

視点移動カメラにおけるカメラキャリブレーション

曾和 知哉[†] 滝口 哲也^{††} 有木 康雄^{††}

[†] 神戸大学大学院システム情報学研究科 〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

^{††} 神戸大学自然科学系先端融合研究環 〒 657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1

E-mail: [†]sowa@me.cs.scitec.kobe-u.ac.jp, ^{††}{takigu,ariki}@kobe-u.ac.jp

あらまし 近年、デジタル放送の開始、パソコンやインターネットの普及などにより、放送形態が大きく変化している。多量の映像の解析を手で行うのは非効率的でコストが高いため、映像データを自動的に編集する技術が要求されている。本研究では、自動映像生成を視野に入れた、1台の視点移動カメラにおけるサッカー映像のカメラキャリブレーション手法を提案する。毎フレームごとにサッカーのラインと交点を抽出し、そしてその交点がコート上のどの交点に位置するかを識別することによってキャリブレーションを行った。結果、キャリブレーションに必要な画像座標の交点の認識精度が重要であり、その精度さえ上げることができれば提案手法は有効である。

キーワード キャリブレーション, 視点移動カメラ, サッカー, 自動映像生成

Camera calibration in aspect moving camera

TOMOYA SOWA[†], Tetsuya TAKIGUCHI^{††}, and Yasuo TARIKI^{††}

[†] Graduate School of System Informatics, Kobe University Rokkodaicho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

^{††} Organization of Advanced Science and Technology, Kobe University Rokkodaicho 1-1, Nada-ku, Kobe, Hyogo, 657-8501 Japan

E-mail: [†]sowa@me.cs.scitec.kobe-u.ac.jp, ^{††}{takigu,ariki}@kobe-u.ac.jp

Abstract Recently, the broadcasting form has changed greatly by beginning of digital broadcasting and the spread of the Internet. The technology that automatically edits the image data is demanded, because inefficiency and high cost for people that analysis of a large amount of image. This paper proposes, it proposes the camera calibration technique of the soccer image in aspect one moving camera that aim at the automatic image generation. The calibration was done by identifying where the location of the intersection. The proposal technique is effective as long as the recognition accuracy at the intersection of the image is high.

Key words calibration, moving camera, soccer, automatic image generation

1. はじめに

近年のデジタル技術の発達により放送インフラが整い、多様な新しいサービスが始まっている。BS, CS, 地上デジタル放送などの技術により、チャンネル数は従来の十数チャンネルから数百チャンネルまで飛躍的に増加した。しかし、映像製作者側では、多チャンネル化の影響から、多数のコンテンツを用意することや、メタ情報を付与する等の作業量の増大といった問題が懸念されている。これらは人件費や制作費、管理費といったコスト問題でもある。また、実際の現場では、プロのカメラマンや編集者の人員は限られており、そういった人材を必要としない技術が求められている。

一方、視聴者側の立場から近年のデジタル技術の発展を見てみると、ハードディスクなどの大容量の録画媒体

に、多数のコンテンツから撮り溜めをしておき、編集作業をするなど、視聴者側からの映像に対する積極性が見られる。例えば、各家庭に配信された映像を、自身で映像処理し、そこで映像の分析を行い、タグ付けを行うといったことである。このタグにより、映像の要約や、自分の見たい部分だけを手早く検索することが可能になる。これは、視聴者がただ配信されてきた映像を全て視聴するのではなく、大量に記録されたものから選り好みをするという、今までにない変革をうかがわせる。

このような新しい視聴環境を模索しようとする動きがみられる中で、自動映像生成技術と呼ばれる、映像の制作、管理コストを削減しつつ、映像に付加価値をつけることが期待されている。これは特に、スポーツ映像のように、ある対象を客観的に捉え、それをありのままに撮影されたものに関して盛んに研究が行われている。[1] 本

研究では、視点移動カメラによるサッカーの映像を用いた。本研究の目的は、サッカーの試合における自動映像生成を視野に入れた、視点移動カメラにおけるカメラキャリブレーションの手法を提案する。具体的には、tsaiの手法を用いてカメラキャリブレーションを行う際に必要である画像座標を、自動でサッカーのフィールド上の交点を抽出することによって導くシステムを構築した。また選手とボールの位置を上面図上に表すことにより、カメラキャリブレーションの精度を評価した

