

# CRL遠距離海洋レーダによる黒潮表層流動場観測 — 2001年～2003年の観測結果 —

---

松岡 建志, 佐藤 健治, 児島 正一郎, 藤井 智史  
(通信総合研究所 沖縄亜熱帯計測技術センター)  
take@crl.go.jp

# はじめに

通信総合研究所(CRL)では、2001年に沿岸から200kmまでの海域を観測できる短波海洋レーダを開発した。

石垣島・与那国島に設置し、性能評価を行うとともに、2001年7月より現在まで、東シナ海黒潮上流域の表層流速場の連続観測を行っている。

本発表では:

1. 表層流速観測値の精度検証
  - ・係留ブイ流速計との比較
2. 流速観測値のS/Nの時間・空間変化
3. 2年間にわたる流速場の連続観測から
  - ・黒潮の時間変動
  - ・流量推定



与那国海洋観測施設

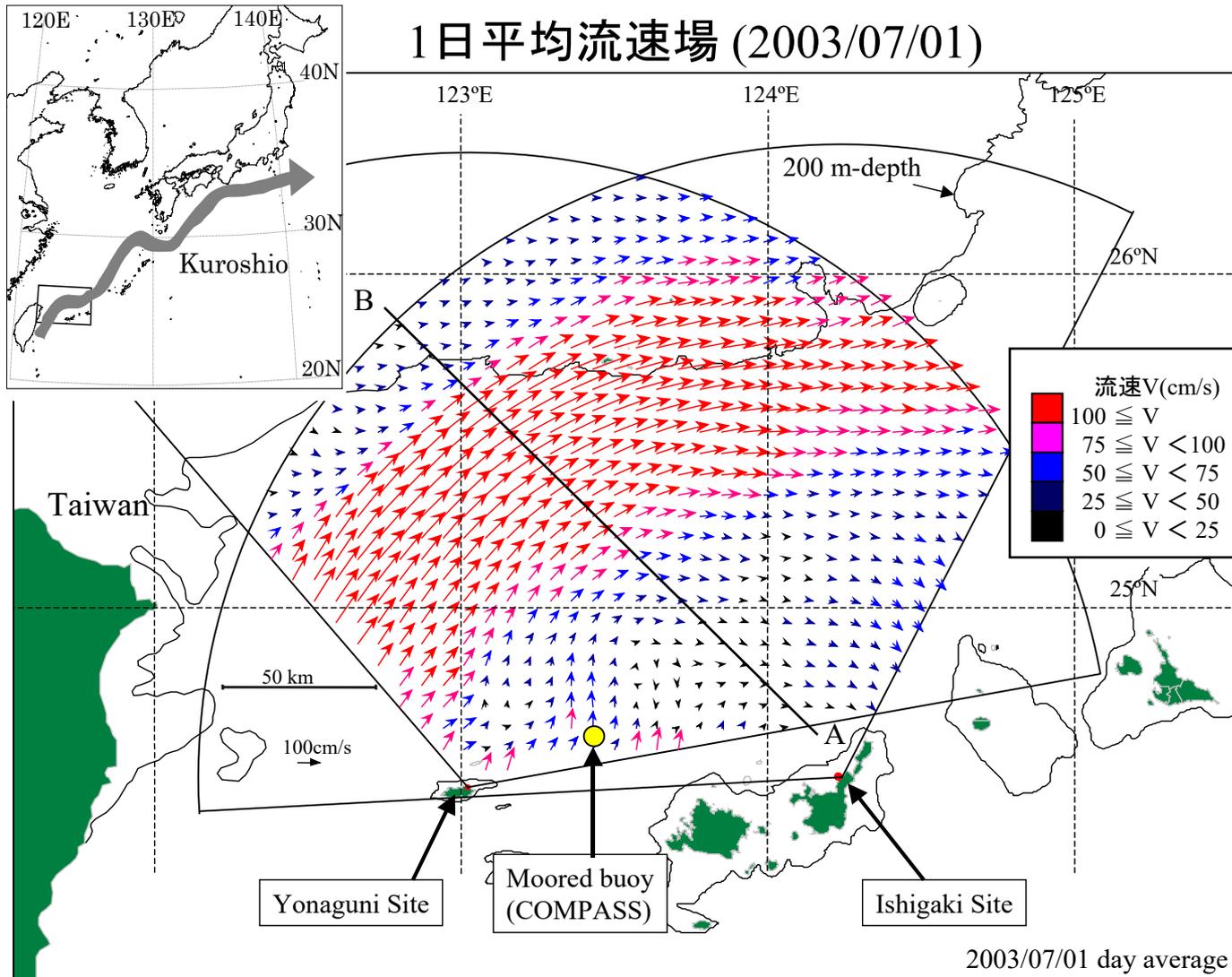


送信アンテナ



受信アンテナ

# 遠距離海洋レーダ(LROR)観測概要



## レーダ諸元

レーダ形式: FMICW

周波数: 9.2MHz

距離分解能: 7km

ビーム幅: 8°(正面)

観測範囲: ±60°

流速分解能: 2.5cm/s

アンテナ:

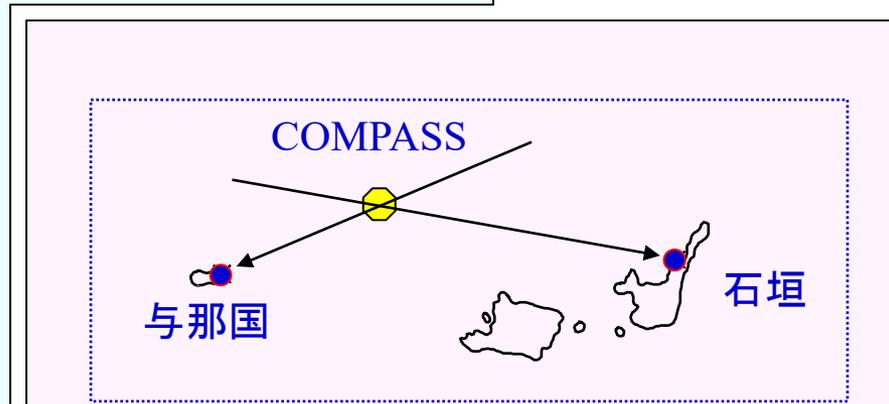
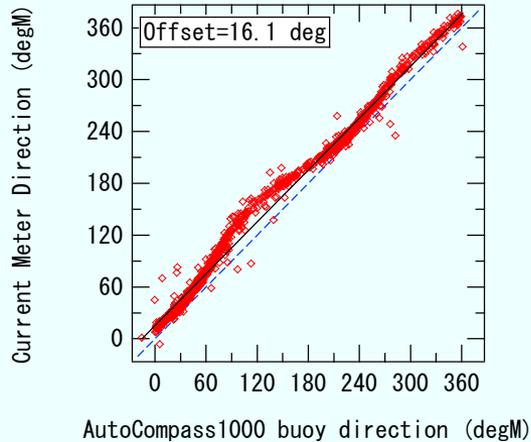
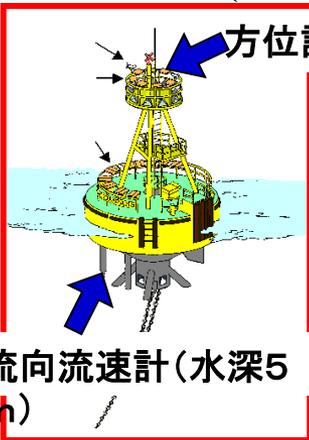
- ・16素子アレイ(受信)

