

明 細 書

発明の名称：汚損影響の評価装置及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、船体の汚損影響を評価する技術に関する。

背景技術

[0002] 船体の汚損を評価する技術が知られている（例えば特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-27740号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 船体の汚損影響の評価するために、船速と馬力とを用いて船舶の性能解析を行うことが考えられる。しかし、この性能解析により認識される船舶の性能低下には、船体の汚損影響だけでなく他の要因によるものも含まれるため、この方法では船体の汚損影響を精度よく評価することができない。他の方法として、UWI（Under Water Inspection）レポートには、船体の船首部、中間部、船尾部を撮影した画像と、これらの画像を用いて判定された汚損状態とが含まれる場合があるため、UWIレポートに含まれるこれらの情報に基づいて船体の汚損影響を評価することも考えられる。しかし、UWIレポートに含まれる情報では船体の部分的な汚損状態しか分からないため、この方法では船体の面全体の汚損影響を把握することができない。

[0005] 本発明は、船体の面全体の汚損影響を精度よく把握できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、船舶の船体表面の複数の領域の汚損度を取得する取得手段と、前記複数の領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数を用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出する算出手段とを備える汚損影響の評価装置を提

供する。

- [0007] 前記取得手段は、前記複数の領域の前記船体における位置を示す位置情報をさらに取得し、前記算出手段は、前記複数の領域の各々について、当該領域の前記位置情報により示される前記位置での流速と当該領域の前記汚損度に応じた前記摩擦抵抗係数とを用いて当該領域の摩擦抵抗を算出し、前記複数の領域の前記摩擦抵抗を加算することにより、前記船体全体の前記摩擦抵抗を算出してもよい。
- [0008] 前記汚損影響の評価装置は、水中移動体により撮影された前記複数の領域の画像を受信する受信手段と、前記画像を用いて前記複数の領域の汚損度を判定する判定手段と、前記複数の領域の各々に、当該領域の位置を示す位置情報と、当該領域の前記汚損度とを関連付けるマッピング手段とをさらに備えてもよい。
- [0009] 前記水中移動体は、前記船体の溶接線に沿って前記画像を撮影し、前記マッピング手段は、前記画像に含まれる前記溶接線に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定してもよい。
- [0010] 前記マッピング手段は、音響灯台を用いて測定された前記水中移動体の位置に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定してもよい。
- [0011] 前記マッピング手段は、慣性航法装置を用いて測定された前記水中移動体の位置に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定してもよい。
- [0012] 前記船体表面の前記複数の領域には、前記複数の領域の前記船体における位置を示すマークが付され、前記マッピング手段は、前記画像に含まれる前記マークを用いて、前記複数の領域の前記船体における位置を特定してもよい。
- [0013] 前記汚損影響の評価装置は、アームとカメラとを備える水中移動体において前記アームにより前記船体表面に沿って保持された汚損見本板とともに前記カメラにより撮影された前記複数の領域の画像を受信する受信手段と、前記画像に含まれる前記汚損見本板の汚損見本と前記複数の領域の各々との類

似度に基づいて、前記複数の領域の汚損度を判定する判定手段とをさらに備えてもよい。

[0014] 前記汚損影響の評価装置は、前記船体全体の摩擦抵抗又は当該摩擦抵抗から算出される燃費の履歴と、前記船体の摩擦抵抗を低減するメンテナンス作業が行われた時期とを記憶する記憶手段と、前記履歴と前記時期とに基づいて、所定の時間間隔で前記メンテナンス作業を行った場合における将来の燃費の変化を予測するトレンド分析を行う分析手段とをさらに備えてもよい。

[0015] 前記汚損影響の評価装置は、撮影手段により汚損見本板とともに撮影された、前記船体の第1喫水状態における第1喫水線と前記第1喫水状態とは異なる第2喫水状態における第2喫水線との間の対象領域の画像の入力を受け付ける受付手段と、前記画像に含まれる前記汚損見本板の汚損見本と前記対象領域との類似度に基づいて、前記対象領域の汚損度を判定する判定手段とをさらに備え、前記算出手段は、前記対象領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数をさらに用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出してもよい。

[0016] 前記算出手段は、前記第1喫水状態と前記第2喫水状態との間の必要馬力差に応じて、汚損による前記対象領域の摩擦抵抗の増加量を算出してもよい。

[0017] また、本発明の別の態様は、コンピュータに、船舶の船体表面の複数の領域の汚損度を取得するステップと、前記複数の領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数を用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出するステップとを実行させるためのプログラムを提供する。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、船体の面全体の汚損影響を精度よく把握することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施形態に係る評価システムの一例を示す図。

[図2]水中ドローンにより撮影された画像を例示する図。

[図3]サーバ装置の構成の一例を示す図。

[図4]汚損影響を定量評価する処理を例示するフローチャート。

[図5]マッピングデータを例示する図。

[図6]船体全体の汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果を例示する図。

[図7]船体の浸水領域の一例を示す図。

[図8]船速と主機の馬力との関係を示す相関情報の一例を示す図。

[図9]船速と主機の馬力との関係を示す相関情報の別の例を示す図。

発明を実施するための形態

[0020] 1. 構成

図1は、一実施形態に係る評価システム1の一例を示す図である。評価システム1は、水中ドローン20により撮影された船体の画像を用いて船体の汚損影響を評価し、船体のメンテナンス作業の実施判断に資する情報を提供する。なお、船体とは、積載物と付属物とを除いた船舶10の本体をいい、プロペラを含まない。

[0021] 評価システム1は、水中ドローン20と、制御装置30と、サーバ装置40とを備える。水中ドローン20と制御装置30とは、通信ケーブル2を介して通信可能に接続されている。制御装置30とサーバ装置40とは、インターネット等のネットワーク3を介して通信可能に接続されている。また、サーバ装置40は、船舶10に搭載された端末装置（図示せず）とネットワーク3及び通信衛星4を介して通信可能に接続されている。これにより、サーバ装置40は、船舶10に搭載された各種センサの出力を取得することができる。

[0022] 水中ドローン20は、船舶10の係留中に潜水し、所定の経路に沿って水中を移動して船体の複数の領域の画像を撮影する。より具体的には、水中ドローン20は、船体の溶接線に沿って移動しながら船体の複数の領域の画像を撮影する。水中ドローン20は、本発明に係る水中移動体の一例である。水中ドローン20は、アーム21と、カメラ22と、通信IF（interface）23とを備える。

- [0023] アーム 2 1 は、ルバートゲージ等の汚損見本板を船体表面に沿って保持する。より具体的には、アーム 2 1 は、ばね等の押圧手段を用いて汚損見本板を船体表面に押し当てる。これは、船体を撮影した画像を用いて船体の汚損度を判定する際に、この画像に含まれる船体と汚損見本板とが比較されるため、カメラ 2 2 から船体までの距離と、カメラ 2 2 から汚損見本板までの距離とができるだけ等しい方が、汚損度の判定精度が高くなるためである。
- [0024] カメラ 2 2 は、汚損見本板とともに船体の複数の領域の画像を撮影する。カメラ 2 2 により撮影される画像は例えば動画である。ただし、カメラ 2 2 により撮影される画像は動画に限定されず、例えば所定の時間間隔で撮影される静止画でもよい。船体の画像をできるだけ網羅的に撮影するには、画像は横長のパノラマ画像であることが好ましい。汚損見本板とともに船体が撮影されるのは、船体を撮影した画像を用いて船体の汚損度を判定する際に、この画像に含まれる船体と汚損見本板とが比較されるため、水中の明暗、光の角度、水の色、水の濁り等の水中環境の影響を受けずにこれらを比較できるようにするためである。
- [0025] 図 2 は、カメラ 2 2 により撮影された画像 2 2 0 を例示する図である。画像 2 2 0 には、船体表面の或る領域 2 2 1 と汚損見本板 2 2 2 とが含まれる。汚損見本板 2 2 2 には、汚損度の異なる複数の汚損見本 2 2 3 が含まれる。また、上述したように、水中ドローン 2 0 は船体の溶接線 2 2 4 に沿って移動しながら撮影を行うため、画像 2 2 0 には船体表面に形成された溶接線 2 2 4 が含まれる。
- [0026] 通信 I F 2 3 は、カメラ 2 2 により撮影された画像を通信ケーブル 2 を介して制御装置 3 0 に送信する。この画像には、撮影日時等の付加情報が付加されてもよい。なお、ここでいう画像とは、デジタル画像を意味する。
- [0027] 制御装置 3 0 は、岸壁に設置され、操作者の操作に応じて水中ドローン 2 0 の動作を制御する。制御装置 3 0 は、水中ドローン 2 0 から受信した画像をネットワーク 3 を介してサーバ装置 4 0 に転送する。
- [0028] サーバ装置 4 0 は、陸上に設置され、船会社により管理及び運用される。

