

Abstract

現在、スポーツトレーニングの分野では科学的に選手の動きを分析し、改善する定量的な指導が求められている。本研究室では、その中でもバレーボール競技に対して科学的な分析を行ってきた。先行研究では1台のカメラで選手の2次元位置を追跡したが、選手の跳躍時に誤った位置を推定する問題があったため、本研究では複数のカメラを用いて3次元座標を追跡し、問題を解決することを目的とする。現時点では、3次元座標を追跡するために必要となるカメラ位置を求める新たな手法を開発し、その有効性を判断するため実験と考察を行った。

1 研究背景・目的

現在、スポーツトレーニングの分野では科学的に選手の動きを分析し、改善する定量的な指導が求められている。中でもバレーボール競技ではデータバレーという解析ソフトが活用されている。しかし、データバレーでは人の観測に基づいたデータを手入力する必要があるため、ソフトを使う難しさとデータの入力ミス、データ精度が問題である。

このような背景から先行研究では、1台のカメラを用いて選手の二次元位置を追跡するシステムを開発した。^[1]しかし選手が接地していることを前提とするため、跳躍時には誤った位置を推定する問題があった。バレーボール競技では選手が跳躍を頻繁に行うため、この問題の解決は重要な課題である。

そこで本研究では、複数のカメラを用いて選手の3次元位置を追跡することで先の課題に取り組むことを目的とする。

2 研究内容・方法

選手の3次元位置を推定するにあたり、コートとカメラの位置関係を知る必要がある。一般にカメラの設置位置を確定した状態で解析を行うが、実際に撮影する際に手間がかかる。そこで本研究では撮影映像からカメラ位置を求める手法を新たに開発し、その有効性を判断する。

実際のバレーボールコート(9m×18m)に対して撮影を行う機会がなかったため、図1に示す仮コート(90cm×180cm)を作成し、模擬実験を行った。

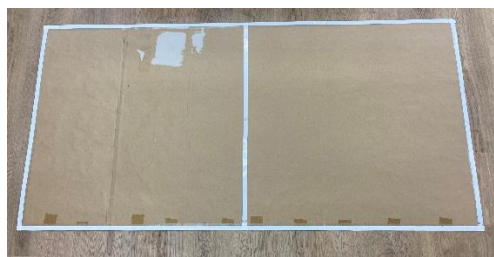


図1 作成した仮コート

2.1 射影変換の特性

手法の肝となるのは射影である。撮影した画像に対して、射影変換を適用すると画像の形状を変形させることができる。図1の画像に対して適当に射影変換を適用した例として図2を示す。図1から図2への変換は、画像内のコート4隅の座標を(0,0), (0, 900), (900, 1800), (0, 1800)へ移動させる射影行列を求め、画像全体に対して行列積を取ることで実現している。

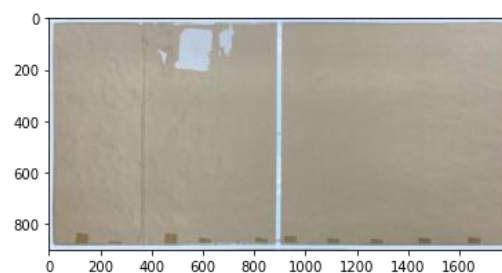


図2 射影変換を施した仮コート

図2ではコートを真上から撮影したような画像に変形していることが分かる。しかしほとんどの場合、射影後の画像は真上から撮影した画像と一致しない。例として、コート内部に高さ14cmのペンを立て、図1と同様の位置からコートを撮影し、適当に射影した画像を図3として示す。



図3 ペンを立て射影変換を施した仮コート

ペンはコートに対して垂直に立っているが、図3を見ると傾いているように見える。これは射影変換がある平面に対しての画像全体の射影を変換結果とするからである。カメラを光源と考えると、光源によってペンの影が実際のコートに出現する。射影変換はその影を求める変換だといえる。この特性を利用してカメラ位置を画像のみから推定できると考えた。

