

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24760674

研究課題名(和文)省エネルギー型アンチローリングシステムの開発

研究課題名(英文)Development of the energy saving anti-rolling system

研究代表者

平川 嘉昭(Hirakawa, Yoshiaki)

横浜国立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00345480

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：船舶の横揺れを抑える為に従来からある、ビルジキールやアンチローリングタンク、フィンスタビライザーやウェイト(横方向移動)スタビライザーに加え、新たなアンチローリングシステムとして、「垂直方向質量移動型アンチローリングシステム」を提案した。本システムは船舶に搭載した錘を船体甲板上のマスト(又はそれに類する物)に沿って上下方向に動かすことによって、船の横揺れを抑える、新しい発想のアンチローリングシステムである。波浪中での水槽実験を実施、また数値計算等を実施し本システムの有用性を確認することが出来た。

研究成果の概要(英文)：The bilge keel, the anti-rolling tank and fin stabilizer are famous devices for anti-rolling motion. As a new type of anti-rolling system, "Vertical Weight Stabilizer (VWS)" is proposed. To verify the effect of the VWS, tank experiments and numerical simulation are conducted and effective results were found.

研究分野：船舶海洋工学

キーワード：アンチローリング 波浪中船体運動 水槽実験

1. 研究開始当初の背景

船舶又は浮体式海洋構造物は必ず波浪の影響下にある。船舶に乗ることに難色を示す人の大半は船酔いを嫌ってのことと予想される。船舶の動揺は船酔いを誘発し、また船外作業を困難とする大きな要因となっている。

船舶の横揺れ抑制法(アンチ・ローリング)としてはこれまで様々な方法が研究され実際の船に搭載されてきた。例えば、錘の左右移動によるものや、フィンスタビライザー、アンチローリングタンク(水タンク)などが挙げられる。

これらに加え、新たなアンチローリングシステムとして、錘を左右ではなく上下させることにより横揺れを抑制出来る“パーティカル・ウェイト・スタビライザー(錘上下移動式横揺れ抑制装置、以下VWS)”を考案した。

アンチローリングシステムとしては多くの先行技術があるが、本研究で提案している“ジャイレイディアス・スタビライザー”は横揺れの慣性モーメントと復原力(GM)を同時に変化させるという、従来とは全く異なる原理をもとに搭載した錘を上下動制御させることが本研究の特徴である。本システムはフィンスタビライザーのように波浪の一波一波に対応して制御しなくても、波周期を考慮した上で錘の平均上下位置を計算で求めゆっくりと制御することでも効果があることが模型試験によって確認されている。よって減揺効果が大きい割に比較的単純な機構であり、錘上下動のためのスペースも比較的小さくて済むことも特徴である。

本システムは停船時にも効果があるため各種小型船舶(漁船・作業船・観光船等)に採用することにより船酔いの防止、船外作業環境の改善につながると考えられ、社会的意義も大きいと考えられる。

2. 研究の目的

実験及び数値計算により、横揺れ制御効果のある波周波数範囲および波高(規則波・不規則波)をまず明らかにする。その後消費電力の少ないより効率的な制御方法(最適制御等)について新制御方法の横揺れ制御効果を水槽実験において確認し省エネルギー型アンチローリングシステムの新制御方法を開発することが目的である。

3. 研究の方法

平成24年度

実船実験(平成22年度実施)の結果を元に、従来の制御法を用いて水槽実験を実施し動揺低減効果を検証する。

平成25年度

より効率の良い制御法(最適制御等の導入を含め)の開発。

平成26年度

新制御法による動揺低減効果の検証及び改良により、本システムに最適な制御法を開発する。

平成24年度:平成22年度までの実船実験(造船所ドック内における自由動揺実験および横浜港における波浪中実験)では実現可能な装置仕様がほぼ明らかになった。ただし、波浪中実験については実験船が大きく動揺するような波が無かったため、実船対応VWSによる制御効果を得られる周波数範囲等について確認することは出来なかった。そのため、水槽実験模型および制御装置等を作成し横浜国立大学大型実験水槽にて、従来の制御方法による制御効果の確認を行う。

