

(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
2022年1月20日(20.01.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/014443 A1

(51) 国際特許分類:
G05B 23/02 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/025641

(22) 国際出願日: 2021年7月7日(07.07.2021)

(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 2020-122165 2020年7月16日(16.07.2020) JP

(71) 出願人: コニカ ミノルタ 株式会社 (KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 橋野 弘義 (HASHINO, Hiroyoshi).

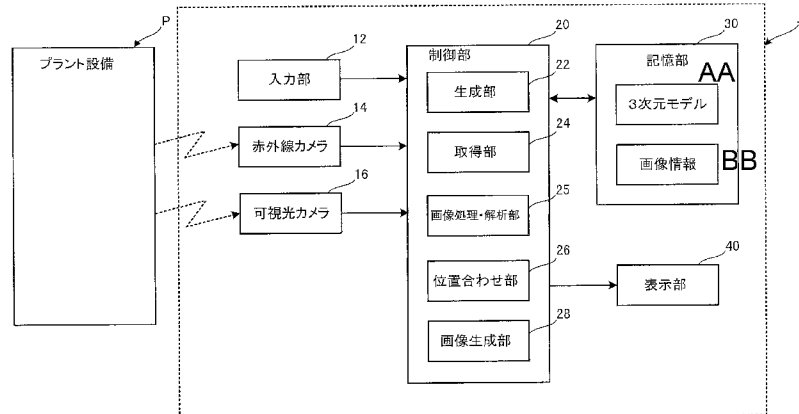
(74) 代理人: 特許業務法人 鷲田国際特許事務所 (WASHIDA & ASSOCIATES); 〒1600023 東京都新宿区西新宿1-23-7 新宿ファーストウェスト8階 Tokyo (JP).

(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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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,

(54) Title: METHOD FOR MANAGING PLANT, PLANT MANAGEMENT DEVICE, AND PLANT MANAGEMENT PROGRAM

(54) 発明の名称: プラント管理方法、プラント管理装置およびプラント管理プログラム

[図1]



12 Input unit

14 Infrared camera

16 Visible light camera

20 Control unit

22 Generation unit

24 Acquisition unit

25 Image processing/analysis unit

26 Positioning unit

28 Image generation unit

30 Storage unit

40 Display unit

P Plant equipment

AA Three-dimensional model

BB Image information

(57) Abstract: A method for managing a plant, a plant management device, and a plant management program according to the present invention make it possible to improve precision of simulations while suppressing increases in costs. The method for managing a plant comprises: a three-dimensional model generation step for generating a three-dimensional model of plant equipment in a virtual space on a computer on the basis of design information relating to the plant equipment in real space; a status image acquisition step for acquiring, as image information, information relating to the status of

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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

the plant equipment; and a storage step for storing, in association with corresponding locations in the three-dimensional model, the information, relating to the status of the plant equipment, acquired as the image information.

(57) 要約: プラント管理方法、プラント管理装置およびプラント管理プログラムは、コストの上昇を抑えつつ、シミュレーションの精度を上げることが可能なものであって、プラント管理方法は、実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間にプラント設備の3次元モデルを生成する3次元モデル生成ステップと、プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する状況画像取得ステップと、画像情報として取得されたプラント設備の状況に関する情報を、3次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶ステップと、を備える。

明 細 書

発明の名称：

プラント管理方法、プラント管理装置およびプラント管理プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、プラント管理方法、プラント管理装置およびプラント管理プログラムに関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献 1 には、水質異常または異常の兆候を検出することのできる発電プラントの水質異常検出装置が開示されている。この水質異常検出装置は、発電プラントを構成する機器に対応して設けられ、発電プラントの運転データと機器の内部状態を示す内部パラメータとに基づいて給水の水質に関する水質情報が演算可能なプラントモデルと、発電プラントから運転データを取得する取得部と、運転データとプラントモデルより算出した水質情報に基づいて、機器における現在の内部状態に対応する内部パラメータを演算して運転内部パラメータを演算する演算部と、正常運転の状態において基準となる基準内部パラメータと運転内部パラメータとに基づいて、水質異常または異常の兆候の有無を判定する判定部と、を備えている。

[0003] 機器や設備の設計データを用いて仮想空間上に 3D モデルを生成し、実空間にある現実の機器や設備の稼働状況、環境情報などの情報をリアルタイムで取得し、その情報を仮想空間上の 3D モデルにフィードバックしてシミュレーションを実施することで、設計の改善や環境に応じた動作指示、故障予測などを可能にするデジタルツインと呼ばれる技術が広まりつつある。

[0004] 例えば、特許文献 2 には、データ収集サーバーが保持する電氣的諸量のデータを基に、各部分系統を再現したモデルを含む電力系統のシミュレーションモデルを生成し、且つ、電氣的諸量の変化を基にモデルを更新することで、実際の電力系統を忠実に模擬する技術が記載されている。現在の電力系統がどのくらい系統事故などの外乱に対して強固な構成になっているかなど、

現在の電力システムの安定性を定量的に示すことができる。そのため、系統増強や電力機器の増強を行う際に、より経済的に必要最小限の対策を提示することが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 1 9 － 1 4 4 7 5 1 号公報

特許文献2：特開 2 0 1 9 － 1 5 4 2 0 1 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、プラント管理にデジタルツイン技術を用いる場合、例えば機器の振動状態や温度状態を振動センサや温度センサを用いて取り込む場合には、測定点での情報しか取得することができない。多くのデータを取得したい場合には、多数のセンサを配置する必要がある、コストが上昇することなどにより、実現するには困難を伴う。一方、センサが少ない場合には、得られる情報が少なく、シミュレーションの精度を上げるのは困難であるという問題点があった。

[0007] 本発明の目的は、コストの上昇を抑えつつ、シミュレーションの精度を上げることが可能なプラント管理方法、プラント管理装置およびプラント管理プログラムを提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の目的を達成するため、本発明におけるプラント管理方法は、
実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の 3 次元モデルを生成する 3 次元モデル生成ステップと、
前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する状況画像取得ステップと、
前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、

前記 3 次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶ステップと、
を備える。

[0009] 本発明におけるプラント管理装置は、
実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の 3 次元モデルを生成する生成部と、
前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する取得部と、
、
前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、
前記 3 次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶部と、
を備える。

[0010] 本発明におけるプラント管理プログラムは、
実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の 3 次元モデルを生成する処理と、
前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する処理と、
前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、
前記 3 次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する処理と、
をコンピュータに実行させる。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、コストの上昇を抑えつつ、シミュレーションの精度を上げることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明の実施の形態に係るプラント管理装置の構成を概略的に示す図である。

[図2] 3 次元モデルの画像上に重ねて表示された状況画像の一例を示す図である。

[図3] 3 次元モデルの位置座標に関連付けられて記憶される状況情報の一例を示す図である。

[図4]状況画像の各画素が持つ情報を、プラント画像上の対応位置に重畳して

表示する一例を示す図である。

[図5]本発明の実施の形態に係るプラント管理方法の一例を示すフローチャートである。

[図6]本発明の実施の形態に係るプラント管理方法の他の例を示すフローチャートである。

[図7]視点からのプラント画像に重ねて表示される状況情報の一例を示す図である。

[図8]本実施の形態の変形例 1 に係るプラント管理装置の構成を概略的に示す図である。

[図9]本実施の形態の変形例 2 に係るプラント管理装置の構成を概略的に示す図である。

[図10] 3 次元モデルに関連付けられて記憶されるメンテナンス情報の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

図 1 は、本発明の実施の形態に係るプラント管理装置 1 の構成を概略的に示す図である。図 2 は、3 次元モデルの画像上に重ねて表示された状況画像の一例を示す図である。以下の説明で、プラント設備 P の状況に関する情報を「状況情報」という場合がある。また、状況情報のうちの画像情報を「状況画像」という場合がある。また、撮像装置で取得された状況画像を「撮影画像」という場合がある。

[0014] 図 1 に示すように、プラント管理装置 1 は、入力部 12 と、赤外線カメラ 14（撮像装置）と、制御部 20 と、記憶部 30 と、表示部 40 とを備える。

