

サッカーのインステップキックにおける ボール速度と支持脚との関係とその基本的役割

望月知徳* 神事 努* 湯浅景元**

Relation between the Supporting Leg and the Velocity of the Ball
by Instep Kick and the Fundamental Part of Supporting Leg

Tomonori MOCHIZUKI, Tsutomu JINJI and Kagemoto YUASA

Abstract

The purpose of this study is to investigate the relation between the joint angle and horizontal velocity of the supporting leg and the velocity of the ball by an instep kick as powerful as possible. Subjects were 3 male students who were skilled members of the college soccer club and 3 male non-skilled persons. In this study, the velocity of the ball, foot, greater trochanters and knee and angle of the knee were analyzed three-dimensionally (3-D).

The results were as follows:

- (1) A significant correlation ($r=0.903$) was found between the velocity of the ball and the velocity of the foot.
- (2) Skilled persons kicked the ball using good waist rotation.
This rotation is a factor which increases the velocity of the ball.
- (3) Skilled persons fixed the supporting leg, the angle of the knee was about 150 degrees and the velocity of the knee was lower than in non-skilled persons.

1 緒言

これまでもサッカーのインステップキックの研究は数多く報告されてきた。しかし、そのなかで支持脚（立ち脚とも言うが本文では支持脚と表記する）についての研究というものは他のものに比べて数少ない。その理由の1つは支持脚がボール速度を決定する最大要因とはなりにくいからである。しかし、実際にインステップキックを指導する際、支持脚についての指導は欠くことのできないものの一つである。その

ため、サッカーの技術書などにも必ず支持脚についてのことが記載されている。つまり支持脚と言うものはボール速度に対する影響力というものは少ないのかもしれないがその基本的役割というものを明確にしていくことでより効果的な指導やこれからの研究に役立つものと考えた。したがって本研究ではサッカーのインステップキックによるボール速度と支持脚の関係と、支持脚の基本的役割について明らかにすることを目的とする。

*大学院生, **教授

2 方法

被験者は、C大学のサッカー部に所属する男子3名と、対象者としてのサッカーの本格的なトレーニング経験がない体育学部生3名であった。被験者は全員利き脚が右の者であった。

実験場所はC大学球技体育館バレーボールコートで行った。使用したボールは、日本サッカー協会公認の公式5号球ボールであった。ボールを床に置き、被験者はそのボールを的に向かって全力でインステップキックした。的は、床に置かれているボールから9m前方に設置した。本研究では、ハンドボールゴール大の的を利用した。1人の被験者は、キックを5回行った。各自好きな距離から助走を行わせた。

動作分析においては、蹴り脚の最後の離地からフォロースルー最高点までを分析局面としてデジタイズを行った。

各部位の計測点の位置は、頭頂、耳、肩峰（左右）、肩峰中間点、肘（左右）、手首（左右）、手先（左右）、大転子（左右）、大転子中間点、膝（左右）、足首（左右）、足先（左右）、踵（左右）であった。図1に三次元解析によって得られたスティックピクチャーと本研究の座標系X・Y・Zの各方向を示した。マーキングには、それぞれの計測点に黒色の粘着テープを貼付することによって行った。

分析項目はボール速度、蹴り脚のインパクト直前のスウィング速度、左右大転子の水平速度（X方向）、支持脚の膝関節角度と膝関節部位の水平速度（X方向）とした。

キック動作の記録は2台のデジタルビデオカメラ（DCR-VX 2000 SONY社製）を用いて每秒60コマ、露出時間1/100で行った。それぞれのカメラをボール進行方向に対して右斜め前方17m、右斜め後方17mの地点に設置し、各カメラを撮影範囲（幅3m、奥行き2m、高さ2m）が入るように調節した。試技の撮影前に較正器（高さ2mで4個の較正点を付けたポール）を撮影範囲内の12ヶ所に鉛直にたてて撮影した。

2台のカメラの二次元画像をPC（DELL Dimension 4100）のディスプレイモニタ上でソフトウェアFrame Dias（DKH社製）で座標を読み取り、計測点の3次元座標算出をDLT法にて行った。較正点の実測3次元座標と推定値との平均誤差はX軸方向（キック方向）が6mm、Y軸方向（キック方向の左右）が13mm、Z方向（鉛直方向）が8mmであった。

