

# 위성 데이터에 의한 선박 탐지: RADARSAT의 대기보정과 기하보정

양찬수

한국해양연구원 해양안전시스템연구소 선임연구원

## Ship Detection by Satellite Data: Radiometric and Geometric Calibrations of RADARSAT Data

Chan-Su Yang

Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering/KORDI, Yuseong PO Box 23, Daejeon, 305-600, Korea

**요약** : RADARSAT은 선박탐지를 포함하는 해상감시에 있어서 중요한 역할을 할 수 있는 데이터중의 하나이며, 이것은 레이더센서를 가지고 있어 전천후 및 주야불문이라는 두 가지 주요 이점을 가지고 있기 때문에 가능하다. 그러나, 합성개구레이더의 이미징시에 대기의 영향은 무시될 수 없으며, 다양한 형태로 기하 변형이 발생하게 된다. 본 연구에서는, 레벨 1의 georeferenced SGX 데이터를 사용해서 RADARSAT의 합성개구레이더에 대한 기하/대기 보정을 시험하였다. 대기보정을 위한 레이더 산란과 크기 등의 정보는 데이터 헤더자료로부터 추출하였으며, DN을 beat nought와 sigma nought로 변환을 실시하였다. 마지막으로 자동 기하보정결과를 실제 좌표 값과 비교하였다.

**핵심용어** : RADARSAT, 合成開口레이더, 대기보정, 기하보정

**ABSTRACT** : RADARSAT is one of many possible data sources that can play an important role in marine surveillance including ship detection because radar sensors have the two primary advantages: all-weather and day or night imaging. However, atmospheric effects on SAR imaging can not be bypassed and any remote sensing image has various geometric distortions. In this study, radiometric and geometric calibrations for RADARSAT/SAR data are tried using SGX products georeferenced as level 1. For radiometric calibration, information on the magnitude of the radar backscatter coefficient of the imaged terrain is extracted from the processed image data. Conversion method of the pixel DN's to beta nought and sigma nought is also investigated. Finally, automatic geometric calibration based on the header file is compared to a marine chart.

**KEY WORDS** : RADARSAT, SAR, Radiometric Calibration, Geometric Correction

### 1. 서론

해상에서의 보안에 관한 주제는 최근 IMO의 주된 관심사 중의 하나이다. 현재 각 선박이 적재하고 있는 화물의 종류와 관계없이 해당 영해주변을 운항하는 선박들의 위치정보를 거의 파악할 수 없는 실정이다. 양·박(2003)은 JERS/OPS, LANDSAT/TM, ERS-2/SAR와 같은 인공위성 데이터를 사용해서 선박과 주변 해상 정보를 수집하고 이를 이용해 해상 교통안전을 확보하기 위한 방향과 그 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 캐나다의 위성인 RADARSAT을 이용하기 위해서 선박을 탐지하기 위하여 필요한 대기 및 기하보정에 관하여 고찰하였다.

RADARSAT-1은 1995년 11월에 발사되었으며, 7개의 빔 모드와 25개의 빔 위치에 따라 데이터를 전송할 수 있는 SAR(Synthetic Aperture Radar, 合成開口레이더)기기를 갖고

있다. 또한, 이 위성은 태양동기 준회귀궤도(위성고도 798km, 궤도경사각 98.6도)에서 약 101분의 주기로 24일의 회귀일수를 갖는다. 표 1은 마이크로파 센서를 갖는 위성과 밴드, 주파수, 파장의 관계를 나타내고 있다. RADARSAT은 C-밴드(주파수: 5.3Ghz, 파장: 5.6cm)로 HH편파를 사용한다. 표 2에는 SAR의 7가지 관측모드에 따른 관측범위(50-500km), 분해능(10-100m), 입사각(10-60도)을 표시하였다. 그림 1은 SAR의 빔 모드와 각 모드의 위치를 도시화 한 것이다.

본 연구에서는, RADARSAT에 의해 Fine Mode에서 관측된 해양 강도(intensity) 데이터를 사용하였다. 대상 데이터의 처리레벨은 SGX(SAR Georeferenced Extra Fine Resolution product)로 하였다. Kim & Ka(2000)은 RADARSAT의 CEOS(Committee for Earth Observing Satellite)기본 포맷[3]에 대하여 정리하고, 데이터를 이해하기 위한 파일들의 구조를 설명하였다. 여기에서는 위성 데이터를 사용하여 선박을 탐지하기 위하여 필요한 RADARSAT의 대기보정과 기하보정의 방법에 대해서 검토하고, 기하보정의 경우 발생하는 오차 범위

\*정회원, yangcs@kriso.re.kr, 042)868-7276

에 계산을 수행하였다.

