

MAS 概念に基づく運動学計算システムを用いた超冗長アームの姿勢列の生成

旭川高専 ○内野敬介, 佐竹利文, 九工大 林朗弘, 会津大 成瀬継太郎, 北見工大 鈴木育男

Inverse Kinematics of Hyper Redundant Robot arms based on MAS methodology

Asahikawa National College of Technology Keisuke UCHINO, Toshiyumi SATAKE, Kyusyu Institute of Technology Akihiro HAYASHI, University of Aizu Keitaro NARUSE, Kitami Institute of Technology Ikuo SUZUKI

This report deals with the inverse kinematics calculation system for hyper redundant robot arm. The proposed method builds an inverse kinematics calculation model of robot arms as multi agent systems which consist of 5 types agents for processing states of joints. The features of the model; it can configure easily various robot structures; it can set up end-effectors on unrestrained parts of robot arms; it can select joints to generate poses; it can set up degree of participate in process of calculations. This report describes an outlines of the proposed method, 5 types of agent to configure inverse kinematics calculation models, and the features of the proposed method. Finally, case study of 100 axes hyper redundant robot arm is illustrated to estimate the proposed method.

1. はじめに

これまで、産業応用が中心であったロボットの活用分野は、アミューズメント、医療福祉、生活支援など多くの分野に広まりつつある。ロボットは、回転軸、並進軸をアクチュエータにより駆動し、所望の運動を行う機械である。回転軸と並進軸、リンクの組み合わせによって、様々な機構的な特徴をもたせることができる。用途に応じて、或いは、設計者の自由な発想で、これらを自由に組み合わせれば、多様な構造のロボットが実現でき、その利用可能性は益々広がることが期待される。しかしながら、現実のロボットは、様々なハードウェア的制約や、構造の複雑さに従って難しくなる制御の問題があり、自由な構造を実現できるわけではない。

ロボットを動かすには、作業を行わせたい部位の位置と姿勢の変化に対して、各関節の角度を求める逆運動学計算が必要である。この運動学計算は、一般に、一方を固定端とし、シリアルに回転軸および並進軸が繋がったロボットアームのような構造に対する計算が基本となる。冗長な軸を持つロボットアーム、複数の指を持つハンドなどの複雑な構造を持つ場合、1つのロボットとしてモデル化することは事実上無理なので、状況に応じて幾つかの部分に分割し、それぞれの結果を統合することで求める方法が取られる。しかし、多様な状況に対して適切な分割法はなく、それぞれ個別に問題を考える必要があり、多様な動作が可能なものとして作られるロボットの動作に制限を与えてしまうことになる。

本研究グループは、マルチエージェントシステム(MAS)の手法を用いて、自由に設計されたロボットを与えられる作業を実施するための動作を生成するシステムの開発を進めている。この方法は、軸、リンクなどの部品に対応する計算部分を1つのエージェントとして考え、ロボットの構造に合わせてそれらのコミュニケーションを設定し、システムの目標を「作業部位の位置と姿勢の実現」として、各エージェントが自身の軸を変位させることで運動学計算を行う方法を基本としている。本報告では、提案する方法の概要と運動学計算の方法とその特徴について述べる。

2. MAS 概念を用いた運動学計算法

2.1 運動学計算システムの特徴

運動学計算では、通常、手先がエンドエフェクタである。所望の作業を行う手先の位置と姿勢の列を得るための各軸の変位を求めるのが逆運動学計算である。しかし、ロボットに求められる動作には、手先以外が用いた方が良い場合、手先以外を使わなければならない動作、手先とその他の部位を共に使わなければならない動作など、人間や生物の動作を模倣することを考えると、構造的にはロボットの部位全てが利用可能であり、手先以外の部位についてもエフェクタとして計算できる必要

がある。本研究で提案する運動学計算システムは、①任意の構造を持つロボットアームの運動学計算を容易に構成できること、②アームの全ての部位をエフェクタとして設定できること、③それらの部位を位置付けるために、どの関節を利用するかを選べること、④それら関節がその姿勢決定に関与する度合を設定できることを特徴としている。

2.2 運動学計算システムの構成エージェント

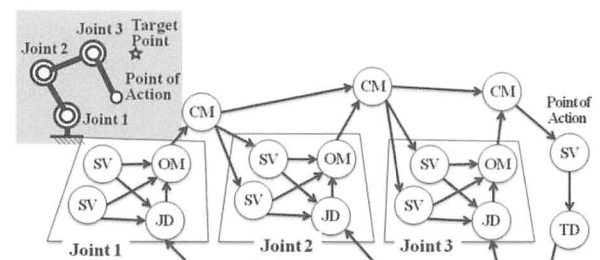


Fig. 1 Kinematics process model of typical manipulator.

