

인공위성고도계 자료에 의한  
해면고도 변화 연구(II)  
: BRAT 활용

Studies on the Variation of Sea Surface Height  
derived from Satellite Altimeter Data(II)  
: Using BRAT

2008. 5. 31

한국해양연구원

# 제 출 문

한국해양연구원장 귀하

이 보고서를 “인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(Ⅱ): BRAT 활용”과  
제의 보고서로 제출합니다.

2008. 5. 31

주관연구기관명 : 한국해양연구원

주관연구책임자 : 변상경

연 구 원 : 김철수

” : 김봉채

” : 신창웅

## 보고서 요약서

과제고유번호	BSPE97906-1823-1	해당단계 연구기간	1년 5개월(2007.1-2008. 5)	단계 구분	2년 / 3년
연구사업명	중 사업명	기본연구사업			
	세부사업명	2007년도 연구정책 및 지원사업			
연구과제명	대과제명	인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(Ⅱ): BRAT 활용			
	세부과제명				
연구책임자	변상경	해당단계 참여연구원수	총 : 5 명 내부 : 4 명 외부 : 1 명	해당단계 연구비	정부: 50,000 천원 기업: 천원 계: 50,000 천원
		총연구기간 참여연구원수	총 :     명 내부 :     명 외부 :     명	총 연구비	정부: 천원 기업: 천원 계: 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국해양연구원 해양환경연구본부		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서 면수	178
<p>TOPEX/POSEIDON(T/P)과 JASON-1(JA-1)에 의해 관측된 고도계자료를 활용하고자 2차년도인 본 연구기간동안에는 GDR자료 수집을 계속하였고 인공위성고도계 자료를 손쉽게 처리할 수 있도록 제작된 학습서인 기본레이더고도계도구(BRAT: Basic Radar Altimetry Toolbox)를 도입하고자 하였다.</p> <p>본 연구기간동안 프랑스의 CLS로부터 CD 또는 DVD 형태로 배포하고 있는 GDR 자료를 입수하였다. 수집된 자료의 총량은 161GB에 달하는데 초기T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10.4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집하였다.</p> <p>또한 1991년 이후 발사된 ERS-1와 후속 위성으로부터 해표면고도를 측정할 수 있도록 PC 용 자료처리 프로그램으로 제작된 학습용인 BRAT를 도입하고 시험하였다. 이 프로그램은 수집된 CD나 DVD자료로부터 해당 위성자료의 독취, 처리과정, 시각화, 그래프사용자접속 등 기능별로 독자적이거나 또는 연속적으로 작업할 수 있도록 되어 있다.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한 글	TOPEX/POSEIDON, JASON-1, 고도계자료, 지구물리자료, BRAT			
	영 어	TOPEX/POSEIDON, JASON-1, Altimeter data, GDR, BRAT			

# 요 약 문

## I. 제목

인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(Ⅱ): BRAT 활용

## II. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구의 최종목표는 인공위성 고도계 자료를 이용하여 해수면 높이 변화를 1 - 2cm이내의 오차로 추정할 수 있는 기술을 개발하는 것이다. 이를 위해 TOPEX/POSEIDON(T/P)과 JASON-1(JA-1) 위성에 탑재된 고도계(altimeter) 자료를 연구대상으로 하였고, 본 연구기간인 제2차년도에는 Geophysical data record (GDR) 자료의 지속적인 수집과 이를 처리하는 학습용 자료처리프로그램인 BRAT 도입을 추진하였다.

해양 관측은 해양 특유의 특성인 어려운 접근성, 광대한 공간성, 그리고 지속적인 변화성으로 인하여 육상이나 대기관측에 비하여 막대한 비용이 소요된다. 해양조사의 세계적인 추세는 많은 인력, 비용, 시간이 소요되고 때로는 위험부담도 따르는 전통적인 조사선 관측보다는 넓은 해역을 동시에 망라할 수 있는 인공위성관측방법이 최근 보편화되고 있다.

그러나 한반도 주변 해역을 대상으로 해표면 고도 관측자료를 직접 적용할 때 단주기 해양현상, 조석, 지오이드, 대기상태 등에 기인된 연구가 미흡하여 정밀도가 떨어지는바, 정밀도를 수 cm 이내로 향상시키고 우리나라 해역을 준 실시간으로 모니터링하여 해황변동을 예측하고 장기기후변동에 따른 중장기 해양이변 신호를 사전 감지하기 위해서는 많은 선행연구가 필요하다.

## III. 연구개발의 내용 및 범위

- Altimeter자료 수집(T/P:1992~2005년, JA-1: 2002~현재)
- 학습용 Altimeter자료 분석 SW인 BRAT 도입

## IV. 연구개발결과

TOPEX/POSEIDON(T/P)과 JASON-1(JA-1)에 의해 관측된 고도계자료를 활용하고자 2차년도인 본 연구기간동안에는 GDR자료 수집과 학습용 자료처리프로그램인 BRAT도입을 추진하였다.

수집된 자료의 총량은 143Gbyte에 달하고 보관형태는 3종류로 구분되는데, 초기 T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10. 4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집되었다.

또한 1991년 이후 발사된 ERS-1와 후속 위성으로부터 해표면고도를 측정할 수 있도록 PC용 자료처리 프로그램으로 제작된 학습용인 BRAT를 도입하고 시험하였다. 이 프로그램은 수집된 CD나 DVD자료로부터 해당 위성자료의 독취, 처리과정, 시각화, 그래프사용자접속 등 기능별로 독자적이거나 또는 연속적으로 작업할 수 있도록 되어 있다.

## V. 연구개발결과의 활용계획

연구결과는 다음과 같은 분야에서 직접적으로 활용될 수 있다.

- 공간변화 연구로 소용돌이와 전선이동 등 중규모 해양현상 파악
- 시간변화 연구로 한반도 주변의 중장기 기후변화 규명
- 해양순환모델 개발 시 자료동화기법에 기초자료 제공

도입된 프로그램을 우리나라 주변 해양에서 활용하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 지속적으로 연구되어야 한다.

1. 위성(JASON-2) 고도계 자료의 지속적인 확보
2. 프로그램을 우리나라 주변 해역에 적용
3. CD나 DVD로부터 파고나 바람 등 고도자료 이외의 다른 파라메타도 추출
4. 위성관측 3-5시간 후 사용가능한 OSDR 자료를 실시간 예보 등에 활용

# S U M M A R Y

## I. Title

Studies on the Variation of Sea Surface Height derived from Satellite Altimeter Data  
(II): Using BRAT

## II. Necessity and Objective of the Study

The final goal of this study is to develop the technology for estimating the sea surface height derived from satellite altimeter with errors of 1~2 cm. For this purpose the data measured by altimeters on board of TOPEX/POSEIDON (T/P) and JASON-1 (JA-1) were used, and for the second year continuous data collection of Geophysical Data Record (GDR) and introduction of tutorial processing program BRAT were mainly carried out.

Observation for ocean needs usually to be more expensive than those for land or atmosphere due to its characteristics of hard access, wide space and unceasing variation. The recent trend in ocean survey is moving to develop observational techniques using satellite which can cover the survey area widely and simultaneously rather than conventional techniques taking huge amount of manpower, cost, time and sometimes risks.

But direct application of satellite altimeter data to the seas around Korea will result in error due to the uncertainty influenced from oceanic phenomena in short period, coastal tide, geoid and atmosphere. Further following studies should be carried out in order to improve the accuracy of measurement in the order of few cm, to predict oceanic variation by near realtime monitoring of the seas and to catch the medium to long periods signal of oceanic variation induced by long term climate change.

## III. Content and Scope of the Study

- Altimeter data collection (T/P: 1992~2005, JA-1: 2002~present)
- Application of tutorial processing program BRAT for altimeter data analysis

## IV. Result of the Study

In order to utilize altimeter data obtained by TOPEX/POSEIDON and JASON-1, data collection and application of tutorial processing program BRAT were carried out during the second year.

The total size of collected data is 161 Gbytes grouped into 3 parts:

- in 138 CDs for early T/P data from cycle 001(10 Aug. 2002) to cycle 414 (20 Dec. 2003)
- in 26 DVDs for late T/P data from cycle 344 (15 Jan. 2002) to cycle 481 (4 Oct. 2005) and for early JA-1 data from cycle 001 (15 Jan. 2002) cycle 138 (4 Oct. 2005)
- and in 12 DVDs for late JA-1 data from cycle 139 (14 Oct. 2005) cycle 222 (25 Jan. 2008)

The Basic Radar Altimetry Toolbox (BRAT), a tutorial processing program, designed to use altimetry data of ERS-1 and follow-up satellites was introduced and installed. The program is composed of data reading, processing routine, visualisation, and Graphic User Interface which are like onionskin: each layer using the previous ones and being available to be used without the ones above.

## V. Application Plan for the Result of the Study

The following fields could be considered for applications.

- Understanding the medium-term oceanic phenomena such as the variation of eddy and front through the study of variation in space
- Examining the long-term climate change around Korea through the study of variation in time.
- Providing the basic input data to the data assimilation technique in ocean circulation model.

Following further studies should be pursued continuously in order to apply the introduced programs for seas around Korea:

- continued collection of JASON-2 altimeter data.
- application of the programs to Korean seas.
- extraction of other parameters such as wave and wind from CD or DVD.
- application of OSDR data (which is released in 3 to 5 hours after satellite measurement) to real time monitoring.

# CONTENTS

Summary . . . . .	3
Contents . . . . .	8
List of Figures . . . . .	9
List of Tables . . . . .	10
Chapter I Outline of the study . . . . .	11
Chapter II Status of domestic and oversea technology development . . . . .	13
Chapter III Content and result of the study . . . . .	14
Chapter IV Achievement of objective and contribution to the related area . . . . .	34
Chapter V Application plan for the result of the study . . . . .	36
Chapter VI Reference . . . . .	37

## Appendix:

1. Basic Radar Altimetry Toolbox v1.0 User Manual
2. Basic Radar Altimetry Toolbox practical. Gulf Stream: Sea Surface Height and Variability



# 목 차

요약문	3
목차	8
그림목차	9
표목차	10
제 1 장 연구개발과제의 개요	11
제 2 장 국내외 기술개발 현황	13
제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과	14
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	34
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	36
제 6 장 참고문헌	37
부록:	
1. Basic Radar Altimetry Toolbox v1.0 User Manual	
2. Basic Radar Altimetry Toolbox practical. Gulf Stream: Sea Surface Height and Variability	

# LIST OF FIGURES

- Fig. 1. 지상궤적에 따른 위성 고도(Envisat, cycle 040, ground track 025).
- Fig. 2. 위도에 따른 기준타원면으로부터의 위성 고도(2005년 8월 17일, Envisat, cycle 040, ground track 025).
- Fig. 3. 위도에 따른 기준타원면으로부터의 해표면 고도(SSH).
- Fig. 4. 편집된 Sea Level Anomaly.
- Fig. 5. 편집된 25°-45°N 에서의 Sea Level Anomaly.
- Fig. 6. 대서양에서의 Sea Level Anomaly.
- Fig. 7. 북대서양에서의 Sea Level Anomaly.
- Fig. 8. Contour한 대서양에서의 Sea Level Anomaly.
- Fig. 9. Contour한 북대서양에서의 Sea Level Anomaly.
- Fig. 10. 전지구 해양에서의 Sea Level Anomaly 평균.
- Fig. 11. 동태평양에서의 Sea Level Anomaly 평균(1997년 11월 El Nino).
- Fig. 12. 전지구 해양에서의 Eddy Kinetic Energy(Envisat, 2005년 8월 17일).
- Fig. 13. 카리브 및 멕시코만에서의 Eddy Kinetic Energy.

