

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第2部門第5区分

【発行日】平成29年2月9日(2017.2.9)

【公開番号】特開2015 116850(P2015 116850A)

【公開日】平成27年6月25日(2015.6.25)

【年通号数】公開・登録公報2015 041

【出願番号】特願2013 259664(P2013 259664)

【国際特許分類】

B 6 3 H 5/16 (2006.01)

B 6 3 B 9/04 (2006.01)

B 6 3 H 5/08 (2006.01)

B 6 3 B 1/08 (2006.01)

【F I】

B 6 3 H 5/16 C

B 6 3 B 9/04 Z

B 6 3 H 5/08

B 6 3 B 1/08 Z

【手続補正書】

【提出日】平成28年12月16日(2016.12.16)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

船体の船尾に取り付けたプロペラの前方に取り付けられる船尾用ダクトにおいて、ダクト本体を90度から140度の角度範囲の略円弧状に形成し、前記船体を後方から前方視した状態で前記プロペラの上下方向の中心線に対して前記ダクト本体が非対称を成すように、前記プロペラが時計回りの場合は右上象限に、また前記プロペラが反時計回りの場合は左上象限に、前記ダクト本体の中心線を配置し、前記ダクト本体を支持手段にて前記船尾に取り付けたことを特徴とする船尾用ダクト。

【請求項2】

前記ダクト本体の前後方向の断面を内側に凸の翼型に形成したことを特徴とする請求項1に記載の船尾用ダクト。

【請求項3】

前記ダクト本体の後端に形成する後端円弧部の半径を、前端に形成する前端円弧部の半径よりも小さくしたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の船尾用ダクト。

【請求項4】

前記ダクト本体の仮想中心軸を前記プロペラの回転中心軸と一致させたことを特徴とする請求項1から請求項3のうちの1項に記載の船尾用ダクト。

【請求項5】

前記ダクト本体の仮想中心軸を前記プロペラの回転中心軸からずらしたことを特徴とする請求項1から請求項3のうちの1項に記載の船尾用ダクト。

【請求項6】

前記船体を側面視した状態で、前記ダクト本体の仮想中心軸を前記プロペラの回転中心軸に対して傾けたことを特徴とする請求項1から請求項3のうちの1項に記載の船尾用ダクト。

【請求項 7】

前記ダクト本体を、前記支持手段としての支柱を介して前記船体の船尾管又は前記船尾管を覆う前記船尾の端部に取り付けたことを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちの 1 項に記載の船尾用ダクト。

【請求項 8】

前記支柱の断面を、内側に凸の翼型に形成したことを特徴とする請求項 7 に記載の船尾用ダクト。

【請求項 9】

前記支柱を、捻った形状に形成することで、前記プロペラに向かう流れを、前記プロペラの回転方向に対して対向流化したことを特徴とする請求項 7 又は請求項 8 に記載の船尾用ダクト。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の船尾用ダクトの設計方法であって、前記船尾用ダクトを設計するに当たり、略円弧状の前記ダクト本体と同一半径の全周ダクトを設定するステップと、前記全周ダクトを用いた前記船体の数値計算による抵抗・自航計算を行うステップと、抵抗・自航計算結果から前記全周ダクトの表面に働く船体推進方向の流体力分布を求めるステップと、前記流体力分布に基づいて前記全周ダクトから略円弧状の前記ダクト本体の形状を決定するステップと、を備えたことを特徴とする船尾用ダクトの設計方法。

【請求項 11】

前記流体力分布は、スラスト分布と抵抗成分分布であることを特徴とする請求項 10 に記載の船尾用ダクトの設計方法。

【請求項 12】

前記流体力分布に基づいて前記全周ダクトから略円弧状の前記ダクト本体の前記形状を決定する前記ステップの実行に当って、前記スラスト分布と前記抵抗成分分布の等高線図及び/又は周方向分布図を用いたことを特徴とする請求項 11 に記載の船尾用ダクトの設計方法。

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 9 のうちの 1 項に記載の船尾用ダクトを前記船尾に装備したことを特徴とする船尾用ダクトを装備した船舶。

【請求項 14】

前記船体が二軸船尾双胴型の船体であることを特徴とする請求項 13 に記載の船尾用ダクトを装備した船舶。

【請求項 15】

前記船体が既存の船体であり、前記船尾用ダクトを前記船体に後付けしたことを特徴とする請求項 13 又は請求項 14 に記載の船尾用ダクトを装備した船舶。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】船尾用ダクト、船尾用ダクトの設計方法、及び船尾用ダクトを装備した船舶

【技術分野】

【0001】

本発明は、船体の船尾に装着する船尾用ダクト、船尾用ダクトの設計方法、及び船尾用ダクトを装備した船舶に関する。

【背景技術】

【0002】

省エネ装置の一つとして、船体の船尾に取り付けたプロペラの前方には船尾用ダクトが取り付けられる。

特許文献1では、円弧状のダクトを取り付けた船舶を提案している。この円弧状のダクトは、プロペラの前方であって船尾部に生じる船尾縦渦の中心位置よりも上方に配置されている。また、このダクトの両下端部と船尾部の側面との間をプロペラの半径方向に各々延出した主フィンを備え、主フィンは、船舶後方から前方へ向かって前上がり傾斜させている（特に段落番号(0014)～(0016)）。

