

モーションキャプチャーシステムによるサッカー選手の キック動作のバイオメカニクスの研究

Biomechanical study on kicking movement in soccer players by motion capture system

西田 祐士*, 趙 天陽**, 畑 島 一 翔**, 飯 田 周 平*, 田 中 重 陽***

Yushi NISHIDA*, Tenyo CHO**, Kazuto HATASHIMA**
Shuhei IIDA* and Shigeharu TANAKA***

I. は じ め に

本報告では、令和4年度国土館大学体育学部附属体育研究所の、“球技スポーツ選手を対象とした専門動作の運動学的解析”プロジェクトで実施した研究について報告する。

サッカーのキック動作は、高速度カメラや光学式、慣性センサー式などのモーションキャプチャーシステムによって運動学及び運動力学的観点から多くの研究^{1) 2) 5)}がなされてきた。それらの多くが、最大努力によるキック動作やより遠くにボールをキックする動作が対象となっている。しかしながら、実際のサッカー競技では、パスやシュートの局面において、必ずしも最大努力で行われるキック動作ばかりではなく、正確性を求めて最大下によるキック動作が行われることが多い。ボール速度をコントロールするために、身体各部の動作がどのように調整されキック動作が行われているのかは十分に明らかにされていない。そこで本研究では、異なる主観的努力によるキック動作の特徴を捉えるために、モーションキャプチャーシステムを用いて運動学的観点から評価すること

を目的とした。

II. 方 法

被験者は、現在も専門的なトレーニングを継続している男子大学生サッカー部員9名とした。被験者の年齢は、 19.9 ± 0.9 歳、身長は 174.4 ± 4.9 cm、体重は 70.3 ± 4.4 kg、競技年数は 14.2 ± 1.5 年であった。被験者の内、利き脚（ボールを蹴る脚）は、左脚が2名、右脚が7名であった。被験者には、実験の主旨や目的、方法及び安全性について十分に説明し、実験参加の同意を得た。

被験者にはランニングやウォーミングアップを十分に行かせた後、11m前方のネットに設置した目標（縦1.45m×横1.45m×高さ1.2m）をめがけて、インステップキックによるキック動作を行わせた。測定試技は、静止したボールに対する最大努力のキック動作と、最大下として最大努力に対する70%と50%の主観的努力度によるキック動作とし、各3回行わせた。なお、助走距離は、各被験者の任意としたが、各試技間で助走位置が変わらないように、助走のスタート位置とキック位

* 国土館大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

** 国土館大学大学院スポーツ・システム研究科 (Graduate School of Sport System, Kokushikan University)

*** 国土館大学政経学部 (Political Science and Economics, Kokushikan University)

置は統一した。それぞれの測定試技では、1回ごとにアンケートを口頭で行い、被験者の内省報告を得た。分析対象試技は最も内省の高い1試技とした。測定に使用したボールは、日本サッカー協会の認定球である5号球（質量420g、ボール空気圧0.6hp、周囲：68-70cm MIKASA社製）であり、ボール速度は、スピードガン（SPEEDSTERV, Bushnell社製）で計測した。

被験者のキック動作を3次元動作分析するためにXsens MVS モーションキャプチャーシステム（サンプリング周波数240Hz）を用いて、身体計測点17点の3次元座標データを収集した。被験者には体格に合わせた専用スーツを着用させ、頭部、胸部、骨盤、左右の肩、上腕部、前腕部、手の甲、左右の大腿部、下腿部、踵に、3D ジャイロスコープ、3D 加速度センサー及び3D 磁気センサーを搭載した慣性・磁気計測ユニットを装着した。鉛直方向をZ軸、試技開始時のキック方向をX軸、X軸と交差する方向をY軸とする右手座標系を静止座標系として定義し、キャリブレーションを実施した。動作開始から動作終了までのデータを取得した後、蹴り脚が右脚の被験者に対してはキック直前の右足が地面に接地した地点、蹴り脚が左脚の被験者に対してはキック直前の左足が地面に接地した地点から、インパクトまでのデータを抽出し、分析局面とした。蹴り脚の大腿部、下腿部、足部及び重心の3次元時系列データから合成速度

を算出し、分析局面の最大値を抽出した。また、最大努力の試技に対する主観的努力度70%及び50%試技の各部位における速度割合と、足部に対するボール速度の比率を算出した。その後、分析局面の時間を規格化し、蹴り脚の大腿部、下腿部、足部及び重心の速度を5%time毎の平均値として算出した。

Ⅲ. 結果及び考察

各試技のボール速度及び身体各部位の最大速度をTable1に示した。ボールの速度は、最大努力、70%及び50%試技の全ての試技間で有意な差が認められた。大腿及び下腿の最大速度は、最大努力に対して70%と50%試技間で有意な差が認められた。足部及び重心については、最大努力と50%試技間で有意な差が認められた。主観的努力度の漸減にともなうボール速度及び身体各部の速度低下の割合は、ボール速度が最も大きく、次いで重心の順であった（Fig.1）。この結果から、主観的努力度の漸減によるボール速度と身体各部位の速度の漸減は一致せず、主観的努力度が低くなる程、ボール速度の漸減と身体各部位の漸減の差が大きくなることが明らかとなった。これまで、主観的努力度と投動作や跳躍動作などの運動パフォーマンスとの関係について検討したものによれば、低い主観的努力度では、運動パフォーマンス

Table1. Comparisons of BV and velocity of each body part for kicking movement at maximal and submaximal effort.

