

# 위성자료(Topex/Poseidon, NOAA)를 이용한 한반도 주변해역의 해수면 및 해수온변화 연구

윤홍주, 조한근, 이봉식, 정영덕

부경대학교 위성정보과학과

## Variations of Sea Level and Sea Surface Temperature in the Korea seas Peninsula using Satellite Data(Topex/Poseidon and NOAA)

Hong-Joo Yoon, Han-Keun Cho, Bong-Sic Lee and Young-deok Jeong  
Department of Satellite Information Sciences, Pukyong National University

### 요 약

특히 한반도 주변해역의 해수면과 해수면온도의 상승률은 지구평균 상승률 보다 높다. 보통 해수면과 해수면온도는 여름철과 가을철에 높게 나타나고 봄과 겨울에는 낮은 분포를 보인다. 스펙트럼분석을 통해서 뚜렷한 연주기 성분이 나타났으며, 반년주기와 계절적 원인에 의한 주기 성분도 나타났다. 위성자료와 실측자료와의 비교에서 해수면은 연안에 위치한 목호(0.323)를 제외하고는 추자도와 울릉도에서 각각 0.686, 0.780으로 높은 상관성을 나타냈으며, 해수면온도는 목호, 추자도, 울릉도에서 각각 0.92, 0.894, 0.815로 모두 높은 상관성을 나타냈다. 해수면온도와 해수면간의 상관성 분석은 1993년에서 2000년 까지 비교하였다. 그 결과 두 자료간의 상관성은 0.77정도로 나타났고, 해수면온도 값이 해수면 값보다 보통 1개월~3개월 정도 빠르게 나타났다.

### ABSTRACT

SLA and SST is high in summer and fall, it is low in spring and winter. The clearly annual period shows through the power spectrum density. A semi-annual period and seasonal period appeared, too. At sea surface variation of satellite data(Mean Sea Level Anomaly) and in-situ data, coefficient-correlation show 0.323 at Mukho which is located in the coastal. Chujado and Ulleungdo is a 0.686 and 0.780, retentively. A coefficient-correlation of SST show higher than sea surface variation as Mukho-0.920, Chujado-0.894 and Ulleungdo-0.815. A comparison between SST and MSLA show 0.77, SST appeared faster about 1 to 3 months than MSLA.

Keyword : MSLA, SST, time-serise, PSD.

### 서 론

최근 지구 온난화와 관련하여 해양의 기후변화가 기후계 전체에 어떠한 영향을 끼치는지에 대한 관심이 높아졌다. 온난화는 해양의 기후를 변화시키고 해양재해 및 해양환경 파괴를 가져다주고 해양생태를 교란시킨다. 이러한 온난화 현상은 해수면과 해수온의 증가를 가중시킨다. 특히, 해수면은 기후변화의 장기적인 변동성을 파악할 수 있는 기본 지수가 된다. 따라서 지속적인 모니터링을 통하여 한반도 주변해역에 대한 해수면 및 해수온 변화의 변동성을 예측할 필요성이 높아지고 있다(Barnett, 1984).

NOAA와 Topex/Posidon의 자료들은 해양의 다양한 규모의 현상을 연구·조사하는데 대단히 유용하게 사용되고 있다(Bernstein *et al.*, 1982; Rapp *et al.*, 1991; Rapp *et al.*, 1992; Le Provost *et al.*, 1994; Mazzoni, 1993; Yoon, 1997).

본 연구의 목적은 NOAA/AVHRR의 해수온 자료와 Topex/Posidon 위성에서 얻은 해수면 편차를 나타내는 MSLA 자료를 관측소에서 측정한 값과 비교하여 위성자료의 객관성을 검증하고, 10년 이상 장기 관측된 위성자료의 활용하여 한반도 주변해역의 해수면과 해수온의 계절 및 연변화의 변동 특성 및 상관성을 파악해 기후변화에 관한 특성을 파악하는데 있다.

