

博士論文

サッカーの守備で用いられる
スプリントスタート技術が
加速や方位変換に及ぼす影響

(Effects of the sprint start technique used in soccer
defenses on acceleration and changing body
orientation)

2023年3月

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科
スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程

福原 祐介

立命館大学審査博士論文

サッカーの守備で用いられる
スプリントスタート技術が
加速や方位変換に及ぼす影響

(Effects of the sprint start technique used in soccer
defenses on acceleration and changing body
orientation)

2023 年 3 月

March 2023

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科
スポーツ健康科学専攻博士課程後期課程
Doctoral Program in Sport and Health Science
Graduate School of Sport and Health Science
Ritsumeikan University

福原 祐介

FUKUHARA Yuusuke

研究指導員：伊坂 忠夫教授

Supervisor: Professor ISAKA Tadao

目次

副論文一覧	i
用語の定義	ii
序	1
第1章 緒論	4
1-1 サッカーにおける守備選手が攻撃選手を追従するために求められること	4
1-2 サッカーの守備局面における後方および側方へのスプリントスタート技術の重要性	8
1-3 前方へのスプリントスタート技術	10
1-4 後方および側方へのスプリントスタート技術	12
1-5 研究目的	14
1-6 研究意義	14
1-7 本博士論文の構成	15
第2章 【研究課題1】後方および側方へのスプリントスタート技術の選択特性	16
2-1 はじめに	16
2-2 方法	19
2-2-1 研究対象者	19
2-2-2 実験内容	19
2-2-3 統計解析	22
2-3 結果	22
2-4 考察	24
第3章 【研究課題2】後方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響	31

3-1	はじめに.....	31
3-2	方法.....	33
3-2-1	研究対象者.....	33
3-2-2	実験試技.....	33
3-2-3	データ収集.....	34
3-2-4	データ解析.....	36
3-2-5	統計処理.....	37
3-3	結果.....	38
3-4	考察.....	46
第4章	【研究課題3】側方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換に およぼす影響.....	50
4-1	はじめに.....	50
4-2-1	研究対象者.....	53
4-2-2	実験試技.....	53
4-2-3	データ収集.....	54
4-2-4	データ解析.....	54
4-2-5	統計処理.....	54
4-3	結果.....	55
4-4	考察.....	62
第5章	総括論議.....	66
5-1	後方および側方へのスプリントスタートにおいて習慣的に用いられている技術 とパフォーマンスに優位性がみられた技術が異なった要因.....	68
5-1-1	後方へのスプリントスタート技術.....	68

5-1-2 側方へのスプリントスタート技術	71
5-1-3 スプリント方向の違いがスプリントスタート技術の選択に及ぼす影響	74
5-2 後方および側方へのスプリントスタートにおける加速および身体方位変換に 関連する要素	75
5-2-1 後方および側方へのスプリントスタートにおけるスプリント方向への加速 に関連する要素	75
5-2-2 後方および側方へのスプリントスタートにおけるスプリント方向への身体 方位変換に関連する要素	82
5-3 指導現場への応用	89
第6章 結論	92
参考文献	93
謝辞	99

副論文一覧

本博士論文は、下記の副論文をもとに作成したものである。

【第2章（研究課題1）】

Sato T, **Fukuhara Y**, Isaka T. Step techniques for backward and sideward sprint starts used by high-level male soccer players. *Heliyon* 7: 2021.

【第3章（研究課題2）】

福原祐介, 大塚光雄, 伊坂忠夫, 男子サッカー守備選手を対象としたカウンターステップの有効性の検討：後方への方向転換とその後の疾走動作に着目して. *トレーニング科学* 25(3) : 2015.

用語の定義

スプリントスタート技術

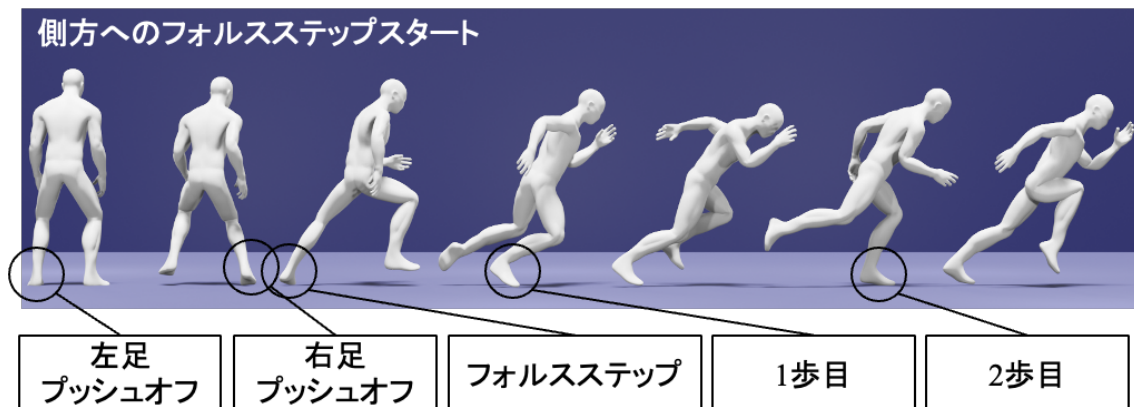
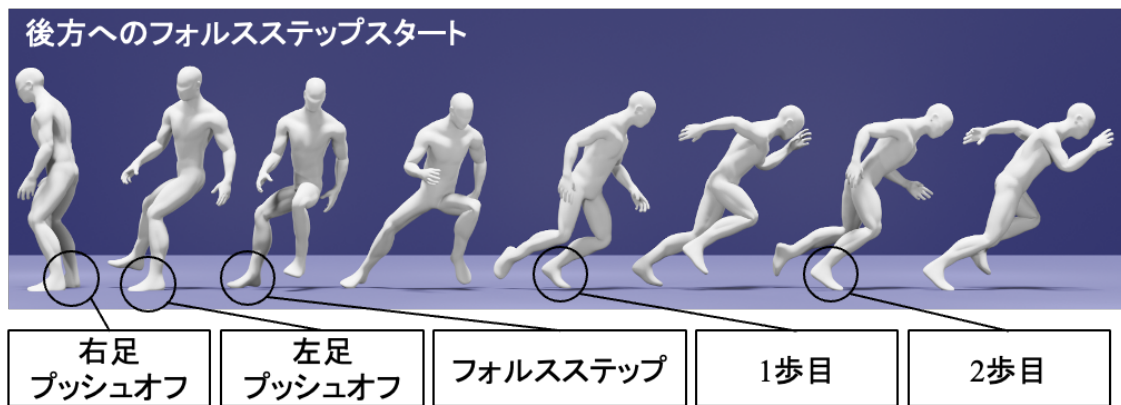
前方，後方，側方，斜方へ加速しながらスプリントする際の動作開始時のプッシュオフ動作やステップングを指す．本博士論文では，フォルスステップスタート，フォワードステップスタート，クロスオーバーステップスタートを指す．

フォルスステップ

スプリント方向へ加速する際に，スプリント方向へステップする前に，逆方向へ踏み出されるステップを指す．前方および後方へのスプリントスタートにおいては用いる足の左右を問わず，本研究の第3章ではフォルスステップに用いる足を右足に設定した．側方へのスプリントスタートにおいてはスプリント方向とは反対側の足が用いられるため，本研究の第4章で分析対象とした右側方へのスタートでは左足でフォルスステップが行われた．

