

## 정지궤도 기상위성자료의 구름위치오류 개선을 위한 시차보정

이원석\*\*\* · 김영섭\*† · 김도형\*\* · 정주용\*\*

\*부경대학교 위성정보과학전공, \*\*기상청 국가기상위성센터

### The Parallax Correction to Improve Cloud Location Error of Geostationary Meteorological Satellite Data

Won-Seok Lee\*\*\*, Young-Seup Kim\*†, Dohyeong Kim\*\* and Chu-Yong Chung\*\*

\*Dept. of Geoinformatic Engineering, Pukyong National University

\*\*National Meteorological Satellite Center, Korea Meteorological Administration

**Abstract :** This research presents the correction method to correct the location error of cloud caused by parallax error, and how the method can reduce the position error. The procedure has two steps: first step is to retrieve the corrected satellite zenith angle from the original satellite zenith angle. Second step is to adjust the location of the cloud with azimuth angle and the corrected satellite zenith angle retrieved from the first step. The position error due to parallax error can be as large as 60km in case of 70 degree of satellite zenith angle and 15 km of cloud height. The validation results by MODIS(Moderate-Resolution Imaging Spectrometer) show that the correction method in this study properly adjusts the original cloud position error and can increase the utilization of geostationary satellite data.

**Key Words :** Parallax correction, cloud location error, level1b correction.

**요약 :** 정지궤도 기상위성자료의 시차오류(Parallax error)는 기상위성 산출물 중에서 구름과 관련된 산출물의 위치 오류를 발생시키기 때문에 강수의 유무와 강도를 옳게 분석하더라도 강수위치 선정에 오류를 발생시킬 수 있다. 본 연구에서는 시차오류를 보정하는 방법을 제시하고 보정방법을 검증 및 적용하는데 목적이 있다. 시차오류에 의한 구름위치 보정은 첫째, 원래의 위성천정각과 구름고도를 입력 자료로 보정된 위성천정각을 산출한다. 둘째, 보정된 위성천정각과 위성방위각을 이용하여 위성시차오류를 보정하여 구름의 원래 위치에 가깝게 옮겨준다. 시차오류는 위성천정각이 증가하고 구름고도가 증가 할수록 더 크게 나타나며, 동아시아지역(20~50°N)에서는 최대 약 25km의 구름위치오류가 발생 할 수 있다. Terra MODIS(Moderate-Resolution Imaging Spectrometer)의 센서천정각 20°이내의 관측 자료와 검증한 결과 시차보정된 구름위치가 원래 위치에 가깝게 개선된 것을 확인 할 수 있었다. 본 논문에서 제시한 정지위성 시차오류 보정방법은 향후 아시아 지역의 여러 정지궤도 기상위성의 영상 활용성 증대에도 기여할 것이다.

## 1. 서론

기상위성관측자료는 기상예보에 있어서 중요한 자료 중 하나이다. 특히, 기상위성관측자료는 구름탐지, 황사 탐지, 안개, 해수면온도 등과 같이 지상관측의 공간적인 한계를 극복할 수 있다는 장점이 있다. 그러나 기상위성 관측자료는 지상에서 관측한 자료와 비교했을 때 정확도가 낮다는 단점이 있다. 하지만 이런 기상위성관측자료는 조금씩 정확도가 향상되고 있으며, 개선하기 위한 여러 보정방법들이 새로 개발되고 있으며 적용되고 있다(Pesice, 2009; Wong, 2009; Vicente *et al.*, 2002). 일반적인 기상위성관측자료의 보정에는 복사보정과 위치보정이 있다. 이 두 보정이 수행된 기상위성관측자료를 보통 level1b라고 부른다. 기상위성산출물은 주로 이 자료를 이용하여 산출물을 생산하지만 이 자료는 위성 시차오류에 의한 구름위치오류는 보정되어 있지 않다. 정지궤도상에서 위성자료의 시차오류(Parallax error)는 적도상에 위치한 위성이 중위도 및 고위도의 구름을 관측할 때 위성천정각, 구름고도 및 위성방위각에 따라 구름 위치를 원래의 위치가 아닌 다른 위치상에 있는 것으로 관측하는 오류 현상을 뜻한다. 기상위성자료의 정확도를 높이기 위해서는 이 오류를 개선해야 하며, 이 오류를 보정해 주지 않으면 구름의 실제위치가 아닌 다른 위치에 구름이 있는 것으로 관측되기 때문에 결과적으로 기상예보 또는 기상연구에 영향을 끼칠 수 있다. Vicente *et al.* (2002)은 구면좌표계를 이용하여 이 시차오류를 보정한 연구를 수행하였다. 하지만 구면좌표계를 이용한 시차보정 시 구름고도의 오차에 따른 시차보정의 오차가 3차원으로 생기기 때문에, 본 연구에서는 구면좌표계를 이용한 시차보정의 단점을 보완하기 위해서 위성천정각과 위성방위각을 이용하여 구름고도의 오차에 따른 시차보정의 오차를 1차원 내에서 보정을 하였다. 이에 본 연구에서는 시차오류를 보정하는 방법을 제시하고 보정방법을 검증 및 적용하는데 목적이 있다. 시차보정의 입력자료로는 구름고도와 위성천정각이 쓰이며, 이 두 입력자료를 이용하여 먼저 위성천정각을 보정한 후 보정된 위성천정각과 위성방위각을 이용하여 최종적으로 시차오류를 보정한다. 시차오류에 의한 구름위치오류는 위성천정각이 70°, 구름고도가 15 km 및 위성방위각이 120° 일 때 최대 약 60 km로 나타났다.

