

2013年度修士学位論文

男子サッカー守備選手を対象とした
カウンターステップの有効性の検討

立命館大学大学院

スポーツ健康科学研究科

スポーツ健康科学専攻 博士課程前期課程2回生

6232120014-7

福原 祐介

男子サッカー守備選手を対象とした カウンターステップの有効性の検討 —後方への方向転換とその後の疾走動作に着目して—

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科 博士課程前期課程 2 回生 福原祐介

要旨

キーワード：守備局面，ワンサイドカットポジション，地面反力，体幹捻転角，身体合成重心前傾角

【背景】

サッカーの試合で負けないために，守備選手は攻撃選手の動きに合わせて身体を後方へ方向転換させながら，追走，もしくは攻撃選手とボールとの間に身体を入れて，反則を犯さずに攻撃選手の得点機会を防ぐ必要がある．静止状態から直線方向へ疾走する際にカウンターステップを用いることで，疾走時間を短縮させることは明らかとなっているが，後方への方向転換動作を含めた場合のカウンターステップの有効性は明らかにされていない．

【目的】

本研究の目的は，守備選手が後方へ方向転換動作を行う際にカウンターステップを用いることが，方向転換動作開始からその後の加速動作までの疾走時間，身体の体勢および方向転換時とその後のステップにおける地面反力データに影響を与えるかについて明らかにすることとした．

【方法】

被験者は，男子大学サッカー選手 14 名（年齢： 21.1 ± 1.5 歳；身長： 171.8 ± 4.4 cm；身体質量： 67.8 ± 4.7 kg；ポジション：右サイドバック）とした．フォースプレート上にワ

ンサイドカットポジションで構えさせた後、カウンターステップ（CS 試技）またはサイドステップ（SS 試技）を用いて後方へ方向転換させながら、最大努力で 5.0m までの距離を全力疾走させた。スタートラインから 3.3m 間の実験試技の動作は、サンプリング周波数を 200Hz に設定した 16 台（低位 8 台、高位 7 台、天井 1 台）のハイスピードカメラ（Motion analysis 社製、Raptor-E digital）を用いて撮影した。被験者には解剖学的位置に基づき、48 カ所に反射マーカを貼付し、その三次元変位データを収集した。後方への方向転換動作からその後の 2 歩目までの地面反力は、サンプリング周波数をいずれも 1000Hz に設定した 10 台のフォースプレート（テック技販社製、TF-4060-B）を用いて収集し、スタートラインから 3.3m までの疾走時間は、光電センサ（オムロン社製、E3G-R13）を用いて収集した。

【結果と考察】

CS 試技における 1.4m までの通過時間および 3.3m までの疾走時間は、SS 試技と有意な差がみられなかったものの、CS 試技のすべての動作局面までに要した累積時間は SS 試技よりも有意に短く、CS 試技の体幹および骨盤捻転角とも有意に早い段階で進行方向を向いていた。また、身体質量あたりの力積の水平成分をみると、方向転換動作開始時では CS 試技に比べ SS 試技の方が有意に大きかったものの、CS 試技ではカウンターステップによって SS 試技と同等の力積を得ていた。その後の 1 歩目、2 歩目のそれぞれの力積に有意な差はみられなかった。さらに、CS 試技の体幹および骨盤捻転角をみると、SS 試技に比べ 1 歩目離地以降で有意に進行方向を向いていた。身体合成重心前傾角をみると、1 歩目、2 歩目では、両試技間の身体合成重心前傾角に有意な差はみられなかった。つまり、カウンターステップを用いた後方への方向転換動作は、進行方向に対して素早く方向転換させるという点で有効であることが示唆された。

【結論】

後方への方向転換とその後の加速動作でカウンターステップを用いることは、サイドステップを用いることよりも、方向転換動作開始から早い段階で進行方向へ体幹および骨盤を向けるという点で有効であることが示唆された。つまり、カウンターステップを用いた後方への方向転換動作は、サッカーの守備局面において守備選手が攻撃選手の動きに合わせて追走するための有効な手段であると考えられた。

Abstract

key words: defense phase, one side cut position, ground reaction force, trunk rotation angle, forward lean angle

Introduction:

In order not to lose at the soccer game, turning the body backward according to an attack player's motion, the defense player needs to chase sprinting or cut in between an attack player and a ball, and needs to prevent an attack player's score opportunity, without committing a foul. When sprinting in the direction of a straight line from static posture, it is well known that using a counter step shortens sprinting time, but the validity of the counter step at the time of the backward turn is not clarified.

Purpose:

The purpose of this study was to reveal the effect on the sprinting time from beginning turn motion to subsequent acceleration motion, kinematics, and ground reaction force data when a soccer defense player uses a counter step at the beginning of backward turn.

Methods:

Fourteen male university soccer players (age: 21.1 ± 1.5 yrs; height: 171.8 ± 4.4 cm; body mass : 67.8 ± 4.7 kg; position: right side backer) participated in the study. After standing at one side cut position on the force plate, five 5.0m sprint dashes were performed for each of the two maneuvers, namely backward turn using a counter step (CS trial) or using a side step (SS trial). Experimental trial from start line to 3.3m point was filmed at 16 (Low position: 8 cameras; High position: 7 cameras; Ceiling: 1 camera) high speed cameras (Motion analysis Corp., Raptor-E digital) using set up to 200Hz sample frequency. On the subject, based on the anatomical position, the reflective markers were stuck on 48 places, and the three-dimensional displacement data was collected. The ground reaction force from backward turn to

subsequent the 2nd step was collected using ten sets (Tech gihan Co., Ltd, TF-4060-B) of the force plates as each sampling frequencies established in 1000 Hz, and the sprinting time from a starting line to 3.3 m was collected using the photoelectronic sensor (OMRON Corp., E3G-R13).

Results & Discussion:

Although the significant difference was not seen at the sprinting time from start line to 1.4 m and to 3.3 m between CS trial and SS trial, the cumulative time required by all motion phase of CS trial was significantly shorter than SS trial, and the trunk and pelvis rotation angle of CS trial had significantly turned to the sprinting direction earlier than that of SS trial. Moreover, although anteroposterior impulse per body mass at initial turning motion of the SS trial was significantly larger than that of CS trial, the impulse equivalent to SS trial was obtained by counter step in CS trial. The significant differences were not seen at subsequent impulse of the 1st step and 2nd step. Furthermore, the trunk and pelvis rotation angle of CS trial turned significantly earlier to the sprinting direction compared with SS trial.

The significant difference was not seen at the 1st step and 2nd step of anteversion angle of body composition center of gravity. That is, it was suggested that backward turn using counter step was effective to change quickly to the sprinting direction.

Conclusion:

It was revealed that using counter step was effective to change the trunk and pelvis rotation to the sprinting direction in the earlier phase from the beginning of backward turn than using side step. That is, it was suggested that backward turn using counter step was an effective strategy for a defense player to chase sprinting to an attack player's motion in the defense phase of soccer.

目次

第1章 緒論	1
1.1 背景	1
1.2 目的	3
第2章 方法	4
2.1 被験者.....	4
2.2 実験試技.....	4
2.3 データ収集	5
2.4 データ解析	6
2.5 統計処理.....	7
第3章 結果	9
3.1 0.0m~1.4m 間の 0.1m ごとの通過時間および 3.3m 地点の通過時間.....	9
3.2 方向転換動作開始から各動作局面までに要した累積時間	9
3.3 身体合成重心の水平移動距離および接地位置.....	10
3.4 身体合成重心前傾角	12
3.5 体幹または骨盤捻転角	12
3.6 身体質量あたりの地面反力の水平成分.....	12
3.7 地面反力データから算出した各動作局面における平均接地時間.....	13
3.8 身体質量あたりの力積の水平成分	14
3.9 下肢三関節の平均関節モーメント	15
第4章 考察	18
4.1 疾走時間の比較	18
4.2 速度生成について.....	18
4.3 サッカーの守備局面におけるカウンターステップの有効性.....	20
第5章 まとめ	22
文献	23

第 1 章 緒論

1.1 背景

サッカーは、相手チームより多く得点することで勝利が決定する球技スポーツである。2012 年度の J1 リーグ公式戦では、1 試合の平均被シュート数が多いほど平均失点数が多かった ($R=0.71$) (公益財団法人日本プロサッカーリーグ, 2012)。そのため、試合で負けないためには守備選手ができる限り攻撃選手の得点機会を防ぐ必要がある。

ヨーロッパのサッカーリーグにおいて、試合中の方向転換の数が報告されている (Bloomfield et al., 2007)。これによると、試合中の全動作 26,613 のうち、5,111 (ジョグ, ラン, シャッフル, スキップ, 減速, スプリント, 静止, 停止, 歩く, 計 9 動作から方向転換を行った動作数) が方向転換動作であると述べられており、サッカー競技において、方向転換動作は重要な動作の 1 つであることが考えられる。また、近年のサッカーの戦術において、守備選手をゴール付近から遠ざけるためにコートのサイドから攻撃する手法が多用されている (戸塚, 2010)。このような状況では、守備選手はセンターバックおよびサイドバックのポジションに関わらず、シュートブロックやゴール方向への進行を防ぎ、サイドライン方向へ攻撃選手を追い込むことが求められるために、サイドライン側に体幹を向ける姿勢をとりながら攻撃選手に対して構える (図 1.1) (財団法人日本サッカー協会, 2003)。このワンサイドカットポジションと呼ばれる守備姿勢は、指導の現場では多く用いられている (河村ら, 2013)。しかし攻撃選手は、得点チャンスを得るためにゴール方向へ進行するようなドリブル、つまり守備選手の背後方向へドリブルをしようとするため、ワンサイドカットポジションを用いるだけでは得点機会を完璧に防ぐことはできない。そのため、守備選手は攻撃選手の動きに合わせて身体を後方へ方向転換させながら、追走もしくは攻撃選手とボールとの間に身体を入れて、反則を犯さずに攻撃選手の得点機会を防ぐ必要がある (神川, 2012 ; 公益財団法人日本サッカー協会, 2013)。その際、守備選手は攻撃選手の動きに合わせて、できる限り素早く方向転換を行いながら進行方向に対して身体合成重心を加速させる動作 (以下、「加速動作」と定義) が求められると考えられる (笹木ら, 2008)。

