

身体部位動作の相関性に基づく サッカーリフティング動作解析の試み

加藤 佳祐[†] 並木 豊[‡] 戸辺 義人[†]

東京電機大学 未来科学部情報メディア学科[†] 東京電機大学院 未来科学研究科情報メディア学専攻[‡]

1. はじめに

競技レベルから個人の健康増進に至るまで、我々の生活においてスポーツが果たす役割は大きい。中でもサッカーは競技人口が多く、手軽にできるスポーツであることから、初心者の参入が多い。初心者がサッカー技術を修得しようとする際には、指導者の適切な指示と管理のもとで練習を積むことが理想である。しかし、我々が優秀な指導者を見つけることは難しく、かつ個人の能力差、理解力の差などで、身体知としての技術の定着にばらつきが生じてしまう。そこで本研究では、初心者が容易にサッカー動作を分析し、技術修得の補助を行うシステムを検討する。今回は一試みとして、ボールリフティング動作の取得と解析を行った。

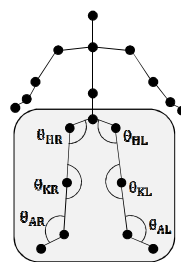


図 1. 座標取得イメージ

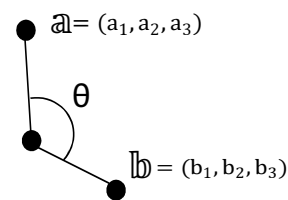


図 2. ベクトルの内積

2. 関連研究

指導者の監督下でない状況で自主的に訓練を繰り返す行う場合には、誤った動作を継続する恐れがあり、練習効率の低下や適切でないフォームの定着などに繋がる。運動時の動作をデジタルデータとして取得して解析を行うことで、熟達者と初心者間における技術的な差異を明らかにする手法が研究されている。櫻川, 西尾ら[1]は、モーションキャプチャにより取得した 3 次元データを用いて、フォームの矯正を行うゴルフコーチングシステムを提案している。ゴルフスイング中でキーとなるフォームにおいて、熟達者と初心者間での関節動作の差異を表示することで、ユーザが確認と修正を行うことが可能である。崔, 関口ら[2]は、居合道の熟練度を、モーションキャプチャによる身体動作データを用いて定量化している。身体重心と特定部位の移動、角度に関する特徴量を、多変量解析により抽出してグループ分けを行っている。これらに用いられた従来のモーションキャプチャシステムでは、人体の関節部にマーカーやセンサを装着し、トラッカーで捉えているが、システム導入のコストが高く、一般の人が環境を構築して利用することは容易ではない。また、マーカーやセンサを取り付けることによって動作を妨げる可能性がある。近年では、Kinect[3]や Xtion PRO LIVE[4]といったマーカー不要の安価なデバイスが普及しているため、本研究では Kinect を用いて動作を取得する。

$$\theta = \cos^{-1} \frac{\mathbf{a} \cdot \mathbf{b}}{|\mathbf{a}| |\mathbf{b}|} \quad (1)$$

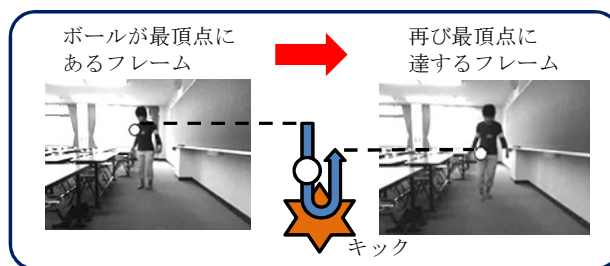


図 3. リフティング 1 回の定義

3. モーションデータ取得

リフティング動作のデータ取得には、Microsoft 公式ライブラリの Kinect for Windows SDK を用いた。フレームレートは 30Hz である。Kinect for Windows SDK では、Kinect で取得した深度画像から人体を検出し、計 20 点の関節部を 3 次元座標で求めることが可能である。本研究では、図 1 のように、リフティング動作に重要だと考えられる下半身 9 点の変化に注目した。リフティング動作中の左右の股関節、膝、足首の計 6 点について、時系列データから内角を算出した。内角は、図 2 および式(1)のとおり、対象の点および隣接する 2 点を用いたベクトルの内積を計算することで求める。

4. モーションデータ解析

ボールのキック動作 1 回ごとに、得られた 6 点における内角の時系列データの分離を行った。キック動作 1 回の定義を図 3 に示す。ボールの高さが頂点にあるフレーム

Analysis of Football Actions Based on Correlation of Body Joints Movement

Keisuke Kato[†], Yutaka Namiki[‡], Yoshito Tobe[†]

[†]School of Science and Technology for Future Life

Tokyo Denki University

[‡]Department of Information Systems and Multimedia Design

Tokyo Denki University

$$\bar{f} = \frac{1}{N} \sum_{t=t_0}^{t_0+N-1} f(t) \quad \bar{g} = \frac{1}{N} \sum_{t=t_0+m}^{t_0+m+N-1} f(t) \quad (2)$$

$$\tilde{f}_{t_0}(t) = f(t) - \bar{f}(t_0) \quad \tilde{g}_{t_0}(t) = g(t) - \bar{g}(t_0) \quad (3)$$

$$R_{fg}(t_0, m) = \frac{C_{fg}(t_0, m)}{\sqrt{C_{ff}(t_0)}\sqrt{C_{gg}(t_0)}} \quad (4)$$

$$= \frac{\frac{1}{N} \sum_{t=t_0}^{t_0+N-1} \tilde{f}_{t_0}(t) \tilde{g}_{t_0}(t+m)}{\sqrt{\sum_{t=t_0}^{t_0+N-1} \tilde{f}_{t_0}^2(t)} \sqrt{\sum_{t=t_0+m}^{t_0+m+N-1} \tilde{g}_{t_0}^2(t)}}$$

