

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

Study for skill of backward cutting in soccer players

笹木正悟¹⁾, 金子聡²⁾, 福林徹³⁾

Shogo Sasaki¹⁾, Satoshi Kaneko²⁾, Toru Fukubayashi³⁾

¹⁾ 早稲田大学大学院人間科学研究科

²⁾ 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

³⁾ 早稲田大学スポーツ科学学術院

¹⁾ Graduate School of Human Sciences, Waseda University

²⁾ Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

³⁾ Faculty of Sport Sciences, Waseda University

キーワード: サッカー, 方向転換動作, 安定性, 二次元動作解析, Model-based image-matching technique

Key Words: Soccer, Change of direction, Stability, Two-dimensional motion analysis, Model-based image-matching technique

【抄録】

本研究は、後方への方向転換能力に関与する要因について、二次元動作解析および model-based image-matching technique を用いた三次元動作構築の観点から検討することを目的とした。

実験 1 では、熟練したレベルである健常な大学男子サッカー部員 17 名を対象とし、前方への方向転換走である“front-step cutting”と後方への方向転換走である“back-step cutting”を比較した。測定項目は、方向転換走タイム、方向転換時の接地時間および体幹傾斜変位量であった。体幹傾斜変位量の評価には、二次元動作解析を用いた。Back-step cutting は front-step cutting にくらべて方向転換走タイムが遅く、また方向転換時の接地時間が有意に長かった。また、back-step cutting での接地時間と体幹傾斜変位量との間には有意な正の相関関係が見られ、特に衝撃吸収局面において体幹の安定性が重要であることが示唆された。このことから、後方への方向転換動作は身体重心のコントロールが難しい方向転換技術であるということが考えられた。

実験 2 では、較正前のビデオ映像から三次元的動作構築を行う model-based image-matching technique を用い、実際の競技現場で生じた後方への方向転換動作について検討した。実際の競技現場における後方への優れた方向転換動作の実践例では、低重心と適度な前傾姿勢により下肢関節および体幹の安定化が行われていた。特にサッカーのような刻一刻と状況が変化する中で行われるオープンスキル競技や、複数の因子が相互に関与して行われている方向転換動作のようなパフォーマンス評価の検討には、実際の映像から三次元的動作構築を行う model-based image-matching technique が非常に有用な手法であることが考えられた。

スポーツ科学研究, 5, 45-57, 2008 年, 受付日:2007 年 2 月 7 日, 受理日:2008 年 3 月 30 日

連絡先: 笹木正悟 早稲田大学大学院人間科学研究科

359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

E-mail: sho-go-to...sasa@uri.waseda.jp

I. 緒言

サッカーの競技特性として、陸上競技のような単一方向への直線的な動きのみならず、多方向への様々な動きが混在しているということが特徴的である。特に急激な方向転換動作は、相手選手との間に一瞬のマークのズレや間合いの差を作るのに非常に重要な動作であり、Bloomfield et al. (2007) は、プレミアリーグを用いたゲーム分析において、全 26,613 動作のうち 5,115 動作が方向転換動作であることを報告している。サッカー競技では様々な方向への方向転換動作が行われ、特にオフenseの選手は、前方への方向転換動作を用いて相手選手をかわしながら相手陣内へと攻め込んでいく。その一方で、ディフェンスの選手は自陣ゴールを背にしなが、後方への方向転換動作を用いて相手選手の動きに対応する。これら方向転換動作の優劣は、よりスピーディーとなってきた現代サッカーにおいて、ゲームの勝敗を左右する一因になるといっても過言ではない。

これまでも、方向転換能力に関して様々な検討が行われてきている。Little and Williams (2005) は、方向転換走スピードとスプリントスピードの間には相関関係があることを報告している。また、Young et al. (2002) は、方向転換走スピードと脚伸展パワーとの関係性を検討しており、優れた方向転換動作には、"jump height (cm) / contact time (sec)" で表された reactive strength がより重要であることを報告している。

しかしながら、これまでの方向転換動作に関する研究は、前方や側方への方向転換動作に着目した報告がほとんどであり、後方への方向転換動作に関する研究は非常に少ない。塩川ら(1998) は、マットスイッチシステムを用いて直角走および直角後方走と各種運動能力との関係性について検討し

ており、直角走と各種運動能力の間には相関関係が見られるものの、直角後方走と各種運動能力の間には相関関係が見られないことを報告している。

このように、サッカー選手における後方への方向転換動作に関する研究はこれまでに数多くなされておらず、また後方への方向転換能力に関する要因はいまだ明らかにされていない。この後方への方向転換動作は、日本サッカー協会が掲げるフィジカル面での課題として取り上げられており(JFA, 2004) , 1対1の局面で相手に反応して下がりながらのステップワークが特に問題とされている。これらことを解明するためには、従来行われてきた実験室的な研究に加えて、実際のサッカー競技現場においてどのような方向転換動作が行われているのかということ、詳細に検討する必要があると考えられる。

そこで本研究は、後方への方向転換能力に関与する要因について、二次元動作解析の観点から検討すること、および実際の競技現場における方向転換動作を model-based image-matching technique (Krosshaug and Bahr, 2005) を用いた三次元動作構築の観点から検討することを目的とした。

