

# 다중 위성 자료를 활용한 해수면온도(SST) 합성기법 개발 연구

오은경\* · 양찬수\*\*†

\*, \*\* 한국해양연구원 해양위성센터

## Study on Merging Method of SSTs Using Multi-satellite Data

Eun-Kyung Oh\* · Chan-Su Yang\*\*†

\*, \*\* Korea Ocean Satellite Center, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan P.O. BOX 29, Seoul, 425-600, Korea

**요 약 :** 본 연구는 다중 위성 자료를 활용한 해수면온도 합성 기법에 대한 연구이다. 현재 많은 연구자들이 사용하고 있는 NGSST 알고리즘은 위성에 따른 정확도를 고려하지 않고 시·공간 상관도만을 계산하여 해당 픽셀의 값을 추정한다. 본 연구에서는 위성 센서별로 가지고 있는 정확도를 추가로 고려한 해수면온도 합성기법을 제안하고 기존 알고리즘과의 비교를 수행하였다. 합성장을 산출하는데 사용된 센서는 적외 센서인 MODIS, AVHRR 그리고 마이크로파 센서인 AMSR-E를 사용하였고, 2011년 4월 4일을 기준으로 5km의 공간해상도를 갖는 일일 해수면온도 합성장을 비교하였다. 부이와의 비교 결과, 기존 방법(NGSST Method)과 제안 방법(New Method)에 의한 표준편차는 각각 0.15°C와 0.12°C이었다. 또한 기존 방법보다 제안 방법에 의한 해수면온도 값은 연안을 제외한 대부분의 해역에서 다소 높게 산출이 되었다. 현 단계에서 정량적인 평가는 어렵지만, 본 연구를 통하여 해수면온도 합성기법에 대한 연구 방향이 제시되었다고 판단된다.

**핵심용어 :** 해수면온도, 다중 위성, 합성기법, MODIS, AVHRR, AMSR-E

**Abstract :** This study introduces a technique to merge three different sea surface temperature(SST) data obtained from multi-satellite sensors. NGSST algorithm, the most popular method of related society, estimates a center pixel of target SST using temporal and spatial correlations, excluding SST accuracies according to sensing methods or properties of satellites. We suggest a merging method of SST to consider the accuracy by satellite or sensor with a comparison with NGSST method. The data used for a merged daily SST with spatial resolution of 5km was applied from three different satellite sensors such as MODIS, AVHRR and AMSR-E from April 2 to 4, 2011 around the southern coast of Korea. Results of the comparisons showed that the new method is higher than the NGSST method and its STDEV represents a comparatively low value. In future we are planning to compare and analyze the datasets during the daytime as well as nighttime over total cycle of the day.

**Key Words :** Sea surface temperature, Multi-satellite, Merging method, MODIS, AVHRR, AMSR-E

### 1. 서 론

해수면온도(SST) 자료는 기후 변화 연구나 수치예보에 중요한 기본 자료로 활용되고 있어 정확한 해수면온도에 대한 요구가 증가하고 있다(Emery et al., 2001, Lee and Ahn, 2001). 부이나 선박에 의한 실측 자료는 그 정확성에도 불구하고 공간적인 제약으로 이용가치가 제한되고 있다는 점 때문에 위성으로부터 얻는 해수면온도 자료를 활용해 시·공간적으로 연속적인 합성 연구가 활발히 진행 중이다.

Guan and Kawamura(2004)는 다중위성을 활용해 정확도 높은 합성장을 산출하는 연구를 통하여 NGSST자료 생산의 기초

를 마련하였다. 이 방법은 객관분석(Objective analysis) 방법을 위성에 적용한 것으로, 이미 산란계(Scatterometer) 해상풍과 해수면 고도 자료 처리에도 적용되었던 방법이다(Kelly and Caruso, 1990, Le Traon et al., 1998).

관측 및 위성 해수면온도 자료들의 한계점을 서로 보완할 수 있도록 융합하여 시공간 고해상도의 정확도 높은 해수면온도 자료를 산출하는 연구가 진행 중에 있는데(<http://www.ghrsst.org>), 우리나라에서도 정지 및 극궤도 위성을 이용한 해수면온도 합성 연구가 활발하다(국립기상연구소, 2009). 지금까지는 합성기법적인 측면에서 연구가 주로 이루어져 왔지만 앞으로는 합성장의 정확도 향상과 현장자료와의 연계에 대한 연구가 필요하다.

