

遠距離海洋レーダーによる海上風向 の推定

発表者；宮里琢磨

発表の流れ

- I. 研究の背景と目的**
- II. 使用観測機器、及びデータ**
- III. 海洋レーダの観測原理**
- IV. 遠距離海洋レーダから推定された風向の検証**
- V. 考察・まとめ**
- VI. 今後の課題**

I . 本研究の背景と目的

- ・遠距離海洋レーダは、海岸から海面に対して電波を照射し、後方散乱された反射波から海流や海上風向、波高などを計測するドップラーレーダである**
- ・遠距離海洋レーダ (中心周波数9.2MHz) の利点は観測距離が200 kmにも及ぶ**
- ・遠距離海洋レーダを用いた、東シナ海南東部での空間的な風向解析はあまり行われていない。**
- ・遠距離海洋レーダを用いて海上風向を推定する。**

II. 使用観測機器、及びデータ

・遠距離海洋レーダ (ドップラスペクトル、流速)

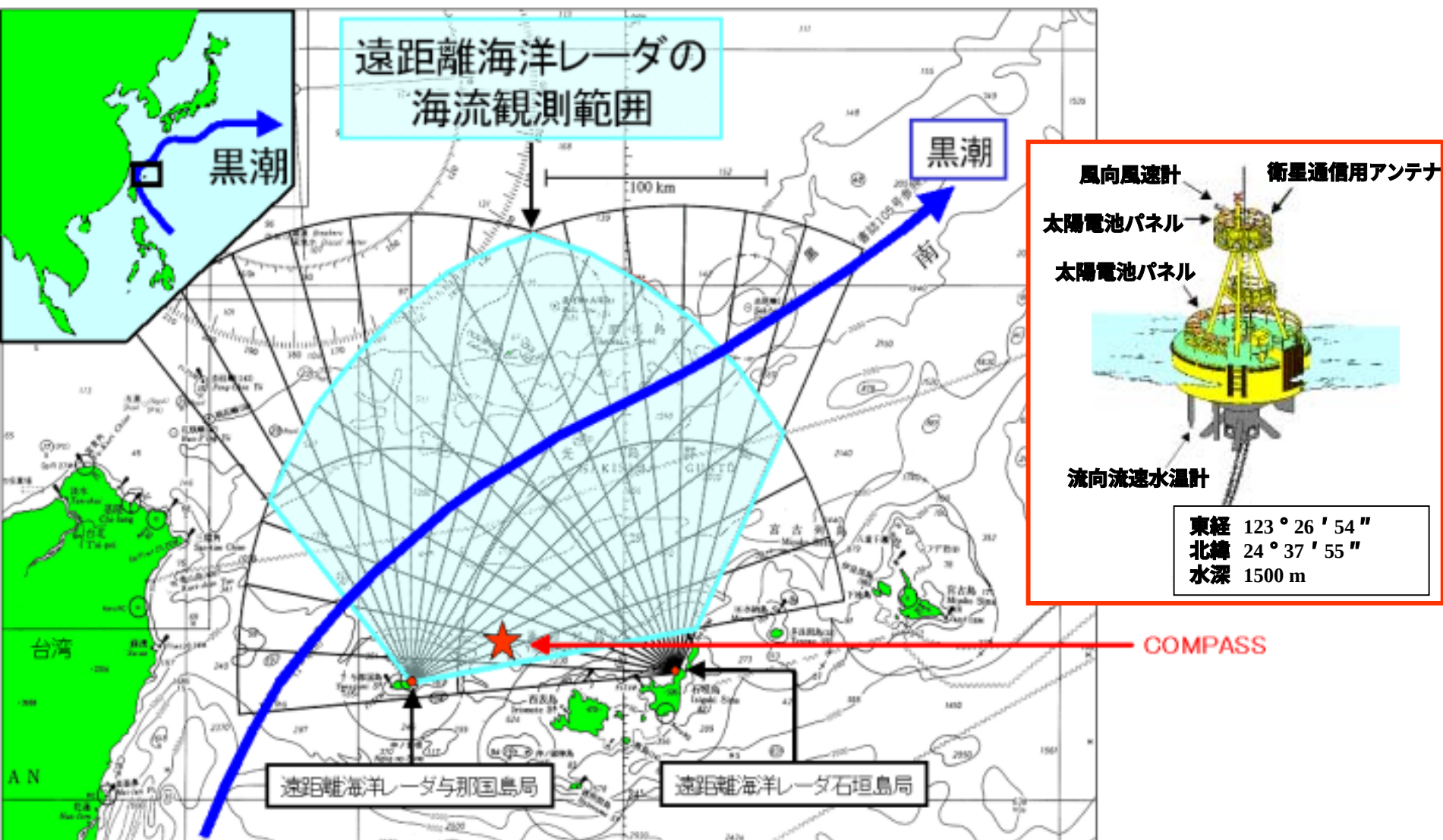
レーダ方式	FMICW
周波数	9.2MHz
掃引帯域幅	22kHz
送信電力	1kW (ピーク)、500W (平均)
距離分解能	7.0km
流速分解能	2.5 cm/S
角度分解能	8 °
送信アンテナ形式	3 極八木アンテナ
受信アンテナ形式	2 極八木アンテナの 16 素子リニアアレイ DBF (デジタルビームフォーミング)

・海洋観測用大型係留ブイ COMPASS

・QuikSCAT海上風 観測期間2001/10/22～11/30

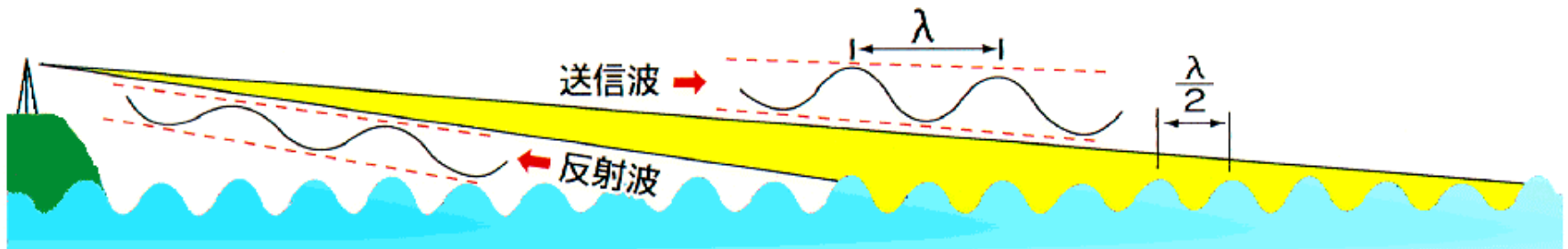
・メソ客観解析データ 観測期間2001/10/22～10/31

海洋観測用の係留ブイCOMPASS

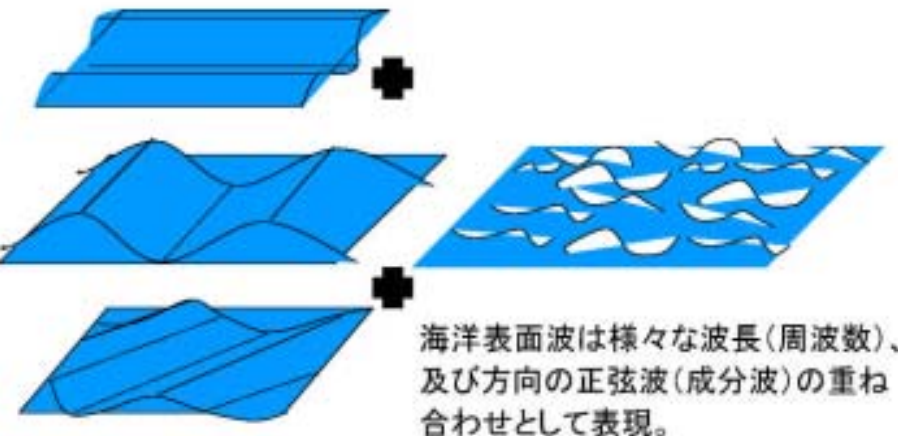


III. 海洋レーダーの観測原理

① 海洋レーダー (ブラッグ散乱、一次散乱)



海洋表面波の表現



ブラッグ散乱

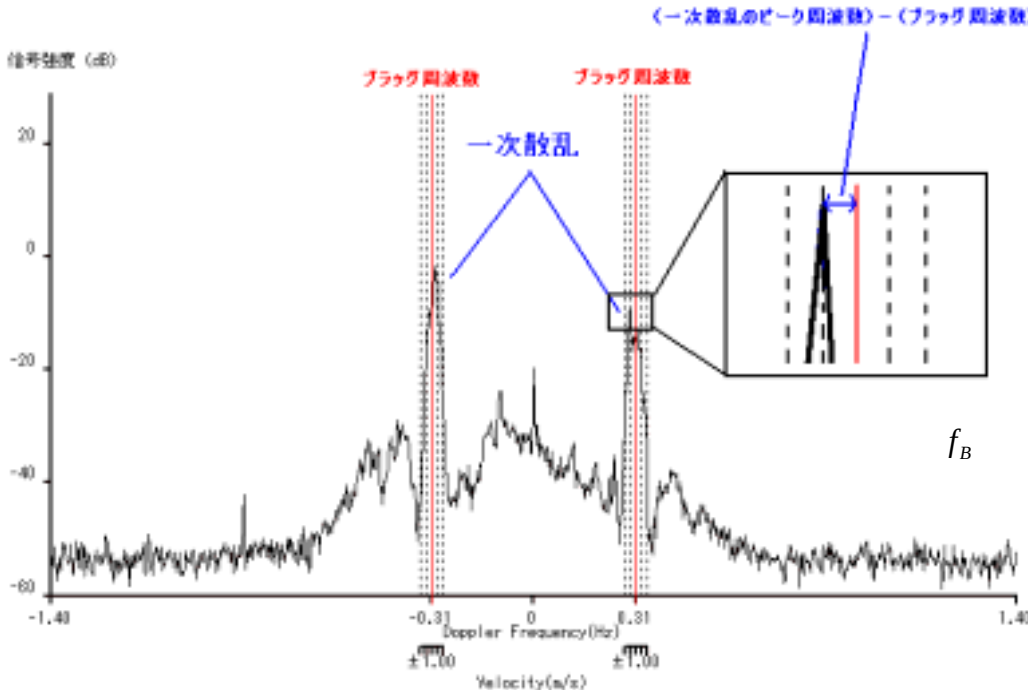
$$\lambda \sin \theta = \frac{\lambda_0}{2} \quad \lambda_0 = 31.4m$$