[0015] 入力部 12 は、各種データ（例えば、プラント設備 P に関する設計情報および計測情報等）を入力する。

[0016] 赤外線カメラ 14 は、プラント設備 P やその背景から放射される赤外線を撮影する。赤外線カメラ 14 は、プラント設備 P 内の所定の箇所に設置され

てもよく（設置型）、搬送可能に配置されてもよく（可搬型）、小型無人機に搭載されてもよく（ドローン型）、プラント設備P内を自動で巡回するロボットに搭載されてもよい（巡回撮影ロボット型）。

[0017] 赤外線カメラ14は、撮影したプラント設備Pの赤外線画像を定期的に制御部20に送信する。記憶部30は、赤外線画像、および、赤外線画像に付帯する、赤外線カメラ14の撮影地点および撮影方向にかかる付帯情報を記憶する。

[0018] 可視光カメラ16は、プラント設備Pから反射される可視光を撮影する。取得部24は、可視光カメラ16の撮影地点および撮影方向を取得する。可視光カメラ16は、プラント設備P内の所定の箇所に設置されてもよく（設置型）、搬送可能に配置されてもよく（可搬型）、小型無人機に搭載されてもよく（ドローン型）、プラント設備P内を自動で巡回するロボットに搭載されてもよい（巡回撮影ロボット型）。

[0019] 可視光カメラ16は、撮影したプラント設備Pの可視光画像を定期的に制御部20に送信する。記憶部30は、可視画像、および、可視画像に付帯する、可視光カメラ16の撮影地点および撮影方向にかかる付帯情報を記憶する。可視光カメラ16は、赤外線カメラ14と同じ撮影地点から同じ撮影方向を撮影することが好ましい。可視光カメラ16と赤外線カメラ14は一体的に構成されてもよい。

[0020] 制御部20は、CPU（Central Processing Unit）、ROM（Read Only Memory）、RAM（Random Access Memory）等を備える。CPUは、ROMから処理内容に応じたプログラムを読み出してRAMに展開し、展開したプログラムと協働してプラント管理装置1の各ブロックの動作を集中制御する。このとき、記憶部30に記憶されている各種データが参照される。記憶部30は、例えば不揮発性の半導体メモリ（いわゆるフラッシュメモリ）やハードディスクドライブで構成される。

[0021] 制御部20は、通信部を介して、LAN（Local Area Network）、WAN（Wide rea Network）等の通信ネットワークに接続された装置（例えば、赤

外線カメラ１４、可視光カメラ１６）との間で各種データの送受信を行う。制御部２０は、例えば、外部の装置から送信された各種データに基づいて、生成部２２、取得部２４、位置合わせ部２６および画像生成部２８の各機能を実現する。

[0022] 生成部２２は、入力部１２により入力された各種データに基づいて、コンピュータ上の仮想空間に３次元モデルを生成する。ここで、各種データとは、プラント設備Ｐ全体としての配置（位置座標を含む）、プラント設備Ｐを構成する構成部品の位置、形状、プラント設備Ｐにおける精製物の情報（例えば、ガスの場合、種類、配管内での流量、圧力、温度等）、プラント設備Ｐの設計情報、プラント設備Ｐの計測データ（温度、湿度、日照条件、風速、気圧などの環境データ）が含まれる。

[0023] 取得部２４は、プラント設備Ｐの状況に関する情報（状況情報）を状況画像として取得する。例えば、プラント設備Ｐの状況に関する情報が温度情報や流体の漏洩情報である場合、取得部２４は、赤外線カメラ１４により撮影されたプラント設備Ｐの赤外線画像（状況画像）を取得する。また、取得部２４は、赤外線カメラ１４の撮影地点および撮影方向を取得する。また、取得部２４は、可視光カメラ１６により撮影されたプラント設備Ｐの可視光画像（状況画像）を取得する。また、取得部２４は、可視光カメラ１６の撮影地点および撮影方向を取得する。

[0024] 画像処理・解析部２５は、赤外線カメラ１４により撮影された赤外線画像を画像処理することによって、ガス漏洩エリアの画像（抽出画像）および温度画像を抽出する。また、画像処理・解析部２５は、可視光カメラ１６により撮影された可視光画像を画像処理および画像解析することによって、プラント設備Ｐの錆の発生状況を示す錆エリアの画像（抽出画像）、プラント設備Ｐの外観形状の変形状況を示す変形エリアの画像（抽出画像）、あるいはプラント設備Ｐの振動状況を示す振動エリアの画像（抽出画像）、を抽出する。以下の説明において、状況画像には、画像処理によって、赤外線画像（原画像）から抽出されたガス漏洩エリアの画像（抽出画像）や温度画像が含

まれる。また、状況画像には、可視光画像（原画像）から抽出された錆エリアの画像（抽出画像）、変形エリアの画像（抽出画像）、あるいはプラント設備Pの振動画像（抽出画像）、が含まれる。

[0025] また、画像処理・解析部25は、ガス漏洩エリアの画像から、空間に広がるガス雲の空間座標情報、およびガスの漏洩位置の情報（状況情報）を得る。漏洩位置の推定方法は、例えば特許第6620878号に記載の方法など、公知の手法を用いることができる。

[0026] 画像処理・解析部25は、撮像された赤外線画像（状況画像）の各画素の値を、所定の式に基づき変換することで、構成部品の温度情報（状況情報）を得る。

[0027] 画像処理・解析部25は、撮像された可視光画像（状況画像）を解析することで、プラント設備を構成する配管などの構成部品の振動の情報（振幅および周波数）を得る。振動の情報を得る手法としては、例えば国際公開公報WO2018207528に記載されている。

[0028] 画像処理・解析部25は、撮像された可視光画像（状況画像）を解析することで、プラント設備を構成する配管などの構成部品の外観に関する錆の情報（状況情報）を得る。錆の発生は、例えば画像の色情報を用いることで、認識できる。

[0029] 画像処理・解析部25は、撮像された可視光画像（状況画像）を解析することで、プラント設備を構成する配管などの構成部品の外観に関する変形情報（状況情報）を得る。変形の発生は、例えば撮影画像とプラント設備Pの設計情報とを比較することで得ることができる。あるいは、撮影対象の3次元情報を取得できるカメラを用い、得られた撮影対象の3次元形状と、プラント設備Pの設計情報とを比較することで得ることができる。3次元情報は、例えば三角測量に基づく距離測定方法や、光速を利用した距離測定方法（タイムオブフライト方式）を用いて得ることができる。

[0030] 位置合わせ部26は、複数種類の状況画像（ガス漏洩エリアの画像、錆エリアの画像等）の各画素の位置を3次元モデルの座標における位置と関連付

ける。以下の説明で、状況画像を３次元モデルと関連付けるとは、状況画像の各画素の位置を３次元モデルの座標における位置と関連付けることを意味する。

[0031] 記憶部３０は、プラント設備Ｐの状況に関する情報（状況情報）を、３次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する。具体的には、記憶部３０は、赤外線カメラ１４により撮影されたプラント設備Ｐの赤外線画像を３次元モデルに関連付けて記憶する。また、記憶部３０は、可視光カメラ１６により撮影されたプラント設備Ｐの可視光画像を３次元モデルに関連付けて記憶する。

[0032] 図３は、３次元モデルの位置座標に関連付けられて記憶される状況情報の一例を示す図である。図３に示すように、記憶部３０は、撮影日時を付帯情報として記憶する。また、記憶部３０は、状況情報として表面温度（℃）、ガス漏洩の有無、錆の有無を記憶する。図３に示すように、表面温度の列の「２０」、「４０」「２５」は、表面温度℃を示し、ガス漏洩の列の「０」は、ガス漏洩がないことを示し、「１」は、ガス漏洩があることを示す。またガスの漏洩位置と対応づけて、ガス雲の３次元空間における広がり（空間座標）を記憶する（不図示）。ガス雲の空間座標は、複数の位置から撮影された赤外画像から算出できる。一方向からの赤外画像しかない場合は、奥行き方向の広がりを左右方向の広がりと同じだと仮定して算出してもよい。また、ガスの漏洩位置と対応づけて、撮影された赤外画像（動画を含む）あるいは画像処理されて抽出されたガス雲の画像（動画を含む）を記憶してもよい。錆の列の「０」は、錆がないことを示し、「１」は、錆があることを示す。錆の状態に応じて多段階で記憶されてもよい。

