

# 5F-03 予測能力を持つサッカーエージェントによる 協調戦術の適応学習による獲得

熊田 陽一郎, 植田 一博  
東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻

## 1 はじめに

サッカーサーバー上で動くサッカーエージェントについては、マルチエージェントシステムの標準問題として多くの研究がなされている [RoboCup Official Site]. 本研究の目的は、学習によって協調的戦術を獲得するサッカーエージェントの構築である。実際のサッカーの指導 [Hughes, 1980] で戦術がいかに獲得されるかを参考に、小人数による練習課題の達成、グリッドによる適切な認知地図の獲得、そして、強化学習によるプレーの最適化を軸にした戦術決定学習アルゴリズムを提案する。エージェントは環境をグリッド化して知覚することで有限の状態変数空間を持ち、他エージェントの挙動を条件付き確率によって予測推定する。さらに推定結果と各状態変数の効用に基づき自らの戦術を決定する。練習を通じエージェントは条件付き確率と効用関数を学習することができる。この学習の結果、同じチームのエージェントの間で効用関数が共有され、その結果、協調戦術が遂行されるようになる。

## 2 学習により協調戦術を獲得する サッカーエージェント

### 2.1 目標

サッカー指導者 Charles Hughes [Hughes, 1980] の指導法を参考に小人数での協調戦術を学習するサッカーエージェントを構成する。方針は以下の通りである。

1. 小人数による練習課題の達成
2. グリッドによる適切な認知地図の獲得 (図 1)
3. 他エージェントの行動の予測と、その学習
4. 状況の効用関数の学習

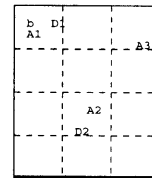


図 1: 状況のグリッド化

### 2.2 エージェントの構成

エージェントは以下のステップを繰り返す意思決定サイクル [Russell, 95] として構成される。

**Step. 1** 期待効用を最大化する戦術の選択

- $action \leftarrow \operatorname{argmax}_{A_t} \sum_{c_t} [Bel(C_t = c_t) \times \sum_{c_{t+1}} P(C_{t+1} = c_{t+1} | C_t = c_t, A_t) \times U(c_{t+1})]$

Step. 2 期待状態の確率分布の予測

- $\widehat{Bel}(C_{t+1}) = \sum_{c_t} P(C_{t+1} | C_t = c_t, A_t) Bel(C_t = c_t)$

Step. 3 知覚による確率分布の更新

- $Bel(C_{t+1}) = \alpha P(E_{t+1} | C_{t+1}) \widehat{Bel}(C_{t+1})$

## 2.3 エージェントの学習

前節で述べた意思決定サイクルは一見簡潔に表現されているが、サッカーをするためには諸々の確率や効用をどのようにおいたらよいかを、プログラマーがあらかじめ知ることは困難である。したがって、エージェントはいくつかの学習を必要とする。

**条件付確率表の学習** 条件付確率の更新は知覚情報から得られる推定信念の順序に基づき、増減する。

**効用関数の学習** 成功したイベントを構成するシーケンスに餌を与える適応学習法を用いる。

## 2.4 基本的協調戦術の創発

本エージェントは学習によって、以下のような小人数による基本戦術を獲得した。図 2 ~ 3 中の矢印は、プレイヤー、及び、ボールの移動を意味する。

## 3 結論

本研究では、学習課題を小人数でのミニゲームに限定し、条件付き確率により他エージェントの行動の予測と、強化学習による最適な戦術の獲得が可能となるサッカーエージェントを構築した。結果として、前提条件を殆ど必要としない学習アルゴリズムであっても、局所領域で有効な、壁パスやワン・ツー・パスのような協調戦術が創発することを示すことができた。

## 参考文献

[Hughes, 1980] C. Hughes. Soccer Tactics and Skills. British Broadcasting Corporation, 1980. (鈴木泰子訳, サッカーの戦術と技術, 日刊スポーツ出版社, 1984)

[Russell, 95] Stuart Russell, Peter Noevig. Artificial Intelligence A Modern Approach, Prentice-Hall, 1995. (古川康一監訳, エージェントアプローチ人工知能, 共立出版, 1997)

[RoboCup Official Site] RoboCup Official Site: RoboCup The Robot World Cup Initiative.

<http://www.robocup.v.kinotrope.co.jp/>

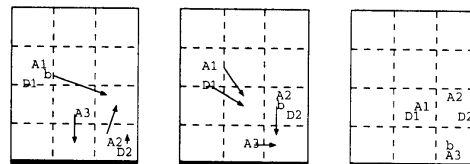


図 2: 壁パス

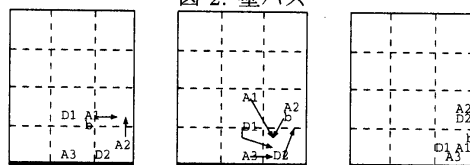


図 3: ワン・ツー・パス