

【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 16 日 (2017.2.16)

【公表番号】特表 2014-522778 (P2014-522778A)
 【公表日】平成 26 年 9 月 8 日 (2014.9.8)
 【年通号数】公開・登録公報 2014-048
 【出願番号】特願 2014-520736 (P2014-520736)
 【国際特許分類】

B 6 3 B 1/40 (2006.01)

B 6 3 B 1/32 (2006.01)

B 6 3 B 1/34 (2006.01)

【F I】

B 6 3 B 1/40 Z

B 6 3 B 1/32 Z

B 6 3 B 1/34

【誤訳訂正書】

【提出日】平成 29 年 1 月 12 日 (2017.1.12)

【誤訳訂正 1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】船の船首に設けて水流管理を行う流体力学的ダクト

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体力学の技術分野に関し、より詳細には、船首に設ける流体力学的ダクトに関し、このダクトは、水平壁部分及び二つの側壁部分を有し、よってダクト外部とは異なる様々な特性を有する水流空間を船首においてダクト内に規定することにより、造波抵抗及び摩擦抵抗を低減し、よって船の推進にかかる燃費を低減する。

【背景技術】

【0002】

いかなるタイプの造船技術の分野においても、船の推進のために消費するエネルギーを低減することは、全世界的経済危機及び環境問題の悪化から、ますます重要となっている。

【0003】

造波抵抗及び摩擦抵抗は、船の航行中の燃料消費量を決定する重要なパラメータである。船がこうむる摩擦抵抗及び造波抵抗を低減すること、並びにその結果として、船が遭遇する水塊を分けての航行を改善することは、常に付きまとう取組課題である。例として、造波抵抗を低減するために、特に船首波の高さを低減するために、船体の舳先部分には、これまでバルブ状やボール状の形状が広く用いられている。

【0004】

しかしながら、船の前面、つまり船の航行中に水面を分けて推進路を開くことに関与する船首の広範にわたる表面は、バルブがカバーする面積よりもかなり広い面積であり、推進抵抗が船の速度の二乗に正比例することを鑑みると、この抵抗を克服して、船の設計で意図されている定格速度で船を推進させるために必要な馬力も正比例的に増加する。

【0005】

この問題を克服して推進抵抗を低減し、よって船首の前面にかかる造波抵抗を克服する

際に消費するエネルギーを低減することを目的として、国際公開公報W092/22456 (E.E. ペトロマノラキス) では船首にダクトを設けることを提案しており、このダクトは、船の喫水線の上下に所定の高さ延在し、船が、前面全体ではなく、船首に設けたこのダクトを通して水塊に衝突することにより、船の航行中における造波の低減を実現している。しかしながら、このような造波エネルギーを吸収するダクトは、これを取り囲む船の前面における海水流に対して、ダクトを通る水流を十分に異なるものとするのができなかったため、最適な利益をもたらすことはできなかった。フランス特許出願公開FR-A-1017897等、従来技術における他の試みでは、船の航行中の造波抵抗を顕著に低減することができないだけでなく、可動部分を備えていたため、船のエンジンからさらにエネルギーを供給する必要がある、費用対効果が容認できるものではなく、望ましい結果が得られなかった。船首において海水流を操る別の試みが国際公開公報W082/03055 (SEE) に開示されており、この文献では、回動部材を動作させるために水を舳先から船尾へと導くように構成されたダクトを提案しているが、この発想は全く別の原理であるだけでなく、摩擦や乱流等により、実際に実施できるのかどうか非常に疑わしい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】国際公開第W092/22456

【特許文献2】フランス特許公開第1017897号

【特許文献3】国際公開第W082/03055号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、本発明の主な目的は、上述した従来技術の欠点及び欠陥を効率的に克服し、舳先に設けた流体力学的ダクトの性能を最大限に利用することができる構造設計パラメータを提案することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

特に、ダクトの水平壁部分及び側壁部分の製造パラメータについて選択的組み合わせを提案するものであり、揚力係数 C_L 及び抗力係数 C_D を決定するダクトの壁部分の寸法に関するこのパラメータは、船の航行の特定の公称速度及び船首の寸法に対応して、ダクトの水平壁部分及び側壁部分のどちらにとっても比 C_L / C_D が最適となるように、且つダクトの側壁の揚力係数 C_L に対する水平壁の揚力係数 C_L の比が最適となるように、考慮されている。

【0009】

検討しているパラメータに基づいて、ダクト内における水流を、ダクトの外側を取り巻く水流とは有利に異なるものとするにおいて最適な結果を達成することにより、船の航行における抵抗を低減し、よって燃料消費量を低減するように、あらゆるタイプの船においてダクト設計の最適な解決策を提供することが可能となった。

【0010】

上記の望ましく有利な特徴を獲得するために、本発明が提案する流体力学的ダクトは、水平壁部分への迎角ゼロに相当する低圧の中心が、最初の船首波が発生する領域に位置するように、且つ側壁部分と水平壁部分との接続領域にある側壁部分の低圧の中心が、水平壁部分の低圧の中心から前縁若しくはそのわずかに前方までの間の選択された位置にくるように、配置される。

【0011】

本発明の上記及びその他の全ての目的、特徴、利点は、以下の詳細な説明から明らかとなる。

【0012】

添付図面を参照して、以下に本発明を当業者に充分に開示するが、これらの図面は例示

的描写に過ぎず、本発明の限定的実施態様ではない。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】図1は、本発明のダクトの第一の説明的実施態様の斜視図であり、このダクトの水平壁部分及び側壁部分はどちらも翼断面を有し、ダクトは、造波抵抗及び摩擦抵抗を低減することによって船の航行に必要な燃料を低減するように船首に設けられる。

【図1a】図1aは、図1のダクトの水平壁部分に使用する翼断面を示す断面図である。

【図1b】図1bは、図1のダクトの側壁部分に使用する翼断面を示す断面図である。

【図2】図2は、CFD研究から得られた、航行する船の船首における造波ベクトル及び摩擦ベクトルの説明図である。

【図2a】図2aは、共に翼断面を有する水平壁部分及び側壁部分の両方を備える本発明のダクトを設けた船首のバルブの周囲における造波ベクトル及び摩擦ベクトルの説明図である。

【図3】図3は、本発明のダクトの一実施態様であり、ダクトの側壁部分は、喫水線に対して垂直上下方向に所定高さまでほぼ鉛直方向に延在し、船首の輪郭線の傾斜若しくは上記所定高さよりも上の他の傾斜に沿うように構成されている。

【図4】図4は、水平壁部分及び側壁部分共に湾曲プレートである本発明のダクトの一実施態様である。

【図4a】図4aは、図4に示す本発明のダクトの実施態様で使用する湾曲プレートの様々な形状を示す。

【図5】図5は、水平壁部分及び側壁部分が共に鋭角形状のプレートである本発明のダクトの一実施態様の斜視図である。

【図5a】図5aは、水平壁部分及び側壁部分が共に鋭角形状のプレートである本発明のダクトの一実施態様の断面図である。

【図5b】図5bは、図5及び図5aに示すダクトの水平壁部分に相当するプレート及び側壁部分に相当するプレートの鋭角形状を示す。

【図6a】図6aは、翼断面を有する水平壁部分と、鋭角部を有する側壁部分との組み合わせを選択した、本発明が提案するダクトの一実施態様である。

【図6b】図6bは、翼断面を有する水平壁部分と、湾曲プレートを有する側壁部分との組み合わせを選択した、本発明が提案するダクトの一実施態様である。

【図7】図7は、鋭角部を有する壁部分を備えるダクトの例示的形状を示し、ダクトの外側を閉鎖するためにさらに別のプレート部材を使用している。

【図7a】図7aは、図7に示すような鋭角部を有する壁部分を備えるダクト、若しくは図4に示すような湾曲プレートを有する壁部分を備えるダクトの外側を閉鎖するためのプレート部材の様々な形状を示し、この閉鎖プレート部材は、直線的形状、湾曲形状、若しくは鋭角形状とすることができる。

【図8】図8は、水平壁部分及び側壁部分が同じ長さであるダクトを示す。

【図8a】図8aは、図8のA - A'線に沿った横断面の別の形状を示す。

【図8b】図8bは、図8のB - B'線に沿った横断面図である。

【図8c】図8cは、水平壁部分よりも側壁部分の方が長いダクトを示す。

【図8d】図8dは、水平壁部分よりも側壁部分の方が短いダクトを示す。

【図9】図9は、水平壁部分及び側壁部分が共に前縁ガイドプレート延長部及び後縁ガイドプレート延長部を備える本発明の例示的实施態様を示す。

【図9a】図9aは、前方に突出するガイドプレート延長部及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部を組み込んだ、図9の水平壁部分の例示的断面図である。

