

渦-地形相互作用による 北太平洋亜寒帯前線域で の準定常ジェット (& 日本沿海予測可能性実験の短い紹介)



海洋研究開発機構 アプリケーションラボ
美山透

日本沿海予測可能性実験

Japan Coastal Ocean Predictability Experiment (JCOPE)

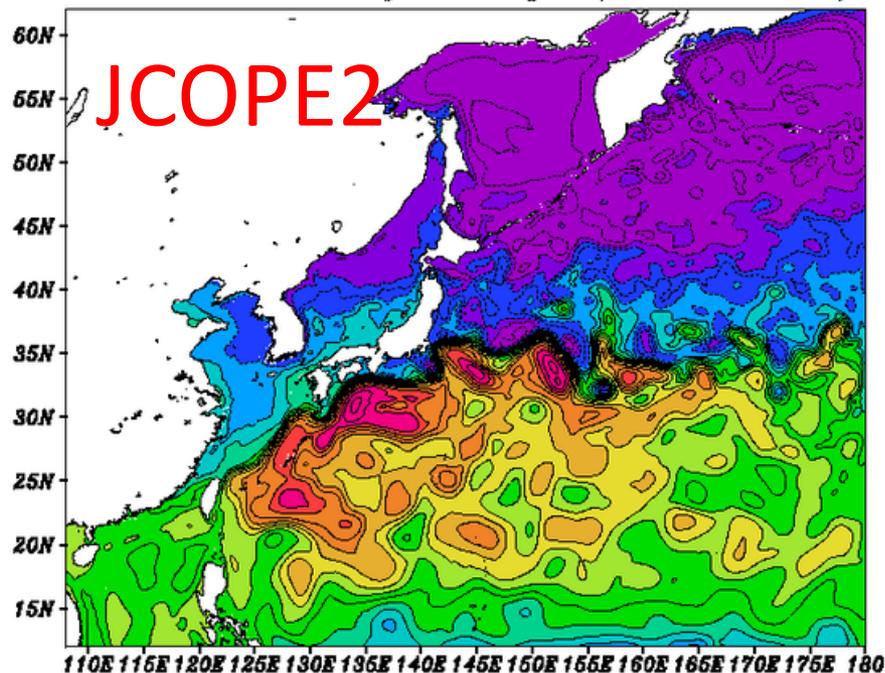
Ocean Prediction around Japan

- Started since December 2001

JCOPE2

2015/11/08

JCOPE2 Sea Surface Height (0.1m interval)



Princeton Ocean Model

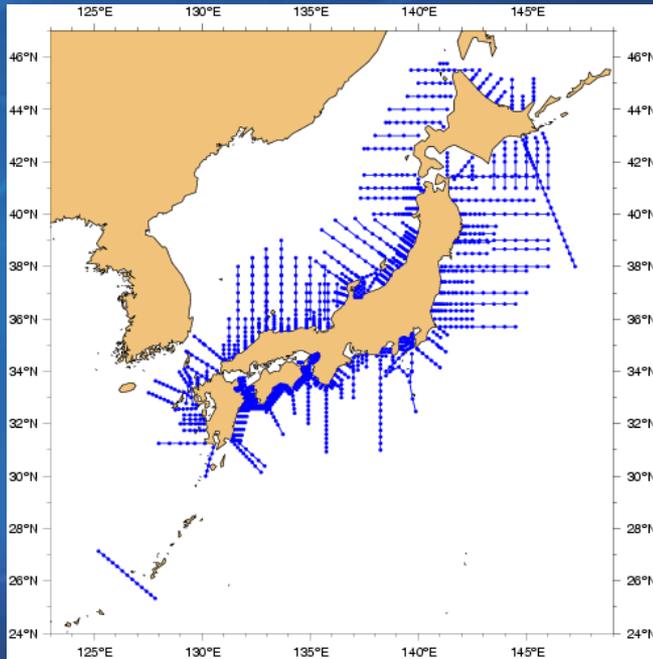
水平分解能 $1/12^\circ$
46鉛直一般化 σ 座標

北太平洋 $1/4^\circ$ モデル
よりネスト(単方向)

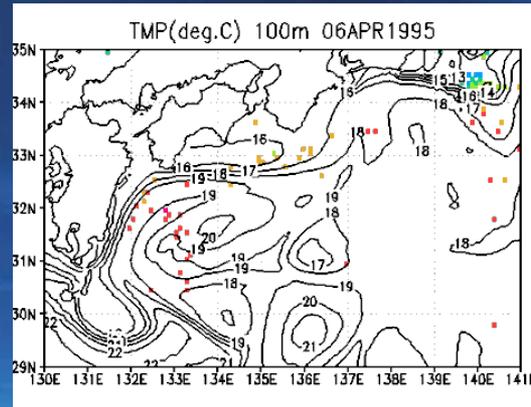
3D-var assimilation

Enhancement of coastal observation network through collaboration with the local fishery research agencies

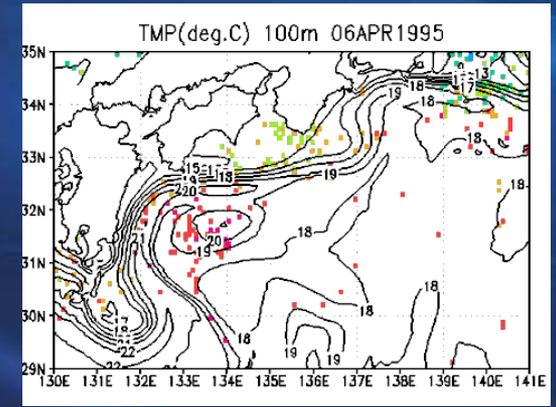
FRA-DATA network



Without FRA-DATA



With FRA-DATA

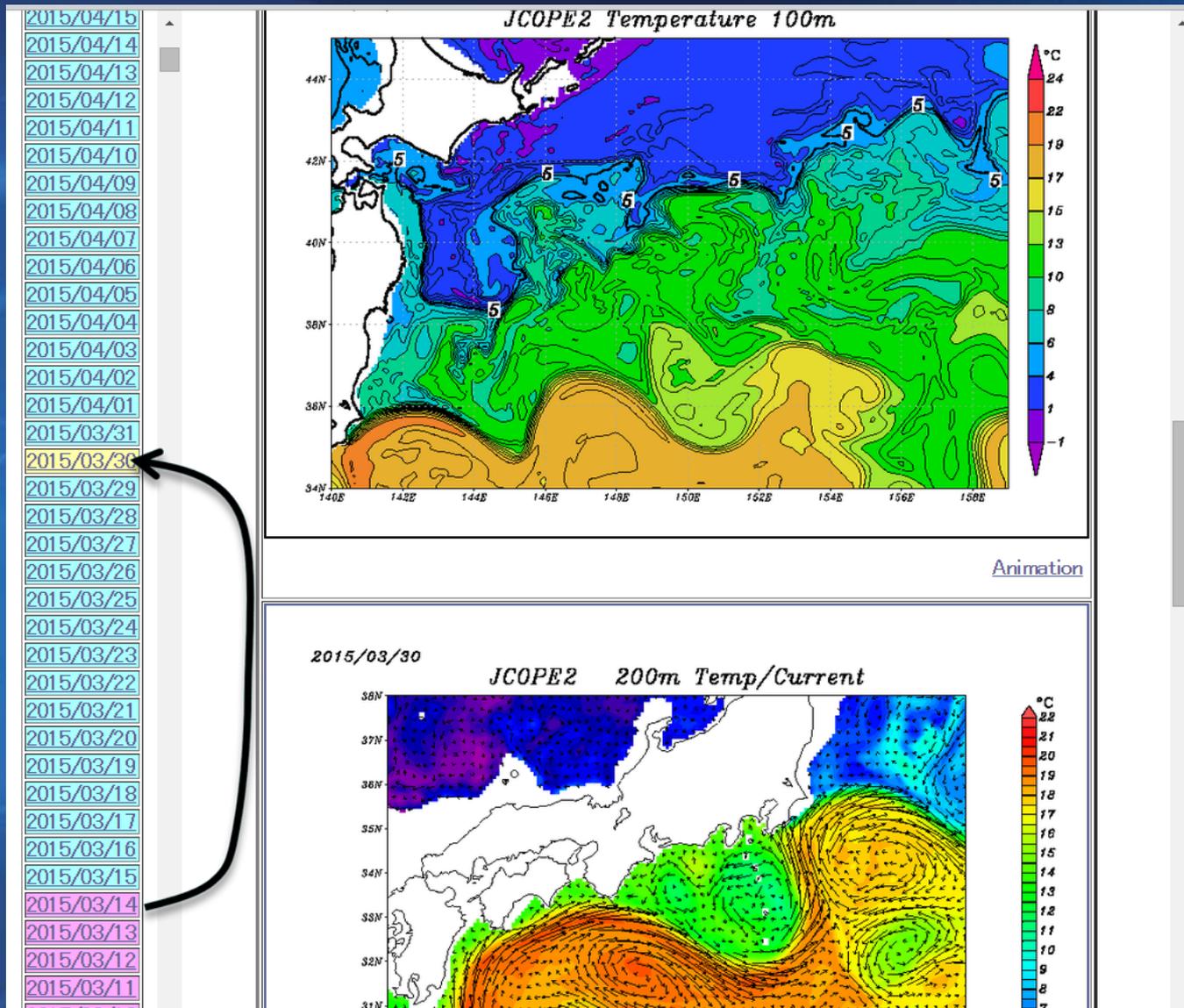


FRA-DATA have not been conveyed to the international data archive based on GTS in real-time manner, and the ocean forecast systems were not able to utilize them for the real-time prediction.

(Miyazawa et al. 2007 Umi-To-Sora)

1週間に一回更新(木曜)、2ヶ月先の予測を公開

webページで公開している図の例



2015年
3月14日
から
3月30日を
予測した例

黒潮親潮ウォッチ (毎週金曜日更新)

http://www.jamstec.go.jp/aplinfo/kowatch/

予測



2015/9/5から11/12の予測 (9/11発表)

Author: 美山 透 | 2015-09-11

黒潮予測

おすすめ | シェア | ツイート | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1

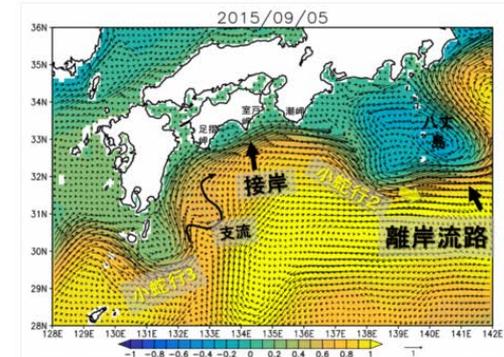
現在、黒潮は八丈島の南を流れる離岸流路が弱く発達しています。和歌山・瀬戸で黒潮が岸に近づいています。黒潮が八丈島の南を流れる離岸流路が継続するでしょう。九州東岸から和歌山・瀬戸までは小刻みに接岸と離岸を繰り返す時期になっているようです。

現状

図1と図2はJCOPE2で計算した9月5日と9月11日の黒潮の状態です。黒潮は八丈島の南を流れる離岸流路です。東海沖を東に進んでいた小蛇行(小蛇行2※1)(図1)が、伊豆諸島に近づくと、離岸流路が弱く発達しています(図2)。小蛇行2の南下への移動にもない。紀伊半島・瀬戸では黒潮が岸に近づいています。

黒潮の本流から沖に向かう支流が分岐しており、四国・足摺岬に続いて(図1)、四国・室戸岬もやや離岸寄りです(図2)。九州南東では小蛇行3が存在しますが(図1)、発達していません(図2)。

※1 現在の離岸流路を引き起こした小蛇行1は、既に黒潮の離岸流路と区別できなくなって見えませんが、番号からの継続のため、小蛇行の番号はそのままにします。



黒潮親潮ウォッチとは?

