

(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2月24日(24.02.2022)



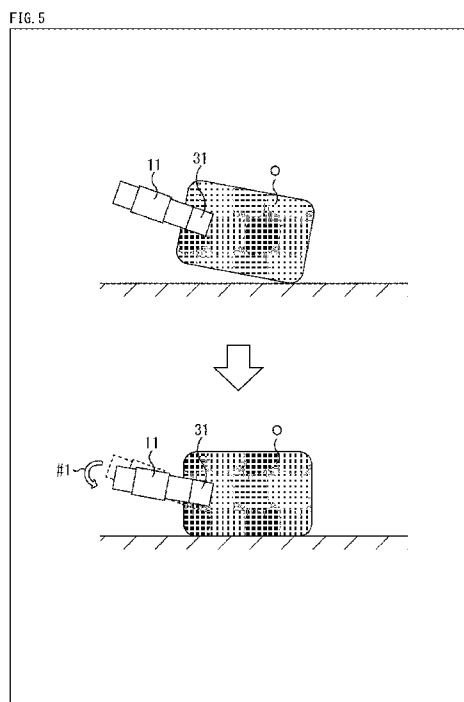
(10) 国際公開番号

WO 2022/039058 A1

- (51) 国際特許分類:  
B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/029383
- (22) 国際出願日: 2021年8月6日(06.08.2021)
- (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 2020-139481 2020年8月20日(20.08.2020) JP
- (71) 出願人: ソニーグループ株式会社(SONY GROUP CORPORATION) [JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 永 仮 智 子 (NAGAKARI Satoko); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニーグループ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 西川 孝, 外 (NISHIKAWA Takashi et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3丁目9番10号 池袋F Nビル4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, 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,

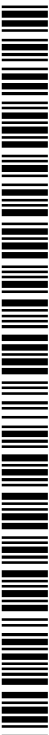
(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、情報処理方法、およびプログラム



(57) Abstract: The present technology relates to an information processing device, an information processing method, and a program which enable a grasped object to be more stably arranged. An information processing device according to one aspect of the present technology detects slippage generated on an object being grasped by a finger portion constituting a grasping unit, and, on the basis of the slippage generated on the object, estimates an external force and an external moment applied to the object. In addition, the information processing device controls operation of an arm unit on the basis of the estimated external force and external moment, and adjusts at least one of the position and attitude of the finger portion constituting the grasping unit, with which the arm unit is provided. This technology can be applied to a robot hand control device.

(57) 要約: 本技術は、把持物体をより安定的に配置することができるようにする情報処理装置、情報処理方法、およびプログラムに関する。本技術の一側面の情報処理装置は、把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出し、物体に生じた滑りに基づいて、物体に加えられた外力と外モーメントを推定する。また、情報処理装置は、推定した外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、アーム部に設けられた把持部を構成する指部の位置と姿勢のうち少なくともいずれかを調整する。本技術は、ロボットハンドの制御装置に適用することができる。



WO 2022/039058 A1

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)）

## 明 細 書

**発明の名称**：情報処理装置、情報処理方法、およびプログラム  
**技術分野**

[0001] 本技術は、特に、把持物体をより安定的に配置することができるようにした情報処理装置、情報処理方法、およびプログラムに関する。

### 背景技術

[0002] 物体をロボットハンドで把持し、安定的に配置するための技術として各種の技術が提案されている。

[0003] 例えば特許文献1には、目標位置の近傍までワークを移送させた後、ハンド部の把持力を低減することによりワークを平面に落下させて、ワークを平面に倣わせる技術が開示されている。ワークを平面に落下させる際、滑りセンサを利用して滑り検出を行い、ワークの滑り量があらかじめ設定された閾値以下となるようにして把持力の調整が行われる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-206206号公報  
特許文献2：特開2009-255191号公報  
特許文献3：特開2007-276112号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 特許文献1に記載の技術においては、滑り量の閾値を物体毎にあらかじめ設定しておく必要があることから、未知物体を対象とする場合には適用が困難となる。また、重力に従って落下させることから、過度な衝撃がワークに加わってしまうおそれがある。

[0006] 本技術はこのような状況に鑑みてなされたものであり、把持物体をより安定的に配置することができるようにするものである。

#### 課題を解決するための手段

- [0007] 本技術の一側面の情報処理装置は、把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出する滑り検出部と、前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定する推定部と、推定された外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整するアーム制御部とを備える。
- [0008] 本技術の一側面においては、把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りが検出され、前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントが推定される。また、推定された外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作が制御され、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかが調整される。

### 図面の簡単な説明

- [0009] [図1]本技術の一実施の形態に係るロボットハンドの外観を示す図である。
- [図2]指先部の一部を拡大して示す図である。
- [図3]指先部で把持する様子を示す図である。
- [図4]ハンド部が取り付けられるロボットの外観の例を示す図である。
- [図5]把持物体を配置する様子を示す図である。
- [図6]物体に働く力を示す図である。
- [図7]Hertzの接触理論を説明するモデルを示す図である。
- [図8]物体に外力が作用する場合の例を示す図である。
- [図9]情報処理装置の構成例を示すブロック図である。
- [図10]把持力制御およびアーム制御処理について説明するフローチャートである。
- [図11]図10のステップS4において行われる把持力制御処理について説明するフローチャートである。
- [図12]図10のステップS5において行われるアーム制御処理について説明するフローチャートである。

[図13]接触部の配置例を示す図である。

[図14]接触部の状態の変化を示す図である。

[図15]把持姿勢の変化の例を示す図である。

[図16]把持姿勢の調整の例を示す図である。

[図17]情報処理装置の他の構成例を示すブロック図である。

[図18]手先姿勢回転軸算出部の構成例を示すブロック図である。

[図19]手先姿勢回転軸算出部の他の構成例を示すブロック図である。

[図20]制御システムの構成例を示す図である。

[図21]コンピュータの構成例を示すブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本技術を実施するための形態について説明する。説明は以下の順序で行う。

1. ロボットハンドの構成
2. 未知物体の配置について
3. 滑り検出を利用した外力・外モーメントの推定
4. 情報処理装置の構成
5. 情報処理装置の動作
6. 指先回転変位量  $\Delta u_{\text{theta}}$  の算出
7. 変形例
8. その他の例

[0011] <ロボットハンドの構成>

図1は、本技術の一実施の形態に係るロボットハンドの外観を示す図である。

[0012] 本技術の一実施の形態に係るロボットハンドであるハンド部1は、図1に示すように、2本指のグリップタイプの把持部である。ベース部11には、2本の指を構成するフィンガ部12Aとフィンガ部12Bが取り付けられる。ベース部11は、複数のフィンガ部12を支持する支持部として機能する。

- [0013] フィンガ部 1 2 A は、所定の厚さを有する板状の部材である部材 2 1 A と部材 2 2 A が連結することにより構成される。ベース部 1 1 に取り付けられた部材 2 1 A の先端側には部材 2 2 A が設けられる。ベース部 1 1 と部材 2 1 A の連結部、および、部材 2 1 A と部材 2 2 A の連結部は、それぞれ所定の可動域を有している。部材 2 2 A の内側には、把持対象の物体との接触部となる接触部 2 3 A が設けられる。部材 2 2 A と接触部 2 3 A により指先部 3 1 A が構成される。
- [0014] フィンガ部 1 2 B も、フィンガ部 1 2 A と同様の構成を有している。ベース部 1 1 に取り付けられた部材 2 1 B の先端側に部材 2 2 B が設けられる。ベース部 1 1 と部材 2 1 B の連結部、および、部材 2 1 B と部材 2 2 B の連結部は、それぞれ所定の可動域を有している。部材 2 2 B の内側には接触部 2 3 B が設けられる。部材 2 2 B と接触部 2 3 B により指先部 3 1 B が構成される。
- [0015] 以下、適宜、フィンガ部 1 2 A とフィンガ部 1 2 B を区別する必要がない場合、まとめてフィンガ部 1 2 という。対になって設けられる他の構成についても、適宜、まとめて説明する。
- [0016] 図 2 は、指先部 3 1 の一部を拡大して示す図である。図 2 の A は指先部 3 1 の側面を示し、図 2 の B は指先部 3 1 の正面（内側の面）を示している。
- [0017] ハッチを付して示すように、接触部 2 3 の下には触覚センサ 2 4 が設けられる。触覚センサ 2 4 として、例えば、接触部 2 3 の各位置における圧力を検知可能な圧力分布センサが用いられる。
- [0018] 接触部 2 3 は、ゴムなどの弾性のある素材により構成され、半球状の柔軟変形層を形成する。
- [0019] 指先部 3 1 A と指先部 3 1 B は平行リンク機構を有している。指先部 3 1 A と指先部 3 1 B は、内側の面が平行を保つように駆動する。把持対象の物体である物体 O は、図 3 に示すように、内側の面が平行となるように配置された指先部 3 1 A 側の接触部 2 3 A と、指先部 3 1 B 側の接触部 2 3 B とで挟むようにして把持される。

- [0020] 後に詳述するように、弾性のある素材により構成されているため、物体Oと接触する接触部23は、物体Oにかかる重力などに応じて変形することになる。
- [0021] 図4は、ハンド部1が取り付けられるロボットの外観の例を示す図である。
- [0022] 図4に示すように、ハンド部1が取り付けられるロボット41は、上半身が人型であり、車輪を用いた移動機構を有するロボットである。胴体部51の上には、扁平球体状の頭部52が設けられる。頭部52の正面には、RGBカメラなどにより構成される視覚センサ52Aが設けられる。
- [0023] 胴体部51の上端には、多自由度のマニピュレータであるアーム部2L, 2Rが設けられる。アーム部2L, 2Rのそれぞれの先端には、エンドエフェクタであるハンド部1L, 1Rが設けられる。ハンド部1Lは、ロボット41の左手となるハンド部1であり、ハンド部1Rは、ロボットの右手となるハンド部1である。
- [0024] 胴体部51の下端には、台車状の移動体部53が設けられる。移動体部53の左右に設けられた車輪を回転させたり、車輪の向きを変えたりすることにより、ロボット41は移動することができる。
- [0025] このように、ロボット41は、ハンド部1により物体を把持したり、物体を把持した状態で運搬したりするなどの各種のタスクを実行可能なロボットである。移動可能なロボット41に設けられたアーム部2L, 2Rは、いわゆるモバイルマニピュレータとなる。
- [0026] <未知物体の配置について>
- 未知物体をロボットハンドで把持し、安定的に配置するためには、以下の観点を考慮したロボットハンドの制御が求められる。未知物体は、質量、重心位置、摩擦係数などの特性が不明な物体である。
- [0027] ・物体を潰さず、滑らせずに配置するためには、外力・外モーメントを考慮して、適切な把持力で配置しなければならない。
- ・重心ずれによる回転などにより把持状態が変化してしまった場合に、物

体の姿勢を整えて配置しなければならない。

[0028] 図5は、把持物体を配置する（置く）様子を示す図である。

[0029] 図5の上段に示すように、根元近傍を指先部31で挟むようにして把持している横長直方体状の物体Oを、先端の底面から床面に接触させ、図5の下段に示すように床面に置く場合について説明する。床面が配置面となる。物体Oを安定的に配置するために、物体Oを置きながらアーム部2を動作させることによって、矢印#1に示すように、指先部31を含むハンド部1の位置と姿勢が制御される。

[0030] 図6は、物体に働く力を示す図である。

[0031] 物体Oには、矢印#11で示すように重力 $m_g$ が働く。また、物体Oを床面に接触させることにより、矢印#12で示すように、物体Oと床面との接触部分において、外力Nが床面からの垂直抗力として働く。

[0032] 指先部31においては、矢印#13で示すようにせん断力 $F_R$ が働き、矢印#14で示すようにモーメント $M_R$ が働く。

[0033] ロボット41が発生する力と物体Oに働く力との釣り合いは、式(1)で表される。

[数1]

$$F_R = mg - N \quad \dots (1)$$

[0034] また、ロボット41が発生するモーメントと物体Oに働くモーメントとの釣り合いは、式(2)で表される。

[数2]

$$M_R = mg l_1 - N l_2 \quad \dots (2)$$

[0035] 式(2)において、 $l_1$ は、把持位置から物体Oの重心までの距離（それぞれの位置を通る垂線間の距離）である。また、 $l_2$ は、把持位置から垂直抗力が働く位置までの距離（それぞれの位置を通る垂線間の距離）である。床面からの垂直抗力により生じるモーメントである外モーメントは $N l_2$ として表される。

[0036] ハンド部1に設けられる複数のフィンガ部12を考慮すると、式(1)は

式 (3) のように表される。また、式 (2) は式 (4) のように表される。

式 (3)、式 (4) において、添え字の  $i$  は各指を表す。

[数3]

$$\sum_{i=1}^n F_{Ri} = mg - N \quad \dots (3)$$

[数4]

$$\sum_{i=1}^n M_{Ri} = mg l_1 - N l_2 \quad \dots (4)$$

[0037] ロボット 4 1 においては、触覚センサ 2 4 により実現される滑り覚を利用して、物体 O に生じた滑りが検出され、滑りの検出結果に基づいて、外力  $N$  と外モーメント  $N l_2$  が推定される。

[0038] <滑り検出を利用した外力・外モーメントの推定>

図 7 は、Hertz の接触理論を説明するモデルを示す図である。

[0039] 図 7 において、弾性球 1 1 1 はハンド部 1 の接触部 2 3 に対応し、剛体平板 1 1 0 は物体 O に対応する。

[0040] 図 7 の左側は、弾性球 1 1 1 に対して、剛体平板 1 1 0 が水平方向に接している様子を示す。一方、図 7 の右側は、剛体平板 1 1 0 に対して法線力  $f_n$  が加えられるとともに、水平方向にせん断力  $f_t$  が加えられた様子を示す。

[0041] 図 7 の右側に示すように、せん断力  $f_t$  が加えられることによって、弾性球 1 1 1 は、せん断力  $f_t$  の方向に変形する。剛体平板 1 1 0 と弾性球 1 1 1 との接点の位置は、せん断力  $f_t$  が加えられる前の位置から、変位量  $u_r$  だけ移動する。

[0042] 変位量  $u_r$  は、ロボット 4 1 においてはハンド部 1 の指先部 3 1 で発生する変位量である。以下、せん断力  $f_t$  に相当する力が加えられることによって指先部 3 1 で発生する位置の変位量を指先せん断変位量  $u_r$  という。また、指先部 3 1 で発生する回転方向の変位量を指先回転変位量  $u_{\theta}$  という。指先部 3 1 においては、せん断力  $f_t$  に相当する力が加えられることによって、回転方向の変位も発生する。

[0043] 指先せん断変位量  $u_r$  は、Hertzの接触理論により、式（5）により表される。

[数5]

$$u_r = \frac{f_t}{G^* \pi} \left( \frac{3Rf_n}{4E^*} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots (5)$$

[0044] 式（5）において、 $R$  は、弾性球 1 1 1 の曲率半径である。 $G^*$  は、弾性球 1 1 1 と剛体平板 1 1 0 との合成横弾性係数であり、 $E^*$  は、弾性球 1 1 1 と剛体平板 1 1 0 との合成縦弾性係数である。

[0045] ここで、曲率半径  $R$ 、合成横弾性係数  $G^*$ 、および、合成縦弾性係数  $E^*$  は、弾性球 1 1 1 と剛体平板 1 1 0 との物理的情報であり、定数である。指先せん断変位量  $u_r$  は、法線力  $f_n$  とせん断力  $f_t$  に依存することになる。

[0046] 一方、指先回転変位量  $u_{\theta}$  は、式（6）により表される。

[数6]

$$u_{\theta} = \frac{M}{G^* \pi R^{\frac{5}{3}}} \left( \frac{3f_n}{4E^*} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots (6)$$

