

(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
2009年9月3日(03.09.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/107358 A1

- (51) 国際特許分類:
B25J 9/22 (2006.01) B25J 13/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/000783
- (22) 国際出願日: 2009年2月24日(24.02.2009)
- (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 2008-047375 2008年2月28日(28.02.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 津坂優子(TSUSAKA, Yuko). 岡▲崎▼安直(OKAZAKI, Yasunao).
- (74) 代理人: 田中光雄, 外(TANAKA, Mitsuo et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号IMPビル青山特許事務所 Osaka (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, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

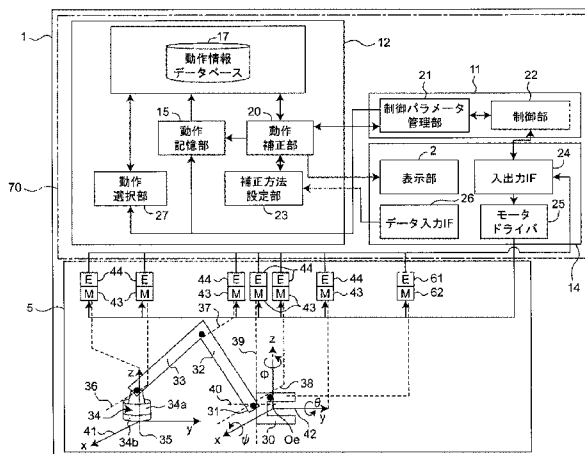
添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: CONTROL APPARATUS AND CONTROL METHOD FOR A ROBOT ARM, ROBOT, CONTROL PROGRAM FOR A ROBOT ARM, AND ELECTRONIC INTEGRATED CIRCUIT FOR CONTROLLING A ROBOT ARM

(54) 発明の名称: ロボットアームの制御装置及び制御方法、ロボット、ロボットアームの制御プログラム、及びロボットアーム制御用集積電子回路

[図2A]



- 17 Motion information database
27 Motion selector
15 Motion memory
20 Motion corrector
23 Correction method setting unit
21 Control parameter management unit
22 Controller
2 Display part
24 Input/output IF
26 Data input IF
25 Motor driver

(57) Abstract: Provided is a control apparatus (70) for a robot arm (5), said control apparatus being provided with a movement information database (17) for storing information about movements of the robot arm, a force detector (53) that detects force from a person (4), and a motion corrector (20) that corrects the motion information in the motion information database according to the force from a person.

(57) 要約: ロボットアーム (5) の制御装置 (70) であって、ロボットアームの動作に関する情報が記憶された動作情報データベース (17) と、人 (4) の力を検出する力検出部 (53) と、人の力に応じて、動作情報データベースの動作情報を補正する動作補正部 (20) を備えている。

明 細 書

ロボットアームの制御装置及び制御方法、ロボット、ロボットアームの制御プログラム、及びロボットアーム制御用集積電子回路

技術分野

- [0001] 本発明は、ロボットの動作を生成、教示するためのロボットアームの制御装置及び制御方法、ロボットアームの制御装置を有するロボット、ロボットアームのプログラム、ロボットアーム制御用集積電子回路に関する。

背景技術

- [0002] 近年、介護ロボット又は家事支援ロボットなどの家庭用ロボットが盛んに開発されるようになってきた。家庭ロボットは産業用ロボットと異なり、家庭の素人が操作するため、簡単に動作を教示できる必要がある。さらに、ロボットが作業する際の動作環境も、家庭に依拠してさまざまであるため、家庭環境に柔軟に対応する必要がある。
- [0003] ロボット装置の教示方法の一例として、ロボットの手首などに力センサを装着し、力センサの先に装着されたハンドルを教示者が直接把持してロボットを教示点に誘導し、ロボットの位置の教示を行っている（特許文献１、特許文献２を参照）。

- [0004] 特許文献１：特開昭５９－１５７７１５号公報
特許文献２：特開平７－８４６３２号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0005] しかしながら、特許文献１においては、全ての教示点を教示者が教示する必要があるため、教示に時間がかかり、非常に面倒であった。さらに、産業用分野にて、教示した動きの一部を修正する場合に、ティーチングペンダントと呼ばれる遠隔装置により、プログラミングにより修正するか、若しくは、全ての動作を一から教示しなければならず、効率が悪かった。
- [0006] 特に、家庭用ロボットでは、できるだけ教示する時間を短くする必要がある

る。さらに、ティーチングペンダントなどの遠隔装置でのプログラミングの併用は、操作ステップが増大し、プログラミング言語の習得が必要となり、家庭の素人には困難である。

[0007] また、特許文献2で記載しているように、産業ロボットでは、ロボットの動作を教示する教示作業とロボットが実際に作業する本作業とは明確に分けて行っている。しかし、家庭において、教示した作業を実行する場合に、教示を行った環境とは異なる環境に変動することが頻繁に起こるため、教示作業をそのまま実行しても、環境変動によりロボットが停止したり、誤って作業をしてしまうことがある。これらの環境変動の全てを事前に想定して教示しておくことは、困難である。これらの課題は、家庭用に限らず、産業用においても環境の変動が頻繁に起こる環境では同様である。

[0008] 本発明の目的は、このような課題に鑑みてなされたものであり、ロボットアームが動作する環境に適応し、さらに、作業者が簡単に短時間にロボットの教示を行うことが可能なロボット制御を実現できる、ロボットアームの制御装置及び方法、ロボット、ロボットアームの制御プログラム、及びロボットアーム制御用集積電子回路を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 前記目的を達成するために、本発明は以下のように構成する。

[0010] 本発明の第1態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御装置であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアームの制御装置を提供する。

[0011] 本発明の第26態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御方法であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアームの制御方法を提供する。

[0012] 本発明の第27態様によれば、前記ロボットアームと、

前記ロボットアームを制御する第1～25のいずれか1つの態様に記載のロボットアームの制御装置を有することを特徴とするロボットを提供する。

[0013] 本発明の第28態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御プログラムであって、

コンピュータに、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの

少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正するステップを有して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するステップを実行させるための、ロボットアームの制御プログラムを提供する。

[0014] 本発明の第29態様によれば、ロボットアームの動作を制御する集積電子回路であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアーム制御用集積電

子回路を提供する。

発明の効果

- [0015] 以上述べたように、本発明のロボットアームの制御装置及びロボットアームの制御装置を有するロボットによれば、動作情報データベースと力検出部と動作補正部とを有することにより、動作情報で記述されたロボットアームの動作を、人の力に応じて、簡単に動作を補正することができるロボットアームの制御が可能となる。
- [0016] さらに、前記ロボットアームの制御装置に、さらに、動作のテンプレート情報と環境情報と補正パラメータ情報などを備えることにより、ロボットアームの動作を簡単に生成することができ、加えて、補正パラメータで指定されたパラメータのみを補正することができる。
- [0017] また、本発明のロボットアームの制御方法及びロボットアームの制御プログラム及びロボットアーム制御用集積電子回路によれば、動作情報で記述されたロボットの動作を、人の力に応じて、簡単に動作を補正することができるロボット制御が可能となる。

図面の簡単な説明

- [0018] 本発明のこれらと他の目的と特徴は、添付された図面についての好ましい実施形態に関連した次の記述から明らかになる。この図面においては、
- [図1] 図1は、本発明の第1実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの構成の概要を示す図であり、
- [図2A] 図2Aは、本発明の第1実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの詳細構成を示す図であり、
- [図2B] 図2Bは、本発明の第1実施形態の変形例におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの詳細構成を示す図であり、
- [図3] 図3は、第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報デ

ータベースの動作情報の一覧表を説明する図であり、

[図4] 図4は、第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースのフラグの情報を説明する図であり、

[図5] 図5は、第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースの補正パラメータフラグの情報を説明する図であり、

[図6] 図6は、第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作選択部で記憶される情報の一覧表を説明する図であり、

[図7] 図7は、本発明の第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態と人による操作状態を説明するための説明図であり、

[図8] 図8は、(a)～(c)はそれぞれ本発明の第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態と操作状態と動作状態とを説明するための説明図であり、

[図9] 図9は、本発明の第1実施形態におけるロボットシステムの周辺装置の表示部を説明する図であり、

[図10] 図10は、第1実施形態において、人の加える力とその時刻の関係を示すグラフであり、

[図11] 図11は、本発明の第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作補正部と動作選択部と補正方法設定部と動作記憶部と動作情報データベースと制御パラメータ管理部との動作ステップを表すフローチャートであり、

[図12] 図12は、本発明の第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の制御部の構成を示すブロック図であり、

[図13] 図13は、本発明の第1実施形態におけるロボットアームの制御装置の制御部などの動作ステップを表すフローチャートであり、

[図14A] 図14Aは、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の操作状態を示す図であり、

[図14B] 図14Bは、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の操作状態を示す図であり、

[図15]図15は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースのフラグなどの情報を説明する図であり、

[図16]図16は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースのフラグの情報を説明する図であり、

[図17]図17は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースの補正パラメータフラグの情報を説明する図であり、

、

[図18]図18は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作テンプレート情報でのロボットアームの手先の動作を説明する図であり、

[図19]図19は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作補正部と動作選択部と補正方法設定部と動作記憶部と動作情報データベースと制御パラメータ管理部との動作ステップを表すフローチャートであり、

[図20]図20は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の制御部の構成を示すブロック図であり、

[図21]図21は、本発明の第2実施形態におけるロボットアームの制御装置の制御部などの動作ステップを表すフローチャートであり、

[図22]図22は、(a)～(f)は、それぞれ、本発明の第3実施形態における、ロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態及び人による操作状態を示す説明図であり、

[図23]図23は、本発明の第3実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの詳細構成を示す図であり、

[図24]図24は、動作情報データベースの動作情報の一覧表形式の説明図であり、

[図25A]図25Aは、本発明の第3実施形態において、動作テンプレート情報の一覧表を説明する図であり、

[図25B]図25Bは、図25Aの表の動作テンプレートIDが「1」でかつ種別が1の場合に関する動作テンプレートの中心座標と半径を示す表形式の図であり、

[図25C]図25Cは、図25Aの表の動作テンプレートIDが「2」でかつ種別が2の場合に関する動作テンプレートの中心座標と半径を示す表形式の図であり、

[図25D]図25Dは、図25Aの表の動作テンプレートIDが「3」でかつ種別が3の場合に関する動作テンプレートの座標1～座標4を示す表形式の図であり、

[図25E]図25Eは、図25Dの動作テンプレート情報であって、ロボットアームの手先がジグザグに移動して鍋の中をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図25F]図25Fは、図25Bの動作テンプレート情報であって、ロボットアームの手先が円を描くように移動して鍋の中をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図25G]図25Gは、図25Cの動作テンプレート情報であって、ロボットアームの手先が放射線状に移動して鍋の中をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図26A]図26Aは、本発明の第3実施形態において、動作テンプレート情報でのロボットアームの手先での、鍋をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図26B]図26Bは、本発明の第3実施形態において、動作テンプレート情報でのロボットアームの手先での、鍋をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図26C]図26Cは、本発明の第3実施形態において、動作テンプレート情報でのロボットアームの手先での、鍋をかき混ぜる動作を説明する図であり、

[図27]図27は、本発明の第3実施形態における、動作情報データベースのフラグの情報を説明する図であり、

[図28A]図28Aは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の一覧表を説明する図であり、

[図28B]図28Bは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報を表形式で説明する説明図であり、

[図28C]図28Cは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の表形式で説明する説明図であり、

[図28D]図28Dは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の表形式で説明する説明図であり、

[図28E]図28Eは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の物体に関する情報を説明する説明図であり、

[図28F]図28Fは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の円に関する情報を説明する説明図であり、

[図28G]図28Gは、本発明の第3実施形態における、環境情報データベースの環境情報の直方体に関する情報を説明する説明図であり、

[図29]図29は、本発明の第3実施形態における、補正パラメータデータベースの補正パラメータの一覧表を説明する図であり、

[図30]図30は、本発明の第3実施形態における、補正パラメータのフラグに関する情報を説明する図であり、

[図31A]図31Aは、本発明の第3実施形態におけるロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態及び人による操作状態を示す説明図であり、

[図31B]図31Bは、本発明の第3実施形態におけるロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態を示す説明図であり、

[図31C]図31Cは、本発明の第3実施形態におけるロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態を示す説明図であり、

[図31D]図31Dは、本発明の第3実施形態におけるロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態を説明する平面図であり、

[図32]図32は、本発明の第3実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作補正部と情報生成部と動作選択部と補正方法設定部と動作記憶部と動作情報データベースと環境情報データベースと補正パラメータデータベース

と制御パラメータ管理部との動作ステップを表すフローチャートであり、

[図33]図33は、(a)～(g)は、それぞれ、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置によるロボットアームの制御動作状態及び人による操作状態を示す説明図であり、

[図34]図34は、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作情報データベースの動作情報の一覧表を説明する図であり、

[図35A]図35Aは、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態を示す説明図であり、

[図35B]図35Bは、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態を示す平面図であり、

[図35C]図35Cは、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態を示す平面図であり、

[図35D]図35Dは、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態を示す平面図であり、

[図35E]図35Eは、本発明の第4実施形態におけるロボットアームの制御装置の動作状態を示す平面図であり、

[図36]図36は、本発明の第5実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの詳細構成を示す図であり、

[図37]図37は、本発明の第5実施形態におけるロボットシステムの動作情報データベースの動作情報と調理機器情報データベースの調理機器情報の一覧表を説明する図であり、

[図38A]図38Aは、本発明の第6実施形態において、人の加える力とその時間との関係を示す図であり、

[図38B]図38Bは、本発明の第6実施形態において、人の加える力とその時間との関係を示す図であり、

[図39]図39は、本発明の第6実施形態において、補正方法設定部で設定される情報の一覧表を説明する図であり、

[図40] 図 4 0 は、本発明の第 7 実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの構成の概要を示す図であり、

[図41] 図 4 1 は、本発明の第 7 実施形態におけるロボットシステムを構成するロボットアームの制御装置と制御対象であるロボットアームの詳細構成を示す図であり、

[図42] 図 4 2 は、動作情報データベースの動作情報の一覧表形式の説明図であり、

[図43A] 図 4 3 A は、本発明の第 7 実施形態における、環境情報データベースの環境情報の一覧表を説明する図であり、

[図43B] 図 4 3 B は、本発明の第 7 実施形態における、環境情報データベースの環境情報の一覧表を説明する図であり、

[図43C] 図 4 3 C は、本発明の第 7 実施形態における、図 4 3 B の環境情報データベースの環境情報で表される物体を示す図であり、

[図43D] 図 4 3 D は、本発明の第 7 実施形態における、環境情報データベースの環境情報の一覧表を説明する図であり、

[図43E] 図 4 3 E は、本発明の第 7 実施形態における、図 4 3 D の環境情報データベースの環境情報で表される物体を示す図であり、

[図43F] 図 4 3 F は、本発明の第 7 実施形態における、環境情報データベースの環境情報の一覧表を説明する図であり、

[図43G] 図 4 3 G は、本発明の第 7 実施形態における、図 4 3 F の環境情報データベースの環境情報で表される円を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0019] 以下に、本発明にかかる実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

[0020] 以下、図面を参照して本発明における実施形態を詳細に説明する前に、本発明の種々の態様について説明する。

[0021] 本発明の第 1 態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御装置であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアームの制御装置を提供する。

[0022] このような構成により、人の力に応じて、動作情報を補正することができる。

[0023] 本発明の第2態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御装置であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームが対象物に加える力の時系列の動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームが加える力に関する補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記動作情報の力で対象物を押し付けながら制御する力制御部と、

前記力制御部で制御している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボット

アームの前記動作を制御するロボットアームの制御装置を提供する。

[0024] このような構成により、人の力に応じて、位置、力の情報を補正することができる。

[0025] 本発明の第3態様によれば、前記ロボットアームに加えられた前記人の力を検出する力検出部をさらに備えて、前記情報取得部は、前記力検出部で検出された前記人の力に応じて前記補正動作情報を取得することを特徴とする第1又は2の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

本発明の第4態様によれば、前記情報取得部で取得した前記動作情報は、前記ロボットアームの前記動作を生成するための幾何学的な動作のテンプレート情報を含み、

前記ロボットアームが動作する環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、

前記環境情報に基づいて、前記動作情報に含まれた前記動作のテンプレート情報から、前記ロボットアームの前記動作情報を生成する動作情報展開部とを備え、

さらに、前記情報取得部は、前記動作情報展開部で展開された前記動作情報で前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での前記補正動作情報に応じて、前記動作の前記テンプレート情報を補正し、さらに前記動作補正部で補正された前記テンプレート情報を前記動作情報展開部で生成された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とする第1又は3の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0026] このような構成により、環境情報に基づいて、前記動作情報を補正し、さらに、前記人の力に応じて、前記動作情報データベースの前記動作情報を補正することができる。

[0027] 本発明の第5態様によれば、前記動作補正部による前記動作情報の補正の方法を設定する補正方法設定部をさらに備えて、

前記補正方法設定部により設定された補正の方法に従って、前記動作補正

部により前記動作情報を補正することを特徴とする第１～４のいずれか１つの態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0028] このような構成により、動作方法について設定できる。

[0029] 本発明の第６態様によれば、前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正するか補正しないかを示す補正有無の情報を設定し、

前記動作補正部が前記補正方法設定部で設定した前記補正有無の情報を参照して、前記動作情報の前記補正有無の情報が補正することを示しているときは、前記動作補正部により前記動作情報を補正する一方、前記補正方法設定部で設定した前記補正有無の情報が補正しないことを示しているときは、前記動作情報を補正しないことを特徴とする第５の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0030] このような構成により、前記人の力に応じて、前記動作情報を補正するか補正しないかを切り替えることができる。

[0031] 本発明の第７態様によれば、前記補正方法設定部は、前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなった場合に、前記補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかの補正の方法を設定し、前記動作補正部が前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなった場合に、前記補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなったとき、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する第５の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0032] このような構成により、前記動作補正部にて補正した後に、前記人の力が

閾値より小さくなった場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記人の力を加える前の動作に戻すかを切り替えるができる。

[0033] 本発明の第8態様によれば、前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正すると設定して、前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定した場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかの補正の方法を設定し、前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作情報を補正すると設定して、前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定した場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定したとき、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する第6の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0034] このような構成により、前記動作情報を補正すると設定して、前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定した場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記人の力を加える前の動作に戻すかを切り替えることができる。

[0035] 本発明の第9態様によれば、前記補正方法設定部は、前記動作補正部にて補正した後の動作を、補正する前の動作に上書きして動作するか、挿入して動作するかの方法を設定し、

前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作補正部にて補正した後の動作を、補正する前の動作に上書きして動作するか、挿入して動作するかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記動作補正部にて補正した後に、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボ

ットアームの前記動作を制御する第５の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0036] このような構成により、前記補正方法設定部は、前記動作補正部にて補正した後の動作を、補正する前の動作に上書きして動作するか、挿入して動作するかを切り替えることができる。

[0037] 本発明の第１０態様によれば、前記補正方法設定部で前記補正の方法において、前記動作補正部にて補正した後の動作を上書きして動作するよう設定されている場合に、

前記動作補正部は、補正後の前記動作情報を補正前の前記動作情報に挿入する際に、補正前と補正後の動作のつなぎ目部分において、補正後の動作のつなぎ目部分を、前記つなぎ目部分以外の部分よりも、より低速もしくは停止するように動作を補正する第９の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0038] 本発明の第１１態様によれば、前記補正方法設定部は、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作して補正した動作に切り替える際に、切り替え前の前記動作の速度よりも低速な動作を行うか否かの補正の方法を設定し、

前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記ロボットアームの前記速度を操作前より低速にするか否かを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するとき、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する第５の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0039] このような構成により、前記補正方法設定部は、前記人の力に応じて、前記動作情報の動作の速度を変更するか変更しないかを切り替えることができ

る。

[0040] 本発明の第 1 2 態様によれば、補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するときに、前記動作情報の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも 1 つ以上の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する第 1 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0041] このような構成により、補正パラメータで指定された種別のみを補正することができる。

[0042] 本発明の第 1 3 態様によれば、補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するときに、前記動作情報の位置と姿勢と速度の少なくとも 1 つ以上の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する第 1 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

本発明の第 1 4 態様によれば、補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するときに、前記動作情報の前記力に関する情報の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別

を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する第2の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0043] 本発明の第15態様によれば、補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するときに、前記動作情報の前記動作のテンプレート情報を構成する個々のパラメータの種別を決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する第4の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0044] 本発明の第16態様によれば、前記動作補正部は、前記補正パラメータの前記種別に応じて、前記力検出部により検出された前記人の力に応じて、前記ロボットアームの動作を拘束するように前記動作情報データベースの前記動作情報を補正することを特徴とする第13～15のいずれか1つの態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0045] このような構成により、前記補正パラメータの前記種別に応じて、前記人の力に応じて、ロボットアームの動作を拘束することができる。

[0046] 本発明の第17態様によれば、前記動作情報と前記補正パラメータの前記種別とを関連付けて作成する情報生成部をさらに備えることを特徴とする第13～15のいずれか1つの態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0047] このような構成により、前記動作情報と前記補正パラメータの前記種別とを関連付けて作成することができる。

[0048] 本発明の第18態様によれば、前記動作補正部による動作補正時に、前記補正パラメータを表示する表示部を有することを特徴とする第13～15のいずれか1つの態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0049] このような構成により、前記補正パラメータを表示することができる。

[0050] 本発明の第 19 態様によれば、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記ロボットアームが人の操作により移動して接触することがない高剛性位置制御モードに切り替える制御部を備え、

前記動作補正部が前記動作情報のうち力の情報を補正する際に、前記動作情報の力で対象物を押し付けながら制御するモードから、前記高剛性位置制御モードに変更して、前記動作情報のうち力の情報補正することを特徴とする第 2 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0051] このような構成により、前記動作情報データベースの情報に基づいて、位置制御とインピーダンス制御で動作中に、前記人の力に応じて、低剛性の位置制御で前記動作情報データベースの前記動作情報を補正することができる。

[0052] 本発明の第 20 態様によれば、前記動作補正部は、前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記動作情報の補正を行う際に、前記ロボットアームが人の操作により移動するような制御モードに切り替えて補正することを特徴とする第 1 又は 4 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0053] このような構成により、前記動作補正部は、前記動作情報データベースの情報に基づいて、位置制御で動作中に、前記人の力に応じて、インピーダンス制御で前記動作情報データベースの前記動作情報を補正することができる。

[0054] 本発明の第 21 態様によれば、前記動作補正部で補正した動作を記憶する動作記憶部をさらに備えて、

前記動作記憶部の記憶開始時間は、前記補正を開始してからある時間を経過した後から開始することを特徴とする第 1 ～ 4 のいずれか 1 つの態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0055] このような構成により、前記動作記憶部の記憶開始時間は、補正を開始し

てからある時間を経過した後から開始することができる。

[0056] 本発明の第 2 2 態様によれば、前記動作補正部で補正した動作を記憶する動作記憶部をさらに備え、

前記動作記憶部の前記記憶開始時間は、前記力検出部により検出された前記人の力がある閾値以上になった場合に開始することを特徴とする第 3 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0057] このような構成により、前記動作記憶部の前記記憶開始時間は、前記人の力に応じて決定することができる。

[0058] 本発明の第 2 3 態様によれば、前記動作情報取得部は複数の前記動作情報を取得し、

前記動作情報取得部で取得した前記複数の動作情報の中から、前記力検出部で検出された前記人の力に応じて、動作情報を選択する動作選択部をさらに備えて、

前記動作補正部は、前記動作選択部により選択された前記動作情報を補正することを特徴とする第 3 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0059] このような構成により、前記人は選択したい動作情報を、実際にロボットアームを操作することで簡単に選択することができる。

[0060] 本発明の第 2 4 態様によれば、前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正するか補正しないかの切り替えを、前記力検出部で検出された人の力に応じて決定することを特徴とする第 3 の態様に記載のロボットアームの制御装置を提供する。

[0061] このような構成により、前記動作情報を補正するか補正しないかの切り替えを、簡単に設定することができる。

[0062] 本発明の第 2 5 態様によれば、前記ロボットアームの周辺に存在している他の周辺機器と、前記周辺機器に関する情報である周辺機器情報を取得する周辺機器情報取得部と、前記動作補正部は、前記動作情報を補正する際に、前記周辺機器を制御することを特徴とする第 1 又は 2 の態様に記載のロボッ

トアームの制御装置を提供する。

[0063] このような構成により、前記動作情報の補正中に、周辺機器を制御することができる。

[0064] 本発明の第26態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御方法であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアームの制御方法を提供する。

[0065] このような構成により、ロボットアームの制御方法であって、前記ロボットアームの動作に関する情報である動作情報を記憶し、人の力を検出し、前記人の力に応じて、前記動作情報を補正する方法を提供することができる。

[0066] 本発明の第27態様によれば、前記ロボットアームと、

前記ロボットアームを制御する第1～25のいずれか1つの態様に記載のロボットアームの制御装置を有することを特徴とするロボットを提供する。

[0067] 本発明の第28態様によれば、ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御プログラムであって、

コンピュータに、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも１つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも１つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正するステップを有して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するステップを実行させるための、ロボットアームの制御プログラムを提供する。

[0068] このような構成により、前記ロボットアームの動作に関する情報が記憶された動作情報データベースを使用し、検出された人の力に応じて、前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するステップを有することを特徴とするロボットアームの制御プログラムを提供することができる。

[0069] 本発明の第２９態様によれば、ロボットアームの動作を制御する集積電子回路であって、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも１つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも１つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御することを特徴とするロボットアーム制御用集積電子回路を提供する。

[0070] このような構成により、前記ロボットアームの動作に関する情報が記憶された動作情報データベースと、力検出部で検出された人の力に応じて、前記動作情報データベースの前記動作情報を補正する動作補正部とを有することを特徴とするロボットアーム制御用集積電子回路を提供することができる。

[0071] 以下、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。

[0072] (第 1 実施形態)

まず、本発明の第 1 実施形態におけるロボットアームの制御装置を備えるロボットシステム 1 の構成について説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態におけるロボットアーム 5 及びその制御装置 70 を備えるロボットシステム 1 の概要を示す図である。

[0073] 図 1 に示したように、ロボットシステム 1 のロボットアーム 5 は、例えば家庭内のキッチン又はテーブルなどの作業台 7 の壁面 7 a に設置され、ロボットアーム 5 の基端が、壁面 7 a に固定されたレール 8 に、移動可能に支持され、レール 8 上をロボットアーム 5 がレール 8 沿いの横方向例えば水平方向に、人 4 の力により、移動可能とする。

[0074] 前記ロボットシステム 1 は、家庭内で、ロボットアーム 5 と人 4 とが協働して行う作業、例えば、ロボットアーム 5 を使用して鍋 3 の中の具材を、かき混ぜる作業、又は、ロボットアーム 5 を使用してキッチンの汚れをふき取る作業を行うロボットシステムである。ロボットシステム 1 による鍋 3 のなかき混ぜ作業、又は、ロボットシステム 1 による IH クッキングヒータの天板などの拭き掃除作業などのロボットシステム 1 による作業の操作手順の一例を、図 1 に示す。

- [0075] まず、人4がロボットシステム1のロボットアーム5を直接把持又は押すことにより、人4がロボットアーム5に力を加える。そして、人4からロボットアーム5に加えられた力により、ロボットシステム1のロボットアーム5をレール8に沿って移動させることで、器具3の付近までロボットアーム5を誘導する。
- [0076] 次に、人4が、ロボットシステム1のロボットアーム5の手先すなわち先端のハンド30に、かき混ぜ作業のためのレードルなどの器具9又は拭き掃除作業のための器具46（第2実施形態の図14A参照）を取り付ける。
- [0077] 次に、IHクッキングヒーター又はガスコンロなどの調理装置6の側面などに配置されている、ロボットシステム1の操作盤13のボタン13aを、人4が押すなどしてデータ入力IF26を使用することにより、ロボットアーム5が作動し、予め選択された作業、すなわち、かき混ぜ作業又は拭き掃除作業を開始させる。以下、一例として、まず、ロボットアーム5により、かき混ぜ作業を行う場合について説明する。
- [0078] 次に、ロボットアーム5が、ハンド30で把持したレードル9により鍋3の中でかき混ぜているとき、鍋3の中の具材の状態を人4が確認し、人4がロボットアーム5に力を加えてかき混ぜる動作を行わせることにより、動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶された情報を利用して、後述する動作選択部27で最適な、かき混ぜ方法を選択させ、後述する表示部2に表示された補正手順に従って、人4が、ロボットシステム1のロボットアーム5を直接把持又は押すことにより、補正したい方向に力をロボットアーム5に加えて、ロボットシステム1のロボットアーム5の動作を補正する。
- [0079] レール8は、作業台7の壁面7aに配置したが、壁面の無いアイランドキッチンの場合は、天井面又はアイランドキッチンの天板側面など作業するのに適した場所に設置することができる。
- [0080] さらに、操作盤13は、調理装置6の側面に固定したが、操作盤13に代えて、遠隔操作が可能なりモコンでも良い。

- [0081] 図2は、ロボットシステム1を構成する、制御対象であるロボットアーム5と、ロボットアーム5の制御装置70との詳細構成を示す図である。ロボットアーム5の制御装置70は、図2に詳細構成を示すように、制御装置本体部11と、ロボットアーム5の動作を生成する動作生成装置12と、周辺装置14とを備えている。
- [0082] 制御装置本体部11及び動作生成装置12及び周辺装置14は、一例として、それぞれ一般的なパーソナルコンピュータにより構成される。
- [0083] 制御装置本体部11は、制御パラメータ管理部21と制御部22とを有するように構成される。制御部22と制御パラメータ管理部21との間では、ロボットアーム5の手先位置及び力の情報などが入出力される。
- [0084] 動作生成装置12は、動作情報データベース17と動作選択部27と動作補正部20と補正方法設定部23と動作記憶部15とを有するように構成される。動作補正部20と制御パラメータ管理部21との間ではロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えられた力の情報と、動作指令などが入出力されるとともに、制御パラメータ管理部21からは、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えられた力の情報となどが動作記憶部15に出力されるとともに、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えられた力の情報となどが動作選択部27に出力される。
- [0085] なお、図2Aに示す動作補正部20は、後述するように動作選択部27で選択された動作情報を動作情報データベース17から取得する機能を有しているが、これに限られるものではなく、この機能を、動作補正部20から独立させて第1情報取得部101として設けるようにしてもよい。また、図2Aに示す制御パラメータ管理部21は、後述するようにロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えられた力の情報となどの動作情報を取得する機能を有しているが、これに限られるものではなく、この機能を、制御パラメータ管理部21から独立させて第2情報取得部102として設けるようにしてもよい。この場合、第1情報取得部101と第2情報取得部102とを別々に設ける場合のほか、図2Bに示すように、1つの情報取得部100

内に、第1情報取得部101と第2情報取得部102とを有するようにしてもよい。図2Bでは情報取得機能を有している部分のみ図2Aと異なるだけであり、機能自体は同じであるため、以下の説明では、代表例として、図2Aに基づいて、説明を行う。

- [0086] 周辺装置14は、データ入力IF(インターフェース)26と入出力IF(インターフェース)24とモータドライバ25と表示部2とを有するように構成される。制御部22から入出力IF24には制御信号などの制御情報が出力される。動作補正部20から、動作情報データベース17で記憶された補正パラメータなどの補正情報および動作IDに該当する映像もしくは写真もしくはテキストが表示部2へ出力されて、動作情報で記述されたロボットアーム5の動作の映像もしくは写真もしくはテキストを表示部2で表示する。
- [0087] 入出力IF24は、パーソナルコンピュータのPCIバスなどの拡張スロットに接続された、例えばD/AボードとA/Dボードとカウンタボードなどを有するように構成される。入出力IF24は、ロボットアーム5の各関節部の、後述するエンコーダ44より出力される各関節角度情報及びハンド30のエンコーダ61より出力される角度情報が入力されて制御部22に入力する一方、入出力IF24には、制御部22から制御信号などの制御情報が入力されるとともに、モータドライバ25に制御指令値などの制御情報を出力する。モータドライバ25は、ロボットアーム5の各関節部の、後述するモータ43及びハンド30のモータ62へ制御指令値などの制御情報を出力する。
- [0088] ロボットアーム5の動作を制御するため、動作生成装置12と制御装置本体部11と周辺装置14のそれぞれの動作が実行されることにより、ロボットアーム5の各関節部の、後述するエンコーダ44より出力される各関節角度情報が、入出力IF24のカウンタボードを通じて制御装置本体部11に取り込まれ、取り込まれた各関節角度情報に基づき制御装置本体部11によって各関節部の回転動作での制御指令値が算出される。算出された各制御指令値は、入出力IF24のD/Aボードを通じて、ロボットアーム5の各関

節部を駆動制御するためのモータドライバ25に与えられ、モータドライバ25から送られた各制御指令値に従って、ロボットアーム5の各関節部のモータ43が駆動される。また、モータドライバ25により駆動制御されるハンド駆動装置の一例としてハンド駆動用のモータ62と、ハンド駆動用のモータ62の回転軸の回転位相角を検出するエンコーダ61とを、さらに、ハンド30に備えて、エンコーダ61で検出された回転角度情報が、入出力IF24のカウンタボードを通じて制御装置本体部11に取り込まれ、取り込まれた回転角度情報を基に、制御装置本体部11の制御部22のハンド制御部54（図12に図示）によってハンド30の開閉動作での制御指令値が算出される。算出された制御指令値は、入出力IF24のD/Aボードを通じて、ハンド30の開閉駆動も行うモータドライバ25に与えられ、モータドライバ25から送られた各制御指令値に従って、モータ62の回転を駆動制御して、ハンド駆動用のモータ62の回転軸を正逆回転させることにより、ハンド30を開閉させる。

- [0089] ロボットアーム5は、一例として、多関節ロボットアームであって、6自由度の多リンクマニピュレータであり、前記ハンド30と、ハンド30が取り付けられている手首部31を先端に有する前腕リンク32と、前腕リンク32の基端に回転可能に先端が連結される上腕リンク33と、上腕リンク33の基端が回転可能に連結支持される台部34とを備えている。台部34は、レール8に移動可能に連結されているが、一定位置に固定されていても良い。手首部31は、第4関節部38と、第5関節部39と、第6関節部40との3つの回転軸を有しており、前腕リンク32に対するハンド30の相対的な姿勢（向き）を変化させることができる。すなわち、図2Aにおいて、第4関節部38は、手首部31に対するハンド30の横軸周りの相対的な姿勢を変化させることができる。第5関節部39は、手首部31に対するハンド30の、第4関節部38の横軸とは直交する縦軸周りの相対的な姿勢を変化させることができる。第6関節部40は、手首部31に対するハンド30の、第4関節部38の横軸及び第5関節部39の縦軸とそれぞれ直交する横

軸周りの相対的な姿勢を変化させることができる。前腕リンク 32 の他端は、上腕リンク 33 の先端に対して第 3 関節部 37 周りに、すなわち、第 4 関節部 38 の横軸と平行な横軸周りに回転可能とする。上腕リンク 33 の他端は、台部 34 に対して第 2 関節部 36 周りに、すなわち、第 4 関節部 38 の横軸と平行な横軸周りに回転可能とする。さらに、台部 34 の上側可動部 34a は、台部 34 の下側固定部 34b に対して第 1 関節部 35 周りに、すなわち、第 5 関節部 39 の縦軸と平行な縦軸周りに回転可能としている。

[0090] この結果、ロボットアーム 5 は、合計 6 個の軸周りに回転可能として前記 6 自由度の多リンクマニピュレータを構成している。

[0091] 各軸の回転部分を構成する各関節部には、モータ 43 のような回転駆動装置と、モータ 43 の回転軸の回転位相角（すなわち関節角）を検出するエンコーダ 44（実際には、ロボットアーム 5 の各関節部の内部に配設されている）とを備えている。モータ 43（実際には、ロボットアーム 5 の各関節部の内部に配設されている）は、各関節部を構成する一対の部材（例えば、回転側部材と、該回転側部材を支持する支持側部材）のうちの一方の部材に備えられる、後述するモータドライバ 25 により駆動制御される。各関節部の一方の部材に備えられたモータ 43 の回転軸が、各関節部の他方の部材に連結されて、前記回転軸を正逆回転させることにより、他方の部材を一方の部材に対して各軸周りに回転可能とする。

[0092] 41 は台部 34 の下側固定部 34b に対して相対的な位置関係が固定された絶対座標系であり、42 はハンド 30 に対して相対的な位置関係が固定された手先座標系である。絶対座標系 41 から見た手先座標系 42 の原点位置 O 。 (x, y, z) をロボットアーム 5 の手先位置、絶対座標系 41 から見た手先座標系 42 の姿勢をロール角とピッチ角とヨー角で表現した (ϕ, θ, ψ) をロボットアーム 5 の手先姿勢とし、手先位置及び姿勢ベクトルをベクトル $r = [x, y, z, \phi, \theta, \psi]^T$ と定義する。よって、一例として、絶対座標系 41 の z 軸に対して第 1 関節部 35 の縦軸が平行であり、 x 軸に対して第 2 関節部 36 の横軸が平行に位置可能とするのが好ましい。また、手

