

船舶用レーダー波浪観測装置

第2回「電波航法研究会」

日時: 平成23年8月26日

場所: 東京海洋大学

日本無線(株) 海上機器技術部 平山 圭一
海上機器技術部 馬場 満徳

内 容

1. **レーダー波浪観測装置とは**
2. **システムの概要**
3. **システムの構成**
4. **運用画面例**
5. **波浪観測処理**
6. **主要諸元**
7. **出力データと記録データ**
8. **波浪観測装置の観測例**
9. **波浪計測における現状の課題**
10. **今後の波浪計測**
11. **まとめ**

1. レーダー波浪観測装置とは

レーダーで海面反射を受信し、その受信信号を解析装置で解析することにより、波高、波向きなどの波浪情報を算出するものである。

— 船上における波浪観測の現状と必要性 —

- 船上での観測は、目視による計測がほとんどである。
- 目視での観測の場合、夜間の計測はむずかしい。
- 近年船舶が排出するCO₂、NO_x などの削減の研究に伴う、きめ細かな波浪状況の把握の要求。
- コンテナ流出の防止への寄与等。

波浪計測の省エネ運航への寄与

GHG(温室効果ガス)排出削減



国際海事機構(IMO)にて
GHG排出削減を審議中



船舶のエネルギー効率の向上
EEDI 新造船建造時の指標
EEOI 運航時の指標
SEEMP 運航時の管理計画書



減速運転
ウェザールーティング
ジャストインタイム入港
船体メンテナンス
機関メンテナンス

- ・ EEDI (Energy Efficiency Design Index)
1トン貨物を1マイル運ぶのに排出するCO2グラム数
- ・ EEOI (Energy Efficiency Operation indicator)
1トン貨物を1マイル運ぶのに実海域で排出されたCO2グラム数
- ・ SEEMP (Ship Energy Efficiency Management Plan)
EEOIを用いたエネルギー効率の管理



より精度の高い
波浪の情報が役立つ

JRCのレーダー波浪観測装置の経緯

- 陸上設置型

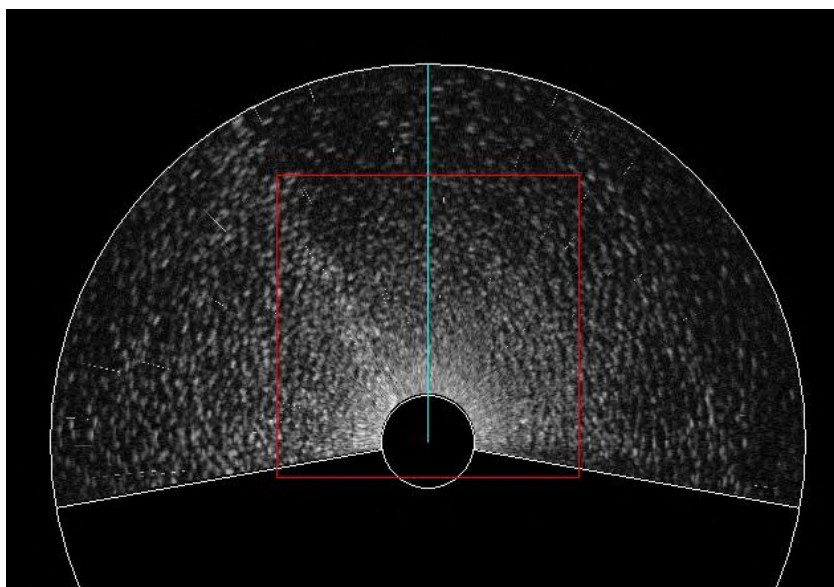
1990年代後半から海上保安庁ご指導のもと、沿岸設置型レーダー波浪観測装置の開発を行い、現在日本の沿岸16箇所に設置されている。

- 船舶搭載型

陸上設置型の装置を船舶向けに改良し搭載している。

2. システムの概要

レーダー波浪観測装置は、船舶用レーダーをセンサとして使用し、観測された海面反射から得られる波浪の縞模様のパターンを解析することにより波向き、波高、波長、波速を算出する。



