고해상도 중적외선 영상자료의 주야간 지표면 식별 특성 평가

백승균¹ · 장동호^{2*}

Evaluating the Land Surface Characterization of High-Resolution Middle-Infrared Data for Day and Night Time

Seung-Gyun BAEK¹ · Dong-Ho JANG^{2*}

요 약

다목적실용위성 3A호에 탑재되는 고해상도의 중적외선 영상자료에 대한 지표면 식별 특성을 파악하기 위하여, 고해상도 중적외선 영상 획득이 가능한 AHS(Airborne Hyperspectral Scanner) 자료를 사용하여 중적외선 영상 자료의 지표면 온도 산출 가능성과 토지피복도 분류 정확도를 평가하였다. 먼저 AHS 열적외선 자료로 작성한 지표면 온도 영상과 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값을 비교한 결과 주간과 야간 모두 밴드 68(중심파장 4.64 μ m)의 결정계수가 0.74이상으로 가장 높았다. 다음으로 AHS 중적외선 밴드를 이용하여 토지피복도를 작성한 결과 주간의 경우 지붕, 도로, 초지, 식생, 수역 등이 구분 가능했지만 야간의 경우 초지와 식생, 도로와 수역, 지붕과 도로 등 일부 클래스들이 서로 중복되어 나타났다. AHS 중적외선 밴드의 지표면 식별 능력의 향상 가능성을 파악하기 위하여 주간과 야간자료의 편차 영상을 구하여 토지피복도를 작성한 결과 Zone 1과 Zone 2의 소지역별 분류정확도가 각각 67.5%, 64.3%로서, 주간 또는 야간 중적외선 밴드로 작성된 토지피복도에 비해 10% 이상 향상된 것으로 나타났다. 결과적으로 고해상도 중적외선 밴드 영상자료는 지표면온도 산출시 지표 피복 특성을 고려한 알고리즘 개발이 요구되며, 지표면 식별 능력은 주간에 비해 야간이 낮으므로 주간과 야간의 편차 영상을 이용할 경우 지표면 식별 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 다목적실용위성-3A호, 중적외선, 지표면 특성, 지표면 온도, AHS

ABSTRACT

This research is aimed at evaluating the land surface characterization of KOMPSAT-3A middle infrared (MIR) data. Airborne Hyperspectral Scanner (AHS)

2012년 4월 22일 접수 Received on April 22, 2012 / 2012년 6월 5일 수정 Revised on June 5, 2012 / 2012년 6월 11일 심사완료 Accepted on June 11, 2012

1 공주대학교 지역개발연구소 Institute of Regional Development, Kongju National University

2 공주대학교 지리학과 Department of Geography, Kongju National University

* Corresponding Author E-mail : gisrs@kongju.ac.kr

data, which has MIR bands with high spatial resolution, were used to assess land surface temperature (LST) retrieval and classification accuracy of MIR bands. Firstly, LST values for daytime and nighttime, which were calculated with AHS thermal infrared (TIR) bands, were compared to digital number of AHS MIR bands. The determination coefficient of AHS band 68 (center wavelength $4.64 \mu\text{m}$) was over 0.74, and was higher than other MIR bands. Secondly, The land cover maps were generated by unsupervised classification methods using the AHS MIR bands. Each class of land cover maps for daytime, such as water, trees, green grass, roads, roofs, was distinguished well. But some classes of land cover maps for nighttime, such as trees versus green grass, roads versus roofs, were not separated. The image classification using the difference images between daytime AHS MIR bands and nighttime AHS MIR bands were conducted to enhance the discrimination ability of land surface for AHS MIR imagery. The classification accuracy of the land cover map for zone 1 and zone 2 was 67.5%, 64.3%, respectively. It was improved by 10% compared to land cover map of daytime AHS MIR bands and night AHS MIR bands. Consequently, new algorithm based on land surface characteristics is required for temperature retrieval of high resolution MIR imagery, and the difference images between daytime and nighttime was considered to enhance the ability of land surface characterization using high resolution MIR data.

