

# 천리안위성 해양탐재체 자료를 이용한 대기산란 효과가 제거된 컬러합성 영상 제작

이권호<sup>1\*</sup>

## Creating Atmospheric Scattering Corrected True Color Image from the COMS/GOCI Data

Kwon-Ho LEE<sup>1\*</sup>

### 요 약

세계 최초의 정지궤도 해양관측 위성인 천리안 위성의 해색 센서인 Geostationary Ocean Color Imager (GOCI)는 2011년 4월부터 원시 자료를 생산하고 있다. 본 연구에서는 GOCI 원시 자료로부터 보다 자연색에 가까운 컬러합성영상 제작을 위한 방법론과 자료처리용 소프트웨어인 GOCI RGB Maker를 개발하였다. GOCI 원시자료는 대기보정과 재투영 기법을 이용하여 최종적으로 컬러합성영상을 제작할 수 있도록 최적화된 알고리즘을 구현하였다. 이 알고리즘이 적용된 소프트웨어는 다양한 하드웨어 환경에서도 선택적으로 관심영역과 출력창의 크기를 입력받아 처리할 수 있도록 제작되어 교육적 효과를 높였다. GOCI RGB Maker는 공개용 소프트웨어로서, GOCI 자료에 대한 이해와 활용을 증대시킬 수 있을 것이다. 또한, 정지궤도 관측 영상은 관측 영역의 환경특성 변화를 감시하는데 훌륭한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

주요어 : 천리안 위성, 해색 센서, 대기보정, 재투영, 소프트웨어

### ABSTRACT

The Geostationary Ocean Color Imager (GOCI), the first geostationary ocean color observation instrument launched in 2010 on board the Communication, Ocean, and Meteorological Satellite (COMS), has been generating the operational level 1 data. This study describes a methodology for creating the GOCI true color image and data processing software, namely the GOCI RGB maker. The algorithm uses a generic atmospheric correction and reprojection technique to produce the color composite image. Especially, the program is designed for educational purpose in a way that the region of interest and image size can be determined by the user. By distributing

2012년 12월 14일 접수 Received on December 14, 2012 / 2013년 2월 21일 수정 Revised on February 21, 2013 / 2013년 3월 27일 심사완료 Accepted on March 27, 2013

<sup>1</sup> 경일대학교 공간정보공학과 Dept. of Geoinformatics Engineering, Kyungil University

\* Corresponding Author E-mail : khlee@kiu.ac.kr

software to public, it would maximize the understanding and utilizing the GOCI data. Moreover, images produced from the geostationary observations are expected to be an excellent tool for monitoring environmental changes.

**KEYWORDS** : COMS, GOCI, Atmospheric Correction, Reprojection, Software

## 서론

세계 최초의 정지궤도 해색센서(Geostationary Ocean Color Imager; GOCI)는 천리안 위성의 해양탐재체로서 한반도를 포함하는 인근 지역을 500m의 공간해상도로 매 시간별 관측을 수행하고 있다(Choi *et al.*, 2012; Ryu *et al.*, 2012). GOCI는 6개의 협대역 가시 밴드(narrow visible band)와 2개의 근적외 밴드를 가지고 있어 가시적으로 매우 만족스러운 컬러합성영상(또는 천연색 영상) 제작이 가능하다. SeaWiFS, MODIS, MERIS 같은 기존의 해색 센서는 저궤도 위성으로서 공간해상도가 약 1km이고 전 지구를 관측하는 대신 특정지역을 1~2회/1일 정도밖에 관측할 수 없는 단점이 있다. 그러나 GOCI는 이보다 진보한 500m의 해상도와 정지궤도 관측의 장점이 있다.

인공위성 자료를 이용하는데 있어 가장 기본적인 분석영상은 컬러합성영상이다. 컬러합성영상 제작에는 기본적으로 빛의 3원색(적색, 녹색, 청색)을 이용하는데, 해색 센서가 관측하는 파장대중 적색, 녹색, 청색에 해당하는 밴드의 자료를 이용한다. 대부분의 원격탐사 소프트웨어에서 컬러합성영상의 제작을 위하여 단순히 3개의 밴드를 조합하여 24비트의 영상을 출력하지만, 실제 사람의 눈에 의한 사물의 색 판별은 이보다 복잡하다. 특히, 인공위성이 우주에서 관측하는 신호는 지구대기와 지표에 의한 복잡한 복사전달과정을 거치므로 보다 선명한 영상 품질을 얻기 위하여 지구 대기에 의한 광 산란(light scattering)과 광 흡수(light absorption) 특성을 보정해야 한다. 이렇게 보정된 컬러 합성 영상은 육

상분야에서는 지표의 구성요소와 변화탐지, 해양 분야에서는 해색의 변화와 조성 탐지, 그리고 대기 분야에서는 구름, 황사와 같은 대기오염의 탐지 및 감시 분야에서 널리 이용 가능하다.

최근, 각 연구기관이나 대학 또는 일반 사용자들이 천리안 위성에 대한 관심과 사용빈도가 늘어나고 있는 가운데, 위성영상의 가시화에 있어 가장 기본이 되는 컬러합성영상의 제작 비중이 높아지고 있다. 기존의 상업용 원격탐사 소프트웨어는 비경제적이며, GOCI에 대한 전용 서브루틴이 포함되어 있지 않으므로 연구 또는 교육용으로 한계가 있다. 현재 GOCI 자료의 분석 및 배포를 담당하고 있는 한국해양과학기술원 해양위성센터에서는 GOCI 전용 소프트웨어인 GOCI Data Processing Software (GDPS)를 무료로 공개하고 있다(양찬수 등, 2007; 한희정 등, 2010; Ryu *et al.*, 2012). GDPS는 주로 해양 과학 분야에서 현업용 산출물 생산을 주로 하는 자동처리 소프트웨어로서, 일정한 교육 후에 일반이나 교육용으로 사용되고 있다. 그러나 영상 분석에 대한 기본 지식이 없는 일반 사용자 또는 고급 사용자가 필요시 모듈의 일부로 사용하기 위한 가장 간단한 소프트웨어의 개발이 필요한 실정이다. 따라서, 본 연구의 목적은 GOCI 원시 자료로부터 컬러합성영상 제작을 위한 방법론을 제시하고, 개발된 소프트웨어에 대한 내용을 소개하여, 향후 천리안 위성영상 자료가 널리 활용 가능하도록 하는 것이다.

