

## サッカー未経験者におけるインステップキック動作の特徴

辻本 典央<sup>\*1</sup>, 内藤 景<sup>\*1</sup>, 川崎 廉<sup>\*1</sup>, 絹巻 悟<sup>\*2</sup>

### Characteristics of the soccer instep kicking motion in an inexperienced person

Norio TSUJIMOTO<sup>\*1</sup> Hikari NAITO<sup>\*1</sup> Ren KAWASAKI<sup>\*1</sup> and Satoshi KINUMAKI<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Sports and Health Sciences

<sup>\*2</sup> Student and Educational Affairs Department

The purpose of this study was to analyze the characteristics of the soccer instep kicking motion of an inexperienced person and compare them to those of a skilled player. The results of this study indicated that the inexperienced person could not effectively employ the whip-like movement of the leg needed to increase the angular velocity during knee extension of the swing leg. It was also noted that the inexperienced person kept the ankle joint of the swing leg in dorsiflexion during the kicking motion compared to the skilled players. In addition, the inexperienced person showed a relatively small lateral tilt angle of the support leg, indicating that the kicking motion was performed with the body in an almost upright position.

**Key Words :** soccer, instep kick, swing leg, support leg, inexperienced person

## 1. 緒 言

サッカーは足でボールを蹴ることでパスやシュートを行い、得点を競い合うスポーツである。ボールを蹴る動作には、足の内側でボールを蹴るインサイドキック、足の外側でボールを蹴るアウトサイドキック、つま先でボールを蹴るトゥーキックなど、様々な種類がある。その中でも、足の甲でボールを蹴るインステップキックは、下肢の動きが歩行や走行といったヒトの基本的な動作に近く、無理なく足部を前方へ加速できるため、キックの中でも最も速い足部速度が生み出される<sup>(1)</sup>。よって、インステップキックはボールを速く、遠くへ飛ばすことができ、サッカーの試合中に頻繁に用いられる重要な技術となっている。

インステップキックにおいて速いボールを蹴る、遠くへボールを飛ばすためには、インパクト直前の足部速度を高めることが重要である<sup>(2,3,4)</sup>。そのためには、膝関節伸展の角速度を高めることが重要であり<sup>(1,5,6,7)</sup>、指導書でも膝から下を素早く振りぬくことがポイントとして挙げられている<sup>(8,9)</sup>。

これまで、インステップキックを対象とした先行研究では、熟練者の動きに着目したものが多く、膝関節伸展角速度を高めるための特徴等が詳細に解明されてきた<sup>(1,5,6,7)</sup>。一方、サッカー未経験者に着目した先行研究は散見されるが<sup>(10,11)</sup>、被験者数が少数であるため、統計的な分析が行われていない。よって、サッカー未経験者がインステップキックを行った際の動きの特徴は明確には分かっていないのが現状である。

例えば、教育機関における体育実技の授業では、サッカー未経験者にキック技術を指導する必要がある。そのため、サッカー未経験者の動きの特徴を掴んでおくことは指導を効率的に行うためにも必要である。また、体育系大学の学生は、自身がたとえサッカー未経験者であっても、教員採用試験にてドリブルからのシュートやパス

\* 原稿受付 2020年5月29日

<sup>\*1</sup> スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科

<sup>\*2</sup> 学務課

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

を受けた後のシュート等が課されることがあり<sup>(12)</sup>、インステップキックの技術を評価される機会がある。さらに、実際に教員になった際はサッカー経験の有無に関わらず、キック技術の見本を見せることや指導を行うことが求められる。このような理由から、体育系大学の学生は、サッカー未経験者であっても、キック技術の中で代表的なインステップキック技術を習得する必要がある。そのため、サッカー未経験者はインステップキック時にどのような動きの特徴を持つのかを把握することは、効率的に技術を習得するうえで重要となる。

これらのことから、サッカー未経験者のインステップキック動作の特徴を定量的に明らかにすることは、教育機関での指導や教員を志す者への技術指導の際に有益な情報になると考えられる。

