明　細　書

発明の名称 ：

航行解析装置、航行解析方法、プログラム及び記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、船舶の航行における燃料消費を解析するための技術に関する。

背景技術

[0002] 船舶の航行は、気象、海象などのさまざまな要因の影響を受ける。そのため、船舶は、必ずしも事前の計画どおりに航行できるとは限らず、予定していた航路からずれた航路を航行したり、一時的に増速又は減速（あるいは沖待ちなどの停船）したりすることがある。また、船舶が計画どおりに航行されないと、１回の航海に要する燃料に変動が生じ得る。燃料消費量が計画よりも増減した場合、その増減の原因を特定することができれば、以降の航海に役立てられる可能性がある。

[0003] 特許文献１には、車両等の機器に関し、比較される燃料代の相違の原因を分析することを目的として、所定期間の燃料代に対する因子ごとの影響度を金額として算出するとともに、比較する期間の間でいずれかの因子の値を入れ替えることによって、入れ替え前後の燃料代の差額を算出する技術が記載されている。ここにおいて、燃料代の因子とは、燃費、燃料単価及び走行距離であるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１０－２６７１８４号公報（段落００３５等）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献１に記載された技術は、比較する期間の間で燃料代に対する各因子の影響度を知ることができたとしても、燃料自体の増減がどのような要因によって生じているのかを知ることはできないものである。

これに対し、本発明は、燃料消費量の増減にどのような要素が寄与しているのかを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] 本発明は、ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の取得手段と、基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の取得手段と、前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する算出手段と、前記算出手段による算出結果を出力する出力手段とを有する航行解析装置を提供する。

[0007] 本発明に係る航行解析装置において、前記基準データは、前記基準燃料消費量と前記基準燃料消費量の変動に寄与する２以上の基準要素との関係を示すデータからなり、前記算出手段は、前記基準燃料消費量と、前記２以上の要素のうち第１の要素の値として前記航行データを用い、第２の要素の値として前記基準要素を用いて前記基準データから求められた燃料消費量との差分に基づいて、当該第１の要素に起因する前記増減分を算出する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記算出手段は、前記２以上の要素の値のそれぞれを前記第１の要素として用いて各々の前記増減分を算出する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記基準データは、前記ある航海とは別の航海において計測された燃料消費量の実測値と前記２以上の基準要素との関係を示すデータを複数含み、前記算出手段は、前記基準データに含まれる複数の燃料消費量の実測値を用いて前記基準燃料消費量を特定する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記算出手段は、前記基準データに含まれる燃料消費量の実測値と前記２以上の基準要素との関係を示す複数のデータのうち特定の気象条件を満たすデータを用いた回帰分析の結果

に基づいて前記基準燃料消費量を特定する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記第１の取得手段は、前記船舶の航行における燃料消費量及び前記要素の予測値を示す予測データを取得し、前記算出手段は、前記予測データ及び前記基準データに基づいて、当該予測データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記第２の取得手段は、前記船舶の航行における燃料消費量及び前記要素の予測値を示す予測データを前記基準データとして取得する構成が採用されてもよい。

また、本発明に係る航行解析装置において、前記要素は、航行距離、船速、気象及び海象の少なくともいずれかに関する要素である構成が採用されてもよい。

[0008] また、本発明は、ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１のステップと、基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２のステップと、前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３のステップと、前記第３のステップにおける算出結果を出力する第４のステップとを有する航行解析方法を提供する。

[0009] また、本発明は、コンピュータに、ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の処理と、基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の処理と、前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３の処理と、前記第３の処理における算出結果を出力する第４の処理とを実行させる

ためのプログラムを提供する。

[0010] また、本発明は、コンピュータに、コンピュータに、ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の処理と、基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の処理と、前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３の処理と、前記第３の処理における算出結果を出力する第４の処理とを実行させるためのプログラムを記憶するコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供する。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、燃料消費量の増減にどのような要素が寄与しているのかを把握することができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]航行解析システム１０の全体構成を示す図

[図2]解析装置５００のハードウェア構成を示すブロック図

[図3]制御部５１０の機能的構成を示すブロック図

[図4]解析装置５００において実行される処理を示すフローチャート

[図5]燃料消費量の内訳を示す概念図

[図6]基準の燃料消費量の算出方法を示す図

[図7]平均船速に起因する燃料消費量の増減分の算出方法を説明するための図

[図8]気象に起因する燃料消費量の増減分の算出方法を説明するための図

[図9]航海レポートを例示する図

[図10]燃料消費要素の内訳の表示方法を例示する図

[図11]燃料消費要素の内訳の表示方法を例示する図

発明を実施するための形態

[0013] ［実施形態］

図１は、本発明の一実施形態である航行解析システム１０の全体構成を示

す図である。航行解析システム１０は、船舶の航行における燃料消費量に関する情報を解析し、燃料消費量の増減分（増分又は減分）の要因をユーザに知らせるためのシステムである。航行解析システム１０は、通信装置１００と、ネットワーク２００と、航行情報ＤＢ（データベース）３００と、気象情報ＤＢ４００と、解析装置５００とを備える。

