

(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
2023年11月2日(02.11.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/210229 A1

(51) 国際特許分類:

B25J 15/08 (2006.01)

愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式
会社デンソー内 Aichi (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2023/011927

(22) 国際出願日:

2023年3月24日(24.03.2023)

(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 2022-075081 2022年4月28日(28.04.2022) JP

(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO
CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈
谷市昭和町 1 丁目 1 番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 元尾 幸平(MOTOO Kohei); 〒4488661
愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
社デンソー内 Aichi (JP). 壁谷 賢紀(KABEYA
Satoki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町 1
丁目 1 番地 株式会社デンソー内 Aichi
(JP). 落合 健太(OCHIAI Kenta); 〒4488661

(74) 代理人: 矢作 和行, 外 (YAHAGI Kazuyuki et
al.); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦 2 丁目
1 3 番 1 9 号 瀧定ビル6階 Aichi (JP).

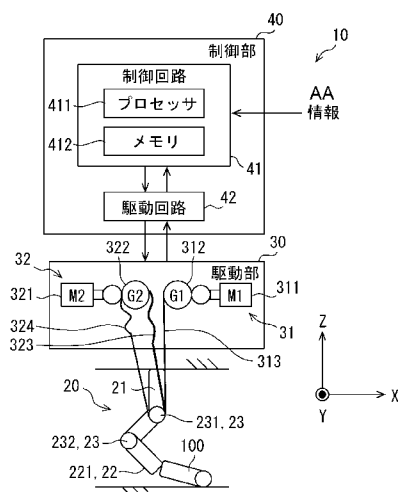
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,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

(54) Title: ROBOT HAND

(54) 発明の名称: ロボットハンド

図1



30 Drive unit
40 Control unit
41 Control circuit
42 Drive circuit
411 Processor
412 Memory
AA Information

(57) Abstract: A robot hand (10) comprises: a finger unit (22); a drive unit (30); and a control unit (40). The finger unit has a plurality of joints (23). The drive unit drives at least one of the joints. The control unit utilizes the drive unit to control driving of the joints. The drive unit includes a first drive unit (31) and a second drive unit (32) that act on a common joint which is mutually shared thereby, in a direction to apply force to an object. The first drive unit is configured to be more easily back driven than the second drive unit. The control unit selectively utilizes the drive units in accordance with the manipulation of an object.

(57) 要約: ロボットハンド (10) は、指部 (22) と、駆動部 (30) と、制御部 (40) を備える。指部は、複数の関節 (23) を有する。駆動部は、関節の少なくともひとつを駆動する。制御部は、駆動部を用いて関節の駆動を制御する。駆動部は、互いに共通の関節である共通関節に対して物体に力を加える向きに作用する第1駆動部 (31) および第2駆動部 (32) を含む。第1駆動部は、第2駆動部よりもバックドライブし易い構成である。制御部は、物体の操作に応じて駆動部を選択して用いる。

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)）

明 細 書

発明の名称： ロボットハンド

関連出願の相互参照

[0001] この出願は、2022年4月28日に日本に出願された特許出願第2022-75081号を基礎としており、基礎の出願の内容を、全体的に、参照により援用している。

技術分野

[0002] この明細書における開示は、ロボットハンドに関する。

背景技術

[0003] 特許文献1は、ロボットハンドを開示している。先行技術文献の記載内容は、この明細書における技術的要素の説明として、参照により援用される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2008-178939号公報

発明の概要

[0005] 特許文献1に開示されたロボットハンドは、操作性に劣る。上記した観点において、または言及されていない他の観点において、ロボットハンドにはさらなる改良が求められている。

[0006] 開示されるひとつの目的は、操作性を向上できるロボットハンドを提供することにある。

[0007] ここに開示されたロボットハンドは、
基部と、
複数の関節を有し、基部に支持された指部と、
関節の少なくともひとつを駆動する駆動部と、
駆動部を用いて関節の駆動を制御する制御部と、を備え、
駆動部は、互いに共通の関節である共通関節に対して物体に力を加える向きに作用する第1駆動部および第2駆動部を含み、

第1駆動部は、第2駆動部よりもバックドライブし易い構成とされ、
制御部は、物体の操作に応じて駆動部を選択して用いる。

[0008] 開示されたロボットハンドによれば、バックドライブのし易さが第1駆動部と第2駆動部とで異なる。制御部は、共通関節を駆動する駆動部を物体の操作に応じて選択する。物体の操作に適した駆動部を用いるため、操作性を向上することができる。

[0009] この明細書における開示された複数の態様は、それぞれの目的を達成するために、互いに異なる技術的手段を採用する。請求の範囲およびこの項に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態の部分との対応関係を例示的に示すものであって、技術的範囲を限定することを意図するものではない。この明細書に開示される目的、特徴、および効果は、後続の詳細な説明、および添付の図面を参照することによってより明確になる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1実施形態に係るロボットハンドを示す図である。

[図2]ハンド部を示す上面図である。

[図3]ハンド部を示す側面図である。

[図4]制御部が実行するトルク決定処理を示すフローチャートである。

[図5]物体に加える力を示す図である。

[図6]関節に加える力を示す図である。

[図7]物体の軌道と第1関節の動きを示す図である。

[図8]物体の軌道と第1関節の動きを示す図である。

[図9]動的な操作とバックドライブとの関係を示す図である。

[図10]静的な操作とバックドライブとの関係を示す図である。

[図11]制御部が実行する処理を示すフローチャートである。

[図12]動的な操作を行う際の動作を示す図である。

[図13]静的な操作を行う際の動作を示す図である。

[図14]移動時の動作を示す図である。

[図15]第2実施形態に係るロボットハンドを示す図である。

[図16]第3実施形態に係るロボットハンドを示す図である。

[図17]制御部が実行する処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面に基づいて複数の実施形態を説明する。なお、各実施形態において対応する構成要素には同一の符号を付すことにより、重複する説明を省略する場合がある。各実施形態において構成の一部分のみを説明している場合、当該構成の他の部分については、先行して説明した他の実施形態の構成を適用することができる。また、各実施形態の説明において明示している構成の組み合わせばかりではなく、特に組み合わせに支障が生じなければ、明示していなくても複数の実施形態の構成同士を部分的に組み合わせることができる。

[0012] (第1実施形態)

図1は、本実施形態に係るロボットハンドの概略構成を示す図である。図1に示すように、ロボットハンド10は、ハンド部20と、駆動部30と、制御部40を備えている。図1ではハンド部20を簡素化し、後述する指部22を1本のみ示している。

[0013] ロボットハンド10は、ハンド装置、ロボットハンドシステムなどと称されることがある。ロボットハンド10は、物体を操作する。ロボットハンド10は、図示しないロボットアームの先端に取り付けられてもよいし、単体で使用してもよい。

[0014] <ハンド部>

図2は、ハンド部20を示す上面図である。図3は、ハンド部20を示す側面図である。X方向、Y方向、およびZ方向は、互いに直交する位置関係にある。図2および図3は、ハンド部20の一例を示している。

[0015] ハンド部20は、基部21と、基部21に支持された指部22を備えている。基部21は、掌部と称されることがある。指部22は、第1指部221と、第2指部222と、第3指部223を含んでいる。3つの指部22は、それぞれ基部21に支持されている。第1指部221および第2指部222

は、屈曲状態において互いに対向するように、X方向に並んで配置されている。X方向において、第1指部221は基部21の一端に連なり、第2指部222は基部21の他端に連なっている。Y方向において、第3指部223は、基部21の一端に連なっている。

[0016] 指部22のそれぞれは、2つの関節23と、2つのリンク24を備えている。指部22は、リンク機構を備えて構成されている。関節23は、回転軸を有している。関節23は、回転軸周りの回転が可能に構成されている。関節23は、第1関節231と、第1関節231よりも指先側に設けられた第2関節232を含んでいる。リンク24は、第1関節231と第2関節232とを連結する第1リンク241と、第2リンク242を含んでいる。指部22は、第1関節231を介して基部21に連結されている。第1リンク241は、第1関節231を介して、基部21に連結されている。基部21および第1リンク241は、第1関節231の回転軸周りに相対的に回動可能となっている。回動により、基部21に対する第1リンク241のなす角度（後述の角度 $\theta 1$ ）が変化する。

[0017] 第2リンク242は、第2関節232を介して第1リンク241に連結されている。第1リンク241および第2リンク242は、第2関節232の回転軸周りに相対的に回動可能となっている。回動により、第1リンク241に対する第2リンク242のなす角度（後述の角度 $\theta 2$ ）が変化する。第2リンク242は、指部22の先端をなしている。

[0018] 共通（単一）の指部22において、第1関節231の回転軸と第2関節232の回転軸とは、互いに略平行である。略平行とは、完全に平行のみならず、概ね平行も含む。たとえば第1指部221において、第1関節231の回転軸と第2関節232の回転軸は、Y方向に略平行である。

[0019] 各指部22は、関節23を除く表面部分の少なくとも一部に、図示しない弾性部材を有してもよい。ゴム、ウレタンなどの弾性部材を設けることで、たとえば物体との摩擦が増加し、操作を安定化することができる。

[0020] ハンド部20が備える指部22の本数は、3つに限定されない。ハンド部

20は、指部22を少なくともひとつ備えればよく、好ましくは複数備える
とよい。ハンド部20は、2つの指部22を備えてもよいし、4つ以上の指
部22を備えてもよい。

[0021] 指部22が2つの関節23を備える例を示したが、これに限定されない。
指部22は、関節23を3つ以上備えてもよい。3つ以上の関節23を備え
る場合、たとえばZ方向に略平行な回転軸を有する関節23を、基部21に
対してもっとも近い位置に設けてもよい。これにより、指部22は、図2に
一点鎖線の矢印で示すように、側方への開閉動作が可能になる。つまり、屈
曲動作と開閉動作が可能な指部22を提供することができる。なお、すべて
の指部22が開閉動作可能に設けられてもよいし、一部の指部22のみが開
閉動作可能に設けられてもよい。

[0022] 3つ以上の関節23を備える構成において、第1関節231は第2関節2
32よりも基部21に近い位置に設けられ、第2関節232は第1関節23
1よりも指先に近い位置に設けられる。たとえば、基部21にもっとも近い
関節23を第1関節231としてもよいし、2番目に近い関節23を第1関
節231としてもよい。たとえば、指先にもっとも近い関節23を第2関節
232としてもよいし、2番目に近い関節23を第2関節232としてもよ
い。

[0023] <駆動部>

図1は、駆動部30の一例を示している。駆動部30は、駆動機構、アク
チュエータなどと称されることがある。便宜上、図1では、駆動部30のう
ち、第1指部221の第1関節231に対応する要素のみを示している。第
1指部221の第1関節231を、以下では単に第1関節231と示すこと
がある。

[0024] 駆動部30は、第1関節231を駆動する要素として、第1駆動部31と
、第2駆動部32を含んでいる。第1駆動部31および第2駆動部32は、
互いに共通の第1関節231を駆動する。第1関節231が、共通関節に相
当する。第1駆動部31および第2駆動部32は、第1関節231に対して

、少なくとも物体に力を加える向きに作用する。第1駆動部31と第2駆動部32とは、バックドライブのし易さが異なる。第1駆動部31は、第2駆動部32よりもバックドライブしやすい構成である。第2駆動部32は、第1駆動部31よりもバックドライブし難い構成である。

