

旭川高専 ○野村啓太, 旭川高専 別役厚徳, 旭川高専 佐竹利文, 九州工大 林朗弘

要旨

アミューズメント分野, 医療福祉分野など, ロボットの適用分野が広がり, それぞれの用途に応じて多様な構造を持つロボットを開発する際に, 構造の複雑になるに伴い運動学計算が複雑になり解析的に解くことが困難になるという問題を解決する必要がある. 本報告では生物型ロボット全体を1つのモデルとして構成し運動学計算を行い, マルチエージェントシステムを応用した計算システムの構成方法について述べ, 分岐構造の場合の計算方法, 固定端が存在しない場合の運動学計算, システムの実装環境について述べる

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制御軸やリンクに対応するエージェントが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. 一般的に, 生物型ロボットの動作を求めるために行う運動学計算は, 鼻, 前足, 後ろ足等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, 生物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, 計算システムとそれに用いられる各エージェント, それらエージェントで構成される運動学計算システムの実装環境について述べる.

2. 運動学計算システム

2.1 マルチエージェントシステムの考え方

計算システムは, 図1で示すように, ロボットの構成に対応して連結される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, 計算処理の流れを制御しロボットの構造を表すための, 図1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自身の状態(位置と方向)を求める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, 目標に近づく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. FC(Flow Control Agent)は固定端の変更に応じて処理の流れを変更する. Walk(Walk Agent)は歩行動作実現のためのエージェントである. それぞれのエージェントが構造に従った関係を保ちながら協調し, EPを目標位置まで移動させることを問題とした運動学計算システムを構築する.

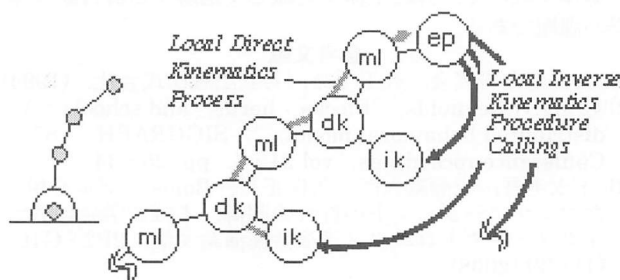


Fig.1 Outline of multi agent system

2.2 計算エージェント

2.2.1 エージェント DK, IK による運動学計算

手先の DK (EP) は一般のプログラムにおけるメインプログラムに相当するものであり, このエージェントから計算は始まる. 図1に示すように, 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. 位置決めはすべての関節位置で可能とするためにEPの機能はDKに持たせてある. また, EP(DK)は, 変位する軸を持たない設定を行い, 任意の位置に置くことができるので, ロボットの任意の位置の位置決めが可能である.

2.2.2 ML による分岐構造の計算の流れ

MLは計算の流れを制御するエージェントであるが, 分岐構造ではMLが順運動学計算の流れを制御することで対応する. 図2(a)に示すように, 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.

2.2.3 FC による処理の流れの変更

生物型ロボットの動作には, 明示的な固定端が存在しない. 例えば歩行動作では, 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を考えると, 地面側の足先を固定端とすれば他方の足を位置づける運動学計算が可能である. 図2(b)に示すように, エージェントFC(Flow Control Agent)は固定端の変更に応じて計算の流れをそのつど生成する. MLは下位のDKの情報上位のDKに渡す役割を持つが, 処理の流れが変更された場合, FCはそれぞれのMLが対応するDKを自動的に変更することになる.

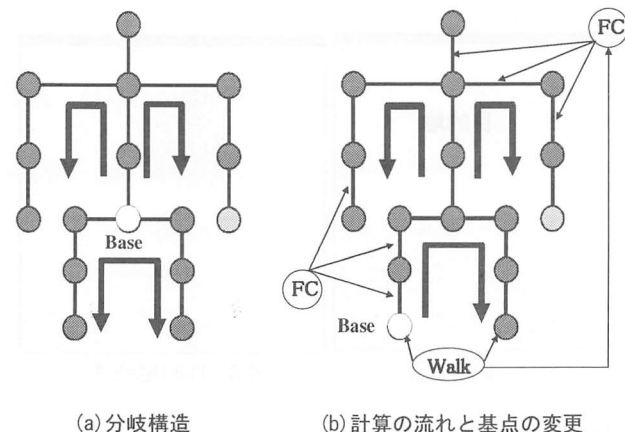


Fig.2 Branch structure and change in flow of calculation

2.2.4 Walk エージェントによる歩行動作生成

これまでに述べたエージェントにより,EP への指令に対するロボットの姿勢を計算する運動学計算を行うことができる.EP へさまざまな指令を与えることで,ロボットの動きを計算することが可能になる.歩行動作を生成するエージェント Walk は,目標位置と固定端を交互に切り替えるとともに処理の流れを変更する機能を持ったエージェントである.移動中の足が目標位置に達した場合,その足を新たな固定端として設定し,次の目標位置を計算する.これを連続して行うことで,歩行動作を実現する.歩行動作に限らず,求めたいロボットの動作に応じてエージェントを追加することで,さまざまな動作を求める運動学計算を簡単に作ることができる.