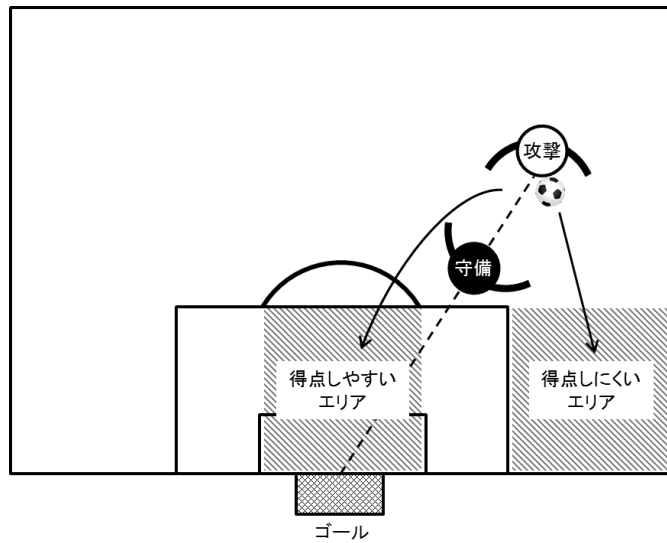


図 1.1 ワンサイドカットポジション

優れた方向転換動作の特徴として、低い姿勢、高いステップ頻度、コンパクトな腕の振り、高いアイソキネティック筋力、高い反応筋力、高い筋パワーが報告されている (Sayers, 2000; Brown and Vescovi, 2003; Negrete and Brophy, 2000; Young et al., 2002; McBride et al., 2002)。これらの報告を基に、Sheppard and Young (2006) は方向転換のスピード、技術、直線スプリントスピード、脚筋群の特性、形態学的特徴などの競技場面で用いられる方向転換動作の構成要素を定義している (図 1.2)。近年報告された方向転換に関するバイオメカニクスの研究では、 180° シャトルランカッティングにおけるカッティング時間が短い者ほど、接地時間は有意に短く、カッティング時の接地の瞬間では体幹の前傾角が有意に大きいことが明らかとなった (Sasaki et al., 2011)。

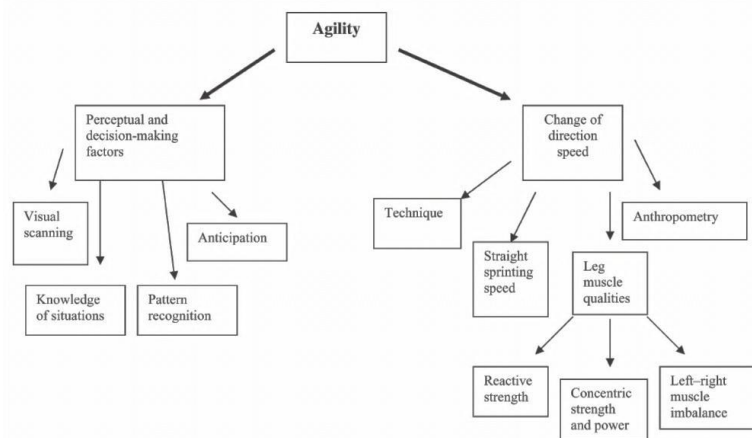


図 1.2 方向転換能力の構成要素 (Sheppard and Young., 2006)

一方、前方へ加速する動作に関する先行研究では、一度、進行方向に対して逆方向へステップさせるスタート動作（以下、このステップを「カウンターステップ」と定義）の方が、進行方向へすぐにステップさせるスタート動作（以下、このステップを「サイドステップ」と定義）よりも疾走時間が有意に短いことが報告されている（Cronin et al., 2007; Frost et al., 2008; Frost and Cronin, 2011）。これらのことから、後方へ方向転換しながら進行方向への疾走時間を短縮するためには、カウンターステップを用いながら体幹を素早く進行方向へ向け、且つ身体全体を進行方向に傾ける体勢をとることが有効であることが考えられる。

このような技術は、上述した守備局面で必要とされているサッカーや、他の球技スポーツの指導において役立つ知見となることが期待される。しかし、このカウンターステップを用いて後方へ方向転換し、全力疾走する動作に関する研究は見当たらない。このようなことから、カウンターステップを用いた後方への方向転換動作およびその後の加速動作は、進行方向へ速度生成をするための地面反力とも関係があることが予測される。また、Kraan ら（2001）の研究では、カウンターステップを用いた前方への加速動作は、進行方向へすぐにステップさせる加速動作よりも、スタート動作の時間が短く、カウンターステップによって大きな地面反力の水平成分とパワーを得ていることが報告されている。しかし、カウンターステップがその後の疾走時間に与える影響を検討する上では、スタート動作やカウンターステップ後の 1 歩目の地面反力データだけでなく、2 歩目の地面反力を同時に測定するといった総括的なデータ処理を行う必要があると考える。

1.2 目的

カウンターステップを用いた後方への方向転換動作およびその後の加速動作では、サイドステップを用いた時よりも、身体全体を進行方向へ傾けながら速度生成に必要な力積の水平方向を高めることで疾走時間が短くなる、また、体幹および骨盤が素早く進行方向へ向けることができると考えた。

そこで本研究の目的は、守備選手が後方へ方向転換動作を行う際にカウンターステップを用いることが、方向転換動作開始からその後の加速動作までの疾走時間、身体の体勢および方向転換時とその後のステップにおける地面反力データに影響を与えるかについて明らかにすることとした。

第2章 方法

2.1 被験者

被験者は、男子大学サッカー選手 14 名（年齢：21.1±1.5 歳；身長：171.8±4.4cm；身体質量：67.8±4.7kg；ポジション：右サイドバック）とした。本研究は、事前に承認を得た立命館大学命倫理委員会の「ヒトを対象とする研究倫理」の規定【BKC-IRB-2011-019】に基づき、各被験者には実験を行う前に、研究の目的・実験の内容、安全性の説明を行い、全ての被験者から書面による実験参加の同意を得た。

2.2 実験試技

実験試技では、フォースプレート上にワンサイドカットポジションで構えさせた後、カウンターステップまたはサイドステップを用いて後方へ方向転換させながら、最大努力で 5.0m までの距離を全力疾走させた（以下、それぞれの試技を「カウンターステップ試技（CS 試技）」および「サイドステップ試技（SS 試技）」と定義）（図 2.1）。

方向転換動作開始は各自のタイミングに任せ、各試技を 5 回ずつランダムで実施させた。被験者には 15 分間、各自で十分なウォーミングアップを行わせた。実験は天候や風速に左右されない屋内実験室で実施し、全被験者には統一したメーカーのランニングシューズ（アディダス社製，G16823 2E）を着用して、実験試技を行った。