本研究では阿江氏の身体モデル（男性アスリート用）により蹴り脚の足部の重心速度をFrame Dias（DKH社製）にて算出し、分析を行った。

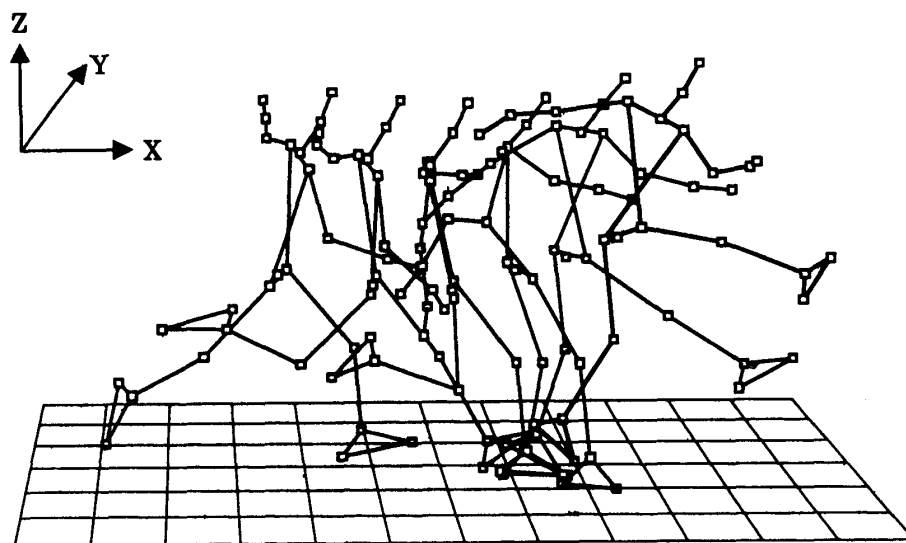


図1 三次元画像解析によるスティックピクチャーと本研究での座標系

3 結果

1) ボール速度とスウィング速度

被験者計6名のボール速度とスウィング速度を表1に、その相関グラフを図2に示した。本格的トレーニング経験のある熟練者の被験者A、B、Cのボール速度は、それぞれ27.2m/s、29.5m/s、27.1m/sであった。本格的トレーニング経験の無い非熟練者の被験者D、E、Fのボール速度は、それぞれ23.1m/s、24.2m/s、21.3m/sであった。

熟練者A、B、Cのスウィング速度は15.7m/s、15.5m/s、15.3m/sであった。それに対して非熟練者D、E、Fのスウィング速度の結果は14.6m/s、14.6m/s、13.2m/sであった。

被験者計6名のボール速度とスウィング速度との相関係数は $r=0.903$ ($P<0.001$)と高い値を示した。

2) 左右大転子水平速度 (X方向)

図3～図8に各被験者の支持足着地からインパクトまでの左右の大転子水平速度及び、速度の差の最大値を示した。なお、被験者は全員蹴

り脚が右脚となるので、支持脚側の大転子が左、蹴り脚側の大転子が右となる。

今回の研究では、全力でのインステップキックの際にどの程度腰の回転を使っているかをみるためにこの左右大転子水平速度の差の違いから腰の回転をみることにした。左右大転子速度の差が大きいほど腰をうまく回転させていると考えた。

図3～8の時間軸0.00秒がインパクト時点である。X軸はそのインパクト時点を0.00秒として支持足着地からインパクトまでの時間を示したものである。

図3～図5は熟練者A、B、Cの左右大転子水平速度の結果を示した。支持足着地からインパクトまでの左右大転子水平速度差の最大値はA1.34m/s、B1.37m/s、C1.04m/sであった。速度差が最大となった時点での被験者Aの左右大転子の水平速度は順に3.62m/s・4.96m/s、被験者Bの左右大転子の水平速度は順に3.98m/s・5.35m/s、被験者Cの左右大転子の水平速度は順に3.65m/s・4.69m/sであった。

図6～図8には非熟練者D、E、Fの左右大転子水平速度の結果を示した。左右大転子水平

表1 ボール速度とスウィング速度との関係
(数値は左から被験者A.B.C.D.E.F)

