

工業用ロボットハンドのティーチングの分析

Modeling by Protocol Analysis in Industrial Robot Teaching

北内 隆寛^{*1} 小川 修史^{*1} 松田 憲幸^{*1} 三浦 浩一^{*1} 瀧 寛和^{*1} 堀 聡^{*2} 安部 憲広^{*3}
 Takahiro KITAUCHI Hisashi OGAWA Noriyuki MATSUDA Hirokazu MIURA Hirokazu TAKI Satoshi HORI Norihiro ABE

^{*1} 和歌山大学システム工学部
 Faculty of Systems Engineering,
 Wakayama University

^{*2} ものつくり大学
 Monotsukuri
 Institute of Technologists

^{*3} 九州工業大学情報工学部
 Faculty of Computer Science and Systems Engineering,
 Kyushu Institute of Technology

An exercise experts can move their body as they think. A novice's body movement often mismatches as they think. That most of exercise skill process are implicit makes hard to explain about differences between expert and novice in exercise. On the other hand, industrial robots have similar structure to a human hand. This paper describes protocol analysis in industrial robot teaching that is programmed robot hands movement which an operator thinks. We made operation-model for controlling robot hands.

1. はじめに

思った通りに体を動かせる運動の熟練者と、思った通りに体を動かせない初心者には、運動スキルの差が存在する。運動スキルの差を生じるメカニズムのほとんどが暗黙的であることが速度の違いのモデル化を困難にしている[古川 05]。一方、人の腕の構造を模倣した工業用ロボットハンドにおいても思いのままに動かせる熟練者と思っただよ動かせない初心者があり、両者の間にもスキルの差が存在する。両者の違いの説明を目指して、本稿ではロボットハンドのティーチングプレイバック方式による操作のモデル化について述べる。

操作のモデル化を行うにあたり操作者がロボットハンドをどのように操作しているかを分析し、それを基にモデル化を行った。2章ではその操作のモデル化を行うための実験について、その目的や実験方法や条件、結果を述べる。3章で本稿のまとめとする。

2. ロボットハンド操作のモデル作成実験

2.1 目的

実験の目的は、ロボットハンド操作者の操作モデルを作成することである。操作モデルを作成するためには、操作者の行動や判断を把握する必要がある。そのために、ロボットハンド操作者の操作中の思考の発話および行動を記録し、分析した[海保 93]。

2.2 方法

被験者はある程度ロボットハンドの操作ができる人(被験者 A)、2,3 回操作を行ったことのある人(被験者 B)、今回始めて操作する人(被験者 C)の 3 名である。被験者にロボットハンド操作の初心者でも解決できる下記の課題を解いてもらった。

[課題]ロボットハンドの任意の位置を初期地点とし、そこからティーチングボックスを用いてロボットハンドを動かし、近くに置かれた空のペットボトルを倒す動作に必要な移動プログラムを作成せよ。

実験環境は図1に示す。プログラミング方式は初心者でも容易にプログラムを作成できるよう、ティーチングプレイバック方式とした。

被験者には、課題に取り組む間、できるだけ思考を発話するよう依頼した。カメラと IC レコーダを用いて、ロボットハンドの操作と音声を記録した。



図1 実験環境

2.3 ロボットハンドについて

実験に用いたロボットハンドについて説明する。ロボットハンドは、三菱電機産業用ロボット RV-E2(図1、2)である。構成機器はロボットの操作を行う「コントローラ」、コントローラに命令を与える「ティーチングボックス」、「ロボット本体」である。「ティーチングボックス」では、ロボットの操作やプログラムの作成など、ロボットハンドの操作を行う。ロボットハンドは 6 軸垂直多関節型ロボットである。その 6 軸とは腰に相当する「Waist 軸(W 軸)」、肩に相当する「Shoulder 軸(S 軸)」、肘に相当する「Elbow 軸(E 軸)」、手首のねじりに相当する「Wrist Twist 軸」、手首の上下の動きに相当する「Wrist Pitch 軸」、手先に相当する「Wrist Roll 軸」である。(図2)

ロボットハンドの操作方法には、「関節ジョグ操作」を用いた。この方法はロボットの各軸を関節座標系に沿って動作させるものである。つまり各軸ごとに動かす方法である。各軸には稼動範囲がありその範囲内で、+方向と-方向に移動させることができる。(図2参照)。

プログラミング方式は「ティーチングプレイバック方式」を用いた。この方法は主にティーチングボックスだけを用いて行う方式で、ティーチングボックスのキー操作によりロボットを実際の作業点に順次移動させながら、一連の作業を教える。ひとつの作業動作はある教示点までの移動動作である「ステップ」と呼ばれる単位で構成されている。この「ステップ」は空間座標を表す。つまりステップの追加は現在の座標から次の座標まで移動することになる。

