

RoboCup サッカー小型サイズロボットリーグにおける協調指向 AI フレームワークの構築 Developing a cooperation oriented AI framework for RoboCup Soccer Small Size Robot League

土江 智明[†] 橋本 剛[†]

Tsuchie Tomoaki Hashimoto Tsuyoshi

1. はじめに

RoboCup サッカー小型サイズロボットリーグ (以下 SSL) とは、ロボット 6 台を 1 チームとするサッカーの競技会である。試合の様子を図 1 に示す。この競技に参加するチームは、ロボットとそれに指示を送る AI の両方を製作する必要がある。



図 1 RoboCup SSL の試合の様子

この競技の AI には、協調性、即時性が求められる。また、現実のロボットを操作するため、入出力のノイズやハードウェアの特性を対応する必要がある。これらの要件を満たす AI の構築は複雑になりやすい。

システムの記述の複雑化は、製作効率の低下に直結する。そこで、上記の要件に対処しながら、できる限り簡潔に記述するための AI アーキテクチャ及びフレームワークが必要である。これらの構築が本研究の目的である。

既存の AI アーキテクチャの代表的なものとして、STP が挙げられる^[1]。STP では、AI 全体を Skill・Tactic・Play の 3 層に分割し記述する。STP は現在多くのチームに利用されている AI アーキテクチャだが、チーム AI の肥大化による柔軟性の欠如、分散可能性の低下や、フィールドの状況を判断する部分の記述が複雑化、層の分割によって機械学習が難しくなるといった問題がある。

そこで、STP における問題を解消する AI アーキテクチャと、それを内包したフレームワークを本論では提案する。提案するアーキテクチャは、既存の STP アーキテクチャを参考にしつつ、アフォーダンス指向 AI と黒板モデルの 2 つを中心に構成される。この 2 つの手法について 4,5 章で、提案手法について 6 章で述べる。提案手法では、チーム AI の決定に柔軟性、処理の分割可能性を持たせると共に、状況判断部の記述の複雑さを回避できる。また、STP のように層によって分断される構造ではないため、学習によって最適な行動を容易に導ける。

2. RoboCup サッカー小型サイズロボットリーグ

SSL はロボット 6 台を 1 チームとするサッカーの競技会である。直径 18cm、高さ 15cm の円筒状をしたロボットを、縦 6m、横 4m 程の広さのフィールド上で、ゴルフボールを

用いて試合を行う。ロボットはキックするための装置を持っていて、秒速 8m 程のキックが可能である。また、ボールを浮かせるキックも可能である。ルールは人間の行うサッカーとよく似たものである。

各チームの AI はフィールドの上部に設置されたカメラからロボットの位置情報を、レフェリーサーバという運営側によって設置されたマシンから現在の試合状況を、ネットワークを介して受け取る。AI はその情報を元に状況の判断・行動の決定をし、無線通信によって各ロボットに指示を送信する。

3. 既存の手法

既存の AI フレームワークの代表的なものとして、STP が挙げられる。STP では、AI 全体を Skill・Tactic・Play に分割し記述する。Play ではフィールドの状況を元に各エージェント (ロボット) に Role を割り振っていく。Role はいくつかの Tactic に順序を持たせたものである。Tactic は、シュートをする、といった各エージェントにとってのゴールを Skill の有限状態機械として表現する。Skill は、ボールを蹴る、などの実行可能な動作を表現する。

STP は優れたモデルだが、下記に挙げる 2 つの問題点がある。1 つ目の問題として、Play が強力なチーム AI であるため、各エージェントの柔軟性、処理の分割可能性が損なわれやすいこと、2 つ目として、Tactic の状態遷移の記述が複雑になりやすいことが挙げられる。

STP アーキテクチャの Tactic を Skill の有限状態機械からサブサンプシオンアーキテクチャ^[2]に置き換えたモデルもある。このモデルの場合、状態遷移の記述の代わりに統合時の各層の優先度の設定が複雑になる。また、階層間での動作の衝突を防ぐ必要があるため、階層が多くなると非常に効率の悪い構造となってしまう。

また、これらの構造は機械学習に関する問題を抱えている。STP では各層で判断と決定をするため、各層で環境を評価する必要である。評価値の集合は、各層で独立しているため、STP のすべての層での判断を環境に適したものにするためには、層ごとの評価関数のパラメータを学習する必要がある。また、評価関数の出力によって層を超えての言及をすることはできないため、最適な行動の表現が層の隔たりによって妨げられる可能性がある。

4. アフォーダンス指向 AI

アフォーダンス指向 AI とは、環境が AI に対して行動を示唆することによって AI の行動が決定するという考えに基づいた AI である。アフォーダンス指向 AI は環境に対して多様な振る舞いをする AI に適している。AI の環境の調査と行動の決定という部分を、能動的に環境を調べて行動を決定する一般的な AI では条件分岐の羅列や決定木などにより表現していた。その部分をアフォーダンス指向 AI ではとても簡潔に記述できる。アフォーダンス指向 AI の基本的な動作は、以下のようなものである。

[†] 松江工業高等専門学校 情報工学科

Department of Information Engineering, Matsue College of Technology

まず、アフォーダンステーブルという、エージェントの振る舞いとその優先度を対応付ける表を用意する。図2にSSLにおける攻撃時のアフォーダンステーブルの例を示す。次に、環境の示唆によってアフォーダンステーブルの各優先度を加減算する。最後に、最も優先度の高い振る舞いをエージェントが実現する。SSLにおけるテーブルの操作の具体例として図2を示す、これは、あるロボットがボールの近くに存在するときなど、攻撃がしやすい状況下では、攻撃的な、シュートやパスといった振る舞いの優先度が上昇するという動作である。

