

# サッカーにおけるインサイドキックスキルの解明

## Biomechanical investigation of skill of accurate pass kicks in soccer

川本 竜史<sup>\*1</sup>  
Ryuji Kawamoto

古川 康一<sup>\*2</sup>  
Koichi Furukawa

<sup>\*1</sup> 慶應義塾大学 総合政策学部  
Faculty of Policy Management, Keio University

<sup>\*2</sup> 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
Graduate School of Media and Governance, Keio University

The purpose of this study was to determine the kinematical points to acquire the skill of accurate pass kicks in soccer. Errors of pass kicks and motions of the lower extremities were quantified for ten volunteers. We tried to determine the kinematical points of accurate pass kicks using both of statistical multivariate method (regression analysis) and data-mining one (decision tree learning). The results suggested that 1) kinematical essence to acquire the skill of accurate pass kicks was to increase reproducibility of the angle of the kicking foot at impact and that 2) stabilization of the directions of the pelvis and supporting foot seems to be effective way to increase such reproducibility.

### 1. 緒言

マラソンや水泳などでの日進月歩の記録向上にも反映されているように、近年のスポーツ科学の発展には目覚ましいものがある。しかしながら、「ワザ」や「コツ」などの慣用語でも表現される、一流スポーツ選手が有する優れた技能=スキルの解明は、現状で十分に達成されていると言いき難い。そこで、本研究では、世界中で最もポピュラーなスポーツといえるサッカーのキックを取り上げ、「上手に蹴る」スキルを科学的に検討することとした。

足でボールを扱うことを最大の特徴とするサッカーにおいて、キックは最も重要な技術である。中でも、インステップキックとインサイドキックは、競技中最も頻繁に用いられるキックであり、一般に前者では「強さ」が、後者では「正確さ」が主目的となる。「インステップキックでいかに強く蹴るか?」という課題に対しては、バイオメカニクスの先行研究によって、これまでにいくつかの科学的示唆がなされている。一方、「インサイドキックでいかに正確に蹴るか?」という課題に対しては、「インパクトの瞬間に足関節を固定しなさい」など、指導上一般的な要点が挙げられてはいるものの、これらの要点を支持すべき科学的根拠はほとんど得られていない。この理由としては、1)インサイドキックの運動解析には、3次元的手続きが不可欠であること、2)運動器系の関与が比較的大きい「強さ」の定量分析に比して、脳・神経系の関与がより大きい「正確さ」の定量分析が容易でないこと、3)多関節運動の個人内・外でのばらつきを取り扱うため、多変量のデータ獲得と統計数理解析を要することが挙げられる。以上の問題を解決し、正確なインサイドキック遂行のための動作の要点を解明することによって、非熟練者がインサイドキックのスキルを有効に獲得するための指導上の注意点を、科学的に示唆できる可能性がある。そこで本研究では、モーションキャプチャシステムを用いた身体運動の3次元運動学的解析に、多変量解析法(重回帰分析)およびデータマイニング手法(決定木学習)といった統計数理的手法を応用することによって、サッカーにおける正確なインサイドキックスキルの獲得のための運動学的要点を解明することを目的とした。

### 2. 方法

#### 2.1 被験者および実験環境

健常男子大学生 10名を対象として実験を実施した。このうち4名はサッカー経験者(競技歴: 5~12年)であり、6名は未経験者であった。7名の被験者の利き足は右であり、残り3名の被験者の利き足は左であった。

実験は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの映像スタジオで実施した。室内にモーションキャプチャシステム(Vicon 8, Oxford Metrics)の光学式カメラ 8台を設置し、壁にキックの誤差を定量するための標的板を設置した。標的板の横幅は 2.2m であり、中心線(標的線)を基準として 0.1m ごとに垂線を引いた。標的板から 4.5m 離れた床面にボールを置く位置をマーキングした。標的線に対するキックの誤差を記録するために、ボール位置の 1.0m 後方にデジタルビデオ(DCR-TRV30, SONY)を設置した。実験に先立ち、実空間のキャリブレーションを行った。いずれの方向でも、標準誤差は 2.0mm 未満であった。

