

博士論文

サッカー選手における状況判断を伴う方向転換に関する研究

令和2年度

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 コーチング学専攻

川原 布紗子

目次

略 語

表のタイトル一覧..... 1

図のタイトル一覧..... 1

博士論文に関する業績一覧..... 1

第 1 章 緒言 1

第 2 章 文献研究 4

1. 球技種目において生じる運動について 4

2. 球技種目における方向転換について 5

2.1 試合における方向転換 5

2.2 方向転換能力の評価手段 7

2.3 方向転換能力の構成要因 8

1) 認知的要因 8

2) 体力的要因 10

3) 技術的要因 11

(1) 素早い方向転換に関する技術的要因 11

(2) 状況判断の有無によって影響を受ける技術的要因 14

① タイムおよび走速度 14

② ステップパラメータおよび身体重心速度 15

③ 動作 16

2.4 方向転換能力における個別性の検討について 17

3. 球技種目におけるスプリントについて 18

4. 文献研究で得られた知見 20

第 3 章 研究目的および研究課題 23

1.	研究目的	23
2.	研究課題	23
第4章	研究の意義・仮説および限界	25
1.	研究の意義	25
2.	研究の仮説	25
3.	研究の限界	26
4.	作業の仮定	26
第5章	サッカー選手における状況判断を伴う条件下での素早い方向転換の特徴（研究課題 1）.....	27
1.	目的	27
2.	方法	28
2.1	対象者	28
2.2	実験試技	29
2.3	データ収集およびデータ処理	32
2.4	測定方法および算出項目	32
2.5	局面定義	36
2.6	データの規格化	36
2.7	統計処理	36
3.	結果	37
3.1	タイム，ステップパラメータおよび身体重心速度	37
3.2	方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ	37
4.	考察	42
4.1	素早い方向転換におけるタイムの特徴	42
4.2	素早い方向転換におけるステップパラメータおよび身体重心速度の特徴	51
4.3	素早い方向転換動作の特徴	52

5.	要約.....	55
第6章	状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響（研究課題 2-1）.....	56
1.	目的.....	56
2.	方法.....	57
2.1	対象者	57
2.2	実験試技.....	57
2.3	データ収集およびデータ処理	57
2.4	測定方法および算出項目.....	58
2.5	局面定義.....	59
2.6	データの規格化.....	59
2.7	統計処理.....	59
3.	結果.....	59
3.1	タイム, ステップパラメータおよび身体重心速度	59
3.2	方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ	60
4.	考察.....	65
4.1	状況判断の有無がタイム, ステップパラメータおよび身体重心速度に及ぼす影響.....	65
4.2	状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響.....	74
5.	要約.....	77
第7章	状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響における個別性（研究課題 2-2）	78
1.	目的.....	78
2.	方法.....	79
2.1	対象者	79
2.2	実験試技.....	79

2.3	データ収集およびデータ処理	79
2.4	測定方法および算出項目	79
2.5	局面定義.....	81
2.6	データの規格化.....	81
3.	結果	81
3.1	タイム, ステップパラメータおよび身体重心速度	81
3.2	方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ	87
4.	考察	90
4.1	状況判断の有無がタイムに及ぼす影響	99
4.2	状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響.....	101
5.	要約	103
第8章	状況判断を伴う方向転換に優れているサッカー選手におけるスプリント走動作	
	の特徴 (研究課題 3).....	104
1.	目的	104
2.	方法	105
2.1	対象者	105
2.2	実験試技.....	105
2.3	データ収集およびデータ処理	105
2.4	測定方法および算出項目	106
2.5	局面定義.....	107
2.6	データの規格化.....	107
2.7	統計処理.....	107
3.	結果	107
3.1	13 m スプリント走のタイム, ステップパラメータおよび身体重心速度 ...	107
3.2	13 m スプリント走動作におけるキネマティクスパラメータ	108

4.	考察.....	108
5.	要約.....	122
第9章	討論	123
1.	サッカー選手における状況判断を伴う方向転換およびスプリントについて...	124
2.	トレーニング現場への示唆.....	126
2.1	方向転換能力の評価について	126
2.2	方向転換能力のトレーニングについて	128
第10章	結論	131
	謝辞	133
	参考文献	134

略 語

本研究で用いる略語は以下の通りである.

BAT: Backward agility test

光刺激による状況判断を伴う 135 度の方向転換を含む方向転換走.

BAT-PP: BAT における Pre-planned 条件

BAT において, あらかじめ決められた移動方向への方向転換を行う条件.

COD: Change of direction

方向転換.

CGV: Velocity of center of gravity

身体重心速度.

表のタイトル一覧

Table 1	Mean Sprint time (\pm SD) and BAT time (\pm SD) of fast group and slow group.	39
Table 2	Step parameters (\pm SD) of fast group and slow group.....	40
Table 3	Mean BAT time (\pm SD) and BAT-PP time (\pm SD).....	61
Table 4	Step parameters (\pm SD) of BAT and BAT-PP.....	62
Table 5	Age, height and body mass of subject A, D, L, M.....	80
Table 6	BAT time and BAT-PP time of subject A, D, L, M.....	84
Table 7	Step parameters of subject A, D, L, M.	85
Table 8	Mean sprint time (\pm SD) of BAT fast group and BAT slow group.....	109
Table 9	Mean step parameters during sprint running (\pm SD) of BAT fast group and BAT slow group.....	110

図のタイトル一覧

Fig. 1	Test set-up.	31
Fig. 2	Analysis target range.....	33
Fig. 3	Relationship between BAT time and sprint time.	38
Fig. 4	CGV parameters of fast group and slow group.....	41
Fig. 5	CG height parameters of fast group and slow group.....	43
Fig. 6	Body lean angle (Frontal) of fast group and slow group.	44
Fig. 7	Body lean angle (Sagittal) of fast group and slow group.....	45
Fig. 8	Shoulder rotation angle of fast group and slow group.	46
Fig. 9	Pelvis rotation angle of fast group and slow group.	47
Fig. 10	Hip joint angle of fast group and slow group.....	48
Fig. 11	Knee joint angle of fast group and slow group.....	49
Fig. 12	Ankle joint angle of fast group and slow group.	50
Fig. 13	CGV parameters of BAT and BAT-PP.	63
Fig. 14	CG height parameters of BAT and BAT-PP.....	66
Fig. 15	Body lean angle (Frontal) of BAT and BAT-PP.....	67
Fig. 16	Body lean angle (Sagittal) of BAT and BAT-PP.	68
Fig. 17	Shoulder rotation angle of BAT and BAT-PP.....	69
Fig. 18	Pelvis rotation angle of BAT and BAT-PP.....	70
Fig. 19	Hip joint angle of BAT and BAT-PP.....	71
Fig. 20	Knee joint angle of BAT and BAT-PP.	72
Fig. 21	Ankle joint angle of BAT and BAT-PP.....	73
Fig. 22	CGV parameters of subject A, D, L, M.....	86
Fig. 23	CG height parameters of subject A, D, L, M.....	91

Fig. 24	Body lean angle (frontal) of subject A, D, L, M.....	92
Fig. 25	Body lean angle (sagittal) of subject A, D, L, M.	93
Fig. 26	Shoulder rotation angle of subject A, D, L, M.....	94
Fig. 27	Pelvis rotation angle of subject A, D, L, M.	95
Fig. 28	Hip joint angle of subject A, D, L, M.....	96
Fig. 29	Knee joint angle of subject A, D, L, M.....	97
Fig. 30	Ankle joint angle of subject A, D, L, M.	98
Fig. 31	CGV during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.....	111
Fig. 32	CG height during sprint running of BAT fast group and BAT slow group...112	
Fig. 33	Body lean angle (frontal) during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.	113
Fig. 34	Body lean angle (sagittal) during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.	114
Fig. 35	Sholder rotation angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.....	115
Fig. 36	Plevis rotation angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.....	116
Fig. 37	Hip joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.	117
Fig. 38	Knee joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.	118
Fig. 39	Ankle joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.	119

博士論文に関する業績一覧

本論文は、以下に示した投稿論文、学会発表、関連学会発表をまとめたものである。

【原著論文】

川原布紗子・吉田拓矢・野中愛里・九鬼靖太・谷川聡（2019）後方への素早い方向転換動作. 体育学研究, 64(2): 521-534.

川原布紗子・吉田拓矢・野中愛里・谷川聡（2021）光刺激による状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響. 体育学研究, 66(1): 70-90.

【学会発表】

川原布紗子・吉田拓矢・九鬼靖太・谷川聡：サッカーの守備局面における方向転換動作.
日本コーチング学会第29回大会: 2018年3月.

Kawahara F., Yoshida T., Kuki S., Tanigawa S.: Change of direction motion during the defensive phase in soccer players. The 36th International Conference on Biomechanics in Sports: 2018年9月.

川原布紗子・吉田拓矢・野中愛里・谷川聡：状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響.
日本体育学会第70回大会: 2019年9月.

川原布紗子・吉田拓矢・関子あまね・小井土正亮・谷川聡：状況判断を伴った方向転換能力と体力的要因の関係-下肢関節の力発揮特性からの検討-. 日本フットボール学会 16th Congress: 2019年12月.

【学会賞】

日本コーチング学会第29回大会（2018）優秀発表賞. [研究題目] サッカーの守備局面における方向転換動作.

第1章 緒言

サッカー、バスケットボール、ハンドボールなどの球技種目は、競技中、状況判断が要求される中で多方向への動きを含むスポーツ種目として知られている (Taylor et al., 2017). 特に、サッカーにおいては、1試合に約700回の方向転換が発生し (Bloomfield et al., 2007), ほかの球技種目と比較して、その回数が多いとされている (Taylor et al., 2017). さらに、試合中の方向転換角度は0度から180度とされており (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007), 相手選手よりも素早く動くことが求められている (中山, 2010). 上述した背景から、方向転換走が選手の体力評価およびタレント評価のためのテスト運動として用いられていること (Nimphius et al., 2018; 西嶋ほか, 2002; 津越・浅井, 2010; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006) を踏まえると、状況判断を伴う中で素早い方向転換を行うことは、サッカー選手の競技パフォーマンスを構成するための重要な能力であるといえる.

これまでに、状況判断を伴う素早い方向転換に関する研究は、いくつか実施されているが (Ohtsuki et al., 1987; Spiteri et al., 2015; Wheeler and Sayer, 2010), 動作に関する検討は数少なく、方向転換角度が60度以下における試技がほとんどである. 方向転換角度が60度を超える試技を対象とした素早い方向転換に関する研究では、方向転換時に身体重心速度や身体重心高を維持すること (Hewit et al., 2011; Shimokochi et al., 2013), ピッチとストライドの調整 (Hewit et al., 2013), 身体の内傾 (鈴木・榎本, 2008) および下肢の伸展 (木村・桜井, 2010; 鈴木ほか, 2010) が重要であると報告されている. しかし、これらの研究はあらかじめ移動方向が決められている試技を対象としているため、状況判断を伴う素早い方向転換では異なる可能性がある.

一方、実際のトレーニング現場においては、状況判断を伴わない条件下で方向転換能力に関する評価 (岡本, 2015; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006) やトレーニング (乾, 2011; 勝原・朝倉, 2013; Polman et al., 2004) が実施されていることが多いが、Wheeler and Sayers (2010) は、トレーニングにおける状況判断要素の欠落は誤った動作

パターンを習得する可能性があることを指摘している。このことを踏まえると、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を明らかにすることは、状況判断を伴う球技種目における方向転換能力向上を目指す上で重要な意味をもつといえる。これまでに、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討した研究は数多く行われているが (Besier et al., 2001; Cortes et al., 2011; Dempsey et al., 2009; Henry et al., 2011; 木村・桜井, 2010), これらの研究は主にスポーツ傷害予防の観点から行われている。パフォーマンスとスポーツ傷害予防について, Paul et al. (2016) は, パフォーマンスと傷害は必ずしも独立してみられるべきではないが, 傷害予防の観点から検討された結果をパフォーマンスの向上に直接当てはめるべきではないと指摘していることから, パフォーマンスの観点からも状況判断が方向転換に及ぼす影響を明らかにする必要があるといえる。

加えて, サッカーでは, 方向転換に加えて, 短時間で素早く走る, いわゆるスプリントが直線でも発生している。Barnes et al. (2014) は, 近年の試合において, スプリント回数とスプリント距離が漸進的に多くなっていることを報告していることから, サッカー選手におけるスプリント能力は近年重要性が高まっていると考えられる。これまで, サッカー選手を対象としたスプリントに関する研究では, より高い走速度の獲得を目的とした観点から, その特徴が示されてきた (岩壁ほか, 1995; Nagahara et al., 2018; 奥平ほか, 2019)。その一方で, 杉本 (2018) は, サッカーでは高い走速度だけでなく, 急激な加減速, ジャンプおよび様々な方向への方向転換などに対応するために走りコントロールすることが求められていると指摘している。したがって, サッカー選手のスプリント能力を改善していく際には, 方向転換などの動きの変化への対応を可能にしながらも素早くスプリントを達成する必要があると考えられるが, そのような観点から検討した研究は見当たらない。

以上のことから, パフォーマンスの観点において, サッカー選手を対象に, 状況判断を伴う素早い方向転換の特徴および状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を明らかにした上で, 方向転換能力を考慮したスプリント走の特徴を明らかにすることは, サッカー選手

における方向転換能力およびスプリント能力向上のため評価およびのトレーニング手段の
選択，創造，設計における基礎的知見になることが考えられる。

第2章 文献研究

1. 球技種目において生じる運動について

サッカー、バスケットボール、ハンドボールなどの球技種目は、競技中、常に変化する状況に合わせて多方向への動きが発生するスポーツ種目として知られている (Taylor et al., 2017). そこで、ここでは球技種目において生じる運動に関する研究を概観する。

球技種目における競技中に発生する運動について、サッカーでは、1試合あたりの総走行距離は10 km 以上 (Bradley et al., 2010; Dalen et al., 2016; Mallo et al., 2015; Wehbe et al., 2014), スプリントは、約7回から約36回行われていたこと (Bradley et al., 2010; Wehbe et al., 2014) が報告されている。加えて、2006年から2012年の6年間では、1試合中の総走行距離は変わらないものの、スプリント回数とスプリント距離が漸進的に多くなっていたことが示されている (Barnes et al., 2014)。また、方向転換では、0度から180度の様々な角度において (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007), 1試合あたり約700回発生しており (Bloomfield et al., 2007), ほかの種目と比較してその回数が多いとされている (Taylor et al., 2017)。バスケットボールでは、1試合あたりの総走行距離は約6 km, スプリント回数は約18回 (Scanlan et al., 2011), 方向転換は約345回 (McInnes et al., 1995) 発生しており, ほかの種目と比較して横方向への移動頻度が高いと指摘されている (Taylor et al., 2017)。さらに、ハンドボールでは、1試合あたりの総走行距離は約4.4 km, スプリント回数は約20回 (Póvoas et al., 2014), 方向転換は1分間に1回行われていること (Luteberget and Spencer, 2017) が示されている。これらの報告に加えて、球技種目では、相手選手よりも素早く動くことが求められている (公益財団法人日本バスケットボール協会編, 2016; 中山, 2010)。

以上のことから、球技種目では、スプリントや方向転換を用いてより素早く移動することが求められ、特にサッカーでは、ほかの球技種目より方向転換の回数が多い上に、スプリント能力の重要性が高まっていることから、様々な方向への素早い移動が必要な種目で

あることが考えられる。

2. 球技種目における方向転換について

2.1 試合における方向転換

上述したように、多くの球技種目では、競技中に方向転換が発生している (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007; Luteberget and Spencer, 2017; McInnes et al., 1995)。実際の競技中における方向転換は、試合映像 (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007; McInnes et al., 1995) またはトラッキングシステム (Luteberget and Spencer, 2017) を用いた Time-motion 分析によってその回数と角度が定量化されている。種目ごとにみると、バスケットボールでは、1 試合に約 345 回の方向転換が発生し (McInnes et al., 1995)、ほかの種目と比較して横方向への移動頻度が高いと指摘されている (Taylor et al., 2017)。また、ハンドボールでは、1 分間に 1 回方向転換が行われていること (Luteberget and Spencer, 2017)、サッカーでは、0 度から 180 度の様々な角度において (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007)、約 700 回方向転換が発生しており (Bloomfield et al., 2007)、ほかの種目と比較してその回数が多いとされている (Taylor et al., 2017)。

方向転換の発生回数が多いサッカーでは、西嶋ほか (2002) が、サッカータレントの構成要因に、「守備時に相手と対峙した場合の対応動作」を挙げており、特に相手の動きに合わせた方向転換能力が重要とされている。競技中に発生する方向転換をポジション別にみたところ、守備の機会が多いディフェンダーはほかのポジションより 90 度から 180 度の方向転換が多いと報告されていること (Ade et al., 2016) を踏まえると、守備では、90 度から 180 度の方向転換において、刺激が提示された方向に素早く方向転換を行うことが求められるといえる。

「守備時に相手と対峙した場合の対応動作」として、具体的には 1 対 1 における守備時の動作が考えられる。1 対 1 の守備では、ボールを保持する相手選手に対して素早くプレッシャーをかけボールを奪うこと、それが達成できなければゴールを守るためにシュート

やドリブルによる突破，進入を防ぐことが要求される（財団法人日本サッカー協会技術委員会，2012）。優れたパフォーマンスを発揮するためには，外的環境から必要な視覚情報を効率的に抽出し，その情報をもとに状況を的確に判断し正確な運動を行うことが求められる（夏原ほか，2015）ことを踏まえると，1対1における優れた守備では，その状況下における的確な状況判断を経て，相手選手からボールを奪っているもしくは相手選手の突破や進入を防いでいると考えられる。

サッカーにおける状況判断について，中山ほか（1988）は，2対2におけるサッカー選手の状況判断過程モデルにおいて，対象から情報を獲得し自己の能力あるいはほかの選手との相対的力関係に対して評価を下す「状況・能力認知」，局面に対する認知が成立したのちに未来の局面の展開を想像する「状況予測」，その後の局面を先取りする「計画」の過程を経てプレーの決定に至ることを示している。しかし，その状況判断過程ではいつもすべての過程を経ているわけではなく，決定されるプレーに直接関与しない情報は無視され，プレーに必要な情報を，必要な下位過程において処理する機能を備えると述べている。さらに，優れた状況判断では，その状況に対して自己の能力認知を通した状況評価から自己の能力と相手選手の能力を考慮した相対的評価を下せること（中山ほか，1988）が挙げられている。加えて，プレーの決定について，會田（2012）は，選手の個人戦術力における戦術的思考力と技術力は個々に独立して機能するのではなく，選手の戦術的思考力が技術を導くと同時にその時発揮できる選手の技術力が戦術的思考力を限定しており，客観的に見て同じようなゲーム状況であっても，正しいプレーの選択・実行は選手の技術力によって異なることを指摘している。これらのことを踏まえると，サッカー選手は，時々の状況から必要な情報を抽出し，自己の能力だけでなく相手の能力を考慮した相対的な評価を含む過程を経てプレーを決定していること，また決定されたプレーは選手の能力によって異なることが考えられる。

1対1の守備における状況判断に関する研究をみると，これまで視覚から情報を獲得する視覚探索活動について多く検討されており（張ほか，2008; Krzepota et al., 2016;

Nagano et al., 2014), 熟練者は, ボールを保持する相手選手の膝付近に視点を固定し, 周辺視によって情報を獲得している (Nagano et al., 2014) 一方で, ドリブルやパスの遂行によって相手選手の足からボールが離れる際には, ボール (Krzepota et al., 2016; Nagano et al., 2014) や相手選手の足元 (張ほか, 2008; Krzepota et al., 2016) に視線を素早く移し, ボールの移動方向を確認していると報告されている. これらのことから, サッカーにおける状況判断では, 自己の能力と相手の能力を考慮した相対的な評価を含む過程を経てプレーを決定しており, その決定されたプレーは選手の能力によって異なるが, 1対1の守備において, 相手選手に対応する際にはボールの移動方向を確認することが重要であると考えられる.

以上のことから, サッカーにおける1対1の守備では, ボールを保持する相手選手のボールを奪うもしくはシュートやドリブルによる突破, 進入を防ぐために, 自己の能力に加えて対峙する相手の能力を考慮した中でプレーの決定し, 最終的にはボールの移動方向に素早く対応する方向転換が重要であることが考えられる.

2.2 方向転換能力の評価手段

トレーニング現場では, 選手の体力評価およびタレント評価のためのテスト運動として, 方向転換走による方向転換能力の評価が実施されている (関東大学バスケットボール連盟強化部トレーナー部会, 2008; Nimphius et al., 2018; 西嶋ほか, 2002; 津越・浅井, 2010; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006). 方向転換走による方向転換能力の評価について, 競技力が高い選手は, 特に状況判断を伴う方向転換能力に優れていること (Gabbett and Benton, 2009; Green et al., 2011; Lockie et al., 2014; Reilly et al., 2000; Sheppard et al., 2006) や, Jリーグクラブのジュニアユース選手からプロ選手を対象とした研究において方向転換走タイムがトップチームへの昇格と関係している (津越・浅井, 2010) と報告されている. これらの報告から, より高い競技レベルでパフォーマンスを発揮するために, 方向転換走による方向転換能力の評価は非常に重要であると考えられる.

方向転換走による方向転換能力の評価には、種目ごとに様々な方向転換走が用いられている。バスケットボールでは、45度の方向転換を含む Reactive agility test (Henry et al., 2011; Lockie et al., 2014; Spiteri et al., 2014) や、状況判断を伴わない条件下における90度と180度の方向転換を含む T test (Spiteri et al., 2014) および180度の方向転換を含む 5-0-5 test (岡本, 2015; Spiteri et al., 2014) が用いられている。ラグビーでは90度以下の方向転換を含む Reactive agility test (Gabbett et al., 2011) や、状況判断を伴わない条件下における180度の方向転換を含む 5-0-5 test (Gabbett et al., 2008; Gabbett et al., 2011; 岡本, 2015) および Illinois agility test (Gabbett, 2002a, 2002b) が実施されている。サッカーにおいては、状況判断を伴わない条件下における180度の方向転換を含む10m×5 シャトルラン、90度から135度の方向転換を含むステップ50 およびスラロームによる方向転換を含むフォワードランの3つの方向転換走が実施されている(財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006)。これらのことから、それぞれの球技種目において、様々な方向転換走によって方向転換能力が評価されている。しかし、サッカーにおける方向転換能力評価では、競技特性に合わせて様々な角度への方向転換が含まれた方向転換走が実施されている一方で、状況判断を伴わない条件下で行われていることが現状である。

2.3 方向転換能力の構成要因

方向転換は、主にアジリティ (Agility: 敏捷性) における運動で発生している。ここでは、Young et al. (2015) が提唱する侵入型スポーツにおけるアジリティモデルに倣い、認知的要因、体力的要因、技術的要因の3つの観点から、これまで実施されてきた研究を方向転換能力の構成要因として概観する。

1) 認知的要因

方向転換能力における認知的要因において、Young et al. (2015) は、状況判断を伴う方向転換は、相手の動きに関連する情報を把握し素早く正確に反応する能力が要求されると

述べており、反応時間 (Naylor and Greig, 2015; Scanlan et al., 2014)、意思決定時間 (Spiteri et al., 2015; Young and Willey, 2010)、反応の正確性 (Naylor and Greig, 2015) について検討した研究が報告されている。

Scanlan et al. (2014) は、男子バスケットボール選手を対象に、状況判断を伴う方向転換における体力的および認知的要因の影響について検討した。その結果、状況判断を伴う方向転換走タイムと反応時間および意思決定時間との間にそれぞれ正の相関関係が示され、特に反応時間は、状況判断を伴う方向転換走タイムにおける予測因子であることが示された。また、男子オーストラリアンフットボール選手を対象にした研究においても、状況判断を伴う方向転換走タイムと意思決定時間との間に正の相関関係が認められていること (Young and Willey, 2010)、女子バスケットボール選手を対象にした研究では、複数の状況判断を伴う方向転換走において速いタイムを示した対象者は、最初の刺激に対する意思決定時間が有意に短かったこと (Spiteri et al., 2015) が報告されている。さらに、Naylor and Greig (2015) は、団体種目における男子選手を対象に、状況判断を伴う方向転換走に対する形態的特性、筋力および認知的要因の影響について検討した。その結果、状況判断を伴わない方向転換走における最大予測因子はハムストリングスの伸張性筋力であった一方で、状況判断を伴う方向転換走における最大予測因子は反応の正確性であったことが示された。これらのことから、状況判断を伴う方向転換能力では、意思決定までの時間が短いことや反応の正確性が重要であると考えられる。

また、刺激の提示方法として、主に光による刺激、スポーツ特有の状況を再現した映像による刺激および実際の人による刺激の3種類が用いられている (Paul et al., 2016)。その中でも、光による刺激は、様々なスポーツ種目および競技レベルを対象にした研究に用いられ、信頼性および妥当性を得ている (Green et al., 2011; Henry et al., 2011; Lockie et al., 2014; Sekulic et al., 2014)。加えて、Paul et al. (2016) は、光による刺激提示は、いかなる状況においても同じタイミングで刺激を提示できること、市販機器の登場から実験室レベルだけでなく現場レベルにおいても一般的なツールであると述べていることを踏

まえると、光による刺激提示は、研究における移動方向の提示手段として用いられるだけでなく、現場における方向転換能力の評価およびトレーニングにおいても有用であると考えられる。

2) 体力的要因

これまでに、方向転換能力とスプリント能力、ジャンプ能力、筋力などの各種体力的要因との関係性について検討した研究は数多く報告されている。その中でも、方向転換能力とスプリント能力との関係性については、これまで多くの検討がなされてきた。Little and Williams (2005) は、プロサッカー選手を対象として方向転換走タイムとスプリント走タイムとの関係性をみたところ、これらの間には高い相関関係が認められたことを報告している。同様の結果は大学男子サッカー選手を対象にした研究や（笹木ほか, 2011; 塩川ほか, 1998）、高校および大学女子サッカー選手を対象として2種類の方向転換走（Illinois agility test および Pro-agility test）から検討した研究からも報告されている（Vescovi and Mcguigan, 2008）。一方で、Hewit et al. (2013) は、球技種目を専門とする選手を対象にスプリント走と方向転換走を行わせ比較検討したところ、スプリント走が速い選手と方向転換走が速い選手は必ずしも一致しなかったことを指摘している。このほかにも、方向転換能力とスプリント能力は独立した能力であると報告している研究（Little and Williams., 2005; Young et al., 2002）や、直線走が多く含まれている方向転換走は方向転換能力を適切に評価できていない可能性も指摘されている（Nimphius et al., 2018）。また、状況判断を伴う方向転換走を用いた研究において、Scanlan et al. (2014) は、男子バスケットボール選手を対象に、状況判断を伴う方向転換における体力的要因の影響について検討した結果、状況判断を伴う方向転換走タイムとスプリント走タイムには相関関係は認められなかったことが報告されている。これらの報告から、方向転換能力とスプリント能力との関係性は一様ではなく、特に状況判断を伴う方向転換走を用いた場合、スプリント能力との有意な相関関係は認められないことが多く示されている。

方向転換能力とジャンプ能力や筋力との関係性について、笹木ほか（2011）は、大学男子サッカー選手を対象に、3種類の方向転換走（Pro-agility test, 10 m agility shuttle test, Zigzag agility test）と垂直跳との関係性を検討した結果、すべての方向転換走と垂直跳との間に相関関係が認められたことを示している。同様の結果は、高校および大学女子サッカー選手を対象とした研究（Vescovi and Mcguigan, 2008）や、方向転換走とドロップジャンプとの関係性を検討した研究（Castillo-Rodriguez et al., 2012）においても報告されている。また、エリートレベルの男子サッカー選手などを対象に、方向転換能力と筋力との関係性を検討した研究では、方向転換走タイムとハムストリングスの等速性筋力との間に関係性が認められている（Chaouachi et al., 2012; Jones et al., 2009）。その一方で、状況判断を伴わない方向転換走（T test および 5-0-5 test）、状況判断を伴う方向転換走および各種下肢筋力（動的筋力、短縮性筋力、伸張性筋力および等尺性筋力）から、方向転換能力と筋力との関係性について検討した研究では、状況判断を伴わない方向転換走はすべての筋力と負の相関関係を示した一方で、状況判断を伴う方向転換走はいずれの筋力とも有意な相関関係は認められなかったことを報告している（Spiteri et al., 2014）。

以上のことから、方向転換能力と体力的要因との関係性については一概に述べることは難しい上に、状況判断を伴う方向転換では体力的要因との関係性が認められないものが多く、状況判断を伴う方向転換能力における体力的要因の影響は小さいことが考えられる。

3) 技術的要因

(1) 素早い方向転換に関する技術的要因

方向転換能力における技術的要因において、Young et al. (2015) は、方向転換時の加速と減速、ピッチとストライド、身体の傾きや姿勢に分類していることから、それらのパラメータに着目した研究が多く報告されている。加えて、Nimphius et al. (2018) は、方向転換にはトータルタイムでは測定することができない技術的な違いが存在する可能性を指摘し、どのような方法で方向転換を達成したかは実践者に有益な情報を提供すると述べて

いる。これらのことを踏まえると、方向転換における技術的要因は、トレーニング現場において重要性が高いと考えられることから、ここでは方向転換における技術的要因に着目した研究について概観する。

これまでの状況判断を伴う素早い方向転換に関する研究では、Ohtsuki et al. (1987) が、前方にあるターゲットをキャッチする試技において、頭部軌跡と足の着地位置から算出した指標を用いて効果的な方向転換について検討している。その結果、効果的な方向転換では、少ない歩数で、減速量をより小さくしていたことが示された。Wheeler and Sayers (2010) は、ラグビー選手を対象に、状況判断を伴う条件下における方向転換角度が 60 度の試技を用いて素早い方向転換について検討したところ、素早い方向転換を行っていた対象者は、方向転換 1 歩前足および方向転換足支持中に側方への移動速度をより増大させていたこと、方向転換足をより手前で接地させていたことが示された。しかし、これらの研究では動作に関する検討は少ない上に、そのほとんどは方向転換角度が 60 度以下の試技である。方向転換における技術について、方向転換角度が 60 度を超える方向転換ではより大きな減速と移動技術が要求される (Schreurs et al., 2017) と指摘されているにも関わらず、状況判断を伴う条件下において方向転換角度が 60 度を超える試技を対象とした研究は数少ない。方向転換角度の違いに着目した研究では、方向転換角度が大きくなるにつれて、タイム (鈴木・榎本, 2008) と接地時間が長くなること (Condello et al., 2016; Dos'Santos et al., 2019b; 塩川ほか, 1998; 鈴木・榎本, 2008), 方向転換足支持期における身体重心速度の減速量が大きくなること (鈴木・榎本, 2008) および後方への地面反力が増大すること (Haven and Sigward, 2015) が示されている。これらのことから、方向転換角度の違いによって必要な技術的要因が異なる可能性が考えられる。さらに、方向転換角度が 135 度の方向転換は、減速の制御が最も難しい角度であり、方向転換前の 2 歩における減速が方向転換時よりも大きく、方向転換足のみではなく複数のステップを用いて減速していると報告されている (Nedergaard et al., 2014)。したがって、方向転換角度が 60 度を超える方向転換の中でも、特に 135 度の方向転換は技術的要因の影響が大きい方

向転換であると考えられる。

方向転換角度が 60 度を超える試技を用いて素早い方向転換を検討した研究において、Hewit et al. (2013) は、球技種目を専門とする選手を対象に、直線走と 180 度の方向転換走を行わせてこれらを比較したところ、方向転換の加速は直線走の加速よりも平均ストライドおよび 3 歩すべてのストライドが短かったことを報告している。また、方向転換走タイムが速い対象者は遅い対象者よりも方向転換走のピッチが有意に高かったことを示しており、ピッチを高めることは方向転換時における時間的損失を最小限にできることを示唆している。ピッチを高めて接地回数を多くすることは素早い減速を可能にすると指摘されていること (Hewit et al., 2011) を合わせて考えると、ストライドやピッチの調節は減速終了の出現時期や方向転換時の時間的損失に影響することが考えられる。また、Shimokochi et al. (2013) は、女子バスケットボール選手を対象に、180 度の素早い方向転換に影響する動作について検討している。その結果、素早い方向転換の指標である LC-index の予測因子として、最大股関節伸展速度、股関節外転速度、地面反力が作用する角度および身体重心高が示され、素早い方向転換には、より速い股関節伸展動作および低い身体重心高が重要であることを明らかにしている。また、Marshall et al. (2014) は、ハーリング選手を対象に、方向転換角度が 75 度の試技における方向転換走タイムとキネマティクスおよびキネティクスパラメータとの関係性を検討した結果、方向転換走タイムと最大足関節パワー、最大足関節底屈モーメント、前額面上における骨盤傾斜角度の変化量、最大胸部回転角度および接地時間との間にそれぞれ相関関係が認められた。さらに、鈴木ほか (2010) は、球技種目を専門とする男子学生選手を対象に、方向転換角度が 90 度の試技を用いて、合理的な方向転換動作について検討した結果、素早い方向転換を行っている対象者は、方向転換足支持期における接地時間が長かったこと、方向転換足支持期における膝関節屈曲量が大きく、支持期後半の膝関節および股関節の伸展量が大きかったことを報告している。加えて、亀田ほか (2017) は、女子バスケットボール選手を対象に、方向転換角度が 180 度の試技を用いて、素早い方向転換動作について検討した結果、タイムが

速い選手は方向転換時の股関節角度および膝関節角度が有意に大きく、接地後屈曲することなく伸展していたのに対し、タイムが遅い選手は股関節と膝関節を大きく屈曲させた後に伸展動作を行っていたことを示している。

これらのことから、方向転換角度が 60 度を超える試技における素早い方向転換に重要な技術的要因として、方向転換前からの減速、長い接地時間、ピッチおよびストライドの調整、低い身体重心高、身体の回転と傾斜および下肢の伸展が考えられる。しかし、方向転換角度が 60 度を超える試技を対象とした研究は、状況判断を伴わない条件下での試技を対象としているものがほとんどである。そのため、方向転換角度が大きく、状況判断を伴う素早い方向転換において重要である技術的要因についてはさらなる検討が必要であるといえる。

(2) 状況判断の有無によって影響を受ける技術的要因

時々刻々と変化する状況に合わせて方向転換を行う必要がある球技種目において、研究室ベースの方向転換能力評価においては状況判断を伴う方向転換走が用いられている一方で、トレーニング現場においては、状況判断を伴わない条件下で方向転換能力に関する評価（岡本, 2012; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006）やトレーニング（乾, 2011; 勝原・朝倉, 2013; Polman et al., 2004）が実施されていることが多い。Wheeler and Sayers (2010) は、トレーニングにおける状況判断要素の欠落は誤った動作パターンを習得する可能性を指摘していることに加えて、佐藤 (2018) は、方向転換能力の向上のためには方向転換動作の全容を解明する必要があると述べており、状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響を明らかにすることは、球技種目を専門とする選手における方向転換能力の向上において重要な意味をもつといえる。そこで、ここでは、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響に関してこれまでの研究を概観する。

① タイムおよび走速度

Dempsey et al. (2009) は、球技種目を専門とする男子選手を対象に、方向転換角度が

45度の方向転換走において、状況判断を伴う条件と伴わない条件の2種類を実施したところ、状況判断を伴う条件は状況判断を伴わない条件よりも走速度が低かった。また、男子オーストラリアンフットボール選手などを対象にした研究でも同様の結果がみられた(Henry et al., 2011; 木村・桜井, 2010)。また、Cortes et al. (2011) は、大学女子サッカー選手を対象に、状況判断の有無が方向転換中の下肢の力学的要因に及ぼす影響について検討したところ、状況判断を伴う条件下では状況判断を伴わない条件下よりも方向転換前の進入速度が低下することを報告している。さらに、Nimphius et al. (2018) は、一部の対象者は、方向転換における負荷が大きい場合、方向転換前の進入速度を調整する可能性があるとして述べている。

これらのことから、状況判断の有無は、方向転換前および方向転換走におけるトータルタイムや走速度に影響を及ぼすと考えられ、状況判断を伴う場合、タイムが遅くなることや走速度が低下することが考えられる。

② ステップパラメータおよび身体重心速度

方向転換におけるピッチ、ストライドおよび接地時間などのステップパラメータに関して、Spiteri et al. (2015) は、女子バスケットボール選手を対象に、状況判断を伴う方向転換走と状況判断を伴わない方向転換走(5-0-5 test および T test) を実施させた結果、状況判断を伴う方向転換走は T test と比較して接地時間が長いことを示した。Lee et al. (2017) は、サッカー選手を対象に、3種類の状況判断を伴う方向転換走および状況判断を伴わない方向転換走を実施し試技間を比較した結果、状況判断を伴う条件では、伴わない条件よりもストライドが短いことが示された。さらに、木村・桜井(2010) は、成人男性を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討した。その結果、状況判断を伴う条件は状況判断を伴わない条件と比較して方向転換足接地時点から走速度最下点までの減速量が大きく、接地時間が長いことが示された。加えて、Wheeler and Sayers (2010) は、男子ラグビー選手を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討したところ、方向転換1歩前足接地時点および離地時点において、状況判断を伴う条件は、伴わない条件

よりも側方への質量中心速度が低かったと報告している。

これらのことから、状況判断の有無は、接地時間、ストライドおよび方向転換前および方向転換時の速度に影響を及ぼすと考えられ、状況判断を伴う場合、接地時間が長くなること、ストライドが短くなることおよび減速が大きくなることが考えられる。

