

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

Effect of swing velocity of lower limb on kicked ball distance in soccer ball kicking.

細田 三二*, 松崎 泰樹*, 手島 貴範**, 角田 直也**

Mitsuji HOSODA*, Yasuki MATSUZAKI*
Takanori TESHIMA** and Naoya TSUNODA**

Abstract

The purpose of this study was to clarify effect of swing velocity and estimated swing power of lower limb on kicked ball distance in ball kicking movement.

One hundred sixty six children aged from 10 to 17 years old were served as subjects. All subjects were performed maximal ball kicking to measure maximal kicked ball distance (BD). Maximal swing velocity (SV) on ball kicking movement of the lower limb was obtained using a custom-made movement velocity measurement system of Speed Meter.

SV was closely related to the BD in all the subjects. The significant relationship between estimated swing power (ESP) and BD was fitted with a 2nd order polynomial regression, where BD increased through 20000w in ESP, and then plateaued.

From these results, it was suggested that kicked ball distance might be affected on not only swing velocity and estimated swing power but ball kicking skills.

1. 緒言

サッカーのボールキック動作において、下肢のスイング速度がボール速度に大きく影響を及ぼすことが多くの研究^{4) 7) 10) 13)}から明らかにされている。このスイング速度は、助走によって生み出された蹴り脚のエネルギーを大腿、下腿及び足部へと体幹部から末端部に向かって効率よく移動させ

ることで大きくできることが知られている⁸⁾。このようにキック動作におけるスイング速度は、複数関節の動きを組み合わせた動作様式で発揮される動作速度と考えることができ、スイング速度を計測することは、キックのパフォーマンスを評価する上で重要であると考えられる。

これまで、ボールキック動作のパフォーマンスをボール速度やボール飛距離と捉え、体力的要素

* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

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

との関わりから多くの研究^{3) 5) 6) 11)}がなされている。Calbi et al⁵⁾は、膝伸展・屈曲筋力とボール飛距離の関係について、有意な相関関係が認められたことを報告している。また、浅見ら³⁾は脚伸展筋力、筋収縮速度及び脚伸展パワーとボール速度の関係について検討した結果、パワーがボール速度に最も関与していると述べている。このように、優れたボールキックパフォーマンスの獲得には、筋力やパワーといった体力的要素の影響を受けるものと考えられる。

そこで本研究では、サッカーのキック動作における下肢スイング速度及び推定下肢スイングパワーがボール飛距離に及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 方法

a. 被検者

被検者は、10歳から17歳までの男子の児童・生徒166名であった。Table.1には、被検者の年齢及び身体的特性を示した。

b. 形態計測

形態計測は、身長、体重及び下肢長について測定した。身長は身長計を、体重は体重計を用いて計測した。下肢長は、大腿長(大腿骨骨頭から脛骨外果点まで)と下腿長(脛骨外果点から足関節外果点まで)を計測し、その和を下肢長として採用した。

c. ボール飛距離の測定

被検者が蹴ったボールの飛距離(ボール飛距離)の計測は、ボールを蹴った地点から最初のバウンドまでの距離についてメジャーを用いて計測した。各被検者とも最大努力により3回の試行を実施し、その最高値を測定値として採用した。

d. 下肢のスイング動作速度の計測

ボールキック時における下肢のスイング動作速度(スイング速度)は、先行研究¹³⁾と同様にSpeed Meter(VINE社製)を用いて測定した。本研究の下肢スイング動作速度の測定は、Speed Meterに連結されたワイヤーに付属しているフックに特製の固定ベルトを取り付け、そのベルトを蹴り足の足関節に装着し、3回のキック動作を行わせて検出した。スイング速度は、Speed Meterにより検出された最高速度出現時の値とし、得られた速度のうち最高の値を測定値とした。また、最高速度出現時の速度曲線から平均加速度を算出した(Fig.1)。

Table.1 Physical characteristics of all the subject.

n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)	Lower limb length (cm)
166	13.4±1.8	157.0±11.6	45.9±10.3	73.6±5.6

Values are Mean ± S.D.

Mean acceleration was calculated by following formula.

$$a = \frac{V_{\max} - V_0}{t}$$

Where,

a = Mean acceleration,

V_{max} = Maximum swing velocity,

V₀ = start of ball kicking movement (leg extension),

t = Movement time.

