

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4497971号
(P4497971)

(45) 発行日 平成22年7月7日(2010.7.7)

(24) 登録日 平成22年4月23日(2010.4.23)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 P 5/00 (2006.01) GO 1 P 5/00 K
GO 1 P 13/00 (2006.01) GO 1 P 13/00 E

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-84215 (P2004-84215)	(73) 特許権者	502116922 ユニバーサル造船株式会社
(22) 出願日	平成16年3月23日(2004.3.23)		神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地
(65) 公開番号	特開2005-274190 (P2005-274190A)	(73) 特許権者	501204525
(43) 公開日	平成17年10月6日(2005.10.6)		独立行政法人海上技術安全研究所
審査請求日	平成18年12月19日(2006.12.19)		東京都三鷹市新川6丁目38番1号
		(74) 代理人	100085198 弁理士 小林 久夫
		(74) 代理人	100098604 弁理士 安島 清
		(74) 代理人	100061273 弁理士 佐々木 宗治
		(74) 代理人	100070563 弁理士 大村 昇

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 船速測定方法及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

船首水面下の船体外板表面の、ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに複数の圧力センサを配置した船舶の船速測定方法であって、

前記船舶と相似する船体形状を有する模型船を用いた水槽試験又は前記船舶の船体形状に基づく理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、前記複数の圧力センサの圧力計測値と前記流入角度及び前記圧力計測値と対水船速と水の密度と前記流入角度に関する複数の特性曲線を求める第1のステップと、

前記船舶における複数の圧力センサの圧力計測値と、計測された水の密度と、前記複数の特性曲線とに基づいて、対水船速及び流入角度を算出する第2のステップとを有していることを特徴とする船速測定方法。

【請求項2】

前記船首水面下のほぼ船体中心線上の船体外板表面に配置される前記圧力センサの圧力計測値を P_c とし、前記船首水面下の左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置される前記圧力センサの圧力計測値をそれぞれ P_p 及び P_s とし、水の密度を ρ とし、船舶の対水船速を U とした場合、前記複数の特性曲線は、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ の前記流入角度に関する第1の特性曲線と、値 $(P_c - P_s) / U^2$ の前記流入角度に関する第2の特性曲線とからなることを特徴とする請求項1記載の船速測定方法。

10

20

【請求項 3】

前記複数の圧力センサは、前記複数の特性曲線が前記流入角度の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きくなるように、前記船首水面下の前記船体外板表面に配置することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の船速測定方法。

【請求項 4】

前記船首水面下の船体外板表面の、前記ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサからなる圧力センサ群を、前記船首水面下の船体外板表面の、前記複数の圧力センサの並び方向と垂直となる方向に複数列配置し、前記第 2 のステップを各列ごとに行うとともに、

各列ごとに算出された前記対水船速及び前記流入角度をそれぞれ平均化する第 3 のステップを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の船速測定方法。

10

【請求項 5】

前記左舷及び前記右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置に圧力センサを配置する代わりに、前記船首水面下の前記船体中心線に沿って前記船体外板表面に上下に前記圧力センサを配置して、前記第 1 及び第 2 のステップを上下方向の前記流入角度に対して行うことにより、前記対水船速及び上下方向の前記流入角度を算出することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の船速測定方法。

【請求項 6】

船舶の船首水面下の船体外板表面の、ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサと、

20

前記船舶と相似する船体形状を有する模型船を用いた水槽試験又は前記船舶の船体形状に基づく理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、前記複数の圧力センサの圧力計測値と前記流入角度及び前記圧力計測値と対水船速と水の密度と前記流入角度に関して求めた複数の特性曲線と、前記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度とに基づいて、対水船速及び流入角度を算出する制御部と

を備えていることを特徴とする船速測定装置。

【請求項 7】

前記船首水面下のほぼ船体中心線上の船体外板表面に配置される圧力センサの圧力計測値を P_c とし、前記船首水面下の左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置される前記圧力センサの圧力計測値をそれぞれ P_p 及び P_s とし、水の密度を ρ とし、船舶の対水船速を U とした場合、前記複数の特性曲線は、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ の前記流入角度に関する第 1 の特性曲線と、値 $(P_c - P_s) / U^2$ の前記流入角度に関する第 2 の特性曲線とからなることを特徴とする請求項 6 記載の船速測定装置。

