

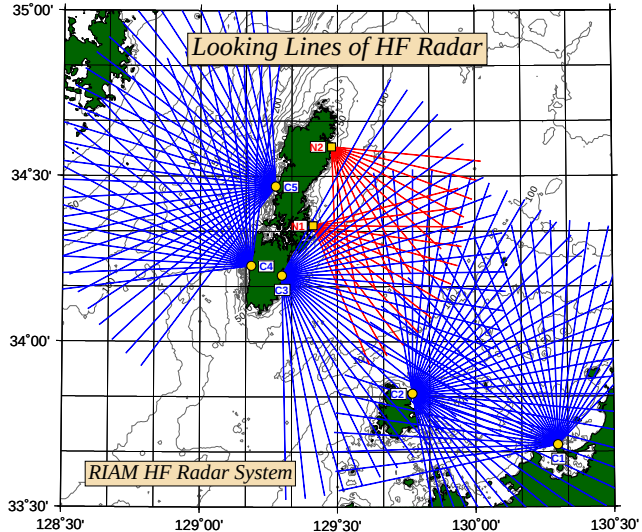
対馬海峡における内部地衡流（対馬暖流）変動の推定

吉川 裕

RIAM, Kyushu University

December 21, 2007

観測領域



Crossed Loop Antenna (CODAR)

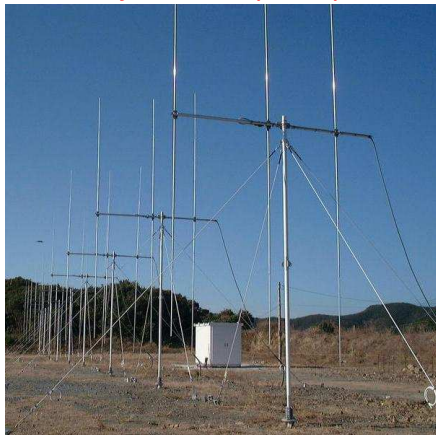


C5; OUMI Site (Tsushima Island)

CODAR (C1 ~ C5)

Center Frequency	13.9MHz
Range Coverage	75km
Range Resolution	3.0km
Bearing Coverage	360 deg
Bearing Resolution	5.0 deg
Sampling Time	4 min 16 s
Rad. Vel. Interval	1 hour
Measurement Depth	~ 172cm

DBF Array Antenna (NJRC)



N1; Akashima Site (Tsushima Island)

NJRC (N1,N2)

Center Frequency	24.5MHz
Range Coverage	50km
Range Resolution	1.5km
Bearing Coverage	90 deg
Bearing Resolution	7.5 deg
Sampling Time	30 min.
Rad. Vel. Interval	1 hour
Measurement Depth	~ 98cm

HF レーダー : C1 ~ C5, N1, N2

- 2002 年 2 月 ~ 2007 年 3 月
- 一時間平均視線流速 ⇨ 月平均視線流速
⇨ 月平均流速ベクトル
- 計測分散誤差 : $\leq 1.7 \text{ cm s}^{-1}$ (Yoshikawa et al. 2006)
- 空間格子幅 : $0.05 \times 0.05 \text{ deg}$

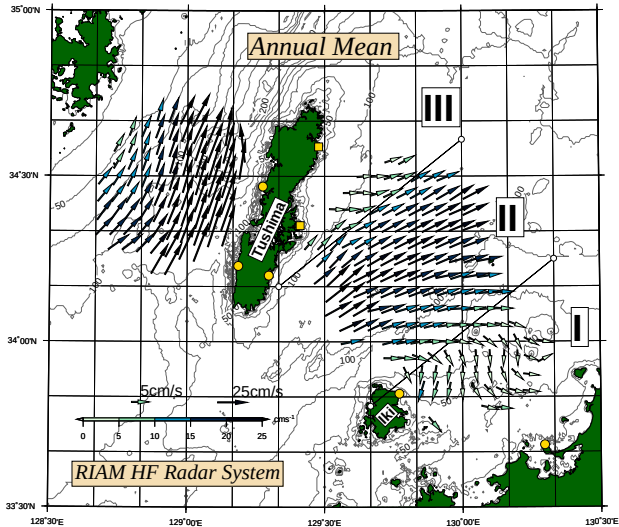
海上風 : GPV-MSM 解析データ (JMA)