[0033] 画像生成部２８は、３次元モデルに基づいて、所定の視点からのプラント設備Ｐの画像（以下、プラント画像）を生成する。

[0034] 表示部４０は、状況画像の各画素が持つ情報をプラント画像上の対応位置に重畳して表示する。

[0035] 図４は、状況画像の各画素が持つ情報を、プラント画像上の対応位置に重

置して表示する一例を示す図である。図4に示す一例では、プラント画像はガスタンクの画像である。また、状況画像は、ガス漏洩の状態を示す画像（ここでは、ガス雲）である。なお、ガス雲は、記憶部30に記憶されているガス雲の空間座標に基づいて生成されたCG（Computer Graphics）画像が表示される。表示画面の下部にプラント設備Pの地図（3Dモデルの平面図）が表示される。赤外線カメラ14の視点位置は黒丸として3Dモデルの平面図内に示されている。視点の高さを指定する高さバーは、3Dモデルの平面図の右側に表示されている。平面図内には、視点（黒丸）からの、プラント画像の画角範囲が破線で示されている。表示画面の右下部に、視点の向きを示す楕円の組み合わせの図が表示されている。視点の方向と表示画角は、プラント画像に対するマウス操作により変更可能にされる。あるいは平面図内の黒丸および高さバーの移動により変更可能にされてもよい。表示画角は、＋、－ボタンにより変更可能にされてもよい。

[0036] なお、制御部20の各構成は、ネットワークで繋がれて、例えば、3次元モデルはクラウド上に記憶されてもよい。また、制御部20もクラウド上にあってもよい。制御部20は、複数のCPUで構成され、ネットワークで繋がることで一体的に動作してもよい。記憶部30も、複数で分散されて構成されてもよい。また、表示部40は、プラント設備P内に配置されてもよい。また、表示部40は、本社の中央監視室等に配置され、各地のプラント設備Pを集中管理するようにしてもよい。

[0037] 次に、本発明の実施の形態にかかるプラント管理方法の一例について説明する。図5は、本発明の実施の形態にかかるプラント管理方法の一例を示すフローチャートである。本フローは、CPUがプラント管理プログラムをRAMに展開することにより開始される。なお、制御部20が生成部22、取得部24、画像処理・解析部25、位置合わせ部26等の各機能を実行するものとして説明する。

[0038] 先ず、プラント管理方法の一例として、本フローの開始から状況情報を記憶するまでのステップについて図5を参照して説明する。ここでは、状況情

報として、ガス漏洩エリアの画像（状況画像）を一例に挙げて説明する。

[0039] ステップS 1 0 0において、制御部 2 0は、プラント設備 Pに関する設計情報および計測情報の少なくとも一つに基づいて、コンピュータ上の仮想空間にプラント設備 Pの3次元モデルを生成する。設計情報には、プラント設備 Pの3次元形状および位置情報が含まれる。計測情報は、レーザー等を用いた3次元測定装置により計測された、プラント設備 Pの3次元形状および位置情報が含まれる。

[0040] 次に、ステップS 1 1 0において、制御部 2 0は、赤外線画像を取得する。

[0041] 次に、ステップS 1 2 0において、制御部 2 0は、画像処理によって、赤外線画像からガス漏洩エリアの画像（抽出画像）を抽出する。また、制御部 2 0は、ガス漏洩エリアの画像から漏洩位置を推定する。

[0042] 次に、ステップS 1 3 0において、制御部 2 0は、ガス漏洩エリアの画像および漏洩位置を3次元モデルと関連付けする。

[0043] ガス漏れエリアの画像と3次元モデルとの関連付けの方法は、例えば、赤外線カメラ 1 4の撮影地点は、GPS（Global Positioning System）、高度センサ等で取得する。赤外線カメラ 1 4の撮影方向は、加速度センサ、ジャイロセンサ（角速度センサ）、地磁気センサ等で取得する。取得した撮影地点および撮影方向をプラント設備 Pの3次元モデルに適用し、カメラの画角情報（焦点距離とイメージセンササイズの情報）に基づいて、3次元モデルから生成されたプラント画像からカメラの画角範囲を切り取ることで、撮影画像と同じ視点かつ同じ画角のプラント画像を得る。あるいは、撮影地の情報とプラント設備 Pの形状情報とから、撮影画像内の設備を、例えばパターン認識等で認識してもよい。これにより、状況画像（撮影画像）の各画素とプラント設備 Pの3次元モデルとを対応させることが可能となる。さらに、状況画像から抽出された画素毎の情報（状況画像の画素が有する情報）を、当該画素と対応する位置におけるプラント設備 Pの状況に関する情報として3次元モデルに取り込むことが可能となる。

- [0044] 次に、ステップS 1 4 0において、記憶部3 0は、ガス漏れエリアの画像および漏洩位置を、3次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する。その後、図5に示すフローは終了する。
- [0045] 次に、状況情報（ここでは、ガス漏洩エリアの情報）をプラント画像上に表示するまでのステップについて、図6を参照して説明する。図6は、本発明の実施の形態にかかるプラント管理方法の他の例を示すフローチャートである。本フローは、CPUがプラント管理プログラムをRAMに展開することにより開始される。なお、制御部2 0が、画像生成部2 8等の機能を実行するものとして説明する。
- [0046] ステップS 2 0 0において、制御部2 0は、3次元モデル作成のための視点が指定されたか否かについて判定する。
- [0047] ステップS 2 1 0において、制御部2 0は、3次元モデルのデータを記憶部3 0から読み出し、指定された視点からのプラント画像を生成し、表示部4 0に表示させる。
- [0048] ステップ2 2 0において、制御部2 0は、プラント画像に重ねて表示させる状況情報（表面温度、ガス漏洩、錆の有無、振動等）のいずれが指定されたか否かについて判定する。
- [0049] ステップS 2 3 0において、制御部2 0は、指定された状況情報（ここでは、ガス漏洩）に基づいて、漏洩位置（赤色のターゲットマーク）をプラント画像の対応位置に点滅表示させるとともに、ガス雲をプラント画像の対応位置にCG表示させる。その後、図6に示すフローは終了する。なお、その後、ステップS 2 0 0の前に戻ってもよい。
- [0050] 図7は、視点からのプラント画像Pの画像（プラント画像）上の対応位置に重ねて表示される状況情報の他の一例を示す図である。図7に示すように、視点からのプラント画像が表示され、プラント画像の対応位置に状況情報（ここでは、温度分布）が重ねて表示される。図7では、温度の違いをハッチングの種類で表している。液体が貯留されている量が、温度情報で認識できる（図7では、黒色の領域で示されている）。また表示画面では、温度、

振動、錆、ガス漏洩の情報を表示させるためのそれぞれの切替ボタンが表示されている。表示させたい情報を指定することで、プラント画像上に情報を重畳させて表示することができる。「温度」を指定した場合、測定温度に対応して、低温：紫から高温：赤まで多色表示される。「振動」を指定した場合、例えば、振動が所定値を超えているエリアを点滅表示させる。振動の振幅に応じて多色表示させてもよい。「錆」を指定した場合、例えば、錆あり領域を赤色で点滅表示させる。錆の程度に応じて多色表示させてもよい。「ガス漏洩」を指定した場合、漏洩位置を例えば赤色のターゲットマークで表示し、点滅表示させる。プラント画像上に表示させる情報は複数であってもよい。複数の切替ボタンを指定することで、指定された情報が同時に表示される。

[0051] 本実施の形態におけるプラント管理方法は、実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の3次元モデルを生成する3次元モデル生成ステップと、プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する状況画像取得ステップと、画像情報として取得されたプラント設備の状況に関する情報を、3次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶ステップと、を備える。

[0052] 上記構成により、プラント設備Pの状況に関する情報（状況情報）を状況画像として取得するため、プラント設備Pの状況に関する情報を検出する多数のセンサを配置する場合と比較して安価に多くの状況画像を取得することができる。これにより、コストの上昇を抑えることが可能となる。また、一度に多量の状況情報をデータとしてプラントの3次元モデルに取り込むことが可能となり、プラント設備Pの運転シミュレーションや劣化シミュレーション等、各種シミュレーションの精度を向上させることができる。