KEYWORDS : KOMPSAT-3A, Middle Infrared (MIR), Land Surface Characterization, Land Surface Temperature (LST), Airborne Hyperspectral Scanner (AHS)

서 론

다목적실용위성 3A호(KOMPSAT-3A)는 야간영상 획득이 가능한 중적외선 센서를 탑재할 예정으로 있어 주간 영상만 촬영하는 기존 광학센서 탑재 위성에 비해 활용범위가 매우 넓다. 일반적으로 적외선 센서는 지도제작, 지형·지질, 대기·환경, 해양, 도시, 재해, 농업·임업 등 다양한 분야에서 활용이 가능할 뿐만 아니라 군사 목적으로도 이용이 가능하다. 그러나 국내에서는 아직까지 적외선 위성 영상을 획득할 수 있는 플랫폼이 전무한 상태로 해외의 영상자료를 이용한 연구가 몇몇 분야에서 이루어지고 있다. 다목적실용위성 3A호의 중적외선 자료는 국내 여러 분야에서 활용이 가능하고 상용화에 따른 수익이 기대되므로 기존 외국 위성의 적외선 영상과의 비교 연구를 통한 경쟁력 제고가 필요하다.

일반적으로 주간 및 야간 적외선 위성영상을 이용한 연구는 산불 탐지, 화산활동 감시, 안개 탐지, 황사 탐지 등 다양한 분야에서 이루어지고 있고, 위성자료로는 Aqua/Terra MODIS, NOAA AVHRR, GOES-9 Imager, MTSAT-1R, BIRD HSRS, ASTER 등 다양하며, 연구에 주로 이용되는 적외선 파장대는 $3.7\mu\text{m}$, $11\mu\text{m}$, $12\mu\text{m}$ 이다. 국내외의 적외선을 이용한 연구 동향을 살펴보면, 국내 공항을 대상으로 한 안개 탐지 연구에서는 $3.7\mu\text{m}$ 휘도온도, $11\mu\text{m}$ 휘도온도, $3.7\mu\text{m}$ 와 $11\mu\text{m}$ 사이 휘도온도차를 이용한 경계값 추출 방법을 적용한 결과 주간에 약 60%, 야간에 약 70%의 정확도를 나타내었고(유정문 등, 2008), MTSAT-1R 자료를 이용한 황사 탐지 연구에서는 $11\mu\text{m}$ 과 $12\mu\text{m}$ 사이 휘도온도차와 $3.7\mu\text{m}$ 와 $11\mu\text{m}$ 사이 휘도온도차를 결합하여 aerosol index(AI)를 산출한 결과 OMI(Ozone Mapping Instrument)의 AI와 MODIS의

aerosol optical depth와 잘 일치하였다(Ha et al., 2006). MODIS의 $3.7\mu\text{m}$ 휘도온도영상과 $11\mu\text{m}$, $12\mu\text{m}$ 의 휘도온도영상에 대한 경계값 추출 기법을 적용한 화산활동 감시 연구에서는 구름 영향을 제거함으로써 화산활동에 따른 열적 변화 탐지를 시도하였다(Noguchi et al., 2011). 단일 밴드 중적외선 영상을 이용한 표면온도 추정 연구에서는 MODIS 밴드 20($3.66\sim 3.84\mu\text{m}$)에 대하여 복사전달모델과 MODIS SST 알고리즘으로 구해진 해수면온도 영상을 비교한 결과 공간에 $0.89\pm 0.54^\circ\text{C}$, 야간에 $1.25\pm 0.41^\circ\text{C}$ 정도의 적은 온도 차이를 나타내었다(박옥 등, 2008).

한편 적외선 위성자료를 이용한 표면온도 산출은 산불 탐지, 지표면온도 분포 파악 등 여러 분야에 걸쳐 이용되고 있으며, 정확도 향상을 위하여 다양한 위성자료를 서로 비교하거나 새로운 알고리즘을 개발하고 있다. 소규모 산불 탐지 연구에서는 MODIS 자료의 두 열적외선 밴드 외에 근적외선과 중적외선 밴드를 추가적으로 사용한 혼합화소분석기법을 적용한 결과 남한지역에서 1ha 규모의 소규모 진행산불과 연소지에 대해 70% 이상의 탐지율을 확보하였다(김선화, 2009). 실시간 산불 탐지 가능성을 파악하기 위한 MSG SEVIRI와 MODIS, AVHRR 자료를 비교한 연구에서는 실제 관측치에 의한 예상온도와 대기상단 휘도온도를 비교한 경계값 추출 기법을 적용한 결과 15분 간격의 주기해상도를 가진 MSG 자료가 MODIS나 AVHRR 자료에 비해 실시간 산불 탐지에 더 적합한 것으로 평가되었다(Philip, 2007). 지표온도 추출 연구에서는 Landsat TM/ETM+ 또는 ASTER 열적외선 자료를 이용하여 지표온도 추출 알고리즘의 정확도 평가, 도시 표면온도의 공간적 분포 특성 파악, 도시복원사업의 열 환경 변화 분석 등이 이루어졌다(조명희 등, 2001; 엄대용, 2006; 조명희 등, 2009). 유럽우주국(European Space Agency)은 2008년 유럽 대도시 지역의 표면온도 산출과 도시열섬효과의 상세한 공간적 변화를 파악하기 위한 열적

외선 센서의 공간해상도, 주기해상도 등 요구 조건 분석연구를 수행한 결과 열적외선 외에 가시광선, 근적외선, 중적외선 채널을 포함한 다중분광센서를 추천하였고, 공간해상도 50~100m 범위와 1일 반복주기 및 일출 직전 위성 통과시각을 제안하였다(Sobrinho et al., 2009).

