

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500588

研究課題名（和文）

サッカーにおけるボールインパクト習熟過程のバイオメカニクスの解明

研究課題名（英文）

Biomechanical analysis for how to attain proficiency in ball impact technique in soccer

研究代表者

布目 寛幸 (Hiroyuki Nunome)

名古屋大学・総合保健体育科学センター・准教授

研究者番号：10270993

研究成果の概要（和文）：

サッカーにおいてより速いボールを蹴ることは重要な能力のひとつである。日々のトレーニングを通じて選手達は以下に足部と脚の運動量を効果的にボールに伝える術を習得する。本研究では、子どもから青年期までのサッカー選手を対象にインステップキックにおけるボールインパクトの特性の横断的な変化を概観した。

8歳～24歳までの選手（プロ選手を含む）を対象に2台の超高速カメラを使い、ボールインパクト局面における下腿部、足部、ボールの動きを毎秒2000コマの速度で撮影した。3次元映像解析法から足部の3次元的な動きを定量化するとともに、よいボールインパクトの指標であるボール/足部速度比を求めた。さらにボールインパクトに有効な striking mass（有効質量）との関係を求めた。

ボールインパクト直前の足部速度、ボール初速度、ボール/足部速度比は年齢とともに一定の増加傾向を示した。ボールインパクト中の足部の動きは年齢を問わず、ほとんどの被検者で底屈、外転、外反していた。本研究では Asami and Nolte (1983)による足関節の固定具合がよりボールと足部のインパクトの重要な要素であるという示唆とは異なり、前述した受動的な足関節の動作とボール/足部速度比との有効な関係をみつけることができなかった。（足部）有効質量は、被検者の体重( $r = 0.89$ )、足部質量( $r = 0.91$ )およびボール/足部速度比( $r = 0.89$ )と強い相関を示した。

Lees and Nolan (1998) は、足関節の固定により、足部のみならず下腿部の質量を有効質量に加えることができると推測しているが、本研究の結果からは、足部がボールにその重心付近の適切な位置でインパクトするならば、サッカーインステップキックのボールインパクトは、ほぼボールと足部のみの衝突であると考えることができた。

したがって、身体のサイズ≒足部の質量は、ボールインパクトの効率に大きな影響を与え、特に身体のサイズが小さい子どもはこの観点から技術的ではなく、物理的なハンデがあると考えられた。

研究成果の概要（英文）：

To kick the ball faster is essential ability for soccer players. Through daily training, the players learn how to impart the foot and leg momentum into the ball effectively. The purpose of this study was to investigate the change of ball impact characteristics in instep kicking from childhood to adolescent players by the cross-sectional method.

Fifty one skilled (including professional) soccer players from 8 to 24 years old participated. The shank, foot and ball motions during ball impact of maximal instep kicking were captured by two ultra-high-speed video cameras at 2000 fps. 3D foot angular motion was detected, and the ball-foot velocity ratio (BFVR) was calculated as the index of ball impact efficiency. To quantify how much the mass was imparted for the collision, effective striking mass of kicking limb was estimated from the equation of momentum conservation.

Foot velocity before ball impact, ball velocity, and BFVR increased systematically with age. In most trials, the foot was forced into plantar flexion, abduction and eversion during ball impact regardless of age. In contrast to Asami and Nolte (1983) who suggested that the rigidity of the foot is critical factor for good foot-ball impact, these passive foot angular displacements have no relationship to BFVR. The effective striking mass was strongly correlated with their body mass ( $r = 0.89$ ), foot mass ( $r = 0.91$ ), and BFVR ( $r = 0.88$ ). The sum of the mass of the foot and shoe corresponded to  $84.0 \pm 9.6\%$  of the striking mass.

Lees and Nolan (1998) also speculated that if the ankle becomes more rigid at ball impact, the effective striking mass would increase by adding some part of the shank mass on the foot. However, our results suggested that if the foot hit the ball with appropriate position (i.e. around the centre of mass), the ball impact is most likely assumed to be a collision between the shod foot and the ball.

