# 【原著論文】

# 判断を伴うことによるサイドステップ動作の変容

亀田麻依1) 木葉一総1) 前田 明1)

Transformation of the side steps by involving judgement

Mai Kameda<sup>1)</sup>, Kazufusa Kiba<sup>1)</sup> and Akira Maeda<sup>1)</sup>

#### Abstract

The purpose of the present study was to investigate the transformation of side steps by decision making. Participants comprised 14 players from a college female basketball team. In the experiment, participants were shown an arrow pointing either to the right or left on a monitor located 3 m from the start point while moving with side steps toward the right. When the right arrow was shown, participants moved for 3 m using side steps to the right. Conversely, when the left arrow was shown, they moved for 3 m to the right, performed lateral cutting to the left, and moved back to the start point with side steps. Participants performed trials under the following two conditions. 1) The PRE condition: Participants were informed beforehand of the direction of the arrow. 2) The UN condition: Participants responded to arrows randomly pointed to the left or right. Data for the right arrow trials were analyzed during side steps (PRE vs. UN) . We investigated mainly the movements of the trunk and lower limbs. The results showed that the 3 m side step time was longer under UN than PRE. The center of gravity (CG) lateral velocity toward the right was lower under UN than PRE. In the penultimate contact, CG was positioned lower and the trunk inclined to the left under UN than PRE. Moreover, the angle of the hip and the knee of the UN was larger than PRE. The present results show that under UN, participants flexed the leg and inclined the trunk to the left in the penultimate contact. Therefore, in side steps performed under UN, participants adjusted the CG velocity and position of the body applicable to both straight movements and 180° turn movements.

Key words: defensive footwork, slide step, change of direction, decision making, reactive agility test キーワード:ディフェンスフットワーク, スライドステップ, 方向転換, 意思決定, リアクティブアジリティテスト

## I. 緒言

バスケットボールやサッカーなどのゴール型球技スポーツでは、直線を走る能力のみならず、選手やボールの動きに対応する能力が求められる。これまでに、これらのフットワーク能力は、外的な刺激により移動

方向を変更する課題(reactive agility test:以下「RAT」と略す) $^{1-3}$ )によって検討されてきた.外的な刺激とは,直線走行中の被検者の前方に設置した LED ライトに,次の移動方向を示すものなどを指す.前述した研究では,方向転換走スピードでは示すことができない競技レベルの差を,RAT では示すことができると

<sup>1)</sup> 鹿屋体育大学

報告している1-3). これらのことから、知覚による認 識や反応動作を含む RAT は、球技スポーツ選手の フットワーク能力をより反映していると捉えることが できる.

バスケットボール競技のディフェンスでは、フット ワークの中でもサイドステップが動きの中心として位 置づけられている4). 日本バスケットボール協会の指 導教本<sup>5)</sup> によると、サイドステップは、オフェンスの 動きの変化、特に方向変換に対してすばやく反応でき るようにしなくてはならないと記されている. さらに. マンツーマンディフェンスでは、相手がどのようなプ レイを展開しようとしているのかを先読みして備えて おく6)ことや、効率的な身のこなし5)が求められてい る. ここでいう効率的な身のこなしとは. 動きと動き のつなぎ目や、変化への対応を無駄なく行えることで あると考えられる. すなわち, サイドステップ中には, 次に起こりうる変化を予測し、それに対応する能力も 欠かすことができないといえる. これまでに、サイド ステップに関する研究は、一方向のサイドステッ プ $^{7-9}$ をはじめ、連続的なサイドステップ $^{10-13)}$ や、直 線走とサイドステップを組み合わせたもの14.15) などが 行われている. 例えば、競技レベルの高い選手は、 3mの直線的なサイドステップにおいて、静止した 状態を基準とした時に、1歩目の先行足の離地から、 2歩目の後行足の離地までの動作時間が短いことが報 告されている16. また, 小山ら12 は, 身体合成重心と 上半身部分重心の相対位置を用いて、サイドステップ 中の上半身の姿勢制御の優劣を評価することを試みた (上位群 vs. 下位群 vs. 未経験群). その結果によると, 上位群と下位群には差がみられなかったものの、上位 群は未経験群よりも身体重心が低く、上半身の姿勢変 化が少ないことが示されている。これらは、サイドス テップ中の動作時間や姿勢制御を明らかにし、サイド ステップスピードを高めるための資料である. しかし ながら、これまでに RAT のような条件下でサイドス テップ動作を検討したものは見当たらない. 当然のこ とながら、サイドステップ中に、外的な刺激により (判断を伴う) 移動方向を変更する時では、サイドス テップ中の移動速度や姿勢などを調節する必要がある. 換言すると、ディフェンス選手は、サイドステップ中 に次の動作を継続(サイドステップを選択)するか, 変更(逆方向へ切り返すことや、止まることを選択) するかを常に意識し、それに対応できる姿勢調整を行 わなくてはならない. これらのことから、選手が次の 移動方向を理解している時と、判断を伴う時のサイド ステップの動作様式の相違を明らかにすることで、サ

イドステップ中の姿勢や歩幅調節など、フットワーク に求められる能力を示すことができるとともに、指導 のポイントも明確にすることができると考えられる.

そこで、本研究は、判断を伴うことによるサイドス テップ動作の変容を明らかにすることを目的とした.

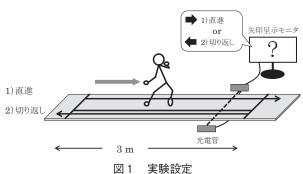
## Ⅱ. 方法

#### 1. 被検者

被検者は、全日本総合バスケットボール選手権大会 に出場経験のある選手を含む, 大学女子バスケット ボール選手14名 (年齢: 20±1歳, 身長:1.62±0.05m, 体重:57.6±5.6kg, 競技歴:11.5±1.4年) とした. すべての被検者には実験に先立ち、研究内容、目的、 危険および不快感について説明をし、書面にて実験参 加への同意を得た、なお、本研究は、鹿屋体育大学倫 理審査小委員会の承認を得て実施した.

