

戦略的逆運動学による産業用ロボットの オフラインティーチング 形態の評価・選択システム

金沢大学 飯塚 善弘, 浅川 直紀, 平尾 政利
日本鋼管(株) 勘定 義弘

1. 緒言

3K作業等,各方面でCADデータを用いた産業用ロボットによる作業の自動化が進められている。しかし,ティーチングプレイバック用に設計された先端3軸が直交しないレイアウトの多関節ロボットは,解が閉じていないことが多い。その場合の逆運動学の解法としてヤコビ法や繰り返し順変換を用いる方法¹⁾があるが,これらの方法は繰り返しの数値解析的解法であるため,1つの初期値からは解を1つしか求めることができない。そこでロボットハンド先端の位置・姿勢(以下ポーズ)からCF(Configuration:形態,ロボットの各6軸角度の回転変位)を自動生成する際,初期値を変化させることにより複数の解を求めることが可能になるが,実際に作業するためにはそれらの中から作業状況に適した解を選択する必要がある。

本研究では,CADデータから生成した工具経路を基に,CS(Configuration Sequence:作業経路に対するCF)を求める際,初期値を変化させることで積極的により多くの解を求め,戦略的に解の評価・選択を行うオフラインティーチングシステムの開発を目的とした。

2. システム構成

システムの概略をFig.1に示す。EWS(PFU(株)GP400S model5)上のCADシステム(リコー(株)DESIGNBASE)において工作物の形状定義を行った後,メインプロセッサでCADデータに基づいた工具経路の生成を行う。次にFreeBSDをインストールしたAT互換機(Pentium4 1.4GHz)上のポストプロセッサにおいて,CSの生成を行いそれを動作プログラムに変換した後ロボットへ転送する。

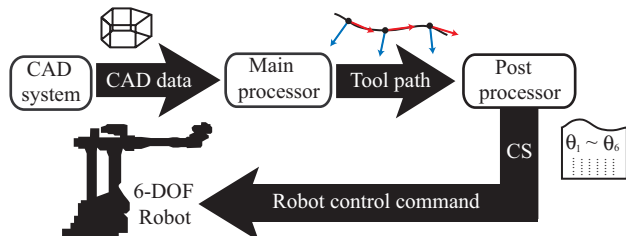


Fig.1 System Configuration

3. ロボットのモデリング及び作業経路の生成

メインプロセッサにおいて生成した工具経路,すなわち工具の位置・姿勢のベクトルからロボットのハンド先端の経路を求める。そこで,はじめに加工の対象となる工作物とロボットの相対位置を決定する。次にリンクパラメータライブラリから任意のロボットのリンクパラメータを組み込み,各変換処理の際に必要な行列の自動生成を行う。その後,求めた座標変換行列により工作物座標系上の工具経路からベース座標系上におけるロボットのハンド先端の経路(以下作業経路)への変換を行う。

4. 戦略的逆運動学

4.1. CS群の生成

求めた作業経路の作業開始点におけるポーズを基に,ヤコビ法と繰返し順変換を併用し²⁾,ポーズとCFとの関係を表すデータベースから適当なCFの探索を行いIC(Initial Configuration:初期CF)群とする。次に各ICを基にヤコビ法を用いて作業経路からCSへの変換処理を行い,特異点近傍を通過せずかつ関節可動域を逸脱しないものを求めCS群とする。特異点近傍の通過の評価は,ヤコビ行列が発散するか否か,つまり作業経路を最後まで変換が可能かどうかで判断した。なお以上の処理の結果,最後まで変換されたCSが存在しない場合,初期値として工具の取り付け方向,もしくは工作物とロボットの相対位置を変化させCS群が得られるまで変換処理を繰り返す。