日本気象庁可能性実験(JCOPE)による予測実験と、関係する様々な話題について、お知らせします。黒潮流路の変化とその予測については、毎週金曜日に更新しています。



LINK

- ・ 海洋研究開発機構 (JAMSTEC)
- ・ アプリケーションラボ (APL)
- ・ 日本気象庁可能性実験(JCOPE)
- ・ Kuroshio/Oyashio Watch(英語)

カテゴリ

- ・ 活動日誌 (4)
- ・ 観測 (6)
- ・ 解説 (30)
- ・ 黒潮予測 (43)
- ・ 黒潮予測検証 (9)

最近の投稿

- ・ 2015/11/7から2016/1/14の予測 (11/13発表)
- ・ 黒潮はいったん?) 接岸流路へ
- ・ 2015/10/31から2016/1/7の予測 (11/6発表)
- ・ 続・観測が記録的なあたたかさ

予測検証

9月19日から10月14日の予測を検証します

Author: 美山 透 | 2015-10-30

黒潮予測検証

八丈島水位

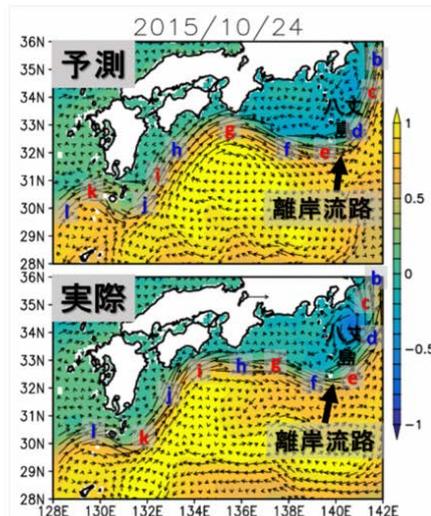
おすすめ | シェア | ツイート | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2

毎月月末は過去1ヶ月の予測を検証する予定です。今回は9月25日号の9月19日から10月24日までの予測を検証します。

図1上段は、9月19日から予測した10月24日の黒潮の状態です。9月25日号では、黒潮が八丈島の南を流れる離岸流路が継続すると予測していました(図1上段)。その予測は現実とよく合っていました(図1下段)。

図2は9月24日から10月24日までの予測(上段)と現実(下段)の比較をアニメーションにしたものです。9月25日号で、九州東岸から和歌山・瀬戸までは小刻みに接岸と離岸を繰り返す時期になると予測していたとおり(上段)、小蛇行が大きく発達することはなく、黒潮が小さく離岸と接岸が繰り返しました(下段)。10月は房総半島で離岸するといつ9月25日号の予測(上段)も、合っていたと言えるでしょう(下段)。

一方、今回は大きく発達した小蛇行がなかったことから自立ちませんが、細かいところは違いもありました。図1を見ると、下流に移動する接岸・離岸の波(アルファベットa,c,...)は、予測が(図1上段)が実際(図1下段)に比べて、少しずつ遅れていました。



解説

黒潮は(いったん?) 接岸流路へ

Author: 美山 透 | 2015-11-13

解説, 黒潮予測

三宅島水位, 八丈島水位

おすすめ | シェア | ツイート | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0

本解説は、10月23日解説「離岸流路は続くか?」の続編です。この時のJCOPE2予測のシナリオは図1のようなものでした。当時、黒潮の接岸傾向gが東海沖を下流に進んでいました(図1a)。この接岸傾向gが伊豆諸島に近づくと、黒潮が八丈島に近づくことが予想されていました(図1b)。ただし、接岸傾向gは過小評価されている可能性があり、その場合は予想より黒潮が本州に近づき、黒潮が八丈島の北を流れる離岸流路的な状態になる可能性もありました(図1b、赤点線)。いずれにせよ、その後、離岸傾向hが近づくと、黒潮が八丈島の大きく南を流れる離岸流路が再び発達するという予測でした(図1c)。

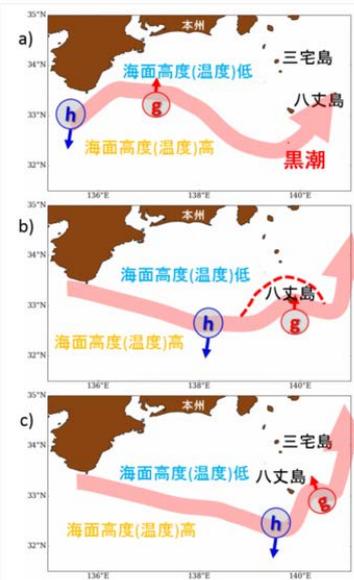


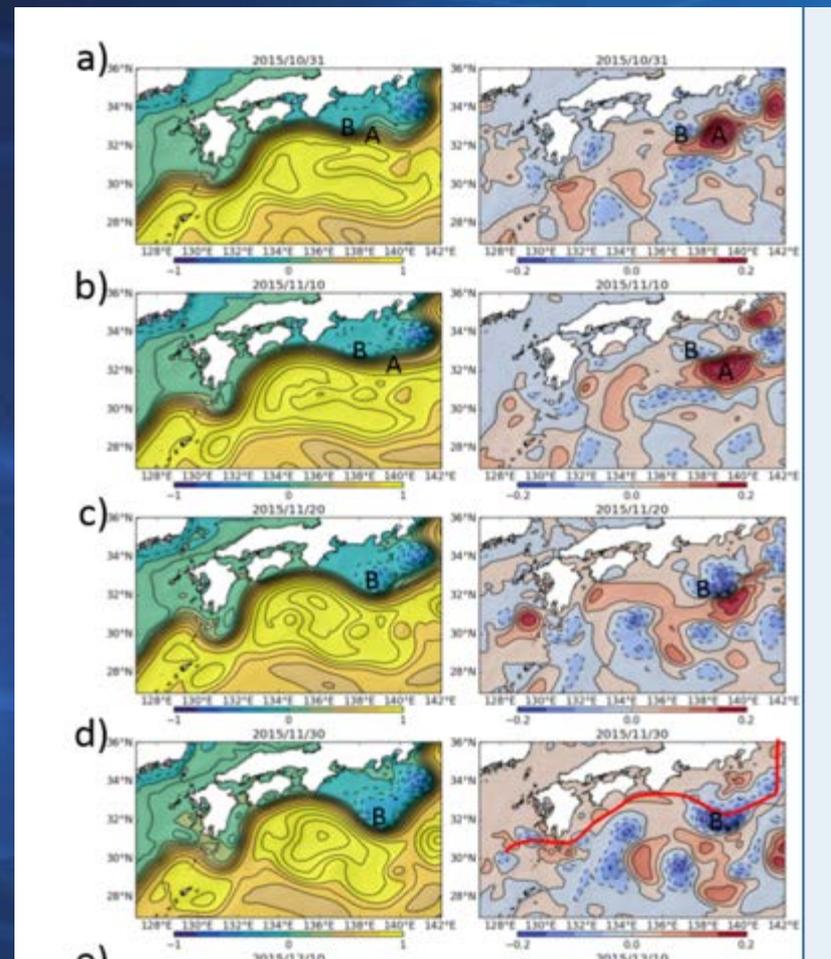
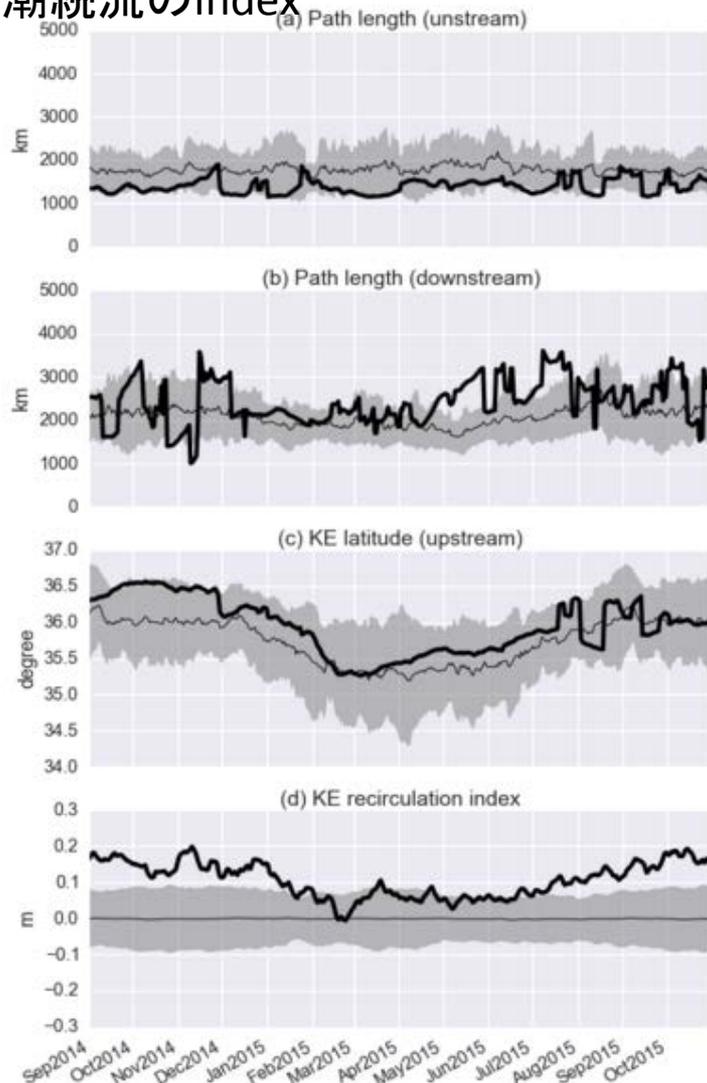
図1: JCOPE2予測のシナリオ説明図。

Kuroshio/Oyashio Watch (2-3週間1回程度更新)

<http://www.jamstec.go.jp/jcope/htdocs/e/kow/>

JCOPE home
page English

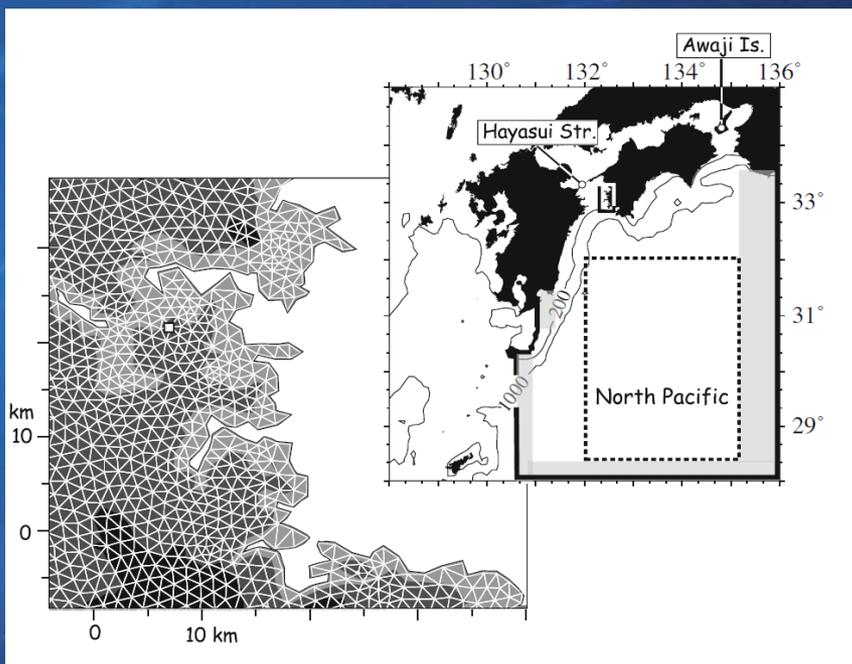
黒潮続流のindex



JCOPE2再解析データ

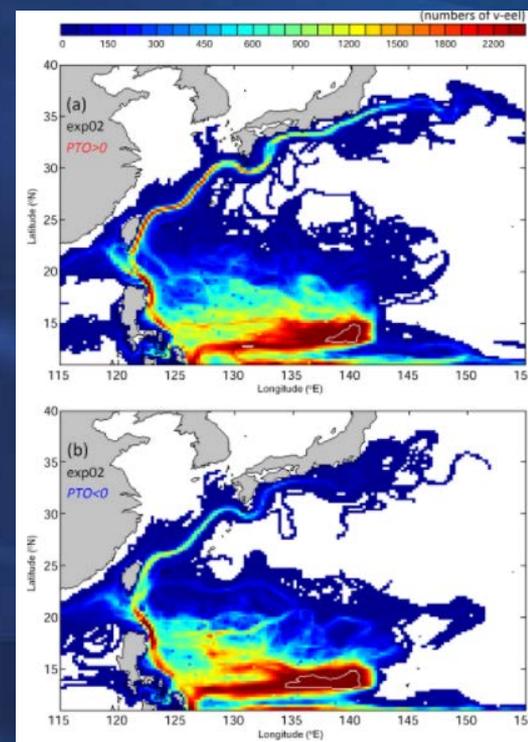
- 1993年から現在 Daily data
- 非営利・学術利用を目的とした利用のため無償配布

Isobe et al. 2012



JCOPE2は豊後水道ダウンスケール(FVCOM)の境界条件

Chang et al. 2015



ウナギの稚魚の回遊

JCOPE-T

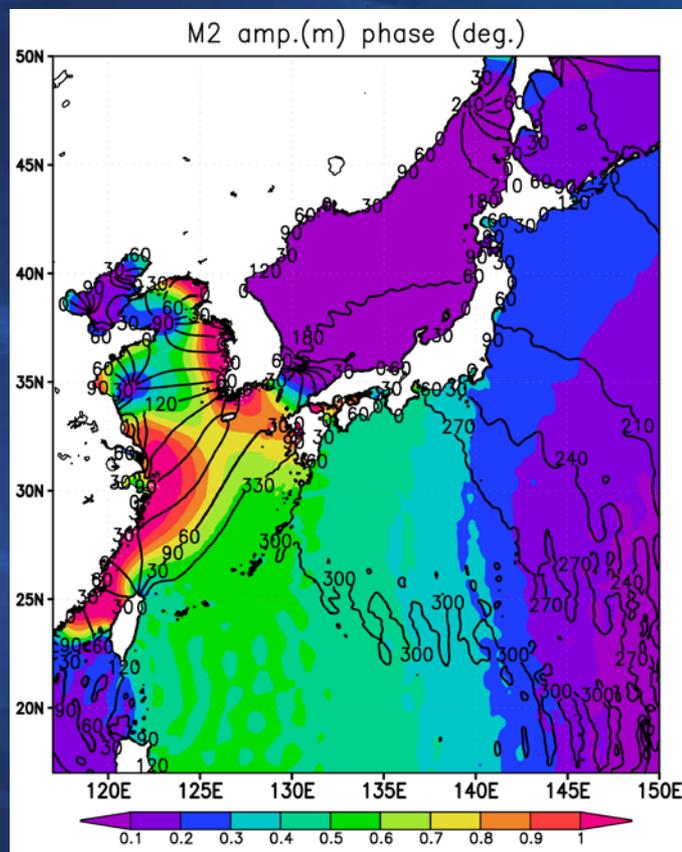
- Varlamov et al. 2015: M2 baroclinic tide variability modulated by the ocean circulation south of Japan. Journal of Geophysical Research: Oceans, 120, 3681-3710.

