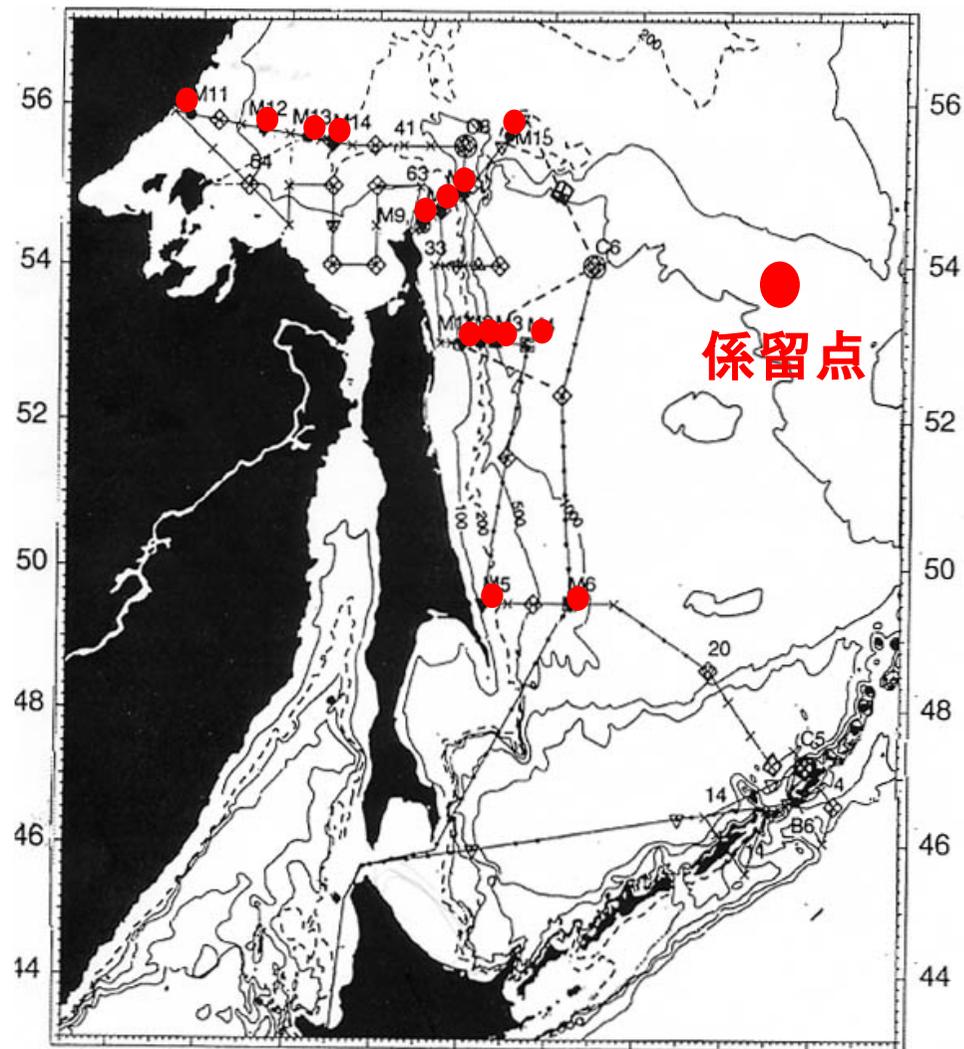
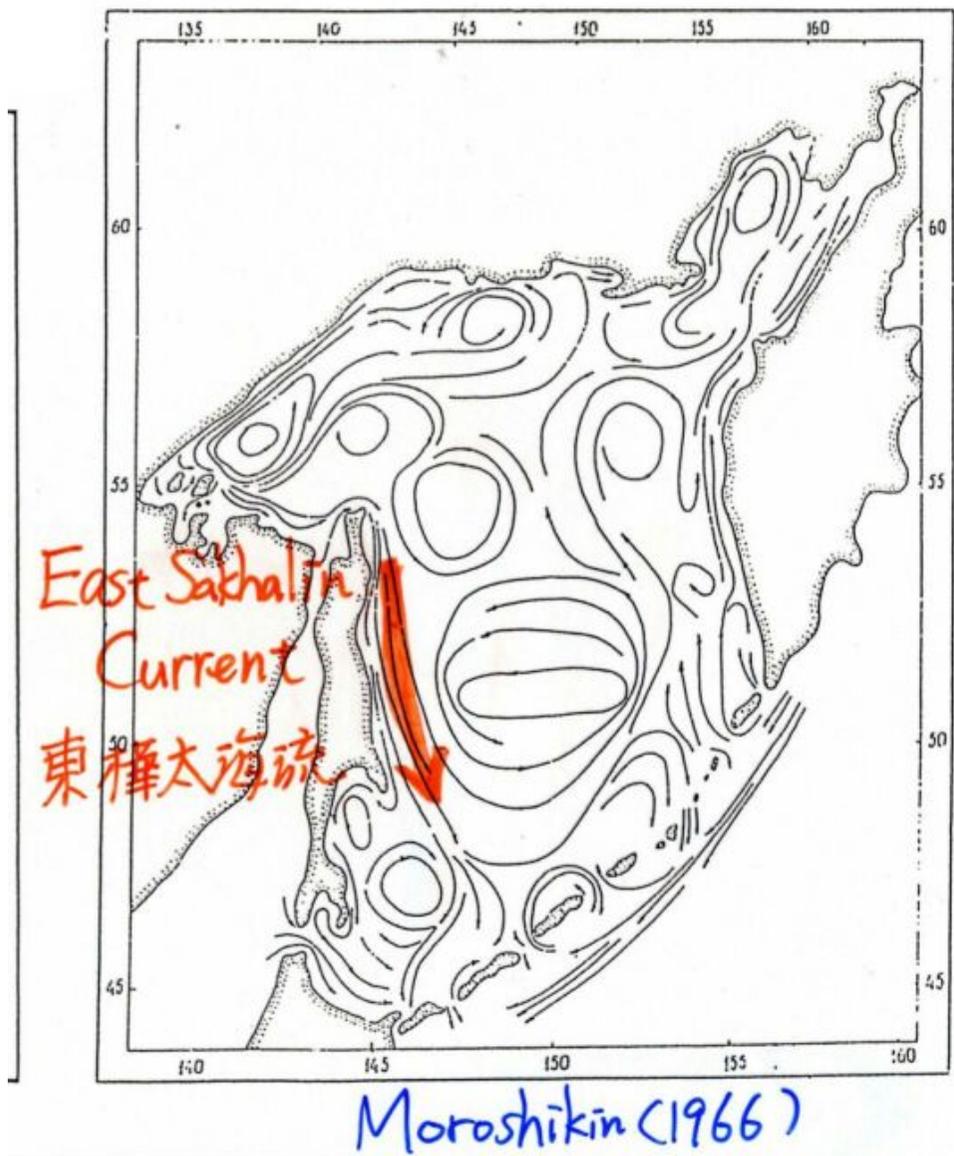


# 10. 地球流体力学(Geophysical Fluid Dynamics)の 海氷域・極域海洋への応用

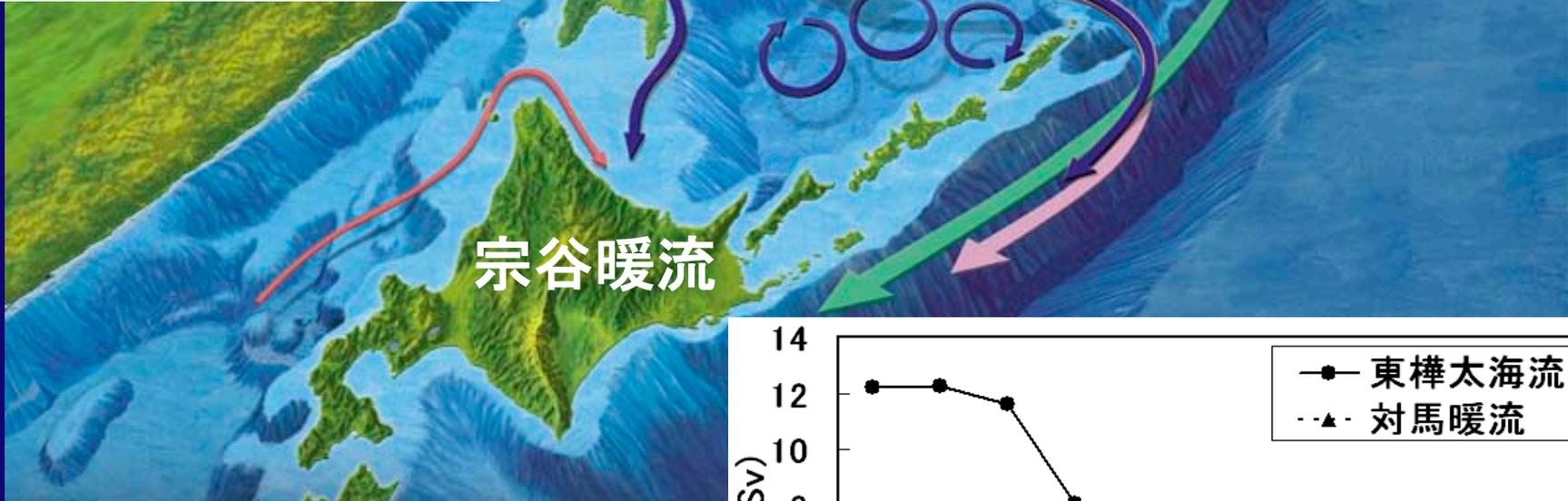
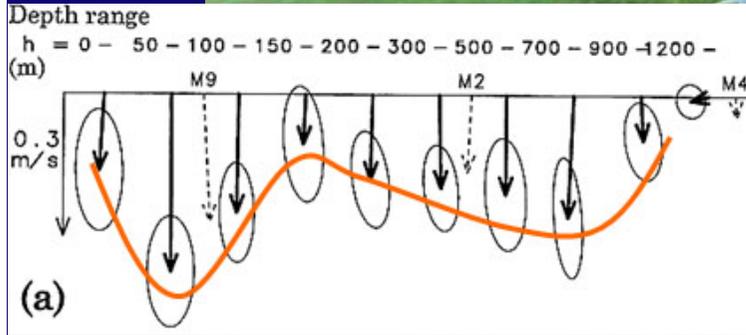
1. 海氷の存在: 海氷を介しての運動量、熱塩の交換  
流氷(動く海氷), 定着氷(動かない海氷)
2. 周極的である(南極海): 岸沿いに無限
3. 既存理論が未適用  
観測稀少なため、メカニズムの議論まで至っていない
4. 海氷が流れを可視化してくれる

