

物体機能に基づくロボットの動作記述と実装

佐藤啓宏(電通大) 木村浩(電通大) 池内克史(東大)

Description and implementation of robot operation based on the object functions

*Yoshihiro SATO (UEC), Hiroshi KIMURA (UEC), Katushi IKEUCHI(Univ. of Tokyo)

Abstract—In order to describe the operations of a human for execution by a robot, it is convenient if you observe the manipulated object's functions. In this paper, we first propose a function task model. Next, we show an example of implementation to a real robot.

Key Words: Task model, Human Demonstration, Realtime 3D tracking, Motion recognition

1. はじめに

近い将来には、サービスロボットが一般家庭や中小企業などで使われるようになるだろう。その実現のためにはロボットによる人間の行動観察・理解が、利便性・安全性のために重要な課題である。

普通、ロボットには実装されている以上の事は理解できないので、理解を行う枠組み(タスクモデル)の設計はとても重要となる。物体の機能を人やロボットの行動を記述するための単位とすることが提案されている¹⁾。これには、視覚や触覚等のセンサを使い検出し易い事象が区切りとなること、一つの目的を持つ動作が単位となるので直感的に理解が容易であること、などの利点がある。

また、人間の行動観察・認識において最も重要な役割を担うのは視覚である。人間や対象の物体を観察し、その状態やそれぞれの間の関係を計測することが、ロボットが外部の環境を認識するための基本となる。

本論文では、まず物体の機能に注目したタスクモデルの枠組と人間の動作解析に基づく自動生成について紹介する。次に視覚を利用したイベントの検出の例を示し、CVLロボット「ドットちゃん」への実装例を示す。これはおもちゃのブロックの組み立て作業を対象として実現された。

2. タスクモデルの枠組と自動生成

本章では、提案する物体の機能に注目したタスクモデル²⁾の構成要素や枠組について説明していく。

作業対象の物体の固有の座標系内での穴、軸などの座標系を機能部(Function)と定義する。物体aのi番目の機能部はobj(a).f(i)と表す。

2.1 イベントの検出

視覚や触覚などのセンサ情報から、新たに認識された状態を事象(Event)と呼ぶ。事象は、

- 機能部への操作(Operation)
- それによって生じた機能部の状態(State)

を認識することで発行され、それぞれ operate obj(a).f(i){ to obj(b).f(j)} と obj(a).f(i){& obj(b).f(i)} operated のように抽象化表現される。

認識した状態をロボットが行う操作に変換する際に必要な情報として、状態に操作と属性(Attributes)が

登録される (Fig. 1)。

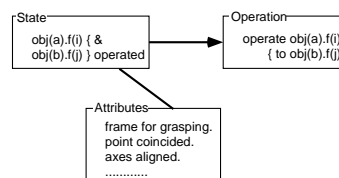


Fig.1 Operation is generated from state using its attributes

2.2 タスクモデルの枠組

対象物の機能部レベルのタスクモデル(function task model)の枠組みを以下で定義する (Fig. 2)

- 操作された対象物の機能部の状態 (Result)
- Resultが発生する前提条件 (Preconditions)

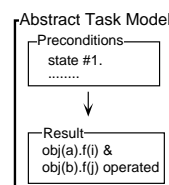


Fig.2 Abstract task model

2.3 タスクモデルの自動生成

タスクモデルは次に示す手順で自動生成される (Fig. 3)

1. 新しく検出された事象をイベントスタック(Event stack)と呼ぶスタック型の作業領域に積む。
2. イベントスタックの最上位に、タスクの区切りとして設定された特別な機能部の状態が検出されたとき、機能部レベルのタスクモデルを生成する。
3. 1.に戻る。

機能部レベルのタスクモデルの生成は、イベントスタックの最上位の状態を機能部の状態(Result)とし、それより下に積み重ねられている状態を取り出し前提条件(Precondition)として行われる。

作業の全体は、流れとして解析することでタスクモデルの連続で表される (Fig. 4)