다양한 연구들에서 적외선 자료를 이용한 표면온도 산출에는 공간해상도가 높을수록 유리하고, 열적외선 외에 중적외선, 근적외선, 가시광선 파장대의 채널자료를 같이 활용할 경우 산불탐지, 지표면온도 산출 결과의 정확도를 향상시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 KOMPSAT-3A에 탑재되는 중적외선 센서는 $3\sim 5\mu\text{m}$ 파장대역에 걸쳐 5.5m의 높은 공간해상도를 가지므로 보다 정밀한 지표특성 분석이 가능할 것으로 예상된다.

그러나 적외선 센서의 특성상 영상의 품질이 태양빛의 유무에 많은 영향을 받기 때문에 주야간에 촬영된 영상의 활용을 위해서는 기존 적외선 영상의 주야간 특성을 비교하여 분석하는 연구가 선행되어야 한다. 특히 KOMPSAT-3A의 중적외선 센서와 유사한 해상도를 가진 영상자료를 사용하여 태양빛 유무와 대기영향에 의한 영상의 품질 비교, 주야간 지표특성 해석능력 비교 및 활용가능성을 평가할 필요가 있다.

이 연구에서는 유럽우주국의 DESIREX 2008(Dual-use European Security IR Experiment 2008) Campaign을 통해 획득한 AHS(Airborne Hyperspectral Scanner) 자료를 사용하여 고해상도 중적외선 자료의 주야간 지표면온도 산출 가능성과 지표면 식별 특성을 파악하고자 하였다. 이를 위해 AHS 주야간 열적외선 자료를 이용하여 산출한 지표면온도와 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 비교하였으며, AHS의 가시 및 근적외선 밴드 자료를 이용하여 작성한 토지피복도에 대하여 중적외선 밴드 자료로 작성한 토지피복도를 대비하였다.

사용자료 및 연구지역

AHS(Airborne Hyperspectral Scanner) 자료는 0.445~12.450 μm 파장 대역에 대하여 80개의 밴드로 구성되며, KOMPSAT-3A의 열적외선에 해당하는 3.0~5.0 μm 파장대역의 중적외선에는 5개의 밴드가 포함되어 있다(표 1). AHS 자료의 공간해상도는 촬영고도에 따라 달라지는데, DESIREX 2008 Campaign에서는 대부분 자료가 8,200ft(2,497m) 상공에서 촬영되었고 비교 자료군으로 5,400ft(1,641m)와 11,200ft(3,409m)에서 일부 촬영되었다. 결과적으로 4m 내외의 공간해상도로 AHS 자료가 획득되었다.

AHS 자료는 스페인의 수도 마드리드시를 연구지역으로 하여 DESIREX 2008 Campaign 기간인 2008년 6월 25일부터 7월 4일까지 총 30개 Scene이 획득되었다. 이 자료는 북서-남동 방향의 P1 라인과 북남 방향의 P2 라인으로 구성된다(그림 1).

이 연구에서는 중적외선 밴드 주야간 자료의 지표온도 산출 및 지표면 식별 능력을 비교하기 위하여 대기가 안정되었던 6월 28일과 7월 4일 촬영 자료를 선별하였다. 그리고 마드리드시의 도심을 남북으로 통과하는 P2 라인의 자료를 분석 대상으로 선정하였다.

FIGURE 1. DESIREX 2008에서의 AHS 촬영 노선

TABLE 1. AHS 중적외선 밴드의 파장대역

밴드	64	65	66	67	68
파장 (중심, μm)	3.2333	3.5623	3.9128	4.2673	4.6353

연구 방법

중적외선 밴드 자료와 열적외선 및 가시근적외선 밴드와의 특성 비교를 위하여 P2 라인 자료로부터 2개의 소지역(Subset Zone)을 추출하였다. Zone 1은 마드리드시의 도심에 위치하고, Zone 2는 도심을 벗어난 변두리에 위치한다(그림 2). DESIREX 2008 Campaign에서는 도심지역과 변두리 시골지역을 구분하여 주야간 지표면 온도차를 비교함으로써 도시열섬 현상을 분석하였다. 이 연구에서도 중적외선 밴드 자료를 이용한 지표면 온도 산출가능성을 파악하고, 이를 도시열섬 효과 분석에 활용 가능한지를 평가하기 위하여 도심지역과 변두리 시골지역을 구분하여 소지역을 설정하였다. 또한 지표면 피복별 특성 비교를 위하여 다양한 피복 형태가 포함되도록 소지역의 위치를 결정하였다.

