

Nara Women's University

サイドステップからの素早い走方向変更動作

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 奈良女子大学文学部スポーツ科学教室 公開日: 2012-07-03 キーワード (Ja): 床反力, 素早さ, 方向転換動作 キーワード (En): direction change movement, ground reaction force (GRF), quickness 作成者: 堀川,真那, 藤原,素子 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10935/3163

サイドステップからの素早い走方向変更動作

堀川 真那¹⁾ 藤原 素子²⁾

The rapid running direction change movement from a side step

Mana Horikawa¹⁾ Motoko Fujiwara²⁾

Abstract

In this study, we investigated the ground reaction force (GRF) and leg motion during change of running direction from a side step. Three kinds of direction change tasks, 60 degrees, 90 degrees, and 120 degrees, were set up. The subjects were chosen and divided into two groups, fast group and slow group, according to the averages, the movement time and the velocity of center of gravity movement in 120 degrees task. As the direction change angle increased, the velocity of center of gravity movement decreased, the load of the direction of movement where the GRF carries out the role of a brake became large, the grounding angle and the amount of change of the grounding to the maximum flexion angle of an ankle joint were increased with both groups. In each direction change tasks, the fast group had the load larger than slow group to backward, and the power to kick forward was large. In addition, as the direction change angle increased, the load for backward of slow group became was smaller, and influenced extension of movement.

(Research Journal of Sport Science in Nara Women's University, , ,)

Keyword : direction change movement, quickness, ground reaction force (GRF)
キーワード : 方向転換動作, 素早さ, 床反力

¹⁾奈良女子大学大学院人間文化研究科博士課程前期人間行動科学専攻スポーツ科学コース
〒630-8506 奈良市北魚屋西町

Graduate School of Human Culture (Master's course), Nara Women's University
Kitauoyanishi-machi, Nara, 630-8506

²⁾奈良女子大学文学部人間科学科スポーツ科学コース

Nara Women's University, Faculty of letters, Human Sciences, Chair of Sports Sciences
Kitauoyanishi-machi, Nara, 630-8506

緒言

素早く方向を変更する動作は球技スポーツでよく見られ、その切り換えの巧みさがプレーに与える影響は大きい。特に走行中に方向を変更する動作は、走方向変更動作として研究が行われている。木村・桜井⁵⁾は、直線走行からの45°と60°のサイドステップカッティングでの方向変更動作について分析し、変更角度と走行スピードの相互増大、または走行スピードの増大に伴う接地中の加速期の加速成分の減少がサイドステップカッティングのパフォーマンス低下の要因となっていることを報告した。鈴木・阿江⁷⁾は直線走からサイドステップカッティングおよびクロスステップカッティングで、30°、60°、90°の方向変更走を行った場合、身体重心速度の方向を変更するために身体の内側の床反力加重を大きくする必要があり、そのため身体を内傾して、足底屈トルク、膝伸展トルクを発揮することが重要であると報告している。また鈴木ら⁸⁾はサイドステップカッティングとクロスステップカッティングによる変更角度30°、60°、90°の30mのジグザグ走を用いて、上位群と下位群の比較から合理的な走方向変更動作について検討し、走スピードを維持して走方向を変更するためには、両ステップとも支持期において大腿を素早く大きく前傾させることが重要であると言及している。

以上のように直線走からの走方向変更動作については、様々な視点から研究が行われている。しかし、スポーツ場面での移動動作は直線走だけではない。テニスやバドミントン、卓球などのラケット競技ではサイドステップ動作が多く用いられており、また、バスケットボールやハンドボールにおいても相手の動きをマークする際にサイドステップ動作が多く用いられる。直線走が身体の前方向への移動であるのに対して、サイドステップは身体の左右方向への移動動作である。サイドステップについての研究は少なく、ほとんどの研究がサイドステップ動作を単独に扱っており、方向変更を伴うサイドステップ動作として研究され

ているのは体力測定項目である反復横とびしか見当たらず、その数も少ない⁴⁾。サイドステップを単独に扱った研究としては、服部・小又²⁾の研究が挙げられる。彼らは、サイドステップ走のピッチとストライドについてバスケットボール競技群と対照群の各被験者に最低速度から最高速度まで5段階のサイドステップを行わせ、女子でピッチ型が多いこと、競技群では先行足による身体の引きよせと後行足による身体の押しに相対的に時間をかけていることを報告している。また、藤澤ら¹⁾は棘果長の25%、50%、75%、100%、125%の間隔でのサイドステップを用い、ステップ長を変化させたときの関節運動について、移動距離が長くなるほど下肢関節は屈曲運動が大きくなり、50%を越えると下肢の伸展運動を利用した推進力が加わると述べている。

実際のスポーツ場面において米田ら⁹⁾は、相手よりも早く動けることはゲームにおける展開を有利にし、勝敗に深く関与すると述べている。これは、直線走や直線走からの走方向変更動作のみに限らず、サイドステップでも同様である。特に守備でのフットワークにサイドステップを頻繁に用いるバスケットボール、ハンドボール、テニスのような競技ではその素早さが重要とされる。さらにバスケットボールやハンドボールにおいては、ディフェンスとオフェンスが混然となっているため、ディフェンスからオフェンスに切り換える際にサイドステップから素早く直線走に移ることで得点チャンスは大きくなる。また、テニスではサイドステップから素早く直線走に切り換えることで、ドロップショットやアングルショットに対応することができ、守備範囲が拡大する。つまりサイドステップから素早く走方向を変更する巧みさは勝敗を左右する要素になり得ると考えられる。

そこで本研究では、方向変更時の方向変更足について床反力と動作分析を用い、サイドステップからの素早い走方向変更動作について検討した。また、実際のスポーツ場面を想定して方向変更角度を複数設定し、変更角度の違いに着目した。

方法

1. 被験者

女子大学生 12 名 (年齢 21 ± 0.8 歳, 体重 552.3 ± 65.5 N, 身長 162.6 ± 6.2 cm).

