

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2012-51043

(P2012-51043A)

(43) 公開日 平成24年3月15日(2012.3.15)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
B 2 5 J 9/10 (2006.01) B 2 5 J 9/10 A 3 C 0 0 7
 3 C 7 0 7

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2010-193718 (P2010-193718)
 (22) 出願日 平成22年8月31日 (2010.8.31)

(71) 出願人 000006622
 株式会社安川電機
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 (72) 発明者 橋口 幸男
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 株式会社安川電機内
 (72) 発明者 村井 真二
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 株式会社安川電機内
 (72) 発明者 福田 拓也
 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
 株式会社安川電機内
 Fターム(参考) 3C007 BS13 KS03 KS33 KT01 KT05
 KX02 LS20 LT01 LV04 LV05
 MS07 MS30

最終頁に続く

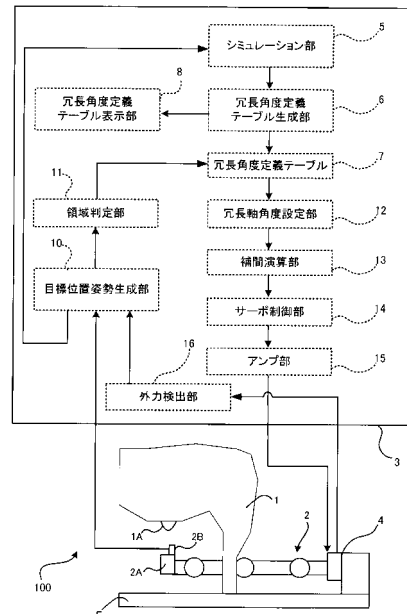
(54) 【発明の名称】 ロボットシステムまたはロボット制御装置

(57) 【要約】

【課題】冗長な自由度を有するマニピュレータをより最適に制御することができるようにしたロボットシステム及びロボット制御装置を提供する。

【解決手段】1以上のアクチュエータを有するマニピュレータ2とこれを制御するコントローラ3とを有し、コントローラ3は、アクチュエータの内の一部を冗長軸と設定し、マニピュレータの目標位置姿勢を設定し、マニピュレータが現在の姿勢から目標位置姿勢に達するまでの動作軌跡を生成し、マニピュレータの到達可能範囲内の領域を分割して設定した小領域と各小領域に対応する冗長軸角度用パラメータとを対応付けた冗長角度定義テーブル7を有し、冗長角度定義テーブル中の該当する小領域を選択し、選択結果に基づいて冗長軸角度を設定し、動作軌跡と冗長軸角度とに基づいて動作指令を生成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 以上のアクチュエータを有するマニピュレータと、
 前記アクチュエータそれぞれの動作を制御するコントローラと、を有し、
 前記コントローラは、
 前記アクチュエータの内の一部を冗長軸と設定する冗長軸設定部と、
 前記マニピュレータの目標位置姿勢を設定する目標位置姿勢生成部と、
 前記目標位置姿勢に基づいて前記マニピュレータが現在の姿勢から前記目標位置姿勢に
 達するまでの動作軌跡を生成するシミュレーション部と、
 前記マニピュレータの到達可能範囲内の領域を分割して設定した小領域と各小領域に対
 応する冗長軸角度用パラメータとを対応付けた冗長角度定義テーブルと、
 前記目標位置姿勢生成部の出力結果に基づいて前記冗長角度定義テーブル中の該当する
 前記小領域を選択する領域判定手段と、
 前記領域判定手段の選択結果と前記冗長角度定義テーブルとに基づいて、前記冗長軸角
 度を設定する冗長軸角度設定部と
 前記動作軌跡と前記冗長軸角度とに基づいて、前記アクチュエータのそれぞれに対して
 動作指令を生成する補間演算部と、を有している
 ことを特徴とする、ロボットシステム。

10

【請求項 2】

作業対象物の位置を検知する物体検出センサを有し、
 前記目標位置姿勢生成部は、前記物体検出センサの検知結果に基づいて前記目標位置姿
 勢を修正する
 ことを特徴とする、請求項 1 記載のロボットシステム。

20

【請求項 3】

前記マニピュレータにかかる外力を検出する外力センサを有し、
 前記コントローラは、
 前記アクチュエータの動作を制御するとともに、前記センサ部の検出結果に基づいて前
 記アクチュエータが前記外力に対して回避する方向に回避動作を行なわせる回避動作実行
 部を有している
 ことを特徴とする、請求項 1 または 2 記載のロボットシステム。

