
SAR자료를 이용한 해상풍 산출 및 현장 자료간의 비교 · 검정

윤홍주* · 박광순** · 김상익**

Ocean Wind Retrieval from RADAR SAR images in Korean seas

Hong-Joo Yoon · Kwang-Soon Park* · Sang-Ik Kim*

본 연구는 해양수산부의 '해양관측 및 예보시스템 개발' 연구의 일부지원으로 수행되었음

요 약

본 연구에서는 SAR영상을 통해 해상풍 산출한 다음 해양연구원의 실시간 해양 · 해양기상 관측 자료와 비교 분석하여 그 정확도를 한반도 주변해역을 대상으로 파악하였다. SAR를 통해 추출된 해상풍 자료와 실측값의 RMS는 풍속은 0.8m/s, 풍향은 8도로 나타났다. 전체적으로 실측값과 많은 차이를 보이지는 않지만 FFT 방법에 의한 SAR 영상의 바람 띠를 분석하기 위해서는 최소 10km 이상의 영상을 사용하여야만 하였다. 또한 본 연구에서는 우리나라 연안의 Radarsat SAR 영상을 이용하여 바람산출모델 CMOD5를 통해 해상풍 값을 산출하였다. CMOD5는 현재 까지 산란계(Scatterometer)와 ERS SAR 위성을 이용해 해상풍을 산출할 때 가장 많이 사용되어오던 CMOD4 모델을 개선한 모델로써 특히 고풍속일 때의 결과에서 많은 개선을 보였다.

ABSTRACT

In order to retrieve ocean wind from SAR() image, and to estimate and validate between SAR-derived wind and in-situ wind, with RADAR SAR ocean images and real time marine meteorological data. It was used images with more than 10km to analyze the band of wind in SAR image by FFT(First Fourier Transformation) method and was used CMOD5 as wind retrieval model to retrieve ocean wind. In this study, generally it showed good results as RMS presented 0.8m/s for speed and 8 degree for direction, and especially when wind was high speed, it presented very good results.

키워드

Ocean wind retrieval, SAR ocean image, CMOD5

I. 서 론

SAR의 해양표면에 대한 영상은 표면바람장과 관련된

대기적 현상 (atmospheric phenomena)에 관한 많은 정보를 가지고 있다. SAR로부터 추출되는 풍속의 정보는 다양하게 이용된다. 예를 들어 선박탐지, oil slick 탐지, 해상

* 부경대학교
** 한국해양연구원

재난 시 인명구조 등과 같은 SAR 영상을 해석하는데 부가적인 정보로 사용되며, 해안이나 하구역과 같은 지역에 대한 적절한 해양기상예보를 개선시킬 수 있으며, 소규모 공간스케일에 걸쳐 연안을 따라 부는 바람의 기후학적 특성을 이해하는데 도움을 주며, SAR로부터 추출되는 해양파(파고)의 정보와 함께 해양-대기 결합모델의 동화자료로 이용할 수 있으며 그리고 대기중력파, 태풍 등과 같은 각종 대기적 현상과 관련하여 해양표면에서의 대기적 과정을 연구하는데 이용될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 초기단계로 우리나라 근해를 연구대상지역으로 설정을 하여 첫째로 Radarsat SAR 자료를 이용하여 해상풍을 산출하고 그리고 둘째로 기 산출된 해상풍 자료와 한국해양연구소의 현장관측 자료를 상호 비교하고 검증하는데 그 목적을 두었다. 연구해역과 검증에 사용한 실측 자료는 우리나라 근해의 한국해양연구소 '실시간 해양 · 기상관측자료'의 관측정점을 중심으로, 각 측정항목별 조사정점은 Fig. 1과 같다.

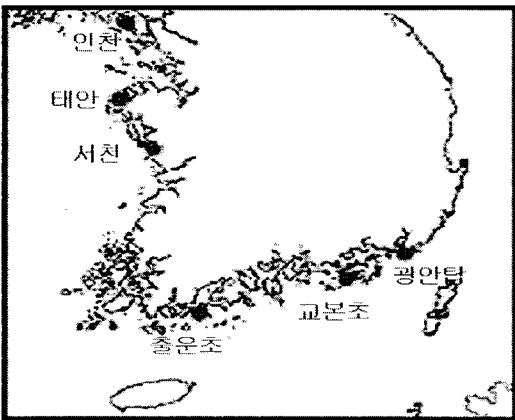


Fig. 1. 비교정점위치도
Fig. 1. Field observation stations.