③ 動作

状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響に関する研究はこれまで数多く行われている。

Houck et al. (2006) は、男女 16 名を対象に、状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響を検討した。その結果、状況判断を伴う条件は、状況判断を伴わない条件と比較して、体幹部が移動方向と反対に傾いていることが示された。男子サッカー選手を対象にした研究においても、同様の結果が示された (Mornieux et al., 2014)。これらの結果は、状況判断を伴う方向転換では、方向転換時に体幹部を移動方向と反対に傾けていることが考えられる。また、Mornieux et al. (2014) は、刺激提示から方向転換までの時間を短くすると、頭部における移動方向への回転が小さくなったことが示された。さらに、木村・桜井 (2010) は、成人男性を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討し、状況判断を伴う条件では、状況判断を伴わない条件と比較して水平面における骨盤回転角度が小さく、移動方向への回転が小さいことが明らかとなった。これらのことから、状況判断を伴う方向転換では、状況判断を伴わない方向転換と比較して、身体の移動方向への回転が小さいことが考えられる。一方で、方向転換における水平面の回転について、Jindrich et al. (2006) は、方向転換時における後方への地面反力の機能的役割を検討する中で、後方への地面反力が作用しない場合、1.4 倍から 3 倍の身体の水平回転が発生することを示しており、方向転換時における後方への地面反力は、水平面における移動方向への身体の過回転を防止する役割をしていると指摘している。

下肢関節について、木村・桜井 (2010) は、状況判断を伴う条件は、伴わない条件と比較して方向転換足接地時点の膝関節角度および股関節屈曲角度が小さいことから、下肢は

伸展していたことを示している。一方、Cortes et al. (2011) は、大学女子サッカー選手を対象に、状況判断の有無が方向転換時の下肢の力学的要因に及ぼす影響について検討したところ、状況判断を伴う条件では状況判断を伴わない条件と比べて、方向転換足接地時点および膝関節最大屈曲時点において、膝関節がより屈曲していることを明らかにしている。男子サッカー選手を対象に、状況判断の有無が60度の方向転換における膝関節への影響を検討した研究においても、状況判断を伴う条件では方向転換脚の膝関節が屈曲していることが報告されている (Besier et al., 2001)。

以上のことから、状況判断の有無は、体幹部の傾斜、水平面における身体の回転、股関節および膝関節に影響を及ぼすと考えられ、状況判断を伴う場合、体幹部は移動方向と反対側に傾くこと、水平面における身体の回転は小さくなる一方で、下肢関節への影響は一樣ではないと考えられる。しかし、上述した研究は、主にスポーツ傷害予防の観点から行われている。パフォーマンスとスポーツ傷害予防について、Paul et al. (2016) は、パフォーマンスと傷害は必ずしも独立してみられるべきではないが、傷害予防の観点から検討された結果をパフォーマンスの向上に直接当てはめるべきではないと指摘していることを考慮すると、パフォーマンスの観点から状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響を検討する必要があるといえる。

2.4 方向転換能力における個別性の検討について

上述したように、方向転換に関する研究では、主にパフォーマンス向上および傷害予防の観点から、方向転換能力と競技力との関係性、方向転換能力の評価方法の開発、方向転換能力と認知的要因および体力的要因との関係性、方向転換時のキネマティクスおよびキネティクスなどが明らかにされているが、これらの研究のほとんどは、対象者全体における相関関係の検討や群間および条件比較がほとんどである。図子 (2008) は、クリーンエクササイズにおける負荷重量と実際の力の変化について選手ごとに検討した結果、挙上したバーベルの負荷に対して発揮した力が選手ごとに異なることから、選手によってエクサ

サイズの動作が異なる可能性を示し、より複雑な運動ではこの問題はさらに増大することを指摘している。このように、選手ごとの個別性を検討した研究は、クリーンエクササイズの付加重量の増加に伴う力発揮特性の変化を明らかにした研究（林ほか、2016）やドロップジャンプテストにおける台高の上昇に伴う力発揮特性の変化を明らかにした研究（吉田ほか、2018）が実施されているが、方向転換を対象とした研究は存在しない。チームスポーツのトレーニングにおいては、全体で同一のトレーニングを実施しなければならない一方で、個人特性を考慮したトレーニングの重要性が指摘されていること（坂井ほか、2006）を踏まえると、方向転換における個別性の検討は、方向転換能力の向上を目的としたトレーニングを個別に処方するための有用な知見になると考えられる。

3. 球技種目におけるスプリントについて

サッカーでは、方向転換と同様に多くのスプリントが要求されるため（Bradley et al., 2010; Wehbe et al., 2014）、優れたスプリント能力は高いパフォーマンスを発揮する上で重要な能力であることが考えられる。杉本（2018）は、サッカーにおいて求められるスプリント能力として、最高速度を向上させるだけでなく、急激な加減速、ジャンプおよび様々な方向への方向転換などに対応するために走りコントロールすることを挙げている。このことは、サッカー選手をはじめとした球技種目を専門とする選手のスプリント能力を改善していく際には、方向転換やジャンプなどの動きの変化への対応を可能にしながらも素早くスプリントをすることを目指して行うことが求められる。そこで、ここでは、これまでのスプリント走に関する研究について概観する。

これまでのスプリント走に関する研究の多くは、主に陸上競技を専門する選手を対象に行われてきた。内藤ほか（2013）は、陸上競技短距離を専門とする男子選手を対象とし、ピッチとストライドの優位性に着目してステップタイプを分類したところ、ピッチが優位であるピッチ型、ストライドが優位であるストライド型、どちらにも優位性を示さない中間型の競技者が存在し、ステップタイプによって疾走動態が異なると示された。さらに、

一流選手のスプリント走動作として、回復期では大腿部における後方への振幅が小さく（宮下ほか, 1986; 矢田ほか, 2011）、回復脚の引きつけが早いこと（矢田ほか, 2011）、支持期では下腿の動作範囲を大きくし（宮下ほか, 1986; 矢田ほか, 2011）、膝関節の伸展（伊藤ほか, 1998; 宮下ほか, 1986; 矢田ほか, 2011）および足関節の底屈を小さく（伊藤ほか, 1998; 矢田ほか, 2011）、足関節を固定することによって脚全体のスイング動作によるキック力を地面に伝えられるようにしていたことが報告されている。

このように、ステップパターンの存在や一流選手のスプリント走動作が明らかにされてきた一方で、直線路や曲線路を相手に妨害を受けることなくパフォーマンスを発揮することが要求される陸上競技に対して、時々刻々と変化する状況に対応し様々な方向へ（Ade et al., 2016）、相手より速く動くことを求められる（中山, 2010）球技種目では、陸上競技における合理的なスプリント走動作をそのまま当てはめることが適切でない可能性がある。そのような背景を踏まえて、球技種目を専門とする選手を対象とした研究が進められている。Nagahara et al. (2018) は、サッカー選手を対象に、スプリントの加速局面において、ピッチとストライドに対する鉛直方向の力積の影響について検討する中で、スタートから16歩目までの区間において、走速度とピッチには有意な相関関係はみられなかった一方で、走速度とストライドの間には正の相関関係があることを示している。さらに、岩壁ほか (1995) は、サッカーを含めた球技種目を専門とする選手、陸上競技を専門とする選手およびトレーニング未経験者を対象に、スタートから35 m 付近における合理的なスプリント走動作について検討した。その結果、球技種目を専門とする選手は、ほかの対象者より滞空比が短く脚が地面に接地している時間が長いこと、滞空比と離地瞬間脚角度の間に有意な正の相関関係が認められたことから、脚が身体の後方に位置するまで長く地面を押すようにキックしていたことが明らかにされた。加えて、球技種目を専門とする選手は、回復脚最小膝角度とピッチの間に有意な負の相関が認められたことから離地後に脚を前方に振り出す動作によってピッチを高めていたこと、支持脚最小膝関節角度が有意に小さかったことから腰を落としたスプリント走動作をしていた可能性が示された。また、奥平ほ

か(2019)は、サッカー選手および陸上競技を専門とする選手を対象に、速度が8.0 m/sにおけるスプリント走動作の特徴を検討したところ、サッカー選手は、陸上競技を専門とする選手より、ピッチが高くストライドが小さいピッチ型のスプリントであること、支持期前半において股関節および膝関節が屈曲しており、足関節が背屈していたことが示された。これらの研究で示されているように、球技種目を専門とする選手は、加速局面ではストライドを大きくしていること、その後はピッチを高く、滞空時間に比べて接地時間が長いこと、支持期前半では下肢関節が屈曲していることが考えられ、陸上競技を専門とする選手とは異なるスプリント走動作の特徴が示されている。

このように球技種目を専門とする選手を対象としたスプリント走動作が明らかにされている一方で、これらの研究は、より高い走速度を獲得する観点から、走動作の特徴を示すことにとどまっている。上述したように、サッカー選手をはじめとした球技種目を専門とする選手のスプリント能力の改善は、方向転換などの動きの変化への対応を可能にしながらも素早くスプリントをすることを目指して行うべきであると考えられるが、このような観点からスプリントの特徴について検討した研究は未だ行われていない。

4. 文献研究で得られた知見

以上の文献研究により、球技種目の方向転換およびスプリントについて以下の知見を得ることができた。

- (1) 球技種目の試合では、方向転換およびスプリントが多く発生しており、特にサッカーでは様々な方向に素早く移動することが重要である。
- (2) サッカーでは、守備の機会が多いディフェンダーにおいて90度から180度の方向転換が多く行われている。
- (3) 方向転換走による方向転換能力の評価は、選手の体力評価、タレント評価および競技力に深く関連する。

- (4) サッカーにおける方向転換能力の評価では、状況判断を伴わない条件下において、様々な角度への方向転換が含まれた方向転換走を用いて実施されている。
- (5) 方向転換能力における認知的要因の影響は大きく、状況判断を伴う方向転換の場合、体力的要因の影響は小さくなる。
- (6) 方向転換角度の大きさによって必要な技術的要因は異なり、特に方向転換角度が 135 度の方向転換は大きな減速が必要であることから制御が最も難しい。
- (7) 方向転換角度が 60 度を超える試技における素早い方向転換に重要な技術的要因として、方向転換前からの減速、長い接地時間、ピッチおよびストライドの調整、低い身体重心高、身体の回転と傾斜および下肢の伸展が挙げられている。
- (8) 状況判断の有無は、方向転換走タイム、接地時間、ストライドおよび方向転換前後の身体重心速度に影響を及ぼし、状況判断を伴う場合、タイムが遅くなることや走速度が低下すること、接地時間が長くなること、ストライドが短くなること、減速が大きくなることが挙げられている。
- (9) 状況判断の有無は、方向転換時の体幹部の傾斜、水平面における身体の回転、下肢関節に影響を及ぼすと考えられ、状況判断を伴う場合、体幹部は移動方向と反対側に傾くこと、水平面における身体の回転は小さくなる一方で、下肢関節についてはその影響は一様ではない。
- (10) 方向転換などの複雑な運動では、選手によって動作が異なる可能性がある。
- (11) サッカーのスプリントでは、より高い速度で走行する中で、様々な動作に対応できることが求められている。
- (12) 陸上競技と球技種目を専門とする選手ではスプリント走動作の特徴が異なり、球技種目を専門とする選手は、加速局面ではストライドを大きくしていること、その後はピッチが高いこと、滞空比が小さく接地時間が長いこと、支持期前半では下肢関節が屈曲していることが挙げられている。

一方、文献研究によって明らかになった球技種目の方向転換およびスプリントについての未解決の問題は、以下の通りである。

- (1) 状況判断を伴う条件下では、方向転換角度が 60 度を超える方向転換において重要である技術的要因は明らかにされていない。
- (2) これまでに状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について検討した研究では、スポーツ傷害予防の観点から行われているため、パフォーマンス向上の観点では状況判断が方向転換に及ぼす影響は明らかにされていない。
- (3) これまでの方向転換に関する研究では、選手の個別性に着目した研究は存在しない。
- (4) 球技種目を専門とする選手における高い走速度を獲得するためのスプリント走動作は明らかにされている一方で、方向転換などの動きの変化に対応したスプリント走動作の特徴は明らかにされていない。

第3章 研究目的および研究課題

1. 研究目的

本研究の目的は、サッカー選手を対象に、状況判断を伴う素早い方向転換および状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について、3次元動作分析を用いて検討した上で、方向転換能力を考慮したスプリント走の特徴を検討することとした。

2. 研究課題

上記の研究目的を達成するために、以下の研究課題を設定した。

【研究課題 1】

サッカー選手を対象に、方向転換角度が135度の試技における、状況判断を伴う条件下での素早い方向転換の特徴について3次元動作分析を用いて検討する。そのために、タイムやピッチおよびストライドなどのステップパラメータ、方向転換前後のキネマティクスデータを基にして検討する（第5章）。

【研究課題 2-1】

サッカー選手を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について3次元動作分析を用いて検討する。そのために、タイムやピッチおよびストライドなどのステップパラメータ、方向転換前後のキネマティクスデータを基にして検討する（第6章）。

【研究課題 2-2】

サッカー選手を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について、タイムの変化が特徴的であった選手を個別に検討する。（第7章）。

【研究課題3】

状況判断を伴う方向転換能力に優れたサッカー選手におけるスプリント走の特徴について、3次元動作分析を用いて検討する。そのために、スプリント走におけるタイムやピッチおよびストライドなどのステップパラメータ、キネマティクスデータを基にして検討する (第8章)。

第4章 研究の意義・仮説および限界

1. 研究の意義

本研究では、サッカー選手を対象に、状況判断を伴う素早い方向転換および状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について、3次元動作分析を用いて検討した上で、方向転換能力を考慮したスプリント走の特徴を検討することによって、サッカー選手における方向転換能力およびスプリント能力向上のための評価およびトレーニング手段の選択、創造、設計における基礎的知見を提供できると考えられる。

さらに、これらの知見は、サッカーを含めた球技種目における方向転換能力およびスプリント能力の評価方法およびトレーニング手段論の確立、さらにコーチングの着眼点の提供に貢献することが期待できる。

2. 研究の仮説

- (1) サッカー選手を対象とした、方向転換角度が135度の試技における、状況判断を伴う条件下での素早い方向転換では、方向転換前における減速を大きくし、方向転換時には高い身体重心速度を保つために、ピッチやストライドの調整や身体の内傾、下肢の伸展をしている【研究課題1】。
- (2) 状況判断の有無は、タイム、ピッチ、ストライドおよび接地時間などのステップパラメータ、方向転換前および方向転換時の身体の傾斜、回転および下肢の屈曲伸展に影響を及ぼす【研究課題2-1】。
- (3) 状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響には個別性が存在している【研究課題2-2】。
- (4) 状況判断を伴う方向転換能力に優れた選手は、スプリント走動作においても素早い方向転換動作の特徴を有している【研究課題3】。

3. 研究の限界

3.1 対象者による限界

本研究では、大学サッカー部に所属する競技者を対象としたため、本研究で得られた知見をほかの年齢層、ほかの競技種目を専門とする競技者および女子選手などにそのまま当てはめることには限界がある。

3.2 方法による限界

- 1) 本研究では、135度の方向転換を含む試技を用いたため、本研究で得られた知見をほかの方向転換角度による方向転換、さらに方向転換以外の運動にそのまま適用するには限界がある。
- 2) 本研究では、全身および下肢のみに着目しているため、上肢への影響については明らかにすることができない。

4. 作業の仮定

- 1) 本研究の対象者はほとんど左右対称で動作を遂行しているため、どちらか一方の動作を分析することで全身の動作を知ることができる。
- 2) 身体各セグメントは剛体であり、各関節は摩擦が無いピンジョイントとみなすことができる。また、身体各部位の質量や慣性特性は阿江（1996）の推定式を用いて算出できる。

第5章 サッカー選手における状況判断を伴う条件下での素早い方向転換の特徴 (研究課題 1)

1. 目的

第5章では、サッカー選手を対象に、方向転換角度が135度の試技における、状況判断を伴う条件下での方向転換について、方向転換走タイムによって分類した上位群と下位群のタイム、ステップパラメータおよび方向転換動作を比較することによって、状況判断を伴う条件下での素早い方向転換の特徴について検討する。

サッカーは、1試合に約700回の方向転換が発生し (Bloomfield et al., 2007)、ほかの球技種目と比較して、その回数が多いとされている (Taylor et al., 2017)。さらに、試合中の方向転換角度は0度から180度とされており (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007)、相手選手よりも素早く動くことが求められている (中山, 2010)。さらに、主観的なタレント評価項目として「守備時に相手と対峙した場合の対応動作」が挙げられている (西嶋ほか, 2002) 上に、守備の機会が多いディフェンダーは、90度から180度の方向転換が多い (Ade et al., 2016) という報告を踏まえると、サッカーでは、様々な角度への、相手よりも素早い方向転換に加えて、90度以上の方向転換においては、ボールの移動方向に合わせた方向転換が重要であることが考えられる。

これまでの方向転換に関する研究では、方向転換能力とスプリント能力との関係性が多く検討されており、その中でも方向転換走タイムとスプリント走タイムとの間に関係性が認められていることが多数報告されている (Little and Williams, 2005; 笹木ほか, 2011; 塩川ほか, 1998; Vescovi and Mcguigan, 2008)。その一方で、Young et al. (2015) は、侵入型スポーツにおける方向転換を含めたアジリティモデルを提唱しており、方向転換は体力的要因のほかに認知的要因および技術的要因の3つの要因で構成されていることを報告している。このことは、状況判断を伴う方向転換では必ずしも方向転換走タイムとスプリント走タイムの間には関係性が認められない可能性が考えられる。また、素早い方向転

換に関する先行研究を概観すると、方向転換角度が 60 度を超える方向転換はより大きな減速と移動技術が要求され (Schreurs et al., 2017), 特に方向転換角度が 135 度の方向転換は減速の制御が最も難しい角度であると指摘されている (Nedergaard et al., 2014) 一方で、状況判断を伴う条件下で行われた研究はわずかであり (Ohtsuki et al., 1987; Wheeler and Sayers, 2010), 詳細な動作分析は実施されていない。60 度を超える方向転換を対象とした素早い方向転換に関する研究では、方向転換時に高い身体重心速度を維持するために、ピッチとストライドの調整 (Hewit et al., 2013), 低い身体重心高を維持すること (Shimokochi et al., 2013), 身体の内傾 (鈴木・榎本, 2008) および下肢の伸展 (木村・桜井, 2010; 鈴木ほか, 2010) が重要であると報告されているが、これらの研究は状況判断を伴わない試技を対象としている。これらのことを踏まえると、方向転換角度が 60 度を超える方向転換では、状況判断を伴う条件下において、ピッチやストライドなどのステップパラメータ、方向転換前後の全身および下肢の動きを 3 次元的に明らかにする必要があると考えられる。

以上のことから、研究課題 1 では、サッカー選手を対象に、方向転換角度が 135 度の試技における、状況判断を伴う方向転換のステップパラメータおよび動作を、3 次元動作分析を用いて検討することで、素早い方向転換の特徴を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は、大学サッカー部に所属する男子選手 13 名 (年齢 19.75 ± 0.8 歳; 身長 174.5 ± 5.6 cm; 体重 69.3 ± 4.1 kg) を用いた。対象者は全日本大学サッカー選手権大会優勝経験を有する大学トップレベルのサッカー部に所属する選手であり、J リーグクラブへの内定者も含まれている。実験を行うにあたり、すべての対象者に本研究の目的、方法および実験に伴う危険性などを十分に説明し、実験に参加するための同意を得た。また対象者には、事前に試技に関する説明を行い、練習を十分に行わせた。なお、本研究は筑波大学体

育系研究倫理委員会の承認を得て行った（承認番号：体 29-100）。

2.2 実験試技

実験試技は、全長 13 m の光刺激による状況判断を伴う 135 度の方向転換を含む方向転換走（Fig1a, Backward agility test: 以下, BAT と略す）および 13 m スプリント走（Fig.1b）とした。実験を開始するにあたり、すべての対象者にはストレッチ、ランニング、スプリントを含むウォーミングアップを十分に行わせた。なお、すべての試技は人工芝のサッカーグラウンドで実施され、対象者にはサッカー用のスパイクを着用させた。

本研究の BAT は、光刺激による移動方向の決定を伴う方向転換走である（Fig. 1a）。BAT は、ボールを保持する相手選手に対して素早くプレッシャーをかけボールを奪いにいき、シュートやドリブルによる突破、進入を防ぐ（財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2012）1 対 1 の守備を想定し、対象者がスタートから前方 5 m 地点に設置しているタイミングゲート（Smartspeed, Fusion Sport 社製）を通過した際、光が発せられた光刺激装置の方向に 135 度の方向転換を行い、ゴール地点に移動する試技とした。なお、中山ほか（1988）は、サッカーでは、「状況・能力認知」、「状況予測」、「計画」の過程からプレーの決定に至る状況判断過程が存在するが、その状況に対して自己の能力と相手選手を考慮した相対的評価を下せることが優れた状況判断であることを指摘しており、會田（2012）は選手の戦術的思考力が技術を導くと同時にその時発揮できる選手の技術力が戦術的思考力を限定することから、客観的に見て同じようなゲーム状況であっても正しいプレーの選択・実行は選手によって異なると述べている。その一方で、1 対 1 の守備局面における情報獲得に必要な視覚探索活動を検討した研究では、相手選手がドリブルやパスによってボールを離す局面では、ボールや相手選手の足元に素早く視線を移動させ、ボールの移動方向を確認している（張ほか, 2008; Nagano et al., 2014）と報告されている。これらのことから、1 対 1 の守備では、その状況判断過程では対象者の自己の能力や相手選手の能力などに影響を受けることによって状況が無数に考えられる一方で、相手選手がボールを離す局

面ではボールの移動方向を確認していることから、最終的にはボールの移動方向に対応することが重要であるといえる。そこで、本研究のBATは、サッカーにおける1対1の守備を想定した方向転換走であるが、特に相手選手がドリブルやパスによってボールを離す局面を想定し、いかなる状況においても同じタイミングで刺激を提示でき (Paul et al., 2016)、様々なスポーツ種目および競技レベルを対象にした方向転換に関する研究において信頼性および妥当性を得ている光刺激 (Green et al., 2011; Henry et al., 2011; Lockie et al., 2014; Sekulic et al., 2014) を採用した試技における方向転換について検討することとした。

対象者には、測定者が合図を出した後、対象者の任意のタイミングでスタンディングスタートの姿勢からテストを開始させた。また、対象者には、ゴールまで出来るだけ速く到達すること、方向転換時に8m地点に設けたラインを踏むもしくは超えることを事前に口頭で指示をして実施させた。試技は、予測によるタイムへの影響を取り除くために、移動方向が右の試技が3本および移動方向が左の試技が2本の組み合わせと、移動方向が右の試技が2本および移動方向が左の試技が3本の組み合わせのいずれかのパターンで5本実施した。各パターンにおける試技の順番はランダムとした。試技の除外基準として、ラインに到達しなかった場合、移動方向を間違えた場合、転倒、滑り等で明らかに失敗試技と判断できた場合、光電管がタイムを計測できなかった場合とした。上記のような試技がみられた場合は再度測定を実施した。

13mスプリント走では、対象者にスタンディングスタートの姿勢からスプリント走を開始させ、最大努力で行わせた。スタートは、測定者が合図を出した後、対象者の任意のタイミングで開始させた。試技は最大努力で1本実施した。なお、対象者が1本の試技で良いパフォーマンスを発揮できるように、本番と同様に、最大努力でのスプリント走を行った後に試技の測定を行った。除外基準については、転倒、滑り等で明らかに失敗試技と判断できた場合、光電管がタイムを計測できなかった場合とした。

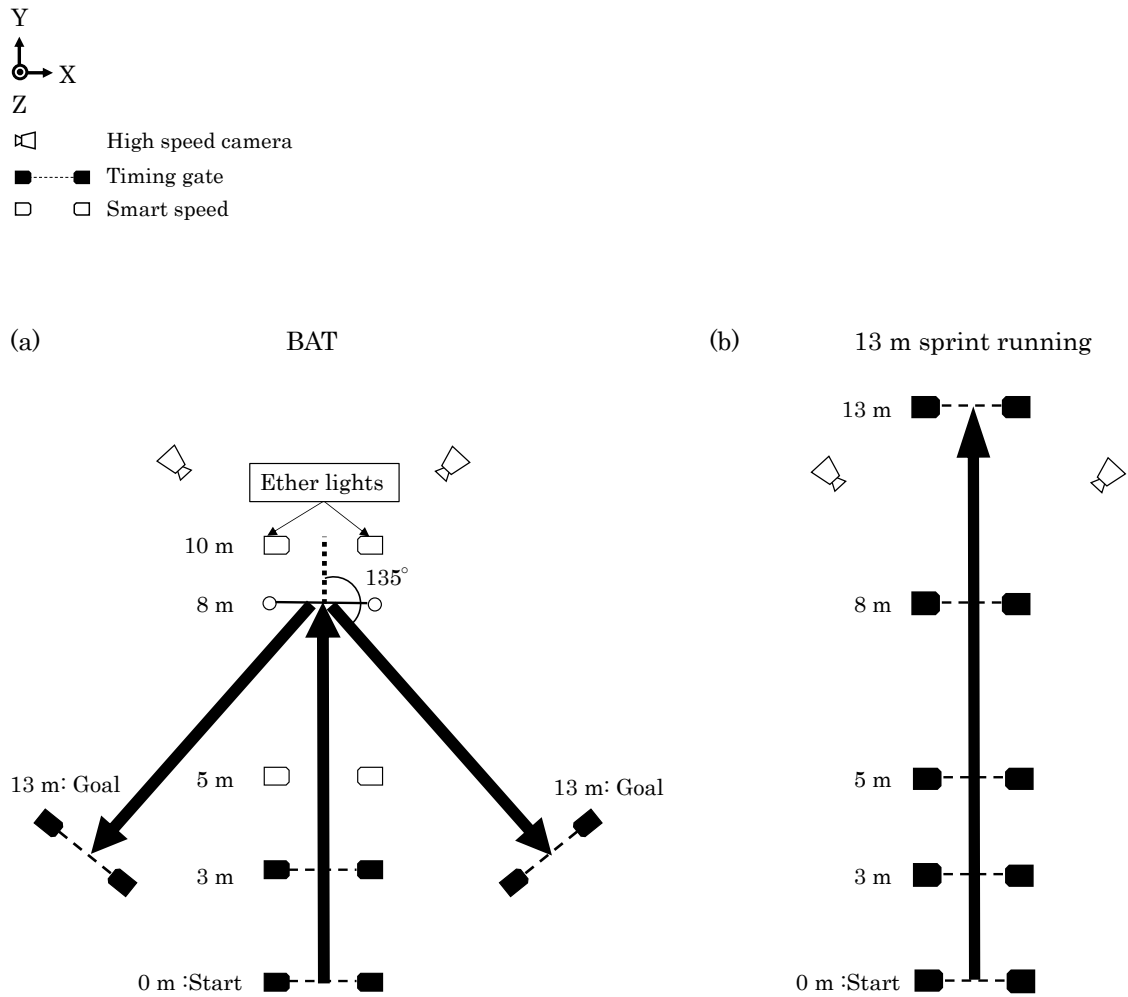


Fig. 1 Test set-up.

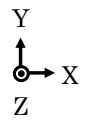
2.3 データ収集およびデータ処理

BATにおける方向転換前後1歩ずつの範囲 (Fig.2) を分析するために、2台のハイスピードカメラ (GC-LJ20B, スポーツセンシング社製, 解像度: 640×360 p, シャッタースピード: 1/1000 秒) を用いて、各試技を 300 Hz で撮影した (撮影範囲: 前後方向 6 m, 左右方向 4 m, 高さ 3 m). 撮影されたビデオ画像をパーソナルコンピュータに取り込み、毎秒 150 フレームで全身 23 点 (両下肢の足先・拇指球・かかと・外果・腓骨頭・股関節中心・上肢の肩峰突起・肘・手首・中手骨および胸骨上縁・耳珠点・頭頂部) を、ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いてデジタル化した。カメラの同期については、ビデオ動作解析システム上にて、方向転換1歩前足の接地時点に合わせて映像を同期させ、方向転換1歩後足離地時点において同期にズレが生じていないか確認を行った。分析区間は方向転換1歩前足接地の10コマ前から方向転換1歩後足離地の10コマ後までとした。2台のカメラの身体分析点とコントロールポイントの座標から DLT 法 (池上ほか, 1991) を用いて身体分析点の3次元座標を算出した。静止座標系は、スタートから 8 m 地点に向かう軸を Y 軸, 鉛直方向の軸を Z 軸, Y 軸と Z 軸に直交する軸を X 軸とした。身体分析点の3次元座標は, Wells and Winter (1980) の方法を用いて分析点ごとに最適遮断周波数 (7.5–15 Hz) を決定し, Butterworth Low-Pass Digital Filter を用いて平滑化した。

2.4 測定方法および算出項目

13 m スプリント走では, 0 m, 3 m, 5 m, 13 m の各地点に光電管 (TC Timing System, Brower Timing, System 社製) を設置し, 各区間タイムを算出した。

方向転換におけるパフォーマンスの指標には BAT の走タイムを採用した。BAT の走路の 0 m, 3 m, 5 m, 13 m の各地点に光電管 (TC Timing System, Brower Timing System 社製) を設置し, 各区間タイムを算出した。なお本研究では, 移動方向が右である BAT において, 0–13 m タイムの優れている 2 試技の平均値を算出し, この値を各対象者の代表



⊕ Position of calibration pole

● Control point

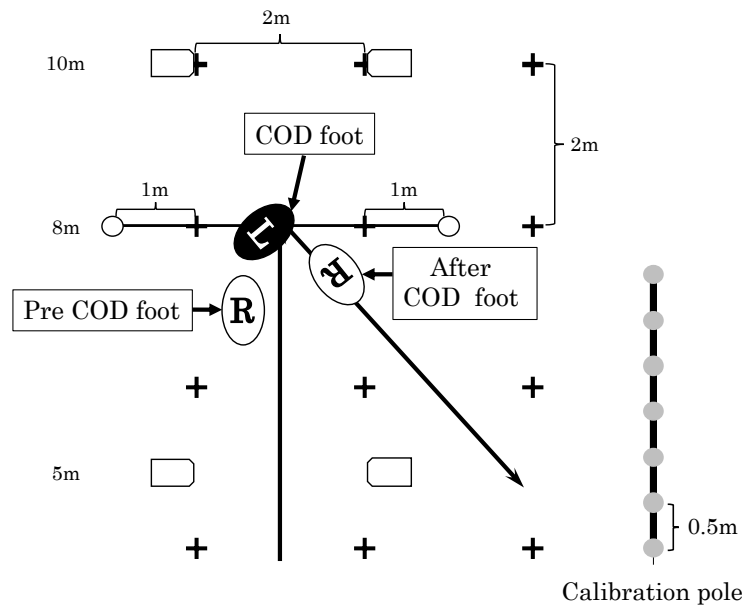


Fig. 2 Analysis target range.

値とした。また、13名の平均BATタイムの中央値(3.01秒)から、3.01秒以下の7名を上位群、3.02秒以上の6名を下位群とした。分析対象試技は各対象者において最もタイムが速かった試技とした。また、本研究に用いたBATの試行間信頼性を評価するためにICCを算出した。結果は、 $ICC(1, 1) = 0.774$ でありテストの試行間信頼性は良好であるといえる(Landis and Koch, 1977)。

さらに、方向転換前後1歩ずつにおけるステップパラメータとして、方向転換1歩前足接地から方向転換1歩後足離地までの経過時間、ピッチ、ストライドおよび各足の接地時間をビデオ動作解析システム(Frame-DIAS V, DKH社製)において、フレーム番号、84点のコントロールポイントおよび足先の水平座標値を用いて算出した。経過時間は、方向転換1歩前足接地時点から方向転換1歩後足離地時点までの時間とし、方向転換1歩後足離地時点のフレーム番号から方向転換1歩前足接地時点のフレーム番号を差し引き、時間に換算することで算出した。ピッチは、1秒間あたりの歩数とし、方向転換足接地時点のフレーム数から方向転換1歩前足接地時点のフレーム番号を差し引いて算出した時間の逆数を方向転換1歩前のピッチ、方向転換1歩後足接地時点のフレーム番号から方向転換足接地時点のフレーム番号を差し引いて算出した時間の逆数を方向転換1歩後のピッチとして算出した。ストライドは、1歩あたりの移動距離とし、コントロールポイントと各足接地時点の足先の座標値を読み取り実長に換算し、方向転換足接地時点の足先の水平座標値から方向転換1歩前足接地時点の足先の水平座標値を差し引いたものを方向転換1歩前のストライド、方向転換1歩後足接地時点の足先の水平座標値から方向転換足接地時点の足先の水平座標値を差し引いたものを方向転換1歩後のストライドとして算出した。接地時間は、方向転換1歩前足、方向転換足、方向転換1歩後足の各足の接地から離地までの時間とし、各足の離地時点のフレーム番号から接地時点のフレーム番号を差し引き、時間に換算することで算出した。なお、本研究では、方向転換1歩前足と方向転換足ではすべての対象者において、方向転換足と方向転換1歩後足では10名の対象者において、両脚支持期が確認された。

方向転換前後における動作を検討するためのキネマティクス変数として、身体重心速度、身体重心高、身体内傾角度、身体前傾角度、肩回転角度、腰回転角度および方向転換脚における下肢3関節角度を算出した。なお、本研究では移動方向が右の試技を対象としたため、方向転換脚は左脚とした。

それぞれの変数の算出方法として、身体重心速度は、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて算出した身体重心位置を微分して算出した。方向転換における身体重心速度の方向は時々刻々と変化するため、各時点において、身体重心の水平速度成分方向(接線方向)をY軸、鉛直方向をZ軸、Y軸とZ軸に直交する軸をX軸(法線方向)とする移動座標系を身体重心座標系とした。また、方向転換足接地時点から身体重心速度最下点までの経過時間も算出した。身体重心高は、阿江(1996)の身体部分慣性係数を用いて算出した身体重心位置において、静止座標系におけるZ軸座標の値とした。身体内傾角度は、左足先から身体重心に向かうベクトルをX-Z平面に投影しZ軸とのなす角度とし、正を内傾、負を外傾とした。身体前傾角度は、左足先から身体重心に向かうベクトルをY-Z平面に投影しZ軸とのなす角度とし、正を前傾、負を後傾とした。肩回転角度および腰回転角度は、左肩峰突起から右肩峰突起に向かうベクトルおよび左大転子から右大転子に向かうベクトルをそれぞれ静止座標系のX-Y平面に投影し、X軸となす角度とした。方向転換脚における下肢3関節角度について、左股関節屈曲伸展角度は、体幹座標系からみた左大腿セグメント座標系の姿勢をカルダン角で算出した。体幹座標系は、股関節中点から体幹重心位置に向かう体幹ベクトル S_{trunk} と、左股関節中心から右股関節中心に向かうベクトル X_{trunk} 軸との外積により Y_{trunk} 軸を求め、 X_{trunk} 軸と Y_{trunk} 軸の外積により Z_{trunk} 軸を決定した。左大腿セグメント座標系は、左足関節から左膝関節に向かうベクトル $Z_{lower\ leg}$ 軸と左膝関節から左股関節中心に向かうベクトル Z_{thigh} 軸の外積によって X_{thigh} 軸を、 Z_{thigh} 軸と X_{thigh} 軸の外積によって Y_{thigh} 軸を決定した。左膝関節角度は左腓骨頭から左大転子に向かうベクトルと左腓骨頭から左外果に向かうベクトルがなす角とした。左足関節角度は左外果から左腓骨頭に向かうベクトルと左外果から左足先に向かうベクトルがなす角とした。

2.5 局面定義

本研究では、方向転換 1 歩前足接地から方向転換足接地までを方向転換足接地前局面、方向転換足接地から方向転換足離地までを方向転換足支持局面、方向転換足離地から方向転換 1 歩後足離地までを方向転換足離地後局面と定義した。さらに、方向転換足支持局面における方向転換足接地から身体重心速度最下点までを減速期、身体重心速度最下点から方向転換足離地までを加速期と定義した。

2.6 データの規格化

本研究では、上記で示した 3 局面を分析局面とし、各局面における所要時間の平均値をもとに分析局面を 0–100%に規格化し（方向転換足接地前局面:0–18%, 方向転換足支持局面: 19–66%, 方向転換足離地後局面: 67–100%）、1%ごとに平均化した。

2.7 統計処理

各算出項目は平均値±標準偏差で示した。本研究における統計処理は、SPSS Ver.24.0 (IBM 社製) を使用した。BAT においては、テストの試行間信頼性を評価するために、級内相関係数 (ICC) を算出した。BAT タイムと 13 m スプリント走タイムの相関係数は、Pearson の方法を用いて算出した。各項目においては、上位群と下位群の平均値の差を比較するために、対応のない t 検定とマンホイットニーの U 検定を行った。また、効果量の算出には Cohen's d を用い、d が 0.2 以上 0.5 未満を small, 0.5 以上 0.8 未満を medium, 0.8 以上を large として評価した (水本・竹内, 2008)。統計学的有意水準は危険率 5%とした。

3. 結果

3.1 タイム, ステップパラメータおよび身体重心速度

Fig.3 には, すべての対象者における BAT タイムと 13 m スプリント走タイムとの関係を示した. その結果, これらの間には有意な相関関係は認められなかった ($r = 0.494$).

Table1 には, 13 m スプリント走タイムおよび BAT タイムを示した. その結果, 13 m スプリント走タイムは, いずれの区間においても上位群と下位群の間に有意差は認められなかった (0-3 m: $p = 0.54$, $ES = 0.28$, 0-5 m: $p = 0.30$, $ES = 0.62$, 5-13 m: $p = 0.25$, $ES = 0.57$, 0-13 m: $p = 0.14$, $ES = 0.90$). 一方で, BAT タイムは, 0-3 m 区間, 5-13 m 区間および 0-13 m 区間において, 上位群が下位群と比較して有意に速いことが認められた (0-3 m: $p = 0.04$, $ES = 1.74$, 0-5 m: $p = 0.09$, $ES = 1.24$, 5-13 m: $p < 0.001$, $ES = 2.67$, 0-13 m: $p < 0.001$, $ES = 3.26$).

Table2 には, BAT におけるステップパラメータを示した. その結果, 経過時間, ストライドおよび接地時間には, いずれにおいても有意差は認められなかった. 一方で, ピッチにおいては, 上位群は下位群と比較して方向転換 1 歩前のピッチが有意に高いことが認められた.

