

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7318655号

(P7318655)

(45)発行日 令和5年8月1日(2023.8.1)

(24)登録日 令和5年7月24日(2023.7.24)

(51)国際特許分類

F I

B 2 5 J 13/00 (2006.01)

B 2 5 J 13/00

Z

B 2 5 J 5/00 (2006.01)

B 2 5 J 5/00

A

請求項の数 19 (全31頁)

(21)出願番号 特願2020-550247(P2020-550247)
(86)(22)出願日 令和1年9月12日(2019.9.12)
(86)国際出願番号 PCT/JP2019/035825
(87)国際公開番号 WO2020/071080
(87)国際公開日 令和2年4月9日(2020.4.9)
審査請求日 令和4年7月26日(2022.7.26)
(31)優先権主張番号 特願2018-190285(P2018-190285)
(32)優先日 平成30年10月5日(2018.10.5)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者 000002185
ソニーグループ株式会社
東京都港区港南1丁目7番1号
(74)代理人 110002147
弁理士法人酒井国際特許事務所
(72)発明者 袖山 慶直
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー
株式会社内
(72)発明者 成田 哲也
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー
株式会社内
(72)発明者 松田 康宏
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー
株式会社内
(72)発明者 本郷 一生

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 情報処理装置、制御方法及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する制御部を備え、
前記制御部は、前記物体の授受方向への前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータの把持力の単位時間あたりの変化量を制御する、

情報処理装置。

【請求項2】

マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する制御部を備え、

前記マニピュレータは、前記物体を把持する手部と、一方の端に前記手部が取り付けられたアーム部とを有し、

前記制御部は、前記物体の授受方向への前記移動速度が連続性を保つように、前記手部の把持力の単位時間あたりの変化量を制御するとともに、前記アーム部の姿勢の単位時間あたりの変化量を制御する

情報処理装置。

【請求項3】

前記マニピュレータは、移動可能な移動体に取り付けられ、

前記制御部は、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御するとともに、前記移動体の移動を制御する

請求項 1 又は 2 に記載の情報処理装置。

【請求項 4】

前記物体が前記マニピュレータと接する部分における前記物体の滑り量を検出する第 1 検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 1 検出部で検出された滑り量に基づいて、前記物体の前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する

請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 5】

前記物体が前記マニピュレータと接触する部分における前記物体の滑り量又は初期滑り量を検出する第 2 検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 2 検出部で検出された前記滑り量又は前記初期滑り量の変化が重力方向とは異なる方向の成分を含む場合、前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作を前記マニピュレータに開始させる

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 6】

前記重力方向とは異なる方向は、重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、前記授受対象者への授受方向である請求項 5 に記載の情報処理装置。

【請求項 7】

前記物体が前記マニピュレータと接触する部分における前記物体の重力方向の滑り量又は初期滑り量を検出する第 3 検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 3 検出部で検出された前記重力方向の前記滑り量又は前記初期滑り量に基づいて前記マニピュレータを制御する

請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 8】

前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作中の前記授受対象者の感情を認識する対象者認識部をさらに備え、

前記制御部は、前記対象者認識部で検出された前記授受対象者の感情の変化に基づいて、前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作を停止又は終了する

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 9】

前記対象者認識部は、前記授受対象者を撮像した画像データ及び前記授受対象者が発した声を集音した音声データのうちの少なくとも 1 つに基づいて、前記授受対象者の感情を認識する請求項 8 に記載の情報処理装置。

【請求項 10】

前記物体を前記授受対象者へ受け渡すために前記マニピュレータに実行させる授受動作を計画する計画部をさらに備え、

前記制御部は、前記計画部で計画された前記授受動作に従って、前記物体の前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する

請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

【請求項 11】

前記物体の特性を認識又は推定する物体認識部をさらに備え、

前記計画部は、前記物体認識部で認識又は推定された前記物体の特性に基づいて、前記授受動作を計画する

請求項 10 に記載の情報処理装置。

【請求項 12】

前記物体の特性は、静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度及び湿度のうちの少なくとも 1 つを含む請求項 11 に記載の情報処理装置。

【請求項 13】

前記計画部は、学習済みモデルに従って前記授受動作を計画する請求項 10 ～ 12 のいずれか 1 項に記載の情報処理装置。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

前記学習済みモデルは、前記マニピュレータが前記物体を把持する把持力の変化率を入力とし、前記物体の授受方向への移動速度の連続性を出力とした機械学習にて作成されたモデルである請求項 13 に記載の情報処理装置。

【請求項 15】

前記機械学習は、前記物体の授受方向への前記移動速度の連続性が高い程、プラスの報酬が設定され、前記授受方向への前記移動速度の連続性が低い程、マイナスの報酬が設定された機械学習である請求項 14 に記載の情報処理装置。

【請求項 16】

前記第 1 検出部は、粘弾性体及びビジョンセンサ、圧力分布センサ及び測距センサのうちの少なくとも 1 つを含む請求項 4 に記載の情報処理装置。

【請求項 17】

前記第 2 検出部は、粘弾性体及びビジョンセンサ、又は、圧力分布センサを含む請求項 5 又は 6 に記載の情報処理装置。

【請求項 18】

マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する制御方法であって、
前記物体の授受方向への前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータの把持力の単位時間あたりの変化量を制御する、
制御方法。

【請求項 19】

マニピュレータを制御するコンピュータを機能させるためのプログラムであって、
前記マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の授受方向への前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータの把持力の単位時間あたりの変化量を制御することを前記コンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、情報処理装置、制御方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、家庭や介護施設や店舗などにおいて人間とのインタラクションを実行することを目的としたロボットの開発が盛んに行なわれている。人間とロボットとが行なうインタラクションには、例えば、会話や物体の授受などが存在する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2013-111737 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ここで、物体の授受では、物体のスムーズな受け渡しを達成するために、受け渡しの対象となる物体や受け手となる人間の所作や状況等に応じた繊細な制御が要求される。

【0005】

そこで本開示では、物体のスムーズな受け渡しを可能にする情報処理装置、制御方法及びプログラムを提案する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するために、本開示の一形態に係る情報処理装置は、マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように

10

20

30

40

50

、前記マニピュレータを制御する制御部を備える。

【0007】

（作用）本開示の一形態に係る情報処理装置によれば、物体を授受対象者へ受け渡す際に、物体の授受方向への移動速度の連続性が保たれるように、マニピュレータが制御される。これにより、物体の授受方向への変位が急激に変化することを低減できるため、物体のスムーズな受け渡しが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】一実施形態に係る自律ロボットから授受対象者へ物体を渡す動作を説明するための模式図である。

10

【図2】一実施形態における最適な授受動作の一例を示すグラフである。

【図3】一実施形態における最適でない授受動作の一例を示すグラフである。

【図4】一実施形態に係る自律ロボットの概略構成例を示すブロック図である。

【図5】一実施形態に係る手部の構成例を示す外観図である。

【図6】図5における方向A2から手部を見た場合の構成例を示す外観図である。

【図7】一実施形態に係る自律ロボットの授受動作を実行するための機能構成の一例を示すブロック図である。

【図8】一実施形態に係る機械学習プロセスにおける入出力情報の一例を示す模式図である。

【図9】一実施形態に係る概略的な動作例を示すフローチャートである。

20

【図10】一実施形態の第1の例に係る授受動作を示すフローチャートである。

【図11】一実施形態の第2の例に係る授受動作を示すフローチャートである。

【図12】一実施形態の第3の例に係る授受動作を示すフローチャートである。

【図13】一実施形態の第4の例に係る授受動作を示すフローチャートである。

【図14】一実施形態に係る把持動作とリリース動作とのブレンドを説明するための図である。

【図15】一実施形態の変形例に係る把持動作とリリース動作とのブレンドを説明するための図である。

【図16】一実施形態に係るビジョンセンサを用いて構成された滑りセンサの一例を示す模式図である。

30

【図17】図16に示す変形部の一例を示す図である。

【図18】一実施形態に係るビジョンセンサで検出される初期滑りを説明するための図である（その1）。

【図19】一実施形態に係るビジョンセンサで検出される初期滑りを説明するための図である（その2）。

【図20】一実施形態に係るビジョンセンサで検出される初期滑りを説明するための図である（その3）。

【図21】一実施形態に係る圧力分布センサを用いて構成された滑りセンサの一例を示す模式図である。

【図22】一実施形態に係る圧力分布センサで検出される初期滑りを説明するための図である（その1）。

40

【図23】一実施形態に係る圧力分布センサで検出される初期滑りを説明するための図である（その2）。

【図24】一実施形態に係るシステム構成の一例を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に、本開示の実施形態について図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の各実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより重複する説明を省略する。

【0010】

また、以下に示す項目順序に従って本開示を説明する。

50

1. 一実施形態

- 1.1 自律ロボットの概要
- 1.2 物体の授受動作について
- 1.3 自律ロボットの概略構成
- 1.4 手部の構成
- 1.5 自律ロボットの機能構成
- 1.6 授受行動の機械学習について
- 1.7 動作例
- 1.8 授受動作の具体例
 - 1.8.1 第1の例
 - 1.8.2 第2の例
 - 1.8.3 第3の例
 - 1.8.4 第4の例
- 1.9 把持動作とリリース動作とのブレンドについて
 - 1.9.1 変形例
- 1.10 初期滑りの計測について
 - 1.10.1 ビジョンセンサ
 - 1.10.2 圧力分布センサ
- 1.11 システム構成
- 1.12 作用・効果

10

20

【0011】

1. 一実施形態

以下、本開示の一実施形態に係る情報処理装置、制御方法及びプログラムについて、図面を参照して詳細に説明する。本実施形態では、ロボットハンドや人型ロボットやペットロボットなどのアーム（マニピュレータともいう）を備えた自律ロボットと人との間で未知の物体を授受する物理インタラクションをスムーズに行なうことを可能にする情報処理装置、制御方法及びプログラムについて、例を挙げて説明する。

【0012】

1.1 自律ロボットの概要

図1は、本実施形態に係る自律ロボットから人（以下、授受対象者という）へ物体を渡す動作を説明するための模式図である。図1に示すように、自律ロボット1は、例えば、頭部41と、胴体部42と、台車部43と、マニピュレータ44L及び44Rとを備える人型ロボットである。胴体部42と台車部43とは、例えば、床P1などの上を移動可能な移動体を構成する。

30

【0013】

台車部43には、例えば、車輪やキャタピラなどの走行機構の他、走行用モータやバッテリーやコントロール部などが収容されている。ただし、走行機構は、車輪やキャタピラなどに限定されず、2本以上の脚などで構成された歩行機構などであってもよい。また、自律ロボット1は人型ロボットに限定されず、マニピュレータ単体や、マニピュレータが搭載された自律移動体など、少なくとも1つのアーム部を備えた種々のロボットを自律ロボット1として適用するも可能である。

