

## 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 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：37111

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010 年 4 月 1 日～2013 年 3 月 31 日

課題番号：22700638

研究課題名（和文）サッカーにおける方向転換を伴うボールストップ動作の成否決定要因の解明と最適動作の探索

研究課題名（英文）Clarification of determining factor in the success and failure of ball stopping movement with changing direction in soccer and search for optimal ball stopping movement.

研究代表者

田原 亮二（TAHARA RYOJI）

福岡大学・スポーツ科学部・助教

研究者番号：70441780

研究成果の概要（和文）：本研究では方向転換を伴う足部でのトラップ動作について、映像とセンサーを用いた動作分析を行い最適なトラップ動作を探索した。その結果、方向転換を伴うトラップ動作に関しては膝の外旋動作よりも、足関節の外反動作によってボールスピードが減衰されていることが明らかとなった。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to determine the optimal ball stopping movement with changing direction in soccer using kinematic and kinetic analysis. It became clear that ball speed is declining by eversion of the foot, rather than external rotation of the knee in the inside soccer trapping.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、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

サッカーにおいてフリーキック、コーナーキックに代表されるボールが静止した状態でのキック動作、いわゆるプレスキックを除くと、多くのキック動作局面の前には味方からのパスを、次のプレーをし易いようにコントロールするボールストップ（トラップ）動作が存在する。サッカーにおいて、全てのプレーに占めるプレスキックの割合は低く、したがって、どれだけキックの技能が高かったとしても、ボールをキックのしやすい場所にコントロールするトラップの技能が

低ければ、キックの精度が下がり、効果的なプレーとなる可能性が低くなることは自明である。しかしながら、トラップ動作に関する研究は、キック動作と比較すると極めて少なく、バイオメカニクスの観点から取り組んだ研究は、浅井ら(1981)が示した研究の他には無い。

現代のサッカーはプレーエリアをコンパクトにする傾向にあり、それに伴い迅速なプレーが求められるようになってきている。したがって、ボールストップと並行して方向転換を行うトラップ動作は、選手に求められる重要な

技能のひとつであると言え、この動作を評価するためには3次元的に分析を行う必要性がある。浅井らの研究によって、トラップ動作が力学的変量を用いて評価できることが示されていることから、方向転換を伴うトラップ動作も同様に力学的変量を用いて評価できると考えた。また、この評価を基にトラップ動作の因果構造の解明および最適動作の探索に発展する着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究ではサッカー競技において頻繁に用いられる、方向転換を伴う足部のトラップ動作について、映像とセンサーを用いた動作分析を行い、センサーデータによってトラップの成否を評価し、映像データを用いてトラップ動作中の、身体各部の運動学的変量を定量化する。そして、定量化した運動学的変量を用いてトラップ動作の因果構造を示し、トラップの成否を決定する要因を明らかにし、最適なトラップ動作を探索することを本研究の最終的な目的とする。

## 3. 研究の方法

(1) 健常成人男女4名を対象として実験を実施した。このうち2名はサッカー経験歴10年以上の熟練者であり、2名は非熟練者であった。実験は体育館フロアで実施し、サッカーボールは通常屋外で使用される公認5号球を、適正な空気圧に調整して使用した。被験者の下肢の解剖学的指標にマーカーを貼付し、2台のカメラを用いて被験者を前方左右45(deg)方向から60(Hz)で撮影し、DLT法を用いてボール飛来方向をX軸、左右方向をY軸、鉛直方向をZ軸として実座標を構築した。被験者から5m離れた位置から、サッカー熟練者によってインサイドキックでボールを3段階のスピードで蹴り出させ、被験者にはボール飛来方向から45(deg)方向転換した位置にコントロールし止めるよう指示した。トラップ足の運動学的変量として、膝関節の屈曲伸張、股関節の屈曲伸張、大腿部とX軸のなす角度、下腿部とZ軸のなす角度、さらにトラップ後のボールスピードを求めた。分析にあたって、ボールスピードについて画像分析によって算出されたトラップ直前のボールスピードから低速(1.0~2.0(m/s))、中速(3.5~5.0(m/s))、高速(10.0~12.0(m/s))の3段階に分類した。また、蹴り出されたボールの中心が0.1(m)以上上昇した試技および45(deg)方向にコントロール出来なかった試技については分析対象から除外した。被験者ごとに各速度段階で5試技を分析対象として採用し、熟練者と非熟練者の別に、運動学的変数の平均値を算出し比較した。平均値の比較には対応のないt検定を用い、5%を有意水準とした。

