

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2024年12月19日(19.12.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/257640 A1

(51) 国際特許分類:

G06F 30/20 (2020.01) B63B 79/30 (2020.01)
B63B 25/16 (2006.01) F17C 13/08 (2006.01)
B63B 79/10 (2020.01) G01M 99/00 (2011.01)

KAISHA) [JP/JP]; 〒6508670 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 Hyogo (JP).

(72) 発明者: 今井 達也 (IMAI, Tatsuya). 白土透 (SHIRATSUCHI, Toru). 上田 雄一郎 (UEDA, Yuichiro).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/020249

(22) 国際出願日: 2024年6月3日(03.06.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-096258 2023年6月12日(12.06.2023) JP

(71) 出願人: 川崎重工業株式会社 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI

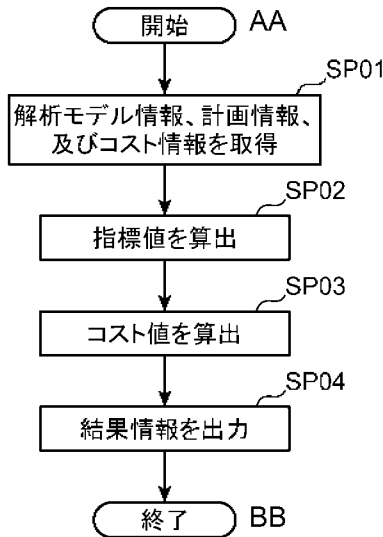
(74) 代理人: 弁理士法人三協国際特許事務所, 外(SANKYO PATENT ATTORNEYS OFFICE et al.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島2丁目2番2号大阪中之島ビル2階 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,

(54) Title: INFORMATION PROCESSING METHOD, INFORMATION PROCESSING DEVICE, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理方法、情報処理装置、及びプログラム

[図3]



SP01 Acquire analysis model information, plan information, and cost information
SP02 Calculate index value
SP03 Calculate cost value
SP04 Output results information
AA Start
BB End

(57) Abstract: This information processing device: acquires analysis model information for performing a state estimation of a structure, and plan information including an installation site of a measuring instrument for measuring a physical quantity related to the state of the structure; calculates, on the basis of the acquired analysis model information and plan information, an index value of the degree to which the installation site contributes to the accuracy of the state estimation; and outputs results information including the calculated index value.

KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 情報処理装置は、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得し、取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した前記指標値を含む結果情報を出力する。

明 細 書

発明の名称： 情報処理方法、情報処理装置、及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、情報処理方法、情報処理装置、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献 1 には、背景技術に係る状態推定システムが開示されている。当該システムは、船舶に設置された液化ガスタンクの状態を推定するシステムであって、計測ユニットと、計算ユニットと、データ同化ユニットと、評価ユニットとを備える。計測ユニットは、前記液化ガスタンクの強度に関する状態を計測する計測器を備える。計算ユニットは、前記液化ガスタンクの強度に関する状態を事前解析モデルによって計算する。データ同化ユニットは、前記計測ユニットで取得した計測結果を用いたデータ同化によって前記事前解析モデルを更新する。評価ユニットは、前記計算ユニットから出力された計算結果に基づいて前記液化ガスタンクの状態を評価する。

[0003] 特許文献 1 では、計測器の設置箇所を最適化することについて、詳細な検討がなされていない。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2022／145287号

発明の概要

[0005] 本開示は、計測器の設置箇所を最適化することが可能な、情報処理方法、情報処理装置、及びプログラムを得ることを目的とする。

[0006] 本開示の一態様に係る情報処理方法は、情報処理装置が、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得し、取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した前記指標値を含む結果情報を出力する。

[0007] 本開示の他の態様に係る情報処理装置は、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得部と、前記取得部が取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の標値を算出する算出部と、前記算出部が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力部と、を備える。

[0008] 本開示のさらに他の態様に係るプログラムは、情報処理装置を、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得手段と、前記取得手段が取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する算出手段と、前記算出手段が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力手段と、として機能させる。

発明の効果

[0009] 本開示によれば、計測器の設置箇所が構造物の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を出力することによって、計測器の設置箇所を最適化することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]状態推定システムが適用される船舶である液化ガス貯留船を示す図である。

[図2]本開示の実施形態に係る設計支援装置の構成を示す図である。

[図3]情報処理部が実行する処理の流れを示すフローチャートである。

[図4]結果情報を表す画面の一例を簡略化して示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、本開示の実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。なお、異なる図面において同一の符号を付した要素は、同一又は相応する要素を示すものとする。

[0012] 図1に、船用液化ガスタンク状態推定システム（以下、単に「状態推定シ

ステム」という。) 1 が適用される船舶である液化ガス貯留船 3 を示す。この液化ガス貯留船 3 は、水上に浮かべられる船体 5 と、船体 5 に設置された液化ガスを貯留する液化ガスタンク (以下、単に「タンク」という。) 7 とを備えている。

[0013] なお、本明細書において「液化ガス貯留船」とは、液化ガスを貯留する機能を有する船舶一般を指す。本実施形態における液化ガス貯留船 3 は液化ガス運搬船である。もっとも、液化ガス運搬船以外にも、例えば液化ガス燃料船や、液化ガスを他の船舶に供給するバンカリング船等が液化ガス貯留船 3 に含まれる。

[0014] タンク 7 には、タンク 7 とその外部、例えば陸上の液化ガス貯留基地との間で液化ガスを移送するための図示しない配管が取り付けられている。図示の例では、タンク 7 は、上方に突出するドーム部 7 a を有しており、このドーム部 7 a に配管の一端が取り付けられている。配管は、タンク 7 の内部からドーム部 7 a を貫通してタンク 7 の外部へ延設されている。

[0015] タンク 7 に貯留される液化ガスは、例えば、液化石油ガス (L P G、約 -45°C)、液化エチレンガス (L E G、約 -100°C)、液化天然ガス (L N G、約 -160°C)、液化水素 (L H_2 、約 -250°C)、液化ヘリウム (L H e 、約 -270°C) などである。

