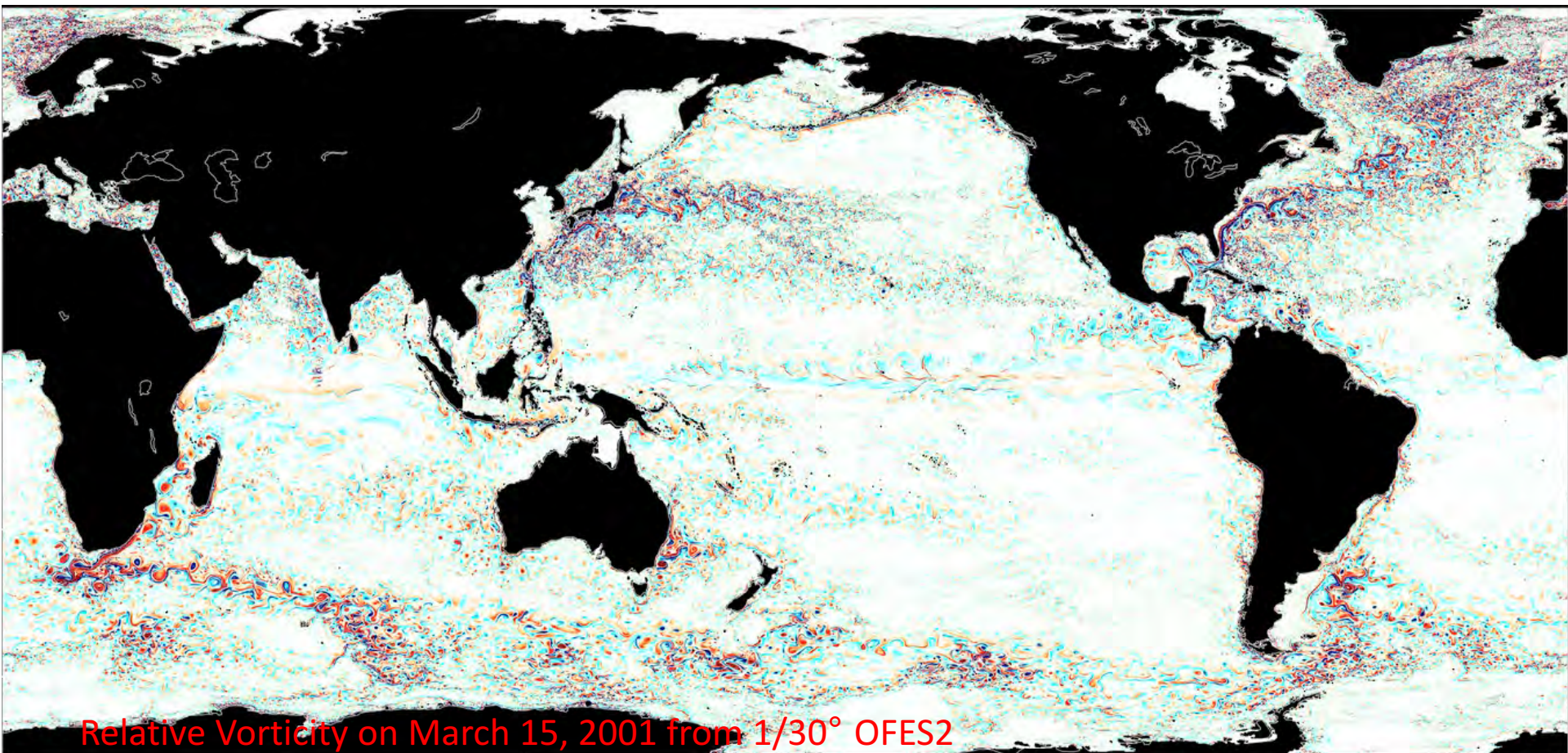


海洋変動における微細現象と大規模循環の相互作用

課題代表者 : 升本 順夫 (東京大学大学院理学研究科)、
発表者 : 佐々木 英治 (海洋研究開発機構 アプリケーションラボ)
主なメンバー : 荒木 文明、松岡 大祐 (海洋研究開発機構 地球情報基盤センター)
辻野 博之、坂本 圭 (気象研究所)



本研究課題の目的

本研究課題で注目する海洋の微細現象である
数km～数10km規模のサブメソスケール現象を再現
できる全球規模の高解像度海洋シミュレーション

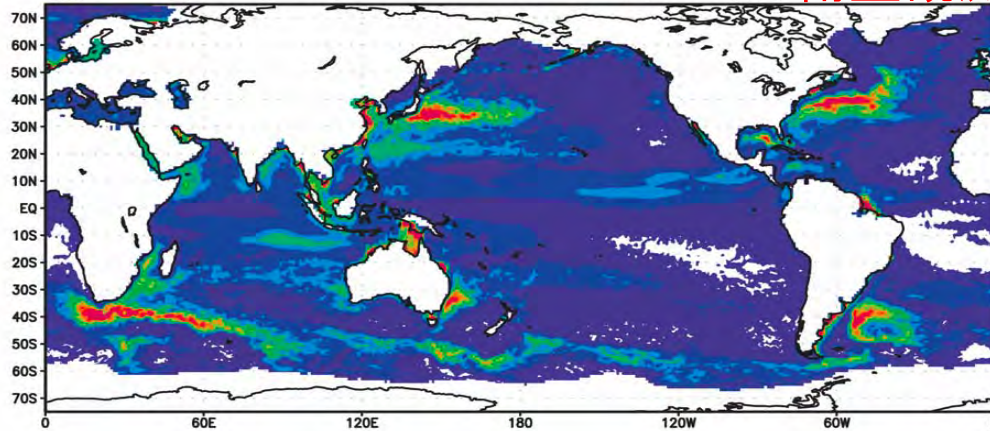


- 1) 季節から経年の変動を考慮した**海洋のサブメソスケール現象の時空間変動とスケール間相互作用の研究**
- 2) 膨大なデータから**高度な可視化手法**を用いて、**新たな海洋循環像**を示す。

海洋のメソスケール現象

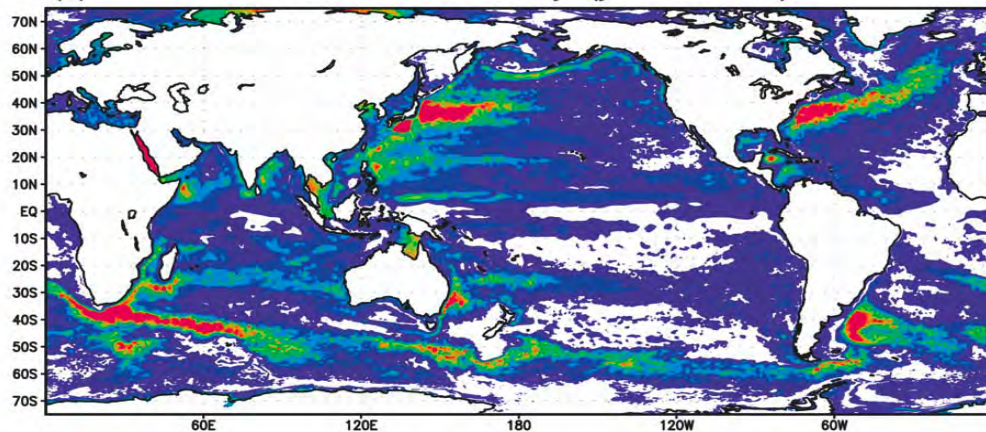
海面高度変動の大きさ(= 渦の活動度)

(a) RMS of SSH anomaly (T/P,ERS) 衛星観測



1/10度の海洋シミュレーション

(b) RMS of SSH anomaly (year 46-50)