先座標系 42 の x 軸に対して第 6 関節部 40 の横軸が平行に位置可能であり、 y 軸に対して第 4 関節部 38 の横軸が平行に位置可能であり、 z 軸に対して第 5 関節部 39 の縦軸が平行に位置可能とするのが好ましい。なお、手先座標系 42 の x 軸に対しての回転角をヨー角 ψ とし、 y 軸に対しての回転角をピッチ角 θ とし、 z 軸に対しての回転角をロール角 ϕ とする。ロボットアーム 5 の手先位置と姿勢を制御する場合には、手先位置及び姿勢ベクトル r を、後述する目標軌道生成部 55 で生成された手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d に追従させることになる。

[0093] 26 はデータ入力 IF (インターフェース) であり、人 4 がキーボード又はマウス又はマイクなどの入力装置を使用して、後述する動作情報又は補正するパラメータの種別を入力したり又は変更したりするための補正方法設定情報を補正方法設定部 23 に入力するインターフェースである。また、データ入力 IF 26 は、図 1 の操作盤 13 のボタン 13a などの入力装置を使用して、人 4 から補正方法設定部 23 に対して制御動作開始及び終了の指令を受けるとしてもよい。ボタン 13a としては、例えばトグルスイッチとして 1 つのボタンで制御動作開始及び制御動作終了をそれぞれ入力可能としてもよいし、制御動作開始ボタンと制御動作終了ボタンと別々に設けてもよい。

[0094] 2 は表示部であり、例えばロボットアーム 5 又は作業台 7 の側面に設置されたディスプレイ装置で、後述する動作情報又は補正するパラメータの種別などを表示する。

[0095] 動作情報データベース 17 は、ロボットアーム 5 の、ある時間における手先位置及び姿勢などの動作に関する情報 (動作情報) が動作記憶部 15 により記憶されている。よって、動作情報データベース 17 は、動作選択部 27 との間で動作情報が入出力されるとともに、動作補正部 20 との間で動作情報が入出力され、動作記憶部 15 により種々の動作情報が入力されて記憶される。

[0096] 次に、動作情報データベース 17 の詳細について説明する。

[0097] 動作情報データベース 17 は、例えば、図 3 に示したロボットアーム 5 の動作に関する情報が動作記憶部 15 により記憶されている。動作に関する情報の具体的な例としては、作業を識別する作業 ID 番号（図 3 の「作業 ID」の欄参照）と、その作業の中の個々の動作を識別する動作 ID 番号（図 3 の「動作 ID」の欄参照）と、その動作におけるロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢に関する情報（図 3 の「位置姿勢」の欄参照）と、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢のパラメータのうちのいずれの情報が有効かを示すフラグに関する情報（図 3 の「フラグ」の欄参照）と、ハンド 30 が開閉しているか否かのハンド開閉状態を表す情報（図 3 の「ハンド」の欄参照）と、各動作が作用する時間に関する情報（図 3 の「時間」の欄参照）と、後述する動作補正部 20 で動作情報データベース 17 の動作情報を補正する際の補正すべきパラメータの種別に関する情報（図 3 の「補正パラメータ」の欄参照）と、後述する動作選択部 27 で選択されたロボットアーム 5 の動作が現在実行中かどうかを示す進捗情報（図 3 の「進捗情報」の欄参照）とを含むように構成されている。ここで、作業 ID は、作業に関する情報を識別するために用いられる符号であり、動作 ID は、動作に関する情報を識別するために用いられる符号である。

[0098] 図 3 の動作情報データベース 17 の「位置姿勢」すなわち手先位置及び姿勢に関する情報は、前述したロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢を表し、原点位置 O_0 の座標及び姿勢から、 $(x, y, z, \phi, \theta, \psi)$ と表す。

[0099] 図 3 の動作情報データベース 17 の「フラグ」に関する情報は、各「動作 ID」が示す動作情報に基づくロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢のうちのいずれの情報が有効かを示す値であり、具体的には、図 4 で示した 32 ビットの数値で表す。図 4 において、それぞれのビットで、手先位置及び姿勢のそれぞれの値が有効の場合は「1」とし、手先位置及び姿勢のそれぞれの値が無効の場合は「0」とする。例えば、0 ビット目においては、ロボットアーム 5 の手先位置の x 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の x 座標の値が無効の場合は「0」とし、1 ビット目においては、ロボットアーム

ム5の手先位置のy座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置のy座標の値が無効の場合は「0」とし、2ビット目においては、ロボットアーム5の手先位置のz座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置のz座標の値が無効の場合は「0」とし、順次、3, 4, 5ビット目においては、姿勢の ϕ 、 θ 、 ψ の有効性をそれぞれ表す（すなわち、有効の場合は「1」とし、無効の場合は「0」とする）。また、フラグに関する情報は、将来の拡張用に多め（32ビット）に用意しているため、この例では、7ビット目から31ビット目は使用しないので、「0」を入れておく。しかしながら、フラグとしては、6ビットのみ格納できる変数としても良い。図4では、0ビット目から2ビット目が「1」となっているので、動作情報のうち、x、y、z情報のみが有効であることを示し、3ビット目から5ビット目が「0」となっているので、動作情報のうち、 ϕ 、 θ 、 ψ の値に、どのような値が記憶されていても無効であるとする。

[0100] 図3の動作情報データベース17のハンド30が開閉しているか否かの「ハンド」に関する情報は、ロボットアーム5の動作中のハンド30の開閉の有無を表すフラグとし、ハンド30が開いている場合は「0」と記載し、ハンド30が閉じている場合は「1」を記載する。

[0101] 図3の動作情報データベース17の「時間」に関する情報は、ロボットアーム5の各動作を実行するための時間であり、この「動作ID」に記憶された動作を、ここでの「時間」に関する情報として記憶された時間をかけて行なうことを表す。すなわち、絶対時刻ではなく、前の動作からの相対時間を表す。すなわち、「動作ID」が示す位置及び姿勢に、ロボットアーム5のハンド30が移動するまでの時間を表す。

[0102] 図3の動作情報データベース17の「補正パラメータフラグ」に関する情報は、後述する動作補正部20で、どのパラメータを補正するかを表す情報である。具体的には、図5に示した32ビットの数値で表す。図5において、それぞれのビットで、手先位置及び姿勢のそれぞれの値の補正が可能な場合は「1」とし、手先位置及び姿勢のそれぞれの値の補正が不可能な場合は

「0」とする。例えば、0ビット目においては、手先位置のx座標の値の補正が可能な場合は「1」とし、手先位置のx座標の値の補正が不可能な場合は「0」とし、1ビット目においては、手先位置のy座標の値の補正が可能な場合は「1」とし、手先位置のy座標の値の補正が不可能な場合は「0」とし、2ビット目においては、手先位置のz座標の値の補正が可能な場合は「1」とし、手先位置のz座標の値の補正が不可能な場合は「0」とし、順次3, 4, 5ビット目は、姿勢の ϕ 、 θ 、 ψ の補正可能性をそれぞれ表す（すなわち、補正が可能な場合は「1」とし、補正が不可能な場合は「0」とする）。補正パラメータフラグは、動作情報データベース17の「フラグ」が有効であるパラメータのみ有効であり、「フラグ」で無効すなわち「0」が設定されているパラメータについて、補正パラメータフラグに「1」が設定されている場合は、「0」が設定されているとみなす。また、補正パラメータフラグは、将来の拡張用に多め（32ビット）に用意しているため、この例では、7ビット目から31ビット目は使用しないので、「0」を入れておくが、6ビットのみ格納できる変数としても良い。

[0103] 「進捗情報」は、現在実行中のロボットアーム5の動作であるかどうかを示す情報のフラグで、実行中の動作の場合は「1」を、実行中の動作でない場合は「0」を動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶する。具体的には、人4は、選択したいロボットアーム5の動作をロボットアーム5に行わせて、動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶された情報に基づいて、動作選択部27によって、作業したい作業を選択する。そして、選択した作業が開始されると、その作業の各動作のうち、現在実行中の動作について「1」を動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶し、動作していない動作について「0」を動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶する。

[0104] 図2Aの27は動作選択部であり、人がロボットアーム5に力を加えた際のロボットアーム5の手先位置とそのときの時刻とに基づいて、動作制御データベース17に記憶された動作のうちのロボットアーム5の手先位置とそ

のときの時刻が一致する動作か又は類似する動作（完全には一致していないが、両者の差が許容範囲内の動作）を抽出することにより、人4がロボットアーム5に行わせようとする動作を動作制御データベース17の動作から選択するものである。このため、動作選択部27には、制御パラメータ管理部21から、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えられた力の情報となどが入力されるとともに、動作制御データベース17との間でロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報などを入出力する。動作情報データベース17の作業一覧から、前記選択された動作を含む作業を動作選択部27により選択して、選択された作業のうち、現在、実行している動作の「動作ID」に関連する「進捗情報」に「1」を動作選択部27により設定し、その他の動作の「動作ID」については「0」を動作選択部27により設定する。具体的には、人4が動作させたい動きを、ロボットアーム5を直接把持してロボットアーム5を動作させることで実行させ、そのとき、図6に示すように、人4がロボットアーム5に力を加えた際のロボットアーム5の手先位置とそのときの時刻を対応付けて動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶する。次に、動作情報データベース17に予め記憶されかつ全てのロボットアーム5の動作に関するロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報と、人4が力を加えた際に図6に示すように動作情報データベース17に記憶したロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報とをそれぞれ時系列に動作選択部27により比較し、人4が力を加えた際のロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報が、動作情報データベース17に予め記憶されたロボットアーム5の、ある動作に関するロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報との差が予め定められた誤差の範囲内である場合には、両者は一致したと動作選択部27で判断し、一致したと判断された動作で構成される作業を、人4がロボットアーム5に動作させたい作業であるとして、動作選択部27により選択する。これに対して、一致するものが無いと動作選択部27で判断すれば、デフォルトの作業（例えば、「作業ID」の番号が「1」の作業）を動作選択部27により選択する。動作選択部27で選択され

た「作業 I D」の作業の全ての動作は、「動作 I D」の番号の小さいものから、順番に実行され、一番最後の動作まで実行されると、その「作業 I D」の先頭の「動作 I D」の動作に戻り、一連の動作を繰り返し実行する。

[0105] 動作情報データベース 17 の位置と姿勢と時間の情報は、例えば、図 7 に示すように、ロボットアーム 5 を人 4 が直接把持して、後述するインピーダンス制御モードにて、ロボットアーム 5 を人 4 により移動させて、その移動の間に、ある一定時間毎（例えば 0.2 msec 毎）にロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報を取得し、時間と共に、動作記憶部 15 により動作情報データベース 17 に記憶することにより作成する。

[0106] 23 は補正方法設定部であり、後述する動作補正部 20 によるロボットアーム 5 の動作情報の補正の方法を設定する。補正方法設定部 23 には、データ入力 I F 26 から補正方法の設定情報などが入力され、動作補正部 20 と補正方法設定部 23 との間では、補正有無の情報（例えば、補正有無のフラグ）が入力又は出力される。動作補正部 20 から、補正パラメータなどの動作情報に関する補正情報などを表示部 2 に出力する。具体的には、ロボットアーム 5 に人 4 の力がかかった場合に、ロボットアーム 5 の動作を補正するか補正しないかの補正有無の情報（例えば、補正有無のフラグ）をデータ入力 I F 26 を介して補正方法設定部 23 により設定する。すなわち、補正する場合は補正有無のフラグを「1」に、補正しない場合は補正有無のフラグを「0」に補正方法設定部 23 により設定する。この設定により、ロボットアーム 5 が動作中に、誤って人 4 がロボットアーム 5 に力を加えてしまった場合に、補正有無のフラグを「0」に補正方法設定部 23 により設定しておくと、後述する位置制御モードでロボットアーム 5 を動作させるとき、ロボットアーム 5 の動作を誤って補正せずに、ロボットアーム 5 の動作を続けることができる。

[0107] なお、それぞれの設定は、データ入力 I F 26 により人 4 が補正有無のフラグのような補正有無の情報などの設定情報を直接入力しても良いし、ロボットシステム出荷時に、製造メーカなどが補正有無のフラグのような補正有

無の情報などを予め設定しておいても良い。

[0108] 20は動作補正部であり、動作情報データベース17の位置と姿勢と時間の情報にて、後述する位置制御モードで、ロボットアーム5の動作中に、人4がロボットアーム5に力を加えることで、動作情報データベース17のロボットアーム5の動作情報を動作補正部20により補正する機能である。

[0109] 以下、動作補正部20の機能について説明する。

[0110] 人4は、前記したように、動作選択部27により、動作情報データベース17の「作業ID」の中からロボットアーム5に実行させたい作業を選択して、動作補正部20により、動作開始の指示を行う。すなわち、動作補正部20は、動作情報データベース17の中から選択された「作業ID」の作業の動作情報（具体的には、位置の情報と姿勢の情報と時間の情報）を、後述する位置制御モードで動作するように、後述する制御パラメータ管理部21へ指令を出す。制御パラメータ管理部21は、動作補正部20からの指令を受けて、位置制御モードで、かき混ぜ動作をするように制御部22へ指令を出すと、制御部22の制御の下に、図8の（a）に示すように、ロボットアーム5は、かき混ぜ動作を開始する。

[0111] ロボットアーム5を使用して鍋3の中の上側の部分のかき混ぜ動作を行っているとき、人4が鍋3の中の具材の状況などを確認して、図8の（c）に示すように、もう少し鍋3の底をこすように、鍋3の中の底側の部分をかき混ぜたいとき、ロボットアーム5の動作の補正を行なう場合を例にとって、以下に、補正動作について説明する。

[0112] 人4は、キーボードなどを使用して、補正有りの情報を入力することにより、データ入力IF26を介して補正方法設定部23にて、動作情報データベース17における、当該動作に関する補正有無のフラグを「0」から「1」に変更する。

[0113] 次いで、動作補正部20は、補正方法設定部23から出力された補正有無のフラグ「1」の情報を受けて、制御パラメータ管理部21へ、後述するハイブリッドインピーダンス制御モード（位置制御モードで移動しながら、人

の力を力検出部 53 で検出した方向にインピーダンス制御で移動させるモード) で動作するように指令を出す。制御部 22 は、制御パラメータ管理部 21 からのハイブリッドインピーダンス制御モードの動作指令を受けて、入出力 IF 24 を介してモータドライバ 25 からモータ 43 及び 62 に制御指令値が入力されて、ロボットアーム 5 がハイブリッドインピーダンス制御モードでの動作を開始する。

[0114] 次いで、ロボットアーム 5 の動作を補正するため、図 8 の (b) に示すように、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して、ロボットアーム 5 のハンド 30 で把持したレードル 9 で鍋 3 の中の上側の部分をかき混ぜる動作ではなく、レードル 9 で鍋 3 の中の底側の部分をかき混ぜるように下方方向に力を入 4 がロボットアーム 5 に加えると、ハイブリッドインピーダンス制御モードにより、位置制御モードでロボットアーム 5 を動作させながら、人 4 の力を、後述する力検出部 53 により検出して、人 4 がロボットアーム 5 に力を加えた方向にロボットアーム 5 を z 軸方向にインピーダンス制御で移動させて、図 8 の (c) のように、かき混ぜ動作を補正することができる。

[0115] なお、この例では、z 軸の方向にのみロボットアーム 5 の動作を補正したい場合であるので、動作情報データベース 17 に記憶されかつ図 5 に示された補正パラメータフラグの 2 ビット目のみを「1」にするような指令を、データ入力 IF 26 及び補正方法設定部 23 を介して動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 へ出すことで、z 軸方向にしか、インピーダンス制御でロボットアーム 5 が動作しないように設定することができる。

[0116] 上述のように、人 4 は、ロボットアーム 5 を把持して下方方向へ力をロボットアーム 5 に加えてロボットアーム 5 を Δz 分だけ z 軸方向に移動させた場合に、 Δz の値が、z 軸方向の補正值として、制御部 22 と制御パラメータ管理部 21 とを經由して、動作補正部 20 に送信される。動作補正部 20 では、補正方法設定部 23 から動作補正部 20 に入力された補正有無のフラグが「1」の場合は、前記選択された「作業 ID」の作業の動作情報の全ての z 座標の値から、 Δz を減算し、補正した動作情報を、動作補正部 20 から

制御パラメータ管理部 21 へ送信する。制御パラメータ管理部 21 は、 Δz 分補正した座標で動作するように制御部 22 へ指示する。これにより、図 8 の (c) のような鍋 3 の底かき混ぜ動作に補正される。次に、 Δz 分だけ減算した動作情報を、動作補正部 20 から、後述する動作記憶部 15 に送られ、動作記憶部 15 で動作情報データベース 17 に記憶する。

[0117] 以上により、動作補正部 20 は、動作情報データベース 17 の位置と姿勢と時間の情報により、位置制御モードで動作している状態で、ハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えて、人 4 がロボットアーム 5 に力を加えることで、予め生成された位置及び姿勢を方向別（例えば、互いに直交する 3 つの方向（例えば、 x , y , z 軸方向）別）に補正することができるようになる。

[0118] また、表示部 2 には、図 9 の A 及び B に示すように、表示部 2 を左右 2 つの画面で表示し、左側の画面（図 9 の A 参照）に、動作情報で記述されたロボットアーム 5 の動作の映像若しくは写真若しくはテキストで表示される。さらに、右側の画面（図 9 の B 参照）には、どのパラメータを補正できるかを映像若しくは写真若しくはテキストで表示する。この例では、補正パラメータフラグにて、ロボットアーム 5 が z 軸方向にしか動作しないように設定しているので、上から手で力をロボットアーム 5 に加えてロボットアーム 5 の動作を補正している映像若しくは写真を表示する。また、表示部 2 は、動作選択部 27 で作業を切り替えた際に、切り替えた作業に応じて、表示する内容を切り替える。なお、この例では、映像若しくは写真若しくはテキストを表示するようにしているが、動作を説明する音声などでも良い。

[0119] 15 は動作記憶部で、補正した動作情報を動作情報データベース 17 に記憶する。動作記憶部 15 には、動作補正部 20 から補正した動作情報が入力されるとともに、制御パラメータ管理部 21 から、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢と人 4 の加えた力の情報とが入力される。前述したとおり、動作補正部 20 では、人 4 がロボットアーム 5 を把持してロボットアーム 5 に力を加えて、ロボットアーム 5 の動作を補正するが、人 4 がロボットアーム

5に力を加え始めてから、ロボットアーム5の動作が安定するまで、ある一定時間がかかる。そのため、動作記憶部15では、人4がロボットアーム5に力を加え始めて、ある一定時間（例えば、3秒後）を経過した後（これを「記憶開始時間」と呼ぶ。）から、補正方法設定部23から動作記憶部15に入力される補正有無のフラグが「0」に切り替わるまで、若しくは、人4がロボットアーム5に加えておりかつ力検出部53で検出される力の値が閾値以下になる時点までのロボットアーム5の動作を記憶する。なお、記憶開始時間は、定数値でも良いし、又は、記憶開始時間は、図10に示すように、縦軸を人4がロボットアーム5に加えた力とするとともに横軸を時間としたときのグラフにおいて、人4がロボットアーム5に加えている力が一定になる時間としても良い。

[0120] 次に、制御パラメータ管理部21の詳細について説明する。

[0121] 制御パラメータ管理部21は、動作補正部20の指示に基づいて、ロボットアーム5の動作モード、すなわち、位置制御モードとインピーダンス制御モードとハイブリッドインピーダンス制御モードとの3つのモードの間でモードを切り替える設定、及び、インピーダンス制御モード時及びハイブリッドインピーダンス制御モード時の機械インピーダンス設定値の設定、及び、後述するハイブリッドインピーダンス計算部51で出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定、及び、目標軌道生成部55への動作情報の設定を行う。さらに、制御部22から制御パラメータ管理部21に入力されたロボットアーム5の手先位置及び力の情報などを、制御パラメータ管理部21から動作補正部20へ通知する。

[0122] 位置制御モードは、後述する目標軌道生成部55の手先位置及び姿勢目標ベクトル指令に基づいて、ロボットアーム5が作動するモードで、具体的には、かき混ぜ作業又は拭き掃除作業などの作業時にロボットアーム5が動作するモードである。

[0123] インピーダンス制御モードは、力検出部53で検出されかつ人4などからロボットアーム5に加わる力に応じて、ロボットアーム5が作動するモード

で、例えば、図 7 に示すように、人 4 がロボットアーム 5 を直接持って、人 4 がロボットアーム 5 を作業場所まで誘導する場合にロボットアーム 5 が動作するモードである。

[0124] ハイブリッドインピーダンス制御モードは、ロボットアーム 5 が位置制御モードで動作している最中に、人 4 などからロボットアーム 5 に加わる力が力検出部 53 で検出され、力検出部 53 で検出された力に応じてロボットアーム 5 が作動するモードであり、例えば、かき混ぜなどの作業中に、人 4 がロボットアーム 5 を直接持って、ロボットアーム 5 の動作を補正する際にロボットアーム 5 が動作するモードである。

[0125] 例えば、ロボットアーム 5 が、図 8 の (a) に示す、かき混ぜ作業を行っている場合に、人 4 が鍋 3 の中の具材の状況を確認して、鍋 3 の中の底側の部分を、かき混ぜるようにロボットアーム 5 の動作を人 4 が補正したい場合に、動作補正部 20 から、制御パラメータ管理部 21 が、位置制御モードからハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替える指令を制御部 22 へ出力する。

[0126] その結果、位置制御モードで、かき混ぜ作業中に、図 8 の (b) に示すように、人 4 がロボットアーム 5 を把持して、ハイブリッドインピーダンス制御モードで下方向に力をロボットアーム 5 に加えることで、位置制御モードで、鍋 3 の中をかき混ぜながら、図 8 の (c) のように、鍋 3 の中の底側の部分を、かき混ぜる動作に補正することができるようになる。

[0127] さらに、人 4 が、ハイブリッドインピーダンス制御モードでロボットアーム 5 が動作中に、補正するパラメータに応じて、機械インピーダンスパラメータ又はインピーダンス計算部 51 で出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を変更する。

[0128] 機械インピーダンス設定値の設定パラメータとしては、慣性 M と粘性 D と剛性 K とがある。機械インピーダンス設定値の各パラメータの設定は、補正値を使って、以下の評価式に基づいて行う。

[0129]

[数1]

$$M = KM \times (\text{補正值}) \quad \dots \text{式 (3)}$$

[0130] [数2]

$$D = KD \times (\text{補正值}) \quad \dots \text{式 (4)}$$

[0131] [数3]

$$K = KK \times (\text{補正值}) \quad \dots \text{式 (5)}$$

[0132] 前記式 (3) ~ 式 (5) 中の KM 、 KD 、 KK はそれぞれゲインであり、それぞれある定数値である。

[0133] 制御パラメータ管理部 21 は、前記式 (3) ~ 式 (5) に基づき計算した機械インピーダンスパラメータの慣性 M と粘性 D と剛性 K とを制御部 22 へ出力する。

[0134] 前記式 (3) ~ 式 (5) により、例えば、図 8 の (b) のように、人 4 が、ロボットアーム 5 のハンド 30 で把持されたレードル 9 を使用して鍋 3 の中の上側の部分をかき混ぜている動作に対して、鍋 3 の中の底側の部分をかき混ぜるようにロボットアーム 5 の動作を補正させたい場合に、ロボットアーム 5 の z 軸以外の軸の位置成分及び姿勢成分が簡単に動くと、ロボットアーム 5 の動作の補正作業がやりにくくなる。そこで、制御パラメータ管理部 21 により、ロボットアーム 5 の z 軸以外の軸の位置成分及び姿勢成分についてのみ、上述の補正值を高く（具体的には、例えば上述の補正值の約 10 倍に）設定することで、ロボットアーム 5 の粘性 D 及び剛性 K が大きくなるように設定されることになり、ロボットアーム 5 の動きに抵抗感又は硬さが生じ、ロボットアーム 5 が動きにくくなる。

[0135] 又は、別の方法として、インピーダンス計算部 51 から出力される手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の各成分のうち、 z 軸以外の値を全て 0 にする方法がある。これによって、 z 軸以外は、人 4 の力で移動できなくなるため、誤操作を防ぐことができる。

[0136] さらに、上述したように、制御パラメータ管理部 21 から、動作選択部 2

7と動作記憶部15と動作補正部20とに、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢と、人4の加えた力の情報とを通知する必要がある。そのため、制御部22から制御パラメータ管理部21にロボットアーム5の手先位置及び力の情報を受けると、制御パラメータ管理部21は、動作選択部27と動作記憶部15と動作補正部20とへ、それらの情報の通知を行う。また、動作補正部20から制御パラメータ管理部21に入力された、位置及び姿勢と時間などの動作情報を、制御パラメータ管理部21から制御部22へ通知する。

[0137] 以上の動作補正部20と動作選択部27と補正方法設定部23と動作記憶部15と動作情報データベース17と制御パラメータ管理部21の動作ステップについて、図11のフローチャートに基づいて説明する。

[0138] まず、ロボットアーム5を人4が実際に把持してロボットアーム5を移動させることで、人4が、かき混ぜ作業の動作をロボットアーム5に行わせる。すると、そのときのロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報が動作記憶部15により動作情報データベース17に記憶される。次いで、動作選択部27が、動作情報データベース17に今回記憶されたロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報と、動作情報データベース17に予め記憶されかつ予め記憶されている作業のそれぞれの動作のロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報とを比較して、一致するか、許容範囲内で類似するロボットアーム5の手先位置及び姿勢の情報に関連する動作を選択する。そして、その動作が含まれている作業を、動作情報データベース17に予め記憶された作業の一覧から動作選択部27により選択し、動作情報データベース17の進捗情報に現在の作業を動作選択部27により設定する（ステップS40）。前記作業の一覧中には、例えば、複数のかき混ぜ作業（具体的には、早くかき混ぜる作業、ゆっくりかき混ぜる作業、同じ回転方向にかき混ぜる作業、正逆の両方の回転方向にかき混ぜる作業など）がリストされており、その中から、一致する作業を選択する場合のほか、前記作業の一覧中には、異なる種類の作業、例えば、かき混ぜ作業と拭き掃除作業がリストされており、その中から、一致する作業を選択する場合が考えられる。

- [0139] 次いで、動作情報データベース 17 の進捗情報に現在の作業が設定されると、動作補正部 20 は、制御パラメータ管理部 21 へ、インピーダンス制御モードでロボットアーム 5 が動作するように動作指令を出してインピーダンス制御モードに設定し、人 4 はロボットアーム 5 を鍋 3 の付近まで把持しながら誘導し（ステップ S 41）、データ入力 IF 26 にて、かき混ぜ作業開始の指令を補正方法設定部 23 に対して行う。補正方法設定部 23 から、制御パラメータ管理部 21 を経由して、制御部 22 へ前記指令をさらに送る。
- [0140] 次いで、前記補正方法設定部 23 から制御パラメータ管理部 21 に入力された、かき混ぜ作業開始の指令が制御部 22 に通知されると、位置制御モードでの、かき混ぜ動作を制御部 22 により開始する（ステップ S 42）。
- [0141] 次いで、補正方法を補正方法設定部 23 で設定する。具体的には、データ入力 IF 26 及び補正方法設定部 23 を介して、動作情報データベース 17 において、補正有無のフラグの情報を「0」から「1」に設定して、補正を開始させるなどの設定を補正方法設定部 23 で行う（ステップ S 43）。補正有りと設定された場合（補正有無のフラグが「0」から「1」に設定された場合）に、動作補正部 20 は、補正方法設定部 23 から出力された補正有無のフラグ「1」の情報を受けて、制御パラメータ管理部 21 へ、ハイブリッドインピーダンス制御モードで動作するように指令を出して、ハイブリッドインピーダンス制御モードに設定する（ステップ S 44）。制御部 22 は、制御パラメータ管理部 21 からのハイブリッドインピーダンス制御モードの動作指令を受けて、入出力 IF 24 を介してモータドライバ 25 からモータ 43 及び 62 に制御指令値が入力されて、ロボットアーム 5 がハイブリッドインピーダンス制御モードでの動作を開始する。なお、補正無しと設定された場合（補正有無のフラグが「0」のままで変更されない場合、又は、補正有無のフラグが「1」から「0」に設定された場合）には、動作補正部 20 は、制御パラメータ管理部 21 へ位置制御モードで動作するように指令を出して、位置制御モードに設定して、以後、ロボットアーム 5 を補正無しでかつ位置制御モードで動作させる。

- [0142] 次いで、補正パラメータに従って、ハイブリッドインピーダンス制御モード時のインピーダンス制御モードでの動作を拘束するために、インピーダンスパラメータの設定又はインピーダンス計算部51で出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を行う（ステップS45）。前記インピーダンスパラメータの設定は、前記したように、データ入力IF26及び補正方法設定部23を介して動作補正部20から制御パラメータ管理部21へ、補正したい補正パラメータフラグを「1」にするような指令を入力する。また、インピーダンス計算部51で出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を行うときは、後述するように、制御パラメータ管理部21からインピーダンス計算部51に入力された、補正するパラメータに応じて、インピーダンス計算部51から位置誤差計算部80に出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を変更する。
- [0143] 次いで、人4がロボットアーム5を把持して、補正したい方向に力を人4がロボットアーム5に加えることで、動作補正部20が、動作情報データベース17の動作情報を補正する（ステップS46）。
- [0144] 次いで、動作補正部20により補正された動作情報は、動作記憶部15により、動作情報データベース17に記憶される（ステップS47）。
- [0145] 図12は、位置制御モードとインピーダンス制御モードとハイブリッドインピーダンス制御モード時との制御部22のブロック図を示す。制御部22は、制御パラメータ管理部21で設定した慣性Mと粘性Dと剛性Kとの設定値に基づき設定されたロボットアーム5の機械インピーダンス設定値に、ロボットアーム5の機械インピーダンスの値を制御する。
- [0146] 次に、制御部22の詳細について、図12により説明する。ロボットアーム5からは、それぞれの関節部のエンコーダ44により計測された関節角の現在値（関節角度ベクトル）ベクトル $q = [q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6]^T$ が出力され、入出力IF24により制御部22に取り込まれる。ただし、 $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_6$ は、それぞれ、第1関節部35、第2関節部36、第3関節部37、第4関節部38、第5関節部39、第6関節部40

の関節角度である。

[0147] 55は目標軌道生成部であり、位置制御モード及びハイブリッドインピーダンス制御モード時は、動作補正部20で生成されかつ制御パラメータ管理部21を介して目標軌道生成部55に入力された動作情報から、目標とする手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d を目標軌道生成部55により生成する。具体的には、動作補正部20から制御パラメータ管理部21を介しての動作情報が目標軌道生成部55に入力されると、目標とするロボットアーム5の動作を実現するための手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d が、目標軌道生成部55から位置誤差計算部80に出力される。目標とするロボットアーム5の動作は、目的とする作業に応じて動作補正部20からそれぞれの時間($t=0$ 、 $t=t_1$ 、 $t=t_2$ 、 $\dots$)でのポイントごとの位置及び姿勢(r_{d0} 、 r_{d1} 、 r_{d2} 、 $\dots$)が与えられており、目標軌道生成部55は、多項式補間を使用し、各ポイント間の軌道を補間し、手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d を生成する。インピーダンス制御モード時には、インピーダンス制御モードに切り替え時のロボットアーム5の手先位置を、目標とする手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d とし出力する。さらに、動作情報データベース17の「ハンド」の開閉フラグにより、後述するハンド制御部54へ、ハンド30の開閉指令を出す。

[0148] 54はハンド制御部54であり、目標軌道生成部55から入力した開閉フラグにより、ハンド30を開閉するよう、入出力IF24を介してロボットアーム5へ指令を出す。

[0149] 53は力検出部であり、人4等とロボットアーム5の接触によってロボットアーム5に加わる外力を検出する。力検出部53には、モータドライバ27の電流センサーで計測された、ロボットアーム5の各関節部を駆動するモータ43を流れる電流値 $i = [i_1, i_2, i_3, i_4, i_5, i_6]^T$ が入出力IF24を介して取り込まれ、また、関節角の現在値 q が入出力IF24を介して取り込まれるとともに、後述する近似逆運動学計算部57からの関節角度誤差補償出力 u_q が取り込まれる。力検出部53は、オブザーバーとし

て機能し、以上の電流値 i と関節角の現在値 q と関節角度誤差補償出力 u_q とより、ロボットアーム 5 に加わる外力により各関節部に発生するトルク τ を算出する。そして、 $F_{ext} = J_v(q)^{-T} \tau_{ext} - [0, 0, m_g]^T$ によりロボットアーム 5 の手先における等価手先外力 F_{ext} に換算して、この等価手先外力 F_{ext} をインピーダンス計算部 51 に出力する。ここで、 $J_v(q)$ は、

[0150] [数4]

$$v = Jv(q) \dot{q}$$

を満たすヤコビ行列である。ただし、 $v = [v_x, v_y, v_z, \omega_x, \omega_y, \omega_z]^T$ であり、 (v_x, v_y, v_z) は手先座標系 42 でのロボットアーム 5 の手先の並進速度、 $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ は手先座標系 42 でのロボットアーム 5 の手先の角速度である。また、 m はハンド 30 で把持している把持物体の重さであり、 g は重力加速度である。把持物体の重さ m の値は、その物体を把持する前に、人 4 が入出力 I F 24 を介して力検出部 53 に入力することができる。また、ロボットアーム 5 のハンド 30 により物体の把持を実際に行い、そのときの力検出部 53 の等価手先外力 F_{ext} の推定結果より把持物体の重さ m の値を算出する事も可能である。

[0151] インピーダンス計算部 51 は、ロボットアーム 5 に機械インピーダンス設定値への前記ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値の制御を実現する機能を果たす部分であり、制御パラメータ管理部 21 から位置制御モード又はインピーダンス制御モード又はハイブリッドインピーダンス制御モードの情報が入力されるとともに、目標軌道生成部 55 の出力する手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d と、制御パラメータ管理部 21 で予め設定されたインピーダンスパラメータである慣性 M と粘性 D と剛性 K と、関節角の現在値 q と、力検出部 53 が検出した外力 F_{ext} とが入力される。制御パラメータ管理部 21 で位置制御モードに切り替えられた際には、インピーダンス計算部 51 から 0 を出力する。一方、制御パラメータ管理部 21 でインピーダンス制御モ

ード又はハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えられた際には、制御パラメータ管理部 21 で予め設定されたインピーダンスパラメータである慣性 M と粘性 D と剛性 K と関節角の現在値 q と、力検出部 53 が検出した外力 F_{ext} とより、ロボットアーム 5 に機械インピーダンス設定値への前記ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値の制御を実現するための手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を以下の式 (6) によりインピーダンス計算部 51 で計算して、計算して求められた手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を位置誤差計算部 80 に出力する。手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ は、目標軌道生成部 55 の出力する手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d に位置誤差計算部 80 で加算され、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} が生成される。ただし、ハイブリッドインピーダンス制御モード時に、補正パラメータに応じて、ロボットアーム 5 の動作を拘束する場合に、例えば、 z 軸のみロボットアーム 5 が動くようにするには、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の z 成分以外の成分を 0 にインピーダンス計算部 51 で設定する。

[0152] [数5]

$$r_{d\Delta} = (s^2 \hat{M} + s \hat{D} + \hat{K})^{-1} F_{ext} \quad \dots \text{式 (6)}$$

ただし、

[0153] [数6]

$$\hat{M} = \begin{bmatrix} M & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & M & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & M & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & M & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & M & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & M \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 (7)}$$

[0154]

[数7]

$$\hat{D} = \begin{bmatrix} D & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & D & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & D & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & D & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & D \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 (8)}$$

[0155] [数8]

$$\hat{K} = \begin{bmatrix} K & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & K & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & K & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & K & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & K \end{bmatrix} \quad \dots \text{式 (9)}$$

であり、sはラプラス演算子である。

[0156] 58はロボットアーム5からのそれぞれの関節部のエンコーダ44により計測された関節角の現在値 q である関節角度ベクトル q が、入出力IF24を介して入力される順運動学計算部であり、ロボットアーム5の関節角度ベクトル q から、手先位置及び姿勢ベクトル r への変換の幾何科学的計算を順運動学計算部58で行い、手先位置及び姿勢ベクトル r を目標軌道生成部55及び位置誤差計算部80へそれぞれ出力する。

[0157] 56は位置誤差補償部であり、ロボットアーム5において計測される関節角度ベクトル q より順運動学計算部58により計算される手先位置及び姿勢ベクトル r と、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} との誤差 r_e が位置誤差計算部80で求められたのち、その誤差 r_e が位置誤差補償部56に入力され、順運動学計算部58から、位置誤差補償出力 u_r が近似逆運動学計算部57に向けて出力される。

