

後方への方向転換走タイム、接地時間および 体幹傾斜変位量との関係

— 後方への方向転換走を繰り返した場合について —

小川 修平*・丹 信介

The Relationships among Performance, Ground Contact Time and Trunk Movement during Repeated Sprints with Change of Direction Using Back-step Cutting

OGAWA Shuhei*, TAN Nobusuke

(Received September 28, 2018)

I. 緒言

対人競技において求められる体力要素としては、敏捷性（アジリティ）が挙げられ、これまでも多くの研究がなされてきた。アジリティは、視覚情報や予測、状況把握などから成る「知覚・判断因子」と、方向転換時の身体の傾き調節やストライド調節といった動作技術、直線でのスプリント速度、下肢筋力や筋パワーなどの脚筋力特性から成る「方向転換速度」の2つの要素に大別され、それらの組み合わせによって成り立っているとの考えがある（Young et al., 2002）。

また、方向転換については、接地時から膝関節最大屈曲時までのimpact absorption phaseと膝関節最大屈曲時から離地時までのpropulsion phaseに分けることができ、特に後方への方向転換時のimpact absorption phaseにおいて、体幹傾斜変位量と接地時間の間には有意な正の相関がみられること（笹木ら、2008）や、方向転換走タイムと接地時間との間には有意な正の相関（塩川ら、1998）あるいは正の相関傾向（Sasaki et al., 2011）が認められることが報告されている。

対人競技の一つであるサッカーでは、1試合に一人あたりおよそ50回の方向転換を行っていること（Withers et al., 1982）や、チーム全体で1試合当たり700回以上の方向転換が行われていること（Bloomfield et al., 2007）が報告されている。これらの点から、方向転換能力はサッカー選手において重要な体力要素の一つであるといえる。また、実際のスポーツ場面を考えると、1試合を通じて安定して方向転換能力を発揮できることが重要であると考えられる。すなわち、優れた方向転換能力を有

していたとしても、時間経過と共にその能力が低下してしまうのであれば、それは優れた方向転換能力を有しているとはいえないであろう。しかし、後方への方向転換動作を繰り返した場合には、方向転換時の接地時間と体幹傾斜変位量との関連性にどのような影響が出るのか、また方向転換能力（速度）とこれらの指標との関係においても、どのような影響が出るのかについては検討がなされていない。

そこで本研究では、サッカーを日常的に行っている男子大学生を対象に、後方への方向転換走を左右交互に繰り返して行われた場合に、方向転換時の接地時間と体幹傾斜変位量との関係性がどのように変化するかについて検討した。また、それとあわせて、方向転換走速度を決定する要素とされる下肢筋パワー（ドロップジャンプ形式の垂直跳び）や10mスプリント速度（Young et al., 2002）も測定することで、これらの影響も加味した上で、方向転換走タイムと接地時間や体幹傾斜変位量との関連性を検討した。

II. 方法

1. 被験者

被験者は、Y大学体育会サッカー部に所属する健康な男子大学生19名（年齢 20.1 ± 1.1 歳、身長 169.6 ± 4.8 cm、体重 62.1 ± 6.0 kg、利き脚右17名、利き脚左2名）とした。実験を行うにあたり、被験者全員に実験の目的や内容、その手順について十分に伝え、途中で辞退することができることを説明し、参加の同意を得た上で実験に臨んでもらった。また、ヘルシンキ宣言の趣旨に則り実験を実施した。

* アルビレックス新潟シンガポール（2017年シーズン）

2. 後方への方向転換走

5 m四方の正菱形の一角からスタートし、5 mの直線走後、90度の方向転換点で後方への方向転換を行い、再び5 mの直線走を行いスタート地点と対角の位置をゴールとする後方への方向転換走を30秒のインターバルを挟み左右35本ずつ（計70本）行わせた（図1）。また本研究では、左と右の撮影を別々に分けて行う必要があったため、計2回の方向転換走を行った。

撮影はビデオカメラ（CASIO社、EX-F1）を用いて行い、左あるいは右方向における後方への方向転換走の最初と最後の10本ずつの方向転換の様子を、前額面および矢状面の2方向から1/300秒コマで撮影した（図1）。

後方への方向転換時の足の運びについては、右への方向転換時には右脚で90度方向を転換し、左への方向転換の場合には左脚で90度方向を変換して試技を行うように統一した。またこの時、方向転換点横に軸足を置く場所の目印となるテープを貼り、被験者はそのテープを目安に方向転換時の軸足を接地するように指示した。方向転換時にはスタート地点側に視線を向けるよう指示をすることで、前額面から見た場合のimpact absorption phaseにおける過度の回旋を防ぎ、前額面での体幹傾斜角度の誤差を最小限に抑えるようにした（図1）。

