

## 海洋短波レーダーによる有明海広域表層流況・波浪観測の高度化について

国土交通省九州地方整備局下関港湾空港技術調査事務所 野村茂 ○正会員 中島謙二郎 末次広児 榎元真一  
 国土交通省九州地方整備局熊本港湾・空港整備事務所 宮石晶史  
 国土交通省国土技術政策総合研究所沿岸海洋研究部 正会員 日向博文  
 九州大学大学院工学研究院環境都市部門 フェロー 橋本典明  
 財団法人沿岸技術研究センター 峰本健正

### 1. 有明海表層流況・波浪情報システムの概要と技術課題の検討

国土交通省九州地方整備局では、有明海全域を準リアルタイムに流況・波浪観測が可能な「海洋短波レーダー」(HF レーダー)を導入し、「有明海表層流況・波浪観測システム」を平成18年度より運用開始している。同システムは、DBF(デジタル・ビーム・フォーミング)方式レーダー局4基と中央局の処理システムで、観測データを解析・管理を行っており、測定水深0.5m、観測海域5m以深、分解能は視線距離1.5km方位7.5度、表示は1.5km格子1時間間隔でインターネットに公開している<sup>1)</sup>(図-1)。(http://www.ariake-yatsushiro-system.jp/)

平成18年度からは技術検討委員会を開催し、平成19年度は海底設置型ドップラー式流向流速計(ADCP)及び波高計を設置し約30日流況・波浪観測を行い、(1)流況・波浪観測の精度検証、(2)流況観測の浅海域への拡大、(3)波浪観測の高度化について技術課題の検討を進めてきた<sup>2)</sup>。

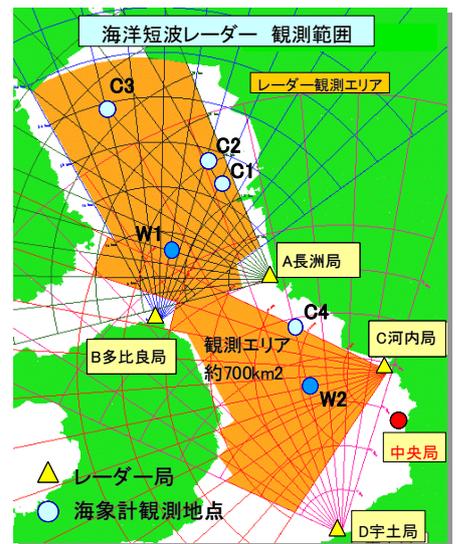


図-1 観測エリアとレーダー局

### 2. 流況観測の精度検証と沿岸浅海域の観測

流況観測の精度検証では、ADCPとHFレーダーの視線方向流速の回帰分析の一例で、エリア全域及びB局(多比良局)からC1地点のケースを示した(図-2)。相関と標準誤差では、観測エリア全域で相関係数0.90、C1~C4各地点で0.94~0.82と高い相関を示した。標準誤差では、ADCPとHFレーダーの視線方向観測誤差は標準誤差が海域全体で9.3cm/s、C1~W2観測点の視線方向別では5.5~12.4cm/sであった(表-1)。また、視線方向誤差から1.5km格子空間の誤差分布は、日向の提案した式<sup>3)</sup>で計算した推定誤差はNS:EW方向成分では、最も小さい湾中央地点で6.9cm/s:5.4cm/s、最も大きい湾奥部地点では20.2cm/s:24.1cm/s、となった。

流況観測の沿岸浅海域への拡大では、流況観測では、波長6mの波の波速で流速を観測しており、浅海域では深海波理論(概ね3m以深)が適用できないことから、観測エリアを5m以深として公開している。沿岸浅海域へのHFレーダーの適用性検討のため、5m以浅海域における2地点のADCPとHFレーダーの相関と標準誤差は、水深が5m以深の場合と5~3mで相関および標準誤差に大きな違いは見られないことが確認できた。以上の結果から、HFレーダーは水深が5m以浅から3mまでの浅海域においても、精度的に十分であることが確認された(表-2)。

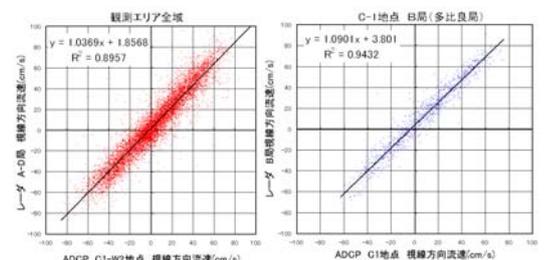


図-2 ADCPとレーダーの回帰分析

表-1 ADCPとHFレーダの相関・標準誤差

海域・局別	全域	A局	B局	C局	D局
傾き	1.04	1.13	1.04	0.84	1.02
相関係数	0.90	0.91	0.91	0.84	0.91
標準誤差(cm/s)	9.3	8.4	9.1	9.1	9.8
観測地点別	C-1	C-2	C-3	C-4	W-2
視線番号	A-2 (330度)	B-6 (15.0度)	B-10 (345.0度)	D-5 (348.1度)	C-6 (258.0度)
傾き	1.16	0.92	1.08	1.04	0.68
相関係数	0.94	0.82	0.93	0.93	0.28
標準誤差(cm/s)	7.8	12.4	7.6	9.8	5.5

表-2 深度別相関係数・標準誤差

地点	深度(海面下)	相関係数		標準誤差(cm/s)	
		東西成分	南北成分	東西成分	南北成分
C2	5.0m以深	0.37	0.96	13.1	10.4
	3.0~5.0m	0.16	0.92	13.1	9.9
C3	5.0m以深	0.65	0.95	13.1	9.8
	3.0~5.0m	0.51	0.92	15.8	11.5