40

【0014】

各マニピュレータ44L及び44R（以下、マニピュレータ44L及び44Rを区別しない場合、その符号を単に44とする）は、胴体部42の肩に相当する箇所に取り付けられた上腕部441と、マニピュレータ44の肘に相当する箇所で上腕部441に取り付けられた前腕部442と、マニピュレータ44の手首に相当する箇所で前腕部442に取り付けられた手部443とを備える。上腕部441と前腕部442とは、例えば、マニピュレータ44におけるアーム部を構成する。マニピュレータ44の肩と肘と手首に相当する各関節には、例えば、マニピュレータ44を人の腕のように可動するための駆動部や関節機構等が設けられている。駆動部としては、例えば、電磁モータ、油圧アクチュエータ、

50

空圧アクチュエータなどを用いることができる。

【0015】

また、手部443には、物体を把持するための機構として、指部も設けられている。なお、以下の説明では、手部443が2指である場合を例示するが、これに限定されず、例えば、3指や4指や5指など、種々変形することが可能である。また、ジャミング転移を利用したハンドや、空気圧力制御による吸引を利用したハンドなどを手部443として使用することも可能である。

【0016】

1.2 物体の授受動作について

このような自律ロボット1では、手部443に把持した物体B1を授受対象者の手H1に手渡しする場合、図2に示すように、授受動作の実行期間中、物体B1の授受方向A1への変位が連続的、例えば直線的なものとなることが好ましい。一方、図3に示すように、授受動作の実行期間中の物体B1の授受方向A1への変位に急激な変化が含まれる場合、手部443から授受対象者の手H1へ物体B1をうまく授受することができず、物体B1が落下したり、物体B1の内容物がこぼれたりするなどの事象が発生してしまう可能性が高い。

【0017】

人と自律ロボットとの間の物体の授受動作には、自律ロボットが物体を把持する把持動作と、自律ロボットが物体をリリースするリリース動作と、人が物体を受け取る受取動作とが含まれ、物体を人へ受け渡す際には、自律ロボット1は、把持動作で把持した物体をリリース動作でリリースする。すなわち、把持した物体を人へ受け渡す際、自律ロボット1は、把持動作とリリース動作とのブレンド率を変化させてリリース動作の占める割合を徐々に増加させ、最終的に物体をリリースする。

【0018】

ここで、例えば、自律ロボットが実行するリリース動作には、予め決まったパターンが存在せず、物体や授受対象者毎に最適な動作が異なる。例えば、熱湯の入った湯呑を授受する場合と、テニスボールを授受する場合とでは、最適なリリース動作が異なる。

【0019】

これは、物体B1の授受方向A1への単位時間あたりの移動量は、授受対象者が受取動作において物体B1に与える外力の大きさによって変化するが、この移動量の変化が、物体B1に固有の特性、例えば、静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度、湿度等の違いに依存して異なるためである。

【0020】

そのため、特性が異なる全ての物体について、自律ロボットの設計者が最適なリリース動作を予め計画しておくことは困難である。同様に、授受対象者の所作や状況等が異なる全てのケースについても、設計者が最適なリリース動作を予め計画しておくことは困難である。

【0021】

そこで本実施形態では、人と自律ロボットとが共存する家庭や介護施設や店舗など、受け渡しの対象となる物体が未知である環境や、授受対象者の所作や状況等が未知である環境、すなわち、最適なリリース動作のモデルを事前に作成できない環境において、人と自律ロボットとの間で品質の高い物理インタラクション、具体的には物体の授受を可能にする構成及び動作について、具体例を挙げて説明する。

【0022】

例えば、本実施形態では、自律ロボット1に搭載した各種センサからの情報を活用することで、受け渡しの物体B1や授受対象者の所作や状況等に応じた最適な授受動作を可能にする。

【0023】

なお、本説明において、最適な授受動作とは、例えば、物体を授受する際の授受方向の滑り量の変化率が連続性を保っていることであってよい（例えば、図2参照）。ただし、

10

20

30

40

50

これに限定されず、授受対象者が自律ロボット1からストレスなく物体を受け取ることができる種々の授受動作を最適な授受動作と定義することができる。

【0024】

一方、適切でない授受動作とは、例えば、授受対象者が自律ロボット1から物体を受け取る際に必要以上の大きな力が発生したり、受け取った際に物体の変形や破損や内容物の飛び出しなどを引き起こす力が発生してしまったりなどの事象に繋がる動作であってよい。

【0025】

また、適切でない授受動作には、リリース動作に必要以上に時間をかけることで、授受対象者が受け取りをやめてしまったり、その結果として物体の落下や内容物の飛び出しが発生してしまったりなどの動作も含まれ得る。

【0026】

これらのような適切でない授受動作が行なわれた場合、自律ロボット1において必要以上の外力や外乱が発生し、物体の授受方向の滑り量の変化率が不連続となる（例えば、図3参照）。また、適切でない授受動作が行なわれた場合には、物体の授受方向の滑り量の変化率が断続的となるが、このことも物体の授受方向の滑り量の変化率が不連続となる要因となる。

【0027】

そこで本実施形態では、例えば、手部443の把持力の変化率や手部443に搭載した各種センサで検出された情報等を入力とし、物体B1の授受方向A1への移動速度の連続性を出力とした機械学習を行う。これにより、物体B1の特性（静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度、湿度等）、及び、授受対象者の所作や状況等に
20

【0028】

また、本実施形態では、例えば、手部443が把持する物体B1の滑り量又は初期滑り量の変化を計測し、その変化が重力方向とは異なる方向の成分、例えば、重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受方向A1（例えば、授受対象者の手H1の位置方向）の成分を含む際に、リリース動作を開始する。これにより、リリース動作を授受動作の初期段階に開始することが可能となるため、物体B1にかかる負荷や手部443の把持力の変動を最小限に抑えることが可能となり、それにより、よりスムーズな物体B1の受け渡しが可能となる。
30

【0029】

さらに、本実施形態では、物理インタラクションの更なる高品質化のために、上記に加え、画像入力情報や音声入力情報等から得られる授受対象者の存在や感情の変化等を機械学習の入力や出力に加えてもよい。

【0030】

例えば、画像処理の結果や測距センサからの情報を用いて授受対象者の存在や手H1の存在を確認した上でリリース動作を開始してもよい。これにより、誤ってリリース動作を開始することを回避できるため、より安全且つ確実に物体B1の受け渡しを実行することが可能となる。なお、画像処理の結果や測距センサからの情報に限らず、例えば、音声入出力情報等を用いて授受対象者の存在を確認してもよい。また、音声入出力情報等を用いて授受対象者の把持の意思やリリース動作中の感情の変化を認識した上で、リリース動作の開始や動作継続の判断を実行するようにしてもよい。
40

【0031】

さらにまた、例えば、リリース動作の実行中に、物体B1の授受方向A1への滑り量の変化を計測し続けることで、物体B1の授受方向A1への移動速度の連続性が保たれるように、リリース動作を制御してもよい。これにより、物体B1の授受方向A1への変位が急激に変化することを低減できるため、よりスムーズな物体B1の受け渡しが可能となる。

【0032】

さらにまた、例えば、リリース動作の実行中に、物体B1の重力方向への滑り量又は初期滑り量を計測し続けてもよい。これにより、物体B1を誤って落下せたり、物体B1が
50

手部 4 4 3 内で不自然に上下に変位することを低減することが可能となる。

【 0 0 3 3 】

なお、本説明において、授受方向 A 1 は、例えば、授受対象者の手 H 1 の位置、姿勢及び形状を認識した上で、第 3 指中手骨上端と手根骨を結んだ線上の手根骨方向であると定義する。また、授受方向 A 1 を、授受対象者の手 H 1 と体幹の位置と形状とを認識した上で、手根骨中心と胸骨中心とを結んだ線上の胸骨方向と定義することも可能である。若しくは、授受方向 A 1 を、授受対象者の手 H 1 と体幹の位置と形状とを認識した上で、手根骨中心と上腕骨頭中心を結んだ線上の上腕骨頭方向と定義することも可能である。ただし、授受方向 A 1 の定義は、上記に限定されず、種々変更することが可能である。

【 0 0 3 4 】

また、本実施形態に係るリリース動作には、手部 4 4 3 の把持力制御、マニピュレータ 4 4 におけるアーム部の動作制御（以下、アーム動作制御という）、自律ロボット 1 の全身動作制御等が含まれ得る。これら、手部 4 4 3 の把持力制御、マニピュレータ 4 4 におけるアーム部のアーム動作制御、自律ロボット 1 の全身動作制御等は、あるブレンド率でブレンドされるが、本実施形態では、このブレンド率を評価するための評価関数を定義し、この評価関数の最適解を求めるために、上記に示した、手部 4 4 3 に与えた把持力の変化率や手部 4 4 3 に搭載した各種センサで検出された情報等を入力とし、物体 B 1 の授受方向 A 1 への移動速度の連続性を出力とした機械学習を活用する。

【 0 0 3 5 】

なお、本説明において、把持力制御とは、物体 B 1 を把持するために手部 4 4 3 に発生している把持力をリリースに向けて減少させる際の単位時間における力の変化量を制御することであってよい。

【 0 0 3 6 】

また、アーム動作制御とは、物体 B 1 を把持して目標座標空間に物体 B 1 を配置しているアーム部の姿勢を変化させて物体 B 1 の位置を授受方向 A 1 へ移動させることであってよく、その際の単位時間当たりの変化量を制御することであってよい。このようなアーム動作制御により、リリース動作の開始を検知した時点で手部 4 4 3 から物体 B 1 を即時リリースした際に物体 B 1 に発生する授受方向 A 1 への慣性力を減少することが可能となる。

【 0 0 3 7 】

さらに、ロボット全身動作制御とは、物体 B 1 を把持して目標座標空間に物体 B 1 を配置している自律ロボット 1 の位置及び姿勢を変化させて物体 B 1 の位置を授受方向 A 1 へ移動させることであってよく、その際の単位時間当たりの位置変化量を制御することであってよい。

【 0 0 3 8 】

1. 3 自律ロボットの概略構成

次に、本実施形態に係る自律ロボット 1 の概略構成について、図面を参照して詳細に説明する。図 4 は、本実施形態に係る自律ロボットの概略構成例を示すブロック図である。図 4 に示すように、自律ロボット 1 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 1 2、DRAM (Dynamic Random Access Memory) 1 3、フラッシュROM (Read Only Memory) 1 4、PC (Personal Computer) カードインタフェース (I/F) 1 5、無線通信部 1 6 及び信号処理回路 1 1 が内部バス 1 7 を介して相互に接続されることにより形成されたコントロール部 1 0 と、この自律ロボット 1 の動力源としてのバッテリー 1 8 とを備える。