オホーツク海の海流はよくわかっていなかった。  
冷戦終結で観測が可能になった。

## 日露米オホーツク共同プロジェクト(CREST 若土正暁)



# 北半球の寒極

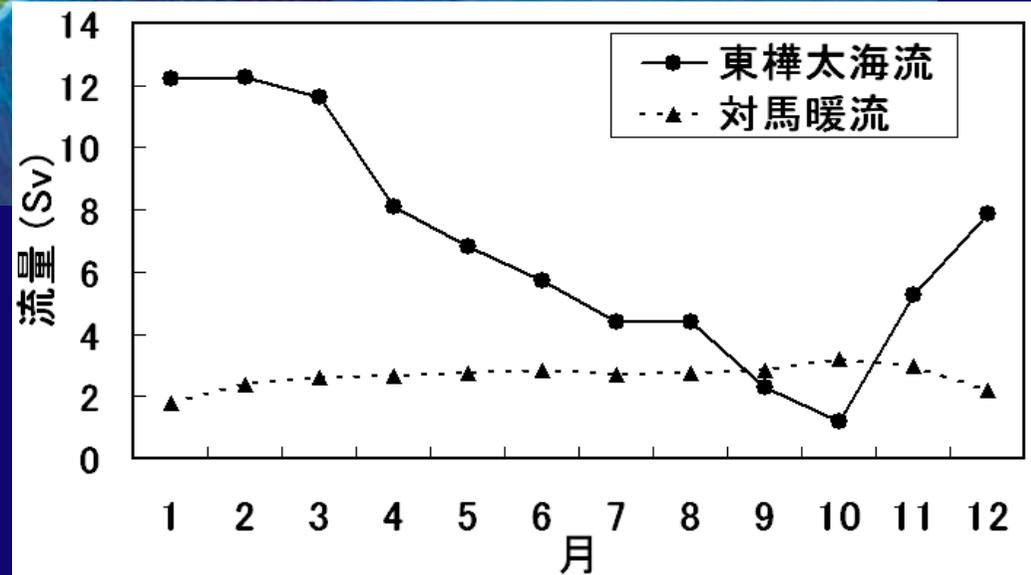


東樺太海流は対馬暖流の3倍の流量  
 大きな季節変動をする(冬に大)

Ohshima et al. (2002, JGR)

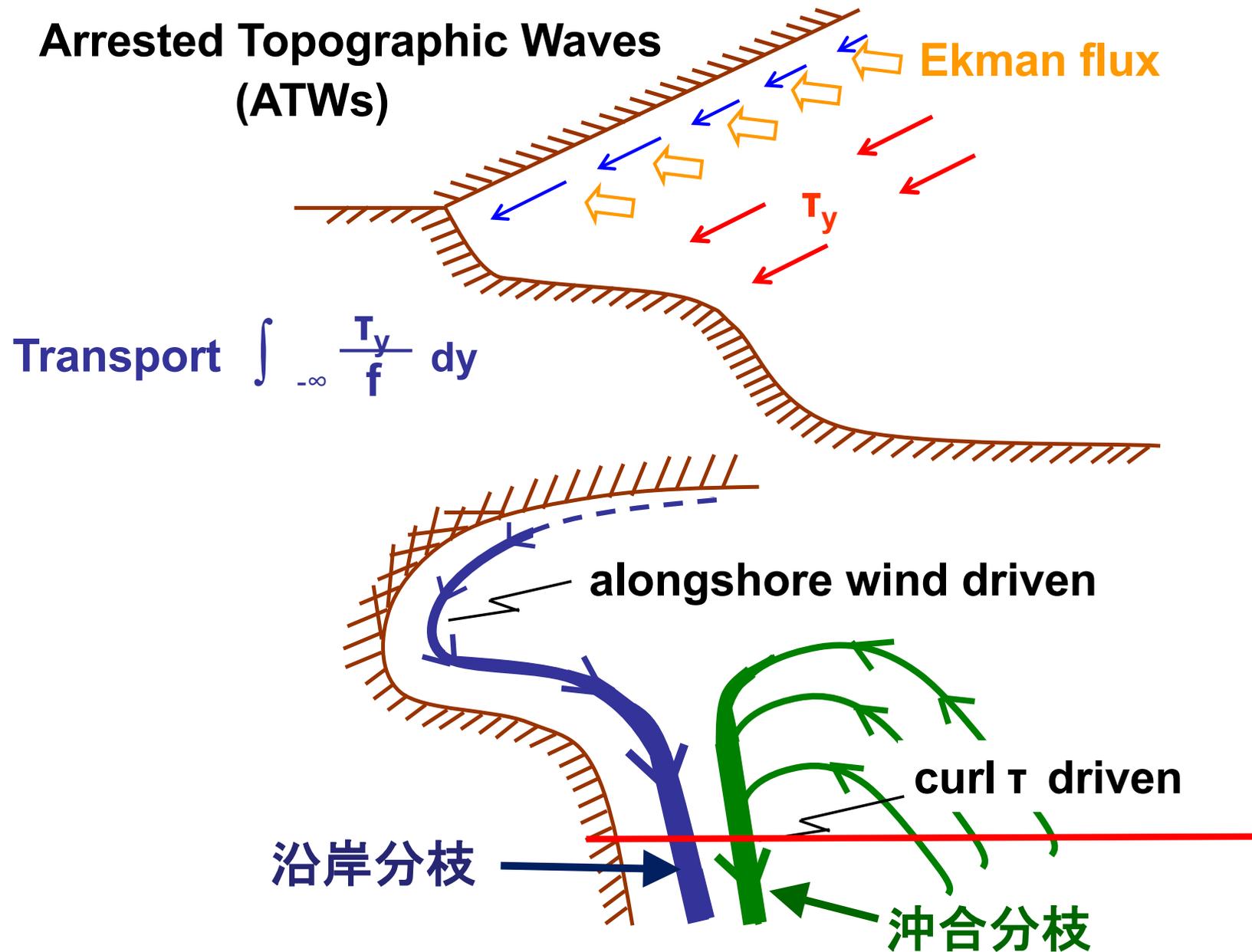
Mizuta et al. (2003, JPO)

Fukamachi et al. (2004, JGR)



# 沿岸分枝と沖合分枝は別のメカニズムで駆動

Arrested Topographic Waves  
(ATWs)