	BV(m/sec)	UL(m/sec)	LL(m/sec)	Foot(m/sec)	CoM(m/sec)
Maximal	28.5±0.7	5.1±0.4	10.3±0.9	12.8±1.6	4.3±0.4
70%	24.4±1.0	4.6±0.4	9.2±0.7	11.2±1.1	3.8±0.4
50%	22.1±1.4	4.2±0.7	8.8±1.1	10.7±2.0	3.5±0.6

BV: Ball velocity, UL: Upper leg, LL: Lower leg, CoM: Center of mass.
Mean ± S.D. * : p<0.05

が主観的努力度を上回ることが報告^{3) 6) 7)} されている。本研究の結果は、これらの先行研究^{3) 6) 7)} を支持するものであった。サッカーのキック動作に関する主観的努力度とボール飛距離の関係について検討⁴⁾ したのもでも、同様の結果が得られており、その要因としてキック技術（キックの種類）の違いを指摘している。サッカーの実践において、インフロントキックが用いられるのは、主

にシュート等、高いボール速度が必要とされるシーンであり、主観的努力度が低い、即ちボール速度を抑えたキック動作（ショートパス等）ではインフロントキックよりもインサイドキック等が多用されることが多い。従って、低い段階の主観的努力度によるインフロントキックに対する意識が鋭敏化されていないことが影響した可能性が考えられた。キック能力の指標の評価として算出した足部の最大速度に対するボール速度の比率は、最大努力の試技が 2.3 ± 0.3 、70%試技が 2.2 ± 0.2 、50%が 2.1 ± 0.5 であり、試技間の有意差は認められなかった。よって、主観的努力度が異なっても足部とボール速度の比率は変化せず、足部の速度に見合ったボール速度が得られるものと推察された。

次に、分析局面における身体各部位の速度の変化様相を規格化時間で評価した（Fig.3）。その結果、重心は蹴り足接地地から80%局面の間で最大努力の試技に対して主観的努力度70%及び50%試技が有意に低い値を示した。大腿部は、35%～45%、65%～80%局面で最大努力と主観的努力度70%試技の間に有意差が認められ、15%～80%局面で最大努力と主観的努力度50%試技の間に有意差が認められた。次に下腿は、最大努力と主観的努力度70%試技間で有意差が認められたのは75%～85%局面であり、最大努力と主観的努力度50%試技間で有意差が認められたのは70%～90%局面であった。足部については、95%～100%局面において最大努力と主観的努力度70%の試技間で有意差が認められ、50%～100%局面において最大努力と主観的努力度50%試技間で有意差が認められた。重心やそれに近い大腿では比較的キック動作全体で、主観的努力度の違いによる速度差が認められ、末端部に近い下腿や足部については、最大速度の出現する局面や、インパクトにかけてその差が顕著にみられる結果となり、主観的努力度の漸減にともなう重心及び身体各部位の速度漸減は、部位によって異なるものと推察された。

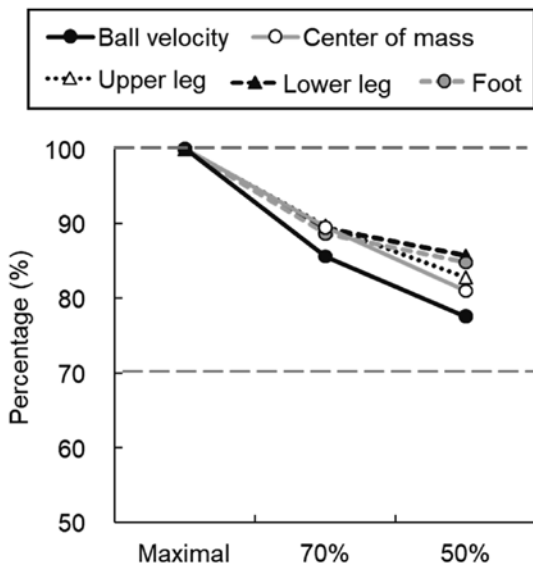


Fig.1. Change of percentage for kicking movement at maximal and submaximal effort.

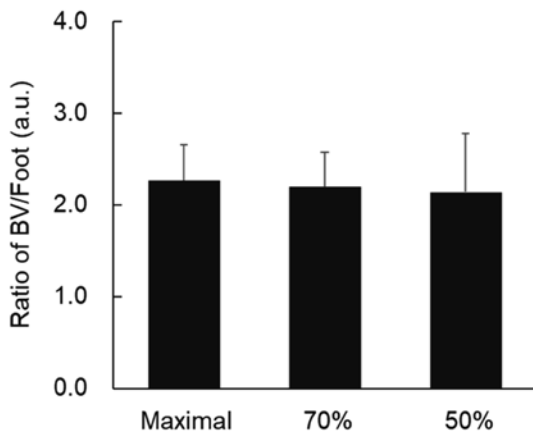


Fig.2. Comparison of ratio of BV to foot movement velocity.