3. システムの構成

船舶搭載型のシステムとして本装置は、Xバンド船舶用レーダーと波浪解析装置で構成される。



各部の役割

- X-バンド船舶用レーダー

9GHz帯の電波を輻射し、海面で反射された電波を受信して波浪解析装置へ送る。

- 波浪解析装置

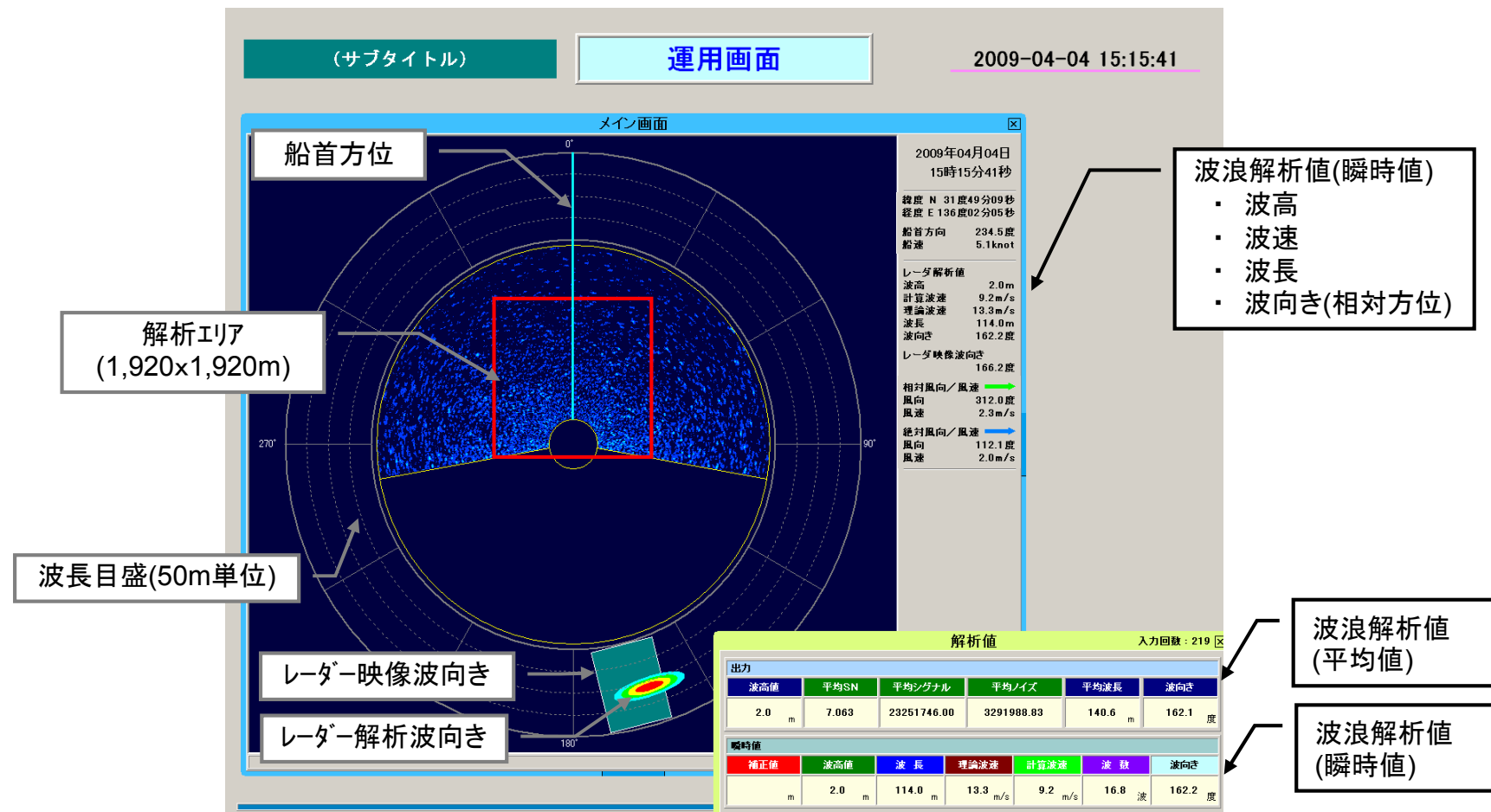
レーダーから送られてきたビデオ信号を内蔵のビデオ取込みボードで受け、解析処理を行ない波向き、波高、波長、波速を算出する。

- 必要とする入力信号

- GPS航法装置： 正確な観測時刻を得るために解析装置の時刻を補正する。
- ジャイロコンパス： 船首方位を取得し、船舶の移動補正を行なう。
- スピードログ： 対水速度を取得し、船舶の移動補正を行なう。
- 風向・風速計： 収集データを解析する場合に使用する。
必須データではない。

