

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2024年9月12日(12.09.2024)



(10) 国際公開番号

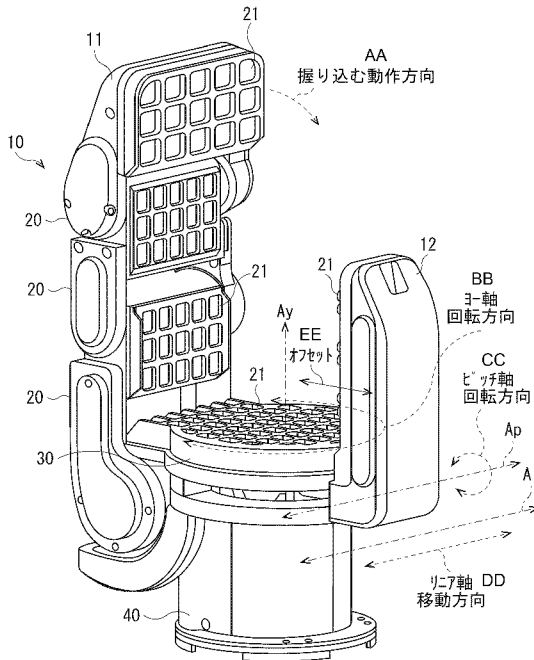
WO 2024/185301 A1

- (51) 国際特許分類:  
B25J 15/08 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/001091
- (22) 国際出願日: 2024年1月17日(17.01.2024)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2023-036318 2023年3月9日(09.03.2023) 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: 水谷 智子 (MIZUTANI, 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). 成

- 田 哲也(NARITA, Tetsuya); 〒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). 宮澤 清和(MIYAZAWA, Kiyokazu); 〒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). 古山 佳和(FURUYAMA, Yoshikazu); 〒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). 小久保 亘(KOKUBO, Wataru); 〒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: 弁理士法人つばさ国際特許事務所 (TSUBASA PATENT PROFESSIONAL CORPORATION); 〒1600022 東京都新宿区新宿1丁目15番9号 さわだビル3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,

(54) Title: ROBOT HAND

(54) 発明の名称: ロボットハンド



AA Gripping action direction  
BB Yaw axis rotation direction  
CC Pitch axis rotation direction  
DD Linear axis movement direction  
EE Offset

(57) Abstract: A robot hand according to the present disclosure comprises: a first finger configured to be capable of performing a gripping action on an object; and a second finger configured to be capable of performing an action to support the object while moving in a direction orthogonal to the direction in which the first finger performs the gripping action, in a state in which the gripping action is being performed by the first finger.



WO 2024/185301 A1

BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

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

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約 : 本開示のロボットハンドは、物体に対して握り込む動作が可能となるように構成された第1指と、第1指による握り込む動作が行われている状態で、第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に移動しながら物体を支える動作が可能となるように構成された第2指とを備える。

## 明 細 書

発明の名称：ロボットハンド

### 技術分野

[0001] 本開示は、複数の指を備えるロボットハンドに関する。

### 背景技術

[0002] 複数の指を備えるロボットハンドが知られている（例えば特許文献1～2参照）。ロボットハンドにおいて、多様な物体を安定的に把持するためには、物体によって把持形態を適切に選択することが望まれる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-117873号公報

特許文献2：国際公開第2022/004270号

### 発明の概要

[0004] 把持形態としてprecision grasp（精密把持）とpower grasp（握力把持）とがあるが、その両方を十分なレベルで実現することは困難である。

[0005] 物体の安定把持を行うことが可能なロボットハンドを提供することが望ましい。

[0006] 本開示の一実施の形態に係るロボットハンドは、物体に対して握り込む動作が可能となるように構成された第1指と、第1指による握り込む動作が行われている状態で、第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に移動しながら物体を支える動作が可能となるように構成された第2指とを備える。

[0007] 本開示の一実施の形態に係るロボットハンドでは、第1指による握り込む動作が行われている状態で、第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に第2指を移動させながら物体を支える動作が可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、本開示の一実施の形態に係るロボットハンドの一構成例を概略的に示す外観図である。

[図2]図2は、一実施の形態に係るロボットハンドによる握り込む動作および支える動作の第1の例を簡略化して示す説明図である。

[図3]図3は、一実施の形態に係るロボットハンドによる握り込む動作および支える動作の第1の例を概略的に示す説明図である。

[図4]図4は、一実施の形態に係るロボットハンドによる握り込む動作および支える動作の第2の例を概略的に示す説明図である。

[図5]図5は、一実施の形態に係るロボットハンドによる握り込む動作の方向と重力方向とが一致する場合の支える指の配置例を概略的に示す説明図である。

[図6]図6は、一実施の形態に係るロボットハンドによる握り込む動作の方向と重力方向とが逆方向となる場合の支える指の配置例を概略的に示す説明図である。

[図7]図7は、物体把持を行う場合の力・モーメントのつりあい制御の概要を示す説明図である。

[図8]図8は、指と物体との間に生じる初期滑りの概要を示す説明図である。

[図9]図9は、物体把持を行う場合の指と物体との弾性接触モデルを示す説明図である。

[図10]図10は、物体把持を行う場合の指のせん断変位量の概要を示す説明図である。

[図11]図11は、把持力制御を実現する制御ブロックの概要を示すブロック図である。

[図12]図12は、物体把持を行う場合の物体の位置姿勢拘束の概要を示す説明図である。

[図13]図13は、一実施の形態に係るロボットハンドを備えたロボットシステムの制御ブロックの一構成例を概略的に示すブロック図である。

[図14]図14は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御ブロックの第1

の構成例を概略的に示すブロック図である。

[図15]図15は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御ブロックの第2の構成例を概略的に示すブロック図である。

[図16]図16は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御ブロックの第3の構成例を概略的に示すブロック図である。

[図17]図17は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御ブロックの第4の構成例を概略的に示すブロック図である。

[図18]図18は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御動作の第1の例を概略的に示すフローチャートである。

[図19]図19は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御動作の第2の例を概略的に示すフローチャートである。

[図20]図20は、一実施の形態に係るロボットハンドの制御動作の第3の例を概略的に示すフローチャートである。

[図21]図21は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、支える指を $180^\circ$ 回転させた状態を概略的に示す外観図である。

[図22]図22は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、支える指を $180^\circ$ 回転させた状態を概略的に示す外観図である。

[図23]図23は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、支える指を $180^\circ$ 回転させることによって物体を把持した例を概略的に示す外観図である。

[図24]図24は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、支える指を $180^\circ$ 回転させることによって物体を把持した例を概略的に示す外観図である。

[図25]図25は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、複数の支える指を備えた構成例を概略的に示す外観図である。

[図26]図26は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、複数の支える指によって物体を把持した例を概略的に示す外観図である。

[図27]図27は、一実施の形態に係るロボットハンドにおいて、複数の支え

る指によって物体を把持した例を概略的に示す外観図である。

## 発明を実施するための形態

[0009] 以下、本開示の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。なお、説明は以下の順序で行う。

### 0. 比較例

#### 1. 一実施の形態

##### 1. 1 構成

###### 1. 1. 1 ハードウェア構成 (図1～図6)

###### 1. 1. 2 制御構成 (図7～図17)

##### 1. 2 動作 (図18～図20)

##### 1. 3 変形例 (図21～図27)

##### 1. 4 効果

#### 2. その他の実施の形態

[0010] <0. 比較例>

ロボットハンドにおいて、多様な物体を安定的に把持するためには、物体によって把持形態を適切に選択する必要がある。多数考えうる把持形態の中で最も重要なのが `precision grasp` と `power grasp` であるが、その両方を十分なレベルで実現することは困難である。特に `power grasp` では、物体幅によっては安定的な把持が困難となる。

[0011] 多様な物体を安定的に把持操作するためには、把持形態の拡張が求められる。指先での器用な物体操作には `precision grasp` が必要であるし、重量および慣性の大きな物体の安定した把持には `power grasp` による把持が有効である。しかしながら、これらの把持形態を両立できるロボットハンドおよびその制御手法が確立されていない。

[0012] 例えば、広く普及している平行グリッパでは、`precision grasp` はできるものの、`power grasp` は困難である。ソフトグリッパによって、物体の把持部幅がある程度大きな物体であれば `power`

g r a s pも可能であるが、小さい物体ではハンドを構成する複数の指同士の互いの自己干渉を考慮できないためpower g r a s pが困難であり、また、制御性に劣る。一方で、人の手を模倣した多指多自由度ハンドの研究もあるが、構造が大型化し、把持部幅の小さな物体のpower g r a s pは困難である。それを回避するため、劣駆動型により小型化を目指す研究も多いが、制御性が劣化する。

[0013] 以上のように、把持部幅が小さな物体のpower g r a s pが困難であるため、把持部幅が小さく、重量および慣性の大きな物体の安定把持を行うことが可能なロボットハンドの開発が望まれる。

[0014] <1. 一実施の形態>

[1. 1 構成]

[1. 1. 1 ハードウェア構成]

図1は、本開示の一実施の形態に係るロボットハンド10の一構成例を概略的に示す外観図である。図2は、一実施の形態に係るロボットハンド10による握り込む動作および支える動作の第1の例を簡略化して示す説明図である。図3は、一実施の形態に係るロボットハンド10による握り込む動作および支える動作の第1の例を概略的に示す説明図である。図4は、一実施の形態に係るロボットハンド10による握り込む動作および支える動作の第2の例を概略的に示す説明図である。なお、図3および図4には、ロボットハンド10を例えば上側から見た状態を示す。

[0015] 一実施の形態に係るロボットハンド10（以下、単に「ハンド10」ともいう。）は、把持物体50（以下、単に「物体50」ともいう。）を把持するための複数の指として、第1指としての握り込む指11と、第2指としての支える指12とを備えている。また、ハンド10は、周囲に複数の指が連結された円形状の掌30を備えている。ハンド10は、アーム連結部40を介して例えばロボットのアームに連結可能となっている。

[0016] 握り込む指11および支える指12の表面（内側面、把持物体50と接する面）と、掌30の表面とはそれぞれ、弾性体として柔軟層21が設けら

れていてもよい。特に、支える指12の内側面に柔軟層21を備えることで、支える指12の内側面で支える際の物体50との接触面積を増やし、安定した把持を実現することができる。

[0017] また、握り込む指11および支える指12と、掌30とには、近接覚センサ、触覚センサ、およびトルクセンサ等の各種のセンサが少なくとも1つずつ設けられていてもよい。

[0018] 握り込む指11は、少なくとも1つの関節20を有し、物体50に対して握り込む動作が可能となるように構成されている。

[0019] 支える指12は、握り込む指11による握り込む動作が行われている状態で、握り込む指11による握り込む動作方向に対して直交する方向に移動しながら物体50を支える動作が可能となるように構成されている。また、支える指12は、掌30とは独立して移動可能となるように構成されている。

[0020] 支える指12による支える動作の第1の例として、例えば図1ないし図3に示したように、支える指12の根元からオフセットした位置にあるヨー軸Ayを中心に回転移動することが可能であってもよい。この場合、支える指12は、握り込む指11に対して干渉しないようにヨー軸Ayを中心に360°回転可能であってもよい。

[0021] 支える指12は、根元からオフセットした位置にあるヨー軸Ayを中心に回転移動することで、握り込む指11で握り込む動作を行う際に、握り込む指11と支える指12との間で干渉しないように、握り込む指11を避けながら支える動作を行うことが可能である。また、オフセットした位置にあるヨー軸Ayを中心に回転移動することで、物体50を把持する際に、この原理により、支点から力点までの距離が長く取れ、慣性の大きな物体把持が可能となる。

[0022] 一実施の形態に係るハンド10では、掌30の形を円形にすることで、複数の指と掌30との距離を最小化しながら掌30の大きさを最大化している。つまり、ハンド10の小型化を実現しながら物体50との接触面積を増やし安定した把持を実現し、かつ物体50に対する支点から力点までの距離を

長く取れることで慣性の大きな物体把持を可能としている。また、上記回転軸であるヨ一軸A<sub>y</sub>が掌30と分離していることにより、掌30に備えるセンサ群の位置関係が固定され、制御性が向上する。上記回転軸が掌30と分離することにより、物体50と掌30との接触を保ちながら支える指12を回転させることが可能となり、安全に物体50を把持操作可能となる。

[0023] また、支える指12による支える動作の第2の例として、例えば図1および図4に示したように、握り込む指11による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるリニア軸A<sub>l</sub>に沿った方向に直線移動することが可能であってもよい。この場合、支える指12は、さらに、握り込む指11による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるピッチ軸A<sub>p</sub>を中心に回転動作することが可能であってもよい。これにより、握り込む指11に対して干渉しないように支える指12による支える動作を実現してもよい。

[0024] 支える指12の内側面において物体50との接触を検出するために、支える指12の内側面に触覚センサが設けられていてもよい。または支える指12の根元にトルクセンサが設けられていてもよい。支える指12の根元にトルクセンサ、もしくは支える指12の内側面に触覚センサを備えることで、支える指12の内側面における物体50との接触を検出でき、支える制御を容易に実現可能となる。この場合、後述する図14～図17に示すように、支える指12に設けられた触覚センサ、およびトルクセンサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触を検出する接触検出部104を備えてもよい。また、接触検出部104による検出結果に基づいて、支える指12の動作制御を行う制御部120を備えてもよい。

[0025] また、一実施の形態に係るハンド10において、支える指12および物体50の位置を検出可能な近接覚センサ、および支える指12の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも1つのセンサを備えるようにしてもよい。この場合、後述する図16および図17に示すように、近接覚センサ、および触覚センサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、支える

指12の内側面における物体50に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部（接触位置推定部106、接触面法線推定部107）を備えてもよい。また、推定部による推定結果に基づいて、物体50の位置および姿勢を算出する位置姿勢算出部（物体位置・姿勢算出部108）を備えてもよい。また、位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、握り込む指11および支える指12の動作制御を行う制御部120を備えてもよい。なお、上記触覚センサとしては、圧力分布センサ、力覚センサ、ビジョン方式センサ、磁気式センサ等のうち少なくとも1つを備えてもよい。また、上記近接覚センサは、Time of Flight方式センサ、ミリ波センサ、超音波センサ、レーザ式センサ、LiDAR（Light Detection And Ranging）、ステレオカメラ、パターン照射式センサ、イベントカメラ等のうち少なくとも1つを備えてもよい。

[0026] また、一実施の形態に係るハンド10において、後述する図14、および図18～図20に示すように、支える指12の関節角度（例えばヨー軸回転角度）および支える指12と物体50との接触情報に基づいて握り込む指11と支える指12とによる物体把持部幅を推定し、推定された物体把持部幅に基づいて支える指12の内側面における物体50に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部（接触位置推定部106、接触面法線推定部107）を備えるようにしてもよい。またこの場合、推定部による推定結果に基づいて、物体50の位置および姿勢を算出する位置姿勢算出部（物体位置・姿勢算出部108）と、位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、握り込む指11および支える指12の動作制御を行う制御部120とをさらに備えるようにしてもよい。

[0027] 一実施の形態に係るハンド10では、関節角度および接触情報によって物体把持部幅を推定し、支える指12の内側面における物体50に対する接触位置を推定することで、力・モーメントのつりあい制御を実現でき、安定した把持を実現することができる。一実施の形態に係るハンド10では、関節角度および接触情報によって物体把持部幅を推定し、支える指12における

物体50に対する接触位置および接触面法線を推定することで、物体50の位置姿勢制御を実行でき、安定した把持を実現することができる。

[0028] また、一実施の形態に係るハンド10において、握り込む指11および支える指12のうち少なくとも1つに触覚センサおよび柔軟層21が設けられていてもよい。この場合、後述する図14～図20に示すように、触覚センサの検出結果に基づいて、握り込む指11または支える指12と物体50との初期滑りを検出する滑り検出部101と、滑り検出部101による初期滑りの検出結果に基づいて物体50を把持する把持力を算出する把持力算出部102とを備えてもよい。また、把持力算出部102による算出結果に基づいて、握り込む指11および支える指12の動作制御を行う制御部120を備えてもよい。これにより、物体50が未知物体であっても適切な把持力を決定することができる。

[0029] また、一実施の形態に係るハンド10において、後述する図14～図17に示すように、物体50の重心位置を推定する重心位置推定部（物体位置・姿勢算出部108）を備えるようにしてもよい。この場合、支える指12の物体50を支える位置を、物体50の重心位置と、物体50に働く重力方向と、握り込む指11による握り込む動作の方向との関係に基づいて決定する制御部120を備えるようにしてもよい。この場合、重心位置推定部は、近接覚センサ、支える指12の根元に設けられたトルクセンサ、および支える指12の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、物体50の重心位置を推定するようにしてもよい。近接覚センサは支える指12の内側面に設けられたものであってもよいし、支える指12とは異なる位置に設けられたビジョンセンサ等の近接覚センサであってもよい。

[0030] 図5は、一実施の形態に係るロボットハンド10による握り込む動作の方向と重力方向とが一致する場合の支える指12の配置例を概略的に示す説明図である。図6は、一実施の形態に係るロボットハンド10による握り込む動作の方向と重力方向とが逆方向となる場合の支える指12の配置例を概略

的に示す説明図である。

- [0031] 物体50の重心位置を推定することで、物体50に応じたハンド10の姿勢、指配置を決定可能となる。例えば図5に示したように、重力方向と、握り込む指11から支える指12に向かう方向とが一致するハンド10の姿勢の場合、物体50の重心位置に近づくように支える指12を配置するとよい。一方、例えば図6に示したように、重力方向と握り込む指11から支える指12に向かう方向とが逆方向となるハンド10の姿勢の場合、物体50の重心位置から遠ざかるように支える指12を配置するとよい。
- [0032] 一実施の形態に係るロボットハンド10において、物体50の重心位置の推定はビジョンセンサにより取得した画像から推定するようにしてもよい。この場合、推定には機械学習を利用してもよい。
- [0033] また、物体50の重心位置の推定には支える指12の根元に設けられたトルクセンサを利用してもよい。支える指12が回転移動する構成の場合、物体50との接触を検出後、さらに支える指12の関節角を微小に回転させ、その際のトルクセンサ値を取得する。重心位置推定部は、両方向の値を取得し比較することで、重心がある方向を推定することができる。
- [0034] また、物体50の重心位置の推定には支える指12の内側面に設けられた触覚センサを利用してもよい。支える指12が回転移動する構成の場合、物体50との接触を検出後、さらに支える指12の関節角を微小に回転させ、その際の圧力分布情報を取得する。重心位置推定部は、両方向の値を取得し比較することで、重心がある方向を推定することができる。
- [0035] また、物体50の重心位置の推定には支える指12の内側面に設けられた近接覚センサを利用してもよい。支える指12が回転移動する構成の場合、物体50との接触を検出後、さらに関節角を微小に回転させ、その際の測距情報を取得する。重心位置推定部は、両方向の値を取得し比較することで、重心がある方向を推定することができる。
- [0036] [1. 1. 2 制御構成]
- 一実施の形態に係るハンド10では、各指に対して、以下の3つの制御を

