

数値モデルと短波海洋レーダーを併用した 五島西岸における潮目検出の試み

- 前田一行（九州大学大学院 総合理工学府）
- 磯辺篤彦（愛媛大学 沿岸センター）
- 日向博文（国土技術政策総合研究所）

➤ 研究背景・目的



五島列島・奈留島
(2007.11.3)

東シナ海沿岸には多種多様なゴミが大量に漂着しており、各地方自治体や地域住民の方々はその対応に苦慮している。



“市民と研究者が協働する東シナ海沿岸における海岸漂着ゴミ予報実験”※

漂流ゴミの効率的な洋上回収事業の可能性を検討

漂流ゴミは潮目に集まる

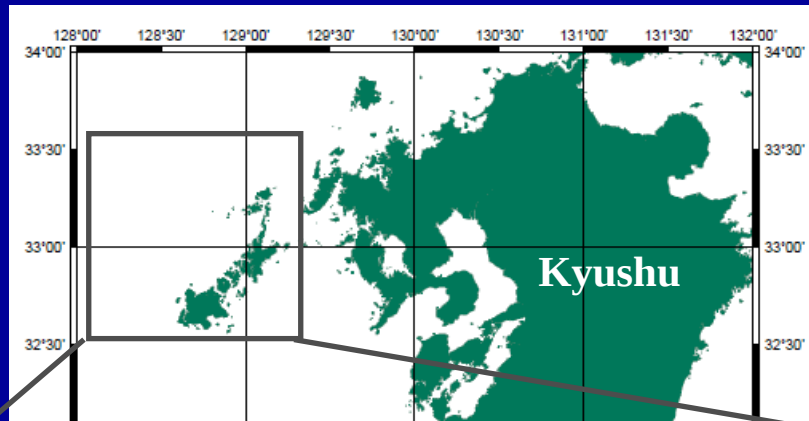


短波海洋レーダー（以下、HF radar）と数値モデルを併用した潮目検出の有効性を確認する。

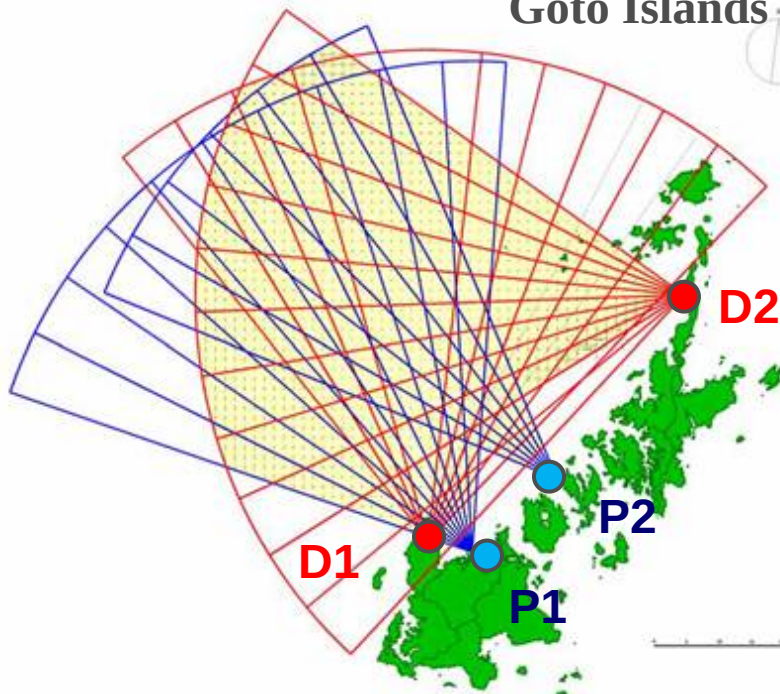


(c)小松島港湾・空港整備事務所

➤ HF radar 観測概要



Goto Islands



● DBF radar



D1: 高崎局



D2: 津和崎局
(radar 設置前)

● PHA radar



P1: 八朔局



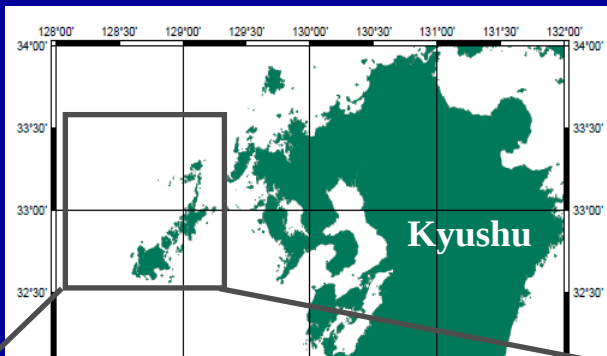
P2: 奈留局



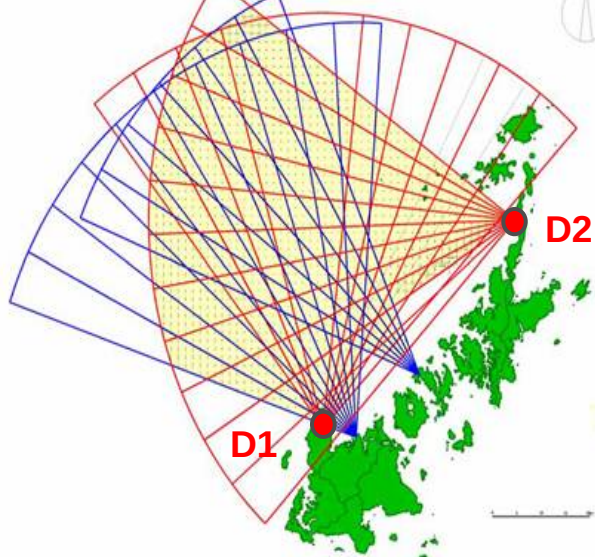
➤ HF radar 観測概要

● DBF radar

D1:高崎局 D2:津和崎局



Goto Islands



【観測仕様】

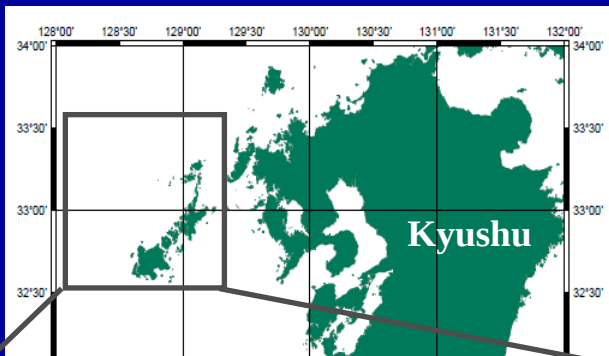
- 1) 観測範囲 : 各レーダ局から陸地を除く±60度以上の方向で観測ができ、
観測正面から±45度以上の範囲については1.5km～50km以上
(アンテナの前面陸地長 70m以内の場合)
- 2) 方位分解能 : 各レーダ局で7.5度
- 3) 距離分解能 : 掃引周波数幅 100kHz を用いて 1.5km
- 4) 流速範囲 : 約 3m/s 以下
- 5) 流速分解能 : 約 5cm/s
- 6) 観測時間間隔 : 1シーンの観測について通常1時間毎
最短 30分まで設定可能
- 7) 空中線設置面積 : 受信空中線は 55m×7m 以内 (8本標準配列)
送信空中線は 7m×9m 以内

番号	項目	仕様
1	レーダ方式	FMICW (受信 DBF 方式)
2	レーダ周波数	24.515MHz±50kHz
3	掃引周波数帯幅	100kHz
4	占有周波数帯幅	110kHz
5	電波型式	Q0N
6	送信出力	200W _{PEP}
7	パルス繰り返し周波数	1,024Hz
8	送信パルス幅	488 μs
9	周波数掃引時間	0.5sec
10	周波数掃引速度	200kHz/s
11	A/D サンプル周波数	1,024Hz
12	1 掃引中 A/D サンプル数	512
13	距離方向 FFT 処理点数	512 点 (固定)