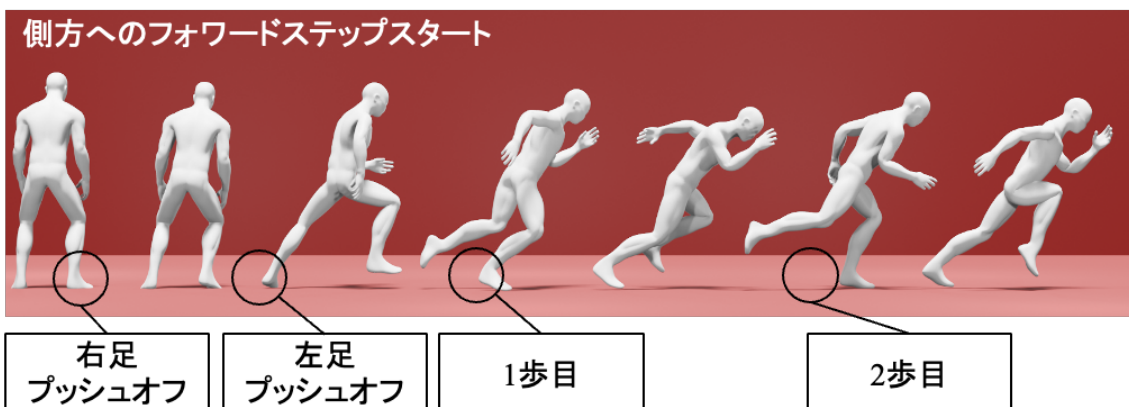
フォルスステップスタート

静止姿勢からフォルスステップを行った後、もう片方の足をスプリント方向へ1歩目としてステップし、フォルスステップに用いた足を2歩目としてステップすることでスプリントスタートする技術を指す。



フォワードステップスタート

静止姿勢から、フォールスステップを用いず、動作開始から先にプッシュオフした足を 1 歩目としてスプリント方向にステップした後、もう片方の足を 2 歩目としてステップすることでスプリントスタートする技術を指す。前方および後方へのスプリントスタートにおいては用いる足の左右を問わず、本研究の第 3 章では 1 歩目に用いる足を左足に設定した。側方へのスプリントスタートにおいてはスプリント方向側の足を 1 歩目として用いるため、本研究の第 4 章で分析対象とした右側方へのスタートでは左足でフォールスステップが行われた。側方へのスプリントスタートにおいて、スプリント方向側の足を接地位置よりもスプリント方向へ踏み出さずに、その場もしくはわずかに反対方向へ 1 歩目を接地する場合もあるが、動作開始から先にプッシュオフした足が 1 歩目として扱われることは同じであるため、本学位論文ではこれらを含めてフォワードステップとする。



クロスオーバーステップスタート

静止姿勢から側方へスプリントスタートする際、スプリント方向とは反対側の脚を、スプリント方向側の脚の前方で交差させながらスプリント方向へ 1 歩目としてステップすることでスプリントスタートする技術を指す。

パワーポジション

競技によって姿勢はいくらか異なるが、ボールや相手選手の動きに素早く反応し、移動方向とは逆方向に対して力を発揮しやすい準備姿勢を指す。サッカーにおいて「パワーポジション」は、足を左右方向に肩幅もしくは肩幅より少し広く開き、股関節および膝関節を浅く屈曲させ、重心下げて構える姿勢と指導される。そのため、統一された重心高やスタンス幅ではなく、パワーポジションの姿勢の範囲内で移動方向や状況によって選手は各々の姿勢で構える。本博士論文では、このような姿勢を指してパワーポジションと記す。

ワンサイドカットポジション

サッカーにおいて、守備選手が用いる守備方法のことを指す。攻撃選手がゴール方向に向かって攻撃を行う際の進路やシュートコースを防ぐとともに、攻撃選手をゴールから遠ざける為に、サイドライン方向を向いてパワーポジションで構える（守備選手が自陣の右サイドに位置している場合、自陣のゴールを背にして身体を斜め右前方向に向ける）。

序

サッカーの起源には様々な説がある。特に有力な説は、軍事訓練から派生した「中国起源説」、遊びから生まれた「イタリア起源説」、戦争から生まれた「中世イングランド説」、祭事から生まれた「キリスト教お祭り起源説」の4つがある。これらが近代サッカーとして生まれ変わったのは、1863年、イングランドのパブリックスクールの卒業生が中心となって「フットボール」の統ルールを作ったことが契機である（ヴァール 2002）。

日本のサッカーは、1873年にイギリス海軍と日本海軍で行った訓練にサッカーを取り入れたのが始まりとされている。その後、1921年には大日本蹴球協会（現、日本サッカー協会/JFA）が創立され、1970年には日本サッカー協会が初のコーチングスクールを開講し、指導者養成に力を入れ始めた。更に1977年には、日本体育協会（現、日本スポーツ協会）・公認スポーツ指導者制度や全国から優秀な選手を集めた育成制度として「セントラル・トレーニング・センター」を開始（1980年より、ナショナルトレーニングセンター制度に改変）し、指導者の育成と選手の育成の両方に力を入れ、日本サッカー界の底上げを図った。

公益財団法人日本スポーツ協会・公認スポーツ指導者制度の講習内容には、技術、戦術、分析法などが含まれており、攻撃と守備のそれぞれに対する「プレーの原則」が教本に記載されている（公益財団法人日本サッカー協会、2020）。攻撃のプレーの原則は、「①突破」、「②幅」、「③厚み」、「④活動性」、「⑤即興性」と定義されている。「①突破」とは、ボールを持った攻撃側は、ゴールに向かうことで相手を突破しようとする事、「②幅」とは、ゴール前を固められたとき、突破の可能性を高めるために、外側の選手にボールを運び、守備の薄いところから突破を試みる事、「③厚み」とは、突破が出来ないときにボールを失わないようなポジションをとり、攻撃を継続し突破をうかがう事、「④活動性」とは、攻撃側はボールを失わないようにしつつ、個々の選手がさまざまな動きを駆使して相手の守備組織を混乱させてゴールを目指す事、「⑤即興性」とは、個々の選手の創造性や一瞬

のひらめきによっても相手の守備を突破することを狙うこととされている。反対に、守備のプレー原則は、「①遅らせる」、「②集結」、「③厚み」、「④バランス」、「⑤自制」と定義されている。「①遅らせる」とは、守備側はボールと自陣ゴールの間に入ることとボールを奪おうとすることによって相手の攻撃を遅らせようとする事、「②集結」とは、守備が相手の攻撃を遅らせようとしたにもかかわらず、さらにゴールに向かわれた場合には、ゴール前に選手を多くすること（ボールとゴールの間に選手を多くすること）でゴールを守ること、「③厚み」とは、守備側も突破されないようにしつつ、ボールを奪うチャンスをうかがうこと、「④バランス」とは、攻撃の動きに対して、マークを徹底させること、受け渡すこと、スペースを埋めることなどで混乱しないように対応すること、「⑤自制」とは、攻撃側の即興性に惑わされず、相手をよく観察し、粘り強く対応することとされている。このように、守備選手は攻撃のプレーの原則である「突破」に対して守備のプレーの原則に従って対応する。

攻撃選手はドリブルやパスによる攻撃を試みてくるため、守備選手は攻撃選手がボールを保持しているかどうかにかかわらず、一人の選手を追従することが求められる。守備選手が攻撃選手の動きに対して遅れを取らずに追従するためには、動作開始直後に素早く加速することが必要であると考えられる。また、攻撃選手はペナルティエリア内への侵入やサイドエリアからの攻撃を試みるため、守備選手は攻撃選手がスプリントする方向に対して加速することや、必要に応じて身体を方位変換することが求められる。

攻撃選手はゴール方向に身体を向けた体勢から守備選手を振り切り、ゴールへの接近やシュートを試みる。これに対し、守備選手は自陣のゴールを背にするように構え、攻撃選手のゴールへの接近やシュートに対応する必要がある。そのため、守備選手は攻撃選手のゴール方向やサイドエリアを突破するような加速に対して身体の方位変換を伴いながらの追従が求められる。つまり、スプリント方向に対して身体の方位変換を伴いながら、動作開始から早い段階で大きな加速を行うことができるスプリントスタート技術が必要であると考え

る. そこで本博士論文では, サッカーの守備において求められるスプリント方向への身体方位変換を伴う加速について検証することを目的とした.

