

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4228871号
(P4228871)

(45) 発行日 平成21年2月25日 (2009. 2. 25)

(24) 登録日 平成20年12月12日 (2008. 12. 12)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 5 J 13/08 (2006. 01)

B 2 5 J 13/08

Z

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2003-353467 (P2003-353467)	(73) 特許権者	000005821
(22) 出願日	平成15年10月14日 (2003. 10. 14)		パナソニック株式会社
(65) 公開番号	特開2004-167674 (P2004-167674A)		大阪府門真市大字門真1006番地
(43) 公開日	平成16年6月17日 (2004. 6. 17)	(74) 代理人	100097445
審査請求日	平成18年8月23日 (2006. 8. 23)		弁理士 岩橋 文雄
(31) 優先権主張番号	特願2002-313915 (P2002-313915)	(74) 代理人	100109667
(32) 優先日	平成14年10月29日 (2002. 10. 29)		弁理士 内藤 浩樹
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100109151
			弁理士 永野 大介
		(72) 発明者	岡本 修作
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内
		(72) 発明者	中川 雅通
			大阪府門真市大字門真1006番地 松下
			電器産業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ロボット把持制御装置及びロボット把持制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物品を把持し、把持物に作用する外力の変化値を検出する把持手段と、

前記外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する把持物外力推定手段と、

前記推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する把持力制御手段とを備え、

前記把持物外力推定手段は、外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、把持物の解放要求であると推定し、

更に、前記把持物外力推定手段は、把持手段が前記把持物を解放した後に、前記把持物の落下運動により生じる重力方向の動摩擦力を検知した場合に、前記把持物の受け渡しではないと推定するロボット把持制御装置。

10

【請求項 2】

物品を把持し、把持物に作用する外力の変化値を検出する把持手段と、

前記外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する把持物外力推定手段と、

前記推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する把持力制御手段とを備え、

前記把持物外力推定手段は、外力の変化値が予め定めた閾値以上であり、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも1つの方向に把持手段を移動させ、前記把持手段が反力

20

を検知した場合に、前記把持物の受け渡しであると推定するロボット把持制御装置。

【請求項 3】

物品を把持し、把持物に作用する外力の変化値を検出する把持手段と、

前記外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する把持物外力推定手段と、

前記推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する把持力制御手段とを備え、

前記把持手段は、物品を把持するロボットハンドと、把持物に作用する外力の変化値を検知する力センサを含む構成であり、

前記把持物外力推定手段が把持物の解放要求を推定した場合に、把持力制御手段が把持力緩和信号を前記ロボットハンドに出力して前記ロボットハンドの把持力を緩め、

前記把持物外力推定手段が把持物の受け渡しでないと推定した場合に、前記把持力制御手段が前記把持力を強化する把持力強化信号を前記ロボットハンドに出力するロボット把持制御装置。

10

【請求項 4】

物品を把持し、把持物に作用する外力の変化値を検出する把持手段と、

前記外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する把持物外力推定手段と、

前記推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する把持力制御手段とを備え、

20

前記把持手段は、物品を把持するロボットハンドと、外力の変化値を検知する力センサと、前記ロボットハンドが取り付けられたロボットアームと、前記ロボットアームの動作を制御するアーム制御手段とを含み、

前記アーム制御手段は、前記ロボットハンドに作用する外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に前記ロボットアームを移動させ、

把持力制御手段は、前記ロボットアームが移動した後に、前記力センサが反力を検知し、更に、把持物外力推定手段が、前記把持物の受け渡しであると推定した場合には、把持力緩和信号をロボットハンドに出力するロボット把持制御装置。

30

【請求項 5】

物品を把持する把持手段の把持物に作用する外力の変化値を検出する第 1 のステップと、

前記外力の変化値が予め定めた閾値と比較する第 2 のステップと、

前記外力の変化値が前記閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する第 3 のステップと、

前記第 3 のステップの推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する第 4 のステップとを含み、

前記第 3 のステップは、外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、把持物の解放要求であると推定し、更に、把持手段が前記把持物を解放した後に、前記把持物の落下運動により生じる重力方向の動摩擦力を検知した場合には、前記把持物の受け渡しではないと推定し、

40

前記第 4 のステップは、把持手段の把持力を強化させる把持力強化信号を出力するロボット把持制御方法。

【請求項 6】

物品を把持する把持手段の把持物に作用する外力の変化値を検出する第 1 のステップと、

前記外力の変化値が予め定めた閾値と比較する第 2 のステップと、

前記外力の変化値が前記閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する第 3 のステップと、

前記第 3 のステップの推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する第 4 のステップと

50

を含み、

前記第 3 のステップは、外力の変化値が予め定めた閾値以上であり、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に把持手段を移動させ、前記把持手段が反力を検知した場合には、前記把持物の受け渡しであると推定し、

前記第 4 のステップは、把持力を緩和する把持力緩和信号を前記把持手段に出力するロボット把持制御方法。

【請求項 7】

物品を把持するロボットハンドに設置された力センサが把持物に作用する外力の変化値を検出する第 1 のステップと、

前記外力の変化値が予め定めた閾値と比較する第 2 のステップと、

前記外力の変化値が前記閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する第 3 のステップと、

前記ロボットハンドに作用する外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に、前記ロボットハンドが取り付けられたロボットアームを移動させる第 4 のステップと、

前記ロボットアームが移動した後に、前記力センサが反力を検知した場合には、把持物の受け渡しであると推定する第 5 のステップと、

前記第 5 のステップの推定結果が把持物の受け渡しである場合に、把持力緩和信号を前記ロボットハンドに出力する第 6 のステップとを有するロボット把持制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ロボットが把持する物品に外部から力が作用した場合、典型的には人の力によって把持対象物が取り去られようとした場合に、そのことを認識し、ロボットの把持手段を解放するように、ロボットの把持手段の把持力を制御するロボット把持制御装置及びロボットハンド把持制御ロボット把持制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ロボットに物品を把持させて何らかの仕事をやらせることは、今日では実に多くの分野で利用されている。例えば、工場での自動製品組み立てラインにおける部品の把持運搬、自動化された倉庫での在庫品の運搬・管理など、その例を挙げるときりがない。

【0003】

このような産業用のロボットにおいて把持に求められる一つの重要な技術は、把持している物品を落とさないようにするために把持力を制御する技術である。例えば、ロボットハンドの指先に把持対象物の滑りを検出するセンサを設置しておき、把持対象物の滑りがこのセンサで検知された場合は、指の把持力を把持力制御装置により所定量増加する。これにより把持対象物を落とすことなく最小限の把持力で確実に把持できる（例えば、特許文献 1 参照）。

【0004】

これら従来の把持制御技術は主な用途が産業用であり、予め決められたプログラムに従って物品を把持し移動させて解放するという作業を正確に行うために必要な技術である。

【0005】

一方で近年では、人間と共存しながら人間の生活を支援するという目標に向けて、ヒューマノイド型ロボットの開発が盛んに行われている。

【0006】

さてヒューマノイド型ロボットは、その開発の主な目的の一つが人間との共存の可能性を探ることであり、これが従来の産業用ロボットとの大きな違いの一つである。

【0007】

人間との共存のためには人間とのインタラクションの実現が不可欠であり、そのためには、人の認識、音声対話などソフトウェアで実現できる機能に加え、ハード的に実現でき

10

20

30

40

50

る機能が必要となる。ハード的なインタラクション機能とは例えば、人間と握手する機能や把持した物品を人間とやりとりする機能である。

【特許文献１】特開平４－１８９４８４号公報（第４頁左下欄第１４行～右下欄第１行、第５図）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００８】

