

中学・高校・大学生男子サッカー選手の下肢スイング速度とボール飛距離の関係

The relationship between swing velocity of lower limb and kicked ball distance in male junior and university soccer players.

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 relationship between swing velocity and kicked ball distance in male junior and university soccer players.

One hundred seventy nine soccer players aged from 13 to 22 years old were served as subjects. Subjects were classified by three categories (junior high school group: JG, high school group: HG, University group: UG). 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.

BD was observed significant difference on each category. SV of UG was significantly higher than that of JG and HG. There was significant correlation coefficient between SV and lower limb length in JG. SV was closely related to the BD in each category.

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

1. 緒言

これまでサッカーのボールキック動作に関する研究において、ボール飛距離及びボール速度を決定する要因としてボールキック時の下肢スイング速度が指摘されている^{4) 7) 8) 12) 15) 16) 18)}。戸茱ら

¹⁸⁾は、スイング速度をボールキック動作の際のエネルギー発生能力とするPhysical resourceとして捉え、Performanceであるボール速度との関係について検討している。その中で、スイング速度とボール速度の関係には有意な相関関係が認められ、熟練者と未熟練者とは異なる回帰直線が引

* 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)

かれ、同一スイング速度では熟練者のほうが大きなボール速度を示したと報告し、この要因として技術レベルの違いにより熟練者では同じスイングであっても高いボール速度を発揮していると述べている。このように、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し、改善する上で重要であると考えられる。

発育期のサッカー選手において、ボール飛距離、ボール速度といったサッカーのボールキック能力は、思春期中の身体発育を伴い13歳から15歳の間に著しく発達することが報告されている¹⁶⁾。さらに、少年サッカー選手を対象に身長を基準としたアロメトリー解析により相対発育からみたボールキック能力の発達について検討した手島ら¹⁷⁾によると、スイング速度は、ボール速度及びボール飛距離よりも早い段階で発達すること、そしてその発達度合いはボール飛距離が最も大きいことを報告している。このように、発育期においてスイング速度を含めたボールキックに関わる能力は、身体発育の影響を受け思春期中に著しく発達するものの、スイング速度がボールキック能力に及ぼす影響は発育・発達過程や技術レベルによって異なることが推察される。そこで本研究では、中学生から大学生までの男子サッカー選手を対象にボールキック時の下肢スイング速度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、13歳から22歳までの男子サッカー選手179名（中学生100名、高校生42名及び大学生37名）であった。本研究では被検者を年代別に大学生群（UG）、高校生群（HG）及び中学生群（JG）の3群に分類した。Table.1には、年代別に被検者の年齢、競技経験年数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。

Table.1 Physical characteristics of subject.

Group	n	Age (yrs)	Experience (yrs)	Body height (cm)	Body mass (kg)	Lower limb length (cm)
JG	100	14.1±0.8	6.4±1.8	163.4±7.4	49.3±8.0	76.7±3.8
HG	42	16.9±0.6	8.4±2.5	170.9±4.3	60.6±5.2	78.9±3.2
UG	37	19.6±1.1	12.1±2.2	173.5±6.0	67.2±5.5	81.2±3.1

Values are Mean ± S.D..

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^{7) 16) 17)}と同様の手法を用いてSpeed Meter（VINE社製）による計測を実施した。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。

f. 統計処理

各測定項目における各年代群間の差の検定は、一元配置分散分析（One-way ANOVA）を行ない、要因に有意な効果が認められた場合にはpost-hoc testとしてFishar's PLSD法を用いて有意差検定を実施した。また、各項目間における相関係数は、被検者の年齢を考慮し、年齢を除去することによる偏相関係数を算出した。いずれも有意水準は、5%未満をもって有意とした。また、ボール飛距離の変動係数CV（Coefficient of variance）を各年代群毎に算出した。

3. 結果

a. ボール飛距離及びスイング速度の年代別比較

Table.2には、ボール飛距離及び下肢長当たりのボール飛距離を年代別に示した。ボール飛距離は、大学生群が最も高い値（56.1±3.8m）を示し、高校生群（42.6±6.2m）及び中学生群（35.3±7.8m）との間にそれぞれ有意な差が認められた。また同様に、下肢長当たりのボール飛距離においても、各年代間に有意差が認められた。Table.3は、スイング速度及び下肢長当たりのス

