

ボールキック動作における Speed Meter およびスピードガンを用いた 速度測定法の信頼性

Reliability of velocity measurement using Speed Meter and radar gun methods in regards to ball kick movement

手 島 貴 範, 角 田 直 也

Takanori TESHIMA and Naoya TSUNODA

I. 緒 言

あらゆるスポーツ競技種目において、動作速度は競技パフォーマンスを決定する主要因であることは周知の事実である。これまで、スポーツにおける速度計測の手法としては、疾走速度の計測に光電管³⁾を用いたものやボール速度の計測にスピードガンを用いた研究^{6) 10)}が存在する。近年では、各種スポーツの動作分析に高速度カメラによる画像の3次元動作分析¹⁾を実施することで、動作中における身体各部位の運動学及び運動力学的データが算出可能となっている。

サッカーのボールキック動作においては、スイング速度とボールの速度を計測するための手法が、旧くから検討されている。戸荊¹¹⁾は、発電機の発電量の変化により速度を計測する器具を用いてボール速度を、一定区間に設置されたマイクロスイッチの通過時間からスイング速度を計測している。また、浅見と Nolte²⁾は、蹴り足の速度とボールの速度について16mm映画撮影のフィルムにより計測している。最近では、主として高速度カメラを用いた画像の3次元分析^{5) 8) 9)}が多く用いられている。しかしながら、これまでの測定

方法は、装置の設置、被検者の拘束及び分析に多くの時間を要することから、一度の測定において多人数を対象として計測するフィールド測定には適さないものと考えられる。

一方、動作速度を比較的簡便に計測することが可能な Speed Meter を用いた動作速度の測定が行われている^{4) 10) 12)}。これらの報告によると、投球動作及び滑動作といった諸動作における動作速度は、競技パフォーマンスを反映することが明らかになっている。一方、ボール速度の計測においては、多くの競技スポーツの現場においてスピードガンが用いられている。これらの測定装置は、いずれも持ち運びが容易で比較的簡便にデータの採取・分析が可能であることから多人数を対象とした研究課題においては利用価値の高いものであると考えられる。

そこで本研究は、サッカーのボールキック動作における Speed Meter を用いたスイング速度の計測及びスピードガンによるボール速度の計測において簡易的な測定法を確立するために、これらの測定法と高速度カメラによる測定を同時に実施し、両者の関係から簡易式測定法の有用性についての検証を行うことを目的とした。

II. 方法

1. 被検者

被検者は、健康な成人男性7名（年齢 24.7 ± 3.0 歳、身長 170.9 ± 5.2 cm、体重 73.3 ± 12.5 kg）であった。

2. スピードガン及びSpeed Meterによるボール速度及びスイング速度の計測

被検者が蹴ったボールの速度の計測は、スピードガン（PSK-Professional, トーアスポーツマシン社製）を用いて実施した（Fig.1）。ボールの

位置からスピードガンまでの距離は5mとし、ボールとスピードガンの間にはネットを設置した。被検者には、スピードガンのレンズ面を目掛けて最大努力でボールを蹴るよう指示した。同時に、下肢のスイング動作速度をSpeed Meter（VINE社製）を用いて計測した（Fig.2）。本研究では、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、そのベルトを蹴り脚の足関節に装着し、最大努力によるキック動作を行わせた。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を測定値とした。

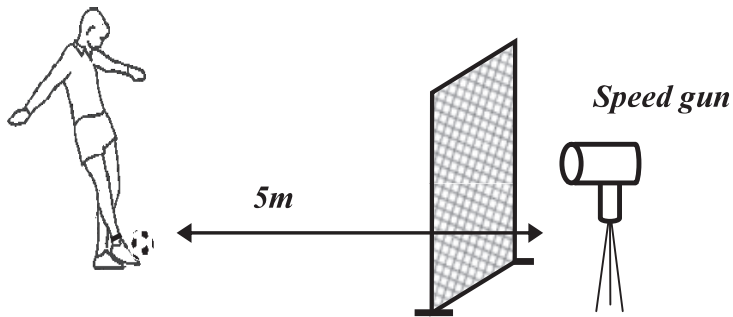


Fig.1. Schematic representation of the ball velocity measurement.