[0158] 近似逆運動学計算部57では、位置誤差補償部56に入力される位置誤差補償出力 u_r とロボットアーム5において計測される関節角度ベクトル q と

に基づき、近似式 $u_{out} = J_r(q)^{-1} u_{in}$ により、逆運動学の近似計算を行う。ただし、 $J_r(q)$ は、

[0159] [数9]

$$\dot{r} = J_r(q) \dot{q}$$

の関係を満たすヤコビ行列、 u_{in} は近似逆運動学計算部 57 への入力、 u_{out} は近似逆運動学計算部 57 からの出力であり、入力 u_{in} を関節角度誤差 q_e とすれば、 $q_e = J_r(q)^{-1} r_e$ のように手先位置及び姿勢誤差 r_e から関節角度誤差 q_e への変換式となる。したがって、位置誤差補償部 56 から位置誤差補償出力 u_{re} が近似逆運動学計算部 57 に入力されると、近似逆運動学計算部 57 からの出力として、関節角度誤差 q_e を補償するための関節角度誤差補償出力 u_{qe} が近似逆運動学計算部 57 から入出力 IF 24 を介してロボットアーム 5 のモータドライバ 25 に向けて出力される。

[0160] 関節角度誤差補償出力 u_{qe} は、入出力 IF 24 の D/A ボードを介してロボットアーム 5 のモータドライバ 25 に電圧指令値として与えられ、各モータ 43 により各関節部が正逆回転駆動されロボットアーム 5 が動作する。

[0161] 以上のように構成される制御部 22 に関して、ロボットアーム 5 のインピーダンス制御動作の原理について説明する。

[0162] インピーダンス制御動作（ハイブリッドインピーダンス制御も同様）の基本は、位置誤差補償部 56 による手先位置及び姿勢誤差 r_e のフィードバック制御（位置制御）であり、の点線で囲まれかつ参照符号 59 により示された部分が位置制御部 59 になっている。位置誤差補償部 56 として、例えば、PID 補償器を使用すれば、手先位置及び姿勢誤差 r_e が 0 に収束するように位置制御部 59 による制御が働き、目標とするロボットアーム 5 のインピーダンス制御動作を実現することができる。

[0163] 制御パラメータ管理部 21 でインピーダンス制御モード若しくはハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えられた場合には、前記説明した位置制御部 59 に対し、インピーダンス計算部 51 により手先位置及び姿勢目

標補正出力 $r_{d\Delta}$ が位置誤差計算部 80 で加算され、手先位置及び姿勢の目標値の補正が行われる。このために、前記した位置制御部 59 は、手先位置及び姿勢の目標値が本来の値より微妙にずれることになり、結果的に、前記ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値を前記適切に設定された設定値に制御する動作が実現され、位置制御部 59 の位置制御動作を補正することができる。手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ は式 (6) により算出されるため、前記ロボットアーム 5 の慣性 M と粘性 D と剛性 K の機械インピーダンスの値を前記適切に設定された設定値に制御する動作が実現される。

[0164] 以上の原理に基づく制御プログラムの実際の動作ステップについて、図 13 のフローチャートに基づいて説明する。

[0165] ロボットアーム 5 の関節部のそれぞれのエンコーダ 44 により計測された関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）が、エンコーダ 44 から、入出力 IF 24 を介して、制御装置本体部 11 の制御部 22 に取り込まれる（ステップ S1）。

[0166] 次に、制御部 22 に取り込まれた関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）に基づいて、逆運動学計算部 57 にて、ロボットアーム 5 の運動学計算に必要なヤコビ行列 J 、等の計算を行う（ステップ S2）。

[0167] 次に、順運動学計算部 58 にて、ロボットアーム 5 のそれぞれのエンコーダ 44 からの関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）から、ロボットアーム 5 の現在の手先位置及び姿勢ベクトル r を計算して、位置誤差計算部 80 と目標軌道生成部 55 とに出力する（ステップ S3）。

[0168] 次に、位置制御モード又はハイブリッドインピーダンス制御モード時は、動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 を介して送信された動作情報に基づき、目標軌道計算部 55 は、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d を計算して位置誤差計算部 80 に出力する一方、インピーダンス制御モード時は、ロボットアーム 5 の手先位置を、目標とする手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d として位置誤差計算部 80 に出力する（ステップ S

4)。

[0169] 次いで、力検出部53は、モータ43の駆動電流値 i と、関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）と、関節角度誤差補償出力 u_q から、ロボットアーム5の手先における等価手先外力 F_{ext} を計算してインピーダンス計算部51に出力する（ステップS5）。

[0170] 次いで、ステップS6では、制御パラメータ管理部21において、補正有りと動作補正部20により指示された場合には、ハイブリッドインピーダンス制御モードを設定し、補正なしと動作補正部20により指示された場合には、位置制御モードを設定する。位置制御モードのみのときにはステップS7に処理を進める一方、ハイブリッドインピーダンス制御モードのときには、ステップS8へ処理を進める。

[0171] 次いで、ステップS7（インピーダンス計算部51での処理）では、制御パラメータ管理部21において、位置制御モードが設定された場合には、インピーダンス計算部51で、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を0ベクトルとする。その後、ステップS9に進む。

[0172] ステップS8では、制御パラメータ管理部21において、インピーダンス制御モードが設定された場合（制御パラメータ管理部21において、補正有りと動作補正部20により指示された場合）若しくはハイブリッドインピーダンス制御モードが設定された場合に、制御パラメータ管理部21において設定された機械インピーダンスパラメータの慣性 M と粘性 D と剛性 K と、関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）と、力検出部53により計算されたロボットアーム5に加わる等価手先外力 F_{ext} とから、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ が、インピーダンス計算部51により計算される。さらに、インピーダンス計算部51では、補正パラメータに基づいて、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ のうちのいずれかの成分の値を0に設定する。

[0173] 次いで、ステップS9では、位置誤差計算部80では、目標軌道生成部55からの手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d とインピーダンス計算部51から

の手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ との和 ($r_d + r_{d\Delta}$) である、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} を計算する。次いで、位置誤差計算部 80 は、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} と、順運動学計算部 58 からの現在の手先位置及び姿勢ベクトル r との差 ($r_{dm} - r$) である、手先位置及び姿勢の誤差 r_e を計算して、位置誤差補償部 56 に出力する。位置誤差補償部 56 の具体例としては P I D 補償器が考えられる。定数の対角行列である比例、微分、積分の 3 つのゲインを適切に調整することにより、位置誤差が 0 に収束するように位置誤差補償部 56 の制御が働く。

[0174] 次いで、近似逆運動学計算部 57 では、ステップ S 2 で計算したヤコビ行列 J_r の逆行列を位置誤差補償出力 u_{re} に乗算することにより、位置誤差補償出力 u_{re} を、手先位置及び姿勢の誤差に関する値から関節角度の誤差に関する値である関節角度誤差補償出力 u_{qe} に、近似逆運動学計算部 57 により変換する (ステップ S 10)。

[0175] 次いで、関節角度誤差補償出力 u_{qe} が、近似逆運動学計算部 57 から入出力 I F 24 を通じ、モータドライバ 25 に与えられ、モータドライバ 25 は、関節角度誤差補償出力 u_{qe} に基づき、関節部のそれぞれのモータ 43 を流れる電流量を変化させる。この電流量の変化により、ロボットアーム 5 のそれぞれの関節部の回転運動が発生して、ロボットアーム 5 が動作を行なう (ステップ S 11)。

[0176] 次いで、前記制御動作のステップ S 1 ~ ステップ S 11 を続ける場合にはステップ S 1 に戻る一方、それ以外の場合 (電源を切る又はロボットを停止させるのではなく、前記制御動作のみを終了させる場合) には前記制御動作のステップ S 1 ~ ステップ S 11 を終了する (ステップ S 12)。

[0177] 以上のステップ S 1 ~ ステップ S 12 が制御の計算ループとして繰り返し実行されることにより、ロボットアーム 5 の動作の制御、すなわち、ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値を前記適切に設定された設定値に制御する動作を実現することができる。

[0178] 以上の動作ステップ S 40 ~ ステップ S 47 及びステップ S 1 ~ ステップ

S 1 2により、動作情報に基づいて位置制御モードで動作中に、ハイブリッドインピーダンス制御にて人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して、人 4 がロボットアーム 5 に力を加えることで、補正パラメータの一部のパラメータを補正することで、ロボットアーム 5 による作業が実現する。

[0179] 以上のように、動作情報データベース 1 7 と動作補正部 2 0 と制御パラメータ管理部 2 1 と制御部 2 2 とを備えることにより、位置制御モードで動作中のロボットアーム 5 を、位置制御モードからハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えて、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して移動させることで、人 4 が、希望するロボットアーム 5 の動きに簡単に補正することができる。

[0180] また、補正方法設定部 2 3 を備え、補正の有無を切り替えることにより、補正を意図せずに誤って人 4 がロボットアーム 5 に力を加えてしまった場合に、ロボットアーム 5 の動作を補正なしとしておくことができ、ロボットアーム 5 の動作が補正されずに、ロボットアーム 5 の動作をそのまま続けることができる。

[0181] なお、動作選択部 2 7 は、人 4 の操作すなわちロボットアーム 5 を把持して力を加えることによって、動作を選択するようにしているが、人 4 が表示部 2 に表示された作業の一覧から、操作盤 1 3 のボタン 1 3 a などのデータ入力 I F 2 6 を使用することによって、動作選択部 2 7 を介して、作業したい作業を選択しても良い。この場合、データ入力 I F 2 6 から動作選択部 2 7 に指令情報が入力されるように接続する必要がある。

[0182] さらに、補正方法設定部 2 3 にて、補正有無のフラグを「0」から「1」に切り替えることで、位置制御モードからハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えることを記載したが、ロボットアーム 5 が作業中、位置制御モードではなく、常にハイブリッドインピーダンス制御モードで動作するようしても良い。その場合は、誤って人 4 がロボットアーム 5 に力を加えてしまった場合の誤操作は防げないが、補正の有無の切り替えをせずに、いつでも補正をすることができるようになる。

[0183] (第2実施形態)

本発明の第2実施形態における、ロボットシステム1のロボットアーム5の制御装置70の基本的な構成は、第1実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略し、異なる部分についてのみ以下、詳細に説明する。

[0184] この第2実施形態においては、図14Aに示すように、ロボットシステム1を使ってIHクッキングヒータ6の天板を拭き掃除作業する場合を例に説明する。まず、人4が、ロボットシステム1のロボットアーム5の手先すなわち先端のハンド30に、か拭き掃除作業のための器具の一例としてのスポンジ46を取り付ける。

[0185] 図15は、動作情報データベース17A(図2Aの動作情報データベース17の位置に、動作情報データベース17に代えて配置されている動作情報データベース17A)を示し、「作業ID」と、「動作ID」と、「位置姿勢」と、「ハンド」と、「時間」と、「進捗情報」とは、第1実施形態の場合のそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0186] 動作情報データベース17Aの「力」に関する情報は、ロボットアーム5が作業をする際に対象となる物体に加える力に関する情報を示し、力の x , y , z , ϕ , θ , ψ 方向の成分を $(f_x, f_y, f_z, f_\phi, f_\theta, f_\psi)$ と表す。例えば $f_z = 5$ [N]である場合は、 z 軸方向に5 [N]の力を加えて拭き掃除作業することを表し、IHクッキングヒータ6などの天板を拭き掃除作業する際に、天板の表面沿いの方向に力を加えて擦る場合などに使用するパラメータである。

[0187] 動作情報データベース17Aの「フラグ」に関する情報は、位置と姿勢と力とのうちの、いずれの情報が有効かを示す値であり、具体的には、図16で示した32ビットの数値で、それぞれのビットで、位置と姿勢と力とのそれぞれの値が有効の場合は「1」とし、位置と姿勢と力とのそれぞれの値が無効の場合は「0」とする。例えば、0ビット目においては、ロボットアーム5の手先位置の x 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の x 座標の値が無効の場合は「0」とし、1ビット目においては、ロボットアーム5

の手先位置の y 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の y 座標の値が無効の場合は「0」とし、2ビット目においては、ロボットアーム5の手先位置の z 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の z 座標の値が無効の場合は「0」とし、順次、3, 4, 5ビット目においては、姿勢の ϕ 、 θ 、 ψ の有効性をそれぞれ表し（すなわち、有効の場合は「1」とし、無効の場合は「0」とし）、6ビット目～11ビット目においては、力のそれぞれの成分が有効か無効かを示す（すなわち、有効の場合は「1」とし、無効の場合は「0」とする）。また、フラグに関する情報は、第1実施形態と同様、将来の拡張用に多め（32ビット）に用意しているため、この例では13ビット目から31ビット目は使用しないので、「0」を入れておく。

[0188] 動作情報データベース17Aの「補正パラメータフラグ」に関する情報は、第1実施形態と同様の、動作補正部20で、どのパラメータを補正するかを表す情報で32ビットの値で表し、動作情報データベース17Aのフラグで記述されたパラメータのうち、補正可能なパラメータの種別について図17のように記述する。具体的には動作情報データベースで力の z 軸方向の力である f_z 座標のみを補正する場合に、8ビット目に「1」を、それ以外を「0」と記載する。

[0189] 人4は、操作盤13のボタン13aなどのデータ入力IF26を使用することによって、動作選択部27により、動作情報データベース17Aの作業の中から拭き掃除作業を選択して、拭き掃除作業の動作開始の指示を制御部22に行う。

[0190] 図18は、IHクッキングヒータ6を天井側から見た平面図である。図18の図中の矢印で示すような軌道でロボットアーム5の手先すなわちハンド30が移動して、スポンジ46によりIHクッキングヒータ6の天板の拭き掃除作業を行うように、予め、動作情報の x 、 y 座標の値が、ロボットアーム5の手先位置の座標として、動作情報データベース17Aに記憶されている。これらの軌道は、ハンド30に把持したスポンジ46を、ある力で z 軸方向にIHクッキングヒータ6の天板に押し付けながら拭き掃除作業をする

ため、 z 軸方向は、位置姿勢の情報ではなく、力の情報を持つ。具体的には、図 15 に示すように「作業 ID」が「4」の作業の動作情報で、 z 軸以外は位置姿勢で指定し、 z 軸は力を指定する。そのため、「フラグ」は、図 16 に示すように、位置 x 、 y 、姿勢 ϕ 、 θ 、 ψ を表す 0 ビット目、1 ビット目、3～5 ビット目がそれぞれ「1」となり、力の z 軸成分を表す 8 ビット目が「1」となる。

[0191] 動作補正部 20 は、まず、補正前の拭き掃除作業の動作を実現するために、「フラグ」において、力成分のビットが「1」であるかどうかを確認する。このとき、6 軸のうちの 1 つの軸においても、その力成分のビットが「1」であると動作補正部 20 が判断した場合には、動作補正部 20 は、「位置姿勢」と「力」と「フラグ」と「時間」と「ハンド」との動作情報を、後述する力ハイブリッドインピーダンス制御モード (force hybrid impedance control mode) で制御するような制御指令を制御パラメータ管理部 21 へ出す。力ハイブリッドインピーダンス制御モードでは、方向別に、位置制御か、インピーダンス制御か、を切り替え、さらに、指定した力を作用させて拭き掃除作業の動作を行うモードである。

[0192] 拭き掃除作業時に力を加えるのは、 z 軸方向のみで、その他は位置制御モードで動作するため、力ハイブリッドインピーダンス制御モードへの切り替え時に、図 16 の「フラグ」と共にそのような動作を行わせるための指令を動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 へ出す。ただし、補正方法設定部 23 で補正無しと設定された場合に、力ハイブリッドインピーダンス制御モードで制御する場合には、人 4 が誤ってロボットアーム 5 に z 軸方向に力を加えてロボットアーム 5 を移動させてしまわないように、後述するインピーダンス計算部 51 では、ロボットアーム 5 の手先がある値を超えて移動した場合は、それ以上、ロボットアーム 5 が移動しないように制御を行うことで、拭き掃除などの作業を安全に行うことができる。

[0193] ここで、力ハイブリッドインピーダンス制御モードで拭き掃除作業中に、人 4 が図 14 B のように、天板の汚れのひどい部分 G を確認して、その部分

だけ、もう少し強めに天板をスポンジ46でこするように、ロボットアーム5の動作を補正したい場合を例にとって、以下説明する。

[0194] 人4は、データ入力IF26を介して補正方法設定部23にて、補正の有無のフラグを「0」から「1」に変更し、さらに、補正パラメータのz軸の力のみ補正をするために、図16の補正パラメータの8ビット目のみを「1」にする制御指令を、補正方法設定部23から動作補正部20を介して制御パラメータ管理部21へ出す。制御パラメータ管理部21は、補正パラメータの6～11ビット目（力成分）のうちのいずれかが「1」であるときは、第1実施形態のハイブリッドインピーダンス制御モードへの切り替えではなく、後述する高剛性位置制御モードで動作するような制御指令を、制御部22へ出す。

[0195] この制御部22への指令時に、高剛性位置制御モードでは、方向別に位置制御時の高剛性を設定することができ、人4がロボットアーム5に力を加えても床面などに接触するように、簡単に移動しないようにするためのモードである。z軸方向のみ高剛性位置制御モードでロボットアーム5が動作し、その他の方向は通常の位置制御モードでロボットアーム5が動作するような制御指令を、制御パラメータ管理部21から制御部22へ出す。そして、制御部22は、前記制御指令に基づき、ロボットアーム5の拭き掃除動作を制御する。

[0196] このようにしてロボットアーム5が拭き掃除作業を行う場合で、かつ、ロボットアーム5が、天板の汚れのひどい部分Gを拭き掃除動作しているとき、人4がロボットアーム5を直接把持して、IHクッキングヒータ6の天板に向かって下方向に、拭き掃除作業しているロボットアーム5に人4が加えたい力を、人4がロボットアーム5に加える。

[0197] 高剛性位置制御モードは、第1実施形態の位置制御モードを、さらに高剛性にしたモードで、後述する位置誤差補償部56でのゲインを大きくする（制御パラメータ管理部21から位置誤差補償部56に高剛性位置制御モードで動作するような制御指令を出す。位置誤差補償部56はその指令を受けて

、ゲインを通常の位置制御モード時より大きくする（具体的には、通常の位置制御モード時の２倍程度の値）。）ことで実現し、人４がロボットアーム５に力を加えても、ロボットアーム５を容易に移動することがない。従って、ロボットアーム５が移動して床面などに接触することがないため、接触面からの抗力の影響を受けることなく、人４が加えた力を制御部２２の力検出部５３で検出することができる。

[0198] 制御部２２の力検出部５３で検出された力を、制御パラメータ管理部２１を介して動作補正部２０に通知する。そして、動作補正部２０は、動作情報データベース１７Ａのｚ軸方向の力を、動作補正部２０に通知された力に置き換えて、動作記憶部１５で動作情報データベース１７Ａに記憶して、記憶された情報に基づいてロボットアーム５を動作させることで、汚れている部分のみを強めに掃除作業するように、ロボットアーム５の動作を補正することができる。

[0199] 制御パラメータ管理部２１は、第１実施形態の機能に加えて、インピーダンス制御モードとカハイブリッドインピーダンス制御モードと高剛性位置制御モードとのいずれかへの切り替え設定の情報と位置姿勢情報とに加えて、力情報を、目標軌道生成部５５へ通知する機能を備えている。

[0200] 以上の構成にかかる、動作補正部２０と動作選択部２７と補正方法設定部２３と動作記憶部１５と動作情報データベース２０と制御パラメータ管理部２１との動作ステップについて、図１９のフローチャートに基づいて説明する。なお、以下の説明では、高剛性位置制御モードへの切り替えを中心に説明する。

[0201] 第１実施形態のステップＳ４０と同様に、まず、人４がロボットアーム５を実際に把持してロボットアーム５を移動させることで、人４が、拭き掃除作業の動作をロボットアーム５に行わせる。すると、そのときのロボットアーム５の手先位置及び姿勢の情報が動作記憶部１５により動作情報データベース１７Ａに記憶される。

次いで、動作選択部２７が、動作情報データベース１７Ａに今回記憶され

たロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報と、動作情報データベース 17 A に予め記憶されかつ予め記憶されている作業のそれぞれの動作のロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報とを比較して、一致するか、許容範囲内で類似するロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報に関連する動作を選択する。そして、動作選択部 27 により、その動作が含まれている作業を、動作情報データベース 17 A に予め記憶された作業の一覧から選択し、動作情報データベース 17 A の進捗情報に現在の作業を設定する（ステップ S 121）。前記作業の一覧中には、例えば、複数の拭き掃除作業（具体的には、強くこするように拭き掃除する作業、弱く拭き掃除する作業、同じ回転方向に拭き掃除する作業、正逆の両方の回転方向に拭き掃除する作業など）がリストされており、その中から、一致する作業を選択する場合のほか、前記作業の一覧中には、異なる種類の作業、例えば、拭き掃除作業とかき混ぜ作業がリストされており、その中から、一致する作業を選択する場合が考えられる。

[0202] 次いで、第 1 実施形態のステップ S 41 と同様に、動作情報データベース 17 A の進捗情報に現在の作業が設定されると、動作補正部 20 は、制御パラメータ管理部 21 へインピーダンス制御モードでロボットアーム 5 が動作するように動作指令を出してインピーダンス制御モードに設定し、人 4 はロボットアーム 5 を IH クッキングヒータ 6 の付近まで誘導し（ステップ S 122）、データ入力 IF 26 にて、拭き掃除作業開始の指令を補正方法設定部 23 に対して行う。補正方法設定部 23 から、制御パラメータ管理部 21 を経由して、制御部 22 へ前記指令をさらに送る。

[0203] 次いで、前記補正方法設定部 23 から制御パラメータ管理部 21 に入力された、拭き掃除作業開始の指令が制御部 22 に通知されるとともに、動作補正部 20 は、動作情報データベース 17 A の「フラグ」に力成分のビットが「1」である場合は、カハイブリッドインピーダンス制御モードでの拭き掃除作業の動作を制御部 22 により開始する（ステップ S 123）。なお、動作補正部 20 は、動作情報データベース 17 A の「フラグ」に力成分のビッ

トが「0」である場合は、ステップS 1 2 2で設定された位置制御モードでの拭き掃除作業の動作を制御部2 2により開始する。

[0204] 次いで、補正方法を補正方法設定部2 3で設定する。具体的には、データ入力I F 2 6及び補正方法設定部2 3を介して、動作情報データベース1 7 Aにおいて、補正有無のフラグの情報を「0」から「1」に設定して、補正を開始させる設定を補正方法設定部2 3で行う（ステップS 1 2 4）。補正有りとして設定された場合（補正有無のフラグが「0」から「1」に設定された場合）で、かつ、補正パラメータで力成分を補正する場合（力成分のフラグが「1」の場合）は、動作補正部2 0は、補正方法設定部2 3から出力された補正有無のフラグ「1」でかつ補正パラメータの6～1 1ビット目（力成分）のうちのいずれかが「1」であるとの情報を受けて、制御パラメータ管理部2 1へ、高剛性位置制御モードで動作するように指令を出して、高剛性位置制御モードに設定する（ステップS 1 2 5）。制御部2 2は、制御パラメータ管理部2 1からの高剛性位置制御モードの動作指令を受けて、入出力I F 2 4を介してモータドライバ2 5からモータ4 3及び6 2に制御指令値が入力されて、ロボットアーム5が高剛性位置制御モードでの動作を開始する。

[0205] 次いで、補正パラメータに従って、高剛性位置制御モード時の動作を拘束するために、方向別の高剛性位置制御モードの設定を行う（ステップS 1 2 6）。この方向別の高剛性位置制御モードの設定は、前記したように、データ入力I F 2 6及び補正方法設定部2 3を介して動作補正部2 0から制御パラメータ管理部2 1へ、補正したい補正パラメータフラグを「1」にするような指令を入力する。

[0206] 次いで、人4がロボットアーム5を把持して、補正したい方向に力を人4がロボットアーム5に加えることで、動作補正部2 0が動作情報データベース1 7 Aの動作情報を補正する（ステップS 1 2 7）。

[0207] 次いで、補正された動作情報は、第1実施形態のステップS 4 7と同様に、動作記憶部1 5により、動作情報データベース1 7 Aに記憶される（ステ

ップS128)。

[0208] 次に、制御部22の詳細について、図20により説明する。

[0209] 制御部22のうち、力検出部53と近似逆運動学計算部57と順運動学計算部58とハンド制御部54と位置誤差計算部80とは、第1実施形態とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0210] 目標軌道生成部55は、インピーダンス制御モードと力ハイブリッドインピーダンス制御モードと高剛性位置制御モード時は、動作補正部20で生成されかつ制御パラメータ管理部21を介して目標軌道生成部55に入力された動作情報から、目標とする手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d を目標軌道生成部55により生成する。目標軌道生成部55は、制御パラメータ管理部21からの動作情報の入力を受けて、目標とするロボットアーム5の動作を実現するための手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d と目標軌道生成部55で生成される手先の力ベクトル f_d とそれぞれの方向別にどのパラメータが有効かを示すフラグとが、目標軌道生成部55から位置誤差計算部80に出力される。位置制御モード時には、目標とするロボットアーム5の動作は、目的とする作業に応じて、動作補正部20からそれぞれの時間($t=0$ 、 $t=t_1$ 、 $t=t_2$ 、...)でのポイントごとの位置及び姿勢(r_{d0} 、 r_{d1} 、 r_{d2} 、...)と、力(f_{d0} 、 f_{d1} 、 f_{d2} 、...)が与えられる。目標軌道生成部55は、多項式補間を使用し、各ポイント間の軌道と力を補間し、手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d 及び力ベクトル f_d を生成する。さらに、第1実施形態と同様、動作情報データベース17Aの「ハンド」の開閉フラグにより、後述するハンド制御部54へ、ハンド30の開閉指令を出す。

[0211] インピーダンス計算部51は、ロボットアーム5に機械インピーダンス設定値への前記ロボットアーム5の機械インピーダンスの値の制御を実現する機能を果たす部分であり、制御パラメータ管理部21で位置制御モードに切り替えられた際には、インピーダンス計算部51から0を出力する。制御パラメータ管理部21でインピーダンス制御モードが指定された際には、第1実施形態と同様に、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を出力する。制御パ

ラメータ管理部 21 でカハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えられた際には、「フラグ」で指定された力成分が存在する場合には、制御パラメータ管理部 21 で設定されたインピーダンスパラメータである慣性 M と粘性 D と剛性 K と、関節角の現在値 q と、力検出部 53 が検出した外力 F_{ext} と、目標軌道生成部 55 から出力される f_d とより、ロボットアーム 5 に機械インピーダンス設定値への前記ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値の制御を実現するための手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を以下の式 (10) によりインピーダンス計算部 51 で計算して、計算して求められた手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を位置誤差計算部 80 に出力する。手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ は、第 1 実施形態と同様に、目標軌道生成部 55 の出力する手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d に位置誤差計算部 80 で加算され、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} が生成される。ただし、補正パラメータに応じて、インピーダンス制御でのロボットアーム 5 の動作を拘束する場合には、例えば、 z 軸のみ力をロボットアーム 5 に加えて掃除作業し、その他の軸の成分は位置制御モードで動くようにするには、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の z 成分以外の成分を 0 にインピーダンス計算部 51 で設定する。

[0212] [数10]

$$r_{d\Delta} = (s^2 \hat{M} + s \hat{D} + \hat{K})^{-1} (F_{ext} - f_d) \quad \dots \text{式 (10)}$$

さらに、カハイブリッドインピーダンス制御モードに切り替えられた際には、目標軌道生成部 55 から設定される実際のロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢ベクトル r が、例えば、人 4 が誤ってロボットアーム 5 に力を加えて、ある範囲以上にロボットアーム 5 を移動してしまったことを検出した場合は、算出した手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を、ある値以下にすることで、ある範囲以上にロボットアーム 5 が移動しないように調整する。

[0213] ここで、ある範囲以上にロボットアーム 5 を移動してしまったか否かは、以下のようにして判定する。すなわち、実際のロボットアーム 5 の手先位置

を時系列に記憶しておき、ある時間内で、あるしきい値以上に手先位置が移動したか否かを検出する。具体的には、図20の誤操作判定部68において、順運動学計算部58から出力される実際のロボットアーム5の手先位置 r を時系列に記憶しておき、ある時間内で、ある閾値以上に手先位置が移動したか否かを誤操作判定部68で判断する。もし、ある閾値以上移動したと誤操作判定部68が判断した場合は、インピーダンス計算部51に対して、算出した手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を、ある値以下にするような指令を誤操作判定部68から出す。

[0214] 位置誤差補償部56は、第1実施形態の位置誤差補償部56の機能に加えて、高剛性位置制御モードが設定された際に、定数の対角行列である比例、微分、積分の3つのゲインをあらかじめ設定された値に大きく設定する（通常の位置制御モードと比較して大きな値を設定する。具体的には、通常の位置制御モード時の2倍程度の値に設定する。ここで、高剛性とは、通常の位置制御と比較して、剛性が高くなることを意味する。値を通常の位置制御モード時の2倍程度にすると、約2倍だけ剛性を高くすることができる。）ことで、高剛性の位置制御を実現することができる。なお、前記ゲインを各成分毎に値を変えることで、例えば、 z 軸方向のみ高剛性で、その他の方向は通常の位置制御で動作するよう制御することができる。

[0215] 以下、制御プログラムの実際の動作ステップについて、図21のフローチャートに基づいて説明する。

[0216] ロボットアーム5の関節部のそれぞれのエンコーダ44により計測された関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）が、エンコーダ44から、入出力IF24を介して、制御装置本体部11の制御部22に取り込まれる（ステップS51）。

[0217] 次いで、制御部22に取り込まれた関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）に基づいて、逆運動学計算部57にて、ロボットアーム5の運動学計算に必要なヤコビ行列 J_r 等の計算を行う（ステップS52）。

- [0218] 次いで、順運動学計算部 58 にて、ロボットアーム 5 のそれぞれのエンコーダ 44 からの関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）から、ロボットアーム 5 の現在の手先位置及び姿勢ベクトル r を計算して、位置誤差計算部 80 と目標軌道生成部 55 とインピーダンス 51 とに出力する（ステップ S 53）。
- [0219] 次いで、動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 を介して送信された動作情報に基づき、目標軌道計算部 55 は、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d 及び力目標ベクトル f_d を目標軌道計算部 55 で計算して位置誤差計算部 80 に出力する（ステップ S 54）。
- [0220] 次いで、力検出部 53 は、モータ 43 の駆動電流値 i と、関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）と、関節角度誤差補償出力 u_q から、ロボットアーム 5 の手先における等価手先外力 F_{ext} を計算してインピーダンス計算部 51 に出力する（ステップ S 55）。
- [0221] 次いで、ステップ S 56 では、制御パラメータ管理部 21 において、補正なしと動作補正部 20 により指示された場合には、力ハイブリッドインピーダンス制御モードを設定し、補正ありと動作補正部 20 により指示された場合には、高剛性位置制御モードを設定する。高剛性位置制御モードのみのときにはステップ S 57 に処理を進める一方、力ハイブリッドインピーダンス制御モードのときには、ステップ S 58 へ処理を進める。
- [0222] 次いで、ステップ S 57（インピーダンス計算部 51 での処理）では、制御パラメータ管理部 21 において、高剛性位置制御モードが設定された場合には、インピーダンス計算部 51 で、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を 0 ベクトルとする。その後、ステップ S 59 に進む。
- [0223] ステップ S 58 では、制御パラメータ管理部 21 において、力ハイブリッドインピーダンス制御モードが設定された場合に、制御パラメータ管理部 21 において設定された機械インピーダンスパラメータの慣性 M と粘性 D と剛性 K と、関節角度データ（関節変数ベクトル又は関節角度ベクトル q ）と、力検出部 53 により計算されたロボットアーム 5 に加わる等価手先外力 F_{ext}

とから、手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ が、インピーダンス計算部 51 により計算される。さらに、インピーダンス計算部 51 では、補正パラメータに基づいて、実際の手先位置 r （順運動学計算部 58 から出力される実際のロボットアーム 5 の手先位置 r ）（ステップ S 53 参照）がある範囲以上に移動してしまったことを検出した場合は、算出した手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ を、ある値以下に設定する。

[0224] 次いで、ステップ S 59 又はステップ S 60 では、位置誤差計算部 80 では、目標軌道生成部 55 からの手先位置及び姿勢目標ベクトル r_d とインピーダンス計算部 51 からの手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ との和（ $r_d + r_{d\Delta}$ ）である、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} を計算する。次いで、位置誤差計算部 80 は、手先位置及び姿勢補正目標ベクトル r_{dm} と、順運動学計算部 58 からの現在の手先位置及び姿勢ベクトル r との差（ $r_{dm} - r$ ）である、手先位置及び姿勢の誤差 r_e を計算して、位置誤差補償部 56 に出力する。このとき、ステップ S 60 では、位置誤差補償部 56 の具体例としては P I D 補償器が考えられる。定数の対角行列である比例、微分、積分の 3 つのゲインを適切に調整することにより、位置誤差が 0 に収束するように位置誤差補償部 56 の制御が働く。ステップ S 59 では、そのゲインを、ある値まで大きくする（通常の位置制御モードと比較して大きな値を設定する。具体的には、通常の位置制御モード時の 2 倍程度の値に設定する。ここで、高剛性とは、通常の位置制御と比較して、剛性が大きくなることを意味する。値を通常の位置制御モード時の 2 倍程度にすると、約 2 倍だけ剛性を高くすることができる。）ことで、高剛性の位置制御を実現する。

[0225] 次いで、近似逆運動学計算部 57 では、ステップ S 52 で計算したヤコビ行列 J_r の逆行列を位置誤差補償出力 u_{re} に乗算することにより、位置誤差補償出力 u_{re} を、手先位置及び姿勢の誤差に関する値から関節角度の誤差に関する値である関節角度誤差補償出力 u_{qe} に、近似逆運動学計算部 57 により変換する（ステップ S 61）。

[0226] 次いで、関節角度誤差補償出力 u_{qe} が、近似逆運動学計算部 57 から入出

力 $I F 24$ を通じ、モータドライバ 25 に与えられ、モータドライバ 25 は、関節角度誤差補償出力 u_q に基づき、関節部のそれぞれのモータ 43 を流れる電流量を変化させる。この電流量の変化により、ロボットアーム 5 のそれぞれの関節部の回転運動が発生して、ロボットアーム 5 が動作を行なう（ステップ $S 62$ ）。

[0227] 次いで、前記制御動作のステップ $S 51$ ～ステップ $S 62$ を続ける場合にはステップ $S 51$ に戻る一方、それ以外の場合（電源を切る又はロボットを停止させるのではなく、前記制御動作のみを終了させる場合）には前記制御動作のステップ $S 51$ ～ステップ $S 62$ を終了する（ステップ $S 63$ ）。

[0228] 以上のステップ $S 51$ ～ステップ $S 62$ が制御の計算ループとして繰り返し実行されることにより、ロボットアーム 5 の動作の制御、すなわち、ロボットアーム 5 の機械インピーダンスの値を前記適切に設定された設定値に制御する動作を実現することができる。

[0229] 以上の動作ステップ $S 120$ ～ステップ $S 130$ 及びステップ $S 51$ ～ステップ $S 62$ により、動作情報に応じて、カハイブリッドインピーダンス制御で動作中に、高剛性位置制御にて補正パラメータの力情報を補正することで、ロボットアーム 5 による作業が実現する。

[0230] 以上のように、動作情報データベース $17A$ と動作補正部 20 と制御パラメータ管理部 21 と制御部 22 とを備えることにより、カハイブリッドインピーダンス制御モードにて、ロボットアーム 5 が方向別に（例では、 $I H$ クッキングヒータ 6 の天板方向に）力を加えて、拭き掃除などの作業をしている最中に、高剛性位置制御モードに切り替えて、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して方向別に力を加えても容易にはロボットアーム 5 を移動することがないため、床面などに接触して接触面からの抗力の影響を受けることなく、人 4 が希望するロボットアーム 5 の動き（力成分）を簡単に補正することができる。

[0231] （第3実施形態）

本発明の第3実施形態における、ロボットアーム 5 の制御装置 70 の基本

的な構成は、第1実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略し、異なる部分についてののみ以下、詳細に説明する。

[0232] 図22の(a)(図22の(d)は、図22の(a)を上方から見た図)に示したように、ロボットシステム1のロボットアーム5を使って鍋3の中の、かき混ぜ作業をする場合を例に説明する。

[0233] 図23は、ロボットシステム1を構成する、制御対象であるロボットアーム5と、ロボットアーム5の制御装置70との詳細構成を示す図である。ロボットアーム5の制御装置70は、図23に詳細構成を示すように、制御装置本体部11と、ロボットアーム5の動作を生成する動作生成装置12と、周辺装置14とを備えている。図23において、ロボットアーム5と周辺装置14と制御装置本体部11と動作選択部27と補正方法設定部23は、第1実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。なお、この第3実施形態においては、環境情報データベース18と、補正パラメータデータベース19と、情報生成部29と、動作情報展開部10とを新たに備えている点で、先の実施形態とは異なっている。

[0234] 図24に示す動作情報データベース17Bは、第1実施形態の動作情報データベース17又は第2実施形態の動作情報データベース17Aに相当する動作情報データベースであって、ロボットアーム5の、ある時間における位置及び姿勢など動作に関する情報であって、かつ、後述する情報生成部29で生成した情報が、動作情報データベース17Bに記憶される。

[0235] さらに、環境情報データベース18は、ロボットアーム5と人4とが協働して作業を行うときのロボットアーム5の環境に関する情報であって、例えば、レードルなどの器具9又は鍋などの器具3などロボットアーム5が動作する際に必要となる道具に関する情報、又は、IHクッキングヒーター又はガスコンロの調理装置6などの動作環境に関する情報などが記憶されており、後述する情報生成部29で環境情報を生成し、情報生成部29により環境情報データベース18に記憶される。

