

対話型進化ロボティクスにおける教示のタイミング

Timing of Teaching for Interactive Evolutionary Robotics

片上 大輔*¹
Katagami Daisuke

山田 誠二*²
Yamada Seiji

*¹東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

*²国立情報学研究所
National Institute of Informatics

We have proposed a fast learning method that enables a mobile robot to acquire autonomous behaviors from interaction between human and robot. In this research we develop a behavior learning method ICS (Interactive Classifier System) using interactive evolutionary computation considering an operator's teaching cost. As a result, a mobile robot is able to quickly learn rules by directly teaching from an operator. ICS is a novel evolutionary robotics approach using classifier system. In this paper, we investigate teacher's physical and mental load and proposed a teaching method based on timing of instruction using ICS.

1. はじめに

近年、環境に存在する人間とのインタラクションをロボットの学習に利用するアプローチが行われてきている。特に、事前知識を持たないロボットや初期段階の試行錯誤のロボットにおいては、人間からの教示は非常に有効な自律行動の獲得手法であると言える。しかし、ある程度の自律性を持ったロボットにおいては、人間からの教示に常に従う必要はない。教示が必要でない段階に関しては、人間に負担をかけることなく、人間とのインタラクションにより蓄えられた教示情報を元にして自律性を発揮するべきである。このように、人間とロボットがインタラクションを通じて、ロボットの自律性を確立する手法が必要であると言える。

麻生らは、人間と音声会話によるコミュニケーションを行う事情通ロボットによって、未知環境の地図情報を構築する枠組み [Asoh 96] を提案している。堀口らは、人間とロボットのインタラクションの設計として相互主導型インタラクションの概念を用い、力覚フィードバックを利用した移動ロボットの自動化プロセスと人間の操作の協調行動を実現 [Horiguchi 00] している。稲色らは、ユーザとの対話に基づいて Bayesian Network を用いて確率的にロボットの行動獲得 [Inamura 01] を行っている。しかし、人間の教示の負荷について論じた研究は少ない。

本研究では、人間が教示を行うことによって生じる負荷を、教示のタイミングの違いによって検証する。

2. 教示の負荷

一般に、対話型学習の場合、教示を行えば行うほどいいパフォーマンスが得られることが言えるが、人間の労力は無限ではない。教示コストは低ければ低いほどいいというトレードオフの関係になっていることは明らかである。人間が疲れをしない機械と協調して、世代毎に多くの個体を比較評価し、評価値を入力するには限界がある。これが実用上の大きな問題になっている。

本研究では、教師の負荷を簡単に計るために肉体的疲労と精神的疲労にわけ、肉体的疲労を教示の回数、精神的疲労を教示のタイミングとすることとする。

3. 教示のタイミング

教示の行われるタイミングは、前述の教示者の負担と大きく関わってくる。一般的には、あらかじめ教示を行ったり、システムの要求時に教示を行うことが多いが、教示の行うタイミングをシステム側に委ねているため、教示を行うために人間側が待機しなければならず、シミュレーションにおける実験はもとより実験時間がかかる実環境学習においてはさらに教示者の負担が増大する。

本研究では教示者は教示をしているといった認識をすることなく教示を行うことを目指している。つまり、教示者はロボットを操作しタスクをこなすことでシステムが自動的に教示者の操作を教示情報として獲得し学習を行うことになる。このことは教示者の負担軽減につながると考える。我々は、このような教示を実現するために、教示のタイミングによるユーザの精神的負荷の調査を行う。本研究では、従来の教示のタイミングを以下の3つの教示のタイミングにわけるとする。

- Pre-teaching:
対話型進化ロボティクスにおける exploration は、教示情報を用いて学習を行う。あらかじめ教示ステップにて教示による exploration を行い、自律行動ステップにて exploitation を行う方法である。
- Passive teaching:
システムの要求時に教示を行う、もしくは教示を行うようにユーザに要求する方法を passive teaching 法とする。Mishima, Asada らは、active teaching により、教示者と学習者の間に生じる環境認識のずれ (Cross Perceptual Aliasing) による教示学習の効率悪化をこの教示方法により解決している [Mishima 99]。passive teaching は学習効率において教示の無駄が少なくいい方法と考えられる。しかし、教示者としては、システムが行動を要求するまでは監視していなくてはならない。またそのタイミングがいつくるかわからないため、教示数の割に精神的な負担が大きくなると考えられる。
- Active teaching:
教示者が好きなタイミングで教示を行う方法を, anytime teaching 法とする。この教示法では、教示者はロボットが自律行動を行うのをみながら好きなタイミングでロボットを動かしてタスクを達成させる。これにより、教示者は