海洋のメソスケール現象(主に中規模渦など100km規模の現象)は、物質や熱の輸送に重要な役割を担っている。

その活動度を反映するは海面高度変動の分布を1/10度の高解像度海洋シミュレーションは渦活動の分布をよく再現している！

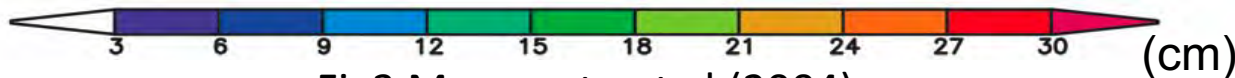
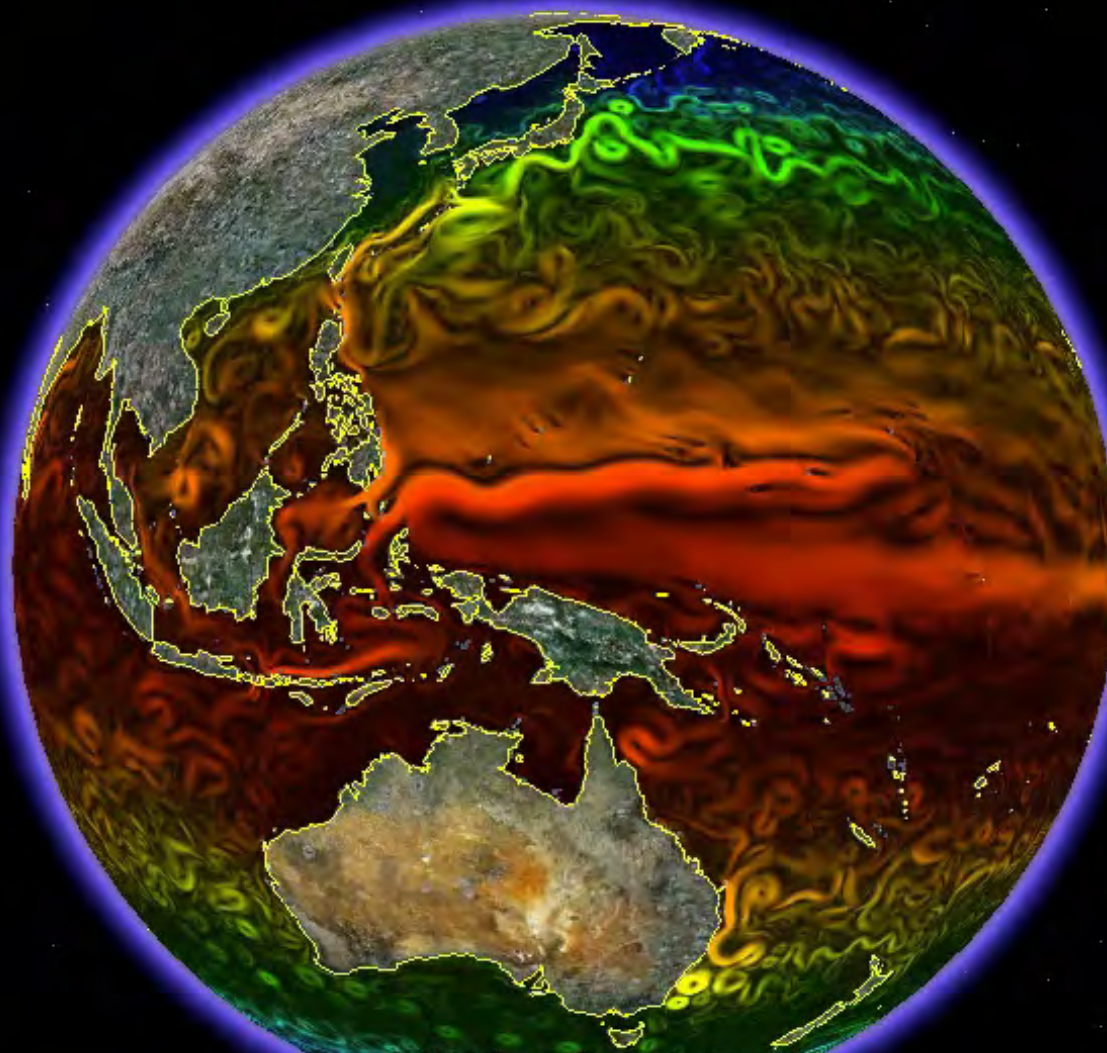


Fig3 Masumoto et al.(2004)

解像度10kmの海洋シミュレーション



© 2011 Europa Technologies
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

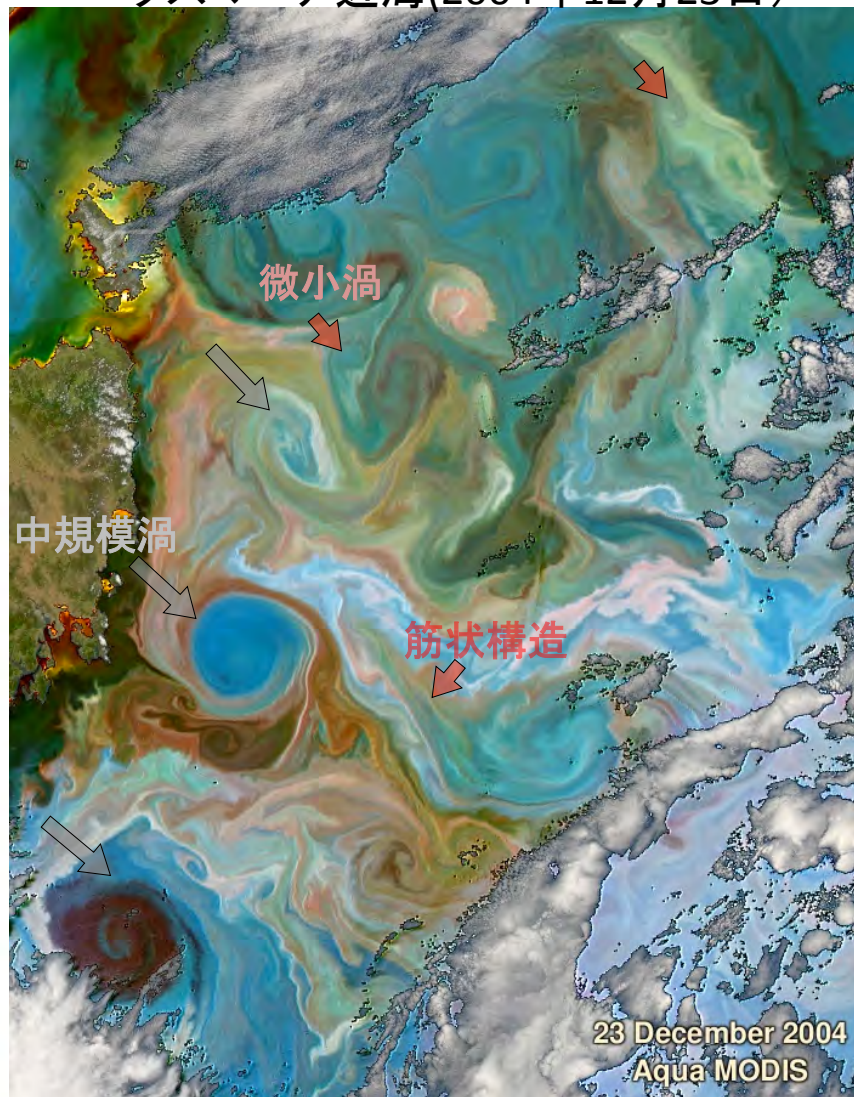
Image IBCAO

Google earth

海洋のサブメソスケール現象 (観測研究)

地球観測衛星が撮影した画像

タスマニア近海(2004年12月23日)



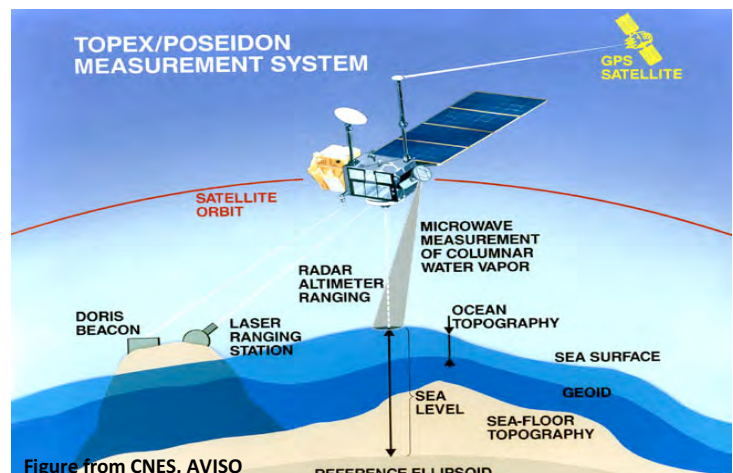
海洋のサブメソスケール現象
数km～数10km規模の小さな渦や筋状構造

衛星で撮影した画像では、小さい渦や筋状構造が循環場に影響をおよぼしているように見える

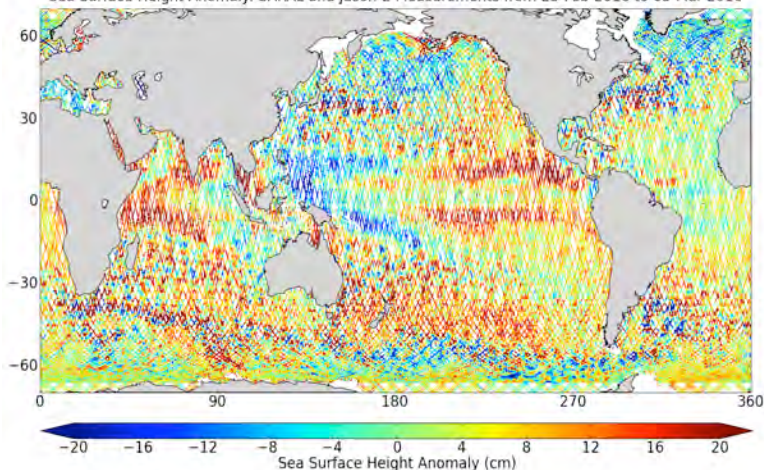
注) 衛星画像は雲の影響を受けるため、鮮明な画像は少ない

海洋のサブメソスケール現象 (観測研究)

