

グラフィックスによる 対象レベルのロボット作業教示

2P-3

嶋田 憲司 岡野 彰

日本アイ・ビー・エム ㈱ サイエンス・インスティテュート

1. はじめに

ロボット動作のオフライン教示の必要性が広く認識され、多くのロボット言語が開発されてきた。記述が動作レベル、対象レベル、作業レベルと高度になるに従って、作業環境モデルの内容として座標系の相対関係だけではなく、形状や技術情報まで管理することが必要となる。これまでに、幾何情報を環境モデルとして備えたオフライン教示システムが発表されているが、これらはロボット言語で教示を行ない、その結果を確認するためにグラフィック装置上に表示し、再びロボット言語を介してデバッグを行うものである。^[1]この方法には次のような問題がある。

○ 言語で対象レベル教示を行うために、作業に必要な特徴点をあらかじめ物体上に固定された座標系として定義しなければならず、煩わしい。

○ グラフィックスに表示して干渉などの不都合が見つかった場合に、言語を通じて考え通りの修正を行うのは難しい。

これらの問題点は、環境モデル内の幾何情報^[2]とグラフィックスの対話機能を十分に活用していないことに起因する。本稿では上記の問題点を解決するために、グラフィック装置を単に幾何情報の教示(Display)のためだけに使うのではなく、グラフィック装置の対話機能を通じて環境モデル内の幾何情報にアクセスして操作(Operation)を加えることによって対象レベルの動作教示を効率よく行う手法を提案する。(図1)

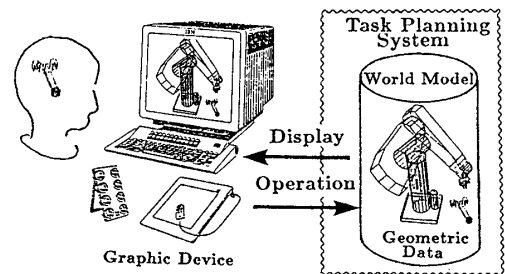


図1 環境モデルとグラフィックス

2. 基本オペレーション

組立のようなロボット作業を教示するためには、環境モデル内に表現された物体の形状要素どうしの位置関係や拘束状態をグラフィックスを通じて自由に操作できることが大切である。ここでは形状要素として次のものを扱う。

- 実際の形状に対応してB-Repソリッド・モデル内に表現された面(FACE)、線(EDGE)、点(VERTEX)
- 接合面、軸穴中心線、把握点などの機能に関係した仮想的な面(FACE)、線(EDGE)、点(VERTEX) (図2)

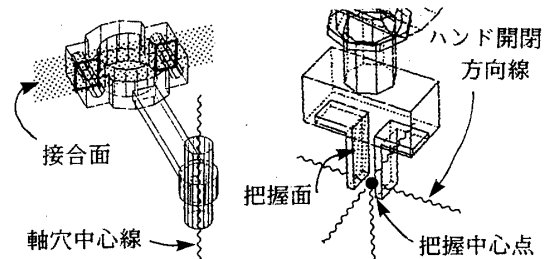


図2 機能に関する形状要素

後者は、必ずしも実体としての面、線、点が存在するわけではないが、機械の設計者が最初にイメージするのは細かい形状より要求機能を実現するための仮想的なこれらの面、線、点である。従って、位置関係や拘束状態を考える場合にも、前者の形状要素と同様に扱う必要がある。

形状要素間の基本オペレーションは次の2種類に分けて定義している。

基本オペレーション └─ 位置関係オペレーション
└─ 拘束状態オペレーション

位置関係を操作するためのオペレーションとして、図3に示すように3種類のを定義する。

- A//B position A parallel to B
- A|B position A perpendicular to B
- A->B position A onto B

A op. B		B		
		FACE	EDGE	VERTEX
FACE	F//F		F//E	F->V
	F F		F E	
	F->F		F->E	
EDGE	E//F		E//E	E->V
	E F		E E	
	E->F		E->E	
VERTEX	V->F		V->E	V->V






A//B : position A parallel to B
 A|B : position A perpendicular to B
 A->B : position A onto B

図3 形状要素間の位置関係オペレーション

ここでは、F1//F2 (面F1を面F2に平行にする)というオペレーションを例にとって処理の手順を示す。

- (1) 作業環境のグラフィックス表示から二つの面(F1,F2)をピックアップする。
- (2) ピックされた面に関する以下のような情報を環境モデルから検索する。
 - ・法線ベクトルなどの面の幾何情報
 - ・ピックアップされた面はどの物体に属するか?
 - ・その物体に固定されて移動する物体は何か?
 - ・移動する物体は部品か、ロボットか?
- (3) 幾何情報から面F1を面F2に平行にするための変換行列を計算する。
- (4) 移動すべき全ての物体の基準座標系に変換行列を掛ける。ただし、移動する物体がロボットである場合は、逆キネマティクスを解いてその位置・姿勢をとることが可能かどうかをチェックする。
- (5) 更新された作業環境をグラフィックス表示する。

