

機関番号：12601

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20360388

研究課題名（和文）マイクロ波パルスドップラーレーダによるリアルタイム波浪観測に関する研究

研究課題名（英文）Research on real-time sea surface wave measurement by using microwave pulse Doppler radar

研究代表者

林 昌奎（RHEEM CHANG-KYU）

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：70272515

研究成果の概要（和文）：マイクロ波パルスドップラーレーダを用いるリモートセンシングにより、海洋波浪の成分ごとの波向、周期、波高、位相を計測する方法を確立した。固定アンテナによる複数方向同時照射方式のレーダ波浪観測システムを開発・製作し、相模湾平塚沖にて実海域実験を実施した。開発した波浪観測システムを用いた海面観測では、海面の時間・空間的な変動の計測に成功した。本システムは船舶や海洋構造物の耐波性能の向上、沿岸域の波浪防災に貢献する。

研究成果の概要（英文）：An algorithm for measurement of wave direction, period, wave height and phase for each component of the sea surface waves by using a microwave pulse Doppler radar has established. A sea surface wave measurement system with two fixed antennas was developed and the performance of the system was confirmed by field experiment. The system measured the spatiotemporal changing of sea surface profiles successfully. This system contributes to improve the performance of ships and offshore structures in waves and to prevent coastal disaster by waves.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2008年度 | 5,100,000 | 1,530,000 | 6,630,000 |
| 2009年度 | 4,700,000 | 1,410,000 | 6,110,000 |
| 2010年度 | 2,300,000 | 690,000 | 2,990,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 12,100,000 | 3,630,000 | 15,730,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：海洋探査・機器

1. 研究開始当初の背景

海洋を航行する船舶や海洋構造物にとって、その安全な運用に最も重大な脅威を与えるものは、海洋の波浪である。

海洋波浪の観測は、沿岸・海底設置式波高計、海洋ブーイなどの空間固定式観測機器による観測と、船舶や衛星などの移動体による観測で大別される。固定式

波浪観測機器は、観測する波浪データの質においてやや優れているものの、機器の設置、運用・管理の負担が大きく、得られる波浪データが空間的に限られる。一方、船舶や海洋構造物における波浪観測のほとんどは、波浪データ収集を目的とし、現在の観測方法では観測する波の波向の特定が困難である。

2. 研究の目的

マイクロ波パルスドップラーレーダを用いたリアルタイム波浪観測方法の開発を目的とする。統計的な波浪情報に加え、海域に存在する各波浪周期成分の波高、波向及び位相情報までを得ることができる波浪観測方法を確立する。

3. 研究の方法

(1) 波浪水面から後方散乱するマイクロ波の散乱特性と水面との関係を、実験及び数値解析のより調査した。

(2) レーダ出力信号から波浪情報を導出するためのアルゴリズムを開発し、波浪観測に適したレーダシステムを製作した。

(3) 実海域での波浪観測実験により、開発したアルゴリズム及び波浪観測用レーダシステムの性能検証を行った。

4. 研究成果

(1) 海面の形状の数値生成方法と物理光学近似法を用いる海面におけるマイクロ波散乱の時間領域数値シミュレーション方法を開発した。開発したマイクロ波散乱の時間領域数値シミュレーションにより、海面におけるマイクロ波の散乱特性の数値シミュレーションによる評価が可能となった。図1は水槽実験と数値解析により、波浪水面におけるマイクロ波の散乱特性を散乱強度と周波数変調（ドップラー速度）から評価した例で、数値シミュレーションからも水槽実験と同等のマイクロ波の散乱特性が得られている。また、散乱波の散乱強度に比べて、散乱波のドップラー速度の方に波浪の影響がより明確に現れていることがわかる。

