

ラグビーにおけるプレースキックの動作分析

高森 秀蔵, 江田 昌佑, 伊与田康雄, 川島 淳夫

A Motion Analysis of Place Kick in Rugby

Hidezo Takamori, Masasuke Eda, Yasuo Iyoda
and Atsuo Kawashima

Abstract

The purpose of this study was to elucidate characteristics of two different types of place kick in Rugby (toe kick and inside kick) by a 3D -cinematography based on Direct Linear Transformation method (DLT method) .

The kicking motion was filmed by two 16mm cine cameras, and two-dimensional coordinates of the endpoints of the body segments were converted to real 3D-coordinates by DLT method. Three-dimensional ground reaction forces of the support leg were measured by a forceplate.

Subjects were an inside kicker (an all Japan Rugby player) , and two toe kicker (an all Japan soccer player and a rugby player of University of Tsukuba) .

The results were summerized as follows;

1. Swing arch of the kicking foot was shorter in toe kick than in inside kick, but ball speed in toe kick was almost same as that of inside kick because of the knee-joint extention.
2. In toe kick, the support foot was placed front and left to the ball, and the position of it varied from player to player. The distance between the straight lines the center of the ball and the toe of the support foot was about 16mm. In inside kick, the toe of the support foot was placed across the ball.
3. In inside as well kick as in toe kick, the swing of the kicking foot was almost straight towards the direction at which the kick was aimed from start to impact.
4. It was of great importance for place kick in Rugby to fix the ankle joint of the kicking foot.

I. 緒言

近年、ラグビーフットボールゲームにおいては、防御技術の進歩と相俟って、トライによる得点は難かしくなっている。1971年のルール改正で、トライによる得点を重要視して、3点から4点に引き上げた。しかし、イギリス4ヶ国及びフランスを交えた5ヶ国対抗戦において、1試合中のトライとペナルティゴールの割合については、1960-69年は2.5対1.6、1970~79年は3.0対3.2、1980年~は2.対4.3と年々ペナルティキックによる得点が増加の傾向を示している。²²⁾ すなわち、ゲームの勝敗はペナルティキックの優劣によって決まる傾向にある。

ペナルティキックは個人技術に含まれるものであるから、それに対する練習や研究はチーム練習やチーム技術の中に埋没し、コーチやプレイヤーからとかく軽視されていると思われる。ラグビーのプレースキックに関して、技術書^{4) 11) 12) 15) 18)} では技術の要点のみが記述されているのみで、科学的研究^{6) 7) 23)} はトゥキックに関してわずかに散見される。

Andy Irvine²⁾ (スコットランド代表のフルバック)は「自分のプレースキックは、子供の頃のサッカーの経験が非常に役立っている。」と述べている。外見的にはIrvineの行うインサイドキックによるプレースキックは、サッカーのインステップキックに酷似している。

ラグビーのインサイドキックに関する科学的研究は、見あたらない。したがって、比較する上でサッカーのインステップキックに関する研究を参考にすると、キネシオロジー的研究で、^{3) 5) 10) 16) 17) 24) 25)} フォームを撮影して分析を行なったものと、支持脚の力¹⁴⁾ に関して測定したものがある。フォームの撮影の中で、Roberts, E. M. 等¹⁷⁾ は前方・真横・真上の3方向から撮影し、真上からの

撮影がキック動作の腰のひねり、スイングの軌跡を明らかにしたと述べている。

スポーツ技術の動作を詳しく解析するには、上記のような3次元解析が望ましく、3次元解析の方法としてDirect Linear Transformation Method²⁰⁾ (以下DLT法)があり、この方法を用いて、バレーボールのゲーム中の技術の動作分析^{9) 13)} を行なったものがある。

本研究の目的は、ラグビーにおけるプレースキックには、トゥキックとインサイドキックの2種類の方法が多用されている。この2種類のプレースキックを3次元撮影法によって動作分析を行ない、それぞれのキックの特性を解析し、指導上の示唆を得ることにある。

II. 研究方法

1 被験者及び試技条件

(1)被験者; K. H (身長173cm, 体重71kg, 24才, ラグビーの全日本代表選手)にはインサイドキック, Y. K (身長172cm, 体重66kg, 22才, サッカーの全日本代表選手)とT. A (身長174cm, 体重70kg, 21才, 筑波大学ラグビー部員)にはトゥキックを行なわせた。