2. 実験装置

図 1 に頭上より見た配置図を示す. 床反力計 (60cm×40cm×11cm) 1 枚と 1 枚 90cm×120cm×11cm の足場を 6 枚 (5400cm×900cm×11cm) 設置した. また, 進行方向にカラーマットを配置した (300cm×200cm×11cm, 100cm×100cm×11cm). なお, 方向変更後, 走行する角度にそれぞれ 2m のラインを設定した.

3. 課題及び実験条件

課題はサイドステップからの走方向変更動作とし, スタート位置からサイドステップで右方向に 3 歩移動した後, 床反力計上で方向変更を行い, 変更後に 2m の走行を行った. 実験条件は右前方への 60° 条件, 正面前方への 90° 条件, 左前方への 120° 条件の 3 条件を設定した. 1 条件につき 10 試行ずつ行い, すべての課題において, 動作速度は被験者の最大努力とし, 設定したライン上を正確に走行するように教示した. また, 疲労の影響を考え, 試行間で十分な休憩を取った. なお, 実験は靴をはいて行い, 被験者ごとに条件を行う順番を変更し, カウンターバランスを取った.

4. 測定項目及び記録

4.1 床反力

床反力計 (Accu Gait, AMTI 社製) を用いて, 方向変更足 (右足) にかかる加重を計測した.

4.2 動作解析

被験者の右前方, 左前方より動作記録用のビデオカメラ (NV-G320, パナソニック製) にて撮影した動画を動作解析システム (ToMoCo-VM Ver6, 東総システム社製) を用いてサンプリング数 60Hz でパーソナルコンピュータ (Pro Lite E2002WS, iiyama 社製) に直接キャプチャし, 荷重&重心動揺解析システム (ToMoCo-FP Ver6, 東総システム社製) に同期させた. また, 方向転換時の下肢を中心に被験者の右側方と正面からハイスピード

カメラ (EX-F1, CASIO 製) で撮影を行った.

なお, マーカーは頭部, 左右両側の肩, 大転子, 膝, 踝, 爪先の計 11 点に装着した.

5. 結果の処理

10 試行のうち, 方向変更後により正確にライン上を走行している 6 試行を分析対象とし, 方向変更直前の左足接地から右足での方向変更, 変更直後の左足接地までを動作時間として分析した.

5.1 映像データ

動作解析システム (ToMoCo-VM Ver6, 東総システム社製) を用いてデジタイズを行い, 水平前後方向を x 方向 (x: 前方成分, -x: 後方成分), 水平左右を y 方向 (y: 左成分, -y: 右成分), 鉛直方向を z 方向とし, DLT 法を用いてマーカーの座標を求め下肢の関節角度を算出した. 関節角度は, 股関節角度が肩, 大転子, 膝, 膝関節角度が大転子, 膝, 踝, 足関節角度が膝, 踝, 爪先の 3 点からなる角度とした.

5.2 床反力

床反力データを荷重&重心動揺解析システム (ToMoCo-FP Ver6, 東総システム社製) を用いて波形に表した. 被験者間での比較を行うため, 全ての床反力値は体重比で算出した. また, 全ての時刻は床反力から算出した.

6. 統計処理

各測定項目について, 方向変更角度を要因として一要因の分散分析を行い, 条件間に差がみられたものについては Mann-Whitney の U 検定により下位検定を行った. また, 群間の差の検定には Mann-Whitney の U 検定を用いた. いずれも有意水準は 5% とした.

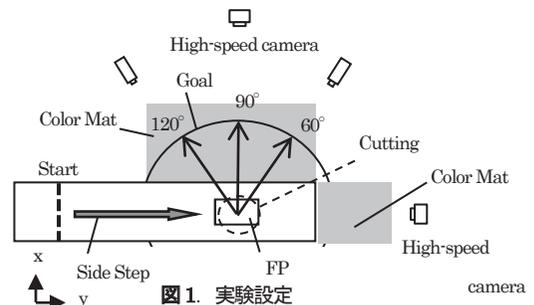


図 1. 実験設定

結果

1. 上位群と下位群の抽出

走方向を素早く変更する場合、変更角度が大きくなるにつれて動作が難しくなる⁸⁾。そこで本研究では、最も変更角度が大きい 120° 条件の動作時間と重心移動速度が平均より速かった被験者 4 名を上位群 (以下 F 群)、遅かった被験者 4 名を下位群 (以下 S 群) とし、8 名を分析対象とした。

2. 動作時間、重心移動速度および接地時間

表 1 に F 群および S 群の動作時間、重心移動速度、接地時間の平均値と標準偏差を示す。F 群が 90° 条件の動作時間 ($z=-2.381, p<.05$)、120° 条件の動作時間 ($z=-2.337, p<.05$) と重心移動速度 ($z=-2.309, p<.05$) において有意に速かった。

3. 床反力

図 2 に F 群および S 群の床反力平均波形を条件ごとに示す。

60° 条件では、2 峰性の波形を示しており、x 方向は接地後大きく後方に加重がかかり、その後離地にかけて前方に蹴り出している。y 方向では、右方向に加重がかかった後、左方向へ加重をかけ蹴り出しており、x 方向より y 方向の加重が小さい。z 方向は体重の 1.5 倍を超える加重がかかっている。群ごとに波形を比較すると、y 方向および z 方向の波形は類似しているが、x 方向は F 群が大きな加重をかけている。