II. 자료 및 방법

1. 해상풍 산출 방법

1.1 개요

SAR 영상으로부터의 해상풍 관측은 10m 이상의 고해상도의 해상풍 자료를 산출할 수 있으며, 능동 레이다 센서이므로 약기상 및 시 · 공간의 제약조건 없이 해상풍 자료를 얻을 수 있다. SAR 영상으로부터 해상풍을 산출하

기 위해서는 바람산출모델(wind retrieval model)에 SAR 영상으로부터 추출한 풍향 자료와 후방산란계수 값을 입력하여 풍속을 산출하게 되는데 해상풍 산출의 다이어그램은 Fig. 2와 같다.

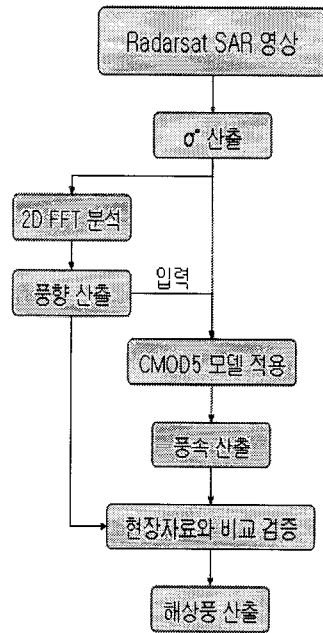


Fig. 2. 해상풍 산출 다이어그램.
Fig. 2. The flow chart for calculation wind.

1.2 후방산란계수 산출

Radarsat SAR의 DN(Digital Number)값과 후방산란계수(σ°)의 관계는 다음의 함수로 표현되어진다[1].

$$\sigma_j^{\circ} = \beta_j^{\circ} + 10 \times \log_{10}(\sin I_j) dB \quad (1)$$

$$\beta_j^{\circ} = 10 \times \log_{10} \{ (DN_j + A3) / A2_j \} dB$$

(1)에서 β_j° 는 레이더 밝기 값 (Radar Brightness)이고 A3는 offset값으로써 일반적으로 0값을 가진다. A2는 j 픽셀에 대한 scaling gain value이고 I는 입사각을 의미한다. 즉, DN값을 이용하여 레이더 밝기 값을 구한 다음 입사각을 고려하여 후방산란계수를 산출하게 된다. 일반적으로

°는 dB 값으로 표현된다.

1.3 풍향 산출

SAR 영상의 표면의 거칠기를 분석하여 선박, oil slick, 내부파를 탐지하는 것이 유용함은 익히 알려져 있는 사실이다. 또한 SAR 영상에서 해수 표면에 바람방향과 평행하게 긴 띠들이 형성되는 바람띠를 탐지할 수 있다. 즉, 해양 표면 위를 지속적으로 부는 바람과 이러한 바람이 만드는 작은 파도들은 해수 표층 내부에 반대 방향으로 회전하는 다수의 길다란 세포순환들을 형성하는데 해수 표층에 수렴대와 발산대를 발생시킴으로서 수렴대와 발산대의 표층에 뚜렷한 거칠기의 차이를 나타냄으로써 바람띠를 나타내게 되는 것으로 이를 랭귀어 순환이라 한다[2].

SAR σ^0 영상을 2D FFT (2 Dimensional Fast Fourier Transform) 분석하여 바람 띠의 주 방향을 분석하여 관심 영역의 풍향을 추출할 수 있다. 즉, 2D FFT 하여 영상을 분석하면 Fig. 3과 같이 높은 에너지 분포를 나타내는 띠를 찾을 수 있고 이의 직각방향이 풍향이 된다. 그런데 높은 에너지 분포의 직각방향은 180도의 모호성을 가지므로 관심 영역에 대한 계절 풍향과 육지의 위치등과 같은 사전 정보를 가지고 있을 필요가 있다[3].

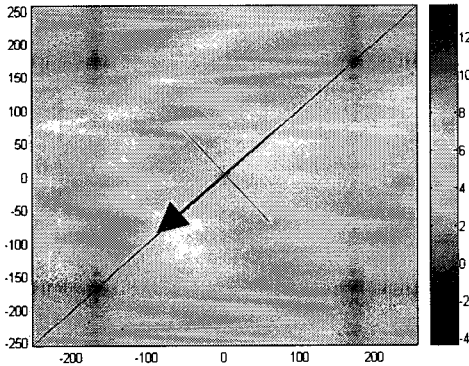


Fig. 3. 2D FFT를 적용한 영상의 에너지 분포와 풍향의 관계.