[0053] また、本実施の形態におけるプラント管理方法は、互いに異なる位置に配置された複数の赤外線カメラ14や、巡回撮影ロボットやドローンを用いてプラント設備Pを撮影することで、多数の視点からのプラント設備Pの赤外線画像を取得する。複数の視点による赤外線画像が得られるため、プラント

設備 P に関する様々な方向からの情報を得ることができる。そのため、プラント設備 P に関する情報を漏れなく取得できる。また、ガス漏洩を撮影した場合には、複数視点からの画像から、3次元空間上のガス漏洩の位置やガス雲の広がり算出できるため、プラント設備 P のガス漏洩エリアを立体的に捉えることが可能となる。

[0054] また、本実施の形態におけるプラント管理方法は、多くの赤外線画像から得られる情報（例えば、温度情報、ガス漏れ情報）や可視画像からの情報（錆や振動の情報）を3Dモデルに入力することができ、プラントの状況のシミュレーションに生かすことができるため、シミュレーションの精度を容易に上げることが可能となる。

[0055] （変形例1）

次に、本実施の形態の変形例について説明する。なお、変形例の説明においては、上記実施の形態と異なる構成について主に説明し、同じ構成については同一符号を付してその説明を省略する。

[0056] 先ず、本実施の形態の変形例1について図8を参照して説明する。図8は、本実施の形態の変形例1に係るプラント管理装置1の構成を概略的に示す図である。変形例1に係るプラント管理装置1は、図8に示すように、プラント設備の光景を透過する透過式メガネ型端末50（以下、スマートグラス）を備えている。スマートグラス50は、LAN（Local Area Network）や、インターネット回線などの通信回線を介して制御部20とデータを送受信する。なお、図8では、制御部20およびスマートグラス50のそれぞれに設けられる送受信部を省略して示す。

[0057] スマートグラス50は、エリア特定部52と、投射部54と、を備えている。スマートグラス50は、プラント設備Pの光景を透過するレンズ部を有する。

[0058] エリア特定部52は、作業員に装着されるスマートグラス50（レンズ部）の位置座標および座標軸に対する傾きに基づいて作業員の位置および視線の方向（つまり、視界）を特定する。

- [0059] 制御部20は、スマートグラス50からスマートグラス50（レンズ部）の位置座標および座標軸に対する傾きに関する情報を受信する。取得部24は、作業員の視界内におけるプラント設備の状況に関する情報を、状況画像（例えば、赤外線カメラ14により撮影された赤外線画像）として取得する。
- [0060] 画像処理・解析部25は、赤外線画像からガス漏洩エリアを示すガス雲イメージ画像を抽出する。
- [0061] 制御部20は、ガス雲イメージ画像をプラント設備Pの3次元データと関連付けられて、記憶させる。
- [0062] 位置合わせ部26は、スマートグラス50（レンズ部）の位置座標および座標軸に対する傾きに基づいて、スマートグラス50から見えるプラント設備Pの画像（プラント画像）を生成し、プラント画像とスマートグラスから見える光景とを対応付ける。
- [0063] 制御部20は、プラント設備Pの3次元データと関連付けられるガス雲データを記憶部30から読み出し、スマートグラス50から見える光景と対応付けて、ガス雲イメージ画像がレンズ部に投射されるように投射部54を制御する。なお、制御部20は、ガス雲イメージ画像に代えて、ガス漏洩位置、ガスの流量、および、ガスの流れる方向を示す画像がレンズ部に投射されるように投射部54を制御してもよい。
- [0064] 変形例1にかかるプラント管理装置1は、プラント設備Pの光景を透過するレンズ部にガス雲イメージ画像を投射するスマートグラス50を備える。これにより、例えば、肉眼では捉えることができない可視光を透過する炭化水素ガスを、スマートグラス50を通して可視化できるため、爆発の危険があるガスを瞬時にかつ的確に視認することが可能となる。
- [0065] なお、変形例1にかかるプラント管理装置1においては、スマートグラス50が制御部20の各機能を有してもよい。
- [0066] （変形例2）
- 次に、変形例2にかかるプラント管理装置1について図9を参照して説明

する。図9は、本実施の形態の変形例1に係るプラント管理装置の構成を概略的に示す図である。なお、変形例2の説明においては、上記実施の形態と異なる構成について主に説明し、同じ構成については同一符号を付してその説明を省略する。

[0067] 変形例2に係るプラント管理装置1は、上記実施の形態の構成に加え、シミュレーション実行部66と、メンテナンス情報作成部68と、を備えている。

[0068] シミュレーション実行部66は、3次元モデルおよび、記憶部30に連続的に記憶された状況画像の履歴および状況情報に基づいて、プラント設備Pの劣化をシミュレーションする。ここで、プラント設備Pの劣化とは、プラント設備Pおよびプラント設備Pの構成部それぞれの劣化をいい、例えば、金属疲労や、傷、錆、変形の広がりや、故障リスクなどが含まれる。

[0069] メンテナンス情報作成部68は、シミュレーションした結果に基づいて、プラント設備Pにおけるメンテナンスの必要な場所、時期、内容に関するメンテナンス情報を作成する。記憶部30は、メンテナンス情報を3次元モデルに関連付けて記憶する。

[0070] 図10は、3次元モデルに関連付けて記憶されるメンテナンス情報の一例を示す図である。図10に示すように、特定の部品（例えば、パイプ1）に対して、メンテナンスを行った時期、メンテナンスの内容などのように、メンテナンス情報の履歴が記憶部30に記憶されている。また、シミュレーション等に基づく次回のメンテナンス時期やその内容などのメンテナンス情報の予定が記憶されている。図10に示すように、パイプ1に対しては、2018年3月5日と2019年3月10日にパイプの交換が行われ、2020年4月に交換の予定が記憶されている。

[0071] 表示部40は、メンテナンス情報を3次元モデルの画像に重ねて表示する。具体的には、表示部40は、図2に示すように、「点検時期20××年××月」のメンテナンス情報を3次元モデルの画像に重ねて表示する。

[0072] 変形例2にかかるプラント管理装置1は、3次元モデルおよび連続的に記

憶された状況画像および状況情報の履歴に基づいて、プラント設備Pの劣化をシミュレーションするシミュレーション実行部66を備える。シミュレーション実行部66は、記憶部30に記憶されている温度情報、振動情報、錆の情報、変形の情報やその変化の履歴情報、およびプラント設備Pに配置されている各種センサからの計測情報から、例えば金属疲労の程度をシミュレーションし、またその変化の状況から将来の状況を予測する。例えば温度情報では、異常温度の発生箇所、異常温度が発生した回数、温度変化サイクルの振幅、回数を考慮して劣化度合を判定する。例えば、振動情報では、振動発生箇所、振動の振幅、振動の周波数から異常状態や劣化度合を判定する。また、例えばパイプ等の錆や変形の状態から劣化度合を判定する。これらの外観からの情報に加え、例えばパイプ内を流れる流体の流量、圧力や、パイプの材料、厚さ等の設計情報や計測情報を加味し、パイプの劣化の進行状況を推定できる。プラント設備Pの表面状態を状況画像に基づいて取得し、状況画像が有する情報を用いてプラント設備の劣化をシミュレーションするため、多数のセンサの検出結果に基づいてシミュレーションする場合に比較して、安価に緻密にシミュレーション結果を得ることが可能となる。

[0073] また、変形例2にかかるプラント管理装置1は、シミュレーションした結果に基づいて、プラント設備に関するメンテナンス情報を作成するメンテナンス情報作成部68を備える。これにより、3次元モデルの画像に重ねて表示されるメンテナンス情報を、メンテナンスを計画する際の有効な判断材料とすることができる。また、図2に示すように、メンテナンス情報を3次元モデルの画像に重ねて表示することで、故障リスクが少ない箇所を容易に把握することができる。

[0074] なお、変形例2にかかるプラント管理装置1は、変形例1に係るスマートグラス50を備えてもよい（図8を参照）。変形例2においては、スマートグラス50を備えることで、スマートグラス50（レンズ部）に、プラント設備Pの状況に関する情報として温度情報や振動情報などを表示することができる。

[0075] なお、上記実施の形態においては、プラント設備Pの劣化予測をシミュレーションした結果に基づいて行ったが、本発明は、これに限らず、人工知能（Artificial Intelligence：AI）によって行ってもよい。