미국

Table 1 Microwave frequency bands and corresponding satellites

Band	Frequency, GHz	Wavelength, cm	Satellite
P	0.225-0.39	133-77	AIRSAR
L	0.39-1.55	77-19	ALOS(PALSAR), TerraSAR-L
S	1.55-3.90	19-7.7	E-SAR
C	3.90-6.20	7.7-4.8	ERS(VV-Pol.), Envisat, Radarsat(HH-Pol.)
X	6.20-10.9	5.2-2.8	TerraSAR-X
Ku	10.9-18.0	2.8-1.7	CyroSAT, RAMSES
Ka	18.0-36.0	1.7-0.8	RAMSES

Table 2 SAR modes of RADARSAT

Mode	Swath width(km)	Resolution range×az(m)	Looks	Incidence angles
Standard	100	25×28	4	20-49
Wide swath	165	48-30×28	4	20-31
	150	32-25×28	4	31-39
Fine res.	45	11-9×9	1	37-48
ScanSAR(narrow, wide)	305	50×50	2-4	20-40
	510	100×100	4-8	20-49
Extended (high, low)	75	20-19×28	4	50-60
	170	63-28×28	4	10-23

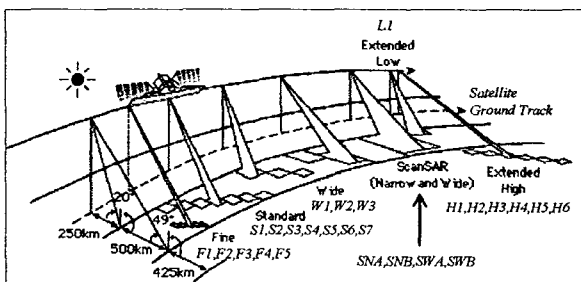


Fig. 1 RADARSAT beam modes and positions.

## 2. 합성開口레이더 원리 및 데이터 구조

### 2.1 합성개구레이더의 원리

합성 개구 레이더는, 마이크로파를 사용하는 전파 센서이며, 직선상을 이동하면서 1초간에 1,000회 이상의 펄스 전파를 지상에 발사하고 지표면으로부터의 반사파를 수신한다. 반사파의 강도만을 측정하는 일반의 레이더와는 달리, 합성 개구 레이더에서는, 반사파의 크기(진폭)와 위상을 관측한다. 안테나를 탑재한 위성이나 항공기의 이동에 따라 다른 관측 위치에서 동일 대상물로부터의 반사파를 관측하여 정보를 처리하는 것으로 소형의 안테나를 사용해서 대형의 안테나로 관측한 것과 같게 높은 해상도를 얻기 위한 목적을 갖는다.

우주로부터의 합성개구 레이더에 의한 관측은, 1978년

Table 3 Product characteristics

Processing Level	Mnemonic	General Characteristics	Presentation plane/Image orientation/Absolute location error/Relative geometric distortion
Signal Data	RAW	Unprocessed radar signal. Level 0 CEOS-formatted.	N/A
Single Look Complex	SLC	Amplitude and phase are preserved. Data remains in slant range. Data is calibrated.	Slant range / To satellite orbit / <750m / <40m
Path Image	SGF	Data is converted to ground range and multi-looked processed. Image remains oriented in direction of orbit path. Image is calibrated.	Ground range / To satellite orbit / <750m / <40m
Path Image Plus	SGX	Data is converted to ground range. Image remains oriented in direction of orbit path. Data has finer pixel spacing than Path Image. Image is calibrated.	Ground range / To satellite orbit / <750m / <40m
Map Image	SSG	Image is corrected to a map projection. GIS software and/or image processing software.	Ground range / To map / <750m / <40m
Precision Map Image	SPG	Image is corrected to a map projection. Client-provided GCPs are used to improve positional accuracy.	Ground range / To map / <40m / <40m
Ortho-Image	ORI	Terrain distortions are removed. Orthorectified using client-supplied DEM and maps.	Ground range / To map

의 해양 관측 위성 SEASAT에서 시작되어, 일본의 지구 자원위성 1호(JERS-1)나, EU의 ERS-1와 ERS-2, 캐나다의 RADARSAT 위성 등으로 이어지고 있다. 향후, SAR 관측을 위하여 RADARSAT-2(2005년 예정)와 ALOS/PALSAR(2005년 예정)가 발사될 예정이다.

