

SLR 디지털카메라의 식생관측센서로서의 유효성 검토

The Availability Examination for Vegetation Measurement of The SLR Digital Camera

김종환¹⁾ · 김응남²⁾ · 전병덕³⁾ · 杉山和一⁴⁾

Kim, Jong Hwan · Kim, Eung Nam · Jun, Byung Dug · Sugiyama, K

Abstract

On-site remote sensing technique by using single lens reflex(SLR) digital camera will be expected as the useful tool for the vegetation measurement field such as a crop growth management, the monitoring of revegetation slope and the evaluation of environment. We reviewed the availability of the vegetation measurement using a digital camera which is sailed for general-purpose. As a result, we could analysis relationship with the illuminance of image plane and incidence energy of multitemporal observation images by doing gamma correction and exposure compensation. And also, we proposed the model formulas for the correction of influences of capturing angle and illuminance. In addition, we obtained high correlation of normalized difference vegetation index(NDVI) between digital camera and spectral photometer.

Keywords: On-site remote sensing, Digital camera, NDVI, Gray card, Photometer

초 록

디지털 카메라를 이용한 지상형 원격탐사 기술은 농작물의 생육관리, 법면 녹화의 모니터링 및 환경 평가와 같은 식생 평가분야에 유용한 기술로서 기대되고 있다. 본 논문에서는 일반적인 목적으로 판매되고 있는 디지털 카메라의 식생 평가분야에의 적용 가능성에 대하여 검토하였다. 그 결과, γ 보정, 적정노출보정을 실시함으로써 시계열 관측 데이터간의 상면조도와 입사 에너지간의 관계를 분석할 수 있었다. 또한, 지상형 원격탐사에 있어서의 촬영 각도, 조도의 영향을 보정하기 위한 모델식을 제안하였다. 평가 시험에서는 분광광도계와 디지털 카메라에 의해 구한 NDVI에는 높은 상관관계가 있음을 알 수 있었다.

핵심어: 지상형 원격탐사, 디지털 카메라, 정규화 식생지수, 그레이판, 분광광도계

1. 서 론

위성 원격탐사는 객관성, 반복성, 광역성의 장점을 지닌 탐사방법으로서 토지이용의 변화(美濃伸之 등, 2005; 小林 등, 2007), 산림이나 식생변화의 감시(仁和 등, 2001; 田口 등, 2007), 농작물의 생육관리나 수확량의 예측 등(小川 등, 2000 ; Takezawa 등, 2007)에 적용되고 있다. 최근에는 항공기탑재의 하이퍼스펙트럴 센서(小熊 등, 2002)를 이용한 고정밀 데이터 취득이 가능해짐에 따라 정밀농업분야의 연구(洲濱 등, 2002)등에

서 주목받고 있다. 그러나 광학센서 탑재의 위성 원격탐사 방법은 구름 등의 영향에 의한 관측 불능이나 위성의 회귀주기 상의 제한, 데이터의 구입에서 해석까지 시간과 비용이 과다하게 소요된다는 문제가 있어 희망하는 시기의 데이터를 손쉽게 이용하기에는 커다란 장애가 따른다. 하이퍼스펙트럴 센서의 경우에는 위성 원격탐사에 비교해 저고도 플랫폼을 사용하기 때문에 기상 영향을 억제할 수는 있지만 위성데이터 보다 많은 비용이 소요되기 때문에 대상 지역이 광범위한 경우에는 효율성이 크게 떨어지게 된다.

1) Graduate School of Science and Technology, Nagasaki University, Ph.D. Candidate (E-mail:imagesensing@gmail.com)

2) 교신저자 · 정희원 · 인하공업전문대학 지형공간정보과 부교수(E-mail:kimen@inhatc.ac.kr)

3) Faculty of Education, Nagasaki University, Professor(E-mail:bdjun@nagasaki-u.ac.jp)

4) Faculty of Environment, Nagasaki University, Professor(E-mail:sugiyama@nagasaki-u.ac.jp)

그렇기 때문에 저자 등은 범용의 SLR 디지털카메라 (이하: 디지털카메라)를 이용하여 적은비용으로 손쉽게 이용 가능한 지상형 원격탐사 기법에 관한 연구를 진행해 왔다(金宗煥 등, 2002; 黑岩 등, 2002; 小野寺 등, 2002; 早田 등, 2006).

디지털카메라는 1990년대 후반부터 보급되기 시작하였으며, 주식회사 후지경제의 [2006 카메라 총 시장의 현상과 장래전망](株式會社 富士經濟, 2006)에 따르면 SLR, 콤팩트형을 합쳐 디지털 카메라의 세계시장은 2005년 현재, 연간 7,600만대에 이르고 있다. 또한, 저가격화의 실현에 의해 필요에 따라 손쉽게 구입하는 것이 가능해졌으며, 최근에는 고성능 광학 이미지센서가 탑재됨으로써 지상형 원격탐사 장비로서 디지털 카메라의 이용환경은 매우 좋아졌다고 할 수 있다.

그러나 범용의 디지털 카메라는 분광감도특성 등의 카메라 특유의 정보를 일반에게 공개하지 않는 경우가 많다. 또한 방사계측에 필요한 교정 기구를 갖고 있지 않기 때문에 여러 시기에 걸친 계측을 하는 경우에는 데이터 간의 상호 관련성이 떨어진다는 문제가 발생한다. 또한, 파지식이나 삼각대를 이용한 간이식 촬영 방법에 따른 경사 방향 촬영 방식으로 대상을 관측하기 때문에 광원-관측대상(식생)-센서 간의 위치관계나 기상 조건에 의한 오차가 발생하기 쉬어 적절한 관측 방법을 확립할 필요가 있다.