[0016] 本実施形態では、タンク 7 に液化水素が貯留される。

[0017] 本実施形態では、液化ガス貯留船 3 の船体 5 に 2 つのタンク 7 が設置されている。これら 2 つのタンク 7 は、船体 5 の船長方向に並んでいる。ただし、船体 5 に搭載されるタンク 7 の数は 1 つであってもよいし、3 つ以上であってもよい。各タンク 7 の構成は同一であるので、本明細書では、1 つのタンク 7 のみについて説明する。

[0018] 図示の例に係るタンク 7 は、船体 5 とは独立に形成される独立型タンク 7 である。また、このタンク 7 は、円筒形状の両端部がドーム状に膨出している俵形状を有している。タンク 7 の上部は、船体 5 と一体に設けられたタンクカバー 9 によって覆われている。なお、タンク 7 の形状はこの例に限定さ

れず、例えば球形であってもよいし、方形であってもよい。

[0019] また、本実施形態では、タンク 7 は、内槽 1 1 および外槽 1 3 を有する二重殻タンク 7 として構成されている。例えば、内槽 1 1 と外槽 1 3 との間には真空断熱層が形成されている。もっとも、タンク 7 の構成はこの例に限定されない。例えば、タンク 7 は、断熱材で覆われた一重殻タンクであってもよい。この場合の断熱材は、例えば、複数の真空断熱パネルで構成されてもよいし、複数の発泡パネルで構成されてもよい。

[0020] 船体 5 には、各タンク 7 が設置される凹部 1 5 が形成されており、この凹部 1 5 がタンク 7 の間で隔壁 1 7 によって 2 つのセルに分割されている。各セルの底壁 1 9 に、一对のタンク支持部材 2 1 が配置されている。一对のタンク支持部材 2 1 は、タンク 7 の軸方向に互いに離間する位置でタンク 7 を支持する。各タンク支持部材 2 1 は底壁 1 9 から突設されている。タンク 7 は、タンク支持部材 2 1 上に設置されることにより、船体 5 のセルを形成する各壁から離間した状態で支持されている。本実施形態では、このような構成により、タンク 7 が船体 5 に取り付けられている。

[0021] また、内槽 1 1 と外槽 1 3 との間には、内槽 1 1 を支持する内槽支持部材 2 3 が配置されている。この例では、内槽支持部材 2 3 はタンク支持部材 2 1 の延長上に設けられている。この内槽支持部材 2 3 によって内槽 1 1 と外槽 1 3 とが接続される。内槽支持部材 2 3 および外槽 1 3 を介して内槽 1 1 が船体 5 に支持されている。なお、内槽支持部材 2 3 は、内槽 1 1 と外槽 1 3 のいずれか一方のみに固定され、他方に接触するように設けられていてもよいし、両方に固定されていてもよい。また、内槽支持部材 2 3 は、タンク支持部材 2 1 の延長上に設けられていなくともよく、タンク支持部材 2 1 から船長方向にずれた位置に設けられてもよい。

[0022] なお、船体 5 に対するタンク 7 の支持態様は、上記で説明した例に限定されず、タンク 7 および船体 5 の構造に応じて適宜選択してよい。例えば、タンク 7 が球形状である場合には、タンク 7 を船体 5 に対して支持する円筒状のタンク支持部材 2 1 および内槽 1 1 と外槽 1 3 の間に介装される円筒状の

内槽支持部材 2 3 を採用することができる。

[0023] 次に、上記の構成を有する液化ガスタンク 7 の状態を推定する状態推定システム 1 およびこのシステムを用いた状態推定方法について説明する。図 1 に示すように、状態推定システム 1 は、計測ユニット 3 1、計算ユニット 3 3、データ同化ユニット 3 5 および評価ユニット 3 7 を備えている。

[0024] 計測ユニット 3 1 は、液化ガスタンク 7 の強度等の状態に関する物理量を計測する計測器 3 9 を備えており、計測器 3 9 によって前記物理量を計測する。計測ユニット 3 1 の計測器 3 9 によって計測する、「液化ガスタンク 7 の強度等の状態」とは、例えば、対象部分の変形（歪み）度合いや累積疲労損傷である。計測ユニット 3 1 が備える計測器 3 9 とは、例えば、歪みの度合いを上記物理量として計測する歪みセンサや、累積疲労損傷の算出に必要なき裂量を上記物理量として計測する疲労センサである。計測器 3 9 はこれらのパラメータのうち一種類のみを計測するセンサであってもよく、複数の種類を計測する複数の種類のセンサであってもよい。

[0025] 本実施形態において、計測器 3 9 は、タンク 7 から船体 5 への荷重伝達経路（以下、単に「荷重伝達経路」という。）LP を形成する部分に取り付けられている。より具体的には、この例では、計測器 3 9 は、荷重伝達経路 LP を形成する部分であるタンク支持部材 2 1 および内槽支持部材 2 3 に取り付けられている。

[0026] より具体的には、計測器 3 9 は、例えば、タンク支持部材 2 1 においてはタンク 7 に接触する部分の近傍および船体 5 に連結される部分の近傍に取り付けられている。計測器 3 9 は、例えば、内槽支持部材 2 3 においては内槽 1 1 および外槽 1 3 に接触する部分の近傍に取り付けられている。

[0027] このように、計測器 3 9 を、疲労による強度低下が生じやすい部分である荷重伝達経路 LP に取り付けることにより、効率的にタンク 7 の状態を計測することができる。なお、計測器 3 9 が取り付けられる荷重伝達経路 LP を形成する部分は、上記で例示したタンク支持部材 2 1 および内槽支持部材 2 3 上に限定されず、タンク 7 や船体 5 におけるこれらの部材 2 1, 2 3 の近

傍も含む。また、計測器 39 は、荷重伝達経路 LP に代えて、または追加して、他の部分に取り付けてもよい。さらに、タンク 7 の強度に影響を及ぼし得る部分であれば、船体 5 側に計測器 39 を取付けてもよい。タンク 7 又は船体 5 への計測器 39 の設置箇所及び設置点数の最適化は、設計段階において後述する設計支援装置 50 によって行われる。

[0028] 計算ユニット 33 は、タンク 7 の強度に関する状態を事前解析モデルによって計算する。事前解析モデルは、構造物の状態推定を行う解析モデル情報の一例である。事前解析モデルには、船体 5 およびタンク 7 の設計時における材料物性、境界条件、荷重条件等の条件が設定されている。計算ユニット 33 は、この事前解析モデルによって、応力、歪みといったタンク 7 の強度に関する状態を算出する。