電波の波長： λ_0 海面波の波長： λ

電波の入射角： θ

$$(\theta = 90^\circ) \quad \lambda = 15.6m$$

(ドップラースペクトル、ドップラー周波数、ブラッグ周波数)



○一次散乱エコーはブラッグ散乱によって生じたピークである。

○海洋表面波の位相速度は波の分散関係より決まる。



$$V = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}} \quad (\text{位相速度})$$

○位相速度に対応するドップラー周波数



ブラッグ周波数 (f_B)

$$f_B = \pm \frac{2V}{\lambda}$$

遠距離海洋レーダでは

$$f_B = \pm 0.314 \text{ Hz}$$

②風向を求める理論

(一次散乱断面積) : $\sigma(\omega) = 2^6 \pi k_0^4 \sum_{m=\pm 1} S(-2m \vec{k}_0) \delta(\omega - m\omega_B)$

(波浪スペクトル) : $S(\vec{k}) = f(k) g(k, \theta - \theta_0(k))$

(方向分布関数) : $g(k, \theta - \theta_0(k)) \propto \cos^{2s}(\frac{\theta - \theta_0(k)}{2})$

(正、負の一次散乱ピーク比) : $r = \frac{\sigma_1(\omega_B)}{\sigma_1(-\omega_B)} = \frac{g(2k_0, \pi - \theta_0(2k_0))}{g(2k_0, -\theta_0(2k_0))} = \tan^{2s}(\frac{\theta_0(2k_0)}{2})$

$$k = 2k_0 \quad s = s(k)$$

k : 海洋波の波数 s : 波浪の方向集中度 ω_B : ブラッグ周波数

k_0 : 電波の波数 $\theta_0(k)$: 波数 k の波の平均波向

波数 k の海洋波の平均波向 ($\theta_0(k)$) が風向 と等しいと仮定する

(正、負の一次散乱ピーク比) :
$$r = \frac{\sigma_1(\omega_B)}{\sigma_1(-\omega_B)} = \frac{g(2k_0, \pi - \theta_0(2k_0))}{g(2k_0, -\theta_0(2k_0))} = \tan^{2s}\left(\frac{\theta_0(2k_0)}{2}\right)$$

k : 海洋波の波数

k_0 : 電波の波数

s : 波浪の方向集中度

$\theta_0(k)$: 波数 k の波の平均波向 (風向)

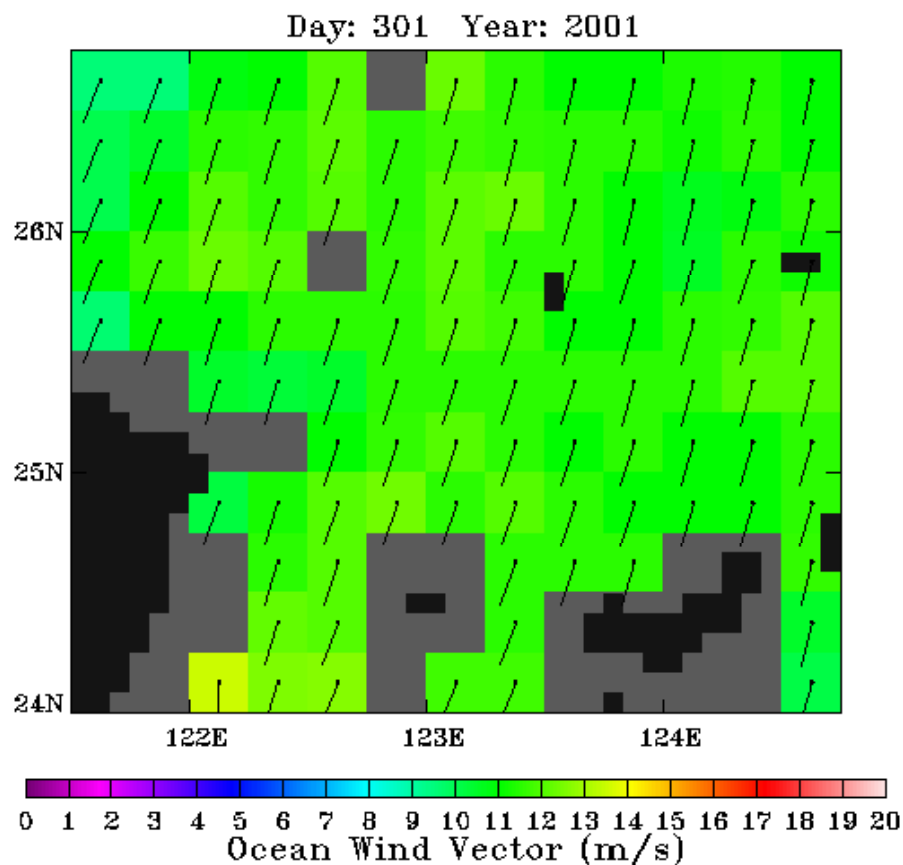
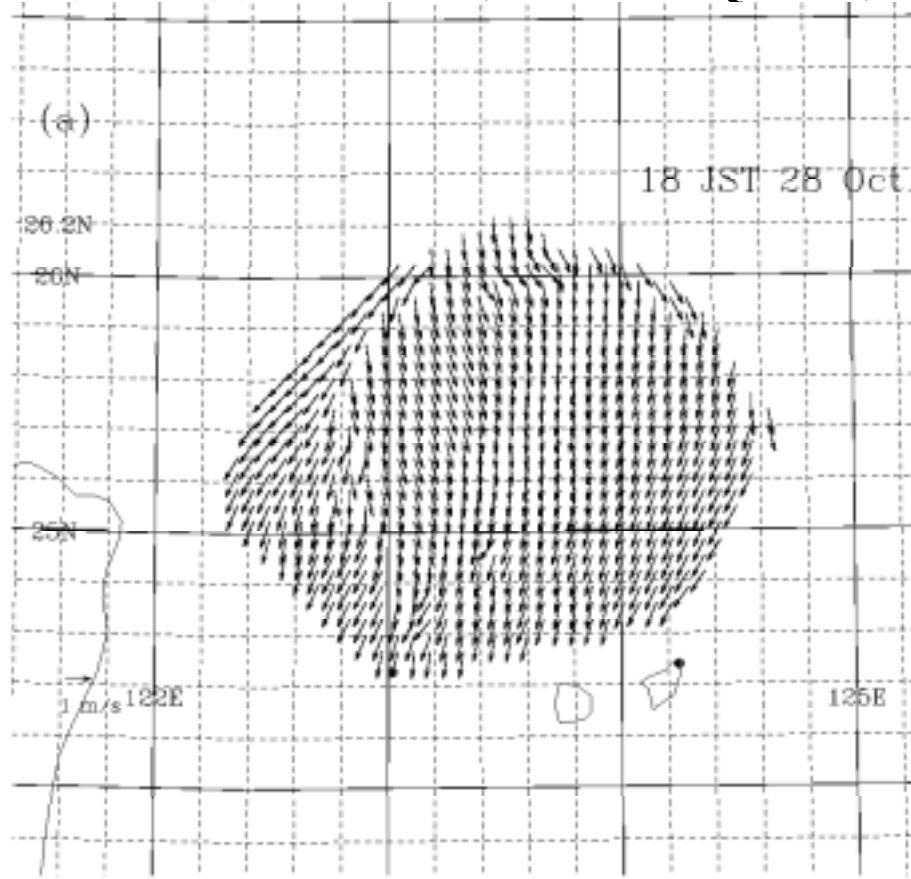