よって、本研究の目的は、サッカー未経験者を対象としてインステップキック動作を分析し、熟練者の動きと比較することで、その特徴を明らかにすることとした。

## 2. 方 法

### 2.1 被験者

福井工業大学スポーツ健康科学部の学生の中でサッカー未経験者の男性 6 名（身長： $173.2 \pm 5.0$  cm，体重： $67.7 \pm 5.6$  kg，年齢： $20.7 \pm 1.0$  歳）を未経験者群，福井工業大学サッカー部に所属する男性 6 名（身長： $170.0 \pm 3.5$  cm，体重： $69.5 \pm 6.0$  kg，年齢： $20.3 \pm 0.5$  歳，サッカー経験年数： $14.0 \pm 2.0$  年）を熟練者群とした。なお，被験者の利き足（ボールを蹴りやすい方の足）は全員右であった。測定に先立ち，被験者には実験の趣旨を口頭と文章にて説明し，同意書にて実験参加の同意を得た。なお，本研究の実験計画は福井工業大学倫理委員会にて承認を得ている（人-2018-15）。

### 2.2 実験設定

被験者のインステップキック動作を 3 次的に分析するために，被験者の周りに 4 台の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）を配置し，フレーム数は 300fps，シャッタースピードは 1000 分の 1 秒でキック動作を撮影した。なお，4 台のカメラは LED シンクロナイザにて同期された（Fig.1）。

また，被験者には身体各部位に反射マーカを貼付した。分析に使用したマーカは，右大転子，右膝，右外果，右シューズ後，右シューズ前，左大転子，左膝，および左外果であった（Fig.2）。

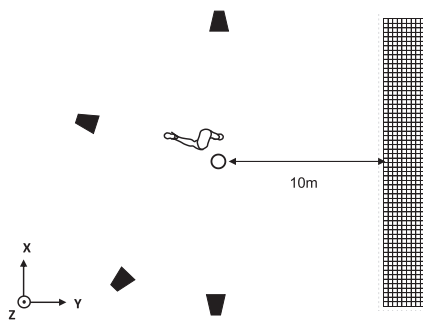


Fig.1 Experimental settings

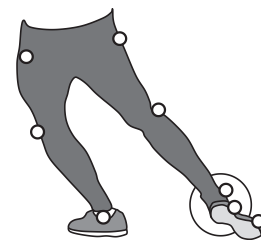


Fig.2 Marker displacement

### 2.3 実験試技

被験者には，10m 先のネットに向かって，インステップキックにて全力で真っすぐ前方へボールを蹴るよう指示した。各被験者 5 本の試技を行い，このうち，最も真っすぐ前方へボールが飛んだ試技を分析試技とした。

### 2.4 分析方法

4 台のカメラから得られた映像より，動作分析ソフト（Frame-DiasV，DKH 社製）を用いた 3 次元 DLT 法にて身体各部位に貼付された反射マーカの 3 次元座標を得た。座標データは支持脚の接地 20 コマ前～ボールインパクトの 20 コマ後までを取得し，分析範囲は支持脚接地～ボールインパクトまでとした。

得られた座標データは4次のバターワースローパスフィルタを用いて遮断周波数 20Hz にて平滑化した。なお、サッカーのシュートなど、ボールとの衝突により足部などのセグメントが急激に減速するような場合、平滑化処理にてその急激に変化するデータの影響をインパクト前のデータが受け、データに歪みが生じる（例えばインパクトの前から足部の減速が生じているようなデータとなってしまう）ことが報告されている<sup>(1,6,7)</sup>。従って、本研究ではボールインパクト後 20 コマ分のデータには、インパクト前 20 コマ分のデータを反転させて付け足したものをを用い、その後、平滑化を行うという手順を取ることで、データの歪みが生じないように処理した。

## 2.5 分析変数

分析した変数は以下の通りである（Fig.3）。

ボールに関する変数

- ・ボール速度：ボール中心の合成速度。インパクト後にボールが足から離れてから 10 コマ後までの平均速度にて算出。

蹴り足の動きに関する変数

- ・足部速度（インパクト時）：外果の合成速度。
- ・蹴り脚股関節の伸展/屈曲角度、角速度（支持脚接地時、インパクト時）：  
YZ 平面上における Z 軸と右大転子→右膝ベクトルのなす角度（a）より算出。Z 軸より大腿部が後方にある場合（Fig.3 のような状態）は負の値を、Z 軸より大腿部が前方にある場合は正の値を取り、屈曲位になるほど値が大きくなるよう定義。
- ・蹴り脚膝関節の伸展/屈曲角度、角速度（支持脚接地時、インパクト時）：  
右膝→右大転子ベクトルと右膝→右外果ベクトルのなす角度（b）より算出。伸展位になるほど値が大きくなるよう定義。
- ・蹴り脚足関節の底屈/背屈角度（支持脚接地時、インパクト時）：  
右外果→右膝ベクトルと右シューズ後→右シューズ前ベクトルのなす角度（c）より算出。底屈位になるほど値が大きくなるよう定義。

