

Xバンドレーダによる海洋波浪の波数スペクトル

岐阜大学 学生会員 ○小塚将之 河合篤司 正会員 小林智尚 安田孝志

【1. 緒言】

海洋・沿岸での波浪観測は港湾の建設・整備に必要な情報を得るためだけでなく、実海岸の波浪の特性を把握するうえでも重要である。実海岸での波浪観測では従来から波高計なども用いた点計測が主体であった。ところが近年、人工衛星によるリモートセンシング技術をはじめとする、実海岸の波浪を空間的に捉える新しい手法が確立しつつある。レーダによる波浪観測もこの新しい手法の一つである。徳田ら(1998)や坂井ら(1998)はHFレーダあるいはVHFレーダのドップラー信号を用いて実海岸での波浪や表層流を観測している。これらのレーダは電波の波長が海洋波の波長に近いため海洋・沿岸波浪のドップラー信号による観測に適しており、また観測・解析のための理論もほぼ確立しているなどの長所を備えているが、その反面、機器が巨大で設置等が困難であり、さらに電波法上、使用電波の制約を受けるなどの問題点もある。これに対してXバンドレーダは漁船やプレジャーボートにも搭載されるほど小型で移動・設置が容易である。さらにこのレーダは時間的に連続してレーダ映像を取得することが可能である。このような利点を活用し、Goto and Mizuno(1998)やSeemann, Ziemer and Senet(1997)はXバンドレーダを用いて沿岸域の波浪や表層流の観測を試みている。ここではXバンドレーダによって得られた現地海岸の映像を用いて現地波浪の解析を行うとともに、この海洋レーダによる観測の有用性の確認を行う。

【2. 解析画像データ】

本研究では、石川県徳光海岸において1996年1月9日20時ごろ後藤らによって観測された沿岸域のXバンドレーダの映像データを用いた。その映像の1つを図1に示す。図中、縦軸は岸沖方向(北西方向、 y 方向)を示しており、横軸はほぼ海岸線(x 方向)に対応している。レーダは図中の原点に位置しており、この点から半径約2.8kmの範囲の海域の様子が映像に現れている。このXバンドレーダではレーダ映像を半径方向5.8m、角度方向 0.18° の分解能で、約2.5秒間隔で取り込んでいる。

この映像に現れているのは厳密にはレーダの反射強度分布である。しかしEbuchi, Kawamura and Toba(1993)によってXバンドレーダ程度の波長の電波では波の峰でレーダ反射強度が強くなることが明らかにされている。したがってこの映像は海面の水位分布に対応していると思なすことができる。

【3. 解析結果】

図1の波浪の映像から二次元のフーリエ変換を用いて得られた沿岸域波浪の波数スペクトルを図2に示す。図の横軸・縦軸は図1中の対応する座標軸方向の波数 k_x, k_y を表わしている。図中のスペクトル強度分布はピーク強度で正規化している。これは先にも述べたように、レーダにより得られた画像は水位分布に対応しているものの、基本的にはレーダの反射強度分布であるために、この図からだけでは水位分布やスペクトル強度を定量的に評価できないためである。またこの図ではスペクトル分布が原点を中心に点対称となっていることがわかる。これはスペクトル分布を得るためにフーリエ変換の対象としたレーダ画像が1枚だけであったために、このスペクトル分布では時間情報を含むことができず、反対方向に進む一対の成分波の区別がつかないためであり、これによってスペクトル空間では対応する一対のパワースペクトル $P(k_x, k_y)$ と $P(-k_x, -k_y)$ は等しく見積もられているためである。このような問題を解決するには、時間的に連続した複数のレーダ画像をフーリエ変換し、得られたスペクトルが有する位相情報を解析する、などの手法が有効であろうと考えられる。ただし今回は、観測を行った徳光海岸は砂浜海岸であり、このような地点において岸から沖への優位な波高を有した反射波が存在することはまれであると考え、これを踏まえて図2で岸から沖へ(すなわち図1において y 軸正の方向に)伝播する成分波を表わす $k_y > 0$ の領域のスペクトルは意味を持たないと判断した。