[0029] データ同化ユニット 35 は、計測ユニット 31 で取得した計測結果を用いたデータ同化によって前記事前解析モデルを更新する。データ同化は、数値モデルの不確定要因を実測値により統計的に修正する手法である。本実施形態では、データ同化ユニット 35 は、計算ユニット 33 で用いられる数値解析モデルに設定された上述の各種条件やパラメータを、計測ユニット 31 で取得した計測結果と比較し、有意差がある場合には計測結果を用いて修正することにより、事前解析モデルを更新する。

[0030] 評価ユニット 37 は、計算ユニット 33 から出力された計算結果に基づいて前記液化ガスタンク 7 の状態を評価する。具体的には、評価ユニット 37 は、計算ユニット 33 から出力された応力や歪みなどの値に基づいて累積疲労損傷の値を計算し、直ちに補修が必要か否か、あるいは補修が必要になるまでの推定期間を評価する。

[0031] 本実施形態では、評価ユニット 37 は、構造信頼性解析によって、推定対象物であるタンク 7 の強度に関する評価を行う。構造信頼性解析では、所定の期間中对象の構造物が疲労損傷や静的破壊、脆性破壊などを生じる確率を算出する。本実施形態の例では、評価ユニット 37 は、構造信頼解析を用いて、上記の想定運航期間中にタンク 7 に疲労損傷を生じる確率を算出する

。構造信頼解析の具体的な手法としては、例えば、一般的に知られている、数値積分法、Monte-Carloシミュレーション法、一次信頼性評価法、二次信頼性評価法、高次積率法、重点サンプリング法、応答面法などを用いることができる。

[0032] このように構造信頼性解析を用いて評価を行うことにより、タンク 7 の状態についての評価結果を、補修の必要性等より実用的な情報として出力することが可能になる。もっとも、評価ユニット 37 によるタンク 7 状態の評価は、構造信頼性解析を用いずに、累積疲労損傷の確定値として出力してもよい。

[0033] 状態推定システム 1 は、さらに、評価ユニット 37 による評価結果を適宜の方法で報知する報知ユニット 43 を備えてもよい。報知ユニット 43 は、例えば、疲労強度低下の程度、所定の短期間内に疲労損傷が発生する確率に応じて、補修をすべき旨の警告や、荒天を回避すべき旨の警告を表示するように構成される。

[0034] なお、状態推定システム 1 および状態推定方法が適用されるタンク 7 は、上記の例に限定されない。例えば、タンク 7 は方形の独立型タンクであってもよいし、独立型ではなく、船体 5 と一体的に形成された、いわゆるメンブレン型のタンクであってもよい。また、タンク 7 に限らず、任意の構造体であってもよい。

[0035] 図 2 は、本開示の実施形態に係る設計支援装置 50 の構成を示す図である。設計支援装置 50 は、専用の端末として構成されていてもよいし、汎用のコンピュータを用いて構成されていてもよいし、サーバ装置として構成されていてもよい。また、設計支援装置 50 の機能がこれら複数の装置に分散して実装されていてもよい。

[0036] 設計支援装置 50 は、情報処理部 51、入力部 52、記憶部 53、及び表示部 54 を備えている。

[0037] 入力部 52 は、マウス、キーボード、又はタッチパネル等の任意の入力装置を用いて構成されている。

- [0038] 表示部 5 4 は、液晶ディスプレイ又は有機 E L ディスプレイ等の任意の表示装置を用いて構成されている。
- [0039] 記憶部 5 3 は、H D D、S S D、又は半導体メモリ等を用いて構成されている。記憶部 5 3 は、解析モデル情報 7 1、計画情報 7 2、及びコスト情報 7 3 を記憶する。但し、コスト情報 7 3 は省略されてもよい。
- [0040] 解析モデル情報 7 1 は、構造物の状態推定を行うためのモデルであり、本実施形態ではタンク 7 の強度に関する状態を推定する上記の事前解析モデルに相当する。
- [0041] 計画情報 7 2 は、計測器 3 9 の設置箇所及び設置点数の計画に関する設計情報を含む。計画情報 7 2 には、設置箇所及び設置点数の少なくとも一方が異なる複数の計画情報が含まれる。但し、各設置箇所への設置点数を所定数（例えば「1」）に固定することにより、設置点数の情報は省略されてもよい。
- [0042] コスト情報 7 3 は、計測器 3 9 を設置するために必要な設置コストに関する情報である。コスト情報 7 3 は、物品コスト D B（データベース）8 1 及び施工コスト D B 8 2 を含む。物品コスト D B 8 1 は、計測器 3 9 の単価に応じた物品コストを示すデータベースであり、物品コストは計測器 3 9 の種類によって異なる。施工コスト D B 8 2 は、計測器 3 9 の設置に伴う材料費及び人件費等の施工コストを示すデータベースであり、施工コストは計測器 3 9 の設置箇所によって異なる。
- [0043] 情報処理部 5 1 は、C P U 等のプロセッサを用いて構成されている。情報処理部 5 1 は、コンピュータ読み取り可能な R O M 等の不揮発性記録媒体から読み出したプログラムをプロセッサが実行することによって実現される機能として、取得部 6 1、算出部 6 2、及び出力部 6 3 を備えている。換言すれば、上記プログラムは、設計支援装置 5 0 に搭載される情報処理装置としての情報処理部 5 1 を、取得部 6 1（取得手段）、算出部 6 2（算出手段）、及び出力部 6 3（出力手段）として機能させるためのプログラムである。
- [0044] 図 3 は、情報処理部 5 1 が実行する処理の流れを示すフローチャートであ

る。

[0045] まずステップS P O 1において取得部6 1は、解析モデル情報7 1、計画情報7 2、及びコスト情報7 3を、記憶部5 3から読み出すことによって取得する。

[0046] 次にステップS P O 2において算出部6 2は、取得部6 1が取得した解析モデル情報7 1及び計画情報7 2に基づいて、計測器3 9の設置箇所が解析モデル情報7 1の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する。後述するように、本実施形態の例では当該指標値として経験的可観測性グラミアの最小固有値を用いるが、この例に限られない。

