

学 位 論 文 題 名

垂下式ホタテ貝養殖漁船の操業時における
横揺れ応答の推定に関する基礎的研究

学位論文内容の要旨

漁船の海難事故は依然後を絶たず、近年においても漁船の海難事故による死亡・行方不明者は毎年百人前後にのぼる。従って、人命の損失に至る可能性の高い漁船の転覆海難事故の防止は漁業従事者の労働環境を整備する上で極めて重要な課題として残っている。

小型漁船は水面下の船体形状が他の大型船舶に比べ複雑であり、他の大型船舶とは異なる形状的特性を有している。また、小型漁船の排水量と波長及び波高との相対的な関係から、小型漁船は他の船舶に比べ波浪外力の影響を強く受けるとともに、操業時には漁労設備及び漁具を使用することにより船体には複雑な外力が働く。加えて、漁獲物を積載することにより船体の重量配置や排水量等の船体状態が短時間のうちに変化し、船体状態の変化に起因して波浪入力に対する船体の応答である横揺れ応答も変化する。

従って、小型漁船の横安全性を検討する上で波浪中における耐航性能に加え、操業時において複雑な外力下にあるときの小型漁船の耐航性能も極めて重要であり、さらに操業の過程で生じる船体の状態変化による横揺れ応答への影響も無視することは出来ない。

そこで、本論文では模型実験並びに操業時における実船実験の結果に基づき、操業時における小型漁船の横揺れ応答特性を明らかにするとともに、応答構造の変化を動的に捉えることにより、時間的に応答構造が変化する中で各状態に対応した横揺れ応答を推定することを検討した。

本論文では、小型漁船の一例として北海道渡島半島内浦湾（通称、噴火湾）において

垂下式ホタテ貝養殖業に従事する小型漁船を取り上げた。本船は、沖合いにおける操業時、大規模な貝の養殖施設に係留されることにより複雑な外力下にあるとともに、貝の揚収作業時には大量の貝が漁船の甲板上に積載されることに伴い船体の状態も短時間のうちに大きく変化する。

従って、操業中に応答構造が変化する本船の横揺れ応答を推定することは小型漁船の横安全性の限界を解析する上で重要となる。

各船体状態における漁船の横揺れ応答特性

操業時において養殖施設に係留した状態にある小型漁船の横揺れ応答特性並びに操業の過程で横揺れ応答がどのように変化するのかを明らかにするため大型水理実験水槽において模型船と養殖施設の模型を使用し規則波中横揺れ実験を行った。

その結果、垂下式ホタテ貝養殖業に従事する小型漁船は、平坦な船底、ハードチェーン、張り出し甲板等の特徴的な船型を有しているため、波浪中における横揺れ応答は、その振幅に依存して非線形性を示すことを確認した。また、大規模な養殖施設に係留されることにより横揺れの周波数応答特性が変化し、非係留時に比べ長波長の入射波に対して横揺れ応答が増大すること、養殖施設に係留されることにより船体に加わる傾斜モーメントが操業の過程で増大すると、船体の有効な横復原力が減少することにより横揺れ応答も増大することを確認した。

横揺れ応答の時間的变化

模型実験の結果から、操業の過程で積載重量、積載配置及び船体の傾斜角が変化することにより、操業中、横揺れ応答が時間的に変化することが想定された。このことを検証するため、森漁業協同組合に所属する洋鵬丸と鹿部漁業協同組合に所属する丸東丸において実船実験を行い、小型漁船の船体運動等を同時計測した。計測した同時時系列は各一定の時間幅についてスペクトル解析を行い、横揺れ応答の各パワースペクトルと波浪の各パワースペクトルが時間的に変化していく過程を追跡した。

その結果、養殖施設の水深調節作業時において、船体の状態変化は貝の揚収作業時に比べ小さいが、応答構造は時間的に変化するとともに、横揺れ応答には約 50 秒にわたる長波長のうねり変動が見られる場合もあることを確認した。また、貝の揚収作業時において、甲板上への貝の揚収の進行に伴い船体の傾斜角が増し、傾斜角の増加

に起因して横揺れ応答が増大し、応答構造が時間的に変化することを確認した。

横揺れ応答系を表現するために改良したモデル

最終的に、横揺れ応答を出力とするモデルの入力について、漁船上における推定システムの実用性を重要視して検討を重ね、養殖施設に係留されている右舷側甲板上において計測した船体横方向及び上下方向の加速度を採用した。また、振幅に依存して非線形性を示す横揺れ応答を時系列に基づき同定する手法のひとつとして、非線形な構造を有し且つそのパラメータにより特徴抽出を行うニューラルネットワークモデルを適用した。

しかし、小型漁船の横揺れ応答を推定する上で横揺れ応答が過小に推定される傾向が見られた。この結果に対し、本論文では小型漁船の安全性を評価する上で横揺れ応答が小さく推定されることは、安全性を過大に評価することに継るので、改善の必要があると考えた。

