

ロボット制御プログラム開発支援 システムの研究 (第1報)

— グラフィックシミュレータの開発 —

田 口 幹

Development of Robot Offline Programming System on
Personal Computer (1st Report)
— Development of Graphic Simulator —

Kan TAGUCHI

Abstract

With an increase of robots in use, offline programming systems for robot that can make and debug the robot programs without using real robots have become in use. However, these systems are constructed mainly on EWS (engineering work station) or on mainframes, because robot systems including manufacturing lines are generally very complex and individual.

The author has developed a simple robot offline programming system on a personal computer for the robot users even in a small enterprise.

This paper describes a graphic simulator designed for a part of robot offline programming system on a personal computer. Comparing with EWS, personal computer is inferior in speed and memories, but using the wire-frame model the graphic simulator has an enough speed for the 3D animation of robot motion.

1. はじめに

産業用ロボットの需要はこのところ急速に増えている。これに伴い、ロボットのオフラインティーチングシステムも各方面で開発、実用化が進められており、数々の商品が発売されている。

ロボットに対する要求はますます高まっており、ロボットの教示内容は増大し、複雑化している。さらに、多品種小量生産により、ロボットプログラムの変更も頻繁になってきている。

ところが、ロボットのプログラミングは、その言語の取扱いに習熟する必要がある、人材を確保するのが難しい。また、稼働中のロボットを停止させることなくプログラムの変更を行いたいという要求もある。

そこで、高度の習熟を必要とせず、ロボットの作業からはなれて、ロボットの教示・プログラミングを行

えるように考えられたのが、オフラインティーチングシステムである。

ロボットのオフラインプログラミングに関する研究は、衝突回避問題、最適軌道算出など、ロボット軌道決定を自動化する方向¹⁾にもあるが、ここで取り上げるのは、人が行うロボットの教示作業をシステムが補助するオフラインティーチングの方向である。

オフラインティーチングシステムの研究は、その導入が容易になるにしたがって、高機能、低価格なコンピュータシステムであるワークステーション (EWS) を用いたものが主流となってきており、完成度もかなり高まってきている。

中でも、日本アイ・ピー・エムの研究は²⁾、グラフィックスによるオフラインティーチングシステムの統合環境を目指しており、入力装置が特徴的である。ファナックのFAST³⁾では、ロボットの設置誤差のオフセット変更ができるなどの実用的な配慮を施している。

一方、パーソナルコンピュータを用いた研究は、単

一機種に限定した⁴⁾ものや、プロッタのように平面的なもの⁵⁾など、簡易的なものにとどまっている。かつては、複数のロボットを対象にしたシミュレータの開発⁶⁾もあったが、処理能力の向上のためにEWSなど上位機種に移行していった。そのため、現在ではパーソナルコンピュータによる実用的なオフラインティーチングシステムの研究はあまりされていない。

最近では、省力化を目的として、小規模な生産現場にもロボットの導入が進められている。稼働率が問題となるこのような現場にこそ、オフラインティーチングシステムが必要であると考えられる。

しかし、現実には次のような理由で、現場ではあまり利用されていないようである。

- 1) 教示作業がしにくい。
- 2) EWSでさえもまだ高価で、導入のための手間とコストが大きい。

そこで、本研究では、導入が比較的容易なパーソナルコンピュータによるオフラインティーチングシステムの開発を目的とする。

2. オフラインティーチングシステム

2.1 グラフィックシミュレータの位置づけ

オフラインティーチングシステムに必要なとされる基本的な機能は、次の3点である。

- 1) 教示内容(プログラム・データ)の入力
- 2) 教示内容のロボット言語への変換
- 3) 動作確認のためのシミュレーション

1)については、教示作業がいかに効率よく行えるかが問題となる。それには、教示作業業者にとって、データ入力容易にできる入力方法、およびデータの確認がしやすい表示方法を検討する必要がある。

2)については、動作形態とロボット言語の対応のさせ方が問題となる。ロボットの機種ごとに異なる各種言語体系に対応させるためには、データの管理方法を整える必要がある。

3)では、ロボットの動作をシミュレートして、動作経路や衝突しないことなどの確認を行う。これを計算によって行う方法もあるが、最終的には、目視確認をしなくてはならない。そのためには、グラフィックシミュレータが必要である。入力データを確認する上でも、グラフィックス表示は有効である。

このように、グラフィックシミュレータは、オフラインティーチングシステムにおいて重要な機能であ

り、しかも最も速度を要求される。そこで、パーソナルコンピュータによるオフラインティーチングシステムではこれを最重要課題と考え、本研究ではまず、視認性と表示速度を重視してグラフィックシミュレータを試作した。

2.2 パーソナルコンピュータにおける制約条件

本研究では、ごく標準的なパーソナルコンピュータを使用することを前提としている。その例として、NEC PC-9801VM2を採用した。仕様は、次の通りである。

CPU	V30
クロック	10 MHz.
メインメモリ	384 KBytes
浮動小数点演算素子	なし
グラフィックス画面	640×400 pixel
	2面
入力装置	キーボード、マウス