ボール速度 (m/s)	27.2	29.5	27.1	23.1	24.2	21.3
スウィング速度 (m/s)	15.7	15.5	15.3	14.6	14.6	13.2
相関係数 (r)	0.903 (P<0.001)					

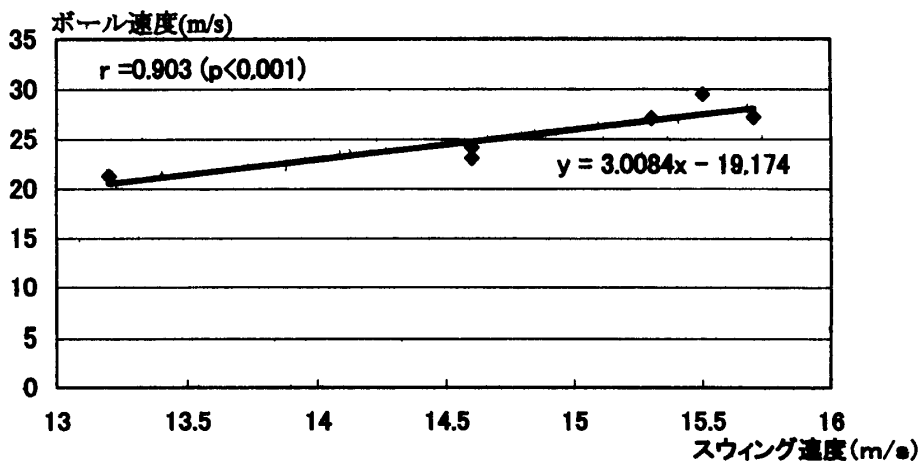


図2 ボール速度とスウィング速度との相関グラフ (被験者計6名)

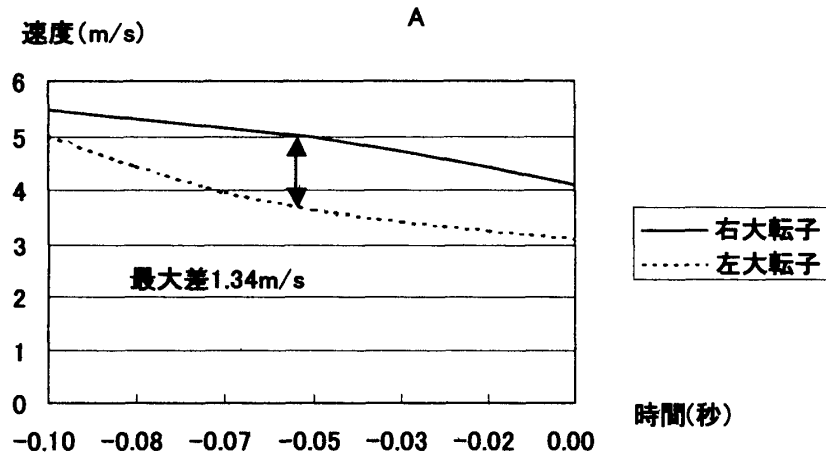


図3 被験者A 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値(支持足着地～インパクト)

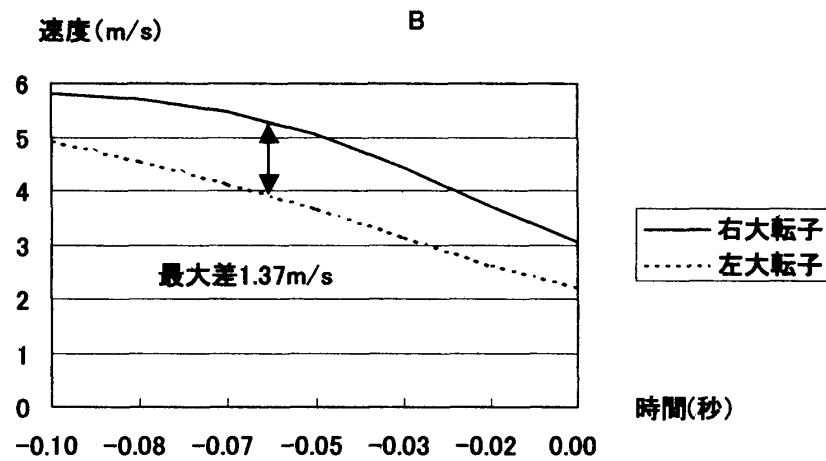


図4 被験者B 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値(支持足着地～インパクト)

