

波浪場の X バンドレーダ観測による海岸地形の推定

筑波大学大学院システム情報工学研究科 学生会員 ○増田 隆宏

筑波大学システム情報系 正会員 武若 聡

1. 目的

日本の多くの砂浜は浸食されており、砂浜を保全するためには海岸の地形データを可能な限り多く収集する必要がある。これらは、今のところ深浅測量による収集が中心となっているが、そのためには大きなコストを要する。そこで、本研究では X バンドレーダにより海岸地形を収集することを検討する。X バンドレーダは陸地から高頻度で連続的な観測を行え、荒天時、夜間も観測可能であるため、波浪場の時々刻々の変化を追跡することが可能である。また沿岸・岸沖の数 km の範囲の広域のデータを取得できる。本研究では波浪場の観測結果を適宜処理することにより、海岸地形（汀線位置と海底地形）の推定を行う。

2. 観測

X バンドレーダはマイクロ波を海面に向かって送信し、その反射（エコー）を取得する能動的リモートセンシング手法である。このエコーデータを専用のデータサンプリングボードを通じて 2 秒毎の画像として PC に収録した。波峰からの反射は強く帰ってくるので、そのデータを画像表示することで波浪場の状況を知ることができる。

本研究では、静岡県駿河海岸の吉田漁港を中心とした沿岸方向約 4 km の範囲を対象領域とした。観測は 2018 年 9 月 28 日、2018 年 10 月 30 日の午前・午後に吉田漁港の北側と南側のそれぞれ約 1 時間にわたり実施した。いずれの日もうねり性の波が発達しており、水際の砕波、波峰の進行状況等が明瞭に捉えられた（図-1（上段））。観測は運搬できる架台にレーダを設置し行った。機器一式を展開するのに要する時間は約 30 分である。

3. 汀線位置の推定¹⁾

2 秒毎に収録された画像を 2 分間にわたって平均化して時間平均画像を作成する（図-1（下段））。原画像（図-1（上段））に現れていた波峰が消えており、

砕波の生じている箇所が高輝度の領域として現れる。海岸の波が到達していない部分は暗部となるので高輝度部と暗部の境目を水際位置とし、図-1（下段）の赤でマーキングした線をトレースすることにより観測時間帯の水際位置を読み取り、汀線位置を推定した。これらの位置を既存の GIS 情報と照らし合わせたところ、後浜領域と前浜領域の間に分布していたことよりその妥当性があると判断した。

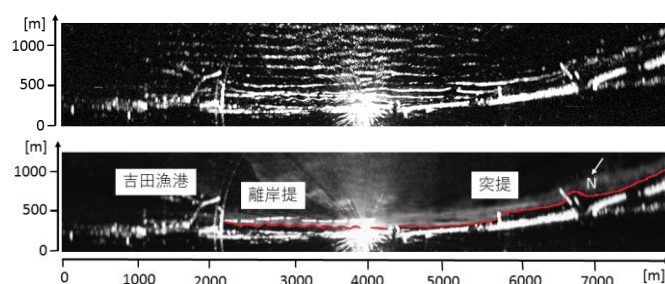


図-1 レーダ画像（上段）と時間平均画像（下段）

（2018 年 9 月 28 日 13 時）

4. 水深推定²⁾

レーダ画像より卓越する波の周期 T 、局所の波峰間距離、すなわち波長 L を求め、分散関係式を介し水深分布を推定する。レーダ画像の局所の輝度変化（時間長 1024 秒、データ数 512）を MEM 法によりスペクトル解析し卓越する周期成分 T を求めたところ、13.8 s が卓越していた。

