

시·공간 균질성을 이용한 GMS-5 적외자료의 청천복사합성도 작성에 관하여

안명환, 황병준, 손은하, 서에숙

기상연구소, 원격탐사연구실
mhahn@kma.go.kr

1. 서 론

현재 기상청에서는 일본의 GMS-5와 미국의 NOAA 위성자료를 실시간으로 수신하여 기상 분석 및 예보에 활용하고 있으며 이들 위성자료를 이용한 다양한 기상자료의 산출은 예보 정확도 향상에 상당한 기여를 한다. 위성자료를 이용함에 있어 구름의 영향을 정밀하게 제거 또는 효과적이고 정확하게 고려하는 것은 다른 산출물의 정확도에 커다란 영향을 미친다. 또한 구름의 존재 여부를 판단하는 것은 구름 자체의 성질을 분석하기 위한 가장 기본적인 과정이다.

GMS-5 자료를 이용한 구름제거는 Tokuno(1996)나 Yasuda and Shirakawa(1999) 등이 구름 분류와 해수면 온도 산출의 일환으로 시도되었는데, 이들은 주로 공간 변동성에 초점을 둔 방법을 제안하였다. 몇몇 연구자들이 시간 변동성을 이용한 구름제거 방법을 개발하였는데, 이것은 기본적으로 한 지점에서의 시간에 따른 휘도 온도 변화는 주로 구름에 의해 결정된다는 것에 근거한다(Gutman *et al.* 1987; Seze and Desbois, 1987; Rossow *et al.* 1989b).

Rossow and Garder(1993)는 청천 조건을 찾기 위해서 공간적인 변동성과 시간적인 변동성을 모두 고려한 구름 분류 방법을 사용하였다. 그들은 청천역을 구분할 때 일정 기간동안에 가장 높은 휘도 온도값(T_{max})과 대조 경계값(contrast threshold)을 사용하였다. 대조 경계값은 관측지점과 시간에 상관없는 상수로 각 픽셀값의 특성과는 독립적이므로 시·공간적인 변화를 충분히 고려하지 못한다는 단점이 있다.

본 연구에서는 GMS-5 자료의 구름 탐지 및 제거를 위한 방법의 하나로 위성에서 관측된 휘도온도의 시·공간 균질성을 이용하여 청천복사합성도(Clear Sky Radiance Composite Map)를 구하는 방법은 개발하였다. 공간 균질성을 검사하기 위해 좁은 영역의 평균온도와 표준편차를 구하였으며, 시간 균질성을 검사하기 위해 이들 평균온도와 표준편차의 시간적인 변화를 검사하였다. 시·공간 균질성을 만족하는 자료 중 대기 및 지구 표면의 변동에 의해 영향을 받은 자료는 잠재 청천복사값의 통계적인 분석으로 제거하였다.

2. 방 법

시·공간 상관성 방법(STCM)을 이용한 청천 복사 합성도 산출은 총 2단계로 이루어진다(Fig. 1). 제 1단계는 3×3 화소의 평균 휘도온도와 표준편차를 이용하여 잠재적인 청천 픽셀을 구분한 후 2 단계로 각 화소의 전체 기간에서의 최대 휘도온도와 평균 휘도온도의 차를 기준으로 해서 비정상적으로 낮은 휘도 온도 영역을 제거하여 최종적인 청천 복사 합성도를 만들어 낸다.

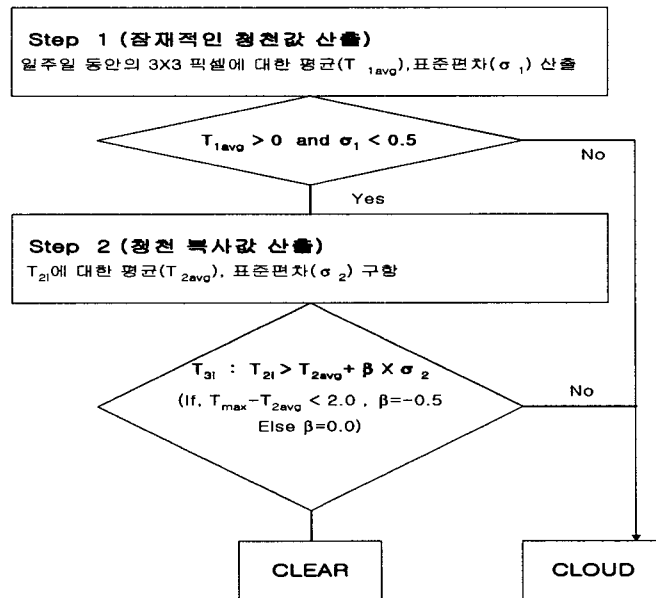


Fig. 1. The overall flow-chart of the STCM (Spatial and Temporal Coherence Method). Step 1 determines the potential clear sky radiance, step 2 refines the clear sky radiance value.

