

(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2018-167770
(P2018-167770A)

(43) 公開日 平成30年11月1日(2018.11.1)

(51) Int. Cl.

B63H 25/38 (2006.01)

F 1

B 6 3 H 25/38 1 0 2

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2017-68246 (P2017-68246)
(22) 出願日 平成29年3月30日 (2017.3.30)

(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 100087745
弁理士 清水 善廣
(74) 代理人 100106611
弁理士 辻田 幸史
(72) 発明者 一ノ瀬 康雄
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

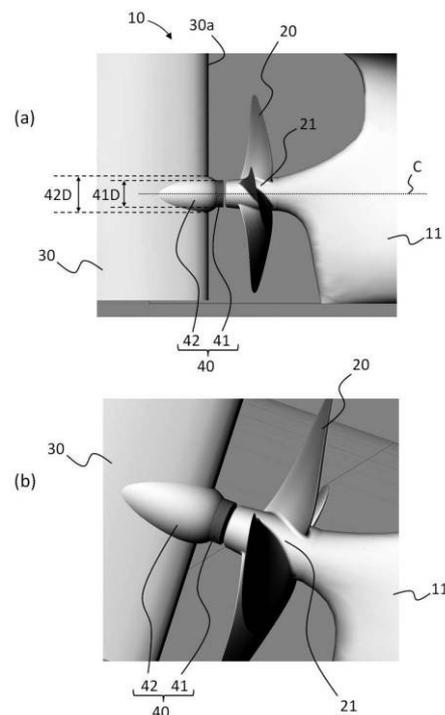
(54) 【発明の名称】 多段ラダーバルブ、多段ラダーバルブの設計方法、及び船舶

(57) 【要約】

【課題】 通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果をさらに大きくできる多段ラダーバルブ、多段ラダーバルブの設計方法、及び船舶を提供すること。

【解決手段】 プロペラ20の後方に配置された舵30の前縁部に設けられた多段ラダーバルブ40は、前部41がプロペラ20の中心部に設けられるプロペラボス21の直径と略同一径の前部直径41Dを有し、かつ前部41がプロペラ20の中心線Cの通る位置に設けられ、後部42が前部直径41Dより大径の後部最大直径42Dを有し、形状として段を成している。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

船体の船尾のプロペラの後方に配置された舵に設けられるラダーバルブであって、前記舵の前縁部に設けられ、前部が前記プロペラの中心部に設けられるプロペラボスの直径と略同一径の前部直径を有し、かつ前記前部が前記プロペラの中心線の通る位置に設けられ、後部が前記前部直径より大径の後部最大直径を有し、形状として段を成していることを特徴とする多段ラダーバルブ。

【請求項 2】

前記前部直径に対する前記後部最大直径の比が、1.0 より大きく 2.5 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の多段ラダーバルブ。

10

【請求項 3】

前記前部の前端と前記プロペラボスの後端との距離が前記前部直径の $1/2$ より大きく 2 以下の範囲であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 4】

前記前部が前後方向に同一の前記直径を有した円柱状を成していることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 5】

前記後部は、側面視した場合に前記前部との接合部から次第に後方にかけて膨らみ、前記後部最大直径を有する部分から次第に後方にかけて収縮する紡錘状を成していることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

20

【請求項 6】

前記前部の前端部が、前記プロペラの前記中心線に対して直角に切り落とされた略平面形状を成すことを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 7】

前記前部を前記後部の中へ移動可能に構成し、前記舵を切ったときに前記前部を後方に移動することを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 8】

前記前部を外部から着脱可能に構成することを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

30

【請求項 9】

前記前部の外部からの着脱可能な構成は、前記前部を複数に分割して着脱可能とする構成であることを特徴とする請求項 8 に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 10】

前記前部の外周、または前記後部の前端部の外周にステータ状のフィンを設けたことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブ。

【請求項 11】

前記ステータ状のフィンを遊転可能に構成したことを特徴とする請求項 10 に記載の多段ラダーバルブ。

40

【請求項 12】

請求項 1 から請求項 11 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブを設計する設計方法であって、前記プロペラの直径とプロペラボス比に基づき前記プロペラボスの前記直径を算出する、又は前記プロペラボスの前記直径を取得するプロペラボス直径設定ステップと、前記プロペラボス直径設定ステップで算出又は取得した前記プロペラボスの前記直径に基づき前記前部直径を定める前部直径設定ステップと、前記プロペラのプロペラ荷重度又はプロペラピッチを取得するプロペラ条件取得ステップと、前記プロペラ条件取得ステップで取得した前記プロペラ荷重度又は前記プロペラピッチに基づいて前記後部最大直径を定める後部最大直径設定ステップとを備えたことを特徴とする多段ラダーバルブの設計方法

50

。

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 11 のうちの 1 項に記載の多段ラダーバルブを前記船体に装備した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、船舶の舵に設けられるラダーバルブ、ラダーバルブの設計方法、及びラダーバルブを備えた船舶に関する。

