

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32821

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2015

課題番号：24700671

研究課題名(和文)現場で生じたスポーツ動作に対する新たな試み：ビデオ映像を用いた他覚的運動解析

研究課題名(英文)A new approach for evaluating field sports performance: biomechanical analysis using uncalibrated video sequences.

研究代表者

笹木 正悟 (Shogo, Sasaki)

東京有明医療大学・保健医療学部・講師

研究者番号：30563473

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ビデオ映像を用いてサッカーの競技現場で生じた実際の動作について分析した。対敵局面の守備動作では、身体重心を一定に保つことが重要であった。また、接地時の重心高は股関節屈曲角度および重心変位量と相関が見られた。プレッシング場面において、サッカー選手は滑らかな股関節運動を行っていた。これらの知見から、ビデオ映像は現場でのスポーツパフォーマンスの評価に有用なツールであると考えられた。

研究成果の概要(英文)：We analyzed the soccer movement in actual game situations from uncalibrated video sequences. In the one-on-one defensive cutting action, smaller center of mass displacement was important for successful performance. Additionally, the normalized center of mass height at initial contact was correlated with the vertical center of mass displacement and hip flexion angle. Furthermore, soccer players moved the hip joint smoothly during pressing maneuvers. These results suggested that video sequences is valuable tool for evaluating field-based sports performance.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：ビデオ分析 スポーツ現場 パフォーマンス評価 サッカー

### 1. 研究開始当初の背景

ビデオ映像を用いた分析は、現場で生じた多様なシーンを選手やコーチングスタッフにフィードバックする上で役立つ。また、動作情報を視覚的に選手に提供することは、その運動についての学習効果を高め、効率的かつ安全なパフォーマンス発揮の一助となる。しかしながら、これまでのビデオ分析は指導者の主観的な“見た目”による評価が中心であり、現場で生じたスポーツ動作そのものを客観的に評価することは行われていない。“見た目”による視覚的評価は、容易さや簡便さという利点をもつ一方で、客観性や正確性に乏しいという欠点が存在する。

近年、複数のビデオ映像を組み合わせることで表面マーカーをつけていない動作を三次元的に解析できる Model-based Image-matching (MBIM) 法が開発された (Krosshaug et al. 2005)。MBIM 法はこれまで下肢外傷の受傷動作を解明するためにスポーツ医学領域で用いられていたが、競技現場で生じたパフォーマンス評価や健常アスリートの運動解析に本手法を応用できると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、サッカーの試合現場で生じた動作を対象に、以下の3点を明らかにすることを目的とする。

- (1) 1対1の対敵局面で生じた守備の方向変換動作について、成功試技と不成功試技について比較検討を行う。
- (2) 1対1の対敵局面で生じた守備の方向変換動作について、重心位置と下肢キネマティクスとの関係について検討を行う。
- (3) ヘディング場面およびプレッシング場面の動作をスクリーニングし、重心位置と体幹・下肢キネマティクスの特徴や関係について検討を行う。

本研究により、サッカー競技の中で実際に生じたリアリティの高い動作の特性を客観的に示すことができ、特に守備のパフォーマンス向上や傷害予防のための「動き作り」指導の科学的知見になると考えられる。

### 3. 研究の方法

《実験1》対敵局面で生じた方向変換の運動解析 - 守備の成功試技と不成功試技のパフォーマンス評価 -

対象：関東大学サッカー1部リーグに所属する男子サッカー選手4名を対象とした。バイタルエリアで生じた1対1の対敵局面で、攻撃選手のドリブル突破を阻止できた守備場面2例を成功試技とした。また、攻撃選手にドリブル突破を許してしまった2例を不成功試技とした。

映像収集・編集：サッカーの試合を観客席スタンドおよびピッチ場外から4台以上のデジ

タルビデオカメラ (30Hz, 480i) を用いて同時に撮影した。4方向から撮影されたビデオ映像は Adobe After Effect を用いて1つの映像として同期保存した。

検討内容：MBIM法を用いて、同期されたビデオ映像にサッカーコートの情報と対象者の骨格モデルをマッチングさせ、対敵局面における守備動作の再構築を行った (図1)。方向変換時の接地時間、身体重心高、体幹部・股関節・膝関節屈曲角度を算出し、成功試技と不成功試技について比較した。