[0014] 通信装置１００は、船舶の航行情報を送信するための装置である。通信装置１００は、船舶に搭載され、当該船舶において得られた航行情報を衛星通信を介して送信するものであってもよいが、当該船舶において得られた航行情報を記録した記録媒体を航海後に陸地で取得し、これを読み取って送信するものであってもよい。

[0015] ここにおいて、航行情報とは、ある出発地からある目的地までの航海に関する情報をいい、燃料消費量を示すデータと、燃料消費量の変動に寄与する要素（以下「燃料消費要素」という。）を示すデータとを少なくとも含む。航行情報は、例えば、入港日時、出港日時、平均船速、航行距離、燃料消費量などを記録したデータを含む。航行情報は、船舶に搭載された計測機器から直接供給されるデータであってもよいし、船舶に搭載された計測機器が示す値を人間が読み取って入力装置（キーボード等）で入力したものであってもよい。

[0016] ネットワーク２００は、機器間の通信を実現するための通信網である。ネットワーク２００は、インターネットや移動体通信網によって構成される。例えば、ネットワーク２００は、通信装置１００が船舶に搭載されている場合であれば、通信衛星を介した無線通信（衛星通信）を行うためのネットワークを含んで構成される。

[0017] 航行情報ＤＢ３００は、航行情報が記録されたデータベースである。航行情報ＤＢ３００は、解析対象となり得る複数の船舶からの航行情報を累積的に記録し、必要に応じてこれを読み出せるように構成されている。航行情報ＤＢ３００には、出発地及び目的地が共通する同一の航路の航行情報だけでなく、出発地や目的地が異なるさまざまな航行情報が記憶されていてもよい

。なお、航行情報ＤＢ３００は、他の構成要素と独立に構成されている必要はなく、解析装置５００の一部であってもよい。

[0018] 気象情報ＤＢ４００は、気象情報が記録されたデータベースである。ここにおいて、気象情報とは、各地の気象予報に関する情報をいい、例えば、天候、風力（又は風速）、風向などの予報値をその日時とともに記録したデータを含む。気象情報は、船舶の航路における気象予報の情報を少なくとも含む。また、ここでいう気象情報には、海象（海流、潮流、波高など）の情報を含んでもよい。

[0019] 解析装置５００は、航行情報を解析するための装置である。解析装置５００は、ユーザの操作に応じて、必要な航行情報を航行情報ＤＢ３００から読み出して解析し、解析結果に応じたレポート（以下「解析レポート」という。）を出力する。解析レポートは、航行情報の解析結果を少なくとも含み、その他、船速や燃料消費率（以下「燃費」という。）といったデータのトレンドグラフ、航海全体の概要的な情報、気象図などを含んでもよい。

[0020] 図２は、解析装置５００のハードウェア構成を示すブロック図である。解析装置５００は、制御部５１０と、記憶部５２０と、通信部５３０と、操作入力部５４０と、表示部５５０とを備える。解析装置５００は、例えば、専用のアプリケーションプログラムを実行可能なパーソナルコンピュータによって実現可能である。

[0021] 制御部５１０は、航行情報を解析するための主たる手段である。制御部５１０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）等の演算処理装置やメモリを備え、所定のプログラムを実行して解析装置５００の各部の動作を制御することにより、航行情報の解析に必要なデータを取得し、航行情報の解析後に解析レポートを表示するためのデータを出力する。

[0022] 記憶部５２０は、データを記憶する手段である。記憶部５２０は、ハードディスク、フラッシュメモリなどの記録媒体を備え、制御部５１０によって用いられるデータを記憶する。例えば、記憶部５２０は、制御部５１０により実行されるプログラムや、後述する計画情報を記憶することができる。

[0023] 通信部５３０は、解析装置５００の外部にある他の装置とデータを送受信する手段である。通信部５３０は、制御部５１０からの指示に応じて、通信装置１００、航行情報ＤＢ３００及び気象情報ＤＢ４００からデータを受信する。通信部５３０は、ネットワーク２００を介してデータを受信する。

[0024] 操作入力部５４０は、ユーザの操作による入力を受け付ける手段である。操作入力部５４０は、マウスやキーボードによって操作を受け付けてもよいし、タッチスクリーンによって操作を受け付けてもよい。操作入力部５４０は、ユーザの操作を示す操作情報を制御部５１０に供給する。

[0025] 表示部５５０は、情報を表示する手段である。表示部５５０は、液晶ディスプレイなどの表示装置を備え、制御部５１０から供給される表示データに応じた情報（解析レポートなど）を表示する。なお、表示部５５０は、表示装置を備えずに、遠隔地にある表示装置（又は表示装置を有するコンピュータ装置）に表示データを供給して情報を表示させる手段（すなわち、表示手段による表示を制御する手段）として構成されてもよい。