본 연구에서는 식생관측 센서로서의 디지털 카메라의 유효성을 검토하기 위해 분광감도, 노출기구, 압전류, 광학계의 주변광량 특성을 조사하였다. 또한, 지상형 원격탐사에서의 촬영 각도, 거리 등의 영향을 분석하여 적절한 관측을 위한 보정 방법을 제안하였다.

2. 선행 연구 및 연구배경

디지털 카메라를 이용한 지상형 원격탐사에 관한 연구는 다수 보고되어 있다. 하지만, 앞에서 언급한 각종의 보정이 과제로서 남아 있으며, 현장에서의 실제적용에는 찾아보기 어려운 형편이다. 분야별로 보고되고 있는 디지털 카메라에 의한 지상형 원격탐사 관련 연구의 예는 다음과 같다.

산림, 녹화법면분야에는 金應南 등(1996)이 산림환경 조사에 가시광에서 근적외 영역까지의 감도를 지닌 근적외선 디지털 카메라(Kodak사제, DCS420)를 이용해 세 개의 가시광(BLUE, GREEN, RED)용 필터와 근적

외용 필터로 분광화상을 취득하여 솔잎혹파리의 피해 상황에 대하여 조사한 사례가 있다. 그 결과, 근적외선 디지털 카메라에 의한 지상형 원격탐사 기술은 저비용으로 산림환경조사에 유효한 것으로 평가되었다. 그러나, 노출 기구인 조리개 값과 셔터 속도의 부적합에 의한 정보의 손실이 발생할 수 있다는 문제를 제기하고 있으며 입사광량의 보정에 대하여 향후의 과제로 지적하고 있다. 小野寺 등(2002)은 유사한 디지털 카메라(Kodak, DCS460)를 이용하여 간벌에 의한 조림 편백나무의 활력상황을 정량적으로 파악할 수 있는 수법에 대하여 보고하고 있다, 또한 早田 등(2006)은 녹화법면의 시험 시공의 모니터링에 디지털 카메라를 이용한 평가 수법을 제안하였다.

농업분야에 있어서는 諸富 등(2004)이 농작물의 병충해 판정에 시판용의 근적외선 디지털 카메라(Kodak, DCS420)를 이용한 지상형 원격탐사 기술을 제안하였고, 포장의 흰잎마름병의 발생 개소가 NDVI화상에서 추출 가능함을 밝히고 있다. 그러나 센서와 포장간의 각도 등의 위치관계를 고려하고 있지 않았기 때문에 화상의 앞부분과 먼 지점의 단순비교는 어렵다는 문제가 지적되었다. 松田 등(2003)은 범용 디지털 카메라(Nikon D1)에 의한 벼의 엽체 질소함유율의 측정에 대하여 검토하였으며, 종래의 엽색판이나 엽록소계를 대체한 비접촉형의 시스템을 제안하였다. 또한 金宗煥 등(2006)은 범용 디지털 카메라를 베이스로 하여 제작한 센서를 이용해 벼의 수확시기 예측 및 단백질 함유율과 NDVI의 관계에 대해 보고하고 있다.

해양·수질분야에 있어서는 全炳德 등(1997, 1999)이 디지털 카메라를 이용해 오오무라만을 대상으로 수색의 감도특성을 조사하여 수질 모델을 작성한 예가 있다.

그 밖에 林(2001), 弓場(2001), 相馬(2003), 金柿 등(2004)은 시판의 CCD 이미지 센서나 밴드 패스 필터를 이용하여 지상용 식생지표 관측 카메라의 제작을 시도하였다.

森山(2007)은 엽기관 디지털 카메라를 이용해 식생관찰 카메라를 제작하였다. 콤팩트형 디지털 카메라는 노광조정 등을 수동으로 조절할 수 없기 때문에 노출기구가 블랙박스화 되어 있다. 그렇기 때문에 화상과 함께 기록되는 EXIF 코드를 참조해서 방사량 등을 보정하는 수법에 대하여 검토하고 있다. 그러나 노광량의 조정이 적절하게 수행 되지 않았기 때문에 화소의 일부가 포화

에 가깝게 되거나, 적절한 NDVI 연산이 되지 않는 등의 문제를 제기하고 있다.

이상의 배경으로부터 본 논문에서는 근적외선 차단 필터의 제거가 가능한 시판의 디지털 카메라(Nikon D100)를 사용하여 식생관측 센서로서의 적용 가능성에 대하여 검토하였다. 또한, 계측장치로서 일반적으로 사용되는 분광광도계(FieldSpec)와의 비교실험을 통해 시스템의 유효성에 대하여 검토하였다.

3. 센서의 개요 및 감도특성

3.1 센서의 감도특성

그림 1에 본 연구에서 이용한 디지털 카메라의 분광 감도특성과 분광용 필터(가시광용 필터: Kenko사제, IRC-65L, 근적외용 필터:HOYA사제, IR76)의 투과특성(굵은선)을 나타내었다. 보통은 근적외선을 차단하기 위한 Low-Pass Filter를 촬영소자 앞에 설치하지만, 근적외선 정보를 취득하기 위해 제거하였고, 분광기(에드몬드 옵틱사제-모노크로메타:DMC1-04, 광원 : 20W, 텅스텐할로젠)를 사용하여 분광감도특성을 조사하였다.

