

(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6月16日(16.06.2022)



(10) 国際公開番号

WO 2022/124398 A1

(51) 国際特許分類:
B25J 3/00 (2006.01) B25J 13/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2021/045527

(22) 国際出願日: 2021年12月10日(10.12.2021)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

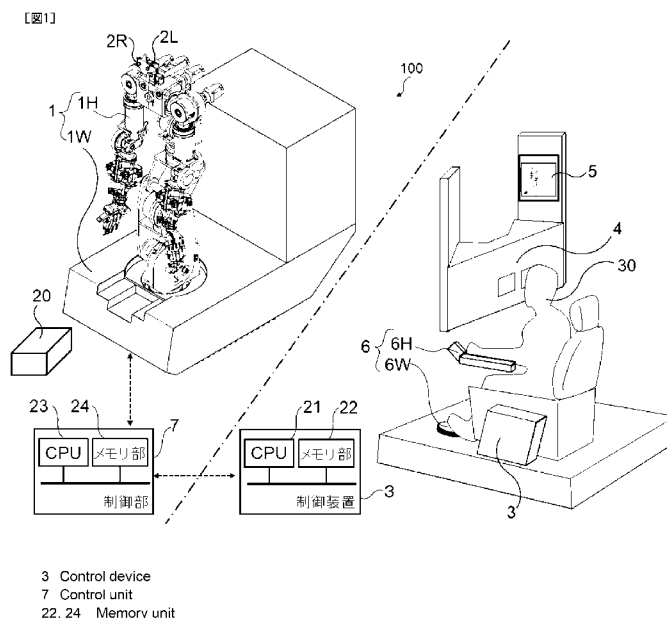
(30) 優先権データ:
特願 2020-205183 2020年12月10日(10.12.2020) JP

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 梶崎 翔太 (NARASAKI, Shota); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 川口 昇 (KAWAGUCHI, Noboru); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 平野 正樹 (HIRANO, Masaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 桑田 宗晴 (KUWATA, Muneharu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 諏訪 勝重 (SUWA, Masashige); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 安藤 俊行 (ANDO, Toshiyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式

(54) Title: REMOTE CONTROL MANIPULATOR SYSTEM AND REMOTE CONTROL ASSISTANCE SYSTEM

(54) 発明の名称: 遠隔制御マニピュレータシステムおよび遠隔制御支援システム



(57) Abstract: In head-mounted display devices that enable stereoscopic viewing, easily switching views between an image viewed stereoscopically and a model image based on a three-dimensional model is difficult. The present invention comprises: a manipulator 1 that is subjected to remote control 20 by an operator 30 and that handles an object; a stereoscopic viewing display device 4 that displays a right-eye image 51R and a left-eye image 51L captured by a right camera 2R and a left camera 2L, which are installed on the manipulator 1, such that the images can be viewed stereoscopically;

会社内 Tokyo (JP). 尾野 仁深(ONO, Hitomi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤江 彰裕(FUJIE, Akihiro); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 神田 吉孝(KODA, Yoshitaka); 〒6610981 兵庫県尼崎市猪名寺二丁目 5 番 1 号 三菱電機マイコン機器ソフトウェア株式会社内 Hyogo (JP). 佐藤 亨(SATO, Toru); 〒6610981 兵庫県尼崎市猪名寺二丁目 5 番 1 号 三菱電機マイコン機器ソフトウェア株式会社内 Hyogo (JP).

(74) 代理人:村上 加奈子, 外(MURAKAMI, Kanako et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 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, 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))

a model image generation unit 38 that generates a model image 53, which is generated through image processing of the right-eye image 51R and the left-eye image 51L and in which an integrated three-dimensional model 69 is viewed from a viewpoint designated by the operator, the integrated three-dimensional model 69 being obtained by integrating a manipulator model 64 and a surrounding-environment model 68, which is a three-dimensional model of an object 20 and the environment surrounding the object 20; and a model image display device 5 that displays the model image 53 and that enables the operator 30 to switch views between the model image display device 5 and the stereoscopic viewing display device 4 through head movement.

(57) 要約: 頭部に装着する立体視を可能にする表示装置では、立体視する画像と3次元モデルに基づくモデル画像とを容易に切り替えて見るのが難しい。操作者30により遠隔制御20されて物体を扱うマニピュレータ1と、マニピュレータ1に搭載された右カメラ2Rおよび左カメラ2Lが撮影する右目画像51Rおよび左目画像51Lを立体的に見えるように表示する立体視表示装置4と、右目画像51Rおよび左目画像51Lを画像処理して生成した、物体20およびその周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデル68とマニピュレータモデル64を統合した3次元モデルで

ある統合３次元モデル６９を操作者が指定した視点から見る画像であるモデル画像５３を生成するモデル画像生成部３８と、モデル画像５３を表示する、操作者３０が頭を移動させることで立体視表示装置４と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置５とを備えた。

明 細 書

発明の名称：

遠隔制御マニピュレータシステムおよび遠隔制御支援システム

技術分野

[0001] 本開示は、マニピュレータを遠隔制御する遠隔制御マニピュレータシステムおよびマニピュレータを遠隔制御することを支援する遠隔制御支援システムに関する。

背景技術

[0002] マニピュレータやロボットなどを遠隔操作することを支援する遠隔操作支援装置が提案されている（特許文献 1 参照）。遠隔操作支援装置は、ロボットが扱う対象物の 3 次元モデルおよびロボットの 3 次元モデルを生成し、3 次元空間の指定された視点から見たロボットおよび対象物が表示された画像を生成して、操作者に提示する。対象物の 3 次元モデルは、レーザスキャナ 1 3 にて計測された対象物 1 1 上の点群データから生成する。ロボットの 3 次元モデルは、ロボット 1 2 の各軸の状態 1 9 に基づいてロボット 1 2 の動作状態を反映させて生成する。

[0003] ロボットやマニピュレータを遠隔制御するために、オペレータが頭に両目を覆うように装着する表示装置であるヘッドマウントディスプレイ（Head Mount Display、HMD）を装着するシステムがある（特許文献 2 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特開 2 0 0 9－0 0 6 4 1 0

特許文献 2：W O 2 0 1 9／0 5 9 3 6 4

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ロボットにはカメラや各種センサが搭載される。カメラが撮影した画像や各種センサが検出したセンサ情報は、ディスプレイに表示される。オペレー

タは、ディスプレイに表示された画像やセンサ情報を確認しながらロボットを操作する。遠近も認識できる立体視画像(3D画像とも呼ぶ)をオペレータが容易に見ることができるように、オペレータはHMDを装着する。オペレータがHMDを頭部に装着する場合には、オペレータが見ることができる情報がHMDを介して提供される情報に限定されるという課題がある。

[0006] 例えば、ロボットに搭載されたカメラの視野の画像(以下、ロボット視野画像と呼ぶ)を立体視させる場合に、オペレータがHMDを装着する場合には、以下のような課題がある。オペレータの顔の向きによらず常にロボット視野画像を表示すると、ロボット視野画像以外の情報(ロボットの位置情報や姿勢情報、周囲の環境情報など、制御参考情報と呼ぶ)を、オペレータが確認することが難しい。HMDに3D画像と制御参考情報を重畳して提供する場合には、制御参考情報の表示サイズや情報量が限定され、3D画像とそれ以外の情報が重畳されているために画像が見づらい。

[0007] 制御参考情報として、カメラの視点とは異なる視点から見た対象物およびロボットの画像である別視点画像をHMDに表示する場合を考える。HMDにロボット視野画像または別視点画像の何れを表示するかを、オペレータが入力する必要がある、オペレータに負担になる。表示システムとしても、オペレータが入力する表示画像の切替指示に対応できる必要がある、システムが複雑になる。

[0008] 本開示は、マニピュレータが扱う物体を立体的に見る立体視画像と、任意の視点から周囲環境およびマニピュレータを見るモデル画像とを操作者が頭を移動させることで容易に切り替えて見ることができる遠隔制御マニピュレータシステムおよび遠隔制御支援システムを得ることを目的とする。周囲環境とは、マニピュレータが扱う物体および物体の周囲の事物である。

課題を解決するための手段

[0009] 本開示に係る遠隔制御マニピュレータシステムは、操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータと、マニピュレータが動くまたは静止する動作を指示する動作指示を操作者が入力する動作指示入力部と、動作指示か

らマニピュレータを制御する制御信号を生成する制御信号生成部と、決められた位置関係を有してマニピュレータに搭載された右カメラおよび左カメラと、右カメラが撮影する右目画像および左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を検出する位置姿勢センサと、マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、および右カメラおよび左カメラの構造を表すカメラ構造データを記憶する構造データ記憶部と、マニピュレータ構造データ、カメラ構造データおよび位置姿勢情報を参照して、右カメラおよび左カメラを含むマニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、マニピュレータモデルに含まれる右カメラおよび左カメラの位置と撮影方向に基づき、右目画像および左目画像を画像処理して、物体および物体の周囲の事物である周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、周囲環境モデルとマニピュレータモデルを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、操作者が指定した視点から統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、モデル画像を表示する、操作者が頭を移動させることで立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えたものである。

[0010] 本開示に係る遠隔制御支援システムは、操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータに搭載されて決められた位置関係を有する右カメラおよび左カメラが撮影する右目画像および左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、および右カメラおよび左カメラの構造を表すカメラ構造データを記憶する構造データ記憶部と、マニピュレータ構造データ、カメラ構造データおよびマニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を参照して、右カメラおよび左カメラを含むマニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、マニピュレータモデルに含まれる右カメラおよび左カメラの位置と撮影方向に基づき、右目画

像および左目画像を画像処理して、物体および物体の周囲の事物である周囲環境の３次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、周囲環境モデルとマニピュレータモデルを統合した３次元モデルである統合３次元モデルを生成するモデル統合部と、操作者が指定した視点から統合３次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、モデル画像を表示する、操作者が頭を移動させることで立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えたものである。

発明の効果

[0011] 本開示によれば、マニピュレータが扱う物体を立体的に見る立体視画像と、任意の視点から物体および物体の周囲の事物である周囲環境およびマニピュレータを見るモデル画像とを操作者が頭を移動させることで容易に切り替えて見ることができる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムの概略構成を説明する図である。

[図2]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。

[図3]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットの斜視図である。

[図4]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の正面図である。

[図5]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の左側面図である。

[図6]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットが有する回転軸を説明する図である。

[図7]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットの腕部が有する回転軸を説明する図である。

[図8]実施の形態１に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットを遠隔

制御する手順を説明するフローチャートである。

[図9]実施の形態1に係る遠隔制御マニピュレータシステムで周囲点群データを初期生成する手順を説明するフローチャートである。

[図10]実施の形態1に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。

[図11]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の正面図である。

[図12]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の左側面図である。

[図13]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。

[図14]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットを遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。

[図15]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムで周囲点群データを初期生成する手順を説明するフローチャートである。

[図16]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順の前半を説明するフローチャートである。
。

[図17]実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順の後半を説明するフローチャートである。
。

[図18]実施の形態3に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。

[図19]実施の形態3に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットを遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。

[図20]実施の形態3に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順の前半を説明するフローチャートである。
。

[図21]実施の形態3に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順の後半を説明するフローチャートである。

[図22]実施の形態4に係る遠隔制御マニピュレータシステムおよび遠隔制御支援システムの機能構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0013] 実施の形態1.

図1および図2を参照して、遠隔制御マニピュレータシステム100の概略構成を説明する。図1は、実施の形態1に係る遠隔制御マニピュレータシステムの概略構成を説明する図である。図2は、実施の形態1に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。遠隔制御マニピュレータシステム100は、クローラ移動ロボット1（ロボット1と略す）、右カメラ2R、左カメラ2L、制御装置3、立体視表示装置4、表示装置5、目標姿勢入力装置6を主に有して構成される。ロボット1は、オペレータ30により遠隔制御されて物体20を扱うマニピュレータである。ロボット1が物体20を扱う場所を現場と呼ぶ。オペレータ30が居る場所を指令所と呼ぶ。オペレータ30は、マニピュレータを遠隔制御する操作者である。

[0014] 右カメラ2Rおよび左カメラ2Lは、ロボット1の頭部に搭載されて画像を撮影する。制御装置3は、ロボット1を制御する。立体視表示装置4は、右カメラ2Rおよび左カメラ2Lで撮影された画像を立体視表示する。立体視表示するとは、立体的に見えるように表示することである。表示装置5は、ロボット1および周囲環境の3次元モデルを任意の視点から見る画像や、ロボット1を制御する上で必要あるいは有用な情報を表示する。周囲環境は、物体20および物体20の周囲の事物である。周囲環境の3次元モデルが、周囲環境モデルである。目標姿勢入力装置6は、オペレータ30がロボット1を操作する際に、操作後の目標となる位置および姿勢を表す目標姿勢を入力する。目標姿勢は、ロボット1が動くまたは静止する動作をオペレータ30

が指示する動作指示である。目標姿勢は、動作指示に従う動作を実行後のロボット 1 の位置および姿勢を表す。目標姿勢目標姿勢入力装置 6 は、動作指示をオペレータ 30 が入力する動作指示入力部である。

[0015] 遠隔制御の対象であるロボットは、図 3 から図 5 に示すロボット 1 である。遠隔制御マニピュレータシステムは、ロボット 1 とは異なるロボットも遠隔制御することができる。図 3 は、実施の形態 1 に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットの斜視図である。図 4 は、実施の形態 1 に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部を拡大した正面図である。図 5 は、ヒューマノイド部の左側面図である。ロボット 1 は、車両部 1 W と、ヒューマノイド部 1 H と、制御部 7 とを有する。車両部 1 W は、クローラ（キャタピラ）を車輪で回転させて移動する車両である。ヒューマノイド部 1 H は、車両部 1 W の前方上面に搭載される。ヒューマノイド部 1 H は、2 本の腕部、胴体部および頭部を有する。制御部 7 は、車両部 1 W およびヒューマノイド部 1 H を制御する。図 3 から図 5 に示す姿勢をロボット 1 がとる状態を、ロボット 1 の基準状態と呼ぶ。

[0016] X Y Z 座標系は、ロボット 1 が存在する空間を表す直交座標系である。X Y 平面は水平な平面である。X Y Z 座標系を現場座標系とも呼ぶ。X 軸は東西方向に平行で、Y 軸は南北方向に平行である。東を X 軸の正の向きとし、北を Y 軸の正の向きとする。Z 軸は、高さ方向の軸である。上方を Z 軸の正の向きとする。位置センサ 9 1 は、車両部 1 W の X Y Z 座標系での位置と姿勢を計測する。車両部 1 W の位置は、車両部 1 W の重心の X Y Z 座標系での位置である。車両部 1 W の姿勢は、車両部 1 W の前方が向く方向である。車両部 1 W の姿勢は、ヨー角、ピッチ角およびロール角で表現する。車両部 1 W の位置および姿勢を表すデータを、車両姿勢 5 6 と呼ぶ。

[0017] 車両部 1 W の姿勢を表現するために、車両部 1 W とともに移動する第 1 の直交座標系（X 1 Y 1 Z 1 座標系）を以下のように定義する。第 1 の直交座標系は、ヒューマノイド部 1 H の車両部 1 W に対する姿勢を表現する上でも使用する。車両部 1 W の上面をロボット基準面と呼ぶ。

X 1 軸:車両部 1 Wの左右方向に平行な軸。

Y 1 軸:車両部 1 Wの前後方向に平行な軸。

Z 1 軸:車両部 1 Wの高さ方向に平行な軸。

X 1 軸、Y 1 軸、Z 1 軸は、互いに直交する。右方をX 1 軸の正の向きとし、前方をY 1 軸の正の向きとし、上方をZ 1 軸の正の向きとする。X 1 軸およびY 1 軸は、ロボット基準面に平行である。車両部 1 Wの姿勢は、X 1 軸、Y 1 軸およびZ 1 軸がX Y Z座標系で向く方向により表現する。Y 1 軸をX Y平面に射影した軸（投影Y 1 軸）とX軸がなす角度が、ヨー角である。投影Y 1 軸がX Y平面となす角度が、ピッチ角である。投影Y 1 軸およびZ 1 軸を含む平面とZ 1 軸とがなす角度が、ロール角である。

[0018] 目標姿勢入力装置 6 は、ヒューマノイド部 1 Hを制御するための上体目標姿勢入力部 6 Hと、車両部 1 Wを制御するための車両姿勢入力部 6 Wとを有する。上体目標姿勢入力部 6 Hは、オペレータ 3 0が手を使用してヒューマノイド部 1 Hに対する目標姿勢を入力する装置である。車両姿勢入力部 6 Wは、オペレータ 3 0が足を使用して車両部 1 Wを操縦する装置である。目標姿勢は、ヒューマノイド部 1 Hを含むロボット 1 にとらせる姿勢である。目標姿勢は、ロボット 1 がとる姿勢の目標となる姿勢として入力される。入力された目標姿勢を表すデータを、目標姿勢 5 4 と呼ぶ。オペレータ 5 0 は、目標姿勢を入力し、入力した目標姿勢を変更できる。

[0019] ヒューマノイド部 1 Hは、骨格部 1 1 が関節部 1 2 により回転可能に接続したものである。目標姿勢 5 4 は、各関節部 1 2 が有する各回転軸の回りの回転角度に対する指令値として表現される。各関節部 1 2 が目標姿勢 5 4 で指令される角度をとると、ヒューマノイド部 1 Hは目標姿勢 5 4 をとる。長さが変更可能な部分をヒューマノイド部が有する場合には、長さが変更可能な部分の長さに対する指令値も目標姿勢は含む。ヒューマノイド部 1 Hの構造については、後で説明する。

[0020] 上体目標姿勢入力部 6 Hは、各関節部 1 2 が有する各回転軸の角度を指定する指令値である目標姿勢 5 4 を入力する装置である。上体目標姿勢入力部

6 Hでは、例えばレバーなどをオペレータ 3 0 が操作することで、目標姿勢 5 4 を入力する。

[0021] 車両姿勢入力部 6 Wをオペレータ 3 0 が足で操作することで、車両部 1 Wの前進、後進、右回転および左回転の指示を入力する。オペレータ 3 0 が入力する指示に応じて車両部 1 Wが移動する。車両部 1 Wの位置とヨー角が、オペレータ 3 0 が意図するものになると、車両姿勢 5 6 の入力が完了する。車両部 1 Wのピッチ角とロール角は、車両部 1 Wが有するクローラの下に存在する地面や建築物などの形状により決まる。車両部が、ピッチ角およびロール角の少なくとも一方を変更する機構を備えてもよい。その場合には、車両姿勢入力部により、オペレータ 3 0 はピッチ角およびロール角の少なくとも一方を変更する機構に対する指令値も入力する。

[0022] 右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lは、ロボット 1 の頭部 1 1 Fに搭載される。右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lは、決められた位置関係を有する。例えば、右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lは、頭部 1 1 Fの正面側の上部の決められた同じ高さの位置に決められた間隔で配置される。右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lは、ロボット 1 のハンド部 1 1 Eが操作対象である物体 2 0 を扱う様子を撮影する。人間が物体 2 0 を扱う際に見えるのと同様な画像が撮影できるように、右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lはロボット 1 の頭部 1 1 Fに搭載する。右カメラ 2 Rは、右目画像 5 1 Rを撮影する。左カメラ 2 Lは、左目画像 5 1 Lを撮影する。右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lの位置から見える視野を、ロボット視野と呼ぶ。

[0023] 右目画像 5 1 Rおよび左目画像 5 1 Lは、立体視表示装置 4 により立体的に見えるように表示される。立体的に見えるように表示することを立体視表示するという。立体視表示される右目画像 5 1 Rおよび左目画像 5 1 Lを、3 D画像 5 2 と呼ぶ。立体視表示装置 4 は、決められた間隔で配置された 2 個の接眼レンズを有する。オペレータ 3 0 は、右目および左目で立体視表示装置 4 の接眼レンズの中を覗き込むことで立体視表示されている 3 D画像 5 2 を見ることができる。

- [0024] 立体視表示装置4は、右目画像51Rを表示する右目用スクリーンと、左目画像51Lを表示する左目用スクリーンとを有する。物体20および周囲環境との距離や物体20の大きさなどが、オペレータ30が現場にいる場合に見えるものと同様になるように、右目用スクリーンおよび左目用スクリーンの位置および間隔や接眼レンズなどの光学系は設計されている。つまり、立体視表示装置4における輻輳角は、ロボット1に搭載された2台のカメラである右カメラ2Rおよび左カメラ2Lが持つ輻輳角と同じである。立体視表示装置4により、オペレータ30は自然な立体視画像を見ることができる。そのため、オペレータ30は、物体20に対する正確な奥行き感を把握できる。
- [0025] 立体視表示装置4は、接眼レンズを有さず、液晶シャッタや偏光眼鏡などを使用するものでもよい。立体視表示装置4は、立体視表示するものであればどのようなものでもよい。
- [0026] 表示装置5は、モデル画像53を表示する。モデル画像53は、物体20を含む周囲環境とロボット1の3次元モデルに基づき、ロボット1および周囲環境を任意の視点から見る画像である。モデル画像53の視点は、オペレータ30が入力する情報に基づき決められる。表示装置5には、ロボット1を遠隔制御する上で有用な情報を表示する。ロボット1を遠隔制御する上で有用な情報を、制御参考情報と呼ぶ。表示装置5は、複数個でもよい。
- [0027] 図1に示す例では、オペレータ30が椅子に座り、オペレータ30の頭の前方に箱状の立体視表示装置4を設け、立体視表示装置4の右側上方に表示装置5を設けている。立体視表示装置4および表示装置5の配置は、オペレータ30が頭を移動させることで、どちらかの表示装置を選択して見ることができる位置であればどのような配置でもよい。表示装置5は、大きな画面を有するものや、スクリーンにプロジェクタで投影するものでもよい。表示装置5は、オペレータ30が頭を移動させることで立体視表示装置4と切り替えて見ることができるよう配置されていけばよい。
- [0028] オペレータ30は、立体視表示装置4の接眼レンズを覗き込むことで物体

20などをロボット視野で立体視できる。オペレータ30は、頭の位置および向きを変化させることで表示装置5にされたモデル画像53を見ることができる。

[0029] 制御装置3は、ロボット1を遠隔制御する。制御装置3は、CPU21、メモリ部22などを含む電子計算機により実装される。メモリ部22は、CPU21で実行されるプログラムや処理に使用するデータあるいは処理の結果で得られるデータなどを記憶する。メモリ部22は、フラッシュメモリのような半導体メモリおよびハードディスクである。メモリ部22は、揮発性の記憶装置および不揮発性の記憶装置を含む。制御部7も、CPU23、メモリ部24などを含む電子計算機により実装される。

[0030] ロボット1と制御装置3は、通信回線8を介して接続されて、互いに通信する。通信回線8により、制御装置3からロボット1を制御する制御信号が送られる。制御信号は、目標姿勢54および制御姿勢55を制御部7に伝える信号である。制御姿勢55は、目標姿勢54で表現される姿勢をロボット1がとる過程でロボット1がとる姿勢を表すデータである。制御姿勢55は、ロボット1を制御する周期において、その周期の終了時点でロボット1がとるべき姿勢を表すデータである。制御姿勢55は、目標姿勢54と同じ形式で表現される。目標姿勢54および制御姿勢55は、制御装置3で周期的に計算されて、計算されるとすぐに制御部7に送られる。ロボット1からは、右目画像51R、左目画像51Lおよびロボット1に搭載されている各種センサが検出したセンサ情報が制御装置3に送られる。右目画像51Rおよび左目画像51Lは、立体視表示装置4にも送られる。

[0031] 制御部7は、制御装置3と通信するための通信部9を有する。通信回線8は、有線でも無線でもよく、公衆回線でも専用回線でもよい。用途に合わせた通信回線を使用する。ロボット1が物体20を操作する現場と、オペレータ30が居る指令所との間の距離は、任意である。距離は、何千kmも離れていてもよいし、1mでもよい。制御装置3は、指令所がある建物に設置される。制御装置3を、別の建物に設置してもよい。立体視表示装置4、表示

装置 5、上体目標姿勢入力部 6 H および車両姿勢入力部 6 W と制御装置 3 との間は、LAN 10 で接続する。遠隔制御とは、遠隔で機械を制御する方法で制御するという意味である。ロボット 1 などの機械と制御装置 3 の実際の距離は、遠隔でなくてもよい。

[0032] ヒューマノイド部 1 H は、骨格部 1 1、関節部 1 2、アクチュエータ 1 3、モータ 1 4 を、主に有して構成される。骨格部 1 1 は、ヒューマノイド部 1 H の各部を構成する部材である。関節部 1 2 は、接続角度を変更可能に骨格部 1 1 を接続する。アクチュエータ 1 3 およびモータ 1 4 は、関節部 1 2 を動かす力を発生させる。

[0033] 骨格部 1 1 は、胴体部 1 1 A、腕基部 1 1 B、上腕部 1 1 C、前腕部 1 1 D、ハンド部 1 1 E、頭部 1 1 F、レッグ部 1 1 G および胴体接続部 1 1 H の何れかである。上腕部 1 1 C、前腕部 1 1 D およびハンド部 1 1 E は、それぞれ人間の上腕、前腕および手に相当する。ハンド部 1 1 E は、人間の手と同様な形状で 5 本指である。レッグ部 1 1 G および胴体接続部 1 1 H は、人間では下半身に相当する。レッグ部 1 1 G および胴体接続部 1 1 H は、車両部 1 W と胴体部 1 1 A の間に直列に存在する。レッグ部 1 1 G は、車両部 1 W に接続する。胴体接続部 1 1 H は、胴体部 1 1 A およびレッグ部 1 1 G に接続する。レッグ部 1 1 G および胴体接続部 1 1 H が動くと、胴体部 1 1 A の車両部 1 W に対する位置および角度が変化する。

[0034] 腕基部 1 1 B、上腕部 1 1 C、前腕部 1 1 D およびハンド部 1 1 E は、腕部 1 1 J を構成する。胴体部 1 1 A の上部の左右に腕基部 1 1 B が接続する。腕基部 1 1 B、上腕部 1 1 C、前腕部 1 1 D およびハンド部 1 1 E は、直列に接続する。腕基部 1 1 B により、腕部 1 1 J が胴体部 1 1 A の側面に垂直な回転軸の回りを回転できる。

[0035] 関節部 1 2 は、肩関節部 1 2 A、肘関節部 1 2 B、手首関節部 1 2 C、首関節部 1 2 D、レッグ元関節部 1 2 E、レッグ先関節部 1 2 F および胴体関節部 1 2 G の何れかである。肩関節部 1 2 A、肘関節部 1 2 B および手首関節部 1 2 C は、それぞれ人間の肩関節、肘関節および手首関節に相当する。

首関節部 1 2 D は、頭部 1 1 F を胴体部 1 1 A に回転可能に接続する。レッグ元関節部 1 2 E とレッグ先関節部 1 2 F は、それぞれレッグ部 1 1 G の根元側と先端側に存在する関節部 1 2 である。胴体関節部 1 2 G は、胴体部 1 1 A を胴体接続部 1 1 H に回転可能に接続する。