[0026] 図３は、制御部５１０の航行情報の解析に関する機能的構成を示すブロック図である。制御部５１０は、所定のプログラムを実行し、解析装置５００の他の各部と協働することにより、第１の取得手段５１１、第２の取得手段５１２、算出手段５１３及び出力手段５１４を実現する。

[0027] 第１の取得手段５１１は、解析対象とする航海において計測される航行データを取得する手段である。航行データは、航行情報ＤＢ３００に記憶された航行情報に含まれるデータであって、解析対象の航海における燃料消費量の実測値と、燃料消費要素の実測値とを示すデータを含む。ここにおいて、燃料消費要素とは、船舶の航行距離、船速、航行中の気象などに関する要素をいう。

[0028] 例えば、船舶の航行距離は、長くなるほど燃料消費量を増加させるのが一般的である（ただし、船速などの他の燃料消費要素に変動があれば、必ずしもこの限りではない。）。しかしながら、船舶は、あらかじめ予定されていた航路を必ず通って航行されるとは限らず、例えば低気圧を避けるために通

常の航路よりも遠回りするような場合もある。このような場合には、あらかじめ計画されていた燃料消費量よりも多くの燃料を消費することになる。

[0029] また、船速は、一般に、低速であるほど燃料消費量が少なくなる。加えて、船舶の航行においては、一定の船速で航行する（すなわち船速の変動が少ない）方が燃料消費量が少なくなる。したがって、船速の観点からいえば、決められた期間内に増速や減速をすることなくできるだけ定速で航行し、かつ、沖待ちなどをせずに目的地に到着するのが望ましいといえる。しかし、操船者によっては、不測の事態に備えて早めに目的地付近に到着しておく、といった行動を取ることがある。

[0030] なお、船速の実測値は、解析対象とする航海において所定の時間毎に計測される値であるとする。この実測値からは、１回の航海当たりの平均船速と船速の増減（船速配分）とを知ることができる。実測値は、例えば１時間毎に計測されるが、長距離の航路の場合であれば、これよりも長い時間間隔（半日毎、１日毎など）で計測されてもよい。

[0031] また、航海中の気象のうち、燃料消費量に与える影響が比較的大きい要素の一つは、風力である。風力の実測値としては、例えば、ビューフォート風力階級（Beaufort scale）で表された数値を用いることができる。気象の実測値についても、船速の実測値と同様に、解析対象とする航海において所定の時間毎に計測されるものとする。

[0032] なお、航行データは、燃料消費量又は燃料消費要素の実測値そのものではなく、実際の燃料消費量又は燃料消費要素を特定可能な他の計測値を含んで構成されていてもよい。すなわち、実測値を示すデータとは、実測値を特定することができるデータであるともいえる。例えば、航行データは、燃料消費量そのものではなく、主機負荷と航行時間の実測値を含み、所定の演算によって燃料消費量を特定できるようになっていてもよい。あるいは、船速に代えて主機回転数の計測値を取得し、所定の演算によって主機回転数から船速を算出することも可能である。

[0033] 第２の取得手段５１２は、航行データと比較される基準データを取得する

手段である。基準データは、燃料消費量の基準値（基準燃料消費量）を示すデータを含む。本実施形態において、基準データは、航行データが示す航海、すなわち解析対象となっている航海と航路（出発地及び目的地）を同一にする他の航海において計測された航行データの集合であり、航行情報ＤＢ３００から読み出されるものであるとする。例えば、ここでいう航海が定期航路の航海である場合、基準データは、当該航路の過去の航海において計測された航行データを含んで構成される。

[0034] 算出手段５１３は、第１の取得手段５１１により取得された航行データと第２の取得手段５１２により取得された基準データとを比較する手段である。算出手段５１３は、航行データ及び基準データに基づいて、基準燃料消費量に対する実測値の増減分のうち各燃料消費要素に起因する増減分を算出する。すなわち、算出手段５１３は、燃料消費量の増減に対してどの燃料消費要素がどの程度寄与しているのかを算出する。また、算出手段５１３は、後述するように、基準データに基づいて基準燃料消費量を特定することも可能である。基準燃料消費量の特定は、基準データを用いた回帰分析によって実現可能である。

[0035] 出力手段５１４は、算出手段５１３による算出結果を出力する手段である。本実施形態において、出力手段５１４は、算出手段５１３による算出結果を示す表示データを表示部５５０に供給する。このとき出力手段５１４が生成する表示データは、解析レポートを表示するためのデータを少なくとも含む。なお、出力手段５１４は、解析レポートの内容に応じて、算出手段５１３による算出結果以外のデータを必要に応じて取得してもよい。