図1に、3自由度ロボットアーム用に構成した運動学計算システムのエージェント構成を示す。本システムは、関節軸の位置と方向ベクトル持ち下位軸の変位に伴いそのベクトルを変化させる処理を行う State Vector(SV)、エフェクタとなる部位の目標までの変化量を求める Target Deviation (TD)、エンドエフェクタの変化を実現する軸毎の変位量を求める Joint Deviation (JD)、JD の計算結果に従って軸を変位させると共に、下位軸の状態を含めて上位軸へ運動を渡す Operate Motion (OM)、ロボットのリンクに対応し下位軸の運動を上位軸に伝達する Composite Motion(CM)の5つのエージェントから構成される。

TDにより求められる現在のエフェクタの状態と目標状態の差をエフェクタを変化させる軸の JD に渡し、JD で求められた各軸の変位が計算される。上位軸に向かう OM, SV, CM の処理の連鎖は、順運動学計算であり、正確な各軸の状態を求める処理となる。この処理を繰り返し逆運動学の解を求める。

2.3 エージェント構成の変更と多様な姿勢の生成

本システムは、エージェントの構成変更により任意の部位を任意の軸を使用した姿勢の逆運動学計算を行うことができる。図2(a)は、使用する軸を軸1と3に限定した場合の例である。この場合、運動学計算の起点となる TD が目標の偏差情報を送信する軸を1と3のみに送るようにすることで実現できる。また、(b)は、軸3を目標に位置付けるような設定であり、TDを軸3のSVに接続することで軸3をエフェクタとする計算が可能となる。TDは、任意の場所に、任意の数だけ設定することができるので、1本のアームの部分的に使用することや、アームの異なる2つ以上の部位をそれぞれ異なる状態になるような姿勢を求めることも可能である。

JDの処理は、エフェクタを目標に位置付けるために自身が

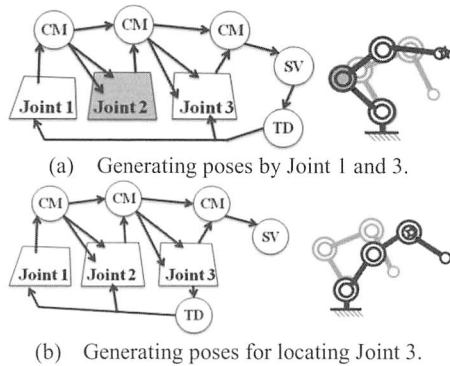


Fig.2 Various poses generation by reconfiguring Agents.

できる変化を求め、その値に予め設定された重みとの積で1回の変化量を求める[1]。この重みを変更することで、姿勢生成に対する軸の関与の割合を変更することができる。

システムは、ロボットの構造に応じて、5種類のエージェントを組み合わせることで計算モデルを構成する。システムは、本研究グループで開発されたMAS構築用ツール[2]で実装されている。計算モデルは、5種類のエージェントプログラムに個別のパラメータを与えて、必要な数分のエージェントを実装することで構成される。MAS構築用ツールの機能により、通信先の変更やパラメータの変更を動的に実行することができる。

3. ケーススタディ

3.1 重みの変更により得られる姿勢の違い

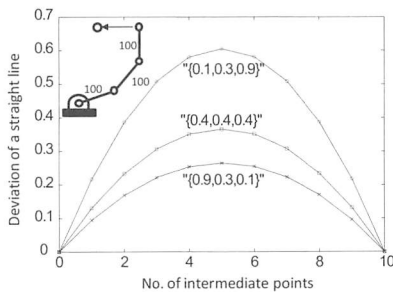


Fig.3 Effectiveness of weight parameters.