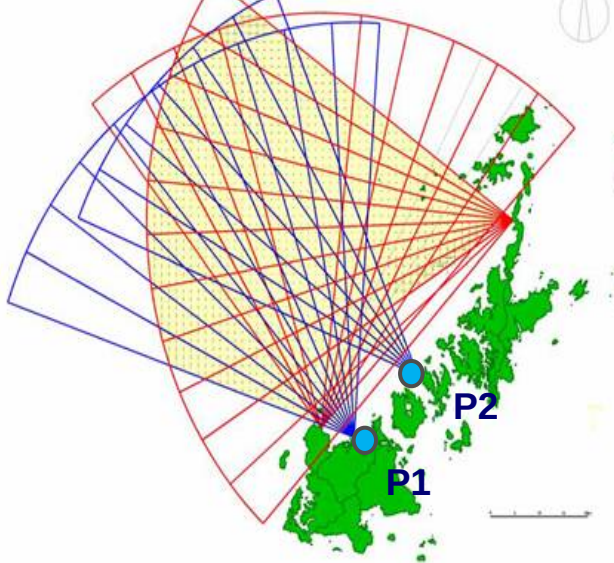
➤ HF radar 観測概要

● PHA radar

P1:八朔局 P2:奈留局



Goto Islands

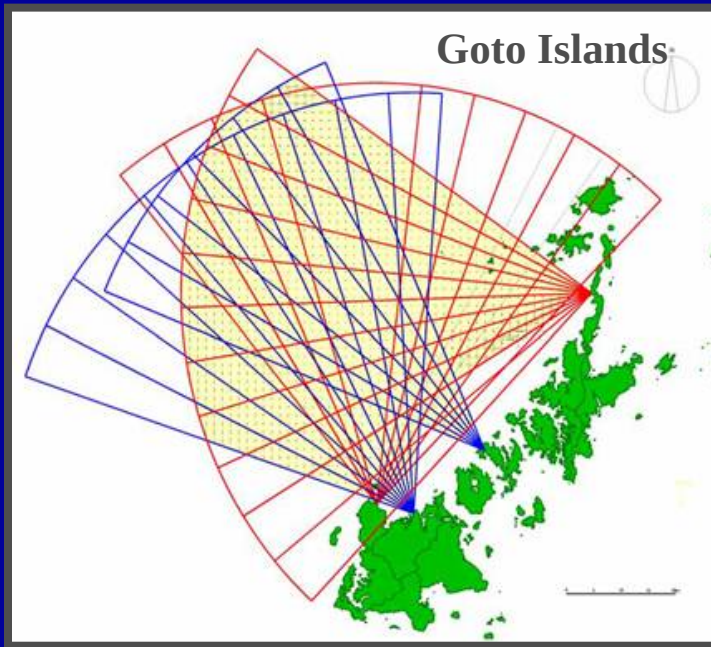


【観測仕様】

- 1) 観測範囲 : 各レーダ局から陸地を除く ± 60 度以上の方向で観測ができ、観測正面から ± 45 度以上の範囲については1.5km $\sim$ 50km以上(アンテナの前面陸地長70m以内の場合)
- 2) 方位分解能 : 各レーダ局で7.5度
- 3) 距離分解能 : 掃引周波数幅100kHzを用いて1.5km
- 4) 流速範囲 : 約3m/s以下
- 5) 流速分解能 : 約5cm/s
- 6) 観測時間間隔 : 1シーンの観測について通常1時間毎
- 7) 空中線設置面積 : 送受信空中線は56m $\times$ 7m以内(8本標準配列)

番号	項目	仕様
1	レーダ方式	FMICW (送受切り替え方式)
2	レーダ周波数	24.515MHz $\pm$ 50kHz
3	掃引周波数帯幅	100kHz
4	占有周波数帯幅	110kHz
5	電波型式	Q0N
6	送信出力	100W
7	パルス繰り返し周波数	1,024Hz
8	送信パルス幅	468 μ s
9	周波数掃引時間	0.5sec
10	周波数掃引速度	200kHz/s
11	A/D サンプル周波数	1,024Hz
12	1 掃引中 A/D サンプル数	512
13	距離方向 FFT 処理点数	512 点 (固定)

➤ 潮目の位置検出方法



HF radar 観測範囲

レーダービームが2本以上交差している部分でのみ表層流速が測定できる



潮目の検出範囲は限定される



数値モデルで潮目の検出範囲を拡張する

《潮汐フロント》

$\text{LOG}(H/U^3)$ (H :水深[m], U :潮流振幅[m/s]) のある値のところに沿って存在 (Simpson and Hunter, 1974)

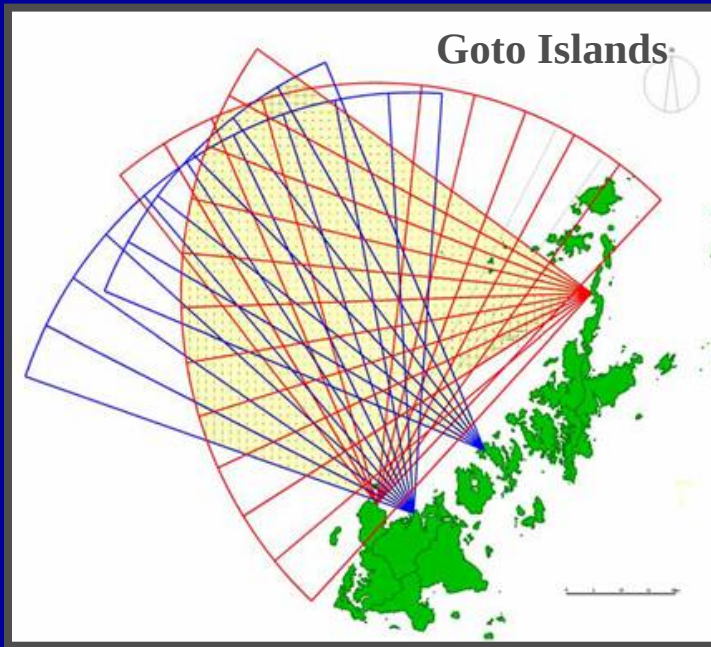
1. 数値モデルで $\text{LOG}(H/U^3)$ 分布図作成

HF radar の結果と比較し補正

2. 補正した
 $\text{LOG}(H/U^3)$ 分布図

3. STD観測、SST観測、空撮画像で潮汐フロントを表す値を求める

➤ HF radar データの解析手順



- 下記手順で M_2 分潮及び S_2 分潮の潮流楕円をそれぞれ求め、その長軸の長さをそれぞれ U_M , U_S とする。
- 大潮期に観測したので、潮流振幅 $U = U_M + U_S$ とする。

