SAR 자료의 밴드간 특성과 산림 특성과의 관련성 연구
Relationship between forest characteristics and SAR volume scattering from multi bands

윤정숙*, 신정일, 김두라*, 이규성
Jong-Suk Yoon, Jung-il Shin, Dura Kim, Kyu-Sung Lee
인하대학교 지리정보공학과
* 인하대학교 국토모니터링기술개발 연구센터

요약: 기상상태에 관계없이 데이터를 획득할 수 있는Synthetic Aperture Radar (SAR)는 산림 분야에서 C, L, P 밴드의 자료가 많이 연구되어 왔다. 특히 밴드 간에 산림 지역에서 수관을 투과하는 특성이 뚜렷하게 나타나고 있다. X밴드의 경우는 C, L, P 밴드에 비하여 수관 표면에서 backscattering이 일어나게 되므로 수종을 분류하게 되는데 더 큰 장점을 가질 수 있으나 지금까지 산림 분야에서는X 밴드의 SAR 자료가 활발히 연구되어 오고 있지 않다. 이 연구는 X밴드 SAR자료의 산림 분야의 활용성을 검토해보는 목적으로 1994년 10월 3일에 동시 촬영된 SIR-C/X-SAR 자료의 L, C와 X 밴드의 backscattering coefficients의 차이점을 통해서 수관 밀도나 다른 산림 특성과의 연관성을 살펴보고자 한다. 연구지역은 국립산림과학원에 의하여 관리되고 있는 광릉 지역으로서 그 지역의 산림에 대한 정밀한 자료를 분석에 활용하여SAR 자료의 밴드별 파장과 산림 피복의 특성에 따른 연관성에 대해 분석하였다.

Key words: SIR-C/X-SAR, 후방산란계수, X 밴드, 산림 특성

서 론

최근 2007년 6월에 발사된 독일의 Radar 위성인 TerraSAR-X와 이탈리아의 COSMO-SkyMed와 더불어 앞으로 발사될 것으로 계획된 우리나라의 KOMPSAT 5호 모두 X band SAR 자료를 공급할 예정이다. X band SAR 자료의 활발한 공급과 더불어 기존에 많이 연구되어 왔던 C, L 밴드와 함께 활용함으로써 그 활용도가 훨씬 넓어질 전망이다.

SAR (Synthetic Aperture Radar) 자료는 Radar의 파장 길이 및 polarization과 피복 특성에 따라 나타나는 특성이 달라지며, 이에 대한 많은 연구들이 진행 되어 왔다. Radar는 파장이 길수록 산림과 같은 식생을 투과하여 산란되며, 파장이 짧을수록 투과율이 적어지게 된다. 즉, 파장이 긴 L, P 밴드에서는 식생지역으로 투과되어 나타나는 volume scattering이 많아지며, X 밴드와 같이 짧은 파장에서는 주로 식생의 수관 표면에서 산란이 된다. 그러므로 X밴드의 SAR 자료에서는 수관의 모양 등에 의한 특성이 나타나게 되므

로 수종의 분리 등에서 유용하게 사용 될 수 있다.

Ranson et al.(1994, 1995) 은 식생에 나타나는 SAR 자료의 특성에 대해 Cross-Polarization(HV, VH)의 경우 Like-Polarization보다 수관 구조에 의한 영향이 더 뚜렷하게 나타난다고 설명한다. 그들은 또한 파장의 길이가 차이나는 L과 P(파장= 68cm)밴드와 C밴드의 HV의 후방산란계수를 이용하여 식생의 생체량과 상호연관성을 가지게 된다고 설명한다. 이 밖에도 SAR 자료를 이용하여 산림 내 임분 인자를 추출하는 연구들이 산림 분야에서 진행되어 왔다(Neeff et al. 2005, Walker et al. 2007). Pierce et al. (1998)은 X band SAR 자료를 C, L 밴드 자료와 함께 이용할 때 수종 간의 분리를 하는데 있어서 높은 정확도를 보여줄 것이라고 설명한다. 이처럼 산림에 대한 SAR의 특성 연구는 C, L, P 밴드에서 주로 연구되어왔으며, X 밴드의 특성은 상대적으로 많이 연구되어지지 않았다.

