

MAS概念に基づく運動学計算法による超冗長アームの制御

旭川高専 ○千田 祐太郎, 鈴木 利結樹, 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, 北科大 西川孝二

Development of the Ultra Redundant Robot Control System By the MAS based Kinematics Calculation Method

National Institute of Technology, Asahikawa College, Youtaro CHIDA, Toshiyuki SUZUKI, Toshifumi SATAKE

Kyusyu Institute of Technology Akihiro HAYASHI, University of Aizu Keitaro NARUSE,

Kitami Institute of Technology Ikuo SUZUKI, Hokkaido University of Science Kouji NISHIKAWA

This study aims to develop a ultra redundant robot arm system which can be fully utilized abilities of the robot structure by using various poses and various parts of the body of the robot in various situations. This paper describes details of the ultra redundant robot system configured with 20 joints, based on decentralized kinematics calculation method.

1. 緒言

これまで産業用途中心であったロボットの開発は、情報技術や素材技術等の様々な技術の進歩もあり、アミューズメント分野、家電、富士、災害時活動等多用途な分野に広がっている。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の制約や構造の複雑さに従って難しくなる問題があり、自由な構造を実現できるわけではない。

これらの問題の1つに、ジョイントの増加とともに複雑になる運動学計算の問題がある。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ものが逆運動学計算である。この計算は、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などの場合、ひと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。

本研究では、運動学計算を複雑にしている要因を全体構造に対してトップダウン的に運動学計算を構成することと考え、運動学計算の分散化を行ってきた^{[1][2]}。これは、運動学計算を構造に依存しないように分解し、それらをロボットの構造に合わせて組み立てることで運動学計算を構成するものである。

実際の超冗長ロボットに対して本方法を適用するための計算環境について述べ、開発した超冗長ロボットの詳細について述べる。

2. 運動学計算およびシステムの概要

2.1 運動学計算の分散化

一般に、エンドエフェクタ (EF) を任意の位置姿勢に位置付

けるためのジョイントの変位の計算は逆運動学計算と呼ばれ、ヤコビの逆行列を用いる方法や、冗長構造のロボットの場合には疑似逆行列を求める方法がある。これらの方法は、1つのEFに対する計算をロボットの構造に合わせて構成するので、ジョイントの数の増加により計算の構成が困難になってしまう。本研究では、運動学計算をロボットの全体構造から構成するのではなくジョイント個別の計算に分解し、それらをロボットの構造に合わせて計算時に組み立てることで多くのジョイントから構成される複雑な構造のロボットの運動学計算を解く。

2.2 運動学計算モデル

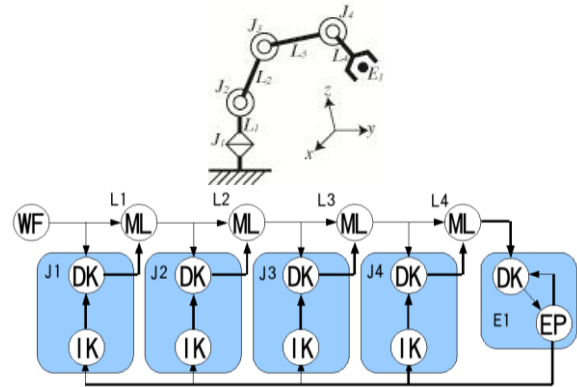


Fig. 1 Outline of the kinematics calculation system.

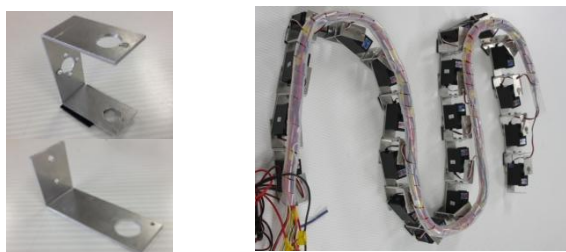
図1に局所運動学計算の概念図を示す。計算システムは、ML(Motion Link Agent), DK(Direct Kinematics Agent), EP(Effect Point Agent), IK(Inverse Kinematics Agent)の4種類の計算エージェントから構成される。各エージェントは、計算処理とロボットの構造を表すための図の矢印に相当する他のエージェントとのコミュニケーションのためのデータを持っている。MLは、軸と軸を繋ぐリンクに対応するエージェントである。DKは、下位のリンクの変化に伴い変化自身の状態(位置と方向)を求めるエージェントである。EPは、手先の状態を管理し、計算の基点となるエージェントである。IKは、EPより手先の現在位置と目標位置を受け取り、目標に近づくための局所運動

学計算を行い自身の変位を求める^[2]。順運動学計算の解は、変化した各軸の変位を固定側から先端に向けて DK の計算結果とあわせてその情報を流すことにより、一度の計算で求められる。一方、逆運動学計算の解は、「IK による局所的な逆運動学計算」によりジョイントの変位を求めた後、「DK による順運動学計算」を行うことで EP の位置を求め、EP が指定した位置になるまで、この手順を繰り返すことで得られる^[1]。