表 1. 分類の定義

分類	状況
蹴り足	左, 右
利き足	左, 右
部位	太腿, 甲, 足の内側
成否	成功, 失敗
ふらつき	有, 無

ムから、落下したボールをキックし再び頂点に達するフレームまでを 1 回と定義した。分離した各データを状況別に分類する要素は、左右どちらの足で蹴ったか、利き足であるかどうか、蹴った部位(太腿, 甲, 足の内側), キックの成否, ふらつきの有無が挙げられる。これを表 1 に記す。本研究では、分類した各データに対して、正規化相互相関関数を用いて解析を行った。キック動作 1 回における関節 6 点の内角波形のうち, 2 点を組み合わせて計 15 通りの相互相関を求める。分類ごとの各データについて相関係数を算出して, 熟達者と初心者間で結果を比較し評価を行う。正規化相互相関関数は次のとおり求める。サンプル数 N の信号 $f(t)(t = t_0, t_0 + 1, \dots, t_0 + N - 1)$ に対し, $g(t)(t = t_0 + m, t_0 + m + 1, \dots, t_0 + m + N - 1)$ が時刻 m だけずれているとすると, f, g の平均は式(2)で求められる。平均と各系列の偏差を式(3)とすると, 相互相関 $C_{fg}(t_0, m)$ および $[-1, 1]$ の範囲に正規化された相互相関 $R_{fg}(t_0, m)$ は式(4)により算出される。

5. 解析結果

サッカー熟達者 4 人, 初心者 4 人の計 8 人から, それぞれキック 100 回分のリフティング動作を取得して, 解析を行った。キック 1 回ごとに表 1 をもとに状況別に分類し, 各関節間で得られた相互相関のデータを集積した。図 4, 図 5 は, いずれも利き足の甲部分でキックをして, ふらつきがなく, リフティングが成功したデータである。図 4 は, 左股関節と左膝の間の相互相関を示している。熟達者の方が初心者よりも相関が高い傾向にあることが分かる。図 5 は, 左股関節と左甲の間の相互相関を示しており, 熟達者の方が初心者よりも高い相関があらわれている。また, 図 4 と図 5 におけるサッカー熟達者のデータを比較すると, 左股関節と左甲の間の相互相関に数フレーム遅れて高い相関があらわれている。これは, 膝に対して足先の動きがやや遅れているためであると推測される。

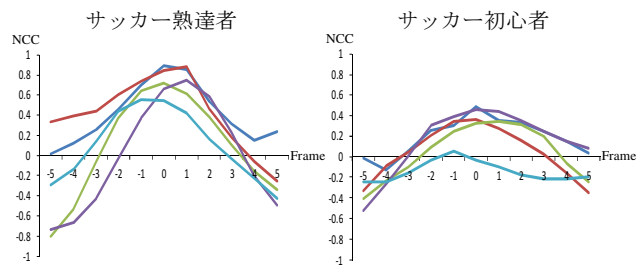


図 4. 左股関節-左膝間の相互相関

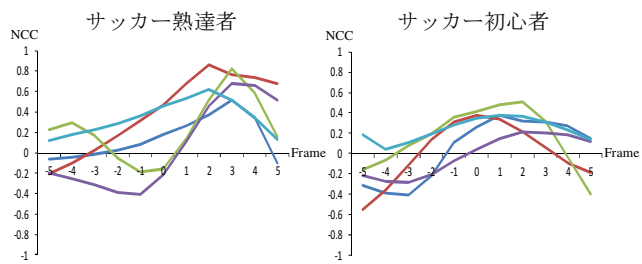


図 5. 左股関節-左甲間の相互相関

6. むすび

本研究では, Kinect を使用したモーションキャプチャによるサッカーリフティング動作の取得を行った。得られた 3 次元の時系列データに対して, 相互相関関数による解析を行い, 熟達者と初心者間にあらわれる特徴と差異を示し, サッカー初心者の技術向上に有益な要素の抽出を試みた。今後は, キック動作 1 回ごとの分離, およびキック状況の分類をより厳密に行い, 精度の向上を図ることが課題である。また, 評価の基準として, 本稿で示した下半身の角度変化だけではなく, 取得した 3 次元座標データから部位の移動速度や身体の軸を算出し, 変化の解析を行う。以上より得られる, 熟達者と初心者間の技術的な差異に関する知見をもとに, 初心者の技術修得を支援するシステムの構築を行う。初心者のサッカー動作を取得後, 即時に動作を解析し, 改善すべき動作を指導するシステムとする。実現のためには, ユーザの技術レベルに応じたクラスタリング, 多量のサンプルの収集, ユーザに対する情報の表示方法の検討などが必要である。

参考文献

[1] 櫻川直紀, 西尾孝治, 小堀研一, “モーションキャプチャを用いたゴルフスイングコーチングシステム,” 情報科学技術フォーラム一般講演論文集 3(3), pp.475-476, (2004).

[2] 崔雄, 関口博之, 八村広三郎, “モーションキャプチャを用いた居合道の熟練度に関する定量化,” 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告, pp.39-44, (2008).

[3] Kinect : <http://www.xbox.com/kinect>

[4] Xtion PRO LIVE : http://www.asus.com/Multimedia/Motion_Sensor/Xtion_PRO_LIVE/