

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7703671号
(P7703671)

(45)発行日 令和7年7月7日(2025.7.7)

(24)登録日 令和7年6月27日(2025.6.27)

(51)国際特許分類	F I
B 6 3 B 49/00 (2006.01)	B 6 3 B 49/00 Z
B 6 3 B 43/18 (2006.01)	B 6 3 B 43/18
G 0 8 G 3/00 (2006.01)	G 0 8 G 3/00 A

請求項の数 13 (全19頁)

(21)出願番号	特願2023-546672(P2023-546672)	(73)特許権者	000005016 パイオニア株式会社 東京都文京区本駒込二丁目2番8号
(86)(22)出願日	令和3年9月10日(2021.9.10)	(73)特許権者	520001073 パイオニアスマートセンシングイノベーションズ株式会社 東京都文京区本駒込二丁目2番8号
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/033330	(74)代理人	100107331 弁理士 中村 聡延
(87)国際公開番号	WO2023/037499	(72)発明者	加藤 正浩 埼玉県川越市山田2番地1パイオニア株式会社 川越事業所内
(87)国際公開日	令和5年3月16日(2023.3.16)	(72)発明者	幸田 健志 埼玉県川越市山田2番地1パイオニア株式会社 川越事業所内
審査請求日	令和6年3月4日(2024.3.4)		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 情報処理装置、判定方法、プログラム及び記憶媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得する第1取得手段と、前記地物の高さに関する情報を地図データから取得する第2取得手段と、前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する船舶最高点高算出手段と、を有する情報処理装置。

【請求項2】

前記地物計測データに基づき、前記基準位置から前記地物までの高さ方向の距離である地物距離を算出する地物距離算出手段と、前記水面計測データに基づき、前記基準位置から前記水面までの高さ方向の距離である水面距離を算出する水面距離算出手段と、前記地物の高さ、前記地物距離と、前記水面距離とに基づき、水面の高さである水面高を算出する水面高算出手段とをさらに有し、前記船舶最高点高算出手段は、前記水面高と、前記水面距離と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さとに基づき、前記船舶最高点高を算出する、請求項1に記載の情報処理装置。

【請求項 3】

前記地図データに基づく橋梁の高さである橋梁高と、前記船舶最高点高とに基づき、前記橋梁と前記船舶との予測された間隔である予測間隔を算出する予測間隔算出手段と、前記予測間隔に基づき、前記船舶の前記橋梁下の通過可否判定を行う通過可否判定手段と、
をさらに有する請求項 1 または 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記通過可否判定において前記予測間隔と比較する閾値を決定する閾値決定手段をさらに有し、

前記閾値決定手段は、前記基準位置から前記水面までの高さ方向の距離である水面距離のばらつきを表す指標に基づき、前記閾値を決定する、請求項 3 に記載の情報処理装置。

10

【請求項 5】

前記指標は標準偏差であり、

前記閾値決定手段は、所定期間において算出した複数の前記標準偏差の最大値に基づき、前記閾値を決定する、請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

前記閾値決定手段は、

前記船舶が前記橋梁を通過する際に計測装置が前記橋梁を計測することで得られる計測データに基づき前記橋梁と前記船舶との実測間隔を算出し、

前記実測間隔と前記予測間隔との差分値を複数の前記橋梁について算出し、

算出した当該差分値のばらつきを表す指標と、前記水面距離のばらつきを表す指標とに基づき、前記閾値を決定する、請求項 4 または 5 に記載の情報処理装置。

20

【請求項 7】

前記閾値決定手段は、前記指標が示すばらつきが大きいほど、前記閾値を大きくする、請求項 4 ~ 6 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記予測間隔算出手段は、前記船舶が第 1 橋梁を通過する際に前記計測装置が前記第 1 橋梁を計測することで得られる計測データに基づき、前記第 1 橋梁と前記船舶との実測間隔を算出し、当該実測間隔と前記第 1 橋梁の前記予測間隔とに基づき、前記第 1 橋梁以外の第 2 橋梁の前記予測間隔を補正するための補正情報を生成する、請求項 3 ~ 7 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

30

【請求項 9】

前記地物は、前記橋梁であり、

前記通過可否判定手段は、前記第 2 取得手段が前記地図データから取得した前記橋梁の高さと、前記予測間隔とに基づき、前記通過可否判定を行う、請求項 3 ~ 8 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記地物は、前記橋梁とは異なる地物であり、

前記第 2 取得手段は、前記地物の高さに関する情報を前記地図データからさらに取得し、

前記通過可否判定手段は、前記第 2 取得手段が前記地図データから取得した前記地物の高さと、前記予測間隔とに基づき、前記通過可否判定を行う、請求項 3 ~ 8 のいずれか一項に記載の情報処理装置。

40

【請求項 11】

コンピュータが実行する制御方法であって、

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、

前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、

前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出

50

する、
制御方法。

【請求項 1 2】

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、

前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、

前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する処理をコンピュータに実行させるプログラム。

10

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のプログラムを記憶した記憶媒体

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、船舶の橋梁下の通過可否の判定に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、レーザスキャナなどの計測装置を用いて計測した周辺物体の形状データを、予め周辺物体の形状が記憶された地図情報と照合（マッチング）することで、移動体の自己位置を推定する技術が知られている。例えば、特許文献 1 には、空間を所定の規則で分割したボクセル中における検出物が静止物か移動物かを判定し、静止物が存在するボクセルを対象として地図情報と計測データとのマッチングを行う自律移動システムが開示されている。また、特許文献 2 には、ボクセル毎の静止物体の平均ベクトルと共分散行列とを含むボクセルデータとライダが出力する点群データとの照合により自己位置推定を行うスキャンマッチング手法が開示されている。さらに、特許文献 3 には、船舶の自動着岸を行う自動着岸装置において、ライダから照射される光が着岸位置の周囲の物体に反射してライダにより受光できるように、船舶の姿勢を変化させる制御を行う手法が記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0003】

【文献】国際公開 WO 2013 / 076829

【文献】国際公開 WO 2018 / 221453

【文献】特開 2020 - 59403 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

運航ルートを決める際、潮位予測情報等から橋梁を安全に通過できるルートを選択するのが一般的である。しかし、船舶が本当に通過できるか否かは、潮位予測よりも水位が高くなる場合等も勘案し、その橋に差し掛かる前に確認する必要がある。そして、橋梁を通過するのにリスクがあると前もって判定した場合、川幅が広く他船の居ない状況で引き返すことやルートを変更することなどの対応を行うことが可能となる。このように、船舶が橋梁下を通過できるか否かを先立って判断することは安全な運航にとって大切である。そして、このような船舶の橋梁下の通過可否判定では、船舶の最高点の高さを的確に認識する必要がある。一方、自己位置推定システムが搭載されていない船舶では、自己位置推定結果によらずに船舶の最高点の高さを算出する必要がある。このことは、平面座標のみ自己位置推定を行う船舶、又は、高さ方向の自己位置推定を行うものの推定精度が低い船舶についても同様である。

40

【0005】

本開示は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、高さ方向の高精度

50

な自己位置推定結果が得られない場合においても、船舶の最高点の高さを的確に算出することが可能な情報処理装置を提供することを主な目的の1つとする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

請求項に記載の発明は、

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得する第1取得手段と、前記地物の高さに関する情報を地図データから取得する第2取得手段と、

前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する船舶最高点高算出手段と、
を有する情報処理装置である。

10

【0007】

また、請求項に記載の発明は、

コンピュータが実行する制御方法であって、

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、

前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、

前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する、
制御方法である。

20

【0008】

また、請求項に記載の発明は、

船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、

前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、

前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記地図データにおいて採用されている座標系での前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する処理をコンピュータに実行させるプログラムである。

