

### Ku バンドレーダーによる海面観測 一波高および海面高さの推定

(株) 気象工学研究所	正会員	吉田 翔
(株) 気象工学研究所	非会員	○大平 貴裕
NPO 雷嵐対策推進機構	非会員	岡田 澄哉
大阪大学大学院工学研究科	正会員	牛尾 知雄
京都大学防災研究所	正会員	馬場 康之

#### 1. はじめに

津波観測技術としては、海域では GPS 波高計、陸域ではレーダー等がある。一方、レーダーの反射強度等から海面の波高を推定する試みは、これまでも C バンドや X バンドでの例があるが、必ずしも、良い対応は示さなかった。

我々は、C バンド、X バンドよりも波長が短い Ku バンドレーダーであれば、その反射強度を基に波高や海面高さを観測できる可能性があると考え、2012 年度から基礎研究を開始した。Ku バンドレーダー試験機による造波水槽実験施設（関西電力電力技術研究所内）での水面反射実験を経て、実験機により、和歌山県田辺湾にて海面観測実験を行った。

#### 2. 観測の概要

Ku バンドレーダー実験機は、田辺漁業協同組合所有の建物の屋上に設置した（標高は約6m）。観測期間は2014年3月の9日間、6月～8月の16日間である。

対象海域は、京都大学防災研究所白浜海象観測所が、常時、超音波波高計等により海象観測を実施している田辺中島高潮観測塔を含む和歌山県田辺湾の海域（レーダーから約 3km 先）である（図-1）。

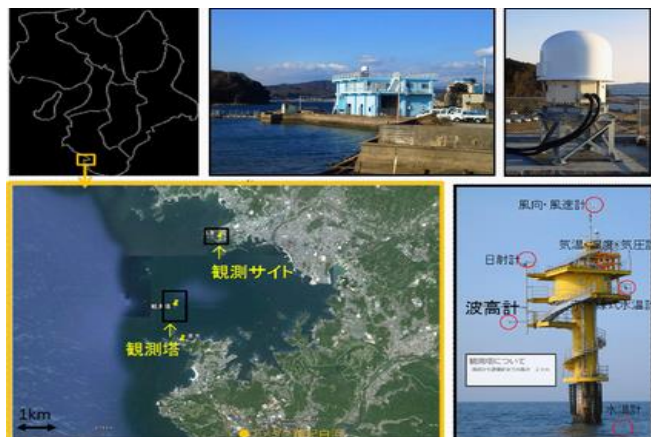


図-1 海面観測実験の海域、レーダーと観測塔の位置

#### 3. レーダー反射強度と有義波高との関係

2014年3月の9日間の観測結果を散布図（図-2）と時系列図（図-3）で示す。散布図では、反射強度が強いほど有義波高が高い傾向は見られるが、ばらつきがあり、必ずしも良い対応とは言えない。相関係数Rは、反射強度がdBZ単位のため指数回帰で求めると0.849（ $R^2=0.7209$ ）であった。

時系列（図-3）では、期間によって反射強度と有義波高との対応が異なり、その関係は各期間の平均周期に依っていることが分かる。周期が長い13日8時～14日は、反射強度20dBZ以上では波高1.0m以上で

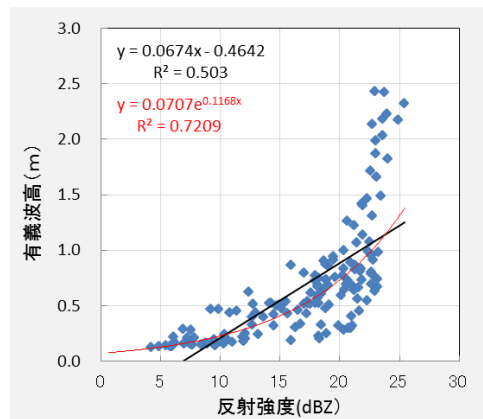


図-2 反射強度と有義波高（2014年3月の9日間）

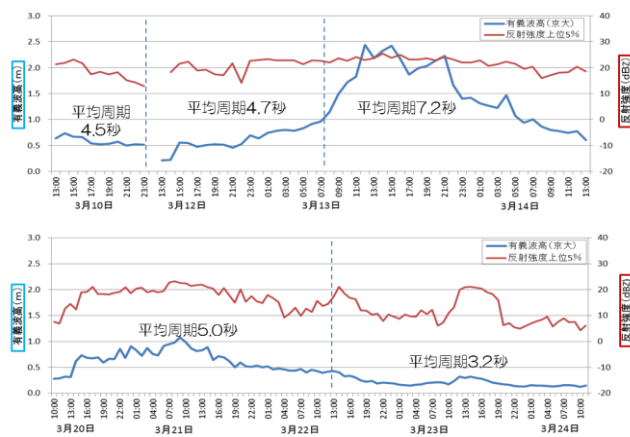


図-3 反射強度と有義波高（2014年3月の9日間）

キーワード 波高計, Ku バンドレーダー, リモートセンシング, 津波, 海面高, レーダー海象計  
 連絡先 〒550-0003 大阪市西区京町堀 1-8-5 気象工学研究所 TEL06-6441-1022

