



지구방출복사량 (OLR: Outgoing Longwave Radiation) 알고리즘 기술 분석서 (OLR-v1.0)

NMSC/SCI/ATBD/OLR, Issue 1, rev.0 2012.12.12

국가기상위성센터



REPORT SIGNATURE TABLE

Function	Name	Signature	Date
Prepared by			
Reviewed by			
Authorised by			



DOCUMENT CHANGE RECORD

Version	Date	Pages	Changes



차 례

- 1. 개요
- 2. 배경 및 목적
- 3. 알고리즘
- 3.1 이론적인 배경 및 근거
- 3.2 산출방법
- 3.3 산출과정
- 3.4 검증
 - 3.4.1 검증방법
 - 3.4.2 검증자료
 - 3.4.3 시공간일치방법
 - 3.4.4 검증결과분석
- 4. 산출결과 해석방법
- 5. 문제점 및 개선 가능성
- 6. 참고문헌



List of Tables

- Table 1 : Detailed Output data for the OLR algorithm.
- Table 2 : Validation results of OLR
- Table 3 : Quality flag for the OLR algorithm.



List of Figures

- Figure 1 : Schematic diagram for narrowband OLR algorithm.
- Figure 2 : The scatter-plots of simulated irradiances versus and OLR for three channels, 10.8, 12.0, and 6.7 $\mu m.$
- Figure 3 : The flow chart of COMS OLR algorithm.
- Figure 4 : The distribution of the retrieved Cloud Detection at 00UTC 4 August 2005.
- Figure 5: The distribution of the retrieved (a) OLR12.0, (b) OLR10.8+6.7, and
 (c) OLR10.8+12.0 at 00UTC 4 August 2005. Typhoon Matsa centered at 125° E and 23° Nis marked as the blue box.
- Figure 6. Scatter-plots of (a) OLR12.0, (b) OLR10.8+6.7, and (c) OLR10.8+12.0 vs. CERES OLR data from 100 km ×100 km homogeneous scene for 1-15 August 2005. The statistics on the comparison between the MTSAT-1R and CERES are also shown below the figures. RMS and OLRC indicate the root mean squares and the CERES OLR, respectively.



List of Acronyms

COMS	Communication, Ocean, and Meteorological Satellite
CERES	Clouds and Earth's Radiant Energy System
ERBE	Earth Radiation Budget Experiment
NOAA	National Oceanic Atmosphere Administration
ISCCP	International Satellite Cloud Climatology Project
SBDART	Santa Barbara DISORT Atmospheric Radiative Transfer
OLR	Outgoing Longwave Radiation



1. 개요

지구방출복사량은 대기의 상단에서 지구에서 우주로 방출되는 단위면적당 장파복사량 (W/m²)이다. 지구방출복사량은 기상학의 여러 분야에서 중요한 관측값이다. 특히, 현재 기 후 분야의 주된 이슈인 구름-복사 상호작용, 열대 대류의 활동 및 이동 , 몬순과 계절 내 변동 등 많은 연구에서 이용되어 왔다. 또한, 모델링 연구에서 적운 모수화에 있어서도 중 요하게 다뤄지고 있다. 지구방출복사량의 이러한 필요성으로 인해 원격탐사에서도 그 관측 과 알고리즘 개발이 활발하게 이뤄졌다. 본 문서에서는 COMS OLR 알고리즘의 배경 및 목적(2절), 알고리즘(3절), 산출결과 해석방법(4절)을 기술하며, 알고리즘의 문제점 및 개 선 가능성(5절)을 논의한다.

2. 배경 및 목적

현존하는 지구방출복사량 알고리즘을 크게 두 가지 맥락으로 나누면 광대역 알고리즘과 협대역 알고리즘으로 나눌 수 있다. 광대역 밴드 방법의 대표적인 관측은 1980년대의 운용 되었던 Earth Radiation Budget Experiment (ERBE)와 1990년대부터 현재까지 운용 중 인 Clouds and Earth's Radiant Energy System (CERES)가 있다 (Wielicki et al. 1996). 이런 프로젝트들의 주된 목적은 복사량을 측정하는 것이기 때문에 다소 넓은 밴드 (예, 0.2-50 와 0.2-100-µm)를 이용하여 직접적으로 지구방출복사량을 산출한다. 그러 나 현재 단계에서 대부분의 광대역밴드 기기들은 극궤도 위성(예, Terra 혹은 Aqua)에 탑 재되어 있다. 이런 자료들은 전구영역에 걸쳐서 관측 자료를 제공하나, 특정 지역에서는 하 루에 한번 혹은 두 번밖에 지나지 않아서 빠르게 변하는 구름 혹은 강수 활동에 의한 지구 방출복사량의 변화를 탐지하는데 적당하지 않다.