図3は、3リンク平面アームを初期姿勢から先端を目標値に位置付ける姿勢を求める際に、各関節の関与の割合の重みを変えた例である。グラフは、先端の初期位置から目標位置までを結ぶ直線を考え、運動学計算により求められた各関節の変位を10分割して(等速で回転すると想定)、各点での先端と直線との距離をプロットしたものである。回転軸であるので、先端の動きは円弧となる。根本側関節の重みを大きくすると直線との距離は小さく、先端側関節の重みを大きくすると直線との距離は大きくなっていることが分かる。この距離を先端の軌跡の誤差と考えると、現在の姿勢と先端、目標の関係から、誤差を小さくする最適な重みの組み合わせを考えることができる。

3.2 100関節超冗長アーム

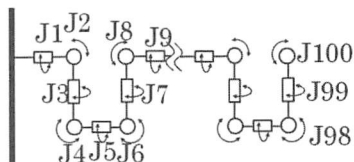


Fig.4 Structure of a hyper redundant robot arm.

図4は、100関節を持つ超冗長アームの構造を示す。図に示すように、初期状態において、Z軸、X軸、Y軸を回転軸とした組からなり、100関節を持つアームである。

図5(a)は、全ての関節を動かして先端を目標に位置付けるまでの計算過程を姿勢として表示したものである。全体の関節が

使われていることが分かる。(b)は、下位の関節J1からJ30までを使用して先端を目標に位置付ける姿勢を計算する過程を表示したものである。J31からJ100の関節は動いていないので、アームの上部は直線的に表示されている。(c)は、J50からJ99までの関節を使用した結果である。下位の軸は動くことなく上位の軸のみで目標までの計算が進んでいくことが分かる。(d)は、J70からJ99までを使った結果である。使える関節が少ないので先端部分が伸びている様子がわかる。

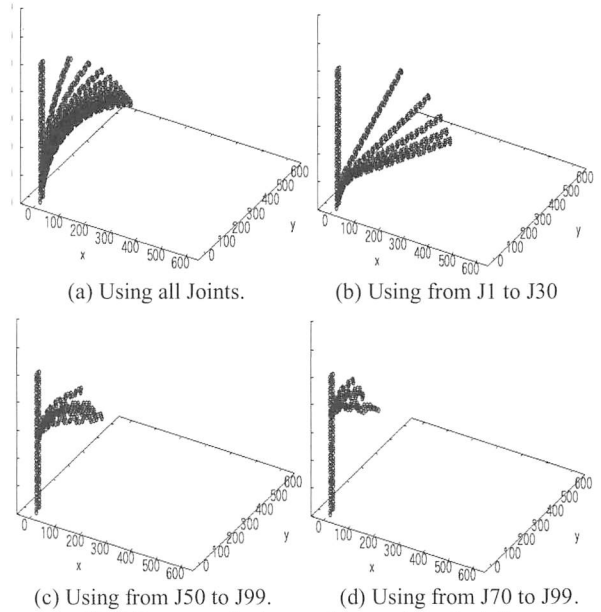


Fig.5 Processes for inverse kinematics calculations.

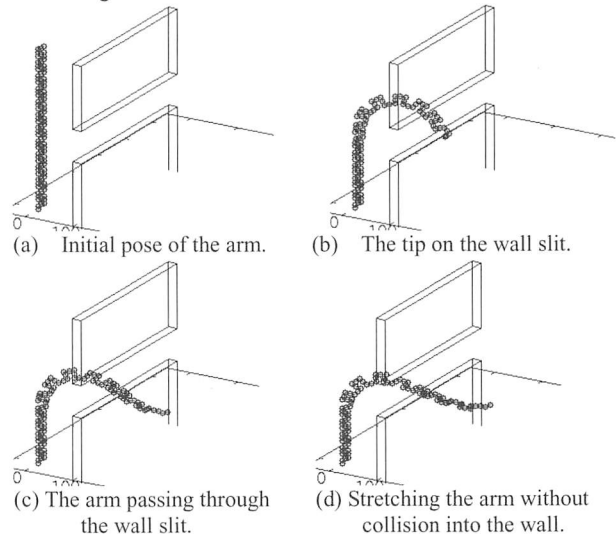


Fig.6 Generating poses of the arm passing through the wall slit.

図6は、関節の部分的な使用、任意の部位に対する逆運動学計算を組み合わせ、マニュアル操作でアームが壁の隙間の向こう側にその先端を位置付けるための姿勢列を作成した例である。

4. おわりに

本報告では、超冗長アームの逆運動学計算をこれまで本研究グループで進めてきた運動学計算システムを用い、本システムの有効性を確認した。

参考文献

- [1] 別役他：局所運動学によるロボットアームの運動学計算システムの開発，2010年度精密工学会春季講演会
- [2] 内野他，MAS概念に基づく運動学計算モデルを用いた多軸機械ポストプロセッサの自動生成，ROBOMEC2012