[0236] 補正パラメータデータベース19は、後述する動作補正部20で動作情報

データベース 17B の動作情報を補正する際の補正すべきパラメータの種別に関する情報であり、情報生成部 29 で生成され、補正パラメータデータベース 19 に情報生成部 29 で記憶される。なお、後述する動作補正部 20 は、ロボットアーム 5 が動作する環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部の一例又は動作情報を取得する動作情報取得部の一例として機能しうるものである。

[0237] 次に、動作情報データベース 17B の詳細について説明する。

[0238] 動作情報データベース 17B は、例えば、図 24 に示したロボットアーム 5 の動作に関する情報で、「作業 ID」と、「動作 ID」と、「位置姿勢」と、「ハンド」と、「進捗情報」とは、第 1 実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0239] 図 25A～図 25G は、動作情報データベース 17B の「動作テンプレート ID」（動作テンプレートに関する情報を識別するために用いられる符号）に関する情報であって、動作テンプレートに関する情報を表す。動作テンプレートに関する情報（動作テンプレート情報）は、ロボットアーム 5 の手先位置を生成するための幾何学的な情報であり、具体的には、図 25F に示すように、ロボットアーム 5 の手先が円を描くように動作する場合には、図 25B のように、中心座標と半径で表す。以下に、動作テンプレート情報に関して詳述する。

[0240] 図 24 の動作情報データベース 17B の「動作テンプレート ID」、すなわち、動作テンプレートに関する情報を識別する「動作テンプレート ID」は、図 25A に示す「動作テンプレート ID」を指し、後述する動作情報展開部 10 により、動作テンプレート情報と後述する環境情報からロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢を生成する。例えば、図 24 の動作情報データベース 17B の「動作テンプレート ID」が「1」の場合は、図 25A の「動作テンプレート ID」が「1」の場合の動作テンプレート情報を意味している。

[0241] 図 26A～図 26C は、それぞれ、鍋 3 を上から見た図を示しており、図

中の矢印は、ロボットアーム5の手先が移動する軌道を示している。ここでは、動作テンプレート情報の動作としては、例えば、図26Aのように、ロボットアーム5の手先が円を描くように移動して鍋3の中をかき混ぜる動き、図26Bのように、ロボットアーム5の手先がジグザグに移動して鍋3の中をかき混ぜる動き、及び、図26Cのように、ロボットアーム5の手先が鍋3の中心と周囲との間で放射線状に移動して鍋3の中をかき混ぜる動きなどが例示されている。一例として、図26Aの動きの場合は、図25Aの動作テンプレート情報の「種別」に「1」を記述し、図26Bの動きの場合は、動作テンプレート情報の「種別」に「2」を記述し、図26Cの動きの場合は、動作テンプレート情報の「種別」に「3」を記述する。

- [0242] さらに図25Aの動作テンプレート情報の「種別」が「1」の場合は、図25Bの表を参照し、「種別」が「2」の場合は、図25Cの表を参照し、「種別」が「3」の場合は、図25Dの表を参照し、その後、図25Aの「種別ID」（種別に関する情報を識別するために用いられる符号）に対応する図25B～図25Dの表の「種別ID」の情報を参照する。例えば、図25Aの動作テンプレート情報の「種別」が「1」でかつ「種別ID」が「1」である場合は、図25Bの「種別ID」が「1」の場合に対応し、図25Fに示すように、ロボットアーム5の手先が円を描くように移動して鍋3の中をかき混ぜる際の円の中心座標（ (x_{b1}, y_{b1}, z_{b1}) など）、半径（ r_{b1} など）が図25Bに示すように記憶されている。また、図25Aの動作テンプレート情報の「種別」が「2」でかつ「種別ID」が「1」である場合は、図25Cの「種別ID」が「1」の場合に対応し、図25Gに示すように、ロボットアーム5の手先が放射線状に移動して鍋3の中をかき混ぜる際の放射線の中心座標と半径とが図25Cのように記憶されている。また、図25Aの動作テンプレート情報の「種別」が「3」でかつ「種別ID」が「1」である場合は、図25Dの「種別ID」が「1」の場合に対応し、図25Eに示すように、ロボットアーム5の手先がジグザグに移動して鍋3の中をかき混ぜる際の4点の座標（座標1（ x_{d1}, y_{d1}, z_{d1} ）、座標2（ x_{d2}, y_{d2}

, z_{d2})、座標 3 (x_{d3} , y_{d3} , z_{d3})、座標 4 (x_{d4} , y_{d4} , z_{d4}) が図 2 5 D のように記憶されている。

[0243] 図 2 5 B と図 2 5 C と図 2 5 D との中心座標と半径と座標などのそれぞれの値は、後述する情報生成部 2 9 にて、環境情報データベース 1 8 により補正された後、後述する動作情報展開部 1 0 により、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報を作成して、動作情報データベース 1 7 B に記憶されている。なお、動作テンプレート情報は、上の 3 つ (図 2 5 B、図 2 5 C、図 2 5 D) に限られたものではなく、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢が生成可能な幾何情報 (ロボットアーム 5 の手先の幾何学的な軌道情報) であればどのようなものでも良い。

[0244] 図 2 4 の動作情報データベース 1 7 B の「フラグ」に関する情報は、各「動作 I D」が示す動作情報のロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と動作テンプレート情報とのうちのいずれの情報が有効かを示す値であり、具体的には、図 2 7 で示した 3 2 ビットの数値で表す。図 2 7 において、それぞれのビットで、ロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と動作テンプレート情報とのそれぞれの値が有効の場合は「1」とし、ロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と動作テンプレート情報とのそれぞれの値が無効の場合は「0」とする。例えば、0 ビット目においては、ロボットアーム 5 の手先位置の x 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の x 座標の値が無効の場合は「0」とし、1 ビット目においては、ロボットアーム 5 の手先位置の y 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の y 座標の値が無効の場合は「0」とし、2 ビット目においては、ロボットアーム 5 の手先位置の z 座標の値が有効の場合は「1」とし、手先位置の z 座標の値が無効の場合は「0」とし、順次 3, 4, 5 ビット目においては、姿勢の ϕ , θ , ψ の有効性をそれぞれ表し (すなわち、有効の場合は「1」とし、無効の場合は「0」とし)、6 ビット目においては、動作テンプレート情報の有効性を表す (すなわち、有効の場合は「1」とし、無効の場合は「0」とする)。また、フラグに関する情報は将来の拡張用に多め (3 2 ビット) に用意しているため、この例では、7

ビット目から31ビット目は使用しないので、「0」を入れておく。図27では、0ビット目から2ビット目が「1」となっているので、動作情報のうち、 x 、 y 、 z 情報のみが有効であることを示し、3ビット目から5ビット目が「0」となっているので、動作情報のうち、 ϕ 、 θ 、 ψ 、動作テンプレート情報の値にどのような値が記憶されていても無効であるとする。

[0245] 図24の動作情報データベース17Bの「時間」に関する情報は、ロボットアーム5の各動作を実行するための時間であり、この「動作ID」に記憶された動作を、ここでの「時間」に関する情報として記憶された時間をかけて行なうことを表す。すなわち、絶対時刻ではなく、前の動作からの相対時間を表す。さらに、「動作ID」が示す動作が動作テンプレート情報が有効である場合は、その動作テンプレート情報が動作するのに有する時間を表す。「動作ID」が示す動作が、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢が有効である場合は、指定された位置及び姿勢に移動するまでの時間を表す。

[0246] 図24の動作情報データベース17Bの「環境情報ID」（環境情報を識別するために用いられる符号）は、2種類の「環境情報ID」より構成されている。そのうちの1つ目の「環境情報ID」が表す「周辺環境」に関する情報は、ロボットアーム5が作用する周辺環境に関する情報であり、例えば、ロボットアーム5が、かき混ぜ作業をしている場合は、鍋3などの情報を表す。2つ目の「環境情報ID」が表す「把持物体」に関する情報は、ロボットアーム5が把持している物体に関する情報で、例えば、ロボットアーム5が、かき混ぜ作業をしている場合は、ロボットアーム5が把持しているレードル9などの情報を表す。それぞれの「環境情報ID」は、後述する図28Aに示す「環境情報ID」のうちのいずれかの値であり、どの環境下で動作するかを表す情報である。

[0247] 図24の動作情報データベース17の「補正パラメータID」（補正パラメータに関する情報を識別するために用いられる符号）に関する情報は、後述する図29に示す「補正パラメータID」のうちのいずれかの値であり、後述する動作補正部20で、どのパラメータを補正するかを表す情報である。

。

[0248] 環境情報データベース 18 は、例えば、図 28 A に示したロボットアーム 5 の動作環境に関する情報で、環境を識別する環境情報 ID 番号を表す「環境情報 ID」と、その環境情報の種別を表す「種別」と、それぞれの種別を識別するための「種別 ID」とを備えるように構成されている。環境情報の「種別」に応じて、それぞれ、図 28 B と図 28 C と図 28 D とに示す情報から構成されている。すなわち、図 28 A の環境情報の「種別」が「1」の場合は、図 28 B の表を参照し、図 28 A の環境情報の「種別」が「2」の場合は、図 28 C の表を参照し、図 28 A の環境情報の「種別」が「3」の場合は、図 28 D の表を参照する。例えば、図 28 A の環境情報の「種別」が「1」でかつ「種別 ID」が「1」の場合は、図 28 B の「種別 ID」が「1」の場合に対応し、その一致した値（中心座標、半径、高さ）をその「環境情報 ID」の環境情報とする。例えば、図 28 B は、図 28 E のような円筒形の物体を表す情報であり、家庭用の鍋 3 などを近似的に表すことができる。円筒形の物体は、円筒の底面の中心座標と底面の半径と円筒の高さとの情報で構成されている。図 28 A の環境情報の「種別」が「2」でかつ「種別 ID」が「1」の場合は、図 28 C の「種別 ID」が「1」の場合に対応し、その一致した値（中心座標、半径）をその「環境情報 ID」の環境情報とする。図 28 C は、図 28 F のような円に関する情報であり、例えば IH クッキングヒータ 6 の鍋 3 を置く部分などを近似的に表す事ができる。具体的には、円の中心座標と半径の情報から構成される。図 28 D の環境情報の「種別」が「3」でかつ「種別 ID」が「1」の場合は、図 28 D の「種別 ID」が「1」の場合に対応し、その一致した値（座標 1、座標 2、座標 3、高さ）をその「環境情報 ID」の環境情報とする。図 28 G のような直方体を表す情報で、家庭用の台所のシンク又はバスタブなどを近似的に表すことができる。具体的には、直方体の上面は、上面の、ある 1 点の座標（図 28 G では上面の 1 つの隅部の「座標 2」）とその座標（図 28 G では上面の 1 つの隅部の「座標 2」）と隣合う 2 点の座標（図 28 G では上面の前記

隅部「座標 2」と隣合う 2 つの隅部の「座標 1」と「座標 3」) で表され、その上面と直交する方向の高さの情報とを備えて構成されている。

[0249] 補正パラメータデータベース 19 は、例えば図 29 に示す情報で、後述する動作補正部 20 で動作情報データベース 17B の動作情報を補正する際に、補正すべきパラメータの種別に関する情報である。具体的には、補正パラメータを識別するための「補正パラメータ ID」と、その「補正パラメータ ID」毎に、動作情報のどのパラメータを補正するかを表す「動作情報フラグ」と、環境情報のどのパラメータを補正するかを表す「環境情報フラグ」と、動作テンプレート情報のどのパラメータを補正するかを表す「動作テンプレートフラグ」とを備えるように構成されている。

[0250] 「動作情報フラグ」は、図 27 と同様に 32 ビットの値で表し、図 3 の動作情報データベース 17B の「フラグ」で記述されたパラメータのうち、補正可能なパラメータの種別について図 27 と同様の方法で記述する。具体的には、動作情報データベース 17B で x 、 y 、 z 座標が有効である場合に、 x 座標のみ補正する場合は、0 ビット目に「1」を、それ以外を「0」と記載する。

[0251] 「環境情報フラグ」は、図 30 に示すように、32 ビットの値で表し、座標 1 の x 座標を補正する場合は 0 ビット目に「1」を、補正しない場合は 0 ビット目に「0」を記載する。なお、環境情報データベース 18 の図 28B の中心座標の補正の有無は、図 30 の座標 1 に記載する。同様に図 28 の C の中心座標の補正の有無は、図 30 の座標 1 に記載する。

[0252] 「動作テンプレートフラグ」は、図 30 に示すように 32 ビットの値で表し、「環境情報フラグ」と同様に「座標 1」の x 座標を補正する場合は 0 ビット目に「1」を、補正しない場合は 0 ビット目に「0」を記載する。なお、動作テンプレート情報の図 25B 及び図 25C の中心座標の補正の有無は、図 30 の座標 1 に記載する。

[0253] 29 は情報生成部であり、後述する外部からの入力情報とデータ入力 IF 26 からの入力情報と制御パラメータ管理部 21 とからの入力情報とに基づ

き、動作情報データベース 17B の動作情報と環境情報データベース 18 の環境情報と補正パラメータデータベース 19 の補正パラメータとを生成して、動作情報データベース 17B と環境情報データベース 18 と補正パラメータデータベース 19 にそれぞれ出力する。

[0254] 動作情報データベース 17B の動作テンプレート情報は、先に説明したように、図 26 に示すように、ロボットアーム 5 の手先が、ある一定のパターンで動作する動作を表し、図 23 のインターネット 28 を通じて外部のウェブサーバにある情報データベース 16 から幾何情報を収集し、その幾何情報で必要な情報を図 25 のように記憶する。なお、メーカーが出荷時にあらかじめ幾何情報を記憶しておいても良い。

[0255] 環境情報データベース 18 は、例えば、鍋 3 及びレードル 9、作業するシンク、IH クッキングヒータなどに RFID タグを付け、それらの物体の位置を、タグ検出器でそれぞれ検出する。さらに、情報生成部 29 により、インターネット 28 を通じて外部のウェブサーバにある情報データベース 16 から物体の寸法情報を収集し、環境情報データベース 18 に記憶する。

[0256] なお、カメラなどの画像撮像装置で環境を撮影し、得られた画像データと、あらかじめ記憶された物体の画像との間でモデルマッチング処理を行い、物体の寸法又は物体の位置を抽出して、環境情報データベース 18 に記憶するようにしても良い。

[0257] さらに、超音波タグシステムを使用して、物体に超音波発信機を設置し、超音波発信機が発する超音波を、天井などに備えられた複数の超音波受信機にて受信し、超音波の到達時間差から超音波発信機の 3 次元位置（3 次元位置座標の値）を算出して、環境情報データベース 18 に記憶するようにしても良い。

[0258] 動作情報データベース 17B のロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢に関する情報は、後述する動作情報展開部 10 により、動作テンプレート情報を環境情報データベース 18 により補正した後、ロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と時間との情報を作成して、動作情報データベース 17B に記憶する

。動作テンプレート情報に無い動作を行う場合には、第1実施形態の場合と同様に、ロボットアーム5を人4が直接把持して、インピーダンス制御モードにて、ロボットアーム5を移動させて、ある一定時間毎（例えば0.2msec毎）にロボットアーム5の手先位置と姿勢の情報を取得し、時間と共に、動作情報データベース17Bに記憶する。

[0259] 動作情報展開部10は、動作テンプレート情報と環境情報データベース18からの環境情報とを使用して、ロボットアーム5の手先位置である動作情報データベース17Bの位置と姿勢と時間の動作情報を生成する。具体的には、例えば、図24に示す動作情報データベース17Bの「作業ID」が「1」でかつ、「動作ID」が「1」の場合を例にとりて、以下、説明する。

[0260] 「動作ID」が「1」の場合に示す動作情報は、図27で示した32ビットの数値で示すフラグの6ビット目が「1」で、残りが全て「0」であり（動作テンプレート情報のみ有効）、「動作テンプレートID」が「1」で、「時間」は3秒である。この動作は、図26Aに示すように、ロボットアーム5の手先が円を描くように移動して鍋3の中をかき混ぜる動作で、この例では、鍋3の中を1周3秒かけてかき混ぜ動作することを示す。さらに、動作する環境情報は、「周辺環境」の「環境情報ID」が「1」であり、「把持物体」の「環境情報ID」が「4」であることから、図28Aの「環境情報ID」が「1」の「種別」は「1」で、「種別ID」は「1」であるので、図28Bの「種別ID」が「1」を参照すると、中心座標（0.1m, 0.1m, 0.1m）で半径0.2m、高さ0.3mの鍋3のような円筒形の中で、動作することを示している。さらに、「環境情報ID」が「4」の「種別」は「1」で、「種別ID」は「2」であるので、図28Bの「種別ID」が「2」を参照すると、中心座標（0.1m, 0.1m, 0m）で半径0.01m、高さ0.2mのレードルのような円筒形の物体をロボットアーム5のハンド30が把持していることを示している。

[0261] まず、動作テンプレート情報からロボットアーム5の手先位置及び姿勢情報を生成する前に、図31Aに示すように、かき混ぜ作業を行う鍋3の付近

まで、ロボットアーム5を人4が直接把持してロボットアーム5を誘導する。これは、後述するインピーダンス制御モードで実現し、例えば、かき混ぜ作業を開始する前の停止状態時には、あらかじめインピーダンス制御モードに設定しておくことで、人4がロボットアーム5を把持してロボットアーム5に力を加えることで、ロボットアーム5を人4により移動させることができる。

[0262] 次に、動作情報展開部10は、かき混ぜ開始の指令を、データ入力IF26を介して補正方法設定部23から受けると、環境情報データベース18の情報から、かき混ぜ動作のロボットアーム5の手先位置のz軸成分の値を動作情報展開部10により求める。具体的には、図31Bのように、鍋3の中の底側の部分、すなわち、鍋3の底から少し浮いた位置で、かき混ぜ動作をさせるとし、図31Aのロボットアーム5の手先位置 O_p のz座標を O_{pz} 、図31Bすなわち、補正後のロボットアーム5の手先位置 $O_{p'}$ のz座標を $O_{pz'}$ とし、環境情報データベース18より、レードル9と鍋3の高さを h_1 (0.2m)、鍋3の高さを h_2 (0.3m)とすると、補正後のロボットアーム5の手先位置 $O_{p'}$ のz座標は、 $O_{pz'} = O_{pz} - (h_1 - h_2) + \alpha$ の式により動作情報展開部10で計算される。なお、 α を正の値とすれば、鍋3の底から少し浮かした位置で、かき混ぜ動作を実現することができる。

[0263] 次に、x座標及びy座標を動作情報展開部10で求める。具体的には、図31Cのように、z軸の座標を保持した状態で、かき混ぜる動作を実現する。図31Dは、鍋3を上方から見た図であり、 $m(m_x, m_y)$ は鍋3の中心座標、 r は鍋3の内側の半径を表す。これらの情報は、上述した情報生成部29により環境情報データベース18に記憶され、具体的には、図28Bの「種別ID」が「2」として記憶されている。図31Dにおいて、 $C_{p1'}$ 、 $C_{p2'}$ 、 $\dots$ 、 $C_{p8'}$ は鍋3の縁の円周を8等分にしたときの各位置での座標で、 $C_{p1'}$ 、 $C_{p2'}$ 、 $\dots$ 、 $C_{p8'}$ の順にロボットアーム5の手先位置を移動させていくことで、ロボットアーム5の手先が近似的に円を描くような動作が実現できる。図31Dにおいて、 θ は鍋3の中心周りの角度を表し、座標 $C_{p1'}$

の x 座標 x_1 と y 座標 y_1 は、半径 r と中心座標 $m (m_x, m_y)$ と角度 θ とを使って、 $x_1 = r \cos \theta + m_x$ 、 $y_1 = r \sin \theta + m_y$ で動作情報展開部 10 により求められる。同様に、座標 C_{p2} 、 $\dots$ 、 C_{p8} の x 軸及び y 軸の値をそれぞれ動作情報展開部 10 で算出し、 z 軸の座標として上述した O_{pz} を代入することで、座標 C_{p1} 、 C_{p2} 、 $\dots$ 、 C_{p8} の 8 つの座標を動作情報展開部 10 により求めることができる。前記したように、かき混ぜ動作は 3 秒で 1 周することから、座標 C_{p1} 、 C_{p2} 、 $\dots$ 、 C_{p8} それぞれへの到達時間は $3/8$ 秒となる。なお、姿勢については、人 4 の誘導時のロボットアーム 5 の手先の姿勢をそのまま動作情報展開部 10 により代入する。動作情報展開部 10 により生成した座標 C_{p1} 、 C_{p2} 、 $\dots$ 、 C_{p8} の 8 つの座標とそれぞれの時間の情報は、例えば、図 24 の動作情報データベース 17B の「作業 ID」が「3」でかつ「動作 ID」が「1」～「8」の欄に、図 24 に示すように記憶する。その際に、動作情報データベース 17B の「フラグ」の情報は、図 27 の位置及び姿勢のビット（0 ビット目から 5 ビット目まで）を「1」とし、他のビットは「0」として動作情報展開部 10 により設定する。また、補正パラメータは、「補正パラメータ ID」を「3」として動作情報データベース 17B に動作情報展開部 10 により記憶され、図 29 の補正パラメータのうち「動作情報フラグ」は、位置及び姿勢が補正可能なので、図 27 の 0 ビット目から 5 ビット目までを「1」に設定し、それ以外のビットを「0」に動作情報展開部 10 により設定する。「環境情報フラグ」は、鍋 3 の半径と中心座標と高さとの情報が補正可能なので、図 30 の 0, 1, 2 ビット目と 12、13 ビット目を「1」に設定し、その他は「0」を動作情報展開部 10 により設定する。「動作テンプレートフラグ」は、図 28B のパラメータが補正可能なので、図 30 の 0, 1, 2 ビット目と 12 ビット目を「1」に設定し、その他は「0」を動作情報展開部 10 により設定する。

[0264] 動作情報展開部 10 は、動作テンプレート情報と環境情報データベース 18 からの情報とに基づいて、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢を算出し、図 24 の「作業 ID」が「3」の動作情報を動作情報データベース 17B

に記憶する。動作情報展開部 10 により動作情報データベース 17 B に記憶された動作情報に基づいて、動作補正部 20 は、位置制御モードで、かき混ぜ作業を実行するように制御パラメータ管理部 21 へ指令を出すことで、位置制御モードでの、かき混ぜが動作する。

[0265] 次に、人 4 が鍋 3 の中の具材の状況などを確認して、鍋 3 の中で、鍋 3 の周囲近傍をかき混ぜる動作（図 22 の（a）及び図 22 の（a）の上方から見た図 22 の（d）参照）から、図 22 の（c）（図 22 の（f）は、図 22 の（c）を上方から見た図）に示すように、鍋 3 のもう少し内側を中心に小さくかき混ぜる動作に変更したい場合を例にとって、かき混ぜ動作の補正について説明する。

[0266] 人 4 は、第 1 実施形態の場合と同様、補正方法設定部 23 にて、補正有無のフラグを「0」から「1」に変更する。動作補正部 20 は補正方法設定部 23 からの補正有無のフラグ「1」を受けて、制御パラメータ管理部 21 へ、後述するハイブリッドインピーダンス制御モード（位置制御モードでロボットアーム 5 が移動しながら、力検出部 53 が人 4 の力を検出した方向にインピーダンス制御でロボットアーム 5 を移動させるモード）でロボットアーム 5 が動作するように、指令を動作補正部 20 から出す。

[0267] 次いで、図 22 の（b）（図 22 の（e）は、図 22 の（b）を上方から見た図）に示すように、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して、ロボットアーム 5 のハンド 30 で把持したレードル 9 で鍋 3 の中心付近を小さくかき混ぜるように鍋 3 の内側に向かって力をロボットアーム 5 に加えると、ハイブリッドインピーダンス制御モードにより、位置制御モードでロボットアーム 5 を移動させながら、インピーダンス制御モードにより、人 4 の力を力検出部 53 で検出して力を加えた方向にロボットアーム 5 を y 軸方向に移動させて、図 22 の（c）のように、かき混ぜ動作を補正することができる。

[0268] なお、この例では、かき混ぜる円の半径を小さくするよう補正したいので、図 29 の「補正パラメータ ID」が「1」の場合のように、動作テンプレートフラグを図 30 の 12 ビット目のみを「0」から「1」に変更するよう

に補正方法設定部 23 により設定すると、補正方法設定部にて、図 30 の 12 ビット目のみを「1」に設定する。動作補正部 20 は、補正方法設定部 23 からの補正有無のフラグ「1」を受けて、動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 へ指令を出す。

[0269] かき混ぜる円の半径を変える場合は、この例では、 x 軸方向及び y 軸方向にしか、インピーダンス制御でロボットアーム 5 を動作しないように動作する。動作補正部 20 では、人 4 の力を受けて移動したロボットアーム 5 の手先位置の情報を制御部 22 からの通知で受けて、図 25 B の動作テンプレート情報の半径の値を変更する。具体的には、人 4 の力を受けてロボットアーム 5 が半径方向に Δr だけ移動したとすると、半径の値 r から Δr を動作補正部 20 により減算する。すなわち、 $(r - \Delta r)$ を動作補正部 20 により計算する。

[0270] 次に、その補正テンプレートに基づいて、再度、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢情報を動作情報展開部 10 で生成することで、図 22 の (c) に示すように、鍋 3 の中心付近を小さく描くような、かき混ぜ動作を実現することができる。

[0271] 以上の動作情報展開部 10 と動作補正部 20 と情報生成部 29 と動作選択部 27 と補正方法設定部 23 と動作記憶部 15 と動作情報データベース 20 と環境情報データベース 18 と補正パラメータデータベース 19 と制御パラメータ管理部 21 の動作ステップについて、図 32 のフローチャートに基づいて説明する。

[0272] 情報生成部 29 は、動作テンプレート情報と鍋 3 又はキッチンなどの環境情報とをインターネット 28 を通じて外部のウェブサーバにある情報データベース 16 から収集し、若しくは、画像認識などにより環境情報を収集し、収集した情報を動作情報データベース 17 B と環境情報データベース 18 とに情報生成部 29 により記憶する (ステップ S20)。

[0273] 次に、先の実施形態のステップ S40 と同様に、人 4 が、かき混ぜたい動作を、人 4 がロボットアーム 5 を実際に把持してロボットアーム 5 を移動

させることで、ロボットアーム 5 にかき混ぜ動作を実行させることにより、ロボットアーム 5 の作業の一覧から、人 4 が、かき混ぜたい動作に対応するかき混ぜ作業を動作選択部 27 により選択し、選択された作業を、動作情報データベース 17B の進捗情報に現在の作業として動作選択部 27 により設定する（ステップ S21）。

[0274] 次いで、動作情報データベース 17B の進捗情報に現在の作業が設定されると、動作補正部 20 は、制御パラメータ管理部 21 へ、インピーダンス制御モードでロボットアーム 5 が動作するように動作指令を出してインピーダンス制御モードに設定し、人 4 はロボットアーム 5 を鍋 3 付近まで把持しながら誘導し（ステップ S22）、データ入力 IF26 にて、かき混ぜ作業開始の指令を補正方法設定部 23 に対して行う。

[0275] 次いで、動作情報展開部 10 は、前記選択された作業について、動作テンプレートフラグが有効か否かを判断する（ステップ S23）。もし有効でない場合には、ステップ S25 に進み、有効である場合には、ステップ S24 に進む。選択された作業が動作パラメータの場合は（ステップ S23）（具体的には、図 24 のフラグにて動作テンプレート情報が有効の場合、選択された作業が動作パラメータで示す動作で作業すると判断する場合）、ステップ S24 では、環境情報と動作パラメータとからロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と時間の情報を動作情報展開部 10 で生成する。

[0276] ステップ S25 では、動作補正部 20 の指令により、制御パラメータ管理部 21 を介して、位置制御モードで、かき混ぜ動作を制御部 22 により開始する（ステップ S25）。

[0277] 次いで、選択した動作において、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢の情報が有効である場合は、その値で、かき混ぜ作業を制御部 22 により開始する（ステップ S25）。

[0278] 次いで、補正方法を補正方法設定部 23 で設定する。具体的には、人がデータ入力 IF26 を入力して、補正方法設定部 23 で「0」から「1」に設定することにより、データ入力 IF26 及び補正方法設定部 23 を介して、

動作情報データベース 17 Bにおいて、補正有無のフラグの情報を「0」から「1」に設定して、補正を開始させるなどの設定を補正方法設定部 23で行う（ステップ S 26）。補正有りと設定された場合（補正有無のフラグが「0」から「1」に設定された場合）に、動作補正部 20は、補正方法設定部 23から出力された補正有無のフラグ「1」の情報を受けて、制御パラメータ管理部 21へ、ハイブリッドインピーダンス制御モードで動作するように指令を出して、ハイブリッドインピーダンス制御モードに設定する（ステップ S 27）。制御部 22は、制御パラメータ管理部 21からのハイブリッドインピーダンス制御モードの動作指令を受けて、入出力 IF 24を介してモータドライバ 25からモータ 43及び62に制御指令値が入力されて、ロボットアーム5がハイブリッドインピーダンス制御モードでの動作を開始する。なお、補正無しと設定された場合（補正有無のフラグが「0」のままで変更されない場合、又は、補正有無のフラグが「1」から「0」に設定された場合）には、動作補正部 20は、制御パラメータ管理部 21へ位置制御モードで動作するように指令を出して、位置制御モードに設定して、以後、ロボットアーム5を補正無しでかつ位置制御モードで動作させる。

- [0279] 次いで、補正パラメータに従って、ハイブリッドインピーダンス制御モード時のインピーダンス制御モードでの動作を拘束するために、インピーダンスパラメータの設定又はインピーダンス計算部 51で出力するロボットアーム5の手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を行う（ステップ S 28）。前記インピーダンスパラメータの設定は、前記したように、データ入力 IF 26及び補正方法設定部 23を介して動作補正部 20から制御パラメータ管理部 21へ、補正したい補正パラメータフラグを「1」にするような指令を入力する。また、インピーダンス計算部 51で出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を行うときは、制御パラメータ管理部 21からインピーダンス計算部 51に入力された、補正するパラメータに応じて、インピーダンス計算部 51から位置誤差計算部 80に出力する手先位置及び姿勢目標補正出力 $r_{d\Delta}$ の設定を変更する。

[0280] 次いで、人4がロボットアーム5を把持して、補正したい方向に力を人4がロボットアーム5に加えることで、動作補正部20が、動作情報データベース17Bの動作情報を補正する（ステップS29）。

[0281] 次いで、動作補正部20により補正された動作情報は、動作記憶部15により、動作情報データベース17Bに記憶される（ステップS30）。

[0282] 以上のように、動作テンプレート情報を有する動作情報データベース17Bと環境データベース18とを備えることにより、人4がロボットアーム5の全ての軌道を生成する必要がなくなり、効率的に作業をすることができる。さらに、補正パラメータデータベース19にて、補正する動作テンプレート情報のパラメータ種別を設定することで、かき混ぜ動作の半径などを人4がロボットアーム5を直接把持して簡単に補正することができる。

[0283] なお、前記第3実施形態で、補正パラメータは、動作テンプレート情報のパラメータを補正するとしたが、環境情報半径を補正パラメータとし、環境情報の一部のパラメータ（具体的には、鍋3の半径）を補正するように指示することで、同様の効果を得ることができる。

[0284] また、前記第3実施形態で、補正パラメータは動作テンプレート情報のパラメータ（具体的には、かき混ぜ動作の半径）を補正するとしたが、第1実施形態と同様に、かき混ぜの高さを補正するようにしても良い。

[0285] （第4実施形態）

本発明の第4実施形態における、ロボットアーム5の制御装置70の基本的な構成は、第1実施形態及び第3実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略し、異なる部分についてのみ以下、詳細に説明する。

[0286] 図33の（a）（図33の（d）は、図33の（a）を上方から見た図）に示したように、ロボットシステム1のロボットアーム5を使用して鍋3を、ジグザグに、かき混ぜる作業をする場合を例に説明する。

[0287] 図34は、ジグザグに、かき混ぜる作業を行う動作情報データベース17C（図23の動作情報データベース17Bの位置に、動作情報データベース17Bに代えて配置されている動作情報データベース17C）を示し、それ

それぞれのパラメータの定義は、第3実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0288] 動作情報展開部10は、第3実施形態の場合と同様に、動作テンプレート情報と環境情報データベース18から環境情報とを使用して、ロボットアーム5の手先位置である動作情報データベース17Cの位置と姿勢と時間とを生成する。具体的には、例えば、図34に示す動作情報データベース17Cの「作業ID」が「1」でかつ「動作ID」が「1」の場合を例にとって、以下、説明する。

[0289] 「動作ID」が「1」の場合が示す動作情報は、図27で示した32ビットの数値で示すフラグの6ビット目が「1」で、残りが全て「0」であり（動作テンプレート情報のみ有効）、「動作テンプレートID」は「1」で、「時間」は3秒である。この動作情報で実行される動作は、図26Bに示すように、ロボットアーム5が、ジグザグで、鍋3の中をかき混ぜる動作であって、この例では、1周期（図33の（g）に示す「逆V字状」の動作を1周期とする）に3秒かけてかき混ぜ動作することを示している。さらに、動作する環境情報は、第3実施形態の場合と同様に、「周辺環境」の「環境情報ID」が「1」で、かつ、「把持物体」の「環境情報ID」「4」であることから、図28Aの「環境情報ID」が「1」の「種別」は「1」で、「種別ID」は「1」であるので、図28Bの「種別ID」が「1」を参照すると、中心座標（0.1m, 0.1m, 0.1m）で半径0.2m、高さ0.3mの鍋3のような円筒形の中で作用する（すなわち、ジグザグにかき混ぜ動作する）ことを示している。さらに、「環境情報ID」が「4」の「種別」は「1」でかつ「種別ID」は「2」であるので、図28Bの「種別ID」が「2」の場合を参照すると、中心座標（0.1m, 0.1m, 0m）で半径0.01m、高さ0.2mのレードル9のような円筒形の物体を、ロボットアーム5のハンド30が把持していることを示している。

[0290] まず、動作テンプレート情報からロボットアーム5の手先位置及び姿勢情報を動作情報展開部10で生成する前に、図31Aに示すように、人4が、

かき混ぜ動作を行う鍋 3 の付近までロボットアーム 5 を直接把持して誘導する。

[0291] 次に、動作情報展開部 10 は、かき混ぜ作業開始の指令を、データ入力 I/F 26 を介して補正方法設定部 23 から受けると、環境情報データベース 18 の情報から、かき混ぜ動作のロボットアーム 5 の手先位置の z 軸成分の値を求める。具体的には、図 31B のように鍋 3 の底から少し浮いた位置で、かき混ぜ動作をさせるとし、図 31A のロボットアーム 5 の手先位置 $O_{p'}$ の z 座標を O_{pz} とし、図 31B すなわち、補正後のロボットアーム 5 の手先位置 $O_{p'}$ の z 座標を $O_{pz'}$ とし、レードル 9 と鍋 3 の高さは、それぞれ環境情報データベース 18 より h_1 (0.2 m)、鍋 3 の高さを h_2 (0.3 m) とすると、補正後のロボットアーム 5 の手先位置 $O_{p'}$ の z 座標は、 $O_{pz'} = O_{pz} - (h_1 - h_2) + \alpha$ の式により動作情報展開部 10 で計算される。なお、 α を正の値とすれば、鍋 3 の底から少し浮かした位置で、かき混ぜ動作を実現することができる。

[0292] 次に、 x 座標及び y 座標を動作情報展開部 10 で求める。具体的には、図 35A のように z 軸の座標を保持した状態で、かき混ぜる動作を実現する。図 35B は、鍋 3 を上方から見た図であり、 m (m_x , m_y) は鍋 3 の中心座標、 r は鍋 3 の内側の半径を表す。これらの情報は、上述した情報生成部 29 により環境情報データベース 18 に記憶され、具体的には、図 28B の「種別 ID」が「2」として記憶されている。座標 $C_{p1'}$ 、 $C_{p2'}$ 、 $C_{p3'}$ の順に座標 $C_{pn'}$ まで繰り返してロボットアーム 5 の手先位置を移動させていくことで、ロボットアーム 5 の手先が図 35C のようなジグザグに移動する、かき混ぜが実現できる。

[0293] 具体的には、図 35E の θ_1 は鍋 3 の中心周りの角度を表し、座標 $C_{p1'}$ の x 座標 x_1 と y 座標 y_1 は、半径 r と中心座標 m (m_x , m_y) と角度 θ_1 とを使って、 $x_1 = r \cos \theta_1 + m_x$ 、 $y_1 = r \sin \theta_1 + m_y$ で動作情報展開部 10 により求められる。座標 $C_{p2'}$ は、図 25E の座標 2 の x 座標及び y 座標のそれぞれについて、座標 1 の x 座標及び y 座標をそれぞれ動作情報展開部 10 によ