90° 条件では、x 方向は接地後、大きく後方に

加重をかけ、前方に蹴り出している。y 方向は大きく加重を右方向にかけた後、左方向へと蹴り出している。z 方向へは体重の 2 倍近い加重がかかっている。群ごとに平均波形を比較すると、F 群は 2 峰性の波形を示している。x 方向は F 群の加重が大きい、y 方向には x 方向程の差は見られない。z 方向への加重は F 群がやや大きく、体重の 2 倍近い加重がかかっている。

120° 条件では、2 峰性の波形を示しており、x 方向は接地後、小さく前方に加重がかかった後、大きく後方に加重がかかっている。y 方向では接地後すぐに右方向への加重が大きくなり、その後離地にかけて左方向へ蹴り出している。z 方向へは体重の 1.5 倍を超える大きな加重がかかっている。群間で波形を比較すると、どちらも 2 峰性の波形を示している。3 方向ともかかっている加重は F 群が大きく、特に x 方向は 2 倍近い大きさの加重がかかっている。

表 2 に F 群および S 群の床反力の最小値、最大値、平均値、力積の平均値と標準偏差を示す。60° 条件の x 方向の最小値 ($z=-2.309, p<.05$)、平均値 ($z=-2.323, p<.05$)、力積 ($z=-2.337, p<.05$)、90° 条件の x 方向の最小値 ($z=-2.309, p<.05$)、力積 ($z=-2.309, p<.05$)、120° 条件の x 方向の平均値 ($z=-2.309, p<.05$) および力積 ($z=-2.205, p<.05$)、y 方向の平均値 ($z=-2.309, p<.05$) および力積 ($z=-2.323, p<.05$) において F 群が有意に大きかった。

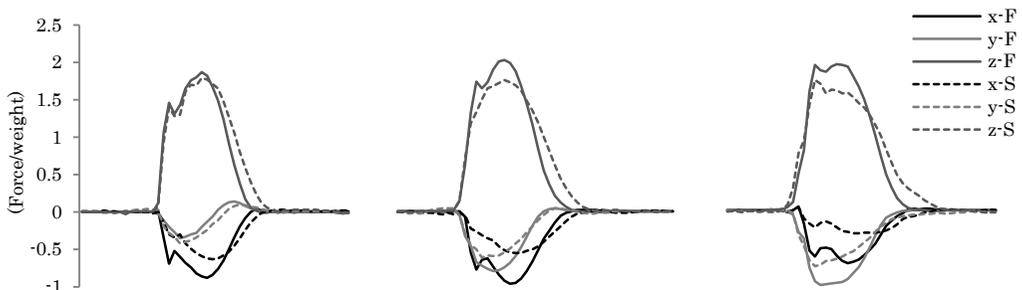


図 2. 方向変更条件における床反力平均波形 (左:60° 条件, 中:90° 条件, 右:120° 条件, 実線:F 群, 点線:S 群)

表 1. 方向変更条件における動作時間, 重心移動速度, 接地時間 (平均値±SD)

	60°条件		90°条件		120°条件	
	F 群	S 群	F 群	S 群	F 群	S 群
動作時間(s)	0.5±0.01	0.54±0.02	0.46±0.03	0.53±0.02*	0.45±0.01	0.54±0.02*
重心移動速度(m/s)	3.23±0.25	2.95±0.26	2.6±0.17	2.33±0.28	2.14±0.09	1.81±0.2*
接地時間(s)	0.23±0.03	0.28±0.03	0.25±0.03	0.29±0.06	0.27±0.03	0.33±0.06

同条件における F 群と S 群の差 *:p<.05

表 2. 方向変更条件における床反力最小値, 最大値, 平均値, 力積 (平均値±SD)

	60°条件		90°条件		120°条件	
	F 群	S 群	F 群	S 群	F 群	S 群
x						
最小値	-0.96±0.19	-0.64±0.08*	-1.1±0.13	-0.7±0.13*	-0.84±0.17	-0.48±0.1
平均値	-0.69±0.15	-0.44±0.05*	-0.72±0.16	-0.44±0.06	-0.53±0.13	-0.27±0.03*
力積	-0.16±0.02	-0.12±0.01*	-0.18±0.02	-0.13±0.01*	-0.14±0.02	-0.09±0.02*
y						
最小値	-0.39±0.11	-0.46±0.06	-0.85±0.12	-0.75±0.2	-1.12±0.08	-0.84±0.24
最大値	0.22±0.03	0.2±0.02	0.06±0.07	0.14±0	-0.05±0.11	0.08±0.08
平均値	-0.15±0.06	-0.1±0.065	-0.51±0.12	-0.35±0.12	-0.71±0.14	-0.42±0.08*
力積	-0.03±0.02	-0.04±0.01	-0.13±0.02	-0.1±0.02	-0.2±0.03	-0.14±0.01*
z						
最大値	2.03±0.12	1.95±0.16	2.22±0.09	2.17±0.18	2.24±0.11	2.05±0.4
平均値	1.47±0.05	1.38±0.12	1.52±0.07	1.38±0.19	1.52±0.04	1.29±0.23
力積	0.34±0.03	0.37±0.02	0.39±0.05	0.4±0.04	0.42±0.04	0.42±0.06

