

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2023-42170
(P2023-42170A)

(43)公開日

令和5年3月27日(2023. 3. 27)

| (51)Int. Cl. | F I | テーマコード (参考) |
|---------------------------------|---------------|-------------|
| <i>B 6 3 B 39/00 (2006. 01)</i> | B 6 3 B 39/00 | |
| <i>B 6 3 B 39/03 (2006. 01)</i> | B 6 3 B 39/03 | Z |
| <i>B 6 3 B 39/06 (2006. 01)</i> | B 6 3 B 39/06 | Z |
| <i>B 6 3 B 39/08 (2006. 01)</i> | B 6 3 B 39/08 | |
| <i>B 6 3 B 79/40 (2020. 01)</i> | B 6 3 B 79/40 | |

審査請求 未請求 請求項の数 19 OL (全 19 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-149328(P2021-149328)

(22)出願日 令和3年9月14日(2021. 9. 14)

特許法第30条第2項適用申請有り 1. 令和2年9月17日, 講演

(71)出願人 501204525

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(74)代理人 100098545

弁理士 阿部 伸一

(74)代理人 100189717

弁理士 太田 貴章

(72)発明者 辻本 勝

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

最終頁に続く

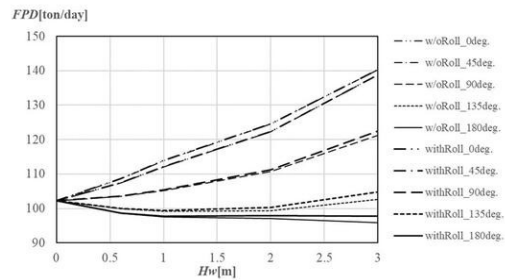
(54)【発明の名称】船舶の横揺抵抗増加低減方法、横揺抵抗増加低減システム、及び船舶

(57)【要約】

【課題】横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させることができる船舶の横揺抵抗増加低減方法、横揺抵抗増加低減システム、及び船舶を提供すること。

【解決手段】自動運航船の運航方法においては、波浪中の船体の横揺により生ずる船舶1の横揺抵抗増加を低減する方法であって、横揺抵抗増加 R_{AWRoll} を支配する船体の横揺減衰力係数 B_{44} 、横揺慣動半径 k_{xx} 、横揺角、及び喫水 d について、横揺減衰力係数の低減、横揺慣動半径の低減、横揺角の低減、及び喫水の増加のうち少なくともいずれか一つを、波浪特性に対応して実行することにより横揺抵抗増加を低減する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波浪中での船体の横揺により生ずる船舶の横揺抵抗増加を低減する方法であって、横揺抵抗増加を支配する前記船体の横揺減衰力係数、横揺慣動半径、横揺角、及び喫水について、前記横揺減衰力係数の低減、前記横揺慣動半径の低減、前記横揺角の低減、及び前記喫水の増加のうちの少なくともいずれか一つを、波浪特性に対応して実行することにより前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項 2】

前記横揺抵抗増加を式(1)に基づいて評価することを特徴とする請求項 1 に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

10

【数 1】

$$R_{AWRoll} = \frac{k\omega_e B_{44} k_{xx}^2 \phi_a^2}{2 d / L_{pp}} \quad \dots(1)$$

R_{AWRoll} : 横揺抵抗増加

k : 角波数 (波浪特性)

ω_e : 出会波角周波数 (波浪特性)

B_{44} : 横揺減衰力係数

k_{xx} : 無次元横揺慣動半径 (横揺慣動半径)

20

ϕ_a : 横揺角振幅

d : 喫水

L_{pp} : 垂線間長

【請求項 3】

前記船体の横揺固有周期に関連する前記横揺慣動半径及び横メタセンタ高さの少なくとも一方を変え、前記横揺固有周期を変化させることにより、前記波浪特性に対応して前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項 4】

前記横揺固有周期を式(2)に基づいて評価することを特徴とする請求項 3 に記載の横揺抵抗増加低減方法。

30

【数 2】

$$T_\phi = \frac{2\pi k_{xx} B}{\sqrt{gGM}} \quad \dots(2)$$

T : 横揺固有周期

k_{xx} : 無次元横揺慣動半径 (横揺慣動半径)

B : 最大船幅

g : 重力加速度

GM : 横メタセンタ高さ

40

【請求項 5】

前記船体の左右方向の重量分布を変更して前記無次元横揺慣動半径 k_{xx} を変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項 4 に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項 6】

前記船体の上下方向の重量分布を変更して前記横メタセンタ高さ GM を変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項 7】

前記船体の喫水 d 及びトリムの少なくとも一方を変更して前記無次元横揺慣動半径 k_{xx}

50

×又は前記横メタセンタ高さGMを変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項2を引用する請求項4に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項8】

前記船体の形状を変えて前記横揺角振幅 θ を小さくすることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項2を引用する請求項4に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項9】

前記船舶の船速を増し又は減らして前記横揺減衰力係数 B_{44} 又は前記横揺固有周期 T を変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項2又は請求項4に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

10

【請求項10】

前記船体に風力推進装置を備え、前記風力推進装置を制御して風により生じる前記船体の定傾斜を変更し前記横揺固有周期を変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項11】

前記風力推進装置は、帆又はフレットナーローターであり、前記帆の角度を変える又は前記フレットナーローターの回転数を変えることにより制御を行うことを特徴とする請求項10に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項12】

前記船体の船底に可動式のセンターキールを備え、前記センターキールを出し入れし前記横揺固有周期を変えることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項10又は請求項11に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

20

【請求項13】

前記船体に舵又は可変ピッチプロペラを備え、前記舵又は前記可変ピッチプロペラを制御し、前記波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項14】

前記船体の左右にプロペラを備え、左右の前記プロペラの回転数を制御し、前記波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項1から請求項12のいずれか1項に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

30

【請求項15】

前記波浪特性を取得して波スペクトルを求め、前記波浪特性に関連する波浪の波長と前記垂線間長との関係及び前記横揺固有周期より前記横揺抵抗増加の傾向を求め、前記波スペクトルのピークと前記横揺抵抗増加のピークが重ならないように波浪との出会角及び前記船舶の船速の少なくとも一方を変化させることにより、前記横揺抵抗増加を低減することを特徴とする請求項3又は請求項4に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

【請求項16】

前記船舶の航路の前記波浪特性を取得し、前記航路における前記横揺抵抗増加を低減するための前記波浪との出会角及び前記船速の少なくとも一方を変化させる操舵と主機の回転数を計画し、最適航海計画を策定することを特徴とする請求項15に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法。

40

【請求項17】

請求項16に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法における最適航海計画を策定する最適航海計画策定手段、又は策定された最適航海計画を実行する最適航海計画実行手段を備えたことを特徴とする船舶の横揺抵抗増加低減システム。