り減算した値 (d_{x1} 、 d_{x2}) を、 $C_{p1'}$ の座標に動作情報展開部 10 により加算した値とする。なお、上述の方法で動作情報展開部 10 により算出した座標 $C_{p2'}$ が図 35B の座標 $C_{p22'}$ のように鍋 3 の外に出てしまった場合には、 $x_2 = r \cos \theta_2 + m_x$ 、 $y_2 = r \sin \theta_2 + m_y$ として動作情報展開部 10 により算出する。座標 $C_{p3'}$ の x 軸及び y 軸は、図 25E の座標 3 から座標 2 を動作情報展開部 10 により減算した値を、座標 $C_{p2'}$ に動作情報展開部 10 により加算する。座標 $C_{p4'}$ は、図 25E の座標 2 から座標 3 を動作情報展開部 10 により減算した値を、 $C_{p3'}$ に動作情報展開部 10 により加算する。座標 $C_{p5'}$ は、座標 $C_{p3'}$ と同様に、座標 $C_{p5'} = (\text{座標 3} - \text{座標 2}) + C_{p4'}$ として動作情報展開部 10 により算出するとともに、座標 $C_{p6'}$ は、座標 $C_{p4'}$ と同様に、 $C_{p6'} = (\text{座標 2} - \text{座標 3}) + C_{p5'}$ として動作情報展開部 10 により算出し、順次、座標 $C_{p7'}$ 、座標 $C_{p8'}$ 、座標 $C_{p9'}$ を動作情報展開部 10 によりそれぞれ算出する。

[0294] 座標 $C_{p9'}$ のように鍋 3 の外になった時点で動作情報展開部 10 による算出処理を終了し、鍋 3 の外になった座標 $C_{p9'}$ を削除して、座標 $C_{p1'}$ 、 $C_{p2'}$ 、 $\dots$ 、 $C_{p7'}$ 、 $C_{p8'}$ 、 $C_{pn'}$ とし、z 軸の座標として上述した $O_{pz'}$ を代入することで、座標を求めることができる。時間については、図 33 の (g) に示す「逆 V 字状」の動作の 1 周期に 3 秒かかるので、例えば、座標 $C_{p3'}$ 、座標 $C_{p4'}$ 、座標 $C_{p5'}$ まだが 3 秒であるので、座標 $C_{p4'}$ 、座標 $C_{p5'}$ は、 $3/2$ 秒となる。座標 $C_{p2'}$ から座標 $C_{p3'}$ までは約 $1/2$ 周期となるので、 $3/2$ 秒となる。座標 $C_{p1'}$ から座標 $C_{p2'}$ 及び座標 $C_{p8'}$ から座標 $C_{pn'}$ は、約 $1/4$ 周期なので、 $3/4$ 秒となる。

[0295] 動作情報展開部 10 により生成した座標 $C_{p1'}$ 、 $C_{p2'}$ 、 $\dots$ 、 $C_{pn'}$ の 9 つの座標とそれぞれの時間の情報は、例えば、図 34 の動作情報データベース 17C の「作業 ID」の「4」の「動作 ID」の「1」～「9」に記憶する。その際に、動作情報データベース 17C のフラグ情報は、図 27 の位置及び姿勢のビット (0 ビット目から 5 ビット目まで) を「1」と設定し、他のビットは「0」として設定する。

[0296] さらに、補正パラメータは、「補正パラメータID」が「5」として記憶され、図29の補正パラメータのうち「動作情報フラグ」は、位置及び姿勢が補正可能なので、図27の0ビット目から5ビット目までを「1」に設定し、それ以外のビットを「0」に設定する。「環境情報フラグ」は、鍋3の半径と中心座標と高さとの情報が補正可能なので、図30の0, 1, 2ビット目と12、13ビット目をそれぞれ「1」に設定し、その他は「0」を設定する。「動作テンプレートフラグ」は図28Dのパラメータが補正可能なので、図30の0ビット目から11ビット目を「1」にそれぞれ設定し、その他は「0」を設定する。

[0297] 動作情報展開部10は、動作テンプレート情報と環境情報データベース18からの環境情報とに基づいて、ロボットアーム5の手先位置及び姿勢を算出し、図34の「作業ID」の「4」の動作情報を動作情報データベース17Cに記憶する。動作情報データベース17Cに記憶された動作情報に基づいて、動作補正部20は、位置制御モードで、かき混ぜ作業を実行するように制御パラメータ管理部21へ指令を出して制御部22でロボットアーム5を動作制御することで、位置制御モードでの、かき混ぜ動作を実行することができる。

[0298] 次に、人4が鍋3の中の具材の状況などを確認して、鍋3の中で、図33の(c) (図33の(f)は図33の(c)を上方から見た図)に示すように、もう少し鍋3の内側を中心に振幅を小さくかき混ぜる動作に変更したい場合を例にとって、かき混ぜ動作の補正について説明する。

[0299] 人4は、第1実施形態の場合と同様、補正方法設定部23にて、補正有無のフラグを「0」から「1」に変更する。動作補正部20は補正方法設定部23からの補正有無のフラグ「1」を受けて、制御パラメータ管理部21へ、後述するハイブリッドインピーダンス制御モード（位置制御モードでロボットアーム5が移動しながら、力検出部53が人4の力を検出した方向にインピーダンス制御でロボットアーム5を移動させるモード）で動作するように、指令を動作補正部20から出す。

[0300] 次いで、図 33 の (b) (図 33 の (e) は図 33 の (b) を上方から見た図) に示すように、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して、ロボットアーム 5 のハンド 30 で把持したレードル 9 で鍋 3 の中心付近を小さくかき混ぜるように鍋 3 の内側に向かって力をロボットアーム 5 に加えると、ハイブリッドインピーダンス制御モードにより、位置制御モードでロボットアーム 5 を移動させながら、インピーダンス制御モードにより、人 4 の力を力検出部 53 で検出して力を加えた方向にロボットアーム 5 を y 軸方向に移動させて、図 33 の (c) のように、かき混ぜ動作を補正することができる。

[0301] なお、この例では、かき混ぜる振幅を y 軸方向に小さく補正するために、図 25 E の座標 2 と座標 3 を補正したいので、図 29 の「補正パラメータ ID」が「4」のように、動作テンプレートフラグを図 30 の 3 ~ 8 ビット目のみを「1」にするような指令を、データ入力 IF 26 及び補正方法設定部 23 を介して動作補正部 20 から制御パラメータ管理部 21 へ出す。このようにすることで、振幅を変える場合は、この例では、x と y 軸方向にしか、インピーダンス制御でロボットアーム 5 が動作しないように設定することができる。動作補正部 20 では、人 4 の力を受けて移動したロボットアーム 5 の手先位置の情報を制御部 22 から受けて、図 25 D の動作テンプレート情報の座標 2 及び座標 3 の値を変更する。具体的には、人 4 の力を受けてロボットアーム 5 が y 軸方向に Δr 移動したとすると、座標 3 の y 座標の値から Δr を動作補正部 20 により減算し、座標 4 の y 座標の値に Δr を動作補正部 20 により加算する。次に、その補正テンプレートに基づいて、動作情報展開部 10 により、再度、ロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢情報を生成することで、図 33 の (c) (図 33 の (f)) に示すように、鍋 3 の中心付近を小さな振幅で、かき混ぜ動作することが実現できる。

[0302] 以上の動作情報展開部 10 と動作補正部 20 と情報生成部 29 と動作選択部 27 と補正方法設定部 23 と動作記憶部 15 と動作情報データベース 20 と環境情報データベース 18 と補正パラメータデータベース 19 と制御パラメータ管理部 21 との動作ステップについては、第 3 実施形態の場合と同様

であるので、省略する。

[0303] 以上のように、動作テンプレート情報と環境データベース 18 とを備えることにより、人 4 がロボットアーム 5 の全ての軌道を生成する必要がなくなり、効率的に作業をすることができる。さらに、補正パラメータデータベース 19 にて、補正する動作テンプレート情報のパラメータ種別を設定することで、かき混ぜ動作の半径などを人 4 がロボットアーム 5 を直接把持して簡単に補正することができる。

[0304] また、第 1 実施形態で説明した動作選択部 27 により、例えば、図 33 の (g) に示す「逆 V 字状」のような動きを、人 4 がロボットアーム 5 を直接把持してロボットアーム 5 に動作させることで、ジグザグに、かき混ぜる作業を選択することができる。

[0305] (第 5 実施形態)

本発明の第 5 実施形態における、ロボットアーム 5 の制御装置 70 の基本的な構成は、第 1 実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略し、異なる部分についてのみ以下、詳細に説明する。

[0306] 図 36 は、ロボットシステム 1 を構成する、制御対象であるロボットアーム 5 と、ロボットアーム 5 の制御装置 70 との詳細構成を示す図である。ロボットアーム 5 の制御装置 70 は、図 36 に詳細構成を示すように、制御装置本体部 11 と、ロボットアーム 5 の動作を生成する動作生成装置 12 と、周辺装置 14 とを備えている第 3 実施形態にかかる図 23 のロボットアーム 5 の制御装置 70 において、ロボットアーム 5 と周辺装置 14 と制御装置本体部 11 と動作選択部 27 と補正方法設定部 23 とは、第 3 実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0307] 図 37 は、動作情報データベース 17D と周辺機器情報データベースの一例として機能する調理機器情報データベース 63 の一例を示す。動作情報データベース 17D は、第 1 実施形態の場合と同様であるので、その説明は省略する。

[0308] 調理機器情報データベース 63 は、調理装置 6 の状況に関する情報（調理

機器情報）が記憶されている。具体的には、「調理機器情報」は、動作ＩＤ番号に相当する動作にて、作動している調理装置６を識別するＩＤである「機器ＩＤ」（機器である調理装置６に関する情報を識別するために用いられる符号）と、調理装置６の動作状態を示す「制御ＩＤ」（調理装置６の動作制御に関する情報を識別するために用いられる符号）に関する情報とを備えて構成されている。例えば、図３７に示す「機器ＩＤ」の「１」が調理装置６の一例としてのＩＨクッキングヒータを示し、「制御ＩＤ」の「１００１」が動作状態の一例としての「強火で加熱」であり、「制御ＩＤ」の「１００２」が動作状態の他の例としての「中火で加熱」であり、「制御ＩＤ」の「１００３」が動作状態のさらに他の例としての「弱火で加熱」であることを示し、後述する情報生成部２９により、対応する指令を生成する。

[0309] ２９は情報生成部であり、情報生成部２９は、ロボットアーム５の周辺に存在している他の周辺機器、例えば、電子レンジ又はＩＨクッキングヒータなどの調理装置６の調理時間又は火加減などの調理機器情報を収集し、調理機器情報データベース６３に記憶する。なお、調理機器情報は、情報生成部２９により、インターネット２８を通じて外部のウェブサーバにある情報データベース１６から収集しても良い。

[0310] 調理装置６は、図３６に示すように、入出力部６５と制御部６６と動作部６７とを備えるよう構成されている。入出力部６５は、ロボットシステム１との入出力インタフェースであり、動作補正部２０及び情報生成部２９と接続されて、調理装置６の状態に関する情報の入出力を行う。制御部６６は、入出力部６５の調理装置６の状態に応じて、調理装置６の制御を行い、動作部６７にて、実際に調理装置６を動作させる。具体的には、図１に示すＩＨクッキングヒータ６の場合では、ロボットシステム１から火加減情報を指示し、制御部６６にて入力された火加減となるように制御し、動作部６７にてその火加減で動作させる。さらに、人４が手動で火加減を変更した場合には、その火加減情報を入出力部６５によりロボットシステム１に送信する。

[0311] 動作補正部２０は、第１実施形態の場合と同様に、動作情報データベース

１７Ｄの位置と姿勢と時間とで、後述する位置制御モードでロボットアーム５の動作中に、人４が力をロボットアーム５に加えることで動作情報データベース１７Ｄの動作情報を補正する。さらに、補正が開始されたタイミングで、そのとき動作している「動作ＩＤ」に相当する周辺機器の一例としての調理装置６の「機器ＩＤ」の機器に対して、現在の「制御ＩＤ」を動作補正部２０が取得する。よって、動作補正部２０は、周辺機器に関する情報である周辺機器情報を取得する周辺機器情報取得部の一例としても機能することができる。具体的には、例えば、「機器ＩＤ」が「１」の場合はＩＨクッキングヒータ６であるため、ＩＨクッキングヒータ６の入出力部６５から、ＩＨクッキングヒータ６の現在の火加減の情報を動作補正部２０が取得する。動作補正部２０が取得した「制御ＩＤ」が「１００１」（強めに加熱）の場合は、「制御ＩＤ」を「１００１」（強めに加熱）から「１００３」（弱めに加熱）に変更して、変更された「制御ＩＤ」の情報を、動作補正部２０から調理装置６の入出力部６５へ送信する。調理装置６では、入力された火加減で（すなわち、この例では、弱めに加熱した状態で）かき混ぜ動作するよう変更する。さらに、かき混ぜ動作の補正が終了したタイミング（補正方法設定部２３で補正有無が設定され、補正の開始（補正有り）は「１」に設定されるのに対して、補正の終了（補正なし）は「０」と設定される場合、補正の終了（補正なし）を意味する「０」が設定されたタイミング又は時間）で、元の火加減１００１に戻すよう設定する。

[0312] これにより、かき混ぜ動作の補正を行っている最中は、例えばＩＨクッキングヒータ６の場合に、火加減を弱めにする事で、具材の焦げなどを防止することができる。

[0313] なお、既に補正時に１００３（弱めに加熱）となっており、これ以上弱めに変更できない場合は、火加減の変更はしない。

[0314] （第６実施形態）

本発明の第６実施形態における、ロボットアーム５の制御装置７０の基本的な構成は、第１実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略

し、異なる部分についてののみ以下、詳細に説明する。なお、以下の説明では、第 1 実施形態との比較で説明するが、この第 6 実施形態は、第 2 ～ 5 実施形態にもそれぞれ適用可能である。

[0315] 補正方法設定部 23 が、第 1 実施形態では、動作情報データベース 17 に記憶されている、補正をするかしないかの補正有無のフラグを設定することについて説明したが、動作情報データベース 17 に記憶可能な、その他の設定について、以下、詳細に説明する。

[0316] 第 1 実施形態では、補正有無のフラグをデータ入力 IF 26 で切り替えるよう説明したが、別の方法について説明する。

[0317] 第 1 実施形態と同様に、ロボットアーム 5 が位置制御モードで、かき混ぜ動作を実行している最中に、人 4 がロボットアーム 5 を把持して補正したい方向に力を加える。図 38A のように、人 4 がロボットアーム 5 に加えた力が、ある閾値（図 38A の「 t_1 」参照）以上であり、その状態がある一定時間（図 38A の「time 1」参照）以上続いたと補正方法設定部 23 が判断した場合に、補正方法設定部 23 により、動作情報データベース 17 に記憶されている補正有無のフラグを「0」から「1」に切り替えて、補正が可能な状態とする。なお、このとき、制御部 22（力検出部 53）から、制御パラメータ管理部 21 と動作補正部 20 とを経て、動作方法設定部 23 に、順に、力情報が送信される。

[0318] 逆に、加えた力が閾値より小さくなったと補正方法設定部 23 が判断した場合には、補正方法設定部 23 により、動作情報データベース 17 に記憶されている補正有無のフラグを「1」から「0」に切り替えて、補正不可能な状態とする。

[0319] また、図 38B のように、瞬時に強い力がかかったと補正方法設定部 23 が判断した場合は、加えた力は閾値（図 38B の「 t_1 」参照）以上になっているが、力を加えている時間が短いと補正方法設定部 23 が判断した場合（図 38B の「time 2」参照）は、補正方法設定部 23 により補正不可能とする。これは、衝突など瞬時に大きな力がロボットアーム 5 にかかった場

合に、ロボットアーム 5 の動作を誤って補正することを防ぐことができる。

[0320] 以上により、ボタンなどのデータ入力 I F 2 6 を使わずに、補正方法設定部 2 3 により、補正の有無を切り替えることができる。

[0321] さらに、何らかの補正が動作補正部 2 0 で行われた後に、人 4 がデータ入力 I F 2 6 により、補正有無のフラグを「1」から「0」に戻した場合、若しくは、人 4 の力が、ある閾値より小さくなったと補正方法設定部 2 3 により判断した場合に、補正が終わったと補正方法設定部 2 3 により判断して、補正が終わった際に、補正した動きで動作するか、補正前の動作をするかの補正後の動作情報を設定するモードを、さらに、動作情報データベース 1 7 に記憶してもよい。図 3 9 のモードの第 2 欄に示す「補正後に補正した動作か元の動作か」のフラグに、補正後に「補正した動作」とする場合は「1」と設定し、補正後に「元の動作」に戻す場合は「0」を設定し、動作情報データベース 1 7 に記憶する。この設定により、例えば、動作情報データベース 1 7 に記憶されている「補正後に補正した動作か元の動作か」のフラグを「0」と設定しておく、と、人 4 がロボットアーム 5 に手を加えた際にのみ、ロボットアーム 5 の動作を補正し、人 4 が手をロボットアーム 5 から離した場合は、ロボットアーム 5 を元の動作に動作補正部 2 0 により戻すことができる。言い換えれば、人 4 がロボットアーム 5 に手を加えている間のみ、別の動作を行なわせることができる。

[0322] さらに、別の例として、何らかの補正が動作補正部 2 0 で行われた後に、補正後の動作でロボットアーム 5 を動作させる場合において、元の動作の代わりに、補正した動作でロボットアーム 5 を動作させるか（上書きモード）、元の動作と、補正した動作とを交互にロボットアーム 5 で動作させるか（挿入モード）を設定して動作情報データベース 1 7 に記憶することもできる。図 3 9 のモードの第 3 欄に示す「上書きか挿入か」のフラグに、「上書きモード」の場合は「1」として設定し、「挿入モード」の場合は「0」として設定し動作情報データベース 1 7 に記憶する。この設定により、例えば、動作情報データベース 1 7 に記憶されている「上書きか挿入か」のフラグが

「0」に設定された場合には、補正前の動作と補正後の動作を交互に動作させることができる。

[0323] さらに、動作情報データベース17で動作中に、動作補正部20で補正している最中に、ロボットアーム5の動作が速すぎる場合には人4がロボットアーム5を直接把持しにくいことから、ある速度以上でロボットアーム5が動作していて、人4がロボットアーム5に力を加えて補正する場合、若しくは、「補正有無」のフラグで「1」を設定した場合（補正有りの場合）に、ロボットアーム5の速度を、ある閾値以下に低速にするか、低速にしないかの動作速度の動作情報を設定し、動作情報データベース17に記憶することができる。図39のモードの第4欄の「低速にするかしないか」のフラグで、「低速にする」場合は「1」と設定し、「低速にしない」場合は「0」を設定し、動作情報データベース17に記憶する。この設定により、ロボットアーム5の動作が速すぎて人4がロボットアーム5を把持できない場合は、動作情報データベース17に記憶されている「低速にするかしないか」のフラグが「1」に設定された場合、ロボットアーム5の動作を低速にすることができて、ロボットアーム5を人4が安全に把持してロボットアーム5の動作を補正することができる。

[0324] なお、それぞれの設定は、データ入力IF26により人4が動作情報データベース17に対して前記したように設定しても良いし、システム出荷時にあらかじめ製造メーカなどが動作情報データベース17に対して前記したように設定しておいても良い。

[0325] 第1実施形態又は第3実施形態のように、人4の力を受けて、ロボットアーム5が動作をする際に、動作補正部20は、補正方法設定部23から出力された補正有無のフラグ「1」を受けて、制御パラメータ管理部21へハイブリッドインピーダンス制御モード（位置制御モードでロボットアーム5が移動しながら、人4の力を検出した方向にインピーダンス制御でロボットアーム5を移動させるモード）でロボットアーム5が動作するように指令を出す。その際に、動作情報データベース17に記憶されている「低速にするか

しないか」のフラグが「1」に補正方法設定部23で設定されている場合には、動作補正部20は、ハイブリッドインピーダンス制御モードでの位置制御時でのロボットアーム5の動作を低速にするために、動作情報データベース17の「時間」の値を大きく（例えば2倍の値とするなど）設定した動作情報を制御パラメータ管理部21へ指令を出す。これにより、位置制御時での動作の速度は低速に変更される。

[0326] 以上の設定後、第1実施形態又は第3実施形態のように、人4がロボットアーム5を直接把持して、ロボットアーム5の動作の変更を行う。

[0327] 次に、補正方法設定部23の、ロボットアーム5の動作の補正後に、補正した動作に変更するか、元の動作に戻すかの設定で、元に動作に戻すと設定されている場合（「補正後に補正した動作か元の動作か」のフラグが「0」の場合）は、補正が終わった際に（補正有無のフラグが「0」に戻った際に）、第1実施形態の場合に、補正する z 成分の差分値である Δz 分（ z 軸方向の補正值）を、動作補正部20により、動作情報の全ての z 座標の値に加算して、動作記憶部15により、動作情報データベース17の動作情報に記憶する。補正した動作に変更する場合（「補正後に補正した動作か元の動作か」のフラグが「1」の場合）は、さらに補正方法設定部23の、上書きモード（「上書きか挿入か」のフラグが「1」の場合）の場合は、動作情報の全ての z 座標の値から Δz 分だけ動作補正部20により減算した動作情報を、動作記憶部15により、動作情報データベース17に記憶する。具体的には図3の「作業ID」が「3」の全ての行について、ロボットアーム5の手先位置の z 座標を Δz 分だけ動作補正部20により減算して、動作記憶部15により、動作情報データベース17に記憶する。挿入モード（「上書きか挿入か」のフラグが「0」の場合）の場合は、動作記憶部15で、動作情報データベース17の動作情報のうちの、元の動作（例えば、図3の「作業ID」が「3」の8行の動作）の後ろの行に、元の動作のそれぞれの位置のうちの z 座標を Δz だけ動作補正部20により減算した値を8行だけ追加する。なお、挿入モードの場合は、元の動作の後に、補正した動作を挿入するため

、元の動作と、補正した動作の繋ぎ目の時間が短い場合には、動作が急に切り替わることがある。その場合に、動作補正部 20 により、切り替わりの動作の時間を大きくすることで、低速で切り替えることが可能になる。さらに、動作補正部 20 により、切り替わりの「動作 ID」が示す動作情報と同じ動作を 1 行だけ直後にコピーして、切り替わり時に、そのような動作を挿入しておくことで、その位置情報で停止する動作を挿入することができ、急な切り替わりを防ぐことができる。

[0328] 以上より、人 4 がロボットアーム 5 に加えた力の状態により、ロボットアーム 5 の動作の補正の有無を切り替えることで、ボタンなどを使わずに、ロボットアーム 5 の動作を簡単に補正することができ、さらに、ロボットアーム 5 と、人 4 又は他の物体との衝突などの際には、ロボットアーム 5 の動作を誤って補正しないようにすることができようになる。さらに、補正後の動作を、上書きするか又は挿入するかを設定することで、補正後の動作のみをするのか、又は、補正前と補正後の動作を組み合わせ、ロボットアーム 5 に動作させるのかを切り替えることができるようになる。さらに、補正中のロボットアーム 5 の動作を低速にすると設定していた場合には、ロボットアーム 5 の動作が速すぎて人 4 がロボットアーム 5 を把持できない場合は、ロボットアーム 5 の動作を低速にすることで、ロボットアーム 5 を人 4 が安全に把持してロボットアーム 5 の動作を補正することができる。

[0329] (第 7 実施形態)

本発明の第 7 実施形態における、ロボットアーム 5 の制御装置 70 の基本的な構成は、第 1 実施形態の場合と同様であるので、共通部分の説明は省略し、異なる部分についてのみ以下、詳細に説明する。

この第 7 実施形態において、図 40 に示すように、セル生産の工場でテレビ又は DVD レコーダなどの電気機器に、ネジ 73 を取り付けの場合を例にとって説明する。

[0330] 図 40 に示したように、ロボットシステム 1 のロボットアーム 5 は、例えば工場内の作業台テーブルなどの作業台 7 の壁面 7a に設置され、ロボット

アーム５の基端が、壁面７aに固定されたレール８に、移動可能に支持され、レール８上をロボットアーム５がレール８沿いの横方向例えば水平方向に、人４の力により、移動可能とする。

[0331] 前記ロボットシステム１は、工場内で、ロボットアーム５と人４とが協働して行う作業、例えば、テレビ又はＤＶＤレコーダへのネジ７３の取り付け作業をロボットアーム５を使用して行う、作業ロボットシステムである。

[0332] 第１実施形態と同様に、まず、人４がロボットシステム１のロボットアーム５を直接把持又は押すことにより、人４がロボットアーム５に力を加える。そして、人４からロボットアーム５に加えられた力により、ロボットシステム１のロボットアーム５をレール８に沿って移動させることで、器具７１（この例では、ネジを取り付けるテレビ又はＤＶＤレコーダの電気機器を示す）の付近までロボットアーム５を誘導するように移動させる。

[0333] 次に、人４が、ロボットシステム１のロボットアーム５の手先すなわち先端のハンド３０に、ネジ７３を電気機器に取り付けるための工具、例えば、電動ドライバー器具７２を取り付ける。電動ドライバー器具７２の動作は、制御パラメータ管理部２１により自動的に制御される。

[0334] 次に、セル生産の作業台などの側面などに配置されている、ロボットシステム１の操作盤１３のボタン１３aを、人４が押すなどしてデータ入力ＩＦ２６を使用することにより、ロボットアーム５が作動し、予め選択された作業、すなわち、ネジ７３をネジ入れ７５から取り出し、器具７１のネジ穴７１aにネジ７３を取り付ける作業を開始させる。以下、一例として、まず、ロボットアーム５により、ネジ７３の取り付け作業を行う場合について説明する。

[0335] 次に、ロボットアーム５が、ハンド３０で把持した電動ドライバー７２によりネジ７３の取り付け作業を行っているときに、人４がネジ７３の取り付け状態を確認し、人４がロボットアーム５に力を加えて、ネジ７３の締め付け方、又は、ネジ７３の位置の調整などの動作を行わせることにより、動作記憶部１５により動作情報データベース１７に記憶された情報を利用して、

後述する動作選択部 27 で最適なネジ 73 の取り付け作業を選択させ、後述する表示部 2 に表示された補正手順に従って、人 4 が、ロボットシステム 1 のロボットアーム 5 を直接把持又は押すことにより、補正したい方向に力をロボットアーム 5 に加えて、ロボットシステム 1 のロボットアーム 5 の動作を補正する。

[0336] レール 8 は、作業台 7 の壁面 7a に配置したが、壁面の無い作業台の場合は、第 1 実施形態と同様に天井面又は作業台の天板側面など作業をするのに適した場所に設置することができる。

[0337] さらに、操作盤 13 は、作業台 7 の側面に固定したが、操作盤 13 に代えて、遠隔操作が可能なりモコンでも良い。

[0338] 図 41 は、ロボットシステム 1 を構成する、制御対象であるロボットアーム 5 と、ロボットアーム 5 の制御装置 70 との詳細構成を示す図である。

[0339] ロボットアーム 5 の制御装置 70 は、図 41 に詳細構成を示すように、制御装置本体部 11 と、ロボットアーム 5 の動作を生成する動作生成装置 12 と、周辺装置 14 と、ネジ位置検出部とを備えている。図 41 において、ロボットアーム 5 と周辺装置 14 と制御装置本体部 11 と動作選択部 27 と補正方法設定部 23 は、第 1 実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0340] 図 42 に示す動作情報データベース 17E は、第 1 実施形態の動作情報データベース 17 又は第 2 実施形態の動作情報データベース 17A に相当する動作情報データベースであって、ロボットアーム 5 の、ある時間における位置及び姿勢など動作に関する情報であって、かつ、後述する情報生成部 29 で生成した情報が、動作情報データベース 17E に記憶される。

[0341] さらに、環境情報データベース 18A は、ロボットアーム 5 と人 4 とが協働して作業を行うときのロボットアーム 5 の環境に関する情報であって、例えば、電動ドライバーなどの器具 72 又は電気機器などの器具 71、ネジ 73 などロボットアーム 5 が動作する際に必要となる道具などの部材に関する情報が記憶されており、後述する情報生成部 29 で環境情報を生成し、情報

生成部 29 により環境情報データベース 18 に記憶される。

[0342] 補正パラメータデータベース 19A は、後述する動作補正部 20 で動作情報データベース 17E の動作情報を補正する際の補正すべきパラメータの種別に関する情報であり、情報生成部 29 で生成され、補正パラメータデータベース 19 に情報生成部 29 で記憶される。

[0343] 次に、動作情報データベース 17E の詳細について説明する。

[0344] 動作情報データベース 17E は、例えば、図 42 に示したロボットアーム 5 の動作に関する情報で、「作業 ID」と、「動作 ID」と、「位置姿勢」と、「力」と、「フラグ」と、「ハンド」と、「時間」と、「補正パラメータフラグ」と、「進捗情報」とは、第 1 実施形態及び第 2 実施形態の場合とそれぞれ同様であるので、それらの説明は省略する。

[0345] 図 42 の動作情報データベース 17E の「環境情報 ID」（環境情報を識別するために用いられる符号）は、2 種類の「環境情報 ID」より構成されている。そのうちの 1 つ目の「環境情報 ID」が表す「周辺環境」に関する情報は、ロボットアーム 5 が作用する周辺環境に関する情報であり、例えば、ロボットアーム 5 が、ネジ 73 の取り付け作業をしている場合は、器具 71 又は器具 71 のネジ穴 71a の位置及び大きさなどの情報を表す。2 つ目の「環境情報 ID」が表す「把持物体」に関する情報は、ロボットアーム 5 が把持している物体に関する情報で、例えば、ロボットアーム 5 が、ネジ 73 の取り付け作業をしている場合は、ロボットアーム 5 が把持している電動ドライバー 72 などの動作情報を表す。それぞれの「環境情報 ID」は、後述する図 43A に示す「環境情報 ID」のうちのいずれかの値であり、どの環境下で動作するかを表す情報である。

[0346] 環境情報データベース 18 は、例えば、図 43A に示したロボットアーム 5 の動作環境に関する情報で、環境を識別する環境情報 ID 番号を表す「環境情報 ID」と、その環境情報の種別を表す「種別」と、それぞれの種別を識別するための「種別 ID」とを備えるように構成されている。環境情報の「種別」に応じて、それぞれ、図 43B と図 43D と図 43F とに示す情報

から構成されている。すなわち、図 4 3 A の環境情報の「種別」が「1」の場合は、図 4 3 B の表を参照し、図 4 3 A の環境情報の「種別」が「2」の場合は、図 4 3 D の表を参照し、図 4 3 A の環境情報の「種別」が「3」の場合は、図 4 3 F の表を参照する。例えば、図 4 3 A の環境情報の「種別」が「1」でかつ「種別 I D」が「1」の場合は、図 4 3 B の表の「種別 I D」が「1」の場合に対応し、その一致した値（中心座標 c_1 、半径 r_1 、高さ h_1 、中心座標 c_2 、半径 r_2 、高さ h_2 ）をその「環境情報 I D」の環境情報とする。

[0347] 例えば、図 4 3 B は、図 4 3 C のような物体を表す情報であり、この情報により、ネジ 7 3 又は電動ドライバー 7 2 など近似的に表すことができる。

[0348] 図 4 3 A の環境情報の「種別」が「2」でかつ「種別 I D」が「1」の場合は、図 4 3 D の表の「種別 I D」が「1」の場合に対応し、その一致した値（座標 1、座標 2、座標 3、高さ）をその「環境情報 I D」の環境情報とする。図 4 3 E のような直方体を表す情報で、この情報により、作業台 7 上の TV 又は DVD レコーダなどの電気機器 7 1、又は、ネジ 7 3 が格納されているネジ入れ 7 5、又は、作業台 7 など近似的に表すことができる。具体的には、直方体の上面は、上面の、ある 1 点の座標（図 4 3 E では上面の 1 つの隅部の「座標 2」）と、その座標（図 4 3 E では上面の 1 つの隅部の「座標 2」）と隣合う 2 点の座標（図 4 3 E では上面の前記隅部「座標 2」と隣合う 2 つの隅部の「座標 1」と「座標 3」）とで表され、その上面と直交する方向の高さの情報とをさらに備えて構成されている。図 4 3 A の環境情報の「種別」が「3」でかつ「種別 I D」が「1」の場合は、図 4 3 F の「種別 I D」が「1」の場合に対応し、その一致した値（中心座標、半径）をその「環境情報 I D」の環境情報とする。図 4 3 F は、図 4 3 G のような円に関する情報であり、この情報により、例えば TV 又は DVD レコーダ上部のネジ穴 7 1 a など近似的に表す事ができる。具体的には、円の中心座標と半径の情報から構成される。

- [0349] 図 4 1 に戻って、29 は情報生成部である。情報生成部 29 は、後述する外部（インターネット 28 など）からの入力情報とデータ入力 I F 26 からの入力情報と制御パラメータ管理部 21 からの入力情報とに基づき、動作情報データベース 17 E の動作情報と環境情報データベース 18 A の環境情報と補正パラメータデータベース 19 A の補正パラメータとを生成して、動作情報データベース 17 E と環境情報データベース 18 A と補正パラメータデータベース 19 A にそれぞれ出力する。
- [0350] 環境情報データベース 18 A は、例えば、ネジ 73 と、電動ドライバー 72 と、TV 又は DVD レコーダなどの電気機器 71 と、作業する作業台 7 となどに R F I D タグをそれぞれ付け、それらの物体の位置を、タグ検出器でそれぞれ検出する。さらに、情報生成部 29 により、インターネット 28 を通じて外部のウェブサーバにある情報データベース 16 から物体の寸法情報を収集し、環境情報データベース 18 A に記憶する。
- [0351] なお、情報生成部 29 の別の例として、カメラなどの画像撮像装置で環境を撮影し、得られた画像データと、あらかじめ記憶された物体の画像との間でモデルマッチング処理を行い、物体の寸法又は物体の位置を抽出して、環境情報データベース 18 A に記憶するようにしても良い。
- [0352] さらに、情報生成部 29 の別の例として、超音波タグシステムを使用して、物体に超音波発信機を設置し、超音波発信機が発する超音波を、天井などに備えられた複数の超音波受信機にて受信し、超音波の到達時間差から超音波発信機の 3 次元位置（3 次元位置座標の値）を算出して、環境情報データベース 18 A に記憶するようにしても良い。
- [0353] 動作情報データベース 17 E のロボットアーム 5 の手先位置及び姿勢に関する情報は、後述する動作情報展開部 10 により、環境情報データベース 18 に基づいて生成した後、ロボットアーム 5 の手先位置と姿勢と時間との情報を作成して、動作情報データベース 17 E に記憶する。
- [0354] 動作情報展開部 10 は、環境情報データベース 18 A から、ロボットアーム 5 の手先位置である動作情報データベース 17 E の位置と姿勢と時間の動

作情報を生成する。具体的には、図40のネジ入れ75からネジ73を取り出し、電気機器71上のネジ穴71aまで移動して、ネジ73をネジ穴71aに対して、上部から押し付ける軌跡を生成する。生成した軌跡（位置と姿勢）は時間とともに、動作情報データベース17Eに記憶する。

[0355] 次に、人4がネジ73の取り付け作業の状況などを確認して、もう少し強めに締め付けるように、動作の補正を行う場合について説明する。

[0356] 人4は第2実施形態の場合と同様に、データ入力IF26を使用して補正方法設定部23にて、補正有無のフラグを「0」から「1」に変更し、さらに、補正パラメータのz軸方向の力のみを補正をするために、図16の補正パラメータの8ビット目のみを「1」にする制御指令を、補正方法設定部23から動作補正部20を介して制御パラメータ管理部21へ出す。制御パラメータ管理部21は、補正パラメータの6～11ビット目（力成分）のうちのいずれかが「1」であるときは、第2実施形態と同様に、高剛性位置制御モードで動作するような制御指令を、制御部22へ出す。

[0357] この制御部22への指令時に、高剛性位置制御モードでは、方向別に位置制御時の高剛性を設定することができるため、z軸方向のみ高剛性位置制御モードでロボットアーム5が動作し、その他の方向は通常の位置制御モードでロボットアーム5が動作するような制御指令を、制御パラメータ管理部21から制御部22へ出す。そして、制御部22は、前記制御指令に基づき、ロボットアーム5で把持している電動ドライバー72でネジ穴71aにネジ73を押し付けながら、ネジ73の取り付け作業を制御する。

[0358] 制御部22の力検出部53で検出された力を、制御パラメータ管理部21を介して動作補正部20に通知する。そして、動作補正部20は、動作情報データベース17Aのz軸方向の力を、動作補正部20に通知された力に置き換えて、動作記憶部15で動作情報データベース17Eに記憶して、記憶された情報に基づいてロボットアーム5を動作させることで、強めにネジ73の取り付け作業するように、ロボットアーム5の動作を補正することができる。

