

(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2012-112878
(P2012-112878A)

(43) 公開日 **平成24年6月14日(2012.6.14)**

(51) Int. Cl.
G01M 10/00 (2006.01)

F I
G O 1 M 10/00

テーマコード (参考)
2 G O 2 3

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2010-263766 (P2010-263766)
(22) 出願日 平成22年11月26日 (2010.11.26)

(71) 出願人 501204525
独立行政法人海上技術安全研究所
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 100087745
弁理士 清水 善廣
(74) 代理人 100106611
弁理士 辻田 幸史
(74) 代理人 100111006
弁理士 藤江 和典
(74) 代理人 100116241
弁理士 金子 一郎

最終頁に続く

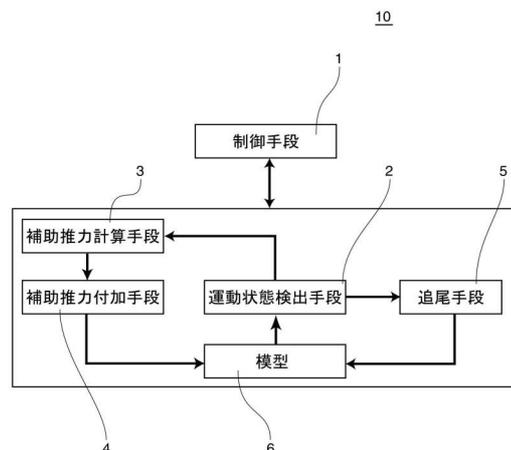
(54) 【発明の名称】 荷重度変更自走試験法および装置

(57) 【要約】

【課題】直進状態に限らず操舵や外力によって斜航や旋回あるいは波を含む外力による船体動揺までもおこなうような自走試験、途中でプロペラ回転数が変化するような自走試験において、模型船のプロペラ回転数と船速の関係を任意に設定することができる荷重度変更自走試験方法および装置を提供すること。

【解決手段】 自走可能な模型船 6 を用いた自走試験方法において、模型船 6 を追尾する追尾手段 5 に設けた模型船 6 に補助推力を付加する補助推力付加手段 4 を、模型船 6 の運動状態に基づいて補助推力を計算する補助推力計算手段 3 の計算結果に応じて制御し、模型船 6 にその運動状態に基づいた補助推力を付加する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自走可能な模型を用いた自走試験方法において、前記模型を追尾する追尾手段に設けた前記模型に補助推力を付加する補助推力付加手段を、前記模型の運動状態に基づいて補助推力を計算する補助推力計算手段の計算結果に応じて制御し、前記模型に前記模型の運動状態に基づいた補助推力を付加したことを特徴とする荷重度変更自走試験方法。

【請求項 2】

前記模型として模型船を用い、前記補助推力計算手段はフルード数を実船と一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる摩擦抵抗の差を計算したことを特徴とする請求項 1 に記載の荷重度変更自走試験方法。

【請求項 3】

前記追尾手段として、X Y Z 3 次元直交座標系において X 軸方向と、Y 軸方向と、Z 軸回りに動く曳引車を用い、前記模型船の位置と方位の検出結果に応じて前記曳引車を制御したことを特徴とする請求項 2 に記載の荷重度変更自走試験方法。

【請求項 4】

前記補助推力計算手段は、さらに前記模型船の加速度と前記補助推力付加手段の移動部の質量とに基づいて計算値を補正したことを特徴とする請求項 3 に記載の荷重度変更自走試験方法。

【請求項 5】

自走可能な模型と、前記模型を追尾する追尾手段と、前記追尾手段に設けた前記模型に補助推力を付加する補助推力付加手段と、前記模型の運動状態に基づいて補助推力を計算する補助推力計算手段と、前記補助推力計算手段の計算結果に応じて前記補助推力付加手段を制御する制御手段とを備え、前記模型に前記模型の運動状態に基づいた補助推力を付加したことを特徴とする請求項 5 に記載の本発明の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 6】

前記模型として模型船を用い、前記補助推力計算手段はフルード数を実船と一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる摩擦抵抗の差を補助推力として計算したことを特徴とする請求項 5 に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 7】

前記追尾手段として、X Y Z 3 次元直交座標系において X 軸方向に動く主台車と、この主台車上に設置された Y 軸方向に動く副台車と、この副台車に設けた Z 軸回りに回転する回転盤とを有した曳引車を用い、前記模型船の位置と方位に応じて前記主台車と前記副台車と前記回転盤を制御したことを特徴とする請求項 6 に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 8】

前記回転盤固定の x - y - z 3 次元直交座標系において、前記模型船の x 軸方向の揺れを検出する x 方向揺れ検出手段と、y 軸方向の揺れを検出する y 方向揺れ検出手段と、z 軸回りの揺れを検出する船首揺れ検出手段とをさらに備え、前記 x 方向揺れ検出手段と、前記 y 方向揺れ検出手段と、前記船首揺れ検出手段で検出される検出値がゼロになるように前記追尾手段を使用して前記曳引車の位置と方位を制御したことを特徴とする請求項 7 に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 9】

前記模型船に作用する x 軸方向の力を検出する x 方向力検出器と、y 軸方向の力を検出する y 方向力検出器をさらに備え、前記 x 方向力検出器と前記 y 方向力検出器で検出される力が、前記補助推力の x 軸方向の成分と y 軸方向の成分と一致するように、前記制御手段で前記補助推力付加手段を制御したことを特徴とする請求項 8 に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 10】

前記模型船の x 軸方向及び y 軸方向の加速度を検出する加速度検出手段をさらに備え、前記補助推力計算手段は、前記加速度検出手段の検出値と補助推力付加手段の移動部の質量

10

20

30

40

50

に基づいて計算値を補正したことを特徴とする請求項 5 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 1 1】

前記追尾手段として、前記模型船の進行方向に移動可能な曳引車と、この曳引車に搭載された前記模型を掴む口ロボットアームを用いたことを特徴とする請求項 5 あるいは請求項 6 に記載の荷重度変更自走試験装置。

【請求項 1 2】

前記追尾手段が前記補助推力付加手段を兼ねたことを特徴とする請求項 5 から請求項 11 のうちの 1 項に記載の荷重度変更自走試験装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、模型船の自走試験においてプロペラ回転数と船速を独立して設定することができる（あるいはプロペラ荷重度を自由に調整できる）荷重度変更自走試験法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

船の性能を調べる手段としての模型試験には大きく分けて拘束模型試験と自走試験の 2 つがある。前者は曳引車と一般に呼ばれる装置で模型船を曳航しておこなう試験であり、後者は曳引車を使わずに模型船自らが動力装置を備えてこれにより模型プロペラを回転させることで自走させておこなう試験である。

いずれの模型試験においても一般にフルード数を実船と一致させて模型船の速度を決めることで相似則を満足させて試験をおこなう。ここで、フルード数とは、船の長さ（ m ）に重力加速度（ m/s^2 ）を乗じて得られた値を $1/2$ 乗して得られる値を用いて、船の速度 U （ m/s ）を除して得られる無次元の数である。このフルード数は、船が走る際に水に波を起すことにより生じる造波抵抗の係数（造波抵抗係数）と一対一の関係になっている。フルード数を一致させることは重力と慣性力の比を一致させることを意味し、造波に関する現象を実船と相似にするという意味がある。

フルード数を実船と一致させると粘性力と慣性力の比であるレイノルズ数が一致しなくなるため粘性抵抗等の現象は実船と相似ではなくなる。粘性に起因する船の抵抗は船の全抵抗に対して大きな割合を占めるためフルード数を実船と一致させた模型試験では抵抗は模型船と実船では相似とならず、模型船は実船に較べて相対的に大きな抵抗を受けることになる。

フルード数を一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる模型試験上の問題を解決する手法には次のようなものがある。粘性に関する現象が重要となる船の抵抗を調べるための拘束模型試験においては、フルード数を実船と一致させた計測結果からレイノルズ数の違いによる摩擦抵抗に関する修正をしたうえで実船の抵抗を推定する手法が確立されている。プロペラ特性が係わる性能を調べるための拘束模型試験においては、相対的に大きな抵抗を受ける模型船に模型船の抵抗と実船相当の抵抗との差の分だけ曳引車によって推力を加えることでプロペラ荷重度を模型船と実船で相似にして試験をおこなう手法が確立されている。ここで、プロペラ荷重度とはプロペラ推力をプロペラ直径と同じ直径の円の面積で除した値のことである。なお、これらはいずれも直進時のみを対象とした拘束模型試験である。

【0003】

模型船の舵効きを実船と相似にするためには模型船のプロペラ荷重度を小さくする必要があるのである。このための方法として、これまでに空中プロペラによる方法及び圧縮窒素ガス噴射による方法（特許文献 1）、空気タンク圧力調整による方法（特許文献 2）並びに船外機による方法（特許文献 3）が報告されている。

特許文献 1 には、摩擦抵抗修正推力を模型船体に対して真直ぐ後向きに発生でき、摩擦抵抗修正推力の発生源を模型船体上に搭載しない自由航走模型試験法および装置を得る

10

20

30

40

50

ことを目的として、模型船上に取り付けた空中プロペラまたは模型プロペラ上方の空中における窒素ガス噴射により、摩擦抵抗増加分に相当する推力を発生させて、推進プロペラに実船相当のプロペラ推力を発生させるようにした摩擦抵抗修正の方法が記載されている。

特許文献 2 には、室外における自航試験を室内における場合における場合と同じような状態で行い得る自航試験方法を提供することを目的として、模型船遠方に設置された船外機により補助推力を出す方法が記載されている。

特許文献 3 には、模型が運動してもほぼ一定の大きさの外力を得ることができる装置を提供することを目的として、模型に一定の張力をかけるために、一端が模型に固定された引っ張り索の他端を、空気タンクに連通する圧力室と大気圧に開放された大気開放室とに区画するピストンに連結する方法が記載されている。

特許文献 1 に記載の方法はいずれも、補助推力一定の状態であってその補助推力の大きさも補助的な量であることが想定されていると考えられる。そして、特許文献 2、3 に記載の方法は、もっぱら直進状態で補助推力一定の状態を対象としたものと考えられる。

このように、特許文献 1 ~ 3 に記載されているのは、いずれも模型船のプロペラの回転数を小さくしてプロペラ荷重度を下げたことによる推力の不足を別の方法による一定の補助推力で補おうとする方法である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2001 - 174364 号公報

【特許文献 2】特開昭 49 - 82094 号公報

【特許文献 3】実用新案出願公開昭 62 - 34346 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

実船と模型船の船速はフルードの相似則によって対応づけられるが、粘性に起因する摩擦抵抗はフルードの相似則には従わず、模型船は実船より相対的に大きな抵抗を受ける。直進状態の拘束試験では曳引車によって推力の一部を模型船に与えることでプロペラが出す推力を模型船と実船で相似にする方法が確立されているが、自走試験の場合には模型船のプロペラによってのみ必要な推力が生み出されるため、一般に模型船のプロペラ回転数は実船相当より大きな回転数になる。すなわち、フルード数を実船と一致させて模型船による自走試験をおこなおうとする場合、プロペラ回転数と船速の関係、あるいはプロペラ荷重度が一般に実船と模型船で相似ではなくなる。

プロペラ荷重度が実船と模型船で相似でなくなるとプロペラ後流中に置かれた舵の性能も相似ではなくなる。この場合、模型船の舵の方が実船のそれより強いプロペラ後流中に置かれることになり、模型船の方が実船より舵効きが良くなることになるからである。舵効きは船の操縦性能に強く関係するため、模型船の自走試験による操縦性能試験は一般には実船対応の性能を直接には示さない。

波浪中や風圧下における主機特性の変化・変動を調べる試験をおこなおうとする場合、基本となる平水中におけるプロペラ回転数と船速の関係、プロペラ荷重度が模型船と実船と相似でない場合は回転数と推力、トルク、主機特性の関係についても模型船と実船での相似則が確保されない。

本発明が解決しようとする課題は、上記のような問題を解決するため、直進状態に限らず操舵や外力によって斜航や旋回あるいは波を含む外力による船体動揺までもおこなうような自走試験、さらに途中でプロペラ回転数が変化するような自走試験において、模型船のプロペラ回転数と船速の関係を任意に設定できるようにすること、言い換えると、自走試験におけるプロペラ荷重度を自由に調整できるようにすることである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項 1 に記載の本発明の荷重度変更自走試験方法は、自走可能な模型を用いた自走試験方法において、前記模型を追尾する追尾手段に設けた前記模型に補助推力を付加する補助推力付加手段を、前記模型の運動状態に基づいて補助推力を計算する補助推力計算手段の計算結果に応じて制御し、前記模型に前記模型の運動状態に基づいた補助推力を付加したことを特徴とする。