各HF radar

視線方向流速の計算

視線方向流速
の調和分解

調和定数を空間補間

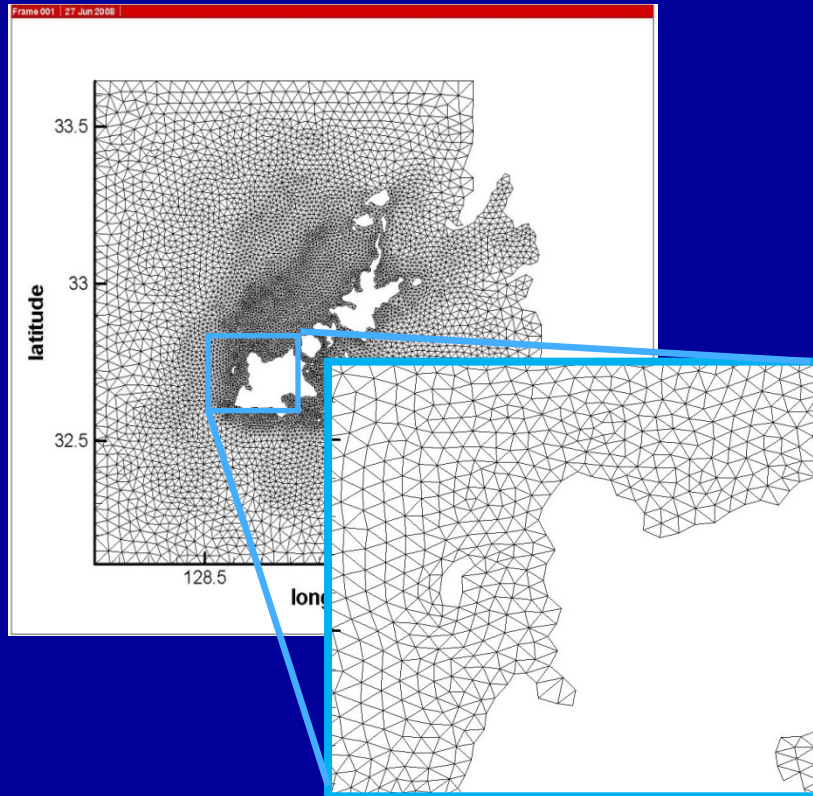
東西・南北流速成分
の調和定数の計算

潮流楕円

潮流振幅 U の計算

➤ 数値モデル概要

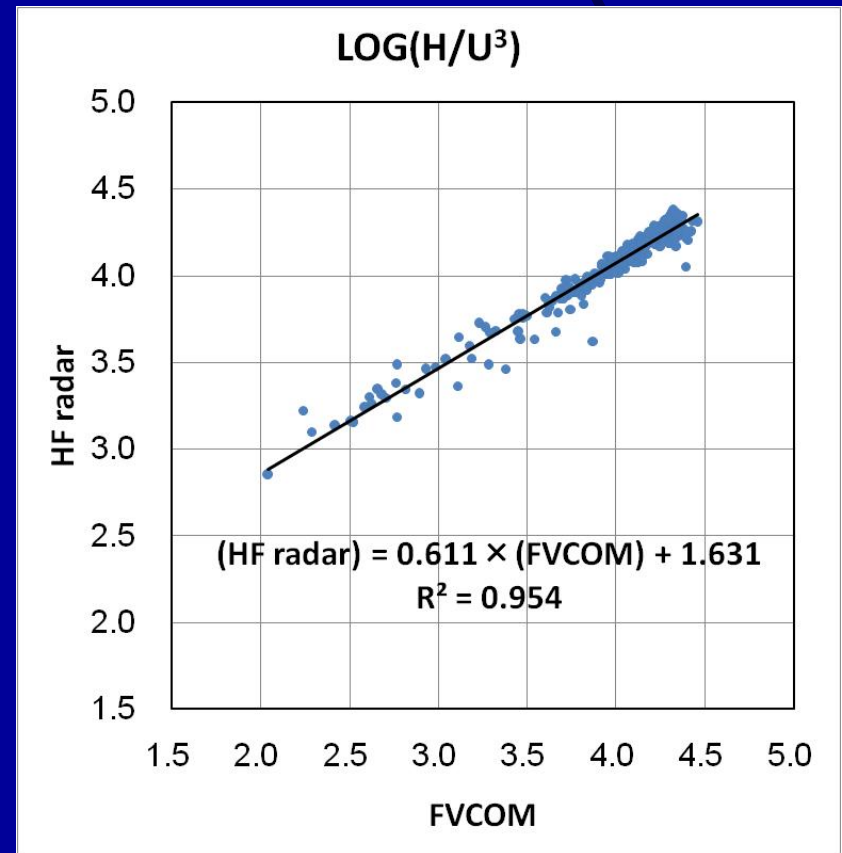
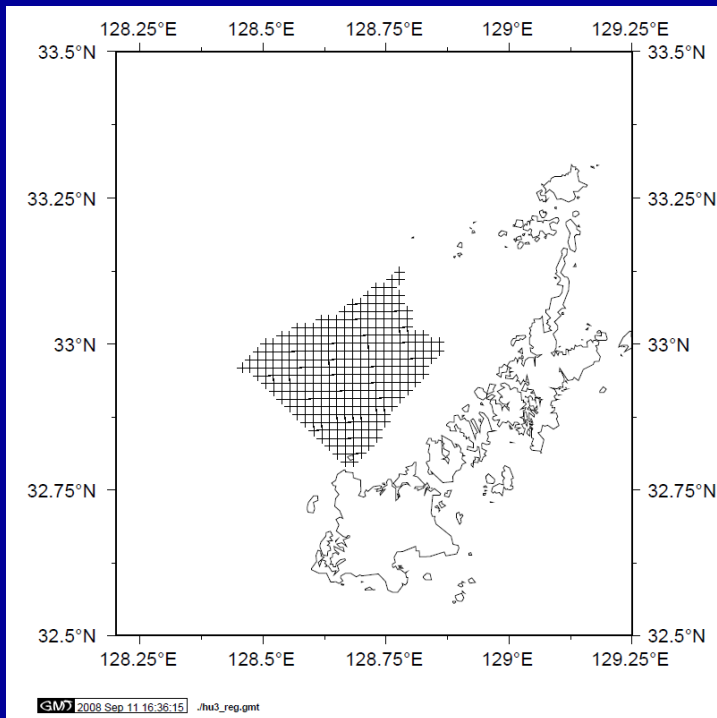
- FVCOM(Finite Volume Coastal Ocean Model)を使用



- σ 層: 10層
- 水深データ
 - J-EGG500(JODC) (解像度: 500m)
- 海岸線データ
 - 数値標高モデルデータ(国土地理院) (解像度: 50m)
- 開境界
 - Matsumoto et al. (2000, JO, 56, 567-581)の M_2 分潮及び S_2 分潮の調和定数を線形補間

- 計算時間: 20日間(1時間毎の流速場を出力)
- 計算領域: $32.1^\circ \text{ N} \sim 33.6^\circ \text{ N}$, $128.1^\circ \text{ E} \sim 129.7^\circ \text{ E}$
- 東西・南北流速成分を調和解析し、各ノードにおける M_2 分潮及び S_2 分潮の潮流楕円を求め、大潮期の潮流振幅 U を計算。

➤ $\text{LOG}(H/U^3)$ の相関関係



比較に使用した HF radar 観測点の条件

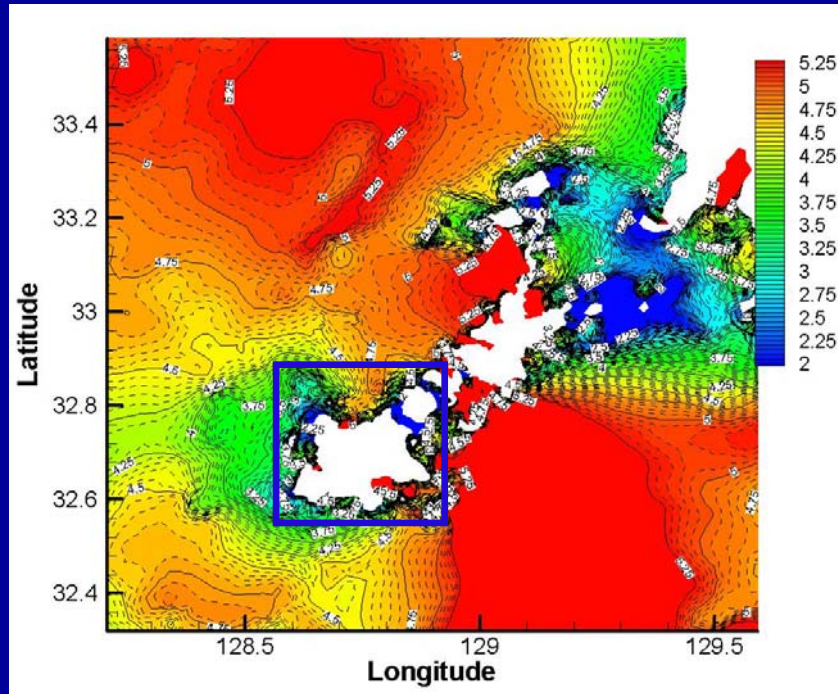
- ①ビーム交差角度が $20^\circ \sim 160^\circ$
(2局の HF radar で測定している海域)
- ②レーダー局からの距離が30km以内

Hinata et al (2005, BCO, Vol.43, No.1, 51-60)