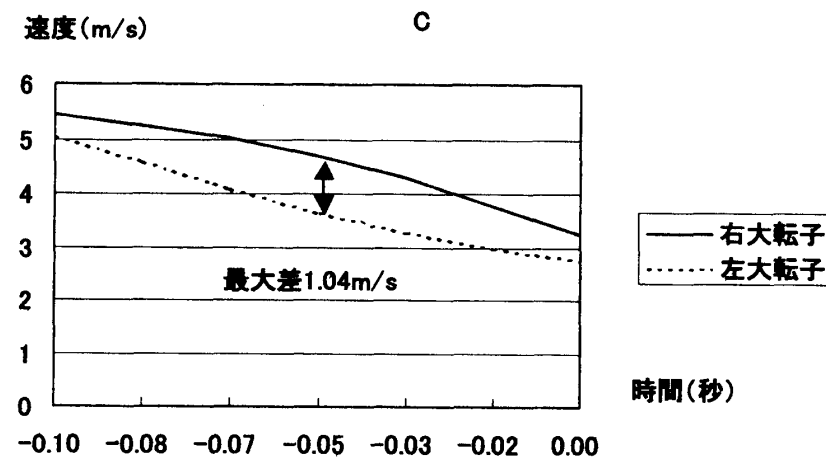


図5 被験者C 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値(支持足着地～インパクト)

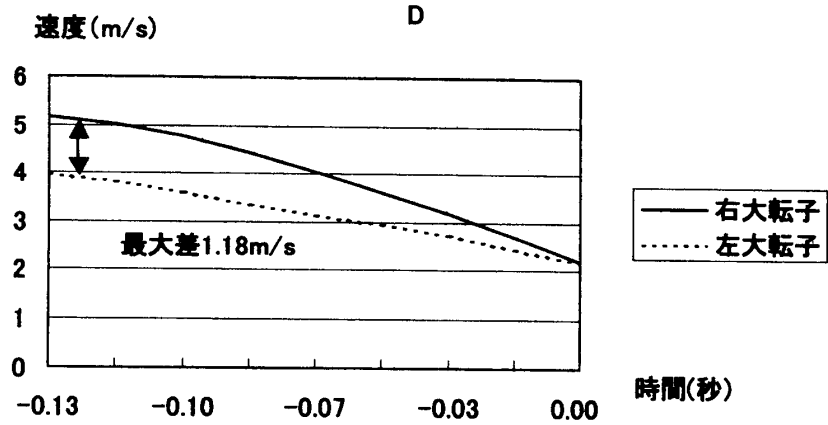


図6 被験者D 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値 (支持足着地～インパクト)

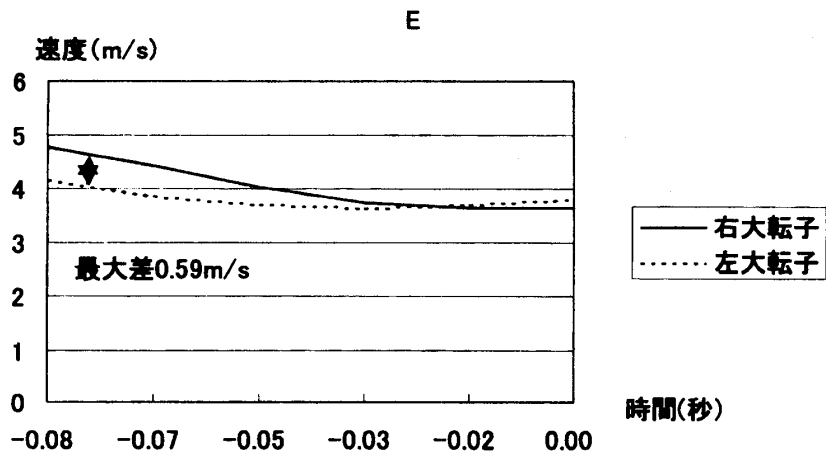


図7 被験者E 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値 (支持足着地～インパクト)