[0036] 図 6 および図 7 を参照して、関節部 1 2 について説明する。図 6 は、ロボット 1 が有する回転軸を説明する図である。図 6 (A) に背面図を示し、図 6 (B) に左側面図を示す。図 7 は、腕部 1 1 J が有する回転軸を説明する図である。図 7 には、左の腕部 1 1 J を示す。図 7 (A) に右側面図を示し、図 7 (B) に正面図を示す。

[0037] レッグ元関節部 1 2 E は、レッグ部 1 1 G を 2 回転自由度で回転可能に車両部 1 W に接続する。レッグ元関節部 1 2 E は、A Z 1 軸と E L 1 軸の回りに回転可能である。A Z 1 軸と E L 1 軸は、同一平面上にあり直交する。E L 1 軸と A Z 1 軸の交点を、第 1 の直交座標系の原点とする。E L 1 軸は、X 1 Y 1 平面上に存在する。A Z 1 軸は、車両部 1 W の上面（ロボット基準面）に垂直な回転軸である。ロボット基準面は、X 1 Y 1 平面に平行な平面である。A Z 1 軸は、X 1 Y 1 平面に射影したレッグ部 1 1 G が向く方向を変更する回転軸である。A Z 1 軸は、Z 1 軸と平行である。E L 1 軸は、レッグ部 1 1 G と X 1 Y 1 平面とがなす角度を変更する回転軸である。A Z 1 軸を方位回転軸とも呼ぶ。E L 1 軸を仰角回転軸とも呼ぶ。

[0038] ヒューマノイド部 1 H の姿勢を表現するため、第 2 の直交座標系（X 2 Y 2 Z 2 座標系）と第 3 の直交座標系（X 3 Y 3 Z 3 座標系）を定義する。第 2 の直交座標系は、胴体接続部 1 1 H を基準とする座標系である。第 2 の直交座標系は、胴体接続部 1 1 H とともに移動する。第 3 の直交座標系は、胴体部 1 1 A を基準とする座標系である。第 3 の直交座標系は、胴体部 1 1 A とともに移動する。

[0039] レッグ先関節部 1 2 F は、レッグ部 1 1 G の先端に胴体接続部 1 1 H を 2 回転自由度で回転可能に接続する。レッグ先関節部 1 2 F は、E L 2 軸と A Z 2 軸の回りに回転可能である。E L 2 軸と A Z 2 軸は直交する。E L 2 軸

は、E L 1 軸に平行な回転軸である。E L 2 軸は、胴体接続部 1 1 H がレッグ部 1 1 G となす角度を変更する。A Z 2 軸は、胴体接続部 1 1 H を通る回転軸である。胴体接続部 1 1 H が A Z 2 軸の回りに回転すると、胴体接続部 1 1 H、胴体部 1 1 A および頭部 1 1 F がレッグ部 1 1 G に対して回転する。E L 2 軸を、胴体傾斜回転軸とも呼ぶ。A Z 2 軸を胴体接続部回転軸とも呼ぶ。頭部 1 1 F の正面は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L が設けられた面である。基準状態では、ヒューマノイド部 1 H の各部の方向に関して、以下が成立する。胴体接続部 1 1 H および胴体部 1 1 A の左右方向は、車両部 1 W の左右方向に平行である。胴体接続部 1 1 H および胴体部 1 1 A の前後方向（正面方向）は、車両部 1 W の前後方向に平行である。頭部 1 1 F の正面方向は、胴体接続部 1 1 H および胴体部 1 1 A の正面方向に平行である。

[0040] 胴体接続部 1 1 H を基準とする第 2 の直交座標系を以下のように定義する。第 2 の直交座標系により、胴体部 1 1 A と胴体接続部 1 1 H との間の位置関係を表現する。

X 2 軸: 胴体接続部 1 1 H の左右方向に平行な軸。

Y 2 軸: 胴体接続部 1 1 H の前後方向に平行な軸。

Z 2 軸: 胴体接続部 1 1 H の高さ方向に平行な軸。A Z 2 軸と一致する。

X 2 軸、Y 2 軸、Z 2 軸は、互いに直交する。胴体接続部 1 1 H の下端と A Z 2 軸の交点を、第 2 の直交座標系の原点とする。基準状態では、X 1 軸と X 2 軸、Y 1 軸と Y 2 軸、Z 1 軸と Z 2 軸は、それぞれ互いに平行である。基準状態での車両部 1 W の右方を X 2 軸の正の向きとし、前方を Y 2 軸の正の向きとし、上方を Z 2 軸の正の向きとする。

[0041] 胴体関節部 1 2 G は、胴体部 1 1 A を胴体接続部 1 1 H に 2 回転自由度で回転可能に接続する。胴体関節部 1 2 G は、X E L 軸と A Z 3 軸の回りに回転可能である。X E L 軸は、A Z 2 軸および A Z 3 軸と直交する。X E L 軸は、胴体接続部 1 1 H が延在する方向と、胴体部 1 1 A が延在する方向との間の角度を変更する回転軸である。A Z 3 軸は、胴体部 1 1 A を通る回転軸である。A Z 3 軸の回りに回転すると、胴体接続部 1 1 H の正面方向に対し

て、胴体部 1 1 A の正面方向が回転する。X E L 軸を胴体交差回転軸とも呼ぶ。A Z 3 軸を胴体回転軸とも呼ぶ。

[0042] 胴体部 1 1 A を基準とする第 3 の直交座標系を、以下のように定義する。第 3 の直交座標系により、胴体部 1 1 A に対する腕部 1 1 J の位置を表現する。

X 3 軸: 胴体部 1 1 A の左右方向に平行な軸。

Y 3 軸: 胴体部 1 1 A の前後方向に平行な軸。

Z 3 軸: 胴体部 1 1 A の高さ方向に平行な軸。A Z 3 軸と一致する。

X 3 軸、Y 3 軸、Z 3 軸は、互いに直交する。第 3 の直交座標系の原点は、2 個の肩関節部 1 2 A を通り A Z 3 軸に垂直な平面と A Z 3 軸との交点とする。基準状態での胴体部 1 1 A の右方を X 3 軸の正の向きとし、前方を Y 3 軸の正の向きとし、上方を Z 3 軸の正の向きとする。

[0043] 首関節部 1 2 D は、頭部 1 1 F を胴体部 1 1 A の上面に 3 回転自由度で回転可能に接続する。首関節部 1 2 D は、X H 軸、Y H 軸および A Z H 軸の回りに回転可能である。X H 軸は、X 3 軸に平行な回転軸である。Y H 軸は、Y 3 軸に平行な回転軸である。A Z H 軸は、頭部 1 1 F を通る回転軸である。X H 軸、Y H 軸および A Z H 軸は、首関節部 1 2 D で交差する。A Z H 軸を、頭部回転軸とも呼ぶ。基準状態では、A Z H 軸は Z 3 軸と平行である。

[0044] 首関節部 1 2 D により頭部 1 1 F が A Z H 軸の回りに回転すると、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の撮影方向は、左右方向に回転する。首関節部 1 2 D により頭部 1 1 F が X H 軸の回りに回転すると、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の撮影方向は、上下方向に変化する。首関節部 1 2 D により頭部 1 1 F が Y H 軸の回りに回転すると、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の中心を結ぶ線分が水平でなくなり、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L が存在する高さに差が発生する。

[0045] ヒューマノイド部 1 H (腕部 1 1 J は除く) が有する回転軸は、以下の 9 軸である。

A Z 1 軸: レッグ元関節部 1 2 E での方位回転軸。

E L 1 軸：レッグ元関節部 1 2 E での仰角回転軸。

E L 2 軸：レッグ先関節部 1 2 F での胴体傾斜回転軸。

A Z 2 軸：レッグ先関節部 1 2 F での胴体接続部回転軸。

X E L 軸：胴体関節部 1 2 G での胴体交差回転軸。

A Z 3 軸：胴体関節部 1 2 G での胴体回転軸。

X H 軸：首関節部 1 2 D での X 3 軸に平行な回転軸。

Y H 軸：首関節部 1 2 D での Y 3 軸に平行な回転軸。

A Z H 軸：首関節部 1 2 D での頭部回転軸。

[0046] 腕部 1 1 J の構造を説明する。腕基部 1 1 B は、胴体部 1 1 A に 1 回転自由度で回転可能に接続する。上腕部 1 1 C は、肩関節部 1 2 A により腕基部 1 1 B に 2 回転自由度で回転可能に接続する。前腕部 1 1 D は、肘関節部 1 2 B により上腕部 1 1 C に 2 回転自由度で回転可能に接続する。ハンド部 1 1 E は、手首関節部 1 2 C により前腕部 1 1 D に 2 回転自由度で回転可能に接続する。

[0047] 図 7 に示すように、腕部 1 1 J は、以下に示す 7 個の回転軸を有する。

A Z 4 軸：腕部 1 1 J を胴体部 1 1 A に対して回転させる回転軸。腕基部 1 1 B を通り、腕基部 1 1 B を回転させる回転軸。A Z 4 軸を、腕基部回転軸と呼ぶ。

E L 4 軸：腕基部 1 1 B と上腕部 1 1 C とがなす角度を変更させる回転軸。E L 4 軸は、A Z 4 軸と直交する。

A Z 5 軸：上腕部 1 1 C を通り、上腕部 1 1 C を回転させる回転軸。A Z 5 軸は、E L 4 軸と直交する。A Z 5 軸を、上腕部回転軸と呼ぶ。

E L 5 軸：上腕部 1 1 C と前腕部 1 1 D とがなす角度を変更させる回転軸。E L 5 軸は、A Z 5 軸と直交する。

A Z 6 軸：前腕部 1 1 D を通り、前腕部 1 1 D を回転させる回転軸。A Z 6 軸は、E L 5 軸と直交する。A Z 6 軸を、前腕部回転軸と呼ぶ。

E L 6 軸：前腕部 1 1 D とハンド部 1 1 E とがなす角度を、A Z 6 軸および X E L 2 軸を含む平面（前後方向回転平面）において回転させる回転軸

。E L 6 軸は、A Z 6 軸およびX E L 2 軸と直交する。

X E L 2 軸：前腕部 1 1 D とハンド部 1 1 E とがなす角度を、A Z 6 軸およびE L 6 軸を含む平面（左右方向回転平面）において回転させる回転軸。X E L 2 軸は、A Z 6 軸およびE L 6 軸と直交する。

[0048] A Z 4 軸は、腕基部 1 1 B を胴体部 1 1 A に対して回転させる回転軸である。E L 4 軸とA Z 5 軸は、肩関節部 1 2 A において腕基部 1 1 B と上腕部 1 1 C との接続角度を変更する回転軸である。E L 5 軸とA Z 6 軸は、肘関節部 1 2 B において上腕部 1 1 C と前腕部 1 1 D との接続角度を変更する回転軸である。E L 6 軸とX E L 2 軸は、手首関節部 1 2 C において前腕部 1 1 D とハンド部 1 1 E との接続角度を変更する回転軸である。前後方向回転平面および左右方向回転平面は、それらの交線が前腕部 1 1 D を通る互いに直交する 2 平面である。

[0049] 手首関節部 1 2 C は、伸縮する 2 本のアクチュエータ 1 3 により角度が変更される。他の関節部 1 2 は、骨格部 1 1 あるいは関節部 1 2 の内部に配置されたモータ 1 4 により、関節の角度が変更される。他の各関節部 1 2 には、その関節部 1 2 での回転自由度の次数と同じ個数のモータ 1 4 が配置される。

[0050] 姿勢センサ 9 2 は、各モータ 1 4 （各アクチュエータ 1 3 を伸縮させる力を発生させるモータを含む）の回転角度を、周期的に計測する。計測した各モータ 1 4 の回転角度は、モータごとに決められた換算係数により各関節部 1 2 の角度に変換される。各関節部 1 2 の角度が決まると、ヒューマノイド部 1 H の姿勢が決まる。各関節部 1 2 の角度を、姿勢データ 5 7 と呼ぶ。姿勢センサ 9 2 は、間接的に姿勢データ 5 7 を計測する。姿勢データ 5 7 は、現在の各関節部 1 2 の角度である。現在の角度は、最新の時点で計測された角度である。姿勢データ 5 7 は、各腕部 1 1 J が有する 7 個の回転軸の角度情報、腕部 1 1 J を含まないヒューマノイド部 1 H が有する 9 個の回転軸の角度情報、およびハンド部 1 1 E が有する指関節部の角度情報を含む。姿勢データ 5 7 を計測する周期を制御周期 T_c と呼ぶ。 T_c は、例えば 0.1 秒

である。１組の姿勢データ５７により、１個の目標姿勢５４または制御姿勢５５を表現する。車両姿勢５６および姿勢データ５７は、ロボット１の位置および姿勢を表す。車両姿勢５６および姿勢データ５７を、位置姿勢情報と呼ぶ。位置センサ９１および姿勢センサ９２を、位置姿勢情報を検出する位置姿勢センサとよぶ。

[0051] 長さが変更可能な部分をヒューマノイド部が有する場合には、長さが変更可能な部分の長さを計測するセンサも姿勢センサに含まれる。姿勢データには、長さが変更可能な部分の長さの計測値も含まれる。

[0052] 温度センサ９３により、各モータ１４の温度を計測する。各モータ１４の温度のデータを、モータ温度５８と呼ぶ。各モータ１４の温度を計測することで、各モータ１４の過熱を検出する。過熱が検出されるモータ１４は停止させるなどして、各モータ１４が損壊することを防止する。

[0053] ハンド部１１Ｅの指先および掌部には、近くに存在する物体までの距離を計測する距離センサ９４を設ける。距離センサ９４が計測する至近の物体までの距離を表すデータを、物体距離５９と呼ぶ。物体距離５９も利用して、ハンド部１１Ｅが物体２０の近くに存在するかどうかを制御部７が判断する。

[0054] 感圧センサ９５は、ハンド部１１Ｅの指先が物体に接触しているかどうかを検出する。感圧センサ９５は、指先が物体に接触している場合には物体と指先との間に働く接触力の大きさも計測する。触覚データ６０は、感圧センサ９５が検出する接触の有無と接触力を含むデータである。手首関節部１２Ｄには、力覚センサ９６を備える。力覚センサ９６は、手首関節部１２Ｄに作用する力を計測する。力覚センサ９６が計測する力のデータを、作用力データ６１と呼ぶ。

[0055] 胴体部１１Ａ、上腕部１１Ｃ、前腕部１１Ｄ、ハンド部１１Ｅおよび胴体接続部１１Ｈには、加速度センサ９７を備える。加速度センサ９７は、加速度を検出する。検出された加速度を表すデータを加速度データ６２と呼ぶ。加速度データ６２を積分して各部の速度を求める。また、加速度センサ９７

は、ロボット 1 の各部が振動しているかどうか、ロボット 1 に外部から力が加えられているかどうかを検出するために設ける。

[0056] 車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7、モータ温度 5 8、物体距離 5 9、触覚データ 6 0、作用力データ 6 1 および加速度データ 6 2 は、制御部 7 に入力される。制御部 7 は、これらのデータを記憶する記憶部 1 5 を有する。姿勢データ 5 7、モータ温度 5 8、物体距離 5 9、触覚データ 6 0、作用力データ 6 1 および加速度データ 6 2 は、データの種類ごとに決められた期間の間は、記憶部 1 5 に記憶される。記憶部 1 5 には、制御装置 3 から送信される目標姿勢 5 4 および制御姿勢 5 5 も記憶される。目標姿勢 5 4 および制御姿勢 5 5 のそれぞれは、各関節部 1 2 が有する各回転軸の回りの回転角度に対する指令値として表現される。

[0057] 制御部 7 は、ロボット 1 を制御する上で入力されたデータを使用する。制御部 7 は、周期的に入力される姿勢データ 5 7 が制御姿勢 5 5 と一致するようにアクチュエータ 1 3 およびモータ 1 4 を制御する。制御部 7 による制御は、フィードバック制御でもよいし、低次自律運動判断による制御でもよい。

[0058] 制御部 7 は、通信部 9 を介して各種センサが計測したデータなどを制御装置 3 に送信する。通信部 9 は、通信パケットを送受信する機能だけでなく、記憶部 1 5 を参照して送信するデータを生成する機能、および受信したデータを記憶部 1 5 の該当する領域に格納する機能も有する。

[0059] 右カメラ 2 R および左カメラ 2 L は、ヒューマノイド部 1 H の頭部 1 1 F に装着される。右カメラ 2 R および左カメラ 2 L は、頭部 1 1 F が向く方向を変更することで、画像を撮影する方向である撮影方向を変更できる。頭部 1 1 F が向く方向が変化しても、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の間の位置関係は変化しない。右カメラ 2 R および左カメラ 2 L は、絞りや拡大倍率などを含む撮影条件データ 6 3 を、撮影した画像とともに制御部 7 に出力する。制御部 7 は、通信部 9 を介して右目画像 5 1 R、左目画像 5 1 L と撮影条件データ 6 3 を制御装置 3 に送信する。

- [0060] 制御部 7 を介さないで、右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L を制御装置 3 に送信してもよい。制御部 7 は、撮影時刻と対応付けた撮影条件データ 6 3 を制御装置 3 に送信する。制御装置 3 では、撮影時刻により右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L と撮影条件データ 6 3 とを関連付ける。
- [0061] 右目画像 5 1 R、左目画像 5 1 L および撮影条件データ 6 3 は、ロボット 1 の制御部 7 とは別の装置が保存し、制御装置 3 に送信してもよい。記憶部 1 5 は、制御部 7 とは別に設けてもよい。
- [0062] 制御装置 3 は、通信部 3 1、構造データ記憶部 3 2、状態データ記憶部 3 3、ロボットモデル生成部 3 4、環境モデル生成部 3 5、モデル統合部 3 6、視点データ生成部 3 7、モデル画像生成部 3 8、制御参考情報生成部 3 9、目標姿勢生成部 4 0、制御姿勢生成部 4 1 および異常検出部 4 2 を主に有して構成される。構造データ記憶部 3 2 は、ロボット 1 の構造を表すロボット構造データ 8 1 などを記憶する。状態データ記憶部 3 3 は、姿勢データ 5 7 などの変化するロボット 1 に関するデータを記憶する。
- [0063] 通信部 3 1 は、ロボット 1 などと通信する。通信部 3 1 は、通信パケットを送受信する機能だけでなく、構造データ記憶部 3 2、状態データ記憶部 3 3 を参照して送信するデータを生成する機能、および受信したデータを状態データ記憶部 3 3 の該当する領域に格納する機能も有する。
- [0064] 構造データ記憶部 3 2 は、ロボット構造データ 8 1、カメラ構造データ 8 2 およびセンサ構造データ 8 3 を記憶する。ロボット構造データ 8 1 は、ロボット 1 が動いても変化しないデータである。ロボット構造データ 8 1 は、例えば骨格部 1 1 と関節部 1 2 の接続関係や、骨格部 1 1 の寸法や関節部 1 2 の回転可能角度、骨格部 1 1 の外形を表現する部分 3 D モデルなどである。レッグ部 1 1 G、上腕部 1 1 C や前腕部 1 1 D などの長さ、2 個の肩関節部 1 2 A の間隔なども、ロボット構造データ 8 1 である。ロボット構造データ 8 1 は、マニピュレータであるロボット 1 の構造を表すマニピュレータ構造データである。
- [0065] カメラ構造データ 8 2 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の構造を表す

データである。カメラ構造データ 8 2 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L に共通なデータとして、撮影できる画像の縦横のサイズ、視野角、拡大倍率の可能範囲などを含む。カメラ構造データ 8 2 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の首関節部 1 2 D に対する相対位置、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の間隔、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の正面方向を含む。右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の正面方向は、それぞれの視野の中心が頭部 1 1 F に対して向く方向である。右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の首関節部 1 2 D に対する相対位置と正面方向は、ロボット構造データ 8 1 として記憶してもよい。カメラの撮影方向は、カメラの正面方向を現場座標系（X Y Z 座標系）で表現した方向である。

[0066] センサ構造データ 8 3 は、各種センサの設置位置、センサの種類、計測されるデータが送信される際のデータの格納位置などデータである。

[0067] 状態データ記憶部 3 3 は、車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7、モータ温度 5 8、物体距離 5 9、触覚データ 6 0、作用力データ 6 1、加速度データ 6 2、撮影条件データ 6 3、ロボット 3 次元モデル 6 4、カメラ姿勢 6 5、カメラ点群生データ 6 6、カメラ点群データ 6 7、周囲点群データ 6 8、統合 3 次元モデル 6 9 および視点データ 7 0 を記憶する。

[0068] ロボット 3 次元モデル 6 4 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L を含むロボット 1 の 3 次元モデルである。ロボット 3 次元モデル 6 4 は、現場座標系（X Y Z 座標系）で表現される。ロボット 3 次元モデル 6 4 は、ロボットモデル生成部 3 4 により生成される。ロボット 3 次元モデル 6 4 は、カメラ姿勢 6 5 を含む。カメラ姿勢 6 5 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の現場座標系における位置および撮影方向を表すデータである。ロボット 3 次元モデル 6 4 は、マニピュレータであるロボット 1 の 3 次元モデルである。カメラ姿勢 6 5 は、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の 3 次元モデルである。

[0069] カメラ点群生データ 6 6 は、右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L を画像処理して得られる物体 2 0 を含む周囲環境の事物を表す点群データである。点群データは、事物を表す点の座標値の集合である。カメラ点群生データ 6

6は、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lのそれぞれを基準とする相対的な位置として表現される。カメラ点群データ6 7は、カメラ点群生データ6 6を座標変換して現場座標系での座標値として表現した点群データである。周囲点群データ6 8は、異なるカメラ姿勢6 5でのカメラ点群データ6 7を統合して生成された点群データである。周囲点群データ6 8は、周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルである。異なるカメラ姿勢6 5とは、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lの少なくとも一方について、その位置および姿勢の少なくとも一方が異なることである。

[0070] 統合3次元モデル6 9は、ロボット3次元モデル6 4と周囲点群データ6 8とを統合した3次元モデルである。視点データ7 0は、モデル画像5 3において物体2 0およびロボット1を見る視点の位置と視線方向を表すデータである。

[0071] ロボットモデル生成部3 4は、入力される最新の車両姿勢5 6および姿勢データ5 7、ロボット構造データ8 1およびカメラ構造データ8 2を参照してロボット3次元モデル6 4を生成する。ロボット3次元モデル6 4は、マニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルである。ロボットモデル生成部3 4は、マニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部である。ロボット1の各関節部の角度を表現する姿勢データ5 7を、ロボット構造データ8 1で決まる式に代入して、ロボットモデル生成部3 4は、第1の直交座標系(X 1 Y 1 Z 1座標系)における各骨格部1 1の姿勢を決める。各骨格部1 1の姿勢を決める方法は、例えば特許文献2に開示されている方法を使用する。さらに、各骨格部1 1の外形を表現する部分3 Dモデルを各骨格部1 1の姿勢に応じて移動および回転させる。移動および回転した各骨格部1 1の部分3 Dモデルをまとめたものがロボット3次元モデルである。この段階のロボット3次元モデルは、第1の直交座標系で表現される。ロボットモデル生成部3 4は、車両姿勢5 6を使用して、第1の直交座標系におけるロボット3次元モデルを現場座標系でのロボット3次元モデル6 4に変換する。ロボット3次元モデル6 4は、カメラ姿勢6 5も含む

。カメラ姿勢65は、ロボットモデル生成部34とは別の機能モジュールが生成してもよい。その場合は、ロボットモデル生成部は、カメラ構造データ82を参照しない。

[0072] 環境モデル生成部35は、周囲環境モデルである周囲点群データ68を生成する。環境モデル生成部35は、画像処理部43、カメラ点群生データ生成部44、カメラ座標変換部45およびカメラ点群整合部46を有する。画像処理部43は、右カメラ2Rおよび左カメラ2Lの位置と撮影方向に基づき、右目画像51Rおよび左目画像51Lを画像処理する。画像処理部43は、右目画像51Rおよび左目画像51Lを画像処理して、物体20を含む周囲環境の事物の特徴点を抽出する。特徴点とは、事物の境界線や特徴的な形状を表す点である。なお、画像によっては、特徴点を抽出できない場合がある。例えば、事物の色と背景の色がほとんど同じで、事物の境界線が画像から判断できない場合、事物の表面形状が平坦で特徴点が検出できない場合などである。特徴点を抽出できない場合は、カメラ点群生データ66は生成されない。

[0073] カメラ点群生データ生成部44は、右目画像51Rおよび左目画像51Lの両方で抽出された特徴点の位置データを生成する。その原理を簡単に説明すると、以下ようになる。1個の画像に表示される特徴点は、その画像を撮影したカメラの位置を通る3次元空間での直線上に存在する。特徴点が存在する直線の方法は、画像内での特徴点の画素位置と撮影方向から決まる。同時または特徴点を有する物体が静止している期間に別の視点から撮影した画像を組み合わせると、特徴点が複数の直線の交点に存在することから、特徴点の2台のカメラの位置に対する相対的な位置を決めることができる。

[0074] カメラ点群生データ生成部44は、右目画像51Rおよび左目画像51Lという視差を有して同時に撮影された2個の画像から各特徴点の3次元空間での位置を決める。右目画像51Rから抽出された特徴点の画像内での画素位置は、画素位置から決まる3次元空間での直線上に特徴点が存在することを意味する。この直線は、右カメラ2Rの位置を通り、画像内での画素位置

に対応する３次元空間での方向に存在する直線である。例えば、画像の中央の画素は、撮影方向に延在する直線になる。上下方向の中央で左右方向の両端の画素は、撮影方向に対して視野角の半分だけ左右方向に向いた方向に延在する直線になる。左目画像５１Ｌでも同様である。左目画像５１Ｌから抽出された特徴点の画素位置は、左カメラ２Ｌの位置を通りその画素位置に対応する３次元空間での方向を表す直線上に、特徴点が存在することを意味する。右目画像５１Ｒおよび左目画像５１Ｌの両方で抽出された特徴点は、右目画像５１Ｒから決まる３次元空間での直線と、左目画像５１Ｌから決まる３次元空間での直線の交点に存在することになる。カメラ点群生データ生成部４４は、各特徴点に対して、２本の３次元空間での直線の交点を求め、その交点の位置データをその特徴点の位置データとする。すべての特徴点の位置データをまとめたものが、カメラ点群生データ６６である。

[0075] カメラ点群生データ６６は、右カメラ２Ｒおよび左カメラ２Ｌに対する相対的な位置データとして表現される。カメラ座標変換部４５は、カメラ姿勢６５を使用して各特徴点のカメラ点群生データ６６をカメラ点群データ６７に変換する。カメラ点群データ６７は、現場座標系での位置データである。同じカメラ姿勢６５での異なる時点での画像から抽出した特徴点の画素位置の平均を使用して、カメラ点群データ６７を生成してもよい。カメラ点群整合部４６は、異なるカメラ姿勢６５での同じ特徴点に対するカメラ点群データ６７の平均をとるなどして、周囲点群データ６８を生成する。周囲点群データ６８は、物体２０を含む周囲環境の事物の３次元モデルである周囲環境モデルである。環境モデル生成部３５は、画像処理により周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部である。