2台のレーダに対して連立方程式を立て
未知数 θ_0 と s を解き、風向を求める

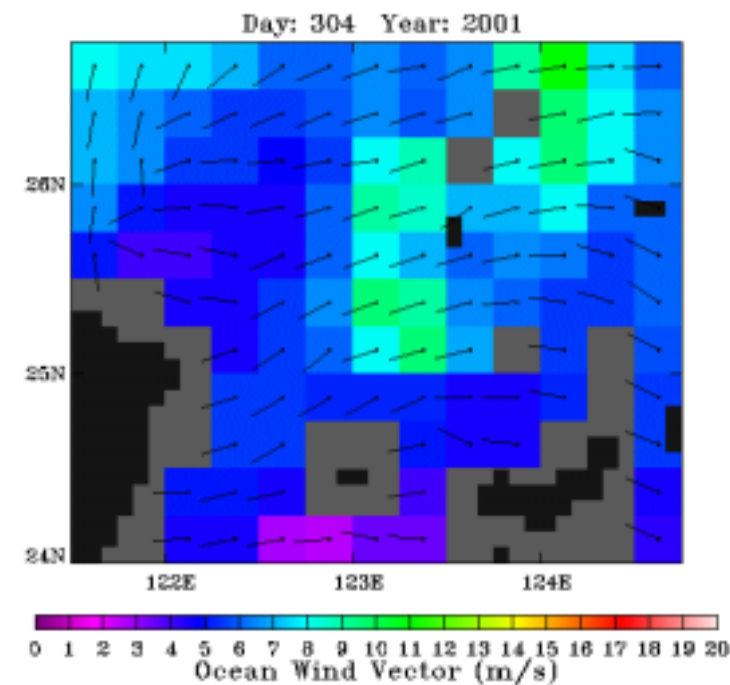
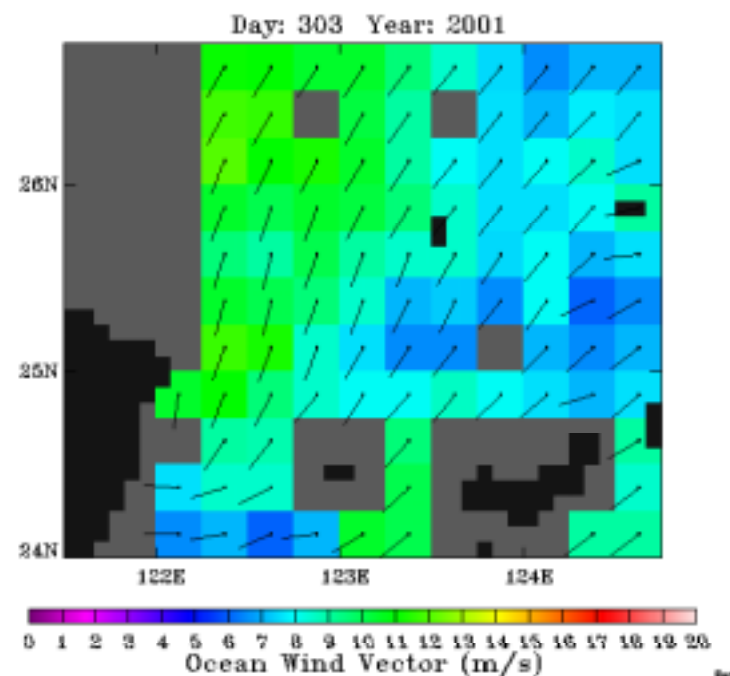
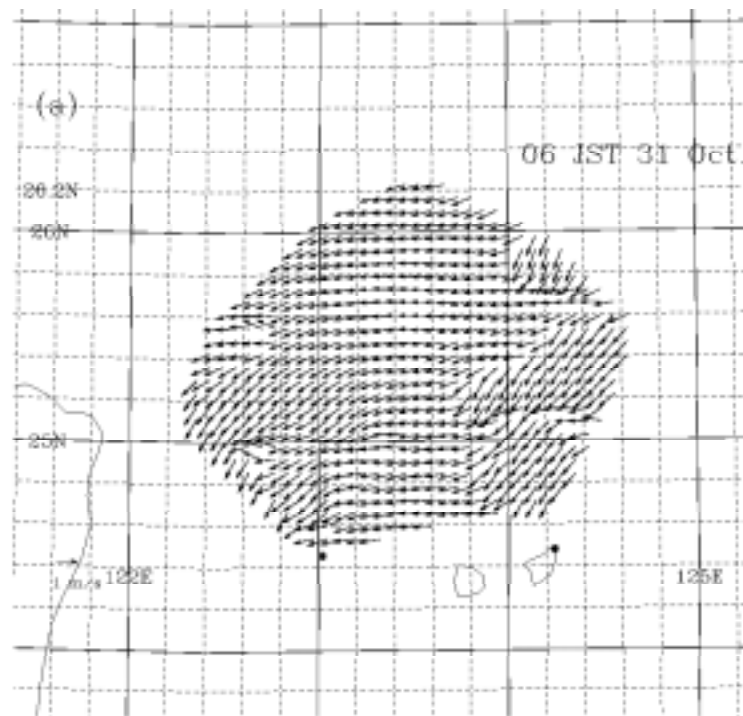
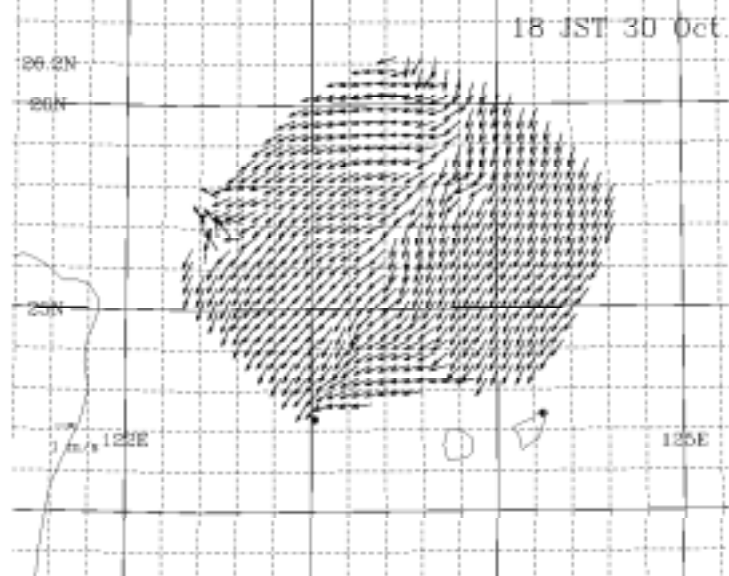
IV. 遠距離海洋レーダーから推定された風向 の検証

①QickSCATとメソ客観解析データとの比較

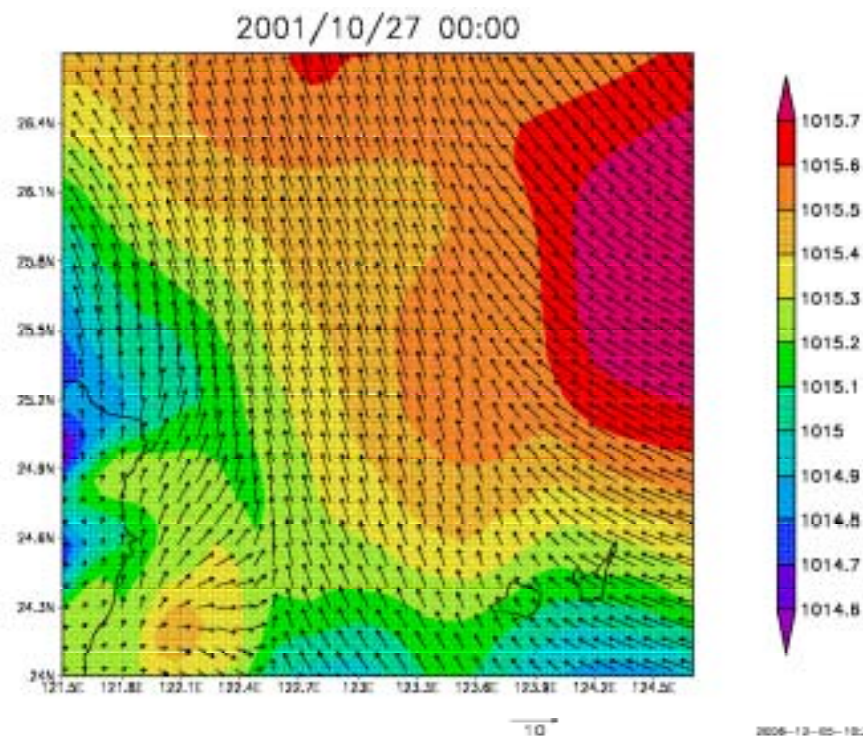
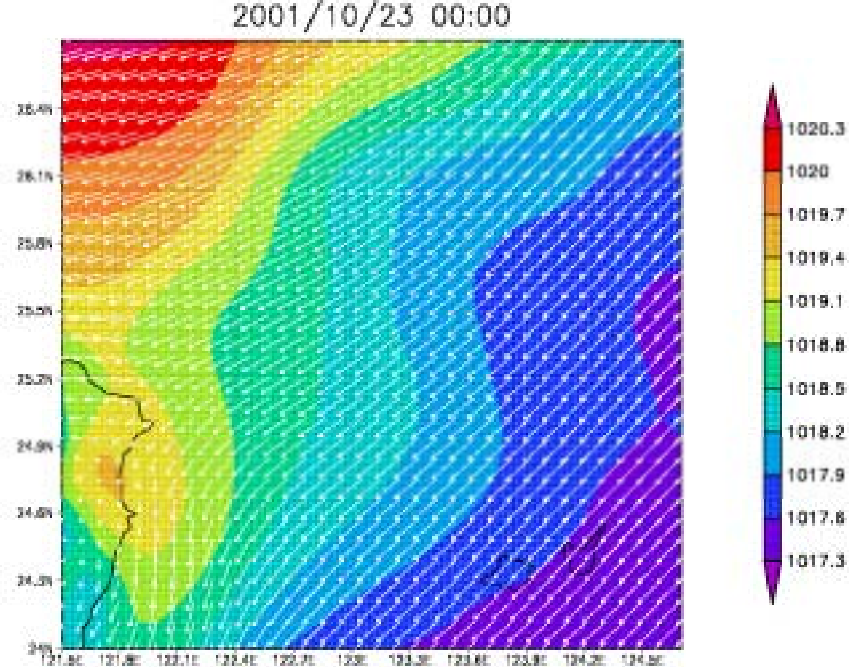
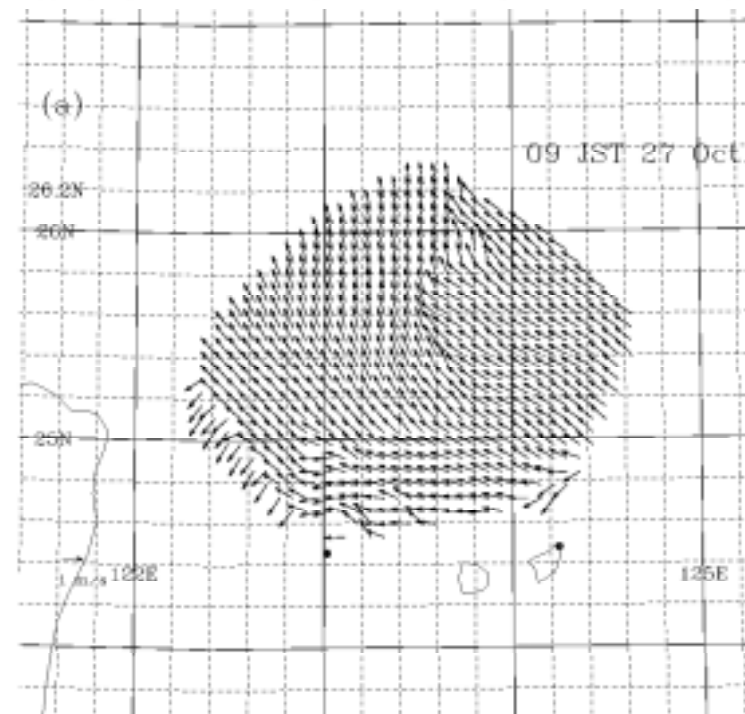
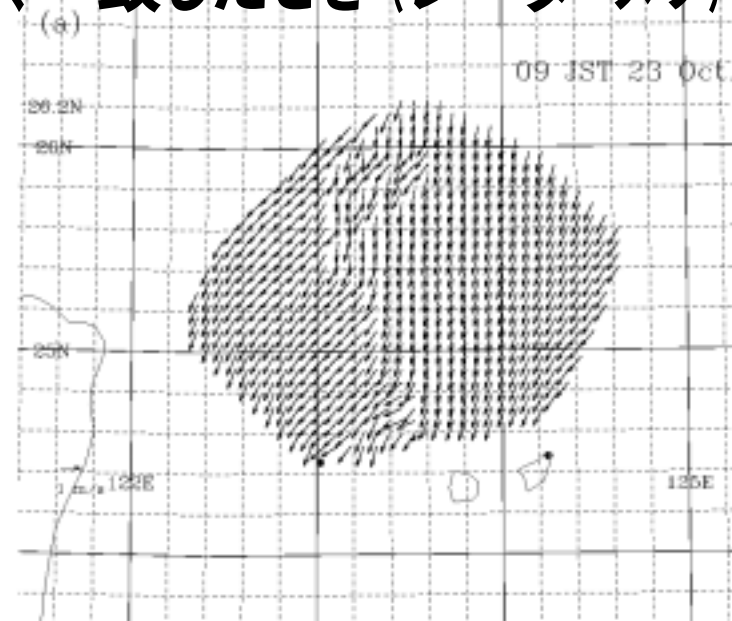
良く一致したとき (レーダ・QSCT)