- ・DBF

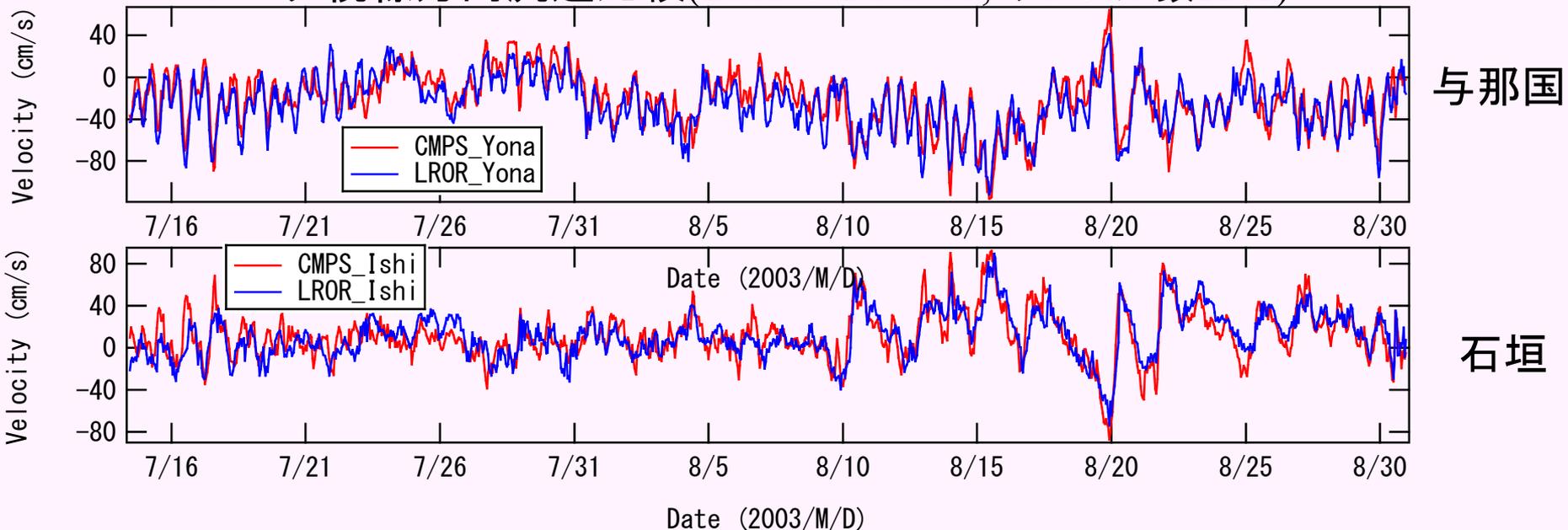
観測間隔: 1h or 1/2h

# 1. 表層流速観測値の精度検証

・係留ブイ(COMPASS)流速計との比較 (流速計方位補正後)

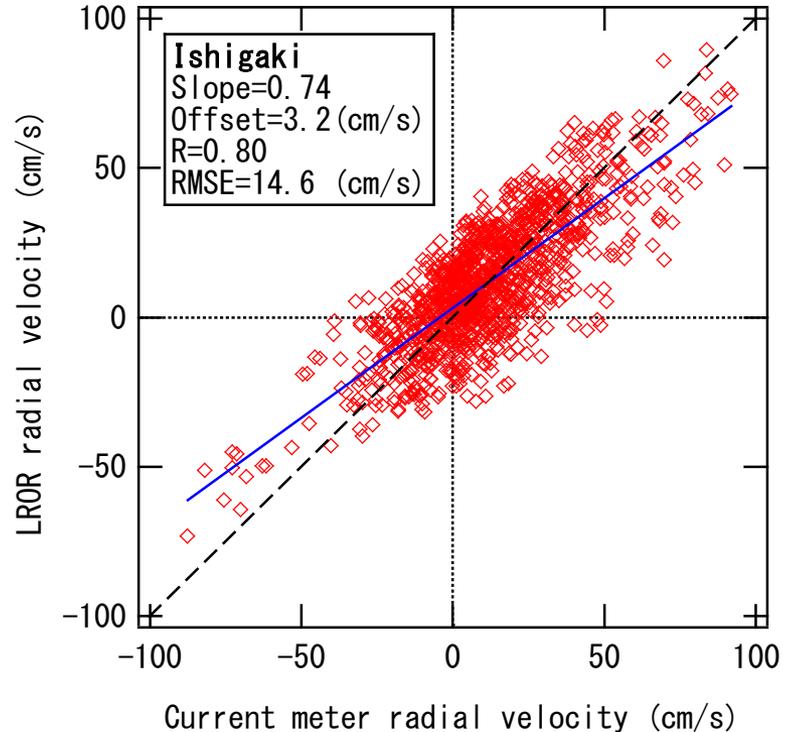
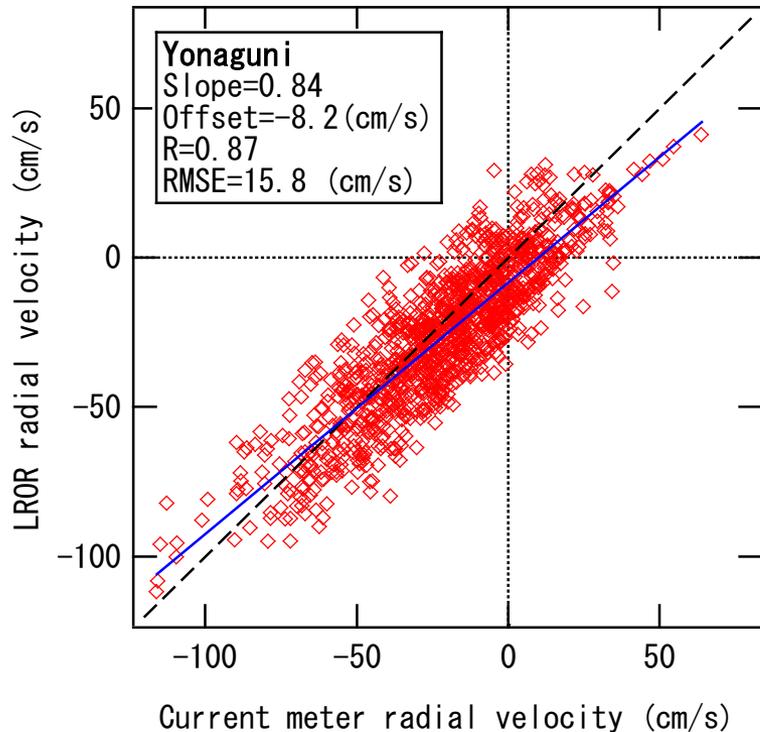


レーダ視線方向流速比較(2003/7/14-8/30; サンプル数1141)



# レーダ vs 係留流速計 流速比較

1時間毎レーダ視線方向流速比較(2003/7/14-8/30; サンプル数1141)

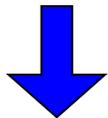


ばらつきの原因:

