

# 衛星搭載合成開口レーダを利用したパラメトリック解析による波浪特性の推算

防衛大学校 正会員 多田 毅  
防衛大学校 学生会員 ○白戸 伸堯

## 1. はじめに

海洋波の特性を空間的にとらえることは重要である。そのためにはリモートセンシングが有用であり、衛星または航空機搭載合成開口レーダ (SAR) を用いて波浪特性を理解する研究が広く行われている。これまでの研究の多くは、表面散乱過程をモデル化し、ブイなどの現地測定データを併用して海洋波の有義波高や波長・波向を推算している。

本研究では、偏波特性を用いて観測対象を識別する手法 (パラメトリック解析) により、現地測定データおよび表面散乱モデルを用いずに物理学的に波浪特性を推算することを試みる。

## 2. 後方散乱断面積の偏波比

パラメトリとは、特定の偏波を観測対象に放射し、散乱された偏波の特性の変化から対象の物理的性質を計測する技術である。従来の海面観測は、散乱モデルを導入することにより、単偏波のみの反射強度分布から波浪を逆推定している。本研究では散乱モデルを介さずに、垂直偏波  $\sigma_{VV}$  と水平偏波  $\sigma_{HH}$  の二つの反射強度分布を用いて局所入射角  $\theta$  を求め、そこから波浪特性を推定することを試みた。

それぞれの偏波の海面に対する後方散乱断面積と入射角の関係を図-1 示す。入射角が小さい場合はどちらも近い値を示すが、入射角が大きくなるにつれ垂直偏波の方が大きな値となっている。これらの関係より、海面の風波が一様であると仮定した場合の後方散乱断面積比は経験的に式 (1) であらわされることが知られている<sup>1)</sup>。

$$\frac{\sigma_{VV}}{\sigma_{HH}} = \frac{(1 + 2 \tan^2 \theta)^2}{(1 + \alpha \tan^2 \theta)^2} \dots (1)$$

ここで、 $\alpha$  は、散乱モデルによって決まる係数で、例えば  $\alpha = 0$  ならブラック散乱モデルとなる。この偏

波比を用いて、2 枚の画像から局所入射角を逆算し、海面の形状を幾何学的に推定し、波浪特性を推算する。

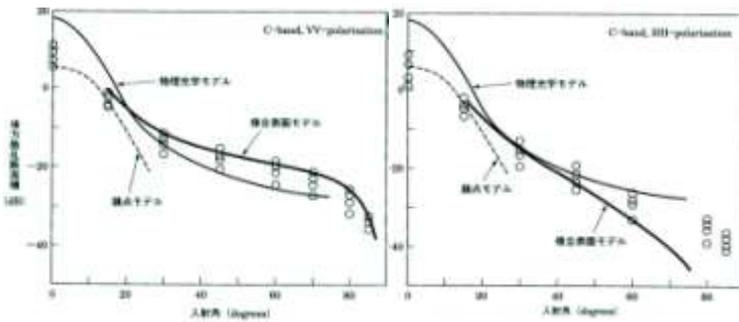


図-1 垂直(左)及び水平(右)偏波の海面からの後方散乱断面積と入射角の関係<sup>2)</sup>

## 3. 対象領域と使用データ

解析対象とした SAR 画像は、観測衛星だいちに搭載の PALSAR (L バンド) で、観測モードはパラメトリ、オフナディア角 21.5 度、観測時間 2006 年 9 月 5 日午前 1 時の伊豆半島東海岸を観測した海洋画像である。空間分解能は 28×5m である。RAW データからの画像化処理は JAXA 開発のプロセッサで処理されたものを使用した。また、スペckル除去のため移動平均でノイズ除去を行ってから解析を行った。

(図-2)

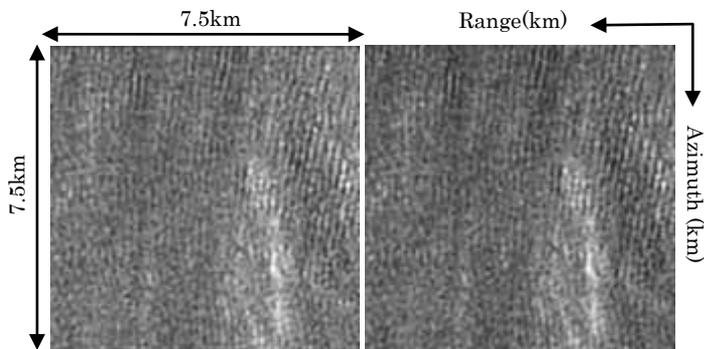


図-2 垂直(左)及び水平(右)偏波によって得られた反射強度分布

キーワード 合成開口レーダ, パラメトリック解析, 波浪スペクトル, リモートセンシング, 波浪特性

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 防衛大学校 土木環境工学 TEL 046-841-3810 (内線 3524)

