

## キックのスピードとフォームについての研究

戸 莉 晴 彦\*

Studies on the Velocity of Kicked Ball and Its  
Relation to Kicking Form

by

HARUHIKO TOGARI

(Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

The purposes of this study were to test a new speed-meter for measurement of the speed of a kicked football and to examine the relationship between the speed of the ball and the kicking form. As it was difficult to analyse the movements of the kicking leg and the pivot leg at the identical moment, the experiment was divided into two sections.

In Experiment I, the kicking leg was analysed using top Olympic footballers and second class versity footballers as subjects. The results were as follows:

1. As to the kicked-ball speed calculated from high speed motion picture films (3000 frames per second), it was found to be 25.8-30.8 m/sec for the top Olympic footballers and 21.2-23.1 m/sec for the second class versity footballers.

2. The locuses of the body parts measured on the top footballers showed longer moving distances than those of the second class footballers; especially in the straight movement of the toe of the top footballers when it gave impact on the ball.

3. Angles measured at the ankle joint and hip joint of the top footballers were greater than those of the second class footballers just when their kicking legs contacted the ball.

In Experiment II, the movement of the pivot legs of the top footballers was analysed as well as the speed of the kicked-ball was measured. The results were as follows:

4. A new speed-meter for the measurement of a kicked-ball speed was devised by the author and co-workers. It was found to be easily and precisely applicable to the kicking movement in soccer. The speed of a kicked ball measured by it was 26.5-32.8 m/sec for the top Olympic footballers.

5. Average moving distance of the knee of each subject, which calculated from the locus—from the time when the pivot leg touched the ground through the end of the followthrough of the kicking leg—was 38.5 cm, 42.4 cm, or 51.5 cm. These subjects stepped their pivot legs with their heels first, and this seemed to make the stepping distance longer.

6. Angle of the knee of the pivot leg was minimal when observed at the moment of impact, for it was pushed forward. [Proceedings of Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo, No. 5. 5~12, 1970]

## I 緒 言

各種スポーツにおけるボール・スピードの測定

や運動中のフォームの分析に関する研究は数多い。ボール・スピードを測定する意義はその種目のボールのスピードとその変化の特徴を知って、技術・戦術指導に役立たせることや、個人の技術・体力の現状を知ること及びプレーヤーがスピード

\* 東京大学教養学部体育研究室

の実測値を知ることによって心的に動機づけられ、より高い体力及び技術を得ることなどにある。スポーツの場面には“速さ”が勝敗を有利に導くことが多い。従って、より大きい“ボール・スピード”を獲得することも、より良い成績をあげるための必要条件であると云える。サッカーのキックにおけるボール・スピードも、この競技を“速さ”という点からみると体力的並びに技術的なものの一つの指標と考えられる。

ボール・スピードの測定方法は電気時計、特殊な速度測定装置、16 mm 映画撮影、ストロボ撮影及び重複露光撮影などが主に用いられている。これらの測定方法はそれぞれ特徴があり、その優位性は一概には決定できない。しかし、各種撮影法はいずれもフォームと同調することができる利点を持っている。16 mm 映画撮影はハイ・スピード撮影を行えば、一連の運動動作と投運動の際のボールが手から離れる瞬間及び打・蹴運動のインパクトを詳細に分析でき、併せて正確なスピードを算出することができる。ストロボ撮影、重複露光撮影はボールのスピードの変化をとらえるのにすぐれている。例えば、バドミントンのシャトルコックは質量が小さく、形状が特殊であるため、急激な速度変化をするが、この測定には重複露光撮影がすぐれていると報告<sup>3)</sup>されている。しかし、これら撮影によるスピード測定は撮影技術という特殊性並びにフィルム分析からのスピード計算に手数がかかり、すぐに結果がでないので最良の方法とは云いがたい。単にスピード測定のみを考慮すれば電気時計が最も優れているといえるかも知れない。又、文献によれば、特殊な測定装置として会田<sup>2)</sup>により紹介されたサッカーのキックの初速測定装置がある。これはボールの持つ速さを振り子の振動に変え測定するというものである。この方法も、測定及び装置の経済性から興味のある方法である。しかし、ボールのコントロールにより測定不可能な場合があることが難点であろう。