#### 2. 実験試技および測定方法

本研究では、右方向へサイドステップを行い、3m 地点に設置されたモニタに表示される矢印(右あるい は左方向) に従って, 直進か切り返しかを瞬時に判断 する方法を用いた. すなわち. 右方向の矢印(→)が 表示された場合には、3mを通過するまで右方向へ のサイドステップを続けた. 一方, 左方向の矢印 (←) が表示された場合には、3m 地点で身体の向き を変えずに切り返し動作を行い、左方向ヘサイドス テップで3m戻った(図1). この際, 試技を何歩で 遂行するかは特に指示をしなかったが、右方向の矢印 (直進) の場合は3m地点のラインを、左方向の矢印 (切り返し) の場合は3m 地点およびゴール地点(ス タート地点に引かれたライン)を先行足で踏んで通過 するように指示をした. さらに、被検者には、ライン を踏んだ直後は急停止をせずに、徐々に減速するよう に指示をした. なお, ゴールは, 右方向の矢印の場合 は、3m地点に引かれたラインを先行足で踏んだ時、 左方向の矢印の場合は、スタート地点に引かれたライ



ンを先行足で踏んだ時であった. 移動方向を示す矢印 は、スタートから2.5m 地点に設置した光電管を先行 足が通過するタイミングで呈示した. 光電管は足部の 通過を検知できるよう、0.2mの高さに設置した、矢印 呈示用プログラムは、DASY Lab (P&A Technologies 社製)で作成した17). 本研究では、以下の異なる2種 類の実験条件を設定した. 1) 呈示する矢印の方向を 被検者に予め通知する予測可能条件(以下「Pre 条件」 と略す), 2)被検者に予め通知しない予測不可能条 件(以下「Un条件」と略す)の2条件とした. Pre 条件では、試技が始まる前に矢印の方向を被検者に通 知し、モニタにもその矢印を表示することで、被検者 が十分に理解するための配慮をした. Un 条件では、 呈示する矢印方向は、被検者に通知せずに、ランダム に呈示される矢印の方向に従うように指示をした、す べての被検者は、Pre 条件を行った後、Un 条件を 行った. 試技間の休息は2分間とした. Pre 条件では, 総試技回数6回のうち、直進および切り返しを3回ず つ、Un条件では、総試技回数10回のうち、直進およ び切り返しを5回ずつランダムに行った. なお、被検 者には総試技回数は伝えずに実施した.被検者は、静 止した状態から任意のタイミングでスタートし、ス タートからゴールまでのタイムをできる限り短く、か つ,正確に行うよう努めた.実験に先立ち,被検者に は測定前に十分なウォーミングアップおよび条件ごと に練習を行わせた. なお, ウォーミングアップは, 被 検者の各々自由なものとした.被検者は普段使用して いるバスケットボールシューズを履いて試技を行った.

## 3. 測定項目

光学式 3 次元動作解析システム MAC 3D (Motion Analysis 社製, 300Hz) の専用カメラ Raptor (12台) を用いて、被検者の身体各部位に貼付した反射マーカ (直径12.7mm) を撮影し、分析ソフトウェア (Cortex 6.0.0, Motion Analysis 社製) により 3 次元座標を計 測した. 反射マーカは38点とし, 頭頂, 頭部(前後右 左). 肩峰(右左). 上腕骨外側上顆(右左). 上腕骨 内側上顆(右左), 尺骨茎状突起(右左), 橈骨茎状突 起(右左), 第3中手骨(右左), 胸骨上縁, 胸骨剣状 突起, 第7頸椎棘突起, 第9胸椎, 仙骨, 上前腸骨棘 (右左), 大転子 (右左), 大腿骨外側上顆 (右左), 大 腿骨内側上顆(右左), 外果(右左), 内果(右左), 第3中足骨(右左), 踵骨(右左)の位置に貼付した. 静止座標系は、身体の前後方向を X 軸、進行方向(左 右) を Y 軸, 垂直方向を Z 軸とした. MAC 3D の キャリブレーション精度は、3次元空間における誤差

の平均値が0.29±0.01mm, 誤差の分散値が0.16±0.02mm であった.

#### 4. 分析項目

本研究では、右矢印が呈示された試技を分析対象と した. MAC 3D より得られた 3 次元座標値は, MATLAB (The Math Works 社製) を用いて、デジ タルフィルタにて、最適遮断周波数7.3~23.6Hzで平 滑化した. 各マーカの座標データから、3m 所要時間、 接地ごとの動作時間、ストライド、滞空時間、接地時 間,身体重心速度,身体重心位置,体幹側屈角度,下 肢関節角度を算出した. 3m 所要時間は, スタート 地点における被検者の先行足の離地から、3m地点 における被検者の先行足の接地までとした. なお. 接 地と離地の判定は、つま先あるいは踵の鉛直速度を基 準に行った. 接地の場合は先に接地したマーカ点を, 離地の場合は後に離地したマーカ点を採用した。スト ライドは、先行足(後行足)の接地から次の先行足 (後行足)の接地までの足部の移動距離とした. 滞空 時間は、どちらの足も地面に接していない時間とし、 接地時間は、地面に先行足か後行足のいずれかが接地 している時間とした. ただし, 本研究では, Un 条件 において、4歩目(後行足2歩目)の離地よりも、5 歩目(先行足3歩目)を先に接地してしまう場合がみ られたため、4歩目の接地時間、および、後行足2歩 目離地から先行足3歩目接地までの滞空時間は算出し ていない. また、地面に左右いずれかの足部が接地し ている局面を支持期. 足部が地面に接していない局面 を滞空期とした.身体重心は、阿江18)の身体部分慣性 係数を参考に算出した。また、股関節、膝関節、足関 節の関節中心の位置座標を以下の方法にて推定した. 股関節中心は. 臨床歩行分析研究会の提唱する推定 法19 を用いて関節中心を算出した. 膝関節中心は, 大 腿骨外側上顆と内側上顆の中点として, 足関節中心は, 外果と内果の中点として算出した. 体幹側屈角度は. YZ 平面における両肩峰の中点と両股関節中心の中点 を結ぶ線分と鉛直線とのなす角とし、地面に対して垂 直の時に0度とした(図2,体幹側屈角度( $\theta$ )).進 行方向(右屈)を正,切り返す方向(左屈)を負と定 義した. 下肢3関節角度の算出は, 先行研究によって 作成された筋骨格モデル動作解析ソフト(nMotion musculous 1.51, nac 社製) を用いた. 股関節では, 屈曲/伸展,内転/外転角度を,膝関節および足関節 では、屈曲/伸展、背屈/底屈角度を算出した. なお. 下肢関節角度の計測においては解剖学的正位を0度と した. 運動方向は、股関節および膝関節では伸展と外

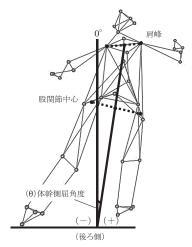


図2 体幹側屈角度

転を負, 屈曲と内転を正, 足関節では底屈を負, 背屈 を正とした。本研究の動作分析の対象区間は、2歩目 の後行足の接地から3m地点に先行足が接地するま でとした (図3). なお. すべての被検者は. 5歩で 3m 地点に到達した. また. 被検者ごとに動作時間 が異なるため、サイドステップに要した時間を、先行 足(後行足)の接地から次の後行足(先行足)の接地 までを1つの局面として区分し、それぞれ100%とし てデータを規格化した. すなわち、2歩目(後行足) の接地から3歩目(先行足)の接地までを2-3局面, 3歩目(先行足)の接地から4歩目(後行足)の接地 までを3-4局面, 4歩目(後行足)の接地から5歩 目(先行足)が3m地点に接地するまでを4-5局面 と定義した (図3). なお、Pre 条件は3回、Un 条件 は5回の試技から、3m 所要時間の最高値を個人の 代表値として分析を行った.

