

ある視点から撮影したフットサル選手の動きを平面上へ復元する方法の実践

著者	木下 修一, 友枝 明保
雑誌名	武蔵野大学数理工学センター紀要
号	4
ページ	27-32
発行年	2019-03-01
URL	http://id.nii.ac.jp/1419/00001063/

ある視点から撮影したフットサル選手の動きを平面上へ復元する 方法の実践

Practice of restoring the movements of a futsal player shot from a viewpoint onto the plane

木下修一¹

Shu-ichi Kinoshita

友枝明保²

Akiyasu Tomoeda

1 はじめに

近年、データの蓄積および統計解析手法の確立、計測技術、IT技術の進展に伴い多くのスポーツ競技についてデータを用いた分析が進められ、その結果が競技や練習に活用されつつある。このようなスポーツにおけるデータ活用はスポーツアナリティクスと呼ばれ、プロスポーツのみならずアマチュアスポーツ（特にジュニア選手の育成）に浸透しつつあり、2007年からスポーツアナリティクスの国際会議（MIT SLOAN Sports Analytics Conference）も毎年開催されている。スポーツアナリティクスには、試合後に選手のパフォーマンスを統計解析する手法（代表的な例は野球におけるセイバーメトリクス）と、試合中に選手やボールの動きを解析する手法（リアルタイム分析）の2つが存在する。最近ではデータトラッキング技術、画像解析技術を活かし後者のリアルタイム分析が盛んに行われるようになった。特にプロスポーツの代表例であるプロサッカーリーグのJリーグでは、2015年シーズンより「明治安田生命J1リーグ戦全306試合を対象にトラッキングを実施してデータを記録しており、これによって今まで公認データとして取得していたボールタッチプレーだけではなく、ボールに触っていない選手やボールに触っていない時間帯の動きもデータとして取得できるように」になっている[1]。Jリーグでは、複数台のカメラや動画解析ソフトで構成される高価なシステムを導入し、選手のトラッキングデータを取得しており、現状アマチュアレベルの試合でトラッキングデータを取ることは簡単に出来ない。今後広くアマチュアレベルも含めスポーツアナリティクスを導入するためには、安価なデータトラッキングシステムの開発が必須である。

上記の背景に基づき、本研究では比較的手軽にサッカー選手のデータトラッキングを行うシステム作りの第一歩として、単一のビデオカメラを用いフットサルゲームを撮影し、選手一人のトラッキングデータをフットサルコート平面へ復元する事を試みた。

¹ 武蔵野大学数理工学センター員 / 武蔵野大学工学部数理工学科准教授

² 武蔵野大学数理工学センター員 / 武蔵野大学工学部数理工学科准教授

2 実験の概要および平面上への変換方法

本研究ではまずフットサルコートの半面を対象にプレーする選手の動きの動画撮影を行った。続いて、得られた動画中でプレーする1選手を選び、その選手の動きのトラッキングを実行した。最後に、選手の動きに沿ったトラッキングデータをフットサルコートの平面図上へと変換した。得られた画像データは3次元空間で動くフットサルコート上の選手をカメラ視点から2次元平面へ投影した投影像であるため、得られたデータからフットサルコート上の選手の位置を計算する必要がある。このような、投影像からコート上における選手の位置を計算する手法は幾つかあるが、本研究では射影変換を用いた。射影変換の特徴は実際のコート上において同一直線上にない4点の距離が分かっているならば、視点を考慮せずにカメラ1台で撮影した画像からコート上の選手の位置を計算できる点にある。

2.1 実験の概要

フットサルゲームの撮影は2016年12月11日に「FUTSALDAIBA」(東京都江東区)で実施した。図1は我々が撮影に使用した「FUTSALDAIBA」のフットサルコート(半面)の図面である。左下端に3脚を設置し、高さ4mの位置から広角レンズカメラを用いフットサルコートのビデオ撮影を8セット実施し、撮影した動画は歪み補正しソフトウェアを用い、トラッキングを行った。

2.2 射影変換

動画撮影により得られたカメラ視点の2次元像からフットサルコート上の選手の位置を計算するために射影変換を用いた。射影変換の概略を本研究での活用例に基づき簡単に紹介する[2]。