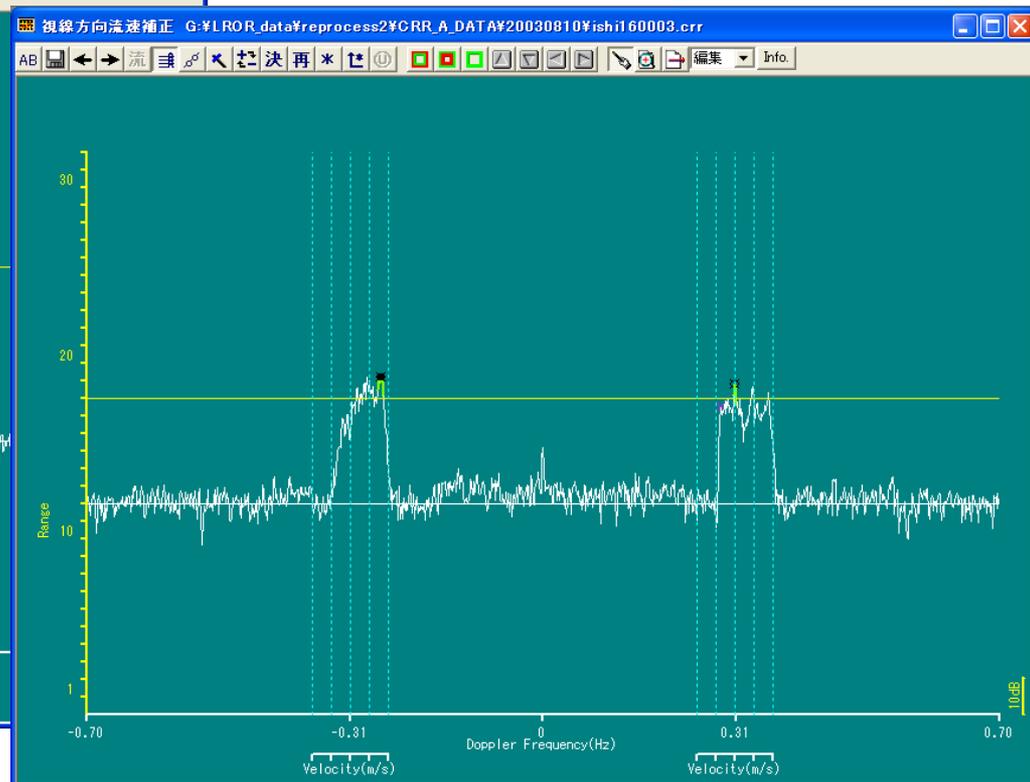
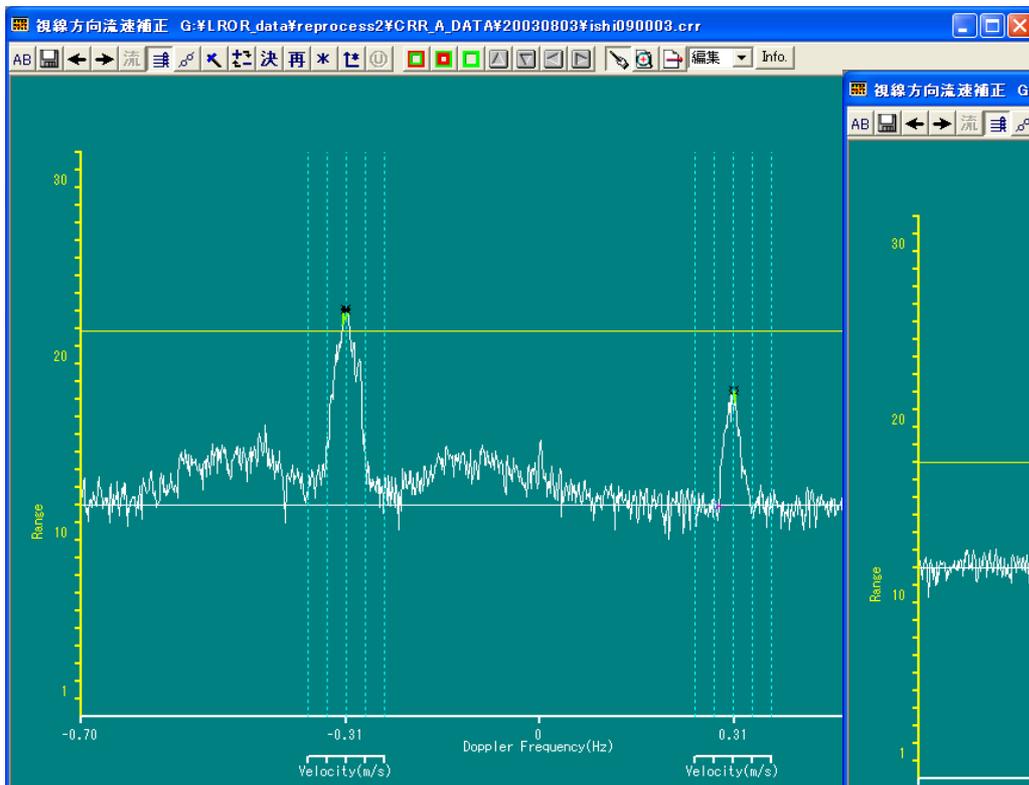
- 短時間変化(潮流)の主要な方向とレーダ視線方向が直交に近い(特に石垣)
- |                     |   |                   |
|---------------------|---|-------------------|
| レーダ                 |   | 流速計               |
| ● 計測水深 → 水深1.3m     | ↔ | 水深5m              |
| ● 計測面積 → 7km x 十数km |   | 数m四方 → 不均一な流れ(渦)? |

# レーダと流速計の差が大きいときのスペクトルデータ

レーダと流速計の差が小  
→理想的なBragg peak

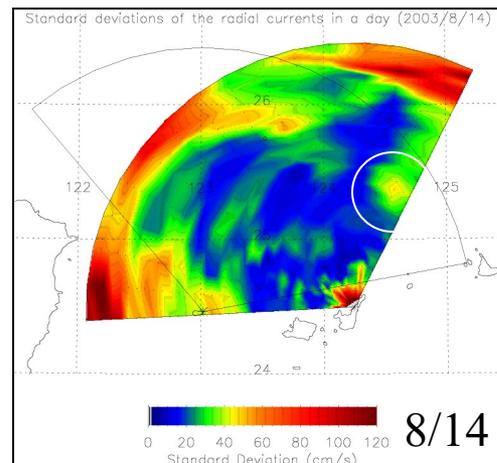
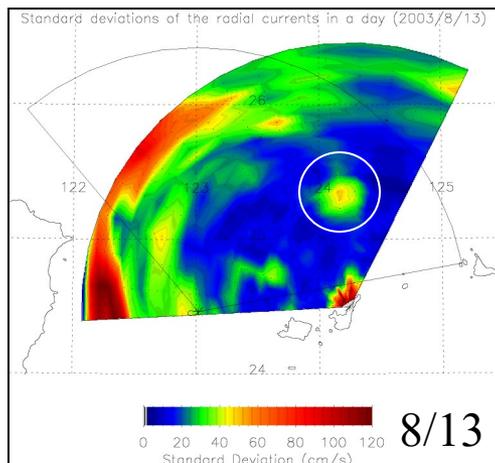
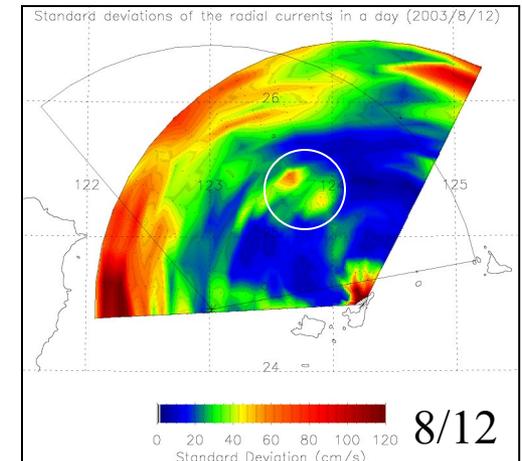
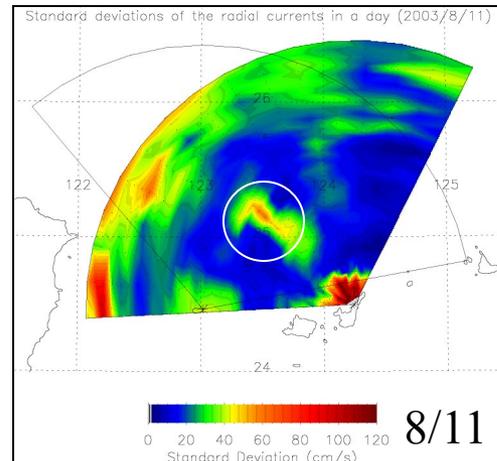
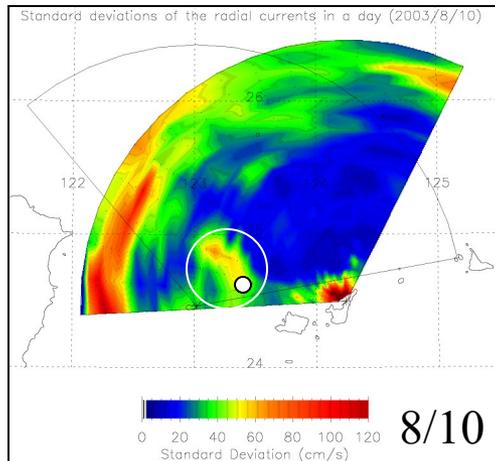


