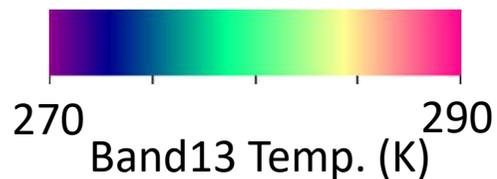
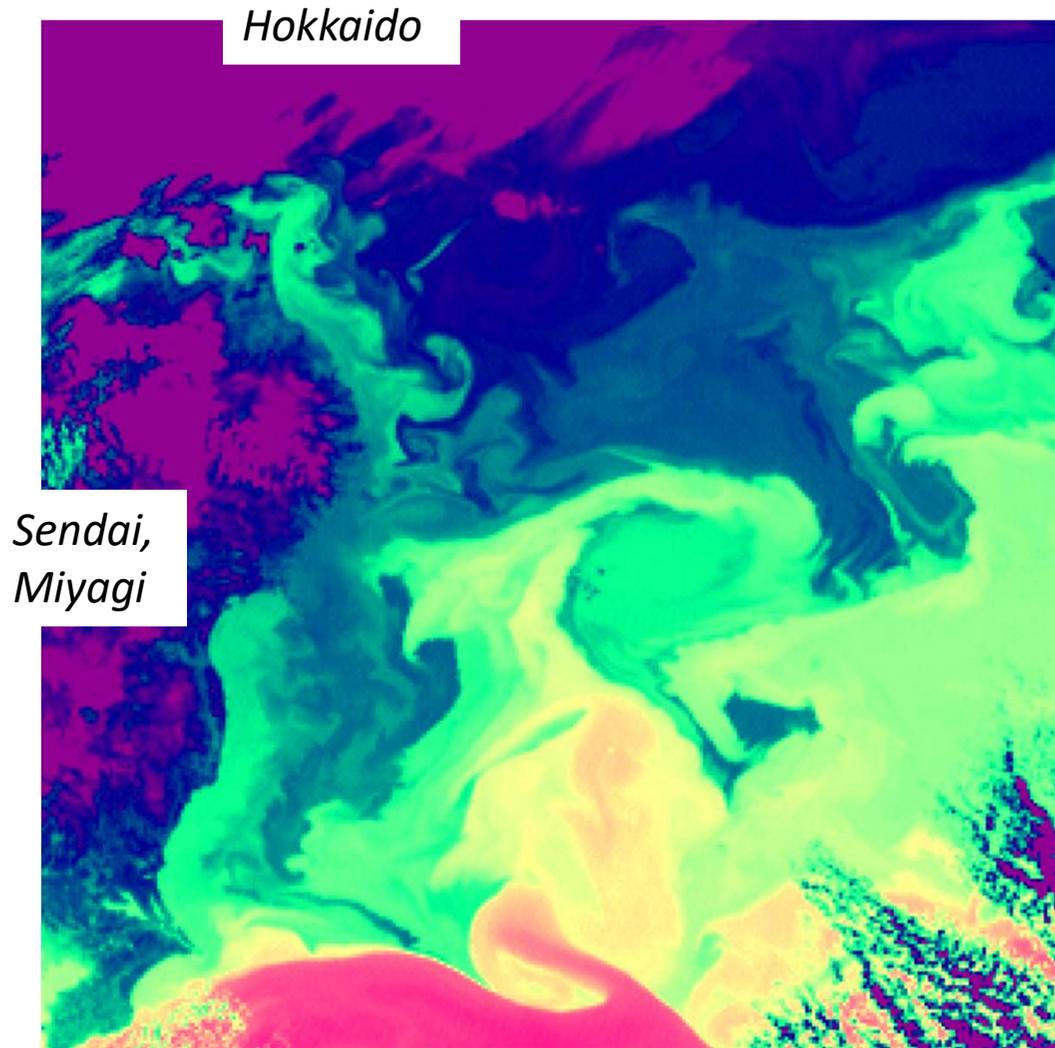


# 衛星海洋学分野



教授 須賀 利雄(兼)  
准教授 境田 太樹

セミナーや研究室の各種行事は、地球環境物理学講座(海洋物理)と一緒にやっています。

ひまわり8号  
2015年3月26～30日(repeated)

## 衛星海洋の始まり



1988年7月13日(水) (2018年に30周年)

「地球観測衛星データ受信解析室」の開室式

- 理学部天文及び地球物理学科第二・海洋物理学講座(当時)の所属。
- 文部省(当時)の「民間との共同研究」の категорияで1987年度から東北大学と東北電力との間で進行中の「衛星を利用した気象・水文・海洋物理学の展開」の研究用設備。
- NOAA-HRPT<sup>1</sup>データの受信施設<sup>2</sup>やデータ処理及び解析装置などを設置。

# NOAA-HRPTデータ受信は、2010年7月21日で終了(受信機器の老朽化により修理出来ず)

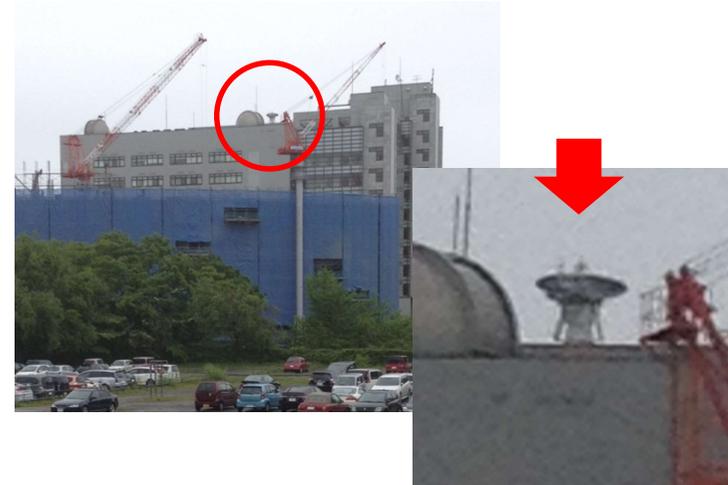
## 受信解析室は、2011年3月11日の地震により地割れが発生したため2011年度末に取り壊し。



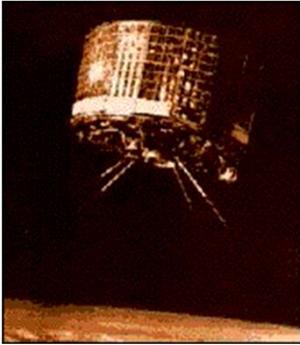
<sup>1</sup>NOAA衛星は米国の極軌道衛星。HRPTデータは衛星が配信するデータで、受信施設を用意すれば、自由に使う事ができた。

衛星搭載AVHRRセンサのデータは、海の表面温度(海面水温, SST)の観測に活用された。

<sup>2</sup>総合棟の屋上に受信アンテナが残っている。



## TIROS (Television Infrared Observing Satellite) Series (NOAA衛星)



TIROS-1 (1960.04.01-1960.06.15)  
 TIROS-2 (1960.11.23-1961.01.22)  
 TIROS-3 (1961.07.12-1962.02.28)  
 TIROS-4 (1962.02.08-1962.06.30)  
 TIROS-5 (1962.06.19-1963.05.13)  
 TIROS-6 (1962.09.18-1963.10.21)  
 TIROS-7 (1963.06.19-1968.06.03)  
 TIROS-8 (1963.12.21-1967.07.01)