一方、フォーム分析は技術分析には不可欠なものであり広く用いられている。しかし、2, 3の例を除いては、ともすると単純な分析に終りがちなので、今後、特に球技分野の研究では森下<sup>3)</sup>、松永<sup>4)</sup>、鶴岡<sup>5)</sup>らの研究にみられるように、フォーム

と performance との関係を中心に検討しなければならないと考える。方法的には映画分析がほとんどで、運動中の各部位の軌跡、関節角、重心及び角速度の変化などが主な観察点になる。

ボールのスピード測定並びにボール・スピードとフォームの関係についてはすでに多くの研究がなされている。多和<sup>6)</sup>はスピード測定をストロボ撮影で行う新しい方法を紹介し、球技系スポーツ9種目、投、打、蹴運動に細分すると30項目を測定し、レンズ周差による歪みの問題にもふれて報告している。塚原<sup>7)8)</sup>らは打運動を中心に重複露光撮影により、バドミントン、卓球、硬式テニスなどの速度変化について計算をした。投運動は渡辺<sup>9)</sup>、豊島<sup>10)</sup>らが野球、ハンドボールについて1秒間3000コマというハイ・スピードで16 mm 超高速撮影を行い、フィルムのタイムマークからスピードを算出、そのフォームとの関係と共に報告した。サッカーに代表される蹴運動については山崎<sup>11)</sup>がインステップ・キック並びにサイド・キックについて電気時計で平均速度を、また、ストロボ撮影で初速を計測している。

本研究ではサッカーを対象にしているこの点について更に詳細にふれると、多和<sup>6)</sup>によれば被検者に大学一流選手を用いた結果、インステップ・キックが初速 27.0 m/sec (最高値)、サイド・キックは 22.0 m/sec (最高値) であり、山崎<sup>11)</sup>は被検者に大学二流選手を用い、それぞれ3回キックさせ、その平均を求めた結果、インステップ・キックは 20.6 m/sec、サイドキックは 18.0 m/sec であったと報告している。なお、会田<sup>2)</sup>の報告は実測値にはふれていない。

サッカーはパス並びにシュートなどのキックの技術に“正確さ”、“タイミング”とならんで“速さ”が要求される。そこで選手は他の要素と平行して出来るだけ“速さ”のレベルをひきあげることに努力しなければならない。そのためにはボールのスピードを経験的に“速い”とか“遅い”というように処理することなく、スピード測定により、客観的にスピードを知る必要がある。又、更に重要なことは、大きいスピードを出すものの技術的要因をフォームの分析よりつきつめることであるが、この問題にはいまだなんらの報告もな

されていない。一方、スピードに体力の関係も大きい意味を持つものと思われるが未解決である。

この研究の目的はサッカーのキックのスピード測定に新しい方法を用いることと、スピードとフォーム（技術）の関係を検討することである。

## II 研究方法及び対象

本研究は2期にわけて実験を行った。いずれもスピード測定とフォームを観察するために16mm映画撮影を行った。2期に分けた理由は、フォーム分析の主眼点である蹴り脚と立ち脚が撮影の際まったく反対側になるので、両側から同時に撮影を行なうと分析が困難であるためである。

第1期：昭和40年6月、芝浦工大グラウンド、被検者は“一流選手”として全日本代表候補1名並びに大学一流選手3名の計4名、“二流選手”として大学二流選手3名並びに大学同好会選手1名の計4名である。スピード測定は1秒間3000コマというハイ・スピードで16mm映画撮影をしたフィルムより算出し、フォームの分析は蹴り脚を対象にした。（実験Iとする）

第2期：昭和41年9月東京大学御殿下グラウンド、被検者は“一流選手”のみとし、全日本代表選手3名である。スピード測定は試作のスピード・メーター（ウイジン工業K.K.製）により計測、フォームの分析は立ち脚を対象にした。（実験IIとする）

