

# 模倣の構成要素仮説に基づくロボットシステムの構築

深野亮 國吉康夫

情報理工学系知能機械情報学専攻情報学専攻

## 概要

実世界においてロボットが柔軟に作業を行うためには、作業する人間の観察から作業知識を獲得する模倣学習が望まれる。そこで脳科学などの知見を背景に、模倣の構成要素を工学的に実現することでロボットの模倣を実現することを試みた。環境との相互作用を前提にしたそれぞれ独立に動作する動作、認識の要素が、互いに協調、抑制しながら、最終的に統合された要素の出力が模倣となるという構成要素の仮説に基づき、高コンプライアンス人間型上半身ロボットを用い、仮説に基づく構造によって動作するロボットシステムの開発を行った。

## 1 序論

ロボットの作業知識獲得は大きな課題であり多くの研究がなされている。観察を含めた物体操作知識獲得の実現のため、Kuniyoshiら [1]、Ikeuchiら [2]はカメラで人間の行なう物体の組み立てを観察から学習し、同様の操作を行なうロボットシステムを構築した。これらはシステム内部に環境、操作のモデルを持っており、観察からの入力に内部モデルを対応させることで認識を行なう。

しかし未知の作業知識を獲得するためにはあらかじめロボット内部に環境、操作のモデルが組み込まれている事は望ましくない。國吉 [3]は心理学的、脳科学的知見を背景に模倣の構成要素の仮説の提案を行った。この仮説を一つの指針としてロボットによる人間と同様の模倣学習を実現するため、この構成要素をロボットによって実現していくことを試みる。

Fig.1に本研究で用いる部分の模倣の構成要素を示す。反応促進と刺激強化の要素は並列に動作しており、ロボットに対して提示される叩くという動作による反

応促進と、ハンマー、太鼓という対象に付随する叩くという刺激強化が統合され、これらの刺激が叩くプリミティブを活性化させることで、ハンマーで太鼓を叩くという行為単位模倣が実現すると考える。本研究では、操作プリミティブとして叩く、つつく、掃くを選定した。

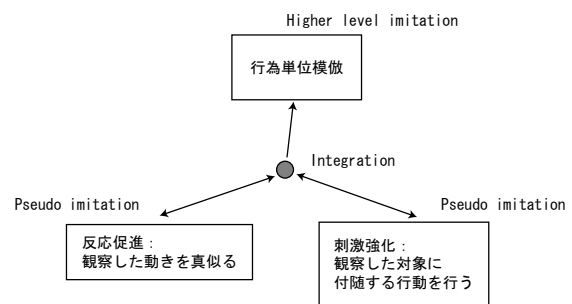


図 1: Component of imitative learning

## 2 模倣のためのロボットシステム

実験環境として上半身人間型ロボットの開発を行った [4]。Fig.2にロボットの外観と自由度配置を示す。ロボットの全高約 400mm、幅約 300mm、奥行き約 70mm である。腕長は約 360mm であり左右各 6 自由度、手先効果器自由度 1 である。またロボットと環境との相互作用を前提として高コンプライアンスな腱駆動を肩、肘関節に採用している。胸部分と腰部分には DC サーボモータが配置されている。関節 5, 6, 7 はラジコンサーボと呼ばれる模型用サーボモータを使用している。頭部には IEEE1394 ステレオカメラを搭載している。