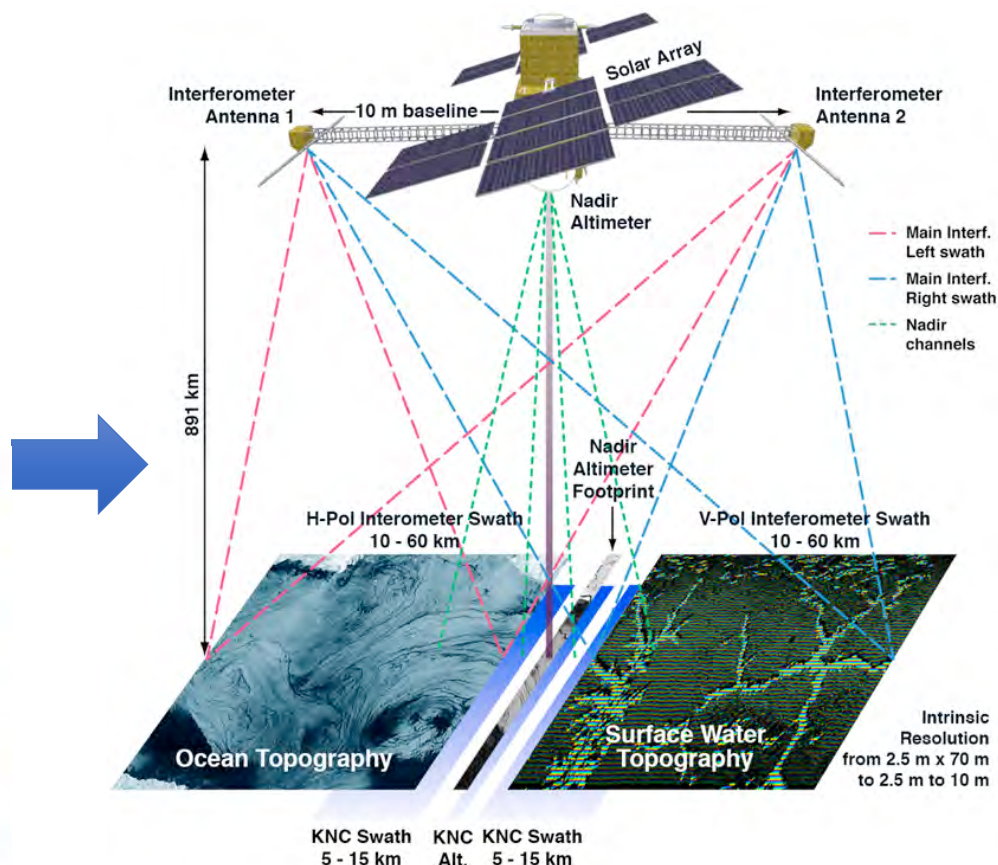
現在運用中の海面高度観測衛星



Sea Surface Height Anomaly: SARAL and Jason-2 Measurements from 23-Feb-2016 to 03-Mar-2016



SWOT (NASA, CNES 2021年運用開始予定)



SWOT mission (Figure from CNES)

SWOT: 衛星の左右から放射された電波の干渉を利用して、左右10-60kmの幅で海面高度を高精度(数km)に観測する。サブメソスケール現象を含む海洋循環場を全球規模で観測する

海洋のサブメソスケール現象（シミュレーション研究）

ES2で実施した1/30度北太平洋シミュレーション（Sasaki et al., 2014）

2001/01/01

サブメソスケール現象の季節変動

冬に活発になる（海洋が冷却されて、海洋表層が不安定）

スケール間相互作用

小さな現象から大きな現象への影響（渦の合体など）

本研究課題

地球シミュレータのリプレイスによって、サブメソスケール現象を再現する全球規模の高解像度シミュレーションが実施可能

⇒ 全球規模で従来とは質的に異なる海洋循環像を提供

色：流れの回転成分（赤が時計回り），凸凹：海面高度

本研究課題の成果

- 1) サブメソスケール現象を解像する全球規模の高解像度海洋シミュレーションのデータセットを構築した。**
- 2) 海洋の循環場の様々な現象の相互作用を抽出する新たな可視化手法を開発し、新たな海洋循環像を抽出する試みを行った**

全球規模高解像度海洋シミュレーション

モデル	OFES2
領域	76°S–76°N
水平解像度	1/30°(約3km)
鉛直層数(最大深度)	105 (7,500m)
海底地形データ	ETOPO1
海氷モデル	Komori et al., 2005
潮汐混合	St. Laurent et al.(2002)のパラメタリゼーション
縁辺海近傍の緩和	温度、塩分(地中海、紅海、ペルシャ湾)
水平混合スキーム	倍調和関数
鉛直混合スキーム	Noh and Kim(1999)
大気データ	3時間毎のJRA55-do (Tsujino et al., 2017)
初期値	1/10°OFES2過去再現実験の2000年1月1日の出力
計算期間	2000年—2001年

1958

1/10°過去再現実験

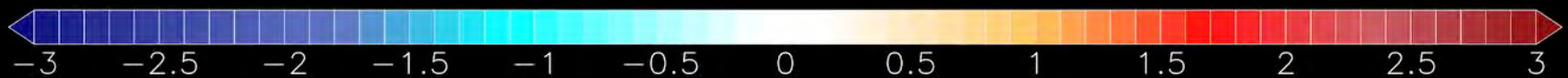
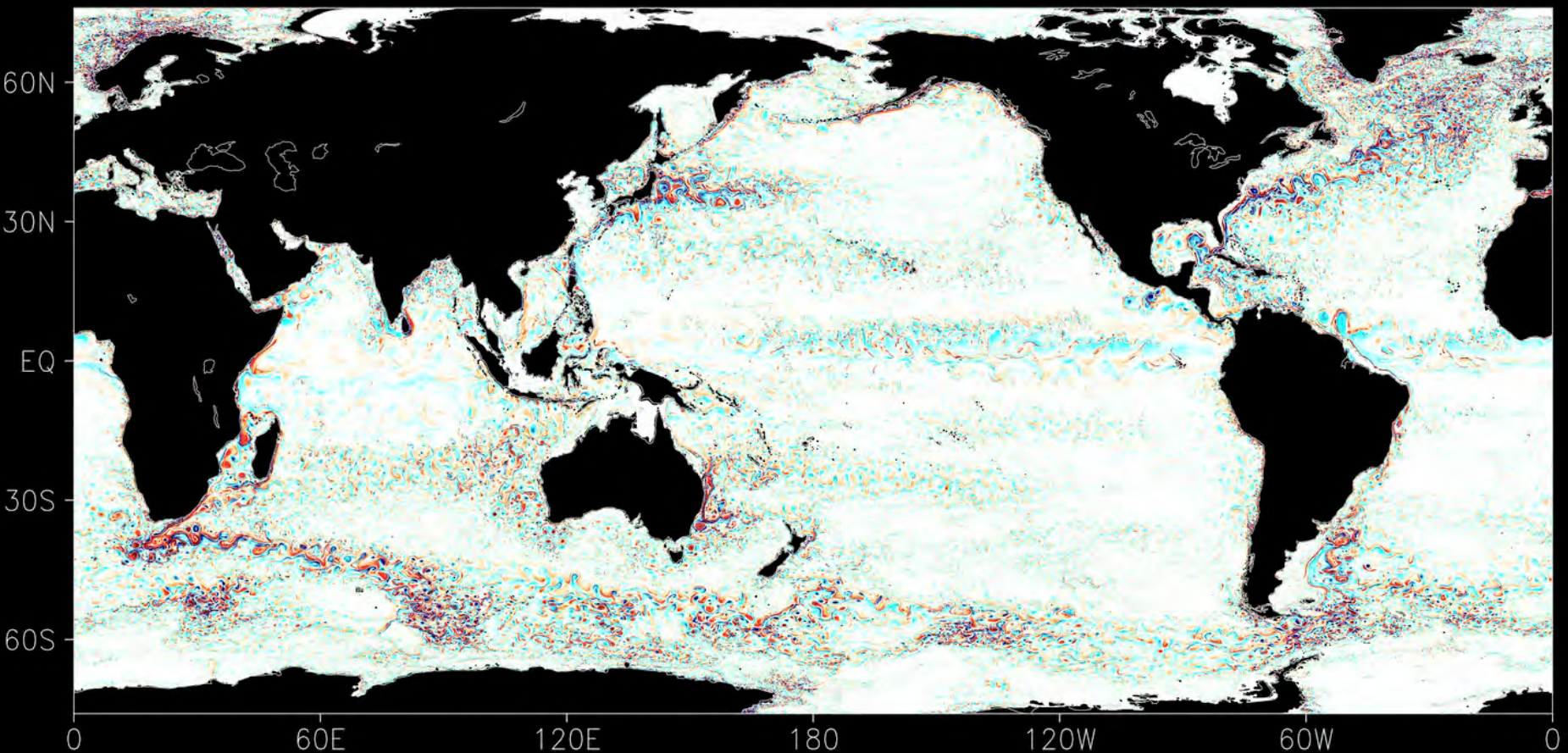
2015