중적외선 밴드 주야간 자료의 지표면온도 산출 가능성을 평가하기 위하여 AHS 주야간 열적외선 자료를 이용하여 산출한 지표면온도 영상과 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과의 상관성 분석을 실시하였다(그림 3).

그리고 중적외선 밴드 주야간 자료의 지표면 식별 특성을 파악하기 위하여 AHS 가시 및 근적외선 밴드로 작성한 토지피복도에 대하여 주야간 중적외선 밴드의 화소값을 비교하였고, 중적외선 밴드를 이용하여 작성한 토지피복도의 분류정확도를 평가하였다.

연구 결과

1. 지표면 온도 산출가능성 평가

DESIREX 2008 Campaign에서는 TES (Temperature and Emissivity Separation)

FIGURE 2. P2 라인으로부터 소지역의 추출

FIGURE 3. 연구 흐름도

알고리즘을 적용하여 지표온도를 산출하였다. TES 알고리즘은 ASTER(Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) 위성영상의 LST(Land Surface Temperature)와 LSE(Land Surface Emissivity) 산출을 위해 고안되었으며, 최소 4~5개의 열적외선 밴드 자료가 요구된다(Gillespie *et al.*, 1998). TES 알고리즘은 NEM(Normalized Emissivity

Method), RATIO, MMD(Maximum-Minimum Difference)의 3개 모듈로 구성된다. NEM 모듈은 반복과정을 통하여 지표온도와 방출율의 추정치를 제공하고, RATIO 모듈은 beta spectrum에서 제공하는 지표 복사율을 평균화한다. 최종적으로 MMD 모듈은 최소 방출율(ϵ_{min})과 spectral contrast(MMD) 사이의 상관관계를 이용하여 최종 지표복사율과 온도를 산출한다. 이 때 지표온도 산출식

은 다음과 같다.

$$T = \frac{c_2}{\lambda_{b^*}} \left(\ln \left(\frac{c_1 \varepsilon_{b^*}}{\pi R_{b^*} \lambda_{b^*} R} + 1 \right) \right)^{-1}$$

여기서 T 는 지표온도, c_1 , c_2 는 플랑크상수 ($c_1=1.19104 \times 10^8 \text{ W}\mu\text{m}^4\text{m}^{-2}\text{sr}^{-1}$, $c_2=14387.7 \mu\text{mK}$), b^* 는 방출율 ε_b 가 최대일 때의 ASTER 밴드, λ_{b^*} 는 b^* 밴드의 파장, ε_{b^*} 는 b^* 밴드의 방출율, R_{b^*} 는 b^* 밴드의 복사량, R 는 기하보정된 복사량이다.

DESIREX 2008 Campaign에서는 TES 알고리즘을 AHS 열적외선 밴드 자료에 대하여 최적화 하였으며, 7개의 AHS 열적외선 밴드 자료(밴드 72, 73, 75, 76, 77, 78, 79)를 이용하여 지표온도를 산출하였다(Sobrino *et*

al., 2006). 그리고 산출된 지표온도를 검증하기 위하여 현장 측정 지표온도 자료와 비교하였다. LST 영상으로부터 수역, 초지, 나지, 도심의 도로 및 지붕 등 총 48개 지점이 선택되었고, 동일 지점에 대하여 현장 측정된 지표온도와와의 상관식을 구하였다. 그 결과 AHS LST와 현장측정 LST와의 상관계수는 주간, 야간 및 전체 자료에 대하여 각각 0.99, 0.96, 0.99로서 매우 높은 상관성을 나타내었다.

이 연구에서는 AHS LST 영상자료를 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 비교함으로써 중적외선 밴드 주야간 자료의 지표온도 산출 가능성을 평가하였다. 이를 위하여 Zone 1과 Zone 2의 지표온도와 AHS 중적외선 밴드 64, 65, 66, 67, 68의 모든 화소에 대한 상관식을 도출함으로써 각 밴드 및 주야간의 지

FIGURE 4. 지표온도와 AHS 중적외선 밴드의 상관분석 (6월 28일) (a) Zone 1 (11:53 UTC), (b) Zone 2 (11:53 UTC), (c) Zone 1 (21:44 UTC), (d) Zone 2 (21:44 UTC)

표온도 산출 가능성을 비교하였다.

