

Landsat-TM의 밴드비 연산데이터를 이용한 토지피복분류에 관한 연구

권봉겸^{1*} · 山田 淳¹ · 仁連孝昭² · 조명희³

A Study on the Landcover Classification using Band Ratioing Data of Landsat-TM

Bong-Kyum KWON^{1*} · Kiyoshi YAMADA¹ · Takaaki NIREN² ·
Myung-Hee JO³

요 약

본 연구에서는 밴드간 연산데이터를 재사용하는 방법이 위성영상을 이용한 토지피복 분류시의 정확도를 향상시키는 방법으로 제안되고 검증되었다. 분류항목별로 연산에 사용할 밴드를 결정하기 위해 밴드 6을 제외한 6개의 밴드를 조합이 가능한 수로 조합하고 감독분류의 최대우도법으로 토지피복 분류를 실시하였다. 49가지로 조합된 밴드의 토지피복 분류결과에서, 정확도가 상위 10위 내에 분류된 밴드조합에서 사용된 횟수가 많은 두 밴드를 선정하고 연산하였다. 여기서 얻어진 연산결과를 재구성하여 다시 토지피복 분류를 실시하였다. 그리고 원 데이터를 사용한 토지피복 분류결과와 비교, 검토하였다. 연산 결과를 재구성한 데이터와 원 데이터를 사용한 토지피복 분류를 비교·검토한 결과, 연산결과를 재구성하여 사용한 토지피복 분류에서 나지에 대한 정확도가 조금 떨어진 반면 전체적으로 정확도가 향상됨을 알 수 있었다. 특히 인공지물에 대한 정확도가 향상되었기 때문에 이후 도시역에 대한 토지피복 분류 및 지표정보를 분석할 때 밴드간 연산데이터를 재사용하는 방법이 유용할 것으로 판단된다.

주요어: Landsat-TM, 토지피복분류, 밴드연산, 감독분류

ABSTRACT

In this research, re-using band ratio data was proposed and examined as a method of raising the accuracy in landcover classification which is using satellite data. In order to determine the band which

2003년 4월 24일 접수 Received on April 24, 2003 / 2003년 6월 15일 심사완료 Accepted on June 15, 2003

1 立命館大學 環境システム工學科 Dept. of Civil & Environmental Systems Engineering, Ritsumeikan Univ, Japan

2 滋賀縣立大學 環境科學部 Dept. of Environmental Science, Shiga Prefecture University, Japan

3 경일대학교 도시정보공학과 Dept. of Urban Information Engineering, Kyungil University

* 연락처 E-mail: rmse@netian.com

is used to calculation in the classified item, the six bands except the band 6 were combined with the band in which combination is possible and the landcover classification by MLC of supervised classification was carried out. In the result of landcover classification which is combined with forty nine combination, Two bands which were mostly used by band combination in the accuracy belonged inside the 10th place of a higher rank were selected and also calculated. landcover classification were performed again after the calculation result had been recombined from the research. In addition, the new landcover classification result was compared and examined with the landcover classification using the old data. From the result of which was compared and examined the new landcover classification data recombined calculation result with landcover classification using the original data, The classification accuracy of the new landcover classification data recombined calculation result became low in ground but became improved in the all class. Specially The accuracy to urban area is very improved. therefore, it determined that reusing band ratio data is very useful when we need to analyze landcover classification and land information to urban area after that.

KEYWORDS: Landsat-TM, Landcover, Band Ratio, Supervised Classification

서 론

리모트센싱은 분석대상물에 직접 접촉하지 않고 원격지로부터 대상물의 특징량을 탐지하는 기술을 총칭한다. 1972년 Landsat 인공위성이 쏘아 올려진 후 리모트센싱은 세계의 다양한 분야에서 주목을 받고 있다. 더욱이 리모트센싱의 역사가 짧음에도 불구하고 광역성, 동시성, 주기성, 경제성 등의 장점을 이용한 사용빈도가 많아지고 있으며 또한 위성에 탑재된 센서는 인간의 감각에는 감지되지 않는 영역까지 정량화가 가능하므로 지표면정보의 추출에 유용한 자료가 되고 있다. 현재 특정 물체 혹은 현상을 관측하는 것을 목적으로 다양한 위성이 운용되고 있다. 대기나 육지, 수역 등의 광역적인 자연환경을 정기적으로 모니터링 할 경우 위성데이터를 사용하는 것이 매우 유효하다. 그러나 위성의 센서로부터 얻은 정보의 품질은 일정하지 않다. 예를 들어 데이터의 취득시점에 따라 관측기기가 다른 경우가 때때로 있으며 같은 관측센서를 이용한 경우에도 시간경과에 따라 센서가 노후하여 측정정확도가 저하되는 것도 염두에 둘 필요가 있다.

탐지목적에 맞게 설계된 위성 및 센서는

탐지대상물의 반사·방사파에 잘 반응한다고 볼 수 있으며 많은 장점과 함께 문제점도 가지고 있다. 위성에 탑재된 센서 중에는 분석대상물체를 잘 감지하는 센서가 있는 반면 전혀 감지하지 못하는 센서도 동시에 있다. 이렇게 물체의 특성을 감지하지 못하는 센서의 픽셀값을 분류항목의 동일 샘플값으로 사용한다면 분류결과의 정확도는 당연히 저하될 것이다.