표 1에서와 같은 마이크로파 주파수대에서는 파장에 따라 그 특성이 다르다. 일반적으로, 짧은 파장의 전파는 물질의 표면에서 반사하기 쉽고, 긴 파장의 전파는 물질 내부에까지 어느 정도 들어가는 성질을 가지고 있다. 파장의 1/2을 넘는 크기의 대상물에서는 전파는 투과하지 않고 반사하며, 파장의 1/4미만의 크기에서는 투과한다. 파장의 1/2 정도의 대상물에서는, 전파는 반사와 투과 모두 일어난다.

### 2.2 CEOS 데이터 제품 구조

Table 4 File format for RADARSAT CEOS products

File Name	Record Name	Mnemonic
Volume	Volume descriptor record	vol_desc_rec
Directory	File pointer records	file_ptr_rec
File	Text record	text_rec
SAR Leader File	SAR leader file descriptor record	sar_desc_rec
	Data set summary record	dataset_sum_rec
	Data quality summary record	qual_sum_rec
	Signal data histogram record	sdr_hist_rec
	Processed data 16-bit histogram record	pdr16_hist_rec
	Processing parameters record	proc_parm_rec
	Map projection data record	map_proj_rec
	Platform position data record	pos_data_rec
	Attitude data record	att_data_rec
	Radiometric data record	radi_data_rec
Radiometric compensation data record	radi_comp_rec	
SAR Data File	Image options file descriptor record	imop_desc_rec
	Signal data records	sdr_data_rec
	Processed data records	pdr_data_rec
SAR Trailer File	SAR trailer file descriptor record	sar_desc_rec
	Data set summary record	dataset_sum_rec
	Data quality summary record	qual_sum_rec
	Signal data histograms record	sdr_hist_rec
	Processed data (8-bit) histogram record	pdr8_hist_rec
	Processing parameters record	proc_parm_rec
	Attitude data record	att_data_rec
	Radiometric data record	radi_data_rec
Radiometric compensation data record	radi_comp_rec	
Null Volume Directory File	Null volume descriptor record	null_vol_rec

표 3은 RADARSAT 제품의 처리레벨과 명칭에 따른 분류와 설명을 기술하였다. 레벨 0는 RAW, 레벨 1은 SLC, SGF, SGX, 이고, 레벨 2는 SSG, SPG, ORI에 해당된다. 여기에서는 SGX데이터를 사용하였다.

표 4에는 CEOS 포맷의 파일 구조를 나타내었다. CEOS제품은 5개의 파일로 구성되어 있다.

### 3. 대기 보정

#### 3.1 대기보정의 개요

마이크로파가 구름들과 대기의 효과들의 영향을 거의 받지는 않지만 완전히 독립해 있는 것은 아니다. 즉, 해양표면에 대한 신호데이터에는 표면파, 내부파, 와, 프론트, 해저지형뿐만 아니라, 기체기온의 차로 발생하는 중력 하강기류(katabatic wind)효과, 내부 중력과, 섬 뒤로 발생하는 대기 소용돌이 열, 대기 경계층의 와(boundary rolls), 해면위의 대류 미립상(convective cells) 등도 나타내는 것이다.

여기서 대기보정은 방사보정으로 주로 Gain과 오프셋 변동치를 수정하고 보정하는 작업이다.

Table 5 Fields 12 to 531 of the CEOS Radiometric Data Record

Field	Mnemonic	Bytes	Forma	Description
12	table_des	37-60	A24	Designator "OUTPUT\$SCALING\$\$. "
13	n_samp	61-68	I8	Number of look up table samples, generally = 512
14	samp_type	69-84	A16	Designator "GAIN\$\$\$\$\$\$\$..."
15	samp_inc	85-88	I4	Increment between table entries (range pixels)
16-527	lookup_tab	89-8265	512E1 6.7	Output scaling LUT values $A_i$ , linear values
529	noise_scale	8285-8300	F16.7	Thermal noise reference level (dB)
531	offset	8317-8332	E16.7	Scaling offset A3 (linear, set to 0 for SLC

#### 3.2 Beta Nought 추정

각 데이터의 픽셀은 하나 또는 두 개(SLC의 경우, I와 Q)의 DN으로 표현되며 탐지된 픽셀의 크기를 나타낸다. 스케일링에 관한 자료는 'CEOS 방사 데이터 기록'란에 기재되어 있다(표 5 참조). 여기에서는 픽셀 DN을 beta nought( $\beta^0$ ) 혹은 레이더 휘도 값으로 변환시키는 방법에 대해서 소개한다.

$$\beta_j^0 = 10 * \log_{10} [(DN_j^2 + A3)/A2_j] dB \quad (1)$$

여기에서,  $A2_j$  는 j번째 스테일링 gain,  $A3$ 는 고정 오프셋이다.