[0025] 一例として、第1駆動部31は、モータ311と、減速機312と、ワイヤ313を備えている。第2駆動部32は、モータ321と、減速機322と、ワイヤ323を備えている。図1では、モータ311をM1、モータ321をM2と示している。減速機312をG1、減速機322をG2と示している。減速機312の減速比は、減速機322の減速比よりも小さい。たとえば、減速機312の減速比は1～5程度、減速機322の減速比は30～60程度である。減速比が異なることで、第1駆動部31と第2駆動部32とは、バックドライブのし易さが異なっている。

[0026] 駆動部30により駆動される関節23は、たとえば図示しないプーリを同軸に備えている。第1駆動部31のワイヤ313は、第1関節231のプーリに巻き付けられている。モータ311は、減速機312により調整した動力を、ワイヤ313を介してプーリに伝達する。モータ311は、減速機312を介してワイヤ313に引っ張り力を加えることで、第1関節231を駆動する。モータ311は、ワイヤ313に引っ張り力を加えることで、第1関節231に対して回転軸周りの一方向に回転するトルクを加える。第1関節231は、モータ311の引っ張り力により、物体100に力を加える向きに回転する。図1に示す例において、第1関節231は反時計周りに回転する。

[0027] 第2駆動部32のワイヤ323は、第1関節231のプーリに巻き付けられている。モータ321は、減速機322により調整した動力を、ワイヤ323を介してプーリに伝達する。モータ321は、減速機322を介してワイヤ323に引っ張り力を加えることで、第1関節231を駆動する。モータ321は、ワイヤ323に引っ張り力を加えることで、第1関節231に対して回転軸周りの一方向に回転するトルクを加える。第1関節231は、

ワイヤ 323 を介したモータ 321 の引っ張り力により、物体 100 に力を加える向きに回転する。図 1 に示す例において、第 1 関節 231 は反時計周りに回転する。

[0028] 第 2 駆動部 32 は、さらにワイヤ 324 を備えている。ワイヤ 324 も、第 1 関節 231 のプーリに巻き付けられている。モータ 321 は、減速機 322 により調整した動力を、ワイヤ 324 を介してプーリに伝達する。モータ 321 は、減速機 322 を介してワイヤ 324 に引っ張り力を加えることで、第 1 関節 231 に対して一方向とは逆向きに回転するトルクを加える。第 1 関節 231 は、ワイヤ 324 を介したモータ 321 の引っ張り力により、物体 100 に力を加える向きと逆向きに回転する。図 1 に示す例において、第 1 関節 231 は時計周りに回転する。一方向への回転を正回転、一方向とは逆向きの回転を逆回転と称することがある。

[0029] 一例として、駆動部 30 のうち、第 1 指部 221 の第 2 関節 232 や他の指部 22 の関節 23 に対応する要素も、同様の構成である。つまり、すべての関節 23 に対して、第 1 駆動部 31 および第 2 駆動部 32 を個別に設けている。これに代えて、関節 23 の一部のみに、第 1 駆動部 31 および第 2 駆動部 32 を個別に設けてもよい。たとえば関節 23 の一部に対して第 1 駆動部 31 および第 2 駆動部 32 の両方を設け、残りの関節 23 に対して第 1 駆動部 31 および第 2 駆動部 32 の一方のみを設けてもよい。たとえば関節 23 の一部が駆動部 30 によって駆動されない関節、たとえばフリーの関節の場合、残りの関節 23 に対して第 1 駆動部 31 および第 2 駆動部 32 を設けてもよい。

[0030] 駆動部 30 は、上記した構成に限定されない。ワイヤ 313、323、324 の代わりに V ベルトを用いてもよい。モータ 311、321 は、関節 23 やリンク 24 に内蔵されてもよい。たとえばモータ 311 のみによって出力トルクが十分に得られるのであれば、減速比が小さい減速機 312 を排除した構成としてもよい。

[0031] <制御部>

図１に示すように、制御部４０は、制御回路４１と、駆動回路４２を備えている。制御回路４１は、コントローラと称されることがある。制御回路４１は、図示しないカメラやセンサなどから物体の動作に影響を与える情報を取得し、取得した情報に基づいて、物体に目標動作をさせるために必要な各関節２３の目標トルクを設定する。制御回路４１は、目標トルクに応じた駆動指令を駆動回路４２に出力する。

[0032] 制御回路４１は、たとえばプロセッサ４１１と、メモリ４１２を備えている。メモリ４１２は、たとえばＲＡＭ、ＲＯＭを備えている。ＲＡＭは、Random Access Memoryの略称である。ＲＯＭは、Read Only Memoryの略称である。プロセッサ４１１は、ＲＡＭを一時的な記憶領域として用いつつＲＯＭに記憶されたプログラムを実行することで、所定の処理（制御）を実行する。プロセッサ４１１は、プログラムに含まれる複数の命令を実行することで、複数の機能部を構築する。プログラムの保存媒体は、ＲＯＭに限定されない。たとえばＨＤＤやＳＳＤなど、多様な記憶媒体を採用可能である。ＨＤＤは、Hard-disk Driveの略称である。ＳＳＤは、Solid State Driveの略称である。

[0033] プロセッサ４１１は、たとえばＣＰＵ、ＭＰＵ、ＧＰＵ、ＤＦＰなどである。ＣＰＵは、Central Processing Unitの略称である。ＭＰＵは、Micro-Processing Unitの略称である。ＧＰＵは、Graphics Processing Unitの略称である。ＤＦＰは、Data Flow Processorの略称である。制御回路４１は、ＣＰＵ、ＭＰＵ、ＧＰＵなど、複数種類の演算処理装置を組み合わせ実現されてもよい。

[0034] 制御回路４１は、ＳｏＣとして実現されてもよい。ＳｏＣは、System on Chipの略称である。制御回路４１は、ＡＳＩＣやＦＰＧＡを用いて実現されてもよい。ＡＳＩＣは、Application Specific Integrated Circuitの略称である。ＦＰＧＡは、Field-Programmable Gate Arrayの略称である。

[0035] 駆動回路４２は、モータドライバと称されることがある。駆動回路４２は、駆動指令に応じた駆動電流をモータ３１１、３２１に付与し、モータ３１

1、321を動作させる。

[0036] <トルク決定処理>

図4は、制御部40が実行するトルク決定処理を示すフローチャートである。図5は、物体に加える力を説明するための図である。図6は、第1関節231および第2関節232に加えるトルクを説明するための図である。以下では、物体100の端部のひとつを壁などの固定物に押し当てて、ひとつの指部22で物体100をめくり上げる操作の例を用いて説明する。

[0037] たとえばユーザにより、制御部40に対して物体動作の目標範囲およびパラメータのばらつき範囲が入力されると、制御部40は図4に示す処理を実行する。目標範囲は、時間、位置などで規定される。目標範囲の一例として、ユーザは、物体100の所定位置を0.5s以内に0.5cm以上浮かせることを入力する。所定位置は、たとえば物体100における作用点でもよいし、指部22が接触する接触面（端面）の上端でもよい。接触面の下端でもよい。

[0038] パラメータとは、物体100の動作に影響を与えるパラメータ、具体的にはハンド部20に関するパラメータ、物体100に関するパラメータ、環境に関するパラメータである。ハンドパラメータは、 $J1g$ 、 $J2g$ 、 $L1$ 、 $L2$ 、 Tc 、 Tg 、 Tr などである。 $J1g$ は第1リンク241の慣性モーメント、 $J2g$ は第2リンク242の慣性モーメントである。 $L1$ は第1リンク241の長さ、 $L2$ は第2リンク242の長さである。 Tc は遠心力・コリオリ力起因のトルク、 Tg は重力起因のトルク、 Tr は粘性、ばね、摩擦などの抵抗力起因のトルクである。

[0039] 物体パラメータは、物体100のサイズ、質量、最大摩擦係数、柔らかさ、重心位置などである。サイズは、物体100の長さ L 、物体100の慣性モーメント J に影響する。長さ L とは、変位する部分の長さである。質量は、物体回転時のばね定数 k 、慣性モーメント J に影響する。最大摩擦係数は、摩擦係数 μ に影響する。柔らかさは、長さ L 、ばね定数 k 、物体回転時の粘性係数 c に影響する。重心位置は、慣性モーメント J に影響する。環境パ

ラメータは、物体位置と固定位置との距離などである。物体位置と固定位置との距離は、支点 101 の座標（ x_3 、 z_3 ）に影響する。固定位置とは、壁などの固定物の位置である。物体の柔らかさにより支点 101 の位置は変化し、柔らかいほど変位する部分の長さ L が短くなる。

[0040] ユーザは、上記したパラメータの少なくともひとつについて、ばらつき範囲を入力する。ばらつき範囲の一例として、ユーザは、柔らかさが -50% ～ 100% の範囲でばらつくと入力する。

[0041] 物体動作の目標範囲およびパラメータのばらつき範囲が入力されると、制御部 40 の制御回路 41 は、目標動作を設定する（ステップ S11）。制御回路 41 は、入力の範囲内で位置、速度、加速度などを設定する。たとえば制御回路 41 は、目標動作として、柔らかさばらつき 0% の物体 100 の所定位置を 0.5 s のときに 1.5 cm 浮かせることを設定する。目標動作の設定時に、制御回路 41 は、角度 θ を算出する。角度 θ は、基準面に対して物体 100 がなす角度である。

[0042] 次に、制御回路 41 は、目標動作を実現するために物体 100 に加える力を算出する（ステップ S12）。制御回路 41 は、逆運動学を解き、物体 100 に加える力を算出する。図 5 に示すように、物体 100 に加える力は、物体 100 を動かす力 F_s （摩擦力）と、物体 100 を滑らせないための力 F_d （垂直抗力）である。数式 1 は、摩擦力 F_s の計算式である。数式 1 において、右辺の第 1 項は慣性抵抗、第 2 項は粘性抵抗、第 3 項は弾性抵抗を示す。たとえば慣性モーメント J に角度 θ の 2 階微分値である角加速度を乗算し、さらに長さ L で除算してなる。粘性抵抗は、物体の長さ L 、粘性係数 c 、および角度 θ の 1 階微分値である角速度を乗算してなる。数式 2 は、垂直抗力 F_d の要件式である。

[0043] [数1]

$$F_s = J\ddot{\theta}/L + Lc\dot{\theta} + Lk\theta$$

[数2]

$$F_d \geq F_s/\mu$$

[0044] 次いで、制御回路 4 1 は、各関節 2 3 に加える目標トルク（駆動力）を設定する（ステップ S 1 3）。制御回路 4 1 は、逆動力学を解き、第 1 関節 2 3 1 に加えるトルク T 1 および第 2 関節 2 3 2 に加えるトルク T 2 を設定する。

[0045] ステップ S 1 3 において、制御回路 4 1 は、まず数式 3 に示すように、垂直抗力 F d を設定する。k d は 1 以上の値である。制御回路 4 1 は、k d の初期値としてたとえば 1. 5 を設定する。

[0046] [数3]

$$F_d = k_d \times F_s / \mu$$

次いで制御回路 4 1 は、数式 4 および数式 5 より、物体 1 0 0 に加える力 F s、F d を X 方向の力 F x と Z 方向の力 F z に座標変換する。

[0047] [数4]

$$F_x = F_d \cos \theta + F_s \sin \theta$$

[数5]

$$F_z = -F_d \sin \theta + F_s \cos \theta$$

[0048] 次いで制御回路 4 1 は、ハンド部 2 0 と物体 1 0 0 の位置関係を示す数式 6 および数式 7 より、角度 θ_1 、 θ_2 を算出する。角度 θ_1 は、上記したように基部 2 1 に対する第 1 リンク 2 4 1 のなす角度である。角度 θ_2 は、第 1 リンク 2 4 1 に対する第 2 リンク 2 4 2 のなす角度である。図 6 に示す（x 1、z 1）は第 2 関節 2 3 2 の座標であり、（x 2、z 2）は物体 1 0 0 の作用点 1 0 2 の座標である。（x 3、z 3）は、物体 1 0 0 における変位の支点 1 0 1 の座標である。

