

한반도 주변해역 다중위성 일별 SST 자료

강용균¹⁾, 강주현¹⁾, 송태윤²⁾, 김미리내²⁾

1) (주)다리스, 2) (주)환경과학기술

2021.11.05

수로학회 (부산)

발표 순서

1. 입문
2. 실시간 원탐 SST 자료
3. 마스터 지역과 Land mask
4. SST 자료 지리적 정합
5. 구름 오염 SST 자료 제거
6. 일합성 SST 자료 생성
7. SST 자료 가시화
8. 논의

1. 입문

- 표면수온(SST)은 해양의 주요 변수이다.
- SST 자료는 여러 개 위성을 통해서 원격탐사 되고 있다. (운행 중인 극궤도 SST 관측 위성은 10개 이상이다.)
- SST 실시간 관측 자료는 웹을 통해 공개되고 있다.
- 우리나라 주변 해역에 대한 SST DB 구축 및 자료 서비스가 필요하다.

- SST DB 구축의 입장 (FUNS)
- 실제(Fact) 자료에 기반한 유용(Useful)하고 자연적인(Natural) 자료를 제공 (Service)하도록 한다.

2. 실시간 원탐 SST 자료

- 최근 SST 고해상도 자료 인터넷 실시간 제공
- SST 센서와 위성 소개
- 위성 통과 시간
- GHRSSST 형식 SST 자료
- 하루 중 SST 스냅 자료 예 제시

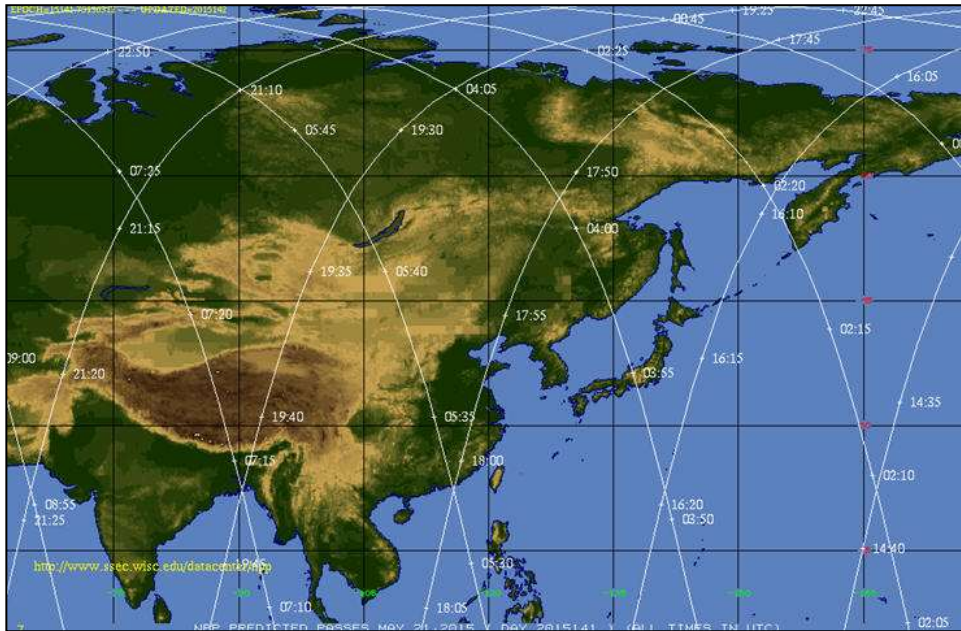
SST 센서와 위성

- 과거 **SST** 원격탐사 자료와 최근 **SST** 원격탐사 자료 자료 :
 - 과거 위성인 NOAA-18과 NOAA-19의 고해상 SST 자료는 위성통과 지역에서 현지 수신을 필요로 한다.
 - 최근의 SST 탐사 위성 자료는 전지구 고해상도 자료를 북극지역과 남극지역 수신소에서 직접 수신하여 인터넷으로 실시간 제공된다.
- 인터넷을 통해 제공되는 **SST** 자료는 위성 경로 상의 **swath** 자료로 제공된다.

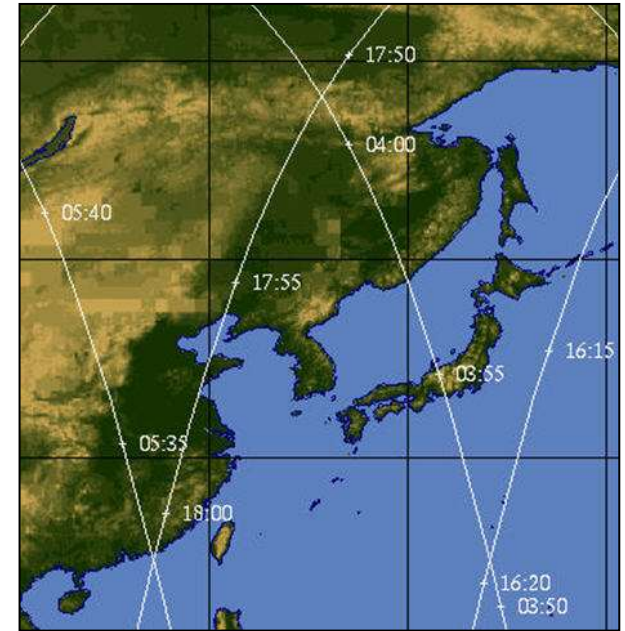
인터넷을 통해 자료를 제공하는 SST 센서와 위성 종류 :

- **VIIRS** 센서 – **NPP**와 **NOAA-20** 위성에 탑재. (공간해상도 750m)
- **AVHRR** 센서 – 독일의 **Metop-A, Metop-B, Metop-C** 위성에 탑재. (해상도 1.1km)
- **MODIS** 센서 – 미국의 **Aqua**와 **Terra** 위성에 탑재. (해상도 1.1km)
- **SLSTR** 센서 – 유럽연합의 **Sentinel-3A**와 **Sentinel-3B** 위성에 탑재. (해상도 1.1km)

관심지역 위성 통과 시간



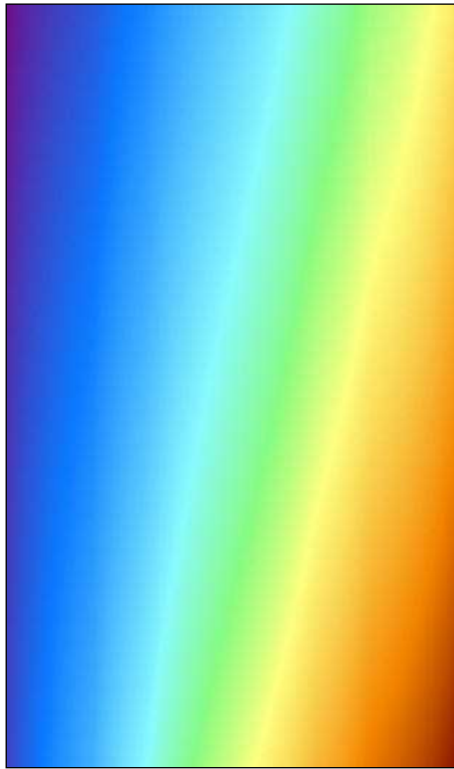
Asia 지역



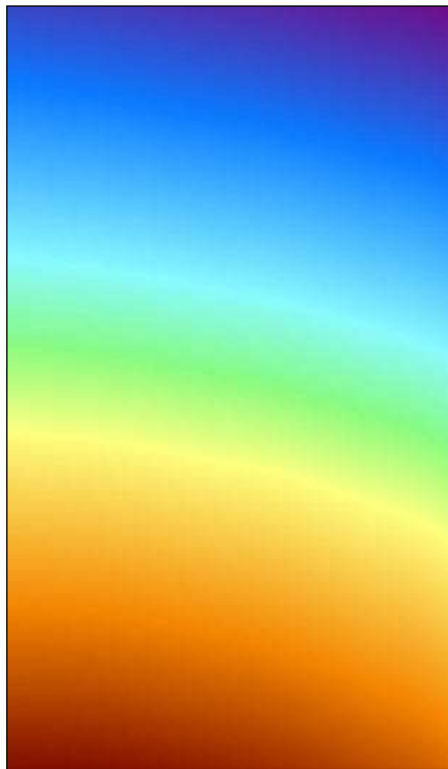
한국 주변

- Space Science and Engineering Center에서는 극궤도 위성 통과시간을 제공한다. (https://www.ssec.wisc.edu/datacenter/orbit_tracks.html)
- 예시된 그림은 2017.05.21. NPP 위성 위치이다.

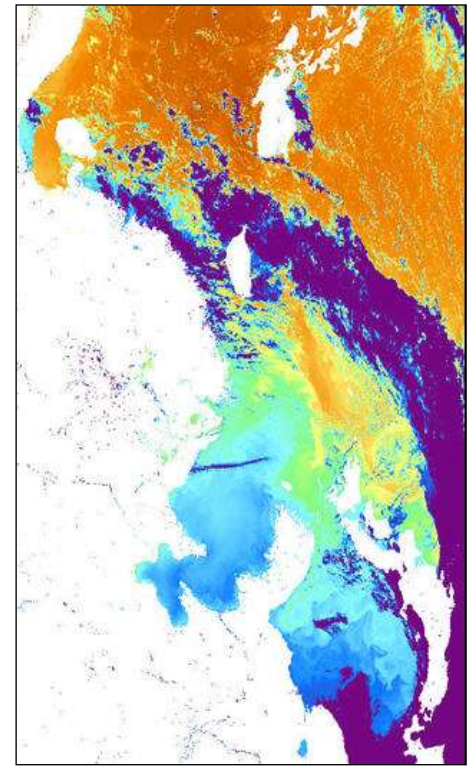
GHRSSST 형식 SST 자료



Longitude



Latitude



SST

- GHRSSST (Group for High Resolution SST) 규격으로 제공되는 VIIRS/NPP swath SST 예, (20190501_1730 SST 자료)
- VIIRS SST swath 자료 크기는 5408*3200개 정도의 750m 격자상 자료이다 .
- GHRSSST 자료에는 각 픽셀의 경위도와 SST 값이 들어있다. 경도와 위도는 degree 단위 Real*4 자료이며, SST는 0.01°C 해상도 Integer*2 자료이다.