(2)試技条件; 使用球はセプター SP-2 (空気圧0.67kg/cm²)を用い、円筒形厚紙上にプレースした。フォースプレート前方22mに簡易ゴールポストを設置した。試技はゴールを成功させるためのコントロールキック2回、長蹴をねらいとした全力でのキック2回、計4回各自に行なわせた。

2 実験装置

図1に示すように、3台の16mmカメラを設置した。用いたカメラと撮影スピードは次のようであった。

カメラA; フォトソニック 1 PL

カメラB; ミリケン DBM-5D

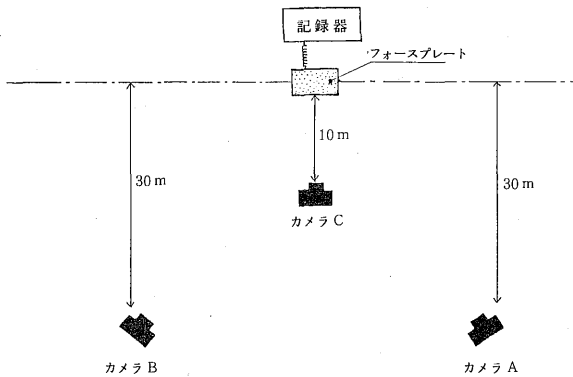


図1 実験配置図

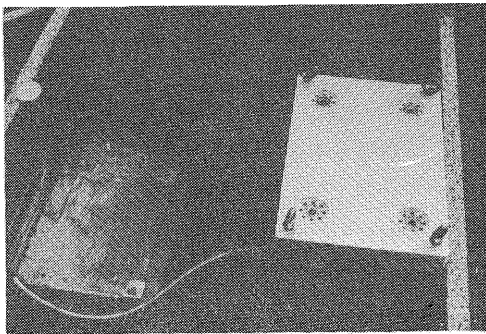


図2 フォースプレート

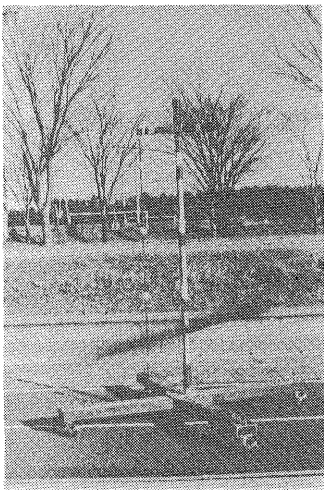


図3 較正器

カメラ C; ハイカム400 (レッドレークラボラトリー社製)

撮影スピードは A; 100 f. P. S., B; 128 f. P. S., C; 500 f. P. S. である。また図2に示すように、フォースプレート (Kistler 社製) を筑波大学陸上競技場 (全天候型) のトラックに埋設した。

3 分析方法

(1) 3次元座標の算出法

撮影範囲の6ヶ所に、測定点の3次元座標が既知の較正器 (図3) を置いて撮影した。そして、較正器の測定点のフィルム面上における、2次元座標と実際の3次元座標との関係を表わす、11個のカメラ定数をカメラごとに求め、これらの定数をもとに DLT 法により、必要な部位の3次元位置座標を得た。

(2) 分析

各キック動作のスイング脚の着地から、インパクト後15コマまで、動作分析に必要な身体各部位 (23点)¹⁾ 及びボールの2次元位置座標を、フィルムデジタイザー (国府台鉄工所製) より求め、得られた座標を筑波大学学術情報処理センターの大型計算機 (FACOM. M-380) に入力し、DLT 法により3次元位置座標を算出した。ついで、これらのデータをもとに、各部位及び各部分の重心点の位置、速度、各関節角度、ボールスピード、ボールの飛翔角度等を算出した。

フォースプレートからの記録は、ビジグラフによりペーパー速度100mm/secで行ない、フィルムデジタイザーを用いて読み取り、力に換算した。

III. 結果と考察

1 ボールスピードとスイングスピード・支持足着地スピードとの関係

表1に示したスイングスピードは、スイング脚爪先のインパクト前のスピードである。

表1 ボール・爪先のスイング・支持足着地の速度 (m/sec)