그림 4와 그림 5는 지표온도와 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값을 그래프에 도시하고 상관식을 유도한 결과를 보여준다. 상관 그래프에서는 주간에 비해 야간에 분산 정도가 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 주간에 비해 야간에 태양빛에 의한 영향이 적는데 기인한다.

표 2는 지표온도와 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과의 상관 분석 결과를 보여준다. 주간과 야간 모두 밴드 68의 결정계수가 0.74 이상을 나타내어 다른 밴드에 비해서 상관성이 가장 높은 것으로 나타났다. 그러나 소지역에 따라 밴드 68의 결정계수가 차이를 나타내었는데, 주간인 경우 Zone 1의 결정계수가 각각 0.85(6월 28일), 0.83(7월 4일)로서, Zone 2의 0.75(6월 28일), 0.74(7월 4

일)보다 높았다. 반면에 야간의 경우 Zone 2의 결정계수가 각각 0.86(6월 28일), 0.84(7월 4일)로서 Zone 1의 0.76(6월 28일), 0.75(7월 4일)보다 높았다.

이러한 결과는 소지역의 지표피복 특성에 기인하는 것으로 판단된다. 즉 도심지역인 Zone 1은 열 저장 효과가 큰 건물과 도로가 발달되어 있어 야간에 상대적으로 많은 적외선 복사량으로 인해 지표온도 산출 정확도에 영향을 미치며, 변두리 지역인 Zone 2는 건물과 도로의 발달이 적어 야간에 적외선 복사량의 영향이 감소하므로 지표온도 산출 정확도가 주간에 비해 증가하는 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터 지표온도 산출에는 AHS 중적외선 밴드 68(중심파장 $4.64\mu\text{m}$)이 가장 유리한 것으로 나타났다.

FIGURE 5. 지표온도와 AHS 중적외선 밴드의 상관분석 (7월 4일) (a) Zone 1 (11:32 UTC), (b) Zone 2 (11:32 UTC), (c) Zone 1 (22:14 UTC), (d) Zone 2 (22:14 UTC)

TABLE 2. 지표온도와 AHS 중적외선 밴드 화소값의 상관 분석 결과

Date	Time (UTC)	Zone 1			Zone 2		
		Band	Equation	R ²	Band	Equation	R ²
2008. 6. 28	11:53	B64	$y=0.78x-229.0$	0.51	B64	$y=0.64x-186.6$	0.54
		B65	$y=3.04x-892.3$	0.63	B65	$y=2.71x-793.3$	0.61
		B66	$y=4.49x-1297$	0.75	B66	$y=4.17x-1200$	0.74
		B67	$y=1.87x-484.6$	0.80	B67	$y=1.78x-459.5$	0.74
		B68	$y=4.57x-1225$	0.85	B68	$y=4.44x-1186$	0.75
		B64	$y=0.15x-40.63$	0.06	B64	$y=0.13x-33.20$	0.09
		B65	$y=0.95x-262.2$	0.64	B65	$y=0.80x-216.1$	0.74
		B66	$y=1.94x-527.5$	0.73	B66	$y=1.67x-450.0$	0.79
	21:44	B67	$y=0.94x-202.4$	0.64	B67	$y=0.84x-173.8$	0.72
		B68	$y=2.83x-691.2$	0.76	B68	$y=2.64x-637.4$	0.86
		B64	$y=0.82x-239.3$	0.55	B64	$y=0.58x-163.8$	0.40
		B65	$y=2.77x-804.2$	0.63	B65	$y=2.17x-618.3$	0.48
		B66	$y=3.97x-1134$	0.76	B66	$y=3.43x-964.3$	0.68
		B67	$y=1.64x-417.8$	0.79	B67	$y=1.50x-373.5$	0.72
		B68	$y=4.44x-1183$	0.83	B68	$y=4.13x-1085$	0.74
		B64	$y=0.12x-32.53$	0.05	B64	$y=0.10x-25.51$	0.07
2008. 7. 4	11:32	B65	$y=0.80x-217.2$	0.63	B65	$y=0.65x-173.0$	0.70
		B66	$y=1.69x-452.8$	0.72	B66	$y=1.40x-371.3$	0.76
		B67	$y=0.82x-173.0$	0.60	B67	$y=0.72x-141.6$	0.68
		B68	$y=2.59x-628.0$	0.75	B68	$y=2.37x-564.5$	0.84

2. 지표면 식별 특성 평가

중적외선 밴드 주야간 자료의 지표면 식별 특성을 파악하기 위하여 AHS의 가시 및 근적외선 밴드 자료를 이용하여 토지피복도(Land Cover Map)를 작성하고 이를 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 비교하였다.

