

空撮ハイパースペクトル画像を用いた都市土地被覆のスペクトル特性

Spectral Characteristics of Urban Land-Cover Based on Airborne Hyperspectral Data

○原香実¹・リュウ ウェン²・山崎文雄³・鈴木賢太郎⁴・丸山喜久⁵

Konomi Hara, Wen Liu, Fumio Yamazaki, Kentaro Suzuki, Yoshihisa Maruyama

Abstract: Using airborne hyperspectral (HS) data acquired over Houston, Texas, USA, provided by the 2013 IEEE data fusion contest, the spectral reflectance characteristics of surface materials were investigated. A multispectral (MS) image acquired by WorldView-2 satellite was also introduced and it was compared with the HS image. A field measurement using a handheld spectroradiometer (EKO MS-720) was also carried out by the present authors. The irradiances of surface materials obtained by the measurement were also compared with the digital numbers of the 144 HS bands. Finally supervised classification was conducted for the HS and MS data and their results were discussed.

Keywords: hyperspectral data, CASI-1500, WorldView-2, spectroradiometer, land cover classification

1. はじめに

今日のリモートセンシング技術は、センサの空間・時間・スペクトルの高分解能化により地表面物質の確認精度を向上させた。都市環境は裸地、水、植生のような自然の土地被覆と、道路や建物といった人工的な土地被覆が混ざり合って全体的に複雑である。この土地被覆を分類することは環境や災害のマネジメントや都市計画において重要である。農業地や森林における植生の分類に着目した研究は多くなされているが、都市域における人工的な土地被覆分類の研究は、その複雑さによりいまだ限られたものとなっている。スペクトル高分解能のおかげで、ハイパースペクトル(HS)データにより異なる物質で構成された人工的土地被覆の分類が可能になった。このHSリモートセンシング技術はここ数十年で著しく進歩し、200を超えるスペクトルバンドをもつ航空機や衛星搭載センサもすでに実用化に至っている。

本研究では、2013年に催されたIEEE Data Fusion Contestのデータセット¹⁾を利用して、HSデータに基づく土地被覆に関する基礎的検討を行った。アメリカ合衆国テキサス州ヒューストン上空を撮影した航空機搭載HSデータについて、現地調査により代表的な土地被覆に関して、分光放射計による観測を行ってHSデータと比較する。また、教師つき土地被覆分類をHSデータを用いて行い、同じ地域を8バンドのWorldView-2 (WV2)で観測した画像の分類結果と比較する。

2. 対象地域と使用データ

2013 IEEE Data Fusion ContestのデータセットにはHS画像とLiDARにより得られた高度データDSMが含まれ、両データはともに解像度が2.5mである。これらのデータはヒューストン大学のキャンパスとその周辺都市地域を撮影している(Fig. 1)。このHSデータを利用し、都市土地被覆のスペクトル特性と分類に関する利用性を検討する。

航空機搭載HSセンサを用いて、2012年6月23日の17:37:10~17:37:90の間にNCALMが撮影した、可視光から近赤外の波長帯(380nm~1050nm)範囲のHSカメラCASI-1500が使用された。この波長帯において144のスペクトルバンドをもち、今回の平均飛行高度は約5,500フィート(1,676m)である^{2,3)}。

一方、WV2より得られたマルチスペクトル画像は2010年10月16日17:27:02に撮影されたものである。WV2衛星データには0.5m解像度のパンクロマティック画像と2.0m解像度のマルチスペクトル(MS)画像があり、波長帯は425nmから950nmである。HS画像とMS画像の解像度を考慮し、WV2画像はパン・シャープニングを行わず検討を進めた。HS画像には一部雲の陰が写っているため、図中赤線枠内を詳細な調査の対象とした(Fig. 2)。



Fig.1 The study area including the University of Houston campus and the neighboring urban area in Houston, Texas, USA and imaging areas of hyperspectral and multispectral data.

¹⁾学生会員 千葉大学 工学部 都市環境システム学科
(所在地 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33)
(連絡先 Tel: 043-290-3528 E-mail: x0t0236@students.chiba-u.jp)

²⁾正会員 東京工業大学大学院 総合理工学研究科 人間環境システム専攻

³⁾正会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻

⁴⁾学生会員 千葉大学 大学院工学研究科 建築・都市科学専攻

⁵⁾非会員 千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻



Fig.2 True color composites of the hyperspectral image (top) and the multispectral image (bottom) for the CASI-1500 imaging area. The red square shows the study area.