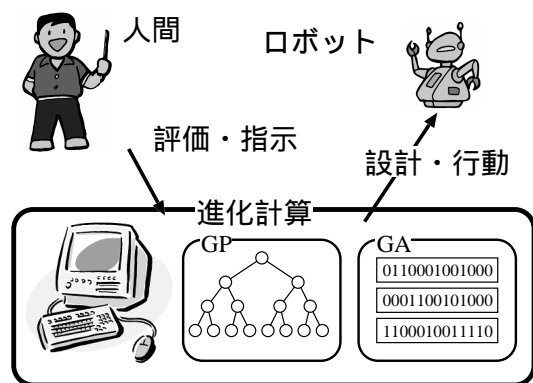


図 1: Interactive Evolutionary Robotics

教示をしていることを意識せずに、また学習者の挙動を全て把握した上で教示をするかしないかを悩むことなく教示を行うことができる。

4. 対話型進化ロボティクス

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、タスクを解決する状態認識・行為ルールを進化的に獲得し、ロボットの自律性を実現する枠組みである、対話型進化ロボティクス (Interactive Evolutionary Robotics (IER)) を提案してきた。

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よ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、遺伝的アルゴリズム、遺伝的プログラミング、進化戦略などの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。Fig.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。

5. 評価

ユーザの精神的負荷を評価するために、ユーザビリティの評価を参考にし、3つの教示方について相対的な評価で有効性、効率性、満足度についてそれぞれアンケートにより評価する。

5.1 ユーザビリティ

ユーザビリティとは、特定の利用状況において、特定のユーザーによって、ある製品が、指定された目標を達成するために用いられる際の、有効さ、効率、ユーザーの満足度の度合いであり、ユーザビリティを調べることにより、ユーザの精神的な負荷の計測を行う。

- Effectiveness (有効さ):
ユーザーが指定された目標を達成する上での正確さ、完全性
- Efficiency (効率):
ユーザーが目標を達成する際に、正確さと完全性に費やした資源

- Satisfaction (満足度):
製品を使用する際の、不快感のなさ、及び肯定的な態度

5.2 精神的負荷のアンケート

ユーザビリティを考慮した精神的負荷のアンケートの内容を以下に示す。

- 有効性: 「この教示法による教示はうまくいったか?」
- 効率性: 「この教示法によって疲労したか?」
- 満足度: 「この教示法は行いやすいものであったか?」

6. まとめ

人間とのインタラクションをロボットの学習に利用する対話的学習で問題となる教示の負荷について、肉体的疲労と精神的疲労にわけ、特に精神的疲労について教示のタイミングの違いにより検証を行う方法について提案した。これにより、教示者の負担を考慮した対話的システムを構築することが可能になり、人間に負担をかけることなく人間とロボットがインタラクションを通じて、ロボットの自律性を確立することが期待できる。

参考文献

- [Asoh 96] H. Asoh and Y. Motomura and I. Hara and S. Akaho and S. Hayamizu and T. Matsui: Combining probabilistic map and dialog for robust life-long office navigation; *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 807–812 (1996)
- [Horiguchi 00] Y. Horiguchi and T. Sawaragi and G. Akashi: Naturalistic Human-Robot Collaboration Based upon Mixed-Initiative Interactions in Teleoperating Environment; *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 876–881 (2000)
- [Inamura 01] T. Inamura, M. Inaba, and H. Inoue: User Adaptation of Human-Robot Interaction Model based on Bayesian Network and Introspection of Interaction Experience; *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2139–2144 (2000)
- [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)
- [Mishima 99] C. Mishima and M. Asada: Active Learning from Cross Perceptual Aliasing Caused by Direct Teaching; *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1420–1425 (1999)
- [Wilson 95] S. W. Wilson: Classifier fitness based on accuracy; *Evolutionary Computation*, Vol. 3, No. 2, pp. 149–175 (1995)