実行するようにしてもよい。これにより、多様な把持形態を同一制御手法によって実現する。初期滑りを利用した把持力制御については、少なくとも1つの指で実行できればよい。2. 3. は各指に対して実行するとよい。

1. 初期滑りを利用した把持力制御
2. 物体50に対する接触位置を利用した力・モーメントのつりあい制御
3. 物体50に対する接触位置、接触面法線を利用した物体50の3次元位置姿勢制御

[0037] 上記制御を実行することにより、ハンド10では、握り込みながら支える把持が可能となる。多様な把持形態を統一的に扱えることで、複数の把持形態の切替判断が不要であり、制御が容易となる。初期滑りを利用した把持力制御では、未知物体に対して適切な把持力を決定することができる。また、物体50に対する接触位置を利用した力・モーメントのつりあい制御では、把持力の大きさ・方向を決定することができ、安定した把持が実現可能となる。また、物体50に対する接触位置・接触面法線を利用した物体50の3次元位置姿勢制御では、物体50の位置姿勢を任意に制御することが可能となり、特に、握り込みながら支える把持において想定出現頻度の高い物体50である道具の利用時には、姿勢を制御したい場面が多く予想されるため、有効である。

[0038] (力・モーメントのつりあい制御)

図7は、物体把持を行う場合の力・モーメントのつりあい制御の概要を示す説明図である。図7には、ハンド10の任意の2つの指1および指2によって物体50を把持する場合を示す。

[0039] 力・モーメントのつりあいを満たす制御入力を式(1)に示す。ここで、 $J_{q_i}$ は指の関節角度と指先半球中心位置に関するヤコビ行列、 $A_i$ は指先中心、 $O$ は各接触点の幾何中心、 $C_i$ は各接触点、 $f_d$ は目標の把持力、 $K_f$ は力制御ゲインを示す。式(1)は、各指先 $A_i$ から各接触点 $C_i$ の幾何中心 $O$ へ向かう指先力ベクトルを決定し、ヤコビ行列の転置を用いて各関節トルクに変換する。各指と幾何中心(2指では指間)の相対的な剛性を制御している

。適切な把持力  $f_d$  を設定する必要があるが、一実施の形態に係るハンド 10 では、初期滑りを利用して把持力  $f_d$  を決定する。

[0040] [数1]

$$\begin{aligned} \tau_i &= f_d J(q_i)^T K_f \frac{(O-A_i)}{\sum_i^N \|(O-A_i)\|} \\ O &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i \\ &\dots (1) \end{aligned}$$

[0041] (初期滑りを利用した把持力制御)

図8は、指と物体50との間に生じる初期滑りの概要を示す説明図である。

[0042] 初期滑りとは、滑りの前兆現象であり、接触面の一部のみが滑り出す現象である。例えば図8に示したように、初期滑り領域が徐々に拡大していき接触領域全域に広がると、一般的に言われている「滑り」（全体滑りとも称する）に遷移し、指と接触していた物体50との相対的な運動が生じる。ここで、「固着」とは、例えば指と把持物体としての物体50との接触面全域で静止摩擦が発生し、両者の間で相対的な運動がない状態を指す。また、「滑り（全体滑り）」とは、動摩擦が発生し接触している2つの物体間で相対的な運動を伴う状態を指す。ここでは、指と把持物体50との接触面全域で動摩擦が発生し、両者の間で相対的な運動を伴う滑りのことを指す。

[0043] 「初期滑り」とは、上述の滑り（全体滑り）が発生する前兆現象とも称される、例えば指と把持物体50との接触面の一部で動摩擦が発生する現象のことである。「固着」状態から「滑り」状態へ遷移する間に、この初期滑り状態が存在すると言われている。初期滑り状態の場合、指と把持物体50との間で相対的な運動は生じない。

[0044] 接触領域は、初期滑りが発生していない「固着領域」（つまり、指と把持物体50との接触面のうち、静止摩擦が発生している部分領域）と、初期滑

りが発生している「滑り領域」（つまり、指と把持物体 50 との接触面のうち、動摩擦が発生している部分領域）に分けられる。滑り度合いはこの2つの領域の割合で示すことができる。ここでは、接触領域に対する固着領域の割合を「固着率」と定義する。固着率 1（＝100%）の場合、接触領域は、滑り領域がなく完全に固着している状態にある。逆に、固着率 0 の場合、接触領域は、その全てが滑り領域となり、滑り（全体滑り）が発生している状態にある。逆に、固着率 0 の場合、接触領域は、その全てが滑り領域となり、滑り（全体滑り）が発生している状態にある。

[0045] 図9は、物体把持を行う場合の指と物体 50 との弾性接触モデルを示す説明図である。図10は、物体把持を行う場合の指のせん断変位量  $u_x$  の概要を示す説明図である。ヘルツの接触定理より、式（2）を導くことができる。

[0046] [数2]

$$\begin{aligned} \frac{c}{a} &= \left(1 - \frac{F_x}{\mu F_N}\right)^{\frac{1}{n+1}} \\ &= (1 - \Psi(\mu, F_N)u_x)^{\frac{1}{n+1}} \end{aligned} \quad \dots (2)$$

[0047] 式（2）の左辺は接触面のうち、滑りが発生していない領域の割合を示しており、固着率と呼ばれる。つまり、初期滑りは固着率と呼ばれる物理量で定量化できる。圧力分布センサを利用した場合には、弾性体のせん断方向の変形量（せん断変位量） $u_x$  から、固着率の減少を摩擦係数に依存することなく計測することができる。そこで、各指で検出されたせん断方向の変形量ベクトルの和を入力として PD（Proportional Differential）制御に適用することで、把持力を算出する（式（3））。

[0048]

[数3]

$$\begin{aligned}
 f_r &= K_{pr} \left( \sum u_r - \sum u_{ref} \right) + K_{i\theta} \int \left( \sum u_r - \sum u_{ref} \right) dt \\
 &\quad + K_{dr} \frac{d}{dt} \left( \sum u_r - \sum u_{ref} \right) \\
 f_\theta &= K_{p\theta} \left( \sum u_\theta - \sum u_{ref} \right) + K_{i\theta} \int \left( \sum u_\theta - \sum u_{ref} \right) dt \\
 &\quad + K_{d\theta} \frac{d}{dt} \left( \sum u_\theta - \sum u_{ref} \right) \\
 f_d &= f_r + f_\theta
 \end{aligned}$$

... (3)

[0049] ここで、各弾性体のせん断方向の変形量ベクトルの和を取っているのは、接触面に対する任意の並進方向と回転方向との滑りのみならず、接触面と垂直な軸に対する回転方向の滑りも考慮するためである。

[0050] 図11に、以上の把持力制御を実現する制御ブロックの概要を示す。

[0051] 把持力制御を実現する制御ブロックとして、参照値生成部61と、滑り回避制御部（PD制御部）62と、力・モーメントつりあい制御部63と、アクチュエータ制御部64と、LPF（ローパスフィルタ）65と、せん断変位量積算部66とを備える。

[0052] （3次元位置姿勢制御）

図12は、物体把持を行う場合の物体50の位置姿勢拘束の概要を示す説明図である。図12には、ハンド10の任意の2つの指1および指2によって物体50を把持する場合を示す。

[0053] 3次元位置拘束の制御入力を式(4)に示す。ここで、 $O$ は物体位置（各接触点の幾何中心）、 $O_d$ は目標物体位置、 $K_p$ は位置制御ゲイン、 $J(q_i)$ は指先半球中心位置における姿勢角速度ベクトルの各関節角に関するヤコビ行列を示す。式(4)は各指の接触点の幾何中心 $O$ を物体50の位置として目標位置 $O_d$ への制御を行う。

[0054] [数4]

$$\begin{aligned}\tau_{pi} &= J(q_i)^T K_p (\mathbf{O}_d - \mathbf{O}) \\ \mathbf{O} &= \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \mathbf{C}_i \\ &\dots (4)\end{aligned}$$

[0055] 姿勢拘束の制御入力を式(5)に示す。ここで、 $r_x$ 、 $r_y$ 、 $r_z$ は物体姿勢(接触面法線単位ベクトル、接触面接線単位ベクトル)、 $r_{xd}$ 、 $r_{yd}$ 、 $r_{zd}$ は物体目標姿勢、 $K_o$ は姿勢制御ゲインを示す。 $J(\Omega_i)$ は指先半球中心位置における姿勢角速度ベクトルの各関節角に関するヤコビ行列を示す。式(5)は接触面法線単位ベクトル、接触面接線単位ベクトルを利用して物体50の姿勢を推定し、目標姿勢への制御を行う。 $r_x \times r_{xd}$ のように外積を取ると、現在姿勢のX軸ベクトル $r_x$ と目標姿勢のX軸ベクトル $r_{xd}$ の誤差を表すベクトルになり、このベクトルに従って物体50に回転モーメントを与えることにより、姿勢誤差を減少させる制御入力となる。Y成分、Z成分についても同様である。

[0056] [数5]

$$\begin{aligned}\tau_{oi} &= J(\Omega_i)^T K_o \{ (r_x \times r_{xd}) + (r_y \times r_{yd}) + (r_z \times r_{zd}) \} \\ r_x &= \sum_{i=1}^N |r_{xi}| \quad r_y = \sum_{i=1}^N |r_{yi}| \quad r_z = \sum_{i=1}^N |r_{zi}| \\ &\dots (5)\end{aligned}$$

[0057] さらに、この位置姿勢拘束と、力・モーメントのつりあい制御の両立について考える。行ベクトル同士が直交する離散フーリエ変換(DFT)行列を用いたモード変換によって、「力・モーメントのつりあい制御モード」と「位置姿勢制御モード」に分解し、複数の指間で互いに干渉することなく独立して制御する手法を提案する。

[0058] DFTの定義を式(6)に示す。実スカラ値 $G$ 、 $g$ 、複素スカラ値 $W$ は、それぞれ変換後の値、変換前の値、回転子であり、スカラ値 $N$ は任意の整数である。また、DFT行列は式(7)に示す行列 $F_N$ を用いて表現できる。 $g$ は $n$ 指のロボットフィンガーに加わる外力 $f_1 \dots f_{n_T}$ または $n$ 指のロボットフィンガーの位置 $x_1 \dots x_{n_T}$ を示す。 $G$ は「力・モーメントのつりあい制御モード」と「位置姿勢制御モード」の抽出モードである(式(8))。力とモーメントのつりあい制御モードの $f_g$ はハンド10と物体50とに働く内力、 $x_g$ は把持物体50の大きさ・変形量を表す。位置姿勢制御モードの $f_m$ は物体50の移動に寄与する力、 $x_m$ は物体50の重心位置・姿勢を表す(式(9))。従って、力とモーメントのつりあい制御モードでは、物体50を滑らさず把持できる $f_g$ を算出し制御する。位置姿勢制御モードでは $x_m$ を目標値に収束させるような $f_m$ を制御する。

[0059] [数6]

$$G = F_N g \quad \dots (6)$$

[0060] [数7]

$$F_N = \begin{bmatrix} W^0 & W^0 & W^0 & \dots & W^0 \\ W^0 & W^1 & W^2 & \dots & W^{N-1} \\ W^0 & W^2 & W^4 & \dots & W^{2(N-1)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W^0 & W^{N-1} & W^{2(N-1)} & \dots & W^{(N-1)^2} \end{bmatrix}$$

$$W = e^{-j\frac{2\pi}{N}} \quad \dots (7)$$

[0061]

[数8]

$$\begin{aligned}
 \mathbf{G} &= \begin{bmatrix} f_m \\ f_g \end{bmatrix} \\
 \mathbf{G} &= \begin{bmatrix} x_m \\ x_g \end{bmatrix} \dots \quad (8)
 \end{aligned}$$

[0062] [数9]

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_x & x_y & x_z \\ & r_x & \\ & r_y & \\ & r_z & \end{bmatrix} \dots \quad (9)$$

[0063] (ロボットシステムの構成)

図13は、一実施の形態に係るロボットハンド10を備えたロボットシステムの制御ブロックの一構成例を概略的に示すブロック図である。

[0064] ここでは、台車361、アーム362、およびハンド10を備えたロボット360に適用される制御ブロックの一例を説明する。

[0065] ロボットシステムの各制御ブロックの少なくとも一部のブロックは、例えば1または複数のCPU (Central Processing Unit) と、1または複数のROM (Read Only Memory) と、1または複数のRAM (Random Access Memory) とを備えたコンピュータで構成されてもよい。この場合、各制御ブロックの処理は、1または複数のROMまたはRAMに記憶されたプログラムに基づく処理を1または複数のCPUが実行することで実現し得る。また、各制御ブロックの処理は、例えば有線または無線によるネットワークにより外部から供給されたプログラムに基づく処理を1または複数のCPUが実行することで実現してもよい。

[0066] ロボットシステムは、ロボット360の制御ブロックとして、タスク指令部300と、認識センサ処理部310と、運動計画部320と、把持制御部

- 330と、制御演算部340と、アクチュエータ部350とを備える。
- [0067] タスク指令部300は、タスク情報、およびタスク開始トリガ等を入力する。
- [0068] 認識センサ処理部310は、周囲環境認識処理部311と、ハンドセンサ処理部312とを有する。
- [0069] 周囲環境認識処理部311は、周囲環境を認識するための各種のセンサを有する。周囲環境認識処理部311は、タスク指令部300からのタスク情報、およびタスク開始トリガに基づいて各種のセンサデータを処理し、RGB画像、Depth画像、距離、Point Cloud、およびEventデータ等のデータを入力する。
- [0070] ハンドセンサ処理部312は、各種のセンサを有する。ハンドセンサ処理部312は、タスク指令部300からのタスク情報、およびタスク開始トリガに基づいて各種のセンサデータを処理し、RGB画像、Depth画像、距離、Point Cloud、Eventデータ、力/圧力、振動、加速度、滑り量、接触位置、および接触面積等のデータを入力する。
- [0071] 運動計画部320は、台車軌道計画部321と、アーム軌道計画部322と、把持計画部323とを有する。
- [0072] 台車軌道計画部321は、周囲環境認識処理部311からの出力データに基づいて、台車軌道、台車361の目標点、台車361の車輪加速度、台車361の速度、および台車361の位置等のデータを入力する。アーム軌道計画部322は、周囲環境認識処理部311からの出力データに基づいて、アーム軌道、アーム362の目標点、アーム362の関節加速度、アーム362の速度、およびアーム362の位置等のデータを入力する。把持計画部323は、周囲環境認識処理部311およびハンドセンサ処理部312からの出力データに基づいて、ハンド10による把持位置、およびハンド10による把持姿勢等のデータを入力する。
- [0073] 把持制御部330は、近接覚検出部331と、初期滑り検出部332と、物体位置姿勢・把持形態・指軌道算出部333と、把持力算出部334とを

有する。把持制御部330は、必要に応じて追加されるセンサ処理ブロック（接触位置検出部、接触力検出部等）をさらに有していてもよい。

[0074] 近接覚検出部331は、ハンドセンサ処理部312からの出力データに基づいて、ハンド10における物体50までの距離、物体表面角度、および物体位置姿勢情報等のデータを出力する。初期滑り検出部332は、ハンドセンサ処理部312からの出力データに基づいて、ハンド10における物体50に対する滑り量、およびハンド10における物体50に対する接触フラグ等のデータを出力する。物体位置姿勢・把持形態・指軌道算出部333は、近接覚検出部331および初期滑り検出部332からの出力データに基づいて、ハンド10における把持形態、およびハンド10における指軌道等のデータを出力する。把持力算出部334は、初期滑り検出部332からの出力データに基づいて、ハンド10における把持力のデータを出力する。

[0075] 制御演算部340は、台車制御演算部341と、アーム制御演算部342と、ハンド指制御演算部343と、ロボット制御演算部344とを有する。

[0076] 台車制御演算部341は、台車軌道計画部321からの出力データに基づいて、台車361に対する関節指令（位置、速度、加速度、および力）のデータを出力する。アーム制御演算部342は、アーム軌道計画部322および近接覚検出部331からの出力データに基づいて、アーム362に対する関節指令（位置、速度、加速度、および力）のデータを出力する。ハンド指制御演算部343は、物体位置姿勢・把持形態・指軌道算出部333および把持力算出部334からの出力データに基づいて、ハンド10に対する関節指令（位置、速度、加速度、および力）のデータを出力する。

[0077] ロボット制御演算部344は、台車制御演算部341、アーム制御演算部342、およびハンド指制御演算部343からの出力データに基づいて、ロボット360の各部のアクチュエータ部350に対するアクチュエータ指令（位置、速度、加速度、および力）のデータを出力する。

[0078] （ハンド10の制御ブロックの構成例1）

図14は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御ブロックの第1

の構成例を概略的に示すブロック図である。図14には、制御ブロックの第1の構成例として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12にトルクセンサが設けられている場合の構成例を示す。第1の構成例では、シンプルなセンサ構成でハンド10の小型化、および省コスト化が見込める。

[0079] ロボットハンド10は、制御ブロックとして、センシング部110と、制御部120とを備える。

[0080] ロボットハンド10の各制御ブロックの少なくとも一部のブロックは、例えば1または複数のCPUと、1または複数のROMと、1または複数のRAMとを備えたコンピュータで構成されてもよい。この場合、各制御ブロックの処理は、1または複数のROMまたはRAMに記憶されたプログラムに基づく処理を1または複数のCPUが実行することで実現し得る。また、各制御ブロックの処理は、例えば有線または無線によるネットワークにより外部から供給されたプログラムに基づく処理を1または複数のCPUが実行することで実現してもよい。

[0081] センシング部110は、支える指12の制御ブロックとして、トルク検出部103と、接触検出部104と、物体把持部幅推定部105と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。

[0082] センシング部110は、握り込む指11の制御ブロックとして、触覚情報検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。

[0083] また、センシング部110は、把持力算出部102と、物体位置・姿勢算出部108とを有する。

[0084] 制御部120は、各関節トルク算出部200と、運動制御部201と、アクチュエータ部202とを有する。

[0085] 握り込む指11の制御ブロックにおける触覚情報検出部100は、握り込む指11に設けられた触覚センサ、および握り込む指11に設けられた触覚センサからのセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。