NGSST의 근간이 되고 있는 Guan and Kawamura(2004)의 합성식에서는 추정할 픽셀에 대한 주변픽셀들을 선택할 때,

\* 대표저자 : 정희원, oek313@kordi.re.kr, 031-400-7773

† 교신저자 : 종신회원, yangcs@kordi.re.kr, 031-400-7678

시·공간상의 상관도만을 고려하여 해수면온도를 추정하였다. 즉 합성에 적용할 픽셀들의 우선순위를 정하는데 있어 센서별로 가지고 있는 정확도를 포함하지 않았다.

본 연구에서는 위 과정에서 시·공간상의 상관도뿐만 아니라 센서별로 가지는 정확도를 추가로 적용하여 해수면온도 합성장을 산출하였다. 따라서 같은 시·공간 상관도를 가지더라도 센서의 정확도가 높은 해수면온도 값일 경우 우선순위가 높게 산출된다. 여기서는 2011년 4월 2일부터 6일까지의 분석기간 동안 MODIS, AVHRR과 AMSR-E의 해수면온도 자료를 사용하여 합성장을 산출하여 얻어진 결과를 기존 방법과 부이관측자료를 활용하여 비교했다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 합성 자료

본 합성 연구에 이용된 위성 해수면 온도 자료는 극궤도 위성인 NOAA/AVHRR(National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer)의 MCSST(Multi Channel Sea Surface Temperature)기반 해수면온도, Terra&Aqua/MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) 해수면온도와 Aqua/AMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer - Earth Observing System) 해수면온도 자료이다. AVHRR과 MODIS는 한국해양연구원 해양위성센터에서 처리한 자료이고, AMSR-E는 NSIDC(<http://nsidc.org>)에서 다운로드하였다.

Table 1은 합성에 사용된 각 센서에서 산출한 해수면온도 자료에 대한 특성이다.

Table 1. Characteristics of satellite sensors used in this study

	MODIS /Aqua & Terra	AVHRR /NOAA- (15~19)	AMSR-E /Aqua
Spatial resolution	1 km	1 km	25 km
Temporal resolution (per day)	5~6	13~20	3~4
Sensor /Orbit	Infrared /Polar	Infrared /Polar	Microwave /Polar
Depth	~ μm	~ μm	1 mm

MODIS와 AVHRR 해수면온도 자료는 공간 해상도가 1km로 공간해상도가 25km인 AMSR-E에 비해 해상도가 좋지만, 적외 센서로 산출한 자료이기 때문에 구름으로 인해 해수면온도 값이 낮게 산출되는 해수면온도 값은 제거된다. 반면에 AMSR-E 해수면온도 자료는 마이크로웨이를 이용한 센서를 사용하기 때문에 구름역에서도 해수면온도 값이 산출되지만,

해안선 주변으로 해수면온도 값을 산출하지 않는다는 단점을 가진다.

사용된 위성자료는 2011년 4월 2일부터 6일까지 5일간에 대해서 이루어졌으며, AVHRR은 79개, MODIS는 30개, AMSR-E는 25개가 사용되었다. 합성기준일은 4월 4일로 하여 현장자료와 비교를 하였다.

본 연구에서는 합성 시 각 위성 해수면온도의 정확도에 따라 가중치를 고려하였는데, Sakida et al.(2009)에 적용된 RMSE 값과 오차값(Square error value)을 합성식에 적용하였다. AVHRR에 대한 RMSE값은 0.89, MODIS는 0.84 그리고 AMSR-E는 0.86을 사용하였다.

Table 2. Data structure of the merged SST field

Projection	Mercator
Range of latitude	31.77~41.37 N
Range of longitude	120.84~132.99 E
Spatial resolution	5 km
Temporal resolution (per day)	1
Line/Sample	213/216

Table 2는 서로 다른 3종류 위성 해수면온도를 합성하여 산출한 자료의 데이터 구조를 나타낸다. 한반도를 중심의 영역을 선택하였고, 공간해상도는 약 5km로 설정하였다. 분석 영역은 Fig. 1에서와 같이 한반도 중심으로 위도 31.77N에서 41.37N까지, 경도 120.84E에서 132.99E의 범위이다.