정지궤도의 위성을 이용할 경우 지구방출복사량의 시간분해능이 많이 향상될 수 있다. 현재 대부분의 정지궤도의 기상위성은 약 1-µm의 밴드폭의 협대역 복사계를 탑재하고 있 다. 협대역 복사계에서 측정된 복사량을 지구방출복사량으로 변환하려면, 경험적인 관계식 이 필요하다. 이런 경험식은 복사모델 모의의 결과값을 통해서 얻어진다. OLR과 적외창 영 역의 복사량 사이의 높은 상관관계는 일찍이 많은 연구를 통해서 잘 알려진 사실이다. 이를 이용하여 1974년부터 National Oceanic Atmosphere Administration (NOAA)의 극궤 도위성은 적외창 영역을 채널을 이용하여 지구방출복사량을 산출하였다 (Ellingson and Ferraro, 1983). 그 후, Schmetz and Liu (1988)는 지구방출복사량의 산출값이 상층수 증기양에 의존하는 것을 보였다. 이를 이용하여 기존의 적외창 채널 이용 방법에 수증기채 널을 추가한 방법이 개발되었으며, 이것은 Meteosat과 GMS등의 정지궤도 위성에서 채택 되었다. 최근에 Inoue and Ackerman (2002)는 적외창 채널 이용 방법에 두 적외영역 채



널의 차이를 이용한 방법을 제안하는 등 활발한 알고리즘 개발이 이루어져왔다.

현재 우리나라를 포함한 아시아지역의 지구방출복사량으로 이용 가능한 것은 CERES 와 일본정지궤도와 의 level 1 자료를 이용하는 정도이다. 위에서 언급하였듯이 CERES는 극궤도 위성에서 관측하기 때문에 빠르게 변화는 구름과 강수시스템에 의한 지구방출량 변 화를 상세하게 감지할 수 없다. 반면, GMS와 MTSAT등의 일본정지궤도 위성에서는 시간 간격의 세밀한 관측이 이뤄지고 있으나, 우리가 이용 가능한 것은 지구방출복사량이 아닌 level1의 자료이다. 지구방출복사량을 계산하기 위해서는 별도의 과정이 필요하다.

COMS는 동아시아 뿐 아니라 전 관측영역에서의 지속적인 (1시간 간격) 지구방출복사 량을 제공 할 예정이다. COMS의 관측 영역은 동아시아, 서태평양, 호주 등으로 문순, 엘리 뇨, 계절내 변동 등 기상학에서 중요한 현상들이 집중적으로 일어나는 지역이기 때문에, 이 지역에서의 높은 시간 분해능의 지구방출복사량 산출은 특히 기후학적으로 그 의의가 크다 고 할 수 있다. 또한, 지금까지는 지구방출복사량이 낮은 시간 분해능에 의해서 기후영역에 서만 이용된 경향이 있었는데, COMS의 알고리즘 개발로 인해 종관규모 현상을 감지하는 예보 및 수치모델에도 적극 이용될 것이라 생각된다.

COMS와 같은 협대역(narrow-band)을 이용한 위성에서는 기본적으로 지구방출복사 량이 적외채널과 수증기채널 각각에서의 관측 복사휘도(radiance)에 의존한다는 가정을 하고 있다. 각 채널에서 측정된 복사휘도는 우선 위성주사각(satellite viewing angle)을 고려하여 지표면에 대해 연직방향으로 방출되는 복사속(irradiance) 값으로 변환 된다 (Fig. 1, angular integration). 이어서 복사전달모델 모의를 통하여 두 채널(IR과 WV)의 복사속에 대한 회기함수를 기본으로 하여 지구방출 복사량을 계산 한다(Fig. 1, spectral integration).



Fig. 1. Schematic diagram for narrowband OLR algorithm.

3. 알고리즘

3.1. 이론적인 배경 및 근거(Theoretical Background)

COMS 지구방출복사량은 COMS의 협대역 밴드인 WV6.7 µm, IR10.8 µm, IR12.0 µm 채널



의 복사휘도를 이용한다. 알고리즘의 단계는 크게 두 단계로, 각 채널 복사휘도-복사조도 변환과정과 복사조도-지구방출복사량 변환과정이다 (Fig. 1). 채널별 복사휘도-복사조도 의 관계는 위성천정각에 대한 함수이다. 세 채널의 복사휘도를 일괄적으로 위성천정각에 대하여 보정하고 반구에 대해서 적분하여 채널 복사속을 계산한다.

현존하는 채널 복사조도-지구방출복사량 변환과정은 크게 다음과 같은 세 가지 방법이 존재한다.