- [0086] 握り込む指 1 1 の制御ブロックにおける滑り検出部 1 0 1 は、握り込む指 1 1 の制御ブロックにおける触覚情報検出部 1 0 0 からの情報を利用して滑り量を算出する。
- [0087] トルク検出部 1 0 3 は、トルクセンサ、およびトルクセンサからのセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。
- [0088] 支える指 1 2 の制御ブロックにおける接触検出部 1 0 4 は、トルク検出部 1 0 3 によって検出されたトルク値を利用して支える指 1 2 と物体 5 0 との接触の有無を検出する。物体把持部幅推定部 1 0 5 は、支える指 1 2 の関節角度と接触情報とから物体把持部幅を算出する。
- [0089] 握り込む指 1 1 の制御ブロックにおける接触検出部 1 0 4 は、握り込む指 1 1 に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、握り込む指 1 1 と物体 5 0 との接触の有無を検出する。
- [0090] 支える指 1 2 の制御ブロックにおける接触位置推定部 1 0 6 は、物体把持部幅推定部 1 0 5 により算出された物体把持部幅、およびハンド 1 0 のモデル情報を利用して物体 5 0 に対する接触位置を推定する。
- [0091] 握り込む指 1 1 の制御ブロックにおける接触位置推定部 1 0 6 は、握り込む指 1 1 に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、物体 5 0 に対する接触位置を推定する。
- [0092] 支える指 1 2 の制御ブロックにおける接触面法線推定部 1 0 7 は、物体把持部幅推定部 1 0 5 により算出された把持部幅、およびハンド 1 0 のモデル情報を利用して接触面法線を推定する。
- [0093] 握り込む指 1 1 の制御ブロックにおける接触面法線推定部 1 0 7 は、握り込む指 1 1 に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、接触面法線を推定する。
- [0094] 物体位置・姿勢算出部 1 0 8 は、握り込む指 1 1 および支える指 1 2 の制御ブロックにおける接触位置推定部 1 0 6、および接触面法線推定部 1 0 7 により算出された物体 5 0 に対する接触位置、接触面法線、およびハンド 1 0 の位置姿勢情報を利用して物体位置・姿勢を算出する。

- [0095] 把持力算出部102は、握り込む指11の制御ブロックにおける滑り検出部101により算出された滑り量を利用して把持力を算出する。
- [0096] 各関節トルク算出部200は、把持力算出部102により算出された把持力、および接触位置推定部106により推定された物体50に対する接触位置から力・モーメントのつりあい制御による各関節トルクを算出する。
- [0097] 各関節トルク算出部200は、接触位置推定部106、接触面法線推定部107の物体50に対する接触位置、および接触面法線から物体位置姿勢制御による各関節トルクを算出する。各関節トルク算出部200は、DFT行列を用いたモード変換を利用してこれらを両立する各関節トルクを算出する。
- [0098] 運動制御部201は、接触検出部104により検出された接触情報により接触検出までは一定の位置制御またはインピーダンス制御を実行する。運動制御部201は、接触検出後は各関節トルク算出部200で算出したトルク指令値に基づきトルク制御を実行する。
- [0099] アクチュエータ部202は、ハンド10を有するロボットを動作させる可動部やその制御処理ブロックを含む。
- [0100] (ハンド10の制御ブロックの構成例2)
- 図15は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御ブロックの第2の構成例を概略的に示すブロック図である。図15には、制御ブロックの第2の構成例として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12に触覚センサが設けられている場合の構成例を示す。なお、図14の第1の構成例と同様の処理を行う制御ブロックについては説明を省略する。
- [0101] ロボットハンド10は、制御ブロックとして、センシング部110と、制御部120とを備える。
- [0102] センシング部110は、支える指12の制御ブロックとして、触覚情報検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。
- [0103] センシング部110は、握り込む指11の制御ブロックとして、触覚情報

検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。

[0104] また、センシング部110は、把持力算出部102と、物体位置・姿勢算出部108とを有する。

[0105] 制御部120は、各関節トルク算出部200と、運動制御部201と、アクチュエータ部202とを有する。

[0106] 支える指12の制御ブロックにおける触覚情報検出部100は、支える指12に設けられた触覚センサ、および支える指12に設けられた触覚センサからのセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。

[0107] 支える指12の制御ブロックにおける滑り検出部101は、支える指12の制御ブロックにおける触覚情報検出部100からの情報を利用して滑り量を算出する。

[0108] 支える指12の制御ブロックにおける接触検出部104は、支える指12に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触の有無を検出する。

[0109] 支える指12の制御ブロックにおける接触位置推定部106は、支える指12に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、物体50に対する接触位置を推定する。

[0110] 支える指12の制御ブロックにおける接触面法線推定部107は、支える指12に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、接触面法線を推定する。

[0111] 把持力算出部102は、握り込む指11および支える指12の制御ブロックにおける滑り検出部101により算出された滑り量を利用して把持力を算出する。

[0112] (ハンド10の制御ブロックの構成例3)

図16は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御ブロックの第3の構成例を概略的に示すブロック図である。図16には、制御ブロックの第3の構成例として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12

に近接覚センサが設けられている場合の構成例を示す。なお、図14の第1の構成例と同様の処理を行う制御ブロックについては説明を省略する。

- [0113] ロボットハンド10は、制御ブロックとして、センシング部110と、制御部120とを備える。
- [0114] センシング部110は、支える指12の制御ブロックとして、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107と、距離情報検出部109とを有する。
- [0115] センシング部110は、握り込む指11の制御ブロックとして、触覚情報検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。
- [0116] また、センシング部110は、把持力算出部102と、物体位置・姿勢算出部108とを有する。
- [0117] 制御部120は、各関節トルク算出部200と、運動制御部201と、アクチュエータ部202とを有する。
- [0118] 支える指12の制御ブロックにおける距離情報検出部109は、支える指12に設けられた近接覚センサとしての測距センサ、および測距センサからのセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。
- [0119] 支える指12の制御ブロックにおける接触検出部104は、支える指12に設けられた測距センサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触の有無を検出する。
- [0120] 支える指12の制御ブロックにおける接触位置推定部106は、支える指12に設けられた測距センサの検出結果に基づいて、物体50に対する接触位置を推定する。
- [0121] 支える指12の制御ブロックにおける接触面法線推定部107は、支える指12に設けられた測距センサの検出結果に基づいて、接触面法線を推定する。
- [0122] 把持力算出部102は、握り込む指11の制御ブロックにおける滑り検出部101により算出された滑り量を利用して把持力を算出する。

[0123] (ハンド10の制御ブロックの構成例4)

図17は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御ブロックの第4の構成例を概略的に示すブロック図である。図17には、制御ブロックの第4の構成例として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12に触覚センサと近接覚センサとが設けられている場合の構成例を示す。なお、図14の第1の構成例と同様の処理を行う制御ブロックについては説明を省略する。第4の構成例では、支える指12において近接覚情報と触覚情報とを組み合わせることで、物体50に対する正確な接触位置と、物体50の位置姿勢とを得ることができ、状況に応じて柔軟で安定的な把持が可能となる。

[0124] ロボットハンド10は、制御ブロックとして、センシング部110と、制御部120とを備える。

[0125] センシング部110は、支える指12の制御ブロックとして、触覚情報検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107とを有する。

[0126] センシング部110は、握り込む指11の制御ブロックとして、触覚情報検出部100と、滑り検出部101と、接触検出部104と、接触位置推定部106と、接触面法線推定部107と、距離情報検出部109とを有する。

[0127] また、センシング部110は、把持力算出部102と、物体位置・姿勢算出部108とを有する。

[0128] 制御部120は、各関節トルク算出部200と、運動制御部201と、アクチュエータ部202とを有する。

[0129] 支える指12の制御ブロックにおける触覚情報検出部100は、支える指12に設けられた触覚センサ、および支える指12に設けられた触覚センサからのセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。

[0130] 支える指12の制御ブロックにおける距離情報検出部109は、支える指12に設けられた近接覚センサとしての測距センサ、および測距センサから

のセンサ信号を処理するセンサ信号取得処理部を含む。

[0131] 支える指12の制御ブロックにおける滑り検出部101は、支える指12の制御ブロックにおける触覚情報検出部100からの情報を利用して滑り量を算出する。

[0132] 支える指12の制御ブロックにおける接触検出部104は、支える指12に設けられた触覚センサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触の有無を検出する。

[0133] 支える指12の制御ブロックにおける接触位置推定部106は、支える指12に設けられた触覚センサおよび測距センサの検出結果に基づいて、物体50に対する接触位置を推定する。

[0134] 支える指12の制御ブロックにおける接触面法線推定部107は、支える指12に設けられた触覚センサおよび測距センサの検出結果に基づいて、接触面法線を推定する。

[0135] 把持力算出部102は、握り込む指11および支える指12の制御ブロックにおける滑り検出部101により算出された滑り量を利用して把持力を算出する。

[0136] [1.2 動作]

(制御動作の第1の例)

図18は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御動作の第1の例を概略的に示すフローチャートである。図18には、図14に示した第1の構成例と同様に、ハンド10の構成として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12にトルクセンサが設けられている場合の制御動作の例を示す。また、図18には、握り込む指11は、2自由度のピッチ軸 $A_p$ を有し、支える指12には根元からオフセットした位置に1自由度のヨー軸 $A_y$ を有する場合の制御動作の例を示す。また、図18には、物体50の重心位置が既知の場合の制御動作の例を示す。

[0137] ハンド10では、握り込む指11に対する制御動作として、まず、握り込む動作が行われる(ステップS111)。次に、握り込む指11に対する制

御動作として、触覚センサの検出結果に基づいて、握り込む指11と物体50との接触が検出される（ステップS112）。次に、握り込む指11に対する制御動作として、触覚センサの検出結果に基づいて初期滑りが検出され、把持力が決定される（ステップS113）。次に、握り込む指11に対する制御動作として、触覚センサの検出結果に基づいて、接触位置、および接触面法線が検出される（ステップS114）。

[0138] 一方、支える指12に対する制御動作として、まず、ヨー軸 $A_y$ を中心に回転移動することにより、支える指12を開く動作が行われる（ステップS211）。次に、支える指12に対する制御動作として、トルクセンサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触が検出される（ステップS212）。次に、支える指12に対する制御動作として、支える指12の関節角度と接触情報とから物体把持部幅が算出推定される（ステップS213）。次に、支える指12に対する制御動作として、物体把持部幅に基づいて、接触位置、および接触面法線が検出される（ステップS214）。

[0139] 次に、ハンド10では、握り込む指11および支える指12における物体50に対する接触位置、および接触面法線に基づいて、物体位置・姿勢を算出する（ステップS311）。次に、ハンド10では、力・モーメントのつりあい制御、および物体50の位置姿勢制御によって握り込む指11および支える指12のアクチュエータに対する指令トルクを算出する（ステップS312）。

[0140] （制御動作の第2の例）

図19は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御動作の第2の例を概略的に示すフローチャートである。図19には、図14に示した第1の構成例と同様に、ハンド10の構成として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12にトルクセンサが設けられている場合の制御動作の例を示す。また、図19には、握り込む指11は、2自由度のピッチ軸 $A_p$ を有し、支える指12には根元からオフセットした位置に1自由度のヨー軸 $A_y$ を有する場合の制御動作の例を示す。また、図19には、物体50の重

心位置が未知の場合の制御動作の例を示す。

[0141] 以下では、図18に示した制御動作の第1の例とは異なる部分についてのみ、説明する。

ハンド10では、支える指12に対する制御動作として、まず、物体50に働く重力方向とハンド姿勢との関係(図5、図6参照)が取得される(ステップS201)。次に、支える指12に対する制御動作として、物体50の重心位置(方向)が推定される(ステップS202)。次に、支える指12に対する制御動作として、支える指12を開く向き(ヨー軸回転方向)が決定される(ステップS203)。次に、支える指12に対する制御動作として、決定された方向に、ヨー軸Ayを中心に回転移動することにより、支える指12を開く動作が行われる(ステップS211)。以降の動作は、図18に示した制御動作の第1の例と同様である。

[0142] (制御動作の第3の例)

図20は、一実施の形態に係るロボットハンド10の制御動作の第3の例を概略的に示すフローチャートである。図20には、図14に示した第1の構成例と同様に、ハンド10の構成として、握り込む指11に触覚センサが設けられ、支える指12にトルクセンサが設けられている場合の制御動作の例を示す。また、図20には、握り込む指11は、2自由度のピッチ軸Apを有し、支える指12には握り込む指11の動作方向と直交する方向にリニア軸Alとピッチ軸Apとを有する場合の制御動作の例を示す。また、図20には、物体50の重心位置が未知の場合の制御動作の例を示す。

[0143] 以下では、図18に示した制御動作の第1の例とは異なる部分についてのみ、説明する。

ハンド10では、支える指12に対する制御動作として、まず、物体50に働く重力方向とハンド姿勢との関係が取得される(ステップS201)。次に、支える指12に対する制御動作として、物体50の重心位置(方向)が推定される(ステップS202)。支える指12に対する制御動作として、リニア軸Alに沿った方向の移動量(リニア制御量)が決定される(ステ

ップS204)。次に、支える指12に対する制御動作として、決定されたリニア制御量に基づいて、リニア軸A1に沿った方向への直線移動およびピッチ軸Apを中心にした回転動作の制御が行われる(ステップS205)。次に、支える指12に対する制御動作として、トルクセンサの検出結果に基づいて、支える指12と物体50との接触が検出される(ステップS212)。以降の動作は、図18に示した制御動作の第1の例と同様である。

[0144] [1.3 変形例]

一実施の形態に係るハンド10において、握り込む指11と同様に、指の根元以外の位置に、ピッチ軸回転が可能な少なくとも1つの関節20を有し、支える指12の角度を自由に変更可能に構成してもよい。支える指12の角度を自由に変更することで、握り込む動作と別な作業(例えば蓋開け、リップ出しなど)が実現できる。支える指12にピッチ軸Apを追加することで、操作の自由度はさらに向上する。

[0145] 図21および図22は、一実施の形態に係るロボットハンド10において、支える指を180°回転させた状態を概略的に示す外観図である。図23および図24は、一実施の形態に係るロボットハンド10において、支える指を180°回転させることによって物体50を把持した例を概略的に示す外観図である。

[0146] 図1に示したように握り込む指11と支える指12とが掌30を挟んで対向する状態から、図21および図22に示したように支える指12を180°回転させると、握り込む指11と支える指12とが掌30における同一径方向に重なる位置へ配置させることができる。この場合、握り込む指11と支える指12との距離を小さくすることができる。これにより、薄い物体50を把持する際に、物体50との接触面積を増やすことができ、安定した把持が実現可能となる。また、図23および図24に示したように、筒状の物体50を把持する際に、筒状の物体50の内側から指を挿入し、握り込む指11と支える指12とによって筒状の物体50を内側から把持することができる。筒状の物体50を、雑多な環境、狭い環境において把持することが可

能となる。

[0147] 図25は、一実施の形態に係るロボットハンド10において、複数の支える指12を備えた構成例を概略的に示す外観図である。図26および図27は、一実施の形態に係るロボットハンド10において、複数の支える指12によって物体50を把持した例を概略的に示す外観図である。

[0148] ハンド10において、複数の支える指12を備えた構成であってもよい。この場合、複数の支える指12は、同一の方向（例えば同一のヨー軸Ayを中心にした回転方向）に移動可能であってもよい。複数の支える指12のそれぞれの位置を調整することで、指幅を調整することができる。これにより、図26および図27に示したように、指幅を広くして力を分散させることで、物体50の安定した把持が可能となる。また、指先で大きな物体面を押すような動作をする場合、指先面を広くして力を分散させることで、安定した動作が可能となる。

[0149] また、複数の支える指12をオフセットした配置にした場合、支える指12の厚みを調整することができる。

[0150] [1.4 効果]

以上説明したように、一実施の形態に係るロボットハンド10によれば、握り込む指11による握り込む動作が行われている状態で、握り込む指11による握り込む動作方向に対して直交する方向に支える指12を移動させながら物体50を支える動作が可能となる。これにより、物体50の安定把持を行うことが可能となる。

[0151] 一実施の形態に係るロボットハンド10によれば、物体幅によらずpower graspが可能となる。一実施の形態に係るロボットハンド10では、ハンドの機能構成を、「握る」、「支える」の二つに分け、「握る」機能でpower graspの一部の動作を担い、「支える」機能で物体幅に応じた把持の調整が可能となる。また、支点位置の調整により、モーメントが大きな物体50も安定的に把持することができ、把持安定性が向上する。一実施の形態に係るロボットハンド10によれば、把持部幅が小さく、重

量および慣性が大きな物体50であっても、安定把持を行うことが可能となる。握り込む指11の動作方向に対して直交する方向にオフセットできる支える指12を実現することで、握り込む指11と支える指12との間で干渉しないように支えながら握り込む動作が可能となる。また、支点から力点までの距離を長く取ることが可能になり、重量および慣性の大きな物体50の安定把持を実現することが可能となる。

[0152] なお、本明細書に記載された効果はあくまでも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。以降の他の実施の形態の効果についても同様である。

[0153] <2. その他の実施の形態>

本開示による技術は、上記一実施の形態の説明に限定されず種々の変形実施が可能である。

[0154] 例えば、本技術は以下のような構成を取ることでもできる。

以下の構成の本技術によれば、第1指による握り込む動作が行われている状態で、第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に第2指を移動させながら物体を支える動作が可能となる。これにより、物体の安定把持を行うことが可能なロボットハンドを提供可能となる。

[0155] (1)

物体に対して握り込む動作が可能となるように構成された第1指と、  
前記第1指による握り込む動作が行われている状態で、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に移動しながら前記物体を支える動作が可能となるように構成された第2指と  
を備える  
ロボットハンド。

(2)

前記第2指は、前記第2指の根元からオフセットした位置にあるヨー軸を中心に回転移動することが可能である

上記(1)に記載のロボットハンド。

(3)

前記第2指は、前記第1指に対して干渉しないように前記ヨ一軸を中心に360°回転可能である

上記(2)に記載のロボットハンド。

(4)

前記第2指は、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるリニア軸に沿った方向に直線移動することが可能である

上記(1)に記載のロボットハンド。

(5)

前記第2指は、さらに、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるピッチ軸を中心に回転動作することが可能である

上記(4)に記載のロボットハンド。

(6)

円形状の掌をさらに備え、

前記第2指は、前記掌とは独立して移動可能である

上記(1)ないし(5)のいずれか1つに記載のロボットハンド。

(7)

前記第2指の内側面に設けられた触覚センサ、および前記第2指の根元に設けられたトルクセンサのうち少なくとも1つのセンサと、

前記触覚センサ、および前記トルクセンサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、前記第2指と前記物体との接触を検出する接触検出部と

を備える

上記(1)ないし(6)のいずれか1つに記載のロボットハンド。

(8)

前記接触検出部による検出結果に基づいて、前記第2指の動作制御を行う制御部、

をさらに備える

上記（7）に記載のロボットハンド。

（9）

前記第2指および前記物体の位置を検出可能な近接覚センサ、および前記第2指の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも1つのセンサと、  
前記近接覚センサ、および前記触覚センサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、前記第2指の内側面における前記物体に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部と