2. 関連研究

これまでに、デジタルカメラワークというものの研究が行われている。サッカーの試合において、フィールド全体を一つの高解像度カメラで撮影し、その映像を切り取り、連続的につなげ合わせることによって新しい映像を作成するという試みである。[2][3]

サッカー試合映像を対象にした研究の中には、カメラパラメータを利用した研究もある。カメラキャリブレーションの理論に基づき、位置・姿勢が未知のカメラで撮影された画像の座標系からワールド座標系への変換式を求めている。[4][5] 他には、カメラの状態推定を行うことで、特定映像イベントを含む映像の候補を絞り込み、さらに処理を加えて特定イベントの抽出を行っている。[6]

カメラパラメータの推定においては、参照点として、ラインの交点を用いるのが一般的である。しかし、従来の手法では、画像中の交点を抽出することはできても、その交点の実際のフィールド上での位置は人手で与えられてきた。

また複数カメラにおけるカメラキャリブレーションの研究は盛んに行われている [7][8][9][10]、しかし、単眼視点移動カメラにおけるカメラキャリブレーション手法は、あまり有効な手法が提案されていないのが現状である。

3. カメラキャリブレーション

3.1 カメラキャリブレーションの概要

コンピュータビジョンは、二次元情報しか持たない二次元画像から、三次元物体の形状や運動などの三次元情報を復元することを主要なテーマの一つとして研究が進められてきた。これはレンズによる三次元情報から二次元情報への投影の逆問題を解く必要があるため、画像生成過程のモデル化および各種パラメータの決定方法がコンピュータビジョン研究の当初から議論され、現在も研究が続けられている。カメラキャリブレーションとは、画像生成過程のモデル化を行った際の各種パラメータを推定するための方法であり、焦点距離などの情報を含む内部パラメータと、カメラの位置や姿勢の情報を含む外部パラメータを求めるための手段である。一般的に、カメラキャリブレーションという言葉を使う場合にはカメラの内部パラメータのみを求める手段を指す場合もあるが、ここでは外部パラメータを求める手段も含めて指す

ことにする。ここでは、まずカメラによる投影の様子を記述するための幾何関係を説明する。

3.2 カメラモデルと座標間の関係

コンピュータビジョン研究においてはカメラの幾何学的な性質に主な関心があるため、カメラによる投影の様子は一般的にピンホールカメラモデルを用いて考えられる。[16]

ピンホールカメラモデル (Fig.3.1) は三次元空間と二次元画像平面との幾何的關係を最も単純に記述することができるカメラモデルである。ピンホールカメラモデルにおいて、画像平面に至る光はすべてレンズの中心の一点であるピンホールを通過し、画像平面と交差した位置で像を結ぶ。このような射影は中心射影と呼ばれる。

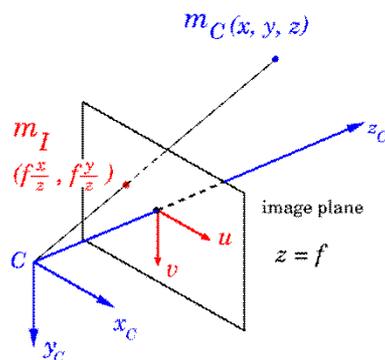


図1 Pinhole camera model

座標間の関係は (Fig.3.2)、世界座標を外部パラメータによって変換することにより、カメラ座標に変換することができ、カメラ座標を内部パラメータによって変換することにより、画像座標に変換することができる。また Fig.3.2 の \vec{P} は射影行列である。

