

令和元年6月19日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K14618

研究課題名(和文) 劣駆動パラレルリンク機構を用いた動揺低減移乗装置に関する研究

研究課題名(英文) Research on Motion Reduction Device Using Underactuated Parallel Link Mechanism

研究代表者

盛永 明啓 (MORINAGA, Akihiro)

長崎大学・工学研究科・助教

研究者番号：20781008

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、劣駆動パラレルリンク機構を用いた動揺低減装置の開発のため、初めに基礎研究として平面3自由度に限定したリンク機構について、陸上との接続を含めたシステムを対象とし、機構設計、制御コントローラ設計、シミュレーションを行った。次に、制御コントローラを4自由度に拡張し、シミュレーションにより動揺低減装置としての有効性を検証した。さらに平面3自由度機構について、船から洋上施設への移乗を水槽実験設備で再現し、動揺低減装置実機による実験を行い、船体の揺れに対してタラップの揺れを抑えることができることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案する動揺低減装置は、船と陸地、船と洋上施設間の移乗の際に、船が大きく揺れても移乗用のタラップの揺れを抑えることで乗客や作業員の安全を守るものである。さらに、本研究では動揺低減装置に必要なアクチュエータの数を減らすことで装置の小型化・低コスト化を実現し、比較的小型な船に取り付けを可能とする。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed a motion reduction device using an underactuated parallel link mechanism. At first, as basic research, we performed mechanism design and controller design of the link mechanism limited to 3 planar degrees of freedom including connection with land, and verify the effectiveness by numerical simulation. Next, the controller was expanded to 4 degrees of freedom, and the effectiveness as a motion reduction device was verified by numerical simulation. In addition, the test equipment of the 3 DOF mechanism was manufactured, and transferring from the ship to the offshore facility was reproduced using the water tank test equipment to construct the experimental environment. Finally, it is confirmed that the motion of gangway can be reduced against shaking of the ship using the motion reduction device in the experiment.

研究分野：ロボット工学

キーワード：パラレルリンク 劣駆動 動揺低減装置

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、自然エネルギー需要の高まりによって、洋上風力発電・潮流発電などの海洋発電施設が増加している。それに伴い、日常的なメンテナンスのための小型船舶によるアクセス機会が増加している。このとき気象条件によって波が高くなると、船体が大きく揺れ危険なため、洋上施設へアクセスができず、運用・整備・保守などに支障が出てしまう。船が大きく揺れる環境で、船から陸地や洋上施設に移乗する際には、動揺低減装置が用いられる。移乗のための動揺低減装置では、船と人が乗る台が複数のリンクによって接続されるパラレルリンク機構を採用したものが多く、一般に、パラレルリンク機構は高剛性・高出力・高精度であるが、出力プレートの可動範囲が狭い。そのため、動揺低減装置において必要な可動域を確保するためには、出力プレート側に大型のタラップが必要となり、装置が大型化・高価格化している。そこで、本研究では小型船舶にも搭載可能な省スペース・低コストを実現する動揺低減装置の開発を行う。

2. 研究の目的

船舶から海上構造物への移乗では、波によって船体が大きく揺れることで危険が伴う。現在、安全な移乗のために、パラレルリンク機構を採用した動揺低減装置が用いられているが、大型・高価格であり小型の船舶への搭載には適さない。本研究では、小型船舶を対象として、船舶の操舵では制御できないヒービング・サージング・ピッチング・ローリングの4自由度の揺れを対象とし、3-RPS機構より関節自由度を増やすことによって、省スペースを維持しつつ可動範囲を広げた4自由度劣駆動パラレルリンク機構型動揺低減装置を開発する。本機構は3つのアクチュエータによって出力プレートの4自由度を制御する必要があるため、劣駆動システムとしての制御手法を確立する。また、実機実験により動揺低減装置としての有効性を示す。