[0049] [数6]

$$-L_1 \cos \theta_1 - L_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) + L \cos \theta = x_3$$

[数7]

$$-L_1 \sin \theta_1 - L_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) - L \sin \theta = z_3$$

[0050] 次いで制御回路 4 1 は、数式 8 に示す第 2 関節 2 3 2 の運動方程式と、数式 9 に示す第 1 関節 2 3 1 の運動方程式とにより、トルク T 1、T 2 を算出

により設定する。制御回路 41 は、物体 100 に対して力を加える向きのトルク T_1 、 T_2 を設定する。

[0051] [数8]

$$T_2 = J_{2g}(\ddot{\theta}_1 + \ddot{\theta}_2) + L_2(F_x \sin(\theta_1 + \theta_2) - F_z \cos(\theta_1 + \theta_2)) + T_{c2} + T_{g2} + T_{r2}$$

[数9]

$$T_1 = J_{1g}\ddot{\theta}_1 + L_1(F_x \sin \theta_1 - F_z \cos \theta_1) + T_2 + T_{c1} + T_{g1} + T_{r1}$$

[0052] 数式 8 において右辺の第 1 項は慣性抵抗トルク、第 2 項は物体 100 からの反力、第 3 項は遠心力・コリオリ力起因のトルク、第 4 項は重力起因のトルク、第 5 項は抵抗力起因のトルクである。第 2 項～第 5 項が、第 2 関節 232 に作用する外力である。数式 9 において右辺の第 1 項は慣性抵抗トルク、第 2 項は物体 100 からの反力、第 4 項は遠心力・コリオリ力起因のトルク、第 5 項は重力起因のトルク、第 6 項は抵抗力起因のトルクである。第 2 項～第 6 項が、第 1 関節 231 に作用する外力である。トルク T_1 、 T_2 を算出する際に、制御回路 41 は、数式 6、7 を用いて算出した角度 θ_1 、 θ_2 、カメラやセンサなどから取得した情報（パラメータ）を用いる。制御回路 41 は、外力の推定値に基づいて、トルク T_1 、 T_2 を設定する。

[0053] 数式 9 の第 2 項の反力を下記数式 10 に示す反力 T_e で置き換えて整理すると、数式 11 となる。

[0054] [数10]

$$T_e = L_1(F_x \sin \theta_1 - F_z \cos \theta_1)$$

[数11]

$$J_{1g}\ddot{\theta}_1 = T_1 - T_e - T_2 - T_{c1} - T_{g1} - T_{r1}$$

[0055] トルク T_1 、 T_2 を設定すると、次いで制御回路 41 は、パラメータがばらついても物体 100 が目標範囲内で動作可能か否かを判定する（ステップ S14）。制御回路 41 は、たとえば柔らかさの設定を上記したばらつきの範囲内で変更し、ばらつきの範囲内において物体 100 が目標範囲内での動作が可能かを判定する。パラメータがばらついても目標範囲内で動作可能であると判定すると、制御回路 41 は、トルク決定処理を終了する。

[0056] 一方、ステップS 1 4において目標範囲内での動作が不可であると判定すると、制御回路4 1は、数式4の $k d$ が変更可能か否かを判定し（ステップS 1 5）、可能な場合に $k d$ の値を変更する（ステップS 1 6）。そして、ステップS 1 3、S 1 4の処理を再び実行する。制御回路4 1は、 $k d$ 変更後のステップS 1 4において目標範囲内での動作が不可であると判定すると、ステップS 1 5の処理を再び実行する。そして、変更可能であれば再度 $k d$ の値を変更する。

[0057] たとえば $k d$ の設定範囲において変更可能な値がない場合、制御回路4 1は、 $k d$ が変更不可と判定し、物体1 0 0の目標動作を目標範囲内において変更する（ステップS 1 7）。そして、ステップS 1 2、S 1 3、S 1 4の処理を再び実行する。つまり、物体1 0 0の動作が目標範囲から外れる場合にはまず $k d$ の値を変更し、それでも目標範囲から外れる場合には物体1 0 0の目標動作を目標範囲内において変更する。このようにして、パラメータ（たとえば柔らかさ）がばらついても目標範囲内での動作が可能なトルク T_1 、 T_2 を決定する。

[0058] なお、ユーザがパラメータのばらつき範囲を入力する例を示したが、これに限定されない。制御部4 0がたとえば学習機能を有し、自律的にパラメータのばらつき範囲を設定してもよい。

[0059] 制御部4 0（制御回路4 1）が実行する処理は、図4に示した例に限定されない。たとえばパラメータのばらつきを考慮しない構成としてもよい。この場合、ステップS 1 4、S 1 5、S 1 6、S 1 7の処理が不要となる。ユーザが、物体1 0 0の目標動作を入力してもよい。この場合、ステップS 1 1、S 1 4、S 1 5、S 1 6、S 1 7の処理が不要となる。

[0060] <バックドライブ>

図7および図8は、物体1 0 0の軌道と第1関節2 3 1の動きを説明するための図である。図7および図8に一点鎖線で示す仮想円は、物体1 0 0の変位前における第2関節2 3 2の回転軸を中心とし、指部2 2における物体1 0 0との接点（力点）まで、つまり第2リンク2 4 2を半径とする円であ

る。図 7 および図 8 の破線は、変位後の状態を示している。

[0061] 上記した数式 11 の右辺のうち、トルク T_1 以外が第 1 関節 231 に作用する外力である。外力は、物体 100 からの反力 T_e 、トルク T_2 、遠心力・コリオリ力起因のトルク T_c1 、重力起因のトルク T_g1 、抵抗力起因のトルク T_r1 の合計である。物体 100 の所定位置（たとえば作用点）の軌道は、硬く反力が大きいと近い軌道になり、柔らかく反力が小さいと遠い軌道になる。つまり、反力が大きい物体 100 の軌道は、仮想円の内側になりやすい。反力が小さい物体 100 の軌道は、仮想円の外側になりやすい。

[0062] 図 7 に示すように、軌道が仮想円の内側となるように物体 100 を変位させるためには、第 1 関節 231 が物体 100 に力を加える向きとは逆向きに回転、つまり逆回転する必要がある。反力を含む外力がトルク T_1 よりも大きい場合、つまり第 1 関節 231 のトルクの合計値（数式 11 の右辺）がマイナスの場合、第 1 関節 231 は図 7 に示すように逆回転する。このように、反力を含む外力がトルク T_1 よりも大きいことで生じる逆回転がバックドライブである。

[0063] 図 8 に示すように、軌道が仮想円の外側となるように物体 100 を変位させるためには、第 1 関節 231 が物体 100 に力を加える向きに回転、つまり正回転する必要がある。反力を含む外力がトルク T_1 よりも小さい場合、つまり第 1 関節 231 のトルクの合計値がプラスの場合、第 1 関節 231 は正回転する。

[0064] <操作方法とバックドライブ>

図 9 は、動的な操作とバックドライブとの関係を示す図である。図 10 は、静的な操作とバックドライブとの関係を示す図である。

[0065] 物体の操作方法は、大別すると、動的な操作と静的な操作に分けることができる。動的な操作は、ハンド部 20 の指先を動かす操作である。静的な操作は、ハンド部 20 の指先を固定した操作である。

[0066] 動的な操作の一例は、図 9 に示すめくり上げである。図 9 に示す例では、第 1 指部 221 の先端が物体 100 の端部のひとつに接触し、第 2 指部 22

2の先端が物体100の中間位置を押さえている。この状態で、第1指部221を動かして物体100をめくり上げる。反力を含む外力がトルクT1よりも大きいことで第1指部221の第1関節231がバックドライブすると、第2指部222で押さえた部分を支点101に物体100がめくり上がる。

[0067] よって動的な操作の場合、反力を含む外力がトルクT1よりも大きくなりやすい構成、つまりバックドライブし易い構成を採用することが好ましい。バックドライブし易い構成を採用すると、上記したように軌道が仮想円の内側の場合でも、指先が物体100に追従する。ロボットハンド10は、物体100の挙動に応じて指部22の軌道を自動調整する。これにより、ロバスト性を向上することができる。

[0068] 静的な操作の一例は、図10に示す摘まみ上げである。図10に示す例では、第1指部221の先端が物体100の端部のひとつに接触し、第2指部222の先端が物体100の端部の他のひとつに接触している。このように2つの指部22にて物体100を把持（挟持）した状態で、ハンド部20全体を上方に移動させ物体100を摘まみ上げる。反力を含む外力がトルクT1よりも大きくなりやすい構成の場合、図10に示すように第1指部221の第1関節231がバックドライブする虞がある。バックドライブにより、第1指部221の先端が物体100から離れ、把持状態が解除される。

[0069] よって静的な操作の場合、トルクT1が反力を含む外力よりも大きくなりやすい構成、つまりバックドライブし難い構成を採用することが好ましい。バックドライブし難い構成を採用すると、ハンド部20の指先が固定され、物体100から離反するのを抑制できる。これにより、ロバスト性を向上することができる。

[0070] <制御方法>

図11は、物体100に目標動作をさせるために制御部40が実行する処理、つまりロボットハンド10の制御方法の一例を示すフローチャートである。図12は、動的な操作を行う際の動作を示す図である。図13は、静的

な操作を行う際の動作を示す図である。図 1 4 は、移動時の動作を示す図である。図 1 2、図 1 3、図 1 4 についても、図 1 と同様に、駆動部 3 0 のうち、第 1 指部 2 2 1 の第 1 関節 2 3 1 に対応する要素のみを示している。図 1 2 では、動的な操作の一例としてめくり上げを示している。図 1 3 では、静的な操作の一例として摘まみ上げを示している。

[0071] 図 1 1 に示すように、制御部 4 0 の制御回路 4 1 は、まず物体 1 0 0 の操作方法を決定する（ステップ S 2 1）。制御回路 4 1 は、たとえば動的な操作と静的な操作のいずれであるのかを決定する。制御回路 4 1 は、より具体的な操作、たとえばめくり上げや摘まみ上げを決定してもよい。

[0072] 制御回路 4 1 は、たとえばユーザの入力に基づいて操作方法を決定する。一例として、ユーザが入力した操作方法を取得することで、制御回路 4 1 が操作方法を決定してもよい。制御回路 4 1 が、ユーザの入力に基づいて操作方法を判断し、決定してもよい。ユーザの入力の少なくとも一部は、トルク決定処理において用いるユーザ入力と重複してもよい。カメラやセンサなどの情報を取得し、取得した情報に基づいて制御回路 4 1 が操作方法を決定してもよい。

[0073] 次いで、制御回路 4 1 は、操作方法に基づいてバックドライブが必要か否かを判定する（ステップ S 2 2）。上記したように、動的な操作の場合には、バックドライブしやすい構成を採用するのが好ましい。静的な操作の場合には、バックドライブし難い構成を採用するのが好ましい。制御回路 4 1 は、動的な操作の場合にバックドライブが必要と判定し、静的な操作の場合にバックドライブが不要と判定する。

[0074] バックドライブが必要と判定すると、制御回路 4 1 は、優先的に用いる駆動部 3 0 として第 1 駆動部 3 1 を選択する（ステップ S 2 3）。上記したように、第 1 駆動部 3 1 は、第 2 駆動部 3 2 よりもバックドライブしやすい構成である。このため、バックドライブし難い構成の第 2 駆動部 3 2 が、第 1 関節 2 3 1 の駆動を妨げるのを抑制することが好ましい。制御回路 4 1 は、第 1 駆動部 3 1 を選択するとともに、物体 1 0 0 の操作に用いない第 2 駆動