キーワード 有明海, 環境再生, 海洋短波レーダー, 流況観測, 波浪観測

連絡先 〒750-0066 下関市東大和町2丁目29-1 国土交通省下関港湾空港技術調査事務所 TEL0832-68-1250

### 3. 波浪観測の高度化と観測精度の検証

波浪観測では、バリック法による解析を行い波高 50cm 単位・周期 1s 単位で公開している。一方、波向解析ではベイズ法<sup>3)</sup>による解析を検討したが、非線形解析で収束計算が必要であり、計算速度の向上の他、計算の安定と精度確保のためにはノイズの軽減対策が大きな課題となった。ノイズ軽減対策については、システム内部ノイズ、外部ノイズ、他局からの混信ノイズについて、それらの発生要因の検討と対策を実施した。さらに、ノイズレベルを評価する指標として、1次散乱エネルギーピークと2次散乱領域の平均エネルギーによるNI(ノイズインデックス)を導入した。

表-3にW1, W2地点のNI=30以上(長洲局,河内局), NI=40以上(多比良局,宇土局)について相関係数および標準誤差の解析結果を示す。また図-3に、W1地点の有義波高・周期 NI=30以上のケースの解析例を示す。解析結果は、多比良局と宇土局でデータの測得率が高く、かつ波高では相関係数0.72~0.81であったが、他のケースでは高い値が得られなかった。これは観測期間中の波高が最高で70cm程度、周期は3秒前後の出現が多く、幅広いレンジのデータが得られなかったことによると考察される。標準誤差については、波高5.5~11.2cm, 周期0.14~0.33sの結果となり妥当な精度が得られた。これらの結果より、ノイズ対策としてNIによる管理で波浪観測精度の向上が確認されたが、一方ではデータの測得率が低くなり今後の課題となった。

波向きの解析は、改良ベイズ法と、有明海は内湾であることから風波が卓越していることより一次散乱ピーク比(以下:一次散乱比による)による平均波向き(風向)解析の検討を行った。波高計による波向観測結果については、波に対する応答が弱く方向スペクトルが得られなかったため、WAMによる波浪推算結果と改良ベイズ法及び一次散乱比による方法にてHFレーダーの観測結果を解析し相関と観測誤差を算出した。図-4に一次散乱比及び改良ベイズ法によるレーダー解析結果と波浪推算結果を示す。

### 4. 検討結果と今後の課題

本研究開発では、以下のとおり流況観測の精度検証と沿岸浅海域の観測が可能となり、波浪観測では、ノイズを軽減することで観測精度が得られることが示唆された。一方、流況観測の3m以浅の域観測、閉鎖性海域の周辺の陸地が観測データに与える影響、高波浪時の波高及び波向の精度評価が今後の技術課題として残された。

- 流況・波浪海象計とHFレーダーの標準誤差等精度が検証された。
- 流況観測の沿岸浅海域への拡大については、表示範囲を3m以深に拡大する。
- 波浪観測の高度化については、ノイズ軽減等対策を行い、波高分布図を50cm毎から25cm毎に表示単位を向上する。

### 参考文献

- 海洋短波レーダーによる有明海広域表層海象観測の実用化について 土木学会西部支部講演概要集 2007.3
- 海洋短波レーダー活用高度化技術検討調査報告書, 下関港湾空港技術調査事務所, 2007, 2008.
- HFレーダーによる東京湾のM<sub>2</sub>潮流観測, 国土技術政策総合研究所資料, No.212, 2005.
- 海洋短波レーダによる方向スペクトルの推定, 第45回海岸工学講演論文集, PP.1271-1275, 1998.

表-3 波高計とレーダーとの相関, 標準誤差

地点名	局名	W1地点		W2地点	
		長洲	多比良	河内	宇土
	閾値(設定NI)	30	40	30	40
	データ個数	629	393	57	572
	データ比率	53.4%	33.4%	4.9%	49.2%
有義波高	相関係数	-0.04	0.81	0.13	0.72
	標準誤差(cm)	10.2	8.3	11.2	5.5
有義波周期	相関係数	0.08	0.11	0.18	0.21
	標準誤差(秒)	0.30	0.27	0.14	0.33

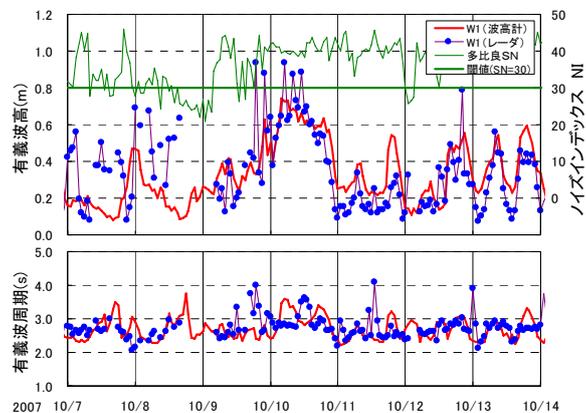


図-3 W1地点有義波高・周期 NI=30以上

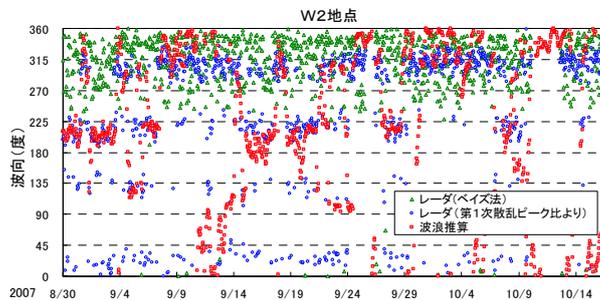


図-4 レーダーと波浪推算結果の波向