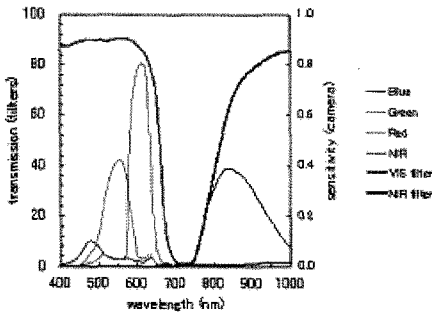


그림 1. 카메라의 분광감도특성과 필터의 투과율

3.2 노출과 DN의 관계

피사체로부터의 반사광(휘도변화)은 렌즈를 통과하여 촬상 소자에 명암변화(상면조도)를 일으킨다. 이 과정에서 카메라, 렌즈 등의 여러 인자에 의해 영향을 받게 되는데, 그 최대의 인자는 노출기구인 조리개와 셔터 속도이다. 조리개에 의해 상면조도가 제어되고 셔터 속도에 의해 노출시간이 제어된다. 즉, 실제로 촬상소자가 받는 광량은 상면조도와 노출시간의 곱(積)이 되고 이것을 노광량이라 한다. 노광량의 적합여부가 화상정보의 손실여부에 영향을 주게된다.

상면조도(I), 노출시간(T)는, 각각 식(1), 식(2)와 같이 나타난다. 식(3)과 식(4)의 관계를 이용하면 노출량(H)는, 식(5)와 같이 정리할 수 있다(田中, 2002).

$$I = \frac{B}{F_{no}^2} q \tag{1}$$

$$T = \frac{F_{no}^2}{B \cdot S} K \tag{2}$$

여기서, I: 상면조도

T: 노출시간

B: 피사체휘도

Fno: 조리개 값

q: 결상 계수

S: ISO 감도

K: 노출계의 보정정수,

$$S = \frac{k}{H_m} \tag{3}$$

$$K = \frac{qK}{k} \tag{4}$$

여기서, H_m: 감도기준노출량

k: 감도산출정수

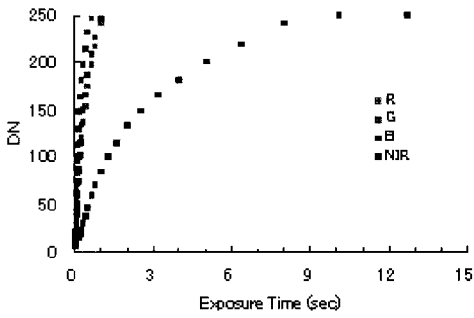
K: 정수

$$H_g = \frac{B}{F_{no}^2} q \times \frac{F_{no}^2}{B} \times \frac{H_m}{k} K_m = KH_m \tag{5}$$

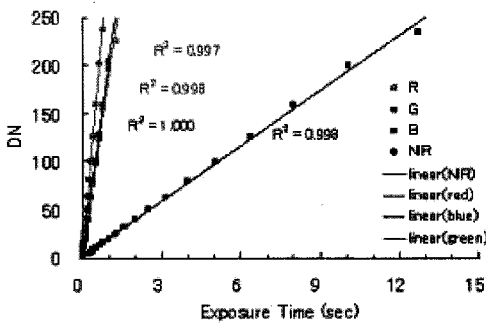
여기서, H_g: 노출계의 지시노출량

카메라의 노출기구인 조리개와 셔터의 제어정도 및 반복 안정성은 반드시 완벽하다고 할 수 없으며 사용 카메라의 특성을 파악할 필요가 있다. 또한, 내장 노출계나 AE 모드의 특성에도 카메라 고유의 성질을 가지고 있다. 범용의 디지털 카메라를 사용하는 경우에는 그 특성을 우선 측정해 둘 필요가 있다.

일반적으로 CRT(Cathode-ray tube)에서는 입력전압을 x, 브라운관에서의 밝기를 y라고 할 때, y=x^γ로 표시하면, γ=2.2 등의 비선형특성을 갖는다. 이것을 인간의



(a) γ 보정전



(b) γ 보정후

그림 2. 노출시간과 DN의 관계

눈에 선형($\gamma=1$)으로 보이기 위해 카메라에서 역으로 $\gamma=1/2.2 \approx 0.45$ 정도의 특성을 갖도록 하고 있다. 그렇기 때문에 촬영화상의 휘도를 $\gamma=1$ 로 보정할 필요가 있다. 松田 등(2003)은 시판의 디지털카메라의 γ 보정에 대해 보고하고 있다. 松田 등의 보고에 의하면, 식(6), (7)을 이용해서 γ 보정을 실시할 수 있다.

노출시간을 x , 촬영된 화상의 휘도 평균값을 y 로하여, 식(6)과 같이 노출시간을 휘도레벨의 다항식에 근사하여 a_i 를 구한다. 휘도 레벨의 최고값 y_{max} 를 식(6)에 대입했을 때의 노출시간을 x_{max} 라고 하면, $\gamma=1$ 의 특성으로 보정한 휘도 y' 는 식(7)을 이용해 구할 수 있다.

본 연구에서는 입사광에 대한 직선성(카메라의 γ 특성 (Nikon, 2003; 猪野 등, 1998)을 조사하기 위해 촬영 모드를 매뉴얼로 설정하여, 조리개를 고정($f=11$)하고 셔터 속도만 변경해가며 촬영 하였다. 광량이 안정된 광원하(실내의 암실)에서 노출시간을 변경하면서 DN(Digital Number)을 측정했다(광원:세릭사제, XC-100AF). 측정대상으로는 반사율 18%인 Gray판(GIN-ICHI사제)을 사용하였고 촬영된 Gray판의 평균

값을 구하였다.