[0076] また、上記実施の形態では、3次元モデルに重畳して表示する情報として、プラント設備Pの劣化予測やメンテナンス情報を挙げているが、本発明の応用例として例えば、劣化予測と関連する危険場所候補の情報でもよい。例えば、配管において、本来温度が高くない場所が高温になっている場合や、錆やへこみ等の変形が発生している場合、破損の危険があると判断し、その旨を3次元モデルに重畳して表示してもよい。また、プラント設備Pの温度分布、振動分布、漏洩位置、錆の発生位置、設備（例えば、パイプ等）の変形位置、変形量等の様々な情報を用いて、劣化や異常等による危険度をランク付けし、危険度を3次元モデルに重畳して表示してもよい。

[0077] その他、上記実施の形態は、何れも本発明の実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその要旨、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

[0078] 2020年7月16日出願の特願2020-122165の日本出願に含まれる明細書、図面および要約書の開示内容はすべて本願に援用される。

符号の説明

- [0079]
- 1 プラント管理装置
 - 12 入力部
 - 14 赤外線カメラ
 - 16 可視光カメラ
 - 20 制御部
 - 22 生成部
 - 24 取得部
 - 25 画像処理・解析部
 - 26 位置合わせ部

- 2 8 画像生成部
- 3 0 記憶部
- 4 0 表示部
- 5 0 スマートグラス
- 5 2 エリア特定部
- 5 4 投射部
- 6 2 可視光画像解析部
- 6 4 赤外線画像解析部
- 6 6 シミュレーション実行部
- 6 8 メンテナンス情報作成部

請求の範囲

- [請求項1] 実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の3次元モデルを生成する3次元モデル生成ステップと、
- 前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する状況画像取得ステップと、
- 前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、前記3次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶ステップと、
- を備える、プラント管理方法。
- [請求項2] 前記プラント設備の状況に関する情報は、前記プラント設備の温度情報、振動情報および流体の漏洩情報、並びに、前記プラント設備の外観に関する情報の少なくとも1つを含む、
- 請求項1に記載のプラント管理方法。
- [請求項3] 前記状況画像取得ステップにおいて、前記プラント設備の状況に関する情報を、撮像装置を用いて取得する、請求項1または2に記載のプラント管理方法。
- [請求項4] 前記記憶ステップにおいて、
- 前記撮像装置の撮影地点および撮影方向に関する情報を用いて、前記撮像装置で取得された画像上の位置と前記3次元モデルの位置とを対応させ、
- 前記3次元モデルの各位置と対応付けて、対応位置の前記プラント設備の状況に関する情報を記憶する、請求項3に記載のプラント管理方法。
- [請求項5] 前記撮像装置は、赤外線カメラおよび可視光カメラの少なくともいずれかである、
- 請求項3または4に記載のプラント管理方法。
- [請求項6] 記憶されている、前記3次元モデルと、前記3次元モデルの対応箇所

所と関連づけられている前記プラント設備の状況に関する情報とを取得する関連情報取得ステップと、

前記3次元モデルから、所定の視点位置からの前記プラント設備の画像を生成し、前記プラント設備の状況に関する情報を3次元モデル上の対応位置に重ねて表示する表示ステップと、をさらに備える、

請求項1から5のいずれか一項に記載のプラント管理方法。

[請求項7] 前記3次元モデルおよび前記プラント設備の状況に関する情報に基づいて、前記プラント設備の劣化をシミュレーションするステップをさらに備える、

請求項1から6のいずれか一項に記載のプラント管理方法。

[請求項8] 前記シミュレーションした結果に基づいて、前記プラント設備におけるメンテナンスの必要な場所、時期、内容に関するメンテナンス情報を作成するステップと、

前記作成された前記メンテナンス情報を前記3次元モデルと関連付けて記憶するステップと、

前記メンテナンス情報を前記3次元モデルの対応箇所に表示するステップと、をさらに備える、

請求項7に記載のプラント管理方法。

[請求項9] 前記3次元モデルおよび前記プラント設備の状況に関する情報に基づいて、前記プラント設備の危険度の情報を作成するステップと、

前記作成された前記危険度の情報を前記3次元モデルと関連付けて記憶するステップと、

前記危険度の情報を前記3次元モデルの対応箇所に表示するステップと、をさらに備える、

請求項1から6のいずれか一項に記載のプラント管理方法。

[請求項10] 前記プラント設備の光景を透過する透過式メガネ型端末のレンズ部に前記プラント設備の状況に関する情報を投射する、投射ステップをさらに備える、

請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載のプラント管理方法。

[請求項11]

実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の 3 次元モデルを生成する生成部と、

前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する取得部と、

前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、前記 3 次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する記憶部と、
を備える、プラント管理装置。

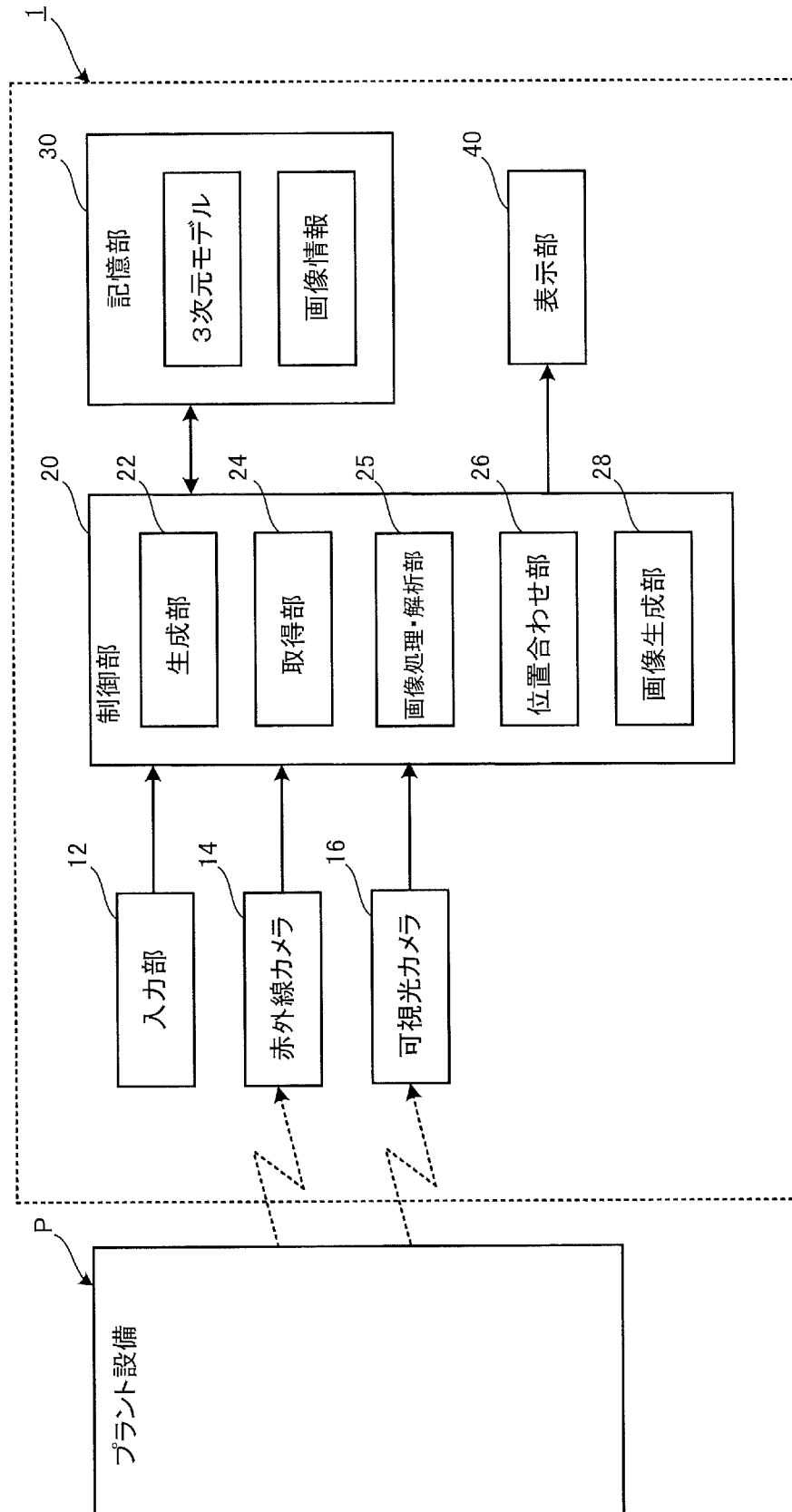
[請求項12]