同条件における F 群と S 群の差 *:p<.05

4. 動作分析

図 3 に F 群および S 群の下肢関節角度の平均波形を条件ごとに示す。

60° 条件では, 股関節は伸展しながら接地し, そのまま大きく伸展しつつ離地している。膝関節と足関節は屈曲しながら接地後, さらに屈曲し, 伸展しつつ離地しているが, 足関節が大きく屈曲している。波形を比較すると, 股関節は両群ともほぼ同様に接地後伸展し, 離地時には接地時以上に伸展しながら離地している。膝関節と足関節では, 接地後の屈曲は S 群が大きく, その後の離地の際の膝関節の伸展では, F 群のように接地時以上に伸展していない。

90° 条件では, 股関節は接地後, やや屈曲し, その後伸展しながら離地している。膝関節と足関節は屈曲しながらの接地後, さらに屈曲し伸展しながら離地しているが, 足関節の方が大きく屈曲している。波形を比較すると, 股関節は両群ともほぼ同様に接地後伸展し, 離地時には接地時以上に伸展しながら離地している。膝関節では, 接地はほぼ同様であるが, 離地する際の伸展は F 群が大きい。

足関節は接地後大きく屈曲し, 伸展しながら離地しているが, F 群がより大きく伸展しながら離地している。

120° 条件では, 股関節は接地した後, 屈曲し, 伸展しながら離地している。膝関節と足関節は接地後一度伸展した後屈曲し, 再び伸展しながら離地しているが, 足関節が大きく屈曲している。波形を比較すると, 股関節は両群ともほぼ同様に接地後伸展し, 離地時にはさらに伸展しながら離地している。膝関節では, 接地時はほぼ同じ角度であるが, 離地する際の伸展は F 群が大きい。足関節は接地後大きく屈曲し, 伸展しつつ離地しているが, F 群がより大きく伸展しつつ離地している。

表 3 に分析対象全被験者, F 群および S 群の接地時, 最大屈曲時, 離地時の角度, 接地時から最大屈曲時までおよび最大屈曲時から離地時までの変化量の平均値と標準偏差を示す。60° 条件の膝関節の離地時 ($z=-2.309$, $p<.05$), 足関節の最大屈曲時 ($z=-2.309$, $p<.05$) において F 群が有意に大きく, 接地時から最大屈曲時までの変化量 ($z=-2.309$, $p<.05$) において F 群が有意に小さかった。

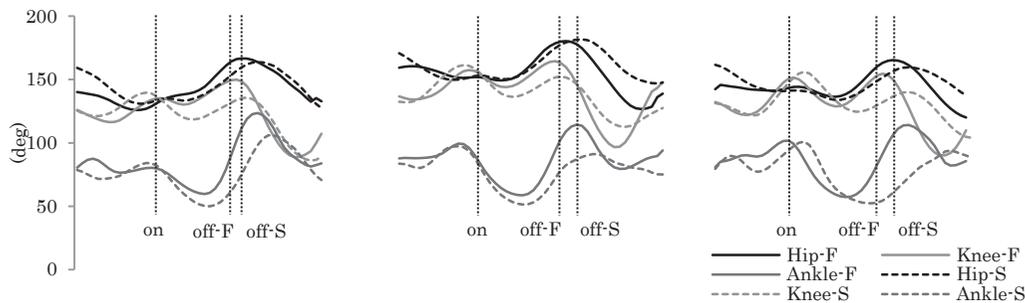


図 3. 方向変更条件における関節角度平均波形 (左:60° 条件, 中:90° 条件, 右:120° 条件, 実線:F 群, 点線:S 群)

表 3. 方向変更条件における接地時, 最大屈曲時, 離地時の角度および接地時から最大屈曲時, 最大屈曲時から離地時までの変化量 (平均値±SD)

	60°条件		90°条件		120°条件	
	F 群	S 群	F 群	S 群	F 群	S 群
Hip(deg)						
接地時	131.3±3.0	133.6±6.1	139.7±3.4	123.3±5.1	143.4±8.3	141.0±6.5
最大屈曲時	131.0±2.7	130.2±4.5	135.2±4.1	118.8±4.2	134.3±7	131.8±4.0
離地時	162.1±7.5	157.7±4.9	162.7±6.3	142.6±3.1	158.9±10.3	156.4±3.5
接地-最大屈曲	0.3±0.6	3.5±4.5	4.6±6.2	5.3±3.2	9.1±3.1	9.2±3.8
最大屈曲-離地	31.1±7.6	27.5±1.4	27.6±5.2	24.2±6.2	24.6±4.1	24.6±3.3
Knee(deg)						
接地時	135.1±9.7	136.8±12.9	145.2±5.9	130.2±14.0	150.8±6.8	153.2±12.0
最大屈曲時	128.5±5.3	117.0±7.5	131.8±10.5	112.8±7.2	127.5±6.6	123.3±8.4
離地時	149.9±4.5	134.5±4.3*	153.0±4.2	129.6±8.0	153.2±6.9	142.1±8.2
接地-最大屈曲	6.7±4.5	19.8±9.8	13.3±9.1	19.2±12.7	23.3±6.5	29.8±6.6
最大屈曲-離地	21.5±3.0	17.5±3.8	21.2±7.9	18.7±3.8	25.7±4.8	18.7±2.6
Ankle(deg)						
接地時	79.9±4.5	81.9±4.3	88.7±11.1	79.5±6.8	98.9±8.0	96.1±2.9
最大屈曲時	58.9±5.7	48.0±5.0*	53.0±9.0	42.8±5.2	56.5±7.6	50.3±6.2
離地時	80.2±8.8	70.3±7.1	69.5±5.9	57.7±6.4	79.2±4.3	70.5±7.5
接地-最大屈曲	21.0±2.8	33.9±1.2*	35.7±12.4	38.0±6.7	42.3±9.5	45.8±4.6
最大屈曲-離地	21.3±9.1	22.3±6.6	16.5±5.7	16.0±5.7	22.7±3.6	20.1±7.8