3. エージェントプログラムと実装環境

以上述べたエージェントをプログラムとして実装するためには,コミュニケーション先を変更できること,多数のエージェントを効率よく実行できること,計算システムを構成する際の手間がかからないことや高速な計算時間が必要である.そこでシステムの実装には,本研究グループで開発したマルチエージェント構築用ツールキット(以降 MAS ツール)を用いる.このツールにより,エージェント間のコミュニケーションを関数呼び出しとして記述すること,その呼び出し先を動的に変更すること,各エージェントを複数の計算機上の異なるプロセスあるいは異なるスレッドとして擬似並列的に実行できる.同一プロセスに複数のエージェントを実装しスレッドとして実行でき,同一プロセスの場合には,関数呼び出しは直接アドレスを参照するので高速な処理が可能になる.プログラムは C 言語を用い,MAS ツール独自の記述はプリプロセッサによるソースコードの変換機能により最小限に抑えられている.

図3に計算システムの概略を示す.各エージェントはコミュニケーションの相手のみが異なり,初期状態の設定はそれぞれのヘッダファイルに記述する.3種類のエージェントのプログラムとヘッダファイルの組み合わせで必要な数のオブジェクトファイルが生成され,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が実装される.下記は,エージェント ML からエージェント DK の処理を呼び出す部分のソースコードである.

```

Int proc_ML( double ap[3], double aa[3], double dt){
    int ij;

    for(i=0;i<30 && M_Name[i][0]!='\0';++i){
        SetRFCName("proc DK",M_Name[i]); // ①
        proc_DK( ap, aa, dt ); // ②
    }
    return I;
}

```

DK のプログラムは, ②で示した関数である. 構造上接続した DK は変数 M_Name[]にある. ①の関数は, MAS ツールにより提供されるシステム関数であり,次に呼び出される関数が M_Name[]で指定する DK 内にあるものを呼び出すための処理である. ①の関数を呼び出すことによって,もし,関数 proc_DK が同一プロセス上に実装された DK であれば直接アドレス参照により呼び出し,同一プロセス内になければ,ネットワークを介して proc_DK を呼び出すことになる.すべてのエージェント間のコミュニケーションとその変更は,同様の方法によって実現される.

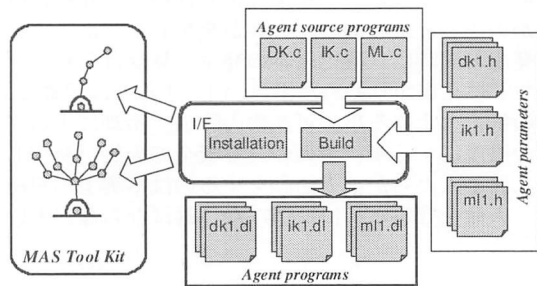


Fig.3 Outline of mounting system

4. 人型モデルの歩行動作シミュレーション

提案した運動学計算法の効果を確認するために,計算シミュレーションを行った.以下のシミュレーションでは, Intel Core II Duo 2.1GHz ,Fedora Core 10 の計算機を用いて,本研究室で開発した MAS ツールキットにより計算を行った.図5は,人型モデルに歩行動作を行わせた場合のシミュレーション結果である.計算に要した時間は約4sであった.

図4は,歩行動作を生成する前の初期状態とステップの軌跡のみをプロットしたものである.この軌跡は固定端の位置変化そのものであり,連続して目標位置と固定端が切り替わっていることがわかる.図5は人型モデルの歩行動作の実行結果である.固定端の変化に伴った歩行動作を確認できる.

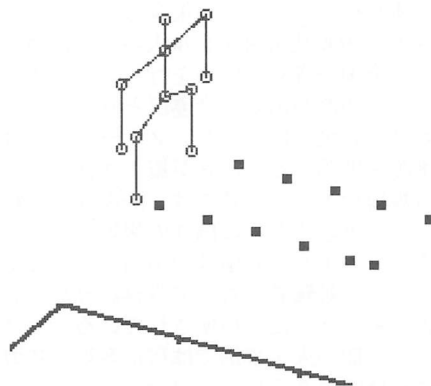


Fig.4 Initial state and tracks of step

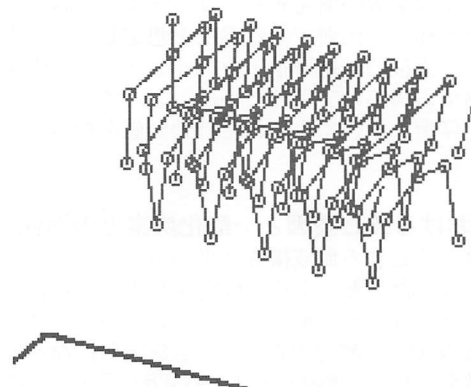


Fig.5 Generation of ambulation activity

5. おわりに

本研究は,マルチエージェントシステムの考え方を適用して生物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.エージェントをもちいた計算システムの MAS ツールによる実装と,プログラムによるマルチエージェントシステム構築について述べた.また,エージェント FC と Walk を追加することで固定端と処理の流れを連続的に変更し,歩行動作のシミュレーションを行った.

参考文献

- [1] 別役他, 生物型ロボットの運動学計算, 2010 年度春季精密工学会全国大会, 2010.3
- [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