## 천리안 위성 해양탐재체(COMS/GOCI)

천리안 위성은 영문코드명이 COMS(the

Communication, Ocean, and Meteorological Satellite)로서, 2010년 7월 24일 프랑스령 기니아의 꾸르 우주센터에서 발사되어 현업용 자료를 생산하고 있다. 천리안 위성에 탑재된 해양센서인 GOC는 2백만 화소(전체 픽셀 크기=5685×5567)의 CMOS array로 구성된 세계최초의 정지궤도 해양 탑재체로서 수명은 약 7.7년이다. GOCI는 6개의 가시광선( $\lambda=412\text{nm}$ , 443nm, 490nm, 555nm, 660nm, 680nm)과 2개의 근적외 영역( $\lambda=745\text{nm}$ , 865nm)에서 매 시간별 한반도 지역을 관측한 영상자료를 생산하고 있다(Kang *et al.*, 2010). GOCI의 관측영역은 북위 36° 와 동경 130° 를 중심으로 수평면적 2,500km×2,500km에 해당하며, 영상의 공간해상도는 약 500m이다.

GOCI 영상자료는 현재 한국해양과학기술원 해양위성센터 홈페이지(<http://kosc.kordi.re.kr/index.kosc>)에서 제공되며, 초기 원시자료인 Level-1(L1)자료는 센서가 측정한 전기적 신호를 디지털화된 숫자(Digital number; DN)의 형태로 저장되어 있다. GOCI의 복사보정에 관한 정확도는 약 3%이내를 가지는 것으로 알려져 있으며(Kang *et al.*, 2010), DN 값을 물리적으로 의미가 있는 복사량(Radiance, L)으로 변환하기 위하여 다음의 식 (1)을 사용한다.

$$L = DN \times gain + offset \quad (1)$$

여기서 gain와 offset는 선형 변환 상수로써, 현재 GOCI 자료내에서 제공되는 값 gain=1.0<sup>-6</sup>, offset=0을 사용하여 계산된 복사량 L은 Wm<sup>-2</sup>um<sup>-1</sup>sr<sup>-1</sup>의 단위를 가진다. 식 (1)을 이용하여 변환된 복사량은 이후 자료처리를 위한 편이상 다음의 식 (2)를 이용하여 반사도( $\rho_{TOA}$ )로 변환할 수 있다.

$$\rho_{TOA}(\lambda) = \frac{\pi \cdot L(\lambda)}{F_0(\lambda) \cdot \cos \theta_0} \quad (2)$$

여기서  $F_0(\lambda)$ 는 GOCI의 파장  $\lambda$ 에 대한 태양상수이다.  $\theta_0$ 는 태양 천정각이며, GOCI의 각 픽셀별 주어진 위경도값과 관측시간자료를 이용하여 태양의 위치를 수치적으로 계산할 수 있다. 이 반사도 값은 인공위성이 관측하는 총 반사도 값으로서 대기 중 에어러솔과 대기분자, 그리고 지표면에 의하여 반사된 태양광의 합이다.

표 1은 GOCI의 8개 밴드별 중심파장, 상대반응함수에 따른 파장등가폭, 레일리 광학두께(Rayleigh optical thickness; ROT 또는  $\tau_{Ray}$ )를 나타낸다. 이 중 레일리 광학두께는 대기 중 질소나 산소같은 분자성분에 의하여 태양광이 산란되는 양을 상대적으로 표현한 값이다. ROT는 산란계수를 전체 대기를 통과하는 광 경로에 대하여 적분한 값이므로, 표준대기 상태에서 레일리 산란 계수는 다음 식 (3)과 같이 표현된다(van de Hulst, 1957).

$$\sigma_{Ray} = \frac{24\pi^3(n_s^2 - 1)^2}{\lambda^4 N_s^2(n_s^2 + 2)^2} \left( \frac{6 + 3\delta}{6 - 7\delta} \right) \quad (3)$$

위 식에서  $N_s$ 는 표준대기상태에서 대기분자의 수밀도( $2.54743 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ ),  $n_s$ 는 공기의 굴절률로서 압력과 온도의 함수이다.  $\delta$ 는 편광소멸도로 Young(1980)이 제시한 0.0279가 널리 사용되고 있다. 식 (3)으로부터  $\tau_{Ray}$ 는 대기의 각 층에서의 대기분자의 수밀도와 레일리 산란 계수의 곱을 전체 대기 고도로 적분한 값이 된다(식 4).

$$\tau_{Ray} = \int_0^\infty \sigma_\lambda N_s(z) dz \quad (4)$$

결국, ROT는 파장의 4제곱에 반비례하며, 현재까지 상수항과 변수항을 간단히 표현하는 다양한 계산식이 보고되어 있다. 자세한 계산 과정은 다음 절에서 다루기로 한다.