今、3次元空間内(ユークリッド空間)に2次元平面 π を用意し平面 π 上の点パターン $S = \{Q_1, Q_2, Q_3, Q_4\}$ を π に含まれない2つの視点 E, E' から見る。ここで、視点 E から点パターン S の4つの各点へ線を引き、その4本の線を平面 I で切断すると、 E を視点とし I を投影面とする S の投影像 $I(S)$ が得られる。同様に E' を視点とし I' を投影面とする S の投影像 $I'(S)$ が得られる。本研究の例において平面 π はフットサルコート、 I はフットサルコート真上視点からの投影面、 I' はカメラ視点からの投影面に対応している。ここで E を原点とする (x, y, z) 直交座標系を固定し、位置ベクトル $\overrightarrow{EQ_i}$ を $(\xi_{x_i}, \xi_{y_i}, \xi_{z_i})$ とする。今、 E に視点を置いて点パターン S を見ると、点 Q_i は $\overrightarrow{EQ_i}$ 方向に見えるが、直線 EQ_i 上のどこにあるかは分からない。つまり、視点 E から見ると $(\xi_{x_i}, \xi_{y_i}, \xi_{z_i})$ と $(s\xi_{x_i}, s\xi_{y_i}, s\xi_{z_i})$ の区別はつかない事になる(s は任意の実数)。この時、 $(\xi_{x_i}, \xi_{y_i}, \xi_{z_i})$ や $I(Q_i)$ は同次座標と呼ばれる。このような、同次座標 $(\xi_{x_i}, \xi_{y_i}, \xi_{z_i})$ を他の同次座標 $(\eta_{x_i}, \eta_{y_i}, \eta_{z_i})$ へ移す変換、

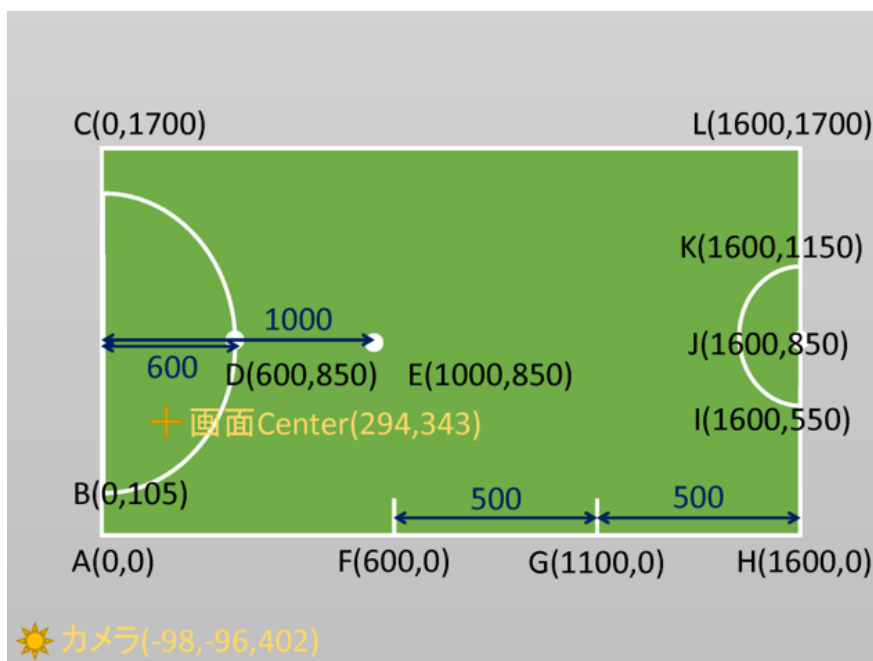


図1 「FUTSALDAIBA」のフットサルコート（半面）. 左端に広角カメラを設置し4mの位置からフットサルコートの半面を撮影. 各コート内の目印を2次元座標（点Aを原点に右向きにX座標, 上向きにY座標）で表現している. 例えば, E(1000, 850)とはX座標1000cm, Y座標850cmを表す. カメラの位置のみ3次元座標で表現している（X座標, Y座標, Z座標）

$$\begin{pmatrix} \eta_x \\ \eta_y \\ \eta_z \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} \xi_x \\ \xi_y \\ \xi_z \end{pmatrix} \quad (1)$$

は射影変換と呼ばれる. この時, 行列 A は 3×3 の正則な行列である. A は同次座標間の変換行列であり, s 倍の任意性が常に存在する. つまり, $A = sA$ となり行列 A の自由度は8となる. ここで, 視点 E, E' からみた平面 π 上の点パターンの投影像 $P_i = I(Q_i)$, $P'_i = I'(Q_i)$, ($i = 1, 2, 3, 4$) の同次座標表現は, 定数倍の任意性を持つので z 座標を1に固定すると

$$P_i = (x_i, y_i, 1)^t, P'_i = (x'_i, y'_i, 1)^t, \quad (i = 1, 2, 3, 4)$$

となる. P_i と P'_i の同次座標間には射影変換が存在するので射影変換を表す行列を A とすると式(1)より,

$$\alpha_i \begin{pmatrix} x'_i \\ y'_i \\ 1 \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

となる. ここで, α_i は任意の実数であり同次座標が持つ定数倍の任意性を調整するための定数（未知数）である. 4点についてこの関係式を作ると未知数は α_i ($i = 1, 2, 3, 4$) の4つと