Fig.4 には, BAT における身体重心速度パラメータを示した. 方向転換 1 歩前から方向転換 1 歩後までの身体重心速度およびその変化量には有意差は認められなかった (Fig.4ab). その一方で, 方向転換 1 歩前足接地時点から身体重心速度最下点までの経過時間においては, 上位群が下位群と比較して有意に短いことが認められた (Fig.4c).

3.2 方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ

Fig.5 には, 身体重心高を示した. 方向転換 1 歩前足接地時点において, 上位群が下位群と比較して有意に身体重心高が低いことが認められた (Fig.5a). 方向転換足支持局面における身体重心高の変化量には有意差は認められなかった (Fig.5b).

Fig.6 には, 身体内傾角度を示した. 方向転換足前後 1 歩ずつの範囲の身体内傾角度および方向転換足支持局面の身体内傾角度変化量において, 両群間に有意差は認められな

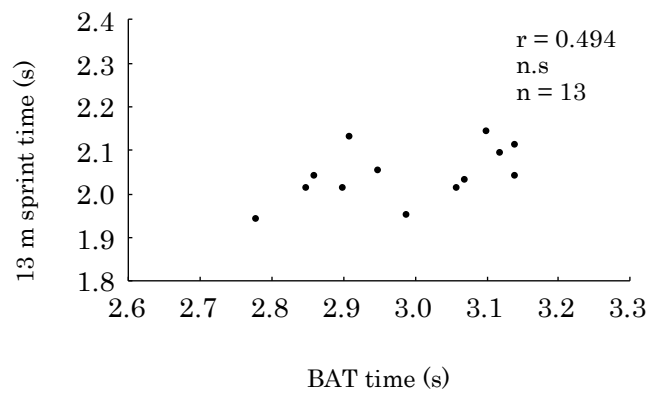


Fig. 3 Relationship between BAT time and sprint time.

Table 1 Mean Sprint time (\pm SD) and BAT time (\pm SD) of fast group and slow group.

	Fast group	Slow group	p value	Effect size
13 m sprint time (s)				
0–3 m	0.59 \pm 0.04	0.60 \pm 0.03	0.54	0.28
0–5 m	0.90 \pm 0.06	0.93 \pm 0.03	0.30	0.62
5–13 m	1.12 \pm 0.03	1.14 \pm 0.04	0.25	0.57
0–13 m	2.02 \pm 0.06	2.07 \pm 0.05	0.14	0.90
BAT time (s)				
0–3 m	0.59 \pm 0.03 *	0.66 \pm 0.05 *	0.04	1.74
0–5 m	0.95 \pm 0.03	1.00 \pm 0.05	0.09	1.24
5–13 m	1.99 \pm 0.06 **	2.12 \pm 0.03 **	< 0.001	2.67
0–13 m	2.94 \pm 0.07 **	3.13 \pm 0.04 **	< 0.001	3.26

* : p < 0.05 ** : p < 0.01

	Fast group	Slow group
Movement time (s)	0.64 ± 0.06	0.67 ± 0.10
Step frequency (step/s)		
Pre COD	9.25 ± 1.73	6.98 ± 0.73
After COD	3.59 ± 0.85	3.60 ± 0.82
Step length (m)		
Pre COD	0.65 ± 0.06	0.59 ± 0.08
After COD	0.73 ± 0.08	0.66 ± 0.12
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.18 ± 0.05	0.18 ± 0.03
COD foot	0.31 ± 0.04	0.32 ± 0.09
After COD foot	0.23 ± 0.04	0.24 ± 0.03

Table 2 Step parameters (±SD) of fast group and slow group.

*

*

* : p < 0.05

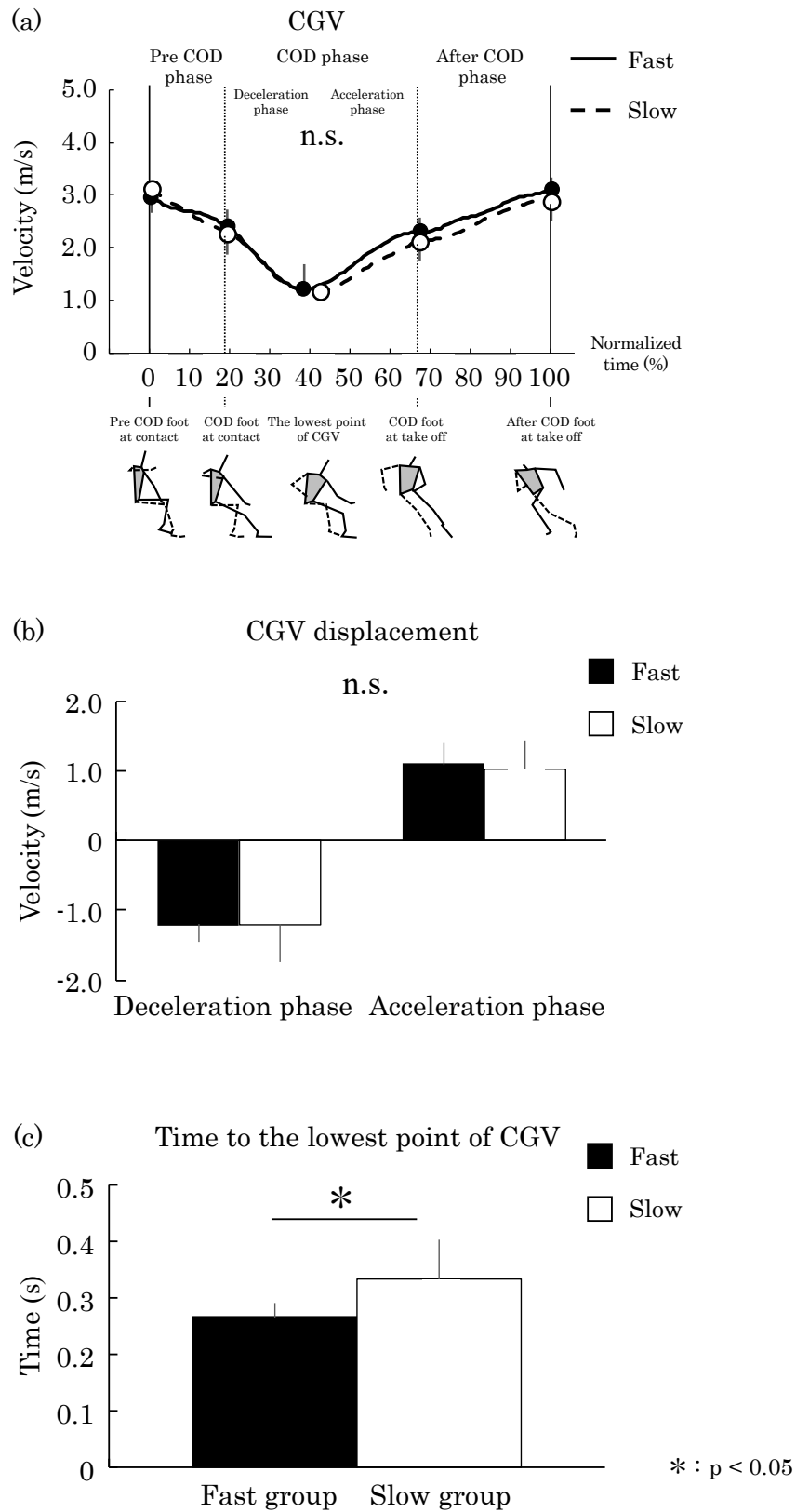


Fig. 4 CGV parameters of fast group and slow group.

った (Fig.6ab). また, Fig.7 には, 身体前傾角度を示した. 方向転換 1 歩前足接地時点では, 上位群は下位群と比較して有意に後傾していることが認められた (Fig.7a). 一方で, 方向転換足支持局面における身体前傾角度変化量には有意差は認められなかった (Fig.7b).

Fig.8 には肩回転角度を, Fig.9 には腰回転角度を示した. いずれにおいても両群間に有意差は認められなかった (Fig.8ab, Fig.9ab).

Fig.10 には, 方向転換脚における股関節屈曲伸展角度を示した. 方向転換 1 歩前足接地時点において, 上位群は下位群と比較して股関節が有意に屈曲していることが認められた (Fig.10a). 一方, 方向転換足支持局面における股関節屈曲伸展角度変化量には有意差は認められなかった (Fig.10b). Fig.11 には, 方向転換脚における膝関節角度を示した. いずれにおいても両群間に有意差は認められなかった (Fig.11ab). Fig.12 には, 方向転換脚における足関節角度を示した. 方向転換脚離地時点において, 上位群は下位群と比較して足関節が有意に底屈していることが認められた (Fig.12a). さらに, 方向転換足支持局面の足関節角度変化量をみてみると, 加速期において, 上位群は下位群と比較して足関節の底屈量が大きいことが認められた (Fig.12b).

4. 考察

研究課題 1 では, サッカー選手を対象に, 方向転換角度が 135 度の試技における, 状況判断を伴う素早い方向転換の特徴を明らかにすることを目的とした. なお, ここでは, BAT における 0-13 m 区間のタイムから上位群と下位群に分類し比較検討を行った.

4.1 素早い方向転換におけるタイムの特徴

まず, すべての対象者における BAT タイムと 13 m スプリント走タイムとの間には, 有意な相関関係は認められなかった (Fig.3). また, 各群における 13 m スプリント走タイムを比較した結果, いずれの区間においても有意差が認められなかった (Table1). 一方, BAT

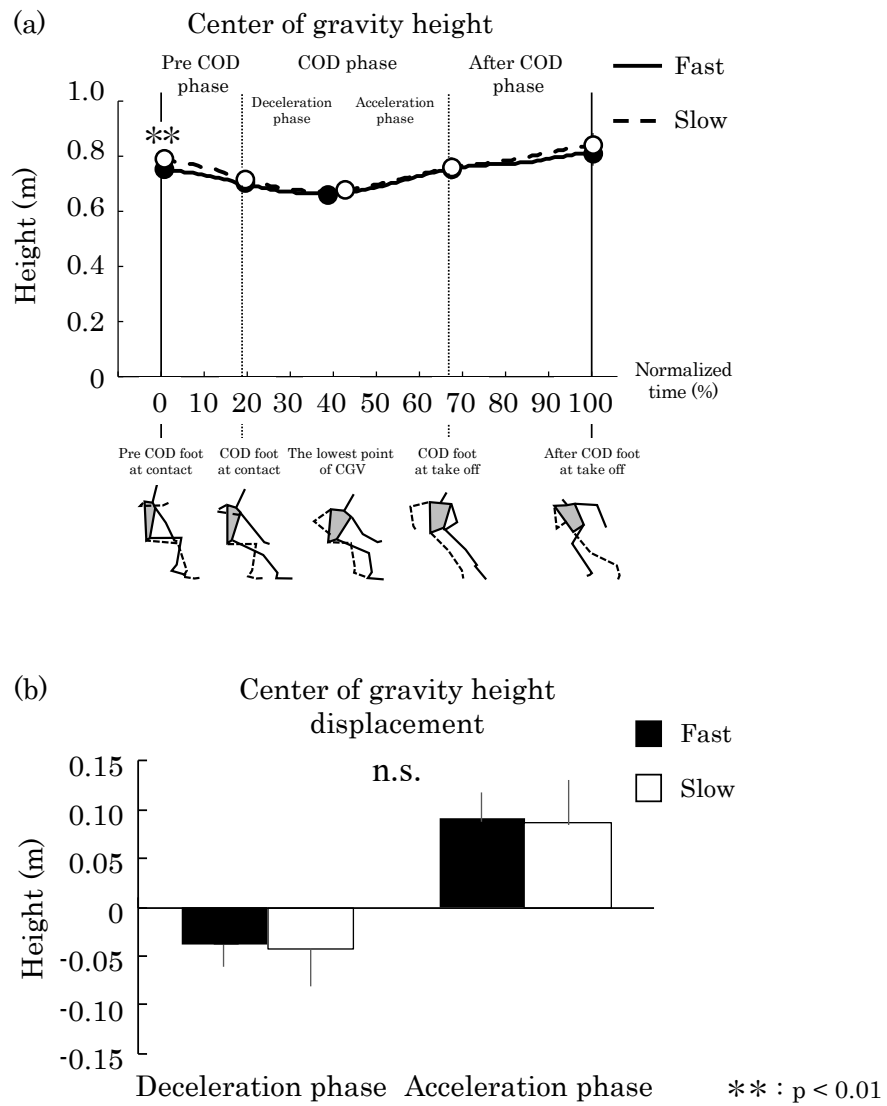


Fig. 5 CG height parameters of fast group and slow group.

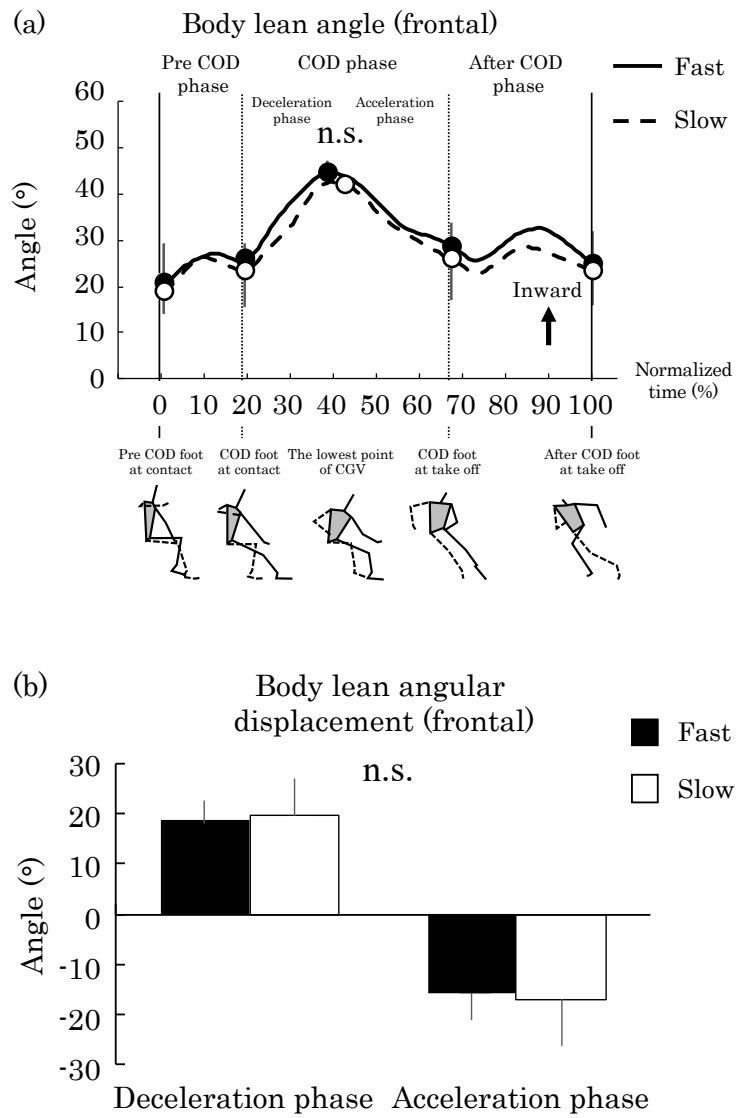


Fig. 6 Body lean angle (frontal) of fast group and slow group.

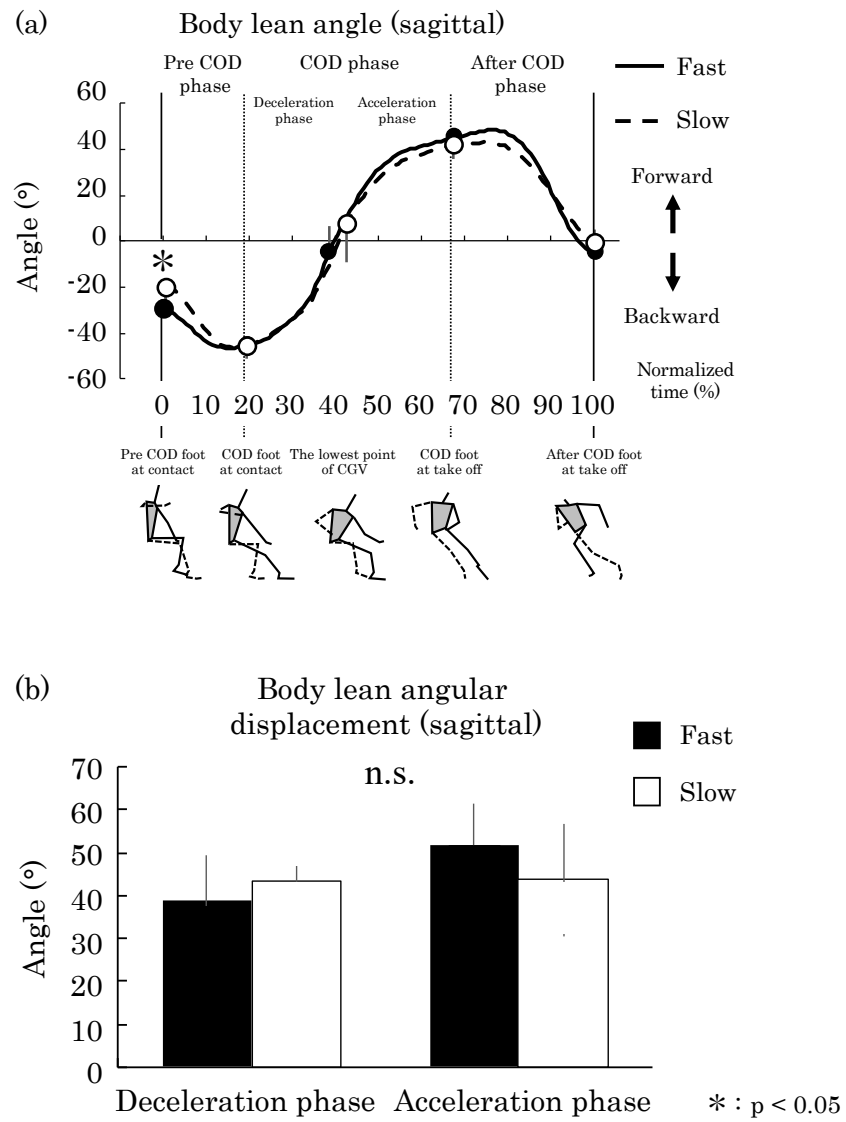


Fig. 7 Body lean angle (sagittal) of fast group and slow group.

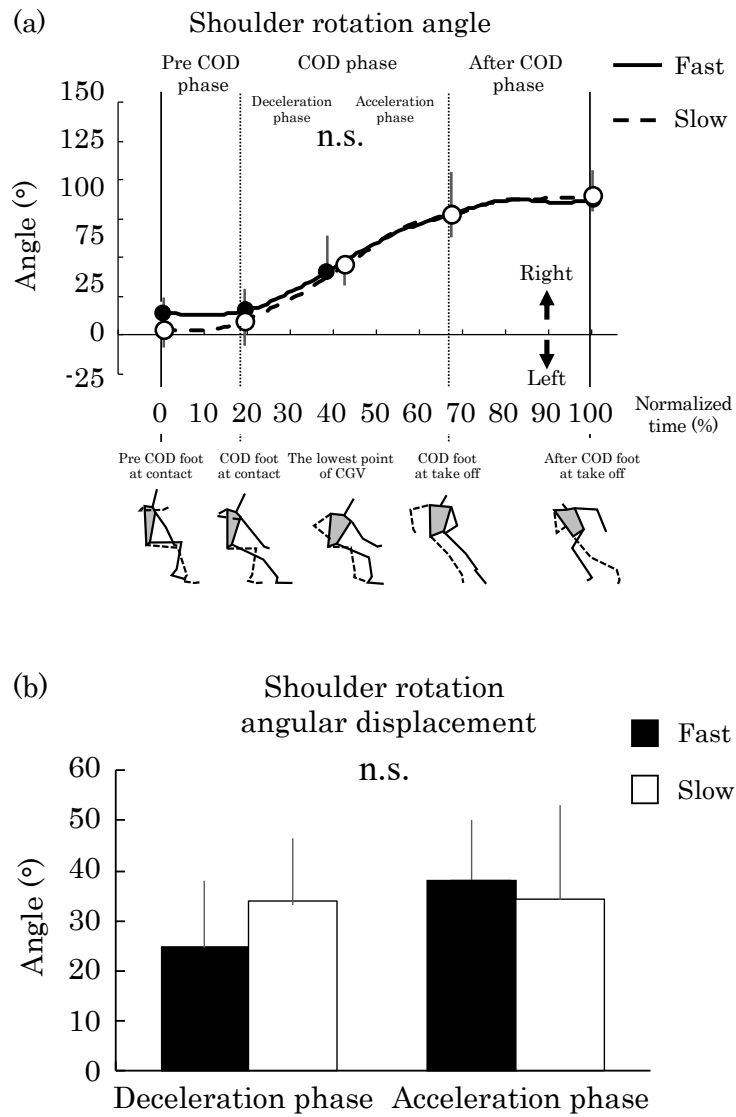


Fig. 8 Shoulder rotation angle of fast group and slow group.

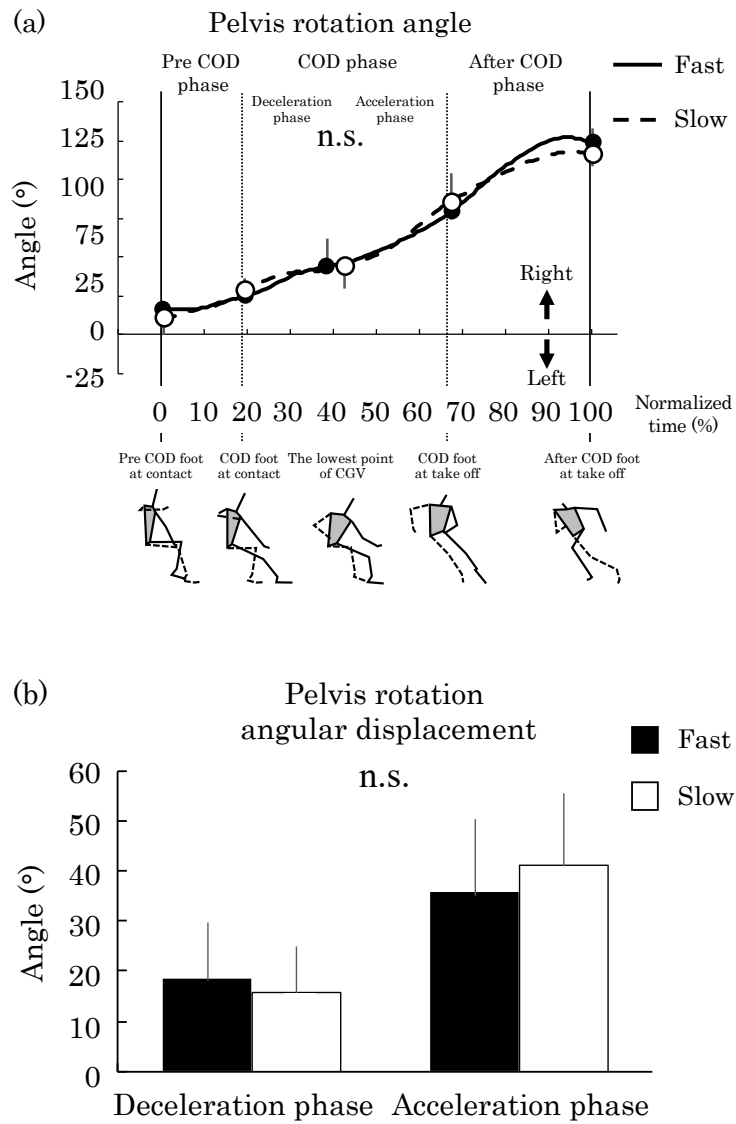


Fig. 9 Pelvis rotation angle of fast group and slow group.

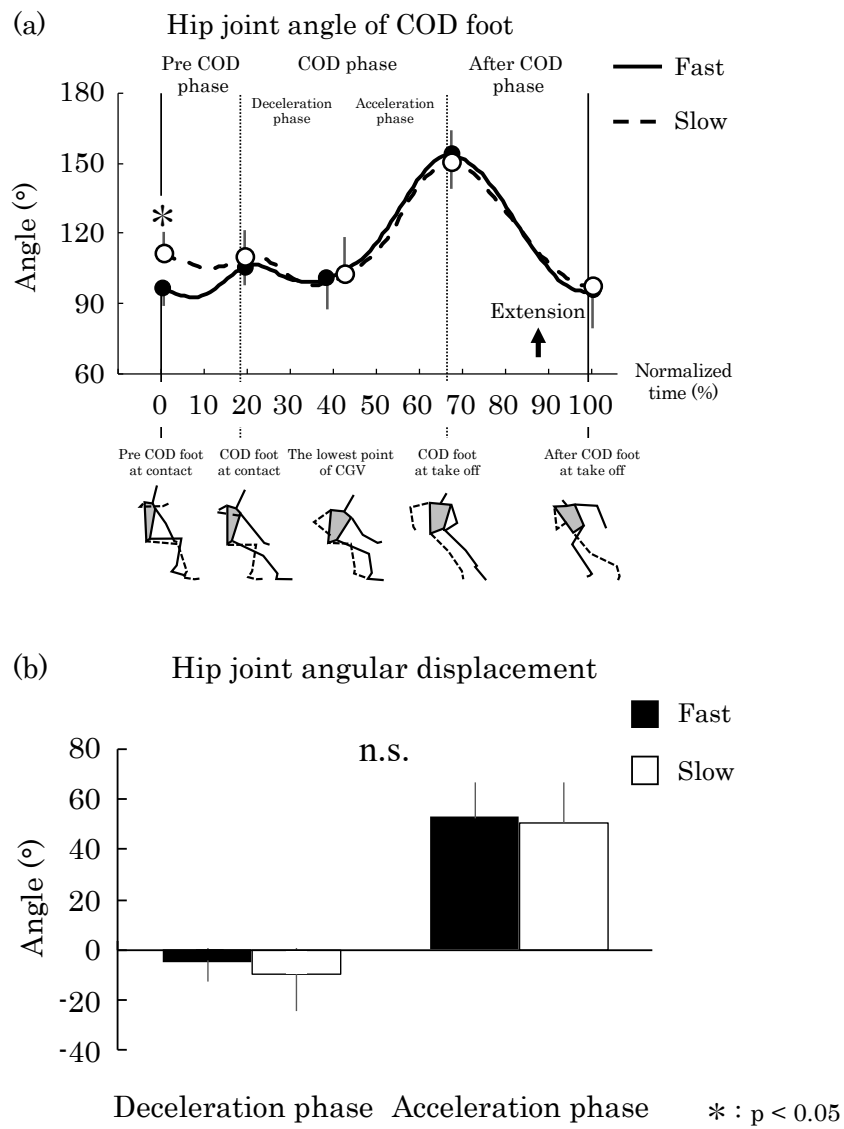


Fig. 10 Hip joint angle of fast group and slow group.

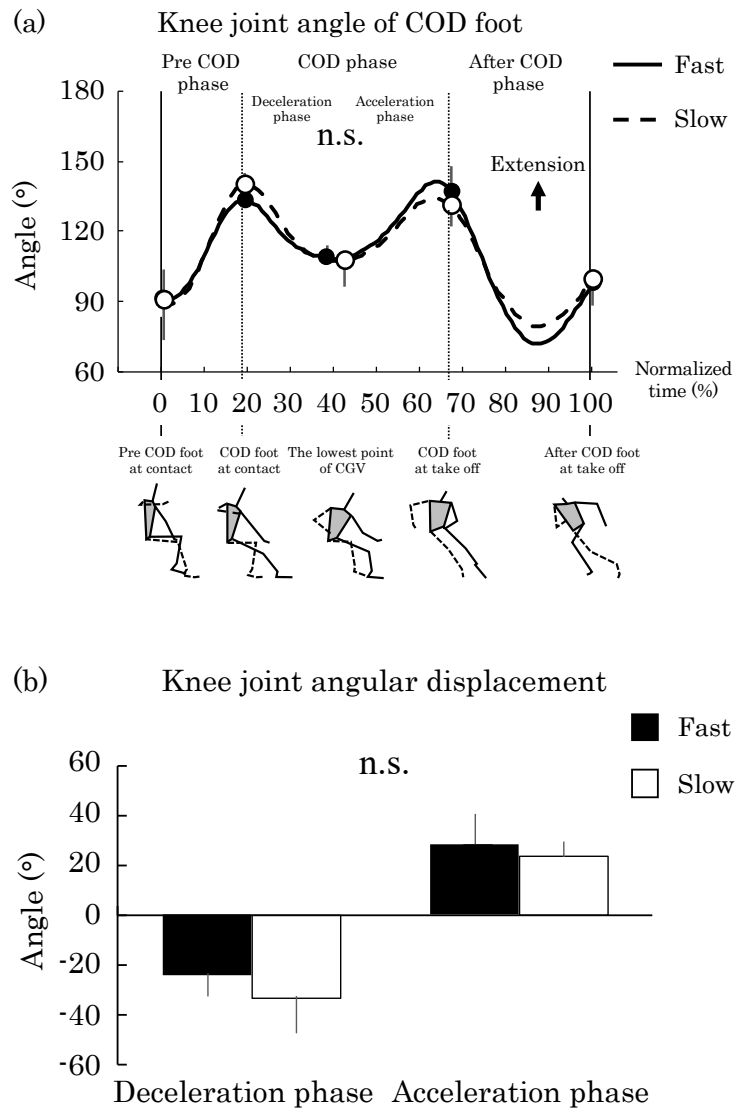


Fig. 11 Knee joint angle of fast group and slow group.

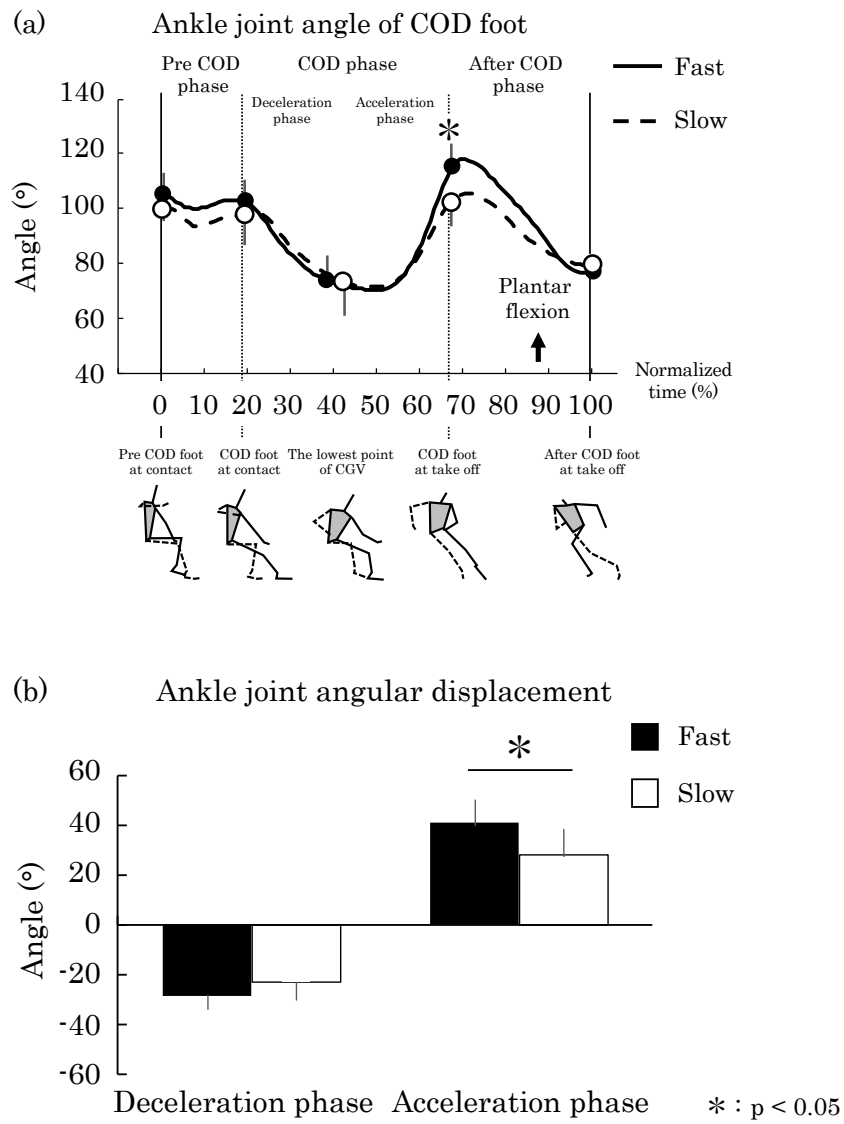


Fig. 12 Ankle joint angle of fast group and slow group.

タイムでは、上位群は0–3 m 区間、5–13 m 区間および0–13 m 区間において有意にタイムが速かった (Table1)。これらの結果は、本研究の BAT においてスプリント走の影響は小さく、上位群は下位群と同等のスプリント能力でありながらも BAT が優れていることを意味している。これまでに Young et al. (2015) は、侵入型スポーツにおける方向転換を含むアジリティモデルを提唱しており、方向転換は体力的要因、認知的要因および技術的要因の3つの要因で主に構成されていることを報告している。この中で、体力的要因においては、方向転換走タイムとスプリント走タイムとの間に関係性が認められている報告がいくつか存在しているが (Little and Williams, 2005; 笹木ほか, 2011; 塩川ほか, 1998; Vescovi and Mcguigan, 2008), これらの研究は、状況判断を伴わない試技を用いていた。一方、認知的要因については、反応時間が方向転換走タイムの予測因子となることが報告されているが (Scanlan et al., 2014), 本研究の結果では、光刺激が提示される前の区間においても BAT タイムに有意差が認められた (Table1)。したがって、本研究の BAT のような光刺激による状況判断を伴う試技では、スプリント能力以外の要因がタイムに影響し、特に、方向転換における技術的要因が大きく影響していることが考えられる。

4.2 素早い方向転換におけるステップパラメータおよび身体重心速度の特徴

BAT タイムにおいて、方向転換を含む5–13 m 区間に有意差が認められたことは、方向転換前後のステップパターンや動作が BAT タイムに影響を与えていることが考えられる。そこで、BAT タイムに差が生じた要因を、方向転換前後1歩ずつの範囲のステップパラメータおよび身体重心速度から検討した。その結果、経過時間およびストライドには有意差が認められなかったが、上位群は方向転換1歩前のピッチが有意に高かった (Table2)。これらの結果は、上位群は、同じ経過時間、ストライドを保ちながらも方向転換1歩前のピッチを高めていたことが考えられる。これまでに、Hewit et al. (2013) は、ストライドやピッチを適切に調節することによって方向転換における時間的損失を最小限にできることを報告している。さらに、方向転換角度の大きくなる場合 (鈴木ほか, 2010) や、移動

方向決定から方向転換遂行までの時間が短くなる場合 (Mornieux et al., 2014) には、接地時間を長くして方向転換に対応していることが報告されている一方で、本研究では接地時間に違いはみられなかった (Table2)。本研究の BAT では方向転換 1 歩前足と方向転換足において、すべての対象者において両脚支持期がみられたことを踏まえると、上位群は同じ接地時間の中で、方向転換足を早く接地できたことによってピッチを高くして方向転換に対応していたことが考えられる。加えて、身体重心速度の結果をみると、方向転換前後 1 歩ずつの範囲に有意差は認められなかったが、上位群は身体重心速度最下点までの時間が有意に短かった (Fig.4c)。これまでに、素早い減速を行うためには接地回数を多くする、すなわちピッチを高くする必要があると指摘されていること (Hewit et al., 2011) を踏まえると、上位群は方向転換 1 歩前のピッチを高くすることによって減速を早期に終了させることができたと考えられる。

以上のことから、上位群は、同じ経過時間、ストライドおよび接地時間を保ちながらも方向転換 1 歩前のピッチを高めることによって、減速を早期に終了させていたと考えられる。

4.3 素早い方向転換動作の特徴

上記の通り、方向転換角度が 135 度の方向転換において、状況判断を伴う素早い方向転換では、特に方向転換前の動作が重要であることが考えられる。そこで、方向転換前後 1 歩ずつの範囲を、方向転換足接地前局面、方向転換足支持局面、方向転換足離地後局面の 3 つに局面分けを行い、方向転換足接地前局面および方向転換足支持局面を中心に動作の特徴を検討する。

まず、方向転換足接地前局面において、上位群は方向転換 1 歩前足接地時点にて身体重心高が有意に低いことが示された (Fig.5a)。この結果は、上位群が方向転換足接地前から低い身体重心高を保持していることを意味している。方向転換における減速の際は、推進力に抵抗するために前方に足を接地する必要があること (Hewit et al., 2011) から身体重

心高は低くなると考えられ、Shimokochi et al. (2013) は、素早い方向転換の特徴のひとつとして、方向転換足接地時に低い身体重心高であることを示している。しかし、方向転換角度が 135 度の方向転換では、方向転換足のみではなく方向転換前から複数のステップを用いて減速していること (Nedergaard et al., 2014) および本研究の上位群は減速を早期に終了させていたこと (Fig.4c) を踏まえると、方向転換角度が 135 度の素早い方向転換では、方向転換足接地前の減速が必要であったことから、方向転換足接地前から低い身体重心高を保持していたことが考えられる。加えて、上位群は方向転換前の減速時において身体が有意に後傾していることが示された (Fig.7a)。方向転換の減速では、後方への地面反力を生成するために身体重心の後方移動が要求されることから (Haven and Sigward, 2015; Kneib et al., 1996), 上位群は方向転換 1 歩前足接地時点において身体をより後傾させていたことによって、減速の早期終了を達成することができた可能性が推察できる。さらに、下肢に着目すると、上位群は方向転換 1 歩前足接地時点において、股関節が有意に屈曲していたことが示された (Fig.10a)。方向転換足接地前局面において、方向転換脚である左脚は遊脚であることから、上位群はこの局面で遊脚の回復動作を行っていたと考えられる。上位群は方向転換 1 歩前のピッチが高かったことを踏まえると (Table2), 本研究における素早い方向転換では、方向転換足接地前局面にて股関節を屈曲させ、遊脚の回復を十分に行っていたことによって、方向転換 1 歩前の高いピッチを可能にしたと考えられる。

また、方向転換足支持局面において、上位群は、方向転換足支持局面加速期では、足関節の底屈量が有意に大きく、方向転換足離地時点にて足関節が有意に底屈していることが示された (Fig.12ab)。これらの結果は、上位群は、足関節の蹴り出しを大きくすることで方向転換後の再加速を行っていたことが考えられる。方向転換における足関節動作では、減速時は背屈、加速時は底屈すると報告されていること (Hewitt et al., 2011) に加えて、Marshall et al. (2014) は、方向転換走タイムと方向転換足支持局面における最大足関節パワーおよび最大足関節底屈モーメントとの間にそれぞれ相関関係が認められたことを示

している。有意差は認められなかったが、加速期においては上位群が速い身体重心速度を示していたこと (Fig.4a) を踏まえると、上位群は、加速期における足関節の底屈によって方向転換後の再加速を促進していたことが推察される。

5. 要約

研究課題1では、サッカー選手を対象に、方向転換角度が135度の試技における、状況判断を伴う方向転換のステップパラメータおよび動作を、3次元動作分析を用いて検討することで、素早い方向転換の特徴を明らかにすることを目的とした。大学男子サッカー選手を対象とし、光刺激による状況判断を伴う方向転換走 (Backward agility test: BAT) の0-13 m 区間タイムから上位群と下位群に分類し、群間を比較した。主な結果は以下の通りである。

- (1) 13 m スプリント走におけるタイムにはいずれの区間においても有意差は認められなかったが、BAT タイムにおいて上位群は0-13 m 区間、0-3 m 区間および方向転換を含む5-13 m 区間で有意にタイムが速いことが示された。
- (2) BAT の方向転換前後1歩ずつの範囲において、経過時間、ストライドおよび接地時間に有意差は認められなかったが、上位群は方向転換1歩前において有意にピッチが高いことが示された。
- (3) BAT の方向転換前後1歩ずつの範囲における身体重心速度において、上位群は身体重心速度最下点までの時間が有意に短いことが示された。
- (4) BAT における方向転換動作において、上位群は方向転換1歩前足接地時点において身体重心高が有意に低く、身体が有意に後傾していることに加え、方向転換脚の股関節を有意に屈曲させていたことが示された。
- (5) 方向転換足支持局面において、上位群は加速期では足関節底屈量が有意に大きく、方向転換足離地時点では足関節角度が有意に大きいことが示された。

以上の結果から、上位群は、方向転換足接地前局面では、低い身体重心高、身体の後傾および方向転換脚股関節をより屈曲させていたことが、方向転換足支持局面では加速期に足関節底屈量を大きくしていたことが特徴として挙げられ、方向転換角度が135度の試技における状況判断を伴う素早い方向転換では、方向転換1歩前のピッチを高くし減速を早期に終了させており、方向転換前からそのための動作を行っていたことが明らかとなった。

第6章 状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響 (研究課題 2-1)

1. 目的

第6章では、状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響について検討する。

サッカーでは状況判断が要求される中で方向転換が求められている一方で、実際のトレーニング現場においては、状況判断を伴わない条件下で方向転換能力に関する評価 (岡本, 2015; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006) やトレーニング (乾, 2011; 勝原・朝倉, 2013; Polman et al., 2004) を実施していることが多い。Wheeler and Sayers (2010) は、トレーニングにおける状況判断要素の欠落は誤った動作パターンを習得する可能性があることと指摘していることに加えて、佐藤 (2018) は、方向転換能力向上のためには方向転換動作の全容を解明する必要があると述べており、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を明らかにすることは、球技種目を専門とする選手における方向転換能力の向上において重要な意味をもつといえる。

状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討した研究をみると、これまでに、方向転換走タイムや走速度において、状況判断を伴うことによって、タイムが遅くなることや走速度が低下すること (Dempsey et al., 2009; Henry et al., 2011; 木村・桜井, 2010)、方向転換前の進入速度が低下すること (Cortes et al., 2011) が報告されている。さらに、方向転換動作においては、状況判断を伴うことで、移動方向への骨盤回転角度が小さくなること (木村・桜井, 2010) や、方向転換脚における膝関節角度に違いがみられること (Besier et al., 2001; Cortes et al., 2011) が報告されている。しかし、前述した研究は、主にスポーツ傷害予防の観点から行われている。Paul et al. (2016) は、パフォーマンスと傷害は必ずしも独立してみられるべきではないが、傷害予防の観点から検討された結果をパフォーマンスの向上に直接当てはめるべきではないと指摘している。したがって、パフォーマンスの観点から、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を明らかにすることは、方向転換能力向上

のための評価およびトレーニング手段の選択, 創造, 設計の基礎的知見になることが考えられる.

