

한국 동해 해역의 조위계 현장자료와 Topex/Poseidon

위성자료간의 비교 연구

윤홍주

여수대학교

Comparison between In-situ data(Tide gauge) and Satellite data(Topex/Poseidon) in the East Sea

Hong-Joo Yoon

Yosu National University

E-mail : yoonhj@yosu.ac.kr

요 약

한반도 동해의 외해역(울릉도) 및 내해역에서(포항 및 묵호)의 조사된 T/P 해면자료와 TG해면자료 간의 상관성이 각각 어떻게 나타나는가를 파악하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 이때의 1992년 10월부터 1997년 12월까지 관측된 T/P자료와 TG자료를 각각 이용하였다. 본 연구로부터 우리는 다음과 같은 몇 가지 결과를 알 수 있었다. 1) 비교적 조석의 영향이 우세한 내해역에 위치한 포항 및 묵호가 외해역에 위치한 울릉도에 비해서 낮은 상관성을 보였다. 이러한 큰 차이는 M2, S2, K1 분조 등에 의한 조석변형 때문에 발생하는 현상이다. 이것은 주로 T/P자료에 기인하는 조석오차이다. 2) 조석변형 때문에 발생하는 신호는 해양신호와 관계없는 잘못된 거짓신호로서 이를 제거하기 위해서는 lowpass filter를 적용하는 것이 좋다. 대체로 외해역의 경우는 60일, 120일, 180일, 200일의 필터를 순차적으로 처리함에 따라 상호 두 자료간의 유의성이 점차적으로 개선되는 것을 알 수 있었으나, 내해역의 경우에는 거의 유의성이 개선되지 않는 것으로 나타났다. 3) 200일의 필터를 처리했을 때, 외해역에 위치한 울릉도는 상관값이 0.91로 매우 높은 유의성을 보였고, 그리고 내해역에 위치한 포항 및 묵호는 각각 0.58 및 0.65로서 울릉도에 비해서 상대적으로 낮은 유의성을 보였다.

키워드

조위 현장자료, 위성 고도계자료, 해수면 변화, 신호처리 및 필터링

I. 서 론

해양에서 Altimeter를 이용한 위성관측은 해양의 동적인 변화를 객관적 및 체계적으로 파악하고 이해하는데 도움을 준다. Topex/Poseidon(이하 T/P)위성의 고도계 자료를 활용할 경우, root mean square (RMS) 기준으로 약 3.2 cm의 정확도를 확보하는 것이 가능하다[1]. 따라서 T/P 위성으로 작은 규모의 해수순환에서부터 엘니뇨와 같은 대규모의 해수면 변화까지 자세하게 관측하는 것이 가능하게 되었다. 이미 한반도 주변 해역 및 일본과 중국지역을 중심으로 관측된 T/P와 TG자료의 연계성을 여러 가지 관점에서 비교 확인한 바 있다. 본 연구에서는 비교적 조석간만의 차이가 완만하여 조위자료의 관측이 용이한 동해

안 지역의 주요 조위관측점들 (울릉도, 포항, 속초, 묵호지점)을 중심으로 관측된 조위계 (tide gauge: 이하 TG) 자료와 이들 지점에 가장 인접한 지점으로부터 추출한 T/P 자료 (T/P-MGDR) 간의 동일지점에서의 비교해석을 수행하였다. 본 연구를 통해, 한반도 동해안 지역에서 관측되는 T/P와 TG 자료의 연계성을 분석하고, 이를 통해 T/P자료의 객관성에 대한 검정을 시도할 수 있는 근거를 제시하고자 하였다.

II. 자료 및 방법

본 연구에서는 동해안 지역의 TG 및 T/P자료를 이용하여 유추한 각각의 해수면 자료를 통해

그 차이점을 비교 분석하고자 하였다. 이를 위해, 1992년부터 1997년까지 국립해양조사원에서 관측한 울릉도 (37-29-34N, 130-54-53E), 포항 (36-01-04N, 129-23-57E), 속초 (38-12-15N, 128-35-48E)/목호 (37-32-51N, 129-07-07E) 지역 조위관측소의 TG 자료를 확보하였다.

연구에 사용된 TG 자료는 조위관측소 내에 설치된 우물형 조위계로 관측한 것으로, 이는 기계적으로 필터된 해수면 운동을 우물안 부표의 움직임에 따라 관측하는 방식이다. 비교 분석에 사용된 이들 각 관측점들에 대한 위치는 그림 1에 개별적으로 제시하였다. 본 연구에 사용된 조사대상 해역은 조석현상이 강한 지역으로 조석변형에 의한 오차를 적절히 제거하는 작업이 중요하다. 이들 TG 자료는 조화 분석된 자료를 추출하여 T/P 자료와의 비교에 사용하였다[2]. 해수면 고도의 객관성을 검증하기 위한 목적으로, T/P 고도자료는 시간적으로 TG 자료와 동일한 연구대상기간을, 공간적으로는 TG 자료의 조위관측소에 대해서 위·경도 $\pm 0.5^\circ$ (약 55km)의 범위 내에서 선택하여 평균한 값을 사용하였다.