部 3 2 の動力伝達経路を遮断する。つまり、第 1 関節 2 3 1 を駆動しない第 2 駆動部 3 2 の動力伝達経路を遮断する。

[0075] 一例として制御回路 4 1 は、モータ 3 2 1 を制御して図 1 2 に示すように第 2 駆動部 3 2 のワイヤ 3 2 3、3 2 4 に緩みをもたせる。たとえばモータ 3 2 1 が原位置の状態、ワイヤ 3 2 3、3 2 4 は緩み部 3 2 3 a、3 2 4 a を有する。このようにワイヤ 3 2 3、3 2 4 に緩み部 3 2 3 a、3 2 4 a を設けることで、第 2 駆動部 3 2 が第 1 関節 2 3 1 の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0076] 一方、バックドライブが必要ではないと判定すると、制御回路 4 1 は、優先的に用いる駆動部 3 0 として第 2 駆動部 3 2 を選択する（ステップ S 2 4）。上記したように、第 2 駆動部 3 2 は、第 1 駆動部 3 1 よりもバックドライブし難い構成である。制御回路 4 1 は、物体 1 0 0 の操作に用いない、つまり第 1 関節 2 3 1 を駆動しない第 1 駆動部 3 1 の動力伝達経路を遮断してもよい。バックドライブし易い構成の第 1 駆動部 3 1 は、第 1 関節 2 3 1 の駆動に対してほとんど影響しないか、影響したとしても小さい。よって、制御回路 4 1 は、第 1 駆動部 3 1 の動力伝達経路を遮断しなくてもよい。

[0077] 一例として制御回路 4 1 は、図 1 3 に示すように第 1 駆動部 3 1 のワイヤ 3 1 3 に緩みをもたせない。ワイヤ 3 2 4 が緩み部 3 2 4 a を有するため、ワイヤ 3 2 4 側の動力伝達経路が第 1 関節 2 3 1 の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。ワイヤ 3 1 3 に緩みをもたせると、第 1 駆動部 3 1 が第 1 関節 2 3 1 の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0078] なお、物体 1 0 0 の非操作時に指部 2 2（関節 2 3）を駆動させる場合にも、制御回路 4 1 は、操作に応じて駆動部 3 0 を優先的に選択する。非操作時の駆動として、物体 1 0 0 を操作する前に指部 2 2 を初期位置に移動させる場合などがある。図 1 4 に示すように第 1 関節 2 3 1 を逆回転させる場合、制御回路 4 1 は、第 2 駆動部 3 2 を選択する。第 2 駆動部 3 2 は減速比が大きいので、指部 2 2 を移動させることができる。このとき、ワイヤ 3 2 3 が緩み部 3 2 3 a を有するため、ワイヤ 3 2 3 側の動力伝達経路が第 1 関節

231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。これに代えて、ワイヤ324を介して第2駆動部32により第1関節231に一定の逆回転トルクを印加しつつ、ワイヤ313を緩めるように第1駆動部31を駆動させてもよい。これにより、第1指部221(22)を高速で移動させることができる。

[0079] 次いで、制御回路41は、選択した駆動部30についてトルクを決定する(ステップS25)。このトルク決定処理は、図4に示した処理である。そして、制御回路41は、ステップS25で決定したトルクを対応する関節23に加えるように、制御を実行する(ステップS26)。そして、一連の処理を終了する。

[0080] なお、数式11などに示した各種トルクは、減速比が1の状態、つまり減速比の影響がない状態のトルクを示している。減速比が1のときのトルク T_1 、 T_2 は、モータトルクと称されることがある。たとえば減速比が R のときのトルク T_1 は、減速比が1のときのトルク T_1 、つまりモータトルクに、減速比を乗算したものとなる。また、外力についても、減速比の影響を受けるものについては、減速比によって除算したものとなる。たとえば反力 T_e は、 T_e/R となる。

[0081] 減速比が大きいと、トルク T_1 が大きくなり、第1関節231に作用する外力は小さくなる。このため、物体100が重い場合など、物体100に大きな力が必要な操作に有利である。減速比が小さいと、トルク T_1 が小さくなり、第1関節231に作用する外力は大きくなる。これにより、第1関節231がバックドライブしやすくなる。このため、物体100が軽い場合や柔らかい場合など、物体100に小さな力を加える操作に有利である。

[0082] ここで、第1駆動部31のモータトルクを T_{m1} 、第2駆動部32のモータトルクを T_{m2} とする。また、減速機312の減速比を1、減速機322の減速比を50とする。便宜上、外力を反力 T_e のみとする。図12に示すように動的な操作の場合、第1駆動部31を選択し、減速機312を介してワイヤ313に引っ張り力を加えることで、第1関節231を駆動する。第

1 関節 2 3 1 に作用する正回転のトルクは、 T_{m1} となる。第 1 関節 2 3 1 に作用する逆回転のトルクは、 T_e となる。よって、第 1 関節 2 3 1 がバックドライブし易い。

[0083] 図 1 3 に示すように静的な操作の場合、第 2 駆動部 3 2 を選択し、減速機 3 2 2 を介してワイヤ 3 2 3 に引っ張り力を加えることで、第 1 関節 2 3 1 を駆動する。第 1 関節 2 3 1 に作用する正回転のトルクは、 $50 \times T_{m2}$ となる。第 1 関節 2 3 1 に作用する逆回転のトルクは、 $T_e / 50$ となる。減速比により逆回転トルクが $1 / 50$ となるため、モータ 3 2 1 や減速機 3 2 2 の慣性、粘性、摩擦などのトルクに勝てず、第 1 関節 2 3 1 がバックドライブし難い。また、減速比により 50 倍の正回転トルクを得ることができるため、モータ 3 2 1 の出力を、たとえば $1 / 50$ にすることができる。これにより、モータ 3 2 1 を小型化することができる。

[0084] 図 1 4 に示す例の場合、第 2 駆動部 3 2 を選択し、減速機 3 2 2 を介してワイヤ 3 2 4 に引っ張り力を加えることで、第 1 関節 2 3 1 を駆動する。第 1 関節 2 3 1 に作用する逆回転のトルクは、 $50 \times T_{m2}$ となる。これにより、第 1 指部 2 2 1 を移動させることができる。

[0085] 図 1 1 では、トルク決定処理をステップ S 2 5 で実施する例を示したが、これに限定されない。制御回路 4 1 は、ステップ S 2 6 の実行前に、トルク決定処理を行えばよい。たとえば、ステップ S 2 3 またはステップ S 2 4 の処理において駆動部を選択するとともに、トルク決定処理を行ってもよい。ステップ S 2 1 の処理において操作方法を決定するとともに、トルク決定処理を行ってもよい。制御回路 4 1 は、トルク決定処理を、図 1 1 に示す処理と並列に処理してもよい。

[0086] 制御回路 4 1 は、第 1 駆動部 3 1 または第 2 駆動部 3 2 を選択する例を示したが、これに限定されない。第 1 駆動部 3 1 のみ、第 2 駆動部 3 2 のみ、第 1 駆動部 3 1 および第 2 駆動部 3 2 のいずれかを選択する構成としてもよい。第 1 駆動部 3 1 および第 2 駆動部 3 2 を選択することで、第 2 駆動部 3 2 のみを選択する構成に較べて、たとえば正回転トルクを増加させることが

できる。

[0087] <第1実施形態のまとめ>

本実施形態のロボットハンド10は、共通関節である第1関節231に対して物体100に力を加える向きに作用する駆動部30として、第1駆動部31および第2駆動部32を備えている。第1駆動部31はバックドライブし易い構成とされ、第2駆動部32はバックドライブし難い構成とされている。物体100の操作は、たとえばバックドライブが必要な操作、バックドライブする可能性がある操作、バックドライブが不要な操作がある。制御部40は、物体100の操作に適した駆動部30を選択する。これにより、操作性を向上することができる。

[0088] 制御部40は、物体100を静的に操作する場合、つまりハンド部20の指先を固定した操作の場合に、少なくとも第2駆動部32を選択する。上記したように第2駆動部32は、バックドライブし難い。よって、指先が物体100から離れ、所望の操作ができなくなるのを抑制することができる。このように、物体100を静的に操作する際の操作性を向上することができる。

[0089] 制御部40は、物体100を動的に操作する場合、つまりハンド部20の指先を動かす操作の場合に、第1駆動部31を選択する。上記したように第1駆動部31は、バックドライブし易い。関節23は、反力を含む外力と駆動部30から印加されるトルクとの大小関係によって回転する。たとえば第1関節231に作用する外力がトルク T_1 よりも小さい場合、第1関節231は正回転する。これにより、指部22の先端の軌道は仮想円の外側になる。第1関節231に作用する外力がトルク T_1 よりも大きい場合、第1関節231は逆回転する。これにより、指部22の先端の軌道は仮想円の内側になる。このように、指部22が物体100に追従する。ロボットハンド10は、物体100の挙動に応じて指部22の軌道を自動調整する。このように、物体100を動的に操作する際の操作性を向上することができる。

[0090] 動的な操作は、めくり上げに限定されない。第1駆動部31は、物体100

0へのアプローチや、比較的小物の操作に好適である。上記したように第1駆動部31の選択により、動きが正確に予測できない物体100に対して指部22を追従させることができる。たとえば把持位置を探しながら服、鞆、枕、布団などの柔軟な物体100をつかむ操作、物体100である柔軟な袋の口を開く操作にも好適である。物体100である柔らかいボールをつかむ操作、柔らかい物体100の表面にシールを貼る操作などにも好適である。曲面等の形状が複雑な物体100に対して指部22を追従させる必要がある操作にも好適である。

[0091] たとえば動力伝達経路のばね定数やダンパ定数によって、バックドライブのし易さを異ならせることができる。ばね定数が小さいと、トルク T_1 に対して、第1関節231をバックドライブさせるために必要な外力は小さくなる。よって、バックドライブし易くなる。ばね定数が大きいと、第1関節231をバックドライブさせるために必要な外力は大きくなる。よって、バックドライブし難くなる。同様に、ダンパ定数が小さいとバックドライブし易くなり、ダンパ定数が大きいとバックドライブし難くなる。

[0092] 本実施形態では、減速機の減速比が異なることで、バックドライブのし易さが異なっている。具体的には、第1駆動部31が備える減速機312（第1減速機）の減速比が、第2駆動部32が備える減速機322（第2減速機）の減速比よりも小さい。上記したように静的な操作を行う場合、減速機322の減速比 R 倍の正回転トルクを得ることができ、モータ321の出力を $1/R$ にすることができる。これにより、モータ321を小型化することができる。つまり、モータ321、ひいてはロボットハンド10の体格を小型化しつつ、操作性を向上することができる。

[0093] 上記したように、駆動部30は関節23などに内蔵されてもよい。つまり、ワイヤを備えない構成としてもよい。本実施形態では、第1駆動部31および第2駆動部32が、動力の伝達によって第1関節231（共通関節）を正回転させるワイヤ313、323を備えている。制御部40は、第1駆動部31および第2駆動部32のうち、物体100の操作に用いない駆動部3

0、つまり第1関節231を駆動しない駆動部30のワイヤに緩みをもたせる。たとえば第1駆動部31を選択して用いる場合に、第2駆動部32のワイヤ323に緩みをもたせる。これにより、ワイヤ323を通じて第2駆動部32が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。よって、簡素な構成で操作性をさらに向上することができる。