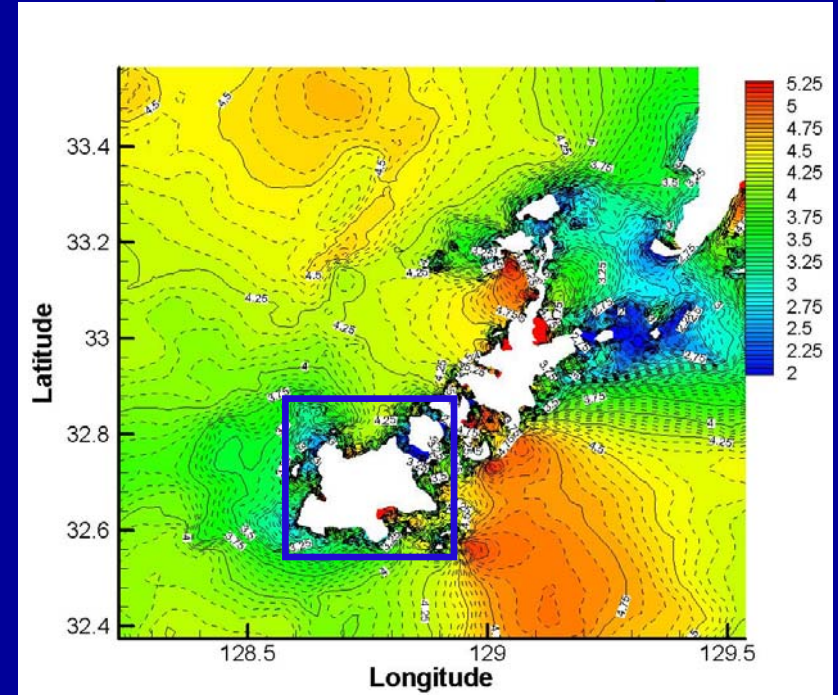
Number of Samples : 310
 $R=0.977$

➡ 非常によい相関関係
を示している

➤ $LOG(H/U^3)$ 分布

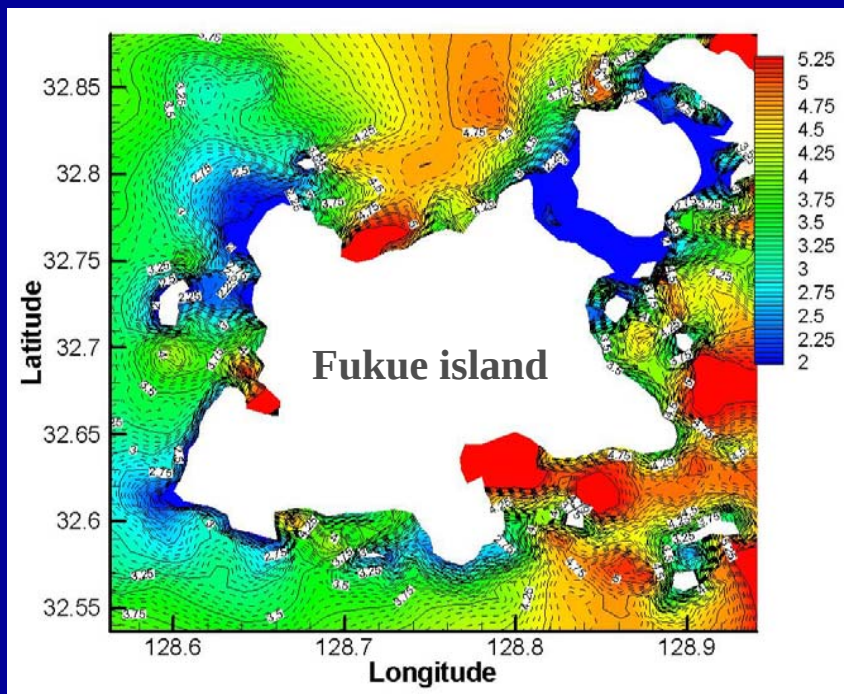


FVCOMで求めた $LOG(H/U^3)$ 分布

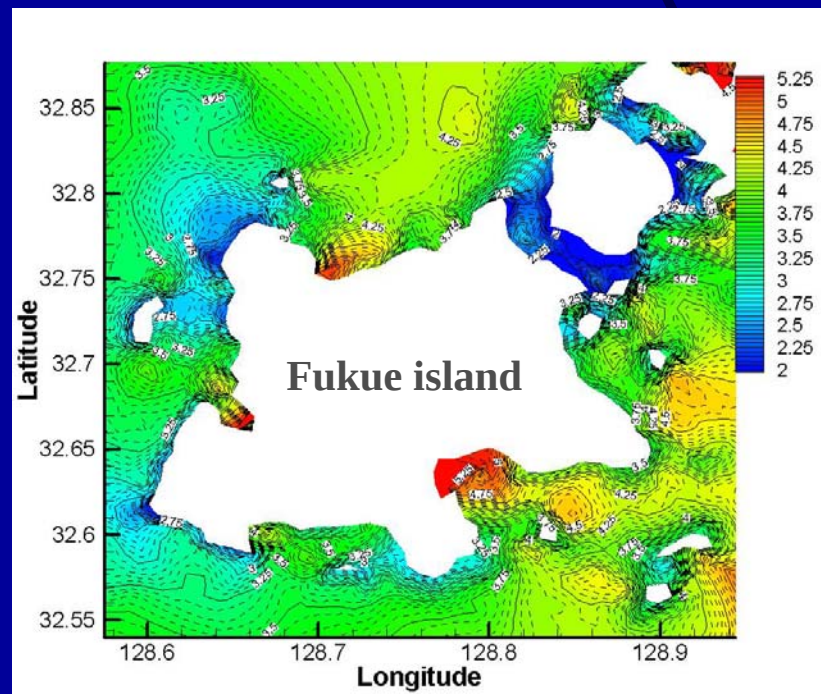


回帰直線で補正した $LOG(H/U^3)$ 分布

➤ $LOG(H/U^3)$ 分布



FVCOMで求めた $LOG(H/U^3)$ 分布



回帰直線で補正した $LOG(H/U^3)$ 分布

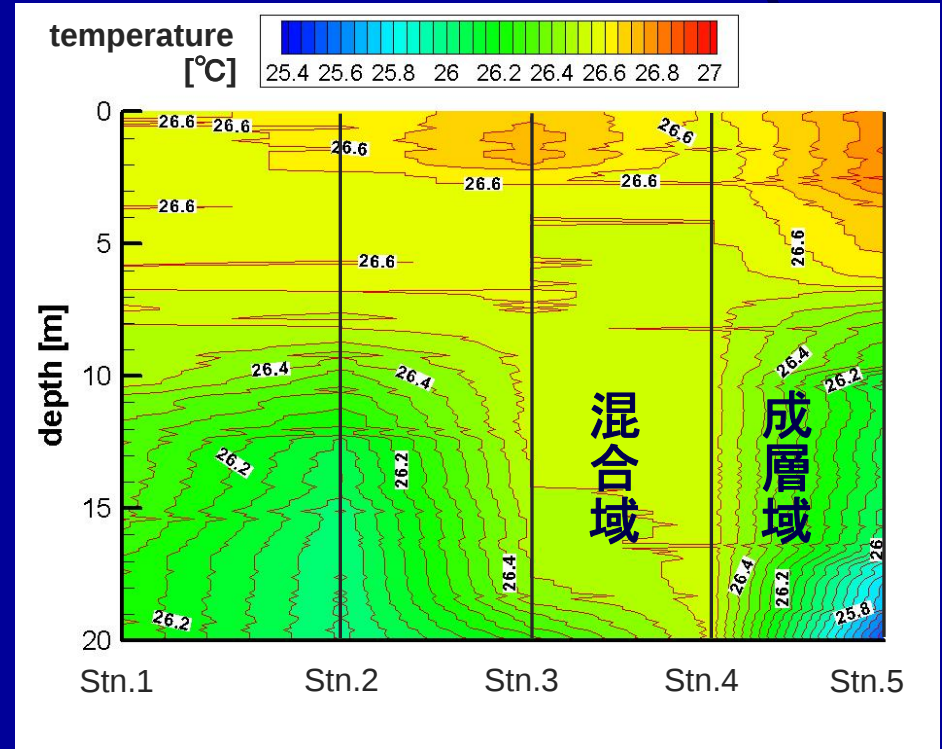
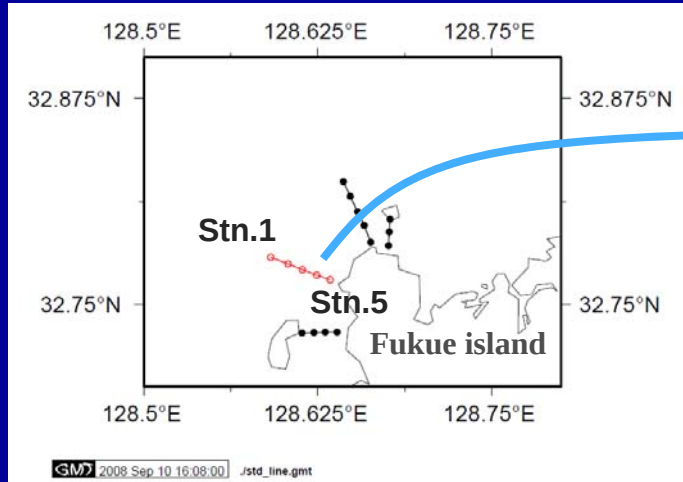
瀬戸内海では $LOG(H/U^3)=2.3$ (Sun and Isobe, 2008, JPO)
で潮汐フロントが見られる。

潮目が数多く見られる
福江島周辺で観測

五島周辺の潮汐フロントが
できる $LOG(H/U^3)$ の値を
求める

(1)STD観測 (2)SST観測 (3)空撮

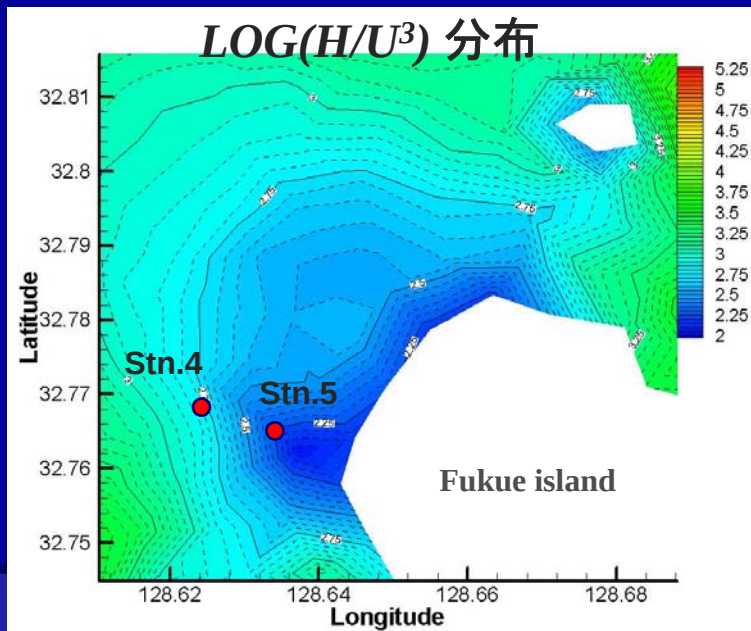
➤ 潮汐フロントの位置特定 (1) STD観測 (2008.8.31 : spring tide)