10

【背景技術】

【0002】

船体の船尾に設けられたプロペラによって誘起されるハブ渦の抑制などを目的として、プロペラの後方に配置された舵にラダーバルブを設けることが従来から提案されている。

例えば、特許文献 1 には、ハブ渦の発生の防止を目的として、プロペラハブの後端と舵柱の前縁との一方から他方へ近接するまで延在する、円柱状又は載頭円錐状の付加物を設けることが開示されている。

また、特許文献 2 には、中・高速船のような船尾の流れが速い船でも付加抵抗の増加よりも推進効率の改善を大きくすることを目的として、小型化したラダーバルブにフィンを設け、フィンの作用が支配的になるように構成することが開示されている。

20

また、特許文献 3 には、ラダーバルブを既存の船に対して簡易かつ安価に取り付けることを目的として、ラダーバルブを船首側と船尾側の直径が同一である円筒状とすることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】実開平 2 - 113600 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 139395 号公報

【特許文献 3】特開 2013 - 107522 号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、特許文献 1 から特許文献 3 は、付加物又はラダーバルブの形状として段を成しているものではないため、ハブ渦を適切に整流することが困難であり、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果が十分ではない。

【0005】

また、図 5 は従来の船舶の船尾を示す側面図である。

船舶 100 の船体 111 の船尾には、プロペラ 120 が配置されている。プロペラ 120 の中心部には、プロペラボス 121 が設けられている。

40

プロペラ 120 の後方には、舵 130 が配置されている。舵 130 には、ラダーバルブ 140 が装備されている。

図 5 に示すラダーバルブ 140 の直径（最大直径）は、プロペラボス 121 の直径（最大直径）と同程度かそれよりも大きい。しかし、図 5 (a) のようにラダーバルブ 140 の先端とプロペラボス 121 の後端との距離が大きいと、プロペラ 120 により誘起されるハブ渦が逃げてしまい、性能が悪化する。また、図 5 (b) のようにラダーバルブ 140 の先端とプロペラボス 121 の後端とを近づけ過ぎてしまうと、舵を切ったときにラダーバルブ 140 の先端とプロペラボス 121 の後端が当る不具合が発生し、また、修繕時などにプロペラ 120 を取り外すことが困難になってしまう。また、ラダーバルブ 140 が段を成した形状ではないため、既存船を含めた通常のプロペラ位置やプロペラボス形状

50

を変更することなく、ラダーバルブ 140 の最大直径の位置を最適化することが困難である。

【0006】

そこで本発明は、通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、ハブ渦を整流して自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる多段ラダーバルブ、多段ラダーバルブの設計方法、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】

【0007】

請求項 1 記載に対応した多段ラダーバルブにおいては、船体の船尾のプロペラの後方に配置された舵に設けられるラダーバルブであって、舵の前縁部に設けられ、前部がプロペラの中心部に設けられるプロペラボスの直径と略同一径の前部直径を有し、かつ前部がプロペラの中心線の通る位置に設けられ、後部が前部直径より大径の後部最大直径を有し、形状として段を成していることを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、プロペラボスの直径と略同一径の前部直径を有する前部と、前部直径よりも大径の後部最大直径を有する後部とで構成することにより、ハブ渦を整流して、従来のラダーバルブよりも省エネ効果が大きい多段ラダーバルブとすることができる。また、ラダーバルブを多段にすることにより、通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、後部最大直径の位置を最適化できる。

【0008】

請求項 2 記載の本発明は、前部直径に対する後部最大直径の比が、1.0 より大きく 2.5 以下であることを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、高速船や低速船といった様々な船種において、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【0009】

請求項 3 記載の本発明は、前部の前端とプロペラボスの後端との距離が前部直径の $1/20$ より大きく 2 以下の範囲であることを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、ラダーバルブの先端がプロペラボスの後端に近接しているため、ハブ渦の集中を避け、拡散効果が向上する。

【0010】

請求項 4 記載の本発明は、前部が前後方向に同一の直径を有した円柱状を成していることを特徴とする。

請求項 4 に記載の本発明によれば、ハブ渦を適切に処理し、前部の形状が単純化され、製作が容易となる。

【0011】

請求項 5 記載の本発明は、後部は、側面視した場合に前部との接合部から次第に後方にかけて膨らみ、後部最大直径を有する部分から次第に後方にかけて収縮する紡錘状を成していることを特徴とする。

請求項 5 に記載の本発明によれば、誘導抵抗を低く抑え、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【0012】

請求項 6 記載の本発明は、前部の前端部が、プロペラの中心線に対して直角に切り落とされた略平面形状を成すことを特徴とする。

請求項 6 に記載の本発明によれば、ハブ渦をより適切に処理し、推進性能がさらに向上する。

【0013】

請求項 7 記載の本発明は、前部を後部の中へ移動可能に構成し、舵を切ったときに前部を後方に移動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、転舵時にラダーバルブが舵の動作の障害となることを防止できる。