T/P고도에 대한 해석에는 CD version으로 나온 MGDR 자료를 활용하였다. T/P의 1 cycle을 T/P가 지구 전체를 순환하는데 소요되는 약 10일의 기간으로 간주할 경우, 각 CD에는 3 cycle씩의 자료가 포함되어 있다. TG자료와의 체계적인 비교분석을 위해, 이들과 동일한 기간대에 해당하는 T/P MGDR (Merged Geophysical Data Record) 자료를 추출하여 분석하였다

III. 결과 및 토의

본 연구에서는 조석변형 오차에 따라 해수면 고도자료의 차이가 크게 나타나는 사실을 검증하기 위해 수행하였다. 외해역에 위치한 울릉도와 내해역에 위치한 포항 및 목호를 각각 선택하여 T/P 및 TG 자료를 상호 비교했다.

1. 외해역에서의 비교

Fig. 1은 울릉도에서 1992년 10월부터 1997년 12월까지 관측된 T/P 자료와 TG자료를 크기가 다른 윈도우 (60, 120, 180, 200일)를 적용하여 비교 분석한 결과이다. 여기서 1시간 간격으로 관측된 조석관측 해수면 자료는 115개 분조를 대상으로 조화분석을 수행하여 짧은 주기의 조석성분들(일주조, 반일주조 성분)을 제거한 후, 가우시안 필터를 적용하였다.

비교대상점 가운데 육지에서 가장 멀리 위치한 울릉도 지점의 경우, 가우시안 필터를 적용한 결과가 60일에서 120일, 180일, 200일로 갈수록 T/P 고도자료와 조위계에 의해 관측된 해수면 자료간에 비교적 잘 일치함을 확인 할 수 있다. 이러한 분석결과는 양 지점간에 유사성이 뚜렷이 나타난

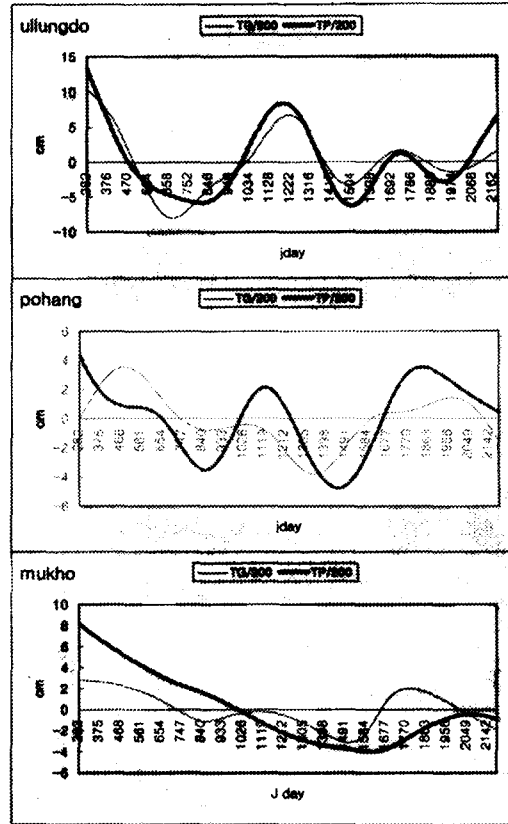


Fig. 1. Comparisons between TG and T/P in Ullungdo after the filtering of (a) 60 days, (b) 120 days, (c) 180 days and (d)200 days, respectively.