[0047] 次にステップS P O 3において算出部6 2は、取得部6 1が取得したコスト情報7 3及び計画情報7 2に基づいて、計画情報7 2に応じて計測器3 9を設置するために必要なコスト値を算出する。なお、ステップS P O 3はステップS P O 2より前に実行されてもよいし、ステップS P O 2とステップS P O 3とが同時に実行されてもよい。

[0048] 次にステップS P O 4において出力部6 3は、算出部6 2が算出した上記指標値及び上記コスト値を含む結果情報を生成して出力する。出力部6 3が出力した結果情報は、表示部5 4に入力される。本実施形態の例では、結果情報は、計画情報7 2と指標値とコスト値との対応関係を表示するグラフを含む画面9 0の画像データであるが、この例に限られない。ユーザは、表示部5 4に表示された画面9 0を視認することによって複数の計画情報に対応する複数の結果情報を比較検討でき、例えば最良の結果が得られた計画情報を採用することによって、計測器3 9の設置箇所及び設置点数を設計段階で最適化することができる。

[0049] なお、重み係数を用いた指標値とコスト値との加重和を算出部6 2が評価値として算出し、出力部6 3が当該評価値を出力することにより、当該評価値に基づいて最適な計画情報を自動選択する構成としてもよい。

[0050] 図4は、結果情報を表す画面9 0の一例を簡略化して示す図である。

[0051] 画面9 0の左上の領域には、計画情報7 2に含まれる複数の計画情報に対

応する複数の計測パターンP 1～P 3が表示されている。この例では、計測パターンP 1は○印で示す3個の計測器3 9を含み、計測パターンP 2は□印で示す4個の計測器3 9を含み、計測パターンP 3は×印で示す6個の計測器3 9を含む。

[0052] 画面9 0の左下の領域には、計測器3 9の設置箇所に応じた上記寄与度の大きさを色分けして図示したコンター図が表示されている。

[0053] 画面9 0の右側領域には、横軸をコスト値とし、縦軸を寄与度の指標値とし、各計測パターンP 1～P 3の結果をプロットしたグラフが表示されている。原点Oを通る直線Lは、ユーザによって任意に設定される境界線を示している。ユーザは、直線Lよりも上側の領域に結果がプロットされている計画情報（この例では計測パターンP 1）を採用でき、直線Lよりも下側の領域に結果がプロットされている計画情報（この例では計測パターンP 2，P 3）を採用できない。

[0054] 以下、算出部6 2による指標値の算出手法について詳細に説明する。

[0055] システムの状態方程式は、式（1）及び式（2）によって示される。

[0056] [数1]

$$\mathbf{x}_t = f(\mathbf{x}_{t-1}, \mathbf{v}_t) \quad \cdots(1)$$

[0057] [数2]

$$\mathbf{y}_t = H\mathbf{x}_t + \mathbf{w}_t \quad \cdots(2)$$

[0058] $\mathbf{x}_t$ は状態ベクトルであり、ある時刻tにおける状態（節点変位又は応力など）を表す。

[0059] $f(\cdot)$ はシミュレーションモデルであり、例えばFEM（Finite Element Method）を用いた解析モデルである。

[0060] $\mathbf{v}_t$ はシステムノイズであり、シミュレーションの不確実性を表すベクトルである。

[0061] $\mathbf{y}_t$ は観測ベクトルであり、 $\mathbf{x}_t$ から観測値を取り出したベクトルを表す。

[0062] Hは観測行列であり、 $\mathbf{x}_t$ から観測値を取り出すための行列である。各計画

情報における計測器 39 の設置箇所は、観測行列 H によって与えられる。

[0063] w_t は観測ノイズであり、観測の不確実性を表す。

[0064] 線形システムである場合は、式 (1) は式 (3) の線形結合で表される。

[0065] [数3]

$$\mathbf{x}_t = A\mathbf{x}_{t-1} + \mathbf{v}_t \quad \cdots(3)$$

[0066] この場合、式 (4) の可観測性グラム行列 G_o が正則であれば状態推定可能と判断でき、可観測性グラム行列 G_o の固有値の大小によって計測点の優劣を評価可能である。式 (4) において τ は積分変数を示す。なお、可観測性とは、システムにおいて計測値から状態を推定可能か判断する指標を意味する。

[0067] [数4]

$$G_o = \int_0^t e^{A^T \tau} H^T H e^{A \tau} d\tau \quad \cdots(4)$$

[0068] 一方、非線形システムである場合は、可観測性グラム行列 G_o の厳密解が求められない。従って、非線形システムである場合は、可観測性グラム行列 G_o に代えて、式 (5) で示される経験的可観測性グラム行列 G_o' を用い、例えばその最小固有値を、状態推定精度への寄与度を示す指標値として用いる。なお、指標値としては、経験的可観測性グラム行列 G_o' の最小固有値、最大固有値、トレース、又はこれらの平均値等を用いることができ、ユーザ又はサービス提供者等によって任意に選択できてよい。

[0069] [数5]

$$G_o' = \sum_{k=1}^K Y_k^T Y_k \quad \cdots(5)$$

[0070] 式 (5) 中の Y_k は、式 (6) で与えられる。k は時間ステップである。

[0071] [数6]

$$Y_k = [\Delta \mathbf{y}(k, 1), \cdots, \Delta \mathbf{y}(k, n)] \quad \cdots(6)$$

[0072] 式（６）中の n はユーザによって定義された摂動の数を表す。摂動については後述する。

[0073] 式（６）中の $\Delta y(k, n)$ は、式（７）で与えられる。これは、初期値 x_0 に微小な摂動 δu_n を加えた際の観測ベクトル y の差分を示す。

[0074] [数7]

$$\Delta y(k, n) = \frac{1}{2\rho} [y(t_k, x_0 + \rho \delta u_n) - y(t_k, x_0 - \rho \delta u_n)] \quad \cdots (7)$$

[0075] 式（７）中の ρ は摂動 δu_n のノルムであり、式（８）で与えられる。

[0076] [数8]

$$\rho = \|\delta u_n\| \quad \cdots (8)$$

[0077] なお、上記の例では算出部62は関数式を用いて指標値を算出したが、変形例として、機械学習による学習済みモデル又はルックアップテーブル等を用いて指標値を算出する構成としてもよい。