2000

2001

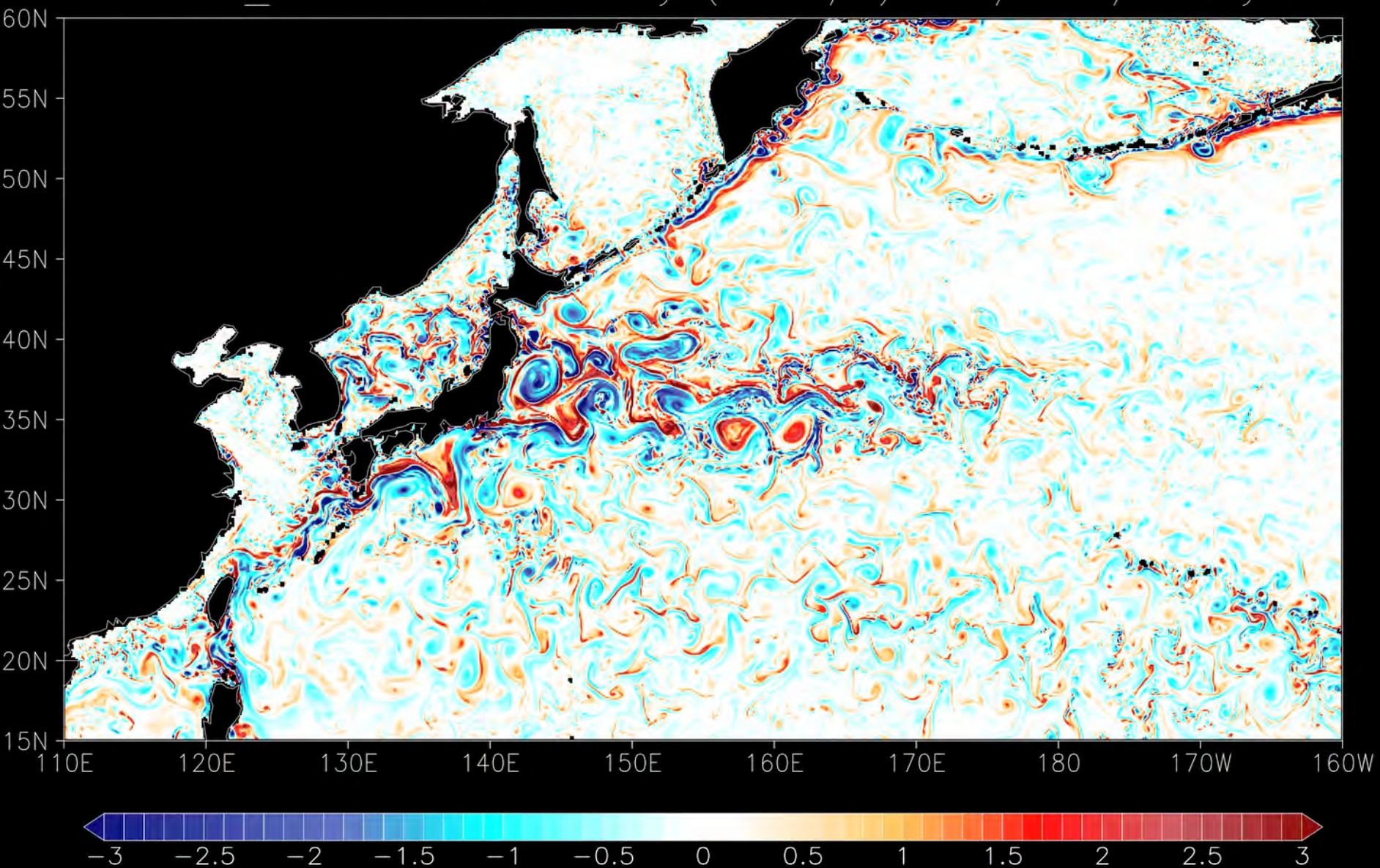
1/30°過去再現実験

OFES_30 Surface Vorticity ($10^{-5}/\text{s}$) 26d/12m/2000y

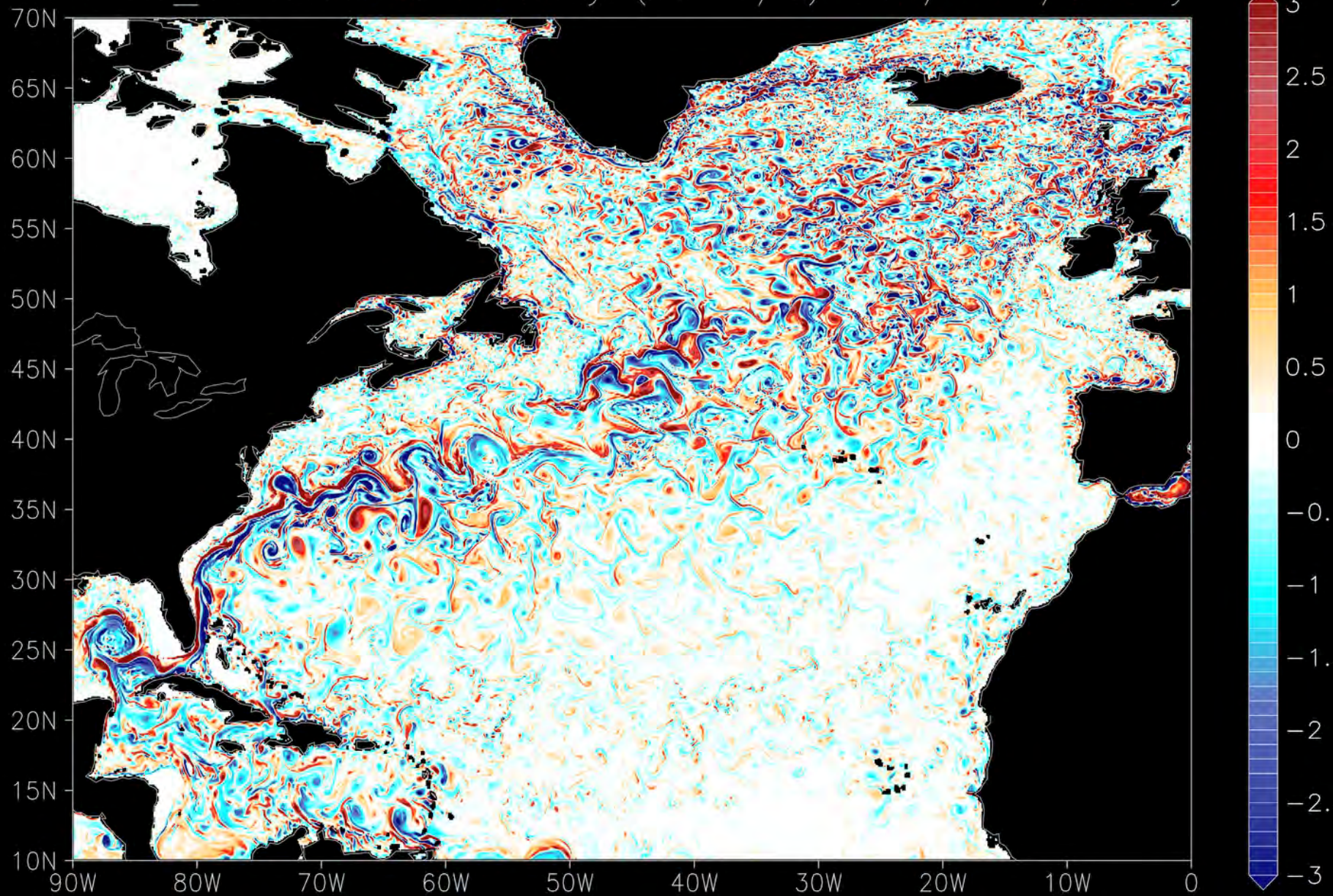


海面流速の回転成分(赤(青)が反時計(時計)回り)