본 연구에서는 Landsat-TM을 이용하여 토지피복 분류를 실시할 때의 문제점, 즉 Landsat-TM의 각 밴드의 특징과 밴드의 조합이 토지피복 분류의 정확도에 미치는 영향을 검토한다.

토지피복 변화에 관한 데이터는 국토계획, 또는 지역계획을 세울 때에 반드시 필요하게 되는 자료의 하나이지만, 정확한 토지이용실태를 반영하고있는 자료의 취득은 간단하지 않다. 특히 현재의 사회는 산업의 발달과 인구증가로 인해 도시의 팽창과 함께 자연생태계의 파괴속도가 급속하며 자원의 고갈, 오염 등과 같은 많은 문제가 발생하고 있다. 토지피복분석에 관한 연구로서는 토지이용, 지형분석 또는 토지피복의 경년변화 분석(Pain, 1985; Stringer 등, 1988; Jo, 1995) 등이 있으며, 피



FIGURE 1. Study area

복분류 정확도 향상에 관한 연구(Gong과 Howarth, 1990; Janssen 등, 1990; Franklin과 Wilson, 1992)와, 도시환경분석에 관한 연구(Howarth 등, Toll, 1984) 등이 행해져 왔다.

위성데이터를 이용한 토지피복분류에서는 밴드 모두를 사용하는 경우가 대부분을 차지하고 있으나 전체밴드의 사용과 특정밴드의 조합이 토지피복분류에 어떤 결과를 미치는지에 대한 연구는 많지 않다.

본 연구에서는 Landsat-TM의 열밴드를 제외한 6밴드를 조합 가능한 밴드로 조합하고 동일한 샘플데이터와 최대우도법을 이용하여 토지피복을 실시하며 검증데이터에 의한 분류 정확도를 검토하고 지표물의 특징과 위성센서의 조합에 따른 토지피복분류의 문제점을 명

확히 한다.

여기서 얻어진 결과, 즉 각 분류항목과 관련이 큰 밴드를 결정하고 연산하는 방법을 통해 분류정확도를 향상시키고자 하였다.

연구의 방법

1. 검증데이터 및 샘플데이터 구축

연구대상지역은 일본 시가켄(滋賀縣) 모리야마(守山市) 시가지이며 면적은 29km² 정도이다.

모리야마시는 1980년부터 급속하게 도시화가 진행되고 있는 지역으로 1990년경부터 공장의 입지가 시작되었으며 일본국토 축상에 있어 교통의 요지이며 인구의 증가와 도시화

TABLE 1. Landsat-TM sensor

TM 밴드	파장대역(μm)		IFOV	응 용 분 야
1	0.45~0.52	청색	30m	연안의 현탁물분포나 확산지역추출, 토양구분, 식생구분
2	0.52~0.60	녹색	30m	엽록소의 흡수를 이용한 식생구분과 활력도평가
3	0.63~0.69	적색	30m	
4	0.76~0.90	근적외	30m	생체량조사, 육역과 수역의 구분, 열수변질지역 추출
5	1.55~1.75	단파장적외	30m	
7	2.08~2.35	단파장적외	30m	식물의 함수율 추정, 토양의 함수율 추정.
6	10.4~12.5	열적외	120m	지표온도, 수온의 추정, 토양수분의 추정

에 의해 논과 밭 등의 농업용지가 크게 감소하고 있다(守山市, 2000).

본 연구에 이용한 위성데이터는 1999년 6월 21일 촬영된 구름이 없는 Landsat TM의 밴드 1, 2, 3, 4, 5, 7이다. 밴드 6은 픽셀크기의 차이로 인해 제외하였다. 그리고 샘플데이터와 검증데이터를 구축하기 위하여 1999년에 제작된 1:10,000의 모리야마시 전도와 1988년에 촬영된 항공사진, 2000년 8월과 11월에 촬영된 IKONOS 위성데이터 및 현지조사자료를 이용하였다. 샘플데이터와 검증데이터의 구축은, 과거의 항공사진과 모리야마시 전도를 비교하여 변화가 없는 지표물을 먼저 추출하고 다음으로 최근의 IKONOS데이터를 이용한 재확인, 최종적으로 현지조사에 의해 구축되었다. 확인된 샘플데이터와 검증데이터의 수치화 방법은 GIS 소프트웨어를 이용, Landsat-TM 데이터의 해상도 및 RMSE(root mean square error)를 고찰하여 각 분류대상물의 면적이 3,600m² 이상인 물체를 대상으로 34~40개소를 선정함 다음, 폴리곤형식의 수치데이터로 구축하였다. 구축한 데이터에서 감독분류시 필요한 샘플데이터로 활용하기 위해 항목별로 5,000~7,000m² 정도의 면적을 가진 폴리곤 6~8개소를 선택·사용하였다. 검증용 데이터와 감독분류시의 샘플데이터를 별도로 구축하는 것이 타당할 것이나 연구대상지역이 넓지 않기 때문에 감독분류시 사용한 샘플데이터도 검증시에 사용하기로 하였다. 사용한 위성데이터의

촬영시기와 구축된 검증용 데이터의 제작시기 차이가 있지만, 대상지역에서 거의 변화가 없는 지상물체를 선정하였으므로 시간차이에 따른 오류는 적다고 생각할 수 있다.

