

外洋における異常波発生要因特定のための観測研究

Observational study to determine the causes of the freak wave generation in the open ocean

早稲田 卓爾 (WASEDA TAKUJI)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・准教授



研究の概要

本研究では、外洋に突発的に起こるフリーク波を、日本近海にてGPS波浪計により測定し、フリーク波発生と気象・海象要因との関係を解明することを目的とする。同時に、波浪モデル、衛星合成開口レーダー画像の検証と、フリーク波の予測に資する、危険指標の検証を行う。大水深（5400m）の大型係留浮体を利用した波浪観測と漂流型の波浪計の開発を行った。

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：巨大波発生要因、GPS波浪計測、浮体動揺特性、黒潮続流、
大気・海洋・波浪相互作用

1. 研究開始当初の背景

異常波の発生と、不規則波の不安定との関係が理論的・実験的に指摘されているが、観測による実証はない。世界的に、定点、漂流型にかかわらず、外洋・強流域で波浪と同時に、風・海流の時系列を同時測定した例は少ない。長期モニタリングが実現すれば、世界的にも独創的な波浪・風・海流データベースが構築でき、巨大波の発生と環境要因の関係を解明することができるであろう。また、今回実現する定点観測拠点は、すでに大気・海洋の相互作用の研究で実績があり、中緯度における大気・海洋相互作用における波浪の積極的な役割（物質交換など）に対する研究へと発展させることが期待される。

2. 研究の目的

実海域での波浪スペクトルは、風の場の変動、海流の影響により、激しく変動する。本研究では、このような風の場や海流を波浪と同時に測定し、異常波発生の前兆となる環境要因の変動特性を特定する。以下のメカニズムを仮説として検証を行う：i) 風速の急変（前線の通過など）に伴う、波浪エネルギーの分散集中；ii) 黒潮や中規模渦による波線の屈折によるエネルギー集中；iii) 以上の特殊な環境要因下で形成された波浪場の不安定による異常波発生

3. 研究の方法

具体的には、次の研究を逐次進める：
1) 新たに外洋（黒潮続流周辺）における巨大波浪観測システムを開発し、その有効性を検証する；2) 開発したシステムを用いた定点観測により得られる、巨大波発生時の時系列データの解析；3) 拠点定点観測点周辺における短期集中観測で得られる各種環境要因の分布とその変動の現場観測データについて、数値シミュレーションモデル計算結果および衛星データ解析結果と相互比較する。

4. これまでの成果

GPS波浪システムの開発と観測

漂流型2浮体形状と大型浮体（JAMSTEC K-TRITON ブイ）を利用してGPS波浪観測を行った。陸上でのテストからGPSノイズ特性を確定し、浮体の運動特性と合わせ、高度についてはハイパスフィルター、緯度・経度についてはバンドパスフィルターを用いる。これまでに、平塚沖、JAMSTEC Kuroshio Extension Observatory (JKEO 38.1N, 146.4E)、神津島沖 (34.2N, 139.1E) にて観測を行った。JKEOの観測（2009/8/29-2010/9/28）では、381の20分時系列を取得。そのうち、51ケースにフリーク波が含まれていた。10mを超えるフリーク波を2009年10月末、台風20号通過時に計測した（13.2mと12.3m）；図1参照。

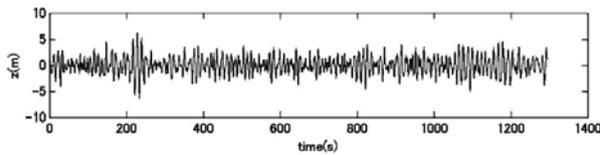


図1 観測された最大のフリーク波 (13.2m)を含む波浪の時系列 (有義波高 6.6m)

フリーク波の発生指標

これまでの研究で、不規則波の波長がそろい (Q_p の増加)、波向きがそろった時に (σ_p の減少)、準共鳴相互作用 (quasi-resonance) が卓越し、フリーク波の発生確率が、高くなること分かってきた (Waseda et al. 2009、引用 (1))。今回観測を行った地点と同様の海域で起こった、海難事故例では (Tamura et al. 2009、引用 (3))、波浪スペクトルの変化が、 $Q_p - \sigma_p$ ダイアグラムの、右下にスペクトルパラメーターが位置する時に、フリーク波の発生頻度が高くなるということを示唆した。今回最大波を測定した期間のスペクトルの変化をみると (図2)、仮説を支持するように、波浪スペクトルが、最もせまくなった時に、フリーク波が観測されていることが分かる。