TIROS-9 (1965.01.22-1967.02.15)  
 TIROS-10 (1965.07.02-1966.07.31)

ESSA-1 (1966.02.03-1968.06.12)  
 ESSA-2 (1966.02.28-1970.10.16)  
 ESSA-3 (1966.10.02-1968.12.02)  
 ESSA-4 (1967.01.26-1968.05.05)  
 ESSA-5 (1967.04.20-1970.02.20)  
 ESSA-6 (1967.11.10-1969.12.03)  
 ESSA-7 (1968.08.16-1970.03.10)  
 ESSA-8 (1968.12.15-1976.03.12)  
 ESSA-9 (1969.02.26-1972.11.15)

TIROS-M (1970.01.23-19\*.\*\*\*)  
 NOAA-1 (1970.12.11-1971.08.19)  
 NOAA-2 (1972.10.15-1975.01.30)  
 NOAA-3 (1973.11.06-19\*.\*\*\*)  
 NOAA-4 (1974.11.15-19\*.\*\*\*)  
 NOAA-5 (1976.07.29-1979.08.\*)

### TOS (TIROS Operational System)

ESSA-1 – ESSA-9

### ITOS (Improved TOS)

TIROS-M – NOAA-5

### TIROS-N

TIROS-N – NOAA-7

### ATN (Advanced TIROS-N)

NOAA-8 – NOAA-19

### 実用的な衛星海面水温観測開始 1980年代から (AVHRRセンサ登場)

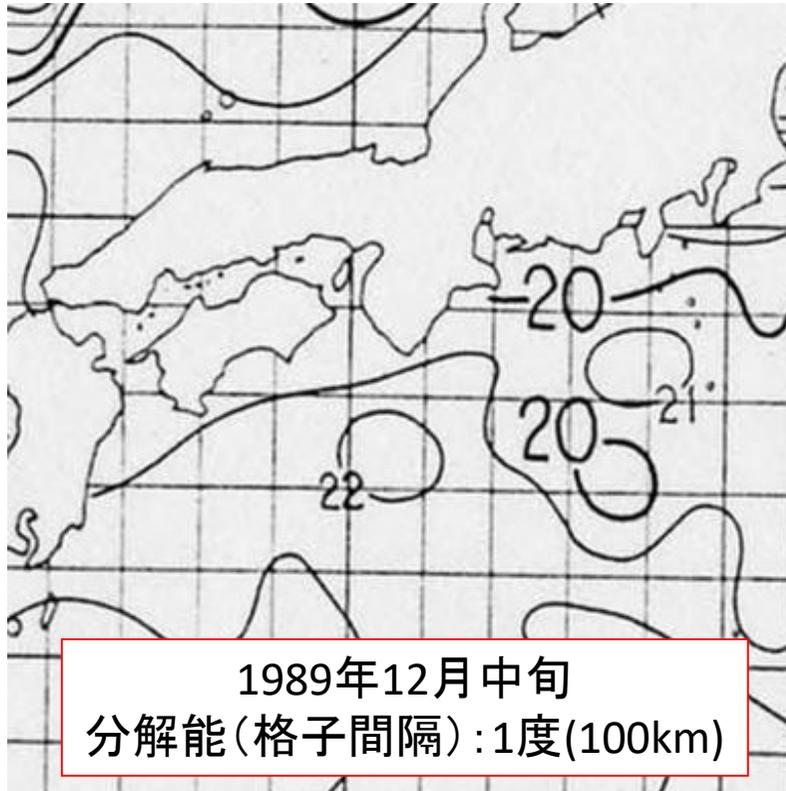
TIROS-N (1978.10.13-1981.02.27)  
 NOAA-6 (1979.06.27-1986.11.16)  
 NOAA-7 (1981.06.23-1986.06.07)  
 NOAA-8 (1983.03.28-1985.12.30)  
 NOAA-9 (1984.12.12-1988.11.07)  
 NOAA-10 (1986.09.17-1988.09.\*)  
 NOAA-11 (1988.09.24-2004.06.16)  
 NOAA-12 (1991.05.14-2007.08.10)  
 NOAA-13 (1993.08.09-1993.08.21)  
 NOAA-14 (1994.12.30-2007.05.23)  
 NOAA-15 (1998.05.13-\*.\*\*\*/ AM Secondary)  
 NOAA-16 (2000.09.21-\*.\*\*\*/ PM Secondary)  
 NOAA-17 (2002.06.24-2013.4.10)  
 NOAA-18 (2005.05.20-\*.\*\*\*/ PM Secondary)  
 NOAA-19 (2009.02.06-\*.\*\*\*/ PM Prime

Services Mission)

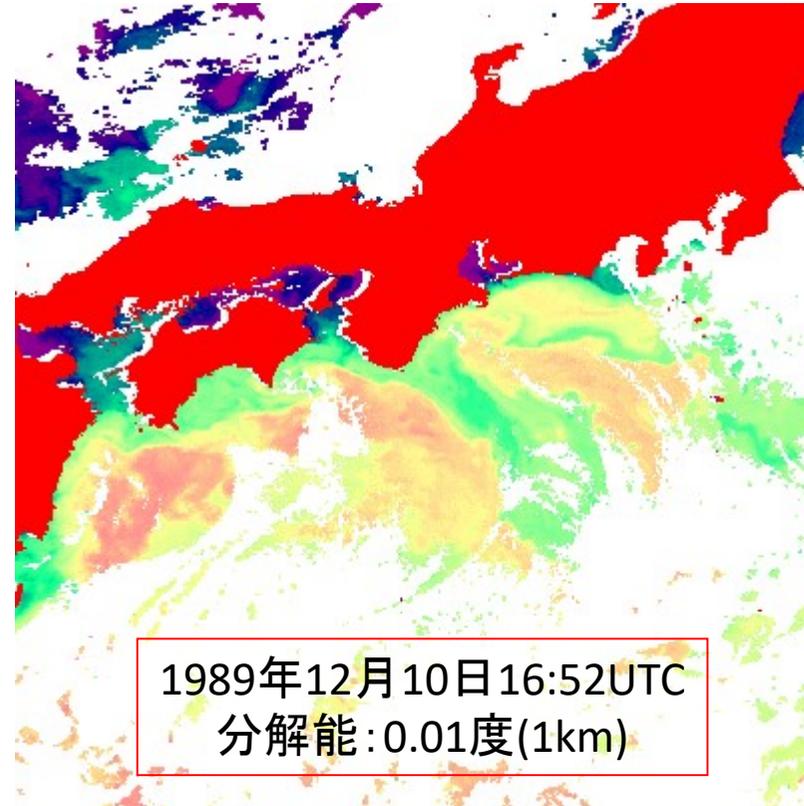
ESSA : Environmental Science Services Administration  
 (1965-1970) 環境科学事業局(庁)

## 衛星観測によって変わったこと

船舶等の現場観測に基づく(Argo以前)  
気象庁海況旬報(10日間)



人工衛星データ  
AVHRR SST スナップショット



衛星海洋リモートセンシング ○ 広域を、細かく、繰り返し観測できる  
△ 海の表面付近の情報限定  
(海面水温、海色、海面塩分?、日射、海面形状[→海上風、流れ])

# 海面水温観測の展開



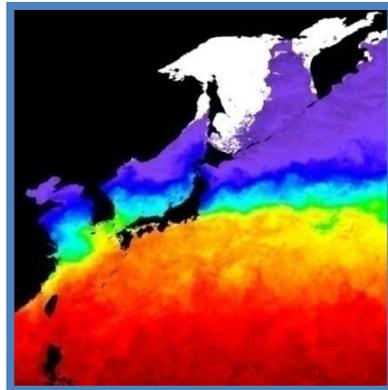
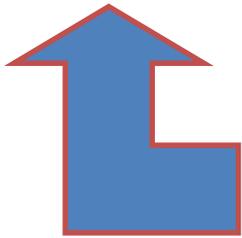
更なる高度化？

Hourly, Cloud-free,  
1km-resolution, ...