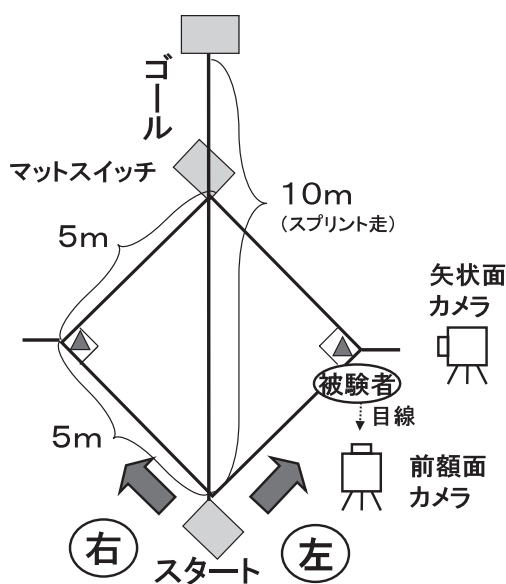


図1. 後方への方向転換走およびスプリント走における測定状況

サッカーの試合の中で行われる方向転換としては0度から90度までのものが最も多いとされている（Bloomfield et al., 2007）ことから、本研究では方向転換の角度を前述のように90度とした。

3. 測定項目および方法

1) 後方への方向転換走に関する測定

後方への方向転換走の繰り返しにおいて測定した項目

および方法は、以下のとおりである。

実際のスポーツ場面を想定すると、グラウンドでの測定を行うべきであると考えられるが、全ての被験者が同一の条件下でテストを行なうことが困難であると判断したため、今回の測定はすべて体育館で行った。

(1) 方向転換走タイム

方向転換走のタイムの測定にはマットスイッチシステム（竹井機器工業社、TKK315C）を用い、走タイムは1/1000秒まで測定した。スタート時は後ろ足をマットスイッチに乗せ、試技の途中で足の位置を極端に変えないようにした上で、被験者には最大努力下で試技を行うように指示をした。

(2) 接地時間

撮影した方向転換時の映像をもとに、動作解析ソフト（DKH社、Frame-DIASIV）を用いて、地面に足が接地し、再び足が地面から離れるまでの時間を接地時間として計測した。

(3) 体幹傾斜角度および体幹傾斜変位量

撮影した方向転換時の映像をもとに、動作解析ソフト（DKH社、Frame-DIASIV）を用いて、体幹傾斜角度および体幹傾斜変位量を測定した。体幹傾斜角度は、両肩峰にマーカーを貼り付け、マーカーを結んだ線と地面とが成す角度とし、その変化量を体幹傾斜変位量とした。

先行研究（笹木ら、2008）では、方向転換動作は接地時から膝関節最大屈曲時までのimpact absorption phaseと膝関節最大屈曲時から離地時までのpropulsion phaseの2つの局面に分けて考察されており、本実験においても、これら2つの局面に分けて、それぞれでの体幹傾斜変位量を測定した。

これらの値は、前述のとおり、方向転換走時に撮影した映像をもとに動作解析ソフトFrame-DIASIVを用いて算出した。しかし、本研究では二次元動作解析によってこれらの値を算出したため、前額面および矢状面におけるpropulsion phaseの体幹傾斜角度は、回旋による誤差などによって正確な値ではない可能性があった。また、先行研究（笹木ら、2008）において、propulsion phaseの体幹傾斜変位量が方向転換動作（接地時間）に及ぼす影響は低いことが示されている。そのため、本研究ではpropulsion phaseの体幹傾斜変位量の測定は行なったが、検討の対象からは除外することにした。

今回用いた測定値については、撮影した試技1本目から10本目のうち、極端にタイムの良いものと悪いものを除いた中から5本を選び、その試技における各測定値（走タイム、接地時間および体幹傾斜変位量）の平均を前半の値とし、撮影した試技26本目から35本目のうち、極端にタイムの良いものと悪いものを除いた中から5本を選び、その試技における各測定値（走タイム、接地時

間および体幹傾斜変位置)の平均を後半の値とした。

2) 10mスプリント走のタイム

方向転換走を開始する前に、マットスイッチシステム(竹井機器工業社、TKK315C)を用いて10mスプリント走のタイムを3回測定し、その中で最もタイムの良かったものをスプリント走タイムの記録とした(図1)。その後、方向転換走を繰り返す中でも方向転換走の左右合計35本目終了時点および方向転換走左右合計70本目終了時点で、それぞれ10mスプリント走を1回行わせ、同様の方法でそのタイムを測定した。スタート時は、後ろ足をマットスイッチに乗せ、試技の途中で足の位置を極端に変えないようにした上で、被験者には最大努力下で試技を行うように指示をした。