- [0359] このようにしてロボットアーム５がネジ７３の取り付け作業を行う場合で、かつ、ロボットアーム５が、ネジ７３を強めに締め付けるような動作をする場合に、人４がロボットアーム５を直接把持して、ネジ穴７１aに向かって下方に、ネジ７３の取り付け作業をしているロボットアーム５に人４が加えたい力を、人４がロボットアーム５に加える。
- [0360] なお、リサイクル工場でテレビ又はエアコンなどのネジを取り外す場合も同様に適応可能である。また、ネジを緩めに締め付ける場合は、弱めに力を加えることで、同様に補正することができる。さらに、情報生成部２９で環境情報データベース１７Eを生成する際に、各々の環境情報の検出精度が悪いために、ロボットアーム５がネジ穴とは異なる場所でネジを締めつけるような誤動作、又は、ロボットアーム５の先端がネジ入れ７５に衝突して、ロボットアーム５が停止してしまうような場合において、第１実施形態と同様に、ロボットアーム５の手先位置を人４が補正することで、簡単に誤操作を回避することが可能となる。
- [0361] なお、前記第３実施形態などでは、作業手順情報は、インターネット２８を通じて収集するとしたが、ＳＤカードなどのメモリ又はＤＶＤなどのメディアから情報生成部２９により収集しても良い。
- [0362] さらに、前記各実施形態ではロボットアーム５を例に説明したが、本発明は、アームに限らず、車輪により動く移動ロボット、又は、２足歩行ロボット、多足歩行ロボットなどにも適用することができ、移動ロボットなどと人間との接触に関して同様の効果を発揮する。
- [0363] なお、各実施形態において、動作選択部２７と動作記憶部１５と動作補正部２０と補正方法設定部２３と制御パラメータ管理部２１と制御部２２と情報生成部２９と動作情報展開部１０となどのそれぞれ、又は、そのうちの任意の一部は、それ自体がソフトウェアで構成することができる。よって、例えば、本願明細書のそれぞれの実施形態の制御動作を構成するステップを有するコンピュータプログラムとして、記憶装置（ハードディスク等）などの記録媒体に読み取り可能に記憶させ、そのコンピュータプログラムをコンピ

ュータの一時記憶装置（半導体メモリ等）に読み込んでCPUを用いて実行することにより、前記した各ステップを実行することができる。

[0364] また、ISO 10218-1にて、人とロボットが安全に協調して動作する際には、速度又は力、パワーなどの制限が規格化されている。本実施の形態においても、速度又は力、パワーを規格に準拠して、それらを制限するような制限部を設けても良い。

[0365] さらに、各実施形態では、力検出部を使って、人が加えた力を検出することで、ロボットアーム5を操作したが、接触センサで人が加えた力を検出したり、カメラなどを使って、人の手先位置を検出することで、人が操作した操作軌跡を得て、補正しても良い。

[0366] また、各実施形態では、人が直接ロボットアームを把持して操作したが、例えばティーチングペンダントなどのリモコン、又は遠隔教示のための操作ロボットアーム等を使って操作をしても良い。

[0367] さらに、前記様々な実施形態のうちの任意の実施形態を適宜組み合わせることにより、それぞれの有する効果を奏するようにすることができる。

産業上の利用可能性

[0368] 本発明は、産業用ロボット又は家庭用ロボットなど人とロボットが協働して作業を行う際のロボットアームの動作の制御を行なう、ロボットアームの制御装置及び制御方法、ロボット、ロボットアームの制御プログラム、及びロボットアーム制御用集積電子回路として有用である。また、家庭用ロボットに限らず、産業用ロボット、リサイクル工場での解体を行う産業用ロボット、セル生産を行っている工場で稼動するロボット、生産設備等における可動機構のロボットアームの制御装置及び制御方法、ロボットアームの制御装置を有するロボット、及びロボットアームの制御プログラムとしても適用が可能である。

[0369] 本発明は、添付図面を参照しながら好ましい実施形態に関連して十分に記載されているが、この技術の熟練した人々にとっては種々の変形又は修正は明白である。そのような変形や修正は、添付した請求の範囲による本発明の

範囲から外れない限りにおいて、その中に含まれると理解されるべきである

。

請求の範囲

- [1] ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御装置であって、
 前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度との中の少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度との中の少なくとも1つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、
 前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、
 前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、
 前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するロボットアームの制御装置。
- [2] ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御装置であって、
 前記動作に対応する、前記ロボットアームが対象物に加える力の時系列の動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームが加える力に関する補正動作情報を取得する情報取得部と、
 前記動作情報の力で対象物を押し付けながら制御する力制御部と、
 前記力制御部で制御している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、
 前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するロボットアームの制御装置。
- [3] 前記ロボットアームに加えられた前記人の力を検出する力検出部をさらに

備えて、前記情報取得部は、前記力検出部で検出された前記人の力に応じて前記補正動作情報を取得する請求項 1 又は請求項 2 に記載のロボットアームの制御装置。

- [4] 前記情報取得部で取得した前記動作情報は、前記ロボットアームの前記動作を生成するための幾何学的な動作のテンプレート情報を含み、

前記ロボットアームが動作する環境に関する環境情報を取得する環境情報取得部と、

前記環境情報に基づいて、前記動作情報に含まれた前記動作のテンプレート情報から、前記ロボットアームの前記動作情報を生成する動作情報展開部とを備え、

さらに、前記情報取得部は、前記動作情報展開部で展開された前記動作情報で前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での前記補正動作情報に応じて、前記動作の前記テンプレート情報を補正し、さらに前記動作補正部で補正された前記テンプレート情報を前記動作情報展開部で生成された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御する請求項 1 又は 3 に記載のロボットアームの制御装置。

- [5] 前記動作補正部による前記動作情報の補正の方法を設定する補正方法設定部をさらに備えて、

前記補正方法設定部により設定された補正の方法に従って、前記動作補正部により前記動作情報を補正する請求項 1 又は 2 に記載のロボットアームの制御装置。

- [6] 前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正するか補正しないかを示す補正有無の情報を設定し、

前記動作補正部が前記補正方法設定部で設定した前記補正有無の情報を参照して、前記動作情報の前記補正有無の情報が補正することを示しているときは、前記動作補正部により前記動作情報を補正する一方、前記補正方法設定部で設定した前記補正有無の情報が補正しないことを示しているときは、

前記動作情報を補正しない請求項5に記載のロボットアームの制御装置。

- [7] 前記補正方法設定部は、前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなった場合に、前記補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかの補正の方法を設定し、前記動作補正部が前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなった場合に、前記補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記動作補正部にて補正した後に、前記力検出部により検出された前記人の力が閾値より小さくなったとき、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する請求項5に記載のロボットアームの制御装置。

- [8] 前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正すると設定して、前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定した場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかの補正の方法を設定し、前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作情報を補正すると設定して、前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定した場合に、補正した動作で動作するか、若しくは、前記補正する前の動作に戻すかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記前記動作補正部にて補正した後に、前記動作情報を補正しないと設定したとき、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する請求項6に記載のロボットアームの制御装置。

- [9] 前記補正方法設定部は、前記動作補正部にて補正した後の動作を、補正す

る前の動作に上書きして動作するか、挿入して動作するかを補正の方法を設定し、前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記動作補正部にて補正した後の動作を、補正する前の動作に上書きして動作するか、挿入して動作するかを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御して前記動作補正部にて補正した後に、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する請求項5に記載のロボットアームの制御装置。

- [10] 前記補正方法設定部で前記補正の方法において、前記動作補正部にて補正した後の動作を上書きして動作するよう設定されている場合に、

前記動作補正部は、補正後の前記動作情報を補正前の前記動作情報に挿入する際に、補正前と補正後の動作のつなぎ目部分において、補正後の動作のつなぎ目部分を、前記つなぎ目部分以外の部分よりも、より低速もしくは停止するように動作を補正する請求項9に記載のロボットアームの制御装置。

- [11] 前記補正方法設定部は、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作して補正した動作に切り替える際に、切り替え前の前記動作の速度よりも低速な動作を行うか否かの補正の方法を設定し、

前記動作補正部が補正方法設定部で設定された前記補正の方法を参照して、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記ロボットアームの前記速度を操作前より低速にするか否かを切り替え、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するとき、前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記補正方法設定部で設定された前記補正の方法により切り替えられた動作で前記ロボットアームの前記動作を制御する請求項5に記載のロボットアームの制御装置。

- [12] 補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに

備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するとき、前記動作情報の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する請求項1に記載のロボットアームの制御装置。

- [13] 補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するとき、前記動作情報の位置と姿勢と速度の少なくとも1つ以上の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する請求項1に記載のロボットアームの制御装置。

- [14] 補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するとき、前記動作情報の前記力に関する情報の種別を方向別に決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する請求項2に記載のロボットアームの制御装置。

- [15] 補正するパラメータの種別を取得する補正パラメータ種別取得部をさらに備え、前記補正するパラメータの種別とは、前記動作情報を補正するとき

、前記動作情報の前記動作のテンプレート情報を構成する個々のパラメータの種別を決定するものであり、

前記動作補正部が前記動作情報データベースの前記動作情報を補正するとき、前記補正パラメータ取得部で取得された前記補正するパラメータの種別を参照し、前記動作補正部は、前記補正するパラメータの種別により決定された前記補正パラメータのみを補正する請求項 4 に記載のロボットアームの制御装置。

[16] 前記動作補正部は、前記補正パラメータの前記種別に応じて、前記力検出部により検出された前記人の力に応じて、前記ロボットアームの動作を拘束するように前記動作情報データベースの前記動作情報を補正する請求項 13 ～ 15 のいずれか 1 つに記載のロボットアームの制御装置。

[17] 前記動作情報と前記補正パラメータの前記種別とを関連付けて作成する情報生成部をさらに備える請求項 13 ～ 15 のいずれか 1 つに記載のロボットアームの制御装置。

[18] 前記動作補正部による動作補正時に、前記補正パラメータを表示する表示部を有する請求項 13 ～ 15 のいずれか 1 つに記載のロボットアームの制御装置。

[19] 前記ロボットアームを人が直接把持して前記ロボットアームを操作した際に、前記ロボットアームが人の操作により移動して接触することがない高剛性位置制御モードに切り替える制御部を備え、

前記動作補正部が前記動作情報のうち力の情報を補正する際に、前記動作情報の力で対象物を押し付けながら制御するモードから、前記高剛性位置制御モードに変更して、前記動作情報のうち力の情報補正する請求項 2 に記載のロボットアームの制御装置。

[20] 前記動作補正部は、前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記動作情報の補正を行う際に、前記ロボットアームが人の操作により移動するような制御モードに切り替えて補正する請求項 1 に記載のロボットアームの制御装置。

- [21] 前記動作補正部で補正した動作を記憶する動作記憶部をさらに備えて、
前記動作記憶部の記憶開始時間は、前記補正を開始してからある時間を経過した後から開始する請求項 1 又は 2 に記載のロボットアームの制御装置。
- [22] 前記動作補正部で補正した動作を記憶する動作記憶部をさらに備え、
前記動作記憶部の前記記憶開始時間は、前記力検出部により検出された前記人の力がある閾値以上になった場合に開始する請求項 3 に記載のロボットアームの制御装置。
- [23] 前記動作情報取得部は複数の前記動作情報を取得し、
前記動作情報取得部で取得した前記複数の動作情報の中から、前記力検出部で検出された前記人の力に応じて、動作情報を選択する動作選択部をさらに備えて、
前記動作補正部は、前記動作選択部により選択された前記動作情報を補正する請求項 3 に記載のロボットアームの制御装置。
- [24] 前記補正方法設定部は、前記動作情報を補正するか補正しないかの切り替えを、前記力検出部で検出された人の力に応じて決定する請求項 3 に記載のロボットアームの制御装置。
- [25] 前記ロボットアームの周辺に存在している他の周辺機器と、前記周辺機器に関する情報である周辺機器情報を取得する周辺機器情報取得部と、前記動作補正部は、前記動作情報を補正する際に、前記周辺機器を制御する請求項 1 又は 2 に記載のロボットアームの制御装置。
- [26] ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御方法であって、
前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度との中の少なくとも 1 つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度との中の少なくとも 1 つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、
前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で

制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するロボットアームの制御方法。

[27] 前記ロボットアームと、

前記ロボットアームを制御する請求項 1、2、6～15、19、20、22～24 のいずれか 1 つに記載のロボットアームの制御装置を有するロボット。

[28] ロボットアームの動作を制御するロボットアームの制御プログラムであって、

コンピュータに、

前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも 1 つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記情報を情報取得部で取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも 1 つ以上の補正動作情報を前記情報取得部で取得し、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう位置制御部で制御し、

前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を動作補正部で補正するステップを有して、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するステップを実行させるための、ロボットアームの制御プログラム。

[29] ロボットアームの動作を制御する集積電子回路であって、

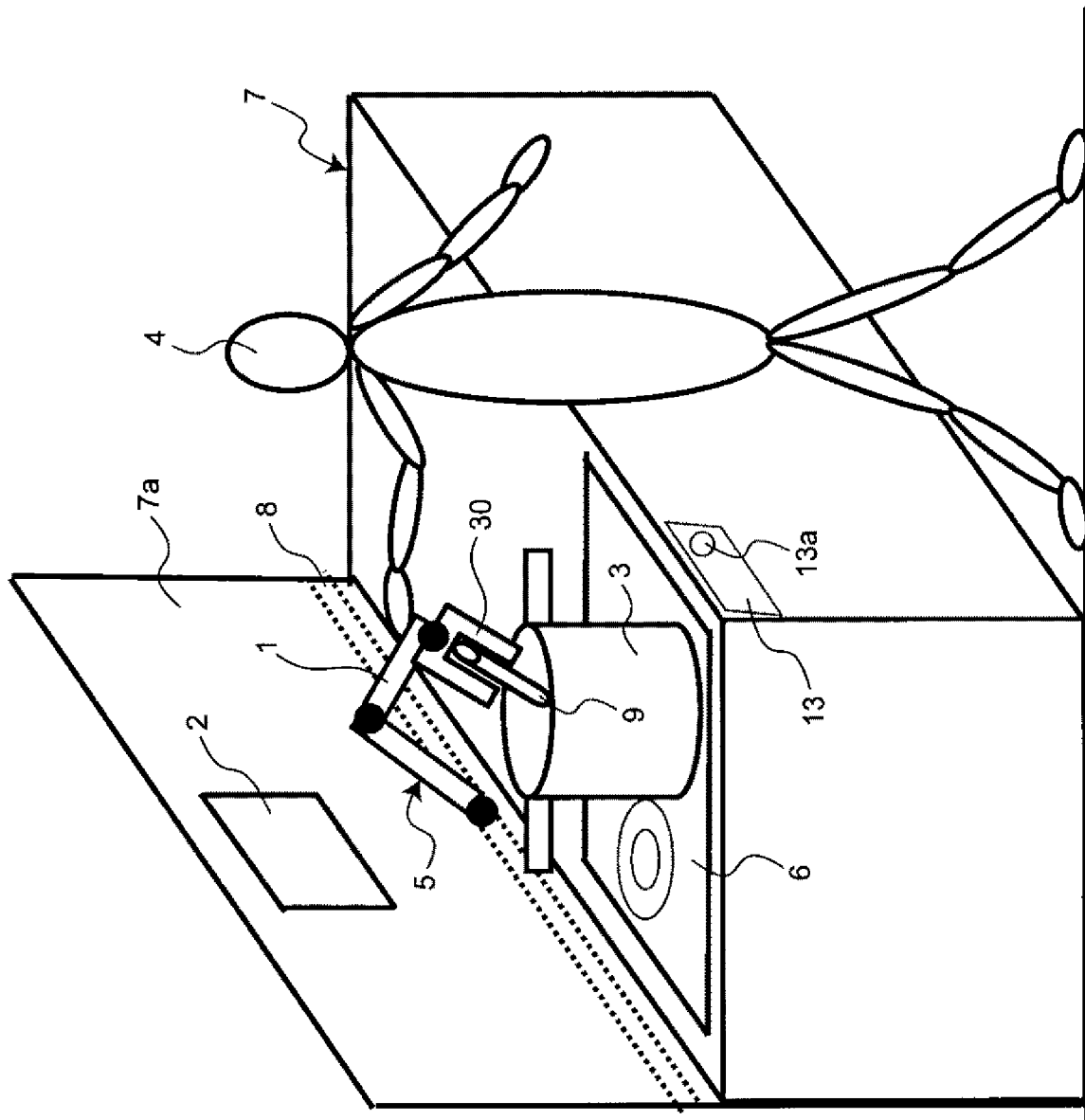
前記動作に対応する、前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上が時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから前記動作情報を取得するとともに、人が前記ロボットアームを操作して、前記ロボットアームの前記動作を補正する際の前記ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも1つ以上の補正動作情報を取得する情報取得部と、

前記ロボットアームを前記動作情報に基づいて移動するよう制御する位置制御部と、

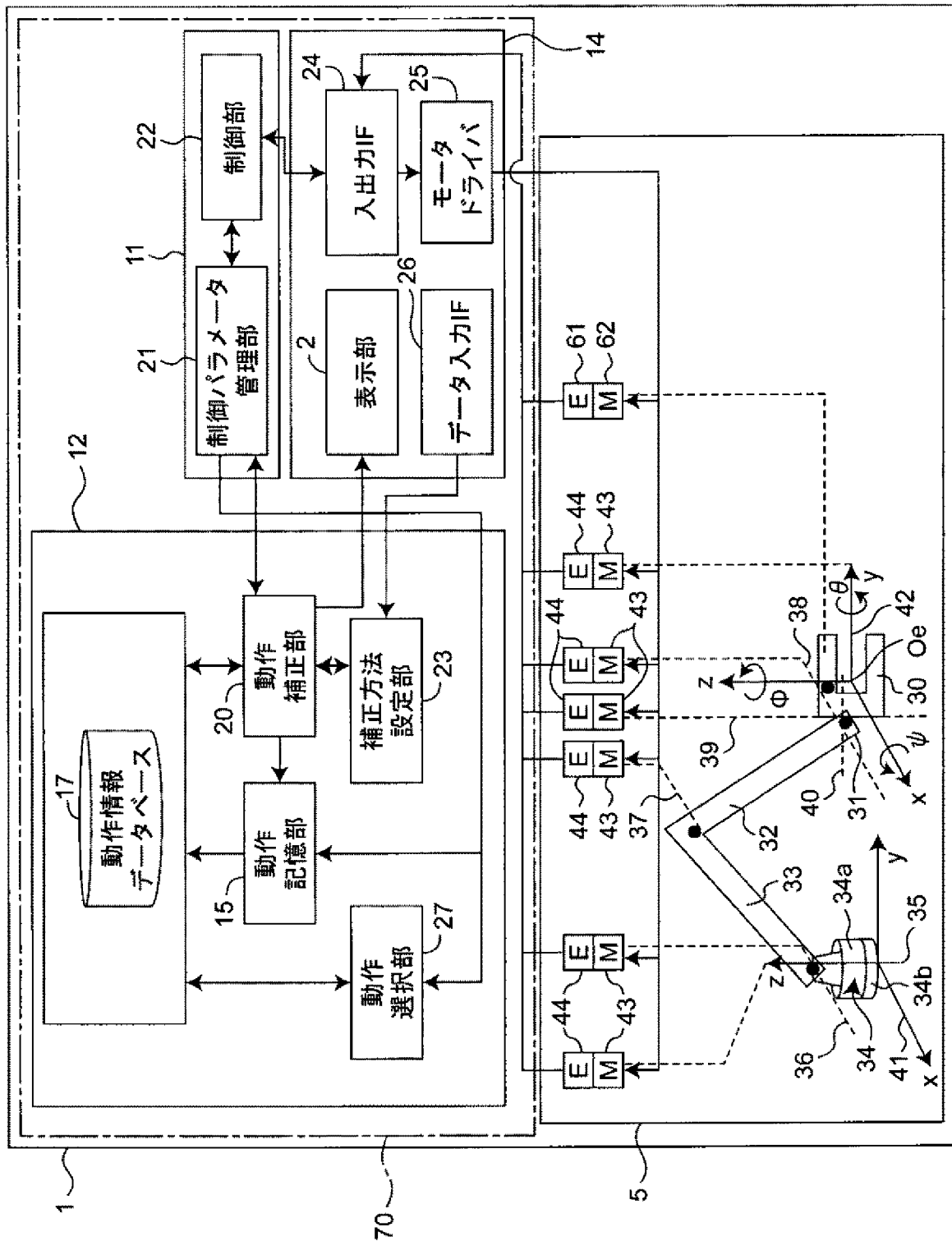
前記位置制御部で制御されながら前記ロボットアームが移動している途中に、前記情報取得部で取得したそれぞれの時間での補正動作情報に応じて、前記動作情報を補正する動作補正部とを備えて、

前記動作補正部により補正された前記動作情報に基づいて、前記ロボットアームの前記動作を制御するロボットアームの集積電子回路。

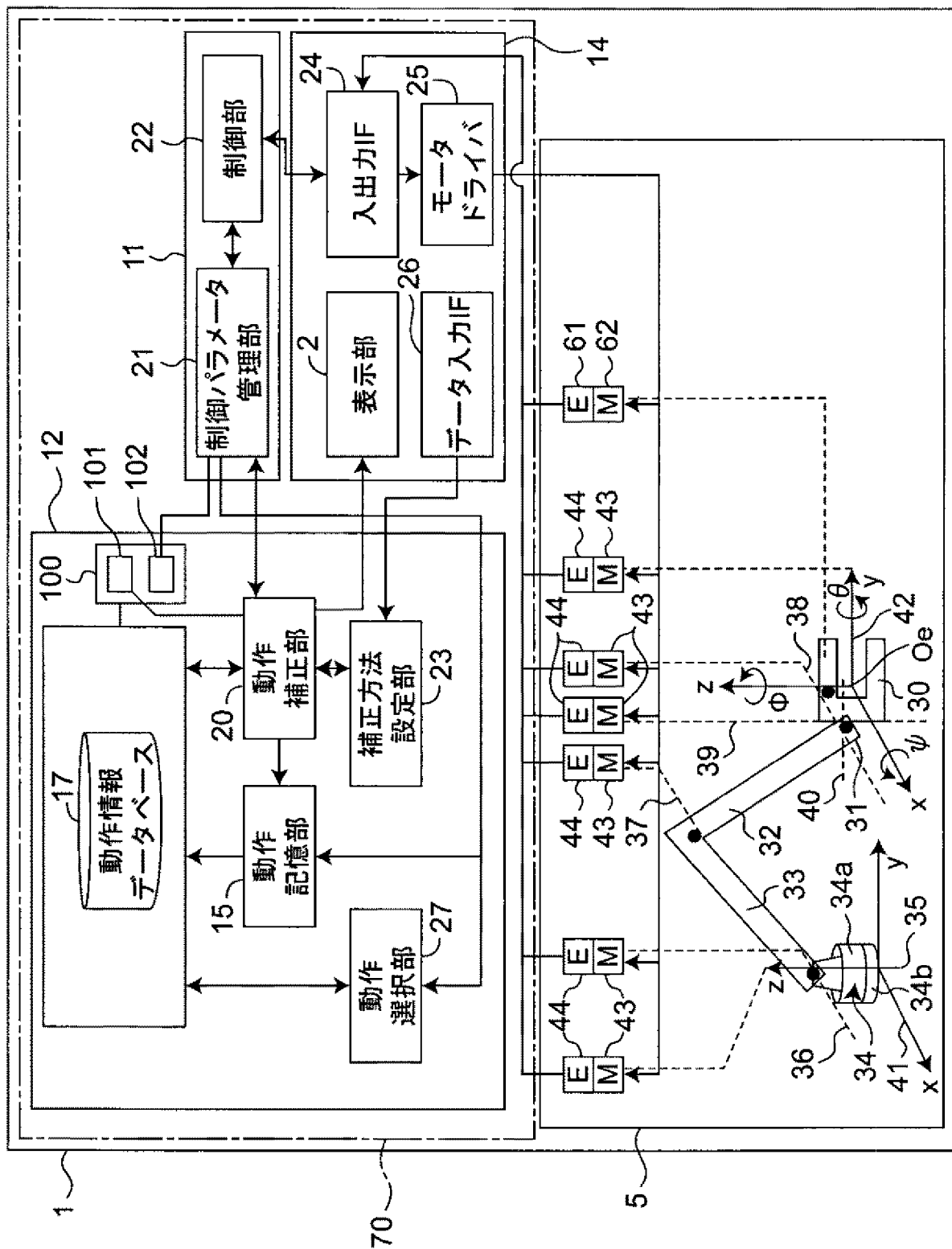
[図1]



[図2A]



[図2B]



[図3]

17

作業 ID	動作 ID	位置姿勢(m) (x, y, z, ϕ, θ, ϕ)	フラグ (32ビット)	ハンド	時間 (sec)	補正パラ メータフラ グ(32ビッ ト)	進捗情報
1	1	0,0,0,0,0	18ビット:1 残り:0	1	3	1	0
..	..	..	..	..	..	..	..
3	1	0,1,0,1,0,4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	1
3	2	0,1,0,2,0,4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0
..	..	..	..	..	..	..	..
3	7	0,2,0,2,0,4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0
3	8	0,2,0,1,0,4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.

位置・姿勢

[illegible]

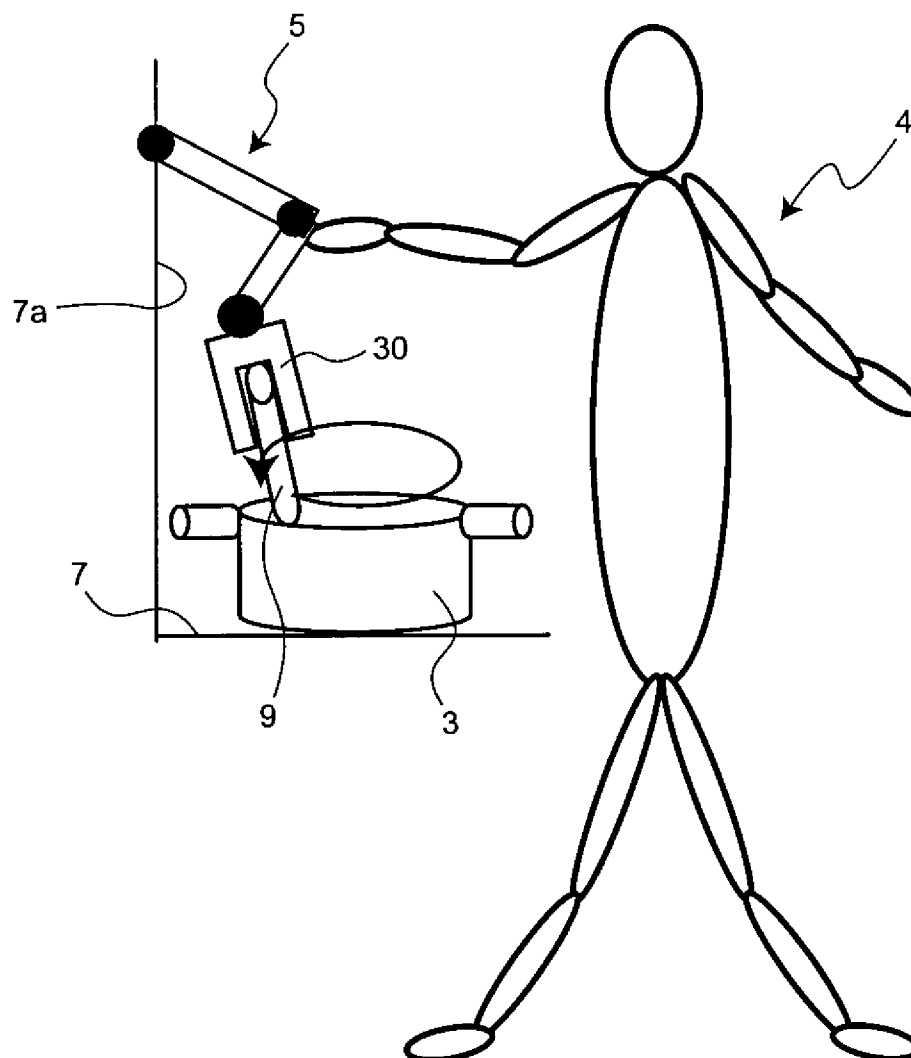
位置・姿勢

[illegible]

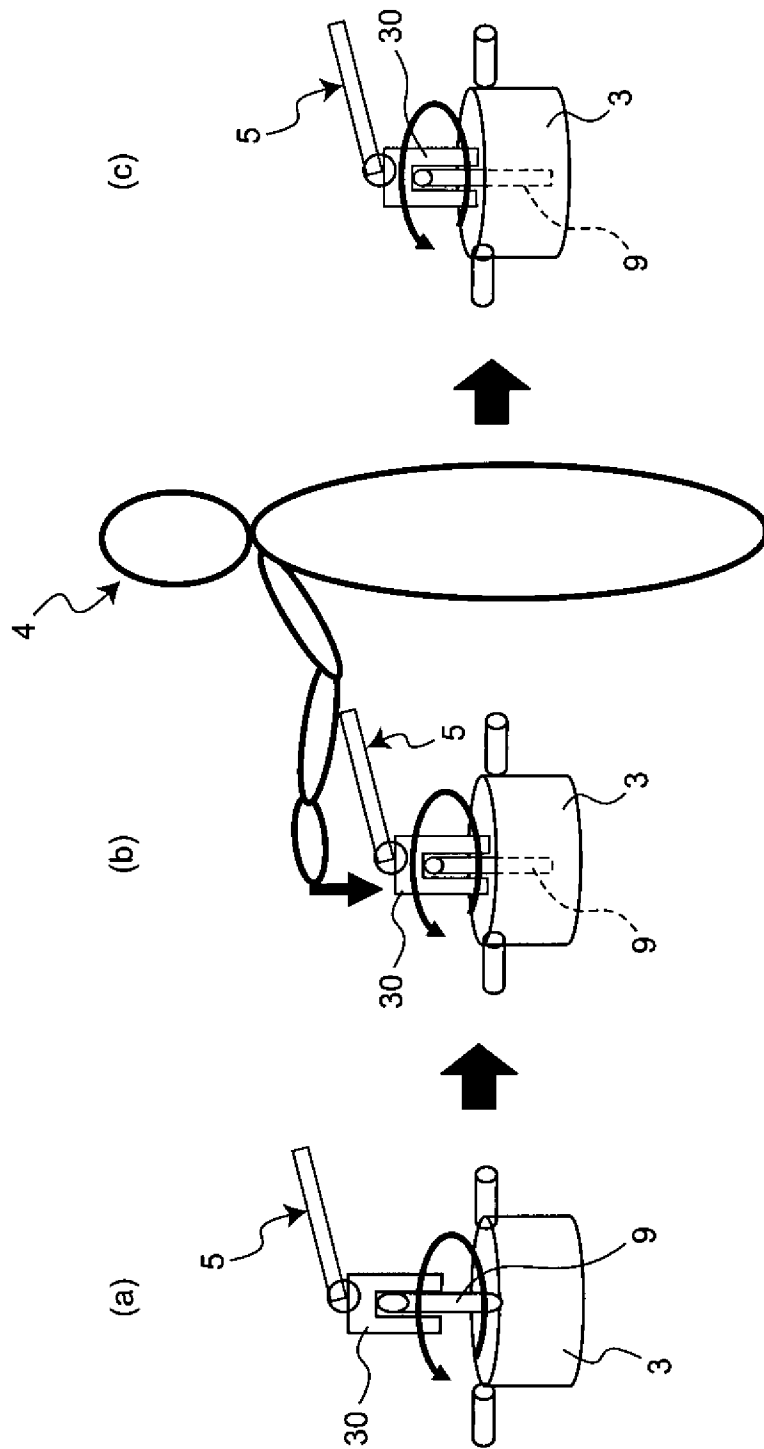
[図6]

時刻(h:m:s)	手先位置(x, y, z, ϕ , θ , ψ)(m)
00:00:40	(0.5,0.2,0.3,0.2,0.3,0.4)
00:01:02	(0.5,0.3,0.35,0.2,0.3,0.4)
00:01:20	(0.5,0.4,0.35,0.2,0.3,0.4)
.	.
.	.
.	.
.	.

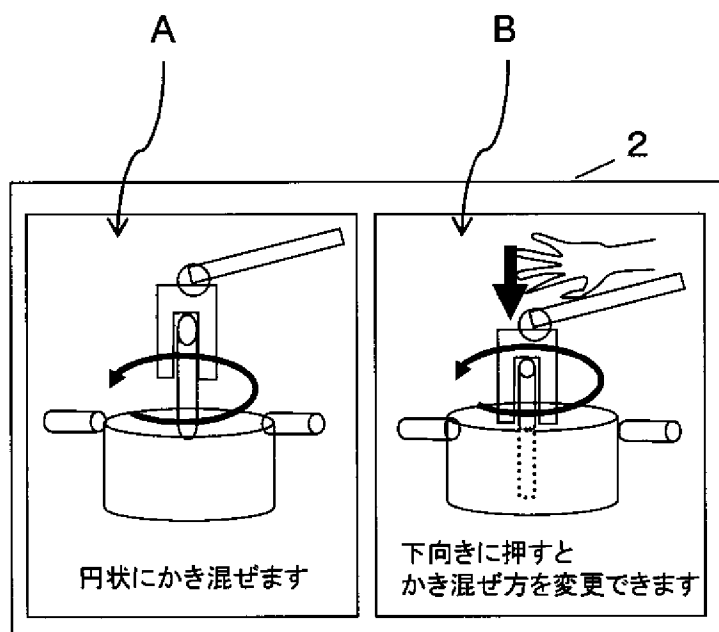
[図7]



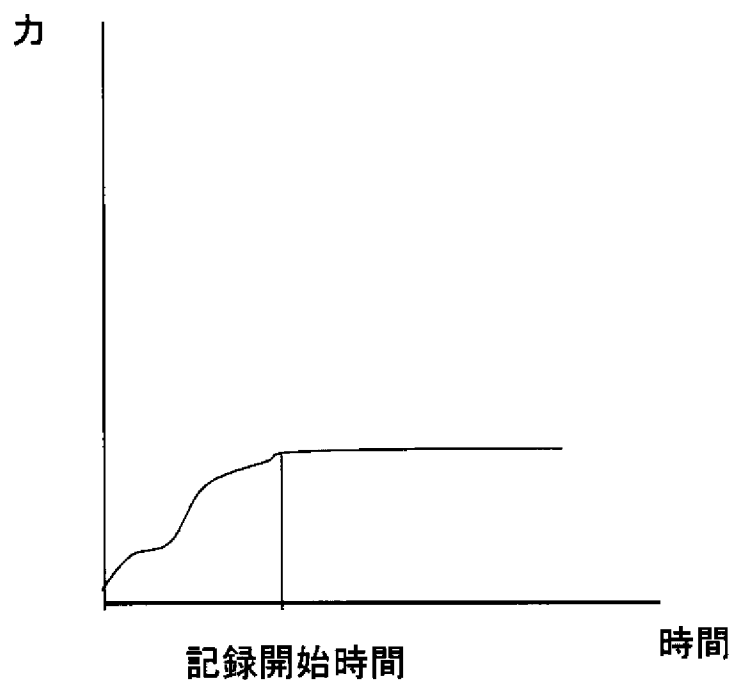
[図8]



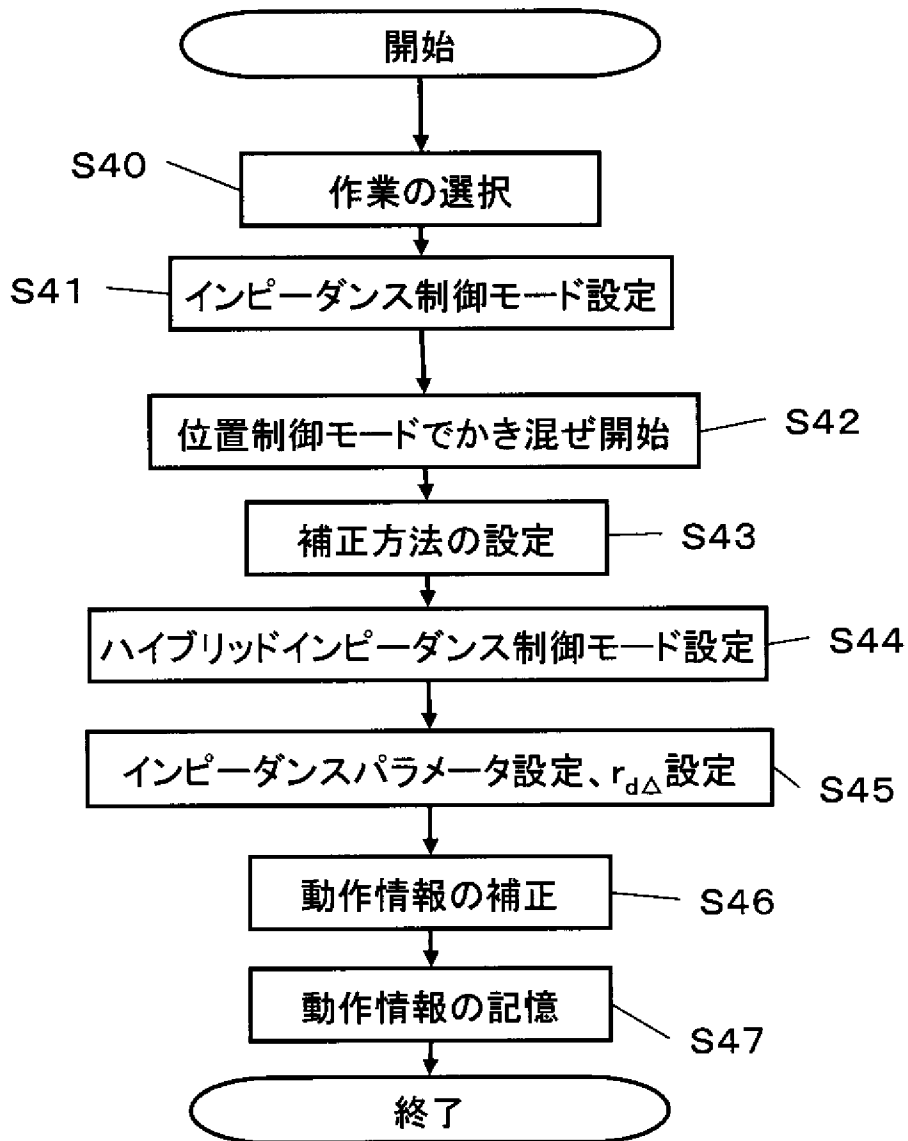
[図9]