TABLE 1. GOCI 8 band' s central wavelengths (CW), solar constants ( $F_0$ ), response function equivalent width (RFEW), and Rayleigh optical thickness (ROT)

Band Number	1	2	3	4	5	6	7	8
CW [nm]	0.412	0.443	0.490	0.555	0.660	0.680	0.745	0.865
RFEW [ $\mu\text{m}$ ]	0.0135	0.0130	0.0142	0.0157	0.0162	0.0048	0.0161	0.0307
$F_0$ [ $\text{Wm}^{-2}\text{um}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]	1738.8	1922.1	1988.4	1869.9	1535.3	1508.3	1295.9	967.6
ROT	0.3185	0.2361	0.1560	0.0938	0.0464	0.0411	0.0284	0.0155

### GOCI 컬러 합성 영상 제작틀

천리안 GOCI영상처리용 표준처리 소프트웨어인 GDPS는 컬러합성영상 생성을 위하여 사용자가 선택한 3개의 채널 DN값으로부터 적, 황, 녹색의 혼합을 이용하는 전통적인 컬러합성방법을 사용한다. 그러나, 태양과 위성의 기하학적 위치에 따라 변하는 대기의 산란 효과로 인하여 육지 및 해양으로부터의 복사량의 왜곡이 발생하므로, 위성관측 자료로부터 이러한 왜곡을 보정한 결과를 지도상에 투영하는 과정이 필요하다. 8개의 밴드 중 적색, 녹색, 청색에 해당하는 443nm, 555nm,

660nm의 세 밴드 자료를 합성하면 그림 1과 같은 컬러합성영상을 제작할 수 있다. 그림 1은 2011년 4월 5일 UTC00:16시에 GDPS에서 제공하는 컬러합성영상 결과이며, GDPS에서는 대기산란효과를 고려하지 않고 있다. 일반적으로, 파장이 짧을수록 대기산란 효과가 증가하여 지표특성이 상대적으로 적어지고 파장이 길어질수록 대기투과도가 증가한다. 이러한 효과는 GDPS의 3 밴드별 결과를 대기산란효과를 제거한 결과와 비교를 통하여 확인가능하다. 그러나 GDPS에서 제공하는 결과물은 DN값으로 표현되므로, DN값을 식 (1)과 식 (2)를 이용하여 3파장대의 DN값을

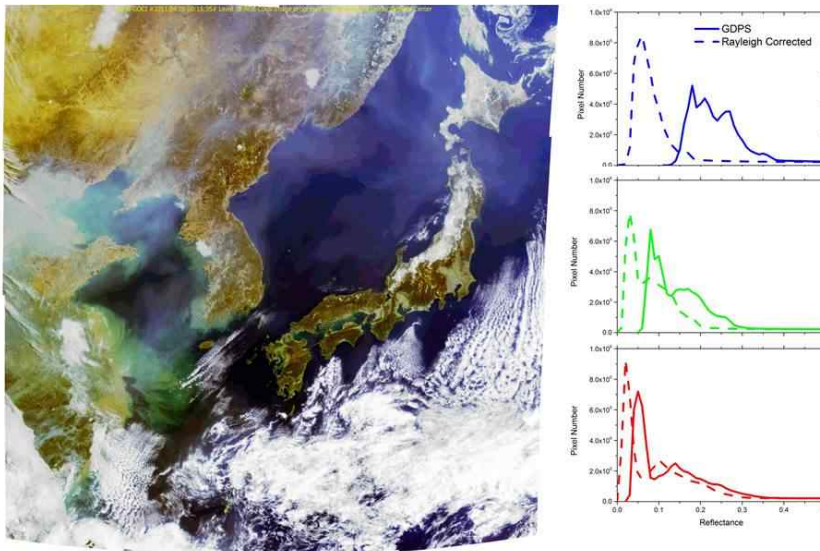


FIGURE 1. GOCI color composite image produced by the GDPS and pixel number distributions for three bands. Solid and dashed lines represent GDPS derived and Rayleigh scattering corrected reflectances

반사도값으로 전환한 결과와 레일리 산란을 보정한 결과를 그림 1의 오른쪽 그래프에서 비교하였다. 세 밴드에서 대기산란효과를 제거하기 전과 후의 반사도 값의 평균 변화율은 각각  $-56.62 \pm 19.56\%$ ,  $-39.85 \pm 18.85\%$ ,  $-27.32 \pm 17.56\%$ 로서 GOCI의 전체 관측영역에 대하여 대기산란으로 인한 반사도 보정의 중요성을 알 수 있다.

본 연구에서 GOCI 컬러 합성 영상 제작을 위하여 개발된 소프트웨어인 GOCI RGB Maker는 표준 he5 형식으로 저장된 GOCI의 L1 자료를 입력자료로 대기산란 및 흡수 보정과 재투영(reprojection) 과정을 수행한다. GOCI RGB Maker는 Interactive Data Language (IDL)을 이용하여 코딩되었으며, 미리 컴파일된 바이너리 형식의 실행코드로 저장되었다. 따라서, 일반적인 윈도우나 리눅스, 유닉스 시스템에서 무료로 제공되는 IDL의 런타임 라이선스(IDL Virtual Machine; VM)가 설치되어 있으면 원활히 실행 가능한 장점이 있다. 전체적인 자료처리 흐름도는 그림 2와 같으며, 프로그램 수행을 위하여 GOCI 원시자료 외에 수치 해석적 처리과정을 위하여 부가적으로 필요한 자료는 GOCI의 위경도 정보, DEM, 복사전달 모델을 이용하여 미리 계산된 Rayleigh 산란 조건표이다.