水平分解能 $1/36^\circ$
46鉛直一般化 σ 座標

JCOPE2よりネスト(単方向)

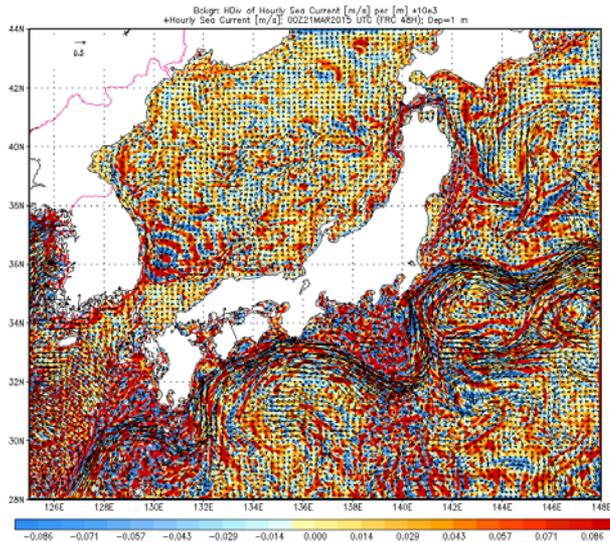
JCOPE2の5-day running meanに
nudge

2 week forecast
every day



JCOPE-T NEDO reanalysis

領域	125E-148E, 24N-48N, 46 層
期間	2002-2015 (continues ..) (10年超)
格子	1/36 度 (3km)
海底地形	GEBCO8 (1/120度)
陸岸地形	DIVA-GIS, GADM v2 shape files (GrADS option)
大気外力	NCEP CFSR
潮汐外力	OTIS (1/12 度) 8分潮 Pacific Atlas
出力間隔	1 時間平均値、日平均値
データ同化	FRA-JCOPE2 再解析データ水温塩分に緩和
物理モデル等	Mellor-Yamada-Nakanishi-Niino-Furuichi混合層モデル、海氷なし
出力変数	海流・水温・塩分・水位

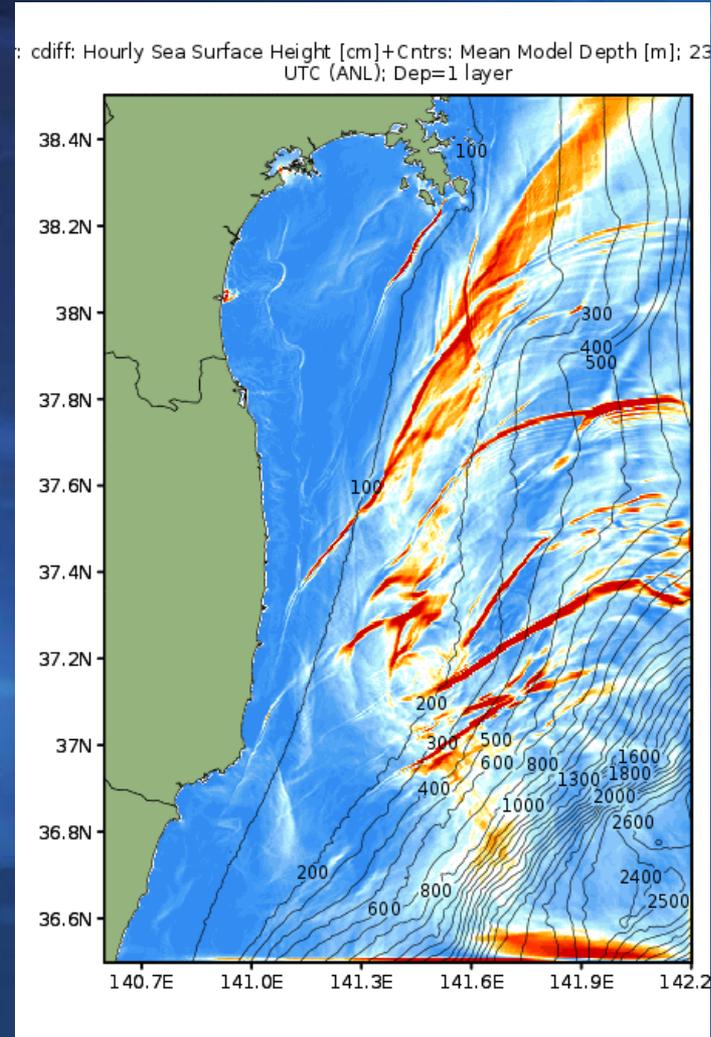
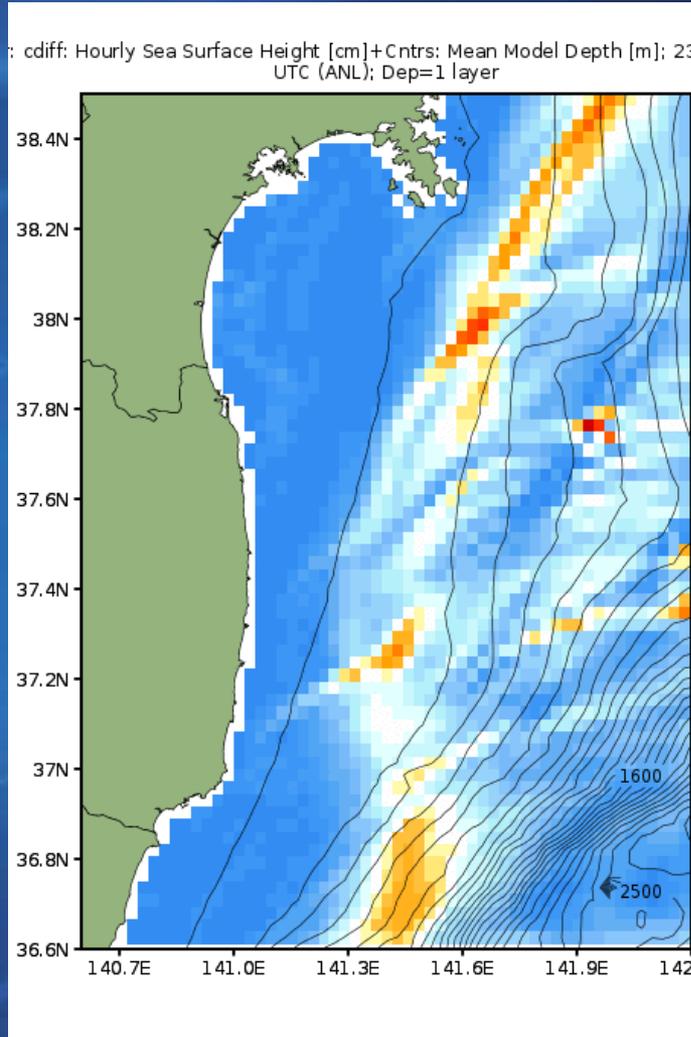


Down-scaled OGCM simulation

Animations of sea surface height gradient

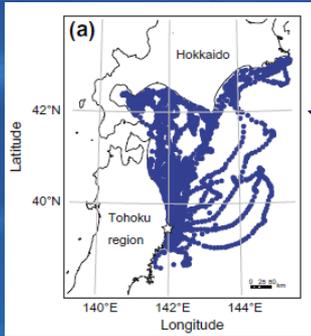
Long-term reanalysis (3km grid)

Down-scaled simulation (250m grid)



Feasibility of bio-logging data assimilation: dense observation network

Seabird as drifting buoy
(Yoda et al. 2014 PiO)



Sea Turtles as subsurface float
(Miyazaki et al. in press Marine Biology)

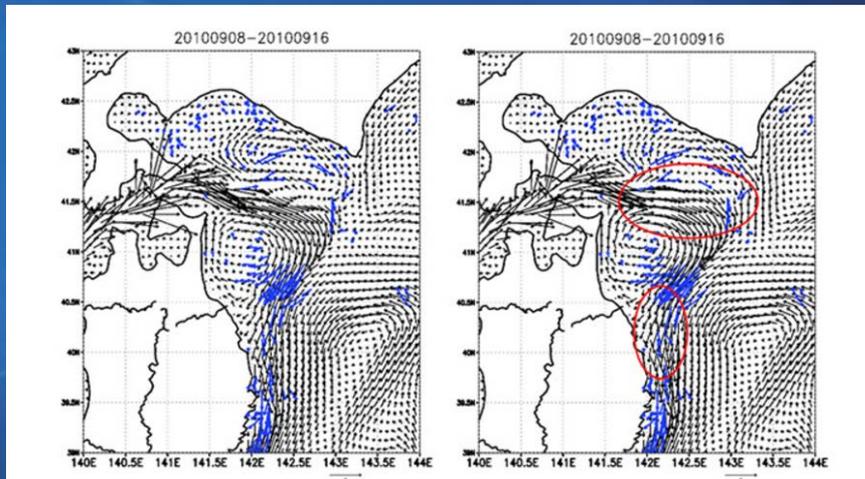
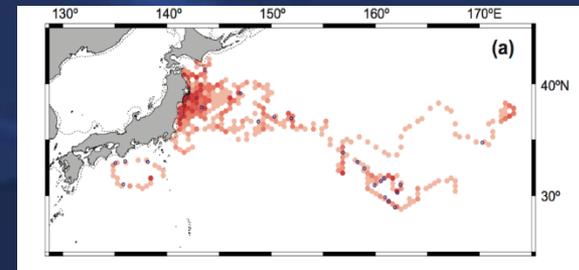


図2. 2010年9月8日から9月16日における平均海流分布。黒矢印は海流予測モデルJCOPE2の5m深海流分布、青矢印はオオミスナギドリ（オオミスナギドリ）の偏流データを示す。左：オオミスナギドリ偏流データを同化する前。右：同化した後。図下の矢印は1m/secの大きさを示す。データ同化によって海流の表現が特に変わった領域を赤丸で示す。



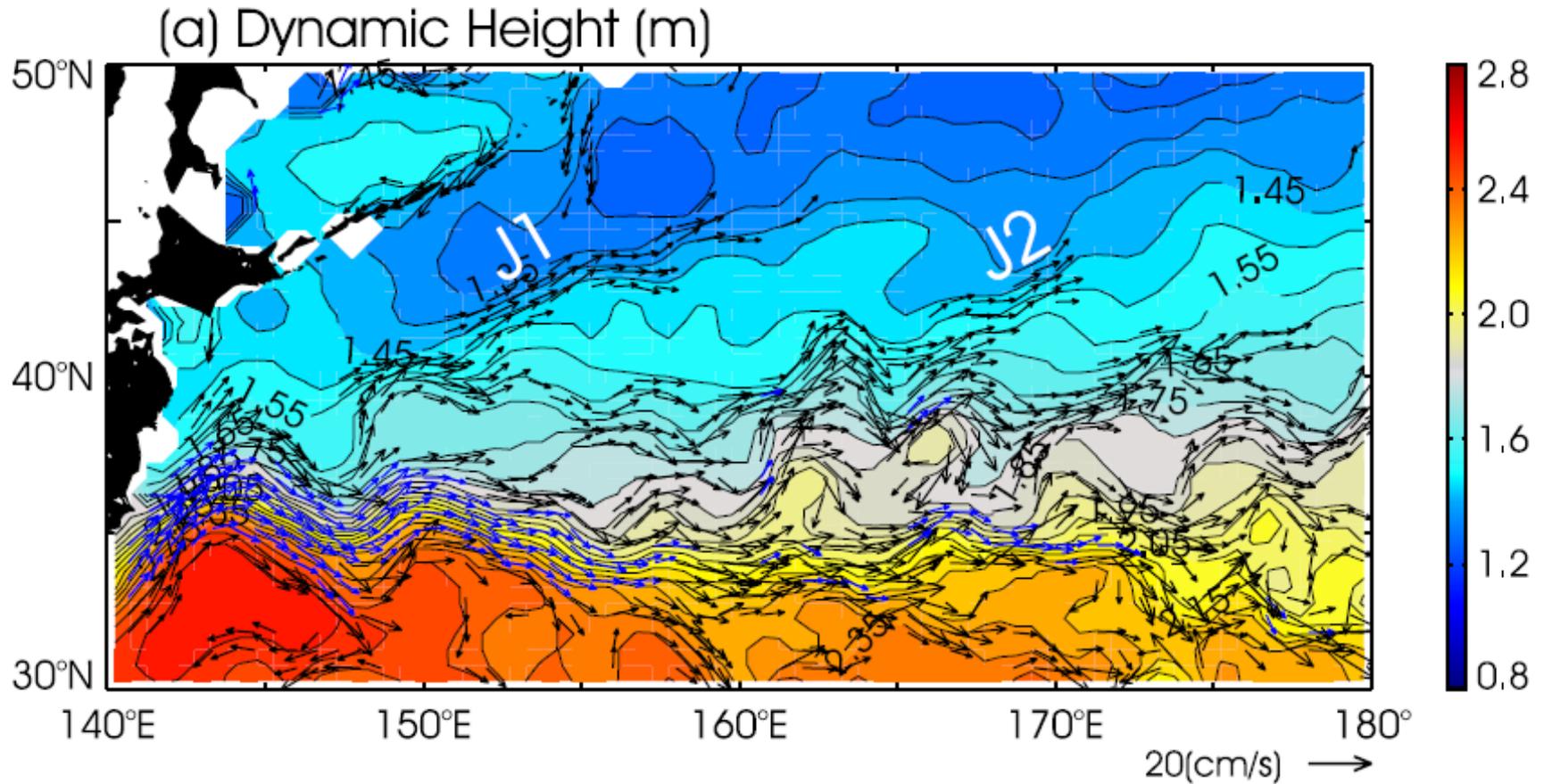
Ensemble prediction using Ensemble Kalman Filter