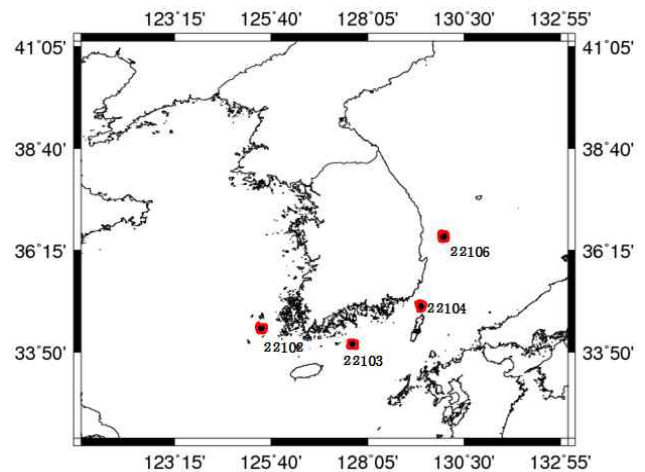


Fig. 1. Research area and buoy positions used as *in-situ* data.

Fig. 1의 4개점들은 부이 위치와 식별번호를 나타낸다. 부이 관측데이터는 기상청에서 제공하는 것으로 1시간 간격으로 산출되는 수온자료를 사용하였다. 본 연구에서 합성장의 시간 해상도는 1일이므로 부이관측 자료의 24시간 평균치 자료가 비교에 사용되었다.

## 2.2 합성 방법

합성 방법은, 먼저 각각 다른 공간 해상도를 가지고 있는 3종류의 해수면온도 데이터를 5km의 공간해상도로 변환하고 노이즈 필터링을 한다. 그리고 센서별 정확도와 시·공간 상관도 값을 이용해 해수면온도 합성을 수행한다.

### 1) 위성자료 전처리

전처리 작업 중에서도 필터링 작업과 작업 순서에 따라 결과물간의 정확도 차이가 큰데, 이러한 전처리를 하기 위해서 여러 위성에서 산출되는 해수면온도에 따라 나타나는 오류 특성을 파악할 필요가 있다.

Fig. 2는 Fig. 1과 같은 영역의 MODIS와 AVHRR 해수면온도 이미지를 나타낸 것으로 2가지의 오류 패턴을 보여주고 있다. MODIS 자료에는 해수면온도 산출이 끝나는 지점에서 음수 값을 나타내는 걸 확인할 수 있는데, 이는 센서 특성으로 인해 산출되는 오류로 필터링을 해주어야 한다. AVHRR 일일 합성 자료에서는 중간 중간마다 오류가 큰 값들이 존재함을 확인할 수 있는데, 이 오류 값을 필터링 하기 위해 식(1)을 적용하였다.  $i$ 는 픽셀 인덱스 값이다.

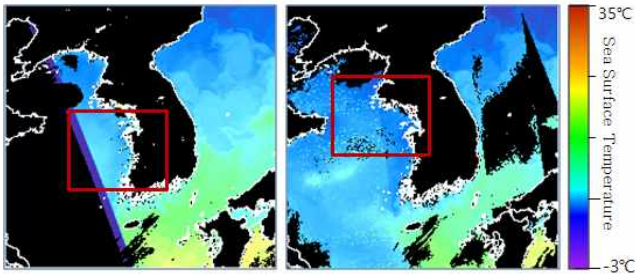


Fig. 2. Errors in SST images. Red rectangular box represents error patterns: MODIS(Left) and AVHRR(Right) daily composite images obtained on April 5, 2011.

$$|SST_i - \overline{SST_i}| \leq 1K \quad (1)$$

$3 \times 3$  행렬을 지정해 박스의 중앙값과 박스 안의 픽셀들의 평균값의 오차값에 절대치를 취한 값이  $1K$  이상 차이가 날 경우, 중앙값의 해수면온도 값을 제거하는 방법으로 모든 픽셀에 적용시켰다.

