

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K06917

研究課題名（和文）運用中の船舶の改修による空力特性改善のための効率的な風洞実験手法の構築

研究課題名（英文）Efficient Wind Tunnel Method for Improving Aerodynamics of Ships

研究代表者

向瀬 紀一郎（Mukose, Kiichiro）

富山高等専門学校・商船学科・准教授

研究者番号：60408721

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：日本経済を支える海上輸送のエネルギー効率を向上させること、また荒天時の船舶の安全性を向上させることを目的とし、船舶の空力特性の研究に取り組んでいる。その研究のための風洞実験や数値流体シミュレーションにおいて必要となる、運用中の船舶の上部構造物の精密な3次元形状データを、小型無人航空機（ドローン）の援用および3次元再構成技術の応用によって、低コストかつ短期間で制作する手法を構築した。富山高専の運用している練習船「若潮丸」を、さまざまな視点から撮影した画像データをコンピュータで解析することによって、甲板上の機器や上部構造物の立体形状をコンピュータ内に再現することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、ごく近年において急速に発展した複数の先端技術要素を複合的に応用することによって、運用中の船舶の風洞実験にかかるコストを大幅に抑制する、新しいワークフローを構築するものである。この独創的な手法により、運用中の船舶をドックに入れることなく、そのエネルギー効率や安全性の効果的な向上策を効率的に検討することが可能となる。また実際の改修工事に際しても、あらかじめ実船の形状データに合わせて制作された空力的付加物を短期間で装着することにより、海運会社は機会損失を被ることなく運用中の船舶の省エネルギー化を進めることも可能となるだろうと期待される。

研究成果の概要（英文）：The aerodynamic characteristics of ships have been studied for the purpose of improving the energy efficiency of marine transportation, and the purpose of improving the safety of ships in stormy weather. The three-dimensional shape data of the upper structure of a ship, which is necessary for the wind tunnel experiment and the computational fluid dynamics simulation, was obtained by the application of the small unmanned aerial vehicle and the three-dimensional reconstruction technology. The shape data was obtained at low cost and in a short period of time by using the new method. The three-dimensional shape of the equipment and superstructure on the deck of a training ship "Wakashio-maru" operated by Toyama National College of Technology, was successfully reconstructed in a computer by analyzing the aerial image data of the ship.

研究分野：船舶工学

キーワード：小型無人航空機

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 日本はエネルギー資源のほぼ全量を、海外からの海上輸送に依存している。また食料や工業製品なども含む貿易のうち海上輸送の担う割合は、金額ベースで 76.7%、トン数ベースで 99.7%にも上る。したがって、海上輸送のエネルギー効率や安全性の向上のための取り組みは、日本の経済にとって極めて重要である。船舶の形状の改善によって推進性能が向上し、高速航行時においても燃料消費量を節約することが可能になれば、あるいは耐航性能が向上し、厳しい気象条件下においても安全に航海することが可能になれば、その経済的利益は莫大なものとなる。

(2) 船舶の形状に関する研究は、これまで主に水抵抗を重視した研究、すなわち水と船体との相互作用による粘性抵抗や造波抵抗に着目した研究が多かった。しかし近年、海上輸送のさらなる効率化や高速化が求められる中で、水面上の空気と、甲板上の機器や上部構造物(船橋やファンネルや荷役装置など)との間の相互作用にも、注目が集まるようになってきた。造船会社においては流線形状の上部構造物が作られるようになった。また、海運会社においては風防の設置が試みられるようになった。これらは船舶の空気抵抗の低減によって推進性能の向上を図り、同時に耐航性能の向上も図る取り組みである。

(3) しかし、これらの新しい技術の恩恵を受けられる船は現在のところ、主に新造船に限られている。第一線で運用中の船舶を改修することによって空力特性を改善する取り組みは、効果が期待されるにもかかわらず、まだ広範には普及していない。普及を阻んでいる要因は主に、費用対効果の分母、すなわちコストである。改修を計画する際には、それぞれの船舶に応じた模型を用いた風洞実験が必要となり、また改修を実施する際には、ドックでの工事が必要となる。それらに要するコストは、実験や工事に要する期間に応じて高くなる。特に、運用中の船舶をドックに入れる期間が長くなれば、海運会社の被る機会損失もまた、コストを相当に押し上げることになる。