実空間のプラント設備に関する設計情報に基づいて、コンピュータ上の仮想空間に前記プラント設備の 3 次元モデルを生成する処理と、

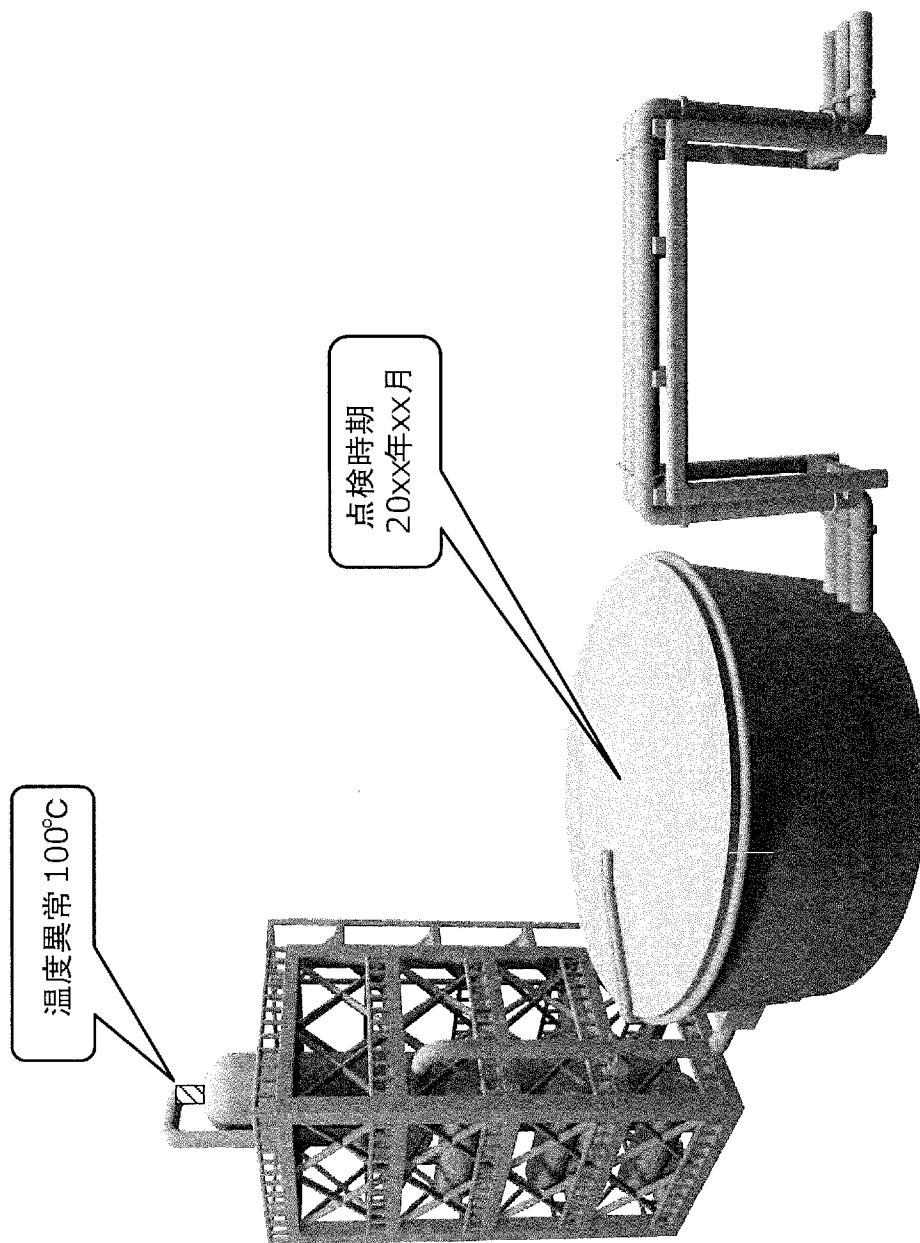
前記プラント設備の状況に関する情報を画像情報として取得する処理と、

前記画像情報として取得された前記プラント設備の状況に関する情報を、前記 3 次元モデルの対応箇所に関連付けて記憶する処理と、
をコンピュータに実行させるプラント管理プログラム。

[図1]



[図2]

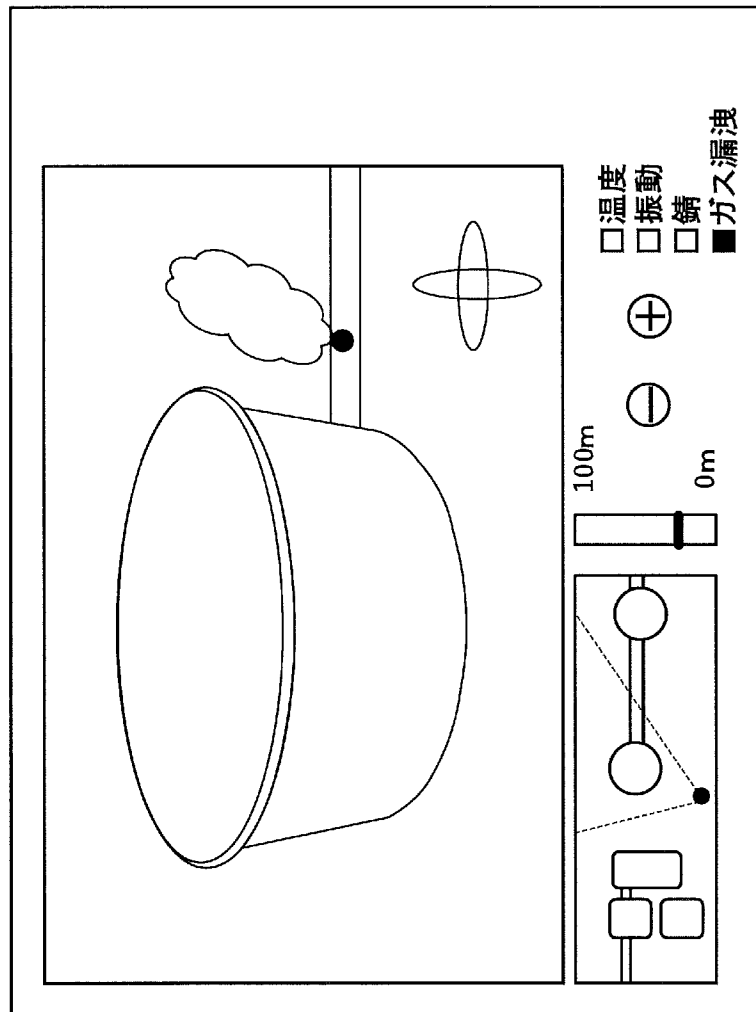


[図3]