【 0 0 3 9 】

また、自律ロボット 1 は、移動やジェスチャーなどの動作を実現するための可動機構として、マニピュレータ 4 4 の関節部分や胴体部 4 2 の関節部分（（首関節や腰関節など）や車輪やキャタピラ等の可動部 2 6 と、この可動部 2 6 を駆動するためのアクチュエータ 2 7 とを備える。

【 0 0 4 0 】

さらに、自律ロボット 1 は、移動距離や移動速度や移動方向や姿勢などの情報を取得す

10

20

30

40

50

るためのセンサ（以下、内界センサという）として、自機の向きや動きの加速度を検出するための慣性計測装置（Inertial Measurement Unit：IMU）20と、アクチュエータ27の駆動量を検出するエンコーダ（又はポテンショメータ）28とを備える。なお、内界センサとしては、これらの他にも、加速度センサや角速度センサ等を用いることができる。

【0041】

さらにまた、自律ロボット1は、自機の周囲の地形や自機の周囲に存在する物体までの距離や方向などの情報を取得するセンサ（以下、外界センサという）として、外部の状況を撮像するカメラ19と、自機に対して特定の方向に存在する物体までの距離を測定するToF（Time of Flight）センサ21とを備える。なお、外界センサとしては、これらの他にも、LIDAR（Light Detection and Ranging又はLaser Imaging Detection and Ranging）センサ、GPS（Global Positioning System）センサ、磁気センサ、Bluetooth（登録商標）やWi-Fi（登録商標）などの無線通信部16における電波強度の測定部（以下、電波強度センサという）等を用いることができる。

【0042】

さらにまた、自律ロボット1には、外部から受けた物理的な圧力を検出するためのタッチセンサ22や、外部音を集音するためのマイク23や、周囲へ音声等を入力するためのスピーカ24や、ユーザ等へ各種情報を表示するための表示部25などが設けられてもよい。

【0043】

さらにまた、自律ロボット1の可動部26には、物体B1の授受を制御するためのセンサとして、6軸力覚センサ501と、3軸力覚センサ502と、滑りセンサ503と、測距センサ504と、3軸センサ261と、1軸センサ262と、3軸センサ263と、1軸センサ264と、2軸センサ265と、3軸センサ266とを備える。

【0044】

6軸力覚センサ501は、例えば、マニピュレータ44における手首部分に取り付けられ、手首部分に加わった力及びトルクの大きさと方向とを検出する。

【0045】

3軸力覚センサ502は、例えば、手部443における各指関節に取り付けられ、指関節に加わった力又はトルクの大きさと方向とを検出する。

【0046】

滑りセンサ503は、例えば、手部443における手のひらや指の腹など、把持する物体B1と接触する部分に取り付けられ、物体B1とこれに接触する部分とのせん断滑りの大きさ（滑り量）及びその方向を検出する。また、滑りセンサ503は、物体B1とこれに接触する部分との間で発生する初期滑りの大きさ（初期滑り量）及びその方向を検出してもよい。この滑りセンサ503には、例えば、手部443における物体B1に接触する部分に取り付けられた所定形状の粘弾性体の変形を観測するビジョンセンサや、圧力の2次元分布を計測する圧力分布センサなどを用いることができる。

【0047】

測距センサ504は、例えば、マニピュレータ44における手首や手のひらや手の甲や指先など、手部443が把持した物体B1を観測できる場所に取り付けられ、手部443と物体B1との間の距離を計測する。

【0048】

3軸センサ261は、例えば、肩部分に取り付けられ、胴体部42に対する上腕部441のロール角、ピッチ角及びヨー角を検出する。

【0049】

1軸センサ262は、例えば、肘部分に取り付けられ、上腕部441に対する前腕部442のピッチ角を検出する。

【0050】

3軸センサ263は、例えば、手首部分に取り付けられ、前腕部442に対する手部4

10

20

30

40

50

4 3 のロール角、ピッチ角及びヨー角を検出する。

【0051】

1 軸センサ 2 6 4 は、例えば、手部 4 4 3 の各指関節に取り付けられ、各関節のピッチ角を検出する。

【0052】

2 軸センサ 2 6 5 は、例えば、台車部 4 3 と胴体部 4 2 との関節部分に取り付けられ、台車部 4 3 に対する胴体部 4 2 のロール角及びピッチ角を検出する。

【0053】

3 軸センサ 2 6 6 は、例えば、首部分に取り付けられ、胴体部 4 2 に対する頭部 4 1 のロール角、ピッチ角及びヨー角を検出する。

【0054】

以上の構成において、IMU 2 0、タッチセンサ 2 2、ToF センサ 2 1、マイク 2 3、スピーカ 2 4、エンコーダ（又はポテンショメータ）2 8 などの各種センサ、表示部 2 5、アクチュエータ 2 7、カメラ 1 9 及びバッテリー 1 8 は、それぞれコントロール部 1 0 の信号処理回路 1 1 と接続されている。

【0055】

信号処理回路 1 4 は、上述の各種センサから供給されるセンサデータや画像データ及び音声データを順次取り込み、これらをそれぞれ内部バス 1 7 を介して DRAM 1 3 内の所定位置に順次格納する。また、信号処理回路 1 1 は、これと共にバッテリー 1 8 から供給されるバッテリー残量を表すバッテリー残量データを順次取り込み、これを DRAM 1 3 内の所定位置に格納する。

【0056】

このようにして DRAM 1 3 に格納された各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データは、CPU 1 2 が自律ロボット 1 の動作制御を行う際に利用されるとともに、必要に応じて、無線通信部 1 6 を介して外部のサーバ等へ送信される。なお、無線通信部 1 6 は、Bluetooth（登録商標）や Wi-Fi（登録商標）などの他、無線 LAN（Local Area Network）や移動体通信網等の所定のネットワークを介して外部のサーバ等と通信を行なうための通信部であってよい。

【0057】

CPU 1 2 は、例えば、自律ロボット 1 の電源が投入された初期時、不図示の PC カードスロットに装填されたメモリカード 3 0 又はフラッシュ ROM 1 4 に格納された制御プログラムを PC カード I/F 1 5 を介して又は直接読み出し、これを DRAM 1 3 に格納する。

【0058】

また、CPU 1 2 は、上述のように信号処理回路 1 1 より DRAM 1 3 に順次格納される各センサデータ、画像データ、音声データ及びバッテリー残量データに基づいて自機及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけの有無などを判断する。

【0059】

さらに、CPU 1 2 は、DRAM 1 3 等に格納されている地図データ又は無線通信部 1 6 を介して外部のサーバ等から取得した地図データと各種情報とを利用して、自己位置推定や種々の動作を実行してもよい。

【0060】

そして、CPU 1 2 は、上述の判断結果や推定された自己位置や DRAM 1 3 に格納されている制御プログラム等に基づいて、その後の行動を決定すると共に、当該決定結果に基づいて必要なアクチュエータ 2 7 を駆動させることにより、物体 B 1 の授受動作の他、移動やジェスチャーなどの各種行動を実行する。

【0061】

その際、CPU 1 2 は、必要に応じて音声データを生成し、これを信号処理回路 1 1 を介して音声信号としてスピーカ 2 4 に与えることにより当該音声信号に基づく音声を外部に出力させたり、表示部 2 5 に各種情報を表示させたりする。

10

20

30

40

50

【0062】

このようにして、自律ロボット1は、自機及び周囲の状況や、ユーザからの指示及び働きかけに応じて自律的に行動し得るように構成されている。

【0063】

1.4 手部の構成

つづいて、本実施形態に係る自律ロボット1の手部443の構成について、図面を参照して詳細に説明する。なお、本説明では、簡略化のため、手部443が2指である場合を例示する。図5は、本実施形態に係る手部の構成例を示す外観図である。また、図6は、図5における方向A2から手部を見た場合の構成例を示す外観図である。

【0064】

図5及び図6に示すように、手部443は、例えば、手のひら及び手の甲に相当する基底部4431と、2本の指部4432a及び4432b（以下、指部4432a及び4432bを区別しない場合、その符号を4432とする）とを備える。基底部4431は、例えば、手首に相当する関節機構444を介して前腕部442に取り付けられている。

【0065】

手首に相当する関節機構444には、上述したように、手首部分に加わった力及びトルクの大きさと方向とを検出する6軸力覚センサ501と、前腕部442に対する手部443のロール角、ピッチ角及びヨー角を検出する3軸センサ263とが設けられている。

【0066】

各指部4432は、基底部4431に指関節（第3関節）に相当する関節機構4433を介して取り付けられた基節部4434と、基節部4434に指関節（第1関節）に相当する関節機構4435を介して取り付けられた末節部4436とを備える。これら2本の指部4432a及び4432bは、例えば、指の腹に相当する面が互いに向き合うように、基底部4431に取り付けられている。

【0067】

各指部4432の各指関節に相当する関節機構4433及び4435には、上述したように、各指関節に加わった力又はトルクの大きさと方向とを検出する3軸力覚センサ502と、各関節のピッチ角を検出する1軸センサ264とが設けられている。

【0068】

また、物体B1を把持したときに指部4432における物体B1と接触する部分、例えば、末節部4436の指の腹に相当する部分には、滑りセンサ503が設けられている。さらに、基底部4431における手のひらに相当する面、すなわち、指部4432を折り畳んだときに末節部4436に取り付けられた滑りセンサ503と対向する面には、測距センサ504としてのToFセンサ504aが設けられている。さらにまた、基底部4431における手の甲に相当する部分には、測距センサ504としてのカメラ504bが、そのロール角、ピッチ角及びヨー角を調整可能に設けられている。

【0069】

1.5 自律ロボットの機能構成

次に、本実施形態に係る自律ロボット1の授受動作を実行するための機能構成について、図面を参照して詳細に説明する。図7は、本実施形態に係る自律ロボットの授受動作を実行するための機能構成の一例を示すブロック図である。なお、図7に示す機能構成のうち、物理インタラクション実行部55及び学習情報記憶部54以外の構成は、例えば、図4に示すCPU12がフラッシュROM14又はメモリカードに格納されている所定のプログラム、若しくは、無線通信部16を介してダウンロードされたプログラムを実行することで、実現され得る。また、物理インタラクション実行部55は、例えば、図4に示すCPU12、信号処理回路11、可動部26及びアクチュエータ27で実現され得る。さらに、学習情報記憶部54は、例えば、図4に示すフラッシュROM14又はメモリカード30によって実現され得る。