しかしながら、ロボットと人間とのインタラクションの例として、ロボットが把持している物品を人に渡す際のロボットハンド把持力の制御に特許文献１に記載された技術を採用することは難しい。なぜならば、ロボットの把持物品を人間が持ち取ろうとすると、ロボットは把持物品を取られないように、更に強く把持するように制御される。従って場合によっては把持物品を破損させてしまうなどの問題が起こりうるからである。

10

【０００９】

また、従来のヒューマノイド型ロボットでは、物品を把持する機能は備えているものの、ロボットから人に把持物を渡す機能については、リアルタイムでの把持力コントロールを必要としない、非常に単純な方法のみが実現されているにすぎない。例えば、人間の手を模したロボットハンドの手のひらを上に向け、ロボットハンドを解放して把持物を手のひらにのせ、いつでも把持物を取れる状態にしておいてから人に取りさせるようにする方法を採用している。したがって、人間とのハード的なインタラクション機能を備えていない。

20

【００１０】

本発明はこのような課題を解決するもので、人とロボットがあたかも人間同士のように、リアルなインタラクションを行うことを実現する一つのハードウェア制御の技術として、ロボットから人に把持物を渡す際に把持力の制御をリアルタイムで行い、人と人が物品を授受するかのようにロボットハンドの制御を実現するロボット把持制御装置及びロボット把持制御方法を提供することを目的とするものである。

【００１１】

また、ロボットハンドが把持している物品に外力が作用した場合に、この外力が、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別することができるロボット把持制御装置及びロボット把持制御方法を提供することを目的とするものである。

30

【課題を解決するための手段】

【００１２】

この課題を解決するために本発明のロボット把持制御装置は、物品を把持する機構をなすロボットハンドと、前記ロボットハンドに作用する力を検知する力センサと、前記ロボットハンドが物品を把持し、検知された前記ロボットハンドに作用する力が変化した場合に、前記ロボットハンドを解放する信号である解放指示を出力する把持力制御手段とを含み、ロボットの動作毎に把持解放の命令をロボットに与えることなく、ロボットの把持している物品を人間が持ち取ることを可能としたものである。

40

【００１３】

本発明の第１の態様に係る発明は、物品を把持し、把持物に作用する外力の変化値を検出する把持手段と、前記外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する把持物外力推定手段と、前記推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する把持力制御手段とを含むロボット把持制御装置としたものであり、把持物に作用する外力から、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別することで、把持解放の命令を、外部からロボットに、明示的に与えることなく、ロボットの把持している物品を人間が持ち取ることが可能となるという作用を有する。

【００１４】

本発明の第２の態様に係る発明は、第１の態様のロボット把持制御装置において、把持

50

物外力推定手段は、外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、把持物の解放要求であると推定し、更に、前記把持物外力推定手段は、把持手段が、前記把持物を解放した後に、前記把持物の落下運動により生じる重力方向の動摩擦力を検知した場合に、前記把持物の受け渡しではないと推定するものであり、把持物に作用する外力から、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別することができるという作用を有する。

【 0 0 1 5 】

本発明の第 3 の態様に係る発明は、第 1 の態様のロボット把持制御装置において、把持物外力推定手段は、外力の変化値が予め定めた閾値以上であり、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に把持手段を移動させ、前記把持手段が反力を検知した場合に、前記把持物の受け渡しであると推定するものであり、ロボットの把持している物品に外部の力がかかった際に、方向にわざと力をかけ、その力に対しての反力があつたかどうかで物品が持ち取られているかどうかを確かめることができるという作用を有する。

10

【 0 0 1 6 】

本発明の第 4 の態様に係る発明は、第 1 または第 2 の態様のロボット把持制御装置において、把持手段は、物品を把持するロボットハンドと、把持物に作用する外力の変化値を検知する力センサとを含む構成であり、把持物外力推定手段が、把持物の解放要求を推定した場合に、把持力制御手段が把持力緩和信号を前記ロボットハンドに出力して前記ロボットハンドの把持力を緩め、前記把持物外力推定手段が、把持物の受け渡しでないとして推定した場合に、前記把持力制御手段が前記把持力を強化する把持力強化信号を前記ロボットハンドに出力するものであり、把持物に作用する外力から、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別することができるという作用を有する。

20

【 0 0 1 7 】

本発明の第 5 の態様に係る発明は、第 1 または第 3 の態様のロボット把持制御装置において、把持手段は、物品を把持するロボットハンドと、外力の変化値を検知する力センサと、前記ロボットハンドが取り付けられたロボットアームと、前記ロボットアームの動作を制御するアーム制御手段とを含み、前記アーム制御手段は、前記ロボットハンドに作用する外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に前記ロボットアームを移動させ、把持力制御手段は、前記ロボットアームが移動した後に、前記力センサが反力を検知し、更に、把持物外力推定手段が、前記把持物の受け渡しであると推定した場合には、把持力緩和信号をロボットハンドに出力するものであり、ロボットの把持している物品に外部の力がかかった際に、方向にわざと力をかけ、その力に対しての反力があつたかどうかで物品が持ち取られているかどうかを確かめることができるという作用を有する。

30

【 0 0 1 8 】

本発明の第 6 の態様に係る発明は、複数の関節と、前記関節の回転角を検知する関節角センサとを含むロボットアームと、前記ロボットアームに取り付けられ、物品を把持するロボットハンドと、前記物品を解放する解放指示が入力され、更に、検知された前記関節の回転角に変化が生じた場合に、前記ロボットハンドに把持力緩和信号を出力する把持力制御手段とを有するロボット把持制御装置としたものであり、ロボットの把持している物品に外部の力がかかった際に、関節が動かされたかどうかで物品が持ち取られているかどうかを確かめることができるという作用を有する。

40

【 0 0 1 9 】

本発明の第 7 の態様に係る発明は、第 6 の態様のロボット把持制御装置において、更に、ロボットアームの動作を制御するアーム制御手段を含み、ロボットハンドに、把持力緩和信号が入力された場合に、前記アーム制御手段が、関節の剛性を低下させるものであり、ロボットの把持している物品に外部の力がかかった際に弱い力でも関節が動かされるため、外部の力によってロボットの関節を破壊してしまうことを防ぐことができるという作用を有する。

50

【 0 0 2 0 】

本発明の第 8 の態様に係る発明は、第 7 の態様のロボット把持制御装置において、更に、関節の剛性が低下する場合に、外部に注意を喚起するアラームを含むものであり、このアラームによって人はロボットがロボットアームの力を抜いたことを認識できるようになり、ロボットアームの関節の剛性が高い状態に気づかず物品を持ち取ろうとして、関節に負荷をかけ、ロボットの関節を破壊してしまうことを防ぐことができるという作用を有する。

【 0 0 2 1 】

本発明の第 9 の態様に係る発明は、第 1 乃至第 8 の態様のいずれかのロボット把持制御装置において、更に、ロボットハンドの把持力を緩和する場合に、外部に注意を喚起するアラームを含むものであり、ロボットハンドで把持している物品を持ち取る際に、どのタイミングで前記物品を握れば良いかが容易に分かるようになるという作用を有する。

10

【 0 0 2 2 】

本発明の第 1 0 の態様に係る発明は、物品を把持する把持手段の把持物に作用する外力の変化値を検出する第 1 のステップと、前記外力の変化値が予め定めた閾値と比較する第 2 のステップと、前記外力の変化値が前記閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する第 3 のステップと、前記第 3 のステップの推定結果により前記把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号又は前記把持手段の前記把持力を強化する把持力強化信号を出力する第 4 のステップとを含むロボット把持制御方法としたものであり、把持解放の命令をロボットに与えることなく、ロボットの把持している物品を人間が持ち取ることが可能となるという作用を有する。