[0076] 周囲点群データ６８を生成した後に、新たなカメラ点群データ６７が生成される場合は、カメラ点群整合部４６は、新たなカメラ点群データ６７により周囲点群データ６８を修正する。新たなカメラ点群データ６７で事物の位置が変化している場合は、その事物に関する周囲点群データ６８での点群データは、新たな位置に移動させる。

- [0077] モデル統合部 36 は、ロボット 3 次元モデル 64 と周囲点群データ 68 とを統合して統合 3 次元モデル 69 を生成する。
- [0078] 視点データ生成部 37 は、オペレータ 30 が入力する情報に基づき視点データ 70 を生成する。視点データ 70 は、モデル画像 53 における視点の位置と視線方向を表すデータである。視点データ 70 の初期値は、例えば右カメラ 2R の視点および撮影方向とする。視点データ 70 に関する情報をオペレータ 30 が、例えばキーボード、マウスやポインティングデバイスおよびジョイスティックなどの入力装置により入力する。例えば、表示装置 5 に表示されたモデル画像 53 に対して、入力装置を使用してオペレータ 30 が左右上下への視点の移動の指示を入力する。あるいは、視点までの距離の増減をオペレータ 30 が入力してもよい。視点データ生成部 37 は、オペレータ 30 が入力した移動方向に存在する事物が見えるように視点が移動した視点データ 70 を生成する。例えば、オペレータ 30 がモデル画像 53 を下に移動させる指示を入力する場合は、視点位置を高くし、視線方向を下向きに変更する。例えば、オペレータ 30 が右へ移動させる指示を入力する場合は、視点を上から見て反時計回りに回転した位置に移動させ、視線方向も反時計回りに回転させて変更する。視点の位置と視線方向をそれぞれ独立にオペレータ 30 が変更できるようにしてもよい。
- [0079] モデル画像生成部 38 は、統合 3 次元モデル 69 および視点データ 70 に基づいてモデル画像 53 を生成する。モデル画像生成部 38 は、視点データ 70 で表される位置にカメラを設置し、視点データ 70 で表される視線方向を撮影方向として統合 3 次元モデル 69 を撮影する場合に撮影される画像をモデル画像 53 として生成する。生成されたモデル画像 53 は、表示装置 5 に表示される。複数の視点データ 70 のそれぞれに対してモデル画像 53 を生成して、複数の視点からのモデル画像 53 を同時に表示装置 5 に表示するようにしてもよい。モデル画像 53 は、オペレータ 30 が指定した視点から統合 3 次元モデル 69 を見る画像である。表示装置 5 は、モデル画像 53 を表示するモデル画像表示装置である。

[0080] 制御参考情報生成部39は、表示装置5に表示する制御参考情報を生成する。制御参考情報は、ロボット1に搭載されている各種センサからの情報や、ロボット1の現在の姿勢あるいは目標姿勢に関するデータなどである。例えば、物体20や周囲環境とロボット1との距離情報や、ロボット1の位置および姿勢やその変化速度に関する情報、各関節部での現在角度や各関節部を駆動するモータの現在温度、ロボット1の各部の加速度と振動の大きさ、各関節部の目標角度などが、制御参考情報である。制御参考情報生成部39は、情報を取捨選択および加工して制御参考情報を生成する。制御参考情報生成部39は、有用度が高くオペレータ30が視認しやすくなるように制御参考情報を生成する。

[0081] 目標姿勢生成部40は、上体目標姿勢入力部6Hおよび車両姿勢入力部6Wに入力されるオペレータ30の手や足の動きから目標姿勢54および車両姿勢56を生成する。目標姿勢54は、最終的にロボット1がとる姿勢を表現するデータである。制御姿勢生成部41は、目標姿勢54で表現される姿勢をロボット1がとるように制御する上で使用する制御姿勢55を生成する。制御姿勢55は、決められた時間後にロボット1の各関節がとるべき角度として表現される。制御姿勢55は、時間の経過に応じて修正される。目標姿勢54が変更された際にも、制御姿勢55は修正される。制御姿勢生成部41は、制御部7が有してもよい。制御姿勢生成部41は、動作指示からロボット1を制御する制御信号を生成する制御信号生成部である。制御姿勢とは異なる方式で制御信号を生成してもよい。

動作指示からロボット1を制御する制御信号を生成する制御信号生成部であれば、どのようなものでもよい。

[0082] 異常検出部42は、モータ温度58、作用力データ61および加速度データ62が入力されて、閾値と比較するなどしてロボット1に異常が発生しているかどうかを検出する。異常検出部42が異常を検出した場合は、制御装置3はロボット1を停止させる。

[0083] 動作を説明する。図8は、実施の形態1に係る遠隔制御マニピュレータシ

ステムでロボットを遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。ここでは、ロボット 1 が物体 20 を片方のハンド部 11E で持って移動する場合で説明する。

- [0084] ステップ S01 で、ロボット構造データ 81、カメラ構造データ 82 およびセンサ構造データ 83 を、構造データ記憶部 32 に記憶させる。
- [0085] ステップ S02 で、テストパターンを撮影することで右カメラ 2R および左カメラ 2L を校正する。テストパターンは、例えば決められた大きさおよび形状の点を決められた間隔で配置したパターンである。右カメラ 2R または左カメラ 2L である被校正カメラの正面の決められた距離の位置にテストパターンを配置して、被校正カメラがテストパターンを撮影する。撮影する画像が適正になるように、被校正カメラを校正する。校正の対象はレンズの収差などである。その後、右カメラ 2R および左カメラ 2L で同時にテストパターンを撮影する。右カメラ 2R および左カメラ 2L が撮影する画像が適正な関係になるように、2 台のカメラの間隔や設置角度を調整する。右カメラ 2R および左カメラ 2L で個別にテストパターンを撮影する手順を省略してもよい。
- [0086] ステップ S03 で、右カメラ 2R および左カメラ 2L が計測する距離を実際の距離と一致させる補正パラメータを求める。ロボット 1 に校正用の姿勢をとらせて、右カメラ 2R および左カメラ 2L から決められた距離の位置に決められた長さの物体（定規物体と呼ぶ）を配置して、定規物体を撮影する。撮影した画像から定規物体までの距離と定規物体の長さを計測する。何点かの距離で定規物体を撮影して計測する。計測した距離および長さが実際の距離および長さ一致するように、乗算する換算係数と加算するオフセット値を求める。換算係数とオフセット値が、補正パラメータである。
- [0087] ステップ S04 で、物体 20 とその周囲環境の 3 次元モデルである周囲点群データ 68 を最初に生成する。最初に生成することを、初期生成するという。S04 での動作は、図 9 に示すフローチャートで説明する。ステップ S05 で、物体 20 を把持する位置にロボット 1 を移動させる。ステップ S0

6で、物体20とその周囲を撮影しながらヒューマノイド部1Hを動かして物体20を片方のハンド部11Eで把持させる。S06での動作は、図10に示すフローチャートで説明する。ステップS07で、片方のハンド部11Eで物体20を把持した状態でロボット1を移動させる。移動後に、ハンド部11Eを操作して物体20を離す。

S04を省略して、周囲点群データ68を初期生成しなくてもよい。その場合には、ロボット1が物体20を扱う際に周囲点群データ68を生成する。

[0088] 図9を参照して、物体20を含む周囲環境の3次元モデルである周囲点群データ68を生成する手順を説明する。S11で、ロボット1を物体20の近くに移動させる。ステップS12で、位置センサ91が車両姿勢56を計測する。ステップS13で、姿勢センサ92が姿勢データ57を計測し、車両姿勢56および姿勢データ57に基づきカメラ姿勢65を含むロボット3次元モデル64を生成する。ステップS14で、右カメラ2Rおよび左カメラ2Lが物体20を含む画像を撮影し、撮影した画像から特徴点を抽出しカメラ点群生データ66を生成する。カメラ点群生データ66およびカメラ姿勢65を使用してカメラ点群データ67を生成し、周囲点群データ68を生成または修正する。ステップS15で、必要十分な範囲および精度で周囲点群データ68が生成できたかチェックする。

必要十分な範囲および精度で周囲点群データ68が生成できている（S15でYES）場合は、処理を終了する。

[0089] 必要十分な範囲および精度で周囲点群データ68が生成できていない（S15でNO）場合は、ステップS16で別の姿勢をとるかチェックする。別の姿勢をとる（S16でYES）場合は、ステップS17でヒューマノイド部1Hに別の姿勢をとらせる。S17の実行後にS13へ戻る。別の姿勢をとらない（S16でNO）場合は、ステップS18でロボット1を別の位置に移動させる。S18の実行後にS12へ戻る。

[0090] 図10を参照して、ヒューマノイド部1Hが物体20を把持する際の手順

を説明する。なお、ヒューマノイド部 1 H が物体 2 O を把持する際には、車両部 1 W は停止している。ステップ S 3 1 で、姿勢センサ 9 2 が姿勢データ 5 7 を計測する。ステップ S 3 2 で、車両姿勢 5 6 および姿勢データ 5 7 からカメラ姿勢 6 5 を含むロボット 3 次元モデル 6 4 を生成する。ステップ S 3 3 で、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L が物体 2 O の画像を撮影する。ステップ S 3 4 で、立体視表示装置 4 が 3 D 画像 5 2 を立体視表示する。S 3 4 と並行してステップ S 3 5 で、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の両方の視野内に物体 2 O が存在するかチェックする。

[0091] ハンド部 1 1 E を物体 2 O に近づける際に、ヒューマノイド部 1 H により物体 2 O が隠れる場合や、物体 2 O が存在する方向に頭部 1 1 F を向けることが難しい場合に、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の両方の視野内に物体 2 O が存在させることができなくなる。

[0092] 右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の両方の視野内に物体 2 O が存在する（S 3 5 で Y E S）場合は、ステップ S 3 6 で、撮影した画像からカメラ点群データ 6 7 を生成する。ステップ S 3 7 で、カメラ点群データ 6 7 を生成できたかチェックする。カメラ点群データ 6 7 を生成できている（S 3 7 で Y E S）場合は、ステップ S 3 8 でカメラ点群データ 6 7 により周囲点群データ 6 8 を修正する。ステップ S 3 9 で、周囲点群データ 6 8 とロボット 3 次元モデル 6 4 を統合して統合 3 次元モデル 6 9 を生成する。ステップ S 4 0 で、統合 3 次元モデル 6 9 からモデル画像 5 3 を生成する。ステップ S 4 1 で、表示装置 5 がモデル画像 5 3 を表示する。

[0093] 右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の何れか少なくとも一方の視野内に物体 2 O が存在しない（S 3 5 で N O）場合、あるいはカメラ点群データ 6 7 を生成できていない（S 3 7 で N O）場合は、S 3 9 に進む。この場合は、S 3 9 では、周囲点群データ 6 8 は、保存されているものを使用する。

[0094] ステップ S 4 2 で、オペレータ 3 0 が立体視表示装置 4 に立体視表示される 3 D 画像 5 2 または表示装置 5 に表示されたモデル画像 5 3 を見る。ステップ S 4 3 で、オペレータ 3 0 がヒューマノイド部 1 H を動かす。このよう

に、オペレータ30は、物体20とロボット1のハンド部11Eの相対的な位置関係を確認しながら、ヒューマノイド部1Hを操作する。

[0095] ステップS44で、ハンド部11Eの感圧センサ95の出力(触覚データ60)が接触ありかチェックする。感圧センサ95の出力が接触ありであることは、ハンド部11Eが物体に接触していることを意味する。感圧センサ95の出力が接触ありである(S44でYES)場合は、処理を終了する。以後は、感圧センサ95の出力に基づき、ハンド部11Eが物体20を適切に把持するように制御する。感圧センサ95の出力が接触ありではない(S44でNO)場合は、ステップS45で、決められた制御周期 T_c が経過したかチェックする。 T_c が経過している(S45でYES)場合は、S31へ戻る。 T_c が経過していない(S45でNO)場合は、S33へ戻る。

[0096] 遠隔制御マニピュレータシステム100では、オペレータ30は、自分の頭を移動させることで、立体視表示された3D画像52およびモデル画像53を自由に切り替えて見ることができる。モデル画像53は、オペレータ30が指定した視点からロボット1および物体20を見る画像である。遠隔制御マニピュレータシステム100では、物体20とハンド部11Eとの位置関係を測定し、測定した位置関係を表すモデル画像53を表示する。オペレータ30は、3D画像52およびモデル画像53の適切な方である画像または両方の画像を確認する。確認の結果により、ハンド部11Eを含むヒューマノイド部1Hの現在状態を把握し、ヒューマノイド部1Hを遠隔制御する。オペレータ30は、現在状態の確認とヒューマノイド部1Hを動かす操作を物体20とハンド部11Eが接触するまで繰り返す。そうすることで、オペレータ30は、ロボット1を遠隔制御して、対象物を押す、引く、把持する等の作業を、従来よりも正確に、かつ容易に実施できる。

[0097] モデル画像53は、任意の視点から見ることができる。さらに、複数の異なる視点から見るモデル画像53を同時にあるいは切り替えて表示装置5に表示させ、オペレータ30は複数の異なる視点から物体20および周囲の環境を把握できる。表示装置5に例えば2個のモデル画像53を同時に表示さ

せるようにし、1個の画像は同じ視点からのモデル画像53を表示させ、他の画像は複数の視点から見るモデル画像53を切り替えて表示させてもよい。画像、文字あるいはシンボルなどで表現される制御参考情報をオペレータは確認できる。その結果、ロボット1と物体20との相対的な位置関係を、オペレータ30は従来よりも正確かつ容易に把握できる。モデル画像53を表示しない場合には位置関係の把握が難しい状況でも、現在のロボット1と物体20との位置関係を、オペレータ30が正確に把握することができ、精密な操作をすることが可能となる。ロボット1と物体20との位置関係の把握が難しい状況は、例えば、ロボット1の腕部11Jなどが物体20を隠す場合、ロボット1と物体20との間に障害物がある場合、頭部11Fを物体20に向けた姿勢ではハンド部11Eが物体20に届かない位置にある場合などである。

[0098] オペレータ30は、自然な3D画像52を見ることができ、ロボット1の現在の姿勢、および物体20とその周囲環境の関係性を確認しながらロボットを操作することが可能となる。そのため、オペレータ30は、より精密かつ正確に物体20を扱う作業を実施できる。

[0099] クローラ移動ロボットではなく、2本足で移動する人型ロボット、上体だけのロボット、片腕のロボットアーム、ロボットハンド、産業用マニピュレータなどに対しても、本開示は適用できる。物体を扱う機械や装置であれば、本開示は適用できる。物体を扱う機械や装置のことをマニピュレータと呼ぶ。物体とは、ロボットが持つ道具、道具で処理される物体、道具を使用しないで操作される物体などである。道具としては、例えばドライバーやペンチなどの工具、包丁やメスなどの刃物、鋏や定規や筆記具などの文具、大工道具、清掃用具、パソコンなどの情報機器、建物のドアや窓、荷物を運搬するための台車など、人を移動させる車椅子や移動式ベッドなどが含まれる。物体は、液体、固体、気体の何れでもよい。人や動物や植物なども物体に含む。

[0100] 本開示に係る遠隔制御マニピュレータシステムによれば、遠隔制御マニピ

ュレータの作業操作性能を向上させる。遠隔制御するロボットあるいはマニピュレータを使用することで、危険な環境、あるいは人間には過酷なあるいは快適でない環境での作業、重い物体の操作などの重労働作業を、人間の負荷を軽減して実施できる。遠隔制御するロボットあるいはマニピュレータは、災害対応等に携わる作業者を支援できる。また、労働力が不足している産業分野でも、遠隔制御マニピュレータを使用できる。高齢化社会で重要性が増すロボットによる介護の支援などにも、遠隔制御マニピュレータを利用できる。

[0101] マニピュレータ遠隔制御システムは、災害救助時や一般産業の工場や工事現場において、遠隔で離れた地点から画像を見ながら遠隔作業機械またはロボットが有するハンドによる把持操作をする場合が想定される。しかし、実運用時は環境や把持対象物の事前学習やモデル化は困難である。本開示の遠隔制御マニピュレータの視覚ベース操作システムであれば、操作者が周囲環境や作業状況を視覚ベースの情報から判断でき、遠隔制御マニピュレータの操作信頼度の向上が可能になると期待される。

[0102] 目標姿勢入力装置としては、操縦桿、ステアリングホイール(ハンドル)、レバー、ジョイスティック、ボタン、つまみ、ペダルなどで目標姿勢および車両姿勢を入力するものでもよい。オペレータの動作をカメラで撮影して、撮影した画像から目標姿勢を読み取る方式を使用してもよい。オペレータの動きあるいは筋肉の緊張度などを读取するセンサをオペレータの体に装着した目標姿勢入力装置を使用してもよい。マニピュレータが動くまたは静止する動作を入力できるものであれば、目標姿勢入力部はどのようなものでもよい。

以上のことは、他の実施の形態にもあてはまる。

[0103] 実施の形態2.

実施の形態2は、ロボットが測距ライダを備え、測距ライダが計測する点群データから周囲環境の3次元モデルを生成する機能を遠隔制御マニピュレータシステムに持たせた場合である。図11から図13を参照して、実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムの構成を説明する。図11は

、実施の形態２に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の正面図である。図１２は、実施の形態２に係る遠隔制御マニピュレータシステムで使用されるロボットのヒューマノイド部の左側面図である。図１３は、実施の形態２に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。

[0104] 図１１および図１２を参照して、ロボット１Ａが図４および図５に示すロボット１とは異なる点を説明する。ロボット１Ａが有するヒューマノイド部１ＨＡは、右の前腕部１１Ｄに測距ライダ１６Ｒを有し、左の前腕部１１Ｄに測距ライダ１６Ｌを有し、胴体部１１Ａの前面に測距ライダ１６Ｂを有する。測距ライダ１６Ｒは、右の前腕部１１Ｄの手首関節部１２Ｃに近い正面側の部分に設ける。前腕部１１Ｄの正面側とは、腕部１１Ｊを下に垂らす基準状態においてヒューマノイド部１ＨＡの正面に向く側である。測距ライダ１６Ｌは、左の前腕部１１Ｄの手首関節部１２Ｃに近い正面側の部分に設ける。測距ライダ１６Ｒ、１６Ｌは、前腕部１１Ｄの内側にレーザ光を放射するように前腕部１１Ｄに搭載される。前腕部１１Ｄの内側は、基準状態での前腕部１１Ｄがロボット１Ａの中心線に向う側である。ロボット１Ａの中心線は、基準状態でのロボット１Ａを正面から見る際に高さ方向に延在する。測距ライダ１６Ｂは、胴体部１１Ａの正面の側に放射するように設けられる。なお、例えば測距ライダ１６Ｒの１個だけをヒューマノイド部が有するようにしてもよい。

[0105] 測距ライダ１６Ｒ、１６Ｌ、１６Ｂは、スキャン（走査）しながらレーザ光を放射し、レーザ光を放射してから物体に反射されてきた反射レーザ光が受信されるまでの時間に基づき、レーザ光を放射した方向に存在する事物までの距離を計測する。測距ライダ１６Ｒ、１６Ｌ、１６Ｂは、それぞれライダ点群生データ７２を生成する。測距ライダがレーザ光をスキャンする範囲の中心になる方向を、測距ライダの放射方向と呼ぶ。測距ライダの放射方向を測距方向とも呼ぶ。ライダ点群生データ７２は、測距ライダ１６Ｒ、１６Ｌ、１６Ｂごとに決まる放射方向に対する角度ごとに、その角度に存在する

事物までの距離を表現するデータの集合である。

- [0106] ロボット 1 A が有する制御部 7 A は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B を動作させるかどうかを制御する。制御部 7 A が有する記憶部 1 5 A は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B が計測するライダ点群生データ 7 2 も記憶する。制御部 7 を変更しないで、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B を動作させるかどうかを制御装置 3 A が制御部 7 を介さないで制御し、ライダ点群生データ 7 2 が制御部 7 を介さないで制御装置 3 A に送信されてもよい。
- [0107] 遠隔制御マニピュレータシステム 1 0 0 A の機能構成を示す図 1 3 について、実施の形態 1 の場合の図 2 とは異なる点を説明する。制御装置 3 A は、構造データ記憶部 3 2 A、状態データ記憶部 3 3 A、ロボットモデル生成部 3 4 A および環境モデル生成部 3 5 A を変更している。構造データ記憶部 3 2 A は、ライダ構造データ 8 4 も記憶する。ライダ構造データ 8 4 は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B のそれぞれの放射方向、スキャン角度範囲を記憶する。放射方向は、右または左の前腕部 1 1 D あるいは胴体部 1 1 A に対する角度を定義するデータである。スキャン角度範囲は、レーザ光をスキャンする角度の範囲を規定するデータである。スキャン角度範囲は、例えば水平方向に 2 4 0 度、上下方向に 9 0 度などのスキャンする角度の範囲である。ライダ構造データ 8 4 は、測距センサである測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B の構造を表す測距センサ構造データである。
- [0108] 状態データ記憶部 3 3 A は、ロボット 3 次元モデル 6 4 A を変更し、カメラ周囲点群データ 7 1、ライダ点群生データ 7 2、ライダ点群データ 7 4 およびライダ周囲点群データ 7 5 を追加している。ロボット 3 次元モデル 6 4 A は、ライダ姿勢 7 3 も有する。ライダ姿勢 7 3 は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B の現場座標系における位置と放射方向を表すデータである。ライダ姿勢 7 3 は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B の 3 次元モデルである。
- [0109] ライダ点群生データ 7 2 は、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B が計測した点群のデータである。ライダ点群生データ 7 2 は、測距ライダ 1 6 R、1

6 L、1 6 Bの放射方向を基準とするデータである。ライダ点群生データ 7 2において、スキャンする範囲内において隣接する方向との間で計測した距離が大きく変化する方向を不連続点として認識する。ライダ点群データ 7 4は、ライダ点群生データ 7 2を現場座標系における値に変換したデータである。ライダ点群データ 7 4においても、不連続点を認識しておく。

[0110] ロボットモデル生成部 3 4 Aは、ライダ構造データ 8 4も参照して、カメラ姿勢 6 5およびライダ姿勢 7 3を含むロボット 3次元モデル 6 4 Aを生成する。

[0111] 環境モデル生成部 3 5 Aは、不連続点抽出部 4 7、ライダ座標変換部 4 8、ライダ点群整合部 4 9および点群選択生成部 5 0を追加し、カメラ点群整合部 4 6 Aを変更している。カメラ点群整合部 4 6 Aは、周囲点群データ 6 8ではなくカメラ周囲点群データ 7 1を生成する。カメラ点群整合部 4 6 Aは、カメラ点群整合部 4 6と同様にカメラ点群データ 6 7を処理する。カメラ周囲点群データ 7 1は、カメラ周囲環境モデルである。カメラ周囲環境モデルは、右カメラ 2 Rおよび左カメラ 2 Lが撮影した画像から生成される周囲環境モデルである。環境モデル生成部 3 5 Aは、カメラ周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部である。

[0112] 不連続点抽出部 4 7は、ライダ点群生データ 7 2を取り込み、ライダ点群生データ 7 2を処理して不連続点を抽出する。ライダ座標変換部 4 8は、ライダ姿勢 7 3を参照してライダ点群生データ 7 2を現場座標系での位置データであるライダ点群データ 7 4に変換する。ライダ点群整合部 4 9は、ライダ周囲点群データ 7 5を生成する。ライダ周囲点群データ 7 5は、周囲環境として存在する各事物への方向と距離を表現するデータである。ライダ点群整合部 4 9は、異なるライダ姿勢 7 3でのライダ点群データ 7 4を不連続点の位置が一致または位置の差が小さくなるようにつなげてライダ周囲点群データ 7 5を生成する。異なるライダ姿勢 7 3とは、少なくとも 1 個の測距ライダ 1 6の位置および姿勢の少なくとも一方が異なることである。同じライダ姿勢 7 3でのライダ点群データ 7 4の平均をとってライダ点群データ 7 4

とし、あるライダ姿勢 73 でのライダ点群データ 74 を、別のライダ姿勢 73 でのライダ点群データ 74 と連結して、ライダ周囲点群データ 75 を生成してもよい。ライダ周囲点群データ 75 は、周囲環境までの距離と方向を含む測距データである。測距ライダ 16 R、16 L、16 B は、測距データを計測する測距センサである。ライダ周囲点群データ 75 は、センサ周囲環境モデルである。センサ周囲環境モデルは、測距データから生成された周囲環境モデルである。環境モデル生成部 35 A は、測距センサの位置と測距方向に基づき測距データを処理して、センサ周囲環境モデルを生成する測距データ処理モデル生成部である。

[0113] ライダ周囲点群データ 75 を生成した後に新たなライダ点群データ 74 が生成される場合は、ライダ点群整合部 49 は、ライダ点群データ 74 によりライダ周囲点群データ 75 を修正する。新たなライダ点群データ 74 で事物の位置が変化している場合は、その事物に関するライダ周囲点群データ 75 での点群データは、新たな位置に移動させる。

[0114] 制御装置 3 A における周囲点群データ 68 は、カメラ周囲点群データ 71 またはライダ周囲点群データ 75 の何れか一方を選択した点群データである。点群選択生成部 50 は、カメラ周囲点群データ 71 またはライダ周囲点群データ 75 の何れか一方を選択して、周囲点群データ 68 とする。カメラ周囲点群データ 71 が生成できる場合は、点群選択生成部 50 はカメラ周囲点群データ 71 を周囲点群データ 68 とする。

[0115] 図 14 を参照して、動作を説明する。図 14 は、実施の形態 2 に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットを遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。図 14 について、実施の形態 1 の場合の図 8 とは異なる点を説明する。

[0116] ステップ S01A で、ライダ構造データ 84 も構造データ記憶部 32 A に記憶させる。

[0117] ステップ S03A で、測距ライダ 16 R、16 L、16 B に対しても補正パラメータを求める。ロボット 1 A に校正用の姿勢をとらせて、ロボット 1

Aに対して決められた位置に定規物体を配置する。右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lは、定規物体を撮影する。撮影した画像から定規物体までの距離と定規物体の長さを計測する。測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bは、定規物体が含まれる空間をレーザ光でスキャンして、定規物体の方向と距離を計測する。何点かの距離で、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lは定規物体を撮影して計測し、測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bは、定規物体が含まれる空間をレーザ光でスキャンして、定規物体の方向と距離を計測する。計測した距離および長さが実際の距離および長さ一致するように、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lの換算係数とオフセット値を求め、測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bの換算係数とオフセット値を求める。

[0118] ステップS 0 4 Aで、物体2 0とその周囲環境の3次元モデルであるカメラ周囲点群データ7 1およびライダ周囲点群データ7 5を初期生成する。S 0 4 Aでの動作は、図1 5に示すフローチャートで説明する。