저이케너피 스즈기 퀜너오 ㅈ하치어 사용치는 바버	Meteosat-based method			
적되재럴과 구승기 재럴을 조합하여 사용하는 성법	(Schmetz and Liu, 1998)			
저이케너쾨 저이차 궤너은 이유치느 바버	Split window method			
적되제코가 적되장 제굴을 이중이는 상업	(Inoue and Ackerman, 2002)			
적이케너 컨니마 이용컨느 바버	NOAA method			
적되재럴 아다한 이중아는 성접	(Ohring et al., 1984)			

COMS 지구방출복사량 알고리즘은 다른 위성의 경우처럼 한 가지 방법만 한정하지 않고 이 세 가지 방법을 모두 사용하는 알고리즘을 구성한다. COMS 알고리즘에서 독립적으로 3개의 지구방출복사량을 산출하는 이유는 다음과 같이 정리된다.

- 항상 실시간으로 타위성의 지구방출복사량을 이용하여 품질검사를 실시 할 수 없다.
 2개의 지구방출복사량을 추가적으로 산출하는 것은 그다지 복잡하지 않으며 프로그 램이나 계산상의 부담이 증가하지 않는다.
- ☞ 불안정한 상황(예, 특정 채널의 관측 부재)에 대비하여 지구방출복사량을 산출 할 수 있다.

여기서 주목해야 할 것은 세 가지 방법으로 지구방출복사량을 산출하지만, 기본이 되는 알고리즘의 선택이 필요하다는 것이다. 원형개발 과정에서 이 부분에 대한 검토가 이루어 졌다. 개발자 자체 검증 결과와 이전 연구를 토대로 청천화소 등으로 이루어진 높은 OLR 값에서는 Split window method가, 열대 적운 등 낮은 OLR 값에서는 Meteosat-based method가 전구 영역에서 가장 좋은 결과 보인다. 따라서 본 알고리즘에서는 이 두 가지 방 법을 보완한 Best_OLR의 개념을 도입하였다. 자세한 지구방출복사량을 산출하는 상세한 과정은 3.2 절에서 자세히 기술된다.

3.2. 산출방법(Methodology)

위의 알고리즘의 배경에서도 설명했듯이, 산출방법은 크게 복사휘도-복사조도 변환과



정과 복사조도-지구방출복사량 변환과정으로 나눠진다.

3.2.1. 채널별 복사조도 변환

COMS에서 관측하는 것은 한 방향에서 관측되는 복사휘도(L; Wm⁻²sr⁻¹μm⁻¹)이므로 전 방향으로 관측되는 복사조도(F; Wm⁻²μm⁻¹)로의 변환이 필요하다. 복사휘도와 복사조 도의 관계는 대기가 등방성이라면 F = πL의 단순한 관계를 통해서 얻을 수 있다. 그러나 실제 대기는 등방성의 특성이 적용되지 않으며, 위성이 관측하는 방향(위성주사각)에 대한 보정도 고려되어야 한다. Abel and Gruber (1979)는 위성주사각을 고려하여 L-F 변환 과정을 다음과 같은 관계에 따라 변환한다.

 $F = A(\theta) L(\theta) + B(\theta)$

 $\boldsymbol{\theta}$: satellite viewing angle

L: channel radiances (W $m-2\mu m-1sr-1$)

F: channel fluxes/irradiance (W $m-2\mu m-1$)

A, B: empirical limb darkening function as expressed as followings.

 $A(\theta) = k1 + k2 (\sec \theta - 1) + k3 (\sec \theta - 1)2$ (2)

 $B(\theta) = k4 + k5 (\sec \theta - 1) + k6 (\sec \theta - 1)2$ (3)

세 개의 채널을 이용하는 COMS OLR 알고리즘은 각각 세 채널에 대한 A(θ), B(θ)를 필요로 한다. 이 계수는 알고리즘 전처리 과정에서 SBDART를 이용해서 모의된 각 채널 F, L의 관계를 이용해서 얻는다.