Stn.4 と Stn.5 の間に潮汐フロントがある

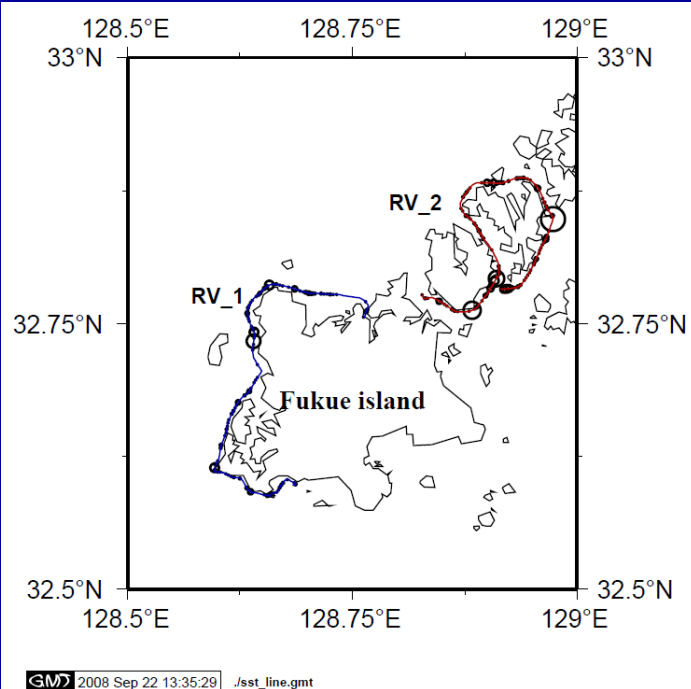
Stn.4 : 32.768° N , 128.624° E
Stn.5 : 32.765° N , 128.634° E

潮汐フロントは、 $2.25 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.80$ の範囲にあることがわかる。



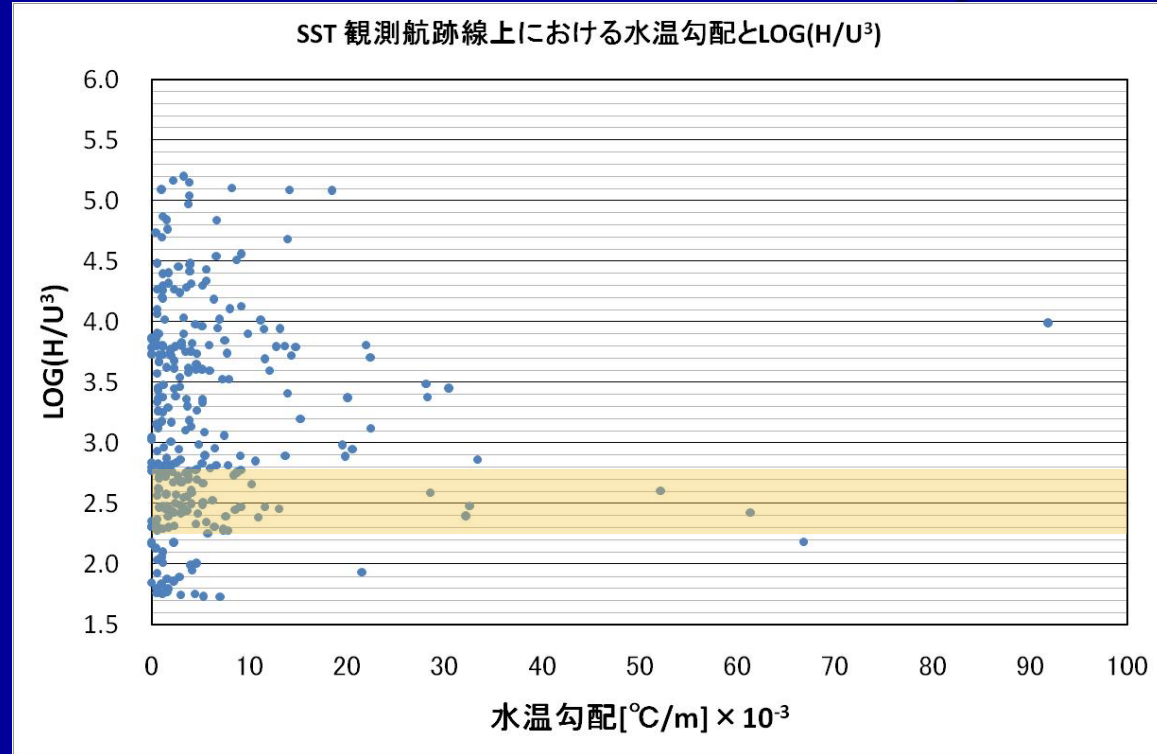
➤ 潮汐フロントの位置特定

(2) SST観測 (2008.8.30 : spring tide)



SST Observation line

- ・SST 観測の航跡線
- ・円の大きさと水温勾配の大小を表す。

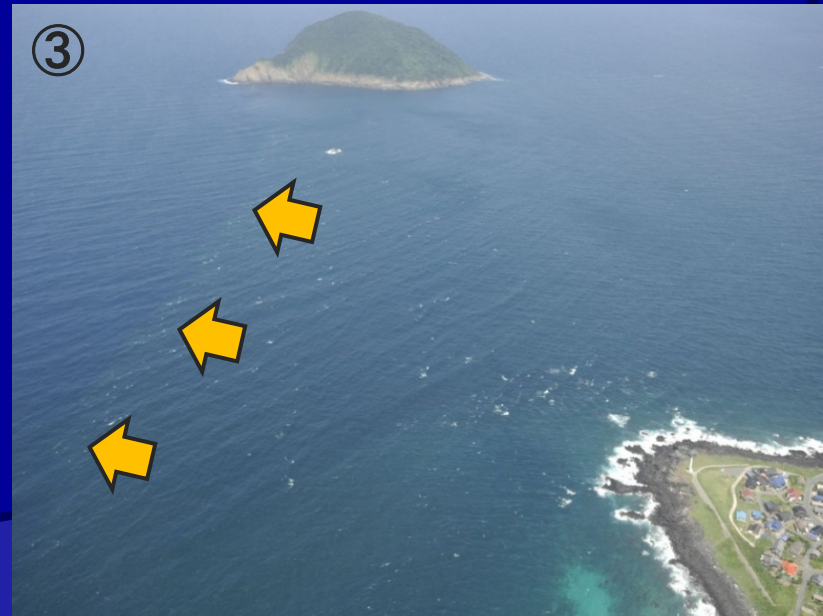
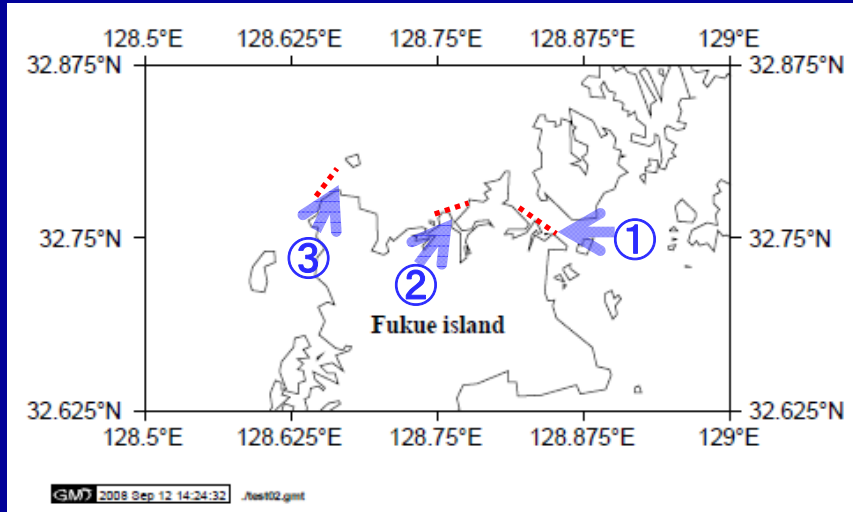


Number of Samples : 290

水温勾配が大きい部分の多くは、STD観測で潮汐フロントが確認できた $2.25 < LOG(H/U^3) < 2.80$ の範囲に収まっている。

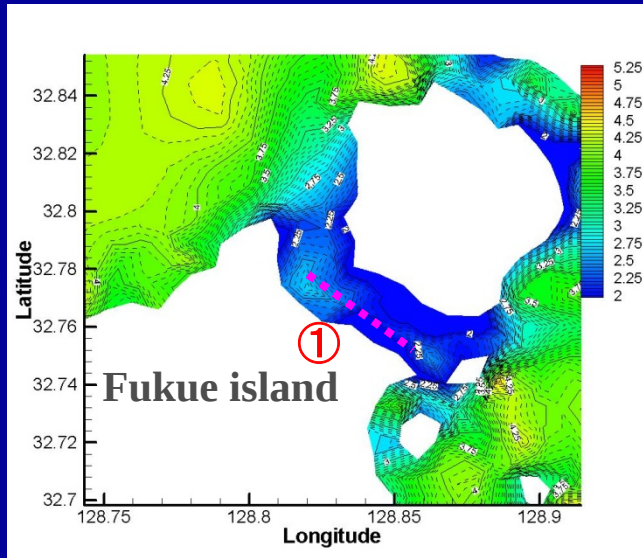
➤ 潮汐フロントの位置特定

(3) 空撮 (2008.8.31 : spring tide)



➤ 潮汐フロントの位置特定

(3) 空撮 (2008.8.31 : spring tide)