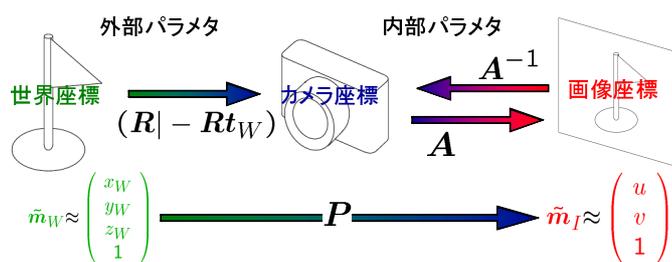


図2 Relation between coordinates

3.3 射影行列とパラメータ

射影行列と内部パラメータと外部パラメータの式について説明する。3次元空間中に任意のワールド座標系をとり、画面座標系への射影を考えた場合、一般的に射影方程式は 3×4 の射影行列 \vec{P} を用いて次のようにあらわされる。

$$\tilde{m} \cong \tilde{P}\tilde{M} \quad (1)$$

ここで \cong は定数倍を許して等しいことを表わし、 $\tilde{M} = [X, Y, Z, 1]^T$ および $\tilde{m} = [u, v, 1]^T$ は、それぞれ 3次元空間中の点の座標 $\vec{M} = [X, Y, Z]^T$ および画像上の点の座標 $\vec{m} = [u, v]^T$ の同次座標系である。さらに、

$$\tilde{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{p}_1^T & p_{14} \\ \tilde{p}_2^T & p_{24} \\ \tilde{p}_3^T & p_{34} \end{bmatrix} \quad (2)$$

とする。ここで、式 1 を展開することで 2 つの線型方程式

$$\begin{aligned} \tilde{p}_1^T \tilde{M} - u\tilde{p}_3^T + p_{14} - up_{34} &= 0 \\ \tilde{p}_2^T \tilde{M} - v\tilde{p}_3^T + p_{24} - vp_{34} &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

を立てることができ、 $\vec{p} = [\tilde{p}_1^T \ p_{14} \ \tilde{p}_2^T \ p_{24} \ \tilde{p}_3^T \ p_{34}]^T$ とすると以下のように表現できる。

$$\begin{bmatrix} \tilde{M}^T & \vec{0}^T & -u\tilde{M}^T \\ \vec{0}^T & \tilde{M}^T & -v\tilde{M}^T \end{bmatrix} \vec{p} = \vec{0} \quad (4)$$

n 個の対応点 $\tilde{M}_i = [X_i, Y_i, Z_i, 1]^T$ および $\tilde{m}_i = [u_i, v_i, 1]^T$ ($1 \leq i \leq n$) が得られれば、 n この上式を積み重ねることで、

$$\vec{B}\vec{p} = 0 \quad (5)$$

を得る。ここで \vec{B} は

$$\vec{B} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_1X_1 & -u_1Y_1 & -u_1Z_1 & -u_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -v_1X_1 & -v_1Y_1 & -v_1Z_1 & -v_1 \\ \vdots & \vdots \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -u_nX_n & -u_nY_n & -u_nZ_n & -u_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -v_nX_n & -v_nY_n & -v_nZ_n & -v_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

で定義される $2n \times 12$ の行列である。すなわち、もし n 個の 3次元点が同一平面上になれば $n \geq 6$ の場合に \vec{p} は $\vec{B}^T \vec{B}$ の最小固有値に対応する固有ベクトルとして線形に解を得ることができる。

ただし、上記のような行列 \vec{B} をそのまま用いる場合、数値の大きさが桁にも異なるデータが同じ行列の中にあり、数値計算の誤差が大きくなる。そこで画面座標と世界座標に対して線形な正規化変換を行った上で計算し、最後に正規化変換の逆変換を行うことで \vec{P} を得る。

一方、このような射影行列 \vec{P} は、カメラの内部パラメータ行列 \vec{A} および回転行列 \vec{R} と平行移動ベクトル \vec{t} を用いることで以下のように表現できる。

$$\vec{P} = \vec{A} \begin{bmatrix} \vec{R} & \vec{t} \end{bmatrix} \quad (7)$$

まず、内部パラメータ行列とは、物理的座標をデジタル画像座標へと変換する行列であり、焦点距離 f 、画像の中心の座標 (u_0, v_0) 、 u および v 軸方向のスケール要素 k_u, k_v 、せん断係数 k_s を用いて以下のように表わ

される。

$$\vec{A} = \begin{bmatrix} fk_u & fk_s & u_0 \\ 0 & fk_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

