

43 ソフト・ティーチング・ペンダントを併用する RHINO-SLIM言語

深谷健一（北海学園大学工学部） 工藤敦（富士通北海道デジタル・テクノロジ）

夏井坂和之（恵和ビジネス） 福内真二（日立計測器サービス） 松井俊昭（アイワード）

1. まえがき

メカトロニクス教育の一環として腕ロボット操作実験を実施してきた^{11),12)}。SLIM言語をRHINOロボットにインプリメントし、シミュレータと併用することで学生にロボット操作の実感を体験してもらってきたが、実用ロボットの操作と違いがあり、これをソフト・ティーチング・ペンダントを併用することで改良する。

2. RHINO腕ロボット

本ロボットは教育・研究用に製作された多関節型腕ロボットであり、手首、手、ひじ、肩、腰の5自由度回転運動と指の開閉が可能である。サーボモータの運動変換機構にはチェーン、内界センサには光学式エンコーダとリミットスイッチが用いられている（図1）。RS-232Cを介するパソコン側からの単純な動作コマンド（表1）で動く。

3. ソフト・ティーチング・ペンダント

RHINOロボットにはオプションでティーチング・ペンダントが接続可能であるが、パソコンとのインタフェースとは独立しており、ロボット言語の中では使用できない。BASIC言語に準拠するSLIM言語との親和性およびGUI記述容易性に着目し、Visual Basic言語を使用して、パソコン画面上にティーチング・ペンダントを示し、それをマウスで操作することで、ハードウェアのペンダントと類似の機能を実現した。実現機能はA~Fモータの駆動、ハンドの開閉、ハードホームポジションおよび学習機能であり、これらはティーチング・ペンダント装置の機能と類似している。通信部分はWindowsのプログラミング・インタフェースWin32 APIを用いている。

図2にソフト・ティーチング・ペンダントで4個の点を教示させた画面を示す。これはハードホームポジションを原点とした各モータの移動量を示しており、実行開始で教示運動を再生する。

4. ソフト・ティーチング・ペンダント併用RHINO-SLIM言語

SLIM(Standard Language for Industrial Manipulators, JIS B8439-1992)言語は動作レベルのJIS規格ロボット言語であり、BASIC言語に準拠し、ロボット操作特有の機能が追加されている。

SLIM言語ではロボット手先の移動目標座標を

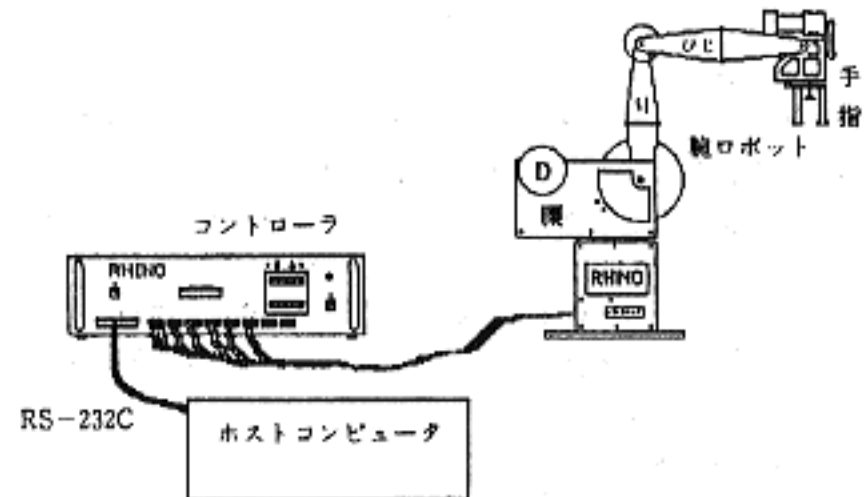


図1 RHINO腕ロボット

区分	内容	コマンド	機能
動作命令	START	x+n	nで指定された量だけxモータの駆動を設定せよ 復帰で実行。(n=1~99)
	STOP	x X	xモータ停止せよ
報告命令	QUESTION	x ?	xモータのエンコーダ状況を知らせよ
	STATUS	I	C-11モータのリミットスイッチ状況を知らせよ
	STATUS	J	A, Bモータのリミットスイッチ状況を知らせよ
出力命令	RESET	Q	コントローラをリセットせよ
実行命令	DO START	復帰	モータ駆動を実行せよ