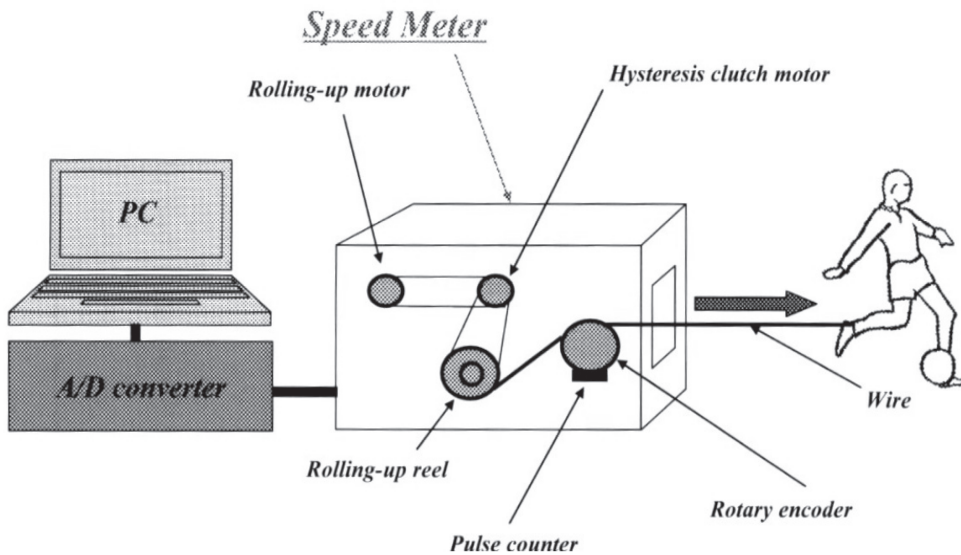


Fig.2. Schematic representation of the custom-made movement velocity measurement system using speed meter.

3. 高速度カメラを用いた簡易的測定法の有用性の検証

ボール速度及びスイング速度の簡易的な測定手法の有用性を検証するために、前述したスピードガン及び Speed Meter を用いたボールキック動作の測定と同時に高速度カメラによる計測を実施した。キック動作の撮影には、2台の高速度カメラ (HSV-1000, Degimo社製) を用いた (Fig.3)。被検者の後方及び側方にカメラを設置し、毎秒250コマ、シャッタースピード1/2000秒で撮影した。得られた2次元画像をコンピューターに取り込み、画像解析ソフト (2D-PTV, 3D-PTV, Degimo社製) により用いてデジタイズを実施した。デジタイズしたデータをもとに、DLT法¹⁾によりスイング速度及びボール速度を算出した。この時、同時に Speed Meter によるスイング動作速度の計測及びスピードガンによるボール速度の計測を実施した。分析対象とした部位は、ボールの中心点及び Speed Meter の特製ベルトが装着された足関節部とした。各被検者には、全力による2回の測定を実施し、分析の対象とした。また、各分析部位において得られた最高速度を分

析の対象とした。

4. ボール

本研究のボールキック能力の測定に使用したボールは、5号球の日本サッカー協会検定球であった。

5. 統計処理

各項目間における相関係数の算出には、ピアソンの相関分析を用いた。有意水準は、5%未満 ($p < 0.05$) をもって有意とした。

Ⅲ. 結 果

Speed Meter によるスイング速度と高速度カメラによって得られたスイング速度との間には有意な相関関係が認められた ($y = 0.8854x + 1.8438$, $r = 0.974$, 標準誤差 $\pm 0.3\text{m/sec}$, $p < 0.001$, Fig.4)。高速度カメラによって得られたスイング速度と残差 (高速度カメラの値と Speed Meter の値との差) との間には有意な相関関係は認められなかった (Fig.5)。また、スピードガンによって得られ