ここで、 fk_u, fk_v, fk_s をそれぞれ 1 つの変数とみなし、 \vec{A} を次のような自由度 5 の上三角行列により表わすことができる。

$$\vec{A} = \begin{bmatrix} \alpha_u & s & u_0 \\ 0 & \alpha_v & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

次に外部パラメータを定式化する。カメラの運動は、1 つの世界座標系からのカメラ座標系への 3次元の回転および平行移動によって表わされる。3次元の回転及び平行移動はそれぞれ次のように、 X 軸周り、 Y 軸周り、 Z 軸周り、の回転 $\theta_X, \theta_Y, \theta_Z$ および、 X 軸方向、 Y 軸方向、 Z 軸方向への並行移動 t_X, t_Y, t_Z からなる。

世界座標 \vec{M}_w からカメラ座標 \vec{M}_c へは回転行列 R および平行移動ベクトル t によって次のように変換される。

$$\vec{M}_c = R\vec{M}_w + \vec{t} \quad (10)$$

このような回転行列 R および平行移動ベクトル t は、

$$\begin{aligned} \vec{R} &= \begin{bmatrix} \cos\theta_Z & -\sin\theta_Z & 0 \\ \sin\theta_Z & \cos\theta_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_Y & 0 & \sin\theta_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_Y & 0 & \cos\theta_Y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_X & \sin\theta_X \\ 0 & -\sin\theta_X & \cos\theta_X \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{r}_1^T \\ \tilde{r}_2^T \\ \tilde{r}_3^T \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

$$\vec{t} = [t_X \ t_Y \ t_Z]^T \quad (12)$$

以上より、式 7 に式 9, 11, 12 を代入すると以下の式が成り立つ。

$$\vec{P} = \begin{bmatrix} \tilde{p}_1 & p_{14} \\ \tilde{p}_2 & p_{24} \\ \tilde{p}_3 & p_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_u \tilde{r}_1^T + s\tilde{r}_2^T + u_0\tilde{r}_3^T & \alpha_u t_X + s t_Y + u_0 t_Z \\ \alpha_v \tilde{r}_2^T + v_0\tilde{r}_3^T & \alpha_v t_Y + v_0 t_Z \\ \tilde{r}_3^T & \vec{t}_Z \end{bmatrix} \quad (13)$$

まず、物体は常にカメラの前面に存在することから、

$$t_z = p_{34} > 0 \quad (14)$$

であり、もし $p_{34} < 0$ であれば、 \vec{p} も式 5 を満たすことから、 \vec{p} のすべての要素の符号を逆にすればよい。

最後に前節で求めた \vec{P} と、式 13 より以下の式を得る。

$$\vec{r}_3 = \vec{p}_3 \quad (15)$$

$$u_0 = \vec{p}_1^T \vec{p}_3 \quad (16)$$

$$v_0 = \vec{p}_2^T \vec{p}_3 \quad (17)$$

$$\alpha_v = \|\vec{p}_2 \times \vec{p}_3\| \quad (18)$$

$$s = \frac{\vec{p}_1^T \vec{p}_2 - u_0 v_0}{\alpha_v} \quad (19)$$

$$\alpha_y = \|\vec{p}_1 \times \vec{p}_3\| - s \quad (20)$$

$$\vec{r}_2 = \frac{\vec{p}_2 - v_0 \vec{r}_3}{\alpha_v} \quad (21)$$

$$\vec{r}_1 = \frac{\vec{p}_1 - s \vec{r}_2 - u_0 \vec{r}_3}{\alpha_u} \quad (22)$$

$$t_Y = \frac{p_{24} - v_0 t_Z}{\alpha_v} \quad (23)$$

$$t_X = \frac{p_{14} - s t_Y - y_0 t_Z}{\alpha_u} \quad (24)$$

以上のように、形状が既知な3次元パターンを撮影し、射影行列 \vec{P} を算出することでカメラパラメータを求めることができる。

3.4 tsai-mesod

本システムでは、キャリブレーションの手法として Tsai の手法を用いた。Tsai のキャリブレーション手法とは、多数の世界座標が既知の点 (X_w, Y_w, Z_w) と、それらそれぞれの点に対応する画面座標 (x_f, y_f) の組を与えたときに、外部パラメータとして回転行列 R (未知数3個) と平行移動ベクトル t (未知数3個)、内部パラメータとして焦点距離 f 、レンズの歪曲収差係数 k_s 、スケール要素 k_u, k_v 、画像原点 (u_0, v_0) の12個のパラメータを非線形最適化によって求める手法である。