Fig. 3. The relationship between image spectrum and wind direction using 2D FFT.

2.4 풍속 산출

SAR σ^0 영상과 풍향값을 바람 산출 모델, CMOD5에 적용하여 풍속을 구하였다. 현재까지 가장 많이 사용되어오던 CMOD 모델은 CMOD4인데 CMOD4는 풍속을 성공적

으로 산출해내었다. 그러나 최근에 CMOD5 모델이 새로이 개발되었는데 CMOD5는 높은 풍속 값의 산출에서 많이 개선되었다 [4]. 또한 C 밴드 HH편광 SAR 영상에도 더욱 적합하게 설계된 모델이다. CMOD 모델들은 C 밴드 VV편광을 사용하는 ERS scatterometer를 위한 모델이다. 하지만 Radarsat SAR 영상은 C 밴드 HH편광을 사용하므로 CMOD5에 σ^0 값을 적용하기 전에 HH-VV편광비를 고려하기 위해 아래의 Thompson 식을 이용하여 교정하였다[5].

$$\sigma^0 = \sigma^0_H + 10 * \log 10 \left[\frac{(1 + 2 \tan^2 \theta)^2}{(1 + 0.6 \tan^2 \theta)^2} \right] \quad (2)$$

CMOD5식은 다음과 같다.

$$\sigma^0 = B0 \times (1.0 + B1 \cos \phi + B2 \cos 2\phi)^{1.6}$$

$B0, B1, B2$ 는 풍속의 함수이고, ϕ 는 입사각이다.

III. 결과 및 고찰

1. SAR 영상으로부터의 풍향 및 풍속 산출

해상풍 산출을 위하여 우리나라 연안의 Radarsat SAR 영상과 해양연구원의 실시간 해양·해양기상 관측자료를 비교·검증하였다.

Fig. 4는 2003년 5월 23일 09시 36분의 Radarsat SAR 영상이고 실시간 해양·해양기상 관측자료와의 검증을 위하여 출운초 정점 부근의 해역을 확대한 것이다. 전체 영상의 화소수는 17832*20007로 공간 해상력 3.125m인 Fine Beam의 F2모드 영상이다. 확대한 영상은 풍향 산출을 위해서는 최소한 10km 이상의 영역이 필요하고 2의 배수의 형태 배열이 FFT 분석에 효과적이므로 4096*4096의 배열을 주었다. 2D FFT 영상에서 0도와 180도 방향이 가장 큰 에너지 분포를 보였으므로 이의 직각방향인 풍향은 90도와 270도 풍향을 산출할 수 있었다. 같은 시각에 출운초 정점의 풍향 값은 115.5도로써 SAR 영상에서 산출된 90도와 약 15.5도 정도의 차이를 보였다. 그리고 출운초 정점과 가장 근접한 픽셀의 풍속 값은 7.59m/s로써 실측 값 6.1m/s와 1.49m/s 정도의 차이를 보였다.