レーダと流速計の差が大  
→ Bragg peak推定が困難

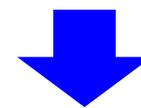


# レーダ流速値の1日の標準偏差

レーダと流速計の差が大きい場合 → レーダ流速値の時間変化が大  
 1日(48sample)のレーダ流速値の標準偏差分布の時系列を見ると、



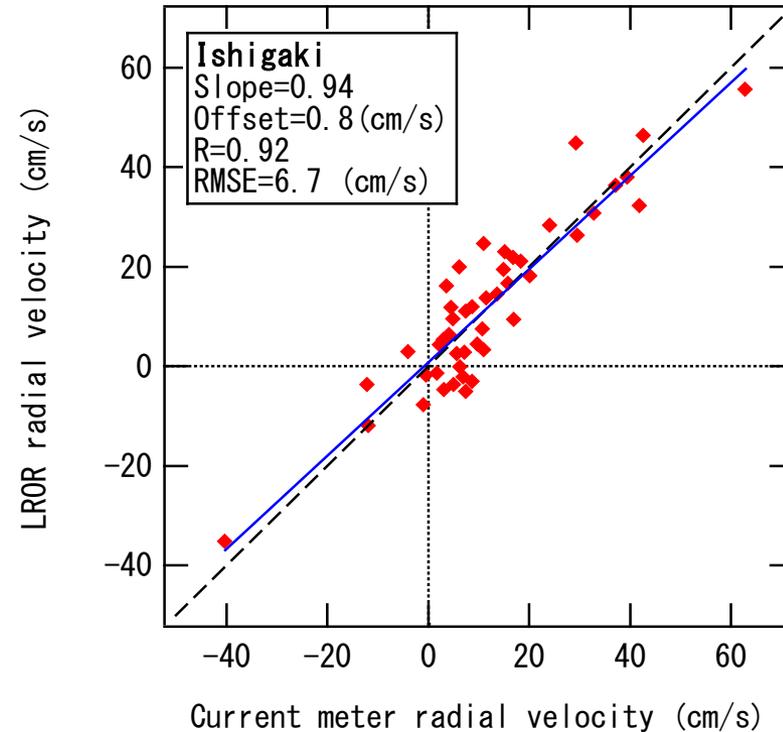
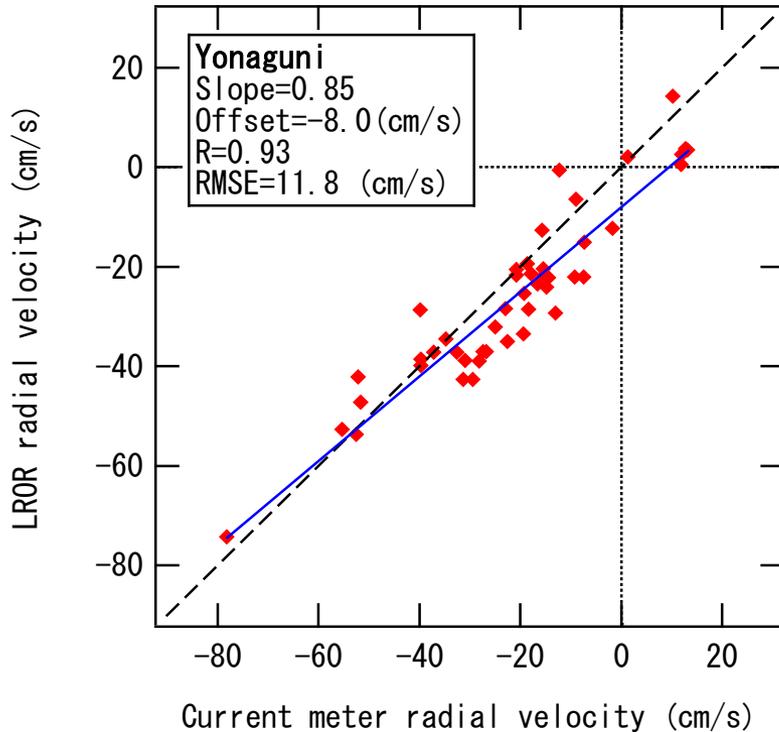
標準偏差大の領域が  
 平均流速場に追従して  
 移動(50cm/s程度)



不均一な流れの通過  
 →レーダと流速計の差大

# レーダ vs 係留流速計 1日平均流速比較

1日平均値でレーダ視線方向流速比較(2003/7/14-8/30; サンプル数46)



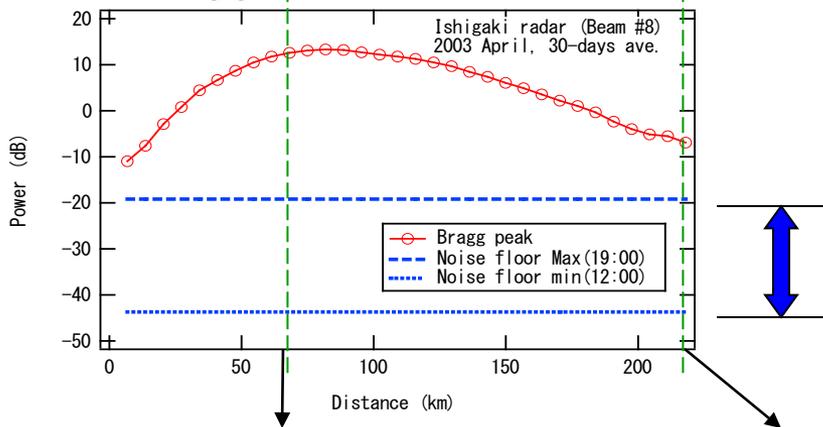
1時間毎と比較して: 傾き→1に近づく  
 相関係数→大  
 RMS→小

## 2. 流速観測値のS/Nの時間・空間変化

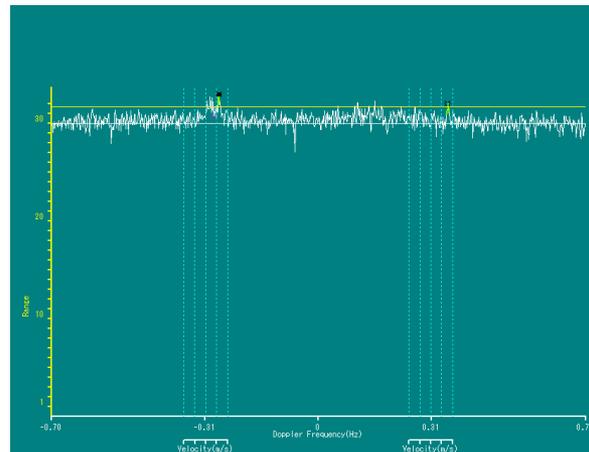
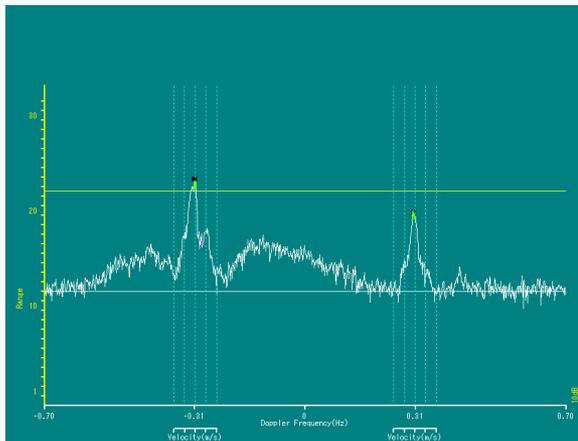
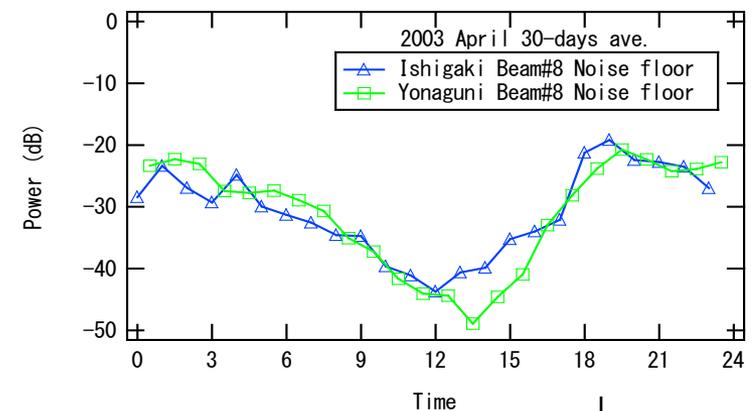
従来使用していた24.5MHz帯のレーダと違い、9MHz帯では、ドップラースペクトルデータの雑音(Noise floor)の日変化が見られる