30

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】 運航支援システムの概略構成図である。

【図2】 情報処理装置の機能的構成を示すブロック図である。

【図3】 橋梁通過可否判定処理の概要を示す図である。

【図4】 (A) 水面距離の度数分布を示す。(B) 水面距離の標準偏差の時間遷移のグラフの一例を示す。

40

【図5】 橋梁通過可否判定部の機能ブロックの一例である。

【図6】 橋梁通過可否判定処理のフローチャートの一例である。

【図7】 船舶と橋梁との予測間隔を算出済みの橋梁を通過する船舶を後方から観察した図である。

【図8】 予測間隔と実測間隔の差分値の度数分布を示す。

【図9】 変形例における橋梁通過可否判定処理の概要を示す図である。

【図10】 変形例における橋梁通過可否判定処理の手順を示すフローチャートの一例である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

50

本発明の好適な実施形態によれば、情報処理装置は、船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得する第1取得手段と、前記地物の高さに関する情報を地図データから取得する第2取得手段と、前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する船舶最高点高算出手段と、を有する。この態様によれば、情報処理装置は、自己位置推定結果を用いることなく、船舶の最高点の高さを的確に算出することができる。

【0011】

上記情報処理装置の一態様では、情報処理装置は、前記地物計測データに基づき、前記基準位置から前記地物までの高さ方向の距離である地物距離を算出する地物距離算出手段と、前記水面計測データに基づき、前記基準位置から前記水面までの高さ方向の距離である水面距離を算出する水面距離算出手段と、前記地物の高さ、前記地物距離と、前記水面距離とに基づき、水面の高さである水面高を算出する水面高算出手段とをさらに有し、前記船舶最高点高算出手段は、前記水面高と、前記水面距離と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さとに基づき、前記船舶最高点高を算出する。この態様によれば、情報処理装置は、水面計測データと地物計測データとを利用して水面高を算出し、算出した水面高に基づき船舶最高点高を的確に算出することができる。

10

【0012】

上記情報処理装置の他の一態様では、情報処理装置は、前記地図データに基づく橋梁の高さである橋梁高と、前記船舶最高点高とに基づき、前記橋梁と前記船舶との予測された間隔である予測間隔を算出する予測間隔算出手段と、前記予測間隔に基づき、前記船舶の前記橋梁下の通過可否判定を行う通過可否判定手段と、をさらに有する。この態様によれば、情報処理装置は、算出した船舶最高点高を用いて船舶が橋梁下を通過可能か否かを的確に判定することができる。

20

【0013】

上記情報処理装置の他の一態様では、情報処理装置は、前記通過可否判定において前記予測間隔と比較する閾値を決定する閾値決定手段をさらに有し、前記閾値決定手段は、前記基準位置から前記水面までの高さ方向の距離である水面距離のばらつきを表す指標に基づき、前記閾値を決定する。この態様によれば、情報処理装置は、波高を勘察した閾値を設定し、船舶の橋梁下の通過可否を的確に判定することができる。好適な例では、前記閾値決定手段は、所定期間において算出した複数の前記標準偏差の最大値に基づき、前記閾値を決定するとよい。

30

【0014】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記閾値決定手段は、前記船舶が前記橋梁を通過する際に計測装置が前記橋梁を計測することで得られる計測データに基づき前記橋梁と前記船舶との実測間隔を算出し、前記実測間隔と前記予測間隔との差分値を複数の前記橋梁について算出し、算出した当該差分値のばらつきを表す指標と、前記水面距離のばらつきを表す指標とに基づき、前記閾値を決定する。この態様により、予測間隔の実測間隔からのずれのばらつきを的確に考慮して予測間隔と比較する閾値を決定することができる。好適には、前記閾値決定手段は、前記指標が示すばらつきが大きいほど、前記閾値を大きくするとよい。

40

【0015】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記予測間隔算出手段は、前記船舶が第1橋梁を通過する際に前記計測装置が前記第1橋梁を計測することで得られる計測データに基づき、前記第1橋梁と前記船舶との実測間隔を算出し、当該実測間隔と前記第1橋梁の前記予測間隔とに基づき、前記第1橋梁以外の第2橋梁の前記予測間隔を補正するための補正情報を生成する。上述の補正情報は、言い換えると、予測間隔を特定の橋梁によらずに汎用的（即ち橋梁を限定せず）に補正することが可能な補正情報である。この態様により、情報処理装置は、船舶の橋梁下の通過可否判定に用いる橋梁ごとの予測間隔を高精度に補正

50

するための補正情報を得ることができる。

【0016】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記地物は、前記橋梁であり、前記通過可否判定手段は、前記第2取得手段が前記地図データから取得した前記橋梁の高さと、前記予測間隔とに基づき、前記通過可否判定を行う。この態様によれば、情報処理装置は、橋梁が計測装置による計測範囲内に存在する場合に、橋梁の計測データ及び橋梁の高さに関する情報を含む地図データに基づき、船舶の橋梁下の通過可否判定を的確に行うことができる。

【0017】

上記情報処理装置の他の一態様では、前記地物は、前記橋梁とは異なる地物であり、前記第2取得手段は、前記橋梁の高さに関する情報を前記地図データからさらに取得し、前記通過可否判定手段は、前記第2取得手段が前記地図データから取得した前記橋梁の高さと、前記予測間隔とに基づき、前記通過可否判定を行う。この態様によれば、情報処理装置は、高さに関する情報が地図データに登録された地物を基準として船舶最高点高を算出し、かつ、地図データから橋梁の高さに関する情報を参照することで、船舶の橋梁下の通過可否判定を的確に行うことができる。

10

【0018】

本発明の他の好適な実施形態によれば、コンピュータが実行する制御方法であって、船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する。コンピュータは、この判定方法を実行することで、自己位置推定結果を用いることなく、船舶の最高点の高さを的確に算出することができる。

20

【0019】

本発明のさらに別の好適な実施形態によれば、コンピュータは、船舶に設けられた計測装置が計測した地物の計測データである地物計測データと、前記計測装置が計測した水面の計測データである水面計測データとを取得し、前記地物の高さに関する情報を地図データから取得し、前記地物計測データと、前記水面計測データと、前記地物の高さに関する情報と、前記船舶の基準位置から前記船舶の最高点までの高さに関する最高点情報とに基づき、前記最高点の高さである船舶最高点高を算出する処理をコンピュータに実行させる。コンピュータは、このプログラムを実行することで、自己位置推定結果を用いることなく、船舶の最高点の高さを的確に算出することができる。好適には、上記プログラムは、記憶媒体に記憶される。

30

【実施例】

【0020】

以下、図面を参照して本発明の好適な実施例について説明する。

【0021】

(1) 運航支援システムの概要

図1(A)~図1(C)は、本実施例に係る運航支援システムの概略構成である。具体的には、図1(A)は、運航支援システムのブロック構成図を示し、図1(B)は、運航支援システムに含まれる船舶及び後述のライダ3の視野範囲(測距可能範囲)90を例示した上面図であり、図1(C)は、船舶及びライダ3の視野範囲90を後ろから示した図である。運航支援システムは、移動体である船舶と共に移動する情報処理装置1と、当該船舶に搭載されたセンサ群2とを有する。

40

【0022】

情報処理装置1は、センサ群2と電氣的に接続し、センサ群2に含まれる各種センサの出力に基づき、情報処理装置1が設けられた船舶の運航支援を行う。本実施例では、運航支援の一例として、情報処理装置1は、通過予定の橋梁下の船舶の通過可否判定を行い、判定結果に応じた処理を実行する。なお、運航支援には、自動接岸(着岸)などの接岸支