4. 提案手法

サッカーのフィールドは、一般的な大きさが規定されており、フィールド内のペナルティエリアやゴールエリアなどのラインの長さも定められているため、ワールド座標が既知な点をとりやすいという利点をもっている。そこでサッカーのラインの交点の座標を最低6組以上見つけることにより、キャリブレーションが可能となる。

交点の検出を毎フレーム (1/30second) ごとに行い、その値を代入することによって、視点移動カメラのカメラキャリブレーションを実装する。

提案する手法は、撮影されたサッカーの試合の映像から、サッカーのフィールドのラインを抽出することによって、抽出したラインが交わる交点を抽出し、更にその交点がサッカーのコート上のどの交点に位置するかを識別することによって、カメラキャリブレーションに必要な画像座標を見つけるシステムについて述べる。[17] 本研究では、視点が移動するカメラで撮られた連続した映像を、毎フレーム (1/30second) に分割した画像と捉えている。

4.1 ライン抽出

サッカーのフィールドのラインを抽出するシステムについて述べる。サッカーのフィールドのラインを抽出する際に、そのままの画像でラインを抽出しようとする、サッカーのフィールド以外の看板や観客席等の余計なラインまで抽出されてしまうので、まずサッカーのフィールド領域とそれ以外の領域を区別する。

区別の仕方は、サッカーのフィールドの大半が GREEN 系の色で構成されていることを利用する。画像は RGB (R: 赤色, G: 緑色, B: 青色) のカラーモデルで構成されており、その画像の全ての RGB の画素値を比較し、一番分布の多い RGB の画素値をフィールド領域の基本画素値とする。

そしてその基本画素値と画像全体の画素値を1ピクセルずつ比較し、基本画素値からかけ離れているピクセルは黒に塗りつぶしていくと、Fig.2.2のように、フィールド領域とそれ以外の領域を区別することができる。



図3 First frame shot



図4 Extracted green

フィールド領域を抽出した画像を大津の手法により2値化する。2値化した画像から、直線のラインを検出する。直線を検出する手法として確率的 Hough 変換の手法を用いた。

確率的 Hough 変換は、画像内から直線を探し出す時に使い、端点である始点と終点をもつ線分を検出する。まず事前作業として、2値化された画像にキャニーフィルタを施す。

キャニーフィルタは、ガウス関数を利用し、画像のノイズを除去するスムージングフィルタであるガウシアンフィルタと、空間1次微分を計算し、輪郭を検出するフィルタである sobel フィルタを組み合わせることでエッジを検出するフィルタである。

原画にガウシアンフィルタを施すことによって、エッジがぼけた画像になる。その画像に sobel フィルタを施すことで、エッジを検出することができる。

そして、キャニーフィルタを施した画像に対して、確率的 Hough 変換を行うことによって、画像から線分を検出することが可能である。

4.2 線分の選択と併合

ただ確率的 Hough 変換を行うだけでは, Fig.2.4 で分かるように余計な線分まで選択されたり, 短い線分が連なっている状態である. その状態では本来必要なフィールドのラインを抽出することができないので, 線分の選択と統一を行った.

そこで, サッカーのフィールドのラインが, 類似した傾きを持つラインで構成されていることを利用し, Hough 変換で求めた線分から直線式

$$0 = A_t X - Y + B_t \quad (25)$$

を求める. すべての直線の傾きと切片の値から, 線分をカテゴリごとに分けて分類する. 分類するカテゴリを Fig.2.5 に示す. 図の赤色同士, 青色同士は傾きが類似で切片だけが違う線分のカテゴリであり, 緑色はフィールドのラインとは関係のない余分な線分のカテゴリである. また赤色の線分カテゴリにおいても, 切片のよく似た線分は1つのカテゴリとし, 異なるものは違うカテゴリとする. Fig.2/5 では, 赤で4カテゴリ, 青で3カテゴリ, 緑が1カテゴリであることを表している.