30

【請求項 8】

前記複数の圧力センサは、前記複数の特性曲線が前記流入角度の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きくなるように、前記船首水面下の前記船体外板表面に配置することを特徴とする請求項 6 又は 7 記載の船速測定装置。

【請求項 9】

前記船首水面下の船体外板表面の、前記ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサからなる圧力センサ群を、前記船首水面下の船体外板表面の、前記複数の圧力センサの並び方向と垂直となる方向に複数列配置し、

40

前記制御部は、前記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度と、前記複数の特性曲線とに基づいて、各列ごとに算出した前記対水船速及び前記流入角度をそれぞれ平均化することを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載の船速測定装置。

【請求項 10】

前記左舷及び前記右舷の前記船体中心線からほぼ等間隔となる位置に圧力センサを配置する代わりに、前記船首水面下の前記船体中心線に沿って前記船体外板表面に上下に前記圧力センサを配置し、

50

前記制御部は、前記模型船を用いた水槽試験又は前記理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、前記複数の圧力センサの圧力計測値と上下方向の流入角度及び前記圧力計測値と対水船速と前記上下方向の流入角度に関して求めた複数の特性曲線と、前記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度とに基づいて、対水船速及び前記上下方向の流入角度を算出することを特徴とする請求項6乃至9のいずれかに記載の船速測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、船舶が航走している際の対水船速（流速）及びその方向（流入角度）を測定する船速測定方法及びその装置に関する。 10

【背景技術】

【0002】

従来の船速測定装置は、航行中の船舶から海底へ所定幅の超音波パルスを送受波し、受信信号のドップラ周波数を計測して、船速に対応させて可変可能な平均化時定数を用いて平均化しその測定平均値を自船の船速としている（例えば、特許文献1参照。）。以下、この技術を第1の従来例と呼ぶ。

また、従来の船速測定装置には、船体の水中における側面に先端を前側に向けて突設された管状の支持具と、この支持具の先端部に船尾から船首に向かう中心線に直交する面に対し角度の方向を異ならせて取り付けられた複数の圧力センサと、この圧力センサで検出した圧力に基づいて横流れ角度とその方向の流速を算出する演算部とを備えているものもある（例えば、特許文献2参照。）。以下、この技術を第2の従来例と呼ぶ。 20

【0003】

【特許文献1】特開平6-347548号公報（請求項1，[0007]～[0011]、図1，図2）

【特許文献2】特開平8-170968号公報（請求項1，[0009]～[0015]、図1～図3）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記した第1の従来例では、船速測定装置は、一般に、単体でその良否を検査した後に船体に取り付けている。したがって、この船速測定装置を実際に船体に取り付いた状態（以下、実装状態という。）で計測された対水船速は、船体の影響、主として、船体表面に発達する境界層（船体近傍の、船体と流体の間の摩擦によって対水流速が遅くなる領域）による影響を含んでいるとともに、潮流等の海象条件の影響により、基準とすべき正確な対水船速を計測することができないため、差動地球測位システム（DGPS；Differential Global Positioning System）を用いて試運転時に計測した対地速度に合致するように調整したとしても、対水船速の正確な検証は不可能であるという課題があった。ここで、DGPSとは、位置の分かっている基準局が発信するFM放送の電波を利用して、GPSの計測結果の誤差を修正して精度を高める技術をいう。基準局でGPSによる測量を行い、実際の位置とGPSで算出された位置のずれをFM放送の電波で送信することにより、GPS衛星からの信号により計測した結果を補正する。通常のGPSでは100m程度の誤差が生じるが、DGPSによっておおむね5m程度に誤差が軽減される。 40

【0005】

また、第1の従来例では、実装状態では水中に浮遊する物体やプランクトン等からの反射波を受波して船速を算出しているため、たとえ予め模型船を使った水槽試験を実施して船速測定装置の良否を検査したとしても、この水槽試験では水槽底からの反射波を受波して船速を算出することになり、対水船速の正確な検証が難しいという課題があった。