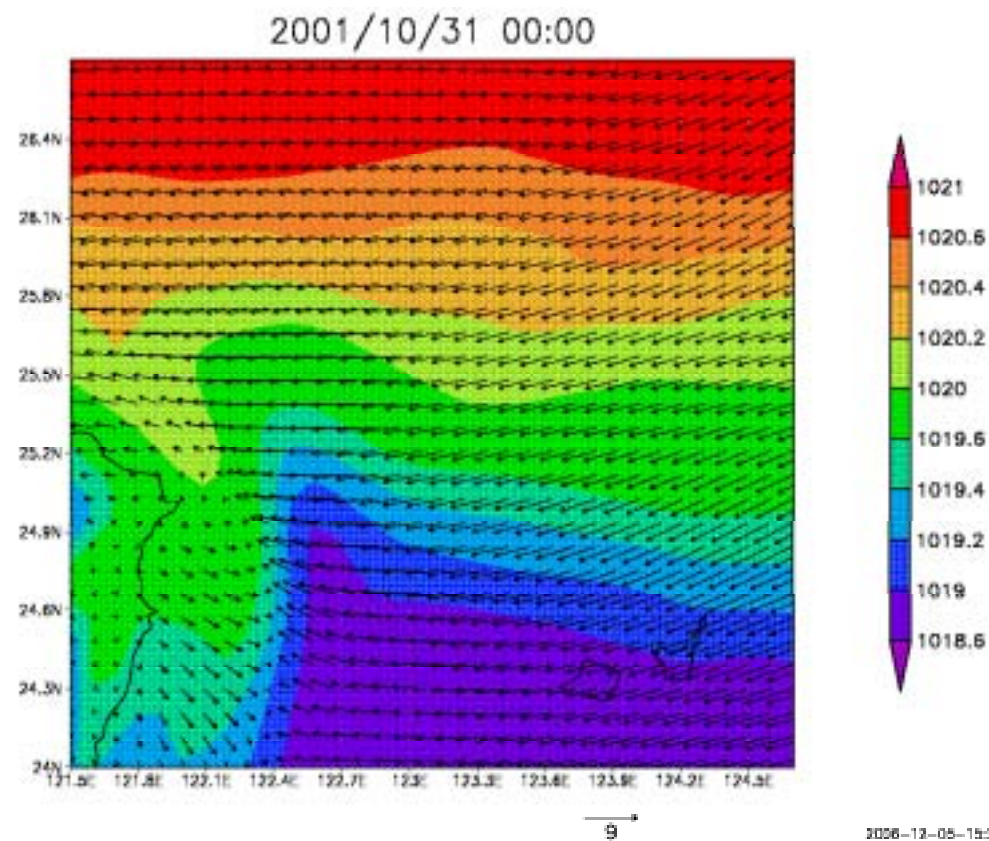
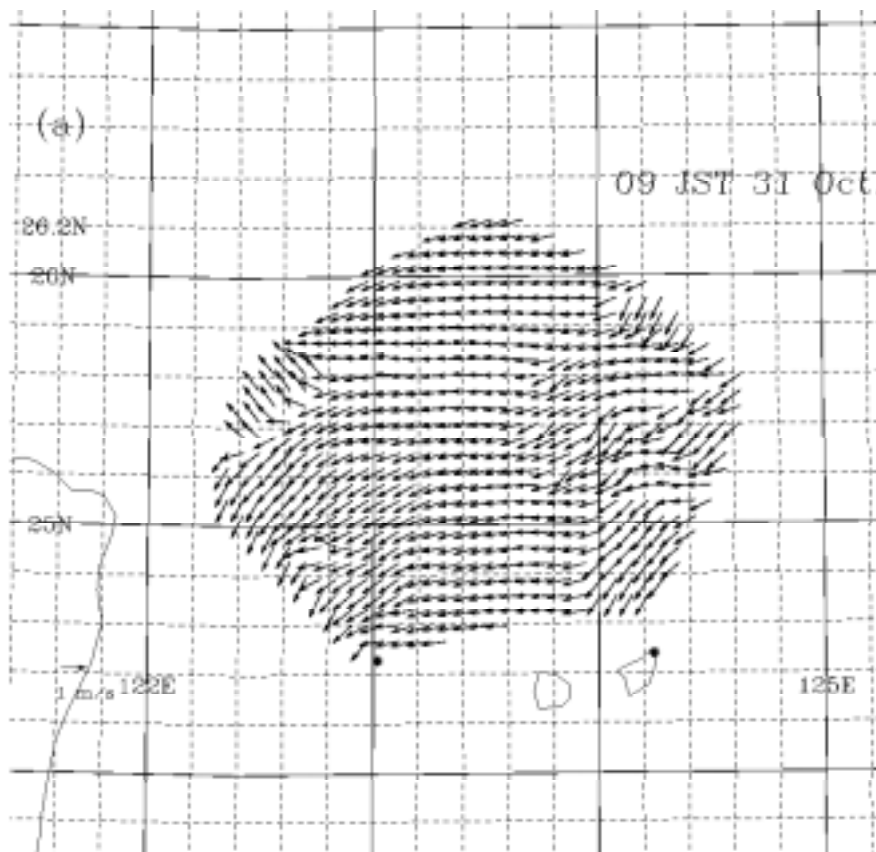
良く一致したとき (レーダ・QSCT)



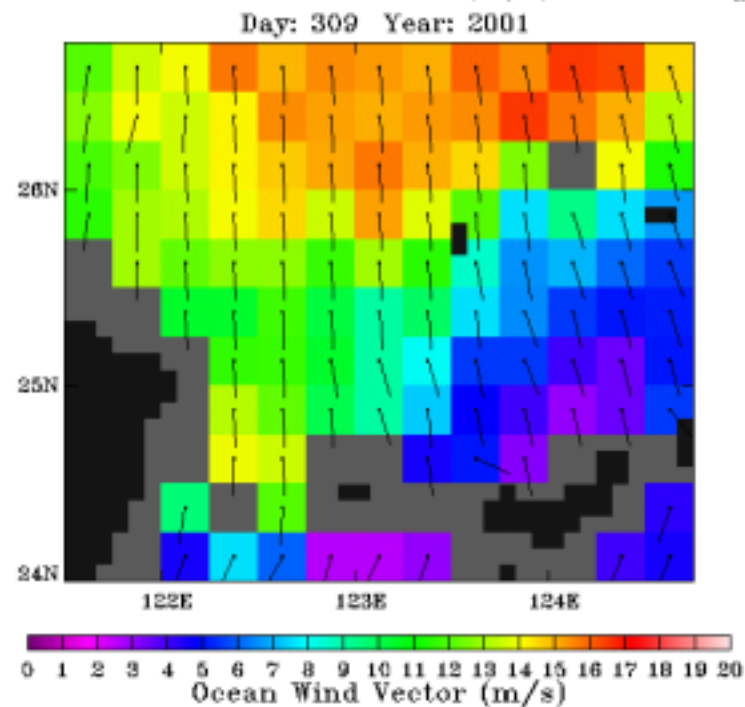
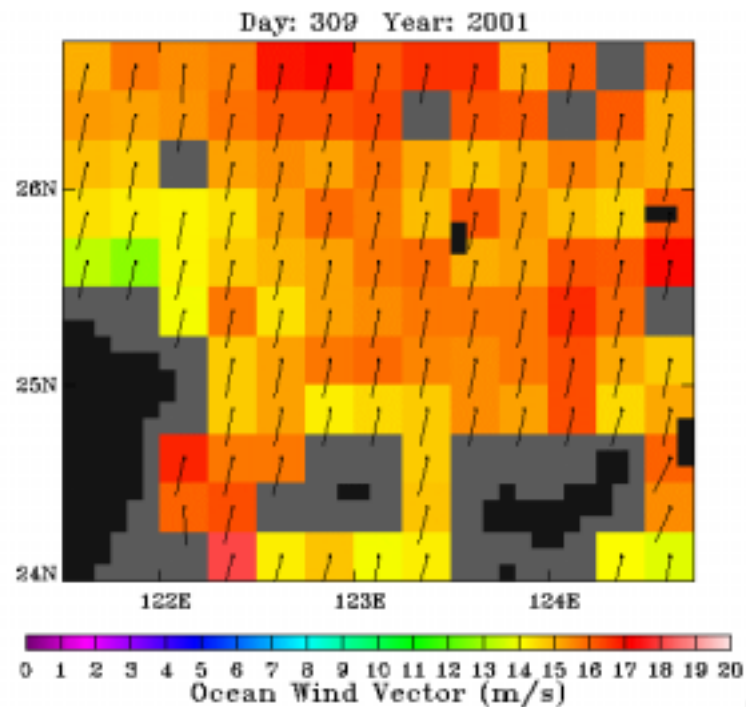
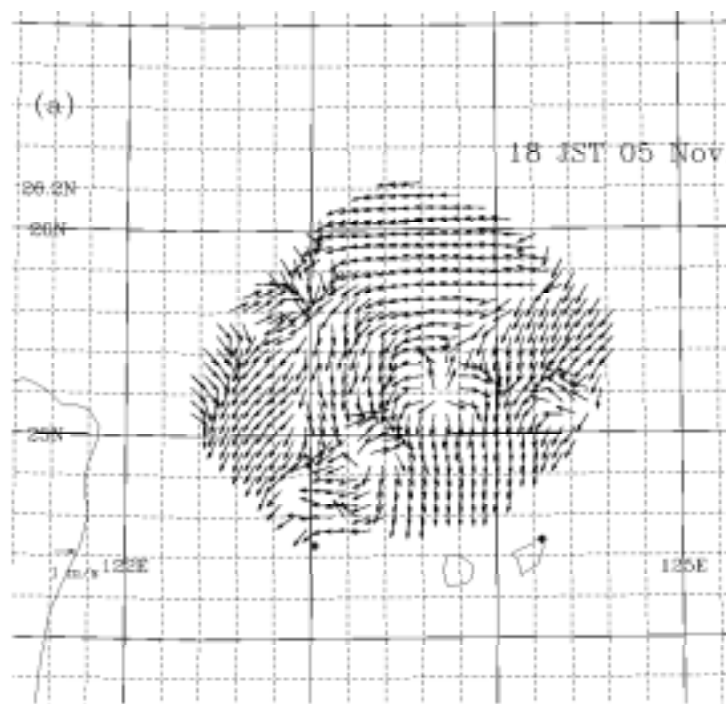
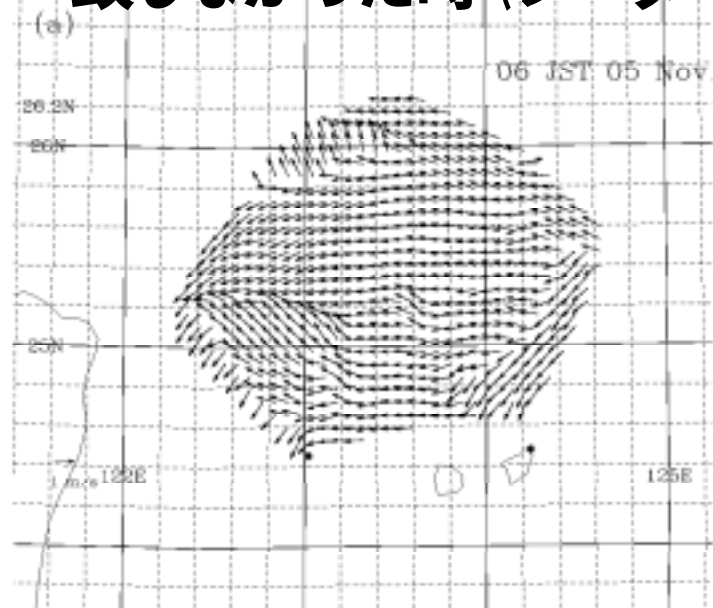
良く一致したとき (レーダ・メソ)