### II. 자료 및 방법

한반도 주변해역은 쿠로시오해류의 영향을 크게 받고, 중국연안에서 흘러나오는 연안수의 영향을 많이 받는다. 그래서 연구대상해역을 Fig. 1과 같이 한반도 주변해역, 동지나 해와 일본 남해까지 설정하였다.

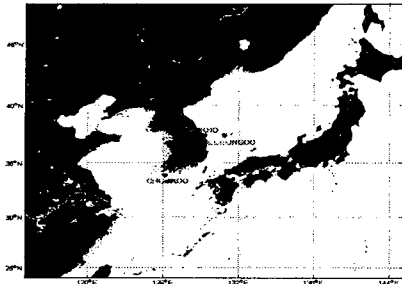


Fig. 1. Map shows the studied area.

해수면높이의 변화를 파악하기 위하여 사용된 위성 자료는 Topex/Poseidon의 MSLA(Map of Sea Level Anomaly)자료이다. 이 자료는 CNES로부터 지원되는 AVISO에서 제공하는 CLS Space Oceanography Division and Distributed에 의해 만들어진 자료이다. 그리고 실측자료는 국립해양조사원에서 관측한 울릉도(37°29' 36" N, 130°54' 50" E), 묵호(37°32' 51" N, 129°07' 07" E), 추자도(33°57' 31" N, 126°18' 08" E)지역 조위관측소의 T/G자료를 이용하였다. T/G 자료는 위성데이터와 비교하기위해 Anomaly data로 바꿔 주었다.

해수면온도의 변화를 보기 위해 NOAA자료와 국립수산과학원에서 관측한 정선해양관측자료 중 울릉도, 묵호, 추자도와 가장 근접한 106선11점, 106선04점 그리고 203선01점의 해수면온도 자료를 비교하였다. NOAA 자료는 PODAAC(Physical Oceanography Distributed Active Archive Center)에서 제공하는 NOAA/AVHRR 자료이다. 해수면높이자료는 1993년부터 2002년까지, 해수면온도 자료는 1991년부터 2000년까지의 자료를 사용하였다.

이 지역에서의 해수면변화와 와동류 현상을 파악하기 위하여 RMS(Root Mean Square) 공식을 이용하였다. RMS 는 중규모스케일에 있어서의 주요한 해양 역학적 현상들(meander, mixing turbulence, eddy, sea level variability, 해류의 이동과 속도변화, mass transport) 등에 대한 변화특성들을 잘 이해할 수 있게 해준다. RMS 식은 다음과 같이 주어진다.

$$RMS(i, j) = \sqrt{\frac{1}{N} (h_k(i, j) - h(i, j))^2}$$

여기서  $h_k(i, j)$ 는 고려된 점에서 위성의 각 픽셀에 대한 해수면,  $h(i, j)$ 는 고려된 점에서의 평균 해수면,  $N$ 은 주기의 횟수이다. 따라서 RMS 는 해수면( $h_k$ )의 평균 해수면( $h$ )에 대한 차의 값이다.

계절평균에서 각 계절의 구분은 봄(3월, 4월, 5월), 여름(6월, 7월, 8월), 가을(9월, 10월, 11월) 그리고 겨울(12월, 1월, 2월)로 구분하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 해수면의 변화 특성

Fig. 2는 T/P MSLA의 파워스펙트럼 분석결과이다. 그림에서 365일 주기가 가장 뚜렷하게 나타났고, 160일, 100일, 80일 주기 등이 나타났다. 365일 주기는 연주기 성분을 나타내는 것이고, 160일 주기는 반년 주기 성분으로 생각되며, 100일, 80일 주기는 계절 적 원인과 조석 분조에 의한 영향으로 사료된다.

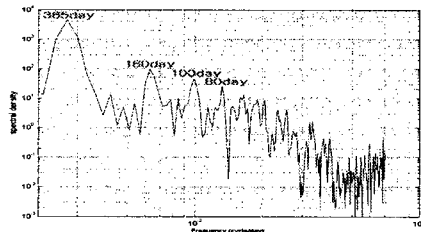


Fig. 2 Power Spectrum Density of MSLA.