第1章 緒論

1-1 サッカーにおける守備選手が攻撃選手を追従するために求められること

サッカーとは、相手陣にあるゴールの中にボールを入れると得点となり、その数が多い方が勝者となるスポーツである。攻撃選手が得点をあげたエリアに着目した報告では、ペナルティエリア内からのシュートが70%以上を占めている (Simiyu 2013, Michailidis et al. 2013)。更に、シュート成功率においてもペナルティエリア内からのシュートはペナルティエリア外からのシュートよりも高いことも報告されている (Dufour 1993)。2012年度のJ1リーグ公式戦では、1試合の平均被シュート数が多いほど平均失点数が多かった ($R=0.71$) (公益財団法人日本プロサッカーリーグ 2012)。Ruiz et al. (2013) は、試合に勝利したチームは敗北したチームよりもペナルティエリア内へドリブルやパスを使用して侵入した回数が有意に多いことを報告しており、ペナルティエリア内への侵入回数と試合結果との関連性を示唆している。また、Mulyk et al. (2015) は、ペナルティエリア内への侵入方法の種類をドリブルとパスに分けて1試合における侵入回数をそれぞれ記録した結果、80%以上がパスでの侵入であることを明らかにしている。これらのことから、失点を減らすためにはペナルティエリア内へのドリブルやパスを用いたランニングによる侵入を阻止することが最も重要である。しかし、ペナルティエリア内への全ての侵入を阻止することは困難であるため、守備選手は攻撃選手を追従しシュート機会を阻止することや、ペナルティエリア内におけるゴールから遠い位置への攻撃選手の誘導が重要であると考えられる。

攻撃選手がゴール方向への攻撃を試みてきた場合、守備選手は攻撃選手を可能な限りゴールから遠ざけるようにサイドライン方向へ追い込み、機会を見てスライディングタックルやショルダーチャージ、もしくは攻撃選手とボールの間に身体を入れるなどの手法を用いてボールを奪う。反対に、攻撃選手は守備選手をゴール付近から遠ざけてゴール前にスペースを作るためにサイドエリアからペナルティエリアへのパスを用いた攻撃、もしくは1対

1で抜き切る為の距離を確保する為にサイドエリアから仕掛ける攻撃を多用している(戸塚 2010)。このような状況では、守備選手はセンターバックおよびサイドバックのポジションに関わらず、シュートブロックやゴール方向へのドリブル、パス交換による攻撃を防ぎ、ゴールから遠いエリアであるサイドライン方向へ攻撃選手を誘導するために、ワンサイドカットポジションをとる(公益財団法人日本サッカー協会 2003)(図 1-1)。このワンサイドカットポジションと呼ばれる守備方法は、指導の現場では多く用いられている(河村ら 2013)。しかし、サイドエリアからペナルティエリアに向かって蹴られたパス(クロス)クロスによる得点はインプレー得点(フリーキック、コーナーキック、ペナルティキック、ゴールキック、スローインを除いたプレーによる得点)の約 30%を占めている(公益社団法人日本プロサッカーリーグ 2018)ため、ワンサイドカットポジションによる守備選手の対応によって攻撃選手をゴールから遠ざけることに成功した場合でも、失点する可能性が消滅したわけではない。また、サイドエリアからのクロスによる得点の多くはペナルティエリア内からのシュートによって生まれていることも報告されている(Yamada and Hayashi 2015)。つまり、守備選手は攻撃選手をゴールから遠ざけるだけでなく、攻撃選手を追従し、有効なクロスを上げさせないことが求められる。

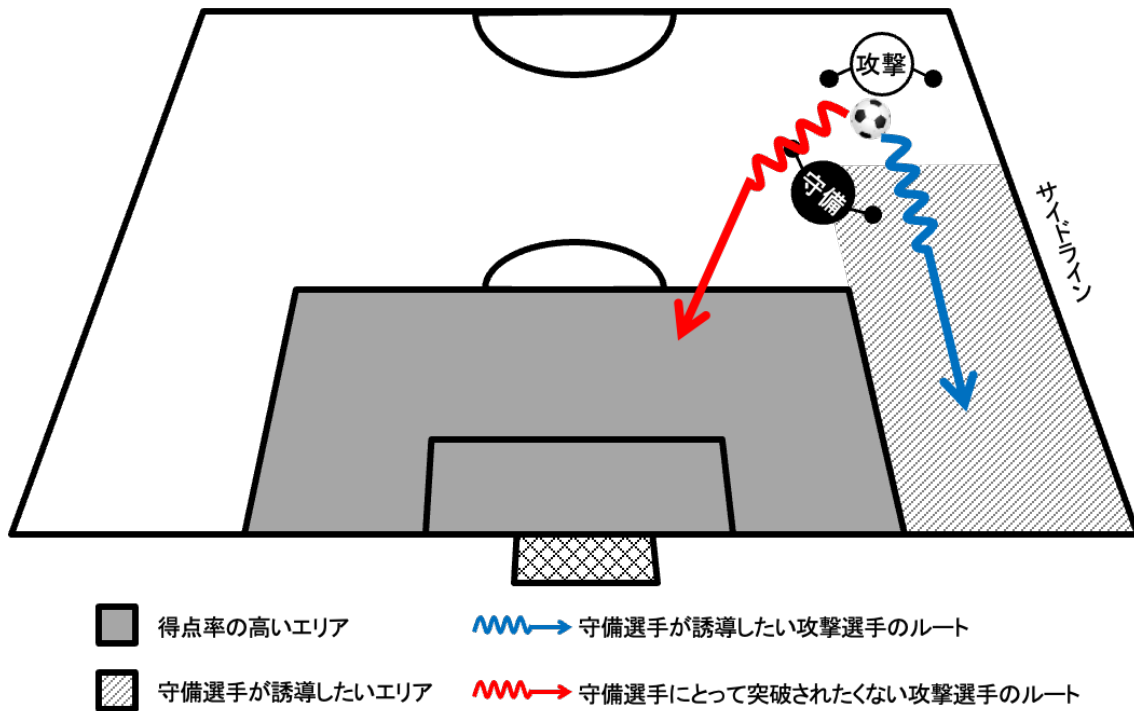


図 1-1 ワンサイドカットポジションによる守備選手の対応. 守備選手は攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して追従することによって対応する.

守備選手が攻撃選手に対してゴールとボールを結んだ線上でワンサイドカットポジションを取った際、攻撃選手がサイドエリアからの攻撃を選択した場合は、守備選手の身体を約 90 度方位変換させて追従することが求められる。一方、攻撃選手がゴール方向への攻撃を選択した場合は、守備選手は身体を約 180 度方位変換させて追従することが求められる。

Marcin et al. (2015) によると、サッカーの試合中におけるスプリント距離は平均 $21.1 \pm 3.37\text{m}$ であると報告されている。このような短い距離におけるスプリント動作では、トップスピードまで到達することができないため、動作開始直後の素早い加速がスプリントタイムに大きな影響を与えると考えられる。また、守備選手をドリブル方向に位置させ、攻撃選手がドリブルによる前方移動から斜め 45 度方向にカッティングしてドリブル突破させた研究では、守備選手から $1.2 \pm 0.1\text{m}$ 手前で攻撃選手はカッティングを開始しており、右方向へのカッテ

イング時の平均重心速度は $2.6 \pm 0.5 \text{m/s}$, 左方向へのカッティング時の平均重心速度は $2.6 \pm 0.3 \text{m/s}$ であったことが報告されている (Chen et al. 2021). これらのことから, 守備選手が得点機会を阻止するためには, 攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して追従するための, 身体の方位変換を伴いながら, 動作開始から早い段階で大きな加速を行うことができるスプリントスタート技術が重要であると考えられる.

攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して守備選手が遅れを取ってしまった場合, 守備選手はゴール方向へ近付けさせないために攻撃選手を手で掴む, またはボールを奪取しようとして攻撃選手の足を引っ掛けてしまうことになり, これらは全て守備選手の反則となる. 攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して遅れを取らずに追従できた場合でも, 守備選手の身体方位変換が遅くなると, 攻撃選手に対して正面から身体を接触してしまう可能性が高くなり, 攻撃選手の進路を妨害したとみなされ反則となってしまう. 守備選手が攻撃選手からボールを奪うためには, 攻撃選手よりも先にボールに触れて奪う, もしくは方位変換をして攻撃選手とボールの間に守備選手の側面もしくは背面から身体を入れてボールを奪う必要がある. つまり, 守備選手は攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して, 反則を犯さずに攻撃を阻止するための加速や身体方位変換を行わなければいけない状況が起こっていると言える (神川 2012, 公益財団法人日本サッカー協会 2013). このような競技特性から, 守備側から見てサッカーコート右半分のエリアからの攻撃を想定した場合, パワーポジションの構えによるワンサイドカットポジションの守備方法から, 攻撃選手がサイドエリアからドリブルやランニングで侵入してきた際は時計回り方向の身体方位変換を伴う右方向へのスプリントが, 攻撃選手がペナルティエリア内へドリブルもしくはランニングで侵入してきた際は反時計回り方向の身体方位変換を伴う後方へのスプリントが試合中に頻繁に生じる. 特にペナルティエリアに近い場所では, 攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して, 短い距離における加速や方位変換が求められる.

1-2 サッカーの守備局面における後方および側方へのスプリントスタート技術の重要性

先述したように、守備選手は攻撃選手をペナルティエリア内へ侵入させないように、ゴールから遠い位置にあるサイドライン方向へ誘導するような守備を行う。その際、守備選手はワンサイドカットポジションの守備方法を取ることで、攻撃選手が守備選手の後方に位置するゴール方向へ侵入する進路を塞ぎ、守備選手の側方に位置する（守備選手の自陣右側の場合は右方向）サイドエリアへ侵入しやすい状況を作る。このワンサイドカットポジションは攻撃選手の攻撃を遅らせ、攻撃方向を限定することには有益であるが、攻撃選手がペナルティエリア内への侵入もしくはサイドエリアからの攻撃を試みてきた場合、守備選手は後方および側方へのスプリントによる追従が求められる。攻撃選手がペナルティエリア内への侵入を試みてきた場合、移動距離の長さによって守備選手はバックステップ等を用いて追従することも可能である。しかし、攻撃選手に対して正面からボールを奪取しようとする、攻撃選手の進路を妨害したり接触によって転倒させたりしてしまう可能性があること、バックペダル等による後方への移動は攻撃選手の前向きの加速に対して同等の加速を行うことが困難であることを考えると、守備選手は身体を後方へ方位変換させて攻撃選手を追従する必要がある。また、攻撃選手がサイドエリアからの攻撃を試みてきた場合、守備選手はシャッフルやサイドステップ等を用いて対応することは可能であるが、後方と同様に攻撃選手の加速に対して同等の加速を行うことが困難であることが考えられる。Salvo et al. (2010) は、ヨーロッパのトップレベルの試合において、20m 以下の距離のスプリントを分析した。その距離を 5m ごとに分類した結果、0-5m のスプリント距離に分類されたスプリントの割合が他の分類よりも多かったことが報告されている。このことから、5m 以下のスプリントの検証は、サッカーにおけるスプリントスタートパフォーマンスに対して有益となることが考えられる。

更に、クロスからの得点がペナルティエリア内からのシュートによって生まれていることから (Yamada and Hayashi 2015) , クロスを阻止するもしくは正確なクロスを蹴らせない

ために、守備選手は身体を側方へ方位変換させて攻撃選手を追従する必要がある。このように、サッカーの試合中に守備選手は方位変換を伴う後方および側方へのスプリントスタートを行っており、攻撃選手を追従するための素早い加速が求められる。

1-3 前方へのスプリントスタート技術

前方へのスプリントスタート技術に関してはこれまでに数多く研究されているが、その研究成果や知見は現場の指導者に浸透しておらず、指導者の経験を基にした指導が中心となっているため、前方へのスプリントスタート技術の指導方法は統一化されていない。指導書の中にはフォルスステップを用いるとパフォーマンスが落ちることが書かれているものもあり (Bill 2001) , 指導者がフォルスステップスタートを禁止することも珍しくない。しかし、球技スポーツの中には人やボールの動きに合わせて動くこと、突如攻撃と守備が入れ替わることなど、状況変化が急激に起こるため、特定したスプリントスタート技術のみを実行することは困難である。このように、相手選手に対応して急激な加速動作を起こす必要があり、高い加速能力の発揮はスポーツの勝敗に優位性をもたらす (Lockie et al. 2011) .

球技スポーツは陸上競技と異なり、スターティングブロックではなく立位からスプリントスタートを行う。Kraan et al. (2001) は前方へのスプリントにおける立位からのスプリントスタート技術である、フォルスステップスタートとフォワードステップスタートに着目して研究を行った。その結果、立位姿勢からの最も速いスプリントスタート技術は、短時間で大きな力を獲得することができるフォルスステップによって達成されたと報告している。フォルスステップスタートによる素早い加速は、ストレッチショートニングサイクルによって生み出されていると考えられている (Johnson et al. 2010) . スターティングブロックを利用したスプリントスタートの研究では、接地時間を長くすることによる力積の増大は、前方へのスプリントスタートに効果的であることが報告されているが (Schot and Knutzen 1992) , 0~2.5m という極めて短い距離においては長い接地時間による力積の増大よりも、フォルスステップによる短時間での推進力の獲得の方がスプリントタイムの短縮に貢献すると報告されている (Johnson et al. 2010) . このように、前方へのスプリントスタートに用いるスプリントスタート技術が、その後の加速局面に大きな影響を与えていることは明確である (Cronin et al. 2007, Frost et al. 2008, Frost and Cronin 2011) .

一方、LeDune et al. (2012) は、身体を前方に傾けることで重心を前方に移動させるフォワードステップは、重心を即時に前方へ変位させることができるため、フォルスステップは「無駄な動き」であり、素早い加速を妨げると主張している。多くの先行研究は、短いスプリント中のフォルスステップの有効性を裏付けている (Cronin et al. 2007, Cusick et al. 2014, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010, Kraan et al. 2001) が、評価に用いられる変数 (設定距離への到達時間や 1~3 歩目の運動学的分析) やタイムの計測方法 (タイミングゲートの通過や身体の最初の動き) に一貫性は無い。このように、フォルスステップを用いたスプリントスタートの有効性については複数の見解があるが、指導者はフォルスステップを排除するためにトレーニング時間を費やしていることも事実である (Cusick et al. 2014, LeDune et al. 2012)。

これらの課題を基に Schwenzfeier et al. (2020) は、前方へのスプリントスタートの際にフォワードステップを用いるよう日常的に指導されている男性および女性大学アスリートに、音声信号を用いた前方への 5m と 10m のスプリントにおけるパフォーマンスをフォルスステップスタートとフォワードステップスタートの間で比較した。その結果、フォルスステップスタートの方がフォワードステップスタートよりも 5m までのスプリントタイムは 0.22 秒短く、10m までのスプリントタイムは 0.23 秒短かった。更に、フォルスステップスタートの 1 歩目および 2 歩目において獲得した重心速度は、フォワードステップスタートと比較して 1.21m/s および 0.82m/s、それぞれ大きかった。つまり、前方へのスプリントスタートにおいてフォルスステップスタートを用いることは、5m および 10m という短い区間において大きな重心速度を獲得し、スプリントタイムを短くすることに有用であることが明らかとなった。