## 2. 연구 자료 및 방법

### 1) 연구 자료

기상위성자료의 위성시차오류보정을 하기 위해서는 구름고도, 위성천정각, 보정된 위성천정각 및 위성방위각 자료를 이용하여 보정한다. 구름고도자료는 기상청 국가기상위성센터에서 위성자료와 수치예보자료를 이용하여 생산한 자료(Choi *et al.*, 2007)를 사용하였다. 위성천정각과 위성방위각은 위성의 위도, 경도 자료를 이용하여 생산한다. 기상위성자료는 경도 145.0°E의 적도상공에 위치하는 4 km 해상도를 갖으며 중심파장이 10.8 μm인 적외선 관측결과의 MTSAT-2(Multifunctional Transport Satellite-2) level1b 자료를 사용하였으며(Table 1), 시차보정된 자료의 검증을 위해서 극궤도 위성인 Terra 위성의 MODIS(Moderate-Resolution Imaging Spectrometr) 센서로 관측한 1 km의 공간해상도를 갖으며 중심파장이 11.03 μm인 적외선 관측결과자료를 사용하였다(Table 2).

### 2) 시차 보정 방법

시차보정을 하기위해서 먼저 기상위성자료 중에서 구름화소와 청천화소들을 구분한다. 다음으로 구름화소들에 대해서 위성천정각과 구름고도자료를 입력 자료로 이용하여 위성천정각을 보정한다. 구름고도자료는 국가 기상위성센터에서 생산중인 자료를 사용하였다(Choi *et al.*, 2007). 구름고도자료의 오차로 인한 시차보정오차를 줄이기 위해서 구름고도자료의 각 화소값은 주변

Table 1. The specification of MTSAT-2

Band	Center (μm)	Range (μm)	Resolution (km × km)
IR1*	10.8	10.3~11.3	4
IR2	12.0	11.5~12.5	4
WV	6.75	6.5~7.0	4
SWIR	3.75	3.5~4.0	4
VIS	0.675	0.55~0.80	1

\*Used in this study

Table 2. The specification of MODIS

Band	Center (μm)	Range (μm)	Resolution (km × km)
31	11.03	10.780~11.280	1

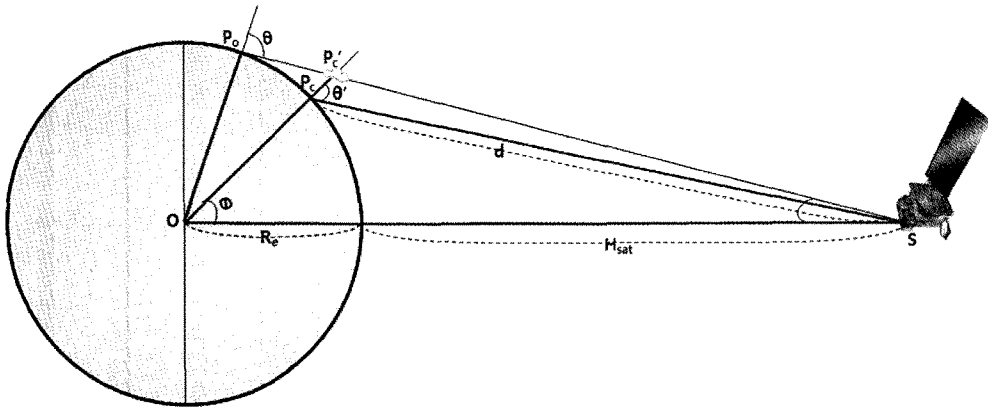


Fig. 1. The schematic diagram of satellite zenith angle correction.