3) 腕の反動を用いない片足および両足での垂直跳び(プレジャンプあり)

垂直跳びは、腕の反動を用いない片足および両足でのタッチ式による垂直跳びとし、その高さを測定した。そして、これらの値を下肢筋パワーの指標とした。被験者は壁に対して平行に横を向き、左右いずれかの壁側の腕を限界まで伸ばし、反対側の腕は下ろしたまま腕の反動を用いずにプレジャンプを行った上で垂直跳びを行った。測定はそれぞれ2回ずつ行い、数値の良かった方を記録として用いた。

4. 統計処理および統計解析

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。

後方への方向転換走における前半と後半での各測定値の比較は対応のあるt検定を用いて行なった。また、前半の左右各方向への後方への方向転換走タイムと方向転換時の接地時間、10mスプリント走タイムおよび各垂直跳びの値、それぞれとの関係および前後半の左右各方向への後方への方向転換走タイム差と方向転換時の接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値、それぞれとの関係を明らかにするために、単相関係数(Pearsonの積率相関係数)および他の説明変数の影響を除外した偏相関係数を算出し、相関係数の有意性の検定を行なった。同様に、前半の左右各方向への後方への方向転換時の接地時間と体幹傾斜変位置および各垂直跳びの値、それぞれとの関係および前後半の左右各方向への後方への方向転換時の接地時間差と体幹傾斜変位置の差および各垂直跳びの値、それぞれとの関係を明らかにするために、単相関係数および偏相関係数を算出し、相関係数の有意性の検定を行なった。

なお、統計学的有意水準は、すべて5%未満とした。

III. 結果

1. 後方への方向転換走を繰り返し行った際の前半と後半の各測定値およびスプリント走タイム

後方への方向転換走を繰り返し行った際の前半と後半の走タイム、接地時間、体幹傾斜変位置およびスプリント走タイムを表1(左方向への方向転換時)および表2(右方向への方向転換時)に示した。

今回、方向転換走を繰り返し行った際に測定した各測定項目においては、方向転換走(左方向への方向転換時)前と終了直後の10mスプリント走タイムに有意な差(p<0.05)が認められた以外、前半と後半との間で有意な差が認められた測定項目はなかった。

表 1. 後方への方向転換走を繰り返し行った際の前半と後半の走タイム、接地時間、体幹傾斜変位置およびスプリント走タイム(左方向への方向転換時)

	方向転換走タイム (sec)	接地時間 (sec)	前額面における
			impact absorption phaseの体幹傾斜変位置(deg)
前半	2.397±0.118	0.332±0.038	13.3±8.2
後半	2.390±0.107	0.325±0.072	13.5±8.5

	前額面における	矢状面における	矢状面における	10mスプリント走 タイム※ (sec)
	propulsion phaseの体幹傾斜変位置(deg)	impact absorption phaseの体幹傾斜変位置(deg)	propulsion phaseの体幹傾斜変位置(deg)	
前半	13.3±5.5	8.1±4.0	19.8±8.3	1.743±0.051
後半	11.1±4.8	9.2±6.2	19.8±8.1	1.772±0.068*

※ 前半は方向転換走直前の値、後半は方向転換走終了直後の値を示す。
*: p<0.05 vs 前半

表 2. 後方への方向転換走を繰り返し行った際の前半と後半の走タイム、接地時間、体幹傾斜変位置およびスプリント走タイム(右方向への方向転換時)

	方向転換走タイム (sec)	接地時間 (sec)	前額面における
			impact absorption phaseの体幹傾斜変位置(deg)
前半	2.399±0.093	0.332±0.051	11.8±7.4
後半	2.406±0.105	0.336±0.062	12.9±6.7

	前額面における	矢状面における	矢状面における	10mスプリント走 タイム※ (sec)
	propulsion phaseの体幹傾斜変位置(deg)	impact absorption phaseの体幹傾斜変位置(deg)	propulsion phaseの体幹傾斜変位置(deg)	
前半	21.6±18.1	8.2±4.8	22.0±7.9	1.734±0.062
後半	19.2±8.1	8.4±4.9	20.8±7.3	1.740±0.084

※ 前半は方向転換走直前の値、後半は方向転換走終了直後の値を示す。

2. 後方への方向転換走前半における方向転換走タイムと接地時間、10mスプリント走タイム(1本目)および各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走前半における方向転換走タイムと接地時間、10mスプリント走タイム(1本目)および各垂直跳びの値、それぞれとの間の単相関係数および偏相関係数を表3(左方向への方向転換時)および表4(右方向への方向転換時)に示した。

表 3. 後方への方向転換走前半の走タイムと接地時間、スプリント走タイム (1本目)および各垂直跳びの値との間の相関関係 (左方向への方向転換時)