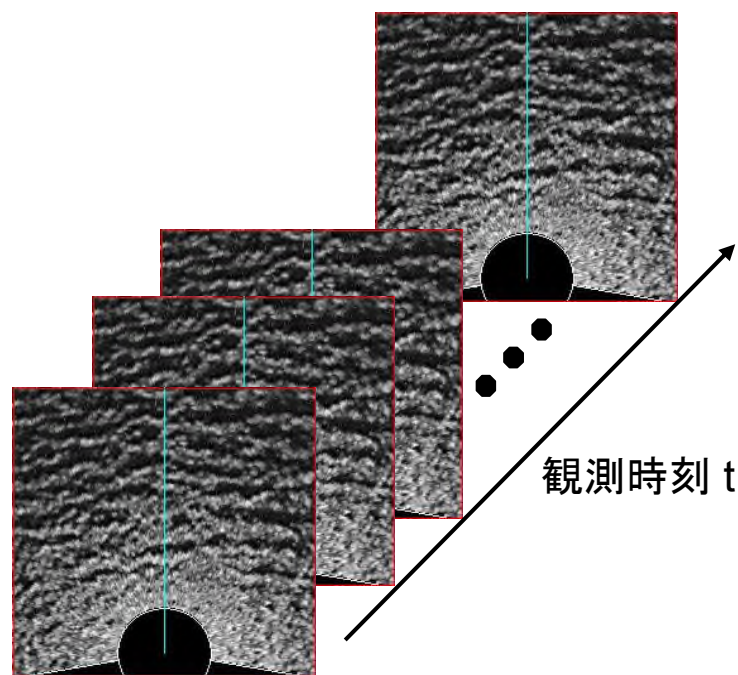
4. 運用画面例

波浪解析装置は、一辺1920mの赤枠の正方形に切り出した海面反射信号について解析処理を行なう。

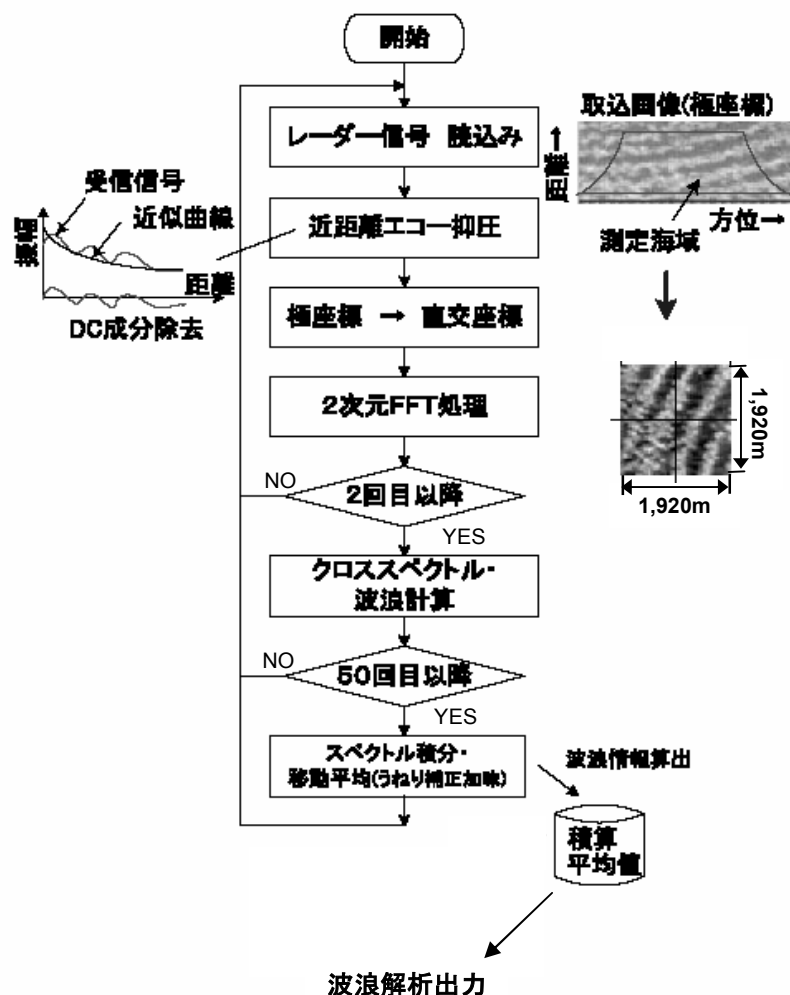


5. 波浪解析処理 (1)

空中線が1回転する時間(2～3秒)で波浪が移動するため、連続したレーダー画像を1回転ごとに収録し、時間、空間周波数解析を行い、波浪の波数と周期の関係から実在する波浪を抽出して波浪の方向スペクトルおよび波高等を求める。



5. 波浪解析処理 (2)



(1) 波浪測定海域

波長40m 程度の波から100 ～480m 程度のうねりを対象とした解析性能を得るため1 メッシュ7.5m × 7.5m の256 × 256 メッシュ、一辺1,920m の2 次元領域を波浪測定海域とする。

(2) レーダー信号の読み込み

送信パルス毎に受信するアナログのレーダービデオ信号をデジタル変換し、空中線の方角角信号および距離ゲート信号と共にメモリに格納する

(3) 近距離エコーの抑圧

レーダービデオ信号の振幅成分から直流要素を取り除き、波の変動を強調する処理を行う。

(4) 極座標→直交座標変換

DC(直流)成分除去後のレーダー受信信号を空中線の方角角および距離ゲートから換算した波浪測定2 次元領域の各々の座標に格納する。

(5) 2 次元FFT 処理

格納したレーダー受信信号を2 次元FFT 処理により時間領域から周波数変換し、スペクトルを保存する。

(6) クロススペクトル・波浪計算

空中線1 回転毎の2 次元FFT スペクトルからクロススペクトルを計算する。クロススペクトルと偏角から各波長のパワーと計算波速を算出する。波浪計算は、波長と重力加速度から求める理論的な波速とクロススペクトルの計算波速の比から波浪スペクトルとノイズスペクトルを分離し、分離したスペクトルから波向、波長、波速、波高の計算を行う。

(7) スペクトル積分・移動平均

2 分間の移動平均値として、クロススペクトル50 回分の積分によるSN 比向上、うねり検出補正、波浪計算および移動平均を施し、品質の高い積算平均値とした上で波浪解析出力とする。

6. 主要諸元

Xバンドレーダ

水平ビーム幅 : 1.2 ° 以下

垂直ビーム幅 : 25° 以下

空中線回転数 : 24 rpm 以上

送信周波数 : 9 GHz帯

送信出力 : 10 kW 以上

繰返周波数 : 1,900 Hz 以上

送信パルス幅 : 約80 nsec

空中線高さ : 30 m 以上

波浪解析装置

計測範囲:

距離: 3.8km 以内

方位: 約 190°

処理範囲: 1920 x 1920 m

解析対象波高: 1 m 以上

解析対象波長: 40 m 以上

解析出力: 波高 (m)