그림 2에 나타난 자료처리과정에서는, 우선 GOCI의 관측 시간과 보조 자료인 각 픽셀별 위경도 자료를 이용하여 각 픽셀별 태양 기하정보(태양 천정각, 태양 방위각, 태양-지구의 거리)를 계산한다. 이때, 주간 동안만의 영상자료 처리를 위하여 태양 천정각이 80도 이상인 경우는 제외한다. 계산된 태양 기하정보는 식 (2)의 반사도 계산과 조건표를 찾기 위한 입력 자료로 사용된다. 반사도 값으로 전환된 GOCI 자료는 이후, 조건표를 이용하여 위성과 태양의 기하조건에서 Rayleigh 산란에 의한 기여도를 소거한다. 대기효과가 제거된 이후, 각 픽셀별 반사도와 기하정보를 이용하여 사용자 요구사항에 맞추어 투영된 결과물을 출력하게 된다. 현재 GOCI RGB Maker는 경

일대학교 지구환경감시 연구실 인터넷 블로그 (<http://envtech.blog.me>)에서 다운로드 가능하다.

프로그램에 포함된 수치 해석적 방법은 우선 복사전달방정식으로부터 출발한다. 이전절에서 설명된 GOCI 원시자료의 처리과정 이후에 생산된 가시광선 영역의 반사도 값은 이론적으로 대기중의 분자성분과 입자성분, 그리고 지표에 의한 성분으로 구분된다. 이것을 복사전달 방정식으로 표현하면 다음과 같다 (식 5).

$$\rho(\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi) = \rho_{Aer}(\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi) + \rho_{Ray}(\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi) + \frac{T_0(\lambda, \theta_0, \phi) \cdot T_s(\lambda, \theta_s, \phi) \cdot \rho_{Surf}(\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi)}{1 - \alpha \cdot \rho_{Surf}(\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi)} \quad (5)$$

여기서  $\rho_{TOA}$ ,  $\rho_{Aer}$ ,  $\rho_{Ray}$ ,  $\rho_{Surf}$ 는 각각 위성이 관측한 반사도, 에어러솔에 의한 반사도, 대기 분자산란(Rayleigh 산란)에 의한 반사도, 지표 반사도이다.  $T_0, T_s$ 는 각각 태양과 위성경로에 대한 대기 투과도이며,  $\alpha$ 는 반구 알베도(Hemishperic Albedo)이다. 그리고  $\lambda, \theta_0, \theta_s, \phi$ 는 파장, 태양천정각, 위성관측각, 태양-위성 상대방위각이다. P는 고도 Zkm에서의 대기압으로서 식 (6)과 같은 기압방정식을 이용하여 계산 가능하다(Lee *et al.*, 2004).

$$p(z) = p_0 \cdot \exp\left[\frac{-29.87 \cdot g \cdot 0.75 \cdot z}{8.315 \cdot (T_{surf} - g \cdot 0.75 \cdot z)}\right] \quad (6)$$

여기서  $g$ 는 중력가속도( $9.807\text{m/s}^2$ ),  $T_{SURF}$ 는 지표 온도로서  $298^\circ\text{K}$ 로 가정하였다. 컬러합성 영상 제작을 위하여 식 (5)로부터  $\rho_{Ray}$ 를 제거하게 된다. 만일,  $\rho_{Aer}$ 에 대한 정확한 값을 알게 되면, 지표면에 의한 신호만을 분리할 수 있다. 반대로, 지표에 대한 정확한 값을 알면, 대기 중의 에어러솔에 의한 신호만 분리하여 대기 환경이나 응용기상분야에서

활용할 수 있다. 실제로 이러한 방법은 지난 수십년간 위성원격탐사를 이용한 환경감시 분야에서 사용되고 있다(이권호 등 2002; Lee and Kim, 2010; 이권호 2012; 2011; Lee *et al.*, 2012). 그러나 이 과정은 매우 복잡하며 여러 가정이 포함되므로 본 연구의 범위를 벗어나게 된다. 따라서 본 연구에서는 대기보정의 영역을  $\rho_{Ray}$ 의 효과 제거를 통한 대기 및 지표에 대한 컬러합성영상 제작에만 제한을 두기로 한다.

## 대기 보정(Atmospheric Correction)

천연색에 가까운 컬러합성 영상 제작을 위하여 가시 밴드 위성영상에서 주요 대기 효과인 레일리 산란을 보정하였다. 레일리 산란은 파장의 4제곱에 비례하며, 현재까지 여러 계산식이

개발되어 있으나 Hansen and Travis(1974)가 제안한 방정식이 널리 사용되고 있다.

$$\tau_{Ray} = 0.008569\lambda^{-4}(1 + 0.0113\lambda^{-2} + 0.00013\lambda^{-4}) \quad (7)$$

식 (7)을 이용한 파장별 ROT는 표 1과 같으며, 이 값이 클수록 광 산란이 커짐으로 인하여 위성영상에서 반사도 값이 커지게 된다. 레일리 산란 계수와 광학두께에 대한 계산 방법은 매우 간단하지만, 실제 대기중의 분자량은 지역과 계절에 따라 변하기 때문에 변형된 방법도 개발되었다(Bucholtz *et al.*, 1995). 그리고 레일리 산란은 위성과 태양의 위치(즉, 산란각)에 따라 변하는 값이므로, 산란각( $\theta$ )과 산란위상함수( $P_{Ray}(\theta)$ )를 다음과 같은 식으로 계산한다.