50

援などが含まれてもよい。情報処理装置 1 は、船舶に設けられたナビゲーション装置であってもよく、船舶に内蔵された電子制御装置であってもよい。また、情報処理装置 1 は、船舶の高さ方向の位置推定を含んだ高精度な自己位置推定を実行しない。言い換えると、船舶には、高さ方向の高精度な位置を推定する自己位置推定システムが搭載されていない。なお、情報処理装置 1 は、後述する河川地図データベースを参照する際に必要な船舶の水面上の位置を、後述する GPS (Global Positioning Satellite) 受信機 5 などから取得する。

【0023】

センサ群 2 は、船舶に設けられた種々の外界センサ及び内界センサを含んでいる。本実施例では、センサ群 2 は、例えば、ライダ (Lidar: Light Detection and Ranging、または、Laser Illuminated Detection And Ranging) 3 と、GPS 受信機 5 とを含んでいる。なお、センサ群 2 は、GPS 受信機 5 に代えて、GPS 以外の GNSS の測位結果を生成する受信機を有してもよい。

【0024】

ライダ 3 は、水平方向の所定の角度範囲 (図 1 (B) 参照) および垂直方向の所定の角度範囲 (図 1 (C) 参照) に対してパルスレーザを射出することで、外界に存在する物体までの距離を離散的に測定し、当該物体の位置を示す 3 次元の点群データを生成する外界センサである。図 1 (B) 及び図 1 (C) の例では、ライダ 3 として、船舶の左側面方向に向けられたライダと、船舶の右側面方向に向けられたライダとが夫々船舶に設けられている。なお、ライダ 3 の船舶への設置個数は 2 個に限らず、1 個であってもよく、3 個以上であってもよい。ライダ 3 は、照射方向を変えながらレーザ光を照射する照射部と、照射したレーザ光の反射光 (散乱光) を受光する受光部と、受光部が出力する受光信号に基づくスキャンデータを出力する出力部とを有する。レーザ光を照射する方向 (走査位置) ごとに計測されるデータは、受光部が受光したレーザ光に対応する照射方向と、上述の受光信号に基づき特定される当該レーザ光の応答遅延時間とに基づき生成される。なお、ライダ 3 は、上述したスキャン型のライダに限らず、2 次元アレイ状のセンサの視野にレーザ光を拡散照射することによって 3 次元データを生成するフラッシュ型のライダであってもよい。ライダ 3 は、本発明における「計測装置」の一例である。

【0025】

また、本実施例では、ライダ 3 が計測する垂直方向の範囲は、少なくとも、水平方向より上方 (即ち仰角が正となる方向) と、水平方向より下方 (即ち俯角が正となる方向) とを含む範囲となっている。これにより、ライダ 3 の計測範囲には、船舶が橋梁を通過する際の橋梁と船舶が浮かぶ水面との両方が含まれる。なお、ライダ 3 が複数存在する場合には、少なくとも 1 つのライダ 3 の計測範囲が水平方向より上方を含み、少なくとも 1 つのライダ 3 の計測範囲が水平方向より下方を含んでいけばよい。

【0026】

(2) 情報処理装置の構成

図 2 は、情報処理装置 1 のハードウェア構成の一例を示すブロック図である。情報処理装置 1 は、主に、インターフェース 11 と、メモリ 12 と、コントローラ 13 と、を有する。これらの各要素は、バスラインを介して相互に接続されている。

【0027】

インターフェース 11 は、情報処理装置 1 と外部装置とのデータの授受に関するインターフェース動作を行う。本実施例では、インターフェース 11 は、ライダ 3 及び GPS 受信機 5 などのセンサ群 2 の各センサから出力データを取得し、コントローラ 13 へ供給する。また、インターフェース 11 は、例えば、コントローラ 13 が生成した船舶の制御に関する信号を、船舶の運転を制御する船舶の各構成要素に供給する。例えば、船舶は、エンジンや電気モータなどの駆動源と、駆動源の駆動力に基づき進行方向の推進力を生成するスクリューと、駆動源の駆動力に基づき横方向の推進力を生成するスラスタと、船舶の進行方向を自在に定めるための機構である舵等を備える。そして、自動着岸などの自

動運転時には、インターフェース 11 は、コントローラ 13 が生成した制御信号を、これらの各構成要素に供給する。なお、船舶に電子制御装置が設けられている場合には、インターフェース 11 は、当該電子制御装置に対し、コントローラ 13 が生成した制御信号を供給する。インターフェース 11 は、無線通信を行うためのネットワークアダプタなどのワイヤレスインターフェースであってもよく、ケーブル等により外部装置と接続するためのハードウェアインターフェースであってもよい。また、インターフェース 11 は、入力装置、表示装置、音出力装置等の種々の周辺装置とのインターフェース動作を行ってもよい。

【0028】

メモリ 12 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、ハードディスクドライブ、フラッシュメモリなどの各種の揮発性メモリ及び不揮発性メモリにより構成される。メモリ 12 は、コントローラ 13 が所定の処理を実行するためのプログラムが記憶される。なお、コントローラ 13 が実行するプログラムは、メモリ 12 以外の記憶媒体に記憶されてもよい。

10

【0029】

また、メモリ 12 は、河川地図データベース (DB: Data Base) 10 と、最高点情報 IH とを記憶する。

【0030】

河川地図 DB 10 は、河川上又は河川付近に存在する地物 (ランドマーク) に関するデータ (「地物データ」とも呼ぶ。) を記憶する。上述の地物には、少なくとも、船舶が通行可能な河川に設けられた橋梁が含まれる。地物データには、地物が設けられた位置を示す位置情報、及び、地物のサイズなどの種々の属性を示す属性情報が含まれている。なお、橋梁に対応する地物データの属性情報には、少なくとも、橋梁の桁下 (言い換えると、河川上における橋梁の底面) の高さ (例えば標高) に関する情報が含まれている。

20

【0031】

なお、河川地図 DB 10 には、地物データの他、例えば、着岸場所 (岸、棧橋を含む) に関する情報、船舶が移動可能な水路に関する情報などがさらに含まれてもよい。また、河川地図 DB 10 は、インターフェース 11 を介して情報処理装置 1 と接続されたハードディスクなどの情報処理装置 1 の外部の記憶装置に記憶されてもよい。上記の記憶装置は、情報処理装置 1 と通信を行うサーバ装置であってもよい。また、上記の記憶装置は、複数の装置から構成されてもよい。また、河川地図 DB 10 は、定期的に更新されてもよい。この場合、例えば、コントローラ 13 は、インターフェース 11 を介し、地図情報を管理するサーバ装置から、自己位置が属するエリアに関する部分地図情報を受信し、河川地図 DB 10 に反映させる。

30

【0032】

最高点情報 IH は、船舶を基準とした座標系である船舶座標系において最も高い位置に存在する船舶の部位 (最高点) の高さに関する情報である。例えば、最高点情報 IH は、船舶の基準位置 (「船舶基準位置」とも呼ぶ。) から最高点までの高さ (高さ方向の距離) を表す。船舶基準位置は、言い換えると、ライダ 3 が出力する点群データにおいて採用される座標系における原点であり、例えばライダ 3 の設置位置に相当する。最高点情報 IH は、事前の計測結果に基づき生成され、メモリ 12 に予め記憶されている。

40

【0033】

また、メモリ 12 には、河川地図 DB 10 の他、本実施例において情報処理装置 1 が実行する処理に必要な情報が記憶される。例えば、メモリ 12 には、ライダ 3 が 1 周期分の走査を行った場合に得られる点群データに対してダウンサンプリングを行う場合のダウンサンプリングのサイズの設定に用いられる情報が記憶される。他の例では、メモリ 12 には、船舶が通行すべき運航ルートに関する運航ルート情報が記憶されている。

【0034】

コントローラ 13 は、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit)、TPU (Tensor P