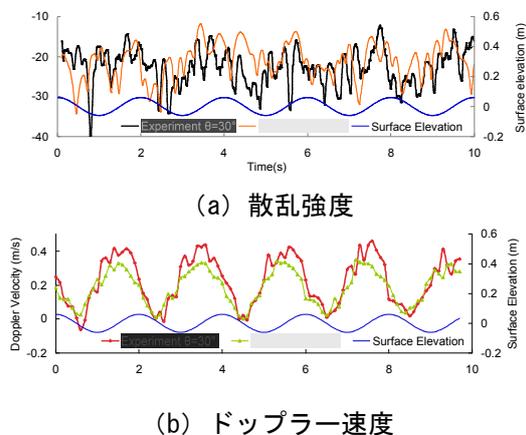


図1 波浪水面におけるマイクロ波の散乱

(2) 照射方向を固定した複数のアンテナを持つマイクロ波パルスドップラーレーダを用いる海洋波浪観測システムを開発した。海面から後方散乱するマイクロ波は、海面付近水粒子の運動特性によって周波数に変調する。開発した波浪観測用レーダシステムは、図2に示すように、レーダから同時に2方向の異なる方向にマイクロ波を照射し、それぞれの方向において、複数の計測点からの後方散乱を計測するレーダシステムである。

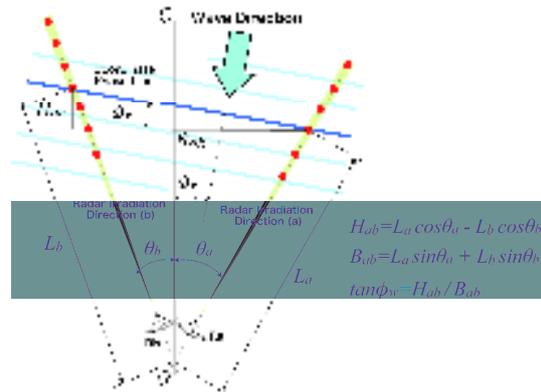


図2 パルスドップラーレーダによる波向計測原理

波浪の成分ごとの周期、波高、位相特性は、各計測点におけるドップラー速度の時間変動を用いて求め、各波浪成分の波向は次の手順で求める。(a) 計測した各計測点でのドップラー速度の時間変動から、各計測点での波浪成分ごとの位相を求める。(b) 波浪成分ごとの各計測点における位相分布から、照射方法ごとの波数を求める。(c) 基準点 O においてそれぞれの照射方向の波位相が等しくなる特性を用いて、基準点 O から波浪成分ごとの同位相線までの距離 L_a と L_b を求める。(d) 波浪成分ごとにそれぞれの照射方向の同位相点間の水平距離 B_{ab} 及び垂直距離 H_{ab} を求める。(e) 同位相点間の水平距離及び垂直距離を用いて、波浪成分ごとの波向 ϕ_w を求める。最後に求めた波浪成分の波向情報を用いて、波高の補正を行う。

(3) 平塚沖において、開発した波浪観測レーダシステムの性能検証を行った。開発した波浪観測システムを用いて、東京大学平塚沖総合実験タワーにて波浪観測を行った。レーダシステムにより観測された波浪データはタワーに設置されている超音波式波浪観測装置の波浪データと高い相関を示し、開発したマイクロ波パルスドップラーレーダを用いる海洋波浪観測システムの有効性が実証できた。図3は開発したレーダ波浪観測シ

テムにより計測された、相模湾平塚沖の 2010 年 12 月の波浪データである。図の凡例の SWHM は超音波式波浪観測装置による計測値を、Radar は開発したレーダ波浪観測システムによる計測値を示す。また、図 4 に 2010 年 10 月 10 日午前 5 時のレーダが計測した海面形状を示す。