[0047] 指先回転変位量  $u_{\theta}$  は、法線力  $f_n$  とモーメント  $M$  に依存することになる。

[0048] 次に、ロボット 4 1 が把持力  $f_{nr}$  で物体  $O$  を把持している最中に外力  $N$  が物体  $O$  に作用する場合について考える。図 5、図 6 を参照して説明したように、物体  $O$  を床面に配置する際に、外力  $N$  が垂直抗力として物体  $O$  に作用する。

[0049] 図 8 は、物体  $O$  に外力  $N$  が作用する場合を、図 7 を参照して説明したモデルに適用した例を示す図である。

[0050] 図 8 に示すように、図 7 における法線力  $f_n$  は把持力  $f_{nr}$  に対応する。また、図 7 におけるせん断力  $f_t$  は外力  $N$  に対応する。図 8 の状態において、モーメント  $M$  は外モーメント  $N l_2$  に対応する。

[0051] 物体  $O$  に外力  $N$  が作用した場合の指先せん断変位量である指先せん断変位

量 $\Delta u_r$ は、式(5)を変形して式(7)として表される。また、物体Oに外力Nが作用した場合の指先回転変位量である指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ は、式(6)を変形して式(8)として表される。

[数7]

$$\Delta u_r = \frac{N}{G^* \pi} \left( \frac{3Rf_{nR}}{4E^*} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots (7)$$

[数8]

$$\Delta u_{\theta} = \frac{Nl_2}{G^* \pi R^{\frac{5}{3}}} \left( \frac{3f_{nR}}{4E^*} \right)^{-\frac{2}{3}} \quad \dots (8)$$

[0052] 式(7)に表されるように、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ は、把持力 $f_{nR}$ と外力Nに依存することになる。把持力 $f_{nR}$ はハンド部1の把持力を制御する制御部において既知であるから、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ を観測することにより、外力Nを推定することが可能となる。

[0053] 式(8)に表されるように、指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ は、把持力 $f_{nR}$ と外モーメント $Nl_2$ に依存することになる。把持力 $f_{nR}$ は既知であるから、指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ を観測することにより、外モーメント $Nl_2$ を推定することが可能となる。

[0054] 後述するように、ロボット41においては、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ と指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ が、触覚センサ24による検出結果に基づいて観測される。また、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ の観測結果に基づいて外力Nが推定され、指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ の観測結果に基づいて外モーメント $Nl_2$ が推定される。

[0055] ここで、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ と指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ は、それぞれ、弾性球111の剛体平板110に対する滑りの大きさの変化(例えば単位時間当たりの変化)に対応する。言い換えると、指先せん断変位量 $\Delta u_r$ と指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ は、それぞれ、弾性球111の、剛体平板110に対する滑りの度合いを示す値である。

- [0056] なお、図7および図8に示す滑りは、弾性球111と剛体平板110の接触位置の相対的な位置関係を維持しながら絶対的な接触位置が移動していることから、いわゆる初期滑りである。
- [0057] 触覚センサ24の出力に基づいて検出される滑りは、指先部31の接触部23と把持物体との間の接触面において、固着部分（静止摩擦が発生している部分）と滑りが生じている部分（動摩擦が発生している部分）とが混在している初期滑りである。初期滑りを利用して、外力 $N$ と外モーメント $Nl_2$ が推定される。
- [0058] <情報処理装置の構成>
- 図9は、情報処理装置201の構成例を示すブロック図である。
- [0059] 情報処理装置201は、PCなどのコンピュータにより構成される。情報処理装置201を構成するコンピュータは例えば胴体部51に収納される。情報処理装置201のCPUにより所定のプログラムが実行されることによって、図9に示す各機能部が実現される。
- [0060] 図9に示すように、情報処理装置201においては、認識・計画部211、演算部212、および制御部213が実現される。
- [0061] 認識・計画部211は、認識部221、指令部222、配置位置決定部223、および動作計画部224により構成される。認識部221に対しては、センサ部202による検出結果を表すセンサデータが入力される。センサ部202は、視覚センサ52Aを含む、ロボット41の各部に設けられたセンサにより構成される。センサ部202には、RGBカメラ、距離センサ、ToFセンサ、温度センサ、ジャイロセンサ、加速度センサなどの各種のセンサが含まれる。
- [0062] 認識部221は、センサ部202から供給されたセンサデータに基づいて、ロボット41の状況とともに、ロボット41の周囲の環境を認識する。認識部221が認識する環境には、把持対象の物体の位置と姿勢が含まれる。認識部221による認識結果は配置位置決定部223に供給される。
- [0063] 指令部222は、ロボット41において実行するタスクを決定し、決定し

たタスクの情報を配置位置決定部 2 2 3 に出力する。例えば、把持物体を配置するタスクが決定される。

[0064] 配置位置決定部 2 2 3 は、認識部 2 2 1 による認識結果と指令部 2 2 2 により決定されたタスクに基づいて、把持物体の配置位置を決定する。配置位置決定部 2 2 3 は、把持物体の配置位置の情報を動作計画部 2 2 4 に出力する。

[0065] 動作計画部 2 2 4 は、配置位置決定部 2 2 3 により決定された配置位置と、現在のアーム部 2 の位置等に応じて、アーム部 2 の動作を計画する。動作計画部 2 2 4 は、アーム部 2 の動作に関する情報をアーム制御部 2 4 1 に出力する。

[0066] 演算部 2 1 2 は、初期滑り検出部 2 3 1、初期滑り方向算出部 2 3 2、初期滑り量算出部 2 3 3、手先位置・姿勢算出部 2 3 4、および把持力算出部 2 3 5 により構成される。初期滑り検出部 2 3 1、初期滑り方向算出部 2 3 2、初期滑り量算出部 2 3 3 は、それぞれのフィンガ部 1 2 に対応して、フィンガ部 1 2 毎に設けられる。

[0067] 初期滑り検出部 2 3 1 は、滑り覚センサとして機能する触覚センサ 2 4 による圧力分布の検出結果に基づいて初期滑りを検出する。例えば、初期滑り検出部 2 3 1 は、圧力中心位置(Center of Pressure)の移動を初期滑りとして検出する。圧力中心位置の X 方向の位置である圧力中心位置  $X_{cop}$  は、式 (9) により表される。

[数9]

$$X_{cop} = \frac{\sum_0^{N-1} \{p(x_i) \cdot x_i\}}{\sum_0^{N-1} p(x_i)} \quad \dots (9)$$

[0068] 式 (9) において、 $x_i$  は、指先部 3 1 の内側の面における X 方向の位置 (X 座標) を表し、 $p(x_i)$  は、位置  $x_i$  における圧力を表す。N は分布の数を表す。Y 方向についても圧力中心位置が同様にして表される。

[0069] 初期滑り検出部 2 3 1 による初期滑りの検出は、所定のサンプリング周期

で繰り返し行われる。初期滑り検出部 231 により検出された各タイミングにおける圧力中心位置の情報は、初期滑り方向算出部 232 と初期滑り量算出部 233 に供給される。

[0070] 初期滑り方向算出部 232 は、初期滑り検出部 231 による検出結果に基づいて、圧力中心位置の変化の方向を初期滑りの方向として算出する。初期滑り方向算出部 232 により算出された初期滑りの方向を表す情報は手先位置・姿勢算出部 234 に供給される。

[0071] 初期滑り量算出部 233 は、初期滑り検出部 231 による検出結果に基づいて初期滑り量を算出する。例えば、初期滑り量算出部 233 は、圧力中心位置の変化量（差分）を指先せん断変位量  $\Delta u_r$  として算出するとともに、圧力中心位置の回転方向（角度方向）の変化量を指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  として算出する。

[0072] 指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  の算出は、例えば、複数の接触部 23 を用いて検出された、複数の圧力中心位置の相対的な変化量に基づいて行われる。指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  の算出の詳細については後述する。

[0073] 初期滑り量算出部 233 により算出された、指先せん断変位量  $\Delta u_r$  と指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  からなる初期滑り量を表す情報は、手先位置・姿勢算出部 234 と把持力算出部 235 に供給される。

[0074] 手先位置・姿勢算出部 234 は、初期滑り量算出部 233 により算出された指先せん断変位量  $\Delta u_r$  を式 (7) に適用し、外力  $N$  の大きさを算出する（推定する）。手先位置・姿勢算出部 234 は、初期滑り方向算出部 232 により算出された初期滑りの方向に基づいて、外力  $N$  の方向を推定する。

[0075] また、手先位置・姿勢算出部 234 は、初期滑り量算出部 233 により算出された指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  を式 (8) に適用し、外モーメント  $N l_2$  の大きさを算出する。手先位置・姿勢算出部 234 は、初期滑り方向算出部 232 により算出された初期滑りの方向に基づいて、外モーメント  $N l_2$  の方向を推定する。

[0076] 手先位置・姿勢算出部 234 は、外力  $N$  の大きさと方向、外モーメント  $N$

$l_2$ の大きさと方向をそれぞれ推定する推定部として機能する。

[0077] 手先位置・姿勢算出部234は、推定した外力 $N$ と外モーメント $N l_2$ に基づいて、指先部31の位置と姿勢を算出する。例えば、手先位置・姿勢算出部234は、外力 $N$ とロボット41が発生する力との釣り合いが保たれるとともに、外モーメント $N l_2$ とロボット41が発生するモーメントとの釣り合いが保たれる、指先部31の位置と姿勢を算出する。手先位置・姿勢算出部234により算出された指先部31の位置と姿勢の情報は、アーム制御部241に供給される。

[0078] ここでは、ロボット41の手先に相当する指先部31の位置と姿勢を制御するものとされているが、フィンガ部12の位置と姿勢、または、ハンド部1の位置と姿勢が指先部31の位置と姿勢に代えて制御されるようにしてもよいし、それらの位置と姿勢が指先部31の位置と姿勢とともに制御されるようにしてもよい。

[0079] 把持力算出部235は、手先位置・姿勢算出部234と同様に、初期滑り量算出部233により算出された指先せん断変位量 $\Delta u_r$ と指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ に基づいて、外力 $N$ の大きさと外モーメント $N l_2$ の大きさを算出する。

[0080] 把持力算出部235は、推定した外力 $N$ と外モーメント $N l_2$ に基づいて、ハンド部1の把持力 $f_{nR}$ を算出する。例えば、把持力算出部235は、外力 $N$ とロボット41が発生する力との釣り合いが保たれるとともに、外モーメント $N l_2$ とロボット41が発生するモーメントとの釣り合いが保たれる、ハンド部1の把持力 $f_{nR}$ を算出する。

[0081] 外力 $N$ とロボット41が発生する力との釣り合いが保たれる把持力 $f_{nR}$ は、例えば、推定された外力 $N$ を打ち消すように、すなわち、観測された指先せん断変位量 $\Delta u_r$ が0となるように算出される。また、外モーメント $N l_2$ とロボット41が発生する力との釣り合いが保たれる把持力 $f_{nR}$ は、例えば、推定された外モーメント $N l_2$ を打ち消すように、すなわち、観測された指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ が0となるように算出される。把持力算出部235により推

定された把持力  $f_{nR}$  の情報は、ハンド制御部 242 に供給される。

[0082] 制御部 213 は、アーム制御部 241 とハンド制御部 242 により構成される。

[0083] アーム制御部 241 は、動作計画部 224 による計画に従ってアーム部 2 を制御する。アーム制御部 241 による制御によって、把持物体の配置位置の近傍にアーム部 2 が移動する。また、アーム制御部 241 は、アーム制御アルゴリズムに従って、アーム部 2 を制御する。

[0084] 例えば、アーム制御部 241 は、指先部 31 の位置、姿勢が、手先位置・姿勢算出部 234 により算出された位置、姿勢になるようにアーム部 2 を制御する。アーム制御アルゴリズムによる指先部 31 の位置と姿勢の調整は、外力・外モーメントにより発生した初期滑りを打ち消すように、すなわち、初期滑り量が 0 となるようにして行われることになる。位置と姿勢のうちの少なくともいずれかが調整されるようにしてもよい。

[0085] ハンド制御部 242 は、把持力制御アルゴリズムに従って、ハンド部 1 の把持力  $f_{nR}$  を制御する。ハンド制御部 242 は、ハンド部 1 を制御し、把持力算出部 235 により算出された把持力  $f_{nR}$  で把持物体を把持させる。

[0086] <情報処理装置の動作>

図 10 のフローチャートを参照して、把持力制御およびアーム制御処理について説明する。

[0087] ステップ S1 において、初期滑り検出部 231 は、触覚センサ 24 の出力に基づいて、圧力中心位置の移動を初期滑りとして検出する。

[0088] ステップ S2 において、初期滑り方向算出部 232 は、圧力中心位置の移動の方向に基づいて、初期滑りの方向を算出する。

[0089] ステップ S3 において、初期滑り量算出部 233 は初期滑り量を算出する。例えば、圧力中心位置の変化量が指先せん断変位量  $\Delta u_r$  として算出されるとともに、圧力中心位置の回転方向の変化量が指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  として算出される。

[0090] ステップ S4 において、把持力制御処理が行われる。把持力制御処理によ

り、把持力制御アルゴリズムに従ってハンド部1の把持力 $f_{nR}$ が制御される。把持力制御処理の詳細については、図11のフローチャートを参照して後述する。

- [0091] ステップS5において、アーム制御処理が行われる。アーム制御処理により、アーム制御アルゴリズムに従ってアーム部2の動作が制御され、指先部31の位置と姿勢が調整され。アーム制御処理の詳細については、図12のフローチャートを参照して後述する。
- [0092] 次に、図11のフローチャートを参照して、図10のステップS4において行われる把持力制御処理について説明する。
- [0093] ステップS11において、把持力算出部235は、初期滑り量算出部233により算出された指先せん断変位量 $\Delta u_r$ を式(7)に適用し、外力Nの大きさを算出する。
- [0094] ステップS12において、把持力算出部235は、初期滑り量算出部233により算出された指先回転変位量 $\Delta u_{\theta}$ を式(8)に適用し、外モーメント $N|_2$ の大きさを算出する。
- [0095] ステップS13において、把持力算出部235は、外力Nとロボット41が発生する力との釣り合いが保たれるとともに、外モーメント $N|_2$ とロボット41が発生するモーメントとの釣り合いが保たれる、ハンド部1の把持力 $f_{nR}$ を算出する。
- [0096] ステップS14において、ハンド制御部242は、ハンド部1を制御し、把持力算出部235により算出された把持力 $f_{nR}$ で把持物体を把持させる。その後、図10のステップS4に戻り、それ以降の処理が行われる。
- [0097] 次に、図12のフローチャートを参照して、図10のステップS5において行われるアーム制御処理について説明する。
- [0098] ステップS21において、手先位置・姿勢算出部234は、初期滑り量算出部233により算出された指先せん断変位量 $\Delta u_r$ を式(7)に適用し、外力Nの大きさを算出する。また、手先位置・姿勢算出部234は、初期滑り方向算出部232により算出された初期滑りの方向に基づいて、外力Nの方

