

RoboCup Soccer Simulation 2D における戦略認識の為の分析調査

金井 誠 伊藤 毅志

電気通信大学 情報理工学部 情報・通信工学科

要旨 RoboCup Soccer Simulation 2D では近年、チーム全体の戦略の規定、及びその認識に注目が集まっている。サッカーにおける戦略は複雑であり、戦略を認識する際にはプレーの質に依らない、戦略の傾向を見極めなければならない。そこで本研究では戦略に関するパラメータを定義し、ログファイルからパラメータを抽出、そのパラメータを用いてチームの戦略の規定が出来るかどうか検討した。

Analysis investigation for strategic recognition in RoboCup Soccer Simulation 2D

Makoto Kanai Takeshi Ito

The University of Electro-Communications

Abstract Recently, in RoboCup Soccer Simulation 2D, definition and recognition to the strategy of team is remarked. Because the strategy of soccer is complex, the recognition of the strategy need the tendency depending not on quality of play. This paper defined parameters, and analyzed these in logfiles, and examined that these parameters can define the team strategy.

1. はじめに

RoboCup Soccer Simulation 2D(以下、2D サッカー)はロボットで行われているサッカー競技を、プログラムによるシミュレーションで実現した競技である。2D サッカーはマルチエージェントのテストベッドとして、今日まで様々な研究がなされてきた。研究初期では、個々のエージェントの能力発達や、チームプレイの実現といった小規模における能力向上のための研究が進められてきたが、それらが成熟した近年ではチーム全体の戦略の認識とその対応への注目が集まっている [1]。

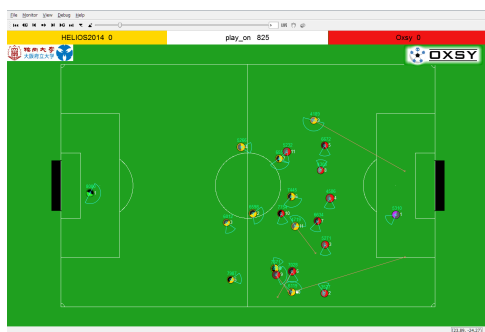


図1 RoboCup Soccer Simulation 2D の試合画面

実際のサッカーと同様のルールを持つ 2D サッカーでも、チーム全体の戦略を考慮することは有効な手段の一つであり、相手の戦略を見極め、臨機応変に相性の良い戦略を取れば相手チームに対して有利にゲームを進められると考えられる。しかし、サッカーにおける戦略は複雑で戦略分類も難しく、戦略を構成している要素も多岐に渡るため、2D サッカーの戦略認識に何が有用であるかは明らかになっていない。サッカーにおける戦略は対象のチームの戦略指向だけではなく、

相手チームのプレイヤーのポジショニングや戦略などにも常に左右されるため、戦略に関与していると思われる様々な要素を考慮する必要がある。そこで、本研究では複数のチームのプレイログを分析し、チーム間で戦略に関連すると考えられる要素に特徴的な差異が見られるかどうかを調べ、戦略議論の為にこういった要素が有用であるか調べた。

2. 関連研究

2.1 チームボゼッション

実サッカーの分析、解説に用いられている概念としてボゼッションというものがある。本論文ではチームがボールを保持することをボールボゼッションと表記し、片方のチームがボールを取得してから、相手にボールを取られる、もしくはボールがフィールド外に出る等してボゼッションが途切れるまでの一連の流れのことをチームボゼッションと表記する。Richard らはチームボゼッションを試合分析の際の基本構成単位とし、分析を行った [2]。

2.2 RoboCup Soccer Simulation における戦略と認識手法

小林らはログファイルを分析し、カウンターアタックを自動検出する手法を提案している [3]。この論文で小林らは分類器として Support Vector Machine(SVM)を用い、パラメータに同チームプレイヤー間の異方性を用いることで、フィールド全体の状況を加味するような検出器を作成している。しかし、この論文ではSVMの教師データとして、人間の手によって抽出された試合の一場面が用いられている。そのため、この手法を用いた場合、試合中の場面がカウンターサッカーであるかどうかの境界は教師データを作成した人の判断に大きく依存し、手法を利用するにはその教師データが本当にカウンターサッカー足るものであるかどうかを十分に吟味する必要がある。つまり、「どういった

