

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20540429

研究課題名（和文）

海象リモートセンシングの実用化とその応用研究

研究課題名（英文）

Application and study of remote sensing of oceanographic phenomena

研究代表者

久木 幸治（HISAKI YUKIHARU）

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：60305183

研究成果の概要（和文）：短波海洋レーダから波浪スペクトルを求める手法を開発した。短波海洋レーダから推定された波浪データと、現場観測及びモデルで予測された波浪データの相互比較を行った。中間周波数帯の波浪エネルギーは、低・高周波数帯のそれらよりも良く一致した。中間周波数帯は最もエネルギーの大きな周波数帯である。一方、波向きは高周波数帯で最も良く一致する。レーダで求めた平均波高分布とモデル推算による平均波高分布も類似していた。

研究成果の概要（英文）：We have developed the method to estimate ocean wave spectra from high-frequency (HF) radar. Wave data estimated from HF radar are intercompared with in-situ and model-predicted wave data. The agreement between radar-estimated and model-predicted wave energy in the intermediate frequency band, which is the most energetic frequency band is better than that in the low or high frequency bands. On the other hand, the agreement between the radar-estimated and model-predicted wave direction is the best in the high frequency band. The spatial distribution of the radar-estimated mean-period wave heights is similar to that of the model-predicted wave heights.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000円	300,000円	1,300,000円
2009年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
2010年度	800,000円	240,000円	1,040,000円
2011年度	700,000円	210,000円	910,000円
年度			
総計	3,300,000円	990,000円	4,290,000円

研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：地球惑星科学， 気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海洋レーダ，リモートセンシング，ドップラースペクトル，波浪スペクトル，黒潮，再循環

## 1. 研究開始当初の背景

報告者は、リモートセンシング、特に短波海洋レーダによって、表層の海流や波浪スペクトルの観測・解析に関する研究を行ってきた。短波海洋レーダとは、沿岸から、短波帯の電波を海面に照射し、海面で散乱された電波をス

ペクトル解析することによって、表層の海流や波浪などを観測する装置である。海洋レーダを用いた研究は盛んに行われているが、海流の観測・解析が主である。

一方、海洋レーダによる波浪観測は学術面、実用面ともに大きな意義を持つにもかかわ

らず、あまり行われているとはいえない。これは海洋レーダによる海流測定に比べて、波浪の推定ははるかに困難だからである。

そこで沖縄島沖の海洋レーダ観測データを用いて、海流の解析及び波浪推定手法の開発を行った。

## 2. 研究の目的

報告者は一基のレーダから波浪スペクトルを推定する手法を開発した。これをもとに短波海洋レーダによる波浪観測の実用化が今回の研究の目的である。そこで海流データの解析に加えて、主な目的は以下のようになる。

(1) 沖縄本島西方沿岸域（東シナ海）の海流と、黒潮等との関係

海洋レーダによる観測から、沖縄本島西方沿岸域では、南東向きの流れ(黒潮逆流)が見られているが、その実態を明らかではない。またこの南東向きの流れは、いつも同じ強さで存在しているわけではない。そこでこの黒潮逆流の実態はどのようなものかを解明する。具体的には、黒潮逆流の季節性、頻度など、海面水温との関係、風との関係などについて調べる。

(2) ドップラースペクトルの品質管理

波浪推定のためのドップラースペクトルには、高い信号対雑音比が要求される。雑音の影響が大きなドップラースペクトルを波浪推定に用いることは不可能である。従ってそのようなドップラースペクトルを選別する必要がある。

(3) モデル、現場観測との相互比較

レーダから求めた波浪データを他のデータと比較する必要がある。ところが使用した現場観測データは、波高などの代表的な波浪パラメータであり、スペクトルの比較をおこなうことは出来ない。また現場観測は一地点のみでの観測である。そこで波浪データの空間分布も比較するために、モデル推算波浪データとの比較を行った。

## 3. 研究の方法

ドップラースペクトルは、報告者らが観測した既存のデータを用いる。また波浪データについても、気象庁や港湾空港技術研究所などの観測データを用いる。波浪モデルに関しては、報告者が作成した。また海流解析に関しては、人工衛星リモートセンシングデータも使用した。

## 4. 研究成果

(1) 海洋レーダによる沖縄西方沖の海流観測・解析結果

短波海洋レーダによる海流データと人工衛星リモートセンシングデータを用いて、沖縄本島西方海域の海流・海上風・海面水温の

関係を調べた。海上風はマイクロ波散乱計によるもの、海面水温はマイクロ波放射計によって得られたものである。

この沖縄本島西方海域は黒潮（西岸境界流）の東側の再循環域に相当する。従って北上する黒潮に対して、南下する流れがあると考えられる。

海洋レーダによる海流の観測期間は1999・2000年内の各々約1ヶ月である。観測期間が短いため、2003年から2005年までのJCOPE(Japan Coastal Ocean Predictability Experiment)による同化データも使用した。海洋レーダによる海流データと人工衛星リモートセンシングデータとを解析した結果、この海域の平均海流は南向きであることが示された(図1)。さらにこの海流の向きは海面水温と対応していることが示された。