なお、このとき東北東約 1000 km 沖に台風 0612 号が接近しており (図-3) 衛星観測時の付近の下田定点観測ブイによる有義波高は 1.33m, 有義周期は 14.6s であった。

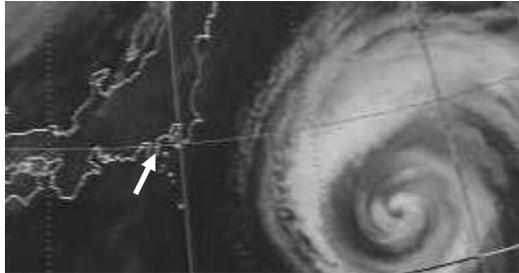


図-3 対象海域と捜査時の気象状況

#### 4. 波向・波長の推算

まず、うねりの波長と波向を推算するために、画像を切り出し、2次元波数スペクトル解析を行った。結果の一部を図-4 に示す。

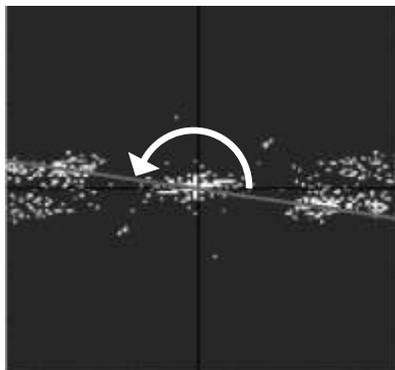


図-4 波数スペクトル

図-2 でも認識できるとおり、レンジ方向に進行する波が卓越していることが確認できる。図-4 よりこの海面の代表波向を 171° とした。次に、波長を波数スペクトルより求める。図-4 より、切り出した画像の距離から周波数で除して求めることができ、波長は、155~190m であった。

#### 5. 後方散乱断面積比による波浪特性の推定

後方散乱断面積比の空間分布を図-4 に示す。図中の明るい部分が偏波比の大きいところであり、本来であれば図-2 と同程度に波浪が目視できてよいはずであるが、この図では波浪は認識できない。これは、海面におけるマイクロ波の反射は風波と長波の相互作用による流体力学変調、波が高さと加速度をもつことによるレンジバンチング変調、波が速度を持つことによる速度バンチング変調などの影響を受けていることが原因と推測される。

この画像から(1)式や後方散乱曲線 (図-1) を用い

て波浪を推算し、波高を推算するのであるが、直接分布を推定することは難しいため、反射強度の高い部分と低い部分に分類し、両者の平均反射強度の比から、それぞれの平均的な局所入射角を推定する。その際、バンド幅や風波の影響を完全には無視できないため、現在そのパラメータを検討中である。

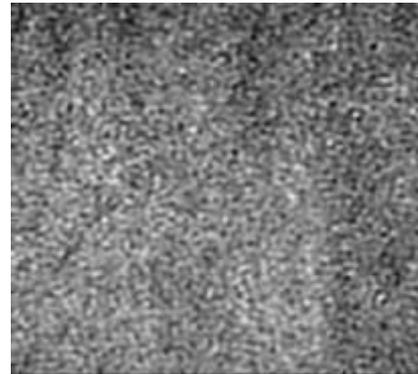


図-4 後方散乱断面積比の分布図

#### 6. おわりに

本研究は、平均的な反射強度に近い 2 枚の画像の比を用いた評価法であるため、プロセッサ処理による画像生成の精度に大きく影響を受ける。当初は、JAXA が提供する RAW データからの処理を試みたが、プロセッサのパラメータ校正が難しく、最終的には JAXA によって処理されたデータを使用しなければ十分な結果は得られなかった。本手法ではこのような点にも十分注意しなければならない。

#### 参考文献

- 1) D. R. Thompson, T. M. Elfouhaily, and B. Chapman, Polarization ratio for microwave backscattering from the ocean surface at low to moderate incidence angles, (1998)
- 2) 大内和夫, リモートセンシングのための合成開口レーダの基礎 第2版
- 3) ALOS PALSAR の概要  
<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/about/jpalsar.htm>