

# ユーザの操作に基づく行動学習システム

Behavior learning system based on human operation

片上 大輔\*<sup>1</sup>  
Katagami Daisuke

山田 誠二\*<sup>2</sup>  
Yamada Seiji

\*<sup>1</sup>東京工業大学大学院  
Tokyo Institute of Technology

\*<sup>2</sup>国立情報学研究所  
National Institute of Informatics

Conventionally, in the system which contains a human element in an evaluation system, a user's load was a big problem. In this research, we build the action study system which reduces a user's cognitive load according to the mechanism in which action is automatically gained by operation of the robot by the user, and verify the effect.

## 1. はじめに

近年、ロボットが人間の生活空間に急速に入り込むようになり、人間とのインタフェースに着目したインタラクティブなシステムが求められてきている。このような人とエージェント（ロボット）との間で人同士のよう自然なインタラクションを行う研究はヒューマンエージェントインタラクション(HAI)[山田 02]と呼ばれ近年活発に研究が行われている。この研究分野の中には、飽きないロボットを実現させるために人間の適応先を揺らすシステム[近藤 03]の実現や、人間とロボットの知覚の違いによる教示の効果の違いを示した研究[片上 03]がなどある。

しかし、従来このような人間とのインタラクションを評価系に含むシステムにおいて、ユーザの負荷が大きな問題であった。この問題に対して従来の研究の多くは主に3つの改善方法により対応してきた。入力インタフェースの改善や、提示インタフェースの改善、学習自体の高速化である。しかし、これらの研究は基本的に対処的な手法であり、根本的なユーザの負荷への解決方法にはなりにくい。この理由として、ユーザの負荷において、ユーザのロボットへの教示の意識に対する負荷が大きいためにあげられる。つまり、ユーザにとって教示や指示、評価への意識が実際の肉体的な負荷よりも大きいといえる。

本研究では、ユーザの自律ロボットへの教示の意識に対する負荷に焦点をあて、ユーザの操作による行動が可能な、操作型のロボットに注目する。思い通りにならない試行錯誤の自律ロボットの評価、教示に付き合うよりも、実際にユーザの思った通りに動かすことは認知的に負荷の軽いタスクである。また、操作に慣れさえすれば、実際にタスクを行うことはそんなに難しいことではない。

本研究では、ロボットと操作者の間のインタラクションを考慮したシステム設計の構築を目的とする。ユーザはタスクを達成するためにロボットの操作を行う。ここで、ユーザの操作情報をロボットの行動への教示情報に利用することにより、ユーザは教示を意識することなくタスクをこなすことでシステムは自動的にロボットの行動を獲得する。これにより、ユーザの認知的な負荷を減らすことが可能である。本研究では、このような機構を実装することにより、ユーザの認知的負荷を減らすことが可能であることを幾つかの実験により検証する。

## 2. ユーザの操作に基づく学習

ロボットが実際に環境と相互作用を行いながらタスクを実行する過程で、ロボット自身は自律的に状態-行為からなるルールを獲得し、教示者はその実現の上で必要となる行為、すなわち各時点でのロボットの正しい動作をロボットに与えるという方法が考えられる。このようなアプローチにおいては、教示者は自らの外的な視点とロボットの視点との違いについては意識することなく、ロボットの行動に対して外部の視点からの正しい行為を与えるのみによって、ロボットに作業を教示することが可能である。つまり、ロボットが行う認識・行為決定が教示者の行為の情報から自らの視点に基づく状況認識に変換することによって、教示者・ロボット間の違いを吸収していると言える。これによって、教示情報を少なくしていると共に、適した状況認識・行為決定を行うことができ、事前にロボットの身体性に依存した設計を行うことが困難である場合にも負荷の少ない教示を行うシステムを構築することができる。

## 3. 本研究の手法

我々は、ロボットが動作する際に人間から適切な行為としての教示情報を受け取って、タスクを解決しうる状態認識・行為ルールの獲得を実現する手法を提案してきた。このような枠組みを Interactive Evolutionary Robotics (IER) と呼び、今までにいくつかの研究を行ってきた[片上 03, Katagami 00]。

IER は、人間を評価系に組み込み進化的に探索を行う対話型進化計算法 (Interactive Evolutionary Computation (IEC)) の評価能力を用いて効率の良い実環境ロボット学習を行うことを目的とした枠組みである。またこれは、進化的計算手法を用いて、対話的にロボットを設計するアプローチであるとも言える。図1に IER の概要図を示す。

本研究では、この枠組みに基づき学習アルゴリズムに XCS [Wilson 95] を用いた ICS (Interactive Classifier System) [Katagami 00] を用いるものとする。

### 3.1 Interactive Classifier System

ICS は学習分類子システム (Learning Classifier System: LCS) に IEC の対話機能を組み込むことにより、自律的な学習に加え教示による学習も行うことができるロボット学習モデルである。学習アルゴリズムには、機械学習システムの中からクラシファイアシステム (以下 CS) の一つである XCS を実現の手法として用いる。CS を用いた主な理由は、(1) ロボットの学習結果がルールとして獲得されるため獲得された行動の可読性が高い (2) 環境の動的な変化に対しても、獲得された