次に画像内の各ピクセルの輝度変化に対して FFT 解析を行い、この卓越周期の振幅と位相を求めた。

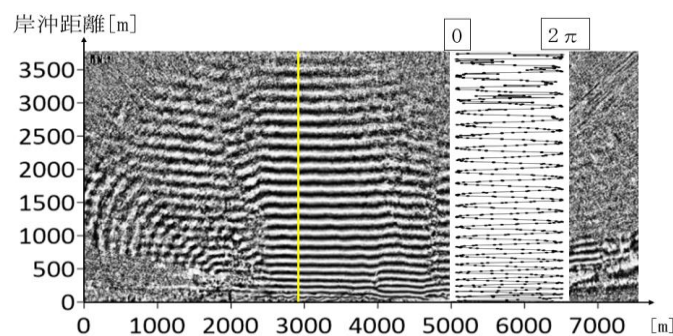


図-2 位相分布画像と

黄色の線に沿っての岸沖方向の位相分布

X バンドレーダ、汀線、水深推定、海岸地形
〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

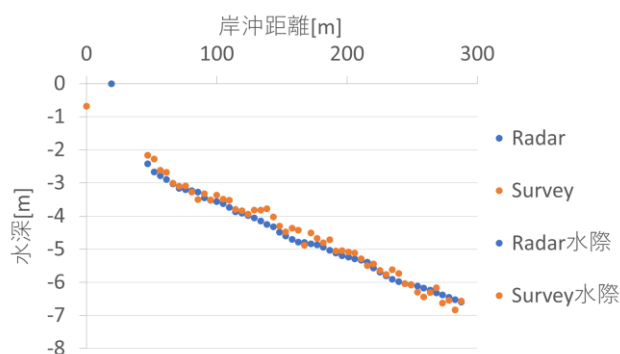


図-3 測線 No.74 に沿っての水深推定結果と
測量結果

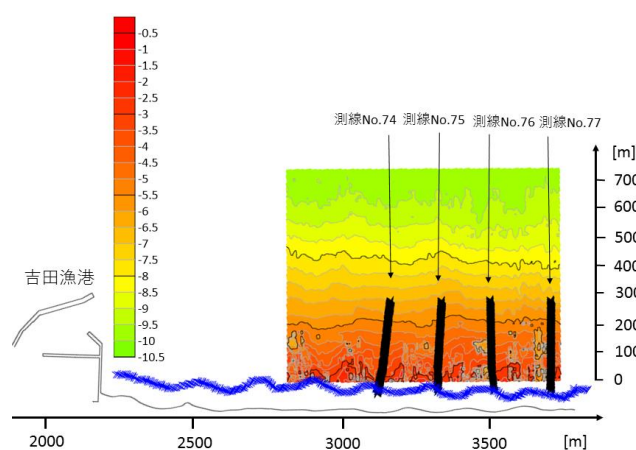


図-4 漁港南側の水深分布と汀線位置

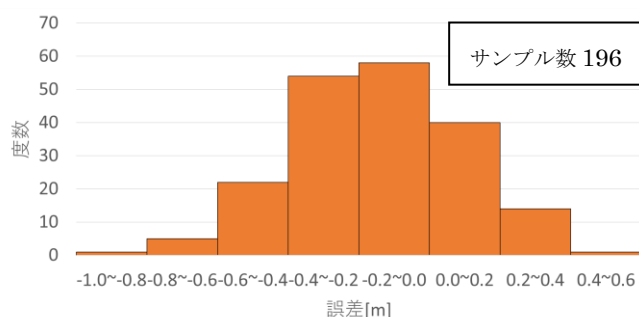


図-5 水深推定結果の誤差の頻度分布
(測線 No.74~No.77)

位相の空間分布は波長変化に対応しており、これより局所波長 L を定めることができる。位相の空間分布を図-2 に示す。輝度値が同じ位置は同位相であり、波峰が存在する位置の分布が示される。原画像に比較して波浪の伝播の様子が明瞭に可視化される。これより、観測時に波がほぼ直入射であったこと、波浪が沖から岸に向かって伝わる際に海底が浅くなることにより波峰間の距離(波長 L) が短くなる等が理解される。

図-2 内の黄色い線で引いた測線 No. 74 に沿っての

位相分布を図-2 内の白抜きのパネル内に表示した。沖から岸に向かってこのグラフの周期が短くなっていることが分かる。同位相となる距離を相関解析により求めた。この L と T 、分散関係式を利用することで水深を推定した。この水深に静岡県御前崎で観測された潮位を補正し水深 h とした。

この方法で求めた水深 h と自律航行リモコンボート(RC)が2018年10月9日に測量した測線 No. 74 に沿っての水深の比較を図-3 に示す。推定した汀線位置も青の点でプロットした(Radar 水際)。RCは水際位置を航行することができないので、測量された1番浅い水深を汀線位置としてオレンジの点でプロットした(Survey 水際)。平均誤差-0.1 m、分散 0.03 m であった。X バンドレーダによりおよそ水深-2 m から-8 m の範囲の水深推定が良好にできることが示された。

図-4 は汀線位置と水深分布の推定結果を重ねて表示したものである。このように1つのX バンドレーダで広域の海岸地形情報を取得することができる。RC 側線4本に沿って誤差を評価した結果が図-5 である。(平均誤差 -0.15 m、分散 0.06 m) 水深約 3 m より深い領域ではなめらかな等深線になっているが、それより浅い領域では等深線が入り組んでおり、推定の精度が悪くなっていると考えられる。例えば、水深が浅い領域では相関解析を行う際、離岸堤が存在している場所を除外できていないこと、反射波が発生していたことなどが原因と考えられる。

謝辞

本研究は国土交通省河川砂防技術研究開発(2018年度)の支援により行われたものである。

参考文献

- 1) S.Takewaka: Measurements of shoreline positions and intertidal foreshore slopes with X-band marine radar system, Coastal Engineering Journal, Vol.47, No.2-3, pp. 91-107, 2005.
- 2) G.M.J.Hasan and S.Takewaka: Observation of a stormy wave field with X-band radar and its liner aspect, Coastal Engineering Journal, Vol.49, pp.149-171, 2007.