그림 2에 본 연구를 통해 조사된 사용카메라에 대한 γ 보정 전후의 노출시간과 DN의 관계에 대한 조사결과를 나타내고 있다.

$$x = \sum_{i=1}^n a_i y^i \quad (6)$$

$$y' = \frac{y_{max}}{x_{max}} \sum_{i=1}^n a_i y^i \quad (7)$$

노출지수(EV:Exposure Value)는 노출시간과 조리개 값으로부터 산출되며 식(8)로 나타낼 수 있다(玄光社, 1999).

$$EV = \log \left(\frac{F_{no}^2}{T} \right) \quad (8)$$

그림 3에 조리개와 셔터속도의 관계에 대하여 나타내었다(Nikon, 2003). Nikon D100은 1/3EV 스텝으로 되어 있으며 조리개를 11에 고정한 경우, 0EV~+1EV의 범위에서 셔터 속도를 조정함으로써 데이터 포화를 피할 수 있다(실외에서 태양을 광원으로 식생을 대상으로 한 경우).

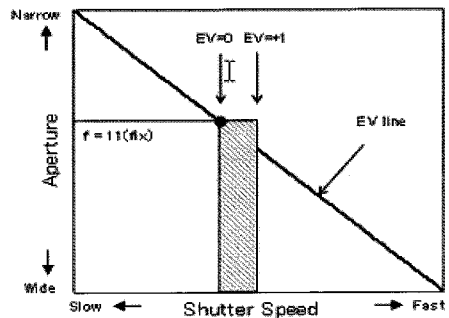


그림 3. 조리개와 셔터 속도의 관계

3.3 암전류 노이즈

촬영소자의 경우, 예측할 수 없는 열잡음에 의한 암전류에 기인하여 노이즈가 발생하는 것으로 알려져 있다(Christopher 등, 2000). 암전류 노이즈의 발생 상황은 노출시간과 온도에 의존하지만, 온도에 대해서는 사용조건이 40℃이상의 고온 환경에서는 사용하지 않는다는

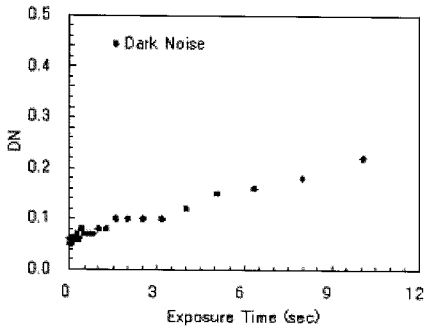


그림 4. 노출시간과 DN의 관계

전제하에서 노출시간과의 관계에 대해서만 실험하였다 (주위온도:25℃, 셔터 속도:1/4000s~10s까지의 28 단계). 그림 4에 암시(렌즈 캡을 통해 광을 차단)의 노출 시간과 DN과의 관계를 나타내고 있다. 천체 관측 등의 장시간 노출이 필요한 경우를 제외한다면, 실내 실험인 경우 3s의 노출시간 이내에서 대부분의 촬영이 이루어진다고 가정할 때, 암전류 노이즈의 발생량은 전체 DN 범위 대비 0.05%(포화값의 DN을 255로 한 경우) 미만으로 발생하였다. 이와 같은 결과로부터 실외에서의 보통 촬영(0.002s~1s)의 경우에는 암전류 노이즈에 의한 영향은 무시할 수 있을 것으로 판단된다.

3.4 주변감광

SLR 디지털 카메라는 일반적으로 렌즈(F마운트)를 대상물과 용도에 따라 교환하는 것이 가능하다. 본 연구에서는 차밭, 논, 밭면 등을 관측대상으로 상정하였고 대상물의 크기를 고려하여 초점거리 24mm인 광각렌즈(AF Nikkor 24mm 1:2.8D)를 사용하였다. 광학계는 렌즈 중앙부에 광량이 가장 많으며, 주변으로 갈수록 점점 감쇄해 간다(伊藤 등, 2002). 이러한 주변감광의 영향에 대하여 반사율 18%인 Gray판(GIN-ICHI사제)을 이용해 검토하였다. 실외에서 태양을 Gray판이 프레임의 전체를 차지하도록 촬영하여 그 결과 값을 분석하였다. 그림 5는 화상의 중심으로부터 주변까지의 DN 변화를 나타낸 것이다. 전체적으로 주변으로 갈수록 DN이 작아지는 경향이 있으며, 특히 장파장일수록 감쇄율이 높음을 알 수 있다.

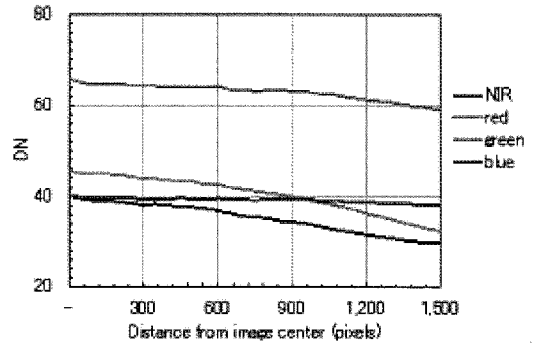


그림 5. 화상의 중심으로부터 주변부까지의 DN의 변화

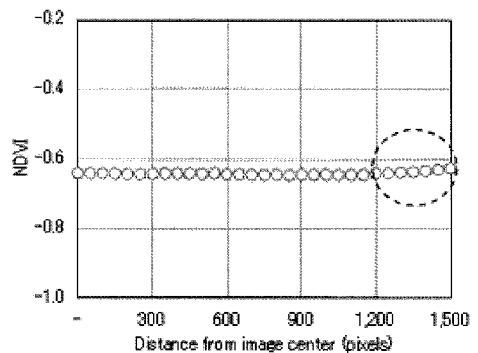


그림 6. 화상의 중심으로부터 주변부까지의 NDVI

이러한 결과는 DN값을 이용하여 여러 형태의 지수값을 구하는 지상형 원격탐사에 의해 조사되는 결과값에 영향을 미칠 수 있다. 특히, 본 연구에서는 관측지표로서 NDVI를 채용하고 있으므로(NDVI에 대해서는 제4장에서 설명한다) 이러한 주변감광이 NDVI에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 그림 6에 화상의 중심으로부터 주변부까지의 픽셀별 NDVI값을 나타내었다. 1,200픽셀~1,500픽셀까지의 NIR과 red 밴드의 DN의 변화에 따라 NDVI 값에도 약간의 영향이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나 표준편차값은 0.03 이하이기 때문에 무시할 수 있는 범위로 판단된다. 단, 하나의 밴드만을 이용한 화상해석의 경우에는 주변감광의 보정이 필요할 것으로 판단된다.

