紀の環境共生を目指して」、屋上緑化と環境調整効果、日本緑化工学会誌、Vol. 27, No. 2, pp. 386-415, 2001。
- 5) 羽柴 秀樹、亀田 和昭、田中 總太郎、杉村 俊郎：高分解能衛星画像データによる都市域の小規模植生分布の抽出、土木学会論文集、Vol. 2001, No. 685, pp. 27-39, 2001。
- 6) 斎藤直哉、石川幹子：衛星データを用いた緑被率・炭素吸収量の推計に基づく都市内緑地の評価に関する研究、都市計画論文集、Vol. 44(3), pp. 19-24, 2009。
- 7) 泉 岳樹、松山 洋：東京都23区における屋根面積の実態把握と屋上緑化可能面積の推計、日本建築学会計画系論文集、Vol. 69, No. 581, pp. 83-88, 2004。
- 8) 東京都千代田区：ヒートアイランド対策、千代田区内緑の実態調査及び熱分布調査（平成22年度）、<<http://www.city.chiyoda.lg.jp/koho/machizukuri/kankyo/ryokuka/heat-island.html>>（入手 2017.5.5）。