30

【請求項 4】

前記コントローラは、
 前記冗長角度定義テーブルを表示するとともに、前記冗長角度定義テーブルの内容の修
 正等を受け付けるテーブル表示・入力部を有している
 ことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 5】

前記マニピュレータは、
 基台と、
 前記基台に対して第 1 構造材を動作させる第 1 関節と、
 前記第 1 構造材に対して第 2 構造材を動作させる第 2 関節と、
 前記第 2 構造材に対して第 3 構造材を動作させる第 3 関節と、
 前記第 3 構造材に対して第 4 構造材を動作させる第 4 関節と、
 前記第 4 構造材に対して第 5 構造材を動作させる第 5 関節と、
 前記第 5 構造材に対して第 6 構造材を動作させる第 6 関節と、
 前記第 6 構造材に対してフランジを旋回させる第 7 関節と、を有している
 ことを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

40

【請求項 6】

前記冗長角度定義テーブルに規定される前記小領域はそれぞれその形状を直方体とする
 ことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 7】

50

前記冗長角度定義テーブルに規定される前記小領域は、前記作業対象物の位置のバラつきを考慮して予め設定される

ことを特徴とする請求項 2 ~ 6 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 8】

前記領域判定手段は、前記目標位置姿勢生成部の出力結果から前記冗長角度定義テーブル中の該当する前記小領域が存在しないと判定した場合には異常信号を前記物体検出センサに出力する

ことを特徴とする請求項 2 ~ 7 のいずれか 1 項に記載のロボットシステム。

【請求項 9】

1 以上のアクチュエータを有するマニピュレータの動作を制御するロボット制御装置であって、

前記アクチュエータの一部を冗長軸と設定する冗長軸設定部と、

前記マニピュレータの目標位置姿勢を設定する目標位置姿勢生成部と、

前記目標位置姿勢に基づいて前記マニピュレータが現在の姿勢から前記目標位置姿勢に達するまでの動作軌跡を生成するシミュレーション部と、

前記マニピュレータの到達可能範囲内の領域を分割して設定した小領域と各小領域に対応する冗長軸角度用パラメータとを対応付けた冗長角度定義テーブルと、

前記目標位置姿勢生成部の出力結果に基づいて前記冗長角度定義テーブル中の該当する前記小領域を選択する領域判定手段と、

前記領域判定手段の選択結果と前記冗長角度定義テーブルとに基づいて、前記冗長軸角度を設定する冗長軸角度設定部と

前記動作軌跡と前記冗長軸角度とに基づいて、前記アクチュエータのそれぞれに対して動作指令を生成する補間演算部と、を有している

ことを特徴とする、ロボット制御装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マニピュレータを用いたロボットシステム及びロボット制御装置に関する。

【背景技術】

【0002】

多関節ロボットでは、求められる位置姿勢の自由度よりも多くの自由度（冗長自由度）を有するロボットを制御することが求められる場合がある。

即ち、ロボットが冗長自由度を有することで、対象物に対して求められた位置姿勢を取った際であってもマニピュレータの姿勢を種々変更することができるため、冗長自由度を適切に制御することで比較的狭隘な場所であっても作業時にマニピュレータ自身や周辺の物体との干渉を回避しながら作業を行えるという利点がある。

特許文献 1 には、冗長自由度を有するマニピュレータを制御するための一手法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2007 - 203380 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、多くのマニピュレータは予め教示された動作経路に沿って動作するが、適用用途によっては、作業対象物が動いている等、位置が不確かな作業対象物に対して作業を

10

20

30

40

50

行なう場合もある。このような場合には作業対象物の位置を検知するセンサ等の情報に基づいてマニピュレータの目標位置姿勢を修正する。これにより、マニピュレータを作業対象物に追従させながら作業を行なうことができる。

しかしながら、マニピュレータが冗長自由度を有する場合、特許文献1のように、予め冗長自由度を含む各駆動軸全ての動作量を教示により決定しておく手法では、上述のように作業対象物の位置が移動する場合、冗長自由度の位置が必ずしも適切な位置とならず、作業対象物やマニピュレータ自身と干渉（接触）等が生じることが考えられる。

また、教示された動作経路に対して、作業対象物に追従して動作経路が修正されることにより、意図せずにマニピュレータが特異点姿勢となりマニピュレータの制御上、支障が生じることとも考えられる。

