3H サッカー戦術解析支援システムの開発

Soccer Game Scene Analyser Support System

○久本 賢 ラシキア・V
岡山理科大学工学部情報工学科

Satoshi Hisamoto Vakhtang Lashkia
Okayama University of Science

Abstract

In this paper, we propose a motion analysis system for quantitative and qualitative evaluation of player's movements in soccer games. Real images taken by a fixed camera are processed by a computer. Positions of all players are detected using image segmentation techniques and real soccer game scenes are transformed to the computer animated scenes. This transformation gives possibility to analyze soccer games, by displaying "dominant regions" (a region where a player can arrive faster than all other players), or by displaying three-dimensional images from any position in the field.

Key word : Scene analysis, perspective transformation, image segmentation, virtualized soccer game

1. はじめに

現在、スポーツの発展によりますます高度な戦術が求められるようになってきている。また、試合に勝つためには、相手の戦術を知ることが、大変重要視されている。大抵の場合、人間の手により戦術解析は行われてきたが、人間の手で行うと、労力・時間を費やし、なおかつ解析者の考え方や経験により評価に偏りが生じる。そこで、コンピュータを導入し、定量的で時間や労力を省くシステムの作成を本研究では考えていく。

今までスポーツシーンを対象にした動画画像解析の研究はいくつか行われており、その中で選手を追跡するのにテンプレートマッチング処理を使用し、個々の選手を追跡する研究がある[1]、[2]。しかし、選手の交錯時に別の選手を誤って追跡するという問題があり、個人個人を追跡するのは難しい。そこで、本研究では画像間減算によりすべての選手の座標を求め、選手の着ているユニフォームの色を元にどちらのチームの選手かを判別する。そのことにより個人に対する戦術解析は難しくなるが、チーム全体の戦術を評価することが可能になる。戦術解析には、ある領域にどちらのチームの選手が早く到達できるかを表すことができる優勢領域を用いて行う。また頭上からの選手位置表示だけでなく3D表示も行い、フィールド内の視覚的情報をも解析できるようにする。

2. 処理方法

本研究は、いくつかの段階で構成されている。まず最初に、前処理としてフィールド上の直線を検出し、フィールドのラインの交点を求める。次に選手の中心座標を求め、その座標を元に選手のユニフォームの色を抽出する。そして、その色により同チームの選手、異チームの

選手を認識し、アニメーションで表示を行う。ここで、アニメーション表示する際、検出した選手の座標はカメラ画像の座標なのでフィールド内の実際の座標に変換する。その時に、あらかじめ前処理で求めている交点を使用する。最後に、戦術解析を行う。この戦術解析は、ある領域にどちらのチームの選手が早く到達できるかをCGによって表す。優勢領域は、パスを味方選手に向かって出さずに、味方選手が追いつける位置に出すとき、パスコースをふさぐときなどに変化有効な解析手段である。さらに、フィールド内の選手の視点やまた、それとは別にフィールド内のある地点からの視点がわかると、座標だけで選手位置を考えるよりも味方選手の前に相手選手がいることや、例え優勢領域であってもパスコースは全てふさがれていること等を視覚的に知ることができ大変便利である。

2.1 前処理

まずはじめにフィールド上に誰もいない状態で撮影した部分を使いバックグラウンド画像を作る(図1. a)。この画像は画像間減算で用いるためファイルとして保存しておく。

この画像からハフ変換により、まず縦のラインを検出し、次に横のラインを検出する。そして、フィールドの線分を検出し、ラインの交点の座標を読み取る(図1. b、図1. c)。この交点は、ビデオ映像から読み取った選手座標をCGで表示するときの座標に変換するとき使用する。

2.2 選手検出処理

入力画像(図2. a)からバックグラウンド画像(図1. a)画像間減算を行う(図2. b)。そして、2値化し選手を検出する。図2. bのままでは影が現れたり、

Fig 1 . before first step

Fig 2 . Detection of player

手足が胴体から離れてしまい一人の人間として検出できなくなる場合がある。そこで、画素ごとに膨張・縮小処理を行う（図 2 . c）。この処理を行うことで雑音の除去もできる。図 2 . cにおいて、白い領域として残った部分は選手の画像情報がある部分である。そこで選手的位置を求めるために、白い領域の座標を調べる。しかし、白い領域は不規則な形をしているので、この白い領域を完全に含むことのできる矩形を想定し、その座標（最大値、最小値）を調べる。求めた矩形の座標から選手の中心座標を求める。

中心座標を元に一定の大きさの矩形を設定し（図 3）、その矩形のすべての画素情報を取得し、色情報 R,G,B 値を求める。R,G,B 値は 0~255 の値をとり、約 1600 万色あることになるが、今回は閾値を用意し、全体で 8 色に制限する。設定した矩形の中に 8 色の画素がそれぞれいくつあるかをカウントし、一番多い色をその選手の色とする。すべての選手について以上の処理を行いチームごとに分ける。今回はリアルタイムでの処理ではないので、選手の座標をデータファイルとして出力する（表

Fig 3 . Set rectangle for discriminating color

Scene	X	Y
0	174	204
0	84	233
1	174	203
.	.	.