同条件における F 群と S 群の差 *:p<.05

5. 方向変更条件における床反力および

下肢関節角度分析

方向変更条件間の違いを明らかにするため, 各群で条件を因子として一要因の分散分析を行った。

1) F 群

①動作時間

条件間に差がみられたため ($x^2=6.309$, $p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 120° 条件で有意に短かった ($z=-2.337$, $p<.05$, 図 4)。

②重心移動速度

条件間に差がみられたため ($x^2=9.846$, $p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件

より 90° 条件, 120° 条件, 90° 条件より 120° 条件で有意に遅くなった (60° -90° : $z=-2.309$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 90° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 図 4)。

②重心移動速度

条件間に差がみられたため ($x^2=9.846$, $p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 90° 条件, 120° 条件, 90° 条件より 120° 条件で有意に遅くなった (60° -90° : $z=-2.309$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 90° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 図 4)。

③接地時間

条件間に差はみられなかった。

④床反力

i. x 方向

条件間に差はみられなかった。

ii. y 方向

最小値 ($x^2=9.881, p<.05$), 最大値 ($x^2=8.346, p<.05$), 平均値 ($x^2=8.578, p<.05$), 力積 ($x^2=9.881, p<.01$) において条件間に差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件, 90° 条件より 120° 条件で最小値 (60° -90° : $z=-2.323, p<.05$, 60° -120° : $z=-2.309, p<.05$, 90° -120° : $z=-2.309, p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件で最大値 (60° -90° : $z=-2.309, p<.05$, 60° -120° : $z=-2.323, p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件で平均値 (60° -90° : $z=-2.309, p<.05$, 60° -120° : $z=-2.309, p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件より

120° 条件で力積 (60° -90° : $z=-2.323, p<.05$, 60° -120° : $z=-2.323, p<.05$, 90° -120° : $z=-2.323, p<.05$) が有意に小さかった (図 5)。

iii. z 方向

力積に差がみられたため ($x^2=6.881, p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 120° 条件で有意に大きかった ($z=-2.337, p<.05$, 図 5)。

⑤下肢関節角度

i. 股関節

接地時 ($x^2=6.731, p<.05$), 接地時から最大屈曲時までの変化量 ($x^2=7.295, p<.05$) において条件間に差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 90° 条件で接地時 ($z=-2.309, p<.05$), 60° 条件より 120° 条件で接地時から最大屈曲時までの変化量 ($z=-2.323, p<.05$) が有意に大きかった (図 6)。

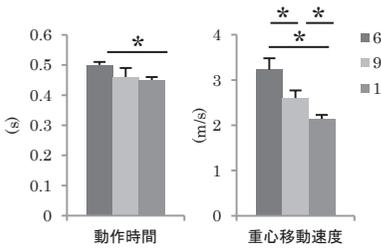


図 4. F 群の動作時間および重心移動速度 (平均値±SD)

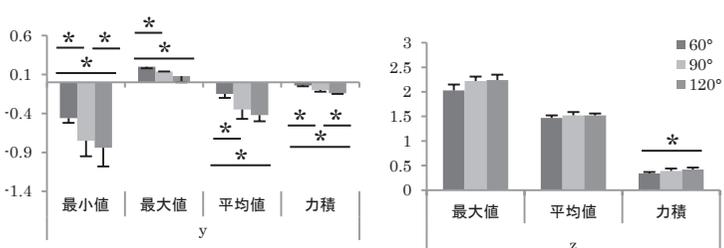


図 5. F 群の y 方向および z 方向における床反力最小値, 最大値, 平均値, 力積 (平均値±SD)

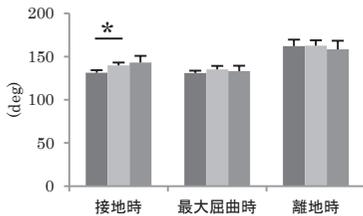


図 6. F 群の股関節の接地時, 最大屈曲時, 離地時の角度および接地時から最大屈曲時, 最大屈曲時から離地時までの変化量 (平均値±SD)

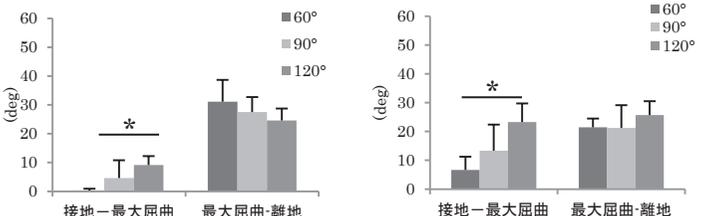


図 7. F 群の膝関節の接地時から最大屈曲時, 最大屈曲時から離地時までの変化量 (平均値±SD)

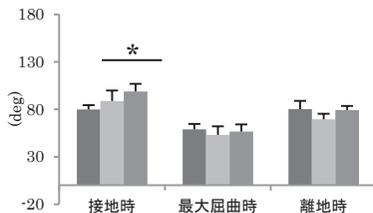
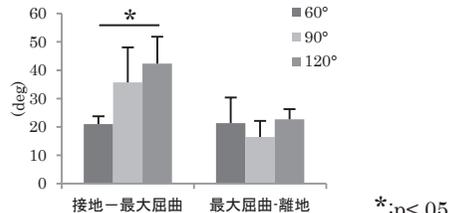


図 8. F 群の足関節の接地時, 最大屈曲時, 離地時の角度および接地時から最大屈曲時, 最大屈曲時から離地時までの変化量 (平均値±SD)



