

# 분광측정기를 이용한 초분광카메라 영상의 상대 복사보정

## Relative radiometric calibration for the SOC700 hyperspectral image with spectroradiometer

신정일\*, Yasser Maghsoudi, 강성진, 이규성

Jung-il Shin, Yasser Maghsoudi, Sung-jin Kang, and Kyu-sung Lee

인하대학교 지리정보공학과

[jungil79@inhaian.net](mailto:jungil79@inhaian.net)

**요약** : 초분광영상을 이용한 정량적인 분석이나 분광라이브러리를 이용한 목표물의 탐지를 위해서는 복사보정이 필수적이지만 사전 검보정 자료가 없는 센서의 경우 절대 복사보정을 실시할 수 없다. 본 연구의 목표는 사전 검보정 자료가 없는 지상 초분광 카메라(SOC700) 영상의 화소값을 spectroradiometer의 radiance로 변환하기 위한 상대 변환계수(gain, offset coefficient)를 산출하고 그 적합성을 판단하는 것이다. 초분광영상의 DN과 동시에 측정된 radiance의 밴드별 선형 회귀분석을 통하여 상대 radiance 변환계수를 산출하였다. 산출된 선형 회귀식의 적합도( $R^2$ )는 대부분이 0.9 이상으로 매우 양호하였으며 상대 radiance를 이용할 경우 상대 분광반사율 획득이 가능하며 이를 통해 보다 초분광영상에 적합한 정량적인 분석을 할 수 있다.

### 1. 서론

초분광영상은 100개 이상의 연속된 밴드로 구성된 분광해상도가 매우 높은 영상으로 지표물의 완전한 분광특성을 획득할 수 있는 장점을 가지고 있어 기존의 다중분광영상에 비해 지표물에 대한 보다 정량적인 분석을 가능하게 하는 원격탐사 자료이다(Goetz, 1991). 최근 초분광영상의 수요가 증가하고 있으며 지도제작의 목적 이외에도 농업, 의학, 군사 목적에 있어 기존 다중분광영상으로 구분하지 못하던 사물을 감지하는 데 사용되고 있다. 특히 지상용 초분광 카메라의 경우 군사

적 목적의 위장체 탐지나 농업에서 작물의 상태나 작물의 종류를 구분하는데 있어 그 활용성이 인정되어 그 수요가 증가하고 있다(Surface Optics, 2001; Fitzgerald G.J., 2004).

초분광영상을 이용한 정량적인 분석이나 분광라이브러리(spectral library)를 이용한 목표물의 인식과 탐지를 위해서는 센서의 화소값(digital number)을 분광반사율로 변환하는 과정인 복사보정이 필수적이다.

복사대기보정은 크게 상대 복사보정과 절대 복사보정으로 나눌 수 있는데 절대 복사보정은 화소값을 at-sensor

radiance로 변환하는 과정과 센서와 지표 사이의 대기효과를 제거하는 과정으로 나눌 수 있다(김선화 외, 2007). 절대 복사보정 과정에서 대기효과 제거는 촬영 당시의 다양한 대기자료가 필요하고 과정이 매우 복잡하여 일반적으로 대기 복사전달(radiative transfer) 모델에서 제공되는 표준 대기모델을 사용하고 있다. 그러나 이와 같이 표준 대기모델을 사용할 경우 다양한 기상여건을 적절하게 반영하지 못한다는 단점이 있으며 이에 더불어 절대 복사보정을 위해서는 광학센서에 대한 사전 검보정(pre-launch calibration) 자료가 필요하다(Jensen, 2005). 상대 복사보정은 두 시기의 동일 센서의 자료나 동일시기의 이중 센서 자료의 통계학적 분석을 통해 분광반사율을 산출하는 기법으로 대기자료의 획득이 어렵거나 센서의 특성을 알지 못할 때 사용할 수 있다.

본 연구의 목표는 사전 검보정 자료가 없는 지상 초분광카메라(SOC 700) 자료의 화소값을 spectroradiometer의 radiance로 변환하기 위한 상대 변환계수(gain, offset coefficients)를 산출하고 그 적합성을 판단하는 것이다.

## 2. 연구자료

본 연구에서는 ground truth의 동질성 확보를 위하여 그림 1과 같이 40cm×40cm 크기의 모의 타겟을 제작하였으며 색종이와 다양한 인공물로 22개의 class를 구성하였다. 위의 타겟을 Surface optics사(U.S. San Diego)의 SOC700 초분광 카메라(Surface Optics, 2001, <http://www.surfaceoptics.com>)

를 이용하여 2m 높이에서 연직으로 촬영하였다. 그리고 촬영과 동시에 각 클래스의 radiance와 reflectance를 ASD사(U.S. Boulder)의 FieldSpec3 spectroradiometer(350~2500nm)를 사용하여 측정하였다. 측정 조건은 10°의 field-of-view(FOV)를 갖는 bare fiber optic을 사용하여 5cm 높이에서 연직으로 측정하였다. SOC700 카메라의 제원은 아래 표 1과 같다.