遠距離探査性能に影響

### Bragg Peakの距離特性



### 雑音の日変化



日没後に雑音最大:  
電離層(D層の消滅)の  
影響と考えられる

# 信号・雑音の時間・空間変化(2003年8月平均:石垣局)

00:00

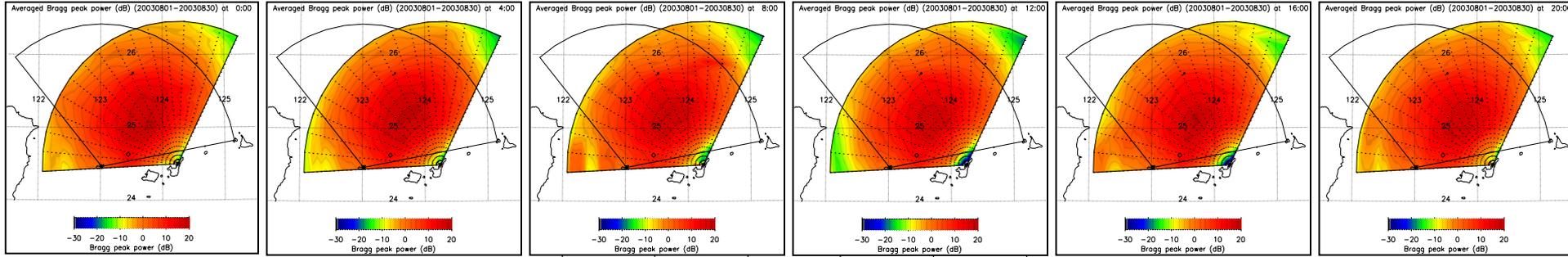
04:00

08:00

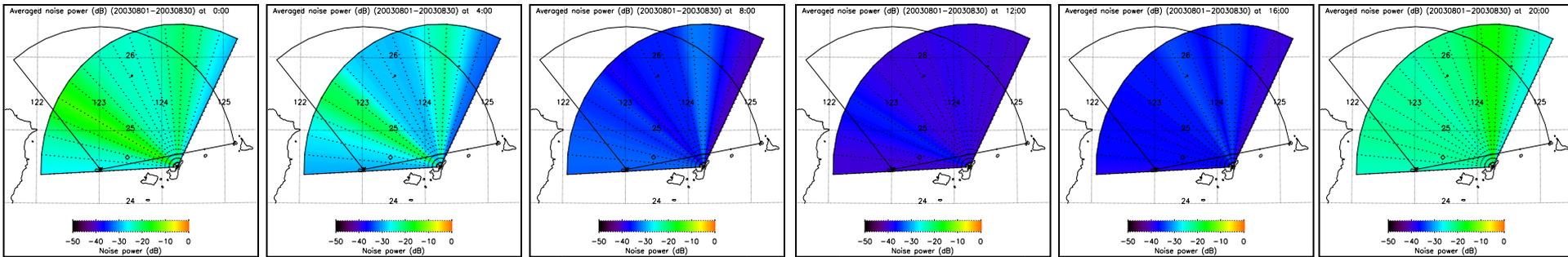
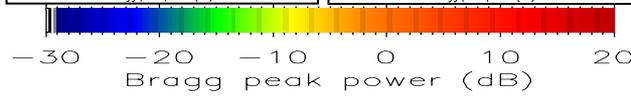
12:00

16:00

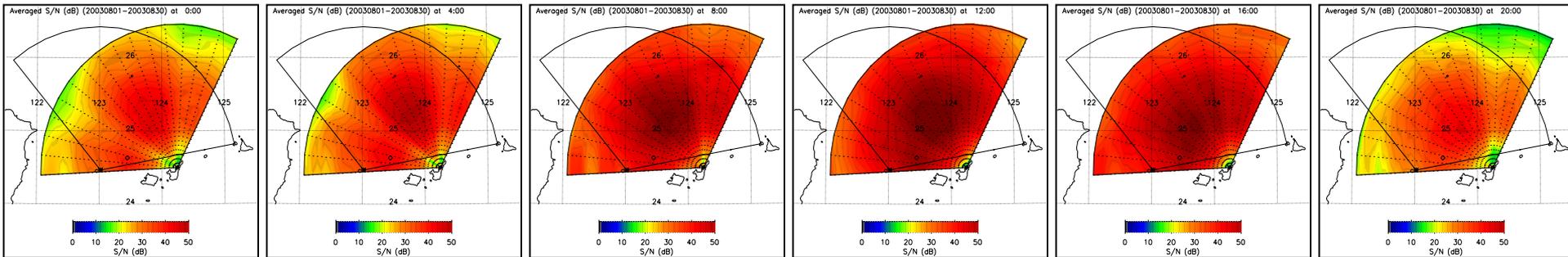
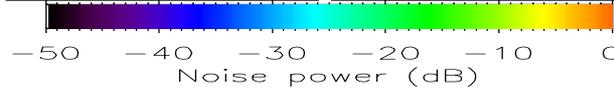
20:00



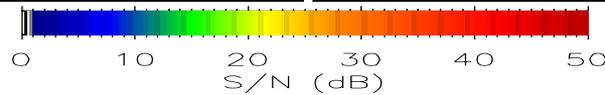
Bragg peak power (dB)



Noise floor (dB)



S/N (dB)



# 信号・雑音の時間・空間変化 (2003年8月平均: 与那国局)

00:00

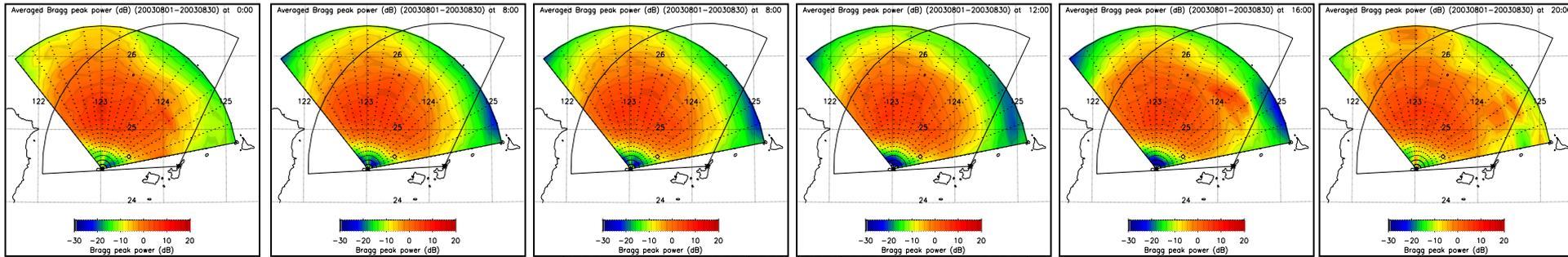
04:00

08:00

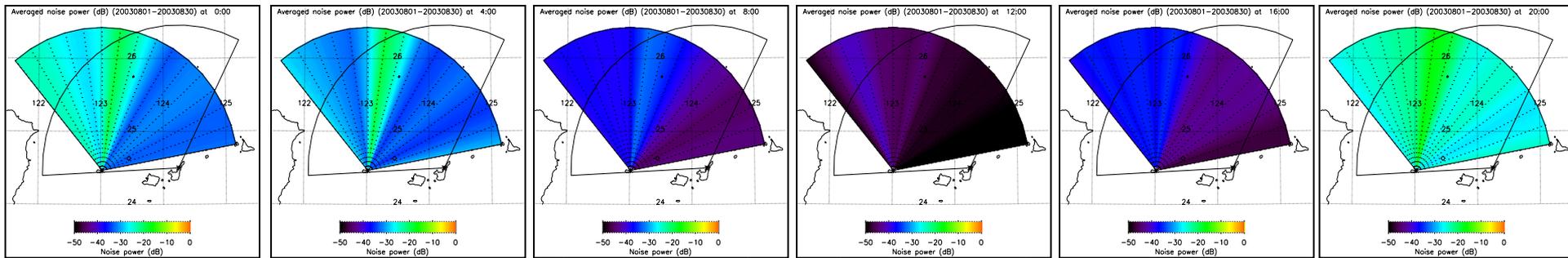
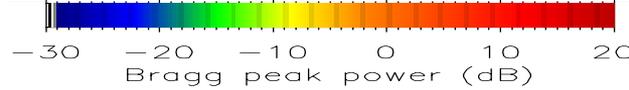
12:00

16:00

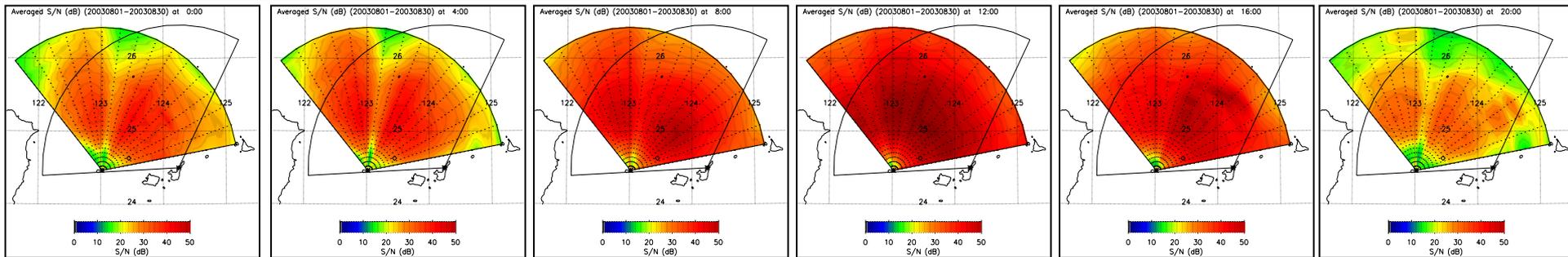
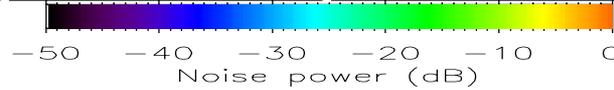
20:00