各被験者の下肢の解剖学的指標計 20箇所に、反射マーカーを貼り付けた。サッカーボールは成人用 5号球を用いた。

#### 2.2 データ獲得

試技に先立ち、安静立位時の姿勢を撮影した。被験者には、一步の助走からのインサイドキックで標的線を狙ってできるだけ正確にボールを蹴るように指示した。この際、通過センサで計測した球速が下限速度(5.0 m/s)を下回った試技は不採用とした。

各試技における被験者の下肢運動を、同期した光学式カメラによって 120Hz でキャプチャした。また、キックされたボールの軌道をデジタルビデオで記録した。各被験者につき、成功試技が左右各 10本ずつ得られるまで試技を繰り返した。キャプチャされたモーションデータは、付属のソフト(Vicon Workstation 4.1, Oxford Metrics)を用いて 3次元座標化した。

#### 2.3 分析

標的線に対するキック誤差( $K_{error}$ )は、記録したビデオ画像をデジタル化した上で、ボールが標的板に当たった時点での標的線からボール中心までの側方距離として定量した。 $K_{error}$ の方向は、蹴り脚の対角方向を正方向と定義した(図 1)。インパクトの時間は、VTR 画像と蹴り脚の足部中点の加速度の時系列波形に基づいて決定した。

蹴り脚足部の運動学的変量として、標的方向に対する足部角度(KFA)、ボール中心に対する足部中点の側方および垂直位置(KFP<sub>ml</sub>とKFP<sub>ud</sub>)、足部中点の方向角度(DAKF)を求めた(図1)。その他の運動学的変量として、軸脚の足部中心の前後および側方位置(SFP<sub>ap</sub>とSFP<sub>ml</sub>)、標的方向に対する足部角度(SFA)、蹴り脚の足関節底/背屈角度(KAA<sub>dp</sub>)、膝屈曲/伸展角度(KKA<sub>fe</sub>)、股関節屈曲/伸展角度、外/内転角度、外/内旋角度(KHA<sub>fe</sub>, KHA<sub>aa</sub>, KHA<sub>ei</sub>)、そして標的方向に対する骨盤角度(PA)を求めた。

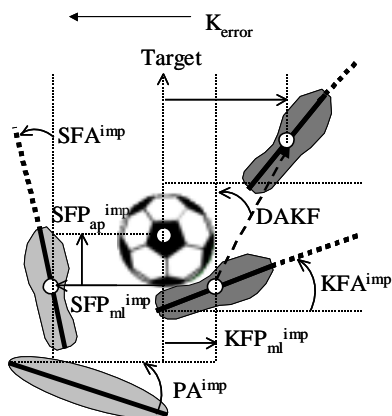


図1: 足部および骨盤変量の定義(右足キックの例)

本研究では、キックの正確性の定量指標として、 $K_{error}$  のばらつき、すなわち標準偏差(S.D.)に着目した。キック誤差の個人間変動の主要因を解明するため、全被験者両脚の  $K_{error}$  の S.D. を目的変数、 $KFA^{imp}$ ,  $KFP_{ml}^{imp}$ ,  $KFP_{ud}^{imp}$ ,  $DAKF$  の S.D. を説明変数とした回帰分析(ステップワイズ法)を行った。更に、正確なキックを遂行するための、下肢全体での運動学的要点を解明するために、 $K_{error}$  の回帰結果から、キック誤差の個人間変動の主要因とみなされた足部の運動学的変量と、下肢全体の運動学的変量との関連性を検討した。具体的には、 $K_{error}$  の回帰分析から抽出された主説明変数の S.D. を目的変数とし、インパクト時の  $SFP_{ap}$ ,  $SFP_{ml}$ ,  $SFA$ ,  $KAA_{dp}$ ,  $KKA_{fe}$ ,  $KHA_{fe}$ ,  $KHA_{aa}$ ,  $KHA_{ei}$ ,  $PA$  の S.D. を説明変数とした回帰分析(ステップワイズ法)を行った。以上の統計処理には、統計ソフト(SPSS11.5, SPSSinc.)を用い、有意水準はいずれも5%未満とした。