攻撃的 守備的	振る舞い	優先度	加算
	シュートする	+20	
	パスする	+20	
	シュートを遮る	0	
	パスを遮る	0	

図2 攻撃時のアフォーダンステーブルの例

5. 黑板モデル

アフォーダンス指向 AI のみでは、協調動作の実現のためにチーム AI が肥大化することを避けられない。そこで、黑板モデルをアフォーダンス指向 AI に組み合わせることにより、チーム AI の肥大化を防ぐことができると考えた。

黑板モデルとは、エージェント同士の間、チーム AI とエージェントの間の通信の手法の一つで、全体で共有する空間（黑板）を用意し、そこに情報を書き込むことで通信を実現する。ここで、その黑板に各エージェントの現在のアフォーダンステーブルの状況を書き込み、その黑板の内容をも環境としてアフォーダンス指向 AI を動作させることで、エージェント間の自然な協調指向動作を実現できる。

6. 提案手法

提案手法は以下のような手順によって AI を動作させる。準備として、各エージェントの振る舞いと優先度を対応付けるアフォーダンステーブルを用意する。ここで各振る舞いは、シュートする、パスをする、相手のシュートコースを遮る、といった具体的かつ目的の明確なものとする。

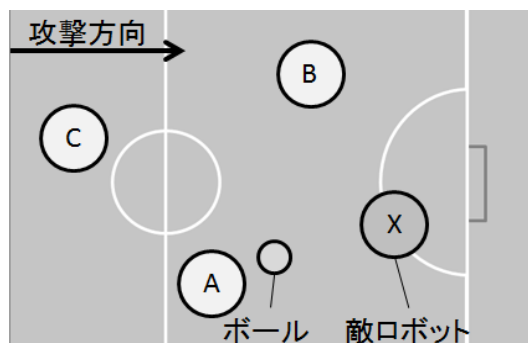


図3 フィールドの状況例

この手法の第1段階として、チーム AI が各エージェントの性格を決定する。例えば、図3中のA,Bのように相手コートに存在するエージェントは攻撃的な性質を持ち、シュートやパスなどの振る舞いの優先度が高くなる。Cのよ

うにボールから離れたエージェントは、防御するという性質を持つ振る舞いの優先度が高くなる。このように、チーム AI は各エージェントの行動の指向を表現することのみを行う。STP のように詳細な指定は行わないため、チーム AI の負荷の軽減、エージェントの振る舞いの柔軟性の向上が実現できる。

第2段階として、環境をさらに詳細に分析し、エージェントのアフォーダンステーブルの優先度値を加減算する。例えば、図3中Aのように、ボールに近い位置に居たために攻撃的な指向を持つエージェントが存在したとする。この時、Aからのシュートコースが敵ロボットXによって遮られているものとする。その状況によって、エージェントのシュートをするという振る舞いの優先度は低下し、相対的にパスをするという振る舞いの優先度が向上する。このような第1段階より具体的な振る舞いに対する優先度の計算をこの段階では行う。この段階の最後に、エージェントは、現在のアフォーダンステーブルを黑板に書き込む。

第3段階として、各エージェントは黑板、フィールドを環境として、さらにアフォーダンステーブルの優先度値に加減算する。ここで、黑板を環境とすることにより自然な協調動作を実現できる。例えば、図3中のエージェントA、Bについて、Aの優先度の高い振る舞いが「Bにパスをする」、Bの優先度の高い振る舞いが「Aからパスを受ける」だった場合、各エージェントのそれらの振る舞いの優先度は更に上昇する。しかし、Bの振る舞いが「パスを受ける」以外であった場合、Aの「パスをする」という振る舞いの優先度は低下する。このように、他のエージェントの状態を考慮した行動をチーム AI の指示なくして実現できる。

最後にアフォーダンステーブル中で最も優先度の高い振る舞いを各エージェントは実行する。実行時のエラー等を黑板に書き込み、次回の AI のサイクルにおける環境として考慮に入れることが可能である。これにより、より現実の状況に柔軟に対応できる。

7. 今後の課題

提案したアーキテクチャに基づいた実装を容易にするフレームワークの構築は今後の課題である。アフォーダンステーブル、黑板等の構築を容易にするフレームワークを開発し、所属チーム（MCT Susanoo Logics）での運用を通してこの手法の改善できる点を見つきたい。

機械学習に関して、今回提案したアーキテクチャにおける学習は、既存のアーキテクチャにおける学習よりも最適動作を実現しやすいと考えられる。それを実証すると共に、このアーキテクチャに適した学習手法を考案することも今後の課題として挙げられる。

また、このアーキテクチャを既存の手法と組み合わせ、さらに利便性の高いものを考案できる可能性がある。それらを考案、検証することも必要である。

参考文献

- [1] Browning, B., Bruce, J.R., Bowling, M., Veloso, M.: STP: Skills tactics and plans for multi-robot control in adversarial environments. In: Journal of System and Control Engineering. (2005)
- [2] Scott Lenser, James Bruce, and Manuela Veloso. A modular hierarchical behavior-based architecture. In A. Birk, S. Coradeschi, and S. Tadokoro, editors, RoboCup-2001: The Fifth RoboCup Competitions and Conferences. Springer Verlag, Berlin. (2002)