また模倣の構成要素仮説に基づく、ロボット制御のための実時間ソフトウェアシステムの開発も行った。このソフトウェアは画像認識を行う画像ホストとロボッ

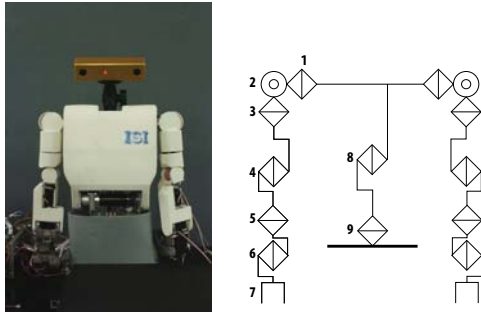


図 2: Developed upper body robot

トを制御する制御ホストそれぞれで実行され、認識結果はネットワークを介して制御ホストへ送信される。

Fig.3にソフトウェアの構成を示す。ロボットに対して提示された操作をカメラによって観察した画像から、画像処理によって反応促進、刺激強化に関する要素が存在するであろう確率を取り出す。確率に基づいて対応する操作プリミティブは活性化し、確率ルーレット選択によってロボットが実行するプリミティブが選択される。

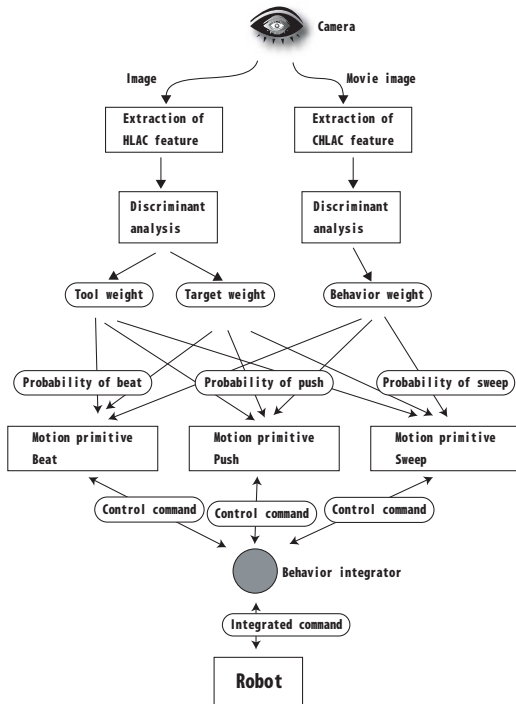


図 3: Developed imitative learning realtime software

## 2.1 行為単位模倣実験

ロボットに対し、操作を提示することで行為単位模倣が実現するかを確認する実験を行った。叩く、つつく、掃くというプリミティブに対応した反応促進、刺激強化の観察対象として、(叩く、太鼓、ハンマー)、(つつく、おもちゃ、棒)、(掃く、ごみ、刷毛)の組合せを設定した。設定した組合せ、設定外の組合せをロボットに提示し、ロボスタな行為単位模倣が実行されることを確認した。

## 3 結論

本稿では模倣学習の分析により、模倣学習特有の実時間ソフトウェアの構成について提案を行い、視覚を統合したロボットの動作実験を行った。

また模倣学習の構成要素を実装するという目的のため、動作プリミティブを並列実行、統合するアーキテクチャを実装し、実験により実時間で動作することの確認を行った。この模倣システムに動作を提示することで刺激強化と反応促進という疑似模倣を統合した、行為単位模倣が実現されることを確認した。

さらに上位の模倣の構成要素を実現し、真の模倣学習を実現することは今後の課題である。

## 参考文献

- [1] Yasuo Kuniyoshi, Masayuki Inaba, and Hirochika Inoue. Learning by Watching: Extracting Reusable Task Knowledge from Visual Observation of Human Performance. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 10, No. 6, pp. 799–821, 1994.
- [2] Katsushi Ikeuchi. Toward an Assembly Plan from Observation Part I: Task Recognition With Polyhedral Objects. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 10, No. 3, pp. 368–385, 1994.
- [3] 國吉康夫. ロボット模倣の創発・発達の構成論に向けて. *バイオメカニズム学会誌*, Vol. 29, No. 1, pp. 20–25, 2005.
- [4] 深野亮, 國吉康夫, 長久保晶彦. 模倣学習を行うロボットのための実時間ソフトウェアの構成. *日本ロボット学会 学術講演会*, p. 2H23, 2005.