イング速度について示したものである。スイング速度は、中学生群（15.7±1.8m/s）と高校生群（18.2±1.4m/s）及び大学生群（18.8±0.9m/s）との間に有意な差異が認められた。一方、高校生群と大学生群との間に有意差はみられなかった。さらに、下肢長当たりのスイング速度においても同様の年代群間に有意差が認められた。

b. 下肢長とスイング速度の関係

Fig.1には、下肢長とスイング速度との関係を示した。両者の間には中学生群においてのみ有意な偏相関係数が認められた（ $r_{xy.z}=0.293$, $p<0.05$ ）。

c. スイング速度とボール飛距離の関係

スイング速度とボール飛距離の関係をFig.2に

Table.2 Comparison of kicked ball distance in each group.

Group	Kicked ball distance (m)	Kicked ball distance / Lower limb length (m/cm)
JG	35.3±7.8	0.43±0.09
HG	42.6±6.2	0.51±0.07
UG	56.1±3.8	0.67±0.05

Values are Mean ± S.D.
*: Significant difference

Table.3 Comparison of swing velocity in each group.

Group	Swing velocity (m/s)	Swing velocity / Lower limb length (m/s/cm)
JG	15.7±1.8	0.20±0.02
HG	18.2±1.4	0.23±0.02
UG	18.8±0.9	0.23±0.01

Values are Mean ± S.D.
*: Significant difference

示した。スイング速度とボール飛距離の関係は、中学・高校・大学生群ともに有意な偏相関関係が認められた（中学生群： $r_{xy \cdot z}=0.490$, $p<0.05$, 高校生群： $r_{xy \cdot z}=0.431$, $p<0.05$, 大学生群： $r_{xy \cdot z}=0.371$, $p<0.05$ ）。また、Fig.3には、下肢長当たりのスイング速度とボール飛距離の関係を示した。両者の関係は中学・高校・大学生群ともに有意な偏相関関係が認められた（中学生群： $r_{xy \cdot z}=0.391$, $p<0.05$, 高校生群： $r_{xy \cdot z}=0.341$, $p<0.05$, 大学生群： $r_{xy \cdot z}=0.459$, $p<0.05$ ）。

d. 下肢長、ボール飛距離及びスイング速度のCV

下肢長、ボール飛距離及びスイング速度における各年代別の変動係数（CV）をFig.4に示した。CVは、すべての項目において中学生群が最も高い値を示し、年代があがるにつれて減少する傾向がみられた。

4. 論 議

多くの先行研究^{1) 12) 14) 16)}において、ボール飛距離、ボール速度及びスイング速度といったサッカーのボールキック能力は、年齢の増加に伴い高値を示すことが報告されている。少年サッカー選手のボール飛距離、ボール速度及びスイング速度における暦年齢変化について報告した手島ら¹⁶⁾によれば、これらのボールキック能力は、13歳から15歳の思春期中に身体発育の影響を受け著しく発達することが明らかになっている。本研究では、ボール飛距離及び下肢スイング速度は、年代が高くなるに従って高値を示した。ボール飛距離では各年代群間に有意差が認められたのに対して、スイング速度では、高校生群と大学生群の間において有意な差異は認められなかった。これは、

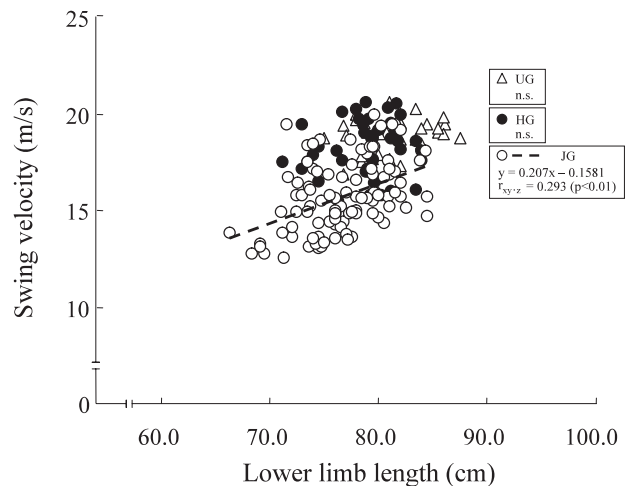


Fig.1 Relationship between lower limb length and swing velocity.