본 연구에서 이용한 Landsat-TM은 적도와 거의 직각으로 북극과 남극을 연결하는 궤도를 가지고 고도 약 700km에서 16일의 주기로 지구전체를 관측하고 있다. Landsat 5호에 탑재된 TM센서는 지상에서 30m(열적외 120m) 크기의 물체를 판별할 수 있는 분해능을 가지고 있으며 3개의 가시역밴드, 3개의 근적외밴드 1개의 열적외 밴드로 지표면의 정보를 기록하고 있다.

Landsat-TM센서의 관측파장과 응용으로는, 밴드 1은 수역에 대한 탐지가 좋고 조건에 따라서는 수심 10m까지 관측이 가능하기 때문에 연안에서의 현탁물 분포나 확산지역 추출, 얇은 해저지형 관측 또는 침엽수와 활엽수의 구별이나 토양과 식생의 구별 등에 이용된다. 밴드 2는 밴드 1보다 수역에 대한 탐지가 약하고 육역과 수역의 구분이 쉬우나 수역과 식물과의 구별은 어렵다. 밴드 3은, 시가지·모래사장·나지 등에서 밝게 나타나고, 식생과 수역에서 어둡게 나타난다. 또한 엽록소의 전자파 흡수를 이용한 식생의 구분과 활성화도 평가 등에 응용되며, 밴드 4는 육역과 수역 경계의 추출이나 지질구조의 관측에 이용되며 활성화도가 높은 식물에 대한 탐지가 좋아 식생의 분포를 알고 있다면 식물량의 추정이 가능하다고 말

해지고 있다. 밴드 5는 구름과 적운역의 구분이 가능하다. 매립지나 공지, 초지나 골프장은 희게 나타나며 식물과 토양의 수분함유율을 추정할 때 이용되고 있다. 밴드 7(2.08~2.35 μm)은 지질에 있어서 열수변질지역의 식별을 목적으로 하여 설정된 밴드이며 다른 밴드와 칼라조합을 하면 경작중의 논이나 저수지 등의 식별이 용이하다(長谷川, 1998). 밴드의 특성과 분류항목에 대한 반사·흡수의 특징으로부터 연산할 밴드의 선정을 생각해보면, 식생과 관계가 있는 분류항목은 근적외역에서 가장 반사율이 높게 나타나므로 밴드 3과 4의 연산에 의해 픽셀값의 강조가 가능하다고 생각할 수 있다. 수역의 경우는 가시역보다 파장이 긴 근적외역에서 반사율이 0이 되는 경향이 있기 때문에 이 특징을 이용하면 다른 분류항목과의 차별화가 가능하다. 인공물과 토양에서는 밴드 5와 밴드 7이 좋은 밴드연산이라고 생각할 수 있다. 즉 밴드 5의 파장역(1.6 μm)에서는 대부분의 광물이나 암석은 전자파를 흡수하는 특징을 가지고 있지 않다. 그리고 밴드 7은 2.2 μm 부근을 중심으로 설계되었기 때문에 점토광물이 많이 포함되어있는 열수변질지역이나 석회암 등의 식별이 가능하기 때문이다.

본 연구에서 이용한 위성데이터의 기하보정은 1:10,000의 모리야마시 전도에서 GCP를 11개소 선정하여 지도와 동일한 좌표체계로 행하였으며 화소크기는 30m \times 30m으로 최근린 보간법으로 화소재배열을 실시하였다. 이때 RMSE는 0.5화소 미만으로 연구목적에 타당하다고 판단하였다.

위성데이터를 이용한 토지피복분류에서의 분류항목은 연구의 목적이나 대상지역의 특징에 따라 다양하다고 할 수 있다. 본 연구에서 선정한 토지피복 분류항목은 최근 수질오염으로의 비중이 증가하고 있는 도시지역에서의 오탉발생과 농지로부터의 오탉발생에 주목하여 선정하였다.

연구대상지역은 거의 평지이며 지형적인

특징과 유역의 개발 등에 의해 비와호의 집수역 중에서 가장 수질이 나쁜 유역이다. 오탉부하발생은 발생원과 발생구조에 따라 다르며 지붕·도로·운동장·정원·주차장·농지·목초지·삼림·나지·건설현장·채굴현장·매립지 등이 있다. 이러한 항목 중에서 Landsat-TM의 해상력과 대상지역의 특징을 고려하여 판별 가능한 물체를 분석항목으로 하였다.

분류항목에 대한 구체적인 지표물의 선정은, 식생은 모리야마시의 지형이 거의 평지이며 삼림이 거의 없는 관계로 공원림이나 제방주위의 식목과 신사주위의 수목 등의 침엽수를 대상으로 선정하였다. 논은 연구지역에서 가장 넓게 분포하고 있으며 6월 중순의 논에는 어린 벼와 물이 저류 되어 있는 것이 특징이다. 수면은 야스천을 중심으로 선정하였고 수심이 1m 미만으로 얕다. 단층건물은 지붕의 재질이 슬레이트로 된 공장을 주 대상으로 선정하였다. 일반주택은 2층 이하의 주택이 밀집해있고 지붕이 기와로 된 지역을 선정하였다. 나지는 풀이 없는 학교의 운동장과 야구장, 공터를 대상으로 하였다. 아스팔트는 대형매장의 주차장과 교차로를 선정하였다. 콘크리트 건물은 2층 이상의 건물로서 지붕이 콘크리트로 되어있는 아파트나 병원, 관공서 등을 대상으로 선정하였다.