・マイクロ波SST観測は常態化。観測頻度も向上(?)  
空間解像度の向上には時間がかかりそう。

・IR SST観測は、高解像度化(S-GLI/GCOM-C[しきさい  
2017.12.23打上げ])・高頻度化(HIMAWARI-8)。

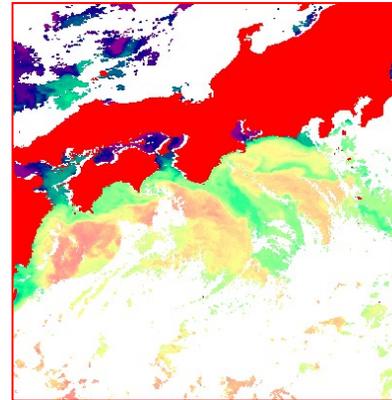
Microwave based SST



5km, Daily, Cloud-free  
(NGSST-O)

Microwave SST & merged technique による外洋SST観測  
(2000年頃から)

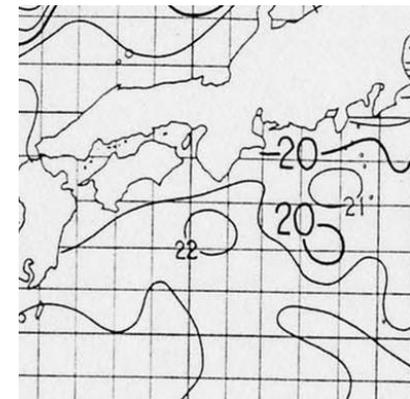
IR based SST



1km, 1日に数回のSST Snapshot

広域を、細かく、繰り返し観測

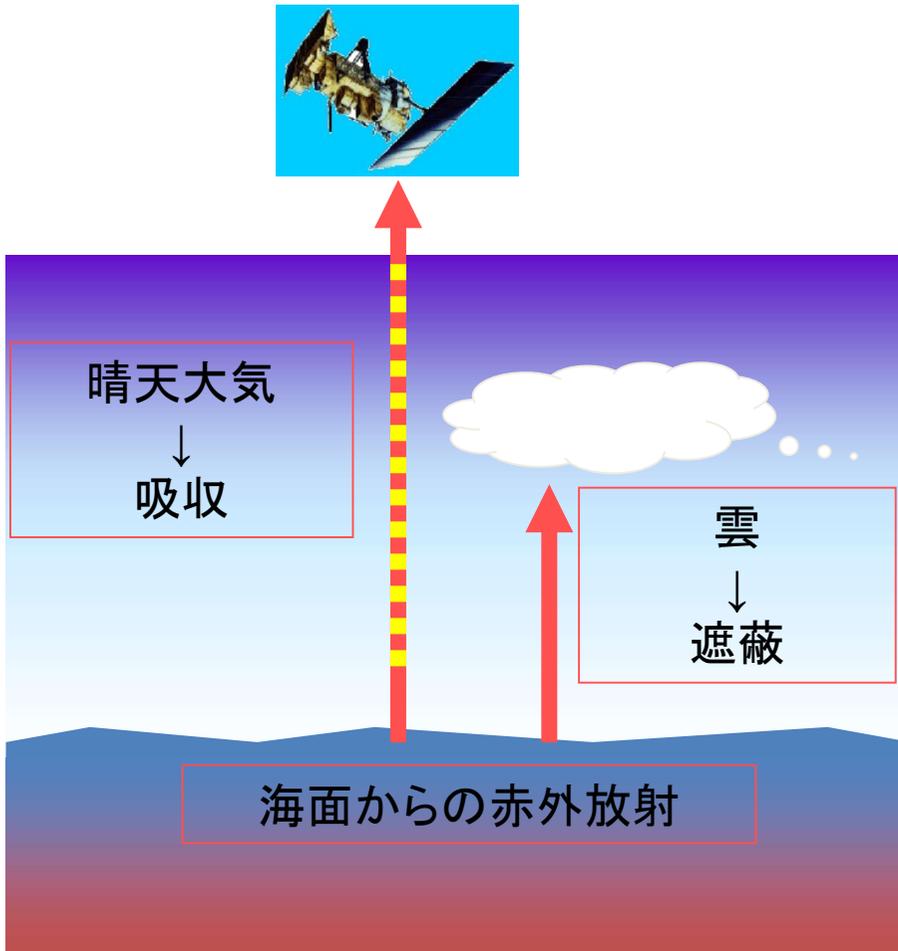
Ship based SST



100km, 10-days

AVHRR / NOAA がSST全球観測を牽引  
(1981年から)

## 衛星赤外センサ



## 赤外SST観測で問題となる事柄

### 途中（晴天）大気の状態

→ 大気補正

- (1) 大気放射伝達モデルの利用
- (2) 火山性エアロゾルの影響補正

### 雲による遮蔽

→ 雲域と晴天域の区別  
(雲域除去)