サーバ装置４０は、水中ドローン２０により撮影された画像に基づいて、船舶１０の船体の汚損影響を評価し、船舶１０のメンテナンス作業の実施判断のための情報を提供するための処理を行う。サーバ装置４０は、本発明に係る汚損影響の評価装置の一例である。

[0029] 図３は、サーバ装置４０の構成の一例を示す図である。サーバ装置４０は、プロセッサ４１と、メモリ４２と、ストレージ４３と、通信ＩＦ４４と、入力部４５と、表示部４６とを備える。メモリ４２、ストレージ４３、通信ＩＦ４４、入力部４５、及び表示部４６の各々とプロセッサ４１とは、バスを介して接続されている。

[0030] プロセッサ４１は、プログラムを実行することによりサーバ装置４０の各部を制御及び各種の演算を行う。プロセッサ４１の例には、１又は複数のＣＰＵ（Central Processing Unit）が含まれる。メモリ４２は、プロセッサ４１のワークエリアとして用いられるコンピュータ読取可能な記憶媒体である。メモリ４２には、プロセッサ４１により実行されるプログラム及びデータが記憶される。メモリ４２の例には、ＲＯＭ（Read Only Memory）及びＲＡＭ（Random Access Memory）が含まれる。ストレージ４３は、プロセッサ４１により用いられる各種のデータを記憶するコンピュータ読取可能な記憶媒体である。ストレージ４３の例には、ＨＨＤ（Hard Disk Drive）及びＳＳＤ（Solid State Drive）が含まれる。メモリ４２又はストレージ４３は、本発明に係る記憶手段の一例である。通信ＩＦ４４は、ネットワーク３に接続され、所定の通信規格に従ってネットワーク３を介して他の装置とデータ通信を行う。入力部４５は、ユーザの操作に応じた信号をプロセッサ４１に入力する。入力部４５の例には、キーボード及びマウスが含まれる。表示部４６は、プロセッサ４１の制御の下、各種の情報を表示する。表示部４６の例には、液晶ディスプレイが含まれる。

[0031] プロセッサ４１は、メモリ４２に記憶されたプログラムを実行することにより、受信手段４１１、取得手段４１２、判定手段４１３、マッピング手段４１４、算出手段４１５、作成手段４１６、及び分析手段４１７として機能

する。受信手段411、取得手段412、判定手段413、マッピング手段414、算出手段415、作成手段416、及び分析手段417は、ソフトウェアがハードウェア資源と協働することによって実現されるソフトウェアモジュールである。

[0032] 受信手段411は、水中ドローン20により撮影された船体の複数の領域の画像を受信する。より具体的には、受信手段411は、水中ドローン20から船体の複数の領域を撮影した画像が送信されると、制御装置30を介してこの画像を受信する。

[0033] 取得手段412は、受信手段411により受信された画像を用いて、船体表面の複数の領域の汚損度と、これらの領域の船体における位置を示す位置情報とを取得する。取得手段412は、判定手段413と、マッピング手段414とを含む。

[0034] 判定手段413は、受信手段411により受信された画像を用いて、船体表面を分割して得られた複数のメッシュの各々の汚損度を判定する。より具体的には、判定手段413は、1つの画像に含まれる船体表面の領域を1つのメッシュとして、船体表面を複数のメッシュに分割する。メッシュの数は、船体の大きさにもよるが、例えば100～1000個である。なお、画像が動画である場合には、動画を構成する1つのフレームが1つの画像として扱われてもよい。判定手段413は、画像に含まれる船体表面の領域と汚損見本板の各汚損見本との類似度に基づいて、各メッシュの汚損度を判定する。汚損度は、「A」～「F」等のグレードを表す文字で表されてもよいし、「Good」等の定性的な評価を表す表現で表されてもよいし、数値で表されてもよい。

[0035] マッピング手段414は、船体の複数のメッシュの各々に、そのメッシュの船体における位置を示す位置情報と、判定手段413により判定されたそのメッシュの汚損度とをマッピングしたマッピングデータを作成する。より具体的には、マッピング手段414は、受信手段411により受信された画像に含まれる溶接線をストレージ43に記憶された船体の鋼板レイアウト図

と照合することにより、船体における各メッシュの位置を特定する。続いて、マッピング手段414は、船体の複数のメッシュの各々に、そのメッシュの位置を示す位置情報と、そのメッシュの汚損度とを関連付ける。これにより、マッピングデータが作成される。そして、マッピング手段414は、作成されたマッピングデータをストレージ43に記憶させる。

[0036] 算出手段415は、ストレージ43に記憶されたマッピングデータに基づいて、船体全体の摩擦抵抗を算出する。より具体的には、まず算出手段415は、船体の複数のメッシュの各々について、マッピングデータに含まれるメッシュの位置情報により示される位置での流速と、メッシュの面積と、メッシュの汚損度に応じた摩擦抵抗係数とを用いて、メッシュの摩擦抵抗を算出する。汚損度と摩擦抵抗係数との対応関係は、複数の汚損度の汚損見本の摩擦抵抗係数を計測することにより得られ、対応テーブルに格納されて予めストレージ43に記憶される。摩擦抵抗係数は、汚損度が高いほど大きくなる。なお、対応テーブルは、実船において計測された汚損度と摩擦抵抗係数との対応関係に応じて適宜修正されてもよい。続いて、算出手段415は、船体の複数のメッシュの摩擦抵抗を加算することにより、船体全体の摩擦抵抗を算出する。そして、算出手段415は、算出された船体全体の摩擦抵抗をストレージ43に記憶された船舶データベースに格納する。船体全体の摩擦抵抗は、船体の面全体の汚損影響を示す。船体全体の摩擦抵抗が大きくなると、同じ船速で航行するのに必要な燃料の量が増えるため、ハルクリーニング等のメンテナンス作業を行って船体の摩擦抵抗を低減させ、この汚損影響を解消するのが好ましい。

[0037] 作成手段416は、ストレージ43に記憶された船体全体の摩擦抵抗に基づいて、採算情報を作成する。より具体的には、作成手段416は、船体全体の摩擦抵抗から算出される船体の汚損影響による燃費増加量を用いてメンテナンス作業の投資回収期間を算出し、この投資回収期間を含む採算情報のレポートを作成する。なお、本願において燃費とは、燃料消費率を意味し、より具体的には、単位燃料で船舶10が航行できる距離を意味する。

[0038] 分析手段417は、ストレージ43に記憶された船体全体の摩擦抵抗又は摩擦抵抗から算出される燃費の履歴に基づいてトレンド分析を行う。より具体的には、分析手段417は、船体全体の摩擦抵抗又は燃費の履歴と、船体のメンテナンス作業の履歴とに基づいて、所定の時間間隔で船体のメンテナンス作業を行った場合における将来の燃費の変化を予測するトレンド分析を行う。

[0039] 2. 動作

2. 1 汚損影響の定量評価

図4は、汚損影響を定量評価する処理を例示するフローチャートである。船舶10は、岸壁に係留され荷役が行われる度に、その荷役中に汚損モニタリングが行われる。ただし、汚損モニタリングは必ずしも岸壁に係留され荷役が行われる度に行われなくてもよく、例えば汚損モニタリングを行うための設備を有する岸壁に係留されたときに限り行われてもよいし、所定の荷役回数間隔で行われてもよいし、沖合での錨泊中や機関停止して漂流状態とするドリフティング中に行われてもよい。