被検者は実験IとIIでは異なるが、“一流選手”にはいずれも全日本代表、全日本代表候補、大学の一流選手を用いた。キックは静止した状態のボールを各人の利き足を用い、スピードを一義的に考慮しインステップ・キックで蹴らせた。ボールは日本蹴球協会公認球を用いた。被検者は分析の便宜上、海水パンツとサッカー・シューズのみを着用し、身体の各分析点に伴創膏を貼付した。分析点は肩峰点として肩峰突起（Acromion）より5cm上腕寄りに伴創膏を巻き、他の点は大転子（Trachanter major）、外側顆（Condylus lateralis）、外顆（Malleolus lateralis）及び足先点に伴創膏で×印をつけた。

〔実験I〕 スピード測定並びにフォームの分析は、日立16H型超高速カメラにより1秒間3000

コマというハイ・スピードで撮影を行った。カメラの撮影方向は被検者の蹴り脚側からキック方向に対して直角で距離は12.5mであった。フィルム分析の際の長さの測定のために、長さ一定の白黒のマークを同一画面に撮影した。また時間の測定のためには自動的にフィルム上に刻印される $\frac{1}{1000}$ 秒のタイムマークを用いた。

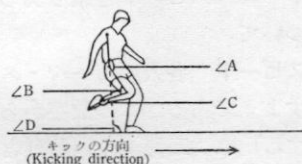
フォームの分析はフィルムを拡大映写し、分析点を20コマ毎にプロットした。観察点は

- (A) 蹴り脚の軌跡 i) 腰, ii) 膝, iii) 足先,  
(B) 蹴り脚の関節角 i) 腰  $\angle A$ , ii) 膝  $\angle B$ ,  
iii) 足首  $\angle C$ , iv) 前傾度  $\angle D$  (第1図参照) である。

〔実験II〕 スピード測定は測定の経済性を考慮して簡単に使用できるスピード・メーターを試作して用いた。第2図に示すごとく強靱な糸（引出糸）の一端をボールの一部にゴムを介して結びつけ自由端をスピード・メーターの滑車に巻きつける。ボールを蹴ると糸が強くひかれ、滑車の回転によって発電機の軸が回転されて発電し、その電圧を測定してボールのスピード（初速）を計測するようにした。ボールに結ばれている引出糸は全部が解放されたときに滑車から自由に放たれ飛行するようにした。なお、検定にはストロボ・スコピック・メジャーメントを用いて速度と電圧の関係求めた。

フォームの分析のために16mm撮影機により毎秒64コマのスピードで撮影を行った。カメラの撮影方向は被検者の立ち脚側からキック方向に対して直角で距離は14.5mであった。このフィルムを拡大映写して、Glasson<sup>12)</sup>らによる研究よりヒントを得て古谷<sup>13)</sup>が試作した分析台を用いて次の点について分析した。

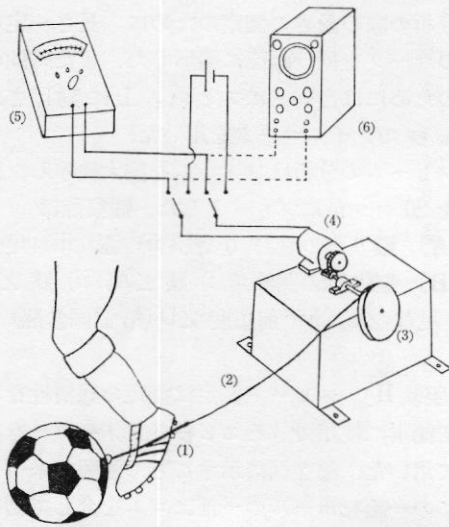
- (A) 立ち脚の軌跡 i) 腰, ii) 膝, iii) 足首,  
iv) 足先



第1図 蹴り脚の関節角  
(Fig. 1. Angles measured on the kicking leg)