# LIST OF TABLES

Table 1. 수집된 TOPEX/POSEIDON과 JASON-1 위성 고도 자료.

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 제 1절 연구개발의 목적

본 연구의 최종목표는 인공위성 고도계 자료를 이용하여 해수면 높이 변화를 1 ~ 2cm이내의 오차로 추정할 수 있는 기술을 개발하는 것이다. 이를 위해 미국의 National Aeronautics and Space Administration(NASA)와 프랑스의 Centre National d'Etudes Spaciales(CNES)이 공동으로 개발한 TOPEX/POSEIDON과 JASON-1 위성에 탑재된 고도계 (altimeter)의해 관측된 자료를 연구대상으로 하여 Geophysical Data Record(GDR) 자료의 수집을 계속하면서, 이를 처리하는 PC용 자료처리프로그램 도입을 추진한 1차 년도에 이어서 본 보고서 작성 년도인 2차 년도에는 1991년 발사된 ERS-1 이후 모든 위성고도계 자료를 손쉽게 처리할 수 있는 Window XP용 기본 레이더 고도계 도구(BRAT: Basic Radar Altimetry Toolbox)를 도입하고자 하였다.

## 제 2절 연구개발의 필요성

인공위성 고도계에 의한 해표면높이 관측(Radar Altimetry)은 그 응용범위가 매우 넓어 기후변화예측, 바다나 호수의 표면 높이 모니터링, 엘리뇨, 라니냐, 해류, 해양순환, 조석, 지오이드관측, 바람, 파도, 해양기상모델, 해빙 형태 및 분포 등에서 활발하게 이용하고 있다. 고도계는 인공위성에 실려 우주로 보내진 이후 오래 동안 기후와 해양관측 시스템으로 확고하게 자리잡고 있다. 1991년 이후 6개 위성으로부터 시계열자료를 갖게 되었다. 그러나 6개 위성은 6개의 각기 다른 자료 format와 읽기 routine을 제공하고 있는데 앞으로 발사될 더 많은 위성을 생각하면 더 많은 format과 routine이 필요하게 될 것이다. 이에 따라 1991년 발사된 ERS-1 이후 모든 위성고도계 자료를 손쉽게 처리할 수 있는 학습용 도구를 제공하고자 기본 레이더 고도계 도구(BRAT: Basic Radar Altimetry Toolbox)가 개발되어 open되었고 이를 활용하고자 본 과제에서 시도하였다.

## 제 3절 연구개발의 범위

본 연구에서는 위성 고도계 자료의 수집과 기본 레이더 고도계 도구(BRAT: Basic Radar Altimetry Toolbox) 도입의 두 분야를 중점적으로 수행하였다.

CNES/AVISO에서는 Collecte Localisation Satellites(CLS)에 의뢰하여 위성고도계 자료를 연구자들에게 배포하고 있는데, 본 연구에서는 CD 또는 DVD 형태로 배포하고 있는 최근(2006. 12 현재)까지의 모든 Geophysical Data Record(GDR) 자료를 빠짐없이 수집하였다. 그 결과 수집된 자료의 총량은 161Gbyte에 달하는데 초기 T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10.4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1 자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집되었다.

BRAT는 위성 레이더 고도계 자료를 사용하기 위한 새로운 개념의 도구이다. 본 보고서에서는 고도계관측과 활용에 대해 미래 이용자들을 교육시키고자 제작된 학습서 1.0 0b2인 베타 버전을 대상으로 분석을 실시하였다.

## 제 2 장 국내외 기술개발 현황

### 제 1 절 국내·외 관련분야에 대한 기술개발현황

해면고도 원격탐사 기술은 최근 괄목할만한 발전을 보이고 있다. 미국의 NASA와 프랑스의 CNES가 공동으로 1992년 8월 10일에 발사한 TOPEX/POSEIDON(T/P) 위성은 13년 동안 성공적으로 운항한 후 2006년 1월 5일에 공식적으로 그 수명을 마쳤다. 이 기간 동안 JASON-1이 2001년 12월 7일에 발사됨으로써 3년여 동안 T/P와 함께 전 세계 해양의 해표면 고도를 10일 간격으로 실측하여 많은 자료를 생산하였다. 외국의 경우 이러한 고도계 자료를 이용하여 기후변화, 해류, 평균해면, 해양조석, 파고, 해표면 바람, 해저지형, 지구자기, 극지방 얼음 등 여러 관련분야에 걸쳐 연구가 활발하게 진행되고 있다. 최근 국내에서도 대학과 연구소에서 연구가 진행되었고 있으며 처리된 자료를 이용한 논문도 발표되고 있다. 특히 한국해양연구원에서는 프랑스의 도움으로 TOPEX/POSEIDON의 고도계 자료를 수집하고 이를 이용하여 자료처리 방법을 개발한 바 있다(안과 변 등 2000, 2002; 변 등 2006).

### 제 2 절 연구결과가 국내·외 기술개발현황에서 차지하는 위치

T/P 고도계 자료를 이용하여 분석된 전 세계 평균해수면은 13년 동안에 3mm씩 상승하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 이러한 상승은 해양의 모든 해역에서 균일하게 나타나지 않고 어떤 해역에서는 1cm 이상이 상승하기도 하고 다른 해역에서는 반대로 하강하는 모습을 보여 주고 있다. 이와 같이 해수면의 변화는 해역에 따라 매우 큰 차이를 보이고 있는데 이에 대한 정확한 분석이 이루어져야 하나 국내에서는 이와 관련된 연구가 미진하다. 또한 대륙과 가까운 연해의 경우에 단주기 해양현상, 조석, 지오이드, 대기 상태 등의 영향으로 해표면 고도 관측자료 분석 시 정밀도가 대양에 비하여 현저히 떨어지는데 이에 대한 연구도 필요하다.

## 제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

### 제 1 절 인공위성 자료의 특징

본 연구에서 주 대상으로 하고 있는 인공위성은 TOPEX/POSEIDON과 JASON-1이며 이들 에 관한 특징은 변 등(2006)이 이미 기술한 바 있다.

1987년 3월 11일 미국의 National Aeronautics and Space Administration(NASA)와 프랑스의 Centre National d'Etudes Spaciales(CNES)는 해표면 고도(높이)를 정밀하게 측정하기 위해 TOPEX/POSEIDON(T/P)이라 불리는 위성해양학 공동사업을 추진하기로 합의하였다. TOPEX/POSEIDON의 명칭은 그 때까지 각각 별개로 추진 중이던 미국의 TOPEX(해양순환을 연구하기 위한 Topography사업)와 프랑스의 POSEIDON 고도 프로그램을 통합하여 한 개의 공동연구사업으로 발족시킨 데서 유래하였다.

1992년 8월 10일 인공위성 TOPEX/POSEIDON은 프랑스의 Ariane 로켓에 의해 발사되었는데 원래 3-5년 수명을 예상하였으나 초기 예상보다도 훨씬 장기간 작동하여 13년에 걸친 자료를 수집한 후 2005년 10월 9일부터 엔진이 감속되기 시작하여 2006년 1월 5일에 모든 수명을 마치고 지표 상 1300km 높이에서 현재는 우주의 미아로 떠돌고 있다.

JASON-1(JA-1)은 T/P를 대신하고자 2001년 12월 7일 미국 Vandenberg공군기지에서 발사되었다. JA-1은 T/P보다 약 70초 뒤에서 T/P의 궤적을 그대로 따라 운행하고 있다.

JA-1도 T/P와 마찬가지로  $+66.15^{\circ}$ (북위)~ $-66.15^{\circ}$ (남위)사이에서 T/P와 동일한 자료들을 수집하고 있다(부록 참조: AVISO/Altimetry. 1996, N. Picot, K. Case, Desai and P. Vincent. 2003). 매 cycle에는 1부터 254 pass가 포함되어 있는데 ascending pass는  $-66.15^{\circ}$ (남위)에서 시작하여  $+66.15^{\circ}$ (북위)에서 종료하는 궤적으로 흡수번호로 나타내며(예: pass 1, pass 3, ..., pass 253) 반대로 descending pass는  $+66.15^{\circ}$ (북위)에서 시작하여  $-66.15^{\circ}$ (남위)에서 종료하는 궤적으로 짝수번호로 나타내고 있다(예: pass 2, pass 4, ..., pass 254).

현재 JA-1에 탑재된 장비를 이용하여 고도거리, 유의파고, 풍속, 이온권전자량, 대류권수증기량, GPS인공위성에 대한 상대위치 등이 직접 관측되고 있다.

### 제 2 절 자료의 수집

본 연구기간 동안 CNES/AVISO에서 Collecte Localisation Satellites(CLS)에 의뢰하여 CD

또는 DVD 형태로 배포하고 있는 GDR 자료를 모두 수집하였다. 최근(2008. 1 현재)까지 수집된 자료를 정리하여 Table 1에 나타내었다. 초기 T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10.4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1 자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집되었다.



Table 1. 수집된 TOPEX/POSEIDON과 JASON-1 위성 고도 자료.

DATE	CYCLE		REMARKS
1992. 8. 10			T/P 위성 발사
1992. 10. 2	T/P cycle 001		T/P 최초자료 수집 및 CD로 제공시작
2001. 12. 7	T/P cycle 340		JA-1 위성 발사
2002. 1. 15	T/P cycle 344	JA-1 cycle 001	JA-1최초자료 수집, T/P와 JA-1자료 DVD로 제공시작
2002. 8. 15	T/P cycle 365	JA-1 cycle 022	T/P 궤도이동 시작(pass 111부터)
2002. 9. 16	T/P cycle 368	JA-1 cycle 025	T/P 궤도이동 완료(pass 171까지)
2002. 9. 16	T/P cycle 368	JA-1 cycle 025	T/P와 JA-1이 쌍궤도 임무(tandem mission) 시작(pass 172부터)
2003. 12. 10	T/P cycle 414	JA-1 cycle 071	T/P자료 CD로 제공종료
2005. 10. 4	T/P cycle 481	JA-1 cycle 138	T/P 최종자료 수집, T/P와 JA-1자료 DVD로 제공종료
2005. 10. 9		JA-1 cycle 138	T/P 엔진감속 시작
2005. 10. 14		JA-1 cycle 139	DVD로 JA-1자료만 제공 시작
2006. 1. 5		JA-1 cycle 147	T/P 임무 공식종료
2008. 6. 20			JA-2 발사
2008. 7. 4	JA-2 cycle 000		JA-2가 JA-1궤도 진입 완료(58초 늦음)
2008. 7. 12	JA-2 cycle 001		JA-2가 10일간의 자료 최초 수집 시작

## 자료확보 형태

### 가. CD형태

- 단독: T/P cycle 001부터 cycle 414까지

### 나. DVD형태

- 공동: T/P cycle 344부터 cycle 481까지 그리고 JA-1 cycle 001부터 cycle 138까지
- 단독: JA-1 cycle 139부터 최근까지

## 제 3 절 BRAT를 활용한 자료처리

### 1. BRAT의 구성

BRAT는 위성 레이다 고도계 자료를 사용하기 위한 새로운 개념의 도구이며, 본 보고서에서 인용하고 있는 학습서는 1.0 0b2으로 v1인 베타 버전이다. 레이다 고도계 학습서는 고도계관측과 활용에 대해 미래 이용자들을 교육시키고자 제작되었다.