II. 後方への方向転換能力に関する検討

II-1. 方法

1) 被験者

対象は熟練したレベルである健常な某大学男子サッカー部員 17 名とした。被験者の身体的特性およびサッカー競技歴は表 1 に示したとおりである。被験者にはあらかじめ実験内容および実験により起こりうる危険性について十分に説明し、文章にて参加の同意を得た。本研究はヘルシンキ宣言の趣

表 1. 被験者の身体特性およびサッカー競技歴

Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Soccer Experience (yrs)
20.8±1.1	175.1±6.0	68.6±6.0	13.9±1.8

旨に則り, 早稲田大学スポーツ科学部倫理委員会「人を対象とした実験」の承認を得て実施した。

2) 方向転換走の測定方法

前方および後方への方向転換能力を評価するために, 合計走行距離が 20m となる 2 種類の 90 度方向転換走タイムを測定した(図 1)。右斜め前方に 10m 走行した後に右脚で 90 度方向を変換し, さらに 10m 走行する試技を前方への方向転換走 "front-step cutting" とした。また, 右斜め後方に 10m 走行してから右脚で 90 度方向を変換し, さらに 10m 走行する試技を後方への方向転換走 "back-step cutting" とした。10m 走行は, 一定の方向に視野を定めて走行するものとした。各試技の方向転換走タイムの測定には, 磁気センサーを利用した自動計測タイマー(PERSONAL TIMER,

株式会社アクティ社製) を用い, 各被験者の臍部には, 磁気を感知するためのタイマーを装着の上, 測定を行った。各試技の測定は人工芝サッカーグラウンド(Hybrid-Turf, SRI ハイブリッド株式会社製)にて行い, 被験者にはサッカースパイク着用の上, 十分なウォーミングアップと各試技の十分な動作確認の後, 全力でそれぞれ 2 回ずつ測定を行い, タイムの早かった方を各試技の方向転換走タイムとして採用した。

また, 方向転換走タイムの測定と同時に, 前額面および矢状面の二方向から家庭用デジタルビデオカメラ(NV-GS250-S, パナソニック社製) を用いて方向転換時の動作を記録した。方向転換走を行う際, 被験者にはスパッツを着用させ, 各被験者の両肩峰, 右大転子, 右外側膝関節裂隙および右外果には, 反射マーカ―を貼付した

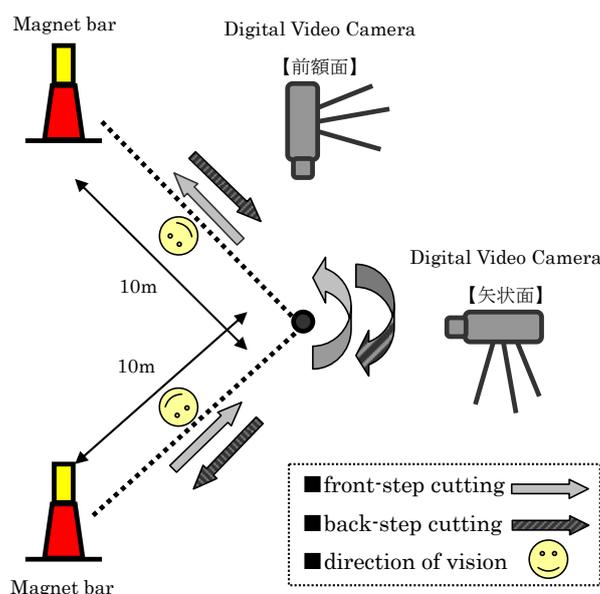


図 1. 方向転換走の測定図

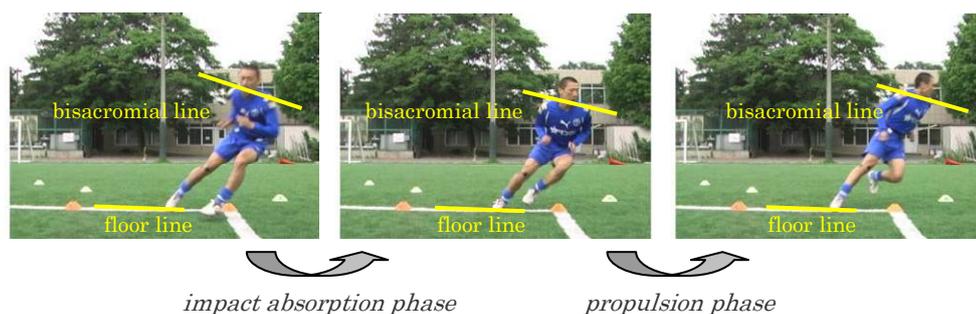


図 2. 体幹傾斜変位量の算出方法

3) 方向転換動作の評価方法

撮影された画像はパーソナルコンピューター (DELL PRECISION 380, DELL 株式会社製) に取り込み, 方向転換時の接地時間および方向転換動作を, 二次元動作解析ソフト(Dartfish4.0, 株式会社 DARTFISH 製) を用いて解析した. 方向転換時の接地時間は, Dartfish4.0 を用いた動作解析画像より算出した. また, 方向転換時の体幹安定性を評価する指標として, 本実験では前額面上での体幹傾斜変位量を用いて評価した. 前額面から撮影した方向転換画像における両肩峰を結んだ線と床面との成す角度を体幹傾斜角度とし, それらの動揺性を評価したものを体幹傾斜変位量とした. 特に方向転換の局面を, 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 に分けて, それぞれの方向転換動作における体幹傾斜変位量を算出した(図 2).