良く一致したとき (レーダ・メソ)

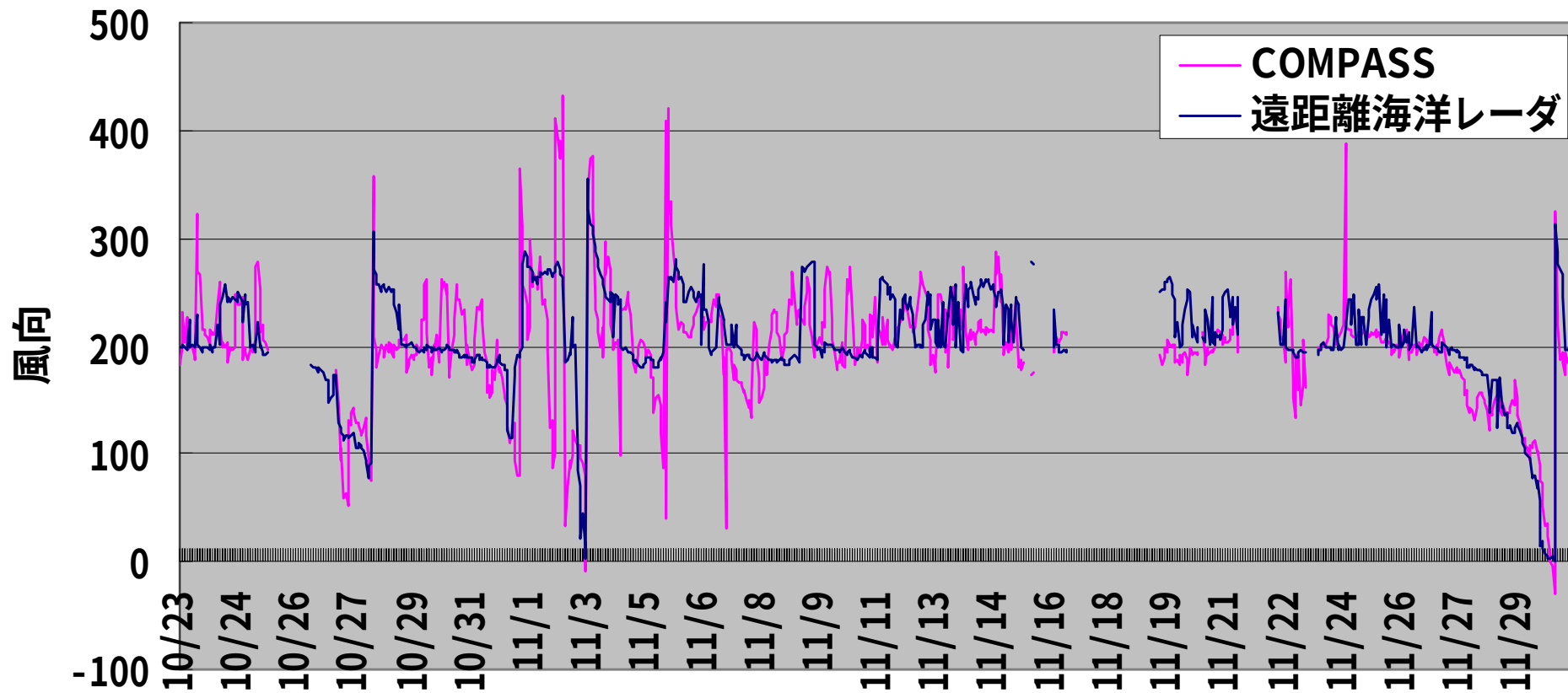


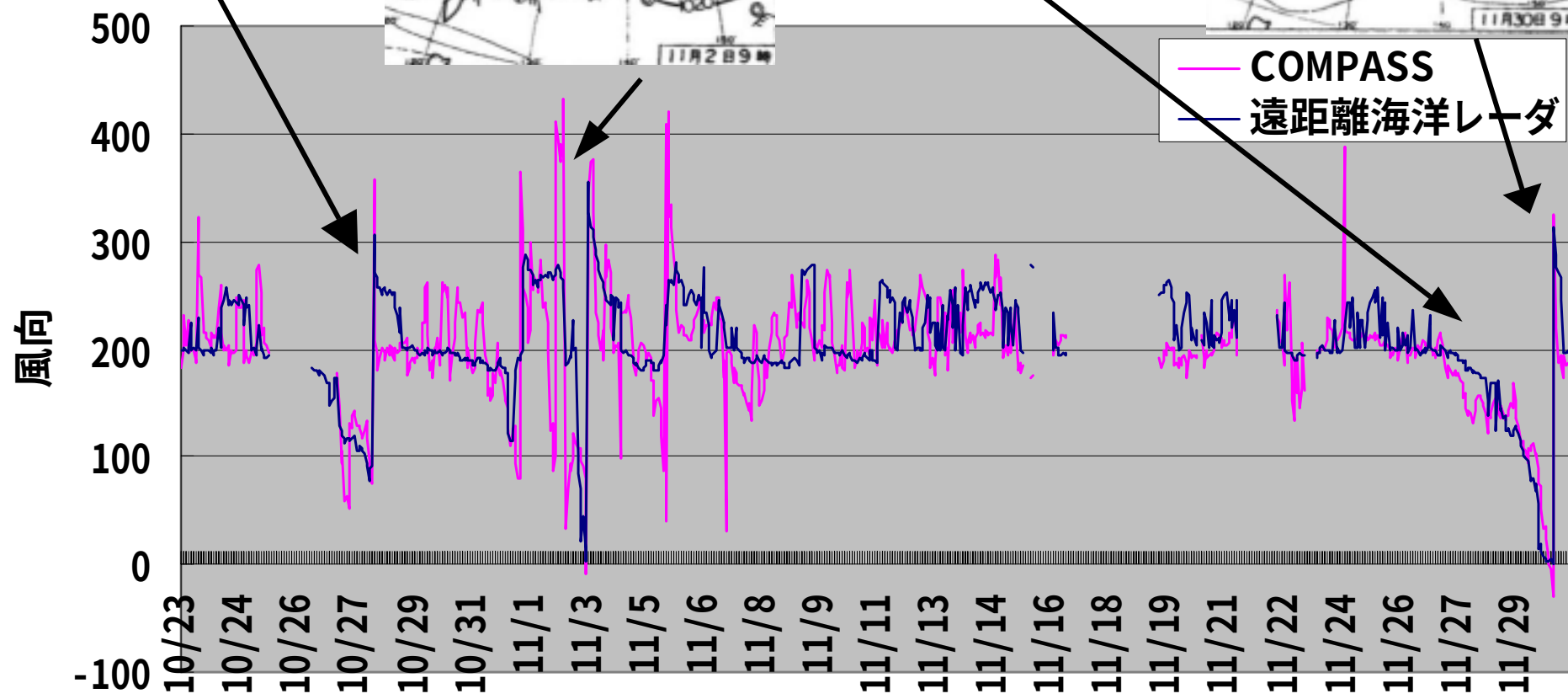
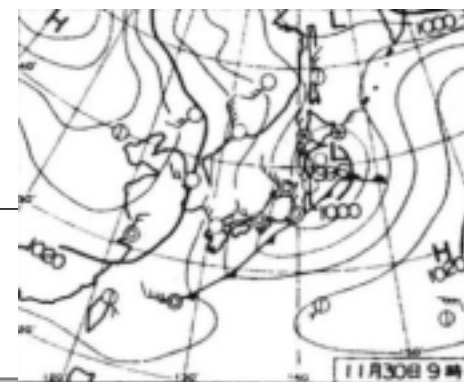
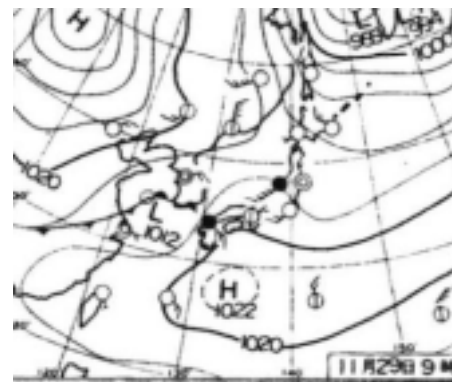
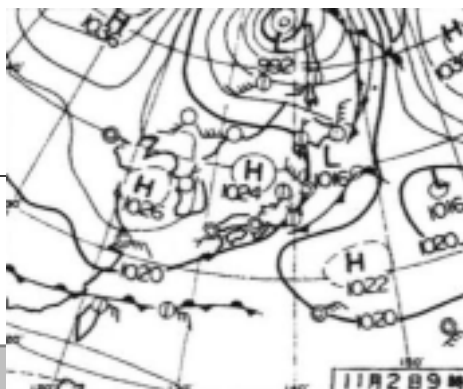
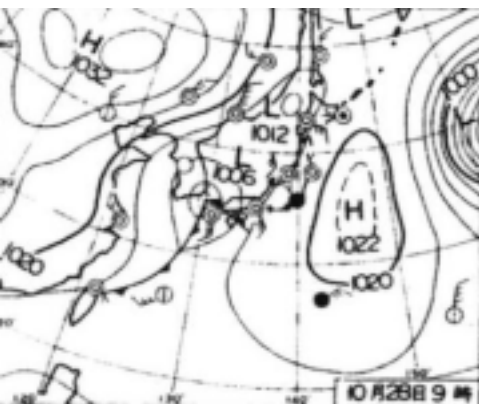
一致しなかった時 (レーダ・QSCT)