	前半 方向転換走タイム	
	単相関係数	偏相関係数
前半 接地時間	.561 *	.683 **
10m スプリント走タイム(1本目)	.424	.588 *
垂直跳び(右足)	.059	-.287
垂直跳び(左足)	.217	.089
垂直跳び(両足)	-.019	.122

*: p<0.05, **: p<0.01

表 4. 後方への方向転換走前半の走タイムと接地時間、スプリント走タイム (1本目)および各垂直跳びの値との間の相関関係 (右方向への方向転換時)

	前半 方向転換走タイム	
	単相関係数	偏相関係数
前半 接地時間	.446	.526*
10m スプリント走タイム(1本目)	.549*	.645**
垂直跳び(右足)	.247	-.369
垂直跳び(左足)	.446	-.135
垂直跳び(両足)	.374	.384

*: p<0.05, **: p<0.01

左方向への方向転換時について、単相関係数からみると、後方への方向転換走前半における方向転換走タイムと接地時間との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められ、10mスプリント走タイムとの間に正の相関関係を示す傾向 (p<0.1) が認められた。偏相関係数からみると、方向転換走タイムと接地時間 (p<0.01) および10mスプリント走タイム (1本目) (p<0.05) との間にそれぞれ有意な正の相関関係が認められた。

右方向への方向転換時について、単相関係数からみると、後方への方向転換走前半における方向転換走タイムと接地時間との間に正の相関関係を示す傾向 (p<0.1) が認められ、10mスプリント走タイム (1本目) との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められた。偏相関係数からみた場合、方向転換走タイムと接地時間 (p<0.05) および10mスプリント走タイム (1本目) (p<0.01) それぞれとの間に有意な正の相関関係が認められた。

方向転換走タイムと各垂直跳びの値との間には、左右いずれの方向転換時においても単相関係数、偏相関係数いずれも有意な相関関係は認められなかった。

3. 後方への方向転換走の前後半でのタイム差と接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走の前後半でのタイム差と接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値、それぞれとの間の単相関係数および偏相関係数について表5 (左方向への方向転換時) および表6 (右方向への

方向転換時) に示した。

表 5. 後方への方向転換走の前後半でのタイム差と接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値との相関関係 (左方向への方向転換時)

	方向転換走タイム差	
	単相関係数	偏相関係数
接地時間差	.497 *	.492 *
10m スプリント走タイム差	.379	.187
垂直跳び(右足)	.074	.058
垂直跳び(左足)	.314	-.146
垂直跳び(両足)	.311	.327

*: p<0.05

表 6. 後方への方向転換走の前後半での走タイム差と接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値との間の相関関係 (右方向への方向転換時)

	方向転換走タイム差	
	単相関係数	偏相関係数
接地時間差	.382	.217
10m スプリント走タイム差	.708 **	.702 **
垂直跳び(右足)	-.014	.162
垂直跳び(左足)	-.015	.149
垂直跳び(両足)	-.071	-.152

** : p<0.01

左方向への方向転換時については、単相関係数および偏相関係数いずれにおいても、後方への方向転換走の前後半でのタイム差と接地時間差との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められた。

右方向への方向転換時については、単相関係数および偏相関係数いずれにおいても、後方への方向転換走の前後半でのタイム差と10mスプリント走タイム差との間に有意な正の相関関係 (p<0.01) が認められたが、接地時間差との間には有意な相関関係は認められなかった。

方向転換走の前後半でのタイム差と各垂直跳びの値との間には、左右いずれの方向転換時においても単相関係数、偏相関係数いずれも有意な相関関係は認められなかった。

4. 後方への方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量および各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phase での体幹傾斜変位量および各垂直跳びの値、それぞれとの関係を表7 (左方向への方向転換時) および表8 (右方向への方向転換時) に示した。

左方向への方向転換時については、単相関係数および偏相関係数いずれにおいても、後方への方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められた。

右方向への方向転換時についても、後方への方向転換走

後方への方向転換走タイム、接地時間および体幹傾斜変位量との関係

表 7. 後方への方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量および各垂直跳びの値との間の相関関係(左方向への方向転換時)

	前半 接地時間	
	単相関係数	偏相関係数
前半		
体幹傾斜変位量(前額面)	.488 *	.517 *
impact absorption phase		
垂直跳び(右足)	.312	.186
垂直跳び(左足)	.237	-.073
垂直跳び(両足)	.130	.195

*: p<0.05

表 8. 後方への方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量および各垂直跳びの値との間の相関関係(右方向への方向転換時)