- 2002 年 7 月 ~ 2007 年 3 月
- 毎時データ (3 or 6 時間おき) ⇨ 月平均
- 空間格子幅 : $0.05 \times 0.0625 \text{ deg}$

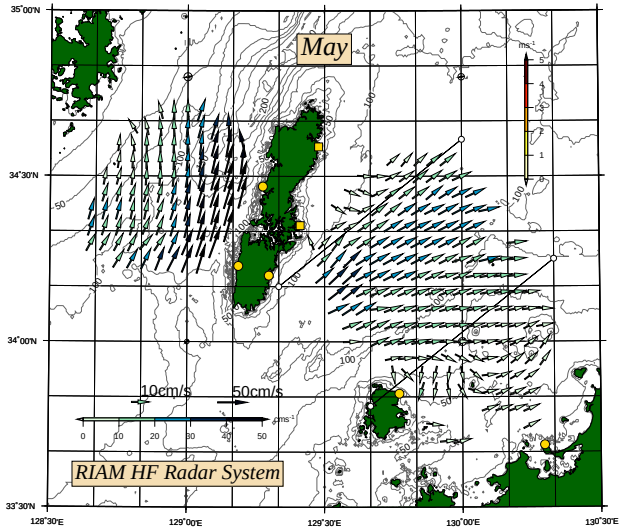
水位 : 博多、厳原 (JODC)

