

적설역에서 나타나는 적외 휘도온도와 반사도 특성

염종민* · 한경수**† · 이가람*

*부경대학교 BK21 지구환경시스템사업단, **부경대학교 위성정보과학과

The Characteristics of Visible Reflectance and Infra Red Band over Snow Cover Area

Jong-Min Yeom*, Kyung-Soo Han**†, and Ga-Lam Lee*

*BK21 Graduate School of Earth Environmental System, Pukyong National University

**Dept. of Geoinformatic Engineering, Pukyong National University

Abstract : Snow cover is one of the important parameters since it determines surface energy balance and its variation. To classify snow and cloud from satellite data is very important process when inferring land surface information. Generally, misclassified cloud and snow pixel can lead directly to error factor for retrieval of surface products from satellite data. Therefore, in this study, we perform algorithm for detecting snow cover area with remote sensing data. We just utilize visible reflectance, and infrared channels rather than using NDSI (Normalized Difference Snow Index) which is one of optimized methods to detect snow cover. Because COMS MI (Meteorological Imager) channels doesn't include near infra-red, which is used to produce NDSI. Detecting snow cover with visible channel is well performed over clear sky area, but it is difficult to discriminate snow cover from mixed cloudy pixels. To improve those detecting abilities, brightness temperature difference (BTD) between 11 and 3.7 is used for snow detection. BTD method shows improved results than using only visible channel.

Key Words : Snow cover, MODIS, visible, infra-red.

요약 : 적설은 지표 에너지수지를 결정하는 중요한 변수 중의 하나이다. 위성자료를 이용하여 지면 정보를 산출함에 있어서 적설과 구름을 구분하는 것은 매우 중요한 위성전처리 과정이다. 일반적으로 잘못된 적설과 구름의 분류는 위성자료를 이용한 지면 정보 산출에 있어서 직접적인 오차 요인이 된다. 따라서, 본 연구에서는 원격탐사 자료를 이용하여 적설 지역을 탐지하는 알고리즘에 대해서 연구하고자 한다. 적설역을 탐지하기 위해서, 가장 많이 사용되는 정규화 적설 지수(NDSI: Normalized Difference Snow Index)를 사용하지 않고 가시채널과 적외 채널을 이용한 방법을 제시하였다. COMS 기상영상기(MI: Meteorological Imager) 채널에서는 정규적설 지수 산출 시 요구되는 근적외 채널을 탑재하지 않기 때문이다. 가시 채널을 이용한 적설 탐지는 구름이 혼재되어 있지 않은 지역에서는 잘 탐지하였으나 구름과 혼재되어 있는 지역에서는 어려움이 있다. 이러한 어려움을 보완하기 위해 적외채널 온도차($11\mu\text{m} - 3.7\mu\text{m}$)를 이용하는 방법을 수행하였다. 온도차를 이용하는 방법은 가시채널만을 적용했을 때 보다는 향상된 탐지 능력을 보인다.

1. 서론

눈은 지표면의 물리과정에서 중요한 요소 중의 하나로 짧은 기간 동안 지표에너지 수지에 많은 변화를 준다. 지표, 대기온도, 대기 순환, 구름생성, 지표면 알베도, 증발, 강수 등의 과정을 주관하며 인간 활동에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 기상요소이다. 또한 적설 지역 알베도는 전 지구적으로 복사수지에도 관여하며, 기후모델의 중요한 입력자료로 사용된다(Kukla *et al.*, 1981). 위성 자료를 이용하여 지면 정보를 산출함에 있어 구름은 가장 큰 장애 요소로 작용한다. 따라서, 식생 지수, 지표온도, 일사량, 알베도 등과 같은 지면 정보 획득을 위해서는 무엇보다도 정확한 구름제거가 선행되어야 할 것이다. 구름과 눈의 채널 복사량 특성이 매우 비슷한 경향을 보이기 때문에 구름과 눈을 구분하는 것은 가장 어려운 위성자료전처리 과정 중의 하나이다(Rigg *et al.*, 1994).

GMS-5 (Geostationary Meteorological Satellite), MTSAT-1R (Multi-functional Transport Satellite-1R)나 2009년에 발사될 COMS (Communication, Ocean and Meteorological satellite)와 같은 정지궤도 위성에 탑재되어 있는 센서는 극궤도 위성보다 활용 채널이 상대적으로 작기 때문에 실제적으로 제한된 채널 정보를 이용하여 구름과 눈을 구분하는 것은 상당한 어려움을 가진다. 이것은 무엇보다도 반사역과 적외역에서의 구름과 눈의 광학적 특성이 비슷하기 때문이다. 이들이 가지는 특성의 차이 중 두드러지는 것은 구름의 경우 눈에 비해 밀도가 낮고 grain이 일반적으로 적다는 것인데, 위성에서 수신되는 구름의 광학 시그널 역시 눈과 흡사하나, grain이 눈에 비해 적기 때문에 태양 스펙트럼의 최 장파영역에서 그 반사도가 일반적으로 더 높게 나온다(한경수 외 2004). 본 연구에서는 2009년 11월에 발사 예정인 COMS 위성을 이용한 적설 탐지를 위한 기초연구를 수행하고자 한다. 현재 COMS 위성 자료의 부재로 인해, 유사 파장대 영역을 가지고 있는 Terra/Aqua위성의 MODIS 채널 자료를 이용하여 적설지역과 구름을 구별 할 수 있는 지표 채널 특성을 제공하고자 한다.

2. 자료와 영상 전처리

본 연구에서는 2000년에 발사된 Terra/Aqua 위성 에 탑재되어 있는 MODIS센서 자료를 이용하였다. 지구관측시스템(EOS: Earth Observing System)의 일환으로 운용 중인 MODIS센서는 Terra위성과 Aqua위성에 탑재되어 총 36개의 채널을 이용하여 실시간으로 지구를 관측을 하고 있다. 본 연구에서 사용한 각 채널 대역폭과 특성은 Table 1에 명시하였다. 연구에 사용한 자료는 2002년 12월 27일, 2004년 1월 4일, 2004년 3월 중부지방의 폭설에 관련하여 2004년 3월 5일부터 3월 10일까지 18개의 Terra와 Aqua위성의 MODIS영상을 이용하였다.