【0014】

10

20

30

40

50

請求項 8 記載の本発明は、前部を外部から着脱可能に構成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、修繕時などプロペラの取り外しが必要な場合には、前部を先に取り外すことによって作業用のスペースを確保し、プロペラの取り外し作業が容易となる。

【 0 0 1 5 】

請求項 9 記載の本発明は、前部の外部からの着脱可能な構成は、前部を複数に分割して着脱可能とする構成であることを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、前部の取り外し作業が一層容易となる。

【 0 0 1 6 】

請求項 10 記載の本発明は、前部の外周、または後部の前端部の外周にステータ状のフィン

10

を設けたことを特徴とする。
請求項 10 に記載の本発明によれば、フィンによってスラスト力を発生させることができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 11 記載の本発明は、ステータ状のフィンを遊転可能に構成したことを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、スラスト力を発生させることができるとともに、ステータ状のフィンが回転するときのエネルギーを回収して利用することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 12 記載に対応した多段ラダーバルブの設計方法においては、プロペラの直径とプロペラボス比に基づきプロペラボスの直径を算出する、又はプロペラボスの直径を取得するプロペラボス直径設定ステップと、プロペラボス直径設定ステップで算出又は取得したプロペラボスの直径に基づき前部直径を定める前部直径設定ステップと、プロペラのプロペラ荷重度又はプロペラピッチを取得するプロペラ条件取得ステップと、プロペラ条件取得ステップで取得したプロペラ荷重度又はプロペラピッチに基づいて後部最大直径を定める後部最大直径設定ステップとを備えたことを特徴とする。

20

請求項 12 に記載の本発明によれば、ハブ渦の拡散効果、ポテンシャル伴流による伴流改善効果、及びラダーバルブの誘導抵抗による逆効果といった 3 つの効果の総和として最適な効果が発揮されるように、多段ラダーバルブの大きさを設定することができる。これにより、高速船や低速船といった様々な船種において、ハブ渦を整流して自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。また、ラダーバルブを多段にすることにより、通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、後部最大直径の位置を最適化できる。

30

【 0 0 1 9 】

請求項 13 記載に対応した船舶は、多段ラダーバルブを船体に装備したことを特徴とする。

請求項 13 に記載の本発明によれば、省エネ効果に優れた船舶を提供できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 0 】

本発明の多段ラダーバルブによれば、プロペラボスの直径と略同一径の前部直径を有する前部と、前部直径よりも大径の後部最大直径を有する後部とで構成することにより、ハブ渦を整流して、従来のラダーバルブよりも省エネ効果が大きい多段ラダーバルブとすることができる。また、ラダーバルブを多段にすることにより、通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、後部最大直径の位置を最適化できる。

40

【 0 0 2 1 】

また、前部直径に対する後部最大直径の比が、1.0 より大きく 2.5 以下である場合には、高速船や低速船といった様々な船種において、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【 0 0 2 2 】

また、前部の前端とプロペラボスの後端との距離が前部直径の $1/2$ より大きく 2 以

50

下の範囲である場合には、ラダーバルブの先端がプロペラボスの後端に近接しているため、ハブ渦の集中を避け、ハブ渦の拡散効果が向上する。

【0023】

また、前部が前後方向に同一の直径を有した円柱状を成している場合には、ハブ渦を適切に処理し、前部の形状が単純化され、製作が容易となる。

【0024】

また、後部は、側面視した場合に前部との接合部から次第に後方にかけて膨らみ、後部最大直径を有する部分から次第に後方にかけて収縮する紡錘状を成している場合には、誘導抵抗を低く抑え、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【0025】

また、前部の前端部が、プロペラの中心線に対して直角に切り落とされた略平面形状を成す場合には、ハブ渦をより適切に処理し、推進性能がさらに向上する。

【0026】

また、前部を後部の中へ移動可能に構成し、舵を切ったときに前部を後方に移動する場合には、転舵時にラダーバルブが舵の動作の障害となることを防止できる。

【0027】

また、前部を外部から着脱可能に構成する場合には、修繕時などプロペラの取り外しが必要な場合には、前部を先に取り外すことによって作業用のスペースを確保し、プロペラの取り外し作業が容易となる。

【0028】

また、前部の外部からの着脱可能な構成は、前部を複数に分割して着脱可能とする構成である場合には、前部の取り外し作業が一層容易となる。

【0029】

また、前部の外周、または後部の前端部の外周にステータ状のフィンを設けた場合には、フィンによってスラスト力を発生させることができる。

【0030】

また、ステータ状のフィンを遊転可能に構成した場合には、スラスト力を発生させることができるとともに、ステータ状のフィンが回転するときのエネルギーを回収して利用することができる。

【0031】

本発明の多段ラダーバルブの設計方法によれば、ハブ渦の拡散効果、ポテンシャル伴流による伴流改善効果、及びラダーバルブの誘導抵抗による逆効果といった3つの効果の総和として最適な効果が発揮されるように、多段ラダーバルブの大きさを設定することができる。これにより、高速船や低速船といった様々な船種において、ハブ渦を整流して自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。また、ラダーバルブを多段にすることにより、通常のプロペラ位置及びプロペラボス形状を変更することなく、後部最大直径の位置を最適化できる。