# Ohshima et al. (2004, JPO): Sverdrup balance and the cyclonic gyre in the Sea of Okhotsk.

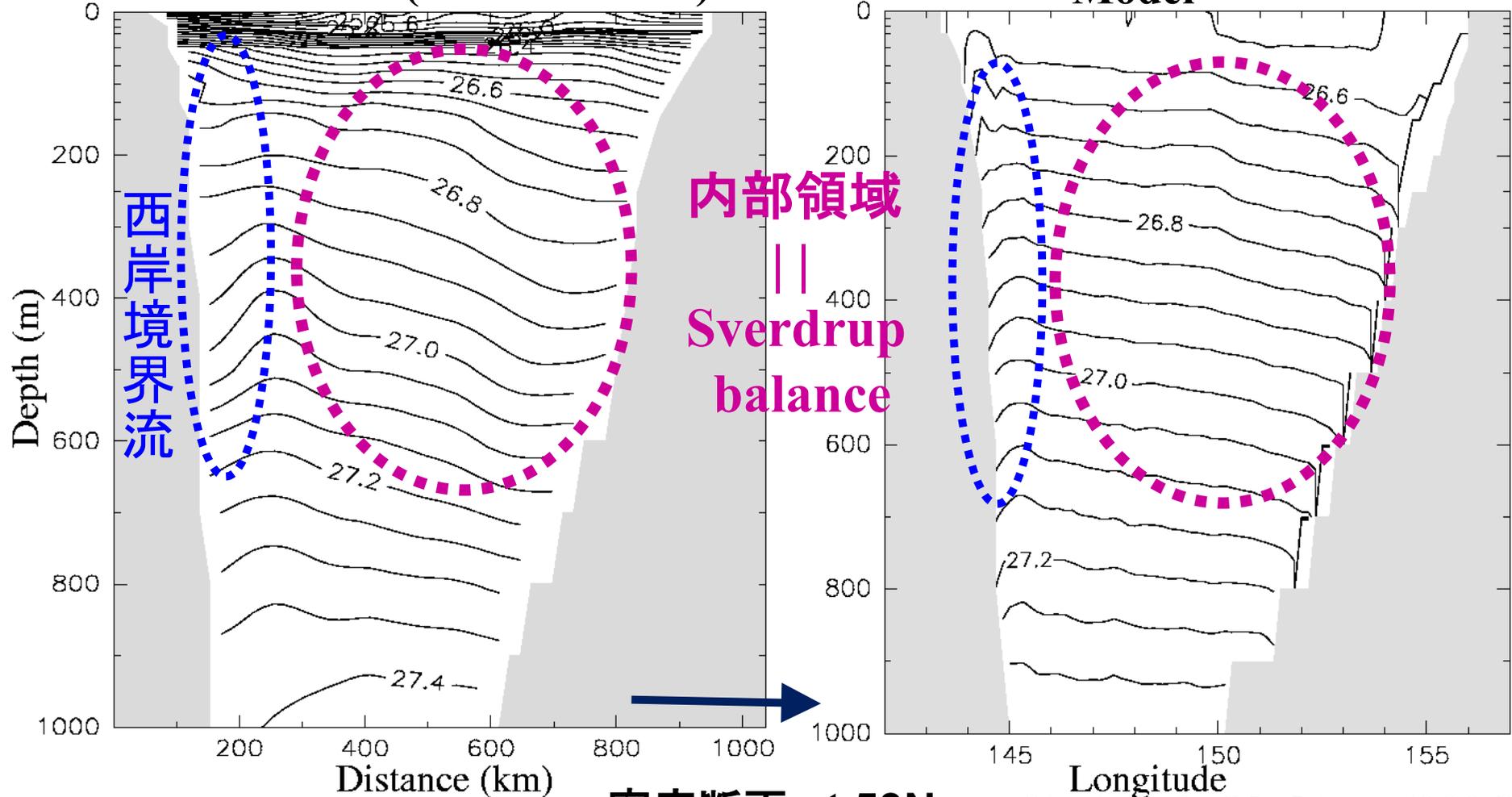
## 東樺太海流の沖合分枝は西岸境界流

正の風応力カール

正の風応力カール

Observation (historical data)

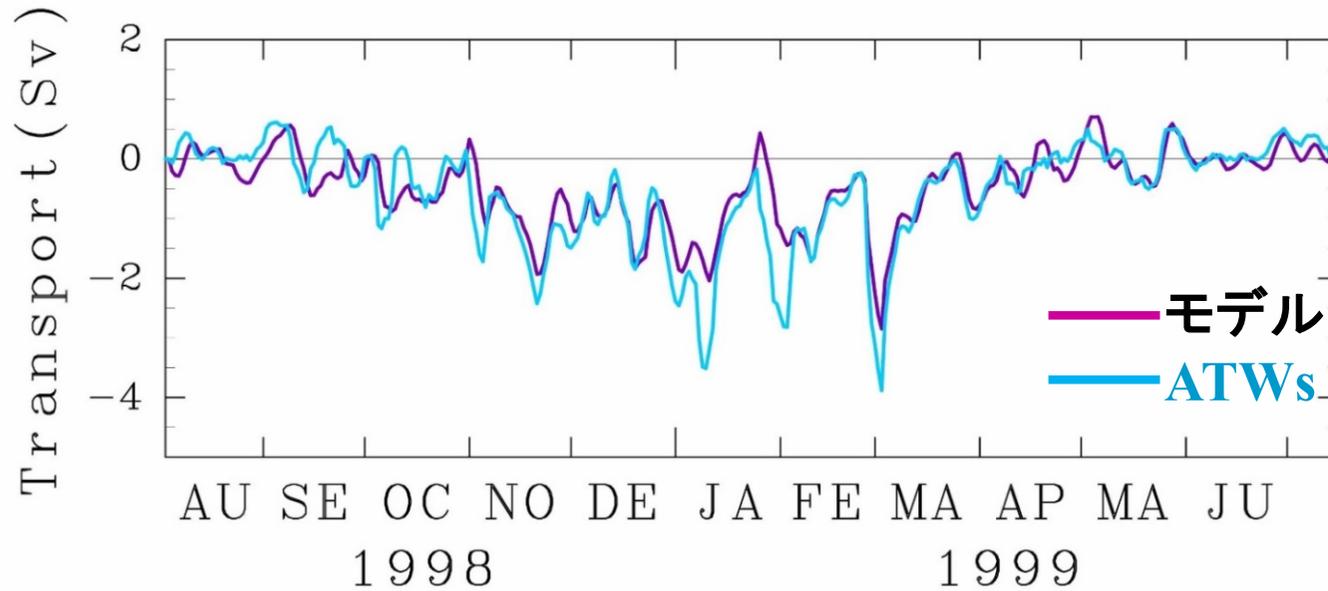
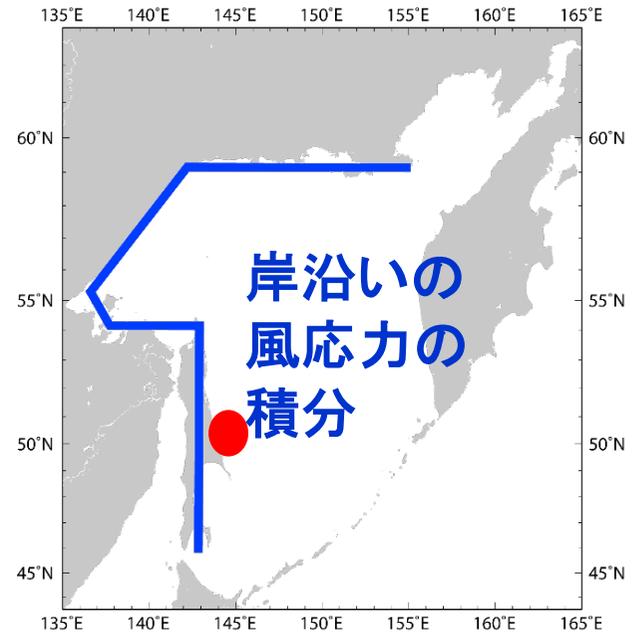
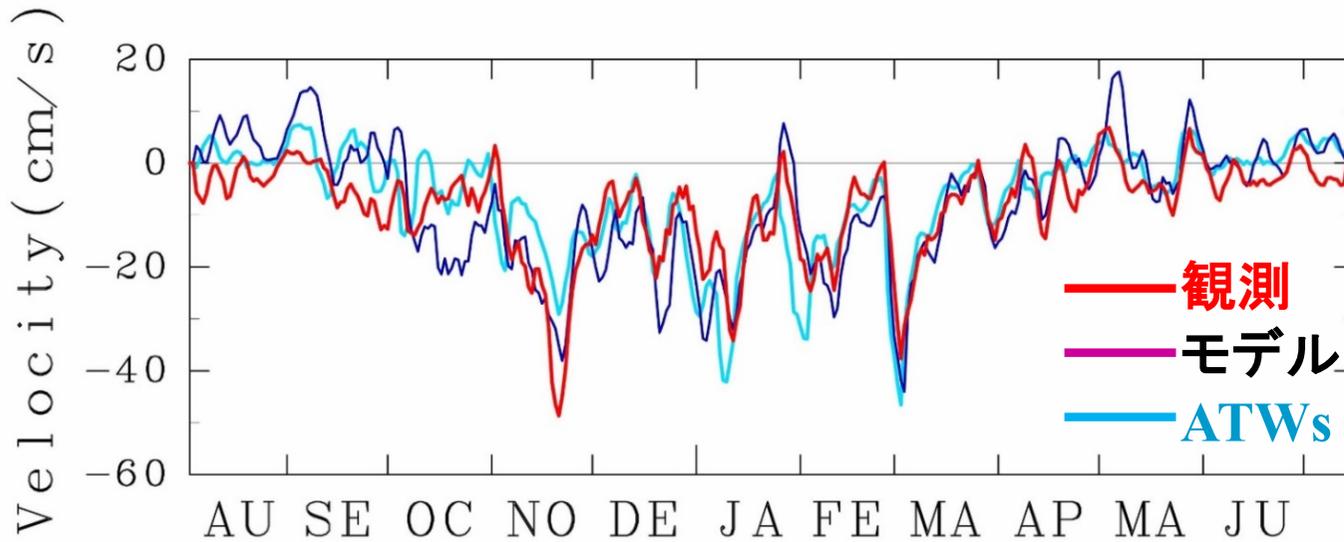
Model



密度断面 at 53N

Simizu & Ohshima (2006)

# 沿岸分枝はATWs (モデルは観測を非常に良く再現)



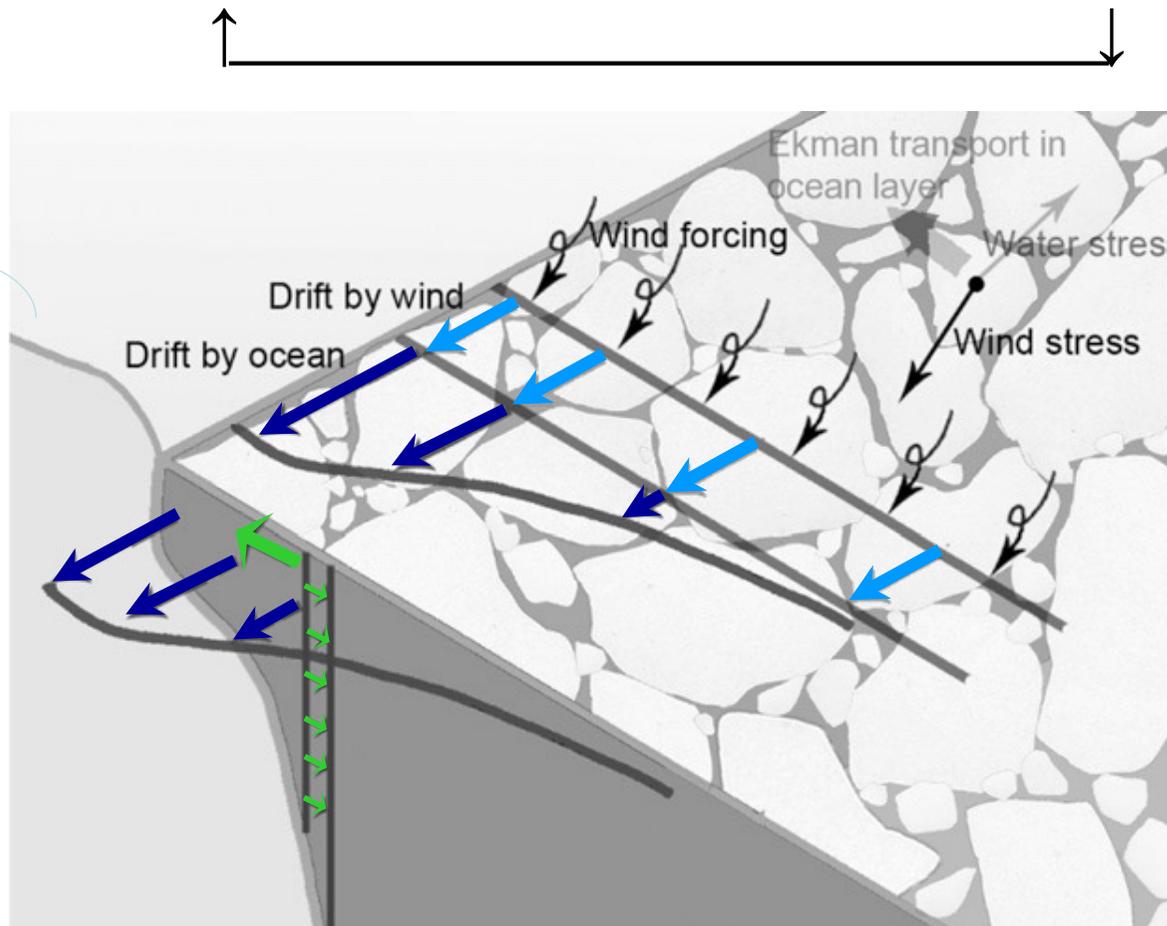
- Simizu & Ohshima (2002, JO), Simizu & Ohshima (2006, JGR)
- Ohshima & Simizu (2008, JO), Ono, Ohshima et al. (2013, JO)

## 海氷の存在（GFDの応用）

**Nakayama, Ohshima et al (2012, JPO): Enhancement of sea-ice drift due to the dynamical interaction between sea ice and a coastal ocean.**

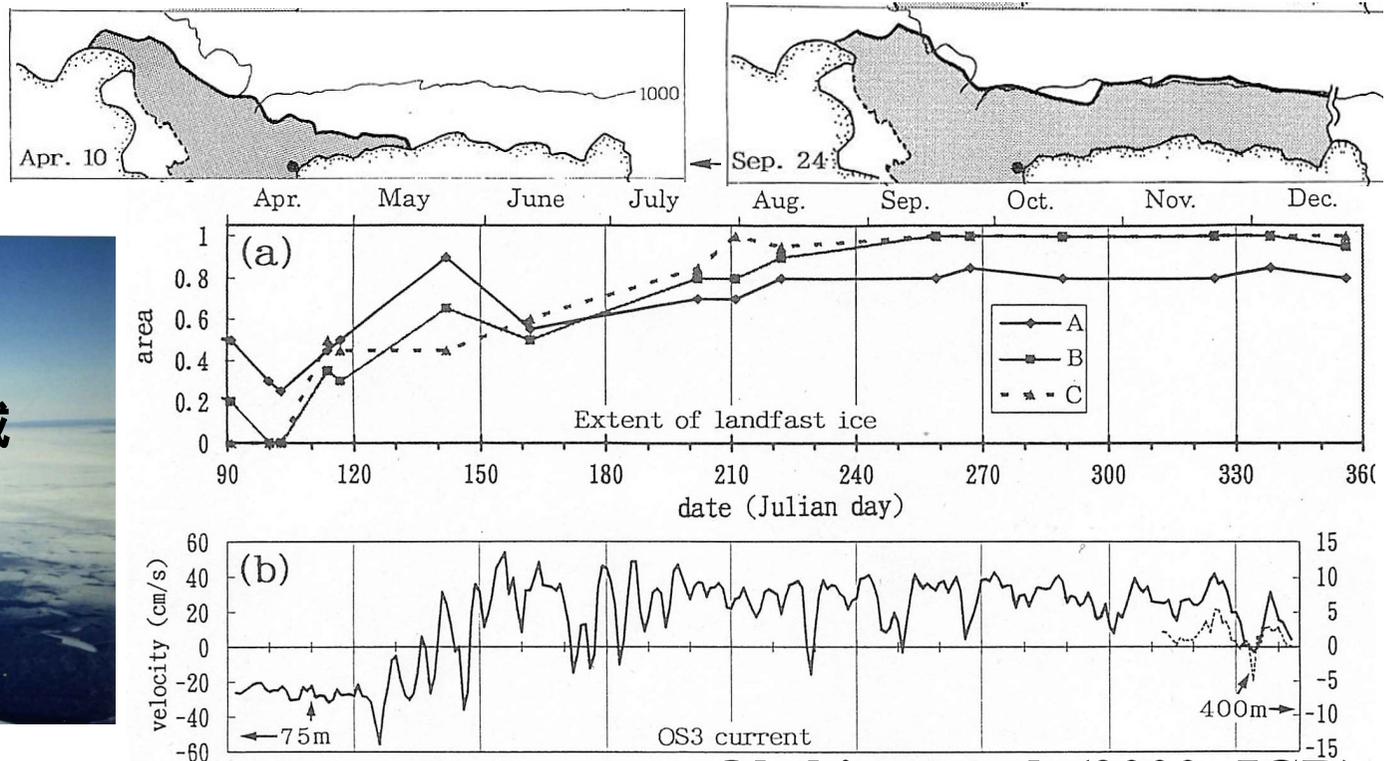
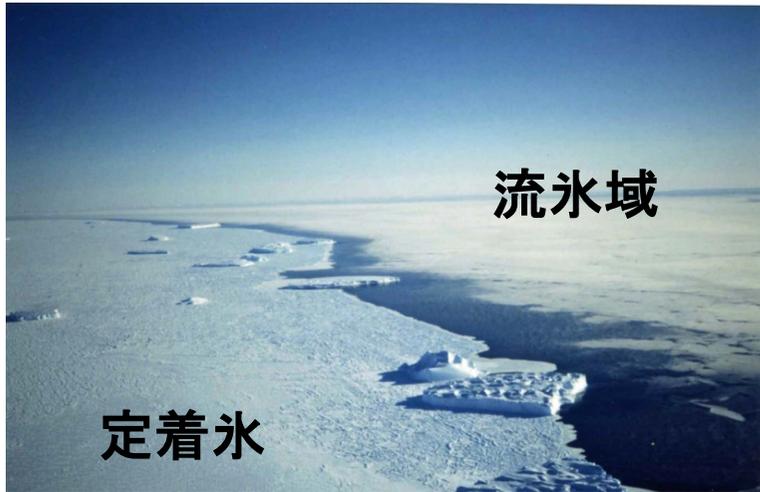
- ・海氷は風速の2%程度で漂流するが、沿岸域では大きくなる傾向がある  
→ 海氷の漂流を強化するメカニズムがあるはず

風応力 → 海氷漂流 → 海へ応力 → 沿岸捕捉波による流れ

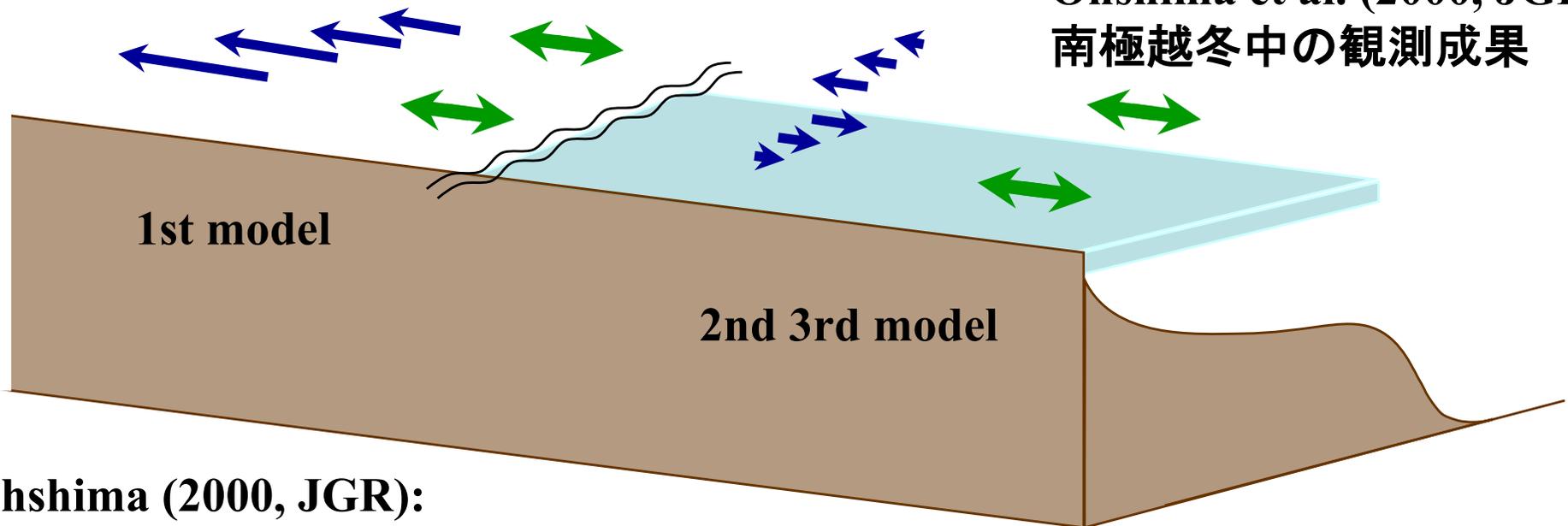




# 海氷の存在 (GFDの応用)

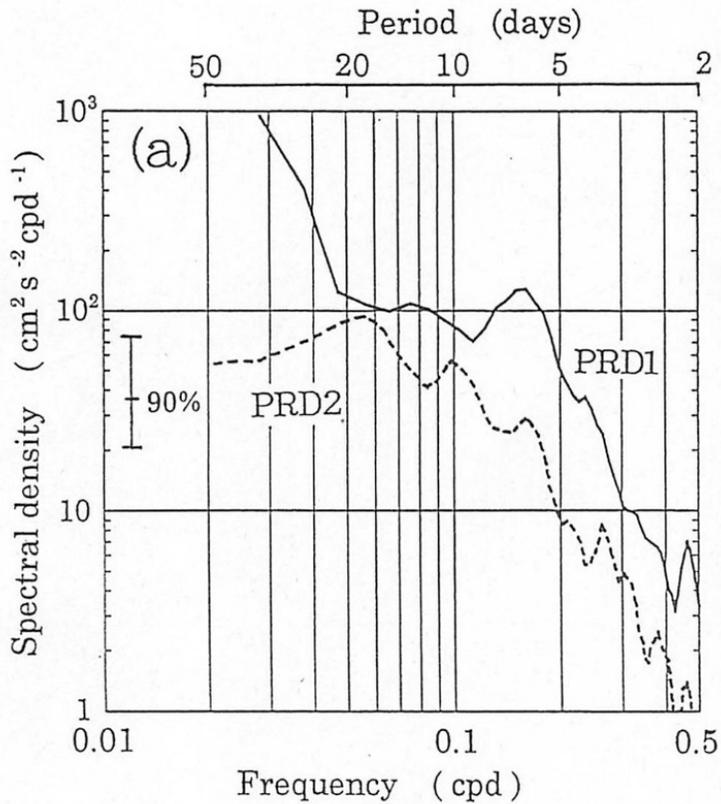
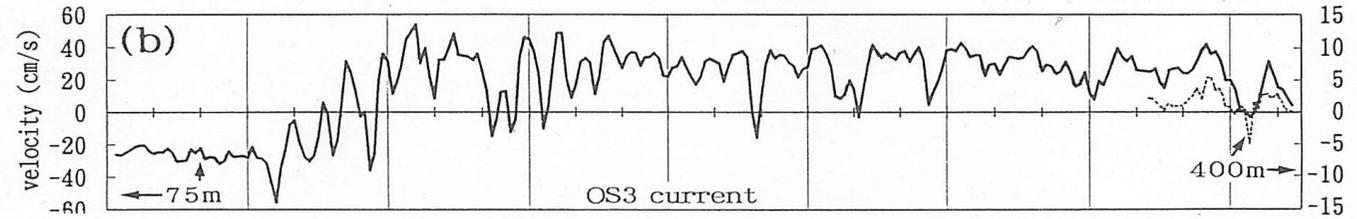
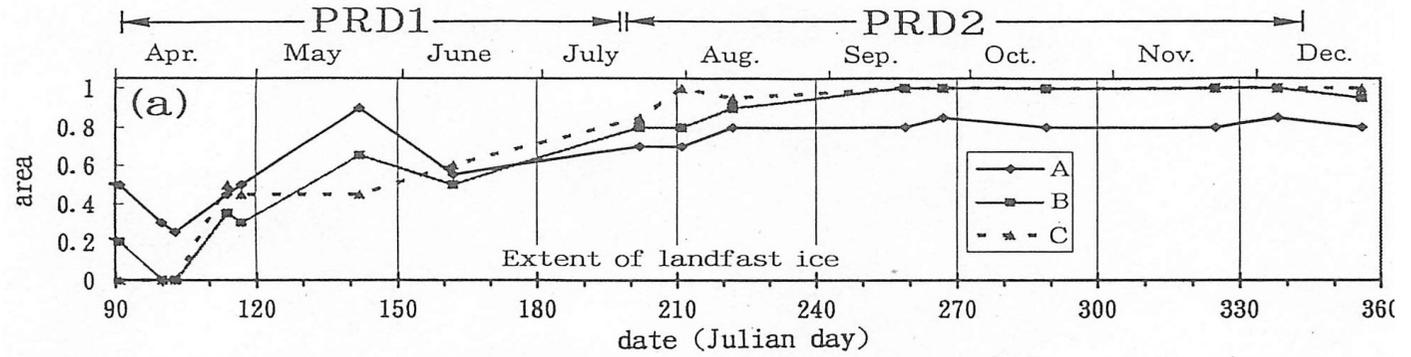


Ohshima et al. (2000, JGR)  
南極越冬中の観測成果

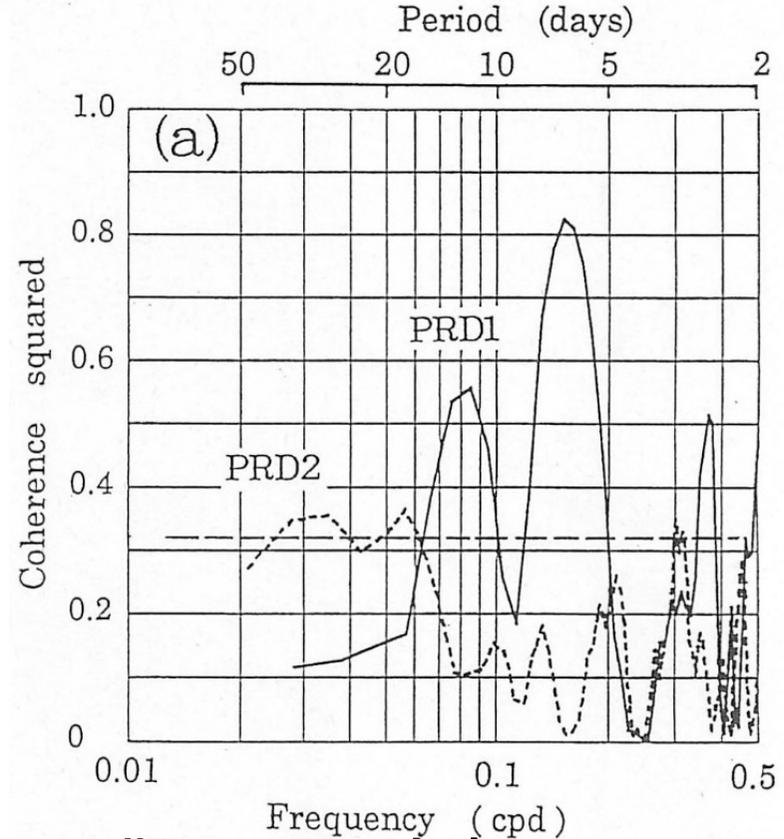


Ohshima (2000, JGR):  
Effect of landfast sea ice on coastal currents driven by the wind

# 海氷の存在 (GFDの応用)

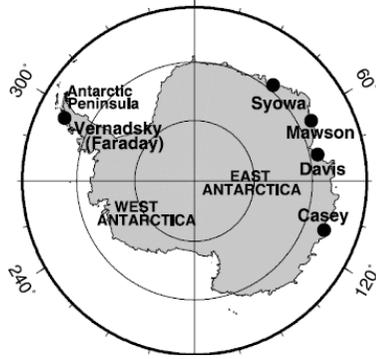


2期間の流速のスペクトル密度

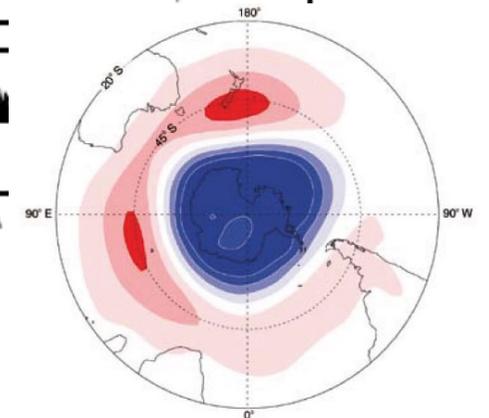
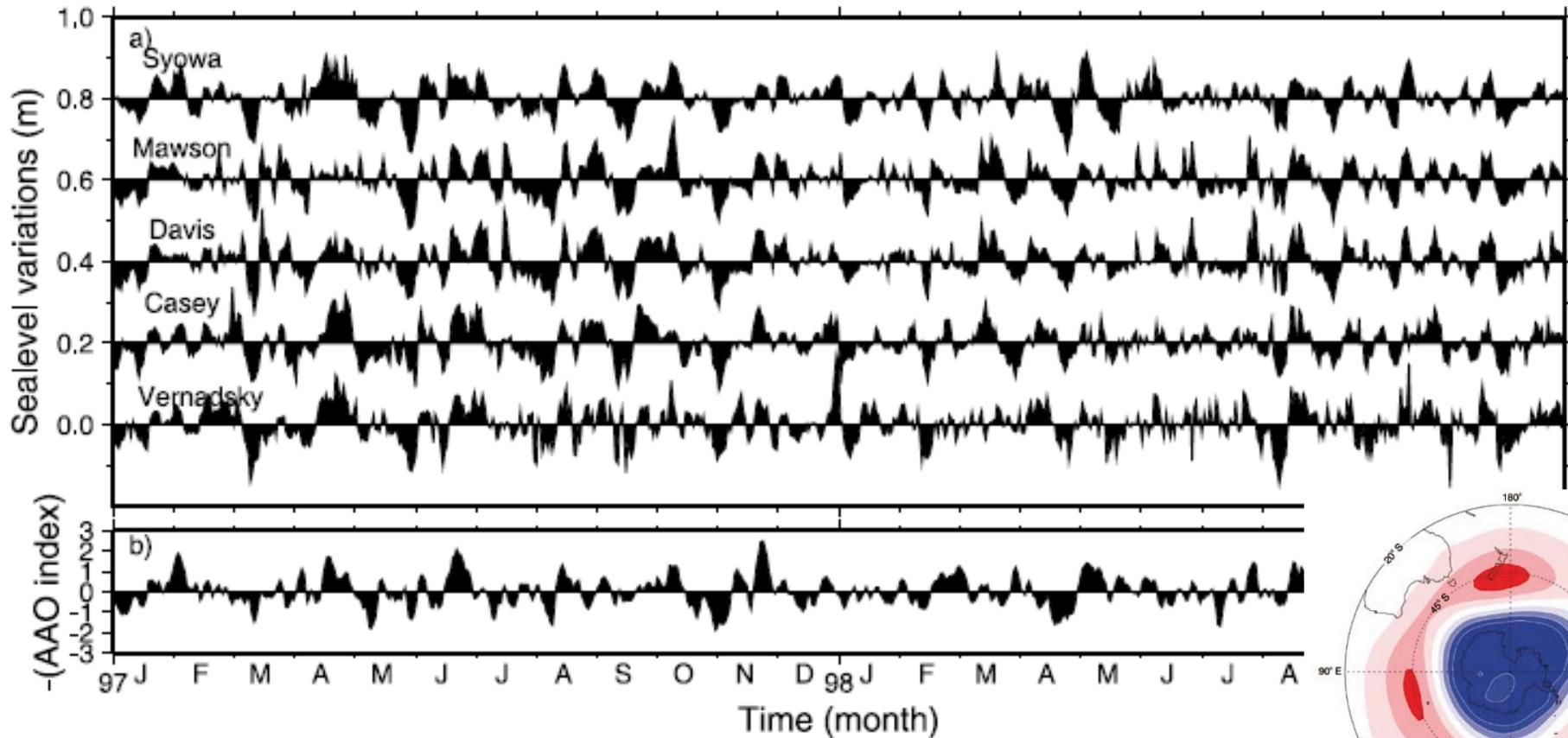


2期間の風と流速のコヒーレンス

# 周極的であること(GFDの応用)



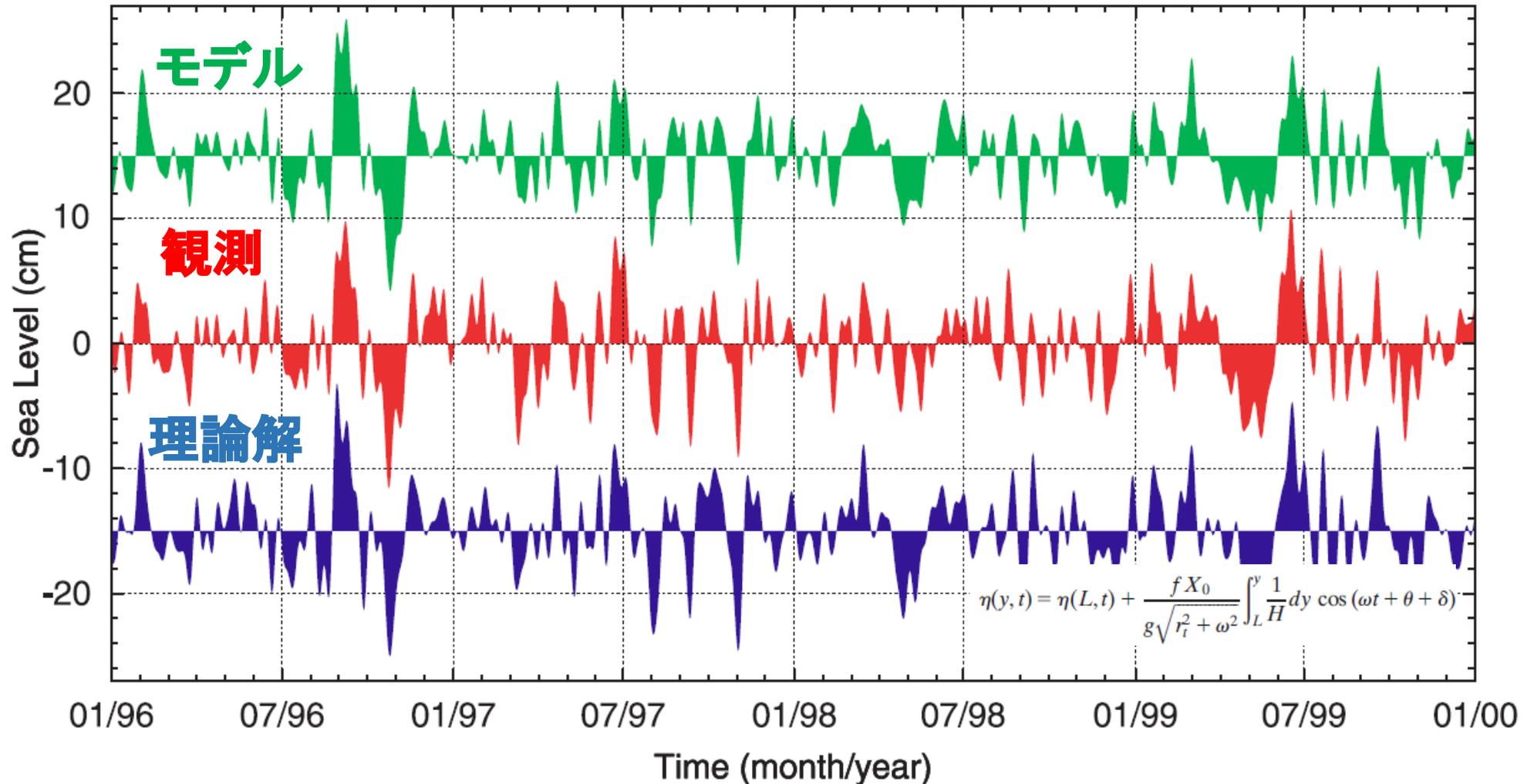
- 南極沿岸の水位は周極的にコヒーレントな変動
- Southern Annular Mode と強い負の相関関係



(Aoki 2002, GRL)

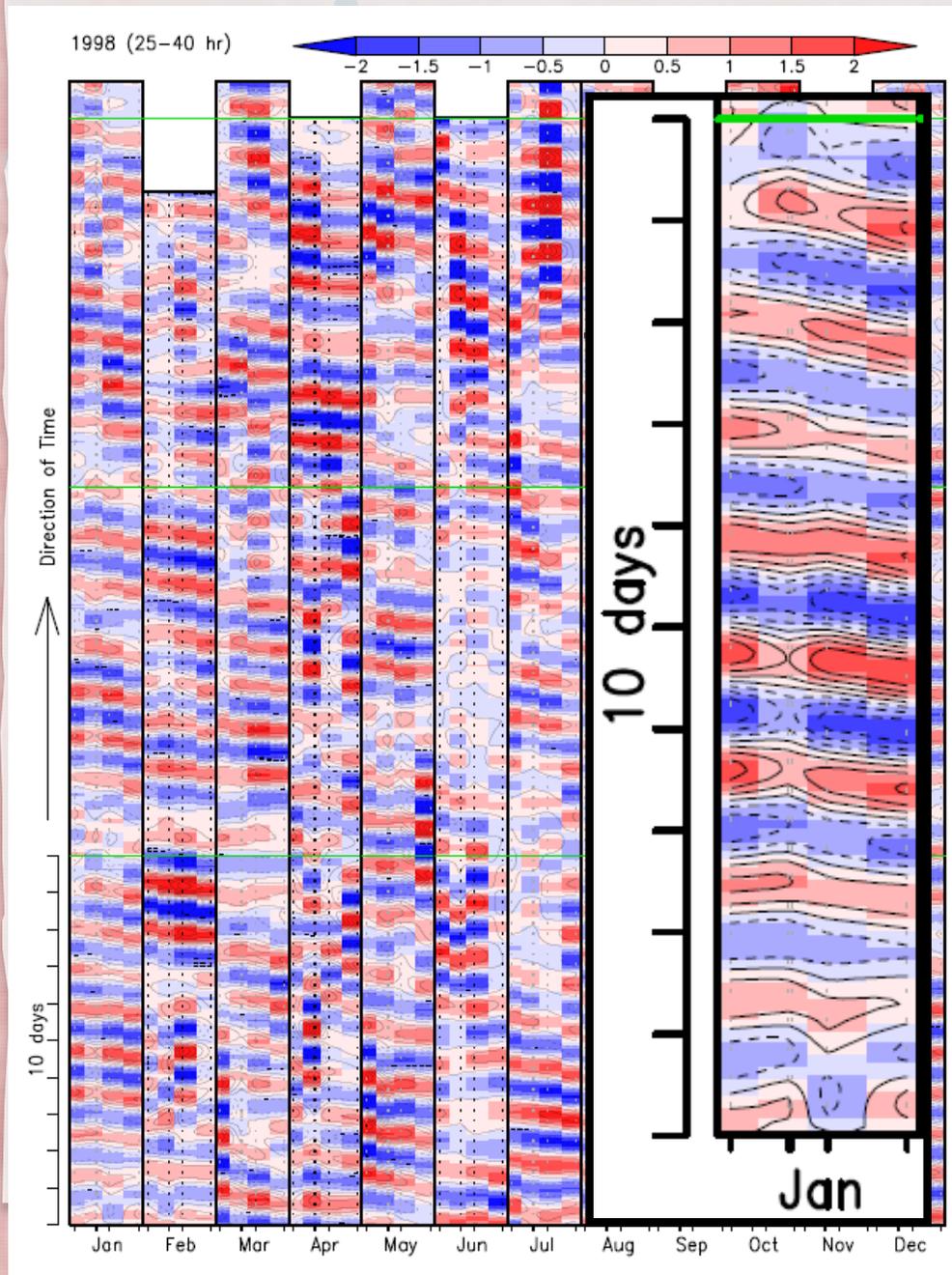
**Kusahara & Ohshima (2009, JPO):  
Dynamics of the wind-driven sea level variation around Antarctica.**

**南極周りの水位変動（数日～）**



- 岸での風で駆動される波数0の地形性  $\beta$  渦度モード
- 理論、モデルは観測を非常によく再現

# 観測(南極沿岸水位, Syowa-Mawson-Davis-Casey)



東南極(40-110°E)

潮汐除去後

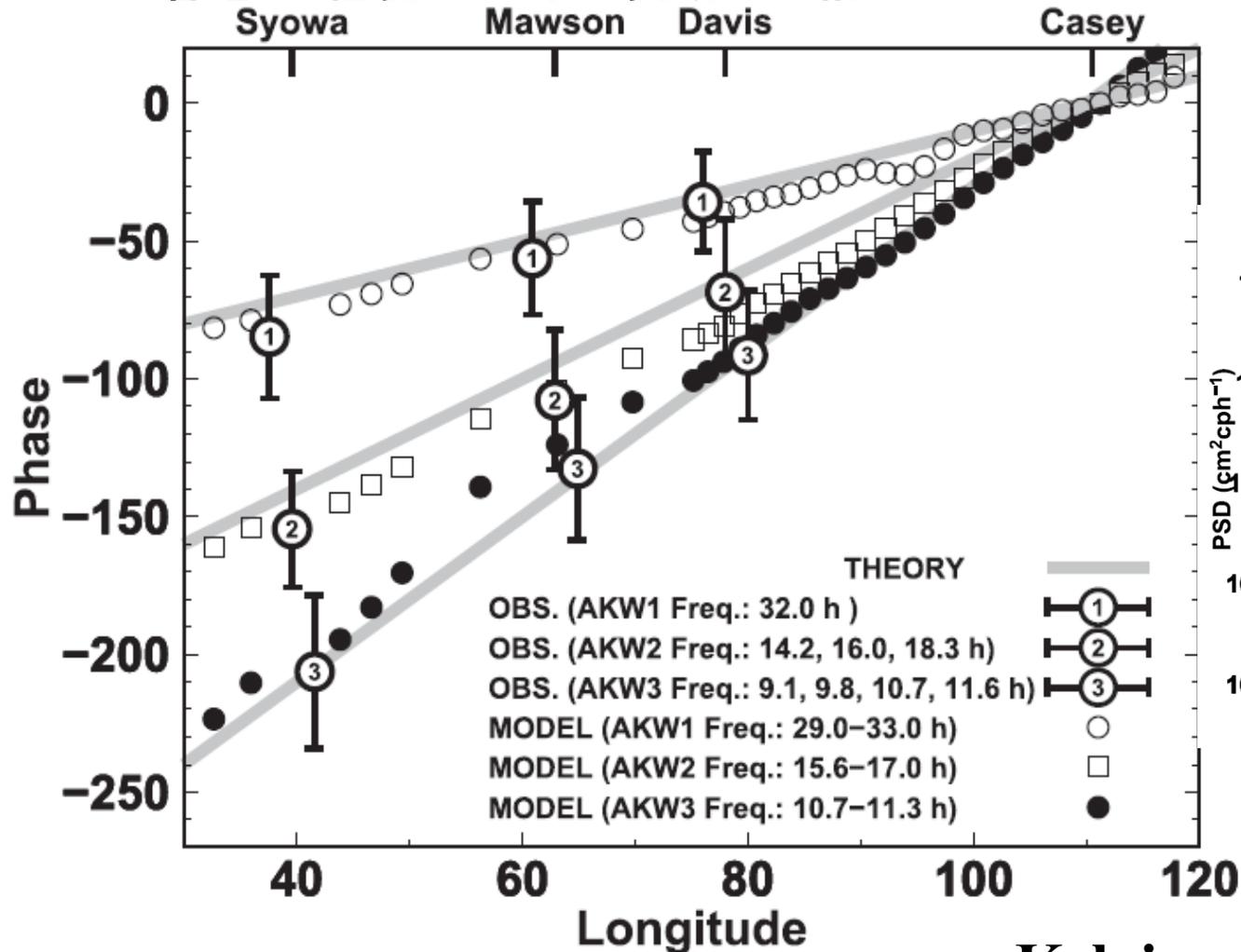
25-40h バンドパス

西向き波動が見える

はっきり見えるときと  
見えないときがある。

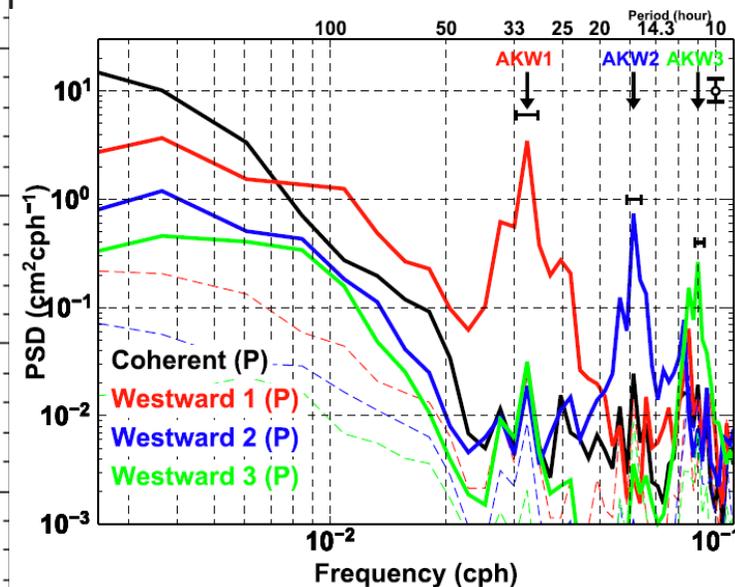
# 周極的であること(GFDの応用) 南極周りの水位変動 (外部ケルビン波)

各地点(経度)での水位変動の位相



コヒーレント  
モード(風)

ケルビン波  
モード(気圧)

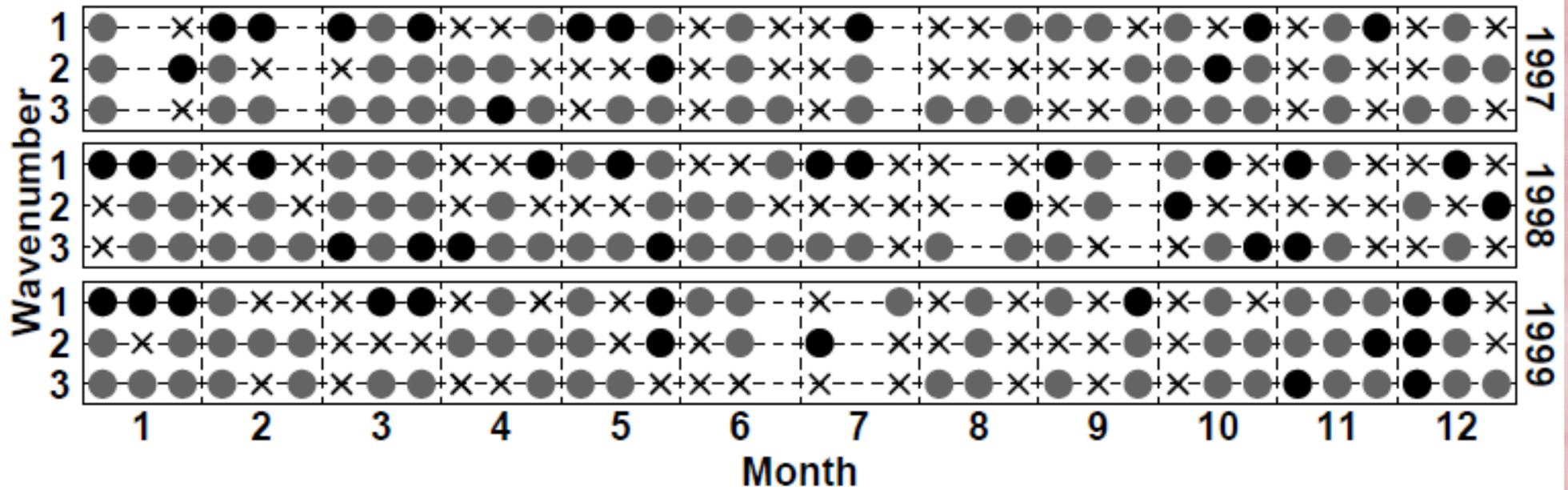


波数毎のパワースペクトル

水位(観測、モデルとも)から  
波数1, 2, 3 の南極ケルビン波を検知

Kelvin waves around Antarctica  
Kusahara & Ohshima (JPO, 2014)