- 2002 年 2 月 ~ 2007 年 3 月
- 毎時データ ⇨ 毎月データ

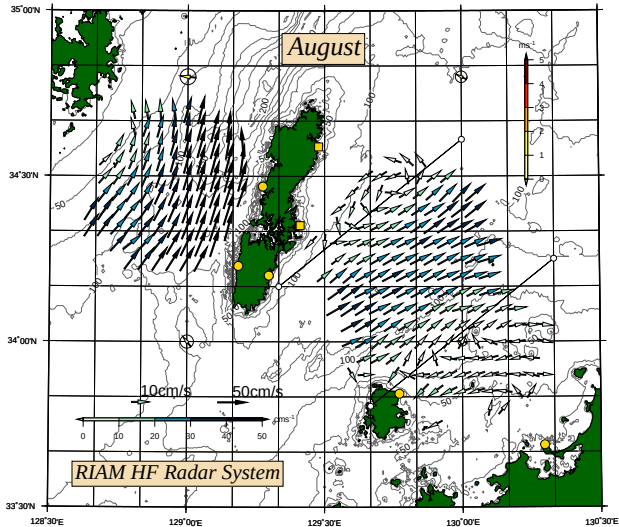
年平均流速場（実測値）



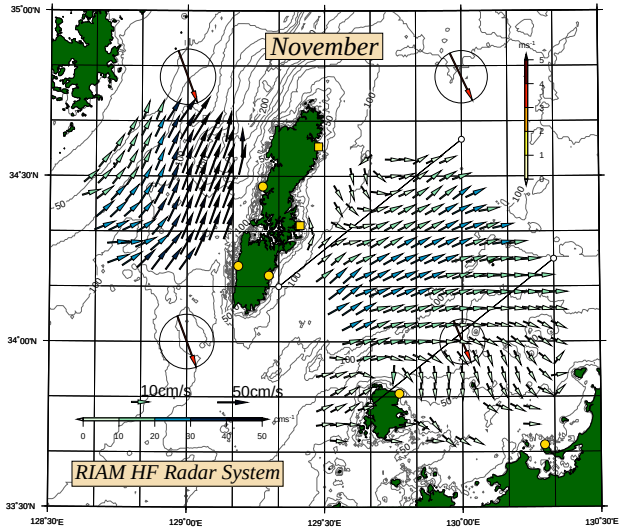
月平均表層流速場（実測値）



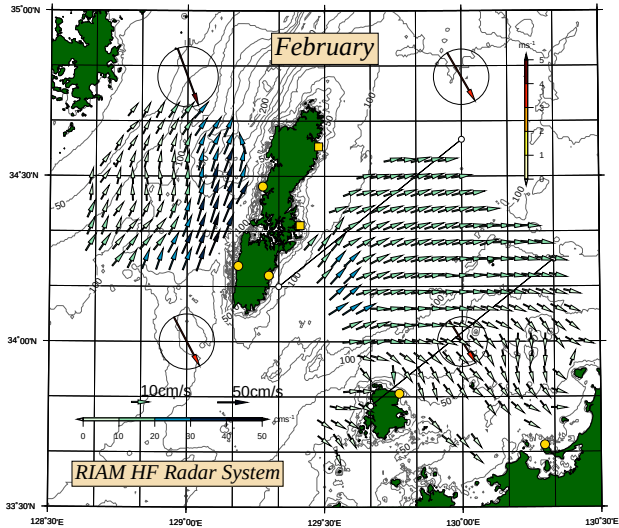
月平均表層流速場（実測値）

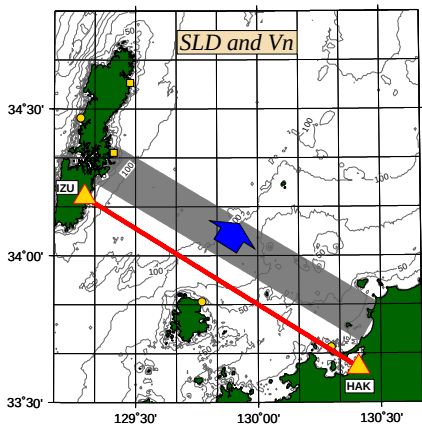


月平均表層流速場（実測値）



月平均表層流速場（実測値）

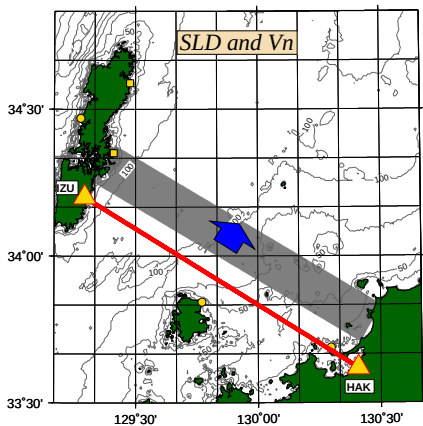




$$V = \frac{g}{fL}SLD = 1.00SLD$$

$$g = 9.80 \text{ m s}^{-2}, L = 120 \text{ km},$$

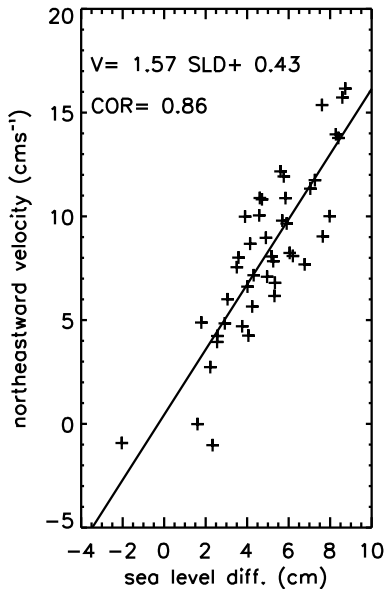
$$f = 8.13 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$