[0078] 以下、摂動 δu_n の求め方の一例について説明する。

[0079] まず、シミュレーションの状態ベクトル x_t を列方向に時間発展を取るように並べた式（９）のSnapshot行列 X に対し、式（１０）の分散共分散行列 S を定義する。

[0080] [数9]

$$X = (x_1, x_2, \cdots, x_t) \quad \cdots (9)$$

[0081] [数10]

$$S = \frac{1}{t-1} XX^T \quad \cdots (10)$$

[0082] 次に、分散共分散行列 S の固有値分解（主成分分析）を行い、固有値及び固有ベクトルを求める。計算の簡略化のため、実際は式（１１）の条件で特異値分解し、式（１２）における対角行列 D^2 の各値を固有値とし、 U の各列を固有ベクトルとする。

[0083]

[数11]

$$X = UDV^T \text{ (} U \text{は} U^T = U^{-1} \text{、} V \text{は} V^T = V^{-1} \text{を満たす)} \cdots (11)$$

[0084] [数12]

$$XX^T = UD^2U^{-1} \cdots (12)$$

[0085] 最後に、得られた固有値を大きい順に並べる。用いる固有値の数 c を任意に決定し、固有値に対応する固有ベクトルを摂動 δu_n ($1 < n < c$) とする。

[0086] なお、本開示にて開示する情報処理部 51 をはじめとする各要素の機能は、開示された機能を実行するよう構成またはプログラムされた汎用プロセッサ、専用プロセッサ、集積回路、ASIC (Application Specific Integrated Circuits)、従来の回路、および／または、それらの組み合わせ、を含む回路または処理回路を使用して実行できる。プロセッサは、トランジスタやその他の回路を含むため、処理回路または回路と見なされる。本開示において、回路、ユニット、または手段は、列挙された機能を実行するハードウェアであるか、または、列挙された機能を実行するようにプログラムされたハードウェアである。ハードウェアは、本明細書に開示されているハードウェアであってもよいし、あるいは、列挙された機能を実行するようにプログラムまたは構成されているその他の既知のハードウェアであってもよい。ハードウェアが回路の一種と考えられるプロセッサである場合、回路、手段、またはユニットはハードウェアとソフトウェアの組み合わせであり、ソフトウェアはハードウェアおよび／またはプロセッサの構成に使用される。

[0087] 本実施形態に係る設計支援装置 50 によれば、計測器 39 の設置箇所がタンク 7 の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した指標値を含む結果情報を出力することによって、状態推定の精度に応じて計測器 39 の設置箇所を最適化することが可能となる。

[0088] また、計画情報 72 が計測器 39 の設置点数を含むことにより、状態推定の精度に応じて計測器 39 の設置点数を最適化することが可能となる。

[0089] また、コスト情報 7 3 を用いることにより、計測器 3 9 の設置コストに応じて計測器 3 9 の設置箇所を最適化することが可能となる。

[0090] また、コスト情報 7 3 が物品コスト DB 8 1 及び施工コスト DB 8 2 を含むことにより、適切な設置コストを算出することが可能となる。

[0091] また、結果情報が、計画情報 7 2 と指標値との対応関係を表示するグラフを含む画面 9 0 の画像データであることにより、計画情報 7 2 と指標値との対応関係をユーザに分かりやすく提示することが可能となる。

[0092] また、構造物が、船舶に設置された液化ガスタンクであることにより、船舶に設置された液化ガスタンクの状態推定を高精度な解析モデルを用いて行うことが可能となる。

[0093] <本開示のまとめ>

以上説明した本開示の実施形態をまとめると、以下のとおりである。

[0094] 本開示の第 1 の態様に係る情報処理方法は、情報処理装置が、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得し、取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した前記指標値を含む結果情報を出力する。

[0095] 第 1 態様によれば、計測器の設置箇所が構造物の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した指標値を含む結果情報を出力することによって、状態推定の精度に応じて計測器の設置箇所を最適化することが可能となる。

[0096] 本開示の第 2 態様に係る情報処理方法は、第 1 態様において、前記計画情報は、前記計測器の設置点数をさらに含むと良い。

[0097] 第 2 態様によれば、状態推定の精度に応じてさらに計測器の設置点数を最適化することが可能となる。

[0098] 本開示の第 3 態様に係る情報処理方法は、第 1 又は第 2 態様において、前記計測器を設置するために必要な設置コストに関するコスト情報をさらに取

得し、前記コスト情報と前記計画情報とに基づいて、前記計画情報に応じて前記計測器を設置するために必要なコスト値をさらに算出し、前記結果情報は、算出した前記コスト値をさらに含むと良い。

[0099] 第3態様によれば、さらに計測器の設置コストに応じて計測器の設置箇所を最適化することが可能となる。

[0100] 本開示の第4態様に係る情報処理方法は、第3態様において、前記設置コストは、前記計測器の単価に応じた物品コスト、及び、前記設置箇所に応じた施工コストを含むと良い。

[0101] 第4態様によれば、適切な設置コストを算出することが可能となる。

[0102] 本開示の第5態様に係る情報処理方法は、第1～第4態様のいずれか一つにおいて、前記結果情報は、前記計画情報と前記指標値との対応関係を表示するグラフを含むと良い。

[0103] 第5態様によれば、計画情報と指標値との対応関係をユーザに分かりやすく提示することが可能となる。

[0104] 本開示の第6態様に係る情報処理装置は、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得部と、前記取得部が取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する算出部と、前記算出部が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力部と、
を備える。

[0105] 第6態様によれば、計測器の設置箇所が構造物の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した指標値を含む結果情報を出力することによって、状態推定の精度に応じて計測器の設置箇所を最適化することが可能となる。

[0106] 本開示の第7態様に係るプログラムは、情報処理装置を、構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得手段と、前記取得手段が取

得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する算出手段と、前記算出手段が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力手段と、として機能させるためのプログラムである。

[0107] 第7態様によれば、計測器の設置箇所が構造物の状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、算出した指標値を含む結果情報を出力することによって、状態推定の精度に応じて計測器の設置箇所を最適化することが可能となる。

