

サッカーのボレーキックにおける足部の速度およびインパクト位置がボール速度に及ぼす影響

身体運動科学研究領域

5012A038-3 谷 茂樹

研究指導教員：矢内 利政 教授

【緒言】

サッカーのインステップキックにおいてインパクト後に大きなボール速度を得るためには、インパクト時の足部の速度を大きくすること（戸刈 1972）、足部質量中心付近でインパクトすること（石井ら 2007）、足部の甲の左右中心付近でボールをインパクトすること（Asai et al. 2005）が重要である。しかしながら、これらの研究は静止しているボールをキックする技術を対象としているため、それらの知見が試合で活用される局面はペナルティーキックなどプレースキック（静止しているボールへのキック）に限られる。相手ゴール前では飛来するボールをキック（ボレーキック）しなければならない場面も多い（田中 1987）。ボレーキックは、飛来するボールに合わせて予測したインパクト位置にタイミングよく足部を高速度で移動させて行うキックであるため、プレースキックに比べて正確なインパクトが困難であると考えられる。そのため、インパクト後のボール速度に及ぼす影響は、プレースキックに比べて足部の速度による要因が小さく、インパクト位置による要因が大きくなると推察される。さらに、インパクト前のボール速度が大きくなるにつれてこの傾向はより顕著になると推察される。また、ボレーキックでは、足部とボールの衝突が斜衝突になることから、足部の速度の方向や足部がボールに与える力積の方向といった観点も重要であると考えられる。そこで本研究は、①ボレーキックにおける足部の速度およびインパクト位置がインパクト後のボール速度に及ぼす影響、②インパクト前のボール速度の違いによるインパクト後のボール速度に影響を及ぼす要因の変化を検討し、ボレーキックにおいて大きなボール速度を得ることのできるインパクト特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

サッカー経験 6 年以上の男子大学生・大学院生 9 名に、蹴り足の側方に設置したサッカーボール発射マシンより発射されたボール（低速：9m/s、中速：11.5m/s、高速：15m/s）を、4m 前方のフットサルゴール中央に設置したターゲット

（1.3×1.3m）を狙い、インステップキックを用いたボレーキックを行わせた（図 1）。このとき、被験者にはできるだけ大きな速度のシュートをターゲットに当てるように指示した。フットサルゴールの横幅 3m の範囲内をボールが通過した試技を成功試技とし、各被験者につき各速度条件 8 本（ターゲットに当たった試技を 2 本以上含む）、計 24 本のデータを収集した。試技は高速度カメラ 3 台（1000Hz）で記録し、撮影した動画からインパクト前の足部の速度、インパクト後のボール速度を算出した。また、インパクト位置は足部に定義した座標系に対するボール中心の位置とし、インパクト位置の 2 成分（長軸成分、短軸成分）を定義した（図 2）。足部の速度の水平角は、速度ベクトル $\underline{V}$ を水平面に投影したベクトル $\underline{V'}$ と Y 軸とのなす角度とし、 $\underline{V}$ が被験者の蹴り脚の方向であったときを正とした。水平面における足部がボールに与える力積の方向（力積水平角）は、インパクト前後でボールが有する運動量の差から算出された足部がボールに与える力積の方向のベクトル $\underline{I}$ を水平面に投影したベクトル $\underline{I'}$ と Y 軸とのなす角度とし、 $\underline{I}$ が被験者の蹴り脚の方向であったときを正とした。足部の速さ、インパクト位置の 2 成分の範囲（最大値 - 最小値）、足部の速度の水平角、力積水平角における各速度条件間の差を分析するために、対応ありの一元配置の分散分析を行った。最大速度でターゲットに命中した試技を各被験者について選択し、足部の速さおよび力積水平角とボールの速さとの関連を Pearson の相関係数を用いて分析した。なお、インパクト位置とボールの速さとの関連については、2 次の曲線回帰分析を用いて分析した。さらに、各被験者における成功試技を対象に、足部の速さ、足部の速度の水平角、力積水平角とボールの速さとの関連を Pearson の相関係数を用いて分析した。なお、インパクト位置とボールの速さとの関連については、2 次の曲線回帰分析を用いて分析した。いずれの分析も有意水準は 5%未満とした。