を備える

上記（1）ないし（8）のいずれか1つに記載のロボットハンド。

（10）

前記推定部による推定結果に基づいて、前記物体の位置および姿勢を算出する位置姿勢算出部と、

前記位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、前記第1指および前記第2指の動作制御を行う制御部と

をさらに備える

上記（9）に記載のロボットハンド。

（11）

前記第2指の関節角度および前記第2指と前記物体との接触情報に基づいて前記第1指と前記第2指とによる物体把持部幅を推定し、推定された前記物体把持部幅に基づいて前記第2指の内側面における前記物体に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部、をさらに備える

上記（1）ないし（8）のいずれか1つに記載のロボットハンド。

（12）

前記推定部による推定結果に基づいて、前記物体の位置および姿勢を算出する位置姿勢算出部と、

前記位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、前記第1指および前記第2指の動作制御を行う制御部と

をさらに備える

上記（１１）に記載のロボットハンド。

（１３）

前記第１指および前記第２指のうち少なくとも１つに設けられた触覚センサおよび柔軟層と、

前記触覚センサの検出結果に基づいて、前記第１指または前記第２指と前記物体との初期滑りを検出する滑り検出部と、

前記滑り検出部による前記初期滑りの検出結果に基づいて前記物体を把持する把持力を算出する把持力算出部と

をさらに備える

上記（１）ないし（１２）のいずれか１つに記載のロボットハンド。

（１４）

前記把持力算出部による算出結果に基づいて、前記第１指および前記第２指の動作制御を行う制御部、をさらに備える

上記（１３）に記載のロボットハンド。

（１５）

前記物体の重心位置を推定する重心位置推定部と、

前記第２指の前記物体を支える位置を、前記物体の重心位置と、前記物体に働く重力方向と、前記第１指による握り込む動作の方向との関係に基づいて決定する制御部と

をさらに備える

上記（１）ないし（１４）のいずれか１つに記載のロボットハンド。

（１６）

前記第２指または前記第２指とは異なる位置に設けられた近接覚センサ、前記第２指の根元に設けられたトルクセンサ、および前記第２指の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも１つのセンサ、をさらに備え、

前記重心位置推定部は、前記近接覚センサ、前記触覚センサ、および前記トルクセンサのうち少なくとも１つのセンサの検出結果に基づいて、前記物体の重心位置を推定する

上記（１５）に記載のロボットハンド。

（１７）

前記第２指を複数、備え、

前記複数の第２指は、同一の方向に移動可能である

上記（１）ないし（１６）のいずれか１つに記載のロボットハンド。

[0156] 本出願は、日本国特許庁において２０２３年３月９日に出願された日本特許出願番号第２０２３－０３６３１８号を基礎として優先権を主張するものであり、この出願のすべての内容を参照によって本出願に援用する。

[0157] 当業者であれば、設計上の要件や他の要因に応じて、種々の修正、コンビネーション、サブコンビネーション、および変更を想到し得るが、それらは添付の請求の範囲やその均等物の範囲に含まれるものであることが理解される。

## 請求の範囲

- [請求項1] 物体に対して握り込む動作が可能となるように構成された第1指と、  
前記第1指による握り込む動作が行われている状態で、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向に移動しながら前記物体を支える動作が可能となるように構成された第2指とを備える  
ロボットハンド。
- [請求項2] 前記第2指は、前記第2指の根元からオフセットした位置にあるヨ一軸を中心に回転移動することが可能である  
請求項1に記載のロボットハンド。
- [請求項3] 前記第2指は、前記第1指に対して干渉しないように前記ヨ一軸を中心に360°回転可能である  
請求項2に記載のロボットハンド。
- [請求項4] 前記第2指は、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるリニア軸に沿った方向に直線移動することが可能である  
請求項1に記載のロボットハンド。
- [請求項5] 前記第2指は、さらに、前記第1指による握り込む動作方向に対して直交する方向にあるピッチ軸を中心に回転動作することが可能である  
請求項4に記載のロボットハンド。
- [請求項6] 円形状の掌をさらに備え、  
前記第2指は、前記掌とは独立して移動可能である  
請求項1に記載のロボットハンド。
- [請求項7] 前記第2指の内側面に設けられた触覚センサ、および前記第2指の根元に設けられたトルクセンサのうち少なくとも1つのセンサと、  
前記触覚センサ、および前記トルクセンサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づいて、前記第2指と前記物体との接触を検出

する接触検出部と

をさらに備える

請求項 1 に記載のロボットハンド。

[請求項8] 前記接触検出部による検出結果に基づいて、前記第 2 指の動作制御を行う制御部、

をさらに備える

請求項 7 に記載のロボットハンド。

[請求項9] 前記第 2 指および前記物体の位置を検出可能な近接覚センサ、および前記第 2 指の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも 1 つのセンサと、

前記近接覚センサ、および前記触覚センサのうち少なくとも 1 つのセンサの検出結果に基づいて、前記第 2 指の内側面における前記物体に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部と

をさらに備える

請求項 1 に記載のロボットハンド。

[請求項10] 前記推定部による推定結果に基づいて、前記物体の位置および姿勢を算出する位置姿勢算出部と、

前記位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、前記第 1 指および前記第 2 指の動作制御を行う制御部と

をさらに備える

請求項 9 に記載のロボットハンド。

[請求項11] 前記第 2 指の関節角度および前記第 2 指と前記物体との接触情報に基づいて前記第 1 指と前記第 2 指とによる物体把持部幅を推定し、推定された前記物体把持部幅に基づいて前記第 2 指の内側面における前記物体に対する接触位置および接触面法線を推定する推定部、をさらに備える

請求項 1 に記載のロボットハンド。

[請求項12] 前記推定部による推定結果に基づいて、前記物体の位置および姿勢

を算出する位置姿勢算出部と、

前記位置姿勢算出部による算出結果に基づいて、前記第1指および前記第2指の動作制御を行う制御部と

をさらに備える

請求項11に記載のロボットハンド。

[請求項13] 前記第1指および前記第2指のうち少なくとも1つに設けられた触覚センサおよび柔軟層と、

前記触覚センサの検出結果に基づいて、前記第1指または前記第2指と前記物体との初期滑りを検出する滑り検出部と、

前記滑り検出部による前記初期滑りの検出結果に基づいて前記物体を把持する把持力を算出する把持力算出部と

をさらに備える

請求項1に記載のロボットハンド。

[請求項14] 前記把持力算出部による算出結果に基づいて、前記第1指および前記第2指の動作制御を行う制御部、をさらに備える

請求項13に記載のロボットハンド。

[請求項15] 前記物体の重心位置を推定する重心位置推定部と、

前記第2指の前記物体を支える位置を、前記物体の重心位置と、前記物体に働く重力方向と、前記第1指による握り込む動作の方向との関係に基づいて決定する制御部と

をさらに備える

請求項1に記載のロボットハンド。

[請求項16] 前記第2指または前記第2指とは異なる位置に設けられた近接覚センサ、前記第2指の根元に設けられたトルクセンサ、および前記第2指の内側面に設けられた触覚センサのうち少なくとも1つのセンサ、をさらに備え、

前記重心位置推定部は、前記近接覚センサ、前記触覚センサ、および前記トルクセンサのうち少なくとも1つのセンサの検出結果に基づ

いて、前記物体の重心位置を推定する

請求項 15 に記載のロボットハンド。

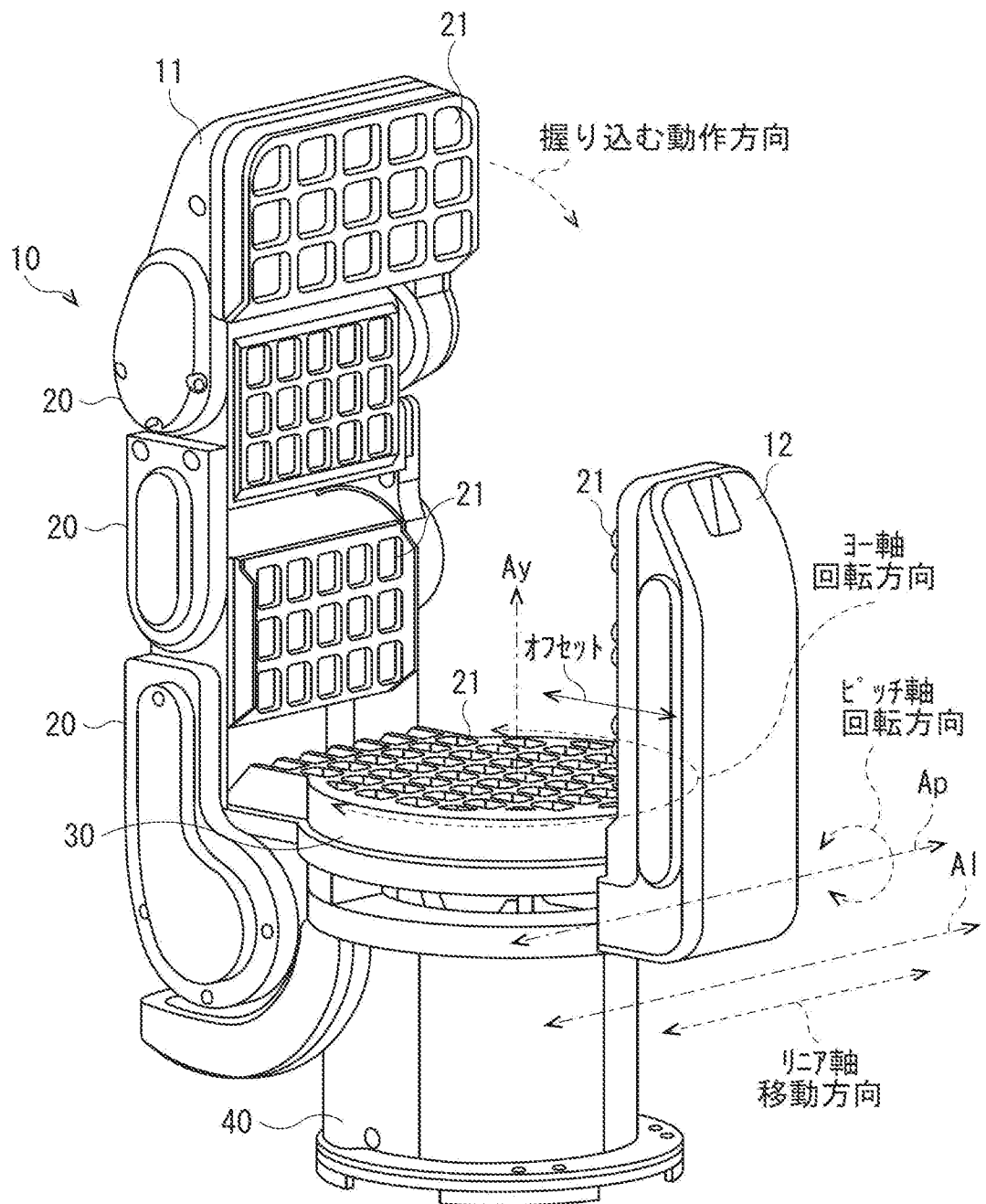
[請求項17]

前記第 2 指を複数、備え、

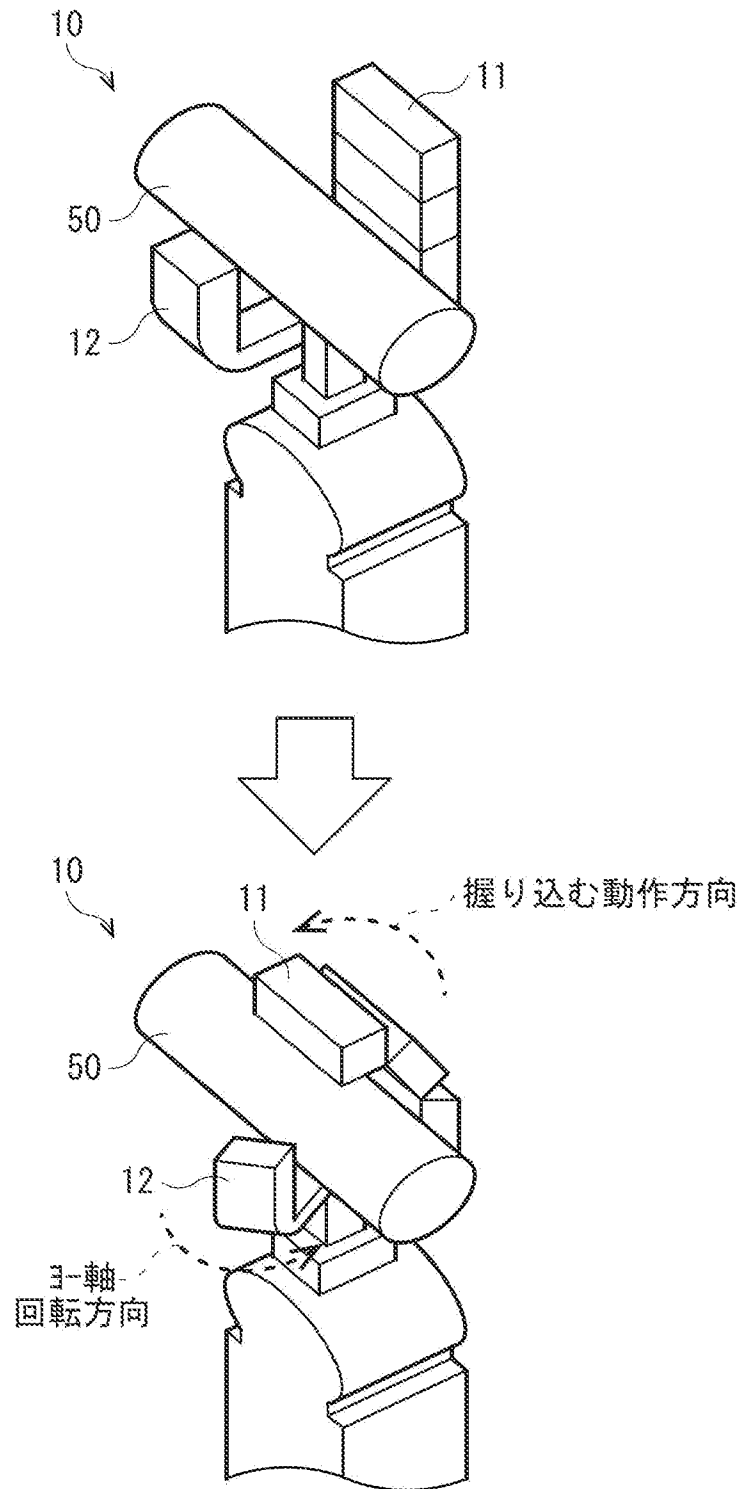
前記複数の第 2 指は、同一の方向に移動可能である

請求項 1 に記載のロボットハンド。

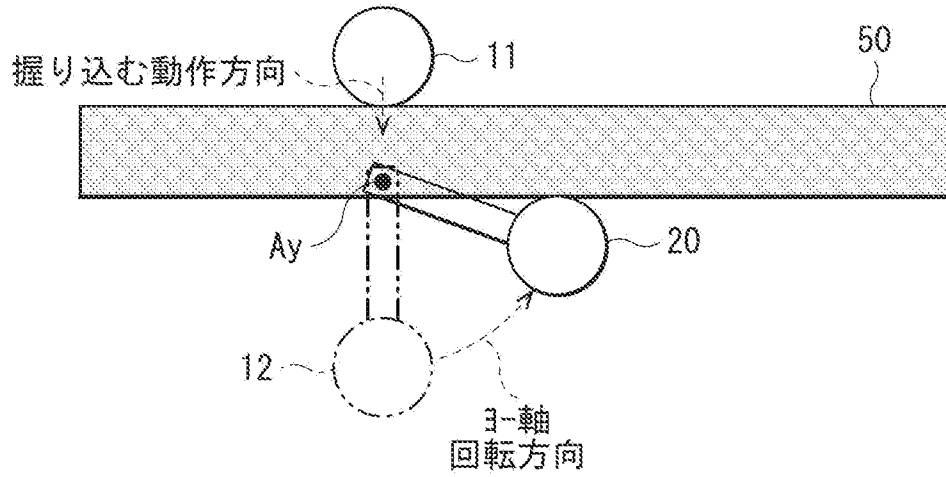
[図1]



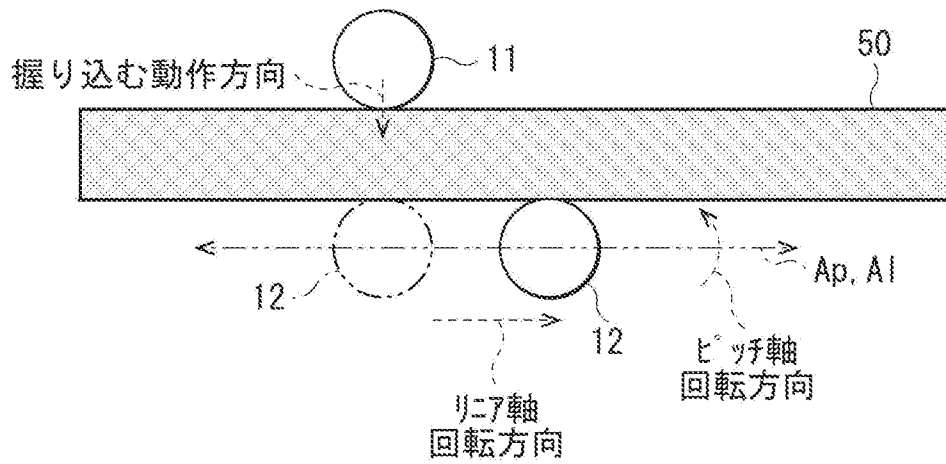
[図2]



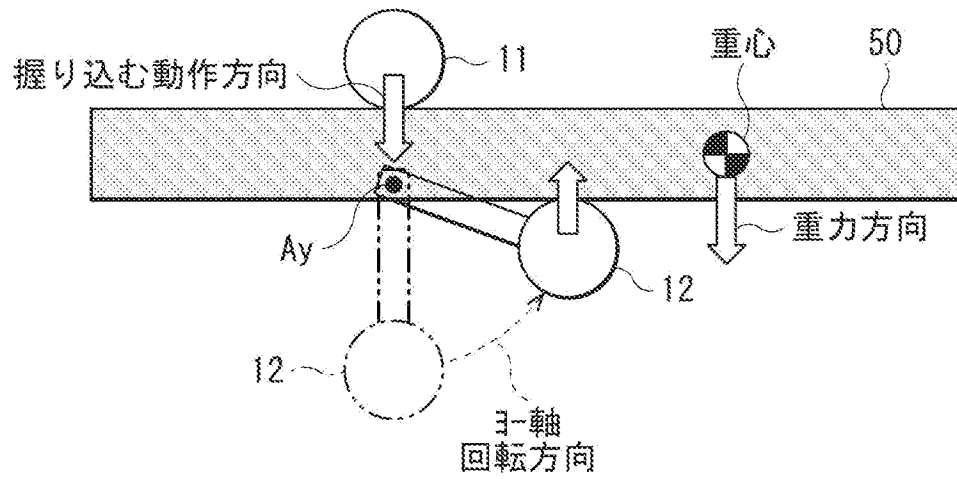
[図3]