【0070】

図7に示すように、自律ロボット1は、授受対象者との物体B1の授受動作を実行する

10

20

30

40

50

ための機能構成として、授受対象者認識部 5 1 と、物体認識部 5 2 と、授受行動計画部 5 3 と、学習情報記憶部 5 4 と、物理インタラクション実行部 5 5 と、把持情報取得部 5 6 と、レスポンス時間計測部 5 7 と、感情マップ生成部 5 8 と、授受行動評価部 5 9 とを備える。また、自律ロボット 1 が備えるセンサのうち、例えば、カメラ 1 9 と、マイク 2 3 と、6 軸力覚センサ 5 0 1 と、3 軸力覚センサ 5 0 2 と、滑りセンサ 5 0 3 と、測距センサ 5 0 4 とは、授受動作の実行において使用する各種情報を取得するためのセンサ群 5 0 を構成する。

【0071】

授受対象者認識部 5 1 は、例えば、カメラ 1 9 で取得された画像データやマイク 2 3 から入力された音声データを解析することで、授受対象者及び／又は授受対象者の手 H 1 の存在や、授受対象者における物体 B 1 を受け取る意思や、授受対象者の所作や状況等（以下、授受対象者の姿勢という）を認識し、その結果を授受行動計画部 5 3 に入力する。また、授受対象者認識部 5 1 は、後述する物理インタラクション実行部 5 5 が実行するリリース動作の過程で、カメラ 1 9 で取得された画像データやマイク 2 3 から入力された音声データを解析することで、リリース動作の過程における授受対象者に感情の変化、例えば、熱いや冷たいやタイミングが合わない等の理由で受取動作を中断又は放棄してしまうなどの感情の変化を検出し、その結果を感情マップ生成部 5 8 へ入力する。

【0072】

物体認識部 5 2 は、例えば、カメラ 1 9 で取得された画像データの解析結果や、6 軸力覚センサ 5 0 1、3 軸力覚センサ 5 0 2 及び滑りセンサ 5 0 3 から入力されたセンサデータ等に基づくことで、物体 B 1 の位置や、物体 B 1 の特性、例えば、静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度、湿度等を認識又は推定し、その結果を授受行動計画部 5 3 に入力する。

【0073】

学習情報記憶部 5 4 は、例えば、過去に行なった授受動作を機械学習することで構築された学習済みモデルや、授受行動計画部 5 3 で計画された授受行動計画及びその評価結果等を記憶する。なお、過去に行なった授受動作に対して機械学習することで学習済みモデルを構築する構成は、例えば、自律ロボット 1 内に配置されてもよいし、自律ロボット 1 と所定のネットワークを介して接続されたサーバ上に配置されてもよい。

【0074】

授受行動計画部 5 3 は、授受対象者認識部 5 1 から入力された授受対象者の認識結果と、物体認識部 5 2 から入力された物体 B 1 の認識又は推定結果とから、学習情報記憶部 5 4 に記憶されている学習済みモデルや過去に計画した授受行動計画及びその評価結果等に基づいて、物体 B 1 を授受対象者へ受け渡すための授受行動計画を作成する。作成された授受行動計画には、例えば、物体 B 1 をテーブルや床等から持ち上げる又は人等から受け取る動作から授受対象者へ受け渡すまでの動作が含まれ得る。

【0075】

物理インタラクション実行部 5 5 は、授受行動計画部 5 3 で作成された授受行動計画を実行することで、物体 B 1 を授受対象者へ受け渡す物理インタラクション（授受行動）を実行する。

【0076】

把持情報取得部 5 6 は、物理インタラクション実行部 5 5 によるリリース動作の開始タイミングを決定するために、例えば、滑りセンサ 5 0 3 で検出された滑り量又は初期滑り量若しくは測距センサ 5 0 4 で検出された滑り量における重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受対象者の手 H 1 の位置方向の成分から、授受対象者が受取動作を開始したタイミングを検出し、検出したタイミングを物理インタラクション実行部 5 5 へ入力する。

【0077】

また、把持情報取得部 5 6 は、物理インタラクション実行部 5 5 がリリース動作を実行している期間中の物体 B 1 の授受方向 A 1 への移動速度の連続性を確保するために、例え

10

20

30

40

50

ば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中、滑りセンサ 503 及び／又は測距センサ 504 で検出された物体 B1 の授受方向 A1 への滑り量を物理インタラクション実行部 55 へ継続して入力する。

【0078】

さらに、把持情報取得部 56 は、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中の物体 B1 の落下や不自然な上下動を低減するために、例えば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中、滑りセンサ 503 及び／又は測距センサ 504 で検出された物体 B1 の重力方向への滑り量を物理インタラクション実行部 55 へ継続して入力する。

【0079】

さらにまた、把持情報取得部 56 は、授受動作の機械学習における入力として、例えば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中に手部 443 に設けられた各種センサで検出された情報、例えば、3 軸力覚センサ 502 で検出された把持力や、滑りセンサ 503 で検出された滑り量及び／又は初期滑り量などの情報を、不図示の機械学習部に入力する。加えて、把持情報取得部 56 は、授受動作の機械学習における出力として、例えば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中に測距センサ 504 で検出された物体 B1 までの距離を、不図示の機械学習部に入力する。

【0080】

レスポンス時間計測部 57 は、例えば、自律ロボット 1 がリリース動作を開始して手部 443 の把持力を減少させてから物体 B1 の授受方向 A1 への移動速度が増加するまでの時間（レスポンス時間）を計測し、測定されたレスポンス時間を物理インタラクション実行部 55 へ入力する。

【0081】

感情マップ生成部 58 は、例えば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中に、授受対象者認識部 51 から入力された授受対象者の感情の変化に関する情報に基づいて、リリース動作実行中の時間軸に沿った授受対象者の感情の変化をマッピングした感情マップを生成し、生成した感情マップを授受行動評価部 59 に入力する。なお、マッピングされる感情には、例えば、熱いや冷たいやタイミングが合わない等のネガティブな感情のみならず、快適に受け取ることができた等のポジティブな感情等も含まれ得る。

【0082】

授受行動評価部 59 は、授受行動計画部 53 で計画された授受行動計画を、感情マップ生成部 58 から入力された感情マップに基づいて評価し、その評価結果を授受行動計画とともに学習情報記憶部 54 に入力する。

【0083】

1.6 授受行動の機械学習について

ここで、授受行動の機械学習について説明する。図 8 は、機械学習プロセスにおける入出力情報の一例を示す模式図である。図 8 に示すように、本実施形態における授受行動の機械学習プロセスでは、入力層に手部 443 に設けられた各種センサで検出された情報又はこれらの情報から得られた情報、例えば、3 軸力覚センサ 502 で検出された把持力又はその変化率や、滑りセンサ 503 で検出された滑り量及び／又は初期滑り量又はその変化率などの情報が与えられ、出力層に授受方向 A1 への物体 B1 の移動速度の連続性に関する情報が与えられて、入力層から隠れ層を介して出力層までの各層のノード（ニューロンともいう）60 間を結ぶ各エッジ 61 の重みが求められる。これにより、授受動作に最適な学習済みモデルが作成される。なお、上述したように、授受対象者の感情を機械学習の入力や出力に使用することも可能である。

【0084】

なお、機械学習では、例えば、授受方向 A1 への物体 B1 の移動速度の連続性が高い程、プラスの報酬が設定されるものとする。一方、授受方向 A1 への物体 B1 の移動速度の

10

20

30

40

50

連続性が低い、すなわち、物体 B 1 の授受方向 A 1 への単位時間あたりの移動量が不連続であるほど、マイナスの報酬が設定されるものとする。

【0085】

また、機械学習では、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行している期間中の授受対象者の感情及び／又はその変化に基づいて報酬が設定されてもよい。例えば、リリース動作を実行している期間中に授受対象者からネガティブな感情が認識されていた場合にはマイナスの報酬を設定し、ポジティブな感情が認識されていた場合にはプラスの報酬を設定するようにしてもよい。授受対象者がネガティブな感情であるかポジティブな感情であるかについては、例えば、感情マップ生成部 58 で生成された感情マップに基づいて判定することができる。

10

【0086】

1.7 動作例

次に、本実施形態に係る自律ロボット 1 の動作例について、図面を参照して詳細に説明する。図 9 は、本実施形態に係る概略的な動作例を示すフローチャートである。図 9 に示すように、本動作では、まず、物体認識部 52 が、例えば、カメラ 19 で取得された画像データを解析することで、授受対象の物体 B 1 の位置や形状寸法等を認識する（ステップ S101）。つづいて、物体認識部 52 により認識された物体 B 1 の位置や形状寸法等に基づき、物理インタラクション実行部 55 が物体 B 1 を把持する（ステップ S102）。

【0087】

次に、物理インタラクション実行部 55 が物体 B 1 を持ち上げた際にマニピュレータ 44 の各種センサ（6 軸力覚センサ 501、3 軸力覚センサ 502、滑りセンサ 503 等）で検出されたセンサデータに基づき、物体認識部 52 が、物体 B 1 を持ち上げたことによる負荷を計算し（ステップ S103）、計算された負荷に基づいて、物体 B 1 の特性、例えば、静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、剛性、強度、温度、湿度等を認識又は推定する（ステップ S104）。

20

【0088】

次に、授受対象者認識部 51 が、例えば、カメラ 19 で取得された画像データやマイク 23 から入力された音声データを解析することで、授受対象者の位置を認識し（ステップ S105）、つづいて、授受行動計画部 53 が、授受対象者認識部 51 により認識された授受対象者の位置から決定される物体 B 1 の受渡し場所までの移動計画を作成する（ステップ S106）。そして、物理インタラクション実行部 55 が、授受行動計画部 53 により作成された移動計画に従って、自律ロボット 1 を受渡し場所まで移動させる（ステップ S107）。

30

【0089】

次に、授受対象者認識部 51 が、例えば、カメラ 19 で取得された画像データを解析することで、授受対象者の手 H 1 の位置を認識し（ステップ S108）、つづいて、授受行動計画部 53 が、授受対象者認識部 51 により認識された授受対象者の手 H 1 の位置から決定される自律ロボット 1 の受渡しの姿勢までの姿勢制御計画を作成する（ステップ S109）。そして、物理インタラクション実行部 55 が、授受行動計画部 53 により作成された姿勢制御計画に従って、自律ロボット 1 の姿勢を制御する（ステップ S110）。なお、自律ロボット 1 の姿勢制御には、例えば、マニピュレータ 44 のならい制御や胴体部 42 及び頭部 41 の傾き制御等も含まれ得る。また、ステップ S108 では、授受対象者の手 H 1 の位置に加え、授受対象者の手 H 1 の所作や状況等も認識され得る。