この構成によれば、模型の運動状態に基づいて補助推力計算手段により補助推力を計算し、計算された補助推力を補助推力付加手段で模型に付加することができる。

請求項 2 の本発明は、請求項 1 に記載の荷重度変更自走試験方法において、前記模型として模型船を用い、前記補助推力計算手段はフルード数を実船と一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる摩擦抵抗の差を計算したことを特徴とする。

10

この構成によれば、模型船の運動状態に基づいた補助推力を運動状態の変化に対応させて付加することにより、フルード数、レイノルズ数について実船との間に生じる不一致を補正しながら自走試験を行うことができる。

請求項 3 の本発明は、請求項 2 に記載の荷重度変更自走試験方法において、前記追尾手段として、X Y Z 3 次元直交座標系において X 軸方向と、Y 軸方向と、Z 軸回りに動く曳引車を用い、前記模型船の位置と方位の検出結果に応じて前記曳引車を制御したことを特徴とする。

この構成によれば、曳引車により X 軸方向、Y 軸方向および Z 軸回りの模型船の動きを追尾することができる。

請求項 4 の本発明は、請求項 3 に記載の荷重度変更自走試験方法において、前記補助推力計算手段は、さらに前記模型船の加速度と前記補助推力付加手段の移動部の質量とに基づいて計算値を補正したことを特徴とする。

20

この構成によれば、模型船の加速度と前記補助推力付加手段の移動部の質量に基づいて、補助推力付加手段の移動部の慣性による模型船への影響を打ち消すことができる。

【 0 0 0 7 】

請求項 5 に記載の本発明の荷重度変更自走試験装置は、自走可能な模型と、前記模型を追尾する追尾手段と、前記追尾手段に設けた前記模型に補助推力を付加する補助推力付加手段と、前記模型の運動状態に基づいて補助推力を計算する補助推力計算手段と、前記補助推力計算手段の計算結果に応じて前記補助推力付加手段を制御する制御手段とを備え、前記模型に前記模型の運動状態に基づいた補助推力を付加したことを特徴とする。

30

この構成によれば、自走可能な模型の運動状態に基づいて補助推力計算手段により計算された補助推力を模型に付加することができる。

請求項 6 の本発明は、請求項 5 に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記模型として模型船を用い、前記補助推力計算手段はフルード数を実船と一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる摩擦抵抗の差を補助推力として計算したことを特徴とする。

この構成によれば、模型船の運動状態に基づいた補助推力を運動状態の変化に対応させて付加することにより、運動状態の変化に対応した補助推力を付加して、フルード数、レイノルズ数について実船との間に生じる不一致を補正しながら自走試験を行うことができる。

40

請求項 7 の本発明は、請求項 6 に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記追尾手段として、X Y Z 3 次元直交座標系において X 軸方向に動く主台車と、この主台車上に設置された Y 軸方向に動く副台車と、この副台車に設けた Z 軸回りに回転する回転盤とを有した曳引車を用い、前記模型船の位置と方位に応じて前記主台車と前記副台車と前記回転盤を制御したことを特徴とする。

この構成によれば、前記主台車と前記副台車と前記回転盤を制御することにより、その位置と方位に応じて、模型船の X 軸方向および Y 軸方向の移動ならびに Z 軸回りの回転を追うことができる。

請求項 8 の本発明は、請求項 7 に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記回転盤固定の x - y - z 3 次元直交座標系において、前記模型船の x 軸方向の揺れを検出する x

50

方向揺れ検出手段と、 y 軸方向の揺れを検出する y 方向揺れ検出手段と、 z 軸回りの揺れを検出する船首揺れ検出手段とをさらに備え、前記 x 方向揺れ検出手段と、前記 y 方向揺れ検出手段と、前記船首揺れ検出手段で検出される検出値がゼロになるように前記追尾手段を使用して前記曳引車の位置と方位を制御したことを特徴とする。

この構成によれば、前記主台車と前記副台車と前記回転盤を制御することにより、回転盤固定の x 軸方向および y 軸方向の模型船の揺れならびに z 軸回りの模型船揺れに追従させることができる。

請求項 9 の本発明は、請求項 8 に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記模型船に作用する x 軸方向の力を検出する x 方向力検出器と、 y 軸方向の力を検出する y 方向力検出器をさらに備え、前記 x 方向力検出器と前記 y 方向力検出器で検出される力が、前記補助推力の x 軸方向の成分と y 軸方向の成分と一致するように、前記制御手段で前記補助推力付加手段を制御したことを特徴とする。

10

この構成によれば、 x 方向力検出器と y 方向力検出器により模型船に作用している力を検出できるから、補助推力付加手段を制御することにより、前記模型の運動状態に基づいて前記補助推力計算手段により計算された補助推進力を模型船に作用させることができる。

請求項 10 の本発明は、請求項 5 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記模型船の x 軸方向及び y 軸方向の加速度を検出する加速度検出手段をさらに備え、前記補助推力計算手段は、前記加速度検出手段の検出値と補助推力付加手段の移動部の質量に基づいて計算値を補正したことを特徴とする。

20

この構成によれば、模型船の加速度と前記補助推力付加手段の移動部の質量に基づいて、補助推力付加手段の移動部の慣性による模型船への影響を打ち消すことができる。

請求項 11 の本発明は、請求項 5 あるいは請求項 6 に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記追尾手段として、前記模型船の進行方向に移動可能な曳引車と、この曳引車に搭載された前記模型を掴むロボットアームを用いたことを特徴とする。

この構成によれば、曳引車とロボットアームにより模型を追尾すると共にロボットアームにより模型に補助推力を付加することができる。

請求項 12 の本発明は、請求項 5 から請求項 11 のうちの 1 項に記載の荷重度変更自走試験装置において、前記追尾手段が前記補助推力付加手段を兼ねたことを特徴とする。

この構成によれば、模型を追尾すると共に模型に対して補助推力を付加することができる。

30

【発明の効果】

【0008】

本発明の荷重度変更自走試験方法および荷重度変更自走試験装置によれば、自走可能な模型を追尾手段により追尾し、追尾手段に設けた補助推力付加手段から模型に対して、その運動状態に基づいて補助推力計算手段により計算された所定の補助推力を与えることができる。例えば、操舵や外力によって斜航や旋回あるいは波を含む外力による船体動揺までもおこなうような自走試験、さらに途中でプロペラ回転数が変化するような自走試験において、運動状態に基づいて所定の補助推力を与えることができる。

模型として模型船を用い、補助推力計算手段がフルード数を実船と一致させたときにレイノルズ数が一致しないことによる摩擦抵抗の差を計算する構成とすれば、自走可能な模型船のプロペラの回転数・推力・荷重度を補助推力の大きさに応じて任意に設定することが可能となる。これにより、平水中のみならず波浪中や風圧下における船の性能を直進中に限らず、操舵中、斜航中、旋回中、加速中、減速中などの航行状態を問わず、かつ機関特性をも含めて明らかにすることが可能となる。

40

追尾手段として、 X Y Z 3次元直交座標系において X 軸方向と、 Y 軸方向と、 Z 軸回りに動く曳引車を用い、模型船の位置と方位の検出結果に応じて曳引車を制御する構成とすれば、曳引車により自走可能な模型船の位置と方位を常に検知しながら、自走可能な模型船を追尾することが可能となる。また、曳引車は、自走可能な模型船の方位に応じて、補助推力計算手段により計算された補助推力を模型船の前後方向に常に与え続けることが

50

可能となる。

補助推力計算手段が模型船の加速度と補助推力付加手段の移動部の質量とに基づいて計算値を補正する構成とすれば、補助推力付加手段の移動部の慣性による模型船への影響を打ち消すことができるから、自走可能な模型船のプロペラの回転数・推力・荷重度の補助推力の大きさに応じた設定をより正確に行うことが可能となる。

本発明の荷重度変更自走試験装置を、x方向揺れ検出手段、y方向揺れ検出手段および船首揺れ検出手段を備えた構成とすれば、模型船の揺れに追従させることができるから、自走可能な模型船の上記設定をより正確に行うことが可能となる。

本発明の荷重度変更自走試験装置をx方向力検出器およびy方向力検出器を備えた構成とすれば、これらにより検出された模型船に実際に加えられている補助推力に基づいて補助推力付加手段を制御することができるから、模型船に付加する補助推力の精度を向上させることができる。

追尾手段として曳引車とこの曳引車に搭載されたロボットアームを用いた構成または、追尾手段が補助推力付加手段を兼ねた構成とすれば、模型を追尾し補助推力を加える手段を簡単な構成により実現することができる。例えば、模型へのロボットアームの取り付け作業を容易にし、また、慣性力を低くして動揺の計測範囲を広げることができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の第1の実施形態による荷重度変更試験方法に用いる荷重度変更試験装置を示すブロック図

【図2】本発明の第1の実施形態による荷重度変更自走試験方法に用いる水槽と曳引車の構造を示す要部平面図

【図3】本発明の第1の実施形態による荷重度変更自走試験装置の構造を示す要部斜視図

【図4】 α と β との関係および模型船に与える補助推力を説明するための模式図

【図5】船速の前後方向成分 u_m を説明するための模式図

【図6】本発明の第2の実施形態による荷重度変更自走試験装置の構造を示す要部斜視図

【図7】本発明の第3の実施形態による荷重度変更自走試験装置の構造を示す要部斜視図

【図8】荷重度変更自走試験装置においてエアノズルを制御して模型船に与える補助推力を制御する構成を説明するための要部側面図

【図9】本発明の第4の実施形態による荷重度変更試験装置を備えた流体作用力測定装置を模型船に適用した波力測定装置の機能実現手段を示すブロック図

【図10】図9の波力測定装置の要部斜視図

【図11】図9の波力測定装置の要部断面図

【図12】図9の波力測定装置の要部分解斜視図

【図13】図9の波力測定装置の要部断面図

【発明を実施するための形態】

【0010】

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態について、図1～4を参酌して以下に説明する。

図1は、本実施形態による荷重度変更試験方法に用いる荷重度変更試験装置を示すブロック図である。同図に示すように本実施形態の荷重度変更試験装置10は、制御手段1、運動状態検出手段2、補助推力計算手段3、補助推力付加手段4、追尾手段5および模型船(模型)6を備えている。

【0011】

制御手段1は、運動状態検出手段2、補助推力計算手段3、補助推力付加手段4、追尾手段5および模型船6を制御するものであり、中央処理装置(CPU、Central Processing Unit)などを用いて構成することができる。また、制御手段1は、必要に応じて制御のための情報を記録したり読み出したりするための情報記憶手段(図示せず)と接続されていても良い。

運動状態検出手段2は、模型船6の運動状態を検出するものである。運動状態検出手段

2により検出される運動状態としては、速度、加速度等が挙げられる。補助推力計算手段3は、運動状態検出手段2により検出された模型船6の運動状態に基づいて補助推力を計算するものである。補助推力計算手段3により、模型船6の運動状態に対応した適切な補助推力を得ることができる。補助推力付加手段4は、補助推力計算手段3の計算結果に応じて模型船6に補助推力を付加するものである。この補助推力付加手段4により、運動状態に対応した適切な補助推力を模型船6に付加することができる。追尾手段5は、自走可能な模型船6を追尾するものである。

【0012】

図2は本実施形態による荷重度変更自走試験方法に用いる試験水槽と曳引車の構造を示す要部平面図である。同図に示すように、曳引車(追尾手段)Aは主台車51、主台車51上の副台車52、および副台車52上の回転盤53を備えている。

水槽Hは、模型船6(図1参照)を自走させるためのものであり、X Y Z 3次元直交座標系が設定されている。以下、水槽Hに設定されている座標系を用いて模型船6の位置・方向を特定する場合、大文字のX、Y、Z及び θ を用いる。本実施形態においては、X Y Z 3次元直交座標系のX方向は、水槽Hに水が入った状態において水面の外郭により形成される長方形の長手方向をいう。そして、水面上でX軸に直交する方向をY方向、X方向およびY方向の何れとも直交する鉛直方向をZ方向とする。

【0013】

曳引車Aは主台車51によってレール54上をX方向に動くことができる。主台車51には副台車52が設置されており、副台車52は主台車51上をY方向に動くことができる。副台車52は回転盤53を備えており、回転盤53はZ方向(Z軸)を回転軸として回転することができる。回転盤53がZ軸回りに回転する回転方向をX軸を基準として方向と記す。曳引車Aの位置を X_c 、 Y_c と記し、X軸を基準とした回転方向を θ_c と記す。曳引車Aの位置と方向 X_c 、 Y_c 、 θ_c は外部からの信号によってそれぞれ制御することができる。