Initialized on Nov 22, 2015



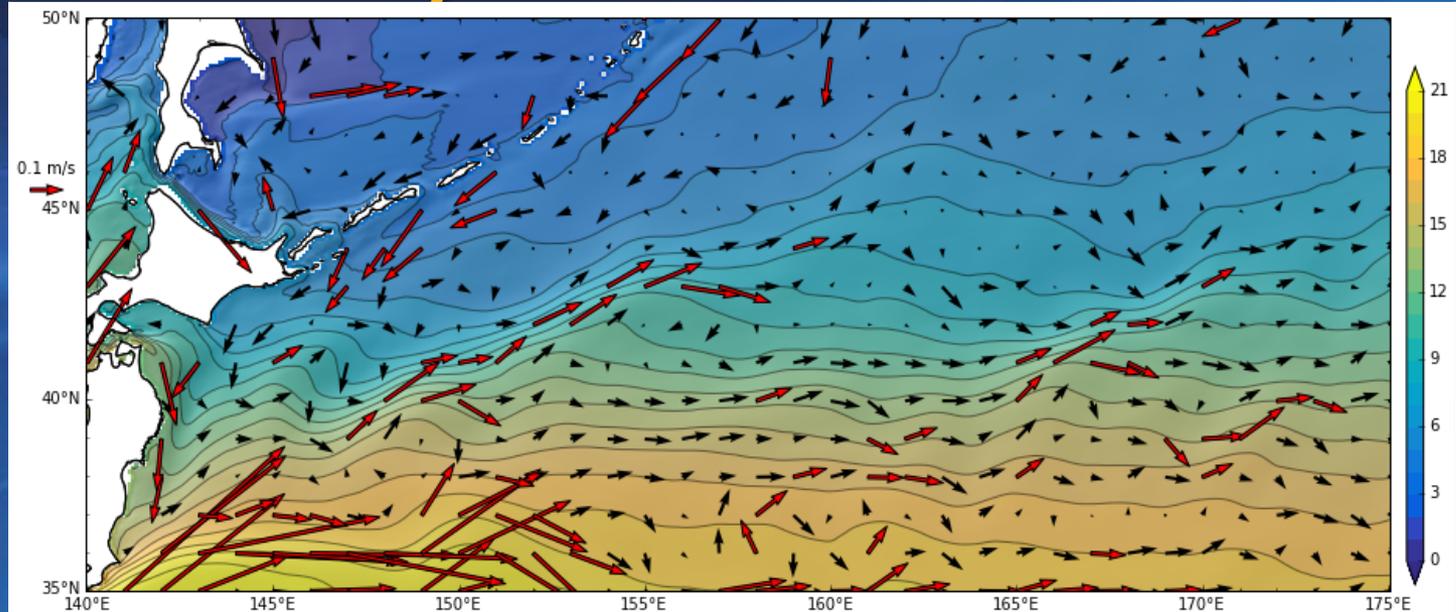
渦-地形相互作用による 北太平洋亜寒帯前線域での 準定常ジェット

Quasi-stationary Jets (Isoguchi et al. 2006)

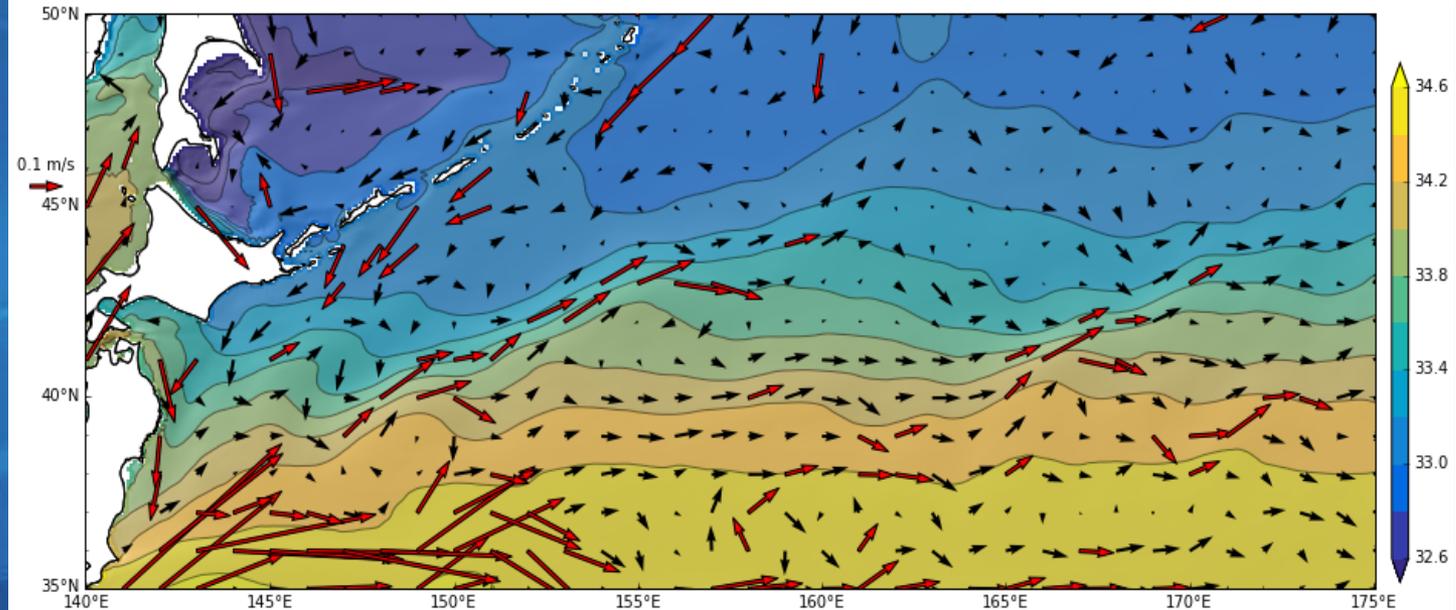


JCOPE2 reanalysis 1993-2012 ave.

