明　細　書

発明の名称 ：

船舶における異常な事象の発生防止のための装置、プログラム、および記録媒体

技術分野

[0001] 本発明は、船舶における異常な事象の発生を防止するための技術に関する。

背景技術

[0002] 船舶に搭載されている主機、発電機等の装置において、整備不良、故障等により異常な事象が発生する場合がある。それらの異常な事象（以下、「トラブル」という）の発生を防止するための技術が提案されている。例えば、特許文献１には、舶用エンジンに起因するトラブルを防止するためのシステムが提案されている。特許文献１に記載のシステムは、船舶に配置され舶用エンジンに関するデータを収集し送信する第１情報処理装置と、エンジニアリングセンタに配置され第１情報処理装置から送信されてくるデータに基づいて舶用エンジンの診断及び寿命予測を行う第２情報処理装置を備える。特許文献１に記載のシステムによれば、サービスセンタは、第２情報処理装置による診断及び寿命予測の結果に基づいて、舶用エンジンの保守計画の立案及び保守部品の手配を行うことができる。その結果、舶用エンジンのトラブルが防止される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２００２－１８３３４１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 船舶において発生するトラブルの多くは、発生の前に何らかの予兆がある

。従って、船舶の装置の保守を行うエンジニアは、様々な情報に基づきトラブルの予兆を察知し、トラブルが発生する前に対策を講じてその発生を防止している。従って、エンジニアがそれらの予兆を見逃してしまうとトラブルが発生してしまう危険性がある。

[0005] 上記の事情に鑑み、本発明は、船舶における異常な事象の発生の可能性を推定する手段を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するため、本発明は、船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する取得手段と、前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事象の各々の発生の可能性を推定する推定手段とを備える装置を第１の態様として提供する。

[0007] 上記の第１の態様にかかる装置において、前記取得手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し、当該事象に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値の基準値を示す基準値データを取得し、前記推定手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し、当該事象に関する前記属性値データが示す属性値と当該事象に関する前記基準値データが示す基準値の比較の結果に基づき当該事象の発生の可能性を推定する、という構成が第２の態様として採用されてもよい。

[0008] 上記の第１の態様にかかる装置において、前記取得手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象のうちの少なくとも１の事象の各々に関し、当該事象に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の複数の属性値を示す前記属性値データを取得し、前記取得手段は、前記少なくとも１の事象の各々に関し、当該事象に関連する複数の属性値の基準となる組み合わせを示す基準値データを取得し、前記推定手段は、前

記少なくとも１の事象の各々に関し、前記属性値データが示す複数の属性値の組み合わせと当該事象に関する前記基準値データが示す複数の属性値の基準となる組み合わせの比較の結果に基づき当該事象の発生の可能性を推定する、という構成が第３の態様として採用されてもよい。

[0009] 上記の第１乃至第３のいずれかの態様にかかる装置において、前記因果関係データは、前記複数の事象をノードとする木構造と、前記木構造において親子関係にあるノード群の各々に関し当該ノード群に含まれる子ノードの事象の発生の可能性が当該ノード群に含まれる親ノードの事象の発生の可能性に与える寄与度を示し、前記推定手段は、前記木構造における１以上の葉ノードの各々に関し当該葉ノードの事象の発生の可能性を当該葉ノードの事象に関する前記属性値データに基づき推定し、当該推定した葉ノードの事象の発生の可能性と前記因果関係データが示す寄与度に基づき葉ノード側から根ノード側に向かう順序で前記木構造における内部ノードの事象の発生の可能性を推定する、という構成が第４の態様として採用されてもよい。

[0010] 上記の第１乃至第４のいずれかの態様にかかる装置において、前記推定手段により推定された発生の可能性が予め定められた閾値を超えた場合、当該事象をユーザに通知するための処理を行う通知手段を備える、という構成が第５の態様として採用されてもよい。

[0011] 上記の第５の態様にかかる装置において、前記推定手段により推定された発生の可能性が前記予め定められた閾値を超えた事象の発生の可能性の増大に最も貢献している事象を特定する特定手段を備え、前記通知手段は、前記特定手段により特定された事象を前記ユーザに通知するための処理を行う、という構成が第６の態様として採用されてもよい。

[0012] また、本発明は、コンピュータに、船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する処理と、前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事

象の各々の発生の可能性を推定する処理とを実行させるためのプログラムを第７の態様として提供する。

[0013] また、本発明は、コンピュータに、船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する処理と、前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事象の各々の発生の可能性を推定する処理とを実行させるためのプログラムを持続的に記録するコンピュータに読み取り可能な記録媒体を第８の態様として提供する。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、船舶における異常な事象の発生の可能性が推定される。その結果、船舶のエンジニア等のユーザはトラブルの発生を防止するための対策を講じることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]一実施形態にかかるシステムの全体構成を示した図。

[図2]一実施形態にかかるサーバ装置のハードウェアとして用いられるコンピュータの構成を示した図。

[図3]一実施形態にかかる端末装置のハードウェアとして用いられるコンピュータの構成を示した図。

[図4]一実施形態にかかるサーバ装置の機能構成を示した図。

[図5]一実施形態にかかるサーバ装置に記憶される属性値テーブルの構成を示した図。

[図6]一実施形態にかかるサーバ装置の機能構成を示した図。

[図7]一実施形態にかかるサーバ装置に記憶される因果関係データの構成を示した図。

[図8]一実施形態にかかる因果関係ツリー図の作成において用いられるツリー図。

[図9]一実施形態にかかる因果関係ツリー図。

[図10]一実施形態にかかるサーバ装置がリスク指標の特定に用いるグラフ。

[図11]一実施形態にかかるサーバ装置がリスク指標を特定するために行う処理のフローを示した図。

[図12]一実施形態にかかるサーバ装置に記憶されるリスク指標ログテーブルの構成を示した図。

[図13]一実施形態にかかる端末装置の機能構成を示した図。

[図14]一実施形態にかかる端末装置に表示される画面を例示した図。

[図15]一実施形態にかかる端末装置に表示される画面を例示した図。

発明を実施するための形態

[0016] ［実施形態］

以下に本発明の一実施形態にかかるシステム１を説明する。システム１は、船舶におけるトラブルの発生の可能性を推定し、推定した可能性が所定の閾値を超える場合、ユーザの注意を喚起するシステムである。