BRAT에는 다음과 같은 4가지 부분으로 구성되어 있다.

1. 자료독취 (Data reading)
2. 처리과정기능(Processing routine function)
3. 시각화 기능(Visualisation function)
4. 그래프 사용자 접속(Graphic user interface: GUI)

BRAT의 구조는 단계별로 구성되어 있다. 각 단계에서는 앞 단계의 결과를 이용하거나 앞 단계와는 무관하게 독자적으로 사용할 수 있게 구성되어 있다. 즉, 자료독취과정에서 자료를 읽어 들인 후 시각화나 그래프과정 없이 처리과정을 거칠 수 있도록 되어 있다. 그래프기능인 GUI는 타 과정에서도 이용할 수 있는데 현재 버전으로는 윈도우(XP와 2000)와 리눅스(Redhat 9.0과 Mandrake 2006) 시스템에서 작동하도록 되어 있다.

자료독취 도구는 사용설명서와 자료구조에 관한 자료 모음집이다. 이용자가 처리결과를 읽어 바이트별로 모든 자료를 찾아볼 수 있게 되어 있다. 사용자는 작업 중인 여러 개의 자료를 동시에 선별할 수 있다. 자료들이 같은 종류(레벨, 위성, 형태)이면 통합도 할 수 있다. 자료가 선택되면 사용자는 최대 또는 최소가 되는 경도와 위도에 따라 선택된 구역이나 또는 시작일과 최종일에 따른 부분적 자료를 선별하여 택할 수 있다.

처리과정기능은 자료들을 결합(예로써 위성고도계자료로부터 해표면 높이 계산, 고도계 높이와 수정에 필요한 가감)하고 결과를 선택(예로써 구간을 벗어나는 자료의 편집)하는 작업을 일컫는다. 이러한 과정들은 추후 작업을 위해 보관되며 처리기능도구가 처리한 결과를 NetCDF에 저장한다. 모든 처리는 모든 변수가 표시되는 명령과작업일들로 이루어 진다(GUI사용시에도 파일들이 자동으로 생성됨).

처리가 끝나면 모든 BRAT의 결과는 하나 또는 두개(특히 여러 투영도법에 따른 고전적인 지도에서처럼)의 변수에 따른 함수가 시각화된다. 모든 경우에 제목과 주석(설명)이 사용자에게 의해 작성될 수 있다. 사용자는 주어진 색상범위에서 다른 색을 선택할 수 있다. 자신 만에 의한 색상 범위 도구도 주어진다. 완성된 그림들은 점방식 형태(gif, png, tif, jpg파일 형태)나 gnuplot으로 저장된다.

그래프 사용자 접속은 호환성 접속으로 사용자에게 손쉬운 도구를 제공한다. 프로그램 본문이나 명령 파일 작성시 한 줄도 써 넣을 필요가 없다. 그러하면서도 사용자는 앞으로의 일을 위해 작업결과를 저장할 수 있다. 즉 사용자가 정의한 이름, 구역, 주기, 위성, 색범위, 시각화 종류, 새로이 정의되는 변수의 합성 등으로 차후 활용을 위해 집합적으로 저장할 수 있다.

본 보고서에서는 자료독취, 몇가지 처리과정 그리고 시각화 기능을 활용하면서 그래픽 사용자 접속(GUI)을 사용하여 작업을 진행하였다.

## 2. BRAT에 의해 처리되는 고도자료

이 학습서는 임무의 개괄, 자료와 소프트웨어 및 문서에의 접근방법 뿐만 아니라 고도관측, 기술, 활용에 관한 일반적인 정보(위성 임무의 세부항목이 아닌)를 제공하고자 작성되었다.

일반용으로 개발된 현재의 BRAT에는 다음과 같은 관측위성들이 포함된다.

- ERS-1과 -2
- Topex/Poseidon
- Geosat 후속
- Jason-1
- Envisat
- Cryosat 후속

여기에서 사용되는 주된 자료는 자료의 처리와 보관을 담당하는 공적 센터들로부터 제공되는 것으로 예를 들면 ERS, Envisat, Cryosat은 ESA/F-PAC와 Cersat로부터 Topex/Poseidon과 Jason-1은 CNES/Aviso와 NASA/Podaac으로부터, GFO는 NOAA로부터 제공되는 것들이다. 이 학습서에서 활용하는 자료생산규격은 다음과 같다.

- JASON-1 (DGDR): Aviso와 PoDaac로부터
- Envisat (DGDR): Esa
- Topex/Poseidon MGDR: Aviso와 PoDaac로부터
- Along-track mono-parameter NetCDF data: Aviso로부터
- Along-track multi-parameter NetCDF data (예를 들면 CorSSH): Aviso로부터
- Gridded NetCDF data (한개의 파라메타): Aviso로부터
- Gridded vector NetCDF (두개의 파라메타): Aviso로부터
- Jason-1 OSDR: Aviso와 PoDaac로부터
- Envisat RA2 WWV: ESA로부터
- AT-SSHA: PoDaac로부터
- ATG-SSHA: PoDaac로부터
- JASON-1 SGDR: Aviso와 PoDaac로부터
- Envisat SGDR: ESA로부터
- Cryosat SGDR (L1b): ESA로부터
- Cryosat GDR (L2 data): ESA로부터
- Cryosat L2 보조파일: ESA로부터
- Cryosat IGDR (L2 data): ESA로부터

### 3. 실제 적용

BRAT를 사용하기 위해서 처음 해야 할 일은 새로운 작업공간을 확보하는 것이다. 작업공간에서는 작업시 선택한 변수나 계산식을 저장하고 다시 재사용할 수 있다.

BRATGUI를 열면 작업할 공간의 이름과 장소를 요구한다. 만약 한개 이상의 작업공간이 존재하면 마지막으로 작업한 공간이 자동적으로 열리게 된다. workspace 메뉴에서 new항목을 지정하면 또 다른 공간이나 새로운 공간을 만들 수 있다.

현재의 BRAT를 이용하면 크게 궤도를 따르는 자료(Along-track ocean data)와 격자 자료 (Gridded data)의 처리 작업을 간편하게 할 수 있고, 궤도를 따르는 자료는 자연적 형태이며 격자자료는 광범위한 처리와 보관 작업의 결과물이다. 각각의 자료로써는 다음과 같은 작업이 이루어진다.

가. 궤도를 따르는 자료(Along-track ocean data)의 경우

- 1) 지도상에서 궤도 보기
- 2) 위도에 따른 자료 보기
- 3) 자료처리 선택하기
- 4) cycle 전체 자료 보기

나. 격자 자료 (Gridded data)의 경우

- 1) 격자화된 해표면 이상치와 절대 역학고도를 가시화
- 2) 평균과 표준편차의 계산
- 3) Eddy Kinetic Energy를 계산

BRAT를 활용하여 얻은 요약된 결과를 Fig. 1부터 Fig. 13까지에 나타내었다.

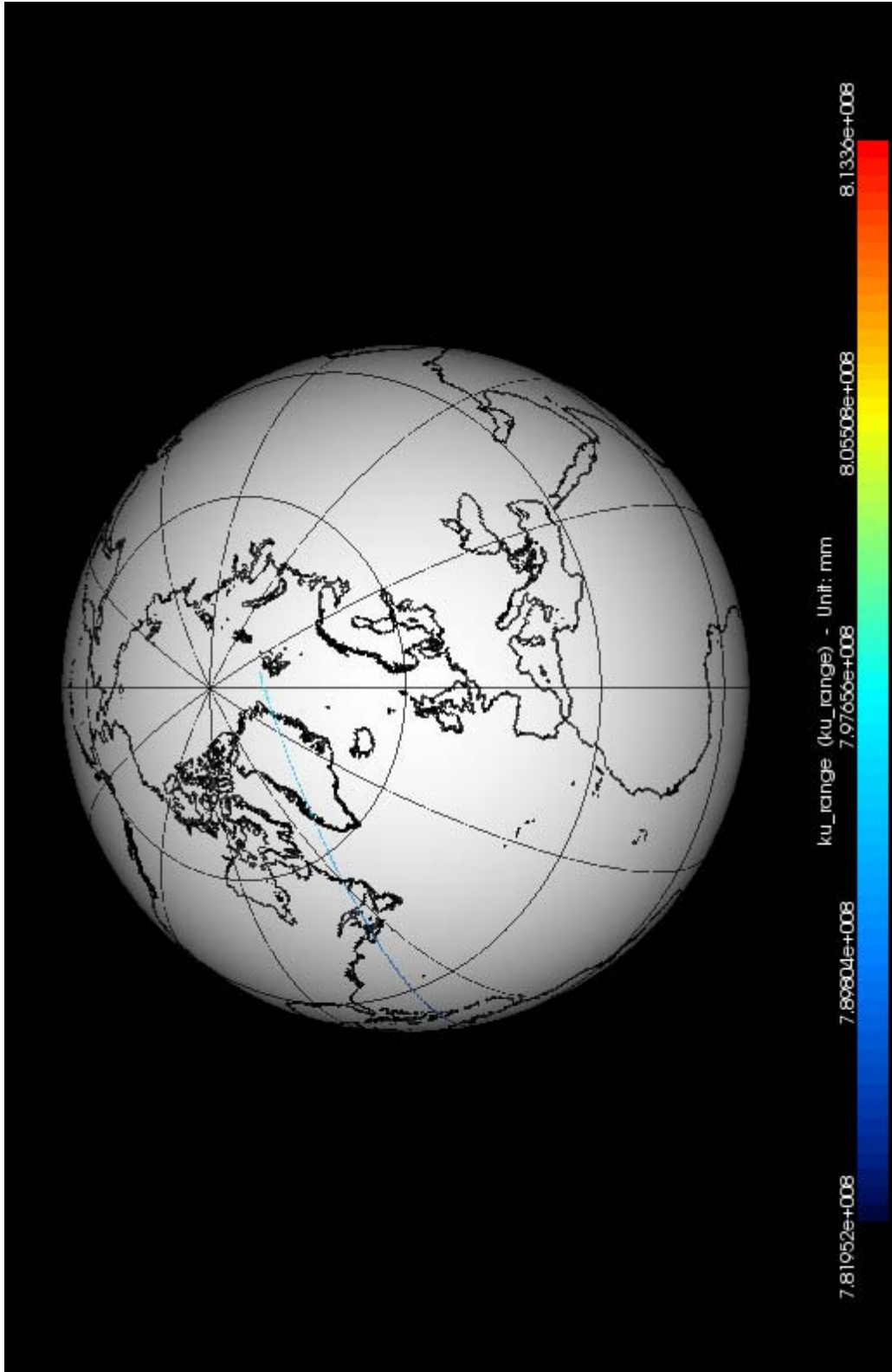


Fig. 1. 지상궤적에 따른 위성 고도(Envisat, cycle 040, ground track 025).