【0032】

本発明の船舶によれば、省エネ効果に優れた船舶を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明の実施形態による船舶の船尾を示す図

【図2】本発明の他の実施形態による船舶の船尾を示す側面図

【図3】本発明の実施形態による多段ラダーバルブの設計方法のフローチャート

【図4】プロペラピッチと省エネ率の関係を示す図

【図5】従来の船舶の船尾を示す側面図

【発明を実施するための形態】

【0034】

以下に、本発明の実施形態による多段ラダーバルブ及び船舶について説明する。

【 0 0 3 5 】

図 1 は、本発明の実施形態による船舶の船尾を示す図であり、図 1 (a) は側面図、図 1 (b) は斜視図である。

船舶 1 0 の船体 1 1 の船尾には、プロペラ 2 0 が配置されている。プロペラ 2 0 の中心部には、プロペラボス 2 1 が設けられている。

プロペラ 2 0 の後方には、舵 3 0 が配置されている。舵 3 0 には、多段ラダーバルブ 4 0 が装備されている。

多段ラダーバルブ 4 0 は、舵 3 0 の前縁部に設けられている。多段ラダーバルブ 4 0 は、前部 4 1 と後部 4 2 とからなる。前部 4 1 はプロペラボス 2 1 に対向するように配置されており、後部 4 2 は前部 4 1 の後端に接続されている。

10

【 0 0 3 6 】

前部 4 1 は、前後方向に同一の前部直径 4 1 D を有した円柱状を成している。前部 4 1 を円柱状とすることにより、ハブ渦を適切に処理できる。また、前部 4 1 の形状が単純化され、製作が容易となる。また、前部 4 1 の後端は、舵 3 0 の前縁 3 0 a よりも前方に位置している。

前部直径 4 1 D をプロペラボス 2 1 の直径 (最大直径) と略同一径とし、前部 4 1 の前端をプロペラボス 2 1 の後端に近接させている。これにより、プロペラ後流のハブ渦を整流し、推進性能を向上させることができる。なお、前部 4 1 が台形状など前後方向に異なる直径を有した形状の場合には、前部 4 1 の最大直径がプロペラボス 2 1 の直径と略同一径となるようにする。

20

前部 4 1 は、プロペラ 2 0 の回転軸方向における中心線 C が通る位置に設けられている。なお、多段ラダーバルブ 4 0 は、前部 4 1 のどこかがプロペラ 2 0 の中心線 C の通る位置に臨む範囲で、中心線 C の通る位置から上下左右にずらすことが可能である。

【 0 0 3 7 】

後部 4 2 は、側面視した場合に、前部 4 1 との接合部から後方にかけて次第に膨らみ、後部最大直径 4 2 D を有する部分から後方にかけて次第に収縮する紡錘状を成している。後部 4 2 が紡錘状を成すことにより、誘導抵抗を低く抑え、自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。後部最大直径 4 2 D は、舵 3 0 の前縁 3 0 a の位置か、前縁 3 0 a よりも後方の位置にある。後部 4 2 の前端の直径は、前部 4 1 の後端の直径と略等しい。後部 4 2 の後端は、舵 3 0 の前縁部の範囲内に位置している。

30

後部 4 2 の後部最大直径 4 2 D は、前部直径 4 1 D よりも大径であり、プロペラボス 2 1 の最大直径よりも大径である。なお、前部 4 1 が台形状など前後方向に異なる直径を有した形状の場合には、後部 4 2 の後部最大直径 4 2 D が前部 4 1 の最大直径よりも大径となるようにする。後部 4 2 を前部 4 1 、プロペラボス 2 1 よりも大きくすることで、ハブ渦を整流して自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【 0 0 3 8 】

多段ラダーバルブ 4 0 が、プロペラボス 2 1 の直径と略同一の直径を有する前部 4 1 と、前部 4 1 よりも大径の後部最大直径 4 2 D を有する後部 4 2 とにより、形状として段を成していることで、通常の舵位置やプロペラ位置、プロペラボス形状を変更することなく、後部最大直径 4 2 D の位置を最適化できる。従って、新造船のみならず、既存船へのレトロフィットとしても多段ラダーバルブ 4 0 を適用することができ、コストを低減できる。

40

なお、本実施形態では、多段ラダーバルブ 4 0 を前部 4 1 と後部 4 2 の二段に構成した例を示しているが、これに限らず、三段以上の多段ラダーバルブとすることもできる。

【 0 0 3 9 】

なお、前部 4 1 の前端部は、曲面状に形成することもできるが、図 1 に示すようにプロペラ 2 0 の中心線 C に対して直角に切り落とされた略平面形状を成すことが好ましい。また、プロペラボス 2 1 の後端部もプロペラ 2 0 の中心線 C に対して直角に切り落とされた略平面形状を成すことがより好ましい。これにより、ハブ渦をより適切に処理し、推進性能をさらに向上させることができる。