Shade:
Temperature
Vector:
Velocity
(red: >10 cm/s)
at 30m depth

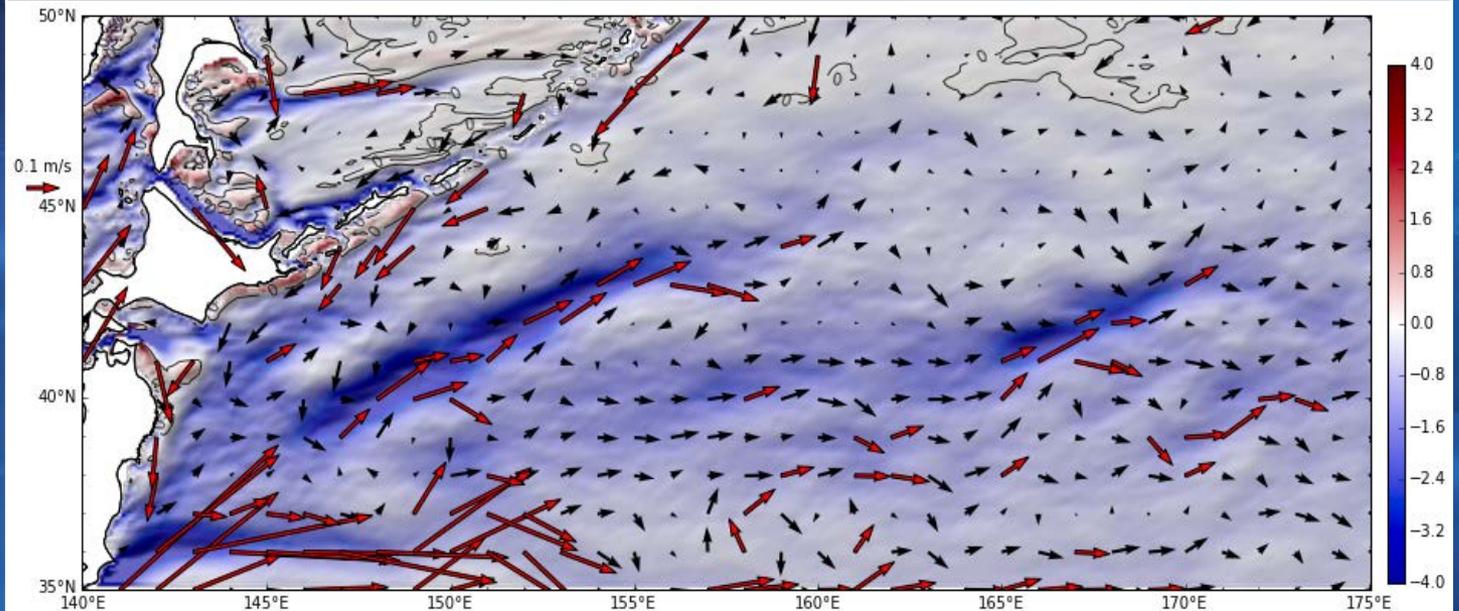


Shade:
Temperature
Vector:
Velocity
(red: >10 cm/s)
at 30m depth

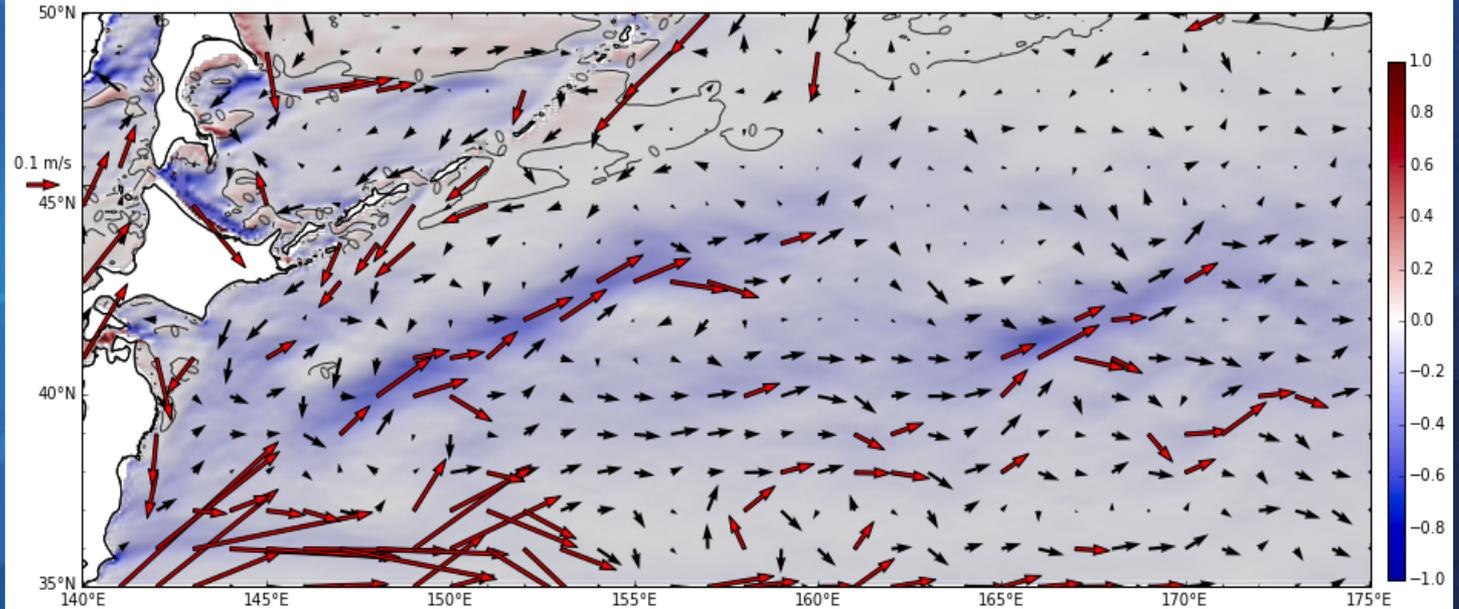


Meridional gradients

Shade:
Temperature
Vector:
Velocity
(red: >10 cm/s)
at 30m depth

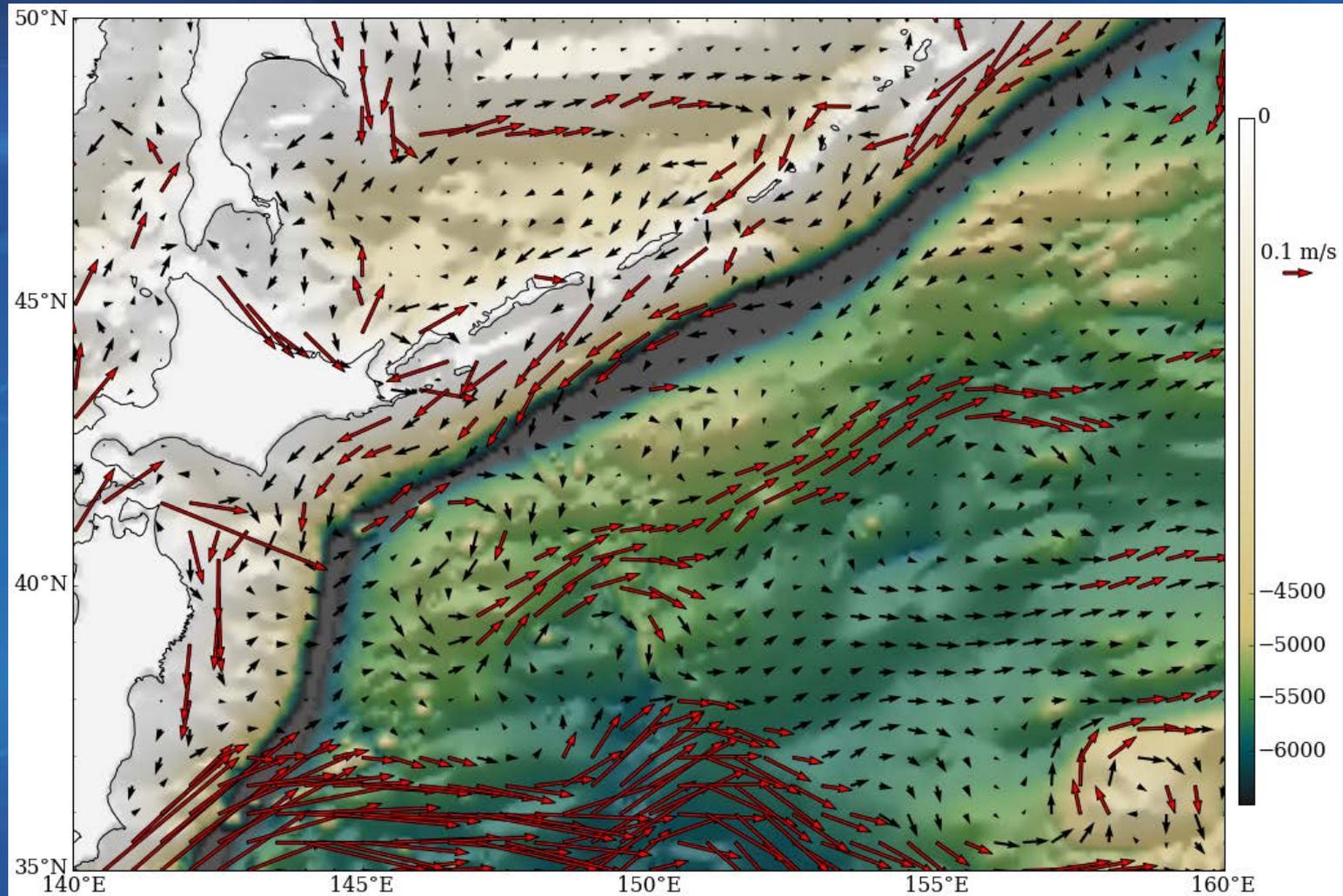


Shade:
Temperature
Vector:
Velocity
(red: >10 cm/s)
at 30m depth



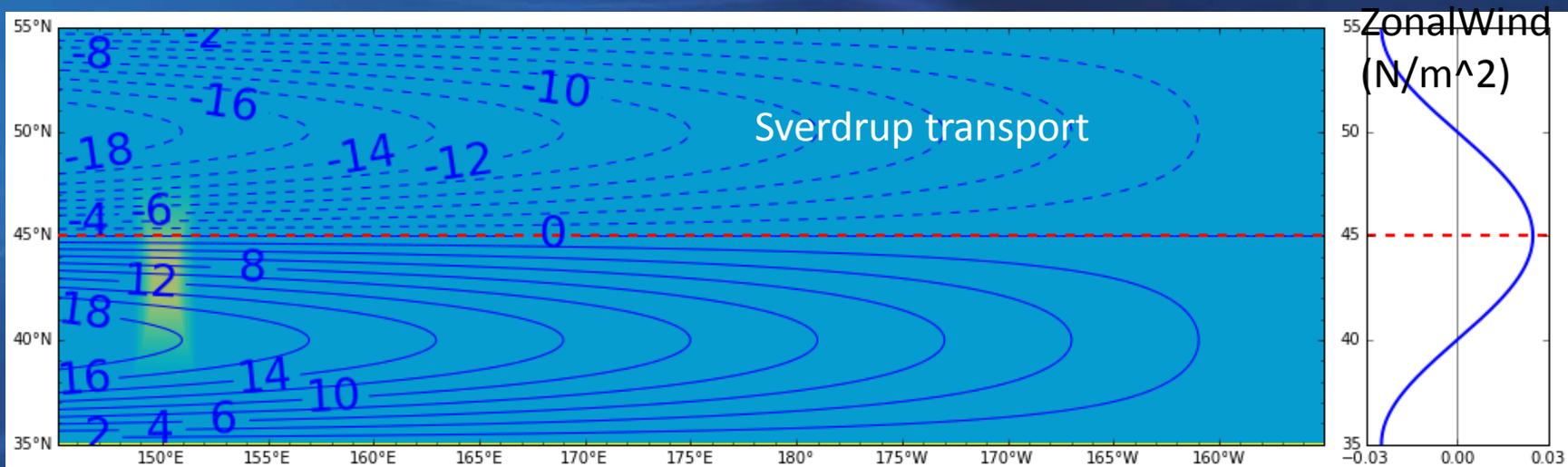
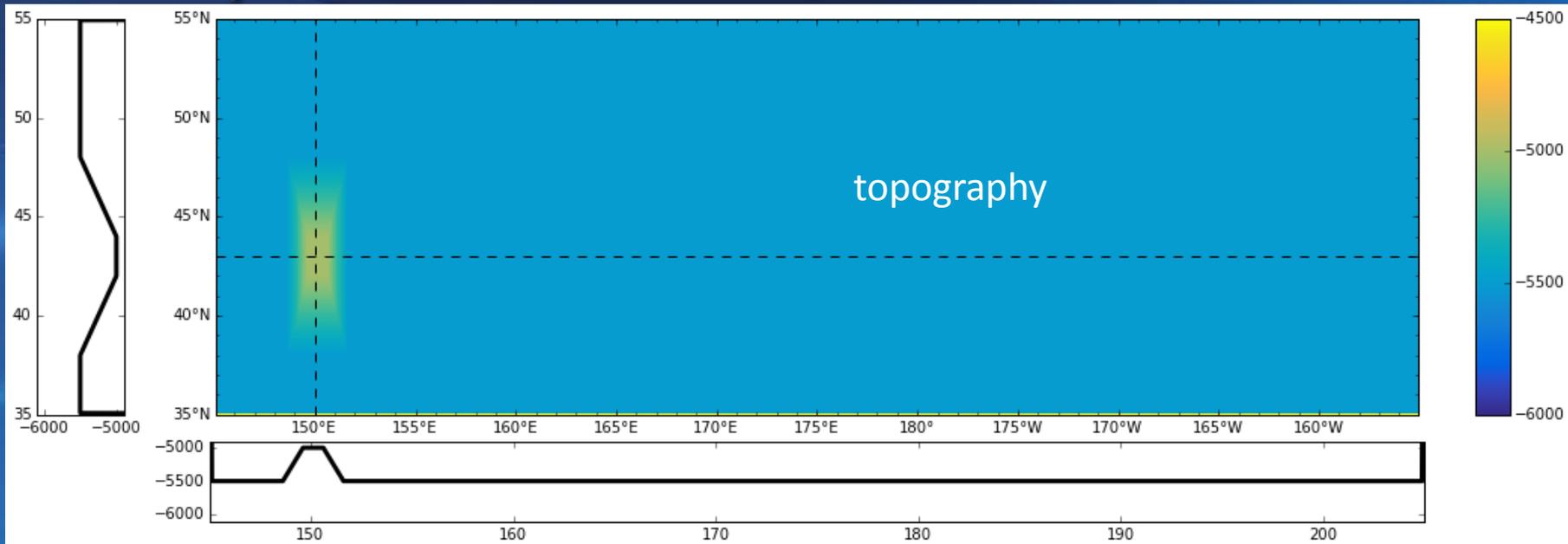
地形と流速

(赤ベクトルは >0.1 m/s)