#### 5. 統計処理

本研究における各算出項目は,平均値±標準偏差で示した.3m所要時間,接地ごとの動作時間,スト

ライド, 滞空時間, 接地時間に関しては, 条件間の比 較を行うために、対応のある t 検定を行った. 時系列 的な変数 (身体重心位置,速度変位,角度変位) に関 しては、条件間の比較を行うために、規格化時間の 10%時ごとに条件間 (Pre 条件, Un 条件) の 2 要因 (繰り返しあり、対応あり) の分散分析を行い、主効 果および交互作用(条件×経時変化)の有意性を確認 した. 有意な交互作用が認められた場合には、単純主 効果検定を、認められなかった場合には、主効果検定 を行った. ただし. 群内の経時変化に関しては. 本研 究の目的と異なるため検討しなかった. また, 本研究 では地面に力を加えることのできる局面が重要である と判断し, 下肢関節角度に関しては, 片脚支持期中の 動作を検討した. すなわち. 2-3.4-5 局面では後行 足, 3-4局面では先行足のみの有意性を確認した (図7-10, 塗りつぶし部分). なお, 有意水準はすべ て5%未満とし、統計処理ソフトにはIBM SPSS statistics22 (IBM 社製) を用いた. また. 効果の大 きさ (ES: effect size) を確認するために、偏イータ 二乗(以下「η p²」と略す) もしくは Cohen の d を 求めた.

### Ⅲ. 結果

表1には、動作時間の比較を示した。Un条件の3m 所要時間はPre条件よりも有意に延長した。さらに、1歩ごとに動作時間を見ると、Un条件では、2歩目(後行足1歩目)以降の動作時間がPre条件よりも有意に延長した。

表2には、ストライドの比較を示した. 2歩目から 4歩目までの Un 条件のストライドは Pre 条件よりも 有意に大きくなった. 一方、5歩目の Un 条件のストライドは Pre 条件よりも有意に小さくなった.

表3には、滞空時間の比較を示した。後行足0歩目

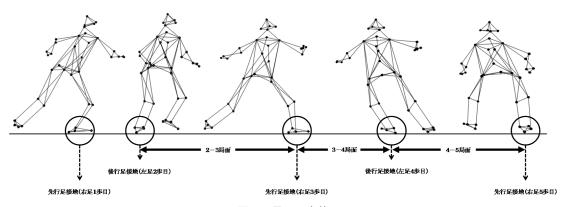


図3 局面の定義

# 判断を伴うことによるサイドステップ動作の変容

表1 動作時間の比較

	Pre	Un	P	Pre vs. Un ES
1 歩目(s) (先行足 1 歩目)	$0.25 \pm 0.04$	$0.27 \pm 0.05$	0. 147	0. 43
2 歩目(s) (後行足 1 歩目)	$0.57 \pm 0.06$ *	$0.61 \pm 0.08$	0. 011	0. 48
3 歩目(s) (先行足 2 歩目)	$0.74 \pm 0.06**$	$0.80 \pm 0.08$	0. 001	0. 77
4 歩目(s) (後行足 2 歩目)	$0.98 \pm 0.07***$	$1.07 \pm 0.11$	0.000	1.00
5 歩目(s) (先行足 3 歩目)	1. 12 ± 0. 08*	1. $17 \pm 0$ . $10$	0. 011	0. 52

表2 ストライドの比較

	Pre	Un	P	Pre vs. Un ES
1 歩目 (m) (先行足 1 歩目)	$0.52 \pm 0.13$	$0.52 \pm 0.12$	0. 843	0. 05
2 歩目(m) (後行足 1 歩目)	1. 13 ± 0. 11**	1. $22 \pm 0.14$	0.006	0. 67
3 歩目 (m) (先行足 2 歩目)	1. 32 ± 0. 14***	1. $49 \pm 0.14$	0.000	1. 20
4 歩目 (m) (後行足 2 歩目)	1. 28 ± 0. 06**	$1.43 \pm 0.16$	0. 001	1. 23
5 歩目(m) (先行足 3 歩目)	1. 19 ± 0. 15***	1. 01 ± 0. 19	0.000	1. 07

表 3 滞空時間の比較

	Pre	Un	P	Pre vs. Un ES
	110		1	11C vs. OII ES
後行足 0 歩目離地から 先行足 1 歩目接地まで (s)	$-0.06 \pm 0.03$	$-0.06 \pm 0.03$	0. 634	0.07
先行足1歩目離地から 後行足1歩目接地まで (s)	$0.57 \pm 0.06$ *	$0.61 \pm 0.08$	0. 011	0. 47
後行足1歩目離地から 先行足2歩目接地まで (s)	$0.01 \pm 0.02$ *	$0.03 \pm 0.02$	0. 018	0. 69
先行足2歩目離地から 後行足2歩目接地まで (s)	0. 51 ± 0. 03***	$0.57 \pm 0.05$	0.000	1. 47

表 4 接地時間の比較

	Pre	Un	Р	Pre vs. Un ES
1 歩目(s) (先行足 1 歩目)	0. 22 ± 0. 03**	$0.23 \pm 0.04$	0. 005	0. 42
2 歩目(s) (後行足 1 歩目)	0. 16 ± 0. 02*	$0.17 \pm 0.02$	0. 031	0. 61
3 歩目(s) (先行足 2 歩目)	$0.13 \pm 0.02$	$0.13 \pm 0.03$	0. 410	0. 24

平均值 ± 標準偏差,ES = effect size

平均値  $\pm$  標準偏差,ES = effect size \*: p < 0.05, \*\*: p < 0.01, \*\*\*: p < 0.001 (vs. Un)

平均値  $\pm$  標準偏差,ES = effect size \*\*: p < 0.01, \*\*\*: p < 0.001 (vs. Un)

平均値±標準偏差,ES=effect size \*:p<0.05, \*\*\*:p<0.001 (vs. Un)

<sup>\*:</sup> p < 0.05, \*\*: p < 0.01 (vs. Un)

の離地から先行足1歩目の接地までの滞空時間は負の値を示した.このことは、後行足が離地する前に先行足が接地していたことを示している.一方、それ以降の滞空時間は正の値を示し、どちらの足部も地面に接していない滞空期がみられた. Un 条件の2歩目以降の滞空時間は、Pre条件よりも有意に延長した.