20

【 0 0 2 3 】

本発明の第 1 1 の態様に係る発明は、第 1 0 の態様のロボット把持制御方法において、第 3 のステップは、外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、把持物の解放要求であると推定し、更に、把持手段が、前記把持物を解放した後に、前記把持物の落下運動により生じる重力方向の動摩擦力を検知した場合には、前記把持物の受け渡しではないと推定し、第 4 のステップは、把持手段の把持力を緩和させる把持力緩和信号を出力するものであり、ロボットの把持している物品に持ち取り以外の外力が作用し、そのためにロボットハンドを解放して物品を落としそうになった際に、それを認識し物品の落下を防ぐことが可能となるという作用を有する。

30

【 0 0 2 4 】

本発明の第 1 2 の態様に係る発明は、第 1 0 の態様のロボット把持制御方法において、第 3 のステップは、外力の変化値が予め定めた閾値以上であり、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に把持手段を移動させ、前記把持手段が反力を検知した場合には、前記把持物の受け渡しであると推定し、第 4 のステップは、把持力を強化する把持力強化信号を前記把持手段に出力するものであり、ロボットの把持している物品に外力が作用した場合に、1 つの方向にわざと力をかけ、その力に対しての反力があつたかどうかで物品が持ち取られているかどうかを確かめることができるという作用を有する。

【 0 0 2 5 】

本発明の第 1 3 の態様に係る発明は、物品を把持するロボットハンドに設置された力センサが把持物に作用する外力の変化値を検出する第 1 のステップと、前記外力の変化値が予め定めた閾値と比較する第 2 のステップと、前記外力の変化値が前記閾値以上である場合に、前記外力の変化値の要因を推定する第 3 のステップと、前記ロボットハンドに作用する外力の変化値が予め定めた閾値以上である場合に、前記外力の作用する方向とは異なる少なくとも 1 つの方向に、前記ロボットハンドが取り付けられたロボットアームを移動させる第 4 のステップと、前記ロボットアームが移動した後に、前記力センサが反力を検知した場合には、把持物の受け渡しであると推定する第 5 のステップと、前記第 5 のステップの推定結果が把持物の受け渡しである場合に、把持力緩和信号を前記ロボットハンドに出力する第 6 のステップとを有するロボット把持制御方法としたものであり、ロボットの把持している物品に持ち取り以外の外力が作用し、そのためにロボットハンドを解放して

40

50

物品を落としそうになった際に、それを認識し物品の落下を防ぐことが可能となるという作用を有する。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 4 の態様に係る発明は、複数の関節と、前記関節の回転角を検知する関節角センサを含むロボットアームに物品を把持するロボットハンドが取り付けられ、前記ロボットハンドに前記物品を解放する解放指示が入力され、更に、前記関節の回転角に変化が生じた場合に、前記ロボットハンドに把持力緩和信号を出力するステップとを有するロボット把持制御方法としたものであり、ロボットの把持している物品に外部の力が加かった際に、関節が動かされたかどうかで物品が持ち取られているかどうかを確かめることができるという作用を有する。

10

【 0 0 2 7 】

本発明の第 1 5 の態様に係る発明は、第 1 4 の態様のロボット把持制御方法において、更に、ロボットアームの動作を制御し、ロボットハンドに、把持力緩和信号が入力された場合に、関節の剛性を低下させるステップを含むものであり、ロボットの把持している物品に外部の力が加かった際に弱い力でも関節が動かされるため、外部の力によってロボットの関節を破壊してしまうことを防ぐことができるという作用を有する。

【 0 0 2 8 】

本発明の第 1 6 の態様に係る発明は、第 1 5 の態様のロボット把持制御方法において、更に、関節の剛性が低下する場合に、外部に注意を喚起するステップを含むものであり、このアラームによって人はロボットがロボットアームの力を抜いたことを認識できるようになり、ロボットアームの関節の剛性が高い状態に気づかず物品を持ち取ろうとして、関節に負荷をかけ、ロボットの関節を破壊してしまうことを防ぐことができるという作用を有する。

20

【 0 0 2 9 】

本発明の第 1 7 の態様に係る発明は、第 1 0 乃至第 1 6 の態様のいずれかに記載のロボット把持制御方法において、更に、ロボットハンドの把持力を緩和する場合に、外部に注意を喚起するステップを含むものであり、ロボットハンドで把持している物品を持ち取る際に、どのタイミングで前記物品を確実に握れば良いかが容易に分かるようになるという作用を有する。

【 発明の効果 】

30

【 0 0 3 0 】

本発明のロボット把持制御装置及びロボット把持制御方法によれば、ロボットが把持している物品を人間が持ち取ろうとしていることの判断をロボット自身が自律的に行うので、ロボットハンドで把持している物品を人間が掴んで持ち取ろうとした場合に、その人間の操作を理解し、把持力を強めて物品を握り潰してしまうことなく、人間が人間に物を手渡すがごとく、把持力を緩める制御を実現することが可能となる。

【 0 0 3 1 】

また、人間がロボットが掴んでいる物品を持ち取ろうとしていることを判断した場合には、その旨をアラーム手段によって知らせることで、より安心して物品を取ることができる。

40

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 2 】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。

【 0 0 3 3 】

(実施の形態 1)

図 1 は本発明のロボット把持制御装置の構成を示すブロック図である。図 1 において、ロボットアーム 1 0 1 はロボットの腕としてのロボットアーム 1 0 1 であり、ロボットハンド 1 0 2 はロボットアーム 1 0 1 に取り付けられ物品を把持する機構を有している。ロボットアーム 1 0 1 には関節角センサ 1 1 2 が、またロボットハンド 1 0 2 には力センサ 1 0 3 が配設されている。

50

【 0 0 3 4 】

力センサ 1 0 3 は、それに作用する力を検出するセンサで、本発明においてはロボットハンド 1 0 2 に配設され、ロボットハンド 1 0 2 に作用する力を検出するセンサである。

【 0 0 3 5 】

力センサ 1 0 3 としては様々な方式があるが、例えば、ひずみゲージで検出するもの、トルクを検出するもの、すべり摩擦を検出するものなどを使えばよい。

【 0 0 3 6 】

関節角センサ 1 1 2 は、代表的には光学的なロータリエンコーダによって絶対角度や相対角度を検出するものである。ロータリエンコーダとは、スリット付きの回転板と固定板、発光素子、受光素子などから構成され、回転板が回転したときに、回転板と固定板のスリットを透過した光のパルスを計数して回転角を算出するものである。

10

【 0 0 3 7 】

重力補償手段 1 0 4 は、力センサ 1 0 3 が検出した力より、把持物体にかかる重力成分やロボットアーム 1 0 1 の運動により生じる慣性力、遠心力、コリオリ力などを排除し、人間が物体を受け取ろうとして物体に及ぼす外力を算出する。

【 0 0 3 8 】

センサ値変量測定手段 1 0 5 は、力センサ 1 0 3 や関節角センサ 1 1 2 のセンサ値を所定の時間間隔で測定するものであり、物品把持判断手段 1 0 6 は、ロボットハンド 1 0 2 が物品を把持しているかを判断する。把持解放判断手段 1 0 7 は、センサ値変量測定手段 1 0 5 での測定結果として、力センサ 1 0 3 によるセンサ値の変化情報の有無と、物品把持判断手段 1 0 6 の判断において、ロボットハンド 1 0 2 による物品の把持の有無との 2 つの状況を踏まえて、ロボットハンド 1 0 2 の把持力を弱めるか否かを判断し、弱める場合には、後で説明する把持力制御手段 1 0 8 に把持力緩和の信号を送出するものである。

20

【 0 0 3 9 】

把持力制御手段 1 0 8 は、把持解放判断手段 1 0 7 からの信号、重力補償手段 1 0 4 の信号、解放指示認識手段 1 0 9 からの信号を受け、それらの信号の内容を踏まえて、ロボットハンド 1 0 2 の把持力を制御する信号を出力する。解放指示認識手段 1 0 9 は、外部からのロボットハンド 1 0 2 の解放の指示を認識する。

