

サッカーエージェントにおけるリーダーによる統制

遠藤和昭 小谷善行
東京農工大学

概要

環境の変化が急速な場合、組織のリーダーのリーダーシップが問題になる。また、リアクティブプランニングを用いたエージェントの行動は、そのエージェントが得る情報によって大きく左右される。通信を行うエージェントの行動は、その通信の内容に行動が左右される。そのため、情報を発するエージェントは、集団に対して大きな影響力を持ち、集団の中で特別な役割を演じていると考えられる。さらに、情報を発する者が相応しくない場合、集団の性能に対して悪い影響を与えると考えられる。本論文では、情報を発し集団をある状態に導く者をリーダーと呼び、RoboCup シミュレーション部門のサッカークライアント（エージェント）を対象としてリーダーの統制によるシステムを作った。その結果、勝率の向上、得点の増加、失点の減少など、集団の性能を向上させることができた。

Leadership in RoboCup Soccer Agents

Endo Kazuaki Yoshiyuki Kotani
Tokyo University of Agriculture and Technology

Abstract

A leadership of the leader in the company is important in dynamic environment. The action of the agent with a reactive planning depends on the messages in the communication. So the agent who sends the message has much influence on the agents who get the information and have a special role in the group. If the agent who sends a message is not suitable, he may give bad influence on the agents. In this paper, we call the agent who leads the agents with the information "Leader" and discuss his role on the RoboCup Soccer client in the simulation league.

1. はじめに

はじめに、分散協調システムの特徴と本論文における基本的な概念について述べる。

分散協調システムとは、単体のエージェントでは解決できない問題、または非効率にしか解決できない問題に対して、複数のエージェントが協力・妥協を通して効率的に解を得るシステムである。

分散協調システム・マルチエージェントシステムの最も身近な例は、人間である。

人間は個々が自律している一方で、個人で解決できない問題、または非効率にしか解決できない問題に対して、組織を作り対処している。従来の会社などの組織構造は、中央集権ピラミッド型と呼ばれる階層型の構造であったが、近年は情報機器などの発展により分権フラット型の組織構造に移行していると言われている。上記のような組織構造の変化をもたらした要因として、次のようなものが考えられる。

- 1) 情報機器の発展により、個々の個人が情報にアクセスすることが可能になった。
- 2) 個々の個人の技能が向上する一方で、知識の専門化・細分化が起こった。
- 3) 中央の情報処理能力が、必要とされる情報処理能力に到達しなかった。

上記のようなことは、人間組織のみならずコンピュータの世界にも当てはめることができ、そのことが分散協調システムの研究と需要を後押ししている。

人間世界において、組織の分権フラット化が進む一方で、経営者のリーダーシップはますます重要であり、管理職という職業もその役割を変え、存在し続ける。その理由として、外部環境の急速な変化に対する対応と情報の管理が考えられる。分散協調システムにおいては、一つの最終目標に対して複数の副目標が生成される。しかし、個々の個人が勝手に副目標を生成してしまえば、組織全体としての統率が取れなくなってしまう可能性がある。外部環境の変動が激しい、副目標を急速に変更・修正しなければならない場合、個々のエージェントの交渉による副目標生成を待っている、時間が掛かり外部環境の変化に追随することは困難である。したがって、そのような状態に対応するために、明確な副目標を生成し、リーダーシップを発揮する人物・エージェントが必要になる。

分権フラット型の組織において、情報の管理は重要である。情報の管理が不徹底の場合、不必要な情報の中に必要な情報が埋もれてしまい、情報を検索するコストが増大してしまう。管理職は上の命令を下に伝え、部下を管理するだけでなく、情報を管理することが益々重要になってきている。

集団で協力して仕事を行う場合、個々の役割を明確にしておいた方が仕事はやりやすい。また、専門家に専門の仕事をおこな

わせることが一番効率的である。しかし、役割ごとの仕事量は常に変動する。役割を固定化してしまうと処理すべき量に大きなムラが生じる。そのために役割を変更するための何らかの仕組みが必要になる。素早さを優先するならばリーダーシップが、分権を優先するならば情報が重要になる。

コンピュータ上で行われるマルチエージェントにおいても、中心となるエージェントが存在した方が性能のよい場合がある。また、ある特定のエージェントが常に中心である必要はなく、必要に応じて中心となるエージェントが変化しても構わない。集団戦略変更に関しては、[大沢 95]の論文があるが、本論分はマルチエージェントにおけるリーダーシップに注目して議論を行う。