この True Color 表示には、HS は Fig.2 に示す WV2 の相対応答率を参考にして RGB バンドを B(band-21, 459.6nm), G(band-40, 550.2nm), R(band-59, 640.7nm)と選んだ⁴⁾ (Fig.3).

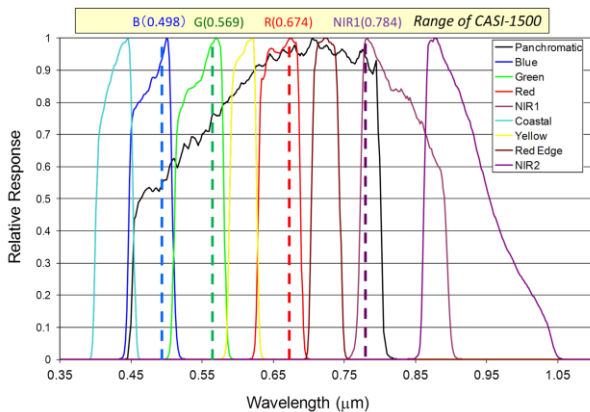


Fig.3 The relative spectral radiance response for WorldView-2 sensors⁴⁾ and the range of CASI-1500 hyperspectral sensor

3. 分光放射計を用いた現地調査結果

対象地での地表面物質の正確なスペクトル特性を確認するため、2013年8月6、7日に現地調査を行った。用いた分光放射計は EKO MS-720 である⁵⁾。Fig.4 はテキサス・サザン大学キャンパスのフットボールスタジアムとその周辺における現地調査のルートと計測した3ヵ所の様子である。計測日時は2013年8月6日15:45~16:45, 8月7日10:00~10:40であり、天気は一時曇ったがおおむね晴れであった。さまざまな地表面物質の放射輝度を、基準となる白板の放射輝度を参考にしながら測定を行った。現地において衛星や航空機と同時期・同時刻のデータをとることは難しいが、今回の現地調査では HS データを取得した日時と同様の季節に観測することができた。Fig.5 は放

射輝度を分光計で測定したものである。HS データのデジタル値 (DN 値) と比較するため、白板と各物質の放射輝度の比はとらずに検討を進めた。したがって、太陽高度や雲、大気の影響を受けるものとなっている。



Fig. 4 The field survey route (blue line) plotted on Google Earth by the present authors on August 6 and 7, 2013 in the campus of Texas Southern University's football stadium and its surrounding area, together with the locations and photos of three spectroradiometer observation points (a: lawn, b: artificial turf, c: concrete)

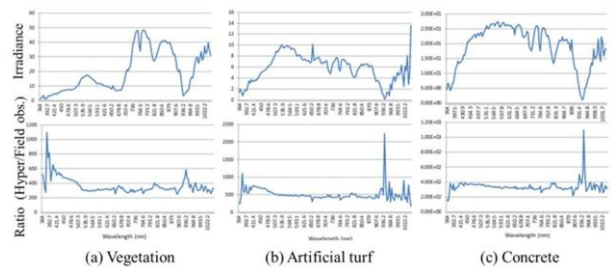


Fig.5 The observed irradiances of three surface materials (a: lawn, b: artificial turf, c: concrete) by our spectroradiometer field observation (top) and the spectral ratio between the hyperspectral image and the field observation data (bottom)

4.HS 画像と MS 画像の比較と教師付分類結果

航空機と衛星の各画像から小さな領域 (ピクセル) を抽出し、各バンド内で DN 値を平均化させたのが Fig.6 である。144 ものバンドデータにより、HS データのスペクトル特性は現地での分光計で計測したスペクトル特性とほぼ同様の結果が得られた (Fig.5 上)。この HS データと MS データを比較するため、各スペクトル比 (航空機 DN / 現地計測値) を計算し Fig.5 (下) に示す。この 940nm 付近で現地計測値に由来する高いピーク値が見られるが、これは水蒸気による大気中の吸収の影響が考えられる⁶⁾。この調査結果により、航空機搭載 HS センサは地表部質のスペクトル反射率を広域で提供することができ、地表面付近のスペクトル特性とも小さな相違しか見られないため、地表面付近での計測の代替として有用であることがわかる。

