

学 位 論 文 題 名

小型船の耐航性能に及ぼす実波浪特性の影響に関する研究

学位論文内容の要旨

自然風波中での小型漁船の耐航性能、安全性を考える上で重要となるのが外力としての海象の問題である。漁船の船体運動に影響を及ぼす海象要因としては、風向、風速、波浪等があげられるが、特に海洋の漁船の運動は波浪特性によって特徴づけられる。現在小型漁船の波浪中の耐航性能の推定には、現実の海面を近似的に表す波スペクトルを用いるのが一般的である。波スペクトルとしては、たとえばISSC-1964において提案されたようなModified Pierson-Moskowitz型の波スペクトル（以下PM型スペクトルと呼ぶ）を用いるのが船体応答の予測に適しているとされている。PM型スペクトルは一定の風速の風が長時間吹き続いて十分に発達し、定常状態に達している波のスペクトラムである。一方、実海面に存在する波は、2つ以上の発生域から伝播した波が重なって海面に存在している場合や、他の発生域から到来したうねりと波が共存している場合もあり、実海面の波スペクトルはPM型のような標準波スペクトルとは異なる場合が考えられる。本論文においては、遭遇する波浪特性を明らかにすることが、波浪中における小型漁船の船体運動を究明していく上で重要な点であると考え、とくにPM型で仮定できない海面状態が小型漁船の耐航性に及ぼす影響を、実海域で計測された波浪資料を用いて検討した。

[解析資料]

解析に使用した資料は、東京水産大学練習船の漁業実習航海で得られた出会い波浪（波高）資料である。出会い波高はマイクロ波式波高計によって測定し

たもので、計測は毎正時より、サンプリング間隔0.5秒、計測時間30分で実施した。解析には、計測中に変針・変速操作のあったものおよび、不良データを除いた4980回分を使用した。さらに、出会い波浪のスペクトラム2871回分について原波浪のスペクトラムに変換した。原波浪スペクトルの0次モーメント m_0 ならびに平均波周期 T_{01} を用いて、ISSCの提案する式によりPM型スペクトルを計算した。

[結果及び考察]

(1)計測波浪は有義波高で0.75m～1.75mの波の発現頻度が最も高く、次いで0.75m以下、1.75m～2.75mがほぼ同じ発現率で、2.75m以下の波が全体の約88%を占める。また、7sec～9secの波の発現頻度が最も高く、次いで5sec～7sec、9sec～11secの順となっている。11sec以下の波が全体の約92%で、約75%が9sec以下の風波であった。解析対象の90%を占める0～2.75mの波高範囲の波の大半は波高0.75m～1.75m前後であり、船型規模の大きな一般船舶の耐航性能には大きく影響しない波高であるが、小型漁船にとっては厳しい波高範囲の波であった。

(2)2871回の原波浪スペクトルの形状は多様であった。このうち、PM型スペクトルと原波浪スペクトルがほぼ一致していた例は資料数2871の6.4%に過ぎなかった。異なる他の資料について、PM型スペクトルと原波浪スペクトルのスペクトルのパワーの最大値を与える周波数（以下、ピーク周波数と呼ぶ）、パワーの最大値（以下ピークパワーと呼ぶ）を比較することにより以下の特徴を有するスペクトルに区分した。(a)原波浪のピーク周波数がPM型スペクトルに比較して高周波数側にあり、また、原波浪のピークパワーがPM型のピークパワーよりも大きく優っているもの、資料数の5.5%にあたる。(b)原波浪のピーク周波数がPM型スペクトルに比較して高周波数側にあるほか、低周波数側にもパワーを有しているもの、8.7%であった。(c)低周波数側と高周波数側のスペクトル成分が顕著な二峰となるもの、資料数の57.7%を占める。(d)原波浪のピ

ーク周波数はPM型スペクトルのピーク周波数の近傍にあるが、ピークパワーの優っているもの、9.2%にあたる。これらの例を合わせると、全資料数の約8割がPM型で近似できない波であることがわかった。その他、上記の区分に当てはまらないものが19.9%である。

(3)平均周期 T_{01} が短いほど原波浪スペクトルのピーク周波数はPM型よりも高周波数側にある。また、波高範囲、周期範囲にかかわらず、全般的に原波浪スペクトルのピークパワーの方がPM型スペクトルのピークパワーに優っている。スペクトルの帯域幅パラメータ ϵ の値も、波高範囲、周期範囲にかかわらず、全般的に原波浪スペクトルの方がPM型スペクトルよりも優っており、実海面はPM型スペクトルで近似される海面よりも広帯域であることを示している。

(4)船型規模の異なる19.9GT型漁船、96GT型漁船、124GT型漁船、および漁船船型を有する640GT型船の4隻についてストリップ法により得られた周波数応答特性を用いて波スペクトルに対する応答を検討した。この結果船型規模が小さくなるほどピッチ運動の応答は大きくなり、また、19.9GT型漁船のピッチ運動に影響を与える波周期4.16sec～7.09secは、実海域で得られた資料の3割を占めており、有義波高で3.1m迄の波を含むもので小型漁船にとってかなり險しい。124GT型漁船、99GT型漁船および19.9GT型漁船のロール運動に影響を及ぼす波周期を2.94sec～12.53secの範囲とすると、実海域で得られた波の96%と非常に多く、有義波高で6.2m迄の範囲でありピッチ運動の場合よりもさらに險しい遭遇波高となる。