### 海洋表層の熱的状态

→ 特に現場観測との比較のときに大きな誤差要因となりうる。

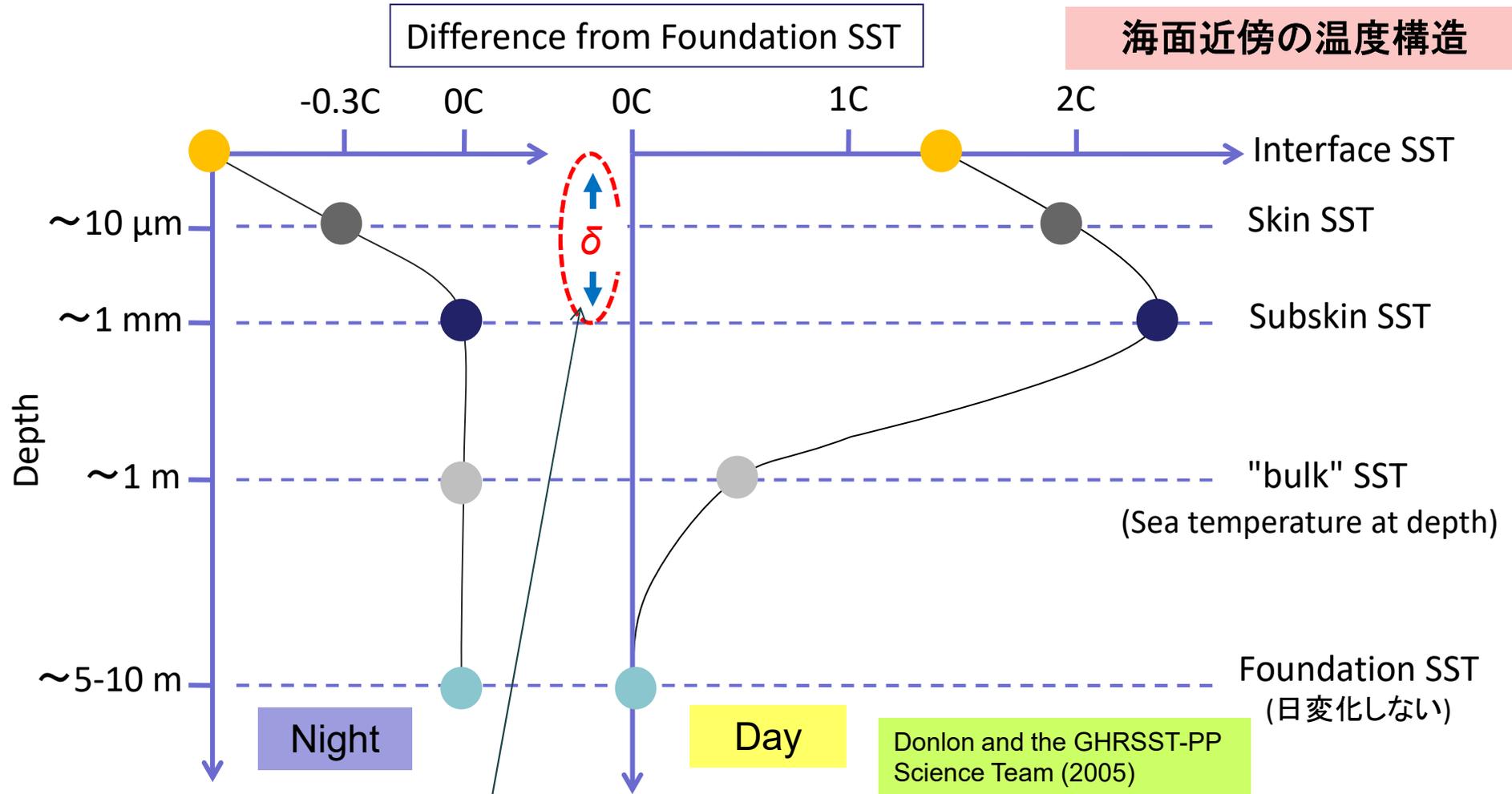
- (1) 急変する場合には観測時間差が問題となる。
- (2) 大きな水平温度勾配が存在する場合には、衛星の解像度が影響する。
- (3) 大きな水温鉛直勾配が存在する場合には、現場観測がどのように行われたかが重要となる。

### マッチアップデータの収集の方法

→ 例えば、海洋のある1点で1年間をかけて集めた場合と、全球を対象に1日で集めた場合を比較した時、現場観測と衛星観測の関係は同じになるか？

→ 沿岸と外洋で、現場観測と衛星観測の関係は同じか？(物理も関係)

# 海面近傍の温度構造



分子熱伝導が支配的な molecular sublayer では、

$$\kappa \frac{\partial T}{\partial z} \Big|_0 = Q \Rightarrow \Delta T \approx \frac{Q}{\kappa} \delta$$

molecular sublayer の厚さ(δ)が、Kolmogorov micro-scale に比例すると仮定

$$\delta \approx \left( \frac{\nu^3}{\varepsilon} \right)^{1/4}$$

ε は乱流運動エネルギーの散逸の割合。

弱風時 (free convection) :

$$\varepsilon \propto \alpha g Q_b / (\rho C_p) \leftarrow$$

風がふつうにあるとき (forced convection) :