拘束状態オペレーションとしては、組立作業の教示を行う場合に必要となる以下の5種類を定義する。

- rotation about edge 
- slide along edge 
- slide with rotation along edge 
- slide on face 
- slide with rotation on face 

例えば、'slide with rotation along edge' の場合には、グラフィックス表示から 並進と回転移動の基準軸にする線(EDGE)と動かすべき物体をピックアップすると、その後はバリュエータを回すことによって、任意量の並進移動と回転移動がインタラクティブに行える。拘束状態オペレーションの場合も同時に動かすべき物体の管理とロボットの可動性のチェックを行う。

以上のような基本オペレーションを順番に呼び出すことによって、ロボットや物体の動きを対話的に教示できる。

3. マクロ・オペレーション

複数の基本オペレーションを決まった手順で繰返し呼出す場合には、この手順をマクロ・オペレーションとして作業別、あるいはユーザー別に登録しておくことができる。

図4に示すマクロ・オペレーションの例では、次のような順で自動的に基本オペレーションが呼び出される。

- (1) F1//F2 (F2 に対して平行になるように F1 の方向を変える)
- (2) E1//E2 (E2 に対して平行になるように E1 の方向を変える)
- (3) V1->V2 (V2 に一致するように V1 を並進移動する)

ユーザーは各々の基本オペレーションに必要な形状要素をグラフィックス表示からピックアップするだけでよい。

4. 試作システム

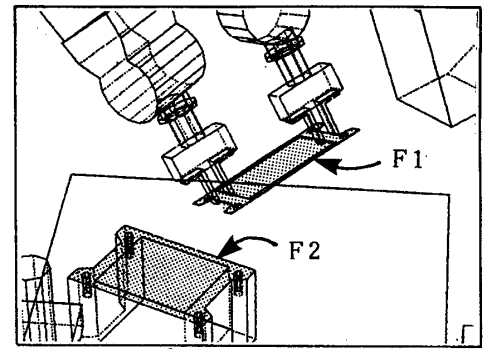
試作したシステムでは、グラフィック装置として IBM 5080 を、グラフィック・インターフェースとして graPHIGS を用いた。

5. おわりに

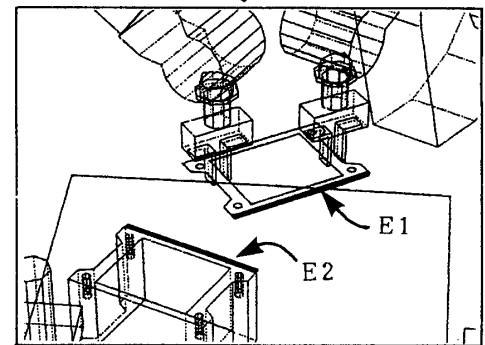
本稿では環境モデル内の幾何情報とグラフィックスの対話機能を活用することにより、対象レベルのロボット作業教示を効率よく行う手法を提案した。

※参考文献※

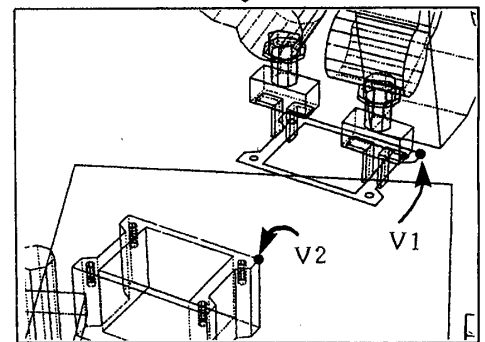
- [1] Amber, A.P., Popplestone, R.J. and Kempf, K.G., "An Experiment in the Offline Programming of Robot", 12nd ISIR, France
- [2] Kawabe, S., Ishikawa, H., Okano, A. and Matsuka, H., "Interactive Graphic Task Planning System", 15th ISIR, Japan



F1 // F2
(position F1 parallel to F2)



E1 // E2
(position E1 parallel to E2)



V1 -> V2
(position V1 onto V2)

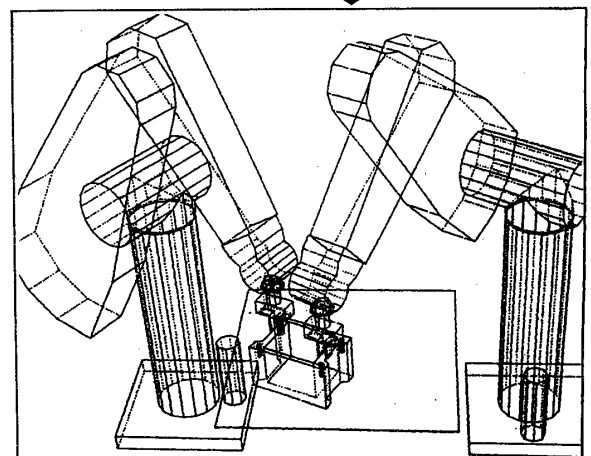


図4 マクロ・オペレーションの例