

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02378

研究課題名(和文) マルチリフト方式を採用した多目的作業船の最適位置保持設計法

研究課題名(英文) Optimal design of position keeping for multi-purpose offshore supply vessel during multi-lift operation

研究代表者

大坪 和久 (Otsubo, Kazuhisa)

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：50435773

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：洋上風力、石油・天然ガス開発などの海洋空間利用が進むにつれ、海上での重量物の吊荷作業が増えてきている。船上での吊荷作業には様々な吊式があるが、最近では海底へ設置する様々な構造物が大型化する傾向にあるため、2隻の船を使ってクレーン作業を行う場合がある。このような吊式では吊荷を介して作業船同士が拘束されるために、作業船の運動特性が変化する。安全かつ効率的な作業を行うためには、その力学を正しく理解する必要がある。そこで本研究では、数値計算法の開発と水槽試験による検証を実施し、連成影響を考慮した波浪中運動評価法を確立させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

吊荷と浮体(作業船)との連成運動に関する力学的研究(3体問題)はすでに多く存在するものの、マルチリフト方式のような2隻の作業船と吊荷の連成運動を対象とした研究はこれまでは無かった。そこで本研究では、数値計算及び水槽試験を実施することで、マルチリフト方式を採用した作業船と吊荷の連成運動評価法を確立させた。また、その成果に基づき、マルチリフト方式を採用した作業船の自動位置保持システムの最適設計法について検討し、実用化への方向性についても示した。

研究成果の概要(英文)：To utilize the ocean space, crane lifting operations in the ocean are crucial for constructing offshore structures and installing facilities on the seafloor, and safety and availability of the crane lifting operation must be analyzed when planning construction. Co-operative multi-crane lifting operation with two vessels is often selected in order to lift the heavy susp. load. In such situation, the connection of the two vessels to the susp. load means that all actions taken on one vessel influence not only motions of the susp. load but also another vessel. A thorough understanding of the coupled dynamical mechanics is required when using a multi-crane lifting. We conducted both model experiment and numerical calculation to build new evaluation methods for the wave-induced coupled dynamics during the multi-crane lifting operation with two different displacement vessels.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：マルチリフト 波浪中連成運動 多目的作業船 バージ船 マルチボディダイナミクス

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

洋上風力、石油・天然ガス開発などの海洋空間利用が進むに従って、海上での重量物の吊荷作業が増えてきている。海上で吊荷作業を行う際には吊荷と作業船の連成運動の評価がポイントとなる。船上での吊荷作業には様々な吊式があるが、最近では海底へ設置する様々な構造物が大型化する傾向にあるため、2隻の作業船を使ってクレーン作業を行う場合（マルチリフト方式）も出てきた。このような吊式では吊荷を介して作業船同士が拘束されるために作業船の運動特性が大きく変化する。その結果、作業船単独の状態を想定して設計された自動位置保持制御システムの性能は非常に悪化することが論文等において報告されていた。よって、安全な作業を実現するためには、その波浪中連成運動を力学面から正しく理解する必要がある。

2. 研究の目的

吊荷と浮体(作業船)との連成運動に関する力学的研究(3体問題)はすでに存在するものの、マルチリフト方式のような2隻の作業船と吊荷の連成運動を対象とした研究はない。一方、3体問題など多体問題については機械工学分野の大きな研究分野であるが、本研究で対象とする問題との違いは、流体力学干渉影響も連成運動に影響を及ぼすため、その影響を調べる必要がある。そこで本研究では、マルチリフト方式を採用した吊荷と作業船の波浪中での連成運動について、水槽試験及び数値計算法を通じて連成運動評価法を確立し、その結果に基づき、作業船の自動位置保持システムの最適設計法についても検討することにした。

3. 研究の方法

本研究はマルチリフト方式を採用した作業船と吊荷の連成運動評価法を確立することであるが、まずは吊荷を懸下した作業船(単独状態)の波浪中連成運動を明らかにする必要があると考え、研究初年度は、作業船単独状態での運動評価のためのモデリングと数値計算プログラムの開発を行うと共に、また水槽試験による数値計算法の精度検証を行った。その検証された数値計算プログラムを活用し、様々なオペレーション下での波浪中連成運動に与えるパラメータ影響について調査した。

