

多指ハンドの運動学計算と物体操作

旭川高専 ○千田 祐太郎, 佐竹 利文, 以後 直樹, 九工大 林 朗弘,

本研究グループでは、運動学計算を分散化しロボットの構造に合わせて組み立てることでロボット全体の運動学計算を構成する方法を提案してきた。本報告では、人の手を模した多指ハンドモデル化及び、運動学計算の構成の方法と、そのハンドによる物体操作について報告する。

1. はじめに

これまで産業用途中心であったロボットの用途は、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、福祉、災害時活動等多用途な分野に広がっている。一般に、ロボットは、回転ジョイント、並進ジョイント等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。回転ジョイント、並進ジョイントとジョイント間をつなぐリンクの組み合わせによって、様々な機構的、構造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。

本研究グループでは、これまで、運動学計算をジョイント単位に分解し、それらをロボットの構造に合わせて組み合わせることで任意の構造に対する運動学計算を構成できる分散運動学手法を提案してきた^{[1][2]}。本研究では、人型ロボットを想定した、5本の指を持つ多指ハンドアームによる物体操作を行うための運動学計算に応用した結果について述べる。

2. 多指ハンドアームの物体操作と運動学計算

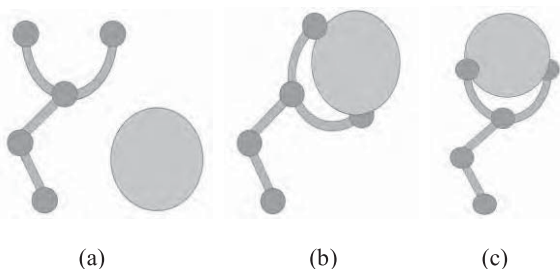


Fig.1. Multi-fingered Hand Arms Object Operation

図1に本研究で扱う多指ハンドアームの物体操作の概要について示す。図中(a)に示すように、複数の指を持った多指ハンドアームが、物体を操作する。例えば(b)に示すようにアームによって物体を掴み取り、それをハンドで把持後、上方へと持ち上げる動作である(図中(c))。このような動作を作るために逆運動学計算を用いようとすると、面倒な計算と処理を作る必要がある。直列にジョイントが連結している1本のアームに対しての計算をヤコビの逆行列を使用し逆運動学を解くのが一般的であるが、複数のジョイント

が分岐した多指ハンドアームについてこの方法を用いるには、まず、アーム部分と、ハンド部分に分け、さらにハンド部分は、個々の指に分解する。そして、手首に相当する部分の目標位置を設定し、それを実現するためのジョイント変位を求める計算を行い、ハンド部分について、個々の指の付け根の位置と方向が定まる。ここを固定端として、全ての指それぞれについて運動学計算を行うのである。

3. 分散運動学計算手法の概要

分散運動学計算法は、個々のジョイントの変位計算と構造的に下位にあるジョイントの変位により変化する自身の状態の計算である。ある、エフェクタに対する変位を求める際には、エフェクタが現在位置から目標位置へ移動するには、自身がどれだけ変位すれば良いかを求める。そのエフェクタの運動に関わるジョイントについて個々に計算し、局所逆運動学計算をジョイント間の関係記述に従って適用し、ロボット全体の状態を求める。各ジョイントで求められた変位と関与の度合いを意味する協調パラメータの積がそのジョイントの変位として、局所逆運動学計算と局所順運動学計算を繰返し計算することで、漸近的にエフェクタを目標に移動するための変位を求める。局所逆運動学計算と局所順運動学計算の2種類とジョイント間の関係の記述により組み合わせることで、超冗長構造、分岐構造を含めた任意の構造を持つロボットの運動学計算を構成する方法である。

4. 計算システム

4.1 ロボットの構造データ

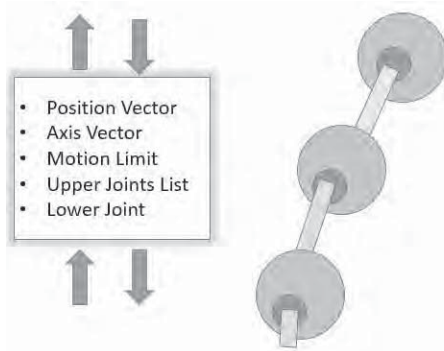


Fig.2. Data Structure for Robot Modeling

図2に示すように、ロボットの構造は、ジョイント毎に「位置ベクトル」、「回転軸ベクトル」、「稼動範囲」、「上位ジョイントのリスト」と「下位ジョイントデータ」からなる双方向リストで表される。ジョイジョイントは複数設定することが可能であり、ハンドのような構造も表現することができる。稼動範囲は、その軸の変位の最大値と最小値であり、それを越えた値が計算された場合は、限界の値にすることにより稼動範囲内で変位を求めることが可能となっている。このデータは、ロボットの構造ごとにファイル形式で準備している。