[0040] 汚損モニタリングにおいて水中ドローン20は、例えば鉛直方向に延びる複数の溶接線（以下、「鉛直溶接線」という。）のうち、船首に最も近い垂直溶接線に沿って右舷上、右舷下、船底、左舷下、左舷上を順に辿る方向に水中を移動した後、船首に次に近い垂直溶接線に移動し、この垂直溶接線に沿って逆方向に移動するというように、船頭から近い順に複数の垂直溶接線に移動しながら各垂直溶接線に沿って往復移動する。或いは、水中ドローン20は、例えば水平方向に延びる溶接線（以下、「水平溶接線」という。）のうち、右舷上に最も近い水平溶接線に沿って船首から船尾に向かう方向に水中を移動した後、右舷上に次に近い水平溶接線に移動し、この水平溶接線に沿って逆方向に移動するというように、右舷上、右舷下、船底、左舷下、左舷上の順に複数の水平溶接線に移動しながら各水平溶接線に沿って往復移動する。

[0041] この移動中、水中ドローン20は、アーム21により船体表面に沿って汚

損見本板 2 2 2 を保持しながら、カメラ 2 2 により汚損見本板 2 2 2 とともに船体の複数の領域の画像を撮影する。水中ドローン 2 0 は、カメラ 2 2 により撮影された画像を通信 I F 2 3 により制御装置 3 0 に送信する。制御装置 3 0 がサーバ装置 4 0 にこの画像を転送すると、ステップ S 1 1 の処理が開始される。

[0042] ステップ S 1 1 において、受信手段 4 1 1 は、水中ドローン 2 0 から制御装置 3 0 を介して送信された画像を受信し、ストレージ 4 3 に記憶させる。

[0043] ステップ S 1 2 において、判定手段 4 1 3 は、ステップ S 1 1 において取得された画像に基づいて、船体の各メッシュの汚損度を判定する。図 2 に示される例では、判定手段 4 1 3 は、画像解析により、画像に含まれる船体表面の領域 2 2 1 と、各汚損見本 2 2 3 との類似度を算出する。例えば類似度が最も高い汚損見本 2 2 3 が汚損度「E」を示す場合、判定手段 4 1 3 はこの汚損度「E」をそのメッシュの汚損度として判定する。

[0044] ステップ S 1 3 において、マッピング手段 4 1 4 は、船体の複数のメッシュの各々に、そのメッシュの位置を示す位置情報と、ステップ S 1 2 において判定されたそのメッシュの汚損度とをマッピングする。より具体的には、マッピング手段 4 1 4 は、ステップ S 1 1 において取得された各画像に含まれる溶接線をストレージ 4 3 に記憶された船体の鋼板レイアウト図と照合することにより、船体における各メッシュの位置を特定する。例えば図 2 に示される画像 2 2 0 において船体の右舷側の船尾から数えて 1 0 番目の鉛直溶接線と船底から数えて 5 0 番目の水平溶接線とが交差する場合には、鋼板レイアウト図においてこれらの溶接線 2 2 4 が交わる位置がこの画像に撮影されたメッシュの位置として特定される。

[0045] また、マッピング手段 4 1 4 は、ステップ S 1 1 において取得された画像に船体に塗装されたマークが含まれる場合には、このマークを加味して船体における各メッシュの位置を特定してもよい。例えばタンクの場所を示す「F P T」という文字が画像に含まれる場合、マッピング手段 4 1 4 は、船体においてこの文字が塗装された場所をメッシュの位置として特定してもよい。

。なお、船体には、溶接線の全ての交点に、対応するメッシュの位置を特定するためのマークを予め付してもよい。このようにして全てのメッシュの位置を特定すると、マッピング手段414は、船体の複数のメッシュの各々に、そのメッシュの位置情報とそのメッシュの汚損度とを関連付けたマッピングデータを作成し、ストレージ43に記憶させる。

[0046] 図5は、マッピングデータ500を例示する図である。マッピングデータ500は、三次元図であってもよいし、右舷側と左舷側とをそれぞれ表す二次元図であってもよい。マッピングデータ500では、船体表面のメッシュの配置によりメッシュの位置が表される。各メッシュは、汚損度に応じた色で表される。図5では、異なる色は異なるハッチングによって表されている。なお、マッピングデータ500は、図5に示される例に限定されず、船体の展開図でもよいし、各メッシュの位置情報と汚損度とを関連付けたテーブルでもよい。

[0047] 水中ドローン20により撮影された画像が船体全体をカバーしていない場合には、汚損度が判定されたメッシュが離散的に分布することになる。このような場合、マッピング手段414は、スプライン補間法等の既知の方法を用いてそれらのメッシュの間を補間してもよい。

[0048] 図4に戻り、ステップS14において、算出手段415は、ステップS13において作成されたマッピングデータに基づいて、船体全体の摩擦抵抗を算出する。まず、算出手段415は、以下の数式(1)により、船体の各メッシュの摩擦抵抗 D_f を算出する。

$$D_f = 1/2 \rho V^2 S \times C_f \cdots (1)$$

[0049] ここにおいて、 ρ は水の比重、 V はメッシュにおける流速、 S はメッシュの面積、 C_f はメッシュの摩擦抵抗係数である。水の比重 ρ は定数である。流速 V は、CFD (Computational Fluid Dynamics) により推定される。或いは、流速 V は、実船の船舶10の塗膜の摩耗速度から推定されてもよい。流速 V は、船体の位置によって異なる。そのため、流速 V には、対象のメッシュの位置情報により示される位置での流速が用いられる。面積 S は、例えば

メッシュの形状が縦 1 m、横 5 m の矩形である場合、 $1\text{ m} \times 5\text{ m} = 5\text{ m}^2$ となる。摩擦抵抗係数 C_f には、例えば対象のメッシュの汚損度が「E」である場合には、ストレージ 43 に記憶された対応テーブルにおいて汚損度「E」と関連付けられた摩擦抵抗係数が用いられる。

[0050] なお、算出手段 415 は、水中ドローン 20 により撮影された画像が船体全体をカバーしていないことにより、摩擦抵抗 D_f が算出されたメッシュが離散的に分布する場合には、スプライン補間法等の既知の方法を用いてそれらのメッシュの間を補間してもよい。

[0051] 続いて、算出手段 415 は、船体の全メッシュの摩擦抵抗 D_f を加算することにより、船体全体の摩擦抵抗を算出する。例えば船体が 1000 個のメッシュに分割された場合、算出手段 415 は、これらのメッシュの摩擦抵抗 D_f を加算することにより、船体全体の摩擦抵抗を算出する。

[0052] さらに、算出手段 415 は、船体とプロペラとを含む船舶 10 全体の摩擦抵抗増加により同一船速を維持するために必要となる馬力増加量から船体全体の摩擦抵抗増加により同一船速を維持するために必要となる馬力増加量を減ずることにより、プロペラの摩擦抵抗増加による影響を算出してもよい。船舶 10 全体の摩擦抵抗は、例えば船速と馬力とを用いた既知の方法を用いて算出されてもよい。

[0053] ステップ S15 において、算出手段 415 は、ステップ S14 において算出された摩擦抵抗を用いて、以下の数式 (2) により、船体の汚損影響による燃費増加量を算出する。

船体の汚損影響による燃料増加量 = 船体の汚損影響により同一船速を維持するために必要となる馬力増加量 $\times$ 燃料消費率 = 船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量 $\times$ 船速 $\times$ 燃焼消費率 $\cdots$ (2)

[0054] ここにおいて、燃焼消費率は単位馬力に対する燃料消費量であり、その単位は例えば g / kwh である。船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量は、ステップ S14 において算出された船舶全体の摩擦抵抗と初期値等の基準値との差を算出することにより得られる。船速は、船舶 10 の計画速度又は船舶

10の実績速度である。船速は、操作者による入力部45の操作により入力されてもよいし、船舶10に搭載されたセンサから取得されてもよい。

[0055] また、算出手段415は、上記の数式(2)において船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量に代えて、プロペラの摩擦抵抗増加量を用いることにより、プロペラの汚損影響による燃費増加量を算出してもよい。