	前半 接地時間	
	単相関係数	偏相関係数
前半		
体幹傾斜変位量(前額面)	.527 *	.602 **
impact absorption phase		
垂直跳び(右足)	.203	.187
垂直跳び(左足)	.318	.231
垂直跳び(両足)	.255	.134

*: p<0.05, **: p<0.01

前半の接地時間と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量との間に、単相関係数 (p<0.05) および偏相関係数 (p<0.01) いずれにおいて有意な正の相関関係が認められた。

接地時間と各垂直跳びの値との関係については、左右いずれの方向転換時においても単相関係数、偏相関係数いずれも有意な相関関係は認められなかった。

5. 後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差および各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差および各垂直跳びの値、それぞれとの単相関係数および偏相関係数を表 9 (左方向への方向転換時) および表 10 (右方向への方向転換時) に示した。

表 9. 後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差および各垂直跳びの値との間の相関関係(左方向への方向転換時)

	接地時間差	
	単相関係数	偏相関係数
前後半の差		
体幹傾斜変位量(前額面)	.558 *	.518 *
impact absorption phase		
垂直跳び(右足)	-.245	-.388
垂直跳び(左足)	.439	.558 *
垂直跳び(両足)	-.107	-.211

*: p<0.05

表 10. 後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差および各垂直跳びの値との間の相関関係(右方向への方向転換時)

	接地時間差	
	単相関係数	偏相関係数
前後半の差		
体幹傾斜変位量(前額面)	.467 *	.468 *
impact absorption phase		
垂直跳び(右足)	.299	.300
垂直跳び(左足)	.114	.057
垂直跳び(両足)	.068	-.199

*: p<0.05

左への方向転換時については、単相関係数からみると、後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められ、垂直跳び(左足)の値との間に正の相関関係を示す傾向 (p<0.1) が認められた。偏相関係数からみた場合、後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められ、垂直跳び(左足)の値との間にも有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められた。また、垂直跳び(右足)の値との間には負の相関関係を示す傾向 (p<0.1) が認められた。

右への方向転換時については、単相関係数および偏相関係数いずれにおいても、後方への方向転換走の前後半での接地時間差と前額面における impact absorption phase の体幹傾斜変位量の差との間に有意な正の相関関係 (p<0.05) が認められた。各垂直跳びの値との関係については、単相関係数、偏相関係数いずれも有意な相関関係は認められなかった。

IV. 考察

1. 後方への方向転換走を繰り返し行った際の前半と後半の各測定値およびスプリント走タイムの変化

本研究を行うにあたり、事前に被験者数名を用いて、予備実験的に後方への方向転換走を繰り返し行った場合には方向転換走タイムが低下することを確認していた。しかし、本研究の結果では、方向転換走(左方向への方向転換時)前と終了直後の10mスプリント走タイムとの間に有意な差(平均0.029秒の差)が認められた以外、方向転換走前半と後半との間で有意な差が認められた測定項目はなかった(表1および2)。

本研究では、全ての被験者において、方向転換走タイム、接地時間および体幹傾斜変位量の値が前半よりも後半で大きくなったわけではなく、中には前半よりも後半の値の方が小さくなった被験者もみられた(図2および図3中の実線の円で示した部分)。その結果、平均値で

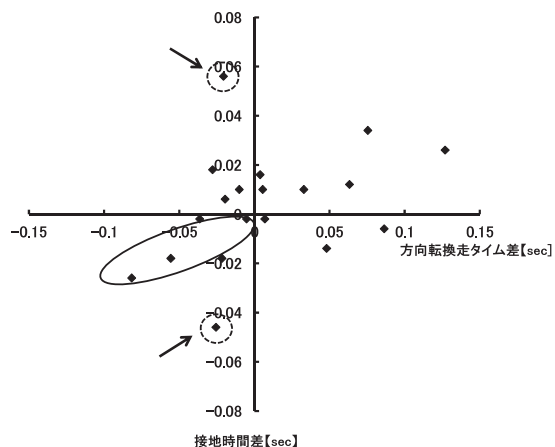


図2. 後方への方向転換走の前後半でのタイムと接地時間差の関係 (右への方向転換時)

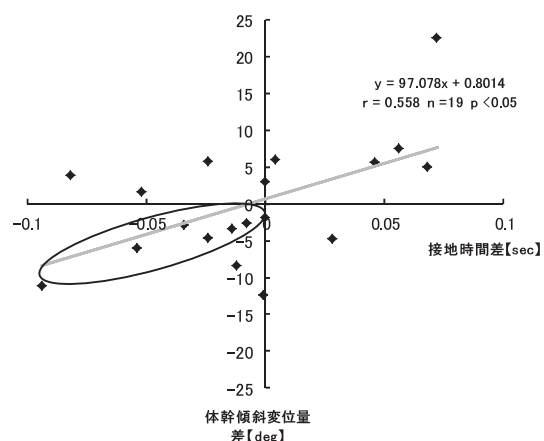


図3. 接地時間差と前額面におけるimpact absorption phaseでの体幹傾斜変位量差との関係(右への方向転換時)