DESIREX 2008에서는 2008년 7월 4일 주간에 획득한 AHS의 가시 및 근적외선 밴드 자료에 대하여 감독분류 기법(Supervised Classification)을 적용하여 13개 클래스의 토지피복도를 작성하였다(그림 6). 13개 클래스에는 지붕, 도로, 초지, 식생, 토양, 수역, 그림

FIGURE 6. AHS 가시광선 및 근적외선 밴드로 작성된 토지피복도 (DESIREX 2008)

FIGURE 7. 토지피복도 클래스와 주간 AHS 중적외선 밴드 화소값과의 비교 (a) Zone 1 (b) Zone 2

FIGURE 8. 토지피복도 클래스와 야간 AHS 중적외선 밴드 화소값과의 비교 (a) Zone 1 (b) Zone 2

자 등이 포함된다.

토지피복도에서 Zone 1은 서부 지역에 건물과 도로가 주로 분포하고 동부 지역에는 공원이 위치하고 있어서 식생과 호수가 분포하고 있다. Zone 2는 중심부를 도로가 가로지르고 있고 동부 지역에는 건물들이 분포하며 서부 지역에는 나대지가 넓게 분포하고 있다.

소지역별 토지피복도는 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 비교하였다. 이를 위하여 토지피복도의 각 클래스에 대하여 주간 및 야간의 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값 평균을 구하고 이를 그래프에 도시하였다(그림 7, 8). 이때 그래프의 X축은 각 밴드의 중심 파장으로 표시하였다.

주간의 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 토지피복도 각 클래스의 그래프에서는 밴드 66 (중심파장 $3.91\mu\text{m}$)과 밴드 68 (중심파장 $4.64\mu\text{m}$)이 다른 밴드에 비하여 각 클래스의 구분이 용이하였다. 그러나 2~3개 클래스는

서로 겹치는 경우도 있었다. 반면에 야간의 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 토지피복도 각 클래스의 그래프에서는 밴드 66과 밴드 68이 다른 밴드에 비해 각 클래스가 분리되어 표시되기는 하지만 서로 구분이 곤란하였다.

AHS 중적외선 각 밴드의 화소값과 토지피복도 각 클래스의 그래프 분석 결과를 확인하기 위하여 주야간의 AHS 중적외선 밴드들을 이용하여 토지피복도를 작성하였다. 이를 위하여 7월 4일에 획득된 주간과 야간의 AHS 중적외선 5개 밴드 자료에 대하여 15개 클래스의 동일조건으로 무감독분류를 수행하였고, 가시 및 근적외선 밴드 자료를 이용한 토지피복도의 각 클래스에 대비하여 분류결과의 클래스를 구분하였다(그림 9, 10).

AHS 중적외선 밴드를 이용한 토지피복도를 작성한 결과에서 Zone 1의 경우 주간에는 붉은벽돌 지붕, 콘크리트 지붕, 아스팔트 도로, 기타 도로, 식생, 초지, 수역 등 대부분의

FIGURE 9. AHS 중적외선 밴드로 작성한 토지피복도 (Zone 1)

FIGURE 10. AHS 중적외선 밴드로 작성한 토지피복도 (Zone 2)

클래스 구분이 가능하나 아스팔트 도로와 붉은벽돌 지붕이 중복되어 구분이 어려웠다. 야간에는 식생과 붉은벽돌 지붕, 수역과 도로, 초지와 식생 등 여러 클래스가 서로 중복되어 구분이 곤란하였다(그림 9). Zone 2의 경우 주간에는 붉은벽돌 지붕, 기타 도로, 토양, 초지 등이 구분 가능하였으나 식생과 콘크리트 지붕은 다른 클래스와 일부 겹치기도 하였다. 야간에도 콘크리트 지붕과 기타 도로, 붉은벽돌 지붕과 기타 도로, 식생과 초지 등 클래스들이 서로 중복되어 구분이 되지 않았다(그림 10).

결과적으로 주간과 야간의 경우 지붕, 도로, 초지, 식생, 수역 등이 구분 가능했지만 야간의 경우 초지와 식생, 도로와 수역, 지붕과 도로 등 일부 클래스들이 서로 중복되어 구분이 곤란하였다. 즉, 주간에 비해 야간의 중적외선 자료의 지표면 식별 능력이 감소하는 것으로 판단된다.