支持足の姿勢に関する変数

- ・支持脚の後方への傾き角度（支持脚接地時、インパクト時）：  
YZ 平面上における Z 軸と左外果→左大転子ベクトルのなす角度（d）より算出。後方へ倒れるほど値が大きくなるよう定義。
- ・支持脚の側方への傾き角度（支持脚接地時、インパクト時）：  
XZ 平面上における Z 軸と左外果→左大転子ベクトルのなす角度（e）より算出。側方へ倒れるほど値が大きくなるよう定義。

これらの変数を未経験者群、熟練者群にて対応のない t 検定を用いて比較し、この際の有意水準は 5%未満とした。また、両群の各項目の差の効果量（Cohen's d）も算出した。

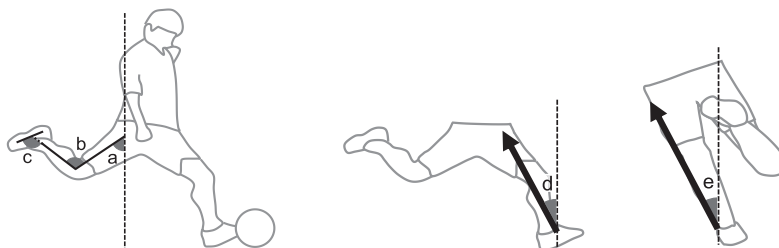


Fig.3 Analysis parameter

### 3. 結 果

#### 3.1 ボール速度, 足部速度について

Table1 は, 未経験者群, 熟練者群のボール速度およびインパクト時の足部速度を比較したものである. ボール速度は未経験者群のほうが有意に遅かった. 一方で, インパクト時の足部速度は両群に有意差は認められなかった.

Table.1 Comparison of ball velocity and foot velocity between inexperienced and skilled player

|               |        |     | inexperienced | skilled    | p-value      | ES    |
|---------------|--------|-----|---------------|------------|--------------|-------|
| ball velocity |        | m/s | 22.8 ± 1.8    | 26.5 ± 1.9 | <b>0.007</b> | 1.974 |
| foot velocity | impact | m/s | 17.1 ± 1.0    | 17.5 ± 0.9 | 0.489        | 0.415 |

#### 3.2 蹴り脚の動きについて

Table2 は, 未経験者群, 熟練者群の蹴り脚の動きに関する変数を比較したものである.

股関節角度は, 支持脚接地時, およびインパクト時において未経験者群のほうが有意に大きく, 大腿部が常に前方に位置している (股関節が屈曲している) ことが示された. 股関節屈曲角速度は, インパクト時において未経験者群のほうが有意に大きかった (Fig.4).

膝関節角度は, 支持脚接地時には未経験者群のほうが伸展している傾向にあり, インパクト時には未経験者群のほうが有意に屈曲していた. 膝関節伸展角速度は, インパクト時において未経験者群のほうが有意に小さかった (Fig.5).

足関節角度は, 支持脚接地時, およびインパクト時において未経験者群のほうが有意に背屈していた (Fig.6).

