

令和元年5月20日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K07835

研究課題名（和文）外乱影響下における漁業調査船の運動特性と観測時の最適操船に関する研究

研究課題名（英文）Study on Motion Characteristics of Fisheries Research Vessel and Influences of Actual Sea Conditions to Observation

研究代表者

前川 和義（MAEKAWA, KAZUYOSHI）

北海道大学・水産科学研究院・助教

研究者番号：80250504

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：漁業調査船は、水産生物資源の探索・捕獲や海水採取などの調査研究業務に従事しており、水圏における生物資源管理のための重要な役割を担っている。本研究は、漁業調査船の性能の高度化・高効率化を目指す観点から、風や波などの影響を受ける実海域で観測を実施する状況を想定した船体や観測機器の模型試験と数値シミュレーションを実施し、観測時における調査船の運動特性や、観測機器の流体力学的特性に生じる影響について検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で水槽実験と数値シミュレーションを実施した結果、漁業調査船の運動特性に影響をおよぼす要因や、これまで詳細が明らかにされていなかった観測・調査機器の周囲に生じる流体現象を見出すことができ、観測をより正確かつ効率的に実施するために必要となる、重要な知見を得ることができた。これらの成果を今後の漁業調査船の設計・建造における運動制御性能の推定・評価や、観測機器の開発・改良の際に考慮することで、観測手法を従来よりも優れたものへと発展させることができると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Fisheries research vessels are indispensable to investigations of bio-resources and oceanic environmental information necessary for maintenance of sustainable fisheries activities and resources management.

In this study, water tank experiments and numerical simulations are carried out to find out characteristics of fisheries research vessel's motion and influences of hydrodynamic phenomena to observation equipment in expected actual sea conditions.

From the results, important knowledges are obtained to be considered in order to realize high performance and efficient observation.

研究分野：水産工学

キーワード：漁業調査船 海洋観測 CFD PIV

1. 研究開始当初の背景

水産資源は再生産が可能な生物資源であるが、適正な漁獲水準を超えた乱獲状態になるとその資源量は低下してしまうことから、適切な資源管理のためにまず現存資源量を正確に把握した上で漁獲可能量を決定する必要がある。

漁業調査船は種々の観測機器を海中へ投下・曳航して様々な水深における調査対象魚種の探索と捕獲、海水や微生物の採集を行い、資源量の把握、有用生物資源の発掘、資源の動向に大きく影響を及ぼす海洋環境の調査研究業務などに従事する重要な役割を担っており、幅広い様々な観測に必要とされる操船を正確に行えることは、調査結果の信頼性を確保する上で不可欠であると言える。

近年の海洋環境や生物資源の大きな変動に伴って観測・調査の重要性が増している中、観測活動のプラットフォームとして重要な役割を担っている漁業調査船の性能の向上や観測作業の高効率化が望まれる。

2. 研究の目的

洋上で行われている観測・調査では、航走しながら観測機器を投入・曳航する場合と、漂泊したまま観測機器を海中へ投下し、所定の作業を行った後に揚収する場合がある。前者では舷側あるいは船尾から各種サンプリング用ネットの曳網やセンサーの曳航、魚群探知機等による海中・海底の観測などが行われる。また後者では CTD (Conductivity Temperature Depth profiler) の投入やプランクトンネットによる浮遊生物の採集などが実施されるなど、観測時に漁業調査船に要求される操船は様々であることから、航走時における船舶の航行や洋上での漂流運動、船体動揺、船位制御など、調査船の運動特性や性能が観測結果に及ぼす影響は大きいと考えられる。

一般的な船舶の航走時を対象とした運動や観測機器単独の性能についてはこれまで研究・開発が行われてきているが、これらが融合する実際のフィールドにおける観測で生じ得る様々な影響について、船体の運動性能の観点から詳細に検討した報告例はこれまでに見当たらない。

そこで本研究では、観測時の調査船および観測機器の流体力学的特性や運動特性など、漁業調査船に求められる性能や、風、波浪などによって生じる影響を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、航走中および漂泊中の観測・調査へ影響を及ぼすと思われる項目について、実験水槽における模型試験と数値シミュレーションによって検討を行った。特に、流体力学的な検討が重要となる項目については、対象物体の周囲に生じる流体现象の特性を正確に把握することが必要不可欠であることから、PIV (粒子画像流速測定法, Particle Image Velocimetry) による物体周囲流場の計測と、CFD (数値流体力学, Computational Fluid Dynamics) を用いた数値シミュレーションの実施によって詳細な検討を行った。

本研究で実施した検討項目を、下記に示す。

- (1) 船体の動揺特性と、船型およびビルジキールによる減揺効果
- (2) 生物採集ネット曳網時に網口付近に生じる流場の特性
- (3) 航走時に船底部に設置した音響探知機周辺に生じる流場の特性
- (4) 航走時の造波現象
- (5) 観測時の船位制御に用いるバウスラスタ性能の特性