アラーム手段 1 1 0 は、把持力制御手段 1 0 8 がロボットハンド 1 0 2 を解放する場合や、センサ値変量測定手段 1 0 5 が関節角センサ 1 1 2 の閾値を越える変量を測定した場合に、外部に注意を喚起するアラームを行う。アーム制御手段 1 1 1 は、関節角センサ 1 1 2 からの関節角のフィードバック信号を受け、ロボットアーム 1 0 1 の各関節を駆動するモーター等のアクチュエータに指令を与えることで、ロボットアーム 1 0 1 に取り付けられたロボットハンド 1 0 2 の位置の制御やロボットアーム 1 0 1 に加わる力の制御を行う。

30

【 0 0 4 0 】

把持手段 1 1 3 は、物品を把持する機構をなし、かつ、把持物に作用する外力を検出する。把持物外力推定手段 1 1 4 は、把持手段 1 1 3 が物品を把持している際に、物品に作用する力が変化した場合に、前記力の変化を引き起こした要因を推論するものである。

【 0 0 4 1 】

なお、本実施の形態では、把持手段 1 1 3 は、ロボットアーム 1 0 1、ロボットハンド 1 0 2、関節角センサ 1 1 2、力センサ 1 0 3 及びアーム制御手段 1 1 1 を含む構成であり、把持物外力推定手段 1 1 4 は、重力補償手段 1 0 4 及びセンサ値変量測定手段 1 0 5 を含む構成である。

40

【 0 0 4 2 】

ここで、物品を把持する場合の把持手段 1 1 3 の制御としては、人間の動作と同様に、ロボットアーム 1 0 1 を制御してロボットハンド 1 0 2 を物品が把持できる場所まで誘導し、そしてロボットハンド 1 0 2 によって物品を把持するものである。

【 0 0 4 3 】

また、把持物外力推定手段 1 1 4 による推論とは、ロボットハンド 1 0 2 が把持してい

50

る物品に外力が作用した場合に、外力が、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別するものである。

【 0 0 4 4 】

図 2 は、重力補償手段 1 0 4 にて物体に及ぼす外力を算出する方法を示す図である。算出のための計算式は以下のように導くことができる。

【 0 0 4 5 】

ここで、図 2 のように Σ_0 は基準座標系とし、 Σ_r はロボットアーム 1 0 1 の手先に固定された座標系とし、6 次元のベクトルである f_s は力センサ 1 0 3 の検出値（物体がロボットアーム 1 0 1 の手先に加える力）とし、6 次元のベクトルである f_h は人間が物体に及ぼす力とし、6 次元のベクトルである f_g は f_s と f_h の物体重心での合成力とすると、
物体の運動方程式は（数 1）となる。

10

【 0 0 4 6 】

【数 1】

$$M\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{h} = \mathbf{f}_g$$

【 0 0 4 7 】

ここで（数 1）における M 、 V 、 h は、それぞれ（数 2）、（数 3）および（数 5）で、また（数 3）における T_g は（数 4）で表される。

【 0 0 4 8 】

【数 2】

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix} m\mathbf{E}_3 & \mathbf{O}_3 \\ \mathbf{O}_3 & \mathbf{I} \end{bmatrix}$$

20

【 0 0 4 9 】

【数 3】

$$\mathbf{v} = \begin{bmatrix} \dot{\mathbf{p}}_g^T & \omega^T \end{bmatrix}^T = \mathbf{T}_g \mathbf{J} \dot{\mathbf{q}}$$

【 0 0 5 0 】

【数 4】

$$\mathbf{T}_g = \begin{bmatrix} \mathbf{E}_3 & -\left[{}^0\mathbf{R}_r {}^r\mathbf{l}_g \times \right] \\ \mathbf{O}_3 & \mathbf{E}_3 \end{bmatrix}$$

30

【 0 0 5 1 】

【数 5】

$$\mathbf{h} = \begin{bmatrix} m \begin{bmatrix} 0 & 0 & -g \end{bmatrix}^T \\ \omega \times \mathbf{I} \omega \end{bmatrix}$$

40

【 0 0 5 2 】

（数 1）～（数 5）において、 m は物体の質量、 $\mathbf{I}$ は物体の重心点における慣性テンソル、 $\mathbf{p}_g$ は物体の重心点の位置、 ω は物体の重心点周りの角速度、 $\mathbf{q}$ はロボットアーム 1 0 1 の関節変数ベクトル、 $\mathbf{J}$ はロボットアーム 1 0 1 のヤコビ行列、 ${}^0\mathbf{R}_r$ は Σ_0 から Σ_r への回転行列、 ${}^r\mathbf{l}_g$ は Σ_r から見た物体の重心位置、 g は重力加速度である。

【 0 0 5 3 】

また、物体に働く力に関しては、（数 6）の力の釣り合いの式が成り立つ。ここで T_g は（数 7）で表され、また ${}^r\mathbf{l}_h$ は Σ_r から見た外力の作用点の位置である。

50

【 0 0 5 4 】

【 数 6 】

$$\mathbf{f}_s = \mathbf{T}_g^T \mathbf{f}_g + \mathbf{T}_h^T \mathbf{f}_h$$

【 0 0 5 5 】

【 数 7 】

$$\mathbf{T}_h = \begin{bmatrix} \mathbf{E}_3 & -\left[{}^0\mathbf{R}_r^r \mathbf{l}_h \times \right] \\ \mathbf{O}_3 & \mathbf{E}_3 \end{bmatrix}$$

10

【 0 0 5 6 】

以上の運動方程式と、力の釣り合いの計算式とより、力センサ 1 0 3 の検出値から重力、慣性力、遠心力、コリオリ力成分を排除した外力による成分 $\mathbf{F}$ は、（数 8 ）となる。

【 0 0 5 7 】

【 数 8 】

$$\mathbf{F} = \mathbf{T}_h^T \mathbf{f}_h = \mathbf{f}_s - \mathbf{T}_g^T \mathbf{f}_g$$

20

【 0 0 5 8 】

把持物外力推定手段 1 1 4 において行われる識別処理、すなわちロボットハンド 1 0 2 が把持している物品に外力が作用した場合に、外力が、人によって物品を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別する処理の一つには、この重力補償手段 1 0 4 における計算結果を用いて行う方法がある。

【 0 0 5 9 】

即ち、上記計算式により補償された値が重力方向と略一致する場合には、把持物品を落下しそうな状況であるために重力方向と合致する動摩擦力が作用したと判断し、ロボットハンド 1 0 2 の解放を停止し、把持力を増加させる信号を把持解放判断手段 1 0 7 に出力する。

30

【 0 0 6 0 】

一方、それ以外の力が検出された場合には人間が把持したものと判断し、ロボットハンド 1 0 2 の解放を行う信号を把持解放判断手段 1 0 7 に出力する。

【 0 0 6 1 】

センサ値変量測定手段 1 0 5 は、上記の力センサ 1 0 3 や関節角センサ 1 1 2 のセンサ値を所定の時間間隔で測定する。力センサ 1 0 3 については、重力補償手段 1 0 4 において把持物品にかかる重力および慣性力およびコリオリ力が排除された力の値が入力される。

【 0 0 6 2 】

ここで、本実施の形態におけるロボットハンド 1 0 2 の制御は、力センサ 1 0 3 や関節角センサ 1 1 2 のセンサ値の変化量に基づいて行っているが、センサ値の変量を処理の最小単位時間の差だけで計算すると、ロボットハンド 1 0 2 に把持されている物品に対して外部から加えられる力が、非常にゆっくりと強められる場合には、力センサ 1 0 3 の値の変化が小さすぎるため、把持解放の制御が実施されない場合がある。このため、本実施の形態では入力された力センサ 1 0 3 の値は、過去の所定の時間まで遡って、時刻データとともにメモリに記憶する。