전처리는 세 위성의 해수면온도 모두 음수 값을 제거하는 필터링 작업을 한 후, 일일합성 자료를 만들기 위해 평균치를 낸 다음 공간해상도 5km로 리샘플링 작업을 수행하였다. 이때 쓰인 보간법은 보간 할 점의 주위 16개 관측점의 픽셀 값을 이용하여 3차회선함수에 적용시켜 보간하는 3차회선 보간법을 사용하였다. 3차회선 보간에서 사용되는 식은 식(2)와 같다.

$$f(x) = \begin{cases} (a+2)|x|^3 - (a+3)|x|^2 + 1 & 0 \leq |x| \leq 1 \\ a|x|^3 - 5a|x|^2 + 8a|x| - 4a & 1 \leq |x| \leq 2 \\ 0 & 2 \leq |x| \end{cases} \quad (2)$$

마지막으로 육지부분을 마스킹하였다.

### 2) 해수면온도 합성

본 연구에서는 각 위성별 RMSE값에 의거한 가중치를 식(3)을 적용하여 계산하였다. 식(3)은 Guan and Kawamura(2004)가 GMS, NOAA 그리고 TRMM 자료의 해수면온도 합성연구에 활용한 식이다.

$$SST_{merging} = CA^{-1}(\phi - M) + M \quad (3)$$

여기서,  $C$ 는 교차상관행렬(Matrix of cross correlation),  $A$ 는 자기상관행렬(Matrix of autocorrelation),  $\phi$ 값은 해수면온도, 그리고  $M$ 은 평균가중치(Weighted mean) 값이다. 교차상관행렬  $C$ 는 식(4)와 식(5)로 산출된다.

$$C(r) = (1-r^2)\exp\left(\frac{-r^2}{2}\right) \quad (4)$$

$$r^2 = \left(\frac{\Delta x}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{T}\right)^2 \quad (5)$$

여기서,  $L$ 과  $T$ 는 추정하고자 하는 픽셀 기준으로 주어진 공간거리와 시간거리의 한계치이고,  $t$ 는 각 일일평균 합성 위성 자료가 가지는 시간거리, 그리고  $x$ 와  $y$ 는 추정할 픽셀위치에 대한 경도 및 위도에 대한 차이 값이다.

본 연구에서는 교차상관계수를 산출에 관한 식(4)에 정확도를 적용시키기 위해 센서별로 가지고 있는 오차 평균 제곱 값을 적용한 변환식 식(6)를 이용해 교차상관계수 값을 산출하였다. 여기서,  $a$ 값은 센서별로 가지는 실측치데이터와의 오차 평균값에 제곱을 한 값이다.

$$r^2 = \left(\frac{\Delta x}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t}{T}\right)^2 + \left(\frac{a}{A}\right)^2 \quad (6)$$

본 연구에서는  $L$ 과  $T$ 의 값을  $1^\circ$ , 5일로 적용하였고,  $a$ 값은 AVHRR은  $0.3^\circ\text{C}^2$ , MODIS는  $0.3^\circ\text{C}^2$ , AMSR-E는  $0.5^\circ\text{C}^2$ 를 적용하였다(Sakida et al., 2009).

Guan and Kawamura(2004)에서 쓰인 식(5)로 교차상관계수 값을 산출 할 때, 같은 위치, 같은 날짜의 픽셀일 경우 교차상관계수 값이 센서별로 똑같이 산출되는 특성을 보이지만, 식(6)를 이용해 교차상관계수를 구할 경우, 같은 위치의 같은 날짜의 픽셀이라고 해도 교차상관계수를 구할 때, 각 센서별 정확도 값이 적용되어 AMSR-E 자료의 픽셀 보다 MODIS와 AVHRR 자료 픽셀의 교차상관계수 값이 더 높게 산출된다.

즉, 기준이 되는 픽셀로부터 상관성이 존재한다고 분석된 거리  $L$  이내, 시간  $T$  이내의 자료 중에서도 정확도가 높은 센서일 경우 교차상관계수 값을 높여주도록 적용하였다. 위 변환식을 적용함으로써, 정확도가 비교적 더 높은 센서에서 산출한 해수면온도 값에 대한 가중치가 높아주었다.