8개 화소 값과 평균하여 사용한다. 위성고도, 지구반경, 구름고도, 위성천정각은 이미 알고 있는 값이므로 이 값들을 이용하여 보정된 위성천정각( $\theta'$ )을 식 (1)–(3)를 이용하여 계산한다(Fig. 1). 위성천정각 보정에 있어서 가장 중요한 값은 구름고도값이다. 구름고도값의 정확도에 따라서 시차보정의 정확도가 달라질 수 있다.

$\Delta P_oOP'_c$ 와  $\Delta P_oOS$ 에서 사인법칙을 사용하여  $\Phi$ 를 계산하면,

$$\Phi = \arcsin(R_e \sin(\pi - \theta) / R_{ctd}) - \arcsin(R_e \sin(\pi - \theta) / R_{sat}) \quad (1)$$

여기서  $R_e$ 는 지구회전타원체를 고려하여 위도의 함수로 주어지는 지구반경값이며 장반경은 6378 km, 단반경은 6357 km를 사용하였다.  $R_{ctd}$ 는 지구중심으로부터 구름까지의 거리를 나타내며,  $R_{sat}$ 은 지구중심으로부터 위성까지의 거리를 나타낸다(Fig. 1).

$\Delta P_cOS$ 에서 코사인법칙을 사용하여 위성으로부터 보정된 구름의 지표면상 위치까지의 거리( $d$ )를 계산하면,

$$d = \sqrt{R_{sat}^2 + R_e^2 - (2R_{sat}R_e \cos \Phi)} \quad (2)$$

$\Delta P_cOS$ 에서 사인법칙을 사용하여,  $\theta'$ 를 계산하면,

$$\theta' = \pi - \arcsin(R_{sat} \sin \Phi / d) \quad (3)$$

다음으로 보정된 위성천정각, 원래의 위성천정각 및 위성방위각 자료를 이용하여 시차효과에 의한 구름위치 오류를 보정하여 구름의 원래 위치에 가깝게 위성자료

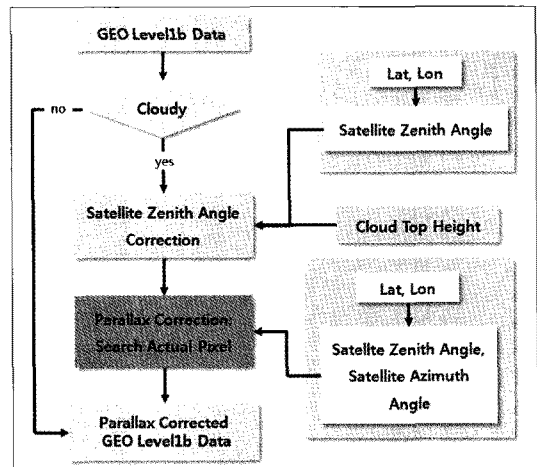


Fig. 2. Flow chart of parallax correction method.

를 보정한다. 위성자료의 각 화소별로 위성방위각이 같은 화소 내에서 보정된 위성천정각값을 원래의 위성천정각값에서 같은 값을 갖는 화소를 찾은 후 이 위치로 화소값을 이동시킨다(Fig. 2). 이렇게 보정된 화소 값들은 원래의 위성자료(Fig. 3)에서 Fig. 4(a)와 같은 영상으로 보정된다. Fig. 4(a)영상에 검정색 화소로 나타나는 값들은 시차보정 후 구름의 위치가 원래의 위치로 옮겨진 후 나타난 화소로써 실제로는 구름에 가려서 위성에서 관측할 수 없는 지역의 화소들이다. 최종적으로 Fig. 4(b)의 영상처럼 각각의 검정색 화소는 주변 8개의 화소 중에서 값이 있는 화소 값들을 평균하여 값을 넣어 준다.