이상의 결과로부터 AHS 중적외선 밴드의 지표면 식별 능력 향상 가능성을 파악하기 위하여 주간과 야간자료의 편차 영상을 구하여 토지피복도를 작성하였다(그림 11). 작성 결과 Zone 1에서는 붉은벽돌 지붕, 콘크리트

FIGURE 11. AHS 중적외선 밴드 주간 및 야간 편차영상으로 작성한 토지피복도

지붕, 아스팔트 도로, 기타도로, 식생, 초지, 수역 등이 구분 가능하였다. 특히 주간 영상의 토지피복도에서 중복되어 구분되지 않던 붉은벽돌 지붕과 아스팔트 도로가 분리되어 구분이 가능해졌다. Zone 2에서는 주간 또는 야간의 토지피복도에서 서로 중복되어 구분이 되지 않던 붉은벽돌 지붕, 콘크리트 지붕, 아스팔트 도로, 기타 도로, 토양, 식생, 초지 등 대부분 클래스의 구분이 가능해졌다. 이러한 결과는 지표면 피복물체에 따라 중적외선 영역에서 주간과 야간의 방출율이 서로 다르고, 피복물체별 열저장 효과 차이가 발생하기 때

문이다.

AHS 중적외선 자료를 이용한 토지피복도 작성 결과를 정량적으로 평가하기 위하여 가시광선/근적외선 자료로 작성한 토지피복도를 이용하여 분류 정확도를 검증하였다. 소지역 별로 각각 300개의 분류정확도 검증 화소를 선정하였는데, AHS 가시광선 밴드 영상을 대상으로 하여 연구지역에 골고루 분포하고 균일한 분광특성을 갖는 지역을 선택하였다.

전체 정확도를 살펴보면 두 소지역 모두 주간 또는 야간의 AHS 중적외선을 이용하여 작성한 토지피복도에 비해 주야간 편차영상을

TABLE 3. 중적외선을 이용한 토지피복도의 분류 정확도 검증 결과 (가시광선/근적외선 토지피복도 대비)

토지피복 항목	Zone 1			Zone 2		
	주간영상 (%)	야간영상 (%)	주야간 편차영상(%)	주간영상 (%)	야간영상 (%)	주야간 편차영상(%)
수역	62.3	68.9	69.8	0.0	0.0	0.0
임지	89.7	88.2	94.2	0.0	0.0	76.2
초지	30.1	0.0	61.5	51.4	35.1	53.9
밝은색 토양	55.6	0.0	0.0	69.0	56.3	72.2
어두운색 토양				66.2	59.4	81.6
아스팔트 도로	32.4	62.1	64.1	71.0	56.5	73.9
기타 도로	39.1	34.4	61.4	53.6	44.3	62.1
아스팔트 지붕	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
붉은벽돌 지붕	57.0	8.9	54.1	46.1	36.7	63.3
콘크리트 지붕	30.8	23.1	32.8	51.1	38.6	54.9
전체 정확도	56.3	46.3	67.5	52.4	42.8	64.3

이용한 토지피복도의 분류정확도가 높은 것으로 나타났다(표 3). 토지피복별로는 Zone 1의 경우 임지와 수역의 분류 정확도가 높은 반면 콘크리트지붕, 아스팔트지붕, 붉은벽돌지붕의 분류 정확도는 매우 낮았다. Zone 2의 경우는 임지, 밝은색토양, 어두운색토양, 아스팔트도로의 분류 정확도가 높은 반면 초지와 콘크리트지붕의 분류 정확도가 상대적으로 낮았다. 몇몇 토지피복 항목의 분류 정확도가 낮은 것은 콘크리트, 아스팔트, 토양의 중적외선 분광특성이 유사하기 때문인 것으로 사료된다.

결론

다목적실용위성 3A호에 탑재되는 고해상도의 중적외선 영상자료에 대한 지표면 식별 특성을 파악하기 위하여 유사한 공간해상도의 AHS 자료를 사용하여 중적외선 밴드의 지표면 온도 산출가능성과 토지피복도 분류 정확도를 평가하였다.

중적외선 밴드 주야간 자료의 지표온도 산출 가능성과 태양빛 유무에 따른 영상의 품질을 평가하기 위하여 AHS 열적외선 자료로 작성한 LST 영상과 AHS 중적외선 각 밴드의 화소값을 비교한 결과 주간과 야간 모두 밴드 68 (중심파장 $4.64 \mu\text{m}$)의 상관계수가 0.74 이상으로 가장 높았다. 그러나 다목적실용위성 3A호의 경우 항공기 탑재 센서에 비해 비행고도가 매우 높아서 대기 영향이 크게 작용하므로 중적외선 밴드를 이용한 지표면 온도 산출에는 이를 고려한 알고리즘 개발이 요구된다.