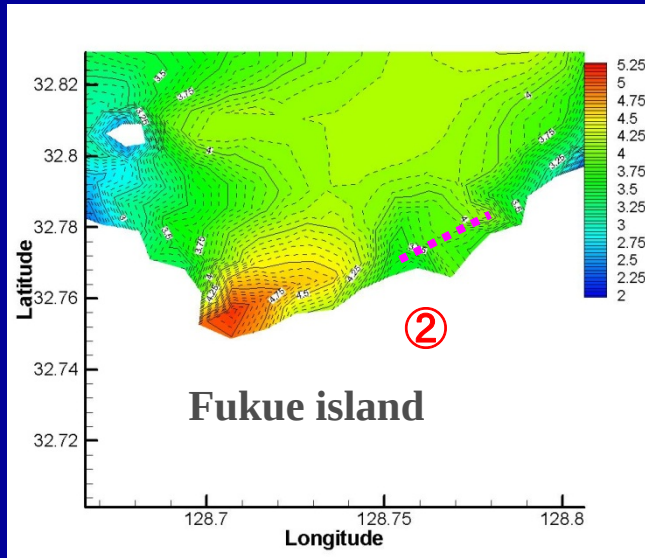
- ①の潮目は、 $2.0 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.5$ にかけて存在。
- 複雑に入り組んだ地形。



潮汐フロントではなく、強流と地形急変によって生じる筋目
だと考えられる。

➤ 潮汐フロントの位置特定

(3) 空撮 (2008.8.31 : spring tide)



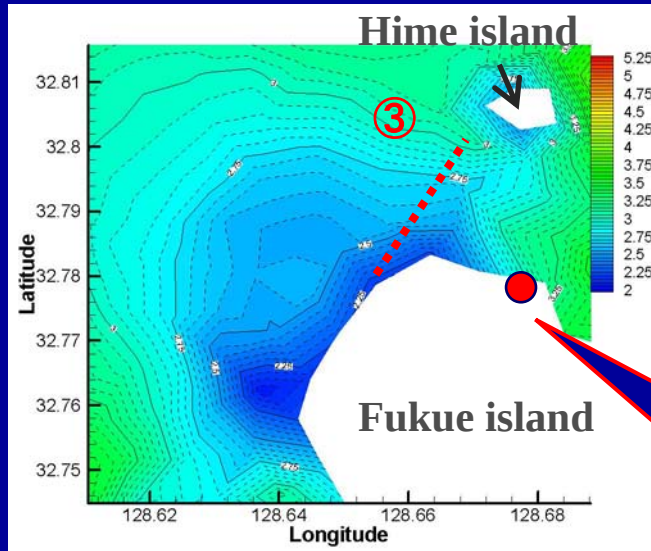
- ・②の潮目は、 $3.75 < \text{LOG}(H/U^3) < 4.00$ の辺り。
- ・STD観測で潮汐フロントが確認できた $2.25 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.80$ とは大きく異なる値の場所。



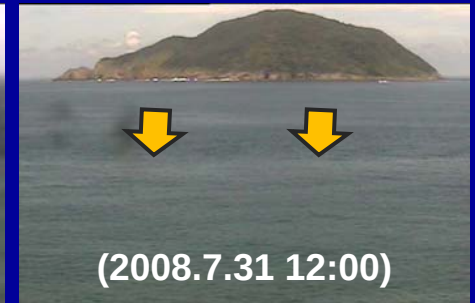
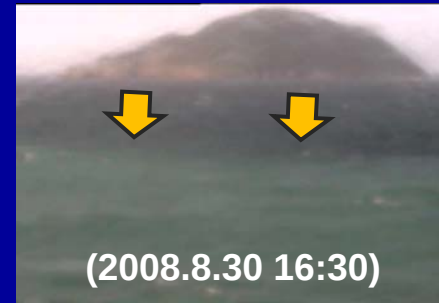
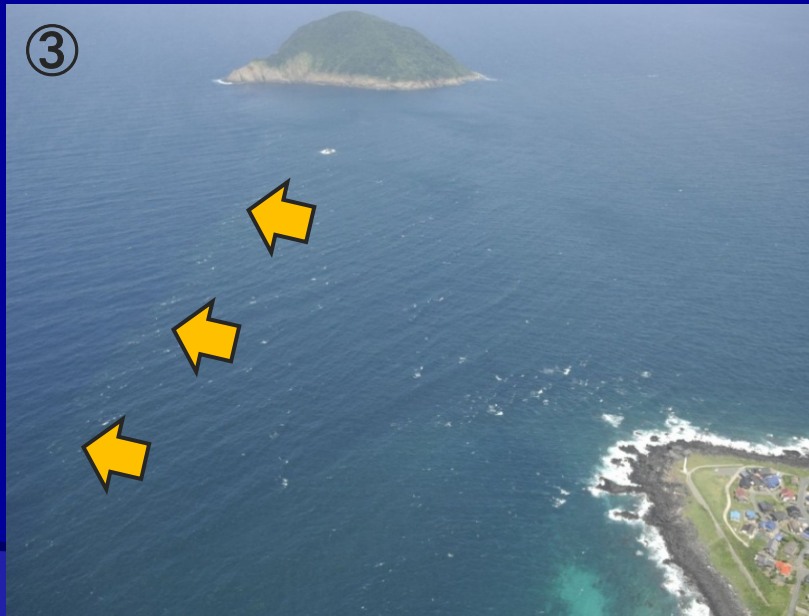
現在、考察中

➤ 潮汐フロントの位置特定

(3) 空撮 (2008.8.31 : spring tide)



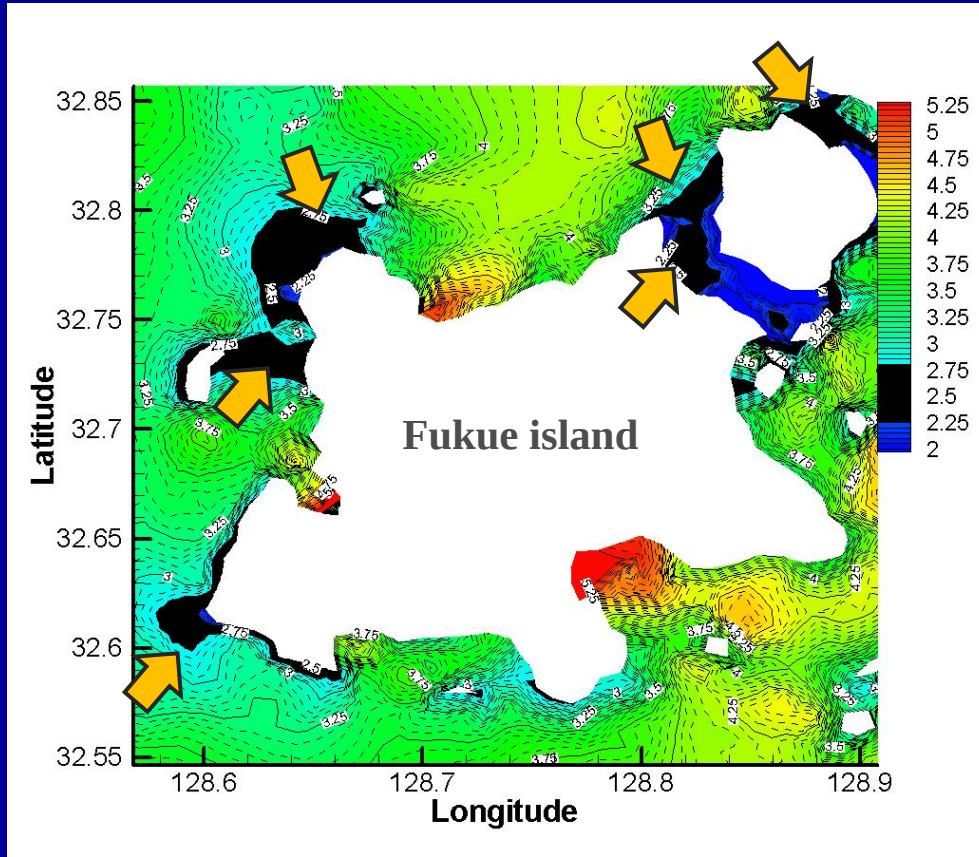
- ・③の潮目は、STD観測で潮汐フロントが見られた $2.25 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.80$ の付近にある。
- ・姫島と福江島の間には、大潮期に潮目が観察できる。



高崎局に設置されたウェブカメラの画像

$2.25 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.80$ の範囲に潮目があることを確認できた。