3.2.2. 지구방출복사량 계산

위의 관계로 얻어진 각 채널 F를 이용하여, 지구방출복사량으로 변환하는 과정이다. 이 과정의 주된 F-OLR 관계식은 다음과 같다.

$$OLR_{10.8+6.7} = a_0 + a_1F_{10.8} + a_2F_{10.8}^2 + a_3F_{10.8}^3 + a_4F_{6.7} + a_5F_{6.7}^2 + a_6F_{6.7}^3$$
(4)

$$OLR_{10.8+12.0} = b_0 + b_1 F_{10.8} + b_2 (F_{10.8} - F_{12})$$
(5)

 $OLR_{12.0} = c_0 + c_1 F_{12.0} + c_2 F_{12.0}^2$ (6)

a-e: regression coefficients

F: 각 채널의 Flux

OLR_{10.8+6.7} : 적외채널과 수증기 채널을 조합하여 사용하는 방법(Meteosat-based method; Schmetz and Liu., 1998)

(1)



OLR_{10.8+12.0}: 적외채널과 적외창 채널을 이용하는 방법 (Split window method; Inoue and Ackerman, 2002)

OLR_{12.0}: 적외채널 하나만 이용하는 방법(NOAA method; Ohring et al., 1984)

위의 식 (4)-(6)의 a-e의 계수는 알고리즘 전처리 과정에서 SBDART를 이용해서 모 의된 각 채널 F-OLR의 관계를 이용해서 얻는다. Fig.2는 SBDART에서 모의된 채널에서 의 F-OLR의 scatter-plot을 나타낸다. 모의된 결과는 세 채널과의 OLR의 관계를 이용하 여 OLR을 산출할 수 있음을 보인다. 단, 수증기량이 적을 때는 수증기 채널을 사용하지 않 는다.



Fig. 2. The scatter-plots of simulated irradiances versus and OLR for three channels, 10.8, 12.0, and $6.7 \,\mu\text{m}$.

3.3. 산출과정

모듈은 앞에서 제시한 알고리즘 흐름도에 따라 개발된다. COMS 지구방출복사량 알고 리즘은 크게 다음과 같은 단계로 산출된다.



Fig. 3. The flow chart of COMS OLR algorithm.

3.3.1. 입력

(1) 위성 관측 복사휘도

우선 본 알고리즘을 위한 입력자료 중 관측자료는 WV6.7, IR10.8, IR12.0 µm의 휘도온 도 혹은 복사휘도, 위성천정각이, CMDPS 산출물 중에서는 장면분석이 필요하다. COMS의 지구방출복사량은 독립된 3가지 방법으로 산출된다. 본격적인 알고리즘을 계산하기 전에 복사모형을 위한 상수들(A, B, a, b, c) 등이 필요하다. 이 상수들을 결정하는 데는 복사모 델을 이용한다. 품질검사를 실시한 지구방출복사량과 Quality flag는 실시간으로 산출될 것 이며, 일평균과 월평균 자료도 계산될 것이다.

(2) 위성천정각 자료

알고리즘 흐름도에서 볼 수 있듯이 3개 채널의 복사휘도-복사조도 변환과정에서 사용 되는 여러 상수는 위성천정각에 대한 함수이다. 따라서 위성천정각도 입력 자료가 된다.



3.3.2. 전처리과정

협대역 밴드의 복사휘도를 측정하는 COMS 위성에서 전 파장대 영역의 지구방출복사량 산출을 위해서는 모수화 된 식이 필요하다. 위에서 언급된 적분과정마다 각각의 계수가 필 요하다. COMS 알고리즘의 근간이 되는 참고문헌 및 각 위성국의 웹 사이트 등 에서는 이 러한 경험식의 정확한 값 등을 제공한다. 그러나 그 위성의 밴드 영역이 COMS의 영역과 정확하게 일치하지 않기 때문에, COMS에서 지구방출복사량 산출을 위해서는 이러한 계수 들은 복사모델 모의 값의 회귀분석을 통해서 구해져야 한다.

회귀분석은 SBDART의 모의결과를 이용한다. 회귀계수를 계산하는 방법은 다음과 같 은 과정을 따른다.

(1) 입력자료준비

알고리즘에서 이용하는 채널 밴드 함수(filter.dat)를 준비하여 sbdart의 홈 디렉토리에 준비해 둔다. 10.8 µm의 경우, "filter.dat" 의 포맷은 다음과 같은 형식을 따른다.

국가기상위성센터 National Meteorological Satellite Center	지구방출복사량 알고리즘 기술 분석서	Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18
9.950000	7.0000002E-03	
10.00000	1.100000E-02	
10.05000	9.9999998E-03	
10.10000	1.8999999E-02	
10.15000	3.7999999E-02	

10.20000

10.25000

10.30000

10.35000

10.40000

10.45000

10.50000

10.55000

10.60000

11.35000

11.40000

11.45000

11.50000

11.55000

11.60000 11.65000

11.70000

11.75000 11.80000

11.85000

11.90000

11.95000

(2) L, F, OLR의 복사모델에서 모의 ☞ 각 채널의 L-F를 모의함

6.700002E-02

0.1090000

0.1960000

0.3250000

0.5650000

0.8240000

0.9410000

0.9950000

1.000000

0.2600000

0.1190000

5.600002E-02

2.8000001E-02 1.8999999E-02

1.300000E-02

1.200000E-02

7.0000002E-03 7.0000002E-03

3.000000E-03

2.0000001E-03

1.000000E-03

1.000000E-03

.....