$$V = \frac{g}{fL} SLD = 1.00 SLD$$

$$g = 9.80 \text{ m s}^{-2}, L = 120 \text{ km},$$

$$f = 8.13 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$$



月平均表層流動場から見えるもの

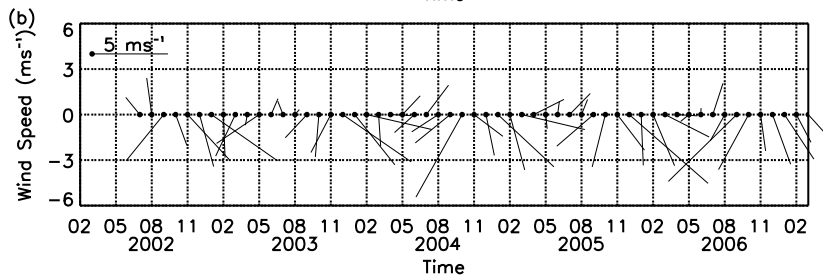
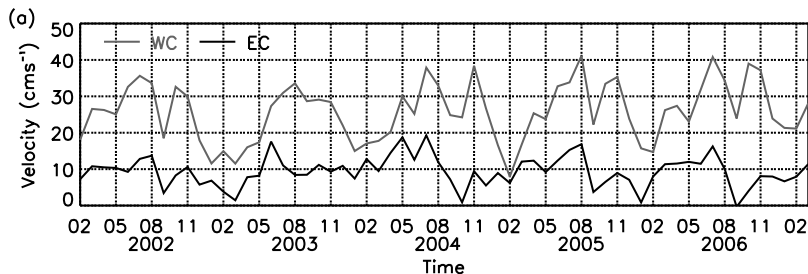
- 季節変動 … 結構複雑

WC		流速：速い ($\geq 0.40 \text{ m s}^{-1}$) 流向：NNE、一定
EC	III	流速：遅い ($\leq 0.10 \text{ m s}^{-1}$) 流向：NE, SW, and SE
	II	流速：速い (0.25 m s^{-1}) 流向：NE and E
	I	流速：遅い ($\leq 0.10 \text{ m s}^{-1}$). 流向：NE, SW, and SE

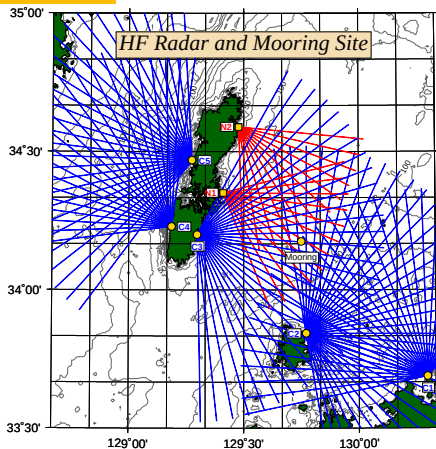
- 非地衡流成分の卓越

表層流 = 内部地衡流 + 吹送流
(内部流) (境界層流)

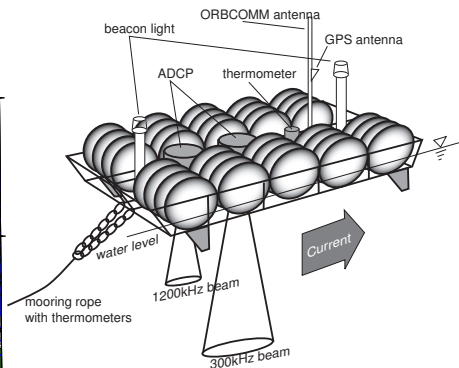
風と北東流



係留位置

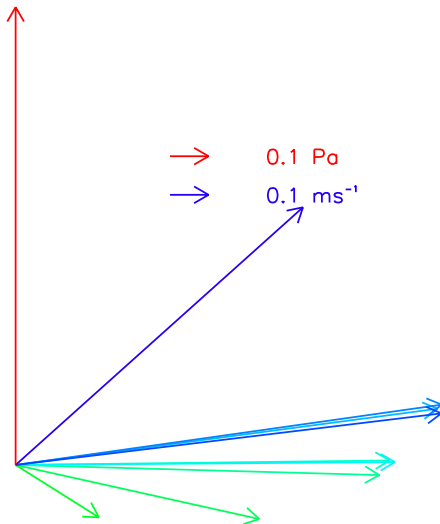


筏外觀図



Yoshikawa et al. (JGR, 2007)

