

サッカーのインステップキックにおける非競技者の 足部姿勢を評価するための簡易的手法

辻本 典央^{*1,2}, 遠山 大貴^{*1}

A straightforward method for evaluating the foot posture of non-soccer players during instep kicking

Norio TSUJIMOTO^{*1} Hiroki TOHYAMA^{*1}

^{*1} Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Sports and Health Sciences

It is known that non-soccer players demonstrate varying foot postures while performing an instep kick. Since different instruction methods are required depending on the foot posture, it is crucial to quantitatively evaluate the foot posture during the instep kick and categorize the pattern. This study investigated the possibility of evaluating the foot posture during an instep kick using a single video camera.

The study involved 34 non-soccer and 15 soccer players who were instructed to kick the ball toward a net by an instep kick. A high-speed camera was positioned behind the subjects at the same height as the ball to record the image of the foot at the moment of impact. Using the images, we acquired data on the ratio of the sole area and the inclination of the foot at the moment of impact and attempted to categorize the foot posture. The results revealed that the foot posture could be classified into various patterns using the ratio of the sole area and the inclination of the foot. This method enabled a straightforward evaluation of foot posture with merely a single video camera; thus, it is expected to be a convenient tool in the coaching field.

Key Words : Soccer, Instep kick, Foot, Evaluation

1. 緒 言

サッカーにおけるインステップキックは、足の甲でボールを蹴るキックであり、数あるキックの種類の中でも最もボール速度を出すことができるキックである⁽¹⁾。このインステップキックはシュートやロングキックのような重要な場面で用いられることが多いため、競技者においては当然のように習得されている技術である。しかし、非競技者において足の甲でボールを蹴るインステップキックを適切に行うことは難しく、スポーツ系学部の学生であっても、非競技者の約半数は適切な足部姿勢でインステップキックを行えていないことが示されている⁽²⁾。

インステップキックでは、足部重心付近にボールを当てること^(3,4)、内側楔状骨付近にボールを当てていること⁽⁵⁾が良いとされている。そのため、ボールと足部のインパクトの際に、足関節を底屈させ、足部を側方へ傾け、足の甲を前に向けるという足部姿勢を取る必要がある⁽²⁾ (Fig.1)。先行研究においても、熟練者はインパクト時に足関節を底屈させていること⁽⁶⁾、足部を側方へ傾けていること⁽⁷⁾、足の甲を前に向け、内側楔状骨付近にボールを当てていること⁽⁸⁾が示されている。このいずれかが欠けると適切な足部姿勢ではなくなり、上記の狙った簡

* 原稿受付 2023年4月29日

^{*1} スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科

E-mail: tsujimoto@fukui-ut.ac.jp

所にボールが当たらなくなる。非競技者においては、この3つの条件を揃えることが難しく、いずれか、もしくは複数の条件が揃わない状況となる。

これまでの先行研究において、この非競技者の足部姿勢はいくつかのパターンに分けられることが示されている²⁾。適切でない足部姿勢が見られる場合、その足部姿勢のパターンにより指導するポイントが異なるため、非競技者のインステップキック時の足部姿勢の分類を示した結果は重要な情報である。しかし、この分類では、足部姿勢の評価に3次元DLT法を用いる手法⁶⁾や側方と後方の2台のカメラ映像を用いる手法²⁾が取られており、指導現場において簡易的に評価できる手法であるとはいえない。そのため、指導現場においてより簡易的に非競技者のインステップキック時の足部姿勢を評価できる手法を見出す必要があると考えられる。

そこで本研究の目的は、後方からのカメラ1台のみを用いて、非競技者と競技者のインステップキック時の足部姿勢を評価し、被競技者の足部姿勢の特徴を示すことができるかを確認することであった。

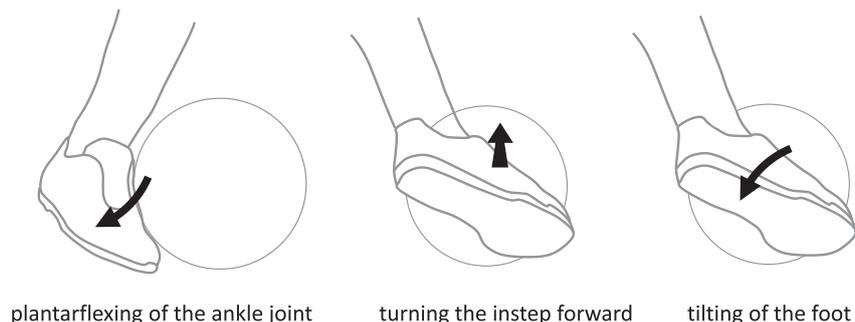


Fig.1 Ideal foot posture at instep kick

2. 方 法

2.1 被験者

被験者はF大学のスポーツ系学部に所属し、サッカーを競技として行っていない男子学生34名と、サッカー部の男子学生15名であった。被験者には本研究の趣旨を説明し、実験の参加の同意を得た。なお、本研究計画は大学倫理委員会にて承認されたものである(人-2021-02)(人-2022-05)。