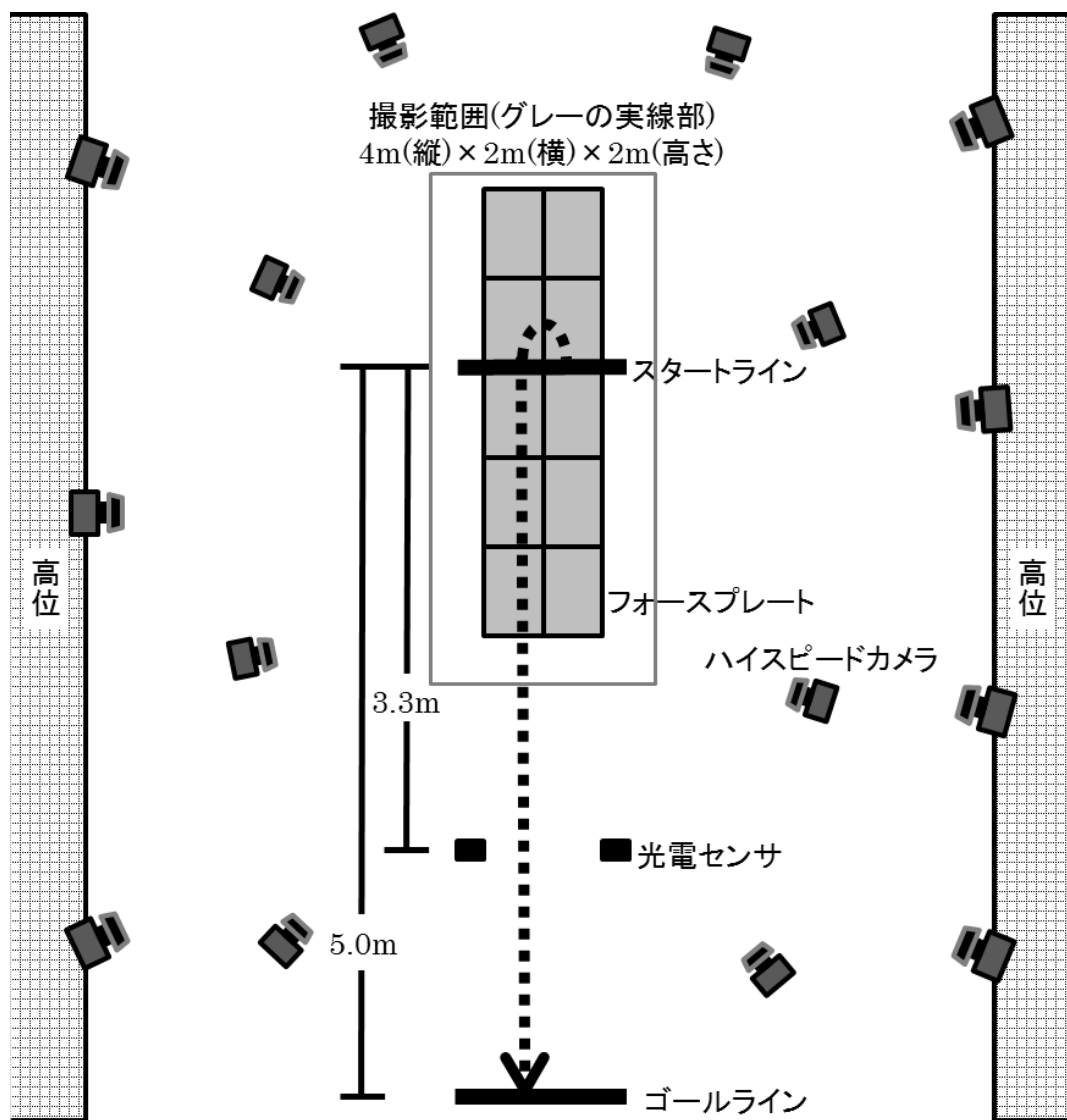


図 2.1 実験設定

2.3 データ収集

スタートラインから 3.3m 間の実験試技の動作は、サンプリング周波数を 200Hz に設定した 16 台 (低位 8 台, 高位 7 台, 天井 1 台) の高速カメラ (Motion analysis 社製, Raptor-E digital) を用いて撮影した。被験者には解剖学的な位置に基づき、ヘレン・ヘイズ・マーカーセットに修正を加えた 48 か所に直径 20mm の反射マーカを貼付し (図 2.2), その三次元変位データを収集した。

方向転換動作からその後の 2 歩目までの地面反力は、サンプリング周波数をいずれも 1000Hz に設定した 10 台のフォースプレート (テック技販社製, TF-4060-B) を用いて

収集し、スタートラインから 3.3m までの疾走時間は、光電センサ（オムロン社製，E3G-R13）を用いて収集した。それらは、AD 変換ボードを用いてモーションキャプチャシステムと同期した。

1. 頭部

- ① 前頭骨と左右頭頂骨の交点
- ② 前頭縫合
- ③ 外後頭隆起

2. 体幹部

- ④ 右肩峰上部
- ⑤ 左肩峰上部
- ⑥ 胸骨柄上縁
- ⑦ 剣状突起下端
- ⑧ 第七頸椎棘突起
- ⑨ 右肩甲骨下角
- ⑩ 左肩甲骨下角
- ⑪ 第十胸椎棘突起

3. 右上腕部

- ⑫ 右上腕部後面
- ⑬ 右上腕骨外側上顆外側部
- ⑭ 右上腕骨内側上顆外側部

4. 右前腕部

- ⑮ 右前腕部後面
- ⑯ 右橈骨茎状突起外側部
- ⑰ 右尺側茎状突起外側部

5. 右手部

- ⑱ 右第二中手骨遠位部掌側

6. 左上腕部

- ⑲ 左上腕部後面
- ⑳ 左上腕骨外側上顆外側部
- ㉑ 左上腕骨内側上顆外側部

7. 左前腕部

- ㉒ 左前腕部後面
- ㉓ 左橈骨茎状突起外側部
- ㉔ 左尺側茎状突起外側部

8. 左手部

- ㉕ 左第二中手骨遠位部掌側

9. 骨盤部

- ㉖ 右上前腸骨棘前部
- ㉗ 左上前腸骨棘前部
- ㉘ 両上後腸骨棘中点後部

10. 右大腿部

- ㉙ 右大転子外側部
- ㉚ 右大腿部前面
- ㉛ 右大腿骨外側顆外側部
- ㉜ 右大腿骨内側顆外側部

11. 右下腿部

- ㉝ 右下腿部前面
- ㉞ 右外果外側部
- ㉟ 右内果外側部

12. 右足部

- ㊱ 右第一中足骨遠位部外側部
- ㊲ 右第五中足骨遠位部外側部
- ㊳ 右踵骨隆起後部

13. 左大腿部

- ㊴ 左大転子外側部
- ㊵ 左大腿部前面
- ㊶ 左大腿骨外側顆外側部
- ㊷ 左大腿骨内側顆外側部

14. 左下腿部

- ㊸ 左下腿部前面
- ㊹ 左外果外側部
- ㊺ 左内果外側部

15. 左足部

- ㊻ 左第一中足骨遠位部外側部
- ㊼ 左第五中足骨遠位部外側部
- ㊽ 左踵骨隆起後部

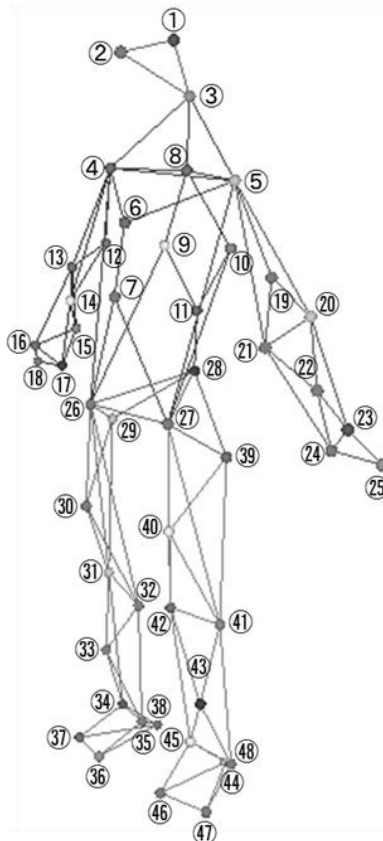


図 2.2 15 セグメントからなる剛体リンクモデルおよびマーカ貼付位置

2.4 データ解析

得られた反射マーカの三次元座標値は、四次のバターワース型ローパスフィルターを用いて遮断周波数 7Hz で平滑化した。静的立位姿勢から得られた解剖学的特徴点の三次元座標値から、三次元動作解析ソフト（C-Motion 社製，Visual 3D，C-Motion，

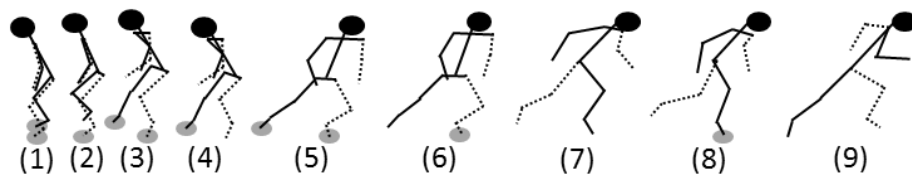
Germantown, MD, USA) を用いて、頭部・体幹部・左右上腕部・左右前腕部・左右手部・骨盤部・左右大腿部・左右下腿部・左右足部の 15 セグメントからなる剛体リンクモデルを作成した。このリンクモデルにおける各セグメントの質量中心位置および関節中心位置は Hanavan (1964) の数学モデルによって算出し、各セグメントの質量比は Dempster and Gaughran (1967) の値を用いた。これらのデータから、身体合成重心の前後成分の変位を算出した。

実験試技における方向転換動作開始の瞬間は、最初に動き出す足（先導足）または先導足に続いて動き出す足（後続足）のどちらかの地面反力の鉛直成分が、立位静止姿勢の平均値から $\pm 3SD$ を越えた瞬間とした。接地の瞬間は地面反力が 10N を上回った瞬間、離地の瞬間は地面反力が 10N を下回った瞬間とし、それに基づき実験試技の各動作局面の定義を行った（図 2.3）。分析項目は①0.0m～1.4m 間の 0.1m ごとの通過時間および 3.3m 地点の通過時間、②方向転換動作開始から各動作局面までに要した累積時間、③スタートラインから各動作局面における身体合成重心までの水平距離（身体合成重心の水平移動距離）、④各動作局面におけるスタートラインから足圧中心までの水平距離（接地位置）、⑤静止座標系における矢状面から投射した身体合成重心と足圧中心を結んだ直線と水平線がなす角度（身体合成重心前傾角）、⑥静止座標系における水平面上から投射したスタートラインと左右肩峰結合線または左右上前腸骨棘結合線がなす角度（体幹または骨盤捻転角）（図 2.4）、⑦身体質量あたりの地面反力の水平成分の平均値（身体質量あたりの地面反力の水平成分）、⑧地面反力データから算出した各動作局面における平均接地時間、⑨各動作局面における地面反力の前後成分の値を時間積分した値（身体質量あたりの力積の水平成分）、⑩各動作局面における下肢三関節の平均関節モーメントとした。

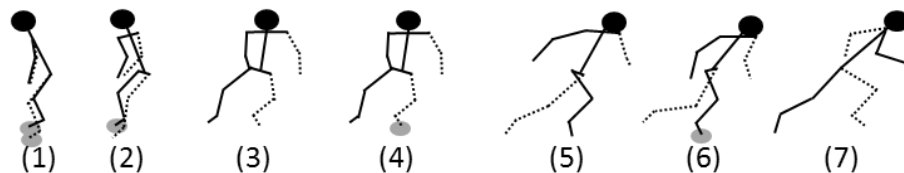
2.5 統計処理

すべてのデータは、平均値 \pm 標準偏差で示した。CS 試技と SS 試技における試技間の比較では、対応のある t 検定を用いた。検定における有意水準は両側検定による 5%未満とした。

カウンターステップ試技



サイドステップ試技



カウンターステップ試技		サイドステップ試技	
方向 転換	(1) 方向転換開始：先導足動作開始	方向 転換	(1) 方向転換開始：先導足動作開始
	(2) 方向転換終了：先導足離地		(2) 方向転換終了：先導足離地
	(3) カウンターステップ開始：右足接地		(3) 後続足離地
	(4) 後続足離地		
1 歩目	(5) 1 歩目開始	1 歩目	(4) 1 歩目開始
	(6) カウンターステップ終了：右足離地		(5) 1 歩目終了：左足離地
	(7) 1 歩目終了：左足離地		
2 歩目	(8) 2 歩目開始：右足接地	2 歩目	(6) 2 歩目開始：右足接地
	(9) 2 歩目離地：右足離地		(7) 2 歩目離地：右足離地