【図9b】図9bは、様々な例示的翼断面の弦を示す直線部分を例示的に示す。

【図10】図10は、層流を最適化する構成の突出リップ配列を水平壁部分及び側壁部分の両方に設けた本発明の例示的实施態様の斜視図である。

【図10a】図10aは、層流を最適化する構成の突出リップ配列を水平壁部分及び側壁部分の両方に設けた本発明の例示的实施態様の断面図である。

【図 1 1】図 1 1 は、給気用の細いダクト若しくは孔を水平壁部分及び側壁部分の両方に設けた本発明の一実施態様を示す。

【図 1 1 a】図 1 1 a は、給気用の細いダクト若しくは孔を設けた図 1 1 のダクトの側壁部分の一部の詳細を示す。

【発明を実施するための形態】

【0014】

添付図面を参照して、本発明の例示的且つ非限定的実施態様を説明する。

【0015】

提案する流体力学的ダクトは、船の航行中に生じる造波抵抗及び摩擦抵抗の低減をもたらす、そのために、海面下で水平壁部分が水中に確実に浸水するような位置において、船首に設けられる。このダクトは、水平壁部分(1)と一对の側壁部分(2、3)とを備え、この側壁部分(2、3)は、水平壁部分(1)に接続されており、船首の各側において上方に延在して、船首側面から一定の等距離を維持し、よってこの船首側面の湾曲形状に沿って、水平壁部分(1)、並びに側壁部分が支柱(4)によって接続されている船首表面と共に、ダクト外側の水流とは全く異なる水流領域をダクト内に形成する。

【0016】

ダクト内の水流を異なるものとしてダクトの性能を最適化するための水平壁部分(1)の配置は、図 2 に示すように、推進中に船首にかかる圧力の領域よりも下方に水平壁部分が指向するようにするものであり、この位置において、船首に造波圧力を加えるベクトル及び摩擦圧力を加えるベクトルの大半は、ダクト内に包含される。ダクトの喫水は、喫水線から水平壁部分上面の最高点までの距離と定義され、上述の通り、水平壁部分は、船首にかかる最大圧力の領域よりも下方に位置し、この領域は図 2 において高さ H で示される。同様に、図 2 a に示すように、バルブ付き船首の場合も、本発明のダクトの水平壁部分は、船首に造波圧力を加えるベクトルの大半及び摩擦圧力を加えるベクトルの一部がダクト内に包含される位置に配置され、この位置は、バルブに衝突する水流のよどみ点から外れて下方にあり、このよどみ点は、水流が船首に最大圧力をかけ、且つ水流の速度がゼロである、船首上の点である。バルブに造波圧力を加えるベクトル及び摩擦圧力を加えるベクトルの図の隣に示す流体力学的部分の図は、バルブの領域に湾曲部分を有し、その後、直線状部分が船首側面の角度に対応する角度で傾斜して上方に延在するダクトの側壁部分の形状を説明的に示す。

【0017】

上述の通り、ダクト内の水流特性をダクトの外側の水力特性とは異なるものとするにより、上記に定義したように、造波抵抗及び摩擦抵抗の低減、並びにその結果として船の推進時に消費する燃料を節約する余地を与えるという船の航行特性が向上し、このような燃料消費の低減は、明らかに経済的及び環境的に有利である。

【0018】

図 2 に高さ H で示す、船首にかかる圧力の領域の下方にダクトの水平壁部分が載置されるが、この領域は造波抵抗(C_w)及び摩擦抵抗(C_f)が生じる水流領域であると共に、単に船体に作用する摩擦流(C_f)として機能する水流部分を含む。従って本発明のダクトは、造波係数(C_w)及び摩擦係数(C_f)を向上させる。この向上は、模型船の試験に適したタンク内で行われる試験(水槽試験)によって証明されており、これは、通常の船首を有し、公称速度が 14 ~ 15 ノット、18 ~ 20 ノット、及び 30 ノットである模型船、並びにバルブを有し、公称速度が 14 . 5 ~ 15 . 5 ノットである模型船を試験するものである。バルブを有する模型船の場合には、水平壁部分の上面は、局所ゼロ速度の領域、つまりバルブ上へと流れる流体がゼロ速度である点であるバルブのよどみ点、の領域の下方約 1 メートルの距離に配置される。穏やかな海の条件下における喫水線を基準とすると、このよどみ点は、流速ベクトルが、船体に造波及び抵抗を生じるように作用する上向きの流速ベクトルと、船体に単なる抵抗を生じるように作用する下向きの流速ベクトルとに分かれる船首上の点である。公称速度が 30 ノットと高速の模型船の場合には、ダクトの水平壁部分の上面は、試験中、ダクトの性能を最大限とするために、上向きの造波ベ

クトルの下方（キールを常に基準点とする）、且つキールに平行なベクトルの下方及び単に摩擦を生じる下向きのベクトルの下方にくる位置に配置される。従ってダクト内には、造波及び抵抗を同時に生じる水流、並びに船体に専ら摩擦を生じる水流の一部が包含される。一般に、本明細書に提案する舳先ダクトは、最適な結果を得るために、船の速度に応じて前方若しくは後方にシフトさせることができる。

【0019】

慣用の船首では、肯定的な結果を得るために、ダクトの長さは、圧力がかかる船首表面の全体若しくは一部を覆うことができる長さである。慣用の船首を有する船の結果を表2～4に示す。同様に、喫水線まで若しくは喫水線近傍まで延在するバルブを有するタイプの船の場合には、ダクトは前面圧力の領域及び側面背圧の領域（あれば）を覆って、表1に示す実験的試験結果から明らかなように、省エネルギーに貢献する。上述の前面圧力の領域及び側面背圧の領域は、CFD（数値流体力学）研究によって決定することができ、このような研究によって得られたデータはその後、水槽内で模型船を試験することによって確認することができる。

【0020】

図1に模式的に示すように、ダクトの水平壁部分（1）は、図1aに示す特定形状の断面（a）を有し、この断面（a）は、流れ方向長さ（ a_l ）及び厚さ（ a_t ）を有し、一方側壁部分（2、3）は、図1bに示す特定形状の断面（b）を有し、この断面（b）は、流れ方向長さ（ b_l ）及び厚さ（ b_t ）を有する。長さ及び厚さの寸法は、壁部分の様々な形状に応じて異なる。図に示すように、断面（a）及び断面（b）は翼断面であり、壁部分の揚力係数要求によって、断面（a）及び断面（b）は同一の翼断面であっても異なる翼断面であってもよく、翼断面を選択する主なパラメータは、船の速度及び船首の形状である。

【0021】

水平壁部分（1）は、船首の輪郭線の両側に延在し、ダクト内上面（10）及びダクト外底面（11）を有し、水平壁部分（1）に接続される側壁部分（2、3）は、それぞれダクト内面（20、30）及びダクト外側のダクト外面（21、31）を有する。水平壁部分（1）の断面（a）及び側壁部分（2、3）の断面（b）は、前縁（1a）（2a、3a）がダクトに入る水流の前端に、後縁（1b）（2b、3b）がダクトを出る水流の後端に、それぞれくるように配置される。

【0022】

船首側面からの側壁部分（2、3）の距離（ここでは船首側面からの後縁（2b、3b）の距離として定義する）は、ダクトに入る水流の迎角と関連して、側壁部分の位置を決定する。船首側面から側壁部分（2、3）の距離は、船の速度、船首形状、及び側壁部分のタイプによって異なり、0.30～10.00mの範囲とすることができる。

【0023】

水平壁部分（1）は、喫水線に平行であっても、穏やかな海の喫水線に対して所定角度を成していてもよく、水平壁部分（1）の迎角は、船の速度及び使用する翼断面のタイプの関数であり、側壁部分（2、3）の迎角は、船の速度、船首形状、及び側壁部分を成す翼断面のタイプの関数である。

【0024】

上述した通り、側壁部分は、船首のキールからデッキ方向の形状に沿って、常に船首側面に平行且つ同側面から一定距離にあり、側壁部分は、喫水線に対して適切な角度で延在し、船の周囲の水流が喫水線に平行であるので、好ましくは喫水線に平行であり、それにより、縦揺れを伴う航行中、最適効率で設計された壁部分には、形状誤差がほとんど出ず、よって実質的に一定の性能を維持し、前縁（2a、3a）は、船首の輪郭線の傾斜に沿い、この船首の輪郭線は、喫水線に対して垂直であるか、若しくは所定角度で傾斜していてもよい。