4.2. CSの評価・選択

ユーザの戦略に適した評価関数モジュールを評価関数ライブラリから選択し,CS評価プログラムに実装することによりCSの評価を行う。またユーザの戦略に適したCS評価関数が存在しない場合,ユーザが新規に評価関数モジュールを作成し実装することも可能である。実装するモジュールの変更はユーザインターフェース上で容易に行える。また複数のモジュールを実装することにより,CSの複合評価も可能とした。CSの評価後,戦略に適したCSのみを選択し最終的な解とする。なお以上の処理の結果CSが存在しない場合も同様に,初期値を変化させCSが得られるまで変換処理を繰り返す。工具経路から戦略に適したCS生成までの概要をFig.2に示す。

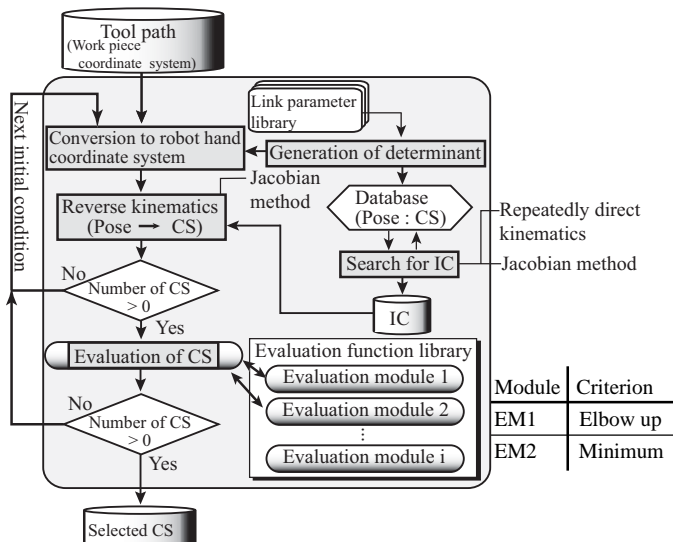


Fig.2 Overview of the process

5. 実験

以上のシステムを用いてCSの生成実験を行った。今回使用したロボットは先端3軸が直交していない垂直多関節6軸ロボット(松下溶接システム(株)VR-008A),全高1240mmを用いた。対象とした作業経路は幅600mm,長さ600mm,高さ600mmの柵目構造物の底辺の溶接,教示点64点とした。またCS評価については溶接作業において経験的に干渉回避に有効とされている「エルボアップ姿勢」³⁾をとるCSを選択するモジュール(EM1)と,ロボット動作中における各軸角度の変位が最少のCSを選択するモジュール(EM2)により,1)EM1のみの評価,2)EM2のみの評価,3)EM1とEM2による複合評価の計3パターンを行った。CSの生成に543sec要した。処理結果をTable.1に示す。計7個のCSが得られ,1)の場合a,b,c,d,fが選択され,2)の場合fが選択された。また,2つのモジュールを組み合わせた3)の場合fが選択された。生成されたCSの動作確認を行ったところ,各戦略に即していることが確認された。

Table.1 Result of conversion

Data	Initial Configuration ($\theta_1 \sim \theta_6$)	1	2	3
a	(9.6,73.0,-190.4,226.4,56.4,172.1)		x	x
b	(9.6,73.0,-190.4,226.4,56.4,-187.9)		x	x
c	(9.6,73.0,-190.4,-133.6,56.4,172.1)		x	x
d	(9.6,73.0,-190.4,-133.6,56.4,-187.9)		x	x
e	(2.0,-48.4,29.9,137.2,-56.3,-139.3)	x	x	x
f	(1.7,84.2,-195.1,44.0,-54.2,-16.2)			
g	(8.2,-37.8,27.7,-40.7,66.5,39.5)	x	x	x

6. 結言

CADデータから生成した工具経路を基に,ユーザが容易に選択もしくは新規作成することのできる評価関数モジュールにより評価・選択を行い,戦略的にCSを求めるシステムを構築できた。

参考文献

- 1) 鈴木,日本機械学会,2001年度次大会講演論文集,vol. No.01-1,313
- 2) 西川,2002年度精密工学会秋季大会講演論文集,F33,230