2.2 実験設定および測定内容

被験者には静止したボールを約10m離れたネットに向かってインステップキックでボールを蹴るよう指示した。被験者には特段練習の時間は設けなかったが、キック動作の見本を見せるとともに、インステップキックは足の甲にボールを当てるキックであることの説明を行った。なお、インステップキックはロングキックのように上方に蹴り上げるキックではなく、低い弾道で飛ぶようなシュート性のボールを蹴るよう指示した。実験場所については、体育館および、サッカー部の一部の被験者は人工芝グラウンドで行った。

地面に置かれたボールの真後ろにハイスピードカメラ(スポーツコーチングカム, ロジカルプロダクト社製)を1台設置し、フレーム数300fps, シャッタースピード1/1000秒にて撮影を行った。なお、カメラの高さは置かれたボールの高さと同程度の高さになるよう設置した。

インステップキックは各被験者3本ずつ実施した。そのため、非競技者34名から102試技, 競技者15名から45試技分のデータを取得した。

2.3 取得データ

得られた映像より、足部とボールが接触した瞬間（ボールにへこみが確認された瞬間）の画像を切り取った。切り取られた画像より、画像分析ソフト（imageJ, NIH）を用いて、以下の変数を算出した。

foot_angle : 踵→つま先ベクトルと、水平ベクトルのなす角度 (deg) Fig.2 における A

※水平ベクトルは床面に置かれた 2 つのマーカを事前に撮影することで認識させた。

足部が側方に傾いていると foot_angle の値は小さくなり、足部が側方に対して立っている状態であると foot_angle の値は大きくなる。

sole_area : シューズの足裏部分の面積 / シューズ全体の面積 (%) Fig.2 における B / (B + C)

※シューズ全体の面積には、足裏部分、踵部分、外側部分が含まれる。内側部分は仮に見えたとしても含まないこととした。

足関節が背屈している（つま先が前方に出る）とシューズの踵部分の見える範囲が大きくなり、足裏部分は見えにくくなる。そのため、sole_area の数字は小さくなる。また、足関節が底屈していたとしても、足の甲が上を向いているとシューズの外側部分が見える範囲が大きくなり、足裏部分は見えにくくなる。そのため、sole_area の数字は小さくなる。よって、sole_area の値が小さいことは足の甲が前方を向いていないことを表し、反対に、sole_area の値が大きいことは足の甲が前方を向いていることを表すと考えられる。



Fig.2 Each variable used for analysis

2.4 分析方法

上記の foot_angle と sole_area はインステップキックの足部姿勢の要因を示すものであることから、この 2 つの値の組み合わせによって、インステップキックの足部姿勢を分類できるものと考えられる。よって、得られた全試技において競技者、非競技者で foot_angle と sole_area がどのような組み合わせの分布になるかを調べ、非競技者の足部姿勢を評価、分類できるかを確認した。

また、foot_angle と sole_area の間の関係性をピアソンの積率相関係数を用いて調査した。分析の際の有意水準は 5% とした。

3. 結果

分析の結果、競技者の foot_angle は 22.4 ± 7.4 deg (9.4~40.7deg)、sole_area は 60.8 ± 6.5 % (45.9~75.5%) であった。また、非競技者の foot_angle は 26.8 ± 24.0 deg (-12.9~89.1deg)、sole_area は 59.5 ± 14.2 % (27.7~89.1%) であった。

この foot_angle と sole_area との組み合わせを、競技者、非競技者それぞれで散布図として示した。また、この散布図には競技者の各変数の平均値 ± 2 標準偏差の範囲が点線として示されている。その結果、競技者においてはある一定の範囲にプロットが集まり、その多くが各変数の平均値 ± 2 標準偏差の中に収まるのに対し、非競

技者は広い範囲にプロットがばらつくことが示された。また、`foot_angle` と `sole_area` との間には、競技者 ($r = 0.70$; $p < 0.01$) および非競技者 ($r = 0.85$; $p < 0.01$) それぞれのデータにおいて有意な相関が認められた。