[0119] ステップS 0 6 Aで、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lが物体2 0とその周囲を撮影し、測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bがレーザ光をスキャンし、測距しながらヒューマノイド部1 H Aを動かして物体2 0を片方のハンド部1 1 Eで把持させる。S 0 6 Aでの動作は、図1 6と図1 7に示すフローチャートで説明する。図1 6と図1 7は、実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。図1 6がフローチャートの前半部で、図1 7が後半部である。図1 6は、最初にモデル画像5 3を表示するまでの手順を示す。図1 7は、3 D画像5 2およびモデル画像5 3を見ながらオペレータ3 0が腕部1 1 Jを操作して物体2 0を把持するまでの手順を示す。

[0120] 図1 5は、実施の形態2に係る遠隔制御マニピュレータシステムで周囲点群データを初期生成する手順を説明するフローチャートである。図1 5について、実施の形態1の場合の図9とは異なる点を説明する。ステップS 1 3 Aで、姿勢センサ9 2が姿勢データ5 7を計測し、ライダ姿勢7 3およびカメラ姿勢6 5を含むロボット3次元モデル6 4 Aを生成する。

- [0121] ステップS 1 4 Aで、右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lが物体2 0を含む画像を撮影し、撮影した画像からカメラ周囲点群データ7 1を生成または修正する。S 1 5 Aで、必要十分な範囲および精度でカメラ周囲点群データ7 1が生成できたかチェックする。周囲点群データ6 8ではなくカメラ周囲点群データ7 1を処理対象とする点で、S 1 4 AおよびS 1 5 AはS 1 4およびS 1 5とは異なる。
- [0122] 必要十分な範囲および精度でカメラ周囲点群データ7 1が生成できている（S 1 5 AでY E S）場合は、ステップS 1 9～S 2 5でライダ周囲点群データ7 5を生成する。S 1 9で、測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bがレーダ光をスキャンしながら放射し、ライダ点群データ7 4を生成し、ライダ周囲点群データ7 5を生成または修正する。
- [0123] ステップS 2 0で、必要十分な範囲および精度でライダ周囲点群データ7 5が生成できたかチェックする。必要十分な範囲および精度でライダ周囲点群データ7 5が生成できている（S 2 0でY E S）場合は、処理を終了する。
- [0124] 必要十分な範囲および精度でライダ周囲点群データ7 5が生成できていない（S 2 0でN O）場合は、ステップS 2 1で別の姿勢をとるかチェックする。別の姿勢をとる（S 2 1でY E S）場合は、ステップS 2 2でヒューマンノイド部1 H Aに別の姿勢をとらせる。
- [0125] 別の姿勢をとらない（S 2 1でN O）場合は、ステップS 2 3でロボット1を別の位置に移動させる。ステップS 2 4で、位置センサ9 1が車両姿勢5 6を計測する。S 2 4またはS 2 2の実行後に、ステップS 2 5で、姿勢センサ9 2が姿勢データ5 7を計測し、ライダ姿勢7 3およびカメラ姿勢6 5を含むロボット3次元モデル6 4 Aを生成する。そして、S 1 9へ戻る。
- [0126] 図1 6と図1 7について、実施の形態1の場合の図1 0とは異なる点を説明する。図1 6と図1 7に示すフローチャートは、カメラ周囲点群データ7 1またはライダ周囲点群データ7 5の何れか一方を周囲点群データ6 8とする場合である。図1 6と図1 7に示すフローチャートでは、カメラ周囲点群

データ 7 1 を優先して使用する。また、カメラ点群データ 6 7 を作成できない場合は、ライダ点群データ 7 4 だけから周囲点群データ 6 8 を生成する。ライダ点群データ 7 4 だけから周囲点群データ 6 8 を生成する状態で、カメラ点群データ 6 7 を作成できるかチェックしてもよい。カメラ点群データ 6 7 を作成できる場合は、カメラ点群データ 6 7 およびカメラ周囲点群データ 7 1 を生成して、カメラ周囲点群データ 7 1 を優先して使用して周囲点群データ 6 8 を生成してもよい。

- [0127] ステップ S 3 2 A で、ライダ姿勢 7 3 およびカメラ姿勢 6 5 を含むロボット 3 次元モデル 6 4 A を生成する。
- [0128] ステップ S 3 8 A で、カメラ点群データ 6 7 によりカメラ周囲点群データ 7 1 を修正する。そして、ステップ S 4 6 で、表示状態をカメラ利用可と設定し、点群選択生成部 5 0 がカメラ周囲点群データ 7 1 を選択して周囲点群データ 6 8 とする。ここで、表示状態は、点群選択生成部 5 0 がカメラ周囲点群データ 7 1 を選択できるかどうかを制御するフラグである。そして、S 3 9 で、モデル統合部 3 6 が周囲点群データ 6 8 とロボット 3 次元モデル 6 4 A を統合して統合 3 次元モデル 6 9 A を生成する。
- [0129] 右カメラ 2 R および左カメラ 2 L の両方の視野内に物体 2 0 が存在しない (S 3 5 で NO) 場合、あるいはカメラ点群データ 6 7 を生成できていない (S 3 7 で NO) 場合は、ステップ S 4 7 ~ S 5 4 でライダ周囲点群データ 7 5 を生成する。S 4 7 で、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B がスキャンしながらレーザ光を放射して周囲の事物との距離を計測し、ライダ点群データ 7 4 を生成する。なお、不連続点抽出部 4 7 が不連続点を抽出できない場合は、ライダ点群データ 7 4 を生成できていないとする。ステップ S 4 8 で、ライダ点群データ 7 4 が生成できているかチェックする。ライダ点群データ 7 4 が生成できている (S 4 8 で YES) 場合は、ステップ S 4 9 で、ライダ点群データ 7 4 によりライダ周囲点群データ 7 5 を修正する。ステップ S 5 0 で、表示状態をカメラ利用不可と設定し、ライダ周囲点群データ 7 5 を選択して周囲点群データ 6 8 とする。そして、S 3 9 へ進む。

- [0130] ライダ点群データ 74 が生成できていない (S 48 で NO) 場合は、周囲環境に存在する障害物などが原因でライダでの測距ができない場合に対応する。ライダ点群データ 74 が生成できていない (S 48 で NO) 場合は、ステップ S 51 で、測距ライダ 16 R、16 L の少なくとも一方が不連続点を有するライダ点群データ 74 が生成できるように、物体 20 を別視点から見る位置に右および左の腕部 11 J の少なくとも一方を移動させる。
- [0131] ステップ S 52 で、制御周期 T c が経過したかチェックする。T c が経過している (S 52 で YES) 場合は、ステップ S 53 で、姿勢センサ 92 が姿勢データ 57 を計測する。ステップ S 54 で、車両姿勢 56 および姿勢データ 57 からカメラ姿勢 65 およびライダ姿勢 73 を含むロボット 3 次元モデル 64 A を生成する。S 54 の実行後または T c が経過していない (S 52 で NO) 場合は、S 47 へ戻る。
- [0132] オペレータ 30 がヒューマノイド部 1 H A を操作中の処理を示す図 17 について説明する。S 43 から S 45 は、図 10 と同様である。S 43 で、オペレータ 30 がヒューマノイド部 1 H A を動かす。S 44 で、ハンド部 11 E の感圧センサ 95 の出力(触覚データ 60)が接触ありかチェックする。感圧センサ 95 の出力が接触ありであることは、ハンド部 11 E が物体に接触していることを意味する。感圧センサ 95 の出力が接触ありである (S 44 で YES) 場合は、処理を終了する。感圧センサ 95 の出力が接触ありではない (S 44 で NO) 場合は、S 45 で、決められた制御周期 T c が経過したかチェックする。
- [0133] T c が経過している (S 45 で YES) 場合は、ステップ S 55 で、姿勢センサ 92 が姿勢データ 57 を計測する。ステップ S 56 で、車両姿勢 56 および姿勢データ 57 からカメラ姿勢 65 およびライダ姿勢 73 を含むロボット 3 次元モデル 64 A を生成する。S 56 の実行後または T c が経過していない (S 45 で NO) 場合は、ステップ S 57 で、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L が物体 20 の画像を撮影する。
- [0134] ステップ S 58 で、立体視表示装置 4 が 3 D 画像 52 を立体視表示する。

S 5 8と並行してステップS 5 9で、表示状態がカメラ利用可かチェックする。カメラ利用可である（S 5 9でY E S）場合は、ステップS 6 0で右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lの両方の視野内に物体2 0が存在するかチェックする。右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lの両方の視野内に物体2 0が存在する（S 6 0でY E S）場合は、ステップS 6 1で、撮影した画像からカメラ点群データ6 7を生成する。ステップS 6 2で、カメラ点群データ6 7によりカメラ周囲点群データ7 1を修正する。ステップS 6 3で、カメラ周囲点群データ7 1を選択して周囲点群データ6 8とする。ステップS 6 4で、周囲点群データ6 8とロボット3次元モデル6 4 Aを統合して統合3次元モデル6 9を生成する。ステップS 6 5で、統合3次元モデル6 9からモデル画像5 3を生成する。ステップS 6 6で、表示装置5がモデル画像5 3を表示する。ステップS 6 7で、オペレータ3 0が立体視表示装置4に立体視表示される3 D画像5 2または表示装置5に表示されたモデル画像5 3を見る。そして、S 4 3へ戻る。

[0135] 表示状態がカメラ利用可ではない（S 5 9でN O）場合、あるいは右カメラ2 Rおよび左カメラ2 Lの何れか少なくとも一方の視野内に物体2 0が存在しない（S 6 0でN O）場合は、ステップS 6 8で、測距ライダ1 6 R、1 6 L、1 6 Bは、スキャンしながらレーザ光を放射して測距し、ライダ点群データ7 4を生成する。ステップS 6 9で、ライダ点群データ7 4によりライダ周囲点群データ7 5を修正する。ステップS 7 0で、表示状態をカメラ利用不可とし、点群選択生成部5 0がライダ周囲点群データ7 5を選択して周囲点群データ6 8とする。そして、S 6 4へ進む。

[0136] 遠隔制御マニピュレータシステム1 0 0 Aでも、オペレータ3 0は、立体視表示された3 D画像5 2およびモデル画像5 3を自由に切り替えて見ることができる。モデル画像5 3は、オペレータ3 0が指定した視点からロボット1 および物体2 0を見る画像である。オペレータ3 0は、ロボット1 Aを遠隔制御して、物体2 0を押す、引く、把持する等の作業を、従来よりも正確に、かつ容易に実施できる。その他の点でも、遠隔制御マニピュレータシ

ステム１００Ａは、遠隔制御マニピュレータシステム１００と同様に動作して、同様な効果が得られる。

[0137] ロボット１Ａが測距ライダ１６を備えるので、物体２０およびその周囲環境の３次元モデルである周囲環境モデルを、遠隔制御マニピュレータシステム１００Ａは、遠隔制御マニピュレータシステム１００よりも容易にかつ正確に生成できる。

[0138] 周囲点群データは、ライダ周囲点群データ７５を優先して使用してもよい。周囲点群データは、カメラ周囲点群データ７１またはライダ周囲点群データ７５の両方から生成した点群データでもよい。点群選択生成部５０は、カメラ周囲点群データ７１またはライダ周囲点群データ７５の何れか一方を選択して、周囲点群データ６８とする。あるいは、点群選択生成部５０は、カメラ周囲点群データ７１またはライダ周囲点群データ７５の両方から周囲点群データ６８を生成する。点群選択生成部５０は、カメラ周囲点群データ７１およびライダ周囲点群データ７５の少なくとも一方を選択して周囲点群データ６８を生成する。

[0139] 点群選択生成部は、カメラ周囲点群データ７１およびライダ周囲点群データ７５の平均をとるなどして周囲点群データ６８としてもよい。あるいは、点群選択生成部は、周囲点群データ６８の一部はカメラ周囲点群データ７１を選択し、別の一部はライダ周囲点群データ７５を選択してもよい。点群選択生成部にカメラ周囲点群データ７１およびライダ周囲点群データ７５の両方が入力される場合に、点群選択生成部が生成する周囲点群データ６８をカメラ周囲点群データ７１およびライダ周囲点群データ７５を融合した融合周囲環境モデルと呼ぶ。その場合の点群選択生成部は、融合周囲環境モデルである周囲点群データ６８を生成する周囲環境モデル融合部である。点群選択生成部は、カメラ周囲点群データ７１またはライダ周囲点群データ７５の両方から生成する部分を有しない周囲点群データ６８を生成してもよい。周囲点群データ６８は、カメラ周囲点群データ７１である部分を有しないものでもよい。周囲点群データ６８は、ライダ周囲点群データ７５である部分を有

しないものでもよい。

[0140] カメラ周囲点群データ 7 1 およびライダ周囲点群データ 7 5 の両方とも周囲点群データとして選択して、統合 3 次元モデルを生成してもよい。統合 3 次元モデルに基づき生成されるモデル画像には、カメラ周囲点群データ 7 1 およびライダ周囲点群データ 7 5 の両方が表示される。両方を表示する場合には、カメラ周囲点群データ 7 1 とライダ周囲点群データ 7 5 とで画像の表示色を変え、どちらの画像も透過する画像とする。透過する画像とすることで、カメラ周囲点群データ 7 1 のライダ周囲点群データ 7 5 の両方の画像を見ることができ、カメラ周囲点群データ 7 1 のライダ周囲点群データ 7 5 の背後のロボット 1 A や周囲環境も見ることができる。

[0141] カメラ周囲点群データ 7 1 またはライダ周囲点群データ 7 5 のどちらを優先して表示するか、両方を表示するか、あるいはカメラ周囲点群データ 7 1 およびライダ周囲点群データ 7 5 を融合した融合周囲環境モデル表示するかを選択する指示を、オペレータ 3 0 が入力できるようにしてもよい。物体 2 0 を扱う処理を開始した後に、オペレータ 3 0 が表示方法を変更できるようにしてもよい。

[0142] 環境モデル生成部は、画像処理によりカメラ周囲点群データを生成せず、ライダ周囲点群データ 7 5 だけを生成するものでもよい。その場合の環境モデル生成部は、周囲環境モデルであるライダ周囲点群データ 7 5 とロボット 3 次元モデル 6 4 A とを統合するモデル統合部を有する。

[0143] 測距ライダではなく、電波や超音波を放射することで周囲の物体までの距離を計測する測距センサを使用してもよい。必要十分なスキャン角度範囲および角度分解能で方向ごとの事物までの距離を計測できるものであれば、測距センサはどのようなものを使用してもよい。

以上のことは、他の実施の形態にもあてはまる。

[0144] 実施の形態 3.

実施の形態 3 は、ロボットの 3 次元モデルを、目標姿勢に基づき生成するように実施の形態 2 を変更した場合である。目標姿勢は、オペレータ 3 0 が

意図している制御後のロボット 1 A の姿勢を表すデータである。図 18 を参照して、実施の形態 3 に係る遠隔制御マニピュレータシステムの構成を説明する。図 18 は、実施の形態 3 に係る遠隔制御マニピュレータシステムの機能構成を示すブロック図である。

[0145] 遠隔制御マニピュレータシステム 100 B の機能構成を示す図 18 について、実施の形態 2 の場合の図 13 とは異なる点を説明する。遠隔制御マニピュレータシステム 100 B を構成する制御装置 3 B は、状態データ記憶部 33 B、ロボットモデル生成部 34 B、モデル統合部 36 B およびモデル画像生成部 38 B を変更している。

[0146] 状態データ記憶部 33 B は、2 個のロボット 3 次元モデル 64 A、64 B を記憶する。状態データ記憶部 33 B は、統合 3 次元モデル 69 B とモデル画像 53 B を記憶する。ロボット 3 次元モデル 64 A は、現在のロボット 1 A の姿勢を表す姿勢データ 57 に基づき生成されるロボット 1 A の 3 次元モデルである。ロボット 3 次元モデル 64 B は、目標姿勢 54 に基づき生成されるロボット 1 A の 3 次元モデルである。目標姿勢 54 は、オペレータ 30 が入力する動作指示を実行後のロボット 1 A の位置および姿勢を表すデータである。統合 3 次元モデル 69 B およびモデル画像 53 B は、ロボット 3 次元モデル 64 B に基づき生成される。説明を分かりやすくするために、ロボット 3 次元モデル 64 A を現在 3 次元モデル 64 A と呼び、ロボット 3 次元モデル 64 B を目標 3 次元モデル 64 B と呼ぶ。目標 3 次元モデル 64 B は、オペレータ 30 が入力した目標姿勢 54 をロボット 1 A がとる 3 次元モデルである。目標 3 次元モデル 64 B は、ロボット 1 A が動作指示に従う動作を実行後のマニピュレータモデルである目標マニピュレータモデルである。モデル画像 53 B は、目標姿勢 54 をとるロボット 1 A を指定された視点から見る画像である。

[0147] カメラ座標変換部 45 は、現在 3 次元モデル 64 A に含まれるカメラ姿勢 65 に基づき、カメラ点群生データ 66 をカメラ点群データ 67 に変換する。ライダ座標変換部 48 は、現在 3 次元モデル 64 A に含まれるライダ姿勢

73に基づき、ライダ点群生データ72をライダ点群データ74に変換する。

[0148] 統合3次元モデル69Bは、目標3次元モデル64Bと現在の周囲環境を表す周囲点群データ68を統合した3次元モデルを表すデータである。状態データ記憶部33Bは、現在3次元モデル64Aと周囲点群データ68を統合した統合3次元モデルは記憶しない。モデル画像53Bは、統合3次元モデル69Bを視点データ70で指定される視点から見た画像である。モデル画像53Bは、表示装置5に表示される。

[0149] ロボットモデル生成部34Bは、姿勢データ57を参照して現在3次元モデル64Aを生成し、目標姿勢54を参照して目標3次元モデル64Bを生成する。ロボットモデル生成部34Bは、目標マニピュレータモデルを生成する目標マニピュレータモデル生成部である。

[0150] モデル統合部36Bは、目標3次元モデル64Bと周囲点群データ68とを統合して統合3次元モデル69Bを生成する。

[0151] モデル画像生成部38Bは、統合3次元モデル69Bを使用してモデル画像53Bを生成する。

[0152] 図19を参照して、動作を説明する。図19は、実施の形態に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットを遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。図19について、実施の形態2の場合の図14とは異なる点を説明する。

[0153] 周囲点群データ68を初期生成する際には、モデル画像53Bをオペレータ30に提示しないので、S04Aは変更していない。なお、周囲点群データ68を初期生成する際にモデル画像53Bを提示する場合には、S04Aを変更する。変更したS04Aを実行するフローチャートでは、図15に示す周囲点群データ68を初期生成する手順を説明するフローチャートを、以下のように修正する。S13A、S25で、ロボットモデル生成部34Bが、ライダ姿勢73とカメラ姿勢65を含む現在3次元モデル64Aと目標3次元モデル64Bを生成する。S13AまたはS25次の手順として、モデ

ル画像 5 3 B を表示装置 5 に表示する手順が追加される。

- [0154] ステップ S 0 6 B は、目標姿勢 5 4 に基づくモデル画像 5 3 B をオペレータ 3 0 に提示する点が、S 0 6 A とは異なる。S 0 6 B で、右カメラ 2 R および左カメラ 2 L が物体 2 0 とその周囲を撮影し、測距ライダ 1 6 R、1 6 L、1 6 B がレーザ光をスキャンし測距しながら、ヒューマノイド部 1 H A を動かして物体 2 0 を片方のハンド部 1 1 E で把持させる。S 0 6 B での動作は、図 2 0 と図 2 1 に示すフローチャートで説明する。図 2 0 と図 2 1 は、実施の形態 2 に係る遠隔制御マニピュレータシステムでロボットが物体を把持する際に遠隔制御する手順を説明するフローチャートである。
- [0155] ステップ S 3 2 B、S 5 4 B、S 5 6 B で、ロボットモデル生成部 3 4 B が、ライダ姿勢 7 3 とカメラ姿勢 6 5 を含む現在 3 次元モデル 6 4 A と目標 3 次元モデル 6 4 B を生成する。
- [0156] ステップ S 3 9 B、S 6 4 B で、モデル統合部 3 6 B が、目標 3 次元モデル 6 4 B と周囲点群データ 6 8 とを統合して統合 3 次元モデル 6 9 B を生成する。
- [0157] ステップ S 4 0 B、S 6 5 B で、モデル画像生成部 3 8 B が、統合 3 次元モデル 6 9 B を使用してモデル画像 5 3 B を生成する。
- [0158] なお、S 3 6 などのカメラ点群生データ 6 6 をカメラ点群データ 6 7 に変換する処理は、実施の形態 2 の場合と同様に現在 3 次元モデル 6 4 A に含まれるカメラ姿勢 6 5 を使用する。S 4 7 などのライダ点群生データ 7 2 をライダ点群データ 7 4 に変換する処理も、現在 3 次元モデル 6 4 A に含まれるライダ姿勢 7 3 を使用する。
- [0159] 遠隔制御マニピュレータシステム 1 0 0 B でも、オペレータ 3 0 は、立体視表示された 3 D 画像 5 2 およびモデル画像 5 3 B を自由に切り替えて見ることができる。モデル画像 5 3 B は、オペレータ 3 0 が指定した視点からロボット 1 および物体 2 0 を見る画像である。オペレータ 3 0 は、ロボット 1 A を遠隔制御して、物体 2 0 を押す、引く、把持する等の作業を、従来よりも正確に、かつ容易に実施できる。その他の点でも、遠隔制御マニピュレー

タシステム１００Ｂは、遠隔制御マニピュレータシステム１００と同様に動作して、同様な効果が得られる。

[0160] オペレータ３０が見て確認するモデル画像５３Ｂは、目標姿勢５４に基づく目標３次元モデル６４Ｂに基づいて生成されている。オペレータ３０は、操作後のロボット１Ａの姿勢を実際にロボット１Ａが動くよりも前に確認できる。遠隔制御マニピュレータシステム１００Ｂでは、過剰な動きをロボット１Ａにさせることになる目標姿勢５４をオペレータ３０が入力することを防止できる。

[0161] 遠隔制御マニピュレータシステム１００、１００Ａでは、通信や信号処理等による遅れ時間の影響により、オペレータ３０がロボット１Ａを動かすすぎる場合がある。具体的には、オペレータ３０が既に適切な目標姿勢５４を入力しているにも関わらず、モデル画像５３ではロボット１Ａが目標姿勢５４に至る途中の姿勢を表示する場合がある。そのようなモデル画像５３を見たオペレータ３０は、目標姿勢５４をさらに変化させる入力をする場合がある。その結果、ロボット１Ａが動きすぎてしまい、柔らかい物体２０を把持する場合などに、ロボット１Ａが把持することで物体２０が変形あるいは破損することが考えられる。物体２０が硬い場合でも、ロボット１Ａを操作する上で、ハンド部１１Ｅが想定するよりも早く物体２０と接触することになり、滑らかな操作ができにくくなると考えられる。

[0162] モデル画像として、ロボット１Ａの現在の姿勢を表す現在３次元モデル６４Ａと、制御の目標となる姿勢である目標姿勢を表す目標３次元モデル６４Ｂの両方を表示色や濃淡を変えるなどして同時に表示するモデル画像を表示してもよい。現在３次元モデル６４Ａおよび目標３次元モデル６４Ｂの両方を同時にモデル画像に表示する場合には、モデル統合部は現在３次元モデル６４Ａおよび目標３次元モデル６４Ｂの両方を選択して統合３次元モデルを生成する。ロボット１Ａの現在姿勢が示されるモデル画像５３、ロボット１Ａの目標姿勢が示されるモデル画像５３Ｂ、ロボット１Ａの現在姿勢および目標姿勢を同時に表示するモデル画像の何れかを、オペレータ３０が選択し

て表示できるようにしてもよい。この場合には、モデル統合部は現在３次元モデル６４Ａおよび目標３次元モデル６４Ｂの何れかまたは両方を選択して統合３次元モデルを生成する。モデル統合部は、現在３次元モデル６４Ａと周囲点群データ６８を統合した統合３次元モデル、目標３次元モデル６４Ｂと周囲点群データ６８を統合した統合３次元モデル、現在３次元モデル６４Ａおよび目標３次元モデル６４Ｂと周囲点群データ６８を統合した統合３次元モデルを生成してもよい。

- [0163] 周囲環境モデルも、画像から生成したカメラ周囲点群データ７１、測距ライダ１６の測距データに基づくライダ周囲点群データ７５の何れかを切り替えて表示したり、カメラ周囲点群データ７１およびライダ周囲点群データ７５を同時に区別できるように表示したりを、オペレータ３０が選択できるようにしてもよい。

以上のことは、他の実施の形態にもあてはまる。

- [0164] 実施の形態４．

実施の形態４は、既存の遠隔制御マニピュレータシステムに遠隔制御支援システムを付加して実施の形態３と同等な遠隔制御マニピュレータシステムを構成する場合である。図２２に、実施の形態４に係る遠隔制御マニピュレータシステムおよび遠隔制御支援システムの機能構成を示すブロック図である。図２２について、実施の形態３の場合の図１８とは異なる点を説明する。

- [0165] 既存の遠隔制御マニピュレータシステムは、例えばヘッドマウントディスプレイ（Head Mount Display、HMD）をオペレータ３０が装着するシステムである。遠隔制御マニピュレータシステム１００Ｃは、HMDを立体視表示装置４に置き換え、支援装置２５、測距ライダ１６、表示装置５などを既存のシステムに追加して構成している。

- [0166] ロボット１Ａ、制御装置３Ｃ、目標姿勢入力装置６は、既存のシステムでのものそのまま、あるいは必要な変更を施したものである。ロボット１Ａは、既存のロボット１に測距ライダ１６Ｒ、１６Ｌ、１６Ｂを搭載したもので

ある。制御装置 3 C は、既存の制御装置に目標姿勢 5 4 を支援装置 2 5 に送信する機能を持たせる。

[0167] 制御装置 3 C は、ロボット 1 A を遠隔制御する機能を有する。支援装置 2 5 は、モデル画像 5 3 B を生成して表示装置 5 に表示する機能を有する。モデル画像 5 3 B は、目標姿勢をとるロボット 3 次元モデル 6 4 B と周囲点群データ 6 8 を統合した統合 3 次元モデル 6 9 B を任意の視点から見る画像である。支援装置 2 5 は、立体視表示装置 4 が 3 D 画像 5 2 を立体視表示する機能を有する。制御装置 3 C が、HMD ではなく立体視表示装置 4 に 3 D 画像 5 2 を出力するようにしてもよい。制御装置および支援装置を介さないで、立体視表示装置 4 に右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L が入力され、立体視表示装置 4 が入力される右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L を立体視表示してもよい。

[0168] 支援装置 2 5、測距ライダ 1 6、立体視表示装置 4、表示装置 5 は、遠隔制御支援システム 1 5 0 を構成する。図 2 2 では、遠隔制御支援システム 1 5 0 の範囲を破線で示す。

[0169] 支援装置 2 5 は、構造データ記憶部 2 6、状態データ記憶部 2 7、通信部 2 8、ロボットモデル生成部 3 4 B、環境モデル生成部 3 5 A、モデル統合部 3 6 B、視点データ生成部 3 7、モデル画像生成部 3 8 B、制御参考情報生成部 3 9 を有する。