➤ 潮汐フロント（まとめ）



福江島周辺の潮汐フロントマップ

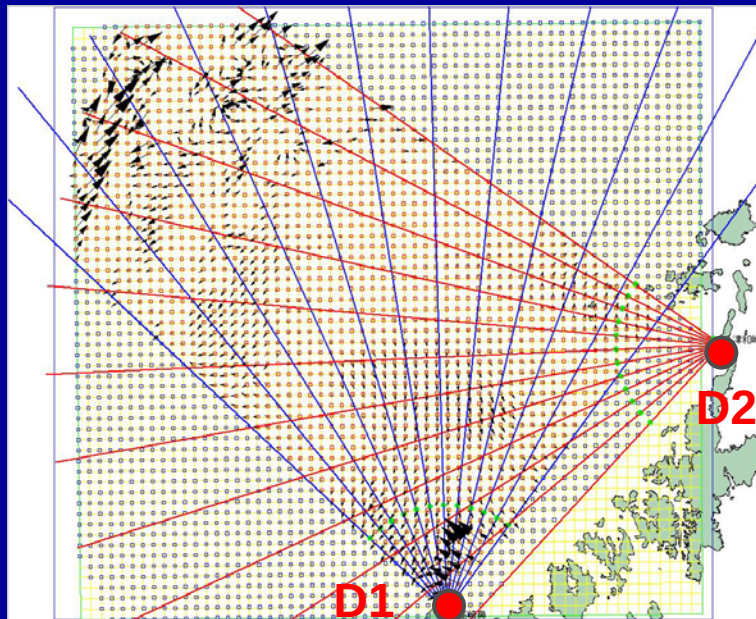
五島列島周辺の潮汐フロントは、 $2.25 < \text{LOG}(H/U^3) < 2.80$ の位置にでき、瀬戸内海で潮汐フロントが見られる $\text{LOG}(H/U^3) = 2.3$ (Sun and Isobe, 2008, JPO) の値に近い位置にできることがわかった。

冬季も含めた潮目検出を考えた場合、潮汐フロントだけでは不十分



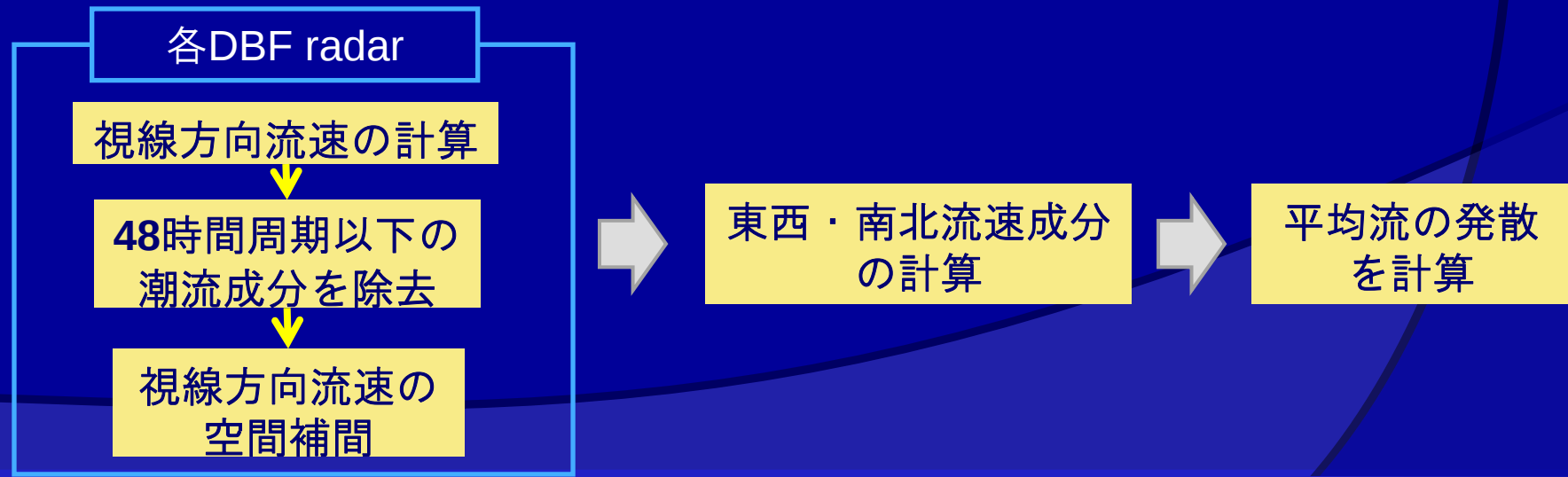
HF radar の観測値から潮流成分を除去した平均流の収束域を特定

➤ HF radar データの解析手順

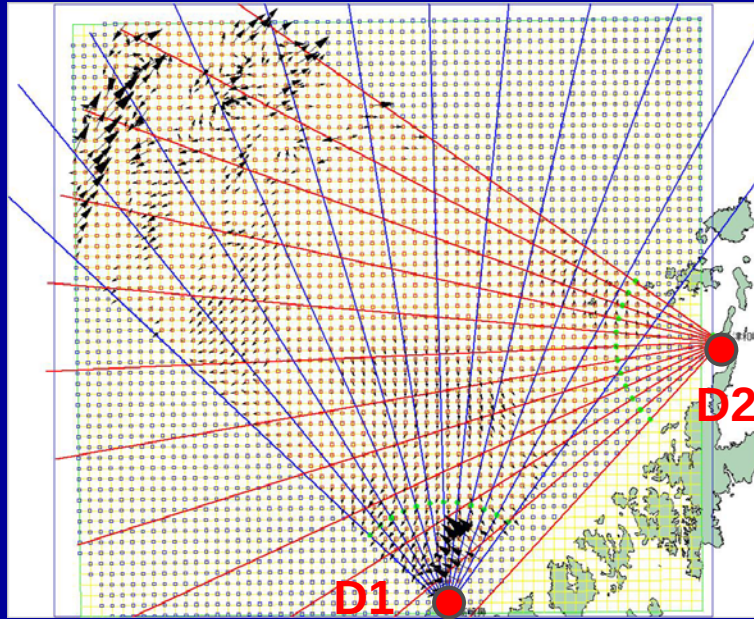


2008年6月30日23:00の流速場

- PHA radar の観測値にはバイアスが含まれているため、DBF radar 2局の結果を用いて平均流の発散を計算。
- 2008年 1/1 (00:00) ~ 6/30 (23:00) の1時間毎の視線方向流速結果を使用。

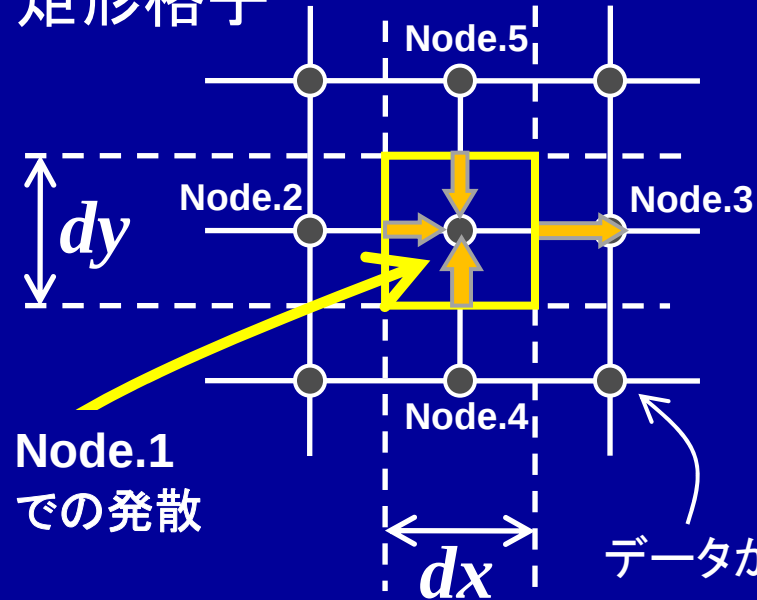


➤ 平均流の収束域検出方法



2008年6月30日23:00の流速場

矩形格子



Node.1
での発散

データがある格子点

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{u_2 - u_1}{dx} + \frac{v_2 - v_1}{dy}$$

u_1 : Node.1 と Node.2 の東西方向平均流速

u_2 : Node.1 と Node.3 の東西方向平均流速

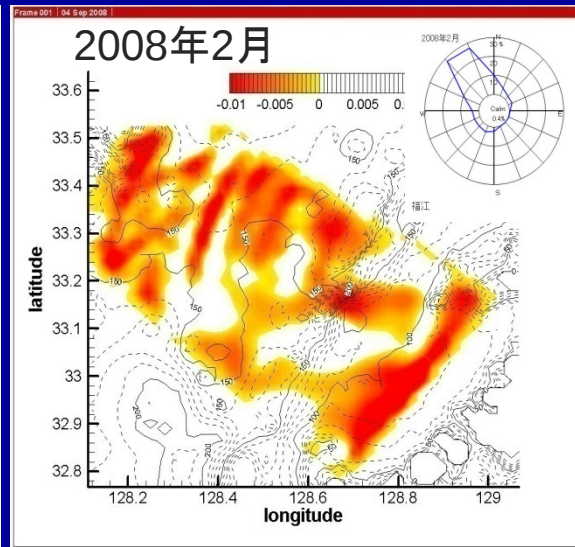
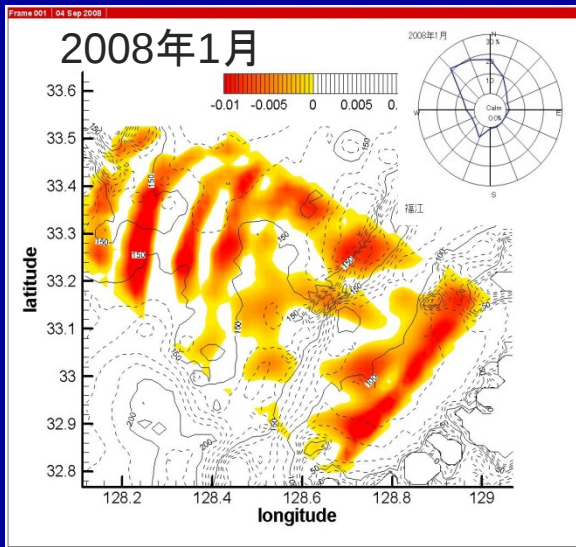
v_1 : Node.1 と Node.4 の南北方向平均流速