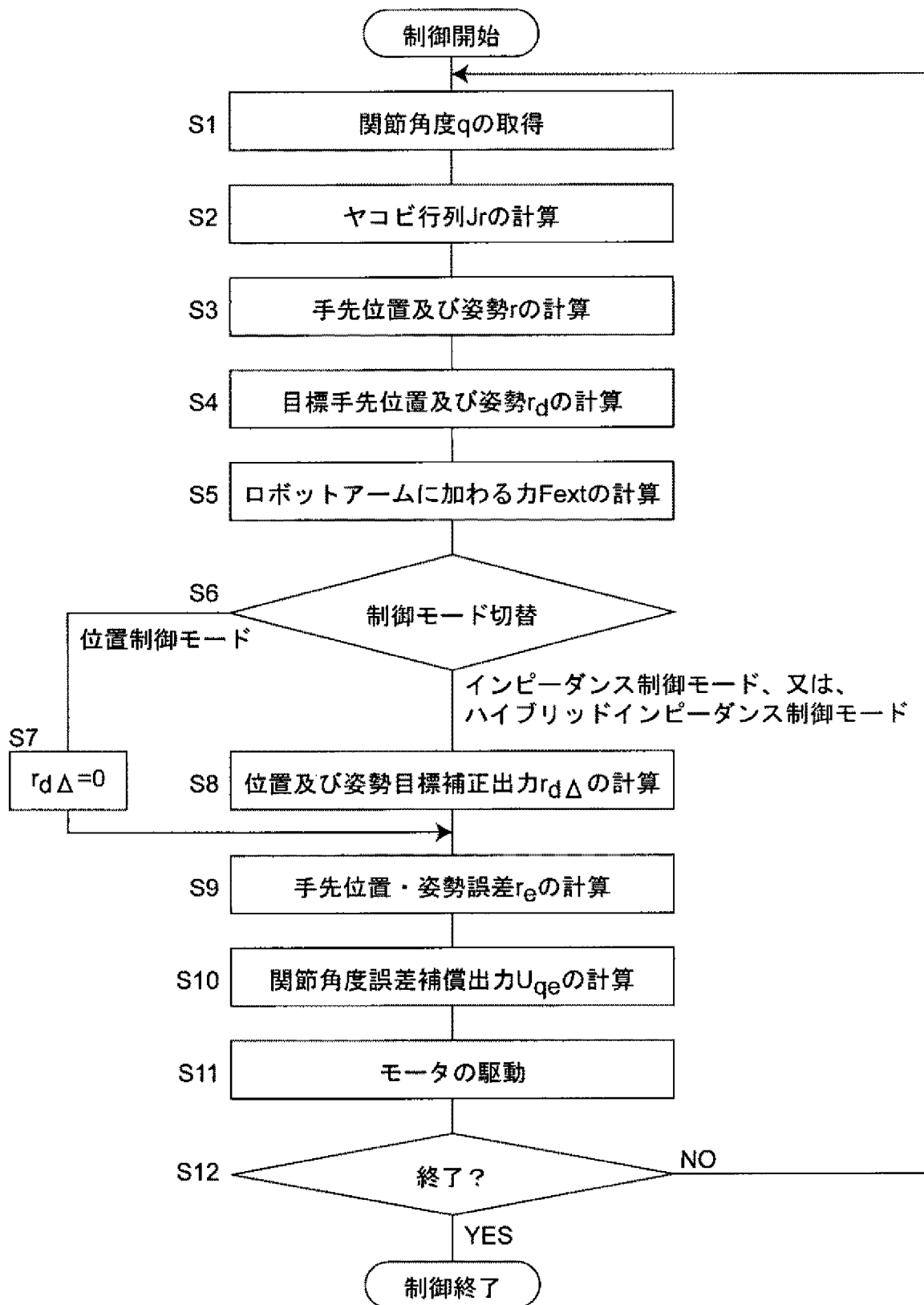
[図10]



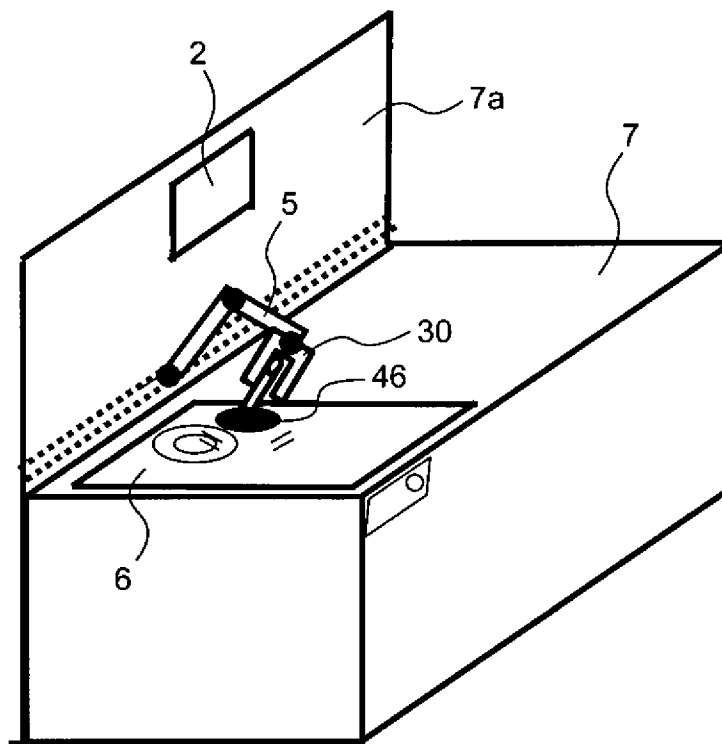
[図11]



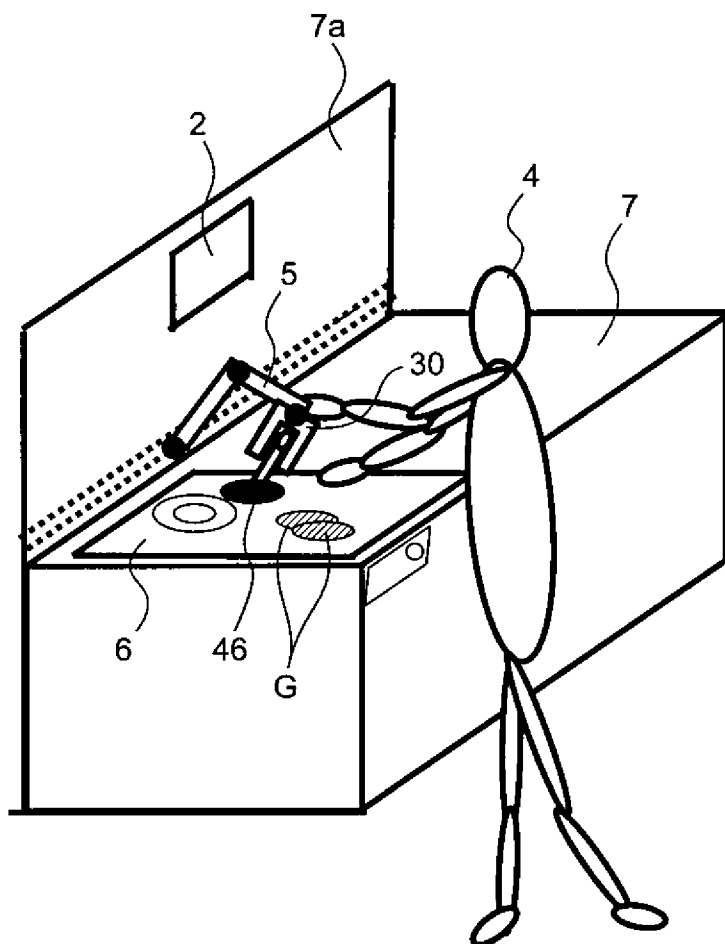
[図13]



[図14A]



[図14B]



17A 

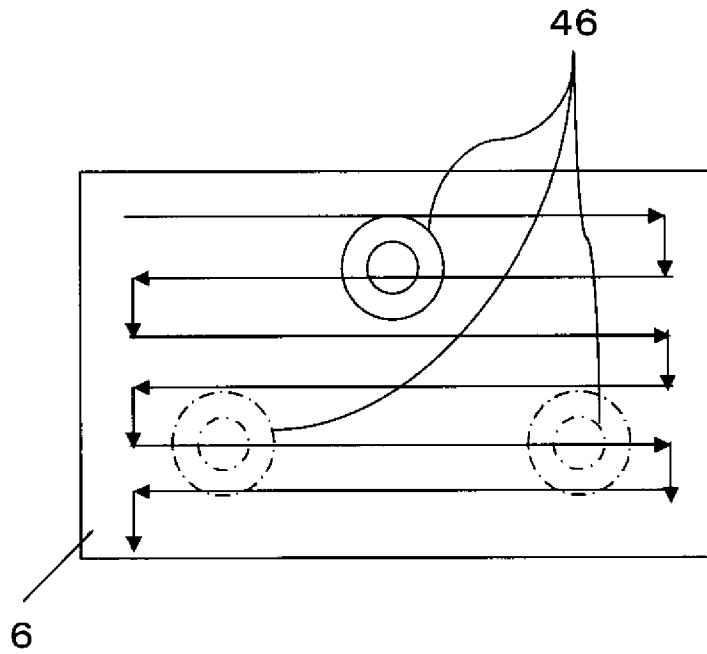
[illegible]

[illegible]

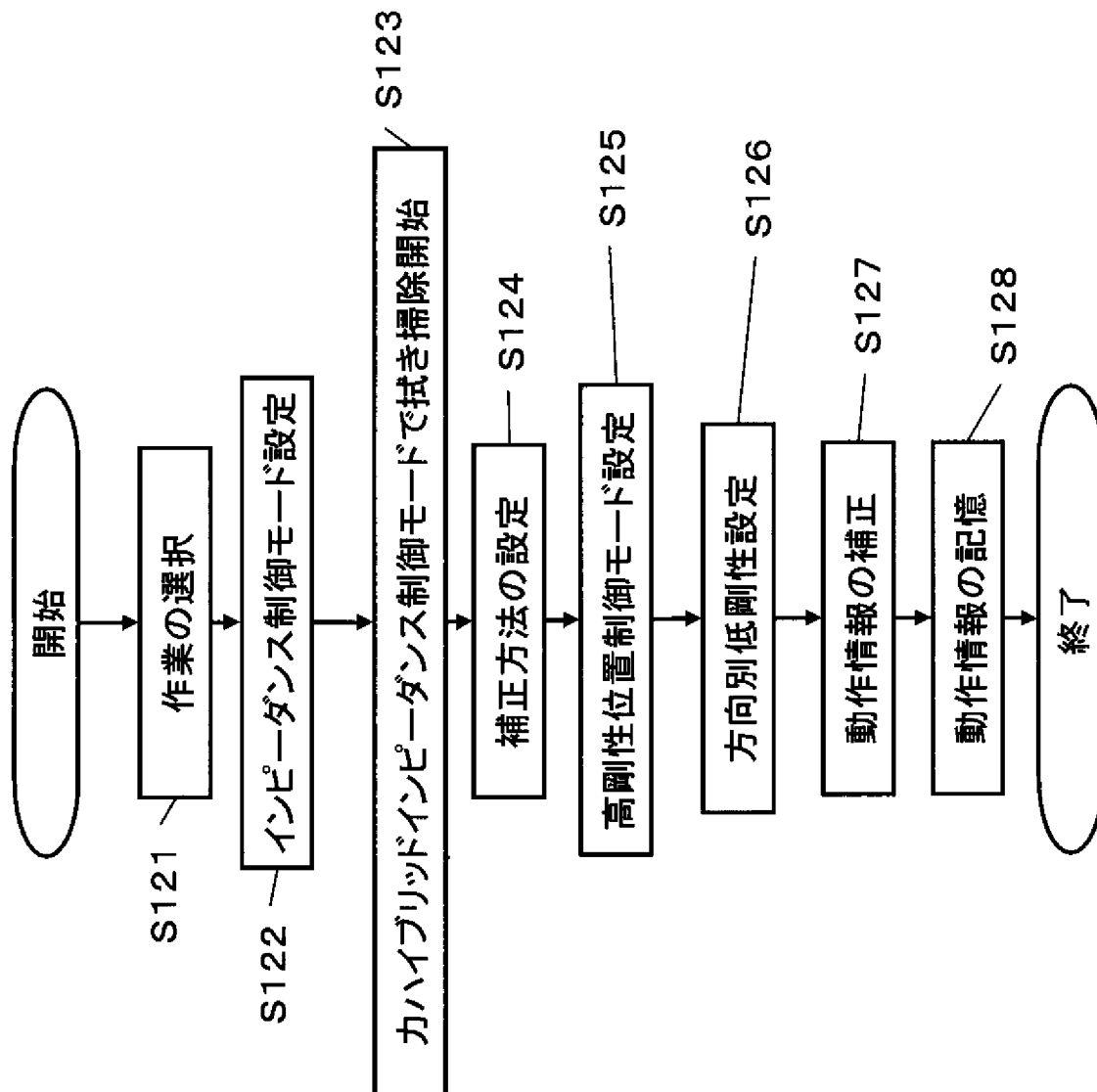
					未使用					f ψ	f θ	f ϕ	fz	fy	fx	ψ	θ	ϕ	z	y	x
ビット数	31	...	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
値	0	...				0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1

力 位置・姿勢

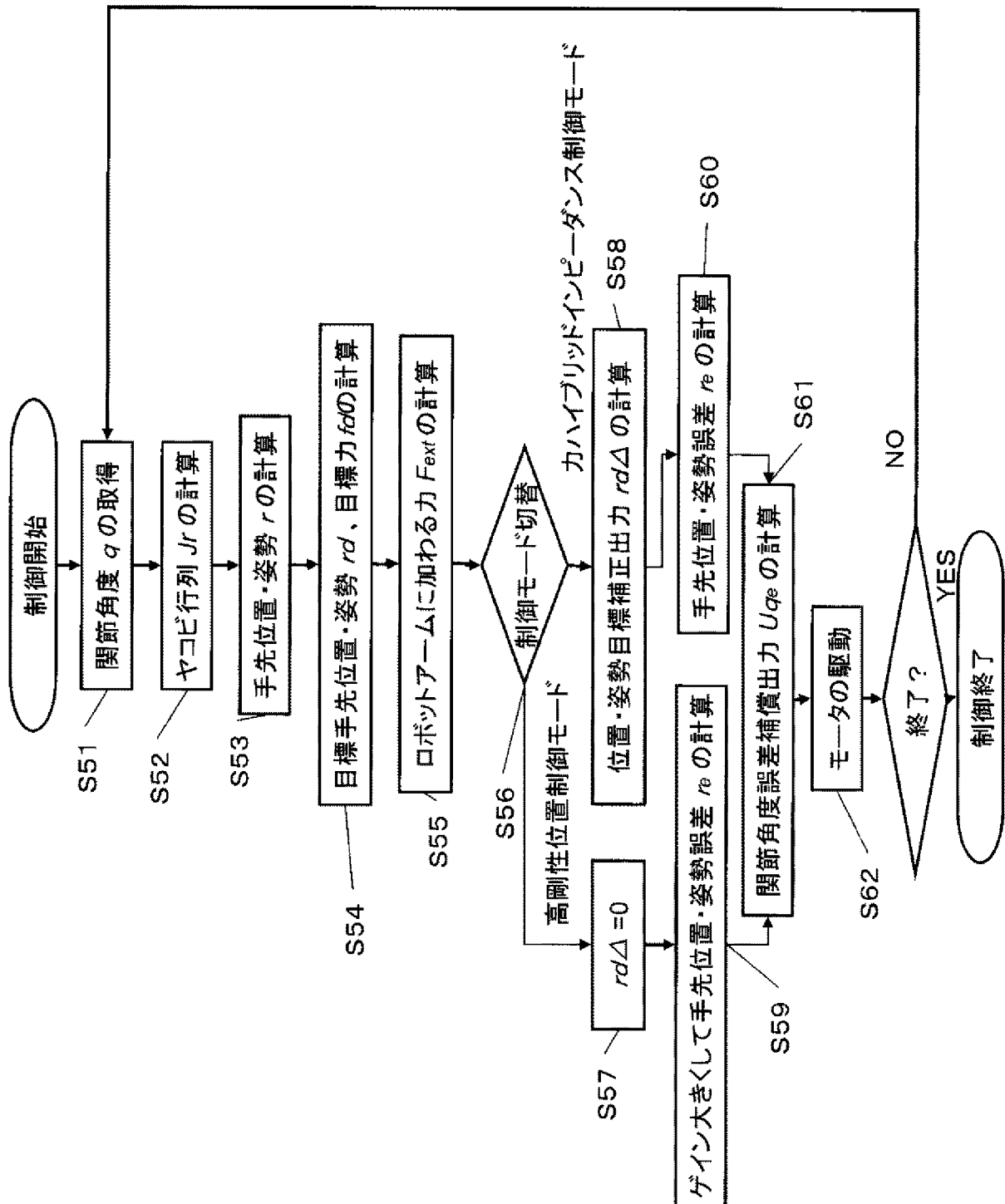
[図18]



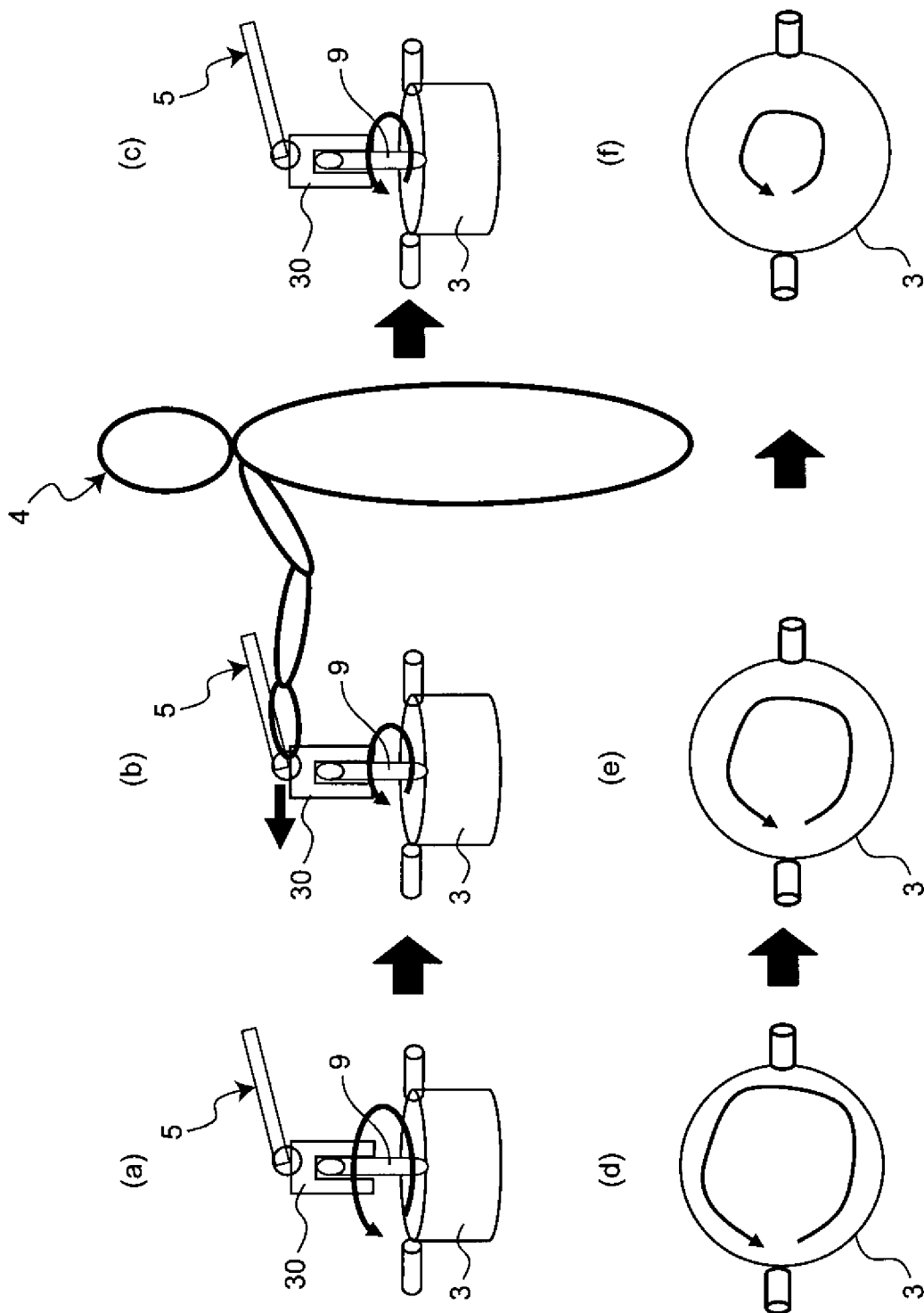
[図19]



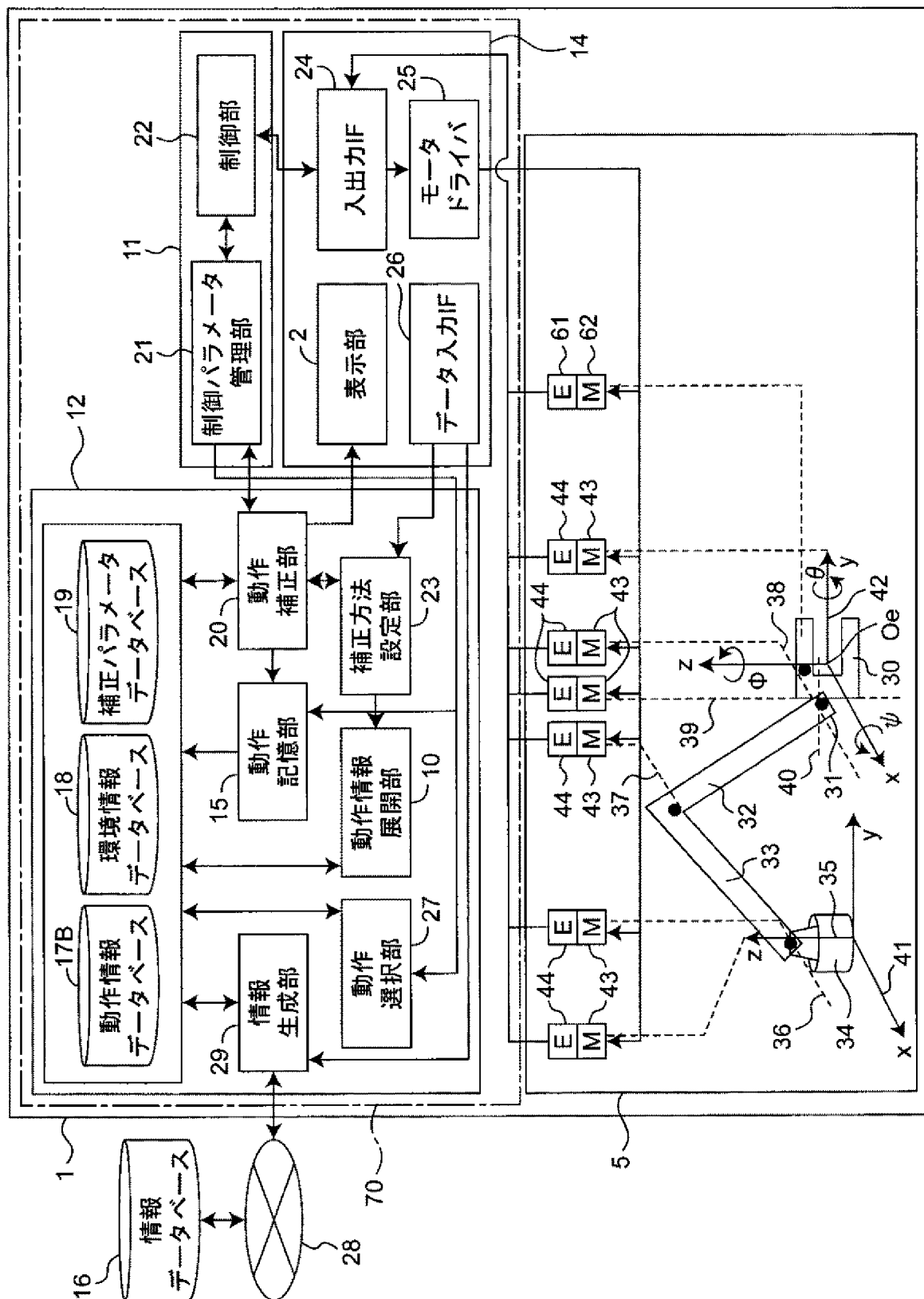
[図21]



[図22]



[図23]



[図24]

17B

作業ID	動作ID	位置姿勢(m) (x, y, z, ϕ, θ, ϕ)	動作テンプレートID	フラグ (32ビット)	ハンド	時間 (sec)	環境情報ID		補正パラメータID	進捗情報
							周辺環境	把持物体		
1	1	0,0,0,0,0	1	6ビット:1 残り:0	1	3	1	4	1	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	1	0,1,0,1,0,4, 0,0,0	1	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	1
3	2	0,1,0,2,0,4, 0,0,0	1	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	7	0,2,0,2,0,4, 0,0,0	1	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
3	8	0,2,0,1,0,4, 0,0,0	1	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

図27のフラグ

図28Aの
環境情報IDを参照

図25Aの動作テンプレートIDを参照

図29の補正パラメータIDを参照

[図25A]

動作テンプレートID	種別	種別ID	
1	1	1	→ 図25B
2	2	1	→ 図25C
3	3	1	→ 図25D
	⋮	⋮	

[図25B]

種別が1の場合		
種別ID	中心座標 (m)	半径(r)(m)
1	(x_{b1}, y_{b1}, z_{b1})	r_{b1}
2	(x_{b2}, y_{b2}, z_{b2})	r_{b2}

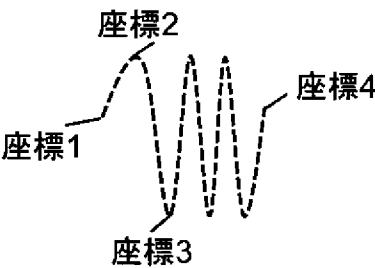
[図25C]

種別が2の場合		
種別ID	中心座標 (m)	半径(r)(m)
1	(x_{c1}, y_{c1}, z_{c1})	r_{c1}
2	(x_{c2}, y_{c2}, z_{c2})	r_{c2}

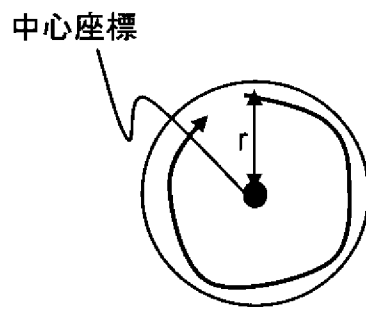
[図25D]

種別が3の場合				
種別ID	座標1(m)	座標2(m)	座標3(m)	座標4(m)
1	(x_{d1}, y_{d1}, z_{d1})	(x_{d2}, y_{d2}, z_{d2})	(x_{d3}, y_{d3}, z_{d3})	(x_{d4}, y_{d4}, z_{d4})
2	(x_{d5}, y_{d5}, z_{d5})	(x_{d6}, y_{d6}, z_{d6})	(x_{d7}, y_{d7}, z_{d7})	(x_{d8}, y_{d8}, z_{d8})

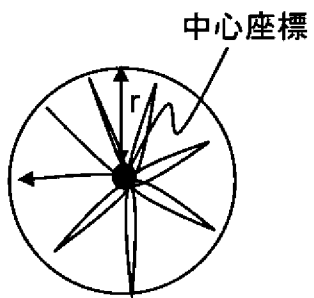
[図25E]



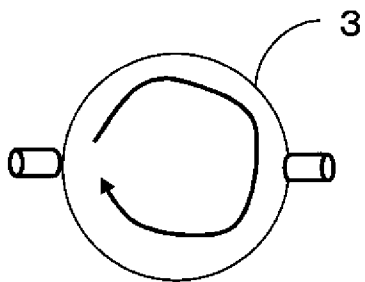
[図25F]



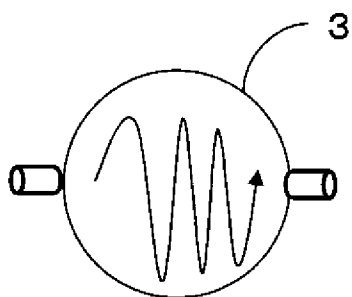
[図25G]



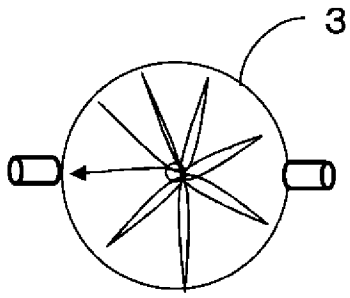
[図26A]



[図26B]



[図26C]



[図27]

位置・姿勢

動作テンプレート

																			ψ	θ	ϕ	z	y	x
ビット数	31	...	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0			
値	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	

[図28A]

環境情報ID	種別	種別ID	
1	1	1	→ 図28B
2	2	1	→ 図28C
3	3	1	→ 図28D
4	1	2	→ 図28B
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	

[図28B]

種別が1の場合			
種別ID	中心座標 (m)	半径(r) (m)	高さ(h) (m)
1	(0.1,0.1,0.1)	0.2	0.3
2	(0.1,0.1,0)	0.01	0.2

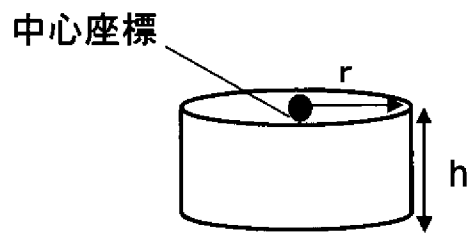
[図28C]

種別が2の場合		
種別ID	中心座標 (m)	半径(r) (m)
1	(xc1,yc1,zc1)	rc1
2	(xc2,yc2,zc2)	rc2

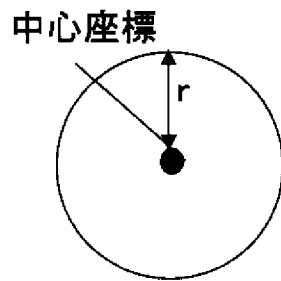
[図28D]

種別が3の場合				
種別ID	座標1 (m)	座標2 (m)	座標3 (m)	高さ (m)
1	(xd1,yd1,zd1)	(xd2,yd2,zd2)	(xd3,yd3,zd3)	hd1
2	(xd5,yd5,zd5)	(xd6,yd6,zd6)	(xd7,yd7,zd7)	hd2

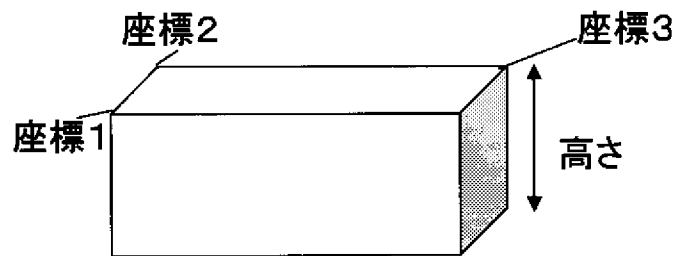
[図28E]



[図28F]



[図28G]



[図29]

19

補正パラメータID	動作情報 フラグ (32ビット)	環境情報 フラグ (32ビット)	動作テンプレートフラグ (32ビット)
1	0	0	12ビット: 1
2	2ビット: 1	0	0
3	0-5ビット: 1	1,2,12,13ビット: 1	1,2,12ビット: 1
4	0	0	3~8ビット: 1
5	0-5ビット: 1	1,2,12,13ビット: 1	0-11ビット: 1
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

図27のフラグ

図30のフラグ

図30のフラグ

				未使用			h	r	z4	y4	x4	z3	y3	x3	z2	y2	x2	z1	y1	x1	
ビット数	31	...	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
値	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	

高さ半径

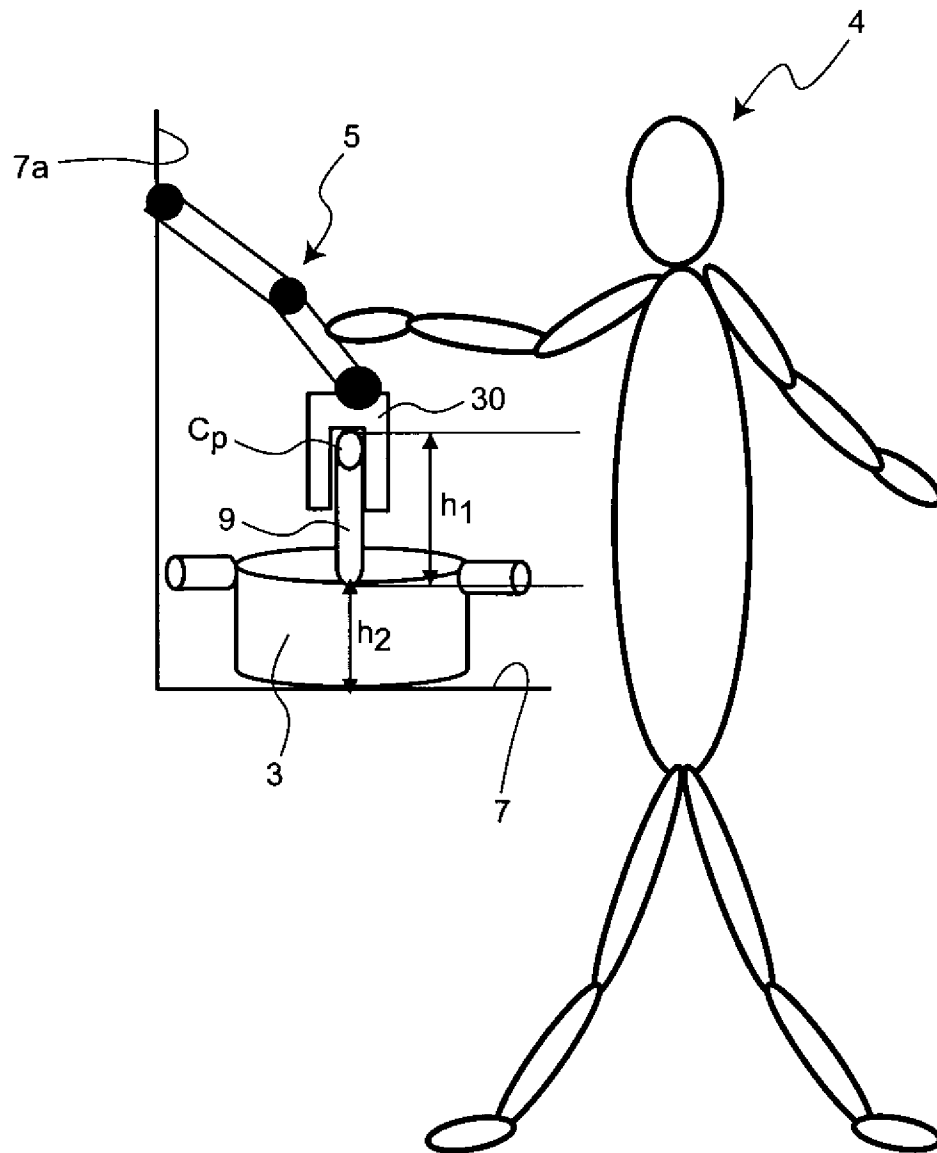
座標4

座標3

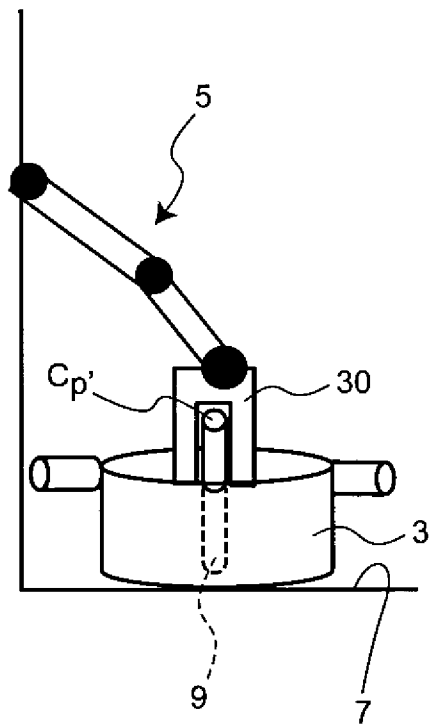
座標2

座標1

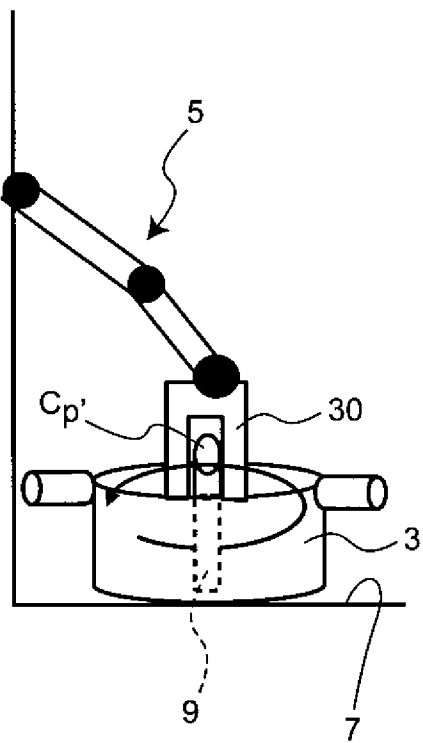
[図31A]



