ハイパースペクトラルビデオシステムの開発

The development of a hyper spectral video system

小 熊 宏 之*・山形与志樹*

Hiroyuki OGUMA, Yoshiki YAMAGATA

Abstract: A hyper spectral video system (HSV) was developed to acquire the data of hyper spectral image in low cost and easy operation. The HSV composed spectrograph system and charged coupled device (CCD) analog video camera system. Spectrograph is based on combination prism and grating. The HSV can acquire high spectral resolution imagery in the range of 400nm to 950nm. This paper describes the outline of HSV and acquired images.

1. はじめに

航空機搭載型の撮像センサによるデータ取得は、新しい観測手法の研究やアルゴリズムの開発などといった研究的側面に加え、森林監視など実利用面でも非常に有力な手段の一つである。米国を例にとると1987年からはJPLのAVIRISの運用が開始されて以来、航空機センサによる多波長連続分光画像の研究が本格化し有効性が確認されてきた。しかしながら日本国内では航空機センサの種類が限定されていること、外国製のセンサは入手が不可能あるいは非常に高額であること、更に1回の航空機観測に要する運行費用などの問題から誰しもが容易に研究を行う環境であるとは言いがたく、これが日本国内をフィールドとした多波長連続分光画像の研究に対して著しい障害となってきた。このような背景から簡便なシステム構成のハイパースペクトラルビデオシステム(HSV)を試作し、航空機観測により良好な分光画像を取得した。軽量かつ容易な操作での多波長連続分光センサとして無人航空機などでの観測も可能と思われる。本書はHSVの概要と取得データについて報告するものである。

2. センサシステム

図1にHSVのシステム概要を、写真1にはHSVのカメラ部分を示す。HSVは分光システムとCCDカメラを用いたプッシュブルーム型センサである。分光システムとしてSpecim社製のImSpectorV10を用いた。分光領域は376-970nmである。スリットを通過したライン状の入射光はプリズムとグレーティングから

図1 HSVのシステム概要

*国立環境研究所

写真1 HSVのカメラ部分

写真2 分光観測を記録したオリジナルのビデオ画像

構成される PGPTMシステムにより分光され、二次元 CCD カメラで画像化する。よってセンサが対象物上を移動することで、二次元の分光画像の取得が可能となる（地上観測の場合は別途用意された機械走査機構により二次元画像を取得する）。

CCD カメラは近赤外域の感度を強化したモノクロカメラを用いた。出力は NTSC 形式のアナログ値で、有効画素数は 640 (H) × 480 (V) である。分光成分をカメラの水平走査方向に、空間成分を垂直走査方向になるよう ImSpector にカメラを装着した。よって水平走査方向の 1 画素あたり約 1 nm の分光サンプリングとなる (CCD カメラの感度特性から 400nm より短波長

側と 950nm より長波長側は実用的ではない)。更に He-Ne レーザを用いた波長校正を行い、カメラの水平 640 画素に対して波長換算式を求めた。観測中のデータ収録は Hi8 方式によるアナログ記録のポータブルビデオレコーダを用いた。現在ではデジタル記録方式のビデオレコーダが主流となり非常に軽量の製品が存在するが、多くのデジタル記録方式は非可逆方式の画像圧縮を行っていることから、ここではアナログ記録の製品を用いている。センサ部本体の重量は約 2 kg で、ビデオが 1 kg 以下、これ以外に 12V のバッテリーを必要とするが、トータルで 4 kg 以下の重量に抑えることが可能となった。

3. 画像処理システム

1) 画像データの取込

分光観測を記録したオリジナルのビデオ画像を写真 2 に示す。垂直走査方向が空間成分であり、水平走査方向に分光成分が記録される。アナログ画像はビデオレートのままモノクロビデオキャプチャーボードによって 10bit のデジタル値に A/D 変換され、更に画像の再配列を行い 640 バンドの bip 形式画像としてハードディスクに格納される。

2) 暗時出力の補正

観測直後にカメラへの入射光を完全に遮蔽し暗時の CCD 出力を記録し、これの 30 フレーム分を平均化し、観測画像から差し引くことでオフセット成分を取り除く処理を行う。

3) 観測波長の平均化

S/N 比の向上とデータ量を低減するため、5 ないし 10 バンド分の平均化を行い 128 あるいは 64 バンドデータに変換する。

4. データ取得実験

平成 11 年 9 月 9 日、苫小牧の国有林上でにおいて、セスナ機により航空機観測を試みた。航空写真用のファインダー穴からカメラを鉛直下向きに向け、森林上の分光画像を取得した。飛行高度は 750m、速度は約 200 km/h であった。写真 3 は観測画像の一例と、画像上の矢印で示した箇所の 5 画素分の平均出力グラフである。樹種の違いが分光パターンの違いとして現れている。また写真 4 は異なるバンドを用いたカラーコンボ

データ取得範囲

1999年10月4日撮影の縮尺約1:5500の航空写真
線で囲んである部分が上段のHSV画像の範囲

矢印で指示した部分の周囲5画素の平均センサ出力

写真3 苫小牧国有林観測による取得画像および分光情報

写真4 異なるバンドを用いたカラーコンボジット

図2 画像上のコンクリート部分をレファレンスとして、写真3で示した3つのサイトのセンサ出力から求めた相対反射率

ジットの比較である。画像上の幾何的な歪みはデータ取得時における航空機の姿勢変動による。図2は画像上で確認されたコンクリート構造物の5画素分の平均値をレファレンスとして、写真3で示した箇所のセンサ出力を割ることで求めた相対的な反射スペクトルである。短波長側で反射率が上昇しているのはレファレンスの反射率が短波長域で低下することと大気のパラジアンによるものと推察される。植生の反射率の特徴であるグリーンピークやレッドエッジなどが捉えられていることがわかる。HSVは標準光源を用いた絶対輝度校正を行っておらず、観測出力を輝度値変換することは現段階では不可能であるが、スペクトルパターンの相対的な変化の抽出などの目的で用いることは可能であることが判明した。

おわりに

多波長連続分光画像の取得が可能であるビデオシステムの試作を行い、データ取得実験を行った。安価かつ軽量な本システムでも相対的な分光パターンの変動を捕らえることが可能であることを示した。特に4 kg以下の重量に抑えたことで無人飛行機やカイトブレンなどへの搭載も可能となり、データの取得機会を確保することが容易である。今後の改修予定としては、1) CCDをプログレッシブスキャン方式とし、全てデジタル処理化すること、2) CCD画素単位での絶対輝度校正、3) 観測波長範囲の拡大(可視～1700nmあるいは2500nmまでの連続分光観測を目指す)、4) 高速なデジタル記録方式の検討、5) ジャイロなどによる姿勢変動検出による幾何的歪みの補正、などが挙げられる。

謝 辞

本システムの試作には川鉄テクノリサーチの守屋進氏、市川文彦博士にご協力を頂いた。また航空機からのデータ取得に関してはアジア航測株式会社のご協力を頂いた。関係者各位に感謝致します。

(受付日1999.11.12, 受理日2000.1.13)

参考文献

- 1) Timo Hyvarinen, et al., Direct sight imaging spectrograph: a unique add-on component brings spectral imaging to industrial applications, Presented at 1998 IS&T/SPIE's symposium on Electronic Imaging
- 2) D. E. Escobar, et al., A Twelve-Band Airborne Digital Video Imaging System (ADVIS), Remote sens. Environ. 66: 122-128, 1998
- 3) Jung-Sup Um, and Robert Wright, The Analog-to-Digital Transition and Implications for Operation Use of Airborne Videography, PE&RS Vol. 65, No. 3, pp.269-275, March 1999