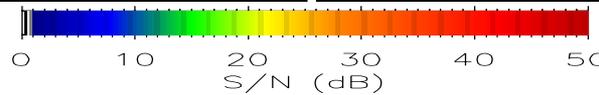
Bragg peak power (dB)



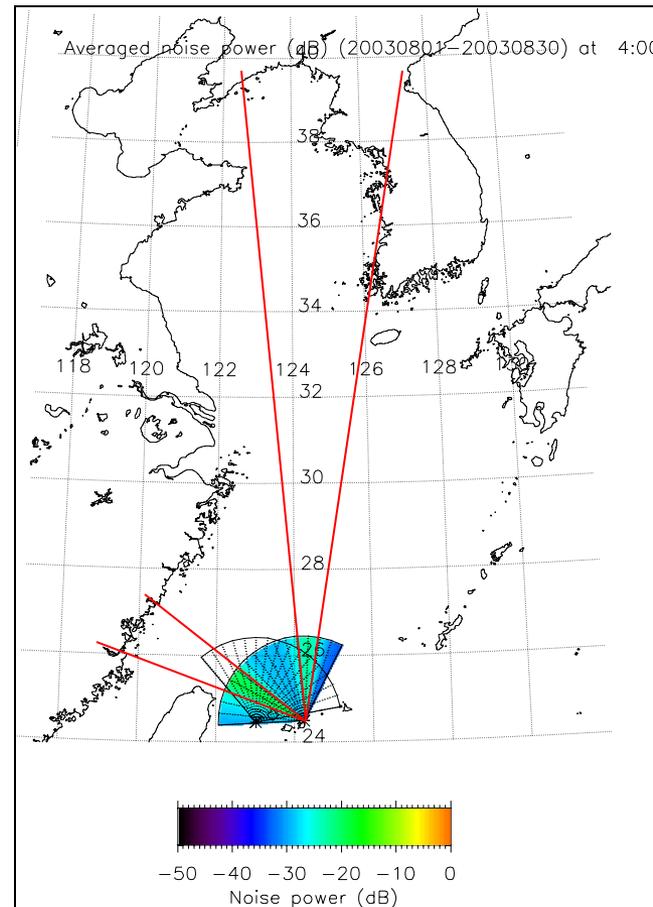
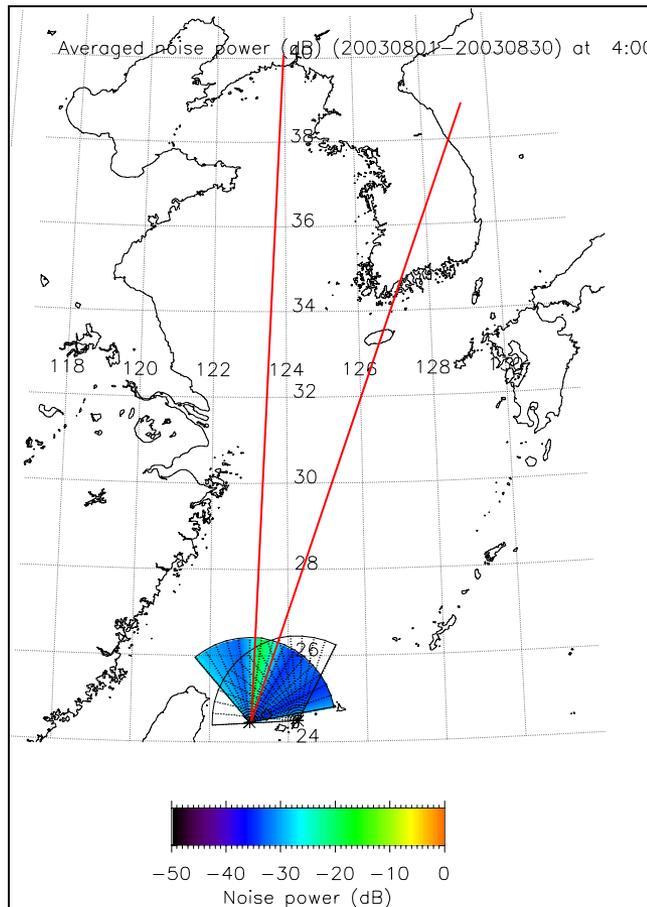
Noise floor (dB)



S/N (dB)



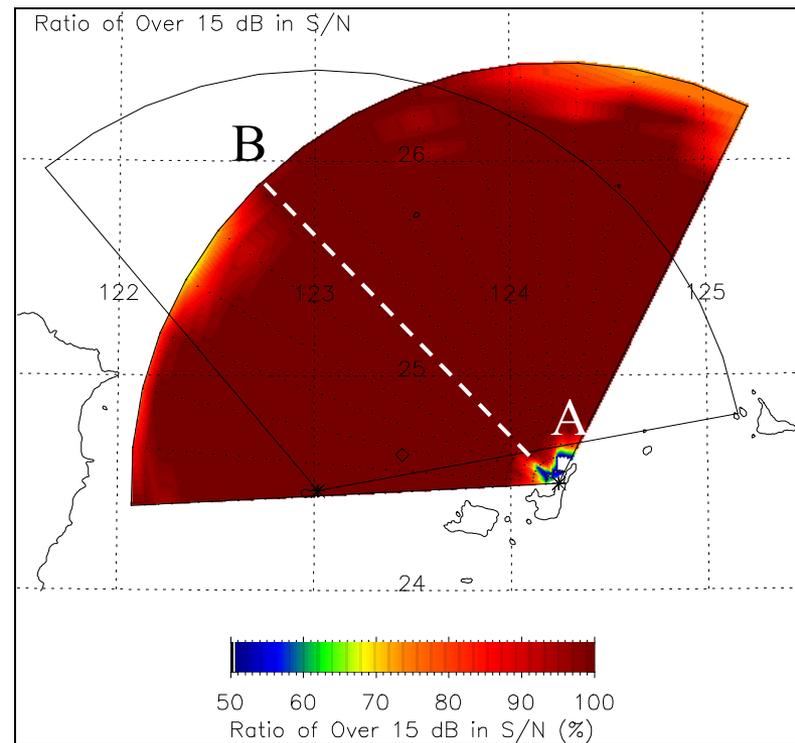
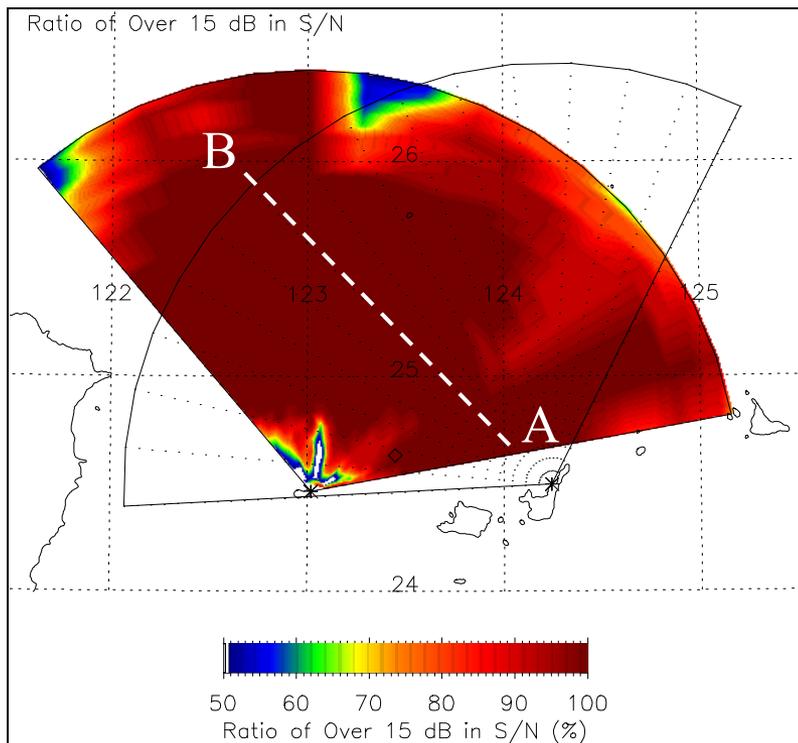
# 雑音の方向分布



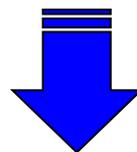
朝鮮半島西側と中国大陸東側からの混信の影響大

# S/N > 15dBの比率

1日(24sample)の中でS/Nが15dB以上である比率(2003年8月平均)