表1 RHINO動作コマンド

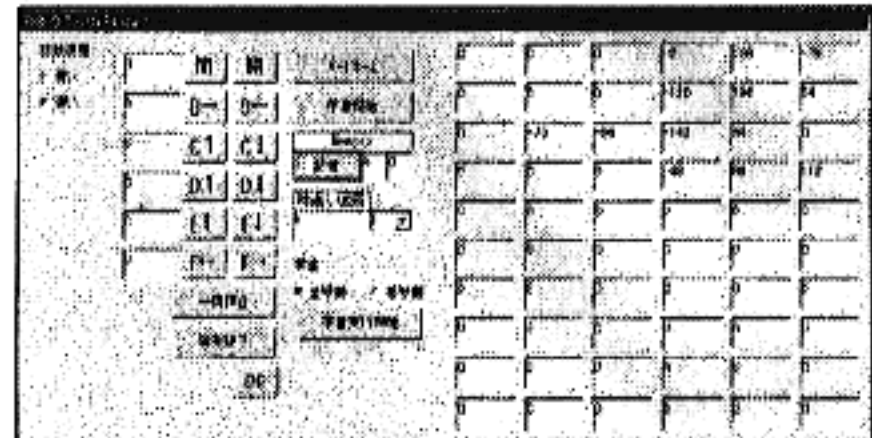


図2 ソフト・ティーチング・ペンダント

分類	コマンド	機能
動作命令	MOVE	手先を目標点へ直線、円弧、PTP制御で移動
	DRIVE	各モータを駆動
	GOHOME	設定ホームへ移動
	HARDHOME	ハードホームへ移動
ハンド命令	RELEASE	ハンド開
	GRASP	ハンド閉
ティーチング命令	GETPOSE	ポーズをティーチング・ペンダントで教示
ポーズ変数命令	PLET	ポーズ変数成分の設定
	PLETP	ポーズ変数代入
	DEFPOSE	ポーズ変数宣言
その他	DELAY	待ち時間設定

表2 RHINO-SLIM言語命令

プログラム中で数値指定するが、目標の3次元座標を正確に設定するのは難しい。またロボットの関節自重と負荷によるたわみ、チェーンと関節のガタ、さらにこれらのロボット毎のばらつきにより、手先を適切な座標へ移動させることには困難を伴う。PUMA 腕ロボットで使用されている VAL 言語ではプログラム中の座標点を記号で表わし、ティーチング・ペンダントを用いてロボットを操作して、この記号を指示するが、実用性に富んだ方式である。

ソフト・ティーチング・ペンダントを SLIM 言語と組み合わせ、同様の機能を実現する。GETPOSE 命令を新たに作成し、これをプログラム中に記述してペンダントでロボットを操作して座標を入力する方式を採用した。

RHINO-SLIM 言語の命令を表 2 に示す。この他、BASI 言語の判定、繰り返し、コメントなどはそのまま使用可能である。

RHINO-SLIM 言語の実行時の流れを図 3 に示す。SLIM 言語をエディタで記述し実行すると、エラーチェックを行った後、GETPOSE 命令が含まれる場合にはソフト・ティーチング・ペンダントを呼び出し、ロボットを実際に操作して変数に対応する座標を入力する。SLIM 言語特有の命令を Visual Basic 言語に変換し、Visual Basic を立ちあげてエラーチェックを行い、ロボットを駆動させる。図 4 に Pick & Place のプログラム例とその一連の実行画面を示す。座標点への移動では逆運動学方程式が連続的に解かれる。

5. あとがき

ソフト・ティーチング・ペンダントを SLIM 言語と併用することで、手先の教示が容易になった。OS を DOS から Windows に変えたことにより、ユーザ操作性は向上したが、パソコンとロボットコントローラ間の送受信時のデータ取りこぼしが発生し、これを回避するための待ち時間を入れたので、ロボットの動作はやや遅くなった。今後、学生実験で活用していきたい。

参考文献

- (1) 深谷、宮本：「腕ロボット制御」学生実験の実施に関する報告、北海学園大学工学部研究報告、第20号、pp.167-186、(1993)。
- (2) 深谷健一：メカトロニクス教育としての SLIM 言語による腕ロボット操作実験、1997 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集、pp.100-101、(1997)。