【0025】

図3に示す本発明の好ましい一実施態様では、ダクトの側壁部分（2、3）は、喫水線

に対して垂直方向且つ喫水線の上下にみて所定高さまで概ね鉛直方向に延在しているが、この所定高さよりも上方では、船首の輪郭線の傾斜若しくは他の傾斜に沿うように構成されている。

【0026】

側壁部分(2、3)並びに水平壁部分(1)の断面は、一定であってもよく、それにより壁部分の長さ方向若しくは他の部分にわたって同じ形状を維持していても、或いは長さ方向に異なってもよい。

【0027】

本発明の好ましい説明的实施態様によれば、水平壁部分(1)の断面(a)の所定の幾何学的形状、及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)の所定の幾何学的形状は、各前縁(1a)(2a、3a)がダクトに入る水流の前端に、各後縁(1b)(2b、3b)がダクトから出る水流の後端にそれぞれくるように配置される翼断面である。

【0028】

本発明のダクトの特徴は、所定形状の断面(a)を有する水平壁部分(1)の低圧の中心が、ダクト内上面(10)に衝突する水流の適切に選択された迎角に対応して、最初の船首波生成の領域、つまり船首の輪郭線若しくはそこからわずかに前方の位置に配置される。一方、側壁部分(2、3)が水平壁部分(1)に接続する領域における、所定断面形状の側壁部分(2、3)の低圧の中心は、ダクト内面(20、30)に衝突する水流の適切に選択された迎角に対応して、水平壁部分(1)の低圧の中心(1c)と水平壁部分(1)の前縁(1a)或いはこの前縁(1a)よりも前方に突出した位置との間の選択位置に配置され、側壁部分(2、3)はいかなる場合も、側壁部分(2、3)の後縁(2b、3b)が水平壁部分(1)の後縁(1b)と一致するように、適切な長さで製造される。

【0029】

図1に例示する本発明の実施態様では、水平壁部分(1)及び側壁部分(2、3)のどちらも翼断面を有し、水平壁部分(1)の翼断面(a)及び/又は側壁部分(2、3)の翼断面(b)は、それぞれ突出形状のダクト内面(10)及び/又はダクト内面(20、30)、並びに水平壁部分(1)のダクト外面(11)及び/又は側壁部分(2、3)のダクト外面(21、31)を有し、これら外面は平坦であっても内方にくぼんでいてもよく、或いは一部が平坦で一部が内方にくぼんでいる組み合わせ形状であってもよい。ここで、本発明の有利で好ましい実施態様によれば、水平壁部分(1)の後端(1b)は下向きに傾斜しており、この形状は造波の急落を生じさせ、一方、側壁部分(2、3)の後縁(2b、3b)は、ダクトを出る水流が船首マスクに与える衝撃を低減するように、外方に傾斜していることに注意すべきである。

【0030】

本発明の別の実施態様によれば、水平壁部分(1)の断面(a)の所定形状及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)の所定形状はそれぞれ、水平壁部分(1)のダクト内面(10)若しくは側壁部分(2、3)のダクト内面(20、30)が、湾曲プレート(1')(2'、3')の凸状面にそれぞれ相当し、水平壁部分(1)ダクト外面(11)若しくは側壁部分(2、3)のダクト外面(21、31)が、湾曲プレート(1')(2'、3')のくぼみ面にそれぞれ対応するように配置された湾曲プレート(1')(2'、3')である。

【0031】

図4は、水平壁部分及び側壁部分の両方が湾曲プレートである本発明のダクトの実施態様を説明的に示し、この湾曲プレートは、図4aに示すように、様々な形状とすることができる。この場合、ダクト内上面(10)に衝突する水流の適切に選択された迎角に対応する所定形状の断面(a)を有する水平壁部分(1)の低圧の中心(1c)、及び/又は側壁部分(2、3)が水平壁部分(1)に接続する領域における、ダクト内面(20、30)に衝突する水流のそれぞれ適切に選択された迎角に対応する所定形状の断面(b)を有する側壁部分(2、3)の低圧の中心(2c、3c)は、それぞれ湾曲プレート(1')及び湾曲プレート(2'、3')の最もくぼんでいる領域の近傍に配置される。

【 0 0 3 2 】

本発明のさらに別の実施態様によれば、水平壁部分（１）の断面（ａ）の所定形状及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の形状は、それぞれ鋭角部分（１＂）（２＂、３＂）を有するプレートであり、このプレートは、水平壁部分（１＂）の頂点（１０＂）及び側壁部分（２＂、３＂）の頂点（２０＂）（３０＂）の両側にそれぞれ延在する一対の脚部（１０ａ、１０ｂ）（２０ａ、２０ｂ）（３０ａ、３０ｂ）を有し、この頂点は、各鋭角形状の頂点である。図５は、水平壁部分及び側壁部分の両方が鋭角部分で形成される本発明のダクトの配置を示し、この鋭角は１８０度に極近い値とすることができ、その場合、鋭角とされたプレートは、結局単に平坦なプレートとして機能する。

【 0 0 3 3 】

図５に示す角度付き断面のプレートの実施態様では、上述の水平壁部分（１＂）の脚部（１０ａ）及び側壁部分（２＂、３＂）の対応する脚部（２０ａ、３０ａ）は、ダクトに入る水流の入口端に配置され、水平壁部分（１＂）の脚部（１０ｂ）及び側壁部分（２＂、３＂）の対応する脚部（２０ｂ、３０ｂ）は、ダクトを出る水流の出口端に配置され、脚部（１０ａ、１０ｂ）（２０ａ、２０ｂ）（３０ａ、３０ｂ）はそれぞれその当接点において頂点（１０＂、２０＂、３０＂）を成し、ダクト内では１８０度より大きい角度、ダクト外では１８０度より小さい角度をなし、適切に選択されたダクト内面（１０＂）上への水流迎角に対応する所定形状の断面（ａ）を有する水平壁部分（１＂）の低圧の中心（１ｃ）、及び／又は適切に選択されたダクト内面（２０＂、３０＂）上への水流迎角に対応する所定形状の断面（ｂ）を有する側壁部分（２＂、３＂）の低圧の中心（２ｃ、３ｃ）は、鋭角プレート（１＂）（２＂、３＂）の鋭角形状の頂点（１０＂）（２０＂、３０＂）の近傍の選択された位置にそれぞれ配置される。

【 0 0 3 4 】

本発明の一実施態様によれば、上述の鋭角プレート（１＂）の、ダクトに入る水流の入口端に配置されるダクト脚部（１０ａ）及びダクトを出る水流の出口端に配置されるダクト脚部（１０ｂ）のどちらも、平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートである。

【 0 0 3 5 】

本発明のさらに別の実施態様によれば、鋭角プレート（１＂）の、ダクトに入る水流の入口端に配置されるダクト脚部（１０ａ）は平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートであり、ダクトを出る水流の出口端に配置されるダクト脚部（１０ｂ）は翼断面であり、或いは、鋭角プレート（１＂）の、ダクトに入る水流の入口端に配置されるダクト脚部（１０ａ）は翼断面であり、ダクトを得る水流の出口端に配置されるダクト脚部（１０ｂ）は平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートのいずれかである。

【 0 0 3 6 】

鋭角プレート形状の壁部分の上述のいずれの場合においても、鋭角プレート（１＂）（２＂、３＂）の鋭角の頂点（１０＂）（２０＂、３０＂）は、短い直線状部分及び／又は所定凸形状の円曲線状頂部の形を取ることができる。このような頂点の様々な形状を図７ａに示す。

【 0 0 3 7 】

湾曲プレートの断面を使用する場合であっても、鋭角プレートの断面を使用する場合であっても、水平壁部分（１）の湾曲プレート（１＇）若しくは鋭角プレート（１＂）のいずれかの所定形状であるダクトの外側となるプレートの面、及び／又は側壁部分（２＇、３＇）の湾曲プレート（２＇、３＇）若しくは鋭角プレート（２＂、３＂）のいずれかの所定形状であるダクトの外側となるプレートの面は、開放しておいてもよく、それにより、湾曲プレートの場合には中空部分を、鋭角プレートの場合には対応する空洞を形成する。或いは、図７に示すように、前縁から後縁まで延在するプレート（４０）でこの面を閉鎖してもよい。