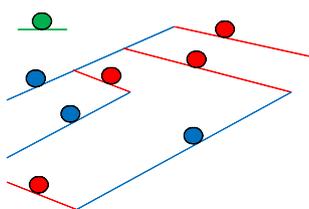


図 5 Classification of segments

次に, カテゴリごとに分類された線分の中で, 最小の端点と最大の端点を結び1本のラインとする. 例を Fig.2.6 に示す.

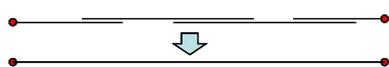


図 6 Standardization of segment

線分の併合を全てのカテゴリにおいて実行する. 例外として, 図の緑色のカテゴリのような明らかに傾きが違う独立した線分は, フィールドのラインに関する線分とは関係がないものとみなし, 削除することにした.

4.3 交点の抽出

抽出した線分から交点を求めるシステムについて説明する. Fig.2.7 のように最終的に1本に併合された線分の端点を, 他のラインの直線式 (2.1) に順に代入していき, その値が0に近いものがあれば, その点を交点と認識する.

代入した値が0より少しだけ距離があった場合には, 端点と他の線分との距離が少しあるので, Fig.2.8 のよう

に, 比べている端点を伸ばした線分と他の線分との交わる点を交点とする.

横線: 端点を結んだ線分

縦線: 比較対象の1つの他の線分

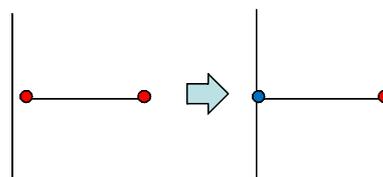


図 7 modified intersection

この方法をすべての端点において行う. 交点が抽出された Fig.2.9 を示す.

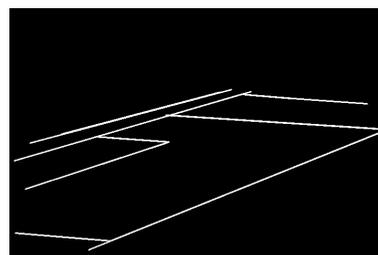


図 8 Intersection extraction

4.4 交点パターンの識別

キャリブレーションを行うためには, 線分の交点を実際のサッカーフィールドのどの場所の交点であるかを識別する必要がある. そのための交点のパターンを識別するシステムについて説明する.

線分に端点, 傾き, 切片の情報を持たせて交点のパターンを識別する. まず, Fig.2.10 のような端点同士が交点のパターンの時を考える.

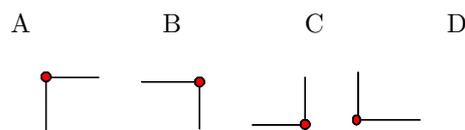


図 9 Pattern of intersection

1つの線分とその他の線分の情報を比べる. 比べた線分の直線式 (2.1) に, 主端点情報を代入しその値が0であれば, その端点は比べた線分上に存在することになる. 比べた線分上に端点があることが分かれば, 端点同士が交点の場合, 比べた線分の端点情報と傾きから, どの方向から端点同士が重なっているかを識別することができる.

Fig.2.11 のように上側の端点と左側の端点が交点と成すとき, 交点パターンは A と識別される. 同様に, 他の線分にもこの作業を繰り返し行う.

次に端点同士が交点ではないパターンを考える. 1つの線分とその他の線分の情報を比べて, 端点同士が交点

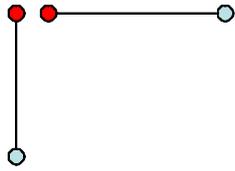


図 10 Example of identified pattern

ではないパターンを識別する．端点同士の交点を先に識別し，その位置情報から Fig2.12 の赤の端点同士ではない交点の識別ができる．

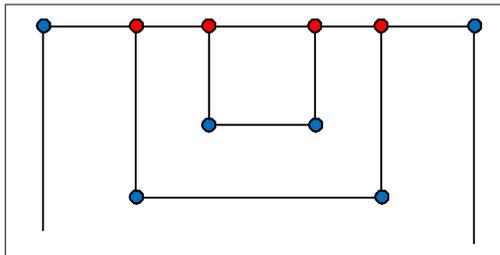


図 11 Two types of intersection

5. 実験

5.1 実験環境

実験で使用した視点移動映像は，2006年ワールドカップにおけるブラジル対クロアチアの試合のものである．映像のデータは，Image Size720 × 480 pixel，Flame/second 30f/s である．