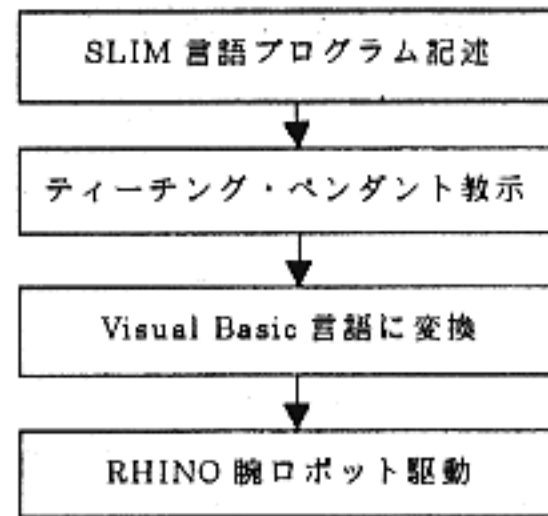


図 3 RHINO-SLIM 言語実行の流れ

10	PICK & PLACE PROGRAM	
20	DEFPOS PICK_POINT, PLACE_POINT	座標を定義
30	GETPOSE PICK_POINT, PLACE_POINT	ペンダントで座標入力
40	PLETP POO1, PICK_POINT	POO1 = PICK_POINT
50	PLETP POO2, PLACE_POINT	POO2 = PLACE_POINT
60	POO1(3) = 5	PICK_POINT の 5 インチ Z 方向指定
70	POO2(3) = 5	PLACE_POINT の 5 インチ Z 方向指定
80	MOVE P, PO, POO1	POO1 へ PTP 制御で移動
90	MOVE L, PO, PICK_POINT	PICK_POINT へ直線 CP 制御で下降
100	GRASP	手を閉じる
110	MOVE L, PO, POO1	POO1 へ直線 CP 制御で上昇
120	MOVE P, PO, POO2	POO2 へ PTP 制御で移動
130	MOVE L, PO, PLACE_POINT	PLACE_POIN へ直線 CP 制御で下降
140	RELEASE	手を開く
150	MOVE L, PO, POO2	POO2 へ直線 CP 制御で上昇
160	GONOME	ホームポジションへ戻る
170	END	プログラム終了

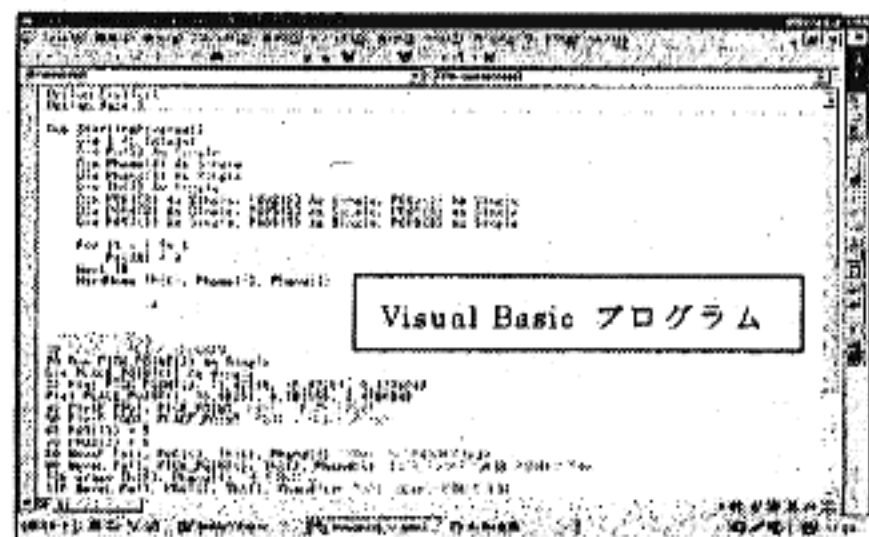
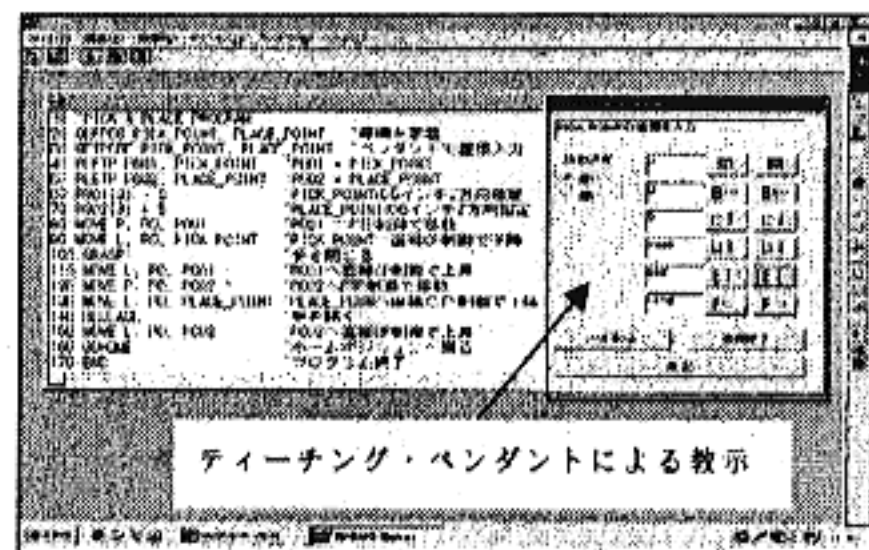


図 4 PICK & PLACE プログラムと実行画面