【0014】

図3は本実施形態の荷重度変更試験装置の構造を示す要部斜視図であり、変位検出・補助推力付加のための荷重度変更試験装置10の構造の概略を示している。この荷重度変更試験装置10は、図2に示した曳引車Aの回転盤53上に設置される。そして、その下端の模型固定部11において、破線で示した模型船6の重心位置に固定される。模型船6を水平に保つためのジンバル部12を備えていることによって、図2に示す曳引車Aが模型船6の横揺れ・縦揺れ・船首揺れを拘束することはない。すなわち、ジンバル部12により、模型船6のピッチ方向、ロール方向、ヨー方向に対する運動が許容されている。

【0015】

図3に示すように、水槽Hに設定されているX Y Z 3次元直交座標系(図2参照)とは別に、荷重度変更試験装置10にはx - y - z 3次元直交座標系が設定されている。以下、荷重度変更試験装置10に設定されている座標系を用いて模型船6の位置・方向を特定する場合、小文字のx、y、z及び θ を用いる。このx - y - z 3次元直交座標系のx方向とは、回転盤53上に固定された水槽Hの水面に平行な所定方向をいう。そして、水面に平行でx軸に直交する方向をy方向、x方向およびy方向の何れとも直交する鉛直方向をz方向とする。

x - y - z 3次元直交座標系は、回転盤53上に固定されたものであるから、回転盤53の回転に伴って、x方向、y方向が変化する。ただし、z軸回りの回転方向の基準位置をx方向としているから、z軸回りの回転方向 θ が回転盤53の回転に伴って変化することはない。

荷重度変更試験装置10では、模型固定部11およびジンバル部12を備えている支柱部13が、鉛直方向に移動可能な状態でx移動部(補助推力付加手段)14に取付けられている。支柱部13は、x移動部14内のローラー(補助推力付加手段)15によって、鉛直となるように保たれると同時に模型船6の上下揺れを拘束することはない。

x移動部14は下方にローラー15を備えており、ローラー15がxレール16上に乗

10

20

30

40

50

っている。ローラー 15 が回転して x レール 16 を移動することにより、x 移動部 14 は x 方向に動くことができる。x レール 16 の下方にはローラー（補助推力付加手段）17 が設けられており、ローラー 17 が y レール（補助推力付加手段）18 上に乗っている。ローラー 17 が回転して y レール 18 上を移動することにより、x レール 16 は y 方向に動くことができる。

【0016】

模型船 6 の x 方向の揺れは x 揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段）19 によって検出される。模型船 6 の y 方向の揺れは y 揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段）20 によって検出される。模型船 6 の船首揺れは船首揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段）21 によって検出される。これらのポテンシオメータによって検出される x 揺れと y 揺れ、船首揺れの値を x 、 y 、 と記す。

10

【0017】

x 移動部 14 には x 揺れ用ワイヤー 22 を介して x 力用サーボモータ（補助推力付加手段）23 が接続されており、これらを介して x 移動部 14 に x 方向の力をかけることができる。x レール 16 には y 揺れ用ワイヤー 24 を介して y 力用サーボモータ（補助推力付加手段）25 が接続されており、これらを介して x レール 16 に y 方向の力をかけることができる。x 力用サーボモータ 23 が生み出す x 方向の力を F_x 、y 力用サーボモータ 25 が生み出す y 方向の力を F_y と記す。模型固定部 11、ジンバル部 12 および支柱部 13 の合計重量は模型船 6 の排水量に含まれる。

【0018】

検出された x 、 y 、 を信号に変換して曳引車 A に入力し、これら x 、 y 、 が 0 になるように例えば PID 制御のようなフィードバック制御によって X_c 、 Y_c 、 ψ_c を制御する。その結果、曳引車 A は自走する模型船 6 の位置と方位を追尾して動くことになる。

20

【0019】

水槽 H の X-Y-Z 3 次元直交座標系における模型船 6 の船首方向を ψ_s と記す。 ψ_s と、回転盤 53 の回転方向 ψ_c と、船首揺れ検出用ポテンシオメータ 21 によって検出された ψ とに関して次の関係が成り立つ。

【数 1】

$$\Psi_s = \Psi_c + \psi \quad (1)$$

模型船 6 に補助推力 T_a を与える場合は次式のように F_x と F_y を与えればよい。 ψ_s と ψ_c と ψ との関係および模型船に与える補助推力を説明するための模式図を図 4 に示す。

【数 2】

$$\begin{cases} F_x = T_a \cos \psi \\ F_y = T_a \sin \psi \end{cases} \quad (2)$$

【0020】

模型船 6 が x 方向に加速度を持つ場合は x 移動部 14 の質量 m_x が、y 方向に加速度を持つ場合は x 移動部 14 の質量 m_x と x レール 16 の質量 m_r の合計がそれぞれ慣性力として模型船 6 に作用することになる。これらの慣性力が無視できない場合は、これらの慣性力を打ち消すだけの力を x 方向と y 方向に与えればよい。この場合、x 力用サーボモータ 23 が生み出す x 方向の力 F_x と、y 力用サーボモータ 25 が生み出す y 方向の力 F_y は次式で与えられる。

40

【数 3】

$$\begin{cases} F_x = T_a \cos \psi + m_x a_x \\ \quad = T_a \cos \psi + m_x (\ddot{X}_C \cos \Psi_C + \ddot{Y}_C \sin \Psi_C + \ddot{x} - \ddot{\Psi}_C y - 2\dot{\Psi}_C \dot{y} - \dot{\Psi}_C^2 x) \\ F_y = T_a \sin \psi + (m_x + m_r) a_y \\ \quad = T_a \sin \psi + (m_x + m_r) (-\ddot{X}_C \sin \Psi_C + \ddot{Y}_C \cos \Psi_C + \ddot{y} + \ddot{\Psi}_C x + 2\dot{\Psi}_C \dot{x} - \dot{\Psi}_C^2 y) \end{cases} \quad (3)$$

(3) 式中の a_x および a_y は図 3 中に示す x, y 方向加速度計 26 によって直接計測される x 方向および y 方向の加速度の値を表す。これらはそれぞれ上式のように $X_C, Y_C, \dot{\Psi}_C, \dot{x}, \dot{y}$ の解析からも求めることができる。加速度 a_x および a_y の計測値は必要に応じてフィルター等を介して雑音を除去して (3) 式に従ってフィードバックさせることができる。

補助推力 T_a は、一定値であっても、あるいは模型船 6 の船速とプロペラ回転数・船体運動等から計算され時々刻々変化する変動値でもかまわない。すなわち、模型船 6 を一定速度で直進させるような場合、補助推力 T_a として一定の値を用いることができるが、本実施形態の荷重度変更試験装置 10 によれば、模型船 6 の運動状態に基づいて補助推力計算手段 3 により計算された補助推力を模型船 6 に対して付加することができる。これにより、模型船 6 の自走試験においてプロペラの荷重度を自由に調整すること、すなわち、模型船 6 の変化する運動状態に対応して、適切な補助推力を加えることにより、模型船 6 のプロペラの荷重度を自由に調整することが可能となる。

【0021】

一般に自走試験の方法としては、プロペラ回転数一定のほか推力一定、トルク一定、馬力一定の方法が考えられる。いずれの方法で自走試験をおこなっても、波浪中や風圧下など外乱がある場合は一般に船体動揺や斜航などの操縦運動が伴う。あるいは外乱がなくても操舵による操縦運動が伴う場合がある。このような場合は船速が変化する。船速が変化すれば与えるべき補助推力 T_a の値も変化する。これは補助推力 T_a が一般に摩擦抵抗成分に対応するからである。補助推力 T_a として与えるべき摩擦抵抗成分は、あらかじめ実施されたまたは別途推定された船の抵抗特性から次式のように船速の前後方向成分 u_m の関数として求めることができる。

【数 4】

$$T_a = T_a(u_m) \quad (4)$$

模型船 6 が前後方向に一定の運動をしている場合、補助推力 T_a は一定となる。しかし、模型船 6 が旋回する場合、通常、模型船 6 は滑りながら旋回するから、船首方向と移動方向とが一致しない。このため、摩擦抵抗成分を検討するにあたっては、船首方向の速度の前後成分 u_m が問題となってくる。

図 5 は船速の前後方向成分 u_m を説明するための模式図である。同図に示すように、図中において二点鎖線を用いて示した軌跡を描くように旋回する場合、模型船 6 は一般にその船首を旋回軌道よりも内側に向ける。ここで、補助推力 T_a として与えるべき摩擦抵抗成分は、旋回方向ではなく、船速の前後方向成分 u_m の関数として求めることができる。船速の前後方向成分 u_m は次式で計算される。

【数 5】

$$u_m = \dot{X}_1 \cos \Psi_S + \dot{Y}_1 \sin \Psi_S \quad (5)$$

ただし、(5) 式右辺中の変数は次式で求められる。

【数 6】

$$\begin{cases} \dot{X}_1 = \dot{X}_C + \dot{x} \cos \Psi_C - x \dot{\Psi}_C \sin \Psi_C - \dot{y} \sin \Psi_C - y \dot{\Psi}_C \cos \Psi_C \\ \dot{Y}_1 = \dot{Y}_C + \dot{x} \sin \Psi_C + x \dot{\Psi}_C \cos \Psi_C + \dot{y} \cos \Psi_C - y \dot{\Psi}_C \sin \Psi_C \\ \Psi_S = \Psi_C + \psi \end{cases} \quad (6)$$

【0022】

(4) 式的具体化はいくつか考えられるが、例えば次式のように表すことができる。

【数 7】

$$T_a = \frac{1}{2} \rho_m S_m u_m^2 (1+K) [-0.463 \{ \log_{10} (\frac{u_m L_m}{v_m}) \}^{-2.6} + 0.463 \{ \log_{10} (\frac{u_s L_s}{v_s}) \}^{-2.6}] \quad (7)$$

$$u_s = u_m \sqrt{\frac{L_s}{L_m}}$$

(7) 式中の L は船の長さ、u は船速の前後方向成分、 ρ は水の密度、S は船の浸水表面積、 ν は水の動粘性係数を表し、添え字の m と s はそれぞれ模型船 (m) と実船 (s) に対応した値であることを表す。K は形状影響係数を表す。

このように、本方法によれば船速の変動がある場合でもこれに応じて変動する補助推力を時々刻々与えることが可能となる。

20

【0023】

なお、本実施形態の荷重量変更試験装置は、運動状態検出手段としてポテンシオメータを用いている。このようにポテンシオメータを採用した構成では、追尾手段が補助推力付加手段としても機能するから、両者を厳密に分けることは困難である。このため、補助推力計算手段による計算値の補正に用いられる補助推力付加手段の移動部の質量には、追尾手段に相当する部分の質量も含まれることとなる。しかし、模型船を追尾するための手段として、例えばカメラで模型船の位置を認識するような別の構成を採用することも可能である。このような構成を採用した場合、追尾手段の移動部の質量が存在せず、ポテンシオメータは必要なくなり、移動部すべてが補助推力付加手段であるとみなすことができる。このため、補助推力付加手段の移動部の質量として計算値の補正に用いられるものは、追尾手段に相当する部分を含まない移動部の質量となる。

30

【0024】

(第2の実施形態)

本実施の形態において用いる装置・手段としては、第1の実施形態とほぼ同じであるが、図6に示すような若干異なる変位検出・補助推力付加装置を用いる。本実施形態の荷重量変更試験装置30が図3の荷重量変更試験装置10と異なる点は、x y 方向加速度計26を必要とせず、その代わりにジンバル部12上部にx方向の力を検出するx方向力検出器(運動状態検出手段)31とy方向の力を検出するy方向力検出器(運動状態検出手段)32を設けている点である。なお、第1の実施形態において説明した部材については、同じ番号を付して本実施形態では説明を省略する。

40

与えるべき補助推力が T_a である場合、x方向力検出器31で検出される力を F_{xm} 、y方向力検出器32で検出される力を F_{ym} とする。このとき、次式が満足されるようにx力用サーボモータ23及びy力用サーボモータ25を制御すればよい。

【数 8】

$$\begin{cases} F_{xm} = T_a \cos \psi \\ F_{ym} = T_a \sin \psi \end{cases} \quad (8)$$

【0025】

x方向力検出器31およびy方向力検出器32の代わりに模型船6の前後力 F_L および

50

左右力 F_T を検出する場合は以下を満足するように x 力用サーボモータ 23 及び y 力用サーボモータ 25 を制御すればよい。

【数 9】

$$\begin{cases} F_L = T_a \\ F_T = 0 \end{cases} \quad (9)$$

前記第 1 の実施形態が x 力用サーボモータ 23 及び y 力用サーボモータ 25 が出す力がある値になるように制御するのに対し、本実施形態は x 方向力検出器 31 および y 方向力検出器 32 により計測される力がある値になるように制御する点において異なる。本実施形態では、実際に模型船 6 に加えられている力を計測することから、 x 移動部 14 および x レール 16 を含んで構成される移動部の質量は自動的に補正される。