(2) 被験者は大学サッカー競技者選手、男性13名であった。実験は人工芝グラウンドで実施し、空気圧を300hpaに調整した公認5号球を用いた。7m離れた正面位置から出されたグラウンダーのパスを足下にインサイドトラッピングで止める課題および90度方向転換して止める課題をそれぞれ10回行わせた

(図1)。3軸加速度計を外踝下部および第5中足骨の外側に貼付し、1000Hzでトラップ中の足部加速度を計測した。トラップ中の全身の動作を2台のカメラで撮影し(200Hz)、DLT法を用いてボール飛来方向をX軸、左右方向をY軸、鉛直方向をZ軸として実座標を構築した。トラップ中の足部の最大加速度、下肢関節角度、ボールスピードを変数として分析に用いた。

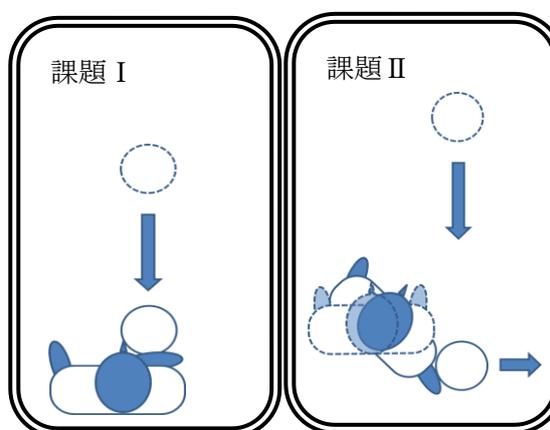


図1 実験課題概要

(3) 被験者は大学サッカー競技者選手、男性12名であった。実験にはボール回転数算出用のマーキングを施した公認5号球を用いた。7m離れた正面位置から出されたグラウンダーのパスを足下にインサイドトラッピングで止める試技を10回行わせた。各試技後に満点を10点とした内省報告を被験者に求めた。ボール飛来方向と光軸が直交するように、側方に設置した高速度カメラ(300fps)でトラッピング前後のボールを撮影し、ボールスピード、ボール回転数を算出した。ボールスピードの算出には実長換算法、ボール回転数の算出にはJinji et al. (2006)の方法を用いた。側方に設置した2台の高速度カメラ(200fps)で被験者を撮影し、DLT法を用いて三次元座標を構築し、足部重心とボール中心の距離を求めた。分析には各被験者の内省評価点が最も高かった試技および低かった試技の2試技を採用した。成功、失敗別にグループ化し、ボール回転数・ボール中心と足部重心の距離・トラップ後のボールスピードについてピアソンの積率相関係数を算出した。有意水準は5%未満とした。

#### 4. 研究成果

(1) トラップ後のボールスピードに関して、中速では熟練者と非熟練者に有意な差は認められなかった。本来、ボールを止めることだけを考慮すると、トラップ後のボールスピードはより小さい方がいいと考えられる。しかしながら、熟練者のトラップ後のボールスピードの平均値は非熟練者と同程度に高かった。これは、ただ単にボールを止めるだけでなく、非熟練者が次のプレーに備えてボールを蹴りやすい場所にコントロールすることを意図したトラップをしていたと考えられる。対照的に、高速でのトラップ後のボールスピードには有意差が認められた。このことは非熟練者がボールをコントロールしきれていないことを示しているといえる(表 1)。

表 1 トラップ後のボールスピード

	熟練者	非熟練者	有意差
中速(m/sec)	1.54±0.32	1.43±0.22	n.s.
高速(m/sec)	1.63±0.33	3.39±0.29	p<0.001

熟練者は非熟練者と比較して、トラップ時の股関節の屈曲伸張および大腿部と X 軸のなす角の角速度が有意に小さかった(表 2)。このことは、トラップ時の股関節角度変化が小さいことを示しており、同時に、膝関節と Z 軸のなす角度がトラップ以前から大きいことから、熟練者は股関節よりも膝関節を大きく使ってボールコントロールをしていると考えられる。このことよりボール方向の転換を伴うトラップ動作において特に速いパスをコントロールする場合には、股関節を主体とした動作よりも、膝関節を主体とした動作が有効であることが示唆される。