Scene	X	Y
0	115	218
0	246	249
1	118	219
.	.	.

Team1

Team2

Tab 1 . Write position data

Fig 4 . Cause of wrong detection

1 , 1 チームに選手が 2 人の場合)。チーム別にファイルを用意し、データの先頭にシーン番号（表 1 の Scene）を付けておくことで CG 表示する際にシーンごとに描画することができる。

現在はこの方法で選手検出を行っているが、問題がある。図 2 . a の入力画像はフィールド内に選手が 4 人存在している画像であるが、図 2 . c では 2 人が重なっている（図 4）、3 人にしか見えない。このように選手が重なっていると膨張・縮小処理を行った後の選手を表す白い領域も重なり、一人の選手として認識してしまい CG 表示にも誤りが生じる。そこで現在、その失われた選手データを修正する方法を検討中である。今は膨張・縮小処理画像から得られた選手位置の座標（矩形の座標）を用いてその範囲だけの情報を抽出することを考えている。白い領域の座標範囲で画像間減算を行い、その後、2 値化する。さらに、その画像と入力画像で論理積を行う。そうすると、白い領域部分と同じ位置にある入力画像の情報が得られる。論理積を行うのは、画像間減算だと色情報が失われているのに対し、入力画像に論理積を行ったものは、色情報がそのままになっているからである。論理積を行った後、選手情報の取得を行う。その後、論理積で得られた選手の画像領域ごとに全画素を調べ、色認識でその領域に存在するチームの構成（両チームの選手がいるのかどうか）を調べ、正しく認識できた人数と併せて検討する、といった方法を考えている。

a. Camera coordinates b. Field coordinates

Fig 5. Coordinates transformation

2.3 座標変換

前処理で求めた選手の中心座標はカメラ座標（図 5. a）なので、アニメーション表示するためにフィールド座標（図 5. b）に変換する。このとき X 座標については比例式、Y 座標の変換は複比定理を用いる[1]、[3]。

図 5. a の A~E 及び P は図 5. b の A'~E' 及び P' にそれぞれ対応している。まず選手の位置を $p(cx, cy)$ とする(図 5. a)。P を通り X_c 軸に平行な直線と、フィールド座標上で Y_f 軸に平行であるカメラ座標上の 2 直線との交点を A, B とする。その 2 直線の一方に、フィールド座標上での値が既知である 3 点を選び、それを C, D, E とする。P' の X 座標は、

$$AP : AB = A'P' : A'B'$$

の比例式で求まる。また P' の Y 座標 fy は、

$$\frac{AD}{CD} : \frac{AE}{CE} = \frac{A'D'}{C'D'} : \frac{A'E'}{C'E'}$$

の複比定理で求めることができる。

2.4 アニメーション表示

前過程の変換式で求めた座標を元に OpenGL を使い、アニメーション表示をする。まず、コートのラインの各座標は既知なので、それをもとにフィールドのラインを描く。選手データにはシーン番号も付けているので、同じシーン番号のデータを描画すればよい。ここで、チームごとに選手の描画を変える（色を変える、マークの形を変える等）。

アニメーション表示をする際、選手位置をそのまま表示するモードでは特に問題はないが、優勢領域を加えて表示するモードでは、フィールドを細かく分け、その一点一点について優勢領域を決めているため、コンピュータについてある程度の演算処理能力がないと快適なアニメーションとして表示できない。

2.5 戦術解析

サッカーの戦術解析は敵選手へのマークの解析、パスの精度の測定などいくつかの方法がある。本研究では、特定のエリアにどちらのチームが早く到達できるかを考える『優勢領域解析』を行う。攻撃側では、自チームの領域にパスを出すことによりパスの精度が高くなるだけでなく、領域を広げることによりパスコースが増え、攻撃にバリエーションが出てくる。また、守備側では他チームの領域を狭くすることによりパスの精度を下げる、またパスコースを読むといった戦術が期待できる。この

a. Source image 2 b. Result

Fig 6. Indicate animation

a. Set predominant area b. Result

Fig 7. Predominant area

ように優勢領域はいくつもの必要性を持っている。今回は選手個人個人のデータは無視するため、選手の足の速さはわからない。そこで、本研究では暫定的にある地点において各選手との距離を比べ、そこを一番近い選手のチームの領域とする（図 7. a）。また、異なるチームの優勢領域が重なった場合は図 7. b のようになる。このとき、異なるチームの選手で目標との距離が等しい場合、守備側に優勢領域を与えるものとしている。このようにフィールド内のすべての点において優勢領域を決定していき、すべてのシーンにおいて優勢領域を定めることで優勢領域を表示するアニメーションが完成する。