【0006】

これに対し、上記した第2の従来例では、管状の支持具が船体の水中における側面に先 50

端を前側に向けて突設しているため、管状の支持具が他の船舶や水中浮遊物等と衝突して損傷したり、管状の支持具に波浪や船体の急激な運動に起因した力が加わることにより損傷したりする危険性が高いという課題があった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述のような課題を解決するためになされたもので、その目的は、高精度で対水船速及びその方向を測定することができるとともに、センサが損傷する危険性が低い船速測定方法及びその装置を得るものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、請求項 1 記載の発明に係る船速測定方法は、船首水面下の船体外板表面の、ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに複数の圧力センサを配置した船舶の船速測定方法であって、上記船舶と相似する船体形状を有する模型船を用いた水槽試験又は上記船舶の船体形状に基づく理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、上記複数の圧力センサの圧力計測値と上記流入角度及び上記圧力計測値と対水船速と水の密度と上記流入角度に関する複数の特性曲線を求める第 1 のステップと、上記船舶における複数の圧力センサの圧力計測値と、計測された水の密度と、上記複数の特性曲線とに基づいて、対水船速及び流入角度を算出する第 2 のステップとを有していることを特徴としている。

10

【 0 0 0 9 】

また、請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の船速測定方法に係り、上記船首水面下のほぼ船体中心線上の船体外板表面に配置される上記圧力センサの圧力計測値を P_c とし、上記船首水面下の左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置される上記圧力センサの圧力計測値をそれぞれ P_p 及び P_s とし、水の密度を ρ とし、船舶の対水船速を U とした場合、上記複数の特性曲線は、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ の上記流入角度に関する第 1 の特性曲線と、値 $(P_c - P_s) / U^2$ の上記流入角度に関する第 2 の特性曲線とからなることを特徴としている。

20

【 0 0 1 0 】

また、請求項 3 記載の発明は、請求項 1 又は 2 記載の船速測定方法に係り、上記複数の圧力センサは、上記複数の特性曲線が上記流入角度の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きくなるように、上記船首水面下の上記船体外板表面に配置することを特徴としている。

30

【 0 0 1 1 】

また、請求項 4 記載の発明は、請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の船速測定方法に係り、上記船首水面下の船体外板表面の、上記ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサからなる圧力センサ群を、上記船首水面下の船体外板表面の、上記複数の圧力センサの並び方向と垂直となる方向に複数列配置し、上記第 2 のステップを各列ごとに行うとともに、各列ごとに算出された上記対水船速及び上記流入角度をそれぞれ平均化する第 3 のステップを有することを特徴としている。

【 0 0 1 2 】

また、請求項 5 記載の発明は、請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の船速測定方法に係り、上記左舷及び上記右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置に圧力センサを配置する代わりに、上記船首水面下の上記船体中心線に沿って上記船体外板表面に上下に上記圧力センサを配置して、上記第 1 及び第 2 のステップを上下方向の上記流入角度に対して行うことにより、上記対水船速及び上下方向の上記流入角度を算出することを特徴としている。

40

【 0 0 1 3 】

また、請求項 6 記載の発明に係る船速測定装置は、船舶の船首水面下の船体外板表面の、ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサと、上記船舶と相似する船体形状を有する模型船を用い

50

た水槽試験又は上記船舶の船体形状に基づく理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、上記複数の圧力センサの圧力計測値と上記流入角度及び上記圧力計測値と対水船速と水の密度と上記流入角度に関して求めた複数の特性曲線と、上記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度とに基づいて、対水船速及び流入角度を算出する制御部とを備えていることを特徴としている。

【0014】

また、請求項7記載の発明は、請求項6記載の船速測定装置に係り、上記船首水面下のほぼ船体中心線上の船体外板表面に配置される圧力センサの圧力計測値を P_c とし、上記船首水面下の左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置される上記圧力センサの圧力計測値をそれぞれ P_p 及び P_s とし、水の密度を ρ とし、船舶の対水船速を U とした場合、上記複数の特性曲線は、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ の上記流入角度に関する第1の特性曲線と、値 $(P_c - P_s) / U^2$ の上記流入角度に関する第2の特性曲線とからなることを特徴としている。

【0015】

また、請求項8記載の発明は、請求項6又は7記載の船速測定装置に係り、上記複数の圧力センサは、上記複数の特性曲線が上記流入角度の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きくなるように、上記船首水面下の上記船体外板表面に配置することを特徴としている。