50

rocessing Unit)などの1又は複数のプロセッサを含み、情報処理装置1の全体を制御する。この場合、コントローラ13は、メモリ12等に記憶されたプログラムを実行することで、運航支援等に関する処理を行う。

【0035】

また、コントローラ13は、機能的には、橋梁通過可否判定部16を有する。橋梁通過可否判定部16は、橋梁に関する地物データと、最高点情報IHと、ライダ3が出力する点群データとに基づき、船舶が通過予定の運航ルート上に存在する橋梁下への船舶の通過可否判定を行う。そして、コントローラ13は、「第1取得手段」、「第2取得手段」、「地物距離算出手段」、「水面距離算出手段」、「水面高算出手段」、「船舶最高点高算出手段」、「予測間隔算出手段」、「通過可否判定手段」、「閾値決定手段」及びプログラムを実行するコンピュータ等として機能する。

10

【0036】

(3) 橋梁通過可否判定処理

次に、橋梁通過可否判定部16が実行する橋梁下の通過可否判定に関する処理(「橋梁通過可否判定処理」とも呼ぶ。)について説明する。概略的には、橋梁通過可否判定部16は、河川地図DB10に基づく橋梁の高さ(「橋梁高」とも呼ぶ。)に関する情報と、ライダ3により橋梁及び水面を計測して得られた点群データと、最高点情報IHとに基づき、船舶の最高点の高さ(「船舶最高点高」とも呼ぶ。)を算出する。そして、橋梁通過可否判定部16は、橋梁高と船舶最高点高とに基づき、橋梁下での船舶と橋梁との高さ方向での間隔(「予測間隔」とも呼ぶ。)を予測し、この予測間隔に基づき橋梁の通過可否判定を行う。これにより、橋梁通過可否判定部16は、高さ方向の高精度な位置を推定する自己位置推定システムが搭載されていない船舶においても、橋の下が安全に通過できるか否かの再確認を事前に行う。

20

【0037】

なお、橋梁高は、河川上での橋梁の底面の高さ(即ち桁下部分の高さ)を表すものとする。また、船舶最高点高及び橋梁高の算出において採用される「高さ」は、河川地図DB10で採用されている座標系での高さ(例えば標高)を表す。

【0038】

図3は、橋梁通過可否判定処理の概要を示す図である。図3では、橋梁30を通過する船舶を後方から観察した図である。図3の例では、船舶には2台のライダ3が設けられており、ライダ3と同一高となる位置が船舶基準位置に定められている。また、船舶には、船舶の最高点となる突起部33が存在している。また、橋梁30は、河川の上方に位置する構造部の底面を構成する桁下部32を有し、船舶が通過可能な桁下空間31を形成している。また、線L1は高さ(橋梁高及び船舶最高点高)の原点位置を示し、線L2は水面位置を示し、線L3は船舶基準位置と同一高となる位置を示す。また、線L4は船舶の最高点と同一高となる位置を示し、線L5は河川上での橋梁30の底面を形成する桁下部32と同一高となる位置を示している。さらに、被計測点「m1」~「m8」は、ライダ3により計測された位置を示す。

30

【0039】

橋梁通過可否判定部16は、橋梁30に船舶が近づいたと判定した場合に、橋梁通過可否判定に用いる予測間隔を算出する。この場合、橋梁通過可否判定部16は、以下に説明するように、矢印A1~A7に相当する高さ又は幅を、矢印A1~A7の順に特定することで、橋梁通過可否判定に用いる予測間隔を算出する。

40

【0040】

まず、橋梁通過可否判定部16は、船舶が通過予定の橋梁30に該当する地物データを河川地図DB10から抽出し、抽出した地物データを参照することで橋梁30の橋梁高(矢印A1参照)を特定する。この場合、橋梁通過可否判定部16は、例えば、河川地図DB10に登録された橋梁から、船舶の現在位置及び運航ルートに基づき次に船舶が通過する橋梁30を特定し、当該橋梁30の橋梁高を特定する。

【0041】

50

また、橋梁通過可否判定部 16 は、ライダ 3 により橋梁 30 を計測した点群データ（「橋梁計測データ」とも呼ぶ。）に基づき、船舶基準位置から橋梁 30 の底面である桁下部 32 までの高さ方向の距離（矢印 A 2 に相当する距離であり、「橋梁下距離」とも呼ぶ。）を算出する。この場合、橋梁通過可否判定部 16 は、船舶と橋梁 30 との距離がライダ 3 の最大測距距離以内となった場合に、ライダ 3 が出力する点群データから、水平面より上方（即ち仰角が正となる方向）の点群データを、橋梁計測データとして抽出する。このとき、橋脚等、橋梁ではない場所を検出した点を除外するため、点群データの z 座標値の最大値を求め、各計測点の z 座標値がその最大値に近いものを抽出することで、橋梁計測データを得ることができる。図 3 では、橋梁通過可否判定部 16 は、桁下部 32 の被計測点「m1」～「m4」に対応するデータを、橋梁計測データとみなし、ライダ 3 が生成する点群データから抽出する。そして、橋梁通過可否判定部 16 は、抽出した橋梁計測データの長さ方向の座標値の平均値又は最低値などの代表値を、橋梁下距離として算出する。

10

【0042】

また、橋梁通過可否判定部 16 は、水面を計測したライダ 3 の点群データ（「水面計測データ」とも呼ぶ。）に基づき、船舶基準位置から水面までの高さ方向の距離（矢印 A 3 に相当する距離であり、「水面距離」とも呼ぶ。）を算出する。この場合、橋梁通過可否判定部 16 は、ライダ 3 が出力する点群データから、水平面より下方（即ち俯角が正となる方向）の点群データを、水面計測データとして抽出する。このとき、橋脚や岸壁や他船等、水面ではない場所を検出した点を除外するため、点群データの z 座標値の最小値を求め、各計測点の z 座標値がその最小値に近いものを抽出することで、水面計測データを得ることができる。図 3 では、橋梁通過可否判定部 16 は、水面の被計測点「m5」～「m8」に対応するデータを、水面計測データとみなし、ライダ 3 の点群データから抽出する。そして、橋梁通過可否判定部 16 は、抽出した水面計測データの長さ方向の座標値の平均値又は最低値などの代表値を、水面距離として算出する。なお、橋梁通過可否判定部 16 は、水面距離の算出を複数回実行し、複数回の水面距離の算出結果の平均値等を、以後の処理において水面距離として用いてもよい。なお、図 3 では片側（右側面側）のライダ 3 の計測点「m1」～「m8」のみ図示しているが、実際には両側（右側面側及び左側面側）のライダ 3 の点群データが使用される。

20

【0043】

次に、橋梁通過可否判定部 16 は、橋梁高（矢印 A 1 参照）から橋梁下距離（矢印 A 2 参照）及び水面距離（矢印 A 3 参照）を減算することで、水面の高さである水面高（矢印 A 4 参照）を算出する。なお、水面高は、橋梁高（及び後述する船舶最高点高）と同一尺度（例えば標高）により表された高さを示す。

30

【0044】

次に、橋梁通過可否判定部 16 は、メモリ 12 から最高点情報 IH を参照することで、船舶基準位置から最高点までの高さ方向の幅（矢印 A 5 参照）を特定する。そして、橋梁通過可否判定部 16 は、水面高（矢印 A 4 参照）に水面距離（矢印 A 3 参照）と船舶基準位置から最高点までの高さ方向の幅（矢印 A 5 参照）とを加えた高さに相当する船舶最高点高（矢印 A 6 参照）を算出する。