	Subj.	Trial				MEAN	SD	
		1	2	3	4			
インサイドキック	K . H	ボール	26.5	26.3	29.5	33.0	28.8	3.14
		爪先	22.1	21.4	24.5	26.7	23.7	2.41
		支持足	13.7	13.2	17.1	17.6	15.4	2.27
トウキック	Y . K	ボール	30.9	29.3	30.2	29.7	30.0	0.69
		爪先	19.6	19.5	20.8	19.9	20.0	0.51
		支持足	6.6	8.3	8.9	9.0	8.2	1.11
	T . A	ボール	31.1	29.4	30.9	31.5	30.7	0.92
		爪先	17.1	17.9	18.7	19.4	18.3	0.99
		支持足	8.5	8.7	8.6	8.9	8.7	0.17

また支持足着地速度は、支持足爪先の着地前の速度である。

最高のスイング速度は、インサイドキックで26.7m/sec、トウキックでY. Kの20.8m/secである。

最高の支持足着地速度は、インサイドキックで17.6m/sec、トウキックでY. Kの9.0m/secである。トウキックはインサイドキックの約1/2の速度である。

ボール速度はインサイドキックの33.0m/secを除いては、トウキックが速い値を示した。元全日本ラグビー代表選手・山口良二(トウキック)のデータ²³⁾で32.5m/secがあるが、3者ともそれに近い値を示したことは、3者が優秀なキッカーであることの証左である。

サッカーのキック^{5) 8)}では、ボール速度とスイング速度には高い相関が認められることが明らかにされている。しかし、本研究では、スイング速度、支持足着地速度ともに、ボール速度との間に有意な相関は認められなかった。

スイング速度に対するボール速度

の比率を求めると、インサイドキックで1.22倍、トウキックのY. Kで1.5倍、T. Aで1.68倍であった。このことはサッカーボールでの、渋川²¹⁾の力学モデルによる研究では、膝、足関節ともに完全固定して1.37倍であるので、トウキックがはるかに高い割合を示した。ラグビーボールとサッカーボールの反撥係数の違いを考慮しても、トウキックは非常に効率の高いキックであることを示している。

2 支持足とボールの位置関係

表2に示した爪先よりは、支持足爪先と円筒形厚紙の中心とのキック方向への距離である。幅は支持足爪先と円筒形厚紙の中心との間隔である。表3の支持足とキック方向とのなす角は、ゴール中央とフォースプレート中央を結んだ線に対する、キック方向の角度である。

表2,表3に示したごとく、インサイドキックはサッカーのインステップキックに似て、ボールの前方に約半足長程踏み出してキックする。

表2 支持足(爪先)とボールとの位置関係 (cm)

	Trial		1	2	3	4	MEAN	SD
	Subj.							
インサイド キック	K. H	爪先より	-1 6.3	-1 9.0	-1 2.7	-1 5.9	-1 6.0	2.5 8
		幅	2 1.3	2 0.3	2 1.3	2 2.1	2 1.3	0.7 4
トゥ キック	Y. K	爪先より	1 9.5	2 0.5	2 1.6	2 3.8	2 1.4	1.8 4
		幅	1 4.0	1 8.0	1 6.0	1 6.0	1 6.0	1.6 3
	T. A	爪先より	3 4.2	3.3.4	3 2.8	3 1.8	3 3.1	1.0 1
		幅	1 2.0	1 1.9	1 3.2	1 7.0	1 6.0	2.3 9

表3 支持足とキック方向とのなす角度 (deg)

	Trial		1	2	3	4	MEAN	SD
	Subj.							
インサイド キック	K. H		9.4	7.3	5.1	5.8	6.9	1.9 0
トゥ キック	Y. K		5.8	5.8	7.9	4.7	6.1	1.3 4
	T. A		3.1	3.6	3.3	6.3	4.1	1.5 0

トゥキックはボールの手前約21~33cmに爪先を置いてキックしている。

支持足とボールとの間隔はインサイドキックが約5cm広い。

支持足とボール位置の関係は非常に重要であることが、サッカー^{5) 19) 26)}では明らかにされている。本研究でも標準偏差が少ないことは、正確な位置関係が保たれたことを示している。またコントロールキックと長蹴をねらいとしたキックに分けると、その差はさらに小さくなる。このことはキックの目的によって支持足の位置を変えていることを意味している。3者のコントロールキックと長蹴での違いを、長蹴を基にその特徴を挙げると、K. Hは支持足の角度を小さくして、やや手前に踏み込んでいる。Y. Kはよりボールから離れた位置に踏み込む。T. Aはわずかにボールに近づき、間隔をやや広く踏み込む。コントロールキックと長蹴をねらいとしたキックに、目的を違えると、キッカーによって支持足とボールの位置関係は変る。しかし、目的別には近似であることは、プレースキ