このような不都合はセンサ等に基づいて目標位置姿勢を修正する場合に限らず、マニピュレータの動作範囲に存在する障害物が移動する場合やマニピュレータと周囲物との意図しない接触が生じた場合にマニピュレータの動作軌道を修正する場合等にも同様の不都合が生じうる。

【0005】

本発明はこのような課題に鑑みてなされたもので、冗長自由度を有するマニピュレータをより最適に制御することができるようにしたロボットシステム及びロボット制御装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明のロボットシステムは、1以上のアクチュエータを有するマニピュレータと、アクチュエータそれぞれの動作を制御するコントローラと、を有し、コントローラは、アクチュエータの内の一部を冗長軸と設定する冗長軸設定部と、マニピュレータの目標位置姿勢を設定する目標位置姿勢生成部と、目標位置姿勢に基づいてマニピュレータが現在の姿勢から目標位置姿勢に達するまでの動作軌道を生成するシミュレーション部と、マニピュレータの到達可能範囲内の領域を分割して設定した小領域と各小領域に対応する冗長軸角度用パラメータとを対応付けた冗長角度定義テーブルと、目標位置姿勢生成部の出力結果に基づいて冗長角度定義テーブル中の該当する小領域を選択する領域判定手段と、領域判定手段の選択結果と冗長角度定義テーブルとに基づいて、冗長軸角度を設定する冗長軸角度設定部と動作軌道と冗長軸角度とに基づいて、アクチュエータのそれぞれに対して動作指令を生成する補間演算部と、を有していることを特徴としている。

【0007】

また、作業対象物の位置を検知する物体検出センサを有し、目標位置姿勢生成部は、物体検出センサの検知結果に基づいて目標位置姿勢を修正することが好ましい。

【0008】

また、マニピュレータにかかる外力を検出する外力センサと、を有し、コントローラは、アクチュエータの動作を制御するとともに、センサ部の検出結果に基づいてアクチュエータが外力に対して回避する方向に回避動作を行なわせる回避動作実行部を有していることが好ましい。

また、コントローラは、冗長角度定義テーブルを表示するとともに、冗長角度定義テーブルの内容の修正等を受け付けるテーブル表示・入力部を有していることが好ましい。

また、マニピュレータは、基台と、基台に対して第1構造材を動作させる第1関節と、第1構造材に対して第2構造材を動作させる第2関節と、第2構造材に対して第3構造材を動作させる第3関節と、第3構造材に対して第4構造材を動作させる第4関節と、第4構造材に対して第5構造材を動作させる第5関節と、第5構造材に対して第6構造材を動作させる第6関節と、第6構造材に対してフランジを旋回させる第7関節と、を有していることが好ましい。

【0009】

10

20

30

40

50

また、冗長角度定義テーブルに規定される小領域はそれぞれその形状を直方体とすることが好ましい。

また、冗長角度定義テーブルに規定される小領域は、作業対象物の位置のバラつきを考慮して予め設定されることが好ましい。

【0010】

領域判定手段は、目標位置姿勢生成部の出力結果から冗長角度定義テーブル中の該当する小領域が存在しないと判定した場合には異常信号を物体検出センサに出力することが好ましい。

また、本発明のロボット制御装置は、1以上のアクチュエータを有するマニピュレータの動作を制御するロボット制御装置であって、アクチュエータの一部を冗長軸と設定する冗長軸設定部と、マニピュレータの目標位置姿勢を設定する目標位置姿勢生成部と、目標位置姿勢に基づいてマニピュレータが現在の姿勢から目標位置姿勢に達するまでの動作軌跡を生成するシミュレーション部と、マニピュレータの到達可能範囲内の領域を分割して設定した小領域と各小領域に対応する冗長軸角度用パラメータとを対応付けた冗長角度定義テーブルと、目標位置姿勢生成部の出力結果に基づいて冗長角度定義テーブル中の該当する小領域を選択する領域判定手段と、領域判定手段の選択結果と冗長角度定義テーブルとに基づいて、冗長軸角度を設定する冗長軸角度設定部と動作軌跡と冗長軸角度とに基づいて、アクチュエータのそれぞれに対して動作指令を生成する補間演算部と、を有していることを特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、目標となる位置姿勢が変更される場合でもより少ない演算量でマニピュレータの冗長軸を適切に設定することができ、冗長な自由度を有するマニピュレータをより最適に制御することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態に係るロボットシステムの全体構成を説明するための模式的な構成図