Table 1. MODIS spectral band specifications used in snow cover products

Band	Bandwidth	Primary atmospheric application
1	620-670nm	Land/Cloud/Aerosols Boundaries
2	841-876nm	
3	459-479nm	Land/Cloud/Aerosols properites
4	545-565nm	
5	1230-1250nm	
6	1628-1652nm	
7	2105-2155nm	
20	3.750 μ m	Low clouds, fires window channel Dirty window, Low moisture
31	11.030 μ m	
32	12.020 μ m	

3. 적설역 산출 방법

적설역을 탐지하기 위한 방법으로는 크게 세 가지 방법이 있다. 가시채널과 근적외채널을 이용하는 방법, 가시채널의 반사도 값에 임계치를 두어 적설역을 탐지하는 방법, 그리고 3.7 μ m 중간적외 채널에서 반사도의 특성만 이용하여 적설을 탐지하는 방법이 있다. 본 연구에서는 근적외채널이 없는 COMS위성에 대한 적설역 산출을 위해 가시채널과 3.7 μ m채널을 이용하여 적설역을 탐지하는 방법 제시하였다. 일반적으로 가시채널을 이용할 때는 적설과 구름에 대한 반사도 경계 값을 설정하여 적설역을 탐지할 수 있다. 적외채널인 3.7 μ m에서 측정하는 복사량은 지표면의 반사도 값과 방출율로 구성으로 되어 있기 때문에 먼저 3.7 μ m 채널에서 측정되는 방출을 제거하는 것이 필요하다. 최종적으로 방출율을 제거한 중적외 채널의 반사도 값을 이용하여 적설과 구

름지역을 탐지하게 된다. 3.7 μm 채널에서 반사도 값을 이용하여 적설을 탐지하는 방법은 Allen *et al.* (1990)이 제시하였다. 채널 3.7 μm 에서 측정하는 복사휘도 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{3.7\mu\text{m}} = \epsilon_{3.7} B_{3.7}(T) + \gamma_{3.7}(\theta_0, \theta, \theta) L_0 \cos \theta_0 \quad (1)$$

오른쪽 첫 번째 항은 지표면에서 방출되는 복사량을 측정하는 항이고 두 번째 항은 태양에 의해 반사되는 복사량을 측정하는 항이다. 태양에 의해 반사되어오는 복사량을 측정하는 값은 입사되는 복사조도(L_0)에 의해 결정되는데, 이 값은 태양천정각(θ_0)과 지표반사도(γ)에 의해 좌우된다. 방향성 반사도 값은 태양천정각, 위성천정각과 상대 방위각으로 이루어지고 이 값은 anisotropic reflectance factor (ξ)에 의해 결정된다.

$$\rho_{3.7} = \gamma_{3.7}(\theta_0, \theta, \theta) \xi \quad (2)$$

$$\epsilon_{3.7} = 1 - \rho_{3.7} \quad (3)$$

이 식을 (1)식에 대입하여 반사도 값을 산출할 수 있다. 지면으로부터 방출되는 복사량 중 태양광에 의한 반사 효과를 추출함에 있어 가장 핵심이 된다고 할 수 있는 식(2), (3)의 관계식은 Taylor and Stowe(1994)의 연구에 의해 얻을 수가 있다. 하지만 추출된 반사도 값은 토지피복특성, 태양-지점-센서의 기하학적인 특성, 대기 상태에 따라서 변동성이 크다. 따라서 본 연구에서는 3.7 μm 로 부터 반사율을 추출하는 작업 대신에, 중적외 채널인 3.7 μm 와 적외 채널인 11 μm 의 온도차를 이용하여 적설과 구름을 구별 하였다. 본 연구에서 사용한 알고리즘에 대한 흐름도는 다음과 같다(Fig. 1).

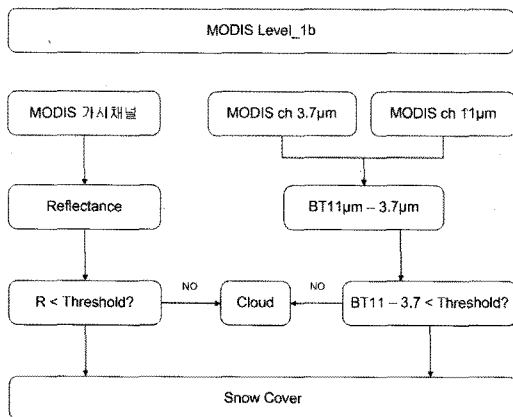


Fig. 1. Flowchart for snow cover area.

4. 결과

1) 가시채널의 반사도 값의 특성

눈을 추정할 때 가장 어려운 부분은 지표에 있는 눈과 구름을 구별하는 부분이다. 일반적으로 중층과 상층 구름은 열적외 채널을 이용하여 분별이 가능하다. 그러나, 가시영역과 적외 영역에서 하층 구름과 지표면의 눈은 유사한 광학적 특성을 가져 구별하기가 쉽지 않다. 따라서 Bunting *et al.* (1977)은 가시영역과 근적외 영역에서의 눈과 구름의 반사도 특성을 이용하여 이러한 문제점을 해결하고자 하였다. 하지만 앞으로 발사될 COMS 위성에는 근적외 채널이 없기 때문에 본 연구에서는 가시채널의 반사도 경계치를 이용한 적설탐지 분석에 대해서 연구하였다. Fig. 2는 2004년 한반도 중부 폭설 기간 중 3월 5일부터 10일까지의 MODIS 1번 가시채널의 반사도를 나타낸 것이다. Fig. 2의 첫 번째 그림은 3월 5일 폭설이 내릴 때의 반사도 값을 나타낸 것이고 마지막은 3월 10일 구름으로 덮여 있을 때의 반사도 값을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 지표면의 적설역과 구름의 반사도가 매우 유사하여 적설과 구름을 구분하기가 쉽지 않다는 것을 알 수가 있다. 구체적인 구름과 적설역의 반사도 값의 변화를 보기 위하여, 구름과 적설역에 대한 각각의 채널의 반사도 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 그림 중 파란 원이 구름부분이고 빨간 원이 적설역을 나타낸 것이다. 각각의 가시채널의 반사도 값을 보면 구름의 반사도는 0.45이고 적설지역의 반사도 값은 0.4로 거의 같아서 구별하기 어렵다는 것을 알 수 있다.

MODIS의 가시, 적외채널에 의해 측정되는 복사량은 지표면, 적설, 구름에서 방출되는 반사도와 방출률에 의해 좌우된다. 이러한 물리적인 값에서 적설을 가시채널의 반사도 값으로만 측정하기는 어렵다. 본 연구에서는 반사도 값만을 이용하여 적설의 유무를 정확하게 측정하는 것이 가능한가에 대해서 알아 보았다. 눈과 구름으로 덮여있는 영역을 실측하는 것은 상당히 어렵고 때론 불가능하기 때문에 본 연구에서는 육안으로 명백히 구분 되어지는 화소들을 수집하여 표본자료로 이용하였다. 2004년 한반도 중부지방의 폭설 때 인 3월 7일의 자료로, Fig. 4의 RGB영상에서 보듯이 적설지역과 적설이 없는 지표면으로 나누어서 자료를 샘플링하였다.

