

## B4-4 ミニチュアロボットを用いた自律分散エージェントのための 教示システムの構築

福井大学 工学部 知能システム工学科  
 山本 壮太 (指導教員：高橋 泰岳、前田 陽一郎)

### 1. 緒言

従来から自律分散ロボットに関する研究が数多く行われてきた。たとえば、藤田ら [1] は契約ネットプロトコルに基づいたロボット間通信を用いてタスクを割り当てる手法を提案した。荒井ら [2] は複数の自律移動ロボットによる強調搬送作業に対しメディアアクセス制御プロトコルを提案した。これらの研究はロボットに対して何らかのタスクとタスク達成時の評価を与え、全体の評価が高まるように個々の行動を制御するものが多い。

自律ロボットによるサッカー大会であるロボカップは自律分散ロボットによる協調行動のテストベッドになっている。たとえば、藤井ら [3] はサッカーという動的な環境において、群全体で目的が達成できているかを自己評価しその評価に基づいて行動することにより、さまざまな状況に柔軟に対応できる協調制御手法を提案した。しかし、さまざまな変動要素や外乱の多い環境で自律分散ロボットに対して事前に協調行動を設計することは難しく、さらに自律的に学習させる場合は学習時間が非現実的に長くなる可能性がある。

そこで、ロボットには最低限の自律性を与え、必要に応じて人間が教示する事でロボットに未知の状況・環境に対する行動や戦略を効率的に学習獲得させることが可能になる。片山ら [4] はヒューマン・ロボットインタラクションを通じてその経験からロボットの自律行動を進化計算により獲得していく手法を提案した。しかし、複数のロボットに対し提示者自身が行動したりロボットをティーチングペンダントなどで協調行動を提示するのは、セッティングや操作を含め提示者の負担が大きい。

そこで本研究では複数の自律型ロボットの集団行動の学習を目的とし、人間のオペレータが複数のミニチュアロボットを直接手で動かして教示することによって人間の経験と直感を生かした学習をするためのシステムを提案する。本報告では1台のミニチュアロボットを用いて1台の自律エージェントの経路行動の学習を行う。

### 2. コンセプト

本システムではオペレータである人間が扱いやすいミニチュアロボットを使って行動・経路を教示する。教示作業は図1のようにオペレータがミニチュアロボットを手で直感的に動かすだけの簡単な操作なので負担は少ない。複数のミニチュアロボットを使うことで複数のエージェントの学習を行うことができる。ミニチュアロボットの操作は複数のオペレータが行うこともできる。また、移動経路を実際に学習したいロボットの

行動可能な経路に変換することで中型サッカーロボットのようなロボットにも対応できる。人間の教示行動の補助を目的としてミニチュアロボットに自律性を持たせ、エージェントからセンサ情報を受け取り、教示の確認や人間に対する警告を行う。

### 3. 教示システム

教示システムは図1のように構築する。フィールドはサッカーコートが表示されているディスプレイである。ディスプレイ上空にはカメラが設置されており、ミニチュアロボットの位置を取得する。ミニチュアロボットは複数のオペレータが教示することを想定している。取得した位置情報をもとにミニチュアロボットの行動を学習する。学習した行動はサッカーロボットやミニチュアロボットに出力する。サッカーロボットはセンサ情報などのフィードバックをシステムに出力する。取得された位置情報やサッカーロボットからのフィードバックをもとに、ディスプレイ上にミニチュアロボットのグラフィックを表示しオペレータに提示する。

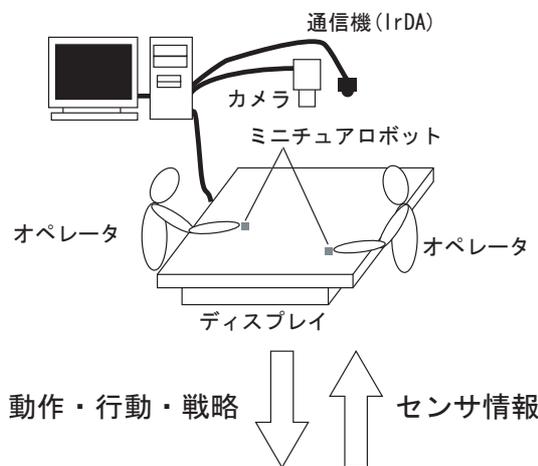


図1 システム構成図



図2 実験に使用したシステム

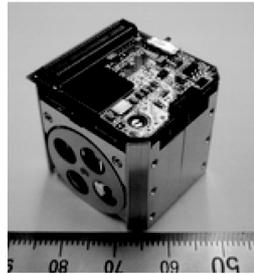


図3 ミニチュアロボット

## 4. 評価実験

構築したシステムの動作を検証するため、今回は1体のエージェントの経路行動学習を行わせた。

### 4.1 教示学習の流れ

本システムでは以下の流れで教示学習を行う。

1. フィールド上のミニチュアロボットを手で動かす。
2. カメラで取得したミニチュアロボットの位置情報から進行方向のベクトルを算出する。
3. 算出した方向ベクトルを CMAC 学習アルゴリズムで学習する。
4. 生成された CMAC マップを使ってミニチュアロボットを動かす。