4. 研究成果

本研究で得られた成果について、検討項目ごとに下記に示す。

- (1) 船体の動揺特性と、船型およびビルジキールによる減揺効果

風や波浪の影響を受ける実海域での観測・調査では、海象条件によっては船体動揺が観測に悪影響をおよぼす可能性が考えられることから、できるだけ動揺を抑制することが望ましい。

そこで、船舶の減揺装置として一般的に装備されているビルジキールの減揺効果について、複数の船型を対象として検討を行った。対象とした船体は、船体横断面形状が曲線的な船型と、船底部にチェーンやスケグを有し漁船に多く採用されている角型船型の2種類とし、模型実験および数値シミュレーションによって、自由横揺減衰運動における動揺角の変化と、船体近傍に生じる流場の変化を考察した。

動揺角計測と PIV による流場計測の実験結果から、角型の形状を有する船型ではチェーンやスケグによる大きな造過現象が発生し、このことが高い減揺効果につながっていることが確かめられた。一方、船体横断面形状が曲線的な船型では、造過現象よりも動揺に追随する流れが支配的であり、角型船型と比較して減揺効果は低いことが明らかとなった。また、CFD シミュレーションによる数値解析を用いることによって、動揺角の時系列変化と、造過現象を含む船体周囲流場の変化を良好な精度で推定できることを確認した。従来用いられてきた理論的推定

手法では、角型船型を対象とした動揺特性については十分な推定精度が得られないとされてきたが、本研究で用いた CFD シミュレーションは角型船型の動揺特性やビルジキールの設計に対して有効であることを示すことができた。

(2) 生物採集ネット曳網時に網口付近に生じる流場の特性

海洋における水産資源の変動機構を解明するため、海洋生態系の中で基礎的な部分を担うプランクトンの定量的分析は不可欠なものであり、国際的に長期間にわたってデータの蓄積がなされている。プランクトンネットの網口には濾水計が固定されており、ネットが濾過した海水量を算出することで、生物量密度の算出が行われている。しかし実海域で船上から生物採集ネットを曳網する際には風や波浪によって漂流する船上から行う状況が想定されるため、垂下したネットの姿勢変化や網口周辺の流場におよぶ影響によって想定どおりの採集が行われず、誤った観測結果となる可能性が考えられる。

本研究では動物プランクトンを採集する標準的な定量採集具のひとつである NORPAC ネットを対象として、採集ネットの網口周辺における流場の特性について、水槽における PIV 計測と CFD シミュレーションによる検討を行った。

回流水槽において曳網状態を再現した PIV 実験により流場計測を行った結果、網口の前方上流側で大きな流速低下が生じ、また曳網速度が速いほど流速の低下率が高いことが分かった。この特性については CFD シミュレーションによる推定結果においても同様の現象が確かめられ、網口の上流側にあるブライドルやスイベルの影響によって網口に流入する速度が一様とはならない現象もあわせて確認された。これらの結果は濾水量が不正確に算定される場合があることを示唆するものであり、フィールドにおける生物資源量の推定結果へ影響を及ぼしている可能性があることが明らかとなった。

(3) 航走時に船底部に設置した音響探知機周辺に生じる流場の特性

海中の水産生物資源量調査には音響探知機が用いられる。音響探知機は船体中央部付近の船底に配置したドーム内に他の計測機器とともに設置されており、観測時には必要な探知機を船底から海中へ突出させて使用している。波浪中の航走でピッチングが発生する場合など、船首で生じた波などにより発生した気泡が船体表面に沿って船底へと流入すると、音響探知機から発せられた音波が遮断され、探知機としての機能を妨げてしまう泡障害が発生するおそれがある。泡障害を回避するためには流入した気泡より深い位置まで探知機を突出させる必要が生じるが、探知機本体とそれを支える支柱に大きな流体抵抗が作用することから、船体抵抗の増加や船速の低下を招く結果となり、観測の効率を低下させる要因となる。

本研究では、模型船を対象とした PIV 計測により、船底から突出させた魚群探知機周辺流場の可視化を行った。実験では探知機の突出量を数通りに変化させ、船体船底部に生じる境界層の様子と、突出させた音響探知機の周囲に発生する低速度の領域を確認することができた。

突出した探知機が周囲の流場に影響をおよぼすと、近傍に設置されている他の音響を用いた機器の計測結果に支障が生じる可能性があるが、これまでに音響探知機周辺の流場を詳細に計測した報告はほとんどなされていないことから、本研究によって貴重なデータを得ることができた。CFD シミュレーションにおいても同様の現象を推定できたことから、船型や音響計測機器を収納するドームの形状・配置を決める設計の際に、本手法が有用な検討手段となることを示すことができた。