1-4 後方および側方へのスプリントスタート技術

Hewit et al. (2012) は、静止姿勢から 180 度の身体方位変換を伴う後方 2.5m 地点までのスプリントを対象に、ビデオカメラによって撮影された動作の技術的特徴を検証した。技術的特徴を評価する際、方位変換を行った最初の 1 歩目がスプリント方向を向いて接地した動作を「優れている」動作とした。その結果、①スプリント方向に対して動作を開始している、②頭が先導して方位変換している、③身体の回転軸に近い位置で腕と脚を動作させている、④離地時に脚を完全伸展している、⑤大きなストライドが技術的特徴として優れているとした。しかし、これらの評価はビデオカメラで撮影された映像による目視での主観的な評価であり、実際のスプリント速度は計測されていない。加えて、用いられたスプリントスタート技術については明記されておらず、最初の 1 歩目がスプリント方向へのステップなのか、フォルスステップなのかは不明である。

また、Hewit et al. (2010) は静止姿勢から 90 度の身体方位変換を伴う側方へのスプリントを対象に、ビデオカメラによって撮影された 3 つのスプリントスタート技術の技術的特徴を検証した。1 つ目のフォルスステップスタートでは、①2 歩目の離地時に膝およびつま先をスプリント方向へ向けた状態で下肢三関節の完全伸展を行っていること、②両腕を大きく振っていること、2 つ目のフォワードステップスタートでは、①2 歩目の離地時に膝およびつま先をスプリント方向へ向けた状態で下肢三関節の完全伸展を行っていること、3 つ目のクロスオーバーステップスタートでは、①身体の方位変換の前に重心を下げていること、②重心をスプリント方向へ移動させていること、③方位変換時の身体重心と回転軸との距離が短いこと、④1 歩目の離地後に大きなストライドを獲得すること、⑤両腕を大きく振っていることを技術的特徴として挙げており、2 歩目までのスプリントタイムが最も短いのはクロスオーバーステップスタートであると予想している。この裏付けとして、Dysterheft et al. (2013) は大学アスリートを対象に、側方へのスプリントスタートの際に用いるフォルスステップスタートとクロスオーバーステップスタートがスプリントパフォーマンスにお

よぼす影響について検証している。その結果、9.1m 地点のスプリントタイムはフォルスステップスタートの方が有意に短かった。この結果は、フォルスステップスタートではフォルスステップによって腱に蓄積された弾性エネルギーを利用することで、関節トルクを爆発的に発揮することが可能となり、高い加速を生み出していたと結論付けている。しかし、この研究ではビデオカメラで撮影した映像からスプリントスタート技術を判別しているに留まっており、動作中の運動メカニズムについての詳細な検証には至っていない。

Miyanishi et al. (2017) は野球選手の盗塁に用いられるスプリントスタート技術を検証している。クロスオーバーステップスタートとフォワードステップスタート（原文ではジャブステップと表現している）を比較すると、フォワードステップスタートの方がスプリント方向への重心速度が有意に大きいため、盗塁スタートに適していると結論付けている。また、Panayiotis et al. (2020) は、アメリカンフットボール選手が側方へのスプリントスタートによるプロアジリティテストで用いたクロスオーバーステップスタートとフォワードステップスタートについて、スプリントパフォーマンスへの影響を検証した。その結果、フォワードステップスタートの方がクロスオーバーステップスタートよりも 5.0m までのスプリントタイムは短く、短時間で加速度がピークに到達することが示された。このように、後方および側方へのスプリントスタートについての特徴や、目標地点までのスプリントタイムについての検証は行われてきた。しかしながら、これらのスプリントスタート技術によって得られる加速や、それに伴う方位変換の角度や時間については検証されていない。これらを検証することは、後方および側方へのスプリントスタートを行う際の加速や方位変換に有効な技術を明らかにすることができると思う。

1-5 研究目的

サッカーの守備において、攻撃選手を追従するために後方および側方へ加速することは、失点を防ぐための重要な要因である。特に、動作開始から早い段階で身体の方位変換を伴いながら大きな加速を得ることは、攻撃選手から遅れを取らずに追従するために必要である。そこで本研究の目的は、後方および側方へのスプリントスタートにおいてサッカー選手が選択するスプリントスタート技術を検証し、そのスプリントスタート技術が加速や方位変換に及ぼす影響について明らかにすることとした。

1-6 研究意義

攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して、追従もしくはボールを奪取するために必要な早い段階での大きな加速の獲得は、得点機会を防ぐために必要な要素であり、サッカーの勝敗に大きな影響を与えると考えられる。後方および側方へスプリントスタートする際に選択されたスプリントスタート技術を検証することは、これまで行われてきた経験則での指導に対し、より正確な指導を行うための一助となり、更にはサッカーのみならず、他の競技における指導の質を高めることに繋がり、選手の競技力向上に大きく貢献すると考えられる。

1-7 本博士論文の構成

本博士論文は、（第 1 章）緒論でサッカーの守備選手が攻撃選手を追従するために求められる守備の方法、およびスプリントスタート技術の特徴を述べ、（第 2 章）【研究課題 1】後方および側方へのスプリントスタート技術の選択特性、（第 3 章）【研究課題 2】後方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響、（第 4 章）【研究課題 3】側方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響を実験的に検証し、（第 5 章）総括論議にて 2 章から 4 章までの検証結果を全体的に俯瞰して議論し、（第 6 章）結論を述べた。

第2章 【研究課題1】後方および側方へのスプリントスタート技術の選択特性

2-1 はじめに

サッカーに代表される球技スポーツでは、ボールを奪う、または相手を回避する等の目的で、スプリントが繰り返される。これらのスポーツにおけるスプリント距離は平均 20m 程度であり (Andrzejewski et al. 2015, McLellan et al. 2013, Garcia 2019) , 定められた距離のスプリントタイムは、レベルの高いチームの選手ほど短い (Keogh et al. 2003, Reilly et al. 2000) . このような極めて短い距離では、十分な加速ができないため、最大スプリント速度よりも急速な加速ができるかどうかが重要になる。したがって、これらのスポーツでは短時間で大きな加速を獲得するためのスプリントスタート技術の向上が、選手のパフォーマンスに大きく貢献すると考える。

両足を平行に開いた立位姿勢から、前方にスプリントスタートするために用いられる一般的なスプリントスタート技術は、フォワードステップスタートとフォルスステップスタートである。フォルスステップスタートはフォワードステップスタートに比べて、スプリント方向とは逆の方向への余分なステップが含まれるため、一般的には不利な動作になると考えられている。しかし、これまでに行われた極めて短い距離のスプリント走 (5m まで) のパフォーマンスパラメータ (スプリントタイムや速度など) を比較した研究では、フォルスステップスタートがフォワードステップスタートよりも優れていると報告されている (Brown and Vescovi 2004, Cronin et al. 2007, Cusick et al. 2014, Frost et al. 2008, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010) .

これらの先行研究では、次の2つの要因により、フォルスステップスタートが優れていることを示唆している。1つ目の要因は、重心を地面反力の作用点よりも前方に位置させるために要する時間の短さである。フォワードステップスタートでは、身体の前傾によって重心位置を前方へ移動させることで、フォルスステップスタートでは、フォルスステップによ

って地面反力の作用点を後方へ移動させることで加速に適した相対的な位置関係を生み出している。これに要する時間が短いため、フォルスステップスタートの方が極めて短い距離のスプリント走には有利であると考えられる。第2の要因として考えられるのは、後方に踏み込んだ足が地面を押し出す際に作用する地面反力（GRF）の増強であり、これは後方に踏み込んだ脚のストレッチショートニングサイクルと運動エネルギーによるものである。Johnson et al. (2010) は、フォルスステップによるプッシュオフ中にストレッチショートニングサイクルを使用できるようにすることで、加速を強化できると述べている。しかし、スプリント方向に対して足を前後に開いて配置するスタグガード（またはスプリット）スタンスからフォルスステップスタートおよびフォワードステップスタートによってスプリントを行わせた先行研究では、フォルスステップスタートの優位性はみられなかった（Johnson et al. 2010, Knudsen and Andersen 2017）。これらの研究から、フォルスステップの優位性は、ストレッチショートニングサイクルや振り降ろされた足の運動エネルギーによる地面反力の強化ではなく、地面反力の作用点を素早く後方へ移動させることによって生じていることが示唆された。