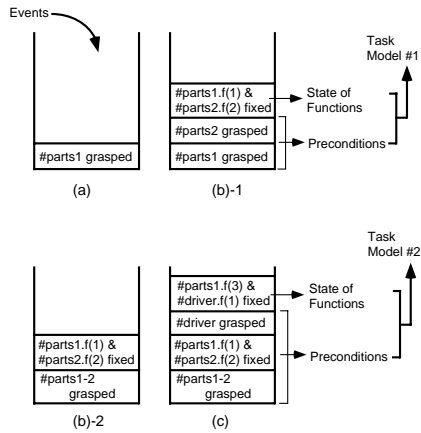


Fig.3 Events and Event stack

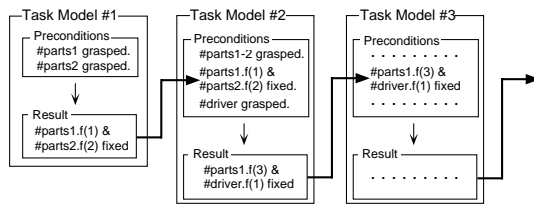


Fig.4 Series of task models

3. ロボットへの実装

実験システムと処理の流れを Fig. 5 に示す。

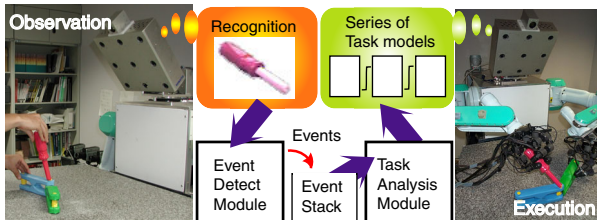


Fig.5 Experiment system and Process

実験環境は、CVL ロボット「ドットちゃん」の上に構築された。タスクモデルに実装した物体・操作・属性それぞれの一覧を Table1 に示す。物体の色・幾何形状モデル、機能座標系はあらかじめ与えられた。また、実行時にロボットが行う操作はシステムプログラムに動作要素として実装されている。

object	operation	attribute
parts1	grasp	axis aligned
parts2	fix	point coincided
driver		frame for grasping

3.1 視覚によるイベントの認識

人間の動作解析の結果を Fig. 6 に示す。人間の教示はロボット頭部のステレオビジョンシステムにより取得し、ステレオ画像に 3DTM(3次元テンプレートマッチング法)を連続に適用することで、複数の物体を6次元(位置・姿勢)で追跡した³⁾。

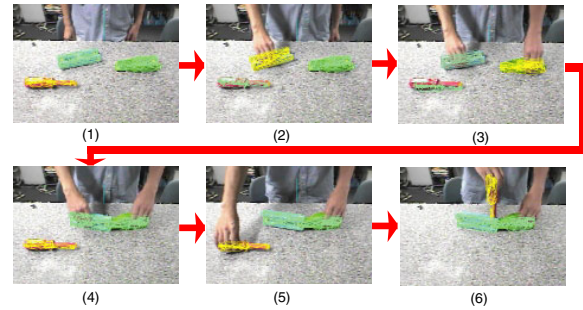


Fig.6 Observation Results

人の動作解析部(Event detect module)は、ワールド座標系で表された各物体の各機能座標系について

- 機能座標系間の距離
- 設定された軸・穴の間の角度
- 肌色抽出による人の手領域の重心位置との距離

を監視し検出閾値を越えた場合に事象(Event)を発行しイベントスタックに積み、同時にその値から属性を決定し登録する。

3.2 タスクモデルの自動生成と再現

タスクモデルの区切りとなる機能部の状態として、2つの物体が組み付けられて1つの物体として取り扱えるようになる状態 fixed を設定した。

Fig. 6 の観察結果はタスク解析部(Task analysis module)により、先に示した Fig. 3 のように解析され、Fig. 4 のタスクモデルの連続が得られた。この解析結果に基づき Fig. 7 に示す動作が再現された。

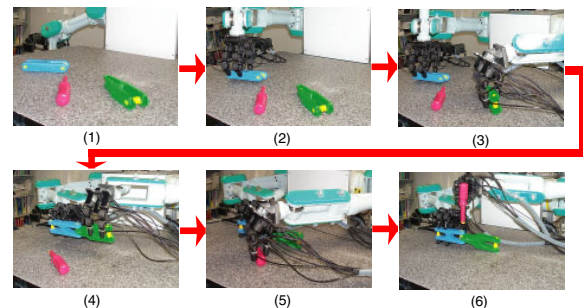


Fig.7 Execution Results

4. まとめ

物体機能部レベルのタスクモデルの枠組と観察からタスクモデルの自動生成を行う方法を紹介した。また、おもちゃのブロックの組み立て作業を対象にロボットへの実装例を示すことで、この有用性を確認した。

今後はこのタスクモデルの応用として人とロボットの協調作業²⁾への適用を進めるとともに、機能部の自動取得を行うことで枠組の拡張に取り組む。

References

- 1) 佐藤啓宏, 木村浩, 池内克史: 教示動作の視覚処理に基づく物体の機能情報の抽出, 第 18 回日本ロボット学会学術講演会, 18.3.1305(2000)
- 2) H.Kimura, T.Horiuchi and K.Ikeuchi: Task-Model Based Human Robot Cooperation Using Vision, Proc. of IEEE&RSJ IROS99, 701-706(1999)
- 3) 佐藤啓宏, 小川原光一, 田貴富和, 木村浩, 池内克史: 人間の教示動作の視覚処理に基づく物体機能の抽出, ロボティクス・メカトロニクス講演会'01 2A1-C12(2001).