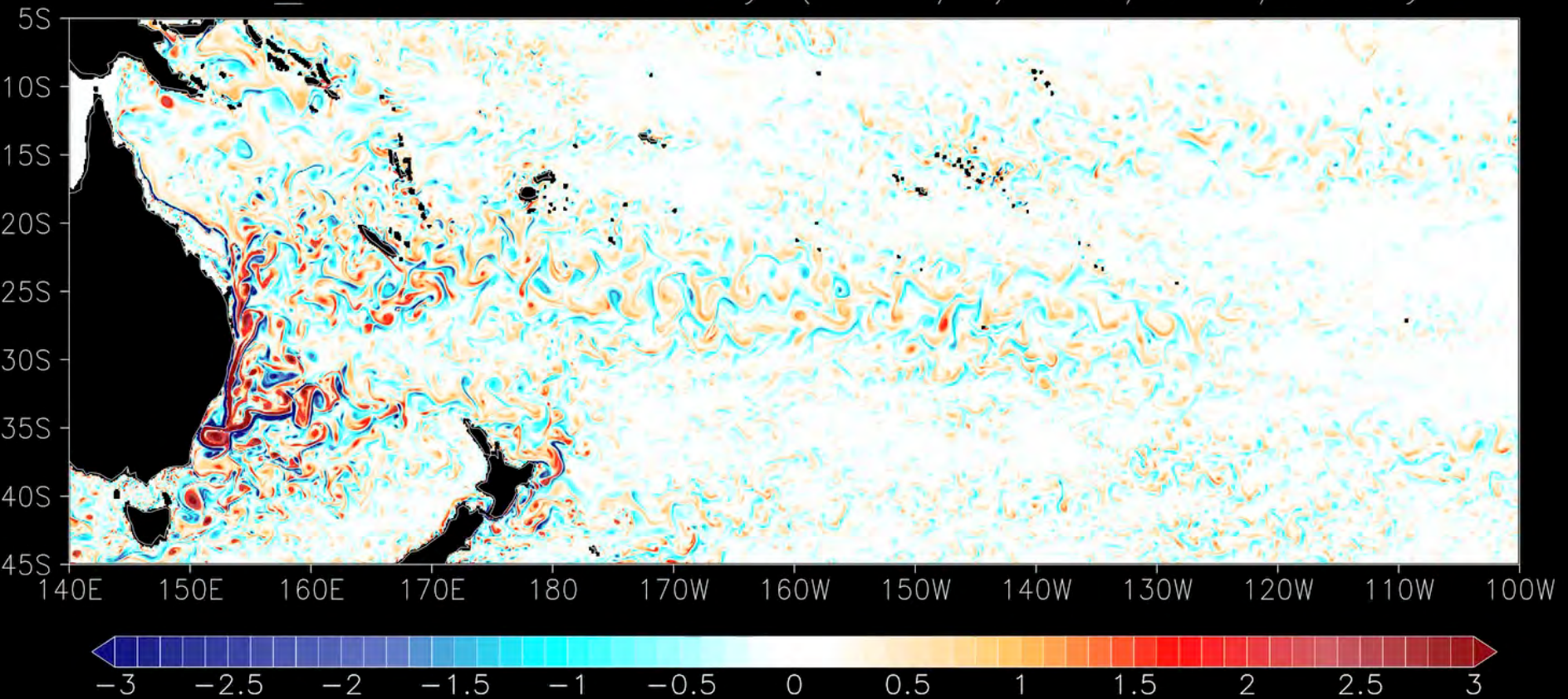
OFES_30 Surface Vorticity ($10^{-5}/s$) 01d/01m/2001y



OFES_30 Surface Vorticity ($10^{-5}/s$) 01d/01m/2001y

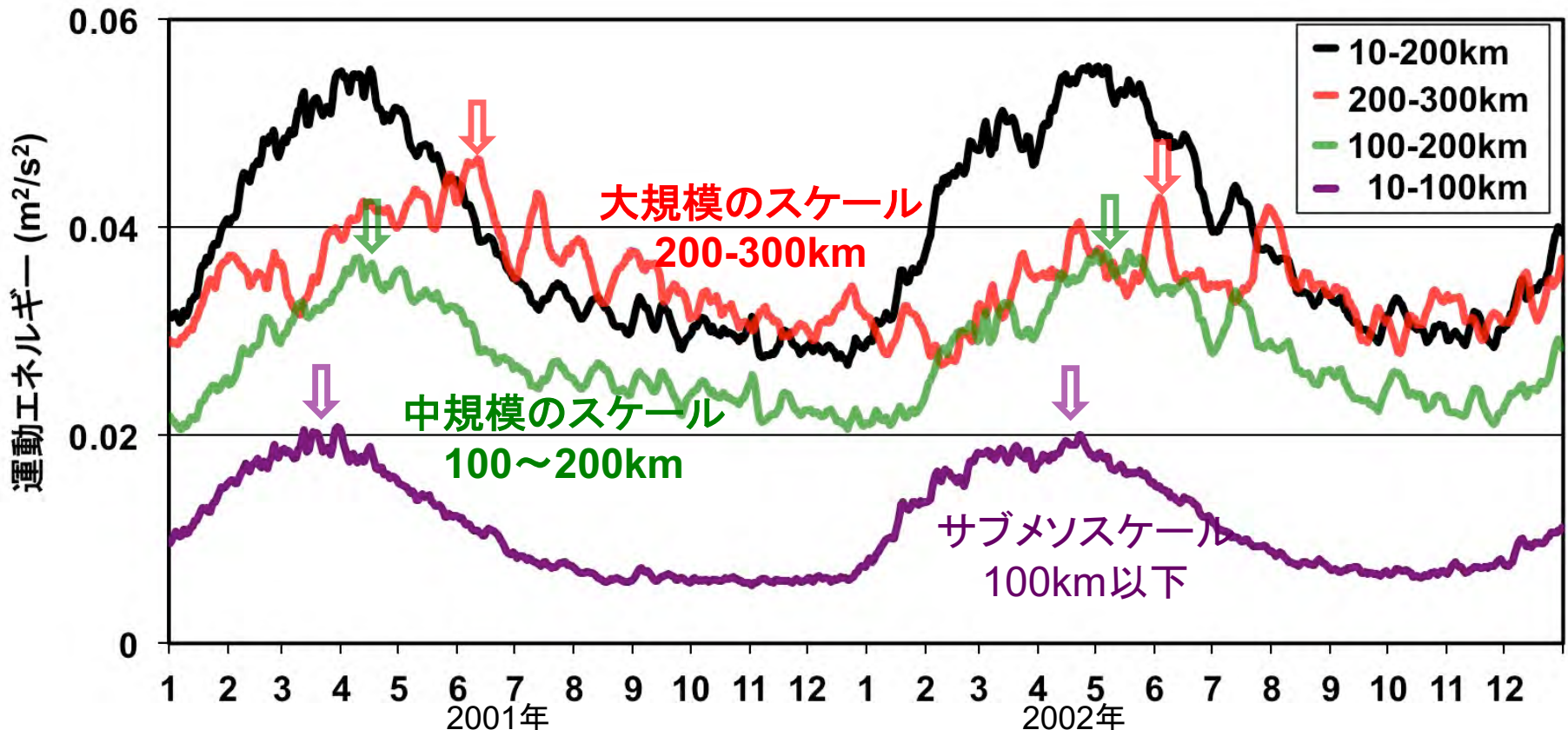


OFES_30 Surface Vorticity ($10^{-5}/s$) 01d/01m/2001y



黒潮続流域の運動エネルギーの変動

(北太平洋1/30度OFESの結果)



サブメソスケール現象から大規模場への影響

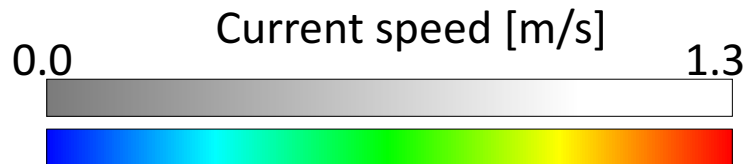
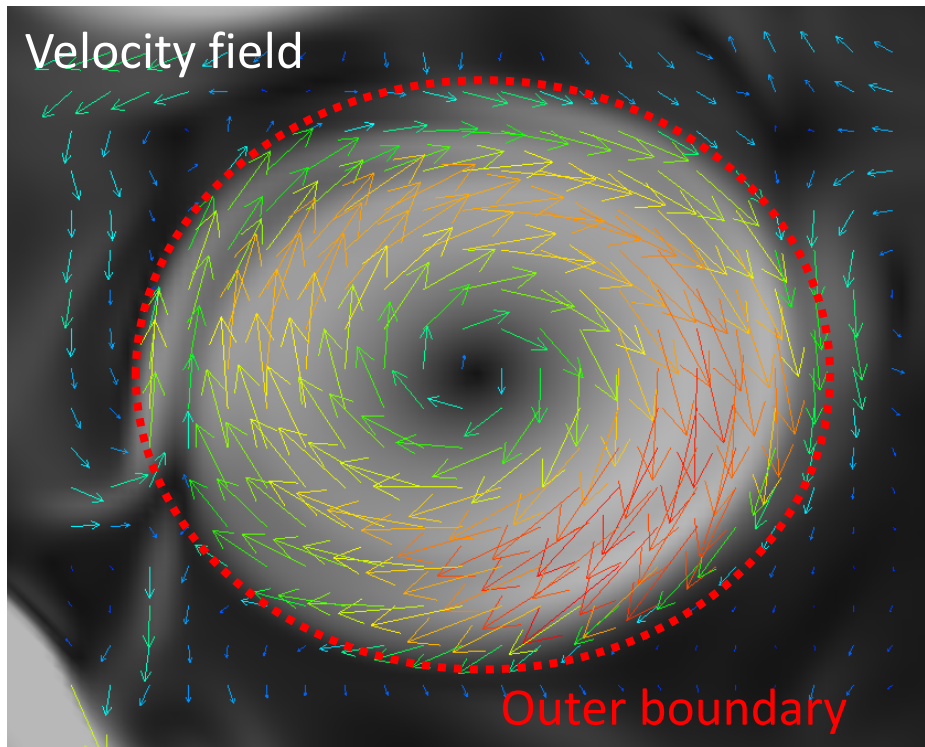
晩冬にサブメソスケール現象の活動は最大になる
その後の数ヶ月間、より大きな規模の活動が活発になる