また、特許文献2では、円筒の上半部のみからなる半円弧形状の船尾ダクトを開示している（特に図1及び段落番号(0018)）。

また、特許文献3では、略円錐台形状の筒を中心軸を含む平面で略半分に切断した略半円錐台形状の外殻と、外殻を船尾部に固定する2枚の連結板とを備え、外殻の径の短い方をプロペラ側に向けるとともに外殻がプロペラの上半分の部分と相対するように外殻を配置したダクト装置を提案している（特に図1、図2及び段落番号(0020)）。

また、特許文献4では、第1板状体が円弧状に湾曲されており、第1板状体の端部に直線状の第2板状体が設けられている船舶用ダクトを開示している（特に段落番号(0006)）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-178222号公報

【特許文献2】特開2006-347285号公報

【特許文献3】特開2008-137462号公報

【特許文献4】特開2008-308023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における円弧状のダクトは、船体を後方から前方視した状態でプロペラの上下方向の中心線に対して対称を成すように取り付けられている。また、特許文献1において、半円形のダクトでは、推力は主に上側部分で発生し、側面部分では推力を発生していないという問題点、すなわち、半円形のダクトの側面部分では推力を得られず、半円形のダクトの側面部分が抵抗が増える原因となる問題点に着目し（段落番号(0006)）、この問題点を解決するために、主フィンを設け下降流から補助推力を得ている。なお、特許文献1の図面では、半円よりも短い円弧状のダクトを図示しているが、円弧の中心角については何ら述べられておらず、図示のダクトでは、約145度程度の中心角となっている。また、ダクトの表面に働く船体推進方向の流体力分布を考慮して中心角を決めているものでもない。

また、特許文献2における半円弧形状の船尾ダクトについても、船体を後方から前方視した状態でプロペラの上下方向の中心線に対して対称を成すように取り付けられている。また、特許文献2は、従来、船尾フィン、船尾ダクト、ラダーフィンをそれぞれ個別に設けていた場合に比して、動力の削減率を高め、更なる省エネルギー化を進めるもので、船尾フィン、船尾ダクト、及びラダーフィンの相互の関係が必要であり、船尾ダクトは、船尾フィンでせき止められた下降流がプロペラに流入する速度を減速させるために設けている（特に段落番号(0016)）。

また、特許文献3における略半円錐台形状の外殻についても、船体を後方から前方視した状態でプロペラの上下方向の中心線に対して対称を成すように取り付けられている。なお、特許文献3では、中心角が180度よりも小さい外殻を持つダクト装置を開示しているが、外殻の中心軸とプロペラの回転軸が一致しているという条件では、中心角が150度となることを開示しているに過ぎない（図7(A)及び段落番号(0037)）。また、中心角もダクトの表面に働く船体推進方向の流体力分布を考慮して中心角を決めているものでもない。

また、特許文献4における円弧状に湾曲された第1板状体についても、船体を後方から前方視した状態でプロペラの上下方向の中心線に対して対称を成すように取り付けられている。なお、特許文献4では、円弧の中心角については具体的に記載されていないが、180度を越える中心角である（特に図2及び段落番号（0026））。

【0005】

そこで、本発明は、ダクト本体を船体に付加しても船体の抵抗を増加させることなく船殻効率を改善することができる船尾用ダクト、船尾用ダクトの設計方法、及び船尾用ダクトを装備した船舶を提供することを目的とする。

また、本発明は、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる船尾用ダクト、船尾用ダクトの設計方法、及び船尾用ダクトを装備した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】

【0006】

請求項1記載の本発明に対応した船尾用ダクトにおいては、船体の船尾に取り付けたプロペラの前方に取り付けられる船尾用ダクトにおいて、ダクト本体を90度から140度の角度範囲の略円弧状に形成し、船体を後方から前方視した状態でプロペラの上下方向の中心線に対してダクト本体が非対称を成すように、前記プロペラが時計回りの場合は右上象限に、また前記プロペラが反時計回りの場合は左上象限に、前記ダクト本体の中心線を配置し、ダクト本体を支持手段にて船尾に取り付けたことを特徴とする。請求項1に記載の本発明によれば、ダクト本体を90度から140度の角度範囲の略円弧状に形成することで、ダクト本体を船体に付加しても船体の抵抗を増加させることなく船殻効率を改善することができる。また、プロペラの上下方向の中心線に対してダクト本体が非対称を成すように、前記プロペラが時計回りの場合は右上象限に、また前記プロペラが反時計回りの場合は左上象限に、前記ダクト本体の中心線を配置してダクト本体を取り付けることで、対称を成すように取り付けの場合と比較して、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【0007】

請求項2記載の本発明は、ダクト本体の前後方向の断面を内側に凸の翼型に形成したことを特徴とする。請求項2に記載の本発明によれば、翼型により発生する揚力の推進方向成分（スラスト成分）を利用することで、推力減少率を高め、推進効率を上げることができる。