The physical size of the soccer players has great influence on the ball impact efficiency. Therefore, due to the small mass of the foot, younger players have some disadvantage to kick the ball effectively even if their kicking technique is well skillful.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費      | 合計        |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 2,600,000 | 780,000   | 3,380,000 |
| 2010年度 | 500,000   | 150,000   | 650,000   |
| 2011年度 | 900,000   | 270,000   | 1,170,000 |
| 総計     | 4,000,000 | 1,200,000 | 5,200,000 |

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：スポーツ科学

キーワード：スポーツバイオメカニクス

### 1. 研究開始当初の背景

ボールキックはサッカーにおける最も重要な個人技術で、そのボール速度を高めることは、パフォーマンスの向上に必要な要素である。キックによって速いボール速度を得るためのコツを力学的な観点から考えると、まず蹴り脚のスイング速度を十分に高めたうえで、足部の運動量を効率よくボールへと伝える必要がある。

このボールインパクトの効率を高めるためには、ボールインパクトによる足部及び足関節の受動的な動作を最小限にすることが有効な方法であると考えられており(Asami and Nolte, 1983; Rodano and Tavana, 1993; Lees and Nolan, 1998)、近年では映像技術と信号処理の進歩によりボールインパクト局面の動作が分析可能となっている(Asai et al., 2002; Nunome et al., 2006; Shinkai et al., 2009)。

一般にサッカーを始めたばかりの子どもは、前述したボールインパクトの技術に未習熟であり、これまでは技術的な要因が主としてボールインパクト技術の習熟に関与して

いると考えられてきた。しなしながら、この現象を身体発育に伴う足部の質量増加という観点からとらえ直すと、技術的要因のみならず、足部質量の増加という物理的な要因が少なからず関与している可能性が考えられるが、これらの関係を検証した研究は見当たらない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、子どものサッカーのキック動作におけるボールインパクトが、身体発育による足部質量増加の影響を受けながら、どのように習熟していくかをバイオメカニクスの観点より精査するものである。

### 3. 研究の方法

被検者は8歳～24歳までの選手(プロ選手を含む)であった。2台の超高速カメラを使い、サッカーインステップキックにおけるボールインパクト局面における下腿部、足部、ボールの動きを毎秒2000コマの速度で撮影した(図1参照)。



図1. ボールインパクト局面の超高速画像。

3次元映像解析法から得た足部および下腿に添付したマーカーの座標より（図2参照）、ボールインパクト中の足部の3次元的な動き（底屈/背屈、内反/外反、内転/外転）を定量化した。



図2. 足部マーカー。

ボールインパクトの良し悪しを評価する指標としてボール/足部速度比を求めた。さらに、ボールインパクトに有効な striking mass（有効質量）との関係を求めた。

#### 4. 研究成果

ボールインパクト直前の足部速度、ボール初速度、ボール/足部速度比は年齢とともに一定の増加傾向を示し、ボールインパクト直前の足部速度は 14.5~24.2 m/s の範囲、ボール初速度は 14.5~34.1 m/s の範囲、ボール/足部速度比は 0.98~1.53 の範囲であった。

ボール初速度は、選手の体重（23.0~76.4 kg）と強い相関関係（ $r = 0.94$ ,  $P < 0.01$ ）がみられ、同様に足部速度とも強い相関関係（ $r = 0.94$ ,  $P < 0.01$ ）がみられた。

一方、ボールと足部との接触時間は年齢を問わず 9ms 前後と一定であった。

ボールインパクト中の足部の動きは年齢を問わず、ほとんどの被検者で底屈（ $5.9 \pm 4.6$  deg）、外転（ $6.2 \pm 4.3$  deg）、外反（ $2.2 \pm 2.8$  deg）しており、ボールインパクトによる受動的な足部可動域は、先行研究（Shinkai et al., 2009）とほぼ同等であった。

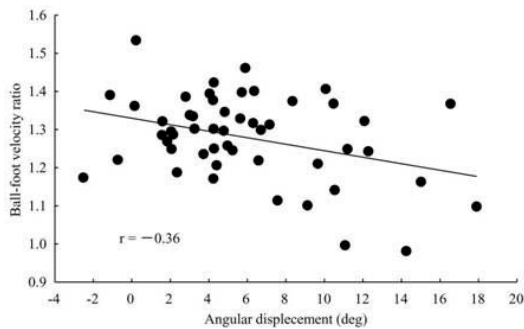


図3. ボールインパクト中の足部底屈可動域とボール/足部速度比との関係。

本研究では先行研究（Asami and Nolte, 1983; Rodano and Tavana, 1993; Lees and Nolan, 1998）による足関節の固定具合（より少ない可動域）がより効率的なボールインパクトの重要な要素であるとする示唆とは異なり、前述した受動的な足関節の動作とボール/足部速度比との強い相関関係をみつけることはできなかった（図3参照）。