2. 밴드의 조합과 연산

밴드의 조합은 해상도가 다른 밴드 6을 제외한 6개의 밴드를 사용하여 조합이 가능한 49가지로 구성되며 밴드조합은 밴드 1, 1/2, 1/2/3, 1/2/3/4, 1/2/3/4/5, 1/2/3/4/5/7, 1/2/3/5, 1/2/3/7, 1/2/4, 1/2/4/5, 1/2/4/7, 1/2/5, 1/2/5/7, 1/2/7, 1/3/4, 1/3/4/5, 1/3/4/7, 1/3/5, 1/3/5/7, 1/3/7, 1/4/5, 1/4/5/7, 1/4/7, 1/5/7, 2, 2/3, 2/3/4, 2/3/4/5, 2/3/4/5/7, 2/3/4/7, 2/3/5, 2/3/5/7, 2/3/7, 2/4/5, 2/4/5/7, 2/4/7, 2/5/7, 3, 3/4, 3/4/5, 3/4/5/7, 3/4/7, 3/5/7, 4, 4/5, 4/5/7, 5, 5/7, 7이다.

TABLE 2. Landcover classification and the number of ground truth data

분류항목	식생	논	수면	단층건물	주택	나지	아스팔트	콘크리트건물
개소	36	36	37	34	38	35	39	40
면적(m ²)	138,233	115,345	106,253	104,443	98,264	122,770	76,245	105,999

이상에서 조합한 밴드에 앞서 추출한 샘플 데이터를 사용하여 감독분류의 최대우도법으로 동일하게 토지피복분류를 실시하였다. 감독분류의 최대우도법은 화소데이터별로 각 분류항목에 대한 화소의 우도를 구하여 최대우도를 가진 항목으로 분류하는 방법이다. 우도함수는 각 항목의 데이터에 대한 확률밀도함수이다. 우도함수는 각 항목에 대한 샘플화소의 공분산 행렬과 중심에서 정의된 다차원 정규화분포로 가정한다. n차원 화상데이터에 있어서, 항목 k의 공분산행렬을 V_k , 중심을 m_k , V_k 의 행렬식을 $\det V_k$ 으로 할 때, 항목 k의 화소데이터 X에 있어서 우도 $L_k(X)$ 는 식 (1)로 나타낼 수 있다(日本リモートセンシング研究会, 1997).

$$L_k(X) = \frac{\exp\{(-1/2) \cdot (X - m_k)^t V_k^{-1} (X - m_k)\}}{(2\pi)^{n/2} \cdot (\det V_k)^{1/2}} \quad (1)$$

이상의 밴드조합을 항목별로 토지피복 분류를 실시하여 그 결과에서 상위 10위 내에서

가장 많이 사용된 밴드 두개를 선정하고 연산한 다음 연산결과를 재구성하여 토지피복 분류에 이용한다. 그리고 재구성한 데이터와 원밴드의 데이터를 사용한 분류결과와의 정확도 향상 여부를 비교하였다.

기존의 밴드간 연산에 의한 연구에서는 삼림의 성장모니터링(吉村 등 1994), 습지식생도 작성(山形 등, 1995), 초지의 갱신지도 작성(美濃와 齋藤, 1996), 작물의 생산량 및 생육상황의 진단(岡野 등, 1993), 삼림의 벌채지추정 등 식생지표를 이용한 연구가 수행된 바 있으며 또한 광물의 분포분석 등에도 응용되고 있다. 밴드간 연산에 사용할 수 있는 연산식은 여러가지가 있을 수 있으나 본 연구에서는 식생지표를 구할 때 사용하는 연산방법을 이용하였다.

결과 및 토의

1. 항목별 · 밴드별 픽셀값 추출

표 2에서 선정한 항목을 기준으로 위성테

TABLE 3. Average DN(digital number) : original band data

항목	밴드						
	밴드7	밴드5	밴드4	밴드3	밴드2	밴드1	
식생	32(5)	86(9)	99(14)	38(5)	38(3)	92(6)	
논	24(3)	62(9)	69(8)	35(3)	36(2)	91(3)	
수면	23(8)	54(22)	56(23)	43(9)	39(5)	96(9)	
단층건물	100(34)	155(46)	86(19)	104(30)	80(21)	185(39)	
주택	45(5)	77(7)	60(5)	55(4)	45(3)	113(5)	
나지	74(19)	135(35)	88(15)	87(24)	66(14)	137(20)	
아스팔트	41(5)	75(7)	61(7)	57(8)	48(5)	118(12)	
콘크리트건물	52(13)	90(20)	67(12)	69(14)	56(11)	130(17)	

* 괄호 안의 숫자는 표준편차

이터로부터 샘플구역에 대한 픽셀값을 추출하였다. 그리고 픽셀값이 단일 값을 나타내고 있지 않기 때문에 평균값을 각 항목을 대표하는 픽셀값으로 하였다.