[0036] 航行解析システム１０の構成は、以上のとおりである。ユーザ（例えば、船上の操船者や陸地の運航担当者）は、航行解析システム１０を用いて、解析レポートの作成を指示することができる。例えば、ユーザは、解析したい航海を指定することによって、当該航海に関する解析レポートを得ることができる。

[0037] 図４は、このとき解析装置５００において実行される処理を示すフローチ

ャートである。解析装置５００の制御部５１０は、まず、解析レポートの作成指示を受け付ける（ステップＳ１）。制御部５１０は、操作入力部５４０から操作情報を取得することによって、ユーザの操作入力を受け付けることができる。ユーザは、出発地及び目的地、日時、船舶又は航路の名称などによって航海を指定することが可能であり、また、航行情報ＤＢ３００を用いて解析対象の航海を検索することも可能である。また、ユーザは、解析レポートで表示対象とする１又は複数の燃料消費要素を指定してもよい。

[0038] 解析レポートの作成指示を受け付けると、制御部５１０は、必要なデータを取得する。制御部５１０は、ユーザによって指定された航海を特定し、特定した航海において計測された航行データを航行情報ＤＢ３００から取得し（ステップＳ２）、さらに、取得した航行データとの比較対象となる他の航行情報を特定し、これを基準データとして航行情報ＤＢ３００から取得する（ステップＳ３）。なお、ここではステップＳ２とステップＳ３とが別々のステップとして表示されているが、制御部５１０は、航行データと基準データとを同時に取得してもよい。

[0039] 次に、制御部５１０は、解析対象の航海における燃料消費量の実測値の基準値との差分を算出し、その差分（すなわち増減分）から燃料消費要素毎の増減分を算出する（ステップＳ４）。そして、制御部５１０は、ステップＳ４における算出結果を含む表示データを生成し、表示部５５０に供給することによって表示データに応じた解析レポートを表示させる（ステップＳ５）。

[0040] 解析装置５００による処理の大略は、以上のとおりである。以下においては、解析装置５００による航行データの具体的な解析方法について、一例を挙げてより詳細に説明する。なお、以下の例において、解析対象とする航海は、定期航路であり、比較可能な過去の航行情報が存在するものであるとする。

[0041] 図５は、燃料消費量の内訳を示す概念図である。同図において、縦軸は平均燃費を示し、横軸は航行時間を示している。ここにおいて、燃費とは、燃

料消費量に対する航行時間の比率をいい、例えば、１日当たりの燃料の重量（tons per day）で表される。このとき、燃料消費量は、平均燃費と総航行時間の積によって表すことができる。なお、同図に示す燃料消費量の内訳は、あくまでも概念図であり、その面積は必ずしも実際の比率を示していない。

[0042] 図５において、「基準の燃料消費量」とは、燃料消費要素による増減が生じないと仮定した場合の燃料消費量を示す。したがって、この場合船舶は、あらかじめ決められた航行時間どおりに、理想的な気象条件下で理想的な一定の船速で航行すると、その燃料消費量が「基準の燃料消費量」と同等となる。本実施形態において、燃料消費量の基準値は、このようにして決められた燃料消費量に基づいて定められる。

[0043] また、図５に示すように、燃料消費量の増分は、いくつかの燃料消費要素毎に分解することができる。本発明の発明者の知見によれば、燃料消費要素のうちの主たるものは、「航行距離」、「平均船速」、「気象」及び「船速配分」の４要素である。また、同図においては、これらの燃料消費要素のほかに「その他」という燃料消費要素が表記されているが、ここには海流、潮流、トリム（船首喫水と船尾喫水の差）、荷物の積み付けなどが含まれ得る。燃料消費量の基準値に対する実測値の増減分のうち、「その他」の燃料消費要素に起因する増減分は、「航行距離」、「平均船速」、「気象」及び「船速配分」の４要素に起因する増減分以外であるとする。

[0044] 図６は、基準の燃料消費量の算出方法を示す図である。同図において、縦軸は船舶の燃費（Fuel Oil Consumption Rate）を示し、横軸は平均船速（対地船速）を示している。また、図中の各点は、基準データから得られる平均船速と燃費の計測値であって、さまざまな気象条件での計測値をそれぞれ示しているが、実際の計測値は図示したよりも多数存在し得る。これらの計測値のすべてを用いて曲線回帰（カーブフィッティング）を行うと、曲線Ｃ１が得られる。すなわち、曲線Ｃ１は、平均船速と燃費の平均的な関係を示している。