【 0 0 3 8 】

閉鎖壁部分の場合、プレート（４０）は、水平壁部分（１）の湾曲プレート（１＇）若しくは鋭角プレート（１＂）の、所定形状のダクトの外側のプレートのダクト外面、及び

／又は側壁部分（２、３）の湾曲プレート（２'、３'）若しくは鋭角プレート（２''、３''）の、所定形状のダクトの外側面おプレートのダクト外面を閉鎖するために使用するが、このプレート（４０）は可能性として、図７aに示すように、平坦なプレート（４０a）、湾曲プレート（４０b）、鋭角プレート（４０c）、若しくはこれらの組み合わせとなるように選択することができ、図７aには、平坦な形状若しくは円曲線形状の頂点を正規化した場合も示す。

【００３９】

本発明の好ましい例示的实施態様によれば、本発明のダクトは、翼断面を有する水平壁部分（１）と、鋭角断面（図６a）を有する側壁部分（２''、３''）若しくは湾曲プレート断面（図６b）を有する側壁部分（２'、３'）との組み合わせとして実施することが提案される。特に、船の特定の公称航行速度及び船首形状を常に考慮して、水平壁部分（１）及び側壁部分（２、３）の両方について抗力係数に対する揚力係数の比（ C_L / C_D ）を最適化するために、また側壁部分（２、３）の揚力係数 $C_{L2,3}$ に対する水平壁部分（１）の揚力係数 C_{L1} の比（ $C_{L1} / C_{L2,3}$ ）を最適化するために、ダクトの水平壁部分及び側壁部分の構成において様々な組み合わせを選択することが可能である。

【００４０】

水平壁部分及び側壁部分の形状の様々な組み合わせのいずれの場合においても、上述の水平壁部分（１）及び側壁部分（２、３）のそれぞれについて選択された適切な迎角は、最適な性能を得るために、様々な迎角とした模型船を曳船測定することによって、各特定の船体及び速度設計について実験によって決定される。

【００４１】

提案される流体力学的ダクトの一実施態様によれば、水平壁部分（１）の断面（a）の流方向の長さ（ a_1 ）は、側壁部分（２、３）の断面（b）の長さ（ b_1 ）と等しく（図８）、ダクトは、水平壁部分（１）の低圧の中心（１c）を、側壁部分（２、３）の低圧の中心（２c、３c）の領域の近傍に配置することができるよう配置される。低圧の中心（２c、３c）は常に低圧の中心（１c）よりも前方に配置されることに留意する。水平壁部分の長さと側壁部分の長さが等しくなく、水平壁部分が側壁部分よりも短い（図８c）か、側壁部分が水平壁部分よりも短い（図８d）場合には、最終的に壁部分の長さが等しいダクトを得るために、相対的に短い方の壁部分の前縁の前方若しくは後縁の後方に延長部を使用してもよいが、側壁部分（２、３）の低圧の中心（２c、３c）が、低圧の中心（１c）よりも前方且つ水平壁部分（１）の前縁まで若しくはこれをわずかに越える位置に配置されるという要件を常に満たす必要がある。

【００４２】

水平壁部分（１）は、舳先から船尾の方向にみた場合に、壁部分（１）の低圧の中心 C_{1p} が最初の船首波の発生領域に位置するように配置されることに留意する。低圧のために、流速が最高となり船の速度を超えるのは、低圧の中心のこの位置であることに留意する。従って、最初の船首波はより速い流速に晒され、その結果、最初の船首波の高さが低くなり、船周囲の水流が改善される。

【００４３】

ダクトの性能を最適化するために必要な上述の条件、つまり側壁部分（２、３）の低圧の中心（２c、３c）を、側壁部分の水平壁部分（１）との接続領域の、低圧の中心（１c）と水平壁部分（１）の前縁（１a）若しくは水平壁部分の前縁（１a）から前方に突出した位置との間の最適に選択された位置に配置することは、必要条件であることに留意する。これは、水平壁部分の低圧の中心が最初の船首波の発生領域に配置されている場合に、側壁によって、ダクトに入る水流の速度を増加させ、よって造波を減少させるという水平壁部分（１）の機能を補うことができるのは、側壁部分の低圧の中心のこの位置であるからである。さもなくば、側壁部分の低圧の中心（２c、３c）を水平壁部分（１）の低圧の中心（１c）よりも後方に配置した場合には、側壁部分によって、最初の船首波が発生する近傍に位置する低圧の中心（１c）における速度を増加させることはできない。この場合には、側壁部分は、船首波の速度を増加させることに積極的に貢献するのではな

く、損失を生じさせると考えられる。

【 0 0 4 4 】

公称速度 30 ノット、慣用の鉛直船首、且つフルード数 (Fn) = 0.44 (このような比較的大きいフルード数 (Fn) でもバルブは効率的に作動しないが、本発明のダクトは改善をもたらす) の船における実験的配置において、水平壁部分の翼断面を、その低圧の中心 C_{lp} を、前方且つ船首の輪郭線から弦の長さの略 10 % 程度の距離として配置した (表 4)。これは、この実施態様では速度が高くなったため、同じ翼断面を使用してより低い速度で行った試験と比較して、最初の船首波の発生位置がずれたために必要となった。しかしながら、低速で船首の形状が異なる場合、船首が翼部に当接する位置を、翼部の低圧の中心 C_{lp} の近傍に配置するという一般に認められている推奨位置にもかかわらず、翼断面 NACA 4412 では、図示されるように、上記速度の船のための翼部の前縁は、壁部分の長さ (翼部の弦の長さ) の 50 % が船首の前方に延在するように、有利な位置に配置されている。これは、速度が速くなったため、最初の船首波の発生位置が前方にずれ、よって翼部の低圧の中心もこれに従ってずれたために生じたものである。

【 0 0 4 5 】

略喫水線まで延在するバルブを有し、速度 14.5 ノット及び 15.5 ノットである船の場合 (表 1)、前縁がバルブへの当接点から前方、弦の長さの略 30 % 程度の距離に延在する水平壁部分の翼断面の C_{lp} は、バルブの触先部分に当接し、最初の船首波の発生領域の位置は、この同じ距離にあると推測できる。慣用の船首を有するコンテナ船の場合、実験データを表 3 に示すが、水平壁部分の低圧の中心は、やはり船首近傍に位置し、翼断面の前縁は、ダクトの船首への当接点の前方、弦の長さの略 40 % 程度の距離に配置される。速度が 20 ノットに増加したため、最初の船首波は船首の輪郭線よりも前方の所定距離に発生すると考えられるが、迎角が増加した (5 度) ため、水平壁部分の低圧の中心も前方にずれると考えられ、よって迎角ゼロの場合、低圧の中心は弦の長さの約 40 % の領域に配置される特定の翼断面 (Wortman FX72-MS-150B) の従来提案されている低圧の中心の位置よりも前方に配置される。このように、前方にずれた最初の船首波が、水平壁部分 (1) の前方にずれた低圧の中心と遭遇する。ここで、Wortman FX72-MS-150B タイプの特定の翼断面を有する水平壁部分の揚力係数は、この特定の連続した試験において NACA 4412 タイプの特定の翼断面で行ってきた側壁部分の揚力係数よりも、少なくとも 50 % 高いことに留意する。よって比 $C_{L1} / C_{L2,3}$ は、1.50 よりも高いかこれに等しい。従って、最初の船首波の発生位置が船の速度及び船首形状の関数であることを考慮すると、ダクト配置のための水平壁部分の位置の決定は、上向きのベクトル及び下向きのベクトルの位置を決定する CFD 研究による十分な近似によって行うことができる。上述の通り、ダクトの水平壁部分の配置は、下向きに傾斜しているベクトルの一部を含む、喫水線に平行な向きのベクトルよりも下方とするべきである。上記に概説した配置パラメータの結果、造波抵抗を有利に向上させ、摩擦抵抗も一部向上させたダクトが提供される。つまりダクトは、比 C_w 及び C_f の両方を向上させる。

【 0 0 4 6 】

或いは、水流方向に向いている水平壁部分 (1) の断面 (a) の長さ (a_1) は、側壁部分 (2、3) の断面 (b) の長さ (b_1) よりも短く、ダクトは、水平壁部分 (1) が側壁部分 (2、3) に接続する領域において、水平壁部分 (1) の前縁 (1a) が、側壁部分 (2、3) の低圧の中心 (2c、3c) の領域、若しくは側壁部分の低圧の中心の後方に配置される (図 8c) ように配置される。水平壁部分と側壁部分の長さが異なる場合には、ダクト内の水流条件が外側の水流に対して望ましく異なる状態を確実に維持するために、水平壁部分の後縁と側壁部分の後縁とを一致させることが望ましいが、触先プレート延長部及び / 又は船尾プレート延長部を追加することによって一致させることもできる。

【 0 0 4 7 】

本発明の好ましい実施態様によれば、図 9 に示すように、提案する流体力学的ダクトは、水平壁部分 (1) の断面 (a) が、前方に突出するガイドプレート延長部 (1d) 及び