[0094] 第1駆動部31および第2駆動部32は、たとえば第1関節231を正回転させるワイヤ313、323を少なくとも備えればよい。つまり、第1駆動部31がワイヤ313のみを備え、第2駆動部32がワイヤ323のみを備えてもよい。本実施形態では、第2駆動部32が、たとえば第1関節231を逆回転させるワイヤ324を備えている。制御部40は、たとえば第1駆動部31を選択して用いる場合に、第2駆動部32のワイヤ324にも緩みをもたせる。これにより、ワイヤ324を通じて第2駆動部32が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。よって、簡素な構成で操作性をさらに向上することができる。

[0095] (第2実施形態)

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。先行実施形態では、ワイヤに緩みをもたせることで、使用しない駆動部が関節の駆動に影響を及ぼすのを抑制した。これに代えて、ばね定数やダンパ定数を切り替えることで使用しない駆動部が関節の駆動に影響を及ぼすのを抑制してもよい。

[0096] 図15は、本実施形態に係るロボットハンド10の一部を示す図である。図15では、図1に対して、制御部40を簡素化して図示している。また、制御部40と駆動部30とのつながりを省略して図示している。ここでも、第1指部221の第1関節231を例に説明する。

[0097] 先行実施形態同様、第1駆動部31は、ワイヤ313を備えている。第2駆動部32は、ワイヤ323、324を備えている。ワイヤ313には、ばね機構315が設けられている。ワイヤ323には、ばね機構325が設けられている。ワイヤ324には、ばね機構326が設けられている。制御部

40の制御回路41は、ばね機構315、325、326のばね定数を制御する。ばね機構315、325、326を備えることで、対応するワイヤ313、323、324のばね定数が可変可能である。

[0098] 制御回路41は、第1駆動部31および第2駆動部32の少なくとも一方において、ばね定数を制御する。制御回路41は、第1駆動部31のワイヤ313（ばね機構315）のばね定数を、第1関節231の駆動に用いない場合において第1関節231の駆動に用いる場合よりも小さくしてもよい。たとえば動的な操作の場合には、ばね定数を大きくするため、ワイヤ313を通じて第1関節231に動力を伝達できる。静的な操作の場合には、ばね定数を小さくするため、第1駆動部31が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0099] 制御回路41は、第2駆動部32のワイヤ323（ばね機構325）のばね定数を、第1関節231の駆動に用いない場合において第1関節231の駆動に用いる場合よりも小さくしてもよい。たとえば静的な操作の場合には、ばね定数を大きくするため、ワイヤ323を通じて第1関節231に動力を伝達できる。動的な操作の場合には、ばね定数を小さくするため、第2駆動部32が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0100] 制御回路41は、第2駆動部32のワイヤ324（ばね機構326）のばね定数を、第1関節231の駆動に用いない場合において第1関節231の駆動に用いる場合よりも小さくしてもよい。たとえば物体100を操作せずに指部22を移動する場合には、ばね定数を大きくするため、ワイヤ324を通じて第1関節231に動力を伝達できる。物体100を操作する場合には、ばね定数を小さくするため、ワイヤ324を通じて第2駆動部32が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。

[0101] その他の構成については、先行実施形態に記載の構成と同様である。

[0102] <第2実施形態のまとめ>

上記したように、制御部40は、第1駆動部31および第2駆動部32の

少なくとも一方において、第1関節231（共通関節）の駆動に用いない場合のワイヤ313、323、324のばね定数を、第1関節231の駆動に用いる場合のワイヤ313、323、324のばね定数よりも小さくする。これにより、操作性をさらに向上することができる。

[0103] 制御部40がばね定数を制御する例を示したが、これに限定されない。制御部40は、ばね定数に代えて、ダンパ定数を制御してもよい。この場合、駆動部30は、上記したばね機構315、325、326に代えて、ダンパ定数を可変可能に構成された図示しないダンパ機構を備える。ダンパ機構は、対応するワイヤ313、323、324に設けられる。たとえば制御回路41は、第2駆動部32のワイヤ323（ダンパ機構）のダンパ定数を、第1関節231の駆動に用いない場合において第1関節231の駆動に用いる場合よりも小さくする。たとえば静的な操作の場合には、ダンパ定数を大きくするため、ワイヤ323を通じて第1関節231に動力を伝達できる。動的な操作の場合には、ダンパ定数を小さくするため、第2駆動部32が第1関節231の駆動に影響を及ぼすのを抑制することができる。よって、操作性をさらに向上することができる。

[0104] （第3実施形態）

この実施形態は、先行する実施形態を基礎的形態とする変形例であり、先行実施形態の記載を援用できる。先行実施形態では、第1駆動部31が共通関節に対して物体100に力を加える向きに作用した。これに代えて、第1駆動部31が、共通関節に対して物体100に力を加える向きだけでなく、逆向きにも作用する構成としてもよい。

[0105] 図16は、本実施形態に係るロボットハンド10の一部を示す図である。

図16では、図1に対して、制御部40を省略して図示している。ここでも、第1指部221の第1関節231を例に説明する。

[0106] 第1駆動部31は、ワイヤ314を備えている。ワイヤ314は、第1関節231のプーリに巻き付けられている。モータ311は、減速機312により調整した動力を、ワイヤ314を介してプーリに伝達する。モータ31

1は、減速機312を介してワイヤ314に引っ張り力を加えることで、第1関節231に対して上記した一方向とは逆向きに回転するトルクを加える。第1関節231は、ワイヤ314を介したモータ311の引っ張り力により、逆回転する。

[0107] 第1駆動部31は、ワイヤ313、314を備えている。第1駆動部31は、共通関節である第1関節231に対して正回転トルク、逆回転トルクのいずれも印加可能である。第2駆動部32は、先行実施形態同様、ワイヤ323、324を備えている。第2駆動部32は、共通関節である第1関節231に対して正回転トルク、逆回転トルクのいずれも印加可能である。

[0108] 図17は、物体100に目標動作をさせるために制御部40が実行する処理を示すフローチャートである。図17に示すステップS21、S22、S23、S24、S25、S26の処理は、先行実施形態（図11参照）と同様である。

[0109] 制御回路41は、ステップS25で決定したトルクを対応する関節23に加えるように、ステップS26の処理、つまり制御を実行する。次いで、制御回路41は、停止処理を実行する（ステップS27）。そして、一連の処理を終了する。

[0110] ステップS27において、制御回路41は、たとえば第1関節231が慣性で回り続けるのを抑制するために、ステップS26で印加したトルクとは逆向きのトルクを第1関節231に印加する。

[0111] たとえば物体100の非操作時において、制御回路41は、第2駆動部32を駆動させ、ワイヤ323を介して第1関節231に正回転トルクを印加する。これにより、第1関節231が正回転する。つまり、第1指部221（22）が移動する。次いで制御回路41は、第1駆動部31を駆動させ、ワイヤ314を介して第1関節231に逆回転トルクを印加する。これにより、正回転している第1関節231を止める。これに代えて、ワイヤ324を緩めるように第2駆動部32を駆動させた状態で、ワイヤ313を介して第1駆動部31により第1関節231に正回転トルクを印加してもよい。第

1 駆動部 3 1 は、ワイヤ 3 2 4 が伸びきるまで正回転トルクを印加する。これにより、第 1 指部 2 2 1 (2 2) を高速で移動させることができる。

[0112] 制御回路 4 1 は、第 2 駆動部 3 2 を駆動させ、ワイヤ 3 2 4 を介して第 1 関節 2 3 1 に逆回転トルクを印加する。これにより、第 1 関節 2 3 1 が逆回転する。つまり、第 1 指部 2 2 1 (2 2) が移動する。次いで制御回路 4 1 は、第 1 駆動部 3 1 を駆動させ、ワイヤ 3 1 3 を介して第 1 関節 2 3 1 に正回転トルクを印加する。これにより、逆回転している第 1 関節 2 3 1 を止める。これに代えて、ワイヤ 3 2 4 を介して第 2 駆動部 3 2 により第 1 関節 2 3 1 に一定の逆回転トルクを印加しつつ、ワイヤ 3 1 3 を緩めるように第 1 駆動部 3 1 を駆動させてもよい。この場合、第 1 指部 2 2 1 (2 2) を高速で移動させることができる。

[0113] <第 3 実施形態のまとめ>

本実施形態の第 1 駆動部 3 1 および第 2 駆動部 3 2 は、第 1 関節 2 3 1 (共通関節) に対して物体 1 0 0 に力を加える向きに作用可能である。第 1 駆動部 3 1 および第 2 駆動部 3 2 は、第 1 関節 2 3 1 に対して物体 1 0 0 に力を加える向きとは逆向きにも作用可能である。よって、操作性をさらに向上させることができる。

[0114] なお、第 1 駆動部 3 1 のみを、第 1 関節 2 3 1 に対して両方向に作用可能としてもよい。第 2 駆動部 3 2 のみを、第 1 関節 2 3 1 に対して両方向に作用可能としてもよい。いずれにおいても、正逆を問わず第 1 関節 2 3 1 を停止させることができる。

[0115] 本実施形態に記載の構成は、第 1 実施形態に記載の構成、第 2 実施形態に記載の構成との組み合わせが可能である。

[0116] (他の実施形態)

この明細書および図面等における開示は、例示された実施形態に制限されない。開示は、例示された実施形態と、それらに基づく当業者による変形態様を包含する。たとえば、開示は、実施形態において示された部品および／または要素の組み合わせに限定されない。開示は、多様な組み合わせによっ

て実施可能である。開示は、実施形態に追加可能な追加的な部分をもつことができる。開示は、実施形態の部品および／または要素が省略されたものを包含する。開示は、ひとつの実施形態と他の実施形態との間における部品および／または要素の置き換え、または組み合わせを包含する。開示される技術的範囲は、実施形態の記載に限定されない。開示されるいくつかの技術的範囲は、請求の範囲の記載によって示され、さらに請求の範囲の記載と均等の意味および範囲内でのすべての変更を含むものと解されるべきである。

[0117] 明細書および図面等における開示は、請求の範囲の記載によって限定されない。明細書および図面等における開示は、請求の範囲に記載された技術的思想を包含し、さらに請求の範囲に記載された技術的思想より多様で広範な技術的思想に及んでいる。よって、請求の範囲の記載に拘束されることなく、明細書および図面等の開示から、多様な技術的思想を抽出することができる。

[0118] ある要素または層が「上にある」、「連結されている」、「接続されている」または「結合されている」と言及されている場合、それは、他の要素、または他の層に対して、直接的に上に、連結され、接続され、または結合されていることがあり、さらに、介在要素または介在層が存在していることがある。対照的に、ある要素が別の要素または層に「直接的に上に」、「直接的に連結されている」、「直接的に接続されている」または「直接的に結合されている」と言及されている場合、介在要素または介在層は存在しない。要素間の関係を説明するために使用される他の言葉は、同様のやり方で（例えば、「間に」対「直接的に間に」、「隣接する」対「直接的に隣接する」など）解釈されるべきである。この明細書で使用される場合、用語「および／または」は、関連する列挙されたひとつまたは複数の項目に関する任意の組み合わせ、およびすべての組み合わせを含む。

[0119] 空間的に相対的な用語「内」、「外」、「裏」、「下」、「低」、「上」、「高」などは、図示されているような、ひとつの要素または特徴の他の要素または特徴に対する関係を説明する記載を容易にするためにここでは利用