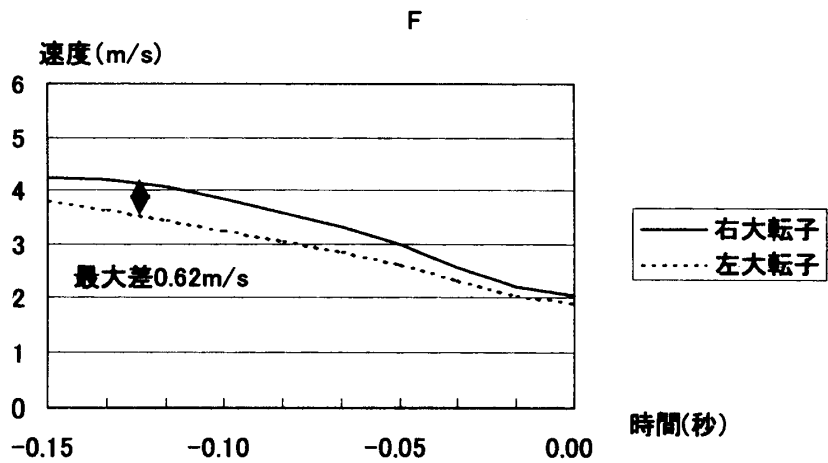


図8 被験者F 右大転子・左大転子の水平速度及び右大転子・左大転子の速度の差の最大値 (支持足着地～インパクト)

速度差の最大値は被験者D、E、Fの順に1.18m/s、0.56m/s、0.62m/sとなった。速度差が最大になった時点での被験者Dの左右大転子の水平速度は順に3.96m/s・5.16m/s、被験者Eの左右大転子の水平速度は順に4.17m/s・4.76m/s、被験者Fの左右大転子の水平速度は順に3.43m/s・4.06m/sであった。

での膝関節角度と角度測定位置、膝関節部位の水平速度を示した。熟練者の膝関節角度は支持足着地で膝関節を非熟練者に比べより伸展させて行い、その後滑らかに屈曲させていく。インパクト直前に熟練者全員が150°前後で膝関節を固定させ、インパクトをしている。逆に非熟練者は熟練者に比べ膝関節をより屈曲させて支持足着地し、被験者D、Fは伸展しながら、被験者Eは伸展することなくインパクトしている。膝関節部位の水平速度について熟練者はイン

3) 支持脚膝関節の角度と水平速度 (X方向)

図9～図10に支持足着地から動作終了地点ま

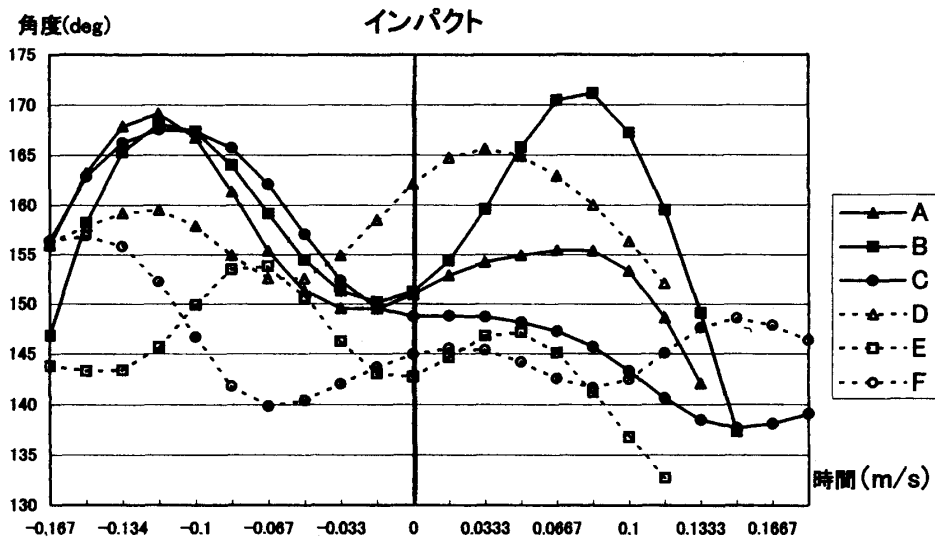


図9 支持脚の膝関節角度 (インパクトを0.00秒とする)