／又は後方に突出するガイドプレート延長部（１e）を含み、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（b）が、前方に突出するガイドプレート延長部（２d、３d）及び／又は後方に突出するガイドプレート延長部（２e、３e）を含むように、形成される。前方に突出するガイドプレート延長部（１d）、及び／又は後方に突出するガイドプレート延長部（１e）を組み込んだ水平壁部分（１）の様々な断面図を図９aに示す。

【００４８】

上述の水平壁部分（１）の断面（a）の前方及び／又は後方に突出するガイドプレート延長部（１d、１e）、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（b）の前方及び／又は後方に突出するガイドプレート延長部（２d - ３d、２e - ３e）は、平坦若しくは湾曲したプレートであり、これは弦の方向、つまり水平壁部分（１）の前縁と後縁とをつなぐ直線部分（５０）の方向及び側壁部分（２、３）の前縁と後縁とを対応してつなぐ方向、若しくは直線部分（５０）の方向に対して所定の角度をなして配置される。弦を表す直線部分（５０）を、図９bの説明的翼断面に示す。好ましくは、一方で、水平壁部分（１）では造波を低下させ、他方で、側壁部分（２、３）ではダクトを出る水流の船首マスク（船首側壁）への衝突を低減するために、水平壁部分（１）の断面（a）の後方に突出するガイドプレート延長部（１e）は、下向きの凸部を呈し、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（b）の後方に突出するガイドプレート延長部（２e - ３e）は、対応して外向きの凸部を呈するが、これらの凸部は、壁部分の抵抗係数の上昇を防止する適切な形状であることを条件とする。上述の前方及び公報に突出するガイドプレート延長部は、壁部分の弦に合わせて、若しくは弦に対して所定角度で、固定配置することができる。或いは、これらの延長部を可動としてもよく、好ましくは壁部分内部に入り、ここに組み込まれ、全体的若しくは部分的に壁部分から前方若しくは後方に突出してもよい。さらに、この前方及び後方に突出するガイドプレート延長部の傾斜角度は、公知の適切な機構によって変化させることもできる。

【００４９】

本発明のダクトを構成する壁部分の設計における別の顕著な特徴は、いかなる条件下でも、設計された水平壁部分（１）の断面（a）の揚力係数 C_{L1} が、設計されたダクトの側壁部分（２、３）の断面（b）の揚力係数 $C_{L2,3}$ に等しいかこれよりも高いという条件を満たすことであり、この側壁部分（２、３）は、水平壁部分（１）と同じタイプとしても、異なるタイプとしてもよい。船の公称航行速度が異なり、よって船に異なる強度の波が当たる場合、ダクトは、船の航行速度が増加し、その結果、対応して造波が増加すると、特定の公称速度のために設計された特定の船体における比 $C_{L1} / C_{L2,3}$ が増加するように設計される。

【００５０】

喫水線に対して垂直な平面に沿ったダクトの横断面で示されるダクトの形状は、水平壁部分（１）と、水平壁部分（１）に対して垂直な側壁部分（２、３）との接続領域では矩形としてもよく、或いは「U」字型としてもよい、つまり水平壁部分（１）を湾曲部分によって側壁部分（２、３）に接続してもよい。このような湾曲部分は、水平壁部分（１）の翼断面の形状若しくは側壁部分（２、３）の翼断面の形状であってもよく、或いは水平壁部分（１）の翼断面は、側壁部分（２、３）の翼断面の形状に徐々に収束してもよく、或いは湾曲部分は、水平壁部分の翼断面とも側壁部分の翼断面とも異なる形状であってもよく、或いは湾曲部分は、隣接する壁部分に接続するように適切な形状とした湾曲プレートの形状であってもよい。

【００５１】

側壁部分の傾斜角度（ねじれ）は、船首側面からの後縁の固定距離を維持していれば、船首の広がりに応じて、ある水平断面から水平方向に別の水平断面に変更してもよい。これは、後縁を固定位置に維持して前縁を適切に動かすことによって行ってもよい。

【００５２】

また、水平壁部分（１）及び側壁部分（２、３）の両方の幾何学的形状を変更してもよい、つまり水平壁部分の翼断面を、船の対象線、つまり中心線に沿って両側で対称的に徐

々に変化させてもよい。側壁部分（２、３）の翼断面は、長手方向に沿って徐々に変化させてもよい。

【００５３】

本発明の一実施態様によれば、本発明の流体力学的舳先ダクトは、水平壁部分（１）若しくは側壁部分（２、３）、若しくは両方の迎角を制御及び調節する手段を備えていてもよく、このような迎角を制御及び調節する手段は、船首の輪郭形状及び船の速度に応じて、迎角を調整する。このような迎角を制御及び調節する手段は、公知の機構、油圧機構等によって実現することができる。

【００５４】

水平壁部分（１）の迎角は、前縁（１ａ）を固定位置に維持しつつ、後縁（１ｂ）を移動させることによって調節するが、負の傾斜角度は、後縁を上方に移動させることと定義し、正の傾斜角度は、後縁を下方に移動させることと定義する。本発明の好ましい実施態様によれば、水平壁部分（１）の後縁（１ｂ）の傾斜角度の値は、 -10 度から $+20$ 度の範囲内とすることと定義し、傾斜角度値 0 度は、前縁と後縁とをつなぐ直線部分（５０）、つまり弦が、船のキールの方向、つまり積載状態での喫水線の方向に平行に延在する位置に相当する。

【００５５】

側壁部分（２、３）の迎角は、後縁（２ｂ、３ｂ）を固定位置に維持しつつ、前縁（２ａ、３ａ）を傾斜させることによって調節し、後縁は側壁部分（２、３）の船首側面からの個利を規定する。負の傾斜角度は、前縁（２ａ、３ａ）を外方に移動させる、つまり船首側面から離れるように移動させることと定義し、正の傾斜角度は、前縁（２ａ、３ａ）を内方に移動させる、つまり船首側面に近づくように移動させることと定義する。本発明の好ましい実施態様によれば、側壁部分（２、３）の前縁（２ａ、３ａ）の傾斜角度の値は、側壁部分（２、３）について -40 度から $+40$ 度の範囲内とすることと対応して定義し、傾斜角度値 0 度は、前縁と後縁とをつなぐ直線部分（５０）、つまり弦が、船首側面に平行に延在する位置に相当する。

【００５６】

本発明のダクトの特徴は、側壁部分（２、３）が、キールからデッキの方向において船首形状に沿いながら、船首側面からの距離を一定に保っていることにある。特に、壁部分（２、３）の翼断面は、満載状態の船の喫水線に平行な方向に指向しており、隣接する前縁（２ａ、３ａ）位置を通る仮想線は、船首の輪郭線に平行に延在し、この指向により、船首の両側で水流を均一に管理するために最適な流体力学的条件を提供することができる。

【００５７】

船首側面からの側壁部分（２、３）の距離は、直接対向する船首側面からの壁部分の後縁の距離と定義されるが、側壁部分（２、３）が船首側面のねじれに略対応するねじれを有するように選択されるので、この距離は固定値に維持される。上記に定義する船首側面からの側壁部分（２、３）のこの距離の特定値は、船首の幾何学的形状、壁部分の特性及び長さ、及び船の公称航行速度に依存する。一般的には、船首側面からの側壁部分（２、３）の距離は、 0.30 mから 10.00 mの範囲で変更可能である。

【００５８】

流体力学的ダクトは、水平壁部分（１）の断面（ａ）の低圧の中心（１ｃ）が最初の船首波の発生領域に配置されるような位置で、船首に載置する。よって、水平壁部分（１）の断面（ａ）の低圧の中心（１ｃ）は、最初の船首波が発生する領域に配置されるように、船首の輪郭線上若しくはそこから所定距離に配置することができ、この距離は、船首の形状及び船の公称航行速度によるものであり、船首の輪郭線の後方へ、断面（ａ）の前縁と後縁とをつなぐ直線部分（５０）の長さ、つまり弦の長さの 10% に等しい長さから、船首の輪郭線から前方へ、直線部分（５０）の長さの 50% に等しい長さの範囲内で変更することができる。

【００５９】

本発明の好ましい実施態様によれば、図 10 に例示的に示すように、ダクト内の水平壁部分 (1) のダクト内面 (10) 及び / 又は側壁部分 (2、3) のダクト内面 (20、30) に、一連の突出リブ (5) を設け、及び / 又はダクト外側の同壁部分 (1) 及び / 又は (2、3) のダクト外面 (11) 及びダクト外面 (21、31) に一連の突出リブ (6) を設ける。このような突出リブ (5) 及び / 又は (6) は、それぞれダクトの内面及び外面に接触する水流の層流特性を最適化する役割を果たす。