本研究課題の成果

1) サブメソスケール現象を解像する全球規模の高解像度海洋シミュレーションのデータセットを構築した。

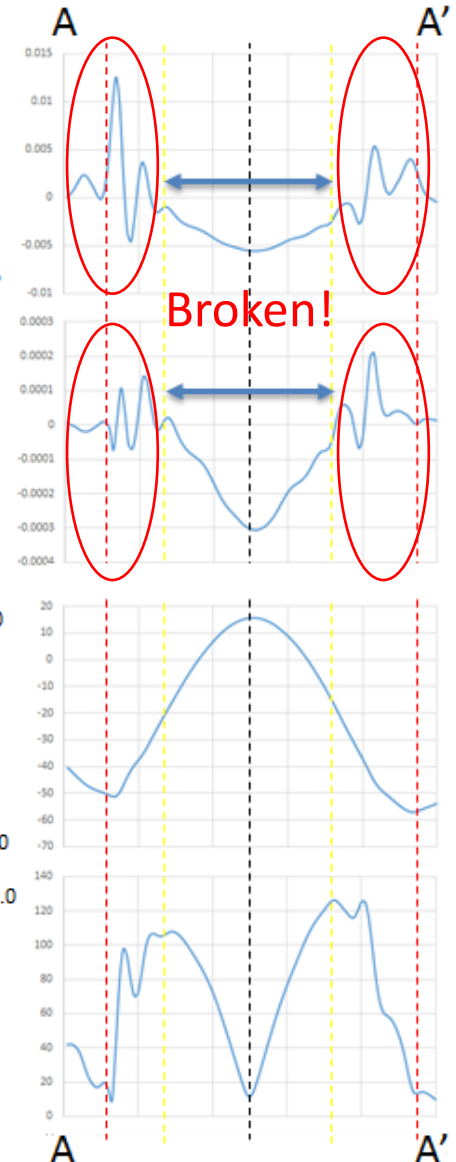
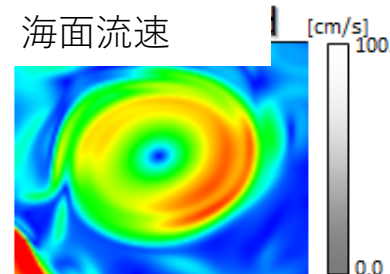
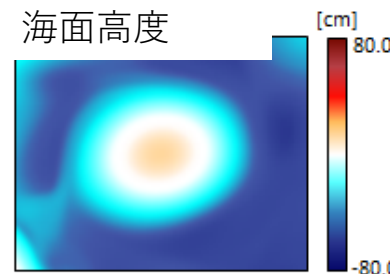
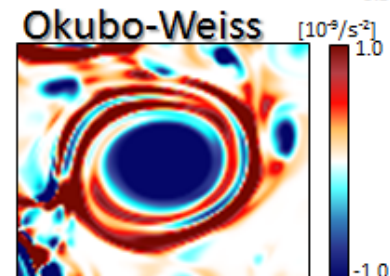
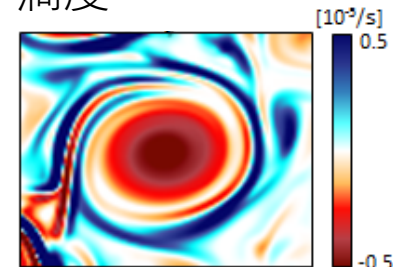
2) 海洋の循環場の様々な現象の相互作用を抽出する新たな可視化手法を開発し、新たな海洋循環像を抽出する試みを行った

暖水渦の物理的特徴



Okubo-Weiss Parameter($W=S_n^2+S_s^2-\omega^2$)などの従来手法では、渦の境界の抽出が困難

渦度

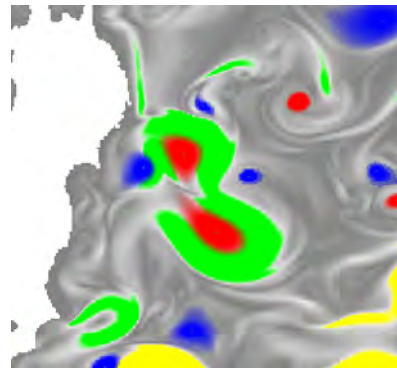
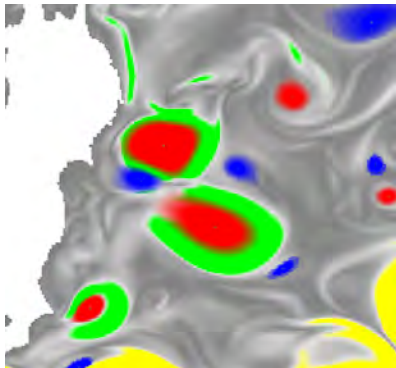


新たな渦やストリームの抽出方法

海面高度 凹凸 (大きさ30km以上) + 流速 ($> 60 \text{ cm/s}$)

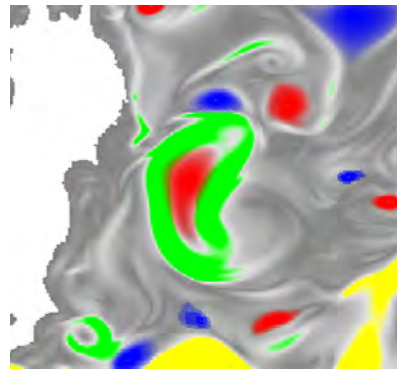
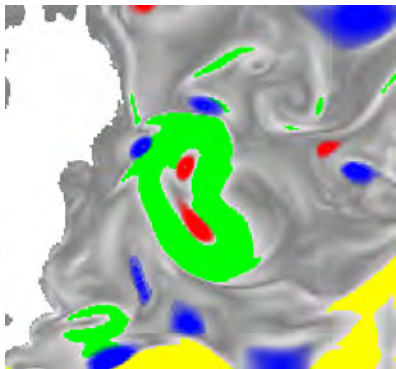
2001/01/23

2001/01/25



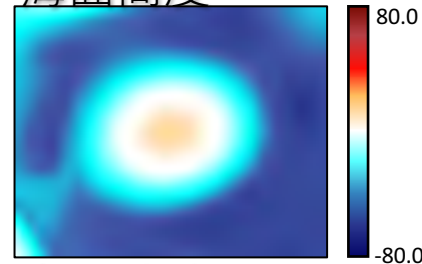
2001/01/27

2001/01/29

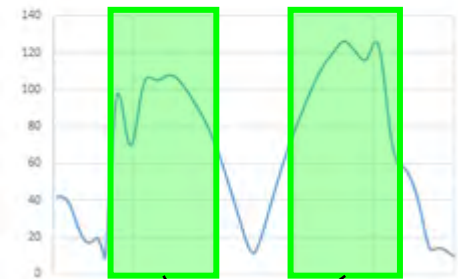
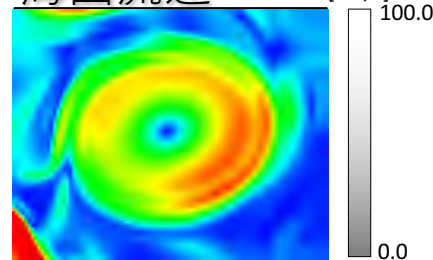