本論文では、情報を通じて集団を特定の状態へ導く者をリーダーと呼び、その概念を用いてマルチエージェントの性能を向上される手法について述べる。また、個々のエージェントを結びつけるものとしての情報の必要性和、命令と情報を用いて統率の比較を述べる。

2. 命令と情報を用いた統率の比較

集団の統率において、命令を用いた場合と情報を用いた場合の利点と課題について述べる。

2.1. 命令の場合

個人や集団への命令により制御を行うことは、統率の点で有益である。しかし、次のような設計上の問題がある。

- 1) 誰が命令を出すか？
- 2) 誰が命令を実行するか？
- 3) どのような命令を出すか？

1) に関しては、誰がリーダーになるかという問題とほぼ同じである。人間においては人格などが大きな問題になるが、コンピュータ上では能力・知識・情報などが重

要な要素となる。基本的に、その問題を解くのにふさわしい能力・知識・情報を持つものが命令者になればよい。

2) の場合、命令を受けたものが命令を実行するのだが、命令者が誰に命令するかが問題である。図 2-1 のように役割分担などの領域が明確であり、明確に関係が決まっているならば問題はない。しかし、図 2-2 のように領域が不明確で、関係が明確に決まっていない場合は問題になる。複数の命令が来た場合には、混乱を起し、命令がない場合には、行動に支障をきたす。

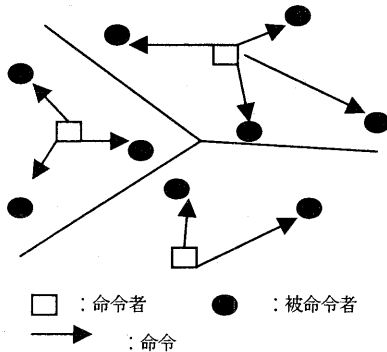


図 1-1 領域が明確な場合

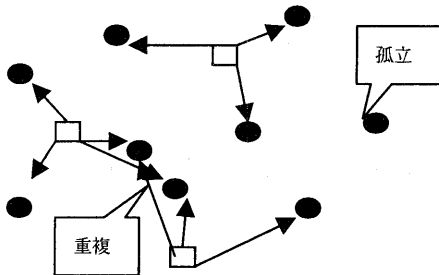


図 1-2 領域が不明瞭な場合

3) に場合、一体どの程度まで、命令するかが問題である。これは被命令者の能力にも依存するが、命令者が細かく命令する程、被命令者の自由度が無くなってしまふ。さらに、命令者は、被命令者の状態を良く知らねばならなくなる。また、命令者の命令生成の問題を複雑化してしまふ。

命令において、個々の関係に変化が無ければ、初期化時の固定的な命令者と被命令者で問題はない。しかし、集団の位置関係などが動的な場合、命令者と被命令者が固定的な場合次のような不都合が生じる。

- 1) 命令者と被命令者の接続
- 2) 命令者が命令を出せない場合

距離などの制約がある場合、命令者と被命令者の間の通信が、不能または困難になる事態が考えられる。また、命令者が故障などを起した場合、または、情報不足などで十分な精度の命令を生成できない場合、命令者が命令を出せない事態が起きる。

しかし、命令者と被命令者を動的に変更した場合も、次のような不都合が生じる。

- 1) 誰が命令を出すか
- 2) 誰が命令を受け取るか

命令者と被命令者の関係に変化が生じ役割分担が変わるために、関係や役割分担を再構成しなければならない。再構築するためには、時間と情報が必要になる。

2.2. 情報を用いた統率

人間が他者に影響を与える場合、他者に対して命令をしなくても、与える情報により影響を与えることができる。

命令ではなく、情報により相手に影響を与えることを考える。次のような場合を考える。

- 1) 誰が情報を出すか？
- 2) 誰が情報を受け取るか？
- 3) どんな情報を出すか？

有益な情報を持っている人が、情報を出すべきである。ここでいう有益な情報とは、行動を決定する際に必要となる情報である。情報を受け取る人は、情報を受け取る人である。情報が受け手にとって価値があるかどうかは、受け手が受信後に判断すれば良い。図 2-3 のように情報源が複数に重なる場合があり、もたらされた情報の違いにより受け手が混乱をするデメリットもある