【0060】

層流特性の最適化に寄与する別の改善を行った本発明の別の好ましい実施態様によれば、図 11 に示すように、水平壁部分 (1) に適切に配置された一連の孔 (7) を設ける、及び / 又は側壁部分 (2、3) に適切に配置された一連の孔 (8) を設ける。これらの孔を通して空気が供給され、それにより、水平壁部分 (1) 及び / 又は側壁部分 (2、3) のダクト内面及び / 又はダクト外面上に空気境界層が形成される。好ましい一実施態様によれば、水平壁部分及び側壁部分への空気の供給は、前縁で行われ、それにより形成される空気境界層が、壁部分の内面のみ、若しくは外面のみ、若しくはその両方を好ましく覆う。ここで、上記の空気供給孔 (7) 及び / 又は (8) の代わりに、空気分配用の細い管を、壁部分 (1) 及び / 又は (2、3) の適切な位置に取り付けてもよいが、壁部分の流体力学的特性に影響を与えないように注意する。

【0061】

以下に、本発明の流体力学的ダクトを船首に適切に設けた異なるタイプの船 (ヨット、コンテナ、ばら積み貨物船、小型快速船) について行った試験の例を示す四つの表を示す。本発明のダクトを使用することにより、全てのタイプの船の馬力及び燃料要求が明らかに且つ確実に改善した。この改善は、本発明のダクトを設けた同じ模型船を曳船した際の抵抗が、本発明のダクトを設けていない同じ模型船を同じ速度で曳船した際の抵抗と比較して、実質的に低減したことによって示される。従って、本発明のダクトを設けることによって、このように曳船抵抗の低減が測定されたこと、若しくは同等に必要とされる推進馬力の低減が測定されたことにより、有利に低い設置馬力及び低い燃料消費が達成されたことは明らかである。

【0062】

なお、ヨット模型船については、自己推進モデルで試験を行った。結果を表 2 に示す。

【0063】

表 1
船首に設けた流体力学的ダクト(BHDS)による最適化
ウィーンのマデル船試験槽
マデルタイプ:ばら積み貨物船

使用した輪郭線タイプ												
NACA 4412												
NACA 4412												

水平壁部分												
側壁部分												
モデル船のタイプ	試験シリーズナンバー	船の公称速度 Vs	船の曳船抵抗 Rtm	水平壁部分前縁の船首輪郭線との当接点からの距離	水平壁部分上面の水位線からの距離	迎え角	船首側面からの距離	船の対象線(中心線)に対する側壁部分の傾斜	隣接する側壁部分前縁を通る線の鉛直に対する傾斜	船の曳船抵抗の改善 Rtm		
		(Kn)	(Kg)	(m)	(m)	(度)	(m)	(度)	(度)	(%)		
BHDS無し	26548-2	14.5	3306									
BHDS有り	26549-2	14.5	3069	+1.2	3.5	+3	2.40	12		-7.2		
BHDS無し	26549-3	15.5	3769									
BHDS有り	26549-3	15.5	3534	+1.2	3.5	+3	2.40	12		-6.2		

マデル船

実際の船

スケール=30:1
垂直線間の長さ(Lpp)
船幅
喫水
流体力学的ダクトの翼断面長さ = 3.60 m

= 5.88 m
= 1.01 m
= 0.36 m
187.98 m
30.44 m
10.90 m

表 2
船首に設けた流体力学的ダクト(BHDS)による最適化
ウィーンの実験船試験槽
モデルタイプ:ヨット

使用した輪郭線タイプ									
NACA 4412									
NACA 4412									
モデル船の タイプ	試験 シリアル ナンバー	船の 公称速度 Vs	水平壁部分				側壁部分		
			船の推進 に必要な 馬力	水平壁部分前縁 の船首輪郭線と の当接点からの 距離	水平壁部分 上面の 水位線から の距離	迎え角	船首から 側面から の距離	船の対象線 (中心線)に 対する側壁 部分の傾斜	隣接する側 壁部分前 縁を通る線 の鉛直に 対する傾斜
		(Kn)	(KW)	(m)	(m)	(度)	(m)	(度)	(度)
BHDS無し	28181	14	884						
BHDS有り	28416-06	14	765	+0.688	1.25	+3	0.9	+12	35
BHDS無し	28181	15	1567						
BHDS有り	28716-05	15	1348	+0.688	1.25	+3	0.9	+12	35
									(%)
									-13.5
									-14

実際の船

モデル船

スケール=8:1
垂直線間の長さ(Lpp)
船幅
喫水
流体力学的ダクトの翼断面長さ = 1.0 m

35.42
7.40 m
2.60 m

= 4.43 m
= 0.93 m
= 0.33 m

【 表 3 】

表 3
船首に設けた流体力学的ダクト(BHDS)による最適化*
ポツダム(ベルリン)のモデル船試験槽
モデルタイプ:コンテナ船

モデル船の タイプ	試験 シリアル ナンバー	水平壁 部分 長さ (mm)	水平壁 部分の 迎え角 (度)	側壁部分 長さ (mm)	側壁部分 の迎え角 (度)	水平壁部分 の船首輪郭線と の当接点からの 距離 C(%)	水平壁部分 上面の喫水 (m)	側壁部分 後縁の 船首側面 からの 距離 (m)	速度 (ノット)	船の 曳船抵抗 (N)	船の 曳船抵抗 の改善 Rtm (%)
BHDS無し	11W0475								18	31.9	
BHDS有り	11W0496	100	+5	100	+8.5	40	3.5	2.0	18	30.4	-4.70
BHDS無し	11W0475								20	42.49	
BHDS有り	11W0491	100	+5	100	+8.5	40	3.5	2.0	20	40.42	-4.87

モデル船

実際の船

スケール=36:1
垂直線間の長さ(Lpp)
船幅
喫水
流体力学的ダクトの翼断面長さ = 1.0 m

= 5.161 m
= 0.8944 m
= 0.2777 m
= 100 mm
185.8 m
32.2 m
10.00 m
3.60 m

* 水平壁部分には翼部 Wortman FX 72-MS-150B、側壁部分にはNACA 4412を使用

【 表 4 】

表 4
船首に設けた流体力学的ダクト(BHDS)による最適化*
ポツダム(ベルリン)のモデル船試験槽
モデルタイプ: 小型快速船

モデル船の タイプ	試験 シリアル ナンバー	水平壁 部分 長さ (mm)	水平壁 部分の 迎え角 (度)	側壁部分 長さ (mm)	側壁部分 の迎え角 (度)	水平壁部分 の船首輪郭線と の当接点からの 距離 C(%)	水平壁部分 上面の喫水 (m)	側壁部分 後縁の 船首側面 からの 距離 (m)	速度 (ノット)	船の 曳船抵抗 (N)	船の 曳船抵抗 の改善 Rtm (%)
BHDS無し	10W0200								30	178.65	
BHDS有り	10W0197	100	0	100×3	+4.3	50	3.0	3.50		173.98	-2.6

	モデル船	実際の船
スケール=20:1		
垂直線間の長さ(Lpp)	= 5.6 m	112 m
船幅	= 0.74 m	14.8 m
喫水	= 0.21 m	4.20 m
流体力学的ダクトの翼断面長さ = 1.0 m	= 100 mm	2.00 m

* 水平壁部分には翼断面NACA 4412、側壁部分には厚さ3mm、長さ100mmのプレートを使用

造波に対する安定性試験

流体力学的舳先ダクト（モデル2306B11、試験シリアルナンバー28180）を設けた場合と設けなかった場合で行った、造波において船が安定性を保てるかどうかの試験（凌波性試験）の結果、ダクトを設けた模型船の方が波上での動きが少なく、ヘビー及びノ又はピッチで25%まで低減し、船首における加速（鉛直方向）が、ビューフォート風力段階5～6で造波した場合に50%低減、ビューフォート風力段階7で造波した場合には20%低減したことが広く示された。この結果は、ウィーンで試験を行ったヨットモデル2306（造波ノモデル8）について2008年4月24日にK. Richard Ansbockが署名したレポート2306/01に記載されている。

【0068】

航行中の安定性試験

本発明のダクトを船首に設けた模型を非常に短い航路で航行させた結果、決められた航路及び安定性を維持した、このことは、操舵輪が右10度～左10度の位置に収まり、模型が元の航路に戻ったという肯定的な結果によって証明された。一方本発明のダクトを設けていない模型は、元の航路から逸脱した。

