

局所運動学によるヒューマノイドモデルの運動学計算

○別役厚徳 (旭川高専), 佐竹利文 (旭川高専), 林朗弘 (九州工大), 原慎真也 (有明高専)

我々の研究グループは、多様な構造のロボットアームの運動学計算を容易に構成する方法の開発を行ってきた。提案する方法は、局所順／逆運動学計算を行うロボットアームのジョイントの変位を計算する個別の計算エージェントをロボットの構造に合わせて結合することで運動学計算システムを構成する。本報告では、人型ロボットを対象として運動学計算システムを構成する方法と、手や足の部分に対して目標値を与え、姿勢を求めた事例について述べる。

1. はじめに

近年、ロボットの応用は、製造現場での利用から介護分野、アミューズメント分野など広範囲な分野に広がっている。用途の拡大と共にその構造にも多様なものが求められる。用途の拡大に伴って、ロボットを構成する部品およびコンピュータシステムの小型高機能化と低価格化も進んでいることもあり、多様な構造を持つロボットを自由に作る事が出来る環境が整ってきている。

本研究グループでは、コンポーネント型ロボットアームを対象として、様々な部品の組み合わせに対して対応可能な分散制御の手法を提案している^[1]。この方法は、局所運動学計算を処理としてもつ制御軸やリンクに対応するソフトウェアエージェントとして考えが互いに情報を交換することによりロボットの運動学計算を行うものである。これまでは、一般的なシリアルな構造のロボットアームを対象にしていた。本研究では、本手法を人型ロボットの運動学計算へ応用する。一般的に、人型ロボットの動作を求めるとして行う運動学計算は、腕、手、足、脚の各部分について個別に計算を行う方式がとられ、全ての構造モデルを構成し求める方法がとられる。本研究では、人型ロボットの全体を1つのモデルとして構成し、運動学計算をおこなう。本報告では、局所運動学による運動学計算システムの構成方法について述べ、手から指などの分岐構造の場合の計算方法、固定端が存在しない人型ロボットの場合の運動学計算の考え方について述べる。

2. 運動学計算システム

2.1 ロボットアームの運動学計算システムの概要

図1に局所運動学計算の概念図を示す。計算システムは、数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(Motion Link Agent)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(Direct Kinematics Agent)は、下位のリンクの変化に伴い変化する自身の状態(位置と方向)を求めるエージェントである。JS(Joint State)は、軸の状態を持つエージェントである。EP(Effect Point Agent)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(Inverse Kinematics Agent)は、EPより手先の現在位置と目標位置を受け取り、目標に近づけるための局所運動学計算を行い自身の変位を求める。WS(Weight Setting Agent)は、IKでの計算結果に他の軸の動作との調整のための係数を乗じる処理を持つ。WF(Working Frame Agent)は、作業座標系の基準となる座標系への変換を行う^[2]。

2.2 局所運動学計算

本運動学計算は、局所順運動学および局所逆運動学計算が計算の核になる。局所順運動学計算は、変化した下位

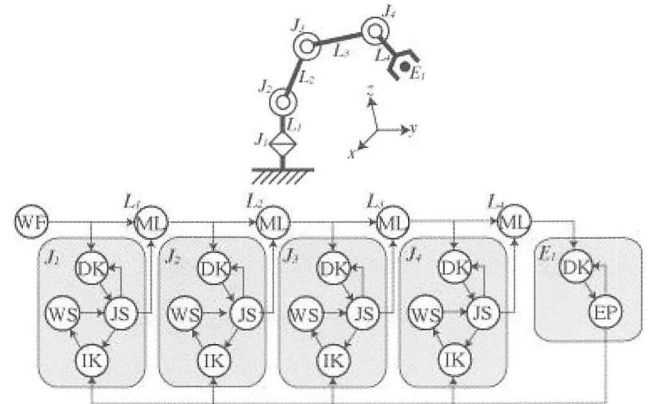


Fig. 1 Outline of the kinematics calculation system.

の軸の状態とその変位を用いて自身の状態を計算する方法であり、1対1の関係として計算される。1つの軸の変位は、上位の全ての軸の状態変化の計算に用いられることになる。また、局所逆運動学計算は、上位の部分(EP)の状態を目標状態とするために、自身の軸を変位させる計算である。この計算も1対1の計算となり、他の軸の状態は無関係である。順運動学計算では、1つの軸の変化に対して、全ての上位軸がそれぞれ1度自身の状態を求める計算をすることで、ロボット全体の姿勢を計算することが出来る。一方、逆運動学計算では、局所逆運動学計算では、誤差があるので、それぞれの軸の変位を局所運動学で求め、順運動学計算を行った後、新しいEPの状態と目標の位置が閾値に収まるまで計算が繰り返される。

2.3 計算処理の流れ

手先のDK(EP)は、メインプログラムであり、このエージェントから計算は始まる。EPより各IKに対してEPの現在位置と目標位置が順に送られ、IKはEPを目標に近づけるために自身が出来る軸の回転量を局所逆運動学計算によりもとめる。変化した軸の変位により上位軸の位置と方向は変化することになるが、その変化はMLを介して上位のDK全てに送られ、その変位に対して変化する軸の位置と方向が、局所順運動学計算により求められる。全てのIKに対して同様の流れで計算が行われる。これが計算の

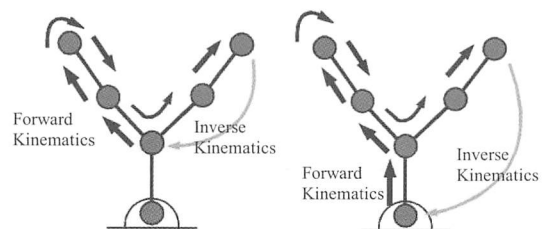


Fig. 2 Calculation flow of a branch structure.