【図2】本発明の実施形態にかかるロボットの構成を示す側面図である。

【図3】センサ部の構成を示す模式的な構造図

【図4】冗長角度定義テーブルに規定される3次元空間の領域を説明するための模式図

【図5】エンドエフェクタとターゲット部（作業対象物）座標関係を模式的に示す図

【図6】冗長角度定義テーブルの一例を示す図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明の実施の形態について図を参照して説明する。

本実施形態では、マニピュレータ2を用いて家畜に対して検査、消毒、搾乳などの作業を行なうロボットシステムを例に本発明の一実施形態について説明する。

【0014】

図1に示すように、本実施形態にかかるロボットシステム100は、家畜1が収納されたフロアF、マニピュレータ2、コントローラ3、センサ部4からなっている。

マニピュレータ2は、図2に示すように、設置面（壁面や床等）101に固定された基台40と、基台40からマニピュレータ2の先端にかけて順々に第1構造材41、第2構造材42、第3構造材43、第4構造材44、第5構造材45、第6構造材46、フランジ47がそれぞれ回転駆動するアクチュエータ（回転関節）を介して連結されている。

【0015】

基台40と第1構造材41とは、第1アクチュエータ（第1関節）41Aを介して連結されており、第1アクチュエータ41Aの駆動により、第1構造材41が回転するようになっている。第1構造材41と第4構造材42とは、第2アクチュエータ（第2関節）42Aを介して連結されており、第2アクチュエータ42Aの駆動により、第2構造材42

が回転するようになっている。

【0016】

第2構造材42と第3構造材43とは、第3アクチュエータ(第3関節)43Aを介して連結されており、第3アクチュエータ43Aの駆動により、第3構造材43が回転するようになっている。

第3構造材43と第4構造材44とは、第4アクチュエータ(第4関節)44Aを介して連結されており、第4アクチュエータ44Aの駆動により、第4構造材44が回転するようになっている。

【0017】

第4構造材44と第5構造材45とは、第5アクチュエータ(第5関節)45Aを介して連結されており、第5アクチュエータ45Aの駆動により、第5構造材45が回転するようになっている。第5構造材45と第6構造材46とは、第6アクチュエータ(第6関節)46Aを介して連結されており、第6アクチュエータ46Aの駆動により、第6構造材46が回転するようになっている。

第6構造材46とフランジ47とは、第7アクチュエータ(第7関節)47Aを介して連結されており、第7アクチュエータ47Aの駆動により、フランジ47及びフランジ47に取り付けられるハンド等のエンドエフェクタ2Aが回転するようになっている。

【0018】

なお、本実施形態では、第3アクチュエータ(第3関節)43Aが冗長軸として予め設定されており(冗長軸設定部)、後述するコントローラ3の機能により第3アクチュエータ43Aの回転位置が最適に制御されることとなる。また、アクチュエータ43Aを冗長軸、各アクチュエータ41A, 42Aをそれぞれ第1軸, 第2軸とし、各アクチュエータ44A~47Aをそれぞれ第3軸~第6軸という。第1軸~第6軸を特定しない場合は単に軸ともいう。

【0019】

エンドエフェクタ2Aには、検査器, 搾乳器, 消毒器等の種々のツール(図示は省略)が取り付けられ、家畜1のターゲット部1Aに対して、検査、消毒、搾乳などの作業を行なうようになっている。なお、マニピュレータ2の動作位置を制御する位置である制御点は本実施形態のマニピュレータ2の場合、制御点は各アクチュエータ44A~47Aの駆動により直線移動させることが可能な点としており、第6アクチュエータ46Aの軸心付近に位置している。

そして、制御点とフランジ47Aとエンドエフェクタ2A及び各ツールとの位置関係は予めコントローラ3に入力されており、制御点の位置姿勢を制御することで各ツールの位置を制御できるようになっている。

また、エンドエフェクタ(換言するとマニピュレータ2の先端部分)2Aには、物体検知センサ(本実施形態では、カメラであるがその他の種々のセンサを適用可能である)2Bが取り付けられている。

【0020】

物体検知センサ2Bは、四方が仕切られたフロアF内で不規則に動く家畜1のターゲット部1Aを含む十分な広さの検知領域に対して配向されている。

物体検知センサ2Bにより取得した画像はコントローラ3の目標認識部2Cに入力され、画像認識部2Cでは家畜1のターゲット部1Aの位置を検出し、検出結果を後述する動作指令部5に目標位置としてリアルタイムに入力するようになっている。