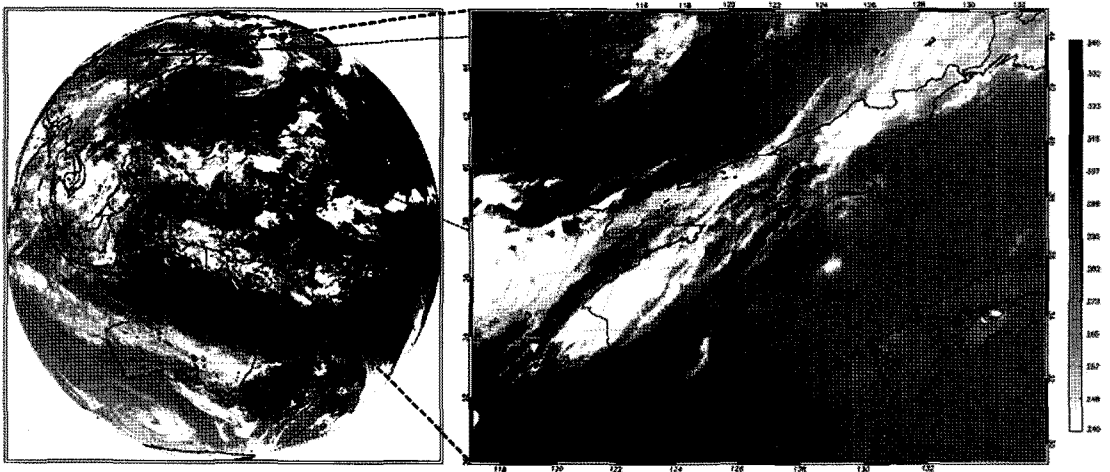


Fig. 3. MTSAT-2 IR1(10.8 $\mu$ m) TBB at 1333UTC Aug. 22 2010.(Before parallax correction)

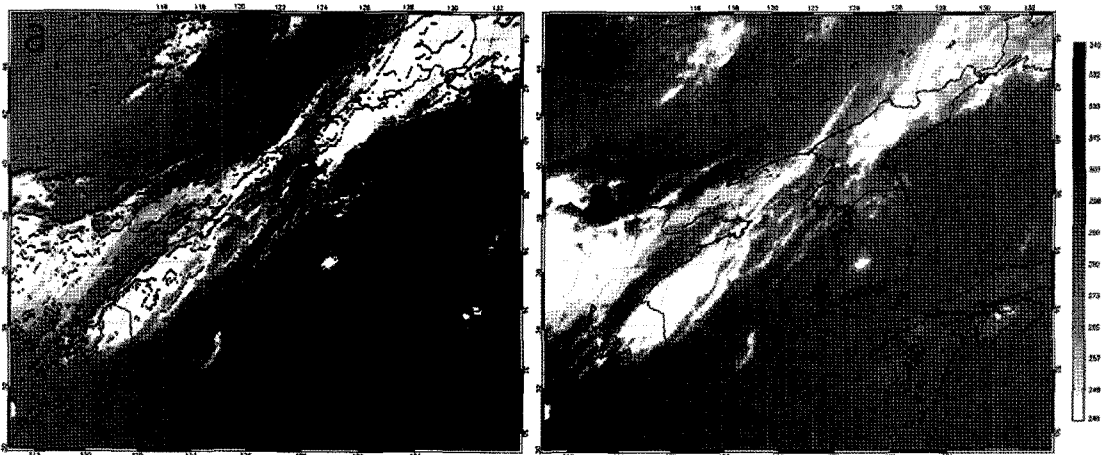


Fig. 4. MTSAT-2 IR1(10.8 $\mu$ m) TBB at 1333UTC Aug. 22 2010.(After parallax correction)

### 3. 결과 및 고찰

#### 1) 구름위치오류 분석

Fig. 5에서처럼 시차효과에 의한 구름위치오류는 위성천정각과 구름고도가 증가함에 따라서 커지고 위성방위각에 따라서 차이가 발생한다. 시차오류에 의한 구름위치오류의 최대거리리는 위성방위각이 120°, 위성천정각이 70°, 위·경도로는 50°N, 90°E지역에서, 구름고도가 15 km인 경우로써 구름위치오류는 약 60 km 차이를 보였다. 이는 4 km 해상도를 갖는 위성자료에서는 15화소 정도 차이가 나는 것이다. Fig. 6은 관측위치가

서로 다른 COMS와 MTSAT-2위성에서 구름고도가 15 km인 구름을 동시에 관측했을 때의 시차효과에 의한 구름위치오류의 거리차이를 계산한 것으로, 위도 25~55°N사이에서 두 위성이 같은 구름을 관측할 때의 두 지점사이의 구름위치오류거리리는 약 6~32 km차이를 보였다. 이런 위성자료 시차보정을 구름과 관련된 산출물에 적용하면 정확도가 향상될 것이다. 하지만 중요한 점은 구름고도의 오차이다. 이 오차 때문에 구름위치보정을 할 때 오류를 포함 할 수도 있다.