그림 1. Ground truth target(40×40cm<sup>2</sup>)

표 1. SOC700 초분광 카메라의 제원

Wavelength range	400-900nm
Frame size	640 by 640
Spectral resolution	4nm
Radiometric resolution	12bit
Number of bands	120
Lens	70mm
FOV	10°
IFOV	0.015625°

### 3. 연구방법

#### 1) 영상 sample 추출

SOC700 초분광 카메라를 이용하여 획득한 120밴드의 초분광영상에서 각 클래스별 radiance와 reflectance 측정 위치에서 324(18×18)개의 픽셀을 해당 클래스의 샘플로 추출하였다. 위의 324개 픽셀은 5cm 높이에서 spectroradiometer의 10° FOV에 해당하는 면적의 픽셀 수이다.

#### 2) 상대 radiance 변환계수 추정

위에서 추출한 각 클래스별 324개 픽셀의 평균 화소값과 spectroradiometer로 측정한 radiance를 이용하여 각 밴드별 선형 회귀식을 산출하였으며 선형 회귀식은 아래와 같은 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$L = C_1 \times DN + C_2 \quad (1)$$

여기서 L은 spectroradiometer로 측정한 radiance(W/m<sup>2</sup>/sr/μm)이고 C<sub>1</sub>은 gain coefficient, C<sub>2</sub>는 Offset coefficient이며 DN은 SOC700카메라로 획득한 초분광영상의 화소값을 의미한다. 각 밴드별 선형 회귀식을 산출하여 그림 2와 같은 120개 밴드에 대한 상대 radiance 변환계수(gain, offset coefficient)를 추정하였다. 그림 2는 120개 밴드 중 4개 밴드의 선형 회귀식을 보여주고 있다. 불행하게도 이 과정에서 SOC700 카메라 각 밴드의 spectral response function을 알지 못하여 각 밴드의 중심파장에 해당하는 파장의 radiance 값을 사용하였다.

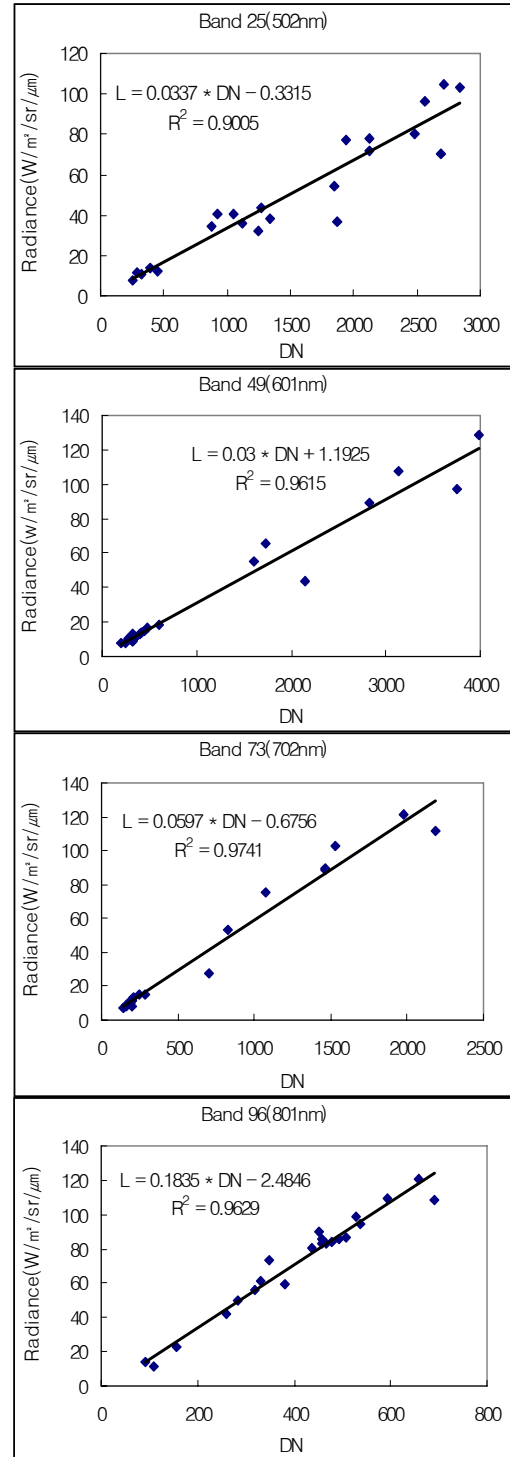


그림 2. 120개 밴드 중 4개 밴드의 선형 회귀식(L : relative radiance)

#### 4. 연구결과 및 토의

SOC700 카메라의 120개 밴드의 상대 radiance 변환계수(gain, offset coefficients)를 산출하였으며 선형 회귀식의 적합도를 나타내는  $R^2$  값은 그림 3 과 같이 대부분 0.9 이상으로 매우 양호 하게 나타났다. 그러나 500nm 부근과 750nm 부근에서  $R^2$  값이 0.75부터 0.9 사이의 값으로 나타나는 구간이 있는데 이는 대부분의 클래스가 녹색 계열의 색 종으로 구성되어 있기 때문으로 판단된다.