[0170] 構造データ記憶部 2 6 は、ロボット構造データ 8 1、カメラ構造データ 8 2、センサ構造データ 8 3、ライダ構造データ 8 4 を有する。構造データ記憶部 2 6 は、実施の形態 3 での構造データ記憶部 3 2 A と同様である。

[0171] 状態データ記憶部 2 7 は、右目画像 5 1 R および左目画像 5 1 L で構成される 3 D 画像 5 2、モデル画像 5 3 B、目標姿勢 5 4、車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7、触覚データ 6 0、撮影条件データ 6 3、ロボット 3 次元モデル 6 4 A、6 4 B を記憶する。目標姿勢 5 4、車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7 および撮影条件データ 6 3 は、ロボット 3 次元モデル 6 4 A、6 4 B を生成するために使用される。触覚データ 6 0 は、ハンド部 1 1 E が物体 2 0 に接

触しているかどうか判断するために使用される。ロボット 3 次元モデル 6 4 A、6 4 B は、カメラ姿勢 6 5 およびライダ姿勢 7 3 を含む。状態データ記憶部 2 7 は、さらにカメラ点群生データ 6 6、カメラ点群データ 6 7、周囲点群データ 6 8、統合 3 次元モデル 6 9 B、視点データ 7 0、カメラ周囲点群データ 7 1、ライダ点群生データ 7 2、ライダ点群データ 7 4、ライダ周囲点群データ 7 5 を記憶する。

[0172] 通信部 2 8 は、ロボット 1 A および制御装置 3 C と通信する。通信部 2 8 は、ロボット 1 A の通信部 9 から送信される車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7、触覚データ 6 0、撮影条件データ 6 3、右目画像 5 1 R、左目画像 5 1 L およびライダ点群生データ 7 2 を受信し、制御装置 3 C の通信部 3 1 から送信される目標姿勢 5 4 を受信する。通信部 3 1 が、受信した車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7 および触覚データ 6 0 を、通信部 2 8 に転送してもよい。

[0173] 制御装置 3 C は、ロボット 1 A を遠隔制御するためのデータおよび処理部を有する。制御装置 3 C は、通信部 3 1、構造データ記憶部 3 2 C、状態データ記憶部 3 3 C、目標姿勢生成部 4 0、制御姿勢生成部 4 1、異常検出部 4 2 を有する。状態データ記憶部 3 2 C は、ロボット構造データ 8 1、センサ構造データ 8 3 を記憶する。状態データ記憶部 3 3 C は、目標姿勢 5 4、制御姿勢 5 5、車両姿勢 5 6、姿勢データ 5 7、モータ温度 5 8、物体距離 5 9、触覚データ 6 0、作用力データ 6 1、加速度データ 6 2 を記憶する。

[0174] 遠隔制御支援システム 1 5 0 を含む遠隔制御マニピュレータシステム 1 0 0 C は、遠隔制御マニピュレータシステム 1 0 0 B と同様に動作し同様な効果が得られる。

[0175] 遠隔制御支援システム 1 5 0 によれば、オペレータ 3 0 は、自分の頭を移動させることで、立体視表示された 3 D 画像 5 2 およびモデル画像 5 3 B を自由に切り替えて見ることができる。モデル画像 5 3 B は、オペレータ 3 0 が指定した視点からロボット 1 および物体 2 0 を見る画像である。遠隔制御支援システム 1 5 0 により提供される遠隔制御を支援する画像および情報を見ることで、オペレータ 3 0 は、ロボット 1 を遠隔制御して、対象物を押す

、引く、把持する等の作業を、従来よりも正確に、かつ容易に実施できる。

[0176] 実施の形態 1 または実施の形態 2 と同様な遠隔制御マニピュレータシステム、あるいは他の遠隔制御マニピュレータシステムを構成する場合にも、本開示に係る遠隔制御支援システムは適用できる。制御装置と支援装置が別計算機として実装されない遠隔制御マニピュレータシステムにおいても、遠隔制御マニピュレータシステムは遠隔制御支援システムである部分を含む。遠隔制御支援システムである部分は、立体視表示装置と、ロボットおよび周囲環境の 3 次元モデルをオペレータ 30 が指定した視点から見る画像であるモデル画像 53B を生成する機能モジュール、モデル画像 53B を表示する表示装置を含む部分である。

[0177] 既存の立体視ができない遠隔制御マニピュレータシステムに遠隔制御支援システムを付加する場合は、右カメラおよび左カメラは遠隔制御支援システムに含まれる。

[0178] 測距ライダ 16R、16L、16B が計測するライダ点群生データ 72 を、専用の通信装置により支援装置 25 に送信してもよい。その場合には、制御部 7A が有する記憶部 15A はライダ点群生データ 72 を記憶しない。ロボット 1A は、ハードウェアとしての測距ライダ 16R、16L、16B が搭載されている点だけがロボット 1 とは異なる。ロボット 1A は、測距ライダ 16R、16L、16B が搭載されていないロボット 1 と同様に遠隔制御される。

[0179] 各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の変形や一部の構成要素を省略すること、あるいは一部の構成要素の省略や変形をした各実施の形態の自由な組み合わせが可能である。

符号の説明

[0180] 100、100A、100B、100C 遠隔制御マニピュレータシステム
150 遠隔制御支援システム
20 物体
30 オペレータ（操作者）

- 1、1 A クローラ移動ロボット（ロボット、マニピュレータ）
 - 1 W 車両部
 - 1 H、1 H A ヒューマノイド部
 - 2 R 右カメラ
 - 2 L 左カメラ
- 3、3 A、3 B 制御装置
- 4 立体視表示装置
- 5 表示装置（モデル画像表示装置）
- 6 目標姿勢入力装置（動作指示入力部）
 - 6 H 上体目標姿勢入力部
 - 6 W 車両姿勢入力部
- 7 制御部
- 8 通信回線
- 9 通信部
- 10 LAN
- 11 骨格部
 - 11 A 胴体部
 - 11 B 腕基部
 - 11 C 上腕部
 - 11 D 前腕部
 - 11 E ハンド部
 - 11 F 頭部
 - 11 G レッグ部
 - 11 H 胴体接続部
 - 11 J 腕部
- 12 関節部
 - 12 A 肩関節部
 - 12 B 肘関節部

- 1 2 C 手首関節部
- 1 2 D 首関節部
- 1 2 E レッグ元関節部
- 1 2 F レッグ先関節部
- 1 2 G 胴体関節部
- 1 3 アクチュエータ
- 1 4 モータ
- 1 5、1 5 A 記憶部
- 1 6 R、1 6 L、1 6 B 測距ライダ（測距センサ）
- 2 1 C P U
- 2 2 メモリ部
- 2 3 C P U
- 2 4 メモリ部
- 2 5 支援装置
- 2 6 構造データ記憶部
- 2 7 状態データ記憶部
- 2 8 通信部
- 3 1 通信部
- 3 2、3 2 A、3 2 C 構造データ記憶部
- 3 3、3 3 A、3 3 B、3 3 C 状態データ記憶部
- 3 4、3 4 A ロボットモデル生成部（マニピュレータモデル生成部）
- 3 4 B ロボットモデル生成部（マニピュレータモデル生成部、目標マニピュレータモデル生成部）
- 3 5 環境モデル生成部（画像処理モデル生成部）
- 3 5 A 環境モデル生成部（画像処理モデル生成部、測距データ処理モデル生成部）
- 3 6、3 6 B モデル統合部
- 3 7 視点データ生成部

- 38、38B モデル画像生成部
- 39 制御参考情報生成部
- 40 目標姿勢生成部
- 41 制御姿勢生成部（制御信号生成部）
- 42 異常検出部
- 43 画像処理部
- 44 カメラ点群生データ生成部
- 45 カメラ座標変換部
- 46、46A カメラ点群整合部
- 47 不連続点抽出部
- 48 ライダ座標変換部
- 49 ライダ点群整合部
- 50 点群選択生成部（周囲環境モデル融合部）
- 51R 右目画像
- 51L 左目画像
- 52 3D画像（立体視画像）
- 53、53B モデル画像
- 54 目標姿勢（動作指示）
- 55 制御姿勢（制御信号）
- 56 車両姿勢（位置姿勢情報）
- 57 姿勢データ（位置姿勢情報）
- 58 モータ温度
- 59 物体距離
- 60 触覚データ
- 61 作用力データ
- 62 加速度データ
- 63 撮影条件データ
- 64、64A ロボット3次元モデル（現在3次元モデル、マニピュレータ

モデル)

6 4 B ロボット 3 次元モデル (目標 3 次元モデル、目標マニピュレータモデル)

6 5 カメラ姿勢

6 6 カメラ点群生データ

6 7 カメラ点群データ

6 8 周囲点群データ (周囲環境モデル、融合周囲環境モデル)

6 9、6 9 A、6 9 B 統合 3 次元モデル

7 0 視点データ

7 1 カメラ周囲点群データ

7 2 ライダ点群生データ

7 3 ライダ姿勢

7 4 ライダ点群データ

7 5 ライダ周囲点群データ

8 1 ロボット構造データ (マニピュレータ構造データ)

8 2 カメラ構造データ

8 3 センサ構造データ

8 4 ライダ構造データ (測距センサ構造データ)

9 1 位置センサ (位置姿勢センサ)

9 2 姿勢センサ (位置姿勢センサ)

9 3 温度センサ

9 4 距離センサ

9 5 感圧センサ

9 6 力覚センサ

9 7 加速度センサ。

請求の範囲

[請求項1]

操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータと、

前記マニピュレータが動くまたは静止する動作を指示する動作指示を前記操作者が入力する動作指示入力部と、

前記動作指示から前記マニピュレータを制御する制御信号を生成する制御信号生成部と、

決められた位置関係を有して前記マニピュレータに搭載された右カメラおよび左カメラと、

前記右カメラが撮影する右目画像および前記左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を検出する位置姿勢センサと、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、および前記右カメラおよび前記左カメラの構造を表すカメラ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記カメラ構造データおよび前記位置姿勢情報を参照して、前記右カメラおよび前記左カメラを含む前記マニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき、前記右目画像および前記左目画像を画像処理して、前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、

前記周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項2]

操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータと、

前記マニピュレータが動くまたは静止する動作を指示する動作指示を前記操作者が入力する動作指示入力部と、

前記動作指示から前記マニピュレータを制御する制御信号を生成する制御信号生成部と、

決められた位置関係を有して前記マニピュレータに搭載された右カメラおよび左カメラと、

前記右カメラが撮影する右目画像および前記左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を検出する位置姿勢センサと、

前記マニピュレータに搭載されて前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境までの距離と方向を含む測距データを計測する測距センサと、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、前記右カメラおよび前記左カメラの構造を表すカメラ構造データ、および前記測距センサの構造を表す測距センサ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記カメラ構造データ、前記測距センサ構造データ、および前記位置姿勢情報を参照して、前記右カメラ、前記左カメラおよび前記測距センサを含む前記マニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき、前記右目画像および前記左目画像を

画像処理して、前記周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向に基づき、前記測距データを処理して前記周囲環境モデルを生成する測距データ処理モデル生成部と、

前記画像処理モデル生成部が生成する前記周囲環境モデルであるカメラ周囲環境モデルと、前記測距データ処理モデル生成部が生成する前記周囲環境モデルであるセンサ周囲環境モデルとの少なくとも一方と前記マニピュレータモデルとを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項3] 前記モデル統合部は、前記カメラ周囲環境モデルまたは前記センサ周囲環境モデルの何れか一方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項2に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項4] 前記モデル統合部は、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項2に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項5] 前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方、あるいは前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの何れか一方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項2に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項6] 前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルを融合した前記周囲環境モデルである融合周囲環境モデルを生成する周囲環

境モデル融合部を備え、

前記モデル統合部は、前記融合周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルとを統合して前記統合3次元モデルを生成する、請求項2に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項7]

前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方、あるいは前記カメラ周囲環境モデル、前記センサ周囲環境モデルおよび前記融合周囲環境モデルの何れかを選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項6に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項8]

操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータと、

前記マニピュレータが動くまたは静止する動作を指示する動作指示を前記操作者が入力する動作指示入力部と、

前記動作指示から前記マニピュレータを制御する制御信号を生成する制御信号生成部と、

決められた位置関係を有して前記マニピュレータに搭載された右カメラおよび左カメラと、

前記右カメラが撮影する右目画像および前記左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータに搭載されて前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境までの距離と方向を含む測距データを計測する測距センサと、

前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を検出する位置姿勢センサと、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、前記測距センサの構造を表す測距センサ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記測距センサ構造データ、および前記位置姿勢情報を参照して、前記測距センサを含む前記マニピュ

レータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向を参照して、前記測距データを処理して、前記周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルを生成する測距データ処理モデル生成部と、

前記周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項9] 複数の前記測距センサを備え、

前記測距データ処理モデル生成部は、複数の前記測距センサが計測する複数の前記測距データを処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項2から請求項8の何れか1項に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項10] 前記測距データ処理モデル生成部は、前記測距センサの位置および姿勢の少なくとも一方が異なる際に計測された複数の前記測距データを、その前記測距データが計測された際の前記位置姿勢情報で生成された前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向に基づき処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項2から請求項9の何れか1項に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項11] 前記画像処理モデル生成部は、前記右カメラおよび前記左カメラの少なくとも一方の位置および姿勢の少なくとも一方が異なる際に撮影された複数の前記右目画像および前記左目画像を、その前記右目画像および前記左目画像が撮影された際の前記位置姿勢情報で生成された

前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき画像処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項 1 から請求項 7 の何れか 1 項に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項12] 前記モデル画像生成部は、複数の異なる視点から前記統合 3 次元モデルを見る複数の前記モデル画像を生成し、

前記モデル画像表示装置は、複数の前記モデル画像を同時に表示する、請求項 1 から請求項 7、請求項 11 の何れか 1 項に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項13] 前記動作指示に従う動作を実行後の前記マニピュレータの位置および姿勢を表す目標姿勢を参照して、前記動作指示に従う動作を実行後の前記マニピュレータモデルである目標マニピュレータモデルを生成する目標マニピュレータモデル生成部を備え、

前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記マニピュレータモデルおよび前記目標マニピュレータモデルの何れかまたは両方を選択して前記統合 3 次元モデルを生成する、請求項 1 から請求項 12 の何れか 1 項に記載の遠隔制御マニピュレータシステム。

[請求項14] 操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータに搭載されて決められた位置関係を有する右カメラおよび左カメラが撮影する右目画像および左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、および前記右カメラおよび前記左カメラの構造を表すカメラ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記カメラ構造データおよび前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を参照して、前記右カメラおよび前記左カメラを含む前記マニピュレータの 3 次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生

成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき、前記右目画像および前記左目画像を画像処理して、前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境の３次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、

前記周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルを統合した３次元モデルである統合３次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合３次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御支援システム。

[請求項15]

操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータに搭載されて決められた位置関係を有する右カメラおよび左カメラと、

前記右カメラが撮影する右目画像および前記左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータに搭載されて前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境までの距離と方向を含む測距データを計測する測距センサと、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、前記右カメラおよび前記左カメラの構造を表すカメラ構造データ、および前記測距センサの構造を表す測距センサ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記カメラ構造データ、前記測距センサ構造データ、および前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を参照して、前記右カメラ、前記左カメラおよび前記測距センサを含む前記マニピュレータの３次元モデルであるマニピュ

レータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき、前記右目画像および前記左目画像を画像処理して、前記周囲環境の3次元モデルである周囲環境モデルを生成する画像処理モデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向に基づき、前記測距データを処理して前記周囲環境モデルを生成する測距データ処理モデル生成部と、

前記画像処理モデル生成部が生成する前記周囲環境モデルであるカメラ周囲環境モデルと、前記測距データ処理モデル生成部が生成する前記周囲環境モデルであるセンサ周囲環境モデルとの少なくとも一方と前記マニピュレータモデルとを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御支援システム。

[請求項16] 前記モデル統合部は、前記カメラ周囲環境モデルまたは前記センサ周囲環境モデルの何れか一方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項15に記載の遠隔制御支援システム。

[請求項17] 前記モデル統合部は、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項15に記載の遠隔制御支援システム。

[請求項18] 前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方、あるいは前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの何れかを選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項15に記載の遠隔制御支

援システム。

[請求項19] 前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルを融合した前記周囲環境モデルである融合周囲環境モデルを生成する周囲環境モデル融合部を備え、

前記モデル統合部は、前記融合周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルとを統合して前記統合3次元モデルを生成する、請求項15に記載の遠隔制御支援システム。

[請求項20] 前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記カメラ周囲環境モデルおよび前記センサ周囲環境モデルの両方、あるいは前記カメラ周囲環境モデル、前記センサ周囲環境モデルおよび前記融合周囲環境モデルの何れかを選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項19に記載の遠隔制御支援システム。

[請求項21] 操作者により遠隔制御されて物体を扱うマニピュレータに決められた位置関係を有して搭載された右カメラおよび左カメラと、

前記右カメラが撮影する右目画像および前記左カメラが撮影する左目画像を立体的に見えるように表示する立体視表示装置と、

前記マニピュレータに搭載されて前記物体および前記物体の周囲の事物である周囲環境までの距離と方向を含む測距データを計測する測距センサと、

前記マニピュレータの構造を表すマニピュレータ構造データ、前記測距センサの構造を表す測距センサ構造データを記憶する構造データ記憶部と、

前記マニピュレータ構造データ、前記測距センサ構造データ、および前記マニピュレータの位置および姿勢を表す位置姿勢情報を参照して、前記測距センサを含む前記マニピュレータの3次元モデルであるマニピュレータモデルを生成するマニピュレータモデル生成部と、

前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向に基づき、前記測距データを処理して、前記周囲環境の3次元モ

デルである周囲環境モデルを生成する測距データ処理モデル生成部と、

前記周囲環境モデルと前記マニピュレータモデルを統合した3次元モデルである統合3次元モデルを生成するモデル統合部と、

前記操作者が指定した視点から前記統合3次元モデルを見る画像であるモデル画像を生成するモデル画像生成部と、

前記モデル画像を表示する、前記操作者が頭を移動させることで前記立体視表示装置と切り替えて見ることができるモデル画像表示装置とを備えた遠隔制御支援システム。

[請求項22] 複数の前記測距センサを備え、

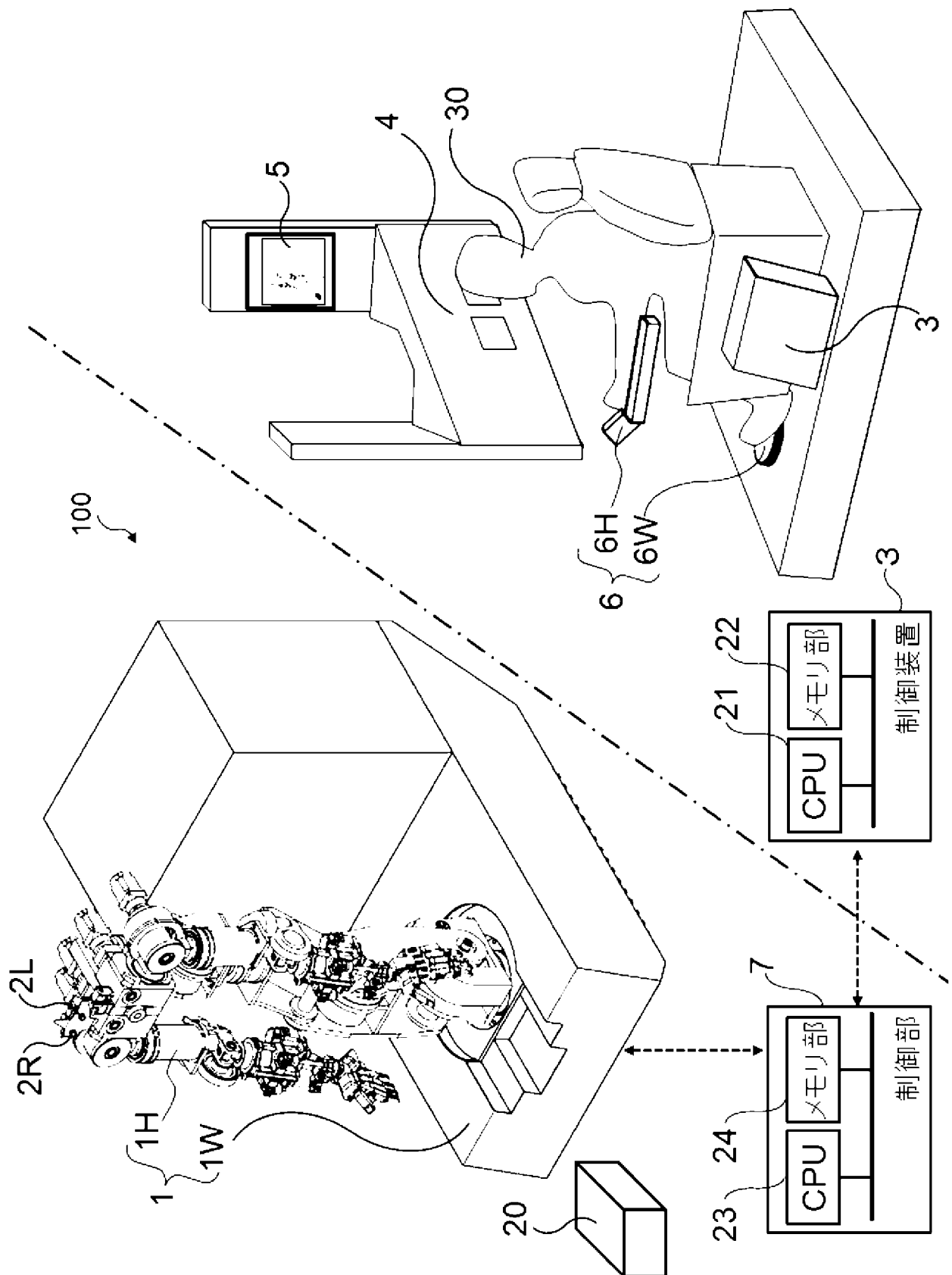
前記測距データ処理モデル生成部は、複数の前記測距センサが計測する複数の前記測距データを処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項15から請求項21の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。

[請求項23] 前記測距データ処理モデル生成部は、前記測距センサの位置および姿勢の少なくとも一方が異なる際に計測された複数の前記測距データを、その前記測距データが計測された際の前記位置姿勢情報で生成された前記マニピュレータモデルに含まれる前記測距センサの位置と測距方向に基づき処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項15から請求項22の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。

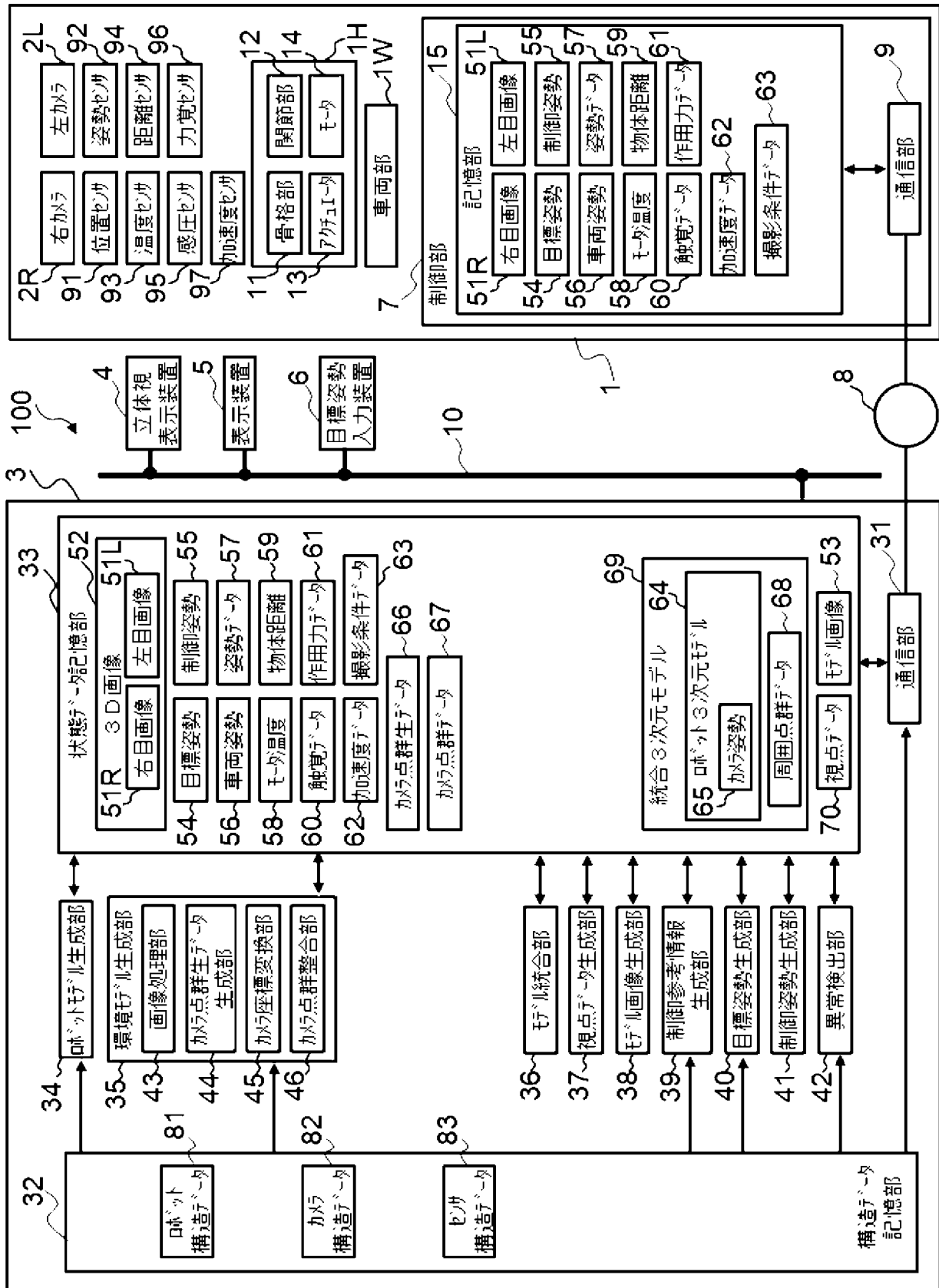
[請求項24] 前記画像処理モデル生成部は、前記右カメラおよび前記左カメラの少なくとも一方の位置および姿勢少なくとも一方が異なる際に撮影された複数の前記右目画像および前記左目画像を、その前記右目画像および前記左目画像が撮影された際の前記位置姿勢情報で生成された前記マニピュレータモデルに含まれる前記右カメラおよび前記左カメラの位置と撮影方向に基づき画像処理して前記周囲環境モデルを生成する、請求項14から請求項20の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。