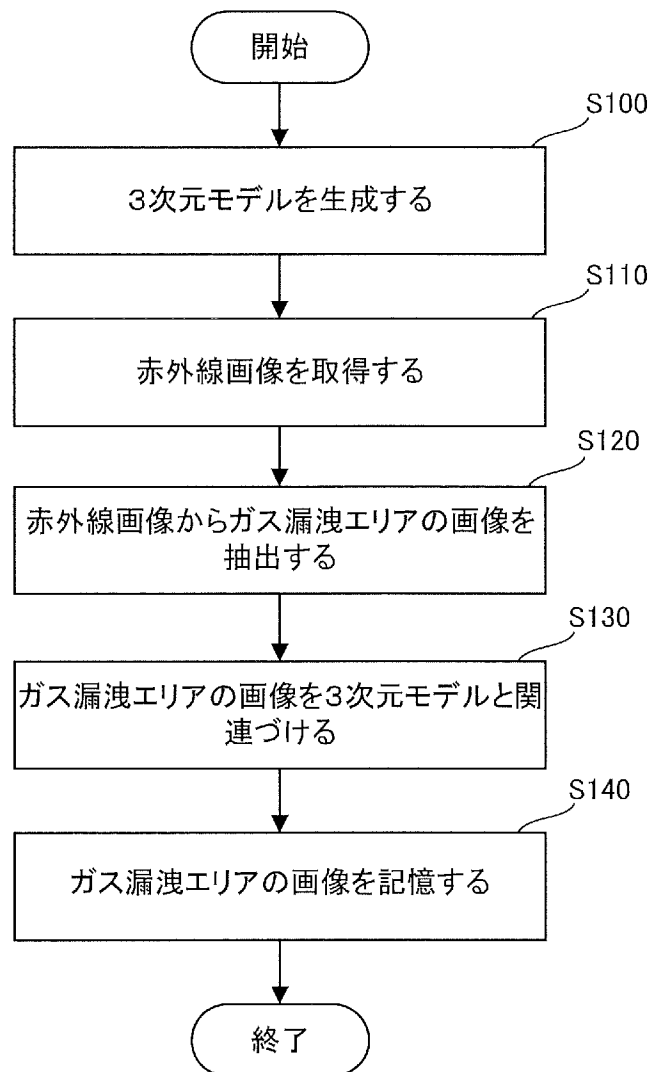
日時: 2019年9月20日 13時12分

位置座標	表面温度	ガス漏洩	錆	...
(100,100,100)	20	0	0	...
(100,101,100)	20	0	0	...
...	...	...	...	...
(150,120,160)	40	1	1	...
...	...	...	...	...
(300,80,235)	25	0	0	...
...	...	...	...	...

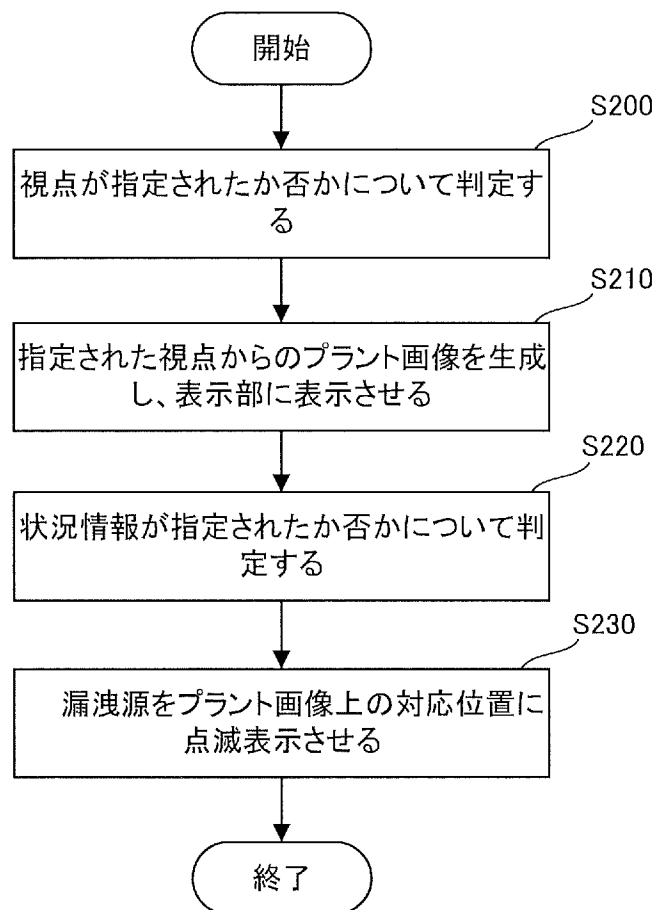
[図4]



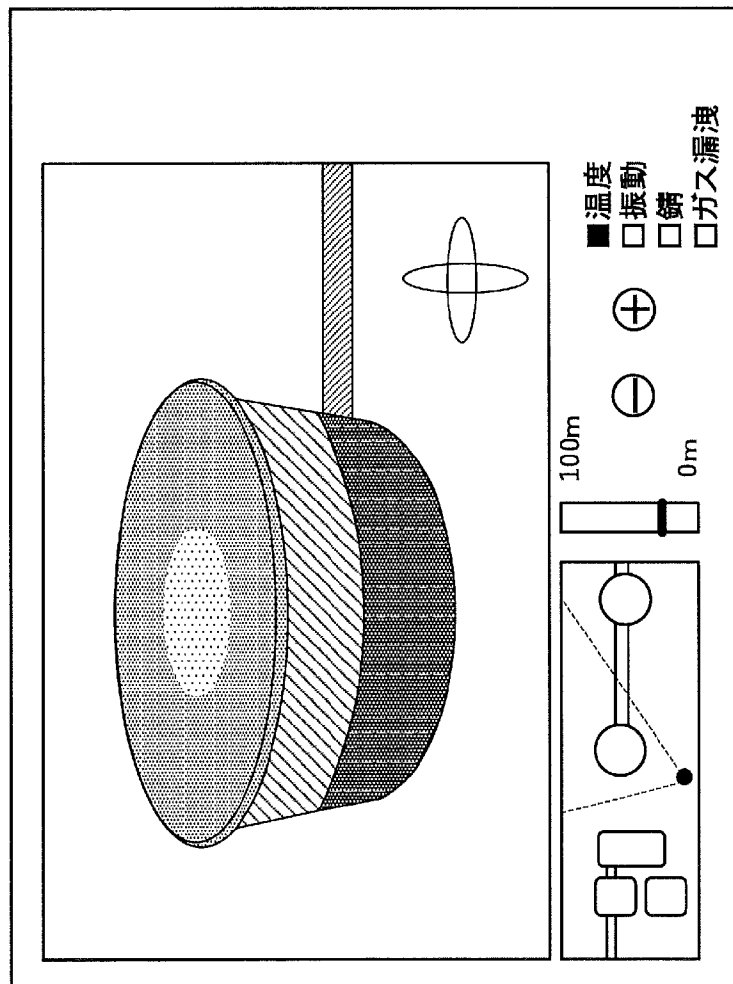
[図5]



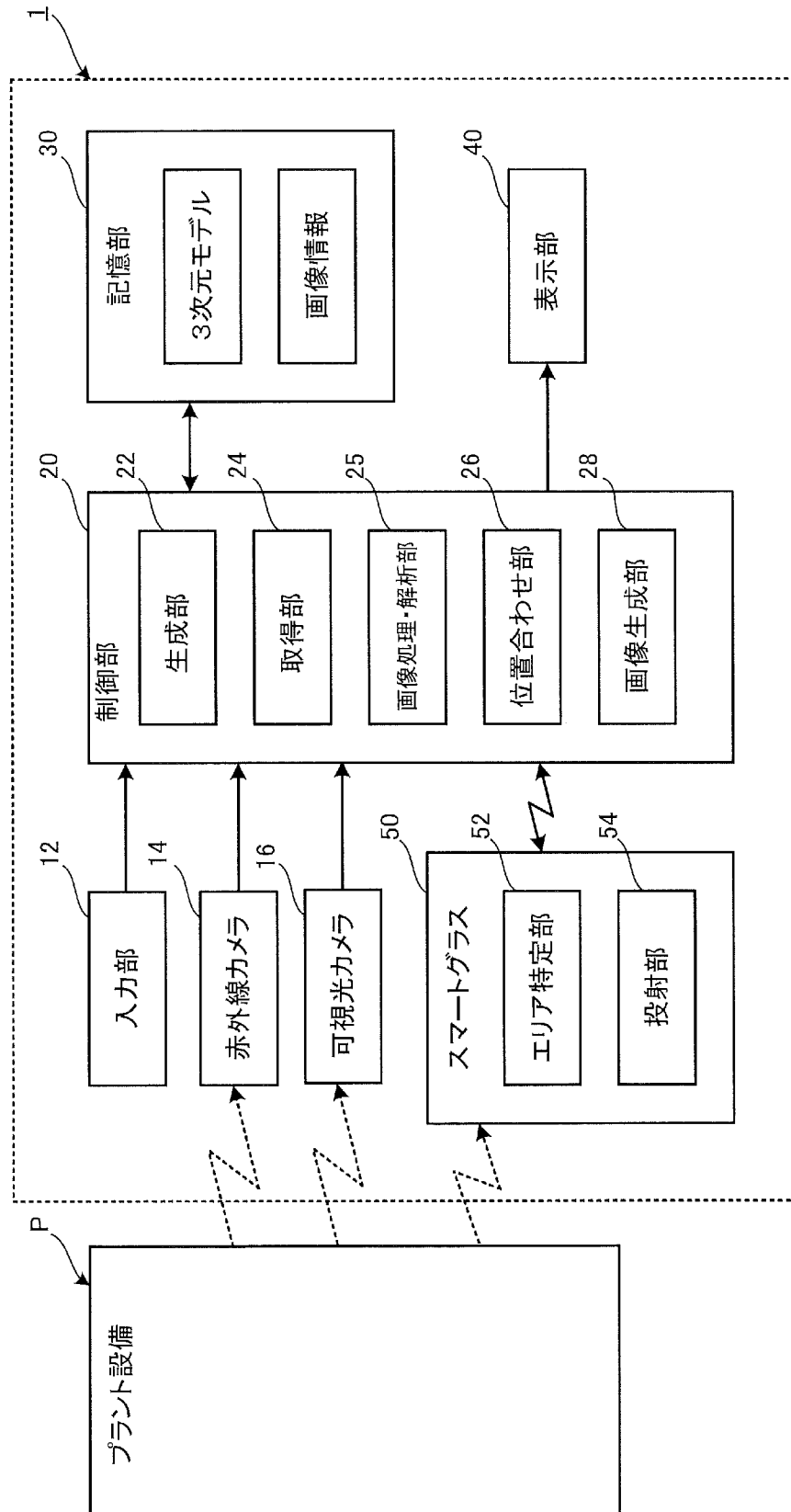
[図6]