以上のことから, 研究課題 2-1 では, 状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした.

2. 方法

2.1 対象者

対象者には, 大学サッカー部に所属する, 研究課題 1 と同じ男子選手 13 名のうち, 12 名 (年齢 19.7 ± 0.8 歳 ; 身長 175.8 ± 4.9 cm ; 体重 70.5 ± 3.8 kg) を用いた. 対象者は全日本大学サッカー選手権大会優勝経験を有する大学トップレベルのサッカー部に所属する選手であり, Jリーグクラブへの内定者も含まれている. 実験を行うにあたり, すべての対象者に本研究の目的, 方法および実験にともなう危険性などを十分に説明し, 実験に参加するための同意を得た. また対象者には, 事前に試技に関する説明を行い, 練習を十分に行わせた. なお, 本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認を得て行った (承認番号: 体 29-100).

2.2 実験試技

実験試技は, 研究課題 1 で用いた BAT において, 通常条件およびあらかじめ移動方向が決定している条件 (Pre-planned 条件: 以下, PP 条件と略す) の 2 種類を実施した. PP 条件では, 移動方向が右の試技を 2 本および移動方向が左の試技を 2 本, 計 4 本実施した. 対象者への指示, 試技の除外基準および実施場所は研究課題 1 と同様の方法を用いた.

2.3 データ収集およびデータ処理

BAT の通常条件においては, 研究課題 1 と同じデータを用いた.

PP 条件においても, 方向転換前後 1 歩ずつの範囲 (Fig.2) を分析するため, 研究課題 1 と同様に, 2 台のハイスピードカメラ (GC-LJ20B, スポーツセンシング社製, 解像度:

640×360 p, シャッタースピード: 1/1000 秒) を用いて, 各試技を 300 Hz で撮影した (撮影範囲: 前後方向 6 m, 左右方向 4 m, 高さ 3 m). 撮影されたビデオ画像をパーソナルコンピュータに取り込み, 毎秒 150 フレームで全身 23 点 (両下肢の足先・拇指球・かかと・外果・腓骨頭・股関節中心・上肢の肩峰突起・肘・手首・中手骨および胸骨上縁・耳珠点・頭頂部) を, ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いてデジタル化を行った. カメラの同期, 分析区間, 静止座標系の決定および身体分析点の 3 次元座標の算出は研究課題 1 と同様の方法を用いた.

2.4 測定方法および算出項目

BAT の通常条件においては, 研究課題 1 と同じデータを用いた.

PP 条件においても, 研究課題 1 と同様に, BAT の走路の 0 m, 3 m, 5 m, 13 m の各地点に光電管 (TC Timing System, Brower Timing System 社製) を設置し, 各区間タイムを算出した. また, PP 条件の試行間信頼性を評価するために ICC を算出した. 結果は, $ICC(1, 1) = 0.752$ であり PP 条件の試行間信頼性は良好であるといえる (Landis and Koch, 1977).

さらに, ステップパラメータとして, 方向転換前後 1 歩ずつにおける経過時間, 各足の接地時間, ピッチ, ストライドをビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社製) において, フレーム番号, 84 点のコントロールポイントおよび足先の水平座標値を用いて算出した. 各項目の算出方法は研究課題 1 と同様の方法を用いた. なお, 本研究では, 方向転換 1 歩前足と方向転換足ではすべての対象者において, 方向転換足と方向転換 1 歩後足では 9 名の対象者において, 両脚支持期が確認された.

方向転換前後における動作を検討するためのキネマティクス変数として, 身体重心速度, 身体重心高, 身体内傾角度, 身体前傾角度, 肩回転角度, 腰回転角度および方向転換脚における下肢 3 関節角度を算出した. なお, 本研究では移動方向が右の試技を対象としたため, 方向転換脚は左脚とした. それぞれの算出方法は研究課題 1 と同様の方法とした.

2.5 局面定義

両条件において、研究課題 1 と同様に、方向転換 1 歩前足接地から方向転換足接地までを方向転換足接地前局面、方向転換足接地から方向転換足離地までを方向転換足支持局面、方向転換足離地から方向転換 1 歩後足離地までを方向転換足離地後局面と定義した。さらに、方向転換足支持局面における方向転換足接地から身体重心速度最下点までを減速期、身体重心速度最下点から方向転換足離地までを加速期と定義した。

2.6 データの規格化

上記で示した 3 局面を分析局面とし、各局面における所要時間の平均値をもとに分析局面を 0–100%に規格化し（方向転換足接地前局面:0–18%, 方向転換足支持局面: 19–66%, 方向転換足離地後局面: 67–100%）、1%ごとに平均化した。

2.7 統計処理

各算出項目は平均値±標準偏差で示した。本研究における統計処理は、SPSS Ver.24.0 (IBM 社製) を使用した。両条件の試行間信頼性を評価するために、級内相関係数 (ICC) を算出した。各項目においては、条件間の平均値の差を比較するために、対応のある t 検定とウィルコクソンの T 検定を行った。また、効果量の算出には Cohen's d を用い、d が 0.2 以上 0.5 未満を small, 0.5 以上 0.8 未満を medium, 0.8 以上を large として評価した (水本・竹内, 2008)。統計学的有意水準は危険率 5%とした。

3. 結果

3.1 タイム, ステップパラメータおよび身体重心速度

Table3 には、通常条件および PP 条件における各区間タイムを示した。その結果、通常条件は PP 条件と比較して、方向転換を含む 5–13 m 区間および 0–13 m 区間のタイムが

有意に遅いことが認められた (0-3 m: $p = 0.372$, $ES = 0.22$, 0-5 m: $p = 0.147$, $ES = 0.66$, 5-13 m: $p = 0.002$, $ES = 0.66$, 0-13 m: $p = 0.001$, $ES = 0.81$).

Table4 には、通常条件および PP 条件におけるステップパラメータを示した。その結果、いずれにおいても有意差は認められなかった。

Fig.13 には、身体重心速度を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から 40%付近まで減速後、加速しており、方向転換 1 歩前足接地時点および身体重心速度最下点において、通常条件は PP 条件と比較して有意に値が小さいことが認められた。一方、方向転換足支持局面における身体重心速度変化量には有意差が認められなかった。

3.2 方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ

Fig.14 には、身体重心高を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から 40%付近まで身体重心高を低下させた後、上昇させていた。さらに、方向転換足支持局面における身体重心高変化量をみてみると、加速期において、通常条件は PP 条件と比較して身体重心高が有意に上昇していることが認められた。

Fig.15 には、身体内傾角度を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から 40%付近まで内傾した後に、75%付近において一度鉛直方向に身体を立てその後再度内傾していた。加えて、方向転換 1 歩前足接地時点および方向転換足接地時点において、通常条件は PP 条件と比較して有意に値が小さいことが認められた (Fig.15a)。

さらに、方向転換足支持局面の身体内傾角度変化量をみてみると、減速期において、通常条件は PP 条件と比較して内傾方向への変化量が有意に大きいことが認められた (Fig.15b)。

また、Fig.16 には、身体前傾角度を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から 20%付近まで後傾した後に前傾方向に傾け、80%付近から再度後傾方向に身体を傾けていた。一方で、いずれの時点において両条件間に有意差は認められなかった (Fig.16a)。方向転換足支持局面の身体前傾角度変化量においても、有意差は認められなかつ

Table 3 Mean BAT time (\pm SD) and BAT-PP time (\pm SD).

	BAT	BAT-PP	p value	Effect size
0–3 m (s)	0.62 \pm 0.05	0.61 \pm 0.04	0.372	0.22
0–5 m (s)	0.98 \pm 0.05	0.95 \pm 0.04	0.147	0.66
5–13 m (s)	2.01 \pm 0.10**	1.95 \pm 0.08**	0.002	0.66
0–13 m (s)	2.99 \pm 0.13**	2.90 \pm 0.09**	0.001	0.81

** : $p < 0.01$

Table 4 Step parameters (\pm SD) of BAT and BAT-PP.

	BAT	BAT-PP
Movement time (s)	0.66 \pm 0.08	0.66 \pm 0.07
Stride frequency (step/s)		
Pre COD	8.15 \pm 1.83	7.75 \pm 2.25
After COD	3.51 \pm 0.78	4.06 \pm 1.21
Step length (m)		
Pre COD	0.62 \pm 0.08	0.39 \pm 0.16
After COD	0.70 \pm 0.11	0.41 \pm 0.11
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.18 \pm 0.04	0.19 \pm 0.05
COD foot	0.32 \pm 0.07	0.29 \pm 0.04
After COD foot	0.24 \pm 0.04	0.25 \pm 0.05

All parameters: n.s.

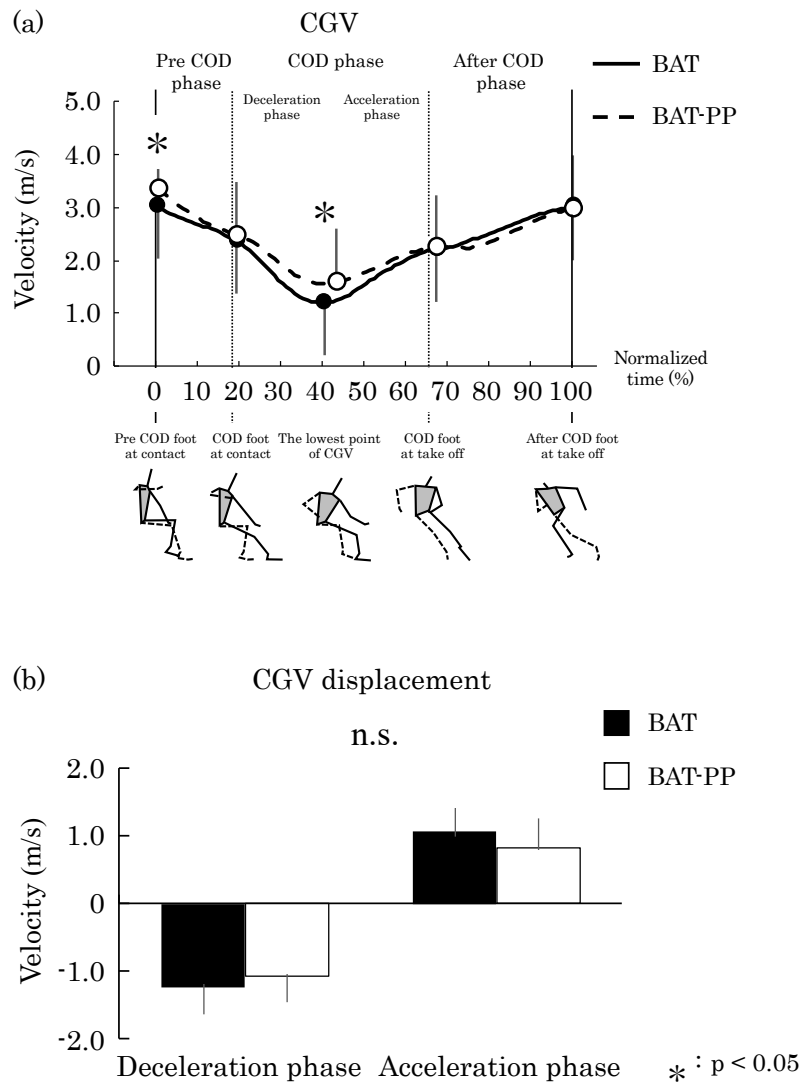


Fig. 13 CGV parameters of BAT and BAT-PP.

た (Fig.16b).

Fig.17 には、肩回転角度を示した。通常条件および PP 条件ともに終始移動方向へ回転しており、方向転換 1 歩前足接地時点、方向転換足接地時点、身体重心速度最下点、方向転換足離地時点および方向転換 1 歩後足離地時点において、通常条件は PP 条件と比較して有意に回転角度が小さいことが認められた (Fig.17a)。さらに、方向転換足支持局面における肩回転角度変化量をみてみると、加速期において、通常条件は PP 条件と比較して移動方向への変化量が有意に大きいことが認められた (Fig.17b)。Fig.18 には、腰回転角度を示した。肩回転角度の結果と同様に、通常条件および PP 条件ともに終始移動方向へ回転しており、方向転換 1 歩前足接地時点、方向転換足接地時点、身体重心速度最下点において、通常条件は PP 条件と比較して有意に回転角度が小さいことが認められた (Fig.18a)。加えて、方向転換足支持局面における腰回転角度変化量をみてみると、加速期において、通常条件は PP 条件と比較して移動方向への変化量が有意に大きいことが認められた (Fig.18b)。

Fig.19 には、方向転換脚における股関節屈曲伸展角度を示した。PP 条件は方向転換 1 歩前足接地時点から 15% 付近まで屈曲した後、70% 付近まで伸展し再度屈曲していた。一方で、通常条件は方向転換 1 歩前足接地時点から 10% 付近まで屈曲しその後伸展したが、20% 付近から再度屈曲した後に 66% 付近まで伸展、その後屈曲していた (Fig.19a)。加えて、身体重心速度最下点および方向転換 1 歩後足離地時点において、通常条件は PP 条件と比較して股関節が有意に屈曲していることが認められた (Fig.19a)。さらに、方向転換足支持局面における股関節屈曲伸展角度変化量をみてみると、減速期において、PP 条件は伸展している一方で、通常条件は屈曲しており、両条件の間に有意な差が認められた (Fig.19b)。加速期においては、通常条件は PP 条件と比較して伸展方向への変化量が有意に大きかった (Fig.19b)。また、Fig.20 には、方向転換脚における膝関節角度を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から伸展し、20% 付近から 40% 付近まで屈曲した後、70% 付近まで伸展し、その後 90% 付近まで屈曲してから伸展していた (Fig.20a)。一方で、いずれの時点においても有意差は認められなかった (Fig.20a)。方向転換足支持局面

における膝関節角度変化量においても、有意差が認められなかった (Fig.20b). Fig.21 には、方向転換脚における足関節角度を示した。通常条件および PP 条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から背屈した後に一度底屈してから 60%付近まで背屈していた。その後、70%付近まで底屈した後に再度背屈していた。加えて、方向転換足離地時点において、通常条件は PP 条件と比較して、有意に底屈していた (Fig.21a)。一方で、方向転換足支持局面における足関節角度変化量には有意差は認められなかった (Fig.21b)。

4. 考察

4.1 状況判断の有無がタイム、ステップパラメータおよび身体重心速度に及ぼす影響

通常条件と PP 条件における各区間タイムを比較した結果、0–3 m 区間および 0–5 m 区間に差はみられなかった一方で、通常条件は PP 条件と比較して方向転換を含む 5–13 m 区間および 0–13 m 区間において有意にタイムが遅くなった (Table3)。これらの結果は、両条件において刺激提示までの区間では同じ時間で移動しているが、状況判断を伴う通常条件は刺激提示後の方向転換を含む区間に時間を要し、その結果タイムが遅くなったことを意味している。先行研究では、状況判断を伴うことで、タイムが遅くなることや走速度が低下することが報告されている (Dempsey et al., 2009; Henry et al., 2011; 木村・桜井, 2010)。加えて、Cortes et al. (2011) は、状況判断を伴う場合、方向転換前の進入速度を低下させて方向転換を遂行していると報告しているが、本研究は異なる結果を示した。本研究と先行研究との結果の違いについては、刺激提示から方向転換までの距離の違いが考えられる。本研究では刺激提示から方向転換までの距離が 3 m であったことに対し、Cortes et al. (2011) の研究はその距離が 2 m であったため、刺激提示から方向転換までの距離が短く方向転換までの準備時間が短かったことが考えられる。Mornieux et al. (2014) は、刺激提示から方向転換までの時間が短くなると、鉛直および後方への地面反力が大きくなることを示しており、この脚への高い負荷が方向転換の難易度を増大させ、試技自体の成功率が低下したことを報告している。したがって、先行研究では進入速度を小さくすることで方向

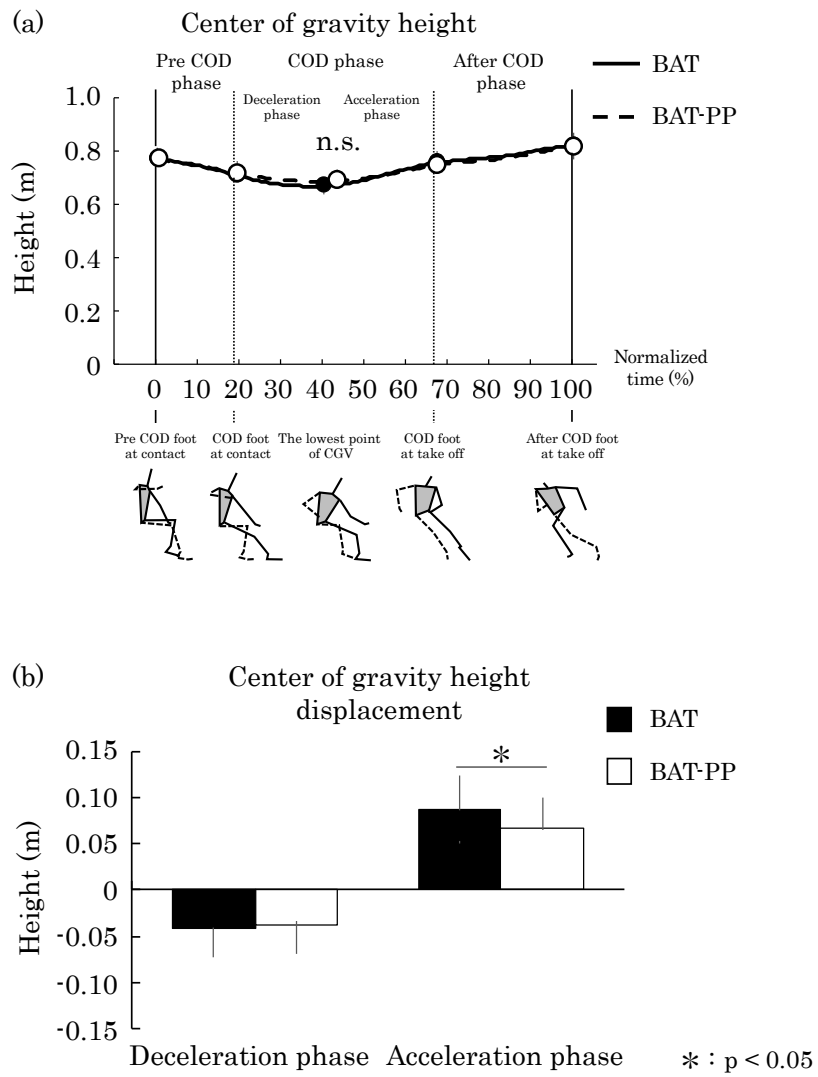


Fig. 14 CG height parameters of BAT and BAT-PP.

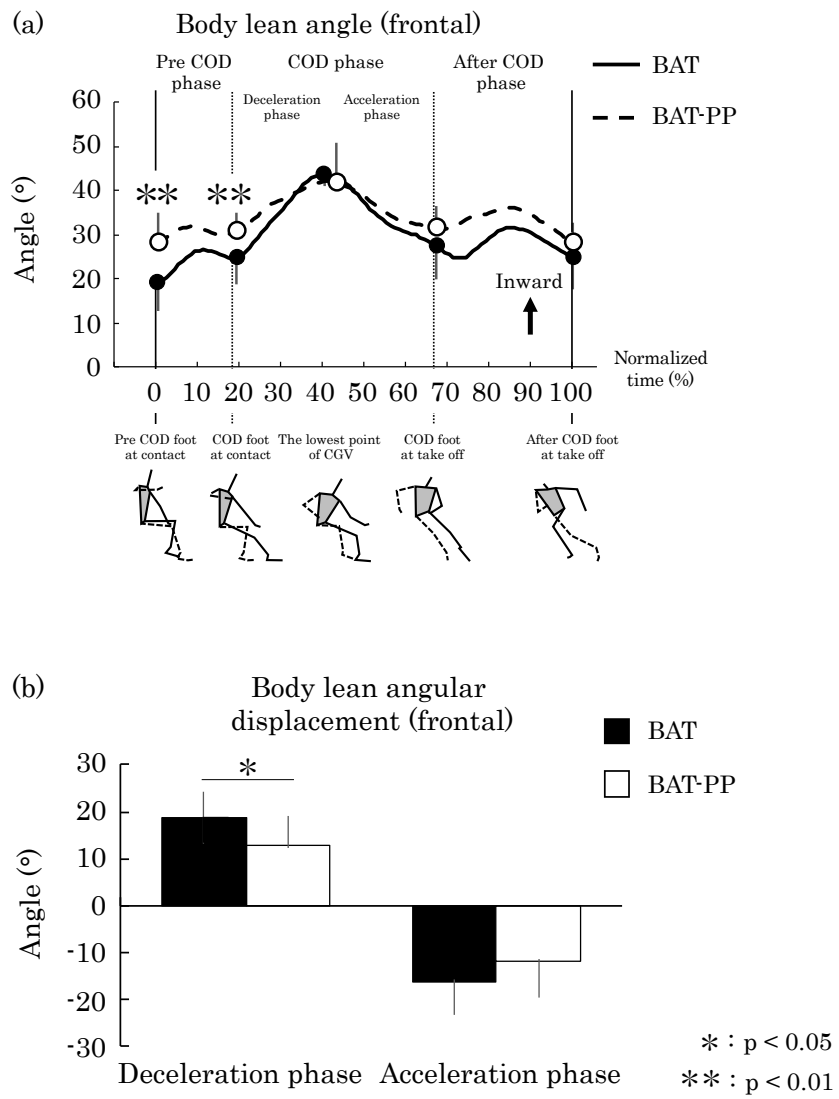


Fig. 15 Body lean angle (frontal) of BAT and BAT-PP.

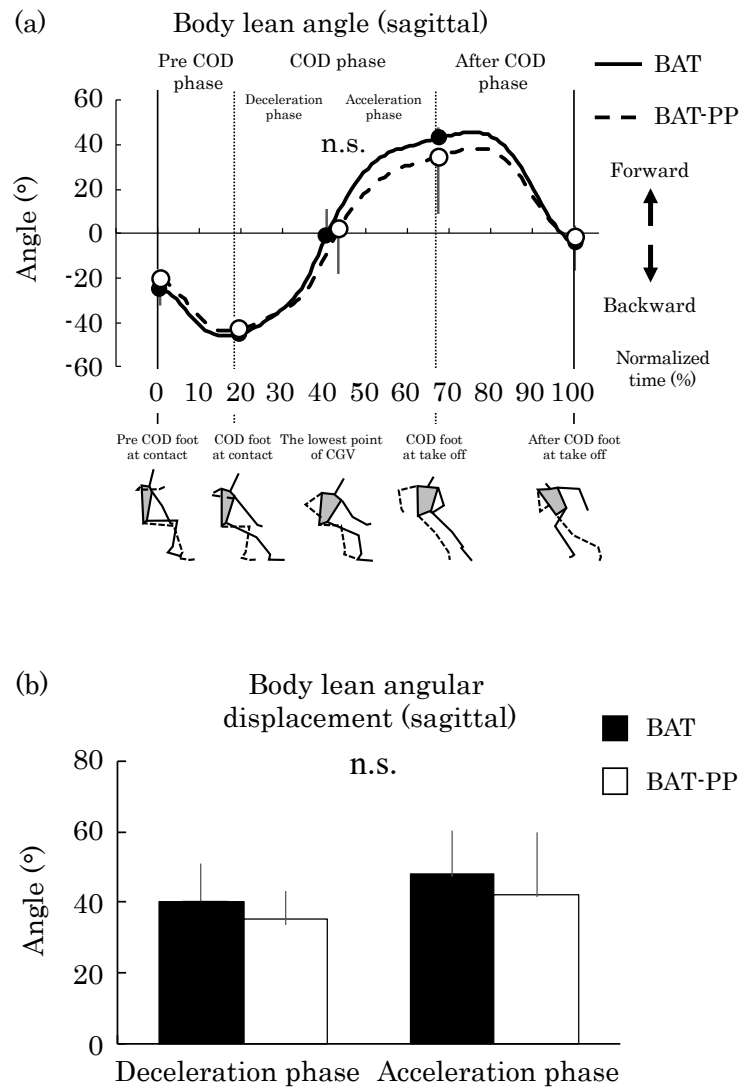


Fig. 16 Body lean angle (sagittal) of BAT and BAT-PP.

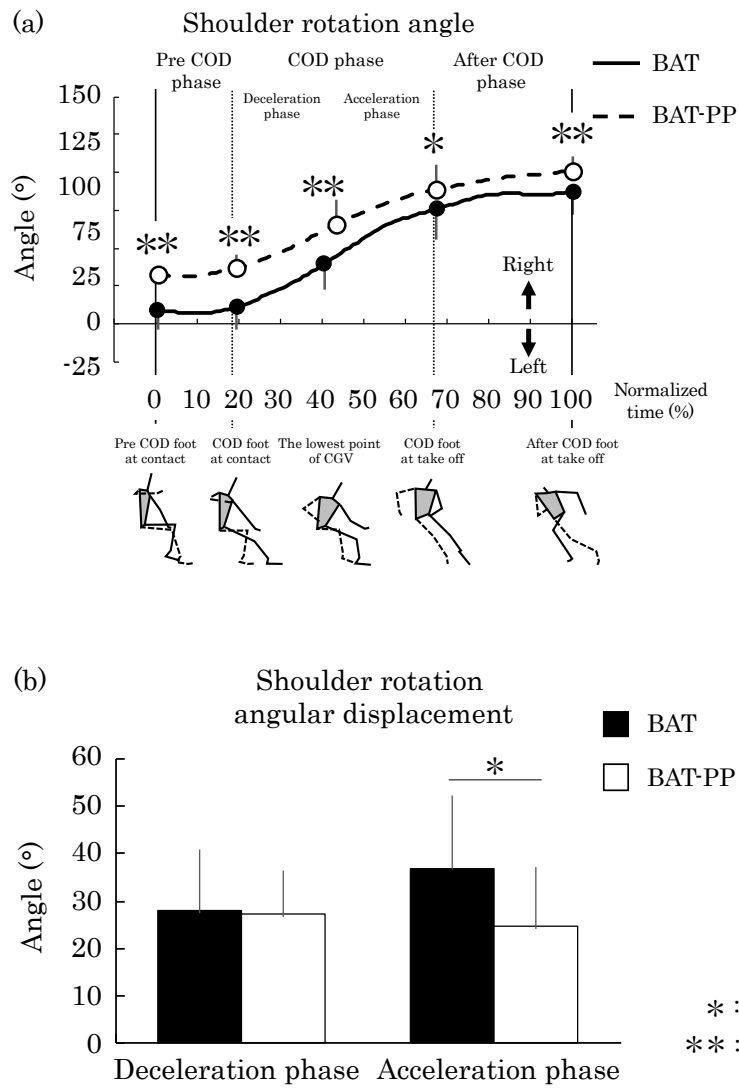


Fig. 17 Shoulder rotation angle of BAT and BAT-PP.

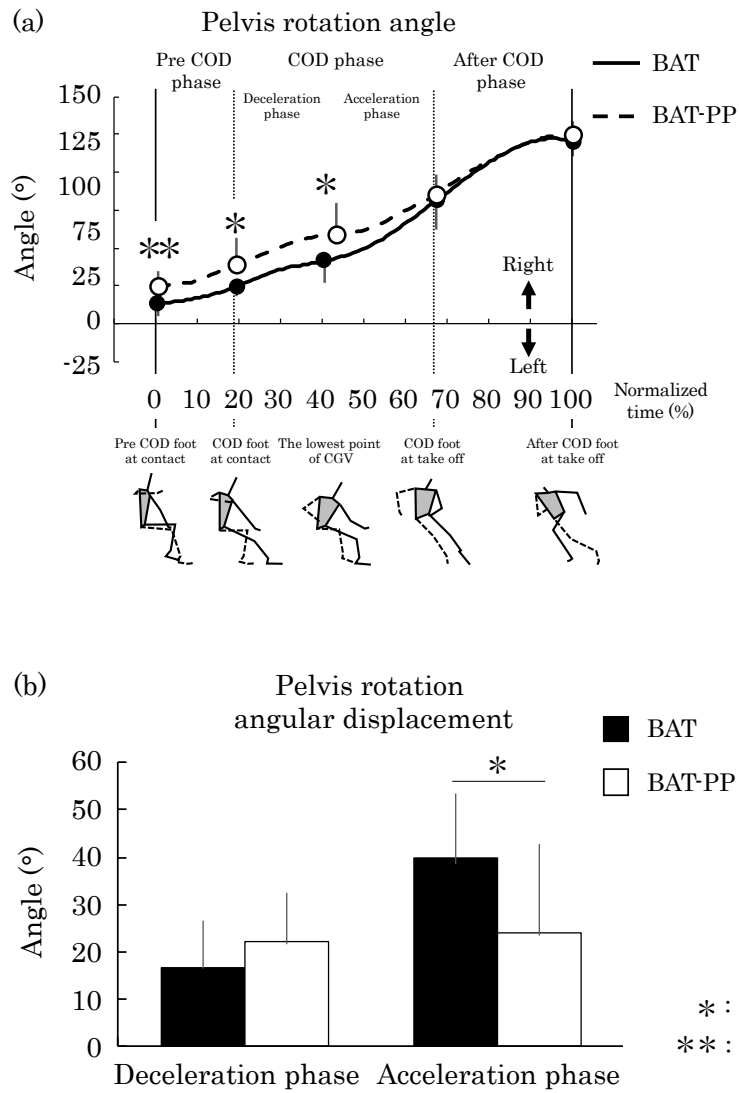


Fig. 18 Pelvis rotation angle of BAT and BAT-PP.

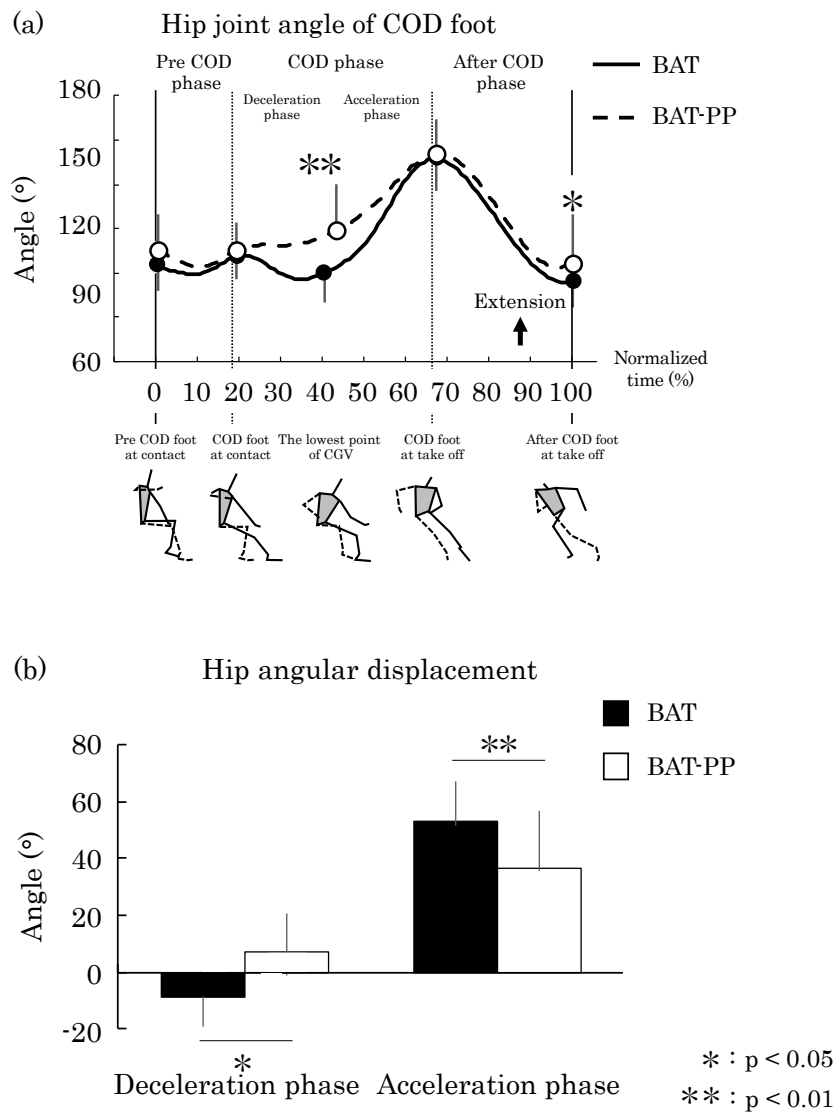


Fig. 19 Hip joint angle of BAT and BAT-PP.