4) 統計処理

測定結果は, 平均値(mean) ± 標準偏差(SD) で表示し, 統計的検定量の算出には SPSS (11.5 J for Windows) を用いた. 方向転換走タイム, 接地時間および体幹傾斜変異量における front-step cutting と back-step cutting の比較には, 対応のある t 検定を用いて検討した. また, 接地時間と体幹傾斜変位量との相関関係の検討には, Pearson の積率相関係数を用いた. 統計学的有意水準は 5% 未満とした.

II - 2. 結果

各方向転換走タイムおよび各方向転換時の接地時間の違いを表 2 に示した. front-step cutting 走タイムは back-step cutting 走タイムに比べて有意に速いタイムを記録した ($p < 0.01$). また, front-step cutting 走における方向転換時の接地時間は, back-step cutting 走における方向転換時の接地時間に比べて有意に短かった ($p < 0.01$).

Impact absorption phase および propulsion phase における各方向転換動作の体幹傾斜変位量の違いを表 3 に示した. Propulsion phase においては front-step cutting 走と back-step cutting 走との間に統計学的な差は見られなかったものの, impact absorption phase においては back-step cutting 走が front-step cutting 走に比べて前額面上での体幹傾斜変位量が有意に大きかった ($p < 0.01$).

Impact absorption phase および propulsion phase における各方向転換動作の体幹傾斜変位量の違いを表 3 に示した. Propulsion phase においては front-step cutting 走と back-step cutting 走との間に統計学的な差は見られなかったものの, impact absorption phase においては back-step cutting 走が front-step cutting 走に比べて前額面上での体幹傾斜変位量が有意に大きかった ($p < 0.01$).

表 2. 方向転換走タイムおよび接地時間の比較

	front-step cutting	back-step cutting
agility test time (s)	4.00±0.20	4.23±0.21 **
ground contact time (s)	0.17±0.03	0.26±0.04 **

** : Indicated significant (p<0.01) from front-step cutting

各方向転換時の接地時間と impact absorption phase および propulsion phase における各方向転換動作の体幹傾斜変位量との関係を表 4 に示した。Back-step cutting 走における接地時間と impact absorption phase での体幹傾斜変位量との間に統計学的に有意な相関関係が認められた (r=0.62, p<0.01)。一方, front-step cutting 走における接地時間と体幹傾斜変位量, および back-step cutting 走における接地時間と propulsion phase での体幹傾斜変位量との間には統計学的に有意な相関関係は見られなかった。

II-3. 考察

Back-step cutting は front-step cutting に比べて

走タイムは有意に遅く, 接地時間は有意に長かった(表 2)。塩川ら(1998) も本研究と同様の結果を示しており, 方向転換角度が同じであっても, 転換の方向によって方向転換のパフォーマンスは異なるということが考えられた。Young et al. (2002) は, 優れた方向転換能力には接地時間が関与する reactive strength が重要であることを報告しており, 塩川ら(1998) は直角方向転換走タイムと接地時間との間には相関関係があることを示している。このことから, 優れた方向転換能力には方向転換時の接地時間が影響を及ぼしていることが考えられ, この接地時間の差が front-step cutting と back-step cutting のパフォーマンスの差異を生じさせている一因であることが考えられた。

表 3. impact absorption phase および propulsion phase における体幹傾斜変位量の比較

	front-step cutting	back-step cutting
impact absorption phase (deg)	1.8 ± 1.1	7.2 ± 6.3 **
propulsion phase (deg)	8.5 ± 5.9	9.1 ± 6.5

** : Indicated significant (p<0.01) from front-step cutting

表 4. 接地時間と体幹傾斜変位量との相関関係

	impact absorption phase	propulsion phase
ground contact time of front-step cutting	0.20	0.37
ground contact time of back-step cutting	0.62 **	0.04

** : p<0.01

II-3. 考察

Back-step cutting は front-step cutting に比べて走タイムは有意に遅く、接地時間は有意に長かった(表 2). 塩川ら(1998) も本研究と同様の結果を示しており、方向転換角度が同じであっても、転換の方向によって方向転換のパフォーマンスは異なるということが考えられた. Young et al. (2002) は、優れた方向転換能力には接地時間が関与する reactive strength が重要であることを報告しており、塩川ら(1998) は直角方向転換走タイムと接地時間との間には相関関係があることを示している. このことから、優れた方向転換能力には方向転換時の接地時間が影響を及ぼしていることが考えられ、この接地時間の差が front-step cutting と back-step cutting のパフォーマンスの差異を生じさせている一因であることが考えられた.

また、本研究では方向転換動作を評価する指標として、体幹傾斜変位量を用いて体幹の安定性について検討した. 先行研究では方向転換動作を 2 つの局面に分解して考えており(Neptune et al. 1999) (塩川ら, 1998) (Young et al. 2002) , 本研究においても impact absorption phase と propulsion phase の 2 局面から体幹傾斜変位量と接地時間の関係性について検討した.