### 2. 研究の目的

もし、船舶の形状をドックに入れることなく精密に計測し、低コストかつ短期間で模型を制作し、効率的に風洞実験を反復する手法が構築されれば、竣工後の船舶の空力特性をリーズナブルなコストで改善できるようになる。この研究の目的は、運用中の船舶の形状の測定とその模型の製作を、低コストかつ短期間で実現する新しい手法を構築し、その適用性を検証することにある。

### 3. 研究の方法

(1) 富山高等専門学校の練習船「若潮丸」(図1)の周囲の海上で、小型無人航空機(4ローター式マルチコプター型)にデジタルカメラを搭載して飛行させ、さまざまな視点から多くの撮影を行い、一連の画像データを収集した。この一連の画像データには、練習船の甲板上の機器や上部構造物の像が、さまざまな方位から、さまざまな仰角から、さまざまな距離から捉えられている。

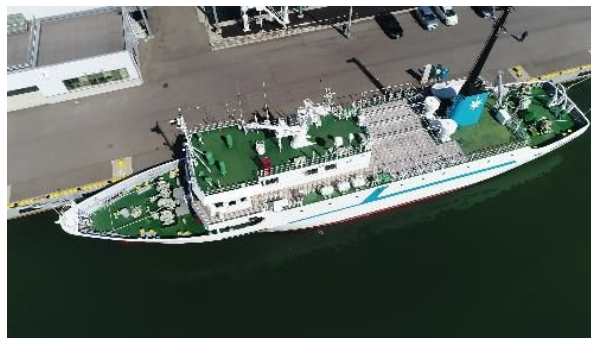


図1 富山高等専門学校の練習船「若潮丸」

(2) 撮影した一連の画像データをコンピュータで解析し、3次元再構成技術によって、甲板上の機器や上部構造物の立体形状をコンピュータ内に再現した。3次元再構成技術とは、複数の2次元画像の中から共通の特徴点を抽出し照合することによって、3次元空間におけるその特徴点の座標を計算する技術である。この計算をコンピュータによって大規模に処理することにより、被写体の立体形状を高密度な特徴点の集合によって再現する3次元点群データを生成した。

(3) 大型の風洞装置を新しく制作することによって、船体に作用する空力特性を模型実験によって調査するワークフローを構築した。

#### 4. 研究成果

(1) 研究代表者は平成28年4月より、弓削商船高等専門学校から富山高等専門学校へ異動した。当初の予定では弓削商船高等専門学校の練習船「弓削丸」を対象として研究を行う計画であったが、異動後、富山高等専門学校の練習船「若潮丸」を対象として研究を実施し、その立体形状の3次元再構成に成功した(図2)。3次元再構成のために利用される一連の2次元画像は、同一の被写体をそれぞれ異なる視点から撮影したものであり、画像中における被写体上の複数の特徴点の位置について有意の視差を持つものでなければならない。したがって、船舶のような大型の被写体について3次元再構成を行うには、画像データの撮影地点を広範囲に分散させる必要がある。船舶の周囲の海上からの、かつ高い視点からの撮影は、通常の方法では困難であるが、本研究では、デジタルカメラを搭載した小型無人航空機の援用によって、このデータ収集上の困難を解決した。また、954枚の高精細な2次元画像によって、高精度な3次元再構成に成功した。