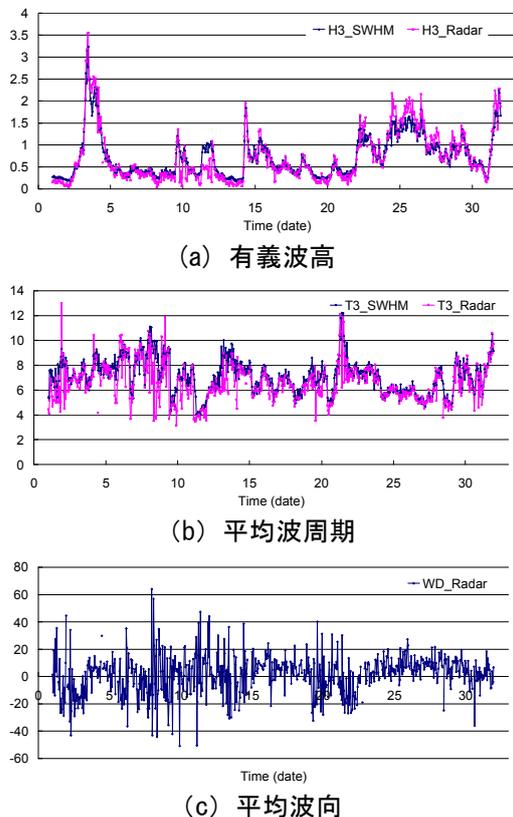


図 3 マイクロ波パルスドップラーレーダにより計測された相模湾平塚沖の 2010 年 12 月の波浪データ

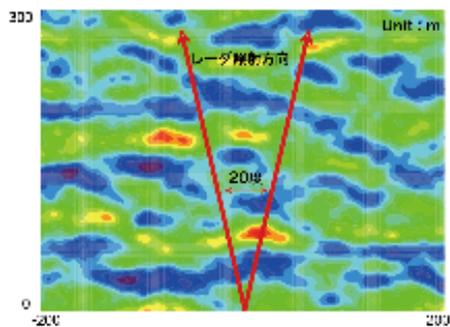


図 4 マイクロ波パルスドップラーレーダにより計測された 2010 年 10 月 10 日午前 5 時の海面形状

(4) 本研究では、1つの観測機器を用いて、

海洋波浪の時間・空間の同時計測を実現するマイクロ波パルスドップラーレーダ波浪観測システムを開発し、実海域実験においてその性能を実証した。本波浪観測システムにより、従来に比べて高精度な波浪情報を容易に取得できるようになった。波向を含む波浪の成分ごとの波浪情報は、船舶や海洋構造物の耐波性能の向上に貢献すると共に、沿岸域における波浪場の変動評価を可能にし、沿岸の波浪防災にも大きく貢献することになる。

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 2 件)

- ① 吉田毅郎、林昌奎、阿野公洋：“海面からのマイクロ波後方散乱数値シミュレーション”、日本船舶海洋工学会論文集、第 12 号、pp. 115-123、2010 (査読有)
- ② 林昌奎：“連続波ドップラーレーダによる海洋波浪観測と波浪観測に及ぼすレーダ照射幅の影響”、日本船舶海洋工学会論文集、第 8 号、pp. 61-69、2008 (査読有)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 林昌奎：“相模湾平塚沖の波向特性に関する研究”、第 22 回海洋工学シンポジウム、OES22-058、2011.3.17、東京 (査読無)
- ② 林昌奎、桂祐介：“マイクロ波パルスドップラーレーダによる実海域海面観測”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第 11 号、2010E-G6-1、pp.333-334、2010.11.12、東京 (査読無)
- ③ Chang-Kyu Rheem and Yusuke Katsura：“Surface Measurement by using a Fixed Antenna Microwave Pulse Doppler Radar in Sagami-Bay off Hiratsuka in Japan”、Proceedings of the OCEANS 2010 MTS/IEEE, 100526-014、2010.9.23、Seattle, USA (査読無)
- ④ Takero Yoshida and Chang-Kyu Rheem：“Time Domain Numerical Simulation Of Microwave Backscattering From Sea Surface For Radar Remote Sensing”、Proceedings of the OCEANS 2010 IEEE) Conference & Exhibition, 100129-011、2010.5.25、Sydney, Australia (査読無)
- ⑤ 林昌奎：“ドップラーレーダによる相模湾平塚沖の長期波浪観測”、第 21 回海洋工学シンポジウム、OES21-211、2009.8.7、東京 (査読無)

- ⑥ 林昌奎：“海洋波浪観測機器としてのマイクロ波ドップラーレーダ”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第8号、pp.41-42、2009.5.28、神戸（査読無）
- ⑦ 林昌奎、桂祐介：“レーダ波浪観測における照射幅影響”、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第7E号、pp.55-56、2008.11.25、東京（査読無）
- ⑧ Chang-Kyu Rheem：“Remote Sensing Of Sea Surface Wave By Using CW X-band Microwave Doppler Radar At Sagami-Bay”, The 27th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2008), OMAE2008-57977, 2008.6.19, Estoril, Portugal（査読有）

〔産業財産権〕

○出願状況（計1件）

名称：水面形状計測装置及び水面形状計測方法

発明者：林昌奎

権利者：東京大学

種類：特許

番号：特願 2010-182503

出願年月日：2010年08月17日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

林 昌奎 (RHEEM CHANG-KYU)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：70272515

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者