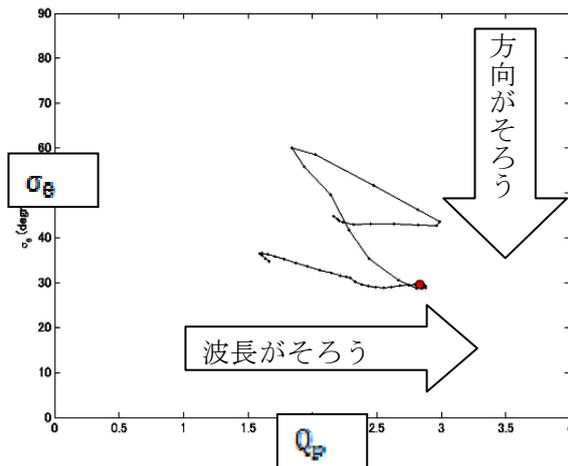


図2 観測による、フリーク波発生指標確認
フリーク波実測時 (赤点) に指標が最も危険となる。

波浪モデルと方向スペクトル解析

図2に示した方向スペクトル特性は、太平洋全域波浪モデルから、順次ネスティングにより解像度を上げる日本近海波浪モデル (120° E から 150° E 、 22.2° N から 47.6° N の $1/4$ 度格子) から推定した。有義波高については、観測値と良い相関が得られたが (相関係数 0.86)、方向スペクトルの検証は行われていない。現在、ある瞬間には、特定の周波数の波は、特定の方向のみに進行すると仮定する、Wavelet Detection Method を用いた方向スペクトルの解析法を開発中である。

5. 今後の計画

今後は、神津島沖 (74m 深) と JKEO (5400m 深) の 2 拠点での観測を継続する。前者は、海流による影響と、島陰での突風の影響に着目して解析を行う。ともに、合成開口レーダー画像を 45 日に 2 シーン収録し、現地観測との比較を行う。漂流型ブイが、観測途中で故障した原因は、非線形性の強い波 (砕波) に遭遇し、転倒、転覆したからと考える。強い非線形性を持つ波浪中の小浮体の運動について、実験、数値計算を行い、浮体形状を修正する。2011 年度には神津島北側を中心とした観測を行う。2012 年度 (最終年度) に再度 JKEO 地点での観測を再開し、それまでに構築する大気波浪結合モデルや、方向波解析法を用いて、解析を行い、フリーク波の発生要因に資する気象条件等を解明する。

6. これまでの発表論文等

査読有雑誌論文 10 件、査読無し 1 件
査読付き会議録 2 件、学会発表 21 件

【最も関連する雑誌論文 5 件】

(1) Waseda, T., T. Kinoshita and H. Tamura, 2009, Evolution of a random directional wave and freak wave occurrence, *J. Phys. Oceanogr.*, **38** (3), 621-639

(2) Waseda, T., T. Kinoshita and H. Tamura, 2009, Interplay of resonant and quasi-resonant interaction of the directional ocean wave, *J. Phys. Oceanogr.*, **39**, 2351-2362

(3) Tamura, H., T. Waseda and Y. Miyazawa, 2009, Freakish sea state and swell-windsea coupling -numerical study of Suwa-Maru incident-, *Geophys. Res. Letters*, **36**, L01607, doi:10.1029/2008GL036280
GRL Editor's Highlight, Nature, Science Highlight論文

(4) 早稲田卓爾, 2009, 外洋に突発的に現れる異常波の発生と気象条件、海と空、85 (2)、49-56 (査読なし)

(5) Waseda, T., S. Masato, T. Nishida, H. Tamura, Y., Miyazawa, Y. Kawai, H. Ichikawa, H. Tomita, A. Nagano, K. Taniguchi, 2011, GPS-based wave observation using a moored oceanographic buoy in the deep ocean, 21th International Offshore (Ocean) and Polar Engineering Conference, 2011/6/22 Maui, U.S.A.

ホームページ等

<http://waseda2.t.u-tokyo.ac.jp/~waseda>

波浪推算値 (過去) を提供するサーバー

<http://157.82.253.137/las7p>