Table 1은 추자도, 묵호, 울릉도에서의 T/P와 T/G 자료의 시계열 분석을 나타낸 것이다. Table 1에서 보는 것처럼 연안에 위치한 묵호에서의 상관계수는 0.323으로 거의 상관성이 없는 것으로 나타났으며 비교적 외해에 위치한 추자도와 울릉도에서는 각각 0.636과 0.780으로 높은 상관성을 나타냈다.

Table 1. Correlation coefficient of T/P and T/G

	Correlation coefficient
Chujado	0.636
Mukho	0.323
Ulleungdo	0.780

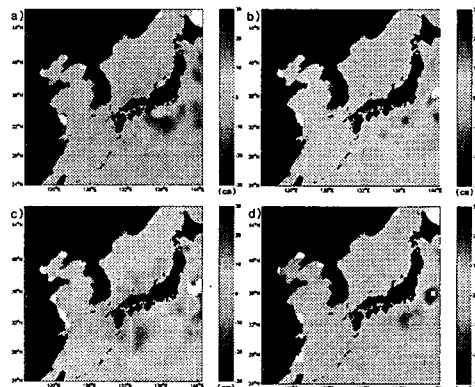


Fig. 3. Seasonal average of MSLA, a) spring, b) summer, c) fall and d) winter.

Fig. 3은 전 조사시간의 해수면편차에 대한 계절평균이다. 봄과 겨울은 평균값보다 낮았고 여름

과 가을이 높게 나타났다. 이것은 여름과 가을에 해당하는 계절에 해수면온도의 상승과 중국 연안에 위치한 양자강과, 황하강의 유출수가 많아지는 여름과 가을철에 강 하구를 따라 제주도 주변해역을 지나 한반도 남해까지 영향을 미치기 때문이다.

2. 해수면온도의 변화 특성

Fig. 4는 NOAA MCSST 자료에 대한 스펙트럼분석이다. MSLA처럼 연주기(365day), 반년주기(181day)가 가장 뚜렷하게 나타났고, 계절변화(120day, 100day)와 조석분조에 의한 영향이 나타났다.

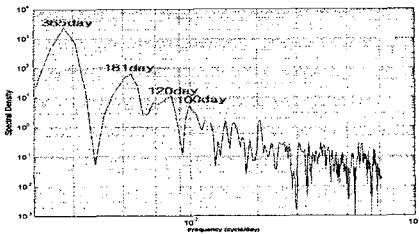


Fig. 4. Power Spectrum Density of MSLA.

Table 2는 해수면온도와 해수면과 상관성을 보기 위하여 울릉도, 묵호, 추자도에서 위성자료와 실측자료를 각각 비교한 것이다. 해수면편차에서와는 다르게 해수면온도는 전 조사지점에서 0.815~0.920정도의 높은 상관 값이 나타났는데 이것은 T/P가 연안에서는 그 정도가 낮게 나타나기 때문인 것으로 사료된다.

Table 2. Correlation coefficient of NOAA and Serial Oceanographic Data

	Correlation coefficient
Chujado	0.920
Mukho	0.894
Ulleungdo	0.815

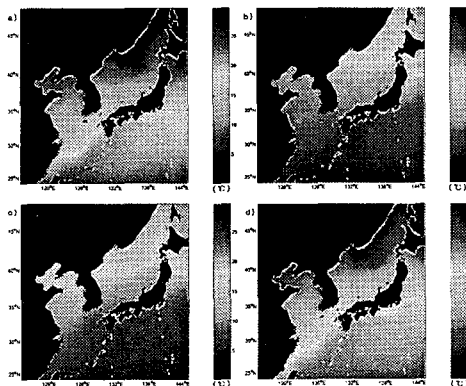


Fig. 5. Seasonal average of SST, a) spring, b) summer, c) fall and d) winter.