4. 지상형 원격탐사의 문제점과 보정방법

NDVI(정규화식생지수:Normalized Differential Vegetation Index)는 위성원격탐사의 파라미터로서 개

밭된 식생의 분포 및 활성도를 나타내는 지표로서 식(9)로 정의 된다(Hatfield 등, 1984; Perry 등, 1984).

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} \quad (9)$$

여기서, NIR, red는 각각 근적외 밴드의 DN값, 붉은색 밴드의 DN값에 해당된다.

디지털 카메라나 분광광도계 등에 의한 지상형 원격탐사는 위성 원격탐사에 비해 기상의 제약을 받지 않는다. 비가 오거나 극단적으로 조도가 낮은 조건이 아니라면 일중 언제라도 조사가 가능하며, 삼각대를 세울 수 있을 정도의 공간이 확보된다면 어디에서든 데이터의 취득이 가능하다. 그러나, 위성 원격탐사에 비교해서 지상형 원격탐사는 태양-관측대상(식생)-센서의 공간적 관계에 의한 영향이 오차의 원인이 되고, 센서의 각도, 대상물까지의 거리, 관측시의 광조건 등의 제 조건을 고려할 필요가 있다. 실제로 경사 상 방향으로부터 대상물(차밭과 논 등)을 촬영했을 경우, 생육상태가 균일하더라도 전방과 후방의 NDVI값이 서로 다르게 검출되었다. 이러한 것으로부터 본 장에서는 거리, 각도가 NDVI에 미치는 영향에 대하여 각각 검토하였고 그 보정방법에 대하여 제안하였다.

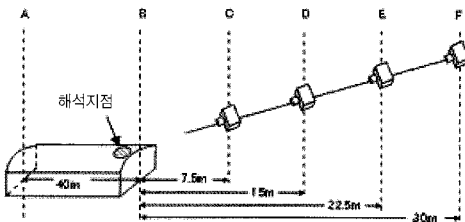


그림 7. 관측 개요

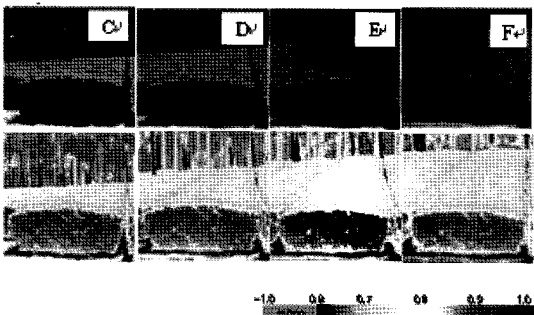


그림 8. 거리별 일반사진(상)과 NDVI영상(하)

4.1 NDVI의 거리보정(각도가 일정한 경우)

거리와 NDVI의 관계를 밝히기 위해 센서로부터 대상물까지의 거리가 NDVI값에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 센서를 일정한 각도로 유지하여 대상물까지의 거리를 좁혀가면서 관측을 실시하였다. 관측대상물로는 차밭을 선정하였으며 맑은 날 안정적인 기상조건하(조도 : 106,000~110,000lx, YOKOGAWA사제 51001 Illuminance Meter에 의한 관측값)에서 관측하였다.

관측 실험의 개요를 그림 7에 나타내었다. 관측대상의 길이는 40m이고, B지점으로부터 F지점까지의 거리는 30m이다. 카메라를 삼각대에 고정하여 F지점으로부터 7.5m씩 전진하여 가면서 촬영하였다. 그림 8에 거리별 사진과 NDVI 영상을 나타내었다. 그림 9에 해석 지점의 NDVI값을 나타내었다. 거리별 화상의 해상도 차이는 발생하고 있지만, 지정범위의 평균 NDVI값은 거의 동일함을 알 수 있다. 차밭이나 논과 같이 포장의 길이가 70m 정도의 대상에 대해서는 카메라의 촬영 각도를 일정하게 유지하는 것에 의해 거리의 차에 의한 영향은 보정할 수 있음을 알 수 있다.

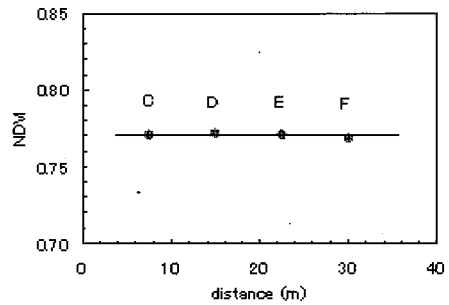


그림 9. 거리와 NDVI의 관계

4.2 NDVI의 거리보정(각도가 변화하는 경우)

4.2.1 분광광도계

NDVI의 각도 의존성에 대하여 검토하였다. 그 이유는 거리뿐 만 아니라 현지에서는 플랫폼에 의해 촬영 각도가 변하기 때문이다. 지상형 원격탐사에서는 기구, 벌룬, 크레인 등을 플랫폼으로 이용하는 방법이 사용되는데, 여러 가지의 힘든 노력이 수반되기도 하고, 조사장소에 따라서는 현장에서의 접근이나 조사 시간의 측면에서 볼 때 효율성이 떨어진다. 현지조사에 있어 가장 간편하며 비용적 측면에서 효율적인 것은 파지