【0045】

そして、橋梁通過可否判定部 16 は、橋梁高から船舶最高点高を減算することで得られる幅を、予測間隔（矢印 A 7 参照）として算出する。

40

【0046】

その後、橋梁通過可否判定部 16 は、算出した予測間隔が閾値（「予測間隔閾値 Th」とも呼ぶ。）以上である場合に、船舶が橋梁を通過可能であると判定し、予測間隔が予測間隔閾値 Th 未満である場合に、船舶が橋梁を安全に通過できない虞があると判定する。

【0047】

このように、橋梁通過可否判定部 16 は、NDT スキャンマッチングに基づく位置推定などの高精度な自己位置推定を行っていない場合であっても、ライダ 3 が出力する点群データ及び橋梁に関する地図データに基づき、船舶が通過予定の橋梁の通過可否判定を的確

50

に実行することができる。

【 0 0 4 8 】

次に、予測間隔閾値 T_h の決定方法について説明する。ここでは一例として、算出した水面距離（矢印 A 3 参照）のばらつきを表す指標に基づき予測間隔閾値 T_h を決定する方法について説明する。なお、予測間隔閾値 T_h は、以下に説明する方法に基づき決定される代わりに、メモリ 1 2 等に予め記憶された固定値に定められてもよい。

【 0 0 4 9 】

橋梁通過可否判定部 1 6 は、直前の所定期間内において算出した複数の水面距離の算出値の標準偏差 σ_1 を算出する。例えば、1 0 0 [m s] 周期で水面距離が算出される場合は、所定期間を 5 [s] に設定すると、5 0 回分の水面距離算出値の標準偏差 σ_1 となる。標準偏差 σ_1 は、「水面距離のばらつきを表す指標」の一例である。そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、所定時間間隔ごとに標準偏差 σ_1 を算出し、算出した複数の標準偏差 σ_1 の最大値 $\sigma_1 (max)$ に対して所定の係数 k を乗じた値を、予測間隔閾値 T_h として算出する。即ち、橋梁通過可否判定部 1 6 は、以下の式 (1) に基づき予測間隔閾値 T_h を算出する。

$$T_h = k \cdot \sigma_1 (max) \quad (1)$$

【 0 0 5 0 】

この場合、係数 k は、例えば、十分な信頼区間となる固定値（例えば $k = 5$ ）に設定される。

【 0 0 5 1 】

図 4 (A) は、標準偏差 σ_1 の算出に用いる水面距離（詳しくは、水面計測データの各データの高さ方向の値）を離散値とみなした場合の当該水面距離の度数分布を示す。また、図 4 (B) は、所定の時間間隔ごとに算出される標準偏差 σ_1 の時間遷移のグラフの一例を示す。図 4 (A) では、「 μ_1 」は、水面距離の平均を表している。橋梁通過可否判定部 1 6 は、水面計測データの各データの長さ方向の値を集計することで標準偏差 σ_1 を算出し、さらに所定時間間隔ごとに算出した複数の標準偏差 σ_1 を図 4 (B) に示すように所定時間長において監視することで、最大値 $\sigma_1 (max)$ を特定する。

【 0 0 5 2 】

ここで、水面距離の算出結果に基づき予測間隔閾値 T_h を決定することの効果について補足説明する。水面に対するライダ 3 による計測結果として得られる水面距離のばらつきは、ライダ 3 が出力する点群データの誤差や船舶の揺れによる影響もあるが、波高が大きいことも要因となる。波高が大きいときは船舶の高さ方向の上下動も大きくなり、水面計測データのばらつきも大きくなる。以上を勘案し、橋梁通過可否判定部 1 6 は、式 (1) に基づき、標準偏差 σ_1 が大きいほど予測間隔閾値 T_h を大きくする。これにより、橋梁通過可否の判定をより正確かつ安全に行うことが可能となる。

【 0 0 5 3 】

図 5 は、橋梁通過可否判定部 1 6 の機能ブロックの一例である。橋梁通過可否判定部 1 6 は、機能的には、橋梁高取得部 6 1 と、橋梁下距離算出部 6 2 と、水面距離算出部 6 3 と、水面高算出部 6 4 と、船舶最高点高算出部 6 5 と、予測間隔算出部 6 6 と、閾値決定部 6 7 と、通過可否判定部 6 8 とを有する。

【 0 0 5 4 】

橋梁高取得部 6 1 は、河川地図 DB 1 0 から通行予定の橋梁に該当する地物データを抽出し、抽出した地物データに基づき橋梁高を取得する。橋梁下距離算出部 6 2 は、橋梁（即ち水平方向より上方）を計測した橋梁計測データに基づき、橋梁下距離を算出する。水面距離算出部 6 3 は、水面（即ち水平方向より下方）を計測した水面計測データに基づき、水面距離を算出する。

【 0 0 5 5 】

水面高算出部 6 4 は、橋梁高取得部 6 1 が取得した橋梁高と、橋梁下距離算出部 6 2 が算出した橋梁下距離と、水面距離算出部 6 3 が算出した水面距離とに基づき、水面高を算出する。そして、船舶最高点高算出部 6 5 は、水面距離算出部 6 3 が算出した水面距離と

10

20

30

40

50

、水面高算出部 6 4 が算出した水面高と、最高点情報 I H が示す船舶基準位置から最高点までの高さ方向の幅とに基づき、船舶最高点高を算出する。

【 0 0 5 6 】

予測間隔算出部 6 6 は、橋梁高取得部 6 1 が算出した橋梁高と、船舶最高点高算出部 6 5 が算出した船舶最高点高とに基づき、予測間隔を算出する。閾値決定部 6 7 は、水面距離算出部 6 3 が取得する水面反射データに基づき標準偏差 σ_1 及び最高値 $\sigma_1 (max)$ を算出し、式 (1) を参照して予測間隔閾値 T_h を決定する。

【 0 0 5 7 】

通過可否判定部 6 8 は、予測間隔算出部 6 6 が算出した予測間隔と、閾値決定部 6 7 が決定した予測間隔閾値 T_h とに基づき、橋梁の通行可否を判定する。そして、通過可否判定部 6 8 は、通過可否の判定結果をコントローラ 1 3 の他の処理ブロック等に供給する。その後、コントローラ 1 3 は、橋梁通過可否の判定結果に基づく表示又は / 及び音声の出力制御などを、インターフェース 1 1 を介して行ってもよい。例えば、コントローラ 1 3 は、予測間隔が予測間隔閾値未満である場合、船舶が橋梁を安全に通過できない虞がある旨の警告の出力を行う。他の例では、コントローラ 1 3 は、安全に通過することができないと判定した橋梁を通過しない他のルートを探し、探索した新たなルートに関する案内情報の出力や運航制御などを行う。

【 0 0 5 8 】

図 6 は、橋梁通過可否判定部 1 6 が実行する橋梁通過可否判定処理のフローチャートの一例である。橋梁通過可否判定部 1 6 は、フローチャートの処理を、例えば運航ルートに基づき船舶の運航を開始後、運行ルート上に存在する橋梁の各々に対して順に実行する。

【 0 0 5 9 】

まず、橋梁通過可否判定部 1 6 は、橋梁通過可否判定処理の対象となる橋梁に対応する地物データを河川地図 DB 1 0 から抽出し、抽出した地物データに基づき当該橋梁の橋梁高を取得する (ステップ S 1 1) 。

【 0 0 6 0 】

次に、橋梁通過可否判定部 1 6 は、対象の橋梁がライダ 3 の計測範囲内に存在する場合に、上方を計測したライダ 3 の点群データである橋梁計測データに基づき、橋梁下距離を算出する (ステップ S 1 2) 。橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 2 の処理を、船舶が対象の橋梁に所定距離以内に近づいた (言い換えると、橋梁がライダ 3 の計測範囲内となった) と判定した場合に実行する。また、橋梁通過可否判定部 1 6 は、下方を計測したライダ 3 の点群データである水面計測データに基づき、水面距離を算出する (ステップ S 1 3) 。