【0069】

本発明のダクトの商業的応用の発展において、実寸大において結果を最適化する一般原理（寸法効果）も考慮して、上記の結果を改善することができることは明らかである。

【0070】

ここで、本発明の説明は、例示的な例であって限定的な実施態様ではない例を参照してなされたものであることに留意すべきである。従って、製造及び組立に使用する形状、寸法、配置、規模、素材、及び装備、並びに船首の幾何学的形状及び公称速度が異なる様々なタイプの船に適用可能な、ここに提案する流体力学的ダクトの設計パラメータのいかなる変更若しくは改変も、以下の請求の範囲に記載する本発明の範囲の一部とみなされる。

【誤訳訂正2】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

海面下でいかなる場合も水中に浸水し得るような位置で船首に設ける流体力学的ダクトであって、該ダクトは、船の航行中に受ける造波抵抗及び摩擦抵抗を低減する効果を奏し、該ダクトは、水流方向長さ（ a_1 ）、厚さ（ a_t ）の所定の幾何学的形状の断面（ a ）を有する水平壁部分（1）であって、船首輪郭線の両側に延在し、ダクト内の内面（10）とダクト外側の外面（11）とを有する水平壁部分（1）と、水流方向長さ（ b_1 ）、厚さ（ b_t ）の所定の幾何学的形状の断面（ b ）を有する一対の側壁部分（2、3）であって、前記水平壁部分（1）に接続されており、船首の各側において上方に延在して、前記水平壁部分（1）及び側壁部分が支柱によって接続されている船首側面の表面と共に、ダクト外側の水流とは実質的に異なる水流領域をダクト内に形成し、このように異なる結果、船の航行特性が改善され、ダクト内の内面（20、30）ダクト外側の外面（21、31）とを有する側壁部分（2、3）とを備え、前記流体力学的ダクトは、水平壁部分（1）の断面（ a ）及び側壁部分（2、3）の断面（ b ）が、各々の前縁（1a）（2a、3a）が、水流がダクトに入る前端、各々の後縁（1b）（2b、3b）が、水流がダクトを出る後端となるように配置され、水平壁部分（1）の断面（ a ）の内面（10）に沿った低圧の中心（1c）の位置が、水平壁部分（1）の迎角に対応して、船首輪郭線に沿って若しくはそのわずかに前方で、最初の船首波が発生する領域に配置されるように適切に選択され、側壁部分（2、3）の水平壁部分（1）との接続領域における側壁部分（2、3）の断面（ b ）の内面（20、30）に沿った低圧の中心（2c、3c）の位置が、側

壁部分（２、３）の迎角に対応して、低圧の中心（１ｃ）と水平壁部分（１）の前縁（１ａ）或いは前縁（１ａ）よりも前方に突出した位置との間の選択位置に配置されるように適切に選択され、側壁部分（２、３）が、側壁部分の後縁（２ｂ、３ｂ）が水平壁部分（１）の後縁（１ｂ）と一致する適切な長さで形成されることを特徴とする、船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項２】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の所定の幾何学的形状及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の所定の幾何学的形状が、前縁（１ａ）（２ａ、３ａ）がダクトに入る水流の前端、後縁（１ｂ）（２ｂ、３ｂ）がダクトを出る水流の後端にくるように配置された翼断面であることを特徴とする、請求項１に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項３】

水平壁部分（１）の翼断面（ａ）及び／又は側壁部分（２、３）の翼断面（ｂ）がそれぞれ、凸状ダクト内面（１０）（２０、３０）と、水平壁部分（１）の外面（１１）及び側壁部分（２、３）の外面（２１、３１）を有し、前記外面は、平坦若しくは内方にくぼんでいる、或いは一部が平坦で一部が内方にくぼんでいる組み合わせ形状としてもよいことを特徴とする、請求項２に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項４】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の所定の幾何学的形状及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の所定の幾何学的形状が、それぞれ湾曲プレート（１'）及び湾曲プレート（２'、３'）であり、該湾曲プレート（１'）及び湾曲プレート（２'、３'）は、水平壁部分（１）のダクト内面（１０）若しくは側壁部分（２、３）のダクト内面（２０、３０）が、それぞれ湾曲プレート（１'）及び湾曲プレート（２'、３'）の凸状面に相当し、水平壁部分（１）のダクト外面（１１）若しくは側壁部分（２、３）のダクト外面（２１、３１）が、それぞれ湾曲プレート（１'）及び湾曲プレート（２'、３'）のくぼみ面に相当するように配置され、水平壁部分（１）の迎角に対応して適切に選択され、水平壁部分（１）の断面（ａ）のダクト内面（１０）に沿って位置する低圧の中心（１ｃ）、及び／又は側壁部分（２、３）の迎角に対応して適切に選択され、側壁部分（２、３）の断面（ｂ）のダクト内面（２０、３０）に沿って位置する低圧の中心（２ｃ、３ｃ）は、湾曲プレート（１'）及び／又は湾曲プレート（２'、３'）の最もくぼんでいる領域の近傍に配置されることを特徴とする、請求項１に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項５】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の所定の幾何学的形状及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の所定の幾何学的形状が、水平壁部分（１）の頂点（１０''）の両側及び側壁部分（２、３）の頂点（２０''）（３０''）の両側にそれぞれ延在する二つの脚部（１０ａ、１０ｂ）（２０ａ、２０ｂ）（３０ａ、３０ｂ）を有する、鋭角に角度を付けたプレート（１''）（２''、３''）であり、前記脚部（１０ａ）及び対応する脚部（２０ａ、３０ａ）は、水流がダクトに入る端部に配置され、前記脚部（１０ｂ）及び対応する脚部（２０ｂ、３０ｂ）は、水流がダクトを出る端部に配置され、脚部（１０ａ、１０ｂ）（２０ａ、２０ｂ）（３０ａ、３０ｂ）は、対応する頂点（１０''、２０''、３０''）において、ダクト内に１８０度よりも大きい角度を、ダクト外側に１８０度よりも小さい角度を成し、水平壁部分（１）の断面（ａ）の内面（１０）の迎角に対応して適切に選択された低圧の中心（１ｃ）、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の内面（２０、３０）の迎角に対応して適切に選択された低圧の中心（２ｃ、３ｃ）は、前記鋭角に角度を付けたプレート（１''）（２''、３''）の頂点（１０''）（２０''、３０''）の近傍にそれぞれ配置されることを特徴とする、請求項１に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項６】

水流がダクトに入る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１''）の脚部（１０ａ）と、水流がダクトを出る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１''）の脚部（１０ｂ）の両方が、平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートであることを

特徴とする、請求項 5 に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 7】

水流がダクトに入る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１″）の脚部（１０ａ）が平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートであって、水流がダクトを出る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１″）の脚部（１０ｂ）が翼断面を有するプレートであるか、或いは水流がダクトに入る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１″）の脚部（１０ａ）が翼断面を有するプレートであって、水流がダクトを出る側に配置した前記鋭角に角度を付けたプレート（１″）の脚部（１０ｂ）が平坦なプレート若しくはわずかに凸状のプレートであることを特徴とする、請求項 5 に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 8】

前記鋭角に角度を付けたプレート（１″）（２″、３″）の頂点（１０″）（２０″、３０″）が、短い直線状部分及び／又は所定湾曲形状の丸みを付けた角度の形を取ることを特徴とする、請求項 5 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 9】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の湾曲プレート（１′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（１″）のダクト外面、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の湾曲プレート（２′、３′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（２″、３″）のダクト外面を閉鎖するためにプレート（４０）を用い、該プレート（４０）は、水平壁部分（１）の断面（ａ）の湾曲プレート（１′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（１″）のダクト外面、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の湾曲プレート（２′、３′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（２″、３″）のダクト外面の前縁から後縁まで延在することを特徴とする、請求項 4 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 10】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の湾曲プレート（１′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（１″）のダクト外面、及び／又は側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の湾曲プレート（２′、３′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（２″、３″）のダクト外面を閉鎖する構成とした前記プレート（４０）は、平坦なプレート（４０ａ）若しくは湾曲プレート（４０ｂ）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（４０ｃ）若しくはその組み合わせのいずれかであるように選択することができる、請求項 9 に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 11】