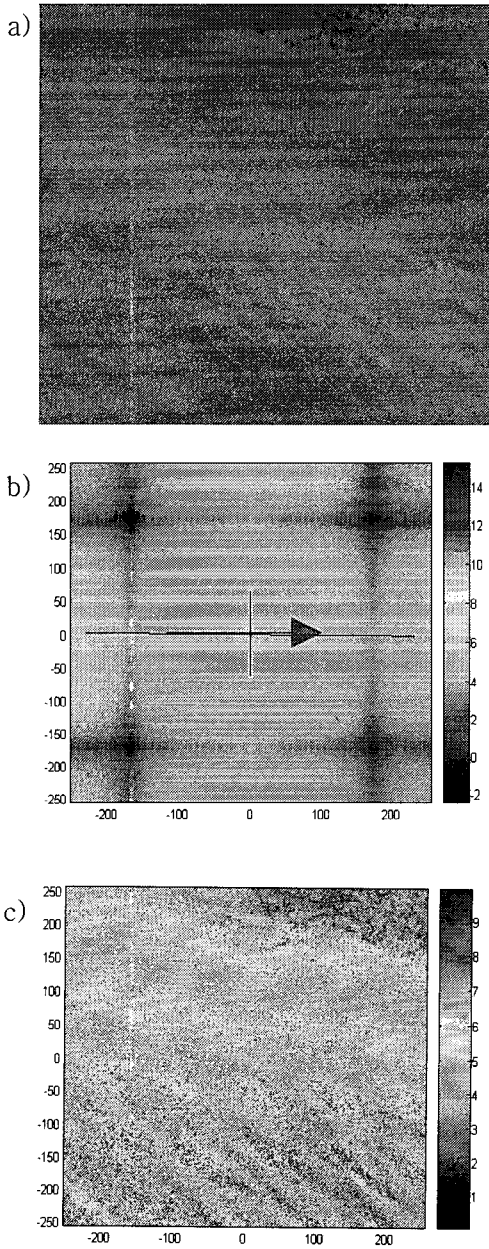


Fig. 4. a) 출운초 부근 해역의 해상풍 산출 결과 (SAR 영상), b) 풍향 산출을 위한 2D FFT 분석 이미지, c) 풍속 산출 영상.

Fig. 4. a) Calculation wind at Chuluncho(SAR image), b) 2D FFT for calculation wind, c) wind speed image.

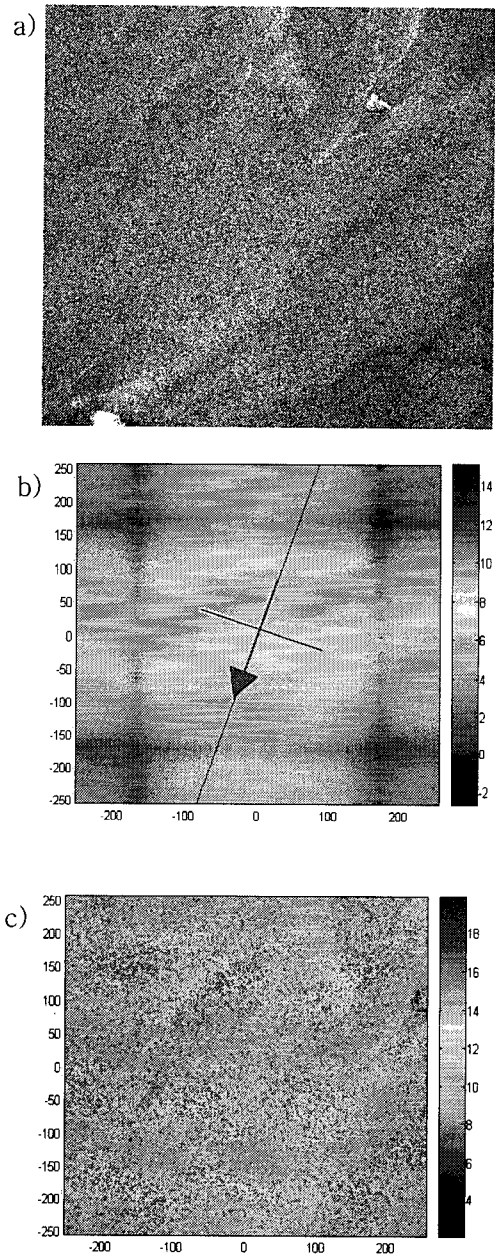


Fig. 5. a) 인천 부근 해역의 해상풍 산출 결과 (SAR 영상), b) 풍향 산출을 위한 2D FFT 분석 이미지, c) 풍속 산출 영상.

Fig. 5. a) Calculation wind at Incheon(SAR image), b) 2D FFT for calculation wind, c) wind speed image.

Fig. 5는 2003년 8월 10일 09시 33분의 Radarsat SAR 영상이고 실시간 해양·해양기상 관측자료 인천 정점 부근의 해역을 확대한 것이다. 본 영상은 Standard Beam S5 영상으로 공간해상력이 8m이다. 전체 영상의 화소수는 14111*13043이고 확대한 영상은 2048*2048의 배열을 주었다. 2D FFT 영상에서 108도와 288도 방향이 가장 큰 에너지 분포를 보였으므로 이의 직각방향인 풍향은 18도와 198도 풍향을 산출할 수 있었다. 같은 시각에 인천 정점의 풍향 값은 202도로써 SAR 영상에서 산출된 198도와 약 4도 정도의 차이를 나타내었고, SAR 영상에서 산출한 풍속은 4.67m/s, 실측값은 4.5m/s로 0.17m/s의 차이를 보였다.

2. 산출된 해상풍 값과 실측값의 비교 및 검증

Table 1은 우리나라 연안을 관측한 SAR 영상으로 산출한 해상풍 값과 실측값을 비교한 표이다. 두 자료간의 RMS는 풍속은 0.8m/s, 풍향은 8도로 나타났다.