#### 2) 시차 보정 검증

위성시차효과에 의한 구름위치보정이 얼마나 개선되

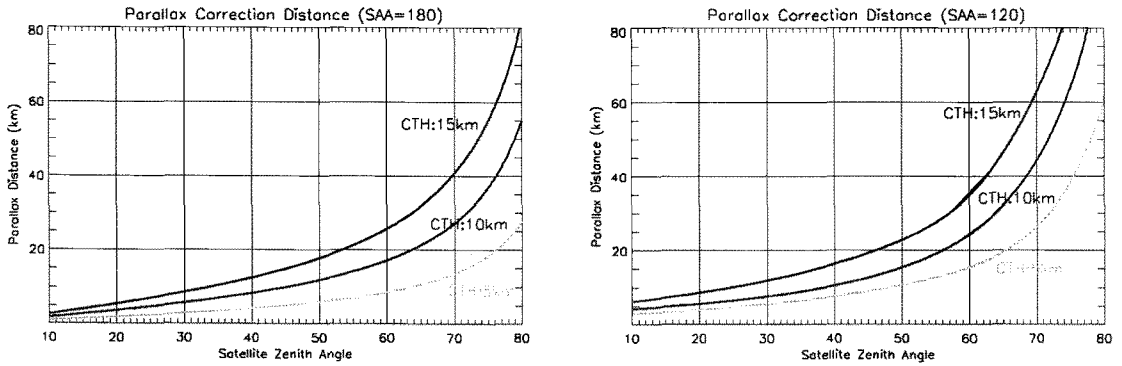


Fig. 5. Parallax correction distance at satellite azimuth angle 180°, 120°

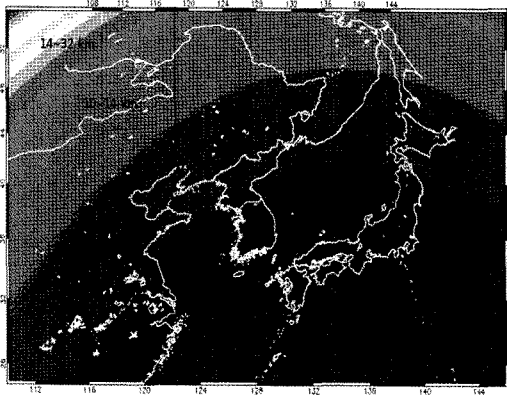


Fig. 6. Cloud location difference distances between COMS and MTSAT-2 caused by parallax effects (cloud height: 15km).

있는지 검증하기 위해서 MODIS센서의 적외선 (11.03  $\mu\text{m}$ ) 관측결과(휘도온도)와 검증을 하였다. 극궤도 위성자료에도 시차오류가 있기 때문에 센서천정각 20° 이내의 자료만을 사용하여 검증하였으며, 시공간 일치 방법으로는 두 위성의 시간차이가  $\pm 5$ 분 이내인 경우와 MTSAT-2 화소와 위·경도가 일치하는 MODIS 화소를 중심으로  $5 \times 5$  화소의 면적 평균을 이용하여 검증을 수행하였다. 검증결과 Table 3(a)처럼 모든 화소에서는 R(Correlation)이 평균 약 0.03, RMSE(Root Mean Square Error)는 평균 약 1.4 K 정도 좋아졌으며, Table 3(b)처럼 휘도온도가 250 K이하인 화소에서는 R

Table 3. The validation result between estimated MTSAT-2 and Terra MODIS

(a) All pixels

Time (UTC)	No correction		Correction		Collocation number
	R	RMSE(K)	R	RMSE(K)	
'10.07.31 12:33	0.9545	5.8033	0.9743	4.4102	351008
'10.08.06 14:33	0.9253	6.3514	0.9456	5.6131	382412
'10.08.22 13:33	0.9312	6.7240	0.9697	5.1246	382536
'10.09.06 03:33	0.9453	8.1485	0.9738	5.6307	280526
'10.09.08 12:33	0.9704	7.5267	0.9842	5.8273	391835
'10.09.29 03:33	0.9496	5.4502	0.9602	5.1070	281202