- [請求項25] 前記モデル画像生成部は、複数の異なる視点から前記統合3次元モデルを見る複数の前記モデル画像を生成し、
- 前記モデル画像表示装置は、複数の前記モデル画像を同時に表示する、請求項14から請求項20、請求項24の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。
- [請求項26] 前記マニピュレータが動くまたは静止する動作を指示する動作指示に従う動作を実行後の前記マニピュレータの位置および姿勢を表す目標姿勢を参照して、前記動作指示に従う動作を実行後の前記マニピュレータモデルである目標マニピュレータモデルを生成する目標マニピュレータモデル生成部を備え、
- 前記モデル統合部は、前記操作者の指示により、前記マニピュレータモデルおよび前記目標マニピュレータモデルの何れかまたは両方を選択して前記統合3次元モデルを生成する、請求項14から請求項25の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。
- [請求項27] 前記右カメラおよび前記左カメラを備えた、請求項14から請求項26の何れか1項に記載の遠隔制御支援システム。

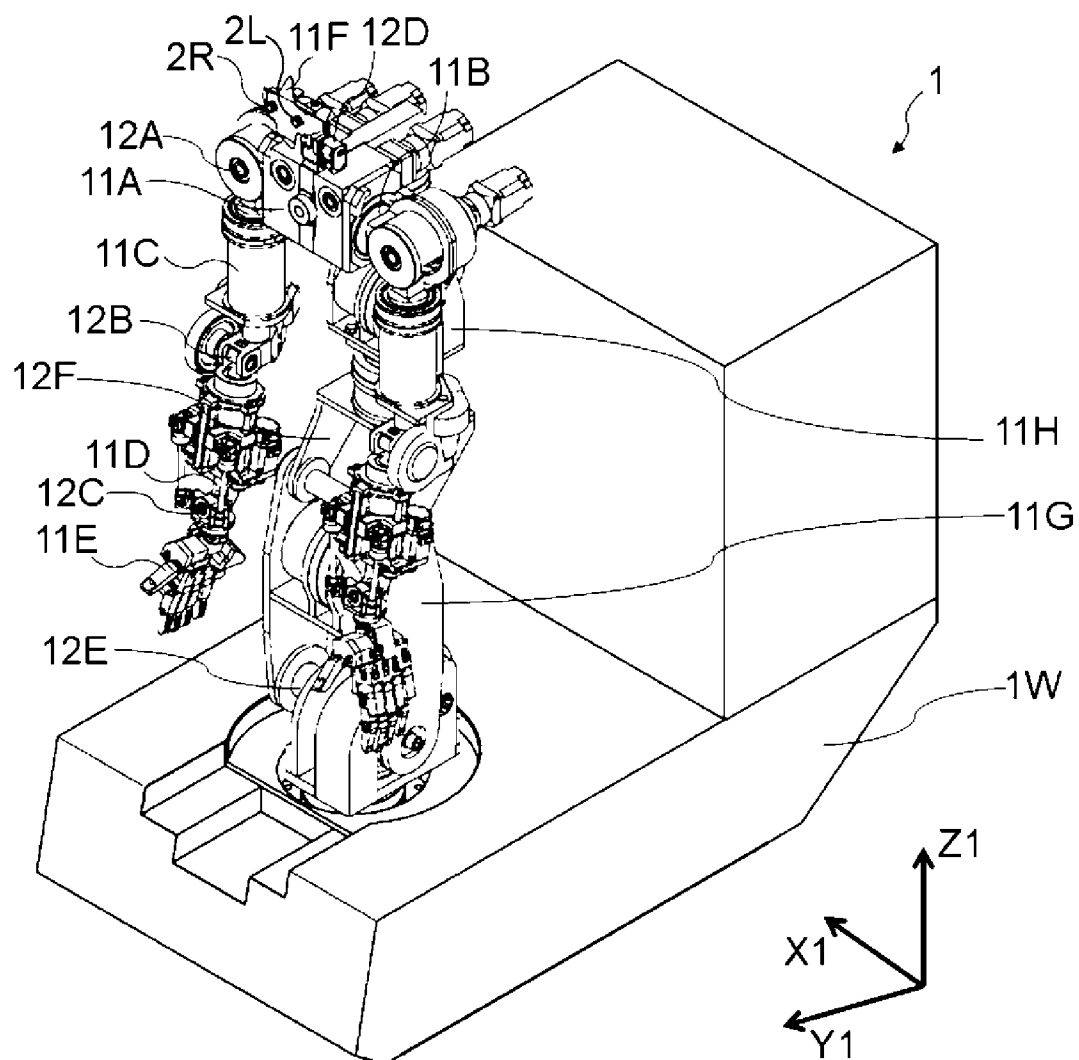
[図1]



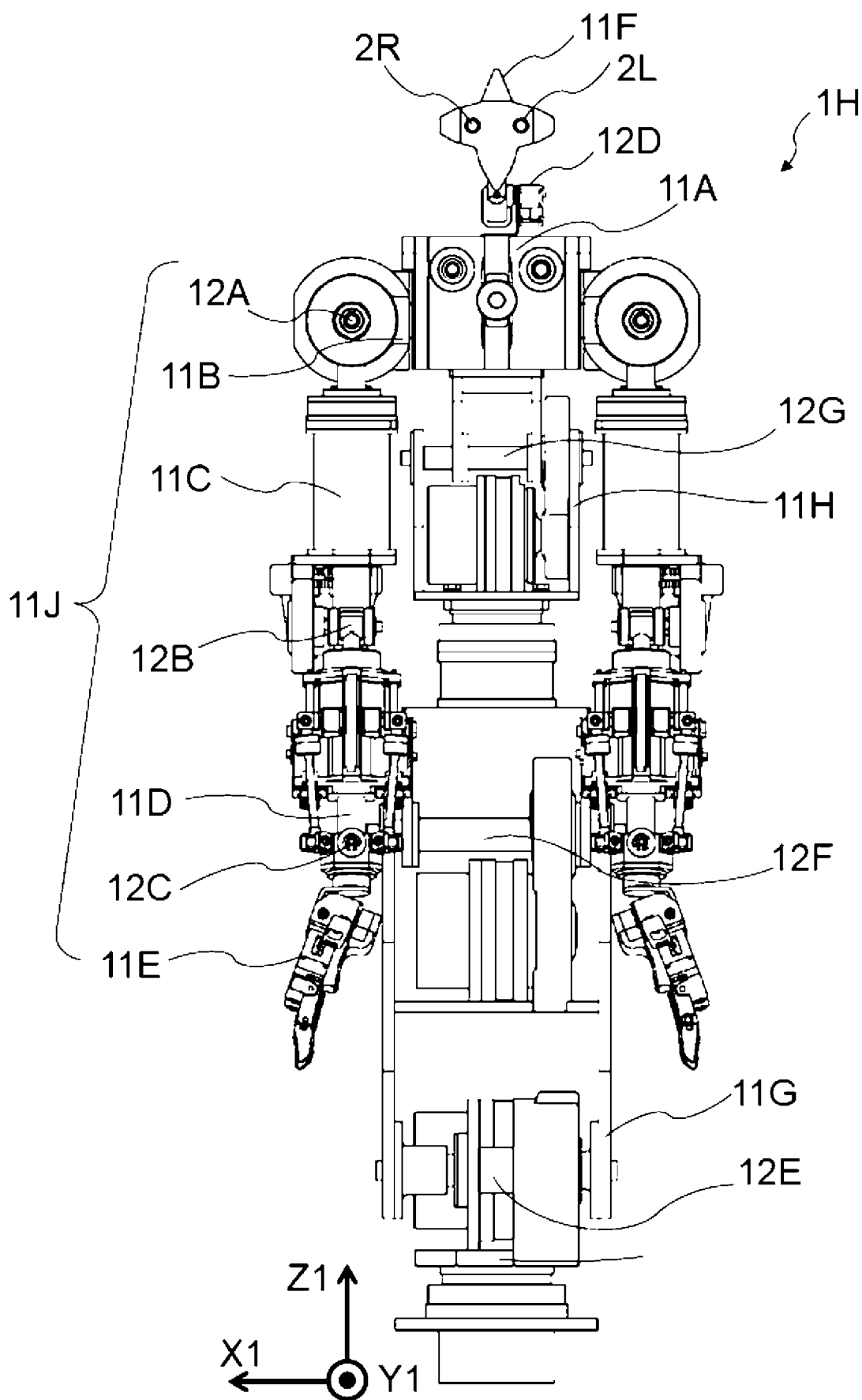
[図2]



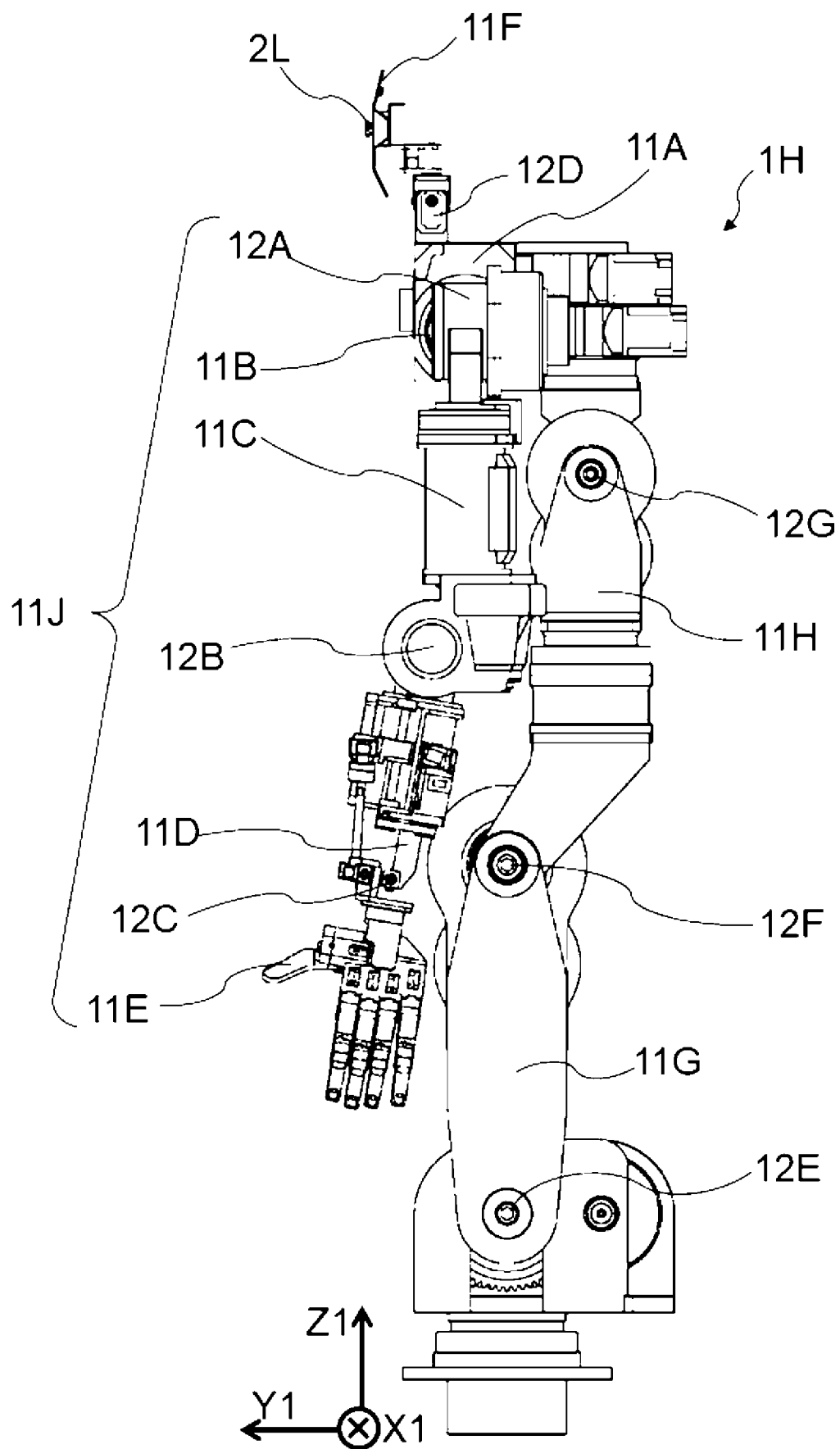
[図3]



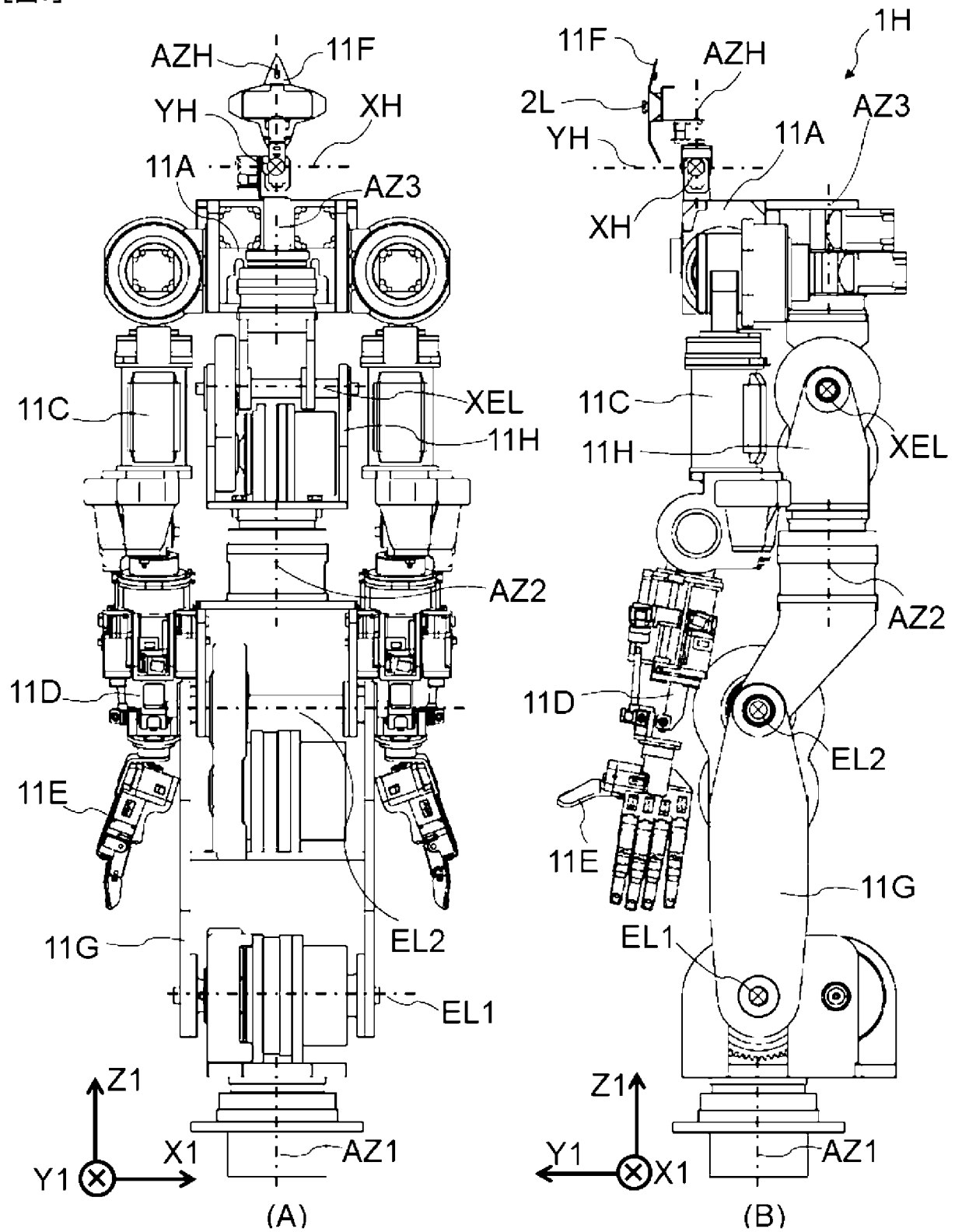
[図4]



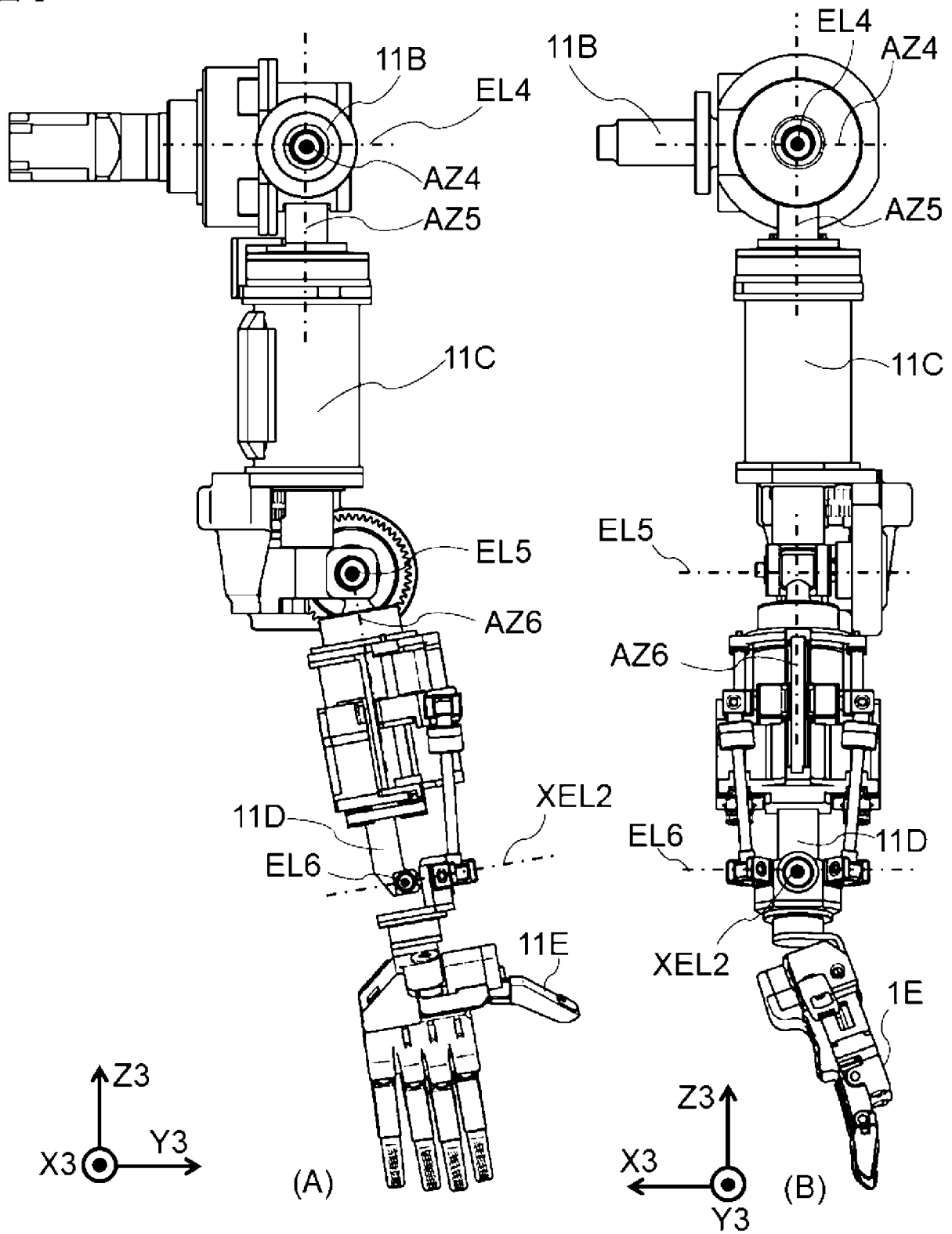
[図5]



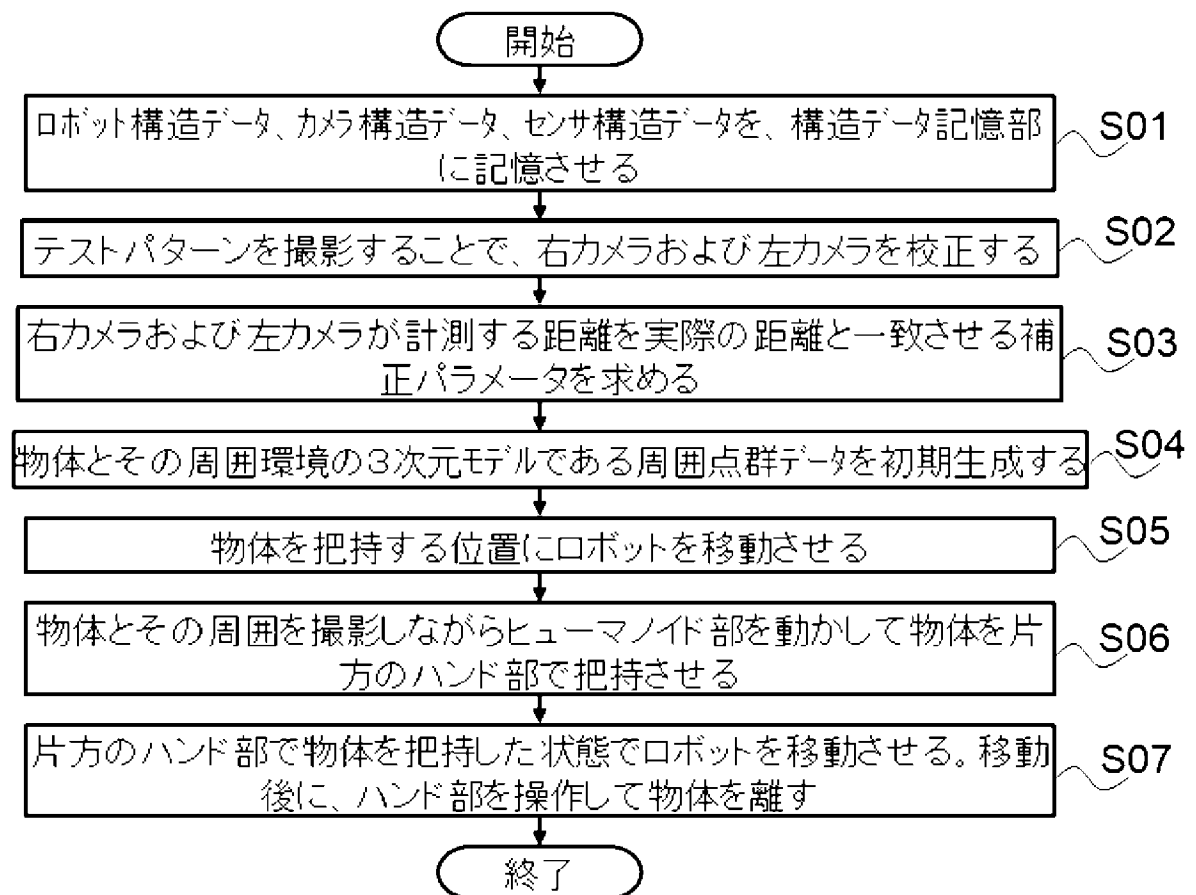
[図6]



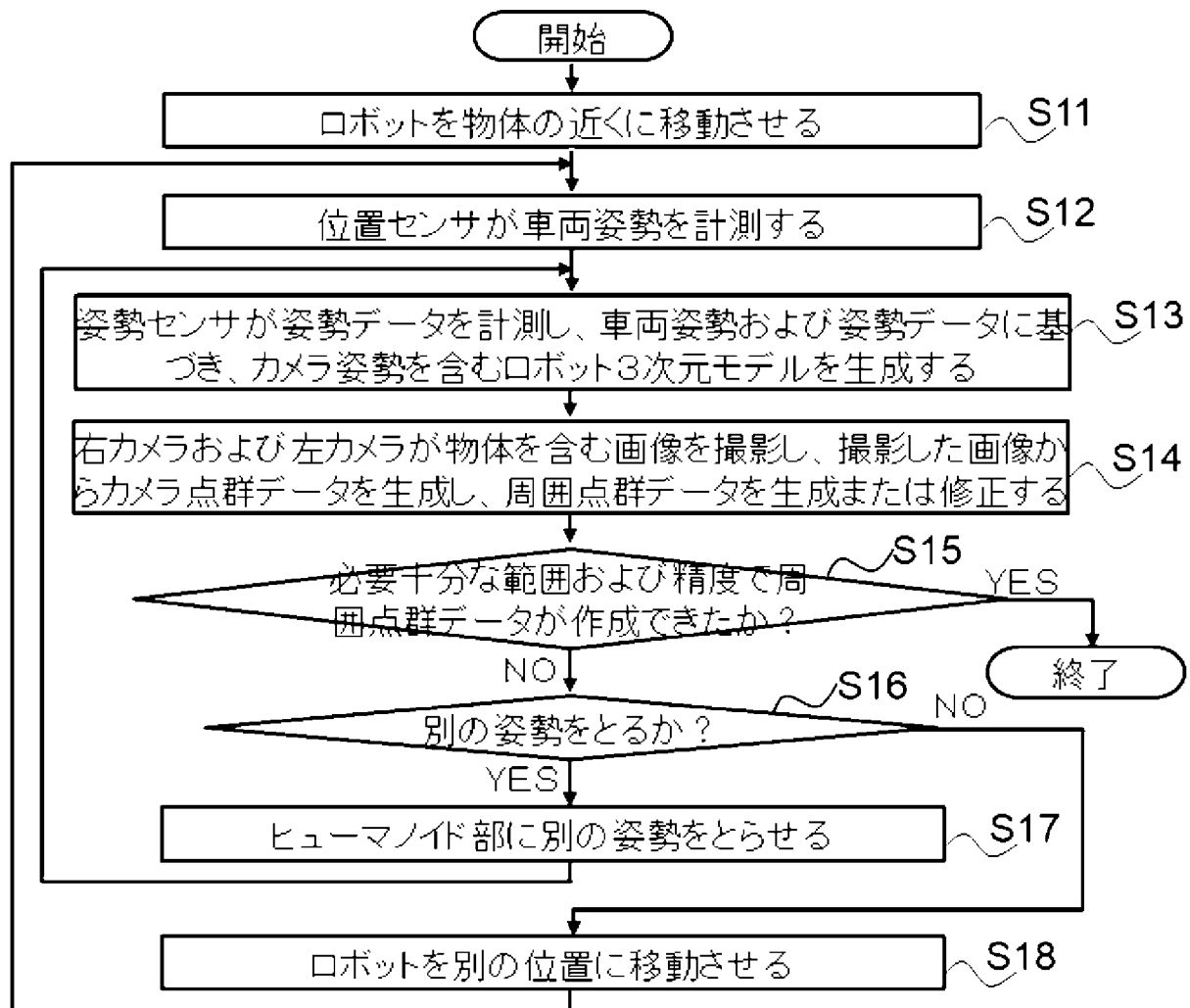
[図7]