10

【0026】

(第 3 の実施形態)

本発明の第 3 の実施形態について、図 7 及び図 8 を参酌して以下に説明する。本実施形態では、補助推力付加手段として圧縮ガス（エア）ポンペを利用して補助推力を与える方法を用いた点において、上述した第 1 および第 2 の実施形態とは異なっている。なお、第 1 および第 2 の実施形態において説明した部材については、同じ番号を付して本実施形態では説明を省略する。

図 7 は本実施形態による荷重度変更自走試験装置の構造を示す要部斜視図である。同図に示すように、本実施形態の荷重度変更試験装置 40 は模型船 6 の船尾にエアノズル（補助推力付加手段）41 を備えている。そして、曳引車 A は別途自動追尾手段としての主台車 51、副台車 52 及び回転盤 53（図 2 参照）を持って模型船 6 を追尾すると同時に、模型船 6 の船尾に設けられているエアノズル 41 を制御して模型船 6 に与える補助推力の大きさを時々刻々状況に応じて変化させることになる。なお、曳引車 A によるエアノズル 41 の制御方法としては、従来公知の方法を用いることができる。

20

【0027】

図 8 は荷重度変更自走試験装置においてエアノズル 41 を制御して模型船に与える補助推力を制御する構成を説明するための要部側面図である。同図に示すように、模型船 6 はその推進力をプロペラ 61 のみならず、エアノズル 41 から得ることができる。このため、運動状態検出手段 2 により得られた情報に基づいて補助推力計算手段 3 により得られた計算結果に応じて、エアノズル 41 からのガス噴射による補助推進力を変化させることにより、プロペラ 61 の回転数と模型船 6 の船側とを独立して設定することができ、プロペラ 61 の荷重度を自由に調整することができる。

30

なお、本実施の形態においては、第 2 の実施の形態同様 x 方向力検出器 31 および y 方向力検出器 32 を用いた構成としたが、これ以外の実施形態として記載した構成と組み合わせることも可能である。

【0028】

(第 4 の実施形態)

本発明の第 4 の実施形態について、図 9 ~ 図 13 を参酌して以下に説明する。本実施形態では、ロボットアームを用いて荷重度変更試験装置を実施し、当該荷重度変更試験装置を備えた流体作用力測定装置として本発明を実施する場合について説明する。この場合、ロボットアームは、それが検出する模型船の変位と方位に応じて曳引車が模型船を自動追尾すると同時に、状況に応じて時々刻々変化する補助推力を模型船に加えるように動く。これにより、ロボットアームを用いることによっても、本発明の課題を解決することができる。

40

【0029】

図 9 は本実施形態による荷重度変更試験装置を備えた流体作用力測定装置を模型船に適用した波力測定装置の機能実現手段を示すブロック図である。

本実施形態による波力測定装置は、流体の作用力試験を行う模型（模型船）101と、

50

模型 101 に作用する流体の力を検出する作用力検出手段（運動状態検出手段）102 と、流体を変動させる流体変動手段 103 と、模型 101 を作動させる模型作動手段 104 と、作用力検出手段 102 を端部に設けるロボットアーム（補助推力付加手段、追尾手段）105 とを備えている。ロボットアーム 105 は、従来のヒープロッド・キャリッジ式波力計測装置のようなキャリッジを必要としないため、動揺計測範囲を広く取れる。

作用力検出手段 102 は、複数のロードセルで構成している。本実施形態では、サージ方向、スウェイ方向、ヒープ方向、ヨー方向のそれぞれの作用力を検出するために、4 軸ロードセルを用いている。作用力検出手段 102 は、流体変動手段 103 による流体の変動下で模型 101 に作用する力、及び模型 101 を模型作動手段 104 により作動させたときの模型 101 に作用する力を検出する。

【0030】

ロボットアーム 105 の端部は、機械的な機構又は制御機構によって水平を保つように構成されている。ロボットアーム 105 の先端部には、過大負荷防止機構 106 とワンタッチ機構 107 とを備えている。図 9 では、過大負荷防止機構 106 は、ワンタッチ機構 107 を介してロボットアーム 105 に設けた構成を示しているが、ロボットアーム 105 に直接設けてもよい。

作用力検出手段 102 は過大負荷防止機構 106 を介しワンタッチ機構 107 によってロボットアーム 105 に連結され、一方でケーシング 118 を介してジンバル 108 に接続されている。また、過大負荷防止機構 106 は、模型 101 を作動、又は停止させるときに作用力検出手段 102 の周辺構造物であるケーシング 118 を掴み、作用力検出手段 102 に過大な負荷がかかることを防止することが可能なように構成されている。

なお、ワンタッチ機構 107 は、作用力検出手段 102 とジンバル 108 との間、又はジンバル 108 と模型 101 との間に設けてもよい。ジンバル 108 と模型 101 との間にワンタッチ機構 107 を設けた場合は、模型 101 をワンタッチ機構 107 で直接的に掴むことになるがロボットアーム 105 と過大負荷防止機構 106 との間や、作用力検出手段 102 とジンバル 108 との間に設けた場合は、間接的に掴むことになる。この掴み方が、直接的であるか間接的であるかは、関連部分の構成や着脱操作のし易さに応じて任意に選択される。

なお、ワンタッチ機構 107 は、手の 1 回の接触で着脱が可能な機構をはじめとした、工具を用いることなく簡便に物の着脱が可能な機構全体を含むものとする。

従来のヒープロッド・キャリッジ式波力計測装置においては、ジンバルを模型船に固定する作業が、複数のボルト固定によるために極めて手間を要していた。しかし、ワンタッチ機構 107 を設けることで、模型 101 へのロボットアーム 105 の取り付けを多数のボルトを用いることなく行えるために、波力測定装置の設置作業に要する手間を軽減できる。また、従来のヒープロッド・キャリッジ式波力計測装置で問題となっていたサージ方向とスウェイ方向のキャリッジの慣性力の問題を軽減できる。

また、過大負荷防止機構 106 はケーシング 118 を掴む構成以外に、模型 101 を掴む構成や、ジンバル 108 の上部を掴む構成があり得る。この、過大負荷防止機構 106 がどこを掴むかは、関連部分の構成や実験のし易さに応じて任意に選択される。

図 9 に示すように、過大負荷防止機構 106 は、モータやソレノイド等を利用した開閉手段 106a によって開閉される。過大負荷防止機構 106 がクランプ開の状態、すなわちクランプしない状態では、ワンタッチ機構 107 によって作用力検出手段 102 が過大負荷防止機構 106 を介してロボットアーム 105 に連結される。過大負荷防止機構 106 は、クランプ閉の状態、すなわちクランプした状態では、作用力検出手段 102 のケーシング 118 を掴む。過大負荷防止機構 106 によってケーシング 118 を掴んだ状態では、ロボットアーム 105 から模型 101 に力を作用させても、ロボットアーム 105 の力は作用力検出手段 102 に働かない。模型 101 を作動/停止させるとき、すなわち所定の試験位置に模型 101 を設置するまでの移動時及び停止時や、所定の速度に加速する間等には、開閉手段 106a によってクランプ閉とし、過大負荷防止機構 106 でケーシング 118 を掴むように制御する。また、模型 101 に力を作用させる場合にも、開閉手

10

20

30

40

50

段 106a によってクランプ閉とし、過大負荷防止機構 106 でケーシング 118 を掴んだ状態とする。

【0031】

作用力検出手段 102 は、ジンバル 108 を介して模型 101 に取り付けられる。ジンバル 108 は、ピッチ方向とロール方向に対する模型 101 の運動を許容する。

模型作動手段 104 には、模型 101 を曳引する曳引車 A (図 2 参照) を用いることができ、模型作動手段 104 は、ロボットアーム 105 を介して作動させることが好ましい。

検出値記憶手段 109 は、作用力検出手段 102 で検出し、付加物慣性力補正手段 114 で補正した検出値を記憶する。追従動作演算手段 (補助推力計算手段) 110 では、検出値記憶手段 109 に記憶した検出値に基づいて、検出される力がゼロとなるようにロボットアーム 105 の動作方向と動作距離を演算する。ロボットアーム駆動手段 (補助推力付加手段、追尾手段) 111 では、追従動作演算手段 110 で演算されたデータに基づいてロボットアーム 105 に対して駆動させる。

ロボットアーム 105 を模型 101 に追従させる時には、開閉手段 106a によってクランプ開とし、上記のように作用力検出手段 102 で検出される力がゼロとなるようにロボットアーム 105 を動作させる。従って、ロボットアーム 105 からの力は、作用力検出手段 102 に作用させず、ロボットアーム 105 の端部を作用力検出手段 102 の動きに追従させて動作させることができる。また、追従動作演算手段 110 により計算された補助推力をロボットアーム 105 を介して、模型 101 に付加することができる。

付加される補助推力は、第 1 の実施形態において記載したとおり、一定値であっても、あるいは模型 101 の船速とプロペラ回転数・船体運動等から計算され時々刻々変化する変動値であってもかまわない。変化する模型 101 の運動状態に対応した適切な補助推力を加えることにより、模型 101 のプロペラの荷重度を自由に調整することが可能となる。

【0032】

模型 101 の船体運動を検出する船体運動検出手段として、加速度検出手段 (運動状態検出手段) 112 とロボットアーム位置検出手段 (運動状態検出手段) 113 とを備えている。加速度検出手段 112 は、作用力検出手段 102 とともにロボットアーム 105 の端部に設けている。加速度検出手段 112 は、サージ方向、スウェイ方向、ヒープ方向、ヨー方向のそれぞれの加速度を検出することが好ましい。ロボットアーム位置検出手段 113 は、例えば、ロボットアーム機構が通常備えているサーボモータなどのエンコーダのデータを用いてロボットアーム 105 の端部の位置データを検出することができる。

付加物慣性力補正手段 (加速度検出手段、補助推力付加手段) 114 は、本実施形態により模型 101 と一緒に加速運動する作用力検出手段 102 に加わる慣性力を演算し、検出された作用力を補正する。付加物とは、ロボットアーム 105 の端部に設けられた作用力検出手段 102、加速度検出手段 112、及びこれらを固定するための治具であり、付加物の質量はあらかじめ記憶されている。付加物慣性力補正手段 114 では、検出される加速度とあらかじめ記憶された付加物の質量とから演算される。

【0033】

波力演算手段 115 では、作用力検出手段 102 で検出し、付加物慣性力補正手段 114 で補正した検出値に基づいて波力を演算する。

測定値記憶手段 116 では、波力演算手段 115 で演算された、付加物による影響を除去した波力を記憶するとともに、ロボットアーム位置検出手段 113 で検出された模型 101 の位置データを記憶する。

ドリフト量演算手段 117 では、ロボットアーム位置検出手段 113 で検出した検出値に基づいて、模型 101 のドリフト量を演算する。ドリフト量演算手段 117 による演算結果として、ドリフトを復原する力をロボットアーム 105 に与える必要がある場合には、ドリフトを復原する力をロボットアーム駆動手段 11 に与えることで、一定の平均的な位置周りに模型 101 を維持する。また、ドリフトを復原する力が作用力検出手段 102 の容

10

20

30

40

50

量を超えた場合は、過大負荷防止機構 106 がケーシング 118 を掴むように開閉手段 106a によってクランプを閉動作させ、作用力検出手段 102 の損傷を防止する。

【0034】

図 10 は同波力測定装置の要部斜視図、図 11 は同波力測定装置の要部断面図、図 12 は同波力測定装置の要部分解斜視図、図 13 は同波力測定装置の要部断面図である。

ジンバル 108 は、互いが直交する方向に第 1 の軸 108a と第 2 の軸 108b とを備えており、模型 101 の前後方向が第 1 の軸 108a、模型 101 の左右方向が第 2 の軸 108b となるように模型 101 に固定される。第 1 の軸 108a によって模型 101 のロール方向の運動を許容し、第 2 の軸 108b によって模型 101 のピッチ方向の運動を許容する。

作用力検出手段 102 はケーシング 118 内に収納され、ケーシング 118 を介してジンバル 108 に取り付けられる。作用力検出手段 102 は、ジンバル 108 に取り付けられることで、模型 101 のロール方向とピッチ方向の運動の影響は受けない。

