

# X-밴드 레이더 기반 표층해류 계측 기법 소개

강나윤\* · José Carlos Nieto-Borge\*\* · † 양영준

\*동명대학교 대학원 석사과정, \*\*알칼라 대학교 물리학 및 수학과 교수, † 동명대학교 조선해양공학과 교수

## Introduction of Surface Current Measurement Based on X-band Radar

Na-Yun Kang\* · José Carlos Nieto-Borge\*\* · † Young-Jun Yang

\*Master Course Student, Graduate School of Tongmyong University, Busan Sinseon-ro 428, Korea

\*\*Professor, Department of Physics and Mathematics, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares (Madrid), Spain

† Professor, Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Tongmyong University, Busan Sinseon-ro 428, Korea

**요약** : 본 논문에서는 X-band 레이더 기반 표층해류 계측 기법을 소개한다. 네비게이션 용도로 사용되는 선박용 X-band 레이더를 속초해수욕장에 설치하여 실시간으로 레이더 영상 데이터를 수집하고 표층해류를 해석하였다. 레이더 영상 기반 표층해류(유속) 계측의 정확도를 검증하기 위해 속초해수욕장 앞바다에 설치된 국립해양조사원 해양관측부이 자료와 비교·검증하였다. 2022년 1월, 약 한달 동안 수집된 자료를 활용하였으며, 그 결과 레이더를 이용한 표층해류(유속) 계측의 가능성을 확인하였다.

**핵심용어** : X-밴드 레이더, 표층해류, 고속 푸리에 변환, 최소 자승법

**Abstract** : This paper introduces X-band radar-based surface current measurement technique. A marine X-band radar used for navigation was installed at Sokcho Beach to collect surface current data in real time. Based on this, in order to verify the accuracy of the measurement of surface current (Current speed), the Korea Hydrographic and Oceanographic Agency Marine observation buoy compared it with the data. Data collected from January 2022 were compared and as a result the possibility of surface current(Current speed) measurement using radar confirmed.

**Key words** : X-band Radar, Surface Current, Fast Fourier Transform, Least Squares Method

### 1. 서 론

안전한 해상활동을 위해 파랑계측 자료가 중요하다. 특히, 해수욕장에서 일어나는 사고 중 이안류(Rip Current)로 인한 인명피해가 매해 발생해 정확한 파악과 예측하기 위해서 표층해류(Surface Current) 계측이 필요하다. 공공의 표층해류 계측은 해양관측부이에 ADCP장비를 설치하여 5분 간격으로 유속(Current Speed), 유향(Current Direction)을 계측한다. 부이에서의 계측은 정확도는 높지만 파손과 유실 위험성에 노출되어 있다. X-밴드 레이더는 여러 구역을 지정하여 동시 계측과 실시간 데이터 수집이 가능하다. X-band 레이더로 표층해류 계측의 정확도가 높아진다면 예측 범위가 넓어져 이안류의 예측에 있어 많은 도움이 될 것으로 예상된다.

본 논문은 속초해수욕장에 설치된 X-band 레이더로 실시간 계측한 표층해류 데이터의 정확도 및 가능성을 확인하고자 한다. 표층해류 계측 기법의 이론식 소개 및 해양관측부이 자료 기반으로 유속이 있는 데이터 비교를 통해 X-band 레이더 기반 표층해류 계측의 가능성을 증명하고자 한다.

### 2. 레이더 기반 파랑계측

속초해수욕장에 설치된 X-band 레이더는 속초시에 협조를 통해, 행정지원센터 3층에 위치하고 있으며 Fig.1과 같이 반경 2.2km 범위까지 계측되고 있다. 레이더 해석 구역은 부이의 가까운 위치를 포함한 6개 구역을 지정하여 5분 간격으로 계측하였다.

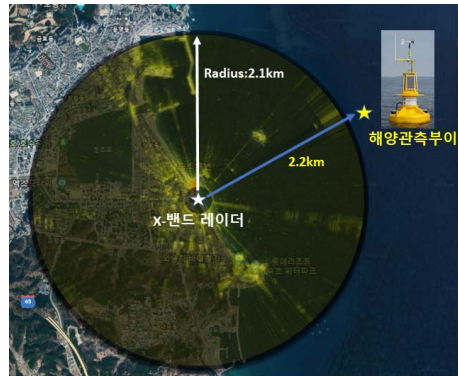


Fig. 1 속초해수욕장 X-band 레이더 위치 및 범위

† 교신저자 : 종신회원, yangyj@tu.ac.kr

\* 정회원, kang0422@tu.ac.kr

### 3. Matlab을 이용한 수치해석

X-밴드 레이더 데이터는 연속계측이므로 신호처리해석이 필요하다. 연속 계측의 이미지를 3차원 고속 푸리에 변환(Fast Fourier transform)방법을 통하여 에너지 스펙트럼을 구할 수 있다 (I. R. YOUNG, W. ROSENTHAL, 1985).