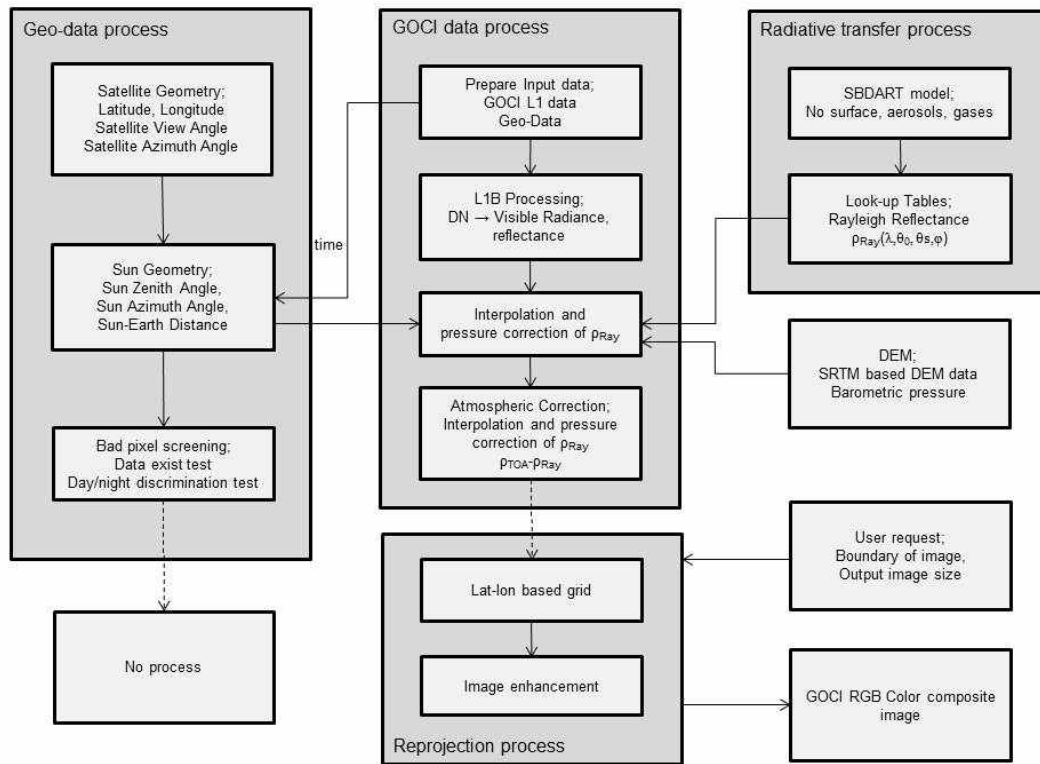


FIGURE 2. Flow chart of satellite data processing for creation of GOCI true color image

$$\Theta = \cos^{-1}(-\cos(\theta_0)\cos(\theta_s) + \sin(\theta_0)\sin(\theta_s)\cos(\phi)) \quad (8)$$

$$P_{Ray}(\Theta) = \frac{3}{4}(1 + \cos^2\Theta) \left( \frac{1 - \delta_R}{1 + 2\delta_R} \right) \quad (9)$$

그림 3(a)는 식 (8)을 이용하여 계산된 산란각의 한 사례로서 2011년 4월 5일 UTC01:16에 해당하는 위성과 태양의 기하각을 이용하여 계산된 결과이다. 식 (9)에 의하면, 산란각이 180도에 가까울수록 레일리 산란에 의한 후방산란(backward scattering) 값이 커지게 된다. 따라서, 그림 3(a)는 동쪽보다 서쪽에서 상대적으로 산란각이 크므로 레일리 산란에 의한 반사도값이 클 것으로 예상된다. GOCI의 관측 영역이 2500km로 광범위하기 때문에 산란각의 변화는 비교적 크고 이에 따른 레일리 산란에 의한 반사도 값도 변화가 클 것으로 예상된다. 그리고 GOCI는 정지궤도를 가지므로 관측각이 일정하지만 태양의 이동에 따라 산란각이 변하므로

Rayleigh 산란에 의한 반사도는 매시간 재계산을 수행하여야만 한다. 그림 3(b)는 Rayleigh 산란의 보정을 위한 고도값으로서 육지의 경우는 지표고도가 높을수록 대기분자 성분이 감소하므로 대기압과 온도에 따른 변화를 반영하여 레일리 산란에 의한 반사도값을 보정할 수 있게 된다.

실제 위성 영상에 미치는 레일리 산란 자체 효과 계산을 위하여 복잡한 수치 해석과정이 필요하며, 이는 복사전달 모델을 사용하여 지표 및 에어러솔에 의한 대기효과를 고려하지 않은 경우에 있어 인공위성이 이론적으로 관측하는 값을 계산한 결과로부터 획득할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 9개의 태양 천정각( $\theta_0=0^\circ-80^\circ$ , 간격= $10^\circ$ )과 9개의 위성 관측각( $\theta_s=0^\circ-80^\circ$ , 간격= $10^\circ$ ), 13개의 상대 방위각( $\phi=0^\circ-180^\circ$ , 간격= $15^\circ$ )의 조건에서(3밴드 $\times$ 9태양천정각 $\times$ 9태양천정각 $\times$ 9태양천정각=총 3,159회) 복사전달 시뮬레이션을 수행하였다. 이 결과는 위성이 측정하는 복사량(radiance)으로 출력된다. 그러나 이 값은 각