$$\varepsilon \propto u_{*w}^3 / z \leftarrow$$

# 衛星海洋学分野

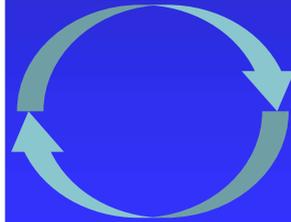
研究目標：海面境界過程等の研究と衛星海洋学的研究の同時展開

海面境界過程

大気海洋相互作用

海洋・大気・陸相互作用

精度向上



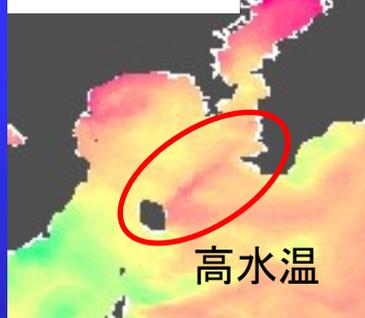
現象理解

融合海面水温開発・改良

衛星データの整備・充実

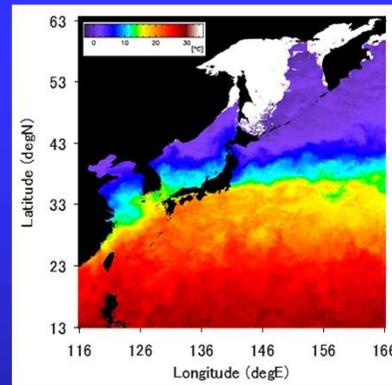
情報抽出手法の開発

衛星海面水温

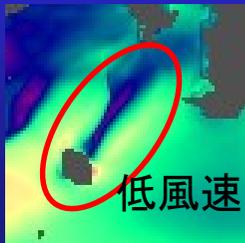


← 現象の解析例  
陸上地形(島)の影響を受けて、弱風となり、海面水温が上昇

海洋・数値シミュレーションの結果



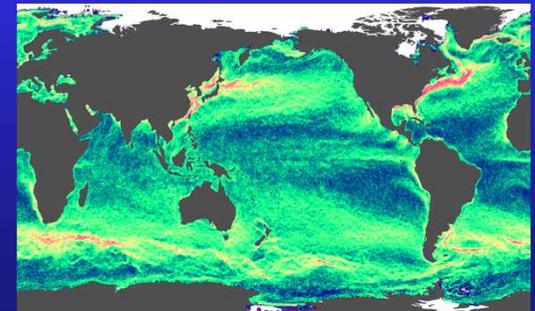
← 赤外・マイクロ波衛星データを利用した融合海面水温



風：気象モデルから

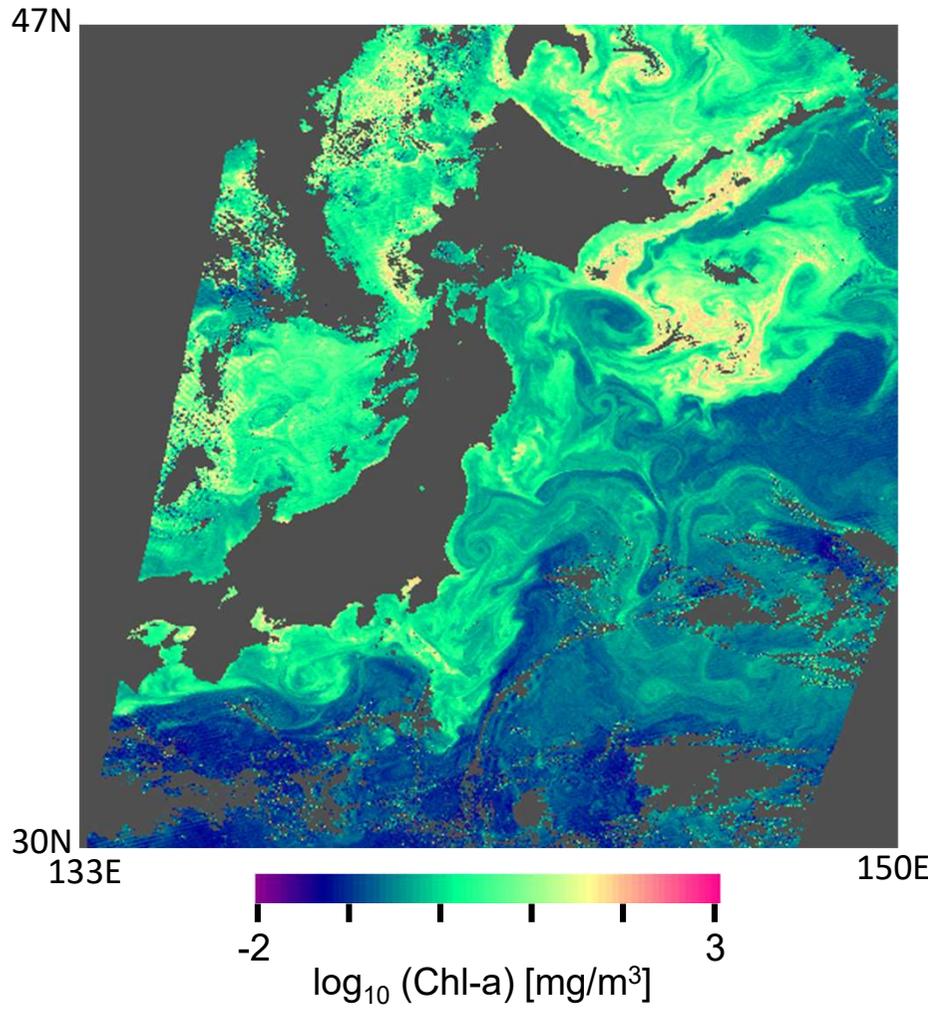


海面水温フロント→  
・衛星からの情報抽出の例

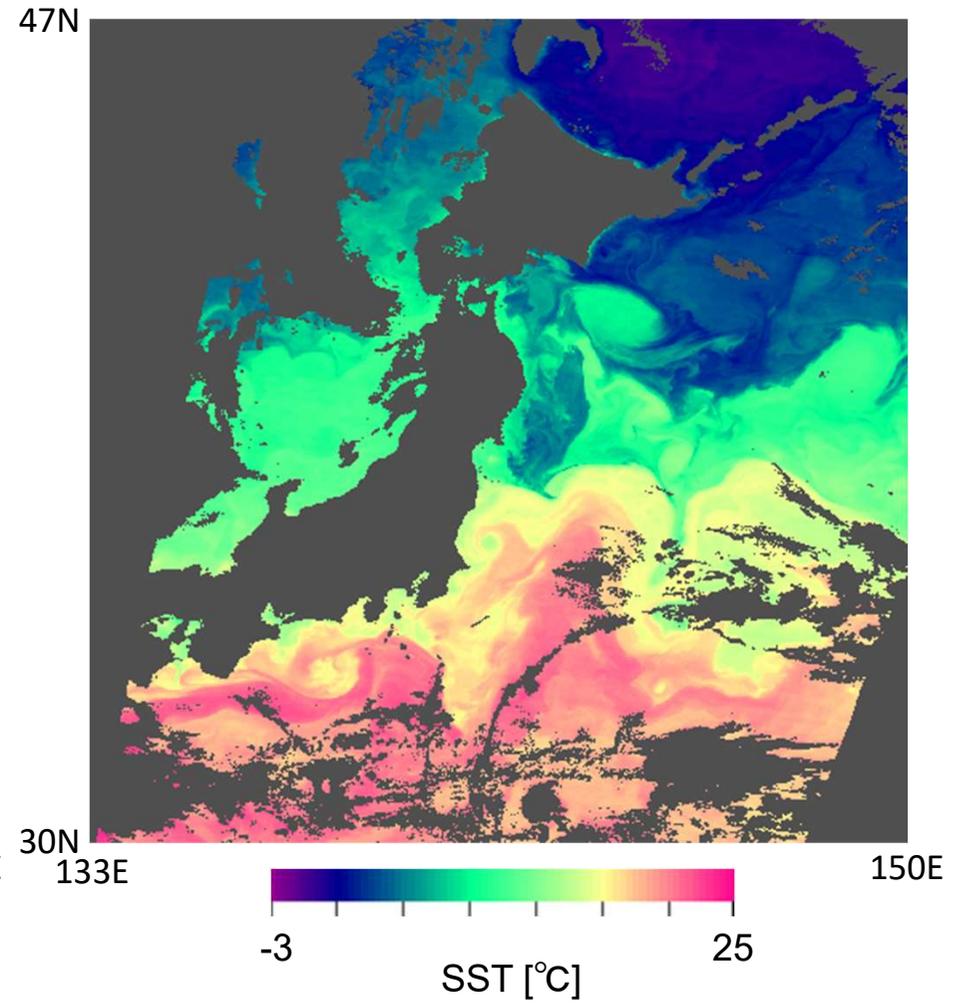


# 衛星海色データを利用した研究

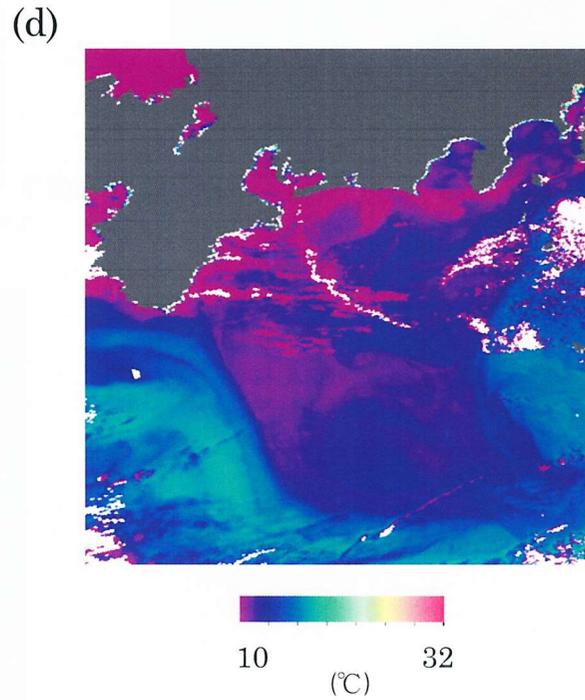
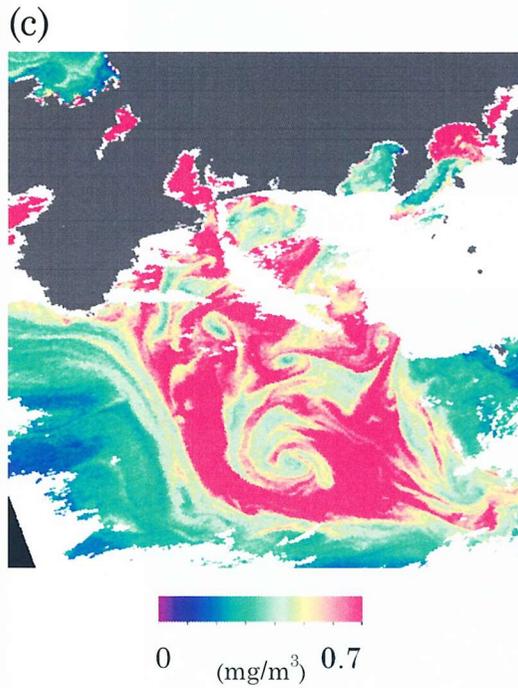
## 海色(クロロフィル量)