【結果・考察】

足部の速さは低速条件で 16.9m/s、中速条件で 17.0m/s、高速条件で 16.4m/s であり、速度条件間で有意な差は認められなかった。これは、インパクト前のボールの速さによらず、被験者が一定の足部の速さでボレーキックを行うことを示すものである。力積水平角の平均値は、低速条件で 19.3°、中速条件で 22.8°、高速条件で 28.5° であり、低速条件と高速条件、中速条件と高速条件との間に有意な差が認められた。これは、インパクト前のボールの速さが大きくなるにつれて、足部がボールに与える力積の方向を飛来するボールの方向へ近づけてインパクトしていることを示している。足部の速度の水平角は、低速条件で 21.5°、中速条件で 25.4°、高速条件で 28.4° であり、低速条件と高速条件との間に有意な差が認められ、力積水平角と同様の傾向がみられた。このことから、被験者は足部を高速で移動させる中で足部の速度の方向を調節することによって、足部がボールに与える力積の方向を変化させている可能性が考えられる。インパクト位置の長軸成分の範囲は、低速条件で 7.1cm、中速条件で 7.1cm、高速条件で 7.3cm であった。また、インパクト位置の短軸成分の範囲は、低速条件で 11.5cm、中速条件で 10.5cm、高速条件で 12.3cm であった。インパクト位置の 2 成分の範囲は各速度条件間において有意な差は認められなかった。これは、インパクト前のボールの速さによらず、被験者が同程度のインパクト位置の範囲でインパクトしていたことを示すものである。

全ての速度条件において足部の速さとインパクト後のボールの速さとの間には有意な正の相関関係が認められた ($r>0.75$, $p<0.01$)。これは、各被験者が最大速度でターゲットに命中させた試技において、足部の速さの大きい被験者ほどインパクト後のボールの速さ大きいことを示すものである。インパクト位置の短軸成分とインパクト後のボールの速さとの間には、低速条件と高速条件において有意な 2 次式の関係が認められた。これは、各被験者が最大速度でターゲットに命中させた試技においてインパクト後のボールの速さが大きかった被験者ほど足部の甲の左右中心付近でインパクトしていることを示している。このこと

から、インパクト後に大きなボールの速さを得るためには足部の甲の左右中心付近でインパクトすることが重要であると考えられる。力積水平角とインパクト後のボールの速さとの関係を検討した結果、中速条件と高速条件において力積水平角とインパクト後のボールの速さとの間に有意な負の相関関係が認められた。これは、各被験者が最大速度でターゲットに命中させた試技において、足部がボールに与える力積の方向が飛来するボールの方向からターゲット方向へ近づくにつれて、インパクト後のボールの速さが大きくなることを示すものである。

5 つの変数（足部の速さ、インパクト位置の 2 成分、足部の速度の水平角、力積水平角）とインパクト後のボールの速さとの間に有意な関係が認められた各被験者の速度条件を表 1 に示した。各被験者の特徴を個々に検討してみると、sub B は全ての速度条件において足部の速さとインパクト後のボールの速さとの間に有意な正の相関関係が認められたことから、インパクト後に大きなボールの速さを得るためには足部の速さを大きくすることが重要である。一方、sub G は全ての速度条件においてインパクト位置とインパクト後のボールの速さとの間に有意な 2 次式の関係が認められたことから、インパクト後に大きなボールの速さを得るためには正確にインパクトすることが重要である。以上のことから、ボレーキックにおいてインパクト後に大きなボールの速さを得るためには、それぞれの選手にとって必要な技術を習得することが重要であると考えられる。

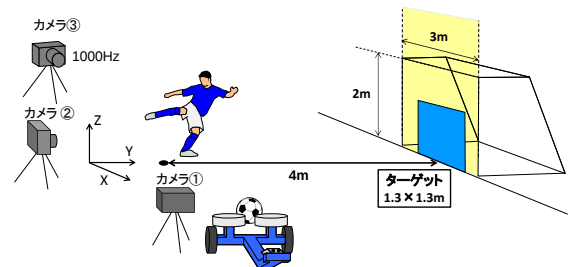


図 1 実験設定

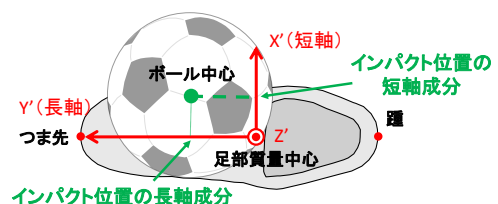


図 2 インパクト位置の 2 成分（長軸成分、短軸成分）

表 1 各変数とインパクト後のボールの速さとの間に有意な関係が認められた被験者の速度条件

	sub A				sub B				sub C				sub D				sub E				sub F				sub G				sub H				sub I							
	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足	速	短	長	足
低速																																								
中速																																								
高速																																								

足部の速さとインパクト後のボールの速さに有意な関係が認められた各被験者の速度条件

足部の速度の水平角とインパクト後のボールの速さに有意な関係が認められた各被験者の速度条件

インパクト位置の短軸成分とインパクト後のボールの速さに有意な関係が認められた各被験者の速度条件

インパクト位置の長軸成分とインパクト後のボールの速さに有意な関係が認められた各被験者の速度条件

力積水平角とインパクト後のボールの速さに有意な関係が認められた各被験者の速度条件