表4には、接地時間の比較を示した. Un 条件の1 歩目および2歩目の接地時間は、Pre 条件よりも有意 に延長したが、3歩目には有意な差は認められなかっ た.

図 4 には、右方向における身体重心速度の時系列的な変化の比較を示した。実線は Un 条件の平均を、破線は Pre 条件の平均を示している(図 5-10も同様)。各局面において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(2-3 局面: $F_{(10,130)}=9.861$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.431$ 、3-4 局面: $F_{(10,130)}=53.023$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.803$ 、4-5 局面: $F_{(10,130)}=38.229$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.746$ ),Un 条件の身体重心速度は、Pre 条件よりも有意に低下した(2-3 局面:50%時、90-100%時、3-4 局面:0-100%時,4-5 局面:0-100%時).

図 5 には、身体重心位置の時系列的な変化の比較を示した。上段には左右方向、下段には上下方向の身体重心位置の比較を示した。左右方向の身体重心位置に関しては、2-3 局面では、条件と規格化時間間で交互作用が認められ( $F_{(10,130)}=15.236$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.540$ )、Un 条件の身体重心は、Pre 条件よりも有意に右方向に位置していた(20-100%時)。一方、3-

4局面では、条件と規格化時間間で交互作用が認めら れなかったが  $(F_{(10.130)}=1.493, p=0.149, η p^2=0.103),$ 条件間の主効果では有意性が認められ、Un 条件の身 体重心は、Pre 条件よりも有意に右方向に位置してい t:  $(F_{(1,13)} = 10.211, p = 0.007, <math>\eta p^2 = 0.440)$ . t: t. 4-5 局面では、条件と規格化時間間で交互作用が認 められ  $(F_{(10.130)} = 71.745, p = 0.000, η p^2 = 0.847),$ Un 条件の身体重心は、Pre 条件よりも有意に左方向 に位置していた (70-100%時). 身体重心高に関して は、各局面において、条件と規格化時間間で交互作用 が認められ  $(2-3局面:F_{(10,130)}=7.617, p=0.000,$  $\eta p^2 = 0.369$ , 3-4 局面:  $F_{(10,130)} = 2.598$ , p = 0.007,  $\eta p^2 = 0.167$ ,  $4-5 周面: F_{(10,130)} = 28.567$ , p = 0.000,  $np^2 = 0.687$ ). Un 条件の身体重心は、Pre 条件より も有意に下方向に位置していた(2-3局面:90-100%時, 3-4局面: 0-40%時, 90-100%時, 4-5 局面: 0-100%時).

図 6 には、体幹側屈角度の時系列的な変化の比較を示した。各局面において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(2-3 局面: $F_{(10,130)}=12.602$ , p=0.000,  $\eta p^2=0.492$ , 3-4 局面: $F_{(10,130)}=6.274$ , p=0.000,  $\eta p^2=0.325$ , 4-5 局面: $F_{(10,130)}=30.115$ , p=0.000,  $\eta p^2=0.698$ ), Un条件の体幹側屈角度は、Pre条件よりも有意に小さかった(全局面:0-100%時).

図7には、股関節屈曲角度の時系列的な変化の比較を示した。上段には後行足、下段には先行足の角度変位の比較を示した(図8-10も同様)。2-3局面(後

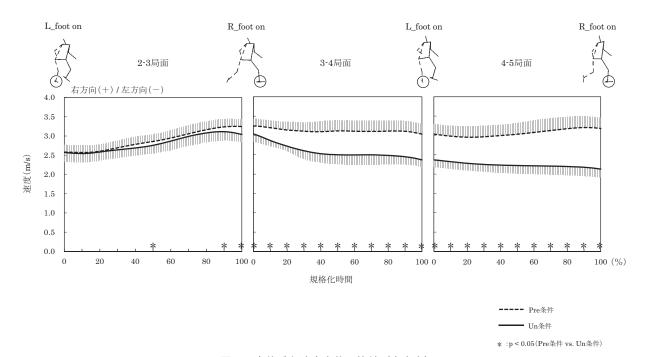


図4 身体重心速度変位の比較(右方向)

## 判断を伴うことによるサイドステップ動作の変容

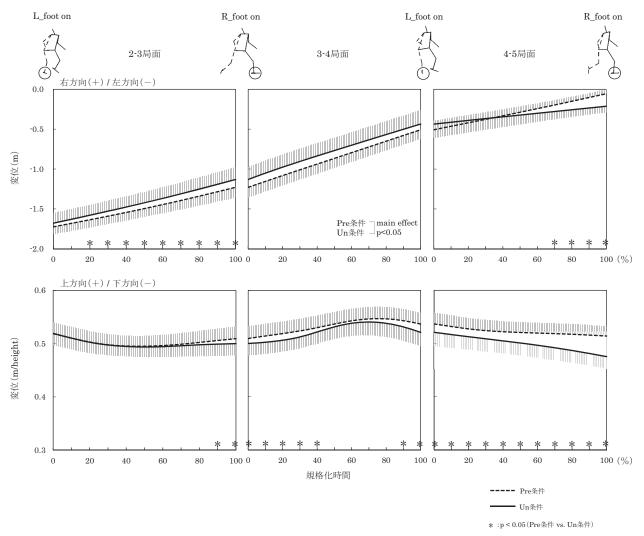


図5 身体重心位置の比較(上段:左右方向,下段:上下方向)