## 海の表面温度(海面水温)

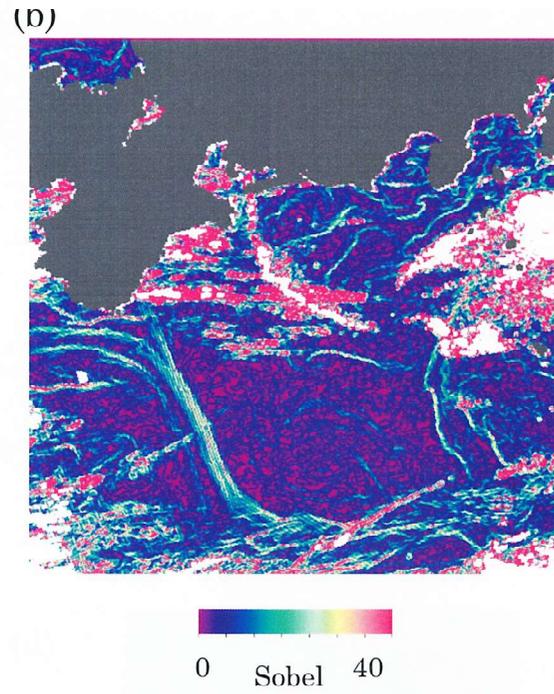
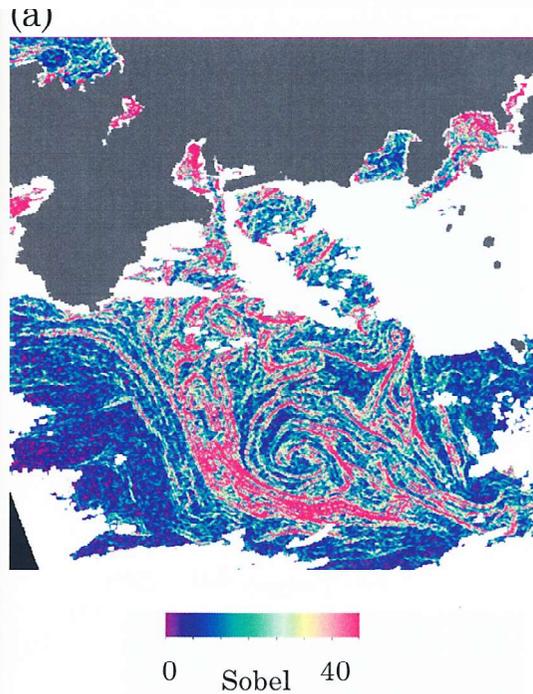


クロロフィル量



海面水温

フロント(値の  
変化の大きい  
ところ)