v_2 : Node.1 と Node.5 の南北方向平均流速

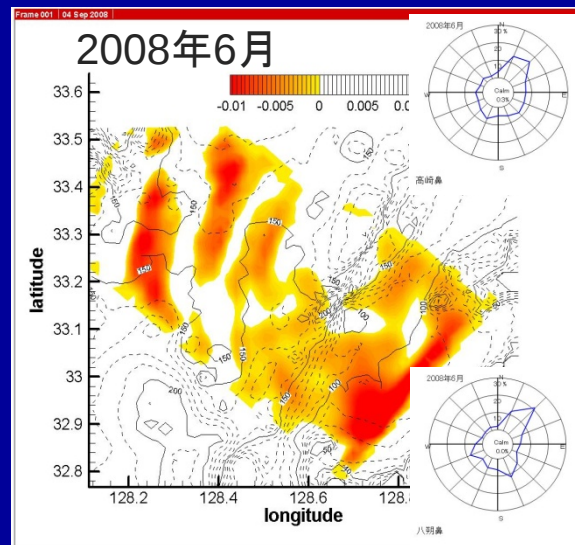
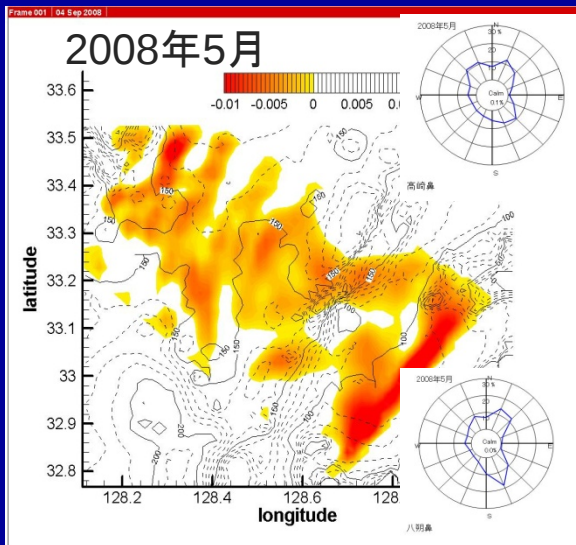
$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} < 0$$

を満たす範囲
が収束域

➤ 平均流の月平均の発散場



- 北西の季節風が吹く冬季に強い綫状の収束域が見られる。
- 冬季の方が強い収束域が見られる部分が多い。

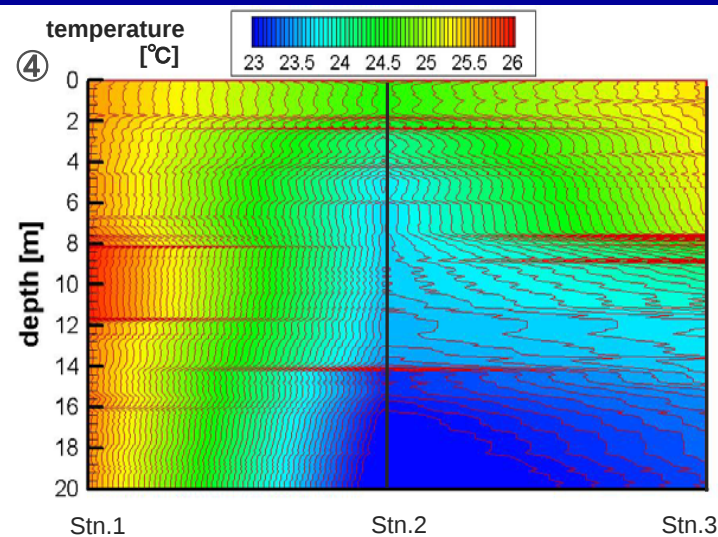
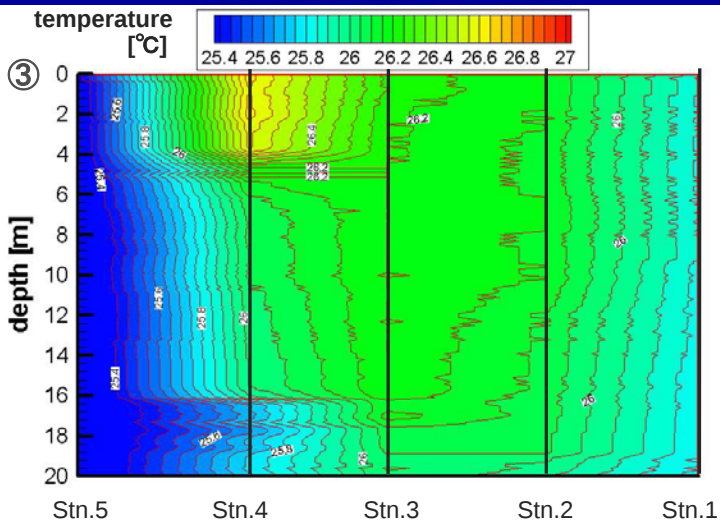
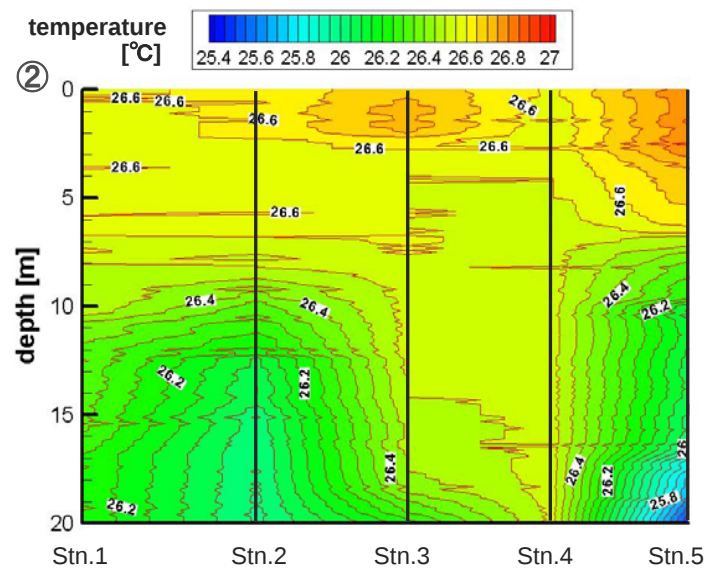
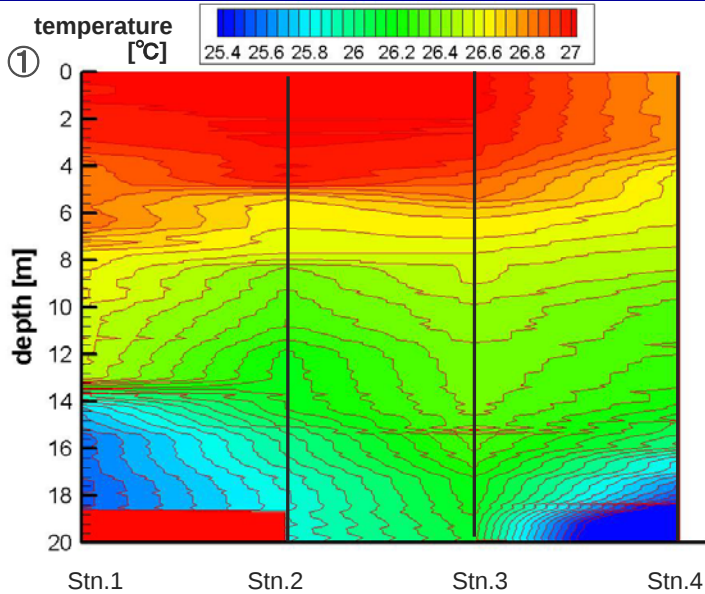
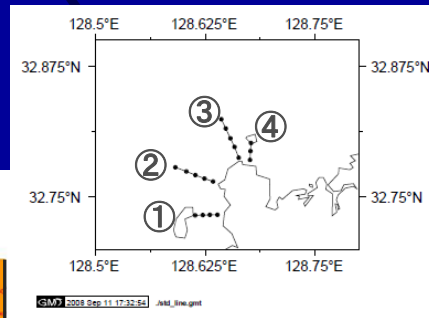


今後の予定

平均時間を変えて季節別(特に冬季)に平均流が収束しやすい海域があるかどうか調べる。

終

➤ STD 観測(Aug. 31 : spring tide)



※沖側が Stn.1

小潮期の水溫鉛直断面分布図から、潮汐フロントの場所は特定できなかった。