

作業スキルの計算機表現に関する研究

5 A F - 8

大屋 貴靖[†] 長澤 勲^{††} 荒牧 重登[†]

Study on the Computer Representation of the Task Skill

Takayasu OHYA[†], Isao NAGASAWA^{††} and Shigeto ARAMAKI[†]

1 はじめに

人間が物を組立てる場合には、過去の経験や知識といったスキルを使うことが多い。しかし作業者が持っているスキルをロボットへ反映することは容易でなく、このような知識を容易に記述する枠組みが必要となる。そこで筆者らは、先にランドマークによって識別できる状態からなる状態空間を定義し [1]、これを利用してロボットによる組立作業を実行する知識表現手法を考案した [2]。これによりスキルレベルでの命令が可能となり、センサ処理や作業スキルが統一した知識表現法によって記述できるようになる。本研究では、実際のロボットが作業スキルを使って組立作業を行なうことを目指す。

2 動作計画の基本概念

まず、先に提案した手法について簡潔に述べる。作業対象の状態空間をセンサの状態として定性的に表現し、位置センサ及び力センサによる FSA (有限状態オートマトン) の要素 (制御プリミティブ) として定義する。そのセンサの状態を m (適正範囲より上), s (適正範囲内), l (適正範囲より下), msl (不定状態) と定義する。また、センサ入力を $more$ (過大), $suit$ (適正), $less$ (過小)、出力アクションを up (上昇), $hold$ (維持), $down$ (下降) とする。例えば位置センサの状態を s へ導く FSA は、位置センサが m 状態で $more$ 入力を受けると $down$ を出力し、 l 状態で $less$ を受けると up を出力して適正位置に導こうとするものである。

さらに 図 1 のような知的制御階層構造を構築しこのような FSA を用いると、複雑な組立作業も制御プリミティブの接続や直積で定義ができ、新たな制御プリミ

ティブの追加により様々な動作を表現することができる。実際のロボットによる組立作業へと応用するためには、様々な組立スキルを表現する必要があるが、既存の FSA の組合わせや下位レベルの FSA の追加をしていくことにより容易に知識ベースの充実を図ることができる。

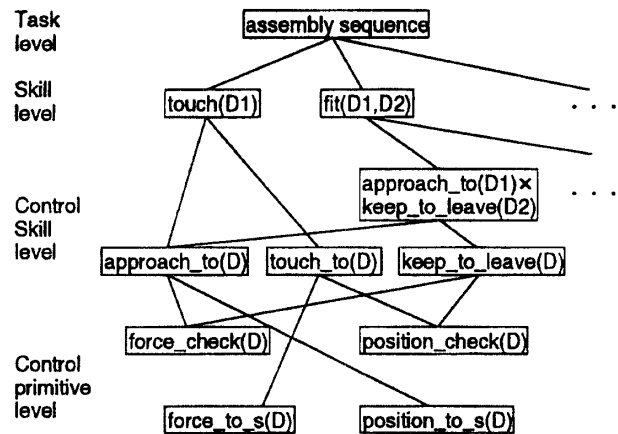


図 1: 知的制御階層構造

作業スキルの実行には知識表現言語 CRS (Constraint Reducton System) を用いる。CRS は拘束条件リダクション法と呼ばれる推論機構を用いたシステムで、Prolog を拘束条件言語として拡張したものであり、制約条件節に従って複数のプロセスにリダクションされていく。リダクションがそれ以上できなくなったプロセスは実行され、最終的にはすべてのリダクションされたプロセスが実行されることにより、最初のプロセスの実行が達成されたこととなる。

3 ロボットの動作計画

3.1 組立作業のモデリング

組立作業は、例えば 図 2 のような FSA プロセス、制御コマンドへの変換プロセス、FSA 形式への変換プ

[†]福岡大学工学部
Faculty of Engineering, Fukuoka University

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

ロセス、座標変換プロセスのメッセージによるプロセス間通信により実行される。各プロセスは CRS によって記述され、メッセージはストリームにより表現される。図2は、位置を適正状態 s に導く制御プリミティブの動作例を示している。

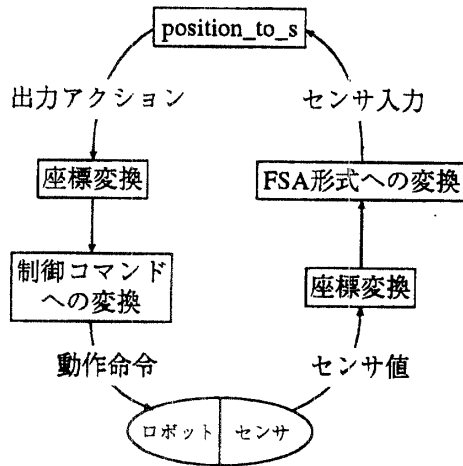


図2: 作業スキル実行例

これは以下のプログラムで記述される。

```

solve([position_to_s(In,Out,St),
      cood_trans(M,D,Out,Out2),
      robot_process(Out2,Cmd),
      act_robot(Cmd,Sv),
      cood_trans(M,D,Sv,Sv2),
      sensor_process(Lmt,Sv2,In)]).

```

まず、作業スキル ($position_to_s$) にセンサ入力 (In) が入ると対応する出力アクション (Out) を出すが、それ自信は状態 (St) を遷移してリダクションする。次に作業座標系の値である出力アクション (Out) は、座標変換 ($cood_trans$) により作業座標系から基本座標系の値に変換される。そのときの変換マトリックス (M) はアクションに対して変換される。変換された値 ($Out2$) は低レベルロボット言語の命令 (Cmd) に変換され ($robot_process$)、ロボットはその動作命令を受けて行動をし、行動の結果をセンシングしてセンサ値 (Sv) が得られる (act_robot)。このセンサ値は座標変換により再び作業座標系の値 ($Sv2$) に変換され、適正範囲 (Lmt) に従い定性値であるセンサ入力 (In) に変換される ($sensor_process$)。最終的に目標状態になるまでこのループが繰り返されることになる。

一連の作業はこのように定義されたタスク、またはスキルのシーケンスで表わすことができる。

3.2 ロボットとのリンク

低レベルロボット言語命令を実ロボットに送信したり、ロボットの動作終了後のセンサの値を受信するといったロボット及びセンサとのデータ送受信を行なう部分は、手続き型言語 C で記述されることが多い。本研究においても C 言語で記述されたロボット制御プログラムを用いている。

このような実際のロボットごとに異なるプロセスの変更作業は、用意されたハードに応じて定義すればよい。例えば制御コマンドへの変換プロセスや FSA 形式への変換プロセスといった制御プリミティブより下位レベルのプロセスの変更のみで可能である。これは、作業スキルの表現に知的制御階層構造を用い、実行には CRS を用いているので上位レベルの階層構造のプロセスには影響しないためである。

4 おわりに

本研究では、知的制御階層構造と FSA を組み合わせた作業スキルの実現手法の検証に、シミュレーションではなく実際のロボットに行なわせることを試みた。

今後は、視覚センサの使用、ハンドの移動目標領域の推論 [3] などの利用についても研究を進めていきたい。

参考文献

- [1] 月原 他：“組立構造と作業スキルを利用した組立動作生成法”，日本機械学会論文集，Vol.60, No.578, pp328 - 333, 1994.
- [2] 河内 他：“作業スキルの知識表現を用いたロボット言語の開発”，第13回日本ロボット学会講演会予稿集，1995.
- [3] 長井：“組立ロボットの動作計画に関する研究”，九州工業大学情報工学部機械システム工学科卒業論文，1996.