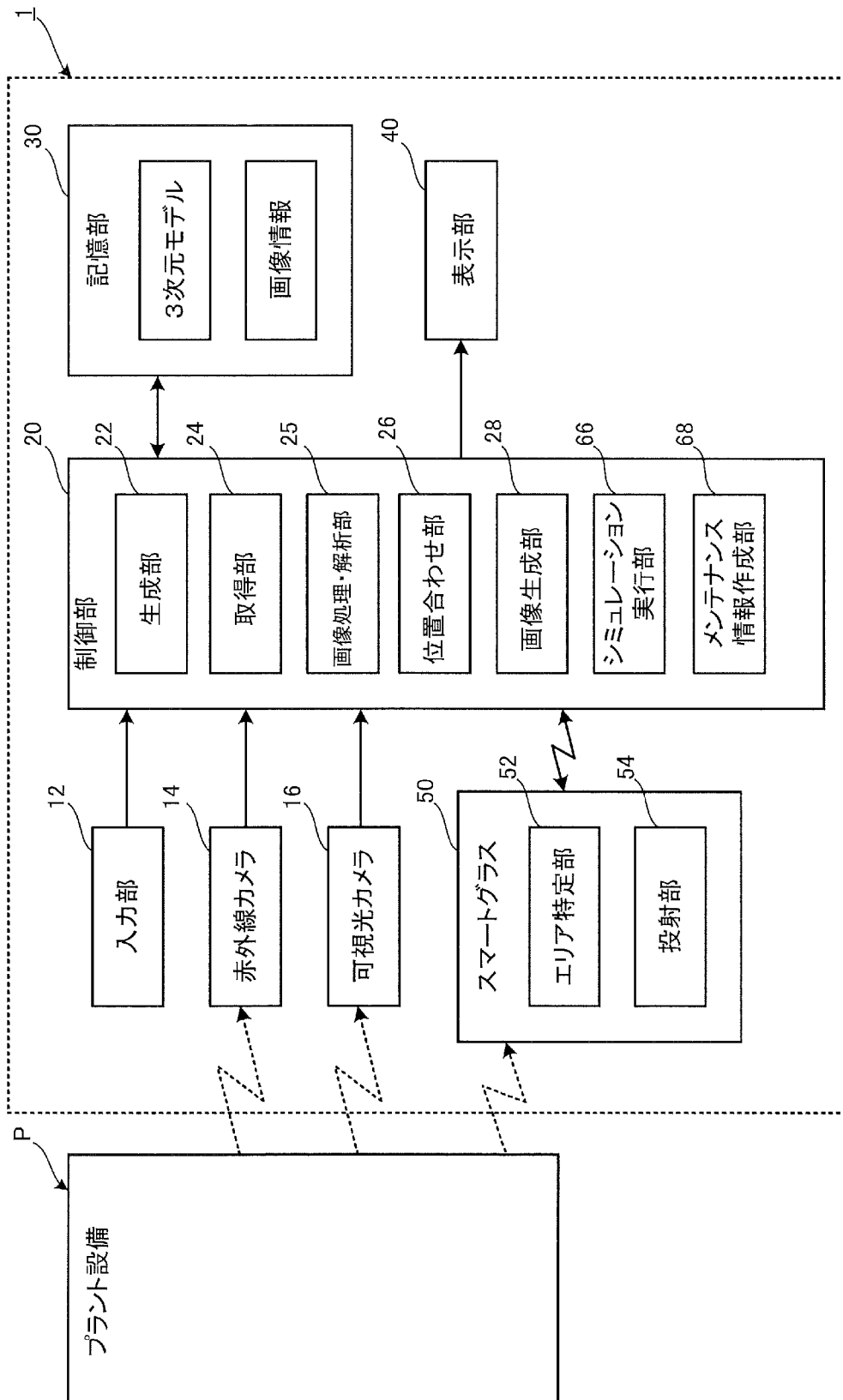
[図7]



[図8]



[図9]



[図10]

部品	時期	内容	時期	内容	次回時期	内容
パイプ1	2018/3/5	交換	2019/3/10	交換	2020/4	交換
パイプ2	—	—	—	—	2025/1	交換
...	...	...	...	...	...	...
バルブ1	2019/6/7	パッキン交換	—	—	2022/11	バルブ交換
	...	...	...	...		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/025641

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G05B 23/02 (2006.01) i

FI: G05B23/02 301 T

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)

G05B23/02

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2012-168799 A (HITACHI, LTD.) 06 September 2012 (2012-09-06) paragraphs [0016]-[0032], [0045]-[0077], fig. 1-2, 4-8	1-3, 5-7, 9, 11-12
Y		10
A		4, 8
Y	WO 2017/119127 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 13 July 2017 (2017-07-13) paragraph [0040], fig. 5	10
A	JP 7-152984 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 16 June 1995 (1995-06-16) entire text, all drawings	4, 8
A	WO 2013/030929 A1 (HITACHI, LTD.) 07 March 2013 (2013-03-07) entire text, all drawings	4, 8



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

"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

"I" 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

31 August 2021 (31.08.2021)

Date of mailing of the international search report

07 September 2021 (07.09.2021)

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
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/JP2021/025641

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2012-168799 A	06 Sep. 2012	(Family: none)	
WO 2017/119127 A1	13 Jul. 2017	US 2018/0374026 A1 paragraph [0059], fig. 5 TW 201725462 A	
JP 7-152984 A	16 Jun. 1995	(Family: none)	
WO 2013/030929 A1	07 Mar. 2013	US 2014/0168423 A1 entire text, all drawings EP 2765386 A1 CN 103717995 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 23/02(2006.01)i FI: G05B23/02 301T		
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）） G05B23/02		
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 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
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
X	JP 2012-168799 A（株式会社日立製作所）06.09.2012（2012-09-06） 段落[0016]-[0032],[0045]-[0077], 図1-2, 4-8	1-3, 5-7, 9, 11-12
Y		10
A		4, 8
Y	WO 2017/119127 A1（三菱電機株式会社）13.07.2017（2017-07-13） 段落[0040], 図5	10
A	JP 7-152984 A（三菱電機株式会社）16.06.1995（1995-06-16） 全文、全図	4, 8
A	WO 2013/030929 A1（株式会社日立製作所）07.03.2013（2013-03-07） 全文、全図	4, 8
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “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 31.08.2021		国際調査報告の発送日 07.09.2021
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） 今井 貞雄 3U 4129 電話番号 03-3581-1101 内線 3364

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/JP2021/025641

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2012-168799	A	06.09.2012	(ファミリーなし)	
WO	2017/119127	A1	13.07.2017	US 2018/0374026	A1
				段落[0059], 図5	
				TW 201725462	A
JP	7-152984	A	16.06.1995	(ファミリーなし)	
WO	2013/030929	A1	07.03.2013	US 2014/0168423	A1
				全文、全図	
				EP 2765386	A1
				CN 103717995	A