球技スポーツでは、ボールの動きや相手の予期せぬ動きなどの視覚的な情報をもとに、さまざまな方向に向かってスプリントを開始する。しかし、フォワードステップスタートとフォルスステップスタートを用いた短距離のスプリントパフォーマンスを比較した先行研究のほとんどは、前方向のスプリントスタートのみに焦点を当てていた（Brown and Vescovi 2004, Cronin et al. 2007, Cusick et al. 2014, Frost et al. 2008, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010, Knudsen and Andersen 2017, LeDune et al. 2012, Kraan et al. 2001）。私の知る限りでは、前方以外の方向でフォワードステップスタートとフォルスステップスタートを用いた短距離のスプリントパフォーマンスを比較した研究は、筆者らの予備報告が唯一である（Sato et al. 2018）。したがって、後方や側方のスプリントスタート技術については、さらなる研究が必要である。後方または側方へのスプリントを開始するためには、選手はスプリント方向に

向かって身体を方位変換させなければならぬため、どのようなスプリントスタート技術が優れているのかは、前方向のスプリントスタートとは異なる可能性がある。

そこで研究課題 1 では、後方および側方へのスプリントスタートにおいてサッカーの守備選手が選択するスプリントスタート技術を明らかにすることを目的とした。本研究課題では、十分な経験を積んで後方および側方へのスプリントスタート技術の選択が固まっていると思われる大学サッカー1部リーグに所属している男子サッカー選手に着目した。

2-2 方法

2-2-1 研究対象者

今回の研究には、週 6 回の練習に参加する大学サッカー1 部リーグ所属の男子サッカー選手 15 名が参加した(平均 \pm SD:年齢21.1 \pm 1.5[years], 身長173.0 \pm 4.0[cm], 体重66.7 \pm 4.1[kg]). 15 名のうち 8 名と 7 名はそれぞれ異なる 2 つの大学サッカーチームに所属していた. 本研究では, 他のポジションに比べて後方および側方へのスプリントスタートを行う頻度が高い, 右サイドバックの選手に限定した. 全研究対象者において優位な蹴り足は右足であった. 本研究のすべての手順は, 立命館大学の人間倫理委員会で承認された (ID : BKC-IRB-2011-019) . 実験を行う前に, 各研究対象者から書面による同意を得た.

2-2-2 実験内容

各研究対象者は, 個別のウォーミングアップに続いて, 静止した状態から後方および側方への 5m スプリントを行った. 後方へのスプリントスタートにおける身体方位変換は, 上から見て反時計回りの方向, 側方へのスプリントでは時計回り方向とした. スプリント方向と方位変換の方向は, 通常右サイドバックが守備を行うときの動作を参考にして決定した. 研究対象者には素早くスプリントを開始するための動作開始姿勢として, 肩幅から腰幅程度に足を開くことと, 重心を少し落として構えることを教示し, 細かな調整は各研究対象者の好みに合わせて決定した. 研究対象者は, 準備完了の合図の後, 研究対象者のタイミングでスプリントを開始した. いずれのスプリント方向においても, スプリントスタート技術に関する指示は行わなかった.

研究対象者は, それぞれの方向で 3 回の試行を最大の努力で行った. 研究対象者には他の研究対象者の試行を観察させなかった. スプリントスタートの一連のステップは, 高速度

ビデオカメラ（EXLIM EX-F1，カシオ計算機株式会社，東京，日本）で 300Hz のサンプリングレートで記録した。すべての試行は，スプリントスタート時の足の動きに基づいて，フォワードステップスタート，フォルスステップスタート，その他のスプリントスタート技術に分類された。録画したビデオでは，足の動きを 1 フレームずつ観察した。後方へのスプリントスタートでは，身体全体を回転させながら左足をスプリント方向に移動させたものをフォワードステップスタート，右足をスプリント方向とは逆方向にステップさせてから左足をスプリント方向にステップさせたものをフォルスステップスタートと分類した（図 2-1）。側方へのスプリントスタートは，右側方をスプリント方向とした。そのため 1 歩目の接地足には右足を用いて，2 歩目の接地足には左足を用いた。また，両スプリント方向において，フォワードステップスタートとフォルスステップスタート以外のスプリントスタート技術を用いた試行を"その他"とした。技術の識別に関する観察者間および観察者間の信頼性を確認するために，3 人の観察者に無作為に選んだ 10 本のビデオを使って技術を 3 回分類してもらった。すべての観察者が 10 本すべての映像に対して同じ分類を 3 回行ったが，観察者間での分類の齟齬は見られなかった。観察者間の信頼性を確認した後，3 人の観察者のうち 1 人がすべての試行で分類を行った。今回は，スプリント方向に対して研究対象者が最も良いパフォーマンスを発揮し，持ち合わせている技能レベルによってパフォーマンスに差が生じないようにするために，フリースタートでのスプリントを行うべきであると考えられる。これにより，スプリントスタート技術に焦点を当てた検証を行うことができる。