このようなパーソナルコンピュータを使用するためには、以下の制約条件を考慮しなければならない。

- 1) 1回で計算できる有効桁数
- 2) 1回当たりの、計算速度
- 3) グラフィックスの表示速度
- 4) 高速記憶装置のデータ保存容量

1)~3)は直接、システムの処理速度に影響する。グラフィックス表示など速度を要求する部分では、処理能力を最大限引き出せるように検討した。

4)については、データ処理の圧縮を図り、アニメーション表示はあらかじめ貯めておいた計算済みデータを表示する方法をひかえ、逐次計算しながら表示する方法を採用した。

2.3 内部データのモデル化

ティーチング及びシミュレーションを行うには、データ処理しやすいように、ロボット本体から周囲環境までのデータ体系を整えておく必要がある。それによって、処理時間やデータ容量が左右される。また、生産ラインで使用されるロボットは、形状も言語体系も一律ではないので、これらの表現方法を統一しなければならない。

したがって、次のようにモデル分類し、データ体系を整理した。

1) 物体形状モデル

ロボット本体、作業対象物、作業環境を、6面体、円柱形など決まった形状を最小単位として物体をモデル

化し、データを圧縮した。また、各リンク・ジョイントのごとの座標系設定を徹底し、データの階層化を図った。

2) 動作形態モデル

非制御動作、補間動作、信号入出力など、産業用ロボットの動作形態を基本要素に分解して、内部データ表現とした。

2.4 教示内容の入力方法

教示する内容は、主に動作方法と、動作経路であるが、その入力方法としては、次の3方式があげられる。

- 1) 直接ロボット専用の言語で入力する。
- 2) メニュー選択方式で入力する。
- 3) グラフィック画面上で、動作させるサンプルの選択、動作位置・方向の指定を、グラフィックカーソルによって行いながら入力する。

1)の方法では、エディタで入力したテキストを取り込むことができる。この方法でも迅速な入力が可能だが、ロボット言語を熟知してなければならず、教示者の負担が大きい。それを軽減するためには、動作形式をメニューで選べるような2)の方法や、実機をイメージしやすいグラフィック表示を用いた3)の方法が有効である。

したがって、教示者が入力しやすい方法にいつでも変更できるように、各教示方法を用意し、どの入力方法による場合も、常にその状態をグラフィックス表示で確認できるようにしておくといよい。

今回は、まず1)の方法はもちろん可能であるが、上記の理由によって2)の方法で入力する方法をメインとすることとした。

2.5 グラフィックシミュレータの仕様

ロボットの動作の中には、割り込み信号など刻々変化する外部情報に応じて動作を変えるような場合がある。その様なロボットプログラムのシミュレーションに対応するには、実際のロボットと同じ時間が時間配分の中で動作軌道を逐次計算できることが理想である。それと同時に、グラフィックス表示も行う必要がある。そのためには、時間のかかる計算とグラフィックス表示をできる限り高速にしなければならない。

そこで、パーソナルコンピュータにおいて高速なグラフィックシミュレーションを実現するために、次の方法を採用した。

- 1) ワイヤフレーム表示

2) 透視投影法

これによって、グラフィックデバイスの速度、メモリ容量の不十分なパーソナルコンピュータにおいてもある程度視認性を確保できる。

3) 数値データを16bits整数に限定

数値データを、CPUが直接計算できる16bitsの整数範囲に限定することで、演算専用デバイスがなくても、計算速度を維持できる。(計算精度は15bits)