ックにとって位置関係は、非常に重要である。

3 ボールの飛翔角度

表4はボールの飛翔方向と地面のなす角度(仰角)を表わし、表5は目標となるゴール中央とボールの進行方向との角度を表わしたものである。表中の-は右方向である。

仰角はインサイドキック、トゥキックともに平均で25.6度である。辻野²³⁾のデータではトゥキックが30~38度、Plagenhoefのデータ¹⁶⁾では、フットボールのトゥキックで21度、サイドアプローチ・インステップキックで20度である。

ボールとゴール中央とのなす角度は、インサイドキックは1例を除いて右方向へ、トゥキックは左方向へ蹴り出された。

4 支持脚の地面反力

図4, 5, 6は各被験者における第3試技の3方向の地面反力を表わしたものである。

ボールスピードと支持脚の地面反力に相関があるとのデータ^{6) 14)}があるが、本研究で

表4 ボールの飛翔角度(仰角) (deg)

	Trial		1	2	3	4	MEAN	SD
	Subj.							
インサイドキック	K. H		25.8	22.7	22.2	31.6	25.6	4.32
トゥキック	Y. K		26.5	26.6	24.5	28.7	26.6	1.72
	T. A		26.5	25.9	22.4	23.4	24.6	1.96

表5 ボールのキック方向とのかなす角度(deg)

	Trial				
	Subj.	1	2	3	4
インサイドキック	K. H	-2.8	-3.6	5.4	-3.13
トゥキック	Y. K	4.4	3.4	8.3	8.8
	T. A	4.0	1.0	9.3	2.6