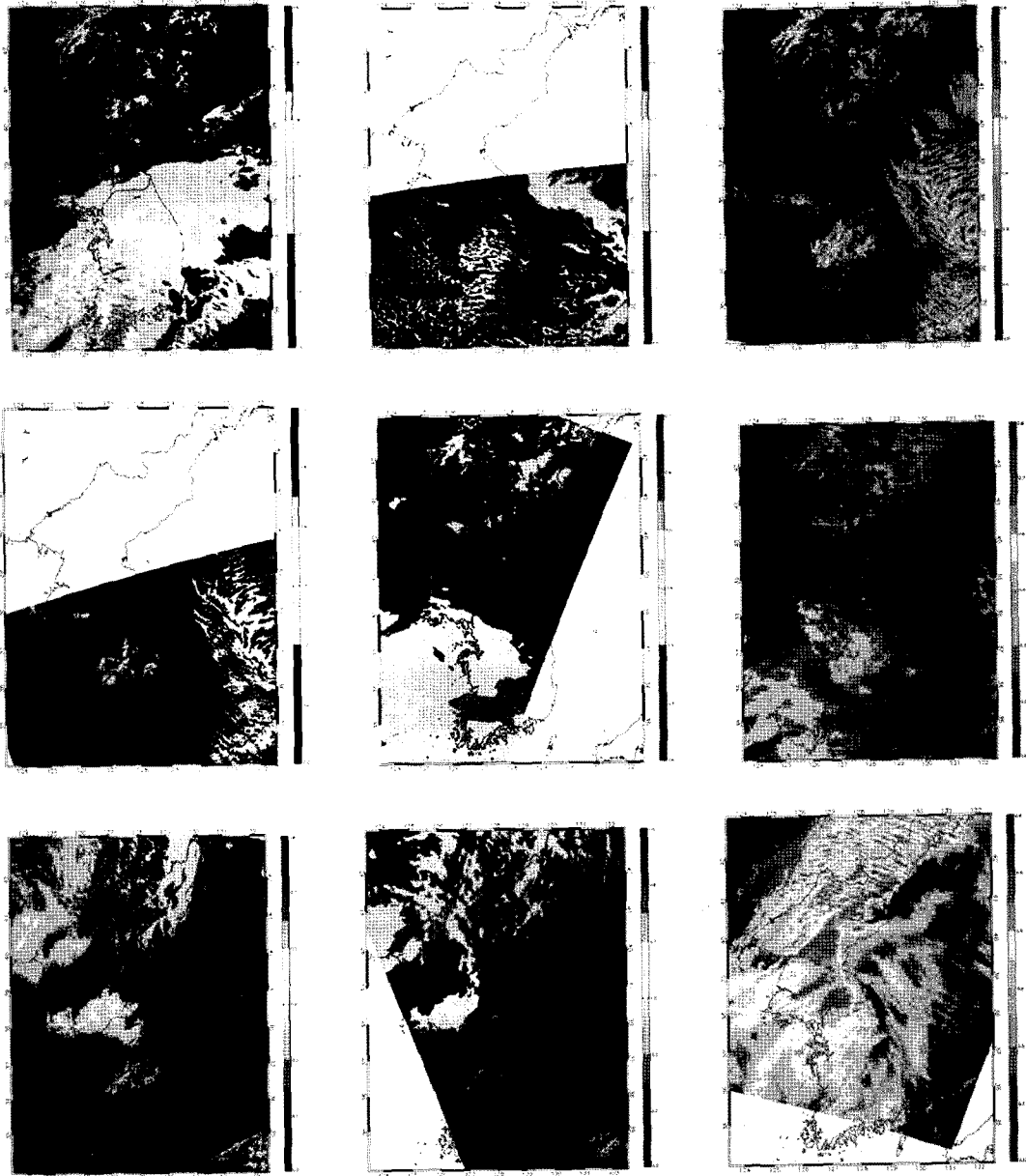


Fig. 2. Reflectance of the MODIS visible channel.

샘플링을 한 지역을 흰색 박스로 처리하여 나타내었는데, 아래의 흰색 박스는 적설역이 관측된 지역이고 위의 흰색박스는 적설이 없는 지표면에 대한 지역이다. Fig. 5는 각 샘플링에 대한 반사도의 분포도를 작성하여 나타낸 것이다. 2004년 3월 7일자 MODIS영상으로부터 얻은 분포도를 보게 되면 적설지역이 0.1에서 0.5까지 반사도 값이 나타나고, 눈이 없는 지표면의 반사도 값도

0.0에서부터 0.1까지 형성되어 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 적설과 지표면 사이의 경계 값은 0.1로 결정하였으며, 분포도에서 보는 바와 같이 구름이 없는 청천지역에서는 반사도 경계 값만으로도 적설지역을 잘 구분할 수 있다는 것을 알 수 있다.

적설지역을 정확하게 관측하기 위해서는 구름과의 구분이 필수적이다. 따라서 2002년 12월 적설과 2004년

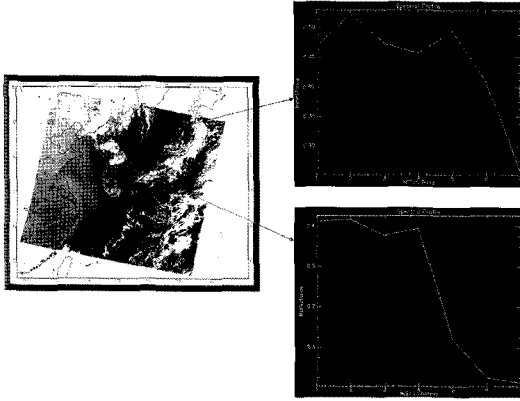


Fig. 3. Spectral reflectance for the cloud (top) and snow (bottom).

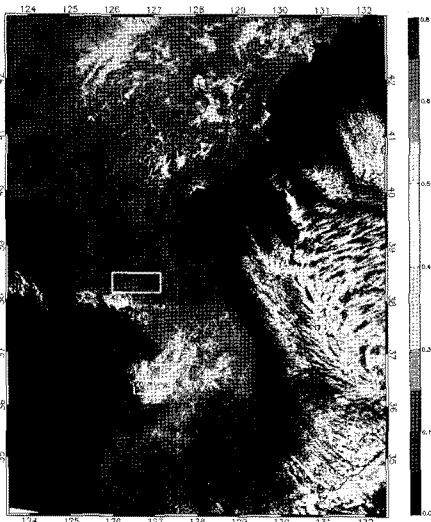


Fig. 4. Reflectance of the snow cover and surface for interest of area on 0235UTC March 7 2004.