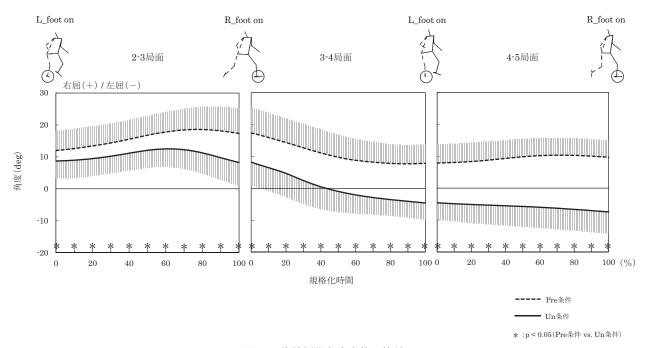


図6 体幹側屈角度変位の比較

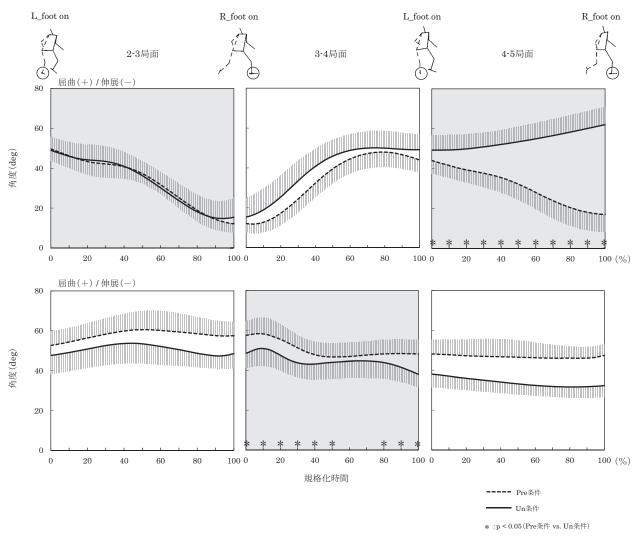


図7 股関節(屈曲/伸展)角度変位の比較(上段:後行足,下段:先行足)

行足)において、条件と規格化時間間で交互作用が認められたが( $F_{(10,130)}$  = 2.585、p = 0.007、 $\eta p^2$  = 0.166)、条件間で有意な差は認められなかった.一方、3-4局面(先行足)および4-5局面(後行足)において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(3-4局面: $F_{(10,130)}$  = 7.665、p = 0.000、 $\eta p^2$  = 0.371、4-5局面: $F_{(10,130)}$  = 90.431、p = 0.000、 $\eta p^2$  = 0.874)、Un条件の先行足の股関節屈曲角度は、3-4局面ではPre条件よりも有意に小さい値を示し(0-50%時、80-100%時)、Un条件の後行足の股関節屈曲角度は、4-5局面ではPre条件よりも有意に大きい値を示した(0-100%時)

図8には、膝関節屈曲角度の時系列的な変化の比較を示した。各局面において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(2-3局面: $F_{(10,130)}=3.745$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.224$ 、3-4局面: $F_{(10,130)}=23.779$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.647$ , 4-5局面: $F_{(10,130)}=52.165$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.801$ )、Un条件の膝関節屈曲角度

は、2-3局面(後行足)ではPre条件よりも有意に大きい値を示し(30-40%時,100%時),3-4局面(先行足)ではPre条件よりも中盤(50%時)で大きい値を示したが、序盤と終盤では小さい値を示し(0%時および80-100%時),4-5局面(後行足)ではPre条件よりも有意に大きい値を示した(0-100%時).

図 9 には、足関節背屈角度の時系列的な変化の比較を示した。2-3 局面(後行足)では条件と規格化時間間で交互作用が認められず( $F_{(10,130)}=1.634$ , p=0.104,  $\eta p^2=0.112$ ), 条件間に有意な差は認められなかった。一方、3-4 局面(先行足)および4-5 局面(後行足)において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(3-4 局面: $F_{(10,130)}=8.633$ , p=0.000,  $\eta p^2=0.399$ , 4-5 局面: $F_{(10,130)}=55.191$ , p=0.000,  $\eta p^2=0.809$ ), Un条件の足関節背屈角度は、3-4 局面(先行足)では Pre条件よりも有意に大きい値を示し(0-10%時、30-60%時、100%時), 4-5 局

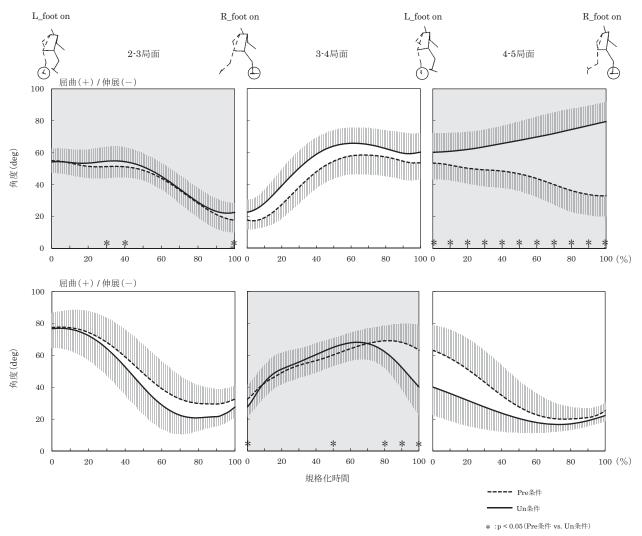


図8 膝関節(屈曲/伸展)角度変位の比較(上段:後行足,下段:先行足)

面(後行足)では Pre 条件よりも有意に小さい値を示した(0%時,40-100%時).

図10には、股関節外転角度の時系列的な変化の比較を示した。各局面において、条件と規格化時間間で交互作用が認められ(2-3 局面: $F_{(10,130)}=5.177$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.285$ 、3-4 局面: $F_{(10,130)}=8.862$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.405$ , 4-5 局面: $F_{(10,130)}=9.332$ 、p=0.000、 $\eta p^2=0.418$ )、Un条件の股関節外転角度は、2-3 局面(後行足)および3-4 局面(先行足)では Pre条件よりも有意に大きい値を示し(2-3 局面:90-100 %時、3-4 局面:0-20 %時、40-100 %時)、4-5 局面(後行足)では Pre条件よりも有意に小さい値を示した(20-100 %時).

# Ⅳ. 考察

本研究は、判断を伴うことによるサイドステップ動作の変容を明らかにすることを目的とした.動作時間

に関する結果は、Un条件の2歩目以降の動作時間が Pre 条件よりも有意に延長したことであった. Un 条 件では、2-3局面はじめから右方向への体幹側屈角 度が低下し(図6). 2-3局面の40%時から身体重心 速度が Pre 条件よりも低下した (図4). 一方, Pre 条件は、体幹をより右屈していたことが速度獲得に貢 献したと思われる. このように、2-3局面において. Un 条件では体幹の側屈により重心速度を調節してい たことが確認された。また、2-3局面における。Un 条件の後行足の膝関節屈曲角度は、Pre 条件よりも有 意に大きかった (30-40%時, 100%時) が、股関節角 度および足関節角度に相違はみられなかった. 膝関節 屈曲角度のηp<sup>2</sup>値(効果量)をみると、2-3局面よ りも、それ以降の局面の np<sup>2</sup>値が高いことがわかる. 効果量とは、効果の大きさのことを表す指標である. このことから、膝関節角度は、2-3局面よりも、3-4 局面および 4-5 局面の方が Pre 条件と Un 条件の 差が大きいといえる. すなわち, 下肢動作の変容が大