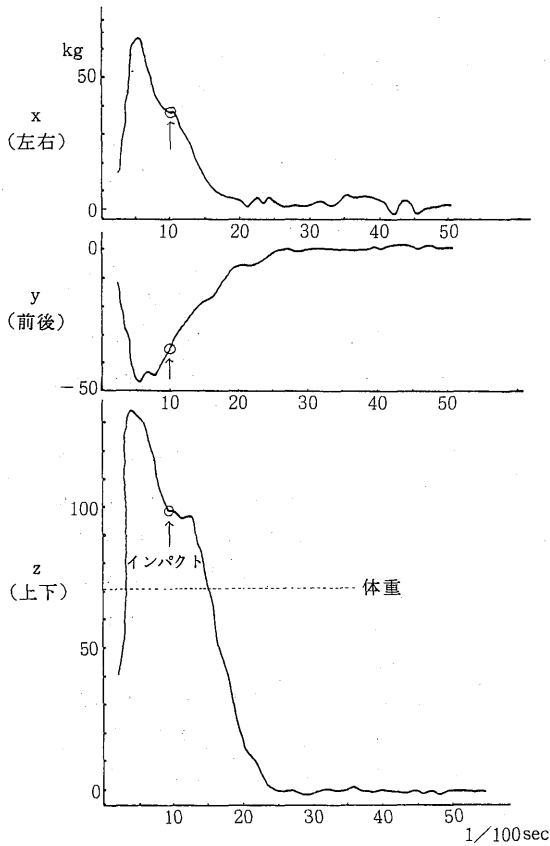


図4 K. H の地面反力

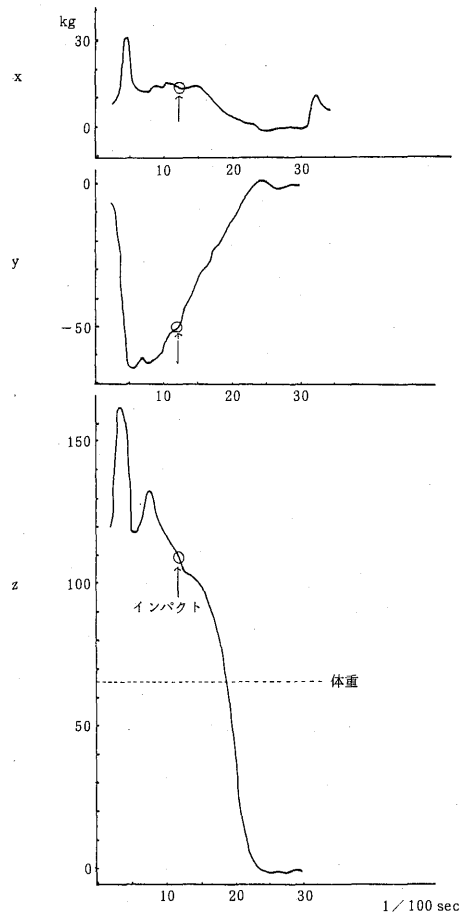


図5 Y. K の地面反力

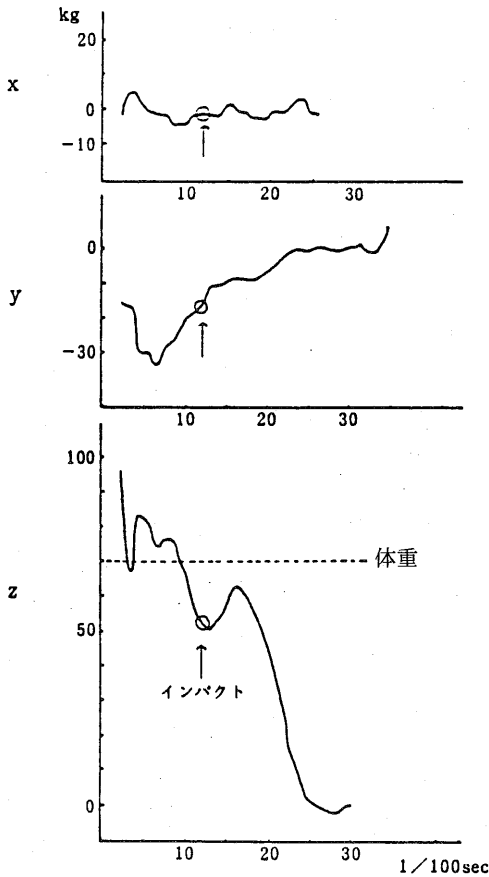


図6 T. Aの地面反力

は有意な相関は認められなかった。

トウキックのY. Kはインサイドキックに類似しているので、ここでは、インサイドキックとトウキックの比較は、K. HとT. Aで行なう。インサイドキックは、最高値が左右方向63.1kg、前後方向-47.2kg、上下方向131.2kgである。トウキックは、最高値が左右方向5.2kg、前後方向-33.2kg、上下方向96.7kgである。特にトウキックは、インサイドキックに比べて左右方向がほとんどなく、上下方向も少ない。またインサイドキックの上下方向が、インパクト後急激に減少するのに対して、トウキックは再び増加して減少する。これは再び踏みしめるような動きをしていることによると思われる。

5 スイング脚の軌跡と重心の軌跡

図7, 9, 10は真横から見たスイング脚のステック図と重心位置を表わしたものである。図8は真上から見たインサイドキックのスイング足の爪先の軌跡を表わしたものである。

インサイドキックは、腰のひねりによってリードされ、下肢全体が1体となって振られている。

トウキックでは、太腿が地面に垂直になった時に膝が最大の屈曲を示し、それから急速な膝の伸展によってスイングが行なわれる。つまり、一種のムチ運動となって下腿が動くために、速いスイングスピードが生まれている。

