

RoboCup サッカー3D シミュレーションリーグにおける 行動選択確率の更新と試合結果への影響

杉原 一臣† 芝田 稔† 釜田 友希† 大熊 一正† 山西 輝也† 魚崎 勝司†

†福井工業大学

1. はじめに

我々のチーム「FUT-K」が参加するロボカップサッカー3D シミュレーションリーグ（以下、3D リーグ）では、仮想フィールドに置かれたヒューマノイドロボット型エージェントプレイヤー（以下、エージェント）が、実装されたプログラムに基づいて自律的にサッカーを行う。

これまでの開発においては、まず、人間によるサッカーの試合を踏まえて、同じ状況であっても、単一行動ではなく、複数の行動から1つの行動を確率的に選択させること（確率的行動選択）を試みた[1]。さらに、試合中に、相手チームの行動に応じて、自身のエージェントが行った確率的行動選択の結果から選択確率を逐次変更する手法[1]、及び試合状況の類似性に着目し、その類似度に基づいて、複数の状況下での行動の選択確率を同時に更新する手法[2]を提案した。この手法は、試合中に行った確率的行動選択の結果に基づいて、エージェントの選択確率をリアルタイムに修正することで、相手チームの特徴に応じた戦術の変更を試合中に実現することを狙いとしたものである。しかしながら、過去の実験[1, 2]では、試合状況の組み合わせ数と比べて、十分な選択確率の更新が行われず、試合中における選択確率更新の有効性に関する議論は進んでいない。そこで、長時間にわたる実験を行い、その実験結果の分析から、提案した手法の有効性を検証する。

2. 確率的行動選択の実装[1]

2.1. 試合状況に基づく選択確率の設定

行動の選択肢を定義し、これらの行動に対して選択確率を割り当てる。エージェントの行動選択に確率的要素を与えることで、単調な試合展開を減らすことが期待できる。また、ボールを持つエージェントに状況を認識させ、その状

況に応じて、確率を一定時間間隔で変更させる手法を提案した。この手法では、ボールを持つエージェントに試合状況を理解させるために、サッカーサーバから取得可能な情報を基にカテゴリカルデータを作成する。従来の実験では、状況を表す属性を「ボールを持つエージェントの位置」、「最も近い相手の位置」、「最も近い味方の位置」、「試合時間」、「得点差」の5つに分けて、各分類を可能な範囲で細分化した。

2.2. 行動結果に基づく選択確率の更新

前節で述べた選択確率は、当初、試合開始前にエージェントに実装され、エージェントは与えられた選択確率を試合開始から終了まで使用していた。しかしながら、その選択確率が相手チームに対して有効でない場合があった。このことから、試合中に、適切（不適切）な行動の選択確率を向上（低下）する機能を実装し、事前に与えられた選択確率を各チームの特徴に応じて修正することを試みた。具体的には、選択された確率的行動について、その結果を「成功」・「失敗」・「行動不成立」の3つに分類する[1]。選択された行動について、その結果に基づいて選択確率を更新した。

3. 状況の類似性を考慮した選択確率の更新[2]

選択確率の更新頻度を高めるために、確率的行動の結果と試合状況の類似度に基づいて、複数の状況下での行動の選択確率を同時に更新することを試みた。

3.1. 類似度の定義

試合における全ての記述可能な状況を U とし、状況 $X (X \in U)$ における行動 $b (b \in B)$ の選択確率を $p(b|X)$ とする。ここで、状況 $X' (X' \in U)$ との類似度 $sim(X, X')$ を以下のように定義する。

$$sim(X, X') = \prod_{i=1}^k c(x_i, x'_i) \quad (1)$$

ここで、 x_i, x'_i はそれぞれ状況 X, X' における要因 $i (i = 1, 2, \dots, k)$ のカテゴリカルデータを表す。また、 $c(x_i, x'_i)$ は要因 i における類似度の定数を表し、 $0 \leq c(x_i, x'_i) \leq 1$ とする。

Update of probabilistic behavior selection and its influence in the simulation league of RoboCup 3D soccer

† Kazutomi SUGIHARA, Minoru SHIBATA, Yuuki

KAMADA, Kazumasa OHKUMA, Teruya YAMANISHI,

Katsuji UOSAKI, Fukui University of Technology.