40

【0090】

次に、授受行動計画部 53 が、物体認識部 52 で認識又は推定された物体 B 1 の特性と、授受対象者認識部 51 で認識された授受対象者の手 H 1 の位置や所作や状況等から、学習情報記憶部 54 に記憶されている学習済みモデルや過去に計画した授受行動計画及びその評価結果等に基づいて、物体 B 1 を授受対象者へ受渡すための授受動作計画を作成し（ステップ S111）、つづいて、物理インタラクション実行部 55 が、授受行動計画部 53 により作成された授受動作計画に従って、物体 B 1 を授受対象者へ受け渡す授受行動を

50

実行し（ステップ S 1 1 2）、その後、本動作を終了する。

【0091】

1. 8 授受動作の具体例

つづいて、図 9 のステップ S 1 1 2 に示す授受動作について、いくつか例を挙げて説明する。

【0092】

1. 8. 1 第 1 の例

まず、第 1 の例に係る授受動作について説明する。図 10 は、本実施形態の第 1 の例に係る授受動作を示すフローチャートである。なお、第 1 の例では、物理インタラクション実行部 5 5 が把持力制御のみでリリース動作を実行する場合を例示する。

【0093】

図 10 に示すように、第 1 の例に係るリリース動作では、まず、把持情報取得部 5 6 が、例えば、滑りセンサ 5 0 3 で検出された滑り量 U 又は初期滑り量 u 若しくは測距センサ 5 0 4 で検出された滑り量 U における重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受対象者の手 $H 1$ の位置方向（以下、これらを特定方向という）の成分がゼロより大きくなったか否かを判定する（ステップ S 1 2 1）。すなわち、授受対象者による受取動作が開始されたか否かを判定する。特定方向の滑り量 U 又は初期滑り量 u がゼロ以下である場合（ステップ S 1 2 1 の NO）、すなわち、授受対象者による受取動作が未だ開始されていない場合、本動作がステップ S 1 2 1 へリターンし、授受対象者による受取動作の開始を待機する。

【0094】

一方、特定方向の滑り量 U 又は初期滑り量 u がゼロより大きくなった場合（ステップ S 1 2 1 の YES）、すなわち、授受対象者による受取動作が開始された場合、把持情報取得部 5 6 は、例えば、測距センサ 5 0 4 におけるカメラ 5 0 4 b で取得された画像データを解析することで、授受方向 $A 1$ を特定する（ステップ S 1 2 2）。特定された授受方向 $A 1$ は、特定方向の滑り量 U 又は初期滑り量 u がゼロより大きくなったことに基づくリリース動作の開始トリガとともに、把持情報取得部 5 6 から物理インタラクション実行部 5 5 に入力される。これに対し、物理インタラクション実行部 5 5 は、物体 B 1 の授受方向 $A 1$ へのリリース動作を開始する（ステップ S 1 2 3）。

【0095】

このようにしてリリース動作を開始すると、物理インタラクション実行部 5 5 は、次に、手部 4 4 3 の把持力制御を実行する（ステップ S 1 2 4）。具体的には、物理インタラクション実行部 5 5 は、物体 B 1 を把持するために手部 4 4 3 に発生させている把持力 F をリリースに向けて減少させる際の単位時間における力の変化量を制御する。

【0096】

また、物理インタラクション実行部 5 5 がリリース動作を開始後、把持情報取得部 5 6 は、物体 B 1 の授受方向 $A 1$ への滑り量の変化を計測し続けることで、物体 B 1 の授受方向 $A 1$ への移動速度を計測する（ステップ S 1 2 5）。計測された物体 B 1 の授受方向 $A 1$ への移動速度は、物理インタラクション実行部 5 5 に入力されることで、物理インタラクション実行部 5 5 における把持力制御に用いられる。すなわち、物理インタラクション実行部 5 5 は、物体 B 1 の授受方向 $A 1$ への移動速度が連続性を保つように、手部 4 4 3 に発生させている把持力の単位時間あたりの減少量を制御する（フィードバック制御）。

【0097】

その後、物理インタラクション実行部 5 5 は、手部 4 4 3 に発生させている把持力 F がゼロに達したか否かを判定し（ステップ S 1 2 6）、ゼロに達していた場合（ステップ S 1 2 6 の YES）、リリース動作を完了し（ステップ S 1 2 7）、本授受動作を終了する。

【0098】

一方、把持力 F がゼロに達していない場合（ステップ S 1 2 6 の NO）、本動作がステップ S 1 2 4 へリターンし、以降の動作を把持力 F がゼロに達するまで繰返し実行する。

【0099】

10

20

30

40

50

このように、滑りセンサ 503 で検出された滑り量 U 又は初期滑り量 u 若しくは測距センサ 504 で検出された滑り量 U における特定方向の成分がゼロより大きくなったこと（ステップ S121 の YES）に基づいて、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を開始（ステップ S123）する構成とすることで、リリース動作を授受動作の初期段階に開始することが可能となるため、物体 B1 にかかる負荷や手部 443 の把持力の変動を最小限に抑えることが可能となり、それにより、よりスムーズな物体 B1 の受け渡しが可能となる。

【0100】

また、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を開始後、継続して物体 B1 の授受方向 A1 への滑り量の変化を計測（ステップ S125）し、計測された物体 B1 の授受方向 A1 への滑り量の変化に基づいて、手部 443 に発生させている把持力 F の単位時間における減少量を制御することで、物体 B1 の授受方向 A1 への変位が急激に変化することを低減できるため、よりスムーズな物体 B1 の受け渡しが可能となるとともに、物体 B1 を誤って落下させたり、物体 B1 が手部 443 内で不自然に上下に変位したりすることを低減することが可能となる。

【0101】

なお、物理インタラクション実行部 55 は、ステップ S123 においてリリース動作を開始後、例えば、レスポンス時間計測部 57 で計測されたレスポンス時間に基づき、一定時間以上、物体 B1 の授受方向 A1 への移動速度が増加しない場合には、リリース動作を停止又は終了するようにしてもよい。

【0102】

また、本実施形態では、手部 443 が 2 指である場合を例示したが、例えば、手部 443 が 3 指以上である場合、把持力制御では、物体 B1 を挟み込む 2 本の指部以外の指部からその把持力を徐々に減少させてもよい。これにより、物体 B1 が落下する危険性を低減し、より安定した授受動作を実行することが可能となる。

【0103】

1.8.2 第2の例

次に、第2の例に係る授受動作について説明する。図11は、本実施形態の第2の例に係る授受動作を示すフローチャートである。第2の例では、物理インタラクション実行部 55 が、リリース動作として、学習済みモデルに基づいて特定されたブレンド率で把持力制御とアーム動作制御とをブレンドして実行する場合を例示する。

【0104】

図11に示すように、第2の例に係る授受動作では、例えば、図9を用いて説明した第1の例に係る授受動作と同様の流れにおいて、図9のステップ S124 が、ステップ S224 に置き換えられている。

【0105】

ステップ S224 では、物理インタラクション実行部 55 が、学習済みモデルに基づいて特定されたブレンド率でブレンドされた手部 443 の把持力制御及びアーム部のアーム動作制御を実行する。具体的には、物理インタラクション実行部 55 は、物体 B1 を把持するために手部 443 に発生させている把持力 F をリリースに向けて減少させる際の単位時間における力の変化量を制御（把持力制御）するとともに、物体 B1 を把持して目標座標空間に物体 B1 を配置しているアーム部の姿勢を変化させて物体 B1 の位置を授受方向 A1 へ移動させる際の単位時間当たりの位置変化量を制御する。その際、授受方向 A1 への物体 B1 の移動速度が連続性を保つように、把持力 F の単位時間あたりの減少量と、アーム部の姿勢の変化量とが、上述したブレンド率でブレンドされる。

【0106】

1.8.3 第3の例

次に、第3の例に係る授受動作について説明する。図12は、本実施形態の第3の例に係る授受動作を示すフローチャートである。第3の例では、物理インタラクション実行部 55 が、リリース動作として、学習済みモデルに基づいて特定されたブレンド率で把持力

制御とアーム動作制御と全身動作制御とをブレンドして実行する場合を例示する。

【0107】

図12に示すように、第3の例に係る授受動作では、例えば、図9を用いて説明した第1の例に係る授受動作と同様の流れにおいて、図9のステップS124が、ステップS324に置き換えられている。

【0108】

ステップS324では、物理インタラクション実行部55が、学習済みモデルに基づいて特定されたブレンド率でブレンドされた手部443の把持力制御とアーム部のアーム動作制御と自律ロボット1の全身動作制御とを実行する。具体的には、物理インタラクション実行部55は、物体B1を把持するために手部443に発生させている把持力Fをリリースに向けて減少させる際の単位時間における力の変化量を制御（把持力制御）し、物体B1を把持して目標座標空間に物体B1を配置しているアーム部の姿勢を変化させて物体B1の位置を授受方向A1へ移動させる際の単位時間当たりの位置変化量を制御するとともに、物体B1を把持して目標座標空間に物体B1を配置している自律ロボット1の位置及び姿勢を変化させて物体B1の位置を授受方向A1へ移動させる。その際、授受方向A1への物体B1の移動速度が連続性を保つように、把持力Fの単位時間あたりの減少量と、アーム部の姿勢の変化量と、自律ロボット1の位置及び姿勢の変化量とが、上述したブレンド率でブレンドされる。

【0109】

1.8.4 第4の例

次に、第4の例に係る授受動作について説明する。図13は、本実施形態の第4の例に係る授受動作を示すフローチャートである。第4の例では、例えば、第3の例に示した授受動作に加え、物理インタラクション実行部55が、授受対象者の感情の変化に応じてリリース動作の停止や終了を実行する場合を例示する。なお、本説明では、第3の例をベースとするが、これに限らず、第1の例又は第2の例をベースとすることも可能である。

【0110】

図13に示すように、第4の例に係る授受動作では、例えば、図12を用いて説明した第3の例に係る授受動作と同様の流れにおいて、ステップS324とステップS125との間に、ステップS401～S403が追加されている。

【0111】

ステップS401では、授受対象者認識部51が、例えば、カメラ19で取得された画像データやマイク23から入力された音声データを解析することで、授受対象者の感情の変化を検出する。検出された授受対象者の感情の変化に関する情報は、例えば、機械学習の入力や出力として、感情マップ生成部58に入力されてもよい。

【0112】

次に、ステップS402では、授受対象者認識部51が、検出された変化後の感情が特定の感情であるか否かを判定する。特定の感情とは、例えば、授受対象者による授受動作の中断や放棄に繋がるようなネガティブな感情であってよい。特定の感情が検出されていない場合（ステップS402のNO）、本動作は、ステップS125へ進む。一方、特定の感情が検出されていた場合（ステップS402のYES）、物理インタラクション実行部55が、リリース動作を停止又は終了し（ステップS403）、その後、ステップS121へリターンする。なお、リリース動作の停止の指示は、授受対象者認識部51から物理インタラクション実行部55へ直接入力されてもよいし、感情マップ生成部58を介して入力されてもよい。