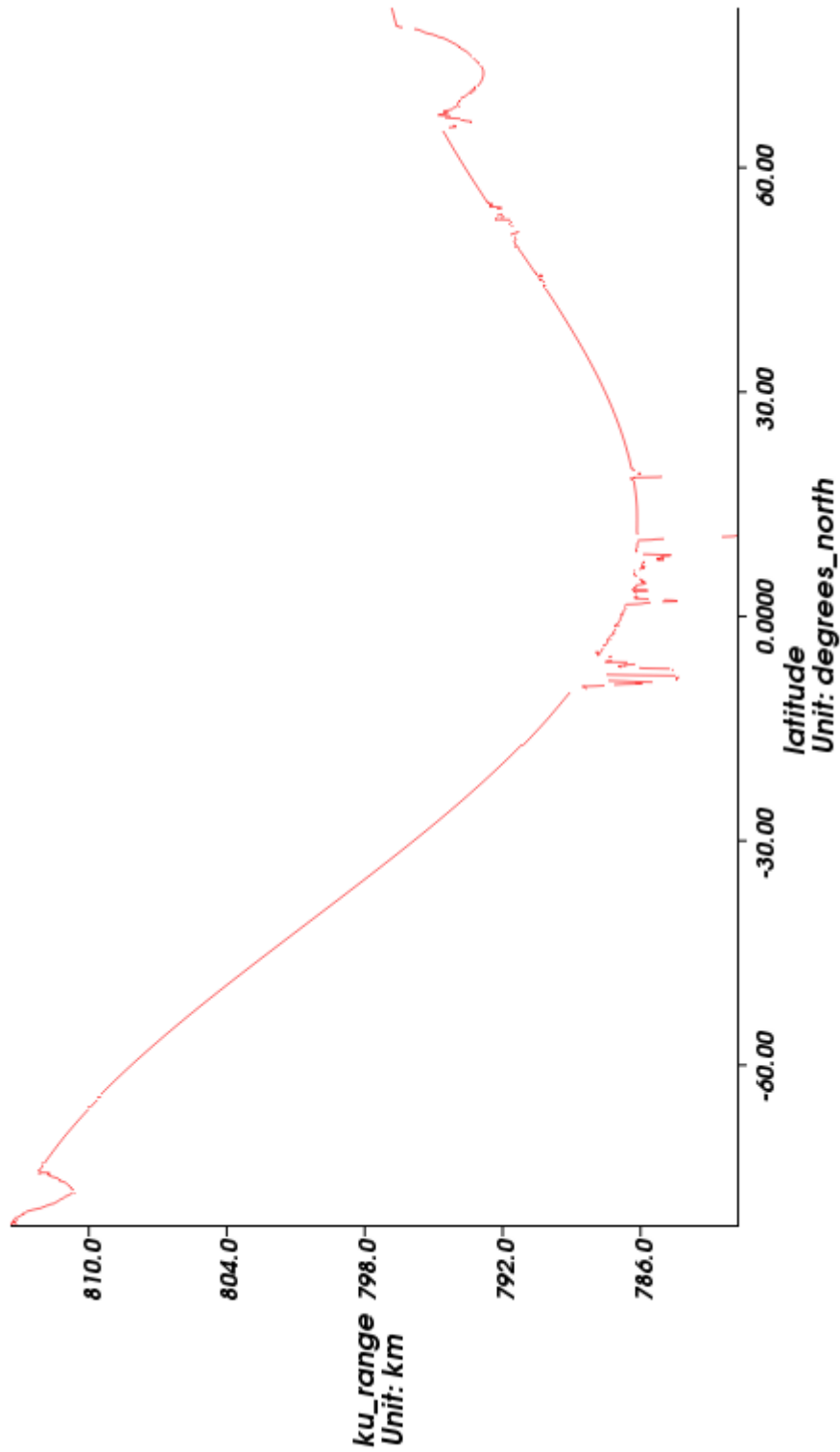


Fig. 2. 위도에 따른 기준타원면으로부터의 위성 고도(2005년 8월 17일, Envisat, cycle 040, ground track 025).

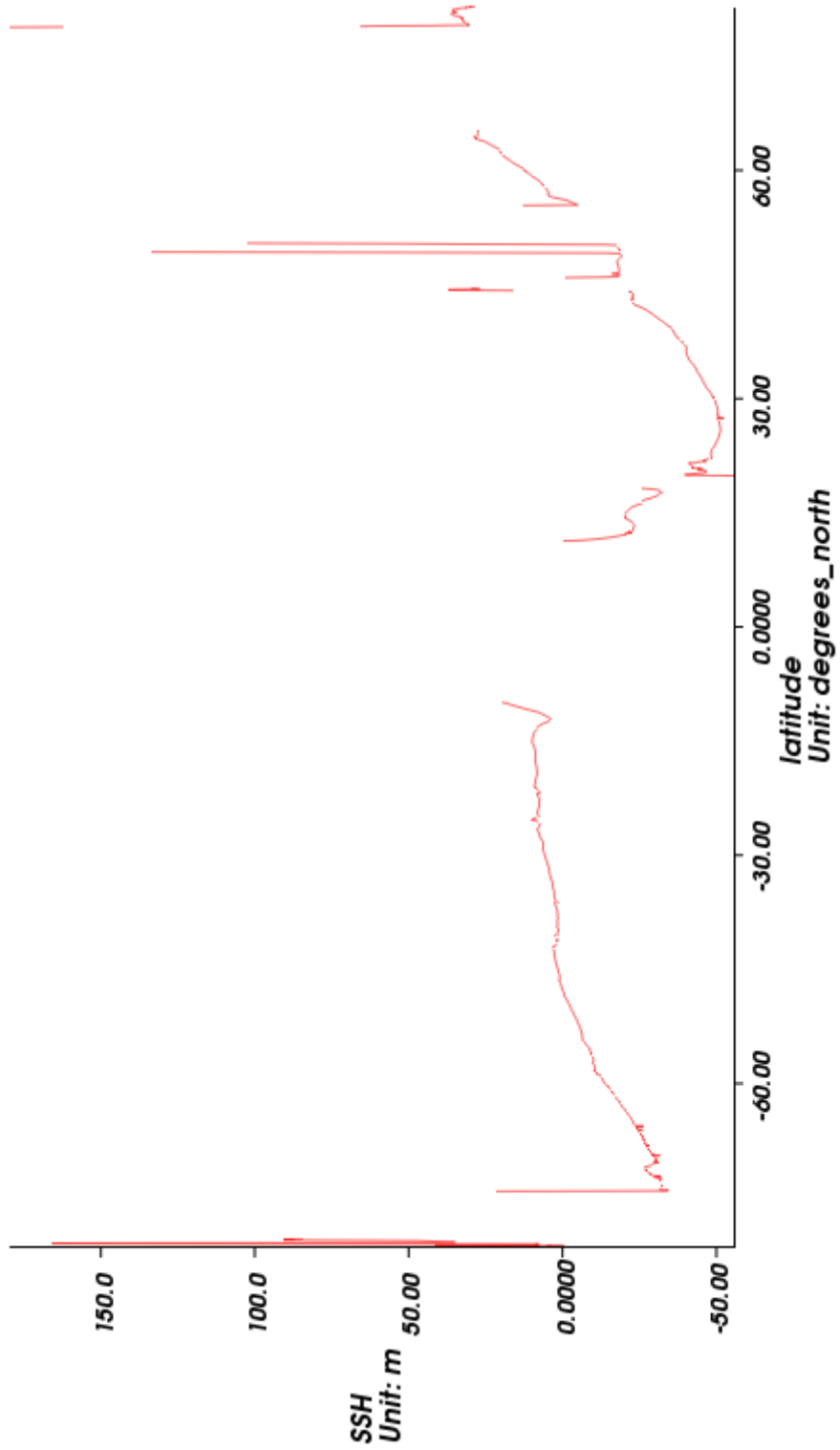


Fig. 3. 위도에 따른 기준타원면으로부터의 해표면 고도(SSH).