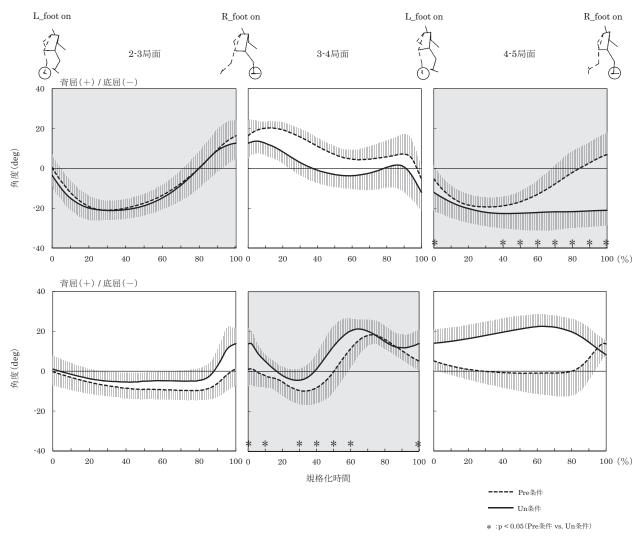


図9 足関節(背屈/底屈)角度変位の比較(上段:後行足,下段:先行足)

きくみられるのは、3-4局面以降であると考えられる。以下では、地面に接地している足の動作を明らかにするために、3-4局面では先行足を、4-5局面では後行足を中心に考察していく。

# 1. 最終歩の2歩前における先行足について

3-4 局面は、3 歩目の先行足接地から 4 歩目の後行足接地まで、すなわち、先行足支持期と滞空期により構成されている。3-4 局面に関する、接地時間は Pre 条件では $0.13\pm0.02$  s、Un 条件では $0.13\pm0.03$  s であった(表 4)。さらに、滞空時間は Pre 条件では $0.51\pm0.03$  s、Un 条件では $0.57\pm0.05$  s であった(表 3)。以上より、3-4 局面は、先行足支持期が約20%、滞空期が約80%により構成されているといえる。局面としては、滞空期の割合が大きいが、この項では、先行足接地中の両条件の動作を明らかにするため、主に先行足支持期(0-20%時)について考察する。

3-4 局面の Un 条件の右方向への身体重心速度は,

Pre 条件よりも有意に低かった (図4). また, 3-4 局面の Un 条件の身体重心は、右方向、かつ、下方向 に位置していた (図5). 3歩目の先行足接地に関係 する. 2-3 局面の滞空時間をみると. Un 条件は Pre 条件よりも有意に延長し(表3),ストライドの増大, および、1歩ごとの動作時間の延長がみられた(表1, 2). 滞空時間に影響する要因の1つに地面反力が挙 げられる. 3歩目の接地時間は、両群に有意な差が認 められなかった(表4)ことから. Un 条件では地面 に対して鉛直方向, あるいは推進方向に, Pre 条件よ りも大きな力を加えていたことが示唆される. Hunter et al<sup>20)</sup>.は、滞空時間の延長がストライドを 増大させる一方で、ピッチが低下することを報告して いる. 3-4 局面の Un 条件の結果は、これを支持す るものであった. Un条件では、サイドステップで移 動しながら、矢印によって示された方向を判断し、 3 m 地点でその動作を正確に遂行しなくてはならな かった. 矢印呈示のタイミングは, スタートから

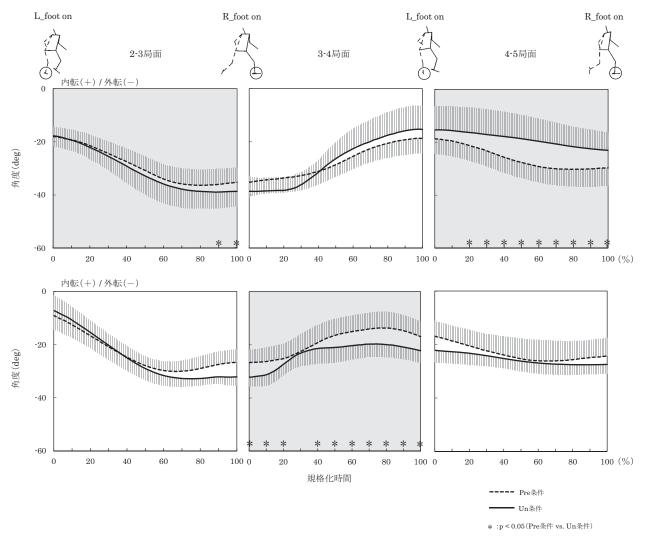


図10 股関節(内転/外転)角度変位の比較(上段:後行足,下段:先行足)

2.5m 地点を先行足が通過した時, つまり, 4歩目の 後行足接地以降であった. Un 条件において、4歩目 の後行足接地以前では、どちらの矢印が呈示されるか は不明であったために、滞空時間を延長させていたと 考えられる. 本研究は、矢印呈示からできるだけ早い タイミングで動作を切り替える実験課題ではなく, 指 定された地点における動作の切り替え、または継続で あった. 被検者は、滞空時間を短くし、接地時間を増 やすことで素早く対応できるようにすることよりも. 全体的に動作を遅くすることで, 外部刺激に対応しよ うとしたと考えられる. これらのことから, Un 条件 では、3-4局面時間が延長したと推察される。さら に、Un条件では、Pre条件よりも身体重心を低くす る動きが確認された(図5). サイドステップでは, 移動の際に上下に飛び跳ねずに低い姿勢を保つことが 重要と言われている4). 本研究の被検者は、競技歴10 年以上の大学トップレベルの選手であった. そのため. どちらの条件においても、上下に大きく飛び跳ねるよ

うな動きは見られなかった.しかしながら,Un条件の先行足接地時の身体重心は,Pre条件よりも低かったことから,2-3局面の滞空時間の延長によるストライドの増大が影響したと考えられる.加えて、身体重心を低く保つことで、姿勢を安定させていたと推察される.