:uzen_runs108 을 실행한다. ("bash uzen_run108 5"를 터미널에 입력)



Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18

f [\$do5] ; then rm -f \$root.5 echo running example 5 for idatm in 1 2 3 4 5 6 ; do for tcloud in 0 1 2 4 8 16 32; do for zcloud in 2 4 6 8; do echo " &INPUT tcloud = \$tcloud zcloud = \$zcloud idatm = \$idatm wlinf = 10.8wlsup = 10.8isalb = 4 sza = 60 phi = 0iout = 20 zout = 100 nstr = 20 uzen= 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 /" > INPUT sbdart >> \$root.5 done done done fi

☞ 각 채널의 F-OLR을 모의함

:i067run, i108run, i120run, orun을 실행하여 각 채널의 F 계산, 이 때, filter.dat은 모의하는 채널의 함수로 바꿔 두어야 함. orun은 OLR을 계산하는 셀 스크립트인데. 이때 는 filter.dat이 따로 필요하지는 않다.



지구방출복사량 알고리즘 기술 분석서

Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18

if [\$do5] ; then rm -f \$root.5 echo running example 5 for idatm in 1 2 3 4 5 6 ; do for tcloud in 1 2 4 8 16 32 ; do for zcloud in 2 4 6 8; do echo " &INPUT idatm = \$idatm tcloud = \$tcloud zcloud = \$zcloud isat = -1wlinf = 11.50wlsup = 12.50isalb = 4 sza = 30 iout = 10uzen = 52/" > INPUT sbdart >> \$root.5 done done done fi

(3) 복사모델을 이용하여 회귀 계수 산출

IDL 프로그램 reg.pro를 이용하여 회귀 계수를 계산함.

3.3.3. 알고리즘

위의 알고리즘의 배경에서도 설명했듯이, 산출방법은 크게 복사휘도-복사조도 변환과 정과 복사조도-지구방출복사량 변환과정으로 나눠진다. 알고리즘은 위에서 설명한 이 과 정을 포함하고 있다. OLR1, OLR2, OLR3가 각각 계산되면 OLR1과 OLR2를 이용하여 Best_OLR을 산출한다.

이전 연구결과 (Inoue et al. 2002)등에 따르면, OLR1은 OLR 값이 낮을 때 (예, 적운



지구방출복사량						
알고리즘	기술	분석서				

Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18

구름이 높게 발달한 경우) 정확도가 좋다. 그러나 OLR1에서 수증기채널의 경계값을 적용 하면 상층에서만 OLR1이 산출되는 경향이 나타나게 된다. 그러므로 OLR1에 대해서 복사 조도가 3이상과 이하일 때 다른 경계값을 주도록 OLR1의 알고리즘을 설계하였다. OLR2 는 청천화소나 낮은 구름이 있을 때 정확도가 좋다. 본 알고리즘의 전처리 과정에서도 수증 기 채널과 OLR의 상관관계가 수증기 량이 적을 때 (예, 청천화소)는 확연히 떨어지는 것을 확인하였다. (Fig. 2). 그 상관관계가 확연하게 떨어지는 지점은 수증기 채널 복사조도가 3 이상 일 때 이다. 이것을 근거로 하여, Best_OLR은 수증기채널 복사조도가 3 이하 일 때는 OLR1을 대입하며, 그 이상일 때는 OLR2를 대입한다.

3.3.4. Quality flag

본 알고리즘은 Best_OLR에서 선택한 방법이 무엇인지를 검사하여, 산출물간의 상관관 계에 대한 정보가 품질 검사의 결과로 표기된다.

Bit	Bit integration	Field description
8	128	bestolr = x1
7	64	bestolr = x^2
6~1 (reserved)		

Table 1. Quality flag of OLR.

3.4. 검증

3.4.1. 검증방법

COMS OLR을 검증하는 가장 좋은 방법은 현존하는 광대역 밴드의 OLR자료를 이용하 여 실시간 검증을 실시하는 방법일 것이다. 따라서 COMS OLR은 CERES의 OLR을 이용 하여 검증을 실시하려 한다. 그러나 현재 CERES 홈페이지에서 제공하는 자료들은 시간이 지연되어 있으며, 자료의 업데이트가 규칙적이지 않다. 현재 2011년 11월 현재 약 3개월 정도 자료 제공이 지연되어 2011년 9월 30일까지의 자료만 제공되어 있다.