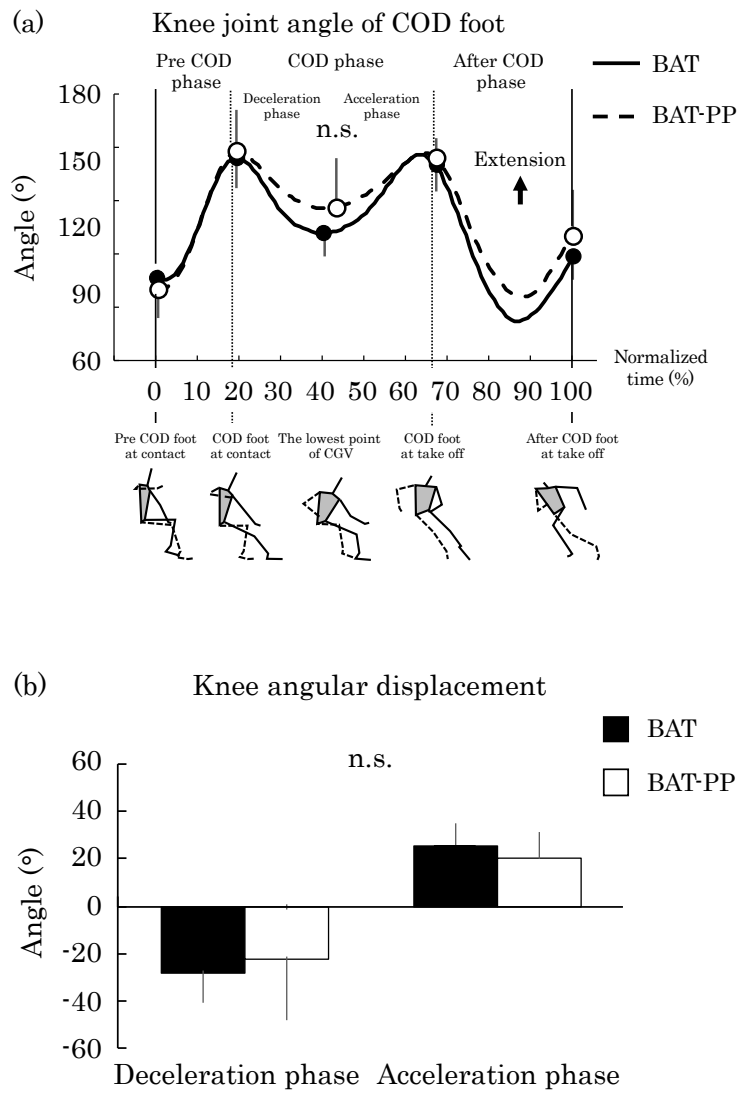


Fig. 20 Knee joint angle of BAT and BAT-PP.

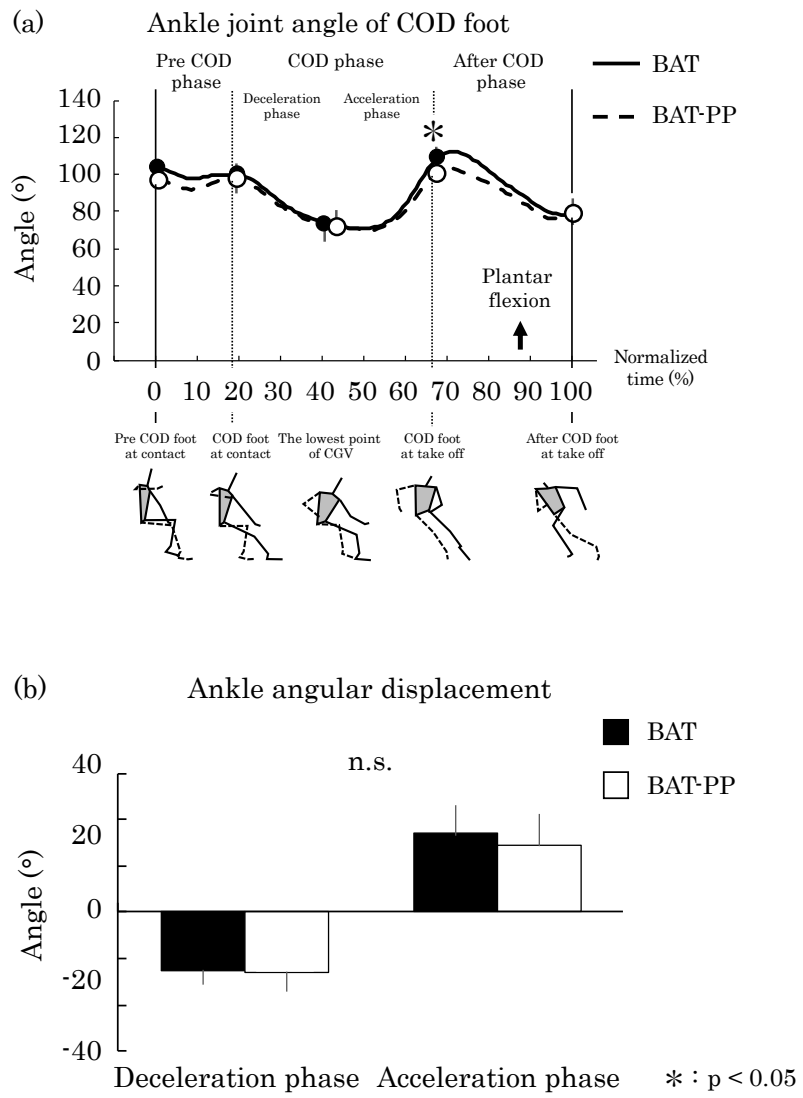


Fig. 21 Ankle joint angle of BAT and BAT-PP.

転換を成功させていたことが推察される。一方、本研究では、光刺激提示までの0-3 m 区間および0-5 m 区間に差は認められなかったため (Table3), 本研究における状況判断の有無が方向転換走タイムへ及ぼす影響は、刺激提示以降の方向転換を含む区間に生じたことが考えられる。

状況判断の有無によって、方向転換を含む5-13 m 区間タイムに違いが認められたことは、方向転換前後のステップパラメータや動作が異なることが考えられる。そこで本研究では、まず方向転換前後1歩ずつのステップパラメータを検討した。その結果、すべてのパラメータにおいて、有意差は認められなかった (Table4)。一方、身体重心速度では、通常条件はPP条件と比較して、身体重心速度最下点 (Fig.14a) において有意に低い速度であった。これまでに、移動方向の予測ができない状況における方向転換では、姿勢調整を行うための時間が短いことが指摘されている (Besier et al., 2001)。このことは、状況判断を伴う方向転換では、方向転換前に十分な準備動作ができていないことが考えられる。したがって、状況判断を伴う方向転換では、移動方向の決定から方向転換遂行までの時間が短いことから、方向転換前に十分な準備動作ができなかったために、身体重心速度を低下させて方向転換に対応したことが考えられる。

4.2 状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響

上記の結果から、状況判断の有無によって、方向転換前後の動作が異なることが考えられる。そこで、研究課題 2-1 では、方向転換足接地前局面、方向転換足支持局面減速期、方向転換足支持局面加速期、方向転換足離地後局面に局面分けおよび期分けを行い、方向転換足接地前局面および方向転換足支持局面を中心に状況判断の有無が動作に及ぼす影響を検討した。

まず、方向転換足接地前局面において、身体内傾角度では、方向転換1歩前足接地時点および方向転換足接地時点において、通常条件はPP条件と比較して有意に角度が小さかった (Fig.15a)。また、肩回転角度 (Fig.17a) および腰回転角度 (Fig.18a) においても、方向転

換 1 歩前足接地時点および方向転換足接地時点において、通常条件は PP 条件よりも有意に移動方向への回転角度が小さい結果となった。BAT における通常条件では、光刺激によって移動方向を決定するため、刺激提示までは左右どちらへの方向転換にも対応できる姿勢を保つことが要求される。そのため、通常条件では、方向転換 1 歩前においても、身体の内傾は小さく、肩や腰の回転も小さかったことが考えられる。したがって、方向転換足接地前局面では、状況判断の有無によって、身体内傾角度、肩回転角度および腰回転角度が異なり、状況判断を伴う方向転換では、身体の内傾が小さく、直立を維持しており、肩および腰の回転角度は小さく、進入方向により正対していたことが考えられる。

次に、方向転換足支持局面減速期において、方向転換脚の股関節では、方向転換足接地時点では有意差は認められなかったが、身体重心速度最下点において、通常条件は PP 条件よりも有意に屈曲していた (Fig.19a)。さらに、方向転換足支持局面における角度変化量をみると、PP 条件は減速期において伸展していたが、通常条件では屈曲していた (Fig.19b)。これらの結果は、状況判断の有無によって、減速期における股関節のはたらきが異なることを示している。これまでに、方向転換における股関節動作において、減速時には屈曲、加速時には伸展することが報告されている (Hewit et al., 2011)。通常条件では、PP 条件よりも身体重心速度最下点において身体重心速度が低下していたことを踏まえると (Fig.14a)、状況判断を伴う方向転換では、減速期に股関節が大きく屈曲することによって、身体重心速度最下点における身体重心速度が低下したことが考えられる。

さらに、方向転換足支持局面加速期においては、肩回転角度ではすべての時点、腰回転角度では方向転換 1 歩前足接地時点、方向転換足接地時点および身体重心速度最下点にて、通常条件は PP 条件よりも回転角度が有意に小さかった一方で (Fig.17a, Fig.18a)、加速期の角度変化量においては通常条件が PP 条件よりも移動方向への変化量が有意に大きい結果となった (Fig.17b, Fig.18b)。これらの結果は、状況判断を伴う方向転換では、加速期において、体幹部を大きく移動方向に回転させていることを示している。これまでに、Marshall et al. (2014) は、方向転換走タイムと体幹部の回転角度との間に相関関係が認め

られたことを報告しており、素早く方向転換を遂行するためには、体幹部の回転角度を大きくし、体幹部を移動方向に向ける必要があると考えられる。あらかじめ移動方向が決まっている PP 条件では方向転換足接地前局面から大きな肩回転角度および腰回転角度を獲得していた一方で、通常条件では刺激提示までは左右どちらへの方向転換にも対応できる姿勢を保つことが要求されるため、方向転換足接地前局面においては肩回転角度および腰回転角度が小さく、移動方向に回転させることができていなかった (Fig.17a, Fig.18a)。そのため、通常条件では方向転換足支持局面において体幹部の移動方向への回転が必要であるが、Jindrich et al. (2006) は、方向転換時に生じる地面反力のブレーキ成分には身体の過回転を防ぐはたらきがあることを報告しており、減速期においてはそのはたらきが影響したことにより体幹部の回転が制限された可能性が考えられる。このことから、通常条件では、方向転換足支持局面の中でも、加速期において肩および腰が移動方向へ大きく回転していたことが推察される。下肢では、股関節屈曲伸張角度変化量において、通常条件が PP 条件よりも有意に伸展量が大きい結果となった (Fig.19b)。さらに、足関節においても、角度変化量に有意差は認められなかった一方で (Fig.21b)、方向転換足離地時点において通常条件が PP 条件よりも有意に底屈していた (Fig.21a)。これらの結果は、通常条件は加速期において下肢を大きく伸展させていたといえる。これまでに、鈴木ほか (2010) は、方向転換足支持局面後半の身体重心速度を増大させていた者は、方向転換足支持局面後半の股関節伸展量を大きくしていたことを報告している。また、方向転換における足関節動作では、減速時は背屈、加速時は底屈すると報告されている (Hewit et al., 2011)。これらのことは、方向転換時の股関節伸展動作および足関節底屈動作は、身体重心速度を獲得する役割をしているといえる。通常条件では身体重心速度最下点において身体重心速度が低下していた一方で、方向転換足離地時点では PP 条件と同等の身体重心速度を獲得していたこと (Fig.14a) を踏まえると、状況判断を伴う方向転換では、加速期に股関節および足関節がより大きく伸展および底屈したことによって、方向転換足離地時点において PP 条件と同等の身体重心速度を獲得していたことが考えられる。

5. 要約

研究課題 2-1 では、光刺激による状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。大学男子サッカー選手を対象とし、光刺激による状況判断を伴う方向転換走 (Backward agility test: BAT) において、通常条件およびあらかじめ移動方向が決定している条件 (Pre-planned 条件: PP 条件) の2種類を行わせ、両条件間において、タイム、ステップパラメータおよび各キネマティクス変数を比較した。主な結果は以下の通りである。

- (1) 通常条件は PP 条件と比較して刺激提示以降の方向転換を含む 5–13 m 区間および 0–13 m 区間において有意にタイムが遅いことが示された。
- (2) 方向転換前後 1 歩ずつの範囲における身体重心速度では、通常条件は身体重心速度最下点において身体重心速度が有意に低下していたことが示された。
- (3) 方向転換足接地前局面において、通常条件は身体内傾角度、肩回転角度および腰回転角度が有意に小さかったことが示された。
- (4) 方向転換足支持局面において、通常条件は減速期では股関節屈曲量が有意に大きく、加速期では肩回転角度および腰回転角度における移動方向への回転量および股関節伸展量が有意に大きかったことが示された。

以上の結果から、状況判断を伴う方向転換では、刺激提示までは左右どちらへの方向転換にも対応できる姿勢を保つことが要求されることから、方向転換前において、身体の内傾が小さく、肩や腰の移動方向への回転が小さかった。そのため、股関節の屈曲量を大きくすることによって身体重心速度を低下させた後に肩や腰を移動方向に大きく回転させて方向転換を遂行していたことが明らかとなった。

第7章 状況判断の有無がサッカー選手の方向転換に及ぼす影響における個別性 (研究課題 2-2)

1. 目的

第7章では、状況判断の有無によるタイムの変化に特徴的な傾向がみられた選手を対象に、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を個別に検討する。

研究課題 2-1 では、状況判断の有無は、複数の対象者の平均値による条件間の比較から、方向転換に影響を及ぼすことが示された。一方で、関子 (2008) は、クリーンエクササイズにおける負荷重量と実際の力の変化について選手ごとに検討した結果、挙上したバーベルの負荷に対して発揮した力が選手ごとに異なることから、選手によってエクササイズの動作が異なる可能性を示し、より複雑な運動ではこの問題はさらに増大することを指摘している。

方向転換に関する研究において、複数の対象者の平均値の比較を用いた場合、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響が大きいと示されている研究が多い (Besier et al., 2001; Cortes et al., 2011; 木村・桜井, 2010) 一方で、選手ごとの個別性に着目した研究はこれまでに存在しない。Mornieux et al. (2014) は、移動方向の決定から方向転換遂行までに十分に時間がある場合にはパフォーマンスや方向転換の前の姿勢調整に影響を与えないと報告している。このことは、対象者によっては状況判断の有無による影響を受けない場合があると考えられる。

サッカーのようなチームスポーツのトレーニングにおいては、全体で同一のトレーニングを実施しなければならない一方で、個人特性を考慮したトレーニングの重要性が指摘されている (坂井ほか, 2006)。したがって、方向転換における個別性の検討は、方向転換能力向上を目指したトレーニングを個別に処方するために有用な知見になると考えられる。

以上のことから、研究課題 2-2 では、状況判断の有無によって方向転換走タイムに特徴的な変化を示した対象者に着目し、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を個別に検討す

ることを目的とした。

2. 方法

2.1 対象者

対象者は、研究課題 2-1 の中で特徴的な傾向を示した 4 名 (Sub.A, Sub.D, Sub.L, Sub.M) とした。Sub.A は、通常条件では 2.78 秒 (全体の 1 位)、PP 条件では 2.75 秒 (全体の 2 位) と 両条件において上位群であった。Sub.D は、通常条件では 2.95 秒 (全体の 4 位) で上位群であったが、PP 条件 では 2.93 秒 (全体の 10 位) を記録し、下位群となった対象者である。Sub.L は、通常条件では 3.14 秒 (全体の 12 位)、PP 条件 では 3.01 秒 (全体の 12 位) を記録し、両条件ともに下位群であった。Sub.M は、通常条件では 3.12 秒 (全体の 13 位) で下位群であったが、PP 条件では 2.89 秒 (全体の 7 位) を記録し、上位群であった対象者である。それぞれの対象者の年齢、身長および体重は、Table 5 に示した。

2.2 実験試技

実験試技は、研究課題 2-1 で用いた BAT における通常条件および PP 条件とした。

2.3 データ収集およびデータ処理

BAT の通常条件および PP 条件において、研究課題 2-1 と同じデータを用いた。

2.4 測定方法および算出項目

BAT の通常条件および PP 条件において、研究課題 2-1 と同じデータを用い、両条件におけるタイム、方向転換前後 1 歩ずつにおける経過時間、各足の接地時間、ピッチ、ストライドから構成されるステップパラメータに加えて、身体重心速度、身体重心高、身体内傾角度、身体前傾角度、肩回転角度、腰回転角度および方向転換脚における下肢 3 関節角度を算出した。それぞれの変数は研究課題 1 と同様の方法を用いて算出した。

Table 5 Age, height and body mass of subject A, D, L, M.

Subjects	Age (year)	Height (cm)	Body mass (kg)
A	20	181	77
D	19	184	72
L	20	174	69
M	19	171	70

2.5 局面定義

研究課題 1 と同様に、方向転換 1 歩前足接地から方向転換足接地までを方向転換足接地前局面、方向転換足接地から方向転換足離地までを方向転換足支持局面、方向転換足離地から方向転換 1 歩後足離地までを方向転換足離地後局面と定義した。さらに、方向転換足支持局面における方向転換足接地から身体重心速度最下点までを減速期、身体重心速度最下点から方向転換足離地までを加速期と定義した。

2.6 データの規格化

上記で示した 3 局面を分析局面とし、各局面における所要時間の平均値をもとに分析局面を 0-100% に規格化し（方向転換足接地前局面: 0-20%, 方向転換足支持局面: 21-66%, 方向転換足離地後局面: 67-100%）、1% ごとに平均化した。

3. 結果

3.1 タイム、ステップパラメータおよび身体重心速度

Table6 には、通常条件および PP 条件における各区間タイムを示した。その結果、Sub.A は、0-3 m 区間では通常条件は PP 条件よりも速いタイムを示した（通常条件 0.54 秒、PP 条件 0.60 秒）。0-5 m 区間では両条件ともに同タイムを示し（両条件ともに 0.60 秒）、5-13 m 区間および 0-13 m 区間では通常条件が PP 条件よりも遅いタイムを示した（5-13 m 区間: 通常条件 1.88 秒、PP 条件 1.85 秒、0-13 m 区間: 通常条件 2.78 秒、PP 条件 2.75 秒）。Sub.D は、0-3 m 区間、0-5 m 区間および 0-13 m 区間では通常条件は PP 条件よりも遅いタイムを示した（0-3 m 区間: 通常条件 0.65 秒、PP 条件 0.63 秒、0-5 m 区間: 通常条件 0.99 秒、PP 条件 0.96 秒、0-13 m 区間: 通常条件 2.95 秒、PP 条件 2.93 秒）一方で、5-13 m 区間では、通常条件は PP 条件よりも速いタイムを示した（通常条件 1.96 秒、PP 条件 1.97 秒）。Sub.L は、0-3 m 区間、0-5 m 区間および 0-13 m 区間では通常条件は PP 条件よりも遅いタイムを示した（0-3 m 区間: 通常条件 0.68 秒、PP

条件 0.57 秒, 0-5 m 区間: 通常条件 1.04 秒, PP 条件 0.91 秒, 0-13 m 区間: 通常条件 3.14 秒, PP 条件 3.10 秒) 一方で, 5-13 m 区間では, 両条件ともに同タイムを示した (両条件ともに 2.10 秒). Sub.M は, いずれの区間においても通常条件は PP 条件よりも遅いタイムを示した (0-3 m 区間: 通常条件 0.69 秒, PP 条件 0.58 秒, 0-5 m 区間: 通常条件 1.05 秒, PP 条件 0.93 秒, 5-13 m 区間: 通常条件 2.07 秒, PP 条件 1.96 秒, 0-13 m 区間: 通常条件 3.12 秒, PP 条件 2.89 秒).

Table7 には通常条件および PP 条件におけるステップパラメータを示した. 方向転換前後 1 歩ずつにおける経過時間では, Sub.A および Sub.D は通常条件が PP 条件よりも短い時間を示した (Sub.A: 通常条件 0.71 秒, PP 条件 0.75 秒, Sub.D: 通常条件 0.62 秒, PP 条件 0.67 秒). 一方で, Sub.L は両条件で同じ時間を示したが (両条件ともに 0.64 秒), Sub.M は通常条件が PP 条件よりも長い時間を示した (Sub.M: 通常条件 0.57 秒, PP 条件 0.58 秒). ピッチでは, 方向転換 1 歩前のピッチにおいて, Sub.A および Sub.D は通常条件が PP 条件よりも高いピッチを示した (Sub.A: 通常条件 7.50 step/秒, PP 条件 6.25 step/秒, Sub.D: 通常条件 10.71 step/秒, PP 条件 3.57 step/秒). 一方で, Sub.M および Sub.L は通常条件が PP 条件よりも低いピッチを示した (Sub.L, Sub.M ともに通常条件 7.89 step/秒, PP 条件 8.82 step/秒). また, 方向転換 1 歩後のピッチにおいて, Sub.A, Sub.D および Sub.L は通常条件が PP 条件よりも高いピッチを示した (Sub.A: 通常条件 3.13 step/秒, PP 条件 2.88 step/秒, Sub.D: 通常条件 10.00 step/秒, PP 条件 2.83 step/秒, Sub.L: 通常条件 3.66 step/秒, PP 条件 3.33 step/秒) 一方で, Sub.M は通常条件が PP 条件よりも低いピッチを示した (Sub.M: 通常条件 7.89 step/秒, PP 条件 8.82 step/秒). ストライドでは, いずれの対象者においても通常条件が PP 条件よりも長いストライドを示した. 接地時間では, 方向転換 1 歩前足において, Sub.A および Sub.L は通常条件が PP 条件よりも長い接地時間を示した (Sub.A: 通常条件 0.21 秒, PP 条件 0.17 秒, Sub.M: 通常条件 0.15 秒, PP 条件 0.12 秒) 一方で, Sub.D および Sub.M は通常条件が PP 条件よりも短い接地時間を示した (Sub.D: 通常条件 0.19 秒, PP 条件 0.25 秒, Sub.M:

通常条件 0.15 秒, PP 条件 0.18 秒)。また, 方向転換足では, いずれの対象者においても通常条件が PP 条件よりも短い接地時間を示した。さらに, 方向転換 1 歩後足において, Sub.A, Sub.D および Sub.M は通常条件が PP 条件よりも長い接地時間を示した (Sub.A: 通常条件 0.25 秒, PP 条件 0.24 秒, Sub.D: 通常条件 0.25 秒, PP 条件 0.21 秒, Sub.M: 通常条件 0.21 秒, PP 条件 0.29 秒) 一方で, Sub.L は通常条件が PP 条件よりも長い接地時間を示した (Sub.L: 通常条件 0.24 秒, PP 条件 0.23 秒)。

Fig.22 には, 各対象者における身体重心速度について示した。いずれの対象者も両条件ともに身体重心速度最下点までは減速し, 身体重心速度最下点以降は加速していた。対象者を個別にみてみると, Sub.A は, 10%から 20%付近では通常条件が PP 条件より高い身体重心速度を示したが, そのほかの局面では通常条件は PP 条件よりも低い身体重心速度を示した。Sub.D は, 方向転換足接地前局面および方向転換足支持局面では通常条件が PP 条件より低い身体重心速度を示したが, 方向転換足離地後局面では通常条件は PP 条件より高い身体重心速度を示した。Sub.L は, 60%付近までは通常条件が PP 条件より低い身体重心速度を示したが, 60%付近以降では通常条件が PP 条件より高い身体重心速度を示した。Sub.M は, 身体重心速度最下点付近から 60%付近までは通常条件が PP 条件よりも高い身体重心速度を示したが, そのほかの局面では通常条件が PP 条件よりも低い身体重心速度を示した。また, 方向転換足支持局面における身体重心速度変化量について, Sub.A は, 減速期では通常条件が PP 条件より変化量が大きく, 加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかった。Sub.D は, 減速期では通常条件が PP 条件より変化量がわずかに小さく, 加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。Sub.L は, 減速期では通常条件が PP 条件より変化量が小さく, 加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。Sub.M は, 減速期では通常条件が PP 条件より変化量が小さく, 加速期でも通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかった。

Table 6 BAT time and BAT-PP time of subject A, D, L, M.

Subject A	BAT	BAT-PP
0–3 m (s)	0.54	0.60
0–5 m (s)	0.90	0.90
5–13 m (s)	1.88	1.85
0–13 m (s)	2.78	2.75

Subject D	BAT	BAT-PP
0–3 m (s)	0.65	0.63
0–5 m (s)	0.99	0.96
5–13 m (s)	1.96	1.97
0–13 m (s)	2.95	2.93

Subject L	BAT	BAT-PP
0–3 m (s)	0.64	0.57
0–5 m (s)	1.04	0.91
5–13 m (s)	2.10	2.10
0–13 m (s)	3.14	3.01

Subject M	BAT	BAT-PP
0–3 m (s)	0.69	0.64
0–5 m (s)	1.05	0.93
5–13 m (s)	2.07	1.96
0–13 m (s)	3.12	2.89

Table 7 Step parameters of subject A, D, L, M.

Subject A	BAT	BAT-PP
Movement time (s)	0.71	0.75
Step frequency (step/s)		
Pre COD	7.50	6.25
After COD	3.13	2.88
Step length (m)		
Pre COD	0.72	0.44
After COD	0.85	0.49
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.21	0.17
COD foot	0.31	0.33
After COD foot	0.25	0.24

Subject D	BAT	BAT-PP
Movement time (s)	0.62	0.67
Step frequency (step/s)		
Pre COD	10.71	10.00
After COD	3.57	2.83
Step length (m)		
Pre COD	0.69	0.29
After COD	0.62	0.45
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.19	0.25
COD foot	0.33	0.35
After COD foot	0.25	0.21

Subject L	BAT	BAT-PP
Movement time (s)	0.64	0.64
Step frequency (step/s)		
Pre COD	7.89	8.82
After COD	3.66	3.33
Step length (m)		
Pre COD	0.61	0.33
After COD	0.77	0.57
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.15	0.12
COD foot	0.28	0.29
After COD foot	0.24	0.23

Subject M	BAT	BAT-PP
Movement time (s)	0.57	0.58
Step frequency (step/s)		
Pre COD	7.89	8.82
After COD	4.29	5.56
Step length (m)		
Pre COD	0.47	0.30
After COD	0.61	0.24
Contact time (s)		
Pre COD foot	0.15	0.18
COD foot	0.25	0.27
After COD foot	0.21	0.29

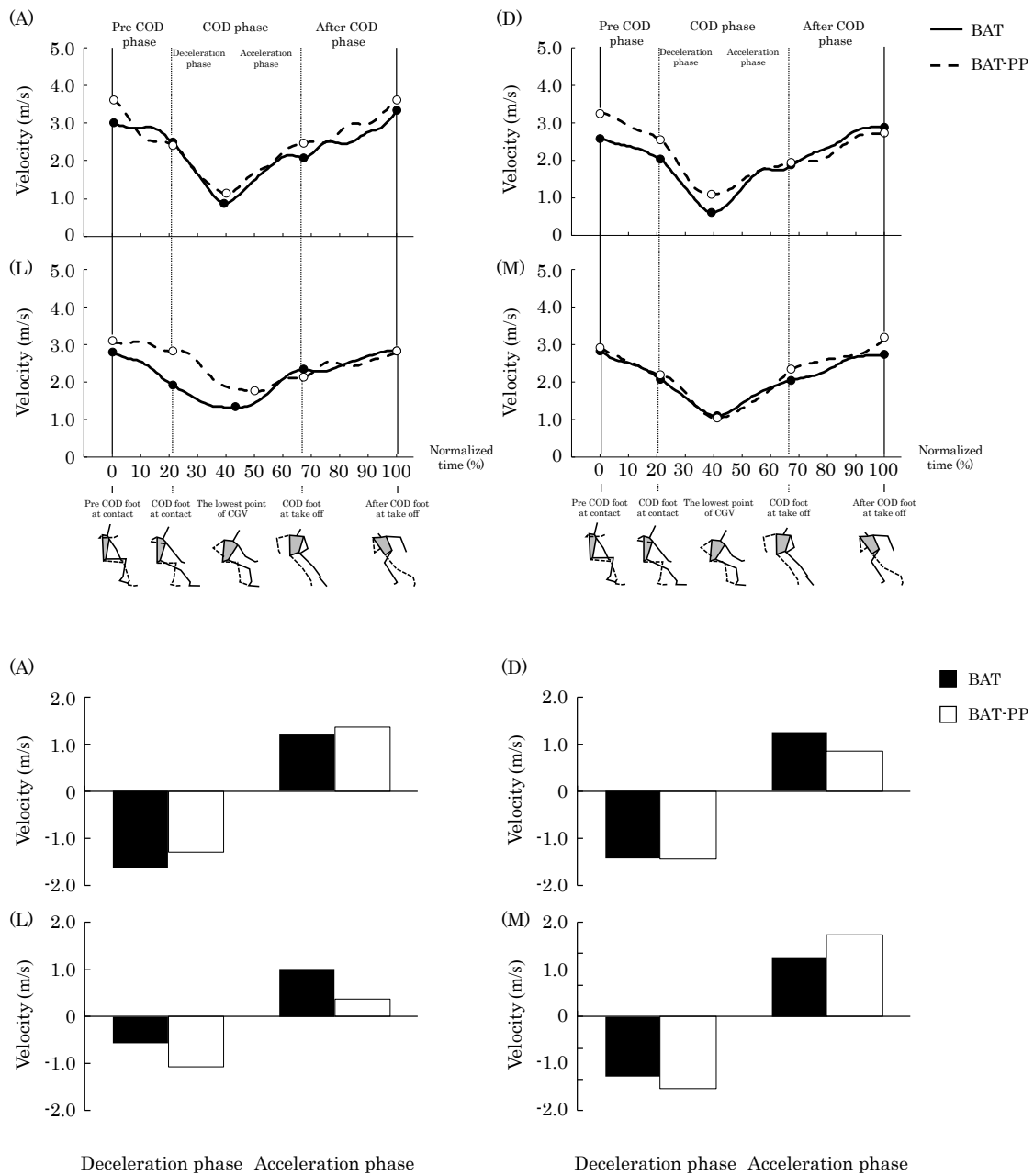


Fig. 22 CGV parameters of subject A, D, L, M.

3.2 方向転換動作におけるキネマティクスパラメータ

Fig.23 は、各対象者における身体重心高について示した。いずれの対象者も両条件ともに身体重心速度最下点付近まで身体重心高を低下させ、それ以降は上昇させていた。対象者を個別にみてみると、Sub.A, Sub.D および Sub.L は通常条件が PP 条件よりもいずれの地点でも低い身体重心高であったことに対して、Sub.M は通常条件が PP 条件よりもいずれの地点でも高い身体重心高を示した。また、身体重心高変化量については、Sub.A, Sub.L および Sub.M は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さく、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。一方、Sub.D は減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きく、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。

Fig.24 は、各対象者の身体内傾角度について示した。Sub.A は、通常条件では方向転換 1 歩前足接地時点から身体重心速度最下点にかけて身体を内傾させ、その後外傾方向に身体を起こし、60%付近から 80%付近まで身体を内傾させた後、再度外傾方向に身体を起こしていた。PP 条件では方向転換 1 歩前足接地から 10%付近まで内傾させた後、20%付近まで一度外傾方向に身体を起こした後、身体重心速度最下点まで再度内傾させた。身体重心速度最下点以降は 70%付近まで外傾方向、70%付近から 90%付近までは内傾方向、90%から 100%付近までは外傾方向に身体を傾けていた。Sub.D は、両条件ともに、終始同様の身体の傾きの経過を示した一方で、方向転換足離地局面では通常条件が PP 条件よりも角度が顕著に小さかった。Sub.L は、通常条件では方向転換 1 歩前足接地時点から 15%付近まで身体を内傾方向に傾け、方向転換足接地時点で一度外傾方向に身体を傾けるが、その後、身体重心速度最下点までは身体を内傾方向に傾けていた。その後身体重心速度最下点から 80%付近までは身体を外傾方向に傾け、方向転換 1 歩後足離地時点までは身体を内傾方向に傾けていた。PP 条件では、方向転換 1 歩前足接地時点から 30%付近まで身体を外傾方向に傾けた後、身体重心速度最下点まで身体を内傾方向に傾けていた。身体重心速度最下点以降は外傾方向および内傾方向への傾斜を繰り返しているが、角度の変化は 10 度程度であった。Sub.M は、方向転換足接地前局面において、通常条件では身体を内傾方向に傾けている一

方で、PP 条件では一度身体を外傾方向へ傾けた後に身体を内傾方向へと傾けていた。方向転換足支持局面以降は両条件ともに、身体重心速度最下点までは身体を内傾方向へ、身体重心速度最下点以降は、80%付近において一度内傾方向への変化を示す以外は、外傾方向への傾きを示した。また、身体内傾角度変化量では、Sub.A は、減速期および加速期ともに通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかった。Sub.D および Sub.L は、減速期および加速期ともに通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。Sub.M は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きく、加速期では通常条件は PP 条件よりも変化量が小さかった。

Fig.25 は、各対象者の身体前傾角度について示した。いずれの対象者も両条件とも、方向転換 1 歩前足接地時点から方向転換足接地時点まで後傾、その後方向転換足離地時点までは前傾した後に、方向転換 1 歩後足離地時点まで後傾方向に身体を起こしていた。対象者を個別にみてみると、Sub.A, Sub.L および Sub.M は同様の身体前傾角度を示した一方で、Sub.L は方向転換足支持局面において通常条件が PP 条件よりも角度がやや小さかった。また、身体前傾角度変化量では、Sub.A および Sub.L は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さい一方で、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。Sub.D および Sub.M は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きく、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかった。

Fig.26 は、各対象者の肩回転角度について示した。いずれの対象者も両条件とも方向転換 1 歩前足接地時点から方向転換 1 歩後足離地時点まで、肩を移動方向に回転させていた。対象者を個別にみてみると、Sub.A および Sub.D は、方向転換 1 歩前足接地時点において、両条件の角度の差はそれぞれ 5.8 度、10.4 度であった一方で、Sub.M および Sub.L はそれぞれ 24.5 度、36.9 度と条件間で顕著に角度が異なっていた。また、肩回転角度変化量では、Sub.A および Sub.M は減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さく、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。一方で、Sub.D および Sub.L は、減速期および加速期ともに通常条件が PP 条件より変化量が大きかった。

Fig.27 は、各対象者における腰回転角度について示した。いずれの対象者も両条件とも

方向転換 1 歩前足接地時点から方向転換 1 歩後足離地時点まで、腰を移動方向に回転させていた。対象者を個別にみると、Sub.A および Sub.L は両条件とも同様の角度を示した一方で、Sub.D は方向転換足支持局面において通常条件が PP 条件より顕著に腰回転角度が大きく、Sub.M は方向転換足支持局面において通常条件が PP 条件より顕著に腰回転角度が小さかった。腰回転角度変化量では、Sub.A および Sub.D は、減速期および加速期ともに通常条件が PP 条件より変化量が大きかった。その一方で、Sub.L および Sub.M は減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さく、加速期では通常条件が PP 条件より変化量が大きかった。

Fig.28 は、各対象者における股関節屈曲伸展角度について示した。対象者を個別にみると、Sub.A および Sub.D は、両条件とも、10%付近まで屈曲しその後伸展したが、方向転換足接地時点付近から再度屈曲した後、身体重心速度最下点から方向転換足離地時点まで伸展、その後屈曲していた。その一方で、Sub.L は両条件とも、10%付近まで屈曲しその後伸展したが、方向転換足接地後、通常条件は屈曲、PP 条件では角度を維持していた。Sub.M は、方向転換足接地前局面では両条件ともに同様の角度を維持していたが、方向転換足接地後、通常条件では減速期に屈曲、加速期に伸展していた一方で、PP 条件では方向転換足支持局面を通して伸展していた。また、股関節屈曲伸展角度変化量では、Sub.A および Sub.D は、減速期において両条件ともに屈曲方向に変化していた一方で、Sub.L および Sub.M は、通常条件は屈曲方向への変化、PP 条件では伸展方向への変化を示した。加速期においては、Sub.A は通常条件が PP 条件よりも変化量は小さく、Sub.D、Sub.L および Sub.M は通常条件が PP 条件よりも変化量は大きかった。

Fig.29 は、各対象者における膝関節角度について示した。いずれの対象者も両条件ともに、方向転換 1 歩前足接地時点から伸展し、方向転換足接地時点付近から身体重心速度最下点付近まで屈曲した後、方向転換足離地時点付近まで伸展し、その後 90%付近まで屈曲してから伸展していた。対象者を個別にみると、Sub.A は方向転換 1 歩前足接地時点から 80%付近までは通常条件が PP 条件より屈曲もしくは同様の角度であったが、80%付

近から方向転換 1 歩後足離地時点までは通常条件が PP 条件よりも伸展していた。Sub.D は、方向転換足接地前局面では通常条件が PP 条件よりも屈曲していたが、方向転換足支持局面では通常条件が PP 条件より伸展しており、方向転換足離地後局面では再び通常条件が PP 条件より屈曲していた。Sub.L は、方向転換足接地前局面および方向転換足支持局面減速期では通常条件が PP 条件よりも屈曲していたが、方向転換足加速期から方向転換足離地後局面では通常条件が PP 条件よりも伸展していた。Sub.M は、方向転換 1 歩前足接地時点から 90%付近まで通常条件が PP 条件より伸展していたが、90%以降は通常条件が PP 条件よりも屈曲していた。また、膝関節角度変化量では、Sub.A, Sub.D および Sub.M は、減速期および加速期ともに通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかった一方で、Sub.L は減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さかったが、加速期では通常条件が PP 条件より変化量が大きかった。

Fig.30 は、各対象者における足関節角度について示した。対象者を個別にみると、Sub.A, Sub.D および Sub.L は、両条件ともに同様の足関節角度の経過を示した。一方で、Sub.M は、通常条件は方向転換足接地時点から背屈していたが、PP 条件では一度底屈してから背屈していた。また、足関節角度変化量では、Sub.A および Sub.D は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が小さいが、加速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きかった。Sub.L および Sub.M は、減速期では通常条件が PP 条件よりも変化量が大きい、加速期では変化量が小さかった。

4. 考察

研究課題 2-2 では、状況判断の有無によるタイムの変化が特徴的であった 4 名 (Sub.A, Sub.D, Sub.L, Sub.M) を対象に、条件間の変化を個人内で検討することによって、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響における個別性について明らかにすることを目的とした。

抽出した対象者について、Sub.A は通常条件および PP 条件において、平均よりも速いタ

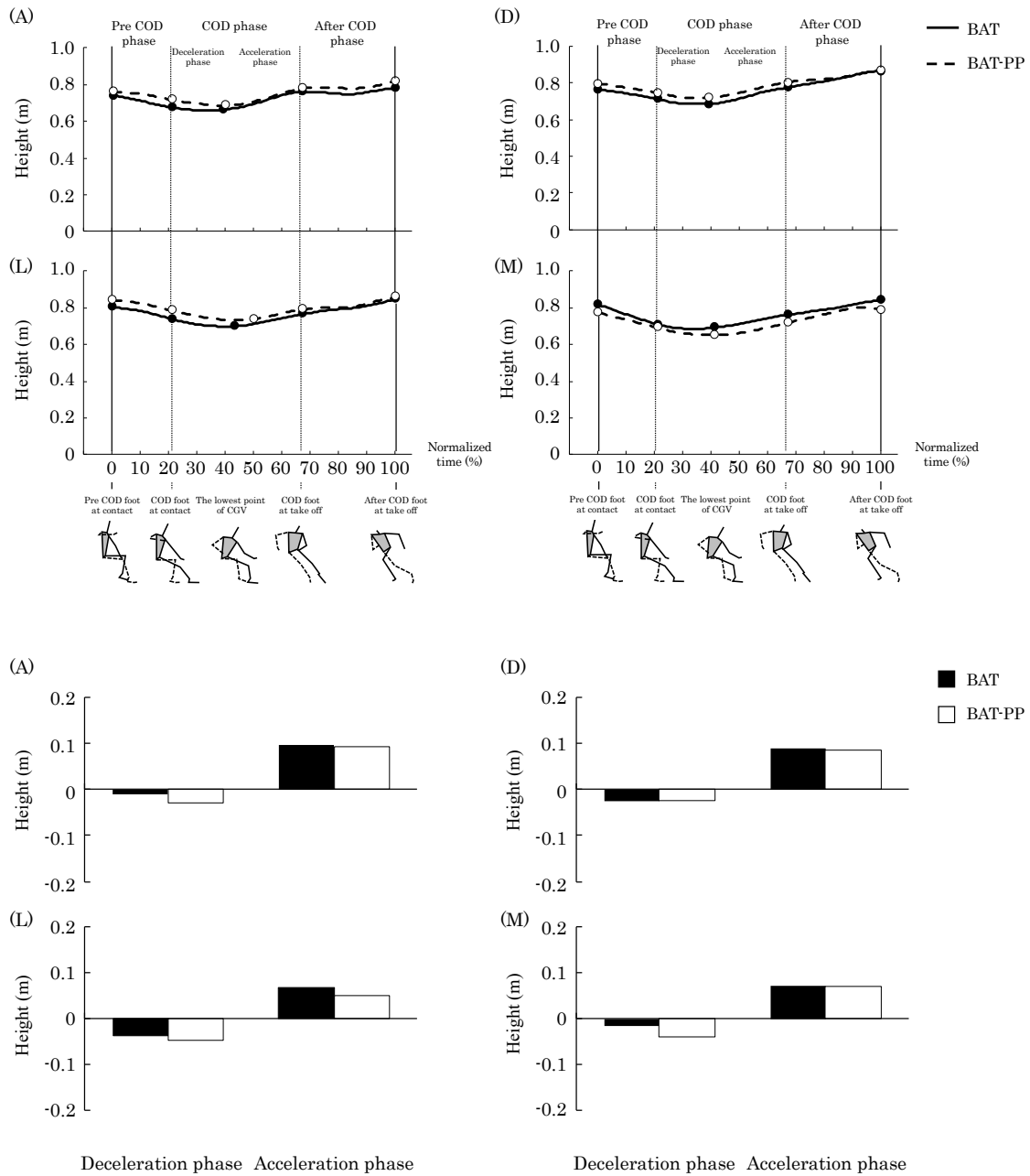


Fig. 23 CG height parameters of subject A, D, L, M.