* 図9・図10の支持足の着地時間 (秒)

- A—0.10 B—0.10 C—0.10
- D—0.13 E—0.08 F—0.15

膝関節角度測定位置

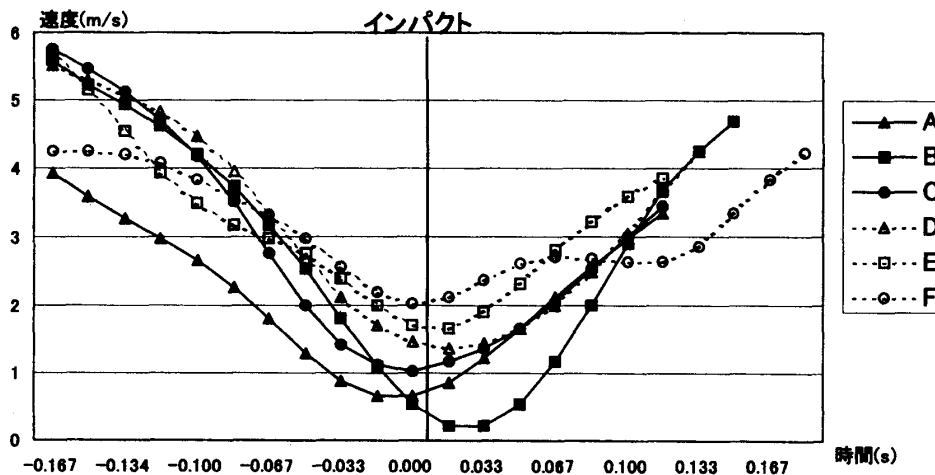


図10 支持脚の膝関節部位の水平速度 (インパクトを0.00秒とする)

パクト時点での水平速度が非熟練者に比べ低く殆ど速度をもっていないことがわかる。

4 考察

本研究においてもボール速度とスウィング速度との関係は戸茱ら¹⁾など従来の報告と同じように高い相関を示した。ボール速度を高めるにはスウィング速度をいかに増すかが重要となる。スウィング速度を増す1つの要因として腰の回転が考えられる。Roberts²⁾や戸茱³⁾は腰の回転がボール速度を増すための大きな因子になると報告している。今回の研究でも熟練者と非熟練者の間にはボール速度とスウィング速度に差がみられ、腰の回転にも差がみられた。

腰の回転を左右大転子水平速度差の最大値からみた。熟練者は支持脚着地後、左大転子水平速度を効果的に減速させ、右大転子との速度差をつくりだす。これにより熟練者は腰の回転を使いボールを蹴っていたと考える。非熟練者の被験者Dは左右大転子速度に差がみられた。被験者E、Fは熟練者に比べ速度差の最大値は小さく、図7・図8に示すように左右大転子速度差は殆どないままインパクトしていた。被験者E、Fは熟練者に比べ腰の回転を使っていないと考えられる。

この差が生じた原因の1つに、支持脚の固定が考えられる。インパクトでの支持脚の膝関節角度をみると、熟練者は膝関節が伸展の状態に着地し、屈曲してインパクト直前から150°前後に固定される。この時の膝関節部位の水平速度

は非熟練者と比べて速度をもっていない。これらにより支持脚を固定していると考えられる。支持脚の固定により左大転子速度は効果的に減速される。そして、左大転子の並進運動エネルギーが腰の回転により右大転子、蹴り脚へと伝わりスウィング速度が増すと考えられる。

非熟練者のインパクトの支持脚の固定については被験者E、Fは熟練者に比べ膝関節角度はより屈曲し、膝関節部位の水平速度も高かった。つまり支持脚の固定がされず、腰の回転が殆どなかったと考えられる。被験者Dは膝関節角度は最も伸展しているが膝関節部位の速度は非熟練者のなかでは熟練者に近い値であり支持脚の固定はある程度できていたと思われる。しかし、非熟練者で最もボール速度の優れていたのは被験者Eであった。この要因には様々考えられる。その1つに支持足の着地位置（踏み込み位置）が考えられる。今回の研究では詳細に明らかにすることはできなかったが、図11に支持足着地位置（支持脚踵部の位置）を示した。熟練者と被験者Eの4名は支持足がボールの真横もしくはやや後方に着地しているが、被験者D、Fはそれよりもさらに後方に支持足を着地していた。熟練者は蹴り足とボールとの位置関係から経験的に最適な位置に支持足を着地することができ、スウィング速度を効果的にエネルギーとしてボールに伝えることができると思われる。被験者Eも支持足の着地位置が適切だったため効果的にボールにエネルギーを伝えることができたのではないだろうか。逆に被験者D、Fは支持足の着地位置が悪いため、蹴り足とボールとの