(4) 航走時の造波現象

一般に船舶が航走する際には船体による造波のために船体抵抗が増加し、船速の低下や燃費の悪化を招くことから、造波抵抗の低減が重要な課題となっている。また、漁業調査船が航走中に舷側から観測機器や生物採集具などを海中へ投入して曳航する際には、船体が生じた波の影響を大きく受けると考えられることから、観測・調査の支障となり得る。また、前項目で検討対象とした泡障害を生じる原因ともなるため、船体の造波が観測・調査におよぼす影響は重要な問題である。

本研究では、船体を作り出す波の波形分布と抵抗について複数の船型を対象として計測するとともに、CFD シミュレーションによるこれらの推定を試みた。また、造波を低減させるために導入されている船首バルブの有無が船体抵抗と船体周囲の波形分布におよぼす影響についても検討を行った。

CFD シミュレーション結果を模型実験結果と比較したところ、船体周囲に生じる波の相対的な位置を除き、波高や生じる波の数については大略一致する結果が得られた。船体抵抗については若干過大評価をする結果となったが、定性的な変化はよく捉えることができている。航走時に船体周囲に生じる波高の推定は良好に行えることがわかった。舷側から観測機器などを曳航する場合を考慮すると、発生する波の位置を精度良く推定する必要があるため、さらなる解析精度の向上が今後の課題として残った。

(5) 観測時の船位制御に用いるバウスラスター性能の特性

バウスラスターは多くの調査船に装備されており、停船時に風や波浪の影響で船舶が漂流を余儀なくされる場合においても船位の制御が可能で、精度の良い観測を実施するための重要な

設備である。一方、船速の変化によってその性能が大きく変わることが知られている。効率的な観測・調査を実現するためには、バウスラスタの性能を正確に把握し、好ましくない特性を抑える方策を見出すことが重要であるが、その詳細なメカニズムは未だ明らかになっていないのが現状である。漁業調査船の高性能化や観測・調査の高効率化を実現するためには、バウスラスタの性能変化の要因とその改善策を明らかにすることが不可欠であると考えられることから、CFD シミュレーションによるバウスラスタ作動時の性能変化と船体周囲流場との関係について検討を行った。

本研究では複数の船型を対象とした CFD シミュレーションを行い、船速が変化した場合の船体周囲流場と船体表面圧力分布の解析結果を詳細に考察した。その結果、バウスラスタから噴出した噴流は相対流速によって船尾側へと湾曲し、スラスタ噴流側の船体側面の圧力分布に影響をおよぼすことが、解析結果から明らかとなった。生じる現象による影響は船型によって異なり、影響が顕著に表れた場合には船体にバウスラスタが発生する推力を減じる方向に力が作用することがあり、それがバウスラスタ性能の特性に影響をおよぼす要因となっているものと考えられる。また、CFD シミュレーションによるバウスラスタ作動時に船体に作用する横力と回頭モーメントは、過去に実施した模型実験結果と大略一致する結果が得られたことから、性能変化におよぼす現象を推定する有効な手段であることを示すことができた。今後、漁業調査船の性能設計を行う際の重要な検討項目となるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計7件)

橋内昂輝, 前川和義, 三好潤, 高橋勇樹, 木村暢夫, CFD を用いた船首バルブを有する小型漁船の造波推定, 数理水産科学会, 2018

城崎亮佑, 井高洋輔, 木村暢夫, 高橋勇樹, 前川和義, 安間洋樹, NORPAC ネット網口前の流場にスイベルが与える影響, 日本水産工学会, 2018

羽田野真平, 三好潤, 前川和義, 木村暢夫, 船底に取り付けたソナー周辺の流場の可視化, 日本水産工学会, 2018

鈴木雅敏, 前川和義, 安間洋樹, 木村暢夫, CFD 解析を用いたバウスラスタ性能に関する研究 - 前進速度影響軽減の試み -, 数理水産科学会, 2017

橋内昂輝, 木村暢夫, 前川和義, CFD を用いた漁船航行時の造波現象の推定, ANSYS Convergence Student Poster Contest, 2017

井高洋輔, 高橋勇樹, 安間洋樹, 木村暢夫, NORPAC ネット網口周辺の流場推定, 日本水産工学会, 2017

山根光夫, 三好潤, 前川和義, 木村暢夫, CFD を用いた小型漁船の横揺れ運動の推定, 日本水産工学会, 2017

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：木村 暢夫
ローマ字氏名：(KIMURA, Nobuo)
所属研究機関名：北海道大学
部局名：水産科学研究所
職名：教授
研究者番号 (8 桁) : 50186326

研究分担者氏名：安間 洋樹
ローマ字氏名：(YASUMA, Hiroki)
所属研究機関名：北海道大学
部局名：水産科学研究所
職名：准教授
研究者番号 (8 桁) : 50517331

(2)研究協力者

研究協力者氏名：
ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。