流速はJCOPE2再解析の気候値

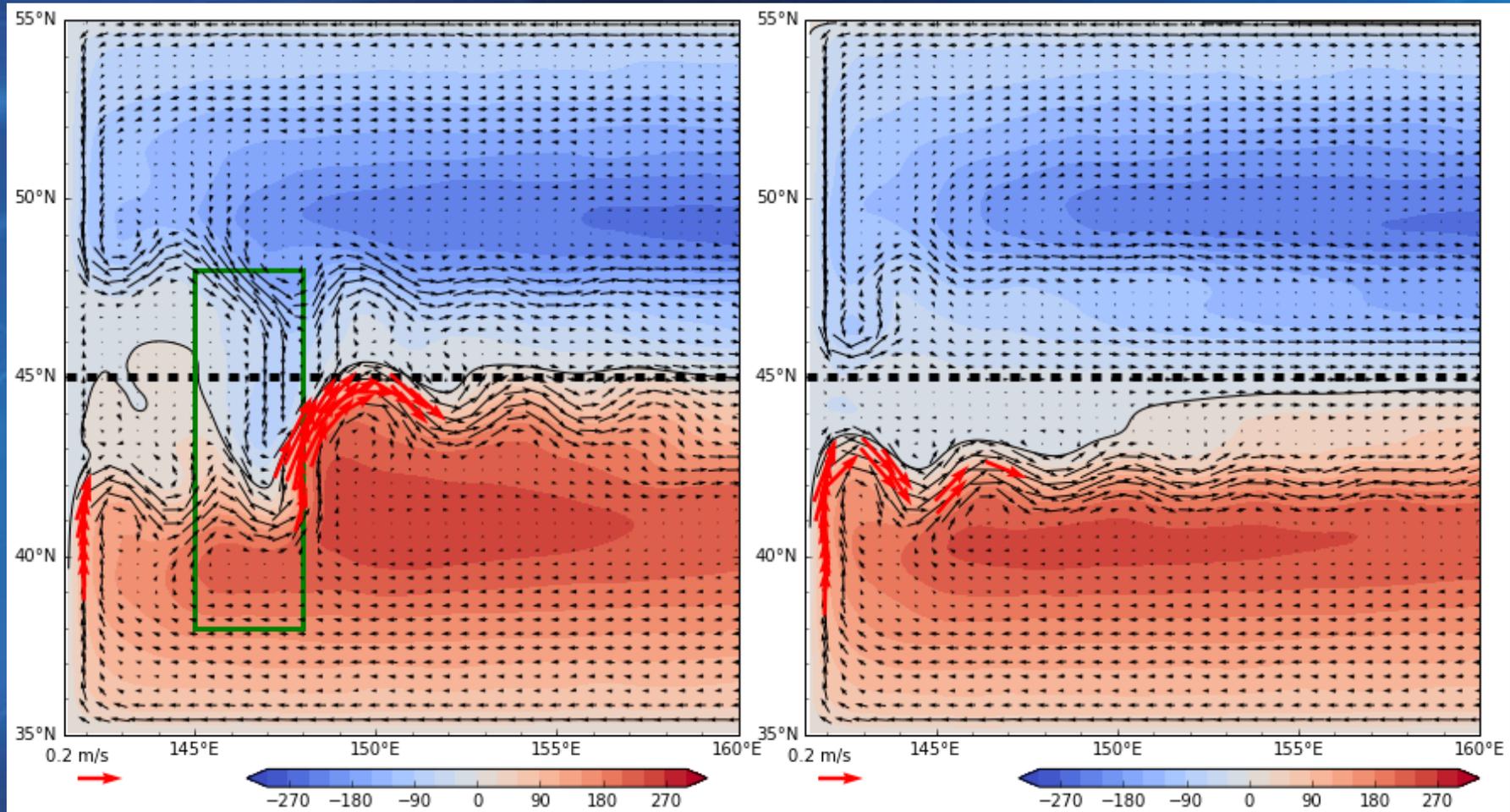
2 layer model



Layer 1 velocity and interface anomaly

Control run

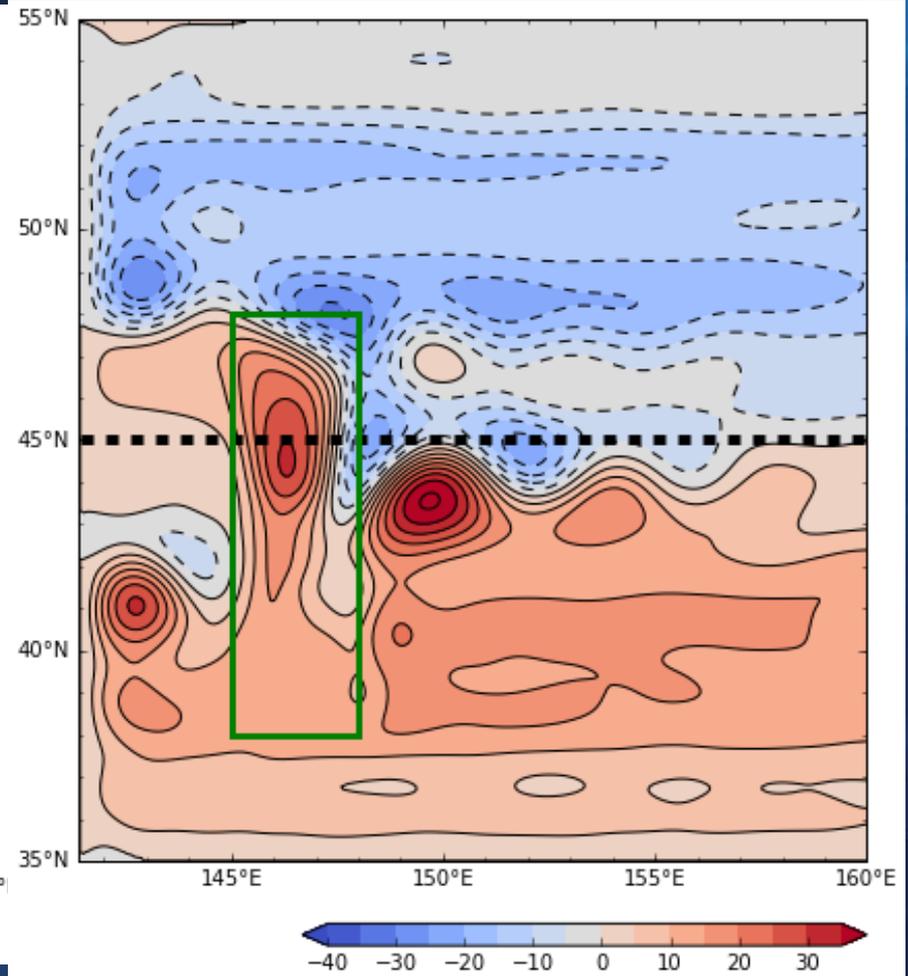
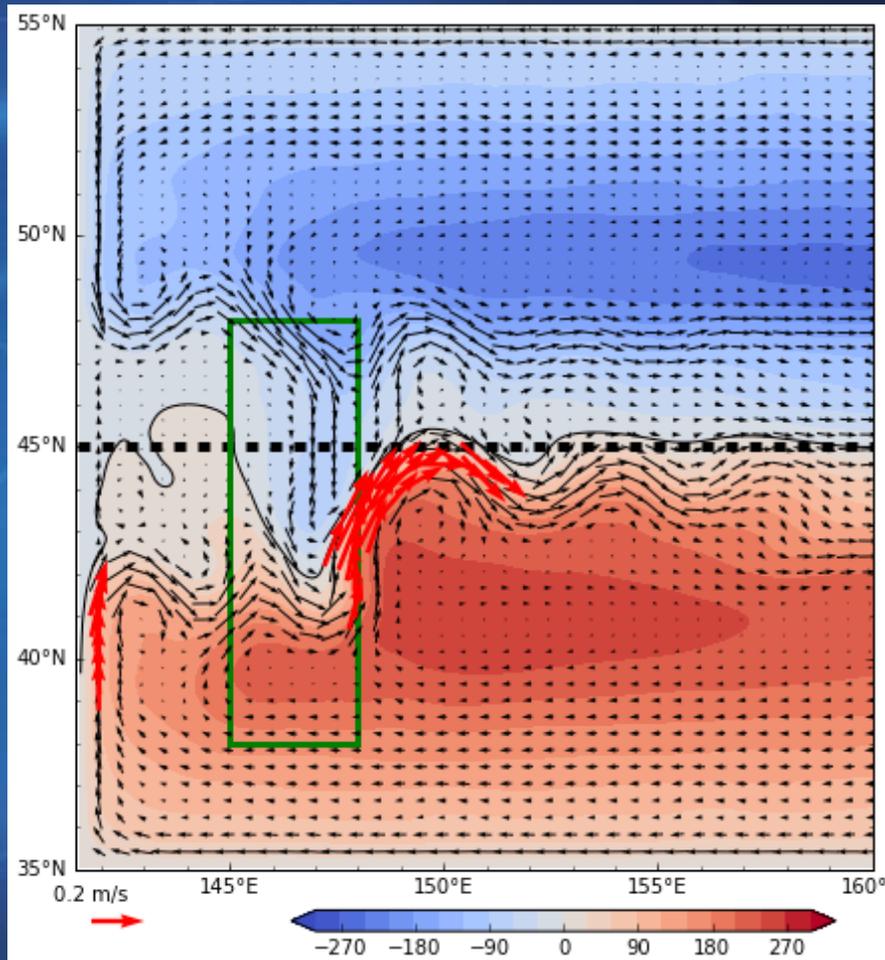
flat bottom



Strong anticyclonic gyre on topography

velocity of 1st layer and interface anomaly

Barotropic transport (Sv)

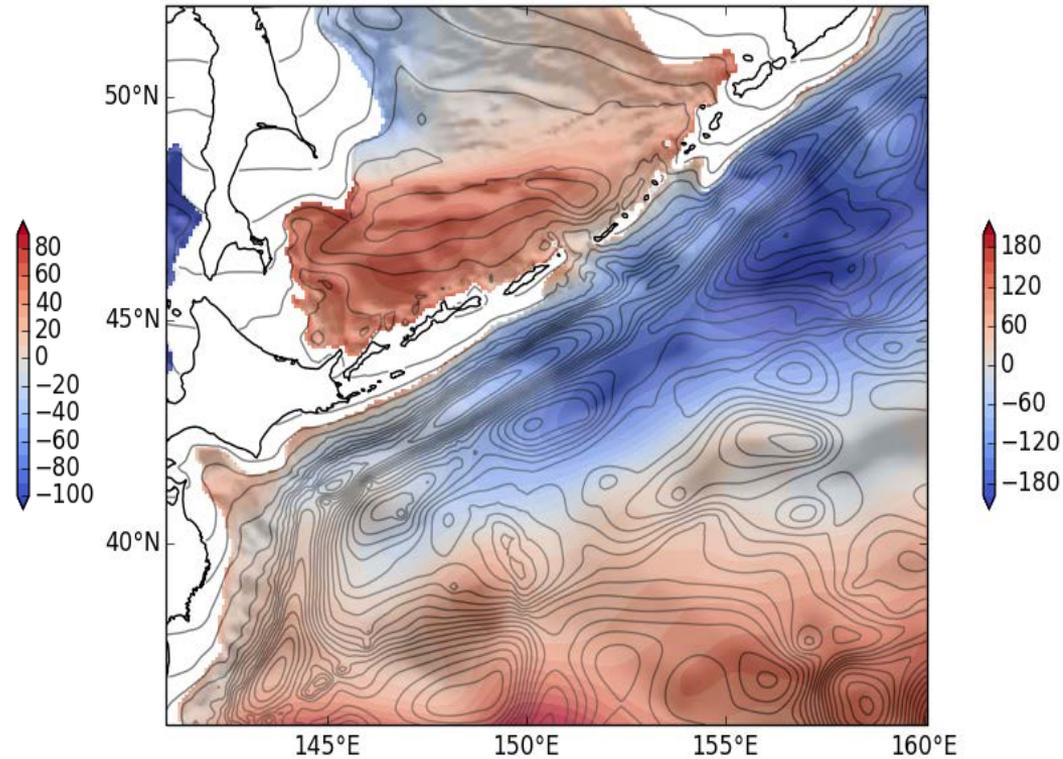
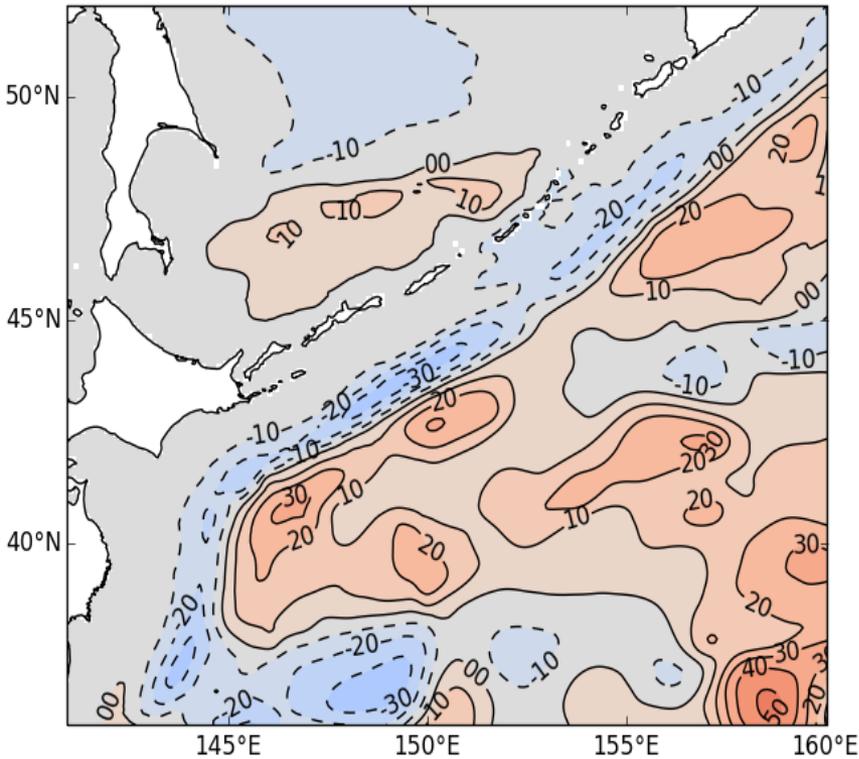


Using JCOPE data

Barotropic transport(Sv)

Contour: Characteristic curve

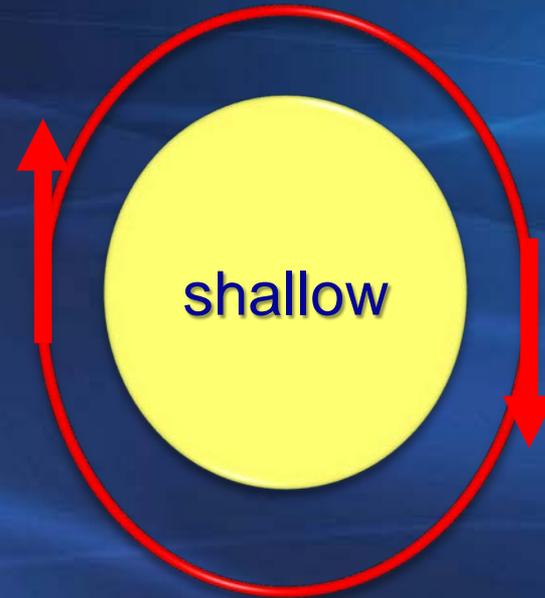
Shade: $27.2\sigma_\theta$ depth (m, anomaly to region ave.)