図 2.3 CS 試技および SS 試技の各動作局面の定義

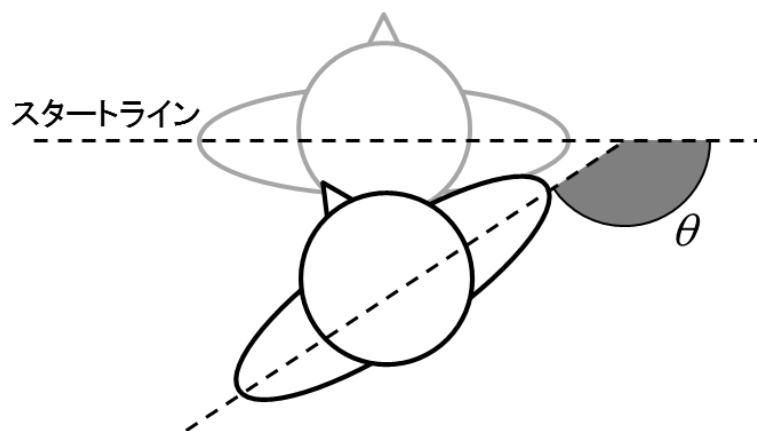


図 2.4 体幹および骨盤捻転角の定義

第3章 結果

3.1 0.0m～1.4m 間の 0.1m ごとの通過時間および 3.3m 地点の通過時間

CS 試技および SS 試技間では，0.0m～1.4m 間の 0.1m ごとの通過時間および 3.3m 地点の通過時間に有意な差はみられなかった（図 3.1）。

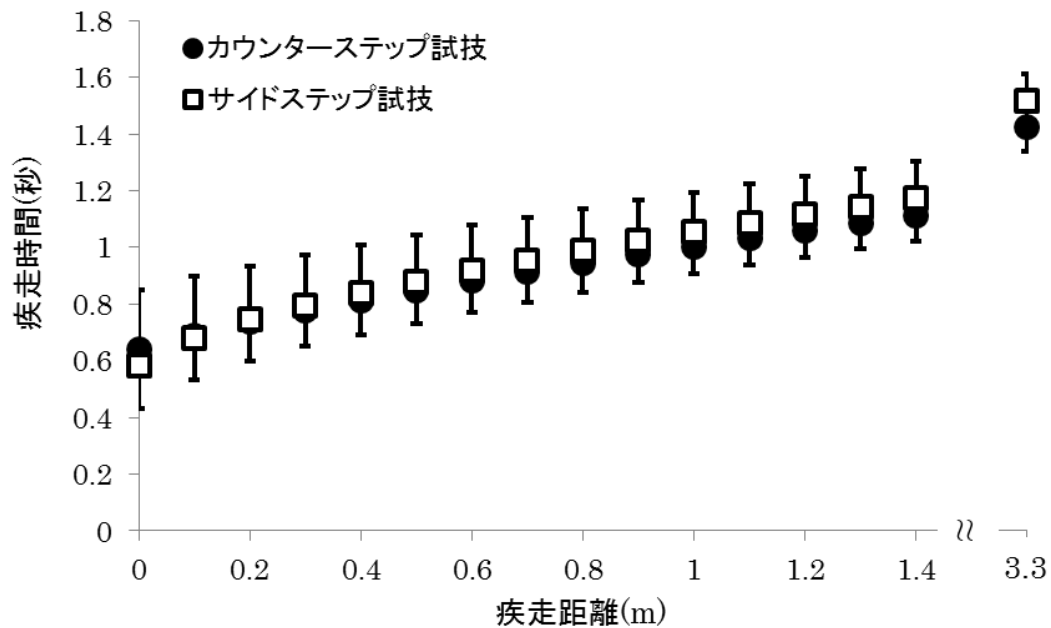


図 3.1 CS 試技および SS 試技における 0.0m～1.4m 間の 0.1m 毎の通過時間および 3.3m 走の疾走時間の比較

3.2 方向転換動作開始から各動作局面までに要した累積時間

先導足離地（CS 試技：0.40±0.16 秒，SS 試技：0.64±0.18 秒，以下同順），後続足離地（0.49±0.18 秒，0.92±0.20 秒），1 歩目接地（0.79±0.19 秒，0.96±0.17 秒），1 歩目離地（1.04±0.19 秒，1.19±0.17 秒），2 歩目接地（1.09±0.19 秒，1.24±0.17 秒），2 歩目離地（1.26±0.20 秒，1.42±0.18 秒）の瞬間において，CS 試技の方が SS 試技に比べて，有意に短かった（図 3.2）。

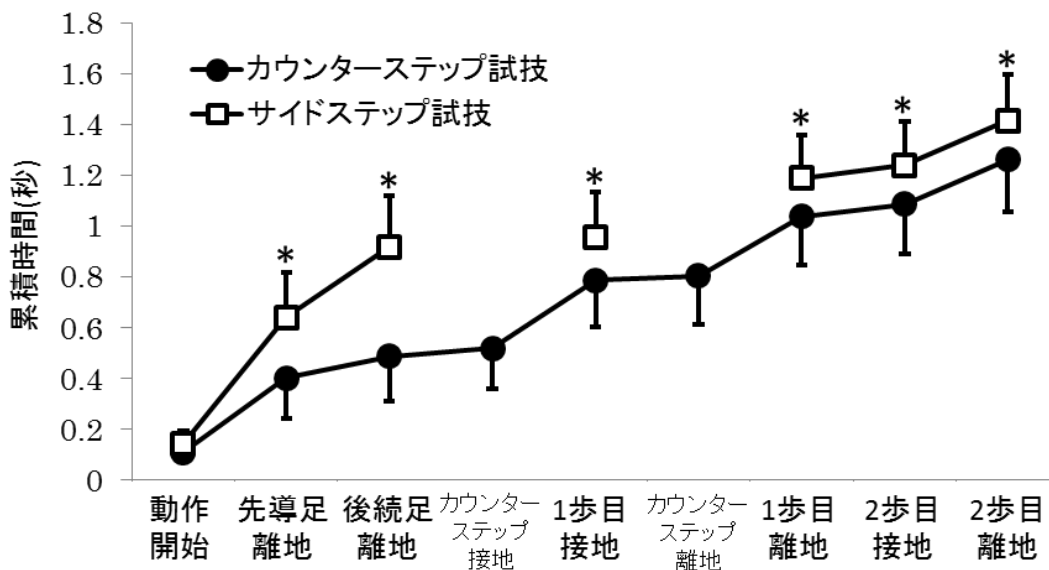


図 3.2 CS 試技および SS 試技の各動作局面までに要した累積時間の比較 (* $p < 0.05$)

3.3 身体合成重心の水平移動距離および接地位置

身体合成重心の水平移動距離および接地位置とも、1 歩目接地（身体合成重心の水平移動距離：CS 試技 $0.11 \pm 0.11\text{m}$ ，SS 試技 $0.45 \pm 0.09\text{m}$ ；接地位置：CS 試技 $0.15 \pm 0.14\text{m}$ ，SS 試技 $0.48 \pm 0.15\text{m}$ ，以下同順），1 歩目離地（身体合成重心の水平移動距離： $0.82 \pm 0.16\text{m}$ ， $1.11 \pm 0.20\text{m}$ ；接地位置： $0.14 \pm 0.15\text{m}$ ， $0.46 \pm 0.16\text{m}$ ）と 2 歩目接地（身体合成重心の水平移動距離： $0.98 \pm 0.17\text{m}$ ， $1.29 \pm 0.21\text{m}$ ；接地位置： $0.95 \pm 0.18\text{m}$ ， $1.25 \pm 0.25\text{m}$ ），2 歩目離地（身体合成重心の水平移動距離： $1.66 \pm 0.22\text{m}$ ， $1.96 \pm 0.29\text{m}$ ；接地位置： $0.99 \pm 0.19\text{m}$ ， $1.27 \pm 0.25\text{m}$ ）でのみ、CS 試技の方が SS 試技に比べて有意にスタートラインに近かった（図 3.3）。

3.4 身体合成重心前傾角

方向転換動作開始時において CS 試技の方が ($-2 \pm 1^\circ$)，SS 試技 ($-1 \pm 2^\circ$) に比べて進行方向と逆方向に身体を傾けていた。それに対して先導足離地時では、CS 試技の身体合成重心前傾角 ($4 \pm 3^\circ$) の方が、SS 試技 ($12 \pm 3^\circ$) に比べて有意に小さかった。その後の動作局面では、身体合成重心前傾角の両試技間に有意な差はみられなかった（図 3.3）。