吹送流構造



第一主成分構造

$$|\mathbf{v}| = 0.90 |\boldsymbol{\tau}|$$
$$\arg(\mathbf{v}, \boldsymbol{\tau}) = 48 \text{ deg}$$

$\mathbf{v}$: wind-driven flow
at HF radar depth

$\boldsymbol{\tau}$: wind stress

仮定

- 月平均吹送流は月平均風応力と線型に対応する

$$(u + iv) = \alpha(\tau_x + i\tau_y) \exp(-i\beta)$$

- 風応力と吹送流の関係式は時空間変化しない

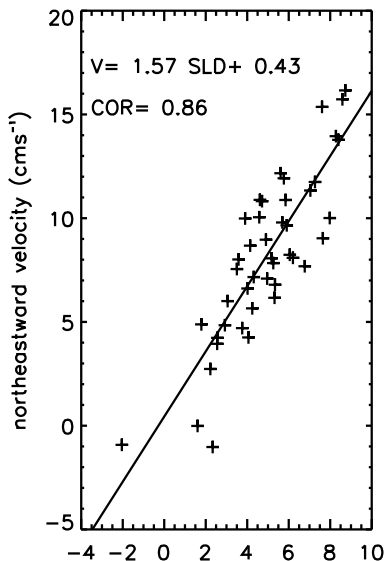
$$\alpha = \text{const.}, \beta = \text{const.}$$

手順

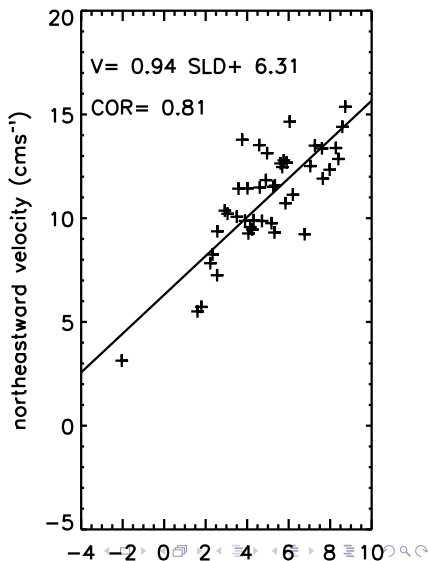
- ① 筏観測から得られた (α, β) を用いて風応力から吹送流を算出
- ② 実測値から推定値を差し引く