2.2 撮影映像からカメラ位置を推定する手法

カメラを光源として考えると、カメラ、物体自身、物体の影が一直線上に並ぶことが分かる。これは画像の射影変換でも同様である。この特性からカメラ位置を推定することができると考えた。

まず物体の世界座標が既知であるとし、その座標を (x_0, y_0, z_0) と置く。次にその物体の射影先はコート上にあり、Z座標は0であるので射影先の世界座標を $(x'_0, y'_0, 0)$ と置く。先の性質からカメラ位置はその2点を通る直線上にあると考える。

これを異なる2物体に対して考えると、物体からカメラに向かう直線を2本引くことができ、2本の直線は理論上カメラの位置で交わる。

2.3 手法の検証方法

図2の座標平面をXY平面、コートの高さを0とするZ軸で構成する世界座標系を考える。座標系の単位はmmである。この座標系の中にyを変数とする $(-900, y, 700)$ の位置にカメラを設置する。それぞれの位置で撮影を行い、先の手法によって推定位置 (x_p, y_p, z_p) を求め、実際の位置との差を確認する。

世界座標が既知である2物体は、世界座標が $(0, 0, 140)$ と $(0, 900, 140)$ のパターン1、 $(900, 0, 140)$ 、 $(900, 900, 140)$ のパターン2を用意し、物体位置によってカメラ位置の推定精度が変化するかどうか確認する。なお、画像の解像度は 1440×1080 とする。

3 検証結果

カメラ位置の推定結果について、物体の世界座標がパターン1としたときの推定結果を表1に、パターン2としたときの推定結果を表2に示す。

表1 カメラ位置の推定結果

y	x_p	y_p	z_p
0	-905	1	700
300	-885	309	694
450	-882	460	696
600	-873	609	692
900	-839	891	676

表2 カメラ位置の推定結果

y	x_p	y_p	z_p
0	-789	15	649
300	-764	297	652
450	-765	439	651
600	-740	576	647
900	-730	852	648

研究結果として、物体の世界座標の違いによってカメラの推定精度に大きな差が見られた。表1ではXYZの誤差は10mm程度だった。表2ではYは表1と同程度の誤差であったのに対し、XZの誤差は100mm程度と実際の位置と比べて大きく離れていた。

これはカメラと離れた位置に対応するピクセルを持つ情報の範囲が大きくなることが原因と考える。今回撮影した画像では、コート幅に対応するピクセル数がカメラ側では900ピクセル程度であるのに対し、反対側では400ピクセルであった。すなわち、1ピクセルが対応する長さに2倍以上の差があることを意味する。この差によって射影先がずれ、直線の精度低下、カメラ位置の精度低下につながったと考える。

4 まとめ・今後の課題

本研究では、カメラ位置を推定する新たな手法を開発し、その有効性を確かめた。検証の結果として、物体の位置がカメラから遠くなることで精度が大きく低下したため、本手法でカメラ位置を推定するのは有効でないと考える。

しかし本手法はピクセルの対応する長さが大きいことが問題であった。今回の検証では画像の解像度を 1440×1080 としていたが、より高解像度で撮影することも可能である。今後は高解像度の画像を用いて、再度検証を行うことや、仮コートではなく実際のバレーボールコートで撮影を行うことを目指す。

本手法を高解像度画像に対して適用して精度が低かった場合は、遺伝的アルゴリズムを用いた手法を用いることを考える。^[2]

また、選手の3次元位置は本手法を複数のカメラに応用することで求める方法を既に考えているため、こちらの検証も行っていく。

5 参考文献

[1] 平田蓮, “情報端末の内蔵カメラを用いた運動再現システム”, 令和3年度長岡工業高等専門学校卒業論文(2022)

[2] 鈴木雄太, 竹中俊輔, 榎本靖士, 田内健二, “競技場の特徴点を利用したカメラパラメータ算出法に関する研究”, バイオメカニクス研究, 20巻(2016), 1号, p. 2-9.