다시 말하면 녹색 계열의 색종이가 그림 4와 같이 녹색 파장영역인 500nm 부근과 red edge인 750nm 부근에서 급격한 반사율의 변화를 나타내기 때문에 센서 별 디텍터의 특성이 다른 이중 센서간의 상대 보정이 가져오는 단점으로 말할 수 있다.

선형 회귀식으로부터 얻어지는 gain coefficient는 그림 5와 같이 근적외선 영역에서부터 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 이는 근적외선 파장대에서의 절대 복사량이 가시광선에 비하여 낮아지기 때문이다.

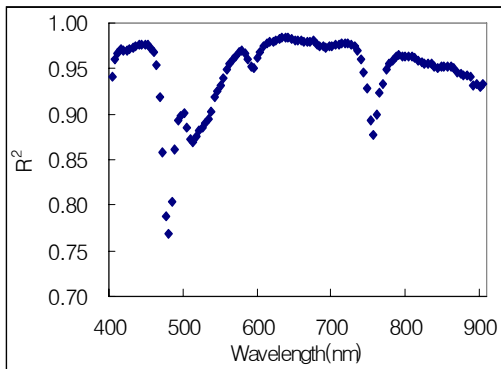


그림 3. 밴드별 선형회귀식의 적합도 ( $R^2$ )

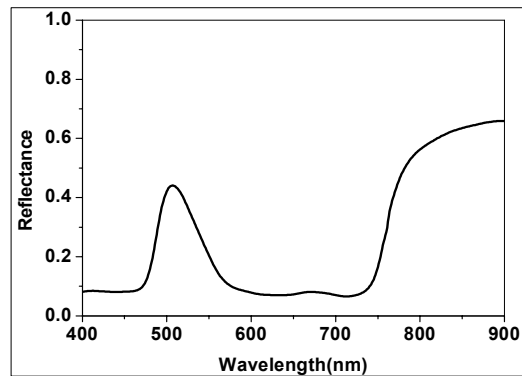


그림 4. 녹색 색종이의 분광반사곡선

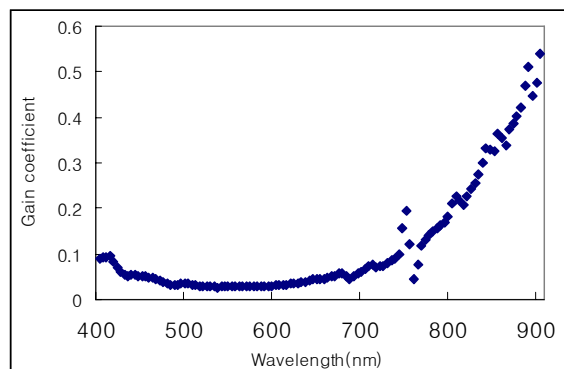


그림 5. 밴드별 gain coefficient ( $C_1$ )

## 5. 결 론

본 연구에서는 사전 검보정 자료가 없는 지상 초분광 카메라와 spectro radiometer에서 각각 획득된 화소값(DN)과 radiance에 대한 선형 회귀분석을 통해 상대 변환계수를 추정하였고 선형 회귀식의 적합도는 매우 양호하였다. 지상 초분광 카메라를 사용함으로써 대기효과를 무시할 수 있었고 촬영과 동시에 radiance를 측정함으로써 동일 조건의 자료를 획득할 수 있었다. 상대복사보정 기법을 통해 DN으로부터 상대 radiance를 획득한 후 white reference(BaSO<sub>4</sub>) panel의 radiance로 나눔으로써 상대적인 분광반사율을 획득할 수 있다. 이는 사전 검보정 자료가 없는 초분광 카메라를 활용한 정량적인 분석에 사용될 수 있을 것이다.

## 사 사

본 연구는 한국과학기술원 영상정보특화 연구센터를 통한 방위사업청과 국방과학연구소의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 6. 참고문헌

김선화, 강성진, 지준화, 이규성, 2007, Absolute atmospheric correction procedure for the EO-1 Hyperion data using MODTRAN code, 대한원격 탐사학회지, Vol. 23(1), pp. 7-14.

Fitzgerald G.J., 2004, Portable hyperspectral tunable imaging system(PHyTIS) for precision agriculture, *Agronomy Journal*, Vol. 96, pp. 311-315.

Goetz A.F.H., 1991, Imaging spectrometry for studying Earth, Air, Fire and Water. *EARSeL Advances in Remote Sensing*, Vol. 1, pp. 3-15.

Jensen J.R., 2005, Introductory digital image processing - A remote sensing perspective, Prentice hall, pp. 213-215.

Surface Optics Inc., 2001, Surface Optics webpage hyperspectral imaging system, (<http://www.surfaceoptics.com/Products/Hyperspectral/HyperspectralApps.htm>)