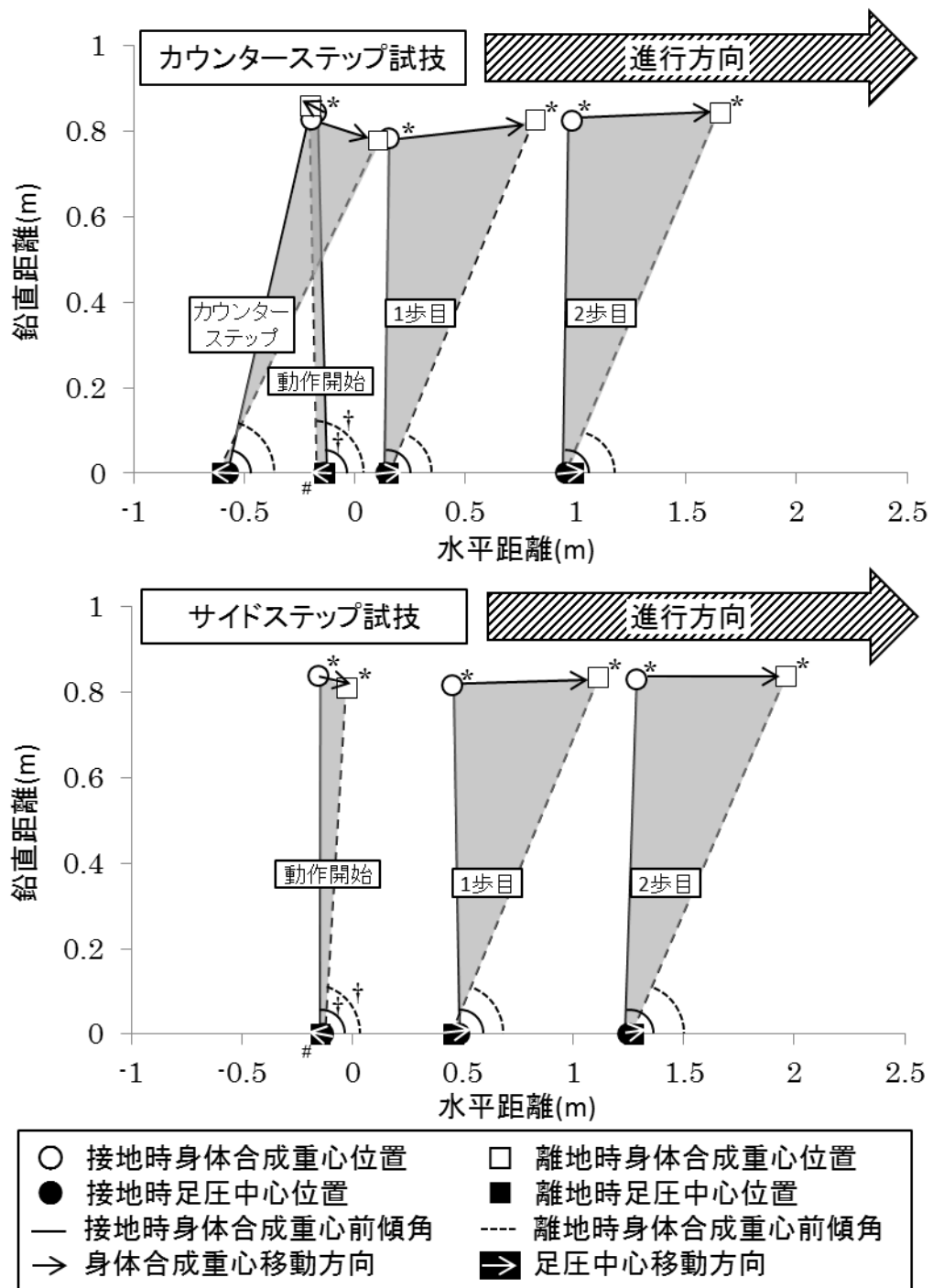


図 3.3 各動作局面における CS 試技および SS 試技の身体合成重心の水平位置，接地位置および身体合成重心前傾角の比較

(* $p < 0.05$: 身体合成重心の水平位置, # $p < 0.05$: 接地位置, † $p < 0.05$: 身体重心前傾角)

3.5 体幹または骨盤捻転角

方向転換動作開始から1歩目を接地するまでの動作局面で、有意な差はみられなかった。それに対して、1歩目離地（体幹：CS 試技 $51 \pm 11^\circ$ ，SS 試技 $56 \pm 13^\circ$ ；骨盤：CS 試技 $18 \pm 7^\circ$ ，SS 試技 $22 \pm 11^\circ$ ，以下同順），2歩目接地（体幹：CS 試技 $48 \pm 10^\circ$ ，SS 試技 $52 \pm 11^\circ$ ；骨盤：CS 試技 $20 \pm 6^\circ$ ，SS 試技 $24 \pm 8^\circ$ ）の体幹または骨盤捻転角において、CS 試技の方がSS 試技に比べ有意に進行方向に向いていた（図 3.4）。

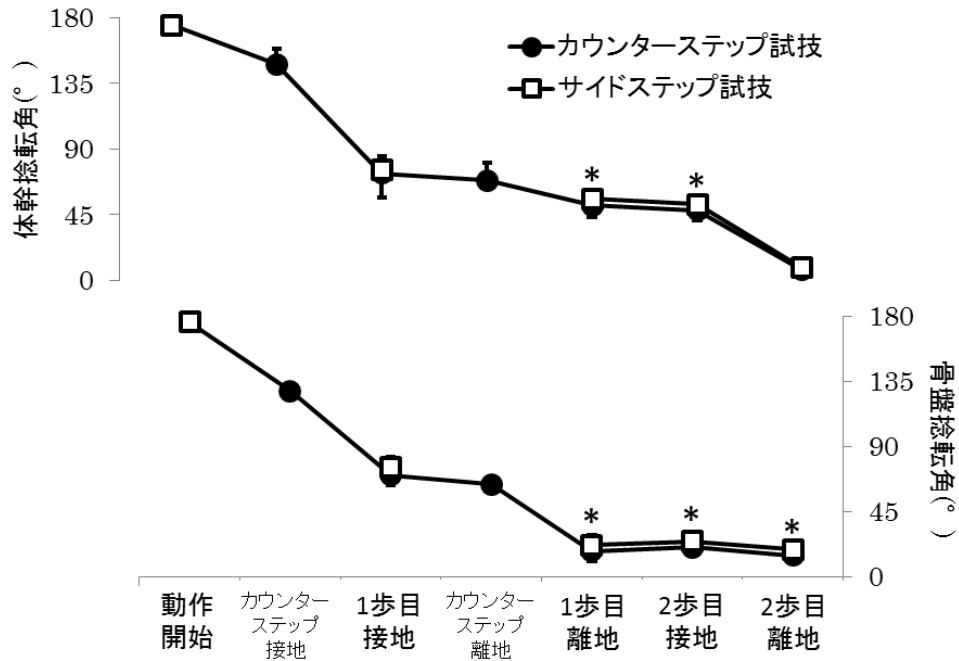


図 3.4 各動作局面における CS 試技および SS 試技の体幹または骨盤捻転角の比較
(* $p < 0.05$)

3.6 身体質量あたりの地面反力の水平成分

方向転換（CS 試技 $-0.06 \pm 0.47 \text{N/kg}$ ，SS 試技 $3.00 \pm 0.63 \text{N/kg}$ ，以下同順）と1歩目（CS 試技 $4.90 \pm 0.52 \text{N/kg}$ ，SS 試技 $5.25 \pm 0.53 \text{N/kg}$ ）において、CS 試技の方がSS 試技に比べて地面反力の水平成分は有意に小さかった（図 3.5）。

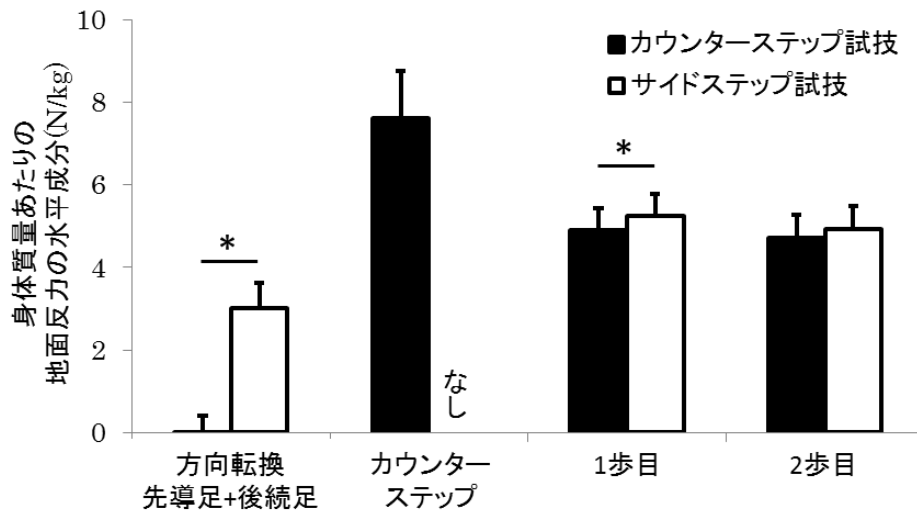


図 3.5 各動作局面における CS 試技および SS 試技の地面反力の水平成分の比較 (* $p < 0.05$)

3.7 地面反力データから算出した各動作局面における平均接地時間

方向転換動作開始時の先導足 (CS 試技 0.29 ± 0.14 秒, SS 試技 0.50 ± 0.15 秒, 以下同順), 後続足 (0.37 ± 0.17 秒, 0.80 ± 0.15 秒) において, CS 試技の方が SS 試技に比べ有意に接地時間は短かった (図 3.6). それに対し, 1 歩目の接地時間では, CS 試技の方が有意に長かった (0.25 ± 0.04 秒, 0.23 ± 0.03 秒).