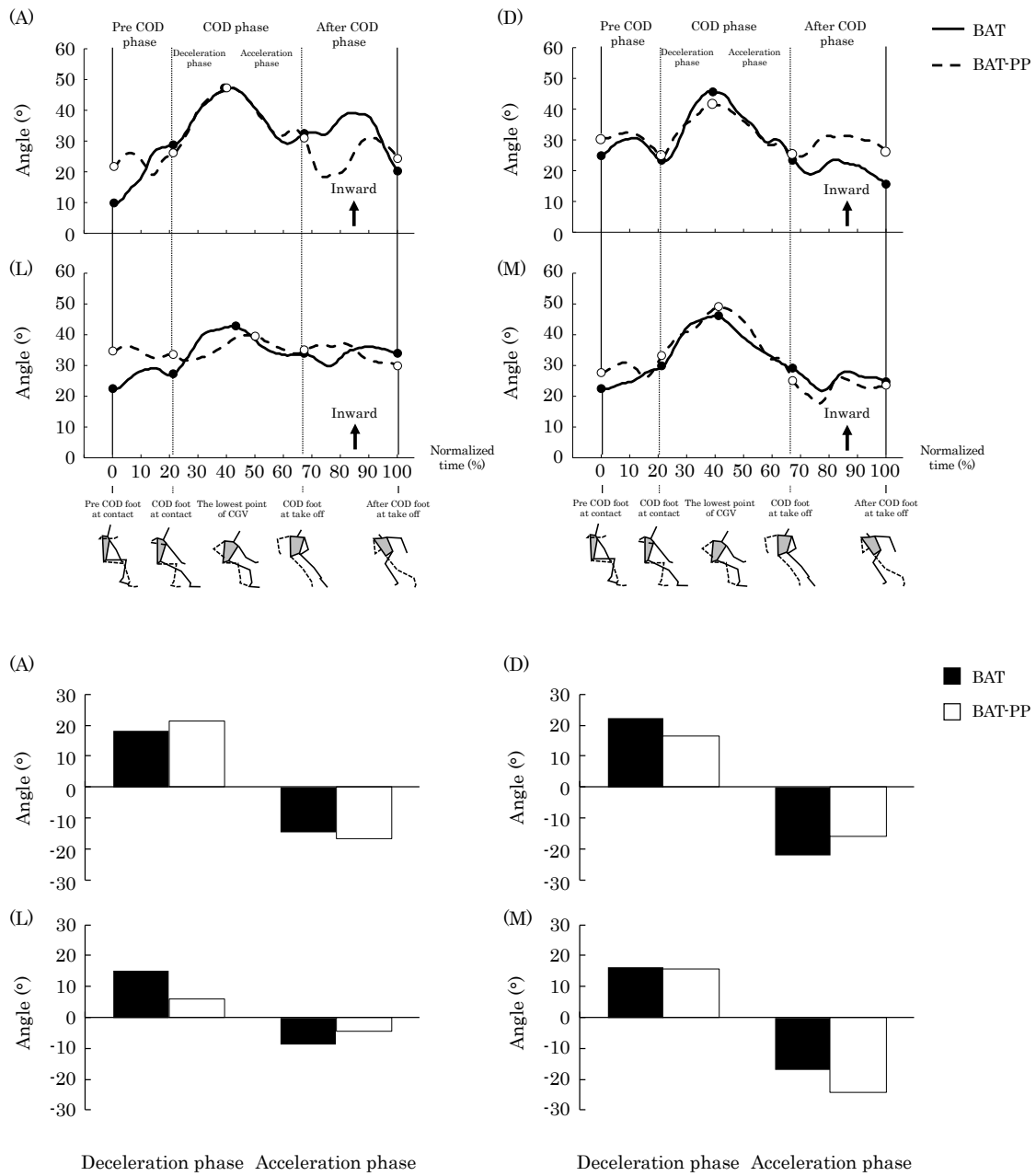


Fig. 24 Body lean angle (frontal) of subject A, D, L, M.

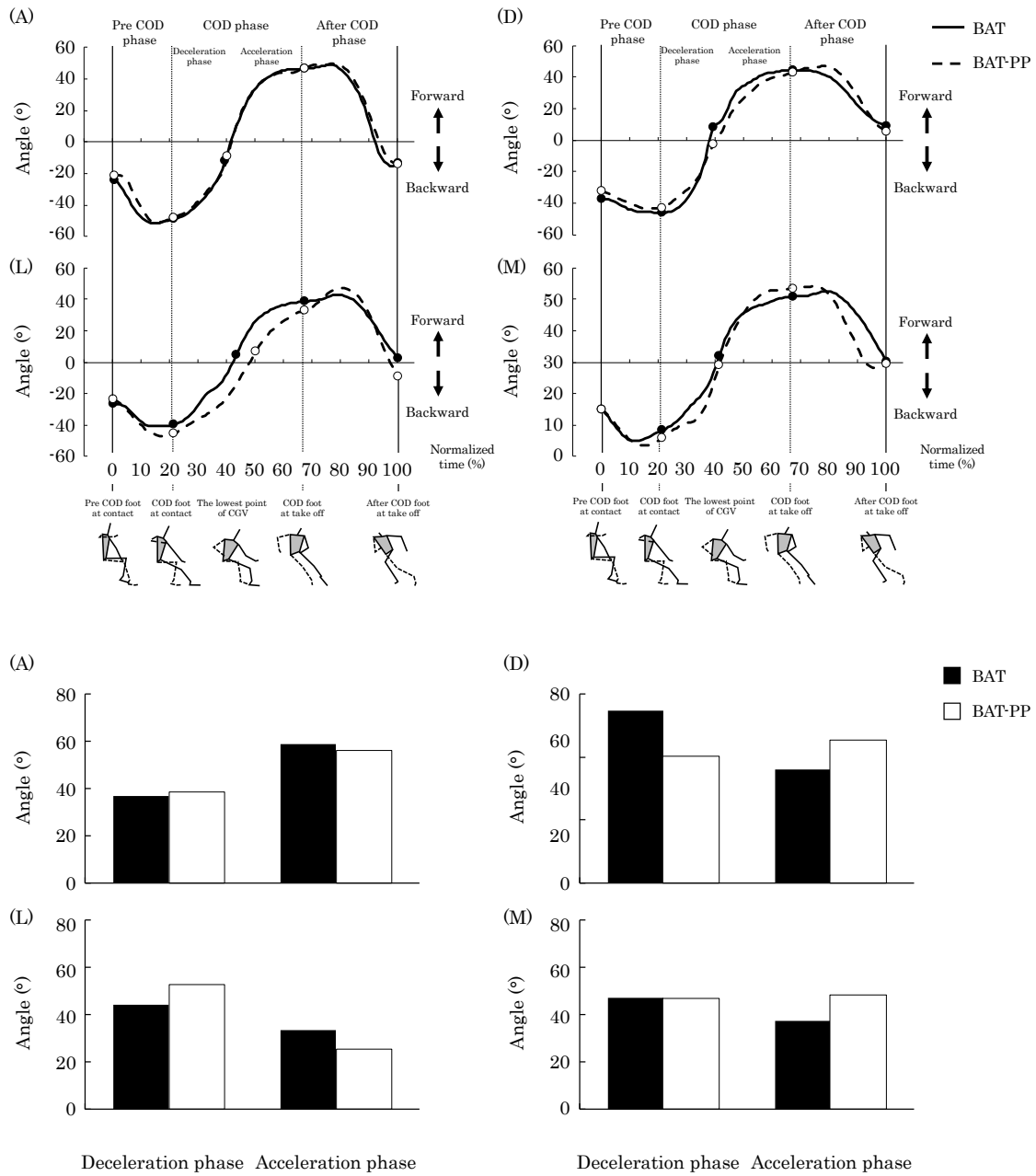


Fig. 25 Body lean angle (sagittal) of subject A, D, L, M.

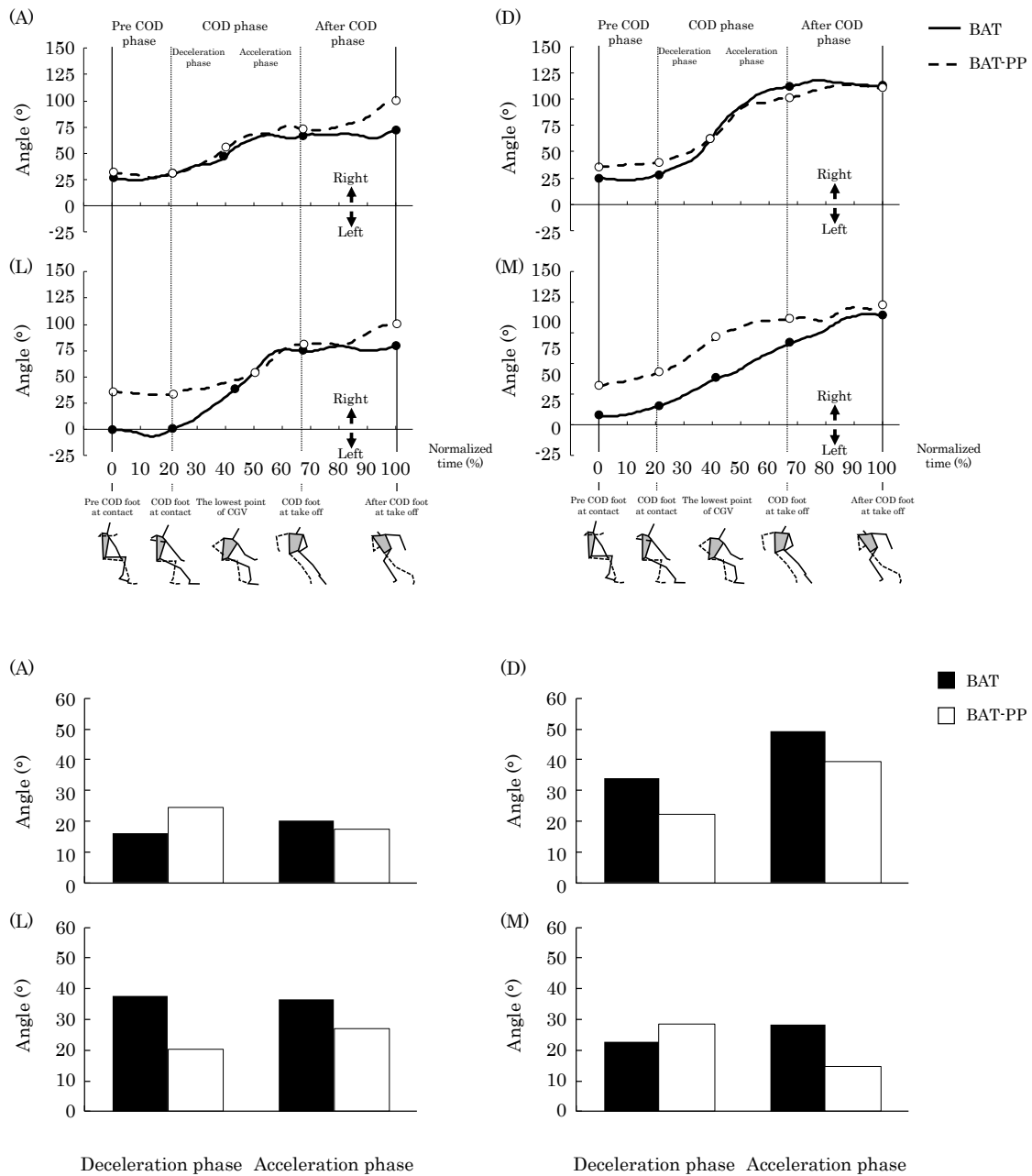


Fig. 26 Shoulder rotation angle of subject A, D, L, M.

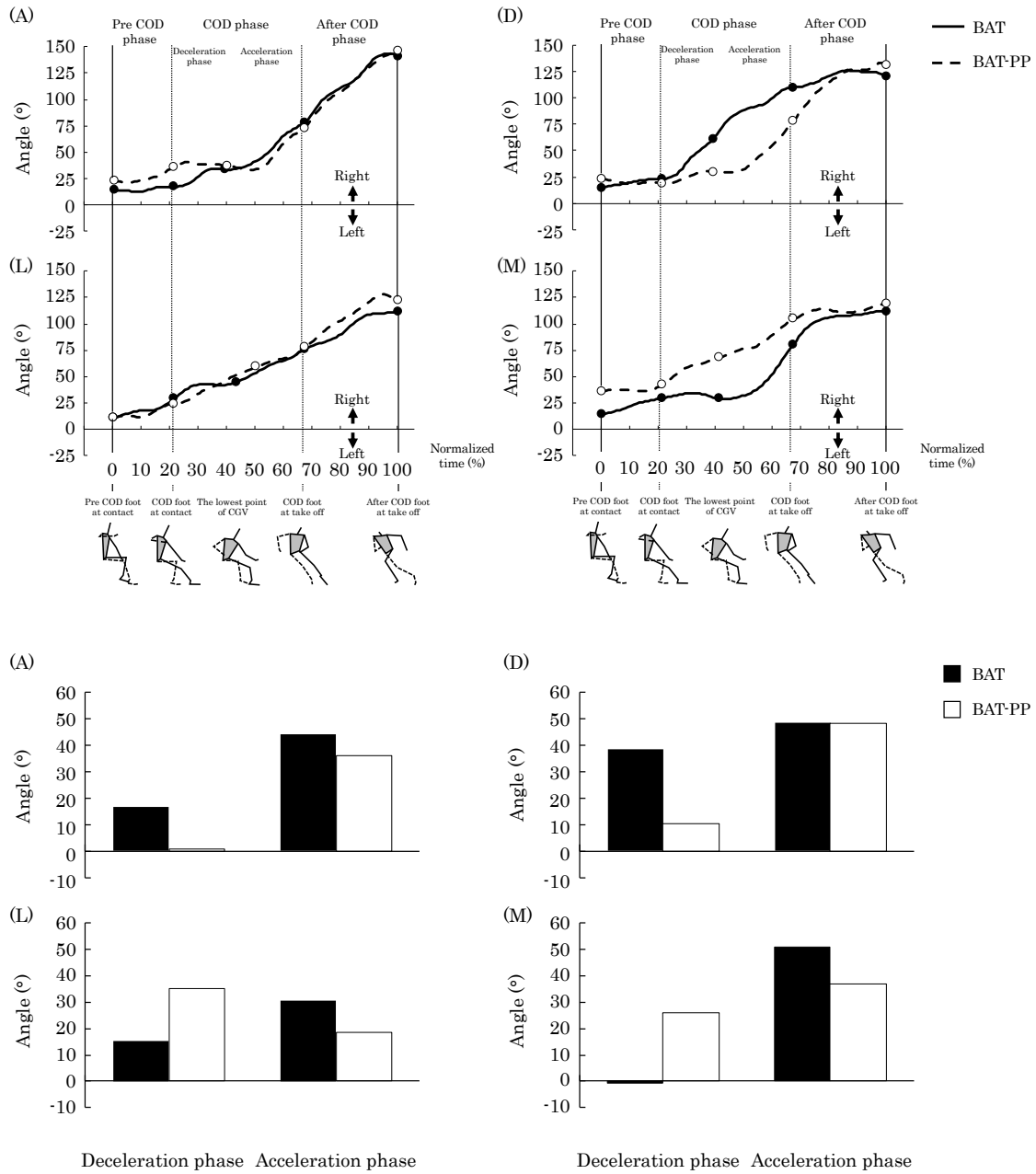


Fig. 27 Pelvis rotation angle of subject A, D, L, M.

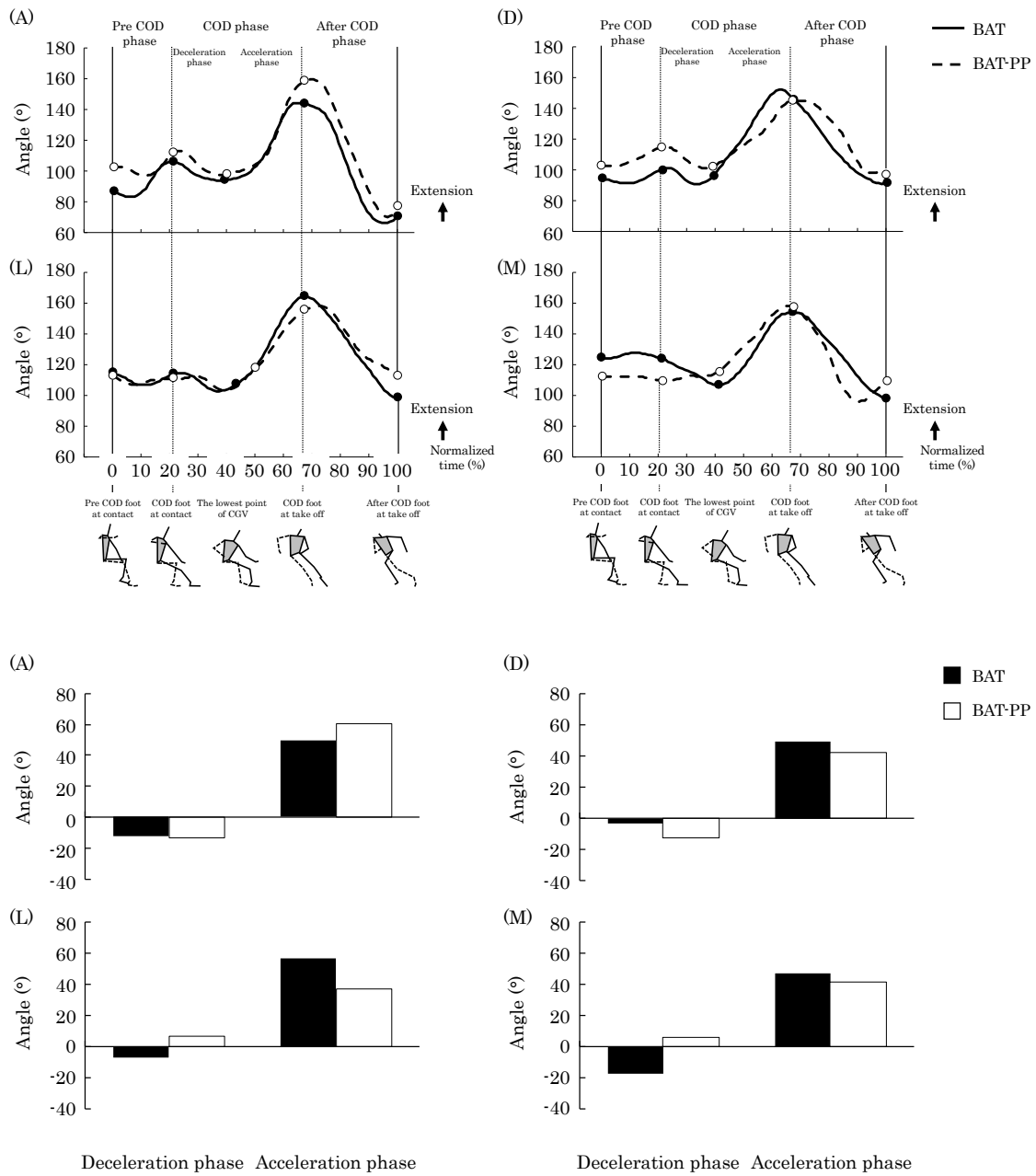


Fig. 28 Hip joint angle of subject A, D, L, M.

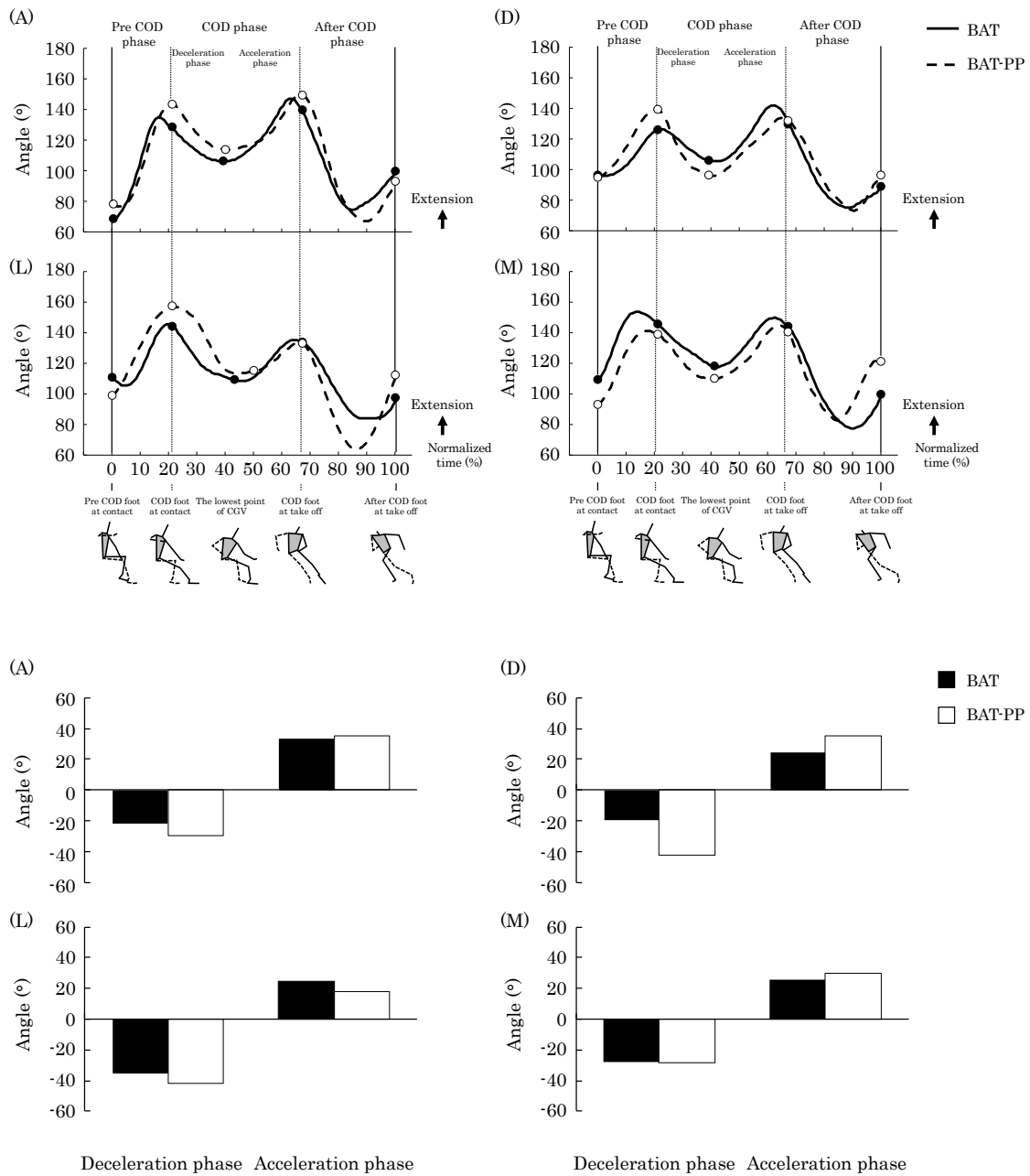


Fig. 29 Knee joint angle of subject A, D, L, M.

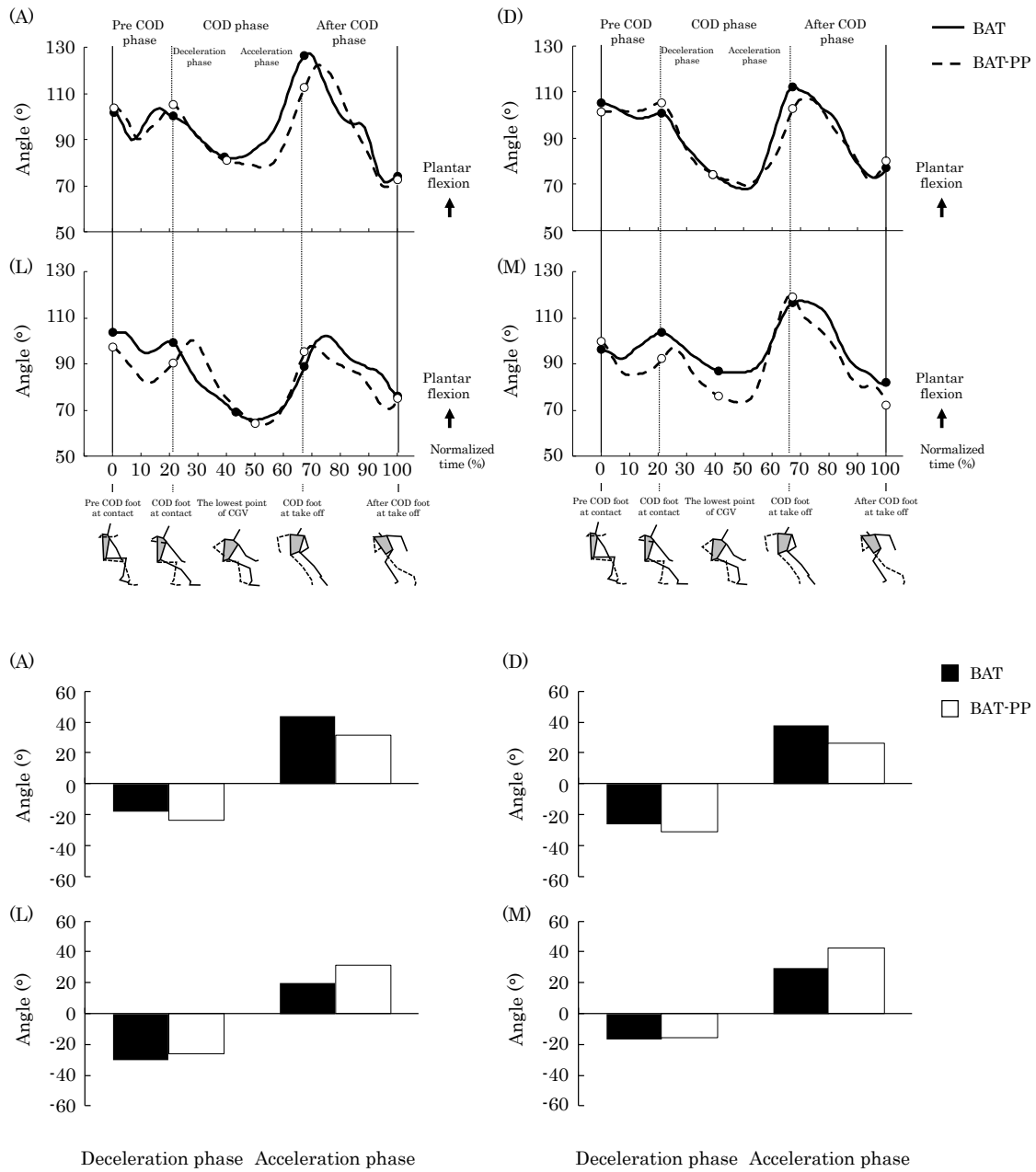


Fig. 30 Ankle joint angle of subject A, D, L, M.

タイム（通常条件 2.78 秒, PP 条件 2.75 秒）を示し、両条件ともに上位群（通常条件 13 名中 1 位, PP 条件 13 名中 2 位）であった対象者である。Sub.D は、通常条件では 2.95 秒と上位群（13 名中 4 位）であったにも関わらず、PP 条件では 2.93 秒で下位群（13 名中 10 位）であった対象者である。Sub.L は、通常条件および PP 条件において、平均より遅いタイム（通常条件 3.14 秒, PP 条件 3.01 秒）を示し、両条件とも下位群（両条件ともに 13 名中 12 位）であった対象者である。Sub.M は、通常条件では 3.12 秒と最下位（13 名中 13 位）であった一方で、PP 条件では 2.89 秒で上位群（13 名中 7 位）であった対象者である。これらの対象者の個人内変化を検討することは、実践現場において、個人に着目した方向転換能力の評価やトレーニング手段を選択する上で基礎的な知見を提供できると考えられる。

4.1 状況判断の有無がタイムに及ぼす影響

まず、タイムにおいて、0–13 m 区間タイムでは、Sub.A および Sub.D は、通常条件が PP 条件よりもわずかに遅いタイム（Sub.A: 通常条件 2.78 秒, PP 条件 2.75 秒, タイム差 0.03 秒, Sub.D: 通常条件 2.95 秒, PP 条件 2.93 秒, タイム差 0.02 秒）を示し、条件間のタイム差は 0.03 秒以内であった (Table6)。一方で、Sub.L および Sub.M も通常条件が PP 条件より遅いタイム (Sub.L: 通常条件 3.14 秒, PP 条件 3.01 秒, タイム差 0.13 秒, Sub.M: 通常条件 3.12 秒, PP 条件 2.89 秒, タイム差 0.23 秒) を示したが、条件間に 0.1 秒以上の差がみられた (Table6)。これらの結果は、PP 条件での順位に関わらず通常条件において下位群であった Sub.L および Sub.M は状況判断の影響をより大きく受けているといえる。球技種目の多くは常に変化する状況に合わせて方向転換を行っていることを踏まえて本研究の結果を考えると、状況判断を伴わない方向転換走におけるタイムを用いた評価では球技種目に必要な方向転換能力を適切に評価することができていない可能性が推察される。

次に、光刺激提示までの 0–3 m 区間および 0–5 m 区間タイムと方向転換を含む 5–13 m 区間タイムに分けて結果をみると、Sub.A は 0–3 m 区間では通常条件が PP 条件よ

りも速いタイム（通常条件 0.54 秒，PP 条件 0.60 秒）であり，0-5 m 区間では両条件で同タイム（両条件ともに 0.90 秒），5-13 m 区間では通常条件が PP 条件よりわずかに遅いタイム（通常条件 1.88 秒，PP 条件 1.85 秒）であった（Table6）. Sub.D は，0-3 m 区間および 0-5 m 区間では通常条件が PP 条件よりも遅いタイム（0-3 m 区間：通常条件 0.65 秒，PP 条件 0.63 秒，0-5 m 区間：通常条件 0.99 秒，PP 条件 0.96 秒）を示したが，5-13 m 区間では通常条件が PP 条件よりもわずかに速いタイム（通常条件 1.96 秒，PP 条件 1.97 秒）であった（Table6）. Sub.L は，0-3 m 区間および 0-5 m 区間は通常条件が PP 条件よりも遅いタイム（0-3 m 区間：通常条件 0.68 秒，PP 条件 0.57 秒，0-5 m 区間：通常条件 1.04 秒，PP 条件 0.91 秒）を示した一方で，5-13 m 区間では両条件で同タイム（通常条件，PP 条件ともに 2.1 秒）であった（Table6）. Sub.M は，すべての区間において通常条件が PP 条件よりも遅いタイム（0-3 m 区間：通常条件 0.69 秒，PP 条件 0.58 秒，0-5 m 区間：通常条件 1.05 秒，PP 条件 0.93 秒，5-13 m 区間：通常条件 2.07 秒，PP 条件 1.96 秒）を示した（Table6）. これらの結果は，状況判断の有無による影響は個人によって異なる区間に生じているといえる．両条件で上位群であった Sub.A は，0-5 m 区間までは両条件で同タイムであったことから，5-13 m 区間におけるわずかな遅れが通常条件と PP 条件のタイム差の要因である．これまで，方向転換における状況判断の有無を検討した研究では状況判断を伴うとタイムや走速度が遅くなると報告されている（Dempsey et al., 2009; Henry et al., 2011; 木村・桜井, 2010）一方で，Mornieux et al. (2014) は，移動方向の決定から方向転換遂行までに十分に時間がある場合にはパフォーマンスや方向転換の前の姿勢調整に影響は生じないと報告している．これらのことを踏まえると，Sub.A にとって，本研究の通常条件では移動方向の決定から方向転換遂行までの時間が十分にあったため，状況判断の有無に関わらず素早い方向転換を遂行できていたと考えられる．Sub.D および Sub.L は，5-13 m 区間では通常条件が PP 条件よりもわずかに速いタイムか同等のタイムであったが，0-5 m 区間では通常条件が PP 条件よりも遅いタイムを示したことから，研究課題 2-1 の結果と異なり刺激提示までの 0-5 m 区間において状

況判断の有無の影響が大きいと考えられる。状況判断を伴う方向転換では、状況判断を伴わない方向転換と比較して移動方向の決定から方向転換遂行までの時間が短くなるが、それに対し Corts et al. (2010) は方向転換前に速度を低下させて方向転換に対応していることを報告している。これらのことから、Sub.D および Sub.L においては、本研究における通常条件では方向転換前に速度を低下させて対応していたため、0-5 m 区間タイムに遅れが生じたことが考えられる。Sub.M は、すべての区間において通常条件が PP 条件よりも遅いタイムを示したことから、刺激提示までの区間だけでなく、方向転換にも状況判断の有無における影響を大きく受けていると考えられる。研究課題 2-1 において状況判断の有無によって方向転換動作が異なることが示されているように、Sub.M は状況判断の有無によって異なる方向転換動作を用いていることが考えられる。

以上のことから、PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は状況判断の有無がタイムに及ぼす影響が小さく、通常条件で下位群であった Sub.L および Sub.M は状況判断の有無がタイムに及ぼす影響が大きいことが考えられる。また、個人によって状況判断による影響を受ける区間が異なることが示された。

4.2 状況判断の有無が方向転換動作に及ぼす影響

方向転換走タイムにおいて、個人によって状況判断の有無が影響を及ぼす区間に違いが生じていたことから、状況判断の有無が方向転換前後の動作に及ぼす影響にも個人差が生じていると考えられる。そこで、方向転換前後の動作をみると、肩回転角度では、方向転換 1 歩前足接地時点において、Sub.A および Sub.D は条件間の差がおおよそ 5 度から 10 度であった一方で、Sub.L および Sub.M は条件間の差がおおよそ 25 度から 35 度であり、通常条件が PP 条件よりも回転角度が小さいことが示された (Fig.26)。これらの結果は、通常条件において上位群であった Sub.A および Sub.D は状況判断の有無に関わらず、肩を移動方向へ向けることができていた一方で、下位群であった Sub.L および Sub.M は状況判断を伴うことによって肩を移動方向に向けることができなくなっていたといえる。これまでに、