【0008】

請求項3記載の本発明は、ダクト本体の後端に形成する後端円弧部の半径を、前端に形成する前端円弧部の半径よりも小さくしたことを特徴とする。請求項3に記載の本発明によれば、ダクト本体より下流での流れを遅くすることにより有効伴流率を小さくでき、かつダクト本体の前端側でのスラスト成分を増加させて推進力を高めることができる。

【0009】

請求項4記載の本発明は、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸と一致させたことを特徴とする。請求項4に記載の本発明によれば、設計や装備が容易である。

【0010】

請求項5記載の本発明は、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸からずらしたことを特徴とする。請求項5に記載の本発明によれば、例えばダクト本体を、船体やプロペラにより生ずる非対称な流れに対応しスラスト力が高められる位置にずらすことができる。

【0011】

請求項6記載の本発明は、船体を側面視した状態で、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸に対して傾けたことを特徴とする。請求項6に記載の本発明によれば、ダクト本体を、スラスト力を高めるように取り付けることができる。

【0012】

請求項7記載の本発明は、ダクト本体を、支持手段としての支柱を介して船体の船尾管

又は船尾管を覆う船尾の端部に取り付けたことを特徴とする。請求項 7 に記載の本発明によれば、ダクト本体を、設置しやすく、特にプロペラに対して適正な位置に配置しやすい。

【 0 0 1 3 】

請求項 8 に記載の本発明は、支柱の断面を、内側に凸の翼型に形成したことを特徴とする。請求項 8 に記載の本発明によれば、支柱においても翼型により発生する揚力の推進方向成分（スラスト成分）を利用することができる。

【 0 0 1 4 】

請求項 9 に記載の本発明は、支柱を、捻った形状に形成することで、プロペラに向かう流れを、プロペラの回転方向に対して対向流化したことを特徴とする。請求項 9 に記載の本発明によれば、推進力を高めることができる。

【 0 0 1 5 】

請求項 1 0 に記載の本発明に対応した船尾用ダクトの設計方法は、船尾用ダクトを設計するに当たり、略円弧状のダクト本体と同一半径の全周ダクトを設定するステップと、全周ダクトを用いた船体の数値計算による抵抗・自航計算を行うステップと、抵抗・自航計算結果から全周ダクトの表面に働く船体推進方向の流体力分布を求めるステップと、流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体の形状を決定するステップとを備えたことを特徴とする。請求項 1 0 に記載の本発明によれば、全周ダクトにおける表面に働く船体推進方向の流体力分布を基にした設計ができる。

【 0 0 1 6 】

請求項 1 1 に記載の本発明は、流体力分布は、スラスト分布と抵抗成分分布であることを特徴とする。請求項 1 1 に記載の本発明によれば、ダクト形状の切り出しを容易に行うことができる。

【 0 0 1 7 】

請求項 1 2 に記載の本発明は、流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体の形状を決定するステップの実行に当って、スラスト分布と抵抗成分分布の等高線図及び / 又は周方向分布図を用いたことを特徴とする。請求項 1 2 に記載の本発明によれば、ダクト形状の切り出しをさらに容易に行うことができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 1 3 に記載の本発明に対応した船尾用ダクトを装備した船舶は、船尾用ダクトを船尾に装備したことを特徴とする。請求項 1 3 に記載の本発明によれば、ダクト本体に加わる抵抗を低減し、省エネ効果の高い船舶を提供できる。

【 0 0 1 9 】

請求項 1 4 に記載の本発明は、船体が二軸船尾双胴型の船体であ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、ダクト本体に加わる抵抗を低減し、省エネ効果の高い二軸船尾双胴型の船舶を提供できる。

【 0 0 2 0 】

請求項 1 5 に記載の本発明は、船体が既存の船体であり、船尾用ダクトを船体に後付けしたことを特徴とする。請求項 1 5 に記載の本発明によれば、既存の船体に対しても適用できる。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 1 】

本発明の船尾用ダクトによれば、ダクト本体を 9 0 度から 1 4 0 度の角度範囲の略円弧状に形成することで、ダクト本体を船体に付加しても船体の抵抗を増加させることなく船殻効率を改善することができる。また、プロペラの上下方向の中心線に対してダクト本体が非対称を成すように、前記プロペラが時計回りの場合は右上象限に、また前記プロペラが反時計回りの場合は左上象限に、前記ダクト本体の中心線を配置してダクト本体を取り付けることで、対称を成すように取り付ける場合と比較して、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【 0 0 2 2 】

また、ダクト本体の前後方向の断面を内側に凸の翼型に形成した場合には、翼型により発生する揚力の推進方向性分（スラスト成分）を利用することで、推力減少率を高め、推進効率を上げることができる。

【 0 0 2 3 】

また、ダクト本体の後端に形成する後端円弧部の半径を、前端に形成する前端円弧部の半径よりも小さくした場合には、ダクト本体より下流での流れを遅くすることにより有効伴流率を小さくでき、かつダクト本体の前端側でのスラスト成分を増加させて推進力を高めることができる。

【 0 0 2 4 】

また、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸と一致させた場合には、設計や装備が容易である。

【 0 0 2 5 】

また、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸からずらした場合には、例えばダクト本体を、船体やプロペラにより生ずる非対称な流れに対応しスラスト力が高められる位置にずらすことができる。