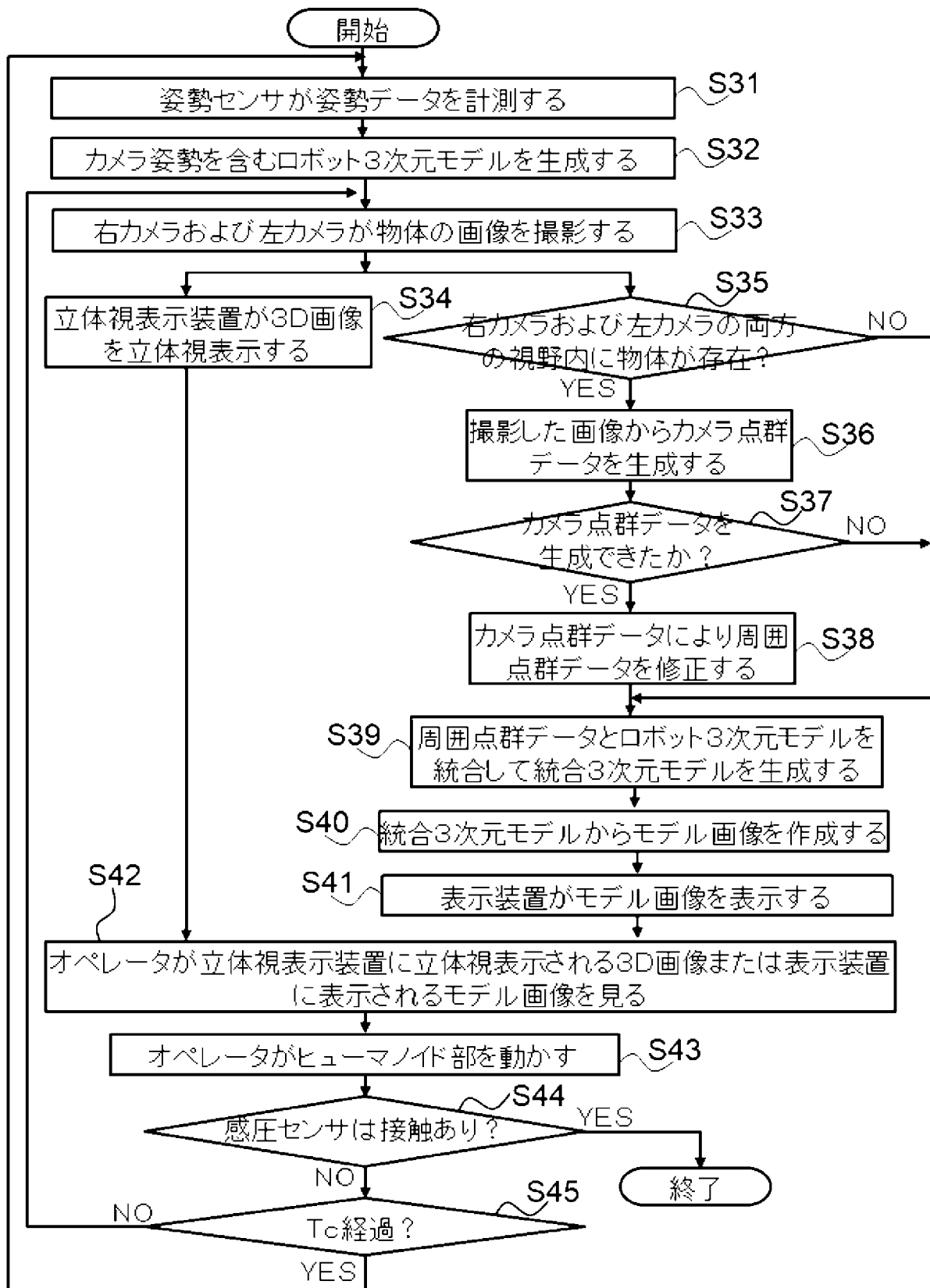
[図8]



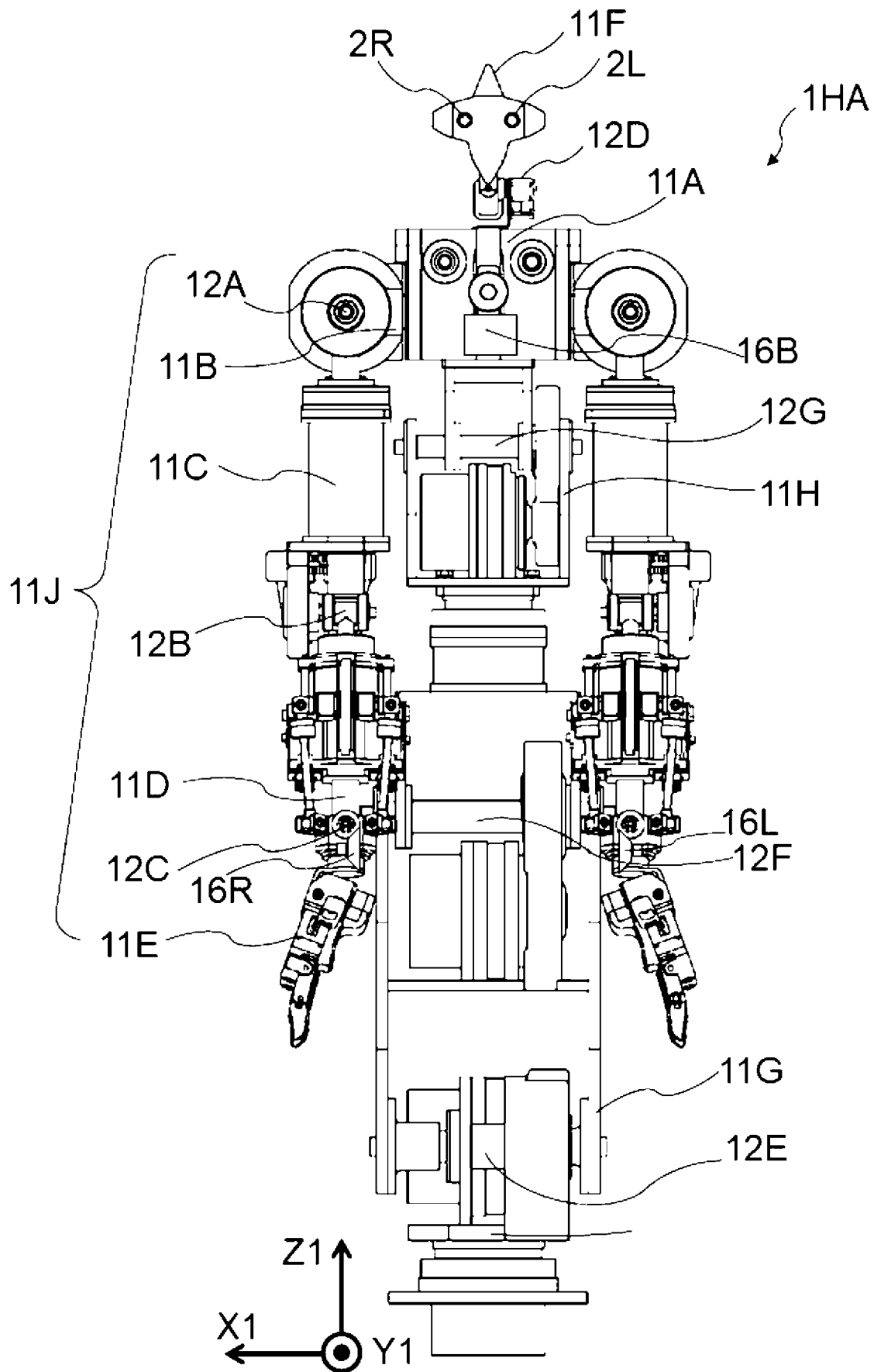
[図9]

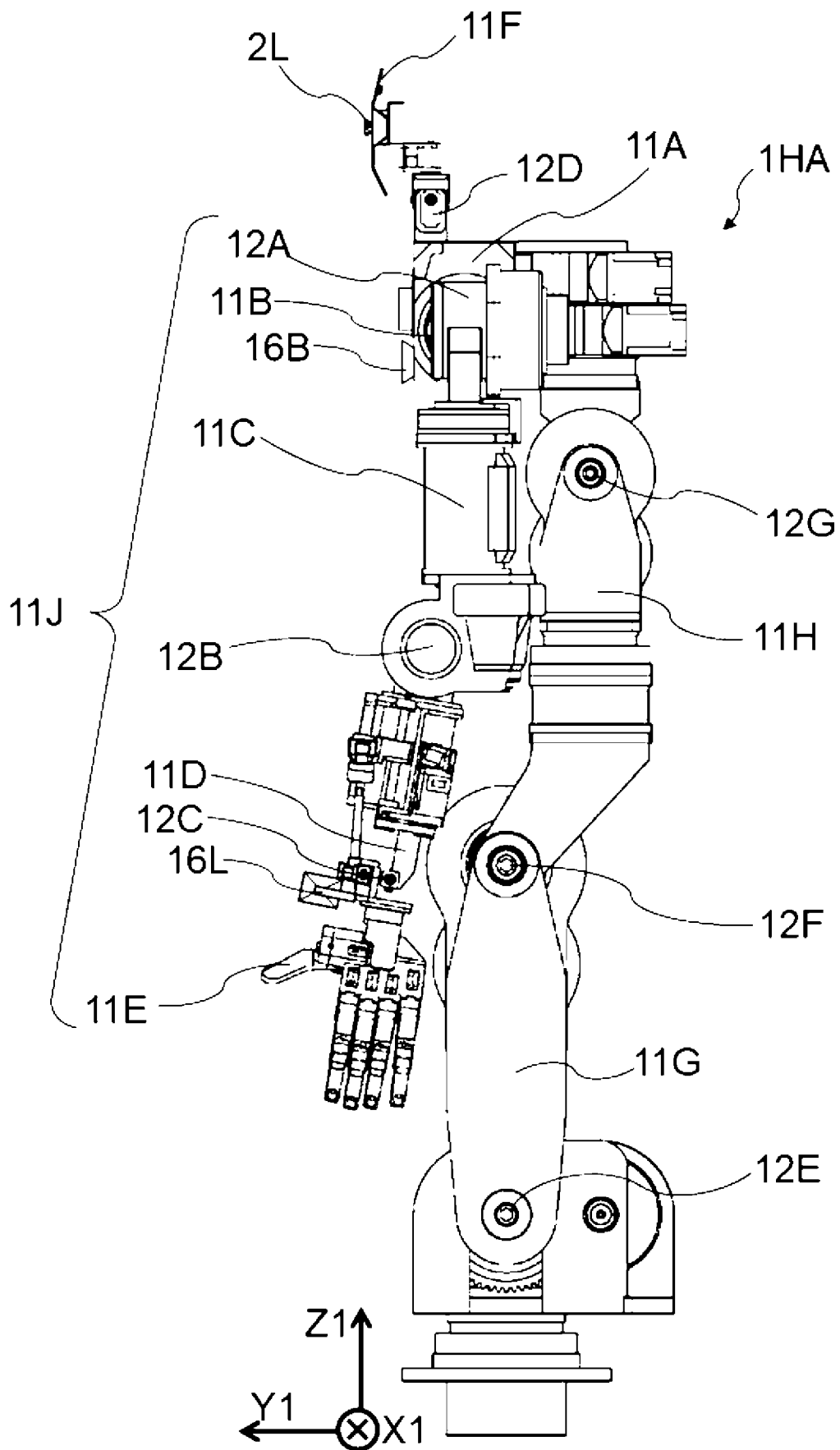


[図10]

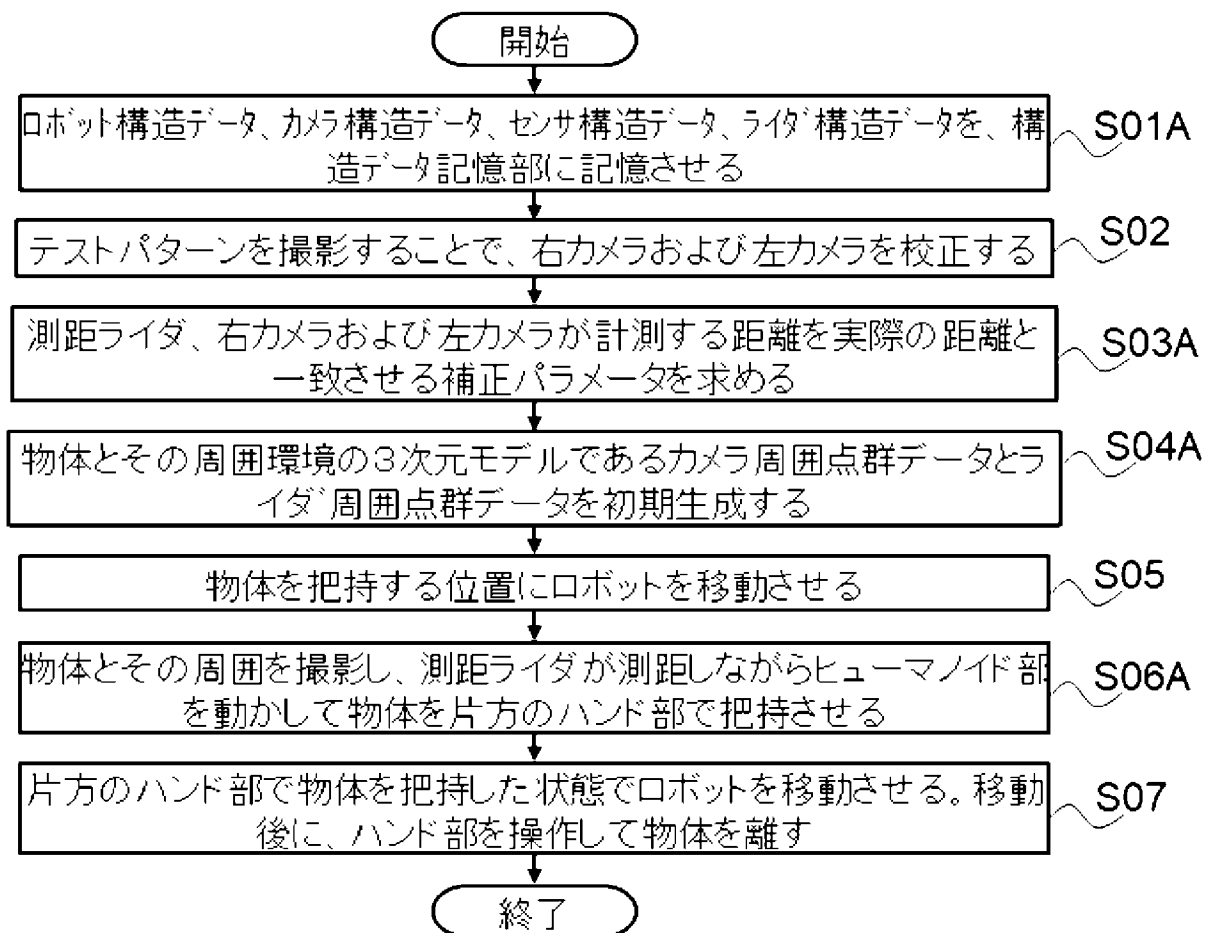


[図11]

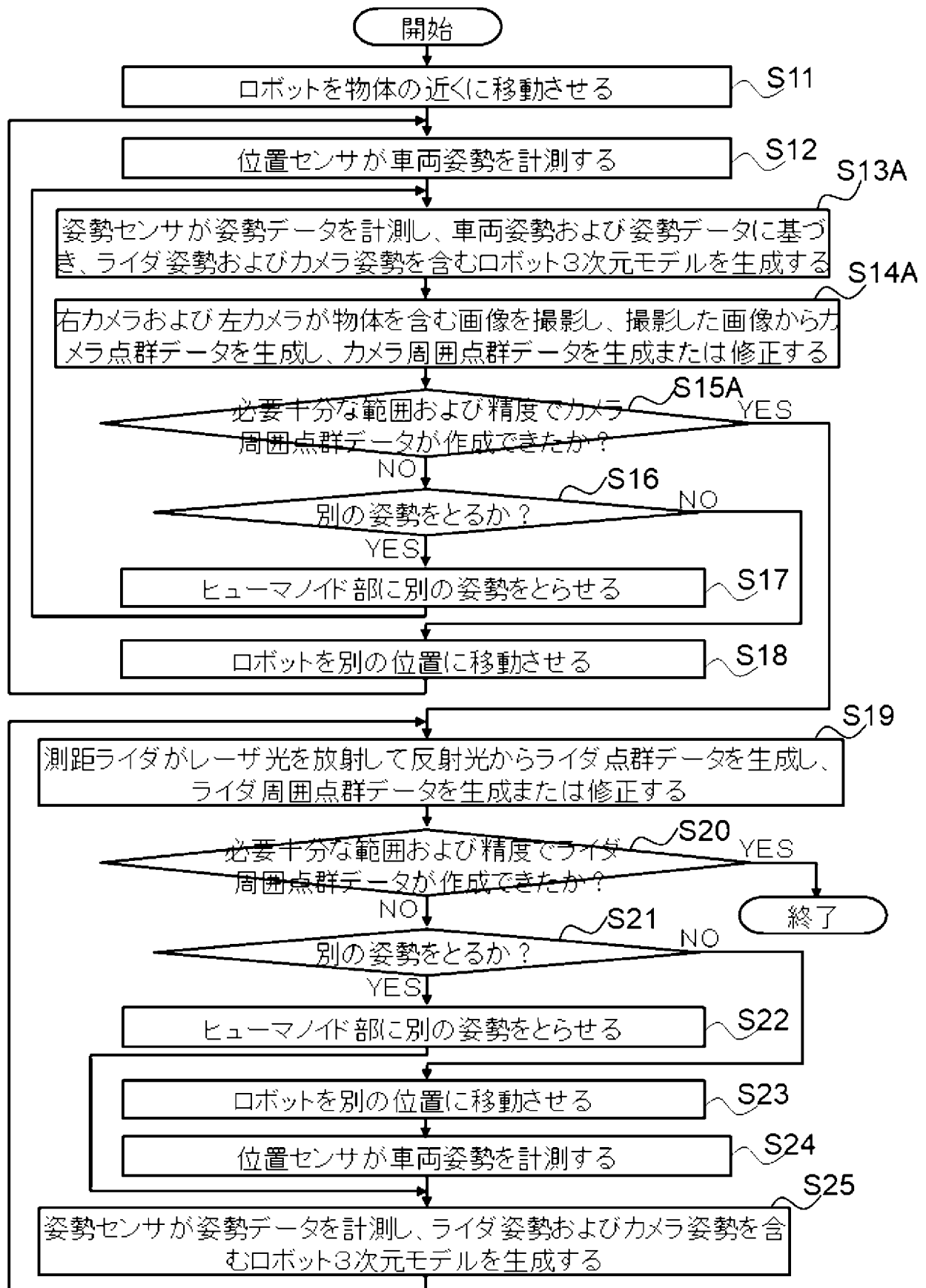




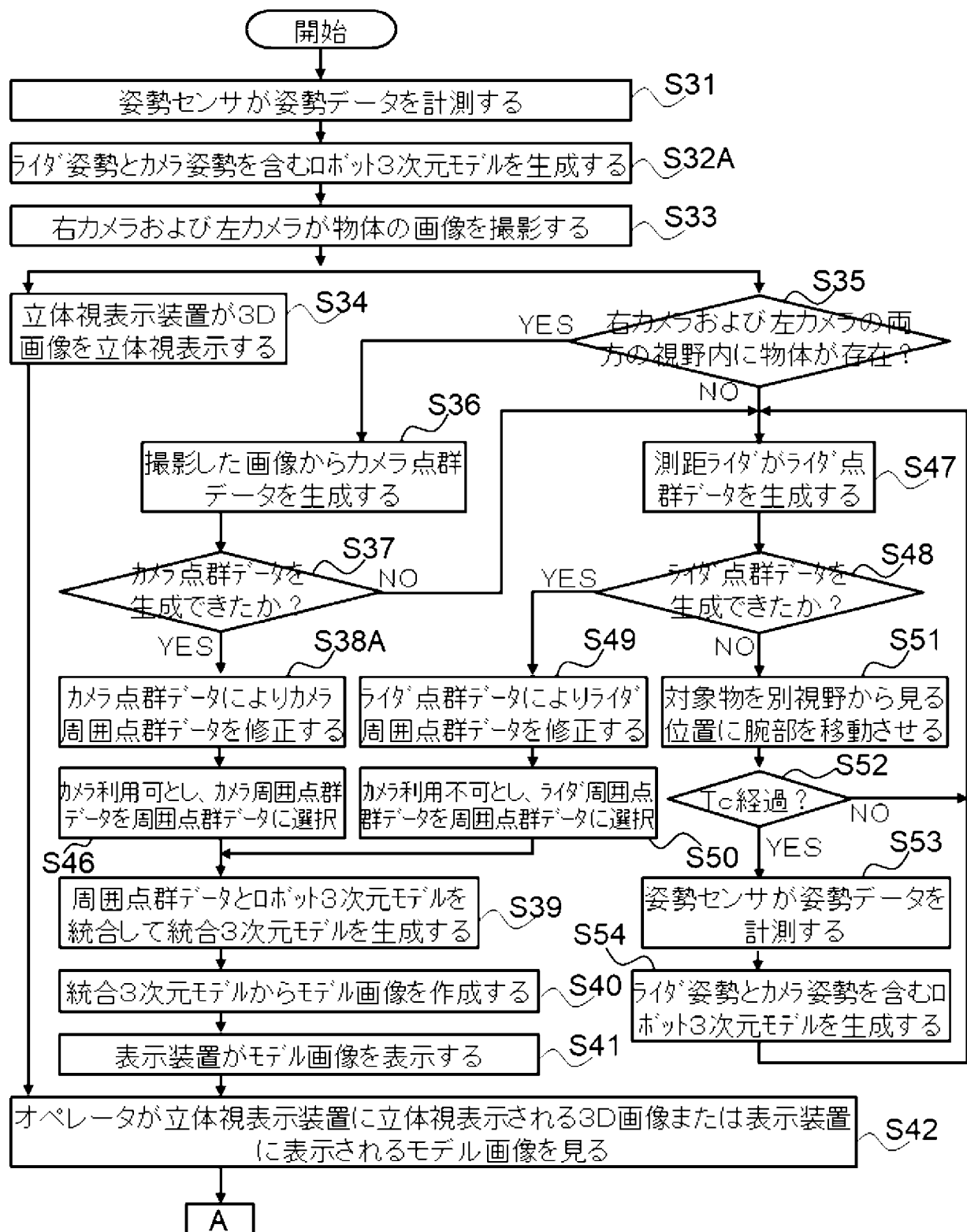
[図14]



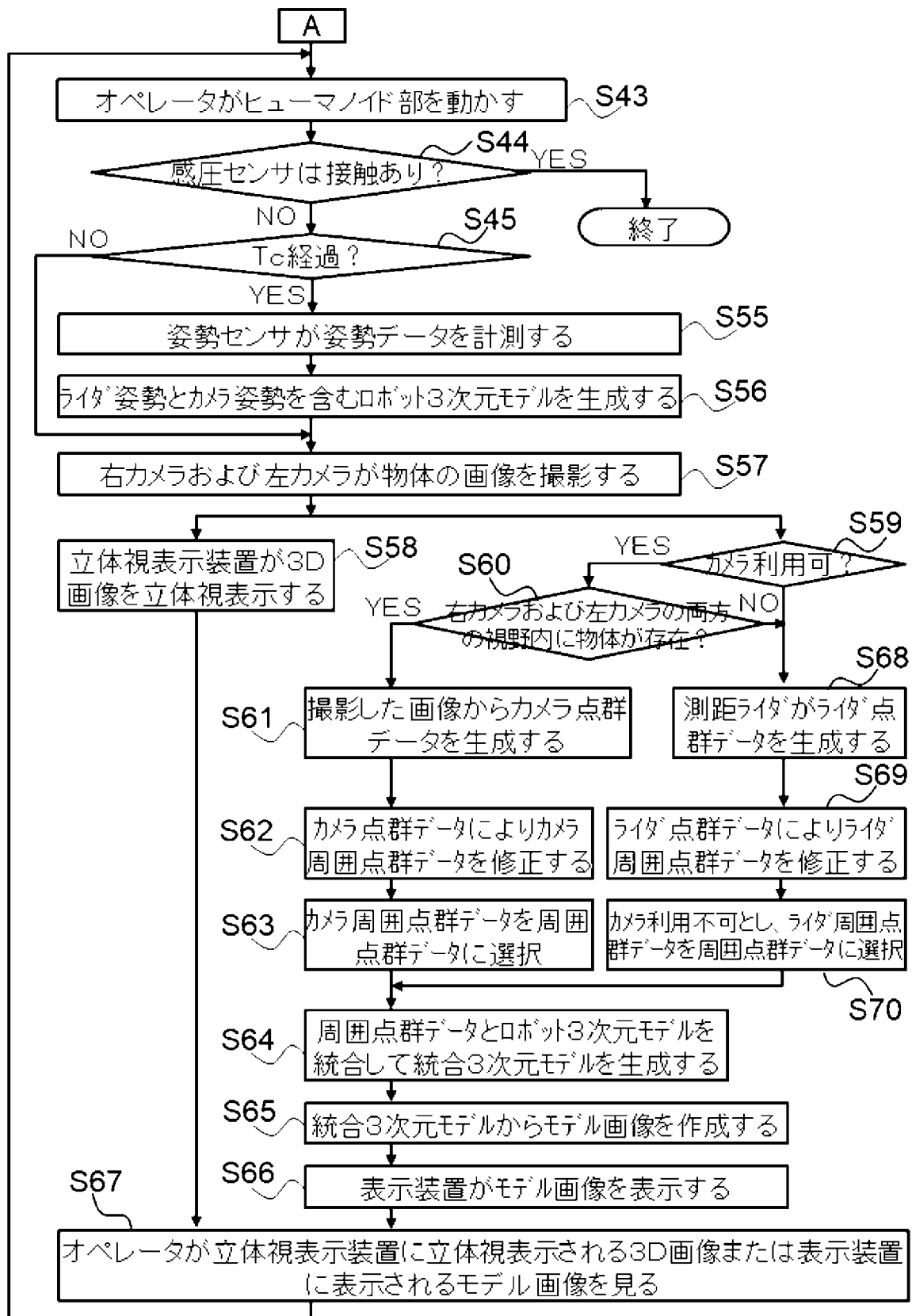
[図15]



[図16]