【0113】

以上のように、物理インタラクション実行部55がステップS123においてリリース動作を開始後、授受対象者認識部51がカメラ19からの画像データやマイク23からの音声データを解析することで、授受対象者の感情の変化を検出し、検出された感情が授受動作の中断や放棄に繋がる特定の感情である場合には、物理インタラクション実行部55によるリリース動作が中断されるように構成してもよい。これにより、授受対象者が受取

10

20

30

40

50

動作を中断又は放棄した際に物理インタラクション実行部 55 に迅速にリリース動作の停止又は終了を実行させることが可能となるため、物体 B 1 の落下や内容物の飛び出し等を低減することが可能となる。

【0114】

1.9 把持動作とリリース動作とのブレンドについて

次に、把持動作とリリース動作とのブレンドについて、図面を用いて詳細に説明する。図 14 は、本実施形態に係る把持動作とリリース動作とのブレンドを説明するための図である。なお、図 14 では、物理インタラクション実行部 55 が、リリース動作として、学習済みモデルに基づいて特定されたブレンド率で把持力制御とアーム動作制御と全身動作制御とをブレンドして実行する場合（第 3 の例）を例示する。

10

【0115】

図 14 に示すように、把持した物体を授受対象者へ受け渡す際、自律ロボット 1 は、把持動作 71 とリリース動作 72 とをブレンド率 76 でブレンド（加算）し、その結果（73）に基づいて把持力制御 74 を実行する。自律ロボット 1 が物体 B 1 をリリースする過程において、ブレンド率 76 を減少させることで、最終的に、自律ロボット 1 が物体 B 1 をリリースする。

【0116】

ブレンド率 76 は、例えば、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行後にマニピュレータ 44 の各種センサ（6 軸力覚センサ 501、3 軸力覚センサ 502、滑りセンサ 503 等）で検出されたセンサデータ（把持力 F、回転モーメント F 等）から負荷を計算（75）し、その結果に基づいて求めることができる。

20

【0117】

このようにして求められたブレンド率は、アーム動作制御 77 におけるパラメータとしても利用される。アーム動作制御 77 は、物理インタラクション実行部 55 がリリース動作を実行後にマニピュレータ 44 の各種センサ（6 軸力覚センサ 501、3 軸力覚センサ 502、滑りセンサ 503 等）で検出されたセンサデータ（把持力 F、回転モーメント F 等）と、ブレンド率 76 とに基づいてその制御量が決定され、そして、アーム動作制御 77 をサポートするように、全身動作制御 78 の制御量が決定される。

【0118】

1.9.1 変形例

図 15 は、本実施形態の変形例に係る把持動作とリリース動作とのブレンドを説明するための図である。図 15 に示すように、ブレンド率 76 は、センサデータ（把持力 F、回転モーメント F 等）に加え、レスポンス時間計測部 57 で計測されたレスポンス時間 T や、授受対象者認識部 51 で検出された授受対象者の感情の変化に基づいて求められてもよい。これにより、例えば、授受対象者が不快を感じている場合には、より丁寧に若しくは迅速に物体 B 1 をリリースするようにブレンド率 76 を調整することが可能となる。

30

【0119】

1.10 初期滑りの計測について

次に、初期滑りの計測について、具体例を挙げて説明する。

【0120】

1.10.1 ビジョンセンサ

まず、初期滑りを計測するためのセンサ（滑りセンサ 503 に相当）として、ビジョンセンサを用いた場合について説明する。図 16 は、ビジョンセンサを用いて構成された滑りセンサの一例を示す模式図である。

40

【0121】

図 16 に示すように、ビジョンセンサ 83 を用いて構成された滑りセンサ 503A は、自律ロボット 1 の筐体 81 の一部に設けられた変形部 82 と、筐体 81 の内部から変形部 82 の変形を観測するビジョンセンサ 83 とを備える。

【0122】

図 17 に示すように、変形部 82 は、例えば、シリコンゴムなどの粘弾性体 821 で

50

構成される。粘弾性体 8 2 1 には、例えば、2 次元格子状に配列する複数のマーカ 8 2 2 が設けられる。このような構造の変形部 8 2 に対し、図 1 7 に例示するように、領域 R 1 に圧力を加えると、領域 R 1 内のマーカ 8 2 2 が変形又は位置ずれを起こす。したがって、滑りセンサ 5 0 3 A は、変形又は位置ずれを起こしたマーカ 8 2 2 の領域をビジョンセンサ 8 3 で観測することで、どの領域に圧力が加わっているか、すなわち、どの領域が物体 B 1 と接触しているかを特定することができる。

【0 1 2 3】

また、例えば、変形部 8 2 に接触している物体 B 1 に外力が加わると、物体 B 1 が変形部 8 2 に対して実際に滑り始める前の段階として、初期滑りが発生する。初期滑りとは、接触領域の中央部分は滑りが発生していない状態で周辺部分に滑りが発生する現象である。

10

【0 1 2 4】

例えば、図 1 8 ～図 2 0 に例示するように、変形部 8 2 の全体に接触している物体 B 1 に図面中右方向の外力を与えると、変形部 8 2 の左側から初期滑り 8 2 3 が発生し（図 1 8 参照）、その領域が徐々に拡大し（図 1 8 ～図 2 0 参照）、最終的には、変形部 8 2 の全体で滑りが検出される。

【0 1 2 5】

したがって、ビジョンセンサ 8 3 を用いて構成された滑りセンサ 5 0 3 A を用いる場合には、手部 4 4 3 が物体 B 1 を把持して持ち上げた状態を基準とし、この状態から重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受対象者の手 H 1 の位置方向の初期滑りを滑りセンサ 5 0 3 A で検出し、初期滑りが検出されたタイミングを授受対象者が受取動作を開始したタイミングとすることが可能となる。

20

【0 1 2 6】

1. 1 0. 2 圧力分布センサ

また、初期滑りを計測するためのセンサ（滑りセンサ 5 0 3 に相当）には、圧力分布センサを用いることもできる。図 2 1 は、圧力分布センサを用いて構成された滑りセンサの一例を示す模式図である。

【0 1 2 7】

図 2 1 に示すように、圧力分布センサ 9 1 を用いて構成された滑りセンサ 5 0 3 B は、物体 B 1 と接触する面が歪曲している。したがって、滑りセンサ 5 0 3 B に対して物体 B 1 を接触させた場合、図 2 2 に示すように、接触領域 R 2 における中央部分で検出される圧力が最も高くなる。なお、図 2 2 及び図 2 3 中、接触領域 R 2 内の色の濃さは、圧力の高さを示しているものとする。

30

【0 1 2 8】

この状態で図面中右方向の外力を与えると、図 2 3 に示すように、接触領域 R 2 における最も圧力が高い領域は移動しないものの、その周辺領域は図面中右方向へシフトする。

【0 1 2 9】

したがって、圧力分布センサ 9 1 を用いて構成された滑りセンサ 5 0 3 B を用いる場合には、手部 4 4 3 が物体 B 1 を把持して持ち上げた状態を基準とし、この状態から重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受対象者の手 H 1 の位置方向の初期滑りを滑りセンサ 5 0 3 B で検出し、初期滑りが検出されたタイミングを授受対象者が受取動作を開始したタイミングとすることが可能となる。

40

【0 1 3 0】

1. 1 1 システム構成

本実施形態に係る自律ロボット 1 は、図 2 4 に例示するように、例えば、図 2 4 に例示するように、所定のネットワーク 3 を介してサーバ 2 に接続することが可能であってもよい。サーバ 2 は、例えばクラウドサーバなど、複数のサーバで構成されたサーバ群であってもよい。ネットワーク 3 は、例えば、インターネットや LAN や移動体通信網等、種々のネットワークを適用することが可能である。

【0 1 3 1】

このようなシステム構成において、上述した機械学習部は、各自律ロボット 1 に配置さ

50

れてもよいし、サーバ 2 に配置されてもよい。なお、機械学習部を各自律ロボット 1 に配置するかサーバ 2 に配置するかに関わらず、機械学習部による機械学習の結果（例えば、学習済みモデル）は、所定のネットワーク 3 を介して接続された複数の自律ロボット 1 で共有できるとよい。

【0132】

機械学習部を実現する装置には、汎用の計算器又はプロセッサ（CPU）が用いられてもよいし、GPGPU（General-Purpose Computing on Graphics Processing Units）や大規模PC（Personal Computer）やFPGA（Field-Programmable Gate Array）などが用いられてもよい。

【0133】

1.12 作用・効果

以上のように、本実施形態によれば、リリース動作の実行中に、物体 B 1 の授受方向 A 1 への滑り量の変化を計測し続け、物体 B 1 の授受方向 A 1 への移動速度の連続性が保たれるように、リリース動作が制御される。これにより、物体 B 1 の授受方向 A 1 への変位が急激に変化することを低減できるため、スムーズな物体 B 1 の受け渡しが可能となる。

【0134】

また、本実施形態では、手部 443 の把持力の変化率や手部 443 に搭載した各種センサで検出された情報等を入力とし、物体 B 1 の授受方向 A 1 への移動速度の連続性を出力とした機械学習を行う。これにより、物体 B 1 の特性（静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度、湿度等）、及び、授受対象者の所作や状況等に応じたよりスムーズな物体 B 1 の受け渡しを可能にすることができる。

【0135】

さらに、本実施形態では、例えば、手部 443 が把持する物体 B 1 の滑り量又は初期滑り量の変化を計測し、その変化の向きが、重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方向、又は、授受対象者の手 H 1 の位置方向の成分を有する際に、リリース動作を開始する。これにより、リリース動作を授受動作の初期段階に開始することが可能となるため、物体 B 1 にかかる負荷や手部 443 の把持力の変動を最小限に抑えることが可能となり、それにより、よりスムーズな物体 B 1 の受け渡しが可能となる。

【0136】

さらにまた、本実施形態では、リリース動作の実行中に、物体 B 1 の重力方向への滑り量又は初期滑り量を計測し続ける。これにより、物体 B 1 を誤って落下せたり、物体 B 1 が手部 443 内で不自然に上下に変位することを低減することが可能となる。

【0137】

さらにまた、本実施形態では、画像入力情報や音声入力情報等から得られる授受対象者の存在や感情の変化等を機械学習の入力や出力に加える。これにより、物理インタラクションの更なる高品質化を達成することができる。

【0138】

さらにまた、本実施形態では、画像処理の結果や測距センサからの情報を用いて授受対象者の存在や手 H 1 の存在を確認した上でリリース動作を開始することができる。これにより、誤ってリリース動作を開始することを回避できるため、より安全且つ確実に物体 B 1 の受け渡しを実行することが可能となる。なお、画像処理の結果や測距センサからの情報に限らず、例えば、音声入出力情報等を用いて授受対象者の存在を確認することもできる。また、音声入出力情報等を用いて授受対象者の把持の意思やリリース動作中の感情の変化を認識した上で、リリース動作の開始や動作継続の判断を実行することも可能となる。