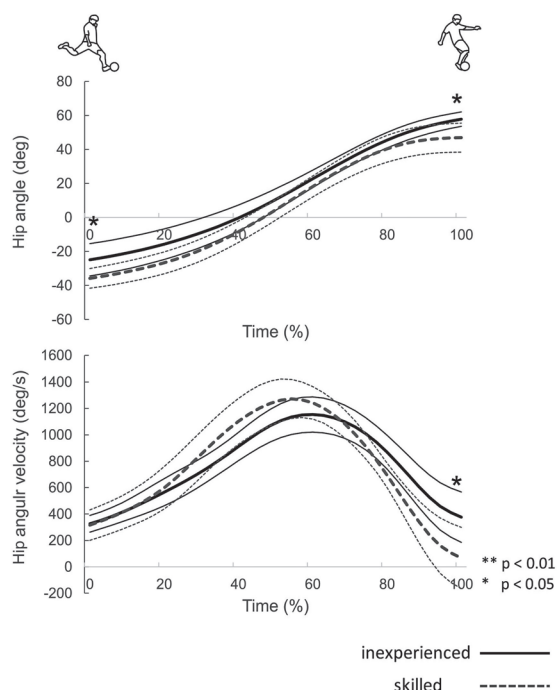


Fig.4 Average (±SD) change of the hip angle and angular velocity

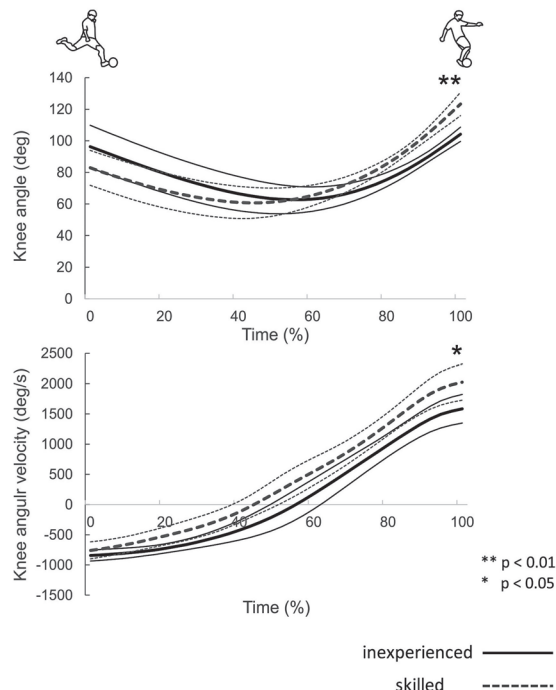


Fig.5 Average (±SD) change of the knee angle and angular velocity

## サッカー未経験者におけるインステップキック動作の特徴

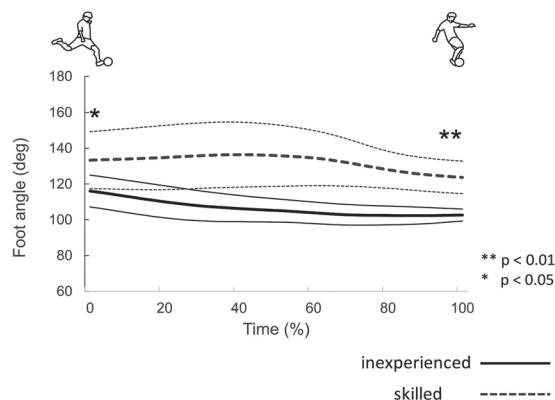


Fig.6 Average ( $\pm$ SD) change of the foot angle

Table.2 Comparison of swing leg parameter between inexperienced and skilled player

| swing leg parameter   |              |       |  | inexperienced      | skilled            | p-value           | ES    |
|-----------------------|--------------|-------|--|--------------------|--------------------|-------------------|-------|
| hip angle             | foot contact | deg   |  | $-24.9 \pm 9.5$    | $-35.8 \pm 5.8$    | <b>0.038</b>      | 1.383 |
|                       | impact       | deg   |  | $57.9 \pm 4.2$     | $47.0 \pm 8.5$     | <b>0.019</b>      | 1.614 |
| hip angular velocity  | impact       | deg/s |  | $376.4 \pm 190.6$  | $67.0 \pm 232.4$   | <b>0.030</b>      | 1.456 |
| knee angle            | foot contact | deg   |  | $96.3 \pm 13.5$    | $82.9 \pm 11.1$    | 0.089             | 1.089 |
|                       | impact       | deg   |  | $104.2 \pm 4.5$    | $123.3 \pm 7.4$    | <b>&lt; 0.001</b> | 3.128 |
| knee angular velocity | impact       | deg/s |  | $1586.4 \pm 237.2$ | $2025.5 \pm 297.9$ | <b>0.018</b>      | 1.631 |
| foot angle            | foot contact | deg   |  | $116.0 \pm 8.9$    | $133.2 \pm 15.9$   | <b>0.043</b>      | 1.334 |
|                       | impact       | deg   |  | $102.6 \pm 3.4$    | $123.7 \pm 9.1$    | <b>&lt; 0.001</b> | 3.068 |