【0016】

また、請求項9記載の発明は、請求項6乃至8のいずれかに記載の船速測定装置に係り、上記船首水面下の船体外板表面の、上記ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに配置された複数の圧力センサからなる圧力センサ群を、上記船首水面下の船体外板表面の、上記複数の圧力センサの並び方向と垂直となる方向に複数列配置し、上記制御部は、上記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度と、上記複数の特性曲線とに基づいて、各列ごとに算出した上記対水船速及び上記流入角度をそれぞれ平均化することを特徴としている。

【0017】

また、請求項10記載の発明は、請求項6乃至9のいずれかに記載の船速測定装置に係り、上記左舷及び上記右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置に圧力センサを配置する代わりに、上記船首水面下の上記船体中心線に沿って上記船体外板表面に上下に上記圧力センサを配置し、上記制御部は、上記模型船を用いた水槽試験又は理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、上記複数の圧力センサの圧力計測値と上記流入角度及び圧力計測値と対水船速とに関して求めた複数の特性曲線と、上記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度とに基づいて、対水船速及び流入角度とを算出することを特徴としている。

【発明の効果】

【0018】

本発明は以上説明したように、船首水面下の船体外板表面の、ほぼ船体中心線上の位置と、左舷及び右舷の上記船体中心線からほぼ等間隔となる位置とに複数の圧力センサを配置し、模型船を用いた水槽試験又は理論計算により、喫水ごと及び流入角度ごとに、上記複数の圧力センサの圧力計測値と上記流入角度とに関する複数の特性曲線を求める第1のステップと、上記複数の圧力センサの圧力計測値と、別途得られた水の密度と、上記複数の特性曲線とに基づいて、対水船速及び流入角度とを算出する第2のステップとを有している。したがって、高精度で対水船速及びその方向を測定することができるとともに、圧力センサが損傷する危険性が低い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1である船速測定装置の構成を示すブロック図である。

この例の船速測定装置は、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ と、制御部2と、記憶部3と、表示部4

10

20

30

40

50

と、操作部 5 とから構成されている。圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ は、例えば、外形がステンレス製の埋め込み型や、圧電素子等の電子式のものからなり、それぞれ圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s を制御部 2 に供給する。圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ の容量は、例えば、船速が 10 m/s (約 20 ノット相当) の場合、よどみ圧が約 $5.1 \text{ maq} = \text{約 } 50 \text{ kpa}$ であるので、約 100 kpa (1 気圧相当でよどみ圧換算の船速約 27 ノット) であれば良い。図 2 に示すように、圧力センサ 1_1 は船首水面下の船体中心線 (図 2 の破線参照) の近傍位置の船体外板表面に配置し、圧力センサ 1_2 及び 1_3 はそれぞれ船首水面下の左舷及び右舷の船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置する。圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ の最適配置位置については、後述する。

【0020】

制御部 2 は、CPU (中央処理装置)、デジタルシグナルプロセッサ (DSP)、シーケンサ等からなり、記憶部 3 に記憶されている、特性曲線作成プログラム、船速測定プログラム等に基づいて、特性曲線作成処理、船速測定処理等を実行することにより、船速測定装置の全体を制御する。すなわち、例えば、特性曲線作成プログラムが読み出されると、制御部 2 に読み込まれ、制御部 2 の動作を制御する。制御部 2 は、特性曲線作成プログラムが起動されると、特性曲線作成プログラムの制御により、後述する特性曲線作成処理を実行するのである。

【0021】

記憶部 3 は、RAM、ROM、あるいはフラッシュメモリ等の半導体メモリ、FD (フロッピー (登録商標) ・ディスク) が装着される FD ドライブ、HD (ハード・ディスク) が装着される HD ドライブ、MO (光磁気) ディスクが装着される MO ディスクドライブ、あるいは CD (コンパクト・ディスク) - ROM、CD - R (Recordable)、CD - RW (ReWritable) や DVD - ROM、DVD - R、DVD - RW 等が装着される CD / DVD ドライブ等からなる。記憶部 3 は、上記した制御部 2 が実行すべき特性曲線作成プログラム、船速測定プログラムその他の各種プログラムが予め記憶されているとともに、制御部 2 が上記した特性曲線作成プログラム、船速測定プログラムその他の各種プログラムを実行する際に作業用として用いられる。表示部 4 は、CRT ディスプレイ、液晶ディスプレイ (LCD; Liquid Crystal Display)、エレクトロルミネセンス (EL: electroluminescence) ディスプレイ、あるいはプラズマディスプレイパネル (PDP; Plasma Display Panel) 等からなる。操作部 5 は、テンキー、エンターキー、あるいはファンクションキー等からなるキーボードや、マウス、タッチパッド、あるいはペンデバイス等のポインティングデバイスなどを有する。