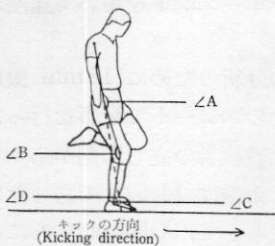


(B) 立ち脚の関節角 i) 腰  $\angle A$ , ii) 膝  $\angle B$ ,  
iii) 足首  $\angle C$ , iv) 前傾度  $\angle D$  (第3図参照)



第2図 スピード・メーター  
(Fig. 2. Speed-meter)

- (1) ゴム紐 (elastic cord)
- (2) 引出糸 (drawer thread)
- (3) 滑車 (pulley)
- (4) 発電機 (direct dynamo motor)
- (5) 電圧計 (voltmeter)
- (6) オッシログラフ (oscillograph)



第3図 立ち脚の関節角

(Fig. 3. Angles measured on the kicking leg)

III 結果と考察

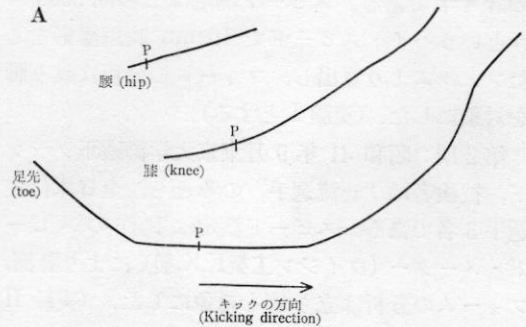
[実験 I] ボール・スピードと蹴り脚のフォームについて

ボール・スピード 各人のボール・スピードは第1表に示すようである。この数字から“一流選手”(A群とする)は“二流選手”(B群とする)よりかなり大きなスピードがあることがわかる。このスピードの差をフォームの上より観察し、その

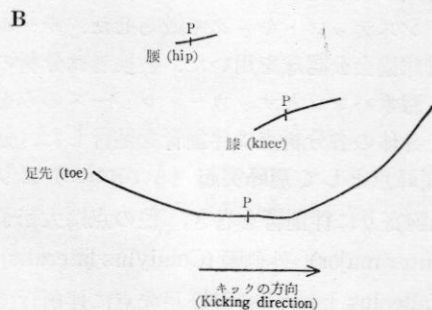
第1表 16mm 映画撮影フィルムより計算された  
インステップ・キックのスピード(初速)  
(Table 1. The kicked-ball speed calculated  
from high speed motion picture films  
(3000 frames per second))

Top Footballer		Second Class Footballer	
Subj.	speed m/sec	Subj.	speed m/sec
H.K.	① 30.5	H.S.	① 23.1
	② 30.8		② 22.8
Y.O.	① 29.7	T.T.	① 21.9
	② 26.6		② 22.7
M.T.	① 28.8	K.Y.	① 22.0
	② 30.8		② 22.1
K.H.	① 29.5	H.K.	① 21.2
	② 25.8		② 21.6

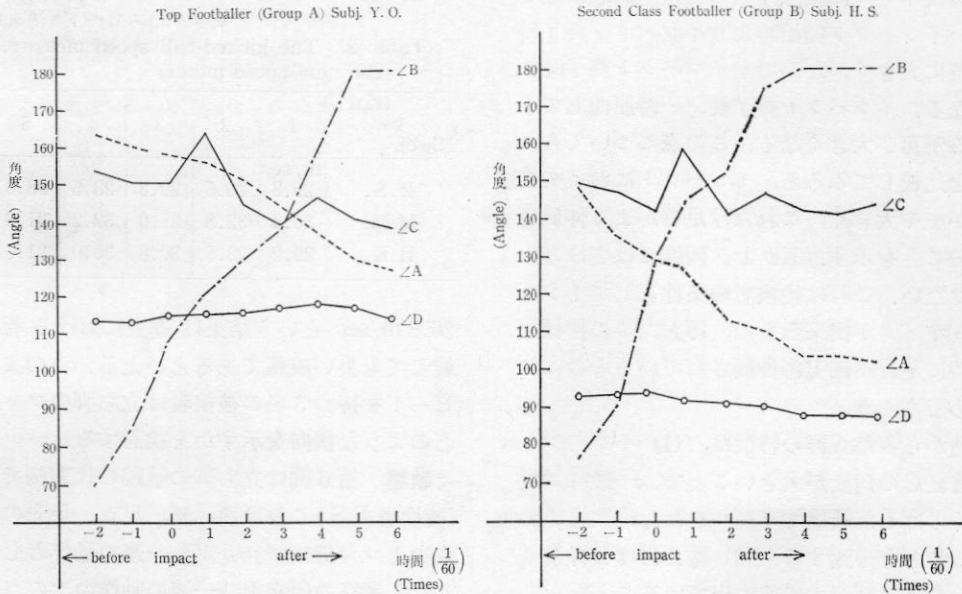
Top Footballer (Group A) Subj. Y. O.