されている。空間的に相対的な用語は、図面に描かれている向きに加えて、使用または操作中の装置の異なる向きを包含することを意図することができる。例えば、図中の装置をひっくり返すと、他の要素または特徴の「下」または「真下」として説明されている要素は、他の要素または特徴の「上」に向けられる。したがって、用語「下」は、上と下の両方の向きを包含することができる。この装置は、他の方向に向いていてもよく（90度または他の向きに回転されてもよい）、この明細書で使用される空間的に相対的な記述子はそれに応じて解釈される。

[0120] (技術的思想の開示)

この明細書は、以下に列挙する複数の項に記載された複数の技術的思想を開示している。いくつかの項は、後続の項において先行する項を択一的に引用する多項従属形式 (a multiple dependent form) により記載されている場合がある。さらに、いくつかの項は、他の多項従属形式の項を引用する多項従属形式 (a multiple dependent form referring to another multiple dependent form) により記載されている場合がある。これらの多項従属形式で記載された項は、複数の技術的思想を定義している。

[0121] <技術的思想1>

基部(21)と、
複数の関節(231, 232)を有し、前記基部に支持された指部(22)と、
前記関節の少なくともひとつを駆動する駆動部(30)と、
前記駆動部を用いて前記関節の駆動を制御する制御部(40)と、を備え、
前記駆動部は、互いに共通の前記関節である共通関節に対して物体に力を加える向きに作用する第1駆動部(31)および第2駆動部(32)を含み、
前記第1駆動部は、前記第2駆動部よりもバックドライブし易い構成とされ、

前記制御部は、前記物体の操作に応じて前記駆動部を選択して用いる、ロボットハンド。

[0122] <技術的思想 2>

前記第 1 駆動部は、第 1 減速機 (3 1 2) を有し、

前記第 2 駆動部は、第 2 減速機 (3 2 2) を有し、

前記第 1 減速機の減速比は、前記第 2 減速機の減速比よりも小さい、技術的思想 1 に記載のロボットハンド。

[0123] <技術的思想 3>

前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部は、動力の伝達によって前記共通関節を前記物体に力を加える向きに回転させるワイヤ (3 1 3、3 2 3) をそれぞれ有し、

前記制御部は、前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部のうち、前記共通関節の駆動に用いない前記駆動部の前記ワイヤに緩みをもたせる、技術的思想 1 または技術的思想 2 に記載のロボットハンド。

[0124] <技術的思想 4>

前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部は、動力の伝達によって前記共通関節を前記物体に力を加える向きに回転させるワイヤ (3 1 3、3 2 3) をそれぞれ有し、

前記ワイヤは、ばね定数またはダンパ定数が可変可能であり、

前記制御部は、前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部の少なくとも一方において、前記共通関節の駆動に用いない場合の前記ワイヤのばね定数またはダンパ定数を、前記共通関節の駆動に用いる場合の前記ワイヤのばね定数またはダンパ定数よりも小さくする、技術的思想 1 または技術的思想 2 に記載のロボットハンド。

[0125] <技術的思想 5>

前記制御部は、前記物体を静的に操作する場合に、少なくとも前記第 2 駆動部を選択する、技術的思想 1 ～ 4 いずれかひとつに記載のロボットハンド。

[0126] <技術的思想 6>

前記制御部は、前記物体を動的に操作する場合に、前記第 1 駆動部を選択する、技術的思想 1 ～ 4 いずれかひとつに記載のロボットハンド。

[0127] <技術的思想 7>

前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部の少なくともひとつは、前記共通関節に対して前記物体に力を加える向きとは逆向きに作用可能である、技術的思想 1 ～ 6 いずれかひとつに記載のロボットハンド。

請求の範囲

- [請求項1] 基部（21）と、
 複数の関節（231, 232）を有し、前記基部に支持された指部（22）と、
 前記関節の少なくともひとつを駆動する駆動部（30）と、
 前記駆動部を用いて前記関節の駆動を制御する制御部（40）と、
 を備え、
 前記駆動部は、互いに共通の前記関節である共通関節に対して物体に力を加える向きに作用する第1駆動部（31）および第2駆動部（32）を含み、
 前記第1駆動部は、前記第2駆動部よりもバックドライブし易い構成とされ、
 前記制御部は、前記物体の操作に応じて前記駆動部を選択して用いる、ロボットハンド。
- [請求項2] 前記第1駆動部は、第1減速機（312）を有し、
 前記第2駆動部は、第2減速機（322）を有し、
 前記第1減速機の減速比は、前記第2減速機の減速比よりも小さい、請求項1に記載のロボットハンド。
- [請求項3] 前記第1駆動部および前記第2駆動部は、動力の伝達によって前記共通関節を前記物体に力を加える向きに回転させるワイヤ（313、323）をそれぞれ有し、
 前記制御部は、前記第1駆動部および前記第2駆動部のうち、前記共通関節の駆動に用いない前記駆動部の前記ワイヤに緩みをもたせる、請求項1または請求項2に記載のロボットハンド。
- [請求項4] 前記第1駆動部および前記第2駆動部は、動力の伝達によって前記共通関節を前記物体に力を加える向きに回転させるワイヤ（313、323）をそれぞれ有し、
 前記ワイヤは、ばね定数またはダンパ定数が可変可能であり、

前記制御部は、前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部の少なくとも一方において、前記共通関節の駆動に用いない場合の前記ワイヤのばね定数またはダンパ定数を、前記共通関節の駆動に用いる場合の前記ワイヤのばね定数またはダンパ定数よりも小さくする、請求項 1 または請求項 2 に記載のロボットハンド。

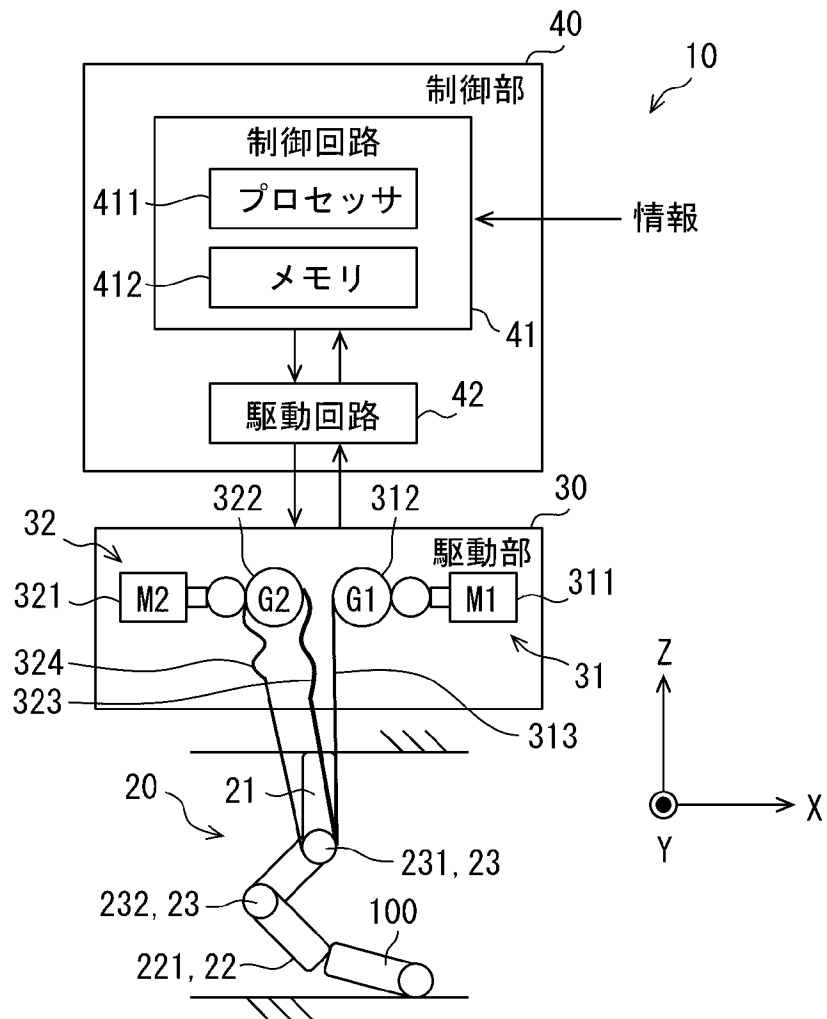
[請求項5] 前記制御部は、前記物体を静的に操作する場合に、少なくとも前記第 2 駆動部を選択する、請求項 1 または請求項 2 に記載のロボットハンド。

[請求項6] 前記制御部は、前記物体を動的に操作する場合に、前記第 1 駆動部を選択する、請求項 1 または請求項 2 に記載のロボットハンド。

[請求項7] 前記第 1 駆動部および前記第 2 駆動部の少なくともひとは、前記共通関節に対して前記物体に力を加える向きとは逆向きに作用可能である、請求項 1 または請求項 2 に記載のロボットハンド。

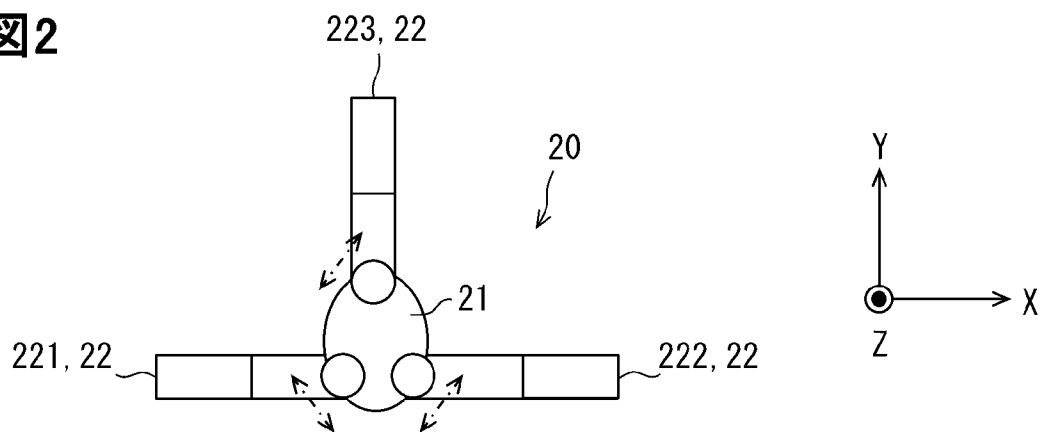
[図1]

図1



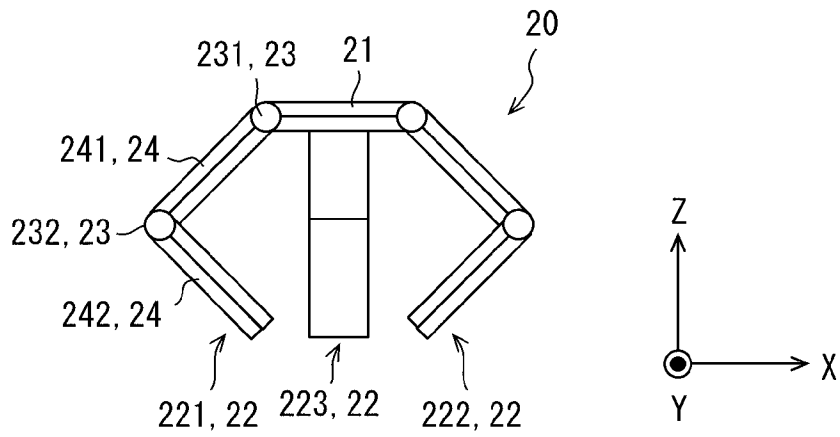
[図2]