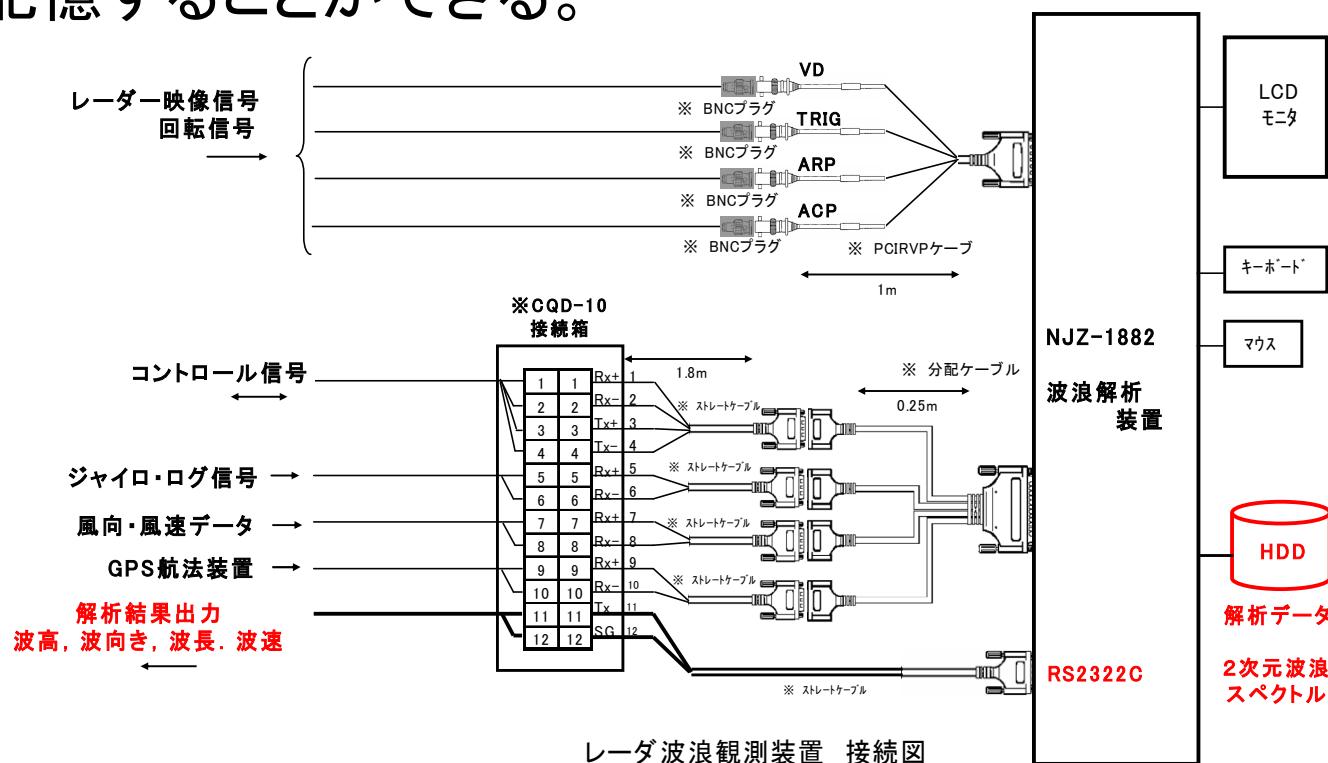
波向き (°)

波速 (m/sec.)

波長 (m)