見た場合に前半と後半で値にほとんど差がでなかったと考えられる。後半で値が小さくなった者では、おそらく後方への方向転換走を繰り返し行ったことによる動作技術の獲得などによって、接地時間や体幹傾斜変位量が小さくなり、走タイムも速くなったと考えられる。

また、本研究では、距離10mの後方への方向転換走を30秒間の休息を挟んで繰り返し行ったが、この方向転換走は2.4秒程度で終了することから(表1および2)、クレアチンリン酸系のエネルギー需要量(供給量)は必ずしも多くなく、また30秒の休息があれば、この供給系は十分に回復することが可能であったのではないかと考えられる。したがって、クレアチンリン酸系のエネルギー欠乏による疲労の影響は少なく、方向転換走のタイムにも明らかな影響は生じなかったのではないかと考えられる。この点は、右方向への方向転換時の方向転換走の繰り返し前と後では、10mスプリント走のタイムに差がないこと、また、左方向については、繰り返し前と後でスプリント走のタイムに有意な差はあるも

の、その差は平均0.029秒と僅かであることから支持されるであろう。

2. 後方への方向転換走タイムと接地時間、10mスプリント走タイムおよび各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走前半の方向転換走タイムと接地時間および10mスプリント走タイムの間には、左右の方向転換いずれにおいても有意な正の相関関係が認められたが、各垂直跳びの値との間には左右の方向転換いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった(表3および4)。

塩川ら(1998)は、直角方向変換走タイムと接地時間との間に有意な正の相関関係がみられること、また、Sasaki et al.(2011)は、180度の方向転換を含む復健全力走の走タイムと接地時間との間に正の相関関係を示す傾向がみられることを報告している。加えて、塩川ら(1998)は、直角方向変換後走タイムと直線走タイムとの間に有意な正の相関関係がみられること、また直角方向変換後走タイムと腕の振り上げを用いない垂直跳びの値との間には有意な相関関係がみられないことを報告している。したがって、本研究の結果は、これらの先行研究と同様の結果を示していると言える。一方、Young et al.(2002)は、ドロップジャンプによる跳躍高を接地時間で除した値(リバウンドジャンプ指数と同様の値)と方向変換走のタイムとの間に有意な負の相関関係が認められることを報告している。本研究においても、プレジャンプを行う、すなわちドロップジャンプに近い方法で垂直跳びを行わせたが、方向転換走のタイムと垂直跳びの値との間に有意な相関関係は認められなかった。塩川ら(1998)も、本研究と同様、各方向変換走タイムとリバウンドジャンプ指数との間に明らかな相関関係はみられないことを報告しており、必ずしも垂直跳びやドロップジャンプの記録が方向転換走のタイムと関係するとは限らないようである。

したがって、本研究の結果から、これまでの報告で示されている前方への方向転換走同様、後方への方向転換走においても、方向転換走タイムには、スプリント走のタイムだけでなく、方向転換時の接地時間が影響を及ぼしていることが示唆された。

本研究では、後方への方向転換走を繰り返した際の前半と後半の方向転換走タイム差と接地時間差、10mスプリント走タイム差および各垂直跳びの値、それぞれとの関係において、左方向への方向転換時では前後半での方向転換走タイム差と接地時間差との間に有意な正の相関関係が認められた(表5)。また、右方向への方向転換時では、前後半での方向転換走タイム差と10mスプリント走タイム差との間に有意な正の相関関係が認めら

れたが(表6)、接地時間差との間には有意な相関関係は認められなかった。しかし、図2に示した右方向への方向転換を繰り返した際の前半と後半の方向転換走タイム差と接地時間差との関係を見ると、2人の被験者の極端な値(図2中の矢印の値)によって相関関係がみられなかったことが推測された。この2人の値を除いた場合の相関係数は $r=0.570$ ($n=17$, $p<0.05$)となっており、右方向への方向転換時においても、前後半での方向転換走タイム差と接地時間差との間に正の相関関係が認められるのではないかと考えられた。

したがって、本研究では、後方への方向転換走において、方向転換時の接地時間は方向転換走タイムに影響を及ぼすだけでなく、後方への方向転換走を繰り返した場合においても、方向転換時の接地時間の差が後方への方向転換走タイムの差に影響を及ぼしていることが示唆された。

一方、後方への方向転換走を繰り返した際の前後半の方向転換走タイム差と各垂直跳びの値との間には、いずれの方向においても有意な相関は認められなかった。前述のように、必ずしも垂直跳びやドロップジャンプの記録が方向転換走のタイムと関係するとは限らないため、垂直跳びの値は方向転換走タイム差にも影響を及ぼさなかったのではないかと考えられる。