【 0 0 2 6 】

また、船体を側面視した状態で、ダクト本体の仮想中心軸をプロペラの回転中心軸に対して傾けた場合には、ダクト本体を、スラスト力を高めるように取り付けることができる。

【 0 0 2 7 】

また、ダクト本体を、支持手段としての支柱を介して船体の船尾管又は船尾管を覆う船尾の端部に取り付けた場合には、ダクト本体を、設置しやすく、特にプロペラに対して適正な位置に配置しやすい。

【 0 0 2 8 】

また、支柱の断面を、内側に凸の翼型に形成した場合には、支柱においても翼型により発生する揚力の推進方向成分（スラスト成分）を利用することができる。

【 0 0 2 9 】

また、支柱を、捻った形状に形成することで、プロペラに向かう流れを、プロペラの回転方向に対して対向流化した場合には、推進力を高めることができる。

【 0 0 3 0 】

本発明の船尾用ダクトの設計方法によれば、全周ダクトにおける表面に働く船体推進方向の流体力分布を基にした設計ができる。

【 0 0 3 1 】

また、流体力分布のスラスト分布と抵抗成分分布を基に、全周ダクト形状からダクト形状の切り出しを容易に行うことができる。

【 0 0 3 2 】

また、流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体の形状を決定するステップの実行に当たって、スラスト分布と抵抗成分分布の等高線図及び/又は周方向分布図を用いた場合には、ダクト形状の切り出しをさらに容易に行うことができる。

【 0 0 3 3 】

本発明の船尾用ダクトを有した船舶によれば、ダクト本体に加わる抵抗を低減し、省エネ効果の高い船舶を提供できる。

【 0 0 3 4 】

また、船体が二軸船尾双胴型の船体である場合には、ダクト本体に加わる抵抗を低減し、省エネ効果の高い二軸船尾双胴型の船舶を提供できる。

【 0 0 3 5 】

また、船体が既存の船体であり、船尾用ダクトを船体に後付けした場合には、既存の船体に対しても適用できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 6 】

【図 1】本発明の一実施形態による船尾用ダクトを取り付けた状態を示す船舶の要部側面図

【図 2】同船舶を後方から前方視した状態を示す要部正面図

【図 3】同船舶を斜め後方から見た要部斜視図

【図 4】本実施形態による船尾用ダクトの斜視図

【図 5】同船尾用ダクトを示す説明図

【図 6】本発明の他の実施形態による船尾用ダクトの斜視図

【図 7】本発明の更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図

【図 8】本発明の更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図

【図 9】本発明の更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図

【図 10】本発明の更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図

【図 11】本実施形態に適用する船体の船体要目及び 3 次元形状側面図

【図 12】本実施形態による船尾用ダクトと同一半径の全周ダクトのダクト要目及び 3 次元形状を示す図

【図 13】本実施形態に使用するプロペラのプロペラ要目を示す図

【図 14】本実施形態に適用する船体に対するダクト及びプロペラの取り付け位置を示す図

【図 15】全周ダクトのスラスト成分および抵抗成分分布の周方向分布図

【図 16】全周ダクトの表面上のスラスト分布と抵抗成分分布の等高線図

【図 17】図 15 に示すデータを基に、扇形の中心角（角度範囲） θ を、 $\theta = 180^\circ$ 、 $\theta = 140^\circ$ 、 $\theta = 120^\circ$ とした時のスラストの比を示す図

【図 18】中心角（角度範囲） θ についての有効なスラストの得られるダクト形状の切り出し範囲を示す図

【図 19】ダクトの減速効果を示す図

【図 20】ダクト本体の傾き角 α と自航要素の関係を示す特性図

【図 21】ダクト本体の傾き角 α と馬力減少率の関係を示す特性図

【図 22】船尾用ダクトを装備した二軸船尾双胴型の船舶を後方から前方視した状態を示す要部正面図

【図 23】他の船尾用ダクトを装備した他の二軸船尾双胴型の船舶を後方から前方視した状態を示す要部正面図

【発明を実施するための形態】

【0037】

本発明の一実施形態による船尾用ダクトについて図を用いて説明する。

図 1 は同船尾用ダクトを取り付けた状態を示す船舶の要部側面図、図 2 は同船舶を後方から前方視した状態を示す要部正面図、図 3 は同船舶を斜め後方から見た要部斜視図である。

図 1 に示すように、本実施形態による船尾用ダクト 10 は、船体 1 の船尾 2 に取り付けられたプロペラ 3 の前方に取り付けられる。図 1 では、船尾用ダクト 10 は、船尾管を覆う船尾 2 の端部に取り付けているが、船体 1 の船尾管に取り付けてもよい。

図 1 から図 3 に示すように、船尾用ダクト 10 は、ダクト本体 11 と支持手段 12 とで構成されている。ダクト本体 11 は支持手段 12 にて船尾 2 に取り付けられる。

