

II - 54

ERS1-SAR データを用いた波浪解析

東北大学大学院 学 生 員 ○児島 正一郎

東北大学大学院 フェロー 沢本 正樹

1. はじめに

これまで波浪解析は、海上に波浪計を設置して波の波高、周期、波長、波向きなどを測定することで進められてきた。この波浪計による波の観測の利点は、波の挙動を連続して計測できることにある。逆に、波浪計による観測は空間分解能が悪いために波の空間的な挙動を把握することはできなかった。そこで本研究では、広範囲の波の挙動を把握することができる ERS-1(Earth Resources Satellite 1)に搭載されている合成開口レーダ SAR(Synthetic Aperture Radar)画像を用いた波浪観測法について検討を行う。

2. SAR データについて

SAR は、地表面（あるいは海面）にマイクロ波を照射し、地表面にあたってはねかえってきたマイクロ波の強度（後方散乱係数）を測定することで地表面の凹凸を計測することができる。また、SAR はマイクロ波を用いているので天候によって左右されることなく、常に一定の間隔で地表、あるいは海表面のデータを所得することができる。SAR の空間分解能は 12.5m である。このため、これよりも小さい波長を持った波を観測することはできない。少なくとも波長が百～数百mの波でなければ観測することができない。そこで、本研究では台風や低気圧などによって引き起こされる「うねり」を対象に観測を行った。

3. 波浪解析

観測対象海域は図1の正方形の枠で囲んだ駿河湾周辺 80km×80km である。図2にこの範囲の SAR 画像を示す。この画像が撮影されたのは、1991 年 9 月 8 日の台風が駿河湾に接近しているときで、駿河湾内に黒と白の斑模様で表現されたうねりを確認することができる。この画像において黒い部分が後方散乱係数が大きい部分、白い部分が後方散乱係数が小さい部分を表わしている。さらに図2の右上の四角で囲んだ部分（6.4km×6.4km）を拡大したものを図3に示す。この図より無数の波を確認することができる。この図中の波の波長と波向きを求めるために二次元の波数スペクトル解析を行った。図4にその結果を示す。横軸 $k-x$ と縦軸 $k-y$ はそれぞれ波数を表わし、黒色がスペクトルのエネルギーが大きいことを表わしている。この図より、卓越波数は $0.58[\text{rad/m}]$ と推算され、卓越波長は $137[\text{m}]$ と推算される。さらに、この卓越波長とこの海域の水深（約 $1000[\text{m}]$ ）を考えると、この海域の波は深水波であるので以下の式によって卓越周期 T と波速 C を計算することができる。

$$T = \sqrt{\frac{2\pi L}{g}}, \quad C = \frac{gT}{2\pi}$$

ここで、 L は卓越波長（ $137[\text{m}]$ ）で g は重力加速度である。上式から卓越周期 T は $9.4[\text{s}]$ 、波速 C は $14.7[\text{m/s}]$ となる。このときの御前崎の波高計によって測定された有義波の周期は、 $10.7[\text{s}]$ であった。ここで、光易(1968)によって示された有義波の周期をスペクトルのピーク時の周期に変換する経験式を用いると、スペクトルのピーク時の周期は $11.2[\text{s}]$ となる。この値より波長を計算すると $197[\text{m}]$ となり、SAR で観測した卓越波長と近い値を示している。つまり、SAR による波浪の観測が十分な精度を持っていることがわかる。さらに、深海波の水面形の一般形にこれらの値を代入して、今回のうねりの波面 $\eta(x, y, t)$ の定式化を行うと下式のようになる。ただし、卓越波数のみを用いて定式化した。

$$\eta(x, y, t) = A \sin(0.54x + 0.20y - 2.38t)$$

ここで、 A は波高、 t は時間を表わしている。次に、主波向きをスペクトルエネルギーの大きい2点を結んだ直線方向（図4の直線1）とすると、 $k-x$ 軸から 120 度方向の波が卓越していることがわかる。通常、この図からではどちらの方向に

進んでいるのかわからないが、今回の場合、台風が南から駿河湾（図1の左下から右上方向）に接近しているので、波は北北西方向（図3の右下から左上方向）に進んでいることは明らかである。