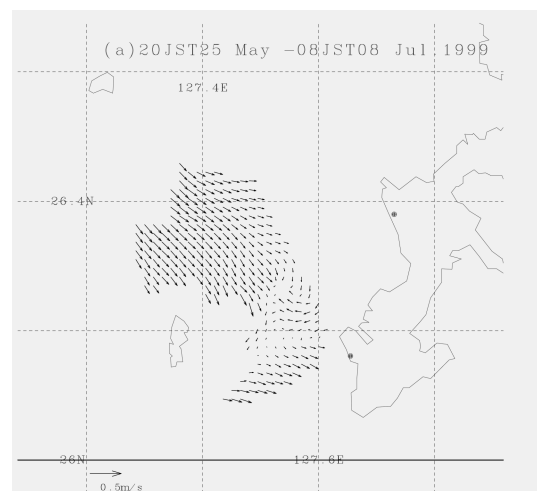


図1：沖縄西方沖の南向きの流れ (Hisaki and Imadu, 2009)。

この南向き流は強くなることがある。また黒潮の東側の海上では、正負の風応力カールが見られる。そして南向き流は強いときは、この風応力カールが強化されることが示された。これらの結果は、JCOPEデータによっても確認された。

(2) ドップラースペクトルの品質管理

ドップラースペクトルには、一次散乱という大きなピークと二次散乱と呼ばれる小さなピークがある。波浪スペクトル推定には、一次散乱及び二次散乱を使用する。従って雑音の影響を受けやすい。その場合、波高を過大評価してしまう。そこで短波海洋レーダから得られた波浪データを品質管理を簡便に行う手法を開発した。まずドップラースペクトルの雑音レベルを求める。その雑音を差し引いたスペクトル値から波浪スペクトルを推定する。それでも雑音が十分に除去されていない場合もある。エネルギー平衡方程式にお

ける伝搬項及びソース関数を見積もる。それから波浪スペクトルの時間変化率を見積もることが可能である。この方法で、レーダによって推定された波浪スペクトルから波高の時間変化率を評価する。この波高の時間変化率を基に得られた波浪データの品質管理を行った。その結果、雑音の影響を受けた波浪データを除去することが可能となり、現場観測との比較結果も向上した(図3)。

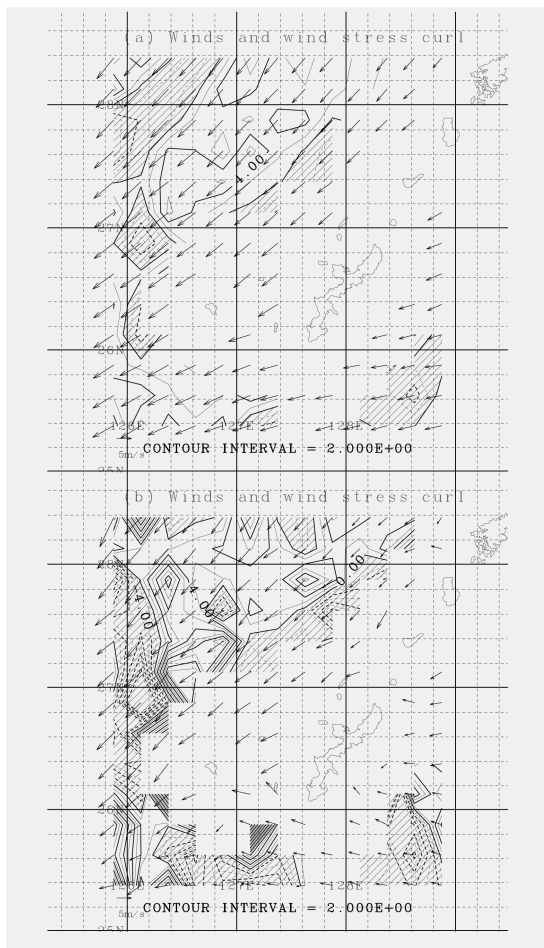


図2：沖縄西方沖の平均風ベクトルと風ストレスカール。上は観測期間平均。下は南向きの流れが強い時期の平均(Hisaki and Imadu, 2009)。

### (3) レーダ、モデル、現場観測の相互比較

まず波浪推算モデルの作成を行った。その際、波浪スペクトル推算モデルの改良を行った。遠距離を伝搬するうねりがある場合でも、波浪推算が可能となる手法を開発した。

そしてレーダから求めた波浪データ・現場観測による波浪データ・モデルによる推算波浪データの相互比較を行い、波浪スペクトル推定の評価を試みた。

その結果、それらの違いにどのような特性があるか明らかになった。まず周波数スペクトルを比較するために、波の周波数を低周波数帯、中間周波数帯、高周波数帯に分割した。そして各々の周波数帯における波浪エネルギーや平均波向きを求め、比較を行った。この比較はレーダ推定値とモデル推算値によって行ったものである。中間周波数帯の波浪エネルギーは、低・高周波数帯のそれらよりも良く一致した。中間周波数帯は最もエネルギーの大きな周波数帯である。一方、波向きは高周波数帯で最も良く一致する。