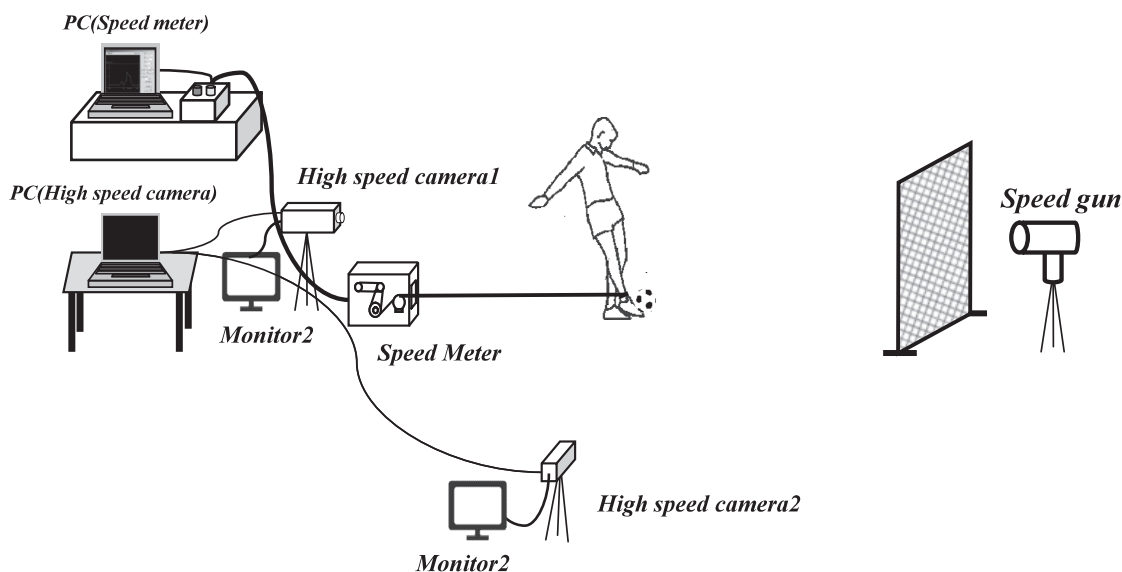


Fig.3. Schematic representation of measurement system for reliability of simple method in ball kicking movement.

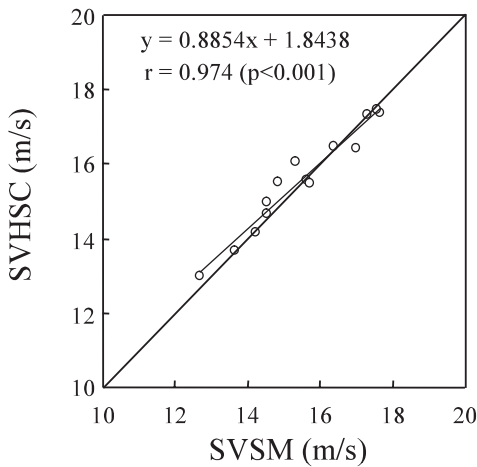


Fig.4. Relationship between SVSM and SVHSC.
SVSM: Swing velocity of Speed Meter method.
SVHSC: Swing velocity of high speed camera method.

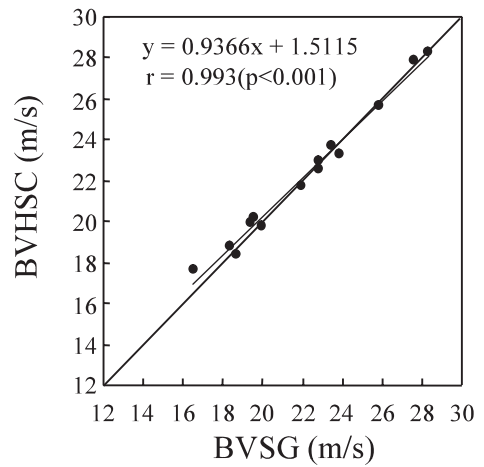


Fig.6. Relationship between BVSG and BVHSC.
BVSG: Ball velocity of speed gun method.
BVHSC: Ball velocity of high speed camera method.