*: $p<.05$

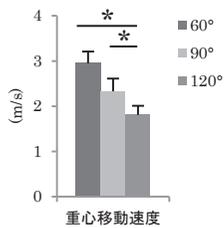


図 9. S 群の重心移動速度 (平均値±SD)

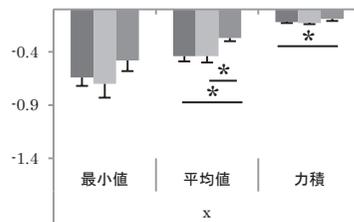


図 10. S 群の x 方向および y 方向における床反力最小値, 最大値, 平均値, 力積 (平均値±SD)

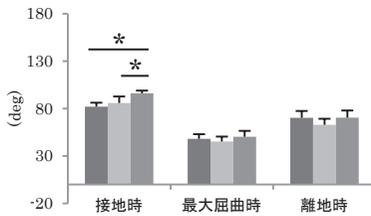
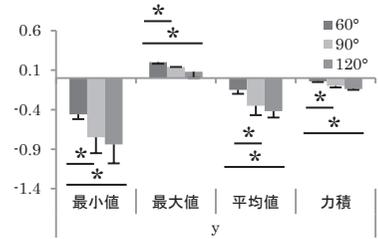
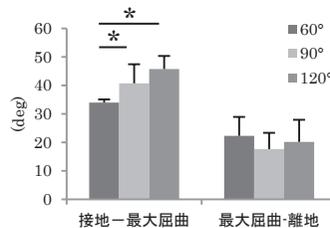


図 11. S 群の足関節の接地時, 最大屈曲時, 離地時の角度および接地時から最大屈曲時, 最大屈曲時から離地時までの変化量 (平均値±SD)



*:p<.05

ii. 膝関節

接地時から最大屈曲時までの変化量において条件間に差がみられたため ($x^2=6.500$, $p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 120° 条件で接地時から最大屈曲時までの変化量 ($z=-2.309$, $p<.05$) が有意に大きかった (図 7).

iii. 足関節

接地時 ($x^2=6.500$, $p<.05$), 接地時から最大屈曲時までの変化量 ($x^2=6.962$, $p<.05$) において条件間に差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 120° 条件で接地時 ($z=-2.309$, $p<.05$), 60° 条件より 120° 条件で接地時から最大屈曲時までの変化量 ($z=-2.309$, $p<.05$) が有意に大きかった (図 8).

2) S 群

①動作時間

条件間に差はみられなかった。

②重心移動速度

条件間に差がみられたため ($x^2=9.269$, $p<.05$), 下位検定を行ったところ, 60° 条件および 90° 条件より 120° 条件で有意に遅くなった (60° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 90° -120° : $z=-2.309$, $p<.05$, 図 9).

③接地時間

条件間に差は見られなかった。

④床反力

i. x 方向

平均値 ($x^2=7.473$, $p<.05$), 力積 ($x^2=6.427$, $p<.05$) において条件間に差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件および 90° 条件より 120° 条件で平均値が有意に小さく (60° -120° : $z=-2.323$, $p<.05$, 90° -120° : $z=-2.323$, $p<.05$), 90° 条件より 120° 条件で力積 ($z=-2.191$, $p<.05$) が有意に小さかった (図 10).

ii. y 方向

最小値 ($x^2=7.785$, $p<.05$), 最大値 ($x^2=7.770$, $p<.05$), 平均値 ($x^2=7.565$, $p<.05$), 力積 ($x^2=9.367$, $p<.01$) において条件間に差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件で最小値が有意に小さく (60° -90° : $z=-2.337$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.323$, $p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件で最大値が有意に小さく (60° -90° : $z=-2.460$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.178$, $p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件の平均値が有意に小さく (60° -90° : $z=-2.323$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.323$, $p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件の力積 (60° -90° : $z=-2.337$, $p<.05$, 60° -120° : $z=-2.337$, $p<.05$) が有意に小さかった (図 10).

iii. z 方向

条件間に差はみられなかった。

⑤ 下肢関節角度

i. 股関節

条件間に差はみられなかった。

ii. 膝関節

条件間に差はみられなかった。

iii. 足関節

接地時 ($x^2=8.000$, $p<.05$), 接地時から最大屈曲時までの変化量 ($x^2=8.346$, $p<.05$) において有意な差がみられたため, 下位検定を行ったところ, 60° 条件および 90° 条件より 120° 条件間の接地時 ($60^\circ -120^\circ$: $z=-2.309$, $p<.05$, $90^\circ -120^\circ$: $z=-2.309$, $p<.05$), 60° 条件より 90° 条件および 120° 条件間の接地時から最大屈曲時までの変化量 ($60^\circ -90^\circ$: $z=-2.309$, $p<.05$, $60^\circ -120^\circ$: $z=-2.309$, $p<.05$) が有意に小さかった (図 11)。

論議

1. 各走方向変更角度における動作

1) 60° 条件

60° 条件では, 動作時間, 重心移動速度, 接地時間において群間に有意な差はみられなかった。本研究の方向変更条件の中で最も容易なの変更角度の小さい 60° 条件であると考えられる。そのため, 両群ともに動作が容易であり, 各項目に差はみられなかった。

図 2 の床反力平均波形より, 両群とも 60° 条件では 2 峰性の波形を示しており, 多くの被験者が踵から接地し, そのまま爪先で蹴り出して離地していた。つまり, 一度目の加重時では踵が接地し, 2 度目の加重時には爪先が接地して, そのまま離地していたといえる。接地時の爪先は, ほとんどの被験者が方向変更角度である 60° とほぼ同じ角度に接地していた。また, 図 3 の下肢関節角度平均波形より, 股関節は伸展しながら接地した後, 離地時にはさらに伸展していた。膝関節と足関節は接地後, 一旦屈曲してから, 伸展しつつ離地に至っていた。