【請求項18】

請求項17に記載の船舶の横揺抵抗増加低減システムを備えたことを特徴とする船舶。

【請求項19】

50

請求項 1 から請求項 15 のいずれか 1 項に記載の船舶の横揺抵抗増加低減方法に基づいて運航されることを特徴とする船舶。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、波浪中での船体の横揺により生ずる船舶の横揺抵抗増加を低減する船舶の横揺抵抗増加低減方法、横揺抵抗増加低減システム、及び船舶に関する。

【背景技術】

【0002】

船舶は波浪中で抵抗が増加することにより船速が低下し、燃料消費量が増加することが知られている。

10

波浪中抵抗増加 R_{AW} の推定式は $R_{AW} = R_{AWM} + R_{AWR}$ で表され、 R_{AWM} は運動成分、 R_{AWR} は反射波抵抗増加成分である。この波浪中抵抗増加推定式を用いることにより、向波中波浪中抵抗増加は精度よく推定できるが、横揺影響成分が考慮されていないため、斜波中では実測値との差が大きくなってしまう。

ここで、特許文献 1 には、ロール角度センサ、ジャイロ及び制御装置を有し、制御装置は、横揺角度から基準横揺角に対する偏差を求める減算器と、方位角から目標方位角に対する偏差を求める減算器と、制御演算部とを備え、演算部は、横揺角偏差から求めた横揺角速度偏差と、方位偏差を小さくするフィン操作角度とを演算し、操作角度を制御信号としてフィンスタビライザ動力部に出力すると同時に、横揺角速度偏差と方位偏差とから操作舵角を求め、操作舵角を制御信号として舵取機に出力する減揺装置が開示されている。

20

また、特許文献 2 には、船舶の船首部に装備され、船舶の船首部の左舷および右舷にそれぞれ突出する船首左舷翼および船首右舷翼と、船舶の上下揺と縦揺と横揺とを同時に抑制すると共に波浪中抵抗増加も抑制するように船首左舷翼および船首右舷翼それぞれの翼角を独立に制御する制御手段とを装備する動揺抑制装置が開示されている。

また、特許文献 3 には、動揺計および H E A V E 計からの、一定時間内における船体運動のデータを監視するデータ監視装置と、予測する時間帯の気象・海象の予報値を収集する気象・海象予測処理装置と、船体運動の蓄積データを解析し、船体運動を一意に決定するモデル式を計算すると共に、予測する時間帯の気象・海象の予報値から求めた波スペクトルと重ねあわせ、予測する時間帯での動揺および H E A V E のピークの予測値を求める予測演算処理装置と、警報判定装置からなり、警報判定装置は、ピークの予測値が警報基準値を越える場合に警報を出力し、船上へのヘリコプター等の着艦及び安全な運航を支援する船体動揺予測機能付き船体運動監視装置が開示されている。

30

また、特許文献 4 には、波浪を構成する各波の波特性及び進行方位を算出する波浪解析部と、各波の波特性及び進行方位に基づいて、動揺が小さくなるような水上浮揚体の好適方位を算出する好適方位算出部と、好適方位に水上浮揚体を向ける転向制御部とを備え、波浪により動揺する水上浮揚体の方位を制御する方位制御装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 284087 号公報

【特許文献 2】特開 2005 - 193747 号公報

【特許文献 3】特開平 11 - 79076 号公報

【特許文献 4】特開 2013 - 124015 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1、2、4 は、波浪中の船体抵抗を低減しようとするものではあるが、それにあたって船舶の揺れの抑制以外は殆ど考慮していないものであり、横揺抵抗増加を合理的に低減するものではないため横揺抵抗増加の低減が十分とはいえない。

40

50

また、特許文献3の船体動揺予測機能付き船体運動監視装置は、横揺抵抗増加を低減しようとするものではない。

そこで本発明は、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させることができる船舶の横揺抵抗増加低減方法、横揺抵抗増加低減システム、及び船舶を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

請求項1記載に対応した船舶の横揺抵抗増加低減方法においては、波浪中での船体の横揺により生ずる船舶の横揺抵抗増加を低減する方法であって、横揺抵抗増加を支配する船体の横揺減衰力係数、横揺慣動半径、横揺角、及び喫水について、横揺減衰力係数の低減、横揺慣動半径の低減、横揺角の低減、及び喫水の増加のうち少なくともいずれか一つを、波浪特性に対応して実行することにより横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項1に記載の本発明によれば、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させることができる。

【0006】

請求項2記載の本発明は、横揺抵抗増加を式(1)に基づいて評価することを特徴とする。

【数1】

$$R_{AWRoll} = \frac{k\omega_e B_{44} k_{xx}^2 \phi_a^2}{2 d / L_{pp}} \quad \dots(1)$$

R_{AWRoll} :横揺抵抗増加、 k :角波数(波浪特性)、 ω_e :出会波角周波数(波浪特性)、 B_{44} :横揺減衰力係数、 k_{xx} :無次元横揺慣動半径(横揺慣動半径)、 ϕ_a :横揺角振幅、 d :喫水、 L_{pp} :垂線間長

請求項2に記載の本発明によれば、横揺抵抗増加を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【0007】

請求項3記載の本発明は、船体の横揺固有周期に関連する横揺慣動半径及び横メタセンタ高さの少なくとも一方を変え、横揺固有周期を変化させることにより、波浪特性に対応して横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項3に記載の本発明によれば、船体の横揺固有周期を適切に変化させて合理的に横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0008】

請求項4記載の本発明は、横揺固有周期を式(2)に基づいて評価することを特徴とする。

【数2】

$$T_\phi = \frac{2\pi k_{xx} B}{\sqrt{gGM}} \quad \dots(2)$$

T :横揺固有周期、 k_{xx} :無次元横揺慣動半径(横揺慣動半径)、 B :最大船幅、 g :重力加速度、 GM :横メタセンタ高さ

請求項4に記載の本発明によれば、横揺固有周期を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【0009】

請求項5記載の本発明は、船体の左右方向の重量分布を変更して無次元横揺慣動半径 k_{xx} を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、左右方向の重量分布の変更により無次元横揺慣動半径を適切に変えることにより横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 0 】

請求項 6 記載の本発明は、船体の上下方向の重量分布を変更して横メタセンタ高さ $G M$ を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、上下方向の重量分布の変更により横メタセンタ高さを適切に変えて横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 1 】

請求項 7 記載の本発明は、船体の喫水 d 及びトリムの少なくとも一方を変更して無次元横揺慣動半径 k_{xx} 又は横メタセンタ高さ $G M$ を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 7 に記載の本発明によれば、船体の喫水やトリムを変更して無次元横揺慣動半径又は横メタセンタ高さを適切に変えることにより横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 2 】

請求項 8 記載の本発明は、船体の形状を変えて横揺角振幅 θ を小さくすることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、船体の形状を変えて横揺を抑制し、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 3 】