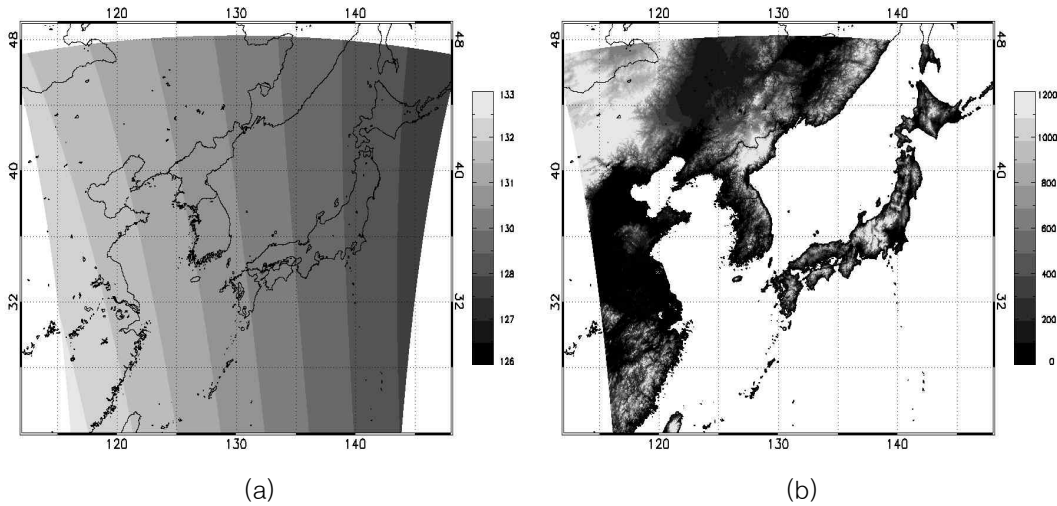


FIGURE 3. (a) The scattering angles(unit: degree) for the Rayleigh scattering calculations for the GOCI observation on 5 April 2011, UTC 01:16 and (b) Digital elevation map rearranged from the Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) data(unit: meter). x- and y-axis denote longitude and latitude

입력조건별로 모의된 결과이므로, 실제 GOCI의 픽셀별기하정보에 부합하도록 기하조건에 대한 선형보간(linear interpolation)을 수행한다. 그리고 육지의 경우는 지표 고도차로 인하여 레일리 산란 효과가 다르게 나타나므로, DEM을 이용하여 각 픽셀별 고도에 따른 대기압( $P(z)$ )과 온도( $T(z)$ )를 계산하여 레일리 산란식을 보정한다.

$$\tau_{Ray}(z) = \tau_{Ray}(0) \cdot \frac{\rho(z)}{\rho_{Surf}} \cdot \frac{T_{Surf}}{T(z)} \quad (10)$$

$$T(z) = T_{Surf} - g \cdot 0.75 \cdot z \quad (11)$$

대기보정과정은 보정된 레일리 반사도 값을 GOCI 반사도값에서 제거하는 것으로서, 위

서 언급한 수치적 계산 과정을 통하여 진행된다. 그림 4에서는 대기 보정 전과 후의 GOCI 영상 결과이다. 이전에 언급했듯이 Rayleigh 산란은 파장의 4제곱에 반비례하므로 파장이 상대적으로 짧은 청색 파장에서 반사도가 크게 나타나므로 전체 영상에서 청색 계열이 우세하게 된다. 그러나 Rayleigh 산란효과 제거 후에는 청색계열의 과장된 반사도를 제거하였으므로 천연색의 영상을 얻을 수 있다.

GOCI 원본영상은 북위 36도와 동경 130도를 중심으로 지구타원체의 극 반지름이 6,356,584m의 Orthogonal 투영법에 의하여 모든 픽셀값이 배치되어 있다. 재투영의 기본 원리는 GOCI 원본 영상을 등격자(isogrid) 간격으로 재배열 한 다음, 공간 해상도의 sharpening 을 위하여 bilinear interpolation 방법을 이용하는 것이다. 이 과정을 통하여

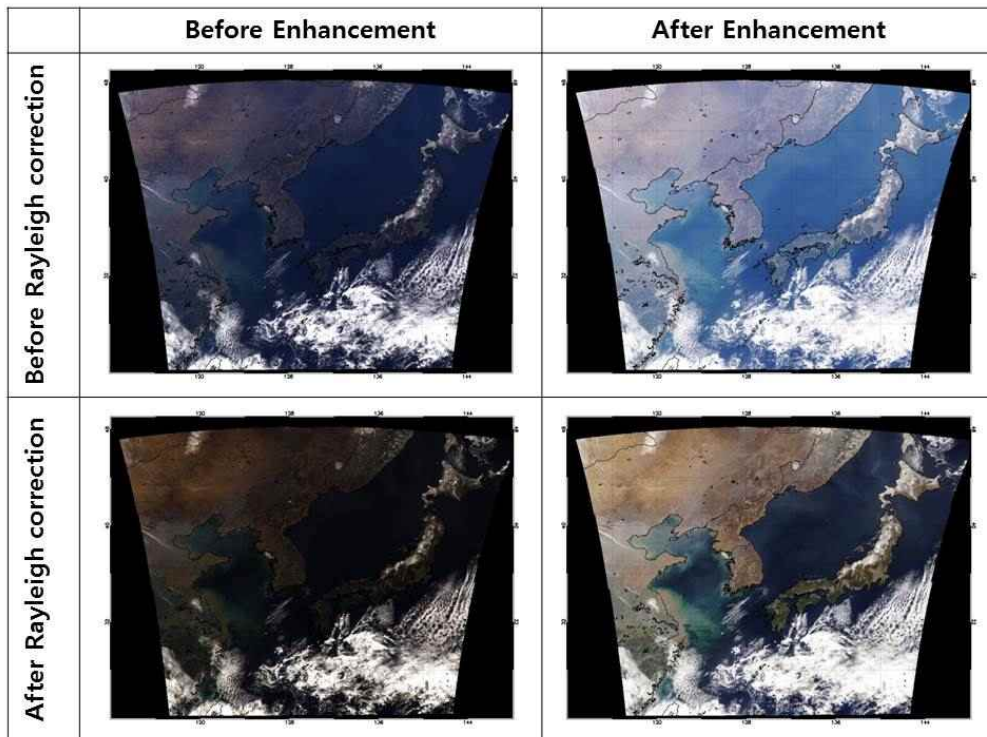


FIGURE 4. GOCI RGB color composite images on 5 April 2011, UTC 01:16 before and after Rayleigh scattering correction and bright enhancement



TABLE 2. Non-linear interpolation constants for bright enhancement

Input(x)	0	30	60	120	190	255
Output(y)	0	110	160	210	240	255

은 2차원 자료는 IDL에서 제공되는 모든 투영법을 이용하여 결과물을 표출할 수 있다. 또한 GOCI RGB Maker에서는 사용자가 GOCI 관측영역에서 원하는 지역에 대한 위경도 범위 설정 및 결과 영상에 대한 크기 설정이 가능한 장점이 있다.