교차상관계수가 높은 순으로 25개의 자료 정보를 가져와 합성식에 적용하게 되는데, 식(4)와 식(6)으로  $1 \times 25$ 인 교차상관행렬을 산출하고,  $A^{-1}$ 는  $25 \times 25$ 인 자기상관행렬의 역행렬로 식(7)로 산출한다(Sakaida et al. 2009).

$$A_{mn} = ee_{mn}\delta_{mn} + \exp(-r_{mn}^2) \quad (7)$$

식(7)에서  $ee$ 값은 각 위치에 해당되는 오차들의 평균한 제곱값이다.  $\delta$ 값은 Kronecker delta로  $m$ 과  $n$ 의 값이 같을 경우, 1이 할당되고, 그렇지 않을 때 0이 할당된다.  $r^2$ 값은 교차상관계수 값이고,  $\phi$ 값은 교차상관계수가 큰 순으로  $25 \times 1$ 의 위성 해수면온도 값들에 대한 행렬이다. 마지막으로  $M$ 은 평균가중치 값으로, 교차상관계수가 높은 25개의 자료와 각각의 위치에 따른 RMSE값을 이용해 산출하였다. 가중평균값을 구하는 식은 식(8)과 같다.

$$M = \sum_{25}^i w_i T_i, \quad w_i = \frac{\frac{1}{\epsilon_i^2}}{\sum_j \frac{1}{\epsilon_j^2}} \quad (8)$$

여기서,  $\mathcal{E}$ 값은 각각의 센서에 따른 RMSE값,  $T$ 는 해당되는 해수면온도 값이다. Fig. 3은 센서별 합성 작업 순서도이다. NaN 값을 가지는 해상도 5km인 합성장을 생성한 후 합성장에서 육지인 부분은 모두 특정 음수 값으로 할당 처리를 한 뒤, 합성장에서 음수 값을 가지지 않는 픽셀만 해수면온도 값을 차례로 추정한다. 추정할 픽셀 기준으로  $L$ ,  $T$  이내의 자료의  $t$ ,  $x$ ,  $y$ ,  $sensor$  정보를 수집하는데, 여기서  $t$ 값은 합성 기준일은 0값을 가지고 기준일로부터 앞날은 1을 뺀 값, 다음 날은 1을 더한 값을 가진다. 즉, 기준일 합쳐 5일 자료를 합성하였으므로 -2부터 2까지의 값을 가진다.  $x$ ,  $y$ 는  $t$ 값과 해당 센서 값이 가지는  $x$ 좌표,  $y$ 좌표 값이다.

해수면온도 값을 추정 할 때 프로그램 상에서 가장 시간이 소요되는 부분은 교차상관계수에 따른 내림차순으로 정렬하는 부분인데,  $L$ ,  $T$  영역 중 교차상관계수 값이 높은 순으로 25개만 정렬하면 되기 때문에 본 연구에서는 가장 큰 값을 차례로 가져와 정렬하는 선택적 정렬을 사용하였다.

이렇게 추정하고자 하는 픽셀 기준으로 주어진  $L$ 값과  $T$ 범위 안의 교차상관계수가 높은 순으로 25개를 이용해 식(3)을 적용시킨다. 만약 자기상관행렬의 역행렬이 존재하지 않을 경우 가중평균값을 추정할 픽셀 값에 할당시킨다. 모든 픽셀에 대해 추정이 완료되면 합성장이 산출된다.

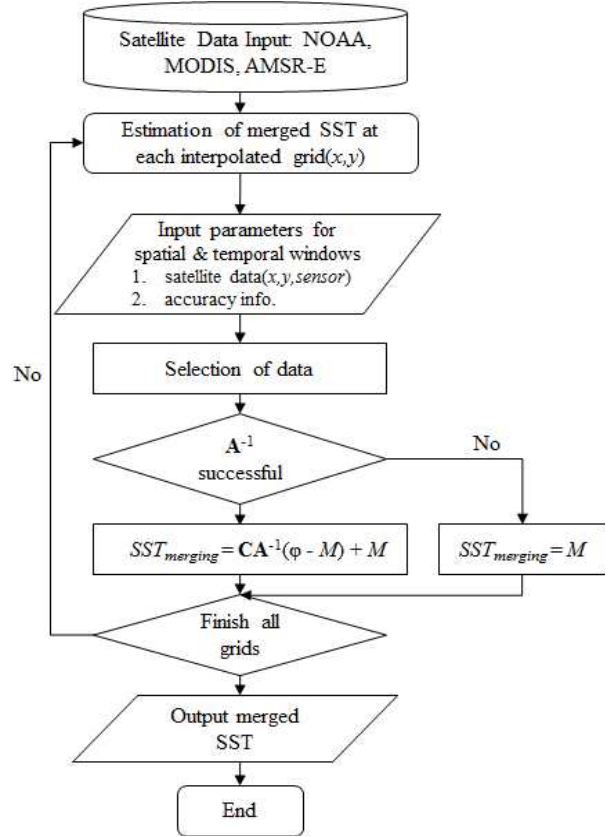


Fig. 3. Processing flow chart for retrieving the merged SST.