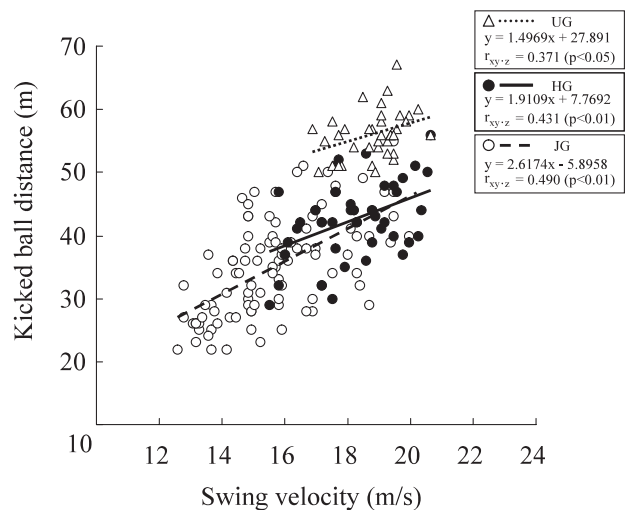


Fig.2 Relationship between swing velocity and kicked ball distance.

中・高校生期までの思春期中では、スイング速度の増大に伴って飛距離を大きくしているものの、高校生期以降大学生期にかけては、ボール飛距離の増大にはスイング速度のみならず、他の要因が関わることを意味しているものと推察された。

これまで筆者ら⁷⁾は、下肢スイング速度とボール飛距離の関係について有意な相関関係が存在することを報告している。そして本研究では、各年代群において、スイング速度とボール飛距離の間

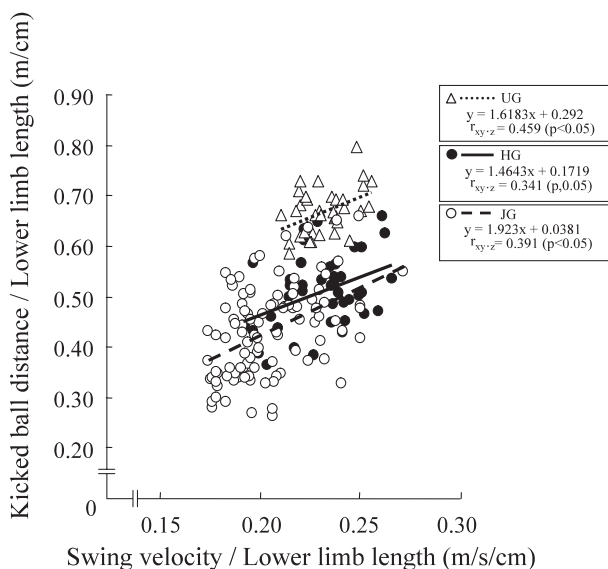


Fig.3 Relationship between swing velocity per lower limb length and kicked ball distance per lower limb length.

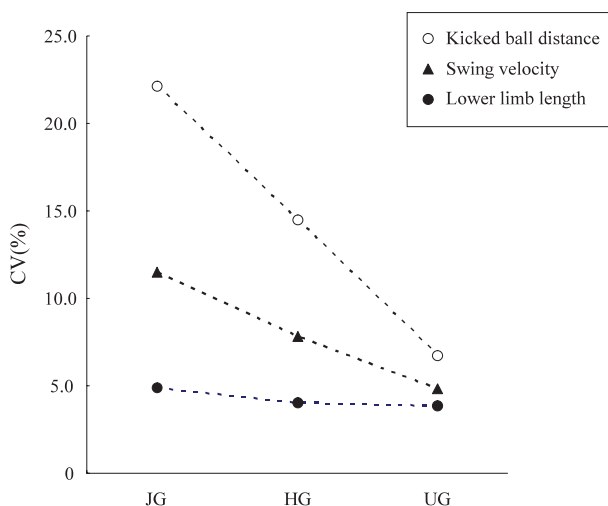


Fig.4 Comparison of CV of each parameter in each group.