プレーがカウンターアタックであるか」といった、プレーに対する具体的な定義を十分に与えなければ、このような手法を多くの人が利用するのは難しいと考えられる。

本研究では戦略の傾向の認識手法を定義し、パラメータという形で表現することで、教師データの精度への依存度を下げ、また動的な対応に応用しやすい形にすることを旨とする。

3. 分析

3.1 戦略に関わると思われる構成要素の定義

本研究では戦略に関わると思われる構成要素を以下のように定めた。

1. チームポゼッションの平均サイクル数 [サイクル]
2. パスの利用率 [%]
3. 戦術の利用
 - (a) ワンツーパス戦術の利用率 [%]
 - (b) コーナーキックからダイレクトプレーでゴールを狙う戦術の利用率 [%]
 - (c) フリーキックにおける突破戦術の利用率 [%]
 - (d) その他、チームポゼッションにおける突破戦術の利用率 [%]
 - (e) サイドチェンジの利用頻度 [回]

3.2 分析手法

3.2.1 チームポゼッション

2D サッカーのログファイルには各エージェントがシミュレータに送信した情報が記録されており、そこから各エージェントがどのようなコマンドを送信したかを調べることが出来る。ここから全てのエージェントの kick 情報 (ボールを蹴る際に用いられる kick コマンドに関する情報) から有効なものを抽出した。これをサイクル順に並べた上で分割、別チームのプレイヤーが kick コマンドを発したタイミング、もしくはゲームが一時中断したタイミングをチームポゼッションの境目とし、それまでにおける kick 情報を一つの kick 情報列として纏め、これを 1 試合におけるチームポゼッションとした。

kick 情報が有効なものであるかどうかは次の 2 点によって定めた。

1. エージェントがボールを蹴ることが出来るか
2. そのキックがパス・ドリブルのキックであるか

1 点目についてはゲームが中断していたり、物理的に届く範囲にいない、或いは複数のエージェントが同時に kick コマンドを発した場合にどちらのエージェントのコマンドが受理されたかということを事前にチェックして判別した。2 点目については「その kick 情報がパス・ドリブルのキックであるか」を判別するために、ボールの方向転換に使われた kick 情報を取り除く必要があるということである。そこで本研究では同じ背番号で、且つ、1、2 サイクルで次の kick コマンドを送信しているものについては方向転換のキックであると判断し、チームポゼッションの kick 情報列からは取り除いた。

「チームポゼッションの平均サイクル数」は上記の手法によって作成したチームポゼッションから計算した。各チームポゼッションの最初の kick 情報のサイクルから最後の kick 情報のサイクルまでの数をチームポゼッションのサイクル数とし、1 試合におけるサイクル数の平均をチームごとに算出した。

3.2.2 パス・ドリブル比率

チームポゼッションとして纏めた kick 情報列からパス・ドリブルの比率を求めた。先頭の kick 情報のプレイヤー背番号と次の kick 情報のプレイヤー背番号を比較し、同じ番号であればドリブル、違う番号であればパスであると分類した。その後、パスとドリブルのカウントから、1 試合におけるパスの利用率を求めた。

3.2.3 コーナーキックからダイレクトプレーでゴールを狙う戦術

まず開始がコーナーキックとなっているチームポゼッションを取り出す。このチームポゼッション間の kick 情報からドリブルのものと思われるものを除外し、5 回のキック (始点となるコーナーキック含む) で相手ゴール前のペナルティエリアに到達したかどうかで判別した。但し、この際に自ゴールの方に近づきすぎていた場合は、ダイレクトプレーではないと判断し、ペナルティエリアの Y 軸に平行な線のうち、自ゴールに近い方の線を境界線とし、その線より自ゴール側に近くなった場合は不適であると判断した。