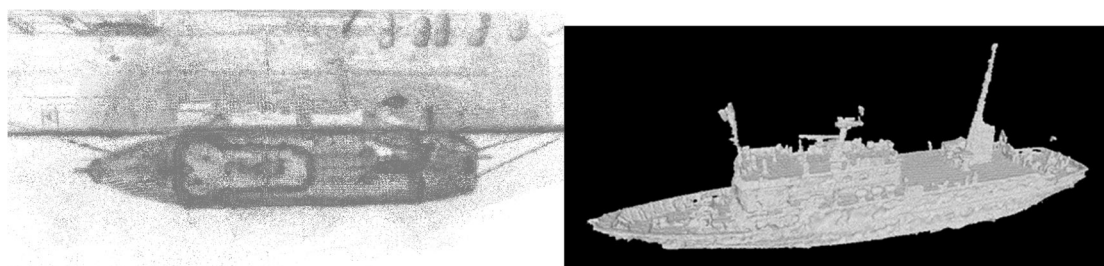


図2 練習船「若潮丸」の3次元再構成による点群データとポリゴンデータ

(2) 研究代表者は平成28年4月より、弓削商船高等専門学校から富山高等専門学校へ異動した。富山高等専門学校の商船学科の風洞実験装置は利用できない状態であったため、平成29年度より新しい風洞実験装置の制作に取り組んだ(図3)。新たに制作した風洞は、エッフェル型(開放型)の、全長10メートルのものである。構造は主に木材で組み立てられるものとした。風洞の上流部分においては、直径710ミリメートルの大型送風機が備えられ、200ボルトの三相交流によって駆動されるものとした。送風機の風量は、三相交流インバータによって制御されるものとした。風洞の中流部分においては、八ニカム構造の整流器によって気流が整えられるものとした。風洞の下流部分においては、三分力計によって模型に作用する揚力および抗力の大きさが測定されるものとした。この新しい風洞によって、船体模型における空力学的特性の測定に成功した(図4)。



図3 新しく制作された風洞装置の全体像

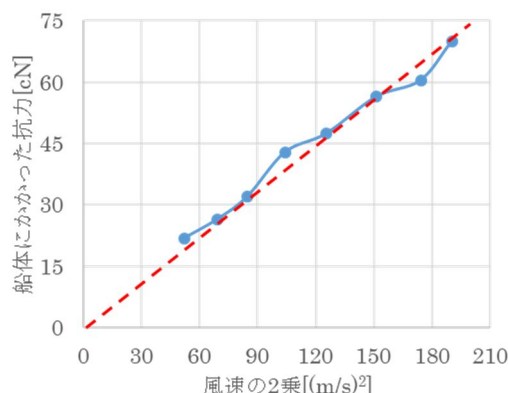


図4 新しい風洞装置と船体模型による抗力測定の結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 向瀬 紀一郎	4. 巻 4
2. 論文標題 練習船「若潮丸」の上部構造物の空撮画像による3次元再構成	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 富山高等専門学校紀要	6. 最初と最後の頁 69-73
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 阿部斗輝矢, 澤本一生, 向瀬紀一郎
2. 発表標題 風洞の作成 整流器による流れの均一化
3. 学会等名 国立高専機構第3ブロック専攻科研究フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田島 かい里, 向瀬 紀一郎
2. 発表標題 Application of Virtual Reality Technology in Maritime Education
3. 学会等名 とやまKOSEN研究推進フォーラム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 澤本一生, 阿部斗輝矢, 向瀬紀一郎
2. 発表標題 船体の3次元再構成に関する研究
3. 学会等名 日本航海学会 第139回講演会・研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kairi Tajima and Kiichiro Mukose
2. 発表標題 Application of Virtual Reality Technology in Maritime Education
3. 学会等名 国立高等専門学校機構 第3ブロック専攻科研究フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiichiro Mukose
2. 発表標題 New Workflow for Investing Aerodynamics of Upper Structure of Ships
3. 学会等名 9th JSME-KSME Thermal and Fluids Engineering Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 向瀬 紀一郎
2. 発表標題 船舶の風洞実験用模型の効率的な制作手法の構築
3. 学会等名 とやま産学官金交流会2016
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 鎌田功一, 遠藤真, 向瀬紀一郎, 岩崎寛希, 湯田紀男, 木村安宏, 木下恵介	4. 発行年 2016年
2. 出版社 海文堂出版	5. 総ページ数 256
3. 書名 これ一冊で船舶工学入門	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----