Fig. 5는 해수면온도의 계절 평균값이다. 해수면온도에서도 해수면편차의 계절 평균처럼 여름과 가을에 높은 온도분포를 보였다.

3. 해수면편차와 해수면온도의 비교 분석

1) 시계열 분석

Fig 6은 해수면편차와 해수면온도 두 위성자료간의 시계열 분석이다. 시계열 분석은 두 위성자료의 조사기간이 다르기 때문에(Topex/Poseidon : 1993~2002, NOAA/AVHRR : 1991~2000) 1993년부터 2000년까지의 자료를 비교하였다. 두 자료간의 상관성은 0.77로서 높은 상관성을 보임으로서 해수면온도와 해수면편차는 서로 밀접한 관계를 나타내었다. 그림에서 보듯이 해수면온도 값은 해수면편차 값보다 보통 1개월~3개월 정도 빨리 나타난다. 이를 통해 해수가 온도에 더 민감하게 반응한다는 것을 알 수 있었다.

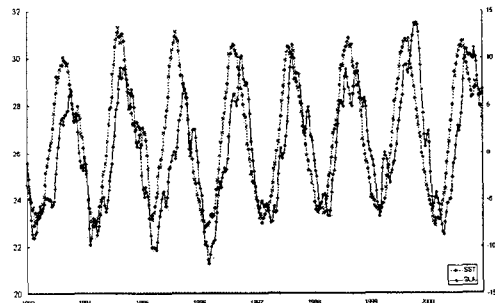


Fig. 6. Time-serise of SLA and SST.

2) RMS의 비교분석

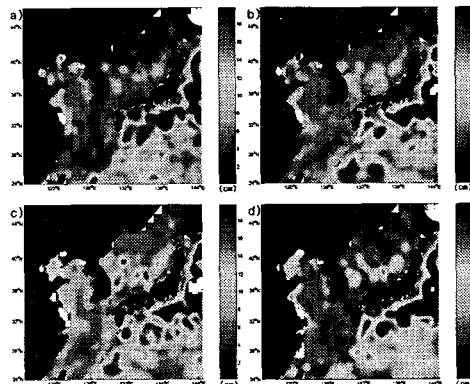


Fig. 7. RMS of MSLA, a) spring, b) summer, c) fall and d) winter.

Fig. 7은 해수면의 RMS 계절별 변화이다. 한반도 주변해역에서 북한한류와 쿠로시오해류가 만나는 지점인 동해안에서 전 계절에 걸쳐 RMS 값이 높게 나타난다. 그리고 서해에서의 낮은 수심으로 인해 높은 RMS 값이 나타난다.

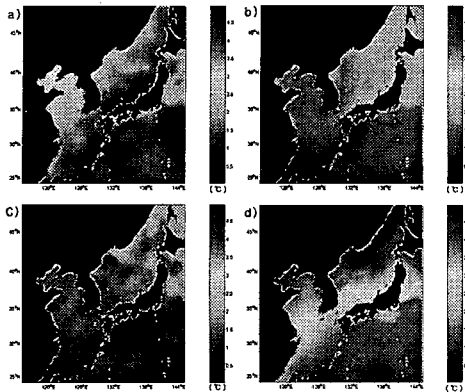


Fig. 8. RMS of SST, a) spring, b) summer, c) fall and d) winter.

Fig. 8은 해수면온도의 계절별 RMS 값이다. 전반적으로 해수면온도의 높은 변화는 대륙 가까이에서 발생하는데 그 이유는 대륙성기후의 영향을 받아서 외양에 비해 온도변화가 크게 발생하기 때문이다. 계절적으로 보았을 때는 여름과 가을은 난류의 영향이 연구해역 전반에 미쳐 온도 변화가 크지 않으나 봄과 겨울에는 북쪽에서 내려오는 한류의 영향이 세지고 난류의 영향은 약해져 상대적으로 북쪽의 해양에서 온도변화가 크게 나타나는 것으로 보인다.