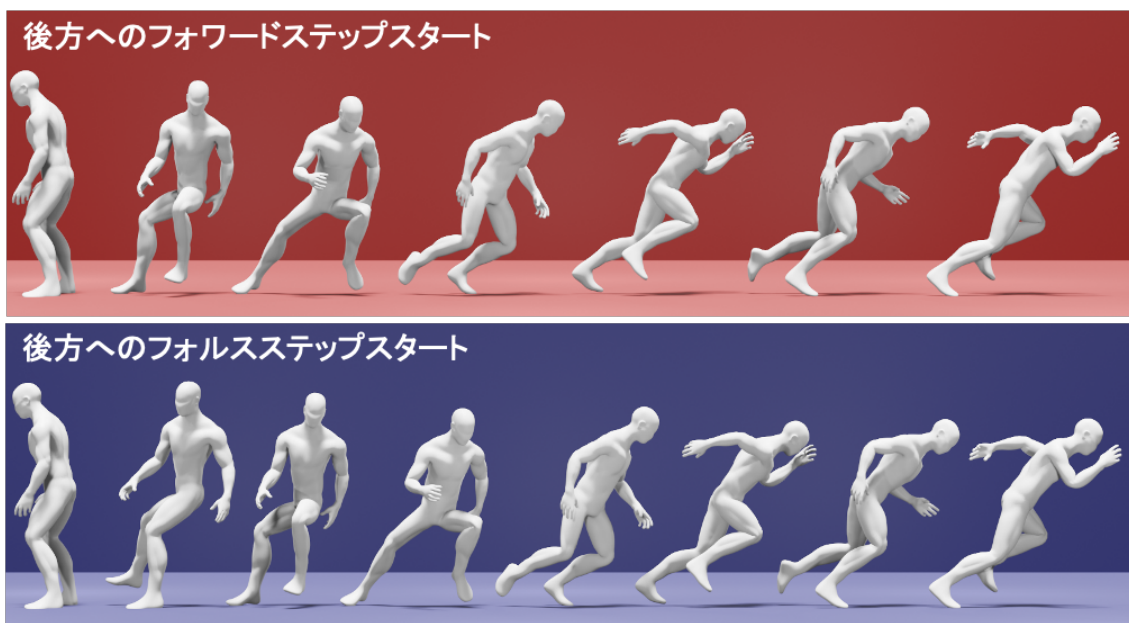


図2-1 後方へのスプリントスタートに用いたフォワードステップスタートとフォルスステップスタート

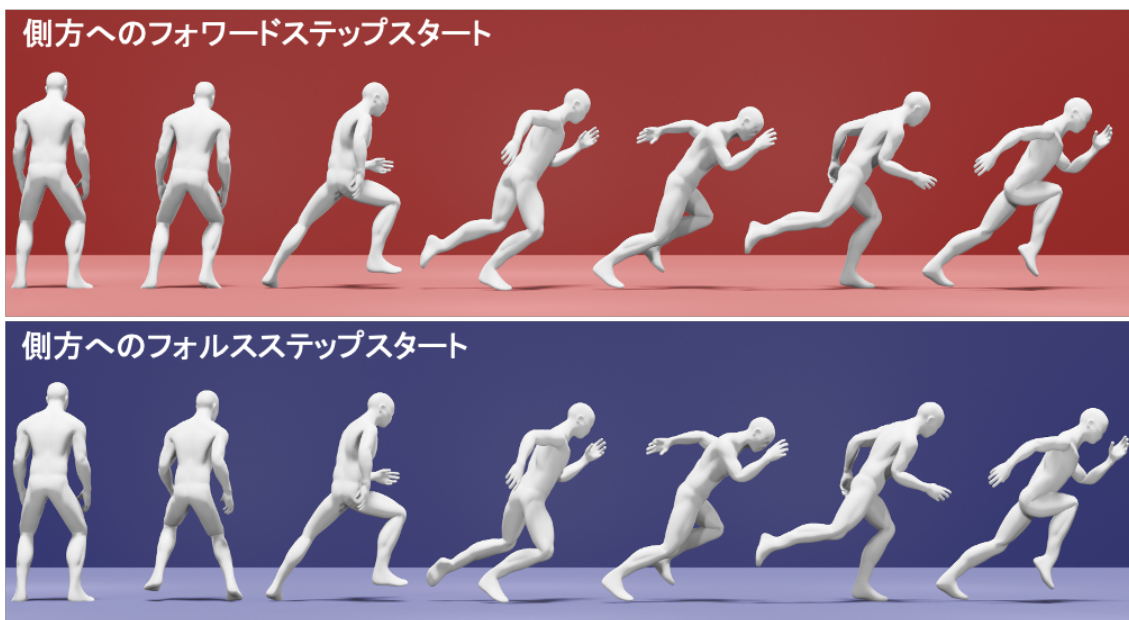


図2-2 側方へのスプリントスタートに用いたフォワードステップスタートとフォルスステップスタート

2-2-3 統計解析

フィッシャーの正確検定を用いて、2つのスプリント方向間の各スプリントスタートの頻度を比較した。各スプリント方向で各テクニックが使用された回数を適合度のカイ二乗検定で比較した。統計的有意水準は5%とし、多重比較の際にはボンフェローニ補正を用いて有意水準を調整した。統計解析は、IBM SPSS Statistics 27 (IBM Corporation, New York, USA)を用いて行った。

2-3 結果

15名の研究対象者が行った45回の後方スプリントスタートの試行では、フォワードステップスタートを用いた試行が2回、フォルスステップスタートを用いた試行が43回あった(表2-1)。側方スプリントスタートの試行では、フォワードステップスタートを用いた試行が27回、フォルスステップスタートを用いた試行が18回あった(表2-2)。後方および側方へのスプリントスタートにおいて、フォワードステップスタートとフォルスステップスタート以外の方法を用いてスタートした試技はみられなかった。フィッシャーの正確検定を用いて、後方スプリントスタートと側方スプリントスタートの間で、これらのスプリントスタートの頻度に有意な差がみられた($p<0.001$)。後方スプリントスタートの試行では、フォワードステップスタートとフォルスステップスタートの使用に有意な差があったが($p<0.001$)、側方スプリントスタートの試行では差が見られなかった($p=0.18$)。

表 2-1 後方へのスプリント時に用いたスプリントスタート技術

試技	1 回目	2 回目	3 回目
研究対象者 A	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 B	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 C	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 D	FALSE	FORWARD	FALSE
研究対象者 E	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 F	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 G	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 H	FORWARD	FALSE	FALSE
研究対象者 I	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 J	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 K	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 L	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 M	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 N	FALSE	FALSE	FALSE
研究対象者 O	FALSE	FALSE	FALSE

表 2-2 側方へのスプリント時に用いたスプリントスタート技術

試技	1 回目	2 回目	3 回目
研究対象者 A	FORWARD	FORWARD	FALSE
研究対象者 B	FALSE	FORWARD	FORWARD
研究対象者 C	FORWARD	FORWARD	FALSE
研究対象者 D	FORWARD	FORWARD	FORWARD
研究対象者 E	FORWARD	FALSE	FALSE
研究対象者 F	FORWARD	FORWARD	FALSE
研究対象者 G	FORWARD	FORWARD	FALSE
研究対象者 H	FALSE	FORWARD	FORWARD
研究対象者 I	FORWARD	FALSE	FORWARD
研究対象者 J	FALSE	FALSE	FORWARD
研究対象者 K	FORWARD	FALSE	FALSE
研究対象者 L	FALSE	FORWARD	FORWARD
研究対象者 M	FORWARD	FALSE	FORWARD
研究対象者 N	FALSE	FALSE	FORWARD
研究対象者 O	FALSE	FORWARD	FORWARD

2-4 考察

本研究課題の目的は、大学サッカー1部リーグ所属の男子サッカー選手が後方および側方へのスプリントを開始する際に選択するスプリントスタート技術を明らかにすることであった。統計解析の結果、後方へのスプリントスタートでは、フォルスステップスタートがフォワードステップスタートよりも有意に多く使われていた。一方、側方へのスプリントスタートでは、両スプリントスタート技術の使用頻度に差はなかった。この結果から、大学サッカー1部リーグ所属の男子サッカー選手は、後方へのスプリントスタートではフォルスステップスタートを高い頻度で選択し、側方へのスプリントスタートではフォルスステップスタートとフォワードステップスタートを同程度の頻度で使うことがわかった。

前方向のスプリントスタートに関する知見にのっとれば、フォワードステップスタートと比較してフォルスステップスタートは、後方および側方へのスプリントスタートをより素早く行うことができる可能性がある。これは、「フォルスステップ」によって重心位置と地面反力の作用点の相対的な位置関係が素早く生成されることに起因するとされている（Cusick et al. 2014, Frost et al. 2008, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010, Knudsen and Andersen 2017, LeDune et al. 2012）。また、動作開始後に一度足をスプリント方向とは逆方向へ踏み出すフォルスステップスタートは冗長な動きと捉えられるが、フォワードステップスタートと比較して、より大きな加速を得ることができることが分かっている。より大きな加速を得るためには、スプリント方向への地面反力の獲得が重要となる。身体の構造上、素早く加速するための地面反力を獲得するためには、地面反力の作用点から重心までの距離が可能な限り離れている必要がある。つまり、後方および側方へスプリントスタートする際も、スプリント方向に重心、スプリント方向とは逆方向に地面反力の作用点が存在するような相対的な位置関係を素早く作ることで、スプリント方向への大きな推進力の獲得が可能となる（図 2-3）。

この重心位置と地面反力の作用点の相対的な位置関係を作るにあたり、動作開始時に両足を左右に開いた状態を想定した場合、フォワードステップスタートにおいては後方と側方で動作が異なる。後方へのフォワードステップスタートの場合は、どちらかの足をスプリント方向に踏み出す必要があるが、側方へのフォワードステップスタートの場合はスプリント方向側の足を地面から離地させることで達成できる。これらのことから、後方へのスプリントスタートではフォルスステップスタートの方が大きな加速を獲得するために有効であることが考えられる。一方、側方へのスプリントスタートの場合は、スプリント方向側の足を離地させることで重心位置と地面反力の作用点までの距離を生成することができるため、後方へのスプリントスタートよりもスプリントスタート技術間に差が生じにくいと考