그리고 컴퓨터가 수행하는 영상정보 표출은 실수형 반사도 값으로부터 RGB 밝기로 전환

한 결과이다. 그러나 수치적으로 계산된 반사도 값을 8비트 값을 가지는 3가지 색상에 배치하여 24비트 컬러 위성 영상으로 변환하는데에는 반사도 값의 최대치에 따라 영상의 밝기가 과 이 결과는 영상에서 어두운 부분을 잘 표출하지 못하므로, 식 (12)를 이용한 비선형 강조기법(Nonlinear enhancement)을 적용하여 영상의 전체적인 밝기를 조정한다.

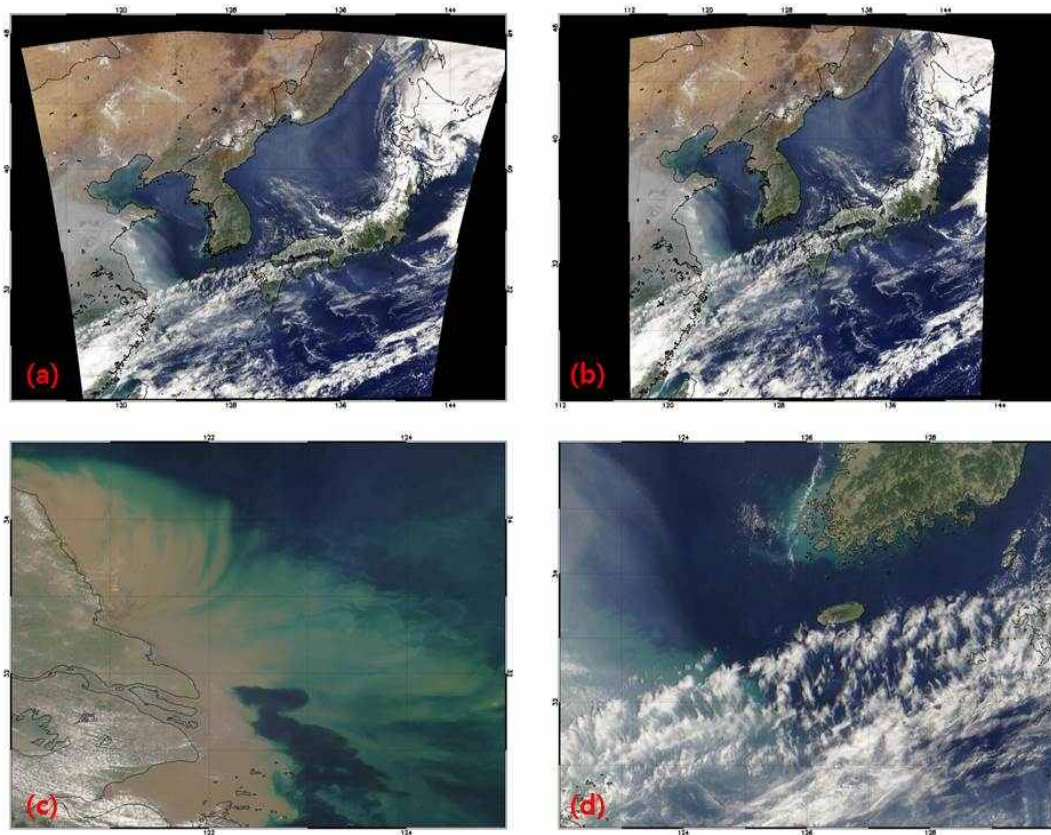


FIGURE. 5. GOCI RGB color composite image acquired on 7 October 2011, UTC 02:16 by means of (a) cylindrical, (b) orthogonal map projection. User defined region of (c) south sea [latitude 32~36 and longitude 121~130] and (d) mouth of Yangz river [latitude 30~35 and longitude 120~126]

$$\begin{aligned} \text{Enhanced image} &= \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (12) \\ &\times \text{image} + \left( y_{i+1} - \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} x_{i+1} \right) \end{aligned}$$

여기서,  $x$ 와  $y$ 는 각각 비선형 강조를 위한 입출력 상수 값이고,  $i$ 는 여러개의 비선형 상수가 사용되는 경우 해당되는 순서의 값을 의미한다. 본 연구에서 사용된 비선형 강조 테이블 값(표 2 참조)은 NASA의 현업용 MODIS 컬러합성 영상 제작을 위하여 사용되고 있는 값으로서 바다 또는 육지의 비교적 어두운 영역(즉, 반사도 값이 적은 픽셀)에서의 밝기값을 강조하고 구름과 같이 밝은 부분(즉, 반사도 값이 높은 픽셀)은 변화가 거의 없도록 설계되었다. 밝기값 강조 전과 후의 차이는 이전의 그림 4의 결과물의 각 열(column) 별 차이에서 확인할 수 있다.