図 12 First frame shot

5.2 サッカーフィールドの交点抽出実験

カメラキャリブレーションに必要な画像座標，つまりサッカーのフィールド上の交点の座標の抽出実験を行った．フレームレート 30f/s の視点移動映像において，150 フレームにおいて現れる交点の座標の抽出率を評価した．フレームによってフィールド上に出現する交点の数が違うので，出現する交点が 7，6，5，4 (3，2)，1 と分類し，それぞれにおいて交点の抽出率を算出した．Table4.1 に結果を示す．

表 1 Result

Number of intersections	Number of frames	extraction rate
1	31	58.06
2,3	16	69.23
4	21	75.00
5	11	74.29
6	57	85.96
7	14	93.50
total	150	82.45

5.3 カメラキャリブレーションの実験

視点移動カメラ映像を毎フレームごとに分けた，カメラキャリブレーションの実験を行った．交点の数が 6 点以上存在する，初期フレームから 71 フレームの映像においてキャリブレーション実験した．選手とボールの画像座標を入力し，カメラキャリブレーションによって，選手とボールの世界座標を取得した．取得した選手とボールの位置を上面図に示した．

結果を Fig4.2 ~ Fig4.5 に示す．Fig4.3, Fig4.5 の赤い点がボールの位置，黒い点が人の位置である．交点の抽出実験により，交点の数が 6 点以上抽出できていないフレームにおいては，前フレームのパラメータを使用することによって連続的なキャリブレーションを実装した．



図 13 Twentieth frame

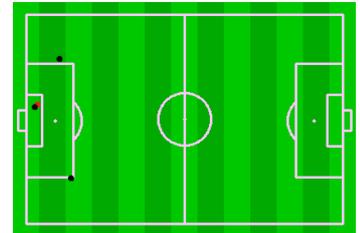


図 14 Top view (20)



図 15 Sixtieth frame

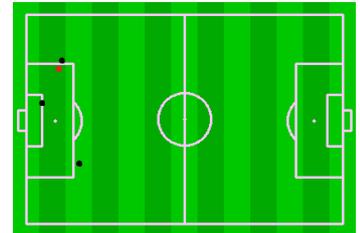


図 16 Top view (60)

5.4 考察

交点の抽出の実験結果として，交点数が多いフレームでは比較的精度は高かったが，交点数の少ないフレームにおいて，精度は高くなかった．その原因は，画像中の線分を抽出する際に，交点の数が少ないフレームにおいて，領域確保するために使用する前フレームの交点が，

正確に抽出できていない場合、誤ったフィールド領域を確保していた。そのため、観客席や看板のノイズを端点と誤認識し、線分の抽出精度が下がったと思われる。

対処法として、前フレームの情報を用いて、画面から消えた交点を抽出することによって、フレーム外の領域も考慮に入れ、確認できる交点の数を増やすことができれば、フィールド領域の確保を正確に行うことができる。また途中で選手の影に隠れて線分の交点が抽出できない場面があるので、その時も抽出できていた前フレームの結果を考慮し、交点を補完するアルゴリズムが必要であると思われる。

キャリブレーションの精度は、交点が6点以上得られているフレームに関しては、高精度で選手とボールの位置が上面図上に捉えることができた。交点の抽出精度をあげることによって、キャリブレーションの精度も向上するので、交点の抽出精度の重要さが伺える。

6. ま と め

本論文では、サッカーの自動映像生成を視野に入れた、1台の視点移動カメラにおけるサッカー映像のカメラキャリブレーションを行った。

カメラパラメータの推定に必要な、視点移動カメラにおけるサッカー映像のフィールド上にあるラインの交点を自動抽出する手法を提案した。

そして Tsai の手法によりキャリブレーションを行い、キャリブレーションの評価を上面図によって行った。

交点抽出の実験結果では、交点の少ないフレームは、あまり良い精度が得られなかったが、実験結果の考察で述べたように、修正の余地があり、交点の抽出の精度を上げる。そうすることにより、カメラキャリブレーションの精度も相対的に上げることができる。また、これからの課題として交点が存在しないフィールドに対してもキャリブレーションを行えるように、画像上から消えた交点を追跡するシステムを考案する。そして全フレームキャリブレーションができ、選手とボールの位置をワールド座標に変換できるようになれば、3次元で選手とボールの追跡を行い、サッカーの自動映像生成が期待できる。