이 연구는 앞으로 발사 될 KOMPSAT 5호에서 획득하게 될 X band SAR 자료의 활용성을 검토하는 연구로서 최근 X SAR 자료를 획득할 수 있는 위성 발사들과 함께 X 밴드 SAR 영상자료를 산림 지역에서 효과적으로 활용할 수 있는 방법에 대한 연구이다. SAR 자료의 파장 영역에 따른 특성들을 비교한 기존 연구 사례를 바탕으로 동시 촬영되어 X, C, L 밴드의 SAR자료를 제공하는 SIR-C/X-SAR를 이용하여 산림지역에서 X 밴드의 활용성을 살펴보고자 한다.

연구 자료

연구 지역은 한반도의 중부지역에 위치한 광릉 지역으로 오랫동안 국가적으로 관리해온 산림이 포함된 지역이다. 그러므로 정밀임상도와 같은 GIS자료가 존재하여 다른 지역보다는 자세한 산림 구조에 대한 정보를 획득할 수 있다. 주요 수종으로는 참나무, 낙엽송, 잣나무가 분포한다. 이 지역에 대한 SIR-C/X-SAR 자료는 1994년 10월에 촬영된 자료로 C(5.8 cm 파장), L (23.5 cm 파장) 밴드 (HH, HV)와 X (3.1 cm 파장)밴드 (VV)의 자료가 동시에 촬영되었다. 표 1은 연구 자료로 사용된 SIR-C/X-SAR 자료에 대한 사항을 보여준다. SIR-C/X-SAR 자료 이외에 연구 지역에 대한 자세한 수종의 분포 사항 및 산림 구조에 대한 속성 자료를 포함하는 1:25000 정밀임상도(그림 2)와 SAR 자료를 Geocoding 하는데 필요한 연구 지역에 대한 1:5000 수치지형도를 연구 자료로 사용하였다. 정밀임상도는 일반임상도와 비교하여 자세한 수종의 분포를 보여주며, 수종 이외에 수관둘레에 의한 분류인 경급(0~3등급)과 수령(0~8등급)에 의한 분류인 영급에 대한 정보를 제공한다.

표 1. SIR-C/X-SAR 연구 자료

Sensor	SIR-C	X-SAR
Radar frequency(GHz)	5.304(C), 1.254(L)	9.602
Polarization	HH, HV	VV
Date Time(GMT)	Oct. 3, 1994 04:54:15.473	Oct. 3, 1994 04:54:18.240
Line / Pixel spacing(m)	12.5 / 12.5	12.5 / 12.5
Orbital direction	Descending	Descending
Incidence angle at image center(deg.)	40.3460000	38.9921778

연구 방법

연구 방법의 절차는 그림 1에서 보여준다. SAR 자료를 geocoding 하기 위하여 1:5000 수치지형도를 사용하여 수치고도모델(DEM: Digital Elevation Model)(그림 2)을 제작하였다. 수치지형도에서 추출한 수치고도모델은 그림 3의 SAR 모의 영상을 제작하는데 이용한다. SAR 모의 영상은 SAR 영상 촬영 조건과 수치고도모델에서 제공하는 지형정보를 바탕으로 제작되며, 모의 영상은 Geocoding을 위한 지상기준점을 설정하는데 도움이 된다 지상기준점은 산봉우리나 계곡 등과 같이 SAR영상과 모의 영상에서 같은 위치로 판단되는 위치를 선정하였다.