표 3에서 알 수 있듯이 각 밴드에 있어서 항목간 샘플지역 픽셀값의 상관성을 보면, 밴드 1과 2에서는 식생과 논, 수면과 주택, 아스팔트의 픽셀값이 유사하게 나타났고, 밴드 3에서는 식생과 논, 수면과 주택, 아스팔트가 유사하며, 밴드 4에서는 논과 콘크리트건물, 수면과 주택, 아스팔트가 유사하며, 단층건물과 나지도 유사한 값을 나타내고 있다. 밴드 5에서는 논과 수면, 주택과 아스팔트, 식생과 콘크리트건물이 유사하며, 밴드 7에서는 식생과 논, 수면, 그리고 주택과 아스팔트, 콘크리트건

물의 픽셀값이 유사하다는 것을 알 수 있다. 이렇게 항목간의 유사한 픽셀값은 최대우도법에 의해 토지피복을 분류할 때 오관별 될 가능성이 높다고 할 수 있다.

2. 피복분류결과

표 4과 표 5에는 49가지로 조합된 밴드에서 항목별·밴드조합별로 나타난 분류결과를 상위 10위까지와 하위 5위까지를 나타내었다. 분류정확도가 상위 10위 내의 속해있는 항목별 밴드의 분포를 보면, 식생과 논에서는 밴드 4와 3, 수면과 단층건물에서는 밴드 7과 5, 주택에서는 밴드 7과 4, 나지에서는 밴드 5와 1, 아스팔트에서는 밴드 7과 1, 콘크리트건물에서는 밴드 5와 2가 사용된 밴드조합에서 정확도

TABLE 4. The result of classification: inside higher 10th rank

Unit: m²

정확도순위	항목		식생		논		수면		단층건물	
	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적
1	3/4	136,494	2/3/4/7	114,929	1/4/5	93,124	2/3/4/5/7	104,612		
2	1/3/4/7	136,273	2/3/4/5	114,910	5	93,050	2/3/4/7	102,737		
3	2/3/4/7	136,227	2/3/4	113,682	2/5/7	91,788	1/3/4/7	102,123		
4	2/4/7	135,836	1/2/3/4	113,462	3/5/7	91,660	1/4/5/7	101,673		
5	1/3/4/5	135,783	2/3/4/5/7	113,350	1/5/7	91,123	2/4/5/7	100,687		
6	1/2/4/7	135,459	3/4	113,164	1/2/7	90,924	2/3/5/7	99,832		
7	3/4/5	135,260	3/4/5/7	111,396	2/4/5	90,786	1/2/5/7	99,082		
8	2/4/5/7	135,228	1/2/3/4/5	111,200	4/7	90,774	1/3/5/7	98,960		
9	1/2/3/4	134,882	3/4/5	108,978	3/7	90,509	3/4/5/7	98,217		
10	2/3/4	134,605	1/4/5	108,844	1/3/7	90,423	4/5/7	97,520		
검증면적		138,233		116,550		106,253		113,760		

정확도순위	항목		주택		나지		아스팔트		콘크리트건물	
	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적
1	2/3/5/7	79,425	3/4/5	119,644	2/3/7	81,473	3	101,193		
2	3/5	79,323	1/2/4/5	114,572	1/2/7	80,178	2	99,543		
3	2/5/7	78,837	1/2/5/7	113,933	1/7	79,892	1/4/5	99,260		
4	1/2/4/7	78,739	1/3/4/5	113,433	1/3/7	79,829	2/3/4/5	97,809		
5	1/4/7	78,710	1/3/5/7	112,838	3/4/7	78,826	1/2/5	97,148		
6	2/3/4/7	78,375	1/2/3/5	112,025	2/3/5	78,700	2/3/5	96,916		
7	2/4/5/7	78,305	1/4/5/7	111,727	2/7	78,678	2/5	96,727		
8	3/4/5/7	78,030	1/3/5	111,513	1/5	78,343	2/4/5	96,425		
9	2/4/7	77,998	1/2/3/4/5	110,468	1/5/7	78,117	1/3/4	96,376		
10	1/3/4/7	77,630	1/2/4/7	110,050	2/5/7	78,075	1/5	96,154		
검증면적		98,264		122,770		95,823		126,090		

TABLE 5. The result of classification: inside lower 5th rank

정확도순위	항목	식생		논		수면		단층건물	
	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	
1	2	36,242	2/3	29,041	3	0	3/4/5	15,126	
2	5	44,472	1	42,467	2	0	4	18,544	
3	1/3	47,992	5	51,121	2/3	41,086	3	43,294	
4	1/2/4	67,370	1/2/3	53,429	1	43,086	2	45,522	
5	2/3	70,476	7	63,507	7	43,756	5	46,490	
검증면적		138,233		116,550		106,253		113,760	

정확도순위	항목	주택		나지		아스팔트		콘크리트건물	
	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	밴드구성	분류결과면적	
1	2/5	26,500	2/5	5,352	5/7	107	4	0	
2	5	49,443	5/7	13,098	3	12,680	7	56,499	
3	7	57,874	4	23,994	4/5	13,443	4/5/7	59,624	
4	4/5/7	58,844	1	39,757	1	15,278	4/7	60,666	
5	5/7	61,834	3	39,831	4	18,769	5	61,379	
검증면적		98,264		122,770		95,823		126,090	

가 높게 나타났다. 그리고 사용된 밴드의 조합 수로 볼 때는 밴드수가 4개, 3개로 조합된 경우에서 좋은 정확도를 나타내는 것으로 나타났다.