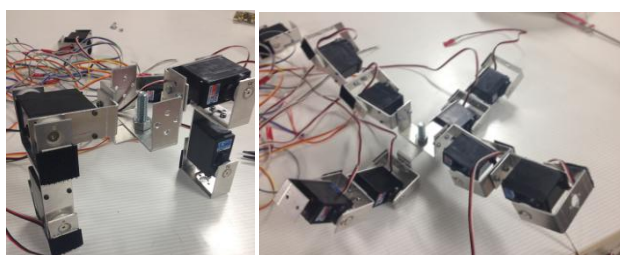
逆運動学計算の計算過程は、各ジョイントがその回転方向と回転角度の制限の中で EP を目標に接近させていく計算である。そのため、アームが伸びきってしまった状態や、角度制限のため、それ以上接近できなくなった状態も求めることが可能である。つまり、従来の計算上の特異点のため求められないような姿勢も問題なく求めることが出来る。

3. ロボット制御システム

3.1 モジュール型超冗長ロボットと制御用ハードウェア



(a) 接続モジュールと超冗長アーム構成例



(b) 分岐構造を持つロボットの構成例

Fig. 2 Connecting Modules and Example Structures.

図 2 に超冗長ロボットを構成するための接続モジュールと構成例を示す。(a)左図に示すようにコの字型モジュールと L 字型モジュールによりモータを保持するとともに、モータを直列に結合していく。(a)右図は、今回対象とする 20 個のジョイントを接続モジュールにより直列に構成した蛇型のアームである。(b)は、分岐モジュールにより構成したロボットである。(b)は、分岐モジュールにより構成したロボットである。このロボットを、小型 Linux コンピュータである BeagleBone により PWM 制御信号をし出力する ArduinoMega をシリアル通信により接続して制御を行う。操作 PC と BeagleBone は、ネットワークで接続している。

3.2 ソフトウェア構成

図 3 には、運動学計算を構成するためのソフトウェアの概要を示す。本ソフトウェアシステムは、本研究グループで開発した、マルチエージェントシステム開発用ツール (MAS ツール) をベースに構成されている^[2]。MAS ツールは、名前がつけ

られたプログラムモジュールが実装されたコンピュータを管理するサブシステムとモジュールを実装するサブシステムから構成される。この 2 つのサブシステムの機能によって、通常の C 言語関数呼び出しの記述のみで、モジュール間でのネットワークを介した相互の関数呼び出しを可能にする。

運動学計算システムを構成するエージェントプログラムは、DK, IK, ML の 3 種類である。各エージェントは、ジョイントの種類 (回転/直動)、軸の位置と方向がセットされて 1 つのエージェントプログラムになる。構成される計算モデルは構造の変化が生じた際には、MAS ツールの呼び出し先の変更機能で変える事ができるが、初期状態の設定はエージェント毎にヘッダーファイルに記述することとした。3 種類のエージェントのプログラムとヘッダーファイルの組み合わせで、必要な数のエージェントプログラムのオブジェクトファイルが生成される。このファイルを MAS ツールの計算環境に実装することで運動学計算システムは実装される。

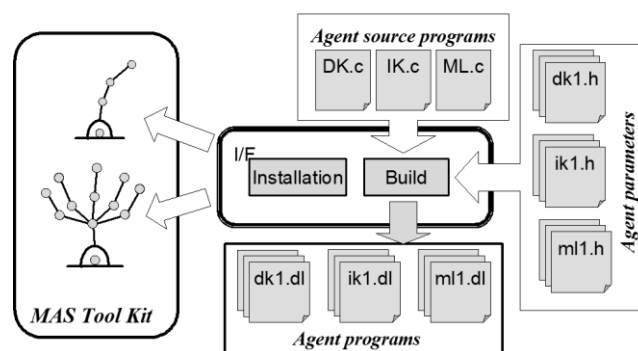


Fig3. Software system Configuration

4. 結言

本研究は、運動学計算をジョイント毎に分散化し繰り返し計算により逆運動学計算の解を求める方法を用いて、超冗長ロボットの制御を行うシステムの開発を目的としている。本報告の結果をまとめると以下ようになる。

運動学計算の分散化の概要について述べた。運動学計算をジョイント毎に分散化し、ロボットの構造に合わせて計算モジュールを組み立てることにより、多様な構造を持つロボットの逆運動学計算を容易に組み立てることが出来る。

計算モジュールを組み立てるための計算環境として本研究グループで開発した MAS ツールを用いている。これにより、ジョイントの種類、位置・方向を指定するだけで自動的に運動学計算の解を求めるプログラムを作ることが出来る。

小型 Linux コンピュータを用いて、ロボットアームを動作させるシステムを設計した。

参考文献

- [1] 佐竹他, 運動学計算の分散化と超冗長ロボットの運動学計算, SI2012, (2012.12)
- [2] 佐竹他, マルチエージェントシステム構築用ツールキットを用いた分散制御手法シミュレータの開発, ROBOMECH2008