3. 마스터 지역과 Land mask

- SST 마스터 지역 설정
- GOCI 자료 이용한 Land mask 제작
- 마스터 지역 Land mask 현황

SST 마스터 지역 설정

- 한반도 주변 SST 마스터 지역 설정에는 아래 요구 조건을 반영하였다.
 - 지리적 범위는 한반도 중심으로 충분한 영역이 되도록 한다.
 - 가급적 고해상도 자료로 생성한다. (참고: VIIRS SST 해상도 750m)
 - 픽셀위치에 해당되는 경위도 위치 값을 바로 알 수 있도록 한다.
 - 경위도 좌표계 사용하면서 동서와 남북 aspect ratio가 실제와 근접하게 한다.
- 설정된 마스터지역:
 - 지리적 범위 : 남북 20도, 동서 25도 (**25-45°N, 118-143°E**)
 - 격자 개수: **3000*3000**개
 - 공간해상도 : **750m** (동서 **30초**, 남북 **24초**)

마스터지역 Land mask 제작

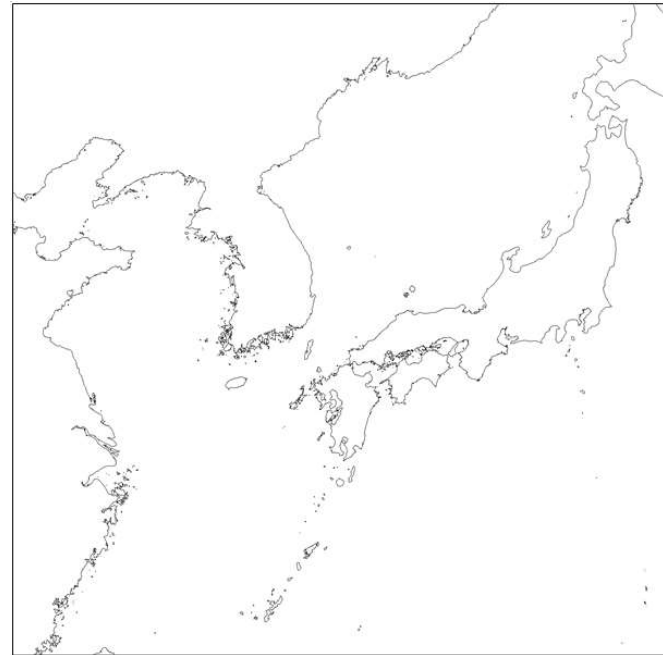
Land mask 제작에 고려된 사항 :

- SST 자료는 해상지역에만 있다. (육상 LST 자료는 배제)
- 최근의 실제 수륙분포를 반영시켰다.
- 500m GOCI 근적외선(NIR) 밴드 1년간 자료로부터 직교투영 land mask 제작하였다.
- 500m 직교투영 Land mask를 750m 경위도 투영자료로 변환하였다.

마스터 지역 Land mask 현황



Landmask



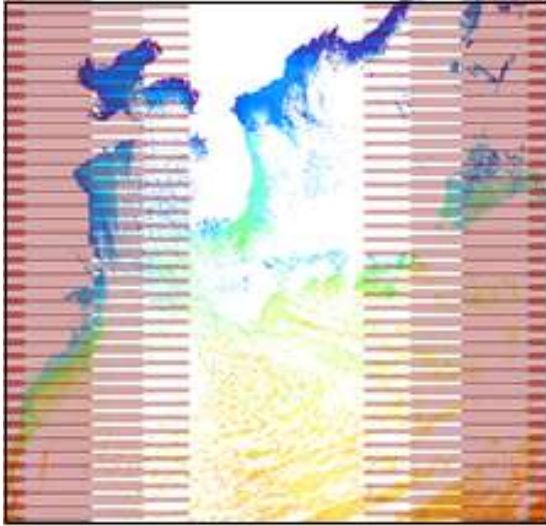
Coastline vector

- 마스터 지역 경위도 범위: 동서 25도, 남북 20도 (**118-143°E, 25-45°N**)
- 해상도: **$DX = 1/120 \text{ deg (30 sec)}$, $DY = 1/150 \text{ deg (24 sec)}$.**
36°N에서 $DX=740\text{m}$, $DY=740\text{m}$
- 자료 격자 수: **$(NX, NY) = (3000, 3000)$ 개**

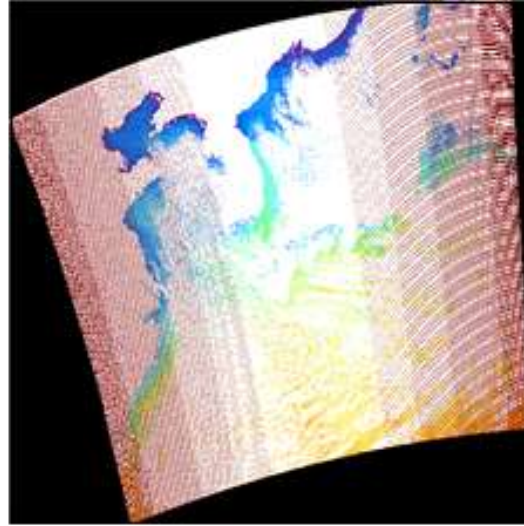
4. SST 자료 지리적 정합

- Swath SST 자료의 Mapping 예시
- TIN 방법 Swath SST 자료 Mapping 방법
- NPP와 NOAA-20 위성 스냅 VIIRS SST 예

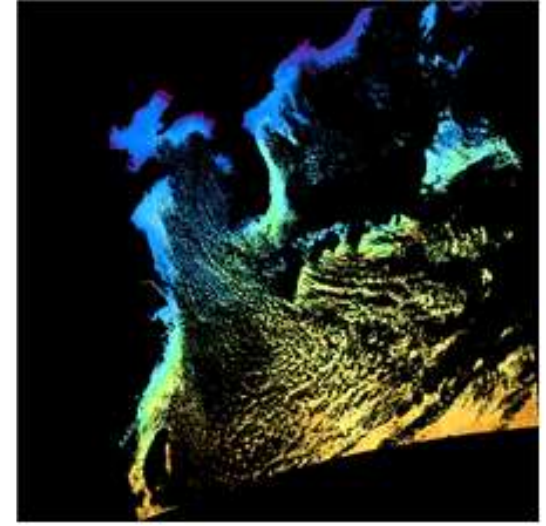
Swath SST 자료의 mapping 예시



(a) 제공되는 swath 자료



(b) 지리적 mapping



(c) 해상 SST 영상화

Swath SST 자료의 mapping 예 (2015년 1월 1일 04:19z 자료)

- 제공되는 track 상의 swath 자료는 남북방향에서 벗어나 있다.
- Swath 자료의 각 격자점 경위도 좌표 값을 이용하여 지리적으로 mapping한다.
- SST 자료를 영상으로 가시화한다.

TIN 방법 Swath SST 자료 Mapping

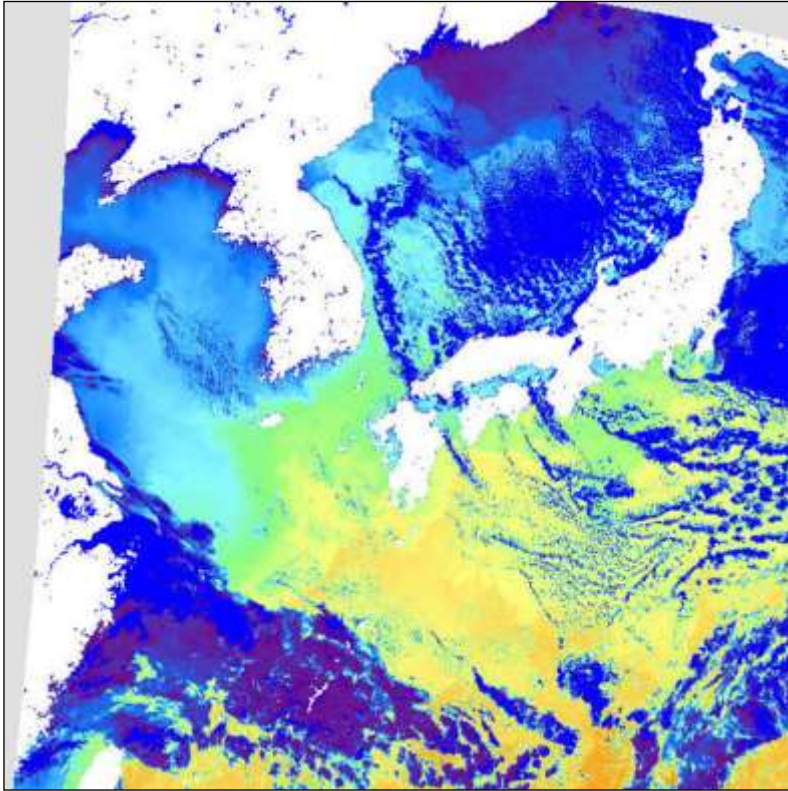
TIN (Triangulated Irregular Network) 방법 SST mapping:

- Swath SST 2D 사각형 격자 자료를 삼각형 mesh 자료로 취급한다.
(각 사각형을 2개의 삼각형으로 구분)
- 각 삼각형 꼭지점 경위도 위치와 SST 값에 대하여 평면식 $SST = A*X + B*Y + C$ 를 계산한다.
- 삼각형 mesh의 내부에 속하는 마스터 격자 위치에서의 SST를 평면식을 이용하여 결정한다.