(5)有義波高0.76m～2.09m迄の範囲で特徴的であった波浪スペクトルを選び、実海域における小型漁船の船体運動の推定を試みた。この結果、実海域で得られた波浪スペクトルによる応答推定値がPM型スペクトルを用いて推定した応答値よりも大きいことが判明した。さらに、各小型漁船が実海域の波浪スペクトルを有する海面を24時間航行した場合の動揺最大値を推定した。この結果PM型スペクトルで表現される海面を24時間航行した場合の推定最大動揺値

の方が小さくなることが、明らかとなった。

[小型漁船の耐航性能推定における問題点]

ピッチ・ロール運動について、実海域での波浪スペクトルを用いて推定した場合と、PM型スペクトルによって推定した場合の差を明らかにするため、周波数応答特性と波浪スペクトルを重畳表示させることにより考察した。この結果小型漁船の耐航性能を推定する上で重要となるのは、船体運動の応答特性の値が大きくなる帯域で波浪スペクトルがパワーを有していることよりも、応答周波数範囲においてより波傾斜の大きい、すなわちより高周波数側の帯域で波浪スペクトルがパワーを有していることが重要であることが、判明した。

本論文で取り扱った波浪資料の解析結果によれば、周期が短いほど実海域の波浪スペクトルのピーク周波数はPM型スペクトルよりも高周波数側にあり、原波浪スペクトルのピークパワーは波高範囲、波周期範囲にかかわらずPM型スペクトルのピークパワーよりも大きいことが示された。実海域での以上の波浪特性は、高周波数側の応答特性値が大きく影響するような小型漁船の場合、その耐航性に非常に不利に働く要素となる。従って上記の波浪特性を有する実海域をPM型スペクトルで一様に近似表現して、小型漁船の耐航性能を推定することは非常に危険な要素を含むこととなる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 天 下 井 清

副 査 教 授 大 谷 清 隆

副 査 助 教 授 木 村 暢 夫

学 位 論 文 題 名

小型船の耐航性能に及ぼす実波浪特性の影響に関する研究

海洋中における船舶は海洋波を入力とする船体運動応答系に従っており、波浪スペクトルと船体の運動スペクトルとは周波数応答特性を介して密接な関係がある。これに基づき船舶設計時に船固有の周波数応答特性を模型実験または理論近似計算により求め、航行予定海域の波浪スペクトルを用いて実船の船体運動、耐航性能を推定し、船舶及び人命の保全に供している。しかし、実際の波浪スペクトルを入手することは現観測体制では困難であり、造船界では一定の風速の風が長時間吹き続いて十分に発達し、定常状態に達している波浪スペクトルモデルとしてピアソン・モスコビッツ型（PM型）波浪スペクトルを用いている。本研究は以上の現状をふまえて小型漁船の波浪中の耐航性能を推定する上でPM型スペクトルの適用の是非について4980回の実波浪の観測データに基づいて検討した。

申請者は東京水産大学練習船の漁業実習航海中にマイクロ波式波高計及び船体運動計測装置を用いて毎正時より30分間の計測を太平洋、大西洋、印度洋等広範囲な海域において行った。これらの実験結果を解析し、計測波浪が有義波高0.75m～1.75mの波の発現頻度が最も高く、2.75m以下の波が全体の88%を占めること。また周期では7sec～9secの波の発現頻度が最も高く11sec以下の波が全体の92%、9sec以下では約75%であること等を明かにした。次いで2871回の計測波浪について波浪スペクトルを求め、その形状について検討した結果、PM型スペクトルとほぼ一致した例は全体の6.4%であり、その他について次のように形状分類をした。

(1) 原波浪のピーク周波数がPM型スペクトルに比較して高周波数側にあり、原波浪のピークパワーがPM型のピークパワーよりも大きく優っているもの(5.5%)

- (2) 原波浪のピーク周波数がP M型スペクトルに比較して高周波数側にあるほか、低周波数側にもパワーを有しているもの(8.7%)
- (3) 低周波数側と高周波数側のスペクトル成分が顕著な二峰となるもの(57.7%)
- (4) 原波浪のピーク周波数はP M型スペクトルのピーク周波数の近傍にあるが、ピークパワーの優っているもの(9.2%)

これらの特徴的な実波浪スペクトルに対して、実海域における19.9トン型漁船、96トン型漁船、124トン型漁船の船体運動の推定を行い、その結果実波浪スペクトルによる応答推定値がP M型スペクトルを用いて推定した応答値よりも大きいことを明らかにした。

本論文中審査員一同が評価した点は次の通りである。

- 1. 太平洋、大西洋、印度洋等広範な海域における4980回分の実測データに基づき実波浪の波高、周期の遭遇頻度を明らかにした点。
- 2. 実波浪スペクトルを分類し、P M型で近似できない80%のスペクトルの発現原因について検討した点。
- 3. 実波浪スペクトルを用いて推定した小型漁船の運動値はP M型スペクトルを用いた場合よりも大きくなること。及び小型漁船にとっては十分発達した波浪よりも発達過程にある咀度の大きい波に対して応答することを明らかにした点。
- 4. 小型船の耐航性能推定に関する問題点を提起した点。

以上の諸点は小型船の安全対策を考える上での貴重な実データに基づく知見であり高く評価することが出来る。よって審査員一同は、本論文が博士(水産学)の学位論文として価値があるものと認定した。