【 0 0 6 1 】

なお、ステップ S 1 1 、ステップ S 1 2 及びステップ S 1 3 は任意の順番により実行されてもよい。また、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 3 の処理を、船舶と橋梁との距離にかかわらず任意のタイミングにて実行してもよい。また、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 3 を複数回実行して得られる複数の水面距離の算出結果の平均値などの代表値を、その後の処理において水面距離の値として用いてもよい。

【 0 0 6 2 】

次に、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 1 で取得した橋梁高、ステップ S 1 2 で算出した橋梁下距離及びステップ S 1 3 で算出した水面距離に基づき、水面高を算出する (ステップ S 1 4) 。そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 4 で算出した水面高と、ステップ S 1 3 で算出した水面距離と、最高点情報 I H とに基づき、船舶最高点高を算出する (ステップ S 1 5) 。そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 1 で取得した橋梁高と、ステップ S 1 5 で算出した船舶最高点高とに基づき、予測間隔を算出する (ステップ S 1 6) 。そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 1 6 において算出した予測間隔に基づき、対象の橋梁への船舶の通過可否を判定する (ステップ S 1 7) 。この場合、橋梁通過可否判定部 1 6 は、好適には、上述したように、予測間隔との比較に用いる判定用閾値である予測間隔閾値 T_h を、ステップ S 1 3 において算出され

10

20

30

40

50

る水面距離のばらつきを表す指標である標準偏差 σ_1 に基づき設定する。

【0063】

(4) 変形例

以下、上述の実施例に好適な変形例について説明する。以下の変形例は、組み合わせてこれらの実施例に適用してもよい。

【0064】

(変形例1)

橋梁通過可否判定部16は、予測間隔閾値 T_h の算出に用いる係数 k として固定値を用いる代わりに、適応的に変化する値を用いてもよい。具体的には、橋梁通過可否判定部16は、橋梁下での船舶と橋梁との高さ方向の間隔の実測値(「実測間隔」とも呼ぶ。)を計測し、実測間隔と予測間隔との差のばらつき度合いに基づき、係数 k を設定する。これにより、橋梁通過可否判定部16は、予測間隔閾値 T_h を、必要以上に大きすぎず、かつ十分な安全性を確保した好適な値に設定する。

10

【0065】

図7は、予測間隔を算出済みの橋梁30を通過する船舶を後方から観察した図である。

【0066】

まず、橋梁通過可否判定部16は、予測間隔を算出済みの橋梁30を通過する場合、水平方向より上方の計測結果を表すライダ3の点群データである橋梁計測データ(図10では被計測点「ma1」～「ma4」に対応するデータ)に基づき、橋梁下距離(矢印A2参照)を算出する。このとき、橋脚部分を検出した点を除外するため、点群データのz座標値の最大値を求め、各計測点のz座標値がその最第値に近いものを抽出することで、橋梁計測データを得ることができる。なお、橋梁通過可否判定部16がこの時に用いる橋梁計測データは、予測間隔の算出において用いた橋梁計測データよりも後に生成されたデータとなる。

20

【0067】

次に、橋梁通過可否判定部16は、算出した橋梁下距離(矢印A2参照)から、最高点情報IHに基づく最高点の船舶基準位置からの高さ(矢印A5参照)を減算することで、実測間隔(矢印A8参照)を算出する。

【0068】

そして、橋梁通過可否判定部16は、橋梁30の予測間隔から実測間隔を減算することで予測間隔と実測間隔の差分値を算出する。そして、橋梁通過可否判定部16は、所定期間内において船舶が通過した複数の橋梁に対して上述の差分値を算出し、算出した差分値の平均「 μ_2 」と標準偏差「 σ_2 」を算出する。図8は、上述の差分値を離散値とみなした場合の当該差分値の度数分布を示す。

30

【0069】

次に、橋梁通過可否判定部16は、平均 μ_2 を、予測間隔に対する定常的な(即ち全ての橋梁に対して汎用的に用いる)オフセットとみなし、船舶がその後に通過予定の全ての橋梁に対する予測間隔から平均 μ_2 を減算することで、当該予測間隔を補正する。これにより、船舶が通過予定の橋梁の予測間隔の精度を向上させ、橋梁通過判定処理の精度を向上させることができる。上述のオフセットは、「補正情報」の一例である。また、平均 μ_2 と標準偏差 σ_2 の算出に用いた橋梁は「第1橋梁」の一例であり、予測間隔が補正される(即ち船舶が通過予定の)橋梁は「第2橋梁」の一例である。

40

【0070】

さらに、橋梁通過可否判定部16は、標準偏差 σ_2 が大きいほど、予測間隔閾値 T_h が大きくなるように式(1)の係数 k を設定する。例えば、橋梁通過可否判定部16は、係数 k を「 $3 + \sigma_2$ 」と設定し、以下の式(2)に基づき予測間隔閾値 T_h を決定する。

$$T_h = (3 + \sigma_2) \cdot \sigma_1 (\max) \quad (2)$$

【0071】

以上のように、本変形例によれば、橋梁通過可否判定部16は、予測間隔の予測精度を高めるとともに、予測間隔の実測間隔からのばらつきが多いときは予測間隔閾値 T_h が大

50

きくなり、ばらつきが少ないときは予測間隔閾値 T_h が小さくなるように予測間隔閾値 T_h を適応的に設定することができる。

【0072】

(変形例2)

橋梁通過可否判定部16は、河川地図DB10に地物データが存在する橋梁以外の地物のライダ3による計測結果と、当該地物の地物データとに基づき、船舶最高点高を算出してもよい。

【0073】

図9は、変形例2における橋梁通過可否判定処理の概要を示す図である。図9では、河川地図DB10に地物データが登録されている地物39(例えば看板)の横を通過する船舶を後方から観察した図である。線「L11」は高さ(橋梁高及び船舶最高点高)の原点位置を示し、線「L12」は水面位置を示し、線「L13」は船舶基準位置と同一高となる位置を示す。また、線「L14」は船舶の最高点と同一高となる位置を示し、線「L15」は地物39と同一高(ここでは地物39の中心位置の高さ)となる位置を示している。さらに、被計測点「mb1」~「mb4」は、ライダ3により計測された地物39の表面位置を示し、被計測点「mb5」~「mb8」は、ライダ3により計測された水面位置を示す。その他、地物39の支柱の表面位置に対応する被計測点などが存在する。そして、橋梁通過可否判定部16は、以下に説明するように、矢印「A11」~「A16」に相当する高さ又は幅を、矢印「A11」~「A16」の順に特定することで、橋梁通過可否判定に用いる予測間隔を算出する。

【0074】

図10は、変形例2における橋梁通過可否判定処理の手順を示すフローチャートの一例である。なお、図10のステップS23、ステップS25、ステップS26、ステップS27は、夫々、図6のステップS13、ステップS15、ステップS16、ステップS17と同一処理である。以後では、図9及び図10を参照して変形例2における橋梁通過可否判定部16の橋梁通過可否判定処理について説明する。

【0075】

橋梁通過可否判定部16は、ライダ3の計測範囲内に存在する地物39に対応する地物データを河川地図DB10から抽出し、抽出した地物データに基づき当該地物39の高さ(「地物高」とも呼ぶ。)を取得する(ステップS21)。地物39の地物高は、図9の矢印A11に相当する高さであり、ここでは一例として、地物39の地物データには、地物39の中心位置の高さが登録されている。