Table 1. Radarsat SAR 영상으로 산출한 해상풍 값과 실시간 해양·해양기상 관측 자료와의 비교
Table 1. Comparison wind from Radarsat SAR image and real-time data(marine·marine meteorology)

		SAR		In-situ data	
Time	Location	WS	WD	WS	WD
02/11/02	서천	8.65	246.80	8.6	241.6
03/06/20	교본초	1.196	224.75	3.1	248.9
03/03/30	광안탐	3.30	243.68	4	252.4
03/05/23	출운초	7.59	90.50	6.1	115.5
03/05/06	태안	3.52	44.74	1.4	34.9
03/06/23	인천	5.50	44.72	5.8	54.7
03/07/17	인천	4.92	180.21	3.8	161.7
03/08/10	인천	4.67	198.55	4.5	202
03/06/03	교본초	4.59	225	3.1	230.6

IV. 결 론

해상풍 산출을 위해 본 연구에서 사용한 SAR 영상은 해양연구원 실시간 해양·해양기상 관측 자료와 비교 분석하기 위하여 그 정점을 포함하는 해역들을 선정하여 연

구하였다. SAR를 통해 추출된 해상풍 자료와 실측값의 RMS는 풍속은 0.8m/s, 풍향은 8도로 나타났다. 전체적으로 실측값과 많은 차이를 보이지는 않지만 SAR 영상의 바람 띠를 분석하기 위해 FFT 분석을 위해서는 최소 10km 이상의 영상을 사용하여야만 하였다. 또한 본 연구에서는 우리나라 연안의 Radarsat SAR 영상을 이용하여 바람산출모델 CMOD5를 통해 해상풍 값을 산출하였다. CMOD5는 현재까지 산란계(Scatterometer)와 ERS SAR 위성을 이용해 해상풍을 산출할 때 가장 많이 사용되어오던 CMOD4 모델을 개선한 모델으로써 특히 고품속일 때의 결과에서 많은 개선을 보였다.

SAR 영상을 이용한 해상풍 산출은 악기상, 시·공간의 제약 없이 고해상도의 자료를 얻을 수 있다는데 장점이 있으며 우리나라 전 연안을 대상으로 실시간 모니터링도 가능하므로 향후 Radarsat SAR 영상을 이용하여 실시간 모니터링을 수행할 예정이다. 하지만 SAR 영상은 최소 10m의 해상력을 가지므로 고해상도의 풍향 값 산출을 위한 연구가 필요하다고 사료되어진다. 따라서 고해상도의 풍향 값 산출을 위한 추가적인 연구가 필요한데 최근에 대기모델 및 local gradient를 이용한 정도 높은 풍향 값 산출에 대한 연구를 수행하여 향후 SAR 영상의 장점을 최대한 살리고자 한다.

참고문헌

[1] Radarsat, 2000, Data products specification.
 [2] Vachon, P. W. and Dobson, F. W., 1996, Validation of wind vector retrieval from ERS-1 SAR images over the ocean, The Global Atmosphere and Ocean System, Vol5, pp.177-187.
 [3] Duk-jin Kim and Wooil M. Moon, 2002, Estimation of sea surface wind vector using RADARSAT data, Remote sensing of environment, Vol.80, pp.55-64.
 [4] ochen and Wolfgang, 2003, Ocean Wind Field Retrieval using ENVISAT ASAR Data, Geosience and Remote Sensing Symposium, Vol5, pp.3102-3104.
 [5] Thompson, D. R., Elfouhaily, T. M. and Chapron, B., 1998b, Polarization Ratio for Microwave Backscattering from the Ocean Surface at Low to Moderate Incidence Angles, IGARSS'98, pp.1671-1673.

저자소개



윤 홍 주(Hong-Joo Yoon)

부경대학교 환경해양시스템공학부
위성정보과학과
위성원격탐사공학박사(프랑스 Grenoble
I 대학, 1997)

※ 관심분야 : 위성해양학, 위성기상학, GIS, GPS



박 광 순(Kwang Soon Park)

한국해양연구원 책임연구원
부경대학교 (공학박사, 연안공학,
1993)

※ 관심분야 : 미세퇴적물 이동 역학, 실시간 연안관측망
구축



김 상 익(Sang Ik Kim)

한국해양연구원 책임기술원
부산수산대학교(공학사-환경공학,
1983)

※ 관심분야 : wave analysis, ocean data processing