

学 位 論 文 題 名

箱形船型の斜航流体力特性と風圧力推定法に関する基礎研究

学位論文内容の要旨

近年、船舶の大型化、肥大化に伴い、タンカー等の転覆、座礁に伴う石油等の流出による環境破壊などが問題となり、国際海事機関(IMO)は海難事故防止の為に安全運航に必要な最小限度の操縦性能の確保を義務づけるようになった。この操縦性能の確保には設計初期段階での操縦性能の推定が重要となり、その推定法の確立が急がれている。この船舶の操縦性能の研究において、通常航行時の操縦性能の推定は重要であるが、それに加え港湾内における低速航行、離接岸、漁船の漁労作業などに於けるように前進速度に比べ横流れ速度が大きな運動の特性を把握する事が重要となっている。現在では、主船体、プロペラ、舵、サイドスラストなどの各船体構成要素に働く流体力とそれら相互間に働く干渉力の総和として船体に働く力を表現する操縦運動の数学モデルが一般に広く利用されている。本研究では低速時の主船体流体力を表す鳥野らによる成分分離型の数学モデルを用いて、船型の基本でありまた大型海洋構造物の船型でもある箱型船型の斜航流体力解析を行った。

この数学モデルは流体力学的観点から誘導された構造型モデルで、しかも全ての運動範囲をも網羅し乍ら、一つの式で流体力を適切に表現できる。本モデルは一般船型に適用するモデルとして開発され、今日まで自動車専用運搬船、漁船などの一般船型の斜航流体力や一般船型の風圧力を斜航角又は風向角 β が $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の広範囲で精度良く表現する事が確められてきた。しか

し、この数学モデルを本論文が対象とする特殊船型に適用することは初めてである。

本研究は箱型船型の流体力特性を明らかにすることから始めた。その特殊船型は一般船型のやせ型とは大きく趣が異なって 4 隅に角のある箱型船型である。この研究経過の中で斜航流体力のうち特に誘導抗力成分に一般船型とは異なった特異な特徴が現れることが分かった。この特徴は箱型船体の船首尾 4 隅の角によって生じたものと直ちに推測されるので、次に流体力特性変化の過程を深く探るために本船体の角を 3 種の形状に変化させた船体の斜航流体力測定と解析を行った。これによって本船型の船首尾の角が流体力に及ぼす影響を探り、更に斜航流体力の特徴を明らかにする事を試みた。

その結果、

(1) 船首を細くすると（切断面を前）、

- 船首の粘性揚力微係数 $C'_{L,1}$ が大きくなり、全体の粘性揚力が多少とも大きくなる。その結果、この着力点 l'_{v0} は船尾から前方へ移動する。
- 船首の誘導抗力微係数 $C'_{Di,1}$ が小さくなり、全体の誘導抗力が小さくなる。その結果、この着力点 l'_{i0} は船首から後方へ移動する。
- 結果的に、抗揚微係数比 C'_{Di}/C'_L が小さくなり、一般船型のもの（=1）に近づき、合圧力の方向は後傾から前傾して船体中心面に垂直に近づく。

(2) 船尾を細くすると（切断面を後）、

- 船尾の粘性揚力微係数 $C'_{L,t}$ が大きくなり、全体の粘性揚力が大きくなる。その結果、この着力点 l'_{v0} は船尾近くから更に後方へ移動する。
- 船首の誘導抗力微係数 $C'_{Di,1}$ が大きくなり、全体の誘導抗力が大きくなる。その結果、この着力点 l'_{i0} は船首近くから更に前方へ移動する。
- 結果的に、揚力、抗力共に大きくなる為に抗揚微係数比 C'_{Di}/C'_L は大きいま

まほとんど変化しないで、合圧力の方向は後傾のままにある。

などが分かった。

これらの事から、箱型船型の斜航流体力の特異性は船首の 2 角に起因するものと結論づけることができ、また「揚力は船尾形状で決まり、抗力は船尾形状によって船首で決まる」と言えよう。