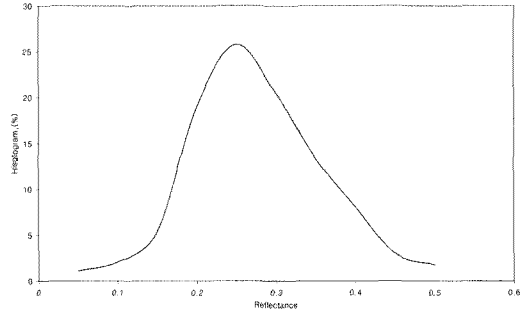
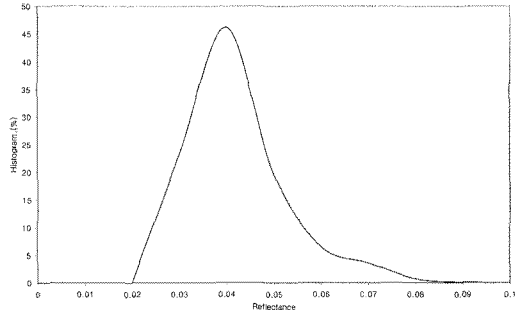


Fig. 5. Histogram of the snow cover and surface for interest of area on 0235UTC March 7 2004.

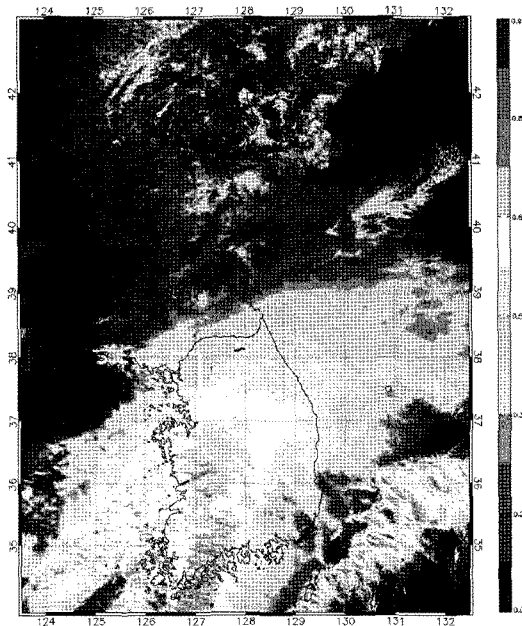


Fig. 6. Reflectance of the cloud for interest of area on 0415 UTC March 5 2004.

3월 5일부터 9일까지 한반도 중부지방에 폭설에 대해서 적설과 구름에 대한 데이터를 샘플링하여 분석하였다. 샘플링한 지역은 Fig. 6에 흰박스로 나타내었다. 구름에

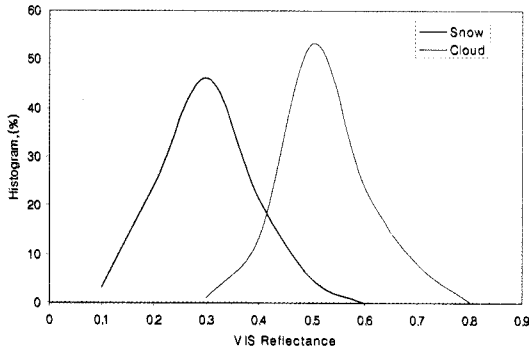


Fig. 7. MODIS observed channel 1 reflectance for surface pixels, snow pixels and cloud pixels

대한 샘플지역은 구름과 적설지역의 경계 값 결정을 위해서 구름의 정 중앙이 아니라 가장자리로 정하였다. 적설과 구름 픽셀로부터 샘플링한 데이터를 각각의 반사도 값에 대한 분포도를 산출하고 동시에 적설과 구름의 히

스토그램을 작성하였다(Fig. 7). 적설의 분포는 0.1에서 0.8사이이고 구름 반사도는 0.3에서 0.6의 값을 가진다. Fig. 7에서도 알 수 있듯이 적설과 구름은 0.3에서 0.6 사이에서 분포영역이 같게 된다. 따라서, 가시영역의 단일채널로 구름과 적설을 구분하기에는 많은 어려움이 있다. 지표면, 구름에 대한 반사도 값을 보면 명확하게 각 목록에 대해서 분류가 쉽게 되지 않으며 일정부분은 반사도 값이 서로 혼합되어 있다는 것을 알 수 있다. 가시 채널의 경계 값으로만 나누어서 적설역 탐지가 유용한지 알아보기 위하여 Fig. 7을 보고 강제로 경계 값을 결정하였다. 지표면의 경계 값은 0에서 0.1이고 적설지역은 0.1에서 0.4로 나타내었으며 0.4이상은 구름으로 분류하였다. 결정한 경계 값을 이용하여 적설지역은 연두색, 구름은 빨간색을 이용한 주제도를 작성하였다(Fig. 8). 구름 구별이 잘 되었는지 알아보기 위하여 각 지점의

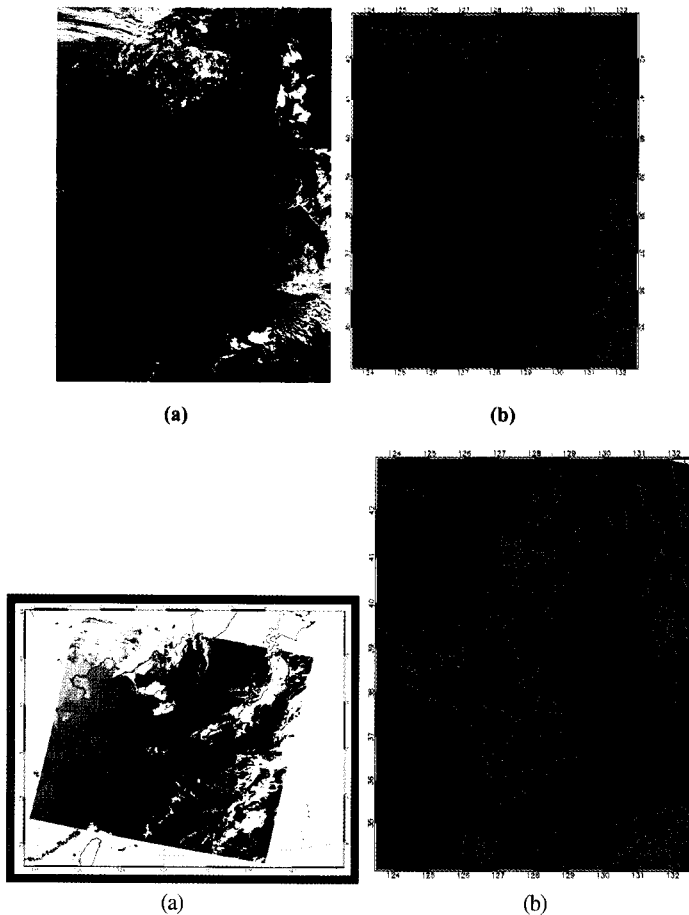


Fig. 8. RGB image (a) and snow cover map (Red=cloud, green=snow) on January 4 2004 (top) and March 9 2004 (bottom).