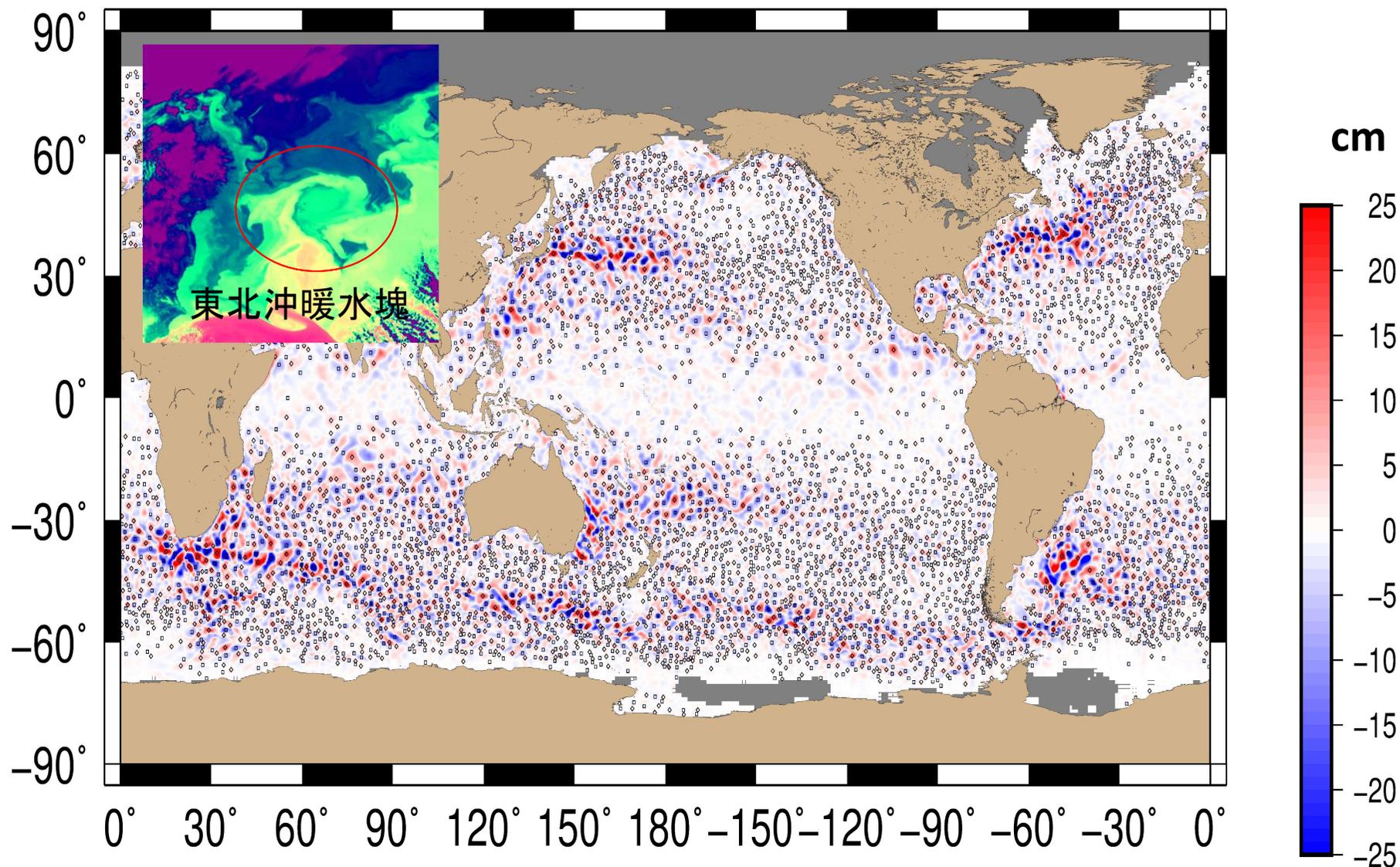


フロント

唐木 亮聡, 2017年  
度修士論文から

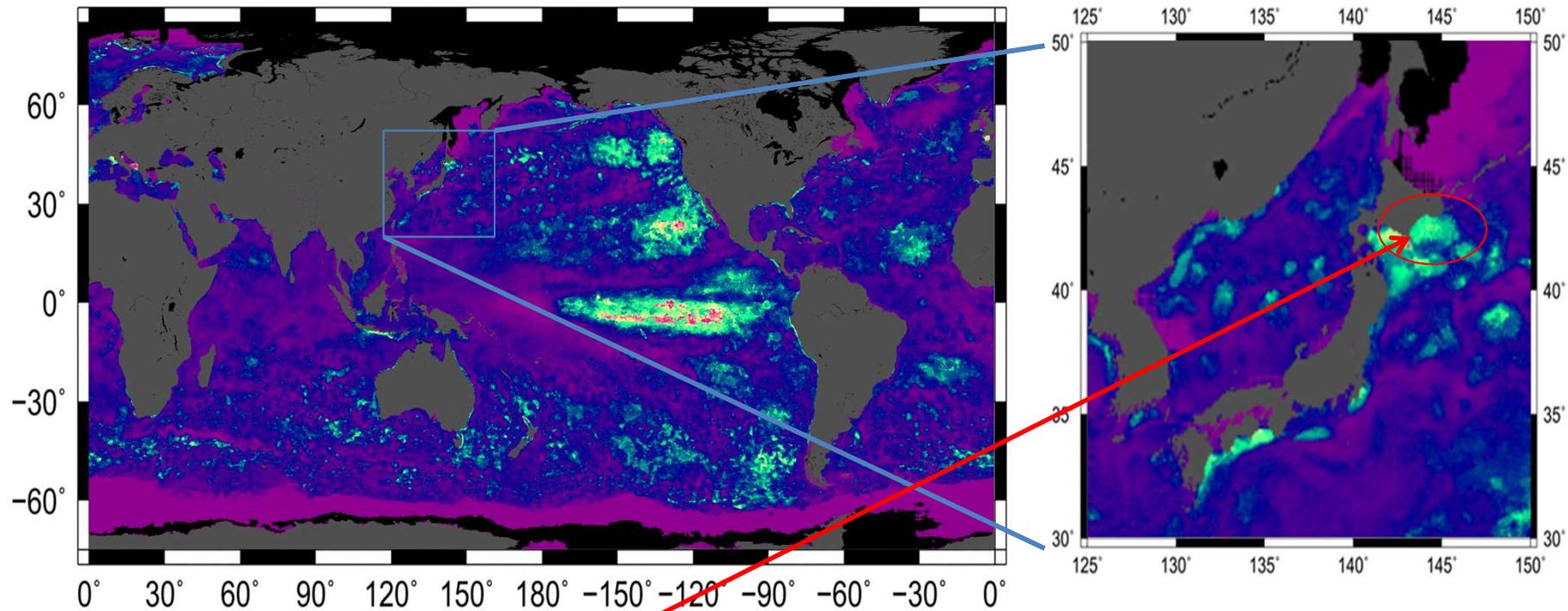
MODIS/Aqua  
4:24UTC, Apr. 24, 2005

# 衛星海面高度計データを使った渦の検出と解析 (新田)

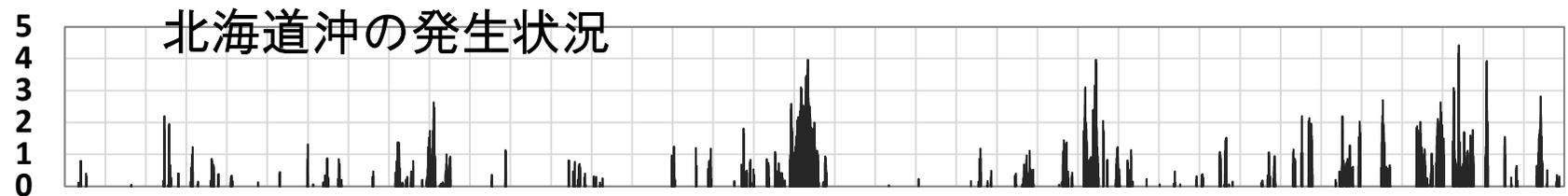


# 衛星海面水温データ等を使ったMarine Heatwaveの研究(半澤)

Marine Heatwave (MHW) : 海面水温の異常上昇現象。海洋生態系に影響大。



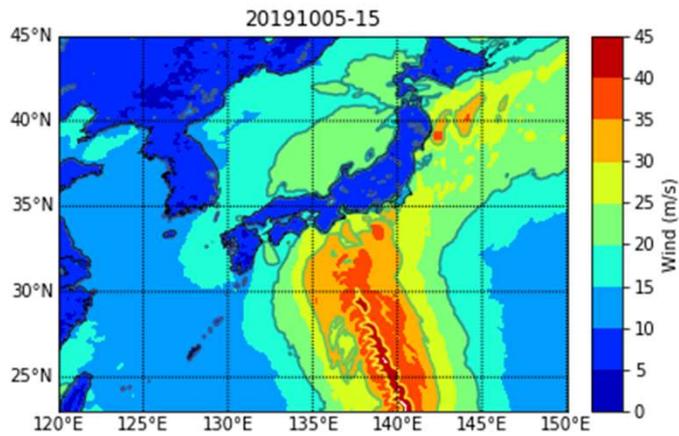
MHW強度



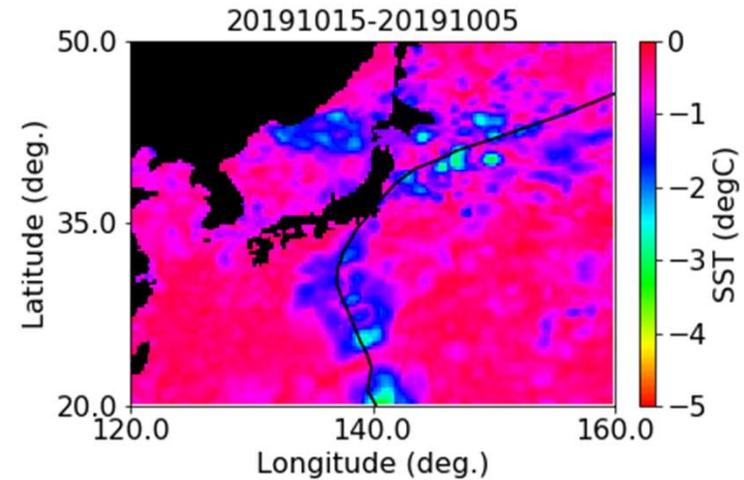
1982

2018

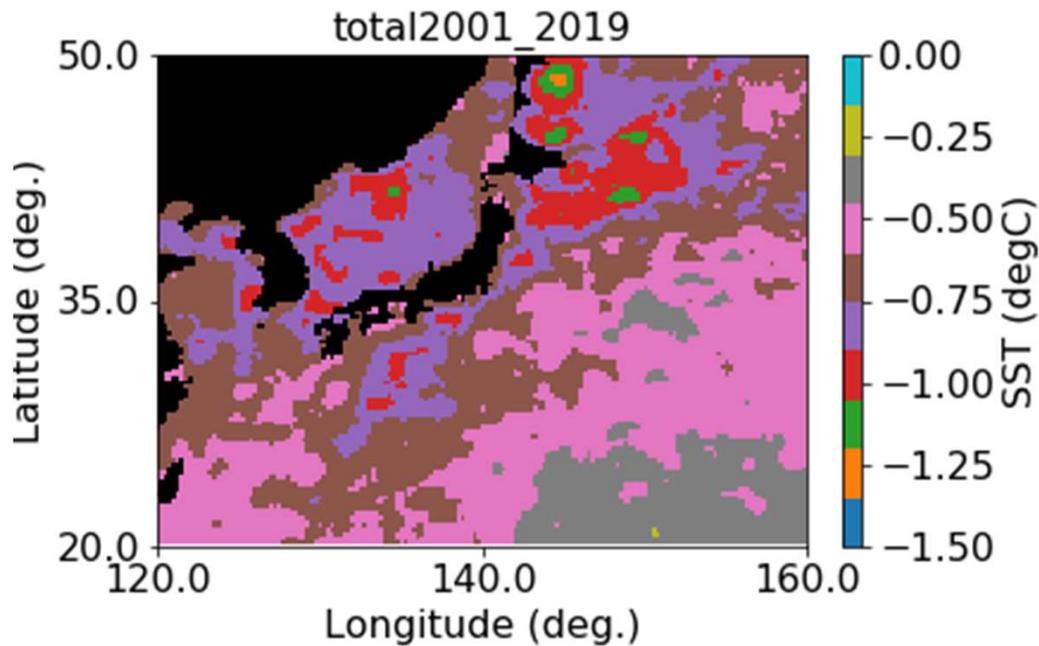
# 衛星海面水温データ等を使った台風による海洋変動の研究(久保)



台風(2019年19号)に伴う風



台風(2019年19号)期間中のSST変動