1. なぜ地形上に時計回りの循環ができるのか？
2. 時計回りの循環があると、なぜ磯口ジェットができるのか？

1. なぜ地形上に時計回りの循環ができるのか？
2. 時計回りの循環があると、なぜ磯口ジェットができるのか？

Eddy-topography interaction (aka Neptune Effect)

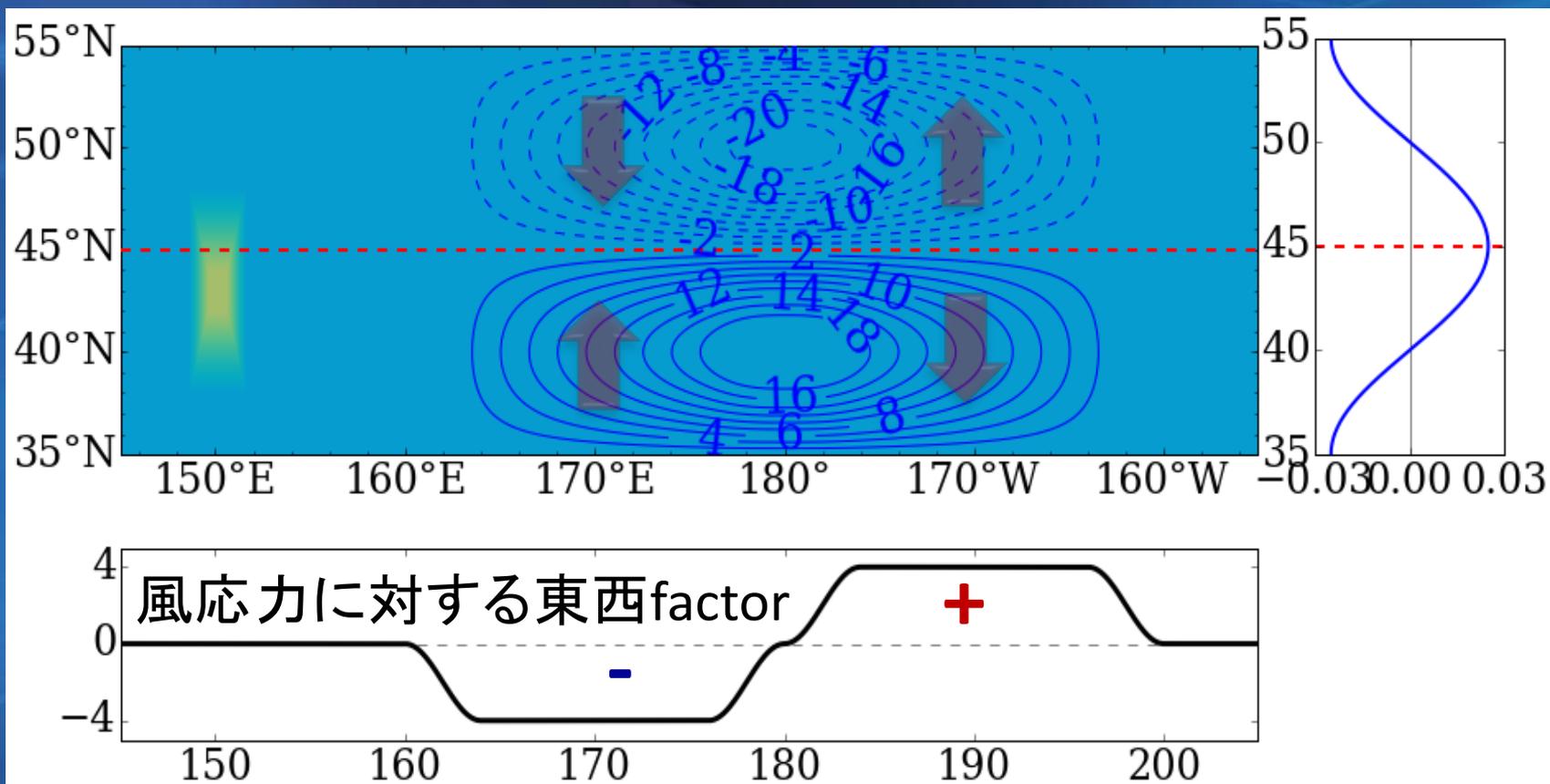


浅い方を右に見た循環が形成される。

実験：西岸近くでは大循環を消す

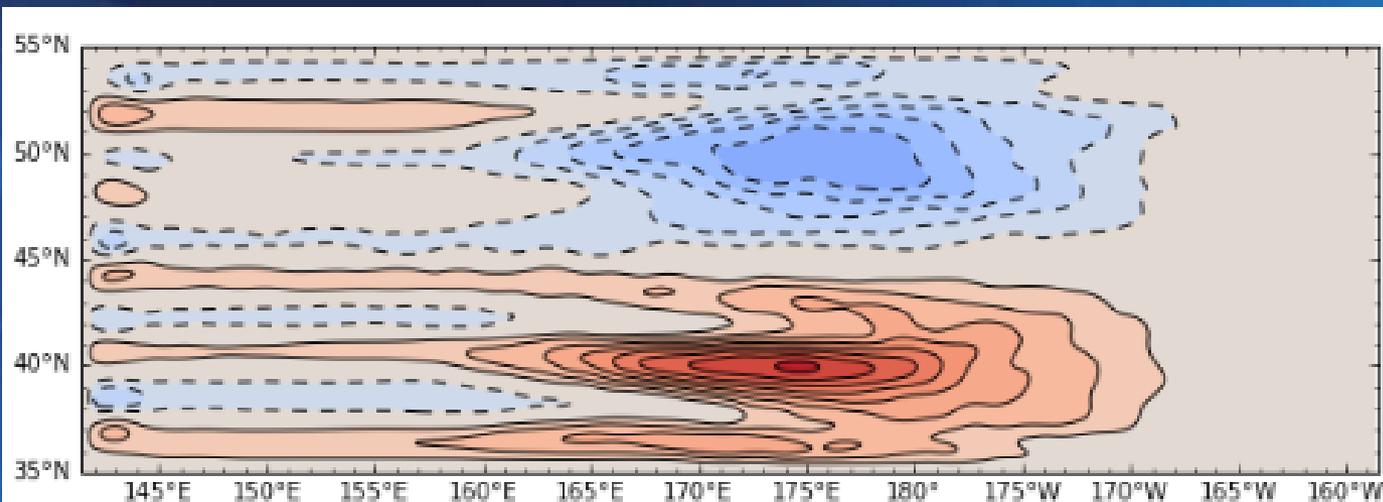
Sverdrup循環

Zonal Wind
(N/m^2)

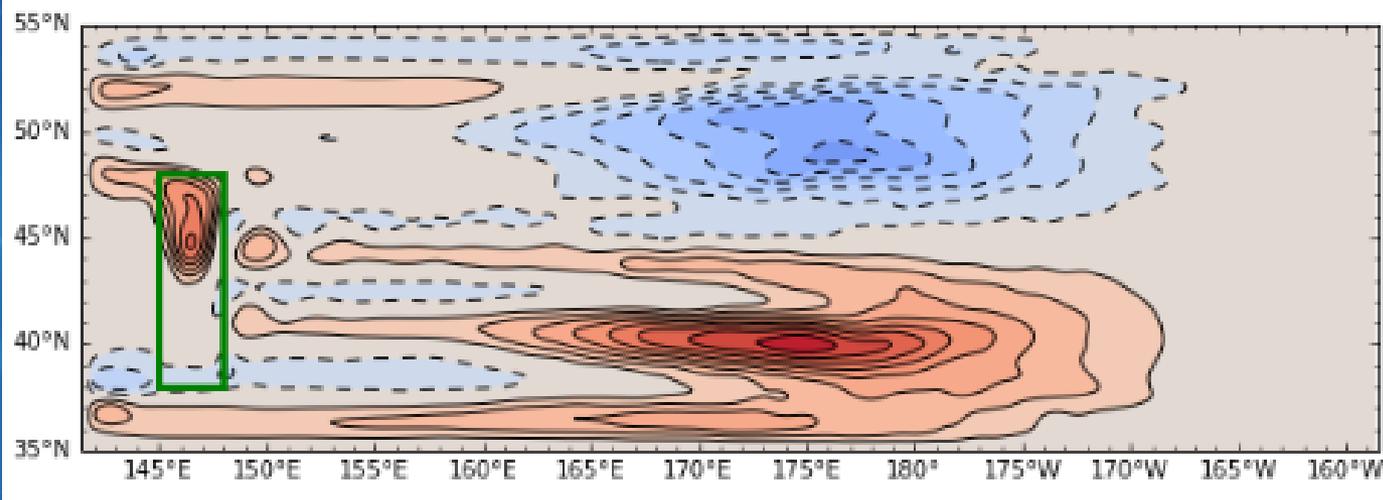


順圧流

x1 Wind factor



x4 Wind factor

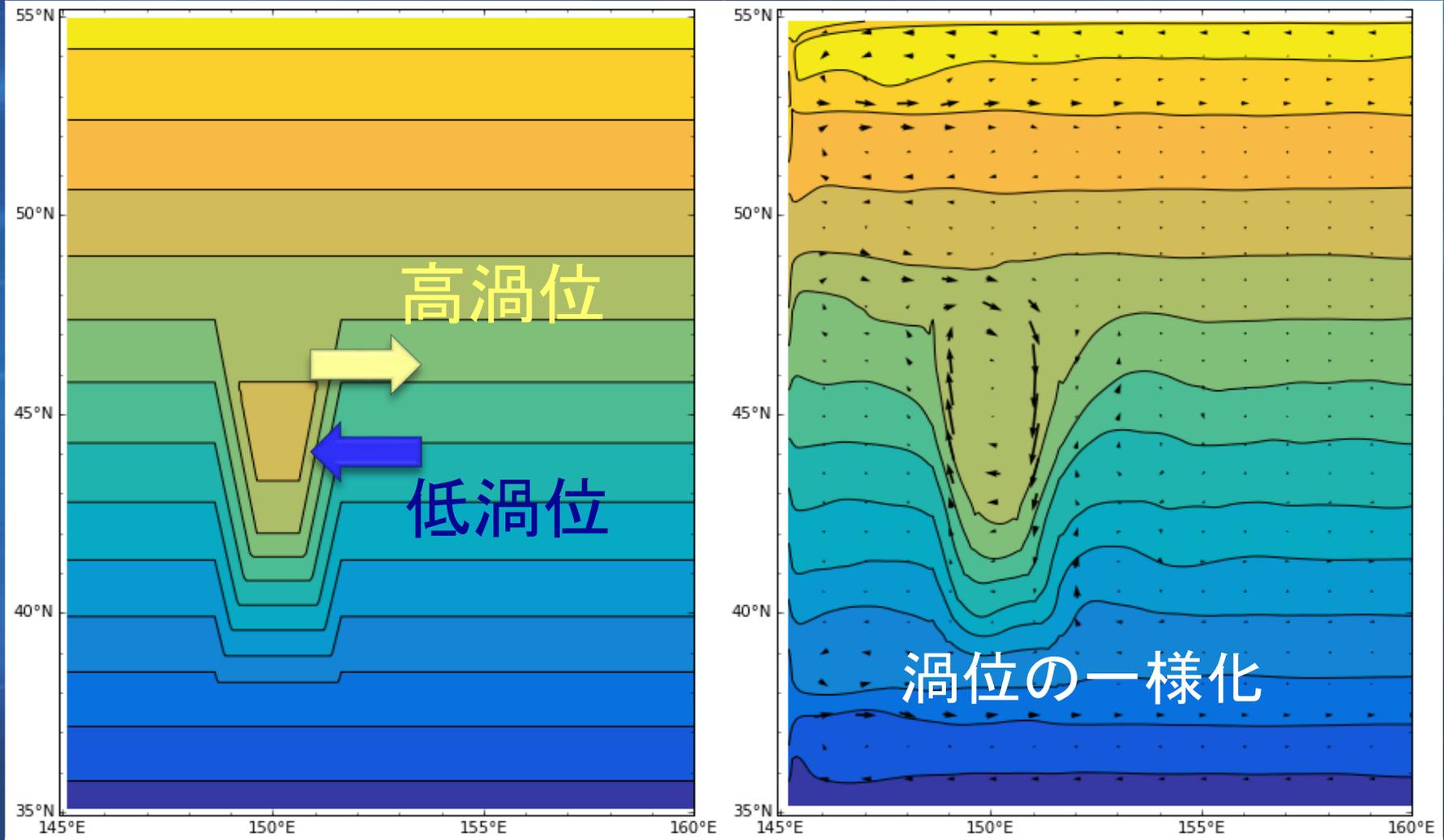


Why anticyclonic eddy?