### 3.3 支持脚の姿勢について

Table3 は、未経験者群、熟練者群の支持脚の姿勢に関する変数を比較したものである。

支持脚の後方への傾き角度は、両群間に有意差は認められなかった。

支持脚の側方への傾き角度は、支持脚接地時において未経験者群のほうが小さい傾向が見られ、インパクト時においては未経験者群のほうが有意に小さかった。つまり、未経験者群は側方へあまり傾くことなくキック動作を行っていることが示された。

Table.3 Comparison of support leg parameter between inexperienced and skilled player

| support leg parameter |              |     |  | inexperienced  | skilled        | p-value      | ES    |
|-----------------------|--------------|-----|--|----------------|----------------|--------------|-------|
| back tilt angle       | foot contact | deg |  | $53.8 \pm 5.8$ | $58.0 \pm 7.2$ | 0.296        | 0.637 |
|                       | impact       | deg |  | $65.9 \pm 5.0$ | $69.2 \pm 7.6$ | 0.400        | 0.507 |
| side tilt angle       | foot contact | deg |  | $22.4 \pm 5.0$ | $29.4 \pm 6.0$ | 0.053        | 1.266 |
|                       | impact       | deg |  | $22.3 \pm 5.0$ | $34.7 \pm 5.2$ | <b>0.002</b> | 2.428 |

## 4. 考 察

本研究ではサッカー未経験者のインステップキック動作の特徴を明らかにするために、未経験者および熟練者の動作を分析し、比較した。



インステップキックでは最終的に足部の速度を高める必要があり、そのためには下肢において発揮するエネルギーを効率的に末端部へ伝達させるムチ動作が重要である。このムチ動作では、大腿部角速度の増加の後に下腿部角速度の増加が発生し、また、下腿部角速度が増加するタイミングでは、大腿部の角速度が減少する、という動きが観察される。この大腿部の角速度の減少は、下腿部角速度を生むモーメントが増大することによる反作用がきっかけで起こると考えられている<sup>(1)</sup>。これらの角速度の増減のデータは、ムチ動作が上手く使えているかを判断するために重要となる。

本研究のデータを確認すると、未経験者群は一度大きくなった股関節屈曲角速度が、インパクトにかけてあまり減少せず、インパクト時には熟練者群に比べて大腿部が前方へ出ている結果となっている。また、膝関節伸展角速度はインパクト時において小さく、インパクト時の膝関節角度も熟練者群に比べて小さいという現象が起こっている。この結果から、未経験者群は下肢のムチ動作が上手く使えていないことが示唆される。一方で熟練者群は、一度大きくなった股関節屈曲角速度がインパクトにかけて大きく減少しており、膝関節伸展角速度はインパクト時に大きくなるといったムチ動作が生じていることが見て取れる。

本研究では、両群間の足部速度に有意差は認められていない。これは、熟練者が上手くムチ動作を用いて膝関節伸展角速度を上げ、足部速度を高めているのに対し、未経験者はムチ動作が上手く使えておらず、膝関節伸展角速度は上がっていないが、股関節屈曲角速度がインパクト時まで残っている（減少しきっていない）ため、脚全体としての速度は保たれ、足部速度が熟練者と同様の値となったものと考えられる。このため、未経験者は足部速度が熟練者と同様であるものの、その速度を生み出すための効率的な動きはできていないことが示唆される。ムチ動作を用いることのメリットとして、基幹部で発生したエネルギーを効率よく末端部の加速に使えるため、余計な力を出す必要がないことが挙げられる。末端部で余計な力を出さないことにより、末端部（足部）では、ボールに足を当てる場所を定めるといった、微妙なコントロールに集中できる可能性が高まると考えられている。未経験者はムチ動作が上手く行えていないために、足部のコントロールが上手くいかず、ボールの適切な位置にインパクトできていない可能性が考えられる。実際に、足部速度は両群間で有意差が認められていないにも関わらず、ボール速度は未経験者群において有意に低いという結果が得られているのは、適切な位置にインパクトできていないことが原因の1つと考えられる。よって、未経験者は、股関節の動きから膝関節の動きへの連動を上手く使い、膝から下を振りぬく動きにて足部の速度を高める意識を持たせる必要があると考えられる。