さらに F 群の特徴としては, x 方向において, 後方により大きく加重をかけていた。この後方への加重は前方に進むために蹴り出す役割をしており, F 群の方が前方に蹴り出す力が大きかった。さらに, F 群は接地中の膝関節

および足関節の屈曲が S 群より小さかったことから, 深く屈曲してサイドステップの勢いを止めることなく 60° の進行方向へ体幹を移動させて離地していたといえる。一方, S 群は膝関節と足関節の接地後の屈曲が F 群より大きかったが, その後の離地の際の膝関節の伸展は F 群の方が大きかった。接地中の膝関節と足関節の屈曲が大きかったことから, 深く屈曲することでサイドステップの勢いを低下させてしまったと考えられる。S 群は F 群に比べて後方への加重が小さく, 前方に蹴り出す力が小さかった。

2) 90° 条件

図 2 の床反力平均波形より両群とも, y 方向において右方向に加重をかけた後, 離地直前に左右への加重がみられない期間がある。これはちょうど真正面である前方に蹴り出しているため, 左右への加重がみられなかったと考えられる。図 3 の下肢関節角度平均波形より, 股関節は接地後伸展しながら離地している。膝関節と足関節は屈曲しながら着地後, さらに屈曲を続けた後, 伸展しながら離地していた。また, 全被験者において接地時の爪先がやや前方もしくは右方向に向いていた。

90° 条件では F 群の方が, 動作時間が有意に短かった。図 2 の床反力平均波形より, 2 峰性の波形を示しているが, 動作を確認すると, 踵から接地している試行と爪先から接地している試行の両方がみられた。また, x 方向では, F 群の方が後方により大きく加重をかけており, 前述したとおり, 方向変更条件における後方への加重は蹴り出して前方に進むための役割をしていることから, F 群の方が前方へ蹴り出す力が大きかったといえる。

一方, S 群は爪先から踵の順で接地した後, 最終的には爪先で離地していた。S 群は膝関節と足関節の接地後の屈曲が F 群より大きかったが, その後の離地の際の膝関節の伸展が小さく, 60° 条件と同様に, 深く屈曲してサイドステップの勢いを低下させており, さらに後方への加重も小さかったため前方へ蹴り出す力も小さかったと考えられる。

3) 120° 条件

図 2 の床反力平均波形より両群とも, z 方向は 2 峰性を示していた。全被験者の動作をみると, 爪先が最初に接地し, 踵まで接地した後, 爪先で離地していた。コントロール条件,

60° 条件とは異なり、1 度目の加重時に爪先が接地しており、2 度目の加重時に踵が接地しているといえる。また、接地時の爪先は前方かサイドステップの進行方向である右方向に向かって開いていた。図 3 の下肢関節角度平均波形より、股関節は接地後に屈曲し、伸展しながら離地している。膝関節と足関節は接地後一度屈曲し、再び伸展しながら離地していた。

120° 条件では F 群の方が、動作時間が有意に短く、重心移動速度が有意に速かった。120° 条件は変更角度が最も大きく、動作が難しかったため、両群の差が大きく反映されたと考えられる。3 方向において F 群は S 群より大きく加重しており、特に右方向、後方には S 群の 2 倍近く加重していた。この 2 方向への加重の差が、前方へ蹴り出すための力の差となり、動作時間や重心移動速度に反映されたと考えられる。

一方、S 群は F 群に比べて 3 方向での加重が小さく、前方へ蹴り出すための右方向、後方への加重が小さかった。また、3 関節の屈曲も大きかったことから、前方に蹴り出す力も小さく、下肢関節を屈曲することで、サイドステップの勢いを止めてしまい、後方への加重も小さかったため前方に蹴り出す力も小さかった。

2. 各群の方向変更角度による動作の変化

以上のように、コントロール条件での群間の差は小さかったが、方向変更条件では群間にいくつかの顕著な違いがみられた。よって次に、群ごとに方向変更条件の変化による違いに着目し、方向変更角度による素早さの違いについて検討する。

1) F 群

F 群では 60° 条件と 120° 条件の間には動作時間、重心移動速度に大きな違いがあり、方向変更角度が増加するほど有意に動作時間は短くなっていたが、重心移動速度が低下したといえる。また、方向変更角度が増加しても x 方向および z 方向に大きな差はみられなかったが、y 方向では方向変更角度が増加すると、より右方向に大きな加重をかけて方向を変更していた。一方、方向変更角度が増加すると 3 関節全てで接地時の伸展が大きくなり、接地から最大屈曲までの変化量が増加した。方向変更角度の増加により、3 関節においてよ

り屈曲が深くなっていたといえる。なお、接地時の爪先は角度が小さいほどサイドステップの進行方向あるいは方向変更後の走行方向と同じ角度を向いていた。

2) S 群

S 群では 60° 条件、90° 条件より 120° 条件で重心移動速度が遅くなり、方向変更角度が増加するほど有意に動作が遅くなった。また、方向変更角度が増加すると x 方向の加重が小さくなっており、F 群よりも前方に蹴り出す力を得られなかった。特に、120° 条件において前方へ蹴り出すための後方への加重が小さくなっていることが、F 群との差に大きく反映されていると考えられる。y 方向では F 群と同様に、より右方向に大きな加重をかけて方向変更を行っていたが、z 方向では方向変更角度の増加に大きな違いはみられなかった。一方、方向変更角度が増加すると、股関節、膝関節に大きな差はみられなかったが、足関節がより伸展して接地し、その後の屈曲を小さくして離地しており、S 群の方が F 群に比べて全体的に関節の屈曲運動が大きかった。