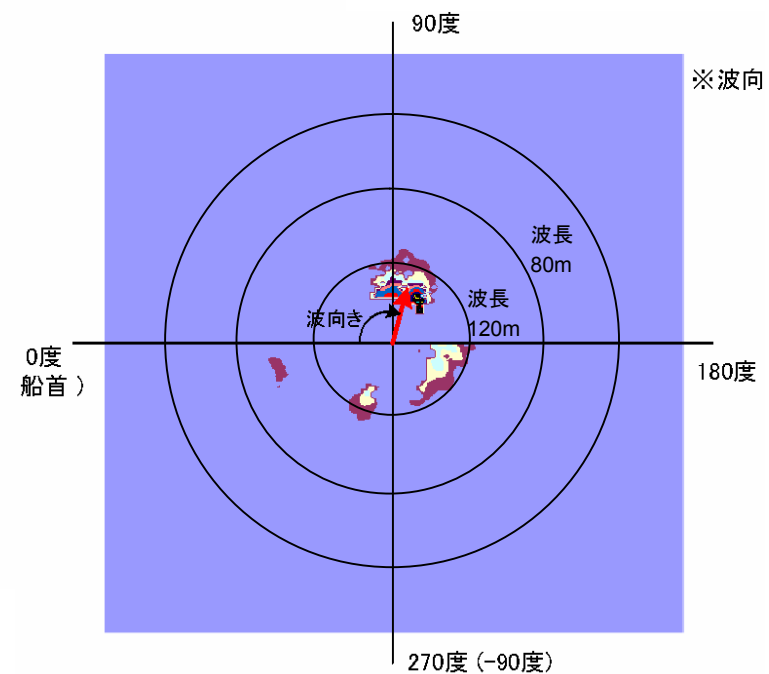
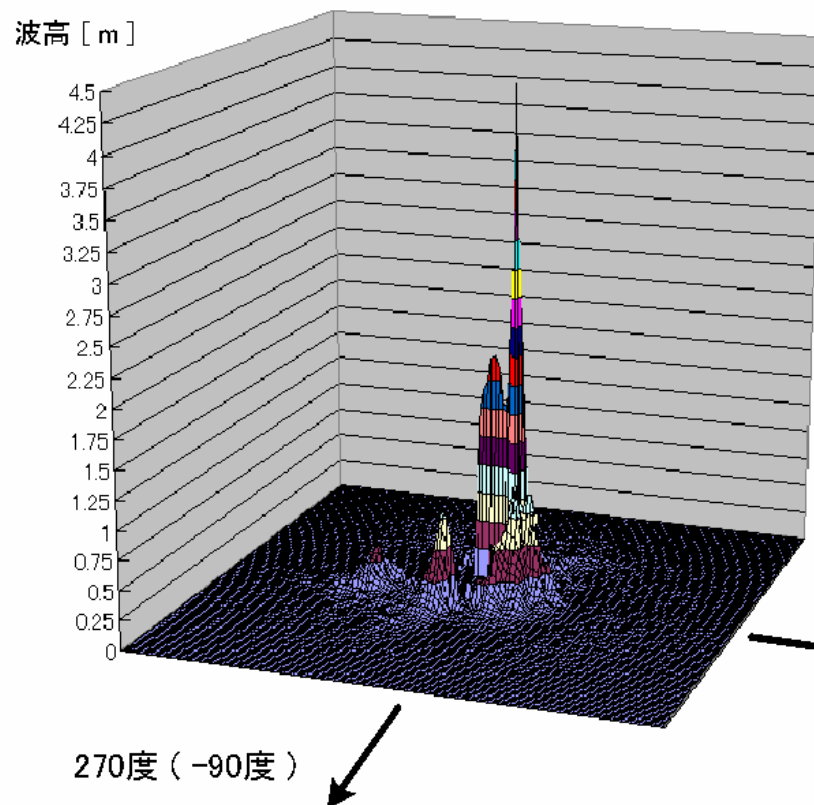
7. 出力データと記録データ

- 波浪解析結果(波高, 波向き, 波長, 波速)を最短2分間隔でシリアルデータ出力する。また、それらのデータをハードディスクに記憶することができる。
- 2次元波浪スペクトルデータを最短2分ごとにハードディスクに記憶することができる。



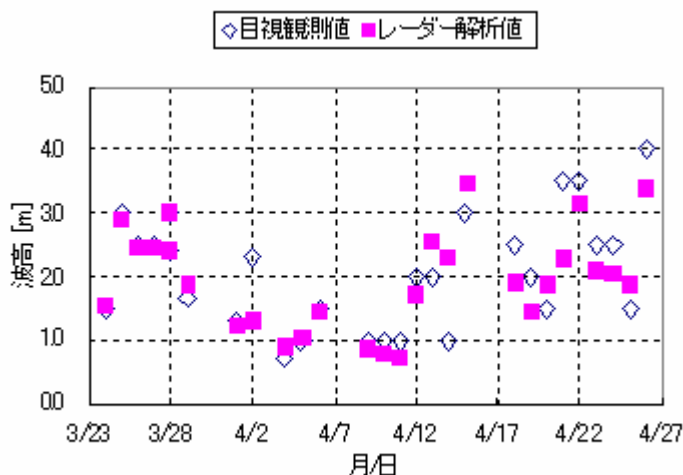
2次元波浪スペクトルデータ

波浪スペクトルを波高値へ正規化

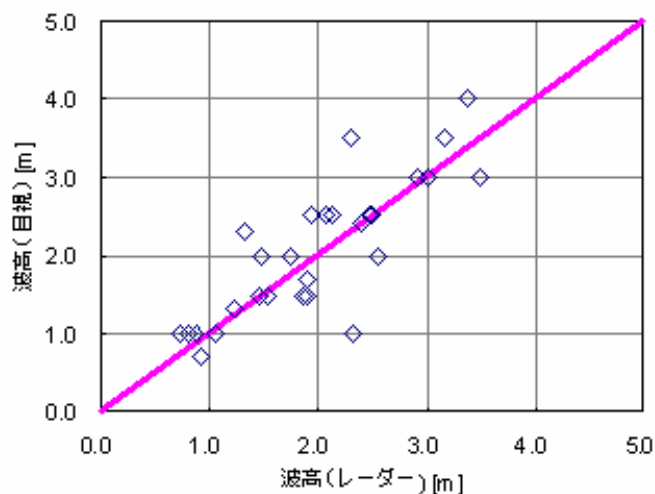


8. 波浪観測装置の観測例

JRC



目視波高と解析波高との比較

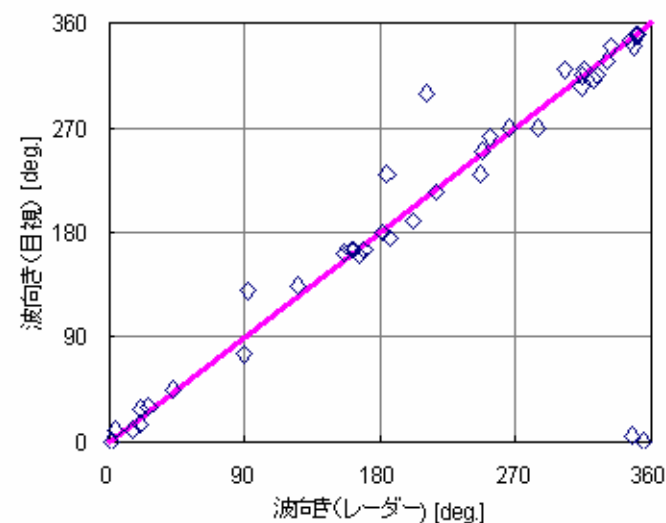


目視波高と解析波高との相関図

対象船: コンテナ船

航路: ヨーロッパ～日本 (西回り)