優勢領域だけでも十分な戦術解析が行えるが、選手の見た目や、フィールド内のある地点からの見た目が分かるとよりよい戦術解析ができる。例えば、ある地点において自チームの優勢領域であっても、パスを出して良いかどうかは実際の選手の視点がないと間にいる敵選手との位置関係は分からない。また、そこが敵チームの優勢領域であっても、選手視点で見るとパスを出せる領域かもしれない。そこで 2 D 表示に加えて 3 D を表示する 3 D ビューワーを作成する（図 8）。3 D ビューワーは 2 D 表示アプリケーションと同時に起動させておくことを想定し、3 D 表示も OpenGL を用いて作成する。2 D アニメーション表示中にアニメーションを静止させ、そのシーンの選手位置データや視点位置データを 3 D ビューワーに出力し表示を行う。3 D における視点はアニメーション表示のフィールド内の任意の点を視点として設定できるようにする。視点決定はマウスでフィールド内をクリックすれば、その位置にマークがつき同時にそのシーンの選手データとともに視点データが出力される。3 D ビューワーは左右 30 度ずつの回転が可能で、視点から 360 度全方向の表示が可能である。また、2 D 画面の選手位置や視点などの情報が変わると、3 D ビュー

Fig 8 . 3 Dview

a . Result 1

b . Result 2

Fig 9 . Result

ワでデータの再読み込みを行うことで表示の変更ができる。

3. 実験結果

本研究では、画像処理に日立 IP_5000 画像処理ボードを使用し、プログラムには Microsoft Visual C++ に IP_X 画像処理ボードのライブラリ関数、OpenGL を用いて作成した。

今回は1チーム選手2人の計4人で行いユニフォームは赤と青を用意した。また、試合を想定した動きではなく故意に離れたり近づいたりしているいろいろなシチュエーションの画像を撮影し、入力画像として用いた。図9. a

Fig 10 . Scene analyzing

Fig 11 . One scene from different viewpoint

はフィールド内に4人がいるときの優勢領域を表示したものである。選手の位置の応じて優勢領域が描かれ、今後の選手の動きを予測及び指示することが容易になる。図9. bは一見しただけでは赤チームが2人に青チームが1人の状態のように見えるが、実際の青チームは2人である。これは、セクション 2.2 で指摘した問題のために、一人として認識されてしまい正しい表示ができなくなっている。今回は支援システムを想定しているので、手作業による訂正が可能である。

図10は2Dアニメーションと3Dビューワーを実行している画面である。このように同時に2つのアプリケーションを実行し、2つの画面を合わせて戦術解析を行う。このように2つのアプリケーションを同時に起動し、同じシーンでもあらゆる視点からのシーンの再現及び、解析が可能である。図11は同じシーンを違う視点から見たものである。このように視点を变えるだけでも戦術解析の幅は広がるものである。

4. まとめ

本研究では、数ある戦術解析法として、選手を検出しその位置関係を割り出し、チーム別に分けてどちらのチームの選手がその領域に早く到達できるかを求める優勢領域解析を行ってきた。しかし、途中で述べてきたように個々の選手のデータについては切り捨てて考えているので、選手に依存する解析（ある選手なら多少相手の優

勢領域であっても追いつける足の速さを持っている、ある選手はボールコントロールがうまい、など）は行えなくなった。しかし、2Dアニメーションと3Dビューワーを併せることで2Dアニメーションだけ、またカメラ映像だけの解析だけでは見えない情報も見えてくる。例えば、2Dでは全体が見えるため自チームの優勢領域は常に安全であると思いがすが、3D画面で見れば味方選手が敵選手に隠れてパスを出しにくいことを知ったり、また、選手の立場になって今後の動きやゲームの進め方を解析できる。

今後は、選手が重なるだけでなく、近づいたときも含む交錯時の問題を解決し、その上で、ボールの追跡も行い、優勢領域・3D表示と合わせた解析法の検討も行う予定である。また、色認識は現在R,G,B値を使っているが、もっと効率の良い色情報を用いて更なる認識率の向上を目指す。そして最終的には実際のゲームでこのシステムを適用することを考えている。

参考文献

- [1] 瀧 他, “チームプレー分析を目的としたサッカー動画画像処理システムの開発”, 信学技法, 1995.
- [2] S Sudo and S Ozawa, “Scene analysis of soccer game”, QCAV-99, 1999.
- [3] 瀧 他, “サッカー映像からのチームワーク評価方法の検討”, 信学技法, 1996.
- [4] クレイトン・ウォルナム 著, 松田 晃一 訳, Win32 OpenGL プログラミング, 株式会社ブレンディスホール出版, 1996.