翼断面を有するプレート若しくは湾曲プレート（１′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（１″）で形成される水平壁部分（１）と、翼断面を有するプレート若しくは湾曲プレート（２′、３′）若しくは鋭角に角度を付けたプレート（２″、３″）で形成される側壁部分（２、３）との所定の組み合わせからなり、該所定の組み合わせは、水平壁部分（１）についても側壁部分（２、３）についても可能な限り高い値である、抗力係数 C_D に対する揚力係数 C_L の比 C_L / C_D を最適化する要件、並びに各特定の場合における側壁部分（２、３）の揚力係数 $C_{L2,3}$ に対する水平壁部分（１）の揚力係数 C_{L1} の比を最適化する要件を満たし、いかなる場合も > 1.00 であり、且つ船首形状に依存する該比 $C_{L1} / C_{L2,3}$ は、船の公称航行速度が速くなるにつれ、各所定の船首について次第に高くなることを特徴とする、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 12】

水平壁部分（１）の断面（ａ）の流方向長さ（ a_1 ）が、側壁部分（２、３）の断面（ｂ）の長さ（ b_1 ）と一致し、側壁部分（２、３）と水平壁部分（１）との接続領域において、水平壁部分（１）への迎角に対応して適切に選択される低圧の中心（１ｃ）が、側壁部分（２、３）への迎角に対応して適切に選択される低圧の中心（２ｃ、３ｃ）の近傍に配置されるように、ダクトが配置されることを特徴とする、請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 13】

水平壁部分(1)の断面(a)の流方向長さ(a_1)が、側壁部分(2、3)の断面(b)の長さ(b_1)よりも短く、側壁部分(2、3)と水平壁部分(1)との接続領域において、水平壁部分(1)の前縁(1a)が、側壁部分(2、3)の低圧の中心(2c、3c)の近傍に配置されるように、ダクトが配置されることを特徴とする、請求項1～11のいずれか1項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 14】

水平壁部分(1)の長さが側壁部分(2、3)の長さとは異なる場合、水平壁部分(1)の長さを側壁部分(2、3)の長さとは等しくするために、ダクトが、前方若しくは後方に突出するガイドプレート延長部をさらに備え、それにより、側壁部分(2、3)の低圧の中心(2c、3c)が水平壁部分(1)の低圧の中心(1c)の位置よりも前方に且つ前縁(1a)まで若しくはそれをわずかに越える位置に配置されるという要件に常に従って、水平壁部分(1)の断面(a)は、前方に突出するガイドプレート延長部(1d)及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(1e)を含んでいてもよく、及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)は、前方に突出するガイドプレート延長部(2d、3d)及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(2e、3e)を含んでいても良く、水平壁部分(1)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(1d、1e)、及び/又は側壁部分(2、3)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(2d-3d、2e-3e)は、水平壁部分(1)及び側壁部分(2、3)の各々の前縁と後縁とをつなぐ直線部分(50)の方向、若しくは直線部分(50)の方向に対して所定の角度をなして配置されることを特徴とする、請求項1～13のいずれか1項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 15】

水平壁部分(1)の断面(a)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(1d、1e)、及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(2d-3d、2e-3e)は、水平壁部分(1)の前縁と後縁、よって側壁部分(2、3)の前縁と後縁とをつなぐ直線部分(50)の方向に、若しくは直線部分(50)の方向に対して所定の角度をなして配置される平坦なプレート若しくは湾曲プレートであり、水平壁部分(1)の断面(a)の後方に突出するガイドプレート延長部(1e)は下向きの凸部を呈し、側壁部分(2、3)の断面(b)の後方に突出するガイドプレート延長部(2e、3e)は外向きの凸部を呈することを特徴とする、請求項14に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 16】

水平壁部分(1)の断面(a)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(1d、1e)、及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)の前方及び/又は後方に突出するガイドプレート延長部(2d-3d、2e-3e)は、水平壁部分(1)及び/又は側壁部分(2、3)に好ましく入って、そこに組み込まれるように調節され、水平壁部分(1)及び/又は側壁部分(2、3)に対して変更可能な傾斜角度で全体的若しくは部分的に前方若しくは後方に突出することを特徴とする、請求項15に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 17】

水平壁部分(1)の断面(a)の揚力係数 C_{L1} が、いかなる場合でも、側壁部分(2、3)の断面(b)の揚力係数 $C_{L2,3}$ に等しいかこれよりも高く、船の公称速度が速くなると造波が増加するところ、所定の公称速度で設計された所定の船体における比 $C_{L1}/C_{L2,3}$ が、船の公称速度が速くなるにつれ、次第に高くなるように、ダクトが設計されることを特徴とする、請求項1～16のいずれか1項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 18】

水平壁部分(1)及び/又は側壁部分(2、3)が、迎角を制御及び調節する手段を備え、それにより船の速度の増減に応じて、迎角を調整することを特徴とする、請求項1に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 19】

前縁(1a)を固定位置に維持しつつ、後縁(1b)を上方に負の傾斜角度で、若しくは下方に正の傾斜角度で移動させることによって、水平壁部分(1)の迎角を調節し、水平壁部分(1)の後縁(1b)の該移動は、 $-10^{\circ} \sim +20^{\circ}$ の範囲内であり、 0° の位置は、前縁(1a)と後縁(1b)とをつなぐ直線部分(50)が、船のキールの方に平行な方向に指向する位置に相当し、後縁(2b、3b)を固定位置に維持しつつ、前縁(2a、3a)を負の傾斜角度で外方に船首側面から離れる方向に、若しくは正の傾斜角度で内方に船首側面に近づく方向に移動させることによって、側壁部分(2、3)の迎角を調節し、側壁部分(2、3)の前縁(2a、3a)の該移動は、 $-40^{\circ} \sim +40^{\circ}$ の範囲内であり、 0° の位置は、前縁(2a、3a)と後縁(2b、3b)とをつなぐ直線部分(50)が、船の船首輪郭線に平行な方向に指向する位置に相当することを特徴とする、請求項18に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 20】

側壁部分(2、3)が、船首側面から一定の距離を保って、キールからデッキの方向において船首形状に沿っており、側壁部分(2、3)が、満載状態の船の喫水線に対して平行な位置、若しくはこの喫水線に対して所定傾斜角度をなす位置に指向しており、側壁部分(2、3)の隣接する前縁(2a、3a)位置を通る仮想線が、船首輪郭線に平行な方向に指向していることを特徴とする、請求項1に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 21】

断面(b)の後縁の直接対向する船首側面からの距離と定義される、船首側面からの側壁部分(2、3)の距離は、側壁部分が船首側面のねじれに略対応するねじれを有しているため、側壁部分(2、3)の高さにわたって固定的に一定であり、船首側面からの側壁部分(2、3)の前記距離は、船首の幾何学的形状、断面(b)の特性及び長さ、並びに船の公称航行速度の関数であり、 $0.30 \sim 10.00$ mの範囲で変更可能であることを特徴とする、請求項20に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 22】

水平壁部分(1)の断面(a)の低圧の中心(1c)が、最初の船首波の発生領域に配置されるように、ダクトがように配置され、前記最初の船首波は、船首形状及び船の公称航行速度に依存する距離だけ船首から離れた位置で発生し、前記位置は、船首輪郭線から後方へ、水平壁部分(1)の断面(a)の前縁と後縁とをつなぐ直線部分(50)の長さの10%から、船首輪郭線から前方へ、水平壁部分(1)の断面(a)の前縁と後縁とをつなぐ直線部分(50)の長さの50%の範囲内で変更可能であることを特徴とする、請求項1～21のいずれか1項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 23】

水平壁部分(1)のダクト内面(10)及び/又は側壁部分(2、3)のダクト内面(20、30)が、一連の突出リブ(5)を備え、及び/又は水平壁部分(1)のダクト外面(11)及び/又は側壁部分(2、3)のダクト外面(21、31)が、それぞれ一連の突出リブ(6)を備え、前記突出リブ(5)及び(6)は、水平壁部分(1)のダクト内面(10)若しくはダクト外面(11)に接触する水流、並びに側壁部分(2、3)のダクト内面(20、30)及びダクト外面(21、31)に接触する水流の層流特性を最適化する役割を果たすことを特徴とする、請求項1～22のいずれか1項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。

【請求項 24】

水平壁部分(1)の断面(a)及び/又は側壁部分(2、3)の断面(b)が、適切な位置に取り付けた空気分配用の細い管、若しくは水平壁部分(1)に適切に配置した孔(7)及び側壁部分(2、3)に適切に配置した孔(8)を備え、該適切に配置した孔(7)及び(8)は、水平壁部分(1)のダクト内面及び/又はダクト外面(10、11)、及び/又は側壁部分(2、3)のダクト内面及び/又はダクト外面(20、30)(21、31)に空気を供給して、水平壁部分(1)及び/又は側壁部分(2、3)のダクト内面及び/又はダクト外面の表面上に空気境界層を形成するように構成されていることを特徴

とする、請求項 1 ~ 2 2 のいずれか 1 項に記載の船首に設ける流体力学的ダクト。