RGB합성영상과 비교·분석하였다. 오른쪽 그림에서 파란색은 지표면, 연두색은 적설역, 빨간색은 구름을 나타낸 것이다. 첫 번째 그림을 보면 알 수 있듯이 북한 위쪽의 만주지역에서 나타나는 구름에 대한 가시채널의 경계 값 방법으로 만들어진 구름과 적설의 분별을 보면 구름으로 탐지되어야 할 화소들이 녹색으로 나타나 적설역으로 잘못 분별을 하고 있음을 알 수 있다.

2) BT11-BT3.7 테스트

구름과 눈의 구별방법은 구름과 눈의 반사와 방출율의 특징 차를 이용하는 것이다. 구름은 큰 폭의 변화량을 가지고 있지만, 가시영역과 근적외 영역에서는 일반적으로 높은 반사도로 인해 구름을 쉽게 관측할 수 있다 (Rossow and Garder, 1993). 반면에 중간적외 영역에서의 눈의 반사도는 위와 반대이다. NDSI (Normalized Difference Snow Index)는 눈을 추정하지만 적설역과 얇은 상층운 함께 있는 경우에는 구별이 어려운 것이 단점이다. 또한 단일채널을 이용하여 경계 값을 주는 방법도 구름을 잘 구별하지 못하는 것은 마찬가지이다. 이렇게 분별이 어려운 구름을 제거하기 위하여 중간적외채널 3.7 μm 을 이용하는 것이 (MODIS Algorithm Report) 구름제거에 얼마나 효과적인지에 대해서 알아보았다. 휘도온도 3.7 μm 과 11 μm 의 차 (BT 11 μm -3.7 μm)를 산출하여 구름과 적설을 구별할 수 있는 능력을 테스트하기 위해 앞에서 취한 방법처럼 일정 데이터를 샘플링하여 3.7 μm 의 효용성을 알아보았다. Fig. 9

와 10은 가시채널 RGB영상과 반사도 값과 BT 11 μm - 3.7 μm 의 값을 나타낸 것으로서 RGB영상에서 육안으로 확인할 수 있는 적설지역에 대해 가시채널의 반사도 값과 BTD의 값을 비교한 그림이다. 그림에서 보면 BTD의 적설 탐지능력이 어느 정도 나타나는 것을 알 수 있다. 따라서 적설과 구름이 혼합되어 있는 화소를 취하여 각각의 반사도 값과 BTD 통해 3.7 μm 의 효용성을 분석하였다.

적설 탐지에 있어서 3.7 μm 값의 유용성을 알아보기 위하여 BTD (Brightness Temperature Difference) 값을 구하여 적설지역에서 반사도 값과 BTD값을 Fig. 10과 Fig. 11에서 살펴보았다. 구체적으로 적설/구름이 있는 경우 BTD값으로 적설/구름 구별이 가능한지에 대해서 알아보려고 각각 적설과 구름에 대한 샘플링을 실시하였다. 먼저 2004년 3월 9일자 한반도 영상을 보게 되면 중부지방의 적설지역과 북한 개성지역의 구름에 대한 반사도 값과 BTD값을 산출하였다. Fig. 11 (a)에서 북한 개성지역의 흰 박스는 구름에 대한 반사도 값을 샘플링한 지역이고 한반도 중부지역의 흰 박스는 적설의 반사도 값을 샘플링한 지역이다. 마찬가지로 Fig. 11 (b)의 그림은 각각 북한 개성지역의 흰 박스는 구름의 BTD값을 샘플링 하였고 중부지역의 흰 박스는 적설의 BTD값을 샘플링 하였다. Fig. 12에서 백두산 지역의 흰 박스는 (a)에서는 구름의 반사도 값을 샘플링 하였고 (b)에서는 구름의 BTD값을 샘플링 하였다. 최종적으로 위와 같은 방법으로 적설지역은 총 2개의 연구지역을 선

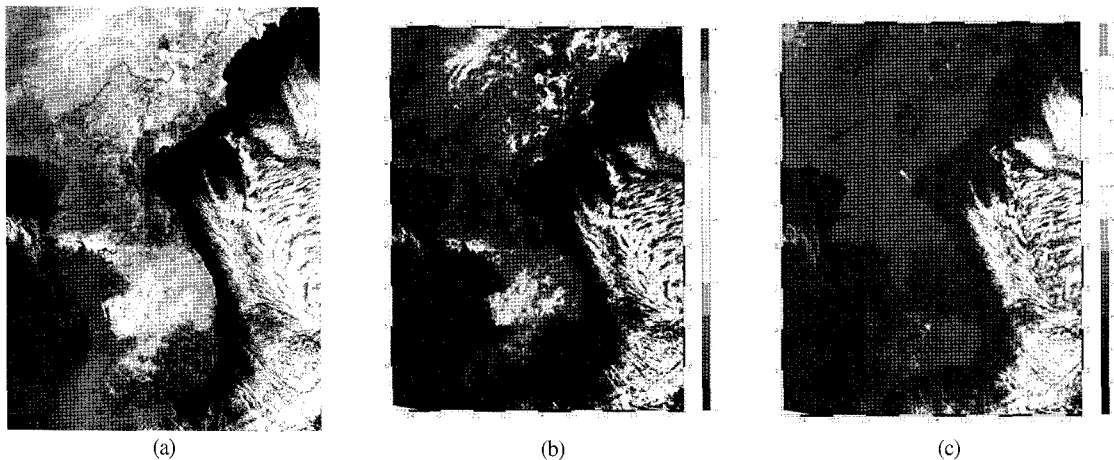


Fig. 9. Comparison between RGB image (a), reflectance of snow (b) and brightness temperature difference (c) on 0225 UTC March 7 20004.