向を算出する。

- [0099] ステップS 2 2において、手先位置・姿勢算出部 2 3 4 は、初期滑り量算出部 2 3 3 により算出された指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  を式 (8) に適用し、外モーメント  $N \mid_2$  の大きさを算出する。また、手先位置・姿勢算出部 2 3 4 は、初期滑り方向算出部 2 3 2 により算出された初期滑りの方向に基づいて、外モーメント  $N \mid_2$  の方向を算出する。
- [0100] ステップS 2 3において、手先位置・姿勢算出部 2 3 4 は、外力  $N$  とロボット 4 1 が発生する力との釣り合いが保たれるとともに、外モーメント  $N \mid_2$  とロボット 4 1 が発生するモーメントとの釣り合いが保たれる、指先部 3 1 の位置と姿勢を算出する。
- [0101] ステップS 2 4において、アーム制御部 2 4 1 は、アーム部 2 を制御し、指先部 3 1 の位置、姿勢が、手先位置・姿勢算出部 2 3 4 により算出された位置、姿勢になるように調整する。その後、図 1 0 のステップS 5 に戻り、それ以降の処理が行われる。
- [0102] 以上のように、指先部 3 1 に設けられた触覚センサ 2 4 を利用することにより、ロボット 4 1 は、外力の微小な変化を検出することが可能となる。また、ロボット 4 1 は、把持物体が柔らかい場合や配置先の環境が軟らかい場合などのように配置動作が難しい場合においても、物体を配置することが可能になる。
- [0103] 触覚センサ 2 4 により検出された滑りの情報を利用して、力・モーメントの釣り合いが保たれるような把持力制御とアーム制御を同時に行うことにより、ロボット 4 1 は、未知物体を安定的に配置することが可能になる。
- [0104] 力・モーメントの釣り合いが保たれるように把持力制御を行うことにより、ロボット 4 1 は、配置動作中に把持物体に過度な力が加わって物体を壊してしまったり、力が小さすぎて滑り落としてしまったりすることを防ぐことが可能となる。
- [0105] すなわち、ロボット 4 1 は、把持物体をより安定的に配置することができる。

[0106] <指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  の算出>

指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  は、上述したように、圧力中心位置の回転方向の変化量により表される。例えば、指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  の算出は以下のようにして行われる。

[0107] 図13は、接触部23の配置例を示す図である。

[0108] 図13に示すように、把持物体との接触面となる指先部31の内側の面に複数の接触部23が配置される。図13の例においては、接触部23-1乃至23-9の9個の接触部23が配置されている。接触部23-1乃至23-9の下には触覚センサ24が設けられる。接触部23-1乃至23-9のそれぞれに対応する位置における圧力分布が触覚センサ24により検出される。

[0109] このように、複数の接触部23を配置することにより、接触部23の数に対応する、複数の圧力中心位置を検出することが可能となる。指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  は、複数の圧力中心位置の相対的な移動量に基づいて算出される。

[0110] 図14は、接触部23の状態の変化を示す図である。

[0111] 図14の左側は、外力が作用する前の接触部23の状態を示し、図14の右側は、外力が作用している接触部23の状態を示す。図14には、接触部23-1乃至23-3の状態が示されている。 $x_{copi}$ ,  $y_{copi}$  は、それぞれ、接触部23-i ( $i = 1 \sim 9$ ) の圧力中心位置のX方向、Y方向の回転前の位置である。 $x'_{copi}$ ,  $y'_{copi}$  は、それぞれ、接触部23-i の圧力中心位置のX方向、Y方向の回転後の位置である。

[0112] 回転前後の圧力中心位置と指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  の関係は、アフィン変換を利用すると式(10)のように表される。式(10)の左辺の3行3列の行列により指先回転変位量  $\Delta u_{\theta}$  が表される。

[数10]

$$\begin{pmatrix} \cos(\Delta u_{\text{theta}}) & -\sin(\Delta u_{\text{theta}}) & \Delta u_x \\ \sin(\Delta u_{\text{theta}}) & \cos(\Delta u_{\text{theta}}) & \Delta u_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_{\text{CoPi}} \\ Y_{\text{CoPi}} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X'_{\text{CoPi}} \\ Y'_{\text{CoPi}} \\ 1 \end{pmatrix} \quad \dots (10)$$

[0113] 例えば、それぞれの接触部23に注目することにより、式(10)により表される関係が接触部23の数と同じ数だけ求められる。それぞれの接触部23に注目したときの指先回転変位量 $\Delta u_{\text{theta}}$ を、最小二乗法等を利用して近似することによって指先回転変位量 $\Delta u_{\text{theta}}$ が求められる。

[0114] なお、式(10)において、 $\Delta u_x$ は、圧力中心位置のX方向の位置の変化量を表す。 $\Delta u_y$ は、圧力中心位置のY方向の位置の変化量を表す。

[0115] <変形例>

・把持姿勢が変化した場合

図15は、把持姿勢の変化の例を示す図である。

[0116] 図15のA、B、Cは、それぞれ、ピッチ軸、ロール軸、ヨー軸の方向の把持姿勢の変化を示す。床面との接触によって、図15に示すように把持姿勢が変化することがある。

[0117] ロボット41においては、左指となるフィンガ部12Aと、右指となるフィンガ部12Bのそれぞれの指先部31に設けられた触覚センサ24の検出結果に基づいて、初期滑り方向と圧力合計値が算出される。圧力合計値は、触覚センサ24の各位置において検出された圧力の合計値である。

[0118] また、初期滑り方向と圧力合計値の関係性に基づいて、床面に対する把持物体の傾きの回転軸（指先部31の把持姿勢の傾きの回転軸）が算出される。

[0119] 床面に対する把持物体の傾きを打ち消すようにアーム部2を制御し、指先部31の姿勢を調整することにより、物体0の姿勢を整えて配置することが可能となる。

[0120] 図16は、把持姿勢の調整の例を示す図である。

- [0121] ピッチ軸方向に把持物体が傾いている場合、図16のAに示すように、指先部31の姿勢をピッチ軸方向に調整することによって物体Oの姿勢が整えられる。ロール軸とヨー軸のそれぞれの方向に把持物体が傾いている場合も同様に、図16のB、Cに示すように、指先部31の姿勢をロール軸方向、ヨー軸方向に調整することによって物体Oの姿勢が整えられる。
- [0122] 図17は、情報処理装置201の他の構成例を示すブロック図である。
- [0123] 図17において、図9を参照して説明した構成と同じ構成には同じ符号を付してある。重複する説明については適宜省略する。図17に示す情報処理装置201の構成は、手先姿勢回転軸算出部251が追加して設けられている点を除いて、図9を参照して説明した構成と同じである。
- [0124] 手先姿勢回転軸算出部251は、指先部31の姿勢の傾きの回転軸を算出し、傾きの回転軸を表す情報を手先位置・姿勢算出部234に出力する。
- [0125] 手先位置・姿勢算出部234は、初期滑りによる位置と姿勢の変化を打ち消すような指先部31の位置と姿勢の算出を、手先姿勢回転軸算出部251により算出された傾きの回転軸を考慮して行う。
- [0126] アーム制御部241は、指先部31の位置と姿勢が、手先位置・姿勢算出部234により算出された位置と姿勢になるようにアーム部2を制御する。アーム部2の制御は、手先姿勢回転軸算出部251により算出された回転軸の方向に、指先部31の位置と姿勢を調整するようにして行われる。
- [0127] 図18は、手先姿勢回転軸算出部251の構成例を示すブロック図である。
- [0128] 図18に示すように、手先姿勢回転軸算出部251は、左指処理部261A、右指処理部261B、および算出部262により構成される。
- [0129] 左指処理部261Aは、初期滑り検出部271A、初期滑り方向算出部272A、および圧力合計値算出部273Aにより構成される。左指となるフィンガ部12Aに設けられた触覚センサ24Aにより検出された圧力分布を表すセンサデータは、初期滑り検出部271Aと圧力合計値算出部273Aに供給される。

- [0130] 初期滑り検出部 271A は、圧力中心位置の移動量を触覚センサ 24A による圧力分布の検出結果に基づいて算出することによって、初期滑りを検出する。初期滑り検出部 271A による検出結果は初期滑り方向算出部 272A に供給される。
- [0131] 初期滑り方向算出部 272A は、初期滑り検出部 271A による検出結果に基づいて、圧力中心位置の変化の方向を初期滑りの方向として算出し、初期滑りの方向を表す情報を算出部 262 に出力する。
- [0132] 圧力合計値算出部 273A は、触覚センサ 24A による圧力分布の検出結果に基づいて、触覚センサ 24A の各位置における圧力の合計を算出し、圧力の合計値を表す情報を算出部 262 に出力する。
- [0133] 一方、右指処理部 261B は、初期滑り検出部 271B、初期滑り方向算出部 272B、および圧力合計値算出部 273B により構成される。右指処理部 261B においては、左指処理部 261A において行われる処理と同様の処理が、右指となるフィンガ部 12B に設けられた触覚センサ 24B により検出された圧力分布を表すセンサデータに基づいて行われる。
- [0134] すなわち、初期滑り検出部 271B は、圧力中心位置の移動量を触覚センサ 24B による圧力分布の検出結果に基づいて算出することによって、初期滑りを検出する。初期滑り検出部 271B による検出結果は初期滑り方向算出部 272B に供給される。
- [0135] 初期滑り方向算出部 272B は、初期滑り検出部 271B による検出結果に基づいて、圧力中心位置の変化の方向を初期滑りの方向として算出し、初期滑りの方向を表す情報を算出部 262 に出力する。
- [0136] 圧力合計値算出部 273B は、触覚センサ 24B による圧力分布の検出結果に基づいて、触覚センサ 24B の各位置における圧力の合計を算出し、圧力の合計値を表す情報を算出部 262 に出力する。
- [0137] 初期滑り検出部 271A と初期滑り検出部 271B が、図 17 の初期滑り検出部 231 により実現されるようにすることが可能である。また、初期滑り方向算出部 272A と初期滑り方向算出部 272B が、図 17 の初期滑り

方向算出部 2 3 2 により実現されるようにすることが可能である。

[0138] 算出部 2 6 2 は、圧力合計値算出部 2 7 3 A により算出された圧力の合計値と圧力合計値算出部 2 7 3 B により算出された圧力の合計値との差に基づいて、指先部 3 1 の姿勢の傾きの回転軸を算出する。

[0139] 回転軸の算出においては、初期滑り方向算出部 2 7 2 A と初期滑り方向算出部 2 7 2 B のそれぞれにより算出された初期滑りの方向も考慮される。初期滑りの方向を考慮することにより、床面との接触によって、把持物体が指先部 3 1 に対して発生させる回転力の方向、すなわち、回転軸が算出される。算出部 2 6 2 により算出された、指先部 3 1 の姿勢の傾きの回転軸を表す情報は、手先位置・姿勢算出部 2 3 4 に出力される。

[0140] このように、指先部 3 1 の姿勢の傾きの回転軸を算出し、姿勢の傾きを打ち消すとともに、上述したように力・モーメントの釣り合いが保たれるようにアーム制御が行われる。ロボット 4 1 は、重心ずれによる回転などによって把持状態が変化してしまった場合でも、物体の姿勢を整えて配置することが可能になる。

[0141] なお、指先部 3 1 の姿勢の傾きの回転軸に基づくアーム制御は、把持物体を配置するタスクだけでなく、ホワイトボードに書かれた文字を、クリーナーを使って消すタスクなどの他のタスクにも適用可能である。

[0142] ・多指の場合

ハンド部 1 に設けられるフィンガ部の数が 3 以上といったように多い場合、指先部 3 1 の姿勢の傾きの回転軸の算出に、各フィンガ部の姿勢情報が用いられるようにしてもよい。

[0143] 図 1 9 は、手先姿勢回転軸算出部 2 5 1 の他の構成例を示すブロック図である。

[0144] 図 1 9 に示す手先姿勢回転軸算出部 2 5 1 の構成は、指処理部 2 6 1 がフィンガ部 1 2 の数と同じ数だけ設けられている点と、姿勢情報取得部 2 8 1 が追加して設けられている点を除いて、図 1 8 を参照して説明した構成と同じである。

- [0145] 姿勢情報取得部 281 は、各指の可動部となる関節部などに設けられたエンコーダの出力に基づいて各指の姿勢を算出し、各指の姿勢を表す情報を算出部 262 に出力する。各指の関節部などに設けられたエンコーダからは、関節部の可動量などを表す情報が出力される。
- [0146] 算出部 262 は、各指の触覚センサ 24 による検出結果に基づいて算出された初期滑り方向と圧力合計値の関係性に加えて、各指の姿勢情報を考慮することによって、床面に対する把持物体の傾きの回転軸を算出する。算出部 262 により算出された、指先部 31 の姿勢の傾きの回転軸を表す情報は手先位置・姿勢算出部 234 に出力される。
- [0147] 各指の姿勢情報を考慮して把持物体の傾きの回転軸を算出することにより、初期滑り方向と圧力合計値の関係性だけに基づいて把持物体の傾きの回転軸を算出する場合と比べて、回転軸の算出の精度を向上させることが可能となる。
- [0148] <その他の例>
- ・センサの例
- 圧力分布センサにより検出された圧力分布に基づいて初期滑りの検出が行われるものとしたが、圧力分布センサとともに、RGBカメラやToFセンサなどの光学系のセンサを用いて初期滑りの検出が行われるようにしてもよい。光学系のセンサを併用する場合、例えば、弾性体である接触部 23 の各位置のずれが光学系のセンサにより計測される。
- [0149] 圧力分布センサとともに、力覚センサを用いて初期滑りの検出が行われるようにしてもよい。力覚センサを併用する場合、例えば、接触部 23 に加えられた力の大きさが、初期滑りの発生時の力の大きさとしてあらかじめ設定された大きさとなったときに、初期滑りが発生したものとして検出される。
- [0150] アーム制御アルゴリズムによるアーム部 2 の制御時、アーム部 2 の動作を表す動作計画情報が用いられるようにしてもよい。
- [0151] ・システム構成について
- 図 20 は、制御システムの構成例を示す図である。

- [0152] 図20に示す制御システムは、情報処理装置201がロボット41の外部の装置として設けられることによって構成される。このように、情報処理装置201が、ロボット41の筐体の外部に設けられるようにしてもよい。
- [0153] 図20のロボット41と情報処理装置201の間では、無線LANを利用した無線通信や、移動通信システムを利用した無線通信などが行われる。
- [0154] ロボット41から情報処理装置201に対しては、ロボット41の状態を表す情報やセンサの検出結果を表す情報などの各種の情報が送信される。情報処理装置201からロボット41に対しては、ロボット41の動作を制御するための情報などが送信される。
- [0155] ロボット41と情報処理装置201が、図20のAに示すように直接接続されるようにしてもよいし、図20のBに示すように、インターネットなどのネットワークを介して接続されるようにしてもよい。複数台のロボット41の動作が1台の情報処理装置201により制御されるようにしてもよい。
- [0156] ・コンピュータについて
- 上述した一連の処理は、ハードウェアにより実行することもできるし、ソフトウェアにより実行することもできる。一連の処理をソフトウェアにより実行する場合には、そのソフトウェアを構成するプログラムが、専用のハードウェアに組み込まれているコンピュータ、または汎用のパーソナルコンピュータなどに、プログラム記録媒体からインストールされる。
- [0157] 図21は、上述した一連の処理をプログラムにより実行するコンピュータのハードウェアの構成例を示すブロック図である。
- [0158] CPU(Central Processing Unit)1001、ROM(Read Only Memory)1002、RAM(Random Access Memory)1003は、バス1004により相互に接続されている。
- [0159] バス1004には、さらに、入出力インタフェース1005が接続されている。入出力インタフェース1005には、キーボード、マウスなどよりなる入力部1006、ディスプレイ、スピーカなどよりなる出力部1007が接続される。また、入出力インタフェース1005には、ハードディスクや

不揮発性のメモリなどよりなる記憶部1008、ネットワークインタフェースなどよりなる通信部1009、リムーバブルメディア1011を駆動するドライブ1010が接続される。

[0160] 以上のように構成されるコンピュータでは、CPU1001が、例えば、記憶部1008に記憶されているプログラムを入出力インタフェース1005及びバス1004を介してRAM1003にロードして実行することにより、上述した一連の処理が行われる。

[0161] CPU1001が実行するプログラムは、例えばリムーバブルメディア1011に記録して、あるいは、ローカルエリアネットワーク、インターネット、デジタル放送といった、有線または無線の伝送媒体を介して提供され、記憶部1008にインストールされる。