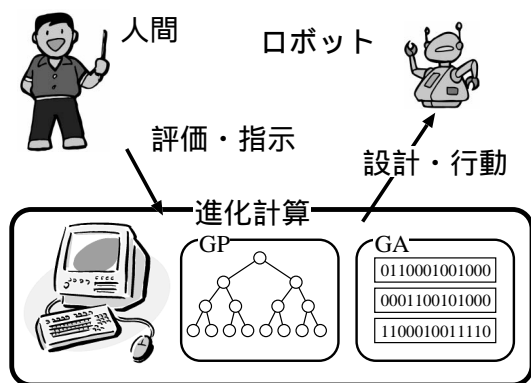


図 1: Interactive Evolutionary Robotics



図 3: AIBO「EPS-220A」



図 4: 実験環境の概要

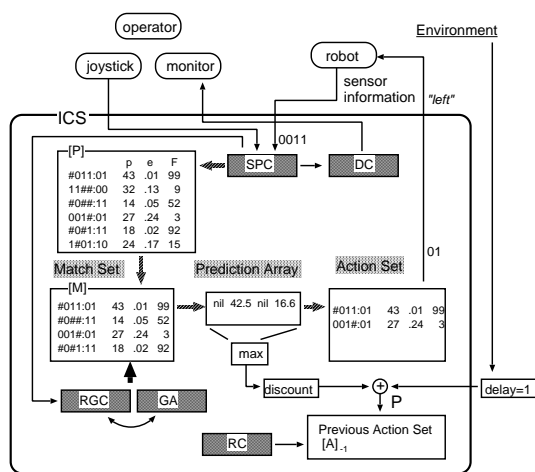


図 2: Overview of Interactive Classifier System

知識に遺伝的操作を加えることで比較的容易な適応が可能である等があげられる。XCS は Wilson によって考案されたものであり、現在最も使いやすい CS のうちのひとつである。従来の CS と異なる点は (1) 未来の報酬予測のために accuracy と呼ばれるパラメータを導入している (2) GA をルールリスト全体ではなくマッチセットにかけるといった点などがあげられ、これにより複雑なタスクを扱うときに生じる過度の一般化状態を防ぐことができる。構築したシステムの概要図を図 2 に示す。

本研究で開発したシステムは、操作者の教示情報をもとにクラシファイアを作成するルール生成部 (RGC)、ロボットのセンサ情報を処理するセンサ処理部 (SPC)、GUI インタフェース等の表示部 (DC)、学習を行う強化学習部 (RC) からなる。詳細については、[片上 03] に書かれている。

## 4. 実験設定

### 4.1 使用するロボット

本研究は人間の活動空間で共に活動するロボットを対象としている。そこで実験には人間の活動空間に浸透しつつあるペットロボットで行う。使用するロボットは SONY のエンタテインメントロボット AIBO「EPS-220A」を用いる。使用する AIBO の外観を図 3 に示す。

本研究では、プリミティブな行為を用意し、ジョイスティックでの操作を可能とする。ユーザはタスクを行うことで、教示

を意識することなくユーザの好みによるロボットの行動ルールを獲得することができる。

AIBO は無線 LAN を通じて PC と通信を行うことができる。そのため、PC 上にサーバを立てシステムは PC 上で設計する。ロボットはクライアントとなりサーバとなっている PC につなぐ。実験環境の概要を図 4 に示す。

全ての実験は、被験者と AIBO のインタラクションを通して行う。行為は AIBO Master Studio により作成し、各行為をジョイスティックの各ボタンに割り当てる。インタラクションの流れを次に示す。(1) AIBO の操作を直感的にできるくらいまでユーザに慣れてもらう。(2) ユーザにタスクを実行してもらい、同時に自動的に学習する。(3) 繰り返す。(4) 学習後評価を行う。

## 5. まとめ

ユーザの教示の意識に対する負荷について考慮した行動学習システムを提案した。現在実験環境にて実験中である

## 参考文献

- [山田 02] 山田誠二, 角所考: 適応としての HAI, 人工知能学会誌 17 巻 6 号, pp.658-664, 2002.
- [近藤 03] 近藤敏之, 若松良久, 伊藤宏司: 人間-エージェントの相互適応系における継続的相互作用実現のための機能条件, Joint Agent Workshops & symposium, pp.432-437, 2003.
- [片上 03] 片上大輔, 山田誠二: 対話的進化ロボティクスの観測に基づく教示の設計; システム制御情報学会論文誌, Vol.16, No. 6, pp.279-286, 2003.
- [Wilson 95] S. W. Wilson: Classifier Fitness Based on Accuracy, Evolutionary Computation, 3(2), pp.149-175, 1995.
- [Katagami 00] D. Katagami and S. Yamada: Interactive Classifier System for Real Robot Learning; IEEE International Workshop on Robot and Human Interaction, pp. 258-263 (2000)