4) 計算方法を座標変換演算に統一

これによって、計算の簡素化・高速化を図ることができる。

3. 試作したグラフィックシミュレータ

以上の検討に基づき、パーソナルコンピュータ上で動作する3次元グラフィックシミュレータを試作した。

Fig.1は、グラフィックシミュレータを起動したと

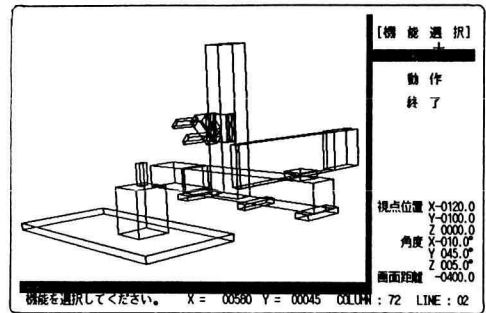


Fig.1. Graphic display for selection of basic functions

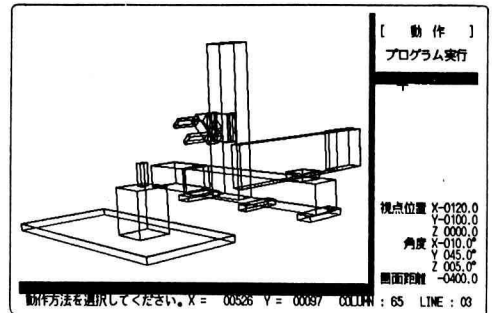


Fig.2. Graphic display for selection of motion functions

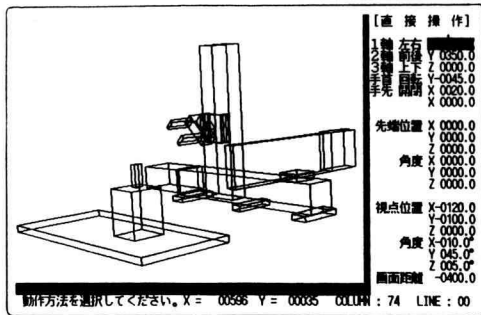


Fig. 3. Graphic display of direct operations of robot

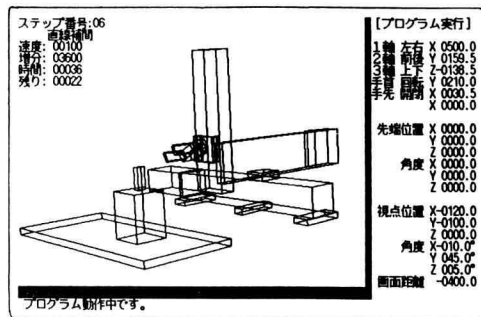


Fig. 4. Graphic display of simulated operations of robot program

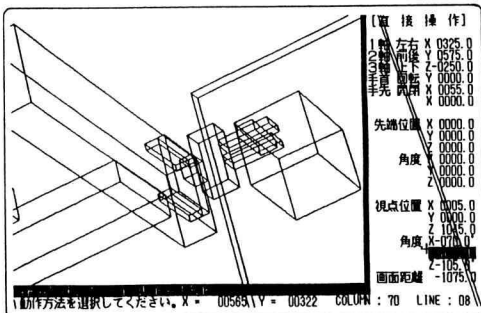


Fig. 5. Close-up graphic display by means of view-point conversion

きの画面である。

メニューは階層化しており、希望する作業をマウスカーソルで選択して行くと目的の作業が行えるようになっていく。

「動作」を選ぶと Fig. 2 の表示になり、画面上的ロボットの

ポットのを直接操作するモードと、プログラム実行モードを選択できる。

直接操作では、ロボットの各軸の変位を指定して行う。(Fig. 3)

プログラム実行では、編集したロボット動作プログラムをシミュレートする。(Fig. 4) 常時視点変更ができるので、必要に応じて見やすい表示にすることができる。(Fig. 5) シミュレーションの機能を優先させたため、「編集」機能はまだ備えていないが、ロボット動作プログラムおよびデータ、ロボット形状の変更・編集をできるようにする予定である。

グラフィックスの1画面当たりの描画表示時間は約0.7秒で、十分高速になった。

4. 結 論

パーソナルコンピュータによるロボット動作確認用のグラフィックシミュレータを試作し、次の結果を得た。

1) 演算専用ハードウェアなしでも十分高速な計算速度が得られた。これによって、軌道計算をしながらでも、比較的軽快なアニメーション表示が可能である。

2) データ処理を簡潔にするため、物体形状のモデル化を行った。これによって、容易に透視投影法の立体表示ができ、あらゆる方向からロボットの動きの観察が可能である。

3) ロボット部材のデータ表現と、ロボットプログラム言語体系の表現方法の一般化し、ロボットの形状データの差替えを容易にした。

4) メニューの選択項目の拡充を行ったため、習熟しなくても操作できる。

今回は、パーソナルコンピュータ上でも、ワイヤーフレームモデルの3次元グラフィックス表示による、実用的なロボットプログラムのシミュレーションが可能であることなどを確認した。

なお、本研究は本学機械工学科卒業研究生矢葺直文君の協力によってなされた。記して感謝の意を表わす。

参 考 文 献

- 1) 近藤浩一：複数探索戦略を用いた自由空間算出による障害物回避運動計画，日本ロボット学会誌7巻4号 p. 352 (1989)
- 2) 岡野 彰ら：グラフィックによる統合オフライン

- ティーチングシステム, 第3回日本ロボット学会
学術講演会予稿集 p. 199 (1985)
- 3) 榊原伸介ら: 本格的なオフラインロボットプログラミングシステム FAST の紹介, 日本ロボット学会誌 7 巻 4 号 p. 376 (1989)
 - 4) 毎川保久ら: 2次元CADを利用したオフライン・ティーチング・システム, 第6回日本ロボット学会学術講演会予稿集 p. 211 (1988)
 - 5) 川村敏和ら: パソコンを利用したオフライン・ティーチング・システム, 第4回日本ロボット学会学術講演会予稿集 p. 279 (1986)
 - 6) 安國弘晃ら: ロボット教示言語システム, 第27回計測自動制御学会学術講演会予稿集 p. 631 (1988)