請求項 9 記載の本発明は、船舶の船速を増し又は減らして横揺減衰力係数 B_{44} 又は横揺固有周期 T を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、横揺角速度に関連する横揺減衰力係数を変えて横揺を抑制し、また横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 10 記載の本発明は、船体に風力推進装置を備え、風力推進装置を制御して風により生じる船体の定傾斜を変更し横揺固有周期を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、風により生じる船体の定傾斜の変更により横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 11 記載の本発明は、風力推進装置は、帆又はフレットナーローターであり、帆の角度を変える又はフレットナーローターの回転数を変えることにより制御を行うことを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、帆又はフレットナーローターを制御して横揺の抑制と横揺固有周期の変更を適切に行い、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 12 記載の本発明は、船体の船底に可動式のセンターキールを備え、センターキールを出し入れし横揺固有周期を変えることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 12 に記載の本発明によれば、センターキールを出し入れにより横揺固有周期を適切に変え、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 13 記載の本発明は、船体に舵又は可変ピッチプロペラを備え、舵又は可変ピッチプロペラを制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、舵又は可変ピッチプロペラを制御し、波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 8 】

10

20

30

40

50

請求項 1 4 記載の本発明は、船体の左右にプロペラを備え、左右のプロペラの回転数を制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、左右のプロペラの回転数制御により、波浪との出会いタイミングを変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 5 記載の本発明は、波浪特性を取得して波スペクトルを求め、波浪特性に関連する波浪の波長と垂線間長との関係及び横揺固有周期より横揺抵抗増加の傾向を求め、波スペクトルのピークと横揺抵抗増加のピークが重ならないように波浪との出会角及び船舶の船速の少なくとも一方を変化させることにより、横揺抵抗増加を低減することを特徴とする。

10

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、波浪との出会角や船舶の船速を変化させることにより、横揺抵抗増加のピークを波スペクトルのピークからずらして横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 6 記載の本発明は、船舶の航路の波浪特性を取得し、航路における横揺抵抗増加を低減するための波浪との出会角及び船速の少なくとも一方を変化させる操舵と主機の回転数を計画し、最適航海計画を策定することを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、策定した最適航海計画に基づいて操舵と主機の回転数を変化させて運航することで、燃料消費量等を抑制することができる。

20

【 0 0 2 1 】

請求項 1 7 記載に対応した船舶の横揺抵抗増加低減システムにおいては、船舶の横揺抵抗増加低減方法における最適航海計画を策定する最適航海計画策定手段、又は策定された最適航海計画を実行する最適航海計画実行手段を備えたことを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、最適航海計画策定手段による最適航海計画の自動又は半自動的な策定や、最適航海計画実行手段による最適航海計画の自動又は半自動的な実行により、船舶の航路全体の横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 2 2 】

請求項 1 8 記載に対応した船舶は、船舶の横揺抵抗増加低減システムを備えたことを特徴とする。

30

請求項 1 8 に記載の本発明によれば、最適航海計画の実行により横揺抵抗増加を効果的に低減し、船舶の燃費等を向上させることができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 1 9 記載に対応した船舶は、船舶の横揺抵抗増加低減方法に基づいて運航されることを特徴とする。

請求項 1 9 に記載の本発明によれば、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させ、エネルギー効率のよい運航を行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 4 】

本発明の船舶の横揺抵抗増加低減方法によれば、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させることができる。

40

【 0 0 2 5 】

また、横揺抵抗増加を式 (1) に基づいて評価する場合には、横揺抵抗増加を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【 0 0 2 6 】

また、船体の横揺固有周期に関連する横揺慣動半径及び横メタセンタ高さの少なくとも一方を変え、横揺固有周期を変化させることにより、波浪特性に対応して横揺抵抗増加を低減する場合には、船体の横揺固有周期を適切に変化させて合理的に横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 2 7 】

50

また、横揺固有周期を式(2)に基づいて評価する場合には、横揺固有周期を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【0028】

また、船体の左右方向の重量分布を変更して無次元横揺慣動半径 k_{xx} を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、左右方向の重量分布の変更により無次元横揺慣動半径を適切に変えることにより横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0029】

また、船体の上下方向の重量分布を変更して横メタセンタ高さ GM を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、上下方向の重量分布の変更により横メタセンタ高さを適切に変えて横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

10

【0030】

また、船体の喫水 d 及びトリムの少なくとも一方を変更して無次元横揺慣動半径 k_{xx} 又は横メタセンタ高さ GM を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、船体の喫水やトリムを変更して無次元横揺慣動半径又は横メタセンタ高さを適切に変えることにより横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0031】

また、船体の形状を変えて横揺角振幅 θ を小さくすることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、船体の形状を変えて横揺を抑制し、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

20

【0032】

また、船舶の船速を増し又は減らして横揺減衰力係数 B_{44} 又は横揺固有周期 T を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、横揺角速度に関連する横揺減衰力係数を変えて横揺を抑制し、また横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0033】

また、船体に風力推進装置を備え、風力推進装置を制御して風により生じる船体の定傾斜を変更し横揺固有周期を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、風により生じる船体の定傾斜の変更により横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

30

【0034】

また、風力推進装置は、帆又はフレットナーローターであり、帆の角度を変える又はフレットナーローターの回転数を変えることにより制御を行う場合には、帆又はフレットナーローターを制御して横揺の抑制と横揺固有周期の変更を適切に行い、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0035】

また、船体の船底に可動式のセンターキールを備え、センターキールを出し入れし横揺固有周期を変えることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、センターキールを出し入れにより横揺固有周期を適切に変え、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

40

【0036】

また、船体に舵又は可変ピッチプロペラを備え、舵又は可変ピッチプロペラを制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、舵又は可変ピッチプロペラを制御し、波浪との出会いタイミングを変化させることにより横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0037】

また、船体の左右にプロペラを備え、左右のプロペラの回転数を制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、左右のプロペラの回転数制御により、波浪との出会いタイミングを変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

50

【 0 0 3 8 】

また、波浪特性を取得して波スペクトルを求め、波浪特性に関連する波浪の波長と垂線間長との関係及び横揺固有周期より横揺抵抗増加の傾向を求め、波スペクトルのピークと横揺抵抗増加のピークが重ならないように波浪との出会角及び船舶の船速の少なくとも一方を変化させることにより、横揺抵抗増加を低減する場合には、波浪との出会角や船舶の船速を変化させることにより、横揺抵抗増加のピークを波スペクトルのピークからずらして横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 3 9 】

また、船舶の航路の波浪特性を取得し、航路における横揺抵抗増加を低減するための波浪との出会角及び船速の少なくとも一方を変化させる操舵と主機の回転数を計画し、最適航海計画を策定する場合には、策定した最適航海計画に基づいて操舵と主機の回転数を変化させて運航することで、燃料消費量等を抑制することができる。

10

【 0 0 4 0 】

また、本発明の船舶の横揺抵抗増加低減システムによれば、最適航海計画策定手段による最適航海計画の自動又は半自動的な策定や、最適航海計画実行手段による最適航海計画の自動又は半自動的な実行により、船舶の航路全体の横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 4 1 】