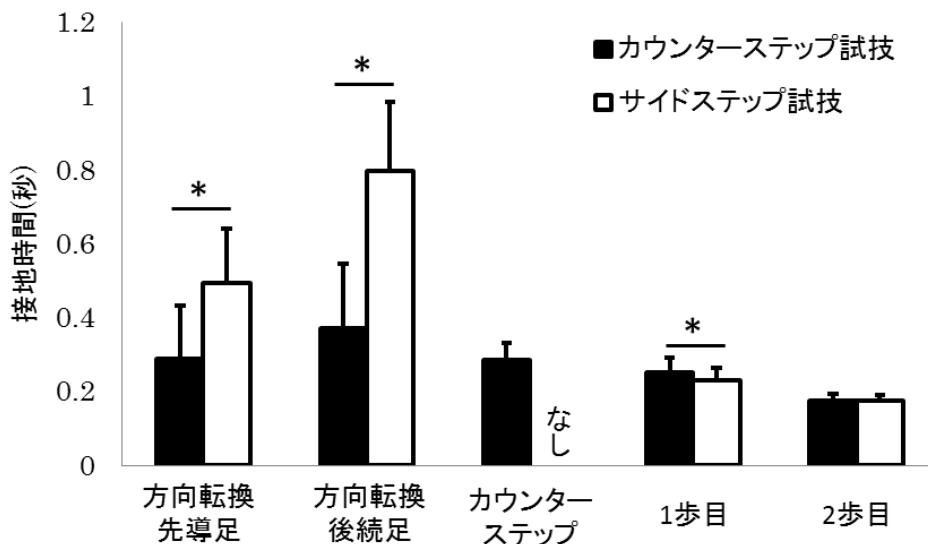


図 3.6 各動作局面における CS 試技および SS 試技の接地時間の比較 (* $p < 0.05$)

3.8 身体質量あたりの力積の水平成分

方向転換動作開始時の先導足と後続足の合成値（CS 試技 $0.00 \pm 0.23 \text{Ns/kg}$ ，SS 試技 $2.06 \pm 0.42 \text{Ns/kg}$ ，以下同順）において，CS 試技の方が SS 試技に比べ有意に小さかった．一方，CS 試技におけるカウンターステップでの身体質量あたりの力積の水平成分は， $2.18 \pm 0.31 \text{Ns/kg}$ であった．1 歩目，2 歩目における身体質量あたりの力積の水平成分では，試技間で有意な差はみられなかった（図 3.7）．また，すべての動作局面における力積の合計値では，両試技間に有意な差はみられなかった（ $21.06 \pm 1.95 \text{Ns/kg}$ ， $20.57 \pm 2.51 \text{Ns/kg}$ ）．

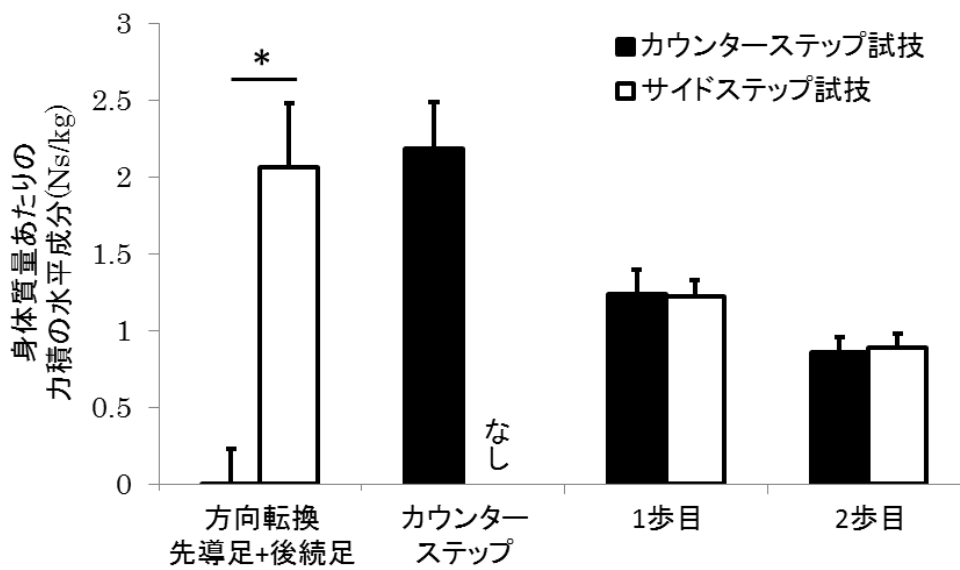


図 3.7 各動作局面における CS 試技および SS 試技の力積の水平成分の比較 (* $p < 0.05$)

3.9 下肢三関節の平均関節モーメント

方向転換時における下肢三関節の平均関節モーメントでは、先導足股関節伸展モーメント (CS 試技 $0.73 \pm 0.31 \text{Nm/kg}$, SS 試技 $0.37 \pm 0.10 \text{Nm/kg}$, 以下同順), 先導足膝関節伸展モーメント ($0.30 \pm 0.13 \text{Nm/kg}$, $0.59 \pm 0.17 \text{Nm/kg}$), 先導足膝関節屈曲モーメント ($-0.33 \pm 0.13 \text{Nm/kg}$, $-0.09 \pm 0.05 \text{Nm/kg}$), 後続足股関節伸展モーメント ($0.31 \pm 0.10 \text{Nm/kg}$, $0.87 \pm 0.20 \text{Nm/kg}$), 後続足膝関節屈曲モーメント ($-0.08 \pm 0.04 \text{Nm/kg}$, $-0.21 \pm 0.07 \text{Nm/kg}$), 後続足足関節底屈モーメント ($0.28 \pm 0.13 \text{Nm/kg}$, $0.62 \pm 0.16 \text{Nm/kg}$) に有意な差がみられた (図 3.8). CS 試技のカウンターステップにおける下肢三関節の平均関節モーメントでは, 下肢三関節すべてにおいて, 伸展および底屈モーメントの方が大きな値を示していた (図 3.9). 1 歩目の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントでは, CS 試技の方が有意に足関節の伸展モーメントが小さかった ($1.36 \pm 0.15 \text{Nm/kg}$, $1.47 \pm 0.17 \text{Nm/kg}$) (図 3.10). また, 2 歩目の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントでは, 両試技間で有意な差はみられなかった (図 3.11).

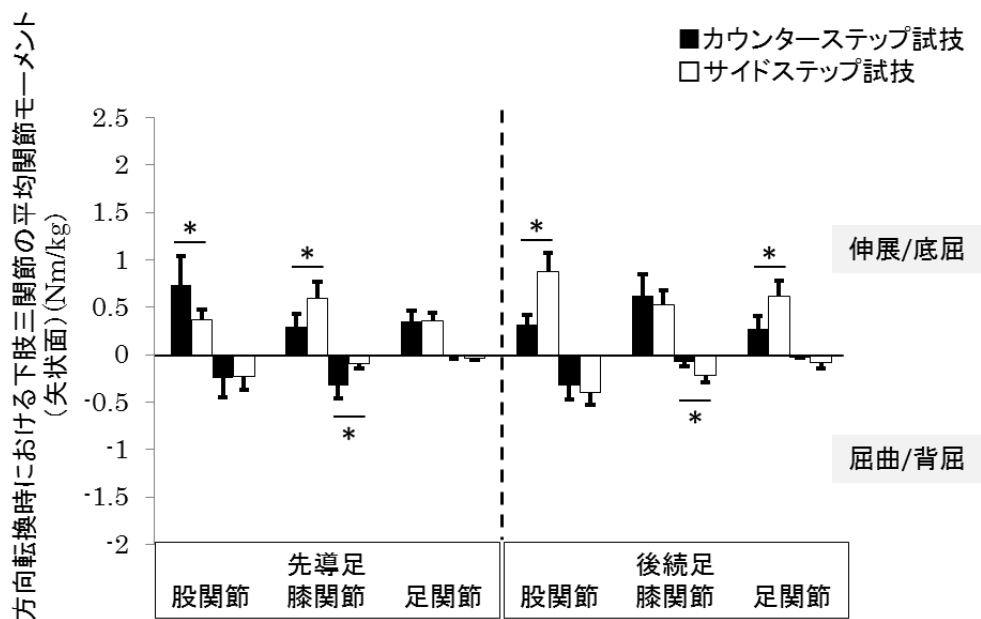


図 3.8 方向転換時の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントの比較 (* $p < 0.05$)

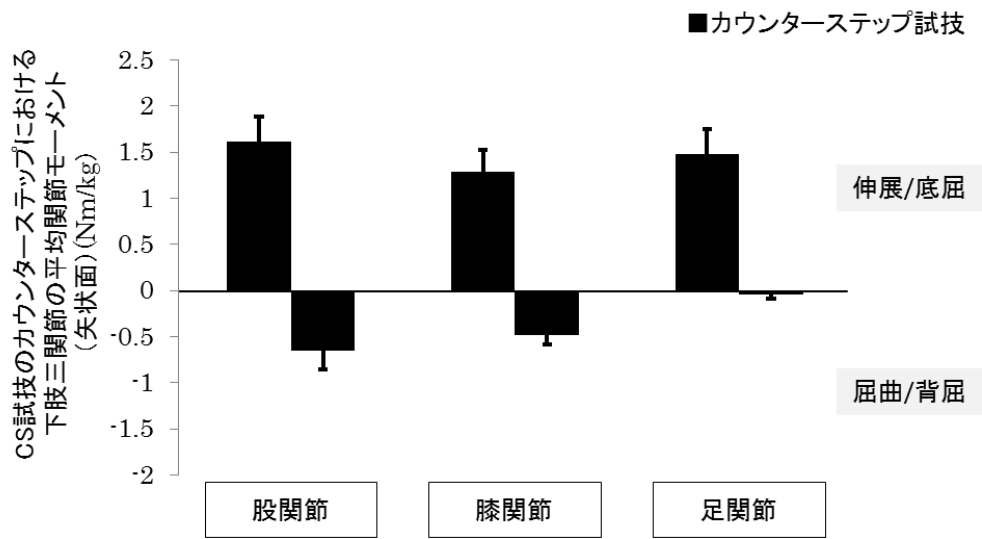


図 3.9 CS 試技のカウンターステップの矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントの比較 (* $p < 0.05$)