文 献

- [1] 八木伸行, “ スポーツ番組制作における画像処理・認識技術の応用 ”, 電子情報通信学会誌, vol.90, No.7, pp. 556-560, July 2007.
- [2] 熊野雅仁, 有木康雄, 塚田清志, “ ボールと選手に着目したデジタルカメラワークの実現法-デジタルシューティングによるサッカー解説映像生成システムに向けて- ”, 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.2, pp. 271-278, 2005.
- [3] Yasuo Ariki, Shintaro Kubota, Masahito Kumano, “ Automatic Production System of Soccer Sports Video by Digital Camera Work Based on Situation Recognition ”, ISM (MIPR2006), pp. 851-858, Decm 2006.
- [4] 岩瀬正樹, 田中敏光, 大西昇: “ サッカー選手から見た

- シーンの生成 ”, 信学技報, PRMU95-72, pp.133-138, 1995.
- [5] 松井健太郎, 平野一視, 田中敏光, 大西昇: “ 任意視点からサッカーシーンを復元する仮想カメラシステム ”, 信学技報, PRMU97-253, pp.15-22, 1998.
- [6] 丸尾二郎, 岩井儀雄, 谷内田正彦, 越後富男, 飯作俊一: “ サッカー映像からの特定映像イベントの抽出 ”, 信学技報, PRMU99-41, pp.31-38, 1999.
- [7] 橋本賢一, 大城英裕, 大崎保彦, 山崎一城, 井上誠喜: “ サッカー競技を対象としたデジタルスコアブックのための画像処理支援 ” 信学技報 PRMU 103(737) pp.43-48 20040311
- [8] Naho Inamoto, Hideo Saito: “ Virtual Viewpoint Replay for a Soccer Match by View Interpolation From Multiple Cameras ” IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, VOL. 9, NO. 6, OCTOBER 2000
- [9] 林 邦彦, 斎藤: “ 英雄:多視点サッカー映像からの自由視点映像生成 ”, CVIM 2006(51) pp.173-180 20060518
- [10] 植芝 俊夫, 富田 文明: “ 平面パターンを用いた複数カメラシステムのキャリブレーション ”, CVIM 2002(102) pp.47-54 20021107
- [11] Qihe Li, Yupin Luo: “ Automatic Camera Calibration for Images of Soccer Match ”, World Academy of Science, Engineering and Technology 1 2005
- [12] Hyunwoo Kim, Ki Sang Hong: “ Soccer Video Mosaicing using Self-Calibration and Line Tracking ”, 15th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'00), September 03-September 08 ISBN: 0-7695-0750-6
- [13] 斎藤 英雄: “ マルチカメラシステムによる3次元仮想現実通信 ”, <http://www.jst.go.jp/kisoken/presto/complete/jyohou/seika/4ki/04.pdf>
- [14] Xinguo Yu, Xin Yan, Tze Sen Hay, Hon Wai Leong: “ 3D reconstruction and enrichment of broadcast soccer video ”, Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia, Pages: 260 - 263 Year of Publication: 2004 ISBN:1-58113-893-8
- [15] 安藤寛哲, 藤吉弘亘: “ 人検出結果に基づくカメラ自己キャリブレーションと3次元位置推定 ”, 電気学会 一般産業研究会 2009
- [16] Daniel Moldovan, Yuichi Yoshioka, Toshikazu Wada: “ A CALIBRATED PINHOLE CAMERA MODEL FOR SINGLE VIEWPOINT IMAGING SYSTEMS ”, CVIM 2004(26) pp.65-71 20040305
- [17] 石井健一郎, 上田修功, 前田英作, 村瀬洋, 共著, “ わかりやすいパターン認識 ”, オーム社, 1998.