Impact absorption phase において、back-step cutting での体幹傾斜変位量が front-step cutting に比べて有意に大きかった(表 3). また、impact absorption phase において体幹傾斜変位量が大きくなるほど、back-step cutting での接地時間が長くなった(表 4). このことから、後方への方向転換動作の接地時間を遅延させている原因のひとつに、impact absorption phase での体幹安定性の欠如が考えられた. 方向転換動作と体幹安定性についての研究は、これまでもいくつかなされている (Patla et al. 1999) (Houck et al. 2006). Patla et al. (1999) は、方向転換の角度を増大させると、前額面上での体幹変位量および水平面上での体幹回旋角度が増大することを報告している. また Houck

et al. (2006) は、方向転換の方向およびタイミングを予測できないと、前額面上での体幹外方傾斜角度が増大することを報告している. これら前額面上における体幹の変化は、ヒトが身体重心をコントロールするために示す姿勢制御によるものと考えられる (Patla et al. 1999) (Houck et al. 2006). つまり back-step cutting でみられた impact absorption phase での過剰な体幹傾斜角変位量から、特に後方への方向転換動作は身体重心のコントロールが難しい方向転換技術であることが考えられた. 姿勢制御システムには、①空間中における身体の位置と動きを調節するために感覚情報を統合すること、②身体位置を制御するために必要となる力を作り出す能力、が求められる (Anne and Marjorie, 1999). つまり、姿勢制御には単なる筋力やパワーといった力学的応答だけでなく、筋骨格系および神経系の複雑な相互作用が必要であり、特に back-step cutting は姿勢制御システムによる身体重心のコントロールが非常に難しい方向転換技術であると考えられた. このことが、back-step cutting における接地時間の増大や、impact absorption phase から propulsion phase へのスムーズな局面移行を妨げ、後方への方向転換能力に影響を及ぼしている要因となっていることが考えられた.

McLean et al. (2005) は、ACL 損傷予防のためのスクリーニング評価方法を確立するため、side step, side jump および shuttle run task の二次元動作解析と三次元動作解析の適合性評価を行っており、主に前額面上で生じる運動に対しては二次元動作解析の有用性を報告している. 本実験で用いた二次元動作解析の手法も彼らの報告と同様に前額面上の運動に対する動作評価であり、一定の有用性は考えられるが、特に体幹の動きに対する二次元動作解析と三次元動作解析との詳細な適合性評価については、今後の検討課題とする.

III. 実際のサッカー競技現場における後方への方向転換動作に関する検討

Ⅲ-1. 方法

1) 解析対象

解析の対象として用いられた被験者は、熟練したレベルである健常な某大学男子サッカー部員 1 名 (Age: 20yrs, Height: 175.0 cm, Weight: 71.0 kg, Soccer Experience: 12 yrs) であった。被験者は全日本大学選抜、および J リーグ強化指定選手に選出される競技レベルであり、ポジションは守備的 MF であった。

解析に用いられた映像は、関東大学サッカーリーグ戦で撮影された、自陣 1 対 1 での守備の局面における左脚での後方への方向転換動作 1 例であった。被験者が出場している関東大学サッカーリーグ戦を 6 台のデジタルビデオカメラで撮影し、そのうち被験者による後方への方向転換動作が鮮明に撮影されている 3 台のビデオカメラ映像を選抜し、解析映像として用いた。尚、解析に用いた映像は、バックスタンド中央から撮影された映像と 2 台の自陣ゴール裏スタンドから撮影された映像であった。

2) 解析方法

実際の競技映像からの動作解析には、Krosshaug and Bahr (2005) が開発した model-based image-matching technique を用いた。Model-based

image-matching technique は、三次元モデリングソフトウェアである Poser 4 および Poser Pro Pack (Curious Labs 製) を用いて行った。

撮影された映像をパーソナルコンピューター (FMV-BIBLO MG50M/T Reg, 富士通株式会社製) に取り込み、その後映像編集ソフト Adobe After Effect version 7.0 (Adobe Systems Inc. 製) を用い、3 つの映像を同期化させた上で、AVI ファイルとして保存した。同期化された 3 つの映像に背景(サッカーコートのラインおよびサッカーゴール) および骨格モデルをマッチングさせ、三次元的動作構築を行った (図 3, 図 4)。骨格モデルは足部, 下腿部, 大腿部, 骨盤, 腰部, 胸部, 頸部, 頭部, 上腕部, 前腕部, 手部から構成される 17 のセグメントから成り、骨格モデルのマッチングは骨盤から始め、徐々に遠位へと移行していった。

背景および骨格のモデリングが完了した後に、実際の方向転換動作における各関節の角度変化を算出した。本実験では特に、サッカー競技動作中における後方への方向転換時の膝関節, 股関節および体幹における経時的関節角度変化について検討した。