また、本発明の船舶によれば、最適航海計画の実行により横揺抵抗増加を効果的に低減し、船舶の燃費等を向上させることができる。

20

【 0 0 4 2 】

また、本発明の船舶によれば、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶の燃費等を向上させ、エネルギー効率のよい運航を行うことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 3 】

【 図 1 】本発明の実施形態による船舶の横揺抵抗増加低減方法に関し、横揺抵抗増加を考慮した場合と考慮しない場合について実運航シミュレーションを行い燃費を評価した図

【 図 2 】同コンテナ船における波浪中抵抗増加係数又は横揺抵抗増加係数を示す図

【 図 3 】同横揺慣動半径の増減方法の例を示す図

【 図 4 】同横メタセンタ高さの増減方法の例を示す図

30

【 図 5 】同横メタセンタ高さ及び横揺慣動半径の増減方法の例を示す図

【 図 6 】同可動の突起物を備えた船舶の船体横断面を示す図

【 図 7 】同可動の浮力体を備えた船舶の船体横断面を示す図

【 図 8 】同船速に対する横揺固有周期の変化を示す図

【 図 9 】同風力推進装置を備えた船舶の船体横断面を示す図

【 図 1 0 】同船体の左右にプロペラを備えた船舶を示す図

【 図 1 1 】同周波数スペクトラムの例を示す図

【 図 1 2 】同最適航海計画の例を示す図

【 図 1 3 】本発明の実施形態による船舶の横揺抵抗増加低減システムを備えた船舶を示す図

40

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 4 4 】

本発明の実施形態による船舶の横揺抵抗増加低減方法、横揺抵抗増加低減システム、及び船舶について説明する。

本発明において、波浪中抵抗増加は、横揺抵抗増加（横揺影響成分）を考慮して推定する。すなわち、横揺抵抗増加を R_{AWR011} とすると、波浪中抵抗増加推定式は、 R

$R_{AW} = R_{AWM} + R_{AWR} + R_{AWR011}$ で表される。

横揺抵抗増加は、船体の横揺減衰力係数、横揺慣動半径、横揺角、及び喫水に支配され影響を受ける。そこで、横揺減衰力係数の低減、横揺慣動半径の低減、横揺角の低減、及び喫水の増加のうちの少なくともいずれか一つを、波浪特性に対応して実行することによ

50

り横揺抵抗増加を低減することができる。

ここで、横揺角は、規則波中の横揺角 $\theta = \text{Re} [\theta_a \cdot \text{Exp} (i \cdot \omega_e \cdot t + i \cdot \phi_a)]$ で表される。Re は実部、 θ_a は横揺角振幅、 i は虚数単位、 ϕ_a は位相差、 t は時間である。横揺角は不規則波中（スペクトラム）も含み、振幅と位相差、波スペクトラムで構成される。

【 0 0 4 5 】

横揺抵抗増加 R_{AWRoll} は、下式（ 1 ）に基づいて評価する。これにより、横揺抵抗増加を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【 数 1 】

$$R_{AWRoll} = \frac{k \omega_e B_{44} k_{xx}^2 \phi_a^2}{2 d / L_{pp}} \quad \dots(1)$$

式（ 1 ）において、 k は角波数（波浪特性）、 ω_e は出会角周波数（波浪特性）、 B_{44} は横揺減衰力係数、 k_{xx} は無次元横揺慣動半径（横揺慣動半径）、 ϕ_a は横揺角振幅、 d は喫水、 L_{pp} は垂線間長である。

横揺減衰力係数 B_{44} は、下式（ 3 ）を用いて推定できる。

【 数 3 】

$$B_{44} = \frac{2 \rho g \nabla GM}{\pi \omega_\phi} \left\{ a + \frac{180}{\pi} b \phi_m \right\} \quad \dots(3)$$

式（ 3 ）において、 ϕ_m は連続する 2 つの横揺振幅 ϕ_n の平均、 a 、 b は自由横揺試験から得た係数、 ρ は流体密度、 g は重力加速度、 ∇ は排水容積、 GM はメタセンタ高さ、 ω_ϕ は横揺固有角周波数である。

【 0 0 4 6 】

図 1 は横揺抵抗増加を考慮した場合と考慮しない場合について実運航シミュレーションを行い燃費を評価した図であり、縦軸は 1 日当り燃料消費量 $FPD [\text{ton} / \text{day}]$ 、横軸は有義波高 $H_w [\text{m}]$ である。図 1 中の「 $w / o R o l l$ 」は横揺抵抗増加を考慮せずに推定したデータであることを意味し、「 $w i t h R o l l$ 」は式（ 1 ）を用いた算出値すなわち横揺抵抗増加を考慮して推定したデータであることを意味し、「 $d e g .$ 」は向波を 0 deg. とした出会角を意味している。

図 1 より、例えば有義波高 $H_w = 3 \text{ m}$ （ビューフォート風力階級：BF6）で出会角が $90 \sim 135$ 度のときに燃費が約 $1 \sim 2 \%$ 増加しているなど、横揺抵抗増加を考慮した場合は、横揺抵抗増加を考慮しない場合と比べて燃料消費量が増加しており、横揺抵抗増加を考慮することで燃料消費量を精度よく推定できることが分かる。

【 0 0 4 7 】

図 2 はコンテナ船（満載）における船舶と波との出会角 θ が 90 度のときの波浪中抵抗増加係数又は横揺抵抗増加係数を示す図であり、縦軸は波浪中抵抗増加係数 K_{AW} 又は横揺抵抗増加係数 K_{AWRoll} 、横軸は波長船長比 λ / L_{pp} である。なお、出会角 θ は向波のとき 0 度となる。

図 2（ a ）は横揺固有周期 T が実船相当で $16.2 [\text{s}]$ の場合のデータ、図 2（ b ）は横揺固有周期 T が実船相当で $19.6 [\text{s}]$ の場合のデータであり、「 \square 」（exp.）は模型船を用いた実験により取得した波浪中抵抗増加係数、一点鎖線（without roll component）は横揺抵抗増加を考慮せずに推定した波浪中抵抗増加係数、実線（with roll component）は式（ 1 ）を用いて算出した波浪中抵抗増加係数、点線（roll component）は算出した横揺抵抗増加係数を示している。

下表 1 に模型船を用いた実験の条件を示す。

【表 1】

| 項目 | 実船 | 模型船 |
|------------|-------|-------|
| 垂線間長 [m] | 355.0 | 5.5 |
| 船幅 [m] | 51.0 | 0.79 |
| 中間喫水 [m] | 14.5 | 0.225 |
| 横揺固有周期 [s] | 16.2 | 1.62 |
| | 19.6 | 2.44 |

【 0 0 4 8 】

図 2 より、横揺抵抗増加が反映された式 (1) による算出値は、実験値との差が小さく、横揺抵抗増加を考慮せずに推定する場合と比べて横揺抵抗増加係数の変化の傾向をよく捉えていることが分かる。