[0056] ステップS16において、算出手段415は、ステップS14において算出された船体全体の摩擦抵抗及びステップS15において算出された船体の汚損影響による燃費増加量をストレージ43に記憶された船舶データベースに格納する。船舶データベースにおいて、船体全体の摩擦抵抗及び船体の汚損影響による燃費増加量は、船舶10の識別情報及び汚損モニタリングの実施日時と関連付けて格納されてもよい。汚損モニタリングの実施日時には、船体を撮影した画像に付加された撮影日時が用いられてもよい。

[0057] 船舶10の荷役が行われる度に船体全体の摩擦抵抗及び船体の汚損影響による燃費増加量が算出され、船舶データベースに格納されることにより、船体の汚損影響を示す船体全体の摩擦抵抗及び船体の汚損影響による燃費増加量の履歴が時系列に沿って蓄積される。また、船舶データベースには、操作者による入力部45の操作により入力されたメンテナンス作業の履歴も格納される。このメンテナンス作業の履歴には、メンテナンス作業の種別、及びメンテナンス作業が行われた時期が含まれる。

[0058] 船舶データベースに格納された情報は、船会社から船舶10のメンテナンス作業を行う管理会社に提供されてもよい。この提供方法の例には、管理会社の端末装置への送信、及びプリンタ(図示せず)で印刷された印刷物の郵送が含まれる。

[0059] 2. 2 メンテナンス作業の採算情報の提供

作成手段416は、管理会社の担当者によるメンテナンス作業の実施判断を支援するために、ストレージ43に記憶された船舶データベースに基づいて、メンテナンス作業の採算情報を提供する。より具体的には、作成手段416は、船舶データベースに格納された船体の汚損影響による燃費増加量を

用いて、以下の数式（３）により、投資回収期間を算出する。

$$\text{投資回収期間} = \text{メンテナンス作業費用} / \text{船体の汚損影響による燃費増加量} \cdot \cdot \cdot (3)$$

[0060] ここにおいて、船体の汚損影響による燃費増加量の単位がton/day（日）の場合には投資回収期間の単位はday（日）となり、船体の汚損影響による燃費増加量の単位がton/year（年）の場合には投資回収期間の単位はyear（年）となる。メンテナンス作業費用は、メンテナンス作業に要する費用であり、メンテナンス作業を実施する管理会社毎に予め定められている。メンテナンス作業費用には、メンテナンス作業に伴う機会費用等が含まれてもよい。船体の汚損影響による燃費増加量は、メンテナンス作業の実施により解消されるため、上記の数式（３）により、メンテナンス作業費用を回収できる期間が得られる。

[0061] 作成手段４１６は、投資回収期間を含むレポートを作成する。また、作成手段４１６は、投資回収期間と閾値とを比較することにより、メンテナンス作業を実施すべきか否かを判定し、その判定結果をレポートに含めてもよい。このレポートは、船会社から船舶１０のメンテナンス作業を行う管理会社に提供される。この提供方法の例には、管理会社の端末装置への送信、及びプリンタ（図示せず）で印刷された印刷物の郵送が含まれる。管理会社の担当者は、このレポートに含まれる投資回収期間と管理会社毎に設定された閾値とを比較することにより、メンテナンス作業を実施するか否かを判断することができる。例えば管理会社の担当者は、船体の汚損影響による燃費増加量の節減によって、ハルクリーニングの費用を回収できる投資回収期間が１．５年未満である場合には、ハルクリーニングを実施すると判断してもよい。

[0062] ２．３ トレンド分析

分析手段４１７は、ストレージ４３に記憶された船舶データベースに基づいて、トレンド分析を行う。より具体的には、分析手段４１７は、船舶データベースに格納された過去の船体の汚損影響による燃費増加量の経年変化及

びメンテナンス作業が行われた時期に基づいて、所定の時間間隔で船体のメンテナンス作業を行った場合における将来の船体の汚損影響による燃費増加量の変化を予測する。なお、ここでは、将来の船体の汚損影響による燃費増加量を予測する例を挙げて説明するが、将来の燃費そのものが予測されてもよい。

[0063] 図6は、船体全体の汚損影響を示す船体の汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果を例示する図である。図6において横軸は時間（年）を示し、縦軸は船体の汚損影響による燃費増加量（％）を示す。なお、図6に示される例では、船体の汚損影響による燃費増加量（％）が用いられているが、船体の汚損影響による燃費増加量（％）に代えて船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量が用いられてもよい。

[0064] 図6（a）～図6（c）においては、過去の船体の汚損影響による燃費増加量の変化は同じであるが、今後のメンテナンス作業のパターンが異なる。図6（a）は、今後、1年間隔でハルクリーニングを実施するパターンAを採用した場合のトレンド分析の結果を示す。図6（b）は、今後、1.5年間隔でハルクリーニングを実施するパターンBを採用した場合のトレンド分析の結果を示す。図6（c）は、今後、2年間隔でハルクリーニングを実施するパターンCを採用した場合のトレンド分析結果を示す。

[0065] 図6に示されるトレンド分析の結果の作成方法について具体的に説明する。船舶データベースから得られる過去の船体の汚損影響による燃費増加量（％）の時系列データから、折れ線L1、L2、又はL3の実線部分のグラフが作成される。より具体的には、図6において黒丸で表される、複数の時点における船体の汚損影響による燃費増加量（％）を示す点を結ぶことにより折れ線L1、L2、又はL3の実線部分のグラフが作成される。この例では、過去の時期P1及びP2においてハルクリーニングが行われている。ハルクリーニングが行われると船体の汚損影響による燃費増加量（％）が減少する。そのため、少なくともこれらのハルクリーニングの前後の各々において図4に示される汚損影響を定量評価する処理を行って船体の汚損影響による

燃費増加量を算出するのが好ましい。これにより、時期 P 1 におけるハルクリーニング実施前後の船体の汚損影響による燃費増加量（％）を示す点 Q 1 及び Q 2、及び時期 P 2 におけるハルクリーニング実施前後の船体の汚損影響による燃費増加量（％）を示す点 Q 3 及び Q 4 が得られる。

[0066] 折れ線 L 1、L 2、又は L 3 の実線部分において時期 P 1 及び P 2 におけるハルクリーニングの実施後の船体の汚損影響による燃費増加量（％）を示す点 Q 2、点 Q 4、及び原点を曲線近似等の方法で繋ぐことにより、トレンドライン L 1 1 が得られる。ハルクリーニングの実施後の船体の汚損影響による燃費増加量の下限值は、船体の鋼板の凹凸等のハルクリーニングでは回復しない劣化が累積することにより、時間経過に伴って徐々に大きくなる。このトレンドライン L 1 1 により、このような船体汚損以外の要因による船体の汚損影響による燃費増加量（％）のトレンドが判る。また、折れ線 L 1、L 2、又は L 3 の実線部分において傾きが正の部分の繋ぎ合わせるることにより、トレンドライン L 1 5 が得られる。このトレンドライン L 1 5 により、船体汚損による船体の汚損影響による燃費増加量（％）のトレンドが判る。

[0067]トレンドライン L 1 1 とトレンドライン L 1 5 とを用いることにより、将来、ハルクリーニングを、例えば 1 年毎、1.5 年毎、2 年毎等の所定の間隔で行った場合の船体の汚損影響による燃費増加量（％）のトレンドが予測できる。例えばハルクリーニングを 1 年毎に行う場合には、図 6（a）の折れ線 L 1 の二点破線部分により示される船体の汚損影響による燃費増加量（％）が予測される。ハルクリーニングを 1.5 年毎に行う場合には、図 6（b）の折れ線 L 2 の二点破線部分により示される船体の汚損影響による燃費増加量（％）が予測される。ハルクリーニングを 2 年毎に行う場合には、図 6（c）の折れ線 L 3 の二点破線部分により示される船体の汚損影響による燃費増加量（％）が予測される。