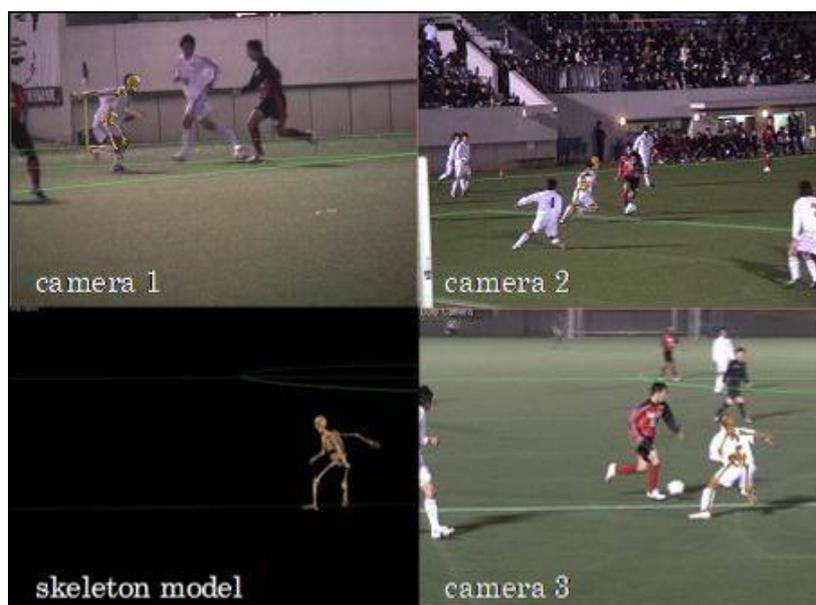


図 3. 背景および骨格モデルのマッチング

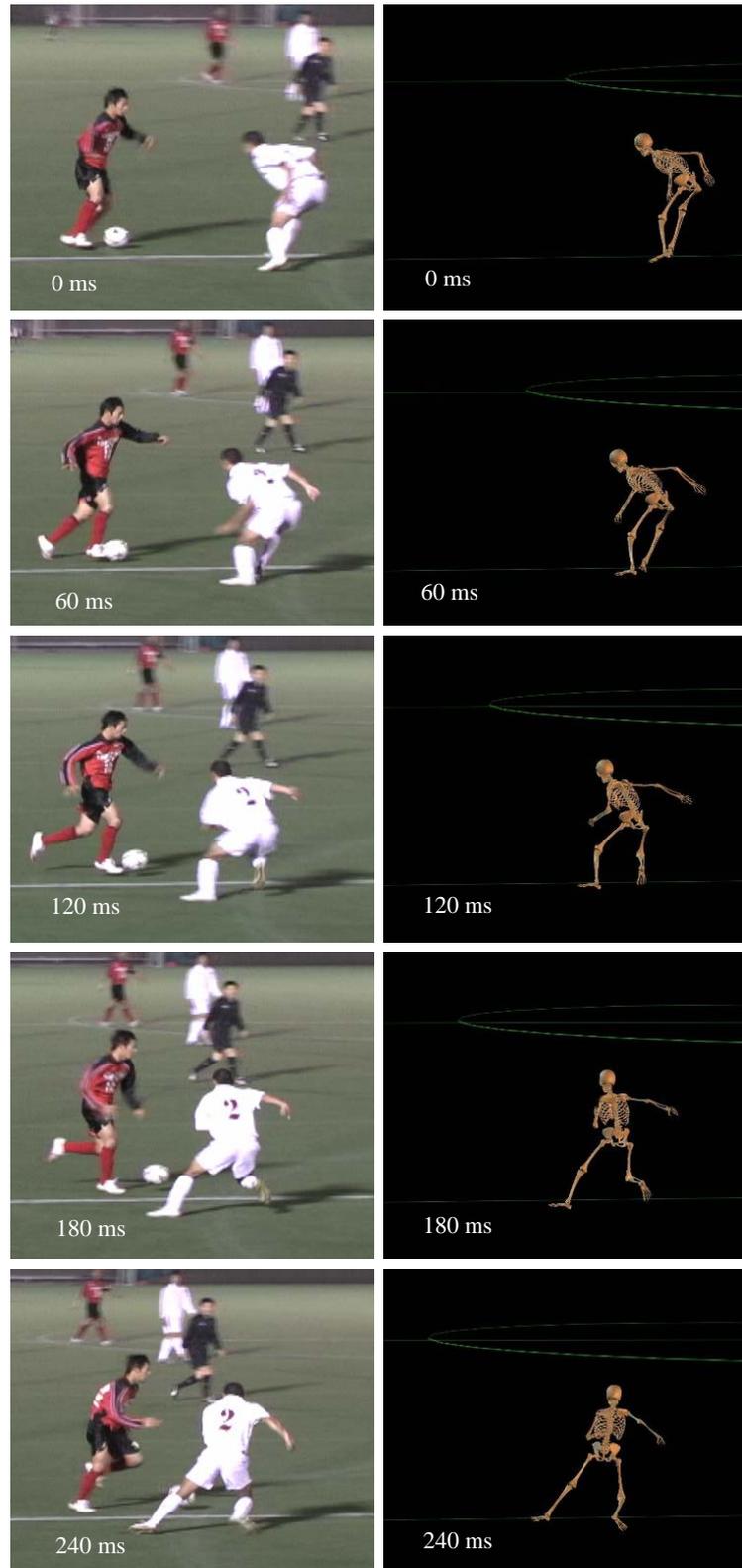


図 4. 校正前のビデオ映像(左)

Model-based image-matching technique を用いた三次元的動作構築(右)

Ⅲ-2. 結果

実際のサッカー競技現場で行われた後方への方向転換動作における矢状面での膝関節, 股関節および体幹の角度変化を図 5-1 ~ 3 に示した. 図 4 の画像内に示した時間は, 図 5-1 ~ 3 の stance phase 時間に対応している. なお, 接地後 120ms で膝関節最大屈曲位となった.

矢状面での膝関節, 股関節および体幹の角度変化を図 5-1 に示した. 膝関節最大屈曲位までの間, 膝関節は 50deg ~ 57deg, 股関節は 47deg ~ 52deg の範囲内に保たれており, その後膝関節および股関節ともに急激な伸展運動を行っていた. また体幹は, 接地から離地までの間, 30deg ~ 45deg の範囲で前傾姿勢を保ちながら後方への方向転換動作を行っ

ていた.

