

(別紙2)

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 三宅 竜 二

本論文は、大波高波浪中を航行する大型船舶の運動や船体に働く流体圧力・波浪荷重の非線形特性を主題とし、広範な水槽試験と理論数値計算によって非線形特性を詳細に考察し、その物理的要因・メカニズムを特定しようと試みたものである。

船体の運動や船体に働く波浪荷重は、単位波高あたりに換算すると波高が高くなるにつれて一般に減少することが知られており、船体構造設計などに必要とされる遭遇確率 10^{-8} レベルでの当該物理量の線形長期予測値は現実の値よりかなり大きめの値であることが、実船による長期計測結果などから推定されている。また、航路変更によって嵐を回避するなどの実際の操船を考えれば、遭遇確率 10^{-8} レベルの荷重を設計に用いることは現実にそぐわない場合も多いと考えられている。このような非現実的な過度の設計荷重を避けるために、従来はたとえば 10^{-8} レベルの線形長期予測値に1より小さなある経験定数を掛けたり、あるいは遭遇確率を 10^{-8} から 10^{-6} に下げるなどの便宜的な手法が用いられてきた。しかしながら、このような経験的な手法では運動や荷重に関するデータベースの存在しない新しい船型を設計する場合にどのような定数や遭遇確率を採用すべきかについての信頼できる根拠が得られにくい。また、近年の厳しい国際競争に伍していくために船体の軽量化が図られてきたが、その結果として設計時には予想もされなかった思いがけない個所にクラックなどの損傷が相次いで発生するなどの不具合が報告されている。「尾道丸」の事故などに代表されるように、従来の船舶の折損事故は極限波浪中のスラミングなどいわゆる一発大波による大荷重が原因であろうと推測されるものが多かったが、上述のクラック発生など近年の船舶損傷事故は、当該船舶が一生に一度出会うかどうかといった極限海象ではなく、船舶がごく頻繁に遭遇するで

あろうと考えられる海象中で生じている点が特徴的である。このような状況から、船舶の検査・審査を担当する船級協会あるいは船舶を設計・建造する造船会社、船舶を運航する海運会社などにおいても、波浪中を航行する船舶の運動や船体荷重の非線形特性に改めて注目し始めている。DnV（ノルウェー船級協会）においてはランキンソース法に基くSWANと呼ばれる計算コードが、またABS（アメリカ船級協会）においてはグリーン関数法に基くLAMPと呼ばれる計算コードが開発され、わが国においても各所で理論計算手法の開発が鋭意進められている。しかしながら、そもそも大波高波浪中を航行する船舶の運動や船体に働く流体圧力あるいはその積分量としての船体波浪荷重が実際どのような非線形特性を示すかについての水槽試験結果は非常に少なく、非線形現象の実態を知るためにも、また開発された理論計算手法の検証のためにも、信頼性ある実験結果を得ることが必要とされている。

本論文はこのような現状に鑑み、船舶が頻繁に遭遇するであろうと考えられる波高10m程度の大波高波浪中を航行する船舶の運動、船体に働く流体圧力、船体波浪荷重の非線形特性を実験的、理論的に明らかにすることを主題とし、まず非線形特性の実態を把握するために、大型タンカーとコンテナ船という船型の異なる実用船舶模型を用いて、模型船と波との出会い角・出会い周波数・入射波高を系統的に変化させ、その中を航行する当該模型船の運動・波浪荷重及び船体15箇所における波浪変動圧力を計測するといった従来にはない詳細な実験を行っている。得られた実験データから、有意なもの・一般性のあるものを取捨選択するといった膨大な作業から得られた事実としての実験結果から、各種応答の非線形特性のメカニズムが考察されている。

本研究では、このような実験的研究と共に、3次元ランキンソース法に基いた非線形計算手法の開発も行い、理論計算結果と実験結果を比較することで、船体運動や船体変動圧力、船体波浪荷重の非線形特性の要因について分析を行っている。本非線形計算手法では、船体の水面下形状が自身の運動や水面の上下運動によって時々刻々変化することを考慮して静的復原力とフルード・クリロフ力評価しており、このことによって船体運動や船体波浪荷重の非線形特性の大きな要因の一つと考えられる船首フレア部などの影響を考慮している。このような理論計算では、各種複合的要因の結果として現れたマクロな結果を考察する実験的研究と異なり、船体に働く流体力の各成分を分離して扱うことにより非線形特性の要因を分析的に考察することができるといった利点があり、本研究でもそのような側面からの理論的考察を行っている。本理論計算により、実用上重要な波浪中船体中央縦曲げモーメントの非線形特性を定量的にも推定できることなどが示された。

本論文は次のような構成からなる。

まず第1章序論において、本論文の主題である大波高波浪中を航行する船舶の運動や船体波浪荷重の非線形特性の船体設計における重要性について述べ、何故に今改めて非線形特

性に着目し研究しようとしているかについて記述し、本論文の目的を述べている。

第2章では、大型タンカー模型とコンテナ船模型を用いた水槽試験について詳述し、船体運動・船体変動圧力・船体波浪荷重などについて得られた実験結果を詳細に解析・考察し、実験結果から各船型について各物理量の非線形特性の発生メカニズムを考察すると共に、船型の違いと非線形特性の関連について比較・検討を行っている。

第3章では、理論計算のための問題の定式化について述べている。

第4章では、第3章で述べられた定式化に基く3次元ランキンソース法による数値計算手法について説明し、特にランキンソース法で問題となる波の放射条件の取り扱いについて詳述している。さらに、作成された数値計算コードの広範な検証 (validation と verification) を行い、開発された計算コードが信頼性のあるものであることを示している。

第5章では、3次元ランキンソース法に時々刻々の船体浸水面変化を考慮して評価した静的復原力及びフルード・クリロフ力を組み込んだ近似非線形数値計算による結果と水槽試験結果とを比較することによって、水槽試験によって観察された船体運動や船体変動圧力・船体波浪荷重の非線形特性の要因の分析を行い、水線面近傍の流体圧力あるいは実用上重要な船体中央部における縦曲げモーメントなどの非線形特性の大部分が船首フレア部などに働く静的復原力やフルード・クリロフ力によって説明できることなどを示している。

第6章では結論を述べている。

以上、本論文は、現在船級協会や造船会社・海運会社などで改めて関心が寄せられている大波高波浪中を航行する船舶の運動、船体変動圧力、船体波浪荷重などを研究の主題とし、特にそれら物理量の非線形特性について実験・理論両面から詳細な考察を行い、その要因分析を行っている。事実として得られた実験データから有意なものを選び出し、各種側面から考察・比較を行い、そのメカニズムを特定するといった膨大で精緻な研究により示された結果は、合理的な船体設計といった実用面からも、また、現在各機関で鋭意開発中の数値計算手法の検証といった基礎的な研究面からもその意義は大きい。

よって、本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。