

IV-214 船舶レーダーによる波浪解析手法の提案

株)三菱総合研究所 正会員 後藤 真太郎

1. はじめに

海岸・港湾構造物の計画設計や防災対策上、2次元波浪の観測は重要な課題である。しかしながら、現地で使用される定点観測装置の台数は数台に限られており、観測の精度はデータの点数と観測点のアレイに大きく依存しているのが現状である。

一方、船舶レーダでは、海面反射エコー(シークラッター)が雑音としてPPI映像に映され、雑音除去のための研究が古くからなされてきている。レーダーエコーが強く返ってくるのはレーダー反射断面積の大きなところであるが、波の場合、反射強度は波長数cmの表面張力と強く関係し¹⁾、波頂近くの部分から特に強く反射するものと考えられる。この特性を利用して、船舶搭載型レーダーによる航海途上の波浪観測の分野では有用な成果をあげている²⁾。

本研究では、船舶レーダーを地上に設置した場合を想定し、それより得られるレーダーエコーから波向、波長を得るアルゴリズムを作成した。さらに、模擬データを使用しその適用性をシミュレーションにより検討した。

2. 波浪解析手法

図1は本研究で用いた波浪解析手法をフロー図に示したものである。詳細は以下の通りである。

(1)距離補正

シークラッターからの反射電波の電力は、レーダー方程式により距離の-3乗に比例するしたがって、観測データはレーダーに近いほど反射強度は強く、遠いほど弱くなることになる。ここでは、このような距離による反射強度の違いを回帰曲線により補正する。

(2)座標変換

レーダーより受信されるデータは、局座標系で定義されたデータであるが、局座標上において直接空間周波を算出するHANKEL変換は今回用いたワークステーション(SONYのNEWSを使用)では演算時間がかかりすぎるため実用に供しないことから、本研究では、局座標をXY座標系に変換して以後の解析を進めた。

ここでは、半径方向512メッシュ・距離方向512メッシュの入力データより、解析の対象となる点周辺の64×64メッシュのデータを最近隣法により補完し座標変換を行う。

(3)2次元FFT

直交座標について、X方向の波数 l 、Y方向の波数 m をもつ成分波の振幅を $F(l,m)$ とすれば、 $F(l,m)$ は、波数 l 、 m の関数として次式のように表される。

$$F(l,m) = 1/(2\pi)^2 \cdot \iint \eta(x,y) \cdot \exp(-i(l,m)) dx dy \quad (1)$$

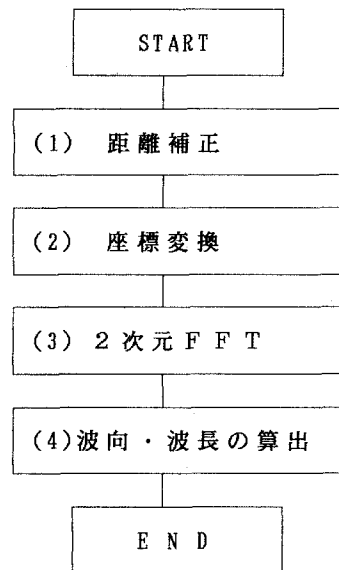


図1. 波浪解析フロー

(4) 波向・波長の算出

①式で得られた $F(l,m)$ より波数スペクトル $S(l,m)$ は次式により求められる。

$$S(l,m) = |F(l,m)|^2 \quad (2)$$

波向 θ は、 $S(l,m)$ の最大となる波数 (l,m) と原点とを結ぶ方向であり、次式により求められる。

$$\theta = \tan^{-1}(m/l) \quad (3)$$

また、波長 L は2次元FFTの対象となる正方形領域の一辺の長さを L_0 とすると、

$$L = L_0 / \sqrt{l^2 + m^2} \quad (4)$$

により求められる。

3. 模擬データによるシミュレーション

模擬データは、波数スペクトルの最大となる位置を指定し、波数スペクトルが正規乱数で2次元的に分布するものとしてスペクトルの形状を決定した後、逆フーリエ変換により水位変動 $\eta(x,y)$ の分布をもとめた。

図2は $\theta = 45^\circ$ 、 $L = 2.82 \cdot \Delta d$ (Δd はFFTの対象となる正方形領域のメッシュ間隔)の波を入射させた時の $\eta(x,y)$ の分布を示したものであり、図3は②式により得られた波数スペクトル $S(l,m)$ の分布を示す。図3の波数スペクトル分布によれば、 $\theta = 43.18^\circ \sim 45.00^\circ$ 、 $L = 2.83 \Delta d \sim 2.92 \Delta d$ となっており、入射波の条件をほぼ再現していると考えられる。

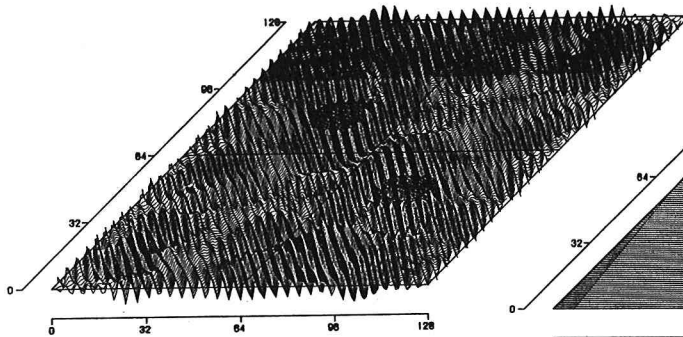


図2. 模擬データによる $\eta(l,m)$ の分布

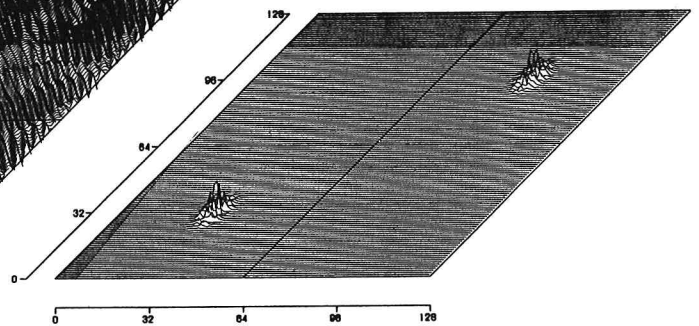


図3. 模擬データによる $s(l,m)$ の分布

4. おわりに

本手法によれば、模擬データでの検証ではあるものの船舶レーダによる波浪解析が、適用可能であることがわかった。実観測データでの実証試験が、今後の課題となろう。

参考文献: 1)Skolnik, M.I.: Sea Echo, Radar Handbook, McGraw Hill, p.26~28, 1970. 2)萩野芳造: 船舶レーダによる海面状況の推定, 第9回リモートセンシングシンポジウム予稿集, 1983.