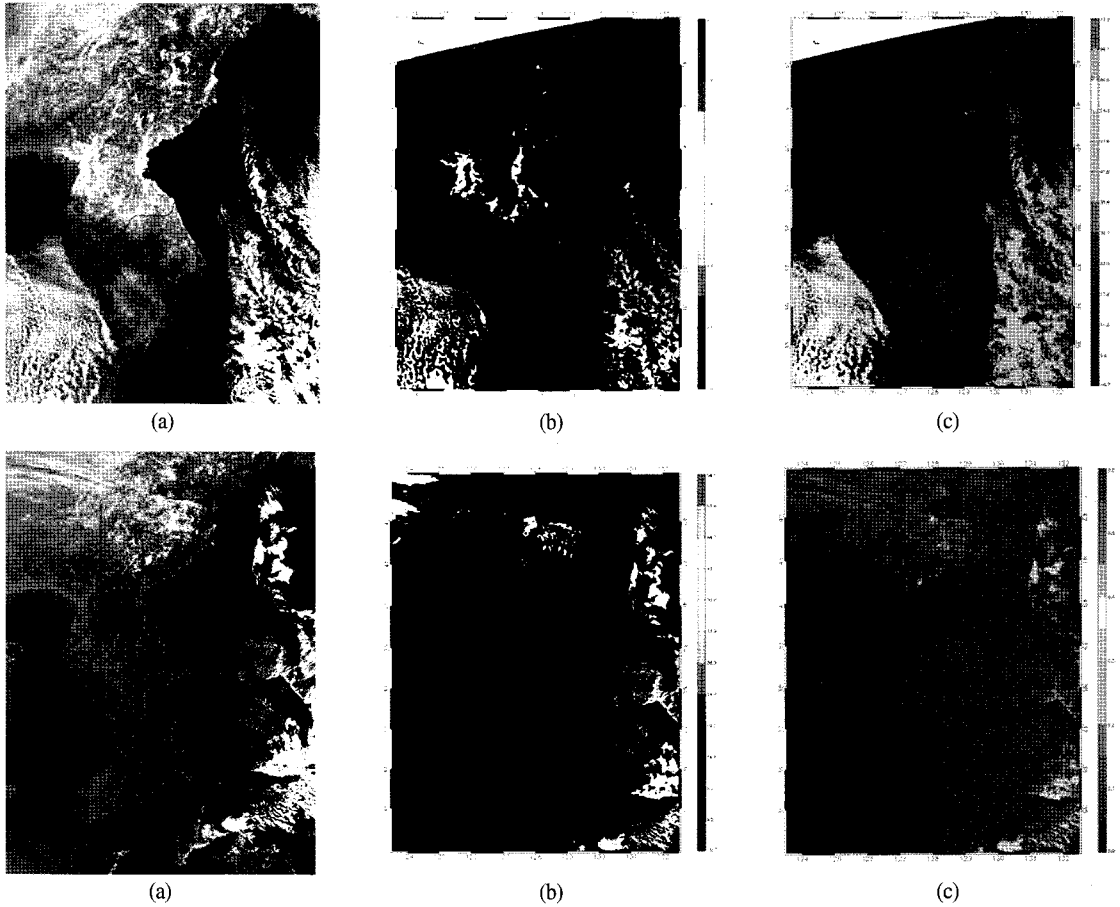


Fig. 10. Comparison between RGB image (a), reflectance of snow (b) and brightness temperature difference (c) on 0425 UTC December 27, 20002 (top) and 0445 UTC January 4, 2004 (bottom).

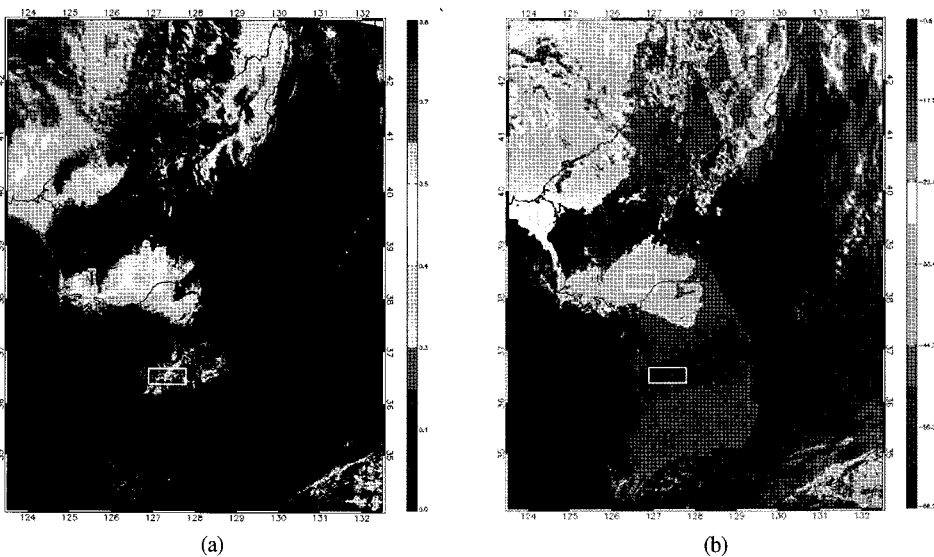


Fig. 11. Reflectance (a) and BT $11\mu\text{m} - 3.7\mu\text{m}$ (b) of the cloud (top, white box) and snow (bottom, white box) on 0215 UTC March 9 2004.

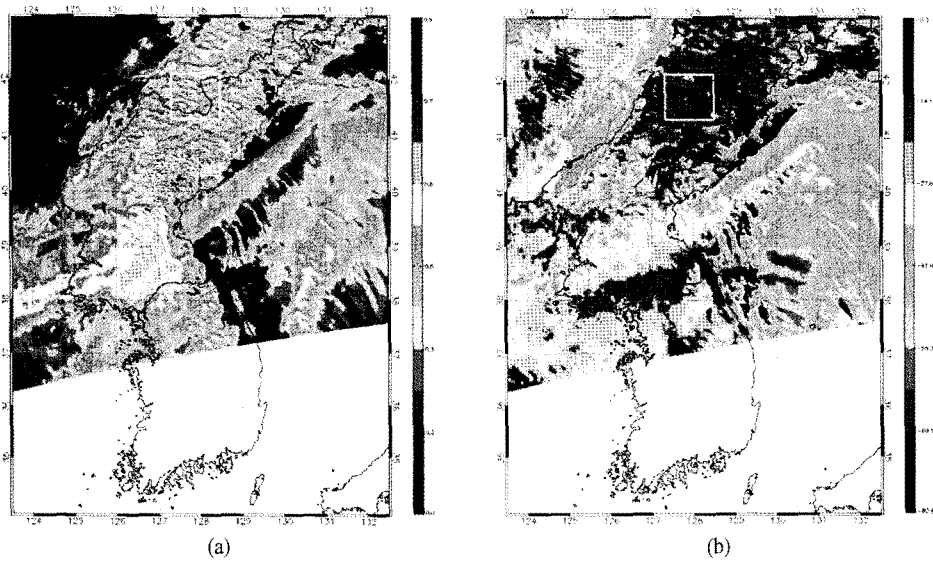


Fig. 12. Reflectance (a) and BT $11\mu\text{m} - 3.7\mu\text{m}$ (b) of the cloud for interest of area on 0255 UTC March 10 2004.