なお、本実施形態では、説明を容易とするため、コントローラ3は一体の制御装置として示しているが実際にはコントローラ3は複数のコンピュータ等で構成し、目標認識部2Cや外力検出部(後述)については、マニピュレータ2の動作を制御するロボットコントローラとは別体の制御装置により構成する等してもよい。

【0021】

また、第1~第7アクチュエータ41A~47Aは、それぞれ、ケーブル(図示省略)を挿通可能な中空部を有する減速機一体型のサーボモータによって構成されており、各ア

10

20

30

40

50

クチュエータの回転位置は、アクチュエータに内蔵のエンコーダからの信号としてコントローラ3にケーブルを介して入力されるようになっている。

【0022】

センサ部4は図3に示すように、センサ固定治具25と4個のセンサS1～S4により構成されており、円盤状のセンサ固定治具25はマニピュレータ2の第1アクチュエータ41Aの固定子の基部に取り付けられている。

【0023】

各センサS1～S4は、円盤状のセンサ固定治具25に埋設されており、各センサS1～S4は同一円弧（仮想円）に沿って等間隔に配置されている。そして、各センサS1～S4には圧電体として水晶が用いられており、各センサS1～S4はそれぞれセンサ固定治具15のラジアル方向の歪量を電圧として検出し、得られた電圧はアンプ部（図示省略）を介して増幅され、コントローラ3に入力されるようになっている。

各センサS1～S4に水晶振動子（水晶圧電素子）を用いることで歪みゲージや他の圧電素子を用いた場合よりも応答時間が小さく後述するサーボ部14の演算周期と比較して良好な応答性を得ることができ、マニピュレータ周辺の対象物の接触等による衝撃を十分に緩和することができる。

【0024】

なお、本実施形態では上述のように応答時間の早さ等の理由から水晶振動子を用いているが、良好な応答性が得られるものであれば各センサS1～S4にどのような形式のものでも適用可能である。また、水晶圧電センサは、歪みゲージや通常の衝突センサと比較して耐久性に優れ、マニピュレータ2の自重による負荷が最も大きい基端部にセンサ部4設けた場合でも十分に高精度な検出ができるという利点もある。

マニピュレータ2の各アクチュエータ41A～47Aを含む各駆動部位の動作はコントローラ3で制御される。

【0025】

コントローラ3は、記憶装置、電子演算器、入力装置及び表示装置（いずれも詳細には図示省略）を有するコンピュータにより構成されており、マニピュレータ2の各駆動部位と相互通信可能に接続されている。

図1に示すように、コントローラ3は機能構成としてシミュレーション部5、冗長角度定義テーブル生成部6、冗長角度定義テーブル7、テーブル表示・入力部8、目標位置姿勢生成部10、領域判定部11、冗長軸角度設定部12、補間演算部13、サーボ制御部14、アンプ部15、外力検出部（回避動作実行部）16から構成されている。

【0026】

シミュレーション部5は、予め入力されたマニピュレータ2の動作可能領域内の障害物の位置等の情報と目標位置姿勢生成部10からの制御点の目標位置姿勢と各アクチュエータ41A～47Aのエンコーダの検出信号から得られる現在のマニピュレータ2の位置姿勢とに基づいて、現在の位置姿勢から目標位置姿勢に至る動作軌跡を生成するように構成されている。なお、この動作軌跡の生成アルゴリズムは、種々のアルゴリズムを適用することができる。

また、シミュレーション部5による動作軌跡の生成は、マニピュレータ2の教示運転時に行えばよい。そして自動運転時には、冗長軸角度定義テーブル7を参照して、冗長角度を決定すればよく、CPUの負荷を軽減し実用的な時間で、解（各アクチュエータ41A～47Aに対する目標位置指令）を決定することが可能である。

【0027】

冗長角度定義テーブル生成部6は、テーブル表示・入力部8からの入力情報に基づいて図4に示すように、マニピュレータ2の動作可能領域内で予め設定された3次元空間の領域101について、マニピュレータ2とその周辺の対象物あるいは家畜1の動作等を考慮して予め行なった実験に従って領域101を分割して離散化した小領域を設定するようになっている。

【0028】

10

20

30

40

50

領域 101 及び各小領域 (m, n, l) は、それぞれ基準座標系 c に対してマニピュレータ 2 の基準座標系 w と同時変換行列で関係付けられている。領域 101 は、上述のとおりの実験結果に基づいて予め Z 方向に L 個、Y 方向に N 個、X 方向に M 個に分割されている。