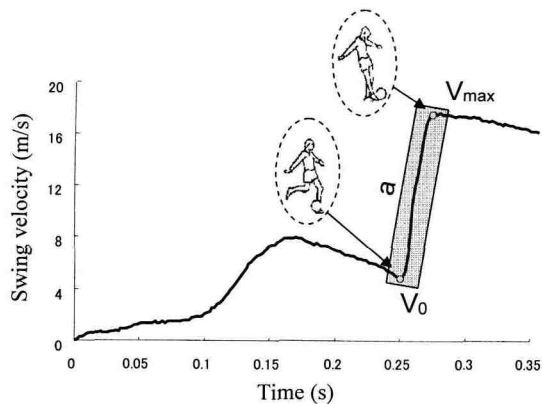


Fig.1 Calculate equation of acceleration and swing velocity curve during kicking movement.

e. 推定下肢スイングパワーの算出

本研究では、横井ら¹⁰⁾及び阿江ら¹¹⁾の身体部分係数を用いて蹴り脚（下肢）の部分質量を求め、スイング動作時の平均加速度との積からボールキック動作時における推定下肢スイング力を算出した。さらに、推定下肢スイング力と下肢スイング速度の積から推定下肢スイングパワーを算出した。計算式は、以下に示したとおりである。

推定下肢スイングパワーの算出

推定下肢スイング力 = 下肢換算質量 × 平均加速度

推定下肢スイングパワー = 推定下肢スイング力 × スイング速度

f. 統計処理

各項目間における相関係数は、ピアソンの相関係数を用いて検定した。有意水準は5%未満をもって有意とした。

Table.2 Kicked ball distance and swing velocity in all the subject.

Kicked ball distance (m)	Swing velocity (m/s)
31.6±9.2	14.9±2.5

Values are Mean ± S.D..

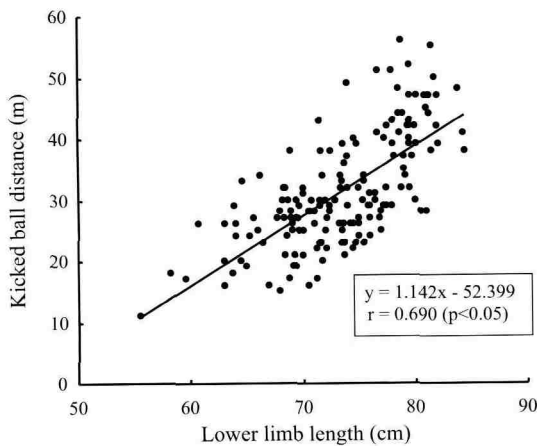


Fig.2 Relationship between lower limb length and kicked ball distance.

3. 結果

a. 下肢スイング速度とボール飛距離の関係

Table.2は、全被検者における下肢スイング速度及びボール飛距離を平均値及び標準偏差値で示したものである。ボール飛距離は31.6±9.2m、スイング速度は、14.9±2.5m/sであった。下肢長とボール飛距離との間には有意な相関関係が認められた (Fig.2, r=0.814, p<0.05)。また、Fig.3は、ボールキック動作時のスイング速度とボール飛距離の関係について示したものである。スイング速度とボール飛距離の間には有意な相関関係が認められた (r=0.690, p<0.05)。

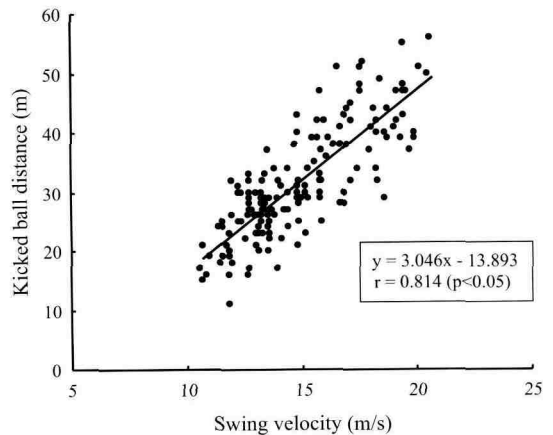


Fig.3 Relationship between swing velocity and kicked ball distance.

Table.3 Estimated swing power and relative estimated swing power to lower limb length in all the age group.