분류정확도가 하위 5위 내에 속해 있는 항목별 밴드의 분포를 살펴보면, 식생은 밴드 2와 1, 논은 밴드 3과 2, 수면은 밴드 3과 2, 단층건물은 밴드 5와 3, 주택은 밴드 5와 7, 나지는 밴드 5와 7, 아스팔트는 밴드 4와 5, 콘크리트건물은 밴드 4와 7이 들어간 분류에서 정확도가 나쁘게 나타났다.

조합된 밴드의 수에서는 1, 2개의 밴드를 사용한 분류에서 정확도가 낮게 나타남을 알 수 있으며 토지피복을 분류할 때는 최소 3개 이상의 밴드를 사용하여야만 어느 정도의 정확도를 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 여기서 특징적인 것으로 논과 콘크리트건물에서 밴드 6개를 사용함에도 불구하고 정확도가 하위 9위에 속하는 것으로 나타났다. 이것으로 위성에 의한 토지피복분류를 행할 때 많은 밴드를 사용하는 것이 결코 분류의 정확도 향상에 좋은 영향만을 미칠 수 없다는 것을 알 수 있다.

3. 밴드간 연산과 토지피복 분류

위의 각 항목에 대한 분류결과에서 항목별 사용횟수가 많은 2개의 밴드를 연산하고 재구성하는 방법은 다음과 같다.

- 식생과 논에서 선정한 밴드:

$$(Band4 - Band3) / (Band4 + Band3) = Qidx1$$

- 수면과 단층건물에서 선정한 밴드:

$$(Band7 - Band5) / (Band7 + Band5) = Qidx2$$

- 주택에서 선정한 밴드:

$$(Band7 - Band4) / (Band7 + Band4) = Qidx3$$

- 나지에서 선정한 밴드:

$$(Band5 - Band1) / (Band5 + Band1) = Qidx4$$

- 아스팔트에서 선정한 밴드:

$$(Band7 - Band1) / (Band7 + Band1) = Qidx5$$

- 콘크리트건물에서 선정한 밴드:

$$(Band5 - Band2) / (Band5 + Band2) = Qidx6$$

각 항목별로 선정된 두 밴드를 연산하고 여기서 얻어진 항목별 분류 결과와 구축한 샘플지역과의 중첩을 통해 샘플지역에 대한 픽

TABLE 6. Average DN(digital number): band ratioing data

항목 \ 밴드	Qidx6	Qidx5	Qidx4	Qidx3	Qidx2	Qidx1
식생	213(11)	115(15)	190(17)	55(23)	54(20)	201(30)
논	183(16)	87(15)	151(19)	59(15)	59(14)	169(18)
수면	134(56)	62(29)	105(52)	74(31)	77(43)	104(66)
단층건물	193(18)	168(28)	172(22)	193(26)	164(23)	58(16)
주택	183(11)	133(12)	152(13)	146(15)	140(20)	94(11)
나지	203(13)	170(28)	198(24)	158(21)	126(20)	82(17)
아스팔트	169(15)	111(12)	137(15)	131(23)	126(23)	88(29)
콘크리트건물	176(17)	130(22)	149(22)	152(21)	140(21)	78(20)

* 괄호 안의 숫자는 표준편차

셀값을 추출하고 평균값과 표준편차를 구하여 표 6에 나타내었다.

위 식의 연산으로부터 구한 데이터는 원래의 밴드처럼 6개 밴드로 재구성하고 연구대상 지역에서 선정한 샘플데이터를 사용하여 전체 분류항목에 대한 피복 분류를 실시하였다.

기존의 연구에서 사용되는 분류정확도의 평가(confusion matrix)는 분류결과로부터 얻

어진 분류항목과 실제 지표면상의 상태를 나타내는 참조항목을 각각 행과 열의 정방형 표로 나타내며 각각의 값은 화소수를 나타낸다. 행렬의 대각의 값이 바르게 분류된 화소수에서 그 이외의 오판별된 화소수를 표현한다.