[0068] 図 6（a）～図 6（c）により示されるトレンド分析の結果の各々に関し、船舶 10 の残存ライフタイムの全期間における（燃費向上によるコスト低

減分ーハルクリーニングによるコスト増大分)を算出することにより、ハルクリーニングを行う頻度を決定することができる。

[0069] 図6(a)に示される折れ線L1の二点破線部分は、今後、1年間隔でハルクリーニングを実施した場合に予測される船体の汚損影響による燃費増加量の変化を表す。図6(a)に示される例では、今後、1年間隔の時期P3～P5においてハルクリーニングが行われる予定である。このように1年間隔でハルクリーニングが行われる場合に予測される船体の汚損影響による総燃費増加量は、折れ線L1の二点破線部分と横軸とで囲まれた図形の面積により表される。

[0070] 図6(b)に示される折れ線L2の二点破線部分は、今後、1.5年間隔でハルクリーニングを実施した場合に予測される船体の汚損影響による燃費増加量の変化を表す。図6(b)に示される例では、今後、1.5年間隔の時期P6及びP7においてハルクリーニングが行われる予定である。このように1.5年間隔でハルクリーニングが行われる場合に予測される総燃費増加量は、折れ線L2の二点破線部分と横軸とで囲まれた図形の面積により表される。

[0071] 図6(c)に示される折れ線L3の二点破線部分は、今後、2年間隔でハルクリーニングを実施した場合に予測される船体の汚損影響による燃費増加量の変化を表す。図6(c)に示される例では、今後、2年間隔の時期P8及びP9においてハルクリーニングが行われる予定である。このように2年間隔でハルクリーニングが行われる場合に予測される総燃費増加量は、折れ線L3の二点破線部分と横軸とで囲まれた図形の面積により表される。

[0072] 図6(a)～図6(c)によれば、船舶10のライフサイクルにおけるメンテナンス作業の実施頻度と船体の汚損影響による総燃費増加量との関係が分かる。メンテナンス作業の実施頻度が高い程、船体の汚損影響による総燃費増加量は少なくなるため、燃料コストが減る一方、メンテナンス作業の実施回数が多くなるため、メンテナンス作業費用は増える。分析手段417は、ハルクリーニングを1年間隔、1.5年間隔、及び2年間隔の各々で実施

した場合に要するメンテナンス作業費用及び削減される燃料コストに基づいて、削減可能なトータルコストを算出してもよい。

[0073] 図6(a)～図6(c)に示されるトレンド分析の結果は、船会社から船舶10のメンテナンス作業を行う管理会社に提供される。また、トレンド分析の結果とともに、削減可能なトータルコストが管理会社に提供されてもよい。この提供方法の例には、管理会社の端末装置への送信、及びプリンタ（図示せず）で印刷された印刷物の郵送が含まれる。管理会社の担当者は、図6(a)～図6(c)に示されるトレンド分析の結果を比較することにより、最適なメンテナンス作業計画を立案することができる。例えば管理会社の担当者は、図6(b)に示されるトレンド分析の結果における削減可能なトータルコストが最も大きい場合、1.5年間隔でメンテナンス作業を行うメンテナンス作業計画を立案してもよい。

[0074] また、サンドブラスト等の大規模修繕を実施すると、船体の鋼板の凹凸や塗装の剥がれ等のハルクリーニングでは回復しない劣化が解消されるため、船体の汚損影響による燃費増加量のベースが下がる。例えば大規模修繕とハルクリーニングとを併せて実施した場合には、それらの実施後の船体の汚損影響による燃費増加量の下限値が低くなる。そこで、トレンド分析は、大規模修繕の実施によるハルクリーニングでは回復しない劣化の解消を加味して行われてもよい。

[0075] さらに、図6(a)～図6(c)に示される例では、船体全体の汚損影響を示す船体の汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果だけが示されているが、プロペラの汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果、及び、馬力及び船速を用いて算出した船舶10全体の汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果がさらに示されてもよい。また、メンテナンス作業のパターンは、ハルクリーニングの実施間隔だけが異なるものに限定されず、ハルクリーニング、プロペラクリーニング、大規模修繕、又はこれらうちの少なくとも2つの実施間隔が異なるものでもよいし、次回のメンテナンス作業をすぐに実施する、半年後に実施する、1年後に実施するというように

、次回のメンテナンス作業の実施時期が異なるものでもよい。

[0076] 以上説明した実施形態によれば、船体の汚損度を用いて船体の摩擦抵抗が算出されるため、船速と馬力を用いて船舶10の性能解析を行う場合に比べて、船体の汚損影響を精度よく評価することができる。また、船体の複数の領域を撮影した画像に基づいてこれらの領域の位置情報と汚損度とがマッピングされたマッピングデータが作成され、このマッピングデータに基づいて船体全体の摩擦抵抗が算出されるため、船体の面全体の汚損影響を把握することができる。このように船体全体の摩擦抵抗を算出することにより、船体の面全体の汚損影響を定量評価することができるため、管理会社の担当者は、メンテナンス作業を実施すべきか否かについてロジカルな判断ができる。また、このようにして算出された船体全体の摩擦抵抗に基づいてメンテナンス作業を実施すると、メンテナンス作業の効果が高くなると考えられる。メンテナンス作業の効果が高くなると、メンテナンス作業の実施についての満足感が得られ、メンテナンス作業の実施率の向上が期待できる。

[0077] さらに、管理会社に投資回収期間を含む採算情報が提供されるため、管理会社の担当者は、メンテナンス作業を実施すべきか否かについて採算性を踏まえた判断を行うことができる。さらに、管理会社に船体の汚損影響による燃費増加量のトレンド分析の結果が提供されるため、管理会社の担当者は、船舶10のライフサイクルにおいてトータルコストが最小になるメンテナンス作業の実施頻度が分かる。これにより、管理会社の担当者は、最適なメンテナンス作業の計画を立案することができる。

[0078] さらに、船体全体の摩擦抵抗とプロペラの摩擦抵抗とを別々に算出し得るため、船舶10の性能低下の原因を船体の汚損影響とプロペラの汚損影響とを切り分けることができる。これにより、船舶10の性能低下の原因が船体の汚損影響である場合にはハルクリーニングを行い、プロペラの汚損影響である場合にはプロペラクリーニングを行うというように、船舶10の性能低下の原因に応じた最適なメンテナンス作業を行うことができる。

[0079] 3. 変形例

上述した実施形態は本発明の一例であり、本発明はこの実施形態に限定されない。上述した実施形態は以下の変形例のように変形されてもよい。また、以下の2以上の変形例が組み合わせて実施されてもよい。

[0080] 3. 1 変形例1

上述した実施形態において、マッピング手段414は、音響灯台を用いた方法により、船体における各メッシュの位置を特定してもよい。音響灯台は、岸壁、海底、又は海面を含む少なくとも3か所に設置される。水中ドローン20は、音響灯台から発信された音響信号を受信する受信機を備え、3つの音響灯台から受信した音響信号に基づいて3点測位により水中ドローン20の三次元の位置を測定する。他の例として、水中ドローン20は、2つの音響灯台から受信した音響信号と深度計情報、又は1つの音響灯台から受信した音響信号とその受信角度により、水中ドローン20の三次元の位置を測定してもよい。

[0081] また、水中ドローン20は、カメラ22の撮影方向及び撮影対象となる船体表面までの撮影距離を測定する。水中ドローン20は、カメラ22により撮影された画像に、水中ドローン20の三次元の位置を示す位置情報、撮影方向、及び撮影距離を付加情報として付加して送信する。マッピング手段414は、画像に付加された水中ドローン20の位置情報、撮影方向、及び撮影距離に基づいて、船体における各メッシュの位置を特定する。例えばマッピング手段414は、水中ドローン20の位置から撮影方向に沿って撮影距離だけ離れた位置を、船体における対応するメッシュの位置として特定する。この変形例に係る方法でも、船体における各メッシュの位置を特定することができる。

[0082] また、船舶10は係留されているため、その三次元の位置は大きく変化はしないが、積荷量による喫水の変化、水位の変化、船首－船尾方向の若干の変化等があるため、船舶10の三次元の位置が測定されてもよい。その場合、船舶10に対する水中ドローン20の位置がより正確に特定される。なお、船舶10の三次元の位置の測定方法は、例えば、水中ドローン20の三次