ダクト本体 11 は、略円弧状に形成され、プロペラ 3 の回転中心軸 Xp よりも上部に配置される。

【0038】

図 4 は本実施形態による船尾用ダクトの斜視図、図 5 は同船尾用ダクトを示す説明図である。

ダクト本体 11 は、中心角（角度範囲） θ が 90 度から 180 度の略円弧状、より好ましくは 90 度から 140 度の略円弧状に形成している。ダクト本体 11 をこのような中心角 θ の略円弧状に形成することで、ダクト本体 11 による全抵抗係数を増加させることなく船殻効率を改善することができる。

ダクト本体 1 1 の後端に形成する後端円弧部 1 1 r の半径 R_r を、前端に形成する前端円弧部 1 1 f の半径 R_f よりも小さくしている。このように、後端円弧部 1 1 r の半径 R_r を、前端円弧部 1 1 f の半径 R_f よりも小さくすることで、ダクト本体 1 1 より下流での流れを遅くできるとともに、ダクト本体 1 1 の前端側でのスラスト成分を増加させて推進力を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

図 4 に示すように、支持手段 1 2 は、ダクト本体 1 1 の両側に接続される支柱 1 2 a と、この支柱 1 2 a を船尾 2 に取り付ける取付部 1 2 b とから構成される。支柱 1 2 a は、断面を内側に凸の翼型に形成している。このように支柱 1 2 a の断面を翼型とすることで、支柱においても翼型により発生する揚力の推進方向成分（スラスト成分）を利用することができる。

【 0 0 4 0 】

図 5 に示すように、ダクト本体 1 1 の前後方向の断面 1 1 s は、内側に凸の翼型に形成している。このように、断面 1 1 s を内側に凸の翼型に形成することで、船体 1 の推進方向への揚力を発生させることで推進効率を上げることができる。

また、図 5 に示すように、ダクト本体 1 1 は、ダクト本体 1 1 の円弧の中心を結ぶ仮想中心軸 X_d をプロペラ 3 の回転中心軸 X_p と一致させている。仮想中心軸 X_d と回転中心軸 X_p とを一致させることで、設計や装備が容易となる。

なお、仮想中心軸 X_d は、ダクト本体 1 1 の全ての円弧面における中心に必ずしも対応している必要はない。例えば、中心部と両側部とで半径が若干異なる場合や、前端円弧部 1 1 f の中心角 と後端円弧部 1 1 r の中心角 が異なる場合があり、ダクト本体 1 1 は、完全な円弧である必要はなく、略円弧状に形成されていればよい。

【 0 0 4 1 】

図 6 は、他の実施形態による船尾用ダクトの斜視図である。

本実施形態による船尾用ダクト 1 0 は、支柱 1 2 a に代えて捻った形状とした支柱 1 2 c を用い、プロペラ 3 に向かう流れを対向流化している。すなわち、支柱 1 2 c は、プロペラ 3 の回転と反対方向に捻った形状としている。このように、捻った形状とした支柱 1 2 c を用いて、プロペラ 3 に向かう流れを、プロペラ 3 の回転方向に対して対向流化することで、推進力を高めることができる。

なお、支持手段 1 2 は支柱 1 2 a や支柱 1 2 c と船尾用ダクト 1 0 を船体 1 に取り付ける構造を組み合わせたか、支柱 1 2 a を用いずに直接船体 1 に取り付ける構造を採用することもできる。

【 0 0 4 2 】

図 7 は、更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図である。

図 7 では、ダクト本体 1 1 の仮想中心軸 X_d を、プロペラ 3 の回転中心軸 X_p からずらしている。このように、仮想中心軸 X_d を回転中心軸 X_p からずらすことで、船体 1 や船尾 2、またプロペラ 3 により生ずる非対称な流れに対応し、スラスト力が高められる位置に船尾用ダクト 1 0 を設けることができる。

【 0 0 4 3 】

図 8 は、更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図である。

図 8 では、船体 1 を側面視した状態で、ダクト本体 1 1 の仮想中心軸 X_d をプロペラ 3 の回転中心軸 X_p に対して傾けている。このように、仮想中心軸 X_d を回転中心軸 X_p に対して傾けることで、船尾 2 の流れに対応しスラスト力を高めるように船尾用ダクト 1 0 を取り付けることができる。

【 0 0 4 4 】

図 9 及び図 1 0 は、更に他の実施形態による船尾用ダクトを示す説明図である。

本実施形態による船尾用ダクト 1 0 は、船体 1 を後方から前方視した状態でプロペラ 3 の上下方向の中心線 X_v に対してダクト本体 1 1 が非対称を成すように、ダクト本体 1 1 を支持手段 1 2 にて船尾 2 に取り付けたものである。

図 9 では、船体 1 を後方から前方視した状態で、プロペラ 3 が時計回り A の場合を示し

ている。このように、プロペラ 3 が時計回り A の場合には、右上象限にダクト本体 1 1 を配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