50

【 0 0 4 0 】

また、多段ラダーバルブ 4 0 は、前部 4 1 を後部 4 2 の中へ移動可能に構成し、舵 3 0 を切ったときに前部 4 1 を後方に移動させることもできる。これにより、転舵時に多段ラダーバルブ 4 0 が舵 3 0 の動作の障害となることを防止できる。

前部 4 1 を後部 4 2 の中へ移動可能とする構成としては、例えば、電動モーターや油圧シリンダなどの駆動源を設けて前部 4 1 の前後方向への移動を制御する構成や、バネなどの圧縮手段により付勢された前部 4 1 が転舵時に舵 3 0 に当たって後部 4 2 の中に移動する構成など、様々な構成が採用できる。

【 0 0 4 1 】

また、前部 4 1 は、外部から着脱可能に構成することもできる。これにより、修繕時などプロペラ 2 0 の取り外しが必要な場合には、先に前部 4 1 を取り外すことで多段ラダーバルブ 4 0 の先端とプロペラボス 2 1 の後端との距離を大きくし作業用のスペースを確保することができるため、プロペラ 2 0 の取り外し作業が容易となる。

また、例えば周方向に 2 分割して着脱可能とするなど、前部 4 1 を複数に分割して着脱可能とした場合には、特に前部 4 1 を前方に引き抜いて取り外すことが困難なほど前部 4 1 とプロペラボス 2 1 との距離が近い場合に、前部 4 1 の取り外し作業が一層容易となる。

このため、既存船を含めた通常のプロペラ 2 0 の位置やプロペラボス 2 1 の形状を変更することなく、多段ラダーバルブ 4 0 の前部 4 1 を取り付けることができ、多段ラダーバルブ 4 0 の最大直径も含めた形状を最適化することができる。

【 0 0 4 2 】

次に、本発明の他の実施形態による多段ラダーバルブ及び船舶について、図 2 を用いて説明する。なお、上記実施形態と同一機能部材には同一符号を付して説明を省略する。

【 0 0 4 3 】

図 2 は、本実施形態による船舶の船尾を示す側面図である。

本実施形態は、多段ラダーバルブ 4 0 にフィン 5 0 が設けられている点において上記した実施形態と異なる。フィン 5 0 は多段ラダーバルブ 4 0 の外周にステータ状に設けられている。すなわち、多段ラダーバルブ 4 0 の外周には、複数のフィン 5 0 が周方向に所定間隔で設けられている。図 2 (a) はフィン 5 0 を前部 4 1 の外周に設けた場合を示し、図 2 (b) はフィン 5 0 を後部 4 2 の前端部の外周に設けた場合を示している。

フィン 5 0 が設けられた前部 4 1 又は後部 4 2 の前端部は、多段ラダーバルブ 4 0 に固定されており回転しない。フィン 5 0 は、側面視した場合の形状が後ろ下がりとなるように設けられており、矢印 A で示すプロペラ回転方向の流れによりスラスト力を発生させることができる。

多段ラダーバルブ 4 0 のうち、プロペラボス 2 1 の直径よりも大きい箇所にフィン 5 0 を設けた場合には大きな誘導抵抗が発生してしまう。そこで本実施形態では、プロペラボス 2 1 の直径と略同一径の前部 4 1 の外周又は後部 4 2 の前端部の外周にフィン 5 0 を設け、フィン 5 0 の高さを後部最大直径 4 2 D 以下に抑えることで、フィン 5 0 による誘導抵抗を小さくしている。また、フィン 5 0 を小さくすることで、コストも抑制できる。

【 0 0 4 4 】

なお、ベアリングを介して前部 4 1 を後部 4 2 に取り付けするなどして、前部 4 1 又は後部 4 2 の前端部に設けられたフィン 5 0 を遊転可能に構成することもできる。この場合、スラスト力を発生させることができる他、多段ラダーバルブ 4 0 の内部にギア機構等を設けるなどして前部 4 1 又は後部 4 2 の前端部が回転するときのエネルギーを回収し、他の推進装置の動力源などに利用することができる。

【 0 0 4 5 】

次に、本発明の実施形態による多段ラダーバルブの設計方法について説明する。

【 0 0 4 6 】

プロペラ荷重度が小さい高速船の場合は、ラダーバルブが大きくなると、ラダーバルブによる伴流率の改善効果を誘導抵抗の増加が上回ってしまうため、ラダーバルブを小さく

10

20

30

40

50

する必要がある。また、プロペラ荷重度が小さいためハブ渦が弱くなることもラダーバルブを小さく設計せざるを得ない要因である。

一方、プロペラ荷重度が大きい低速船の場合は、ラダーバルブが大きいことによる伴流率の改善効果が高い。また、ハブ渦が強く、ラダーバルブによるハブ渦の拡散効果が増加するため、ラダーバルブが大きい方が省エネ率が高い。