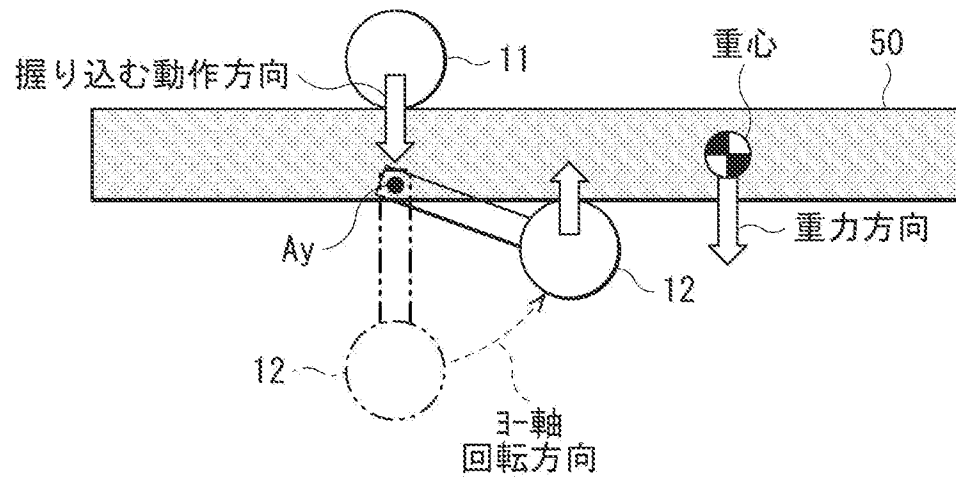
[図4]



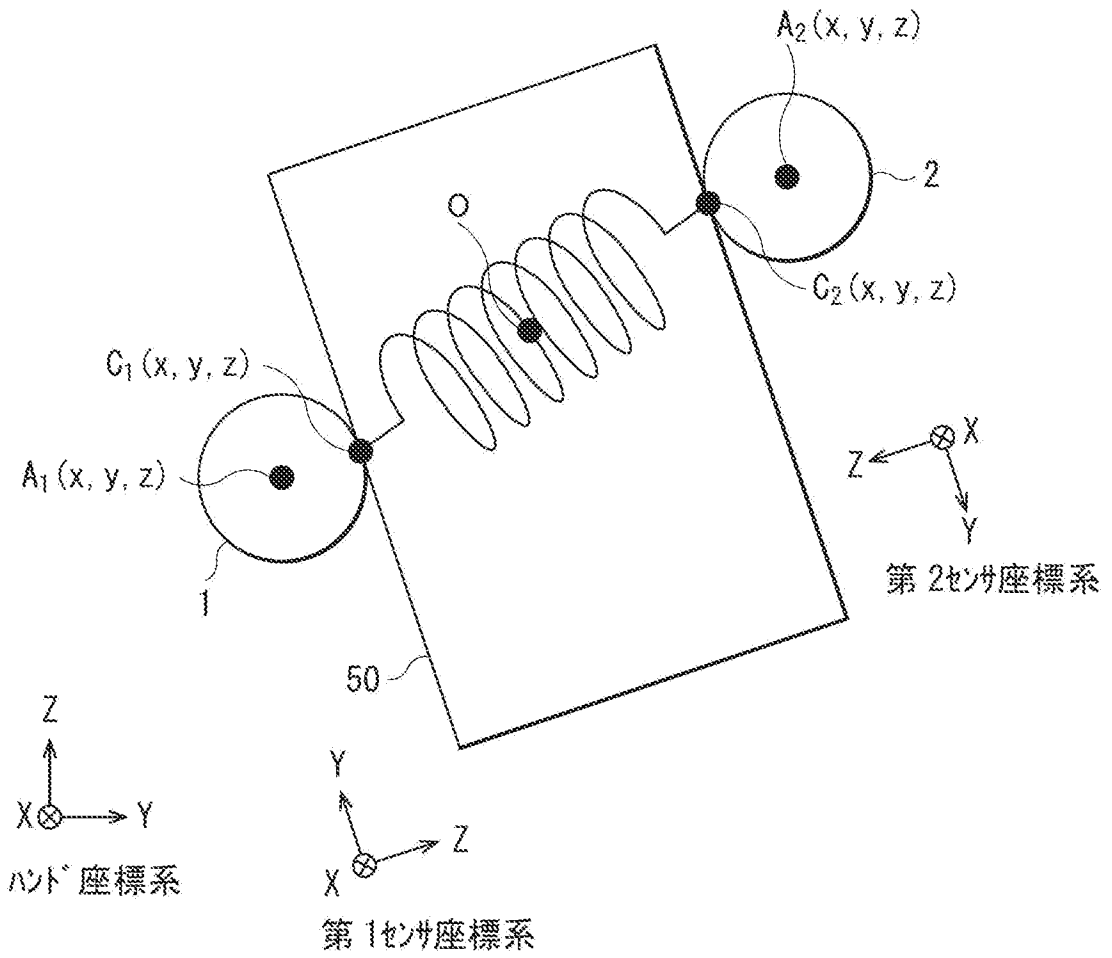
[図5]



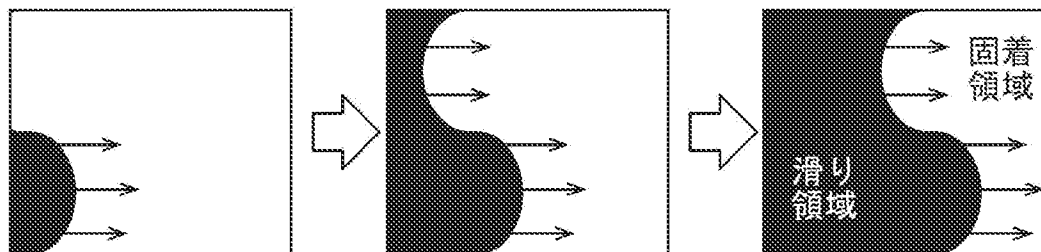
[図6]



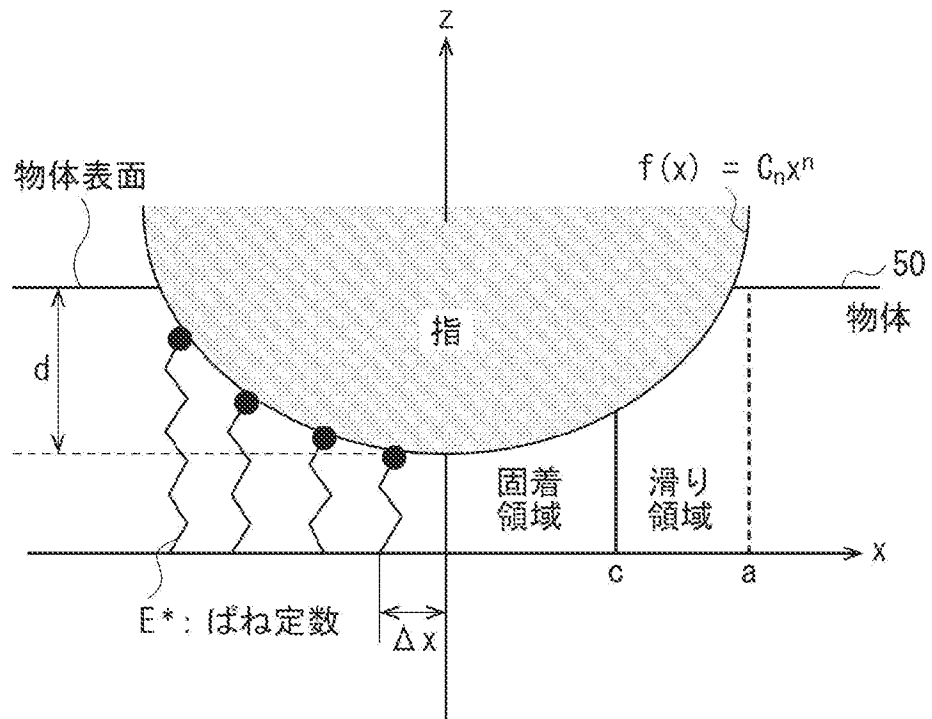
[図7]



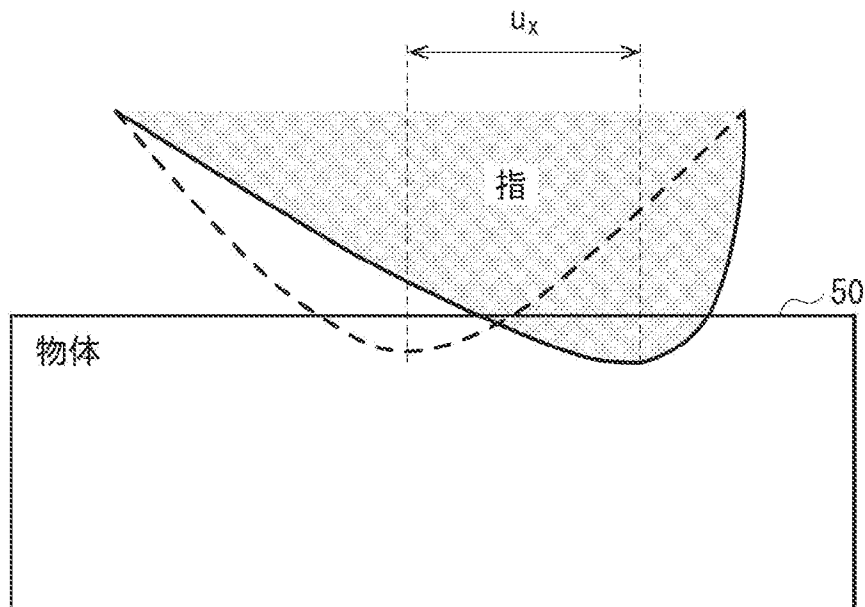
[図8]



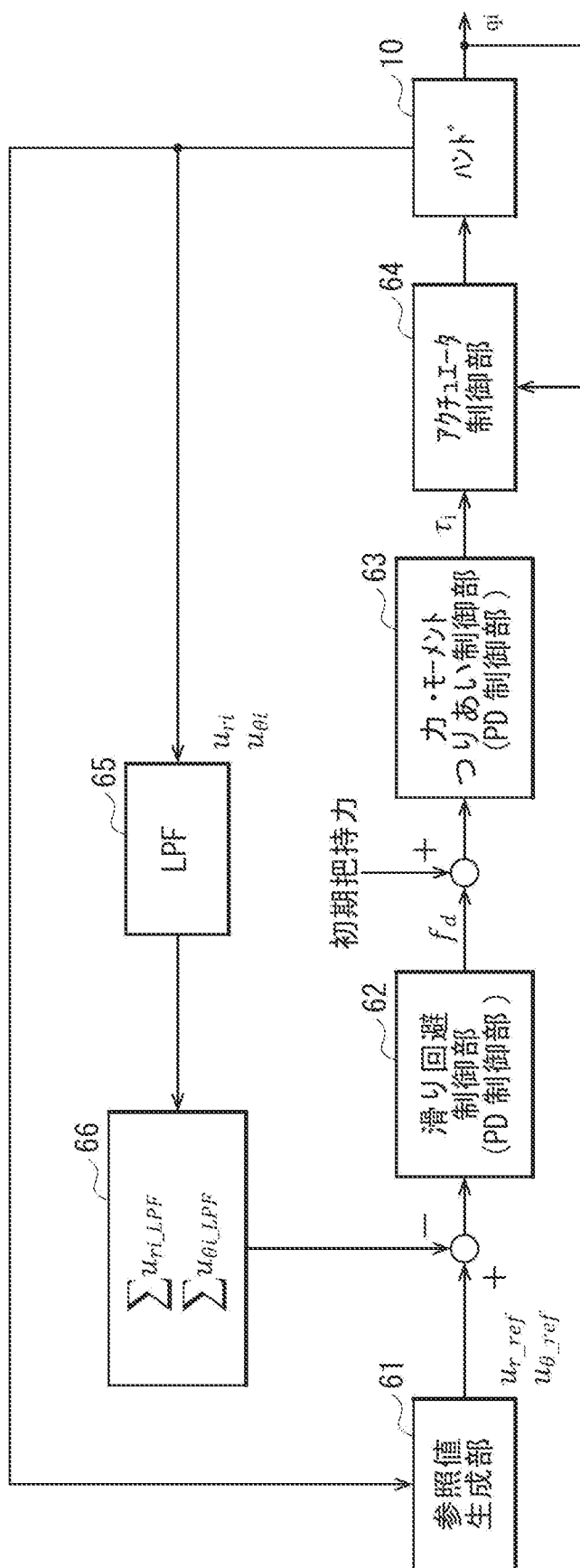
[図9]



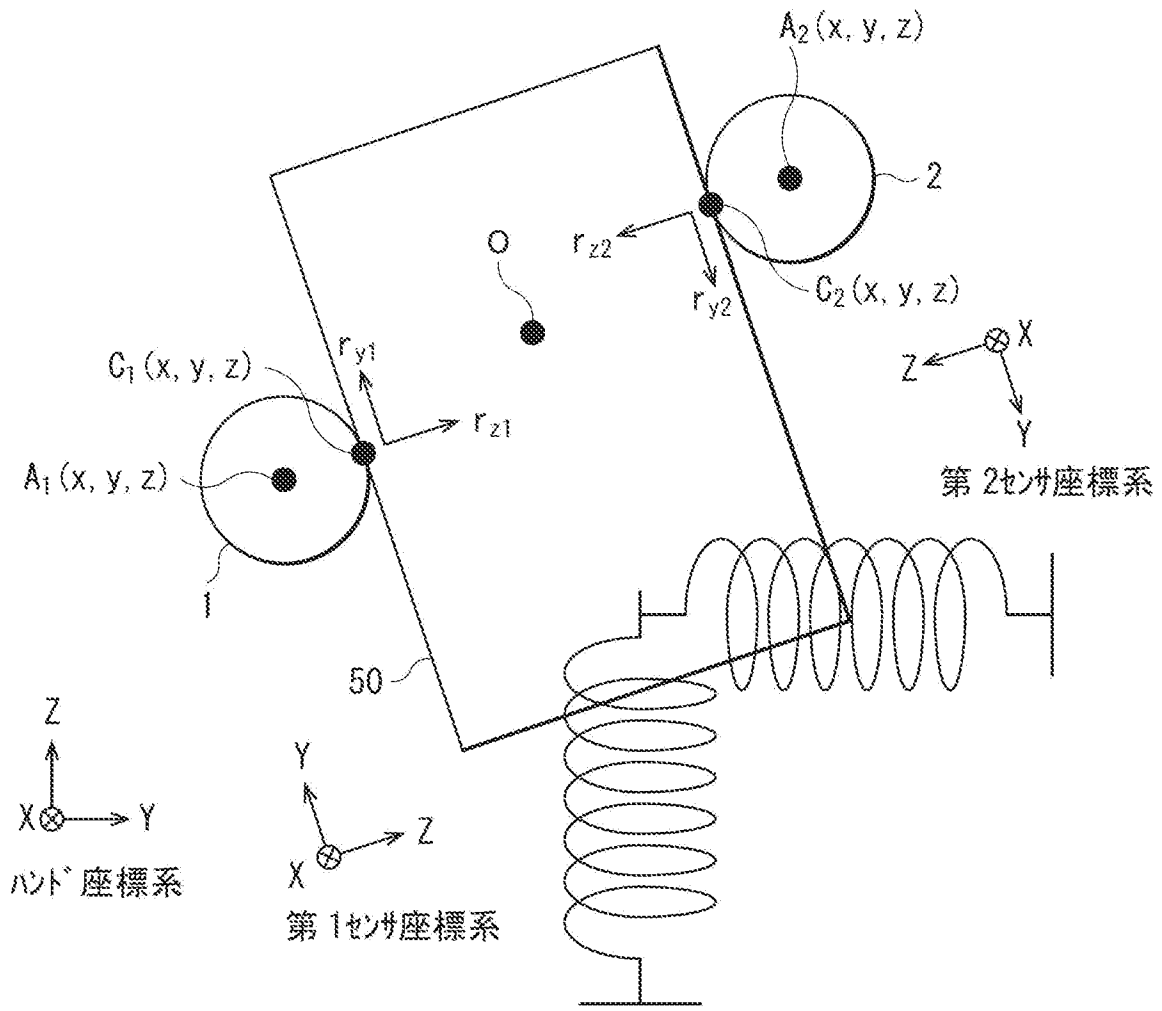
[図10]



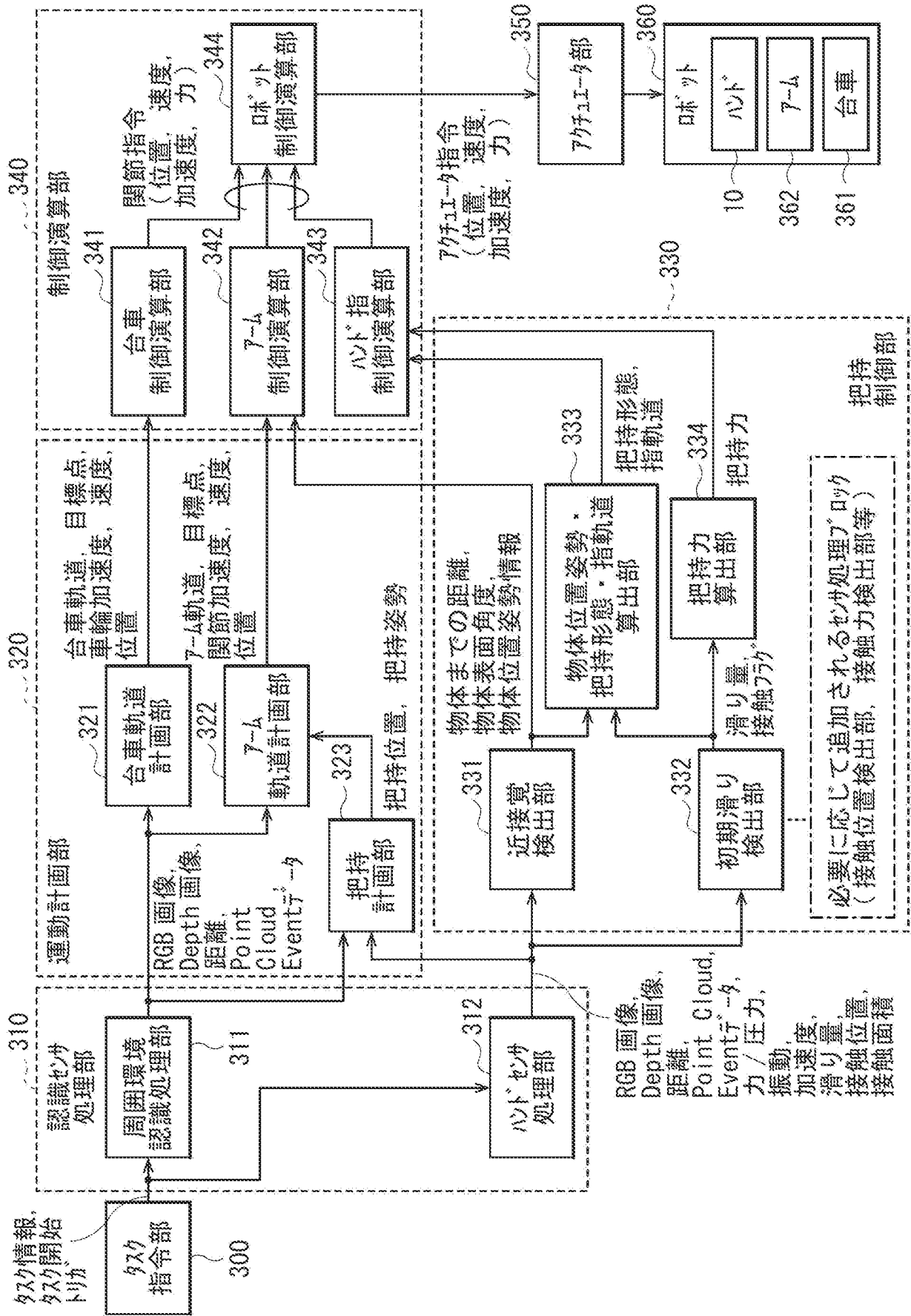
[図11]