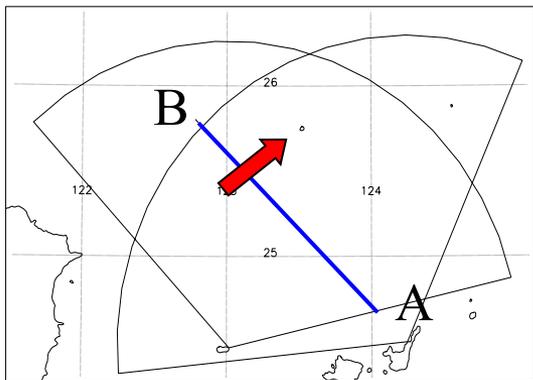


流速観測結果: A-B線(石垣局から北西方向)を通過する黒潮の時間変動



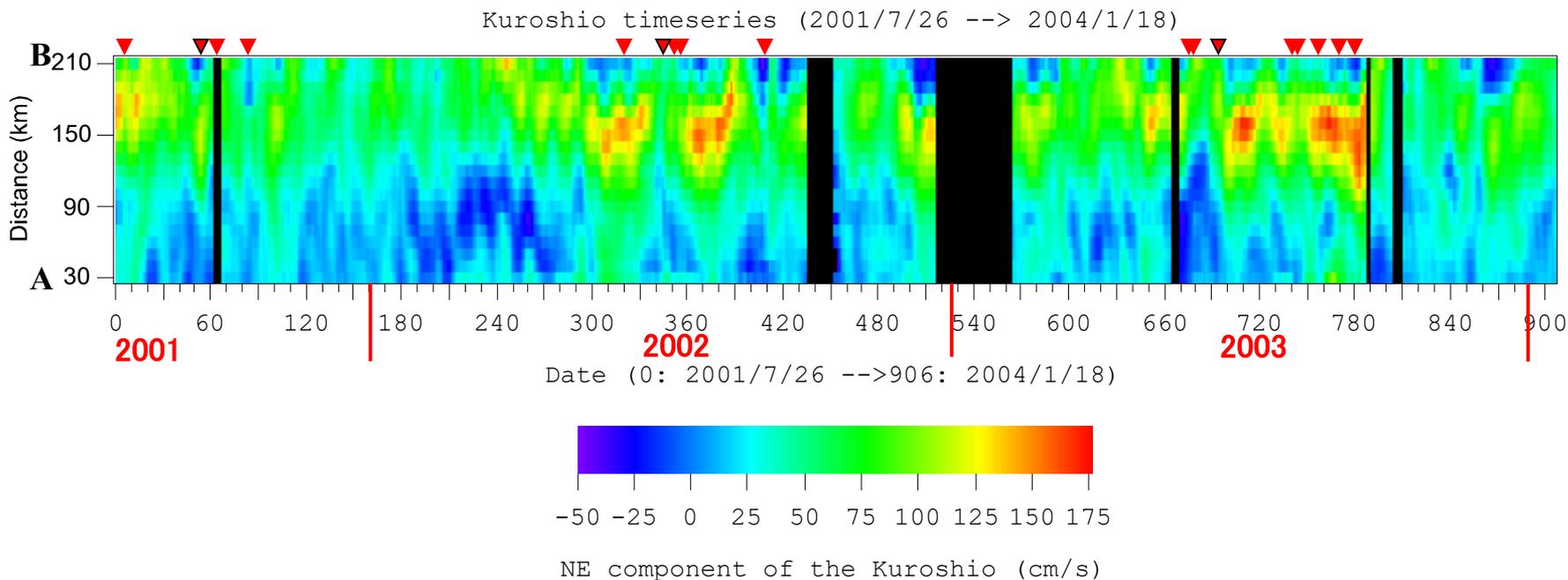
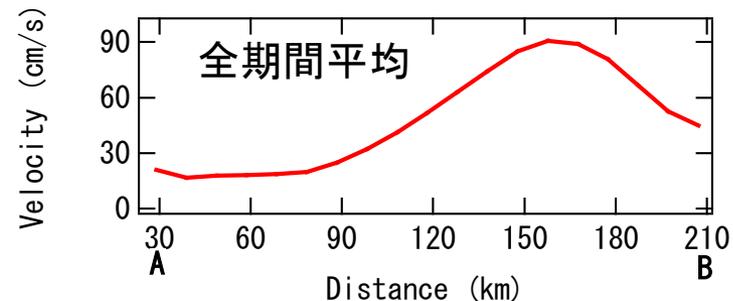
### 3. 黒潮表層流速時系列観測

石垣島から北西方向の測線A-Bを仮定

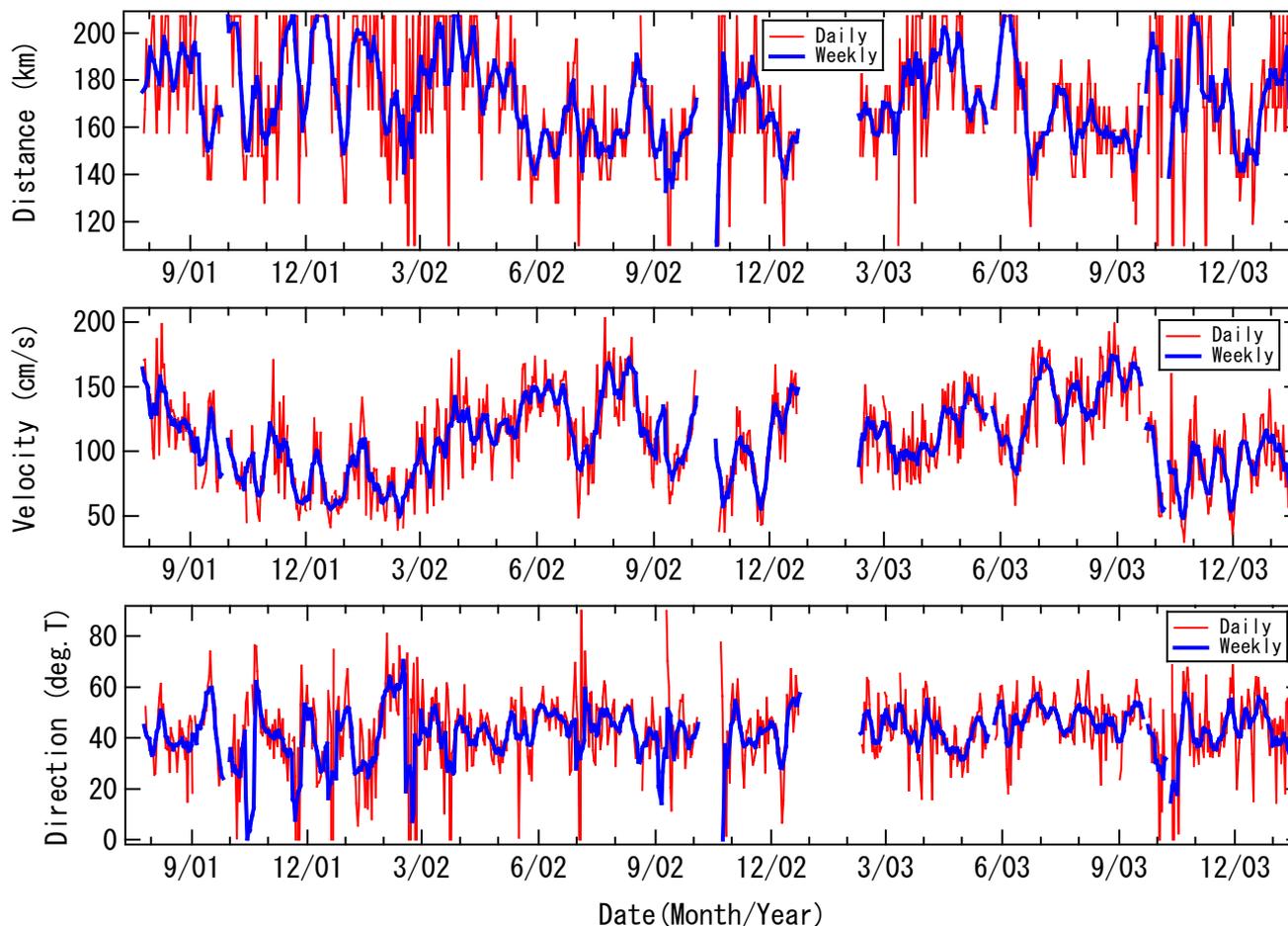


A-Bを横切る流れ  
の45°T(NE)成分の  
時系列変化

(01/7/26 - 04/1/18)