2001~2019年の台風による  
SST変動の平均

## 大学院生の研究テーマ

新田君(2019年度修士論文)の研究テーマ

**Mesoscale ocean eddies** (中規模渦)

→ 海面高度計

半澤君(2019年度修士論文)の研究テーマ

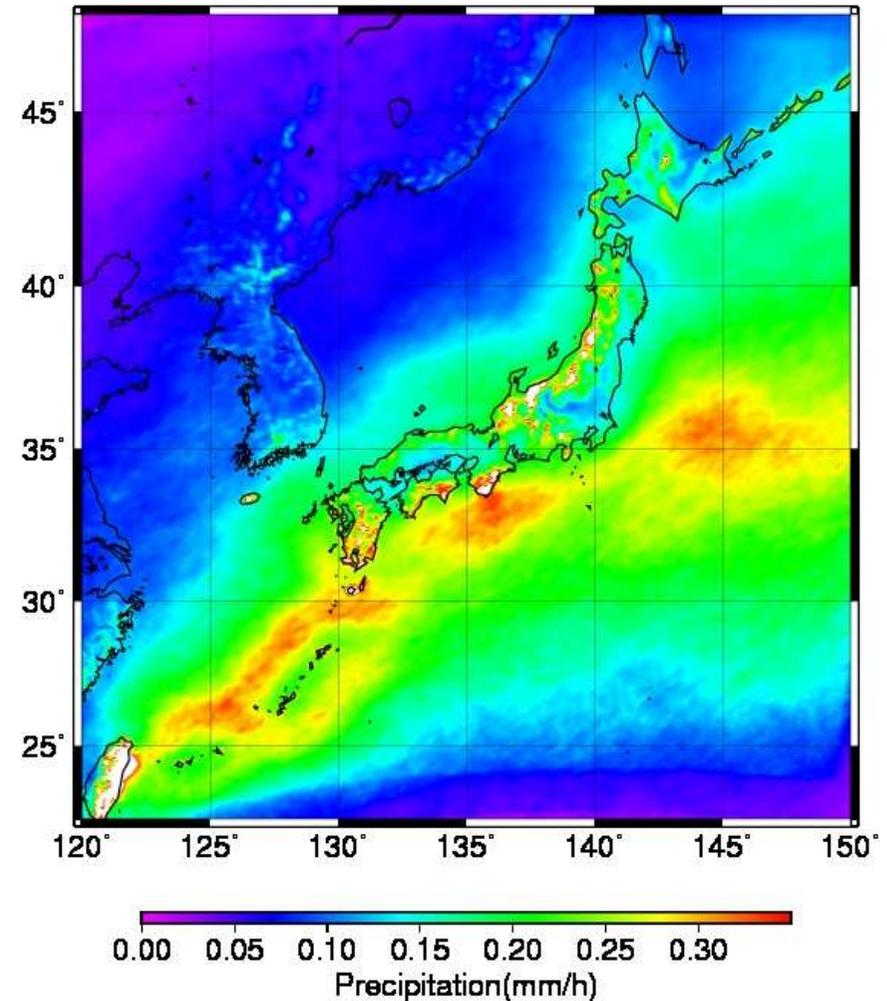
**Marine heat wave**

→ 海面水温

久保君(2020年度修士論文)の研究テーマ

**台風に伴う海洋変動**

→ 数値予報データ+Argoデータ+海面水温



衛星データを研究に活用することを念頭に置いています。が、「縛り」は強くありません。

気象庁GPVデータ(2007~2016)から作成した日本周辺海域の降水量の平均分布図。(日高一希, 2018年度修士論文)



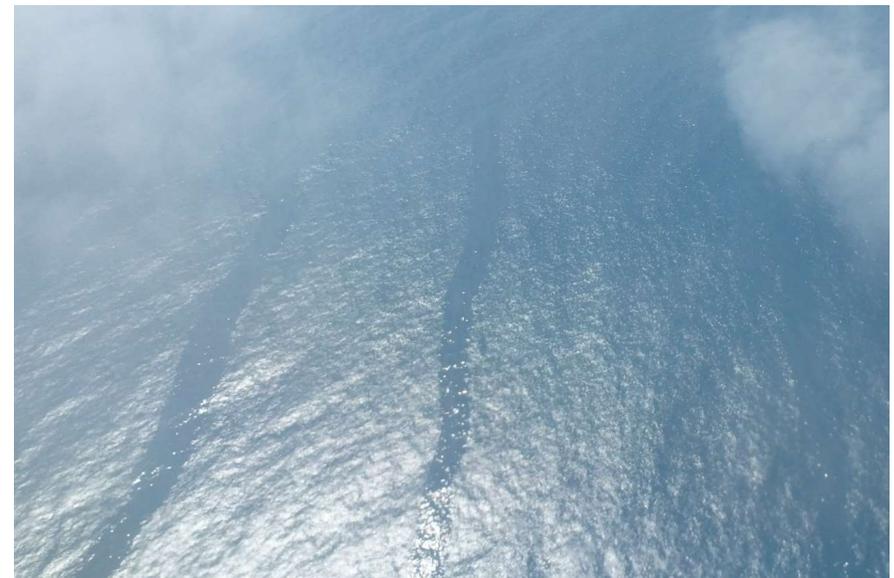
2015/12/07 11:02



2015/04/13 14:07



2016.11.14 11:33



2018/08/21 10:52

海にも面白い現象が色々あります。  
衛星などのデータを活用して、一  
緒に海の研究をしましょう！