이상으로, 대기보정과 재투영을 마친 GOCI 영상자료는 IDL에서 제공하는 투영법 중 사용자가 원하는 투영법을 선택하여 결과물을 출력할 수 있다. 그림 5(a)와 그림 5(b)는 GOCI 컬러합성 영상을 Orthogonal과 Cylindrical 투영법을 사용하여 출력한 결과이다. 그리고 그림 5(c)와 그림 5(d)는 사용자가 원하는 영역을 설정하여 출력한 결과로서, 여기에서는 남해와 동중국의 양자강 하구 지역을 관심지역을 설정하여 출력하였다.

## 요약 및 결론

본 연구에서는 세계최초의 정지궤도 해색센서인 GOCI 영상자료를 이용하여 컬러합성영상을 제작하는 방법론과 가시화 소프트웨어인 GOCI RGB Maker를 소개하였다. GOCI RGB Maker는 사용자가 쉽게 위성영상 제작 원리를 습득할 수 있으며, 기본 입력변수 값의 설정을 통하여 출력되는 컬러 합성 영상의 범위와 크기가 쉽게 조절 가능하므로 일반인 또는 교육 실습용으로 충분히 활용 가능하다.

특히, 자료처리를 위해 필요한 보조 자료들이 미리 제공되며, 대기에 의한 분자 산란 효과 처리를 위한 과정은 조건표를 통하여 계산 시간을 절약할 수 있다. 제공되는 소프트웨어는 무료 라이선스를 이용하여 수행가능하며, 1기가바이트에 달하는 GOCI 원시 영상자료를 처리하기 위하여 약 10분(전체 영역)~수분(부분영역) 정도의 시간이 걸리므로 사용방법도 쉬운 편이다. GOCI RGB Maker는 향후, 지속적 개선 과정을 통하여 사용자 입력변수의 활용 다변화, 지구물리 파라미터의 도출결과를 포함하는 출력 영상의 다양화 및 그래픽 유저 인터페이스(GUI) 환경을 구축하여 보다 사용이 용이하도록 할 예정이다.

## 감사의 글

이 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업인 “정지궤도 해양위성(GOCI) 활용 연구 지원”을 받아 수행되었습니다. GOCI 영상자료를 제공해주신 한국해양과학기술원 해양위성센터에 감사드립니다. 

## 참고문헌

- 양찬수, 조성익, 한희정, 윤석, 박기용, 안유환. 2007. 해양위성센터 구축: 통신해양기상위성 해색센서(GOCI) 자료의 수신, 처리, 배포 시스템 설계. 대한원격탐사학회지 23(2): 137-144.
- 이권호. 2011. 지구관측 위성자료를 이용한 주요 대기 에어로솔 성분의 공간분포 분석. 한국지리정보학회지 14(2):109-127.
- 이권호. 2012. 동북아시아 지역의 바이오매스 연소활동이 지역 대기환경에 미치는 영향. 한국지리정보학회지 15(1):184-196.
- 이권호, 김정은, 김영준, 서애숙, 안명환. 2002. GMS-5 인공위성 원격탐사 자료를 이용한 대기 에어로솔 모니터링. 한국지리정보학회

- 지 5(2):1-15.
- 한희정, 유주형, 안유환. 2010. 정지궤도 정지궤도 해색탐재체(GOCI) 해양자료처리시스템(GDPS)의 개발. 대한원격탐사학회지 26(2):239-249.
- Bucholtz, A.. 1995. Rayleigh-scattering calculations for the terrestrial atmosphere. *Applied Optics* 34(15):2765-2773.
- Choi, J.-K., Y.J. Park, J.H. Ahn, H.S. Lim, J. Eom and J.-H. Ryu. 2012. GOCI, the world's first geostationary ocean color observation satellite, for the monitoring of temporal variability in coastal water turbidity. *Journal of Geophysical Research*, DOI:10.1029/2012JC008046.
- Hansen, J.E. and L.D. Travis. 1974. Light scattering in planetary atmospheres. *Space Science Reviews* 16:527-610.
- Kang, G., P. Coste, H. Youn, F. Faure and S. Choi. 2010. An in-orbit radiometric calibration method of the geostationary ocean color imager. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 48(12):4322-4328, DOI:10.1109/TGRS.2010.2050329.
- Lee, K.H., J.H. Ryu, J.H. Ahn and Y.J. Kim. 2012. First retrieval of data regarding spatial distribution of Asian dust aerosol from the geostationary ocean color imager. *Ocean Science Journal* 47(4):465-472, DOI:10.1007/s12601-012-0042-2.
- Lee, K.H. and Y.J. Kim. 2010. Satellite remote sensing of Asian aerosols: a case study of clean, polluted and dust storm days. *Atmospheric Measurement Techniques* 3:1771-1784, DOI:10.5194/amt-3-1771-2010.
- Lee, K.H., Y.J. Kim and W. von Hoyningen-Huene. 2004. Estimation of aerosol optical thickness over northeast Asia from Sea-Viewing Wide Field-of-View Sensor (SeaWiFS) data during the 2001 ACE-Asia intensive observation period. *Journal of Geophysical Research* 109(D19S16), DOI:10.1029/2003JD004126.
- Ryu, J.-H., H.-J. Han, S. Cho, Y.-J. Park and Y.-H. Ahn. 2012. Overview of geostationary ocean color imager (GOCI) and GOCI data processing system (GDPS). *Ocean Science Journal* 47(3):223-233, DOI/10.1007/s12601-012-0024-4.
- van de Hulst, H.C.. 1957. *Light Scattering by Small Particles*. Wiley, 470pp.
- Young, A.T.. 1980. Revised depolarization corrections for atmospheric extinction. *Applied Optics* 19:3427-3428. [KAGIS](#)