海面高度の凹凸

海面高度



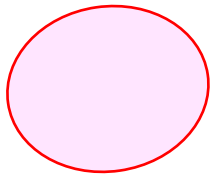
海面流速



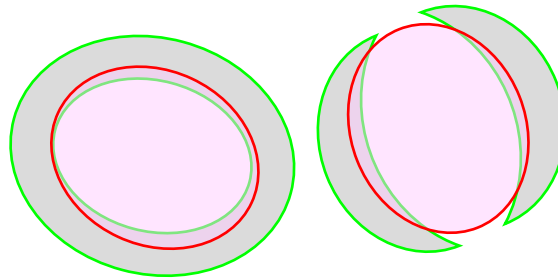
流速 $>60 \text{ cm/s}$

ストリームと海流との相互作用を 考慮した渦の分類

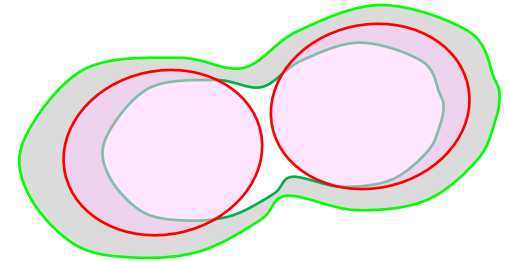
(a) 渦



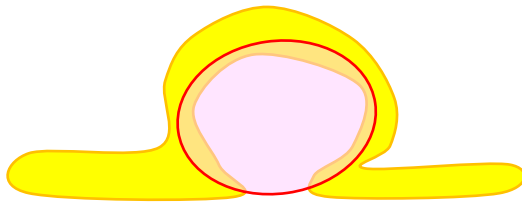
(b) ストリームを伴う渦



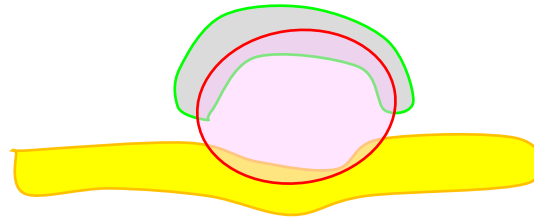
(c) 一つのストリーム内の二つの渦



(d) 海流を伴う渦

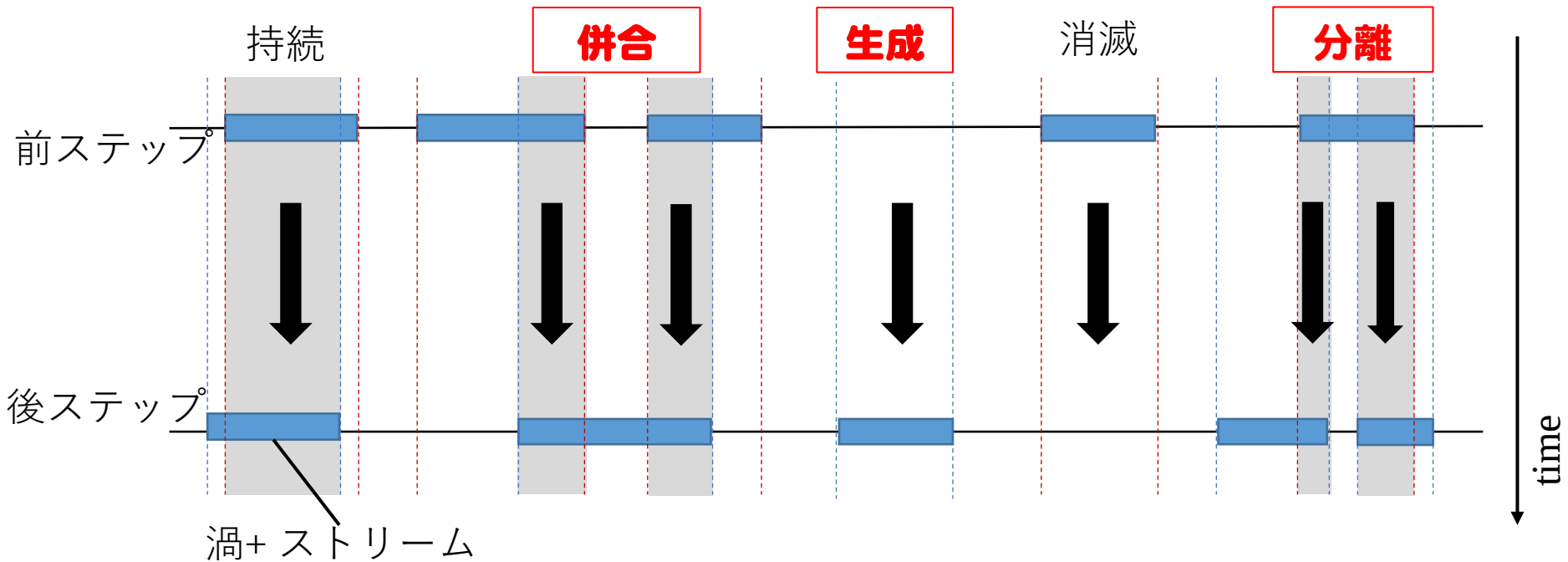


(e) 海流とストリームを伴う渦



● 渦 ● ストリーム ● 海流

イベント追跡方法



- ・ イベント追跡に必要な時間解像度

各構造のステップ毎の移動が、各構造の大きさを超えない

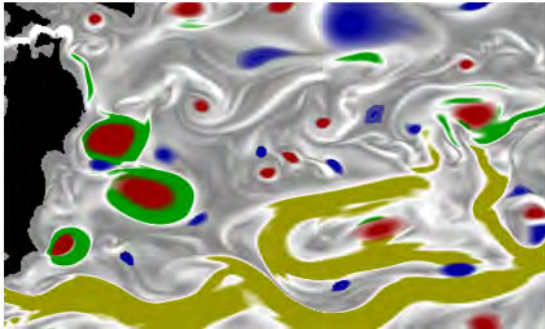
- ・ イベントを視覚的に把握する方法

併合, 生成, 分離の**イベントは明度を強くして強調**

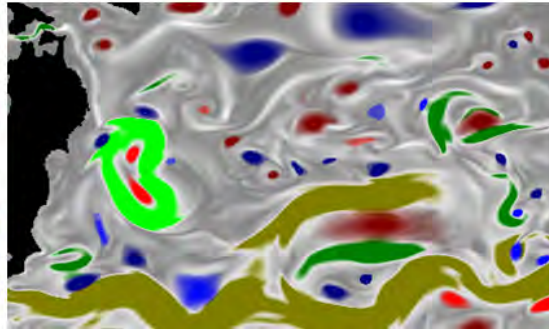
イベント追跡結果

例1) 暖水渦同士の併合

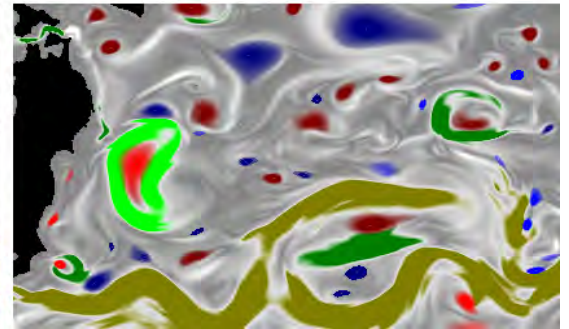
2001/01/22



2001/01/27