②係留ブイCOMPASSとの比較 (風向)

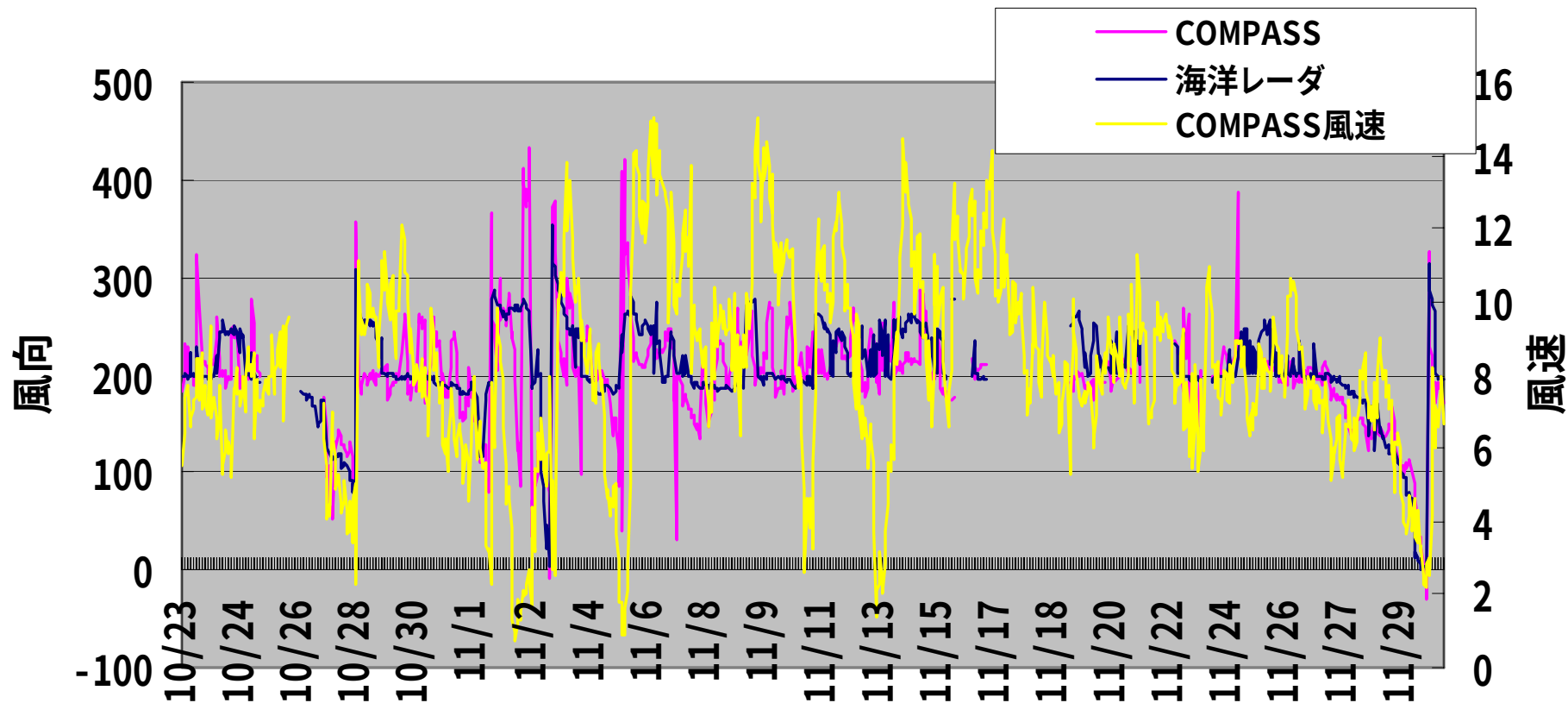
遠距離海洋レーダ風向とCOMPASS風向の比較



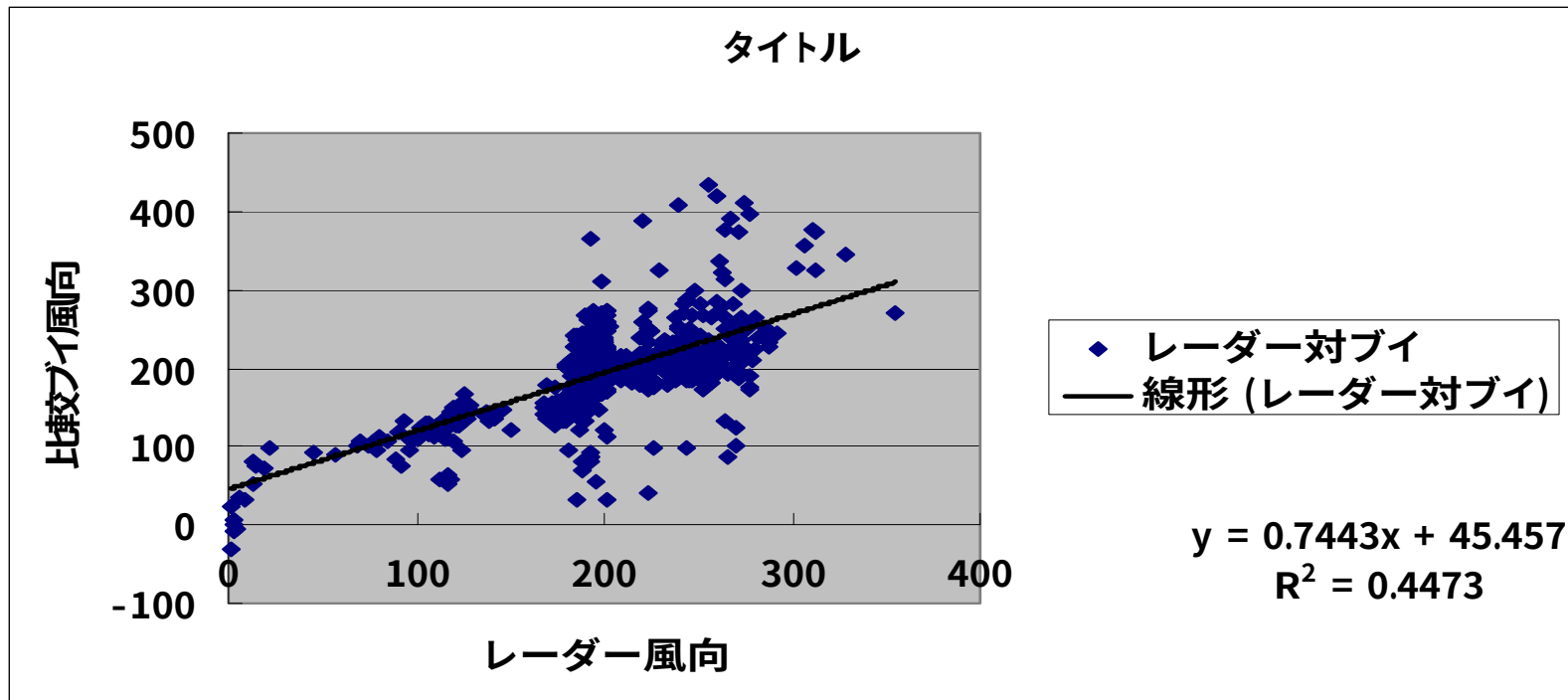


係留ブイCOMPASSとの比較 (風速)