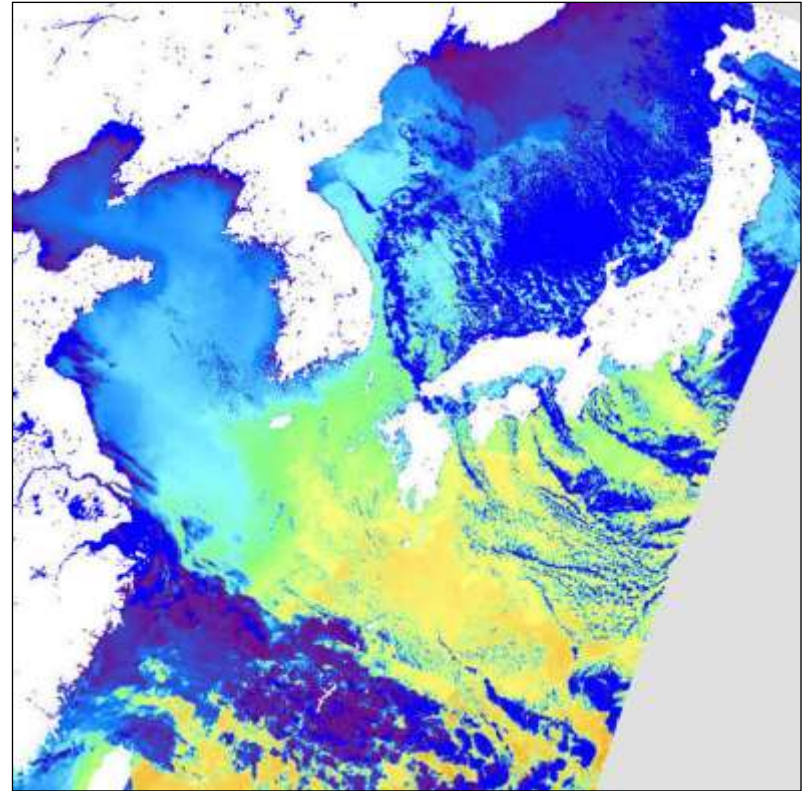
TIN 방법 mapping 특징:

- Ascending 자료와 descending 자료 모두의 mapping에 자동적으로 적용된다.
- 주사폭이 큰 VIIRS SST의 'Bow tie' 자료도 mapping이 자동적으로 처리된다.

NPP와 NOAA-20 스냅 VIIRS SST 예



20200104_1640_NPP_SST



20200104_1730_N20_SST

- NPP와 NOAA-20 스냅 VIIRS SST 예, (2020.01.04 50분 시차 자료)
- 해상 SST 자료에 구름 오염 지역 포함 (Blue는 0°C 이하 지역, White는 no data 지역).
- 구름에 오염된 자료 제거 작업 필요하다.

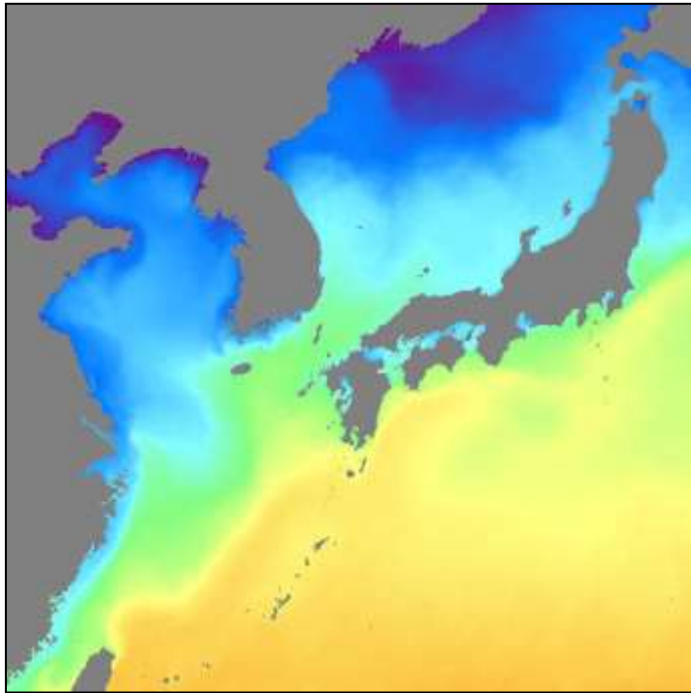
5. 구름 오염 SST 자료 제거

- 구름오염 자료 식별 원리
- SST 평년치(climatology)
- 구름 오염 SST 수정 절차 예시
- 구름오염 수정 예

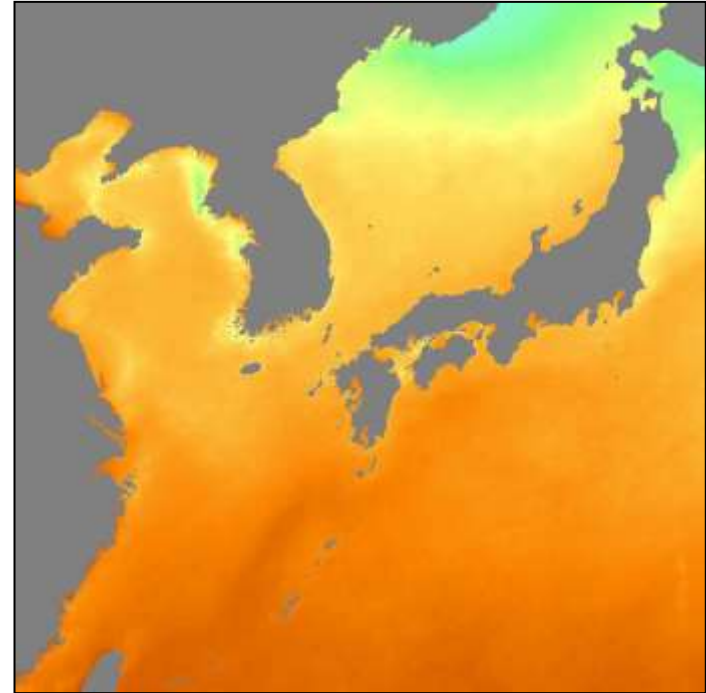
구름오염 자료 식별 원리

- 위성에서 감지되는 SST 자료는 맑은 곳에서는 실제의 SST 값이지만, 구름 지역에서는 구름 상층 온도가 감지된다.
- 구름오염자료를 제거하는 'old' 방법에서는 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이하의 SST 자료를 구름 오염 자료로 취급한다 (KOSC 제공 SST 자료에는 이 방법이 적용되어있다).
- 낮은 고도의 구름은 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 보다 높을 수 있다. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 보다 높은 구름 오염 자료를 제거하기 위해서는 보다 현실적인 기준 적용이 필요하다.
- 스냅 SST 자료의 구름 및 오염자료 배제 기준 :
 - (1) SST 평년치(climatology)로부터의 차이 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이내
 - (2) 최근 5일간 SST의 median으로부터의 차이 $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 이내

SST 평년치(climatology)



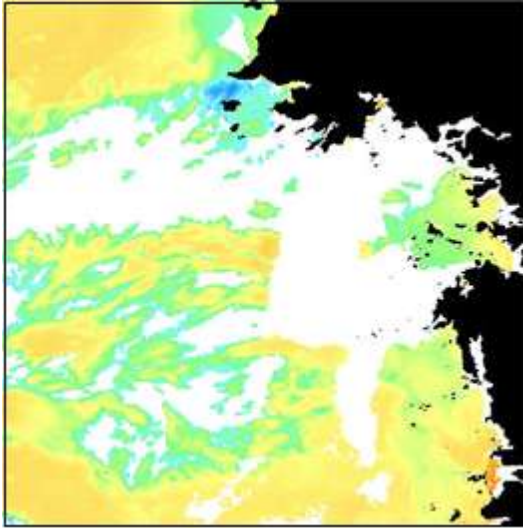
1월 초순 SST, (2012-2019)



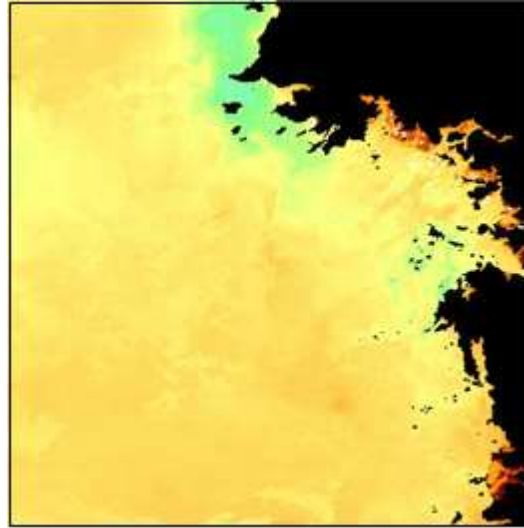
7월 초순 SST, (2012-2019)

- 하루 중 여러 개 스냅 SST로부터 MVC 방법으로 일별(daily) SST 생성
- 10일간 daily SST로부터 MVC 방법으로 순별(decad) SST 시계열 생성
- 수년간 순별 SST 시계열로부터 median 방법으로 순별 SST 평년치(climatology) 생성
- 제시한 그림은 8년간(2012-2019) 1월 초순과 7월 초순 NPP 위성 VIIRS SST climatology.
- SST climatology 자료는 스냅 SST 자료 구름오염 자료 판정의 기초자료로 사용