請求の範囲

- [請求項1] 情報処理装置が、
構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得し、
取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出し、
算出した前記指標値を含む結果情報を出力する、
情報処理方法。
- [請求項2] 前記計画情報は、前記計測器の設置点数をさらに含む、請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項3] 前記計測器を設置するために必要な設置コストに関するコスト情報をさらに取得し、
前記コスト情報と前記計画情報とに基づいて、前記計画情報に応じて前記計測器を設置するために必要なコスト値をさらに算出し、
前記結果情報は、算出した前記コスト値をさらに含む、請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項4] 前記設置コストは、前記計測器の単価に応じた物品コスト、及び、前記設置箇所に応じた施工コストを含む、請求項3に記載の情報処理方法。
- [請求項5] 前記結果情報は、前記計画情報と前記指標値との対応関係を表示するグラフを含む、請求項1に記載の情報処理方法。
- [請求項6] 構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得部と、
前記取得部が取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する算出部と、
前記算出部が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力部

と、

を備える、情報処理装置。

[請求項7]

情報処理装置を、

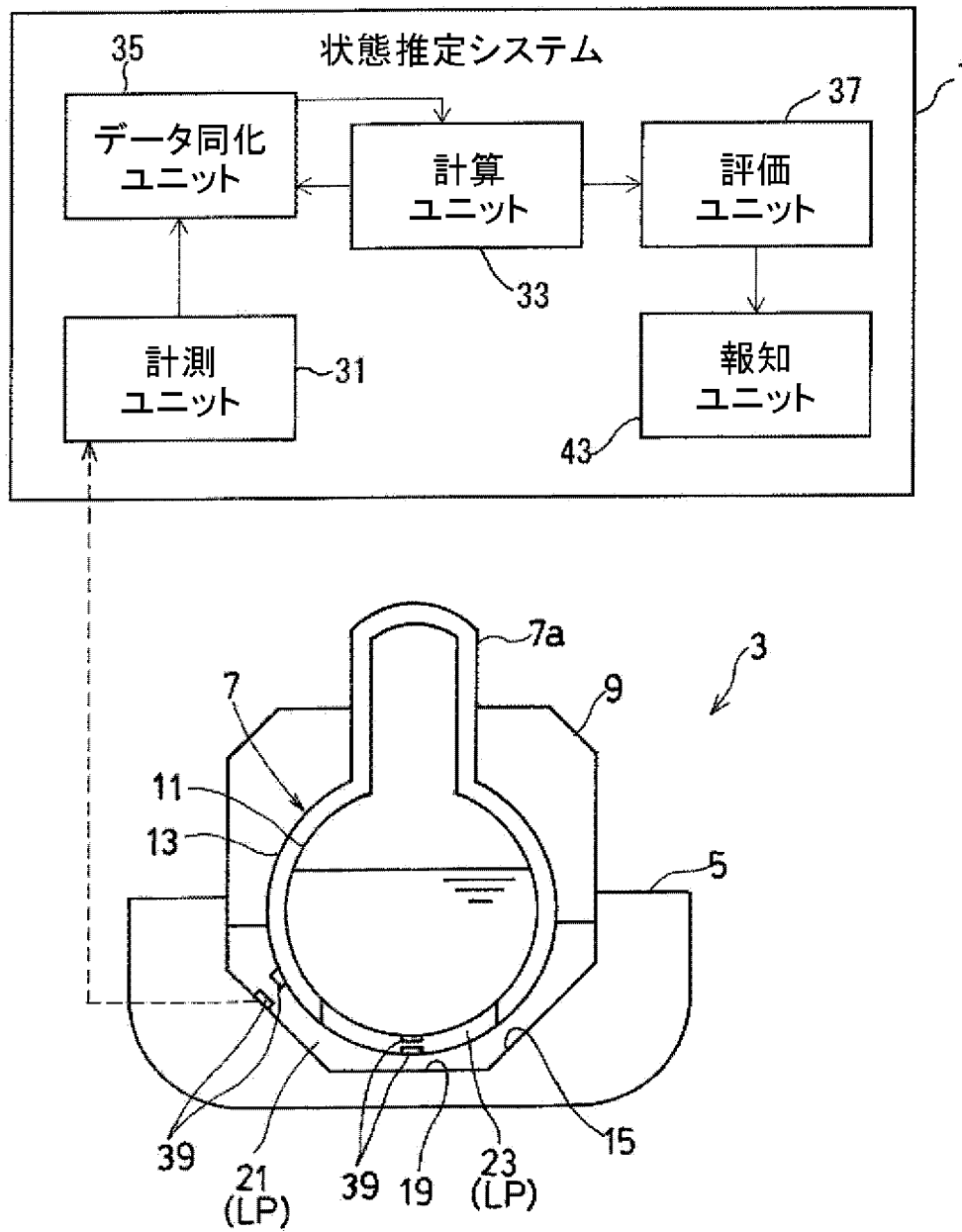
構造物の状態推定を行う解析モデル情報と、前記構造物の状態に関する物理量を計測する計測器の設置箇所を含む計画情報とを取得する取得手段と、