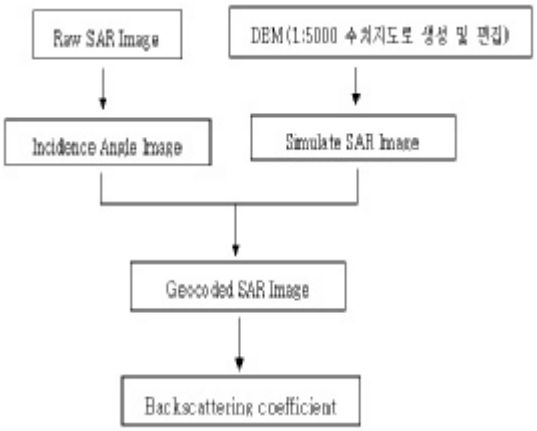

그림 1. 연구 방법

그림 3은 SAR 모의 영상과 이를 이용하여 Geocoding된 SAR 영상을 수치고도모델과 함께 중첩하여 연구지역의 지형정보와 함께 보여준다. Geodoing이 완료되어 좌표가 등록된 SAR 자료는 후방산란계수를 사용하는데 고려하게 되는 지형에 따른 인자들에 대한 정보를 제공한다

그림 4는 Geocoding 된 SAR 영상과 정밀임상도를 중첩하여 산봉우리에서 정밀임상도와 일치됨을 보여준다.

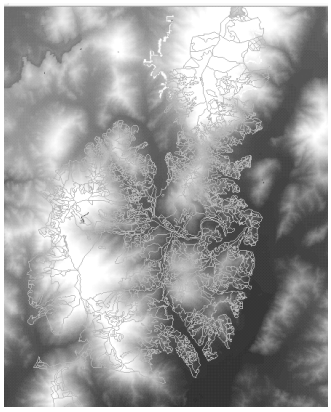

그림 2. 연구지역 수치고도모델과 정밀임상도

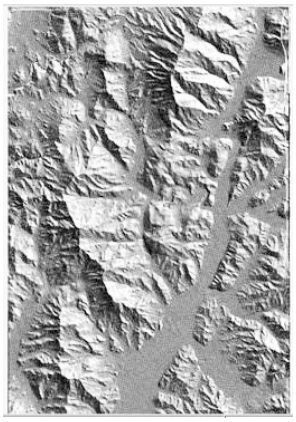

그림 3. DEM을 이용하여 제작한 SAR 모의 영상 (위), DEM과 함께 중첩시킨 SAR 영상(아래)

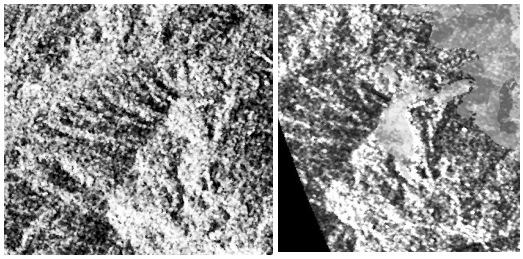

그림 4. Geocoding 된 SAR 영상과 정밀 임상도의 중첩

SIR-C/X-SAR의 후방산란계수는 식 (1)과 같이 계산된다. 식 (1)에서 필요한 계수들과 지형정보는 SIR-C/X-SAR의 헤더에서 제공하는 정보와 수치고도모델에서 추출하여 계산하였다. 이 식에서 후방산란계수(σ^0)을 계산하여 정밀임상도와 함께 분석하는데 사용하였으며, Frost filtering을 적용하였다.

$$I = K_S \times \sin(\theta_i) \times \frac{\sigma^0}{\sin(\theta_i - \alpha)} + < N_{raw} > \times K_{N,0} \times K_N(i)$$

식 (1)

$I = DN^2$, Ks = calibration constant, Θ_i = incidence angle, σ^0= backscattering coefficient, α= local terrain slope, $<N_{raw}>$ = average raw data noise power, $K_{N,0}$ = processor noise gain, $K_{N(i)}$ = cross-track radiometric correction vector(function of range).

연구 결과

이 연구의 선행 연구는 지형 효과에 대한 local incidence angle을 고려하지 않았으나, 이번 연구는 수치고도모델을 이용하여 후방산란계수 (σ^0) 를 계산하여 분석하였다. 선행 연구에서 발표한 바와 같이 수관의 표면에서 산란이 일어나는 X 밴드가 파장이 길수록 수관 내부로 들어가 volume scattering이 발생되는 C, L 밴드보다 수종의 분류가 용이하게 나타난다.