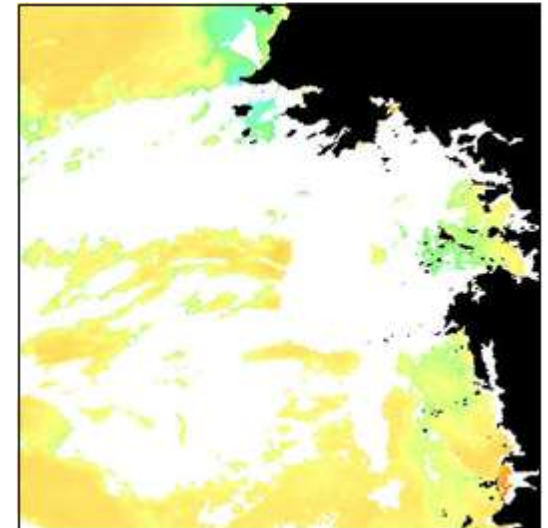
구름 오염 SST 수정 절차 예시



Vendor 제공 VIIRS SST
2016.06.13. 05:33z



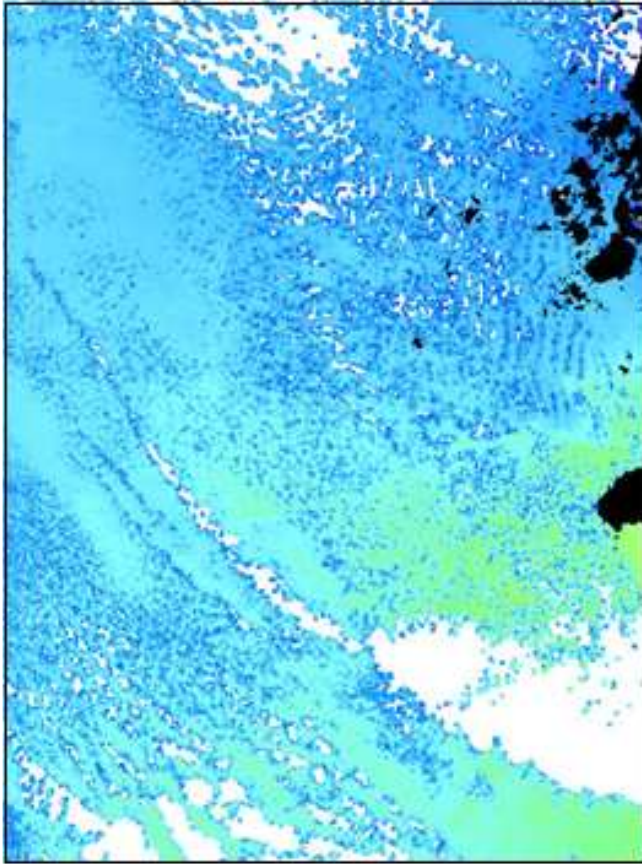
2016년 6월 중순 SST



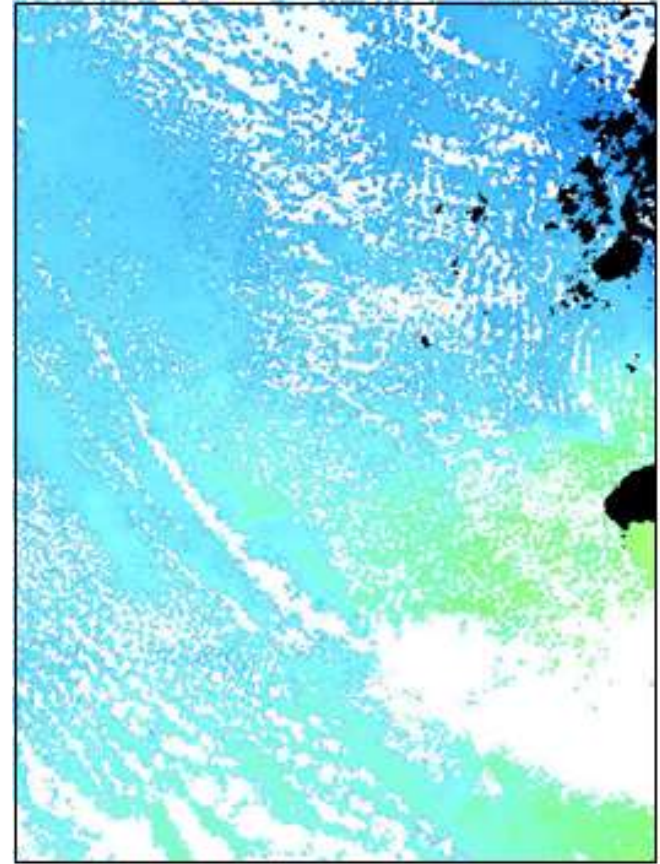
구름오염 수정된 SST
2016.06.13. 05:33z

- 최근 10일간의 순별 SST 자료에 비해서 3°C 이상 차이가 나는 자료는 오염된 자료로 취급한다.
- 위 그림에서 왼쪽에 있는 CLASS 제공 자료에는 얇은 구름 지역의 잘못된 자료가 포함되어있다.
- 가운데 보이는 순별 자료로부터 3°C 이상 차이가 나는 곳을 제거해주면 오른쪽 그림과 같은 구름오염 지역이 수정된 SST 자료가 만들어진다.

구름오염 수정 예 (제주도 서부)



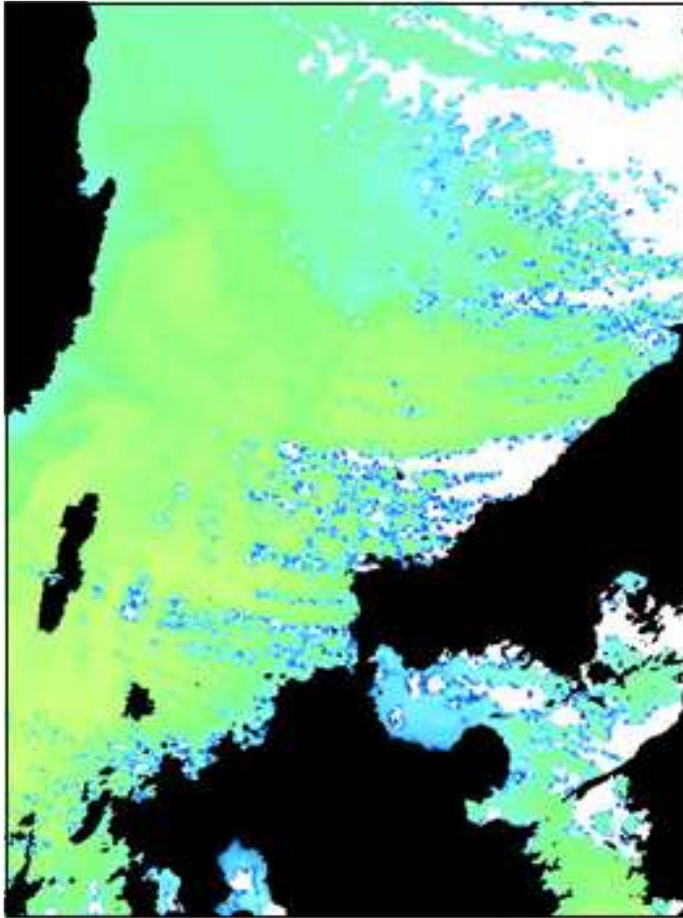
Vendor 제공 SST



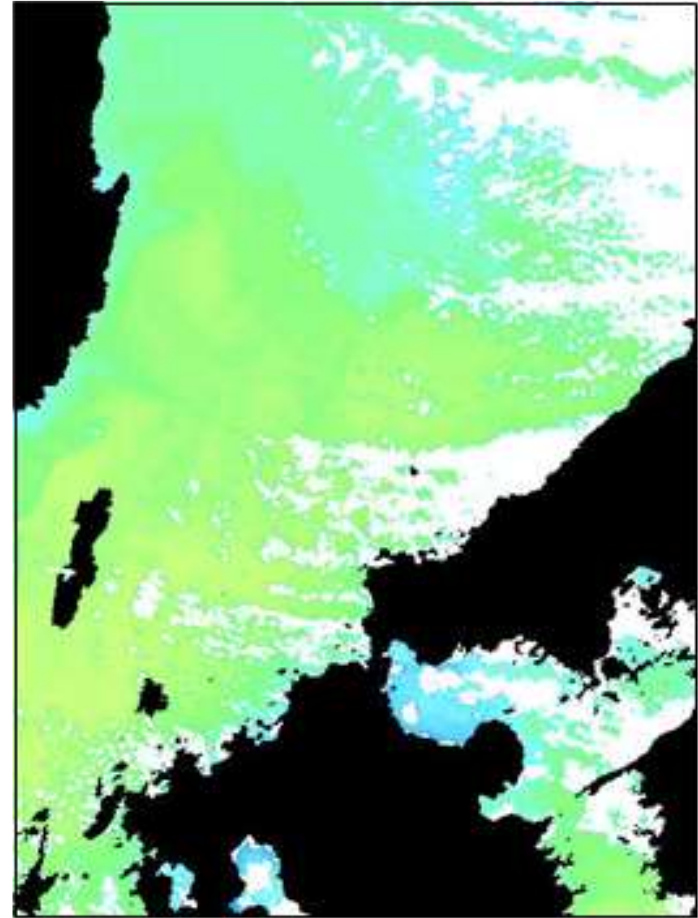
오염자료 수정된 SST

- 목포 서남쪽 해역 구름오염 수정 전과 후 SST 비교 (2017년 1월 12일 18:04z)
- 왼쪽 SST 그림에서 파란색으로 표시된 낮은 온도의 SST가 오른쪽의 수정된 그림에서는 제거되어있다.

구름오염 수정 예 (포항 외해)



Vendor 제공 SST



오염자료 수정된 SST

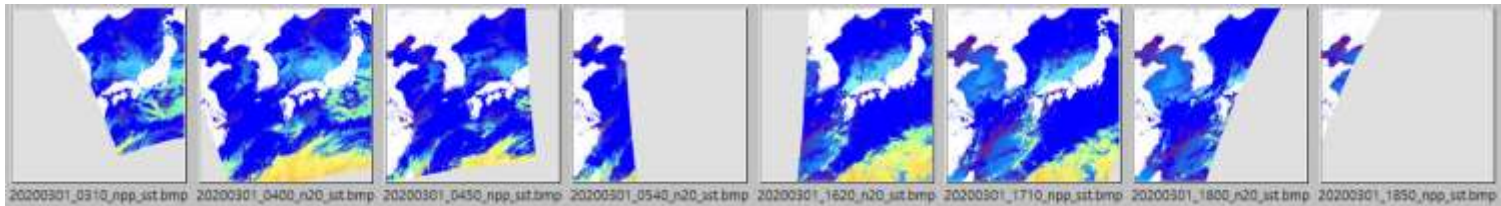
- 대한해협 구름오염 수정 전과 후 SST 비교 (2017년 1월 12일 18:04z)
- 왼쪽 영상에 포함되어있는 구름에 오염된 파란색 지역이 오른쪽 그림에서는 제거됨.