ストライドと関係する、下肢キネマティクスを見ると、Un条件における、先行足接地時の股関節は、Pre条件よりも有意に外転していた(図10). 豊嶋ら<sup>21)</sup>は、同一個人内において、ピッチが優位であった試技(SF type)とストライドが優位であった試技(SL type)を比較し、スプリント走における、ピッチとストライドを制御する要因を明らかにすることを試みた. その結果、支持脚の大腿角度(大腿骨近位端から下方に引いた鉛直線と大腿部のセグメントのなす角)は、SL type が有意に大きかったことを報告している. このことは、前方向への脚の振り出し角度が大きかったことを示している. 本研究では、前方向に進

むスプリント走ではなく、横方向へ進むサイドステッ プを運動課題としているため、前述した大腿角度は、 横方向への脚の振り出し角度である股関節外転角度に 相当するといえる. このことから、Un 条件の先行足 接地時の股関節外転角度が大きかった理由は、豊嶋 ら21) と同様に、2-3局面の滞空時間の延長による角 度変位量の増大であると考えられる. さらに、3-4 局面の体幹側屈角度は、Pre 条件では右方向へ側屈し ているのに対し、Un 条件では右方向への側屈を抑え ながら先行足を接地していた (図6). 直線走から方 向転換動作を行う際に、加速と減速を最大限に利用す るためには体幹を進行方向へ前屈することと、身体重 心を低くすることが不可欠であると報告されている2). Pre 条件では、体幹を進行方向である右へ側屈するこ とにより、右方向への身体重心速度の獲得に大きく貢 献したと考えられる. 一方, Un 条件では, ストライ ド延長および股関節外転角度の増大により、右方向へ 身体重心が移動したと考えられるが、先行足支持期中 に右方向の側屈角度を減少させることで、姿勢を安定 させていた可能性が考えられる.

#### 2. 最終歩の1歩前における後行足について

4-5 局面は、4歩目の後行足接地から5歩目の先行足が3m地点に接地するまでである。この項では、最終歩の1歩前の後行足について考察する。

4-5 局面に関する, Un 条件の滞空時間, および, 1歩ごとの動作時間は、Pre 条件よりも有意に延長し た (表 1, 3). 4-5 局面の Un 条件の右方向への身 体重心速度は、Pre 条件よりも有意に低かった(図4). 4 歩目の後行足接地時は、Pre 条件では3.03± 0.26m/s であったのに対し、Un 条件では、2.37± 0.19m/s であった. また, 5歩目の先行足接地時は, Pre 条件では3. 18±0. 28 m/s であったのに対し, Un 条件では、2.13±0.21 m/s であった. 本研究と同等 レベルの大学女子バスケットボール選手を対象にサイ ドステップから切り返し動作を検討した研究では、事 前に切り返しを行うとわかっている時の切り返し足 (先行足)接地時の身体重心速度(右方向)は,2.06 ±0.28 m/s~2.22±0.21 m/s であったと報告されて いる11). このことから、切り返しを行うためには、切 り返し足である先行足接地時に約2.00 m/s まで身体 重心速度を低下させる必要があることがうかがえる. すなわち、Un条件では、切り返しにも対応できるよ うに5歩の先行足接地時までに、身体重心速度を低下 させていたといえる. Un 条件のストライドは、4歩 目では、Pre条件よりも延長していたが、5歩目(最

終歩)では、短縮していた(表 2). 4歩目のストライドの延長は、3-4局面における滞空時間の延長によるものであると考えられる。本研究では、Un条件において、4歩目の離地よりも先に5歩目を接地してしまう場合がみられ、4歩目の接地時間、および、後行足2歩目離地から先行足3歩目接地までの滞空時間が算出できなかった。それゆえ、これらの変数がどのようにストライドに影響を与えたかは不明であるため、下肢キネマティクスの結果を踏まえて検討する。

2-3 局面と 4-5 局面における、Pre 条件の下肢 3 関節角度変位は、同様の傾向を示した(図7-9)こ とから、これらの角度変位はサイドステップ特有のも のであろう. 一方, 4-5 局面の Un 条件における, 後行足接地時の下肢3関節は、Pre 条件よりも有意に 屈曲, 背屈していた (図7-9). Un 条件の身体重心 は、Pre 条件よりも有意に下方向に位置し(図5), さらに、70%以降では有意に左方向に位置していた (図5). Shimokochi et al.<sup>10)</sup> は、サイドステップから 逆方向への切り返し動作を検討している. その際の離 地時の重心水平速度を切り返し足 (先行足) 接地時間 で除した値(Lateral Cutting index)が大きい選手は, 切り返し時の身体重心が低く、股関節最大伸展速度を 高くし, 鉛直方向および水平方向の地面反力の合力の ベクトルと水平面とのなす角を小さくしていたことが 明らかとなっている. 本研究の Un 条件は、後行足を Pre 条件よりも屈曲位で接地し、その後もさらに屈曲 することで、身体重心を低くしていたと考えられる. さらに、4-5局面の体幹側屈角度をみると、Pre 条 件では右に側屈しているのに対し、Un 条件では左に 側屈していた (図 6). Young et al.<sup>22)</sup> は, 方向転換ス ピードに求められる技術を、接地位置、加速と減速の ためのストライド (歩幅) の調節、体幹の傾きと姿勢 であると提唱している. さらに, 直線走から180°の方 向転換動作や、サイドステップから180°の切り返し動 作においても、体幹の傾きや上半身の姿勢制御の重要 性が示されている<sup>12,23)</sup>. これらを踏まえると, Un条 件では、体幹を左方向へ側屈させることに加え、後行 足の下肢関節角度を屈曲することで、身体重心速度を 減速させていたと考えられる. このことは、Un条件 の左右方向における身体重心位置が70%以降では、 Pre 条件よりも有意に左方向に位置していたことから もうかがえる (図5).

4-5局面の後行足接地時の股関節外転角度は,Un 条件がPre条件よりも有意に小さい値を示した(図 10). すなわち,Un条件はPre条件よりも後行足に おける股関節の外転を抑制していた。また,5歩目

(最終歩) の先行足接地時のストライドは短縮してい た (表2) ことからも、後行足の股関節外転角度がス トライドに影響を及ぼしたといえる。また、5歩目の 接地位置は両条件で有意な差はみられず、4歩目のス トライドは Un 条件の方が Pre 条件よりも長かったこ とを考慮すると、4歩目の後行足接地から5歩目の先 行足接地の歩幅は、Un 条件の方が Pre 条件よりも短 かったといえる. これらは、4-5局面の後行足支持 期における. 条件間の動作の違いが影響を及ぼしてい ると考えられる. Un 条件では、4歩目の後行足の下 肢関節を屈曲し,体幹を左方向へ側屈することで,身 体重心速度を減速しながら、最終歩である先行足を接 地していたと推察される. すなわち, Un 条件では, 切り返す可能性があることに備え、歩幅を狭くするこ とで、切り返しにも対応できるよう、姿勢を変化させ ていたことが示唆された.加えて,Un条件の5歩目 の先行足接地時の3関節角度は、サイドステップから 切り返しを行う時の軸足の3関節角度と同様の傾向を 示していた<sup>11)</sup>. 本研究では、サイドステップから180° に切り返しを行う試技ではなかったのにも関わらず、 このような姿勢調節がみられたことは、切り返しにも 対応できるような接地をしていたことを示す結果と なった. 以上より, Un 条件では, 身体重心速度を低 下させ、最終歩(先行足)を接地する前までに切り返 しにも対応できるように姿勢を調節していたことが示 唆された.