[0017] 図１は、システム１の全体構成を示した図である。システム１は、ｎ個（ただし、ｎは任意の自然数）の計測装置、すなわち、計測装置１１－１、１１－２、・・・、１１－ｎ（以下、これらの計測装置を「計測装置群１１」という）と、サーバ装置１２と、サーバ装置１３と、端末装置１４と、端末装置１５を備える。計測装置群１１、サーバ装置１２および端末装置１５は船舶９に配置され、サーバ装置１３および端末装置１４は陸上に配置されている。

[0018] 図１に示される船舶９の数は１つであるが、システム１により管理される船舶９の数は複数であってもよい。システム１により管理される船舶９の数が複数である場合、システム１はそれら複数の船舶９の各々に応じた計測装置群１１、サーバ装置１２および端末装置１５を備える。また、図１において、１つの船舶９に配置される端末装置１５の数は１つであるが、１つの船舶９に複数の端末装置１５が配置されてもよい。また、図１に示される端末装置１４の数は１つであるが、システム１が複数の端末装置１４を備えても

よい。

[0019] 計測装置群１１に含まれるｎ個の計測装置は、主機の回転数を計測する回転計、発電機の発電量を計測する電力計、風向および風速を計測する風向風速計等の各種計測装置である。すなわち、計測装置群１１に含まれる計測装置の各々は、船舶９または船舶９の置かれた環境の属性値を計測する。以下、計測装置群１１に含まれる計測装置の各々の計測結果を示すデータを「属性値データ」をいう。

[0020] サーバ装置１２は計測装置群１１に含まれる計測装置の各々から属性値データを受け取り、受け取った属性値データをサーバ装置１３に送信する装置である。なお、サーバ装置１２とサーバ装置１３の間のデータ通信は通信衛星８を介して行われる。サーバ装置１３は、サーバ装置１２から送信されてくる属性値データに基づき、船舶９におけるトラブル（異常な事象）の発生の可能性を推定し、推定の結果を端末装置１４および端末装置１５に通知する装置である。

[0021] 端末装置１４は、陸上のユーザ（例えば、船舶９の船主会社や運航管理会社の社員等）に対し、サーバ装置１３による推定の結果を表示する装置である。また、端末装置１５は、船舶９に乗っているユーザ（例えば、船舶９の乗組員等）に対し、サーバ装置１３による推定の結果を表示する装置である。なお、サーバ装置１３と端末装置１５の間のデータ通信は通信衛星８を介して行われる。

[0022] サーバ装置１２およびサーバ装置１３のハードウェアは、例えば一般的なサーバ装置用のコンピュータである。図２は、サーバ装置１２またはサーバ装置１３のハードウェアとして用いられるコンピュータ１０の構成を示した図である。コンピュータ１０は、各種データを記憶するメモリ１０１、メモリ１０１に記憶されているプログラムに従う各種データ処理を行うプロセッサ１０２、外部の装置との間でデータ通信を行うインタフェース（Interface）である通信ＩＦ１０３を備える。サーバ装置１２のハードウェアとして用いられるコンピュータ１０の通信ＩＦ１０３は、船舶９内の通信ネットワー

クを介した計測装置群１１に含まれる計測装置の各々との間でデータ通信を行うとともに、通信衛星８を介してサーバ装置１３との間でデータ通信を行う。また、サーバ装置１３のハードウェアとして用いられるコンピュータ１０の通信ＩＦ１０３は、陸上の通信ネットワークを介して端末装置１４との間でデータ通信を行うとともに、通信衛星８を介してサーバ装置１２および端末装置１５との間でデータ通信を行う。

[0023] 端末装置１４および端末装置１５のハードウェアは、例えば一般的な端末装置用のコンピュータである。図３は、端末装置１４または端末装置１５のハードウェアとして用いられるコンピュータ２０の構成を示した図である。コンピュータ２０は、各種データを記憶するメモリ２０１、メモリ２０１に記憶されているプログラムに従う各種データ処理を行うプロセッサ２０２、外部の装置との間でデータ通信を行うインタフェース（Interface）である通信ＩＦ２０３、ユーザに対し画像を表示する液晶ディスプレイ等の表示装置２０４、ユーザの操作を受け付けるキーボード等の操作装置２０５を備える。なお、コンピュータ２０に内蔵される表示装置２０４に代えて、もしくは加えて、コンピュータ２０に接続される外付けの表示装置が用いられてもよい。また、コンピュータ２０に内蔵される操作装置２０５に代えて、もしくは加えて、コンピュータ２０に接続される外付けの操作装置が用いられてもよい。

[0024] 図４は、サーバ装置１２の機能構成を示した図である。すなわち、サーバ装置１２のハードウェアを構成するコンピュータ１０は、サーバ装置１２用のプログラムに従うデータ処理を実行することにより、図４に示される構成部を備える装置として動作する。以下、図４に示されるサーバ装置１２の各構成部を説明する。

[0025] 取得手段１２１は、主として通信ＩＦ１０３により構成され、計測装置群１１に含まれる計測装置の各々から出力される属性値データを取得する。記憶手段１２２は、主としてメモリ１０１により構成され、取得手段１２１により取得された属性値データを記憶する。記憶手段１２２には、計測装置群