6. 일합성 SST 자료 생성

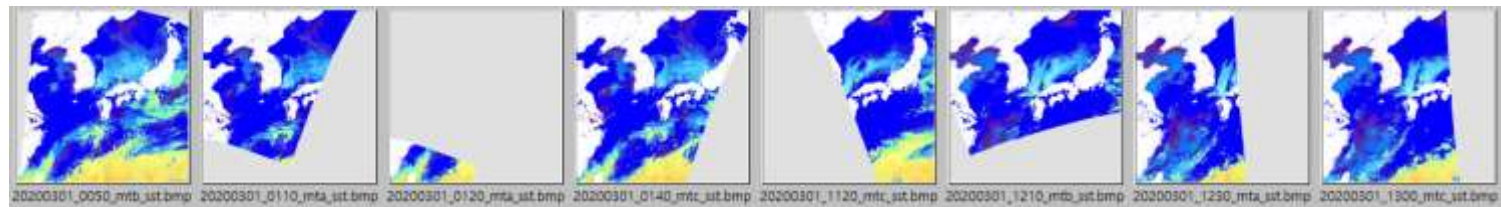
일합성 SST 자료 생성:

- 하루 중 여러 개(통상 25개 이상) 스냅 SST를 입력 자료로 사용한다.
- 위성 센서 보정치 적용: 각 위성의 SST 자료를 기준위성 SST 자료로 수정해준다.
- 주야간 SST 자료 보정 적용: 주야간 SST 차이 적용하여 야간 자료를 주간 자료로 변환해준다.
- Median 방법으로 스냅자료로부터 일합성 자료를 생성한다.

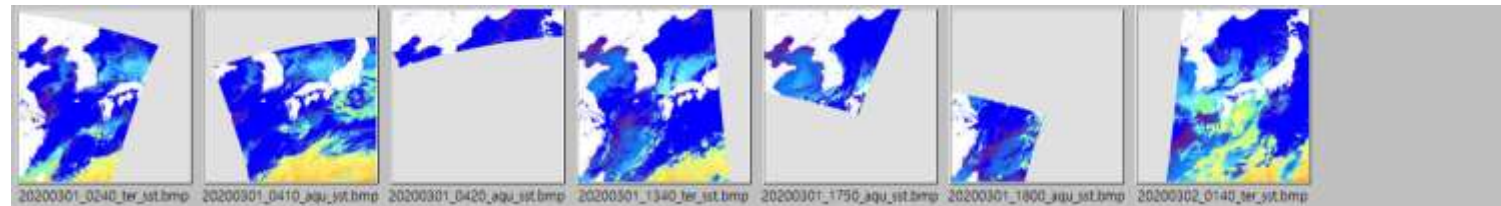
하루 중 SST 스냅 자료 예, (2020.03.01)



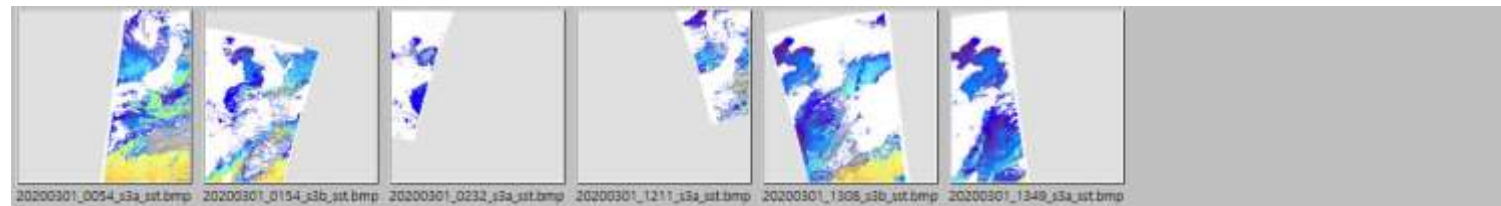
VIIRS (Suomi NPP, NOAA-20)



AVHRR (Metop-A, Metop-B, Metop-C)



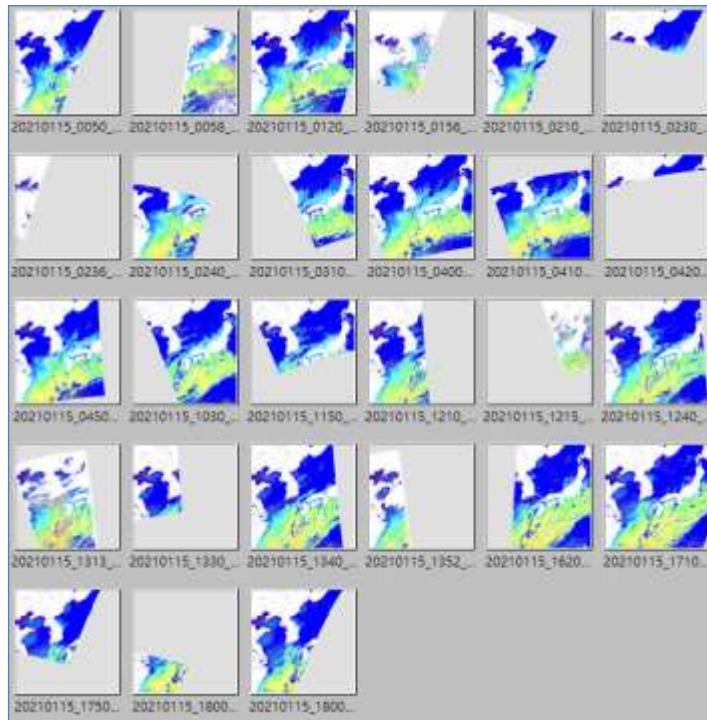
MODIS (Aqua, Terra)



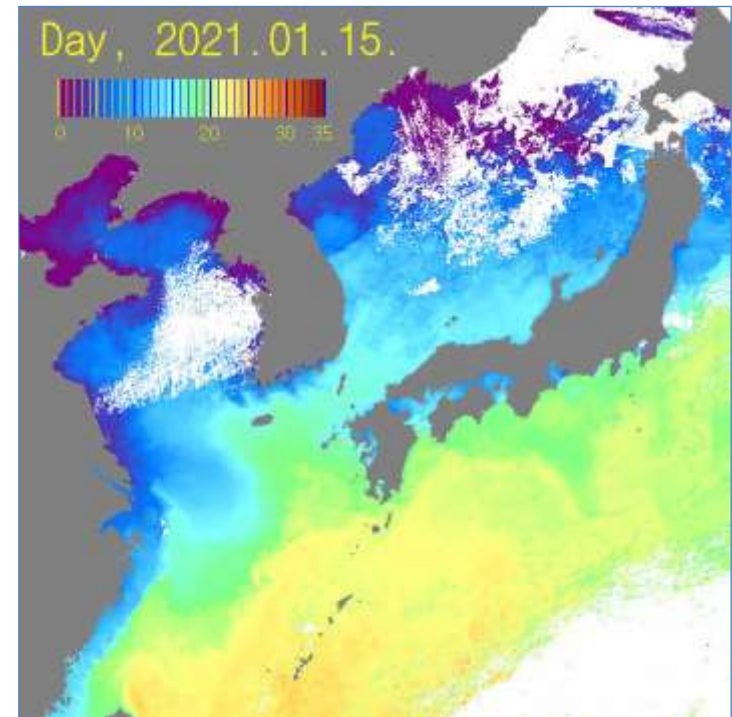
SLSTR (Sentinel-3A, Sentinel-3B)

- 20200301 하루 중 29개 스냅 SST 자료 있다.
- 센서별 자료 개수: VIIRS 8개, AVHRR 8개, MODIS 7개, SLSTR 6개