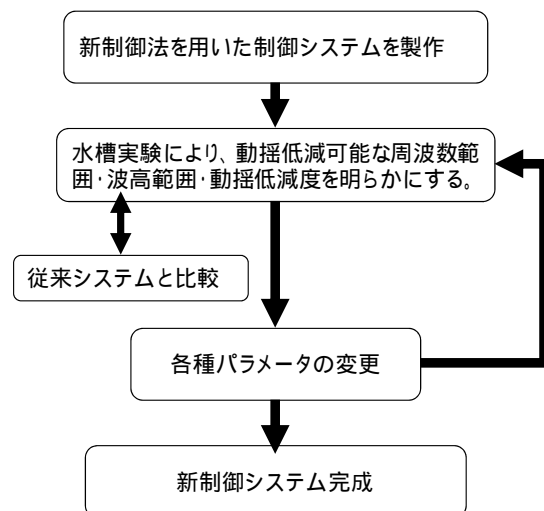
平成22年度:造船所所有の小型船を用いた東京湾における実船実験(波浪中)を実施

実験での波浪条件では一定の動揺低減効果が得られた

単一の波浪条件下の実験であり制御可能な周波数範囲、波高範囲は不明

平成24年度:実現可能仕様を考慮した水槽実験模型を製作し、水槽実験により本システムによる動揺低減効果を得られる周波数範囲・波高範囲・動揺低減度を明らかにする。

平成25年度:従来の制御法はPD制御で行っていたが、最適制御等を導入することより効率の良い制御方法を開発する。制御を含めた船体運動計算プログラムを作成し、数値計算により制御効果の推定を実施する。特に制御方法(錘の動かし方)により必要エネルギー(本研究の場合、電力)が変わる事から、省エネルギー(省電力)で動揺低減効果の大きい制御方法を検討する。



平成26年度:新制御法を適用可能な制御システムを製作し、新システムによる動揺低減効果を水槽実験により確認する。平成24年度実施の従来システムに対して、動揺低減効果を得られる周波数範囲・波高範囲及び動揺

低減度を比較し、また従来システムに対して消費エネルギー（消費電力）の低減効果があるかどうかを確認する。新システムの制御パラメータを各種実験により確認することによりシステムを改良し、新制御法を完成させる。

4. 研究成果

平成 24 年度：過去に実施した実船実験において、本アンチローリングシステムによりローリングを抑えられる事を確認していたが、実験船が大きく動揺する様な波浪条件での実験が出来なかったため、本システムが有効な周波数範囲等について確認する事が出来なかった。この問題を解決するために、水槽実験用の模型船を製作し、横浜国立大学大型実験水槽において、波浪中実験を行う事によって、様々な波浪条件下での実験を実施した。本アンチローリングシステムの原理を Fig.1 に示す。

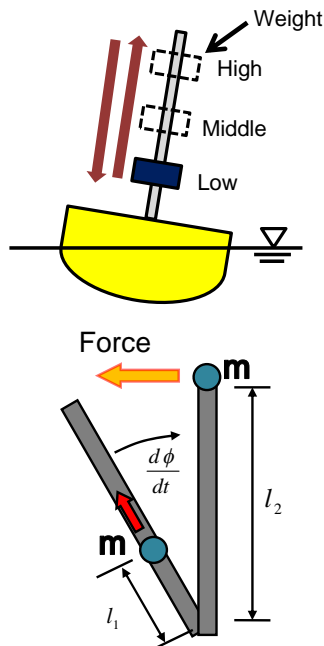


Fig.1 Principle of VWS

船体形状はプレジャーボート（クルーザー）船型とし、スケール比は 1/25 とした。主要目を Table.1 に示す。模型船全長は 1.47m、想定実船は全長約 37m である。模型船が小型で、様々な機器を搭載出来る余裕が無かった為、以下のような工夫を行った。搭載した錘の制御では、模型船に搭載したロール角・ロール角速度センサーのデータを無線で曳航台車上に送信し、曳航台車上の PC によって錘の動かし方を計算、錘の位置指令を模型船に送信するシステムを製作した。製作し搭載した錘上下動装置を Fig.2 に示す。また、通常、実験水槽での波浪中船体運動計測は模型船に搭載される運動計測センサーによって行われるが、本研究の減揺原理となっている

上下に移動する錘の動きを捉えるために高解像度のカメラを用い、画像処理を利用した。

実験では横波中及び航走時向波中について、実際の海に対応する不規則波を水槽に発生させ、周波数応答関数やローリングのパワースペクトルから本システムの非制御状態と制御状態で比較を行い、本システムの減揺効果を確認する事が出来た。具体的には、船体排水量の約 2%の錘を上下させる事により、不規則波中（航走時向波中）においてローリングを 23%減少させる事が出来た。

平成 25 年度：平成 24 年度に実験水槽に於いて、錘の上下動を無線で制御するシステムを開発し、横波中実験、航走時向波中実験を実施して制御効果を確認できたが、旋回時に錘が上部に留まっていまい、船体の安定性が低下するという問題が見つかった（制御方式：Type 1）。この問題を解決すべく新しい制御方式を検討し、通常時はこれまでと変わらない制御効果を発揮し、旋回時には錘が上部に留まらない制御式（制御方式：Type 2）を考案した。新制御式を用いて平成 24 年度と同様な水槽実験を行い、横波中・航走時向波中実験では目標とした通りこれまでの制御と変わらない制御効果を得ることが確認できた。また旋回実験も実施し、旋回時にも錘が上部に留まることが無いことを確認した。また、新たに考案した制御式を用いた数値計算による船体運動推定シミュレーションを構築した。