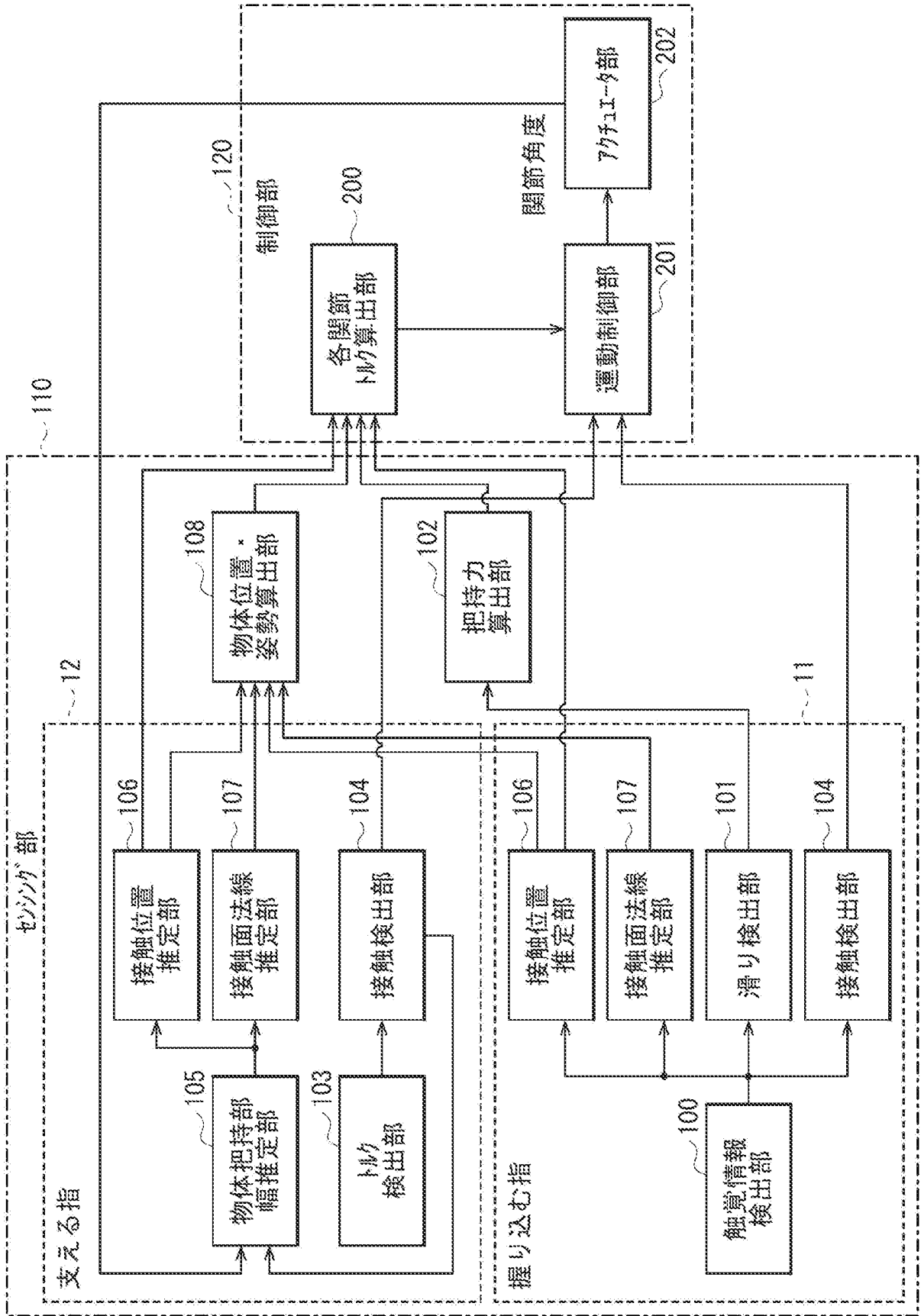
[図12]



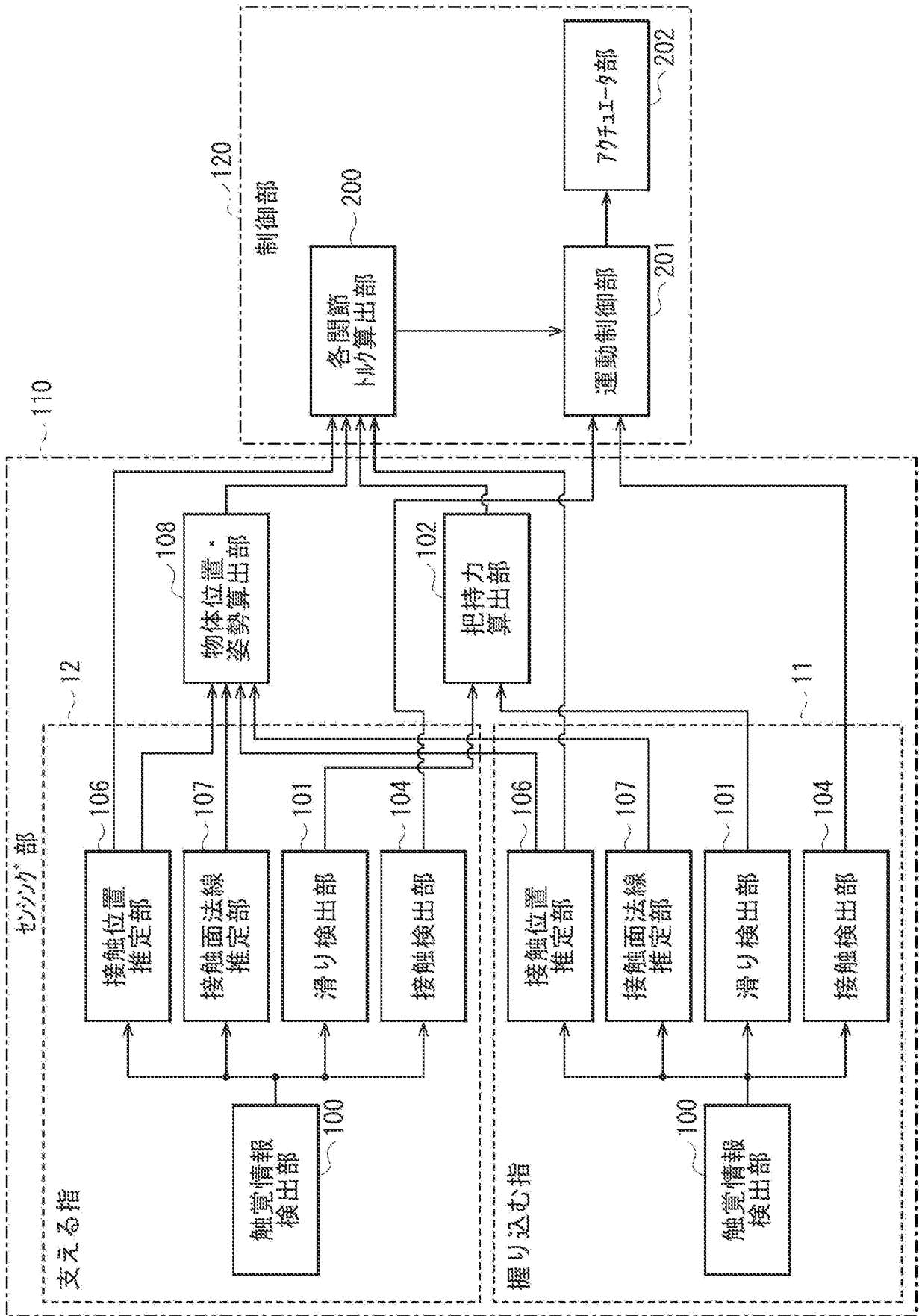
[図13]



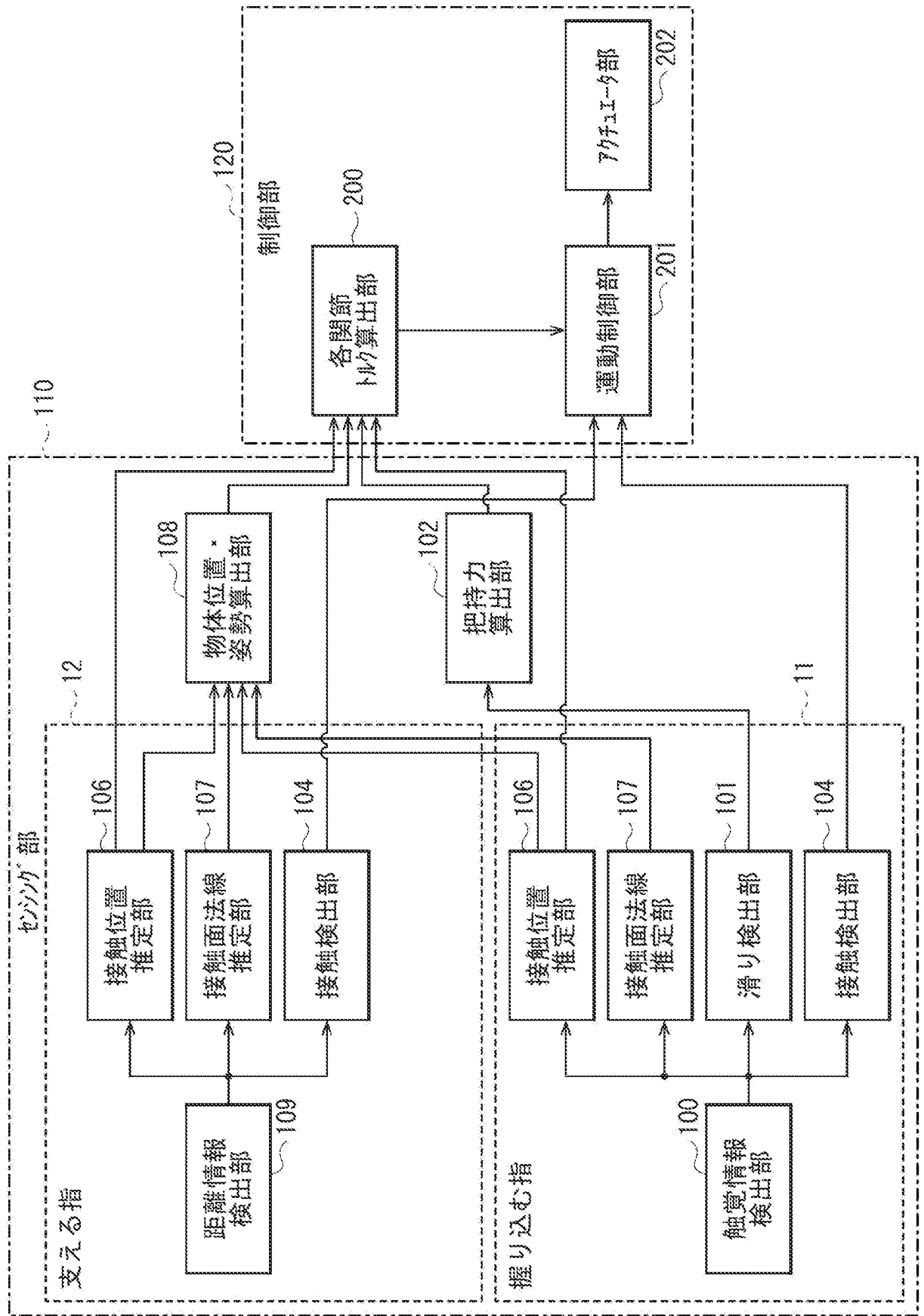
[図14]



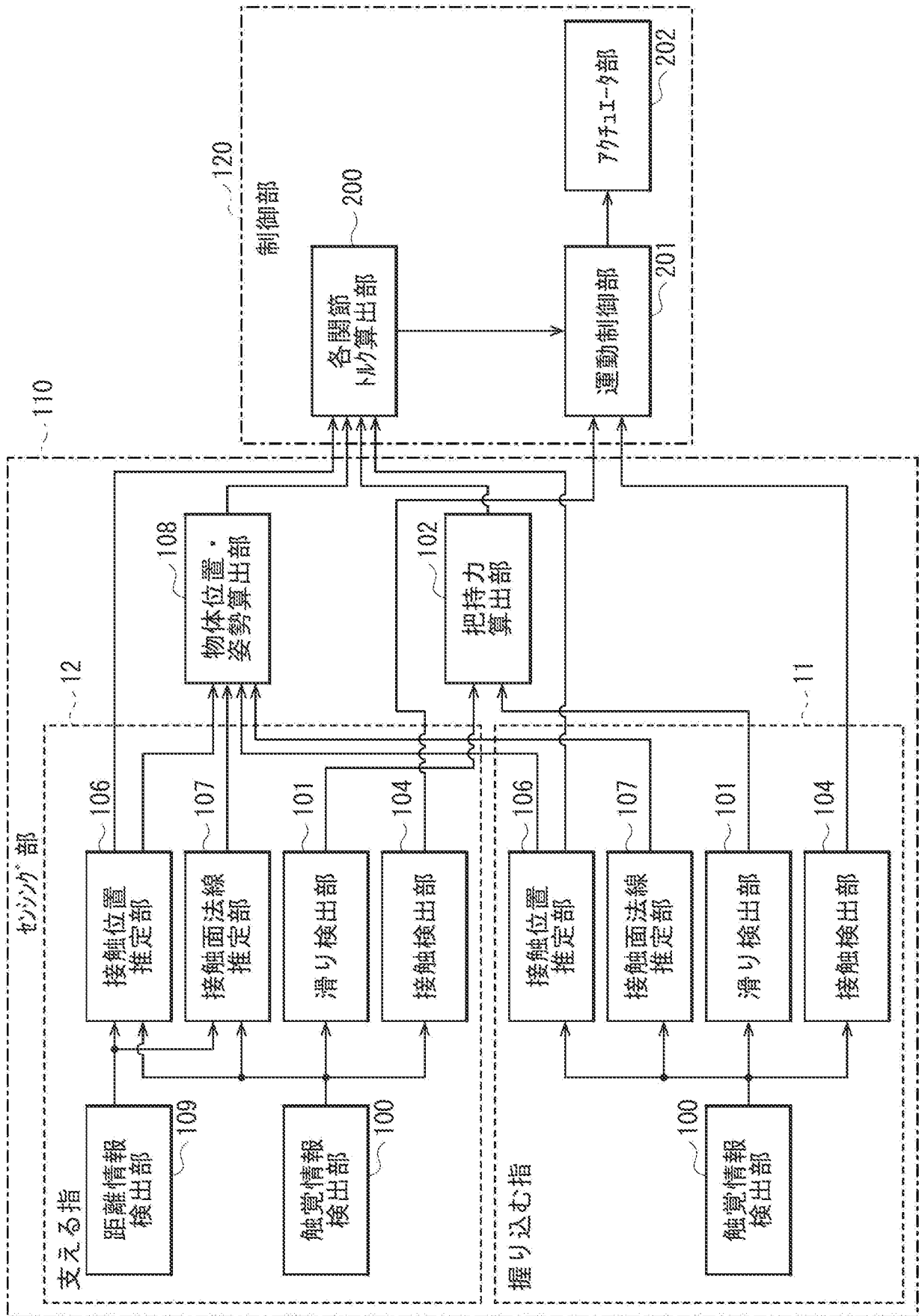
[図15]