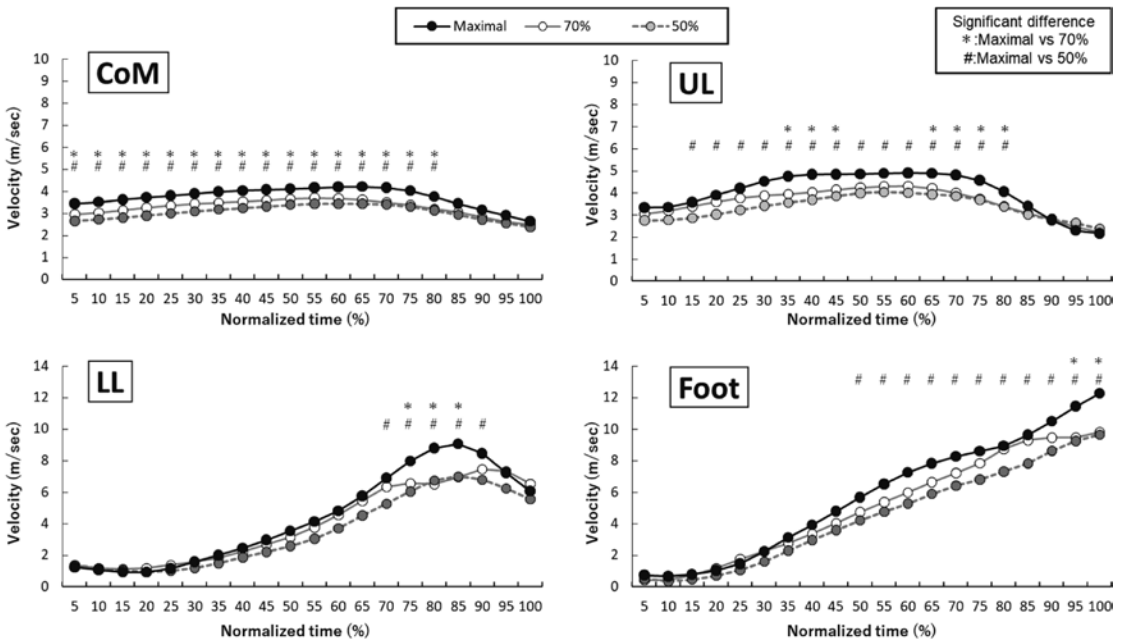


Fig.3. Comparisons of relative movement velocity of each body part for kicking movement at maximal and submaximal efforts.

CoM: Center of mass, UL: Upper leg, LL: Lower leg.

IV. ま と め

サッカーのキック動作において、主観的努力度の漸減によるボール速度と身体各部位の速度の漸減は一致せず、主観的努力度が低くなる程、ボール速度の漸減と身体各部位の漸減の差が大きくなることが明らかとなった。また、主観的努力度の漸減にともなう重心及び身体各部位の速度漸減は、部位によって異なる傾向が確認された。

本研究は、令和4年度国士舘大学体育学部附属体育研究所の助成を受けて実施した。

参考文献

1) 房野 真也, 塩川 満久, 沖原 謙, 磨井 祥夫, 奥田 知靖, 丸山 啓, 黒川 隆志 (2012). サッカーにおけるグランダーボールのキック動作解析. コーチ

ング学研究, 第26巻, 第2号, 167-176.

2) 井上 功一郎, 布目 寛幸, 新海 宏成, 池上 康男 (2013). キック方向の変化がサッカーのインステップキックのキネマティクスに及ぼす影響. バイオメカニクス研究, 17, (3), 110-125.

3) 伊藤 浩志・村木 征人 (1997). 走, 跳, 投動作のグレイディング能力に関する研究. スポーツ方法学研究, 10 (1), 17-24

4) 小塚 昭仁・八百 則和・長谷 川望 (2007). サッカーのキックにおける主観的努力度とパフォーマンスの関係. スポーツ方法学研究, 21 (1), 29-41

5) 畔柳 俊太郎, 桜井 伸二 (2021). サッカーのロングキック動作における足部とボールの関係: インステップキックのシュートとロングキックの比較. 中京大学体育研究紀要, Vol.35, 65-70.

6) 村木 征人・稲岡 純史 (1996). 跳躍運動における主観的強度(努力度)と客観的出力との対応関係. スポーツ方法学研究, 9 (1), 73-79.

7) 種ヶ嶋 尚志・高橋 正則・加藤 史夫・青山 清英 (2002). テニスのサービスにおける主観的努力度がパフォーマンスに与える影響. スポーツ方法学研究, 15 (1), 15-23.