3. 後方への方向転換時の接地時間と前額面における impact absorption phaseの体幹傾斜変位量および各垂直跳びの値との関係

後方への方向転換走の左右いずれの方向転換時においても、方向転換走前半の接地時間と前額面における impact absorption phaseの体幹傾斜変位量との間には有意な正の相関関係が認められたが、各垂直跳びの値との間には、いずれも有意な相関関係は認められなかった(表7および8)。

笹木ら(2008)は、後方への方向転換走における方向転換時の接地時間と impact absorption phaseの体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関関係がみられると述べており、Sasaki et al.(2011)も、180度の方向転換を含む往復全力走における方向転換時の接地時間と impact absorption phaseにおける前方への体幹傾斜変位量との間に有意な正の相関関係が認められることを報告している。また、塩川ら(1998)は、直角方向変換後方走の接地時間と腕の反動を用いない垂直跳びの記録やリバウンドジャンプ指数との間に有意な相関関係はみられないことを報告している。本研究の結果は、これらの先行研究と同様の結果を示していると言える。

したがって、本研究においても、笹木ら(2008)の研究同様、後方への方向転換を行う際に、前額面にお

ける impact absorption phaseの体幹傾斜変位量は方向転換時の接地時間を決定する重要な要素であることが示唆された。

本研究では、後方への方向転換走を繰り返した際の前半と後半の方向転換時の接地時間の差と前額面における impact absorption phaseの体幹傾斜変位量の差の間にも、左右の方向転換時いずれにおいても、有意な正の相関関係が認められた(表9および10)。これらの結果から、本研究により、新たに後方への方向転換走を繰り返し行った場合においても、前後半の前額面における impact absorption phaseの体幹傾斜変位量の差は、方向転換時の接地時間の差を決定する重要な要素であることが示唆された。

後方への方向転換走の前後半での接地時間差と各垂直跳びの値との間においては、左方向への方向転換走時において、接地時間差と垂直跳び(左足)の値との間に有意な相関関係が認められた(表9)。しかし、それは正の相関関係であった。本来はプレジャンプを行った上で垂直跳びの記録が良ければ、ドロップジャンプのような reactive strength の働き(Young et al., 2002)によって接地時間が短縮すると考えられ、負の相関関係が成り立つことが予想された。しかし、本研究では逆の相関関係となった。本研究で用いた垂直跳びの記録は、連続して跳躍した場合の跳躍高の変化率を求めたわけではなく、絶対値として測定した値であった。そのため、予想した前後半の差との関係が認められなかったのではないかと考えられた。また、前述のように、本研究の結果や塩川ら(1998)の報告では、後方への方向転換時の接地時間と腕の反動を用いない垂直跳びの記録やリバウンドジャンプ指数との間には有意な相関関係が認められていない。そのため、垂直跳びの値は接地時間の差にも影響を及ぼさなかったと考えることもできる。

体幹傾斜変位量の変化には体幹安定性が関与すると考えられ、体幹傾斜変位量の変化には体幹の安定性に関わる筋機能(大久保ら, 2009)が影響を及ぼした可能性が考えられる。しかし、本研究では、後方への方向転換走を繰り返した場合、前述のように、全ての被験者において、体幹傾斜変位量の値が前半よりも後半で小さくなったわけではなく、前半の値よりも後半の値の方が小さくなった被験者も認められた(図3中の実線の円で示した部分)。後方への方向転換走を繰り返した場合には、このような筋機能が前半に比べて後半で高まるとは考えにくい。後半の体幹傾斜変位量の減少に体幹の安定性に関わる筋機能が関与したとは考えにくい。したがって、後方への方向転換走時の体幹傾斜変位量の値が前半に比べて後半で小さくなった要因は、後方への方向転換走を繰り返したことによる方向転換時の姿勢