以上の事柄を踏まえ、図2に示される解析結果について議論する。この図ではスペクトルのピークが $(k_x, k_y) = (0, 0.05) \text{ m}^{-1}$ に現れている。これにより観測時の主波向きは海岸線と直角方向であったことがわかる。またその主波の波数は $k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2} = 0.05 \text{ m}^{-1}$ であり、海洋波動の分散関係式から周期は8.95sであったと換算できる。また主波成分近傍の強いスペクトルを有する成分波は主波と同様に海岸線に直角の方向から入射しているが、比較的波数の大きい成分、すなわち高周波成分は海岸線直角方向からやや右手の方向から入射していることがわかる。

このような海岸・沿岸域での波浪について、その主波向きや方向スペクトルの情報を得るには、従来の現地観測では複数の流速計等を設置して観測しなければならない。しかし本研究で用いたXバンドレーダでは簡便に観測することができる。このようにXバンドレーダは湾内静穏度等に影響を及ぼす主波向きや方向スペクトルを容易に観測できる点で有効である。

【 4. 終わりに 】

本研究ではXバンドレーダによる沿岸波浪の観測を行い、この領域での波浪の方向スペクトルを容易に算定することができることを表わし、このレーダの有用性を示した。

今後はXバンドレーダの特徴である時間的な連続レーダ画像を活用した解析手法の開発や、有義波高等の定量的な算定方法がこのレーダの課題であると考えられる。

謝辞：本研究で用いましたXバンドレーダによる観測データを快く提供していただきました金沢工業大学環境システム工学学科の後藤晋太郎助教授に感謝いたします。

【 参考文献 】

徳田正幸・橋本典明・永井紀彦・永松宏・鈴木寛 (1998): VHF 沿岸海洋レーダによる波浪観測, 海岸工学論文集, 第42巻, pp.1261-1265.
 坂井伸一・水鳥雅文・服部孝之・杉山陽一 (1998): VHF レーダによる伊勢湾湾奥の表層流動観測, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.1266-1270.
 Goto S., and Y. Mizuno (1998): The extraction of 2-D sea parameter at near shore region from sequence analysis of marine radar image and its verification, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol.32, pp.698-702
 Seemann J., F. Ziemer, and C.M. Senet (1997): A method for computing calibrated ocean wave spectra from measurements with a nautical X-band radar, Oceans'97
 Ebuchi N., H. Kawamura, and Y. Toba (1993): Physical processes of microwave backscattering from laboratory wind wave surfaces, Journal of geophysical research, Vol.98, pp.14669-14681

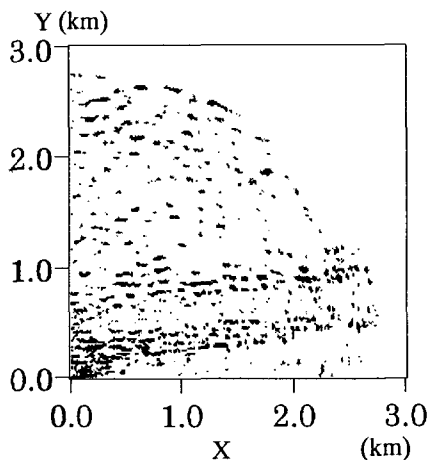


図-1 Xバンドレーダの映像

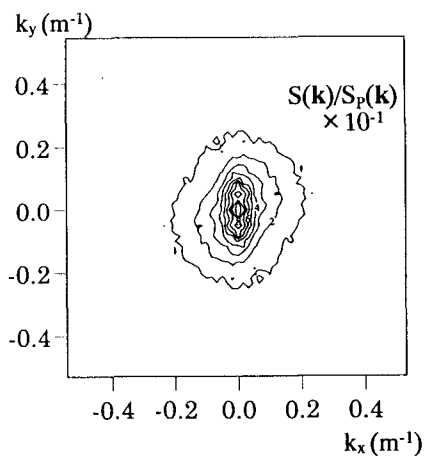


図-2 波数スペクトル