[0162] なお、コンピュータが実行するプログラムは、本明細書で説明する順序に沿って時系列に処理が行われるプログラムであっても良いし、並列に、あるいは呼び出しが行われたとき等の必要なタイミングで処理が行われるプログラムであっても良い。

[0163] 本明細書において、システムとは、複数の構成要素（装置、モジュール（部品）等）の集合を意味し、すべての構成要素が同一筐体中にあるか否かは問わない。したがって、別個の筐体に収納され、ネットワークを介して接続されている複数の装置、及び、1つの筐体の中に複数のモジュールが収納されている1つの装置は、いずれも、システムである。

[0164] なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

[0165] 本技術の実施の形態は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

[0166] 例えば、本技術は、1つの機能をネットワークを介して複数の装置で分担、共同して処理するクラウドコンピューティングの構成をとることができる。

[0167] また、上述のフローチャートで説明した各ステップは、1つの装置で実行

する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0168] さらに、1つのステップに複数の処理が含まれる場合には、その1つのステップに含まれる複数の処理は、1つの装置で実行する他、複数の装置で分担して実行することができる。

[0169] ・構成の組み合わせ例

本技術は、以下のような構成をとることもできる。

[0170] (1)

把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出する滑り検出部と、

前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定する推定部と、

推定された外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整するアーム制御部と

を備える情報処理装置。

(2)

前記アーム制御部は、推定された外力と前記アーム部の動作によって前記物体に発生する力との釣り合いが保たれるとともに、推定された外モーメントと前記アーム部の動作によって前記物体に発生するモーメントとの釣り合いが保たれるように、前記アーム部を制御する

前記(1)に記載の情報処理装置。

(3)

推定された外力と外モーメントに基づいて、前記把持部の把持力を制御する把持力制御部をさらに備える

前記(1)または(2)に記載の情報処理装置。

(4)

前記把持力制御部は、推定された外力と前記把持部の把持によって前記物体に発生する力との釣り合いが保たれるとともに、推定された外モーメント

と前記把持部の把持によって前記物体に発生するモーメントとの釣り合いが保たれるように、前記把持力を制御する

前記（３）に記載の情報処理装置。

（５）

前記指部は、

前記物体の把持時に前記物体に接触する弾性体と、

前記弾性体に加えられた圧力の分布を検出する圧力分布センサと

を有し、

前記滑り検出部は、前記物体と前記弾性体の間に固着部分と滑り部分とが混在する初期滑りを前記圧力分布センサの検出結果に基づいて検出する

前記（１）乃至（４）のいずれかに記載の情報処理装置。

（６）

前記推定部は、前記初期滑りの方向と量に基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントのそれぞれの方向と量を推定する

前記（５）に記載の情報処理装置。

（７）

前記滑り検出部は、圧力中心位置の移動に基づいて前記初期滑りを検出する

前記（６）に記載の情報処理装置。

（８）

前記圧力中心位置の移動方向に基づいて前記初期滑りの方向を算出する初期滑り方向算出部と、

前記圧力中心位置の移動量に基づいて前記初期滑りの量を算出する初期滑り量算出部と

をさらに備える前記（７）に記載の情報処理装置。

（９）

前記滑り検出部は、前記物体を配置するときに配置面から受ける抗力によって前記物体に生じた滑りを検出する

前記（１）乃至（８）のいずれかに記載の情報処理装置。

（１０）

前記滑り検出部は、光学系のセンサにより検出された前記弾性体の各位置のずれに基づいて、または、力覚センサにより検出された、前記弾性体に加えられた力の大きさに基づいて、前記初期滑りを検出する

前記（５）乃至（９）のいずれかに記載の情報処理装置。

（１１）

前記把持部には複数の前記指部が設けられ、

前記滑り検出部は、それぞれの前記指部における前記初期滑りを前記圧力分布センサの検出結果に基づいて検出する

前記（５）乃至（１０）のいずれかに記載の情報処理装置。

（１２）

前記初期滑りの方向とそれぞれの前記指部の前記圧力分布センサにより検出された力とに基づいて、前記物体を把持する前記指部の傾きを算出する算出部をさらに備え、

前記アーム制御部は、算出された前記傾きに基づいて前記アーム部の動作を制御する

前記（１１）に記載の情報処理装置。

（１３）

前記算出部は、それぞれの前記指部の可動部の可動量を表す姿勢情報に基づいて、前記指部の傾きを算出する

前記（１２）に記載の情報処理装置。

（１４）

情報処理装置が、

把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出し、

前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定し、

推定した外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記ア

ーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整する

情報処理方法。

(15)

コンピュータに、

把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出し、

前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定し、

推定した外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整する

処理を実行させるためのプログラム。

## 符号の説明

[0171] 1 ハンド部, 2 L, 2 R アーム部, 11 ベース部, 12 A, 12 B フィンガ部, 23 A, 23 B 接触部, 24 A, 24 B 触覚センサ, 31 A, 31 B 指先部, 41 ロボット, 201 情報処理装置, 202 センサ部, 211 認識・計画部, 212 演算部, 213 制御部, 221 認識部, 222 指令部, 223 配置位置決定部, 224 動作計画部, 231 初期滑り検出部, 232 初期滑り方向算出部, 233 初期滑り量算出部, 234 手先位置・姿勢算出部, 235 把持力算出部, 241 アーム制御部, 242 ハンド制御部, 251 手先姿勢回転軸算出部, 261 A 左指処理部, 261 B 右指処理部, 262 算出部, 271 A, 271 B 初期滑り検出部, 272 A, 272 B 初期滑り方向算出部, 273 A, 273 B 圧力合計値算出部, 281 姿勢情報取得部

## 請求の範囲

- [請求項1] 把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出する滑り検出部と、  
前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定する推定部と、  
推定された外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整するアーム制御部と  
を備える情報処理装置。
- [請求項2] 前記アーム制御部は、推定された外力と前記アーム部の動作によって前記物体に発生する力との釣り合いが保たれるとともに、推定された外モーメントと前記アーム部の動作によって前記物体に発生するモーメントとの釣り合いが保たれるように、前記アーム部を制御する  
請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 推定された外力と外モーメントに基づいて、前記把持部の把持力を制御する把持力制御部をさらに備える  
請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記把持力制御部は、推定された外力と前記把持部の把持によって前記物体に発生する力との釣り合いが保たれるとともに、推定された外モーメントと前記把持部の把持によって前記物体に発生するモーメントとの釣り合いが保たれるように、前記把持力を制御する  
請求項3に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記指部は、  
前記物体の把持時に前記物体に接触する弾性体と、  
前記弾性体に加えられた圧力の分布を検出する圧力分布センサと  
を有し、  
前記滑り検出部は、前記物体と前記弾性体の間に固着部分と滑り部分とが混在する初期滑りを前記圧力分布センサの検出結果に基づいて

検出する

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項6] 前記推定部は、前記初期滑りの方向と量に基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントのそれぞれの方向と量を推定する

請求項 5 に記載の情報処理装置。

[請求項7] 前記滑り検出部は、圧力中心位置の移動に基づいて前記初期滑りを検出する

請求項 6 に記載の情報処理装置。

[請求項8] 前記圧力中心位置の移動方向に基づいて前記初期滑りの方向を算出する初期滑り方向算出部と、

前記圧力中心位置の移動量に基づいて前記初期滑りの量を算出する初期滑り量算出部と

をさらに備える請求項 7 に記載の情報処理装置。

[請求項9] 前記滑り検出部は、前記物体を配置するときに配置面から受ける抗力によって前記物体に生じた滑りを検出する

請求項 1 に記載の情報処理装置。

[請求項10] 前記滑り検出部は、光学系のセンサにより検出された前記弾性体の各位置のずれに基づいて、または、力覚センサにより検出された、前記弾性体に加えられた力の大きさに基づいて、前記初期滑りを検出する

請求項 5 に記載の情報処理装置。

[請求項11] 前記把持部には複数の前記指部が設けられ、

前記滑り検出部は、それぞれの前記指部における前記初期滑りを前記圧力分布センサの検出結果に基づいて検出する

請求項 5 に記載の情報処理装置。

[請求項12] 前記初期滑りの方向とそれぞれの前記指部の前記圧力分布センサにより検出された力とに基づいて、前記物体を把持する前記指部の傾きを算出する算出部をさらに備え、

前記アーム制御部は、算出された前記傾きに基づいて前記アーム部の動作を制御する

請求項 1 1 に記載の情報処理装置。

[請求項13] 前記算出部は、それぞれの前記指部の可動部の可動量を表す姿勢情報に基づいて、前記指部の傾きを算出する

請求項 1 2 に記載の情報処理装置。

[請求項14] 情報処理装置が、

把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出し、

前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定し、

推定した外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整する

情報処理方法。

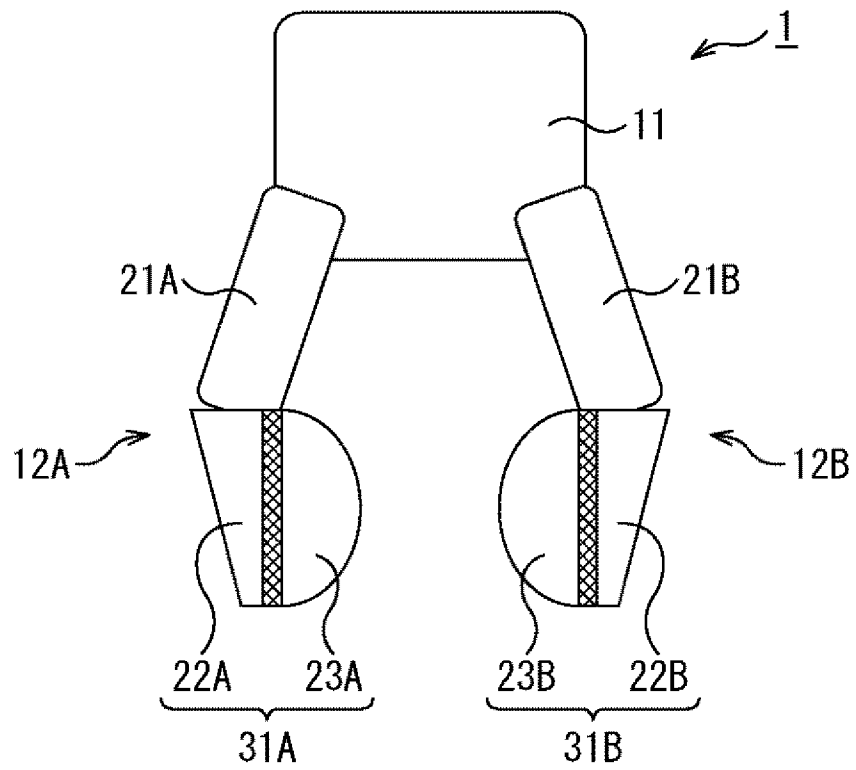
[請求項15] コンピュータに、

把持部を構成する指部により把持している物体に生じた滑りを検出し、

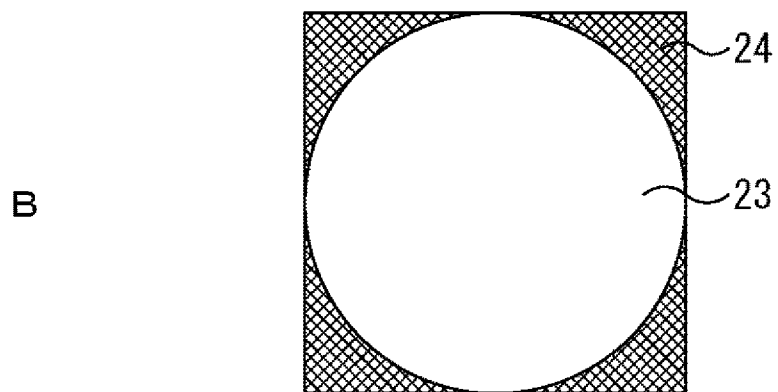
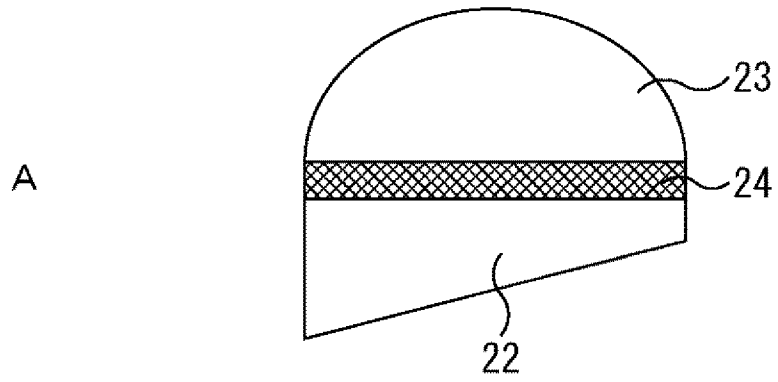
前記物体に生じた滑りに基づいて、前記物体に加えられた外力と外モーメントを推定し、