表 2 トラップ時の股関節角速度

中速(deg/sec)	熟練者	非熟練者	有意差
股関節屈曲伸張	56.3±3.13	-68.1±3.12	p<0.001
股関節外転	-7.01±1.26	25.8±3.37	p<0.001
高速(deg/sec)			
股関節屈曲伸張	-59.5±4.65	-65.5±4.09	p<0.001
股関節外転	7.9±1.86	15.1±2.75	p<0.001

また、熟練者の中速課題について、股関節および膝関節の角度変化が他の試技と異なり、ボールインパクトに向けて両関節を屈曲させる傾向を示したことは(図 2)、ボールに対して能動的なコントロールをしていることが推察される。

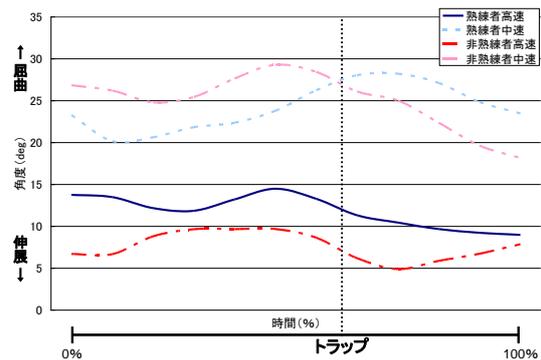


図 2 股関節の屈曲伸張角度

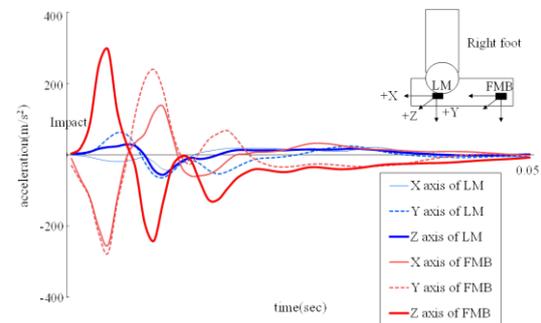


図 3 課題 I における足部加速度の典型例

(2) 課題 I におけるトラップ後のボールスピードと膝および股関節の外旋角度には負の相関関係が認められた(hip、 $r=-0.62$ ; knee、 $r=-0.65$ ;  $p<0.05$ )。一方、トラップ時の外踝における最大加速度と膝および股関節の外旋角度には正の相関関係が認められた(hip、 $r=0.51$ ; knee、 $r=0.58$ ;  $p<0.05$ )。

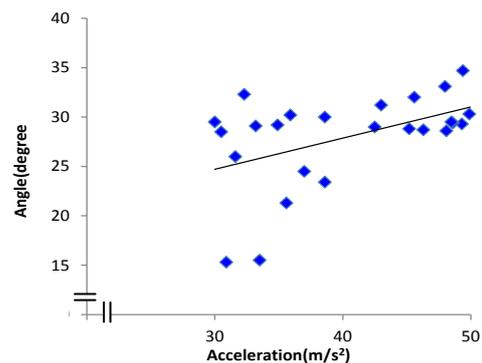


図 4 課題 I における足部加速度と膝関節外旋角度の相関図

課題 II においてもボールスピードと膝および股関節の外旋角度に負の相関が認められ、課題 I とは異なり第 5 中足骨と股関節の外旋角度に正の相関関係が認められた。

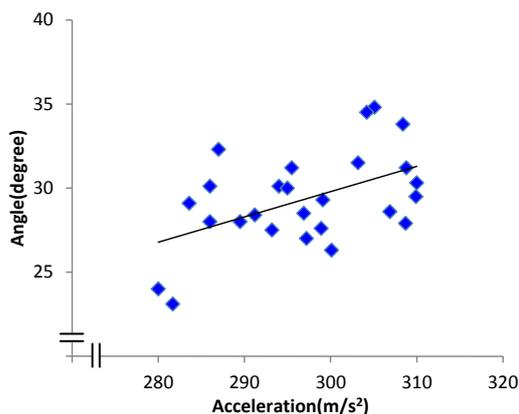


図 5 課題Ⅱにおける足部加速度と膝関節外旋角度の相関図

本研究の結果から、膝関節および股関節の外旋動作がボールの衝撃を吸収し、ボールスピードをコントロールする要因であることが示唆された。とりわけ膝の外旋動作は能動的に行われた動作というよりは、トラップした瞬間にボールから受ける衝撃力によって受動的に外旋させられていると捉えられる。この下腿部を部分的に使用した緩衝動作が行われていることは、膝関節の外旋角度と足部の最大加速度の相関関係からも示唆される。