(1) CMDPS 검증 (COLL/VALL에 적용됨)

CERES의 업데이트 지연문제로 CMDPS 알고리즘의 실시간 검증은 이미 업데이트되어 이용 가능한 CERES OLR의 기후값을 사용하여 실시한다. 즉, 2009년 5월 1일의 CMDPS OLR을 검증할 때, 5월 1일의 CERES 기후값 자료를 사용하는 것이다. 이 방법의 목표는 실시간 자료를 이용한 검증과는 달리 정확한 검증을 할 수는 없기 때문에 제한될 수밖에 없



Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18

다. 대신, CMDPS OLR 알고리즘이 잘 실행되고 있는지 체크하며, 지역적 차이에 따른 OLR 정도는 체크할 수 있다. 따라서 정확도가 떨어질 가능성이 있음을 유의하여야 한다.

(2) 개발자 자체 검증 (사용자 추후 검증의 필요) 이용자료1: CERES SFC 자료 (1.0° 격자의 시간평균) 이용자료2: CERES ES4 자료 (2.5° 격자의 시간평균)

OLR 알고리즘의 정확한 검증을 위해서는 추후에 실시간 자료를 이용한 검증이 필수적 으로 수반되어야 한다. 또한, 이 두 가지 검증과는 별도로 알고리즘 개발자가 자체검증을 실시하여 알고리즘의 정확도를 체크하였다. 자체검증은 가장 최근의 OLR 검증 방법이라 생각되는 Ba et al. (2003)의 방법으로 실시되었다. 이 방법은 "homogeneous scene" 만 검증하는 방법을 선택하고 있다. 이것은 한 시간 이내 라도 열대지방의 강항 상승기류가 있는 구름은 변동성이 아주 크기 때문에 그 시간동안 변동성이 작은 scene만 선별하여 검 증하는 방법이다.

CERES ES4 자료는 CMDPS 검증에서 이용되긴 하였지만, 기후값 자료를 사용하였다. 사용자추후검증에서는 자료 수집이 가능할 때, 검증과 같은 날짜의 CERES ES4 자료를 이 용하여 검증하여야 할 것이다. 이것의 목적은 기후값 검증과 비교하기 위한 목적이 또한 포 함되어 있다.

3.4.2. 검증자료

(1) CMDPS 검증 (COLL/VAM)

이용자료1: CERES ES4 기후값 자료 (2.5° 격자의 일평균)

(2) 개발자 자체 검증

이용자료1: CERES SFC 자료 (1.0° 격자의 시간평균, 검증과 같은 날짜) 이용자료2: CERES ES4 자료 (2.5° 격자의 시간평균, 검증과 같은 날짜)

CERES 자료는 <u>http://eosweb.larc.nasa.gov</u>/에서 다운로드 NOAA OLR 자료는 <u>http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.interp_OLR.html</u>에서 다운로드

3.4.3. 시공간일치방법

(1) CMDPS 검증 (COLL/VAM)

CERES ES4 자료에 맞게 2.5° × 2.5° 격자, 일평균으로 일치



(2) 개발자 자체 검증

CERES SFC 자료에 맞게 1.0° × 1.0° 격자, 시간 평균으로 일치. 정확한 시공간 일치를 위해 homogeneous scene만 을 검증

CERES ES4 자료에 맞게 2.5° ×2.5° 격자, 일평균으로 일치

3.4.4. 검증결과분석

(1) CMDPS 검증 (COLL/VAM)

Table 2는 2008년 11월 1일부터 5일까지 검증 결과(MTSAT-1R OLR)와 2011년 4 월 1일부터 5월 31일까지의 검증결과(COMS OLR)를 보여주고 있다. 앞에서 언급한 것처 럼 다양한 검증 조건에 따른 CERES ES4의 기후값과 OLR의 상관계수, Bias, 그리고 RMSE의 통계치를 보여주고 있다. 이 결과는 기후값을 이용하여 검증한 결과이기 때문에 격년/종관변동에 의한 reference 자료의 불확실성이 검증결과에 포함되어 있음을 고려하 여야 한다.