期間: 3月～4月

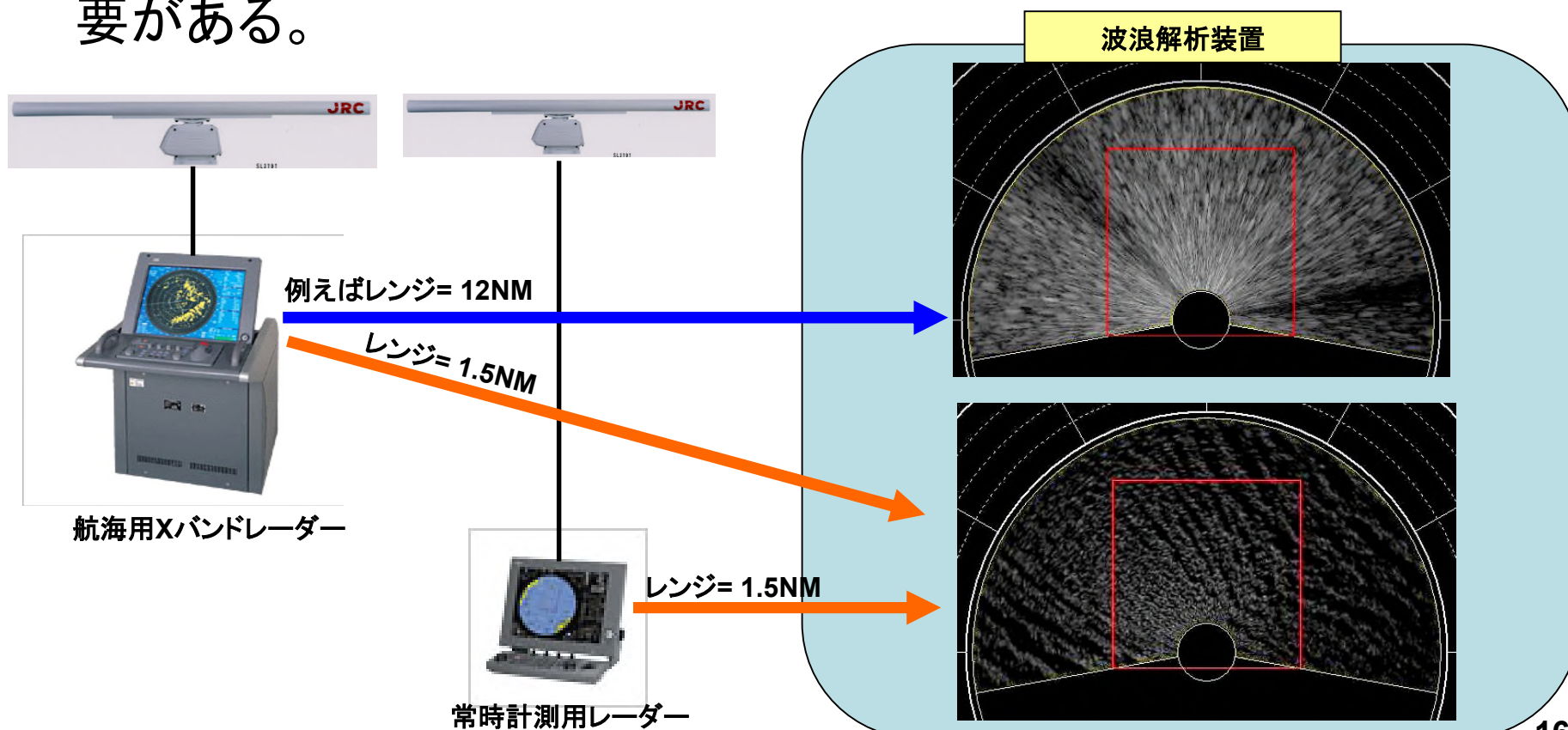


目視波向と解析波向との相関図

9. 波浪計測における現状の課題(1)