### 결 론

스펙트럼분석을 통하여 한반도 주변해역에서는 365일과 같은 뚜렷한 연주기 성분이 해수면과 해수면온도에서 나타난다. 또한 180일과 160일 같은 반년주기의 성분과 120일, 100일 등의 계절주기성분의 영향이 분명하게 나타난다고 볼 수 있다.

실측자료와 위성자료와의 비교에 있어서 해수면자료인 Topex/Poseidon 고도계자료는 연안에서는 0.383(목호)과 같이 거의 상관성이 없다고 볼 수 있으며 0.686(추자도), 0.780(울릉도) 등의 높은 상관성은 비교적 외해에 위치한 곳에서 나타난다. 해수면온도에 대한 실측값과의 비교는 해수면편차에서와는 다르게 0.89(울릉도), 0.92(추자도), 0.85(목호)로 높게 나타났다.

전 조사기간에 대한 계절별 평균값은 여름과 가을철이 높게, 봄과 겨울은 낮게 나타난다. 이러한 원인으로는 해수면 값에 대해서는 여름과 가을철에 세력이 강해지는 쿠로시오해류와 중국 연안에서 흘러나와 한반도 남해까지 영향을 미치는 중국대륙연안수 그리고 한국 남해안에서 흘러나오는 연안수 등을 원인으로 볼 수 있다. 해수면온도에서도 비슷하게 쿠로시오 해류 및 북한 한류 등을 원인으로 볼 수 있다.

해수면편차와 해수면온도간의 상관성 분석은

0.77로서 서로 밀접한 관계를 보이면서 해수면온도의 변화 값이 해수면편차보다 1개월~3개월 정도 빠르게 나타남으로서 해수가 온도에 더 밀접하게 반응을 하는 나타내고 있다.

향후 연구 방향으로는 두 자료간의 조화분해 및 RMS 분석, 그리고 한반도 주변해역에서 특이한 변화를 나타내는 해역을 중심으로 그 해에 나타난 이상기후를 분석하고자 한다.

### 사 사

본 논문은 2006년 항공우주연구원 위성자료 공공활용 연구비에 의하여 연구되었습니다.

### 참 고 문 헌

- [1] 윤홍주, 조한근, 안유환., 2005. 위성자료와 경험적교합수를 이용한 제주도 주변해역의 중국대륙연안수 영향 연구, 대한원격탐사학회지, 21(6) : 469~482.
- [2] 윤홍주, 조한근., 2005. 위성자료를 이용한 제주도 주변해역에 나타나는 중국대륙기원 양자강 유출수(저염수)에 관한 연구, 한국지리정보학회지, 8(4) : 33~43.
- [3] 최용규, 신문섭, 이병걸, 2000. 인천 연안역의 수온 및 염분의 계절 변화, 한국환경과학회지, 9(2) : 131~136.
- [4] AVISO, 1995. Aviso Users Handbook : Sea Level Anomaly files, Technical Report, AVI-NT-011-312-CN, Edition 1.
- [5] Barnett, T. P., 1984, The estimation of global sea level change: A problem of uniqueness, J. Geophys. Res., 89: 7870-7988.
- [6] Bernstein, R. L., Born, G. H. and Whritner, R. H., 1982, Seasat altimeter determination of ocean current variability. J. Geophys. Res., 87: 3261-3268.
- [7] Le Provost, C., Genco, M., Lyard, F., 1994 Spectroscopy of the world ocean tides from a finite element hydrodynamic model, J. of Geophys. Res., TOPEX/POSEIDON Special Issue.
- [8] Yoon, H. J. and Byun, H. K., 2005, Temporal and Spatial Variations of SST and Ocean Fronts in the Korean Seas by Empirical Orthogonal Function Analysis, KJRS, 21(3) : 213~219.
- [9] Rapp, R. H., Wang, Y. M., Pavlis, N. K., 1991, High resolution gravity models combining terrestrial and satellite data, Department of Geodetic Science and Surveying, The Ohio State University, Columbus, USA.