40

【 0 0 6 3 】

図 3 に、メモリに記憶されている時刻毎の力センサ 1 0 3 及び関節角センサ 1 1 2 の値をテーブル形式で示す。 t は時刻で、 $t(0)$ が現在時刻である。 P は各時刻における力センサ 1 0 3 の値、 D は関節角センサ 1 1 2 の値である。また、括弧内の数が大きくなる

50

ほど過去に遡ることを示す。過去に遡ってセンサの値を蓄えておけば、ロボットハンド 102 に把持されている物品に対して外部から加えられる力が、非常にゆっくりと強められる場合でも、現在時刻における力の値と過去に遡って得た力の値との変化量が算出でき、それによって把持解放の制御が可能となる。

【0064】

このようにして、力センサ 103 と関節角センサ 112 で個別に設定されたセンサ値変化の許容量を超える値を所定の時間内において検出した場合に、後で説明する把持解放判断手段 107 とアラーム手段 110 とに、どのセンサで値の変化が起こったかの情報を送ることができる。

【0065】

物品把持判断手段 106 はロボットハンド 102 が物品を把持しているかを判断するものであり、ロボットハンド 102 が物品を把持した際に、物品把持判断手段 106 と物品とが接触するようにロボットハンド 102 の内側に設置される。物品把持判断手段 106 としては、例えば、ロボットハンド 102 と物品との接触面において接触圧分布を測定する圧覚センサやロボットハンド 102 の内側に設置された光センサが使われる。光センサは、例えば赤外線 LED などを光源とする発光素子とフォトダイオードなどの受光素子の組を一つまたは複数個使うことで構成される。

【0066】

なお、物品把持判断手段 106 としてどのようなセンサを使う場合でも、その配設において力センサ 103 と干渉することのないように注意する必要があることはいうまでもない。

【0067】

図 4 (a) は、ロボットハンド 102 の内側の両面に圧覚センサ 401 を配設した図であり、図 4 (b) は、ロボットハンド 102 の内側に、光センサとして、発光素子 402 と受光素子 403 の組を 3 つ配設した図である。なお、圧覚センサ 401 の配置は片面でもかまわない。

【0068】

解放指示認識手段 109 は、外部からのロボットハンド 102 の解放の指示を認識するものであり、例えばマイクと音声認識プログラムが使われる。すなわち人間が音声でロボットに設置されたマイクに向かって、ロボットハンド 102 を解放する内容の発話、例えば「手を離して」などと話しかけると、前記音声認識プログラムがその文の意味を解析し、話しかけた人間がロボットハンド 102 を解放することを要求していると判断する。その解放させるための解放指示信号を、後で説明するアーム制御手段 111 および把持力制御手段 108 にそれぞれ送信する。

【0069】

なお、解放の指示の判断は、マイクと音声認識プログラムによって行う以外に、例えば、ロボットハンド 102 の解放をさせるための物理的なスイッチをロボットに配設するなどしてもよい。

【0070】

また、アーム制御手段 111 は、関節角センサ 112 からの関節角のフィードバック信号を受け、ロボットアーム 101 の各関節を駆動するモーター等のアクチュエータに指令を与えることで、ロボットアーム 101 に取り付けられたロボットハンド 102 の位置の制御やロボットアーム 101 に加わる力の制御を行う。

【0071】

また、解放指示認識手段 109 が、外部からのロボットハンド 102 の解放要求があったと認識した場合に、ロボットアーム 101 の手先位置を制御するためのフィードバックゲインの値を小さくすることで、ロボットアーム 101 の各関節の剛性を弱める処理を行うことができ、その後、後で説明するアラーム手段 110 に、その旨を知らせる情報を送信する。

【0072】

10

20

30

40

50

また、把持解放判断手段107は、センサ値変量測定手段105での測定結果として、力センサ103によるセンサ値の変化情報の有無と、物品把持判断手段106の判断において、ロボットハンド102による物品の把持の有無との2つの状況を踏まえて、ロボットハンド102の把持力を弱めるかを判断し、弱める場合には、後で説明する把持力制御手段108に把持力緩和の信号を送出する。

【0073】

また、把持力制御手段108は、把持解放判断手段107からの信号、重力補償手段104の信号、解放指示認識手段109からの信号を受け、それらの信号の内容を踏まえて、ロボットハンド102の把持力を制御する信号を出力する。

【0074】

また、アラーム手段110は、把持力制御手段108がロボットハンド102を解放する場合や、センサ値変量測定手段105が関節角センサ112の閾値を越える変量を測定した場合に、外部に注意を喚起するアラームを行う。

【0075】

なお、アラームの内容は、状況に応じて変更しても良い。また、アラームは音や音声など聴覚に訴える方法、LEDの点滅など視覚に訴える方法、それらをハイブリッドさせた方法などを用いる。

【0076】

つぎに、以上の構成のロボット把持制御装置によるロボットハンド102の把持制御について、詳細に説明する。

【0077】

本実施の形態のロボットハンド102による把持制御は、ロボットアーム101の関節などに力センサ103を配置し、外部から把持物品に加えられる力を力センサ103で検出し、把持物品を解放する場合に、抽出された力センサ103の値の変化から、外部からの力が人間によるものか否かを判断するものである。

【0078】

まず、外部からの力によりロボットハンド102の把持力を緩和し、把持物品を解放する場合に、物品の移動状態から、外部からの力が人間によるものか否かを判断する方法について説明する。

【0079】

図5は、人間によって把持物品が持ち取られる以外の状況で力センサ103の値の変化が検出される場合を示した図である。図5(a)は、ロボットハンド102で円柱状の物品501を把持したロボットが、壁502に向かって走行し、物品501が壁502に接触している状態を示した図であり、図5(b)は、図5(a)のロボットハンド102を上から見た平面図である。

【0080】

図5(a)、(b)から分かるように、ロボットアーム101全体が壁502に向かって矢印Mの方向に移動しているのに対し、物品501は壁502に当たっているため、ロボットハンド102に配設された力センサ103としての圧覚センサ401が壁502からの物品501が壁502に当たって受ける外部からの力Fを検出する。

【0081】

この壁502から受ける力Fにより、ロボットハンド102が物品501を解放する場合に、物品501はどのようにロボットハンド102から離れていくかを測定した結果に応じて、外部からの力Fが人間によるものか否かを判断するものである。つまり、外部からの力Fが人間でなければ、ロボットハンド102の把持力を緩めていくにつれて、物品501は重力によって落下するという物理法則を利用する。

【0082】

図6は、本実施の形態による物品の移動状態を用いたロボットハンド102の把持制御の処理を示したフローチャートである。

【0083】

10

20

30

40

50

S 2 0 1 にて、ロボットによる物品 5 0 1 の把持の有無を物品把持判断手段 1 0 6 によって判断する。もし物品 5 0 1 を把持していなければ、ロボットハンド 1 0 2 解放の制御は不要なので直ちに処理を終了する。また、ロボットハンド 1 0 2 で物品 5 0 1 を把持している場合は S 2 0 2 の処理に進む。

【 0 0 8 4 】

S 2 0 2 にて、物品 5 0 1 の質量などのデータに基づいて物品 5 0 1 にかかる重力、慣性力、コリオリ力などの外力を重力補償手段 1 0 4 によって排除し、力センサ 1 0 3 は、人などの外部によって受けた力 F のみをセンサ値変量測定手段 1 0 5 に送る。

【 0 0 8 5 】

S 2 0 3 にて、センサ値変量測定手段 1 0 5 では、送られた力センサ 1 0 3 の値を時刻と共にメモリに書き込む。

【 0 0 8 6 】

S 2 0 4 にて、メモリを参照し、現在から所定の過去にわたって、力センサ 1 0 3 の値の最小値を調べ、それと現在値との変化量が予め定めた閾値以上であった場合に、力センサ 1 0 3 値の変化があったという情報を把持解放判断手段 1 0 7 に送る。変化量が閾値以下の場合は、ロボットハンド 1 0 2 解放の制御は不要なので直ちに処理を終了する。