遠距離海洋レーダ風向とCOMPASS風向の比較



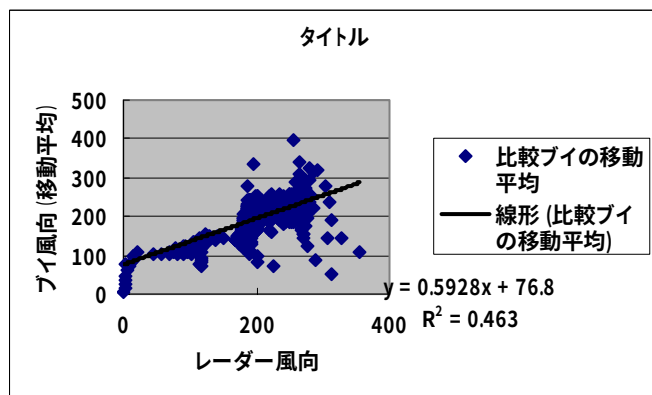
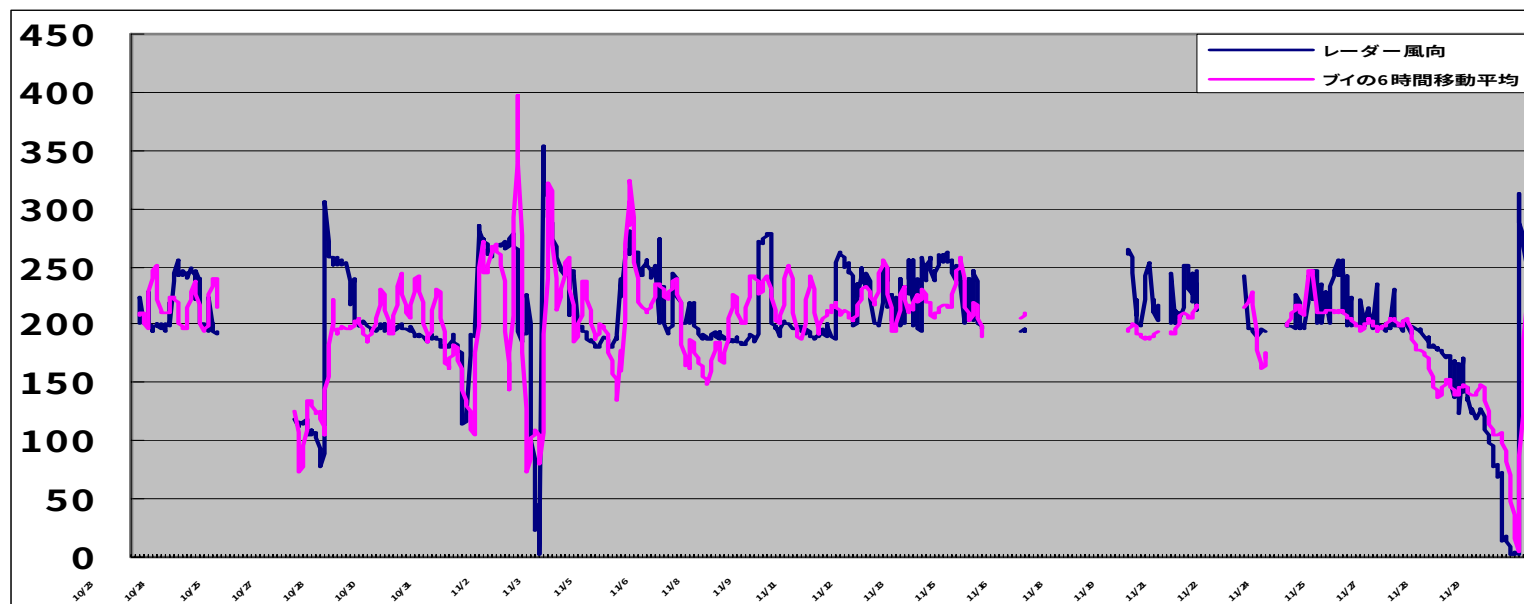
係留ブイCOMPASSとの比較 (散布図)



相関係数=0.6688

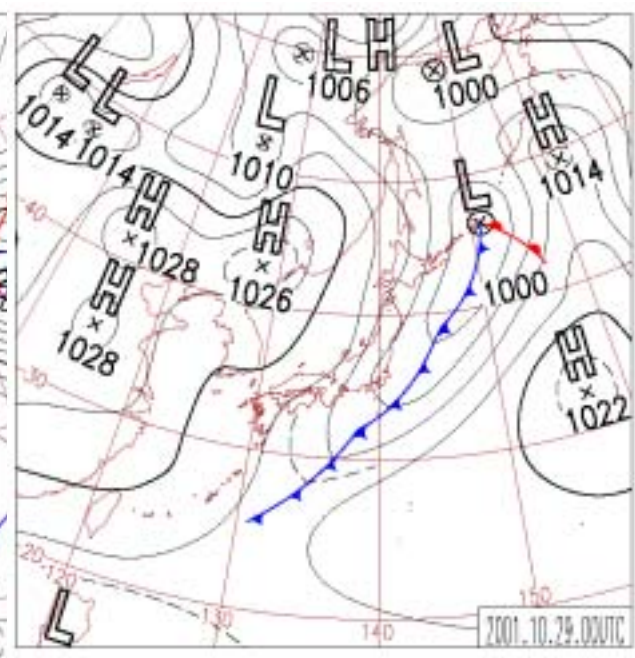
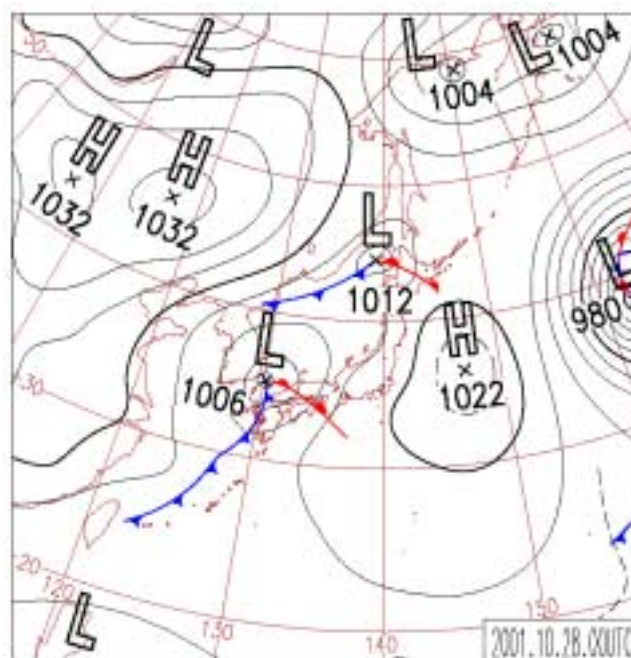
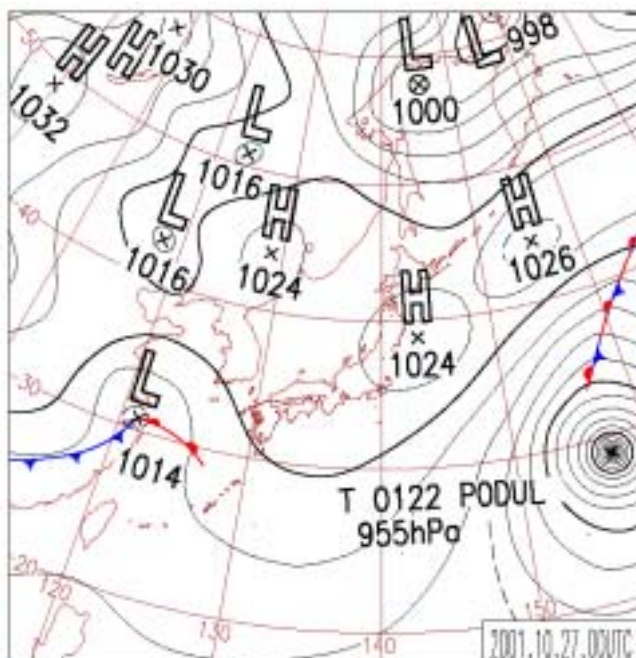
回帰直線の傾き=0.7443 RMSE=42.3508

過去6時間で移動平均されたCOMPASS 風向と遠距離海洋レーダの比較



相関係数=0.6804
回帰直線の傾き=0.5928
RMSE=37.8967

遠距離海洋レーダーが捉えた海上の前線



(a)