【0022】

次に、上記構成の船速測定装置の動作について説明する。まず、この例の船速測定装置を模型船に実装した水槽試験を予め実施することにより、この例の船速測定装置を実船に実装した際に用いる特性曲線を作成する。以下、上記した特性曲線の作成について、図 3 に示すフローチャートを参照して説明する。この例の船速測定装置が特性曲線作成モードに設定されると、制御部 2 は、喫水を変化させるべき回数である喫水変更数 n (n は自然数) を設定するとともに、喫水変更数 n をカウントするための変数 k に 1 をセットする。また、検査者が操作部 5 を操作して入力した対水船速 U を記憶部 3 の所定の記憶領域に記憶する (ステップ SP1)。ここで、喫水を変化させるのは、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ から出力される圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s が船舶の喫水変化による影響を受けるので、各喫水ごとの特性曲線を作成する必要があるためである。また、対水船速 U を設定するのは、制御部 2 が後述する特性曲線を作成する際に必要となるからである。

【0023】

次に、水槽において、その船首水面下の船体外板表面に図 2 に示すように圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ が最適配置位置に配置された模型船を斜航角をつけて一定速度で曳航する。斜航角は流入角度に相当し、速度はステップ SP1 で設定した対水船速 U に相当する。これにより、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ から圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s が供給されるので、制御部 2 は、記憶部 3 の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部 4 に表示する (ステップ SP

10

20

30

40

50

2)。作成すべき特性曲線は、後述するように、流入角度の関数であるため、斜航角を、例えば、 -30 度から $+30$ 度まで 5 度おきに变化させて上記した模型船を一定速度で曳航する。したがって、制御部2は、各斜航角ごと、すなわち、各流入角度ごとの圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ からの圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s を記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する。

【0024】

圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ から各流入角度ごとの圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s がすべて供給されると、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から各流入角度ごとの圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s と、対水船速 U とを読み出し、各流入角度ごとの値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ 及び値 $(P_c - P_s) / U^2$ を算出した後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する(ステップSP3)。は水槽に満たされた水の密度である。値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ は、この例の船速測定装置を実装した実船の実際の流入角度を算出するためのパラメータである。例えば、左舷からの流れに対しては値 $P_p > P_s$ となり、 $(P_p - P_s) > 0$ であるのに対し、右舷からの流れに対しては $P_p < P_s$ となり、 $(P_p - P_s) < 0$ である。また、値 $(P_c - P_s) / U^2$ は、この例の船速測定装置を実装した実船の実際の対水船速 U を算出するためのパラメータである。なお、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ 及び値 $(P_c - P_s) / U^2$ は、いずれも無次元(dimensionless)であるので、ある船舶が他の船舶と大きさは異なるが形状が同一である相似形である場合には、同一の値を用いることができる。

【0025】

次に、制御部2は、流入角度と値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ との第1特性曲線を作成した後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する(ステップSP4)。すなわち、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から流入角度とそれに対応した値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ とを読み出し、グラフの横軸に流入角度を、縦軸に値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ を置点し、各点を接続することにより、図4に曲線aで示す第1特性曲線を作成する。次に、制御部2は、流入角度と値 $(P_c - P_s) / U^2$ との第2特性曲線を作成した後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する(ステップSP5)。すなわち、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から流入角度とそれに対応した値 $(P_c - P_s) / U^2$ とを読み出し、グラフの横軸に流入角度を、縦軸に値 $(P_c - P_s) / U^2$ を置点し、各点を接続することにより、図4に曲線bで示す第2特性曲線を作成する。