택하였고 구름은 총 4개의 지역을 선택하여 적설과 구름으로 나누어서 반사도 값과 BTD값을 샘플링 하였다.

먼저 샘플링한 적설과 구름의 가시채널 반사도의 히스토그램을 Fig. 13에 나타내었다. 앞서서도 언급한 바와 같이 구름과 적설의 반사도 값은 일정구간에서 혼합되는 것을 볼 수 있다. 구름 반사도의 시작점인 0.22값과 적설의 마지막 반사도 값인 0.5 사이 값이 적설과 구름이 혼합되어 있는 부분이다. 적설과 구름이 혼합되어 있을 경우 BT $11\mu\text{m} - 3.7\mu\text{m}$ 차이에 대한 값을 이용하여 적설과 구름의 구분이 가능한가에 대해서 분석하였다. 이를 위해 먼저 0.22에서 0.5사이 값만 따로 추출하여 적설과 구름 각각의 반사도와 $11\mu\text{m}$, $3.7\mu\text{m}$ 휘도 온

도와의 산점도를 산출하고 Fig. 14와 Fig. 15에 나타내었다.

Fig. 16는 적설/구름이 혼합되어 있는 지역 중 반사도 값이 0.22에서 0.5 사이인 화소에 대해서만 따로 값

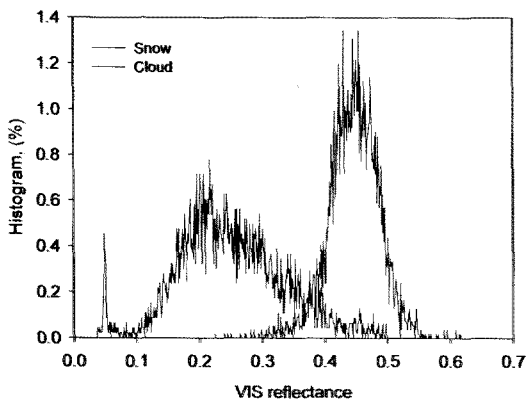


Fig. 13. Histogram of reflectance for the cloud and snow in total sampling data.

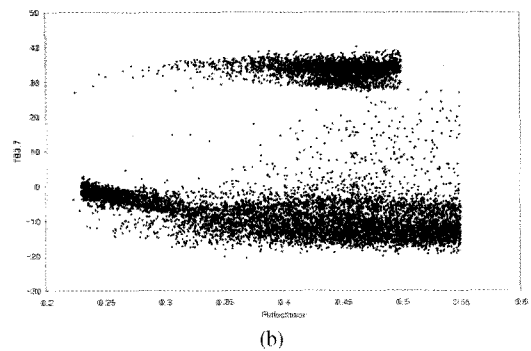
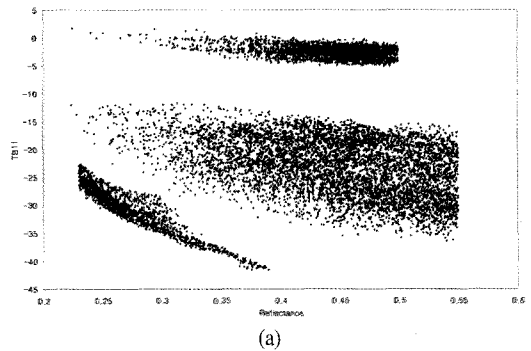


Fig. 14. Scatter plot of reflectance and $TB_{11\mu\text{m}}$ (a), $TB_{3.7\mu\text{m}}$ (b) of the cloud in total sampling data.

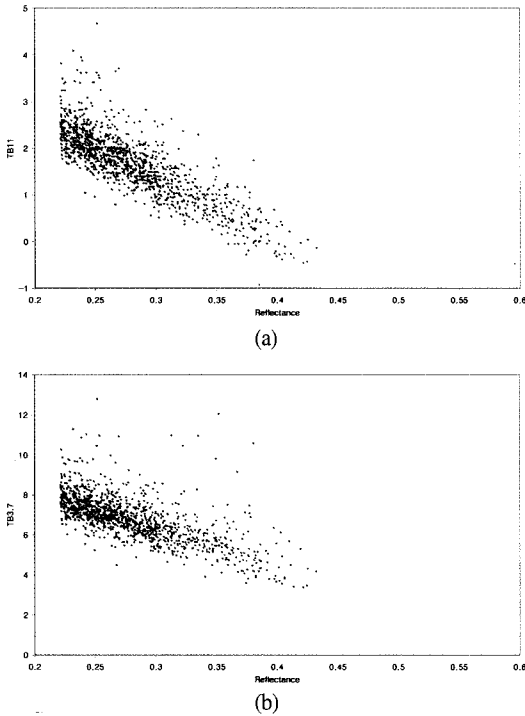


Fig. 15. Scatter plot of reflectance and TB11 μ m(a), TB3.7 μ m(b) of the snow in total sampling data.

을 추출하여 각각 적설과 구름의 11 μ m과 3.7 μ m의 BTD값의 분포도를 나타내었다. Fig. 16의 BTD의 분포도 값을 보게 되면 적설의 경우 BTD값이 -3k에서 -7k 사이에서 나타나는 것을 볼 수 있고, 구름의 경우에는 BTD값이 -3k에서 -38k까지 구름의 형태에 따라서 다양하게 나타나는 것을 알 수 있다. 또한 -3k에서 -7k의 적설 지역의 값과 일정부분 겹치는 것을 볼 수 있다. 겹치는 부분을 정확히 보기 위해서 가시채널의 반사도에 대한 적설의 BTD와 구름의 BTD의 산점도를 Fig. 17에

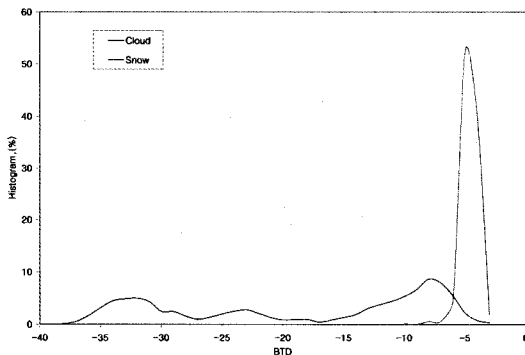


Fig. 16. Histogram of BTD for the cloud and snow in total sampling data.