3.2.4 突破戦術

まずフィールドを Y 軸方向に 3 分割し、それらエリアを上からサイド、中央、サイドと定義する。チームポゼッションの kick 情報を 5 つずつ参照し、5 回のキックの間でそれらのエリア内での移動距離が、フィールド横幅の 5 分の 1 以上であった場合に突破戦術を利用していると判断した。これをセットプレーとその他チームポゼッションの時それぞれ分析し、チームポゼッション内で 1 回でも上記の条件に当てはまるサブセットが見つければ、そのチームポゼッションは突破戦術を利用しているとして計測した。なお、コーナーキックの情報はどちらにも含めないものとした。

3.2.5 サイドチェンジ

サイド、中央の分類は突破戦術のものと同様のものを用いる。チームポゼッション内の kick 情報を分析し、ボールが存在するサイドを記録しつつ、別のサイドへの変更がみられれば、この戦術を利用したとしてカウントした。

3.3 分析するログファイル

本研究ではログファイルから各要素について分析し、各チームの戦略について調べた。分析するログファイルは、2014 年の 2D サッカーの世界大会で提出されたバイナリファイルを用いて自動対戦を行い、生成したものをを用いた。本研究でログ生成に用いたチームは以下の 7 つである。

1. Gliders2014
2. WrightEagle
3. HELIOS2014
4. YuShan2014
5. Infographics2014
6. CYRUS2014
7. UFSJ2D

マッチングは総当り方式を取り、他チームに対してそれぞれ計 50 試合ずつ行い、各チーム毎に 300 試合のデータを生成した。RoboCup Soccer Simulation 2D には試合毎に能力の違ったプレイヤーを生成するヘテロジニアスプレイヤーという仕組みが備わっており、各試合の行動は確定的にはならず、同じチーム間、同じサイドの試合でも、各試合の内容はそれぞれ異なったものになる。

4. 結果

4.1 パラメータの抽出結果

各戦略パラメータに対する分析を行った結果を纏めたものが表 5.3 である。

表 1 全試合データから分析した各パラメータ

チーム番号	1	2	3.a	3.b
1	55.750	88.7	96.6	34.0
2	57.973	90.0	96.9	11.1
3	138.009	88.2	98.5	21.4
4	52.344	86.6	97.3	22.7
5	49.275	80.3	97.5	26.4
6	84.071	89.5	97.7	34.9
7	35.692	90.8	96.1	62.1

チーム番号	3.c (中央)	3.d (中央)
1	0.2	0.5
2	2.9	6.9
3	1.5	4.0
4	0.7	2.3
5	0.4	1.1
6	2.7	4.0
7	0.4	7.9

チーム番号	3.c (中央)	3.d (中央)	3.e
1	23.2	24.8	0.980
2	16.6	17.8	0.180
3	26.6	23.2	1.157
4	12.3	17.5	0.118
5	10.5	17.7	0.060
6	12.5	14.8	0.307
7	4.8	10.4	0.025

チーム番号は節 3.3 のチームリストの番号に対応し、横のヘッダーについては 3.1 のリストに対応している。

4.2 クラスタリングによる戦略分類

節 4.1 で抽出したパラメータから、各チーム毎の戦略についての特徴ベクトルを作成し、それをクラスタリングすることで戦略を抽象的な戦略に分類できないか検討した。

ここではクラスタリング手法には K-means++ を用いた。K-means++ は生成されるクラスタ数 K を予め決めておく必要があるが、本研究では K の値を明確に規定せず以下の方法を用いて分類した。

1. $3 \leq K \leq 5$ の間でそれぞれ 100 回ずつ K-means++ によるクラスタリングを実行。
2. 分類出来たクラスタからクラスタ内平均を求め、クラスタ内の各特徴ベクトルとのユークリッド距離からクラスタ内分散を求める。

3. 各クラスタのクラスタ内分散の総和をそのクラスタリング分散の値と定め、クラスタリング分散が最も小さくなるクラスタリング結果を最終的な結果として用いる。

以上の手法によりクラスタリングを行ったところ、以下の様な分類結果が得られた。

1. {UFSJ2D}
2. {HELIOS2014}
3. {Gliders2014, WrightEagle, YuShan2014, Infographics, CYRUS2014}