【0026】

次に、制御部2は、変数 k に1をインクリメントした(ステップSP6)後、変数 k が喫水変更数 n より大きいか否か判断する。この判断結果が「NO」の場合には、制御部2は、ステップSP2へ戻り、上記したステップSP2～SP6の処理を繰り返す。そして、変数 k が喫水変更数 n より大きくなると、ステップSP7の判断結果が「YES」となり、制御部2は、一連の処理を終了する。以上説明したステップSP2～SP5の処理が n 回繰り返されることにより、各喫水ごとの第1特性曲線及び第2特性曲線が作成され、それぞれが記憶部3の所定の記憶領域に記憶されるとともに、表示部4に表示される。なお、第1特性曲線及び第2特性曲線は、多項式に当てはめることにより数式で表現することは可能である。

【0027】

ここで、第1特性曲線及び第2特性曲線を作成する根拠について説明する。先端が球のような鈍い形状をした物体が水等の流れの中におかれると、水等の流れと真正面にある点では圧力が最も大きく、その点から離れるに従って急激に圧力が低下していくことが知られている。水等の流れと物体に加えられる圧力との関係は、球体のように構造的に単純な形状の物体の場合は理論的に数式で表すことができるが、船首の形状のような一般の形状の物体では理論的に数式で表すことができない。そこで、実験又は数値解析的手法を用いて、水等の流れと物体に加えられる圧力との関係がどのような特性曲線の傾向を示すかについて調査しておく必要がある。第1特性曲線及び第2特性曲線は、微少な流入角度の

10

20

30

40

50

変化でも大きくかつ単調に変化する傾向（例えば、流入角度 の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きいこと）にあることが望ましい。

【 0 0 2 8 】

特性曲線の傾向の良否は、実船で計測される流入角度 及び対水船速Uの精度に影響を与えるため、望ましい特性曲線となるような圧力センサの配置（最適配置）を予め検討しておく必要がある。圧力センサの最適配置については、上記したように、第1特性曲線及び第2特性曲線の傾向が流入角度 の変化に対してほぼ直線的に変化し、かつその勾配が大きいことが望ましいので、例えば、ヘス・スミス（Hess & Smith）法を用いた事前の計算でそのような位置を探索しておくことが望ましく、それが満たされた位置が最適な配置位置となる。圧力センサの最適な配置位置は、船舶の形状ごとに異なるので、一般的な数値として喫水線から何mの深さで左右の配置位置は船体中心線から何m離れたところと限定することはできない。また、距離が離れていても平行な位置関係に配置したのでは特性曲線の傾向が良好とはならないので、各圧力センサの配置位置の法線がなるべく大きな角度で交差するように各圧力センサを配置したほうが良い。ここで、ヘス・スミス（Hess & Smith）法とは、流体力学において、流れの中に物体が存在するとき、その物体が流れを排除する効果を流体力学的特異点の1つである吹き出し分布で置き換え、この強さを数値解析で求めることにより、流れを解析する方法である。

10

【 0 0 2 9 】

次に、この例の船速測定装置を実船に実装した場合の対水船速U及び流入角度 の測定について、図5に示すフローチャートを参照して説明する。その船首水面下の船体外板表面に図2に示すように圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ が最適配置位置に配置された実船を海上等において航走させる。これにより、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ から圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s が供給されるので、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する。また、制御部2は、図示せぬ密度計により計測された海水密度 が供給され、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、例えば、ブリッジに設置された表示部4に表示する（ステップSP11）。なお、海水密度 は、計測された水温や塩水濃度から換算した値であっても良いし、検査者が操作部5を操作して入力しても良い。

20

【 0 0 3 0 】

次に、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s を読み出し、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ を算出した後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶する（ステップSP12）。次に、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ と、第1特性曲線とを読み出し、図4に示すように、値 $(P_p - P_s) / (P_c - P_s)$ を取るときの第1特性曲線における流入角度 を求めた後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶するとともに、表示部4に表示する（ステップSP13）。

30

【 0 0 3 1 】

次に、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から値 と、第2特性曲線とを読み出し、図4に示すように、値 を取るときの第2特性曲線における値 $(P_c - P_s) / U^2$ （これを値Aとする。）を求めた後、記憶部3の所定の記憶領域に記憶する（ステップSP14）。値 $(P_c - P_s) / U^2$ と値Aとは等しいので、式(1)が成り立つ。次に、制御部2は、記憶部3の所定の記憶領域から圧力計測値 P_c 及び P_s と、海水密度 とを読み出し、式(1)を変形した式(2)に代入することにより、対水船速Uを算出した後、一連の処理を終了する（ステップSP15）。