以上に述べた箱型船型の研究成果をもとにして、次に風圧力推定法の研究を行った。近年、自動車運搬船やカーフェリーなど受風面積の大きな船舶が増加している中で、これらの船舶に働く風圧力の影響は一般船型とは違い操船運用上無視することができない。また、漁船が漁労作業を行う低速操船などの場合風圧力による回頭や横流れは大きく、最悪の場合衝突等による転覆をも招きかねない。これらの事からも船体にかかる風圧力の推定は前述の操縦性能の推定と共に重要である。この風圧力の推定にはこれまで船型パラメータを使用した Isherwood の式や水面上船体の鏡像模型を使用した風洞実験などが一般的に使用されてきた。しかし、この Isherwood の式も特殊な船型は適用外であり、最近の特殊海洋構造物等の風圧力推定には有効ではなく新しい手法の開発が望まれる。

そこで、本研究は新しい風圧力推定手法として要素分割・総合化手法の開発を試みた。この新しい推定方法とは前述した箱型船型の研究を考慮に入れた上で、船体上部構造物の形状を単純な要素に分割する事に依って上甲板下の箱型船型の主船体とその上に配置した各種箱型の上部構造物の要素に分割し、それぞれに働く流体力を総合化する手法である。この手法を確立するために、上述の単純化した要素で合成される模型船を数種製作し、定速度斜航実験を試みて、それから得られた実験値と個々の要素から構成される船体全体の流体力推定値と比較した。その結果、

- (1) 主船体、上部構造物それぞれの流体力を加算する加算式推定法は船体前後力 X 、船体横力 Y をほぼ推定できることがわかった。しかし、前後力 X においては風向角（斜航角） $\beta = 0^\circ \sim 30^\circ$ 、 $150^\circ \sim 180^\circ$ 付近で多少の推定誤差が生じ、この差は上部構造物の数が多くなると大きくなった。
- (2) 加算式推定法による回頭モーメント N は上部構造物が船首側に位置する場合には推定値と実験値は良好な一致を示すが、上部構造物が船尾側に位置する場合はその矢羽効果を推定出来ず一致しなかった。
- (3) 一方、仮想主船体から仮想上部構造物を差し引く減算式推定法は上部構造物が船尾側に位置する場合、 Y 力および回頭モーメント N を十分推定でき、特に回頭モーメント N は良好な一致をみた。
- (4) 上部構造物が船首尾両側に存在する場合、回頭モーメント N の推定には減算式と加算式を混合した加減算混合式推定法で対処できる。即ち主船体と船尾側の上部構造物に対しては減算式推定法で求め、これに船首側の上部構造物を加算式推定法で重ね合わせると大きくはずれることなく推定する事が可能である。

以上の結果から、個々の主船体と上部構造物それぞれの風圧力（斜航）流体力データを予め備えておいた上で、この推定法を用いる事によって机上の計算から風圧力推定が可能となることを示した。

本研究は、箱型船型の斜航流体力の実験的研究を通して、流体力の基本的な特性を測定する装置の開発および解析手法の開発を行って流体力特性を把握する成果を得た。この成果を更に風圧力等の推定に応用した。

以上の研究成果をまとめると以下の様になる。

- 1) 定加速度斜航の一走行実験から 2 方向の付加質量 m_x と m_y を同時に定める実験・解析法を開発した。

- 2) 箱型船型特有の斜航流体力特性を $L/B=2\sim 6$ 、 $2d/L = 0.117\sim 0.233$ の船型範囲で把握することができた。
- 3) 船首尾形状が与える斜航流体力特性への影響が明らかになった。
- 4) 箱型船型の斜航流体力データを用いて船体上部構造物の風圧力を推定できる新しい風圧力推定手法（要素分割・総合化モデル）を開発した。