제 1 단계

잠재적인 청천 픽셀들을 구분하기 위해서 일주일 동안의 3×3 픽셀의 평균 휘도 온도(T_1)와 표준편차(σ_1)를 구하여 평균 휘도온도(T_1)가 0℃ 보다 크고 표준편차(σ_1)가 어떤 특성값(E_{cutoff}) 보다 작은 지역을 선택하였다. 여기서 특성값(E_{cutoff})는 구름이 없는 경우 9개의 픽셀이 가질 수 있는 변동성을 나타내는 것으로 위성의 센서 민감도 및 자연적인 변화에 기인한다. GMS-5의 센서의 잡음은 약 0.5K로 알려져 있으며(MSC, 1997) 청천인 경우 9개 픽셀의 자연적인 변화는 해수면 온도 변화와 수증기량의 변화에 의해 결정된다.

특성값을 결정하기 위해서 먼저 임의로 여러개의 특성값(E_{cutoff})을 적용하여 3×3픽셀에 대해 적외 1 채널과 적외 2 채널의 차이값(ΔT_{12})의 표준편차($\sigma(\Delta T_{12})$)를 구했다. 이 적외 채널차의 표준편차는 기기 오차와 수증기 변동 및 해수면 온도 변화에 의한 오

차를 모두 포함하고 있다. Table 1은 두 사례일의 적외 채널차 (ΔT_{12})의 표준편차와 평균값을 보여주는데 전체적으로 적외 채널차 (ΔT_{12})의 표준편차는 0.14에서 0.15의 범위를 가진다. 본 연구에서는 적외 채널차값의 표준편차 히스토그램이 전체의 99.73 %, 즉 표준편차의 3배에 해당하는 값 즉 0.5°C 값을 특성값 (E_{cutoff})으로 결정하였다.

Table 1. The mean and standard deviation of brightness temperature difference between infrared channel 1 and infrared channel 2 (ΔT_{12}) for various threshold value E_{cutoff} .

E_{cutoff}	'99. 5. 10 1930UTC				'99. 5. 27 1930UTC			
	$\sigma(\Delta T_{12})$		$Mean(\Delta T_{12})$		$\sigma(\Delta T_{12})$		$Mean(\Delta T_{12})$	
	mean	max	mean	max	mean	max	mean	max
0.6	0.145	0.560	1.042	2.57	0.149	0.597	0.828	2.39
0.7	0.145	0.615	1.051	2.58	0.149	0.597	0.842	2.47
0.8	0.146	0.622	1.058	2.62	0.150	0.597	0.855	2.46
0.9	0.146	0.693	1.004	2.91	0.150	0.597	0.865	2.52
1.0	0.146	0.701	1.069	3.12	0.150	0.597	0.876	2.47
1.2	0.147	0.711	1.075	2.86	0.150	0.597	0.895	2.57

제 2 단계

제 1 단계에서 선택된 잠재적인 픽셀들은 여전히 구름에 의해 오염된 픽셀들을 포함할 수 있다. 오염된 픽셀의 휘도온도는 히스토그램 상에서 낮은 휘도온도를 가진다. Fig. 2a,b는 청천역과 구름이 많은 지역의 전형적인 히스토그램을 보여준다. 청천역인 경우는 히스토그램의 분포가 정규 분포에서 오른쪽으로 치우쳐 나타나며, 최대휘도온도와 평균 휘도온도의 차 ($T_{max} - T_{avg}$)가 작은 반면에, 청천역이 아닌 경우는 정규분포에 가까운 분포를 가지고 그 차이값 ($T_{max} - T_{avg}$)은 크다.

따라서 본 연구에서는 차이값 ($T_{max} - T_{avg}$)에 상한값(2°C)을 두어 이 값보다 크면 제 1 단계의 평균 휘도온도 (T_{avg})보다 작은 휘도 온도값을 가지는 픽셀을 모두 제거한 나머지로 평균값을 취하여 청천값으로 취했으며, 이 상한값보다 작으면 T_{avg} 에서 $\sigma_1/2$ 를 뺀 값보다 낮은 휘도 온도 영역의 픽셀들을 제거한 나머지 픽셀들의 평균값으로 청천값을 구하였다.