次に、航空機搭載 HS データの DN 値と WV2 による MS データとの比較を行う。HS データは 144 という多くのバンド情報を持つため、8 バンドの WV2 の MS データと比較するために、対応する各バンド内で DN 値を平均し 8 バンドに変換する必要がある。WV2 のバンド i に一致する DN 値を式(1)のように定義する。

$$\overline{DN}_i = \sum_{k_i} DN(\lambda_{k_i}) R_e(\lambda_{k_i}) / \sum_{k_i} R_e(\lambda_{k_i}) \quad (1)$$

$DN(\lambda)$ は HS センサで調査された DN 値、とその対応する波長 λ 、 $R_e(\lambda)$ は Fig. 3 の WV-2 相対応答率、 k_i は $R_e(\lambda)$ 値が 0.001 以上で WV2 バンド i に対応する HS データのバンド番号である。

平均化された HS データの各対象物のスペクトル特性は、対応する MS データのスペクトル特性とよく類似している。WV2 の MS センサは 11-bits で示され (0 - 2047)、CASI-1500 のダイナミックレンジは 14-bits (0 - 16383) である²⁾。各対象物の DN 比の比較を Fig. 7 に示す。いくつかの違いは見られるものの、DN 比はどの対象物においても同様の結果を表した。この比の違いの原因については Fig. 8 に示す。これらの一貫した違いの原因として大気の影響があげられ、MS データが大気上層部(TOA)の影響を受けるのに対し、HS データは大気中層部(MOA)の影響を受けている。この他の要因としては、観測・計測時の日時、日射、大気条件、画像解像度などが挙げられる。これらの要因による影響も考慮すると、両データはおおよそ類似すると見なせる。

最後に、未だ予備段階ではあるが教師付分類の教師として Fig.9 (a) を示す。HS データの高次元性により、最尤分類法では計算が難しいものとなった。主成分分析はこのような高次元データを低次元データにすることができると考えられるが、本研究では最初の試みとして最短距離分類法を用いて 144 バンドすべてを計算した (Fig.9)。教師の数が少ないことなど分類を行うにあたり改善・検討すべきところがあるため、今後厳密な分類を行っていきたい。

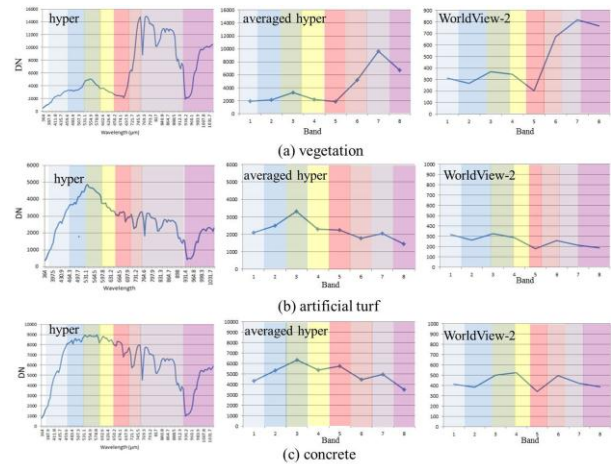


Fig.6 Comparison of hyperspectral, averaged-hyperspectral, and multispectral data for the three surface materials (a: lawn, b: artificial turf, c: concrete) shown in Figure 5

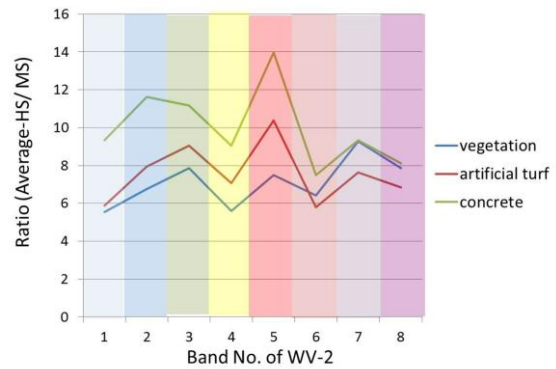


Fig. 7 Comparison of the ratio between averaged-HS data and MS data for the three surface materials (a: lawn, b: artificial turf, c: concrete), shown in Figure 6