Besier et al. (2001) は、移動方向の決定から方向転換遂行までの時間が短くなると方向転換前の十分な準備動作ができなくなることを指摘している。その中で、研究課題 2-1 において、状況判断の有無は肩回転角度に影響を及ぼしていることが明らかになり、方向転換前に肩が移動方向に回転していることは方向転換前の準備動作のひとつであると考えられる。通常条件で下位群である Sub.L および Sub.M は条件間の差が顕著である一方で、通常条件で上位群である Sub.A および Sub.D においては条件間の差は比較的小さかったことから、通常条件で上位群である対象者にとって、状況判断の有無が肩回転角度へ及ぼす影響は小さく、状況判断を伴う方向転換においても移動方向に肩を回転させることができていたと考えられる。

下肢関節をみてみると、股関節では、Sub.A および Sub.D は方向転換足接地後の減速期において、両条件ともに股関節を屈曲させている一方で、Sub.L および Sub.M は通常条件では股関節を屈曲させていたが PP 条件では股関節を伸展させていることが示された (Fig.28)。これらの結果は、通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は、状況判断の有無に関わらず減速期に股関節を屈曲させていた一方で、通常条件で下位群であった Sub.L および Sub.M は状況判断の有無によって股関節のはたらきが異なっているといえる。研究課題 2-1 において、状況判断の有無が方向転換足支持局面減速期における股関節動作に影響を及ぼし、通常条件では股関節屈曲動作を、PP 条件では股関節伸展動作を行っていたことを踏まえると、Sub.L および Sub.M は研究課題 2-1 と同様の違いを示していた一方で、Sub.A および Sub.D は、状況判断の有無に関わらず同様の股関節動作を行っていたといえる。

以上のことから、PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は状況判断の有無が肩回転角度および股関節屈曲伸展角度とその変化量に及ぼす影響が小さく、通常条件で下位群であった Sub.L および Sub.M は状況判断の有無がそれらに及ぼす影響が大きいことが考えられる。

5. 要約

研究課題 2-2 では、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響の個別性について明らかにすることを目的とした。状況判断の有無によってタイムに特徴的な変化がみられた選手4名を対象に、光刺激による状況判断を伴う方向転換走 (Backward agility test: BAT) において、通常条件およびあらかじめ移動方向が決定している条件 (Pre-planned 条件: PP 条件) の2種類を行わせ、両条件間において、タイム、ステップパラメータおよび各キネマティクス変数を個人内で比較した。主な結果は以下の通りである。

- (1) PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は両条件における 0-13 m 区間のタイム差が 0.03 秒以内であった一方で、PP 条件の順位に関わらず通常条件で下位群であった Sub.L および Sub.M では 0-13 m 区間のタイム差が 0.1 秒以上であった。
- (2) 状況判断の有無が方向転換走タイムのどの区間に影響を及ぼすかは個人によって異なる。
- (3) 方向転換足接地前局面において、PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は、状況判断の有無に関わらず肩を移動方向へ向けることができていた。
- (4) 方向転換足支持局面減速期において、PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は、状況判断の有無に関わらず股関節を屈曲させていた。

以上のことから、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響には個別性が存在し、PP 条件の順位に関わらず通常条件で上位群であった Sub.A および Sub.D は状況判断の有無が方向転換走タイム、肩回転角度および股関節屈曲伸展角度とその変化量に及ぼす影響が小さい可能性が示された。

第8章 状況判断を伴う方向転換に優れているサッカー選手におけるスプリント走動作の特徴 (研究課題3)

1. 目的

第8章では、状況判断を伴う方向転換能力の違いによるスプリント走動作を検討することで、状況判断を伴う方向転換能力に優れているサッカー選手におけるスプリント走動作の特徴を検討する。

サッカーでは、方向転換と同様に、スプリントの重要性が指摘されている (Bradley et al., 2010; Wehbe et al., 2014)。これまでのスプリントに関する研究は、主に陸上競技を専門とする選手を対象に、ピッチとストライドによるステップタイプ (内藤ほか, 2013) や一流選手における走動作 (伊藤ほか, 1998; 宮下ほか, 1986; 矢田ほか, 2011) が示されている。しかし、直線路や曲線路を、相手の妨害を受けることなくパフォーマンスを発揮することが要求される陸上競技に対して、時々刻々と変化する状況に対応し様々な方向へ (Ade et al., 2016)、相手より速く動くことが求められる (中山, 2010) 球技種目では、陸上競技における合理的なスプリント走動作をそのまま当てはめることは適切ではないと考えられる。このような背景から、球技種目を専門とする選手を対象とした研究が進められており、これまでに球技選手におけるスプリントについて、加速局面では走速度とピッチには関係性がみられなかった一方で、走速度とストライドの間には有意な正の相関関係が認められていること (Nagahara et al., 2018)、中間疾走局面付近では、ピッチが高いことに加えて滞空比が小さく接地時間が長いこと、支持期前半では下肢関節が屈曲していること (岩壁ほか, 1995; 奥平ほか, 2019) が報告されている。

このように球技種目を専門とする選手におけるスプリント走動作について明らかにされている一方で、これらの研究は、より高い走速度の獲得を目的とした観点から実施されている。サッカーに求められるスプリント能力には、最高速度を向上させるだけでなく、急激な加減速、ジャンプおよび様々な方向への方向転換などに対応するために走り

トロールすることが挙げられている (杉本, 2018). このことを踏まえると, サッカー選手のスプリント能力を改善していく際には, 方向転換などの動きの変化への対応を可能にしながらも素早くスプリントすることを目指して行う必要があると考えられる. しかし, そのような観点から検討した研究は見当たらない.

そこで, 研究課題 3 では, スプリント走動作において, 研究課題 1 で明らかにされた, 高いピッチ, 低い身体重心高, 身体の後傾, 遊脚における股関節の屈曲などの状況判断を伴う素早い方向転換において特徴的なパラメータを, BAT 上位群と下位群によって比較することで, 状況判断を伴う方向転換能力に優れている選手におけるスプリント走動作の特徴を検討することを目的とした.

2. 方法

2.1 対象者

対象者には, 大学サッカー部に所属する, 研究課題 1 と同じ男子選手 13 名 (年齢 19.75 ± 0.8 歳; 身長 174.5 ± 5.6 cm; 体重 69.3 ± 4.1 kg) を用いた. 対象者は全日本大学サッカー選手権大会優勝経験を有する大学トップレベルのサッカー部に所属する選手であり, J リーグクラブへの内定者も含まれている. 実験を行うにあたり, すべての対象者に本研究の目的, 方法および実験にともなう危険性を十分に説明し, 実験に参加するための同意を得た. また対象者には, 事前に試技に関する説明を行い, 練習を十分に行わせた. なお, 本研究は筑波大学体育系研究倫理委員会の承認を得て行った (承認番号: 体 29-100).

2.2 実験試技

実験試技は, BAT および 13 m スプリント走とし, 研究課題 1 と同じ試技を用いた.

2.3 データ収集およびデータ処理

13 m スプリント走における 8 m 地点付近の 1 サイクルを分析するために, 2 台のハイ

スピードカメラ (GC-LJ20B, スポーツセンシング社製, 解像度: 640×360 p, シャッター速度: 1/1000 秒) を用いて, 各試技を 300 Hz で撮影した. 撮影されたビデオ画像をパーソナルコンピュータに取り込み, 毎秒 150 フレームで全身 23 点 (両下肢の足先・拇指球・かかと・外果・腓骨頭・股関節中心・上肢の肩峰突起・肘・手首・中手骨および胸骨上縁・耳珠点・頭頂部) を, ビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いてデジタイズを行った. カメラの同期, 分析区間, 静止座標系の決定および身体分析点の 3 次元座標の算出は研究課題 1 と同様の方法を用いた.

2.4 測定方法および算出項目

BAT およびスプリント走路の 0 m, 3 m, 5 m, 13 m の各地点に光電管 (TC Timing System, Brower Timing System 社製) を設置し, 各区間タイムを算出した. BAT においては, 研究課題 1 で用いたデータおよび群分けを用いた.

さらに, スプリント中のステップパターンを評価するために, ステップパラメータとして, 8 m 地点付近の 1 サイクルにおけるピッチ, ストライド, 接地時間, 滞空時間, ストライド指数, ピッチ・ストライド比および接地・滞空比を算出した. ピッチ, ストライド, 接地時間および滞空時間は, 撮影された映像からビデオ動作解析システム (Frame-DIAS V, DKH 社製) を用いて算出した. ピッチは, 1 秒間あたりの歩数とし, 1 サイクルにおける 2 歩目接地時点のフレーム番号から 1 歩目接地時点のフレーム番号を差し引いて算出した時間の逆数および 3 歩目接地時点から 2 歩目接地時点のフレーム番号を差し引いて算出した時間の逆数の平均値とした. ストライドは, 1 歩あたりの移動距離とし, 1 サイクルの 1 歩目, 2 歩目および 3 歩目接地時点の足先の座標値およびコントロールポイントを読み取り実長に換算し, 2 歩分のストライドの平均値とした. 接地時間は, 1 サイクルの 1 歩目および 2 歩目における各足の離地時点のフレーム番号から接地時点のフレーム番号を差し引いて算出した時間の平均値とした. 滞空時間は, 1 サイクルの 2 歩目および 3 歩目接地時点のフレーム番号から 1 歩目および 2 歩目離地時点のフレーム番号を差し引いて算出

した時間の平均値とした。また、ストライド指数はストライドを身長で除すことで、ピッチ・ストライド比はピッチをストライドで除すことで、接地・滞空比は滞空時間を接地時間で除すことでそれぞれ算出した。

8 m 地点付近における 1 サイクルの動作を検討するためのキネマティクス変数として、身体重心速度、身体重心高、身体内傾角度、身体前傾角度、肩回転角度、腰回転角度および方向転換脚における下肢 3 関節角度を算出した。これらのキネマティクス変数は、研究課題 1 と同様の方法を用いて算出した。

2.5 局面定義

13 m スプリント走の 8 m 地点において、1 サイクルの 1 歩目接地から 2 歩目接地までを回復期後半、2 歩目接地から 2 歩目離地までを支持期、2 歩目離地から 3 歩目接地までを回復期前半とし、3 局面に分類した（羽田ほか，2003）。

2.6 データの規格化

上記で示した 3 局面を、回復期後半を 50%、支持期を 100%、回復期前半を 50%として、それぞれ 1%ごとに平均化した。

2.7 統計処理

各算出項目は平均値±標準偏差で示した。本研究における統計処理は、SPSS Ver.24.0 (IBM 社製) を使用した。各項目においては、群間の平均値の差を比較するために、対応のない t 検定とマンホイットニーの U 検定を行った。統計学的有意水準は危険率 5%とした。

3. 結果

3.1 13 m スプリント走のタイム，ステップパラメータおよび身体重心速度

Table 8 には、13 m スプリント走タイムを示した。いずれの区間においても群間に有意

差は認められなかった。

Table9には、13 m スプリント走におけるステップパラメータを示した。いずれのパラメータにおいても群間に有意差は認められなかった。

Fig.31には、8 m 地点付近の1サイクルにおける身体重心速度を示した。いずれの時点においても群間に有意差は認められなかった。

3.2 13 m スプリント走動作におけるキネマティクスパラメータ

Fig.32には、8 m 地点付近の1サイクルにおける身体重心高を示した。いずれの時点においても群間に有意差は認められなかった。

Fig.33には8 m 地点付近の1サイクルにおける身体内傾角度を、Fig.34には身体前傾角度を示した。いずれの時点においても群間に有意差は認められなかった。

Fig.35には8 m 地点付近の1サイクルにおける肩回転角度を、Fig.36には腰回転角度を示した。いずれの時点においても群間に有意差は認められなかった。

Fig.37には8 m 地点付近の1サイクルにおける股関節屈曲伸展角度を、Fig.38には膝関節角度を、Fig.39には足関節角度を示した。いずれの時点においても群間に有意差は認められなかった。

4. 考察

研究課題3では、BAT 上位群と下位群においてスプリント走動作を比較し、状況判断を伴う方向転換に優れた選手におけるスプリント走動作の特徴を検討することを目的とした。

BAT 上位群と下位群では、スプリント走のいずれの区間のタイムにおいても有意差は認められなかった (Table8)。また、ステップパラメータにおけるいずれの項目においても有意差は認められなかった (Table9)。これらの結果は、スプリント走において、状況判断を伴う方向転換走能力の違いでは、スプリント走タイムやステップパターンの傾向には違いがみられないことを示している。これまで、Nagahara et al. (2018) は、大学男子サッカー

Table 8 Mean sprint time (\pm SD) of BAT fast group and BAT slow group.

	BAT fast	BAT slow	p value	Effect size
0–3 m (s)	0.59 \pm 0.04	0.60 \pm 0.03	0.54	0.28
0–5 m (s)	0.90 \pm 0.06	0.93 \pm 0.03	0.30	0.62
5–13 m (s)	1.12 \pm 0.03	1.14 \pm 0.04	0.25	0.57
0–13 m (s)	2.02 \pm 0.06	2.07 \pm 0.05	0.14	0.90

All parameters: n.s.

Table 9 Mean step parameters during sprint running (\pm SD) of BAT fast group and BAT slow group.

	BAT fast	BAT slow
Stride length (m)	1.64 \pm 0.12	1.55 \pm 0.09
Stride frequency (step/s)	4.43 \pm 0.13	4.60 \pm 0.26
Contact time (s)	0.14 \pm 0.01	0.14 \pm 0.01
Flight time (s)	0.09 \pm 0.01	0.08 \pm 0.01
Stride index	0.93 \pm 0.07	0.89 \pm 0.04
Ratio of SF/SL	2.72 \pm 0.28	2.98 \pm 0.34
Ratio of FT/CT	0.63 \pm 0.11	0.62 \pm 0.10

All parameters: n.s.

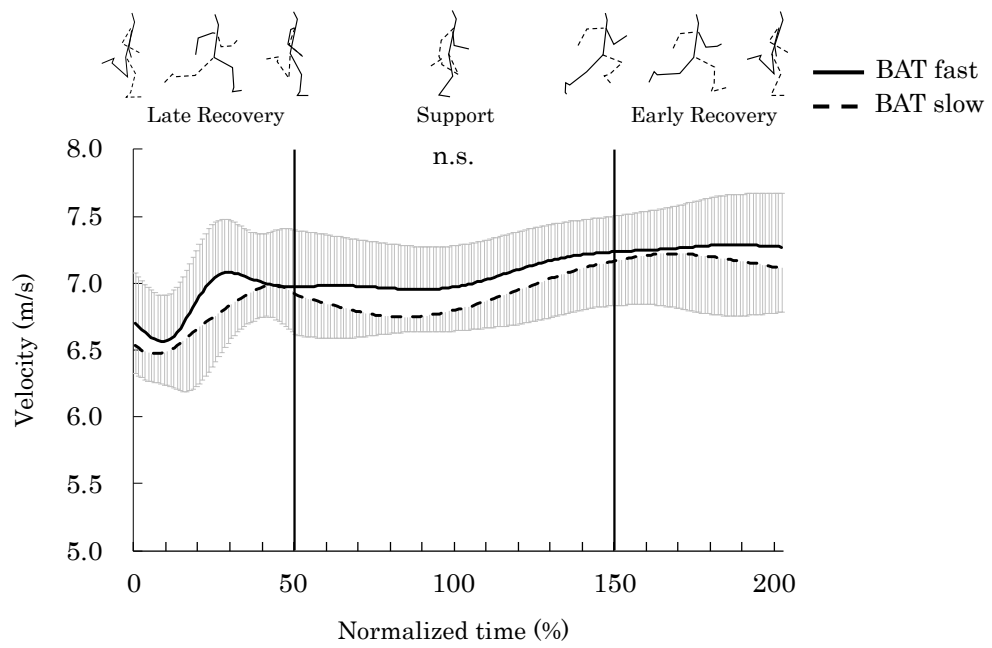


Fig. 31 CGV during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

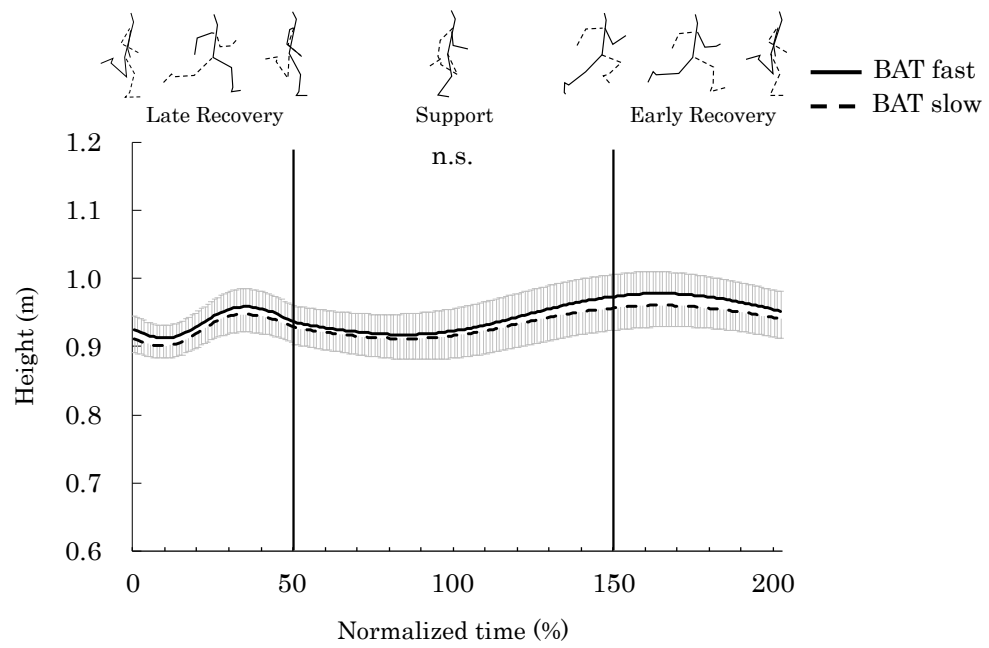


Fig. 32 CG height during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

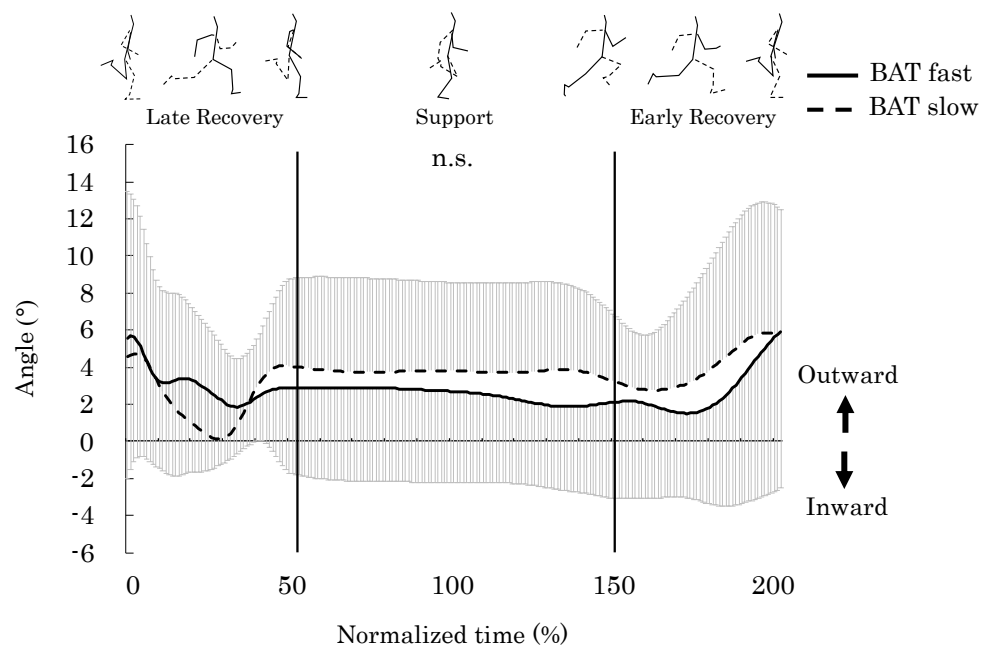


Fig. 33 Body lean angle (frontal) during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

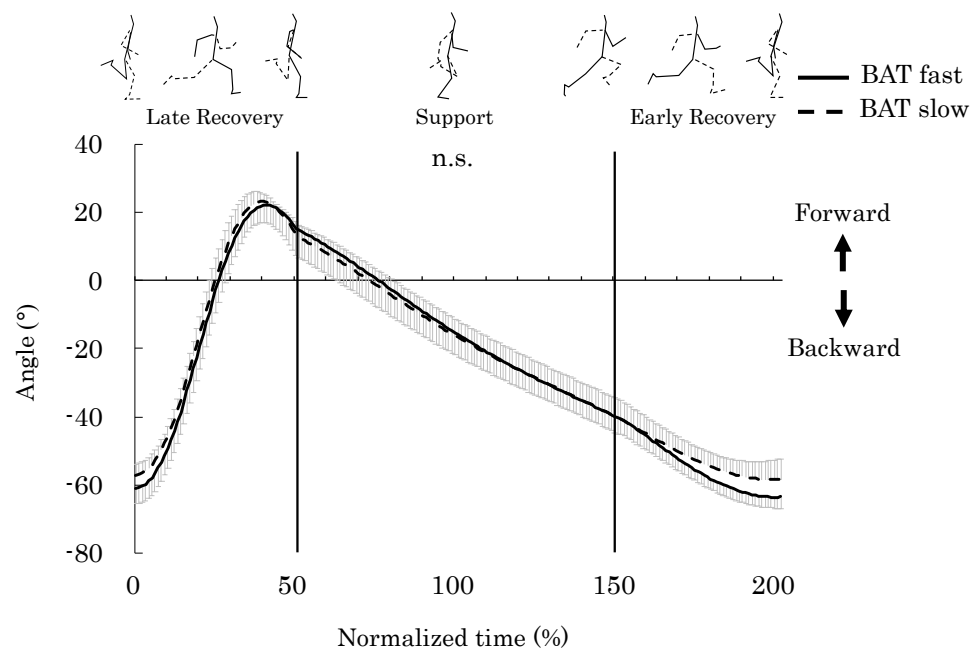


Fig. 34 Body lean angle (sagittal) during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

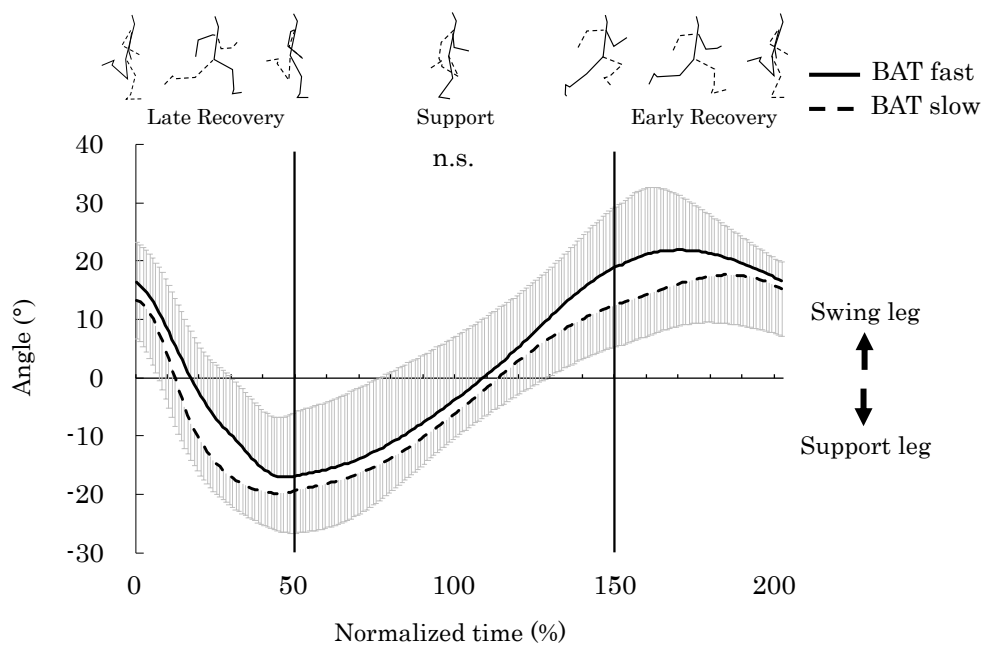


Fig. 35 Sholder rotation angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

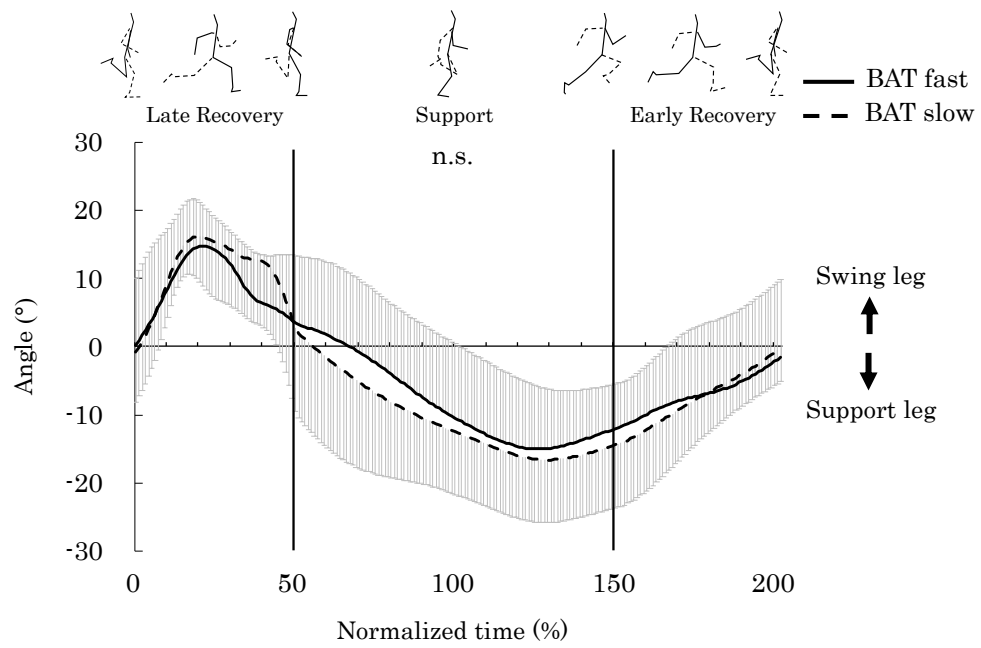


Fig. 36 Plevis rotation angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

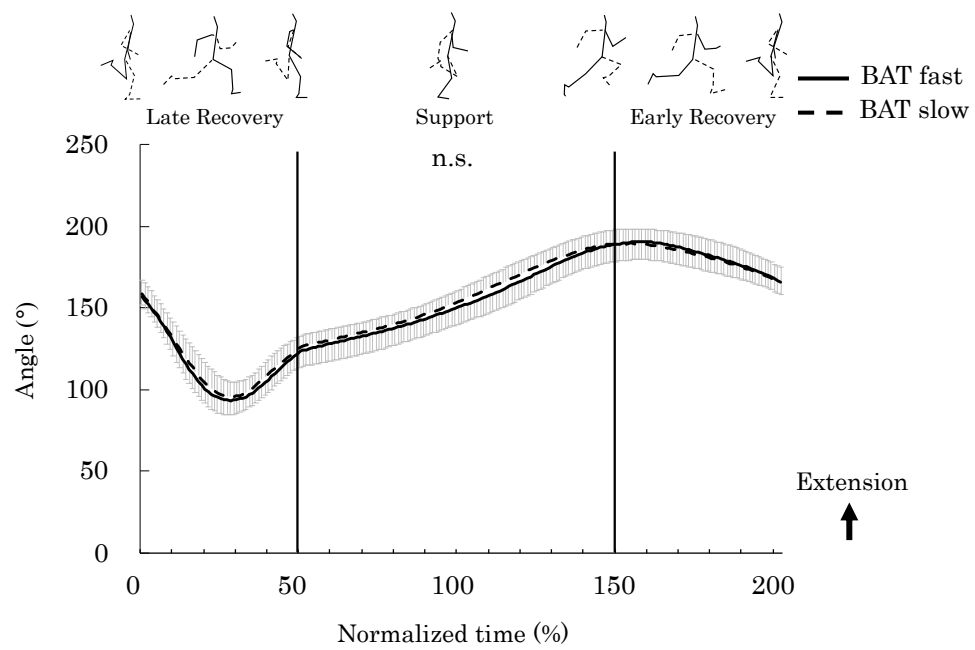


Fig. 37 Hip joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

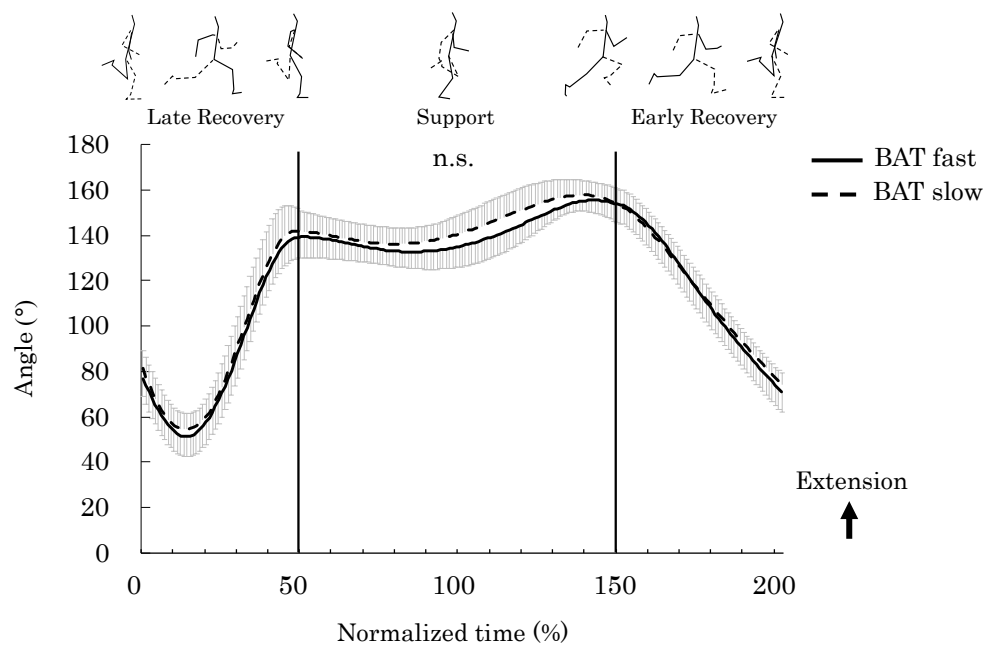


Fig. 38 Knee joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

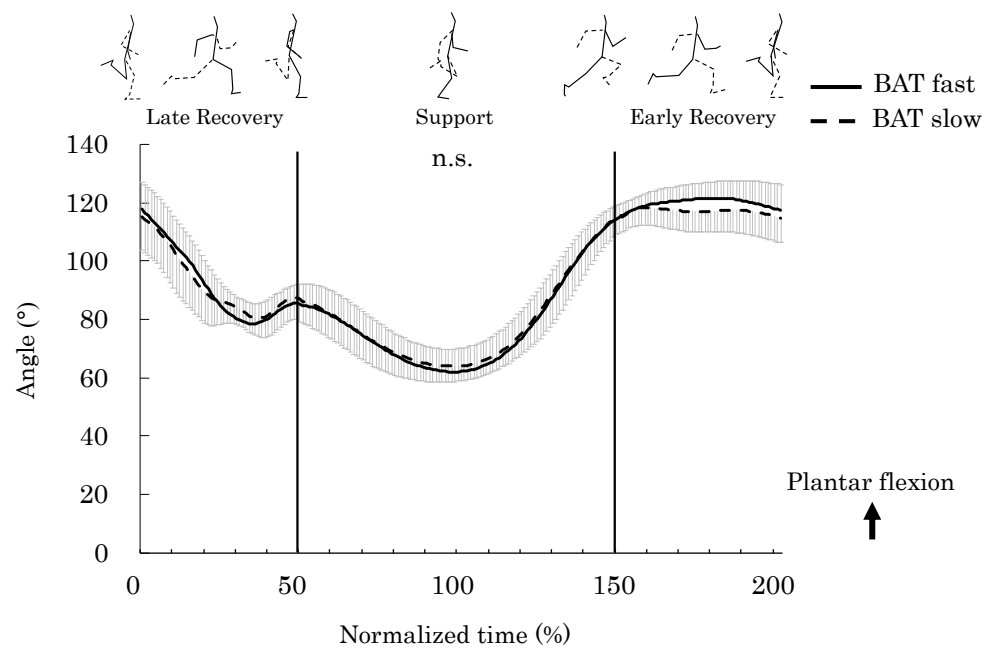


Fig. 39 Ankle joint angle during sprint running of BAT fast group and BAT slow group.

一選手において、スプリントの加速局面では、スタートから16歩目までの区間において、走速度とピッチには関係性がみられなかった一方で、走速度とストライドの間には有意な正の相関関係が認められていることを示している。このことから、サッカー選手のスプリントでは、加速局面において高い走速度を獲得するためにはストライドが重要であると考えられる。その一方で、研究課題1において、状況判断を伴う素早い方向転換の特徴として高いピッチが挙げられていたことから、方向転換などの動きの変化への対応を可能にするスプリントでは、ピッチが高いことを仮説立てた。これらのことを踏まえて、本研究のステップパラメータをみると、いずれの項目にも両群の間に有意差は認められなかったものの、BAT上位群は、下位群よりもストライドが大きく、ピッチが低いことが示された (Table9)。この結果は、BAT上位群は、状況判断を伴う方向転換では下位群よりピッチを高くしていた一方で、決められた直線を速く移動するスプリント走では下位群よりもストライドを大きくし、走速度の獲得を目的としたステップパターンで走行していた可能性が推察される。

上述したように、状況判断を伴う方向転換能力の違いによってスプリント走タイムおよびステップパラメータに違いはみられなかったが、走動作に違いが生じている可能性がある。研究課題3では、サッカーに求められるスプリント能力には、最高速度を向上させるだけでなく、急激な加減速、ジャンプおよび様々な方向への方向転換などに対応するために走りコントロールすることが挙げられている(杉本, 2018) ことを踏まえ、状況判断を伴う方向転換に優れた選手は、スプリント走動作においても状況判断を伴う素早い方向転換動作の特徴として示された、低い身体重心高、身体の後傾、遊脚時の股関節の屈曲がみられると仮説立てたが、いずれのパラメータにも有意差は認められなかった (Fig.31 から Fig.39)。これらの結果は、状況判断を伴う方向転換能力に関わらず同様の動作を行っていたと考えられ、決められた直線を速く移動することを目的としたスプリント走では方向転換などの動きに対応するスプリント走動作の特徴はみられなかったといえる。

このように、ステップパラメータおよび走動作において、状況判断能力の違いによる特

徴がみられなかった理由として、状況判断を伴う方向転換能力に優れた選手は、研究課題 1 において、「刺激提示によって決定された移動方向に対して素早く方向転換を行い移動する」ことを目的とした BAT に対応していたように、研究課題 3 においては「決められた直線を速く移動する」という試技の目的に対応し走行していたことによって、顕著な違いがみられなかった可能性が推察される。

以上のことから、状況判断を伴う素早い方向転換能力の違いによってスプリント走動作に顕著な特徴はみられなかった一方で、状況判断を伴う方向転換能力に優れた対象者は試技の目的に合わせたステップパターンやスプリント走動作を行っている可能性が推察された。これらの結果は、時々刻々と変化する状況に合わせて素早いスプリントを行う必要があるサッカーにおいては、高い走速度獲得に加えて、状況に合わせた適切なスプリントの達成という観点から、スプリント能力の評価、トレーニング手段の選択、創造および設計に取り組む必要があると考えられる。

5. 要約

研究課題3では、状況判断を伴う方向転換能力に優れた選手のスプリント走動作の特徴を検討することを目的とした。大学男子サッカー選手を対象とし、光刺激による状況判断を伴う方向転換走（Backward agility test: BAT）およびBATと同様の距離のスプリント走を行わせ、BATタイムによって分類された上位群と下位群の間において、スプリント走におけるタイム、ステップパラメータおよびキネマティクス変数を比較した。主な結果は以下の通りである。

- (1) BAT 上位群と下位群では、いずれの区間におけるスプリント走タイムにも有意差は認められなかった。
- (2) BAT 上位群と下位群では、スプリント走におけるステップパラメータにおいて、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。
- (3) BAT 上位群と下位群では、スプリント走動作において、いずれのキネマティクス変数においても有意差は認められなかった。

以上のことから、状況判断を伴う方向転換能力の違いによる顕著なステップパターンおよび動作の特徴はみられなかった。

第9章 討論

サッカー、バスケットボール、ハンドボールなどの球技種目は、競技中、状況判断が要求される中で多方向への動きを含むスポーツ種目として知られている (Taylor et al., 2017). 特にサッカーは、1試合あたり約700回 (Bloomfield et al., 2007), 0度から180度の様々な方向に方向転換が発生していること (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007) から、その重要性は高い一方で、これまで状況判断を伴う素早い方向転換について検討している研究はわずかであり (Ohtsuki et al., 1987; Wheeler and Sayers, 2010), トレーニング現場では状況判断を伴わない条件下での方向転換能力評価 (岡本, 2015; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006) およびトレーニング (乾, 2011; 勝原・朝倉, 2013; Polman et al., 2004) が実施されている. さらに、サッカーでは、相手より素早く移動することが必要である (中山, 2010) 一方で、急激な加減速、ジャンプおよび様々な方向への方向転換などに対応するために走りコントロールすることが求められている (杉本, 2018). このような背景を踏まえ、本研究は、サッカー選手を対象に、状況判断を伴う素早い方向転換および状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について検討した上で、方向転換能力を考慮したスプリント走の特徴を検討することによって、サッカー選手における方向転換能力およびスプリント能力向上のための基礎的知見を得ることを目的とした. そのため、研究課題1では状況判断を伴う素早い方向転換の特徴について、研究課題2では状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について、研究課題3では状況判断を伴う方向転換能力に優れたサッカー選手におけるスプリント走の特徴について検討した.