【0076】

次に、橋梁通過可否判定部16は、ライダ3の計測範囲内に存在する地物39をライダ3が計測した点群データ(「地物計測データ」とも呼ぶ。)に基づき、船舶基準位置から地物39までの高さ方向の距離(「地物距離」とも呼ぶ。)を算出する(ステップS22)。地物39の地物距離は、図9の矢印A12に相当する距離である。なお、橋梁通過可否判定部16は、ライダ3の点群データから地物39の地物計測データ(被計測点mb1~mb4に対応するデータ)を抽出する処理を、任意の方法により行ってもよい。例えば、地物39の地物データに地物39の反射率に関する情報が含まれている場合には、橋梁通過可否判定部16は、当該反射率に関する情報に基づき、ライダ3の点群データから地物39の反射率に応じた受光強度を示すデータを抽出することで、地物計測データを得ることができる。また、サイズ情報が含まれている場合は、そのサイズと合致するものを点群データから抽出することで、地物計測データを得ることができる。

【0077】

また、橋梁通過可否判定部16は、下方を計測したライダ3の点群データである水面計測データ(被計測点mb5~mb8に対応するデータ)に基づき、水面距離(矢印A13参照)を算出する(ステップS23)。

【0078】

次に、橋梁通過可否判定部16は、ステップS21で取得した地物高、ステップS22

で算出した地物距離及びステップ S 2 3 で算出した水面距離に基づき、水面高（矢印 A 1 4 参照）を算出する（ステップ S 2 4）。そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 2 4 で算出した水面高（矢印 A 1 4 参照）と、ステップ S 2 3 で算出した水面距離（矢印 A 1 3 参照）と、最高点情報 I H が示す船舶の基準位置と最高点との高さ方向の幅（矢印 A 1 5 参照）とに基づき、船舶最高点高（矢印 A 1 6）を算出する（ステップ S 2 5）。
【 0 0 7 9 】

その後、橋梁通過可否判定部 1 6 は、橋梁通過可否判定処理の対象となる橋梁の橋梁高と、ステップ S 2 5 で算出した船舶最高点高（矢印 A 1 6 参照）とに基づき、予測間隔を算出する（ステップ S 2 6）。この場合、橋梁通過可否判定部 1 6 は、橋梁通過可否判定処理の対象となる橋梁に対応する地物データを河川地図 D B 1 0 から抽出し、抽出した地物データに基づき当該橋梁の橋梁高を取得する。

10

【 0 0 8 0 】

そして、橋梁通過可否判定部 1 6 は、ステップ S 2 6 において算出した予測間隔に基づき、対象の橋梁への船舶の通過可否を判定する（ステップ S 2 7）。この場合、橋梁通過可否判定部 1 6 は、好適には、上述したように、予測間隔との比較に用いる判定用閾値である予測間隔閾値 T h を、ステップ S 2 3 において算出される水面距離のばらつきを表す指標である標準偏差 1 に基づき設定する。

【 0 0 8 1 】

以上のように、本変形例では、橋梁通過可否判定部 1 6 は、河川地図 D B 1 0 に登録された任意の地物の計測結果と、当該地物及び船舶が通過予定の橋梁の各地物データとに基づき、橋梁通過可否判定処理を的確に実行することができる。

20

【 0 0 8 2 】

以上説明したように、本実施例に係る情報処理装置 1 のコントローラ 1 3 は、船舶に設けられたライダ 3 が計測した地物（例えば橋梁 3 0 又は地物 3 9）の計測データと、水面の計測データとを取得する。また、コントローラ 1 3 は、地物の高さに関する情報を河川地図 D B 1 0 から取得する。そして、コントローラ 1 3 は、船舶の基準位置から船舶の最高点までの高さに関する最高点情報 I H を取得する。そして、コントローラ 1 3 は、地物の計測データと、水面の計測データと、地物の高さに関する情報と、最高点情報 I H とに基づき、船舶最高点高を算出する。これにより、コントローラ 1 3 は、船舶の橋梁通過可否判定に必要な船舶最高点高を、N D T スキャンマッチングなどの高精度な自己位置推定結果を要することなく的確に算出することができる。

30

【 0 0 8 3 】

なお、上述した実施例において、プログラムは、様々なタイプの非一時的なコンピュータ可読媒体（non-transitory computer readable medium）を用いて格納され、コンピュータであるコントローラ等に供給することができる。非一時的なコンピュータ可読媒体は、様々なタイプの実体のある記憶媒体（tangible storage medium）を含む。非一時的なコンピュータ可読媒体の例は、磁気記憶媒体（例えばフレキシブルディスク、磁気テープ、ハードディスクドライブ）、光磁気記憶媒体（例えば光磁気ディスク）、C D - R O M（Read Only Memory）、C D - R、C D - R / W、半導体メモリ（例えば、マスク R O M、P R O M（Programmable ROM）、E P R O M（Erasable PROM）、フラッシュ R O M、R A M（Random Access Memory））を含む。

40

【 0 0 8 4 】

以上、実施例を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施例に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明の Scope 内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。すなわち、本願発明は、請求の範囲を含む全開示、技術的思想にしたがって当業者であればなし得るであろう各種変形、修正を含むことは勿論である。また、引用した上記の特許文献等の各開示は、本書に引用をもって繰り込むものとする。

【 符号の説明 】

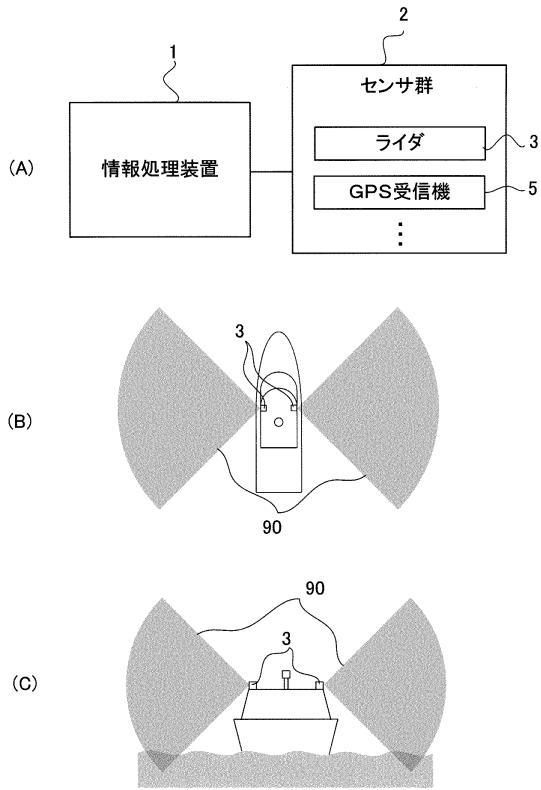
【 0 0 8 5 】

50

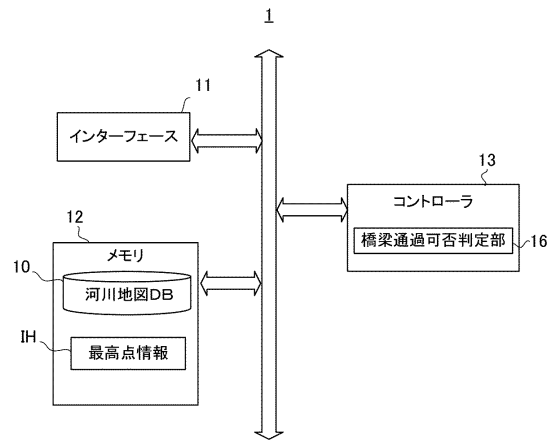
- 1 情報処理装置
- 2 センサ群
- 3 ライダ
- 5 GPS受信機
- 10 河川地図DB