[0045] また、これらの計測値のうち、気象条件が特定の条件を満たす場合のもの（具体的には、ビューフォート風力階級２以下、すなわち風速３．３ｍ／ｓ以下）のみを抽出して曲線回帰を行うと、曲線Ｃ２が得られる。曲線Ｃ２は、気象条件が比較的良好な場合の計測値を用いて得られる曲線である。以下同様に、これらの計測値のうちの気象条件が最良のもの（例えば、無風ないし追い風）のみを抽出して曲線回帰を行うと、曲線Ｃ３が得られ、気象条件が最悪のもの（例えば、向かい風）のみを抽出して曲線回帰を行うと、曲線Ｃ４が得られる。なお、ここでは、燃費は船速の３乗に比例すると仮定し、曲線Ｃ１～Ｃ４を３次曲線としている。

[0046] ここにおいて、気象条件が良いほど、燃費は向上する。例えば、曲線Ｃ３は、曲線Ｃ４に比べ、平均船速が同一である場合の燃費が少なくなる。本実施形態においては、曲線Ｃ２が示す燃料消費量を理想的であるとみなし、これを基準値とする。曲線Ｃ２に基づいて燃料消費量の基準値を求めるには、曲線Ｃ２で示される関数に平均船速の基準値を代入して燃費の基準値を求め、これに航行時間の基準値（航行距離の基準値を平均船速の基準値で除した値）を乗じればよい。解析装置５００は、このような演算を実行することによって燃料消費量の基準値を算出する。

[0047] なお、基準データは、基準となる燃料消費量（基準燃料消費量）とその基準燃料消費量の変動に寄与する２以上の燃料消費要素（基準要素）との関係を示し、複数の燃料消費要素の値の組み合わせに応じた基準燃料消費量を示すことができるデータであれば、その具体的なデータ形式を問わない。例えば、基準データは、ここでは曲線Ｃ２に相当する関数を表すデータであるとするが、複数の燃料消費要素の値を与えると一意的な燃料消費量の値を返すルックアップテーブルであってもよい。

[0048] また、基準値を定める曲線は、必ずしも曲線Ｃ２（すなわちビューフォート風力階級２以下）でなくてもよい。例えば、曲線Ｃ１、すなわち平均船速と燃費の平均的な関係を基準に用いることも可能であるし、ビューフォート風力階級が（２以外の）所定の数値以下の計測値を抽出して曲線を求め、こ

れに基づいて基準値を定めてもよい。

[0049] 解析装置５００は、曲線Ｃ２を特定し、燃料消費量の基準値を特定すると、「航行距離」、「平均船速」、「気象」及び「船速配分」の４つの燃料消費要素に起因する燃料消費量の増減分を算出することが可能になる。より詳細には、解析装置５００は、各燃料消費要素の値としてそれぞれの基準値を用いて基準データ（曲線Ｃ２）から求めた燃料消費量を燃料消費量の基準値とするとともに、各燃料消費要素の値のうち特定の燃料消費要素の値のみを実測値に置き換えて基準データ（曲線Ｃ２）から求めた燃料消費量を先に求めた基準値と比較し、その差分に基づいて当該特定の燃料消費要素に起因する燃料消費量の増減分を算出する。各燃料消費要素に起因する燃料消費量の増減分の具体的な算出方法は、次のとおりである。

[0050] （航行距離）

航行距離に起因する燃料消費量の増減分は、曲線Ｃ２から得られる燃費の基準値に対し、航行時間の実測値と基準値の差分を乗じることによって求められる。ただし、ここにおいて、平均船速の実測値は基準値と同一であるとする。すなわち、航行時間の実測値と基準値の差分は、航行距離の実測値と基準値の差分を平均船速の基準値で除した値である。

[0051] （平均船速）

図７は、平均船速に起因する燃料消費量の増減分の算出方法を説明するための図である。平均船速に起因する燃料消費量の増減分（$ＦＯＣ_{speed}$）は、曲線Ｃ２で示される関数に平均船速の実測値を代入して算出した燃費を燃費の実測値とした場合に、以下の（１．１）式又は（１．２）式により求められる。同式において、$ＦＯＣＲ_{0}$は燃費の基準値を示し、$ΔＦＯＣＲ_{speed}$は燃費の実測値と基準値との差分（$ＦＯＣＲ－ＦＯＣＲ_{0}$）を示す。また、$ＮＴ_{0}$は航行時間（Navigation Time）の基準値を示し、ＮＴは航行時間の実測値を示す。$ＦＯＣ_{speed}$は、実際の船速が基準となる船速よりも速い場合には（１．１）式より、実際の船速が基準となる船速よりも遅い場合には（１．２）式より、それぞれ求められる。