부이 자료 값과 레이더 데이터 값의 오차를 줄이기 위해 최소자승법을 매트랩을 이용하여 수치해석을 진행하였다. 최소자승법의 식은 다음과 같다.(RUNE GRANGESKAR, 2002)

$$J = \sum_{\omega=0}^{\omega_M} \sum_{k_x=-k_{xN}}^{k_{xN}} \sum_{k_y=-k_{yN}}^{k_{yN}} (\Delta\omega)^2 E(k_x, k_y, \omega) \quad (1)$$

$$\Delta\omega = \omega - \sqrt{g|\vec{k}|} - k_x U_x - k_y U_y \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} U_x \\ U_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum E k_x \sum E k_x k_y \\ \sum E k_x k_y \sum E k_y^2 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum E(\omega - \sqrt{g|\vec{k}|}) k_x \\ \sum E(\omega - \sqrt{g|\vec{k}|}) k_y \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 4. 수치해석 결과

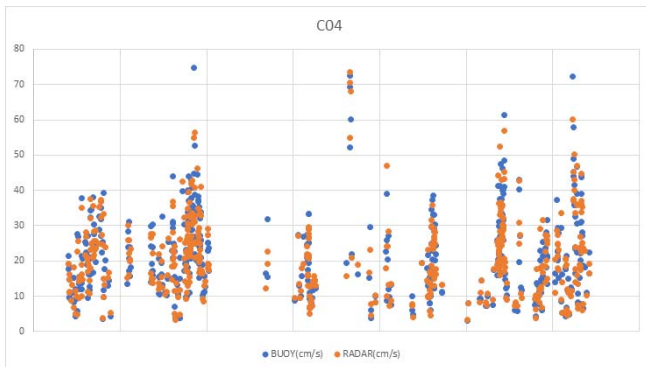


Fig. 2 부이 데이터 및 레이더 데이터 비교 그래프

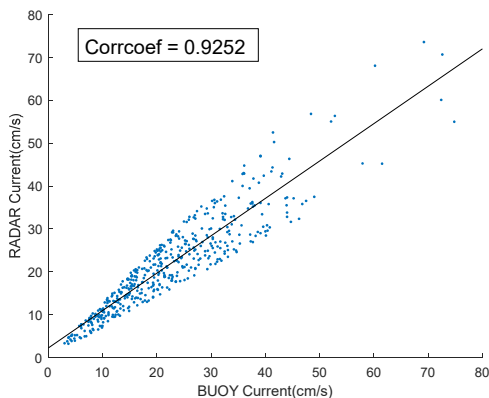


Fig. 3 부이 및 레이더의 상관계수

앞서 (1),(2),(3) 식을 매트랩을 이용하여 레이더 이미지 데이터의 FFT를 하여 수치해석을 진행하였다. Fig.2와 Fig.3은 해양기상부이와 위치가 가까운 C04 구역의 레이더 계측 데이터를 비교 결과이다.

### 5. 결 론

본 논문은 국립해양조사원 해양관측부이 자료(유속)중 2022년 1월 자료와 X-band 레이더 계측 데이터를 비교했다. 부이와 위치가 가까운 C04 구역의 레이더 데이터와 비교를 하여 표층해류 계측의 가능성을 확인해 보았다. 부이와 레이더의 전체해석 및 수치해석을 통해 통계적인 오차를 30% 이하의 데이터를 비교한 결과 0.9252의 상관계수를 형성하여 표층해류 계측의 가능성을 검증하였다. 본 연구를 통해 약 한달 데이터로 표층해류 계측에 있어 가능성을 확인하였다. 앞으로 데이터의 비교 범위를 넓히고 표층해류 계측 데이터의 정확도를 향상시켜 실시간 표층해류 계측을 증명하고자 한다.

### 참 고 문 헌

- [1] I. R. YOUNG, W. ROSENTHAL(1985) “A Tree-Dimensional Analysis of Marine Radar Images for the Determination of Ocean Wave Directionality and Surface Current ” JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.. 90, NO. C1, PAGES 1049-1059, JANUARY 20
- [2] Rune Grangeskar(2002), “Ocean Current Estimated From X-Bands Radar Sea Surface Images” IEEE TRANSACTIONS ON AND REMOTE SENSING, VOL. 40, APRIL
- [3] Christian M. Senet, Jorg Seemann, Friedwart Ziemer(2001) “The Near-Surface Current Velocity Determined from Image Sequences of the Sea Surface” IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING, VOL. 39, NO. 3, MARCH
- [4] Zhongbio Chen, Biao Zhang, Vladimir Kudryavtsev, Yijun He, Xiaoqing Chu(2019) “Estimation of Sea Surface Current from X-band Marine Radar Images by Cross-spectrum Analysis” Remote Sens
- [5] Cristina Lido de la Muela(2017), “ANALYSIS OF SEA SURFACE FEATURES BY USING X-BAND RADAR DATA SETS” Enero

본 연구는 2022년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임 [S2950374]  
 본 논문은 2022년 해양경찰청 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(클라우드 기반 차세대 VTS 통합 플랫폼 개발)