$A2_j$  는 위성의 Ascending과 Descending모드에 따라 각각 Near Range First와 Far Range First로 데이터가 만들어지므로 다음의 식에 따라 표현된다.

Near Range First

$$A2_j = A_{i_L} + [(A_{i_U} - A_{i_L}) * ((j/samp\_inc) - i_L)] \quad (2)$$

Far Range First

$$A2_j = A_{i_L} + [(A_{i_U} - A_{i_L}) * ((n\_data\_pixel - j - 1/samp\_inc) - i_L)] \quad (3)$$

#### 3.3 Sigma Nought 추정

레이더 휘도 ( $\beta^0$ )와 레이더 후방산란 계수( $\sigma^0$ ) 혹은 sigma nought사이의 관계는 다음과 같이 표현된다.

$$\sigma_j^0 = \beta_j^0 + 10 * \log_{10} (\sin I_j) dB \quad (4)$$

여기에서,  $I_j$  는 j번째 입사각이고, 이 식은 지구가 해수면에서 부드러운 타원체라고 가정한다.

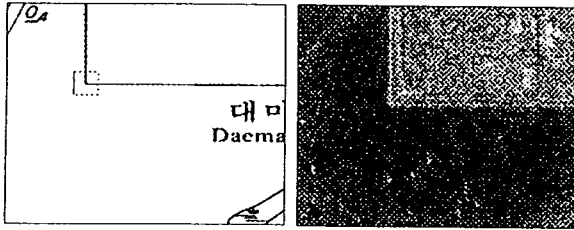


Fig. 2 Comparison site of maritime chart(left) and auto-geocorrected RADARSAT/SAR(right image).

#### 4. 기하 보정

그림 2는 자동으로 시행한 기하보정의 결과를 해도와 비교를 나타낸 그림이다. 약 400m의 오차 범위 내에서 일치하는 것으로 나타났다.

#### 5. 결론

RADARSAT은 선박탐지를 포함하는 해상감시에 있어서 중요한 역할을 할 수 있는 데이터중의 하나이며, 이것은 레이더센서를 가지고 있어 전천후 및 주야불문이라는 두 가지 주요 이점을 가지고 있기 때문에 가능하다. 그러나, 합성개구레이더의 이미징시에 대기의 영향은 무시될 수 없으며, 다양한 형태로 기하 변형이 발생하게 된다. 본 연구에서는, 레벨 1의 georeferenced SGX 데이터를 사용해서 RADARSAT의 합성개구레이더에 대한 기하/대기 보정을 시험하였다. 대기보정을 위한 레이더 산란과 크기 등의 정보는 데이터 헤더자료로부터 추출하였으며, DN을 beat nought와 sigma nought로 변환을

실시하였다. 마지막으로 자동 기하보정결과를 실제 좌표 값과 비교하였다.

#### 후 기

본 논문의 내용은 해양(연) 해양시스템안전연구소에서 기본 연구사업으로 수행중인 "해양위해도 통합관리시스템 기반기술 개발", 과기부의 인위재해방재기술개발사업으로 수행중인 "인공위성 활용 해상 교통안전 정보시스템 유출유 관측/경보 시스템 개발"과 공공기술연구회의 협동연구사업(주관: 한국항공우주연구원)인 "인공위성 데이터를 활용한 해난사고 위험도 맵 개발"의 연구결과 중 일부임을 밝힌다. 또한 자료조사 및 데이터 처리에 많은 도움을 준 서울대학교 자연과학대학의 김덕진박사에게 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Yang, C.S. and Y.S., Park, Merging of Satellite Remote Sensing and Environmental Stress Model for Ensuring Marine Safety, Inter'l J. of Navigation and Port Research, Vol.27, No.6, 2003.
- [2] Kim M.J. and M.H., Ka, Technical Review of ERS and RADARSAT SAR CEOS Format for Geocoding and Terrain Correction Applications, J. of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.16, No.2, pp.189-198, 2000.
- [3] RADARSAT International, "RADARSAT CEOS Product Specification", No.RSI-GS-026, p.126, 1997.