$FOC_{speed}=\Delta FOCR_{speed}\times NT-FOCR\times(NT_0-NT)$ …（１．１）

$FOC_{speed}=\Delta FOCR_{speed}\times NT_0-FOCR\times(NT_0-NT)$ …（１．２）

[0052] （１．１）式の右辺第１項（$\Delta FOCR_{speed}\times NT$）は、平均船速の増加によって上昇した燃費に起因する燃料消費量の変化を表し、（１．１）式の右辺第２項（$-FOCR\times(NT_0-NT)$）は、平均船速の増加によって減少した航行時間に起因する燃料消費量の変化を表す。また、（１．２）式の右辺第１項（$\Delta FOCR_{speed}\times NT_0$）は、平均船速の減少によって低下した燃費に起因する燃料消費量の変化を表し、（１．２）式の右辺第２項（$-FOCR\times(NT_0-NT)$）は、平均船速の減少によって増加した航行時間に起因する燃料消費量の変化を表す。なお、FOC_{speed}の値は、平均船速が基準値よりも向上すると正の値になり、平均船速が基準値よりも低下すると負の値になる。すなわち、基準値よりも低速の平均船速で航行した場合には、燃料消費量が基準値よりも少なくなる。解析装置５００は、このようにして平均船速に起因する燃料消費量の増減分を算出することができる。

[0053] （気象）

気象に起因する燃料消費量の増減分を算出するためには、解析装置５００は、曲線Ｃ１～Ｃ４と同様の要領で、航行データに含まれる実測値によって曲線回帰を行う。

図８は、実測値から得られる曲線Ｃ５と曲線Ｃ２とを例示する図である。曲線Ｃ５は、解析対象の航海における気象が理想的な気象に近いほど、曲線Ｃ２に近付く。また、曲線Ｃ５は、解析対象の航海における気象が理想的な気象よりも良ければ、曲線Ｃ２よりも右側に位置する曲線となり、解析対象の航海における気象が理想的な気象よりも悪ければ、曲線Ｃ２よりも左側に位置する曲線となる。

[0054] 気象に起因する燃料消費量の増減分（$FOC_{weather}$）は、以下の（２）式により求められる。同式において、$\Delta FOCR_{weather}$は図８から求められる燃費

の実測値と基準値との差分を示し、ＮＴは航行時間の実測値を示す。すなわち、$ＦＯＣＲ_{weather}$は、実測値が示す実際の気象条件下において基準値どおりの平均船速で航行できたと仮定した場合の燃料消費量から燃料消費量の基準値を減じた値となる。

$$ＦＯＣ_{weather}＝ΔＦＯＣＲ_{weather}×ＮＴ \quad …（２）$$

[0055]（船速配分）

図６に示されるように、燃費は船速に対して比例的には増加せず、船速の３乗にほぼ比例することが知られている。したがって、船速が２倍になった場合、燃費は２倍にはならず、２倍よりも多くなる。よって、ある決められた距離を所定の制限時間内に航行する場合には、決められた距離を制限時間ちょうどで航行できる船速のまま定速で航行すれば、最も低燃費な航海が可能になる。また、平均船速としては同じであったとしても、増速・減速を繰り返したり、制限時間よりも大幅に早く目的地に到着して長期間沖待ち（停泊）したりした場合には、定速で航行した場合よりも燃費が低下する。

[0056] しかし、上記（１．１）、（１．２）式の計算によっては、燃料消費量に対する平均船速の影響しか知ることができず、航海全体を通じた船速の配分の影響を知ることができない。したがって、燃料消費量に対する船速配分の寄与分について知りたければ、上記（１．１）、（１．２）式とは別に算出する必要がある。

[0057] 燃料消費量に対する船速配分の寄与分は、基準データから得られる曲線Ｃ２を用いて算出することができる。解析装置５００は、まず、曲線Ｃ２で示される関数に平均船速の実測値を代入することによって、定速で航行した場合、すなわち船速配分が理想的な場合の燃費を算出し、これに航行時間の実測値を乗じることによって船速配分が理想的な場合の燃料消費量を算出する。続いて、解析装置５００は、曲線Ｃ２で示される関数に（平均船速ではなく）所定の時間毎に計測された船速の実測値を代入することによって、所定の時間毎の燃費及び燃料消費量を算出し、これを積算することで実際の船速配分を反映した燃料消費量を算出し、これと船速配分が理想的な場合の燃料

消費量との差分を算出する。このようにして算出された差分は、船速配分に起因する燃料消費量の増減分に相当する。

[0058] 図９は、解析結果として出力される解析レポートを例示する図である。また、図１０は、解析レポートに含まれる要因分析、すなわち、燃料消費量の増減分の内訳を例示する図である。解析レポートには、図１０に示すような燃料消費要素毎の増減分を表す棒グラフが含まれる。このとき、解析装置５００は、実測値から得られた内訳と過去の平均値とを表示して、これらをユーザが比較できるようにしてもよい。なお、燃料消費量の増減分の内訳は、各数値を記載した表など、棒グラフ以外の方法で解析レポートに表示されてもよい。また、解析レポートには、図１０に示した燃料消費要素の全てではなく、ユーザが表示対象として指定した１又は複数の特定の燃料消費要素のみが棒グラフ等によって表示されてもよい。