#### 3. 現場への示唆・今後の展望

本研究の結果では、条件に関係なく、後行足の離地から先行足の接地までの滞空時間は短く、後行足の接地時間は先行足に比べて長かった。このことは、横に踏み出す足とは逆の足で力強く蹴り出すことが重要<sup>61</sup>と言われているように、サイドステップ中の後行足による貢献が大きいことを示すものであった。

バスケットボールでは、効率よく身体を動かし、かつ、状況に対応する能力を身につけながら、フットワークの個々の技術を習得させることが必要である<sup>6)</sup>. さらに、フットワークを身につける練習では、ただ単に同一の動きを繰り返し、全力で動くことを求めるような反復練習ドリルだけでなく、相手と相対しながら動くような競争的ドリルのなかで指導するなどの工夫が必要であるとも言われている<sup>6)</sup>. バスケットボールのような対人競技の中でも、特にディフェンス場面では、次への移動方向は示されていないことが多く、あらゆる状況への対応が必要であろう。さらに、このような状況下では、予測をはたらかせることが多く、そ

の能力も欠かすことはできないといえる。本研究のUn条件では、Pre条件よりも最終歩の1歩前の下肢関節を屈曲し、体幹をコントロールすることで、切り返しにも対応可能な姿勢をとっていた。このように、予測や判断を伴うことによる動作の変化を、相手と相対しながら意識することが効果的なトレーニングになるだろう。加えて、このようなRATを用いることで、判断を伴うサイドステップの基礎的な能力を測ることができよう。一方で、本研究の結果は、試技ごとに十分な休息をとらせていたものの、Pre条件とUn条件をランダムに実施しておらず、疲労の影響などによって、本結果が出たという可能性を否定できないことを留意する必要がある。また、今後は、異なる距離や矢印の呈示タイミングを工夫して行うなどといった、様々な状況でのさらなる科学的検討が必要である。

#### V. 結論

予測不可能条件下におけるサイドステップ動作では、切り返す可能性がある1歩前の後行足の下肢関節角度を屈曲するとともに体幹姿勢を変化させることで、直進にも切り返しにも対応できるようにしていたことが示唆された.

## 〈文 献〉

- 1) Farrow, D., Young, W., and Bruce, L. (2005) The development of a test of reactive agility for netball: a new methodology. J. Sports Sci. Med., 8 (1): 52–60.
- 2) Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L., Sheppard, T. A., and Newton, R. U. (2006) An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. J. Sports Sci. Med., 9 (4): 342–349.
- 3) Serpell, B. G., Ford, M., and Young, W. B. (2010) The development of a new test of agility for rugby league. J. Strength Cond. Res., 24 (12): 3270–3277.
- 4) 日本バスケットボール協会編(2014)バスケットボー ル指導教本改訂版 [上巻]. 大修館書店, p.57.
- 5) 日本バスケットボール協会編 (2008) バスケットボール指導教本. 大修館書店, p.48.
- 6) 日本バスケットボール協会編 (2016) バスケットボール指導教本改訂版 [下巻]. 大修館書店, pp.35-36, 146, 148.
- 7) Inaba, Y., Yoshioka, S., Iida, Y., Hay, D. C., and Fukashiro, S. (2013) A biomechanical study of side steps at different distances. J. Appl. Biomech., 29 (3):336-345.
- 8) 木村瑞生・山本正彦 (2004) バスケットボール選手に おけるサイドステップスピードの左右差. 東京工芸大学

工学部紀要, 27(1):16-21.

- 9) 服部恒明・小又富二男 (1989) サイドステップ走の移 行様式―特にピッチとストライドについて. 茨城大学教 養部紀要, (21):513-520.
- 10) Shimokochi, Y., Ide, D., Kokubu, M., and Nakaoji, T. (2013) Relationships among performance of lateral cutting maneuver from lateral sliding and hip extension and abduction motions, ground reaction force, and body center of mass height. J. Strength. Cond. Res., 27 (7): 1851–1860.
- 11) 亀田麻依・水谷未来・杉山敬・木葉一総・前田明 (2017) バスケットボールのディフェンス選手における 切り返し動作の特徴トレーニング科学,29(1):33— 42
- 12) 小山孟志・有賀誠司・陸川章・長尾秀行・小河原慶 太・山田洋 (2015) バスケットボール選手におけるサイ ドステップ動作の運動学的特徴. 東海大学スポーツ医科 学雑誌, (27): 21-27.
- 13) 高徳希 (2016) バスケットボールにおけるサイドス テップからの後方への方向転換動作. 比治山大学短期大 学部紀要. (51): 39-48.
- 14) 堀川真耶・藤原素子 (2012) サイドステップからの素早い走方向変更動作.奈良女子大学スポーツ科学研究, (14):13-23.
- 15) 堀川真那・高徳希・藤原素子 (2013) サイドステップ からの素早い走方向変更動作における方略. 奈良女子大 学スポーツ科学研究. (15):17-27.
- 16) 木村瑞生・竹内敏康・東根明人・山本正彦 (2003) バスケットボール選手における反応時間課題条件下のサイドステップスピードの能力. スポーツ方法学研究, 16 (1):129-135.
- 17) 高井洋平・青木竜・塩川勝行・吉武康栄・金久博昭 (2013) 方向転換走能力を決定する要因の探索. デサントスポーツ科学. (34):145-154.
- 18) 阿江通良(1996)日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. Jpn. J. Sports Sci., 15 (3): 155-162.
- 19) 倉林準・持丸正明・河内まき子 (2002) 股関節中心推 定方法の比較・検討. バイオメカニズム学会誌, 27 (1):29-36.
- 20) Hunter, J. P., Marshall, R. N., and McNair, P. J. (2004) Interaction of step length and step rate during sprint running. Med. Sci. Sports Exerc., (36): 261–271.
- 21) 豊嶋陵司・田内健二・遠藤俊典・礒繁雄・桜井伸二 (2015) スプリント走におけるピッチおよびストライド の個人内変動に影響を与えるバイオメカニクス的要因. 体育学研究,60(1):197-208.
- 22) Young, W. B., James, R. and Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with change of direction? J. Sports Med. Phys. Fitness, (42): 282–288.
- 23) Sasaki, S., Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., and Fukubayashi, T. (2011) The relationship between performance and trunk movement during change of direction. J. Sports Sci. Med., 10 (1): 112–118.

(2017年11月1日受付) 2018年4月25日受理)