3. 2. 類似度に基づく選択確率の更新

状況 X において確率的行動 $b_0 (b_0 \in B)$ が行われたとき、状況 X における選択確率 $p(b_0|X)$ は、その結果 r に基づいて、以下のように値が更新される。

$$p(b_0|X)_{\text{new}} = p(b_0|X)_{\text{old}} + v(r) \quad (2)$$

ここで、 $v(r)$ は確率的行動選択の結果 r に割り当てられた選択確率の増減値である。また、他の確率的行動 $b' (b' \neq b_0)$ については、以下の式を用いて更新する。

$$p(b_0|X)_{\text{new}} = p(b_0|X)_{\text{old}} - \frac{v(r)}{\text{card}(B) - 1} \quad (3)$$

この確率の更新と同時に、他の状況 $X' (X \neq X')$ においては、対象となる状況の類似度 $\text{sim}(X, X')$ に基づき、以下の式で選択確率を更新する。

$$p(b_0|X')_{\text{new}} = p(b_0|X')_{\text{old}} + v(r) \text{sim}(X, X') \quad (4)$$

なお、この更新によって、選択確率が著しく小さくなる可能性があるため、閾値 (0.005) を設定している。閾値を下回る選択確率をもつ行動があった場合は、その選択確率を閾値まで戻し、他の選択確率を修正する。

4. 実験

4. 1. 過去の実験における課題

過去の実験において、ゴールキーパーとスイーパーを除く味方エージェントに対し、類似度を用いて選択確率を更新する機能を実装し、2010年度の世界大会 (RoboCup2010) と同じ形式 (前後半5分・6対6による対戦等) で試合を行った[2]。しかしながら、勝敗及び得失点を見る限り、提案手法と他の結果との間に、強い統計的有意差は表れなかった。各エージェントによる確率的行動の試行回数を調べたところ、1試合におけるエージェント1体当たりの試行回数は最大でも10回程度であった。このことから、試合時間が短く、選択確率の更新が有効に機能していないことが考えられる。そこで、長時間の実験を行い、試合展開の変化を観察した。

4. 2. 実戦結果

過去の実験と同様、ゴールキーパーとスイーパーを除く味方エージェントに対し、類似度を用いて選択確率を更新する機能を実装し、長時間 (1試合10時間) の実験を行った。今回は、[2]で用いた3チームの内、中位程度のチームのプログラムを使用し、確率的行動を実装していない場合 (以下、case 0) と提案手法で、それぞれ20試合ずつ行った結果を比較した。対戦成績を表1に示す。統計的には、1試合当たりの平均

表1: 対戦成績

	提案手法	case 0
勝敗	12勝8敗0分け	18勝2敗0分け
得点	352点(152,200)	409点(204,205)
失点	268点(161,107)	237点(144, 93)
得失点差	84点(-9, 93)	172点(60,112)

※ () の数字は前半及び後半の内訳を表す。

得点及び平均失点において有意差は出なかったが、得失点差 (= 得点 - 失点) は有意であった (有意水準: 両側 5%)。この対戦成績からは、case 0の方が良い結果を残していると判断できる。前後半に分けて成績を調べると、提案手法については、得点及び失点の差がそれぞれ有意であり、いずれの指標も改善しているといえる。以上のことから、選択確率の更新によって、試合開始直後の選択行動を修正し、試合状況を改善していると推測される。

5. おわりに

適切な判断のできる有能なエージェントを開発するために、試合状況の類似性に着目し、複数の状況における選択確率を、確率的行動の結果と試合状況の類似度に基づいて、同時に更新する方法を提案した。また、過去の実験を踏まえて、長時間にわたる実験を行い、提案手法の有効性を検証した。しかしながら、提案手法においては、試合開始前に設定する初期確率や状況の類似度等、実験に用いる値の組み合わせについては検討の余地が多くある。よって、対戦結果のデータを詳細に分析しながら、選択確率更新の有効性について更に検討を進めたい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (C-21500962) の助成を受けたものであり、ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 宮嶋 健太, 屋敷 仁人 他: RoboCup サッカー 3D シミュレーションリーグにおけるエージェントの確率的行動選択とその自律化について, 第23回自律分散システムシンポジウム (DAS 2011), 2011
- [2] 杉原 一臣, 芝田 稔 他: RoboCup サッカー3D シミュレーションリーグにおける試合状況の類似性を考慮した行動選択確率の更新, 第27回ファジィシステムシンポジウム (FSS 2011), 2011