同様に, 膝関節, 股関節および体幹の回旋角度変化を図 5-2 に示した. 後方への方向転換動作における回旋運動は, 膝関節や体幹よりも股関節で大きく行われていた. 股関節においても, 膝関節最大屈曲位までは大きな角度変化は見られなかったものの, 膝関節最大屈曲後に急激な回旋運動が見られた.

同様に, 体幹の側傾角度変化を図 5-3 に示した. 後方への方向転換動作における体幹は右側傾位で接地後, 徐々に左方向に側傾していく傾向を示した. しかしながら, 側傾の角度変化は左 4deg 側傾 ~ 右 3deg 側傾と一定の姿勢を保ちながら後方への方向転換動作を行っていた.

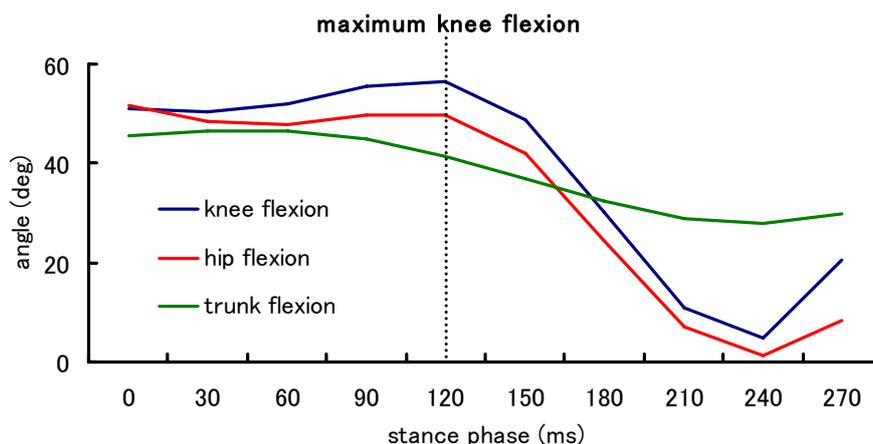


図 5-1. 矢状面での膝関節, 股関節および体幹の角度変化

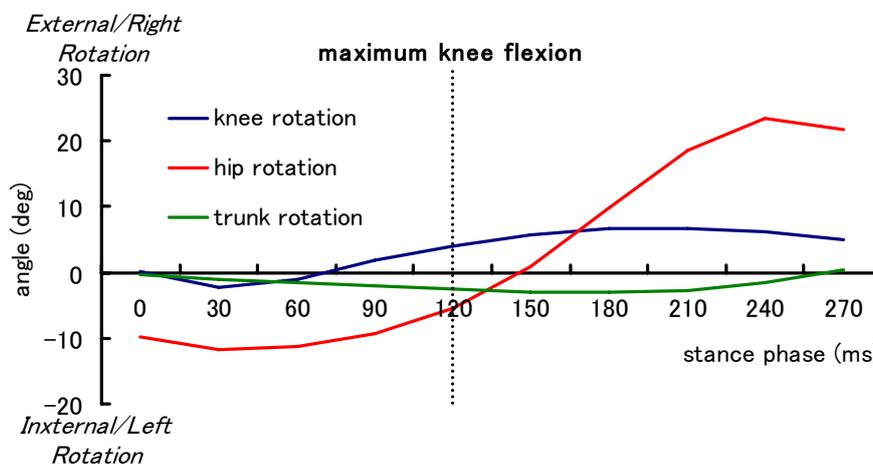


図 5-2. 膝関節, 股関節および体幹の回旋角度変化

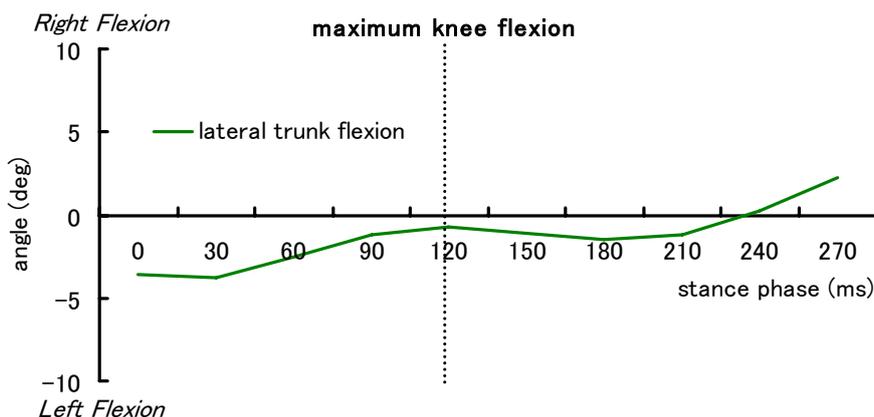


図 5-3. 体幹の側傾角度変化

III-3. 考察

本研究は、近年新しい手法として注目されている model-based image-matching technique を用いて実際の競技現場における後方への方向転換動作の解析を試みた。これは、複数台の較正前ビデオ映像から実際の動作の再構築を行う手法であり、複数台のビデオ映像を用いることでより正確な動作評価を可能とすることが報告されている (Krosshaug and Bahr, 2005)。元来、実験室的研究では限界があると考えられている非接触型膝前十字靭帯損傷メカニズムを解析するために開発されたこの手法が、競技パフォーマンスの評価にも応用できるのではないかと考え、今回、実際の競技現場における後方への方向転換動作の解析を行った。解析に用いた方向転換動作は、自陣 1 対 1 の局面において相手選手のドリブルに対してしっかりと対応できている、よい実践例であると考え。このことから、後方への方向転換パフォーマンスの優れた実践例では、どのような動作が行われているのかを実際の競技映像から検討した。