4.3 サイド突破戦術における有意差検定

その他ポジションのサイド突破戦術の利用頻度において、Gliders2014 と HELIOS2014 が比較的高い値が見られたことを考慮すると、この 2 チームはサイド突破をよく利用するチームと考えられる。このことを検証するために Tukey-Kramer 法による多重検定を行い、2 チームのパラメータが他のチームのものに対して有意な差があるかどうか検討した。検定結果を纏めた表が次の表 2 である。

表 2 その他チームポジションにおけるサイド突破戦術の利用率の多重検定の結果

チーム番号	1	2	3	4	5	6	7
1		○	×	○	○	○	○
2	○		○	×	×	○	○
3	×	○		○	○	○	○
4	○	×	○		×	×	○
5	○	×	○	×		×	○
6	○	○	○	×	×		○
7	○	○	○	○	○	○	

○ : 5%で有意である

× : 5%で有意ではない

5. 考察

4. の全体の結果から、HELIOS2014 というチームでは以下のパラメータにおいて高い特徴が見られた。

1. チームポジションの平均サイクル
2. サイドチェンジ頻度
3. サイド突破戦術の利用頻度

このチームはボールを長く保持し相手チームの隙を突くという、「ポジションサッカー」と呼ばれる戦略の傾向が見られる。そのことを踏まえてこれらのパラメータについて考察してみると、パラメータの内、1 と 2 は「ポジションサッカー」の戦略に寄与しているのではないかと考えられる。「チームポジションの平均サイクル」はチームポジションを長く保とうとする傾向を読み取れ、ポジションサイクルが長く保つことは、ポジションサッカー戦略を志向している傾向があると考えられる。また、サイドチェンジには相手のボール奪取を避け、時間を稼ぐことも出来ることから、こちらもチームポジションを長くしようという傾向が見られるのではないかと考えられる。実

際、このチームの試合を観測してみると、あまり無理に攻めることはなく、左右にボールを振りながら相手守備を伺い、攻められるときに攻めるといった、ポゼッションサッカー的戦術の利用が見られたため、このパラメータ分析は概ね当てはまっているのではないかと考えられる。

一方で最も平均勝ち点の高かった Gliders2014 における「サイドチェンジ頻度」と「平均チームポゼッションサイクル」の値を見てみると、HELIOS2014 程は高い値を示していない。よって HELIOS2014 の2つのパラメータが高くなっていることに関しては、チームとしての能力の高さではなく、チームの戦略特徴がパラメータに現れていると推察した。

節 4.2 での分類についてであるが、2 チームがそれぞれそのチームのみを含むクラスタとして分類され、残りのチームは1つのクラスタに分類される結果になった。HELIOS2014 が1つのクラスタになった原因については、前述の3つのパラメータの特徴が現れたものと考えられる。また、UFSJ2014 については「コーナークick戦術」と「その他、チームポゼッションにおける突破戦術の利用率」が他のチームに比べて高く出ていることから、クラスタリングにはこれらのパラメータが関係していると考えられる。

このクラスタリングでは3つのクラスタに分かれたが、各クラスタに均等にチームが割り当てられるような結果にはならなかったため、これを実際の試合で相手チームを分類するには難しいと考えられる。チーム間で差があまり見られないパラメータを省くなど、クラスタリングに用いる特徴ベクトルを構築する要素を吟味する必要があるといえる。

節 4.3 での検定では各チームによって、有意差が見られるパラメータとそうでないものが表れた。その中でも Gliders2014 の結果について注目してみると、HELIOS2014 を除いた全てのチームに対し、サイド突破戦術の利用率の差が有意であると見られた。HELIOS2014 についても同様に、Gliders2014 以外のチームに対して有意であると見られた為、少なくとも「この2チームは他の5チームと比べるとサイド突破戦術を利用する傾向がある」と考えられる。