본 연구에서의 분류정확도표는 두 가지 종류의 데이터를 사용하여 토지피복분류를 실시하였기 때문에 정방형 표로 표현하는 것이 어

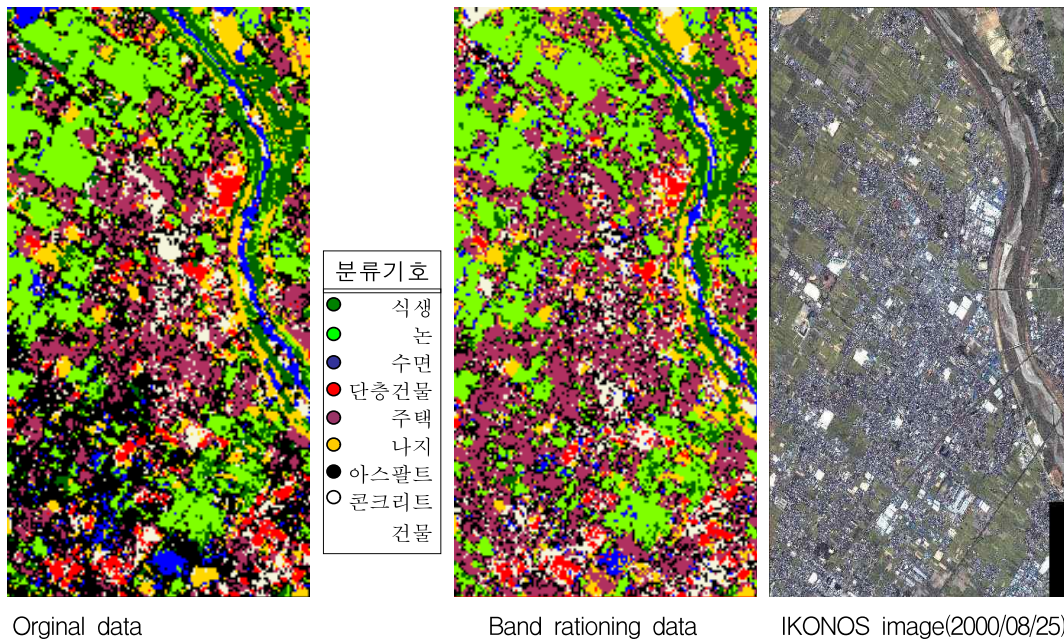


FIGURE 2. The result of landcover classification

TABLE 7. The result of landcover classification using Landsat original data and band ratioing data

		분류된 항목								사용정확도 (%)	
		식생	논	수면	단층 건물	주택	나지	아스팔트	콘크리트 건물		검증 픽셀수
검증데이터와 사용데이터											
식생	원 데이터	144	2				6	2		154	93.5
	밴드간 연산데이터	147	2	3				1	1		95.5
논	원 데이터	11	106				3	10		130	81.6
	밴드간 연산데이터	12	113	1				4			86.9
수면	원 데이터	10	21	79		3		2	3	118	67.0
	밴드간 연산데이터	8	16	89		3			2		75.4
단층건물	원 데이터				96	3	4	3	21	127	75.6
	밴드간 연산데이터				105	2		5	15		82.7
주택	원 데이터					93	1	13	2	109	85.3
	밴드간 연산데이터					102		5	2		93.6
나지	원 데이터			2	9		117	3	5	136	86.0
	밴드간 연산데이터				6	4	115	1	10		84.6
아스팔트	원 데이터		1	2	1	3		73	27	107	68.2
	밴드간 연산데이터		2			7		80	18		74.8
콘크리트 건물	원 데이터			2	20	15	15	60	28	140	20.0
	밴드간 연산데이터				9	18	8	34	71		50.7
합계	원 데이터	163	126	73	126	117	146	166	86	1021	
	밴드간 연산데이터	167	130	78	120	136	123	130	119		
작성자 정확도(%)	원 데이터	87.3	81.6	93.0	76.2	79.5	80.2	44.0	31.4		종합정확도: 72.2
	밴드간 연산데이터	88.0	85.0	96.0	87.5	75.0	93.5	61.6	59.7		종합정확도: 80.5

려워 두 데이터의 분류정확도를 간단히 비교하기 위하여 표 7과 같이 작성하였다.

식생에 대한 두 데이터의 판별 결과를 비교하면 원 데이터에서는 나지로 오판별된 픽셀수가 많으며, 밴드간 연산데이터를 사용한 경우는 수면으로 오판별된 경우가 많게 나타났다. 이것은 계절적으로 어린 벼와 물이 같이 존재하는 것의 영향을 받은 것으로 판단된다. 논 판별 결과에서는 두 데이터 모두 식생으로 오판별된 픽셀이 많은 것으로 나타났다. 이것은 어린 벼의 존재가 영향을 미친 것으로 판단되며, 수면의 판별 결과에서도 어린 벼와 물이 같이 존재하는 지역에서 오판별 픽셀이 많은 것으로 나타났다. 단층건물의 판별 결과는 두 데이터 모두 콘크리트 건물에서 오판별 픽셀수가 많은 경향을 보이고 있다. 이것은 단층 건물과 콘크리트 건물이 열수변질물질의 특성

을 지니고 있고 사용한 밴드가 비슷한 픽셀값을 나타내고 있기 때문으로 생각된다. 주택의 판별 결과에서는 주택지 내에 있는 도로가 판별에 영향을 미친 것으로 판단된다. 나지의 경우는 원 데이터를 사용한 판별이 오판별이 적게 나타났다.

아스팔트의 판별에서는 원 데이터를 사용하는 것 보다 밴드간 연산결과를 사용하는 것에서 정확도가 향상되었다. 콘크리트 건물의 판별에서는 원 데이터의 경우, 아스팔트를 오판별 한 픽셀이 많았으나 밴드간 연산데이터를 사용한 경우 오판별이 줄어드는 것을 알 수 있다.