ある視点から撮影したフットサル選手の動きを平面上へ復元する方法の実践 (木下, 友枝)

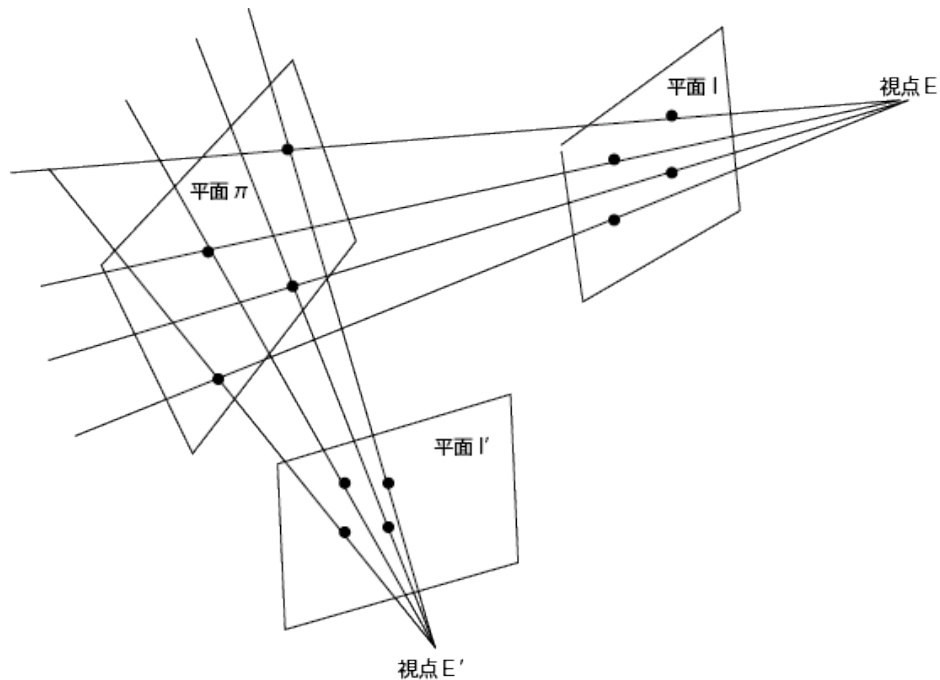


図2 平面 π にある 4 点を視点 E および E' から見て, 平面 I , 平面 I' へ投影した模式図

行列 A の自由度の 8 つで計 12 個である. もし, 同一直線上にない 4 点を選ぶならば上式の未知数は一意に決まる. 得られた行列 A を用いてカメラ視点の動画 (図 3) からフットサルコート上視点の平面図 (図 4) へ変換を行う.

以上が本研究で用いた射影変換の概略である. 今回は選手の頭にマーカーを置き, そのトラッキングデータを用いているため, ピッチ上の選手の動きを考える際には身長を補正する必要がある. 本研究ではフットサルコートを手長分 \approx 軸方向に動かすことで補正を行った. 実験から得られたコートの 4 点について式 (2) を用い得られた行列 A は,

$$A = \begin{pmatrix} 357.629 & 323.432 & 171.307 \\ 355.715 & 313.032 & 185.782 \\ 0.0207914 & 0.714132 & 0.598682 \end{pmatrix} \quad (3)$$

となる (身長 145cm (かがんだ姿勢のため実際の身長より 20cm 程度低い) の場合).

3 結果

典型的な動画例と式 (3) の射影変換を用い, フットサルコートの座標へ復元した結果を示す. 図 3 は撮影した動画から抽出した静止画である. コート内右上の選手の頭にマーカーが置かれ, 選手の動きに沿ってトレースしたマーカーが画面上に記されている. この静止画上のトラッキングデータを射影変換によりフットサルコートの平面図へ変換したものが図 4(a) および (b) である. (a) では選手の身長を 165cm, (b) では選手の身長を 145cm とみなし射影変換を行った結果である. (a), (b) を比較すると仮定した身長の違いにより, カメラから離れた



図3 広角レンズにより撮影した動画の歪みを補正し、選手の動きをトレースした画像の一例。右ライン際の選手の頭から緑色の線（マーカー）がでており、これにより選手の動きがトレースされていることが分かる。