【0139】

なお、上記した実施形態では、物体 B 1 を 1 つのマニピュレータ 44 で把持して授受対象者に受け渡す場合を例示したが、これに限定されるものではない。例えば、両方のマニピュレータ 44 R 及び 44 L を用いて物体 B 1 を把持して授受対象者に受け渡す場合などにも、上述した実施形態を適用することが可能である。

【0140】

さらに、1台の自律ロボット1のみならず、複数台の自律ロボット1が連携して、物体B1を持ち上げて一人以上の授受対象者に受け渡す場合にも、上述した実施形態を適用することが可能である。

【0141】

また、上述した実施形態は、物体B1を対象者から受け取る場合にも応用することが可能である。

【0142】

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示の技術的範囲は、上述の各実施形態そのままに限定されるものではなく、本開示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。また、異なる実施形態及び変形例にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【0143】

また、本明細書に記載された各実施形態における効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、他の効果があってもよい。

【0144】

なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する制御部を備える情報処理装置。

(2)

前記制御部は、前記物体の授受方向への前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータの把持力の単位時間あたりの変化量を制御する前記(1)に記載の情報処理装置。

(3)

前記マニピュレータは、前記物体を把持する手部と、一方の端に前記手部が取り付けられたアーム部とを備え、

前記制御部は、前記物体の授受方向への前記移動速度が連続性を保つように、前記手部の把持力の単位時間あたりの変化量を制御するとともに、前記アーム部の姿勢の単位時間あたりの変化量を制御する

前記(1)に記載の情報処理装置。

(4)

前記マニピュレータは、移動可能な移動体に取り付けられ、

前記制御部は、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御するとともに、前記移動体の移動を制御する

前記(1)～(3)の何れか1項に記載の情報処理装置。

(5)

前記物体が前記マニピュレータと接する部分における前記物体の滑り量を検出する第1検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第1検出部で検出された滑り量に基づいて、前記物体の前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する

前記(1)～(4)の何れか1項に記載の情報処理装置。

(6)

前記物体が前記マニピュレータと接触する部分における前記物体の滑り量又は初期滑り量を検出する第2検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第2検出部で検出された前記滑り量又は前記初期滑り量の変化が重力方向とは異なる方向の成分を含む場合、前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作を前記マニピュレータに開始させる

前記(1)～(5)の何れか1項に記載の情報処理装置。

(7)

前記重力方向とは異なる方向は、重力と反対方向、重力による回転モーメントと反対方

10

20

30

40

50

向、又は、前記授受対象者への授受方向である前記（６）に記載の情報処理装置。

（８）

前記物体が前記マニピュレータと接触する部分における前記物体の重力方向の滑り量又は初期滑り量を検出する第３検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記第３検出部で検出された前記重力方向の前記滑り量又は前記初期滑り量に基づいて前記マニピュレータを制御する

前記（１）～（７）の何れか１項に記載の情報処理装置。

（９）

前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作中の前記授受対象者の感情を認識する対象者認識部をさらに備え、

前記制御部は、前記対象者認識部で検出された前記授受対象者の感情の変化に基づいて、前記物体を前記授受対象者へ受け渡す動作を停止又は終了する

前記（１）～（８）の何れか１項に記載の情報処理装置。

（１０）

前記対象者認識部は、前記授受対象者を撮像した画像データ及び前記授受対象者が発した声を集音した音声データのうちの少なくとも１つに基づいて、前記授受対象者の感情を認識する前記（９）に記載の情報処理装置。

（１１）

前記物体を前記授受対象者へ受け渡すために前記マニピュレータに実行させる授受動作を計画する計画部をさらに備え、

前記制御部は、前記計画部で計画された前記授受動作に従って、前記物体の前記移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御する

前記（１）～（１０）の何れか１項に記載の情報処理装置。

（１２）

前記物体の特性を認識又は推定する物体認識部をさらに備え、

前記計画部は、前記物体認識部で認識又は推定された前記物体の特性に基づいて、前記授受動作を計画する

前記（１１）に記載の情報処理装置。

（１３）

前記物体の特性は、静止摩擦係数、動摩擦係数、質量、形状寸法、剛性、強度、温度及び湿度のうちの少なくとも１つを含む前記（１２）に記載の情報処理装置。

（１４）

前記計画部は、学習済みモデルに従って前記授受動作を計画する前記（１１）～（１３）の何れか１項に記載の情報処理装置。

（１５）

前記学習済みモデルは、前記マニピュレータが前記物体を把持する把持力の変化率を入力とし、前記物体の授受方向への移動速度の連続性を出力とした機械学習にて作成されたモデルである前記（１４）に記載の情報処理装置。

（１６）

前記機械学習は、前記物体の授受方向への前記移動速度の連続性が高い程、プラスの報酬が設定され、前記授受方向への前記移動速度の連続性が低い程、マイナスの報酬が設定された機械学習である前記（１５）に記載の情報処理装置。

（１７）

前記第１検出部は、粘弾性体及びビジョンセンサ、圧力分布センサ及び測距センサのうちの少なくとも１つを含む前記（５）に記載の情報処理装置。

（１８）

前記第２検出部は、粘弾性体及びビジョンセンサ、又は、圧力分布センサを含む前記（６）又は（７）に記載の情報処理装置。

（１９）

マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連

10

20

30

40

50

続性を保つように、前記マニピュレータを制御する制御方法。

(20)

マニピュレータを制御するコンピュータを機能させるためのプログラムであって、

前記マニピュレータに把持された物体を授受対象者へ受け渡す際、前記物体の移動速度が連続性を保つように、前記マニピュレータを制御することを前記コンピュータに実行させるためのプログラム。

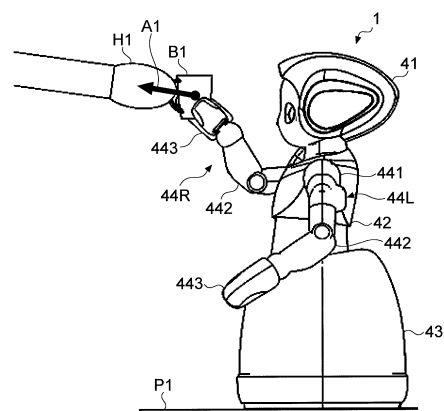
【符号の説明】

【0145】

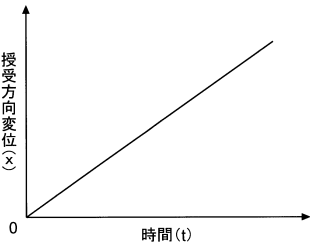
- | | |
|---------------------|----|
| 1 自律ロボット | |
| 2 サーバ | 10 |
| 3 ネットワーク | |
| 10 コントロール部 | |
| 11 信号処理回路 | |
| 12 CPU | |
| 13 DRAM | |
| 14 フラッシュROM | |
| 15 PCカードI/F | |
| 16 無線通信部 | |
| 17 内部バス | |
| 18 バッテリ | 20 |
| 19 カメラ | |
| 20 IMU | |
| 21 ToFセンサ | |
| 22 タッチセンサ | |
| 23 マイク | |
| 24 スピーカ | |
| 25 表示部 | |
| 26 可動部 | |
| 261 3軸センサ(肩) | |
| 262 1軸センサ(肘) | 30 |
| 263 3軸センサ(手首) | |
| 264 1軸センサ(指関節) | |
| 265 2軸センサ(腰) | |
| 266 3軸センサ(首) | |
| 27 アクチュエータ | |
| 28 エンコーダ(ポテンシオメータ) | |
| 30 メモリカード | |
| 41 頭部 | |
| 42 胴体部 | |
| 43 台車部 | 40 |
| 44、44L、44R マニピュレータ | |
| 441 上腕部 | |
| 442 前腕部 | |
| 443 手部 | |
| 444 関節機構 | |
| 4431 基底部 | |
| 4432、4432a、4432b 指部 | |
| 4433、4435 関節機構 | |
| 4434 基節部 | |
| 4436 末節部 | 50 |

5 0	センサ群	
5 0 1	6 軸力覚センサ	
5 0 2	3 軸力覚センサ	
5 0 3、5 0 3 A、5 0 3 B	滑りセンサ	
5 0 4	測距センサ	
5 0 4 a	T o Fセンサ	
5 0 4 b	カメラ	
5 1	授受対象者認識部	
5 2	物体認識部	
5 3	授受行動計画部	10
5 4	学習情報記憶部	
5 5	物理インタラクション実行部	
5 6	把持情報取得部	
5 7	レスポンス時間計測部	
5 8	感情マップ生成部	
5 9	授受行動評価部	
6 0	ノード（ニューロン）	
6 1	エッジ	
7 1	把持動作	
7 2	リリース動作	20
7 3	$\alpha \times$ 把持動作 + $(1 - \alpha) \times$ リリース動作	
7 4	把持力制御	
7 5	負荷計算	
7 6	ブレンド率	
7 7	アーム動作制御	
7 8	全身動作制御	
8 1	筐体	
8 2	変形部	
8 3	ビジョンセンサ	
8 2 1	粘弾性体	30
8 2 2	マーカ	
8 2 3	初期滑り	
9 1	圧力分布センサ	
A 1	授受方向	
B 1	物体	
H 1	手	
P 1	床	
R 1	領域	
R 2	接触領域	40