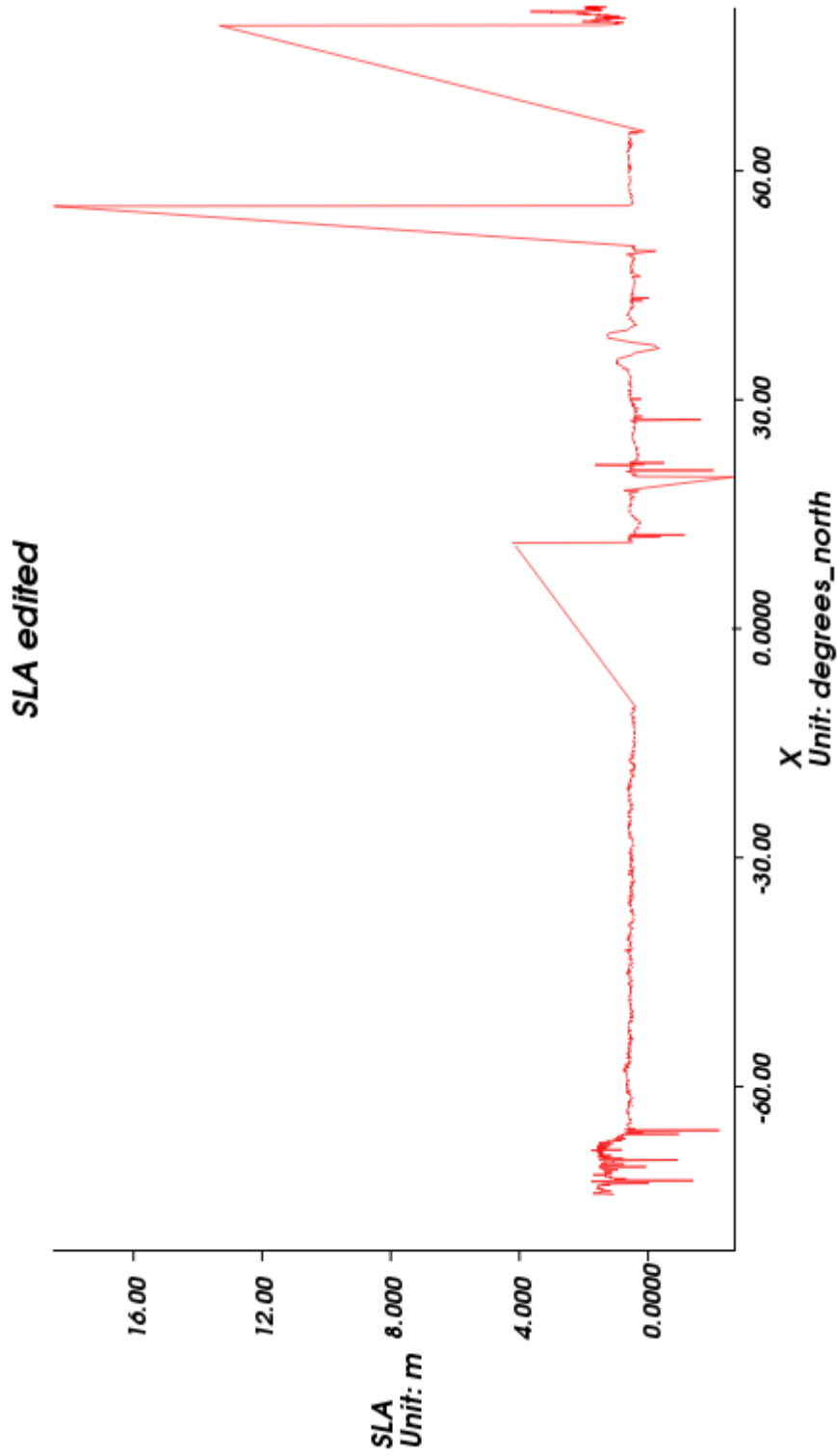


Fig. 4. 편집된 Sea Level Anomaly.



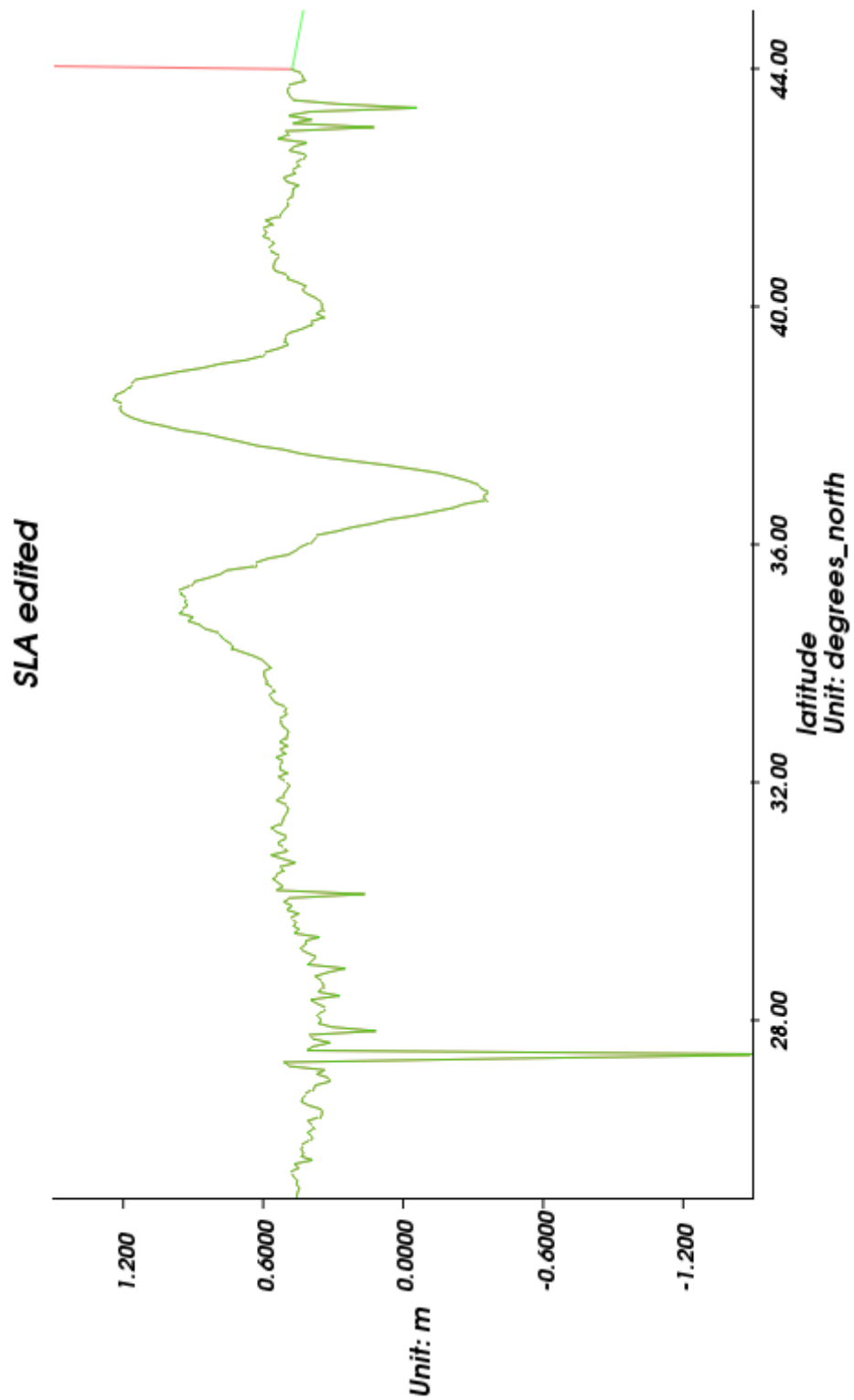


Fig. 5. 편집된 25°-45°N 에서의 Sea Level Anomaly.

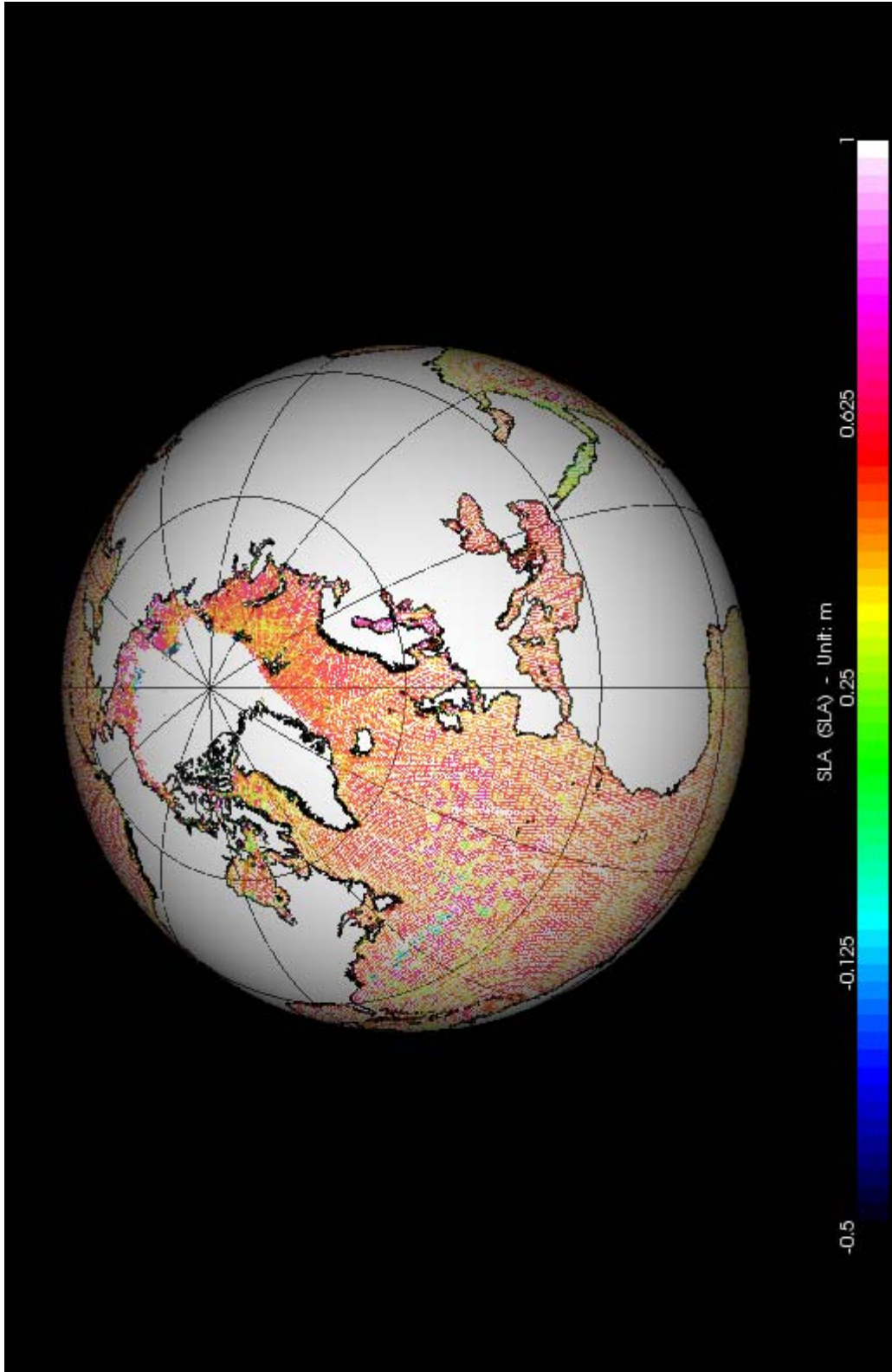


Fig. 6. 대서양에서의 Sea Level Anomaly.