平成 26 年度：平成 25 年度に引き続き新制御式を用いたシミュレーションを実施、制御時の批正御璽に対する減揺効果を不規則波中の条件下に於いて確認し、実験結果と概ね一致する結果を得る事が出来た。また本方式を用いたアンチローリングシステムについて、原理や実船を用いた事件、水槽実験に関してまとめた報告を英文論文集 JMST (Journal of Marine Science and Technology) に投稿し掲載された。本研究で得られた減揺効果を示す一例として、停船時横波（不規則波）中のロール角の時系列（非制御、制御方式：Type 1、制御方式：Type 2）を Fig.3 にしめす。またロール角のパワースペクトルを Fig.4 に、パワースペクトルから算出したロール角の有義値比較を Table.2 に示す。

Table.1 Principle dimensions

	模型船	実船
全長 : Loa [m]	1.470	36.75
垂線間長 : Lpp [m]	1.150	28.75
型幅 : B [m]	0.280	7.00
喫水 : d [m]	0.078	1.95
排水量 : (weight非搭載)	10.900 [kg]	170.3 [ton]
ロール固有周期 (錘固定) : T_c [s]	1.25 [s]	6.25 [s]

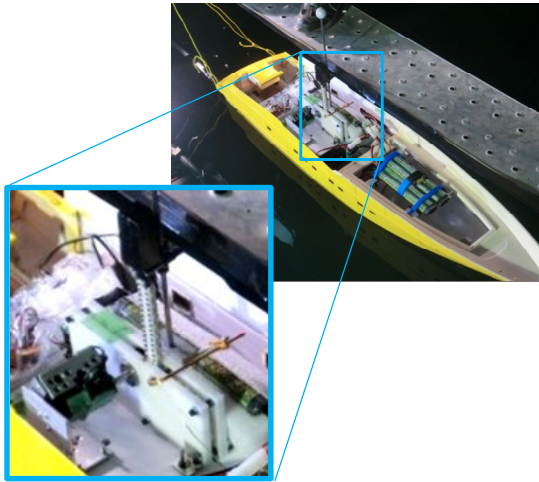


Fig.2 VWS for model ship

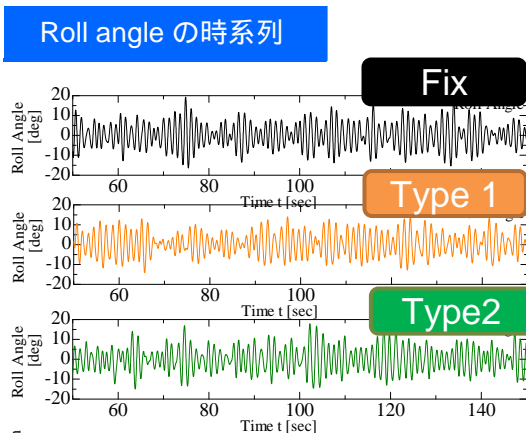


Fig.3 Time history of roll angle

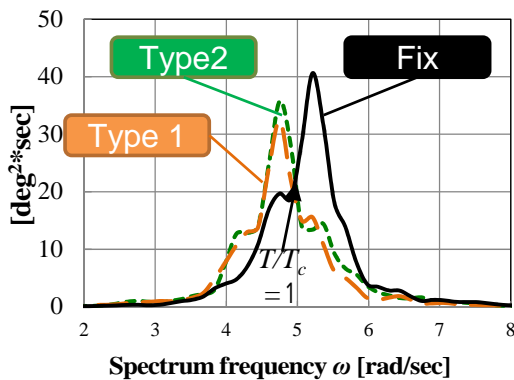


Fig.4 Power spectrum of roll angle

Table.2 Significant value of roll angle

	$T_{02}=1.21$ [s]	$T_{02}=1.11$ [s]
Fix	22.8 [deg]	25.2 [deg]
Type1 (Phase -115.9 [deg])	20.3 [deg]	22.7 [deg]
Type2 (Phase -103.2 [deg])	20.0 [deg]	24.0 [deg]

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- 1) Yoshiaki Hirakawa, Tsugukiyo Hirayama, Kouji Kakizoe, Takehiko Takayama, Shigeru Funamizu, Naoki Okada, Akiko Yamane、Sea trial of prototype Vertical Weight Stabilizer (VWS) anti-rolling system for small ships、Journal of Marine Science and Technology、Vol.19、2014、査読あり、pp292-301
- 2) 高橋 正旭, 平川 嘉昭, 高山 武彦, 狩野 誠也, 吉田 多聞、垂直方向質量移動型アンチロールシステム搭載模型船の波浪中自航実験、日本船舶海洋工学会講演会論文集、第17号、2013、査読無し、pp323-324

〔学会発表〕(計1件)

高橋 正旭, 平川 嘉昭, 高山 武彦, 狩野 誠也, 吉田 多聞、垂直方向質量移動型アンチロールシステム搭載模型船の波浪中自航実験、日本船舶海洋工学会平成25年度秋季講演会、2013年11月22日

〔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〕

6. 研究組織

(1)研究代表者

平川 嘉昭 (HIRAKAWA YOSHIAKI)
 国立大学法人 横浜国立大学・大学院工学
 研究院・准教授
 研究者番号：00345480