40

$$(P_c - P_s) / U^2 = A \quad \dots (1)$$

$$U = \{ A / (P_c - P_s) \}^{1/2} \quad \dots (2)$$

【 0 0 3 2 】

このように、この実施の形態では、圧力センサ 1_1 を船首水面下のほぼ船体中心線上の船体外板表面に配置し、圧力センサ 1_2 及び 1_3 はそれぞれ船首水面下の左舷及び右舷の船体中心線からほぼ等間隔となる船体外板表面に配置するとともに、第1特性曲線及び第2特性曲線を模型を使った水槽試験で予め求め、実船に実装した場合には、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ からの圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s と、密度計からの海水密度 と、上記第1特性曲

50

線及び第2特性曲線とに基づいて、船舶が航走している際の対水船速 U 及び流入角度を算出している。上記第1特性曲線及び第2特性曲線を模型船を使った水槽試験で精度良く作成することができるので、これに基づく実船における対水船速 U 及び流入角度も精度良く算出することができる。

【0033】

また、この実施の形態では、上記した第1の従来例のようにDGPSを用いて試運転時に計測した対地速度に合致するように調整する必要がないので、直ちに実船に実装して使用することができる。さらに、この実施の形態では、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ の圧力計測面は船体表面と同一面に配置されているため、上記した第2の従来例のように圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ が損傷する危険性は極めて少ない。

10

【0034】

実施の形態2 .

上述した実施の形態1では、第1特性曲線及び第2特性曲線を模型を使った水槽試験で求める例を示したが、本発明はこれに限定するものではない。例えば、第1特性曲線及び第2特性曲線を数値解析手法を用いた理論計算により求めても良い。数値解析手法としては、例えば、ポテンシャル流理論に基づく上記したヘス・スミス(Hess & Smith)法や、流れの運動方程式を数値的に解く数値流体力学(CFD; Computational Fluid Dynamics)シミュレーションがある。

【0035】

実施の形態3 .

上述した実施の形態1では、3個の圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ を船首水面下の船体外板表面に配置する例を示したが、本発明はこれに限定するものではない。例えば、4個、5個、あるいは6個以上の圧力センサを船首水面下の船体外板表面に配置しても良い。例えば、3個の圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ を図2に示すよう配置するとともに、各圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ のその下側の所定距離離れた船体外板表面に1個ずつ、全体で6個の圧力センサを配置する。この例の場合、2列の圧力センサについて上記した実施の形態1で説明した船速測定方法と全く同一の方法を適用して得られた対水船速 U 及び流入角度を平均化することにより、高精度な測定をすることができる。このように圧力センサを複数列配置した場合、最も圧力計測値が大きくなった圧力センサの周辺によどみ点が存在することになる。一般に、船舶が航走する際の流入角度が大きい場合、計測精度が低下すると考えられるので、最もよどみ点に近い圧力センサの列からの圧力計測値を用いて対水船速 U 及び流入角度を算出することが計測精度の維持にもつながる。

20

30

【0036】

実施の形態4 .

上述した実施の形態1では、 n 個の喫水について、斜航角を、 -30 度から $+30$ 度まで 5 度おきに変化させて模型船を一定速度で曳航することにより特性曲線を作成する例を示したが、本発明はこれに限定するものではない。例えば、喫水変更数 n を大きくしたり、変化させる斜航角をより小さな角度に設定して特性曲線を作成しても良い。このように特性曲線の数を増やしこれらに基づいて算出される対水船速 U 及び流入角度の平均値を取ることにより、またより精密な特性曲線を用いることにより、解析精度を向上させることができる。

40

【0037】

実施の形態5 .