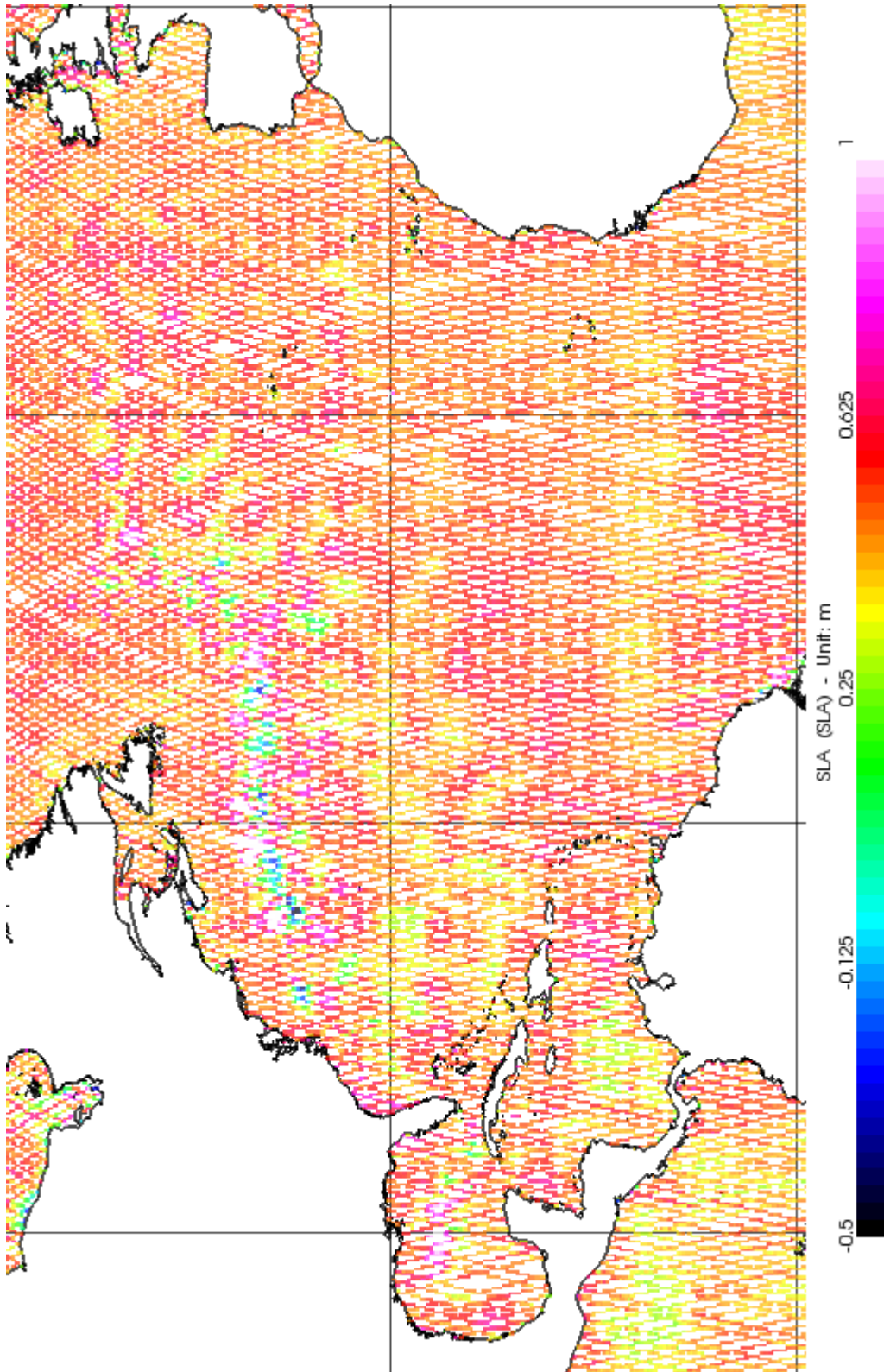


Fig. 7. 북대서양에서의 Sea Level Anomaly.

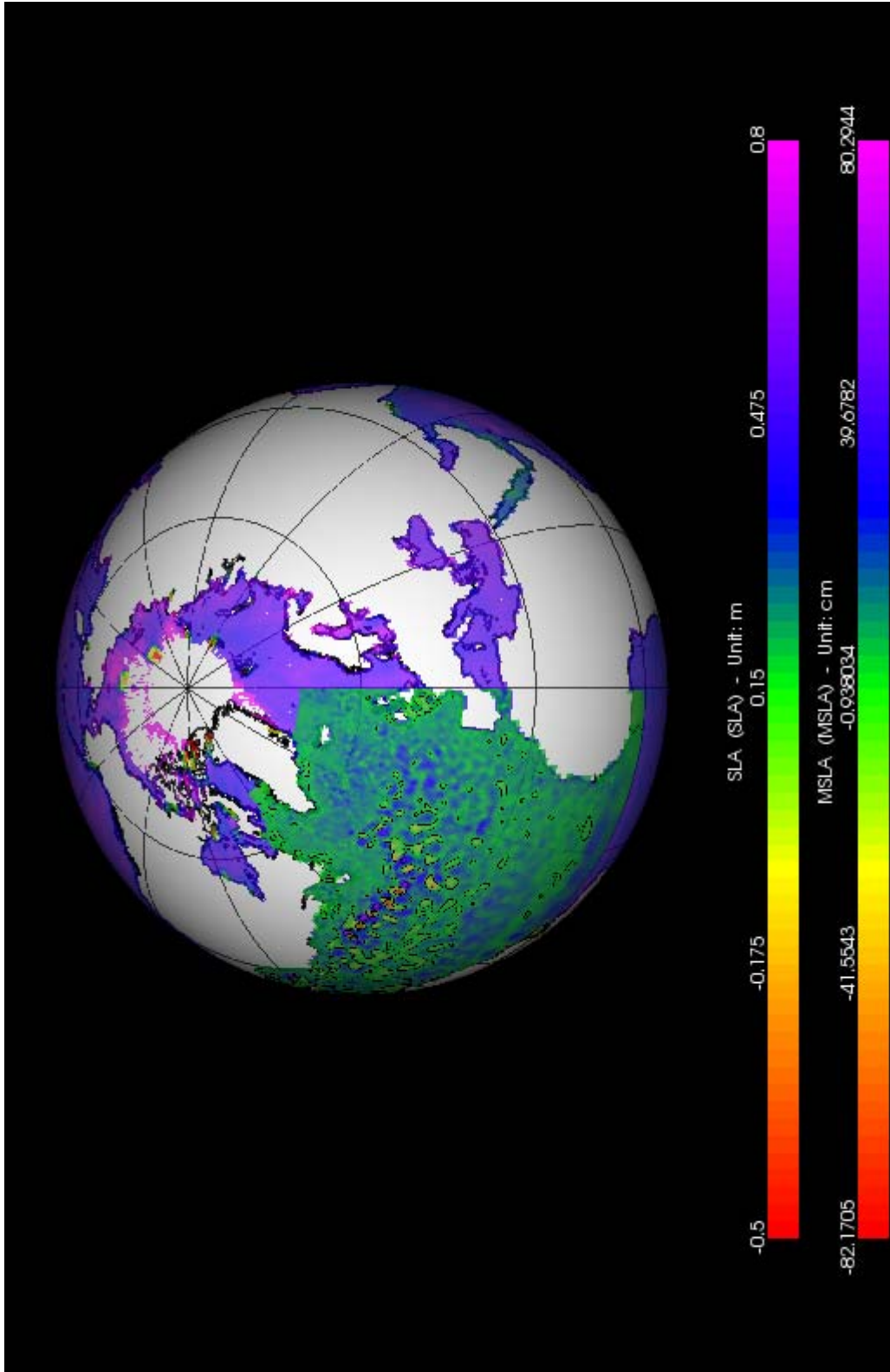


Fig. 8. Contour한 대서양에서의 Sea Level Anomaly.

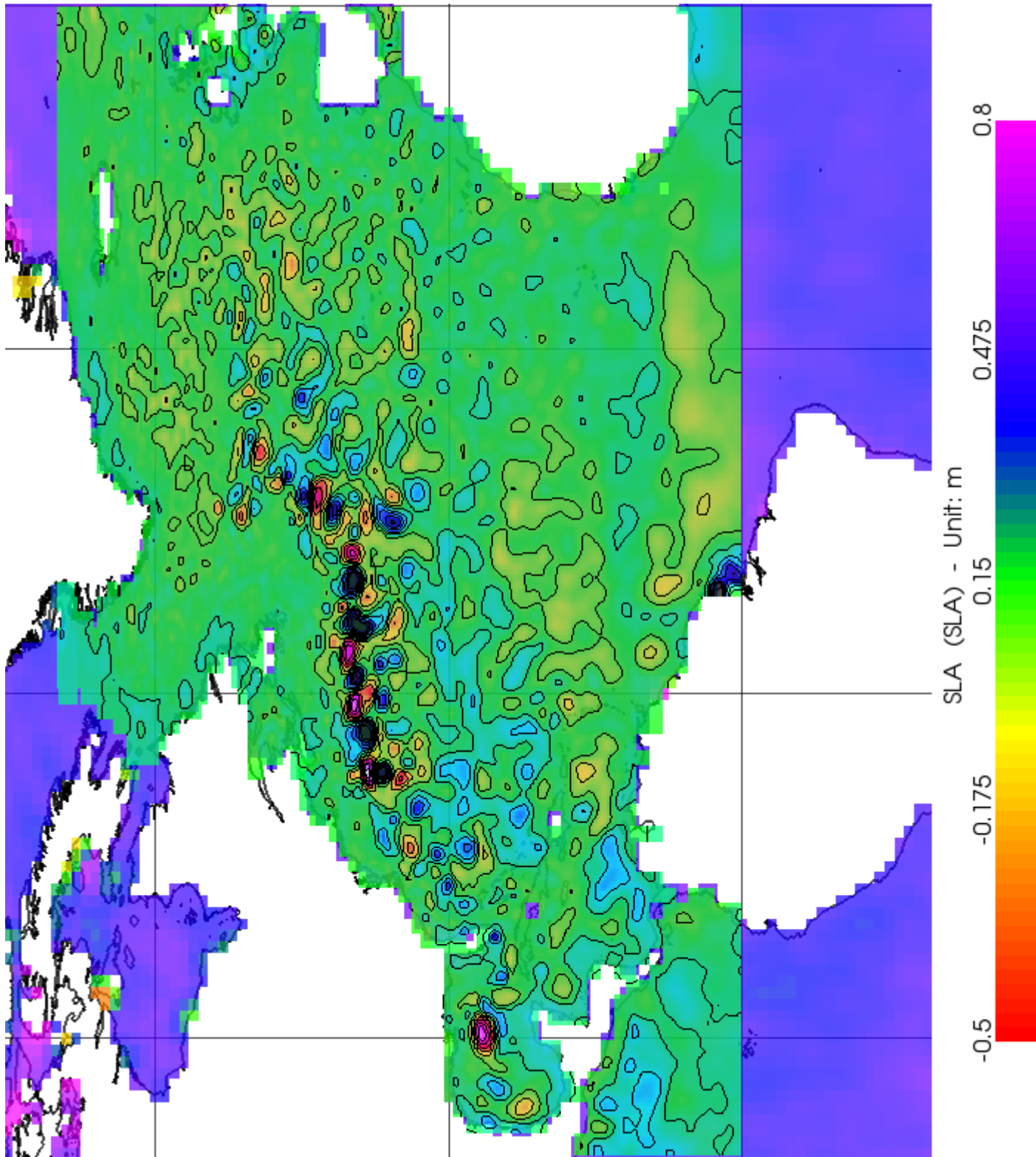


Fig. 9. Contour한 북대서양에서의 Sea Level Anomaly.