ロボットアーム 105 の先端部には、ワンタッチ機構 107 を介して過大負荷防止機構 106 が設けられている。

【0035】

図 12 に示すように、作用力検出手段 102 は、サージ方向の作用力を検出するロードセル 102a、スウェイ方向の作用力を検出するロードセル 102b、ヒープ方向の作用力を検出するロードセル 102c、ヨー方向の作用力を検出するロードセル 102d とから構成される。これらのロードセル 102a、102b、102c、102d は、ケーシング 118 内に収納されている。ケーシング 118 の外周面には溝が形成され、過大負荷防止機構 106 はこの溝に係止する突起を備えている。

【0036】

図 10 から図 12 では、過大負荷防止機構 106 は、ケーシング 118 を掴むことで、間接的にジンバル 108 を掴む構成を示している。このように、過大負荷防止機構 106 は、ケーシング 118、ジンバル 108、又は模型 101 のいずれかを掴むことで、作用力検出手段 102 にロボットアーム 105 の力が加わらない。

【0037】

図 12 及び図 13 にワンタッチ機構 107 を示している。

ワンタッチ機構 107 は、ロボットアーム 105 の先端部 105a を挿入可能な凹部が形成された接合部 107a と、ボール保持具 107b と、ボール 107c と、ボール 107c を先端部 105a に押圧するロック部材 107d と、ロック部材 107d によるボール 107c への押圧を解除する解除レバー 107e とから構成されている。また、先端部 105a の端部には、廻り止め用のローレット 105b が形成されている。

【0038】

ロボットアーム 105 の先端部 105a が凹部に挿入されると、ボール 107c が先端部 105a の外周にリング状に形成された溝にはまり込み、ロック部材 107d の押圧によって、先端部 105a が接合部 107a に係合される。

解除レバー 107e を凹部の底面に向かって押し下げることによって、ロック部材 107d のボール 107c への押圧が解除され、先端部 105a の接合部 107a に対する係合は解除される。

【0039】

以上のように本実施形態によれば、波の作用力試験を行う模型 101 と、模型 101 に作用する波の力を検出する作用力検出手段 102 と、作用力検出手段 102 を端部に設けるロボットアーム 105 と、波を発生させる流体変動手段 103 とを備え、ロボットアーム 105 の端部に作用力検出手段 102 を設けることで、模型 101 の 6 自由度運動を極力拘束することなく、波による模型 101 の運動にロボットアーム 105 を追従させやすく、模型 101 の着脱作業が簡単で、コンパクトな測定装置を実現でき、更には広範囲での模型 101 の動揺を計測することができる。

また本実施形態によれば、作用力検出手段 102 として、ロードセル 102a、102

10

20

30

40

50

b、102c、102dを用いたことで、模型101に作用する波の力を電気信号で取り出すため、ロボットアーム105へのフィードバック制御を行いやすい。

【0040】

また本実施形態によれば、ロボットアーム105の先端部105aには、模型101を掴むワンタッチ機構107を備え、ワンタッチ機構107によって模型101を掴むことで、模型101へのロボットアーム105の取り付けを、多数のボルトを用いることなく行えるために、波力測定装置の設置作業に要する手間を軽減できる。

また本実施形態によれば、模型101の運動を許容するジンバル108をさらに備え、ワンタッチ機構107がジンバル108を掴む場合には、復原力を持つローリングやピッチングによる回転運動に対する制御をジンバル108によって行う必要がなくなり、またジンバル108を掴むことでも、ロボットアーム105を模型101に取り付けることができる。

また本実施形態によれば、ロボットアーム105を介して模型101を曳引する模型作動手段104をさらに備え、模型101を模型作動手段104で曳引して作動させることで、模型101を作動させたときの模型101に作用する力を測定でき、また模型101の作動をロボットアーム105によって行うことができる。

【0041】

また本実施形態によれば、模型101を作動/停止させるときに、過大負荷防止機構106でケーシング118を掴むことで、模型101の作動/停止にともなう作用力検出手段102への負荷を無くし、作用力検出手段102の損傷を防止することができる。

また本実施形態によれば、作用力検出手段102で検出される力がゼロとなるようにロボットアーム105を制御することで、模型101の6自由度運動を極力拘束することなく、模型船の運動にロボットアームを追従させることができる。

また本実施形態によれば、模型101に作用する波によるドリフトを復原する力をロボットアーム105に与えて、一定の平均的な位置周りに模型101を維持した状態で、作用力検出手段102で検出される平均荷重を求めて波力を測定したことで、サージング、スウェイング、及びヨーイングのドリフトを防止しつつ、出会波周期の船体運動にロボットアームを追従させ、波から受けるサージ、スウェイ、ヨー方向の定常的(平均値)な力を精密に測定することができる。

【0042】

また本実施形態によれば、模型101の船体運動を検出する船体運動検出手段をさらに備え、模型101に作用する力を検出するときには模型101の船体運動を船体運動検出手段によって検出したことで、船体運動を同時計測することができる。

また本実施形態によれば、船体運動検出手段を、加速度検出手段112とロボットアーム位置検出手段113で構成したことで、加速度検出手段112の検出値を用いて作用力検出手段102などの計測物による慣性力の影響を補正することができる。

【0043】

なお、本実施形態では、模型船に適用した波力測定装置で説明したが、船以外の浮体、水中航行体、航空機などに対する流体の作用力試験に用いる流体作用力測定装置としても適用できる。

また、本実施形態では、ロボットアーム105の端部が水平を保つように制御し、作用力検出手段102で検出される力がゼロとなるようにロボットアーム105を動作させることで、模型の運動に影響を与えることなく、ロボットアーム105の端部が模型101の運動を追跡、計測する場合を説明したが、ジャイロを備えることで、ロボットアーム105の端部を水平を保つことなく、水平からのずれを計測し、水平からのずれ量を用いて荷重の計測値を補正してもよい。

また、他の実施形態として、復原力の無いサージ方向、スウェイ方向、ヨー方向の運動に対して、定常力と変位に比例する復原力に相当する力を与え、これらの運動が平均的な位置の周りの周期運動となるように制御することもできる。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 4 】

本発明は、船、船以外の浮体、水中航行体、航空機などの各種模型を用いた自走試験においてプロペラ回転数と模型速度とを独立して設定可能な試験に利用することができる。

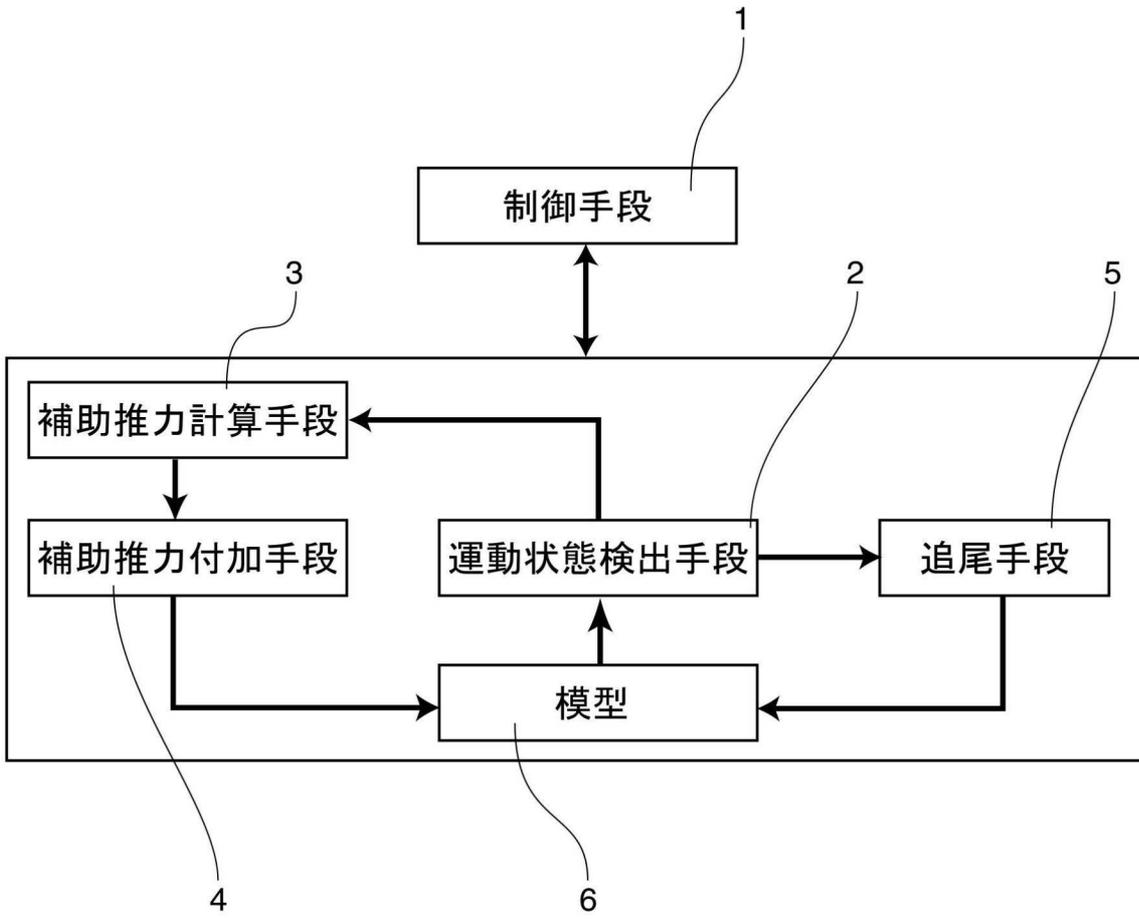
【 符号の説明 】

【 0 0 4 5 】

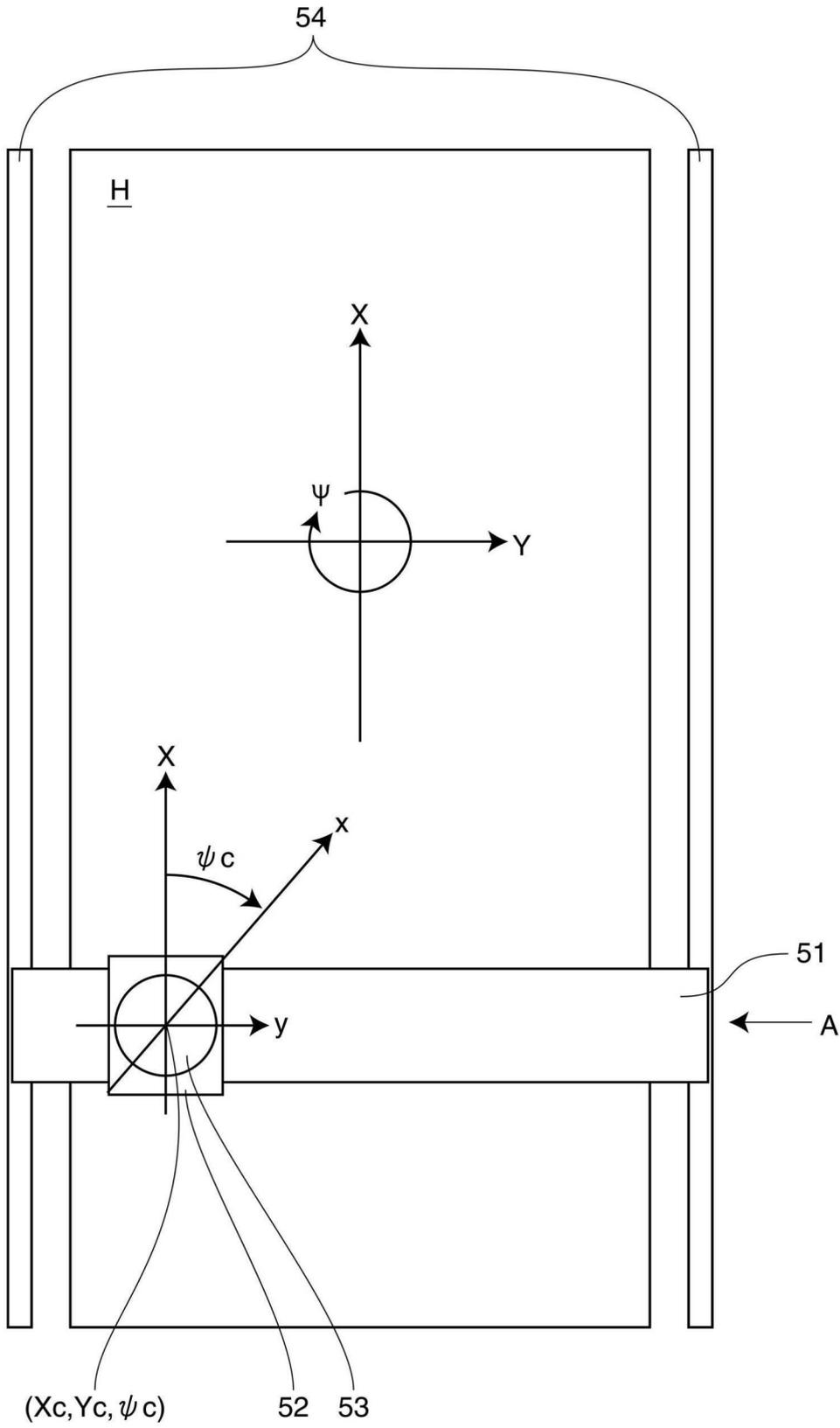
- 1 制御手段
- 2 運動状態検出手段
- 3 補助推力計算手段
- 4 補助推力付加手段
- 5 追尾手段 10
- 6 模型船（模型）
- 10、30、40 荷重度変更試験装置
- 14 x 移動部（補助推力付加手段）
- 15 ローラー（補助推力付加手段）
- 16 x レール（補助推力付加手段）
- 17 ローラー（補助推力付加手段）
- 18 y レール（補助推力付加手段）
- 19 x 揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段）
- 20 y 揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段）
- 21 船首揺れ検出用ポテンシオメータ（運動状態検出手段） 20
- 23 x 力用サーボモータ（補助推力付加手段）
- 25 y 力用サーボモータ（補助推力付加手段）
- 26 x y 方向加速度計（運動状態検出手段）
- 31 x 方向力検出器（運動状態検出手段）
- 32 y 方向力検出器（運動状態検出手段）
- 41 エアノズル（補助推力付加手段）
- 51 主台車（追尾手段）
- 52 副台車（追尾手段）
- 53 回転盤（追尾手段）
- A 曳引車（追尾手段） 30
- 101 模型（模型船）
- 102 作用力検出手段（運動状態検出手段）
- 105 ロボットアーム（補助推力付加手段、追尾手段）
- 110 追隨動作演算手段（補助推力計算手段）
- 111 ロボットアーム駆動手段（補助推力付加手段、追尾手段）
- 112 加速度検出手段（運動状態検出手段）
- 113 ロボットアーム位置検出手段（運動状態検出手段）
- 114 付加物慣性力補正手段（加速度検出手段、補助推力付加手段）