【 0 0 8 7 】

S 2 0 5 にて、把持解放判断手段 1 0 7 は、センサ値変量測定手段 1 0 5 から力センサ 1 0 3 値の変化があったという情報を受けて、把持力制御手段 1 0 8 に把持力の緩和を指示する信号である把持力緩和信号を送出する。把持力制御手段 1 0 8 は把持力緩和の信号を受けると、まずアラーム手段 1 1 0 にアラームを行うように信号を送り、これを受けてアラーム手段 1 1 0 は音声や文字表示などを用いて「手を放します」等のアラームを発する。続いてロボットハンド 1 0 2 の把持力を緩和させる。

【 0 0 8 8 】

S 2 0 6 にて、ロボットの力センサ 1 0 3 が力 F を検出すると、S 2 0 5 でロボットハンド 1 0 2 を解放し始める。すると当然のことながら把持物品がロボットハンド 1 0 2 との接触による摩擦の力が弱まる。このまま把持力を弱め続け、ある程度弱まった時点で物品 5 0 1 にかかる重力が摩擦力を上回り、物品 5 0 1 がロボットハンド 1 0 2 を滑り鉛直方向に落下し始めようとする。この状態、すなわちロボットハンド 1 0 2 の把持力を弱め始めてからのち、さらに力センサ 1 0 3 が下向き方向の力を検出した場合、物品 5 0 1 にかかる力は重力によるものであると判断して S 2 0 7 に移行し、それ以外は処理を終了する。

【 0 0 8 9 】

S 2 0 7 にて、把持力制御手段 1 0 8 は、物品 5 0 1 を落とさないよう再度把持力を強化する把持力強化信号をロボットハンド 1 0 2 に出力する。

【 0 0 9 0 】

以上のように、物品 5 0 1 の移動状態を用いることによりロボットハンド 1 0 2 の制御を行うことができる。

【 0 0 9 1 】

次に、把持物外力推定手段 1 1 4 において行われる識別処理、即ちロボットが把持している物品 5 0 1 に外力が作用した場合に、外力が、人によって物品 5 0 1 を持ち取られようとして生じた力か、それ以外の力なのかを識別する処理について説明する。

【 0 0 9 2 】

まず、ロボットの力センサ 1 0 3 が、外部からの力 F を検出した時に、その外部からの力 F とは反対の方向の力を少しかけて、それに対する反応力が検出された場合は、外部からの力が人間によるものと判断し、前述の物理法則を利用せずに、人間同士が物品を手渡しするときの自然な反応に倣ったものとして処理する。即ち、人間は目の見えない状態で人間へ物品を渡そうとするときに、典型的には一度手元に弱く引っ張り戻すようにし、その反応力の有無により渡す相手が確実に物品を掴んだことを確認するが、これと同じ処理をロボットに行わせる。ここで、反対の方向の力とは、方向が完全に反対方向である必要

10

20

30

40

50

はなく、反対方向の成分を有する力であればよい。

【0093】

図7は、本実施の形態による外部からの反応力を用いたロボット把持制御装置の処理の流れを示したフローチャートである。S301からS304までの処理は図6のフローチャートのS201からS204の処理と同じなので説明を省略する。

【0094】

S305にて、S304の処理でロボットの力センサ103が外部からの反応力を検出すると、力センサ103で受けた力Fとは異なる力を掛けるようにロボットアーム101を制御する。ここで、異なる力としては、典型的には受けた力と反対方向の反力が使われる。ここで、反対の方向とは、完全に方向が反対方向である必要はない。

10

【0095】

S306にて、S305の処理に対して、力センサ103がロボットアーム101にかけた力Fに対しての反力を検出したかどうかを重力補償手段104で計算する。

【0096】

S307にて、S306の処理でロボットアーム101が意図的にかけた力に対しての反力が検出されたら、外部からロボットハンド102が把持している物品501を掴み取ろうとしていると判断し、S309の処理に移る。一方、S307で反力が検出されなかった場合は、S308で、S306の処理においてロボットアーム101が意図的にかけた力をただちに抜いて処理を終了する。

【0097】

S309にて、重力補償手段104は、把持力制御手段108に把持力緩和の信号を送出する。把持力制御手段108は前記信号を受けると、まずアラーム手段110にアラームを行うように信号を送り、これを受けてアラーム手段110は、音声や文字表示などを用いて「手を放します」等のアラームを発する。続いてロボットハンド102の把持力を緩和させ、処理を終了する。

20

【0098】

実際にロボットが動作しているときは、図6、図7のフローチャートの処理は一度行ったら済むというものではなく、決められた単位時間毎に常に処理される。なぜなら、把持した物品501をいつの時点で持ち取られるかはロボットにとって不明だからである。単位時間は、本処理を導入されたロボットが、どのような状況で使われるかに依存するので状況に応じて決めればよい。例えば、人間とのコミュニケーション用に作られたロボットであれば、ロボットの把持している物品を人間が持ち取ることを想定している場合、単位時間は、少なくとも人間が物品を掴んで引っ張り始めるのに要する時間よりも、短い時間にしなくてはならないことは明らかである。

30

【0099】

以上から本実施の形態のように、ロボットハンド102が物品501を把持し、力センサ103により検知されたロボットハンド102に作用する力が変化した場合に、把持力制御手段108から出力される把持力緩和信号により、ロボットハンド102が把持力を緩めた後に、物品501の落下運動により生じる重力方向の動摩擦力を力センサ103が検知した場合は把持力を強化する。

40

一方、ロボットハンド102が取り付けられている複数の関節を含むロボットアーム101は、ロボットハンド102に作用する力が変化した場合に、作用する力の方向とは異なる少なくとも1つの方向に力を加え、ロボットハンド102は、ロボットアーム101が少なくとも1つの方向に移動した後に、力センサ103が反力を検知した場合に、把持している物品501を人間が掴んで持ち取ろうとしていると判断し、把持力を緩めるというように動作させる。したがって、ロボットハンド102が把持している物品501を人間が掴んで持ち取ろうとした場合に、その人間の操作を理解し、把持力を強めて物品を握り潰してしまうことなく、人間が人間に物を手渡すがごとく、把持力を緩める制御を実現することができる。

【0100】

50

(実施の形態 2)

本発明の実施の形態 2 は、ロボットアーム 101 の関節に関節角センサ 112 を設置し、そして人がこれから把持物品を取る旨をロボットに伝え、ロボットはロボットアーム 101 を制御する力を、重力などの物理力では動かず、しかも外部からの力が掛かると自由に動く程度にまで緩め、外部から把持物品が引っ張られた場合に、それにつられてロボットの関節が動いたことを検出し、把持を解放するものである。以下図 8 を用いて、実施の形態 2 について説明する。

【0101】

図 8 は、実施の形態 2 によるロボット把持制御装置の処理の流れを示したフローチャートである。

10

【0102】

S401 にて、ロボットによる物品の把持の有無を、物品把持判断手段 106 によって判断する。もし物品を把持していなければロボットハンド 102 の解放の制御は不要なので直ちに処理を終了する。ロボットハンド 102 で物品を把持している場合は S402 の処理に進む。

【0103】

S402 にて、ロボットハンド 102 を解放させるための外部からの指示の有無を解放指示認識手段 109 が判断し、もしロボットハンド 102 解放の指示があれば、アーム制御手段 111 及び把持力制御手段 108 に、解放指示信号を送る。一方、もしロボットハンド 102 解放の指示がなければ直ちに処理を終了する。