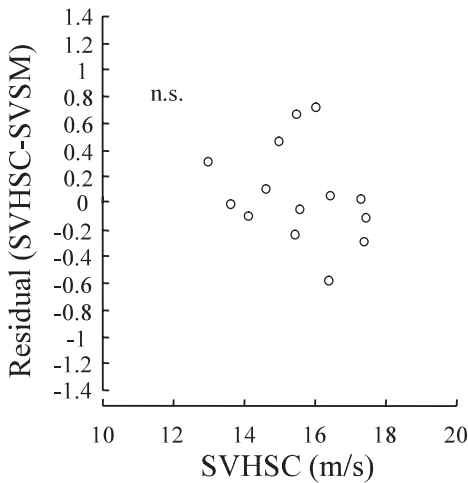


Fig.5. Relationship between SVHSC and residual (difference between SVHSC and SVSM).
SVSM: Swing velocity of Speed Meter method.
SVHSC: Swing velocity of high speed camera method.

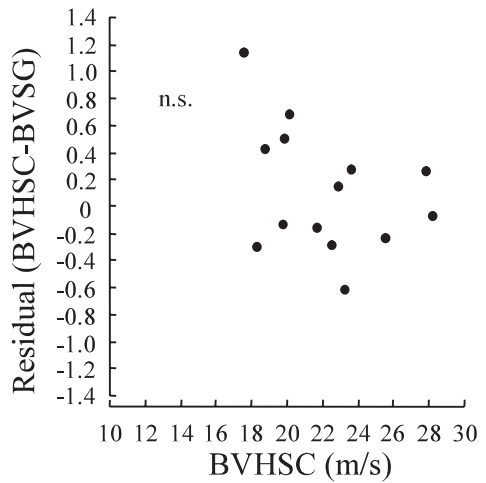


Fig.7. Relationship between BVHSC and residual (difference between BVHSC and BVSG).
BVSG: Ball velocity of speed gun method.
BVHSC: Ball velocity of high speed camera method.

たボール速度と高速度カメラによって計測したボール速度の間においても0.1%水準で有意な相関関係が認められた ($y=0.9366x + 1.5115$, $r=0.993$, 標準誤差 ± 0.4 m/sec, $p<0.001$, Fig.6)。高速度カメラによって得られたボール速度と残差（高速度カメラの値とスピードガンの値との差）との間には有意な相関関係は認められなかった (Fig.7)。

IV. 論 議

サッカーのキック動作に関する研究において、蹴り脚のスイング動作と蹴り出されたボールの速度等を計測するために最近では主として高速度カメラを用いた画像の3次元分析^{5) 8) 9)}が多く用いられている。しかしながら、この測定方法は、装

置の設置及び被検者の拘束に多くの時間を要することから1度の測定において多人数を対象として計測する場合には適さないものと考えられる。このため、本研究では、フィールドにおける一回の測定において多人数の被検者を対象とすることが可能な簡易的手法として、ボール速度及びスイング速度の計測にそれぞれスピードガン及びSpeed Meterを採用した。さらに、これらの簡易式測定装置における測定精度について検証を実施した。Speed Meterは、被検者の身体に装着されたワイヤーの引き出される速度を検出するという測定原理から熊川と角田⁴⁾がスピードスケート選手のスケート動作時におけるスライド動作速度を、田中と角田¹⁰⁾が野球選手における投球動作時における腕振り動作速度を計測している。このようにSpeed Meterは、各種スポーツ特有の動作における動作速度の測定に用いられている。この測定装置が用いられる理由として、測定結果を即時に表示できること、そして装置が小型・軽量であるためフィールドでの測定が容易であった利便性及び簡便性が挙げられる。Speed Meterによるスイング速度と高速度カメラによるスイング速度との間には有意な相関関係が認められた。しかしながら、本研究においてはSpeed Meterと高速度ビデオカメラを同期することができなかったため、それぞれのスイング速度における最高速度が出現したタイミングが同じとは言えない。一方、画像分析から得られたスイング速度の最高速度は、全ての試技においてボールインパクトの直前のコマで出現していた。画像分析とSpeed Meterのスイング速度がほぼ同様の値を示したことからSpeed Meterから得られる最高速度出現のタイミングは、ボールインパクト付近から大きく外れることはないものと考えられた。さらに、スピードガンのボール速度と高速度カメラによるボール速度の間においても有意な相関関係が認められた。先行研究において、あらゆる物体の移動速度を計測する方法としてスピードガンが用いられている^{6) 10)}。このスピードガンの測定