【図 1】

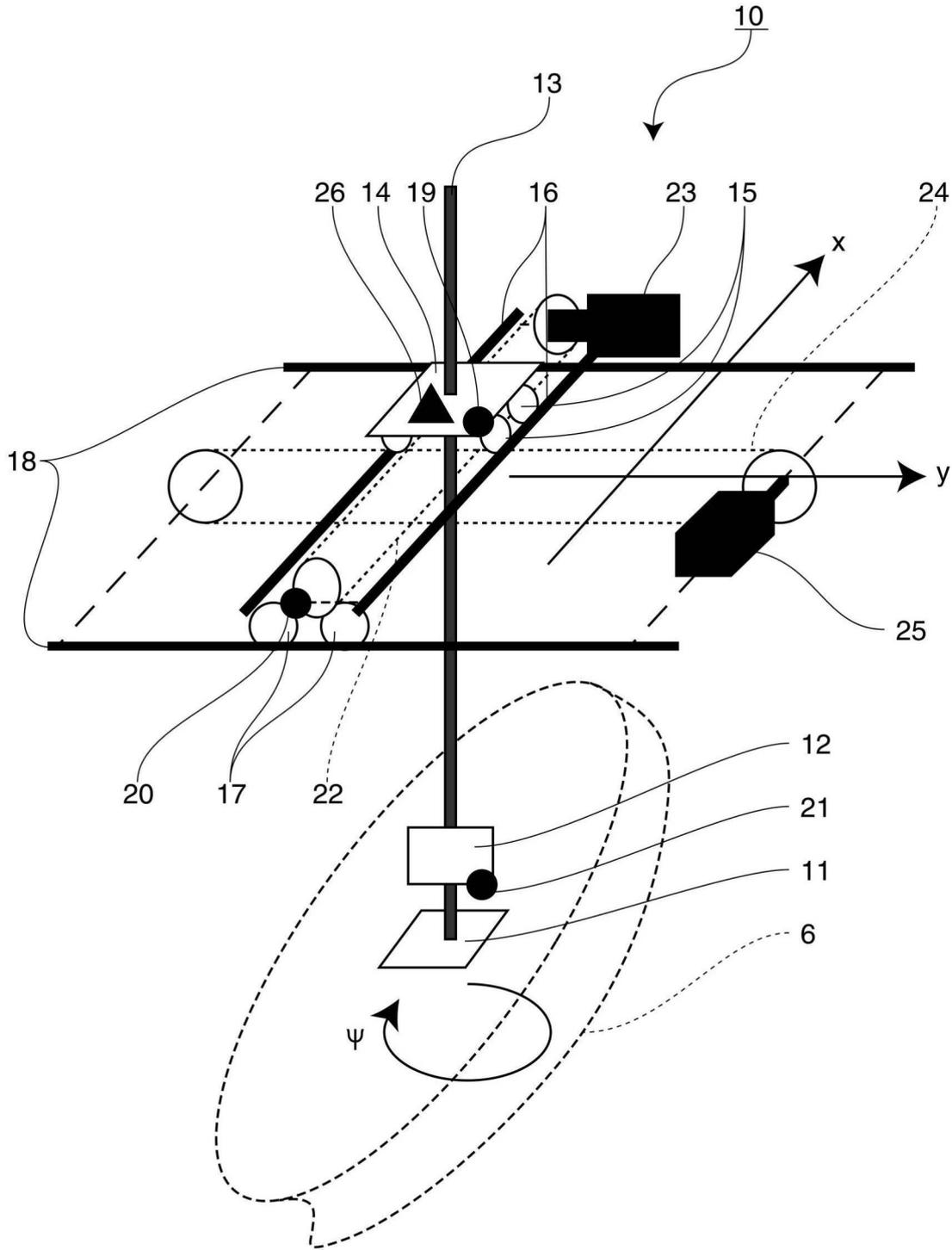
10



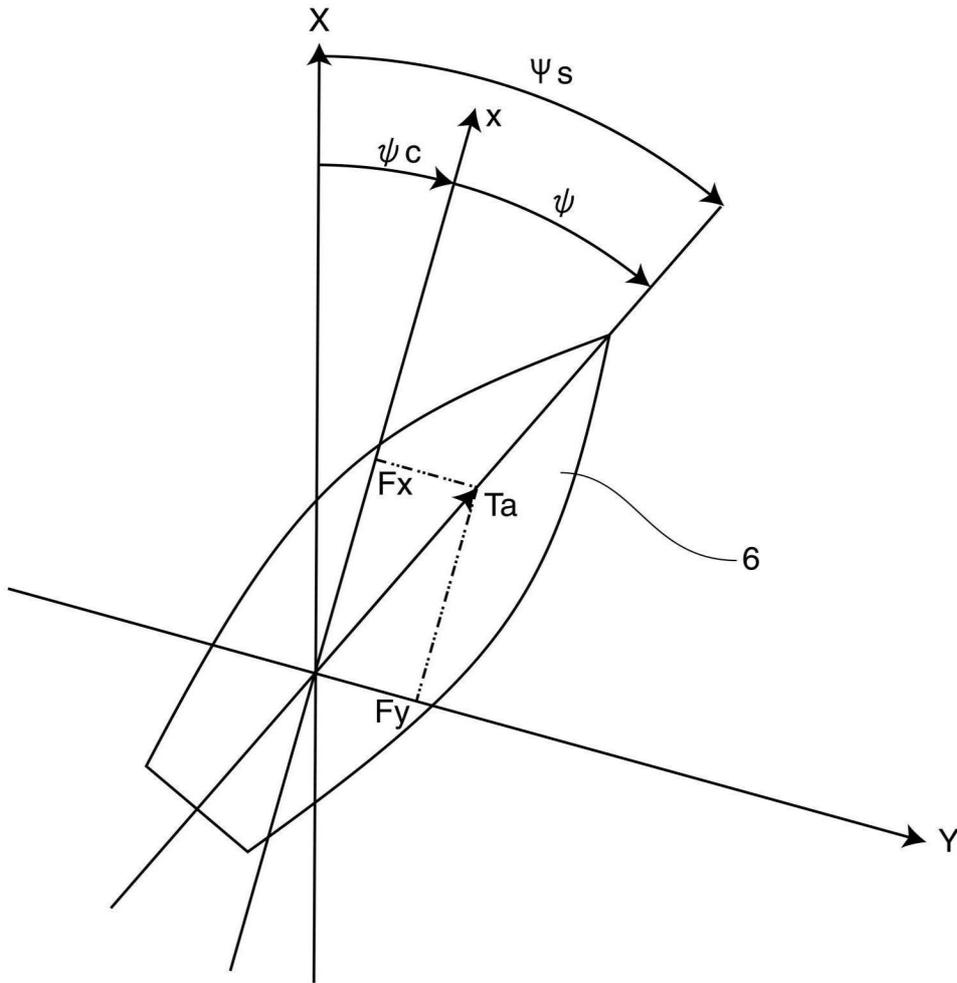
【 図 2 】



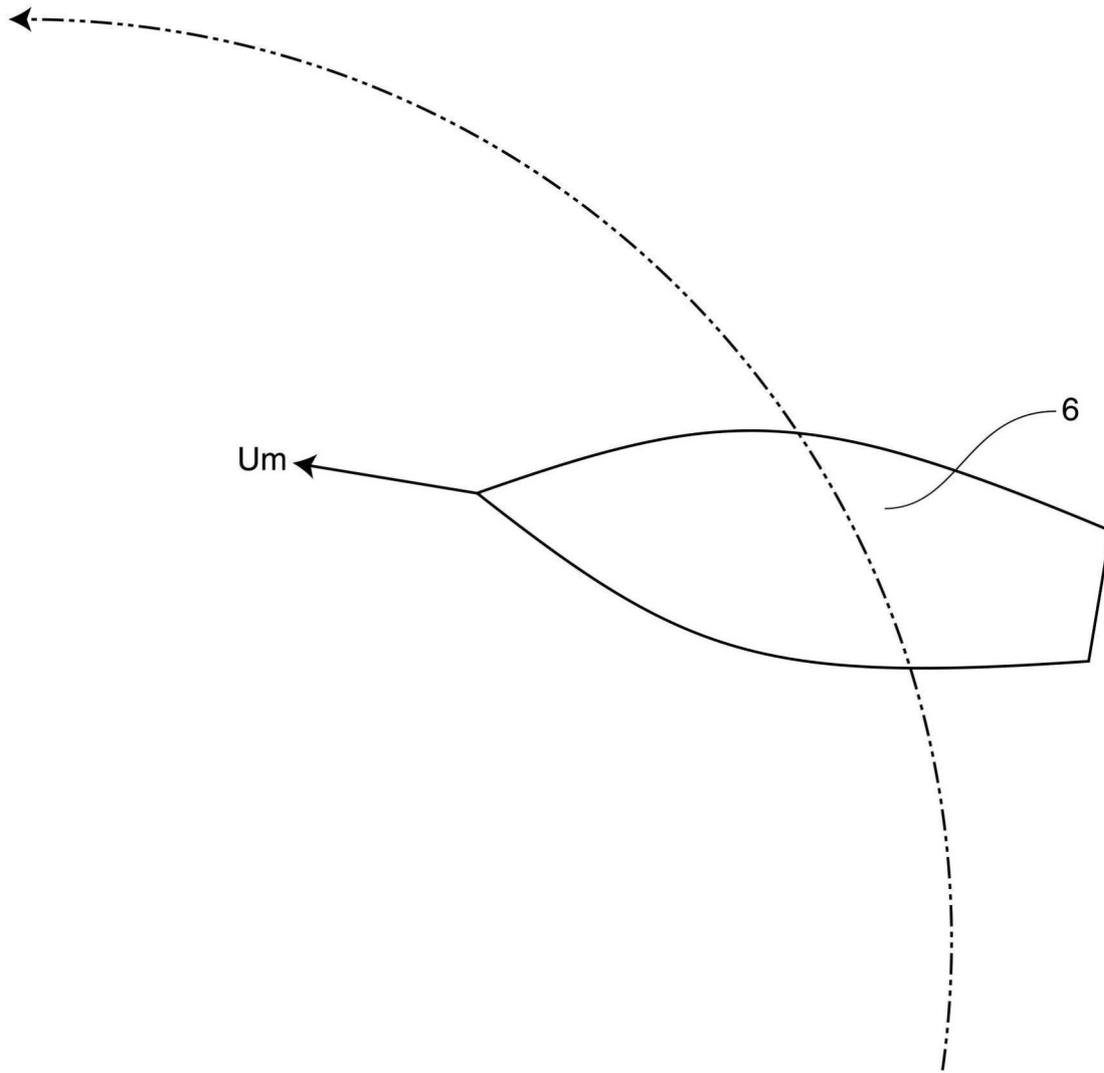
【図 3】



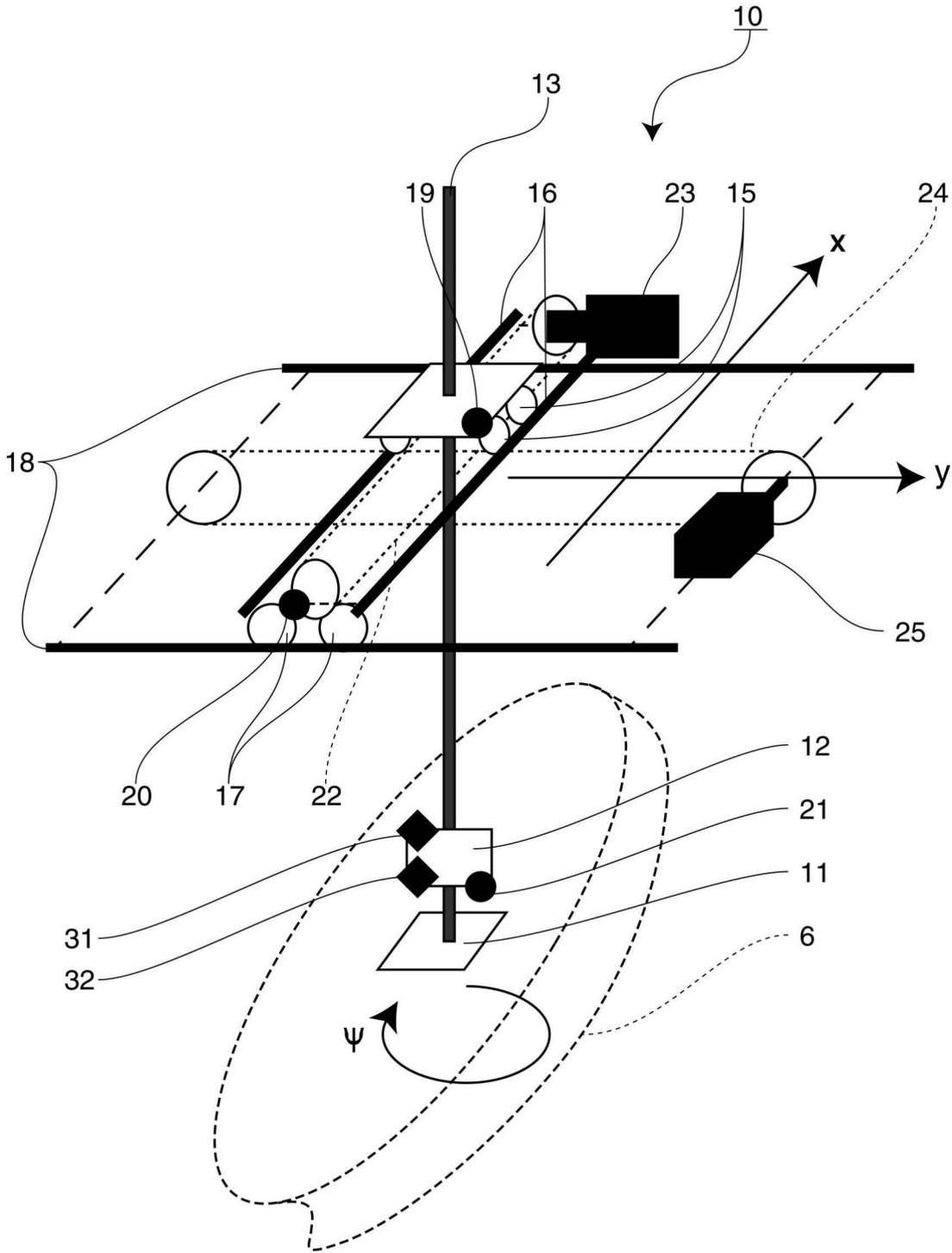
【 図 4 】



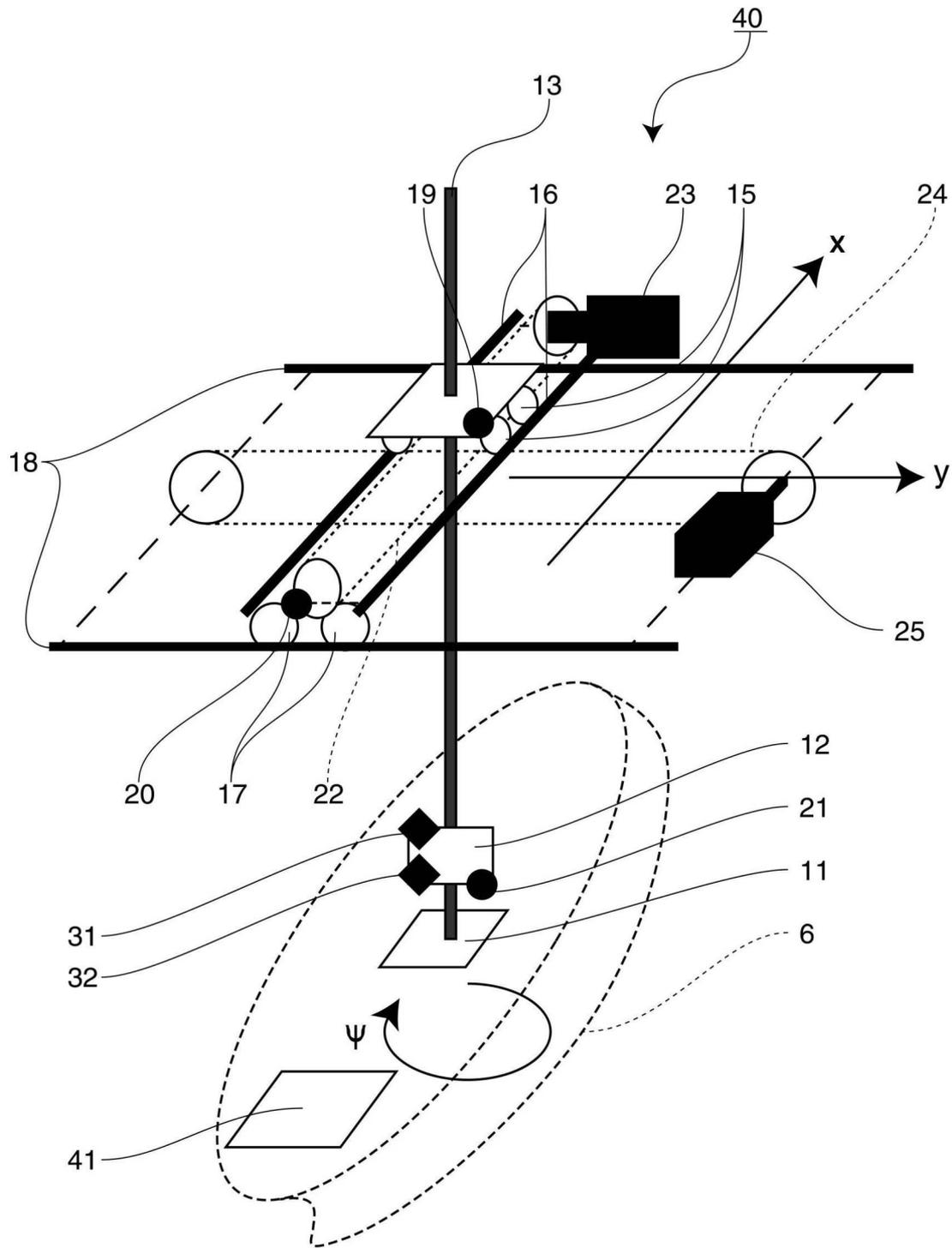
【図 5】



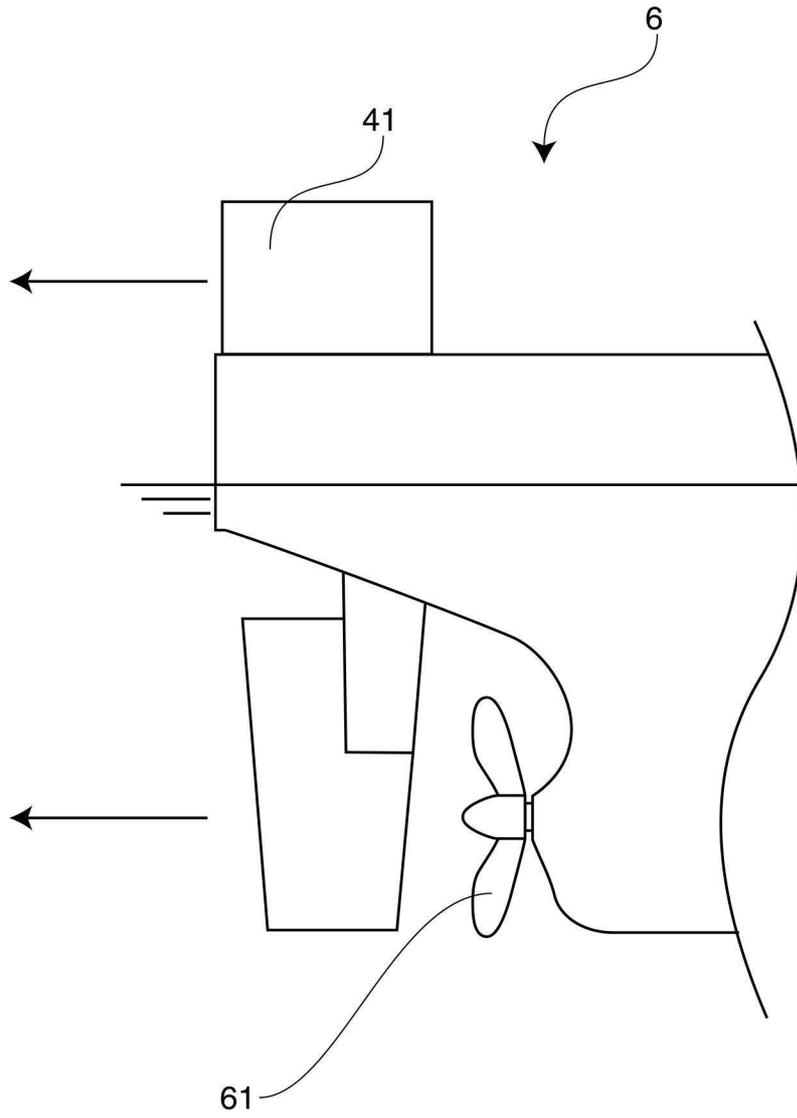
【図 6】