11 JST 28 Oct.

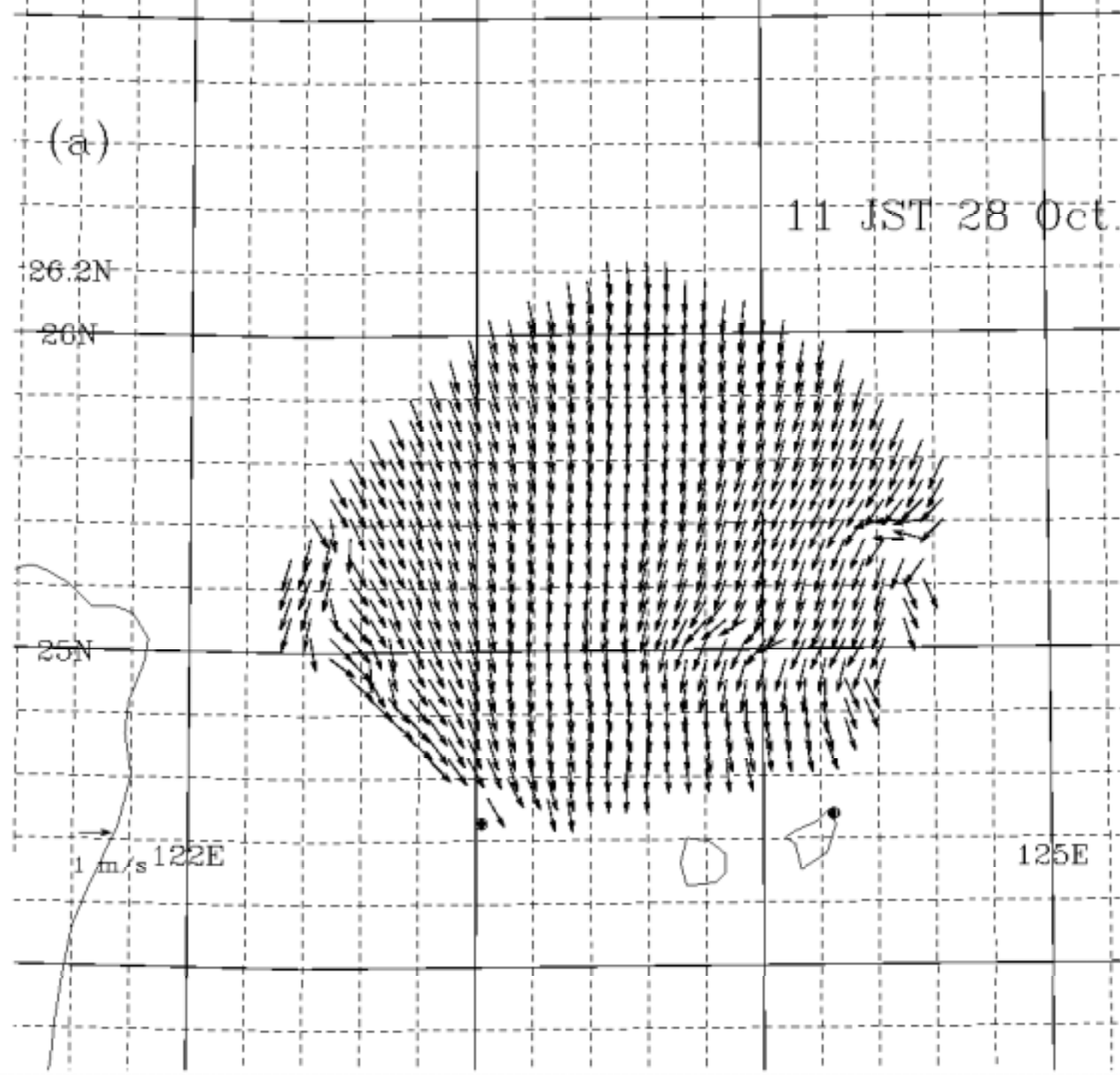
26.2N

26N

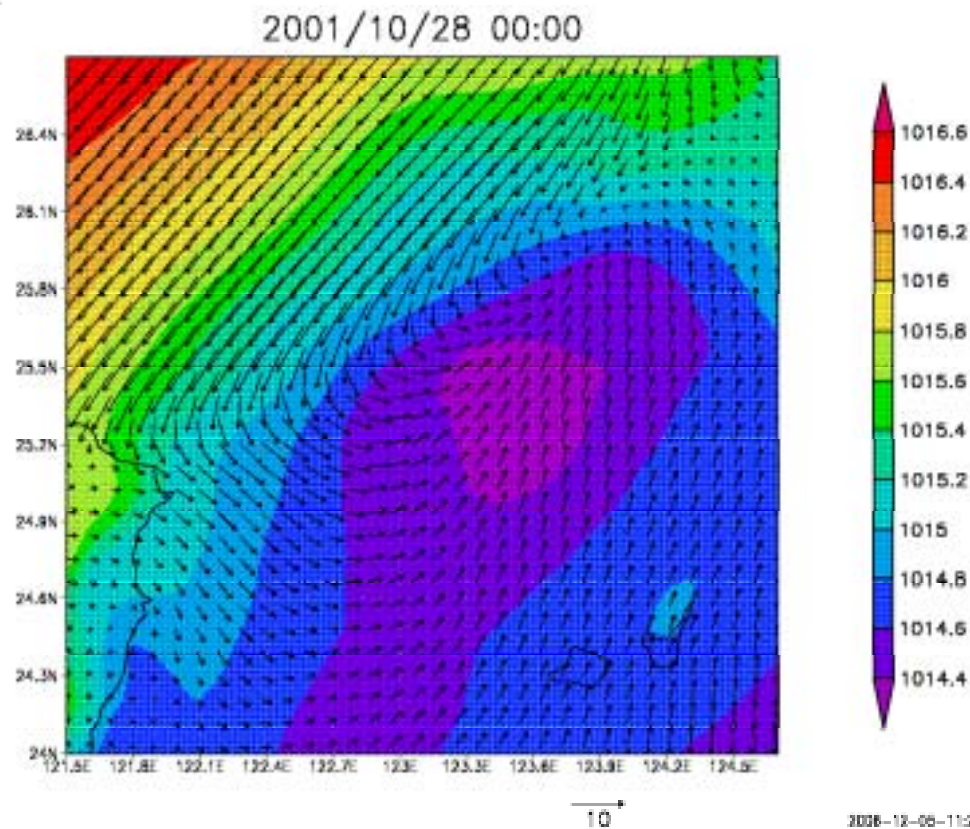
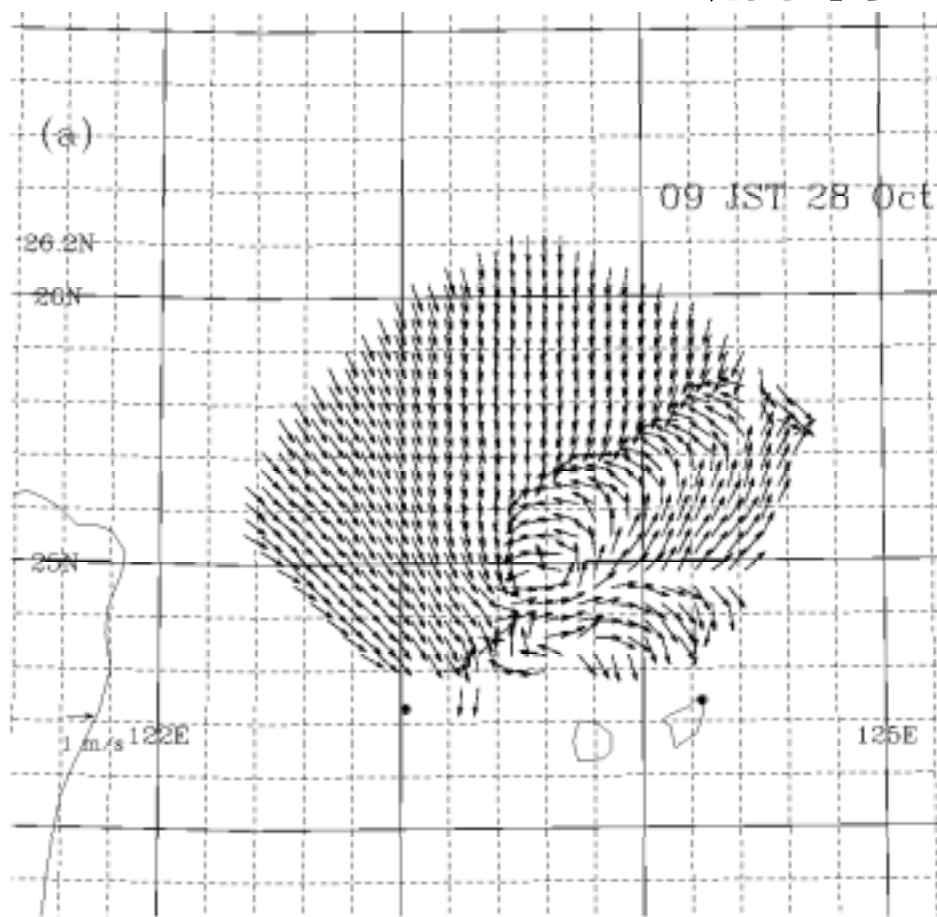
25N

1 m/s 122E

125E



レーダ風向とメソ解析値との比較 (前線通過時)



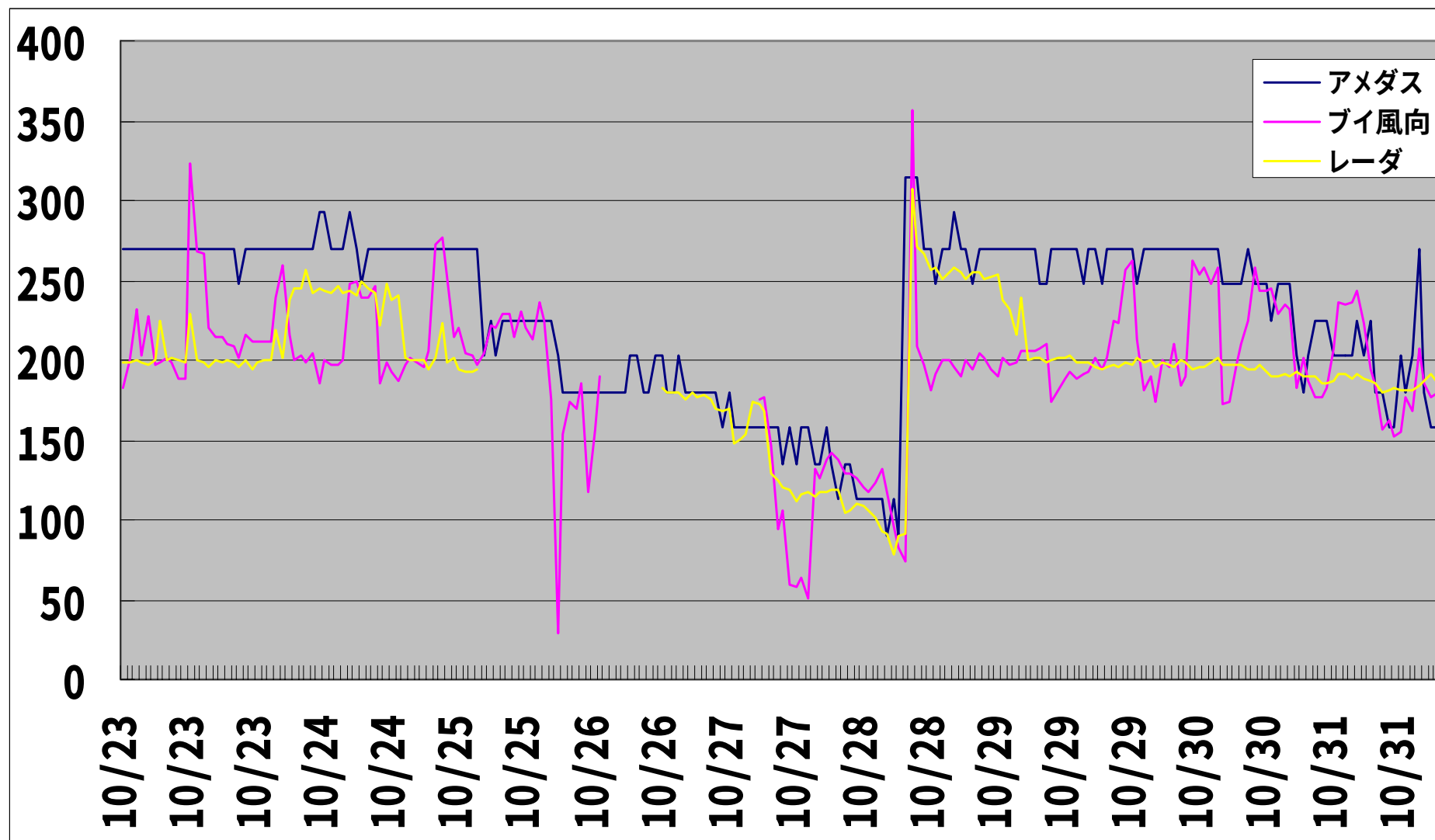
V. まとめ

- ・遠距離海洋レーダによって推定された風向は、メソ客観解析データやQiuikSCATの海上風と空間的に良く一致していた。
- ・係留ブイとの時系列の比較では、相関係数が0.6688、回帰直線の傾きが0.7443、RMSEが42.3508とズレが生じていた。
- ・ブイデータを過去6時間移動平均した風向と遠距離海洋レーダを比較すると、相関係数が0.6804、RMSEが37.8947と若干改良された。
- ・遠距離海洋レーダによって、観測海域を通過した寒冷前線による風向の変化を詳細に捉える事ができた。

VI. 考察・今後の課題

- ・遠距離海洋レーダによって推定された風向は、数値解析データや衛星データの風向と空間的によく一致している。**
- ・ブイのデータとの相関やRMSEがあまり良くないのはレーダによって推定された風向が、実際は海洋波向を見ているため、風向と波向にタイムラグがあるためだと考えられる。**
- ・今後の課題として、風向変化にすばやく対応できるように風向計算の方法を改良する事である。**

補足：アメダスとの比較



アメダス風速との比較