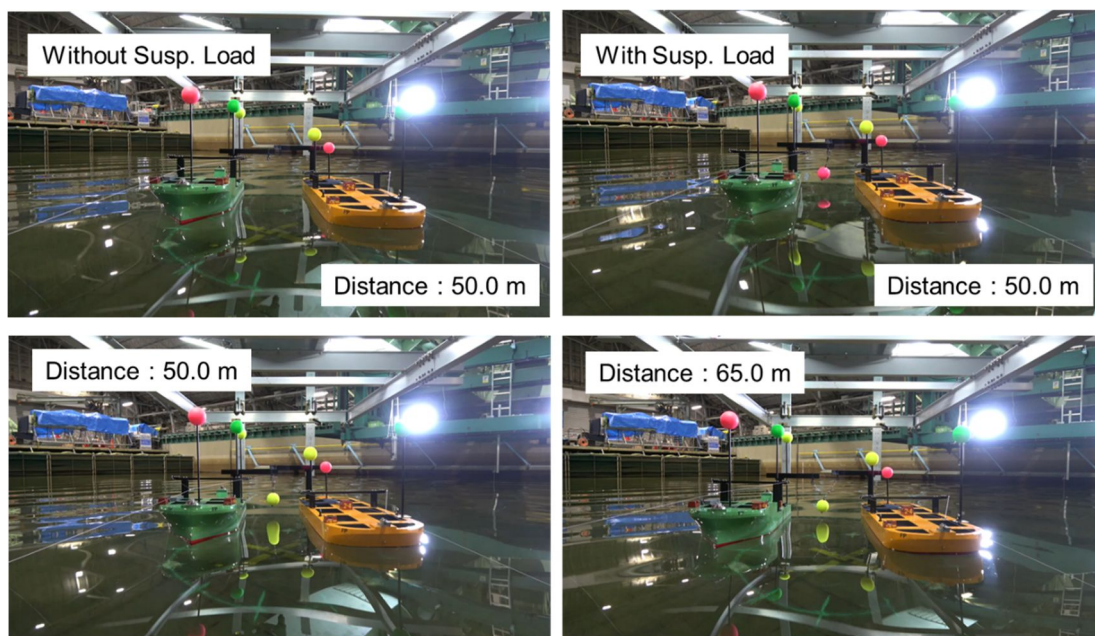


図 3-1 マルチリフト方式でのクレーン作業を想定した水槽試験（実船スケール表記）

2年目には、初年度に得られた力学的知見を活用し、排水量が異なる2隻の作業船が吊荷を協調クレーン作業する状況を想定し、その時の波浪中連成運動について調査した。また、マルチボディダイナミクスにおける考え方を応用させることで運動方程式を導出し、それを数値計算のための定式化を通じて数値計算プログラムの開発を行った。また、研究対象とする模型船を新たに製作し、作業船とのマルチリフト方式でのクレーン作業を想定した水槽試験を行った。その時の水槽試験の様子を図3-1に示す。その数値計算プログラムの精度は水槽試験結果との比較を通じて検証した。

研究最終年度は、マルチリフト方式を採用した作業船に適した自動位置保持システムの最適設計法に関する検討を行うため、研究2年目の後半から開発着手した自動位置保持制御システムと推進器を模型船内に搭載し、別途開発した制御プログラムを実装することで、作業船とバージ船によるマルチリフト方式によるクレーン作業時での波浪中位置保持制御試験を実施し、自動制御システムの最適設計法について検討した。最後に本研究を通じて得られた作業船と吊荷の連成運動評価に関する研究成果についてとりまとめ、今後の課題等について整理した。

4. 研究成果

本研究では吊荷と作業船の波浪中連成運動評価するための数値計算プログラムを開発し、水槽試験を実施することで精度についても確認した。また、開発した数値計算プログラムはクレーン作業を想定した様々な検討において利用した。図4-1は作業船と吊荷と波浪中連成効果によって、作業船の横揺れ固有周期の変化を調査した結果である。この調査を通じて、吊荷を吊る場所(吊点)だけでなく、吊荷の着水前後で作業船の横揺れ固有周期が大きく変化することを、そのメカニズムを含めて明らかにした。