Table 2. Validation results of OLR

	Reference	Time	Region	R	Bias	RMSE
		2008.	OLR2	0.683	-9.841	29.314
	CERES	1.23~2.15	OLR3	0.664	-9.861	29.055
OLB			OLR1	0.89	-9.67	19.52
이미지 <u>1</u> 54 CV 기후값	2011.	OLR2	0.91	-4.06	15.47	
	4.1~5.31	OLR3	0.91	-6.02	16.61	
			OLR BEST	0.91	-7.21	16.99

(2) 개발자 자체 검증

여기서는, 개발자 자체 검증에 따른 OLR의 정확도 분석을 중심으로 검증결과를 분석한 다. 통신해양기상위성의 모의 영상으로서 Multi-functional Transport Satellite (MTSAT-1R)에 탑재된 Japanese Advanced Meteorological Imager(JAMI) 센서에서 제공되는 매시간 Full-disk 검정된 복사량 및 휘도온도를 알고리즘의 입력 자료로 사용하 였다. 5개 JAMI 채널의 중심 파장은 0.725µm(VIS), 10.8µm(IR1), 12.0µm(IR2), 6.75µm (IR3), 3.75µm(IR4)에 위치해 있다.

a. 구름 영상 분석

구름 정보 산출물의 검증을 위해 구름화소를 청천화소로부터 가려내는 전처리 과정이 필요하다. 현업에서는 CMDPS 알고리즘에서 구름탐지 알고리즘이 이 역할을 담당하나, 본 알고리즘의 검증은 간소화된 International Satellite Cloud Climatology Project(ISCCP)



지구방출복사량						
알고리즘	기술	분석서				

구름탐지 기법(Rossow and Garder 1993a)을 활용하였다. ISCCP는 구름탐지를 위해, 다 음과 같은 VIS과 IR채널의 스펙트럴 시험을 사용한다.

Clear: $(BT_{IR1}^{clr} - BT_{IR1}) \leq IRTHR$ and $(L_{VIS} - L_{VIS}^{clr}) \leq VISTHR$ Cloudy: $(BT_{IR1}^{clr} - BT_{IR1}) > IRTHR$ or $(L_{VIS} - L_{VIS}^{clr}) > VISTHR$ (7)

여기서 BTIR1clr, BTIR1, LVIS, LVISclr 는 각각 IR1 전천 휘도온도, IR1 청천 휘도 온도, VIS 전천 복사량, VIS 청천 복사량이다. LVIS는 ISCCP 알고리즘과 같이 퍼센트 비 율로 조정된 복사량이다. 경계값 IRTHR은 12.0 K이며 VISTHR은 육지에 대하여 6.0%, 해양에 대하여 3.0%이다. 여기서 구름탐지의 유효성은 주로 청천 복사량의 정확도에 의해 결정이 됨을 유념해야 할 것이다(Rossow and Garder 1993b). 본 검증에서는 BTIR1clr(LVISclr)를 2006년 8월 한 달간 각 UTC에 대한 최대(최소)값으로 설정하였 다. VISTHR는 ISCCP의 값과 동일하지만, 높게 계산된 IR 청천 휘도온도 때문에 IRTHR 은 Rossow and Gardar (1993a)에서 제시한 값보다 육지에 대해 6 K, 해양에 대해 1 K 가 높다. 따라서 ISCCP 알고리즘보다 구름화소 선별이 더욱 엄격하다. 밤에는 식 (1)에서 IR1 조건만을 이용한다.

위 방법에 의해 탐지된 운량은 JAMI FOV에서 2005년 8월 평균 약 57 %를 차지한다. 이 값은 다른 전구 운량 기후값의 추정 결과와 비교할만하다. Rossow et al.(1993)에 의 하면 ISCCP C2(1984-1988)에서 62.7 %, Gridded surface weather station reports(SOBS)(1971-1981)에서 61.2 %, METEOR(1976-1988)에서 61.4 %, Nimbus-7(1980-1984)에서 51.8%로 추정하였다. 주목하여야 할 점은 MODIS의 운량 은 검증기간 평균 77.6 %으로, JAMI의 운량보다 훨씬 많다는 것이다. 이것은 MODIS가 18개의 밴드를 가지고 더 좁은 FOV에서, 엷은 권운을 포함한 다양한 형태의 구름을 탐지 하기 때문이다. 따라서 위 방법에 의한 구름탐지 결과는 실제에 비해 상당한 불확실성을 내 포하고 있을 것이다. 이를 이용한 구름 정보 산출물 또한 불확실성을 가지고 있음은 자명하 다.



Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18



Fig. 4. The distribution of the retrieved Cloud Detection at 00UTC 4 August 2005.

b. OLR 영상 분석

Fig. 5는 본 알고리즘을 통해서 산출된 각 OLR의 2005년 8월 4일 OOUTC의 전구분포 를 나타낸다. 산출된 OLR은 구름 탐지 분석(Fig. 5)의 결과와 일관된 분포를 보이고 있다. 본 OLR 영상분석에서 두드러지는 몇 가지 특성을 나열하면 다음과 같다.

- 호주의 사막에서는 높은 OLR 값이 두드러지게 나타난다.