また、課題Ⅱでは第5中足骨における最大加速度と股関節の外旋角度のみに相関関係が見られたことから、方向転換を伴うトラップ動作においては、膝の外旋動作ではなく足関節の外反動作がボールスピードの減衰に効果を発揮していることが示唆された。

(3) 成功試技ではトラップ後のボールは逆回転しており、失敗試技では順回転となる傾向が見られた。失敗試技では成功試技よりも足部の高さがボール中心に近く、足部の高さが近くなるにつれボールの回転が順方向となることが明らかとなった。成功試技、失敗試技のいずれでもボール中心と足部の重心位置の距離とボール回転数に有意な相関関係が認められた(図 6、7)。成功試技のトラップ後のボールスピードは失敗試技のボールスピードよりも有意に低く、また、ボール回転数とボールスピードには有意な相関関係が認められた(成功:  $r=0.56$ 、失敗:  $r=0.52$ )。足部の位置とトラッピング後のボールスピードの間にも有意な相関関係が認められた(成功:  $r=-0.37$ 、失敗:  $r=-0.54$ )。

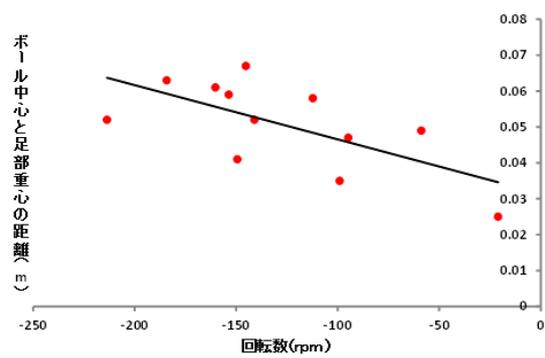


図 6 ボール中心と足部重心の距離とボール回転数の関係 (成功試技)

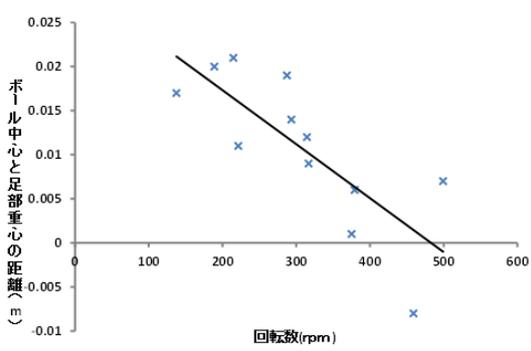


図 7 ボール中心と足部重心の距離とボール回転数の関係 (失敗試技)

成功試技ではボールの逆回転数が多くなるほどトラップ後のボールスピードが低下しており、失敗試技ではボールの順回転数が多くなるほどトラップ後のボールスピードは大きくなることが明らかとなった。このことはボールの回転数がトラップの成否に影響を及ぼしていることを示唆している。さらに、ボールの回転方向はトラップ時のボール中心と足部の位置関係に影響される。これらのことからボール中心よりもやや高い位置でボールコンタクトすることが、インサイドトラッピングの精度を高める方略の一つとなることが示唆される。

## 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 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

- ① 田原亮二、下永田修二、田口正公、市川浩、ボールの回転数と下肢動作がサッカーのインサイドトラッピングの成否に及ぼす影響、第 22 回日本バイオメ

カニクス学会、2012年9月12日、北翔大学。

- ② Ryoji TAHARA、Shuji SHIMONAGATA、Masahiro TAGUCHI、RELATIONSHIP BETWEEN ACCELERATION OF THE FOOT AND LOWER-LEG MOVEMENT IN SOCCER BALL TRAPPING、The 30th Conference of the International Society of Biomechanics in Sport、2012.7.5、Melbourne (オーストラリア)
- ③ Tahara R、Shimonagata S、Taguchi M、ACCELERATIONS OF THE FOOT DURING INSIDE TRAPPING、VIIth World Congress on Science & Fototball、2011.5.28、Nagoya
- ④ 田原亮二、下永田修二、田口正公、ボール方向の転換を伴うサッカーのトラップ動作における熟練度による動作の比較、第21回日本バイオメカニクス学会大会、2010年8月30日、国士舘大学。

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田原 亮二 (TAHARA RYOJI)  
福岡大学・スポーツ科学部・助教  
研究者番号：70441780

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし