

やませ研究会キックオフミーティング2010年9月15-16日

**ヤマセ・季節風時における  
海上気象現象の高解像度解析**

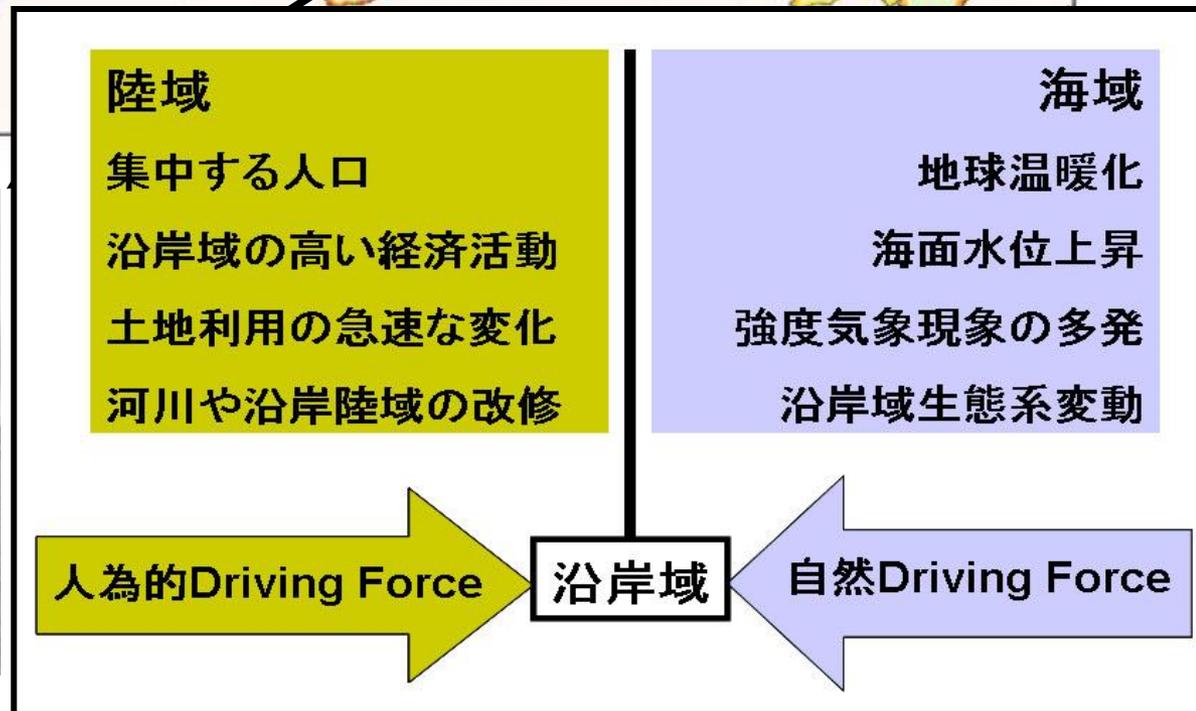
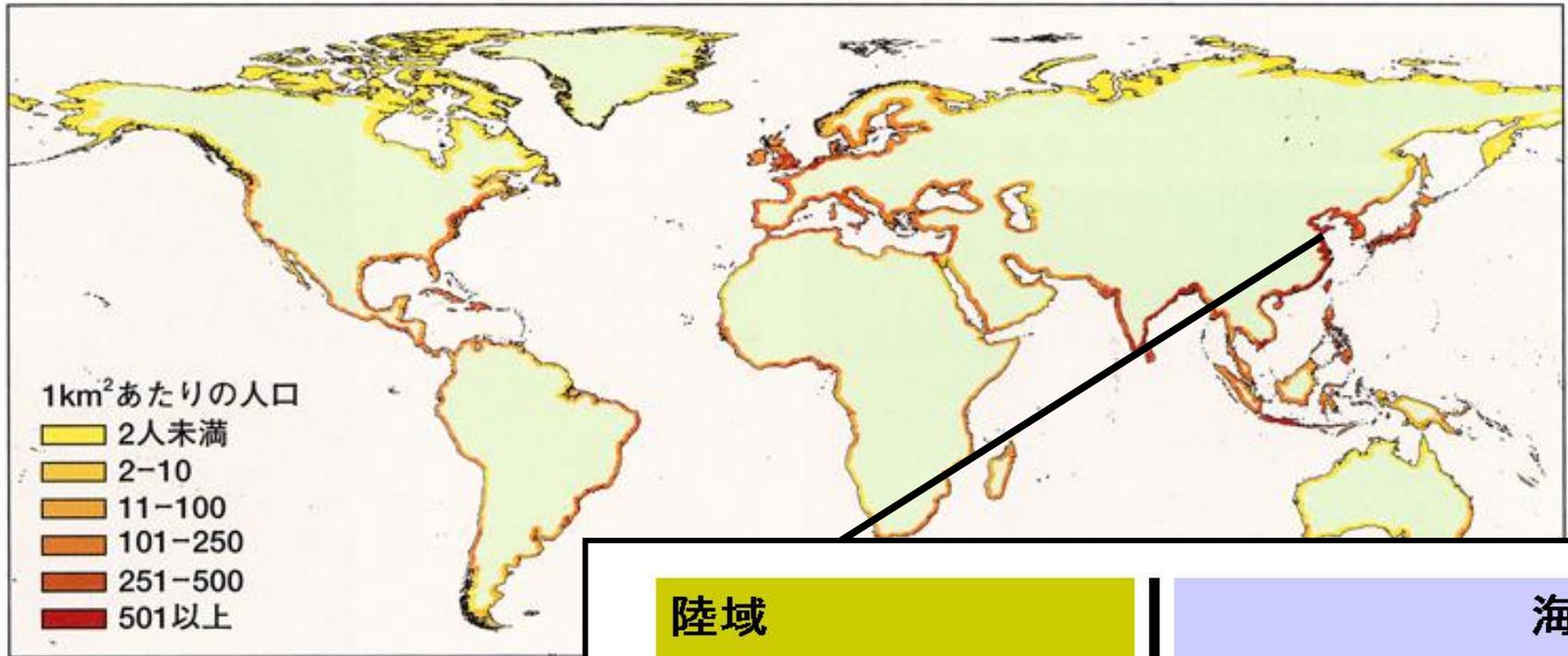
58 東北海区海洋調査技術連絡会  
(2008年12月18日)

- (1) 仙台湾の高解像度海洋環境観測  
とその物理的解釈
- (2) 衛星観測と数値モデルによる  
陸奥湾の海況

川村 宏

東北大学大学院  
理学研究科

# 増大する沿岸域の脆弱性 (WMO気候の事典、より)



松島湾



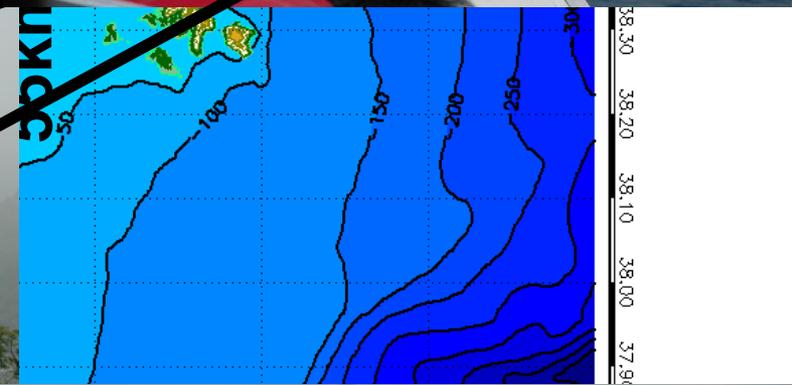
砂地の底層



式隈



牡鹿半島



名取川河口

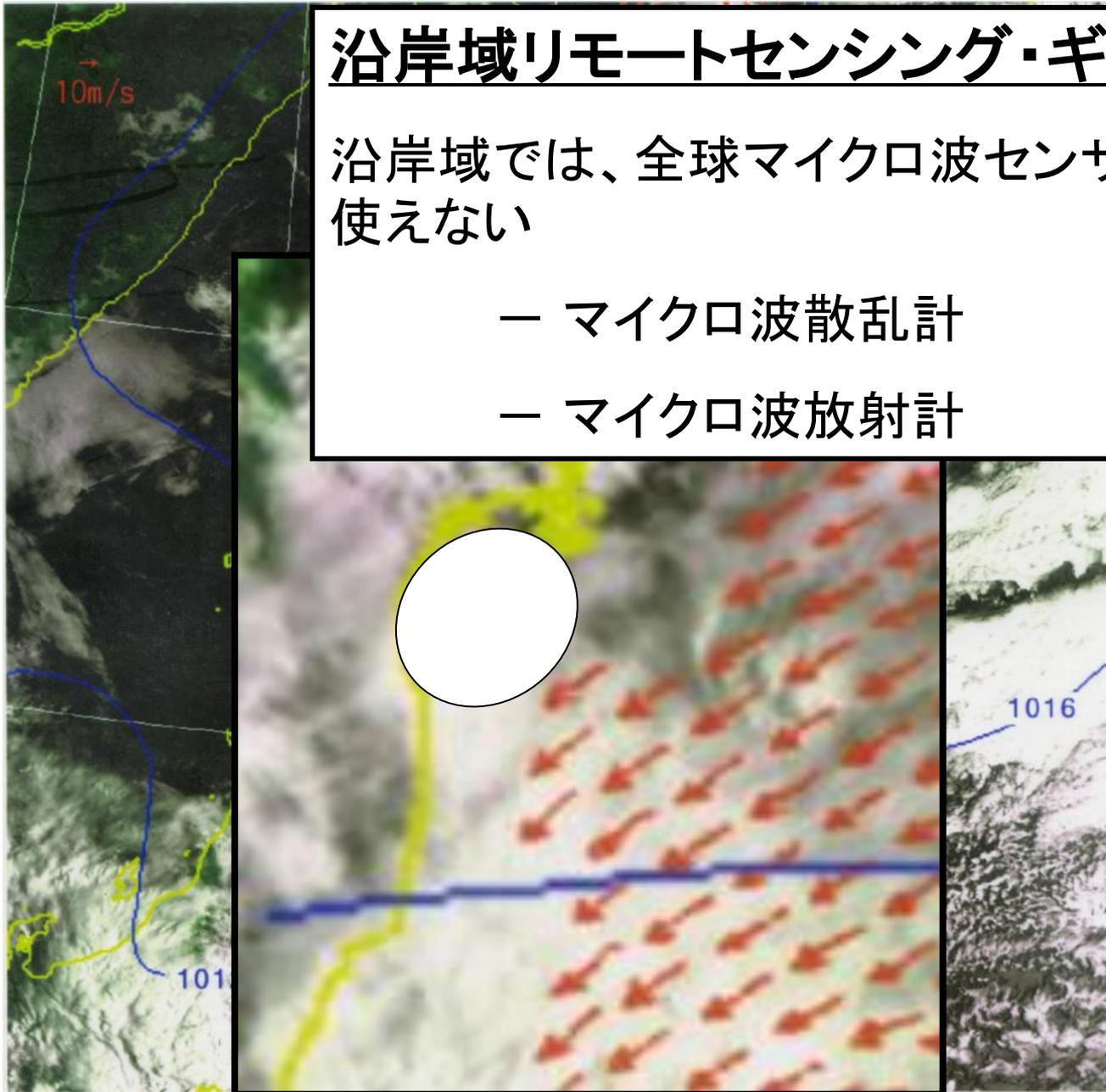


# 沿岸域における、リモートセンシングの問題点

## 沿岸域リモートセンシング・ギャップ

沿岸域では、全球マイクロ波センサーが  
使えない

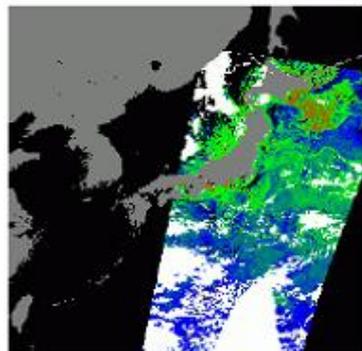
- マイクロ波散乱計
- マイクロ波放射計



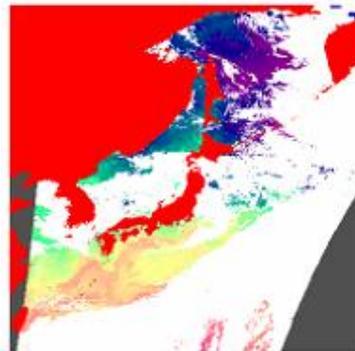
# 沿岸域の高解像度海洋衛星リモートセンシング



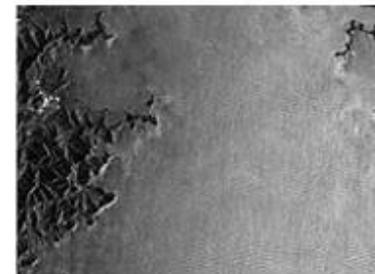
静止  
軌道衛星



Ocean Color  
(海色)



Sea Surface Temperature  
(海面水温)



Synthetic Aperture Radar  
(合成開口レーダ)



可視域



極軌道  
衛星群

赤外域



マイクロ波域



レーダ技術

衛星  
地球観測

科学・技術

海面・電磁  
波相互作用

海洋学・  
海洋気象学

散乱・  
吸収  
プランクトン・  
泥など

熱放射

波浪・マイクロ  
波相互作用

海上風

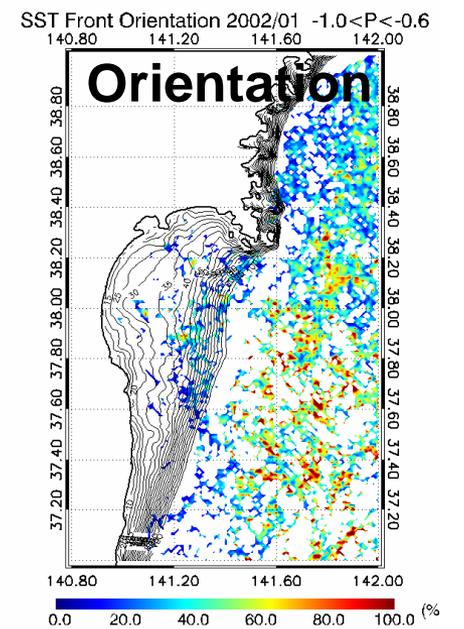
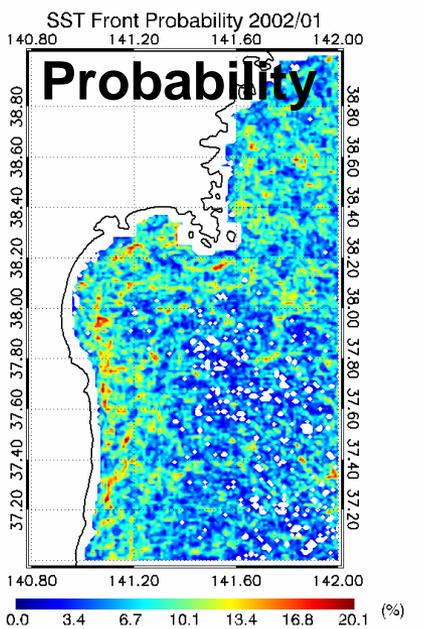
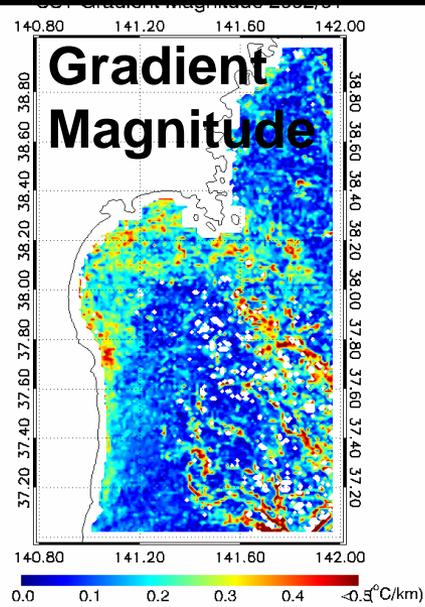
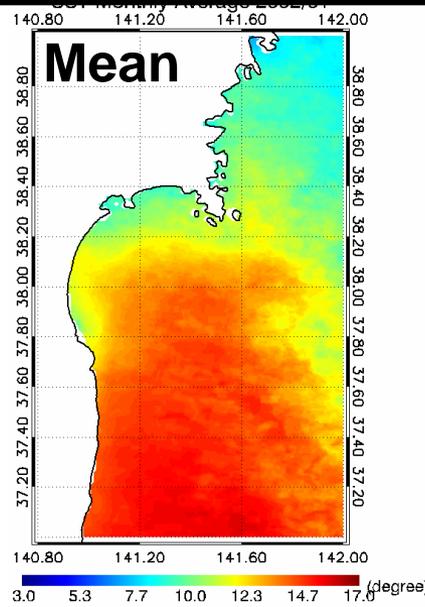
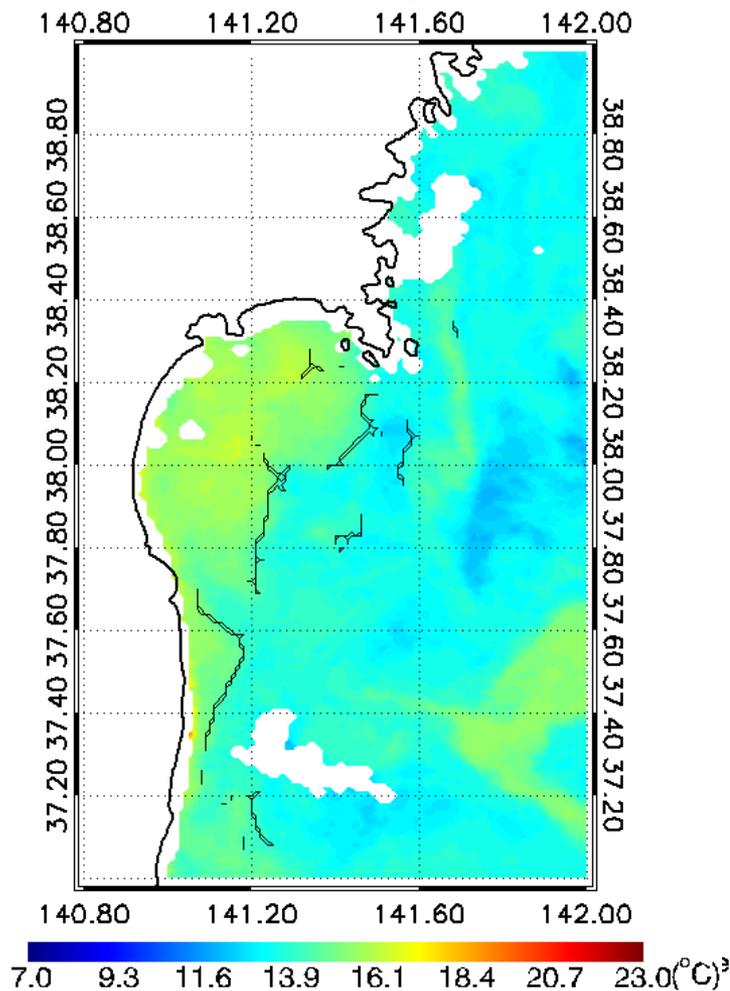
物質・生物情報

熱環境情報

海洋の強制力・  
大気境界条件

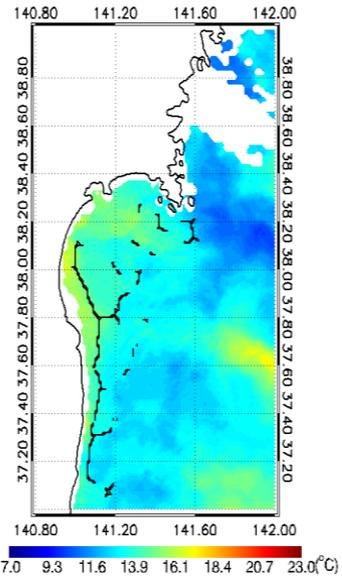
ジャンセン・シャノン  
散フィルターによる海面  
水温フロント検出

SST Front 200205280653\_over0.10( $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ )

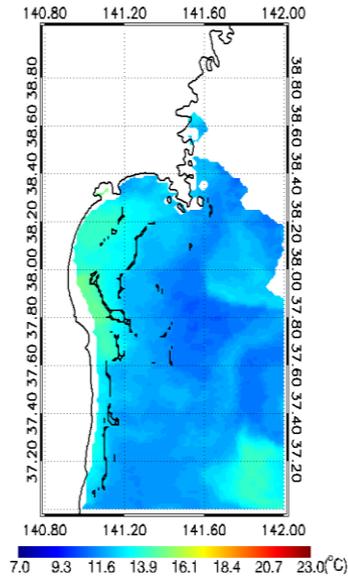


# 夏季の海面水温フロント

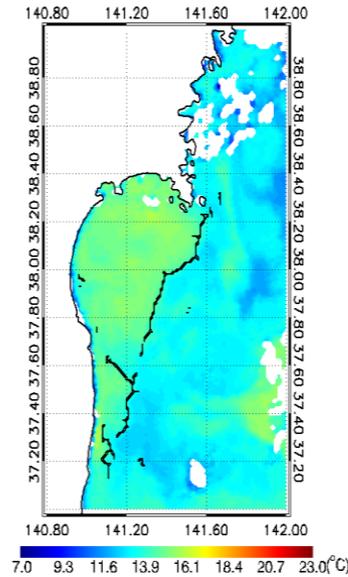
19 May



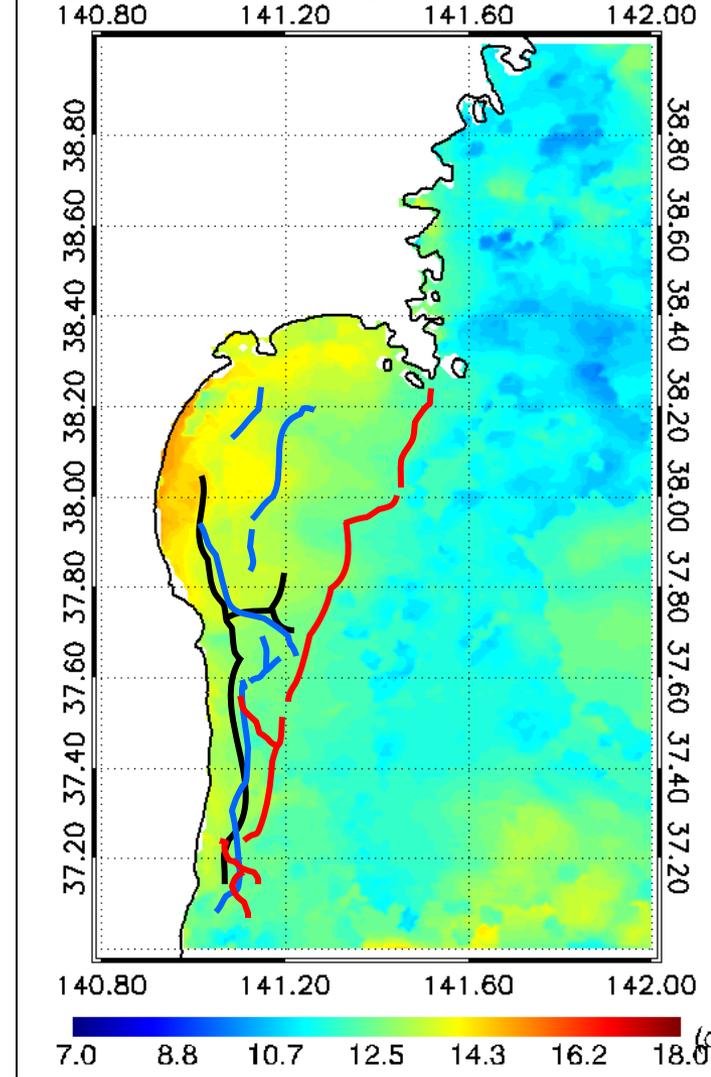
21 May



27 May 2002



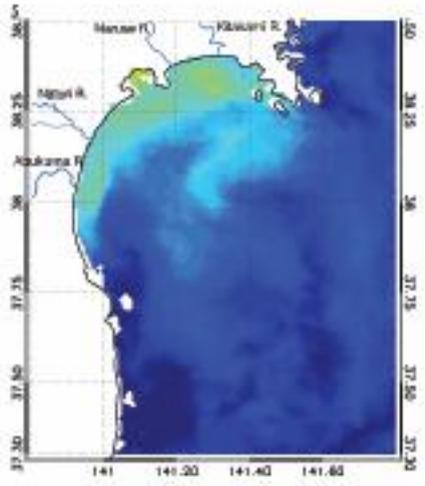
SST Daily Average '02/05/16 to 18



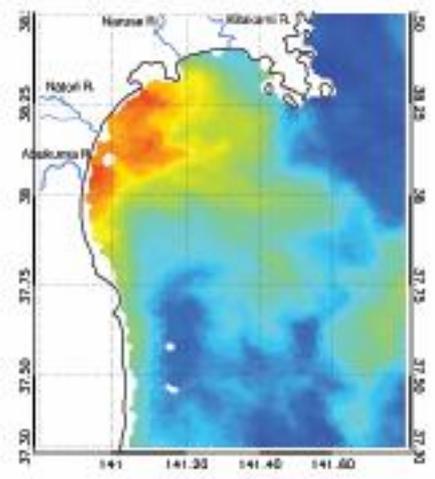
- 河川水の影響
- 沿岸部から沖へ向かう海面水温上昇

# 仙台湾内の暖水塊形

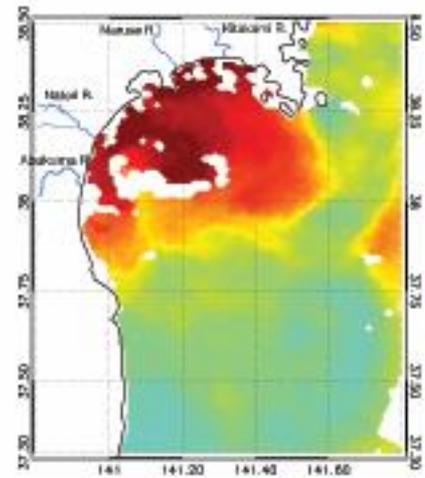
5/21 20:51



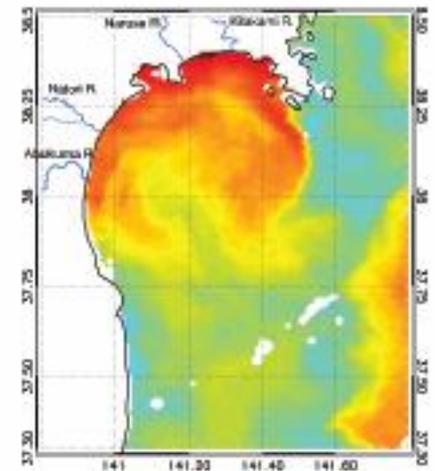
5/26 09:16



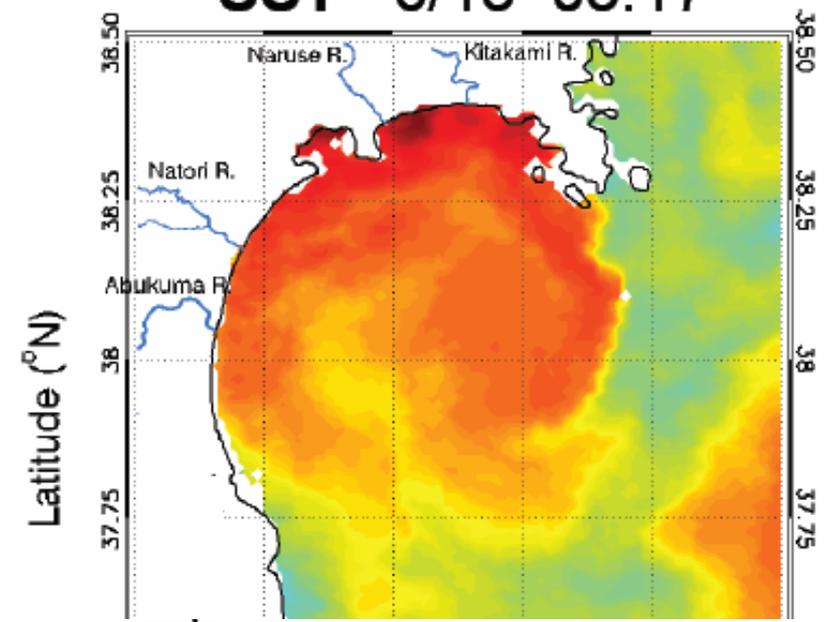
6/10 10:08



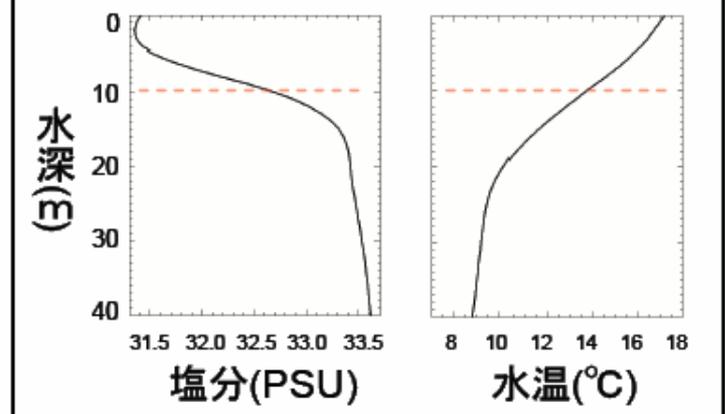
6/12 20:42



SST 6/13 03:17



塩分・水温プロファイル

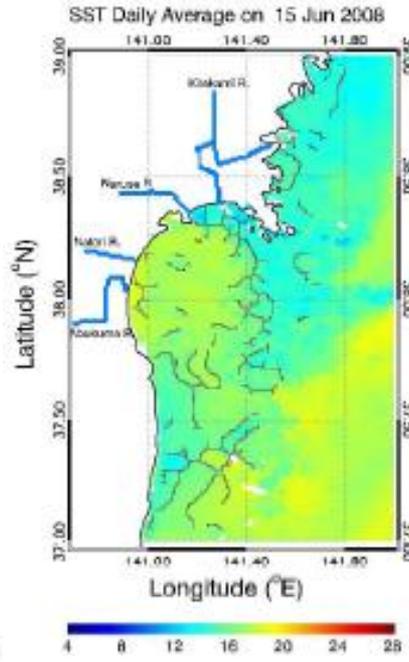
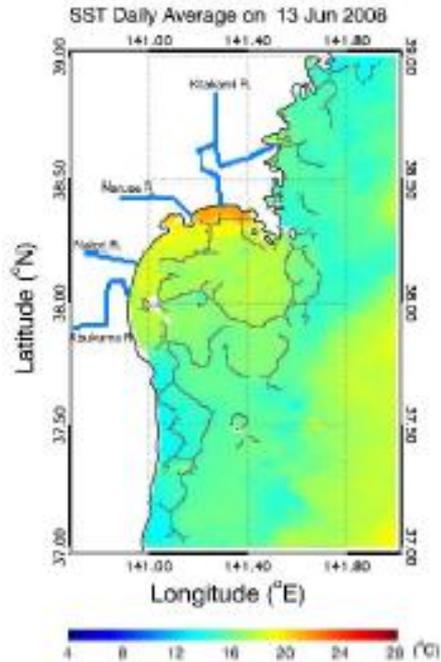


仙台湾内の1998-2006年浅海定線観測値から求めた6月の平均水温塩分プロファイル

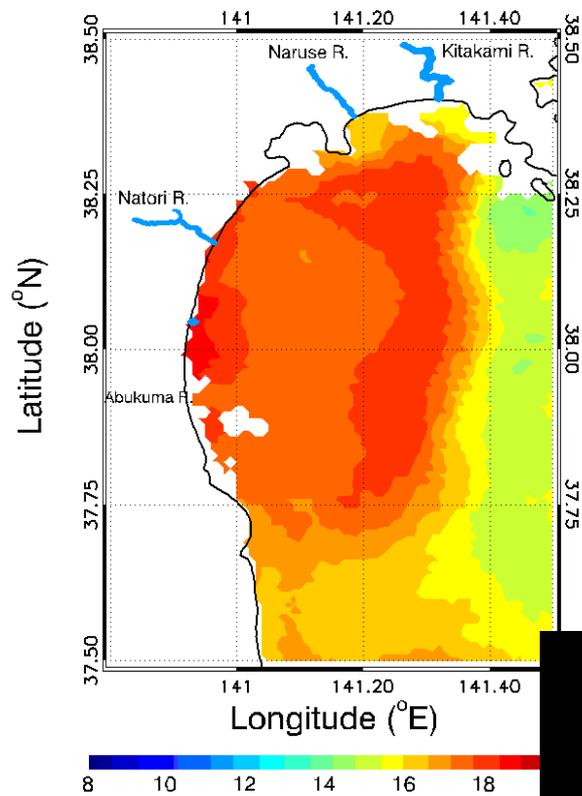
13 June

15 June

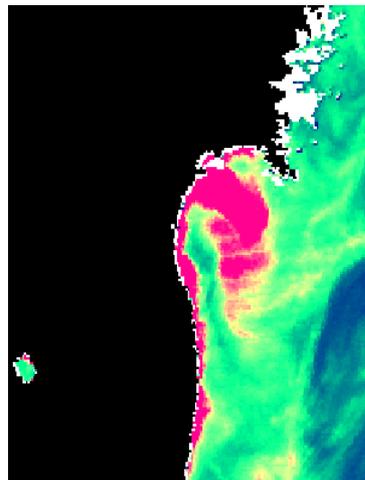
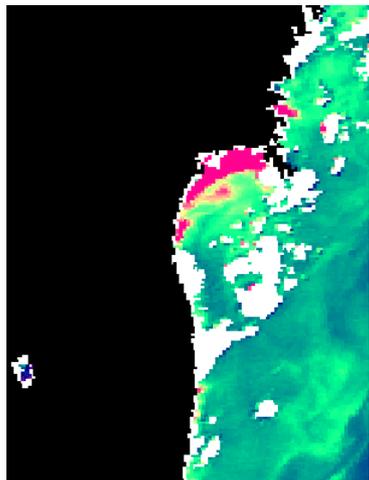
# 海色との対応 2008年の場合



SST snapshot at 03:02 17 Jun 2008

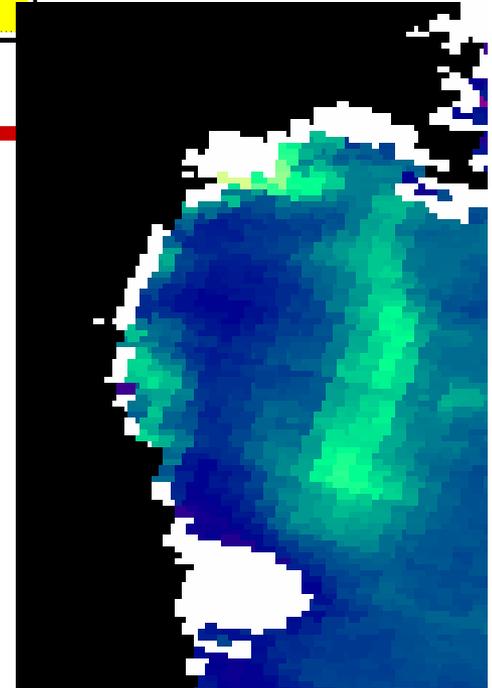


17 June

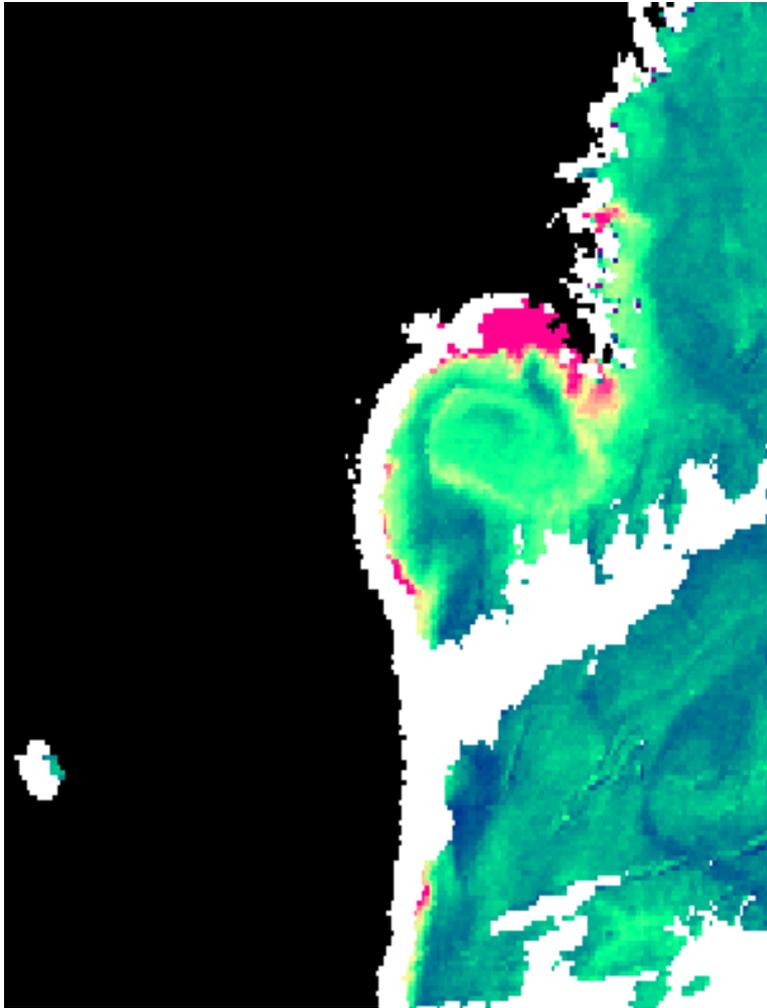


0 1.5(mg/m<sup>3</sup>)

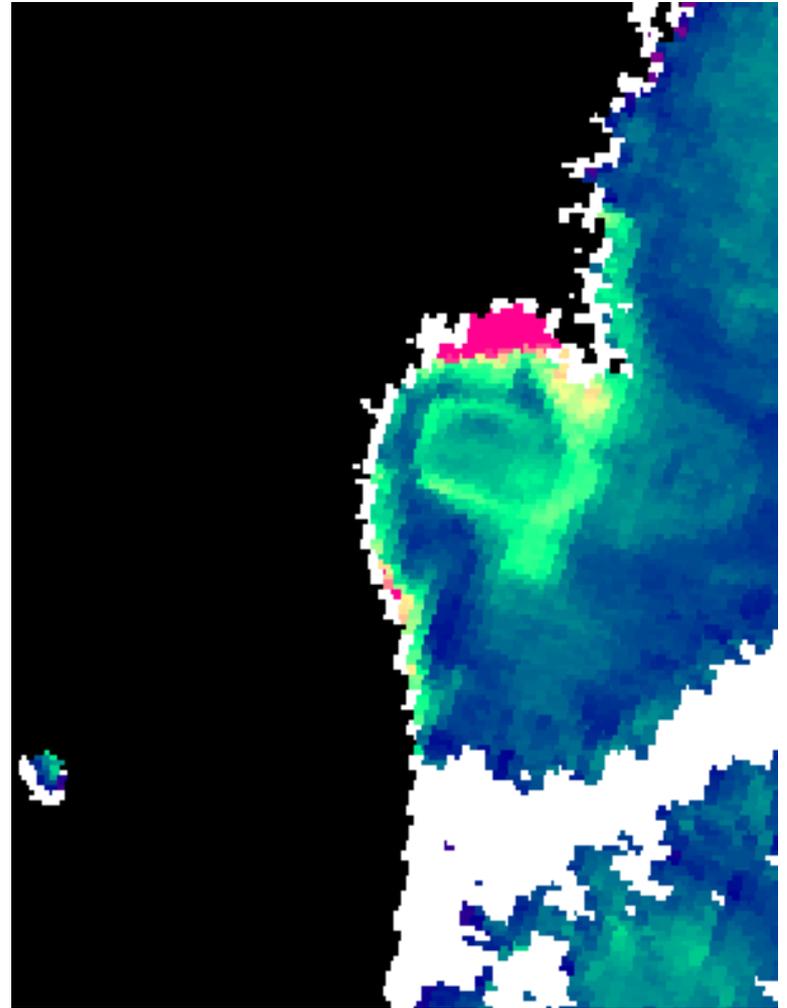
海色  
Chl-a



# 仙台湾の特徴的な衛星Chl-a分布



200705140342



200705140205

# 衛星赤外観測SST(1km,1997-2006)による 客観的な気候値(1km、365日)作成手法

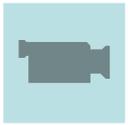
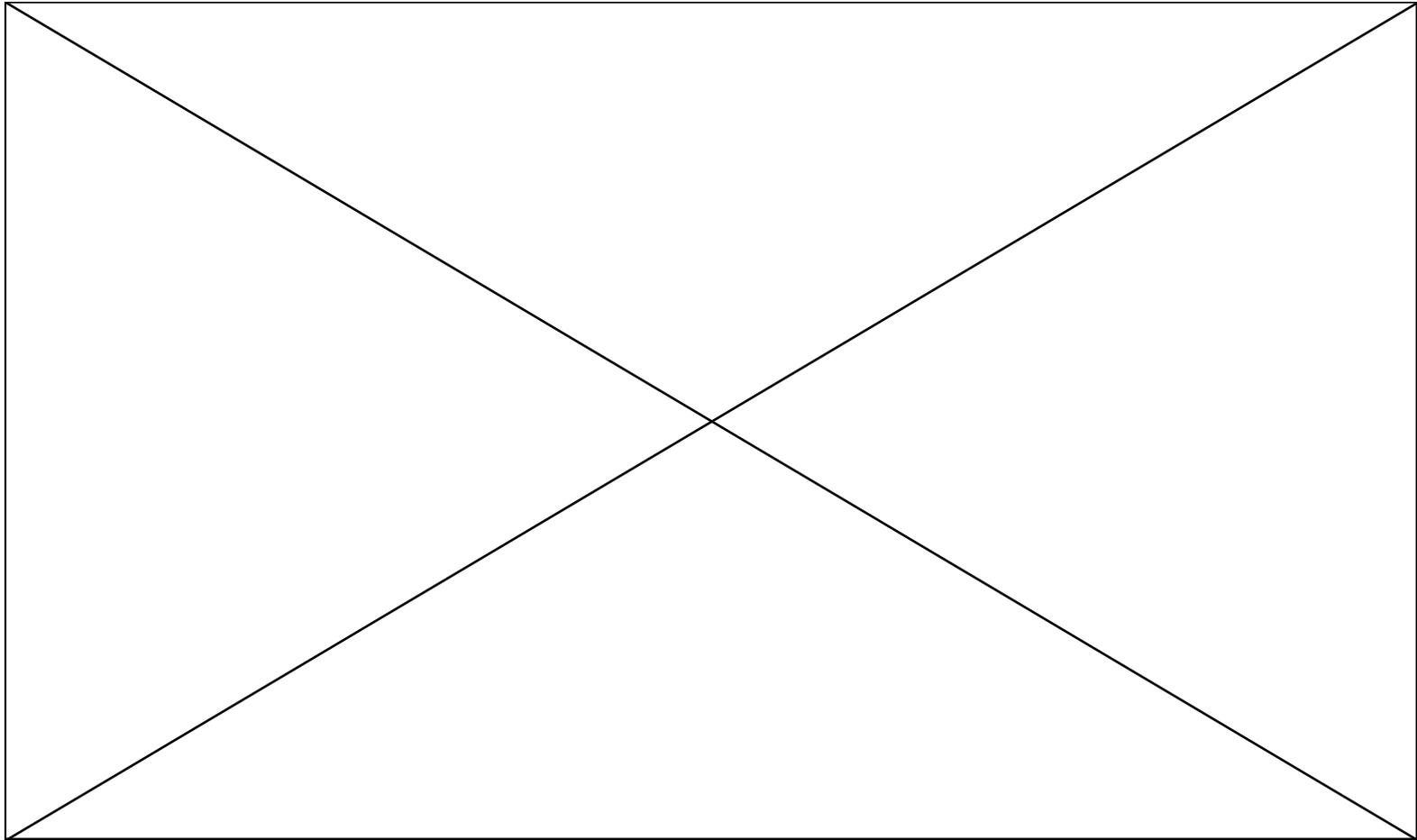
最終的な目標: A-HIGHERSデータを元データとした1  
日・1km解像度気候値データ

使用するデータ: A-HIGHERS (1km) 東北太平洋側  
5° × 5° 1997-2006年

大まかな方針:

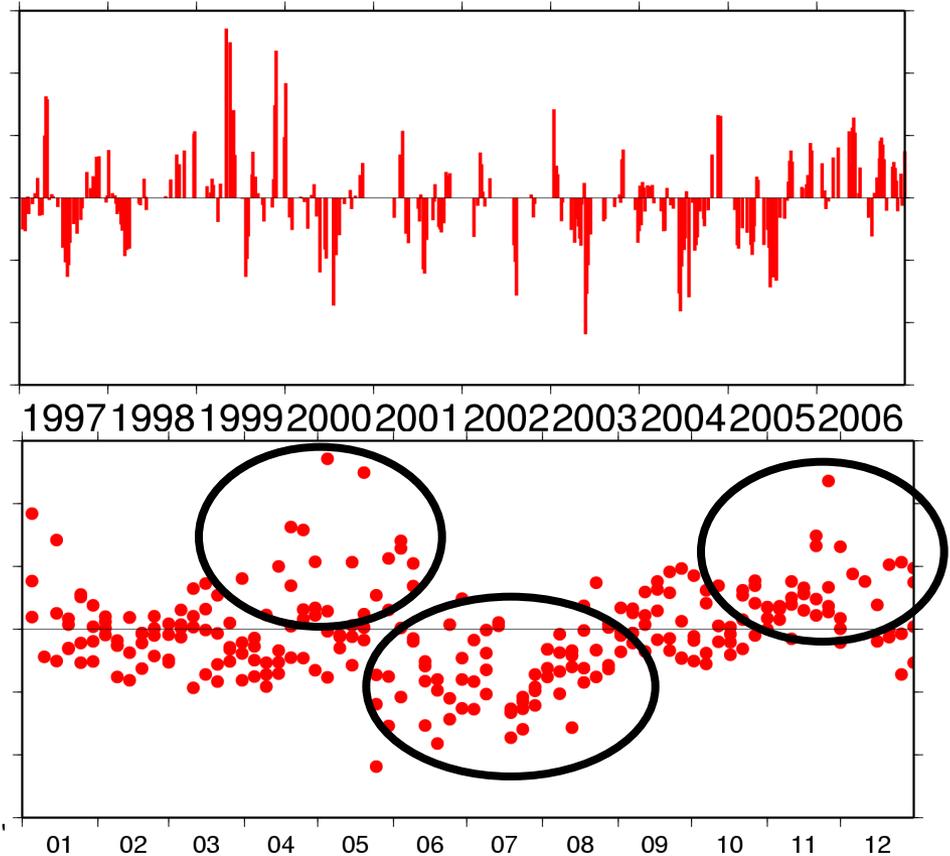
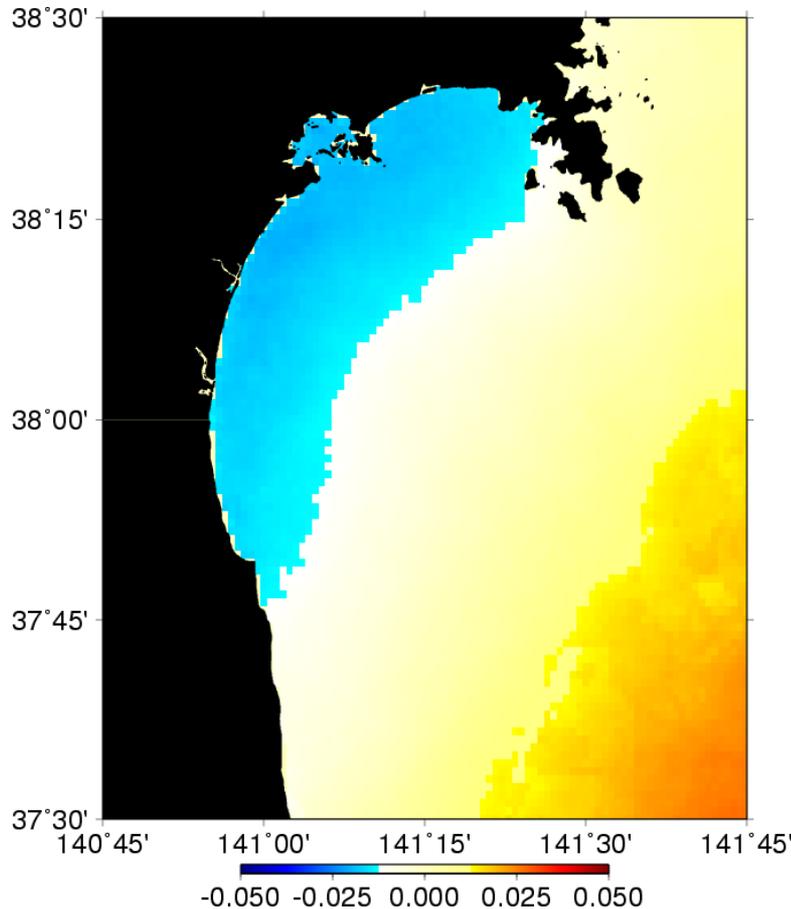
- 他の参照SSTデータ (Reynolds(1° / 0.25° ), Pathfinder (9km/4km), マイクロ波(0.25° )等)は用いない
- 時間解像度が粗い気候値をまず作成し、それを参照データとして時間解像度を高くしていく
- 位置ずれは補正しない(陸域と判定された場合のpixelはマスク)
- 位置ずれはエラーの要因として含まれる

### 3. 結果daily clim. SST



仙台湾に短期変動を明瞭化する参照値として、年変動(EOF低次mode)から再構築した「気候値」をもちい、気候値を用いたQC済み15日平均SST時系列(1997-2006)を作成し、仙台湾の全格子が埋まる日時をとりだし、EOF解析を行う

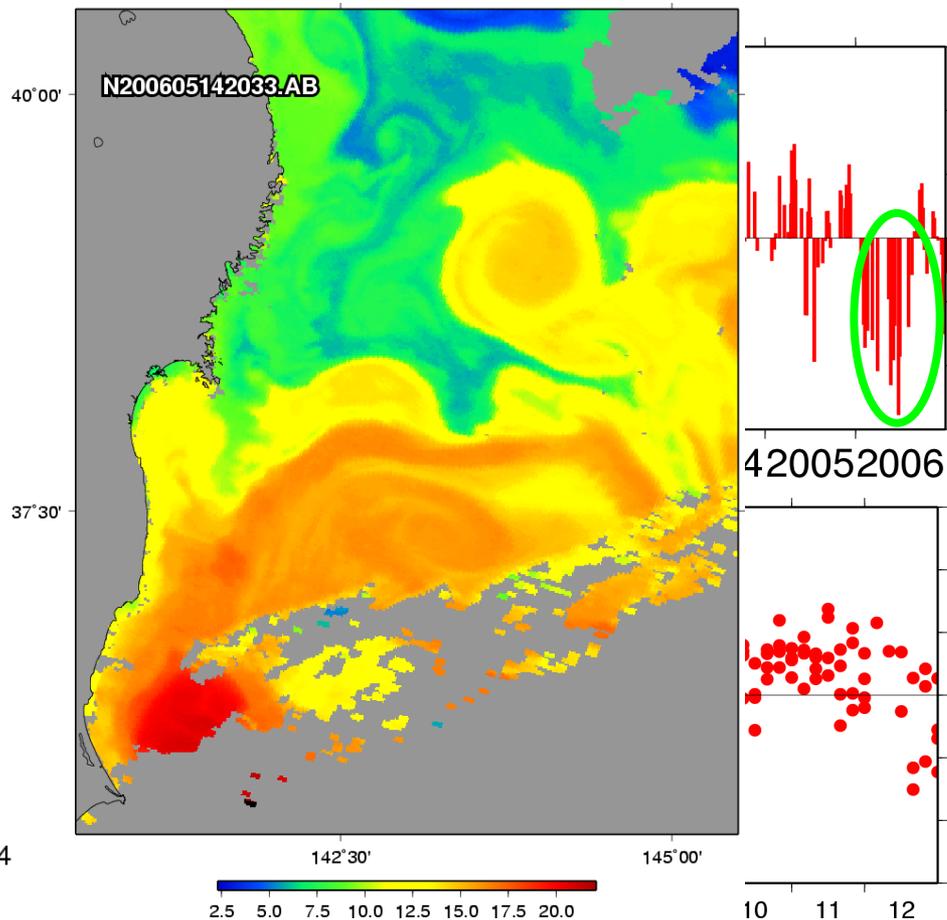
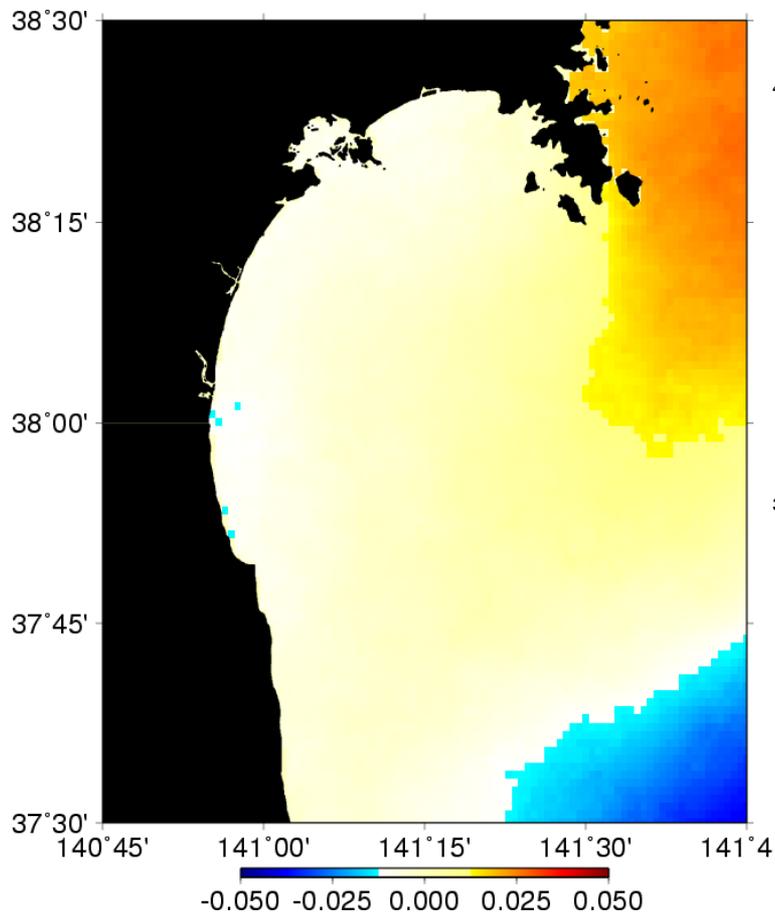
# 仙台湾 SSTアノマリ EOF 第1 mode 47.93 %



夏季の急激な昇温・

春季・秋季の急激な降温

# 仙台湾 SSTアノマリ EOF 第2 mode 15.91%



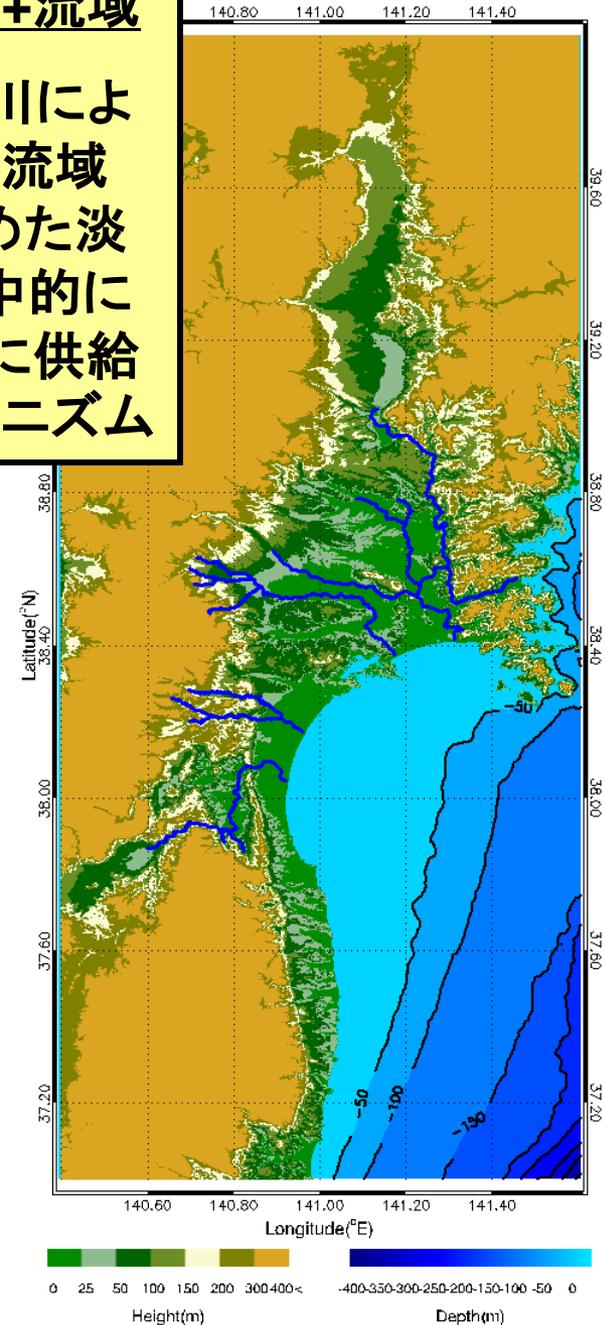
春～夏：親潮系の強化・流入

# まとめ

1. 高解像度赤外海面水温(1km格子)、及び、SSTフロント情報により、仙台湾の海洋変動現象を良く捕らえることができる
2. 衛星赤外観測SST(1km,1997-2006)による客観的な気候値(1km、365日)は仙台湾の高解像度変動現象解析にとって大変有効である
3. 河川水の影響を受けた暖水塊が、夏季仙台湾広く覆い、湾内流動、物質循環、生物活動に大きな影響を及ぼす

## 仙台湾+流域

複数河川により、広い流域から集めた淡水を集中的に仙台湾に供給するメカニズム

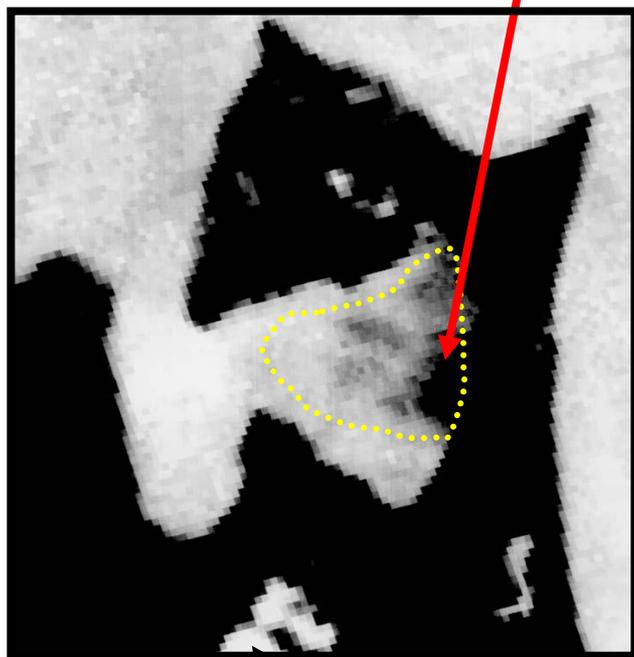


# 暖候期晴天日の陸奥湾におけるSSTの部分昇温

— NOAA画像にみられるメソスケール海洋現象の例(川村1992)

海上風で波立っている海面は白い。静穏海面(弱風～無風海域)は暗い。

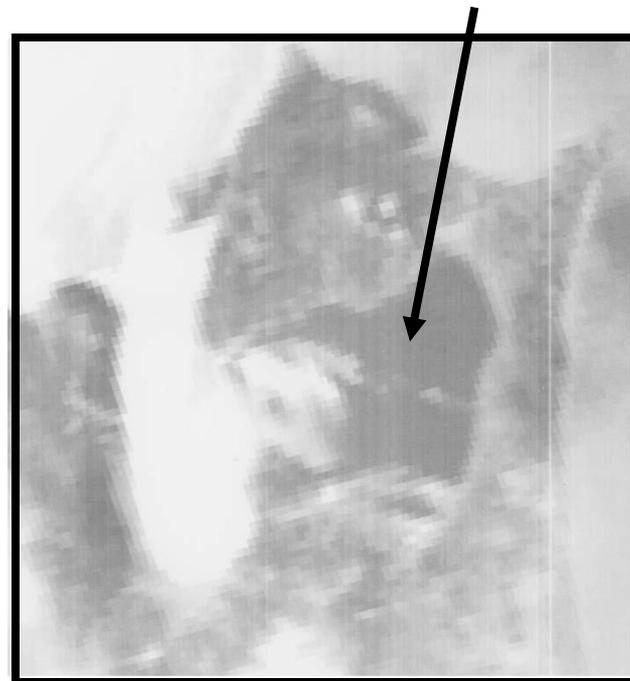
高SST海域



NOAA9

(AVHRR Ch4熱赤外面像)

1987.5.7 13:50



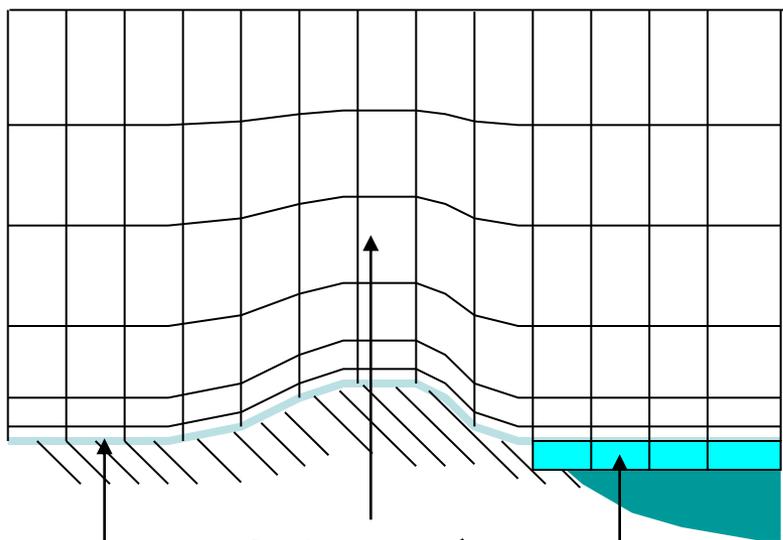
NOAA9

(AVHRR Ch2可視画像)

1987.5.7 13:50

# 大気・海洋表層結合モデル

鉛直座標は地形に沿った曲線座標  $\tilde{z} = H \frac{z - z_s}{H - z_s}$



大気モデル

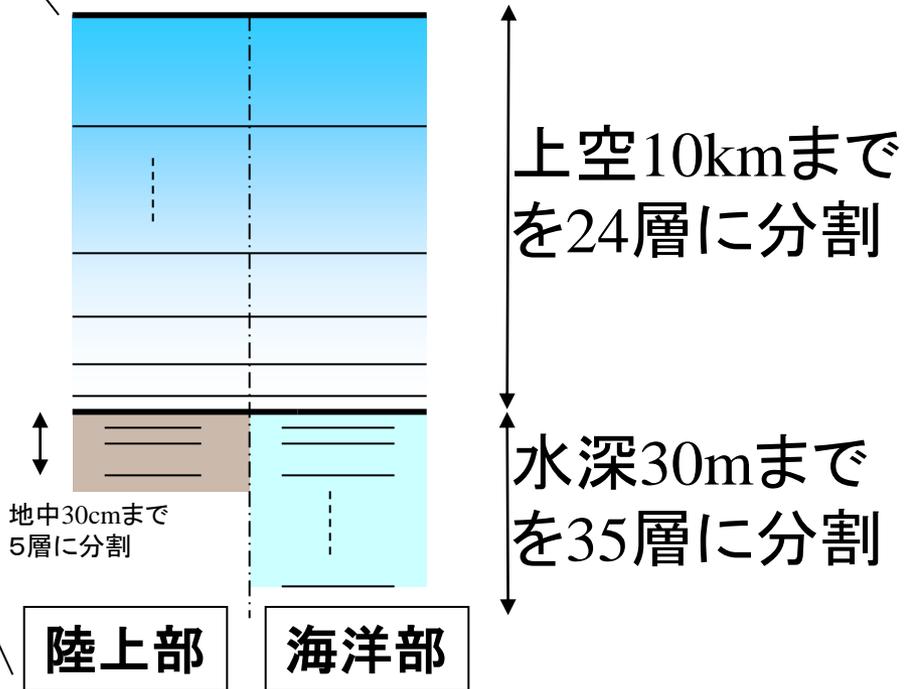
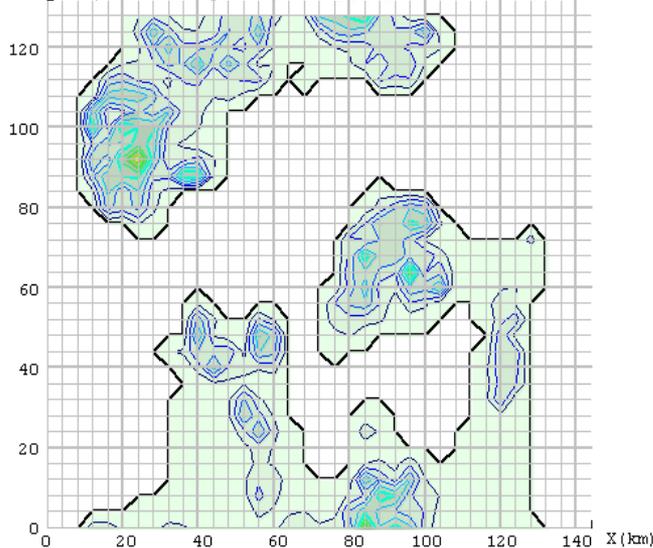
地盤熱伝導モデル

SST日変化を再現

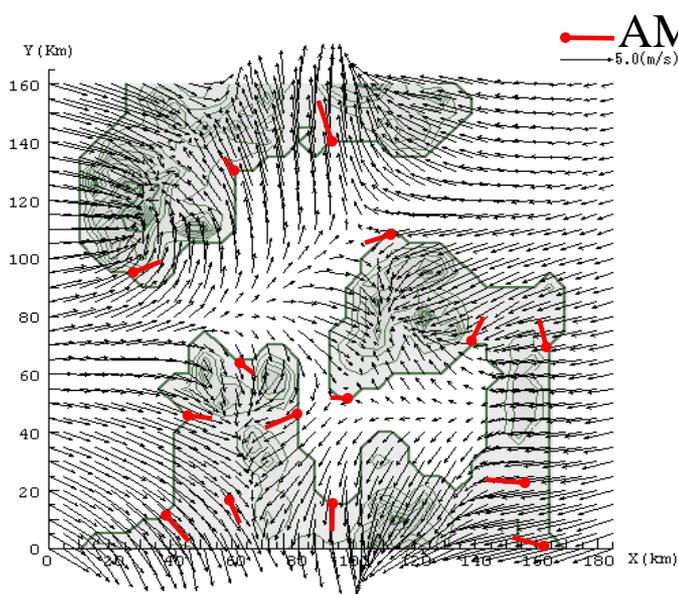
海洋混合層モデル  
(Kawai and Kawamura, 2000)

## 計算領域と平面格子

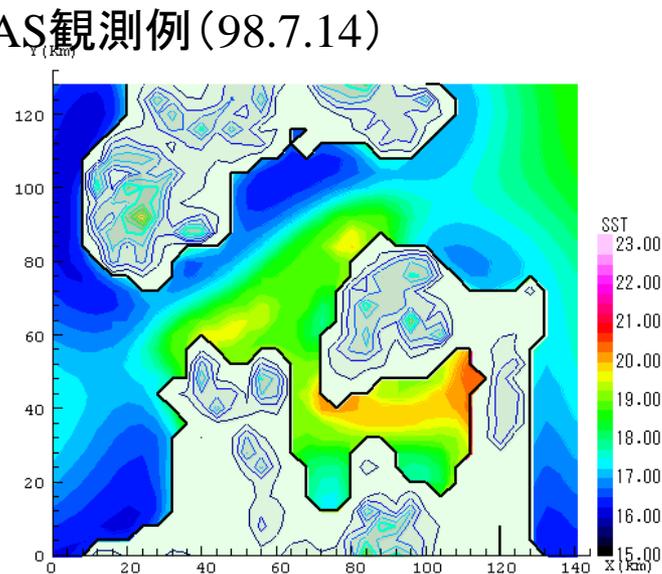
(水平格子間隔: 4km)



# 衛星画像と数値モデルで得られた結果の比較



14:00風速ベクトル(モデル)



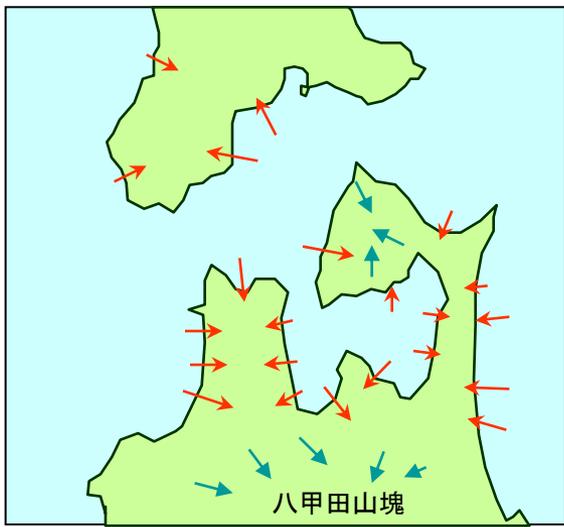
14:00SST



NOAA可視画像(13:50)

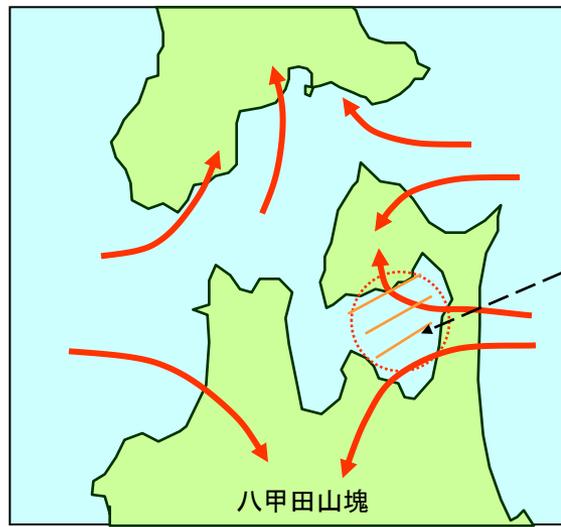


NOAA赤外画像(13:50)



### 午前中の早い時間

- ・海風(→)は沿岸域に局在
- ・山岳部では斜面上昇風(→)が発達しつつある。



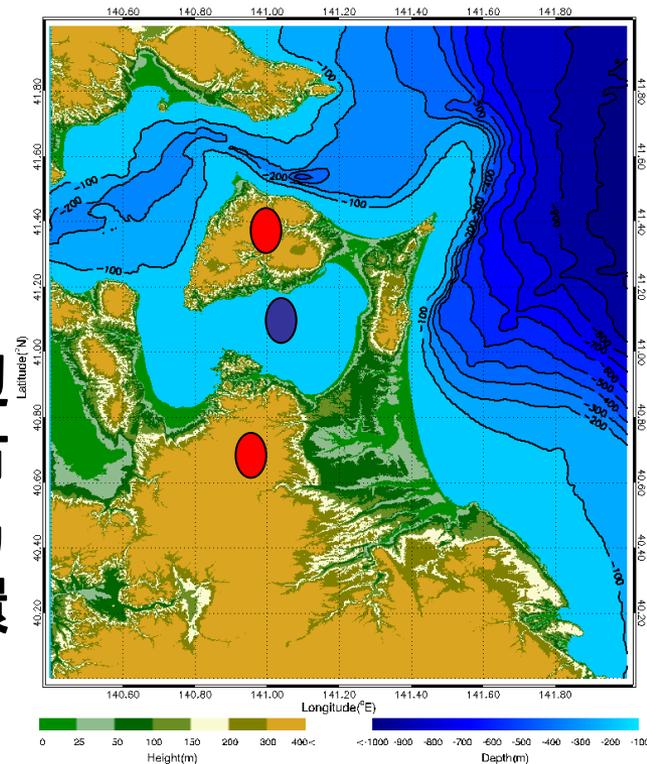
海上風発散場  
-->弱風域形成

### 午後の時間帯

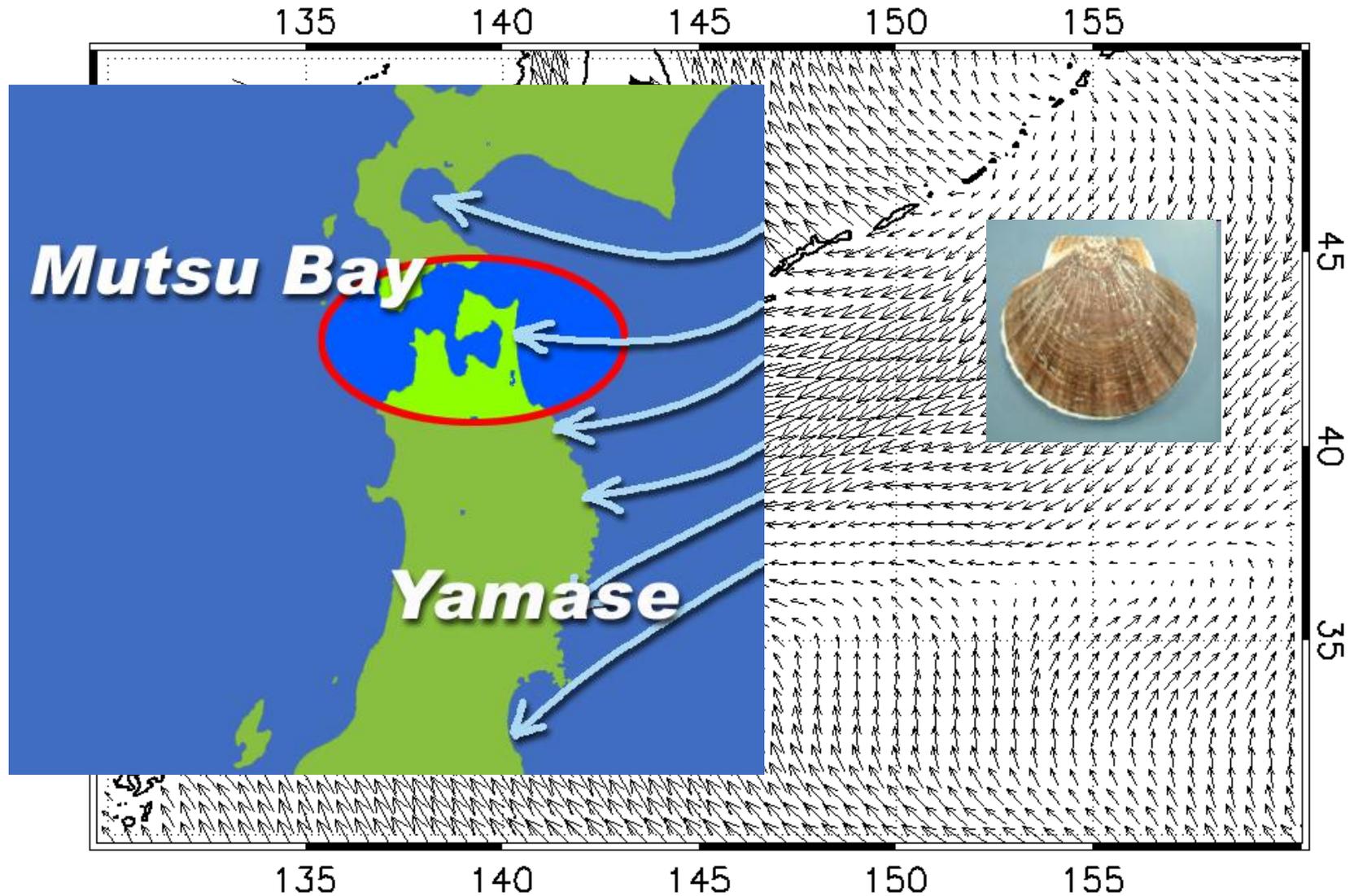
- ・陸上の主要な山塊に向かう気流が卓越

まとめ：  
晴天時日中の地表風系  
変化と部分昇温現象

陸奥湾周辺の  
海陸分布に固有の局  
地大気循環

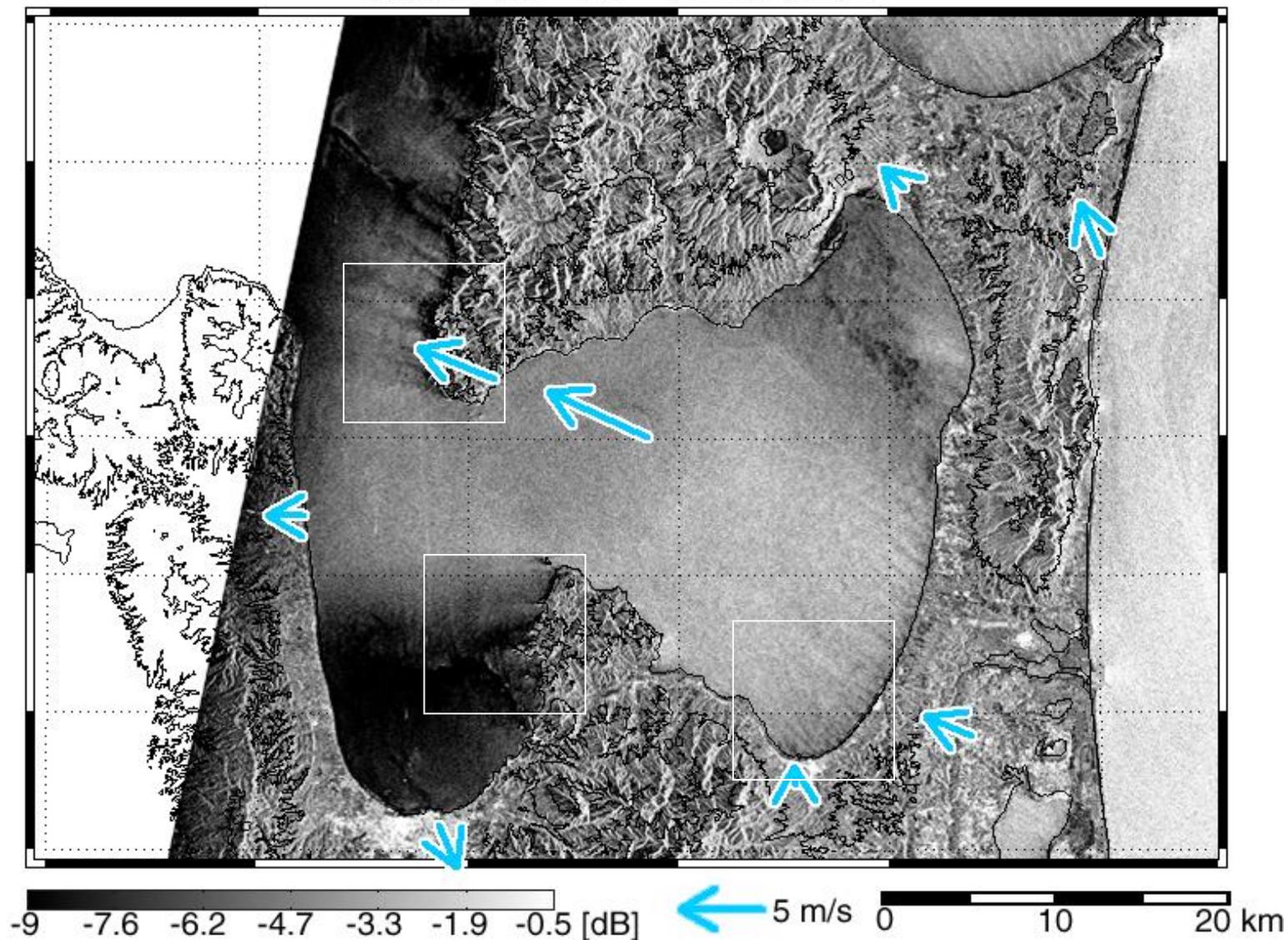


# ヤマセ海上風と陸奥湾



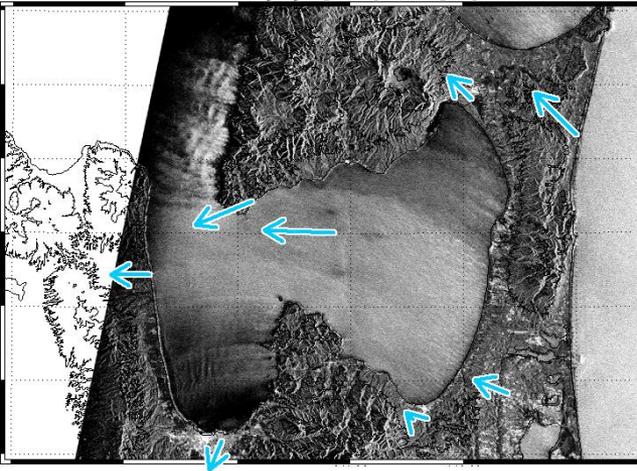
# SAR海上風分布： 陸奥湾の地形変形を受けたヤマセ風

1998-07-13 10:20 JST

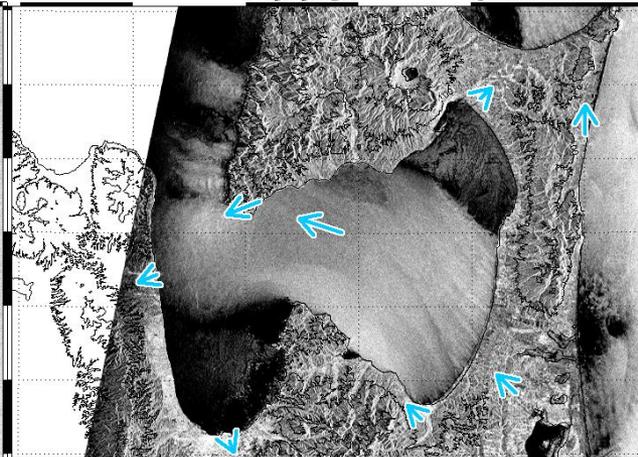


# 陸奥湾の地形変形を受けたヤマセ風

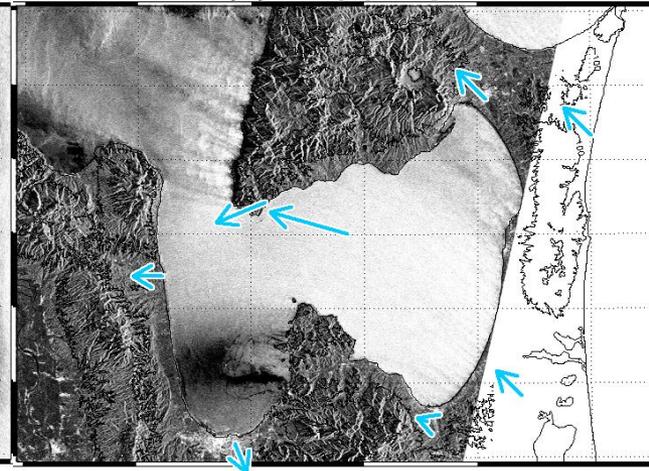
1993-07-30



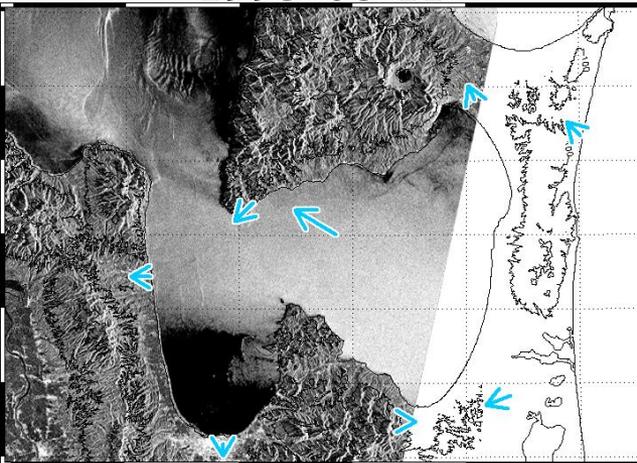
1993-11-20



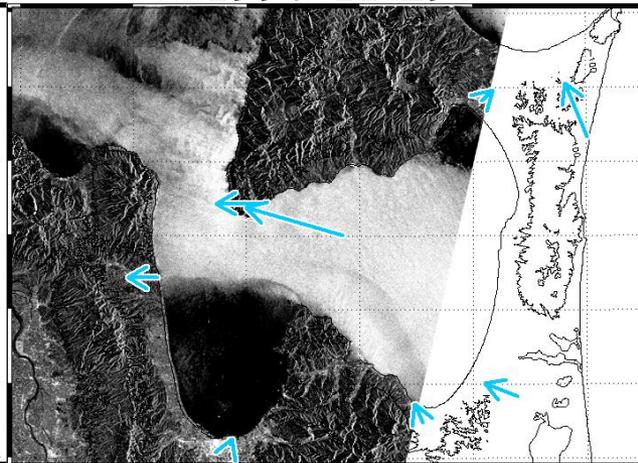
1994-08-25



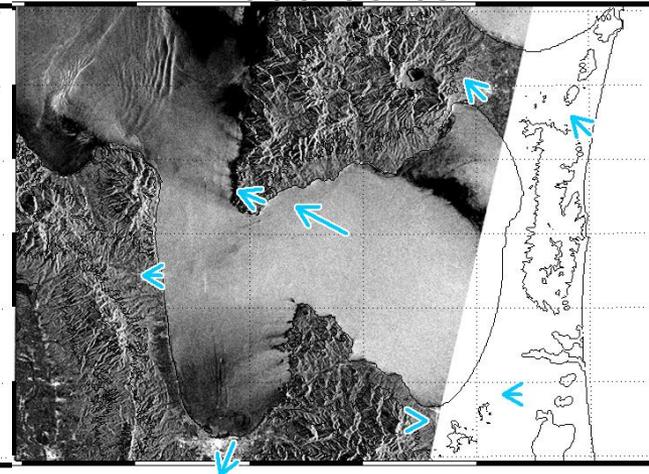
1995-08-11



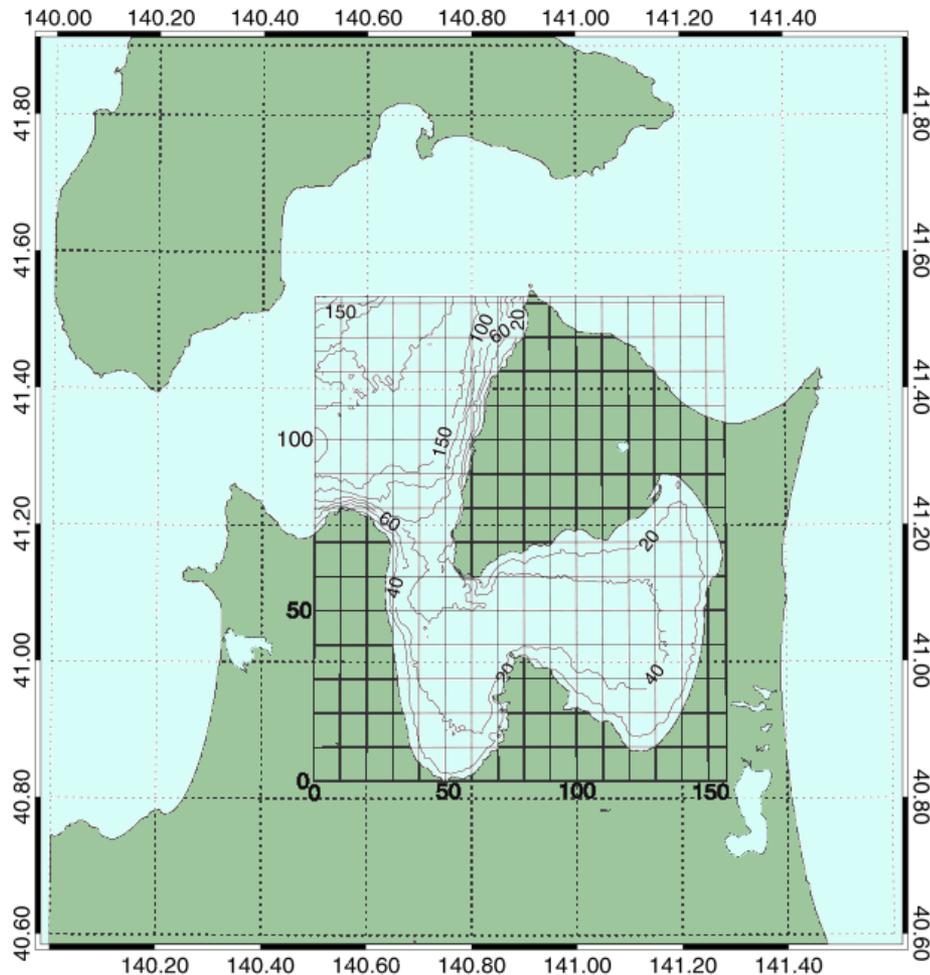
1997-11-29



2000-08-05



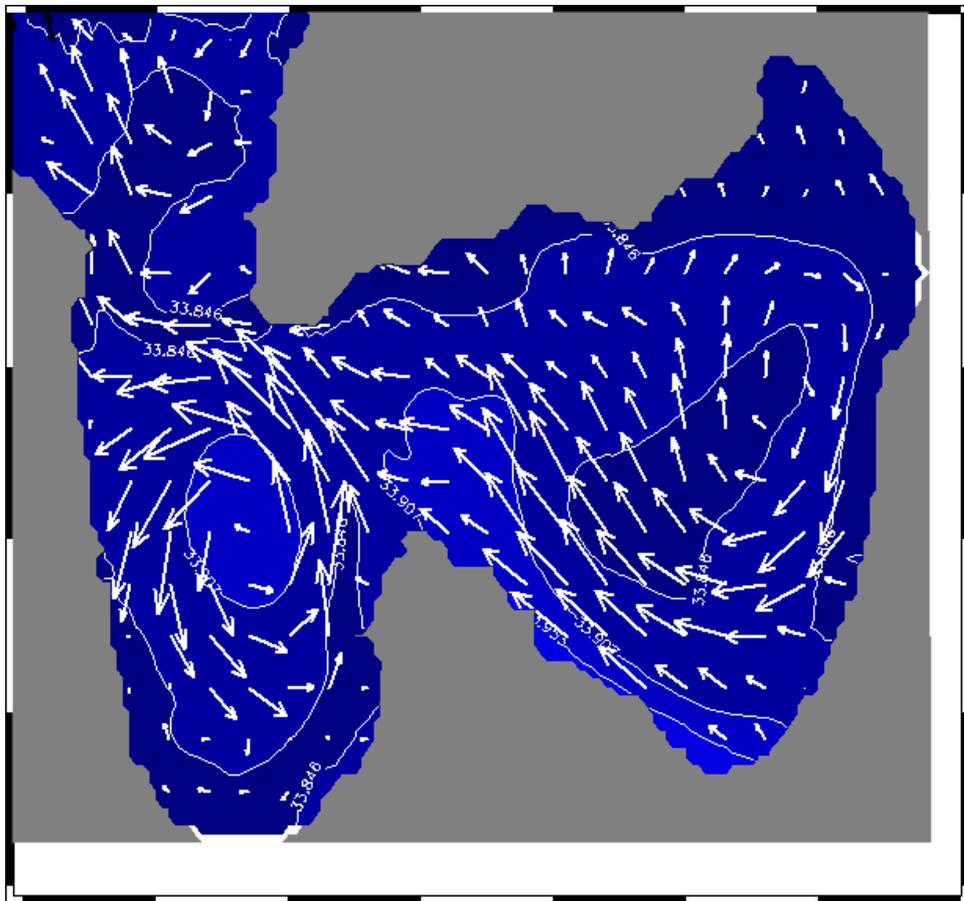
# SAR海上風＋海洋数値モデル(POM)



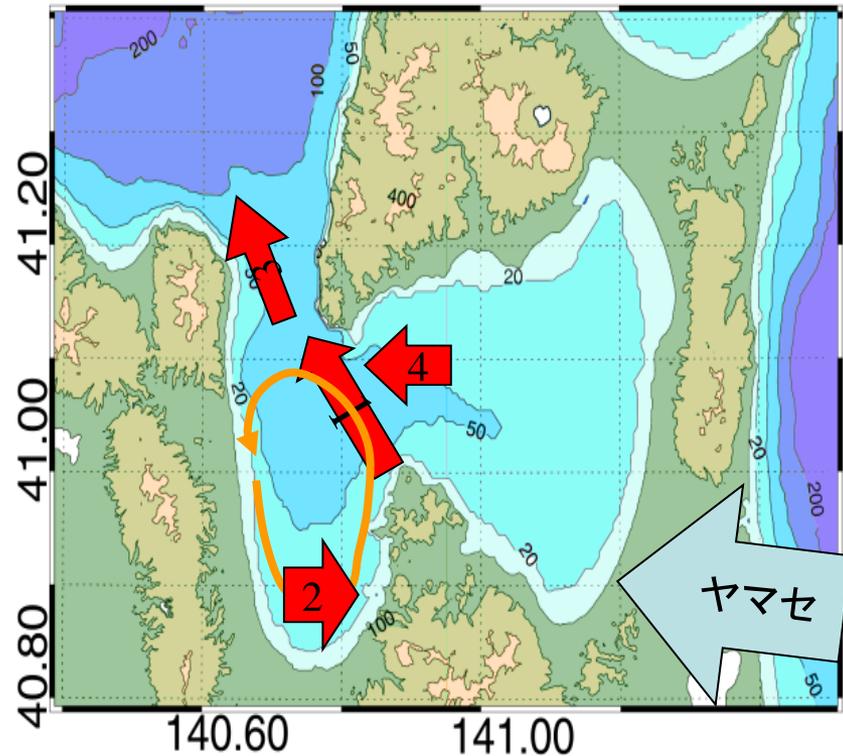
計算格子

- Princeton Ocean Model
  - 3次元Primitive Eq方程式
  - 自由表面、Sigma座標
  - 沿岸海域モデル
- 解像度
  - 東西420m × 南北556m
  - 鉛直25層(最深部200 m)
- 夏季観測水平一様水温、塩分profile
- SAR surface wind forcing
- From 0 m/s, it is gradually increased for inertial oscillation period

# SAR海上風駆動実験 - 表層流速・塩分

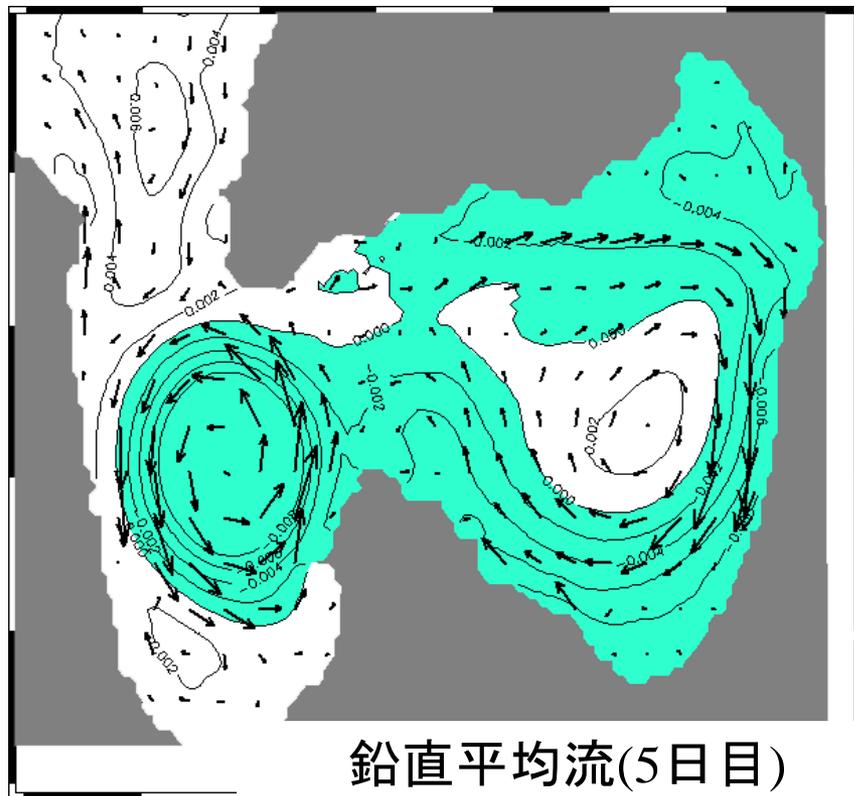


表層流と塩分分布(5日後)

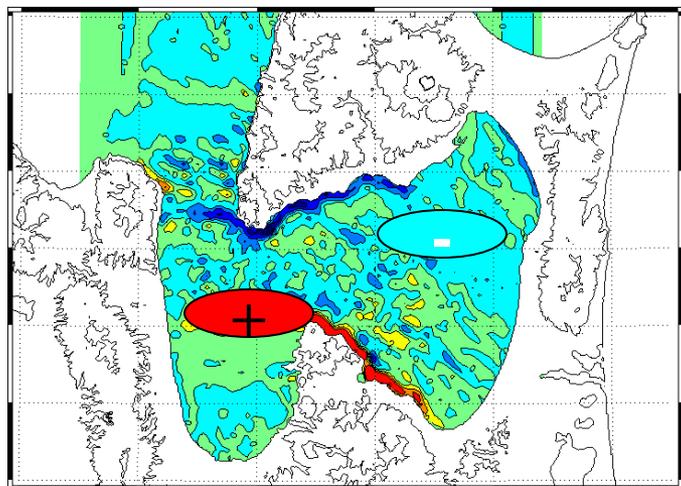


聞き取り調査結果

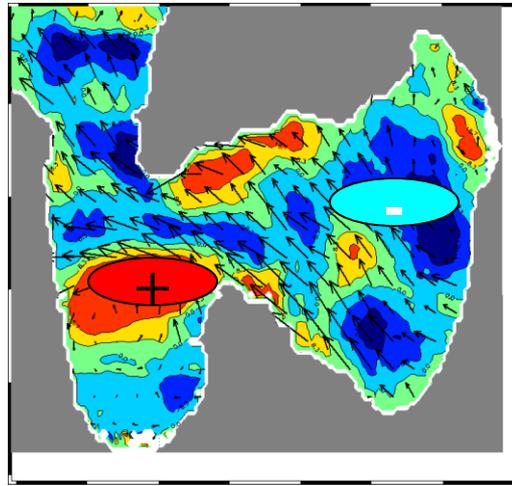
# 海上風ストレス(強制力)と大気から海洋への渦度入力



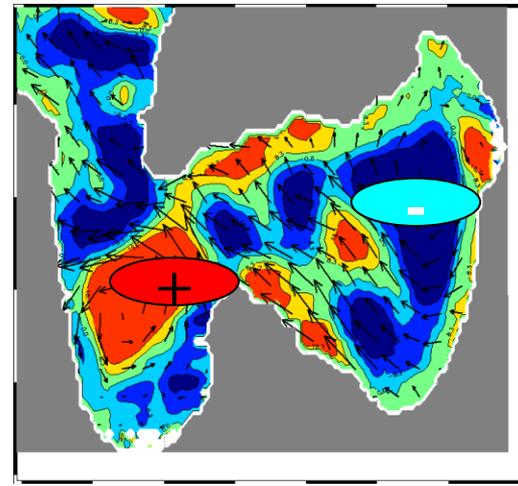
鉛直平均流(5日目)



風の中の渦度



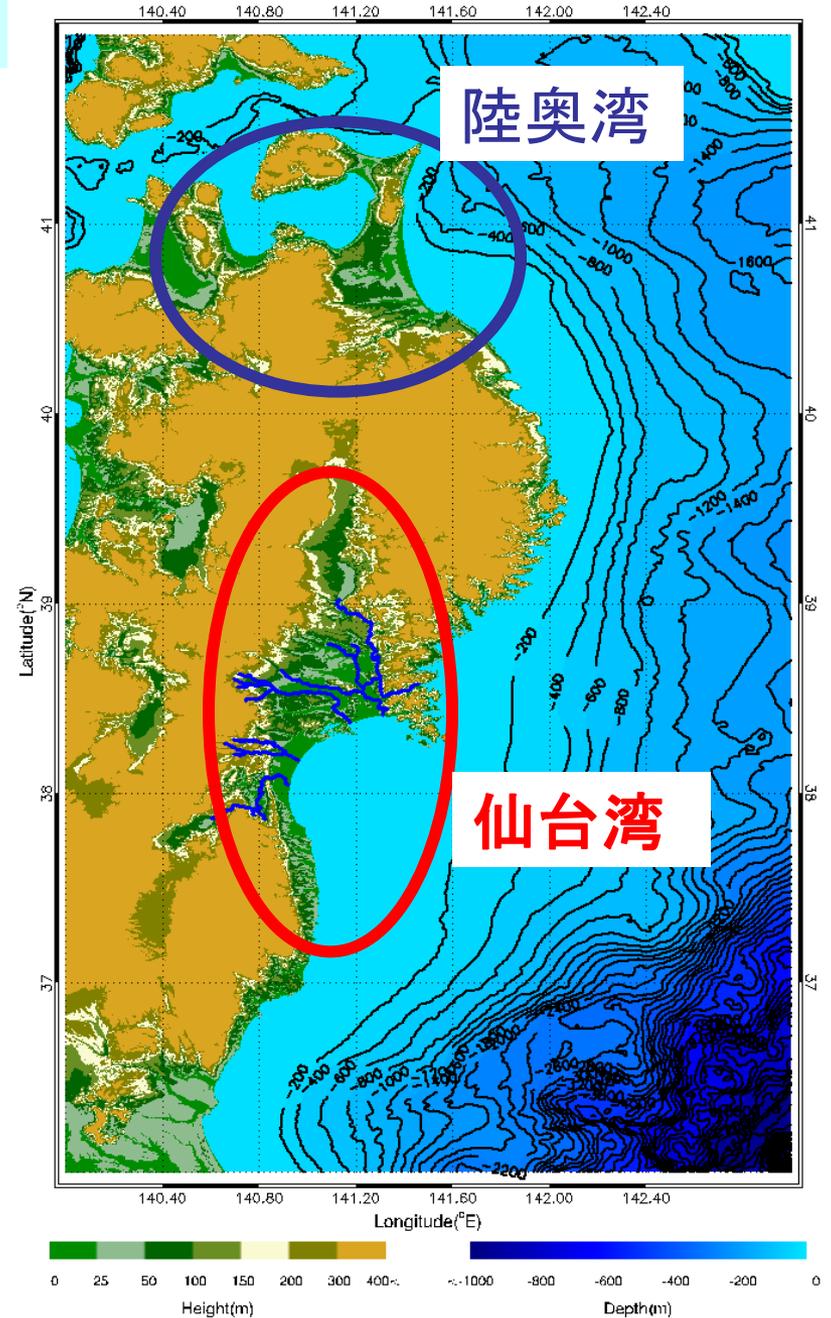
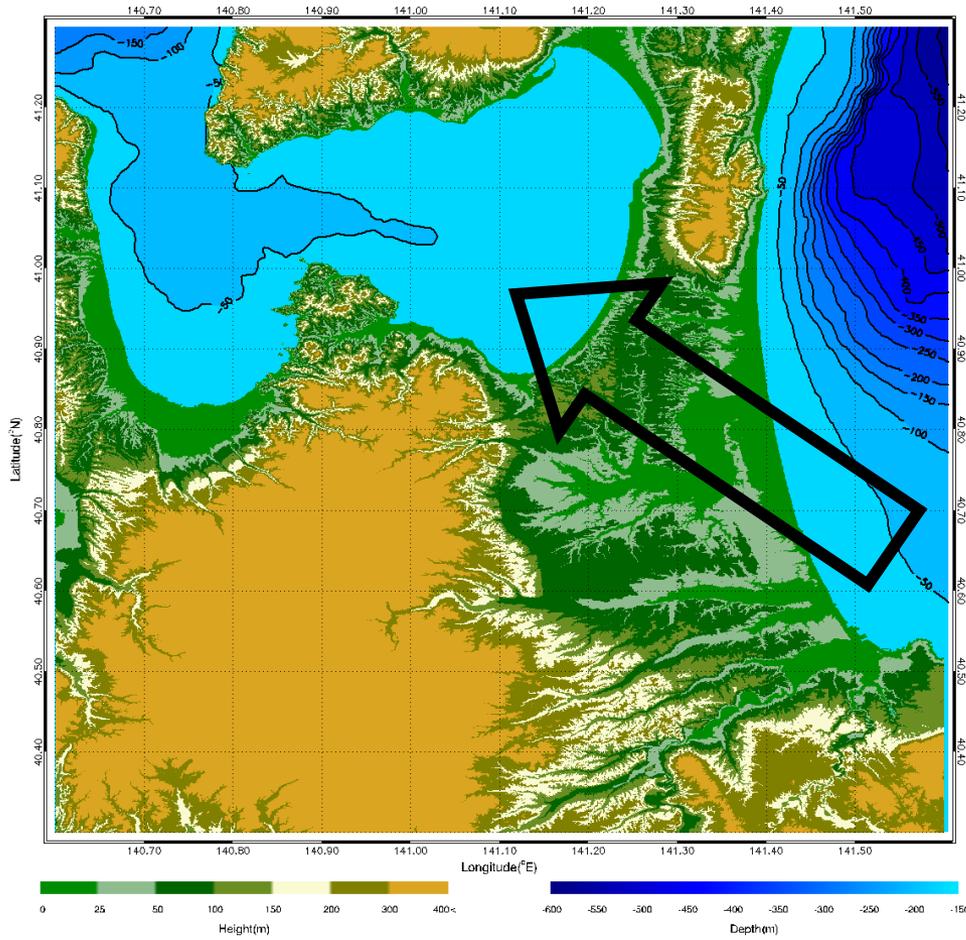
表層流速場の渦度1.5日目



3.0日目

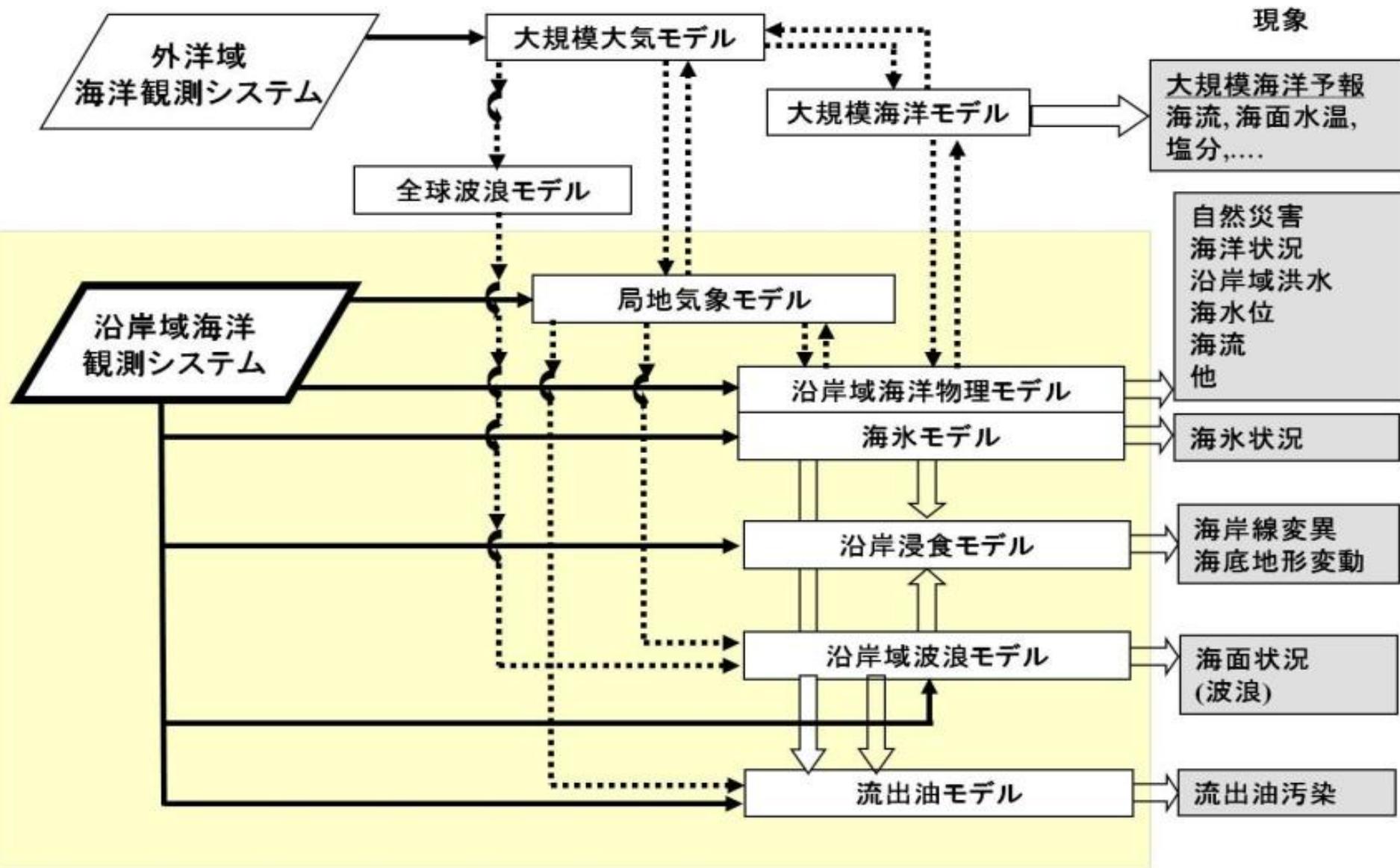
# ヤマセと陸奥湾周辺地形

## ヤマセ風



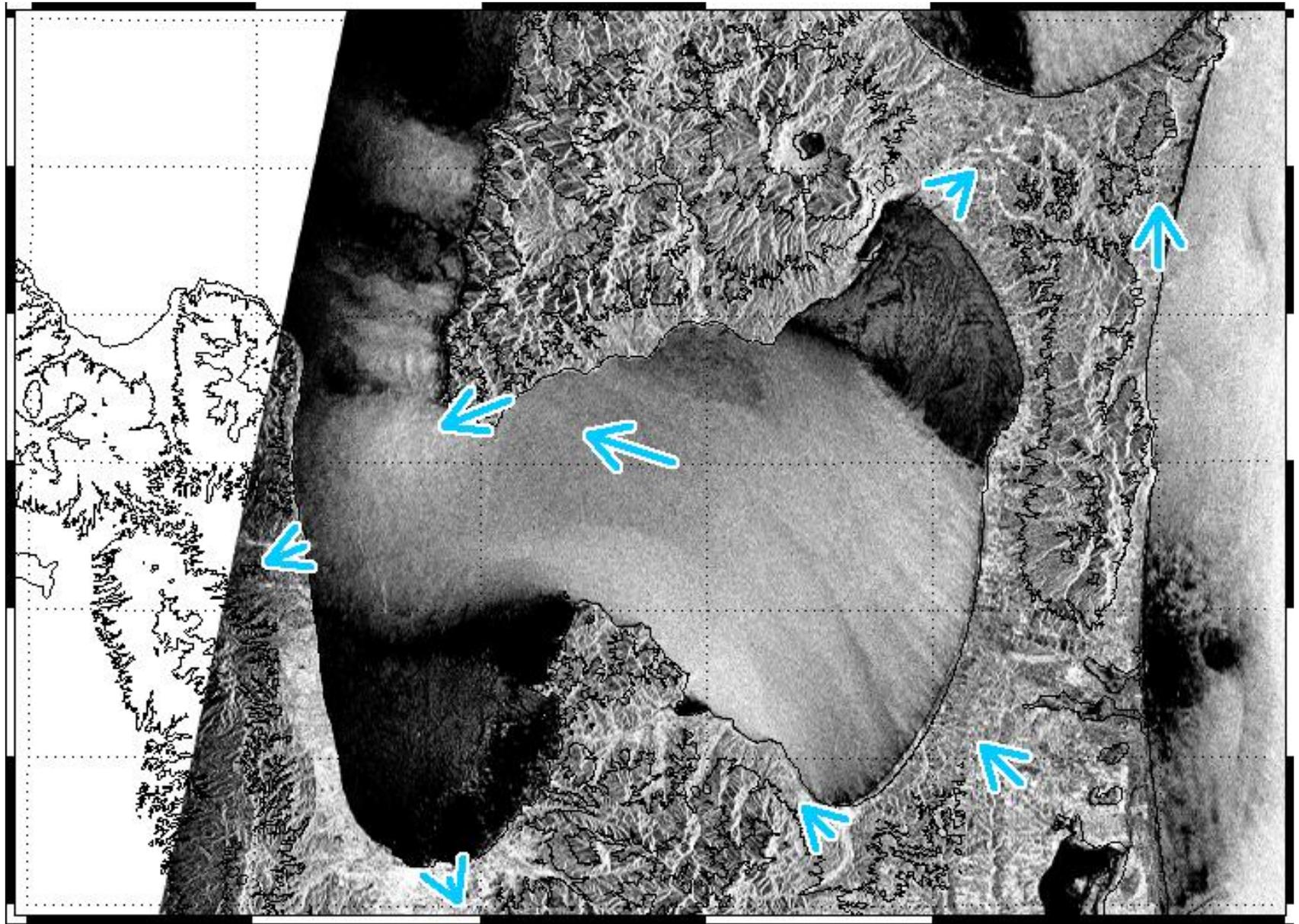
東北地方沿岸域の  
大気・海洋・陸相互作用

# 沿岸域観測システムと数値モデル



——→ 初期条件  
.....→ 境界条件

⇨ モデル出力



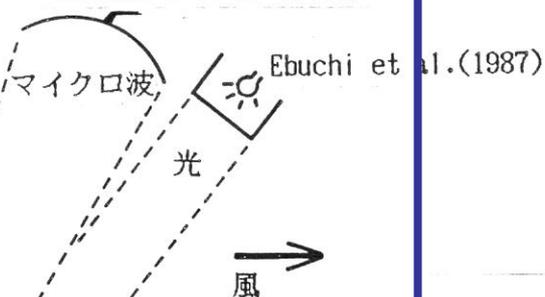
**海面と陸面の粗度とは何か？**

# 東北大学における風波の高周波成分に関する研究 Study on high-frequency components of wind waves in the Tohoku University

## Study on microwave backscattering

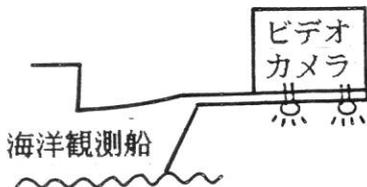
マイクロ波後方散乱の実験

Kawamura (1988)  
Kawamura et al. (1988)



海面形状の洋上観測

川村・江淵 (1988)



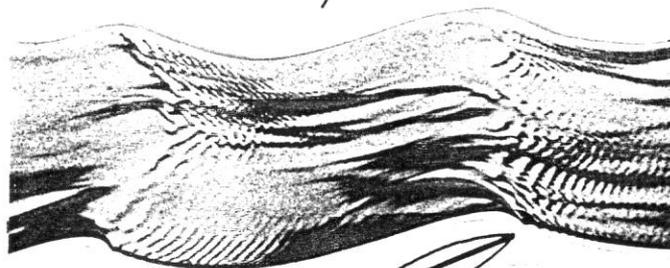
風波の砕波調節

Toba (1987)

風波の流体力学 (実験)

Toba et al. (1988b)  
Ebuchi et al. (1988)  
Yeshikawa et al. (1987)

風波

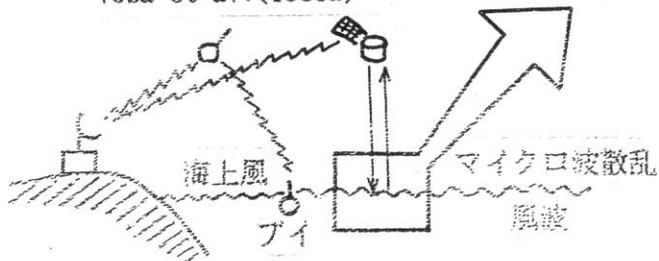


砕波

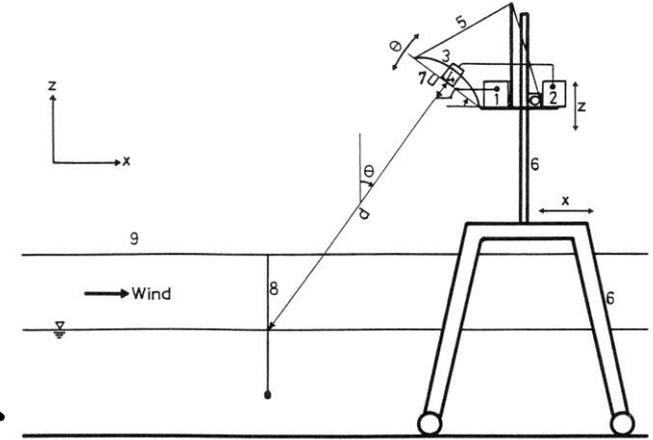
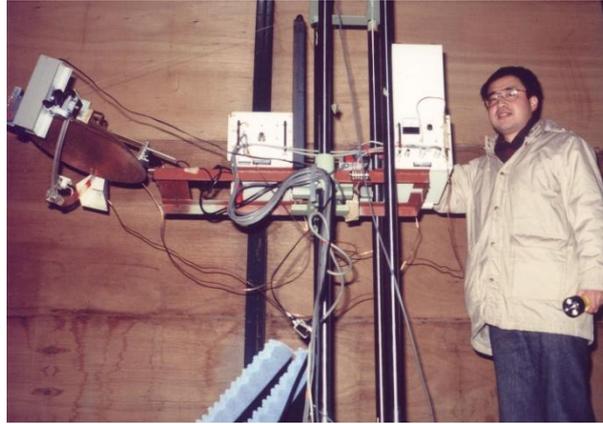
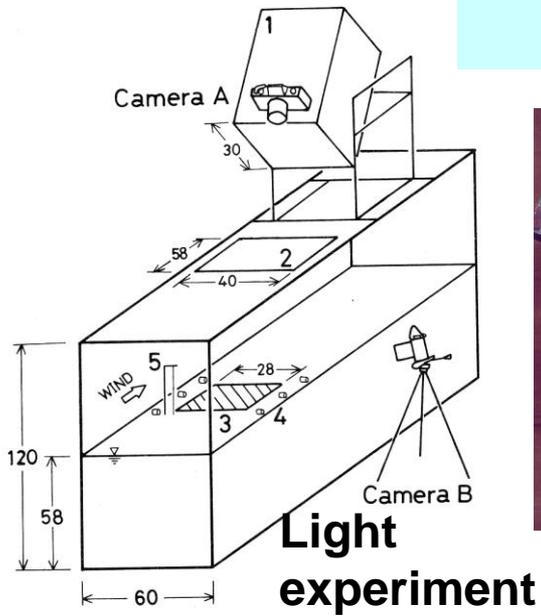
水中バースト

海上風シートルース

Toba et al. (1988a)



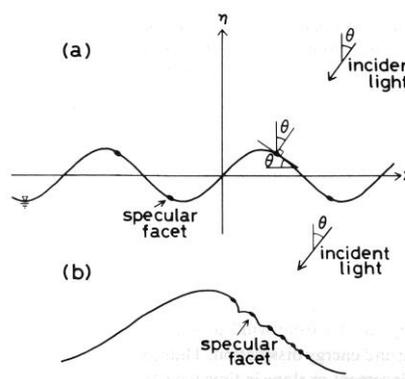
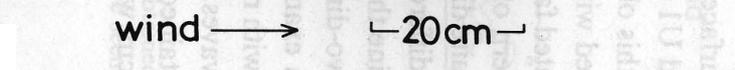
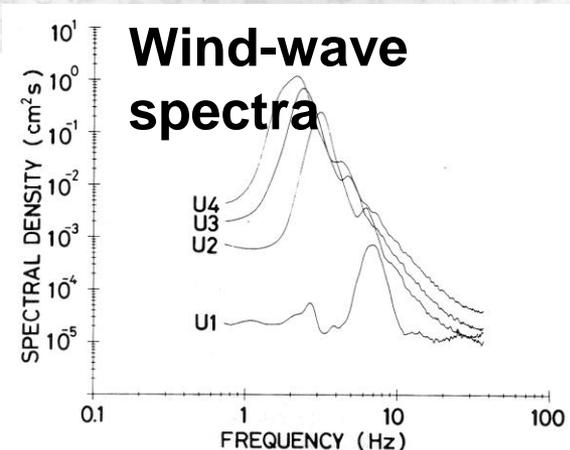
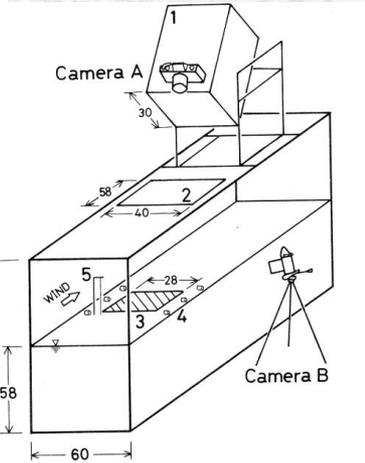
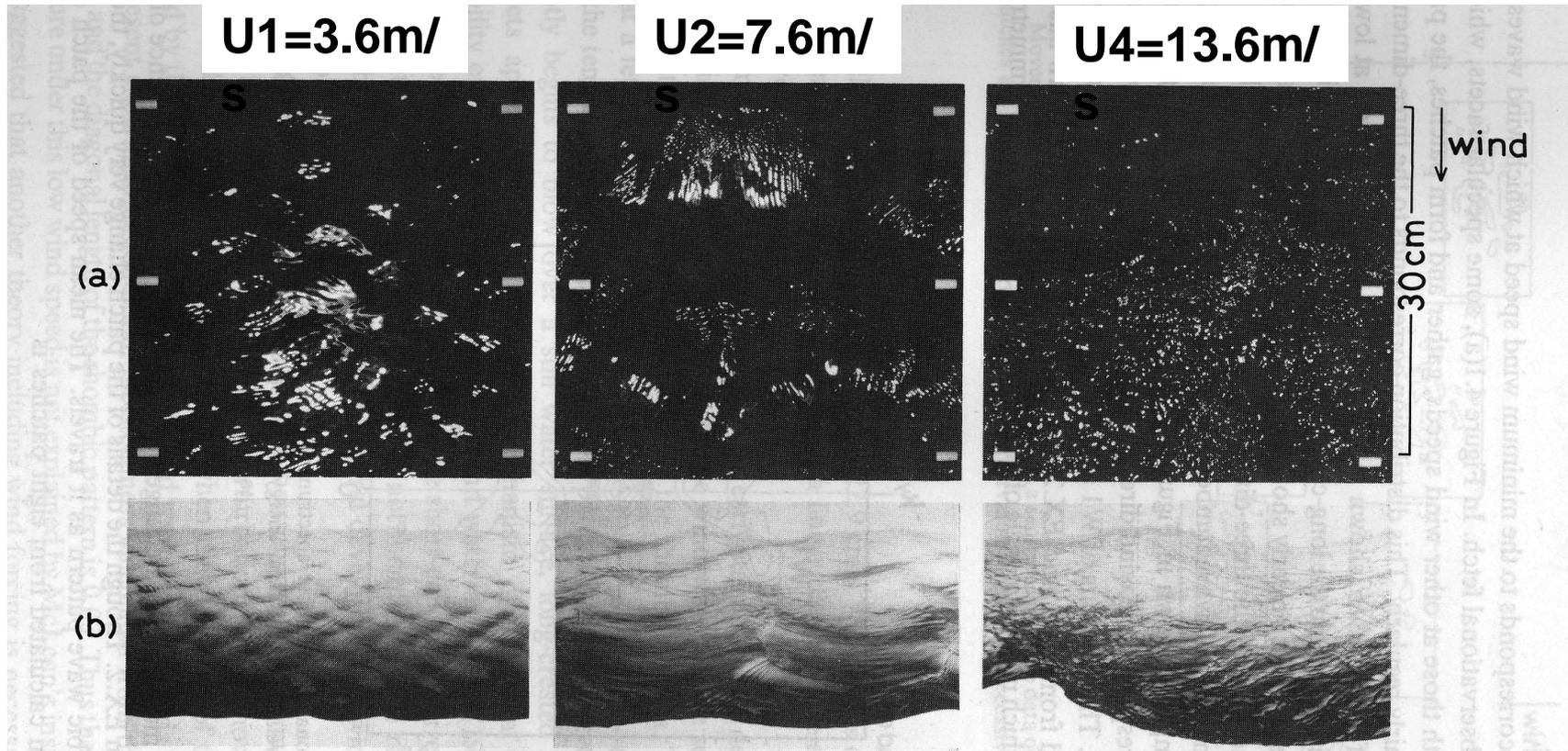
# 実験水槽における風波リモートセンシング Wind-wave remote sensing in the laboratory tank



Wind-wave tunnel



# 可視光実験 Visible remote sensing of the laboratory wind waves



**Schematics of light backscattering**