Estimated swing power (w)	Relative estimated swing power to lower limb length (w/cm)
17489.9 ± 13639.9	230.4 ± 160.9

Values are Mean ± S.D..

b. 推定下肢スイングパワーとボール飛距離の関係

Table.3には、推定下肢スイングパワー及び下肢長当たりの推定下肢スイングパワーを平均値と標準偏差値で示した。推定下肢スイングパワーは $17489.9 \pm 13639.9w$ 、下肢長当たりの推定下肢スイングパワーでは $230.4 \pm 160.9w/cm$ であった。Fig.4, 5は、推定下肢スイングパワー及び下肢長当たりの推定下肢スイングパワーとボール飛距離の関係を示したものである。いずれも有意な2次回帰曲線を示した。

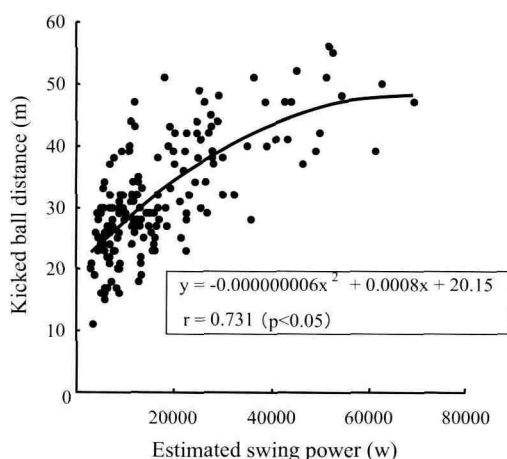


Fig.4 Relationship between estimated swing power and kicked ball distance.

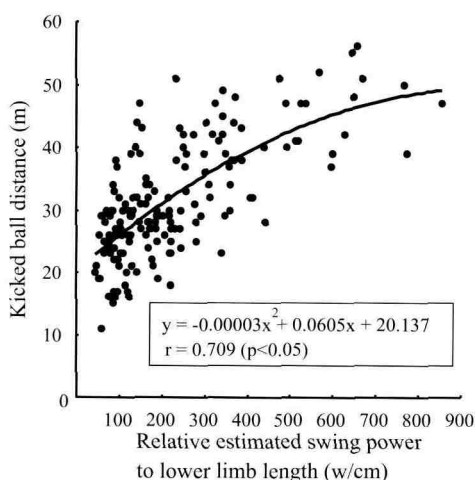


Fig.5 Relationship between the relative estimated swing power to lower limb length and kicked ball distance.

4. 論 議

ボールキック動作において、より大きな飛距離を獲得するためには、より速いボール速度で最適な角度によってボールが蹴り出される必要がある。本研究におけるボール飛距離の測定では、蹴り出し角度及びボール速度についての計測は行っておらず、これらについて検討することはできない。しかしながら、下肢長とボール飛距離の間において有意な相関関係が認められた。また下肢スイング速度とボール飛距離の間においても有意な相関関係が認められた。多くの先行研究^{7) 10) 13)}においてボール速度を決定する要因として蹴り脚のスイング速度が指摘されている。また、成人サッカー選手におけるスイング速度の決定要因について検討した磯川と小島⁸⁾によると、蹴り脚のスイング速度を決定する最も大きな要因は下肢長であることが報告されている。これらのことから、ボールキック動作において、下肢長及びスイング速度の高低はボール飛距離に大きな関わりを持つものと示唆された。

これまで、下肢の筋力及びパワーとボールキックパフォーマンスの関係については多くの報告^{3) 5) 6) 11)}がみられる。Calbi et al⁵⁾は、膝伸展・屈曲筋力とボール飛距離の関係について、Narici et al¹¹⁾は膝伸展・屈曲筋力とボール速度の関係について、また浅見ら³⁾は、脚伸展パワーとボール速度の関係にそれぞれ有意な相関関係が存在することを報告している。このように、より高いボールキックパフォーマンスを獲得するためには下肢の筋力及びパワーといった要因も重要であることが指摘されている。本研究の推定スイングパワーとボール飛距離の関係においては、最初はパワーの増加に伴いボール飛距離が急激に増加するものの、スイングパワーが20000wを超えたあたりからボール飛距離は、ほぼ一定の値を示している。また、同じスイングパワーを発揮していてもボール飛距離には大きな違いがみられた。本研究の被検者は、身体形態の発育及び筋の機能的発達著しい10歳

代の児童及び生徒である。このことを考慮すると、年齢の増加及び身体発育に伴って下肢の質量、筋力及びスイング速度が高まり、その結果としてボールキック時に発揮されるパワーが増加することが推察される。しかしながら、スイングパワーとボール飛距離の関係において、ある一定以上のパワーを超えるとスイングパワーがボール飛距離に及ぼす影響が少なくなるということは、ボール飛距離は年齢が低い時にはスイングパワーの影響を大きく受けるものの、年齢が高まるにつれてある一定以上のパワーを発揮できるようになると技術的な影響が大きくなるということであろう。即ち、発育期を通して最初は蹴り脚のパワーでボールを遠くに飛ばしているが、年齢が大きくなるにしたがってボールをキックする技術の差によってボール飛距離に違いがみられるということである。