### 3. 해수면온도 합성장 비교

위 2가지 합성 방법에 따라 Fig. 1과 같은 영역에 대해 산출된 해수면온도 합성장은 Fig. 4와 같다.

여기서는 Guan and Kawamura(2004)에서 제시된 교차상관계수를 이용하는 NGSST 생산방식(식(5))과 본 연구에서 제안한 합성장 생성방식(식(6))의 비교를 하였다. 먼저 Fig. 1에서 보여지는 4점의 부이에서 관측되는 해수면온도와 비교가 이루어졌다. 그리고 2가지 결과를 직접 비교하였다. 이것은 교차상관계수에 센서별로 가지고 있는 해수면온도 정확도를 추가로 고려했을 때의 차이를 보기 위한 것이다.

Table 3은 식(5)에서 산출된 합성장(NGSST Method)과 식(6)을 사용한 합성장(New Method)에서 부이관측 일일 해수면온도 평균치를 뺀 값을 나타낸다. 이 오차값들에 대한 표준편차는 각각  $0.15^\circ\text{C}$ 와  $0.12^\circ\text{C}$ 로 나타났다.

제안 방법을 통해 획기적인 개선이 이루어졌다고 할 수 없지만, 해수면온도 합성장을 생성하는데 있어 위성별 특성을 반영하기 위한 방향이 제시되었다. 부이와의 절대비교를 위해서는 추후 정밀 검토가 필요하다.

Fig. 5는 식(5)를 이용하여 산출한 합성장(NGSST Method)에서 식(6)을 사용한 합성장(New Method)을 뺀 값을 보여준다.  $-0.5$ 도 미만의 음(-)의 값을 갖는 영역이  $0.5$ 도 이상의 양



(+)의 값을 갖는 영역보다 훨씬 많은 것을 알 수 있다. 즉 여기서 제안한 방법은 NGSST 생산방법보다 비교적 높은 값을 보이는 경향이 있다. 특히, 연안과 외해의 수온이 비교적 높은 해역에서 그 경향은 뚜렷하다.

이와 같은 분포의 주된 이유는 AMSR-E 데이터에 대한 가중치와 관련이 있다고 판단된다. 여기서 테스트한 기간에 해상도가 낮은 AMSR-E는 다른 위성에 비해서 비교적 낮은 수온 값을 보였으나, 본 논문에서 제시된 방법에서는 그 영향을 줄이도록 설계되어 있다.

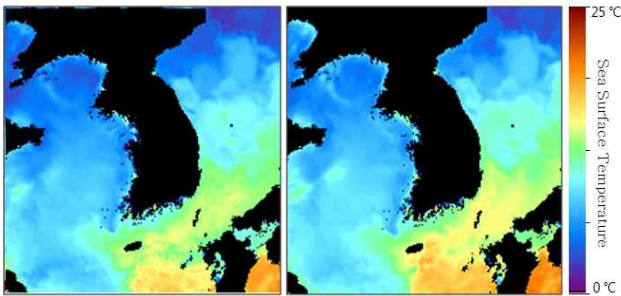


Fig. 4. Merged SST results using Eq. 5(Left) and Eq. 6(Right).

Table 3. Error comparison between merged SST and *in-situ* buoy SST

Buoy ID	Error(Merged SST - Buoy SST)	
	NGSST Method (°C)	New Method (°C)
22102	-0.19	-0.10
22103	0.14	0.13
22104	-0.14	-0.13
22106	-0.07	-0.06

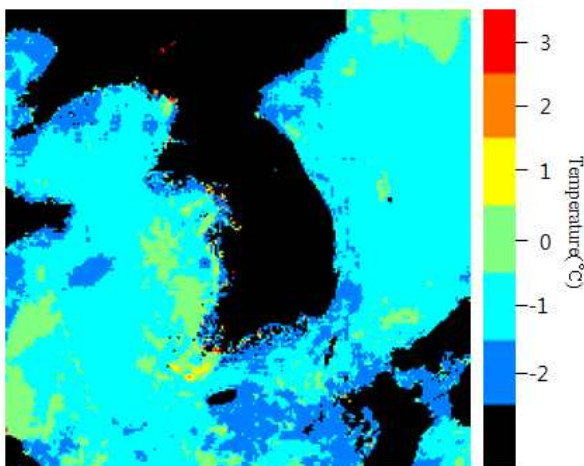


Fig 5. The SST difference image between merged SSTs using Eqs. 5 and 6: NGSST Method - New Method.