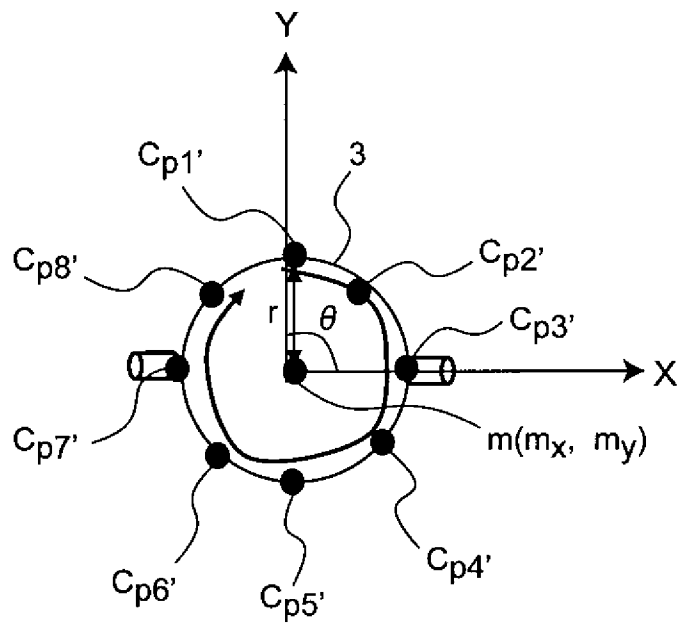
[図31B]



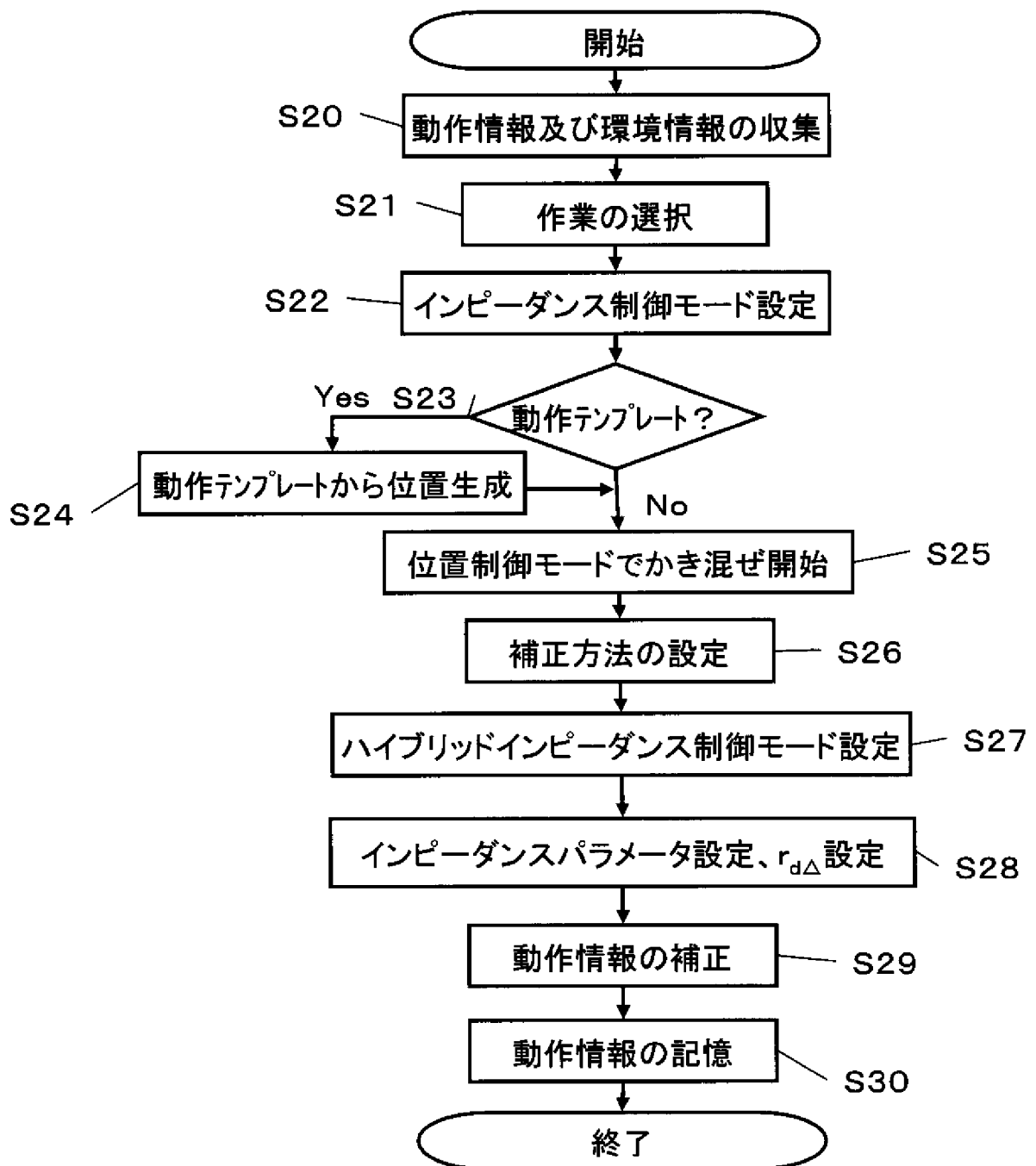
[図31C]



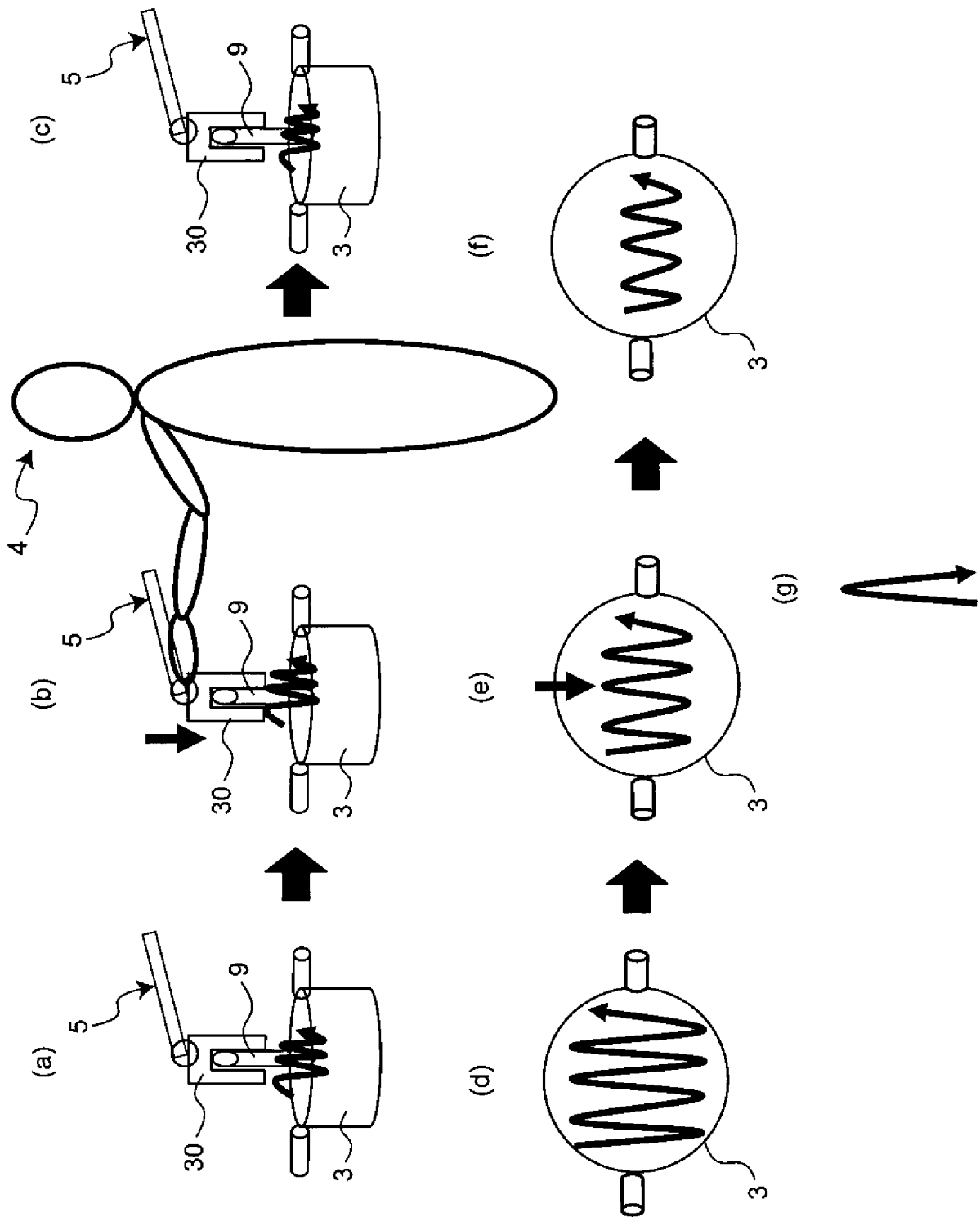
[図31D]



[図32]



[図33]



[図34]

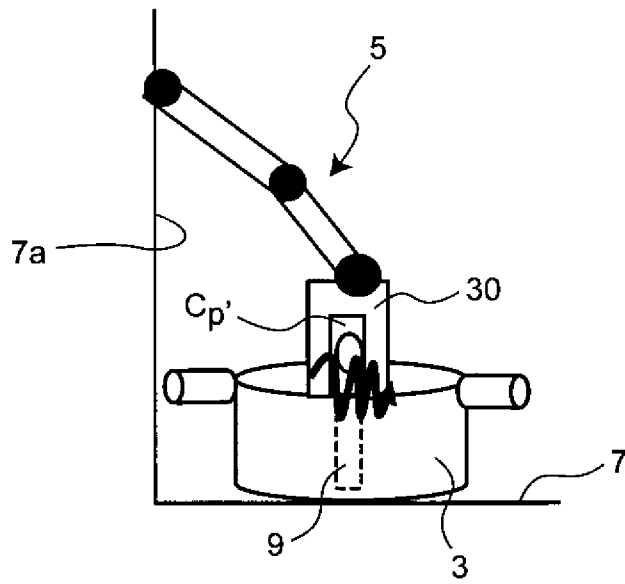
17C

作業ID	動作ID	位置姿勢(m) (x, y, z, ϕ , θ , ϕ)	動作テンプレートID	フラグ (32ビット)	ハンド	時間 (sec)	環境情報ID		補正パラメータID	進捗情報
							周辺環境	把持物体		
1	1	0,0,0,0,0	3	6ビット:1 残り:0	1	3	1	4	4	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
4	1	0,1,0,1,0,4, 0,0,0	3	0-5ビット:1 残り:0	1	0.75	1	4	5	1
4	2	0,1,0,2,0,4, 0,0,0	3	0-5ビット:1 残り:0	1	1.5	1	4	5	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
4	8	0,2,0,2,0,4, 0,0,0	3	0-5ビット:1 残り:0	1	1.5	1	4	5	0
4	9	0,2,0,1,0,4, 0,0,0	3	0-5ビット:1 残り:0	1	0.75	1	4	5	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

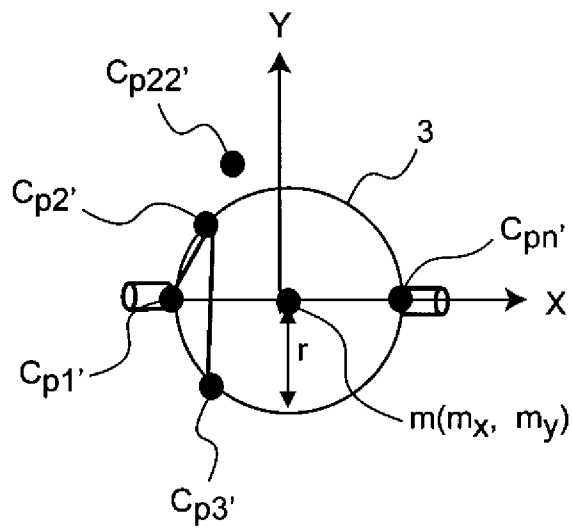
図28Aの
環境情報IDを参照図27のフラグ
図25Aの動作テンプレートIDを参照

図29の補正パラメータIDを参照

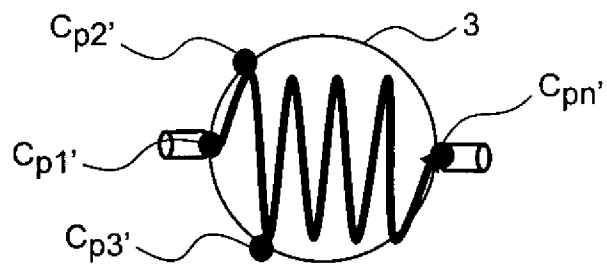
[図35A]



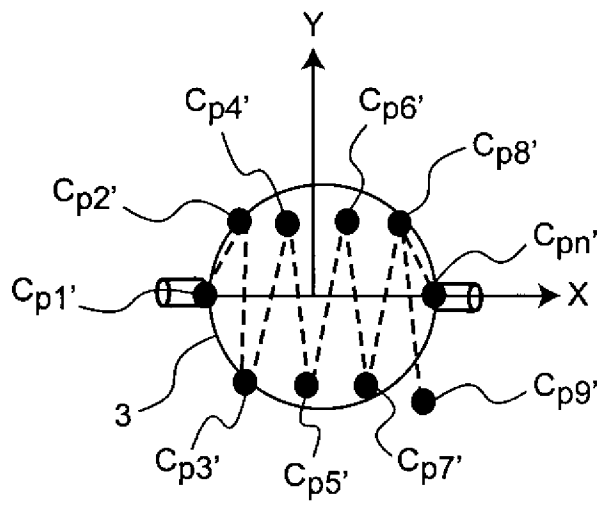
[図35B]



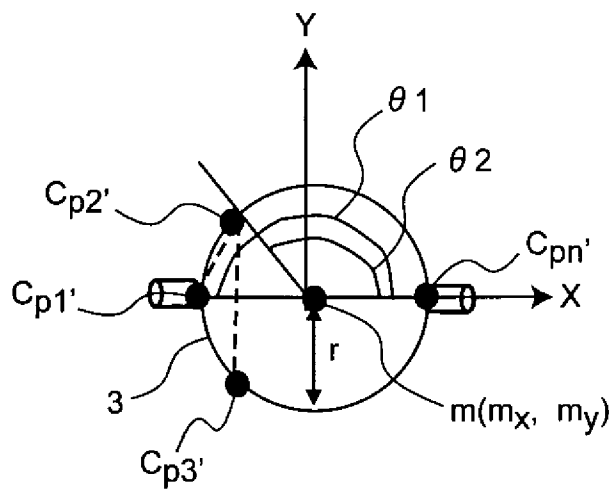
[図35C]



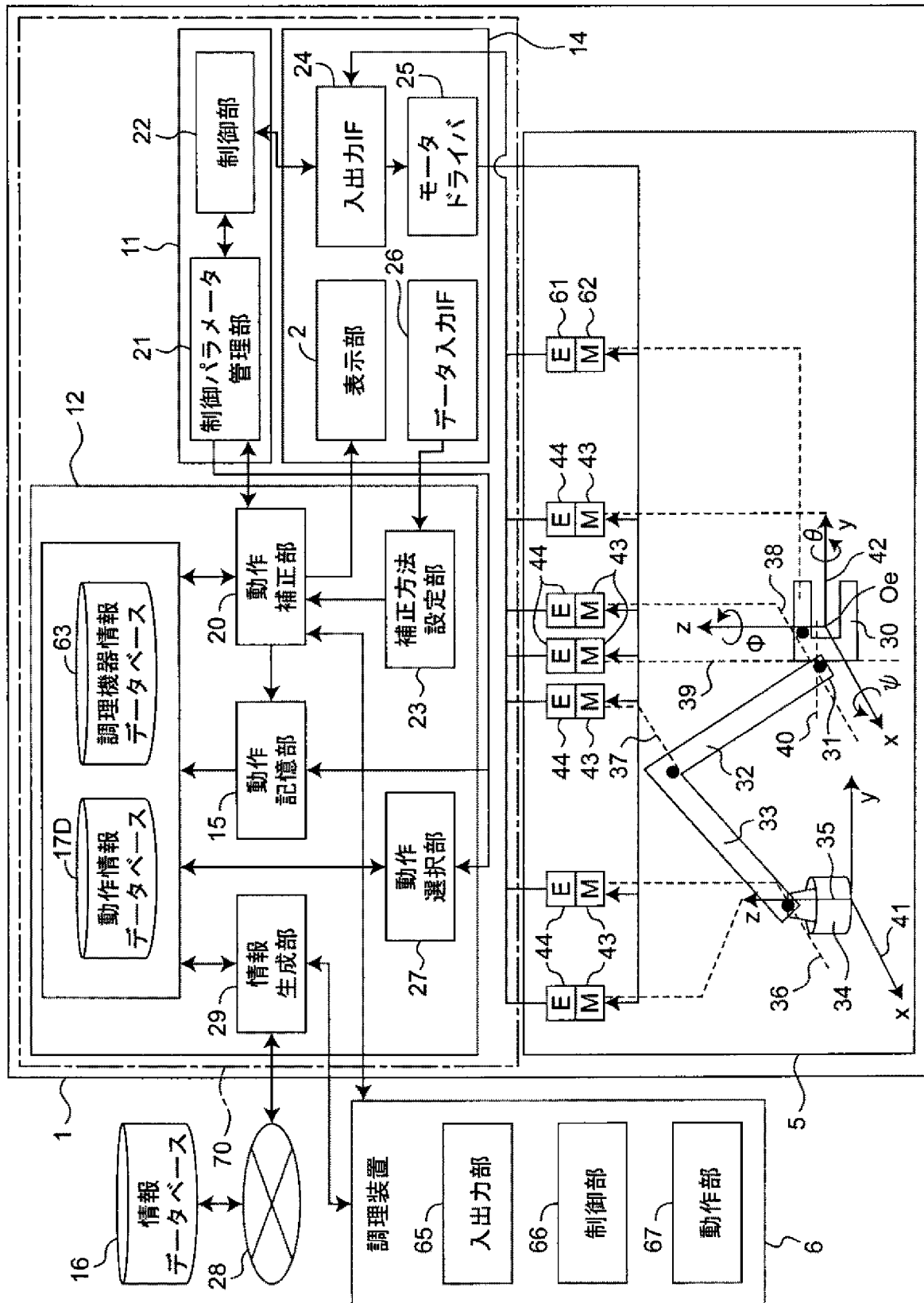
[図35D]



[図35E]



[図36]



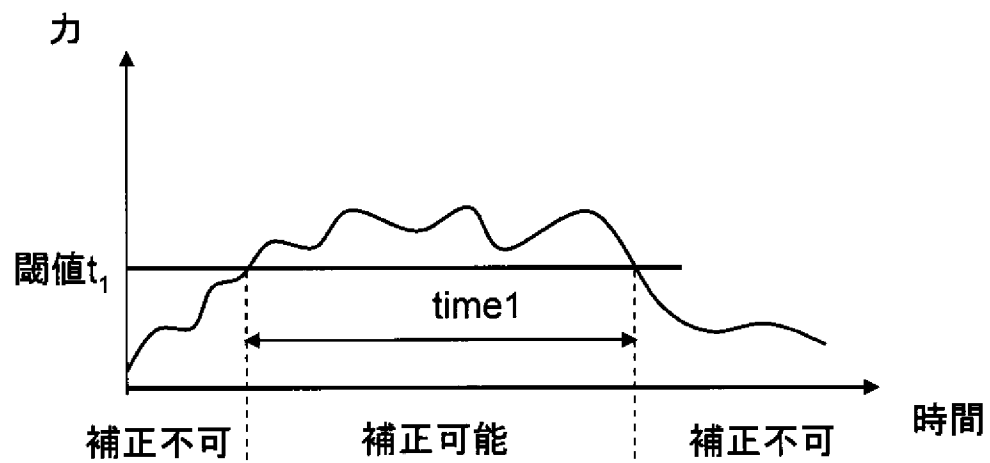
[図37]

作業 ID	動作 ID	動作情報						調理機器情報	
		位置姿勢(m) (x, y, z, ϕ, θ, ϕ)	フラグ (32ビット)	ハンド	時間 (sec)	補正パラ メータフラ グ(32ビット)	進捗情報	機器ID	制御ID
1	1	0,0,0,0,0	18ビット:1 残り:0	1	3	1	0	1	1001
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	1	0.1,0.1,0.4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	1	1	1001
3	2	0.1,0.2,0.4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0	1	1002
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	7	0.2,0.2,0.4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0	1	1002
3	8	0.2,0.1,0.4, 0,0,0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	3	0	1	1003
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

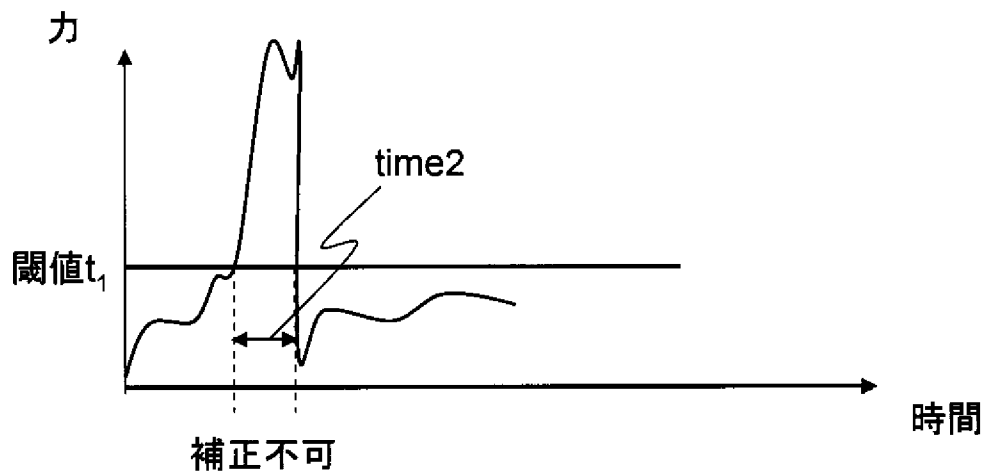
17D

63

[図38A]



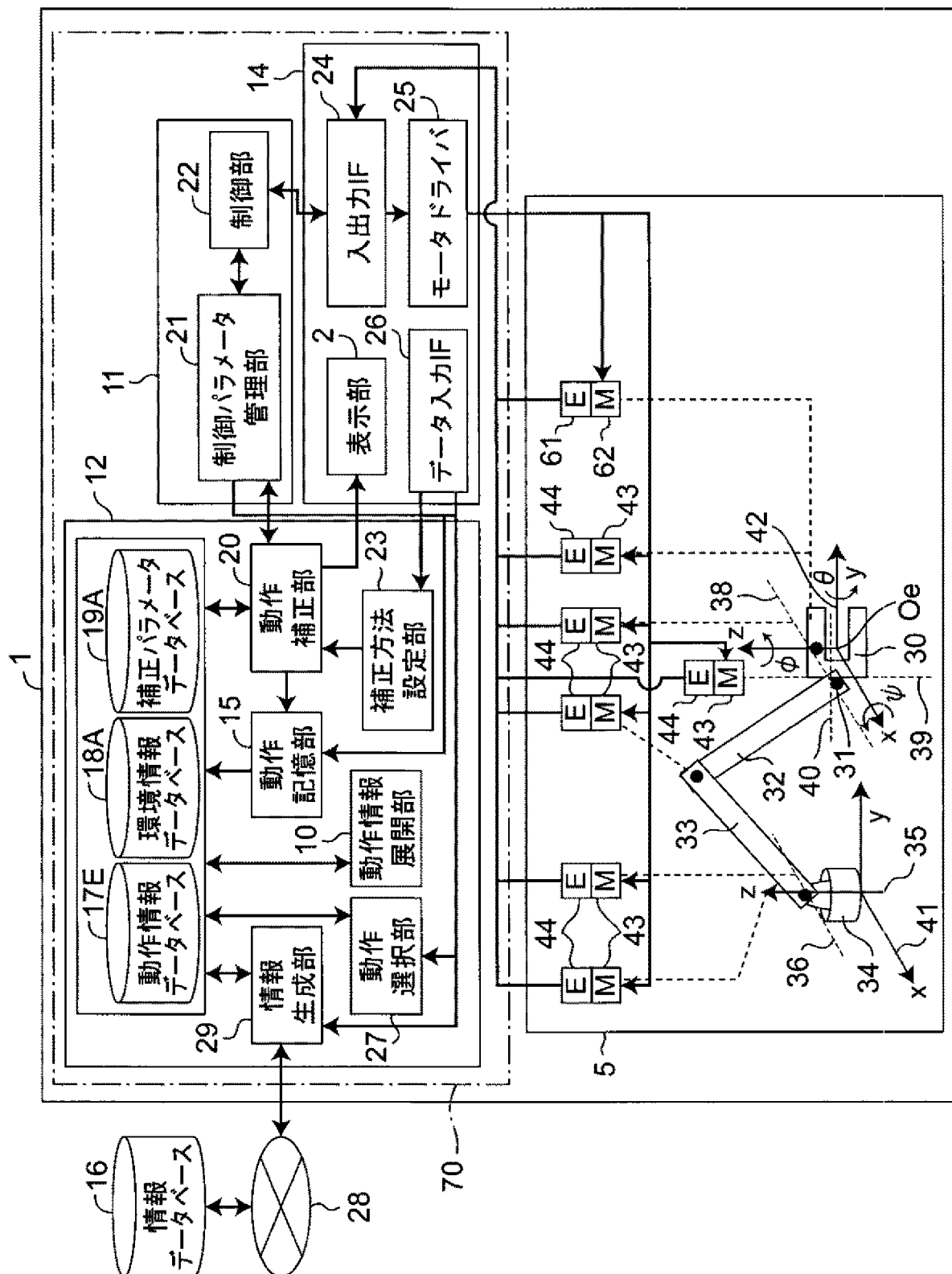
[図38B]



[図39]

モード	フラグ
補正有無	1
補正後に補正した動作か元の動作か	0
上書きか挿入か	1
低速にするかしないか	1

[図41]



[図42]

作業ID	動作ID	位置姿勢(m) ($x, y, z, \phi, \theta, \psi$)	力(N)	フラグ (32ビット)	ハンド	時間 (sec)	環境情報ID		補正パラ メータフラ グ(32ビット)	進捗情報
							周辺環境	把持物体		
1	1	0,0,0,0,0,0	0,0,5,0,0, 0	6ビット:1 残り:0	1	3	1	4	1	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	1	0,1,0,1,0,4, 0,0,0	0,0,5,0,0, 0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	1
3	2	0,1,0,2,0,4, 0,0,0	0,0,5,0,0, 0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
3	7	0,2,0,2,0,4, 0,0,0	0,0,5,0,0, 0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
3	8	0,2,0,1,0,4, 0,0,0	0,0,5,0,0, 0	0-5ビット:1 残り:0	1	0.37	1	4	3	0
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

図16のフラグ

図43Aの
環境情報IDを参照

図17の補正パラメータIDを参照

[図43A]

環境情報ID	種別	種別ID
1	1	1
2	2	1
3	3	1
4	1	2
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮

図43Bの種別が1でかつ種別IDが1の場合

図43Dの種別が2の場合

図43Fの種別が3の場合

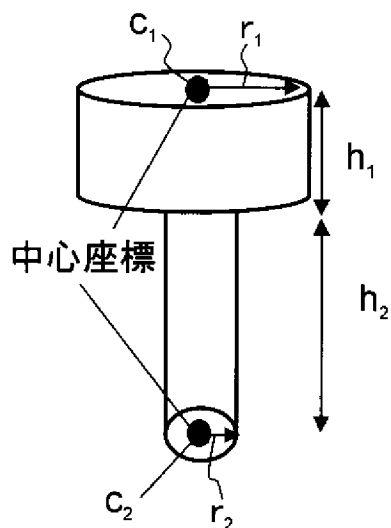
図43Bの種別が1でかつ種別IDが2の場合

[図43B]

種別が1の場合

種別ID	中心座標 $C_1(m)$	半径(r_1) (m)	高さ(h_1) (m)	中心座標 $C_2(m)$	半径(r_2) (m)	高さ(h_2) (m)
1	(0.1,0.1,0.1)	0.02	0.005	(0.1,0.1,0.1)	0.01	0.007
2	(0.1,0.1,0)	0.01	0.005	(0.1,0.1,0)	0.01	0.007

[図43C]

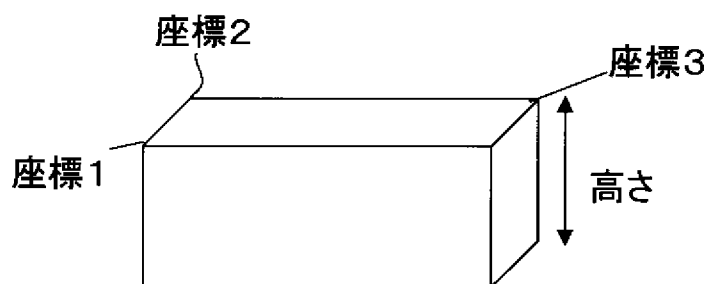


[図43D]

種別が2の場合

種別ID	座標1 (m)	座標2 (m)	座標3 (m)	高さ (m)
1	(x_{d1}, y_{d1}, z_{d1})	(x_{d2}, y_{d2}, z_{d2})	(x_{d3}, y_{d3}, z_{d3})	H_{d1}
2	(x_{d5}, y_{d5}, z_{d5})	(x_{d6}, y_{d6}, z_{d6})	(x_{d7}, y_{d7}, z_{d7})	H_{d2}

[図43E]

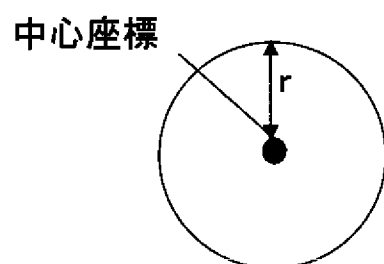


[図43F]

種別が3の場合

種別ID	中心座標 (m)	半径(r) (m)
1	(x_{c1}, y_{c1}, z_{c1})	r_{c1}
2	(x_{c2}, y_{c2}, z_{c2})	r_{c2}

[図43G]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000783

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B25J9/22(2006.01) i, B25J13/08(2006.01) i

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)

B25J9/22, B25J13/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2009

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2009 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2009

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.
X	JP 2004-49731 A (Yaskawa Electric Corp.), 19 February, 2004 (19.02.04), Par. Nos. [0004] to [0006], [0011] to [0012];	1, 3-6, 12, 13, 15-18, 20, 23, 26-29
Y	Figs. 1 to 4 (Family: none)	2, 7-11, 14, 19, 21, 22, 24, 25
X	JP 2004-148466 A (Yaskawa Electric Corp.), 27 May, 2004 (27.05.04), Par. Nos. [0018] to [0022]; Figs. 1 to 7	1, 4, 5, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 26-29
Y	(Family: none)	2, 3, 6-11, 14, 16, 19, 21-25

☒ 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
22 May, 2009 (22.05.09)Date of mailing of the international search report
09 June, 2009 (09.06.09)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000783

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-190753 A (Fujitsu Ltd.), 12 July, 1994 (12.07.94), Par. Nos. [0060] to [0090], [0109]; Figs. 1 to 8 (Family: none)	2, 3, 6, 14, 16, 21-24
Y	JP 2005-148789 A (Fanuc Ltd.), 09 June, 2005 (09.06.05), Par. Nos. [0029], [0035]; Fig. 6 & US 2005/0102066 A1 & EP 1531375 A2 & DE 602004009264 D	7-10
Y	JP 2002-120174 A (Sony Corp.), 23 April, 2002 (23.04.02), Par. No. [0203] (Family: none)	9, 10
Y	JP 10-254527 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 25 September, 1998 (25.09.98), Par. No. [0016] (Family: none)	9, 10
Y	JP 2-250782 A (Fanuc Ltd.), 08 October, 1990 (08.10.90), Page 2, lower left column to page 4, upper left column; Figs. 1 to 4 & EP 416123 A1 & WO 1990/011166 A1 & CA 2029875 A & CA 2029875 A1	10, 11, 25
Y	JP 1-146645 A (Fujitsu Ltd.), 08 June, 1989 (08.06.89), Page 2, lower right column to page 4, upper left column (Family: none)	19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/000783

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See the extra sheet.

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

The technical feature of the inventions of claims 1, 3-13, 15-18, 20-26, 28, 29 is that the movement information is acquired from a movement information database including at least one of the position, the posture, or the speed of a robot arm stored in a time-series way as movement information, position control is carried out, and the movement information is corrected according to correction information relating to at least one of the position, the posture, or the speed of the robot arm. The technical feature of the inventions of claims 2, 14, 19, 27 is that movement information is acquired from a movement information database including the force of the robot arm as time-series movement information, force control is carried out, and the movement information is corrected according to correction information relating to the force exerted by the robot arm.

Therefore, no technical relationship among these two inventions within the meaning of PCT Rule 13 can be seen. Consequently, the inventions of claims 1, 3-13, 15-18, 20-26, 28, 29 and the inventions of claims 2, 14, 19, 27 obviously do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B25J9/22(2006.01)i, B25J13/08(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. B25J9/22, B25J13/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2004-49731 A (株式会社安川電機) 2004. 02. 19, 【0004】-【0006】, 【0011】-【0012】, 図 1-4 (ファミリーなし)	1, 3-6, 12, 13, 15-18, 20, 23, 26-29
Y		2, 7-11, 14, 19, 21, 22, 24, 25
X	JP 2004-148466 A (株式会社安川電機) 2004. 05. 27, 【0018】-【0022】, 図 1-7 (ファミリーなし)	1, 4, 5, 12, 13, 15, 17, 18, 20, 26-29
Y		2, 3, 6-11, 14,

☒ 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矛盾するものではなく、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

2 2 . 0 5 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 6 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

所村 美和

3 U

9 6 1 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 2 4

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☒ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

C (続き) . 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 6-190753 A (富士通株式会社) 1994. 07. 12, 【0060】 - 【0090】 , 【0109】 , 図 1-8 (ファミリーなし)	16, 19, 21-25 2, 3, 6, 14, 16, 21-24
Y	JP 2005-148789 A (ファナック株式会社) 2005. 06. 09, 【0029】 , 【0035】 , 図 6 & US 2005/0102066 A1 & EP 1531375 A2 & DE 602004009264 D	7-10
Y	JP 2002-120174 A (ソニー株式会社) 2002. 04. 23, 【0203】 (ファ ミリーなし)	9, 10
Y	JP 10-254527 A (川崎重工業株式会社) 1998. 09. 25, 【0016】 (フ ァミリーなし)	9, 10
Y	JP 2-250782 A (ファナック株式会社) 1990. 10. 08, 第 2 頁左下欄- 第 4 頁左上欄, 第 1-4 図 & EP 416123 A1 & WO 1990/011166 A1 & CA 2029875 A & CA 2029875 A1	10, 11, 25
Y	JP 1-146645 A (富士通株式会社) 1989. 06. 08, 第 2 頁右下欄-第 4 頁左上欄 (ファミリーなし)	19

請求項 1, 3-13, 15-18, 20-26, 28, 29 に係る発明の技術的特徴は、ロボットアームの位置と姿勢と速度とのうちの少なくとも 1 つが時系列に動作情報として記憶された動作情報データベースから動作情報を取得し、位置制御を行うと共に、ロボットアームの位置と姿勢と速度との少なくとも 1 つ以上の補正情報に基づき、動作情報を補正することであるのに対し、請求項 2, 14, 19, 27 に係る発明の技術的特徴は、ロボットアームの力の時系列の動作情報として記憶された動作情報データベースから動作情報を取得し、力制御を行うと共に、ロボットアームが加える力に関する補正情報に基づき、動作情報を補正することである。

したがって、上記 2 つの発明の間に P C T 規則 1 3 の意味における技術的な関連を見いだすことができない。よって、請求項 1, 3-13, 15-18, 20-26, 28, 29 に係る発明と、請求項 2, 14, 19, 27 に係る発明は、発明の単一性の要件を満たしていないことが明らかである。