原理は、移動中の対象物に対して発信した電波(マイクロ波)の周波数とその対象物から跳ね返ってくる電波の周波数との差を利用して速度を計測するというものである。そのため対象物と電波との間に角度差が生じた場合には正確な速度が計測されない場合があるという問題点が存在する⁷⁾。本研究におけるボール速度の測定では、スピードガンからボールまでの距離を5mとし、スピードガンのレンズ面をボールに向けて測定を行った。また、被検者にはスピードガンのレンズ中心を目掛けて全力でボールを蹴るように指示した。このように、本研究では対象物であるボールと電波の角度差を最小限に抑えるように設置したため、画像によって得られたボール速度とスピードガンのボール速度との間に有意な相関関係が得られたものと考えられる。このことから本研究のスイング速度及びボール速度の測定法は、簡易的な測定法として十分な信頼性を確保しているものと考えられた。

V. ま と め

本研究は、サッカーのボールキック動作におけるSpeed Meterを用いたスイング速度の計測及びスピードガンによるボール速度の計測において簡易的な測定法を確立するために、これらの測定法と高速度カメラによる測定を同時に実施し、両者の関係から簡易式測定法の有用性についての検証を行った。その結果、Speed Meter及びスピードガンを用いた簡易的な速度計測法は、サッカーのボールキック動作におけるスイング速度及びボール速度の測定法としての十分な信頼性を有していることが確認された。

本研究は、平成23年度国士舘大学体育学部付属体育研究所研究助成により実施された。

引用・参考文献

- 1) Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M. : Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry, pp. 1-18. American Society of Photogrammetry, Falls Church, 1971.
- 2) 浅見敏雄, Nolte, V. : パワフルなインステップキックの力学的分析. Japanese journal of Sports Science. 1 (1), 62-67. 1982.
- 3) 猪飼道夫, 芝山秀太郎, 石井喜八 : 疾走能力の分析 : 短距離走のキネシオロジー. 体育学研究 7 (3) : 59-70. 1963.
- 4) 熊川大介, 角田直也 : 男女スピードスケート選手における下肢筋群の形態及びパワー発揮能力に及ぼす競技種目の影響. トレーニング科学 18 (3), 241-249. 2006.
- 5) 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.
- 6) Masuda, K, Kikuhara, N, Demura, S, Katsuta, S. and Yamanaka, K. : Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. J. Sports Med. Phys. Fitness, 45 (1) : 44-52. 2005.
- 7) 宮西智久・向井正剛・川口鉄二・関岡康雄 : スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較. 仙台大学紀要, 31 (2) : 72-77. 2000.
- 8) 布目寛幸・松永一成・山本 博男 : 球種別にみたフリーキック動作の3次元動作分析—日本人一流競技者の事例的研究. Japanese journal of sports sciences, 16 (1) : 105-110. 1997.
- 9) Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y. and Sakurai, S. : Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. Med. Sci. Sports Exerc., 34 (12) : 2028-2036. 2002.
- 10) 田中重陽, 角田直也 : 野球選手の発育・発達に伴う投球能力. 子どもと発育発達, 1 (6) : 432-435. 2003.
- 11) 戸苅晴彦, 浅見俊雄, 武道菊池 : 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.
- 12) 横尾尚史, 山西哲郎 : スピードメーターにおける50m疾走のスピード曲線について. 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編. 33, 127-137. 1998.