また、図 2 より、横揺抵抗増加係数は、横揺固有周期が 1 6 . 2 [s] の場合と 1 9 . 6 [s] の場合とで変化していることも分かる。よって、横揺固有周期を変化 (増加又は減少) させることにより横揺抵抗増加を低減し、船舶の燃費を改善することができる。また、動揺の低減、波浪中の船速低下の低減、操船性能の向上等も図ることができる。

20

【 0 0 4 9 】

横揺固有周期は、横揺慣動半径や横メタセンタ高さに関連している。そこで、横揺慣動半径及び横メタセンタ高さの少なくとも一方を変えて船体の横揺固有周期を適切に変化させることにより、波浪特性に対応して合理的に横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

横揺固有周期 T は、下式 (2) に基づいて評価することが好ましい。これにより、横揺固有周期を精度よく評価し、よりの確に、合理的に横揺抵抗増加を低減することができる。

【 数 2 】

$$T_{\phi} = \frac{2\pi k_{xx} B}{\sqrt{gGM}} \quad \dots(2)$$

式 (2) において、 k_{xx} は無次元横揺慣動半径 (横揺慣動半径)、 B は最大船幅、 g は重力加速度、 GM は横メタセンタ高さである。

【 0 0 5 0 】

図 3 は横揺慣動半径の増減方法の例を示す図であり、図 3 (a) は重量物が船幅方向の中央付近にある状態、図 3 (b) は重量物が左舷側端部付近及び右舷側端部付近にある状態を示している。

船舶 1 において、例えば図 3 (a) の位置にあるバラスト等の重量物 1 0 を図 3 (b) の位置に移動させるなど、重量物 1 0 を左右方向に移動させることにより左右方向の重量分布を変更することで、無次元横揺慣動半径を増減することができる。よって、船体の左右方向の重量分布を変更して無次元横揺慣動半径を適切に変えることにより、横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

40

【 0 0 5 1 】

図 4 は横メタセンタ高さの増減方法の例を示す図であり、図 4 (a) は重量物が比較的低い位置にある状態、図 4 (b) は重量物が比較的高い位置にある状態を示している。

船舶 1 において、例えば図 4 (a) の位置にあるバラスト等の重量物 1 0 を図 4 (b) の位置に移動させるなど、重量物 1 0 を上下方向に移動させて上下方向の重量分布を変更することで、横メタセンタ高さを増減することができる。よって、船体の上下方向の重量分布を変更して横メタセンタ高さを適切に変えることにより、横揺固有周期を変化させ、

50

横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 5 2 】

図 5 は横メタセンタ高さ及び横揺慣動半径の増減方法の例を示す図であり、図 5 (a) は喫水が比較的小さい状態、図 5 (b) は喫水が比較的大きい状態を示している。

船舶 1 において、バラスト調整により喫水又はトリムを変更することで、横揺慣動半径や横メタセンタ高さを増減することができる。よって、船体の喫水及びトリムの少なくとも一方を変更して無次元横揺慣動半径又は横メタセンタ高さを適切に変えることにより、横揺固有周期を変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 5 3 】

なお、重量分布の変更又は喫水・トリムの変更による横揺慣動半径や横メタセンタ高さの増減は、基本的に航海前に実施するが、航海中であっても、横揺や横揺抵抗増加が低減する重量分布を事前に把握することで、それに従った重量物 1 0 の移動やバラスト水の調整を行い、横揺慣動半径や横メタセンタ高さの増減を行うことが可能である。

【 0 0 5 4 】

図 6 は可動の突起物を備えた船舶の船体横断面を示す図、図 7 は可動の浮力体を備えた船舶の船体横断面を示す図である。

図 6 における船舶 1 には、船体の形状を変えるための構造物として、収納・展開式の突起物 2 0 が、左舷側と右舷側のそれぞれにおいて静的水位上昇位置 W よりも上方に設置されている。突起物 2 0 は、下端を軸として船体に対して回動可能に構成されており、船体に近づく方向に回動させることで収納位置となり (図 6 (a))、船体から離れる方向に回動させることで展開位置となる (図 6 (b))。突起物 2 0 は、収納位置では船体側方に突出していない状態であり、展開位置では上面が船体側面に対して略垂直に船体側方へ突出した状態である。

また、図 7 における船舶 1 には、船体の形状を変えるための構造物として、収納・展開式の浮力体 3 0 が、左舷側と右舷側のそれぞれにおいて静的水位上昇位置 W よりも上方に設置されている。浮力体 3 0 は、船体に対して左右方向にスライド可能に構成されており、船体に収める方向にスライドさせることで収納位置となり (図 7 (a))、船体から引き出す方向にスライドさせることで展開位置となる (図 7 (b))。浮力体 3 0 は、収納位置では船体側方に突出していない状態であり、展開位置では船体側方へ突出した状態である。

なお、静的水位上昇位置 W とは、船舶 1 の航行時に船首部に生じる船舶毎の代表的な速度として設計時に設定されている航海速度によって波のない状態である平水中を走行する時に生じる水面の盛り上がり位置である。

横波が所定以上大きくなった場合は、突起物 2 0 又は浮力体 3 0 を展開して船体の形状を変えて横揺を抑制し横揺角振幅を小さくすることにより、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 5 5 】

図 8 は模型船長約 4 . 5 m の中型の模型船を用いた試験により取得した船速に対する横揺固有周期の変化を示す図であり、縦軸は横揺固有周期 T [s]、横軸はフルード数 (速度の無次元数) F_r である。試験は初期傾斜を変えて行っており、図 8 中の「 R i g h t 」は右舷側 (Starboard) に初期傾斜を与えた場合、「 L e f t 」は左舷側 (Port) に初期傾斜を与えた場合、「 A v e r a g e 」は初期傾斜無しの場合である。

横揺減衰力係数は船速によって変わり、図 8 に示すように横揺固有周期も船速によって変わる。よって、船速を増し又は減らして横揺減衰力係数又は横揺固有周期を変えることにより、横揺角速度に関連する横揺減衰力係数を変えて横揺を抑制し、また横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【 0 0 5 6 】

図 9 は風力推進装置を備えた船舶の船体横断面を示す図である。

本実施形態における船舶 1 は、風力推進装置として帆 4 0 を備えている。また、風力推進装置に対する制御として帆 4 0 の角度制御を行う。帆 4 0 の角度を変えて船体の定傾斜

10

20

30

40

50

(ヒール)を変更すると、船体の水面下形状が変わるため、帆40の角度を適切に調節することで横揺を抑制可能である。また横揺固有周期を変えることもできる。よって、帆40の角度を変えて横揺の抑制と横揺固有周期の変更を適切に行うことで、横揺抵抗増加を効果的に低減できる。また、風力推進装置は、マグヌス効果を利用したフレットナーローターとすることもできる。この場合は風力推進装置に対する制御としてフレットナーローターの回転数制御を行う。フレットナーローターの回転数を変えて船体の定傾斜を変更すると、船体の水面下形状が変わるため、フレットナーローターの回転数を適切に調節することで横揺を抑制可能である。また横揺固有周期を変えることもできる。よって、フレットナーローターの回転数を変えて横揺の抑制と横揺固有周期の変更を適切に行うことで、横揺抵抗増加を効果的に低減できる。