4. 2 運動学計算処理

局所逆運動学計算では、エフェクタの下位ジョイントに対して変位を計算し、その下位のジョイントのデータに向かってその同様の計算を起動していく。下位全てのジョイントでの計算が終わると、最も下位のジョイントを起点としてロボットの構造に従って各ジョイントの局所順運動学計算を再帰的に呼び出すように構成されている。計算では、下位のジョイントから渡されるロドリゲスの回転公式の計算により作られる同次変換行列を受け取り、自身の位置と方向を計算する。そして、自身の変位を含めて同次変換行列を再計算し、上位のジョイントの局所順運動学計算を実行する。このとき、上位に複数のジョイントがあった場合には、全てのジョイントに対して同様の計算を実行する。この順運動学計算が終わると、ロボットの全てのジョイントの状態が再計算されるので、エフェクタと目標位置との評価を行い、その距離の変化が ϵ 以下になるまで続けられる。

5. ケーススタディ

提案する方法の有効性を示すために、26個のジョイントから構成される、5本指を持った多指ハンドアームを操作する逆運動学計算を行った。図3(a)に人型ロボットの左手をモデル化した多指ハンドアームを示す。それぞれの関節の可動範囲が 0° 以上 90° 以下となるように設定している。また、指の付け根に当たるジョイント及び親指、人差し指、薬指、薬指の付け根より1つ上位のジョイントは、計算を行う上で動かないジョイントを用いている。(b)は、5本の指のそれぞれの先端位置を閉じるように目標点を設け、逆運動学計算を行うことによって『じゃんけんのグー』を模した姿勢の計算結果である。(c)は、親指、薬指、小指の先端位置を閉じるように目標点を設け、逆運動学計算を行うことによって『じゃんけんのチョキ』を模した姿勢の計算結果である。(d)は、5本の指のそれぞれの先端位置を大きく開くように目標点を設置し、逆運動学計算を行うことによって『じゃんけんのパー』を模した姿勢の計算結果である。また、これらの多指ハンドアームを用いることで特定の物体を目的の状態にする物体操作を行うことができ、物体と接触する各指の先端位置を決定することで、計算によってハンドアームによる物体操作が可能であると考えられる。

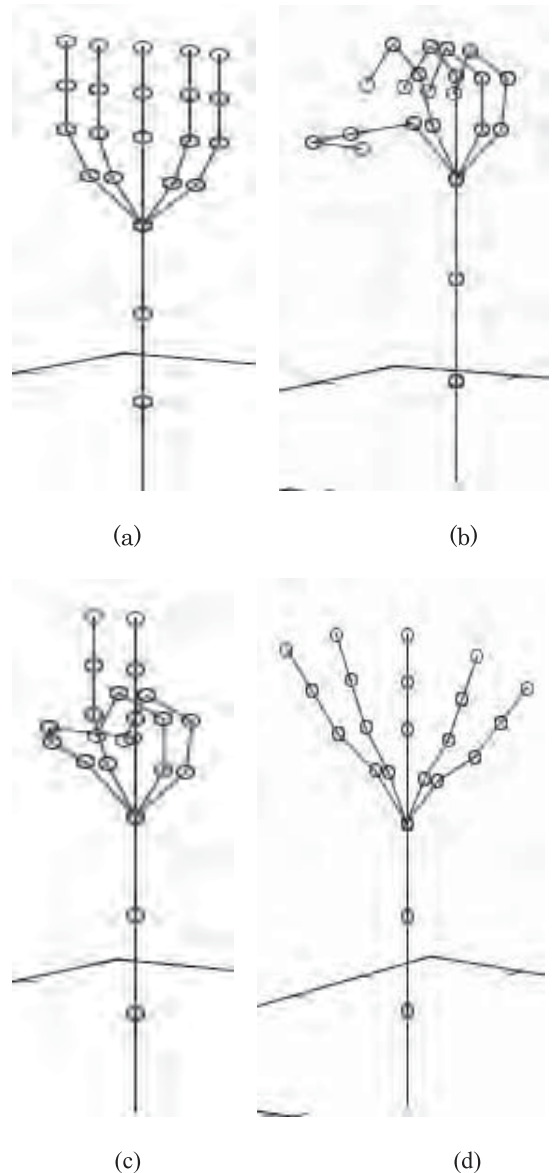


Fig.3. Case Study of Object Handling with Multi-fingered Hand Arm

6. おわりに

本報告では、人型ロボットを想定した、5本の指を持つ多指ハンドアームによる物体操作を行うための運動学計算に応用した結果について述べた。多数のジョイントを持ち且つ分岐構造を持つ人型のようなロボットを一体のものとして計算が可能であり、複数の部位による作業や姿勢計算を簡単に行うことができることを示した。

参考文献

- [1] 千田, 佐竹他, “多様な形態に変形可能な超冗長ロボットシステムに関する研究”, 情報処理北海道シンポジウム 2015
- [2] 佐竹, 林他, “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