3. 研究の方法

本研究では、劣駆動パラレルリンク機構を用いた動揺低減装置の開発のため、初めに基礎研究として平面3自由度の劣駆動パラレルリンク機構(Fig. 1)を応用した動揺低減装置について、陸上との接続を含めたシステム(Fig. 2)を対象とし、機構設計、制御コントローラ設計、シミュレーションおよび実機実験までを行う。次に、制御コントローラを4自由度に拡張し、シミュレーションにより動揺低減装置としての有効性を検証する。

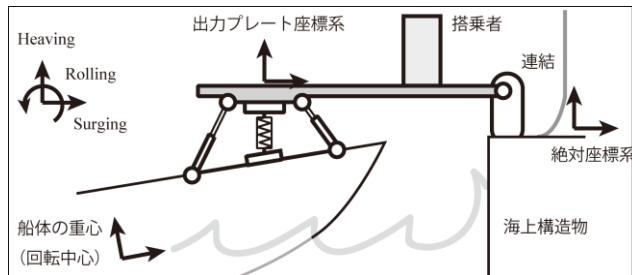
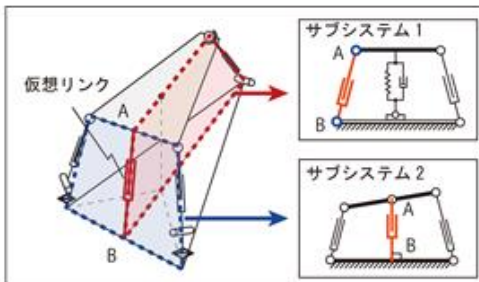


Fig.1 4-DOF mechanism in 3D space

Fig.2 The motion reduction device and gangway connected to land side.

4. 研究成果

(1) 機構設計のための可動域計算

初めに、動揺低減装置を搭載する船のサイズや移乗先との高さのズレ等によって決まるリンク機構のパラメータに対して、リニアアクチュエータのストローク長や関節の角度制限を考慮した可動域を計算するアルゴリズムを構築し、想定する揺れに対応可能な可動域を満たすかを確認可能とした(Fig. 3) (Fig. 4)。

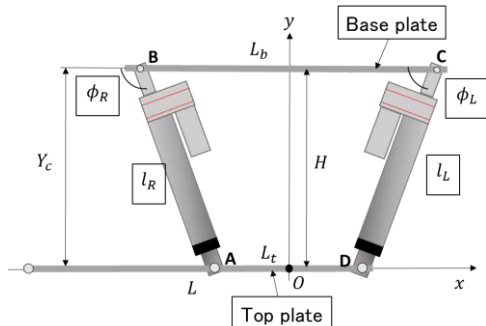


Fig.3 planar link mechanisms

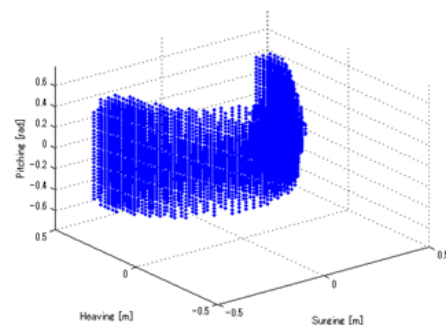


Fig.4 Example of movable area

(2) コントローラ的设计

次に、平面リンク機構のモデル化(Fig. 5)およびコントローラ設計を行った。モデル化では、動揺低減装置だけでなく船体の運動も含めて運動学モデル、動力学モデルをそれぞれ導出した。導出したモデルに対して入力変換を行い線形化し、PID 制御を行った。導出したコントローラについて、MATLAB 上でシミュレーションを行い有効性を確認した(Fig. 6)。