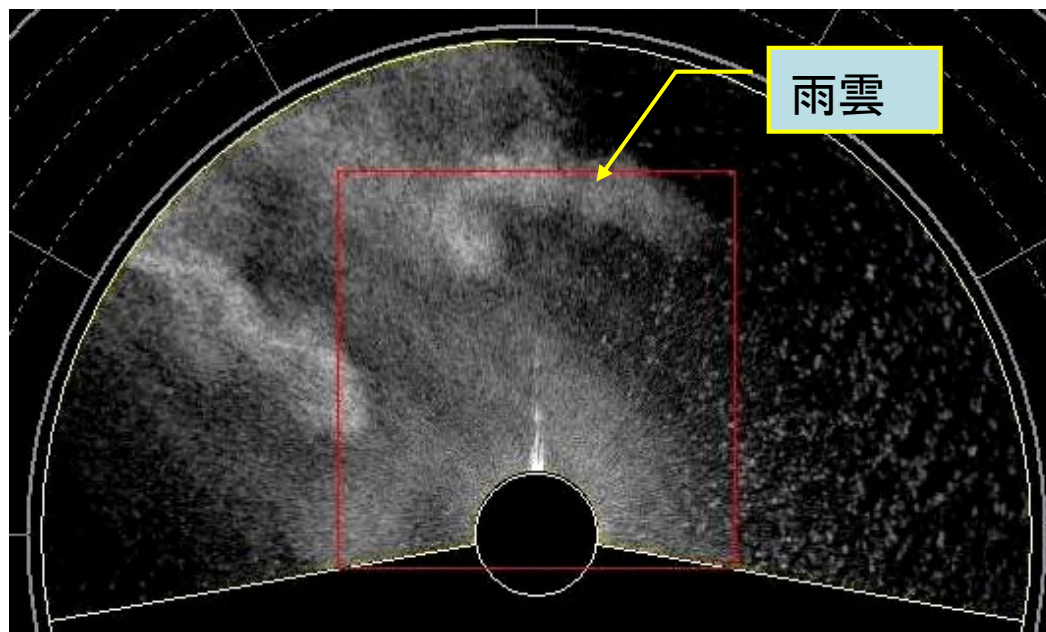
(1) 航行監視用のレーダーを波浪観測に用いることができるが、レンジを1.5NMにしなければならないため、安全航行上の点から常時計測がむずかしい。

常時計測する場合は、専用にもう一台レーダーを設置する必要がある。



9. 波浪計測における現状の課題(2)

(2) 雨雲の影響を受けると波浪計測精度が落ちる。



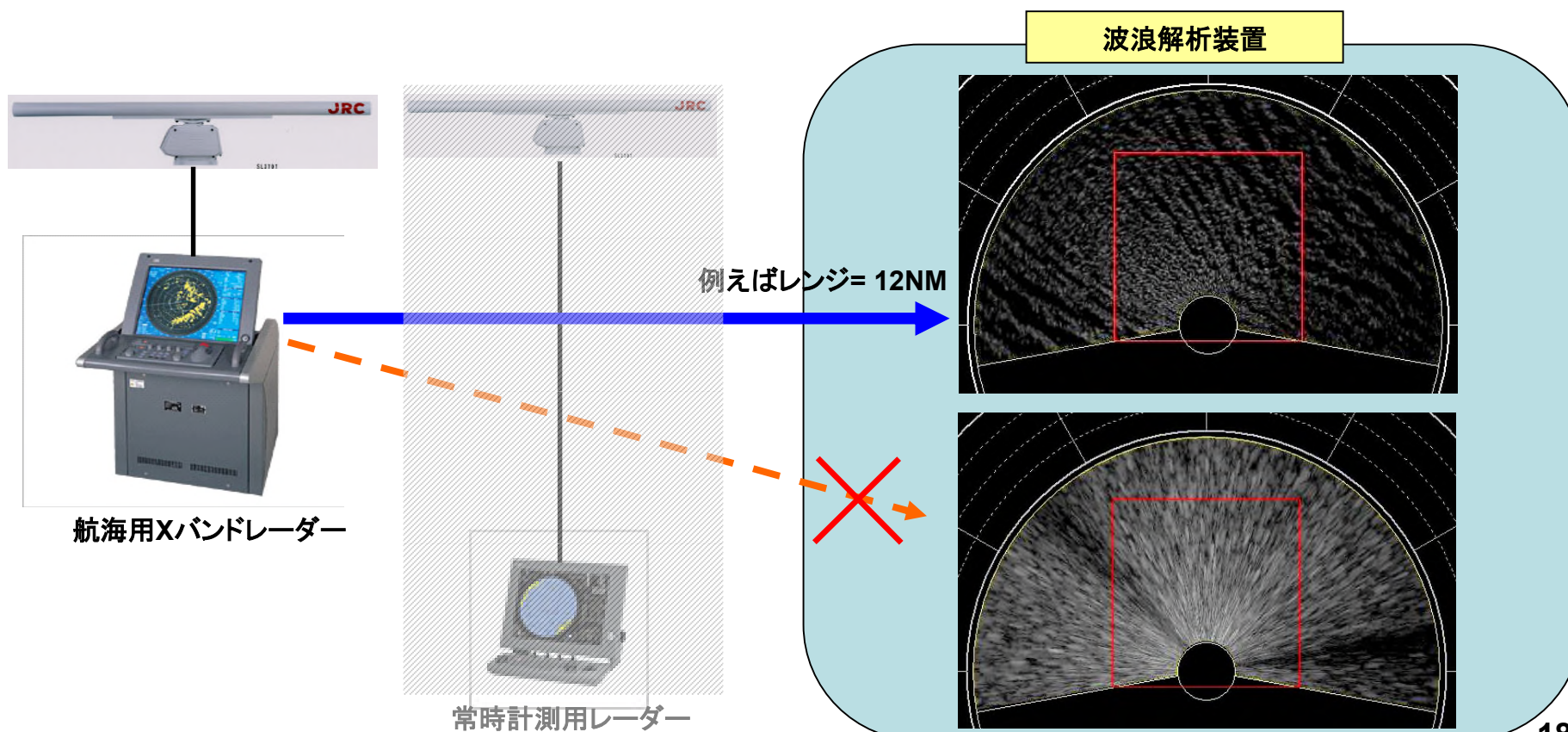
(3) うねりの計測がむずかしい。

(4) 正しい波高計測のためにパラメータの調整が必要である。

10. 今後の波浪計測(1)