元の位置の測定方法と同様の方法により可能である。

[0083] この変形例において、水中ドローン20は、既知の自己位置を推定する方法、例えば慣性航法装置を用いた方法を単独で用いて又は上述した音響灯台を用いた方法と併用して、水中ドローン20の三次元の位置を測定してもよい。

[0084] 3. 2 変形例2

上述した実施形態において、船体表面の複数の領域には、船体における三次元の位置の特定に用いられるマークが例えば凹凸を伴う塗装により付されてもよい。例えば船体表面には、溶接線に沿って所定間隔でその領域の位置を示すマークが付される。マッピング手段414は、画像に含まれるマークを用いて、船体における各メッシュの位置を特定する。この変形例によれば、船体の各メッシュの位置を精度よく特定することができる。

[0085] 3. 3 変形例3

上述した実施形態において、水中ドローン20は、船体表面上を走行する走行車輪を備えてもよい。また、水中ドローン20は、走行距離を測定し、測定した走行距離を、船舶10に対する水中ドローン20の位置特定に用いてもよい。走行距離の測定には、例えば、車輪の回転数に基づき算出する方法、レーザー距離計等を用いて測定する方法等のいずれが採用されてもよい。水中ドローン20は、測定された走行距離を付加情報として画像に付加して送信する。マッピング手段414は、画像に付加された走行距離に基づいて、船体における各メッシュの位置を特定する。例えば、マッピング手段414は、水中ドローン20が走行を開始する位置から所定の走行経路に沿って走行距離だけ離れた位置を、船体の対応するメッシュの位置として特定する。この変形例に係る方法でも、船体における各メッシュの位置を特定することができる。

[0086] 3. 4 変形例4

上述した実施形態において、水中ドローン20は、必ずしも汚損見本板とともに船体表面を撮影しなくてもよい。例えば水中ドローン20は、カメラ

22により船体表面だけを撮影する。ストレージ43には、汚損見本板を示す汚損見本画像が記憶される。マッピング手段414は、画像解析により、ストレージ43に記憶された汚損見本画像に含まれる各汚損見本と、水中ドローン20により撮影された画像に含まれる船体表面の領域との類似度を算出し、類似度が最も高い汚損見本に対応する汚損度を判定する。汚損度の判定に用いられる汚損見本画像は、船体の水中環境と類似の水中環境用の汚損見本板を示すものであるのが好ましい。例えば、水中における撮影時の明るさ等の情報に基づき、撮影環境が類似する汚損見本板が選択され、用いられてもよい。この変形例に係る方法でも、船体のメッシュの汚損度を判定することができる。

[0087] 3. 5 変形例5

上述した実施形態において、算出手段415は、プロペラの汚損度を用いてプロペラの摩擦抵抗を算出してもよい。例えば水中ドローン20は、カメラ22によりプロペラの汚損除去前の画像と汚損除去後の画像とを撮影する。判定手段413は、これらの画像を解析することにより、プロペラの汚損度を判定する。例えばプロペラの汚損除去前の画像と汚損除去後の画像との差異が大きい場合には、プロペラの汚損度が高いことを示す。算出手段415は、船体の汚損度に代えてプロペラの汚損度を用いて、上述した数式(1)により、プロペラの摩擦抵抗を算出する。ただし、メッシュの摩擦抵抗係数 C_f には、船体のメッシュの汚損度に応じた摩擦抵抗係数に代えて、プロペラの汚損度に応じた摩擦抵抗係数が用いられる。この変形例によれば、より精度の高いプロペラの摩擦抵抗を得ることができる。

[0088] 3. 6 変形例6

上述した実施形態において、必ずしも水中ドローン20が船体表面の画像を撮影しなくてもよい。例えばダイバーがカメラを持って潜水し、カメラにより船体表面の画像を撮影してもよい。カメラにより撮影された画像はサーバ装置40に送信される。この変形例に係る方法でも、船体表面の画像を撮影することができる。

[0089] 3. 7 変形例 7

上述した実施形態において、評価システム 1、船舶 10、水中ドローン 20、制御装置 30、及びサーバ装置 40 の構成は一例であり、これに限定されない。一の装置の機能を複数の装置が分散して有してもよいし、複数の装置の機能を一の装置がまとめて有していてもよい。また、評価システム 1、船舶 10、水中ドローン 20、制御装置 30、及びサーバ装置 40 の動作は一例であり、これに限定されない。評価システム 1、船舶 10、水中ドローン 20、制御装置 30、及びサーバ装置 40 の処理手順は、矛盾の無い限り、順序が入れ替えられてもよいし、一部の処理手順が省略されてもよい。

[0090] 3. 8 変形例 8

本発明の別の形態は、評価システム 1、船舶 10、水中ドローン 20、制御装置 30、及びサーバ装置 40 において行われる処理のステップを有する方法を提供してもよい。また、本発明のさらに別の形態は、水中ドローン 20、制御装置 30、又はサーバ装置 40 において実行されるプログラムを提供してもよい。このプログラムは、コンピュータが読み取り可能な記録媒体に記憶されて提供されてもよいし、インターネット等を介したダウンロードによって提供されてもよい。

[0091] 3. 9 変形例 9

本開示でいう汚損には、生物汚損だけでなく、船体の鋼板の凹凸や塗装の剥がれ等の表面粗度の悪化が含まれてもよい。この場合、本開示でいう汚損度には、表面粗度が含まれ得る。サーバ装置 40 は、水中ドローン 20 により撮影された船体の画像を用いて機械学習等の方法により生物汚損とともに船体の鋼板の凹凸や塗装の剥がれ等の表面粗度の悪化が反映された汚損度を判定することにより、船体の鋼板の凹凸や塗装の剥がれ等の表面粗度の悪化を加味した船体全体の摩擦抵抗を算出してもよい。

[0092] 3. 10 変形例 10

上述した実施形態では、水中ドローン 20 により船体の水中に浸かっている部分を撮影し、撮影された船体の画像を用いて船体の汚損影響を評価して

いた。しかし、船舶10に積荷を搭載している場合と搭載していない場合とでは喫水が異なる。そのため、船体には、軽貨状態では水面上にあっても、満載状態では水中に沈んでいる部分が存在する。満載状態とは、船舶10が最大の積荷やバラストを搭載しており、喫水線が最も深い状態をいう。軽貨状態とは、バラスト状態ともいい、船舶10が積荷をほとんど又は全く搭載しておらず、喫水線が比較的浅い状態をいう。満載状態、軽貨状態は、それぞれ、本発明に係る第1喫水状態、第2喫水状態の一例である。このような船体の部分についても、生物付着や塗装剥がれなどにより汚損する場合がある。そこで、本変形例では、満載状態では水中に位置し、軽貨状態では水面上に位置する船体の部分についても汚損影響の評価を行う。

[0093] 図7は、船体の浸水領域100の一例を示す図である。浸水領域100は、船体の満水喫水線101と喫水線102との間の領域である。浸水領域100は、本発明に係る対象領域の一例である。満水喫水線101とは、満載状態において水中に浸かる喫水線をいう。喫水線102とは、軽貨状態において船体が水中に浸かっている部分と水面が交わる線をいう。満水喫水線101、喫水線102は、それぞれ、本発明に係る第1喫水線、第2喫水線の一例である。図7に示されるように、浸水領域100は、満載状態では水中に浸かり、軽貨状態では水面上に出る。

[0094] 評価システム1は、汚損見本板とともに浸水領域100の画像を撮影する撮影手段を有する。撮影手段は例えばカメラである。汚損見本板とともに浸水領域100の画像を撮影する方法にはいくつかの方法がある。第1の方法では、人が撮影手段を用いて岸壁から浸水領域100の画像を撮影する。このとき、汚損見本板は人の手により撮影手段の撮影範囲内に保持される。これにより、撮影手段は、汚損見本板とともに浸水領域100の画像を撮影することができる。

[0095] 第2の方法では、撮影手段を有する空中ドローンが船舶10の周りを飛行して、撮影手段により浸水領域100の画像を上空から撮影する。このとき、汚損見本板は、空中ドローンのアームにより撮影手段の撮影範囲内に保持