# 観測結果 - 黒潮最大流速位置(流軸)・流速・流向 -



## 季節変化:

- 流軸位置は夏季に比較的安定 (150-170km)
- 流軸の流速も夏季に増大する傾向
- 流向は常に北東

## A-Bを横切る

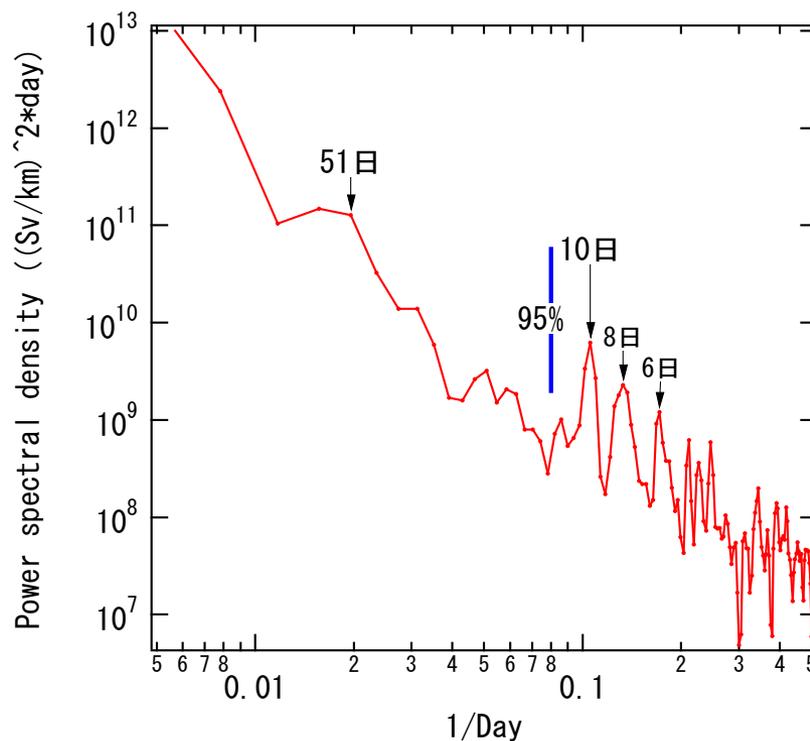
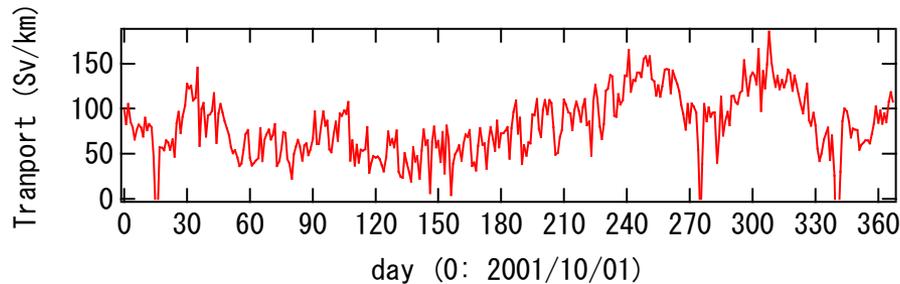
日平均黒潮流速の全観測期間平均:

- 流軸位置:  
石垣から171km
- 流軸での流速:  
110cm/s
- 流向: 43°T

# 黒潮表層流量の周期解析

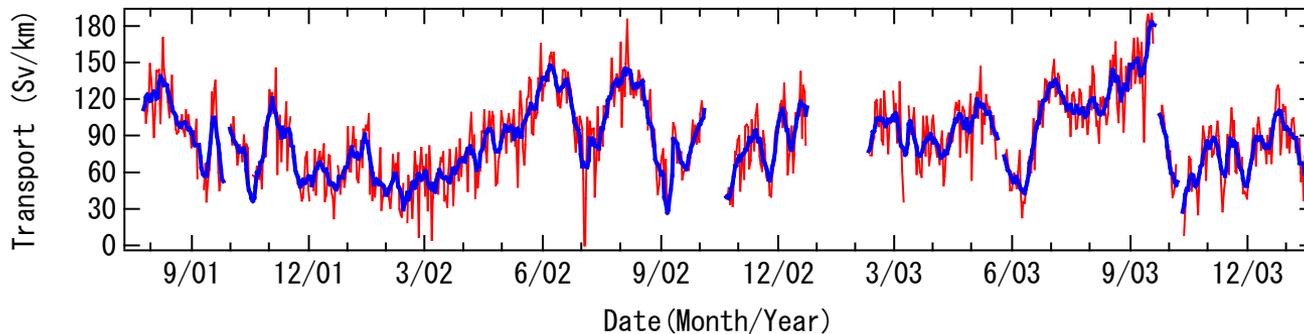
A-B測線上の表層流速の和 → 表層での単位深さあたりの流量(Sv/km)

連続観測期間: 2001/10/01-2002/10/03 (1日平均値)

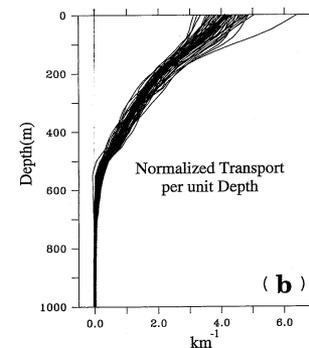
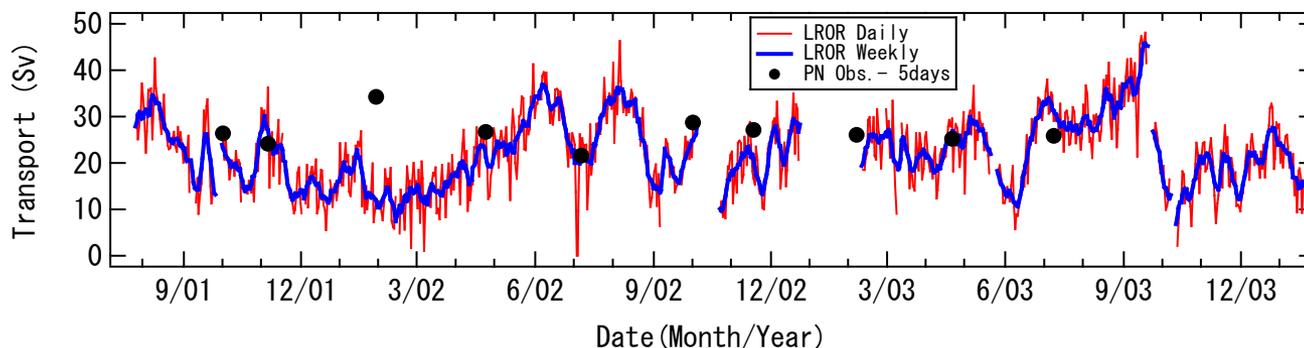


# 黒潮流量推定

## 表層での単位深さあたりの流量(Sv/km)



- 表層での流量(Sv/km)と全流量は比例と仮定 (Imawaki et al. (GRL 2001), Johns et al. (JPO 2001))
- 単位深さあたりの流量の鉛直分布は 150km上流側のJohns et al. (JPO 2001)の観測結果(平均値)と同じと仮定



Johns et al. (JPO 2001)

平均値: 22.3 Sv

## まとめ

2001年7月から現在まで東シナ海黒潮上流域を観測中である  
CRL遠距離海洋レーダの表層流速精度検証と  
黒潮流速場の時系列観測結果について

- 係留流速計との比較:
 

	石垣	与那国
・ 1時間毎視線方向流速の相関係数 →	0.80	0.87
RMS誤差 →	14.6cm/s	15.8cm/s
・ 1日平均視線方向流速の相関係数 : 大、RMS誤差 : 小		
  
- 流速観測値のS/Nの時間・空間変化:
  - ・ 雑音レベルは昼夜で20dB程度の差、朝鮮半島西・中国大陸東側で大
  - ・ 流速ベクトル観測範囲では1日の75%以上でS/N 15dB以上
  
- 黒潮表層流の時間変動(石垣島から北西の測線上)
  - ・ 流軸位置は夏季に比較的安定(石垣島から150-170km)
  - ・ 流軸での流速は夏季に増大する傾向
  - ・ 平均の流軸位置: 石垣島から171km、流速: 110cm/s、流向: 43°T
  - ・ 表層流量の時系列で10日周期変動あり(?)
  - ・ 期間平均推定流量: 22.3 Sv (Johns et al. (JPO 2001)と同様との仮定)