10

このように、船体に風力推進装置を備え、風力推進装置を制御して風により生じる船体の定傾斜を変更し横揺固有周期を変えることにより、横揺固有周期を変化させて、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0057】

また、船舶1は、船体の船底に可動式のセンターキール50を備えており、センターキール50は船底から水中へ出し入れ可能に構成されている。

センターキール50を出し入れすることにより横揺固有周期が変わるため、センターキール50の出し入れにより横揺固有周期を適切に変えることで横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0058】

図10は船体の左右にプロペラを備えた船舶を示す図である。

図10の船舶1は二軸船であり、船体の左右にプロペラ3を備えている。この場合、左右のプロペラ3の回転数制御により、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させ、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

図10(a)はプロペラ3の回転数を制御して船体の向きを横波の波頂Xが船尾側よりも船首側に先に到達するようにした状態、図10(b)はプロペラ3の回転数を制御して船体の向きを横波の波頂Xが船首側よりも船尾側に先に到達するようにした状態を示している。

【0059】

また、波浪との出会いタイミングは、船体に備えた舵によって変化させることも可能である。この場合、操舵により舵角を制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

また、船体に可変ピッチプロペラ(CPP)を備える場合は、可変ピッチプロペラによって波浪との出会いタイミングを変化させることも可能である。この場合、可変ピッチプロペラの羽根の角度を制御し、波浪特性に関連する波浪との出会いタイミングを変化させることにより、横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0060】

図11は周波数スペクトラムの例を示す図であり、縦軸は周波数スペクトラム(波スペクトラム)S()、横軸は波長船長比 λ/L_{pp} である。なお、 θ は、入射波の角周波数(波長船長比 λ/L_{pp} と1対1の関係があるパラメータ)である。

波浪特性を取得して波スペクトルを求め、波浪特性に関連する波浪の波長と垂線間長との関係及び横揺固有周期より横揺抵抗増加の傾向を求め、波スペクトルのピークと横揺抵抗増加のピークが重ならないように波浪との出会角及び船舶1の船速の少なくとも一方を変化させることにより、横揺抵抗増加を低減することが可能となる。

このように、横揺抵抗増加のピークを与える周波数を予め求め、計測又は予測した波スペクトルのピークと横揺抵抗増加のピークが当たらないように、波浪との出会角や船舶1の船速を変化させることにより、横揺抵抗増加のピークを波スペクトルのピークからずらして横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

【0061】

図12は最適航海計画の例を示す図である。図12中の点線Yは横揺抵抗増加を考慮し

50

ていない従来の選定航路を示し、実線 Z は横揺抵抗増加を考慮した最適航海計画に基づく航路を示している。

最適航海計画は、船舶 1 の航路の波浪特性を取得し、航路における横揺抵抗増加を低減するための波浪との出会角及び船速の少なくとも一方を変化させる操舵と主機の回転数を計画して策定したものである。

最適航海計画に基づいて操舵と主機の回転数を変化させて運航することで、横揺抵抗増加を低減することができるため、従来の選定航路よりも航行距離が長くなったとしても燃料消費量等を抑制することができる。

【 0 0 6 2 】

このように、本発明の船舶の横揺抵抗増加低減方法によれば、横揺抵抗増加を合理的に低減して燃費等を向上させることができる。そのため、船舶の横揺抵抗増加低減方法に基づいて船舶 1 を運航させることで、横揺抵抗増加を合理的に低減して船舶 1 の燃費等を向上させ、エネルギー効率のよい運航を行うことができる。

【 0 0 6 3 】

図 1 3 は本発明の実施形態による船舶の横揺抵抗増加低減システムを備えた船舶を示す図である。

船舶 1 は、主機 2、プロペラ 3、舵 4、及び横揺抵抗増加低減システム 6 0 を備える。横揺抵抗増加低減システム 6 0 は、船舶の横揺抵抗増加低減方法における最適航海計画を策定する最適航海計画策定手段 6 1 と、策定された最適航海計画を実行する最適航海計画実行手段 6 2 と、波浪特性取得手段 6 3 を備える。

波浪特性取得手段 6 3 は、航行中の船舶 1 が遭遇する実際の波情報に基づいて波浪特性を取得する。実際の波情報は、乗組員による目視、又は波浪レーダー等の計測機器によって収集される。

陸上において船舶 1 の運航管理等を行う管理部門 7 0 は、船舶の横揺抵抗増加低減方法における最適航海計画を策定し、船舶 1 へ最適航海計画を通信手段を介して送信する。

船舶 1 の航路の波浪特性は、統計的な予測値を用いることもできるし、船舶 1 の波浪特性取得手段 6 3 で取得したものをを用いることもできる。管理部門 7 0 で最適航海計画の策定を行う場合は、船舶 1 の最適航海計画策定手段 6 1 は省くことも可能である。

また、船上においても最適航海計画策定手段 6 1 を用いて最適航海計画を策定することができる。最適航海計画策定手段 6 1 は、波浪特性取得手段 6 3 が取得した波情報に基づいて波浪推算（数値予測）を行い、最適航海計画を策定する。策定した最適航海計画は、最適航海計画実行手段 6 2 と、管理部門 7 0 へ通信手段を介して送信される。管理部門 7 0 で策定した波浪特性の統計的な予測値に基づいた最適航海計画を、波浪特性取得手段 6 3 が取得した波情報に基づいて修正して用いることもできる。

最適航海計画実行手段 6 2 は、管理部門 7 0 又は最適航海計画策定手段 6 1 から送信された最適航海計画を受信し、最適航海計画に基づいた操船を実行する。

このように、船舶の横揺抵抗増加低減システムによれば、最適航海計画策定手段 6 1 による最適航海計画の自動又は半自動的な策定や、最適航海計画実行手段 6 2 による最適航海計画の自動又は半自動的な実行により、船舶 1 の航路全体の横揺抵抗増加を効果的に低減することができる。

また、船舶 1 に横揺抵抗増加低減システム 6 0 を備えることで、最適航海計画の実行により横揺抵抗増加を効果的に低減し、燃費等を向上させることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 4 】

本発明は、コンテナ船やケミカルタンカーはじめ様々な船種の船舶に適用することができる、さらに大型船から小型船まで様々な大きさの船舶に適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