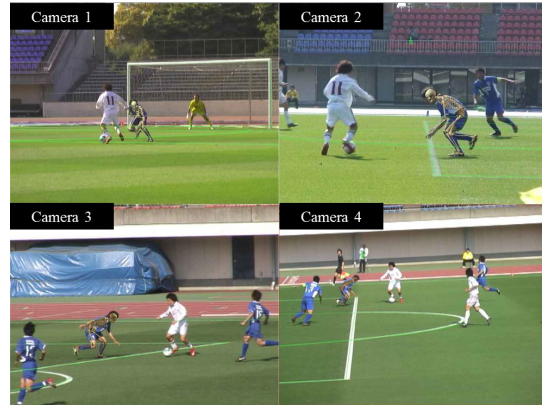


図1. MBIM法を用いた対敵局面の運動解析

《実験2》守備の対敵局面における重心位置と下肢キネマティクスとの関係について

対象：関東大学サッカー1部リーグに所属するサッカー選手6名 (男性3名、女性3名) を対象とした。実験1と同様に、バイタルエリアで生じた1対1の対敵局面における守備動作の分析を行った。

映像収集・編集：解像度の高いビデオカメラ (60Hz, 1080i) を追加し、実験1と同様の方法で行った。

検討内容：MBIM法を用いて、方向変換時の身体重心高と股関節・膝関節屈曲角度を算出した。被験者間での体格差を相対化するために、身体重心高は身長で除することにより正規化された。記述統計として男女での方向変換の性差を確認し、各変数の関係について Pearson の積率相関係数を用いて検討した。

《実験3-1》ヘディング/プレッシング場面における重心位置と体幹・下肢角度の関係について - 二次元ビデオ分析を用いた検討 -

対象：関東女子サッカーリーグに所属するサッカー選手30名を対象とした。試合の中から (1) ヘディング後の着地動作、(2) プレッシング後の減速・方向変換動作をスクリーニングし、矢状面から鮮明に撮影できていた60試技 ((1)29試技, (2)31試技) を分析対象とした。

映像収集：サッカーの試合をピッチ場外から5台のデジタルビデオカメラ(60Hz, 1080i)を用いて同時に撮影した。映像の選定は、最初にコート中央から撮影したビデオカメラを用いて前述(1)(2)の場面をスクリーニングした。その後、他の4台のビデオカメラから鮮明に記録されている矢状面像を確認し、接地時の画像をTIFFファイルとして保存した。

検討内容：重心位置の指標は、体幹中心から接地足までの距離を大腿長で除した値をCOM\_BOS (Sheehan et al.2012)として用いた。接地時の矢状面像から体幹角度、下肢角度、膝角度、COM\_BOSを算出し、各変数の関係についてPearsonの積率相関係数を用いて検討した。また、COM\_BOSを従属変数、体幹角度・下肢角度・膝角度を独立変数とした重回帰分析(ステップワイズ法)を行った。

《実験 3-2》守備のプレッシング場面で生じた減速・方向変換動作の三次元運動解析

対象：関東女子サッカーリーグに所属するサッカー選手5名を対象とした。実験 3-1でスクリーニングされたプレッシング場面のうち、COM\_BOSが1.2以上であった場面を分析対象とした。

映像収集・編集：実験 3-1のビデオ映像を用い、実験 1・実験 2と同様の方法で行った。

検討内容：MBIM法を用いて、サッカーにおけるプレッシング場面の股関節および膝関節角度について検討した。

#### 4. 研究成果

《実験 1》不成功試技に比べて成功試技における方向変換時の接地時間は短く、身体重心高の変位量はより小さかった。特に、不成功試技においては身体重心の最下降時から離地時までの変位量が大きくなる傾向が見られた。重心の高さを一定の位置に保つことは、身体活動における機械的仕事を最小限にする上で重要であるだけでなく、アジリティといった複雑な運動課題のパフォーマンス発揮にも重要であると言われている (Bradshaw et al. 2011)。

また、重心の最下降時における体幹部、股関節および膝関節屈曲角度は成功試技でより小さかった。このことから、対敵局面の守備場面では過剰にかがみすぎず、攻撃選手の動きに合わせてあらゆる方向へ対応できる準備姿勢を維持することが重要であると考えられた。