上述したように、サッカーはほかの種目より方向転換の回数が多く (Taylor et al., 2017), 0度から180度の様々な方向に移動する (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007) という特徴を有している. サッカー選手の方向転換能力を評価手段として用いられている方向転換走をみると、財団法人日本サッカー協会技術委員会 (2006) は、180度の方向転換を含む10m×5シャトルラン、90度から135度の方向転換を含むステップ50およびスラロー

ムによる方向転換を含むフォワードランの3つを実施しており、様々な角度への方向転換が含まれた構成となっている。また、主観的な方向転換能力評価では、西嶋ほか(2002)が「守備時に相手と対峙した場合の対応動作」を評価項目として挙げており、相手の移動方向に合わせて素早く方向転換することが重要であると考えられる。さらに、試合中に発生する方向転換をポジション別にみたところ、守備の機会が多いディフェンダーは、ほかのポジションよりも90度から180度の方向転換が多いと報告されていること(Ade et al., 2016)を踏まえると、サッカーでは様々な角度への方向転換が必要である上に、特に90度から180度の方向転換においては、刺激が提示された方向に素早く方向転換を行うことが求められるといえる。このような背景を考慮して、これまでの状況判断を伴う素早い方向転換に関する研究をみても、方向転換角度が60度を超える方向転換ではより大きな減速と移動技術が要求されるにも関わらず(Schreurs et al., 2017)、これまでほとんど行われていない。加えて、特に方向転換角度が135度の方向転換は、減速の制御が最も難しい角度である(Nedergaard et al., 2014)と指摘されていることを踏まえて、本研究では、対象をサッカー選手とし、全長13mの光刺激による状況判断を伴う135度の方向転換を含む方向転換走(Fig1a, Backward agility test: BAT)を用い、方向転換動作を検討することとした。

1. サッカー選手における状況判断を伴う方向転換およびスプリントについて

研究課題1では、対象者をBATタイムによって上位群と下位群に分類し、BATにおけるタイム、ステップパラメータおよびキネマティクス変数を群間比較することによって、状況判断を伴う素早い方向転換の特徴を検討した。主な結果として、状況判断を伴う素早い方向転換では、方向転換1歩前にピッチを高くし(Table2)、身体重心速度最下点までの時間を短くし減速を早期に終了させていたことが示された(Fig.4c)。方向転換動作では、方向転換足接地前局面において、低い身体重心高(Fig.5a)、身体の後傾(Fig.7a)、方向転換脚の股関節の屈曲を大きくしていることが示され(Fig.10a)、状況判断を伴う素早い方向転換では、減速に関する動作が重要であることが明らかになった。

研究課題 2 では、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を検討することを目的とし、研究課題 2-1 では、BAT の通常条件とあらかじめ移動方向が決定している条件 (PP 条件) の条件間において、タイム、ステップパラメータおよびキネマティクス変数を比較検討した。その結果、状況判断の有無は、タイム、方向転換足接地前局面および方向転換足支持局面の方向転換動作に影響を及ぼしていることが示され、状況判断を伴う場合、方向転換を含む区間のタイムが遅くなり (Table3)、方向転換足接地前局面において、身体の内傾 (Fig.15a)、肩 (Fig.17a) および腰 (Fig.18a) の移動方向への回転が小さいこと、方向転換足支持局面の減速期において、PP 条件では股関節が伸展している一方で、通常条件では股関節が屈曲していることが示された (Fig.19)。加えて、研究課題 2-2 では、研究課題 2-1 でタイムの変化が特徴的であった対象者 4 名について、状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響を個別に検討したところ、PP 条件の順位に関わらず BAT 上位群であった Sub.A および Sub.D は、条件間においてタイム差は 0.03 秒以内とわずかであり (Table6)、状況判断の有無に関わらず、方向転換足接地前局面において肩を移動方向に回転させていたこと (Fig.26a)、方向転換足支持局面減速期において股関節を屈曲させていたこと (Fig.28ab) が示された。これらの結果から、状況判断の有無によって、方向転換の特性は異なるが、状況判断を伴う方向転換に優れた対象者は、状況判断の有無による影響が小さい可能性が示された。

研究課題 3 では、BAT タイムにおける上位群と下位群のスプリント走を比較することによって、状況判断を伴う方向転換に優れた選手におけるスプリント走の特徴を検討した。その結果、いずれのパラメータにも有意差は認められず、状況判断を伴う方向転換に優れた選手におけるスプリント走のステップパターンおよび動作の特徴はみられなかった。

以上の結果をまとめると、状況判断を伴う方向転換能力に優れた選手は、スプリント走では特徴的なステップパターンおよび動作はみられなかった一方で、状況判断を伴う方向転換では、スプリント走にはみられない減速動作に特徴が示された。さらに、状況判断の有無によって、方向転換の特性は異なる一方で、状況判断を伴う方向転換に優れた対象者は、状況判断の有無による影響が小さい可能性が示された。

2. トレーニング現場への示唆

上述したように、状況判断を伴う素早い方向転換では減速動作の重要性が示されたことから、サッカーにおける方向転換能力の評価およびトレーニングにおいては、減速動作に着目すべきであることが考えられる。さらに、状況判断の有無によって方向転換の特性は異なると示されたことを踏まえると、サッカーはあらゆる状況に対応しながら方向転換を行う必要があるにも関わらず、実際のトレーニング現場では状況判断を伴わない条件下において方向転換能力の評価（岡本, 2015; 財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006）やトレーニング（乾, 2011; 勝原・朝倉, 2013; Polman et al., 2004）が実施されていることに対して、方向転換能力の評価およびトレーニング手段を合目的的に選択することの重要性を示唆できる。

2.1 方向転換能力の評価について

まず、サッカーにおける方向転換能力の評価について、現在は、状況判断を伴わない条件下における方向転換走を評価手段として用いている（財団法人日本サッカー協会技術委員会, 2006）。しかし、研究課題2において、状況判断の有無が方向転換走タイムに及ぼす影響が大きいことが示された（Table3）一方で、状況判断を伴う方向転換走では上位群に位置していても、状況判断を伴わない方向転換走では下位群に位置する対象者が存在した。これらのことを踏まえると、あらゆる状況に対応しながら方向転換を行う必要があるサッカーにおいて、状況判断を伴わない条件下における方向転換能力の評価は適切な評価を行うことができない可能性が考えられる。したがって、方向転換能力の評価は、種目特性に合わせた、合目的な評価手段の選択をするべきであるといえる。状況判断を伴う方向転換走は、ほかの球技種目において、光刺激、映像刺激あるいは人による刺激を用いた Reactive agility test (Gabbet et al., 2011; Henry et al., 2011) が実施されている一方で、これらは方向転換角度が 90 度以下の試技である。サッカーでは様々な方向への方向転換が必要であること (Ade et al., 2016; Bloomfield et al., 2007) を踏まえると、既存の評価手段を参考に、サッ

カーの種目特性を考慮した方向転換走の開発を検討していくべきであるといえる。また、方向転換能力の評価指標としては、方向転換走タイムを用いることが一般的である（岡本，2015；財団法人日本サッカー協会技術委員会，2006）。状況判断を伴う素早い方向転換では減速動作の重要性が示された一方で、タイムによる評価において減速を評価することは困難であるが、研究課題1で示された方向転換動作の特徴は、方向転換能力における技術的な評価指標になる可能性があると考えられる。相原ほか（2018）は、国内外のトレーニングおよび競技会において、コーチングスタッフの80%以上が映像関連機器を用いた映像の撮影を実施しており、撮影目的として、「動作の確認」が最も多く挙げられていることを報告している。これらのことを踏まえると、方向転換能力の技術的な評価指標を作成することができれば、実践現場においてより詳細かつ有効な方向転換能力の評価が可能になると考えられる。さらに、研究課題3の結果から、推察であるが、状況判断を伴う方向転換能力に優れた対象者が試技の目的に合わせてステップパターンや動作を変化させていた可能性が示された。この結果は、状況に合わせた適切なスプリントの達成という評価が必要になるサッカーにおいて、その評価は「決められた直線を速く移動すること」を目的としたスプリント走の評価に加えて、「刺激提示によって決定された移動方向に対して素早く方向転換を行い移動すること」を目的とした方向転換走の評価を行うことで初めてその評価が可能になると考えられる。したがって、状況判断を伴う方向転換走による評価は、複数の条件における個人内変化を評価観点に加えることによって、状況判断を伴う素早い方向転換能力だけでなく、サッカー選手の統合的な体力評価を可能にすることも考えられる。

上述したことを踏まえると、サッカー選手の体力評価は、評価したい状況が設定された試技において、タイムだけでなくステップパラメータや動作を評価項目とし、複数の条件における個人内変化を評価観点に加えた統合的な評価を実施すべきであり、その評価を踏まえてサッカー選手のトレーニング手段の選択、創造および設計に取り組む必要があると考えられる。

2.2 方向転換能力のトレーニングについて

方向転換能力を向上させるトレーニングとしては、これまで、SAQ トレーニング（乾, 2011; 日本 SAQ 協会, 2015; Polman et al., 2004）や、方向転換までの距離や方向転換回数、角度などに着目して組み立てられたトレーニング（勝原・朝倉, 2013）が実施されている。また、Dos'Santos et al. (2019a) は、90 度以下の方向転換におけるトレーニングの方法論について、まず状況判断を伴わない条件下における方向転換において最大下努力でトレーニングを開始し、努力度、方向転換回数などを増大させることにより強度を高めた後に、状況判断を伴う条件におけるトレーニングへ移行することを推奨している。これらのことから、既存のトレーニングでは、方向転換までの距離や移動方向、回数など決められた条件下においてトレーニングを実施し、その次に状況判断を伴う条件下で実施することが一般的であると考えられる。

その一方で、サッカーでは時々刻々と変化する状況に合わせて高いパフォーマンスを発揮する必要がある種目であり、Newell (1986) は、個人の動きの最適なパターンは、課題、環境および生体の 3 つの制約の相互作用によって決定されると述べている。さらに、ボッシュ (2020) は、そのような制約主導型のトレーニングにおいて、上述した 3 つの制約を、課題は運動の実行において要求される動き、環境は運動が実行されている環境、生体は運動を実行している生体として捉え、その 3 つによって動きのパフォーマンスが決定されている。中山ほか (1988) が、サッカーにおける状況判断過程では、その状況に対して自己の能力と相手選手を考慮した相対的評価を下せることが優れた状況判断であると指摘していること、さらに、會田 (2012) が選手の戦術的思考力が技術を導くと同時にその時発揮できる選手の技術力が戦術的思考力を限定することから客観的に見て同じようなゲーム状況であっても正しいプレーの選択・実行は選手によって異なると指摘していることは、サッカーでは、競技中、運動実行において要求される動き、すなわち課題の制約に加えて、その状況、すなわち環境の制約、さらには運動を実行する生体の制約が相互に関連し、パフォーマンスが発揮されていると考えられる。

これらのことを踏まえて、サッカーにおける方向転換能力の向上を目指したトレーニングを考えると、上述した 3 つの制約の相互関係を変化させながら、素早い方向転換動作の特徴が生じるようなトレーニング手段の設計が必要であると考えられる。例として、本研究の BAT をトレーニング手段とし、研究課題 2-2 における対象者のトレーニングを考えると、BAT は「スタートから 5 m 地点において光刺激が生じ移動方向が決定する」という状況、すなわち環境の制約の中で、「方向転換前における低い重心高、身体の後傾、遊脚側の股関節屈曲」という運動の実行において要求される動き、すなわち課題の制約の中で、「対象者」、すなわち運動を実行している生体の制約が相互に関連し、方向転換が遂行されると考えられる。Sub.A は、BAT および BAT-PP どちらの条件においても上位群に位置し、タイムおよび動作に対して、状況判断の影響が小さかった。これらの結果は、両条件の環境の制約の中で、Sub.A の生体の制約において、要求される動きの制約を担保し、素早い方向転換を達成していたといえる。そのため、Sub.A に対しては、刺激提示のタイミングを遅くすることなど環境の制約に変化を加えることにより、異なる環境の制約の中で素早い方向転換を行うことを目指すべきであると考えられる。一方で、BAT-PP では上位群であった一方で、BAT では下位群に位置した Sub.M は、タイムおよび動作ともに、状況判断の影響を大きく受けていた。これらの結果は、環境の制約に変化が加わることによって、Sub.M の生体の制約では要求される動きの制約が担保されず、結果として方向転換走のタイムが低下したと考えられる。そのため、Sub.M に対しては、刺激提示のタイミングを要求される動きの制約が担保されるまで早めた中で方向転換を反復することや負荷を与えた中で方向転換を行うこと、さらには Sub.M の生体の制約に対して改善を図ることが求められると考えられる。

さらに、サッカー選手の方向転換能力を高めるための実践的なトレーニング手段としては、スモールサイドゲームを用いたトレーニングが考えられる。スモールサイドゲームは、本来の試合よりピッチの大きさおよび人数を少なくし、種目特異的な技術と戦術を伴いながらも複数の体力的要因を改善できるトレーニング手段として、近年サッカーのトレーニ

ング現場において多く用いられている (Hill-Haas et al., 2011). 本来のトレーニングの目的に加えて, スモールサイドゲームは方向転換能力を高めるトレーニング手段としても注目されており (Paul et al., 2016; Young et al., 2015), その効果も示されている (Young and Rogers, 2014). また, 現在, トラッキングシステムから算出される走速度や加減速回数を用いて, 競技場面において発生している動作や負荷の定量化が図られていること (Dalen et al., 2020; Luteberget and Spencer, 2017) を踏まえると, スモールサイドゲームにおけるピッチの大きさや人数などの条件設定を, 実際の試合における加速および減速の回数や加速度などを考慮した上で設計することは, より競技場面に近い環境条件において選手が方向転換を行う状況を設定することができる効果的なトレーニング手段とその設計方法であると考えられる. そのように設計されたトレーニングの中において, 研究課題 1 で示された状況判断を伴う素早い方向転換動作の特徴を方向転換動作の評価項目とし, 状況判断を含めたトレーニングの負荷を段階的に高めて実施していくことができれば, より合目的的な方向転換能力の向上だけでなく, トレーニングを処方する実践者にとって, より競技に近い環境における方向転換動作の評価手段にもなり得ると考えられる.

上述のことから, サッカー選手の方向転換能力の向上を目指したトレーニングでは, 運動の実行において要求される動き, 運動が実行されている環境, 運動を実行している生体の 3 つの制約を考慮したトレーニング手段を, 個人の能力に合わせて処方することによって, 合目的かつ効果的なトレーニングが実施できると考えられる.

以上のことから, 本研究から得られた知見は, 単一事象によって構築されるものではなく, 多数の要因が複雑に絡み合い, 有機的に影響し合っひとつのシステムとして構築されるスポーツパフォーマンス (図子, 2013) の向上を目指す実践者が, 方向転換能力の評価およびトレーニング手段の選択や創造, 設計に取り組む上で基礎的な知見となると考えられる.

第 10 章 結論

本研究の目的は、サッカー選手を対象に、状況判断を伴う素早い方向転換および状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響について 3 次元動作分析を用いて検討した上で、状況判断を伴う方向転換能力に優れた選手のスプリント走の特徴をあわせて検討することによって、サッカー選手における方向転換能力およびスプリント能力向上のための基礎的知見を得ることとした。

- (1) 方向転換角度が 135 度の状況判断を伴う素早い方向転換では、方向転換 1 歩前のピッチを高くし、身体重心速度最下点までの時間を短くしていることが明らかになった。方向転換動作では、方向転換足接地前局面において、低い身体重心高、身体の後傾および方向転換脚股関節を屈曲させていることが、方向転換足支持局面では、加速期に足関節底屈量を大きくしていることが明らかになった。【研究課題 1】。
- (2) 状況判断の有無によって方向転換は異なり、状況判断を伴う方向転換では、身体重心速度最下点における身体重心速度が小さいことが明らかになった。方向転換動作では、方向転換足接地前局面において、身体の内傾、肩および腰の移動方向への回転を小さくしていることが明らかになった。方向転換足支持局面では、減速期に股関節屈曲量が大きく、加速期に肩および腰における移動方向への回転量および股関節の伸展量を大きくしていることが明らかになった。【研究課題 2-1】。
- (3) 状況判断の有無が方向転換に及ぼす影響には個別性が存在し、状況判断を伴わない条件下での順位に関わらず、状況判断を伴う条件下で上位群であった Sub.A および Sub.D において、状況判断の有無が、タイム、肩回転角度および股関節屈曲伸展角度とその変化量に及ぼす影響が小さい可能性が明らかになった。【研究課題 2-2】。
- (4) スプリントにおいて、状況判断を伴う方向転換能力の違いによるステップパターンおよび動作の特徴はみられなかった。【研究課題 3】。

以上の結果から、本研究は、状況判断を伴う方向転換において減速動作が重要であり、状

況判断の有無によって方向転換動作の特性が異なることを明らかにしたものである。したがって、本研究の知見は、サッカー選手における方向転換能力を高めるためには、状況判断を伴う条件下において評価およびトレーニングを実施することの重要性を提言でき、方向転換能力の評価およびトレーニング手段の選択や創造、設計を求められる実践者にとって基礎的知見となると考えられる。

謝辞

本論文の作成にあたり、コーチング学専攻の谷川聡准教授には、終始懇切丁寧な御指導、御校閲を受け賜りました。谷川先生には、迷いながらも博士課程に進学した私に対し、研究面だけではなく、コーチとしての振る舞いや自身の物事に取り組むための考え方などに関しても御教示、御指導頂き、最高のコーチングを体感させて頂いたように思います。また、理論に加えて、トップアスリートの実践現場を通して多くの学びの場を与えて頂き、年を追うごとに、スポーツや運動に関して学ぶことの面白さに気づくことができました。本当にありがとうございました。

コーチング学専攻およびサッカーコーチング論研究室の中山雅雄教授、浅井武教授には、博士論文における御指導、御校閲を受け賜るだけでなく、女子サッカー部において、学群時代から6年間、実践現場での活動の機会を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

コーチング学専攻の寺山由美准教授、体育科学専攻の國部雅大助教をはじめとする諸先生方には、博士論文全般にわたって貴重な御指導、御助言を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

筑波大学体育系の吉田拓矢特任助教には、修士課程から、論文の構成、測定の実施をはじめとした研究全般にわたり、多くの時間を頂戴し御指導頂きました。終始、丁寧な御指導を賜り、研究者としての基礎を身につけることができました。深く感謝いたします。

筑波大学谷川研究室、凶子研究室の皆様には測定補助など様々な方面で御協力頂きました。また、筑波大学大学院体育科学学位プログラムの野中愛里氏には、データ算出やバイオメカニクスの観点からの助言など多くの御協力を頂きました。さらに、筑波大学蹴球部の皆様には、被験者を快くお引き受け頂きました。ここに深く感謝いたします。

最後に、ここまで私を育て、支え続けてくれた両親はじめ家族に心より感謝します。

2021年3月 川原布紗子

参考文献

A

Ade, J., Fitzpatrick, J., and Bradley, P. S. (2016) High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *J. Sports Sci.*, 34(24): 2205-2214.

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. *J. J. Sports Sci.*, 15: 155-162.

會田宏 (2012) 球技の個人戦術における実践知の構造に関する研究—ハンドボールの事例を中心に—. 博士論文, 筑波大学.

相原伸平・杉山恵玲奈・澤田みのり・松本実・伊藤浩志 (2018) 競技スポーツの実践現場における ICT 活用. *電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン*, 12(2): 98-104.

B

Barnes, C., Archer, D. T., Hogg, B., Bush, M., and Bradley, P. S. (2014) The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int. J. Sports Med.*, 35: 1095-1100.

Besier, T. F., Lloyd, D. G., Ackland, T. R., and 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., and O'Donoghue, P. (2007) Turning movements performed during FA Premier League soccer matches. *J. Sports. Sci. Med.*, 6(9): 63-70.

ボッシュ：谷川聡・大山卞圭悟監訳（2020）コンテクスチュアルトレーニングー運動学習・運動制御理論に基づくトレーニングとリハビリテーション。大修館書店。

Bradley, P. S., Di Mascio, M., Peart, D., Olsen, P., and Sheldon, B. (2010) High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *J. Strength Cond. Res.*, 24(9): 2343-2351.

C

Castillo-Rodríguez, A., Fernández-García, J.C., Chinchilla-Minguet, J.L., and Carnero, E.Á. (2012) Relationship between muscular strength and sprints with changes of direction. *J. Strength Cond. Res.*, 26(3): 725-732.

Chaouachi, A., Manzi, V., Chaalali, A., Wong, D.P., Chamari, K., and Castagna, C. (2012) Determinants analysis of change-of direction ability in elite soccer players. *J. Strength Cond. Res.*, 26(10): 2667-2676.

Condello, G., Kernozek, T. W., Tessitore, A., and Foster, C. (2016) Biomechanical analysis of a change-of-direction task in college soccer players. *Int. J. Sports Physiol. and Performance*, 11(1): 96-101.

Cortes, N., Blount, E., Ringleb, S., and Onate, J. A. (2011) Soccer-specific video simulation for improving movement assessment. *Sports Biomech.*, 10(1): 22-34.

D

Dalen, T., Aune, T. K., Havard, H. G., Ettema, G., Sandbakk, Ø., and McGhie, D. (2020) Player load in male elite soccer: Comparisons of patterns between matches and positions. *PloS one*, 15(9), e0239162.

Dalen, T., Jørgen, I., Gertjan, E., Havard, H. G., and Ulrik, W. (2016) Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *J. Strength Cond. Res.*, 30(2): 351-359.

Dempsey, A. R., Lloyd, D. G., Elliott, B. C., Steele, J. R., and Munro, B. J. (2009) Changing sidestep cutting technique reduces knee valgus loading. *Am. J. Sports Med.*, 37(11): 2194-2200.

Dos'Santos, T., McBurnie, A., Thomas, C., Comfort, P., and Jones, P. A. (2019a) Biomechanical comparison of cutting techniques: A review and practical applications. *Strength Cond. J.*, 41(4): 40-54.

Dos'Santos, T., Thomas, C., Comfort, P., and Jones, P. A. (2019b) Role of the penultimate foot contact during change of direction: implications on performance and risk of injury. *Strength Cond. J.*, 41(1): 87-104.

G

Gabbett, T. J. (2002a) Physiological characteristics of junior and senior rugby league players. *Br. J. Sports Med.*, 36(5): 334-339.

Gabbett, T. J. (2002b) Influence of physiological characteristics on selection in a semi-professional first grade rugby league team: a case study. *J. Sports Sci.*, 20(5): 399-405.

Gabbett, T. J. and Benton, D. (2009) Reactive agility of rugby league players. *J. Sci. Med. Sport*, 12(1): 212-214.

Gabbett, T. J., Kelly, J. N., and Sheppard, J. M. (2008) Speed, change of direction speed, and reactive agility of rugby league players. *J. Strength Cond. Res.*, 22(1): 174-181.

Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., and Abernethy, B. (2011) Relative importance of physiological, anthropometric, and skill qualities to team selection in professional rugby league. *J. Sports Sci.*, 29(13): 1453-1461.

Green, B. S., Blake, C., and Caulfield, B. M. (2011) A valid field test protocol of linear speed and agility in rugby union. *J. Strength Cond. Res.*, 25(5): 1256-1262.

H

羽田雄一・阿江通良・榎本靖士 (2003) 100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化. *バイオメカニクス研究*, 7(3): 193-205.

Havens, K. L., and Sigward, S. M. (2015) Whole body mechanics differ among running and cutting maneuvers in skilled athletes. *Gait and posture*, 42(3): 240-245.

林陵平・荻山靖・図子浩二 (2016) クリーンエクササイズにおける挙上重量と下肢 3 関節

の力発揮特性の関係. 体力科学, 65(2): 243-254.

Henry, G., Dawson, B., Lay, B., and Young, W. (2011) Validity of a reactive agility test for Australian football. *Int. J. Sports Physiol. and Performance*, 6(4): 534-545.

Hewit, J., Cronin, J., Button, C., and Hume, P. (2011) Understanding deceleration in sport. *Strength Cond. J.*, 33(1): 47-52.

Hewit, J., Cronin, J., and Hume, P. (2013) Kinematic factors affecting fast and slow straight and change-of-direction acceleration times. *J. Strength Cond. Res.*, 27(1): 69-75.

Hill-Haas, S. V., Dawson, B., Impellizzeri, F. M., and Coutts, A. J. (2011) Physiology of small-sided games training in football. *Sports Med.*, 41(3): 199-220.

Houck, J., Duncan, A., and Haven, K.E.D. (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(3): 314-322.

I

池上康男・桜井伸二・矢部京之助 (1991) DLT 法. *J. J. Sports Sci.*, 10: 191-195.

乾真寛 (2011) 今からでも間に合うプロサッカー選手養成術:個性を伸ばすフィジカルトレーニング. 株式会社ベースボールマガジン社.

伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100m 中間疾走局面

における疾走動作と速度との関係. 体育学研究, 43(5-6): 260-273.

岩壁達男・尾縣貢・関岡康雄・永井純・清水茂幸 (1995) 球技プレイヤーにおける疾走動作の検討. スポーツ教育学研究, 15(2): 91-97.

J

Jindrich, D. L., Besier, T. F., and Lloyd, D. G. (2006) A hypothesis for the function of braking forces during running turns. J. Biomech., 39(9): 1611-1620.

Jones, P.A., Thomas, D., McMhon, J.J., and Smith, P.G. (2009) The role of eccentric strength in 180° turns in female soccer players. Sports, 5(2): 1-11.

K

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.

関東大学バスケットボール連盟強化部トレーナー部会 (2008) 世界で戦うためのフィジカルフィットネス. 月刊バスケットボール, 36(6): 別冊付録 12-13.

勝原竜太・朝倉全紀 (2013) アジリティ (敏捷性) 向上のためのトレーニング. トレーニング・ジャーナル, 35(2): 7.

木村健二・桜井伸二 (2010) 方向転換の下肢キネマティクス. 体育の科学, 60 (11) :745-750.

公益財団法人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

卷]. 大修館書店, p.36.

Kreighbaum, E. and Barthels. K.A. (1996) *Biomechanics: A qualitative approach for studying human movement* (4th ed). pp.138-143.

Krzepota, J., Stępiński, M., and Zwierko, T. (2016) Gaze control in one versus one defensive situations in soccer players with various levels of expertise. *Percept. Mot. Skills.*, 123(3): 769-783.

L

Landis J.R. and Koch G.G. (1977) The Measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1): 159-174.

Lee, M. J. C., Lloyd, D. G., Lay, B. S., Bourke, P. D., and Alderson, J. A. (2017) Different visual stimuli affect body reorientation strategies during sidestepping. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 27(5): 492-500.

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.

Lockie, R. G., Jeffriess, M. D., McGann, T. S., Callaghan, S. J., and Schultz, A. B. (2014) Planned and reactive agility performance in semiprofessional and amateur basketball players. *Int. J. Sports Physiol. and Performance*, 9(5): 766-771.

Luteberget, L. S., and Spencer, M. (2017) High-intensity events in international women's

team handball matches. *Int. J. Sports Physiol. and Performance*, 12(1): 56-61.

M

Mallo, J., Mena, E., Nevado, F., and Paredes, V. (2015) Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *J. Hum. Kinets.*, 47(1): 179-188.

Marshall, B. M., Franklyn-Miller, A. D., King, E. A., Moran, K. A., Strike, S. C., and Falvey, É. C. (2014) Biomechanical factors associated with time to complete a change of direction cutting maneuver. *J. Strength Cond. Res.*, 28(10): 2845-2851.

McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., and McKenna, M. J. (1995) The physiological load imposed on basketball players during competition. *J. Sports Sci.*, 13(5): 387-397.

宮下憲・阿江通良・横井孝志・橋原孝博・大木昭一郎（1986）世界一流スプリンターの疾走フォームの分析. *Jpn. J. Sports Sci.*, 5: 892-898.

水本篤・竹内理（2008）研究論文における効果量の報告のために：基本的概念と注意点. 関西英語教育学会紀要『英語教育研究』, 31: 57-66.

Mornieux, G., Gehring, D., Fürst, P., and Gollhofer, A. (2014) Anticipatory postural adjustments during cutting manoeuvres in football and their consequences for knee injury risk. *J. Sports Sci.*, 32(13): 1255-1262.

N

Nagahara, R., Takai, Y., Kanehisa, H., and Fukunaga, T. (2018) Vertical impulse as a determinant of combination of step length and frequency during sprinting. *Int. J. Sports Med.*, 39(4): 282-290.

Nagano, T., Kato, T., and Fukuda, T. (2004) Visual search strategies of soccer players in one-on-one defensive situations on the field. *Perceptual and Motor Skills*, 99(3): 968-974.

内藤景・荻山靖・宮代賢治・山元康平・尾縣貢・谷川聡 (2013) 短距離走競技者のステップタイプに応じた 100m レース中の加速局面の疾走動態. *体育学研究*, 58: 523-538.

中山雅雄 (2010) サッカーでの方向転換能力を高めるトレーニング. *体育の科学*, 60 (11): 762-765.

中山雅雄・田中雅人・松本光弘 (1988) サッカープレイヤーの状況判断過程のモデル化. *筑波大学体育科学系紀要*, 11: 165-174.

夏原隆之・中山雅雄・加藤貴昭・永野智久・吉田拓矢・佐々木亮太・浅井武 (2015) サッカーにおける戦術的判断を伴うパスの遂行を支える認知プロセス. *体育学研究*, 60(1): 71-85.

Naylor, J., and Greig, M. (2015) A hierarchical model of factors influencing a battery of agility tests. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 55(11): 1329-1335.

Nedergaard, N.J., Kersting, U., and Lake, M. (2014) Using accelerometry to quantify deceleration during a high-intensity soccer turning manoeuvre. *J. Sports Sci.*, 32(20): 1897-1905.

Newell, K. (1986) Constraints on the development of coordination. *Motor development in children: Aspects of coordination and control*: 341-360.

日本SAQ協会監 (2015) 子どもからトップアスリートまであらゆるスポーツ競技者の能力を伸ばすSAQトレーニング最新版. 株式会社ベースボールマガジン社.

Nimphius, S., Callaghan, S. J., Bezodis, N. E., and Lockie, R. G. (2018) Change of direction and agility tests: Challenging our current measures of performance. *Strength Cond. J.*, 40(1): 26-38.

西嶋尚彦・松本光弘・久岡泰之・鈴木宏哉・大塚慶輔 (2002) ユース年代サッカー選手のスポーツタレント評価に関する研究. 平成12年度筑波大学大学院体育研究科奨学寄付金プロフェッショナルスポーツ研究助成受託研究: 59-73.

O

岡本直輝 (2015) 敏捷性測定法 505test の評価視点の検討. *体育測定評価研究*, 14: 33-41.

Ohtsuki, T., Yanase, M., and Aoki, K. (1987) Quick change of the forward running direction in response to unexpected changes of situation with reference to ball games. *Biomechanics X-B* (ed. Jonsson, B): 629-635.

奥平柁道・山田魁人・九鬼靖太・太田和希・吉田拓矢・前村公彦・谷川聡 (2019) サッカー選手の三次元的なスプリント動作の特徴: 陸上競技短距離選手との比較から. *スプリント研究*, 28: 5-16.

P

Paul, D. J., Gabbett, T. J., and Nassis, G. P. (2016) Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Med.*, 46(3): 421-442.

Polman, R., Walsh, D., Bloomfield, J., and Nesti, M. (2004) Effective conditioning of female soccer players, *J. Sports Sci.*, 22: 191-203.

Póvoas, S. C., Ascensão, A. A., Magalhães, J., Seabra, A. F., Krstrup, P., Soares, J. M., and Rebelo, A. N. (2014) Physiological demands of elite team handball with special reference to playing position. *J. Strength Cond. Res.*, 28(2): 430-442.

R

Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., and Franks, A. (2000) A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *J. Sports Sci.*, 18(9): 695-702.

S

坂井和明・伊藤竜兵・大高敏弘・高松薫 (2006) 球技スポーツ競技者における個別性の原則を考慮した体力トレーニングの効果. *体育学研究*, 51(1): 21-32.

笹木正悟・金子聡・矢野玲・浅野翔太・永野康治・櫻井敬晋・福林徹 (2011) 方向転換走と直線走および垂直跳びの関係—重回帰分析を用いた検討—. *トレーニング科学*, 23(2): 143-151.

佐藤隆彦 (2018) 方向転換走のバイオメカニクス：敏捷性向上を目指して (特集 走動作の

バイオメカニクス). トレーニング科学, 30(3): 137-142.

Scanlan, A., Dascombe, B., and Reaburn, P. (2011) A comparison of the activity demands of elite and sub-elite Australian men's basketball competition. *J. Sports Sci.*, 29(11): 1153-1160.

Scanlan, A., Humphries, B., Tucker, P.S., and Dalbo, V. (2014) The influence of physical and cognitive factors on reactive agility performance in men basketball players. *J. Sports Sci.*, 32(4): 367-374.

Schreurs, M. J., Benjaminse, A., and Lemmink, K. A. (2017) Sharper angle, higher risk? The effect of cutting angle on knee mechanics in invasion sport athletes. *J. Biomech.*, 63: 144-150.

Sekulic, D., Krolo, A., Spasic, M., Uljevic, O., and Peric, M. (2014) The development of a New Stop'n'go reactive-agility test. *J. Strength Cond. Res.*, 28(11): 3306-3312.

Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., 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. Sci. Med. Sport*, 9(4): 342-349.

Shimokochi, Y., Ide, D., Kokubu, M., and Nakaoji, T. (2013) Relationship 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.

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-マツ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.

Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., and Nimphius, S. (2015) Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 29(8): 2205-2214.

Spiteri, T., Nimphius, S., Hart, N. H., Specos, C., Sheppard, J. M., and Newton, R. U. (2014) Contribution of strength characteristics to change of direction and agility performance in female basketball athletes. *J. Strength Cond. Res.*, 28(9): 2415-2423.

杉本龍勇 (2018) サッカーにおけるスプリント能力. 日本スプリント学会編, スプリント学ハンドブック. 西村書店, pp. 156-165.

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(1): 81-95.

鈴木雄太・榎本靖士 (2008) サイドステップおよびクロスステップにおける身体重心速度と地面反力との関係. 京都体育学研究, 24(1): 1-12.

T

Taylor, J. B., Wright, A. A., Dischiavi, S. L., Townsend, M. A., and Marmon, A. R. (2017) Activity demands during multi-directional team sports: a systematic review. *Sports Med.*, 47(12): 2533-2551.

津越智雄・浅井武 (2010) Jリーグサッカークラブにおける上位カテゴリーへの選手選抜に関する横断的研究-体力・運動能力を対象として-. 体育学研究, 55(2): 565-576.

V

Vescovi, J.D. and Mcguigan, M.R. (2008) Relationships between sprinting, agility, and jump ability in female athletes. *J. Sports Sci.*, 26(1): 97-107.

W

Wehbe, G. M., Hartwig, T. B., and Duncan, C. S. (2014) Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *J. Strength Cond. Res.*, 28(3): 834-842.

Wells, R.P. and Winter, D.A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. In: *Human locomotion 1 (Proceedings of the first biannual conference of the Canadian society of biomechanics)*, pp.92-93.

Wheeler, K.W. and Sayers, M.G.L. (2010) Modification of agility running technique in reaction to a defender in rugby union. *J. Sport Sci. Med.*, 9(3): 445-451.

Y

矢田恵大・阿江通良・谷川聡 (2011) 標準動作モデルによる世界一流および学生短距離選手の疾走動作の比較. 陸上競技研究, 2011(4): 10-16.

吉田拓矢・松島一司・林陵平・冨子あまね・苅山靖 (2018) 数種類の台高を用いた多段階式

ドロップジャンプテストによる伸張-短縮サイクル運動の遂行能力の評価. 体育学研究, 63(2): 673-684.

Young, W.B., Dawson, B., and Henry, G.J. (2015) Agility and change-of-direction speed are independent skills: implications for training for agility in invasion sports. *Int. J. Sports Sci. Coach.*, 10(1): 159-169.

Young, W. B., James, R., and Montgomery, I. (2002) Is muscle power related to running speed with changes of direction? *J. Sports Med. Phys. Fit.*, 42(3): 282-288.

Young, W., and Rogers, N. (2014) Effects of small-sided game and change-of-direction training on reactive agility and change-of-direction speed. *J. Sport Sci.*, 32(4): 307-314.

Young, W. B., and Willey, B. (2010) Analysis of a reactive agility field test. *J. Sci. Med. Sport*, 13(3): 376-378.

Z

財団法人日本サッカー協会技術委員会 (2006) JFA フィジカル測定ガイドライン 2006 年版. 財団法人日本サッカー協会, 東京.

財団法人日本サッカー協会技術委員会 (2012) サッカー指導教本 2012 JFA 公認 C 級コーチ. 財団法人日本サッカー協会, 東京.

張剣・渡部和彦・馬淵麻衣 (2008) サッカー熟練者と非熟練者の予測正確性および視覚探索方略に関する研究—1対1と3対3場面についての比較—. 体育学研究, 53(1): 29-37.

関子浩二 (2008) スポーツトレーニング実践研究の推進 トレーニング効果の転移問題 (Transfer of Training Effects) の究明と手段の構築. トレーニング科学, 20: 7-8.

関子浩二 (2013) トレーニング理論と方法論. 公認スポーツ指導者養成テキスト共通科目 III: 105-117.