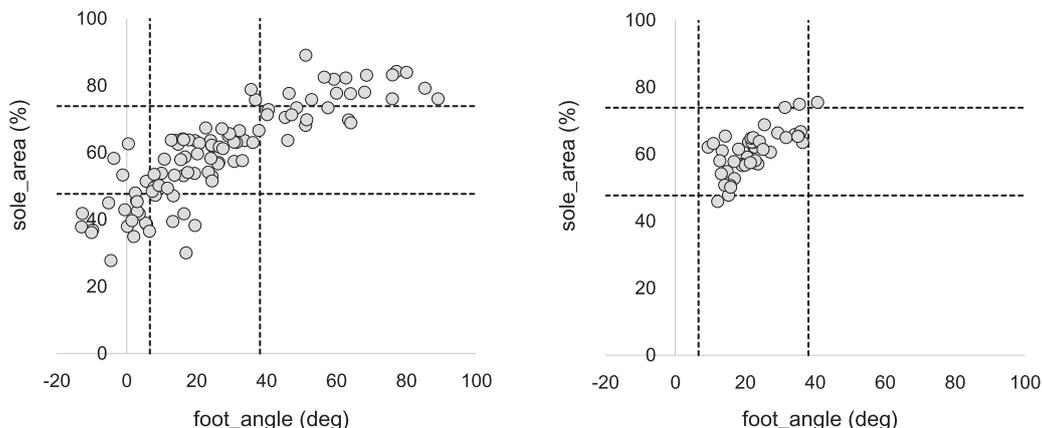


Fig.3 Relationship between `foot_angle` and `sole_area`. (Left) non-soccer players, (right) soccer players

4. 考 察

先行研究において、インステップキック時の未熟練者の足部姿勢は、足部が側方へ傾き過ぎているパターンと足部が立ち過ぎているパターンに大きく分かれることが示されている。また、足部が側方へ傾き過ぎているパターンについては、足の甲が前を向きにくく、足の内側やつま先がボールに当たりやすくなることが示されている。さらに、足部が立ち過ぎているパターンでは、足の甲は前を向きやすくなるものの、足部が立ち過ぎているために足部の重心付近よりつま先よりの部分がボールに当たることが示されている²⁾。このような足部姿勢の特徴を、本研究の手法により捉えられているのかを検証する。

まず、`foot_angle` と `sole_area` の関係性より、足部が側方に傾いていく姿勢になる (`foot_angle` が小さくなる) と、足の甲が前を向かない状態 (足裏は見えにくく `sole_area` が小さくなる状態) になることが分かり、反対に、足部が側方に対して立つような姿勢になる (`foot_angle` が大きくなる) と、足の甲が前を向く状態 (足裏が見えやすく `sole_area` が大きくなる状態) になることが分かった。

ただ、`foot_angle` が大きくなるにつれ、`sole_area` は大きくなるが、`foot_angle` が 50 度を超えたあたりからは `sole_area` の値はそれ以上大きくならない傾向にあり、80%程度の値で頭打ちになることが分かった。これは、どのような足部姿勢になっても、シューズの踵部分や外側部分が足裏で完全に隠れることはなく、現実的に 80%程度が上限の数字になるためであると考えられる。

このような `foot_angle` と `sole_area` の関係性がある中で、非競技者の足部姿勢は主に①～⑥のエリアに分かれた。①は競技者のデータから示した適切な足部姿勢の範囲である。この非競技者の中で適切な足部姿勢を示した割合は 44.1% (102 試技中 45 試技) であり、先行研究が示した適切な足部姿勢が取れている者の割合 (46.7%) と同程度であった。

さらに、非競技者の足部姿勢は②`foot_angle` 小, `sole_area` 小の場合、また、③`foot_angle` 大, `sole_area` 大の場合に大きく分類されることが示された。なお、④`foot_angle` 大のみのパターンもグラフ上からは読み取れるが、上述したように、`foot_angle` が 50 度付近を越えても `sole_area` の値は増えにくい状態となることから、`foot_angle` が大きい値を示す場合に、③のエリアとともに④のエリアにも自然とプロットが入ってくる。そのため、③と④のエリアは同様の足部姿勢を表すエリアとして、合わせて捉えても差し支えないと考えられる。

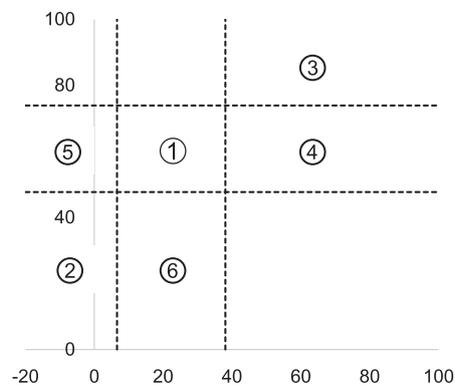


Fig.4 Areas that characterize the foot posture of non-soccer players

②の場合、足部が側方に傾きすぎ、踵が地面に近すぎる状態であり、それに伴い足の甲が上を向く、いわゆるインサイドキックのような足部姿勢になるパターンである (Pic.1)。反対に、③④の場合、足の甲は前を向くものの、足部が立ち過ぎるパターンである (Pic.2)。