矢状面において、膝関節および股関節は膝関節最大屈曲位まで 47deg ~ 57deg 屈曲位を保ち、また体幹は一定の前傾姿勢を保ちながら後方への方向転換動作を行っていた(図 5-1)。このことから、後方への方向転換動作には低い重心姿勢と適度な前傾姿勢が大切であることが考えられる。Sayers(2000) は、スプリントの加速局面と同様に、

アジリティ種目の減速局面においても低重心と前傾姿勢が重要であることを述べている。優れた後方への方向転換パフォーマンスを行う上では、低重心と前傾姿勢を保ちながら最適な加速・減速を行うことが必要であると考えられる。

また、後方への方向転換動作における回旋運動は、主に股関節を中心として行われていた(図 5-2)。特に股関節では、膝関節最大屈曲位まで内旋 12deg ~ 内旋 6deg という一定の範囲のみの運動であったが、膝関節の伸展運動と共に内旋 6deg ~ 外旋 22deg までの急激な回旋運動が行われた。このことから後方への方向転換動作において、膝関節最大屈曲位までは関節を安定させることで減速を行い、その後大きな推進力を生み出していることが考えられた。しかしながら、反射球を用いた model-based image matching technique の適合性の検討では、回旋運動に対する測定誤差が最も大きかった(Krosshaug and Bahr, 2005)。本研究では実際のサッカー競技現場における方向転換動作を解析しているため、従来的手法を用いた測定方法との測定誤差を検討することは不可能であった。しかしながら、先行研究においては股関節で平均 13.9deg、膝関節で平均 9.1deg の誤差が報告されている(Krosshaug and Bahr, 2005)。これらのことから、本研究における回旋運動についても 10deg 程度の測定誤差が見られていることは十分に考えられ、model-based image matching technique のみで

回旋運動を評価することは不十分であり、今後、実験室的研究と併せてより詳細なデータを得ていく必要があると考える。

体幹のキネマティクスを見てみると、矢状面で屈曲 30deg ~ 屈曲 45deg, 水平面で右 4deg 回旋 ~ 左 1deg 回旋, 前額面で左 4deg 側傾 ~ 右 3deg 側傾と、非常に安定した状態で後方への方向転換動作を行っていた(図 5-1, 5-2, 5-3)。優れた方向転換パフォーマンスには、この体幹の安定性が非常に重要であると考えられる。Kilber et al. (2006) は、末梢にあるセグメントを安定させるために体幹安定性が非常に重要であることを述べている。スポーツ動作を行う上で体幹部は全ての運動連鎖の中心に位置している。つまり、体幹を含めた身体中枢部での微小な変化は、鞭のしなりのように身体末梢部にて大きな変化を生むことが考えられる。Kilber et al. (2006) は、体幹の筋力やバランス、動きをコントロールすることにより、上肢から下肢への双方の運動連鎖を最大限に発揮することが可能となることを述べている。

Sigward and Powers(2006) は、異なる運動経験年数の選手に行わせたカッティング動作の研究において、運動経験の差は関節角度に大きな違いを生じさせないものの、関節モーメントに影響を及ぼすことを報告している。また Besier et al.(2001) は、刺激への反応を伴ったカッティング動作は、予期した状態でのカッティング転換動作に比べて、下肢関節への負荷が増大することを報告している。これら下肢関節への負荷の増大は、下肢関節の影響のみならず、上半身を含めた体幹の影響を受けてのことであることが推察される。つまり、体幹部の不安定性は最適な運動連鎖を妨げ、競技パフォーマンスや傷害発生にも影響を及ぼすことが考えられる。これらのことから、実際のサッカー競技現場において優れた後方への方向転換パフォーマンスを行うためには、体幹の安定性が非常に重要であることが考えられた。

以上のことから、実際の競技現場における後方

への方向転換パフォーマンスの優れた実践例では、低重心と適度な前傾姿勢による下肢関節および体幹の安定化が行われていた。特にサッカーのような刻一刻と状況が変化する中で行われるオープンスキルの競技や、複数の因子が相互に関与して行われている方向転換動作のようなパフォーマンス評価の検討には、実際の映像から三次元的動作構築を行う model-based image-matching technique が非常に有用な手法であることが考えられた。

IV. 総合考察

これまでにも、前方への方向転換走パフォーマンスと counter-movement jump や reactive strength といった体力的要素が大きく関与しているという報告は見られるものの(Young et al. 2002)(塩川ら, 1998)、後方への方向転換走パフォーマンスと体力的要素との関係性は報告されていない。本研究は、後方への方向転換走パフォーマンスにはどのような要因が関与しているのか、また実際のサッカー競技現場において行われている後方への方向転換動作はどのようなものなのかを、詳細に解析した最初の論文である。