Maeda et al.⁶⁾ は下肢関節の屈曲動作に条件付けをして飛び降り課題を行わせ、衝撃力を最もよく緩衝したのは膝関節および足関節をもっと大きく屈曲する動作であり、さらに足関節よりも膝関節の屈曲運動が緩衝動作として重要であると報告している。つまり本研究においても S 群は接地時の衝撃を下肢関節の屈曲動作によってより緩衝していたと考えられる。また、それに伴って床反力の最大値も F 群より減少し、動作の遅延につながった。

3. サイドステップからの

素早い走方向変更動作

1) 方向変更角度が小さい場合

方向変更角度が小さい場合においては、方向変更の際に右方向と後方への加重が重要であるが、特に右方向への加重よりも前方へ蹴り出すための後方の加重を大きくすることが重要である。つまり、サイドステップの進行方向にブレーキをかけ過ぎず、蹴り出す力として利用することで動作を素早く行うことができる。また、下肢関節は大きく屈曲する必要はなく、接地から最大屈曲までの角度を小さくし、その後 3 関節全てで接地時以上に伸展して変更方向に蹴り出すことが重要である。

2) 方向変更角度が大きい場合

方向変更角度が大きい場合には、方向変更の際の右方向と後方への加重が重要であるが、特に後方への加重よりもブレーキの役割をしている右方向への加重を大きくすることが重要である。また、接地後 3 関節全ての屈曲角度を大きくして深く屈曲することで、進行方向への勢いは一旦減少するが、その後離地に向けて膝関節と足関節を一気に伸展して変更方向に蹴り出すことが望ましいと考えられる。

鈴木ら⁸⁾はサイドステップカッティングとクロスステップカッティングを用いた変更角度 30°、60°、90° の 30m のジグザグ走において、走スピードを維持して走方向を変更するためには、両ステップとも支持期において大腿を素早く大きく前傾させることが重要であると言及している。大腿を前傾させるためには体幹も前傾姿勢にする必要があり、本研究においても F 群では、大腿が前傾をしていると考えられ、素早い動作に影響を与えていた可能性がある。また稲葉・深代⁹⁾は前方を 0° として、左方向に 23°、45°、67°、90° 方向に、身長 80% の距離へのステップ動作を行わせた結果、目的方向への速度は主に下肢伸展の仕事により生成されており、股関節外転トルクや動作前半の足関節底屈トルクは力が適切な方向へ加えられるように調節する役割を果たしていたと述べている。本研究においても、動作の素早さに下肢関節の伸展が影響を与えており、股関節や足関節の伸展が目的方向への調整を行っていたと考えられる。

4. まとめ

本研究では、サイドステップからの走方向変更動作について方向変更角度の違いに着目して検討することを目的とし、サイドステップで右方向へ移動した後、前方に方向変更を行い、その後 2m の直線走行を行った。60°、90°、120° の 3 種類の方向変更条件を設定し、方向変更角度の最も大きい 120° 条件での動作時間と重心移動速度がともに平均より速かった被験者を F 群、遅かった被験者を S 群として床反力および下肢動作の分析を行った。その結果、各群および方向変更角度において以下のような特徴がみられた。

- 1) 両群とも方向変更角度が増加すると、重心移動速度が低下した。
- 2) 両群とも方向変更角度が増加すると、床反力は右方向への加重が大きくなり、ブレー

キとしての力が大きくなっていた。

- 3) 両群とも方向変更角度が増加すると、下肢関節では足関節において接地時の角度、接地時から最大屈曲時までの変化量が増加した。
- 4) 各方向変更角度において、F 群の方が S 群より後方への加重が大きく、前方に蹴り出す力が大きかった。また、S 群は方向変更角度が増加すると後方への加重が小さくなり、動作の遅延に影響した。

以上のことから、サイドステップからの素早い走方向変更動作とは、方向変更角度が小さい場合には、右方向への加重より前方へ蹴り出すための後方の加重を大きくし、方向変更角度が大きい場合には、前方への加重よりブレーキの役割をする右方向への加重を大きくして蹴り出すことが重要であるといえる。

参考文献

- 1) 藤澤宏幸, 武田涼子, 渡邊裕美, 吉澤智貴, 窪田ひと美, 高桑有加, 佐々木歩, 川村江里(2009)サイドステップ動作に関する身体運動学的研究. 理学療法学, 36, : 49-57
- 2) 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 : 513-320
- 3) 稲葉優希, 深代千之(2010)方向転換の基礎動作. 体育の科学, 60 : 739-743
- 4) 井上千枝子(1976)反復横とびに関する研究. 実践女子大学家政学部紀要, 13 : 49-54
- 5) 木村健二, 桜井伸二(2010)方向変更角度と走行スピードの増大がサイドステップカットのパフォーマンスにどう影響するか. 中京大学体育研究所紀要, 24 : 69-75
- 6) Maeda, A., Nishizono, H. and Shibayama, H. (1993) Some fundamental aspects of cushioning effects at the landing. Proc. ICHPER 36th World Congress : 134-139
- 7) 鈴木雄太, 阿江通良(2010)方向転換走における地面反力および支持脚関節トルク. 体育の科学, 60, : 751-755
- 8) 鈴木雄太, 阿江通良, 榎本靖士 (2010). サイドステップおよびクロスステップによる走方向変換動作のキネマティクスの研究. 体育学研究, 55 : 81-95
- 9) 米田浩: 球技選手の方向の変化を伴った疾走能力について(1988)札幌女子短期大学部紀要, 11 : 1-6