Second Class Footballer (Group B) Subj. H. S.



第4図 インステップ・キックに於ける蹴り脚の軌跡  
(Fig. 4. Locuses measured on the kicking leg.  
(P) shows the position of each point measured at the impact)



第5図 蹴り脚関節角の変化  
(Fig. 5. Changes of the angles measured on the kicking leg)

原因となるものを検討してみた。

**軌跡** 軌跡は第4図-A, Bに示すごとく蹴り脚側の腰, 膝, 足先の各分析点についてフォア・スイング開始時からミートを経てフォロー・スイング終了時までの一連の動作をプロットし作図した。第4図-Aは最もスピードの大きいY.O.の例だがA群の他の被検者も同様の傾向を示した。第4図-Bは最もスピードの小さいH.S.のものであるが, 多少の差こそあれB群全体に同じような傾向がみられた。この2例の軌跡を各群の代表的なものと考え, A群, B群を比較検討する。

i) 腰の軌跡 腰はゆるやかな上昇曲線を描くがA群の方がわずかに急勾配であり, 移動距離もA群の方が大きい。これは腰が前方へよく出ていることを示し, 速いボールを蹴るための大きな要因と思われる。

ii) 膝の軌跡 フォロー・スイングの移動距離がA群は著しく大きい。これは足首にボールが当たっている時間を長くし, 即ち, ボールに大きな力を与えることと, ボールのコントロール(低いライナー)を考えるとこのような膝の動きが適当のようである。

iii) 足先の軌跡 フォア・スイングではゆるや

かな弧を描きつつ直進運動に入りインパクトする。フォロー・スイングではA群の方が直進運動の中が大きく, 以後, 円運動に移ってもその振り巾は大きい。これは腰, 膝の前方への押し出しが大きいことと合わせ, 意識的にボールに大きな力を加えようとする結果だと思われる。又, インパクト前後の足首の伸展が十分であるとも云えよう。

以上を要約すると, 軌跡上にみられる両群の最も大きな違いは各軌跡の移動距離と足先にみられるインパクト前後の直進運動の大きさである。このような動作がボールのスピードを大きくしている原因ではないかと考えられる。

**関節角** 第5図は各関節角の時間的变化についてA, B両群の代表的例をあげたものである。これによれば腰∠AはA群の方が全般に大きい。そこで∠Aと関連のある上体の前傾度∠Dの変化を考察したところB群の方がその角度が小さい。このことから, A群は腰を比較的大きく前に出しているのに対し, B群は腰がひけているということがうかがえる。また, 逆にB群は腰がひけているので∠Dを小さくして上体の後傾を防ぎ, 身体のバランスをとるためには上体の前傾を大きくしていると考えられる。足首∠Cはインステップ・キック

クでは直接ボールに接触するので最も問題になる点だが、インパクト開始時よりインパクト終了時までが特に大きく、なかでもインパクト終了時に最大になる。インパクト終了後、一時屈曲して小さくなるが再び大きくなる。この点について、A、B両群を比較してみると、インパクトにおいてA群の方がやや大きく、これだけ足首がよく伸展されていることを示す。しかし、両群にはさほど大きな差はない。これは被検者の条件としてインステップ・キックが出来るもの、即ち、この指標をキック時に足首が確実に伸展されているものにおいたためであろう。

