

# 群知能を用いた RoboCup サッカーエージェントにおける 行動獲得手法の提案

笹岡 久行<sup>†</sup> 山田 太郎<sup>‡</sup>

旭川工業高等専門学校<sup>†</sup> 旭川工業高等専門学校専攻科<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

近年、メタヒューリスティクスの一手法である群知能に関する研究が盛んに行われている [1, 2]. さらに、マルチエージェントシステム (MAS) における最適化問題の解決等に適用され、その有効性が確認されている [1, 3, 4].

一方、MAS に関する研究テーマの 1 つとして RoboCup サッカーシミュレーション (RSS) [5] が提案され、人工知能の研究の観点から、実世界に存在する問題を多く備えた良いテストベッドとなっている [6]. このシミュレーション環境では仮想の広大なサッカーフィールド上に 22 体の自律エージェント (自チーム 11 体 vs. 相手チーム 11 体) とボールが存在し、さらに実時間での行動が必要である. また、エージェントが利用可能な視覚情報や聴覚情報には、情報欠落や雑音等の不確実性を有する要素があり、エージェントの行動決定アルゴリズムには、それらを適切に処理するための頑健性が必要不可欠である.

我々は、例えば RSS でのサッカーエージェントのような MAS における群知能を用いた協調行動の獲得を目指している. 本研究ではエージェントの行動選択において、群知能の一つの特徴であるフェロモンを媒介としたコミュニケーションを用いた協調行動獲得手法の提案を行う. 今回、そのために実施した予備実験の結果を報告する.

## 2 基本的な考え方

従来から RSS を始めとする MAS では協調行動の獲得を目指した研究がある. 例えば、遺伝的アルゴリズムを適用した村田らの研究 [7] や進化型計算を適用した中島らの研究 [8] がある. 遺伝的アルゴリズムを始めとする進化論的手法では、

その汎用性の高さから種々の応用において有効性が確認されている. しかし、探索領域の広さや学習結果が収束するまでの試行回数の多さ等が問題となる.

そこで、我々は人手で作成した静的な規則を組み込んだ強化学習の手法を提案し、RSS におけるサッカーエージェントに組み込み、その有効性を報告した [10]. この研究では、エージェント間の局所的な協調行動の実現を確認したが、大域的な協調行動の実現は困難であった. つまり、手法を組み込んだエージェント間でのパスの成功率の向上及び得点能力の向上は見られたが、それ以上の協調行動の実現は困難であった. これらの解決を目指し、エージェント間でフェロモンを媒介としたコミュニケーションを用いて、マルチエージェントにおける協調行動の獲得を目指す.

## 3 提案手法について

### 3.1 アントコロニー最適化法 (ACO)

アントコロニー最適化法 (ACO) [1, 3, 4] は Dorigo らにより提案された群知能の一つの手法であり、蟻の採餌行動における最短経路選択行動に着目したものである. 蟻の群れは、各個体が有する知能は単純であり、各々が自律的に行動するが、全体として高効率の行動を取っている. また、各個体がフェロモンと呼ばれる化学物質を発することができ、これを媒介とした間接的なコミュニケーションを行っている. つまり、蟻は採餌行動において餌を発見した場合、経路上にフェロモンを散布する. 蟻は、複数経路がある場合、フェロモン濃度が濃い方を選択する特性を有し、これにより最短の経路が強化される.

### 3.2 ACO 適用の問題点

ACO の一つである単純アントシステムを用いた巡回サラリーマン問題 (TSP) では、都市の選択は、例えば、エージェントにより散布されたフェロモンの濃度、都市間の距離に求まる数値及びこ

Acquiring Method for Agents' Actions in RoboCup Soccer using Swarm Intelligence

<sup>†</sup> Hisayuki Sasaoka, Asahikawa National College of Technology.

<sup>‡</sup> Taro Yamada, Asahikawa National College of Technology, Advanced Course of Engineering.

