

組立マニュアル理解における複数動作の合成とその展開

7E-4

佐古慎二, 安部憲広, 辻三郎
大阪大学

はじめに

機械に対するオンラインでの指令を自然言語のような人間にとって易しい方法で行なうことを考える。

対象を機械の組立に限定して、処理を容易にする。実際の対象は組立マニュアルを用い、そこに示されている部品の組立を説明文を指示として行なう。

人間の指示に基づいて、機械が動作を行なう場合には、指示を解釈した後、機械が実行することができるような、つまり部品の平行移動、回転のような基本的な動作に展開しなければならない。比較的単純で一般的な動作に対しては、予め基本動作への展開方法を与えておく。

一般的な動作ではないが、ある組立においてしばしば用いられるいくつかの動作のシーケンスを実行中にマクロのような形で定義し、以後の指示を簡潔にすることができる。ロボット言語におけるマクロのように指示に対してマクロ展開が無条件に行なわれるのではなく、いくつかの指示に一つのマクロが対応する場合や、通常の展開とは部分的に異なる動作を指示された場合にも適応させることを考える。

1. 動作のレベル

動作を次の三つのレベルに分ける。

- (I) 部品の移動、回転のような単純な動作で、距離・角度などの動作のパラメータが明示されているもの。これから直接的に機械の動作を生成することができる。この形で指示が与えられることはほとんどない。
- (II) 直接には機械の動作を生成できないが、(I)への展開の手順が予め与えられているもの。指示はこのレベルで与えられることが多い。
- (III) 複数の(II)により構成されるもの。いくつかの指示と対応したり、指示がなくても動作が行なわれることもある。展開後の動作が連続せず途中で別の動作が行なわれる場合や、部分的に異

なった動作を指示されることもある。

三つのレベルの関係を図1に示す。

2. 言語解析

入力された命令文を、構文、意味解析し、動作へ展開するために必要な情報をスロットとする動作フレームを生成する。

名詞句との対応表から対象を求め、動詞に対応する動作は予め与えておく。ただし、この段階では動作を行なうために必要な情報の全てが得られているとは限らない。

3. 詳細化

部品の位置・形状、組立の知識などを用いて、言語解析では満たされなかったフレームのスロットを補う。データの満たされない部分はデフォルト値を入れる。

例えば、部品の挿入であれば挿入する部品と挿入される部品のどの部分を組み合わせるかは、明示されなくても前者から凸の部分、後者からはそれを入れることのできる部分を部品の形状データから求めることができる。挿入の長さが求められない場合は挿入できるまで、つまり部品が衝突するまでの距離を挿入の長さとする。

4. 展開

動作フレームを(I)へ展開し、動作を生成する。

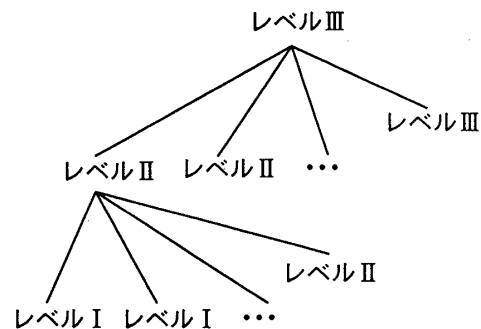


図1. レベル間の関係

Merging actions and expansion in understanding assembly manuals.

Shinji SAKO, Norihiro ABE, Saburo TSUJI

Osaka University

(a) レベルII

(II)のレベルの動作フレームは与えられた定義にしたがって(I)のレベルになるまで展開される。

部品の挿入(insert)の例を示す。

```
insert(part1,part2)II ->
  align(part1,part2)II ->
    rotate(part1,θ a)I,
    translate(part1,(Xa,Ya,Za))I,
    rotate(part1,θ r)I,
    translate(part1,(Xt,Yt,Zt))I
```

insertはレベルIIのalignとレベルIのrotate, translateに展開され, さらにalignはrotate, translateのレベルIの動作に展開される。

θ, XYZなどの値は動作フレームに指示されているか(θ r, Xt,Yt,Zt), 部品の位置形状などの状態から計算できる(θ a, Xa,Ya,Za)。

(b) レベルIII

レベルIIに比べて柔軟で, 複雑な動作を生成する。またレベルIIのように予め与えられた展開だけでなく, オンラインで生成されるものもある。

レベルIIIの動作は図2に示すような構造を持つ。いくつかの副動作列に分かれていて, それぞれの動作列にその動作列を行なうときの開始条件が付属している。動作列を構成する動作フレームは(a)または(b)の方法で再帰的に展開される。この動作フレームはレベルIIの動作フレームとは異なり, 具体的な部品ではなく部品の種類などによって表わされている。

レベルIIIの適用は, 開始条件を調べ条件の満たされた動作列の動作を行なう。調べる開始条件は, 最初の動作列の開始条件か, 前の動作列がすべて終了した動作列の開始条件である。指示が動作列の最初の動作と一致した場合(i)と, 指示とは異なっている場合(ii)がある。

```
{ (開始条件 1,
   [動作フレーム 11, 動作フレーム 12, . . .])
  (開始条件 2,
   [動作フレーム 21, 動作フレーム 22, . . .])
   :
  (開始条件 n,
   [動作フレーム n1, 動作フレーム n2, . . .]) }
```

図2. レベルIIIの構造

(i) 指示された動作の動作フレームと動作列の動作フレームの最初の一つを比較する。指示から生成されたフレームには求められていないスロットの値が, 動作列の動作フレームにある場合はそれを使って補う。指示で部分的に異なるものを示された場合は, その部分を指示されたものを書き換えてその部分に関する以後の動作を行なう。例えばある動作の対象としてある部品の全体がレベルIIIの動作フレームで示されているのに対して, 指示は部品の一部分を指定しているときはそのときだけの例外として指示に従う。

次の指示が動作列の次の動作と一致していれば前と同じ処理を繰り返し, 別の動作を指示していれば(ii)と同様の処理を行なう。

(ii) レベルIIIの動作に対する直接的な指示がなくても, この動作の適用を指示する者が暗に期待しているものと考え, 動作列に示される動作フレームに従って一つの動作列が完了するまで動作を行ない, その後で指示された動作を行なう。指示無しに行なわれた動作は記録し, 後でこの動作に対応する指示がなされたときに同じ動作を繰り返すことを防ぐ。

(i)(ii)いずれの場合も一つの動作列が完了したら, 次の動作列の開始条件が満たされるまで待機する。

5. 実行

展開されたレベルIの動作指令から動作を行なう。

現在の段階では, 部品の位置・方向のデータを指示に従って更新することにより動作をシミュレートし, その状態をグラフィックで表示し確認できる。

組み立てられた部品は, 組立品の検証ルーチンでその組立の是非を確かめ, 誤っている場合は解釈・展開における別解を探し, 動作の再計画を行なう。

おわりに

動作シーケンスのマクロ化による動作の指示の簡略化と, その適用における柔軟性について述べた。

参考文献

- 1.石川, 安部, 辻: 組立説明文からの組立手順の生成, 人工知能学会誌 Vol.3 - No.5
- 2.佐古, 安部, 辻: 自然言語による動作指令の詳細化とその検証, 「グラフィックスとCAD」シンポジウム(1988)