### 3. 回帰分析の結果と考察

回帰分析の結果、キック誤差( $K_{error}$ )の S.D. は、標的方向に対するインパクト角度( $KFA_{imp}$ )の S.D. のみによって、高い精度で回帰できた( $R^2=0.849$ ,  $P<0.001$ , 図2)。この結果から、インサイドキックの精度は、足部運動学の中でも、インパクト角度の再現性にきわめて強く依存することが明らかとなった。一方、インパクト位置( $KFP_{ml}^{imp}$ と $KFP_{ud}^{imp}$ )の S.D. は、説明変数として選択されなかった。すなわち、インパクト角度と比べてインパクト位置の再現性は、キック精度の決定要因として、重要度が低いことが分かった。また、インパクト前後での蹴り脚足部の進行角度(DAKF)も、キック精度に有意な影響を及ぼさなかった。

インパクト角度の再現性を高めるための動作上の要点を検討するために、本研究では、インパクト角度とその他の下肢の運動学的変量との関係を検討した。この結果、インパクト角度( $KFA^{imp}$ )の S.D. は、目標方向に対する軸足角度( $SFA^{imp}$ )および骨盤角度( $PA^{imp}$ )の S.D. によって有意に回帰できた( $R=0.719$ ,  $P<0.001$ )。以上の結果から、インサイドキックにおけるイ

ンパクト角度の再現性は、目標方向に対する軸足および骨盤の方向の再現性に強く依存していることが示唆された。

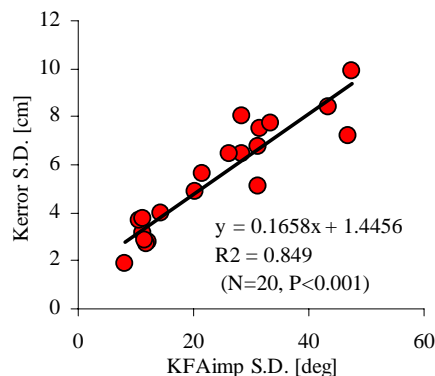


図2: インパクト時の蹴り足角度のばらつきとキック精度との関係

### 4. データマイニング法の応用

以上の分析に加え、本研究では身体運動のスキル解明に対するデータマイニング法の応用可能性を探るべく、インサイドキックスキルのレベル分類問題の解決を試みた。具体的には、キック誤差( $K_{error}$  の S.D.)に基づいて、被験者を3つのクラス(Good/Fair/Poor)に分類し、蹴り脚足部を除く全変数を用いたJ48 アルゴリズムによる決定木構築(Weka3-4, Univ. of Waikato)を行った[古川 01]。この結果、インパクト時の骨盤方向が安定し、かつ蹴り足の足関節が固定できている被験者はスキルが高く、一方、インパクト時の骨盤方向が不安定で、かつ軸足の方向が不安定な被験者はスキルが低いことが示唆された(図3)。

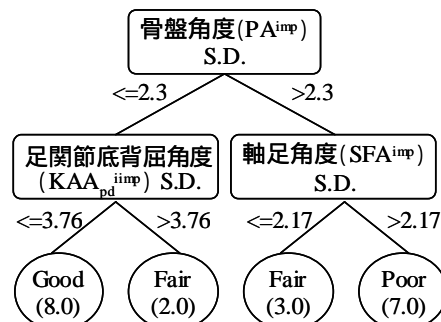


図3: インサイドキックスキル分類問題の決定木

従来のインサイドキックの指導では、足関節固定や軸足の置き方など、身体末梢部の制御の重要性は指摘されているものの、骨盤を中心とした体幹部安定化の重要性には、十分な注意は払われていない。本研究結果は、サッカーのインサイドキックという、巧緻性の低い足部を中心とした身体運動においても、体幹部の安定化が高いスキルを發揮する上で重要な要素であることを示唆するものであった。

### 5. 結論

正確なインサイドキックスキルを獲得する上での運動学的な本質は、目標方向に対するインパクト時の足部角度の再現性向上である。非熟練者がこの再現性を向上するためには、骨盤および軸足方向の安定化を図ることが有効と考えられる。

### 参考文献

[古川 01] 古川康一: 帰納論理プログラミング, 共立出版, 2001.