関節角からみたA群の特徴は、(1) インパクト時の足首∠Cの角度が大きいことで、一般に“足首をよくのばした状態でボールをたたけ”といわれていることと一致する。(2) 腰∠AはB群より大きい。これは腰がよく前に出ていることを示している。この状態は、一般に云われる“腰が入っているキック”ということを関節角から説明できるようである。

[実験II] ボール・スピードと立ち脚のフォームについて

ボール・スピード 第2表は3名の被検者のボール・スピードを示す。最大 32.8 m/sec, 最小

第2表 スピード・メーターにより計測されたインステップ・キックのスピード(初速)

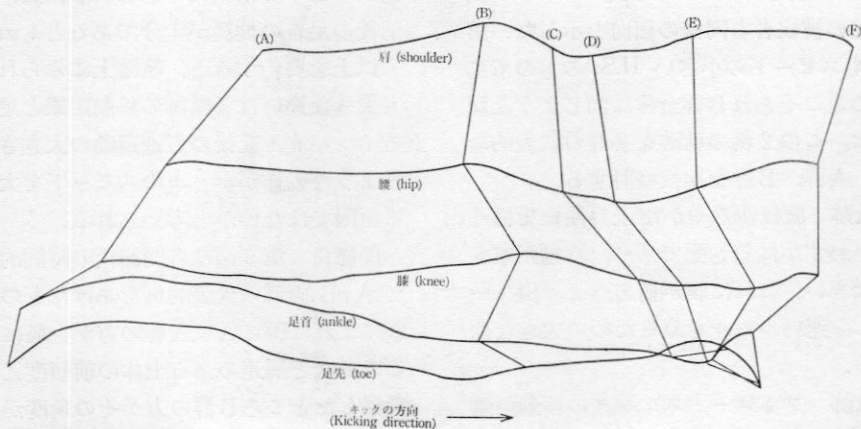
(Table 2. The kicked-ball speed measured by the new speed-meter)

trial	1	2	3	4	5	6
Subj.						
R.S.	m/sec 29.8	26.5	29.2	28.5	28.0	31.6
M.M.	30.4	32.8	31.0	32.2	31.6	32.8
H.K.	29.2	28.5	29.8	30.0	31.6	28.0

26.5 m/sec という結果は過去における報告と比較しても良い成績であるといえる。このようなスピードを持つ3名の被検者は立ち脚のフォームにどのような傾向を示すかを検討する。

軌跡 第6図は立ち脚の軌跡の代表例である。(被検者 R.S.)これは肩、腰、足首、足先の各分析点を1コマ毎にプロットし一連の動作として作図した。考察の便宜上、一連の動作の次の点を留意点として定めた。(第6及び7図参照)

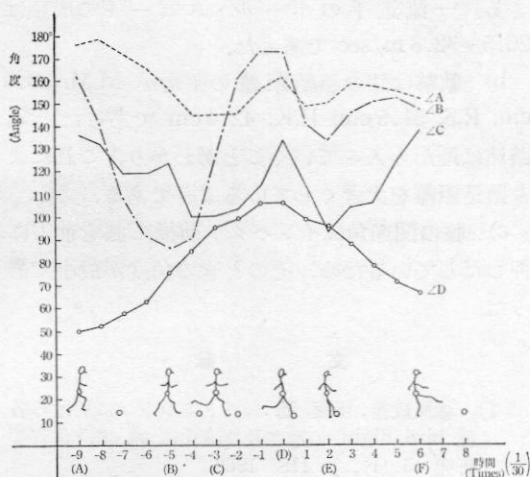
- 立ち脚が地面から離れる点……………(A)
- 蹴り脚が地面から離れる点……………(B)
- バック・シングの最高点の
- 立ち脚の位置……………(C)
- 立ち脚着地……………(D)
- インパクトした時の立ち脚の位置……………(E)



- (A): raising the pivot leg
  - (B): the kicking leg leaves the ground
  - (C): the kicking leg was swung backward to the fullest
  - (D): landing the pivot leg
  - (E): the kicking leg impacted the ball
  - (F): the highest point of follow-through of the kicking leg
- 第6図 インステップ・キックに於ける立ち脚の軌跡 (Subj. R.S.)