技術書^{4) 11) 12) 15) 18)}では、正確なキックの要素として、フォロースルーを強調している。インサイドキックとトウキックの

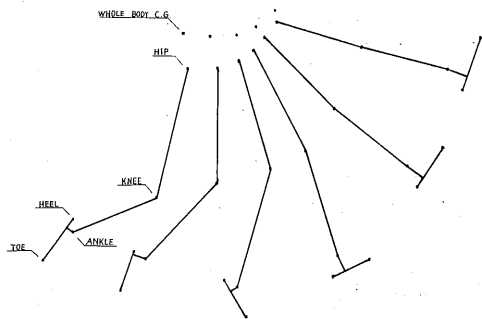


図7 K. Hの下肢のスティック図と重心位置

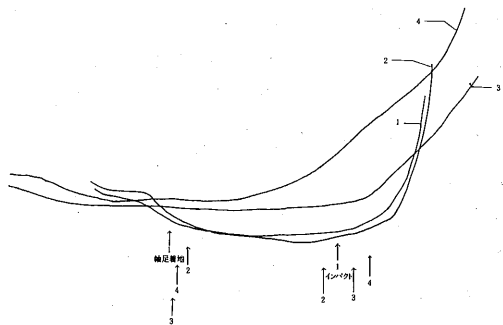


図8 K. Hの真上から見た右足爪先の軌跡

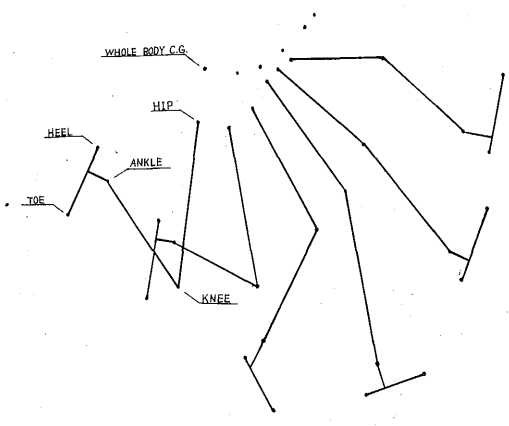


図9 Y. K の下肢のスティック図と重心位置

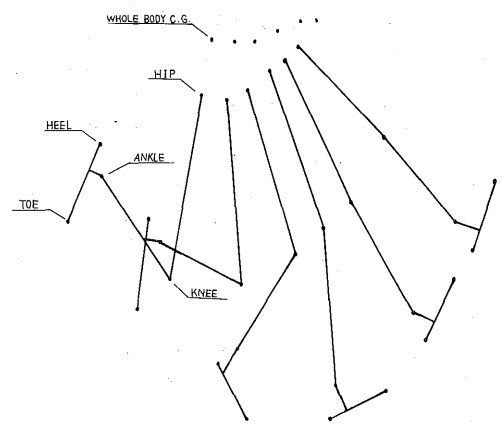


図10 T. A の下肢のスティック図と重心位置

T. A は膝を伸ばして振り上げていることから、すばらしいフォロースルーであることが窺われる。しかし、トゥキックの Y. K は膝が曲がる。Y. K がサッカー選手であることから推察するに、サッカーではキックした後、直ちに次のプレーに移行することが多いので、重心の上方への動きを膝の屈曲で抑え、次のスタートへ早く移行しているものと思われる。

図8のインサイドキックの爪先の軌跡からは、インパクトまではほぼキックしたい方向にスイングしていることが窺われる。第4試技が失敗した例であることや、図としては示さなかったが、トゥキックで同様な傾向が見ら

れたことは、正確なキックには、キックしたい方向へスイングすることが重要であることを示唆している。

6 身体部位の角度変化

図11, 12, 13は、身体8部位の支持足着地から、インパクト後10コマまでの角度変化を表わしたものである。8部位は次のとおりである。

- 右腰角 (∠A) 右太腿と胴体のなす角度
- 左腰角 (∠B) 左太腿と胴体のなす角度
- 右膝関節角 (∠C)
- 左膝関節角 (∠D)
- 右足関節角 (∠E) — 3者ともスイング足
- 頸関節角 (∠F) — 頭と胴体のなす角度
- 胴体前傾角 (∠G) — 胴体と垂直線とのなす角度