본 연구의 대상지역은 모리야마시의 시가지를 중심으로 한 일부의 지역을 선정하였기 때문에 동시의 통계서에 의한 토지이용면적의 검증은 곤란하였다. 또한 통계서 상의 토지가

TABLE 8. Comparing the result of landcover classification in the whole area

Unit: m²

항목	데이터	Landsat-TM(밴드 1,2,3,4,5,6,7)	IKONOS(밴드 1,2,3,4)
식생		2,758,500	3,412,340
논		6,731,100	7,077,840
수면		1,041,300	2,147,657
단층건물		1,250,100	1,749,552
주택		4,037,400	3,478,546
나지		2,682,000	1,117,943
아스팔트		7,844,400	7,127,532
콘크리트건물		2,437,200	2,670,780
총면적		28,782,000	28,782,190

용면적과 위성데이터를 이용한 토지피복면적의 비교는 지표물을 판정하는 관점의 차가 있기 때문에 본 연구에서는 IKONOS데이터를 이용하여 현지조사와 함께 직접 분류항목에 대한 답사와 면적을 추출하였다. 그 결과와 Landsat-TM의 결과를 표 8에 나타내었다.

결 론

본 연구는 위성데이터를 사용한 토지피복 분류에서 각 항목별로 가장 판별정확도가 높은 밴드의 구성을 명확히 한 다음 여기서 얻어진 두 개의 밴드를 연산시키고 그 결과를 재 이용하는 방법을 제안하고 그 정확도를 검증하였다.

밴드간 연산결과의 분류항목별 분류정확도의 향상을 보면, 콘크리트건물이 30.7%로 가장 크게 나타났고 다음으로 주택이 8.3%, 단층건물이 7.1%, 수면이 7%, 아스팔트가 6.6%, 논이 5.3% 식생이 2%의 분류정확도향상을 나타낸 반면, 나지의 경우는 정확도가 감소한 것으로 나타났다. 이것은 연산에 의한 픽셀값의 강조가 되지 않은 것으로 생각되어진다.

종합정확도는 약 8%의 정확도 향상을 보이고 있다. 그리고 위성데이터를 이용한 토지피복분류에서 감독분류의 최대우도법을 이용할 경우 밴드 모두를 사용하는 것에는 문제점이 있다는 것을 알 수 있었다. 즉 분류항목의 특

징에 따라 밴드의 픽셀값이 유사하면 통계연산처리 과정에서 전혀 다른 항목으로 분류되어 버리는 경우를 생각할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 비슷한 픽셀값의 분포가 많은 항목은 밴드간 연산을 통해 강조 또는 특정밴드에 계수값을 부여하는 방법으로 픽셀값의 유사성을 작게 하는 것이 필요하다.

이상의 결과로 볼 때 복잡하고 다양한 토지피복을 가지고 있는 도시지역의 피복분류나 지표면 정보분석시에 분류를 대상으로 하는 물체에 대한 픽셀값을 조작함으로써 유사하게 분석되어지는 문제점을 낮추어 보다 정확한 판별이 가능할 것으로 판단된다. **KAGIS**

참고문헌

- Congalton, R.G. 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment* 37:35-46.
- Franklin, S.E. and B.A. Wilson. 1992. A three-stage classifier for remote sensing of mountain environment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 58(4):449-454.
- Gong, P. and P.J. Howarth. 1990. The use of structural information of improving land-cover classification accuracies at the

- rural-urban fringe. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56(1):67-73.
- Howarth, P.J. and E. Boasson. 1983. Landsat digital enhancement for change detection in urban environment. Remote Sensing of Environment 13:149-160.
- Janssen, L.L.F., M.N. Jaarsma and E.T.M. van der Linden. 1990. Integration topographic data with remote sensing for land-cover classification. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 56(11):1503-1506.
- Jo, M.H. 1995. Land use evaluation and suitability analysis for paddy cropping of Nam Khane Watershed, Laos, using remotely sensed data and Geographic Information System. J. Kor. Soc. Remote Sensing 11(1):1-17.
- Pain, C.F. 1985. Mapping of landforms from landsat imagery: an example from eastern new south wales, Australia. Remote Sensing of environment 17(1): 55-65.
- Stringer, W.J., J.E. Groves and C. Olmsted. 1988. Landsat determined geographic change. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 54(3):347-351.
- Toll, D. L. 1984. An evaluation of simulated thematic mapper data and land MSS data for discriminating suburban and regional use and land cover. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 50(3):347-351.
- 守山市. 2000. 守山市統計書.
- 長谷川 均. 1998. 리모트센싱핸드북의基礎. 古今書院.
- 日本리모트센싱硏究會. 1997. 리모트센싱핸드북.
- 美濃伸之, 齋藤元也. 1996. 多年次衛星 데이터를 利用した草地更新狀況の把握, 寫眞測量とリモートセンシング 35(3):18-25.
- 吉村充則, 竹内章司, 本村夏彦, 田嶋陸俊. 1994. 多時期衛星畫像の畫像判讀による植生分布圖作成. 寫眞測量とリモートセンシング 33(1):22-31.
- 山形與志樹, 小熊宏之, 富士田裕子. 1995. 多時期のランドサットTM畫像を用いた濕原植生分類. 寫眞測量とリモートセンシング 35(3):9-17.
- 岡野千春, 福原道一, 岡本勝男, 西宗 昭, 嶋田典司. 1993. 多時期ランドサットデータによる十勝平野の作付けの作成. システム農學 9:82-91. **KAGIS**