前記取得手段が取得した前記解析モデル情報と前記計画情報とに基づいて、前記設置箇所が前記状態推定の精度に与える寄与度の指標値を算出する算出手段と、

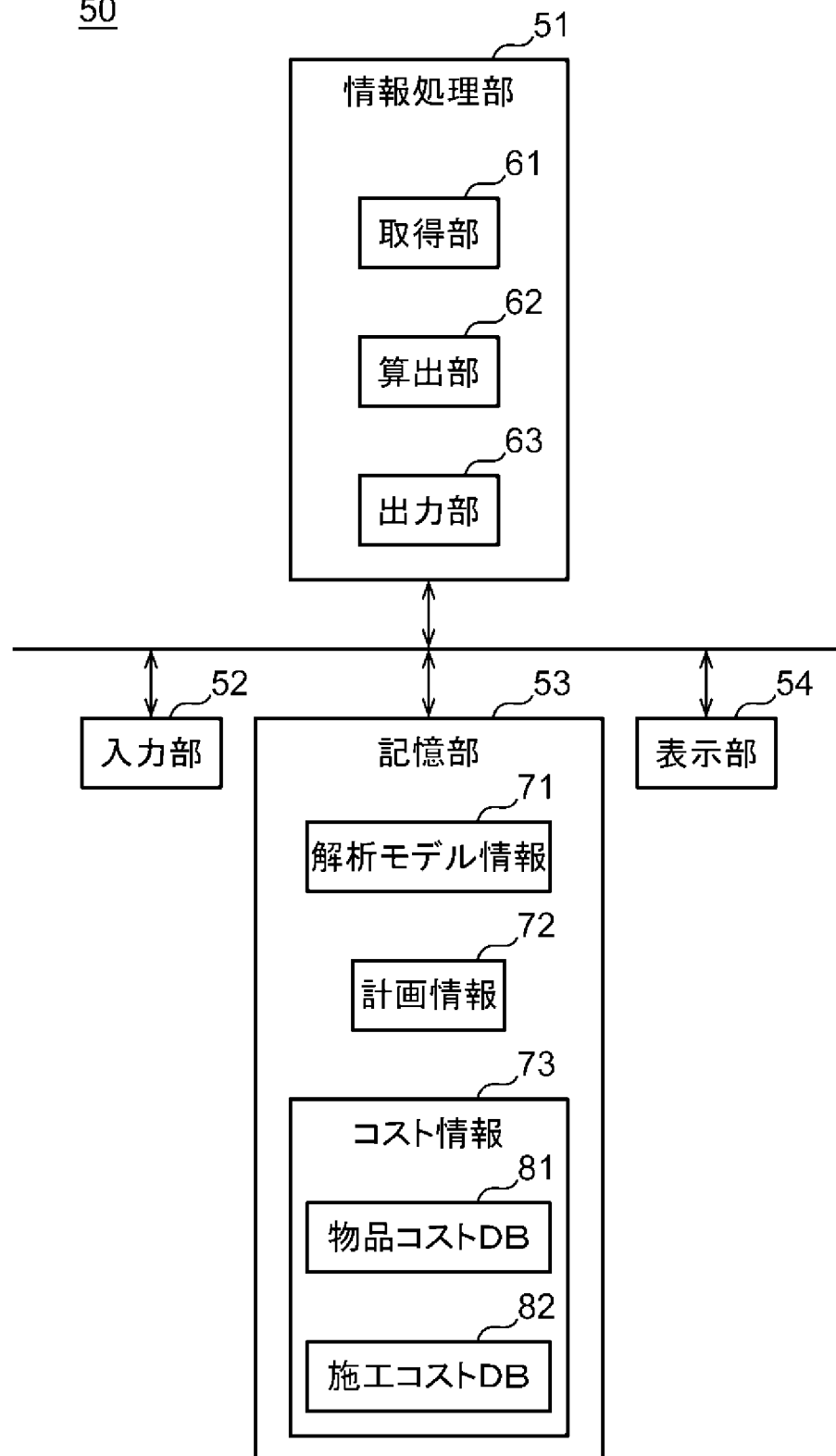
前記算出手段が算出した前記指標値を含む結果情報を出力する出力手段と、

として機能させるためのプログラム。

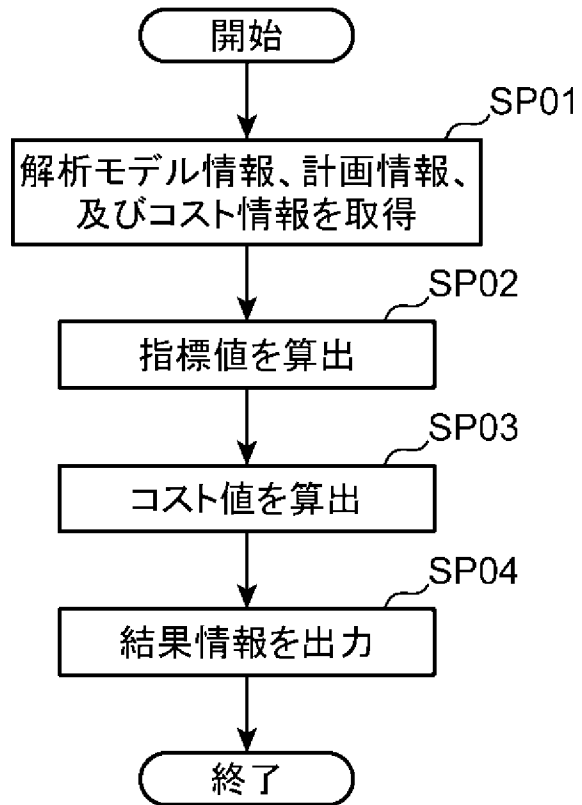
[図1]



[図2]