- 1 船舶
- 2 主機

10

20

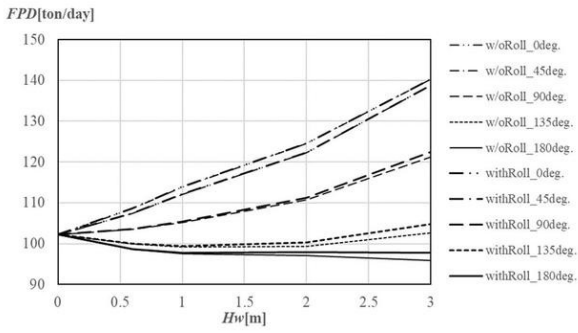
30

40

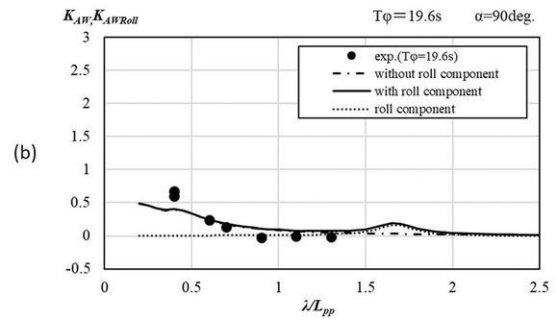
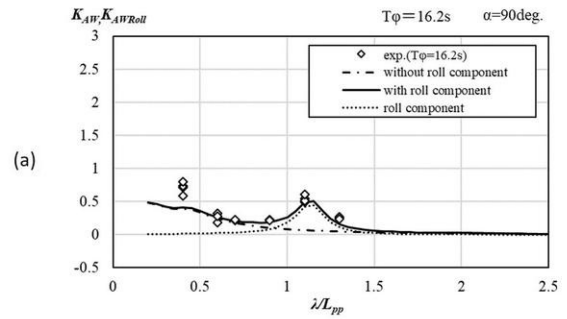
50

- 3 プロペラ
- 4 舵
- 4 0 帆（風力推進装置）
- 5 0 センターキール
- 6 0 横揺抵抗増加低減システム
- 6 1 最適航海計画策定手段
- 6 2 最適航海計画実行手段

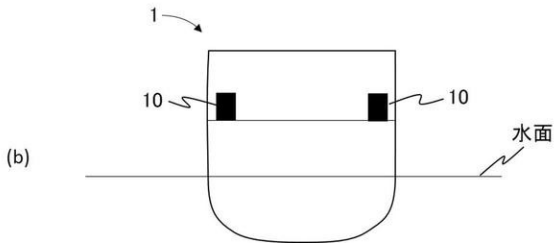
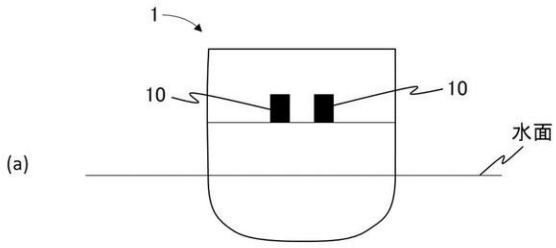
【図 1】



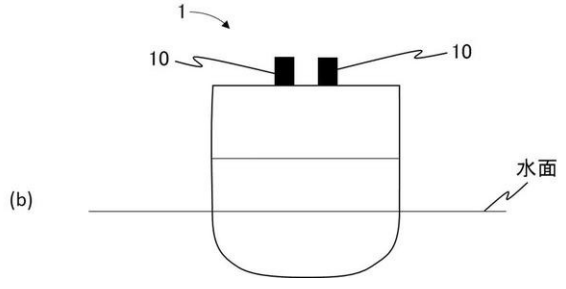
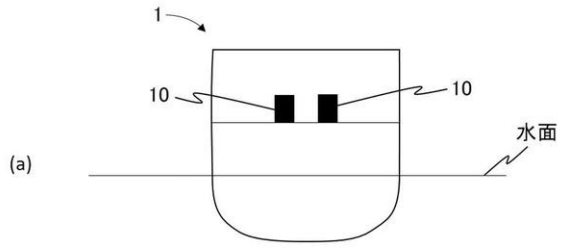
【図 2】



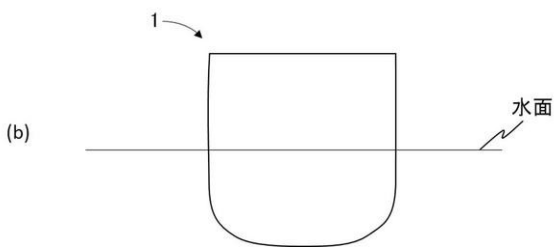
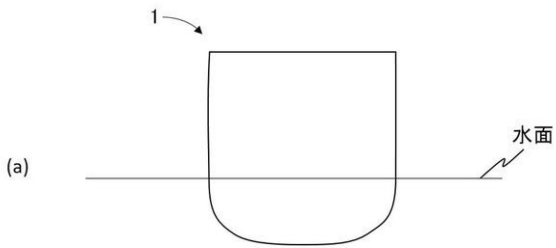
【 図 3 】



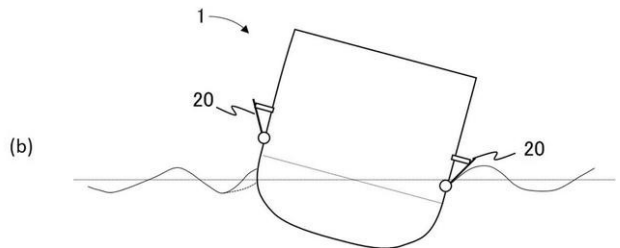
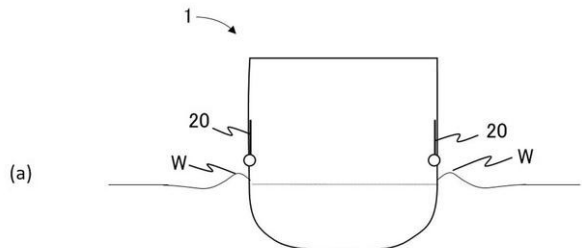
【 図 4 】