そこで本実施形態では、前部直径 $4.1D$ を、プロペラボス 2.1 の直径に基づいて定め、多段ラダーバルブ 4.0 の最大直径（後部最大直径 $4.2D$ ）を、前部直径 $4.1D$ とプロペラ荷重度又はプロペラピッチとにより設定する。これにより、高速船や低速船といった様々な船種に対して、適切な大きさの多段ラダーバルブ 4.0 を提供できる。

【0047】

図3は、本実施形態による多段ラダーバルブの設計方法のフローチャートである。

本実施形態による多段ラダーバルブ 4.0 の設計方法は、プロペラボス直径設定ステップ $S1$ と、前部直径設定ステップ $S2$ と、プロペラ条件取得ステップ $S3$ と、後部最大直径設定ステップ $S4$ とを備える。

【0048】

まず、プロペラ 2.0 の直径とプロペラボス比に基づきプロペラボス 2.1 の直径（最大直径）を算出するか、又はプロペラボス 2.1 の直径を計測手段などにより取得する（プロペラボス直径設定ステップ $S1$ ）。

次に、プロペラボス直径設定ステップ $S1$ で算出又は取得したプロペラボス 2.1 の直径に基づき、多段ラダーバルブ 4.0 の前部直径 $4.1D$ を定める（前部直径設定ステップ $S2$ ）。

次に、プロペラ 2.0 のプロペラ荷重度又はプロペラピッチを取得する（プロペラ条件取得ステップ $S3$ ）。なお、プロペラ条件取得ステップ $S3$ は、プロペラボス直径設定ステップ $S1$ 又は前部直径設定ステップ $S2$ より前に行ってもよい。

次に、プロペラ条件取得ステップ $S3$ で取得したプロペラ荷重度又はプロペラピッチに基づいて多段ラダーバルブ 4.0 の後部最大直径 $4.2D$ を定める（後部最大直径設定ステップ $S4$ ）。

【0049】

ここで、ラダーバルブの効果は、次の3つに分類される。

- (1) プロペラが誘起するハブ渦の拡散効果
- (2) ラダーバルブが誘起するポテンシャル伴流による伴流改善効果
- (3) ラダーバルブの誘導抵抗による逆効果

ラダーバルブの効果は、船速、所要馬力に起因するプロペラ設計条件としてのプロペラ荷重度及びこの設計条件での最適なプロペラピッチにより、上記(1)から(3)の効果がそれぞれ増減する。そこで本実施形態では、以下に説明するように、上記(1)から(3)の効果の総和として最適な効果が発揮されるように、多段ラダーバルブ 4.0 の大きさを設定する。これにより、高速船から低速船まで様々な船種において、ハブ渦を整流して自航要素の改善や推進性能の向上などによる省エネ効果を大きくできる。

【0050】

まず、前部直径設定ステップ $S2$ において、前部 4.1 の前部直径 $4.1D$ をプロペラボス 2.1 の直径と略同一径と定める。このとき、プロペラボス 2.1 の形状が円筒形状以外の場合もあり、角のある円筒形状や回転楕円体形状である場合は流れの状況に従い、相当する直径を同一径として定める。すなわち、プロペラボス 2.1 の表面から流れが剥離するよどみ点の径と同一径と定める。この理由は、よどみ点の径より小さい範囲は流れが遅く乱れている死水領域となるため、これより大きい範囲は流れが速く前部 4.1 が抵抗となり省エネ性能が悪化し、これより小さすぎる範囲に前部 4.1 が形成されると死水領域が大きくなり、ハブ渦の整流効果が弱くなる。そのため、前部直径 $4.1D$ がプロペラボス 2.1 の直径を超えず、小さすぎない範囲を略同一径の範囲とすることが好ましい。具体的には、プロペラボス 2.1 が角のある円筒形状の場合は、その角がよどみ点となるためよどみ点の径はプロペラボス径と同一であり、プロペラボス 2.1 の直径と前部 4.1 の直径の比は 1.0 が

10

20

30

40

50

好ましい。一方、プロペラボス 2 1 が回転楕円対の場合一般的によどみ点の径の位置はプロペラボス 2 1 の最大径との比で 0.8 を中心として 0.6 から 1.0 より小さい範囲となることが多い。そのため、プロペラボス 2 1 の直径と前部 4 1 の直径の比が、0.6 より大きく 1.0 以下であることが好ましく、0.8 より大きく 1.0 以下であることが更に好ましい。