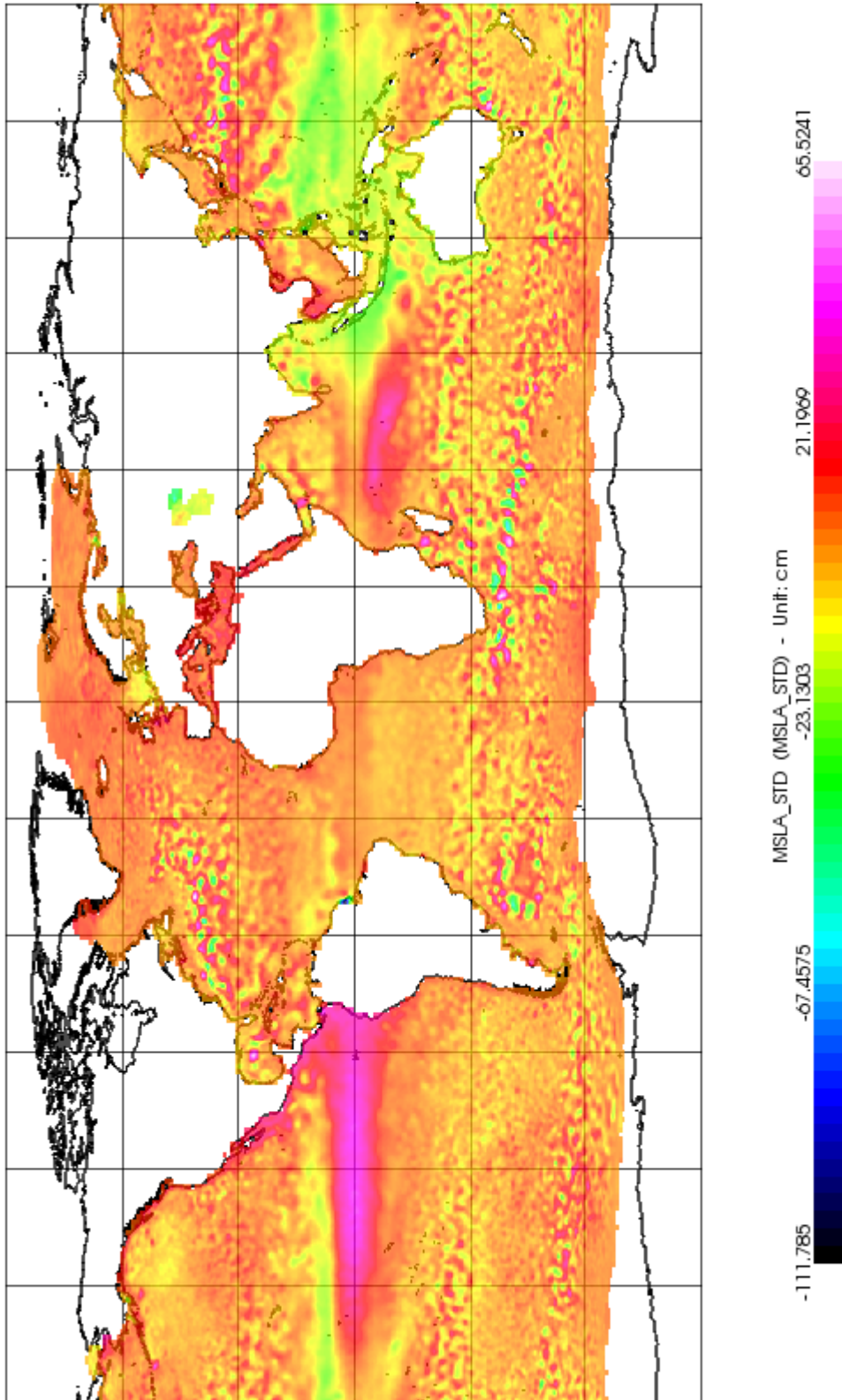


Fig. 10. 전지구 해양에서의 Sea Level Anomaly 평균.

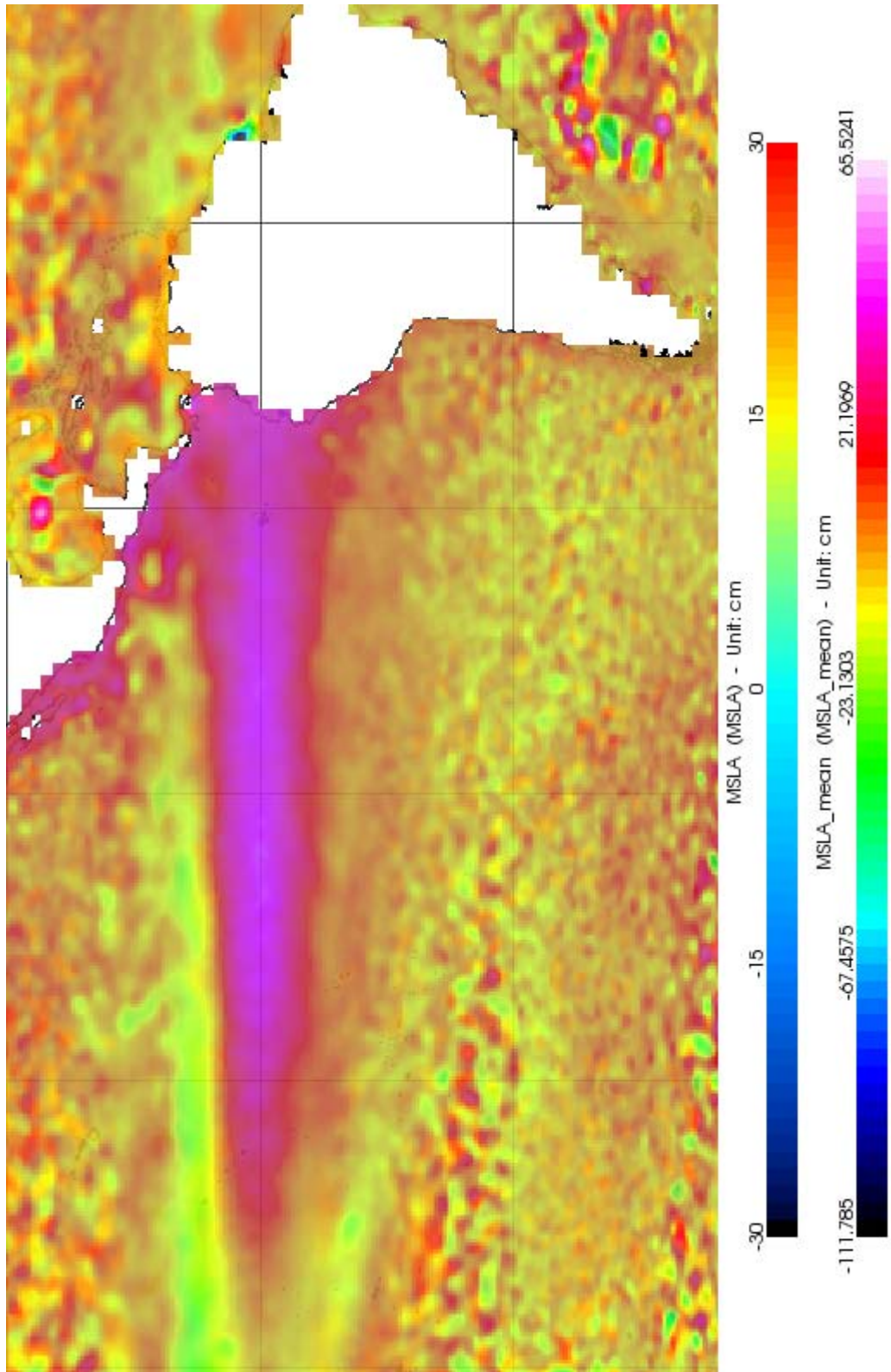


Fig. 11. 동태평양에서의 Sea Level Anomaly 평균(1997년 11월 El Nino).

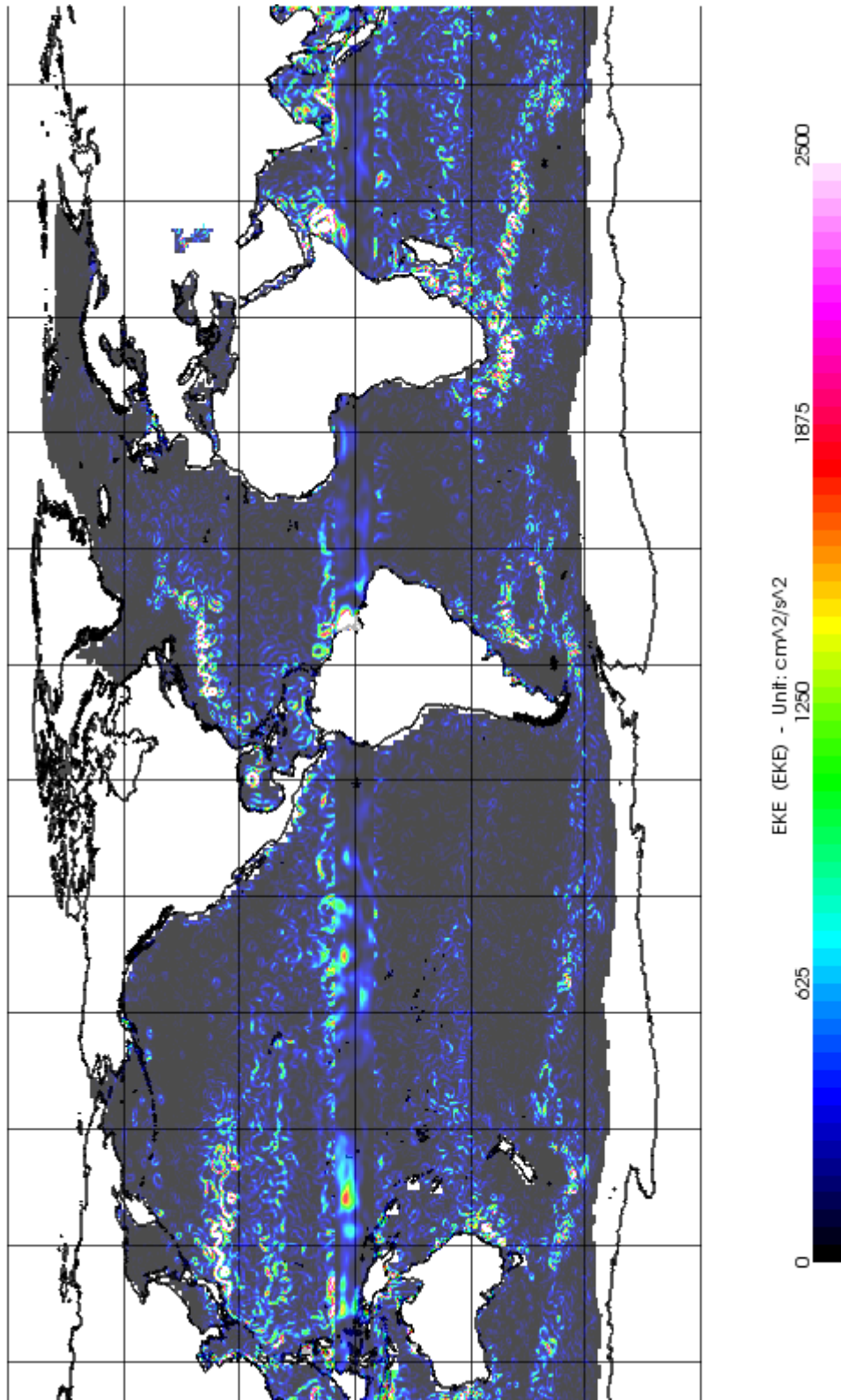


Fig. 12. 전지구 해양에서의 Eddy Kinetic Energy(Envisat, 2005년 8월 17일).