스냅 결합 일합성 SST



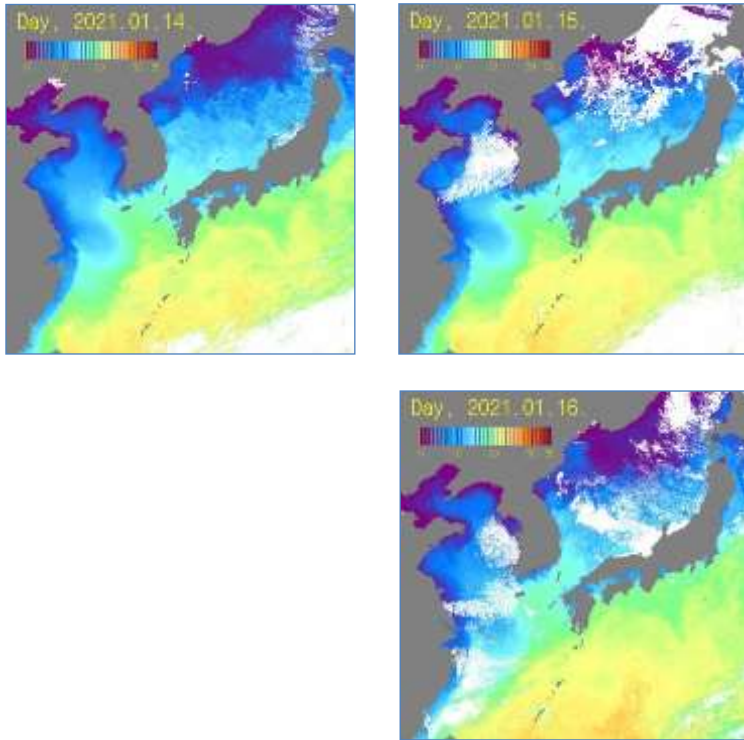
하루 중의 SST 스냅자료, 2021.01.15



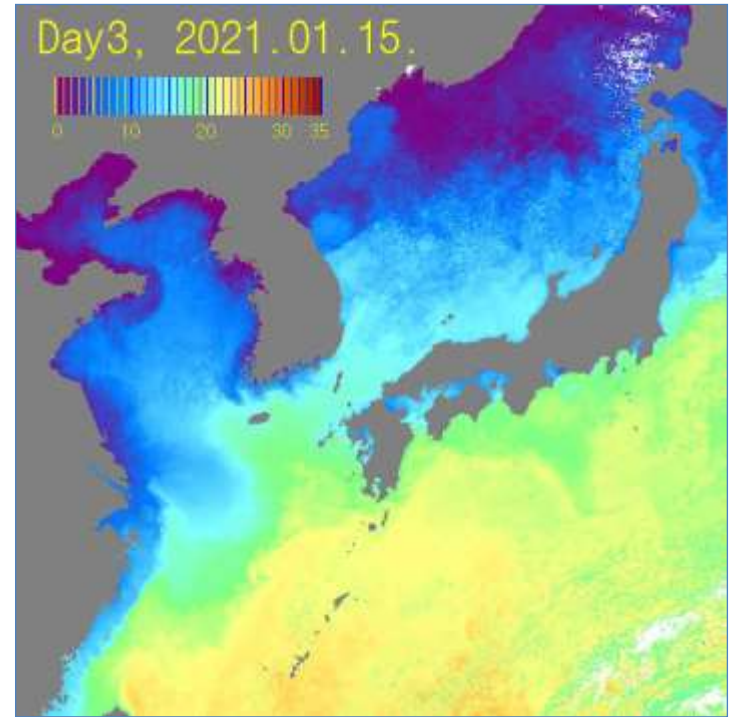
일합성 SST, 2021.01.15

- 하루 중 관측된 여러 스냅 SST 자료로부터 median 방법으로 일합성 SST를 생성한다.
- 하루 중 스냅 SST 자료가 여러 개 있더라도 일합성 SST 자료에는 무자료 구역이 있다.

전후일 자료 추가로 SST 결측구역 축소



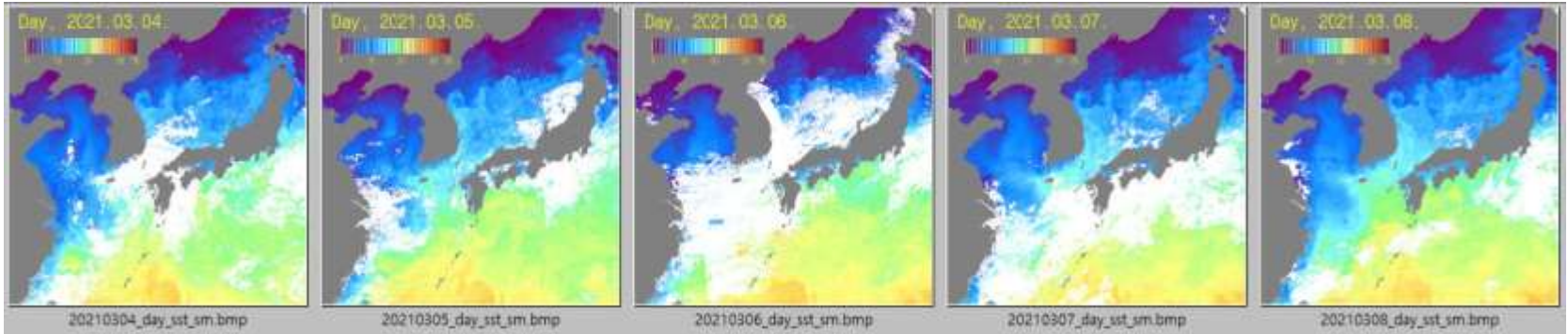
3일간의 Daily SST



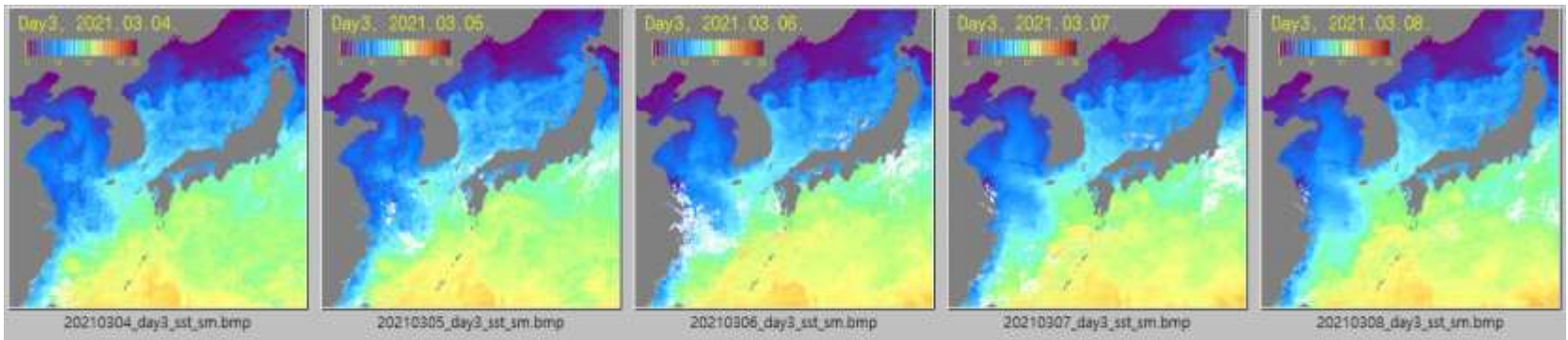
하루 전과 후의 자료를 보충한 Daily SST

- 관측된 Daily SST 자료에는 무자료 지역이 포함되어 있다.
- 결측된 격자점에 대하여 하루 전과 후의 SST 자료를 선형보간하여 보충하면 결측지역이 줄어든다.
- 위 그림에서 왼쪽은 연속된 3일간의 관측된 Daily SST이고, 오른쪽은 기준일(2021.01.15) 하루 전과 후의 자료를 사용하여 결측지역을 보충해준 Daily SST이다.
- 하루 전과 후의 자료를 사용하여 보충해주면 결측지역이 상당히 줄어들긴 하지만 아직도 결측지역이 남아있다.

전후 1일 SST 자료 보충 효과



해당일 스냅 SST 자료에 의한 일합성 SST



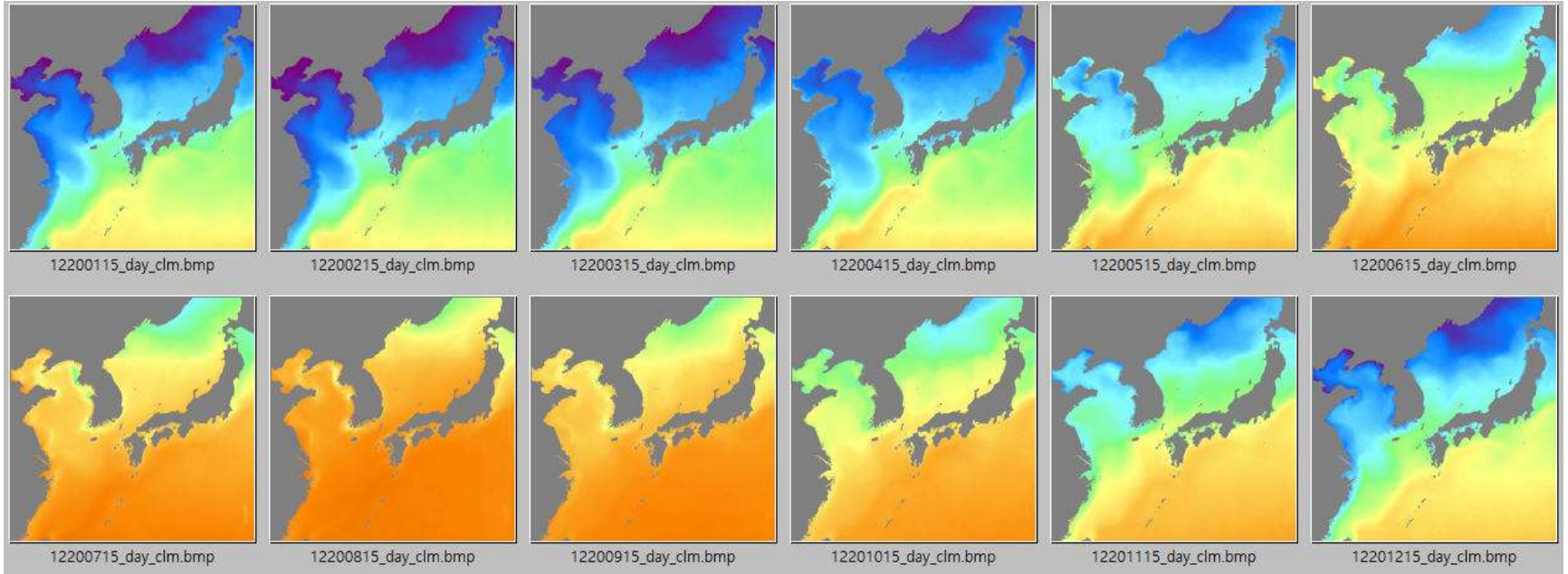
전과 후 1일 자료를 보충한 daily SST

- 당일만의 SST 자료와 전과 후 1일 자료 보충 SST 자료 비교, (2021. 3. 4~8).
- 위의 그림은 5일간의 해당일 관측 Daily SST 자료이고, 아래 그림은 전과 후 1일의 자료를 이용해서 보충해준 Daily SST 자료이다.
- 전후일 자료보충으로 결측지역 상당히 줄어들지만, 아직도 결측구역이 남아 있다.