調節などの動作技術の獲得によるものであると考えるのが妥当であろう。

4. 研究の限界

本研究では、方法のところで述べたように、2次元動作解析を用いて体幹傾斜角度を測定している。そのため、前額面においても、体幹の回旋によって、測定した体幹傾斜角度に誤差が生じることが考えられる。しかし、本研究では、方向転換時の体幹回旋角度は測定していない。笹木ら（2008）も、2次元動作解析によって後方への方向転換走時の体幹傾斜角度や体幹傾斜変位量の測定を行っており、その際、方向転換時に目線を定めることによって体幹の過度の回旋が起きないように配慮していた。そこで本研究でも、笹木ら（2008）と同様、方向転換時に目線をスタート地点側に定めるとともに、方向転換点横にテープを貼り、そのテープを目印に方向転換を行うように指示をした。目線を定めることにより、身体が方向転換時に前額面に対して正対しやすくなり、さらに方向転換点横にテープを貼り、そのテープを方向転換時の軸足を置く目安とすることで、方向転換点より手前に軸足を置くことによる前額面におけるimpact absorption phaseでの過度の回旋を防ぐようにした。予備実験において、2次元動作解析による前額面における体幹傾斜角度は、体幹の回旋角度を10度以下に抑えることができれば、真の体幹傾斜角度とほぼ同じ値となることを確認した。しかし、本研究において、前述の留意点を守らせることにより、impact absorption phaseで体幹の回旋角度を10度以下に確実に抑えることができたかどうかは定かではない。したがって、今回の体幹傾斜変位量の測定には、10度以上の体幹の回旋による体幹傾斜角度の誤差の影響が含まれていた可能性があり、この点は本研究の限界として考慮しておく必要がある。

本研究で用いた被験者19名のうち、17名は利き脚が右脚で、2名は左脚であった。したがって、利き脚の違いも本研究の結果に影響を及ぼすことが考えられた。しかし、本研究の結果では、方向転換走タイムと接地時間、接地時間と前額面におけるimpact absorption phaseの体幹傾斜変位量との間には、多くの場合、左右いずれの方向転換時においても有意な正の相関関係が認められた。そのため、本研究においては、利き脚の違いによる影響は少なかったのではないかと考えられる。

上述の研究の限界を考慮する必要があるが、以上のことから、本研究では、後方への方向転換走を繰り返し行った場合においても、接地時間の差は方向転換走タイムの差に影響を及ぼす要因であり、体幹傾斜変位量の差は接地時間の差に影響を及ぼす要因であることが示唆された。

V. 要約

本研究では、後方への方向転換走を繰り返し行った際の方向転換走タイム、接地時間および体幹傾斜変位量との関係について、直線スプリント走タイムや下肢筋パワー（ドロップジャンプ形式の垂直跳び）の影響を加味した上で検討した。

得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 方向転換走（左方向への方向転換時）前と終了直後の10mスプリント走タイムとの間に有意な差（ $p<0.05$ ）が認められた以外、方向転換走の繰り返し前半と後半との間で有意な差が認められた測定項目はなかった。
2. 方向転換走前半の方向転換走タイムと接地時間との間には、左右いずれの方向転換時においても有意な正の相関関係（偏相関係数, $p<0.05$ ）が認められ、前後半の方向転換走タイム差と接地時間差の間には左方向への方向転換時において有意な正の相関関係（偏相関係数, $p<0.05$ ）が認められた。
3. 方向転換走前半の接地時間と前額面におけるimpact absorption phaseの体幹傾斜変位量との間には、左右いずれの方向転換時においても有意な正の相関関係（偏相関係数, $p<0.05$ ）が認められ、前後半の接地時間差と前額面におけるimpact absorption phaseの体幹傾斜変位量の差の間にも左右いずれの方向転換時においても有意な正の相関関係（偏相関係数, $p<0.05$ ）が認められた。

以上のことから、後方への方向転換走を繰り返し行った場合、接地時間の差は方向転換走タイムの差に影響を及ぼす要因であり、体幹傾斜変位量の差は接地時間の差に影響を及ぼす要因であることが示唆された。

VI. 謝辞

本稿について、貴重なご助言をいただいた塩田正俊名誉教授に深く感謝いたします。また、本研究の被験者を引き受けていただいたY大学体育会サッカー部の選手の皆様にも深く感謝いたします。

VII. 参考文献

- Bloomfield, J., Polman, R., O'Donoghue, P. (2007) Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6 : 63-70.
- 大久保 雄, 金岡 恒治 (2009) コアスタビリティトレーニングのための機能解剖学. *理学療法学*, 26 : 1187-1194.
- 笹木正悟, 金子聡, 福林徹 (2008) サッカー選手における後方への方向変換能力に関する研究. *スポーツ科学研究*, 5 : 45-57.

Sasaki, S. Nagano, Y., Kaneko, S., Sakurai, T., Fukubayashi, T. (2011) The relationship between performance and trunk movement during change of direction. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10 : 112-118.

塩川勝行, 井上尚武, 杉本陽一 (1998) サッカー選手における方向変換能力に関する研究－マットスイッチシステムを用いて－. *サッカー医・科学研究*, 18 : 175-179.

Withers, R.T., Maricic, Z., Wasilewski, S., Kelly, L. (1982) Match analyses of Australian professional soccer players. *Journal of Human Movement Studies*, 8 : 159-176.

Young, W.B., James, R., Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with change of direction? *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42 : 282-288.