推定した外力と外モーメントに基づいてアーム部の動作を制御し、前記アーム部に設けられた前記把持部を構成する前記指部の位置と姿勢のうちの少なくともいずれかを調整する

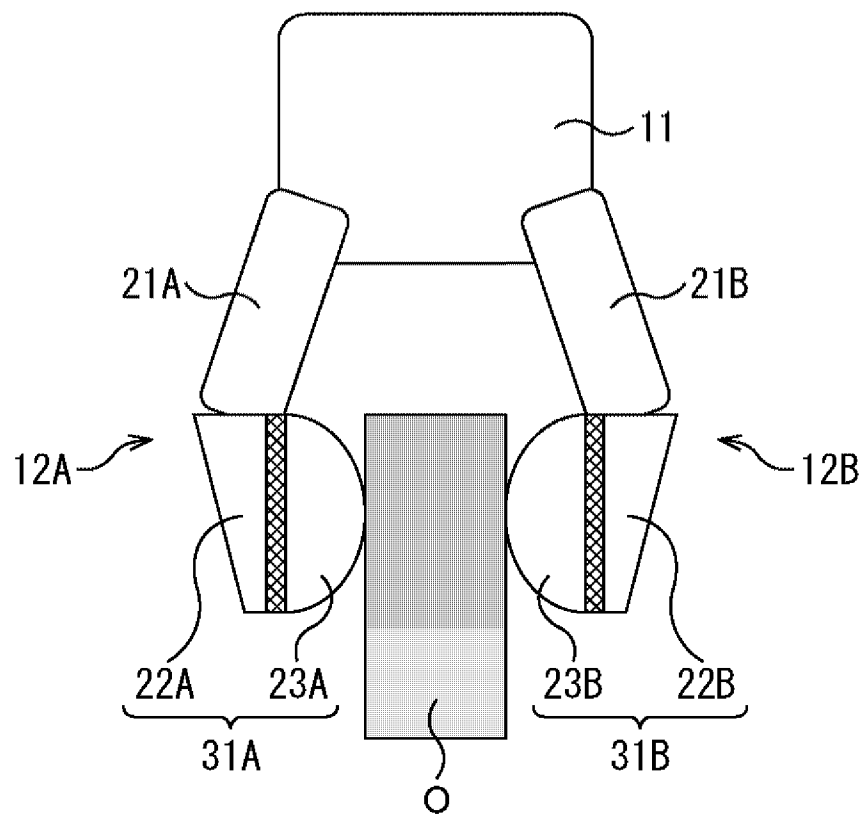
処理を実行させるためのプログラム。


[図1]  
FIG. 1

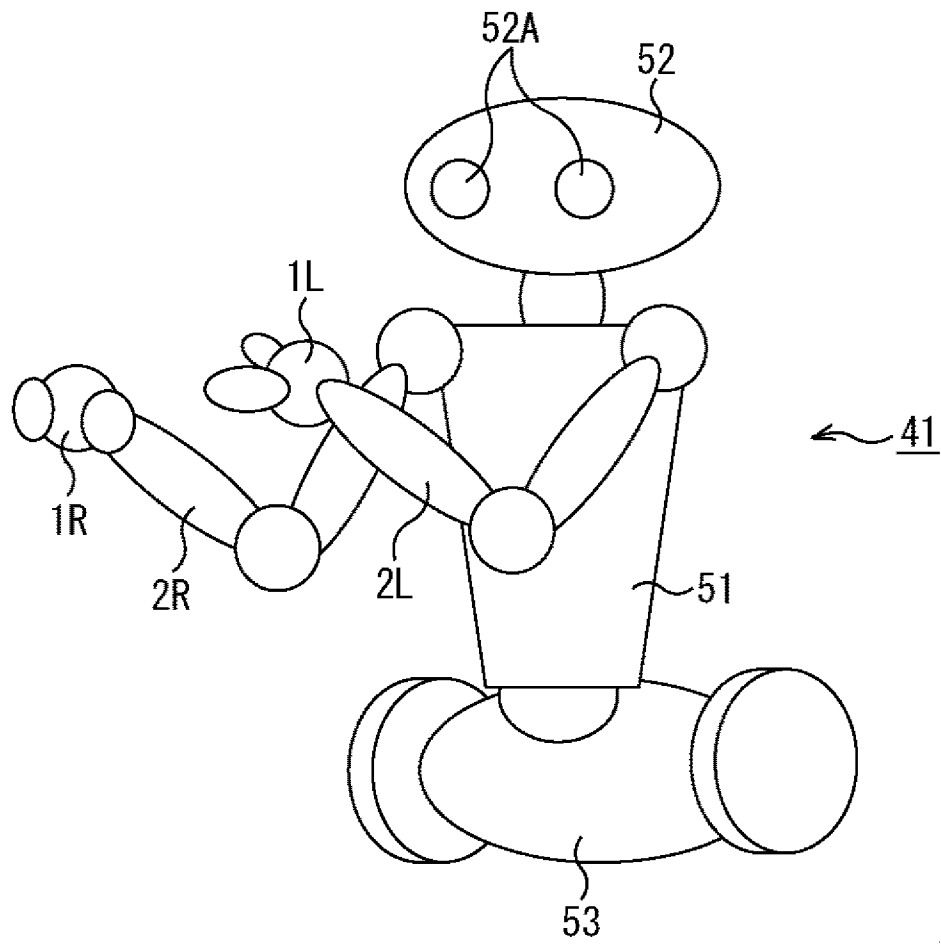
[図2]  
FIG. 2

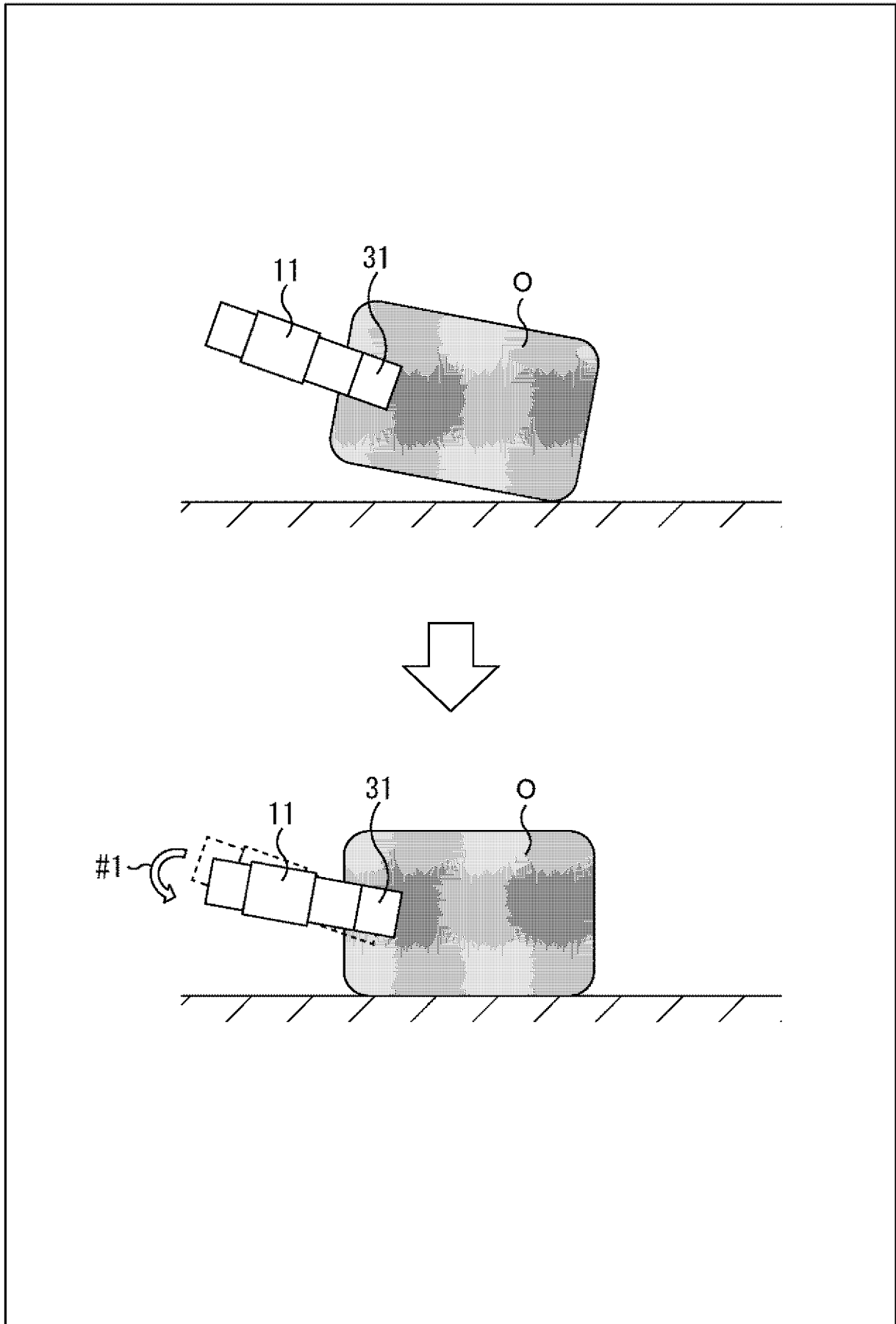


[図3]  
FIG. 3

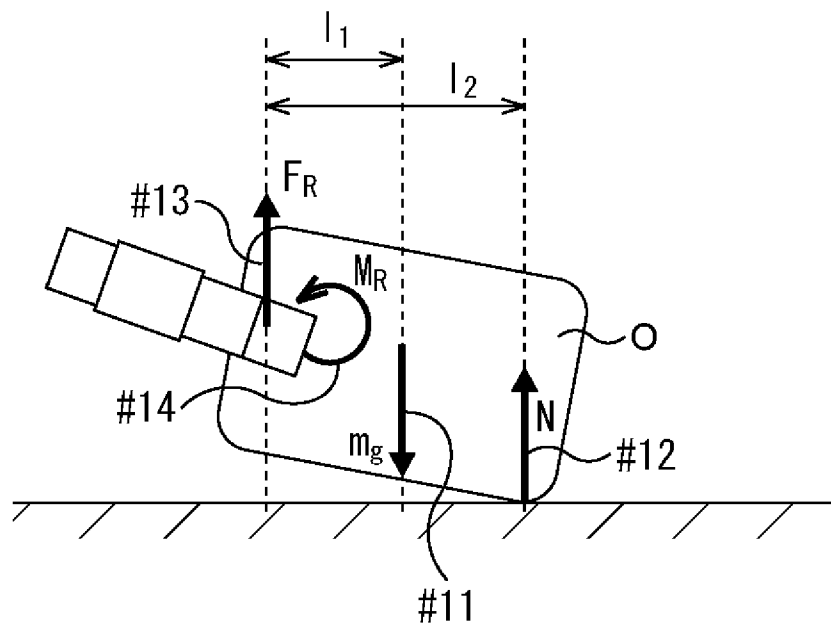


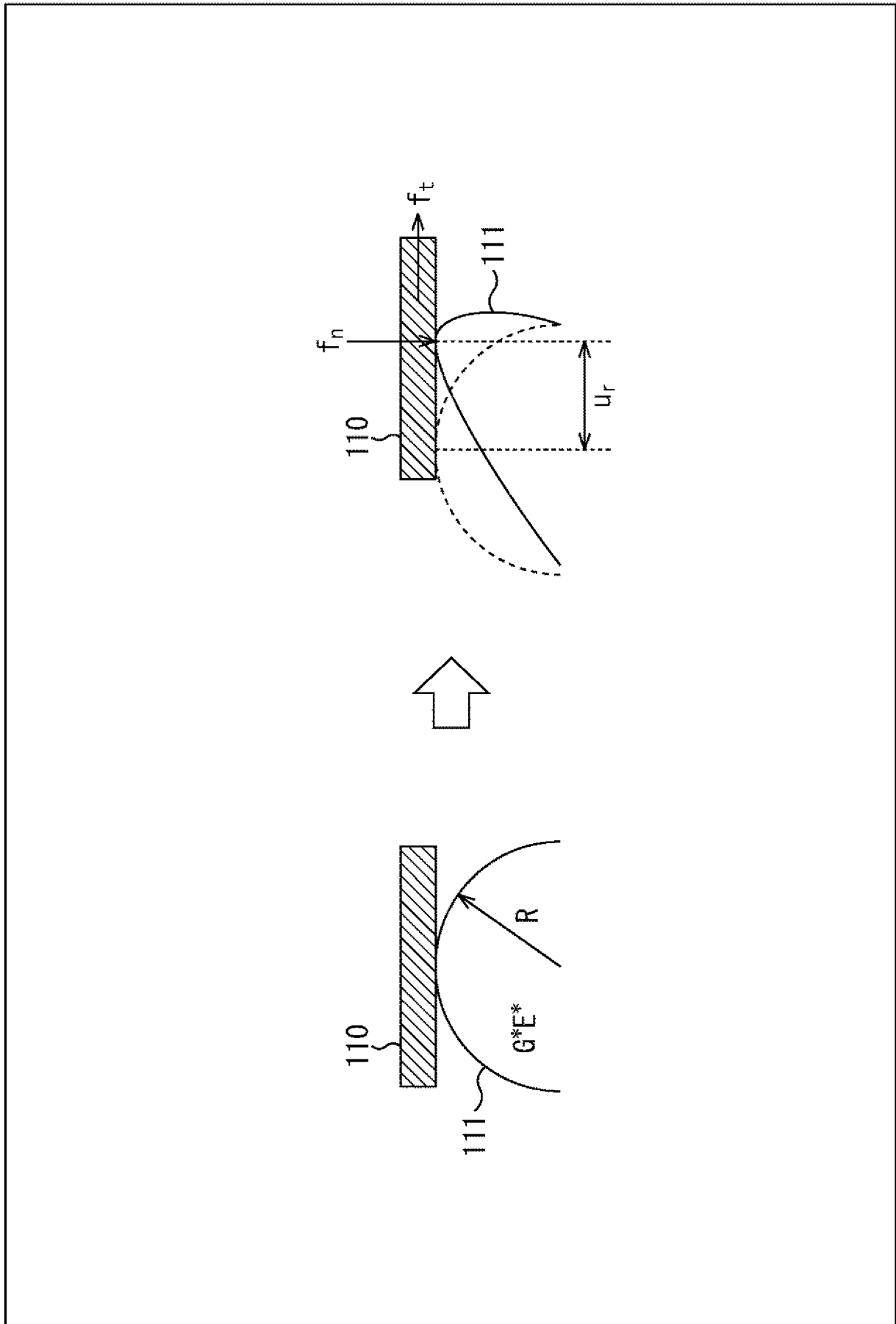
[]4]  
FIG. 4

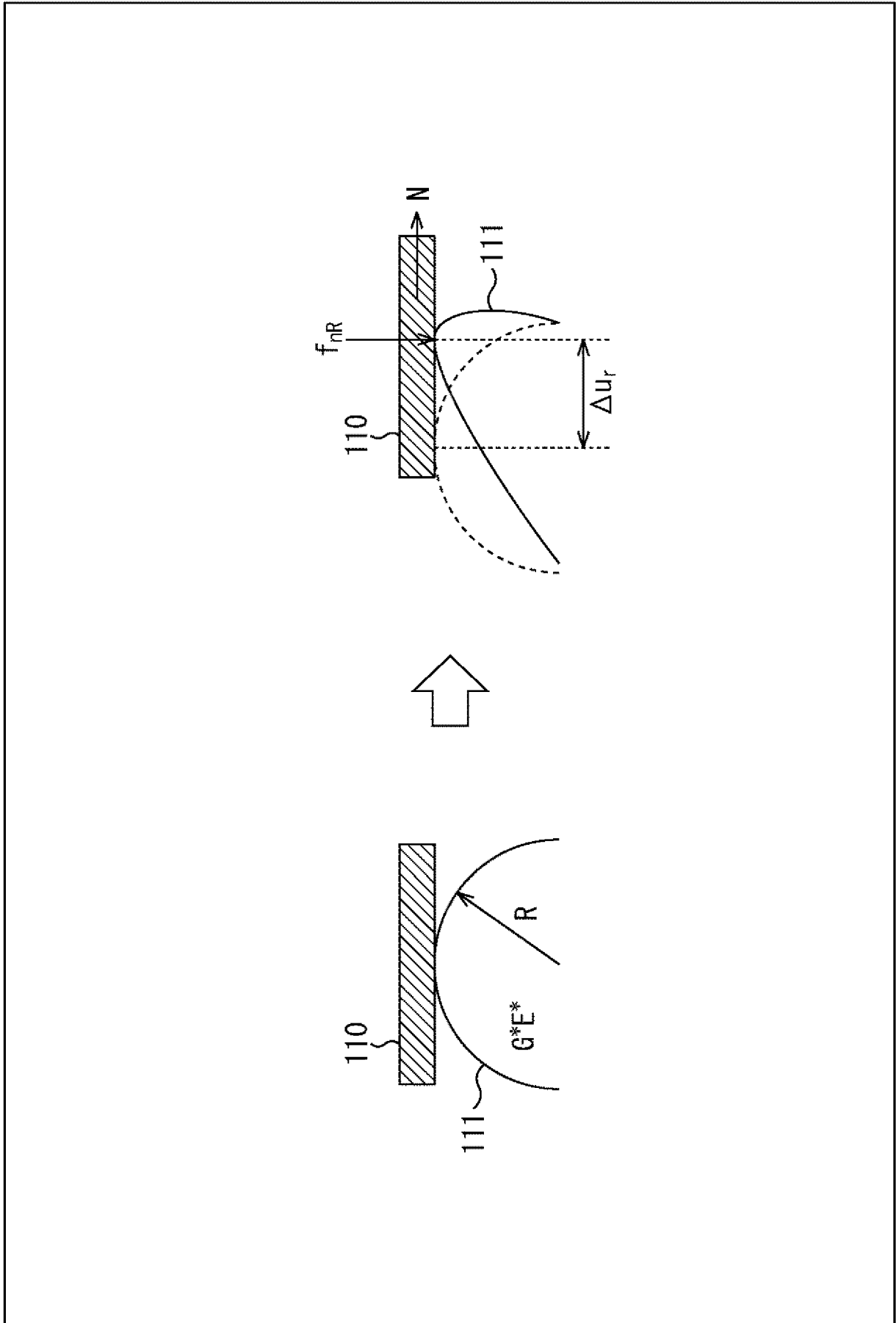


[図5]  
FIG. 5

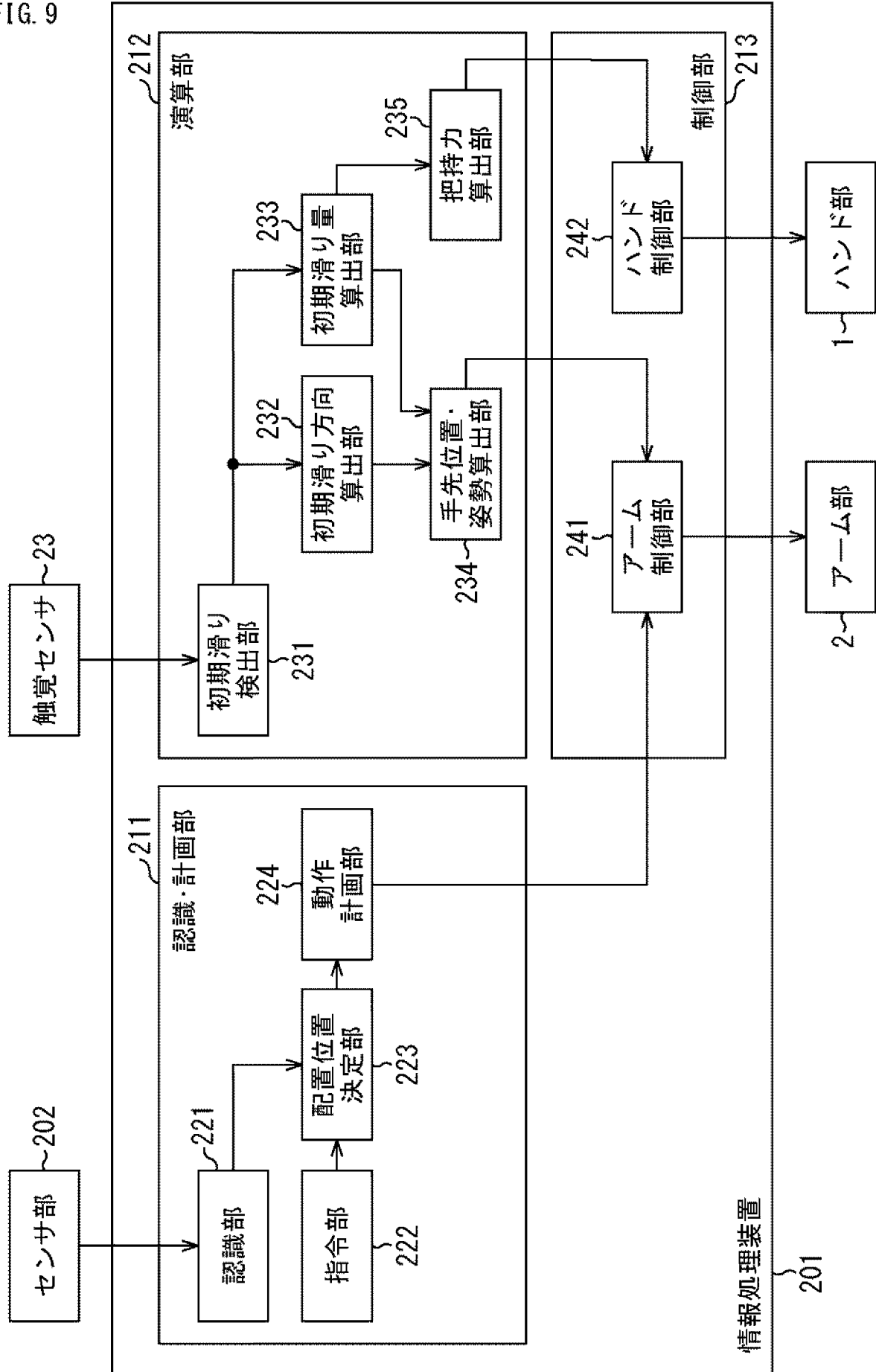
[図6]  
FIG. 6



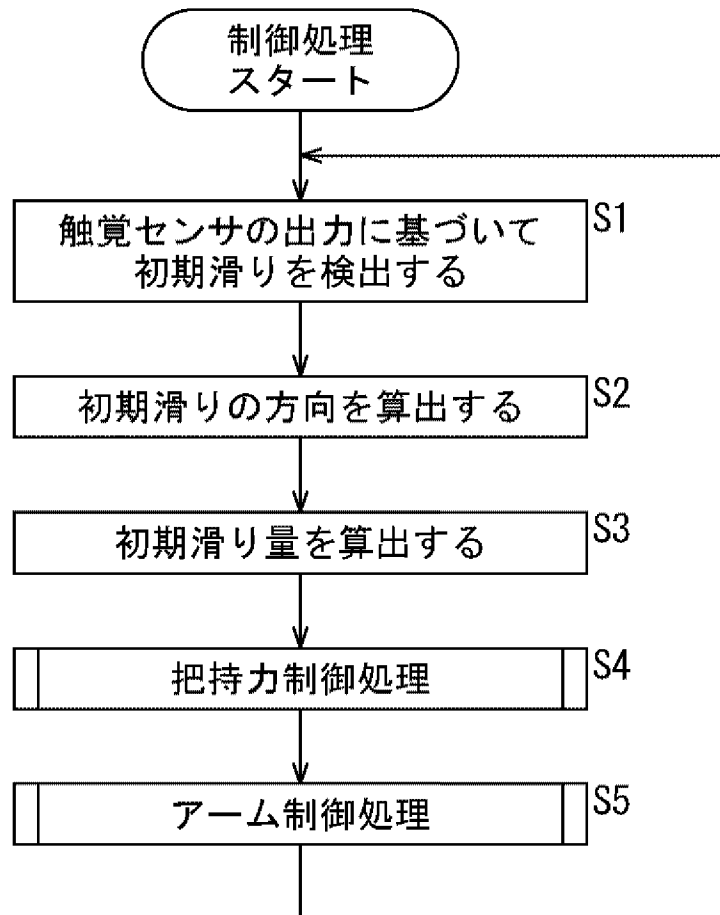
[図7]  
FIG. 7

[図8]  
FIG. 8

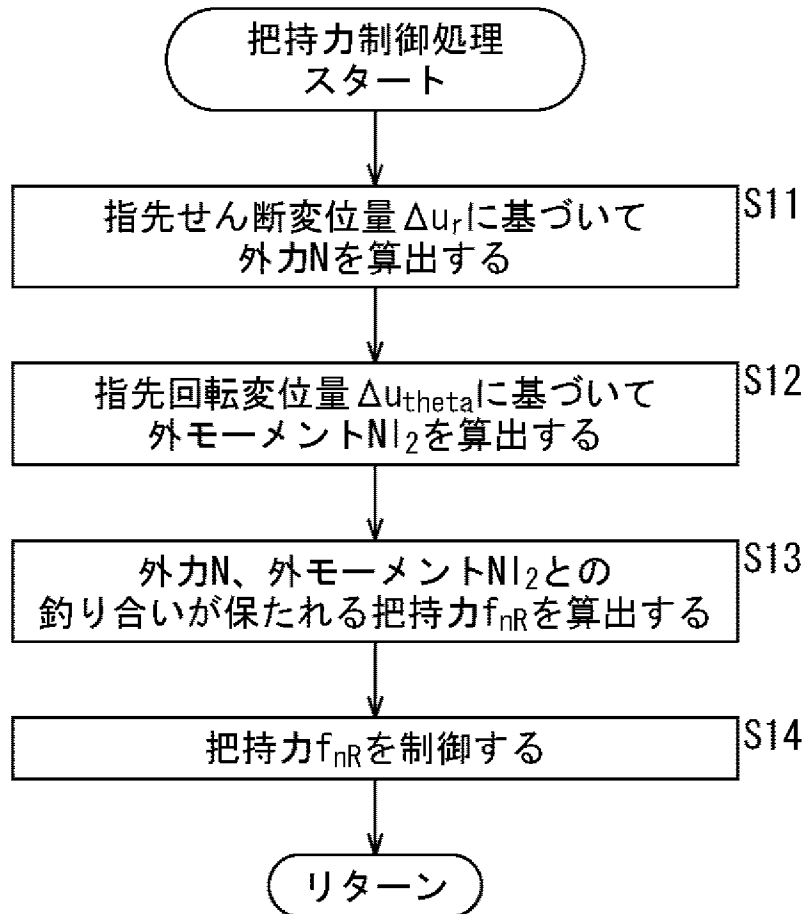
[図9]  
FIG. 9



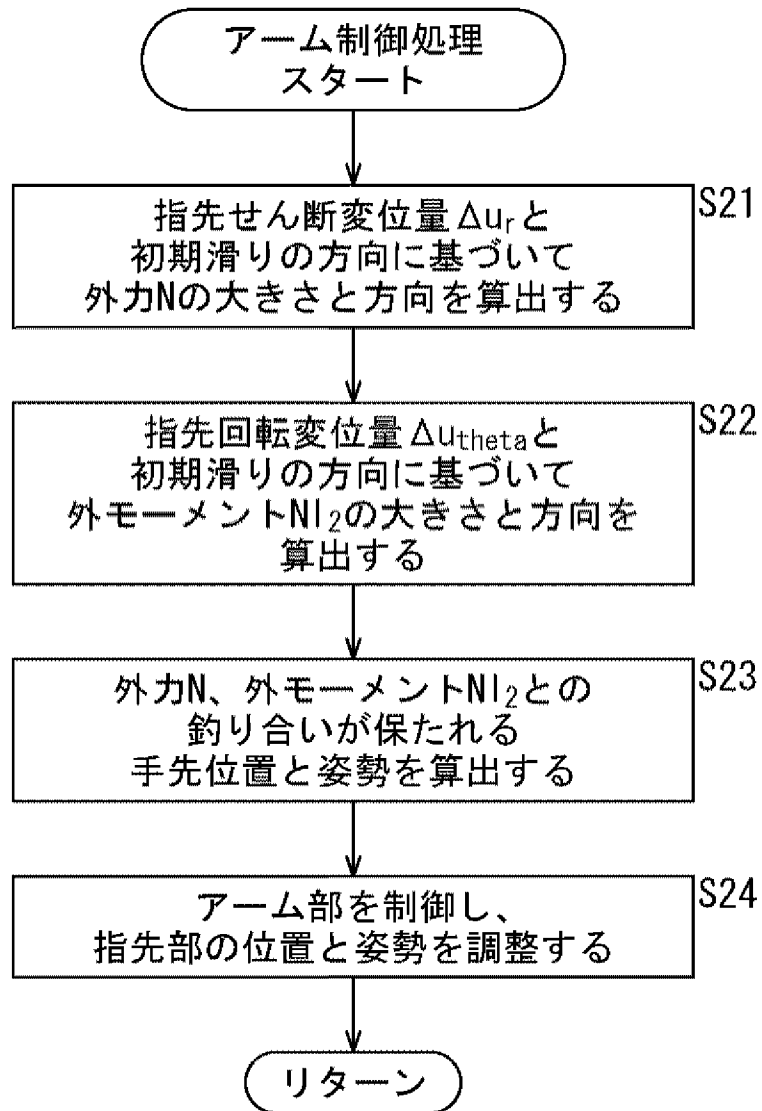
[図10]  
FIG. 10




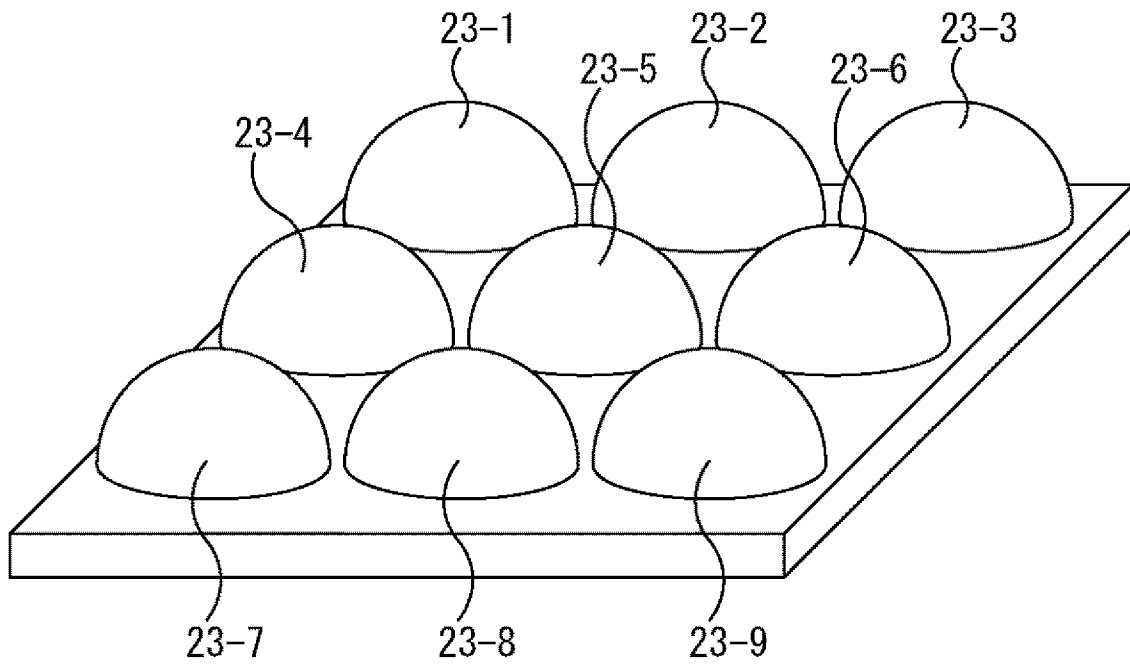
[図11]  
FIG. 11



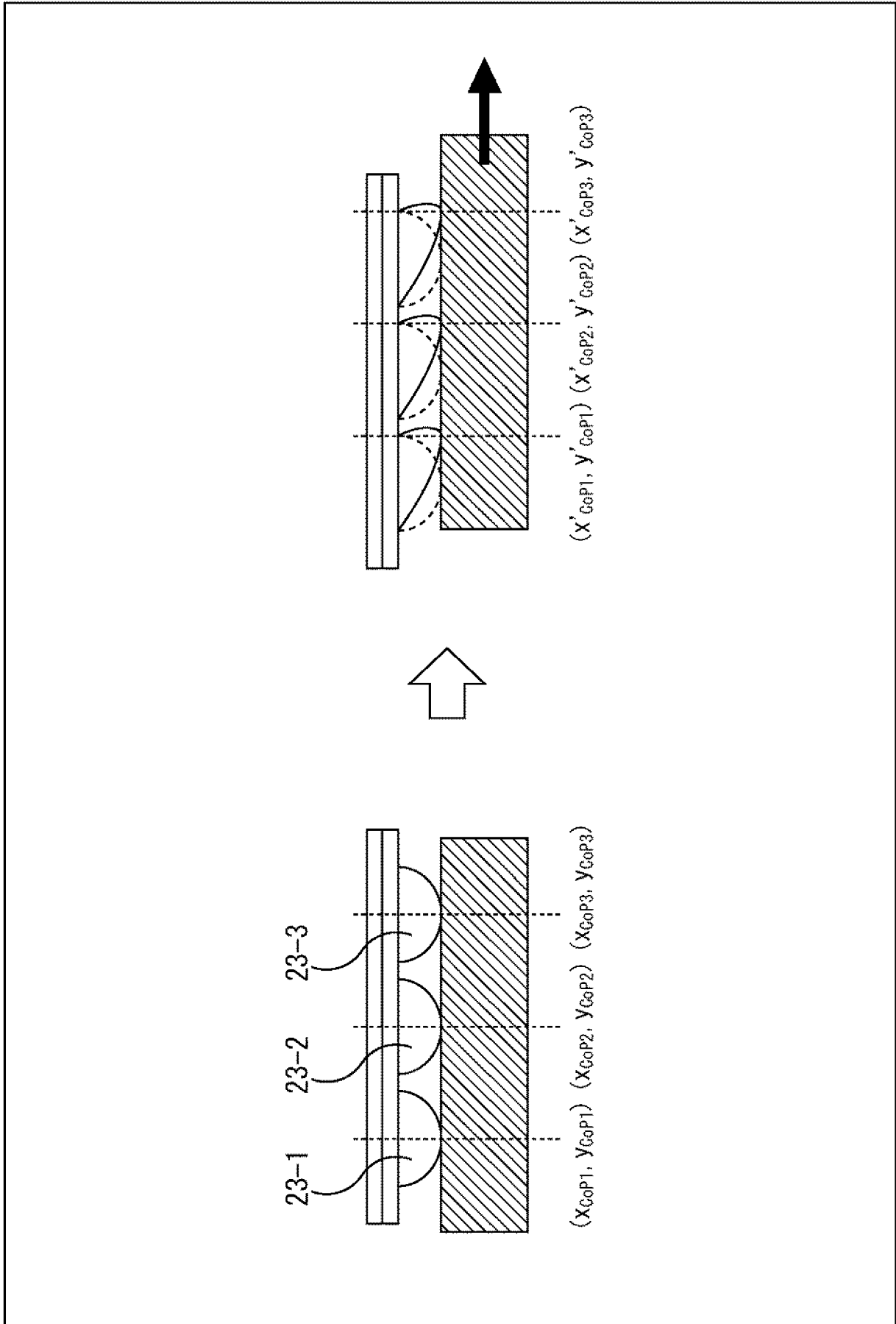
[図12]  
FIG. 12

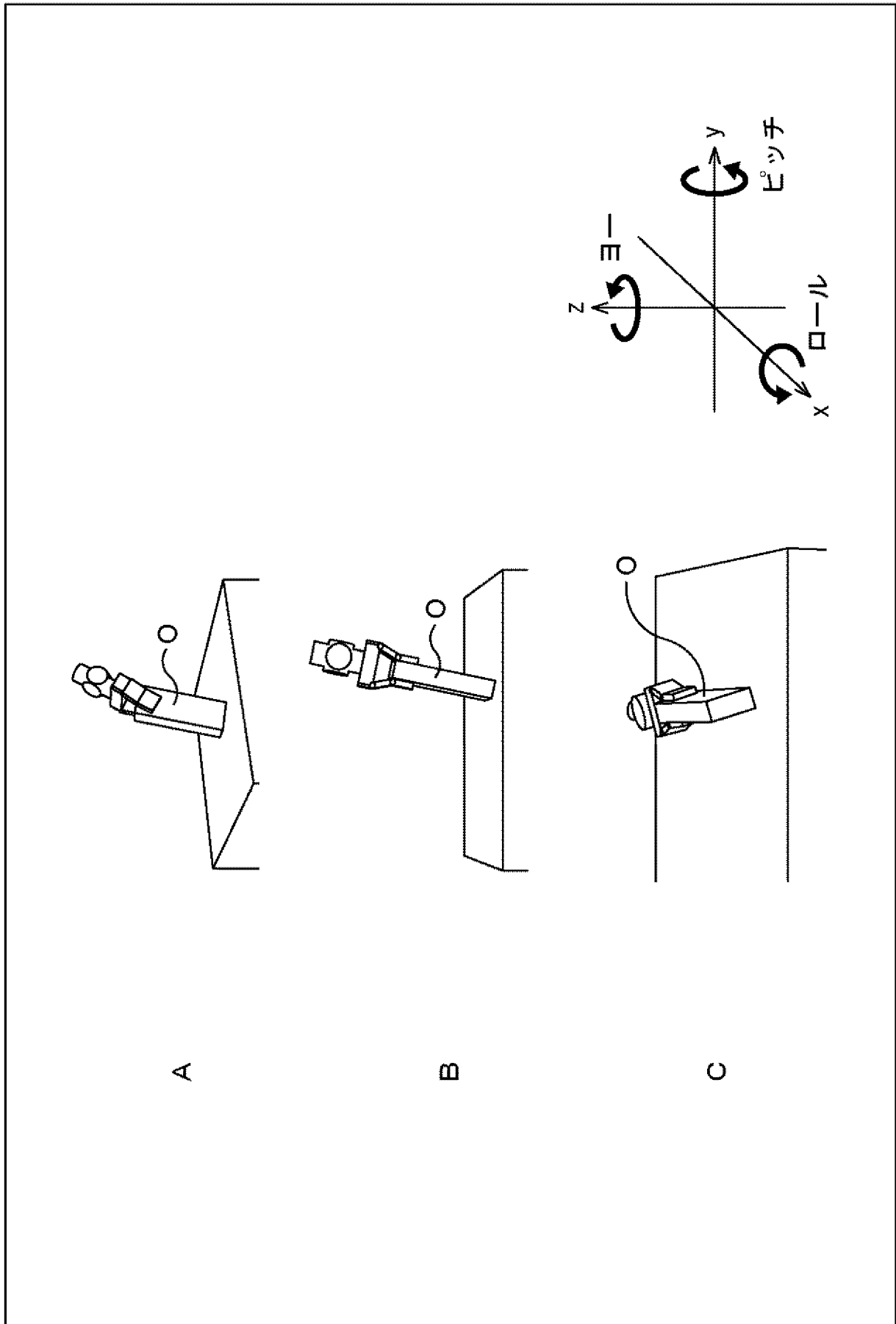


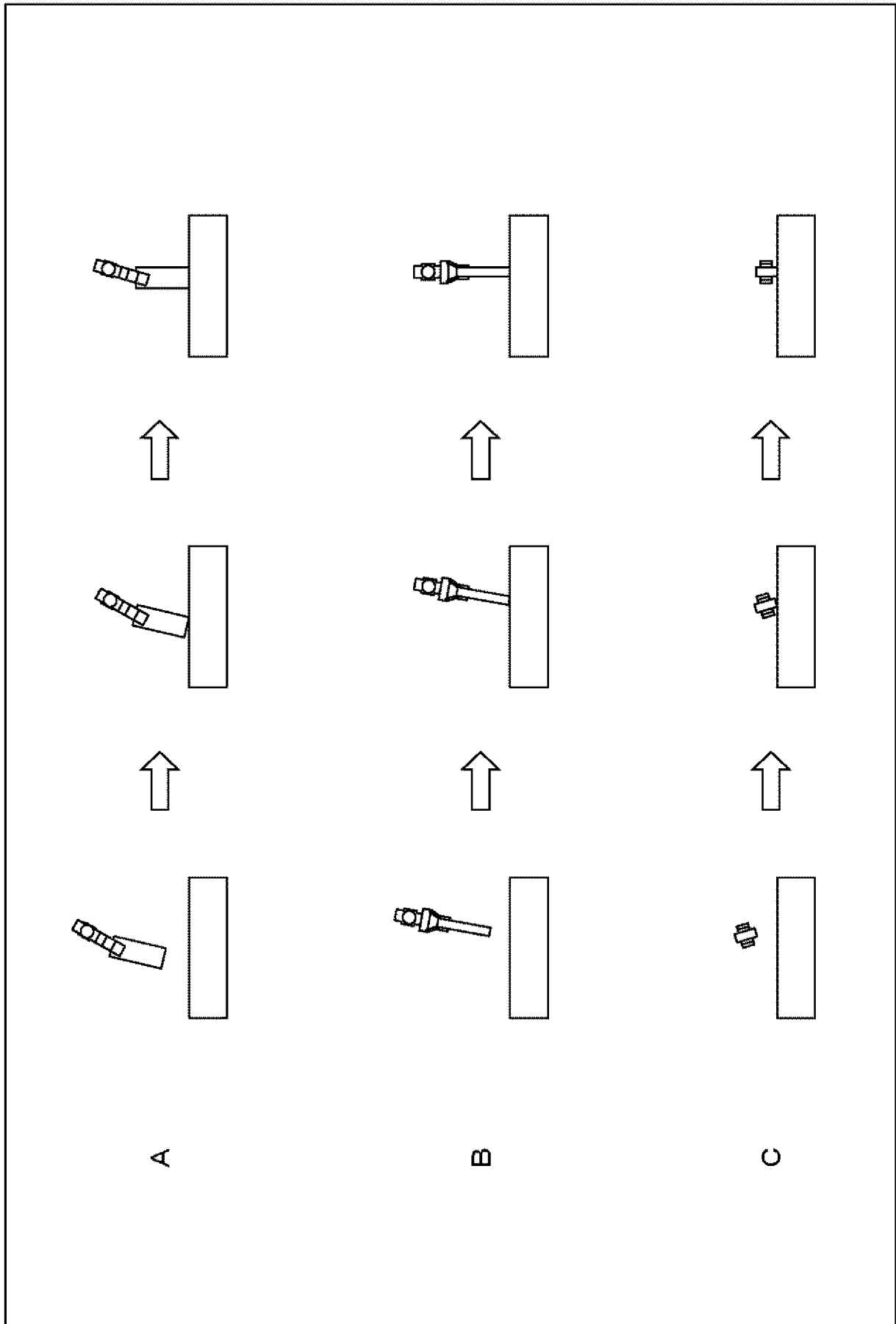
[13]  
FIG. 13



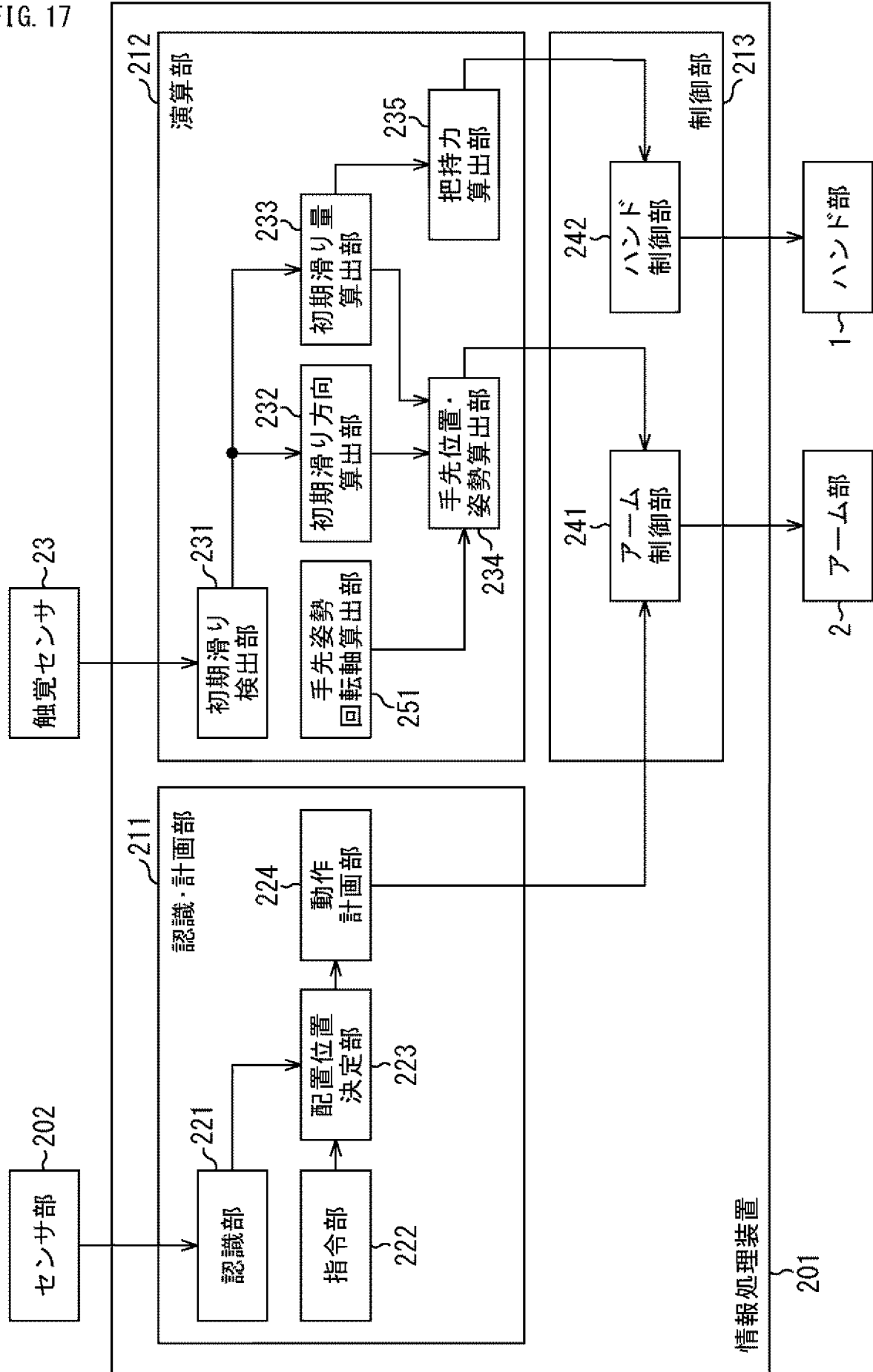
[図14]  
FIG. 14



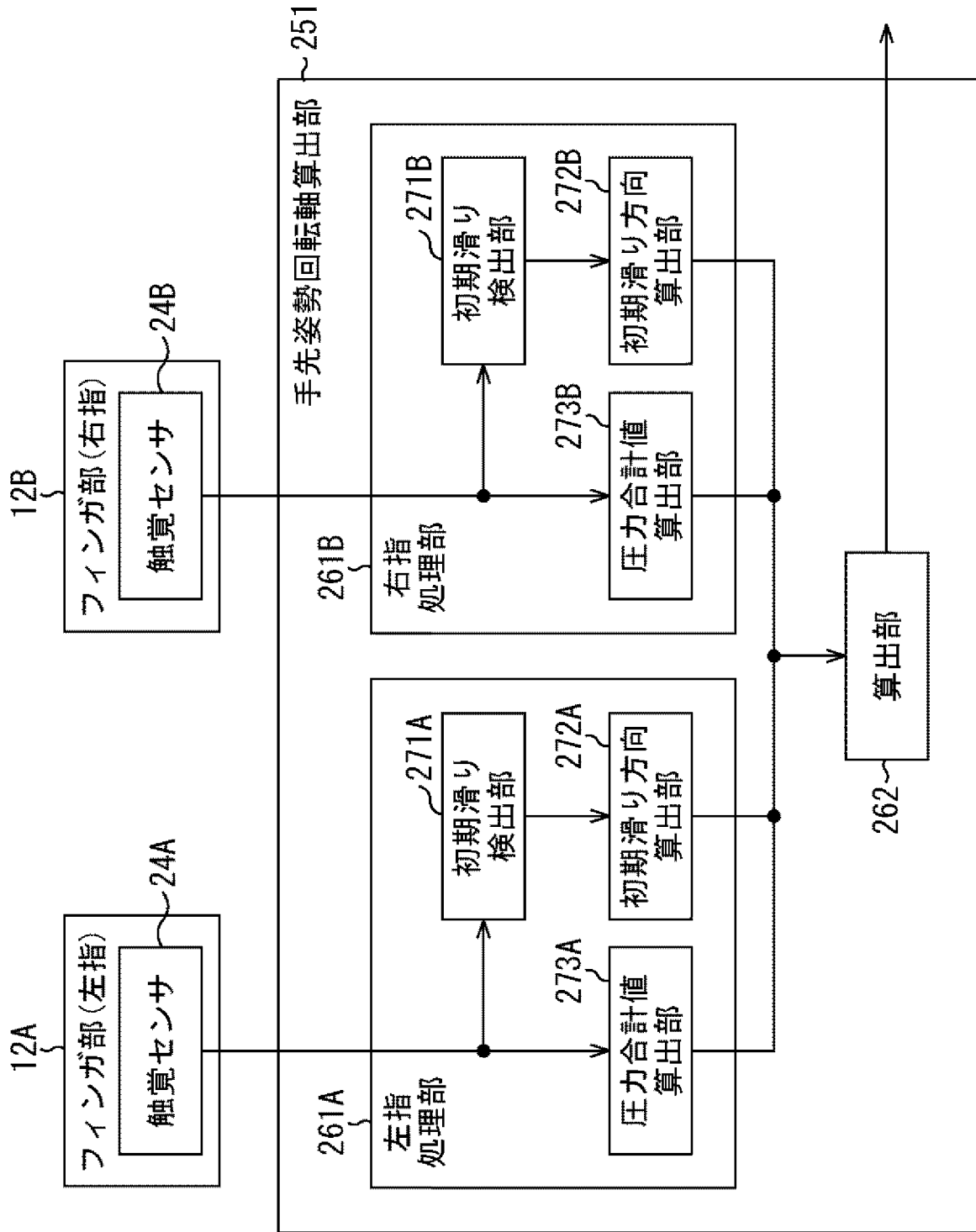
[図15]  
FIG. 15

[図16]  
FIG. 16

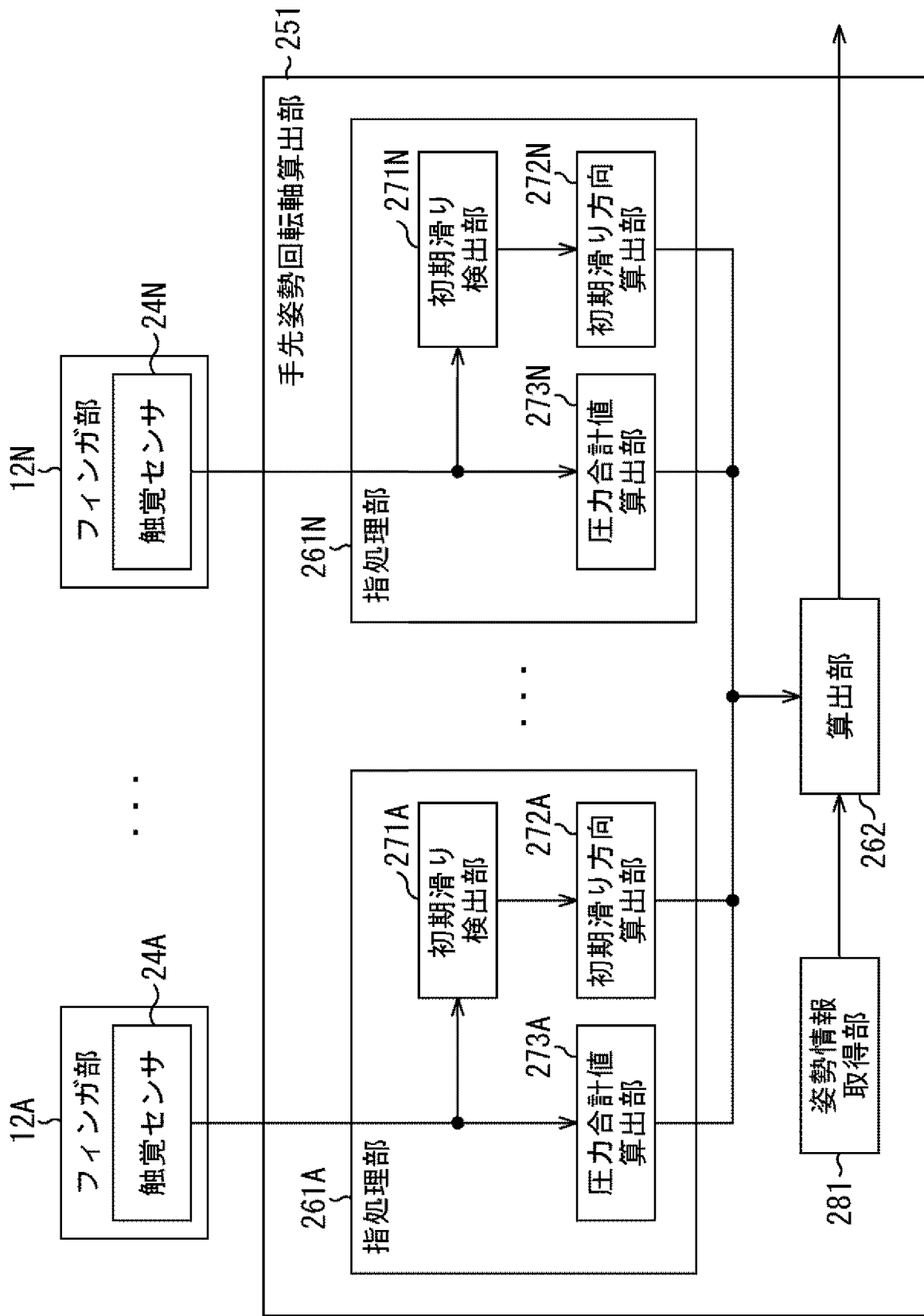
[図17]  
FIG. 17



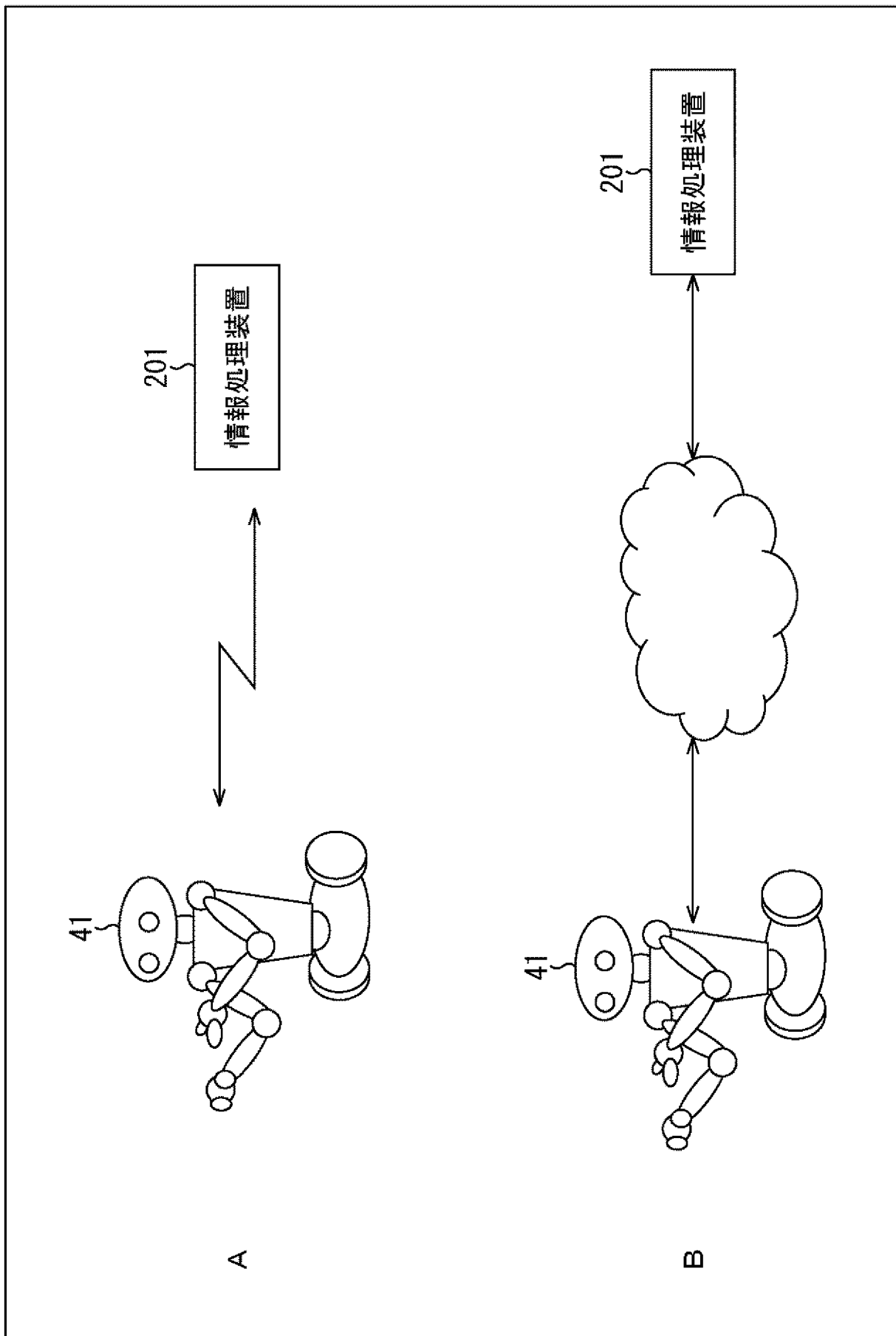
[図18]  
FIG. 18

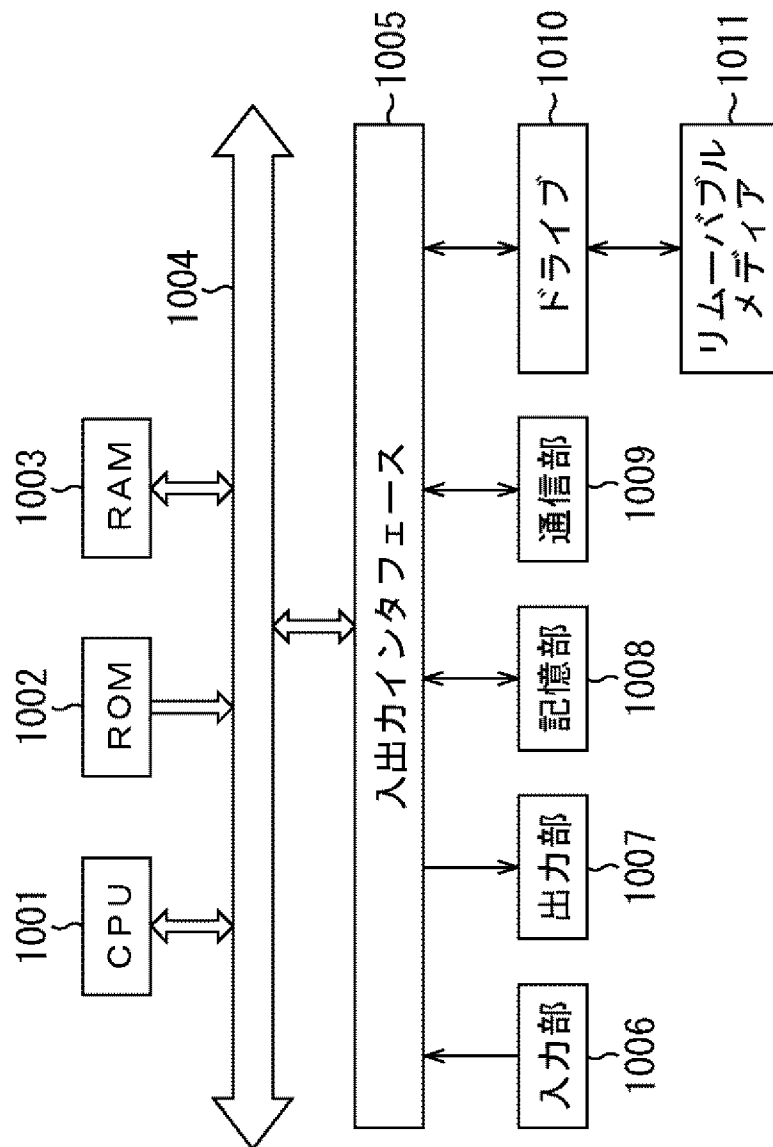


[図19]  
FIG. 19



[図20]  
FIG. 20



[図21]  
FIG. 21

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/029383

