

視覚による動作認識に基づく人とロボットの協調作業

Cooperation of Human and Robot Based on Motion Recognition by Vision

堀内 智之 (電通大) 正 木村 浩 (電通大) 正 池内 克史 (東大)

Tomoyuki Horiuchi, Hiroshi Kimura, Univ. of Electro-Comm, 1-5-1 Chofu-ga-oka, Chofu, Tokyo 182
Katsushi Ikeuchi, Inst. of Industrial Science, Univ. of Tokyo, 7-22-1 Roppongi, Minato-ku, Tokyo 106

In order for a robot to assist the human, we defined the abstract task model, analyzed the human demonstration by using events and an event stack, and automatically generated the task models needed in the assistance by the robot. The robot planned and executed the appropriate assistance motions based on the task models according to the human motions in the cooperation with the human.

Key Words: Motion Recognition, Human-Robot Cooperation, Human Demonstration, Task Model

1 はじめに

将来の育児や介護への応用を目指して、ロボットが人と協調して作業を行う、特に、人の作業の補助を行うことを考えると、各時点でロボットは人により何が行われているかを正確に理解し、それに合った補助を行う必要がある。人間の動作の観察・認識において、最も重要な役割を担うのは視覚である。ロボットは視覚を用いて、現在の作業対象物や人間の把持形態を認識し、作業目的・動作文脈に基づいて、必要な補助作業を計画・実行しなければならない。

筆者らは、上記の問題の解決のために、人とロボットによるおもちゃパーツの組み立てを対象とし、タスクモデルの枠組を定義した上で、人間のデモよりタスクモデルを自動生成し、タスクモデルに基づいてロボットの協調動作を生成する枠組を提案した [1]。しかし、そこでは、人の手形状の認識は行われておらず、人の動作に対応してロボットに適切な補助を行わせる手法が明確でなかった。本稿では、これら問題点の解決方法と実験結果について述べる。

2 実験システムと視覚処理

実験システムは、7 自由度マニピュレーター、3 本指ハンド、2 セットの 3 眼ステレオ・カラーカメラ (SCC)、リアルタイム・レンジファインダ (RRF) から構成される。おもちゃパーツの 3 次元認識は、SCC により行われる [1]。人の手によるおもちゃパーツの把持の有無、手形状の認識は、SCC と RRF により行われる [2]。手形状の認識においては、指の関節角度の計測はできないが、precision grasp や power grasp などあらかじめ登録した型に手形状を分類することができる。

3 人の動作解析とタスクモデルの生成

人の動作解析部は、2. で述べた視覚処理により、パーツ把持の有無、把持形状、パーツ機能部 (穴、軸など) 間の関係を検出し、event を発生することができる。タスクモデルは、result (組み付けられる 2 つの対象物の機能部の状態) と preconditions (result が発生する前提条件) から構成される (Fig.1-(1)) [1]。人間が単独で行う一連の作業の観察 (Fig.2) から、event stack を用いた解析により作業モデルを自動生成した (Fig.1-(2)) [1]。

ここで、Fig.3 のようにタスクモデルが連続したものであり、作業モデル (series of task models) を表す。この

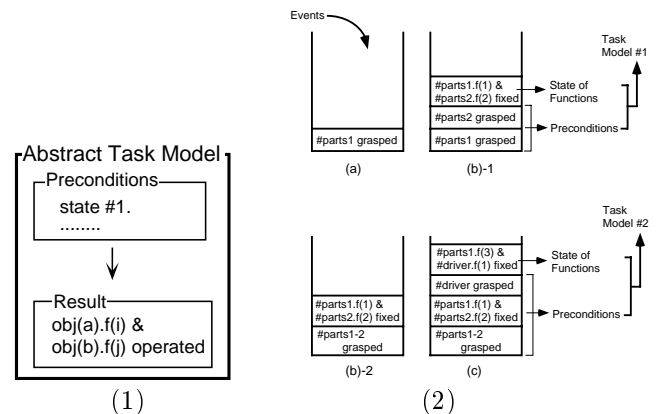


Fig.1 (1) Abstract task model. (2) Events and event stack: (a), (b)-1,2 and (c) are correspondent with (ii), (iv) and (vi) of Fig.2, respectively.

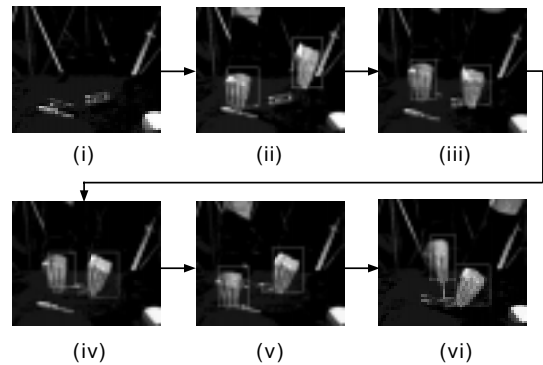


Fig.2 Example of analysis of human demonstration.