足部速度が同様であるにも関わらず、ボール速度に差が見られているもう1つの要因として、足部がインステップキックを行うための適切な姿勢を取れていない可能性が考えられる。インステップキックにおいてボールに力を伝えるためには、足部の甲の固い部分をボールに当てるような姿勢を取る必要がある。このためには、Fig.2のように、蹴り脚の足部は倒した（傾けた）状態で、かつ、足関節を底屈させ、甲を前に向ける必要がある。この姿勢を取ることで、甲の固い部分をボールに当てやすくなり、適切なインパクトを行うことができる。

しかし、本研究の結果より、未経験者は支持脚の側方への傾き角度が小さく、身体を側方へあまり傾けることなくキック動作を行っていた。直立に近い姿勢では、インパクト時に足部を倒すことが難しい。よって、このような支持脚の姿勢は、適切なインパクトを妨げる可能性が考えられる。また、先行研究によると、軸足の側方への傾きが少ないと、腰の回転があまり使えないこと<sup>(13)</sup>が報告されており、未経験者が示した支持脚の姿勢は効率的なキック動作を妨げていると考えられる。これらのことから、未経験者には体を側方へ倒してキック動作を行うことを推奨する必要がある。体を側方へ倒した姿勢を取るためには、キック方向に対して斜め方向から助走をして踏み込む必要性もあるため、未経験者にはキック動作とともに助走の行い方の指導も必要になると考えられる。さらに未経験者は、インパクト時に足部がより背屈していることも示されている。足部が背屈していると、インパクト時につま先が前へ出るため、足の甲よりも、つま先側の部分が先にボールに当たってしまう。よって、このような未経験者の足部の姿勢も適切なインパクトを妨げ、ボールへの力の伝達が上手くできない要因になっていると考えられる。また、未経験者の足関節は支持脚接地時からインパクトにかけて足関節が背屈していることも示されているため、未経験者にはインパクト時のみならず、支持脚接地時から足関節を底屈させる意識を持たせることも重要であるかもしれない。

## 5. 結 言

本研究では、サッカー未経験者と熟練者のインステップキック動作を分析し、サッカー未経験者の動きの特徴を調べた。その結果、未経験者は蹴り脚における下肢のムチ動作を上手く使えていないことが分かった。また、足関節が常に背屈位で、インパクトに適していない状態となっていた。さらに、ボールに対して直線的に踏み込み、身体を側方へ傾けずにキック動作を行っており、足部を傾けてインパクトするといった適切な姿勢が取れない要因になっていると考えられた。

## 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) 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.
- (3) 布目寛幸, "速く遠くに蹴るための蹴り脚のバイオメカニクス", フットボールの科学, Vol.9, (2014), pp2-7.
- (4) 細田三二, 松崎泰樹, 手島貴範, 角田直也, "サッカーのキック動作における下肢スイング速度がボール飛距離に及ぼす影響", 体育・スポーツ科学研究, Vol.7, (2007), pp27-32.
- (5) 井上功一郎, "サッカーキック動作のバイオメカニクス", 体育の科学, Vol.69, (2019), pp323-327.
- (6) 布目寛幸, "速く遠くに蹴るための蹴り脚のバイオメカニクス", フットボールの科学, Vol.9, (2014), pp2-7.
- (7) 布目寛幸, "サッカーのキック動作の指導に関するヒント：最新の研究成果による古くて新しい理解", トレーニング科学, Vol.18, (2006), pp323-327.
- (8) 日本サッカー協会, "サッカー指導教本 2016 JFA 公認 C 級コーチ", 日本サッカー協会, 東京, (2016).
- (9) 南雲伸幸, "差がつく練習法 サッカー 決定力を高めるシュートドリル", ベースボールマガジン社, 東京, (2015).
- (10) 望月知徳, 神事努, 湯浅景元 "サッカーのインステップキックにおけるボール速度と支持脚との関係とその基本的役割", 中京大学体育学論叢, Vol.43, (2001), pp31-38.
- (11) 荒井康夫, 垂見光雄 "サッカーのインステップキックにおける熟練者と未熟練者との比較", 名古屋女子大学紀要, Vol.28, (1982), pp241-247.
- (12) 共同出版, "64 都道府県市 教員採用データ 教職採用試験データベース", <http://www.kyodo-s.jp/saiyo-data/perfect> (参照日 2020 年 5 月 1 日).
- (13) 中村康雄, 齊藤稔, 林豊彦, 江原義弘 "熟練者・未熟練者におけるインステップキック動作解析", バイオメカニズム, Vol.20, (2010), pp53-64.

(2020 年 9 月 10 日受理)