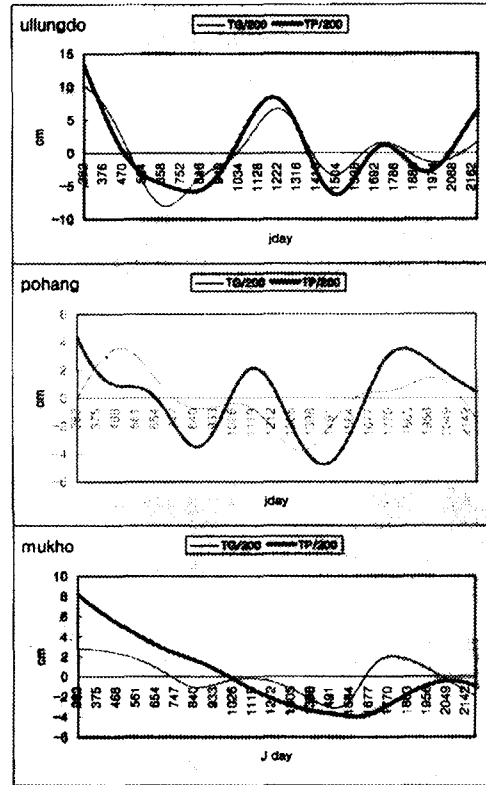
다는 것을 의미하는데, 이 지역은 조석현상이 비교적 약한 지역으로서 거짓신호의 영향이 미비하다는 것을 나타낸다. 특히 200일 저주파(장주기) 필터를 적용할 경우 T/P자료는 조위계 해수면을 잘 재현한다. Table 1은 3개의 조사대상점에 대한 T/P자료와 TG자료를 각각 크기가 다른 윈도우를 적용하여 계산한 상관계수(correlation), 유의확률(t-value, p-value)을 보여준다. 실제로 울릉도 자료에서 가우시안 필터를 적용한 결과의 최초 상관계수는 0.57 (60일)인데 반해, 주기가 확장됨에 따라 0.62 (120 일), 0.86 (180일), 0.91 (200 일)로 개선되는 것을 확인할 수 있다. 또한 200일에서 상관계수의 p-value의 유의확률이 0(zero)을 보이므로 상관계수의 값이 통계적으로 매우 유의하다고 이야기할 수 있다. 즉 200일 가우시안 필터에서 가장 잘 일치하며 그 보다 더 큰 주기의 해양신호는 잘 보존하는 것으로 보인다.

Table 1. Results of correlation analysis between T/P and TG data sets obtained from three comparative measurement sites(N= 1904 matching pairs for each comparison site)

	Pohang	Mukho	Ullungdo
60			
r	0.26	-0.18	0.57
t-value	11.50	-7.80	30.64
P-value	1.19E-29	1.03E-14	5.61E-168
120			
r	0.16	0.07	0.62
t-value	6.96	2.99	34.06
P-value	4.75E-12	2.83E-03	5.95E-199
180			
r	0.50	0.56	0.86
t-value	25.26	29.38	74.87
P-value	1.21E-12	9.06E-15	0.00E+000
200			
r	0.58	0.65	0.91
t-value	31.00	37.59	97.38
P-value	3.89E-17	8.61E-23	0.00E+000

2. 내해역에서의 비교

울릉도 지점에서의 T/P와 TG의 가우시안 필터 결과가 적용기간의 길이가 가장 긴 200일에서 상당히 높은 수준의 일치도를 보이는데 반해, 상대적으로 육지에 인접한 포항과 묵호 지점의 결과는 상당히 다른 양상을 나타내었다. 물론 이들 지역에서도, 필터의 적용기간이 늘어남에 따라 양 자료간의 일치도가 증가하는 것이 비교적 뚜렷한 경향성을 보이지만(Table 1), 200일의 가우시안 필터를 적용한 경우에도 포항지역의 상관계수가 0.58, 묵호는 0.65로 울릉도 지역에서 관측된 0.91에 훨씬 못 미치는 수준이라는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 그림으로는 나타내지 않았지만 60일, 120일, 180일에 걸쳐서 조석 관측자료에 나타나지 않은 일정한 주기의 강한 신호가 T/P자료에서 발견되는 것을 알 수 있는데, 이는 해양신호와 관계 없는 잘못된 신호로서 거짓신호가 제거되지 않았기 때문에 나타나는 현상이다. 이러한 현상은 M2, S2, K1 분조 등에 의한 조석변형 때문에 발생하는 현상이다[3]. 이들 지역에서 상대적으로 T/P와 TG 자료의 일치도가 떨어진다는 사실은 세 비교대상구에 대한 200일 가우시안 필터를 적용한 결과를 제시한 Fig. 2에서 뚜렷하게 확인할 수 있다. 이와 같은 결과는 양 관측방식으로부터 구한 자료의 차이를 어느 정도 설명할 수 있는데, 특히 T/P 자료와 TG자료의 일치성이 내해역에서 보다 외해역에서 높게 나타난다는 사실과 일치하는 결과이다.



참고문헌

- [1] Fu, L. -L. and R. Glazman, 1994, The effect of the degree of wave development on the sea state bias in radar altimetry measurement, J. of Geophys. Res., 96, 829-834.
- [2] Bel, C., 1995, Natural Environment Research Council, POL/PSMSL Tidal Analysis Software Kit 2000
- [3] Park, Y. H. and L. Gamberoni, 1995, Large-scale circulation and its variability in the South Indian Ocean from Topex/Poseidon altimetry, J. of Geophys. Res., 100, C12, 24911-42929.

Fig. 2. Comparisons between TG and T/P after the filtering of 200 days in (a) Ullungdo, (b) Pohang and (c) Mukho, respectively.