향후 한반도 주변 해역에 대한 부이자료를 이용하여 위성별 가중치를 다시 결정하는 것과 수온의 일주변화를 고려하는 것이 필요하다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 다양한 해양 현상들의 연구 분야로의 정확도 높은 위성 해수면온도 활용 극대화를 위하여 센서 특성이 다른 위성 해수면 온도 자료로 합성을 시도하였다.

선형회귀 모형에서 최소제곱법에 의하여 모수의 선형불편 추정량이 얻어졌을 때, 이 추정량은 최소분산을 갖는다는 Gauss-Markov 이론에 근거한 식(3)을 사용하였고, 시공간 해상도 5km 일평균 합성장을 산출하였다. 식(6)을 사용해 추정할 픽셀에 대한 주변 픽셀들을 수집해 합성식을 적용한 합성장과 부이관측 자료와의 4지점 표준편차 값은 0.12°C로 나타났다. 이 결과는 본 연구에서 사용한 변환식 식(5)를 적용한 합성장과 부이자료의 오차값들의 표준편차값인 0.15°C와 비교하였을 때, 더 좋은 결과를 얻었다는 걸 알 수 있다.

본 연구는 합성 알고리즘 개발과정에 대한 논리적인 접근을 하고, NGSST 생산 알고리즘과의 비교를 통해 알고리즘 개발 연구하는데 목표를 두고 있다.

본 연구 결과는 일변화를 고려하지 않은 결과이다. 더 정확한 비교, 분석 결과를 산출하기 위해 분석 기간을 늘리고 시간 해상도를 8시간이하로 낮춰 낮, 밤 시간으로 나눈 다음 분석 할 필요성이 있다.

#### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 연구개발사업 ‘운용해양(해양예보)시스템 연구’, 한국해양연구원 기본연구사업(PE98671), 공공수탁사업(PG47610)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 또한 많은 부분에서 유익한 조언을 해주신 익명의 심사자께 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- [1] 국립기상연구소(2009), 고해상도 위성산출물 생산 및 대기 환경정보 산출 기반기술 연구, 관측기술 지원 및 활용 연구(1), p. 26.
- [2] Emery, W. J., S. Castro, G. A. Wich, P. Sschluessel and C. Donion(2001), Estimating sea surface temperature from infrared satellite and in situ temperature data, *Bull. Amer. Meteo. Soc.*, 82, pp. 2773-2785.
- [3] Guan, L. and H. Kawamura(2004), Merging satellite infrared and microwave SSTs-Methodology and evaluation of the new SST. *J. Oceanogr.*, 60, pp.

905-912.

- [4] Kelly, K. A. and M. J. Caruso(1990), A modified objective mapping technique for scatterometer wind data. *J. Geophys. Res.*, 95, pp. 13483-13496.
- [5] Le Traon, P. Y., F. Nadal and N. Ducet(1998), An improved mapping method of multisatellite altimeter data. *J. Atmos. Oceanic. Technol.*, 15, pp. 522-534.
- [6] Lee, Y. H. and M. H. Ahn(2001), The impact of high resolution SST on the performance of temperature prediction in a shortage prediction, *J. Kor. Meteo. Soc.*, 37, pp. 607-619.
- [7] Sakaida, F., H. Kawamura, S. Takahashi, T. Shimada, Y. Kawai, K. Hosoda, and L. Guan(2009), Research and development of the NewGeneration Sea Surface Temperature for Open Ocean(NGSST-O) product and its demonstration operation. *J. Oceanogr.*, 65, pp. 859-870.

---

원고접수일 : 2011년 07월 21일

원고수정일 : 2011년 09월 09일

게재확정일 : 2011년 09월 22일