とき、task_model(i) の result は task_model(i+1) の preconditions の一つとなる。

4 人の動作認識とロボットによる補助

4.1 補助動作の計画

補助動作計画部は、event stack 上に積まれた events と task_model の preconditions と result を比較しながらロボットの補助動作 (operation) を計画する [1] が、適切な補助のためには task_model のどの部分を人とロボットがそれぞれ実行するかを決める必要がある。

本研究では、次の 3 つの補助動作を考え、作業モデルと

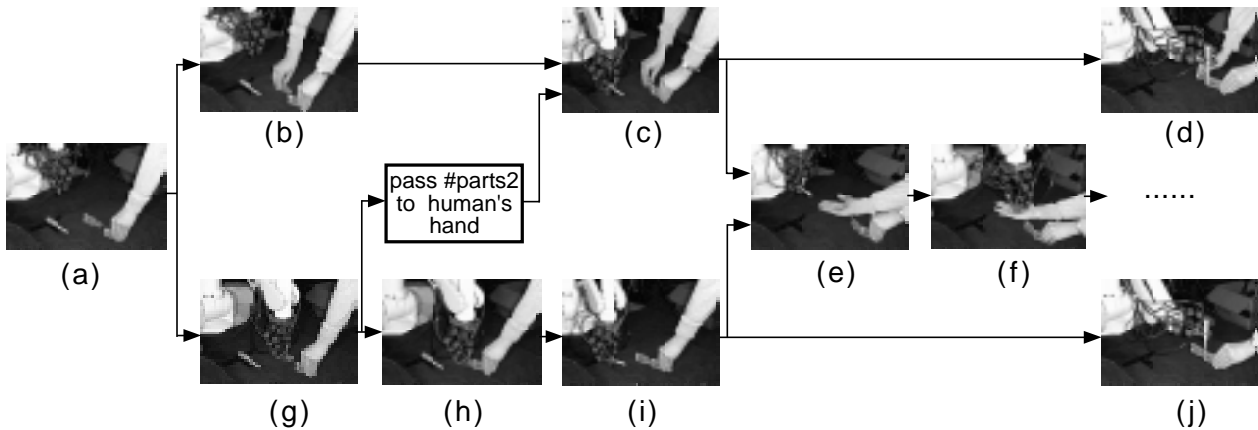


Fig.5 Photos of cooperation experiments based on a series of task models. Six patterns of cooperation were executed according to the human motions. Those were (a)→(b)→(c)→(d), (a)→(b)→(c)→(e)→(f), (a)→(g)→(c)→(d), (a)→(g)→(h)→(i)→(e)→(f) and (a)→(g)→(h)→(i)→(j).

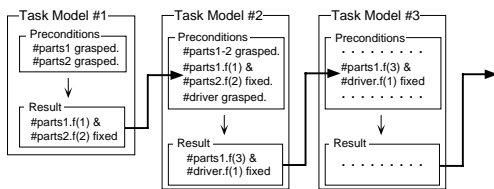


Fig.3 Series of task model generated by the analyzer for demonstration in Fig.2.

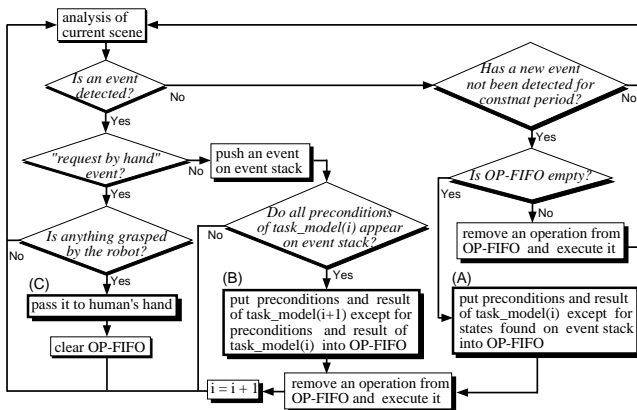


Fig.4 Flow chart of cooperation planning.

人の動作状況 (event stack) に対して, Fig.4に基づいて, ロボットに適切な補助動作を選択させる.

(A) タスクの目的を実現するための補助

人が task_model(i) の preconditions の一部を行い, 最後の event から一定時間以上経過したときは, タスクの目的を実現するためにロボットの補助が必要であると判断し, task_model(i) の残りの preconditions と result を OP-FIFO に入れる (Fig.4(A)).

(B) 協調作業全体を効率良く行うための補助

人が task_model(i) の preconditions を全て行った場合, 人によりその task model の result が実行される

と判断して, 全体の作業効率を上げるために, 次の task の準備として task_model(i+1) の preconditions のうち task_model(i) の preconditions と result を除いたものを OP-FIFO に入れる (Fig.4(B)). さらに, task_model(i+1) の目的を実現するためにその result も OP-FIFO に入れる.

(C) 把持した対象物を人に手渡す補助

ロボットが対象物を把持した状態で人がそれを受け取る動作を行った場合, 人がその対象物を用いた組み付けを行うと判断して, 対象物を人に手渡す (Fig.4(C)). その際, その対象物を用いた組み付けのための operation は OP-FIFO から除かれる. 人の受け取り動作を補助動作計画部が認識できるように, 人の受け取り手形状が視覚システムに登録されている.

4.2 実験

ロボットは OP-FIFO から operation を取りだし, 動作解析部で設定された属性を利用して operation を実行することができる [1]. Fig.3に示す作業モデルと Fig.4に基づいて, 人の動作に対応してロボットハンドに補助動作を行わせた (Fig.5). たった2つのタスクモデルから成る作業モデルにおいても, 受渡しを考慮することによりロボットの補助には6つのパターンが存在しており, 結果として, 作業モデルと補助動作の計画に基づき, ロボットは視覚により現在の人間の動作を理解することで, 適切な補助動作を選択・実行することができた.

5 おわりに

今後の課題として, 力感覚を用いた実行制御, より複雑な状況での適切な作業モデルの選択などを行う必要がある.

なお, いくつかの実験映像が WWW 上 (<http://www.kimura.is.uec.ac.jp>) で公開されている.

参考文献

- (1) 木村, 池内, 視覚による動作認識に基づく人とロボットの協調, 第2回ロボティクスシンポジウム予稿集, pp.120-126, 1997
- (2) H.Kimura, T.Horiuchi and K.Ikeuchi, Human Robot Cooperation for mechanical assembly using cooperative vision system, Proc. of 2nd CDV, pp.213-228, 1998