식(비거치식)으로 촬영하거나 삼각대를 이용하는 방법이다. 그러나 파지식으로 촬영하거나 삼각대에 센서를 고정해 촬영하는 방법으로는 풀 등의 일부 대상물을 제외하고 연직하향으로 측정하기가 곤란한 경우가 많고, 대부분의 경우 경사 방향으로 측정하게 된다. 이 경우, 센서와 대상물이 이루는 각도의 차에 의해 가까운 곳과 먼 곳의 대상물에 대한 분광특성이 상이해지는 문제가 발생된다. 이러한 경우에 각도에 따라 발생하고 있는 오차에 대한 보정이 필요하게 된다.

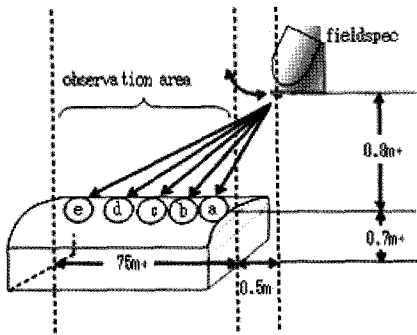


그림 10. 관측 개념도

그림 10에 각도의 영향을 조사하기 위한 개념도를 나타내었다. 분광광도계(ASD사제:FieldSpec Handheld)를 사용하여 지면으로부터 1.5m의 위치에서 각도를 변경해가면서 분광반사율을 측정하였다. 신장 약 170cm의 성인이 서있는 상태로 대상물을 측정하는 경우를 상정하여 경사 윗 방향으로 각도를 주어서 측정하였다. 한편, 비교 분석을 위해 사용한 대상물의 관측지점별 데이터는 육안 식별을 통해 동일 정도의 활력을 보이는 지점을 동일한 크기로 절취하여 그 평균값을 분석에 이용하였다.

그림 11에 관측대상물(차밭)의 지점별 근적외 밴드와 붉은색 밴드의 분광반사특성(좌) 및 NDVI(우)의 관계를 나타내었다. 제일 가까운 지점인 연직에 가까운 지점으로부터 각도를 주어가면서 먼쪽 방향으로 갈수록(a~e의 순서), NDVI값이 작아지고 있는 것을 알 수 있다.

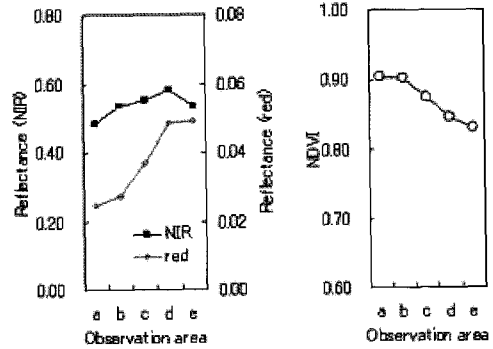


그림 11. 각도와 분광반사율의 관계

4.2.2 디지털카메라

그림 12에 나타난 바와 같이 길이가 약 85m인 대상물(차밭)을 삼각대의 높이를 변경해 가면서 디지털 카메라를 이용하여 촬영하였다. 대상물의 높이는 지면으로부터 0.7m(중심부)이고, 이를 기준으로 0.3m, 0.8m, 1.3m, 1.6m의 높이로 촬영하였다. 촬영 각도와 근적외 밴드 및 붉은 밴드의 DN, NDVI와의 관계에 대하여 검토하였다.

그림 13에 촬영 높이별 근적외 밴드(NIR) 및 붉은색 밴드(Red)의 각도 변화에 따른 DN의 변화를 나타내었다. 또한, 그림 14에는 각도변화에 따른 NDVI의 변화 관계를 나타내었다. 센서의 위치를 높게 할수록 각도의 영향이 더욱 많이 발생되고 있음을 알 수 있다.

4.3 NDVI의 보정

그림 15에 센서의 높이별 NDVI 화상을 나타내었다. 앞쪽의 차밭일수록 NDVI값이 높고, 촬영 높이가 높아질수록 NDVI값이 작아지고 있는 것을 알 수 있다. 또한, 그림 14에서와 같이 대상물에 대해서 센서의 위치를 높게 할수록 NDVI의 편차가 큰 것을 알 수 있다. 이것은 각도가 작을수록 그림자 등의 영향이 더 많이 발생하고 있기 때문인 것으로 판단된다. 다층구조의 차 잎들에

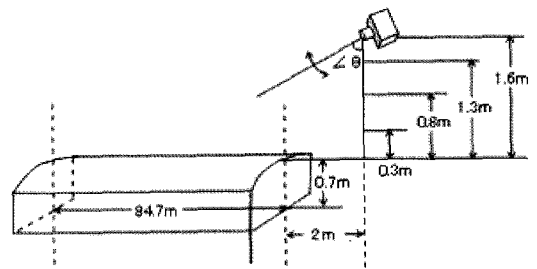


그림 12. 관측 개념도

의해 발생하는 그림자 등은 NDVI 상승의 원인이 되고 있음을 알 수 있다. 한편, 센서의 각도를 크게 함으로써 대상물의 상층부만을 관측할 수 있고, 이런 경우 NDVI의 분산은 작아지게 된다.