足部有効質量（0.69 ~ 2.36 kg）は、推定された足部質量（0.48 ~ 1.37 kg）と強い相関関係（ $r = 0.91$ ,  $P < 0.01$ ）を示し、ボールインパクトの指標であるボール/足部速度比とも強い相関を示した（ $r = 0.89$ ,  $P < 0.01$ ）（図4参照）。

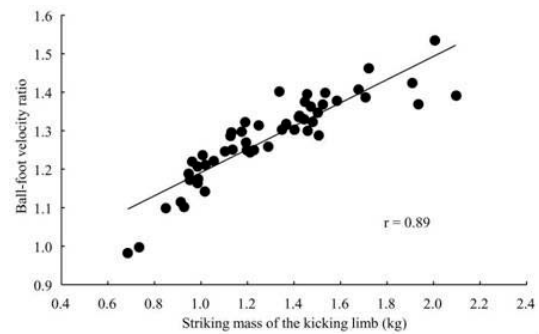


図4. ボールインパクトにおける足部換算質量とボール/足部速度比との関係。

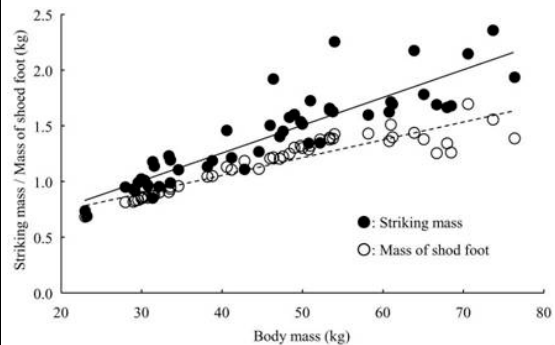


図5. 選手の体重に対する足部換算質量および足部推定質量との関係。

さらに足部質量とシューズと被検者の足部質量の合計は（0.68 ~ 1.69 kg）は、足部換算質量の  $84.0 \pm 9.6\%$  に相当した（図5参照）。

Lees and Nolan (1998) は、足関節の固定により、足部のみならず下腿部の質量を有効質量に加えることができると推測しているが、本研究の結果からは、足部がボールにその重心付近の適切な位置でインパクトするならば、サッカーインステップキックのボールインパクトは、ほぼボールと足部のみの衝突であると考えることができた。

したがって、身体のサイズ≒足部の質量は、

ボールインパクトの効率に大きな影響を与え、特に身体のサイズが小さい子どもはこの観点から技術的ではなく、物理的なハンデがあると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

LEES, A., ASAI, T., ANDERSEN, T. B. NUNOME, H. & STERZING, T. The biomechanics of kicking in soccer: A review. J Sports Sci, 28(8): 805-817, 2010.

(査読有り)

SHINKAI, H., NUNOME, H., ISOKAWA, M. & IKEGAMI, Y. Ball impact dynamics of instep soccer kicking. Med Sci Sports Exerc, 41(4): 889-897, 2009.

(査読有り)

[学会発表] (計2件)

NUNOME, H. Kicking dynamics in youth, high performance and novice players. 7th World Congress on Science & Football, 28th May 2011, Nagoya, Japan.

SHINKAI, H., NUNOME, H., SUITO, H., INOUE, K. & IKEGAMI, Y. Cross-sectional change of ball impact in instep soccer kicking, The 7th World Congress on Science & Football, 28th May 2011, Nagoya, Japan.

[図書] (計1件)

SHINKAI, H., NUNOME, H., & IKEGAMI, Y. et al. Change of ball impact technique in instep kicking with physical growth. In: International Research in Science & Soccer, 55-62, 2010.

(査読有り)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：  
発明者：

権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]

Tom Reilly Young Investigator Award Winner (Poster) at the 7<sup>th</sup> World Congress on Science & Football, 28th May 2011, Nagoya, Japan.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

布目 寛幸 (Hiroyuki Nunome)

名古屋大学・総合保健体育科学センター  
准教授

研究者番号：10270993

(2) 研究分担者

池上 康男 (Yasuo Ikegami)

名古屋大学・総合保健体育科学センター  
教授

研究者番号：60092988

(3) 連携研究者 なし