SST Anomaly 자료 보간과 평활화

- SST는 평년치(Climatology)와 평년편차(Anomaly)의 합으로 표시할 수 있다.
- SST 결측자료 보충에서 SST 자체 자료를 사용하기보다 SST Anomalies 자료를 사용하여 결측보간을 한 후에 나중에 더해주는 방식을 취하였다.
- SST Anomaly 자료 보간과 평활화 작업 수행 :
 - ① 각 격자점 SST Anomaly 시계열의 결측자료를 선형 내삽하여 보충한다.
 - ② 각 격자점 SST Anomaly 시계열 자료를 평활화한다. 시계열 자료 평활화에는 sliding line 방법이나 low-pass convolution filter 방법을 적용한다.
 - ③ SST Anomaly 분포도(map)를 평활화한다. SST map의 평활화에는 sliding plane fit 방법이나 또는 median filter 방법을 적용한다.
- 시공간적으로 평활화된 SST Anomaly를 SST climatology에 추가하여 실제 SST 자료를 생성한다.

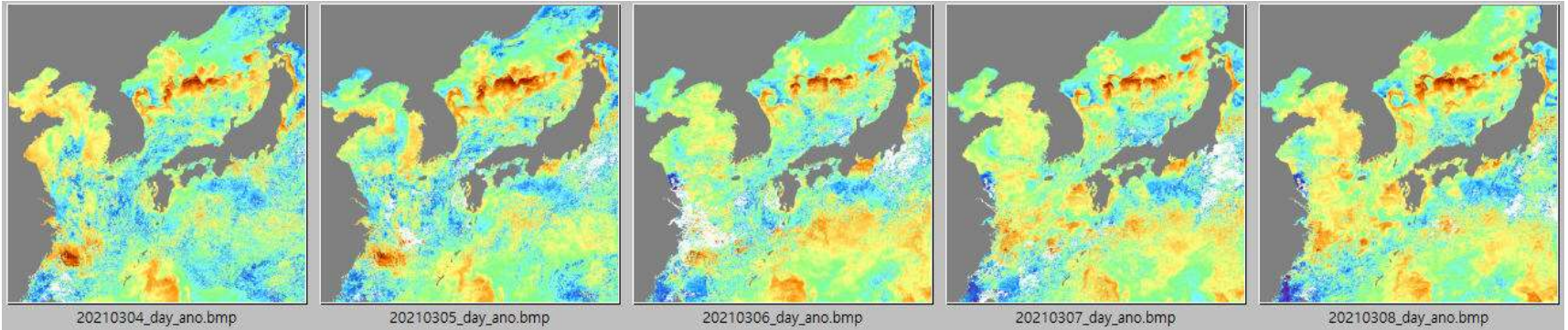
SST 평년치(Climatology)



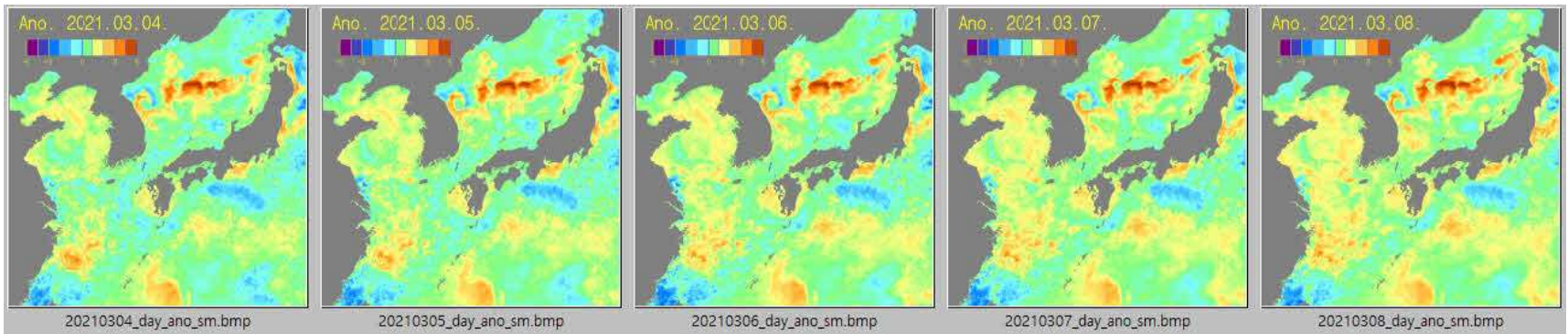
월별 SST Climatology 분포 (매달 15일 자료)

- SST Anomaly를 알기 위해서는 각 일자의 SST Climatology 자료가 필요하다.
- 9년간 (2012-2010) 일별 SST Anomaly DB를 제작하였다.
- 위에 보인 그림은 매달 15일의 SST climatology 분포이다.

SST Anomaly 시계열 보충과 평활화 예



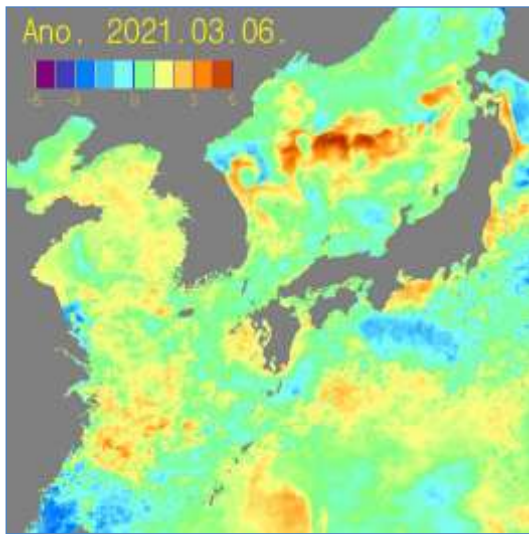
관측된 daily SST Anomaly



시공간적 평활화된 Daily SST Anomaly

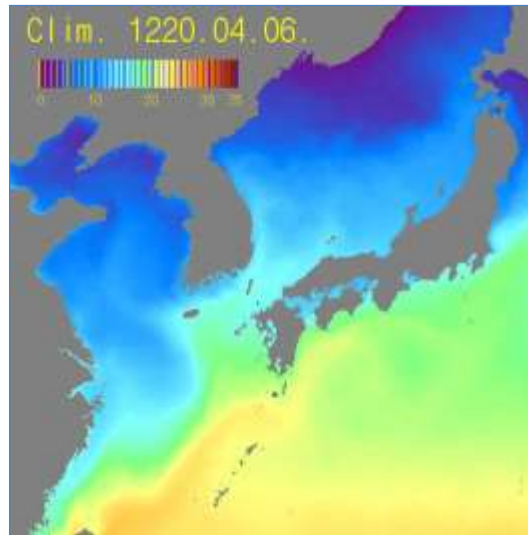
- SST Anomalies 자료에는 앞에 기술된 절차에 따른 시공간적 평활화를 적용하였다.
- 위쪽 그림은 5일간(2021.3.4~8)의 관측된 SST Anomaly 분포이고, 아래 그림은 시공간적 평활화를 적용한 SST Anomaly 그림이다.

SST Anomaly 자료 이용한 실제 SST 자료



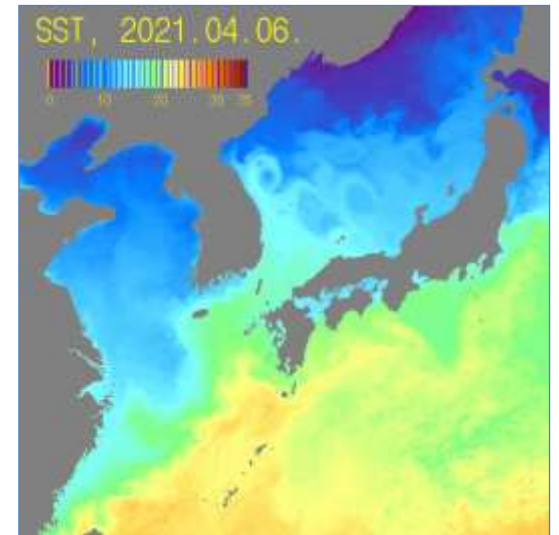
SST Anomaly

+



SST Climatology

=



실제 SST

- 평활화된 SST anomaly를 SST climatology에 더해줌으로써 실제의 SST 자료를 생성한다. (2021.04.06)

7. SST 자료 가시화

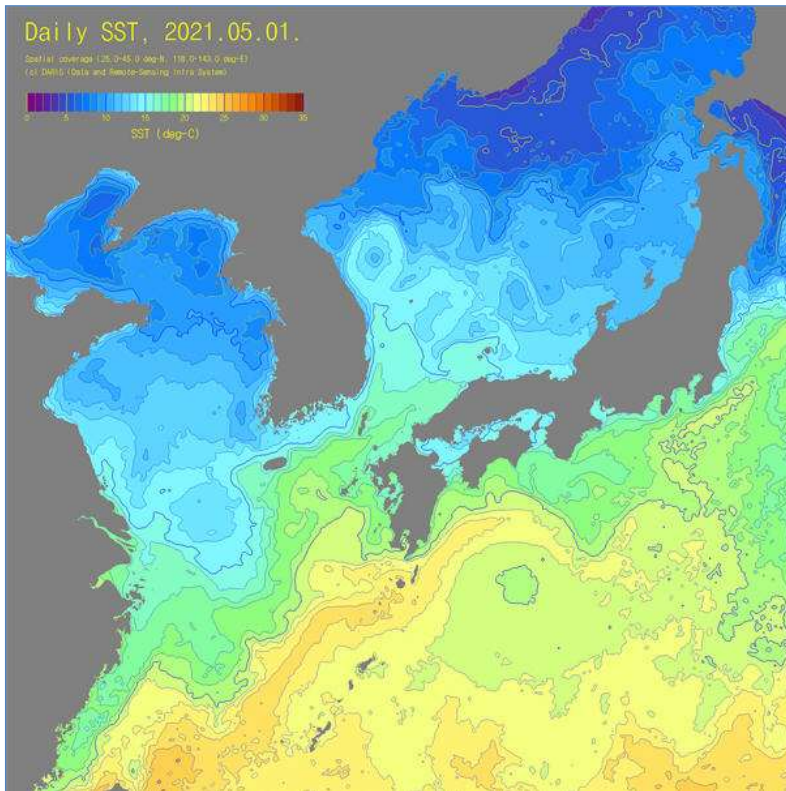
SST 자료는 0.01 °C 해상도의 바이너리 파일로 제작하였다.