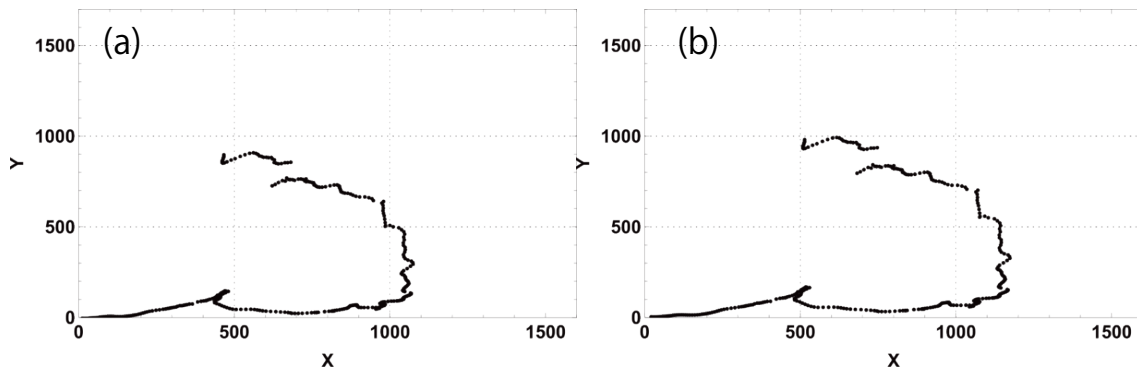


図4 ピッチ上の1選手の動きをトレースしたデータを射影変換により実際のピッチ上の位置座標へ変換した図の一例。(a) 選手の身長を165cmとみなして計算した結果。(b) 選手の身長を145cmとみなして計算した結果。

コート上で選手の位置が変わっていることが分かる。また、マーカーが途中で断絶している箇所が存在する。これは選手の動きにマーカーの自動追尾が追い付いていないことを意味する。

4 まとめと議論

フットサルゲーム内の選手一人のトラッキングを行い、身長を考慮した上で射影変換を用い、フットサルコート上の座標へ復元することに成功した。選手の動きにマーカーの自動追尾が追い付かずトラッキングの断絶がある場合もあるが、選手の上下動が少なく、他選手との交差がない場合には、1視点からの動画撮影と射影変換により比較的容易にデータトラッキングおよびその復元を行えることが分かった。

ある視点から撮影したフットサル選手の動きを平面上へ復元する方法の実践 (木下, 友枝)

本研究手法を用い選手のデータトラッキングを行う上での問題点をいくつか挙げる。フットサルのゲームにおいては選手は上下動するケースが多い。この問題を解決するには選手と同程度の高さからピッチと水平に動画撮影し、選手の高さデータを考慮し射影変換を行えばよい。ただし、計算はより複雑なものとなる。より大きな問題としては選手が交差したときにトラッキングエラーが起こる問題が挙げられる。データトラッキングを行う場合、通常局所的な特徴量（多くは「色の差」などの1次元データ）に着目する。この場合、注目した特徴量が似ている複数の物体が重なった場合に判別不能となり、トラッキングエラーが起こる。このような好ましくない結果は判別に用いる特徴量を増やすことで乗り越えられる可能性がある。例えば、物体の動きをトラッキングする場合、「物体の動きの向き」、「物体の速さ」などを特徴量として取り入れる。この手法は急激に運動（方向や速度）が変わらない物体については比較的上手く適応できる可能性がある。ただし、フットサルを行う選手の動きなどは急激な動きの変化が起こるため、トラッキングを行うデータの性質に合わせ有効な特徴量を上手く選ぶ必要があるだろう。一方、このような動画撮影によるトラッキングと異なった手法としてセンサーを用いる手法がある。GPS や加速度センサーを搭載した小型機器を選手に身につけてもらい、そのデータから選手の動きデータを取得する方法である。この方法は画像解析とは異なり、位置や加速度のデータを正確に瞬時に得られることになる。実際にそのような機器の開発も進められている [3]。センサーを用いる方法はサッカー場の選手の位置を直接捉える事が出来るため、動画撮影を通じたデータトラッキングより正確な情報を得る事が出来る可能性がある。トラッキングから少し離れ、選手の動きのデータ取得という観点から両手法の比較を行うと、動画撮影の利点は選手の細かい動き（姿勢、足の動き、手の動きなど）を捉えられる点にある。現在、センサーでは非常に多数のセンサーを用いない限り、選手の細かい動きを捉える事が出来ない。フットサルやサッカーでは身体の細かい動きがゲームに大きな影響を与えるため、センサーによるトラッキングデータの解析と動画撮影による選手の細かい動きの分析の併用が今後のフットサルやサッカーのゲーム分析に有効な手法となることが見込まれる。

5 謝辞

本研究は「平成 27 年度武蔵野大学学院特別研究費」の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] 加藤健太, 「サッカーにおけるデータ分析とチーム強化」. 通信ソサイエティマガジン No.37 夏号 (2016).
- [2] 杉原厚吉, 「立体イリュージョンの数理」. 共立出版 (2006).
- [3] 加藤肇, 「サッカー選手の動きをデータ化する EAGLE EYE プロレベルのシステムを低価格で提供」. 週刊アスキー 1024 号 (2015).

(原稿提出: 2019 年 2 月 13 日; 修正稿提出: 2019 年 2 月 18 日)