なお、図 9 では、ダクト本体 1 1 の中心角 θ を 120 度とし、ダクト本体 1 1 を、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対して対称を成す位置から、右舷側に 40 度回転させて取り付けられた場合を示している。図 15 で示すように、全周ダクトを後ろから見て 12 時の位置を (傾き角) = 0 とし、時計回り A の方向をプラスとすると、プロペラ 3 が時計回り A の場合には、ダクト本体 1 1 は、 $\theta =$ マイナス 30 度 (左舷側に 30 度) から $\theta =$ プラス 90 度 (右舷側に 90 度) までの範囲に傾けて、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 が非対称を成すように船尾用ダクト 1 0 を取り付けることで、右上象限にダクト本体 1 1 が配置され、馬力減少率を高くすることができる。

ここで、図 9 にも示すように、ダクト本体 1 1 の中心角 θ が特に 90 度を越える場合には、ダクト本体 1 1 は右上象限以外の象限にも必ず位置することになるが、ダクト本体 1 1 の一部でも右上象限に配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【 0 0 4 5 】

図 10 では、船体 1 を後方から前方視した状態で、プロペラ 3 が反時計回り B の場合を示している。このように、プロペラ 3 が反時計回り B の場合には、左上象限にダクト本体 1 1 を配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

なお、図 10 では、ダクト本体 1 1 の中心角 θ を 90 度とし、ダクト本体 1 1 を、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対して対称を成す位置から、右舷側に 45 度回転させて取り付けられた場合を示している。プロペラ 3 が反時計回り B の場合には、図 15 で示すデータとプラスマイナスが逆になるため、ダクト本体 1 1 は、 $\theta =$ マイナス 30 度 (右舷側に 30 度) から $\theta =$ プラス 90 度 (左舷側に 90 度) までの範囲で傾けて、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 が非対称を成すように船尾用ダクト 1 0 を取り付けることで、左上象限にダクト本体 1 1 が配置され、馬力減少率を高くすることができる。

ここで、図 10 にも示すように、ダクト本体 1 1 の中心角 θ が 90 度である場合でも、ダクト本体 1 1 は左上象限以外の象限にも位置することがあるが、ダクト本体 1 1 の一部でも左上象限に配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【 0 0 4 6 】

次に本実施形態による船尾用ダクトの設計方法について以下に説明する。

本実施形態では、パナマックスサイズ・バルクキャリア (P x B C) の、船尾肥大度を高くした形状の船体を用いた。

【 0 0 4 7 】

図 11 は、適用する船体について、船体要目及び 3 次元形状側面図を示している。

【 0 0 4 8 】

図 12 は、本実施形態による船尾用ダクトと同一半径の全周ダクトについて、ダクト要目及び 3 次元形状を示している。

本実施形態による船尾用ダクト 1 0 を設計するに当たり、まず、略円弧状のダクト本体 1 1 と同一半径の全周ダクトを設定する。

ここでは、全周ダクトとして、所謂 Weather Adapted Duct (W A D) を基本形状としたダクトを用いている。

図 12 において、 $D_{T.E.}$ はダクト後端直径、 D_p はプロペラ直径、 L_a はダクト翼断面コード長、 α は翼断面が持つ開き角である。

【 0 0 4 9 】

図 13 は、使用するプロペラについて、プロペラ要目を示している。

図 13 において、 H / D_p はピッチ比、 $a E$ は展開面積比、 Z は翼数を表わす。

【 0 0 5 0 】

図 1 4 は、船体に対するダクト及びプロペラの取り付け位置を示している。

座標原点を船体の船首垂線 (F P) に取り、 F P から船尾垂線 (A P) の方向を x 軸正、左舷から右舷の方向を y 軸正、竜骨 (k e e l) から甲板 (d e c k) の方向を z 軸正の向きとしている。また、船長を 1 としている (つまり $x = 0 . 0$ が F P、 $x = 1 . 0$ が A P)。

図 1 4 から導かれるように端的にいうと、ダクト後端はプロペラ前縁と約 $5 \% D_p$ のクリアランスを持ち、ダクト中心はシャフトセンターラインに一致させている。

【 0 0 5 1 】

次に、船型・ダクト・プロペラを設定して、全周ダクトを用いた船体の数値計算による抵抗・自航計算を行う。

図 1 1 から図 1 4 に示す船型・ダクト・プロペラを用いて C F D (C o m p u t a t i o n a l F l u i d D y n a m i c s) 解析を行った。

C F D 解析の結果、ダクト無の船型に比べ、ダクト有の船型は抵抗を増加させることが無く、船殻効率を約 $3 . 2 \%$ 改善した。ダクトが付いているにも関わらず、全抵抗係数が殆ど増加しない理由は、ダクト自身が推力を出しているからであると考えられる。

【 0 0 5 2 】

次に、抵抗・自航計算結果から全周ダクトの内表面の流体力分布を求める。

図 1 5 は、全周ダクトのスラスト成分および抵抗成分分布の周方向分布を示している。

図 1 5 において、傾き角 θ は、全周ダクトを後ろから見て 1 2 時の位置を 0 度とし、1 2 時の位置から時計回り方向を正としている。また、図 1 5 において、縦軸 C t x は、x 方向流体力であり、正の値 (0 ラインより上) では抵抗となり、負の値 (0 ラインより下) では、推進力となる。

図 1 5 に示すように、プロペラ 3 が作動していない時 (図中点線) には、x 方向流体力 (C t x l d u c t) は、全周に渡り正の値、つまり抵抗 (r e s i s t a n c e) となっている。