중적외선 밴드 주야간 자료의 지표면 식별 특성을 파악하기 위하여 AHS 중적외선 밴드를 이용하여 토지피복도를 작성한 결과 주간의 경우 지붕, 도로, 초지, 식생, 수역 등이 구분 가능했지만 야간의 경우 초지와 식생, 도로와 수역, 지붕과 도로 등 일부 클래스들이 서로 중복되어 나타났다. AHS 중적외선 밴드의 지표면 식별 능력의 향상 가능성을 파악하

기 위하여 주간과 야간자료의 편차 영상을 구하여 토지피복도를 작성한 결과 주간의 경우 서로 중복되어 구분되지 않던 몇몇 클래스가 분리되어 구분이 가능해졌고 야간의 경우 서로 중복되어 구분이 되지 않던 대부분의 클래스의 구분이 가능해졌다. AHS 가시 및 근적외선 밴드로 작성한 토지피복도에 대하여 소지역별 분류정확도를 분석한 결과 각각 67.5%, 64.3%로서 주간 또는 야간 중적외선 밴드로 작성한 토지피복도에 비해 10% 이상 향상된 것으로 나타났다.

결과적으로 중적외선 밴드 영상자료는 주간에 비해 야간의 지표면 식별 능력이 낮은 것으로 나타났으며, 주간과 야간의 편차 영상을 이용할 경우 지표면 식별 능력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 교육과학기술부·지식경제부의 ‘항공우주연구원 다목적실용위성 3A호 시스템종합개발사업’ 및 기상청 기상지진기술개발사업(CATER 2012-2068)의 지원으로 수행되었습니다. **KAGIS**

참고문헌

- 김선화. 2009. MODIS 영상을 이용한 소규모 산불 탐지 기법 개발. 인하대학교 대학원 박사학위논문. 104쪽.
- 박옥, 이운경, 원중선, 이승근, 김종민. 2008. 단일 밴드 중적외선 영상으로부터 표면온도 추정을 위한 기초연구. 대한원격탐사학회지 24(2):189-194.
- 엄대용. 2006. 원격탐사 자료에 의한 지표온도 추출 정확도 향상에 관한 연구. 한국지리정보학회지 9(2):159-171.
- 유정문, 윤미영, 정명재, 안명환. 2008. 극궤도(MODIS) 및 정지궤도(GOES-9) 위성 관

- 측을 이용한 한반도에서의 안개 탐지. 한국 지구과학회지 27(4):450-463.
- 조명희, 이광재, 김운수. 2001. 원격탐사자료와 GIS를 활용한 도시 표면온도의 공간적 분포 특성에 관한 연구. 한국지리정보학회지 4(1):57-66.
- 조명희, 조운원, 김성재. 2009. 도시복원사업의 열 환경 변화 분석을 위한 ASTER 열적외 위성영상자료의 활용 - 청계천 복원사업을 사례로. 한국지리정보학회지 12(1):73-80.
- Gillespie, A., S. Rokugawa, T. Matsunaga, J.S. Cothorn, S. Hook and A.B. Kahle. 1998. A temperature and emissivity separation algorithm for advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER) images. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 36:1113-1126.
- Ha, J.S., J.H. Kim and H.J. Lee. 2006. The Detection of Yellow Sand with Satellite Infrared bands. Korean Journal of Remote Sensing 22(5):403-406.
- Noguchi, T., N. Ohno, K. Hattori and K. Oyama. 2011. Detection of thermal changes possibly associated with volcanic activity and discrimination of faint changes from MODIS. Journal of Asian Earth Sciences 41:467-475.
- Philip, S. 2007. Active fire detection using remote sensing based polar-orbiting and geostationary observations: An approach towards near real-time fire monitoring. Master of Thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede, The Netherlands. 95pp.
- Sobrino, J.A., J.C. Jiménez-Muñoz, P.J. Zarco-Tejada, G. Sepulcre-Cantó and E.D. Miguel. 2006. Land surface temperature derived from airborne hyperspectral scanner thermal infrared data. Remote Sensing of Environment 102:99-115.
- Sobrino, J.A., R. Bianchi, M. Paganini, G. Sòria, J.C. Jiménez-Muñoz, R. Oltra-Carrió and C. Mattar. 2009. Dual-use European Security IR Experiment 2008 (DESIREX 2008): Final Report. European Space Agency, 219pp.