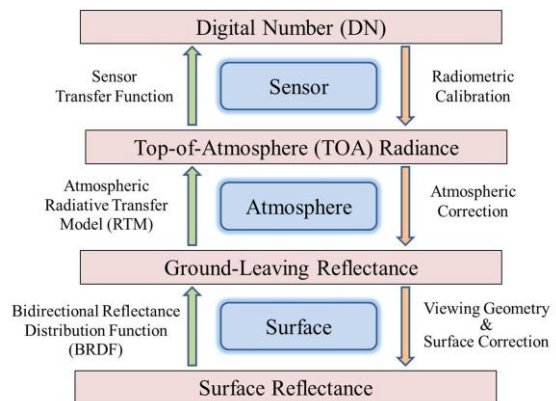
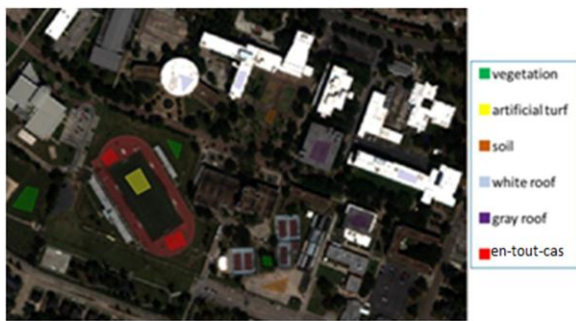
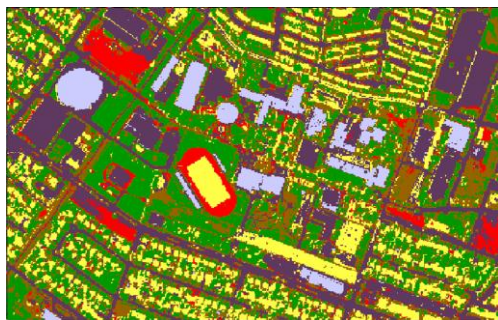


Fig.8. Spectral characterization of hyperspectral remote sensing data⁵⁾



(a) Training data



(b) Hyperspectral (HS) image



(c) Multispectral (MS) image

Fig.9 Supervised classification for the HS and MS images. (a) Training data used for classification, (b) the result for the HS image, and (c) the result for the MS image.

5.まとめと今後の展望

テキサス州ヒューストン上空より航空機搭載 HS センサ CASI-1500 により得られた画像を用いて、地表面物質のスペクトル反射特性を調査した。HS データは可視光から近赤外 (380nm ~1050nm) の波長帯において 144 ものスペクトルバンドをもち、

WorldView-2 衛星より得られた MS データも HS データとの比較のため導入し、さらに分光放射計を用いての現地調査も行った。現地調査により得られた地表面物質の放射輝度を HS データの DN と比較したところ、大気などの観測条件を考慮した上で両値の差異は妥当であると考えられる結果が出た。また、HS データと MS データそれぞれでの対象地土地被覆の教師付分類については未だ基本的な比較・検討しかできていないため、今後、より詳細な調査・検討を行いたいと考えている。

謝辞

本研究に用いたハイパースペクトルデータは、2013 IEEE Geoscience and Remote Sensing Society Data Fusion Contest より提供していただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- 1) 2013 IEEE GRSS Data Fusion Contest, 2013, Fusion of Hyperspectral and LiDAR Data, Available online: <http://www.grss-ieee.org/community/technical-committees/data-fusion/data-fusion-contest/> (accessed on 14th September 2013).
- 2) ITRES Research Limited, 2011, CASI-1500 Hyperspectral Imager, Available online: <http://www.itres.com/products/imagers/casi1500/> (accessed on 14th September 2013).
- 3) ITRES Research Limited, 2006, Operations and Mission Planning for ITRES' CASI 1500h system, Available online: ftp://snr-0563.unl.edu/Incoming/For_Rick/CASITraining/CASI_1500h_System_Op_Training.ppt (accessed on 14th September 2013).
- 4) DigitalGlobe, Inc., 2010, Radiometric Use of WorldView-2 Imagery: Technical Note, Available online: [http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView-2_Imagery%20\(1\).pdf](http://www.digitalglobe.com/sites/default/files/Radiometric_Use_of_WorldView-2_Imagery%20(1).pdf) (accessed on 14th September 2013).
- 5) EKO Instruments Co., 2013, MS-720 Spectroradiometer, Available online: <http://eko-eu.com/products/solar-radiation-and-photonic-sensors/spectroradiometers/ms-720-spectroradiometer> (accessed on 14th September 2013).
- 6) MicroImages, Inc., 2012, Introduction to hyperspectral imaging, Available online: <http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/hyprspec.pdf> (accessed on 14th September 2013).