Pic.1



Pic.2

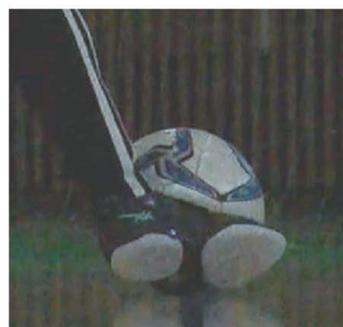
このように、本研究の手法によって、先行研究で明らかとなっている非競技者の足部姿勢パターンの大きな傾向を捉えられることが示された。

さらに、パターン数としては少ないが、⑤foot_angle 小のみ、⑥sole_area 小のみのケースも見られた。これまでの先行研究でも、大きな傾向に入らない特殊な足部姿勢が生じることは示されている²⁾。本研究の手法においても、このような少数の足部姿勢も抽出できることが示された。

⑤については、足部の傾きは適度な範囲であるにも関わらず、足の甲が前を向いていない状態を示している。この状態は、つま先が前に出る足部姿勢にて生じるものと考えられる。なぜなら、つま先が前に出ると、後方から見た際の踵部の面積が増え、足裏の面積が減るため、sole_area の値のみ小さくなることもあり得るためである。実際に⑤の写真を確認すると、つま先が前に出ている、いわゆるトゥーキックのような足部姿勢になっていた (Pic.3)。



Pic.3



Pic.4

このように、本研究の手法では、後方のカメラ 1 台の映像より、インステップキックの足部姿勢を適切な姿勢も含めて 5 パターンに分類できた。この結果は、3 次元 DLT 法を用いた研究⁸⁾や後方と側方のカメラ 2 台を用いた研究⁹⁾と同じような分類となっており、カメラ 1 台の映像から足部姿勢の分類が可能であることを示している。

指導現場において映像分析を行う際は、キャリブレーションを行ったり、複数のカメラを設置したりすることが困難な場合が多い。そのため、本研究で得られたカメラ1台で足部姿勢を評価する手法は、指導現場において活用しやすい手法であると考えられる。

この足部姿勢評価を用いると、パターンごとに指導を行うことも可能となり、より効率的な指導に繋がると考えられる。今後は、指導によってこの足部姿勢がどのように改善されたかなど、指導の効果検証にもこの手法が活用できるものと考えられる。また、今回は手動にて足裏面積や足部の傾きを割り出したが、AIを用いた画像認識などの技術を活用できると、より簡易的に評価ができると思われる。

5. 結 論

本研究の目的は、後方のカメラ1台を用いて、インステップキック時の足部姿勢を評価できるか否かを明らかにすることであった。分析の結果、インパクト時の後方からの足裏の面積および足部の傾きのデータから、足部姿勢を分類することが可能であることが示された。カメラ1台で簡易的に足部姿勢を評価することができる本研究の手法は、指導現場などにおいて活用しやすい手法であると考えられる。

6. 引用文献

- (1) 布目寛幸, "サッカーのキックにみられるムチ動作のダイナミクス", 体育の科学, Vol.61, (2011), pp509-513.
- (2) 辻本典央 "サッカー未熟練者におけるインステップキック時の足部姿勢のパターン調査", 北陸スポーツ・体育学研究, Vol.4, (2023), pp25-33.
- (3) 石井秀幸, 磯川正教, 丸山剛生 "インステップキックにおけるインパクト位置がボール速度に及ぼす影響とインパクト中の衝撃力の解析", バイオメカニクス研究, Vol.11, (2007), pp170-182.
- (4) 新海宏成, "サッカーボールのインパクトにおけるバイオメカニクス", 体育の科学, Vol.69, (2019), pp328-332.
- (5) 新海宏成, "サッカーナックルボールのサイエンス", トレーニング科学, Vol.22, (2010), pp299-306
- (6) H. Nunome, K. Inoue, K. Watanabe, T. Iga, and H. Akima. "Dynamics of submaximal effort soccer instep kicking", *Journal of Sports Sciences*, Vol.36, (2018), pp2588-2595.
- (7) 太田茂秋, 服部恒明 "サッカーキック時におけるボールと足の接触点に関する研究：スパイク着用状態のインステップキックについて", 体育学研究, Vol.32, (1987), pp37-42.
- (8) 辻本典央, 川崎廉, "サッカーのインステップキックにおけるインパクト時の足部姿勢評価に関する検討", 福井工業大学研究紀要, Vol. 50, (2020), pp358-364.

(2023年8月3日受理)