腰方向角 (∠H) — 腰がゴール中央とフォースプレート中央を結んだ線とのなす、キック方向の角度

インサイドキックがトゥキックと異なる変化を示したのは、右足関節角、腰方向角、右膝関節角である。

インサイドキックでは、右足関節角はイン

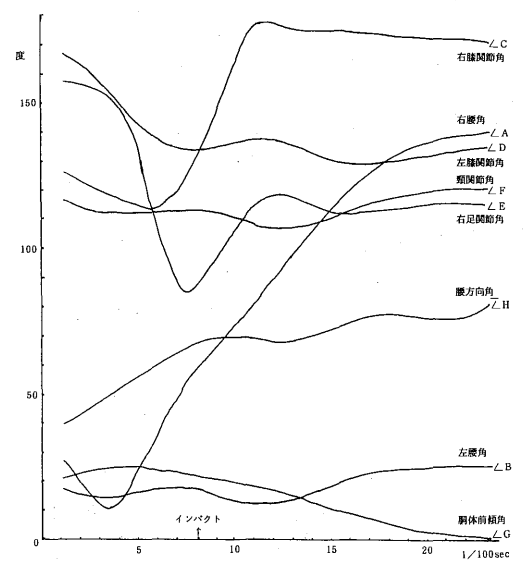


図11 K. H の身体部位の角度変化

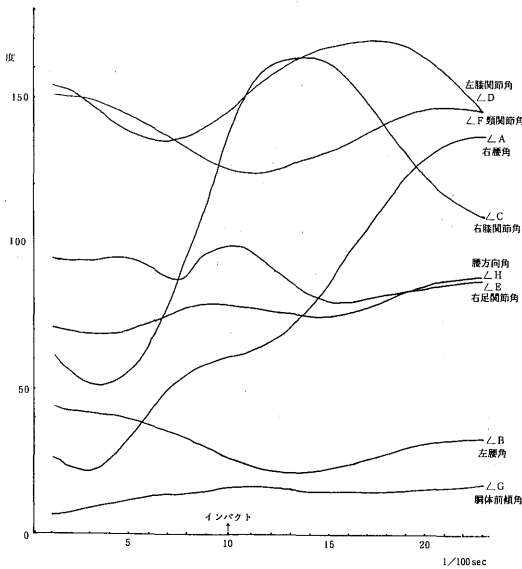


図12 Y. K の身体部位の角度変化

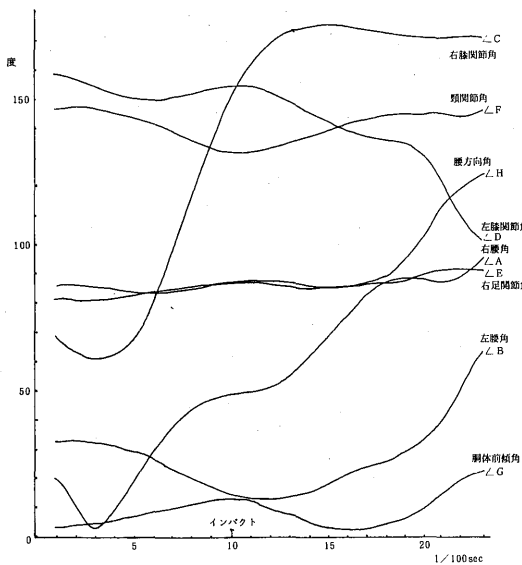


図13 T. A の身体部位の角度変化

パクト直前に直角に近い角度となり、インパクト後直ちに角度が大きくなっている。トゥキックの Y. K と T. A の変化は、Y. K はややあるが、T. A は80~90度間ではほとんど変わらない。渋川²¹⁾の力学モデルで、足関節の固定が重要であることが指摘されている。本研究でも、ボールコンタクトする部分の違

いを考慮しても、キックには足関節の固定が非常に重要であることを示唆しているものと思われる。

腰方向角は、インサイドキックで、支持脚着地からインパクトまで、ゴール不成功の第4試技を除いて31度変化している。トゥキックは Y. K で4.1度、T. A が3.0度である。このことからインサイドキックが、腰のひねりでスイングがリードされることが理解できる。

右膝関節角は、インサイドキックでは大きな屈曲は見られない。最大の屈曲は114度である。一方、トゥキックは図8、9で明らかのように、Y. K で51.1度、T. A で60.8度と最大の屈曲をした後、膝関節の伸展によりスイングされる。

トゥキックの Y. K に見られる特色として、K. H, T. A に比べて胴体前傾角の変化が少なく、頸関節角の変化が大きいことである。胴体前傾角の変化が少ないことは、上体の前・後傾が少ないことを意味し、頸関節角の変化が大きいことは、首の前方への屈曲が大きいことを意味している。特にインパクト時に頸関節角の屈曲が大きいことは、ヘッドアップを防止し、ボールのキックポイントを注視することに繋がる。このことは正確なキックを生み出す、重要な要因である。Y. K がラグビー選手よりも、キックの機会の多いサッカー選手であることを推察すれば、正確なキックに必要な要因を示唆しているものと思われる。