より詳しくは、冗長角度定義テーブル生成部 6 は、家畜 1 の固体のバラツキ (例えば、ターゲット部 1A の位置のバラつきや家畜 1 の脚部などの障害物の位置のバラつき) に合わせて、領域 101 の大きさを決定する。つまり、バラツキが大きい場合は領域 101 の大きさが大きく設定され、バラツキが小さい場合は小さく設定される。

また、ここではそれぞれの分割された小領域 $S_c(m, n, l)$ は、直方体となるように設定されている。なお、小領域 $S_c(m, n, l)$ の形状等については演算量を抑制できる点で方形であることが好ましいが、必要に応じて種々の形状に設定することが可能である。

【0029】

冗長角度定義テーブル 7 は、分割された領域 101 の各領域に対する冗長軸の位置を設定するためのパラメータが対応付けられている。

かかる領域 101 の情報、即ち、小領域 $S_c(m, n, l)$ の位置・寸法・形状等の情報とこれに対応するパラメータの情報とはテーブル表示・入力部 8 の処理により表示装置に表示され、これらの情報は入力装置を介して作業者により入力・修正可能となっている。

【0030】

目標位置姿勢生成部 10 は、物体検出センサ 4 からの入力情報および後述の外力検出部 16 からの入力に基づいてマニピュレータ 2 のエンドエフェクタ 2A に把持された各種ツールの目標となる位置姿勢を生成するように構成されている。

【0031】

一方、目標位置姿勢生成部 10 は、外力検出部 16 が外力を検出したときは、物体検出センサ 4 の検出結果に基づく演算一旦停止し、外力検出部 16 から入力される目標位置姿勢の接触回避用の補正値を最新の目標位置姿勢に反映させたものを目標位置姿勢とする。

【0032】

領域判定部 11 は、目標位置姿勢生成部 10 の出力と冗長角度定義テーブル 7 の出力とから小領域 $S_c(m, n, l)$ の中から該当する冗長角度定義テーブルの小領域 S を選択するようになっている。

また、領域判定部 11 は、小領域 $S_c(m, n, l)$ の中に目標位置姿勢生成部の出力に該当する小領域が存在しないと判定した場合には異常信号を物体検出センサ 4 に出力するようになっており、物体検出センサ 4 側で例えば焦点の調整等の回避作業が実行される。

あるいは、小領域 $S_c(m, n, l)$ の中に目標位置姿勢生成部 10 の出力に対応する小領域が存在しないと判定した場合には、コントローラ 3 の表示装置を介してエラー警告を表示するように構成されてもよい。

冗長軸角度設定部 12 は、領域判定部 11 により選択された領域に対応する冗長角度定義テーブル 7 のパラメータに基づいて、冗長軸の角度 (目標位置) を設定するようになっている。

【0033】

補間演算部 13 は、冗長軸角度設定部 12 により設定された冗長軸 43A の角度位置と、シミュレーション部 5 で求められた動作軌跡とに基づいて、逆キネマティクス演算を行ない現在位置から目標位置姿勢までの各アクチュエータ 41A ~ 47A の動作態様 (あるいは動作速度を含む) を補間演算し、各アクチュエータ 41A ~ 47A それぞれの目標位置指令を所定の演算周期毎に出力するようになっている。

【0034】

サーボ制御部 14 は、補間演算部 13 から所定の演算周期毎に出力される各アクチュエータ 41A ~ 47A それぞれの目標位置指令と、各アクチュエータ 41A ~ 47A のエン

10

20

30

40

50

コーダからの入力信号とに基づいて位置速度フィードバック制御を行うようになっている。

【0035】

アンプ部15は、サーボ制御部14から出力される動作指令に基づいて各アクチュエータ41A~47Aの動作制御を行うようになっている。

外力検出部16は、各センサS1~S4からの入力信号に基づいて、マニピュレータ2に対して外力が生じたか否かを検出し、マニピュレータ2が外力に対して回避するための目標位置の接触回避用の補正値を求め、目標位置姿勢生成部10側に入力するようになっている。

【0036】

本発明の一実施形態にかかるロボットシステム100はこのように構成されているので、作業開始時には、物体検出センサ4が家畜1のターゲット部1Aの位置を計測し、計測結果がコントローラ3に入力され、目標位置生成部10で制御点の目標位置姿勢が算出される。

なお、物体検出センサ4から得られる計測情報はX、Y、Zの並進3自由度の位置情報の3個であり、マニピュレータ2の動作自由度7に対して、冗長性が4自由度あることになる。