お客様からのご要望

計測用レーダーを設置せず、航行監視用レーダーで常時波浪計測を行ないたい。



10. 今後の波浪計測(2)

レーダー波浪観測の課題解決のために

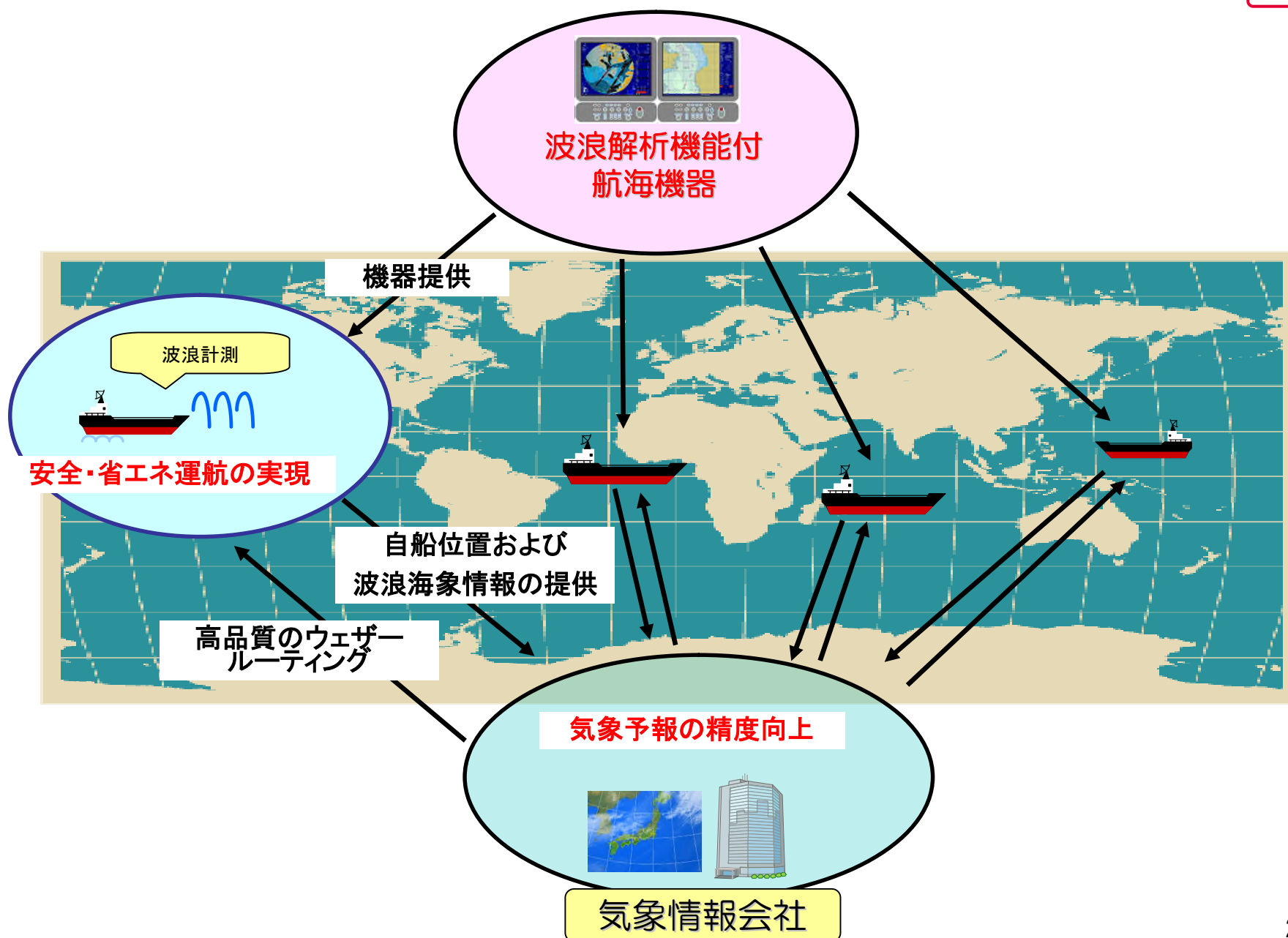
- 船体動揺のモニタリング
- 風向・風速のモニタリング
- マイクロ波式波高計によるモニタリング
(小型、軽量センサーの開発)



ハイブリッド方式での波浪計測の実現

- ◆ 雨天時の波浪計測の実現
- ◆ 風浪とうねりの分離の実現
- ◆ 最適パラメータ自動調整の実現

ウェザールーティングとの連携による省エネへの寄与



11. まとめ

- 本装置は、船舶搭載用の波浪観測センサーとして比較的容易に船舶に設置できる。
- 安価で精度の高い波浪観測には、複数の課題の解決が必要である。
- 航海用レーダーでの常時波浪計測が要求されている。
- 関係分野の方々との協力関係により波浪情報を
省エネ運航
安全運航
に役立てる。

ご清聴ありがとうございました