20

【0104】

S403 にて、アーム制御手段 111 は、解放指示認識手段 109 から解放指示信号を受信すると、関節を構成するサーボモータの剛性を下げ、人が持ち取る際に、ロボットアーム 101 の手先が容易に移動するようにする。アーム制御手段 111 は、サーボモータの剛性を低下させた後、アラーム手段 110 にその旨を知らせる情報を送信する。アラーム手段 110 は、その情報を受けて、ロボットアーム 101 の剛性が弱まったことを意味する「腕の力を抜きました」等のアラームを、音声や文字表示などを用いて発する。

【0105】

S404 にて、センサ値変量測定手段 105 が、関節角センサ 112 の測定値を観測し、手先位置の目標値とのずれを検知すれば、人が把持部品を持ち取ったことを検知することができるため、ロボットアーム 101 の関節角センサ 112 の変化量が閾値以上である場合は、その情報を把持解放判断手段 107 に送り S405 の処理に進む。S404 で前記変化量が閾値未満の場合は S406 に進み、S403 の処理でロボットアームサーボ剛性を低下してから経過時間を見て、一定時間が経過しているかどうかを判断する。もし一定時間が経過していれば S407 に進み、ロボットアームサーボ剛性をもとに戻すためのアラームをアラーム手段 110 にて行い、続いてロボットアームサーボ剛性を低下させる前の状態に戻して処理を終了する。一定時間が経過していなければ、S404 の最初に戻って処理を繰り返す。

30

【0106】

S404 の処理で関節角センサ 112 の変化量が閾値以上であるとの情報を把持解放判断手段 107 が受信した場合は S405 に進み、把持力制御手段 108 に把持力の緩和を指示する信号である把持力緩和信号を送出する。把持力制御手段 108 は、把持解放判断手段 107 からの把持力緩和の信号を受けると、まずアラーム手段 110 にアラームを行うように信号を送り、これを受けてアラーム手段 110 は「手を放します」等のアラームを発する。続いてロボットハンド 102 の把持力を緩和させ、処理を終了する。

40

【0107】

実施の形態 2 においても、実施の形態 1 と同様に、実際にロボットが動作しているときは、図 8 のフローチャートの処理は一度行ったら済むというものではなく、決められた単位時間毎に常に処理される。

【0108】

50

実施の形態 2 においては、ロボットアーム 101 の関節に関節角センサ 112 を設置し、そして人がこれから把持物品を取る旨をロボットに伝え、ロボットはロボットアーム 101 を制御する力を、重力などの物理力では動かず、しかも外部からの力が掛かると自由に動く程度にまで緩め、外部から把持物品が引っ張られた場合に、それにつられてロボットの関節が動いたことを検出し、把持を解放する。

【0109】

これによりロボットがロボットハンド 102 で把持している物品を人間が掴んで持ち取ろうとした場合に、その人間の操作を理解し、把持力を強めて物品を握り潰してしまうことなく、人間が人間に物を手渡すがごとく、把持力を緩める制御を実現することが可能となる。

10

【0110】

(実施の形態 3)

実施の形態 3 は、本発明のロボット把持制御装置を、人間型ロボット以外に適応したものである。

【0111】

本実施の形態は、実施の形態 1 及び 2 に示した 1 本のアームと車輪による移動機構とを持つロボット以外に、実施の形態 1 及び 2 に記載した把持手段 113 を構成要素としてもつロボットであれば、どのような態様のロボットに対しても応用可能である。例えば、2 腕 2 脚を備えた人間型ロボットや、アームとハンドだけからなる腕型のロボットにも適用可能である。更には、人間型に限らず動物型ロボットにも適用することができる。

20

【0112】

図 9 は、ハンドやアームを持たない動物型のロボットに対応したものである。ロボットハンド 901 は物品 904 を把持するものであり、動物型ロボット 903 の口部に相当する。ロボットアーム 902 は、ロボットハンド 901 を移動させるものであり、動物型ロボット 903 の首部に相当する。

【0113】

なお、図 9 に図示していないが、図 1 におけるロボットアーム 101 と同様に、ロボットアーム 902 にはアーム制御手段 111 及び関節角センサ 112 が設置され、ロボットハンド 901 には力センサ 103 が設置されている。

【0114】

同様に、図 9 に図示していないが、図 1 における重力補償手段 104、センサ値変量測定手段 105、物品把持判断手段 106、把持解放判断手段 107、把持力制御手段 108、解放指示認識手段 109 及びアラーム手段 110 は、動物型ロボット 903 の頭部又は胴体部に配置されている。

30

【0115】

ロボットアーム 902、アーム制御手段 111、関節角センサ 112、ロボットハンド 901、力センサ 103、重力補償手段 104、センサ値変量測定手段 105、物品把持判断手段 106、把持解放判断手段 107、把持力制御手段 108、解放指示認識手段 109 及びアラーム手段 110 の構成および動作は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 と同様であるため、ここでの説明は省略する。

40

【産業上の利用可能性】

【0116】

本発明にかかるロボット把持制御装置及びロボット把持制御方法は、工場での自動製品組み立てラインにおける部品の把持運搬、自動化された倉庫での在庫品の運搬・管理、危険な場所における作業用ロボットなどの産業用のロボットや、人間と共存しながら人間の生活を支援する家事ロボット、ペット用ロボットなどの各種のヒューマノイド型ロボットに有用である。

【図面の簡単な説明】

【0117】

【図 1】本発明の実施の形態 1 によるロボット把持制御装置の構成を示すブロック図

50

【図 2】本発明の実施の形態 1 による重力補償手段にて物体に及ぼす外力を算出する方法を示す概念図

【図 3】本発明の実施の形態 1 によるメモリの内容を示す図

【図 4】(a)、(b) 本発明の実施の形態 1 によるロボットハンドに配設したセンサを示す平面の断面図

【図 5】(a) 本発明の実施の形態 1 による物品を把持したロボット把持制御装置が壁に接触している状態を示す斜視図 (b) 本発明の実施の形態 1 による物品を把持したロボット把持制御装置の一部の平面図