地衡流平衡の検証

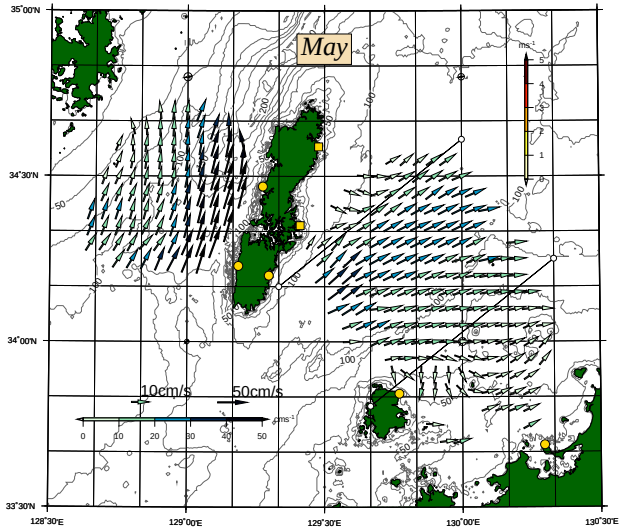
実測表層流 vs 水位差



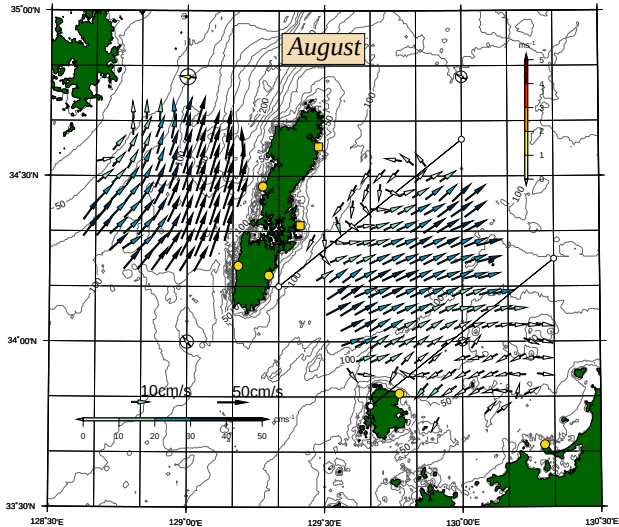
推定内部流 vs 水位差



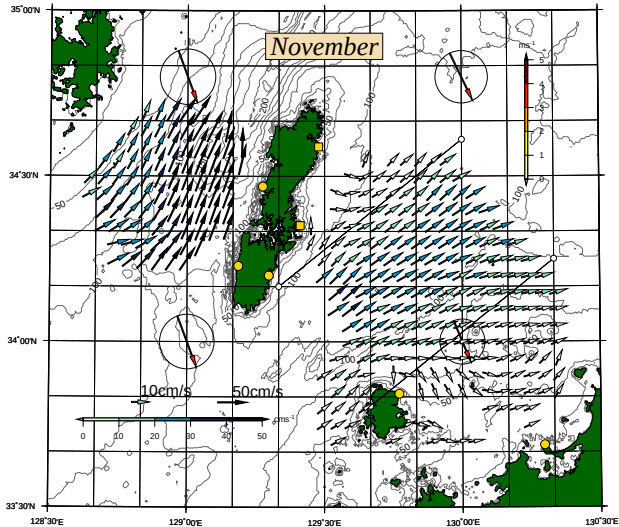
月平均内部流速場（推定値）



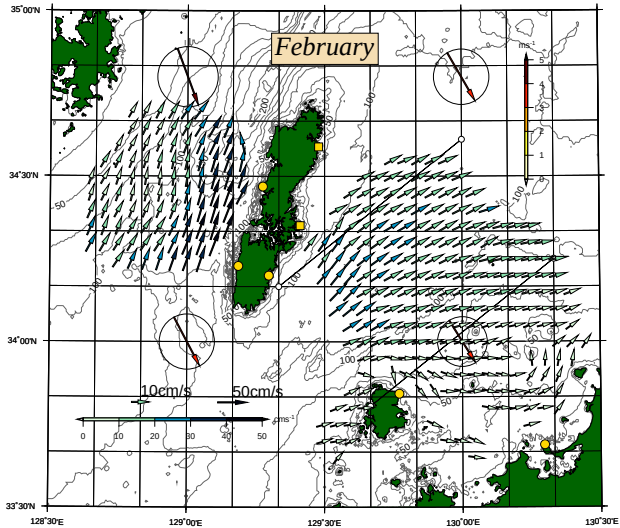
月平均内部流速場 (推定値)



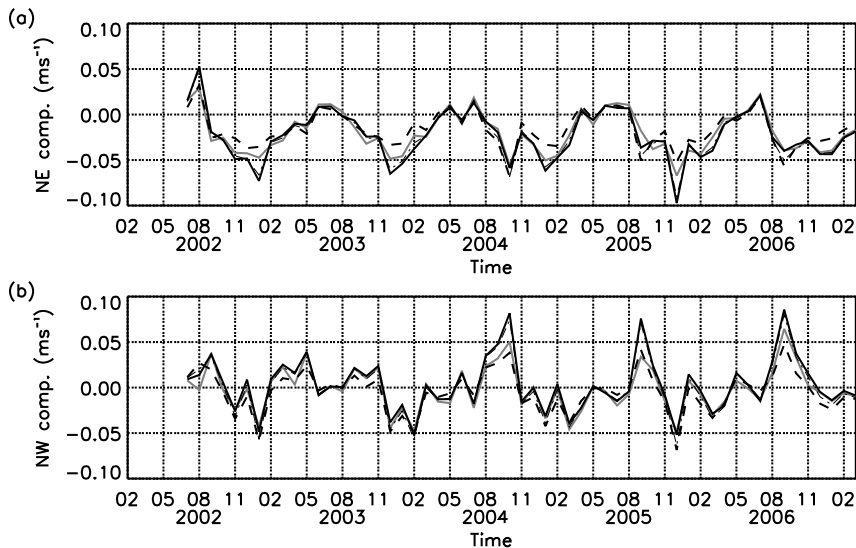
月平均内部流速場 (推定値)