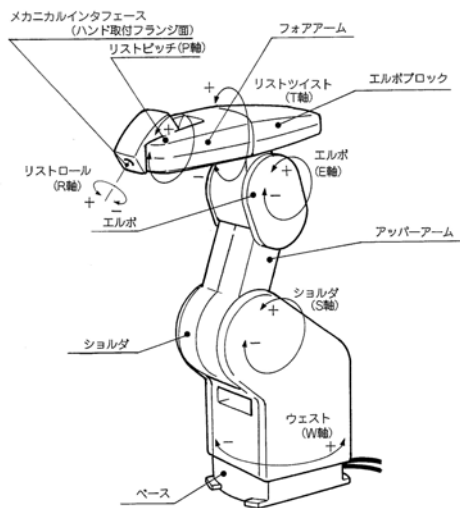


図2 ロボットハンドの構成図

(三菱電機産業用ロボット RV-E シリーズ MOVEMASTER SUPER 仕様書(1.4 ページ)より抜粋)

2.4 結果

発話記録及びビデオカメラの結果の一部を示す。

(記録1) 大まかな位置の順序決定に関する記録

<被験者 A の発話(A-1)>

まずは倒すためにロボットハンドの先端を移動させたいのですが、今回は当てるだけなので僕から見て左から右に倒そうと思います。その際ロボットハンドの先端は、ペットボトルの左側にもって行きたいと思います。

<被験者 B の発話(B-1)>

ペットボトルを倒せるような位置へ、まず S 軸を動かしてその次 E 軸を動かして調整します

<被験者 C の発話(C-1)>

頭を下げるために S 軸を下げます。

(記録2) 移動と観察を行っている時の記録

<A-2>

S 軸だけでほぼできたので、あとは微調整としてまずはその上のエルボ軸を少し後ろに倒したいと思います<中略>まずこの少し離れた場所を記録したいと思います

<B-2>

S 軸と E 軸を調整してちょうどいい位置にきたらまたステップを追加します。

<C-2>

そして、その位置が来たので、追加を行い

2.5 考察

(記録1)より、<A-1>の「僕から見て左から右に倒そう」、<B-1>の「まず S 軸を動かしてその次 E 軸を動かして調整します」、<C-1>の「頭を下げるために S 軸を下げます」という結果

から初めに目的を達成するまでの大まかな位置(ステップ)の順番を考えていることがわかる。また(記録2)に見られるように、被験者は何度も移動と観察を繰り返していた。例えば移動は意図しているところまでロボットを動かすことであり、観察はロボットハンドの位置を目視により確認し、意図通りの位置かを判定することである。<A-2>では、移動の結果、「微調整としてまずはその上のエルボ軸を少し後ろに倒したいと思います」で意図した位置と違うと判定し、さらに移動を繰り返した。「この少し離れた場所を記録したいと思います」では観察の結果、意図した位置と判定した。<B-2>、<C-2>からも同様に移動と観察の繰り返しが見られた。

以上の考察を踏まえ、初めに大まかな位置(ステップ)の順番を決定し、決定したそれぞれのステップについて移動と観察、判定を行うモデルを構築した。ティーチングボックスに表示される空間座標 x_n, y_n, z_n の n 番のステップを $P_n(x_n, y_n, z_n)$ と表す。 P_n はそのステップでの実際の位置とし、移動する前に操作者が想定した大まかな位置を S_n と表す。またペットボトルの状態を $B=0,1$ (0:立っている、1:倒れている)とする。

[ロボットハンド操作モデル]

- (1). P_n において次の行動を考える
 - (1.1) 任意個の S_n を決定する
- (2). ロボットを動かす
 - (2.1) S_n になるようにティーチングボックスを用いてロボットを移動させる。(移動)
 - (2.2) その位置を P_{n+1} とする(観察)
 - (2.3) S_n と P_{n+1} が許容範囲内で一致しているかを判定し、許容範囲内なら3に移動。そうでないなら2.1に戻り再び移動する
- (3). $n=n+1$ を行う
- (4). ペットボトルが倒れているかを確認
 - (4.1) $B=1$ であれば終了。そうでないなら1に移動

(1.1)で S_n を任意個としたのは、各ステップがどの時点で決められたか記録から読み取れなかったためである。次に(2.3)の許容範囲としたのは、被験者 A,C においてはロボットを移動させるスピードを LOW にして倒していることから慎重な倒し方をしているのに対して、被験者 B はスピードを HIGH で行っているの思い切った方法に分かれる。このことから被験者にとって意図している位置と観察した位置との判定において差が生じると考えたためである。(2.1)と(2.2)に関してはすべての被験者による移動後の位置の目視確認に相当する。

3. まとめ

今回作成したロボットハンドの操作者モデルは初心者と熟練者との練度の差について説明できない。今後、被験者、課題を増やし、練度の差を表すモデルの構築、その検証を検討している。

参考文献

- [古川 05] 古川 康一, 植野 研, 緒方 智伸, 神里 志穂子, 川本 竜史, 渋谷 恒司, 白鳥 成彦, 諏訪 正樹, 曾我 真人, 瀧寛和, 藤波 努, 堀 聡, 木村 陽一, 森田 想平:身体知研究の潮流—身体知の解明に向けて—, 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.2, pp.117-128(2005)
- [海保 93] 海保 博之, 原田 悦子:プロトコル分析入門—発話データから何を讀むか, 新曜社(1993)