が、情報の差異によるメリットもある。メリットが大きいかデメリットが大きいかは、設計により大きく異なると考えられる。

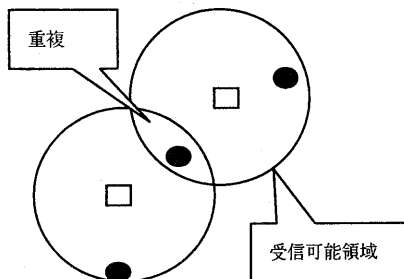


図 1-3 情報を用いた統率

情報の発信者は、受け手にとって必要だと思われる情報を与える。

本方法の利点は、命令と比較するとエージェントの自律性を損なうことが少ないことであり、領域の変更など環境の変化に強いことである。

3. 基本システム

実験に用いるシステムは、Soccer Server Ver4.19 用に設計されているサッカークライアントである。サッカーサーバに関する仕様に関しては、[野田]または[大田]がある。協調プランニングとしては、[大沢 95]があるが、ここでのパスおよびポジショニングに関する処理構造は、リアクティブプランニングを用いたサブサンクションアーキテクチャである。マルチエージェントの問題としてのサッカーの特徴に関しては[野田 97]がある。また、RoboCup サッカーに関する研究として[Peter 98][遠藤 98]がある。

3.1. 基本構造

サッカークライアントの基本構造は、図 3-1 のようになっている。サッカーサーバから得られる聴覚情報と視覚情報という入力をもとに、フィールドマップを作成し、視覚情報を元に視覚オブジェクトを作成する。選手は、視覚情報と聴覚情報を元にフ

ールドマップを作成するが、聴覚情報よりも視覚情報を信頼度が高いものとして優先する。視界外のものに関しては、既にある情報よりも聴覚情報を優先する。

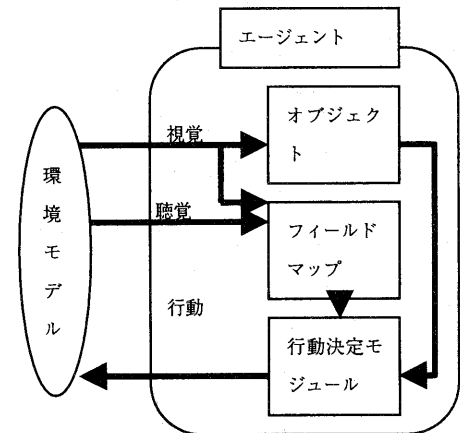


図 2-1 基本構造

3.2. パスとポジショニング

サッカークライアントの行動は、パス、追跡、ポジショニングのどれかである。エージェントのプランニングに関しては[山田 93]があるので、簡単な説明のみである。

3.2.1. リアクティブプランニング

図 3-2 に示す、リアクティブプランニングとは、熟考型プランニングのような内部環境モデルの操作を行わず、内部に環境モデルも持っていない。

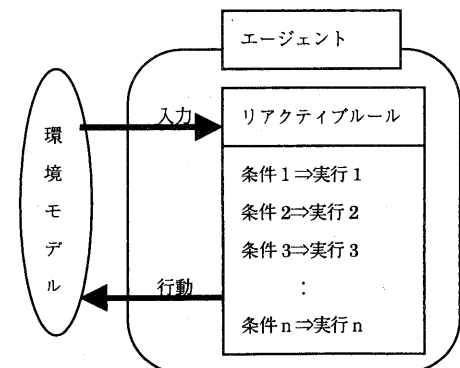


図 2-2 リアクティブプランニング

そこで使われているのは、実行可能な行動からなる結論部と、センサー出力などからの入力から、直接判定可能な条件部で記述されるリアクティブルールである。観測された情報が直接、複数のルールに与えられ、その条件の適用を判断する。そして、条件が満たされたルールを元にして実行する。実行されると、また観測を行いそれを繰り返す。

3.2.2. サブサンプリングアーキテクチャ

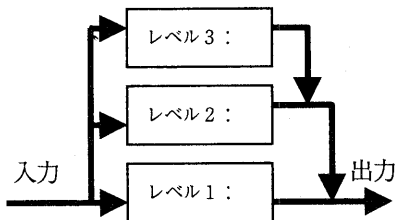


図 2-3 サブサンプリングアーキテクチャ

図 3-3 に示すサブサンプリングアーキテクチャでは、上位レベルが下位レベルの行動を抑制することにより、行動の制御を行う。

サブサンプリングアーキテクチャの利点は、上位レベルを熟考型プランニング、下位レベルをリアクティブプランニングするなど複数の異なるプランニングアーキテクチャを統合的に用いることができることである。上位レベルを戦略、下位レベルを戦術などと設計することが可能である。