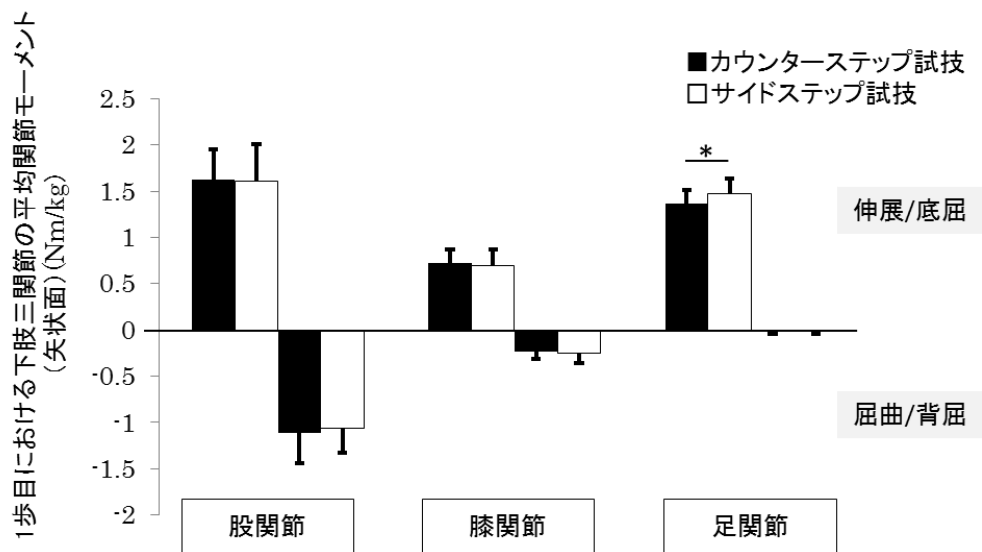


図 3.10 1歩目の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントの比較 (* $p < 0.05$)

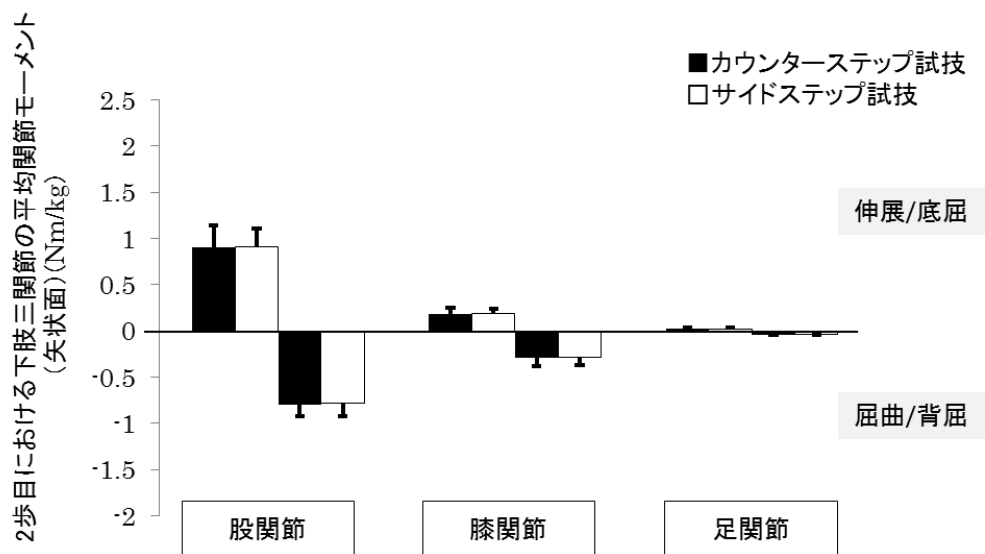


図 3.11 2 歩目の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントの比較

第4章 考察

本研究の目的は、サッカーにおいて攻撃選手の進行を防ぐために必要とされる守備選手の後方への方向転換動作を行う際にカウンターステップを用いることが、方向転換動作開始からその後の加速動作までの疾走時間、身体の体勢および方向転換時とその後のステップにおける地面反力データに影響を与えるかについて明らかにすることとした。

4.1 疾走時間の比較

CS 試技における 1.4m までの通過時間および 3.3m までの疾走時間は、SS 試技と有意な差がみられなかったものの、CS 試技のすべての動作局面までに要した累積時間は SS 試技よりも有意に短く、CS 試技の体幹および骨盤捻転角とも有意に早い段階で進行方向を向いていた。つまり、カウンターステップを用いた後方への方向転換動作は、進行方向に対して素早く方向転換させるという点で有効であることが示唆された。

Frost and Cronin (2011) は、前方へ疾走する際、カウンターステップを用いた方が、そのまま前にステップした試技と比べて 5.0m までの疾走時間が有意に短いことを報告している。これに対して、本研究の CS 試技における 1 歩目での身体質量あたりの力積の水平成分は、SS 試技と有意な差はみられず、1.4m 地点の通過時間および 3.3m 地点の通過時間においても試技間で有意な差はみられなかった。これは、Frost and Cronin (2011) の実験試技が方向転換を伴わない前方直線方向への加速動作であったのに対し、本研究では後方への方向転換動作を含んでいたことが起因したと考えられる。

4.2 速度生成について

Frost and Cronin (2011) の研究では、すべてのステップにおける地面反力を測定していないものの、カウンターステップを用いた試技における 1 歩目での身体質量あたりの力積の水平成分は $1.07 \pm 0.19 \text{ mNs/kg}$ であり、そのまま前にステップした試技の $1.41 \pm 0.28 \text{ mNs/kg}$ よりも有意に低いことが報告されている。このように両試技間で有意な差がみられた結果は、本研究結果と異なるものであった。身体質量あたりの力積とは、身体質量あたりの運動量の変化量、すなわち、身体合成重心速度の変化量と等価である。また、1 歩目、2 歩目における身体質量あたりの力積の水平成分および下肢三関節の平均関節モーメントをみると、1 歩目の足関節底屈モーメントを除くすべての局面において、

両試技間に有意な差はみられなかった。いくつかの先行研究では、加速局面において大きな股関節伸展モーメントを発揮することが、走速度の増加に影響することが示唆されている（伊藤ら，1997；馬場ら，2000；Johnson and Buckley, 2001）。つまり，CS 試技における身体合成重心の水平方向への増加量は，SS 試技と有意な差がなかったことが考えられる。

またカウンターステップを伴わない後方への方向転換動作では，体幹の前傾角度が有意に大きいことが報告されている（Sasaki et al., 2011）。近年の研究では，前方への加速能力が高い者ほど，身体合成重心の前傾角が大きいことが報告されている（Kugler and Janshen, 2010; Otsuka et al., In press）。しかし，SS 試技における1歩目，2歩目における身体合成重心前傾角は，CS 試技と有意な差はみられず，これらの先行研究とは異なる結果が得られた。つまり，1.4m までの通過時間および3.3m までの疾走時間においてCS 試技とSS 試技との間で有意な差がみられなかったのは，身体質量あたりの力積の水平成分および身体合成重心の前傾角に有意な差がみられなかったことによることが考えられる。つまり，これまでの先行研究（Frost and Cronin, 2011）のように，1ステップにおける地面反力データだけでその後の通過時間との関係を明らかにするよりも，すべてのステップにおける地面反力データを測定することは，地面反力データと疾走時間との関係を示す上で妥当であることが示唆された。

方向転換動作開始時の先導足と後続足における，CS 試技の身体質量あたりの地面反力および力積の水平成分は，極めて0に近い値を示していた。これは，方向転換動作開始時の先導足と後続足のキック動作では，身体合成重心が進行方向へほとんど移動していないことを示唆するものである。しかし，興味深かったことは，CS 試技のカウンターステップにおける身体質量あたりの力積の水平成分は $2.18 \pm 0.31 \text{Ns/kg}$ であり，SS 試技での先導足と後続足の合成値である $2.06 \pm 0.42 \text{Ns/kg}$ とほとんど同じ値を示していたことである。さらにこの時のCS 試技におけるカウンターステップの接地時間は 0.29 ± 0.05 秒であり，SS 試技の方向転換動作開始時に要した接地時間よりも短かった（先導足： 0.50 ± 0.15 秒；後続足 0.80 ± 0.19 秒）。そのため，CS 試技でのカウンターステップの身体質量あたりの地面反力の水平成分は $7.62 \pm 1.13 \text{N/kg}$ と，SS 試技における方向転換動作時の両足の身体質量あたりの地面反力の水平成分（ $3.00 \pm 0.63 \text{N/kg}$ ）より2.54倍もの値を示したと考えられる。また，SS 試技の後続足に比べCS 試技のカウンターステップの矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントは，有意に大きい値を示しており，

その値は約 2 倍もの差がみられた (図 4.1). つまり, CS 試技における方向転換時の身体合成重心の水平方向への速度生成は, カウンターステップにおける片足での爆発的な力発揮によって生み出されていたことが考えられる.