II 章では、後方への方向転換動作において、体幹傾斜変位量と接地時間との間に正の相関関係が認められた。このことから、後方への方向転換能力には体力的要因のみならず身体重心をコントロールするために体幹を安定させる技術的要因が関与していることが示唆された。特に前方と後方への方向転換動作において違いが見られた impact absorption phase における体幹の不安定性が、後方への方向転換動作の接地時間を延長させていることが考えられた。III 章で検討した優れた後方への方向転換動作の実践例においても、体幹を安定させ、適度な前傾姿勢を保った状態で方向転換動作が行われていた。これらのことから、後方への方向転換能力を向上させるためには、特に impact absorption phase で身体重心をコントロールし、体幹の安定性を保ったまま方向転換動作を行うこと

ができるようになる必要があると考えられた。

実際のサッカー競技現場において、攻撃における方向転換動作は前向きでの方向転換動作であり、自分にイニシアティブがある動きである。一方で、守備における方向転換動作は後ろ向きでの方向転換動作であり、相手にイニシアティブのある動きである。II章で行った異なる方向への方向転換能力についての実験的研究は、前方および後方ともに能動的な条件で行った研究である。しかしながら、前方への方向転換動作と後方への方向転換動作には有意な差異がみられ、また後方への方向転換能力には体幹安定性との関係性が認められた。実際の指導現場において、現場の指導者はより簡便かつ定量的な方法で選手を評価し、その場で選手にフィードバックすることにより、より効果的な指導が可能となる。本研究で用いた評価項目を用いることにより、後方への方向転換能力を評価する際や、後方への方向転換動作を交えたトレーニングを行う際の有用な指標になりうる事が考えられた。

また、サッカーやバスケットといった対敵動作を伴った競技は、刻々と状況が変化する中で予測不可能な周囲の刺激に対しての反応が求められる「オープンスキル」と呼ばれる競技である。これらオープンスキルの競技パフォーマンスを評価するためには、実際の競技現場で起こっている競技動作そのものを抽出して解析することが必要である。限りなく実際の競技動作に近づけた擬似的な動作を再現したとしても、予め動作や状況がわかっている中で行われる擬似的な実験的研究では、実際の競技動作を忠実に再現することは不可能である。III章で行った model-based image matching technique を用いた映像からの三次元的動作構築により、実際の競技動作を詳細に解析することが可能となった。しかしながら、この手法は莫大な時間や手間および特別なソフトウェアが必要であり、全ての人が容易に行うことは困難である。II章で用いた二次元動作解析の手法を用いることにより、実際の競技現場で行われている方向転換動作の特徴

を知ることが可能となる。今後は、実際のフィールド現場においても簡便な二次元動作解析を行うことにより、方向転換動作に問題を抱える選手を抽出したり、優れた人材の育成や発掘を行っていくとともに、これらの選手に対して model-based image matching technique を用いて、詳細な解析をしていく必要があると考える。

なお、本研究は 2006 年度トップパフォーマンス研究所プロジェクト研究の一環として、当研究所からの助成金を受けて行われた研究である。

参考文献

- Anne S.C. and Marjorie W. (1999) モーターコントロール, 田中繁, 高橋明 監訳, 医歯薬出版株式会社, 東京, 117-120.
- Besier T.F., Lloyd D.G., Ackland T.R., Cochrane J.L. (2001) Anticipatory effects on knee joint loading during running and cutting maneuvers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 33(7), 1176-1181.
- Bloomfield J., Polman R., O'Donoghue P. (2007) Turning movements performed during FA Premier League soccer matches. *J. Sports Sci. Med.*, 6(Supplementum10), 9-10.
- Houck J.R., Duncan A., Haven K.E. (2006) Comparison of frontal plane trunk kinematics and hip and knee moments during anticipated and unanticipated walking and side step cutting tasks. *Gait Posture*, 24, 314-322.
- Kilber W.B., Press J., Sciascia A. (2006) The role of core stability in athletic function. *Sports Med.*, 189-198.
- Krosshaug T. and Bahr R. (2005) A model-based image-matching technique for three dimensional reconstruction of human motion from uncalibrated video sequences. *J. Biomech.*, 38, 919-929.
- Little T. and Williams A.G. (2005) Specificity of

- acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 19(1), 76-78.
- MacLean S.G., Walker K., Ford K.R., Myer G.D., Hewett T.E., van den Bogert A.J. (2005) Evaluation of a two dimensional analysis method as a screening and evaluation tool for anterior cruciate ligament injury. *Br. J. Sports Med.*, 39(6), 355-362.
- Neptune R.R., Wright I.C., Van Den Bogert A.J. (1999) Muscle coordination and function during cutting movements. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31(2), 294-302.
- Patla A.E., Adkin A., Ballard T. (1999) Online steering: coordination and control of body center of mass, head and body reorientation. *Exp. Brain Res.*, 129, 629-634.
- Sayers M. (2000) Running technique for field sports players. *Sports Coach.*, 26-27.
- 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転換能力に関する研究—マツスイッチシステムを用いて—. *サッカー医・科学研究*, 18, 175-179.
- Sigward S. and Powers C.M. (2006) The influence of experience on knee mechanics during side-step cutting in females. *Clin. Biomech. (Bristol, Avon)*, 21(7), 740-747.
- Young W.B., James R., Montgomery I. (2002) Is muscle related to running speed with changes of direction? *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 42, 282-288.
- 財団法人日本サッカー協会技術委員会 (2004) 財団法人日本サッカー協会 2004 U-16 指導指針, 財団法人日本サッカー協会, 東京, 26-51.