本システムでは、上位レベル、下位レベルともにリアクティブプランニングである。また、上位レベルを知識層、ルール層、下位レベルを反射神経層とすることにより人間の行動・思考モデルに近いモデルを実現している。

3.2.3. パス決定システム

パスは、フィールドを 15×12 に分割し作成された各マスに対する評価値を元に決定される。システムは、図 3-4 に示す構造

を持つ。

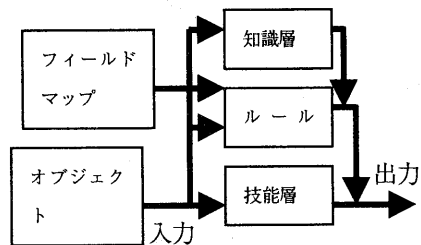


図 2-4 パス決定システム構造

知識層は、フィールドを 5×4 に分割して作成されたマス目により、地勢という形で実装される。地勢パターンは全部で 20 種類あり、対応する球の位置により変更される。地勢の値は、0 から 6 までである。地勢の値が高いマスほど基本的に蹴るのにふさわしい場所になる。

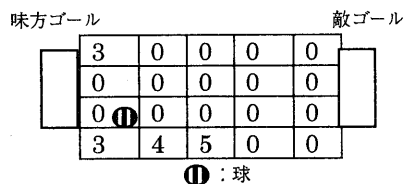


図 2-5 味方ゴール前での地勢図

図 3-5 は、味方ゴールの近くではクリアーを優先する、球を中央へは蹴らないなどの知識を表現している。

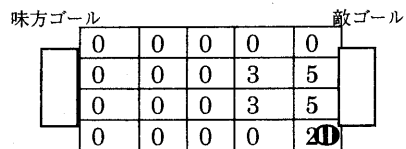


図 2-6 敵ゴール前での地勢図

図 3-6 は敵ゴールの近くではセンタリングを行うなどの知識を表現している。ルール層は、敵との距離、味方との距離、地勢の値を元に、ファジィ推論を用いて評価値

を出す。

3.2.4. ポジショニング決定システム

ポジショニングは、図 3-7 に示す構造を持つ。知識層は、11 人分の固定的な数値により表現されている。ポジションパターンは全部で 15 種類あり、フィールドを 5 × 3 に分割して作成したマス目に対応する球の位置により変更される。

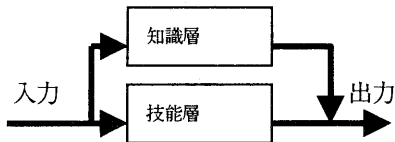


図 2-7 ポジショニングシステム構造

3.3. メッセージ

メッセージは、SAY コマンドにより周囲の選手に送られる。メッセージは、最大 256 文字の文字列である。メッセージ内容は、「時間」「球の位置」「敵味方の位置」「オフサイドライン」である。また、内容は、自分で得た情報か他者から得た情報かの違いはなく、自分の持っている情報を元に作成される。そのために、又聞きの情報発信する。

3.4. リーダー

本システムでは、SAY を行う選手がリーダーである。SAY を行う条件は、次の条件を全て満たした選手である。

- 1) 球が見えている選手
- 2) 球から充分遠い選手 (15 メートル以上)

又聞きを許しているためにメッセージは、人間社会における噂のようであり情報源を確認できない。情報源が、信頼度が低い情報を流した場合、それを聞いていた者全員の情報信頼度が低下してしまう。そのため、信頼度が高い情報を持つ者が情報源にならなければならない。

チームや選手の行動は、球の位置により

大きく左右される。選手は視界が 90 度と制限されているために、球に近い選手程全体が見えていない。そのような選手が、発する情報は信頼度が低いと考えられる。そのような情報が広まることは好ましくない。そのため、球から遠い選手が情報を発することを禁止している。

4. 実験

4.1. 実験目的

提案した本手法の有効性を検証するために、常に SAY を行うクライアントとリーダーの概念を導入したクライアントを作成し、比較実験を行った。

4.2. 実験方法

リーダーありクライアントと常に SAY のクライアントともに、引数なし andhill98 と前半 5 分後半 5 分計 10 分の対戦を 50 回行う。同点で時間切れならば延長戦は行わず引き分けとする。

サッカーサーバには、Soccer Server Ver4.19 を用いる。サッカーサーバの設定はデフォルト値を用いる。

動作環境を表 4-1 に示す。

表 3-1 動作環境

CPU	Pentium II 450MHz
メモリ	128MB
OS	Linux

4.3. 評価方法

andhill98 との対戦結果を元に、勝率、負け率、引き分け率、平均得点、平均失点、平均得失点差により評価を行った。

4.4. 実験結果

表 4-2 に実験結果を示す。

常に SAY のクライアントの勝率 0.360 に対して、リーダーありのクライアントは勝率 0.700 と勝率が 0.340 向上した。また、得点は 72 得点に対して 95 得点と 23 得点増加し、失点は 99 失点に対して 71