しかし、プロペラが作動すると、C t x l d u c t は $0 \text{ 度} < \theta < 4 5 \text{ 度}$ 、 $2 8 8 \text{ 度} < \theta < 3 6 0 \text{ 度}$ 付近で負の値、つまりスラスト (t h r u s t) として作用する。このスラスト成分が、プロペラ 3 の作動時には、ダクトを取り付けている時でも全抵抗係数を増加させない要因となっていると考えられる。

【 0 0 5 3 】

図 1 6 は、全周ダクトの表面上のスラスト分布と抵抗成分分布の等高線図であり、図 1 5 に示す抵抗 / スラスト成分が、ダクト表面上にどのように分布しているかを 3 次元的に示している。

図 1 5 に見られるダクトのスラスト成分は、図 1 6 では主にダクト上面内側で発生していることが分かる (図中、矢印で示す領域 Z)。

すなわち、スラスト成分が発生する領域 Z は、扇形の中心角を θ とすると、 $0 \text{ 度} < \theta < 1 8 0 \text{ 度}$ の範囲で囲まれた扇形部分となっている。スラスト自体は、ダクト側面内側付近にも発生しているが、当該部分のダクト外側にはこのスラストよりも大きな抵抗が働いていることから、ダクトコード方向に積分した全体の流体力としては図 1 5 に示す傾き角が $9 0 \text{ 度}$ 付近に示すように、抵抗となっている。

【 0 0 5 4 】

このように、抵抗・自航計算結果から全周ダクトの内表面の流体力分布を求めた後に、流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体 1 1 の形状を決定する。ここで、流体力分布は、スラスト分布と抵抗成分分布である。

流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体 1 1 の形状を決定するに当たっては、スラスト分布と抵抗成分分布の等高線図 (図 1 6) 及び / 又は周方向分布図 (図 1 5) を用いることで、ダクト本体 1 1 の形状の切り出しを容易に行うことができる。

【 0 0 5 5 】

次に、ダクト本体 1 1 の形状の切り出し範囲について説明する。

図17は、図15に示すデータを基に、扇形の中心角(角度範囲) θ を、 $\theta = 180^\circ$ 、 $\theta = 140^\circ$ 、 $\theta = 120^\circ$ とした時のスラスト比を示している。

また、図18は、中心角(角度範囲) θ についての有効なスラストの得られるダクト形状の切り出し範囲を示している。

扇形の中心角 θ は、図15に示すデータを用いて $\theta = 180^\circ$ とした時のスラストを1とする場合、 $\theta = 140^\circ$ とした時ではスラスト比が1.10、 $\theta = 120^\circ$ とした時では1.39となる。

すなわち、 $\theta = 180^\circ$ に比べ、 $\theta = 140^\circ$ 、 $\theta = 120^\circ$ の時、スラストはそれぞれ約10%、40%増加する。

従って、扇形の中心角(角度範囲) θ は、図18中に(a)の範囲で示すように180度を上限として、90度から180度の略円弧状に形成することが好ましい。また、扇形の中心角(角度範囲) θ は、図18中に(b)の範囲で示すように140度を上限として、90度から140度の略円弧状に形成することがより好ましく、図18中に(c)の範囲で示すように120度を上限として、90度から120度の略円弧状に形成することが最も好ましい。

【0056】

また、前述のようにx方向流体力が負の値となり推進力となる範囲は、 $0^\circ < \theta < 45^\circ$ 、 $288^\circ < \theta < 360^\circ$ 付近であり、これらの中心位置は 346.5° 付近にあり、扇形の中心角 θ を2分する中心線は象限で表現すると左上象限に存在していることになる。従って、ダクト本体11は少なくとも左上象限に存在することが好ましく、ダクト本体11の主要部が左上象限に存在することがより好ましい。またこの場合、結果的にプロペラ3の上下方向の中心線Xvに対してダクト本体11が非対称を成すよう配置されることになる。

なお、x方向流体力が負の値となり推進力となる範囲は、前述のプロペラ3の回転方向のほか、船体1や船尾2の構造、プロペラ3の特性により変わってくる。

【0057】

一方、ダクトは、ダクト後方の流れを減速させることによって、プロペラ3は軸方向のゲインを得ることができる。

図19は、ダクトの減速効果を示す図である。

図19(a)はダクト無、図19(b)はダクト有を示している。

図19(b)において、矢印Yで示す領域が、ダクトの減速効果が見られる領域であり、ダクトを後ろから見て12時の位置を中心とし、左右舷にそれぞれ約60度程度の領域で得られていることが分かる。

以上より、ダクトがスラストを出す領域及び減速効果を生む領域は、概ね一致しており、ダクトを後ろから見て12時の位置を中心とし、中心角 θ が約120度の扇形で囲まれた領域であることが分かる。

従って、図19に示すダクトの減速効果からも、約120度の近接領域を含め90度から140度の領域にダクト本体11を臨ませることが好ましく、90度から120度の領域に臨ませることがより好ましい。