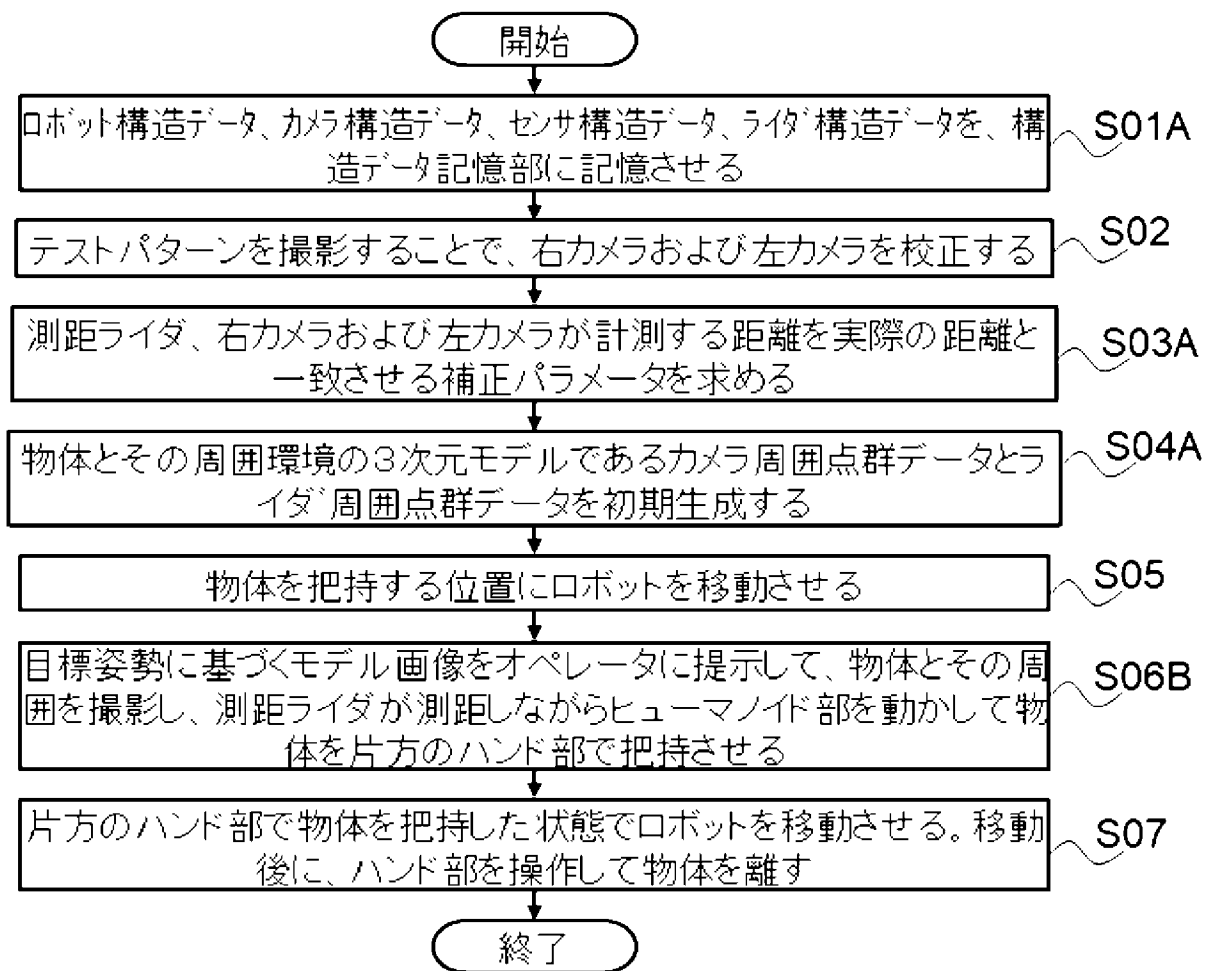
[図17]



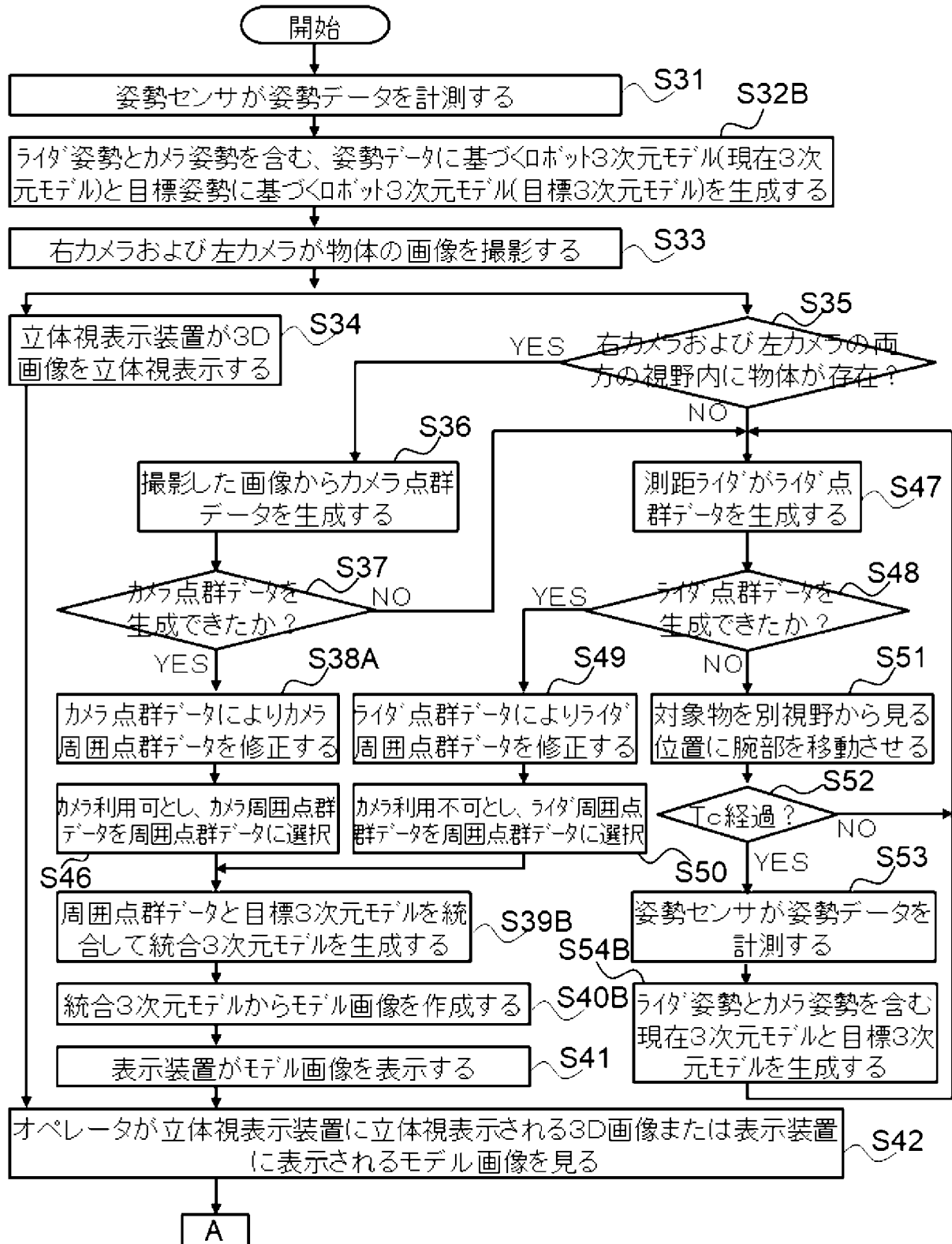
The diagram illustrates a complex system architecture, likely for a vehicle or industrial control system. It features several interconnected modules and data flows:

- Input/Output Modules (Left Side):** Includes modules for "カメラ構造データ" (Camera Structure Data), "カメラ製造データ" (Camera Manufacturing Data), "ビデオ構造データ" (Video Structure Data), and "ライティング構造データ" (Lighting Structure Data).
- Processing and Control Modules (Center):** A large central block contains numerous sub-modules such as "モットモデル生成部" (Motto Model Generation Unit), "環境モデル生成部" (Environment Model Generation Unit), "画像処理部" (Image Processing Unit), "カメラ点群生成部" (Camera Point Cloud Generation Unit), "カメラ座標変換部" (Camera Coordinate Transformation Unit), "カメラ点群整合部" (Camera Point Cloud Integration Unit), "不連続点抽出部" (Discontinuous Point Extraction Unit), "ライティング座標変換部" (Lighting Coordinate Transformation Unit), "ライティング点群整合部" (Lighting Point Cloud Integration Unit), "点群選択生成部" (Point Cloud Selection Generation Unit), "モデル統合部" (Model Integration Unit), "視点データ生成部" (Viewpoint Data Generation Unit), "ライティング画像生成部" (Lighting Image Generation Unit), "制御参考情報生成部" (Control Reference Information Generation Unit), "目標姿勢生成部" (Target Posture Generation Unit), "制御姿勢生成部" (Control Posture Generation Unit), and "異常検出部" (Anomaly Detection Unit).
- Data Storage and Management (Right Side):** Includes modules for "状態データ記憶部" (State Data Memory Unit), "51R 右目画像" (51R Right Eye Image), "51L 左目画像" (51L Left Eye Image), "52 制御姿勢" (52 Control Posture), "53B 周囲点群データ" (53B Surrounding Point Cloud Data), "54 目標姿勢" (54 Target Posture), "55 車両姿勢" (55 Vehicle Posture), "56 モータ温度" (56 Motor Temperature), "57 触覚データ" (57 Haptics Data), "58 加速度データ" (58 Acceleration Data), "59 カメラ点群データ" (59 Camera Point Cloud Data), "60 カラ点群データ" (60 Color Point Cloud Data), "61 カラ点群データ" (61 Color Point Cloud Data), "62 カラ点群データ" (62 Color Point Cloud Data), "63 カラ点群データ" (63 Color Point Cloud Data), "64A 統合3次元モデル" (64A Integrated 3D Model), "64B ロボット3次元モデル" (64B Robot 3D Model), "65 カラ姿勢" (65 Color Posture), "66 ライト姿勢" (66 Light Posture), "67 周囲点群データ" (67 Surrounding Point Cloud Data), "68 視点データ" (68 Viewpoint Data), "69B 視点をデータ" (69B Viewpoint Data), "70 モデル画像" (70 Model Image), "71 制御姿勢" (71 Control Posture), "72 目標姿勢" (72 Target Posture), "73 異常検出部" (73 Anomaly Detection Unit), "74 異常検出部" (74 Anomaly Detection Unit), "75 異常検出部" (75 Anomaly Detection Unit), "76 異常検出部" (76 Anomaly Detection Unit), "77 異常検出部" (77 Anomaly Detection Unit), "78 異常検出部" (78 Anomaly Detection Unit), "79 異常検出部" (79 Anomaly Detection Unit), "80 異常検出部" (80 Anomaly Detection Unit), "81 異常検出部" (81 Anomaly Detection Unit), "82 異常検出部" (82 Anomaly Detection Unit), "83 異常検出部" (83 Anomaly Detection Unit), "84 異常検出部" (84 Anomaly Detection Unit), "85 異常検出部" (85 Anomaly Detection Unit), "86 異常検出部" (86 Anomaly Detection Unit), "87 異常検出部" (87 Anomaly Detection Unit), "88 異常検出部" (88 Anomaly Detection Unit), "89 異常検出部" (89 Anomaly Detection Unit), "90 異常検出部" (90 Anomaly Detection Unit), "91 異常検出部" (91 Anomaly Detection Unit), "92 異常検出部" (92 Anomaly Detection Unit), "93 異常検出部" (93 Anomaly Detection Unit), "94 異常検出部" (94 Anomaly Detection Unit), "95 異常検出部" (95 Anomaly Detection Unit), "96 異常検出部" (96 Anomaly Detection Unit), "97 異常検出部" (97 Anomaly Detection Unit), "98 異常検出部" (98 Anomaly Detection Unit), "99 異常検出部" (99 Anomaly Detection Unit), "100 異常検出部" (100 Anomaly Detection Unit), "101 異常検出部" (101 Anomaly Detection Unit), "102 異常検出部" (102 Anomaly Detection Unit), "103 異常検出部" (103 Anomaly Detection Unit), "104 異常検出部" (104 Anomaly Detection Unit), "105 異常検出部" (105 Anomaly Detection Unit), "106 異常検出部" (106 Anomaly Detection Unit), "107 異常検出部" (107 Anomaly Detection Unit), "108 異常検出部" (108 Anomaly Detection Unit), "109 異常検出部" (109 Anomaly Detection Unit), "110 異常検出部" (110 Anomaly Detection Unit), "111 異常検出部" (111 Anomaly Detection Unit), "112 異常検出部" (112 Anomaly Detection Unit), "113 異常検出部" (113 Anomaly Detection Unit), "114 異常検出部" (114 Anomaly Detection Unit), "115 異常検出部" (115 Anomaly Detection Unit), "116 異常検出部" (116 Anomaly Detection Unit), "117 異常検出部" (117 Anomaly Detection Unit), "118 異常検出部" (118 Anomaly Detection Unit), "119 異常検出部" (119 Anomaly Detection Unit), "120 異常検出部" (120 Anomaly Detection Unit), "121 異常検出部" (121 Anomaly Detection Unit), "122 異常検出部" (122 Anomaly Detection Unit), "123 異常検出部" (123 Anomaly Detection Unit), "124 異常検出部" (124 Anomaly Detection Unit), "125 異常検出部" (125 Anomaly Detection Unit), "126 異常検出部" (126 Anomaly Detection Unit), "127 異常検出部" (127 Anomaly Detection Unit), "128 異常検出部" (128 Anomaly Detection Unit), "129 異常検出部" (129 Anomaly Detection Unit), "130 異常検出部" (130 Anomaly Detection Unit), "131 異常検出部" (131 Anomaly Detection Unit), "132 異常検出部" (132 Anomaly Detection Unit), "133 異常検出部" (133 Anomaly Detection Unit), "134 異常検出部" (134 Anomaly Detection Unit), "135 異常検出部" (135 Anomaly Detection Unit), "136 異常検出部" (136 Anomaly Detection Unit), "137 異常検出部" (137 Anomaly Detection Unit), "138 異常検出部" (138 Anomaly Detection Unit), "139 異常検出部" (139 Anomaly Detection Unit), "140 異常検出部" (140 Anomaly Detection Unit), "141 異常検出部" (141 Anomaly Detection Unit), "142 異常検出部" (142 Anomaly Detection Unit), "143 異常検出部" (143 Anomaly Detection Unit), "144 異常検出部" (144 Anomaly Detection Unit), "145 異常検出部" (145 Anomaly Detection Unit), "146 異常検出部" (146 Anomaly Detection Unit), "147 異常検出部" (147 Anomaly Detection Unit), "148 異常検出部" (148 Anomaly Detection Unit), "149 異常検出部" (149 Anomaly Detection Unit), "150 異常検出部" (150 Anomaly Detection Unit), "151 異常検出部" (151 Anomaly Detection Unit), "152 異常検出部" (152 Anomaly Detection Unit), "153 異常検出部" (153 Anomaly Detection Unit), "154 異常検出部" (154 Anomaly Detection Unit), "155 異常検出部" (155 Anomaly Detection Unit), "156 異常検出部" (156 Anomaly Detection Unit), "157 異常検出部" (157 Anomaly Detection Unit), "158 異常検出部" (158 Anomaly Detection Unit), "159 異常検出部" (159 Anomaly Detection Unit), "160 異常検出部" (160 Anomaly Detection Unit), "161 異常検出部" (161 Anomaly Detection Unit), "162 異常検出部" (162 Anomaly Detection Unit), "163 異常検出部" (163 Anomaly Detection Unit), "164 異常検出部" (164 Anomaly Detection Unit), "165 異常検出部" (165 Anomaly Detection Unit), "166 異常検出部" (166 Anomaly Detection Unit), "167 異常検出部" (167 Anomaly Detection Unit), "168 異常検出部" (168 Anomaly Detection Unit), "169 異常検出部" (169 Anomaly Detection Unit), "170 異常検出部" (170 Anomaly Detection Unit), "171 異常検出部" (171 Anomaly Detection Unit), "172 異常検出部" (172 Anomaly Detection Unit), "173 異常検出部" (173 Anomaly Detection Unit), "174 異常検出部" (174 Anomaly Detection Unit), "175 異常検出部" (175 Anomaly Detection Unit), "176 異常検出部" (176 Anomaly Detection Unit), "177 異常検出部" (177 Anomaly Detection Unit), "178 異常検出部" (178 Anomaly Detection Unit), "179 異常検出部" (179 Anomaly Detection Unit), "180 異常検出部" (180 Anomaly Detection Unit), "181 異常検出部" (181 Anomaly Detection Unit), "182 異常検出部" (182 Anomaly Detection Unit), "183 異常検出部" (183 Anomaly Detection Unit), "184 異常検出部" (184 Anomaly Detection Unit), "185 異常検出部" (185 Anomaly Detection Unit), "186 異常検出部" (186 Anomaly Detection Unit), "187 異常検出部" (187 Anomaly Detection Unit), "188 異常検出部" (188 Anomaly Detection Unit), "189 異常検出部" (189 Anomaly Detection Unit), "190 異常検出部" (190 Anomaly Detection Unit), "191 異常検出部" (191 Anomaly Detection Unit), "192 異常検出部" (192 Anomaly Detection Unit), "193 異常検出部" (193 Anomaly Detection Unit), "194 異常検出部" (194 Anomaly Detection Unit), "195 異常検出部" (195 Anomaly Detection Unit), "196 異常検出部" (196 Anomaly Detection Unit), "197 異常検出部" (197 Anomaly Detection Unit), "198 異常検出部" (198 Anomaly Detection Unit), "199 異常検出部" (199 Anomaly Detection Unit), "200 異常検出部" (200 Anomaly Detection Unit).

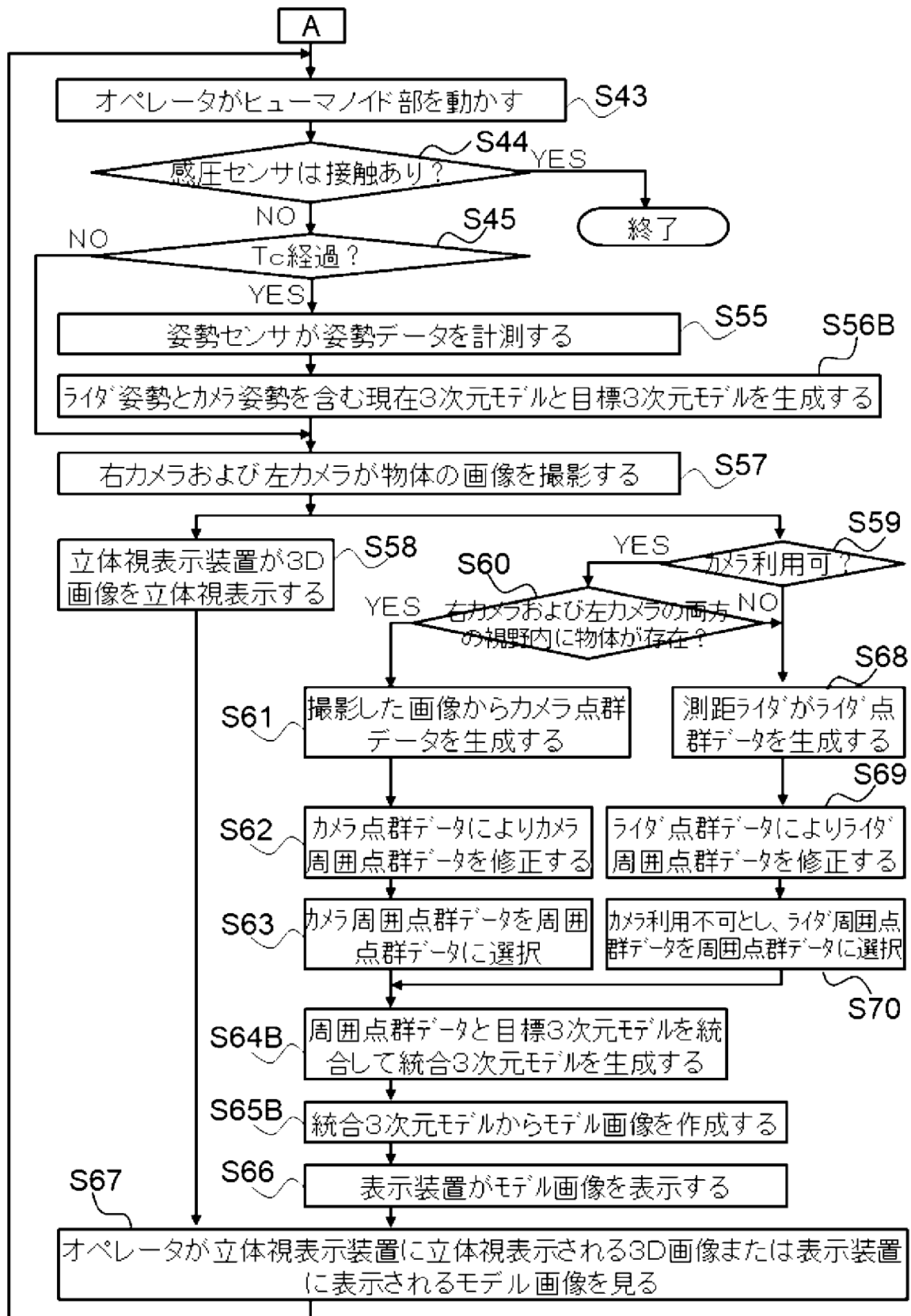
[図19]

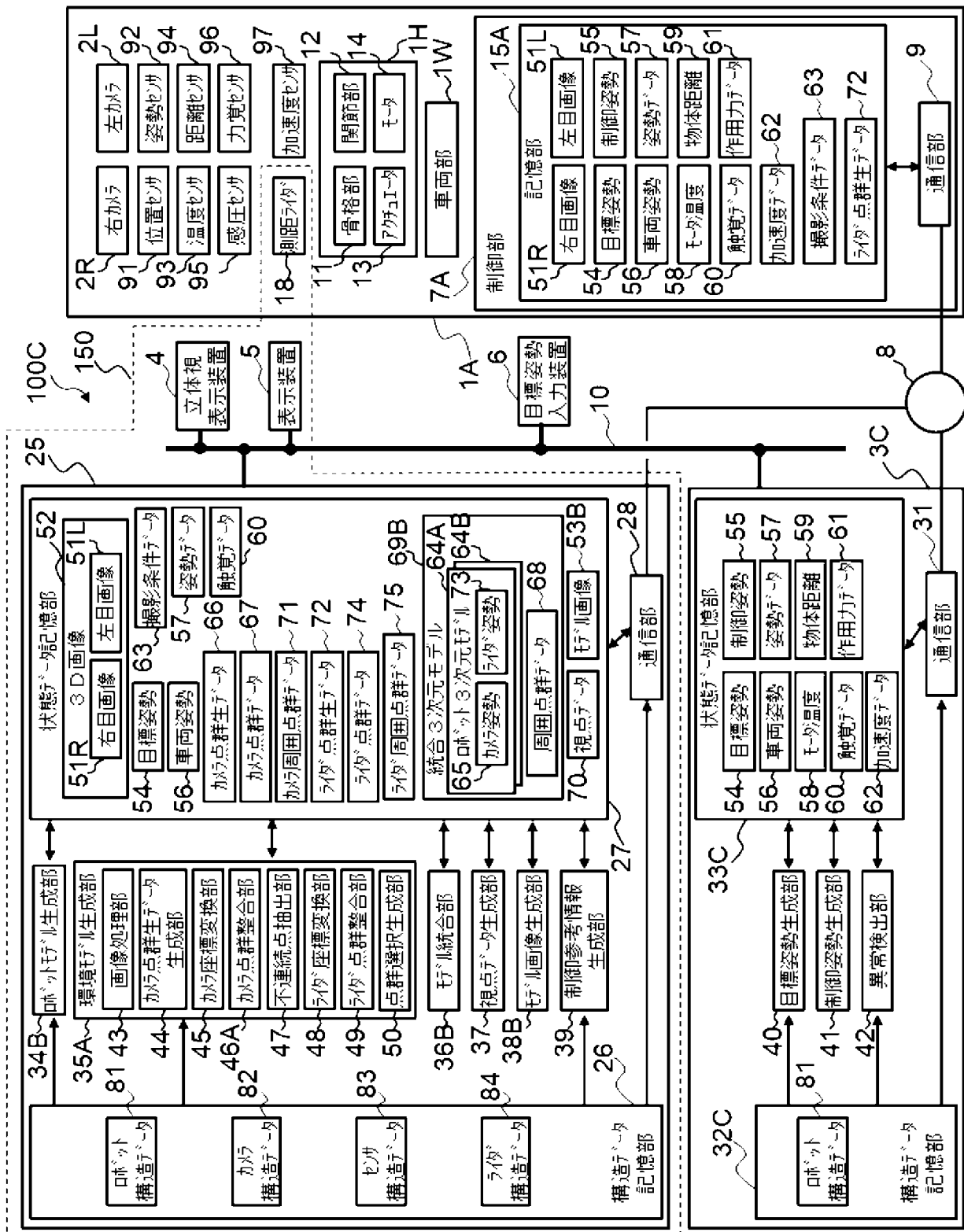


[図20]



[図21]





INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/045527

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 3/00**(2006.01)i; **B25J 13/06**(2006.01)i

FI: B25J13/06; B25J3/00 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)

B25J3/00; B25J13/06

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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.
A	WO 2019/059364 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 28 March 2019 (2019-03-28) entire text, all drawings	1-27
A	JP 2009-012106 A (FUJI ELECTRIC SYSTEMS CO LTD) 22 January 2009 (2009-01-22) entire text, all drawings	1-27
A	JP 60-077589 A (KOGYO GIKYUIN) 02 May 1985 (1985-05-02) entire text, all drawings	1-27
A	JP 2014-056496 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 27 March 2014 (2014-03-27) entire text, all drawings	1-27
P, A	WO 2021/220915 A1 (FANUC CORP) 04 November 2021 (2021-11-04) entire text, all drawings	1-27

☐ 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

“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

08 February 2022

Date of mailing of the international search report

22 February 2022

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/JP2021/045527

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2019/059364	A1	28 March 2019	US 2020/0215691 A1 entire text, all drawings	
JP	2009-012106	A	22 January 2009	(Family: none)	
JP	60-077589	A	02 May 1985	(Family: none)	
JP	2014-056496	A	27 March 2014	(Family: none)	
WO	2021/220915	A1	04 November 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 3/00(2006.01)i; B25J 13/06(2006.01)i FI: B25J13/06; B25J3/00 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）） B25J3/00; B25J13/06		
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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
A	WO 2019/059364 A1（三菱電機株式会社）28.03.2019（2019-03-28） 全文、全図	1-27
A	JP 2009-012106 A（富士電機システムズ株式会社）22.01.2009（2009-01-22） 全文、全図	1-27
A	JP 60-077589 A（工業技術院長）02.05.1985（1985-05-02） 全文、全図	1-27
A	JP 2014-056496 A（三菱重工業株式会社）27.03.2014（2014-03-27） 全文、全図	1-27
P, A	WO 2021/220915 A1（ファナック株式会社）04.11.2021（2021-11-04） 全文、全図	1-27
☐ 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 08.02.2022		国際調査報告の発送日 22.02.2022
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） 松浦 陽 3U 3752 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/JP2021/045527

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2019/059364	A1	28.03.2019	US 2020/0215691 A1 全文、全図	
JP	2009-012106	A	22.01.2009	(ファミリーなし)	
JP	60-077589	A	02.05.1985	(ファミリーなし)	
JP	2014-056496	A	27.03.2014	(ファミリーなし)	
WO	2021/220915	A1	04.11.2021	(ファミリーなし)	