【図面】

【図1】



【図2】



10

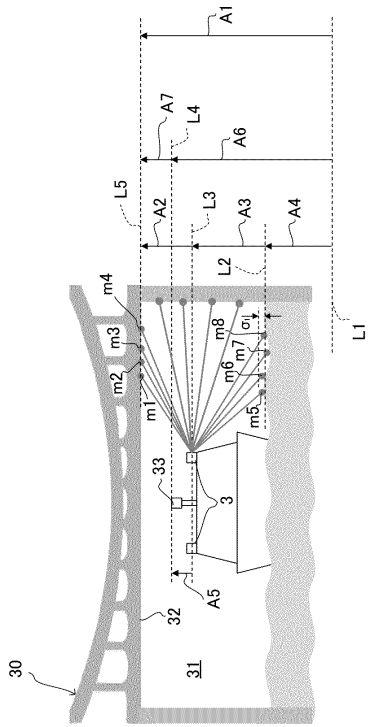
20

30

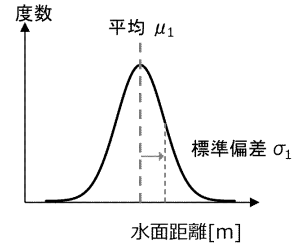
40

50

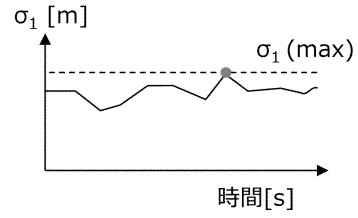
【図3】



【図4】



(A)

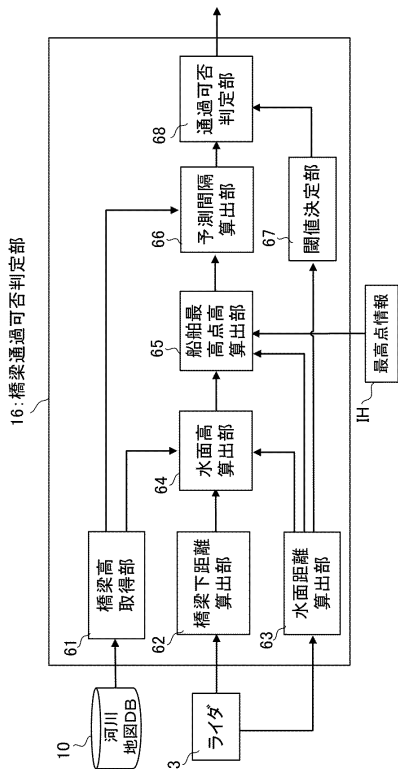


(B)

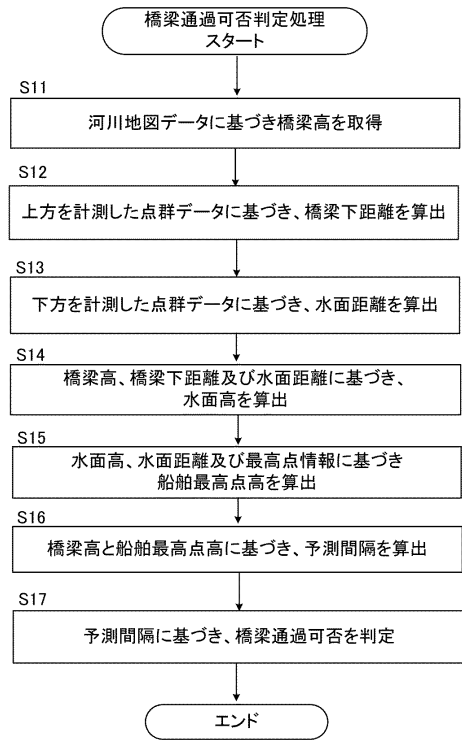
10

20

【図5】



【図6】

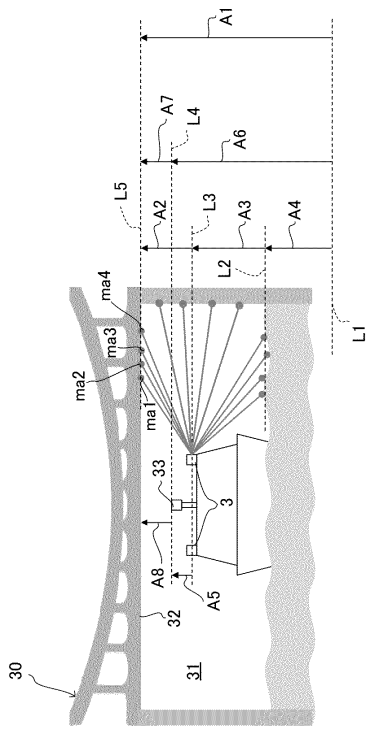


30

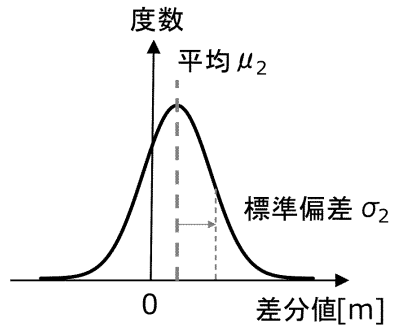
40

50

【図7】



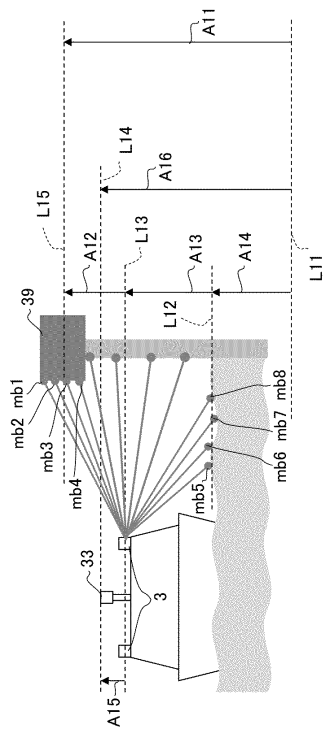
【図8】



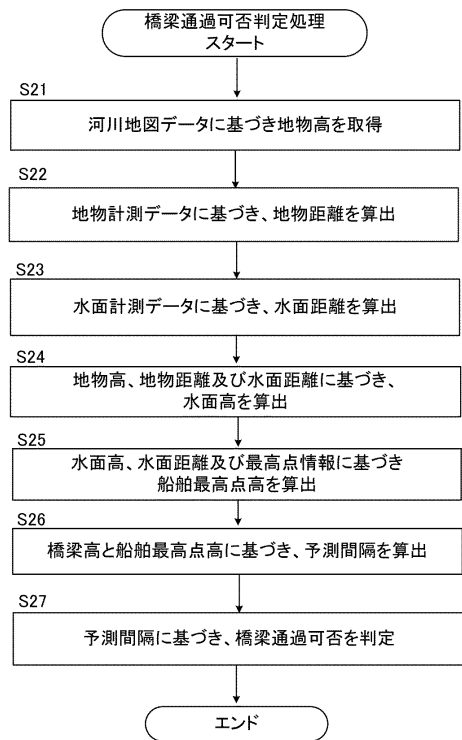
10

20

【図9】



【図10】



30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 加藤 将大
埼玉県川越市山田2 5 番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内
- (72)発明者 後藤田 明
埼玉県川越市山田2 5 番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内
- (72)発明者 白鳥 邦雄
東京都文京区本駒込二丁目2 8 番8号 パイオニア株式会社内
- 審査官 福田 信成
- (56)参考文献 中国特許出願公開第1 0 8 9 1 9 2 9 9 (C N , A)
特開2 0 0 0 - 1 4 2 5 7 0 (J P , A)
中国実用新案第2 0 6 8 6 3 9 7 0 (C N , U)
中国特許出願公開第1 0 7 9 4 5 5 7 9 (C N , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
B 6 3 B 4 9 / 0 0
B 6 3 B 4 3 / 1 8
G 0 8 G 3 / 0 0