なお、コスト面や装備の容易化の面から、プロペラ3の回転中心軸よりも上部の特に推進方向成分(スラスト成分)が大きく得られる位置に、角度範囲 θ の小さい90度から140度のダクト本体11を臨ませる場合には、このダクトの減速効果からいっても好ましい配置となる。

【0058】

以上のように、本実施形態による船尾用ダクト10の設計方法は、船尾用ダクト10を設計するに当たり、略円弧状のダクト本体11と同一半径の全周ダクトを設定するステップと、全周ダクトを用いた船体1の数値計算による抵抗・自航計算を行うステップと、抵抗・自航計算結果から全周ダクトの内表面の流体力分布を求めるステップと、流体力分布に基づいて全周ダクトから略円弧状のダクト本体11の形状を決定するステップとで行うことで、全周ダクトにおける従来の設計方法を基にして、略円弧状のダクト本体11を設

計できる。

【 0 0 5 9 】

次に、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 を非対称に設けることによる効果を説明する。

図 2 0 はダクト本体の傾き角と自航要素の関係を示す特性図、図 2 1 はダクト本体の傾き角と馬力減少率の関係を示す特性図である。

図 2 0 及び図 2 1 において、角度 0 は、船体 1 を後方から前方視した状態でプロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 を対称に設けた場合であり、プラスの傾き角は右舷側に傾け、マイナスの傾き角は左舷側に傾けている。プロペラ 3 は時計回り A に回している。また、縦軸は、ダクト無を基準としている。

図 2 0 では、自航要素として、推力減少率 (1 - t)、有効伴流率 (1 - w)、推進器効率比 (e t a R) を示している。

図 2 0 及び図 2 1 において、好ましい傾き角の位置を円で示している。

図 2 0 及び図 2 1 に示すように、プロペラ 3 が時計回り A の場合には、ダクト本体 1 1 は、マイナス 3 0 度 (左舷側に 3 0 度) からプラス 9 0 度 (右舷側に 9 0 度) までの範囲で傾けて、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 が非対称を成すように船尾用ダクト 1 0 を取り付けすることで、馬力減少率を高くすることができる。なお、プロペラ 3 が反時計回り B の場合には、ダクト本体 1 1 は、右舷側に 3 0 度から左舷側に 9 0 度までの範囲で傾けて、プロペラ 3 の上下方向の中心線 X v に対してダクト本体 1 1 が非対称を成すように船尾用ダクト 1 0 を取り付けすることで、馬力減少率を高くすることができる。

なお、図 2 0、図 2 1 のデータを取得した船体要目やプロペラ要目等は、図 1 5 の数値計算結果を得たときの図 1 1 の船体要目や図 1 3 のプロペラ要目とは異なっている。

【 0 0 6 0 】

図 2 2 及び図 2 3 は、船尾用ダクトを装備した二軸船尾双胴型の船舶を後方から前方視した状態を示す要部正面図である。

図 2 2 及び図 2 3 において、船体 1 には、右舷側スケグの船尾管 2 R には右舷側プロペラ 3 R、左舷側スケグの船尾管 2 L には左舷側プロペラ 3 L を設けている。

【 0 0 6 1 】

図 2 2 では、右舷側プロペラ 3 R は反時計回り B、左舷側プロペラ 3 L は時計回り A であり、内回りの回転であることを示している。

このように内回りの回転による二軸船尾双胴型の船舶にあっては、右舷側プロペラ 3 R に対応する右舷側船尾用ダクト 1 0 R は左上象限にダクト本体 1 1 R を配置し、左舷側プロペラ 3 L に対応する左舷側船尾用ダクト 1 0 L は右上象限にダクト本体 1 1 L を配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【 0 0 6 2 】

図 2 3 では、右舷側プロペラ 3 R は時計回り A、左舷側プロペラ 3 L は反時計回り B であり、外回りの回転であることを示している。

このように外回りの回転による二軸船尾双胴型の船舶にあっては、右舷側プロペラ 3 R に対応する右舷側船尾用ダクト 1 0 R は右上象限にダクト本体 1 1 R を配置し、左舷側プロペラ 3 L に対応する左舷側船尾用ダクト 1 0 L は左上象限にダクト本体 1 1 L を配置することで、推力減少率又は推進器効率比を高め、有効伴流率を小さくすることができる。

【 0 0 6 3 】

このように、本実施形態による船尾用ダクト 1 0 は、二軸船尾双胴型の船体 1 にも適用でき、ダクト本体 1 1 に加わる抵抗を低減し、省エネ効果の高い二軸船尾双胴型の船舶を提供できる。

また、本実施形態による船尾用ダクト 1 0 は、既存の船体 1 に対して後付けで取り付けることができる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 6 4 】

本発明は、特に低速肥大船の船尾に装着する船尾用ダクトに適用でき、ダクト本体を付加しても、船体の抵抗を増加させることなく船殻効率を改善することで省エネ効果がある。

【符号の説明】

【 0 0 6 5 】

- 1 船体
- 2 船尾
- 3 プロペラ
- 1 0 船尾用ダクト
- 1 1 ダクト本体
- 1 1 s 断面
- 1 2 支持手段
- X p 回転中心軸
- X v 上下方向の中心線
中心角(角度範囲)