以下、この2つのチームはサイド突破戦術を積極的に用いていると仮定して考察を進める。2チームの各チームに対するサイド突破戦術利用率を纏めたものが図2、3である。これらを用いて比較してみると以下の共通点が見られた。

1. 利用率の高かった2チームが試合を行うとサイド突破戦術を検出しにくい。
2. 2チーム共、Infographics と対峙したときに検出率は少なくなる。

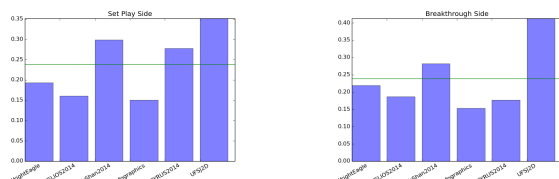


図2 Gliders2014 のサイド突破戦術の利用頻度 (セットプレー、その他)

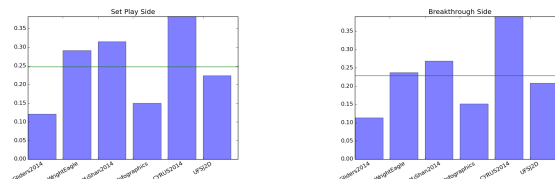


図3 HELIOS2014 のサイド突破戦術の利用頻度 (セットプレー、その他)

1 点目から考えられるのはサイド突破戦術を利用しているチーム同士では、その戦術を活かすににくいということである。攻撃と守備のときではプレイヤーの配置は同じようになるとは限らないが、プレイヤーのポジションはすぐに変えられないことを考えると、サイド突破を狙おうとして互いに阻害し合っているのではないかと考えられる。

しかし、Infographics はサイド突破戦術の利用率はそれほど高くはなく、少なくとも2チームに対して有意的に低い値であるため、上記の例に当てはまるとは考えにくい。そのため、2点目については「Infographics はサイドに対する守備戦術に長けているため、2チームはサイド突破戦術を発揮しにくくなった」のではないかと考えられる。

6. おわりに

本研究ではチームの戦略の特徴パラメータを定め、これらのパラメータによってチームの戦略が判断できないか調査した。その結果、「3.(d) その他、チームポゼッションにおけるサイド突破戦術の利用率」ほか、計6つのパラメータでチーム間で差異が見られ、チーム毎の戦略の傾向を見ることができた。よって、これらのパラメータは相手の戦略を認識するシステムの作成に利用できるのではないかと考えられる。

しかし、今回の分析はログファイルを利用したものであり、実際の試合で戦略認識を行う際には、限られた時間の中で相手戦略を認識する必要がある。また、本研究で定義したパラメータで戦略を定義するのに十分でなかったことも考えられる。ボールに関わっていないプレイヤーの動き等、他の要素が戦略に関わっているかどうか検討し、戦略パラメータを増やすことで、短いスパンでより具体的な戦略を認識出来る識別器の作成を目指していく。

参考文献

- [1] 秋山英久, “ロボカップサッカー シミュレーションリーグ (<特集>思考ゲーム)”, 人工知能学会誌, pp. 349-359, 2009.
- [2] Pollard, R. et al, “Measuring the effectiveness of playing strategies at soccer”, Journal of the Royal Statistical Society: Series D (The Statistician), Volume 46, Issue 4, pp. 541-550, 1997.
- [3] 小林佑輔, 川村秀憲, 鈴木恵二. ロボカップサッカー シミュレーションにおけるカウンターアタックの自動抽出. 第33回人工知能学会 AI チャレンジ研究会予稿集, Pages, 40-44. 2011.

第9回 E&C シンポジウムに投稿された本論文の著作権は、著者にあります。
著者に無断の複製は厳禁です。複製などのご希望は、著者に直接御連絡下さい。

エンターテイメントと認知科学研究ステーション

代表連絡先

〒182-8585 調布市調布ヶ丘1-5-1

電気通信大学 情報理工学研究科 伊藤毅志

uec-ito@mbc.nifty.com

042-443-5370