ボールキック動作における技術的な要因については、これまでインパクト時の足関節部の固定¹⁾及びインパクト位置²⁾が指摘されている。その中でも、下肢骨格モデルを用いたコンピューターシミュレーションによりインステップキックの力学的特性について検討したAsai et al²⁾によれば、インパクト部位違いはボール速度に影響を及ぼすと述べている。このようにインパクト時に足関節を固定し適切な部位でボールにインパクトできるかどうかといった技術的な要因が、スイングパワーのみならずボール飛距離の高低には大きく関わるであろうことが考えられた。

5. まとめ

本研究では、サッカーのキック動作における下肢スイング速度及び推定下肢スイングパワーがボール飛距離に及ぼす影響について検討した。その結果、次のような知見が得られた。

1) ボールキック動作において下肢長及び下肢のスイング速度はボール飛距離を反映することが明らかとなった。

2) 推定下肢スイングパワーとボール飛距離の関係においては有意な関係が認められるものの、ボール飛距離の高低には年齢が高まるにつれてある一定以上のパワーを発揮できるようになるとボール飛距離は技術的な影響を大きく受けることが明らかとなった。

以上のことから、より大きなボール飛距離を獲得するためには、スイング速度及びスイングパワーの高低のみならず、キックの技術的な要因も大きく関わるであろうことが明らかとなった。

参考文献

- 1) 阿江通良, 湯海鵬, 横井孝志: 日本人アスリートの身体部分慣性特性. バイオメカニズム, 11 バイオメカニズム学会編集, 東京大学出版会, 東京, pp23-33, 1992.
- 2) Asai, T., Nunome, H., Maeda, A., Matsubara, S. and Lake, M.: Computer simulation of ball kicking using the finite element skeletal foot model. In: Proceedings of the 5th World Congress on Science and Football (Eds, Reilly, T., Cabri, J. and Araujo, D.). Routledge: Cornwall, pp77-82, 2005.
- 3) 浅見俊雄, 戸苅晴彦, 菊池武道, 足立長彦, 北川薫, 佐野裕司: サッカーのキックにみられるパワーとパフォーマンスの関係について. キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学 I, Human power の研究. 杏林書院 pp147-157, 1976.
- 4) 浅見俊雄, Nolte, V.: パワフルなインステップキックの力学的分析. Jpn.J.Sports Sci., 1(1): 62-67, 1982.
- 5) Calbi, J., De Proft, E., Dufour, W. And Clarys, J. P.: The relation between muscular strength and kick performance. In: Science and Football, (eds. Reilly, T., Lees, A., Davids, K. and Murphy, W.J.) E&FN Spon, pp186-193, London, 1988.
- 6) De Proft, E., Calbi, J., Dufour, W. And Clarys, J. P.: Strength training and kick performance in soccer players. In: Science and Football, (eds. Reilly, T., Lees, A., Davids, K. and Murphy, W.J.) E&FN Spon, pp108-113, London, 1988.
- 7) Isokawa, M. and Lees, A.: Biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. In: Science and Football, (eds. Reilly, T., Lees, A., Davids, K. and Murphy, W.J.) E&FN Spon, pp449-455, London, 1988.
- 8) 磯川正教, 小嶋武次. インステップキックにおけ

- るスイング速度は脚の長さによって決定される.
サッカー医・科学研究18:189-191, 1998.
- 9) 磯川正教, 蹴動作のメカニズム. 金子公宥, 福永哲夫編, バイオメカニクス身体運動の科学的基礎, pp.318-321, 杏林書院, 2004.
- 10) Levanon, J. and Depaena, J. : Comparison of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer : Med. Sci. Sports Exerc., 30(6) : 917-927, 1998.
- 11) Narici, M. V., Sirori, M. D. and Morgan, P. : maximum ball velocity and peak torques of hip flexor and knee extensor muscles. In Science and Football (eds. T. Reilly, A. Lees, K. Davids and W. J. Murphy). E&FN Spon. London, pp429-433, 1988.
- 12) 渋川侃二: ボールキックの際の関節固定の効果, 東京教育大学体育学部スポーツ研究所報, 11: 81-83, 1973.
- 13) 手島貴範, 弓桁亮介, 熊川大介, 田中重陽, 角田直也: 発育・発達期における少年サッカー選手のボールキックの能力. 東京体育学研究2005年度報告, 53-57, 2006.
- 14) 横井孝志, 渋川侃二, 阿江通良: 日本人幼少年の身体部分係数, 体育学研究, 31(1): 53-66, 1986.