[0059] 以上のとおり、航行解析システム１０によれば、燃料消費量の増減にどのような要素（燃料消費要素）が寄与しているのかをユーザに把握させることが可能である。ユーザは、航海によって得られた航行データ（すなわち実測値）に基づいてこのような解析を行うことで、燃料消費量を増加又は減少させた要因を分析することができ、以降の航海の改善を行うことが可能となる。また、ユーザは、ある操船者の解析レポートと他の操船者の解析レポートとを比較することによって、個々の操船者の航行の癖や特徴を見分けることも可能になる。

[0060] ［変形例］

本発明は、上述した実施形態に限定されず、以下の変形例のような他の形態でも実施可能である。また、以下に示す変形例は、必要に応じて、各々を適宜に組み合わせて実施することも可能である。

[0061] （変形例１）

本発明は、航海後の解析のみならず、航海前の解析にも適用可能である。例えば、ユーザは、ある船舶での航海に先立って航海計画を作成することがある。このとき、ユーザは、燃料消費量や燃料消費要素について事前に予測

し、これを予測データとして解析装置５００に入力することで、燃料消費量や燃料消費要素の予測値をその基準値と比較し、実測値の場合と同様の分析を行うことが可能である。このようにすれば、本発明を航海計画の作成や修正に役立てることが可能である。

[0062] これを実現するために、解析装置５００は、上述した予測データを含む計画情報の入力を受け付ける。予測データのうち、気象に関する予測値は、ユーザによって入力されてもよいが、計画された航路に応じた気象情報を気象情報ＤＢ４００から読み出し、これを用いることとしてもよい。なお、航行解析システム１０は、予測値による解析を行わない場合であれば、気象情報ＤＢ４００を含まずに構成されてもよい。

[0063] また、解析装置５００は、実測値に代えて予測値による解析を行うものであってもよいし、実測値による解析と予測値による解析の双方を行うものであってもよい。実測値及び予測値の双方で解析を行う場合、解析装置５００は、実測値を基準値と比較した解析結果と予測値を基準値と比較した解析結果とを併記した解析レポートを表示することも可能である。図１１は、これらの解析結果を併記した解析レポートを例示する図である。

[0064] （変形例２）

本発明における基準値は、船舶の実際の航行に基づいて得られたものでなくてもよい。例えば、基準値は、コンピュータ・シミュレーションなどによって求められる架空の数値であってもよい。あるいは、実際の船舶を用いて海上試運転（試験）を実施し、その際に船速や燃焼消費量を計測したり、船舶の設計時の模型試験（水槽試験）で得られるデータを利用したりすることによって基準データを作成することも可能である。また、基準データは、上述したような計測値の集合として与えられるのではなく、所望する基準値を入力する変数に応じて返すように計算された関数として与えられてもよい。

[0065] さらに、本発明は、上述した予測値（予測データ）を基準値（基準データ）として用いて、実測値を予測値と比較して解析するものであってもよい。このような比較を行うことにより、航海計画が実際の航海とどの程度符合（

又は相違）したかを燃料消費要素毎に把握することが可能である。また、実測値と予測値の比較であれば、過去の計測値が存在しない（又は少ない）不定期航路の航海に対しても本発明を適用することが可能である。

[0066]（変形例３）

本発明において内訳が算出される燃料消費要素は、「航行距離」、「平均船速」、「気象」及び「船速配分」の４つに限定されず、その数も２以上であればいくつであってもよい。例えば、気象に代えて海象を燃料消費要素としてもよいし、気象及び海象を燃料消費要素としてもよい。また、気象や海象をより細分化し、風力、風向、潮流、海流、波高などを燃料消費要素とし、個々の内訳を算出してもよい。さらには、トリムや積み付けのような船体の状態を燃料消費要素とし、その内訳を算出することも可能である。

[0067] なお、燃料消費要素は、実測値に代えて推定値を用いることが可能である。例えば、ある時刻における船舶の位置（緯度及び経度）が特定できれば、当該時刻における気象を実際に測定していなくても、これを推定することができるため、このようにして得られた推定値を用いることが可能である。

[0068]（変形例４）

本発明において、基準燃料消費量は、回帰分析以外の手法によっても特定可能である。例えば、基準燃料消費量は、図６に示した計測値のそれぞれについて、気象による影響（すなわち燃料消費量の増減）を推定し、燃費の計測値から気象による影響を除外することによって算出することも可能である。

[0069]（変形例５）

本発明において解析対象とするのは、出発地から目的地までの航海全体ではなく、その一部であってもよい。例えば、解析装置５００は、ある航海のうち特定の海域における航行について解析を行ってもよいし、航海全体をいくつかの海域に区切って、その海域毎に解析を行ってもよい。