図2



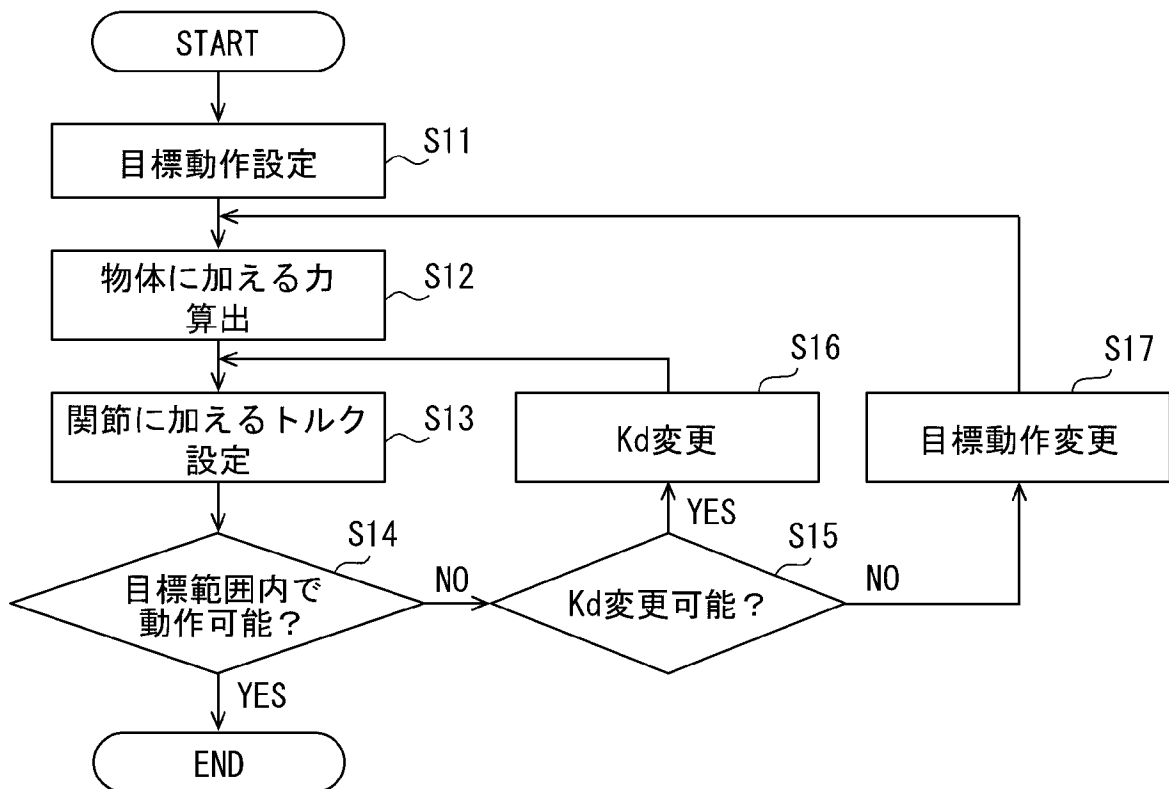
[図3]

図3



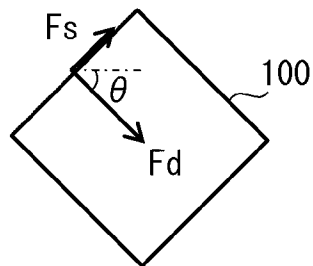
[図4]

図4



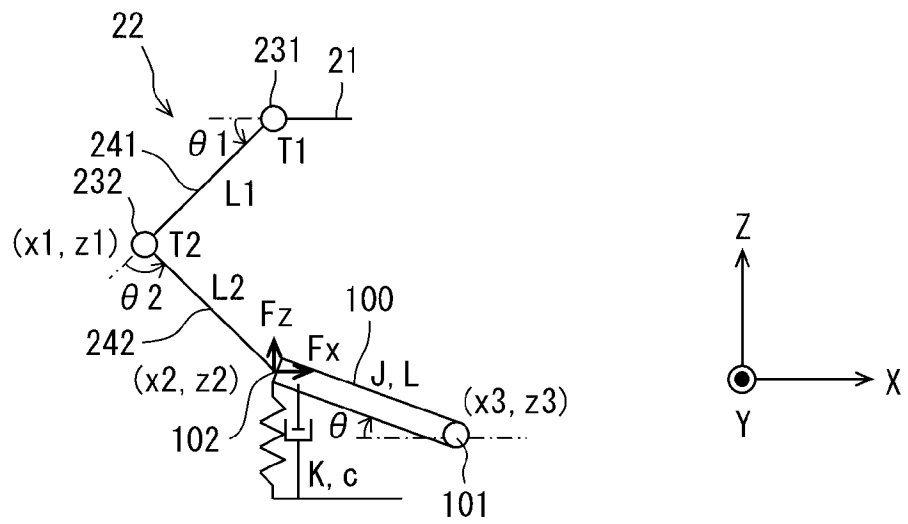
[図5]

図5



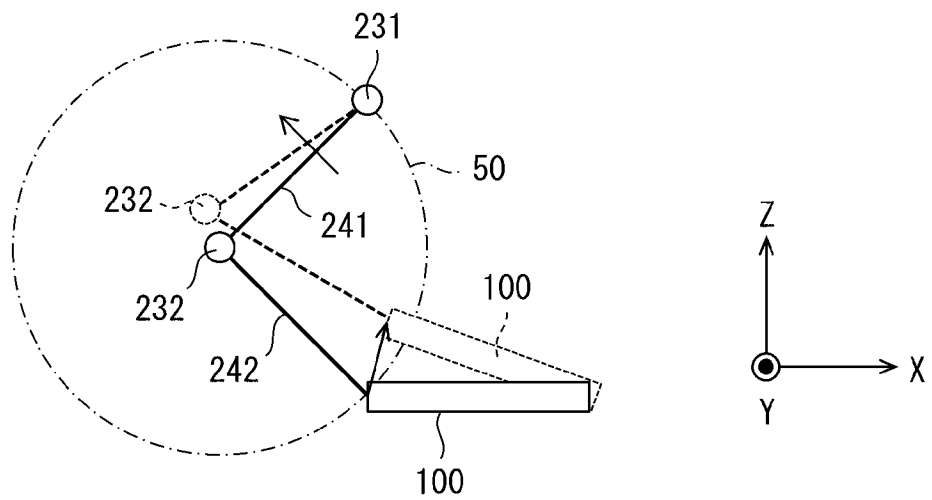
[図6]

図6



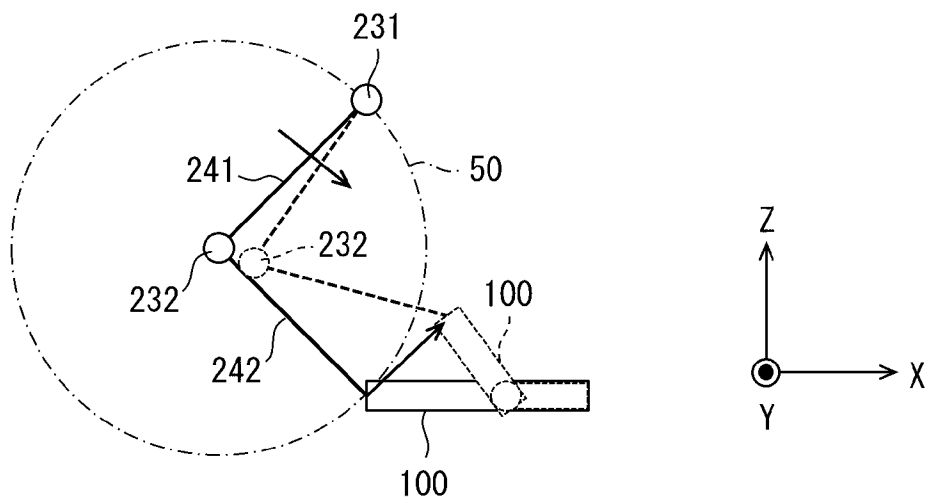
[図7]

図7



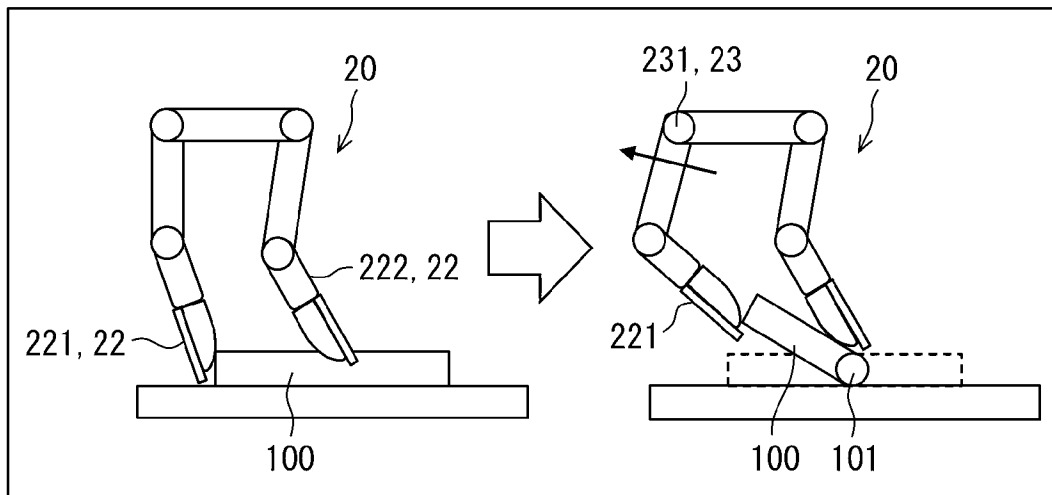
[図8]

図8



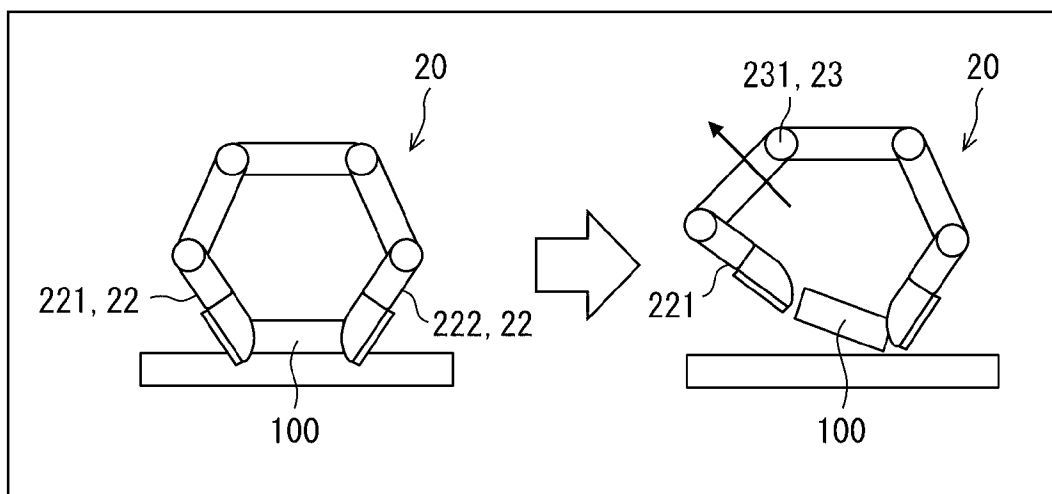
[図9]