【0037】

このため、本実施形態の物体検出センサ4の検出情報に基づいて並進3自由度に加えて回転3自由度の6自由度の目標位置姿勢を生成するために、ターゲット部1Aは家畜の乳頭部を想定しており、乳頭部は円筒形状であり図5に示すように、Z"軸周りには一様の形状とみなしており、また、ターゲット部1Aは下向きにあるので、Y"とX"周りの回転角度は一定であるとみなすことで、目標位置生成部10、領域判定部11、冗長軸角度設定部12でRz(Z"軸まわりの回転位置)と肘角度Exを冗長軸角度テーブル7で決定するようになっている。

【0038】

即ち、物体検出センサ4により求められた物体検出センサ座標系に基づいたターゲット部1Aの位置と姿勢(Xs, Ys, Zs)は、領域判定部11に入力され、図6に例示するような冗長軸角度定義テーブル7を参照して、小領域Sc(m, n, l)の中から該当する小領域の番号を決定する。

【0039】

例えば、図6で領域No2が選択されたとすると、RzとExの値は、それぞれ、47と75が、冗長軸角度設定部12で設定される。設定された位置と姿勢角度は、補間演算部13に入力され、逆運動学に基づいて各アクチュエータ41A~47Aのそれぞれに対する目標位置指令が生成され、サーボ制御部14とアンプ部15に入力され、マニピュレータ2は、ターゲット部1Aを、ターゲット部1Aに位置決めする(図5参照)。以上の動作が、物体検出センサ4の計測周波数(例えば、100Hz以上)のサンプリング周期毎に繰り返し実行される。

なお、サーボ制御部14での位置速度フィードバック制御の演算周期は上記のサンプリング周期よりも短い。

【0040】

このように本実施形態にかかるロボットシステムによれば、物体センサ4から計測周波数毎に入力される検出結果に基づいて演算周期毎に目標位置姿勢を算出し、目標位置姿勢に基づいて冗長軸角度定義テーブル7との照合結果から冗長軸の角度位置を設定するので、より少ない演算量でマニピュレータの冗長軸を適切に設定することができ、冗長な自由度を有するマニピュレータをより最適に制御することができる。

これにより、家畜1の脚部などの位置が移動する障害物などが存在する狭隘な作業空間内においてマニピュレータ2を動作させる場合であっても、ターゲット部1Aの位置に応じて冗長軸の姿勢を変更することができ、マニピュレータ2と障害物との接触確率を低減させ、作業効率を高く維持することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 1 】

また、マニピュレータ 2 と障害物とが接触した場合であっても外力検出部（回避動作実行部）16により外力に対して回避する目標位置姿勢が修正されるので、マニピュレータ 2 が障害物と過度に接触することなく障害物を回避することができる。さらに、接触回避動作時にも修正された目標位置姿勢に基づいて冗長角度定義テーブル 7 との照合結果から冗長軸の角度位置を設定するので、障害物の回避動作中に新たに別の障害物との接触確率を低減するようにマニピュレータ 2 の姿勢を適切に制御することができる。

【 0 0 4 2 】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲内で、上記実施形態から適宜変更が可能である。また、上記の各実施形態の手法を適宜組み合わせることも可能である。すなわち、このような変更等が施された技術であっても、本発明の技術的範囲に含まれることは言うまでもない

なお、本発明は実施形態のごとく家畜に対して作業を施す用途に限定するものではなく、種々の用途に適用可能である。例えば、マニピュレータの動作範囲内の障害物の位置が変動する場合などにも適用できる。

また、上述の実施形態では 7 個のアクチュエータを有する 7 自由度のマニピュレータを例に説明したが、マニピュレータの自由度はこれに限定されることなく、冗長角度定義テーブルのデータを適宜設定することで 8 自由度以上の自由度を有するものにも本発明を適用することができる。

また、6 自由度以下のマニピュレータであっても、作業対象物へのアプローチに 1 以上の自由度が許容される場合には、相対的にマニピュレータが冗長自由度を有することになるが、そのような場合であっても本発明を適用することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