失点と減少している。平均得失点差は、-0.54 点に対して 0.47 点と 1.01 点向上している。

表 3-2 実験結果

	リーダーあり クライアント	常に SAY の クライアント
勝ち数	30	18
負け数	15	20
引き分け数	5	12
勝率	0.600	0.360
負け率	0.300	0.400
引き分け率	0.100	0.240
得点	95	72
失点	71	99
得失点差	24	-27
平均得点	1.90	1.44
平均失点	1.42	1.98
平均得失点差	0.48	-0.54

4.5. 実験結果からの考察

常に SAY のクライアントの勝率が 0.360 に対して、リーダーありのクライアントの勝率は 0.600 と勝率が向上している。また、平均得点、平均失点、平均得失点においてもよりよい結果を収めている。

よって、本論文の概念は有効であると言える。

わずかな違いにより、勝敗や得失点に違いが起きるのはサッカーというゲームの特性が考えられる。

サッカーでは、攻撃時間の増加は守備時間の減少につながる。よって攻撃時間を増加されるような改良は、守備時間の減少につながる。よって時間と点に正比例の関係があると仮定した場合、攻撃時間の増加は、得点の増加と失点の減少という形で現れる。これは、守備においてもどうようであり、守備時間を減少させるような改良は、得点の増加と失点の減少をもたらす。さらに、攻守ともに影響を与えるような改良は、大きな影響を及ぼす。

しかしながら、ある状況に対する改良は、別の状況に対する改悪になる場合がある。その場合、全体として性能は向上しない。

リーダーありのクライアントが、常に SAY を行うクライアントと比較した場合、よりよい結果を収めたのは、リーダーによる統制という概念が攻守ともに副作用の少ない良い影響を及ぼしたためと考えられる。平均得失点差 1.01 点の向上が勝率の向上に結びついている。

5. むすび

本論文では、情報を通じて集団を特定の状態へ導く者をリーダーと呼び、その概念を用いてマルチエージェントの性能を向上される手法について述べた。また、その過程において、個々のエージェントを結びつけるものとしての情報の必要性和、命令と情報を用いて統率の比較を述べた。RoboCup シミュレーション部門のサッカークライアントにおいて、リーダーによる統制を用いることにより、勝敗、得失点差などを向上させた。同概念の有効性を示した。

本論文で示した概念は、サッカー以外の多くの問題にも容易に適応可能であると考えられる。今後は、さらに幅広い応用分野への適応を考えていく予定である。また、命令など他の方法と組み合わせることにより、性能の向上を行う予定である。

参考文献

- [沼岡 93] 沼岡 千里. 自律エージェントの集団的戦略変更とその応用. 情報処理学会研究報告, Vol.93, No.69, pp.115-123, Aug 1993.
- [山田 93] 山田 誠二. エージェントのプランニング. 人工知能学会誌, Vol.10, No.5, pp.17-22, Sep 1995.
- [大沢 95] 大沢 英一. 協調プランニングにおける動的組織再編とメタレベル整合戦略.

コンピュータソフトウェア Vol.12 No.1,
pp.43-51, Jan.1995.

[野田] 野田 五十樹. Soccer Server
System.

<http://ci.etl.go.jp/~noda/reserch/kyocho/soccer/server.html>.

[大田]大田 正幸 訳, David Andre 著.
SoccerServer マニュアル(日本語版)
Ver.4Rev.00.

<http://www.bais.chubu.ac.jp/robocup/jmanual/index.html>.

[野田 97] 野田 五十樹, 松原 仁.
サッカーエージェントの研究.

<http://www.toukai-ic.or.jp/sympo97/abstract/matusbara/index.html>.

[遠藤 98] 遠藤和昭 山口 博之 伊藤 禎敏
乾 信雄 小谷 義行. サッカークライアント
における行動評価の遺伝アルゴリズムに
よる学習. 情報処理学会第 56 回全国大会
pp.68-69.

[Peter] Peter Stone, Manuela Veloso. A
Layered Approach to Learning Client
Behaviors in the RoboCup Soccer Server.
<http://www.cs.cmu.edu/~pstone/RoboCup/CMUnited98-sim.html>.