図9



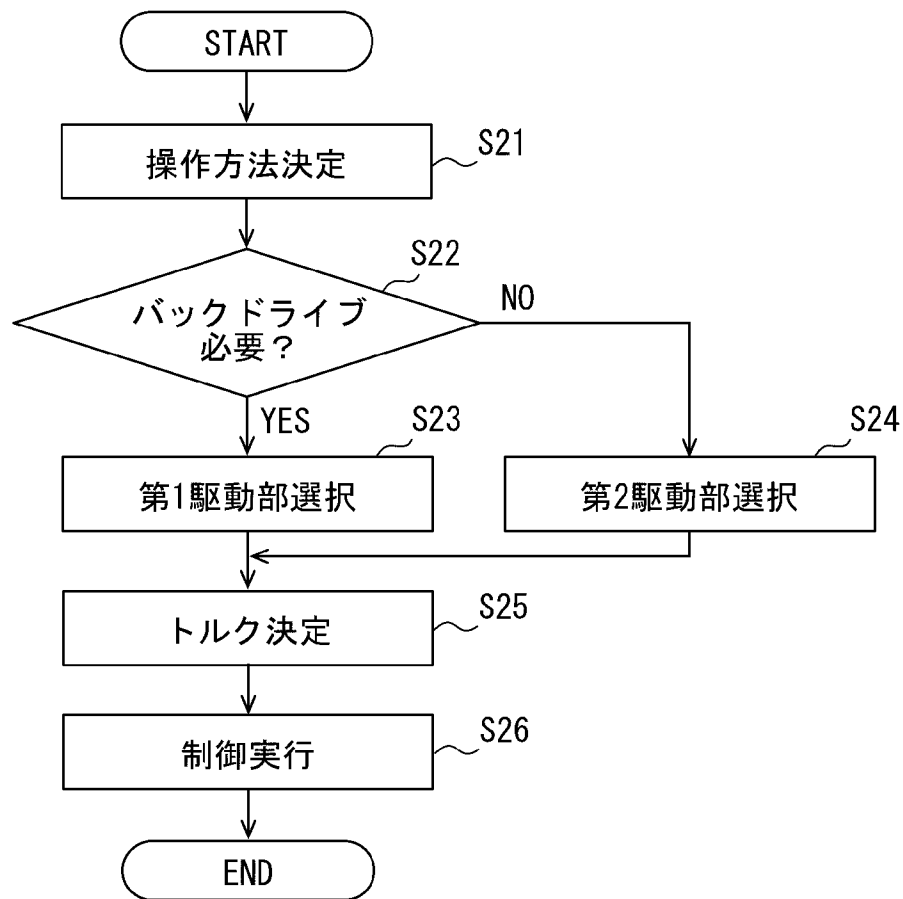
[図10]

図10



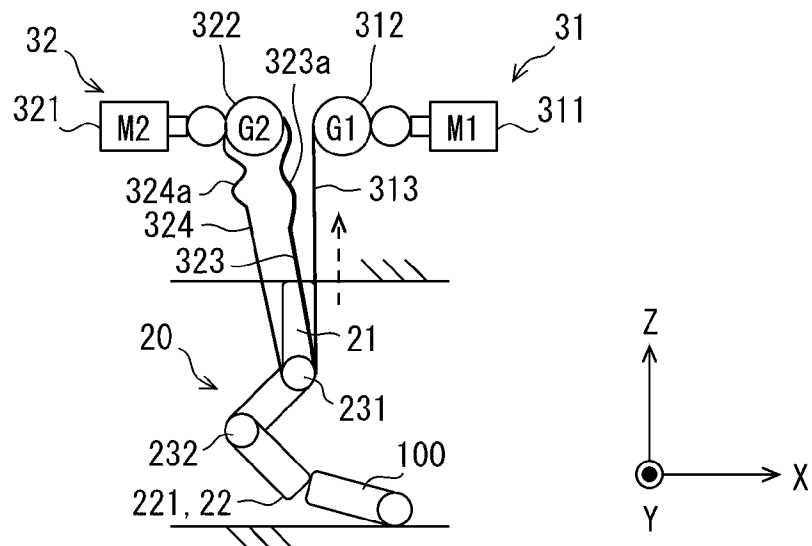
[図11]

図11



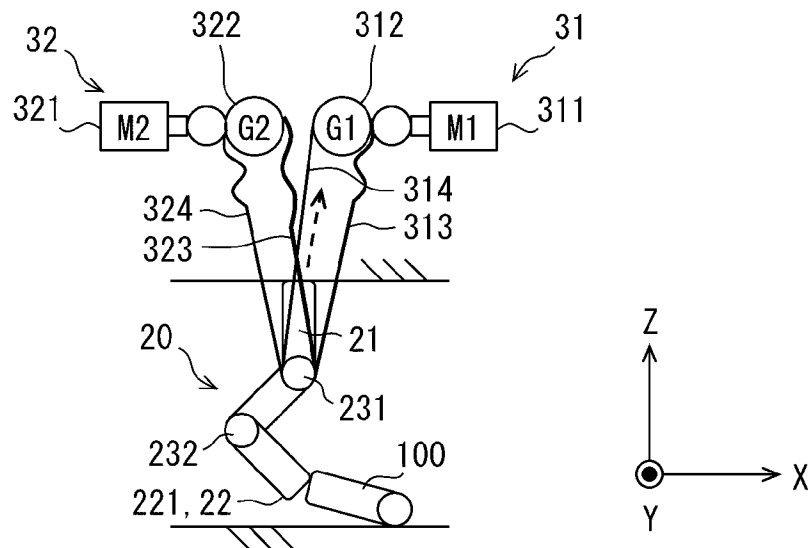
[図12]

図12



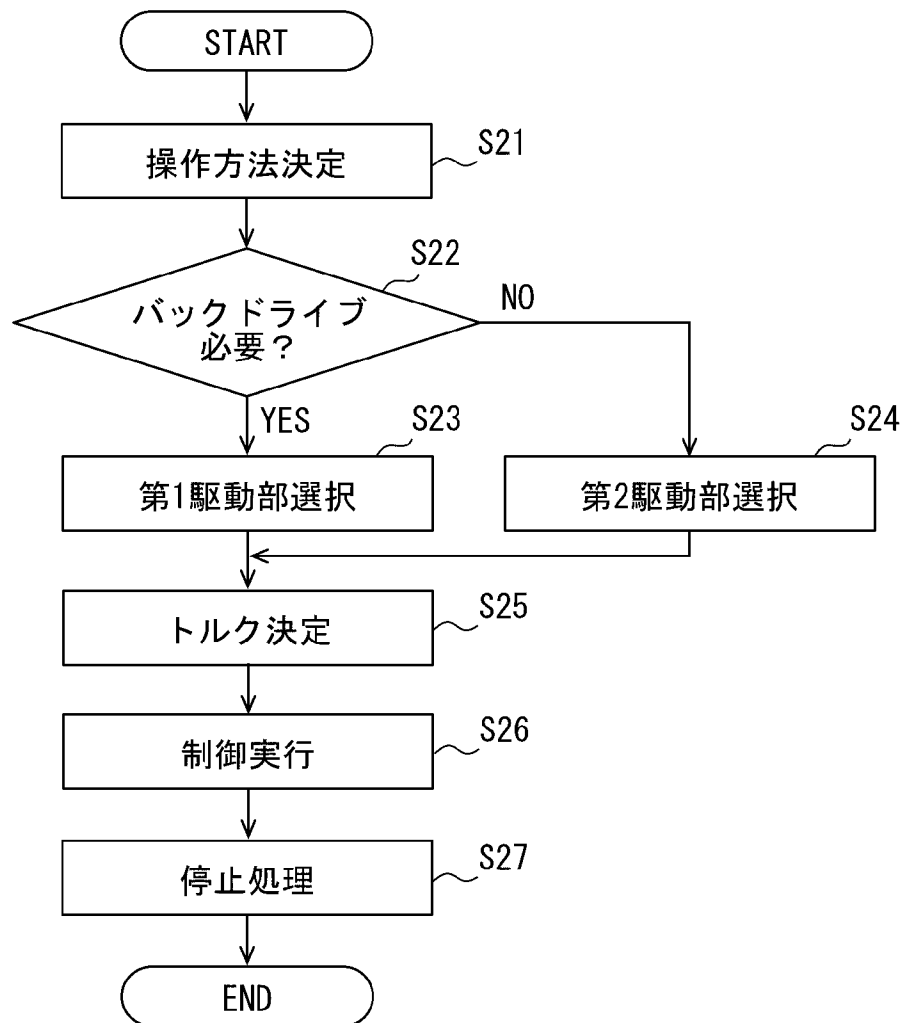
[図16]

図16



[図17]

図17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/011927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**B25J 15/08**(2006.01)i

FI: B25J15/08 J

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)

B25J15/08

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2011-245568 A (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 08 December 2011 (2011-12-08)	1, 7
A	paragraphs [0026], [0032]-[0050], fig. 1-12	2-6
Y	WO 2008/069306 A1 (PANASONIC CORPORATION) 12 June 2008 (2008-06-12)	1, 7
	paragraphs [0012]-[0013], fig. 1a-4c	
Y	WO 2019/097980 A1 (THK CO LTD) 23 May 2019 (2019-05-23)	1, 7
	paragraphs [0010]-[0012], fig. 1-10	
A	JP 2013-043279 A (GM GLOBAL TECHNOLOGY OPERATIONS LLC) 04 March 2013 (2013-03-04)	1-7
	entire text, all drawings	
A	US 2017/0355082 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 14 December 2017 (2017-12-14)	1-7
	entire text, all drawings	



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

29 May 2023

Date of mailing of the international search report

06 June 2023

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/JP2023/011927

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2011-245568	A	08 December 2011	(Family: none)	
WO	2008/069306	A1	12 June 2008	US 2010/0005918 A1 paragraphs [0037]-[0038], fig. 1A-4C	
				EP 2093027 A1	
				CN 101547773 A	
				AT 497866 T	
WO	2019/097980	A1	23 May 2019	US 2020/0269445 A1 paragraphs [0024]-[0026], fig. 1-10	
				DE 112018005581 T5	
				CN 111356562 A	
JP	2013-043279	A	04 March 2013	US 2013/0042715 A1 entire text, all drawings	
				DE 102012214599 A1	
US	2017/0355082	A1	14 December 2017	(Family: none)	

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 FI: B25J15/08 J										
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 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年									
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								
Y	JP 2011-245568 A (国立大学法人東京工業大学) 08.12.2011 (2011 - 12 - 08) 段落[0026], [0032]-[0050], 図1-12	1, 7								
A		2-6								
Y	WO 2008/069306 A1 (パナソニック株式会社) 12.06.2008 (2008 - 06 - 12) 段落[0012]-[0013], 図1a-4c	1, 7								
Y	WO 2019/097980 A1 (THK株式会社) 23.05.2019 (2019 - 05 - 23) 段落[0010]-[0012], 図1-10	1, 7								
A	JP 2013-043279 A (ジーエム・グローバル・テクノロジー・オペレーションズ・エル エルシー) 04.03.2013 (2013 - 03 - 04) 全文、全図	1-7								
A	US 2017/0355082 A1 (X DEVELOPMENT LLC) 14.12.2017 (2017 - 12 - 14) 全文、全図	1-7								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 29.05.2023		国際調査報告の発送日 06.06.2023								
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								

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/JP2023/011927

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-245568	A	08.12.2011	(ファミリーなし)	
WO	2008/069306	A1	12.06.2008	US 2010/0005918 A1	
				段落[0037]-[0038], FIGS. 1A-4C	
				EP 2093027 A1	
				CN 101547773 A	
				AT 497866 T	
WO	2019/097980	A1	23.05.2019	US 2020/0269445 A1	
				段落[0024]-[0026], Figs. 1-10	
				DE 112018005581 T5	
				CN 111356562 A	
JP	2013-043279	A	04.03.2013	US 2013/0042715 A1	
				全文、全図	
				DE 102012214599 A1	
US	2017/0355082	A1	14.12.2017	(ファミリーなし)	