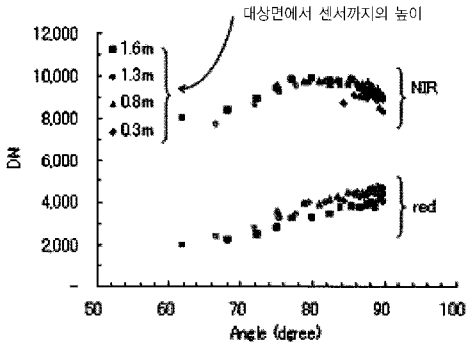


그림 13. 각도와 DN의 관계(NIR과 red)

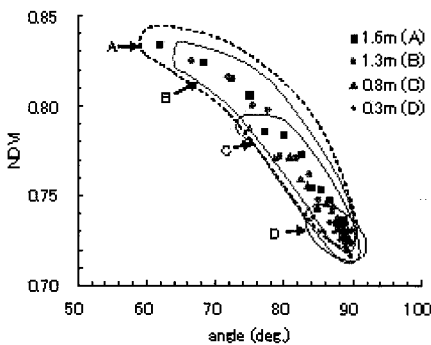


그림 14. 각도와 NDVI의 관계

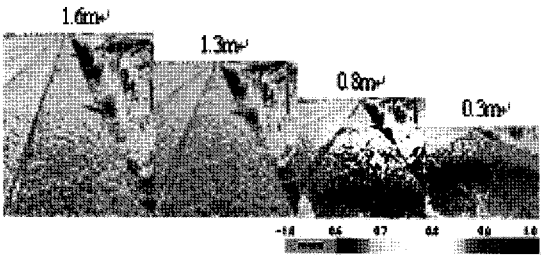


그림 15. 센서의 높이별 NDVI 화상

각도와 NDVI의 관계에 대한 중회귀분석을 통해 보정식을 산출하였다(식(10), 표준오차=0.004). 이 식을 이용함으로써 촬영시의 센서와 대상물이 이루는 각도에

의한 오차를 보정하는 것이 가능하다.

$$NDVI_{corr} = 0.729 \times NDVI_{raw} + 0.244 \times \theta_{deg} + k \quad (10)$$

여기서, $NDVI_{raw}$: 각도 보정전의 NDVI

k : 상수(= -0.25)

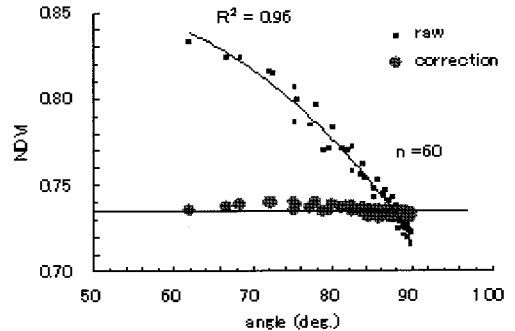


그림 16. 보정 전후의 각도와 NDVI의 관계

그림 16은 보정전과 식(10)에 의한 보정후의 NDVI와 각도의 관계를 보여주고 있다. 각도의 증가에 따라 저하하던 보정전(raw)의 NDVI 값은 보정후(correction) 각도별로 일정한 값을 갖게 되었으며 이러한 것으로부터 각도의 영향이 보정되었다는 것을 확인할 수 있다. 물론, 본 연구에서 산출된 식은 본 연구에서 사용한 장비와 관측 대상물, 환경 조건에 의해 산출된 식으로서 모든 대상물에 사용 가능한 일반식은 아니라고 할 수 있다. 하지만, 지상형 원격탐사 방법상에서 발생할 가능성이 높은 경사 관측에 의한 오차를 정량화하여 보정하는 방법을 제시하였다는 것에 큰 의의가 있다고 할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 일반용의 일안 디지털 카메라(Nikon D100)의 분광특성, 적정노광량, 암전류 노이즈 및 렌즈의 주변감광 특성을 밝혔다. γ 보정 및 적정 노광량의 보정에 의해 노광량의 포화에 의한 정보의 손실을 막을 수 있었다.

또한, 경사 상 방향으로부터 촬영한 경우의 센서와 대상의 위치관계에서 거리와 각도의 관계를 밝혔다. 길이 70m 정도의 대상에 대해서는 각도를 일정하게 한 경우,

거리에 따른 영향은 거의 받지 않았으며, 센서의 각도에 의한 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 각도 보정 모델을 제안하였다.

앞으로 대상물의 종류와 샘플수를 늘려서 평가실험을 실시하여 서로 다른 환경 하에서도 이용할 수 있는 모델을 작성할 계획이다. 또한 언제라도 어디에서라도 사용할 수 있는 지상형 원격탐사 센서의 실용화를 위해 추가적인 연구를 진행해 갈 예정이다.