기존 연구 사례들에 의하면 초지, 관목 및 어린 나무 지역은 파장이 긴 밴드에서는 미약한 후방산란이 일어나게 되며, 같은 지역이라도 파장이 짧은 밴드에서는 강한 산란이 일어나게 되나, 산림이 성장한 경우, 이 반대의 결과가 나타나게 된다 (Ranson and Sun, 1994). 정밀임상도에서 제공하는 산림 특성에 따라 후방산란계수와의 연관성이 나타나는가에 대한 분석은 정밀임상도에서 제공하는 잣나무의 경급에 의한 변화를 살펴보았다. 경급이 높아질수록 잣나무가 크게 성장한다고 볼 수 있다. 그림 5는 잣나무 경급에 따른 파장별 후방산란계수를 나타내는 그림이다. 이 그림에서 보여 주듯이 파장이 가장 짧은 X 밴드(VV)의 후방산란계수가 가장 높게 나타난다. 또한 앞서 제시한 연구에서 설명하듯이, 파장에 따라 후방산란계수가 0급에서 L 밴드는 낮게, C밴드가 높게 나타나며, 1급 이상에서는 이 현상이 반대로 나타나게 되는 것을 확인 할 수 있다.

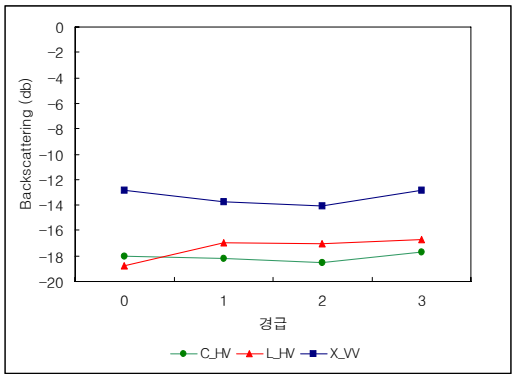

그림 5. 잣나무 경급에 의한 후방산란계수의 변화

결 론

이 연구에서는 X밴드 SAR의 산림 특성에 관한 연구로서 선행 연구에 이어 연구 지역의 지형 정보를 이용한 후방산란계수를 계산하여 산림 정보와의 연관성에 대해 살펴보았다. 선행 연구에서와 같이 수종에 대한 분리가 X 밴드에서 C나 L밴드 보다는 더 잘 되는 것으로 나타난다. 산림의 특성에 대한 연관성 부분에서는 잣나무의 경급에 따른 결과를 분석하여, 파장 또는 피복의 특성에 따라 다르게 나타나는 것을 확인 하였다. 앞으로 보다 다양한 산림 특성에 따른 분석이 진행될 예정이며, 지형 효과에 따른 보정과정을 수행할 경우 더 정확한 결과가 예상된다.

참고 문헌

DLR and ASI, 1995, X-SAR CEOS format, DLR, pp. 1-33.

Neeff T., Gracia P., Dutra L, and Freitas C., 2005, Carbon budget estimation in central Amazonia : Successional forest modeling from remote sensing data, Remote Sensing of Environment, 94(4), pp. 508-522.

Pierce L.E., Bergen K.M., Dobson M.C., and Ulaby F.T., 1998, Multitemporal land-cover classification using SIR-C/X-SAR imagery, Remote Sensing of Environment, 64(1), pp. 20-33.

Ranson K.J., Sun G., 1994, Mapping Biomass of a Northern Forest Using Multifrequency SAR Data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 32(2, pp. 388~396

Ranson K.J., Saatchi, S. and Sun G., 1995, Boreal Forest Ecosystem Characterization with SIR-C/XSAR, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(4), pp. 867~876

Walker W.S., Kellndorfer J.M., and Pierce L.E., 2007, Quality assessment of SRTM C- and X-band interferometric data : Implications for the retrieval of vegetation canopy height, Remote Sensing of Environment, 106(4), pp. 428-448.