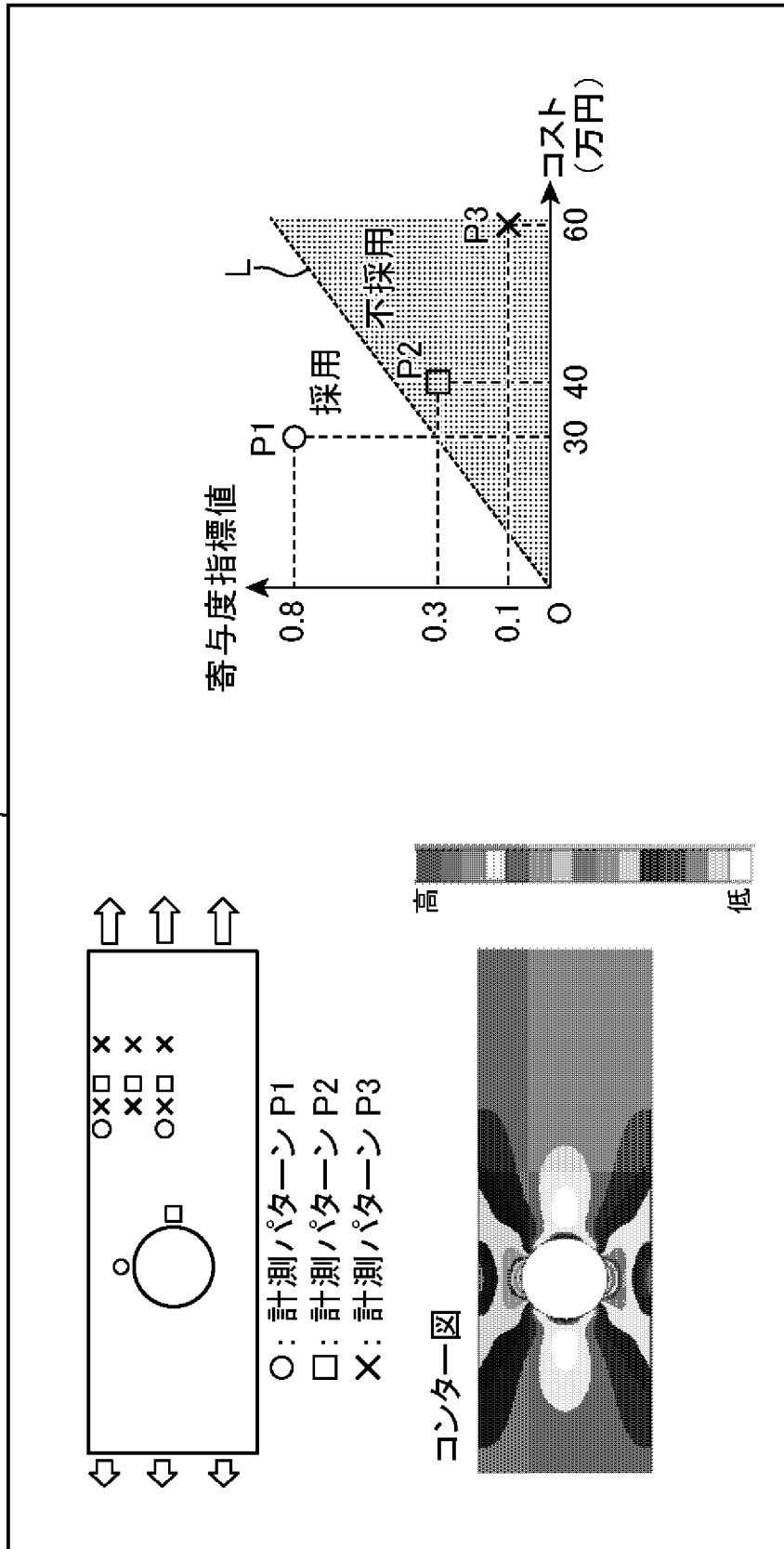
50

[図3]



[図4]

90



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/020249

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 30/20 (2020.01)i; B63B 25/16 (2006.01)i; B63B 79/10 (2020.01)i; B63B 79/30 (2020.01)i; F17C 13/08 (2006.01)i; G01M 99/00 (2011.01)i FI: G06F30/20; B63B25/16 Z; B63B79/10; B63B79/30; F17C13/08 302Z; G01M99/00 Z According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F30/00 - 30/398; B63B25/16; B63B79/10; B63B79/30; F17C13/08; G01M99/00 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamIII); IEEE Xplore		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-144182 A (HITACHI, LTD.) 29 August 2019 (2019-08-29) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2022/145287 A1 (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 07 July 2022 (2022-07-07) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2020/149044 A1 (HITACHI, LTD.) 23 July 2020 (2020-07-23) entire text, all drawings	1-7
A	WO 2022/107482 A1 (MITSUBISHI SHIPBUILDING CO., LTD.) 27 May 2022 (2022-05-27) entire text, all drawings	1-7
A	JP 2015-94587 A (SEIKO EPSON CORPORATION) 18 May 2015 (2015-05-18) entire text, all drawings	1-7
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “D” document cited by the applicant in the international application “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 10 July 2024		Date of mailing of the international search report 23 July 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/020249

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2019-144182	A	29 August 2019	GB	2572841	A	
				entire text, all drawings			
WO	2022/145287	A1	07 July 2022	EP	4269227	A1	
				entire text, all drawings			
				CN	116783113	A	
				KR	10-2023-0135084	A	
WO	2020/149044	A1	23 July 2020	CN	113168696	A	
				entire text, all drawings			
WO	2022/107482	A1	27 May 2022	US	2023/0229819	A1	
				entire text, all drawings			
				EP	4144631	A1	
				KR	10-2023-0006529	A	
				CN	115667066	A	
JP	2015-94587	A	18 May 2015	US	2015/0134271	A1	
				entire text, all drawings			
				CN	104634551	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G06F 30/20(2020.01)i; B63B 25/16(2006.01)i; B63B 79/10(2020.01)i; B63B 79/30(2020.01)i; F17C 13/08(2006.01)i; G01M 99/00(2011.01)i
FI: G06F30/20; B63B25/16 Z; B63B79/10; B63B79/30; F17C13/08 302Z; G01M99/00 Z

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

G06F30/00 - 30/398; B63B25/16; B63B79/10; B63B79/30; F17C13/08; G01M99/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922 - 1996年
日本国公開実用新案公報 1971 - 2024年
日本国実用新案登録公報 1996 - 2024年
日本国登録実用新案公報 1994 - 2024年

国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語）

JSTPlus (JDreamIII); IEEE Xplore

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2019-144182 A（株式会社日立製作所）29.08.2019（2019 - 08 - 29） 全文，全図	1-7
A	WO 2022/145287 A1（川崎重工業株式会社）07.07.2022（2022 - 07 - 07） 全文，全図	1-7
A	WO 2020/149044 A1（株式会社日立製作所）23.07.2020（2020 - 07 - 23） 全文，全図	1-7
A	WO 2022/107482 A1（三菱造船株式会社）27.05.2022（2022 - 05 - 27） 全文，全図	1-7
A	JP 2015-94587 A（セイコーエプソン株式会社）18.05.2015（2015 - 05 - 18） 全文，全図	1-7

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 10.07.2024

国際調査報告の発送日 23.07.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

合田 幸裕 5P 4689

電話番号 03-3581-1101 内線 3539

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/020249

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2019-144182	A	29.08.2019	GB	2572841	A	
				全文, 全図			
WO	2022/145287	A1	07.07.2022	EP	4269227	A1	
				全文, 全図			
				CN	116783113	A	
				KR	10-2023-0135084	A	
WO	2020/149044	A1	23.07.2020	CN	113168696	A	
				全文, 全図			
WO	2022/107482	A1	27.05.2022	US	2023/0229819	A1	
				全文, 全図			
				EP	4144631	A1	
				KR	10-2023-0006529	A	
				CN	115667066	A	
JP	2015-94587	A	18.05.2015	US	2015/0134271	A1	
				全文, 全図			
				CN	104634551	A	