一般的に、ニューラルネットワークモデルの未知のパラメータ及びその数は誤差平方和を最小化することにより推定される。この手法に対し、本論文では横揺れ応答の極値の推定精度を向上するため、横揺れ応答の極値において小さく推定された残差を抽出し、この残差を最小化するために段階的に未知のパラメータを追加するとともに残差を最小化することにより未知のパラメータを推定するようモデルを改良した。

さらに、一般的にモデルの適合度は誤差平方和により判断されることが多いが、本論文では誤差平方和の平均値に横揺れ応答の極値における誤差平方和の平均値と横揺れ応答の振幅が小さく推定された極値における誤差平方和の平均値を加え、この総和を実測値に対するモデルの適合度を評価する基準として提案した。

改良したモデルの有効性

改良したモデル及び提案した評価基準を使用することにより、操業時における洋鵬丸及び丸東丸の横揺れ応答を推定した。

その結果、横揺れ応答の振幅が小さく推定されることを回避し、小型漁船の放水口が水没する大振幅時においても横揺れ応答の推定を可能とする一方で、モデルの構造を推定する計算を効率化し、計算に要する時間を約三分の一に短縮した。

さらに、貝の揚収作業時、船体の状態が変化することにより横揺れの応答構造が時間的に変化するなかで、60秒間の応答構造からその先60秒間の横揺れ応答を推定可能とした。

以上のことから、改良したモデルは操業時において小型漁船の応答構造が変化するなかでも横揺れ応答を的確に推定することが可能であり、このモデルを用いて種々の応答構造について想定される入力情報を与え横揺れ応答をシミュレートすることによって小型漁船の横安全性の検討が可能となることが期待出来る。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 天 下 井 清

副 査 教 授 烏 野 慶 一

副 査 助 教 授 木 村 暢 夫

学 位 論 文 題 名

垂下式ホタテ貝養殖漁船の操業時における 横揺れ応答の推定に関する基礎的研究

小型漁船は水面下の船体形状が他の大型船舶に比べ複雑であり、異なる形状的特性を有している。また、小型漁船は波浪外力の影響を強く受けると共に、操業時には漁労設備及び漁具を使用することにより船体には複雑な外力が働く。加えて、漁獲物を積載することにより船体の重心位置や排水量等船体の状態が短時間のうちに変化し、船体の状態が変化することに起因して波浪入力に対する船体の応答である横揺れ応答も変化する。従って、本論文では小型漁船の横安全性を検討する上で波浪中における耐航性能に加え、操業時において複雑な外力下にあるときの小型漁船の耐航性能が極めて重要であり、さらに操業の過程で生じる船体の状態変化による横揺れ応答への影響は無視することが出来ないとしている。

本論文では小型漁船の一例として北海道渡島半島内浦湾（通称、噴火湾）において垂下式ホタテ貝養殖業に従事する小型漁船を取り上げ、先ず模型実験並びに操業時における実船実験の結果に基づき、操業時における小型漁船の横揺れ応答特性を明らかにした。その上で、応答構造の変化を動的に捉えることにより、時間的に変化する中で各船体状態に対応した横揺れ応答を推定した。

横揺れ応答を推定するモデルとして養殖施設に係留されている右舷側甲板上において計測した船体横方向及び上下方向の加速度を入力に採用し、振幅に依存して非線形性

を示す横揺れ応答を時系列に基づき推定するニューラルネットワークモデルを適用した。

そして、モデルに改良を加えることにより、横揺れ応答の振幅が小さく推定されることを回避し、小型漁船の放水口が水没する大振幅時においても横揺れ応答の推定を可能とする一方で、モデルの構造を推定する計算を効率化し、計算に要する時間を約三分の一に短縮した。

本論文中、審査員一同が特に評価した点は次の通りである。

1. 模型実験を実施し、波浪中における横揺れ応答はその振幅に依存して非線形性を示すことを確認した。また、大規模な養殖施設に船体を係留することにより横揺れの周波数応答特性が変化し、非係留時に比べ長波長の入射波に対し横揺れ応答が増大することを確認した。
2. 実船実験を実施し、船体状態の変化に起因して応答構造が時間的に変化することを確認した。
3. 操業時における横揺れ応答を時系列に基づき同定する手法のひとつとして、非線形な構造を有し且つそのパラメータにより特徴抽出を行うニューラルネットワークモデルを適用した。
4. モデルに改良を加え、横揺れ応答の振幅が小さく推定されることを回避し、小型漁船の放水口が水没する大振幅時においても横揺れ応答の推定を可能とする一方で、計算を効率化し、計算に要する時間を約三分の一に短縮した。
5. 60 秒間の応答構造から、その先 60 秒間の横揺れ応答を推定可能とした。

以上の成果は、このモデルを用いて種々の応答構造について想定される入力情報を与え横揺れ応答をシミュレートすることによって小型漁船の横安全性の検討が可能となることが期待でき、高く評価できる。よって審査員一同は本論文が博士（水産科学）の学位を授与される十分な資格のあるものと判定した。