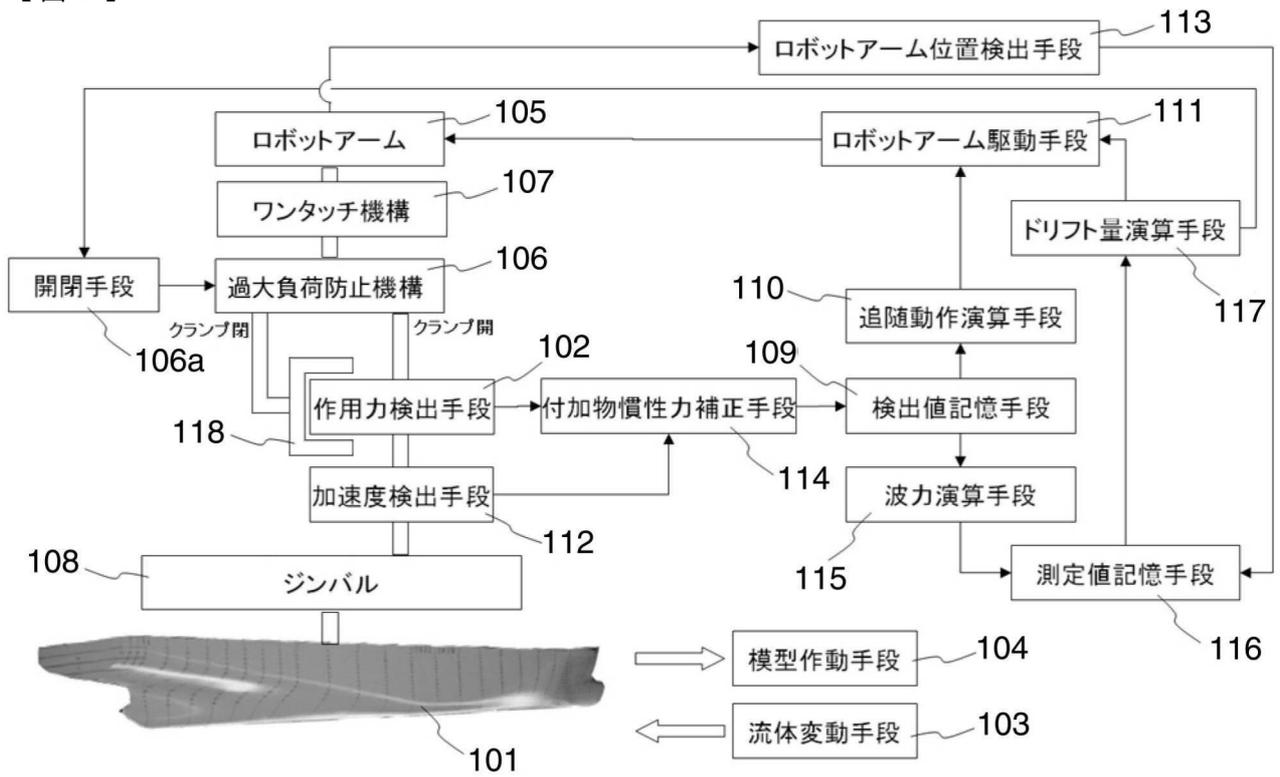
【 図 7 】



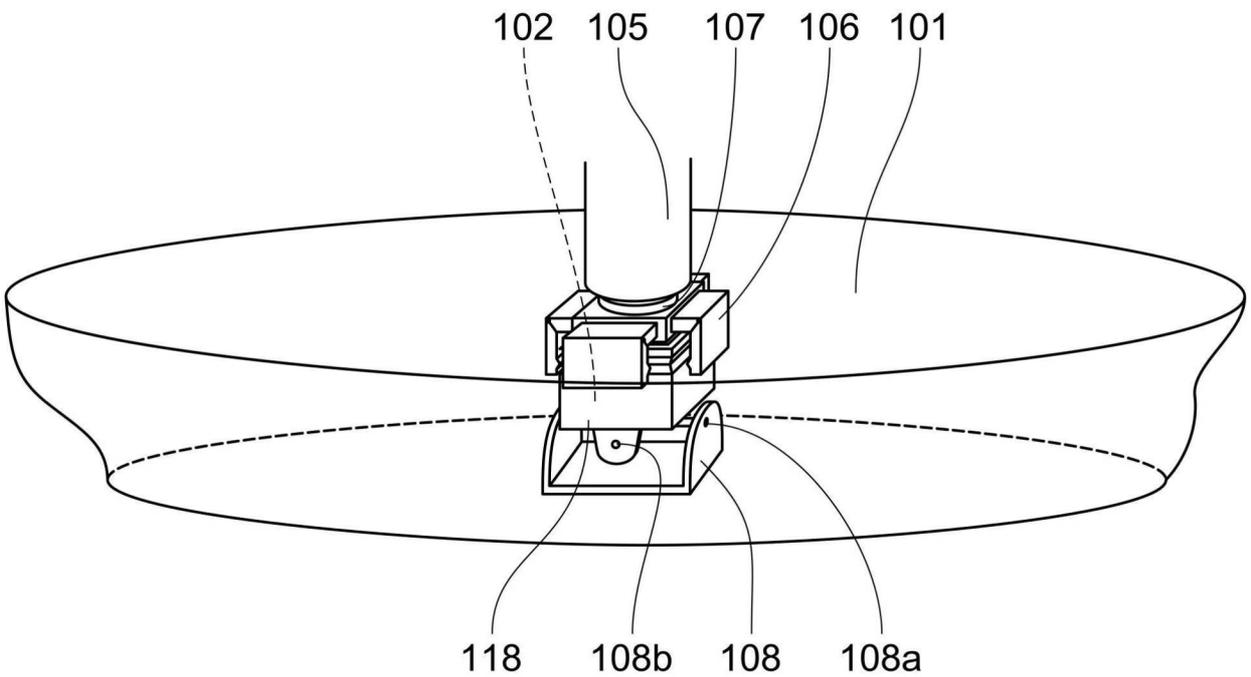
【図 8】



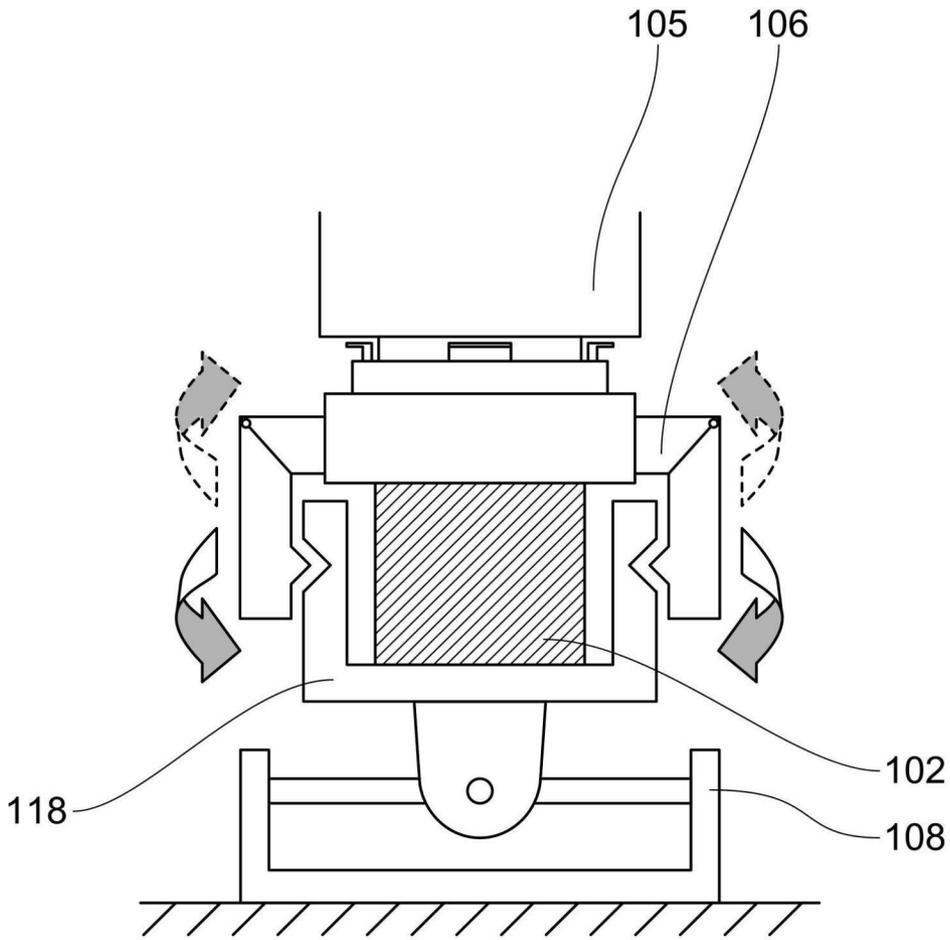
【図9】



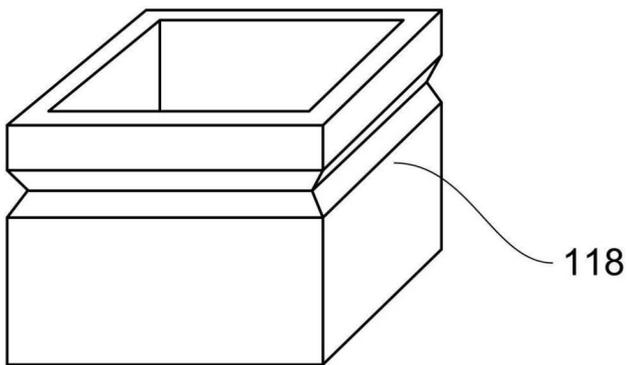
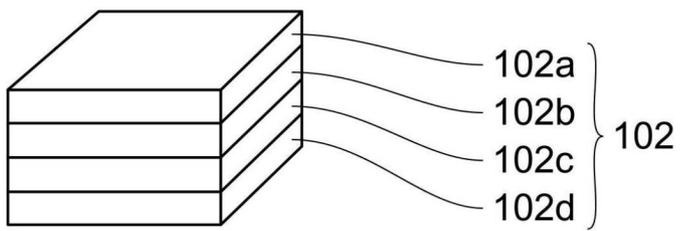
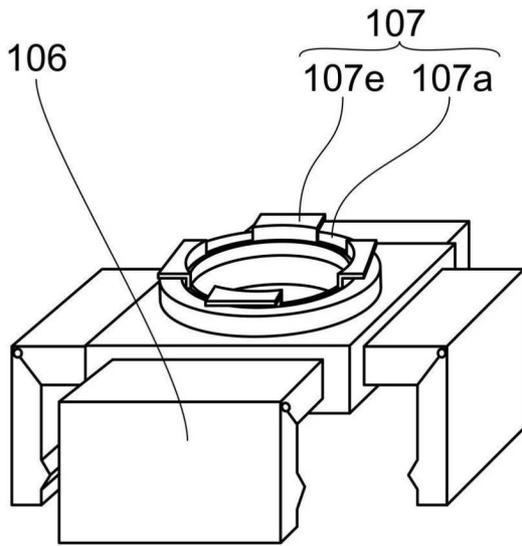
【図10】



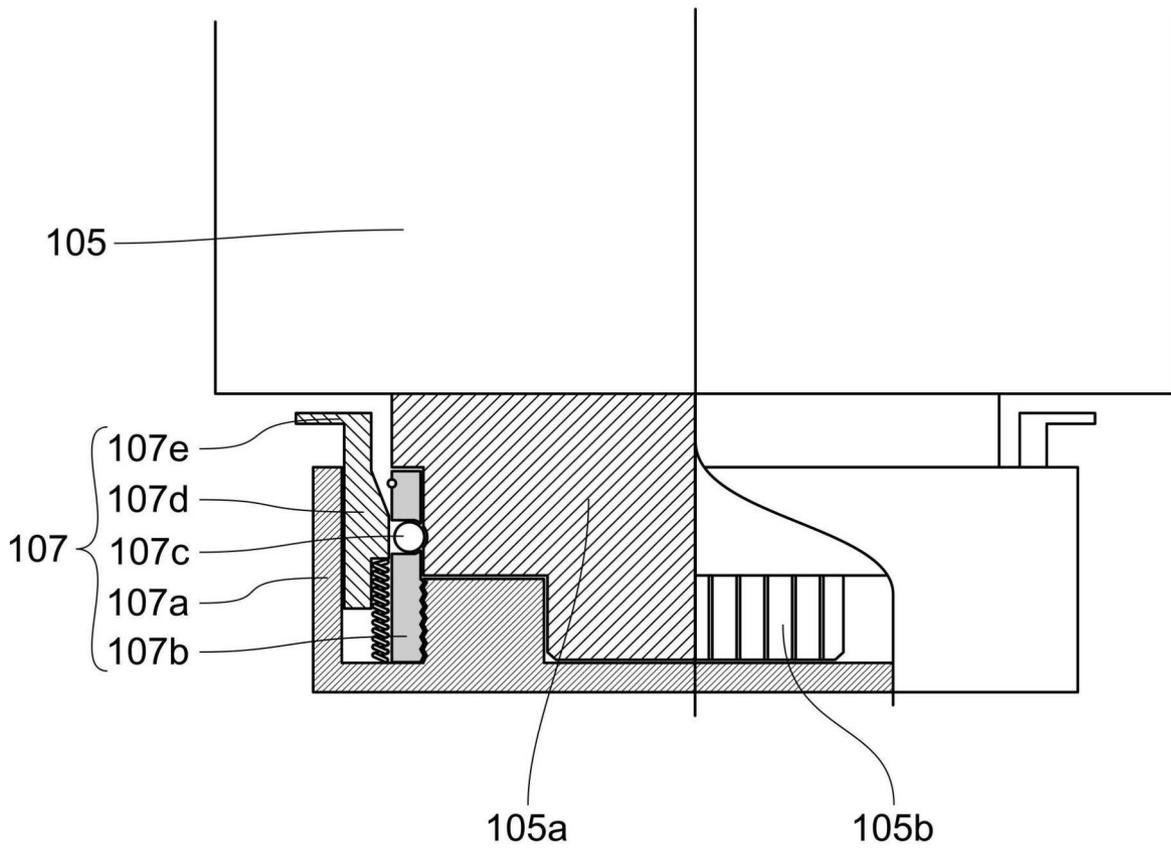
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(72)発明者 上野 道雄

東京都三鷹市新川六丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 松岡 一祥

東京都三鷹市新川六丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 谷澤 克治

東京都三鷹市新川六丁目3番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

Fターム(参考) 2G023 BA01 BB45 BC06 BD01