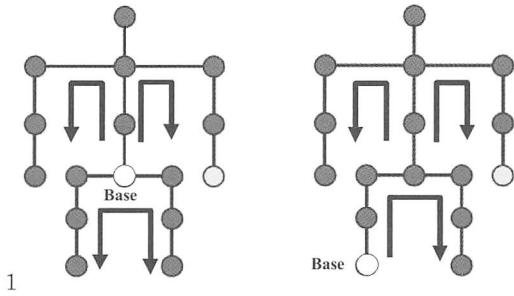


Fig. 3 Calculation flow of Humanoid.

サイクルである。このサイクルを EP が目標位置に至るまで続けられる。

2.4 分岐構造の計算の流れ

図 2 に示すように、本運動学計算システムでは、この分岐構造の計算はエージェント ML が順運動学計算の流れを制御することのみで対応できる。図の○は、IK と DK を、リンクは ML を意味するが分岐では、2 つのリンクは 1 つの ML がその役割を負う。分岐部より下位の IK に対して逆運動学計算の指示があった場合、分岐部で順運動学計算の流れが図中の矢印のように、分岐部から上位の全てのエージェントに計算処理が順に流れていくように制御される。

2.5 仮想的な固定端の設定

図 3 に人型ロボットの場合の計算の流れを示す。ロボットアームの運動学計算では固定端が存在するので、運動学計算の基準としている。しかし、人型ロボットの動作を考えると明示的な固定端は存在しない。歩行の動作では、一方の足先を地面に固定して、他方の足を目的位置に位置付ける動作とすると、地面側の足先を固定端とすればアーム度と同様の計算で他方の足を位置づける運動学計算が可能である。同様に座っているときには腰固定端として考えれば、着座状態での運動を計算することが可能となる。そこで、本システムでは、固定端は状況に応じて変えるという考え方を導入し、人型ロボットの全身の運動学モデルを考える。

3. 運動学計算シミュレーション

図 4 は、本方法に基づいて構成した人型ロボットの計算モデルを示す。○は IK および DK を意味している。この人型ロボットモデルは、55 個の DK および IK エージェントがリンクで接続された構造となっている。全ての DK は、EP の機能を持っており、指先に対応する DK (EP) 以外のどの部分にでも位置決め指令を与えることが出来る。仮想的な固定端は、何処にでも設定できるが、腰または右足の先に設定することとして各 ML エージェントのデータを設定する。図 5 は、人型ロボットの姿勢計算結果であり、(a) は初期の状態、(b) は、左足先端の点を目標値として与えた結果である。計算途中では主に腰部の軸が回転し、左足を前に出した後、徐々に姿勢を正していき、左足先端が目標値に達した。

4. おわりに

本研究は、人型ロボットの全体を 1 つのモデルとして構成し、運動学計算をおこなうシステムの開発を目的としている。局所運動学計算に基づいてロボットアームの逆運動学計算を行う方法を用いて、分岐構造及び固定端のない人型ロボットの運動学計算システムを開発した。分岐構造は、ML エージェントに複数の DK を指定することによりモデ

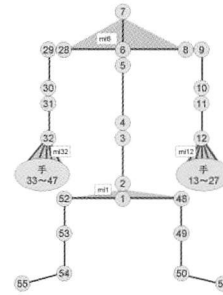
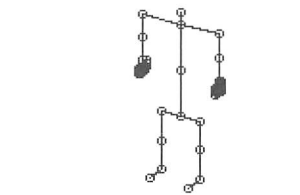
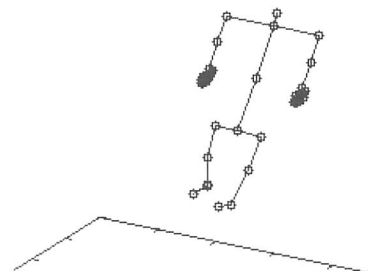


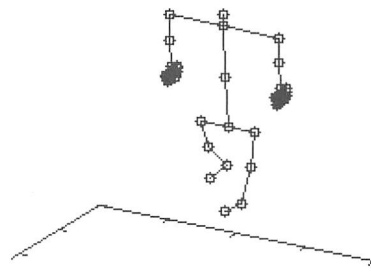
Fig. 4 Structure of kinematics calculation system.



(a) Initial configuration.



(b) Progress on the way



(c) Configuration of a walk

Fig. 5 Result of calculation of a walk.

ル化した。また、固定端については状況に応じて仮想固定端を設定する。歩行の動作の運動学計算を行い本方法の有効性を確認した。

参考文献

- [1] S. Haramaki, A. Hayashi, T. Satake, S. Aomura, Distributed Cooperative Control System for Multi-jointed Redundant Manipulator, Proceedings of the 4th ICAM-2004, No.04-204
- [2] 佐竹利文, 別役厚徳, 林朗弘, 原慎真也, 局所運動学を用いた人型ロボット全体構造の運動学計算モデル, ROBOMECH2009, No.09-4, 2009