レーダで求めた平均波高分布とモデル推算による平均波高分布も類似していた。

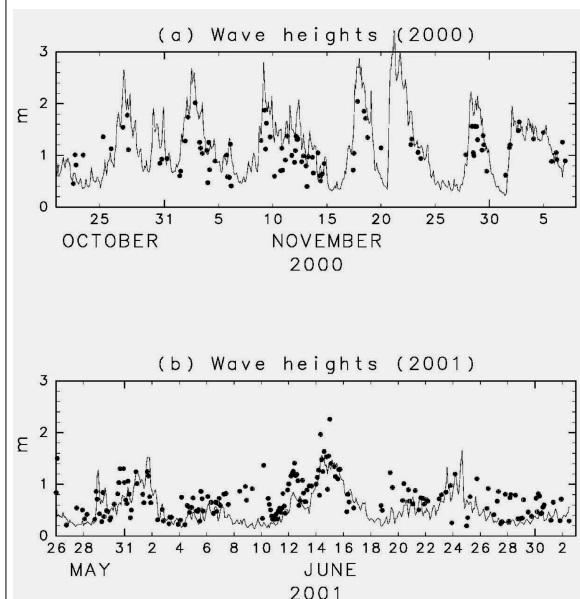


図3：レーダによる波高(●)と現場観測による波高(実線)の比較(Hisaki, 2009)。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4件)

- ① Hisaki, Y., 2013: Classification of surface current maps. Deep-Sea Research Part I., 73, 117-126. doi: 10.1016/j.dsr.2012.12.001. 査読有
- ② Hisaki, Y., 2011: Spectral interpolation of long-travelling predicted waves. Ocean Modelling. 217-229. doi:10.1016/j.ocemod.2011.03.003. 査読有.
- ③ Hisaki, Y., 2009: Quality control of surface wave data estimated from low

signal-to-noise ratio HF radar Doppler spectra. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26 (11), 2444-2461. 査読有.

④ Hisaki, Y., and Imadu, C., 2009: The southward recirculation of the East China Sea Kuroshio west of the Okinawa Island, Journal of Geophysical Research, doi:10.1029/2008JC004943. 査読有.

〔学会発表〕(計8件)

① Hisaki, Y. 2012: Wave measurement by single HF radar and comparisons with in-situ observed and model predicted wave data. 11th International Radiowave Oceanography Workshop, Univ. of Toulon, Toulon, France (Apr. 17-Apr. 19).

② 久木幸治, 宮里琢磨, 鹿島基彦, 児島正一郎, 2011: 風向変化に対する波向きの変化と, 遠距離海洋レーダによる海上風向補正の試み. 九州大学応用力学研究所 共同研究集会, 春日 (12月14-15日).

③ 久木幸治, 2011: 波浪モデルにおける高分解能スペクトル推算. 2011年度日本海洋学会秋季大会, 九州大学, 春日 (9月26-29日).

④ 久木幸治, 2010: 波浪モデルによる遠距離伝搬するうねりの予測. 2010年度日本海洋学会秋季大会, 東京農業大学, 網走 (9月6-10日).

⑤ 久木幸治・Koliyavu, J.・鹿島基彦・児島正一郎, 2009: 石垣・西表島沖における海洋レーダ観測. 海洋レーダに関する研究集会. 九州大学, 春日 (12月16-17日).

⑥ 久木幸治, 2009: 海洋レーダによる波浪データの検証: 現場観測及びモデルとの相互比較. 2009年度日本海洋学会秋季大会. 京都大学, 京都 (9月26-28日).

⑦ 久木幸治, 2008: 海洋レーダによる波浪データの品質管理. 2008年度日本海洋学会秋季大会. 広島国際大学, 呉 (9月24-28日).

⑧ Hisaki, Y. 2008: Observation of surface currents and waves by HF radar in the west of Okinawa, Japan. 8th International Radiowave Oceanography Workshop, Univ. of Hawaii, Honolulu, USA (Apr. 28-May 2).

〔図書〕(計1件)

藤井智史・久木幸治, 2008: 電波で海を測る. やわらかい南の学と思想, 琉球大学編, 第5章, p. 276-285.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

久木 幸治 (HISAKI YUKIHARU)

琉球大学・理学部・教授

研究者番号: 60305183