(b) Pixels with TBB  $\leq 250$ K

Time (UTC)	No correction		Correction		Collocation number
	R	RMSE(K)	R	RMSE(K)	
'10.07.31 12:33	0.7582	6.5704	0.8691	4.6718	108449
'10.08.06 14:33	0.7540	8.9615	0.8518	6.6101	15185
'10.08.22 13:33	0.5634	13.4570	0.7877	7.5668	21701
'10.09.06 03:33	0.8214	10.2280	0.9230	6.6025	77148
'10.09.08 12:33	0.8845	9.3452	0.9615	5.5422	86723
'10.09.29 03:33	0.5648	9.8587	0.7536	7.2148	22629

이 평균 약 0.15, 최대 0.23, RMSE는 평균 약 3.4 K, 최대 5.9 K 정도 좋아진 결과를 확인할 수 있었다.

Fig. 7은 센서천정각 20° 이내의 MODIS 휘도온도영상으로 시차보정영상의 검증자료로 사용되었으며, 극궤도 위성의 직하점 자료이므로 시차효과에 의한 구름위치 오류가 거의 없다. Fig. 8(a)는 시차보정을 하기 전 영상이고, Fig. 8(b)는 시차보정 후의 영상이다. 시차보정 후의 영상에서 보이는 것처럼 구름의 위치오류는 위성의 직하점이 있는 방향으로 보정이 되었으며, MODIS 휘도온도영상과 비교했을 때 구름이 원래 위치에 가깝게

옮겨진 것을 확인할 수 있었다. 이 시각의 검증결과는 Table 3에서처럼 모든 화소에서는 R이 약 0.04, RMSE는 약 1.6 K 정도 좋아졌으며, 휘도온도가 250 K 이하인 화소에서는 R이 약 0.23, RMSE는 약 5.9 K 정도 좋아진 결과를 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

위성영상에서 위성시차효과에 의한 구름위치오류를

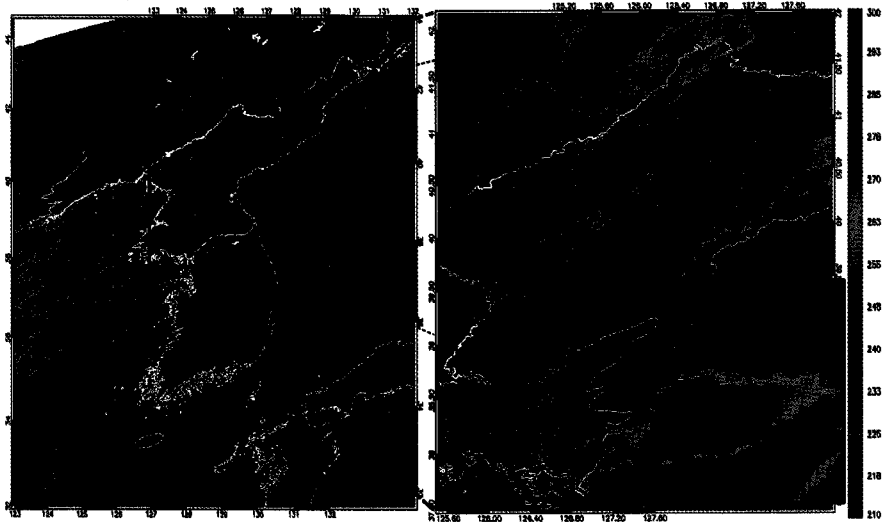


Fig. 7. Terra MODIS IR(11.03 $\mu$ m) TBB at 1335UTC Aug. 22 2010.