されてもよい。或いは、汚損見本板は、船体表面を走行する車輪付きドローンにより保持され、浸水領域１００の撮影範囲内に配置されてもよい。これにより、撮影手段は、汚損見本板とともに浸水領域１００の画像を撮影することができる。

[0096] 第３の方法では、撮影装置を有するボート型ドローンが船舶１０の周りの水面上を移動して、撮影手段により浸水領域１００の画像を水面から撮影する。このとき、汚損見本板は、ボート型ドローンのアームにより撮影手段の撮影範囲内に保持されてもよい。或いは、汚損見本板は、船体表面を走行する車輪付きドローンにより保持され、浸水領域１００の撮影範囲内に配置されてもよい。これにより、撮影手段は、汚損見本板とともに浸水領域１００の画像を撮影することができる。

[0097] また、上述した変形例４と同様に、撮影手段は、必ずしも汚損見本板とともに浸水領域１００の画像を撮影しなくてもよい。例えば撮影手段は、浸水領域１００だけを撮影する。ストレージ４３には、汚損見本板を示す汚損見本画像が記憶される。この汚損見本画像は、浸水領域１００とは無関係の環境下で予め撮影されてもよいし、浸水領域１００の撮影場所で撮影されてもよい。後者の場合、浸水領域１００の画像と汚損見本画像とは概ね同じ環境下で撮影されるため、太陽光等の環境の影響を受けずにこれらを比較することができる。

[0098] このようにして撮影手段により撮影された画像は、人の操作により又はネットワーク３を介してサーバ装置４０に入力される。受信手段４１１は、画像の入力を受け付ける。受信手段４１１は、本発明に係る受付手段の一例である。判定手段４１３は、上述した実施形態と同様に、入力された画像に含まれる船体の浸水領域１００と汚損見本板の各汚損見本との類似度に基づいて、船体の浸水領域１００の汚損度を判定する。マッピング手段４１４は、上述した実施形態又は変形例と同様の方法により、船体の浸水領域１００の位置を示す位置情報と、判定手段４１３により判定された浸水領域１００の汚損度とをマッピングする。このマッピングには、フォトグラメトリ（画像

接合技術）が用いられてもよい。

[0099] 算出手段415は、浸水領域100の汚損度に応じた摩擦抵抗係数 C_f を用いて、上記の数式(1)により浸水領域100の摩擦抵抗 D_f を算出し、船体の全メッシュの摩擦抵抗 D_f と浸水領域100の摩擦抵抗 D_f とを加算することにより、船体全体の摩擦抵抗を算出してよい。この構成によれば、軽貨状態において水中に位置する領域だけでなく軽貨状態において水面上に出る浸水領域100を含めて汚損影響を評価することができる。

[0100] また、この変形例では、浸水領域100の汚損度と、浸水領域100の汚損による満載状態と軽貨状態との間の必要馬力差とに基づいて汚損影響相関分析を行ってもよい。必要馬力とは、ある速度を維持するために必要な馬力をいう。算出手段415は、満載状態と軽貨状態との間の必要馬力差に応じて、汚損による浸水領域100の摩擦抵抗の増加量を算出する。なお、汚損影響相関分析に用いられる必要馬力差は満載状態と軽貨状態との間の必要馬力差に限定されない。例えば、満載状態若しくは軽貨状態とそれ以外の喫水状態との間の必要馬力差、又は満載状態と軽貨状態以外の2つの喫水状態の間の必要馬力差が用いられてもよい。

[0101] 図8は、船速と主機の馬力との関係を示す相関情報の一例を示す図である。図8において、横軸は船速(kts)であり、縦軸は主機の馬力(kw)である。この相関情報は、サーバ装置40のストレージ43に記憶される。この相関情報には、速力馬力曲線C1～C4が含まれる。速力馬力曲線C1は、汚損ありの満載状態での船速と主機の馬力との関係を示す。速力馬力曲線C2は、汚損なしの満載状態での船速と主機の馬力との関係を示す。速力馬力曲線C3は、汚損ありの軽貨状態での船速と主機の馬力との関係を示す。速力馬力曲線C4は、汚損なしの軽貨状態での船速と主機の馬力との関係を示す。船速と主機の馬力との関係は、例えば水槽試験における船速と主機の馬力との測定値から求めてもよいし、船舶10に搭載されたセンサから取得された実測値から求めてもよい。ここでいう汚損ありとは、例えば判定手段413により判定された汚損度の汚損があることを示す。

[0102] 速力馬力曲線C 1と速力馬力曲線C 3とに着目すると、船速を15ktsとした場合の速力馬力曲線C 1の馬力と速力馬力曲線C 3の馬力との必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響には、喫水変化の影響に加えて浸水領域100の汚損の影響が含まれる。この必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響は、浸水領域100の汚損度が大きくなるほど増加する。

[0103] 算出手段415は、以下の数式(4)により、満載状態と軽貨状態との間の必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響を算出する。必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響は、浸水領域100の汚損による軽貨状態と満載状態との間の船舶100の性能差を示す。必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響には、浸水領域100の喫水変化の影響と汚損の影響とが含まれる。

$$\Delta BHP \text{ 汚損喫水影響} = BHP_{c1} - BHP_{c3} \cdots (4)$$

ここにおいて、 BHP_{c1} は速力馬力曲線C 1の必要馬力、 BHP_{c3} は速力馬力曲線C 3の必要馬力である。

[0104] 主機の馬力 BHP と摩擦抵抗 R_f と船速 V との関係は、以下の数式(5)により示される。

$$BHP \times \eta = EHP = R \times V = (R_f + R_w) \times V \cdots (5)$$

ここにおいて、 EHP は有効馬力、 η は推進係数、 R_w は造波抵抗である。有効馬力 EHP は、プロペラがもたらす軸方向の仕事の量を示す。造波抵抗 R_w は、既知の推定式により推定可能である。

[0105] 推進係数 η は、以下の数式(6)により求められる。

$$\eta = \eta_0 \times \eta_{\text{hull}} \times \eta_R \cdots (6)$$

ここにおいて、 η_0 はプロペラ効率、 η_{hull} は船殻効率、 η_R は船後効率である。プロペラ効率 η_0 、船殻効率 η_{hull} 、船後効率 η_R はいずれも既知の推定式により推定可能である。

[0106] 算出手段415は、上記の数式(5)において主機の馬力 BHP に代えて必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響を用いることにより、喫水変化及び汚損による浸水領域100の摩擦抵抗の増加量 ΔR_f を算出することができる。

[0107] また、摩擦抵抗 R_f と摩擦抵抗係数 C_f との関係は、以下の数式(7)により

示される。

$$R_f = 1 / 2 \rho C_f S V^2 \cdots (7)$$

ここにおいて、 ρ は水の比重、 S は浸水領域100の面積、 V は浸水領域100における流速である。

[0108] 算出手段415は、上記の数式(7)において摩擦抵抗 R_f に代えて摩擦抵抗の増加量 ΔR_f を用いることにより、喫水及び汚損による浸水領域100の摩擦抵抗係数の増加量 ΔC_f を算出することができる。また、算出手段415は、予め定められた汚損がない状態の基準の摩擦抵抗係数に摩擦抵抗係数の増加量 ΔC_f を加算することにより摩擦抵抗係数 C_f を得ることができる。これにより、浸水領域100の汚損度に応じたより確からしい摩擦抵抗係数 C_f が分かる。この構成によれば、浸水領域100の汚損影響をより正確に評価することができる。

[0109] また、サーバ装置40は、この変形例で得られた摩擦抵抗係数 C_f を用いて、上述した実施形態において算出手段415が用いる摩擦抵抗係数 C_f を補正する補正手段を備えてもよい。この補正手段は、この変形例で得られた摩擦抵抗係数 C_f を用いて、摩擦抵抗係数 C_f だけでなく、船体全体の摩擦抵抗、船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量を補正してもよい。この構成によれば、船体の汚損影響を評価する精度が向上する。