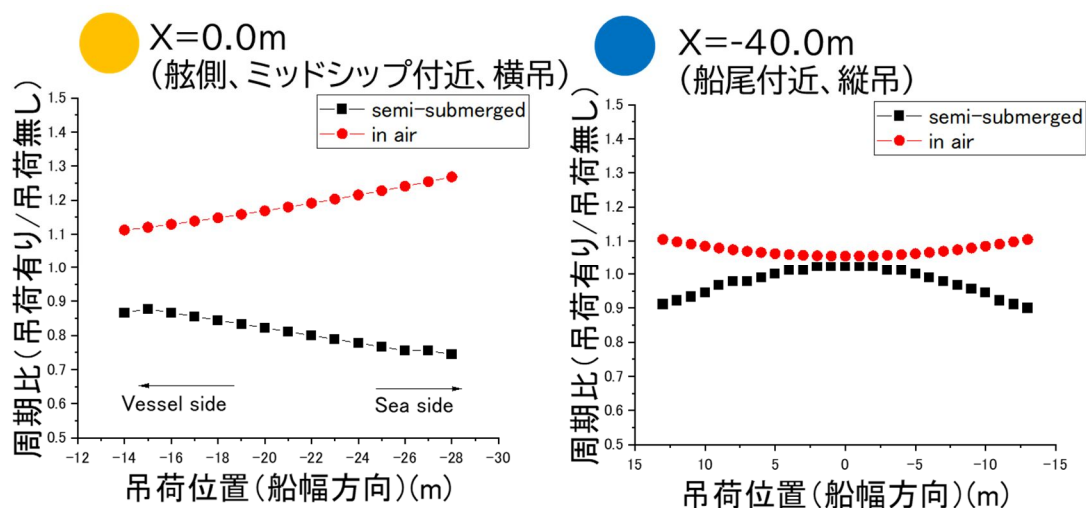


図4-1 作業船の横揺れ固有周期の変化(吊点及び吊荷着水の影響)

図4-2はマルチリフト方式でのクレーン作業を想定した水槽試験の試験結果の一部を示したものである。波向きと波周期によって吊荷がどのように振れ回るかを示したものである。吊荷の振れ回り運動には指向性があり、波向き等によってその傾向が大きく変化することが水槽試験から明らかにした。図4-3は同試験の結果と、数値計算によって評価した作業船運動の応答関数を比較したものである。数値計算は概ね妥当な精度で実験結果を再現できることを確認した。