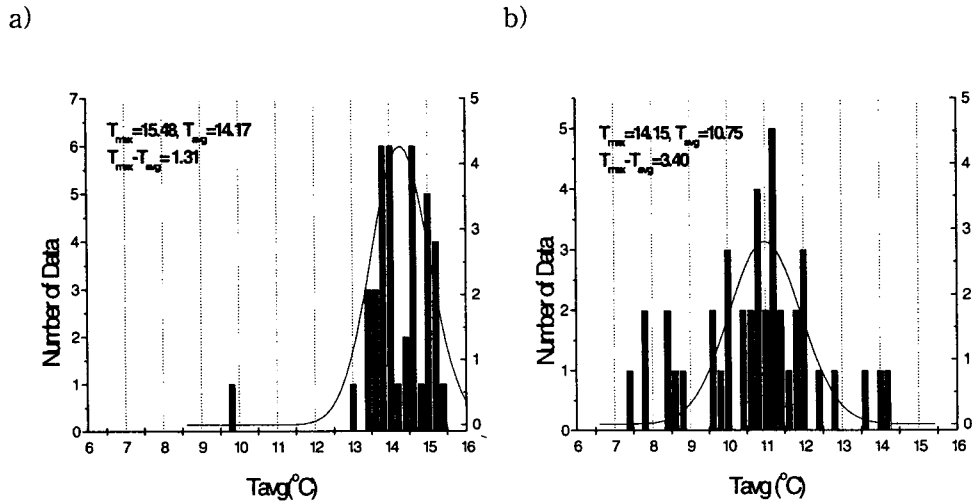


Fig. 2. The histogram of brightness temperature for two different cases, mostly clear sky(a) and clouy sky(b) for a week. The clear sky case shows a shift of the mean temperature toward the maximum temperature.

3. 결과 및 토의

Fig. 3a는 1999년 5월 6일 1930UTC에서 10일 1930UTC까지의 일주일간의 적외자료를 사용하여 산출된 제 1단계의 청천복사 합성도의 평균 휘도온도의 공간적인 분포, Fig. 3b는 최대 휘도온도와 평균 휘도온도의 차이의 공간적인 분포를 보여준다. 평균 휘도온도장(Fig. 3a)을 보면 쿠로시오 난류와 동해 해양 소용돌이들의 공간적인 분포를 잘 보여준다. 앞에서 기술한 바와 같이 최대 휘도온도와 평균 휘도온도의 차이값은 일주일 동안 한 지점이 얼마나 많은 청천 픽셀을 보유하는 가를 보여준다. 일본 서부 해역과 동해 중부 해역동해 중부 해안과 일본 서부 해역, 제주도 남서부 지역에 높은 차이를 나타낸다.

Fig. 4a는 위의 방법을 사용한 결과 산출된 청천복사합성도를 보여주고, Fig. 4b는 제 2 단계의 평균 휘도온도에서 제 1 단계의 평균 휘도온도를 뺀 값의 분포이다. 마지막 청천복사합성도는 1 단계에서 구한 평균 휘도온도 값과 정성적으로는 비슷한 분포를 보이지만 동해 중부 해안과 동해 북동부 해역에는 1°C 이상의 차이를 보여준다(Fig. 4b). 동해 중부 해안의 온도차는 해양 소용돌이의 이동에 기인한 것으로 사료되고, 동해 북동부 해역의 온도차는 그 지역에 지속적으로 발생한 해무 및 하층운 때문인 것으로 사료된다.

본 방법의 가장 기본적인 가정은 지구 표면의 방출 복사량이 시간에 대해 일정하다는 것과 대기에 의한 효과는 보정될 수 있다는 것이기 때문에 표면온도의 일변화가 심한 육상이나 해양의 소용돌이, 극전선 부근에서는 정확도가 떨어진다. 또한 장기적으로 지속되는 해무/하층운역에 의한 영향을 제거하는 과정이 보완될 필요가 있다. 본 연구를 통하여 개발된 청천 복사 합성도 산출 기법(STCM)을 이용하여 산출된 청천복사합성도는

해무 탐지나 해수면 온도 산출 등에서 유용하게 사용되리라 기대된다.