さらに、前部 4 1 の前端とプロペラボス 2 1 の後端との距離を、前部直径 4 1 D の $1/20$ より大きく 2 以下の範囲、より好ましくは前部直径 4 1 D の $1/20$ より大きく 1 以下の範囲として、多段ラダーバルブ 4 0 をプロペラボス 2 1 に近接して配置する。これは、 $1/20$ より小さくなると、操舵時に前部 4 1 を後部 4 2 の中へ移動可能に構成したものであっても、前部 4 1 の前端とプロペラボス 2 1 の後端とが接触するおそれが生ずるためである。例えば、8 万トンクラスの船に使用される直径 6.5 m 程度のプロペラ 2 0 を想定すると、プロペラボス 2 1 の後端部が 100 cm 程度になることが多い。前部 4 1 の前部直径 4 1 D を、プロペラボス 2 1 の後端部と略同一径の 100 cm とするとこの $1/20$ は 5 cm となる。重量物であるプロペラ 2 0 が片持ち状態で軸受けに支持されることによる歪みや、運航中におけるプロペラ 2 0 の軸受けの摩耗、また海洋生物の付着等を想定すると、余裕を見ても 5 cm 程度の間隙は必要である。

また、前部 4 1 の前端とプロペラボス 2 1 の後端との距離を開けすぎると、ハブ渦の集中がしやすくなる。通常の運航状態においてハブ渦は、その半回転する距離が、プロペラボス 2 1 の後端部の直径とほぼ同一かやや短い距離となる。このためハブ渦が完全に集中しないように、すなわち 1 回転しないような距離に留めることが好ましく、半回転のうちに留めることがより好ましい。好ましくは前部直径 4 1 D の 2 以下の範囲、より好ましくは前部直径 4 1 D の 1 以下の範囲は、この理由により若干の余裕をみて設定されるものである。

これらにより、ハブ渦の集中を避け、上記 (1) の効果を最大化できる。

【0051】

次に、後部最大直径設定ステップ S 4 において、後部最大直径 4 2 D を前部直径 4 1 D より大径となるように定める。

図 4 は、プロペラピッチと省エネ率の関係を示す図である。縦軸を省エネ率、横軸をプロペラピッチとし、前部直径 4 1 D と後部最大直径 4 2 D の比が 1.0 の場合を実線、1.5 の場合を一点鎖線、2.0 の場合を破線、2.5 の場合を点線で示している。なお、プロペラピッチとプロペラ荷重度は相関があるため、プロペラピッチの代わりにプロペラ荷重度を用いることもできる。

図 4 に示す通り、高速船のようにプロペラピッチが高い場合と低速船のようにプロペラピッチが低い場合とでは、最適点 (図中「 」) が異なる。また、プロペラピッチが低い場合のほうが、プロペラピッチが高い場合よりも省エネ率が高い。

上記 (2) の効果と上記 (3) の効果は、設計プロペラピッチに対して逆相関にある。上記 (2) の効果と上記 (3) の効果を合わせた多段ラダーバルブ 4 0 の省エネ効果は、図 4 に示す通り、プロペラピッチに対して前部直径 4 1 D と後部最大直径 4 2 D の比が 1.0 より大きく 2.5 以下で最適点 (図中「 」) が遷移していく。なお、3.0 近くになると流れの速い位置に多段ラダーバルブ 4 0 の一部が位置することになるため省エネ率は低下する。

従って、前部直径 4 1 D に対する後部最大直径 4 2 D の比は、プロペラピッチ又はプロペラ荷重度によって、上記 (2) の効果と上記 (3) の効果を合わせた多段ラダーバルブ 4 0 による省エネ効果が最大となるように、1.0 より大きく 2.5 以下、より好ましくは 1.5 より大きく 2.0 以下の範囲で最適化する。