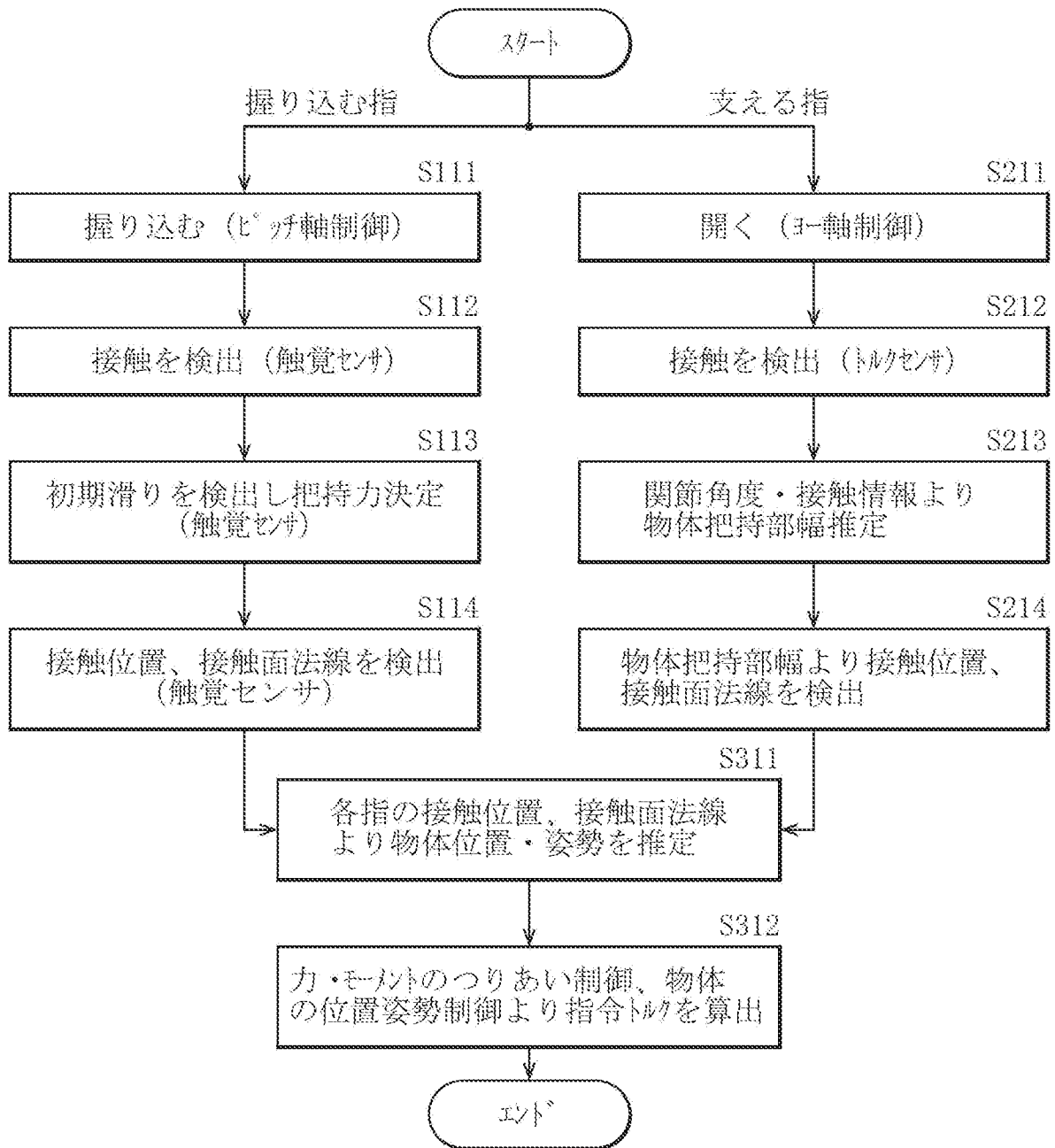
[図16]



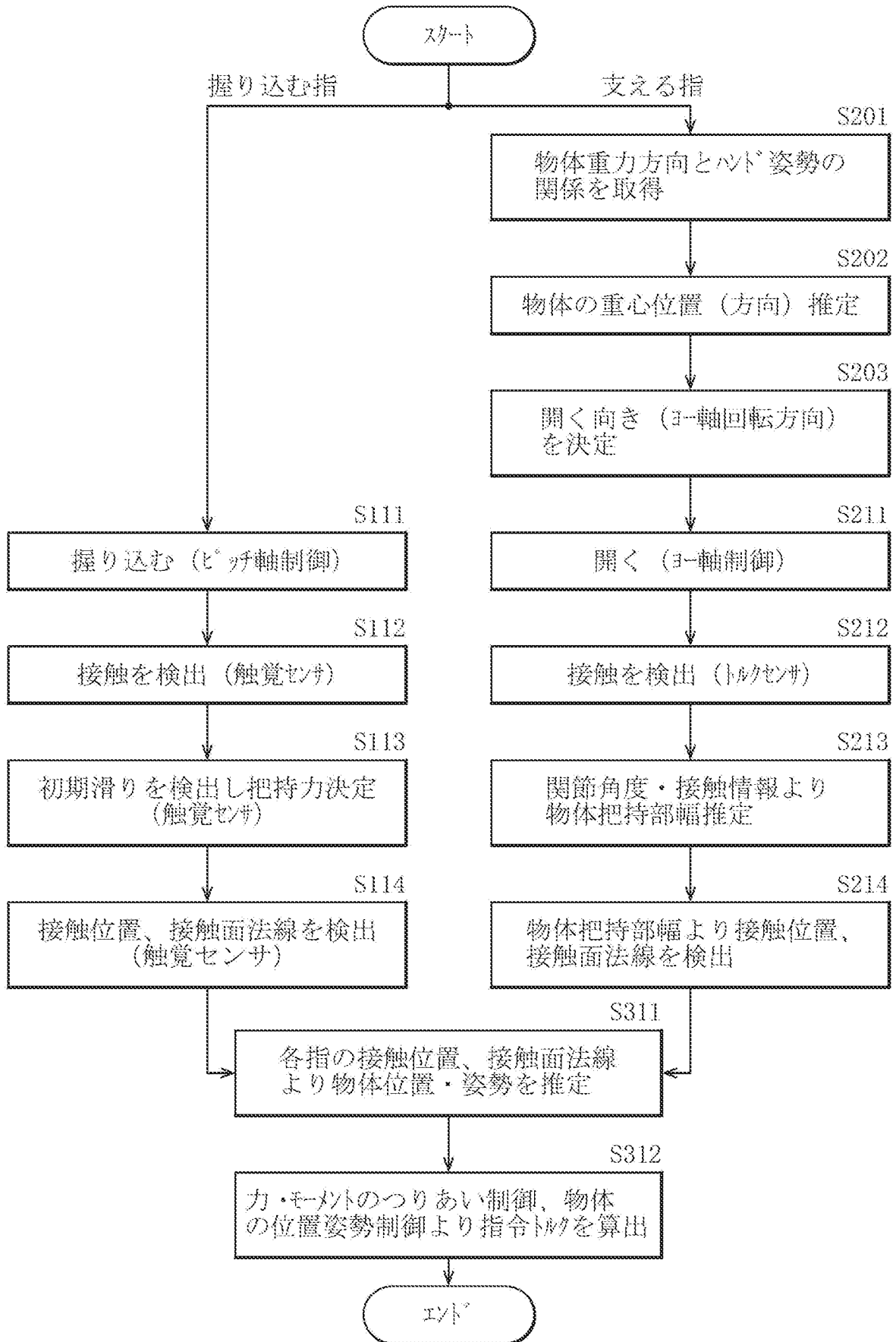
[図17]



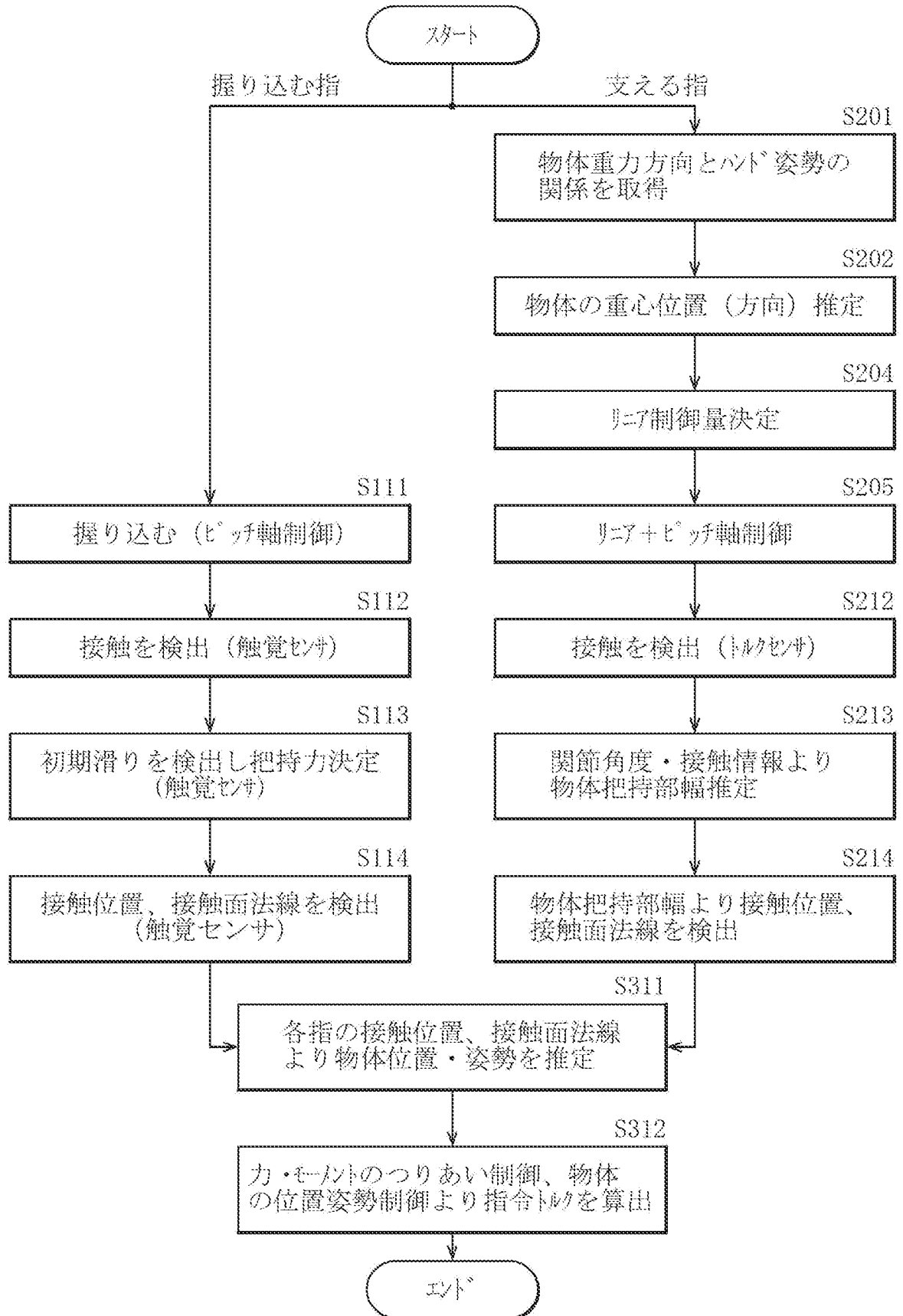
[図18]



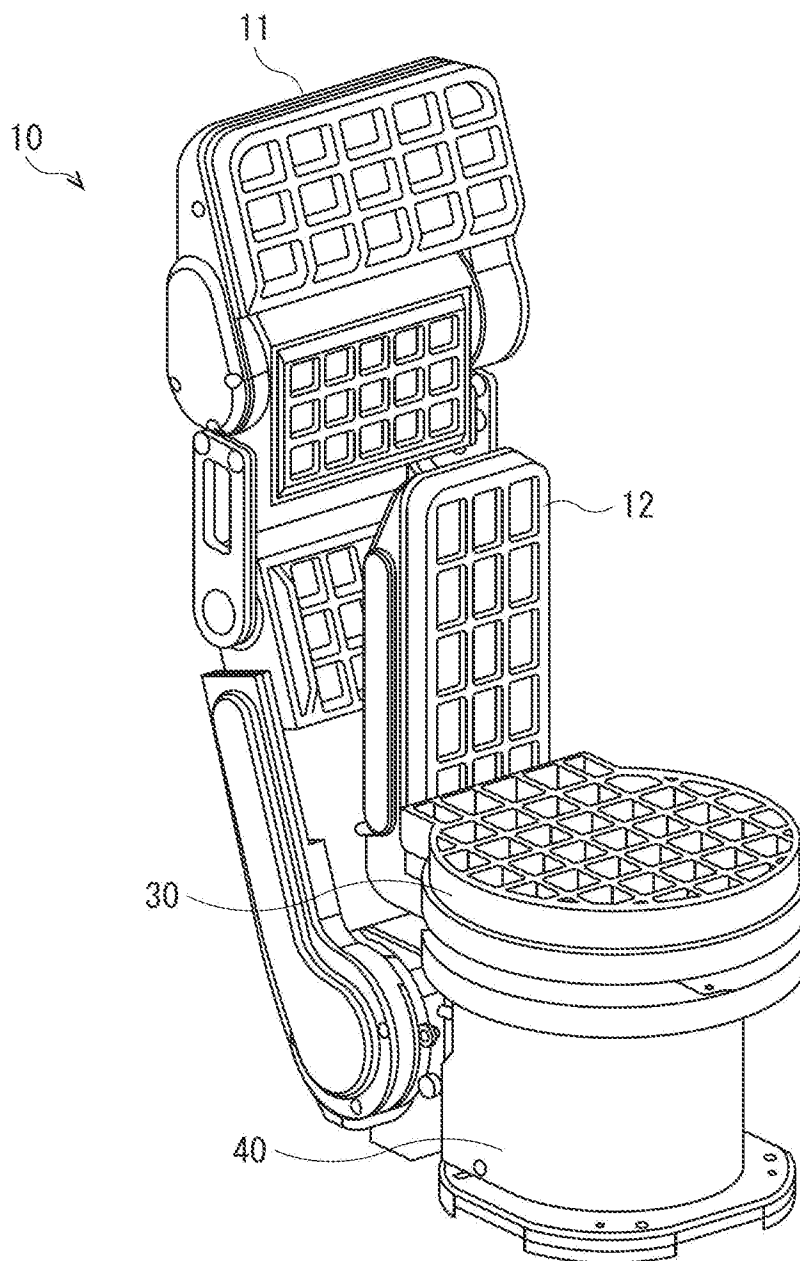
[図19]



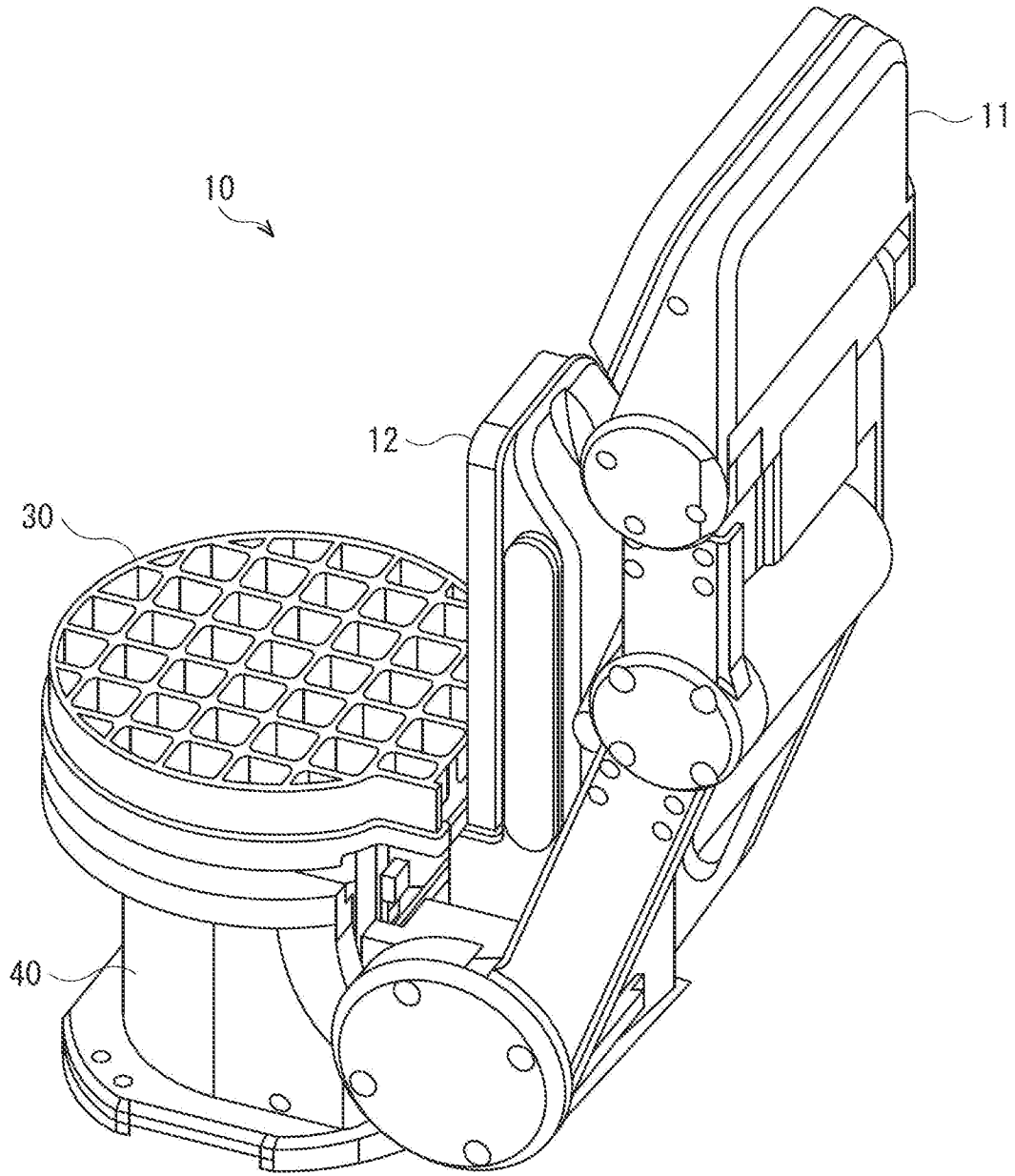
[図20]



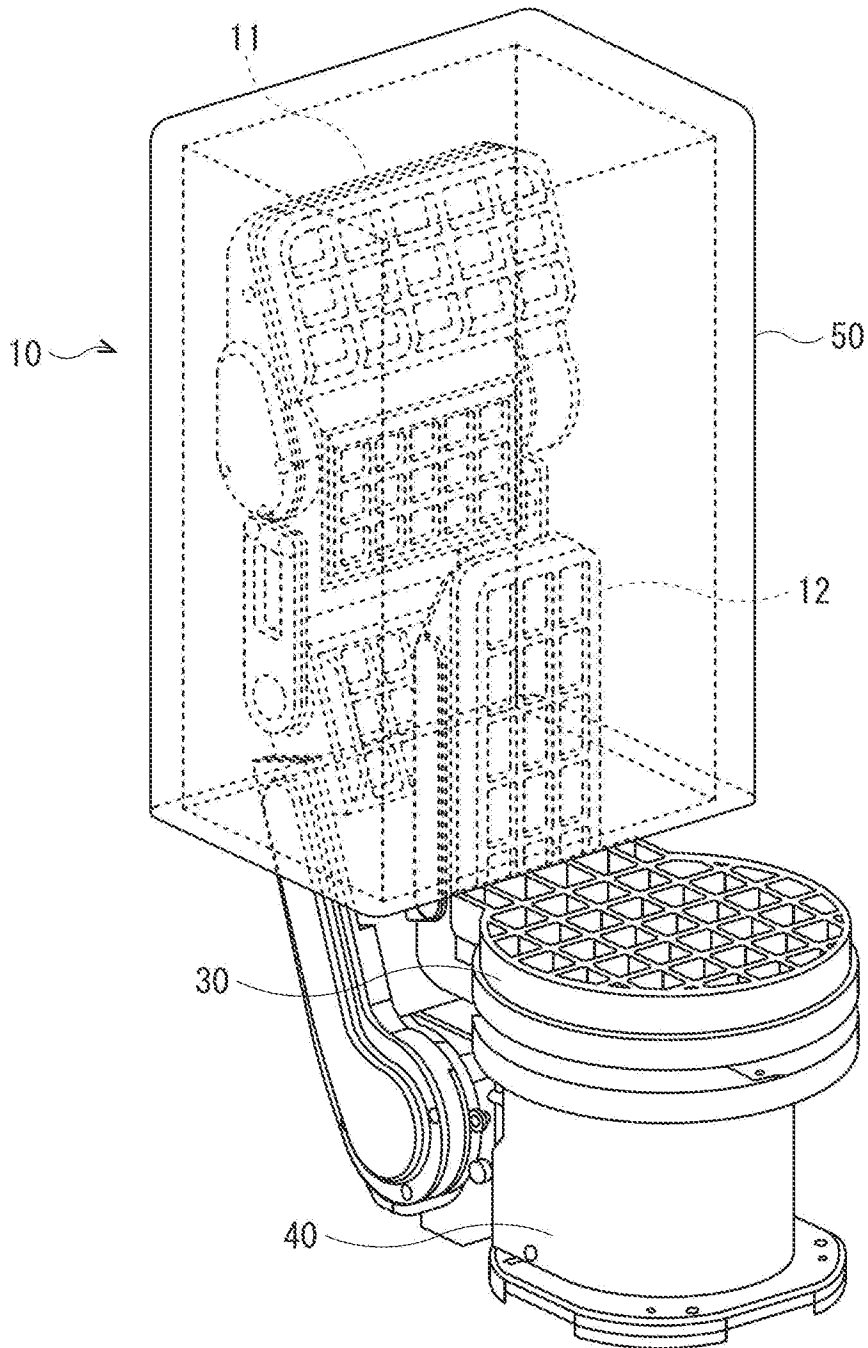
[図21]