Fig. 6. Locuses measured on the pivot leg (Subj. R.S.)





第7図 立ち脚関節角の変化 (Subj. R.S.)

Fig. 7. Changes of the angles measured on the pivot leg (Subj. R.S.)

フォロー・スルーの最高点の

立ち脚の位置 .....(F)

以上のポイントを中心に3名の被検者について検討を加える。

被検者らはサッカーの基本的動作をほぼ完全に身につけていると云い得る選手で、このフォームの分析結果はよいフォームの傾向として考えてよい。

i) 腰の軌跡 腰は立ち脚の着地(D)で低くなり、インパクト後はやや上昇するが蹴り脚側の腰ほど上昇しない。これは立ち脚に身体が乗り切ってキックしているからで、後方から見ると腸骨稜(Crista iliaca)と腸骨稜を結ぶ線は立ち脚側が低くなっている。このことによりキック時の身体全体のバランスをとっていると考えられる。

ii) 膝の軌跡 膝は立ち脚の各部のうち最も重要なポイントである。その軌跡は腰と同様な型を示す。フォームの上では着地(D)からフォロー・スイングの終了時(F)までの移動距離を、一般にいわれている“膝の柔軟さ”と解してよいのではないかと考える。そこで、各人の膝の移動距離の平均をみると M.M. 38.5 cm, R.S. 51.1 cm, H. K. 42.4 cm であった。しかし、この結果からみると、この距離はボールの初速を大きくするための絶対的な要素ではなく、ボール・スピードの最大なるものが必ずしも最大なる値を示さなかつ

た。この点は今後、ボール・スピードの小なるものととの比較をする必要があろう。

iii) 足先の軌跡 足先は着地附近に山が見られるが、これは踵からの着地を示している。これにより踏込みの距離を十分にのぼし、蹴り脚のスイングの中を大きくしている。

以上、大きなボール・スピードを出す一流選手の立ち脚のフォームの特徴を要約すると、腰は上下動の少ない安定した移動を示し着地(D)で低くなる。腰の位置の高さはキック時の身体のバランスとも関係するようである。膝は大きく前方へ移動する。足先は上方にあげたまま踵から着地し、立ち脚の踏込距離を大きくとることにより蹴り脚の振り巾を大きくし、膝とともにスムーズな身体の移動の支えとなっている。

関節角 第7図は各関節角の時間的变化を示したものの代表例である(被検者, R.S.)。腰 $\angle A$ 、前傾度 $\angle D$ は着地前後が大きい。これは十分胸をはり、腰を前方へ出している結果で、腰 $\angle A$ はインパクトで一旦小さくなるがフォロー・スイングでは再び大きくなる。これは膝の前方への押し並びにキック時の上体のディップと関連がある。前傾度 $\angle D$ はフォロー・スイングにおいて角度が小さくなるが、これは強さと正確さを増すための動作を続けた型としては当然であろう。膝 $\angle B$ はバック・スイングの最高点より着地にかけて最大で、インパクトにかけては急激に小さくなる。これは“膝の柔軟さ”と一般にいわれていることと関連があり、上体の前方への移動をスムーズにしている。足首 $\angle C$ は着地が最大で、このことは立ち脚の踏込距離を十分とって着地していることを示している。

結局、大きいボール・スピードを出す一流選手の立ち脚の特徴はインパクト前後の腰の角度の大きいことと、膝の角度変化がインパクト前後に小さくなる点であろう。これは一つは軌跡と同様の考察だが、腰が十分に前出されるということであり、他の一つは膝の柔軟さがあるということであり、現在、経験的に指導に用いられているポイントと一致する。