4. 終わりに

今回の観測では、SAR 画像より波の波長、周期、方向および波速を測定することができた。さらに、これらの値と海上の波高計によって測定されている波高を用いるとうねりの波面形の定式化を行うことができる。今後は、SAR による波高の推定が可能であるかを検証する必要がある

参考文献

- 1) G.Engen,H.Johnesen(1994):Directional Wave Spectra by Inversion of ERS-1 Synthetic Aperture Rader Ocean Imagery, IEEE Trans. Geosci. Rem. Sensing, Vol.32, No.2,pp340-352

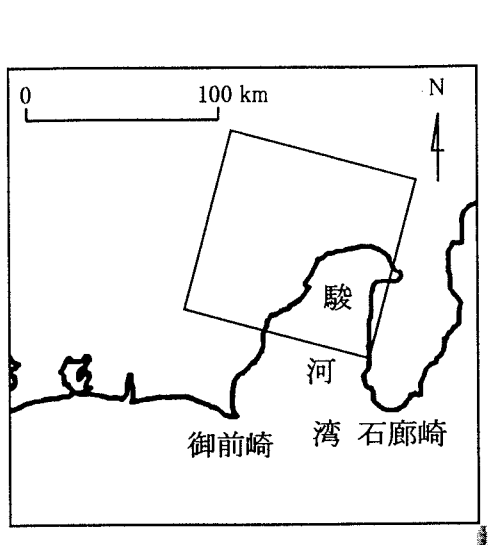


図1 観測対象海域

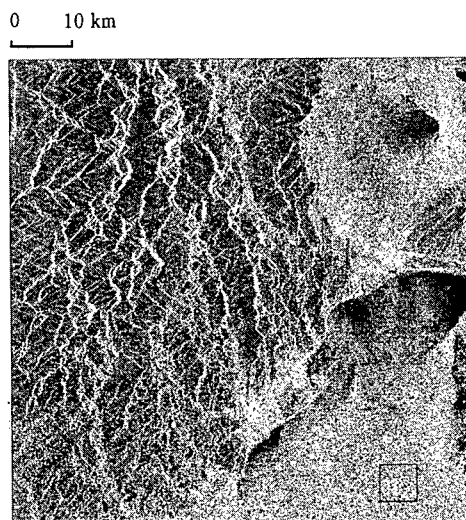


図2 ERS-1 SAR(1991.9.8)

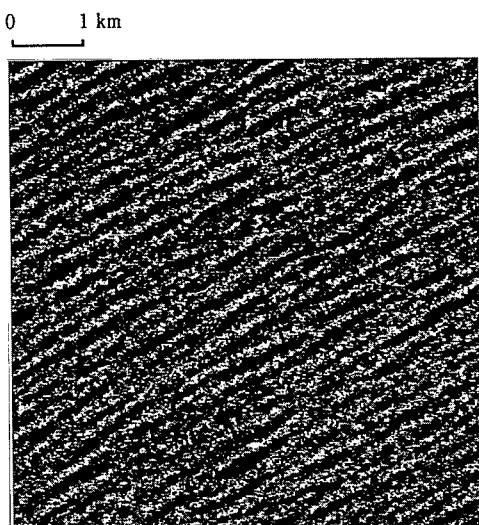


図3 SAR画像の拡大図

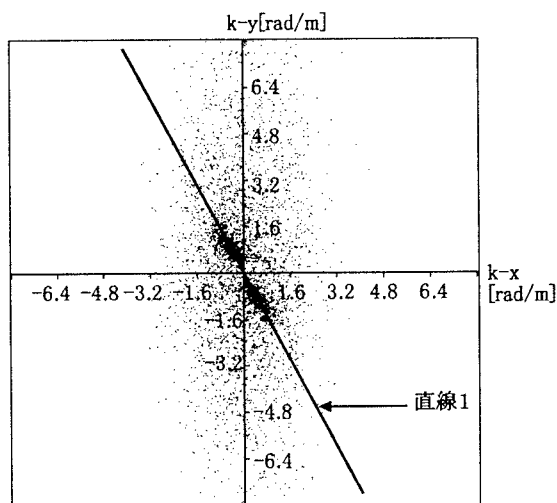


図4 波数の二次元スペクトル