れらに関するパラメータにより決定される。本研究では、ACOにおけるフェロモンを媒介としたコミュニケーション処理を、RSSのサッカーエージェントに組み込む。しかし、ACOを用いた先行研究において利用されたTSP等の問題と比較し、RSSには幾つかの異なる点がある。例えば、環境（エージェントやサッカーボールの位置、チーム間の得点差や各エージェントの体力等）が実時間で変化し、さらにエージェントが利用可能な情報に不確実な部分や得られない情報がある。これらに加えて、予め、経路に関するコスト（TSPにおける都市間の距離）等の情報を知ることが困難である。これは、ACOを適用する上で、非常に大きな問題となる。

そこで、本研究では、コストを計算する際の初期値をシミュレーション結果からサッカーエージェントのボールの保持の状況とした。つまり、シミュレーション結果でのボール保持確率とした。以下に詳細を述べる。

### 3.3 予備実験

本予備実験では、2003年RoboCup世界大会に出場したUvAチームのベースとなるUvA Trilearn[10]を利用し、シミュレーションにおける試合を実施した。また、RSSでのサッカーフィールドをほぼ均等の面積になるよう6行×10列の格子状に分割した。下記表1は、結果を表すが、a列が味方チームのゴールに近い側であり、他方、j列が相手チームのゴールに近い側の格子のデータを表す。また、求められる確率は式(1)で計算する。分子は、各格子内にボールが存在し、かつ、味方チームのサッカーエージェントがボールを保持しているステップ数である。分母は、各格子におけるボールを保持したステップ数の総和とした。

$$p = \frac{\text{当該格子におけるボール保持ステップ数}}{\text{ボール保持ステップ数の総和}}$$

... (式1)

表1：サッカーエージェント (Forward) のシミュレーション結果

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
A	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043
B	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043
C	0.000	0.000	0.004	0.022	0.066	0.065	0.092	0.082	0.015	0.043
D	0.000	0.000	0.004	0.004	0.051	0.085	0.097	0.040	0.017	0.043
E	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.012	0.000	0.000	0.020	0.043
F	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.043

RSSのシステム内のステップで1000刻みに0~30000ステップまで1チームの全てのエージェント分のデータを収集した。この中で下記表1には、中央のフォワード（攻撃の役割を担うエージェント）の30000ステップ分の結果を示す。

### 4 今後について

本稿では、本研究に対する基本的な考え方とエージェント間でフェロモンを媒介としたコミュニケーションによる協調行動の獲得行動手法の実現のために必要となる予備実験の結果について述べた。このコミュニケーション処理を組み込んだサッカーエージェントを実験システムを作成し、それを用いて評価実験を行い、その有効性を確認する予定である。

### 参考文献

- [1] M. Dorigo and T. Stuzle : Ant Colon Optimization, The MIT Press, 2004.
- [2] J.F. Kennedy, R. Eberhart and Y. Shi : Swarm Intelligence, Morgan Kaufmann Pub., 2001.
- [3] 中道, 有田: ACOにおけるランダム選択に基づく多様性調節の効果, 情報学会論文誌, Vol.43, No.9, pp.2939-2946, 2004.
- [4] 大内, 山本, 川村: マルチエージェントシステムの基礎と応用, コロナ社, 2002.
- [5] RoboCup Soccer Simulation League 公式ホームページ : <http://sserver.sourceforge.net/>
- [6] 野田, 太田, 秋山: ロボカップサッカーシミュレータ, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 5, pp. 50 - 58, 2005.
- [7] 村田, 鈴木, 大内: GAによるサッカーエージェントの動的配置探索問題に関する研究, 人工知能学会誌, Vol.14, No.3, pp.446-454, 1999.
- [8] 中島, 高谷, 有働, 石淵: 進化型計算を用いたチーム戦略獲得手法の一提案, 人工知能学会, SIG-CHALLENGE研究会, 2004.
- [9] H. Sasaoka, S. Muraki and K. Araki : "Soccer Agents Using Inductive Learning with Hand-Coded Rules", In Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Systems, Man & Cybernetics, pp. 46 - 51, 2003.
- [10] UvA Trilearn 2003 - Soccer Simulation Team : <http://remote.science.uva.nl/~jellekok/robocup/2003/>