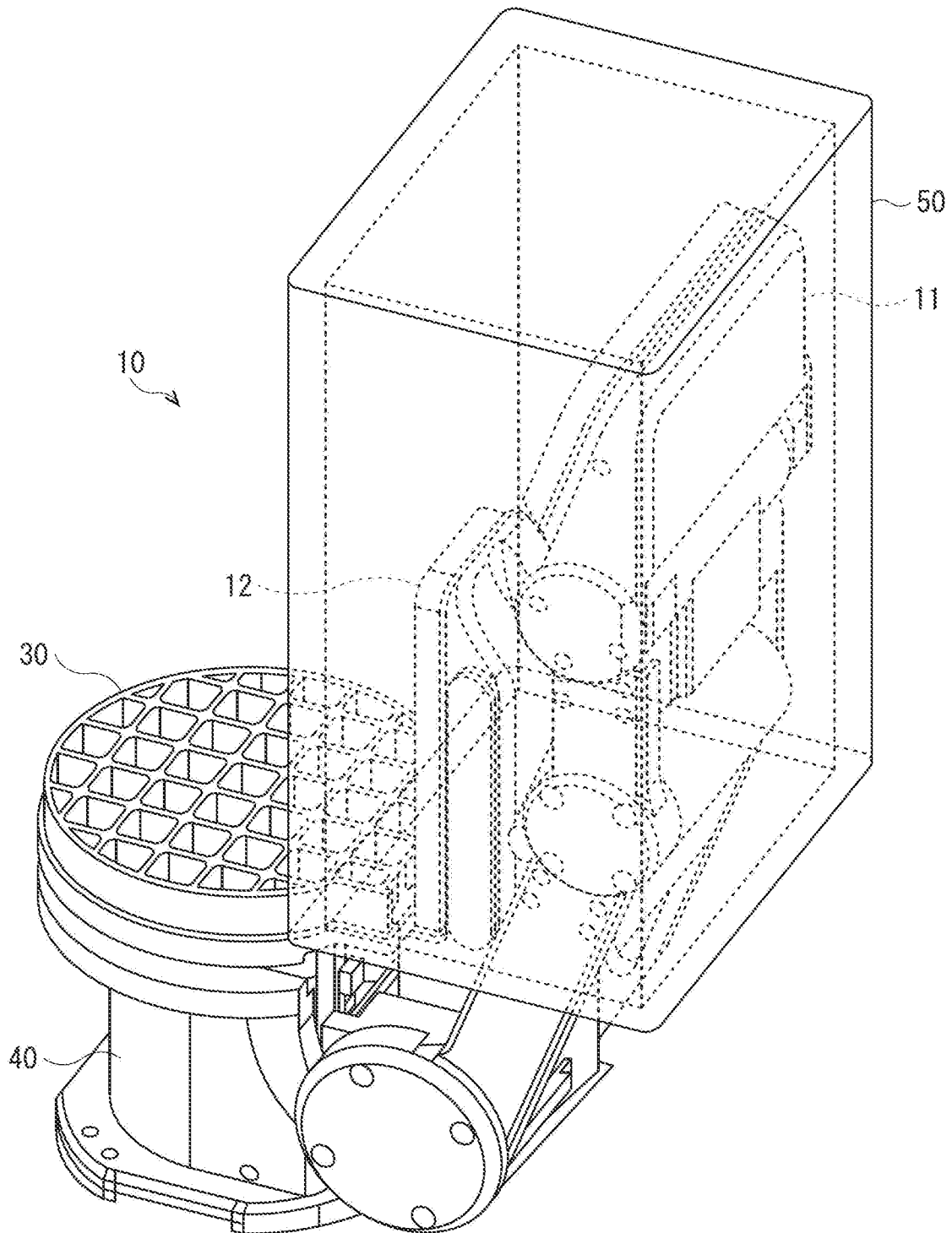
[図22]



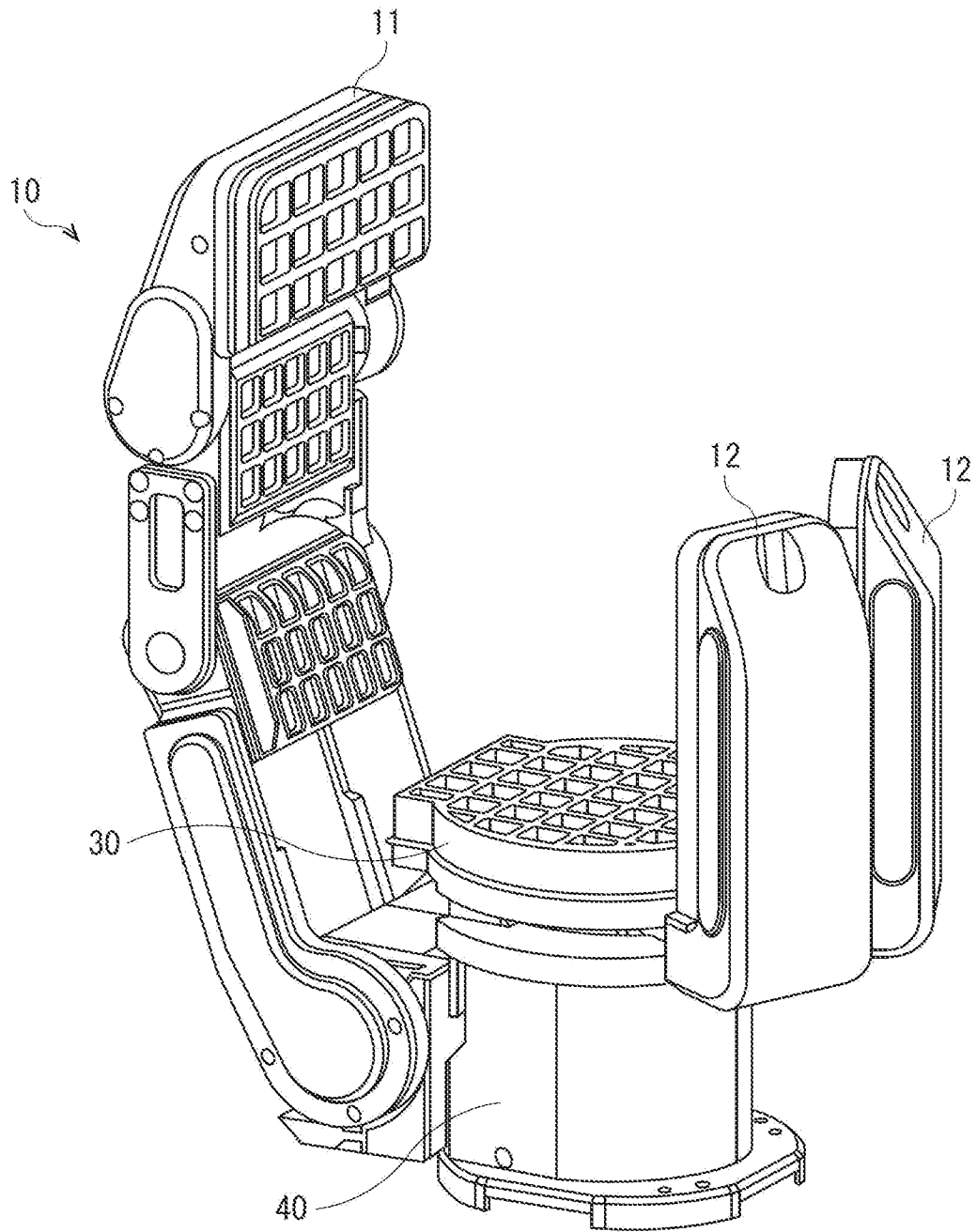
[図23]



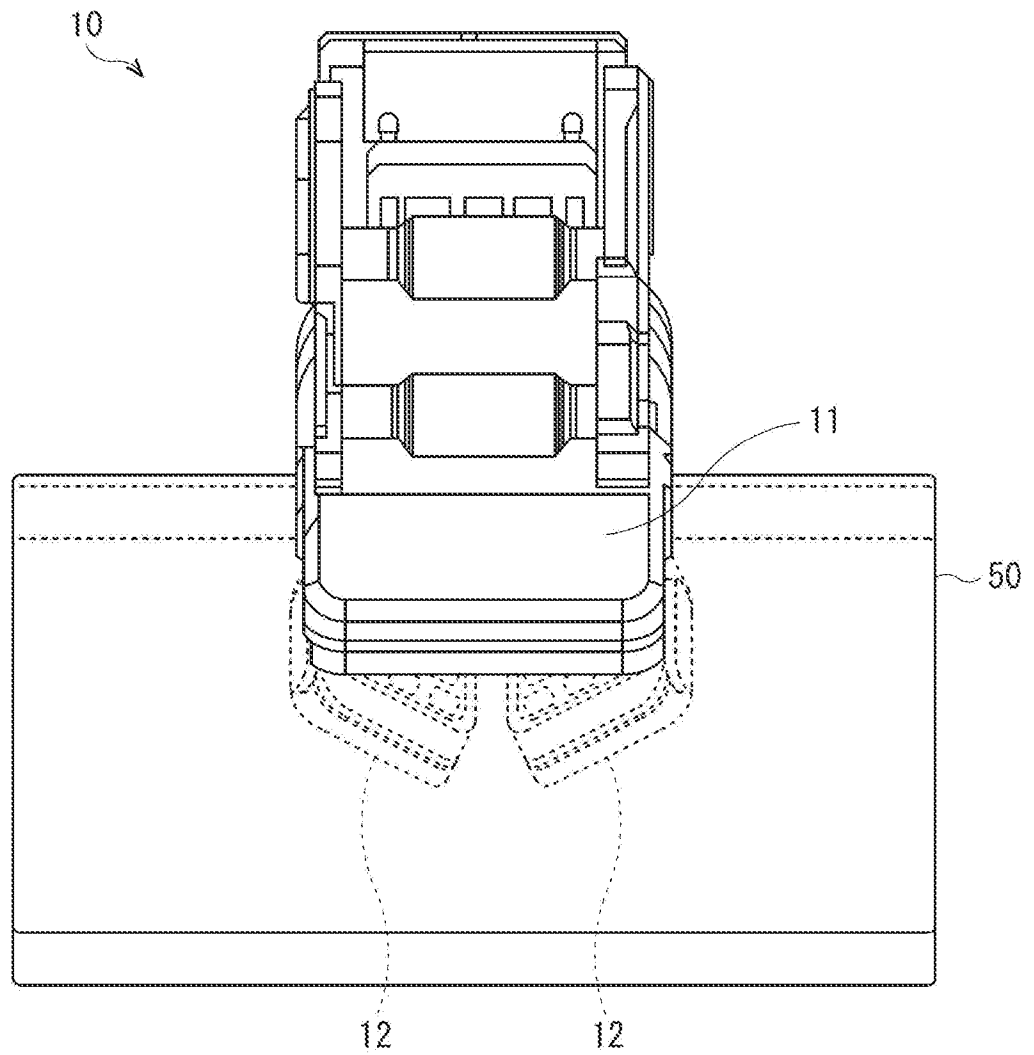
[図24]



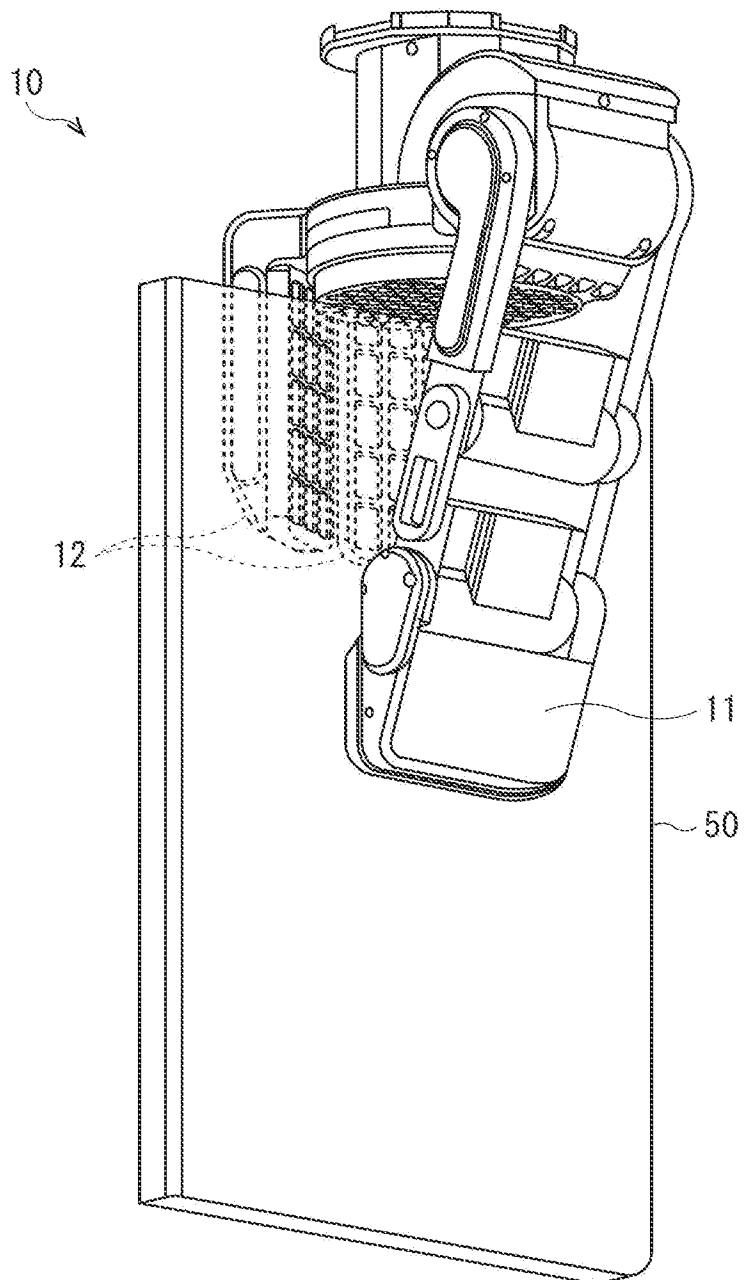
[図25]



[図26]



[図27]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/001091

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>B25J 15/08</i> (2006.01)i; <i>B25J 13/08</i> (2006.01)i FI: B25J15/08 J; B25J13/08 Z; B25J15/08 W  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) B25J15/08; 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<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 2015-71207 A (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) 16 April 2015 (2015-04-16) paragraphs [0015]-[0051], fig. 1-12	1-5, 7-12, 17
Y		6, 13-16
Y	JP 9-29674 A (KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 04 February 1997 (1997-02-04) paragraph [0027], fig. 1-2, 6	6
Y	WO 2022/039058 A1 (SONY GROUP CORPORATION) 24 February 2022 (2022-02-24) paragraphs [0056]-[0057], [0066]-[0091], fig. 7-10	13-14
Y	JP 2014-210310 A (FANUC CORPORATION) 13 November 2014 (2014-11-13) paragraphs [0020], [0033]-[0035], fig. 2-3	15-16
A	JP 2009-66685 A (SONY CORPORATION) 02 April 2009 (2009-04-02) fig. 6-7	1-17
<input 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 "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>22 February 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>12 March 2024</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**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2024/001091</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2015-71207 A	16 April 2015	(Family: none)	
JP 9-29674 A	04 February 1997	(Family: none)	
WO 2022/039058 A1	24 February 2022	CN 116113523 A	
JP 2014-210310 A	13 November 2014	US 2014/0316573 A1 paragraphs [0038], [0052]- [0054], fig. 2-3 DE 102014005758 A1 CN 104108103 A	
JP 2009-66685 A	02 April 2009	US 2009/0069942 A1 fig. 6-7	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B25J 15/08(2006.01)i; B25J 13/08(2006.01)i FI: B25J15/08 J; B25J13/08 Z; B25J15/08 W		
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）） B25J15/08; 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024年		
国際調査で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 2015-71207 A (株式会社豊田自動織機) 16.04.2015 (2015-04-16) 段落[0015]-[0051], 図1-12	1-5, 7-12, 17
Y		6, 13-16
Y	JP 9-29674 A (川崎重工業株式会社) 04.02.1997 (1997-02-04) 段落[0027], 図1-2, 6	6
Y	WO 2022/039058 A1 (ソニーグループ株式会社) 24.02.2022 (2022-02-24) 段落[0056]-[0057], [0066]-[0091], 図7-10	13-14
Y	JP 2014-210310 A (ファナック株式会社) 13.11.2014 (2014-11-13) 段落[0020], [0033]-[0035], 図2-3	15-16
A	JP 2009-66685 A (ソニー株式会社) 02.04.2009 (2009-04-02) 図6-7	1-17
<input 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 “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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 22.02.2024	国際調査報告の発送日 12.03.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 神山 貴行 3U 3428 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/JP2024/001091

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2015-71207 A	16.04.2015	(ファミリーなし)	
JP 9-29674 A	04.02.1997	(ファミリーなし)	
WO 2022/039058 A1	24.02.2022	CN 116113523 A	
JP 2014-210310 A	13.11.2014	US 2014/0316573 A1 段落[0038],[0052]-[0054], 図2-3 DE 102014005758 A1 CN 104108103 A	
JP 2009-66685 A	02.04.2009	US 2009/0069942 A1 図6-7	