上述した実施の形態1では、3個の圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ を船首水面下の船体外板表面に左右方向に配置する例を示したが、本発明はこれに限定するものではない。例えば、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ を船首水面下の船体中心線に沿って船体外板表面に上下に配置する。この場合、上部に配置した圧力センサの圧力計測値を圧力計測値 P_a とし、中央部に配置した圧力センサの圧力計測値を圧力計測値 P_c とし、下部に配置した圧力センサの圧力計測値を圧力計測値 P_b とすると、上記した実施の形態1における、圧力センサ 1_1 の圧力計測値 P_c を上記中央部に配置した圧力センサの圧力計測値 P_c に、圧力センサ 1_2 の圧力計測値

50

P_p を上記上部に配置した圧力センサの圧力計測値 P_t に、圧力センサ 1_3 の圧力計測値 P_s を上記下部に配置した圧力センサの圧力計測値 P_b に読み替えるとともに、流入角度を上下方向の流入角度に読み替えることにより、対水船速及び上下方向の流入角度を算出することができる。なお、上記の方法で得られた対水船速については、水面から近い上記上部に配置した圧力センサの圧力計測値 P_t と、水面から遠い下部に配置した圧力センサの圧力計測値 P_b との間に非対称的な関係があり、高精度な値であるとは言い難い。したがって、対水船速に関しては、圧力センサ $1_1 \sim 1_3$ からの圧力計測値 P_c 、 P_p 及び P_s に基づいて算出する方が良い。ただし、上下方向の対水船速が算出されることにより、別途計測される船体運動と入射波との関係を把握することができる。また、船体運動と船首での上下方向の対水船速とを把握することにより、入射波と船体運動の位相差と波自身による流速から波高の推定も可能となる。

10

【 0 0 3 8 】

以上、この実施の形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があっても本発明に含まれる。

また、上述の各実施の形態は、その目的及び構成等に特に矛盾や問題がない限り、互いの技術を流用することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 9 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態 1 である船速測定装置の構成を示すブロック図である。

20

【 図 2 】 圧力センサの配置の一例を示す概念図である。

【 図 3 】 制御部の特性曲線作成処理を説明するためのフローチャートである。

【 図 4 】 特性曲線の一例を示す図である。

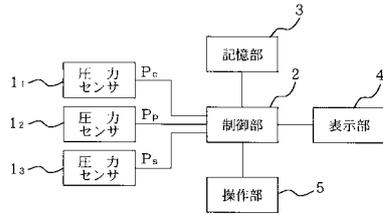
【 図 5 】 制御部の船速測定処理を説明するためのフローチャートである。

【 符号の説明 】

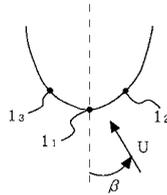
【 0 0 4 0 】

$1_1 \sim 1_3$ 圧力センサ、 2 制御部、 3 記憶部、 4 表示部、 5 操作部。

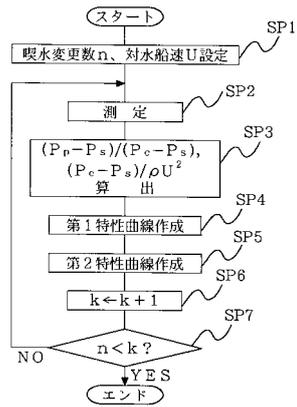
【図1】



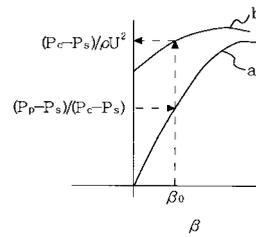
【図2】



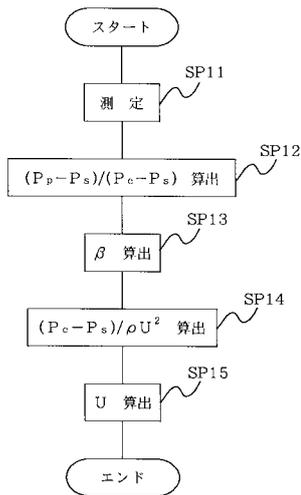
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(74)代理人 100087620

弁理士 高梨 範夫

(72)発明者 松本 光一郎

東京都品川区大井1丁目28番1号 ユニバーサル造船株式会社内

(72)発明者 日夏 宗彦

東京都三鷹市新川6丁目38番1号 独立行政法人海上技術安全研究所内

(72)発明者 田中 寿夫

東京都品川区大井1丁目28番1号 ユニバーサル造船株式会社内

審査官 田邊 英治

(56)参考文献 特開平08-170968(JP,A)

特開昭61-296272(JP,A)

実開昭57-112250(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01P 5/00 - 5/26

G01P 13/00 - 13/04