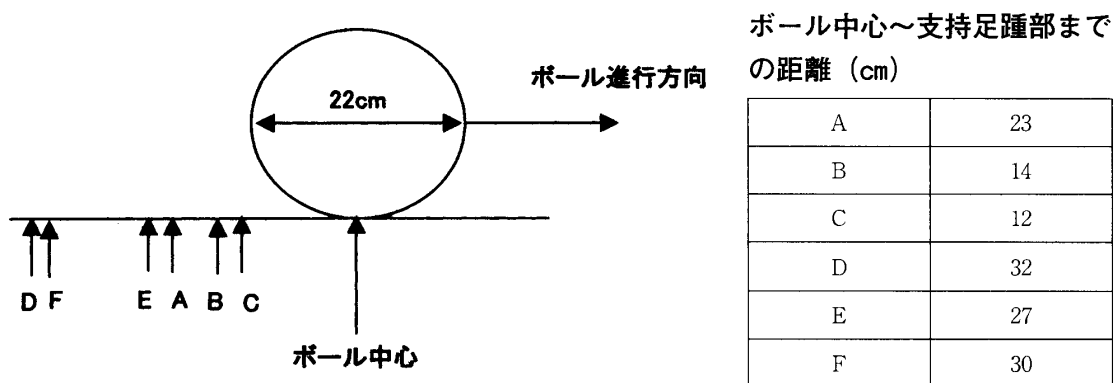


図11 支持足の踏み込み位置（ボールの進行方向に対して真横から）

インパクト位置に影響があったとも考えられる。磯川と小嶋⁴⁾らの報告によるとインステップキックの蹴り足とボールとのインパクト部位との関係において、スウィング速度が同じ場合はより足関節に近い部位でボールをインパクトした方がボール速度が速いと報告している。つまり、支持足を置く位置により蹴り足とボールのインパクト位置に微妙な変化があったのだと考える。しかし、これだけでは明らかにできないので今後の課題の1つとして考えていきたい。

5 まとめ

全力でのインステップキックの際のボール速度と支持脚の関係とその基本的役割を明らかにするために熟練者3名とサッカー未経験者の非熟練者3名の計6名のキックを2台のデジタルビデオカメラで撮影し画像の三次元解析によりボール速度、インパクト直前の蹴り脚のスウィング速度、左右の大転子の水平速度(X方向)、支持脚の膝関節角度と水平速度(X方向)の分析をおこなった。その結果をまとめると以下の通りである。

- ①ボール速度とスウィング速度との間には高い相関がみられた。
- ②スウィング速度には腰の回転が1つの要因として考えられるが、熟練者は腰の回転をスムーズに行いながらボールをけている。
- ③腰の回転をスムーズに行う要因として支持足の固定が考えられ、熟練者はボールインパクトの際に膝関節角度は150°前後でインパクト直前から固定し、また膝関節部位の水平速度も非熟練者に比べ速度をもっておらず、これにより支持脚の固定がなされていたと考えられる。

6 引用文献

- 1) 戸莉晴彦、浅見俊雄、菊地武雄、サッカーのキネシオロジー的研究(I)、体育学研究16: 259-64、1972.
- 2) Rovers, E. M. Kinetic parameters of kick-

ing. Biomechanics IV. In : University Park Press. 157-162、1974.

- 3) 戸莉晴彦、サッカーのバイオメカニクス—インステップキックの研究レビュー—、J. J. SportsSci 2 : 763-773、1983.
- 4) 磯川正教、小嶋武次、インステップキックにおけるインパクトの運動解析、第48回日本体育学会体育会号 : 348、1997.