- 서태평양의 대류 활동으로 인한 낮은 OLR 값이 나타난다.

- 서태평양에 비해 중태평양은 OLR 값이 높아, 대류 활동이 활발하지 않음을 보여준 다.



지구방출복사량 알고리즘 기술 분석서 Page: 18

Code: NMSC/SCI/ATBD/OLR Issue: 1.0 Date:2012.12.21 File: NMSC-SCI-ATBD-OLR_v1.0.hwp Page: 18



Fig. 5. The distribution of the retrieved (a) OLR12.0, (b) OLR10.8+6.7, and (c) OLR10.8+12.0 at 00UTC 4 August 2005. Typhoon Matsa centered at 125° E and 23° Nis marked as the blue box.

Fig. 6은 산출된 각 OLR과 CERES SFC OLR 간의 scatter plot을 보이며, 검증 통계 치도 보여주고 있다. 이 scatter plot은 (a)와 (b)의 경우 높은 OLR의 경우 bias를 보이는 데 (c)의 경우 전 OLR 영역에서 bias가 없음을 보여주고 있다. RMS의 경우 모든 산출물 에서 비슷하며 10 Wm⁻² 이하의 값을 보이고 있다. 이러한 정확도는 최근의 연구결과인 Ba et al. (2003)의 정확도인 7 Wm⁻²와 비교했을 때 조금 높은 값을 보인다. 그러나 이전 연 구는 아주 한정된 좁은 지역에서 검증을 실시한 것인 반면, 본 검증 결과는 전구의 자료를 이용하여 검증한 것이다. 이러한 점을 고려할 때, 본 알고리즘의 정확도는 타당한 것이며, 알고리즘 개발 시의 목표치인 10 Wm⁻²에 도달하였음을 보여준다.



Fig. 6. Scatter-plots of (a) OLR12.0, (b) OLR10.8+6.7, and (c) OLR10.8+12.0 vs. CERES OLR data from $100 \text{ km} \times 100 \text{ km}$ homogeneous scene for 1-15 August 2005. The statistics on the comparison between the MTSAT-1R and CERES are also shown below the figures. RMS and OLRC indicate the root mean squares and the CERES OLR, respectively.

4. 산출결과 해석방법

OLR 알고리즘의 산출결과는 OLR값 과 Quality flag 값이다. Qualify flag의 값은 세 가지 OLR값의 차이로부터 얻어진다.

Table 3.	Detailed	Output	data	for	the	OLR	algorithm.
----------	----------	--------	------	-----	-----	-----	------------

OUTPUT DATA								
Parameter Mnemonic Units Min Max Prec Acc Res					Res	То		
Outgoing long-wave radiation	OLR	W/m ²	0	450	0.1	_	pixel	Х

5. 문제점 및 개선 가능성

OLR 영상분석과 각 상황별 scatter-plot 분석은 land에서의 RMS가 ocean보다 좋 지 않음을 보인다. 이것은 다른 위성에서도 공통적으로 나타나는 문제이다.

6. 참고문헌

Ba, M. B., R. G. Ellingson, and A. Gruber: Validation of a technique for estimating OLR with the GOES sounder, J. Appl, Meteor., 20, 79-89.



- Ellingson, R. G., H.-T. Lee, D. Yanuk, and A. Gruber, 1994: Validation of a technique for estimating outgoing longwave radiation from HIRS radiance observation, J. Atmos. Oceanic Technol., 11, 357-368.
- Gube, Marianne, 1982: Radiation budge parameters at the top of the earth' s atmosphere derived from METEOSAT data. J. Appl. Meteor., 21, 1907–1091.
- Inoue, T., and S. A. Ackerman, 2002: Radiative effects of various cloud types as classified by the split window technique over the eastern sub-tropical Pacific derived from collocated ERBE and AVHRR data, J. Meteor. Soc. Japan, 80, 1383-1394.
- Ohring, G., A. Gruber and R. G. Ellingson, 1984: Satellite determination of the relationship between total longwave flux and infrared window radiance. J. Appl. Meteor., 23, 416-425.
- Schmetz, J., and Q. Liu, 1988: Outgoing longwave radiation and its diurnal variation at regional scales derived from Meteosat, Journal of Geophysical Research, 93, 11192-11204.
- Schmetz, J., M. Mhita, and L. V. D. Berg, 1990: METEOSAT observations of longwave cloud-radiative forcing for April 1985, J. Climate, 3, 784-791.
- Wielicki, B. A., B. R. Barkstrom, E. F. Harrison, R. B. Lee III, G. L. Smith, and J. E. Cooper, 1996: Clouds and the Earth' s Radiant Energy System (CERES): An earth observing system experiment. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77, 853-868.