月平均内部流速場（推定値）

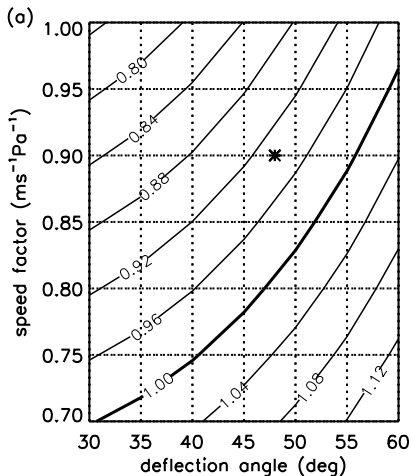


吹送流の大きさ

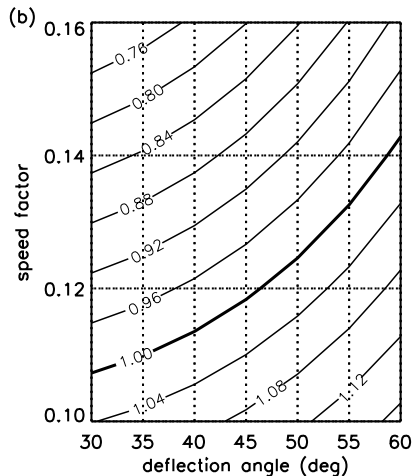


パラメター依存性

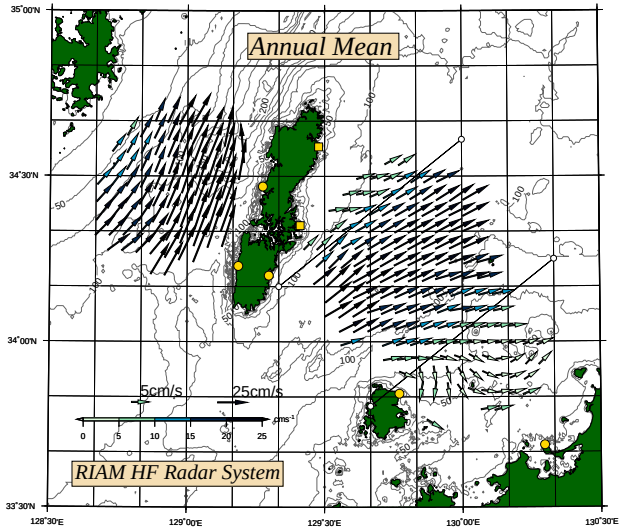
風応力基準



風基準

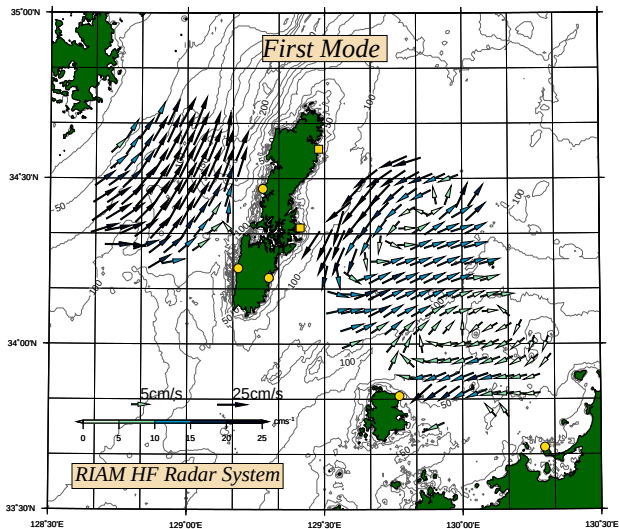


年平均内部流速場（推定値）



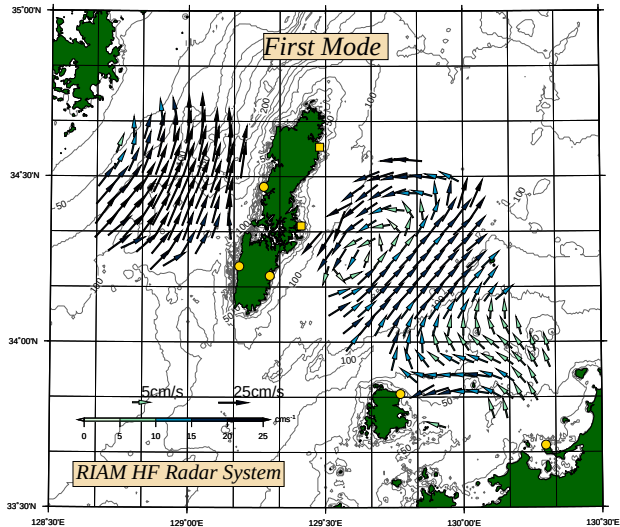
内部地衡流の EOF 第一モード

WC : 69.2%, EC : 67.8%



表層流の EOF 第一モード

WC : 75.7%, EC : 53.2%



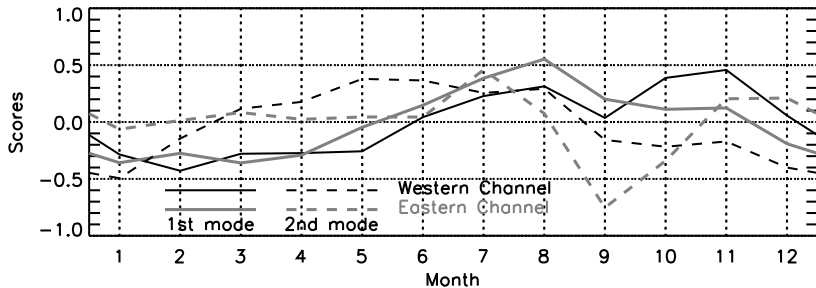
分かったこと