には有意な相関関係が認められた。これは年代を問わず、スイング速度がボール飛距離の高低に影響を及ぼすということを意味している。一方で、大学生群と中・高校生群とでは、その分布に異なる回帰直線が得られた。特に、高校生群と大学生群においては、同一のスイング速度であれば、大学生群の方がより大きなボール飛距離を示すとい

う傾向がみられた。熟練者と未熟練者におけるスイング速度とボール速度の関係について検討した戸荻ら¹⁸⁾によると両者の関係において熟練者と未熟練者では異なる回帰直線が引かれ、同一スイング速度では熟練者の方が大きなボール速度を示したと述べ、その要因として技術の差を指摘している。本研究は、スイング速度とボール飛距離について検討したものであるが、戸荻らの研究からも技術的な違いにより中学・高校生群と大学生群の分布に違いがみられたものと考えられる。即ち、中学・高校生群ではスイング速度の高低によってボール飛距離が左右されるものの、大学生群ではスイング速度のみならずボールキックの技術レベルの違いが高校生群との間にボール飛距離の違いを生み出したものと推察される。また、この傾向は、下肢長当たりのスイング速度とボール飛距離の関係においても同様であった。つまり、発育の要素を除去した場合においても大学生群の方が高いパフォーマンスを発揮しているということである。発育期において、年齢の増加に伴ってスイング速度が増大する。これに伴ってボール飛距離は、身体発育の影響を受けながら著しく向上するものの、高校生期から大学生期にかけてはスイング速度を高めることのみならず、キックのスキル（技術）を同時に高めることが高いパフォーマンスを発揮するための重要な要素となることが示唆された。

ボールキック動作における技術的な要因については、ボールインパクト時の足関節の固定^{2) 4) 15) 18) 19)}、インパクトの位置^{2) 4)} 及びボール速度とスイング速度の比（反発比）^{15) 18) 19)} などが指摘されている。これらの先行研究の指摘にあるように、足部をしっかりと固定した状態で変形の少ない適切な位置でボールをインパクトすることで、高い

反発比が得られ、より大きなボール速度を獲得することが可能となることから、これらの技術的な諸条件をみだすことが大きなボール飛距離を獲得する上で重要な要素となるものと考えられる。しかしながら、本研究においては、これらのインパクトの技術的な要因についての測定は行っておらず、これらの点について明らかにすることは出来ない。よって今後、発育期から成人期までのサッカー選手を対象にこれらのボールキック能力に影響を及ぼす技術的項目について定量化を行うことが課題となるであろうことが考えられた。

下肢長、ボール飛距離及びスイング速度のCVは、年代が高くなるに従って、低い値を示す傾向が認められた。この値は、各年代における被検者間の個人差を表すものである。特にボール飛距離は、下肢長及びスイング速度よりも大きな値を示したものの、高校生群及び大学生群において大幅な減少がみられたことから、年代が高くなるに従ってボール飛距離の個人差が小さくなっているものと考えられた。即ち、年齢に伴うCVの減少は、年齢に伴う技術レベルの向上を意味しているものと推察された。

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) スイング速度とボール飛距離の関係において、中学・高校生期まではスイング速度の高低がボール飛距離に大きく影響を及ぼすものの、高校生期以降では、スイング速度のみならず、ボールキック動作に関わる技術的な要因がボ

ール飛距離の高低に大きく関わるであろうことが考えられた。

以上のことから、思春期以降成人にかけてボールキック能力を向上させるためには、スイング速度を高めることのみならず、キックの技術を同時に高めることが重要な要素であろうことが考えられた。

参考文献

- 1) 浅井武, 大神訓章: 少年サッカー選手のキック動作. 山形大学紀要 (教育科学) 9 (1), 87-95, 1986.
- 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, 戸荻晴彦, 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) 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. 国士舘大学体育・スポーツ科学研究 7: 27-32, 2007.
- 8) 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.
- 9) 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.
- 10) 磯川正教. 蹴動作のメカニズム. 金子公有, 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.
 - 11) 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.
 - 12) 三宅一郎, 宮丸凱史, 湯浅景元, 齊藤昌久, 西尾香織, 吉田泰成, 浅川正一 : 1歳から12歳の幼児及び児童におけるボールキック能力の発達過程. 中京体育学研究21 (1) : 122-133, 1981.
 - 13) 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.
 - 14) 塩川勝行, 井上尚武 : インステップキックによるボールの飛距離に及ぼす要因の検討. トレーニング科学7 : 149-152, 1996.
 - 15) 渋谷侃二 : 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.
 - 16) 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.
 - 17) 手島貴範, 川島寛, 弓桁亮介, 角田直也 : 身長の相対発育から見た少年サッカー選手のボールキック能力の発達. 東京体育学研究 2006年度報告. 25-28, 2007.
 - 18) 戸荻晴彦, 浅見俊雄, 菊池武道 : サッカーのキネシオロジー的研究 (1). 体育学研究16 (5) : 259-264, 1972.