【産業上の利用可能性】

【0052】

本発明は、低速船 (肥大船) や高速船 (やせ型船) といった幅広い船種に適用することができ、各船種において優れた省エネ効果をもたらす。

【符号の説明】

10

20

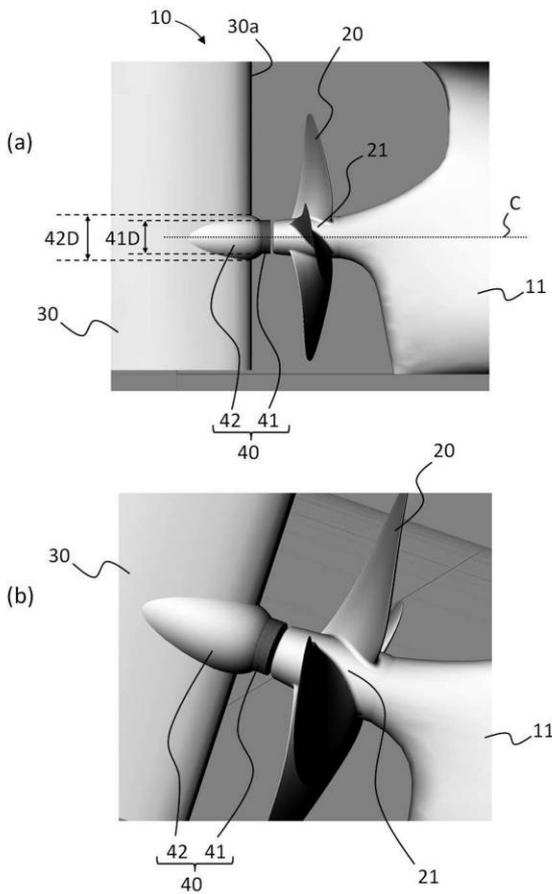
30

40

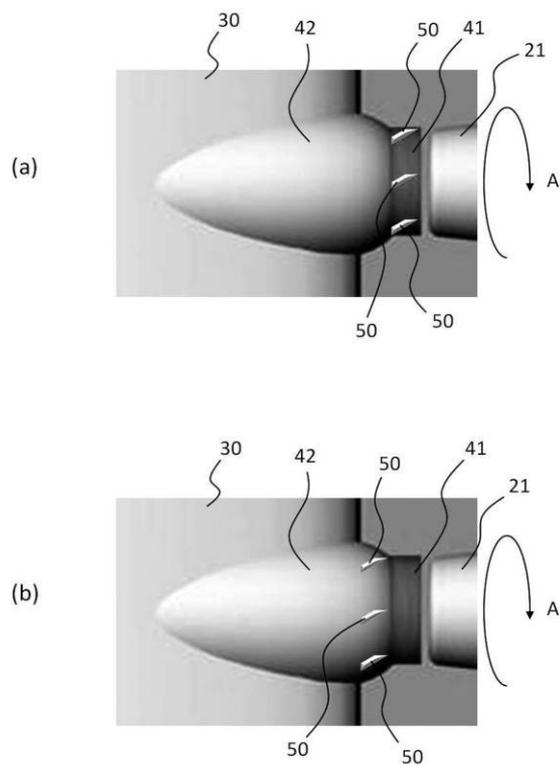
50

- 【 0 0 5 3 】
- 1 0 船舶
- 1 1 船体
- 2 0 プロペラ
- 2 1 プロペラボス
- 3 0 舵
- 4 0 多段ラダーバルブ
- 4 1 前部
- 4 1 D 前部直径
- 4 2 後部
- 4 2 D 後部最大直径
- 5 0 フィン
- C 中心線

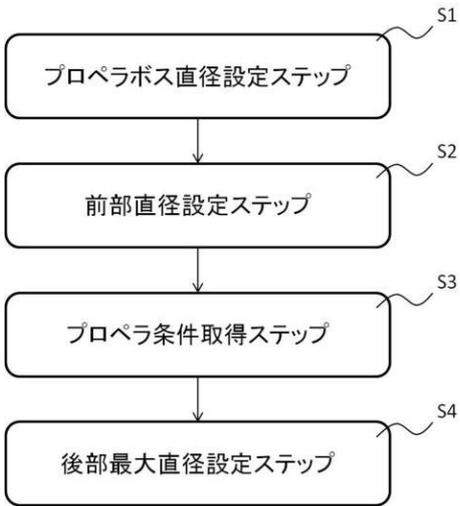
【 図 1 】



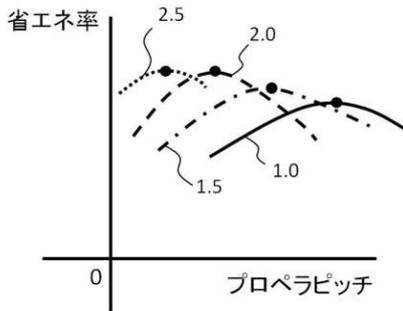
【 図 2 】



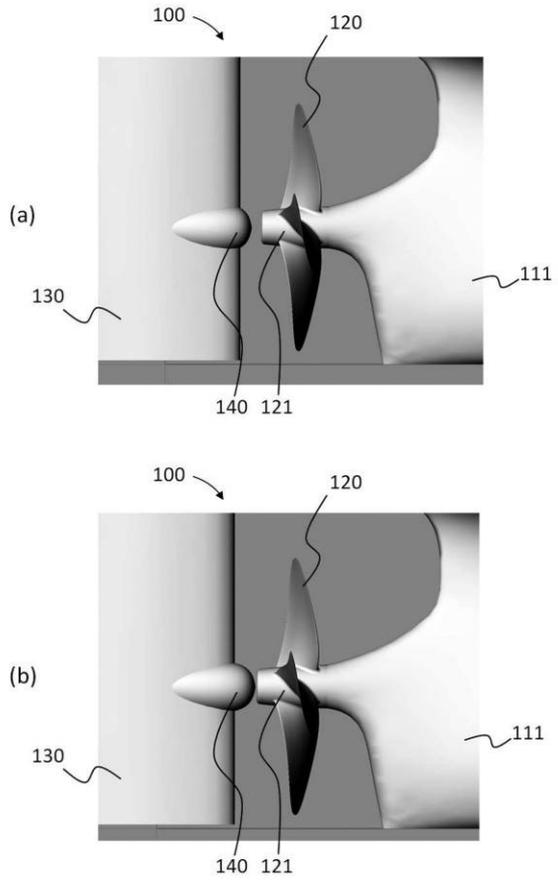
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 川北 千春

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 川島 英幹

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 坂本 信晶

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