- 1 家畜
- 2 マニピュレータ
- 2 A エンドエフェクタ
- 2 B 物体検出センサ
- 3 コントローラ
- 4 視覚センサ
- 5 シミュレーション部
- 6 冗長角度定義テーブル生成部
- 7 冗長角度定義テーブル
- 8 冗長角度テーブル表示部
- 1 0 目標位置姿勢生成部
- 1 1 領域判定部
- 1 2 冗長軸角度設定部
- 1 3 補間演算部
- 1 4 サーボ制御部
- 1 5 アンブ部
- 4 0 基台
- 4 1 ~ 4 6 アーム構造材
- 4 1 A ~ 4 7 A アクチュエータ
- 4 7 フランジ

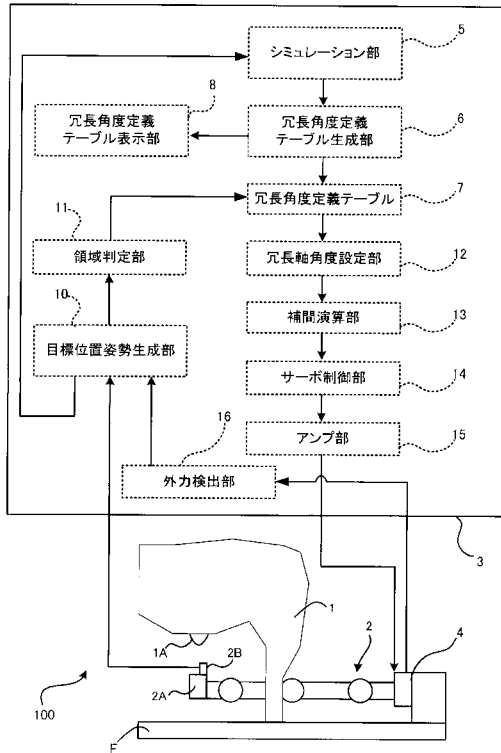
10

20

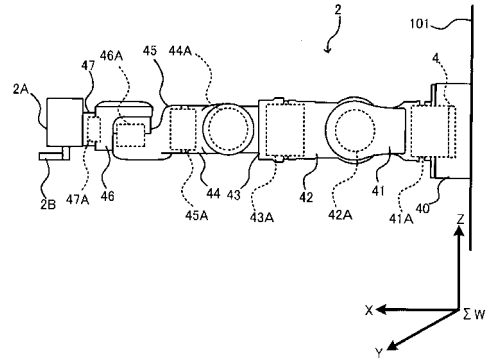
30

40

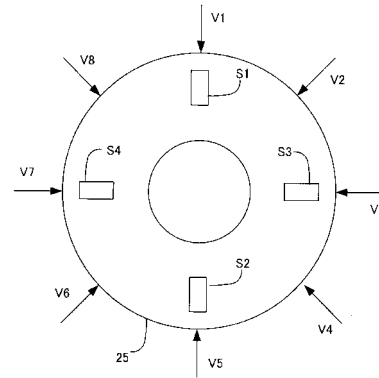
【図1】



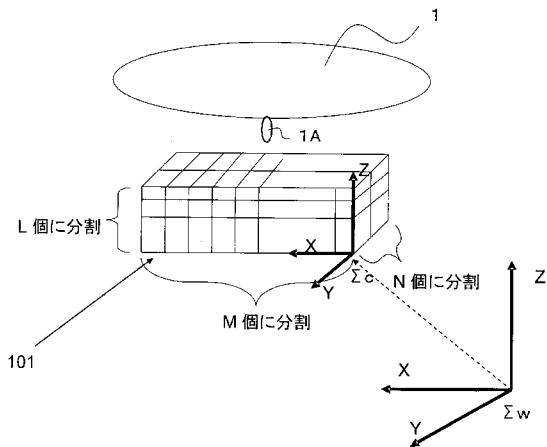
【図2】



【図3】



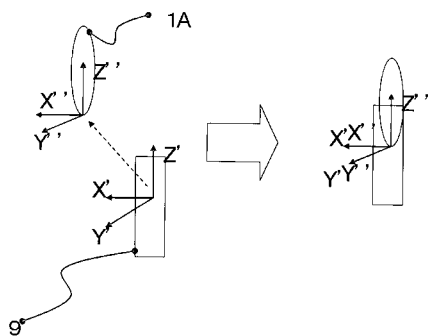
【図4】



【図6】

	Xmin	Xmax	Ymin	Ymax	Zmin	Zmax	Rz	Ex	
No1	0	100	0	100	0	100	45	70	
No2	100	200	0	100	0	100	47	75	
.	

【図5】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3C707 BS13 KS03 KS33 KT01 KT05 KX02 LS20 LT01 LV04 LV05
MS07 MS30