《実験 2》男性に比べて女性の重心位置は高く、接地後の重心変位も大きい傾向が見られた。また、接地時の股関節および膝関節屈曲角度は女性がより小さい傾向であった。方向

変換走を用いたラボ研究でも女性は男性に比べて下肢屈曲角度の減少がみられると報告されており (Pollard et al. 2007; Nagano et al. 2011)、スポーツ現場における競技動作でも同様の傾向が観察できた。

接地時の身体重心高は接地時の股関節屈曲角度と強い負の相関を示した ( $r = -0.823$ ,  $p = 0.044$ , power .750) (図 2)。また、身体重心の変位量は接地時の身体重心高 ( $r = 0.832$ ,  $p = 0.040$ , power .768)、股関節屈曲変位量 ( $r = 0.870$ ,  $p = 0.024$ , power .844)、膝関節屈曲変位量 ( $r = 0.829$ ,  $p = 0.041$ , power .762)と有意な相関を示した。このことから、接地時の重心位置は接地後の重心変位量と関係しており、特に股関節のコントロールが守備の対敵局面では重要であることが示唆された。

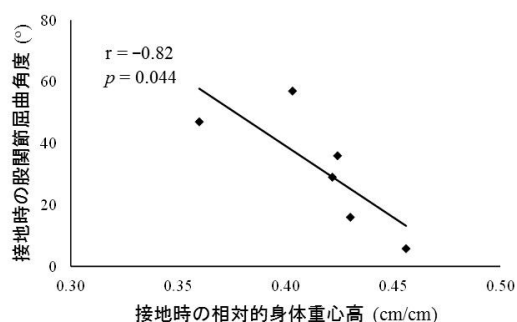


図 2. 接地時の相対的身体重心高と股関節屈曲角度との関係

《実験 3-1》体幹中心から接地足までの距離 (COM\_BOS) は体幹角度 ( $r = -0.623$ ,  $p < 0.001$ ) および下肢角度 ( $r = 0.869$ ,  $p < 0.001$ ) (図 3) と有意な相関を示したが、膝角度とは有意な相関を示さなかった。このことから、ヘディング/プレッシング場面における重心位置は、膝関節よりも体幹および股関節のコントロールによって制御できる可能性が示唆された。

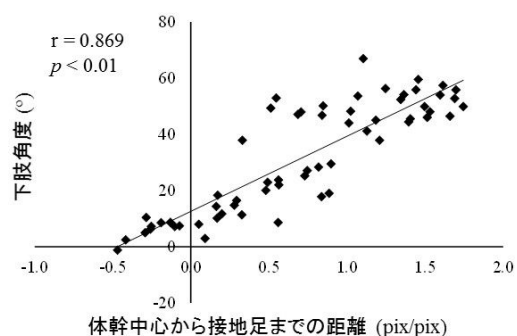


図 3. 体幹中心から接地足までの距離 (COM\_BOS) と下肢角度との関係

また、ステップワイズ法を用いた重回帰分析を行った結果、COM\_BOSを構成する要素として下肢角度、体幹角度、膝角度の標準偏回帰係数に有意性が認められた (adjusted  $r^2 = 0.953$ ,  $p < .0001$ ,  $f^2 = 20.27$ )。重回帰分析から作成される重回帰式は、COM\_BOS =

0.030 × 下肢角度 - 0.023 × 膝角度 - 0.011 × 体幹角度 + 0.319 であった。

《実験 3-2》体幹中心から接地足までの距離が離れているプレッシング場面の減速・方向変換動作において、膝関節の外反・内旋は過小であり、股関節は軽度屈曲かつ外旋位で接地し、その後なめらかな屈曲運動を生じていた。先行研究ではサッカーにおけるプレッシングが膝靭帯損傷の誘発場面であると報告されているが(Walden et al. 2015)、本研究のように受傷に至らない健常アスリートは受傷場面と異なる下肢キネマティクスを示していた。スポーツ現場で生じるプレッシング場面において、股関節の神経筋コントロール制御の重要性が示唆された。