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B25J 13/08</i> (2006.01)i FI: B25J13/08 Z		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B25J13/08		
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)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-087325 A (CANON INC) 25 May 2017 (2017-05-25) paragraphs [0018]-[0019], [0027]-[0071], fig. 1-13	1-3, 14-15
Y		4-13
Y	JP 2009-069028 A (SONY CORP) 02 April 2009 (2009-04-02) paragraphs [0025]-[0075], [0134]-[0149], fig. 1A, 13B	4-13
Y	JP 2019-194534 A (MITSUI CHEMICALS INC) 07 November 2019 (2019-11-07) paragraphs [0018]-[0027], [0270]-[0308], fig. 1-12	10
A	JP 2005-329512 A (TOYOTA MOTOR CORP) 02 December 2005 (2005-12-02) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2011-115924 A (CANON INC) 16 June 2011 (2011-06-16) entire text, all drawings	1-15
A	JP 2012-228764 A (HITACHI LTD) 22 November 2012 (2012-11-22) entire text, all drawings	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>18 October 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>26 October 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/029383

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2020-034425 A (TOYOTA MOTOR CORP) 05 March 2020 (2020-03-05) entire text, all drawings	1-15
A	US 2017/0036354 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 09 February 2017 (2017-02-09) entire text, all drawings	1-15

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/029383**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2017-087325	A	25 May 2017	(Family: none)	
JP	2009-069028	A	02 April 2009	(Family: none)	
JP	2019-194534	A	07 November 2019	(Family: none)	
JP	2005-329512	A	02 December 2005	(Family: none)	
JP	2011-115924	A	16 June 2011	(Family: none)	
JP	2012-228764	A	22 November 2012	US 2014/0148951 A1 entire text, all drawings	
				WO 2012/147595 A1	
JP	2020-034425	A	05 March 2020	US 2020/0072691 A1 entire text, all drawings	
				CN 110873615 A	
US	2017/0036354	A1	09 February 2017	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 13/08(2006.01)i FI: B25J13/08 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）） B25J13/08 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 2017-087325 A (キヤノン株式会社) 25.05.2017 (2017 - 05 - 25) 段落[0018]-[0019], [0027]-[0071], 図1-13	1-3, 14-15
Y		4-13
Y	JP 2009-069028 A (ソニー株式会社) 02.04.2009 (2009 - 04 - 02) 段落[0025]-[0075], [0134]-[0149], 図1A-13B	4-13
Y	JP 2019-194534 A (三井化学株式会社) 07.11.2019 (2019 - 11 - 07) 段落[0018]-[0027], [0270]-[0308], 図1-12	10
A	JP 2005-329512 A (トヨタ自動車株式会社) 02.12.2005 (2005 - 12 - 02) 全文、全図	1-15