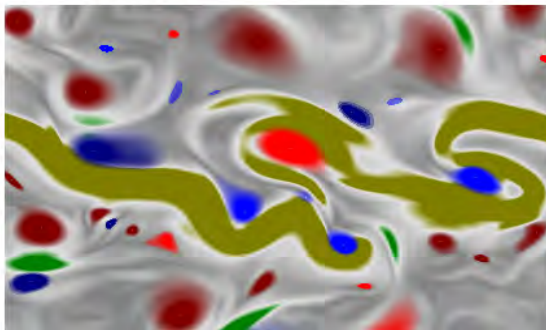


2001/02/01

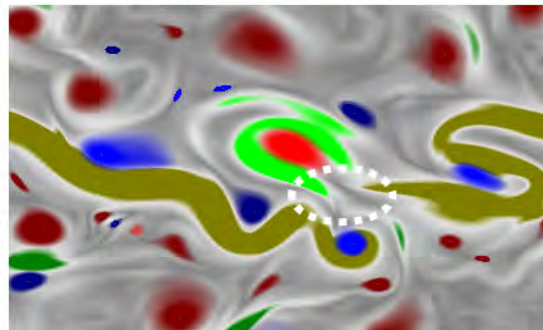


例2) 黒潮からの暖水渦の切離

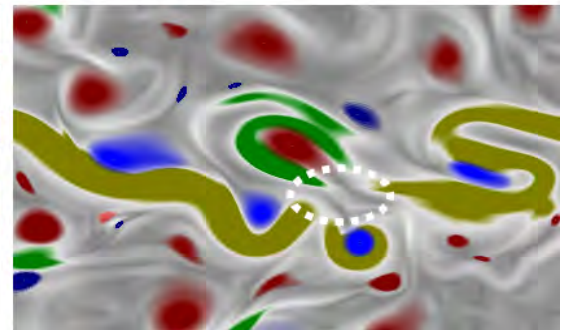
2001/07/29



2001/07/30



2001/07/31

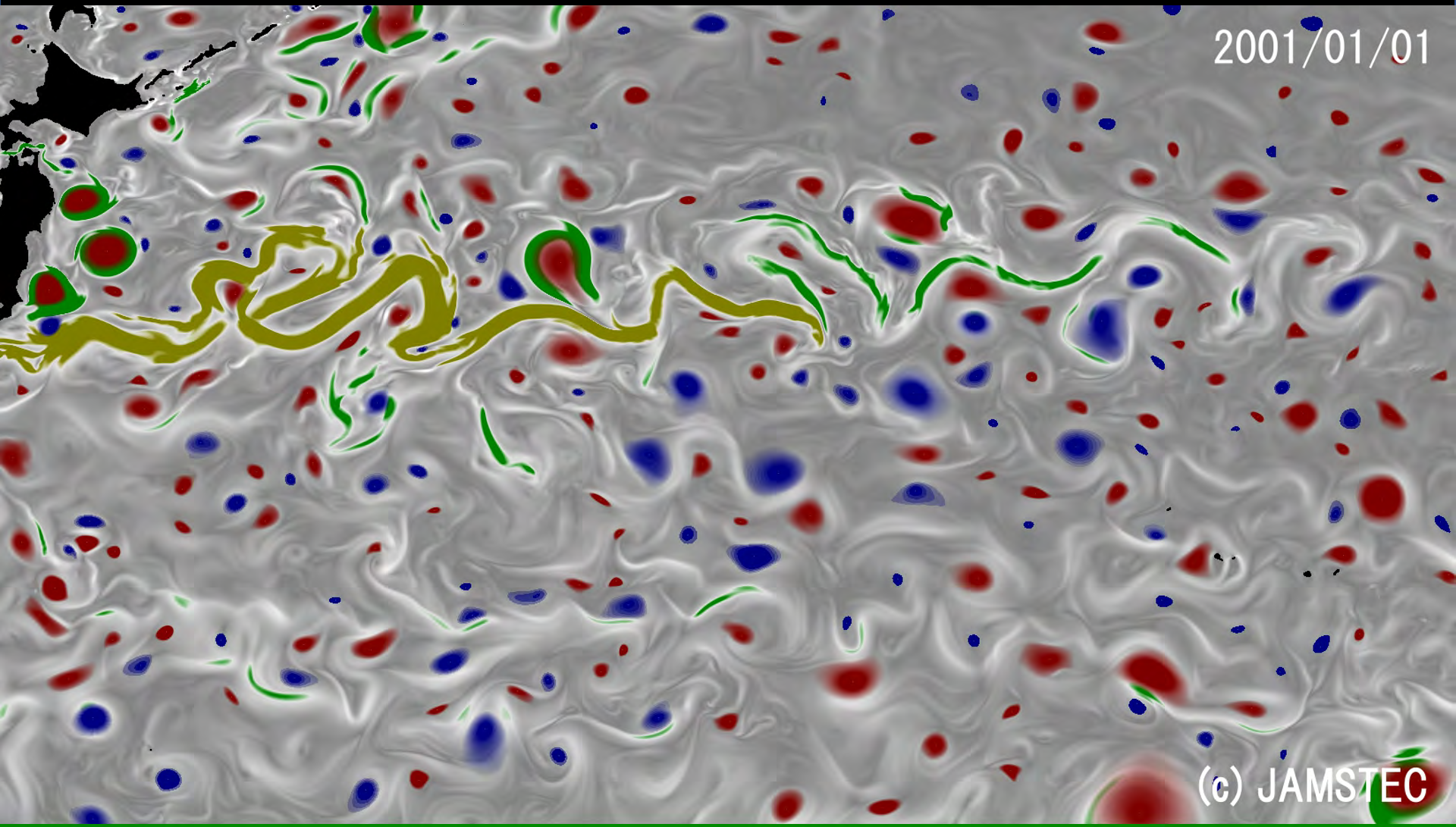


非イベント発生時：明度50%、イベント発生時：明度100%

● 時計回りの暖水渦 ● 反時計回りの冷水渦 ● ストリーム ● 海流

北太平洋 1/30度OFES

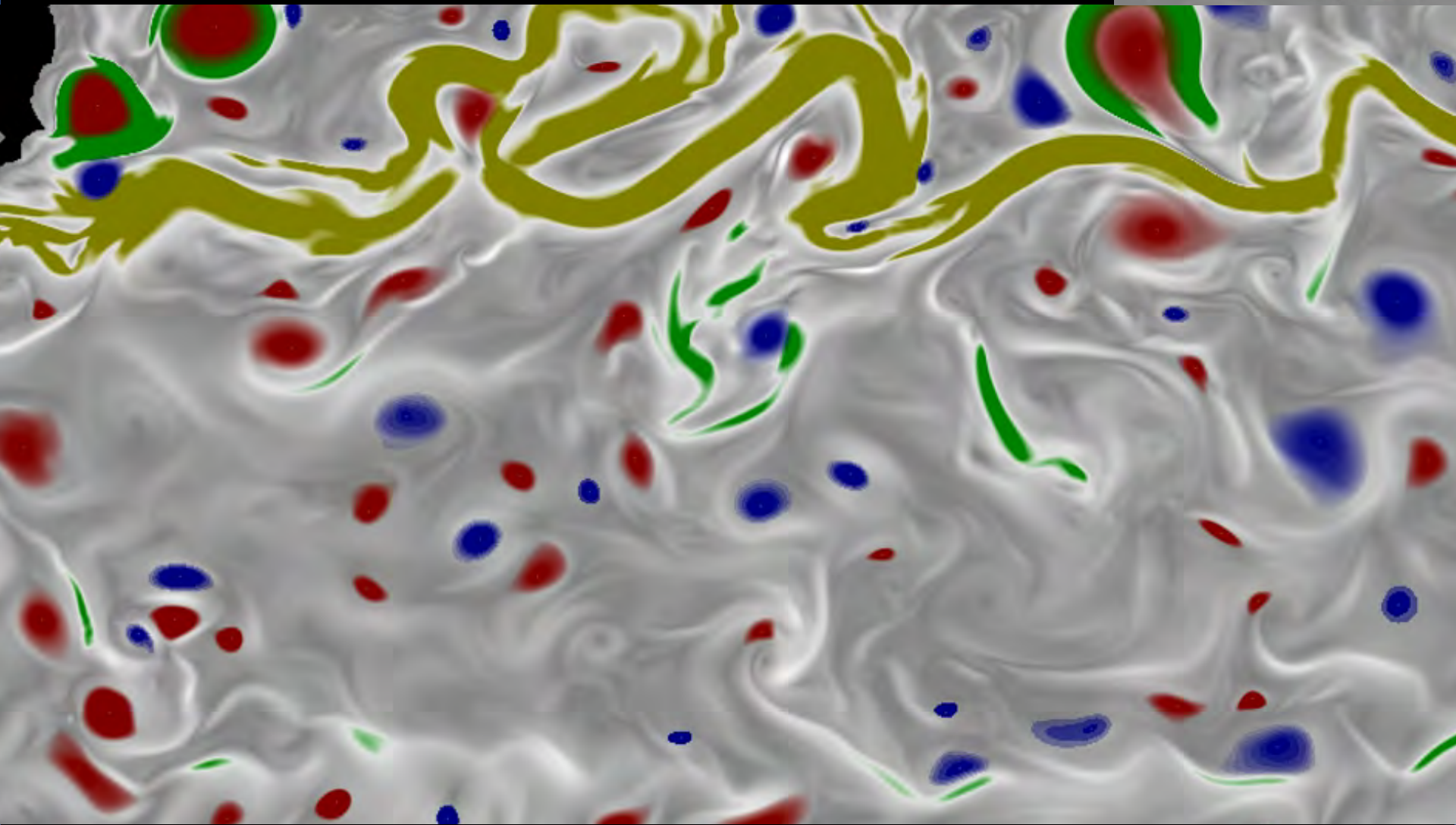
2001/01/01



(c) JAMSTEC

北太平洋 1/30度OFES

2001/01/01



本研究課題の成果

- 1) サブメソスケール現象を解像する全球規模の高解像度海洋シミュレーションのデータセットを構築した。**
- 2) 海洋の循環場の様々な現象の相互作用を抽出する新たな可視化手法を開発し、新たな海洋循環像を抽出する試みを行った**

今後の予定

- ・ 高解像度海洋シミュレーションデータの解析

⇒ 全球規模におけるサブメソスケール現象の時空間変動

- ・ 新たな可視化手法を用いた解析

⇒ 全球規模シミュレーションデータを用いた可視化の実行

⇒ イベント抽出を利用したスケール間相互作用の解析

- ・ さらに解像度の高い海洋シミュレーションに挑戦

⇒ サブメソスケール現象を十分解像するシミュレーション