- Int*2 포맷의 바이너리 파일에서 무자료 격자에 대한 Fill 값으로는 -32768을 적용하였다.
- SST 바이너리 자료는 SST 관련 연구자에게 유용하다.

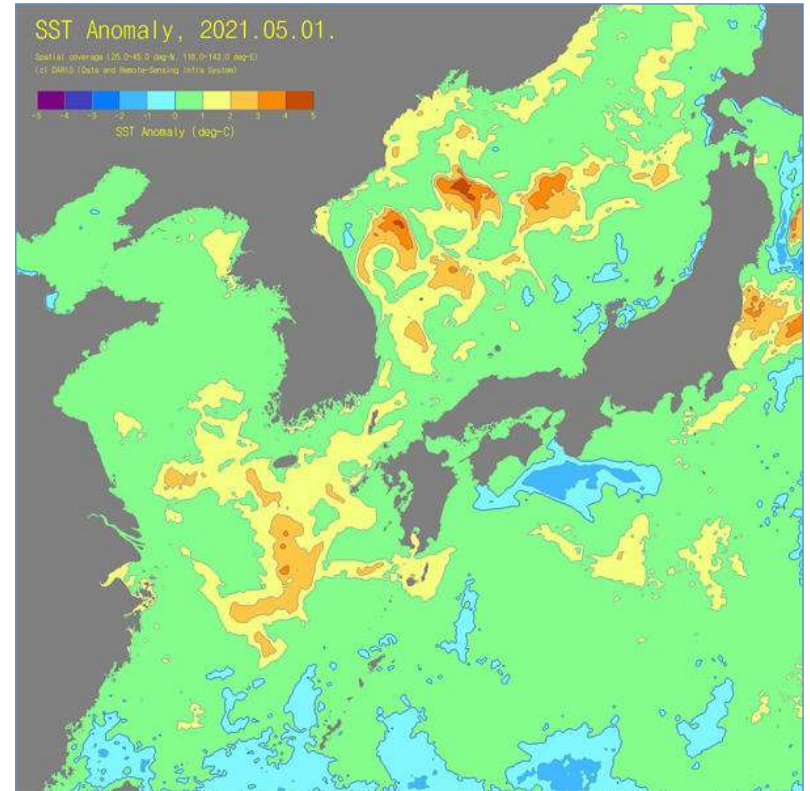
SST 자료 분포를 가시화하는 아래와 같은 영상을 만들었다.

- 전체 자료의 지역은 동북아 해역 25*10도 지역 (118-143°E, 25-45°N)이다. 이 지역에 대해 750m 해상도 3000*3000 픽셀의 SST 영상을 만들었다. SST 영상의 DN(Digital Number)은 $SST(^{\circ}C) = 0.14 * DN$ 으로 하였다.
- 남한인근해역 7.5*6.0도 지역 (124.0-131.5°E, 32.5-38.5°N)에 대한 영상으로 관심지역을 쉽게 볼 수 있도록 만들었다. 남한 인근 해역의 영상은 750m 해상도 900*900 픽셀로 구성된다.
- SST 뿐만 아니라 SST Anomaly 에 대해서도 영상을 만들었다.
- SST와 SST Anomaly 영상에서는 1 °C 범위를 같은 색상으로 표시하였다. 또한, 1 °C 간격의 등온선(contours)을 추가하여 수온 분포를 선명하게 나타내었다.

전체지역 SST와 SST Anomaly 예



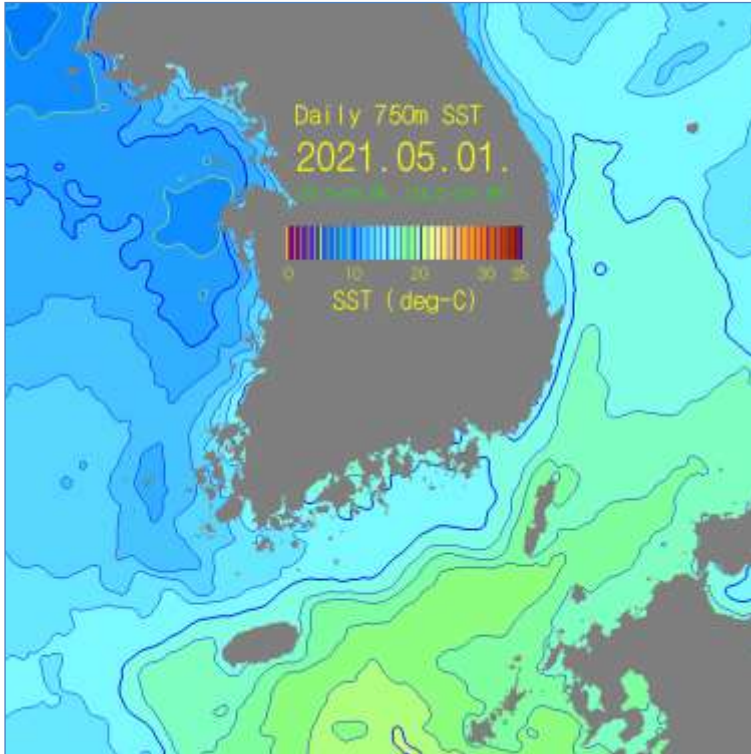
Daily SST



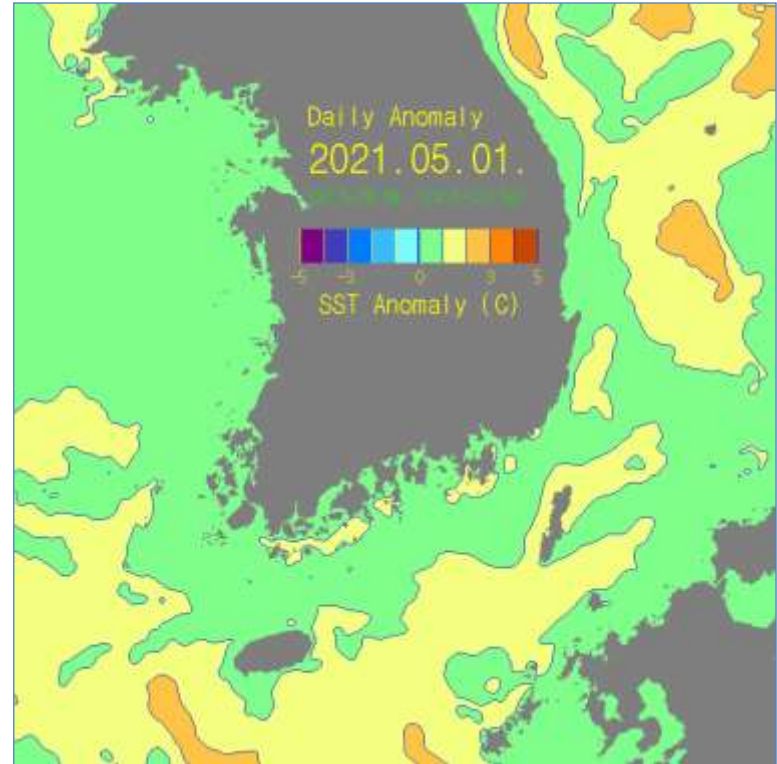
Daily SST anomalies

- 전체지역 3000*3000 격자의 SST와 SST anomalies 예, (2021-05-01)
- SST 그림에서는 SST 평년편차 정도가 눈에 드러나지 않는다. SST anomalies 그림은 예년에 대비한 SST 차이가 선명하게 나타난다.

남한인접지역 SST와 SST Anomaly 예



Daily SST, (2021-05-01)



Daily SST Anomaly, (2021-05-01)

- 남한인근 7.5*6.0도 지역 750m 해상도 900*900 격자지역 SST 분포의 예, 2021.05.01.
- 남한 인근 해역 SST 자료의 coverage는 (124.0-131.5°E, 32.5-38.5°N)이다.

8. 논의

제시된 다중위성을 이용한 Daily SST 자료의 특징은 아래와 같다.

- 가용한 관측 자료 최대한 사용 (다중위성 자료 사용)
- 사용자 유용정보 제공 (스냅 SST 자료 나열보다 일별 SST 제공)
- SST 자료 위치정보 제공 (경위도 지리적 좌표계 사용)
- 오염된 SST 자료 배제 (스냅 SST 자료에서 구름오염 자료 제거)
- 일별 SST 뿐만 아니라 SST Anomaly 자료 제공

과거 SST DB 구축 구상

- 최근(2주간) SST 자료는 NOAA 산하 Coast Watch 웹에서 실시간 제공하고 있다.
- 해양의 현황 파악을 위해서는 과거의 SST에 대한 DB 구축이 필요하다.
- Ocean Color 웹을 통해 아래의 위성 자료에 의한 SST Swath 자료를 다운로드 할 수 있다.
 - MODIS/Aqua 1.1km SST : 2002.07~현재
 - MODIS/Terra 1.1km SST : 2001.02~현재
 - VIIRS/NPP 750m SST : 2012.01~현재
 - VIIRS/N20 750m SST : 2017.12~현재
- 수산과학원에서는 1989년 11월부터 NOAA AVHRR SST 자료를 수신하였다. 이들 자료는 2000*2000 격자의 Master 지역에 0.14°C 해상도로 mapping 되어있다.

질의응답

감사합니다