A	JP 2011-115924 A (キヤノン株式会社) 16.06.2011 (2011 - 06 - 16) 全文、全図	1-15
A	JP 2012-228764 A (株式会社日立製作所) 22.11.2012 (2012 - 11 - 22) 全文、全図	1-15
A	JP 2020-034425 A (トヨタ自動車株式会社) 05.03.2020 (2020 - 03 - 05) 全文、全図	1-15
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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	“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	
“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		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
18.10.2021	26.10.2021	
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）  白井 卓巳 3U 4550  電話番号 03-3581-1101 内線 3364	

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	US 2017/0036354 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 09.02.2017 (2017 - 02 - 09) 全文、全図	1-15
.....		

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/JP2021/029383

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-087325 A	25.05.2017	(ファミリーなし)	
JP 2009-069028 A	02.04.2009	(ファミリーなし)	
JP 2019-194534 A	07.11.2019	(ファミリーなし)	
JP 2005-329512 A	02.12.2005	(ファミリーなし)	
JP 2011-115924 A	16.06.2011	(ファミリーなし)	
JP 2012-228764 A	22.11.2012	US 2014/0148951 A1 全文、全図	
		WO 2012/147595 A1	
JP 2020-034425 A	05.03.2020	US 2020/0072691 A1 全文、全図	
		CN 110873615 A	
US 2017/0036354 A1	09.02.2017	(ファミリーなし)	