[0070]（変形例６）

本発明における出力は、燃料消費量を視覚化するものに限らず、燃料代を

数値やグラフによって示すものであってもよい。この場合、算出手段により算出された燃料消費量ないしその増減分に燃料の単価を乗算すれば、燃料代ないしその増減分をユーザに示すことが可能となり、その分析が可能となる。

[0071] （変形例７）

本発明に係る航行解析装置の形態は、上述した解析装置５００のようなものに限定されない。例えば、本発明に係る航行解析装置は、ネットワークに接続されたサーバ装置によって実現され、ユーザがこのサーバ装置にクライアント装置（パーソナルコンピュータ、スマートフォンなど）を介してアクセスするような形態であってもよい。この場合において、解析レポートは、ＨＴＭＬ（HyperText Markup Language）などによって記述され、ウェブページの形態で提供されてもよいし、電子メールの形態で提供されてもよい。

[0072] また、本発明は、航行解析装置やこれを備えた航行解析システムとしてだけではなく、航行解析装置を用いた航行解析方法、コンピュータを本発明の航行解析装置として機能させるためのプログラムなどとして特定されてもよい。さらに、本発明に係るプログラムは、光ディスクなどの記録媒体に記録した形態や、インターネットなどのネットワークを介して、コンピュータにダウンロードさせ、これをインストールして利用可能にする形態などでも提供することができる。

符号の説明

[0073] １０…航行解析システム、１００…通信装置、２００…ネットワーク、３００…航行情報ＤＢ、４００…気象情報ＤＢ、５００…解析装置、５１０…制御部、５１１…第１の取得手段、５１２…第２の取得手段、５１３…算出手段、５１４…出力手段、５２０…記憶部、５３０…通信部、５４０…操作入力部、５５０…表示部

請求の範囲

[請求項1] ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の取得手段と、

基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の取得手段と、

前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する算出手段と、

前記算出手段による算出結果を出力する出力手段と

を有する航行解析装置。

[請求項2] 前記基準データは、前記基準燃料消費量と前記基準燃料消費量の変動に寄与する２以上の基準要素との関係を示すデータからなり、

前記算出手段は、前記基準燃料消費量と、前記２以上の要素のうち第１の要素の値として前記航行データを用い、第２の要素の値として前記基準要素を用いて前記基準データから求められた燃料消費量との差分に基づいて、当該第１の要素に起因する前記増減分を算出する

請求項１に記載の航行解析装置。

[請求項3] 前記算出手段は、前記２以上の要素の値のそれぞれを前記第１の要素として用いて各々の前記増減分を算出する

請求項２に記載の航行解析装置。

[請求項4] 前記基準データは、前記ある航海とは別の航海において計測された燃料消費量の実測値と前記２以上の基準要素との関係を示すデータを複数含み、

前記算出手段は、前記基準データに含まれる複数の燃料消費量の実測値を用いて前記基準燃料消費量を特定する

請求項２又は３に記載の航行解析装置。

[請求項5] 前記算出手段は、前記基準データに含まれる燃料消費量の実測値と

前記２以上の基準要素との関係を示す複数のデータのうち特定の気象条件を満たすデータを用いた回帰分析の結果に基づいて前記基準燃料消費量を特定する

請求項４に記載の航行解析装置。

[請求項6] 前記第１の取得手段は、前記船舶の航行における燃料消費量及び前記要素の予測値を示す予測データを取得し、

前記算出手段は、前記予測データ及び前記基準データに基づいて、当該予測データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する

請求項１ないし５のいずれか１項に記載の航行解析装置。

[請求項7] 前記第２の取得手段は、前記船舶の航行における燃料消費量及び前記要素の予測値を示す予測データを前記基準データとして取得する

請求項１ないし５のいずれか１項に記載の航行解析装置。

[請求項8] 前記要素は、航行距離、船速、気象及び海象の少なくともいずれかに関する要素である

請求項１ないし７のいずれか１項に記載の航行解析装置。

[請求項9] ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１のステップと、

基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２のステップと、

前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３のステップと、

前記第３のステップにおける算出結果を出力する第４のステップとを有する航行解析方法。

[請求項10] コンピュータに、

ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の処理と、

基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の処理と、

前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３の処理と、

前記第３の処理における算出結果を出力する第４の処理と

を実行させるためのプログラム。

［請求項11］ コンピュータに、

ある船舶の航行における燃料消費量と、当該航行における燃料消費量の変動に寄与する２以上の要素とを示す航行データを取得する第１の処理と、

基準燃料消費量を示す基準データを取得する第２の処理と、

前記航行データ及び前記基準データに基づいて、当該航行データが示す燃料消費量の前記基準燃料消費量に対する増減分のうち前記２以上の要素の少なくとも１つの要素に起因する増減分を算出する第３の処理と、

前記第３の処理における算出結果を出力する第４の処理と

を実行させるためのプログラムを記憶するコンピュータ読み取り可能な記録媒体。