IV. まとめ

本研究では、インサイドキック1名、トゥキック2名の少ないサンプルであるが、次のことが明らかとなった。

1. ボールを置く位置は、インサイドキックは支持足爪先より後方、トゥキックは個人差があるものの爪先の前方に置く。

2. インサイドキック・トウキックともに支持足は腰のひねりに応じて内向する。

3. トウキックはスイングは小さいが、膝関節の伸展により、インサイドキックに近いスイングスピードが得られる。

4. スイングはインパクトまでは、キックしたい方向になされねばならない。

5. キックには、足関節の固定が非常に重要である。

非常に少ないサンプルなので断定できないが、正確なキックに結びつく要因として、支持足とボールの位置関係が安定していること、ボールを注視していることが重要であることが示唆された。またカメラCから、ボールのキックポイントは、ボールの下から約1/3位であることが示唆された。

今後はサンプル数を増して、正確なキックの要因や、スイングを助ける手の動きや、効率の良いキックの要因等を研究したいと考えている。

本研究には、元筑波大学体育センター技官阿江通良氏に多大な協力をいただきました。ここに、記して謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 阿江通良
「高くとぶための跳に関する運動生力学的研究—踏切における身体各部の貢献とメカニズムについて—」
昭和56年度筑波大学大学院，教育学博士論文 1982
- 2) Carwyn James
「Forcas on Rugly」
Stanley Paul 1983
- 3) Cooper, J. M., Glassow, R. B.
「Kinesiology」
The C. V. Mosby Company 1972
- 4) 江田昌佑
「図解コーチラグビー」
成美堂 P73~75 1968
- 5) 萩原武久・町田康彦
「サッカーの基本動作に関する分析的研究(第1報) インステップキックについて」
大阪教育大学紀要(第4部門) 24(1) P13~19 1977
- 6) 春口広ほか
「ラグビーのプレスキックの分析—ゴールキック時の立ち脚荷重変化—」
第33回日本体育学会大会号 P694 1982
- 7) 広田彰ほか
「ラグビーにおけるプレスキックのボールスピード」
第23回日本体育学会大会号 P255 1972
- 8) 深倉和明ほか
「助走スピードがインステップキックのフォーム及びボールスピードに及ぼす影響」
福島大学教育学部論集第30-3 教育心理 P37~43 1978
- 9) 福原佑三ほか
「日米対抗女子バレーボールにおける一流選手のスパイク動作に関する事例的研究」
日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集，第6報 P331~341 1982
- 10) Jansen, C. R., Schultz, G. W.
「Applied Kinesiology」
Mcgraw-Hill 1970
- 11) Jim Wallace
「The Rugby Game」
A Reed Book P42~44 1976
- 12) John Dawes
「John Dawes Rugby Union」
Pelham Books P19~21 1975
- 13) 都沢凡夫ほか
「バレーボールワールドカップ'81における一流選手のスパイク動作に関する事例的研究」
日本体育協会スポーツ医・科学研究報告集，第5報 P46~55 1981
- 14) 奥保宏ほか
「サッカーのキックにおける支持脚について」
鹿児島大学体育科報告12 P1~16 1974
- 15) 大西鉄之佑
「最新ラグビーフットボール」
不味堂 P128 1974
- 16) Plagenhoef, S.
「Patterns of Human Motion」
Prentice Hall P98~116 1971
- 17) Roberts, E. M. Metcalfe, A.
「Mechanical analysis of Kicking」
Biomechanics I, 1st Int. Seminar Zurich 1967, 1968
- 18) Rugby Football Union

- 「A Guide for Players」
Rugby Football Union P45 1974
- 19) 斉藤照夫・大内哲彦
「サッカーのキックに於ける立ち足とボールの位置関係について」
日本体育大学紀要 8 P61～73 1979
- 20) Shapiro, R.
「Direct Linear Transformation Method for Three-Dimensional Cinematography」
Res. Quart, 49-2 P197～205 1978
- 21) 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 P81～83 1973
- 22) THE SUNDAY TIMES 28 FEBRUARY 1982
- 23) 辻野昭
「ラグビーの科学 3」
新体育 VOL. 48・2 P128～138 1978
- 24) 戸荻晴彦
「キックのスピードとフォームについての研究」
東京大学教養学部体育学紀要 5 P5～12 1970
- 25) 戸荻晴彦ほか
「サッカーのキネシオロジー的研究(1)」
体育学研究16 (5) P259～264 1972
- 26) 吉田勝志
「サッカーの基礎技術に関する研究(I) プレースキックの踏み込みについて」
中部工業大学紀要 6 P185～192 1970