あるのに対し、周期が短い22日13時~23日は、反射強度20dBZ以上でも波高0.5m未満である。そこで、期間を分けて見ると(図-4)、全体で見た場合よりも、反射強度と有義波高との対応が明確になる。

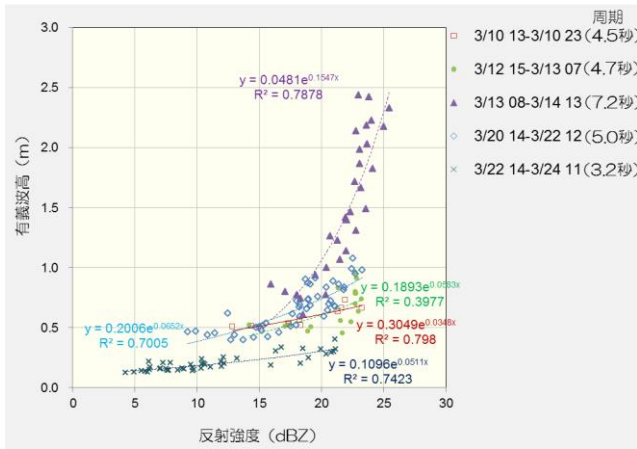


図-4 反射強度と有義波高(期間別)

1つの波に対しては、波高が高いほど反射面積が大きくなり反射強度が強くなる。また、波の数が多いほど反射面積が大きくなると考えられ、波の数に係する海象データとして周期があると解釈できる。

なお、平均周期は、京都大学白浜海象観測所の1時間毎の平均周期(正時からの10分間)を各期間について平均した値である。

4. レーダー反射強度から有義波高の推定

図-4 に示した期間別(平均周期別)の回帰式を適用した場合に有義波高と平均周期との関係を、反射強度 20dBZ および 23dBZ の場合について図-5 に示す。これにより、反射強度と平均周期が分かれば、有義波高が推定可能なことが分かる。

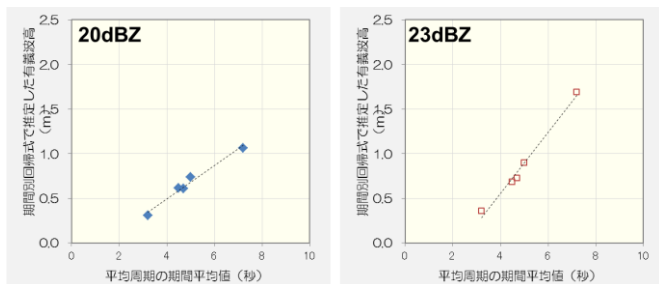


図-5 有義波高の推定(反射強度20dBZと23dBZの場合)

5. 海面高さの推定

長周期の波に対しては反射強度が弱い可能性があり、海面高さを推定する方法の確立も必要である。図-6 に海面高さの推定方法を示す。レーダーが放射するビームでは中心の放射電力が最大であり、ビーム中心が海面に当たる位置の反射強度が最大となる。

つまり、反射強度が最大となる距離を求め、三角関数で海面高さを推定することができる。

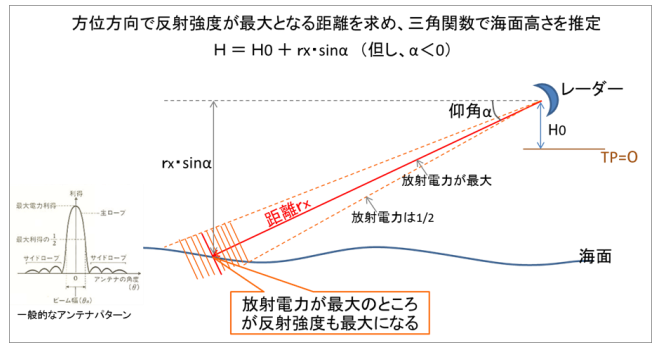


図-6 海面高さの推定方法

6. まとめ

波の周期が得られれば反射強度から波高が推定可能であることが分かった。また、海面高さについても、反射強度最大値の出現距離を基に推定できる。

我々は、新たに、反射強度を0.1秒間隔で測定することにより周期を計算する機能を付加し、本装置のみで波高を推定できるように小型Kuバンドレーダー装置(実証機)を製作し、2015年2月より和歌山県日の岬において30km先の海域をターゲットに検証観測を実施している(図-7)。

検証観測を経た後には、平時は波高計としての機能が有効であり、津波襲来時には海面高さの異常検知に有効なものになると考えている。



図-7 Ku バンドレーダー海象計(実証機)