１１に含まれる計測装置の各々に応じた属性値データを記憶するためのテーブル（以下、「属性値テーブル」）が記憶される。

[0026] 図５は、記憶手段１２２に記憶される属性値テーブルの構成を示した図である。計測装置群１１に含まれる計測装置は各々、例えば所定時間の経過等の特定のイベントの発生をトリガとして属性値の計測を行い、計測結果を示す属性値データを出力する。属性値テーブルはそれらの計測の各々に応じたデータレコードの集まりである。属性値テーブルはデータフィールド［計測時刻］および［属性値］を有する。データフィールド［計測時刻］には計測装置による計測の時刻を示すデータが格納される。なお、計測装置による計測の時刻は、計測装置により計時された時刻であってもよいし、例えば、サーバ装置１２が計測装置から属性値データを取得した時刻であってもよい。データフィールド［属性値］には、計測装置による計測の結果、すなわち、属性値を示す属性値データが格納される。

[0027] 図４を参照しつつ、サーバ装置１２の構成の説明を続ける。送信手段１２３は、主として通信ＩＦ１０３により構成され、例えば所定時間の経過毎に、記憶手段１２２に記憶されている未送信の属性値データをサーバ装置１３に送信する。

[0028] 図６は、サーバ装置１３の機能構成を示した図である。すなわち、サーバ装置１３のハードウェアを構成するコンピュータ１０は、サーバ装置１３用のプログラムに従うデータ処理を実行することにより、図６に示される構成部を備える装置として動作する。以下、図６に示されるサーバ装置１３の各構成部を説明する。

[0029] 取得手段１３１は、主として通信ＩＦ１０３により構成され、サーバ装置１２または端末装置１４から送信されてくる各種データを取得する。取得手段１３１が取得するデータには、サーバ装置１２から送信されてくる属性値データに加え、船舶９において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、因果関係データにより原因となる事象が示されない事象の各々に関し、その事象に関連する船舶９または船舶９の置かれた環境の属性

値の基準値を示す基準値データが含まれる。因果関係データと基準値データは、例えば、端末装置１４のユーザにより端末装置１４に入力され、端末装置１４からサーバ装置１３に送信されたデータである。

[0030] 記憶手段１３２は、主としてメモリ１０１により構成され、取得手段１３１により取得された各種データを記憶する。記憶手段１３２には、まず、サーバ装置１２から取得された属性値データを記憶するための属性値テーブルが記憶される。サーバ装置１３の記憶手段１３２に記憶される属性値テーブルの構成（図５参照）と同様である。ただし、システム１により管理される船舶９の数が複数である場合、記憶手段１３２にはそれら複数の船舶９の各々に応じた属性値テーブル群が記憶される。

[0031] また、記憶手段１３２には、ユーザが発生を防止したいトラブルの各々に応じた因果関係データが記憶される。なお、システム１により管理される船舶９の数が複数である場合、記憶手段１３２にはそれら複数の船舶９の各々に応じた因果関係データ群が記憶される。

[0032] 図７は、記憶手段１３２に記憶される因果関係データの構成を示した図である。因果関係データは、トラブルに関連する複数の事象の各々をノードとする木構造と、それらのノードの各々に応じた事象の発生の可能性を特定するための規則を示すデータである。因果関係データは、例えば、端末装置１４のユーザ（例えば、船舶９の運航管理会社の社員等）により作成されたデータである。以下に、因果関係データが示す、トラブルに関連する複数の事象の各々をノードとする木構造について説明する。

[0033] まず、因果関係データの作成者（以下、単に「作成者」という）は、発生を防止したいトラブルを結果としてもたらす直接的な原因を考える。以下に、例として、発生を防止したいトラブルが「掃気室火災」である場合を想定する。この場合、作成者は、掃気室火災を結果としてもたらす直接的な原因として、例えば「酸素」、「熱源（例：ブローバイガスの発生）」、「可燃物（例：スラッジの蓄積）」を考える。続いて、作成者は、これらの原因の各々に関し、その原因を結果としてもたらす直接的な原因を考える。この場

合、作成者は、「酸素」は、それ以上に原因を考える必要のない根源的な原因である、と考える。一方、作成者は、「熱源（例：ブローバイガスの発生）」を結果としてもたらす直接的な原因として、例えば「ピストンリングの損傷またはシリンダライナの摩耗の進行」を考える。また、作成者は、「可燃物（例：スラッジの蓄積）」を結果としてもたらす直接的な原因として、例えば「不完全燃焼」および「ドレンパイプの詰まり」を考える。

[0034] 図８は、作成者が上記のように考えた掃気室火災をもたらす複数の原因間の関係を整理したツリー図である。作成者は、図８に示すようなツリー図の末端に位置する原因の全てが、それ以上に原因を考える必要のない根源的な原因となるまで、上記の作業を繰り返す。

[0035] 続いて、作成者は、整理したツリー図に含まれる原因となる事象を、計測装置群１１に含まれる計測装置により計測される属性値（または複数の属性値の組み合わせ）によって評価可能な事象へと再構成する。図９は、作成者が図８のツリー図を、属性値（または複数の属性値の組み合わせ）によって評価可能な事象で構成されるツリー図へと再構成したものである。以下、図９に示されるような、船舶におけるトラブルとその原因の関係を表現したツリー図を、「因果関係ツリー図」と呼ぶ。