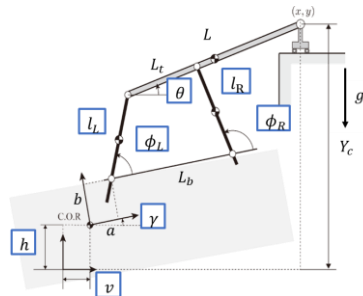


Fig.5 Modeling of motion reduction device and ship

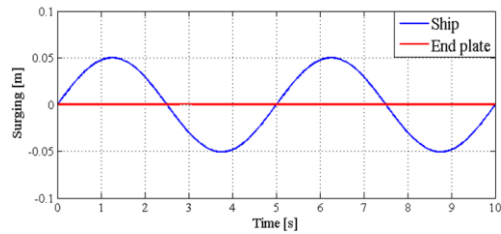


Fig.6 Time histories of angle of ship (blue line) and gangway (red line)

(3) 試作機の製作と実験

水槽とポリタンクをそれぞれ海と船とみなした実験環境を構築した。平面リンク機構の試作機をポリタンク上に固定し、ポリタンクを揺らすことで船の揺れを再現する。タラップ部の位置と角度を目標値に保つようコントローラをマイコン上に実装して実験を行った。またフィードバック制御及び評価のために船体とタラップ上にそれぞれ加速度センサを、陸地との接続部にリニアエンコーダを取り付けた。実験結果より、船体の揺れに対してタラップ部の動揺を抑えられていることを確認した。



Fig.7 Experimental devices

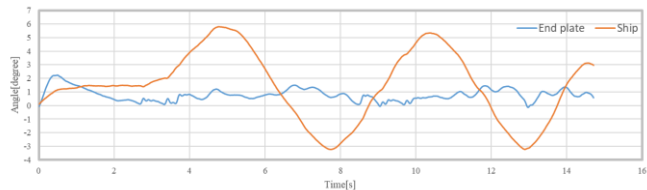


Fig.8 Time histories of angle of ship (orange line) and gangway (blue line)

(4) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

一般に、平行リンク機構は完全駆動または冗長駆動であり、運動学解析や高速・精密さを保証するための動力学保障などが問題とされる。一方で、本課題で提案する劣駆動平行リンク機構は、制御を行う上で本質的に動力学が問題となる。また、劣駆動システムの制御法については、従来研究では多重振り子などの平面リンク系についてのものが多い。本課題のように3次元空間の運動ではモデルが複雑化し制御が困難になるが、平面リンク系に分割することによって制御が可能となる。また、提案する劣駆動平行リンク機構については、①広い可動範囲、②高剛性・高出力、③低コストといった利点があり、動揺低減装置が多くの船舶へと普及し、海洋産業における事故を防ぐことができる。

(5) 今後の展望

本研究で提案した動揺低減装置について、実際の船に取り付けることを考慮した試験機を製作し、実海域における有効性の検証を行う。また、当初より目標としていた小型化・低コスト化と様々な船に取り付け可能といった特徴を実現するため、船体の取り付け部や可動域計算を用いたリンク長の最適化について検討していく。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

〔学会発表〕（計 5 件）

- ① 小川隼弘、盛永明啓、下本陽一、山本郁夫、「劣駆動パラレルリンク機構を用いた海上移乗システムの開発」、第 19 回計測自動制御学会(SICE)システムインテグレーション部門講演会、2018
- ② Akihiro Morinaga, Takahiro Ogawa, Lawn Murray, Ikuo Yamamoto, “A Motion Reduction Mechanism for Ship to Offshore Platform Access Using an Underactuated Parallel Link Mechanism”, Proc.IMETI2018, 2018
- ③ Takahiro Ogawa, Akihiro Morinaga, Yuiti Shimomoto, Ikuo Yamamoto, “Research of motion reduction device with under-actuated parallel-link mechanism”, Proc.2018 JSME Conference on robotics and Mechatronics, 2018,
- ④ Akihiro Morinaga, Ikuo Yamamoto, “Modelling and Analysis of Under-Actuated Parallel-Link Mechanism for Motion Reduction Device of Ship”, Proceedings of the Twenty-seventh(2017)International Ocean and Polar Engineering Conference, 2017
- ⑤ 盛永明啓、山本郁夫、「動揺低減装置のための劣駆動パラレルリンク機構に関する研究」、第 17 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会、2016

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

なし

※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。