実験では RoboCup の Mixed Reality Sub-league 公式のシステムを使用した。このシステムでは CITIZEN 製のミニチュアロボット図3を使用している。以下の経路上を15回連続して移動させる。

1. 経路1:円状に移動させる。
2. 経路2:三角形を描くように移動する。
3. 経路3:四角形を描くように移動する。

### 4.2 実験結果

Aの図は、教示時に取得したミニチュアロボットの経路である。Bの図は、Aの位置情報を元にCMAC学習した結果、生成されたCMACマップである。矢印はミニチュアロボットの方向ベクトルをあらわしている。教示回数は15回と少ない回数であったが、3つの異なる経路を学習することができた。多少の外乱はCMACの特性で吸収できている。

## 5. 結言

本研究では直感的な方法により複数台の自律分散エージェントの行動を学習する方法を提案し、1体の自律エージェントの移動経路を教示学習した。今後、複数台の自律分散エージェント教示システムとして様々な協調行動を行わせることで評価していく。またサッカーロボットからのフィードバックを行うことでオペレー

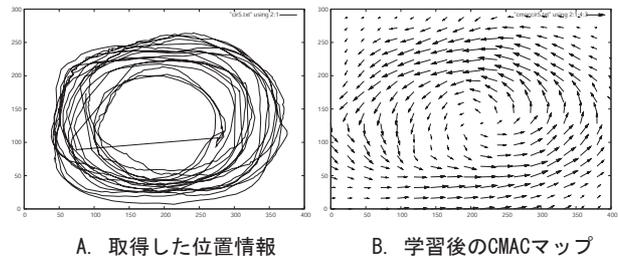


図4 経路1

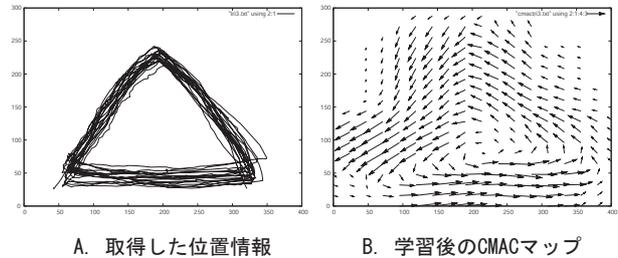


図5 経路2

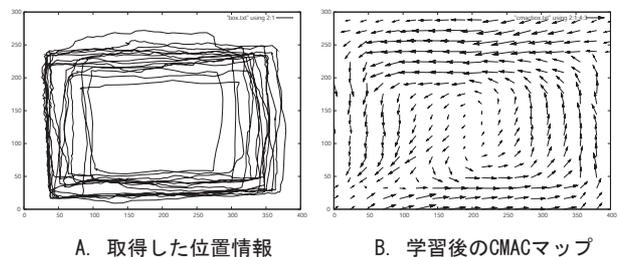


図6 経路3

タに対し警告や教示補佐ができるようにしていく。

## 参考文献

- [1] 藤田陽平, 前田陽一郎, “ファジィ推論に基づく契約ネットを用いた協調行動制御,” 第25回日本ロボット学会学術講演会, CD-ROM, 3F35 (2007)
- [2] 荒井順平, 小山明夫, L.Barolli, “自律分散型ロボット間通信のための適応型メディアアクセス制御プロトコル,” 情報処理学会研究報告, 2003-DPS-114(17), pp.117-122 (2003)
- [3] 藤井飛光, 加藤真之, 高橋正樹, 吉田和夫, “自己と群の総合的評価に基づく自律移動ロボット群の協調制御手法,” 日本機械学会, (2003)
- [4] 片上大輔, 山田誠二, “対話型進化ロボティクスにおける視点切り替えによる教示,” 情報処理学会研究報告, 知能と複雑系 130-18, pp.99-104 (2002)
- [5] 市橋浩典, 内山雅文, 岡谷賢, 高橋友一, “EcoBe!とウェブカメラによる教材用ロボットシステム,” 人工知能学会, 人工知能学会研究会資料, SIG-Challenge-A901-7, pp.34-38(2003)