[0110] 汚損影響相関分析の別の例として、算出手段415は、上記の数式(4)により算出された必要馬力差 ΔBHP 汚損喫水影響に代えて、喫水変化の影響を含まない必要馬力差 ΔBHP 汚損影響を用いてもよい。

[0111] 図9は、船速と主機の馬力との関係を示す相関情報の別の例を示す図である。図9において、横軸は船速(kts)であり、縦軸は主機の馬力(kw)である。この相関情報は、サーバ装置40のストレージ43に記憶される。この相関情報には、図8と同様に、速力馬力曲線C1～C4が含まれる。

[0112] 速力馬力曲線C1と速力馬力曲線C2とに着目すると、船速を15ktsとした場合の速力馬力曲線C1の馬力と速力馬力曲線C2の馬力との必要馬力差 ΔBHP 満載状態には、満載状態において水中に位置する浸水領域10

0と浸水領域100以外の領域の汚損の影響が含まれる。一方、速力馬力曲線C3と速力馬力曲線C4とに着目すると、船速を15ktsとした場合の速力馬力曲線C3の馬力と速力馬力曲線C4の馬力との必要馬力差 ΔBHP 軽貨状態には、軽貨状態において水中に位置する浸水領域100以外の領域の汚損の影響は含まれるが、軽貨状態において水面上に位置する浸水領域100の汚損の影響は含まれない。したがって、必要馬力差 ΔBHP 満載状態と必要馬力差 ΔBHP 軽貨状態との差分を取ることで、浸水領域100の汚損による必要馬力差 ΔBHP 汚損影響を得ることができる。この必要馬力差 ΔBHP 汚損影響には、汚損の影響は含まれるが、喫水の影響は含まれない。必要馬力差 ΔBHP 汚損影響は、浸水領域100の汚損度が大きくなるほど増加する。

[0113] 算出手段415は、以下の数式(8)－(10)により、必要馬力差 ΔBHP 汚損影響を算出する。

$$\Delta BHP \text{ 満載状態} = BHP_{c1} - BHP_{c2} \cdots (8)$$

$$\Delta BHP \text{ 軽貨状態} = BHP_{c3} - BHP_{c4} \cdots (9)$$

$$\Delta BHP \text{ 汚損影響} = \Delta BHP \text{ 満載状態} - \Delta BHP \text{ 軽貨状態} \cdots (10)$$

ここにおいて、 ΔBHP 満載状態は満載状態における汚損ありと汚損なしとの間の必要馬力差、 BHP_{c1} は速力馬力曲線C1の必要馬力、 BHP_{c2} は速力馬力曲線C2の必要馬力、 ΔBHP 軽貨状態は軽貨状態における汚損ありと汚損なしとの間の必要馬力差、 BHP_{c3} は速力馬力曲線C3の必要馬力、 BHP_{c4} は速力馬力曲線C4の必要馬力である。必要馬力差 ΔBHP 満載状態は、満載状態において水中に位置する浸水領域100と浸水領域100以外の領域の汚損の影響を示す。一方、必要馬力差 ΔBHP 軽貨状態は、軽貨状態において水中に位置する浸水領域100以外の領域の汚損の影響を示す。必要馬力差 ΔBHP 汚損影響は、浸水領域100の汚損の影響を示す。この必要馬力差 ΔBHP 汚損影響には喫水の影響は含まれない。

[0114] 算出手段415は、このようにして算出した必要馬力差 ΔBHP 汚損影響を用いることにより、上記の数式(5)－(7)により、浸水領域100の

汚損による摩擦抵抗の増加量 ΔR_f 、摩擦抵抗係数の増加量 ΔC_f 、摩擦抵抗係数 C_f を算出することができる。また、上述したように、サーバ装置40の補正手段が、この変形例で得られた摩擦抵抗係数 C_f を用いて、上述した実施形態において算出手段415が用いる摩擦抵抗係数 C_f 、船体全体の摩擦抵抗、船体の汚損影響による摩擦抵抗増加量を補正してもよい。この構成によれば、浸水領域100の汚損影響をより一層正確に評価することができる。

符号の説明

[0115] 1：評価システム、10：船舶、20：水中ドローン、21：アーム、22：カメラ、23：通信IF、30：制御装置、40：サーバ装置、41：プロセッサ、42：メモリ、43：ストレージ、44：通信IF、45：入力部、46：表示部、411：受信手段、412：取得手段、413：判定手段、414：マッピング手段、415：算出手段、416：作成手段、417：分析手段

請求の範囲

- [請求項1] 船舶の船体表面の複数の領域の汚損度を取得する取得手段と、
前記複数の領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数を用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出する算出手段と
を備える汚損影響の評価装置。
- [請求項2] 前記取得手段は、前記複数の領域の前記船体における位置を示す位置情報をさらに取得し、
前記算出手段は、前記複数の領域の各々について、当該領域の前記位置情報により示される前記位置での流速と当該領域の前記汚損度に応じた前記摩擦抵抗係数とを用いて当該領域の摩擦抵抗を算出し、前記複数の領域の前記摩擦抵抗を加算することにより、前記船体全体の前記摩擦抵抗を算出する
請求項1に記載の汚損影響の評価装置。
- [請求項3] 水中移動体により撮影された前記複数の領域の画像を受信する受信手段と、
前記画像を用いて前記複数の領域の汚損度を判定する判定手段と、
前記複数の領域の各々に、当該領域の位置を示す位置情報と、当該領域の前記汚損度とを関連付けるマッピング手段とをさらに備える
請求項1に記載の汚損影響の評価装置。
- [請求項4] 前記水中移動体は、前記船体の溶接線に沿って前記画像を撮影し、
前記マッピング手段は、前記画像に含まれる前記溶接線に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定する
請求項3に記載の汚損影響の評価装置。
- [請求項5] 前記マッピング手段は、音響灯台を用いて測定された前記水中移動体の位置に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定する
請求項3に記載の汚損影響の評価装置。
- [請求項6] 前記マッピング手段は、慣性航法装置を用いて測定された前記水中

移動体の位置に基づいて前記複数の領域の前記船体における位置を特定する

請求項 3 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項7] 前記船体表面の前記複数の領域には、前記複数の領域の前記船体における位置を示すマークが付され、

前記マッピング手段は、前記画像に含まれる前記マークを用いて、前記複数の領域の前記船体における位置を特定する

請求項 3 又は 4 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項8] アームとカメラとを備える水中移動体において前記アームにより前記船体表面に沿って保持された汚損見本板とともに前記カメラにより撮影された前記複数の領域の画像を受信する受信手段と、

前記画像に含まれる前記汚損見本板の汚損見本と前記複数の領域の各々との類似度に基づいて、前記複数の領域の汚損度を判定する判定手段とをさらに備える

請求項 1 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項9] 前記船体全体の摩擦抵抗又は当該摩擦抵抗から算出される燃費の履歴と、前記船体の摩擦抵抗を低減するメンテナンス作業が行われた時期とを記憶する記憶手段と、

前記履歴と前記時期とに基づいて、所定の時間間隔で前記メンテナンス作業を行った場合における将来の燃費の変化を予測するトレンド分析を行う分析手段とをさらに備える

請求項 1 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項10] 撮影手段により汚損見本板とともに撮影された、前記船体の第 1 喫水状態における第 1 喫水線と前記第 1 喫水状態とは異なる第 2 喫水状態における第 2 喫水線との間の対象領域の画像の入力を受け付ける受付手段と、

前記画像に含まれる前記汚損見本板の汚損見本と前記対象領域との類似度に基づいて、前記対象領域の汚損度を判定する判定手段とをさ

らに備え、

前記算出手段は、前記対象領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数をさらに用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出する

請求項 1 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項11]

前記算出手段は、前記第 1 喫水状態と前記第 2 喫水状態との間の必要馬力差に応じて、汚損による前記対象領域の摩擦抵抗の増加量を算出する

請求項 10 に記載の汚損影響の評価装置。

[請求項12]

コンピュータに、

船舶の船体表面の複数の領域の汚損度を取得するステップと、

前記複数の領域の前記汚損度に応じた摩擦抵抗係数を用いて、前記船体全体の摩擦抵抗を算出するステップと

を実行させるためのプログラム。