- 月平均内部地衡流を推定した
 - $(\alpha, \beta) = (0.90, 55), (0.70, 30), \dots$
 - $(\alpha, \beta) = (0.12, 45), \dots$
- ご利益：
福岡沿岸、対馬東岸の南西向き反流：
対馬暖流が対馬・壱岐の島影につくる後流渦

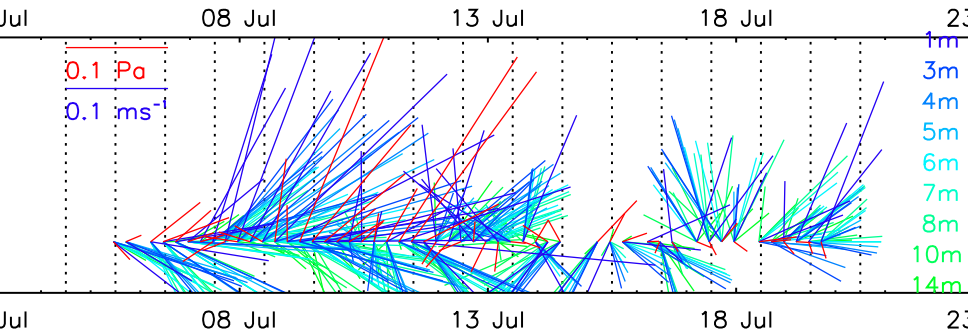
今後の課題

- 吹送流推定係数の時空間変化は？
- より短時間平均値での推定は可能か？

EOF First Mode Score of Interior Current



Wind Stress and Relative Velocities



reference depth = 20 m

vertical shear of reference flow = average shear between 20 - 40 m