学位論文審査の要旨

主 査	教 授	烏 野 慶 一
副 査	教 授	梨 本 勝 昭
副 査	教 授	山 本 勝太郎
副 査	教 授	天下井 清
副 査	助教授	米 田 国三郎

学 位 論 文 題 名

箱形船型の斜航流体力特性と風圧力推定法に関する基礎研究

近年、船舶の高性能化が追求された結果、船舶は大型化、肥大化し、かつ船速の高速化が進んだ。また海上物流は集約・合理化によってより高度な効率的物流システムへ発展した。このような船舶の運航環境の変化のなかで、港湾内や主要航路の往来船舶の輻輳は大型船、小型船、高速船、低速船等が混在して複雑なものとなった昨今、航行船舶にはより安全で正確な操船性能が求められている。個々の船舶が持つ操縦性能は、海上物流を支える基礎技術として、常に再検討され継続的に改良されている。このような中でも船舶の大型化、肥大化に伴い、タンカー等の転覆、座礁に伴う石油等の流出による環境破壊などが問題となり、国際海事機関（IMO）は海難事故防止の為の安全運航に必要な最小限度の操縦性能の確保を義務づけるようになった。

申請者は漁船、肥大化船、バージ等が港湾内等で低速航行する問題として、水面下船体の流体力特性と水面上構造物の風圧力特性の解明と推定を目的とした。特に船型形状が流体力特性に与える影響の解明を論じ、本論文を本文7章73頁、図表102頁を含む188頁より構成している。次に各章について評価した点を述べる。

第1章は緒言である。船や大型海洋浮体構造物の原形は箱型であるにもかかわらずその流体力特性の研究は数少ないことを述べ、研究の焦点を定めている。また本論文全体の構成と流れを基盤的研究から応用的研究までのつながりとして概説している。

第2章は本研究の核となる「付加質量」の測定のための加速実験装置の概要を述べている。

第3章は、斜航流体力を記述する数々ある数学モデルの中から、流体力を分析することに充分耐え得る唯一の数学モデルを選んだ理由を述べ、そのモデル

の特徴と流体力構成要素を説明している。特にこのモデルが流体力分析に「付加質量」の情報を必要とすることと付加質量の推定について既存の手法が適用できないことを述べ新しい簡便な測定手法の必要性を述べている。

第4章は、本論文の核となる付加質量 m_x , m_y について第2章の装置を用いた加減速運動による流体力測定実験と新しく開発された流体力解析手法を述べ、ブロック船型の9船型と船首又は船尾を上下方向にカットした6船型についての付加質量 m_x , m_y の調査結果をまとめている。

第5章は、本論文の主題となる定速時の斜航流体力特性について第4章の付加質量 m_x , m_y の結果を用いた流体力解析の結果をまとめている。

第6章は、第5章の結果を利用して、低速航行時には重要な要素となる風圧力の推定についてこれまでにない解析的手法でもって風圧力の推定を行った開発成果を述べている。

第7章は結論である。申請者は

- 1) 定加速度斜航の一走行実験から2方向の付加質量 m_x と m_y を同時に定める実験・解析法を開発した。
- 2) 箱型船型特有の斜航流体力特性を $L/B=2\sim6$ 、 $2d/L=0.117\sim0.233$ の船型範囲で把握することができた。
- 3) 船首尾形状が与える斜航流体力特性への影響が明らかにした。
- 4) 箱型船型の斜航流体力データを用いて船体上部構造物の風圧力を推定できる新しい風圧力推定手法（要素分割・総合化モデル）を開発した。

以下、申請論文に対する審査員の評価を要約する。

1. 箱形船型の非定常流体力（付加質量）の計測実験を実施し、その特性を定めた。この結果は次項の定常流体力の解析を可能とする役割を持つ。
2. 曳航水槽での箱形船型模型を用いた流体力計測を行い、データの数学モデル解析によって、箱形船型が持つ角（すみ）部分の形状とその運動方向に対する配置が定常流体力発生機構に与える影響を明らかにした。
3. 得られた箱形船型の流体力特性を応用し、船体上部構造に働く風圧力推定の可能性について検討した。本研究成果は水面下船体の流体力のみならず水面上の船体上部構造物の風圧力の解析に援用可能であることを示唆した。

以上大略した3点の成果を得るにあたって開発された実験方法、実験装置、流体力データ解析手法と流体力分析データおよび風圧力推定手法は、船舶工学分野、流体力学分野での広い応用性と共に、またその独創性について高く評価するものである。

ここに審査員一同は、申請者が博士（水産学）の学位を授与されるに十分な資格を有するものと判定した。