참고문헌

- 弓場憲生(2001), 디지털카메라를 사용한赤外写真의撮り方とその応用, 森林航測, Vol. 193, pp. 12-16.
- 金柿主税, 川野和昭, 木下紀正(2004), ビデオカメラによる近赤外画像の利用研究, 鹿児島大学教育学部学究紀要, 自然科学編, 第55巻, pp. 11-24.
- 金應南, 後藤恵之輔, 全 炳徳(1996), 地形を考慮したリモートセンシングデータにおける植物活性度の算出, 土木構造・材料論文集, 第12号, pp. 89-95.
- ニコン(2003), ニコンデジタルカメラ D100 マニュアル, 諧調補正, pp. 61-62.
- 美濃伸之, 須田雅史, 片野淳也, 本郷千春(2005), IKONOS 데이터와 Landsat TM/SPOT HRVIR 데이터를併용한水田利用变化のモニタリング, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 44, No. 3, pp. 37-45.
- 森山雅雄(2007), 廉価版デジタルカメラを用いた植生観測カメラの試作, 日本写真測量学会, 平成19年度秋季学術講演会発表論文集, pp. 17-18.
- 相馬孝志(2003), 地上用植生指標観測カメラの開発, 岩手大学工学部技術部報告, 第6巻.
- 小林利行, 建石隆太郎(2007), 1981-2000年時系列AVHRR/NDVIデータを用いたグローバル土地被覆変化可能性地域マップの作成, 日本リモートセンシング学会, Vol. 27, No. 3, pp. 216-227.
- 小野寺一元, 坂田 淳, 全 炳徳, 杉山和一, 黒岩 恵, 金 宗煥(2002), CCDカメラによるNDVI調査手法の検討, 日本写真測量学会秋季学術講演会論文集, pp. 185-186.
- 小熊宏之, 土田 聡, 藤沼康実(2002), 森林モニタリング用ハイパースペクトルカメラシステムの開発, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 22, No.5, pp. 588-597.
- 小川 進, 牧野育代, 富久尾 歩, 斎藤元也(2000), 水田のNDVIの季節変動とその葉面積指数の推定, 日本リモートセンシング学会誌 Vol. 20, No.2, pp. 17-26.
- 松田真典, 大澤昭一, 保坂幸男, 金田和文, 山下英生(2003), 近接リモートセンシングによる水稲の生育診断-デジタルカメラによる葉身窒素含有率の測定-, 日本リモートセンシング学会誌, Vol. 23, No. 5, pp. 506-515.
- 伊藤真也, 川人祥二, 高嶋 大, 榊原雅樹(2002), 標準CMOSによるイメージセンサ特性評価, 電気情報通信学会技術研究報告, Vol. 102, No. 339, pp. 69-73.
- 仁和 亮, 谷川寛樹, 法眼利幸, 金子泰純(2001), 衛星データを用いた森林管理システムの構築に関する基礎的研究, 第29回環境システム研究論文発表会講演集, pp. 81-88.
- 林 治克(2001), わくわく追試-デジタルカメラ赤外写真, 森林航測, Vol. 194, pp. 17-21.
- 猪野高雄, 宮原 誠(1998), 非線形ガンマ特性の測定と解析-写真における定義とテレビにおける定義の関係の検討-, 映像情報メディア学会誌, Vol. 52, No. 12, pp. 1860-1864.
- 田口 仁, 白田裕一郎, 福井弘道, 古川邦明(2007), 高解像度衛星画像とLiDARデータの統合処理による森林被害検出, 日本リモートセンシング学会, Vol. 27, No. 2, pp. 109-116.
- 全 炳徳, 兵頭龍二, 金 應南(1999), CCDカメラによる水色の感度特性と水質モデル作成, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 38, No. 2, pp. 43-52.
- 全 炳徳, 後藤恵之輔, 兵頭龍二(1997), 一般デジタルカメラによる大村湾の水質モデル作成, 長崎大学工学部研究報告, 第48巻.
- 諸富保司, 後藤恵之輔, 立入 郁(2004), デジタルカメラ写真画像によるイネの病虫害発生状況の把握, 農業および園芸, Vol. 79, No. 9, pp. 979-988.

- 田中益男(2002), 撮影のためのカメラ・レンズ知識, 写真工業出版社, pp. 70-78.
- 洲濱智幸, Sah, B.P., 渋澤栄, Hache, C., 加藤祐子, 力丸 厚, 向井幸男(2002), 精密農業のための圃場バイオマスマッピング, 日本写真測量学会秋季学術講演会論文集, pp. 169-172.
- 株式会社富士経済(2006), 2006カメラ総市場の現状と将来展望, カメラ本体市場編.
- 早田幸司, 杉山和一, 松本 優, 金 宗煥, 中西こずえ, 小野寺一元, 辻 邦彦, 松尾敏行, 酒井孝志, 吉中彩(2006), 廃木材チップ, 再生石膏および木炭を用いた緑化基盤材の有効性の検討, 土木構造・材料論文集, No. 22, pp. 133-140.
- 黒岩 恵, 金 宗煥, 松本憲和, 石松隆和, 杉山和一, 全 炳徳, 小野寺一元, 坂田 淳(2002), CCDカメラによるマルチチャンネルデータのレジストレーション処理とその応用, 日本写真測量学会秋季学術講演会論文集, pp. 145-146.
- 玄光社(1999), 露出攻略マニュアル, pp.19-41.
- Christopher Dean, Timothy A. Warner, James B. McGraw(2000), Suitability of the DCS460c colour digital camera for quantitative remote sensing analysis of vegetation, *ISPRS & Journal of Remote Sensing* Vol. 55, pp. 105-118.
- Hatfield, J. L., Asrar, G., and Kanemasu, E. T.(1984), Intercepted photosynthetically active radiation estimated by spectral reflectance, *E col. Appl.* 14, pp. 65-75.
- Kim, J. H., Onodera, K., Jun, B. D., Ishimatsu, T. and Motoromi, Y.(2006), A method of the management of rice field using on-site remote sensing technology, *International conference on space technology and geoinformatics, Thailand*, CD-ROM.
- Perry, C. R., Lauten schlager, L. F.(1984), Functional equivalence of spectral vegetation indices. *Remote Sensing Environ.* 14, pp. 169-182.
- Takezawa, K., Kanan, S. R., Ninomiya, S., Hongo, C., Tokui, K., Ito, A. and Takeshima, T.(2007), Preliminary report on regression equations based on remote sensing data to estimate rice yield, *J.JASS*, Vol. 23, No. 2, pp. 177-187.

(접수일 2008. 12. 29, 심사일 2009. 01. 31, 심사완료일 2009. 02. 07)