ζ : barotropic current vorticity

$$\frac{f}{H} \quad (\text{c.i. } 0.5 \times 10^{-8} \text{m}^{-1}\text{s}^{-1})$$

$$\frac{f + \zeta}{H}$$



1. なぜ地形上に時計回りの循環ができるのか？
2. 時計回りの循環があると、なぜ磯口ジェットができるのか？

Baroclinic characteristic curve

$$\psi_T \equiv \frac{H_1}{H_T} \psi_1 + \frac{H_2}{H_T} \psi_2 \quad \text{Barotropic stream function}$$

$$\psi_C \equiv \psi_1 - \psi_2 = h \quad \text{Baroclinic stream function}$$

Baroclinic vorticity equation

$$-\frac{\partial}{\partial t} (R_d^{-2} \psi_C) + J(\psi_C, Q_C) = J\left(\psi_T, \frac{f_0 Z_b}{H_2}\right) - R_d^{-2} w^*$$



If steady and no forcing

$$J(\psi_C, Q_C) = 0$$

Characteristic curve $Q_C \equiv \beta y + \left(\frac{H_1}{H_2}\right) \frac{f_0 Z_b}{H_T} + \frac{\psi_T}{R_d^2}$

β topography barotropic

f_0 : Coriolis

β : Planetary β

H_1, H_2 : layer depth

$H_T = H_1 + H_2$

Z_b : bottom topography

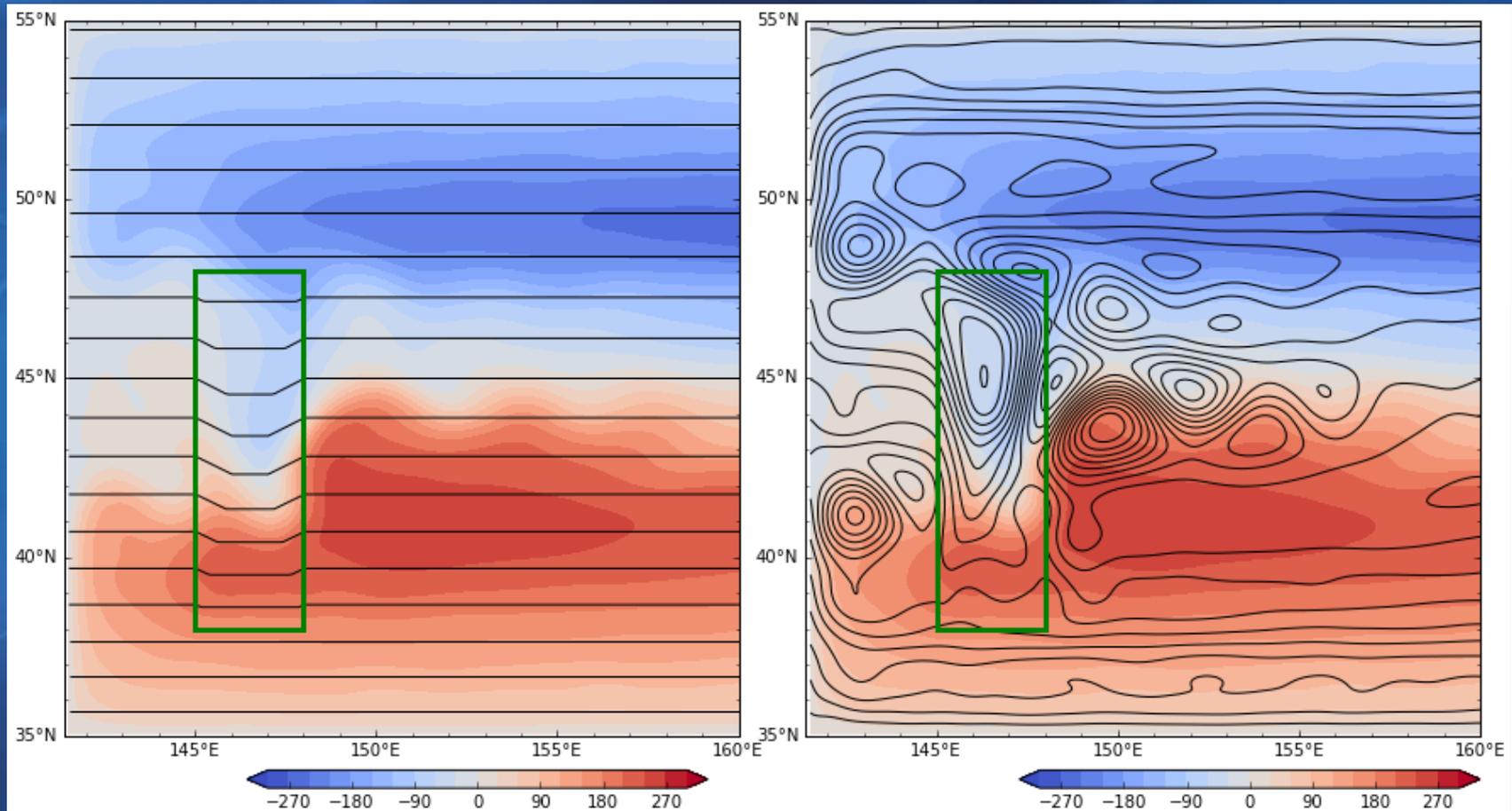
R_d : deformation radius

Ψ_C (or layer anomaly) is conserved along Q_C

Interface anomaly and characteristic (shade) (contour)

Without barotropic term

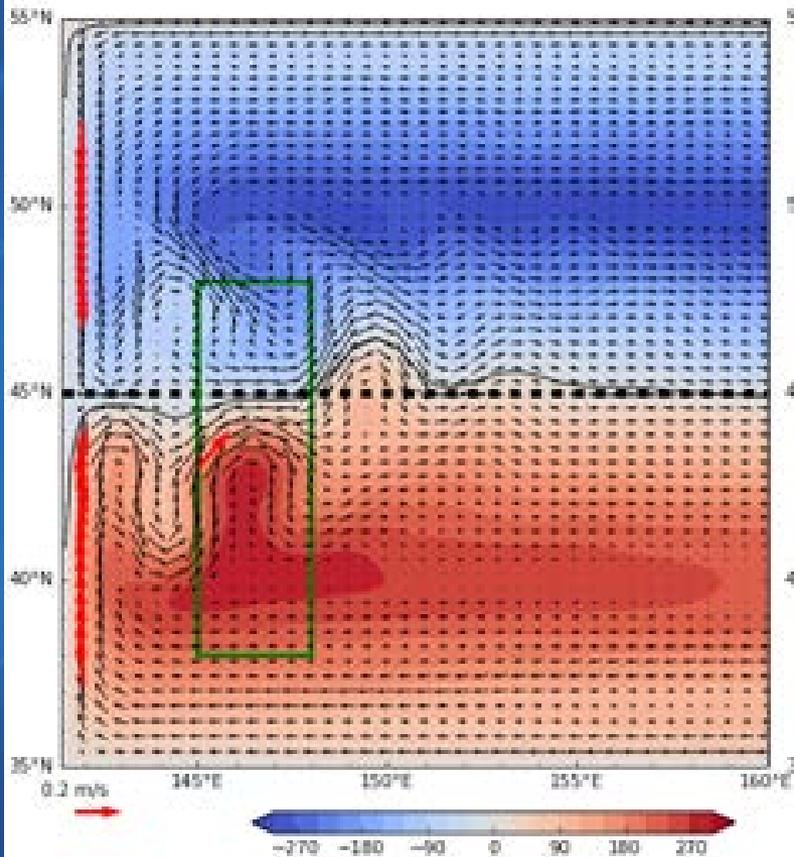
With barotropic term



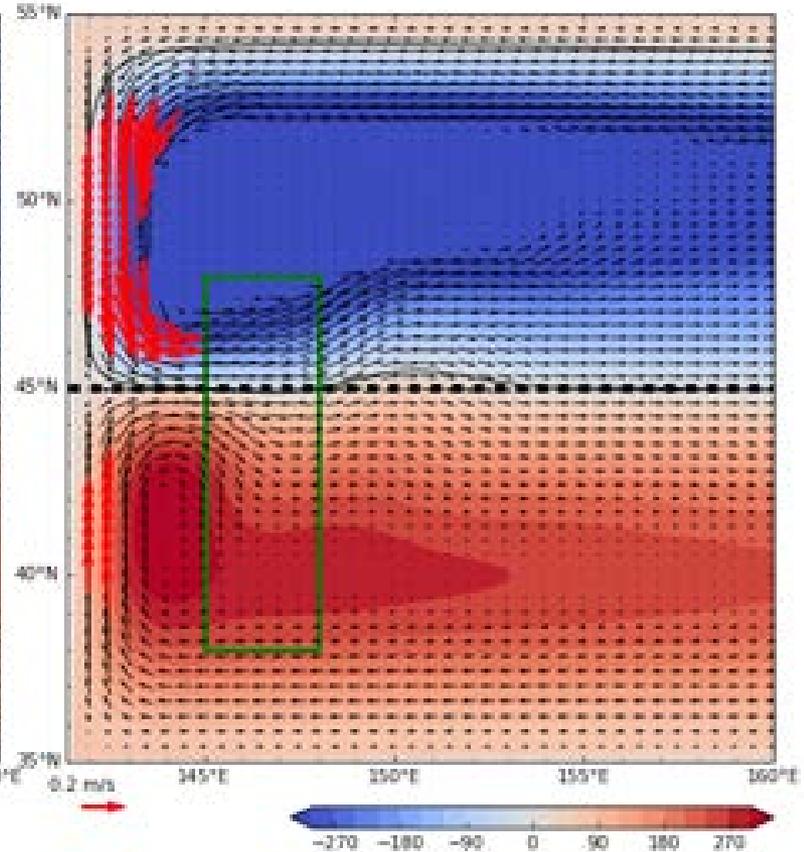
Sensitivity Test

Sensitivity test: increase viscosity

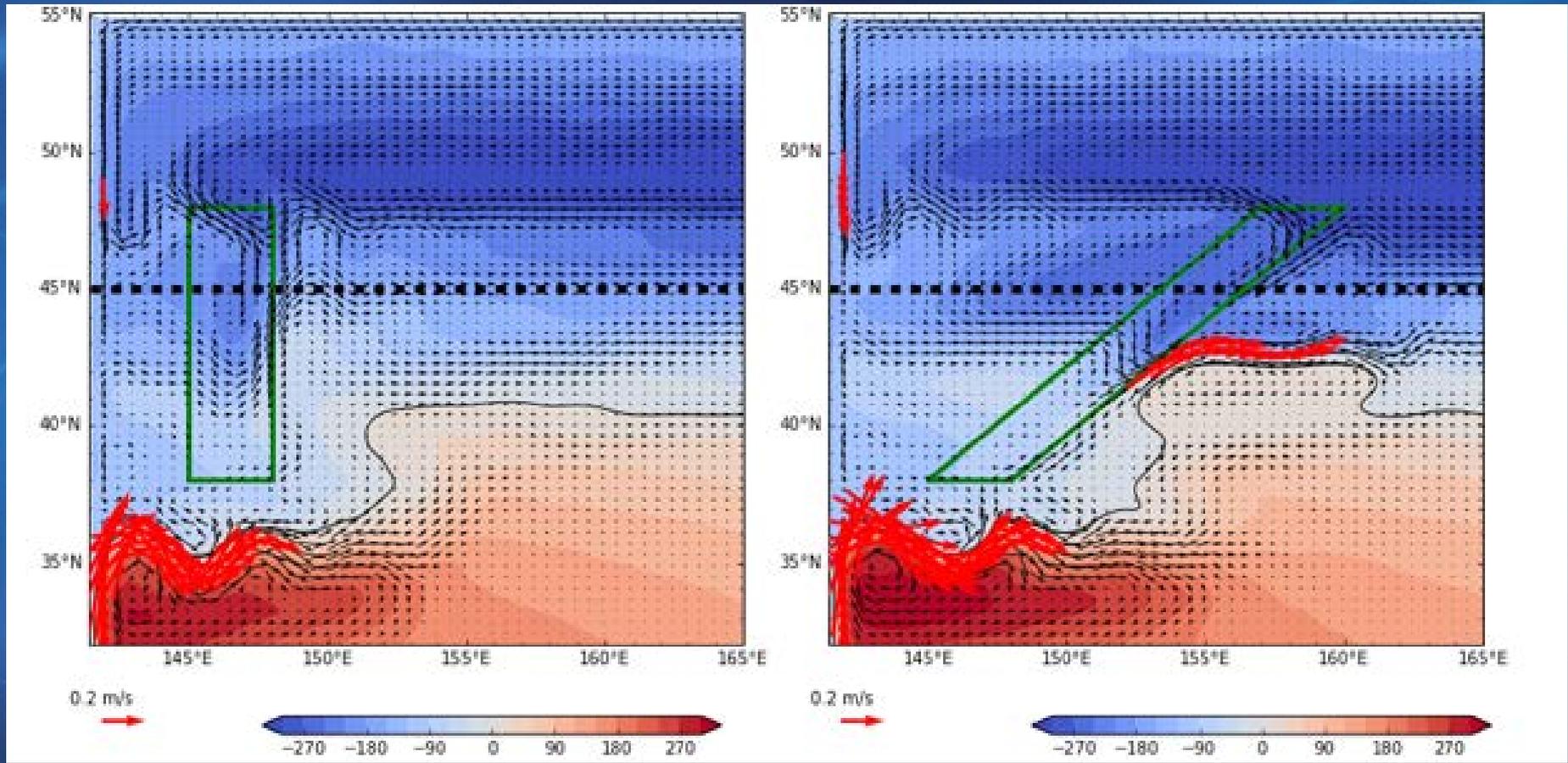
Viscosity x5



Viscosity x 50



Realistic Kuroshio Extension Latitude



まとめ

- 磯口ジェットは、亜熱帯・亜寒帯循環の境目に存在し、海膨の東に定在するジェットである。
- 海膨の上で時計回りに順圧流ができることが力学で重要である。
- 順圧流は渦-地形相互作用(いわゆるネプチューン効果)によって発生する。
- 海膨上の順圧流は、傾圧特性曲線の集中(等圧面の勾配)を生む。そこに出来る流れが磯口ジェットである。