本研究より以下の点が明らかとなった。

・対敵局面の守備場面では、過剰にかがみすぎず、短い接地時間かつ過小な重心変位で攻撃選手に対応することが、成功試技に繋がっていた。

・対敵局面の守備動作では、接地時の身体重心高と股関節屈曲角度が強い負の相関関係を示した。また、身体重心の変位量は接地時の身体重心高、股関節屈曲変位量、膝関節屈曲変位量と有意な相関関係を示した。

・ヘディング/プレッシング場面では、矢状面における体幹中心から接地足までの距離が体幹角度および下肢角度と有意な相関を示した。

・プレッシング場面の減速・方向変換動作では、膝関節の外反・内旋は過小であり、股関節は軽度屈曲かつ外旋位で接地し、その後なめらかな屈曲運動を生じていた。

#### 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 4 件)

Sasaki S, Koga H, Krosshaug T, Sakurai T, Fukubayashi T. A biomechanical approach to evaluating field sports performance using a model-based image-matching technique: a case report of 4 defensive football game situations. *Gazzetta Medica Italiana Archivio per le Scienze Mediche*. 査読有. 2013, vol172 (10), 799-805.

笹木正悟, 福林徹, スポーツ現場のビデオ映像を用いた分析と評価、バイオメカニクス研究、査読無、2013、vol17(2)、74-78。

Sasaki S, Nagano Y, Kaneko S, Imamura S, Koabayshi T, Fukubayashi T. The relationships between the center of mass

position and trunk, hip, and knee kinematics in the sagittal plane: Field-based video analysis for female soccer players. *Journal of Human Kinetics*. 査読有. 2015, vol45, 71-80.

Sasaki S, Koga H, Krosshaug T, Kaneko S, Fukubayashi T. Biomechanical analysis of defensive cutting actions during game situations: Six cases in collegiate soccer competitions. *Journal of Human Kinetics*. 査読有. 2015, vol46, 9-18.

〔学会発表〕(計 8 件)

笹木正悟, 高橋健輝, 櫻井敬晋, 福林徹. ビデオ分析を用いた対敵動作の分析 - 守備動作に着目して - . 第 67 回日本体力医学会大会、2012、岐阜。

Sasaki S, Sakurai T, Fukubayashi T. Biomechanical approach to evaluating defensive cutting action in game situations using a model-based image-matching technique. 12th International Sports Sciences Congress. 2012, Antalya, Turkey.

Sasaki S, Koga H, Kaneko S, Krosshaug T, Yamaguchi S, Fukubayashi T. Gender difference during defensive cutting action: Three dimensional motion reconstructions from video sequences. 18th annual congress of ECSS. 2013, Barcelona, Spain.

笹木正悟, 馬越博久, 永野康治, 金子聡, 福林徹. ヘディング後の着地動作 - 傷害予防に向けたパイロットスタディ. 第 68 回日本体力医学会大会、2013、東京。

Sasaki S, Kaneko S, Magoshi H, Nagano Y, Kobayashi T, Fukubayashi T. Risk factor assessment for ACL injury using clinical-based measurement and on-field video analysis. 7th World Congress of Biomechanics. 2014, Boston, USA.

笹木正悟, 古賀英之, 金子聡, 福林徹. 後方重心かつ片脚での減速動作における非受傷場面のビデオ分析. 第 25 回日本臨床スポーツ医学会学術集会、2014、東京。

笹木正悟, 古賀英之, 金子聡, 福林徹. 女子サッカーで生じたプレッシング動作の事例報告 - ACL 損傷予防の観点から - 第 4 回日本アスレティックトレーニング学会学術集会、2015、千葉。

笹木正悟, 古賀英之, 福林徹. 膝前十字靭帯損傷危険場面における非受傷動作の特徴. 第 42 回日本臨床バイオメカニクス学会、2015、

東京 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

笹木 正悟 ( SASAKI, Shogo )  
東京有明医療大学・保健医療学部・講師  
研究者番号 : 30563473

(2)連携研究者

福林 徹 ( FUKUBAYASHI, Toru )  
早稲田大学・スポーツ科学学術院・教授  
研究者番号 : 70114626

(3)研究協力者

永野 康治 ( NAGANO, Yasuharu )  
日本女子体育大学・スポーツ健康学科・准  
教授  
研究者番号 : 00548282