# ケルビン波出現カレンダー



平均引く。Hanning Filter。  
クロススペクトルの行列計算

FDEOF Frequency Domain EOF  
東南極 4 地点の水位変動  
第一モード

すべて西向き伝播なら ●  
それ以外

x

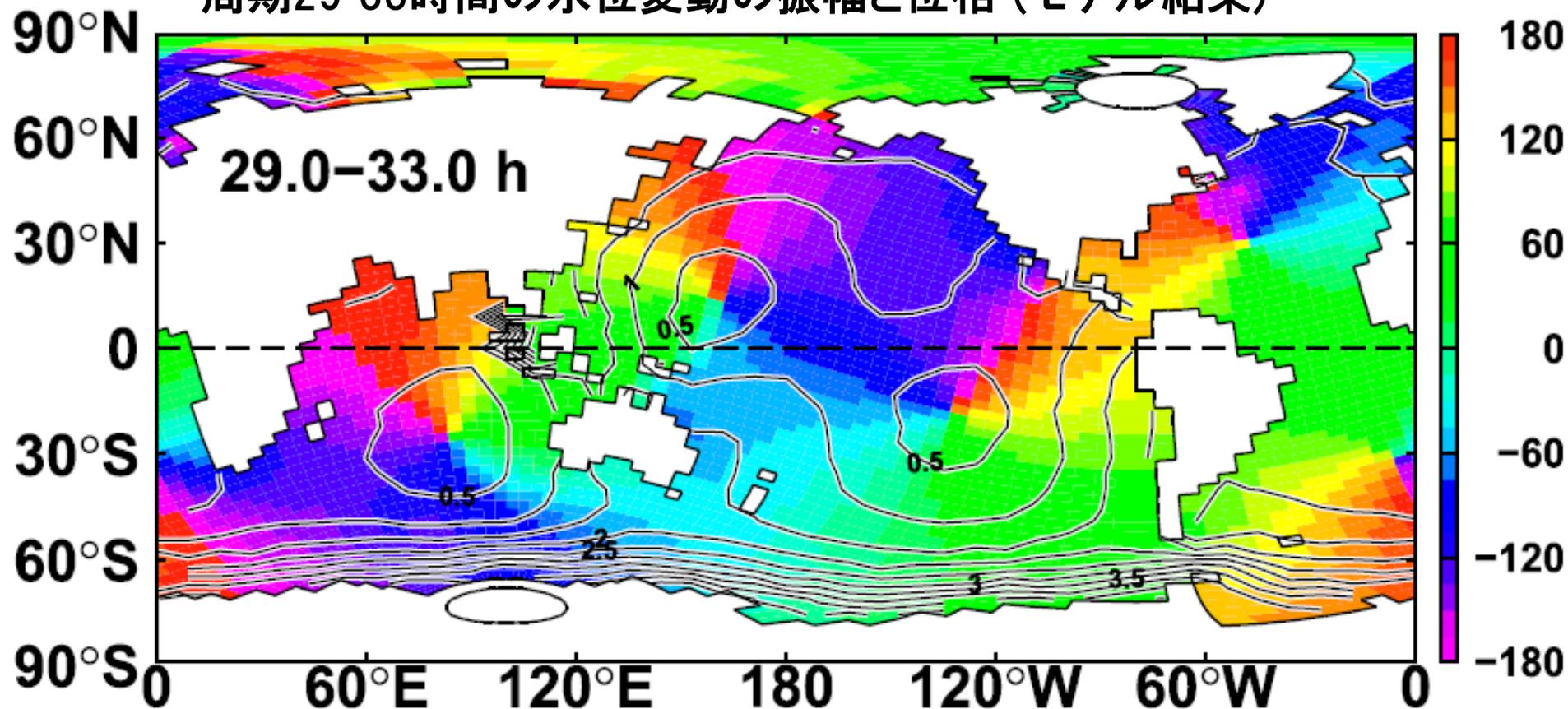
統計的に有意な頻度

## 周極的であること(GFDの応用)

Kusahara & Ohshima (2014, JPO): Kelvin Waves around Antarctica

南極周りの水位変動 (外部ケルビン波) Ponte & Hirose (2004)

周期29-33時間の水位変動の振幅と位相 (モデル結果)

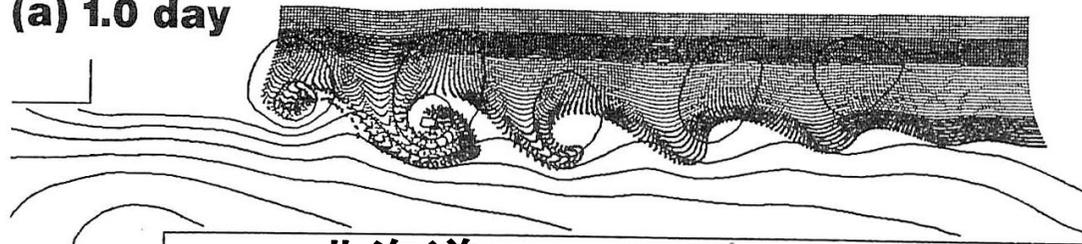


- 南極沿岸を境界として西向き伝播する波動 (ケルビン波)
- 7割は南大洋、残り3割は北太平洋(赤道含む)の気圧変動で駆動



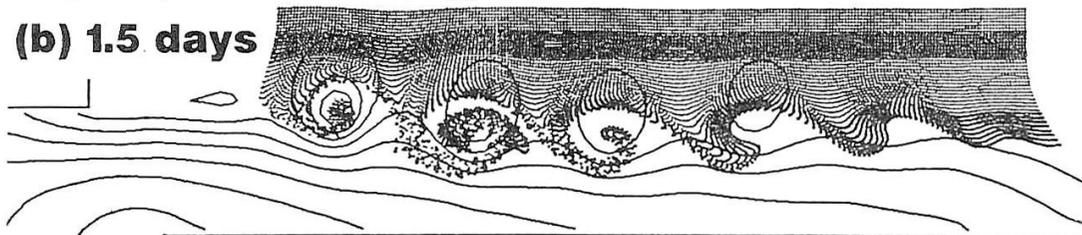
**Ohshima & Wakatsuchi (1990, JPO):  
A numerical study of barotropic instability  
associated with the Soya Warm Current  
in the Sea of Okhotsk. 博士論文**

**(a) 1.0 day**

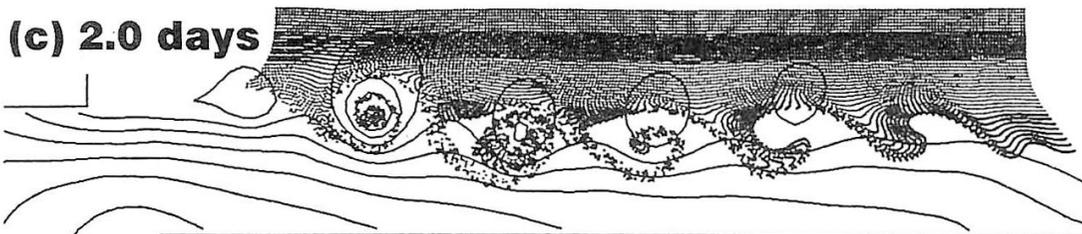


北海道

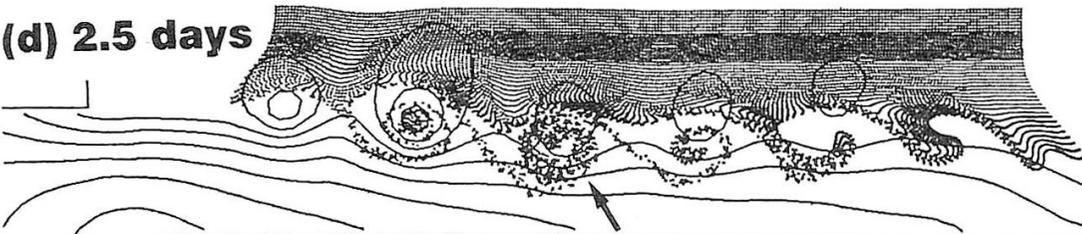
**(b) 1.5 days**



**(c) 2.0 days**



**(d) 2.5 days**



0 50 (km) 100

流氷レーダー Wakatsuchi & Ohshima(1990)

0 50 (km) 100  
E