【図面】
【図 1】



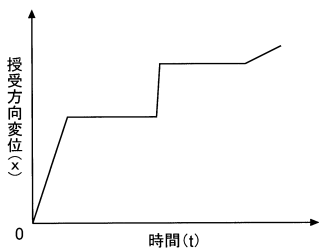
【図 2】



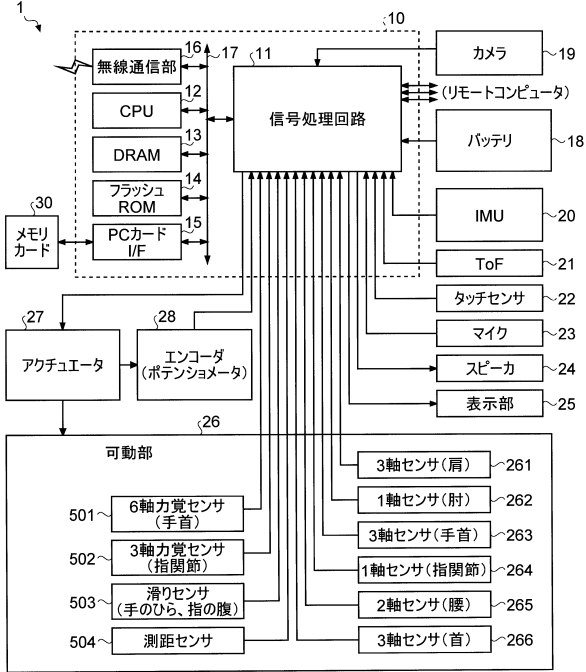
10

20

【図 3】



【図 4】

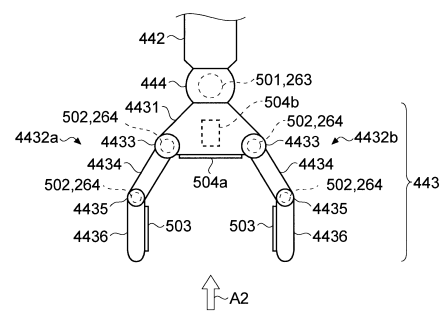


30

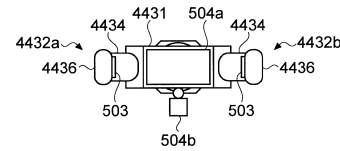
40

50

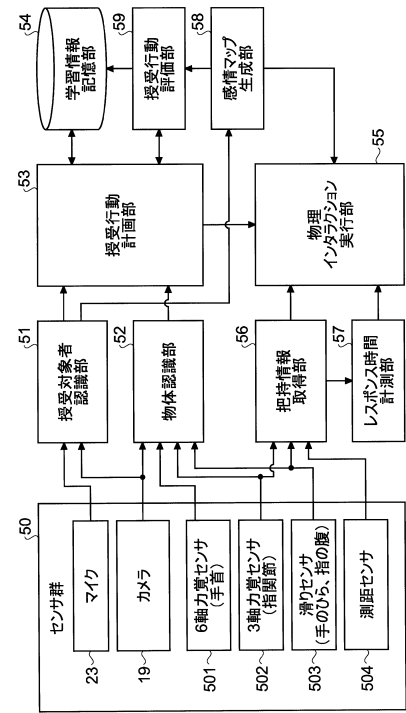
【図 5】



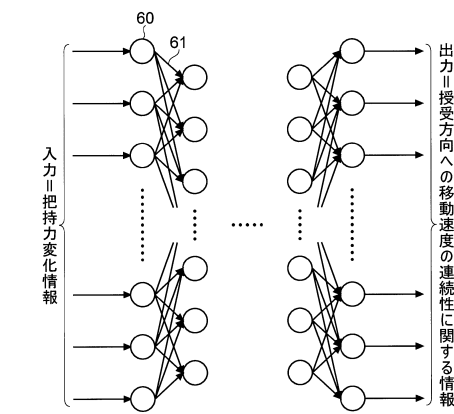
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

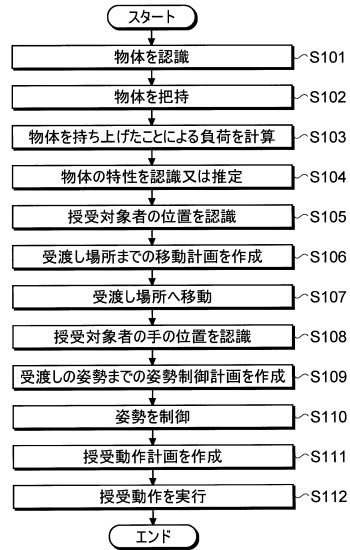
20

30

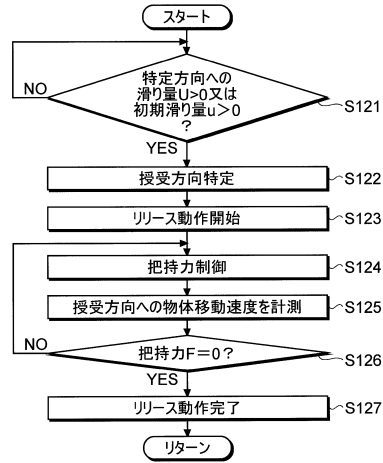
40

50

【図 9】



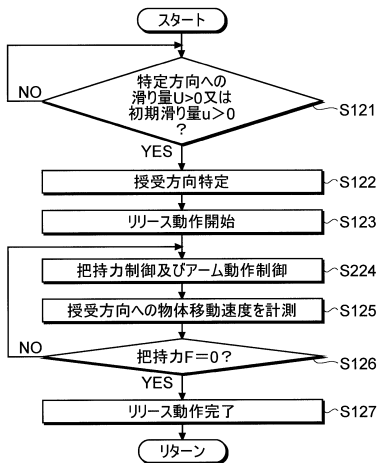
【図 10】



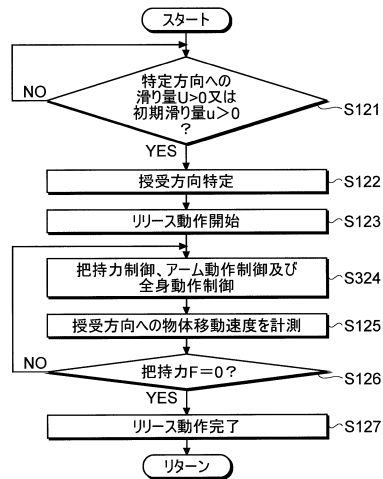
10

20

【図 11】



【図 12】

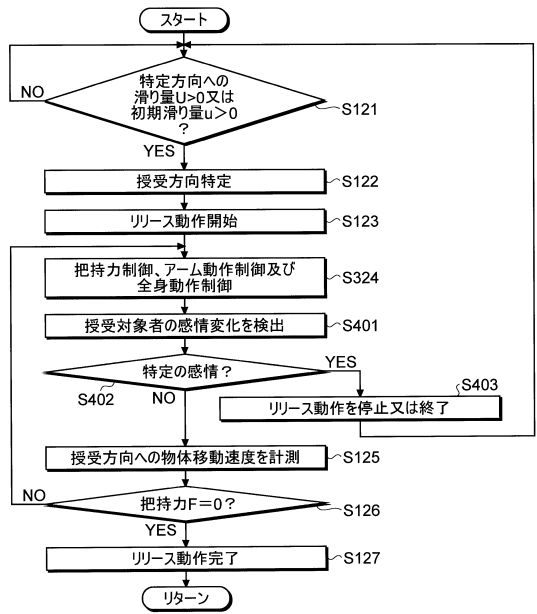


30

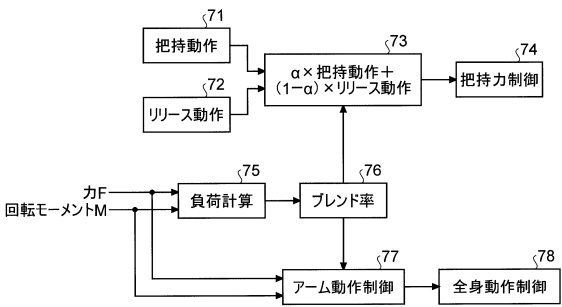
40

50

【図 1 3】



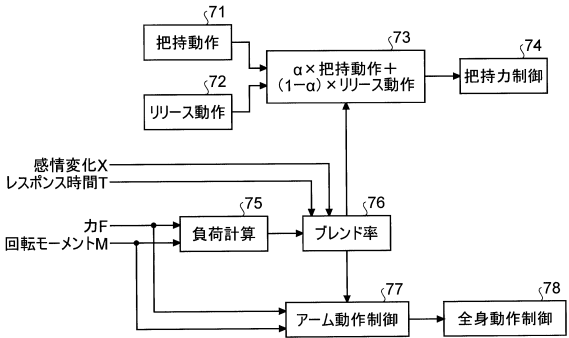
【図 1 4】



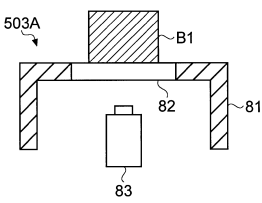
10

20

【図 1 5】



【図 1 6】

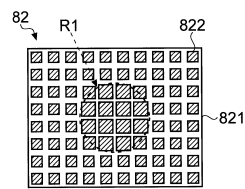


30

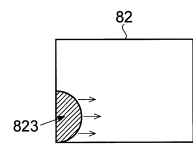
40

50

【図 1 7】

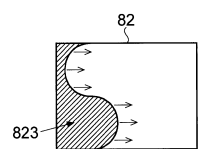


【図 1 8】

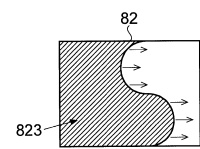


10

【図 1 9】

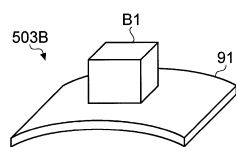


【図 2 0】

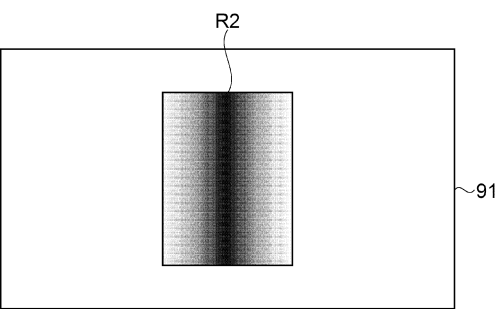


20

【図 2 1】



【図 2 2】

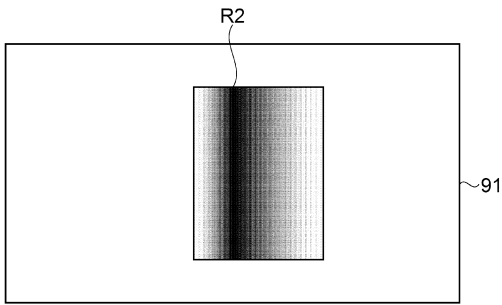


30

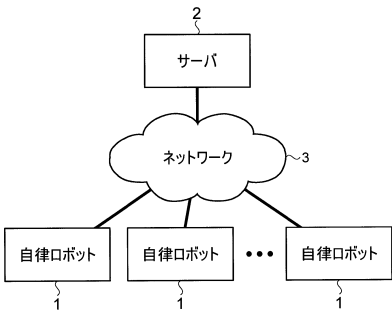
40

50

【図 2 3】



【図 2 4】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
(72)発明者 坪井 利充
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
審査官 樋口 幸太郎
(56)参考文献 特開2013-184273 (JP, A)
特開2009-012132 (JP, A)
柴田 諭, 協調と位置決め支援を有するロボットと人間の手渡し運動, 日本感性工学会論文誌, 日本, 日本感性工学会, 2010年02月, Vol.9 No.2, pp.227-234
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B25J 13/00
B25J 5/00