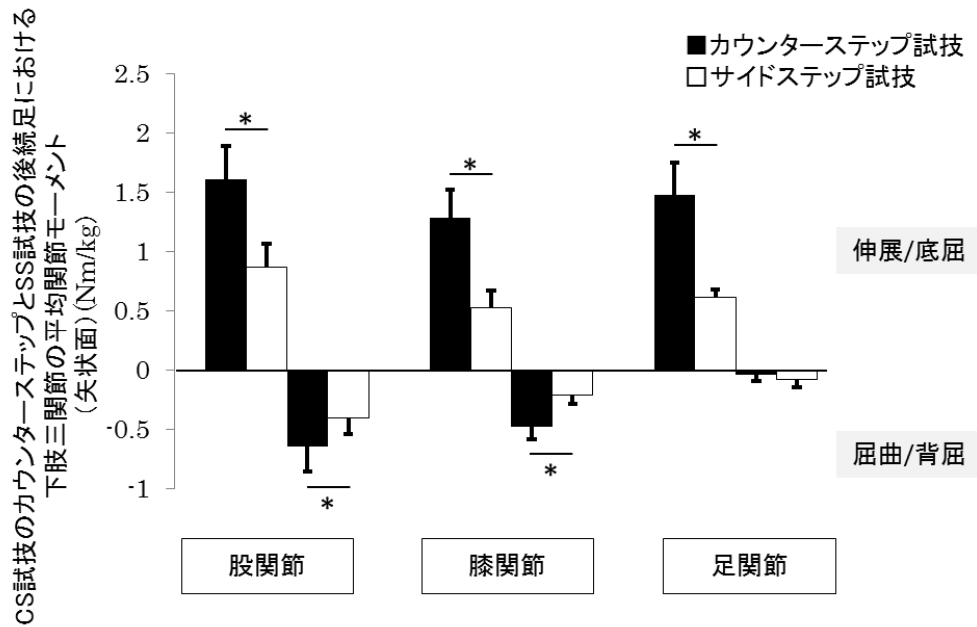


図 4.1 CS 試技のカウンターステップと SS 試技の後続足の矢状面における下肢三関節の平均関節モーメントの比較 (* $p < 0.05$)

4.3 サッカーの守備局面におけるカウンターステップの有効性

サッカーの守備局面において, 反則せずにボールを奪取するためには, 素早く自身の身体を回転させて, 攻撃選手とボールの間に体を入れる技能が重要となる (神川, 2012 ; 公益財団法人日本サッカー協会, 2012). 本研究における CS 試技の体幹および骨盤捻転角はともに, SS 試技に比べ 1 歩目離地以降で有意に進行方向を向いていた. さらに, CS 試技において方向転換動作開始から 2 歩目接地までに要した累積時間は 1.09 ± 0.19 秒であった. この累積時間は, SS 試技における 1 歩目離地の瞬間 (1.19 ± 0.17 秒) に相当するものであった. これは, 攻撃選手の動きに対応してからカウンターステップを用いた場合, 1.19 秒後には体幹が 132° 前方へ向いていたのに対し, サイドステップを用いた場合だと 124° しか前方に体幹を向けることができなかったことを示すものである. これらの結果から, カウンターステップを用いた方向転換動作は, 1 歩ステップを増やす

こととなるものの、同じ動作局面において進行方向へ身体を向けることができるだけでなく、方向転換動作開始から各動作局面までに要する時間が短くなることから、進行方向へ素早く身体を向けることができるため、守備選手にとって有効な方向転換動作であると考えられる。

このような CS 試技における方向転換動作開始からの累積時間の短さは、脚の回転の素早さを示す歩数頻度が、SS 試技よりも高いことを示唆するものである。本研究では、後方への方向転換後真っ直ぐに走ることを運動課題としていたが、試合中の守備場面においては、方向転換後も様々な方向に対してさらに方向転換する必要性が出ることが考えられる。さらに攻撃選手は、守備選手をかわすために疾走速度を変化させる、またはコースを変えて進むようなドリブルを用いることも考えられるため、守備選手には攻撃選手のドリブルスピードに合わせる必要性があるといえる。これらの状況では、後方への方向転換後の 1 歩目、2 歩目さらにその後続くステップにおいて、CS 試技のように歩数頻度が高い方が、さらに別の方向へ身体を方向転換させることや疾走速度を変化させることが可能であるため (Hewit et al., 2012)、この点においてもカウンターステップを用いることは有効な手段である可能性が示唆された。

第5章 まとめ

本研究では、サッカーの守備選手が後方への方向転換動作を行う際に、カウンターステップを用いることが、サイドステップを用いることと比べて、方向転換動作開始からその後の加速動作における疾走時間、身体の体勢および地面反力に違いがみられるのかを検証した。その結果、両試技間で疾走時間、身体合成重心前傾角および身体質量あたりの力積の水平成分に有意な差はみられなかったものの、方向転換動作開始以降の各動作局面までに要する累積時間では、カウンターステップを用いた方が有意に短く、且つ、体幹および骨盤捻転角は有意に進行方向を向いていることが示された。以上のことから、後方への方向転換とその後の加速動作でカウンターステップを用いることは、サイドステップを用いることよりも、方向転換動作開始から早い段階で進行方向へ体幹および骨盤を向けるという点で有効であることが示唆された。つまり、カウンターステップを用いた後方への方向転換動作は、サッカーの守備局面において守備選手が攻撃選手の動きに合わせて追走するための有効な手段であると考えられた。

本研究結果から、方向転換を伴う加速動作では、進行方向へ加速させるための力発揮だけでなく、方向転換動作開始から早い段階で回転するための下肢の力発揮が必要となることが考えられた (Dayakidis and Boudolos, 2006)。そのため、今後の課題として、下肢三関節における三次元的な動作学および動力学的な分析から、本研究においてカウンターステップを用いたことが進行方向へ素早く身体全体を向けた機序を解明することがあげられた。

文献

- 1) 馬場崇豪, 和田幸洋, 伊藤章: 短距離走の筋活動様式, 体育学研究, 45: 186-200, 2000.
- 2) Brown, T. D., J. D. Vescovi.: Efficient arms for efficient agility. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4): 7-11, 2003.
- 3) Cronin, J. B., Green, J. P., Levin, G. T., Brughelli, M. E., Frost, D. M.: Effect of starting stance on initial sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3): 990-992, 2007.
- 4) Dempster, W. T., Gaughran, G. R.: Properties of body segments based on size and weight. *American Journal of Anatomy*, 120(1), 33-54, 1967.
- 5) Dayakidis, M. K., Boudolos, K.: Ground reaction force data in functional ankle instability during two cutting movements. *Clinical Biomechanics*, 21: 405-411, 2006.
- 6) Frost, D. M., Cronin, J. B., Levin, G.: Stepping backward can improve sprint performance over short distances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3): 918-922, 2008.
- 7) Frost, D. M., Cronin, J. B.: Stepping back to improve sprint start performance: A kinetic analysis of the first step forwards. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(10): 2721-2728, 2011.
- 8) Hanavan, E. P. Jr.: A mathematical model of the human body. Amrl-Tr-64-102. AMRL TR, 1-149, 1964.
- 9) Hewit, J. K., Cronin, J. B., Hume, P. A.: Understanding change of direction performance: A technical analysis of a 180 degrees ground-based turn and sprint task. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 7(3): 493-501, 2011.
- 10) 伊藤章, 斎藤昌久, 淵本隆文: スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, および筋放電パターンの変化, 体育学研究, 42: 71-83, 1997.
- 11) Johnson, M. D., Buckley, J. G.: Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 19(4): 263-272, 2001.
- 12) 神川明彦: サッカーの戦術&トレーニング, 新星出版社, 116-117, 2012.

- 13) 河村優, 足立高浩, 清水英斗 : サッカー守備 DF&GK 練習メニュー100, 池田書店, pp.20-41, 2013.
- 14) 公益社団法人日本プロサッカーリーグ : J リーグ公式サイト, 2012 試合記録, <http://www.j-league.or.jp/data/2012/>, 2012.
- 15) 公益財団法人日本サッカー協会 : サッカー競技規則(2013/2014), 公益財団法人日本サッカー協会, pp.122, 2013.
- 16) Kraan, G. A., Van, V. J., Sniders, C. J., Storm, J.: Starting from standing: why step backwards? *Journal of Biomechanics*, 34: 211-215, 2001.
- 17) Kugler, F., Janshen, L.: Body position determines propulsive forces in accelerated running. *Journal of Biomechanics*, 43: 343-348, 2010.
- 18) McBride, J. M., Triplett-McBride, Davie, T. A., Newton, R. U.: The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 16(1): 75-82, 2002.
- 19) Negrete, R., Brophy, J.: The relationship between isokinetic open and closed chain lower extremity strength and functional performance. *Journal of Sport Rehabilitation*, 9: 46-61, 2000.
- 20) Otsuka, M., Shim, JK, Kurihara, T., Yoshioka, S., Nokata, N., Isaka, T.: Effect of expertise on 3D force application during starting block phase and subsequent steps in sprint running. *Journal of Applied Biomechanics*, in press.
- 21) Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., Fukubayashi, T.: The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10: 112-118, 2011.
- 22) 笹木正悟, 金子聡, 福林徹 : サッカー選手における後方への方向転換能力に関する研究, *スポーツ科学研究*, 5: 45-57, 2008.
- 23) Sayers, M.: Running techniques for field sport players. *Sports Coach*, 23(1): 26-27, 2000.
- 24) Sheppard, J. M., & Young, W. B.: Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24, 919-932, 2006.
- 25) 戸塚啓 : 新・サッカー戦術理論, 成美堂出版, pp.16-127, 2010.
- 26) Young, W., R. James, and I. Montgomery. Is muscle power related to running

speed with changes of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42:282-288, 2002.

- 27) 財団法人日本サッカー協会：サッカー指導教本 フィールドプレーヤー編，財団法人日本サッカー協会技術委員，pp.38, 2003.

謝辞

本研究を遂行し修士論文を作成するにあたり，多くのご支援とご指導を賜りました，指導教員である伊坂忠夫教授に感謝の意を表します．また，修士論文の構成に対して初年度からご指導を下された副査の藤田聡教授，種子田穰教授，修士論文を含め，実験設定・データ算出・データ解析・学会発表・投稿論文作成に至る，本研究すべてにご尽力頂きました大塚光雄特任助教に深く感謝を致します．

大学サッカーリーグのシーズン開始前のご多忙な時に，快く被験者としてご協力頂いた立命館大学体育会サッカー部の選手の皆様ならびに，仲井昇前監督，松岡耕自監督，田口厚志トレーナー，びわこ成蹊スポーツ大学サッカー部の選手の皆様ならびに，松田保総監督，望月聡監督に心から感謝を致します．

本研究に関する事務処理やスケジュール調整などにおいて多くのお世話をして頂きました秘書の奥村悦子氏，多くのご助言を頂きましたスポーツ健康科学部の教員の皆様，そして実験にご協力頂いた伊坂研究室の皆様は厚くお礼を申し上げます．