[0036] ツリー図で表現されるデータの構造は一般的に木構造と呼ばれ、木構造のデータを構成する複数の要素は各々、ノードと呼ばれる。木構造のデータのノードのうち、大本となるノードは根ノードと呼ばれ、末端のノードは葉ノードと呼ばれる。また、関連付けられた２つのノードのうち、根ノード側のノードを親ノード、葉ノード側のノードを子ノードという。従って、根ノードは親ノードを持たないノードであり、葉ノードは子ノードを持たないノードである。また、同じノードを親ノードとする複数のノードは兄弟ノードと呼ばれる。また、親ノードと子ノードを持つノードは内部ノードと呼ばれる。

[0037] 図９の因果関係ツリー図において、各要素に付された「Ｎ１」、「Ｎ１１」等の符号は、ノードを識別するノードＩＤである。図９の因果関係ツリー

図のノードＮ１「掃気室火災」は根ノードであり、発生を防止すべきトラブルに対応する。また、図９の因果関係ツリー図のノードＮ１１１１「主機負荷と排気ガス温度」、ノードＮ１１１３１「掃気圧力と第１過給器回転数」等は葉ノードであり、計測装置群１１に含まれる計測装置により計測される属性値（または複数の属性値の組み合わせ）によって直接評価される事象に対応する。

[0038] なお、図８のツリー図の事象と、図９の因果関係ツリー図のノードは、必ずしも１対１で対応する必要はない。

[0039] 図９に示される因果関係ツリー図で表現される木構造が、図７に示される因果関係データにより示される木構造である。以下に、図７に示される因果関係データの構成を説明する。

[0040] 因果関係データは、木構造のデータを構成する複数のノードの各々に応じたデータレコードの集まりである。因果関係データは、データフィールド［ノードＩＤ］、［ノード名称］、［親ノード］、［子ノード］、［リスク指標算出条件］、［ウェイト］、［最大値］を有する。これらのデータフィールドのうち、［ノードＩＤ］、［ノード名称］、［親ノード］、［子ノード］に格納されるデータが、因果関係ツリー図で表現される木構造を示すデータである。

[0041] データフィールド［ノードＩＤ］にはノードＩＤが格納される。データフィールド［ノード名称］には、ノードに応じた事象の名称を示すデータが格納される。データフィールド［親ノード］には、親ノードのノードＩＤが格納される。データフィールド［子ノード］には、子ノードのノードＩＤが格納される。

[0042] 因果関係データのデータフィールド［リスク指標特定規則］には、ノードに応じた事象の発生の可能性を示す指標（以下、「リスク指標」という）を特定するための規則を示すデータが格納される。例えば、図７に示されるノードＮ１のリスク指標特定規則「加重平均」は、ノードＮ１の子ノード（ノードＮ１１、Ｎ１２、・・・）の各々のリスク指標の加重平均をノードＮ１

のリスク指標とすることを示している。

[0043] また、ノードＮ１１のリスク指標特定規則「ｉｆ　Ｒ（Ｎ１１２）＞７００　ｔｈｅｎ　Ｒ（Ｎ１１）＝Ｒ（Ｎ１１２），　ｅｌｓｅ　加重平均」は、ノードＮ１１２のリスク指標が７００より大きい場合は、ノードＮ１１２のリスク指標をノードＮ１１のリスク指標とし、それ以外の場合、すなわち、ノードＮ１１２のリスク指標が７００以下の場合は、子ノード、すなわち、ノードＮ１１１とノードＮ１１２のリスク指標の加重平均をノードＮ１１のリスク指標とすることを示している。なお、「Ｒ（　）」は、「（　）」内のノードＩＤで識別されるノードのリスク指標を意味する。このように、親ノードまたは内部ノードに関するリスク指標は、子ノードのリスク指標に基づき特定される。

[0044] また、ノードＮ１１２１のリスク指標特定規則「グラフＧ０３５，Ｒ＝Ｄ×＃」は、「グラフＧ０３５」という名称のグラフが示す基準線と、ノードＮ１１２１に応じた属性値の組み合わせ（主機負荷と平均シリンダ排気温度）を示す点との、ｙ軸方向における距離Ｄに対し、定数＃を乗じた数をノードＮ１１２１のリスク指標とすることを意味している。

[0045] 図１０は、グラフＧ０３５とグラフＧ０３５の生成方法等を説明するための図である。図１０において、ｘ軸は主機負荷を示し、ｙ軸は平均シリンダ排気温度（複数のシリンダの各々の排気温度の平均値）を示す。図１０に示される多数のドット（散布図）は、過去に船舶９（または船舶９と同型の船舶群）において計測された主機負荷と平均シリンダ排気温度の組み合わせのサンプルをプロットしたドットである。図１０のラインＭは、多数のドットで示されるサンプルの傾向を示す近似曲線（例えば、多項式近似曲線）である。このラインＭがグラフＧ０３５である。

[0046] グラフＧ０３５（ラインＭ）を示すデータは、主機負荷と平均シリンダ排気温度という複数の属性値の基準となる組み合わせを示す基準値データとして用いられる。例えば、図１０において点Ｓで示されるサンプルは、グラフＧ０３５（ラインＭ）から、ｙ軸方向において距離Ｄだけ離れている。この

距離Ｄが大きい程、点Ｓで示されるサンプルの状態にある船舶９は、正常な状態からの乖離が大きい。従って、距離Ｄが大きい程、好ましくない事象が発生する可能性が高い、と評価される。

[0047] ただし、距離Ｄと事象の発生の可能性との関係は、注目する事象の種類によって異なる。図７のノードＮ１１２１のリスク指標特定規則に示される「Ｒ（Ｎ１１２１）＝Ｄ×＃」は、掃気室火災というトラブルの原因として捉えた場合、距離Ｄに定数＃を乗じた数が、主機負荷と平均シリンダ排気温度の組み合わせの寄与度を示すリスク指標として適当であることを意味している。

[0048] このように、葉ノードに関するリスク指標は、計測装置群１１に含まれる計測装置により計測された属性値（または複数の属性値の組み合わせ）と、基準値との比較の結果に基づき特定される。

[0049] 図７を参照しつつ、因果関係データの構成の説明を続ける。因果関係データのデータフィールド［ウェイト］には、リスク指標特定規則として加重平均が用いられる場合、その加重平均において用いられるウェイトを示すデータが格納される。図７の例では、例えばノードＮ１のリスク指標は、ノードＮ１の子ノードであるノードＮ１１、Ｎ１２およびＮ１３のリスク指標を加重平均することで算出される。この加重平均の算出において、例えばノードＮ１１のリスク指標に乗じられるウェイトが、ノードＮ１１に応じたデータレコードのデータフィールド［ウェイト］に格納される。

[0050] なお、データフィールド［ウェイト］に格納されるデータは、対象のノードの兄弟ノードの各々に応じた事象との比較において、対象のノードに応じた事象の発生の可能性が親ノードの事象の発生の可能性に与える寄与度を示す。

[0051] 因果関係データのデータフィールド［最大値］には、リスク指標の最大値を示すデータが格納される。データフィールド［リスク指標特定規則］に格納されているデータが示す規則に従い算出されるリスク指標がデータフィールド［最大値］に格納されているデータが示す最大値を超える場合、規則に

従い算出されるリスク指標に代えて、この最大値がリスク指標として採用される。従って、例えば計測装置の故障等により異常なリスク指標が算出された場合であっても、異常なリスク指標が根ノードのリスク指標に与える影響は限定的となる。

[0052] 以上が因果関係データの構成の説明である。なお、記憶手段１３２は、因果関係データに加え、因果関係データのデータフィールド［リスク指標特定規則］に格納されるデータにより参照される様々なグラフを表すデータも記憶している。

[0053] 図６を参照しつつ、サーバ装置１３の構成の説明を続ける。推定手段１３３は、主としてプロセッサ１０２により構成され、取得手段１３１がサーバ装置１２から取得し記憶手段１３２に記憶されている属性値データと、取得手段１３１が端末装置１４から取得し記憶手段１３２に記憶されている因果関係データに基づき、因果関係ツリー図の各ノードに応じた事象の発生の可能性を推定する。より具体的には、推定手段１３３は各ノードに応じたリスク指標を特定する。以下に、推定手段１３３が各ノードに応じたリスク指標を特定する手順を説明する。

[0054] 図１１は、推定手段１３３がリスク指標を特定するために行う処理のフローを示した図である。推定手段１３３は、例えば所定時間の経過毎に、葉ノードを１つ選択し、因果関係データ（図９参照）から、選択した葉ノードに応じたデータレコードを読み出す（ステップＳ００１）。続いて、推定手段１３３は、ステップＳ００１において読み出した葉ノードのデータレコードのデータフィールド［ノード名称］に格納されているデータが示す属性値（または属性値の組み合わせ）に応じた属性値テーブル（図５参照）から最新の属性値データを読み出す（ステップＳ００２）。

[0055] 続いて、推定手段１３３は、ステップＳ００１において読み出した葉ノードのデータレコードのデータフィールド［リスク指標特定規則］に格納されているデータが示す規則に従い、ステップＳ００２において読み出した属性値データが示す属性値（または複数の属性値の組み合わせ）に応じたリスク

指標を特定する（ステップＳ００３）。

[0056] 記憶手段１３２には、推定手段１３３により特定されたリスク指標を格納するために、ノードの各々に応じたテーブル（以下、「リスク指標ログテーブル」という）が記憶されている。図１２は、リスク指標ログテーブルの構成を示した図である。推定手段１３３は、ステップＳ００３においてリスク指標を特定すると、ステップＳ００１において読み出したデータレコードのデータフィールド［ノードＩＤ］に格納されているノードＩＤに応じたリスク指標ログテーブルに新しいデータレコードを追加し、追加したデータレコードのデータフィールド［時刻］に現在時刻を示すデータを、また、データフィールド［リスク指標］にステップＳ００３において特定したリスク指標を格納する（ステップＳ００４）。

[0057] 続いて、推定手段１３３は、過去に実行されたステップＳ００１における葉ノードの選択において、全ての葉ノードが選択済みであるか否かを判定する（ステップＳ００５）。未選択の葉ノードがある場合（ステップＳ００５；Ｎｏ）、推定手段１３３は処理をステップＳ００１に戻し、未選択の葉ノードを１つ選択し、選択した葉ノードに応じたデータレコードを因果関係データから読み出した後、読み出したデータレコードに関し、ステップＳ００２以降の処理を繰り返す。

[0058] 全ての葉ノードが選択済みである場合（ステップＳ００５；Ｙｅｓ）、推定手段１３３は、内部ノードのうち全ての子ノードのリスク指標が特定済みであるものを１つ選択し、因果関係データ（図９参照）から、選択した内部ノードに応じたデータレコードを読み出す（ステップＳ００６）。続いて、推定手段１３３は、ステップＳ００６において読み出した内部ノードのデータレコードのデータフィールド［リスク指標特定規則］に格納されているデータが示す規則に従い、子ノードのリスク指標を用いて、ステップＳ００６において選択した内部ノードのリスク指標を特定する（ステップＳ００７）。

[0059] 推定手段１３３は、ステップＳ００７においてリスク指標を特定すると、

ステップＳ００６において読み出したデータレコードのデータフィールド［ノードＩＤ］に格納されているノードＩＤに応じたリスク指標ログテーブルに新しいデータレコードを追加し、追加したデータレコードのデータフィールド［時刻］に現在時刻を示すデータを、また、データフィールド［リスク指標］にステップＳ００７において特定したリスク指標を格納する（ステップＳ００８）。

[0060] 続いて、推定手段１３３は、過去に実行されたステップＳ００６における内部ノードの選択において、全ての内部ノードが選択済みであるか否かを判定する（ステップＳ００９）。未選択の内部ノードがある場合（ステップＳ００９；Ｎｏ）、推定手段１３３は処理をステップＳ００６に戻し、未選択の内部ノードを１つ選択し、選択した内部ノードに応じたデータレコードを因果関係データから読み出した後、読み出したデータレコードに関し、ステップＳ００７以降の処理を繰り返す。

[0061] なお、繰り返し実行されるステップＳ００６において、内部ノードは、葉ノード側から根ノード側に向かう順序で選択される。従って、リスク指標は、葉ノード側から根ノード側に向かう順序で順次、特定されることになる。

[0062] 全ての内部ノードが選択済みである場合（ステップＳ００９；Ｙｅｓ）、推定手段１３３は、因果関係データ（図９参照）から親ノードに応じたデータレコードを読み出し、読み出した親ノードのデータレコードのデータフィールド［リスク指標特定規則］に格納されているデータが示す規則に従い、子ノードのリスク指標を用いて、親ノードのリスク指標を特定する（ステップＳ０１０）。

[0063] 推定手段１３３は、ステップＳ０１０においてリスク指標を特定すると、ステップＳ０１０において読み出したデータレコードのデータフィールド［ノードＩＤ］に格納されているノードＩＤに応じたリスク指標ログテーブルに新しいデータレコードを追加し、追加したデータレコードのデータフィールド［時刻］に現在時刻を示すデータを、また、データフィールド［リスク指標］にステップＳ０１０において特定したリスク指標を格納する（ステッ

プＳ０１１）。これにより、因果関係ツリー図（図９）に示される全てのノードに関し、それらのノードに応じた事象の発生の可能性を示すリスク指標が特定される。

[0064] 記憶手段１３２に、１つの船舶９に関する複数の因果関係データが格納されている場合、推定手段１３３はそれら複数の因果関係データの各々に関し、図１１に示されるフローに従う処理を行う。また、システム１により管理される船舶９の数が複数の場合、推定手段１３３はそれら複数の船舶９の各々に関し記憶手段１３２に記憶されている因果関係データの各々に関し、図１１に示されるフローに従う処理を行う。以上が推定手段１３３の説明である。

[0065] 図６を参照し、サーバ装置１３の構成の説明を続ける。特定手段１３４は、主としてプロセッサ１０２により構成され、推定手段１３３により推定された根ノードに応じた事象（トラブル）の発生の可能性が予め定められた閾値を超えた場合、当該事象の発生の可能性の増大に最も貢献している事象を特定する。

[0066] 例えば、ノードＮ１に関し推定手段１３３が特定したリスク指標が所定の閾値を超えている場合、ノードＮ１の子ノード（ノードＮ１１等）のうち、ノードＮ１のリスク指標の増大に最も貢献しているノードを特定する。例えば、ノードＮ１のリスク指標特定規則が加重平均である場合、特定手段１３４は、ノードＮ１の子ノードのうち、リスク指標にウェイトを乗じた値が最も大きいノードを、ノードＮ１のリスク指標の増大に最も貢献しているノードとして特定する。以下、このように特定されたノードを「注目ノード」という。

[0067] 続いて、特定手段１３４は、上記のように特定した注目ノードの子ノードのうち、注目ノードのリスク指標の増大に最も貢献しているノードを１つ下層の注目ノードとして特定する。特定手段１３４は、注目ノードの子ノードの中から１つ下層の注目ノードを特定する処理を、葉ノードから注目ノードを特定するまで繰り返す。

[0068] 通知手段１３５は、主としてプロセッサ１０２および通信ＩＦ１０３により構成され、推定手段１３３により特定されたリスク指標、特定手段１３４により特定された注目ノード等を端末装置１４または端末装置１５のユーザに通知するための処理を行う。具体的には、通知手段１３５は、端末装置１４または端末装置１５から送信されてくる要求に応じて、推定手段１３３により特定されたリスク指標、特定手段１３４により特定された注目ノード等を表示する画面を表すデータを通知データとして生成し、要求元の端末装置に送信する。以上が、サーバ装置１３の構成の説明である。

[0069] 図１３は、端末装置１４および端末装置１５の機能構成を示した図である。すなわち、端末装置１４または端末装置１５のハードウェアを構成するコンピュータ２０は、端末装置１４用または端末装置１５用のプログラムに従うデータ処理を実行することにより、図１３に示される構成部を備える装置として動作する。以下、図１３に示される端末装置１４および端末装置１５の各構成部を説明する。

[0070] 要求手段１４１は、主として通信ＩＦ２０３により構成され、ユーザの操作に応じて、サーバ装置１３に対し通知データを要求する要求データを送信する。取得手段１４２は、主として通信ＩＦ２０３および操作装置２０５により構成され、ユーザの操作を示すデータを取得するとともに、要求手段１４１により送信された要求データに対する応答としてサーバ装置１３から送信されてくる通知データを受信する。

[0071] 記憶手段１４３は、主としてメモリ２０１により構成され、取得手段１４２により受信された通知データを記憶する。表示手段１４４は、主としてプロセッサ２０２および表示装置２０４により構成され、記憶手段１４３に記憶されている通知データを用いて、ユーザにリスク指標等を通知するための画面（以下、「トラブル発生リスク表示画面」という）を生成し、生成したトラブル発生リスク表示画面を表示する。

[0072] 図１４は、トラブル発生リスク表示画面を示した図である。トラブル発生リスク表示画面の左側にはテーブルＴ１およびＴ２が含まれ、右側にはグラ

フＧ１およびＧ２が含まれる。テーブルＴ１は、システム１によって管理される１以上の船舶９の中からユーザがリスク指標等を知りたい船舶９を選択するためのテーブルである。テーブルＴ１は［船舶名］欄、［アラート］欄を有する。［船舶名］欄には、船舶９の船舶名が表示される。［アラート］欄には、対応する船舶９に関し、いずれかの事象のリスク指標が注意を促すための所定の閾値を超えている場合は「Ｙｅｓ」が表示され、それ以外の場合は「Ｎｏ」が表示される。ユーザは、テーブルＴ１に表示されるいずれかの行をクリック等することにより船舶９を選択することができる。

[0073] テーブルＴ２は、テーブルＴ１においてユーザにより選択された船舶９に関するトラブルのリスク指標を一覧表示するためのテーブルである。テーブルＴ２は［注意／警告］欄、［事象名］欄、［リスク指標］欄を有する。［注意／警告］欄には、「正常」、「注意」、「警告」のいずれかが表示される。「正常」はリスク指標が注意を促すための所定の閾値以下であることを示す。「注意」はリスク指標が注意を促すための所定の閾値を超えているが、警告のための閾値以下であることを示す。「警告」はリスク指標が警告のための所定の閾値を超えていることを示す。

[0074] ［事象名］欄には、トラブルの名称が表示される。［リスク指標］欄には、リスク指標が表示される。テーブルＴ２に表示される事象は、リスク指標が大きい順にソートされている。ユーザは、テーブルＴ２に表示されるいずれかの行をクリック等により選択することができる。

[0075] グラフＧ１は、テーブルＴ２においてユーザにより選択された事象に関する因果関係ツリー図である。テーブルＴ２において、［注意／警告］欄に「注意」または「警告」が表示されている事象がユーザにより選択された場合、グラフＧ１において、特定手段１３４により特定された注目ノードは、他のノードと異なる態様で表示される。図１５の例では、他のノードより太い枠で囲まれた矩形で示されるノードが注目ノードである。また、各ノードを示す矩形内にはリスク指標が表示される。ユーザがいずれかのノードにマウスオーバー等の操作を行うと、操作された矩形に応じた事象名（ノード名称

）がポップアップ表示される。

[0076] グラフＧ２は、テーブルＴ２においてユーザにより選択されたトラブルのリスク指標の経時変化を示すグラフである。また、ユーザはグラフＧ１に表示されるいずれかの葉ノードをクリック等により選択することができる。ユーザにより葉ノードの選択が行われると、選択された葉ノードのリスク指標の算出に用いられる属性値の各々の経時変化を示すグラフがポップアップ表示される。図１５は、そのようにポップアップ表示されるグラフを例示した図である。

[0077] 上述したシステム１によれば、ユーザは、端末装置１４または端末装置１５に表示されるトラブル発生リスク表示画面を見ることにより、船舶９におけるトラブルの発生の可能性を容易に知ることができる。また、トラブルの発生の可能性が高まっている場合、ユーザは、トラブルの発生の可能性を高める原因となっている事象を容易に知ることができる。従って、ユーザは、トラブルの発生を防止するための対策を講じることができる。

[0078] ［変形例］

上述した実施形態は、本発明の技術的思想の範囲内で様々に変形することができる。以下にそれらの変形の例を示す。

[0079] （１）サーバ装置１３は船舶９に配置されてもよい。サーバ装置１３が船舶９に配置される場合、サーバ装置１２とサーバ装置１３が１つの装置に統合されてもよい。

[0080] （２）サーバ装置１３の推定手段１３３がリスク指標の特定に用いる属性値として、船舶９において計測された属性値ではない属性値が用いられてもよい。例えば、サーバ装置１３が、気象海象情報を提供するサーバ装置から、船舶９が航行する海域における気象海象（風向、風速等）を示すデータを取得し、取得したデータが示す気象海象をリスク指標の特定に用いてもよい。

[0081] （３）サーバ装置１３の推定手段１３３が因果関係ツリー図の葉ノードのリスク指標の特定のために用いる属性値の数は限定されない。例えば、１種類の属性値により葉ノードのリスク指標が特定されてもよいし、２種類以上の

属性値により葉ノードのリスク指標が特定されてもよい。

[0082] （４）上述したリスク指標の特定規則はあくまで例示であって、様々な規則がリスク指標の特定のために用いられる。例えば、上述した実施形態の説明において、図７のグラフを用いたリスク指標の特定規則として、基準線であるラインＭと、計測された属性値の組み合わせを示す点の、ｙ軸方向の距離Ｄに定数＃を乗じた値をリスク指標とする規則を例示した。この距離Ｄに代えて、計測された主機負荷と平均シリンダ排気温度の発生確率がリスク指標の特定に用いられてもよい。この場合、例えば、端末装置１４のユーザは、様々な主機負荷に関し、当該主機負荷が計測されたときに計測された平均シリンダ排気温度をサンプルとする母集団の確率分布（例えば正規分布）を推定し、推定した確率分布を示すデータを記憶手段１３２に記憶させる。推定手段１３３は、リスク指標の特定において、計測された主機負荷に応じた確率分布を示すデータを記憶手段１３２から読み出し、読み出したデータが示す確率分布に従い、計測された平均シリンダ排気温度の発生確率をリスク指標として特定する。このように、計測された属性値（または属性値の組み合わせ）の発生確率がリスク指標の特定に用いられてもよい。

[0083] （５）上述した実施形態において、サーバ装置１２とサーバ装置１３等の装置間のデータの受け渡しはネットワークを介したデータの送受信により行われる。これらの装置間のデータの受け渡し方法はネットワークを介したデータの送受信に限られない。例えば、船舶９が航行中は取得手段１２１により取得される属性データをサーバ装置１３に送信せずに記憶手段１２２に蓄積しておき、船舶９が港に停泊している間等に記憶手段１２２に蓄積されている属性データを記録媒体にコピーし、当該記録媒体からサーバ装置１３に属性データを読み取らせることにより、サーバ装置１２からサーバ装置１３への属性データの受け渡しが行われてもよい。

[0084] （６）上述した実施形態においては、因果関係ツリー図の根ノードに応じた事象に関してのみ、リスク指標が所定の閾値と比較され、当該事象の発生の可能性が評価される。サーバ装置１２が発生の可能性の評価を行う事象は根

ノードに応じた事象に限られず、中間ノードに応じた事象に関して発生の可能性が評価されてもよい。この場合、例えば、根ノードに応じた事象に関し図１４に例示した画面と同様の画面により、中間ノードに応じた各種情報が表示されてもよい。

[0085] （７）上述した実施形態においては、サーバ装置１２、サーバ装置１３、端末装置１４および端末装置１５は一般的なコンピュータがプログラムに従った処理を実行することにより実現される。これに代えて、サーバ装置１２、サーバ装置１３、端末装置１４および端末装置１５の少なくとも一部が、いわゆる専用装置として構成されてもよい。

[0086] （８）本発明にかかるプログラム、すなわち、上述した実施形態において、コンピュータ１０により実行されてサーバ装置１２またはサーバ装置１３を実現するためのプログラムとして例示されたプログラム、または、コンピュータ２０により実行されて端末装置１４または端末装置１５を実現するためのプログラムとして例示されたプログラムは、例えば、光記録媒体、半導体メモリなどのコンピュータに読み取り可能な記録媒体に記憶された状態で提供されてもよいし、インターネット等の通信ネットワークを介して提供されてもよい。本発明にかかるプログラムが記録媒体に記憶された状態で提供される場合、コンピュータ１０またはコンピュータ２０が当該プログラムを記録媒体から読み取り用いる。また、本発明にかかるプログラムが通信ネットワークを介して提供される場合、コンピュータ１０またはコンピュータ２０が当該プログラムを配信元の装置から受信して用いる。

符号の説明

[0087] １…システム、８…通信衛星、９…船舶、１０…コンピュータ、１１…計測装置群、１２…サーバ装置、１３…サーバ装置、１４…端末装置、１５…端末装置、２０…コンピュータ、１０１…メモリ、１０２…プロセッサ、１０３…通信ＩＦ、１２１…取得手段、１２２…記憶手段、１２３…送信手段、１３１…取得手段、１３２…記憶手段、１３３…推定手段、１３４…特定手段、１３５…通知手段、１４１…要求手段、１４２…取得手段、１４３…記

憶手段、１４４…表示手段、２０１…メモリ、２０２…プロセッサ、２０３…通信ＩＦ、２０４…表示装置、２０５…操作装置

請求の範囲

[請求項1] 船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する取得手段と、

前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事象の各々の発生の可能性を推定する推定手段と

を備える装置。

[請求項2] 前記取得手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し、当該事象に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値の基準値を示す基準値データを取得し、

前記推定手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し、当該事象に関する前記属性値データが示す属性値と当該事象に関する前記基準値データが示す基準値の比較の結果に基づき当該事象の発生の可能性を推定する

請求項１に記載の装置。

[請求項3] 前記取得手段は、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象のうちの少なくとも１の事象の各々に関し、当該事象に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の複数の属性値を示す前記属性値データを取得し、

前記取得手段は、前記少なくとも１の事象の各々に関し、当該事象に関連する複数の属性値の基準となる組み合わせを示す基準値データを取得し、

前記推定手段は、前記少なくとも１の事象の各々に関し、前記属性値データが示す複数の属性値の組み合わせと当該事象に関する前記基準値データが示す複数の属性値の基準となる組み合わせの比較の結果

に基づき当該事象の発生の可能性を推定する

請求項１に記載の装置。

[請求項4] 前記因果関係データは、前記複数の事象をノードとする木構造と、前記木構造において親子関係にあるノード群の各々に関し当該ノード群に含まれる子ノードの事象の発生の可能性が当該ノード群に含まれる親ノードの事象の発生の可能性に与える寄与度を示し、

前記推定手段は、前記木構造における１以上の葉ノードの各々に関し当該葉ノードの事象の発生の可能性を当該葉ノードの事象に関する前記属性値データに基づき推定し、当該推定した葉ノードの事象の発生の可能性と前記因果関係データが示す寄与度に基づき葉ノード側から根ノード側に向かう順序で前記木構造における内部ノードの事象の発生の可能性を推定する

請求項１乃至３のいずれか１項に記載の装置。

[請求項5] 前記推定手段により推定された発生の可能性が予め定められた閾値を超えた場合、当該事象をユーザに通知するための処理を行う通知手段を備える

請求項１乃至４のいずれか１項に記載の装置。

[請求項6] 前記推定手段により推定された発生の可能性が前記予め定められた閾値を超えた事象の発生の可能性の増大に最も貢献している事象を特定する特定手段を備え、

前記通知手段は、前記特定手段により特定された事象を前記ユーザに通知するための処理を行う

請求項５に記載の装置。

[請求項7] コンピュータに、

船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する処理と

、

前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事象の各々の発生の可能性を推定する処理と

を実行させるためのプログラム。

[請求項8] コンピュータに、

船舶において発生する複数の事象の間の因果関係を示す因果関係データと、前記因果関係データにより原因となる事象が示されない１以上の事象の各々に関し当該事象の発生に関連する前記船舶または前記船舶の置かれた環境の属性値を示す属性値データとを取得する処理と

、

前記因果関係データと前記属性値データに基づき、前記複数の事象の各々の発生の可能性を推定する処理と

を実行させるためのプログラムを持続的に記録するコンピュータに読み取り可能な記録媒体。