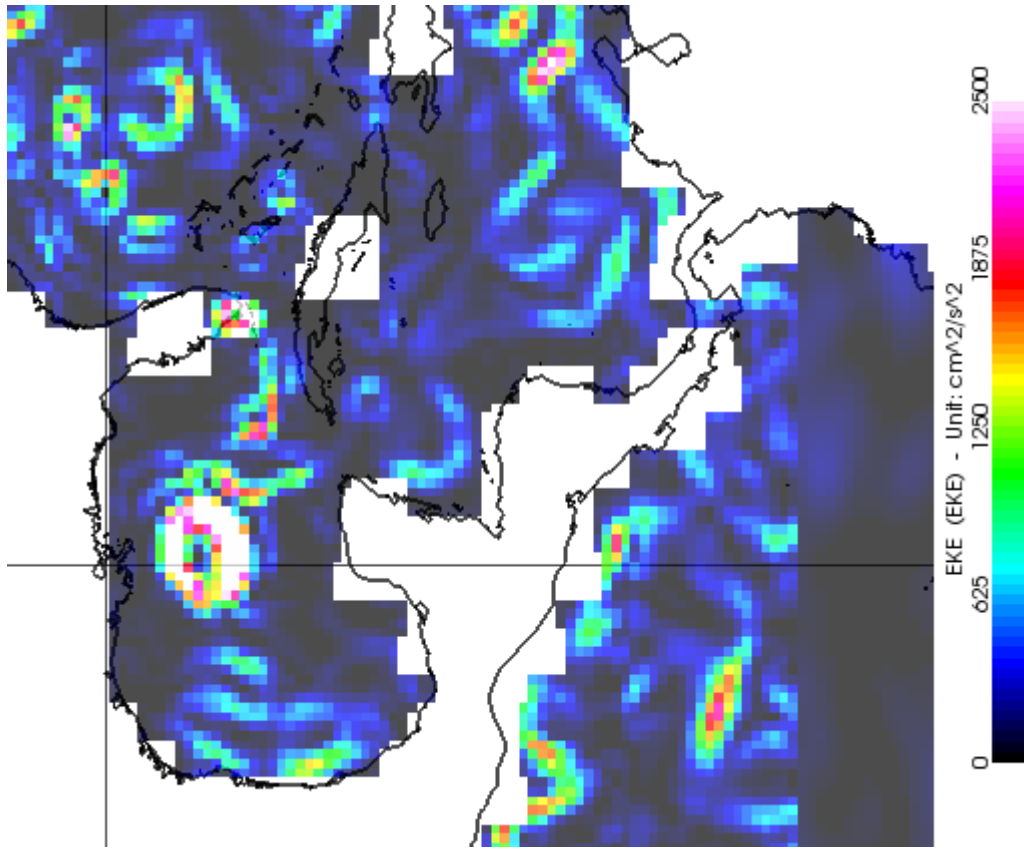


Fig. 13. 카리브 및 멕시코만에서의 Eddy Kinetic Energy.

## 제 4 절 결과

인공위성을 이용하여 해표면 높이를 측정하는 기술은 현재 해양예보나 기후변화연구 등 여러 분야에서 활용되고 있다. 그 중에서 특히 TOPEX/POSEIDON(T/P)과 JASON-1(JA-1)에 의해 관측된 고도계자료를 활용하고자 2차년도인 본 연구기간동안에는 GDR자료 수집과 학습용 자료처리 프로그램인 BRAT도입을 추진하였다.

본 연구기간동안 프랑스의 CLS로부터 CD 또는 DVD 형태로 배포하고 있는 GDR 자료를 수집하였다. 수집된 자료의 총량은 161Gbyte에 달하는데 초기T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10.4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집하였다.

현재의 BRAT를 이용하여 크게 궤도를 따르는 자료(Along-track ocean data)와 격자 자료 (Gridded data)의 처리 작업을 간편하게 할 수 있었다. 궤도를 따르는 자료의 경우에는 지도상에서 궤도 보기, 위도에 따른 자료 보기, 자료처리 선택하기, cycle 전체 자료 보기가 가능했고, 격자 자료의 경우에는 격자화된 해표면 이상치와 절대 역학고도를 가시화, 평균과 표준편차의 계산, Eddy Kinetic Energy의 계산 등이 이루어 졌다.

도입된 프로그램이 전지구적 분포를 파악하는데 목적이 있었기 때문에 우리나라 해역에 적합한 프로그램이 되기 위해서는 다음과 같은 사항들이 계속 연구되어야 할 것이다.

1. 프로그램을 우리나라 주변 해역에 적용
2. CD나 DVD로부터 파고나 바람 등 고도자료 이외의 다른 자료도 추출
3. 관측 3-5시간 지난 후 사용가능한 OSD R 자료 처리로 실시간 예보 등에 활용

## 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

### 제 1 절 연도별 연구목표

구 분	목 표	내 용 및 범 위
1 차년도 (2006)	Altimeter 분석기법 연구	- 기존문헌자료 조사 - PC용 Altimeter자료 분석 SW 개발 - Altimeter자료 수집 (T/P:1992-2005년, JASON-1: 2002-현재)
2 차년도 (2007)	BRAT 활용기법 연구	- Altimeter자료 수집 계속 (T/P:1992-2005년, JASON-1: 2002-현재) - BRAT 활용하여 자료처리
3 차년도 (2008)	해표면고도의 시/공간적 평균 분포와 변화 파악	- 변화요인(조석, 기압, 지오이드 등) 비교분석 - 교차점(Crossover point) 자료 처리 - MSL 및 변화도 작성

### 제 2 절 연구개발목표의 달성도

#### 1. Altimeter자료 수집 분야

프랑스의 CLS로부터 CD 또는 DVD 형태로 배포하고 있는 GDR 자료를 입수. 수집된 자료의 총량은 161Gbyte에 달하는데 초기T/P자료[cycle 001(1992. 8. 10)부터 cycle 414(2003. 12. 20)까지]는 138개의 CD로, 중간의 T/P자료[cycle 344(2002. 1. 15)부터 cycle 481(2005. 10. 4)와 JA-1의 자료[cycle 001(2002. 1. 15)부터 cycle 138(2005. 10.4)까지]는 26개의 DVD로, 마지막 JA-1자료[cycle 139(2005. 10. 14)부터 cycle 222(2008. 1. 25)까지]는 12개의 DVD로 수집.

#### 2. 학습용 BRAT 활용 분야

유럽우주청(ESA)과 프랑스우주연구센터(CNES)가 공동으로 개발한 Window XP용 BRAT 프로그램을 도입하고 활용함.

### 제 3 절 관련분야 기술발전예의 기여도

인공위성에 의한 해표면고도 관측은 높은 경제성과 광대한 관측범위로 인해 더욱 발전하리라 예상된다. 현재 미국과 프랑스는 공동으로 TOPEX/POSEIDON의 뒤를 이어 2001년 12월 7일에 JASON-1을 성공적으로 발사하여 운행 중에 있고 미국은 2010년경에 NPOESS계열의 인공위성에 고도계를 장착하여 해표면의 변화를 계속 모니터링할 예정으로 있다. 이에 따라 향후 한반도 주변해역에도 위성 고도자료를 활용한 해양 연구는 지금까지의 해양을 다른 관점에서 바라볼 수 있게 함으로서 각광 받는 새로운 도구로 등장되고 있다. 따라서 이 분야의 활용기술 개발은 한국에서 해양연구의 역량을 한 단계 높이는 결과가 될 것이다.

한국해양연구원의 연구방향은 국내 해양관측 기술 개발을 선도하고 개발된 기술을 보급하는 쪽으로 꾸준히 수행되어 왔다. 특히 원격관측기술개발은 이러한 연구원의 중장기 계획에 적절하게 부합되는 기술개발분야라 할 수 있다.

## 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

### 제 1 절 추가연구의 필요성

도입된 프로그램을 우리나라 주변 해양에서 활용하기 위해서는 다음과 같은 사항들이 지속적으로 연구되어야 한다.

1. 위성(JASON-1) 고도계 자료의 지속적인 확보
2. 프로그램을 우리나라 주변 해역에 적용
3. CD나 DVD로부터 파고나 바람 등 고도자료 이외의 다른 파라메타도 추출
4. 위성관측 3-5시간 후 사용가능한 OSDR 자료를 실시간 예보 등에 활용

### 제 2 절 타연구에의 응용

활용가능한 분야는 다음과 같다.

- 공간변화 연구로 소용돌이와 전선이동 등 중규모 해양현상 파악
- 시간변화 연구로 한반도 주변의 중장기 기후변화 규명
- 해양순환모델 개발시 자료동화기법에 기초자료 제공

### 제 3 절 기업화 추진방안

본 연구와 관련될 수 있는 과제 내용은 다음과 같다.

- 북극해 항로를 포함한 해상수송로 주변 통합해상정보시스템 구축:  
준 실시간 자료처리로 해상수송로 주변의 해상상태를 예측하여 해상정보(파도, 해류, 해상풍등)를 제공함으로써 안전항해에 도움을 줌.
- 실시간 해양예보 시스템 구축:  
위성에 의한 관측 3-5시간 후 사용 가능한 Operational Sensor Data Record (OSDR)를 이용하여 전세계 대양을 대상으로 준 실시간 예보를 할 수 있음

## 제 6 장 참고문헌

안유환 변상경 등. 2000. 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술 연구(I). 한국해양연구소. 240p.

안유환 변상경 등. 2002. 해양환경 관측 및 개선을 위한 기반기술 연구(II). 한국해양연구원. 287p.

변상경 등. 2006. 인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(I). 한국해양연구원. 25p.

AVISO/Altimetry. 1996. AVISO User Handbook for Merged TOPEX/POSEIDON products, AVI\_NT\_02\_101, Edition 3.0. 196p

ESA and CNES. 2006. Basic Radar Altimetry Toolbox v1.0 User Manual. 104p.

Rosmorduc V. and J. Dorandeu. 2006. Basic Radar Altimetry Toolbox practical. Gulf Stream: Sea Surface Height and Variability. ESA(ENVISAT) and CNES(CLS). 34p.

Picot N., K. Case, S. Desai and P. Vincent. 2003. AVISO and PODAAC User Handbook. IDGR and GDR Jason Products. SMM-MU-M5-OP-13184-CN(AVISO), JPL D-21352(PODAAC). 108p.

## 부록

1. Basic Radar Altimetry Toolbox v1.0 User Manual
2. Basic Radar Altimetry Toolbox practical. Gulf Stream:  
Sea Surface Height and Variability

## 주 의

1. 이 보고서는 한국해양연구원에서 시행한 “인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(Ⅱ): BRAT 활용”사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 한국해양연구원에서 시행한 “인공위성고도계 자료에 의한 해면고도 변화 연구(Ⅱ): BRAT 활용”사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.