【図 6】本発明の実施の形態 1 によるロボット把持制御装置の処理を示したフローチャート

10

【図 7】本発明の実施の形態 1 によるロボット把持制御装置の処理を示したフローチャート

【図 8】本発明の実施の形態 2 によるロボット把持制御装置の処理を示したフローチャート

【図 9】本発明の実施の形態 3 によるロボット把持制御装置の構成を示す側面図

【符号の説明】

【0118】

101、902 ロボットアーム

102、901 ロボットハンド

103 カセンサ

20

104 重力補償手段

105 センサ値変量測定手段

106 物品把持判断手段

107 把持解放判断手段

108 把持力制御手段

109 解放指示認識手段

110 アラーム手段

111 アーム制御手段

112 関節角センサ

113 把持手段

30

114 把持物外力推定手段

401 圧覚センサ

402 発光素子

403 受光素子

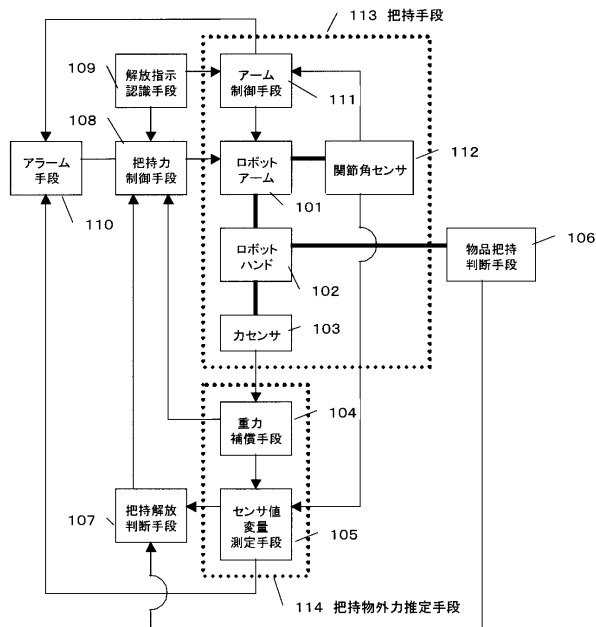
501、904 物品

502 壁

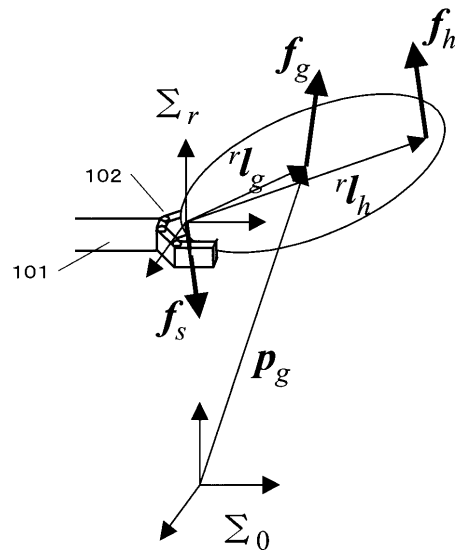
903 動物型ロボット

40

【 図 1 】



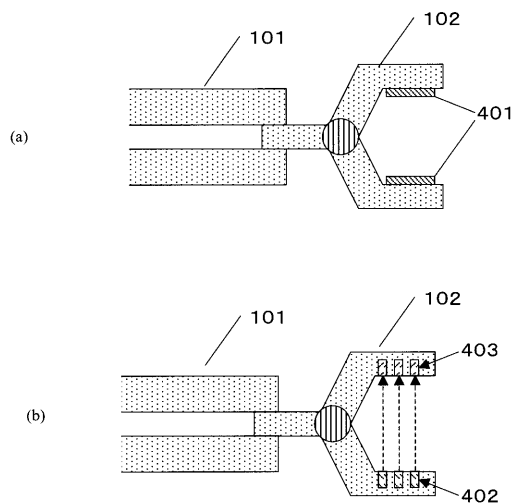
【 図 2 】



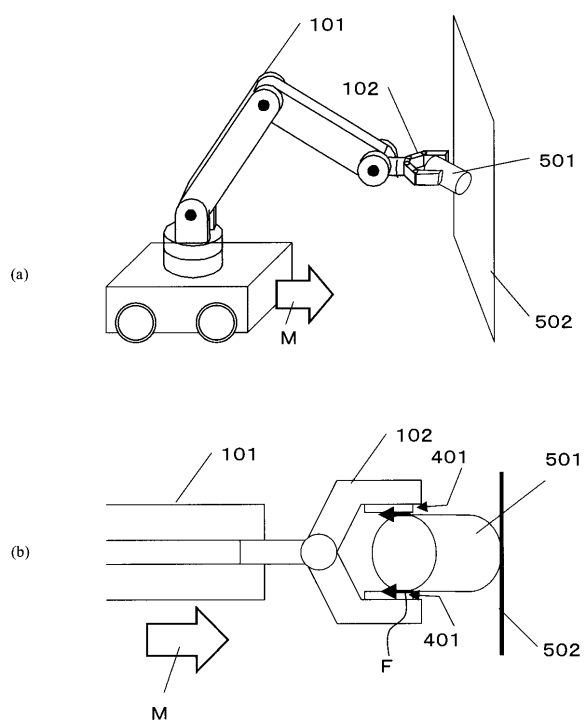
【 図 3 】

時刻	カセンサの値	関節角センサの値
$t(n)$	$P(n)$	$D(n)$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$t(1)$	$P(1)$	$D(1)$
$t(0)$	$P(0)$	$D(0)$

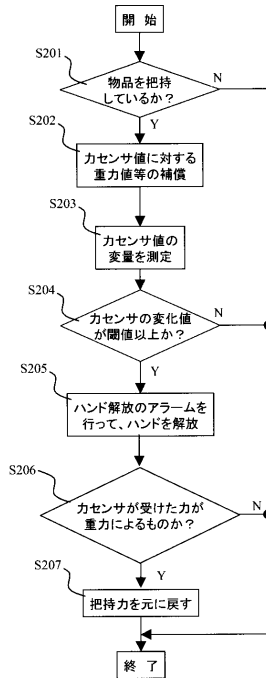
【圖 4】



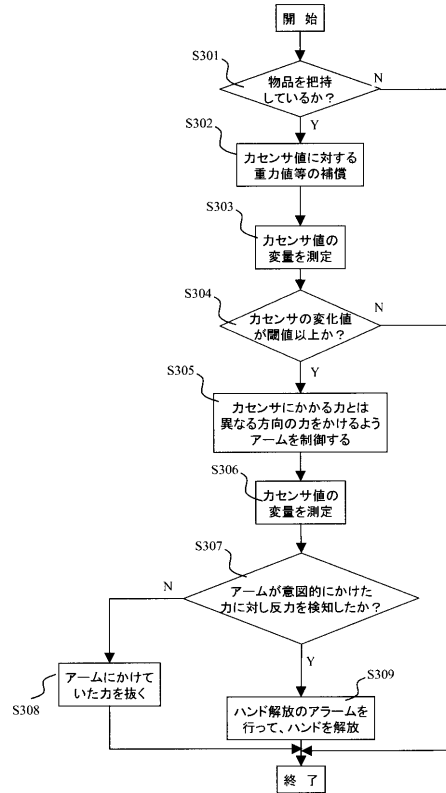
【 図 5 】



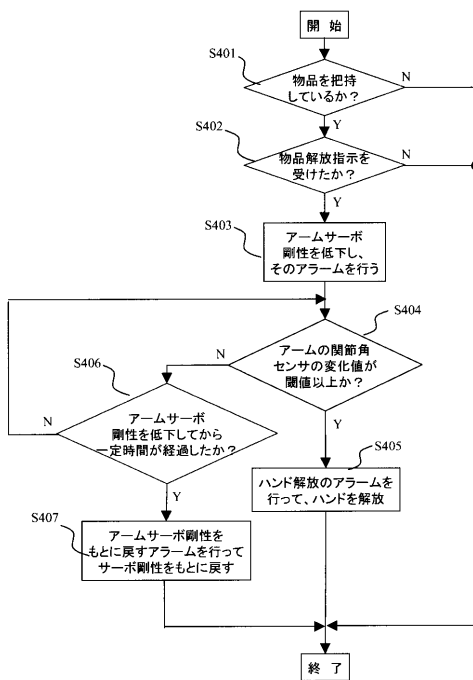
【図 6】



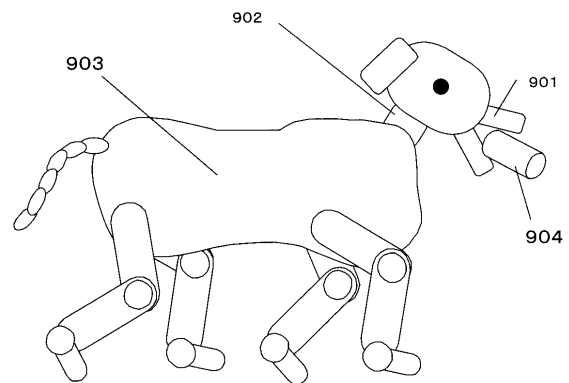
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 岡崎 安直
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 姉崎 隆
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
- (72)発明者 岡本 球夫
大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

審査官 大山 健

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 1 0 0 0 8 9 (J P , A)
永田和之, 大崎洋平, 築根秀男, 柿倉正義, 指先力覚力覚情報に基づく人間とロボットの受渡し
作業, 第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 日本, 社団法人 日本ロボット学会, 1 9 9
8 年 9 月 1 8 日, 第 1 分冊, 5 1 7 - 5 1 8

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 2 5 J 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2