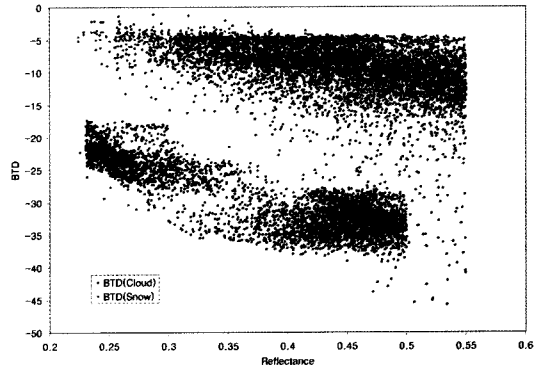


Fig. 17. Scatter plot of reflectance and BT for snow/cloud in total sampling data.

나타내었다. 그림에서도 알 수 있듯이 파란 점의 구름과 빨간 점의 적설의 BT 11 μ m - 3.7 μ m차이에 대한 값이 일정부분 겹쳐지는 부분을 제외하고 어느 정도 구분이 되는 것을 알 수 있다. 따라서 이러한 결과를 볼 때 BT 11 μ m - 3.7 μ m차이에 대한 값을 이용하여 적설과 구름을 구분하는 방법은 단일 채널을 이용한 방법보다 유용하나 이를 개선시키기 위한 다양한 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 향후 발사될 COMS위성에서의 적설/해빙탐지에 관한 유용성을 알아보기 위하여 가시채널과 근적외채널 중간적외채널의 특성을 파악하였다. 본 연구에서는 COMS 채널에 탑재되어 있는 3.7 μ m 채널의 활용 정도를 알아 보기 위해, MODIS채널을 이용하여 적설역 탐지에 대한 유용성을 조사하였다. 자료는 가시채널 1번(0.659 μ m), 중간적외채널 20번(3.75 μ m), 열적외채널 31번(11.03 μ m)을 각각 사용하였다. 기간은 2002년 12월 27일과 2004년 1월 4일과 2004년 3월 5일부터 3월 7일까지의 한반도 중부 폭설자료를 이용하였고 지역은 한반도 영역으로 한정하였다.

적설역 탐지의 방법은 크게 세 가지이다. 첫 번째는 가시채널과 근적외 채널을 이용하여 NDSI (Normalize Difference Snow Index)을 산출하는 적설역을 탐지 방법과 가시채널의 반사도 임계치를 이용하는 방법, 마지막으로 단파 적외 채널인 3.7 μ m을 이용하여 적설을

탐지하는 것이다. NDSI을 이용한 적설역 탐지는 앞으로 발사될 COMS위성의 근적외 채널의 부재로 본 연구에서는 제외하였다. 가시채널의 반사도 경계 값을 이용하는 방법에 있어 청천역에서 위성영상 내 지표면의 적설 화소의 추출은 비교적 성공적이었으나 적설과 구름이 혼합되어 있는 경우에는 반사도 값이 서로 비슷하기 때문에 적설역을 가시채널로 탐지한다는 것은 어려울 것으로 사료된다. 이러한 결과를 확인하기 위하여 2002년 12월과 2004년 3월 적설지역에 대해서 적설/구름의 반사도 분포도를 작성하고 일정부분 반사도 값이 겹친다는 것을 확인하였다. 단일채널의 경계 값으로 다른 연구사례에 적용하기 위해서 각각 데이터를 샘플링한 값에서 강제로 경계 값을 설정하였다. 경계 값은 적설이 없는 지표면은 0에서 0.1, 적설역은 0.1에서 0.4, 구름은 0.4이상으로 반사도 값을 정하였다. 이 값을 가지고 다른 연구사례에 지표면, 적설, 구름에 대한 주제도를 작성하여 적설과 구름을 구별하고자 하였으나 단일채널로는 적설역을 산출하기가 어려웠다. 따라서 단일채널 외에 $3.7\mu\text{m}$ 을 이용하여 적설과 구름을 구분하고자 하여 단파 적외 채널에서 지표면의 방출율을 제거한 반사도 값만을 이용해서 적설을 탐지하는 방법을 이용하고자 하였으나 NOAA자료의 수집 실패로 연구를 수행하지 못하였다. 하지만 다른 $3.7\mu\text{m}$ 의 중요한 연구방법 중의 하나로 구름과 적설을 구분하기 위해, BT $3.7\mu\text{m} - 11\mu\text{m}$ 의 차이 값을 통해 구름구별을 시도하였다. 먼저 가시채널의 반사도 값에서 적설/구름이 혼합되어 있는 0.2에서 0.5의 반사도 값에 해당하는 화소만 추출하여 적설과 구름의 BTD를 분석한 결과 일정부분 BTD값이 겹치는 것을 확인하였다. 가시채널을 이용한 방법과 마찬가지로 사례연구를 통해서 $3.7\mu\text{m} - 11\mu\text{m}$ 의 차이 값을 이용한 구름구별이 단일채널을 이용할 때 보다는 개선되었다. 하지만 많은 층운형의 구름과 적설역이 혼재되어 있는 경우에는 또한 구름과 적설의 정확한 구별에는 여전히 어려움이 있다. 향후 연구에서는, SSM/I, AMSR-E와 같은 마이크로파 자료나 보조자료를 활용하면 효과적으로 적설 대한 정보를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 기상청의 “통신해양기상위성 1호 기상자료처리시스템개발”의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 기상연구소, 2005. 통신해양기상위성 1호 기상자료처리시스템개발 (III), 기상청.
- 한경수, 김영섭, 2009. SPOT/VEGETATION 영상을 이용한 눈과 구름의 분류 알고리즘, 대한원격탐사학회, 20(4): 235-244.
- Allen, R. C., P. A. Durkee, and C. H. Wash, 1990. Snow/cloud discrimination with multispectral satellite measurement. *Journal of Applied meteorology*, 29: 994-1004.
- Bunting, J. T., R. V. Francis, and J. K. Thomas 1997. Meteorological satellite measurements and application. AFGL TR 77-0035, 17.
- Kukla, G. and D. A. Robinson, 1981. Climatic value of operational snow and ice charts. *Glaciological Data Report*, GD-11, 103-119.
- Rossow, W. B. and L. C. Garder, 1993. Cloud detection using satellite measurements of infrared and visible radiances for ISCCP. *Journal of Climate*, 6: 2341-2369.
- Riggs, G. A., D. K. Hall, and V. Salomonsen, 1994. A snow index for the Landsat Thematic Mapper and moderate resolution imaging system. *Proceeding of IGARSS '94*, 1942-1944.
- Taylor, V. R. and L. L. Stowe, 1984. Atlas of reflectance patterns for uniform earth and cloud surfaces (NIMBUS-7 ERB-61 Days). NOAA Tech. Rep. NESDIS-10, U.S. Dept. of Commerce, Washington, DC, 66.