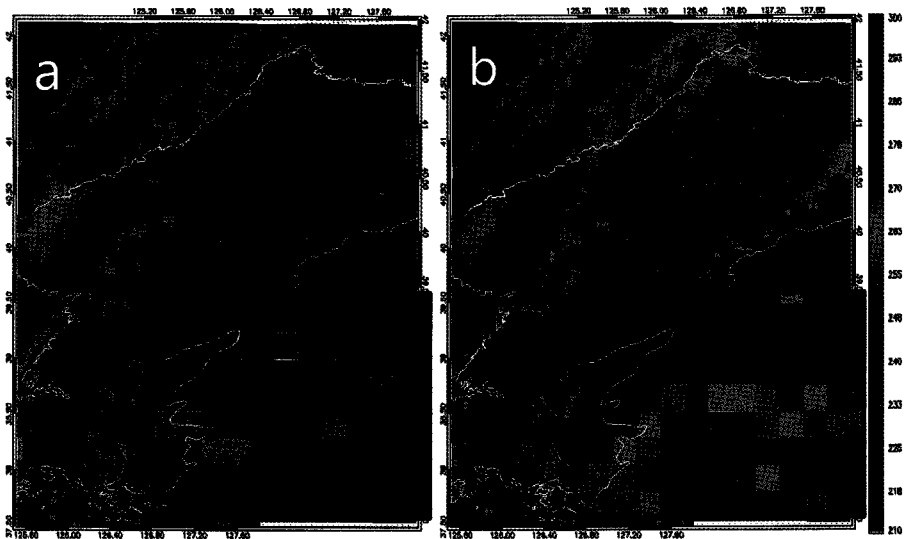


Fig. 8. MTSAT-2 IR1(10.8 $\mu$ m) TBB at 1333UTC Aug. 22 2010.(a : Before parallax correction, b : After parallax correction)

보정하기 위해서 위성천정각의 보정계산식을 이용한 보정된 위성천정각과 원래의 위성천정각, 위성방위각을 사용하여 구름위치오류를 보정하였다. 보정된 결과는 극궤도 위성인 Terra MODIS센서의 센서천정각  $20^\circ$  이내의 적외선( $11.03 \mu\text{m}$ ) 관측결과(휘도온도)를 이용하여 검증하였으며, 검증결과 모든 화소에서는 R이 약 0.03, RMSE는 약 1.4 K 정도 좋아졌으며, 휘도온도가 250 K 이하인 화소에서는 R이 평균 약 0.15, 최대 약 0.23 RMSE는 평균 약 3.4 K, 최대 약 5.9 K 정도 좋아진 결과를 확인 할 수 있었다. 본 연구에서 확인된 위성시차 오류로 인한 구름위치오류가 위성방위각  $120^\circ$ , 위성천정각  $70^\circ$ , 위·경도로는  $50^\circ\text{N}$ ,  $90^\circ\text{E}$ 인 지역에서, 구름고도가 15 km인 경우에 최대 60 km라는 것을 감안했을 때 시차효과의 영향으로 기상위성영상의 구름분석 및 구름과 관련된 기상위성 산출물 정확도에 영향을 줄 수 있다. 또한, 관측위치가 서로 다른 COMS와 MTSAT-2위성에서 구름고도가 15 km인 구름을 동시에 관측했을 때 구름위치오류가 중위도( $25\sim 55^\circ\text{N}$ ) 지역에서 최대 거리차이가 약 30 km라는 결과를 보였다. 이러한 차이는 동아시아지역의 여러 정지궤도위성을 동시에 활용 시 각각의 센서로부터 관측된 구름 영상간의 위치오류를 발생시킬 수 있다. 이런 점에서 위성 시차보정은 여러 정지궤도기상위성의 영상 및 구름과 관련된 산출물의 활용성에 기여할 것으로 기대되며, 구름관련 산출물의 검증 시에도 기상현상지역의 위치를 보정해 줄으로써 정확도를 향상시킬 것으로 전망된다. 또한, 향후 후속기상위성의 센서 공간해상도가 향상되면 위성시차오류에 의한 구름위치오류가 현저하게 나타날 것이기 때문에 위성시차보정의 중요성은 향후 증가될 것으로 보인다.

## 사 사

본 연구는 기상청 국가기상위성센터 “기상위성 운영 및 활용 기술개발”의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Choi, Y. S., C. H. Ho, M. H. Ahn, and Y. M. Kim, 2007. An exploratory study of cloud remote sensing capabilities of the Communication, Ocean and Meteorological Satellite(COMS) imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 28(21): 4715-4732.
- Pesice, P., 2009. Parallax correction of Meteosat images using temperature profiles, radar echotops and combined method, *Conference on Severe Storms*, Germany, Oct. 12-16.
- Vicente, G. A., J. C. Davenport, and R. A. Scofield, 2002. The role of orographic and parallax corrections on real time high resolution satellite rainfall rate distribution, *International Journal of Remote Sensing*, 203, 221-230.
- Wong, E., Northrop Grumman Corporation and Raytheon Company, 2009. National polar-orbiting operational environmental satellite system(NPOESS) Operational for VIIRS perform parallax correction software, USA.