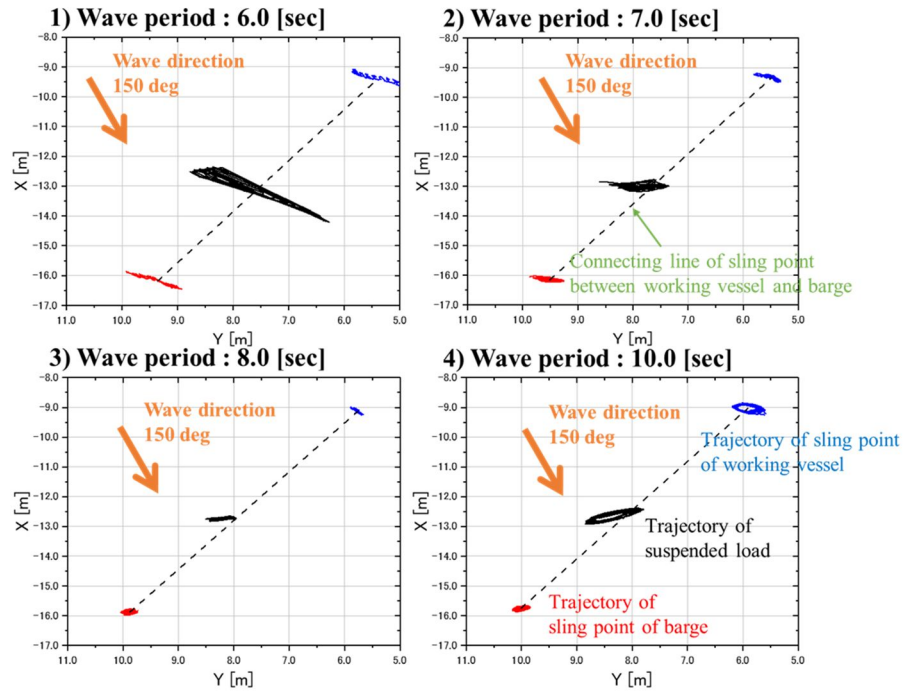


図 4-2 作業船の横揺れ固有周期の変化

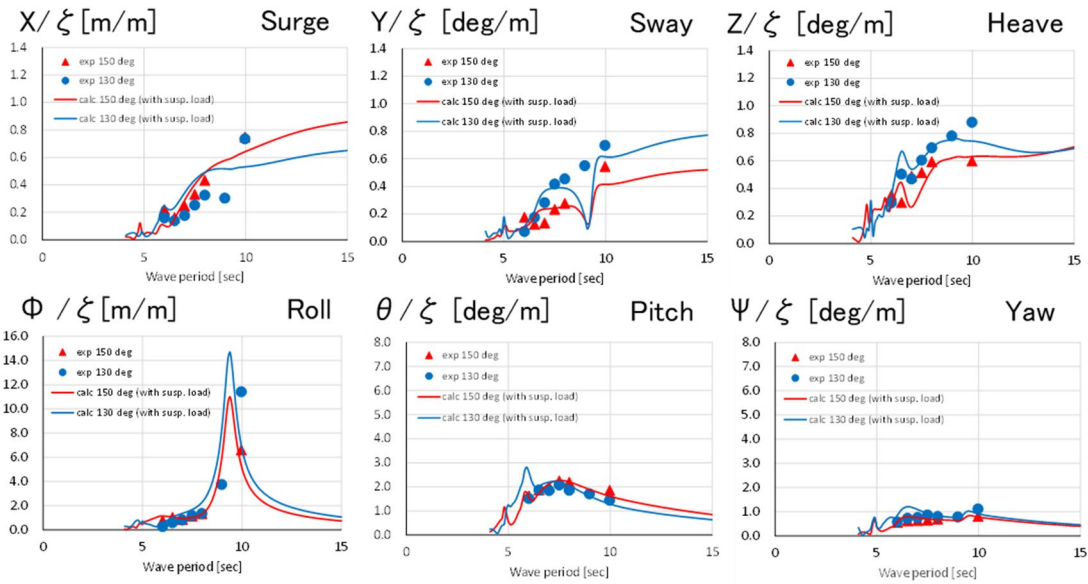


図 4-3 数値計算と実験結果の比較

これらの研究成果は、査読付き論文 2 件 (International Journal of Offshore and Polar Engineering 及び日本船舶海洋工学会論文集)、査読付き国際学会講演集 1 件 (Proceedings of the 32nd International Offshore and Polar Engineering Conference) において発表した。日本船舶海洋工学会論文集に掲載された論文は、その成果が認められ、日本船舶海洋工学会論文賞 (副賞 日本造船工業会賞) を受賞した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 大坪和久, 長谷川賢太	4. 巻 33
2. 論文標題 クレーン作業中の多目的作業船と吊荷の波浪中連成運動評価（第2報 吊荷が着水した直後での波浪中連成運動解析）	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本船舶海洋工学会論文集	6. 最初と最後の頁 173 ~ 190
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2534/jjasnaoe.33.173	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Otsubo Kazuhisa	4. 巻 33
2. 論文標題 On Wave-induced Coupled Motion During Cooperative Multicrane Lifting Operations with Two Vessels	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Offshore and Polar Engineering	6. 最初と最後の頁 204 ~ 214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17736/ijope.2023.sh33	査読の有無 有
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1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Kazuhisa Otsubo
2. 発表標題 On Wave-Induced Coupled Motion During Cooperative Multi-Crane Lifting Operation with Two Vessels
3. 学会等名 The 32nd International Ocean and Polar Engineering Conference（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

本研究で実施した水槽試験を撮影した映像をYouTube (https://www.youtube.com/watch?v=_rC6gpcIISoI) にて公開した。

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
研究 分 担 者	石田 圭 (Ishida Kei) (60636827)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局 等・研究員 (82627)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------