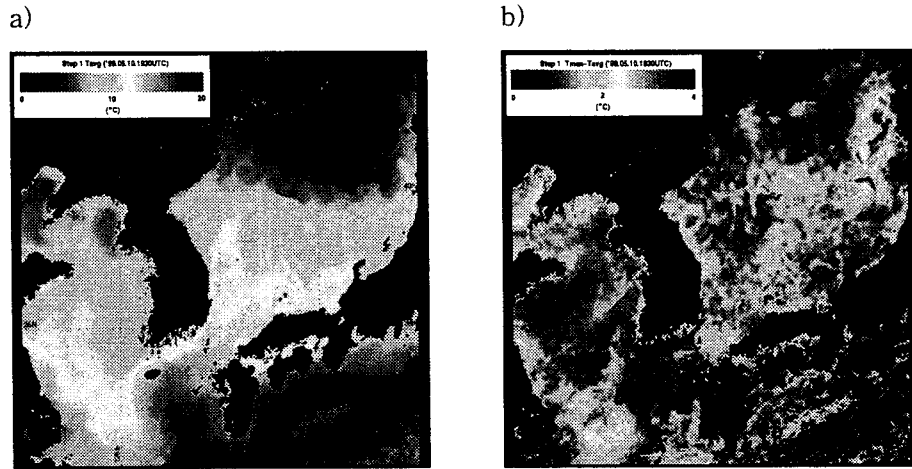


Fig. 3. (a) is the mean of the brightness temperature of Step I and (b) is maximum temperature(T_{max}) minus average temperature(T_{avg}).

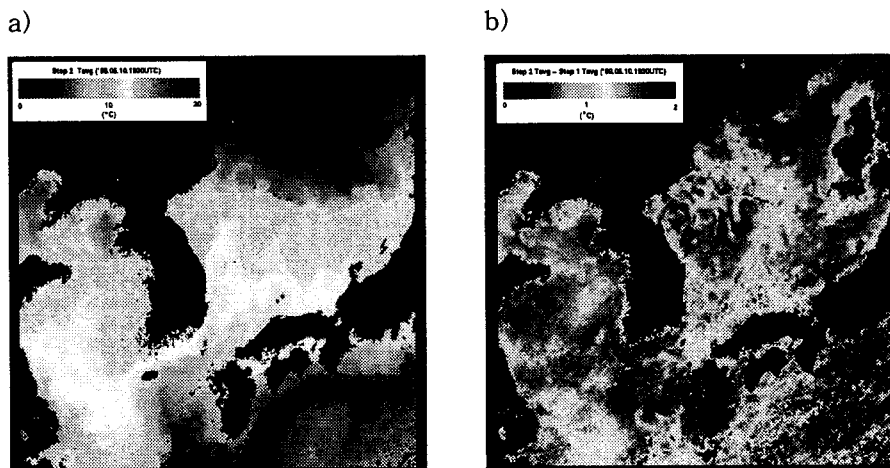


Fig. 4. The final clear sky brightness temperature composite map(a), and the difference between clear sky Tb and mean Tb of step 1(b). The clear sky Tb estimation is improved especially for the persistent cloudy area, the northeastern part of East Sea.

4. 감사의 글

이 연구는 기상연구소 2000년도 기본연구과제 “위성자료처리기술(I)”의 일환으로 수행된 것이다.

5. 참고문헌

- Gutman, G., D. Tarpley, and G. Ohring, 1987: Cloud screening for determination of land surface characteristics in a reduced resolution satellite data set. *Int. J. Remote Sens.*, 8, 859-870.
- MSC, 1997 : The GMS user's guide. Meteorological Satellite Center of Japan, 190 pp.
- Saunders, R. W., 1986 : An automated scheme for removal of cloud contamination from AVHRR radiances over western Europe. *Int. J. Remote Sens.*, 7, 867-886.
- Seze G., and M. Desbois, 1987: Cloud cover analysis from satellite imagery using spatial and temporal characteristics of the data. *J. Climate Appl. Meteor.*, 26, 287-303.
- Rossow, W. B., L. C. Garder, and A. A. Lacis, 1989: Global, seasonal cloud variations from satellite radiance measurements. Part I: Sensitivity of analysis. *J. Climate*, 2, 419-458.
- Rossow, W. B. and R. A. Schiffer, 1991: ISCCP cloud data products. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 72, 2-20.
- Rossow, W.B and L.C. Garder, 1993 : Cloud Detection Using Satellite Measurements of Infrared and Visible Radiance for ISCCP. *J. Climate*, 6, 2341-2369.
- Tokuno, M and R. Kumabe, 1996 : Satellite Nephelometer Information Chart(SNIC). 氣象衛星 センタ - 技術報告特別号, 119-138
- Yasuda, H and Y. Shirakawa, 1999: Improvement of the Derivation Method of Sea Surface Temperature from GMS-5 Data. 氣象衛星 センタ - 技術報告37号, 19-31.