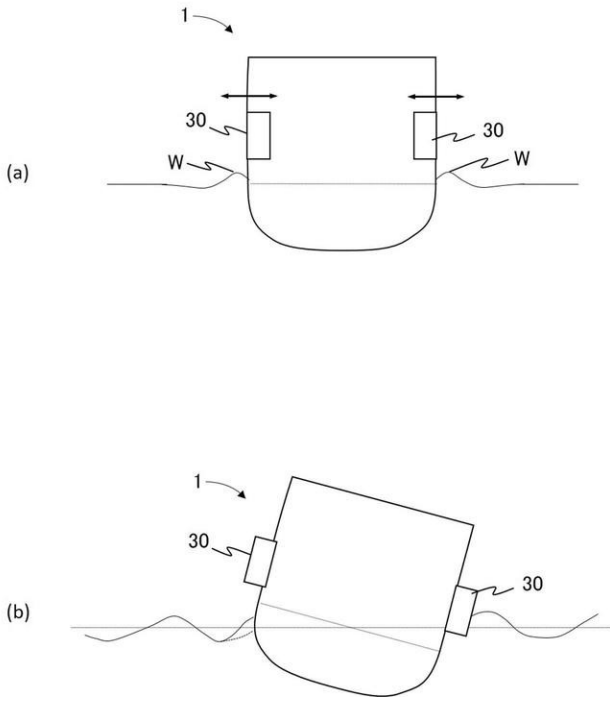
【 図 5 】



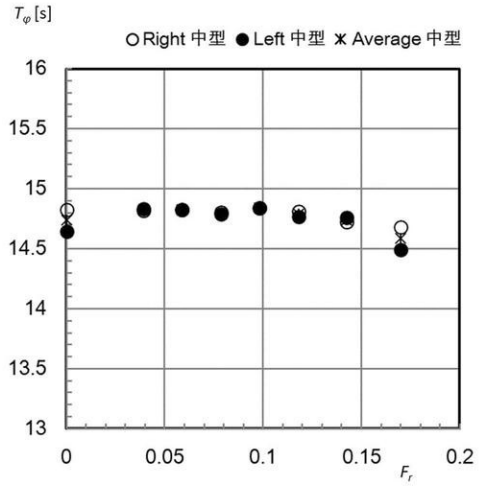
【 図 6 】



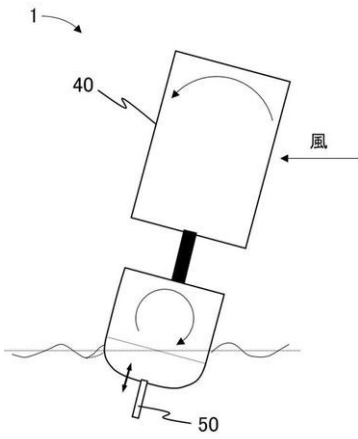
【 図 7 】



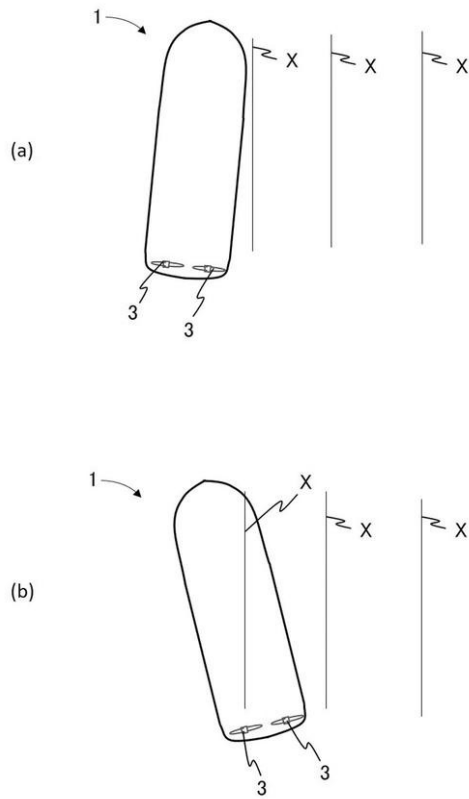
【 図 8 】



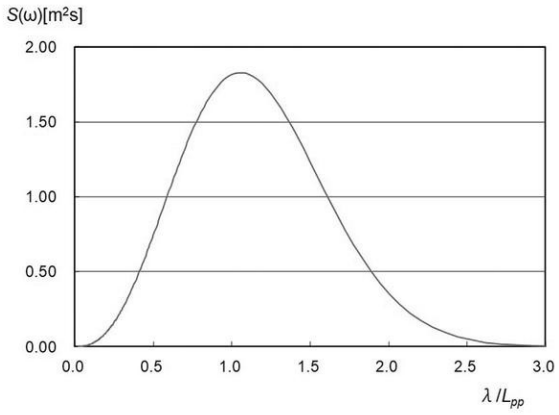
【 図 9 】



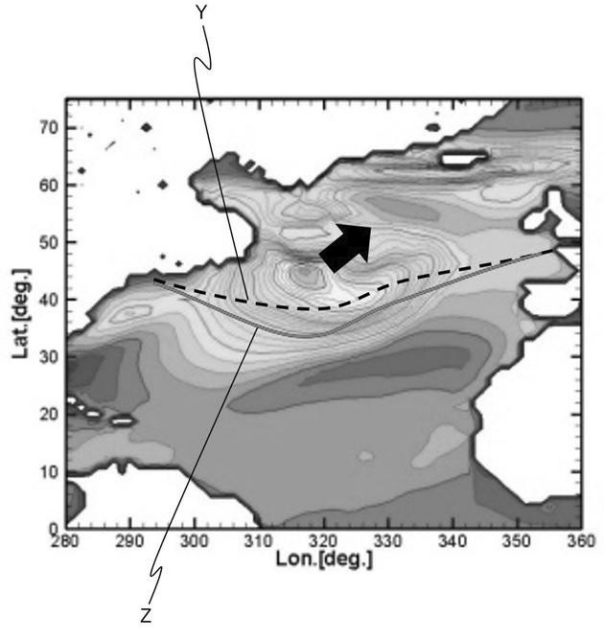
【 図 10 】



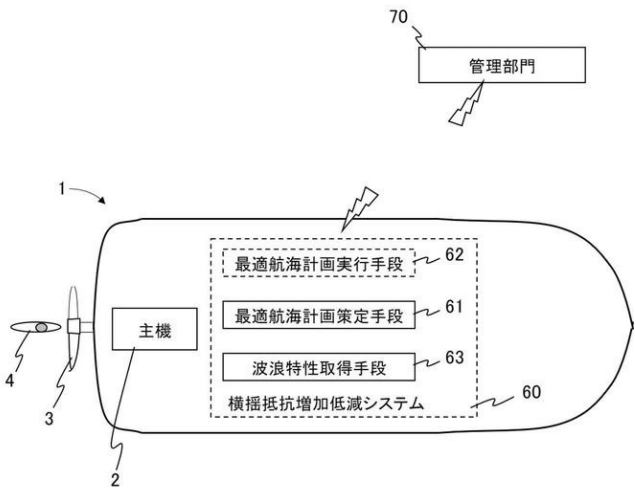
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

| (51)Int.Cl. | F I | | | テーマコード(参考) | |
|-------------------------|---------|-------|--|------------|--|
| B 6 3 H 3/00 (2006.01) | B 6 3 H | 3/00 | | Z | |
| B 6 3 H 9/10 (2006.01) | B 6 3 H | 9/10 | | Z | |
| B 6 3 B 3/44 (2006.01) | B 6 3 B | 3/44 | | | |
| B 6 3 H 25/04 (2006.01) | B 6 3 H | 25/04 | | G | |
| B 6 3 H 5/08 (2006.01) | B 6 3 H | 5/08 | | | |

(72)発明者 横田 早織

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 穴井 麻利子

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内

(72)発明者 赤松 顕子

東京都三鷹市新川6丁目3番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内