なお、3名の被検者の合計18回のキックのうち、スピード小なるものと、スピード大なるものとの比

較を試みたが、軌跡並びに関節角の変化においてはとりあげるほどの差はなかった。このことは、このレベルのスピードの差ではフォーム上はほとんど差がなく、差を求めるとすると体力的なもの、即ち、脚のシングの速さ、筋力などに起因するものと思われる。ただここで興味あることは、3名の被検者のうち平均スピードの大きい M.M. は踏込距離の平均が大きいという傾向があった。これはシングの巾が大きくなり、従ってボールに加わる力を大きくする一つの要因と考えられる。

#### IV 要 約

この研究の目的はサッカーのボール・スピード測定に新しい方法を用いることと、ボール・スピードとフォームの関係を検討することである。実験は蹴り脚、立ち脚を同時に分析することが困難なので実験 (I)、(II) の2つにわけた。

実験 (I) は蹴り脚を対象に、被検者は一流選手と二流選手を用いて検討した。その結果

a) ボール・スピードは 16 mm 高速度撮影のフィルム (3000 コマ/sec) より算出し、一流選手の成績は 25.8~30.8 m/sec であり、二流選手の成績は 21.2~23.1 m/sec であった。

b) 軌跡は一流選手の移動距離が全体に大きく、中でもインパクト前後における足先の直進運動が大きかった。

c) 関節角は一流選手は二流選手よりも、インパクト時における足首並びに腰の角度が大きかった。

実験 (II) は立ち脚を対象にし、被検者は一流選手のみを用いた。その結果

a) ボール・スピードの測定は著者らが考案したスピード・メーターを用いた。これは簡単且つ正確に測定でき、サッカーのキックに十分使用で

きる。一流選手のボール・スピードの成績は 26.5~32.8 m/sec であった。

b) 軌跡は膝の移動距離の平均が M.M. 38.5 cm, R.S. 51.5 cm, H.K. 42.4 cm であった。又、踏込は踵から入っていくことがわかり、これにより踏込距離を大きくしているようである。

c) 膝の関節角はインパクト前後に膝を前方に押しだしているため、そのときの角度が最小であった。

#### 文 献

- 1) 塚原政義, 伊藤 稔: バトミントンに於ける各種 bird flight の速さ及び変化について 体育学研究 5 (1), p. 118, 1960.
- 2) 会田 勝: キック力の研究 東京学芸大学研究報告 第14集 21~26, 1963.
- 3) 森下はるみ: 投球動作の学習過程の筋電図および映画分析による研究 体育の科学 15 (8), 440~442, 1965.
- 4) 松永尚久: 投球動作に関する分析的研究 体育学研究 10 (2), p. 209, 1969.
- 5) 鶴岡英吉他: 運動の習熟過程に関する基礎的研究 東京教育大学体育学部紀要 4, 61~66, 1964.
- 6) 多和健雄: ボールの速度を計測する方法とその結果 体育学研究 4 (1), p. 137, 1958.
- 7) 塚原政義, 伊藤 稔: 卓球の各種飛球速度について 体育学研究 9 (1), p. 59, 1964.
- 8) 塚原政義, 伊藤 稔: 硬式テニスの打撃力と打球速度について 体育学研究 10 (2), p. 231, 1966.
- 9) 渡辺 融: ボール・スローについて 体育科教育 9 (5), 21~23, 1961.
- 10) 豊島進太郎: ハンドボールにおける投球動作の分析 体育学研究 11 (5), p. 250, 1967.
- 11) 山崎秋則: キックのスピード測定 体育学研究 9 (1), p. 156, 1964.
- 12) Glassow, R.B. and M.R. Broer: A convenient apparatus for the study of motion picture films. Res. Quart. 9 (2), 41~49, 1938.
- 13) 古谷嘉邦: フィルム分析台の試作について ひろば (キネシオロジー研究会々誌) No. 73, 2~4, 1967.