える。このことから、本研究課題の結果である後方および側方へのスプリントスタートで選
 択されるスプリントスタート技術の頻度に異なる結果が生じたと考える。

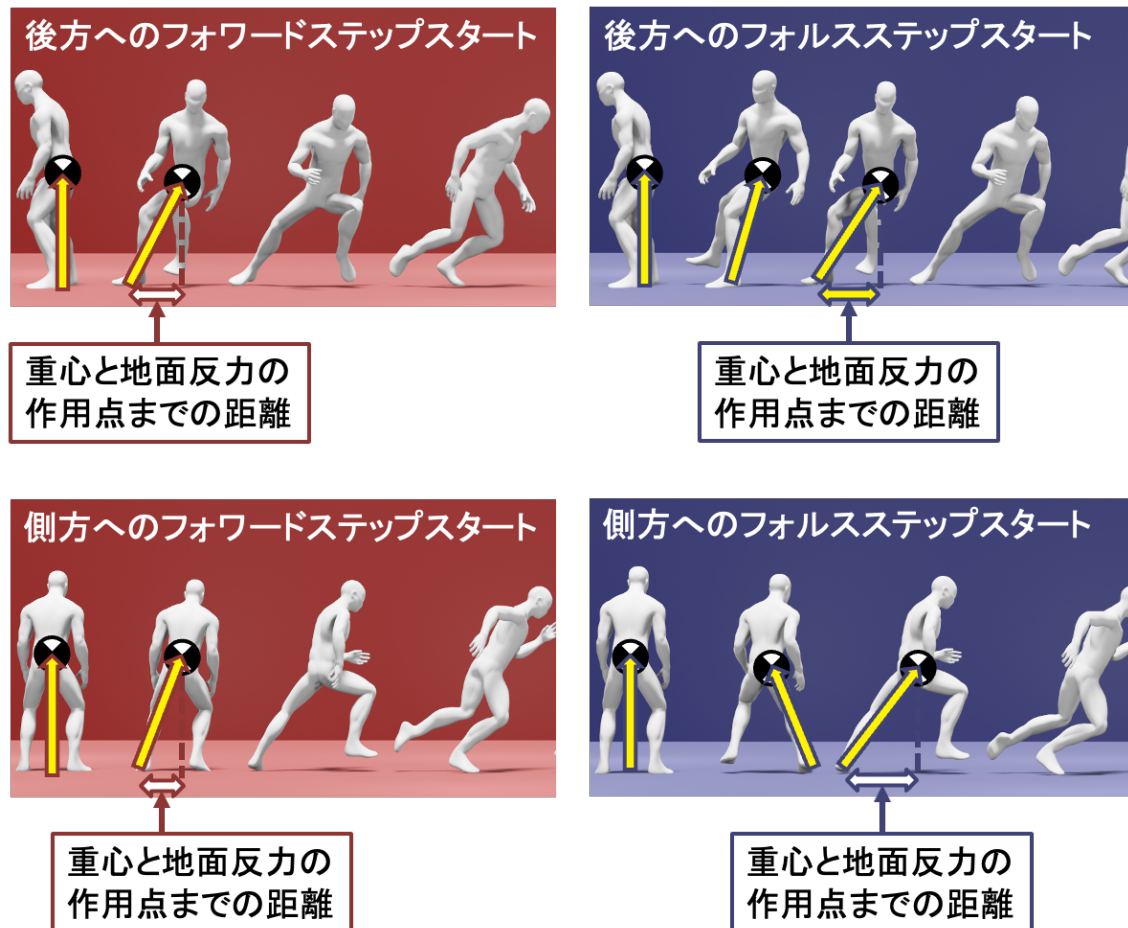


図 2-3 後方および側方へのスプリントスタートにおける各スプリントスタート技術の重
 心と地面反力の作用点までの距離

本研究課題は前方へのスプリントスタートとは異なり、スプリント方向に身体を向ける
 ための方位変換が伴う。選手はスプリント方向を向くために、鉛直軸を中心に身体を回転さ
 せなければいけない。動作開始から1歩目を接地するまでの区間を見ると、フォワードステ
 ップスタートでは1歩目を踏み出す足とは逆の足を回転軸とした水平面における重心の円
 運動が起こるが、フォルスステップスタートでは動作開始からフォルスステップが接地す

るまでの間はフォルスステップを行う足とは逆の足を回転軸とした水平面における重心の円運動，フォルスステップ接地以降はフォルスステップを踏み出した足を回転軸とした水平面における重心の円運動が起こる．つまり，フォワードステップスタートでは水平面における重心が扇型を描くような円運動で移動するのに対し，フォルスステップスタートではフォルスステップ時には大きな円運動が起こらずにスプリント方向へ移動すると予想する（図 2-4）．片足で大きな方位変換を行わなければならないフォワードステップに対し，左右の足で同じ角度への方位変換を行うことができるフォルスステップスタートは，動作の容易性から考えて，選手が方位変換を行う際に選択しやすいスプリントスタート技術の要因の 1 つになると考える．後方へのスプリントスタートの場合はフォルスステップスタートの方がスプリント方向への方位変換が容易であることが予想できるが，側方へのスプリントスタートの場合は方位変換角度が 90 度であり後方へのスプリントスタートよりも角度が小さいため，水平面における重心の円運動による差が生じにくいと考える．しかし，側方へのスプリントスタートの際にフォルスステップスタートを用いた場合，フォルスステップを踏み出す位置によっては後方へのスプリントスタートにおけるフォワードステップスタートのような大きな重心の円運動が起こる可能性もある．そのため，研究対象者の動作によっては動作の容易性が異なるため，本研究課題の結果である後方および側方へのスプリントスタートで選択されるスプリントスタート技術の頻度に異なる結果が生じたと考える．

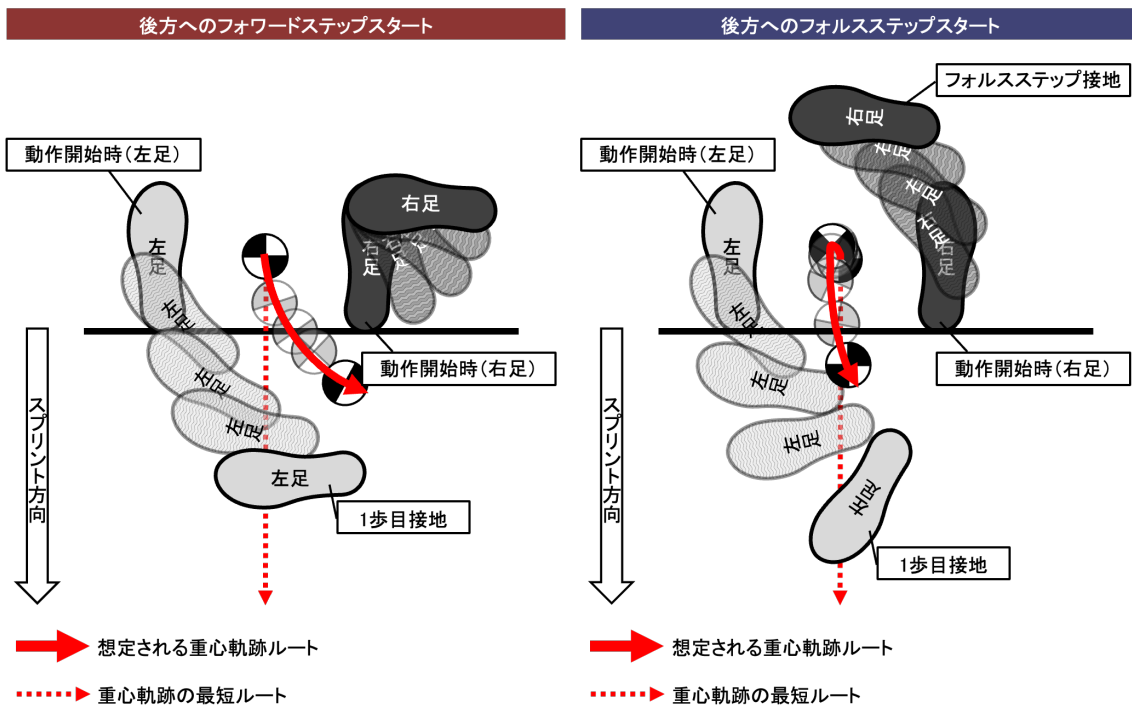


図 2-4 両スプリントスタートにおいて想定される水平面の重心軌跡ルート。フォワードステップスタートの場合は重心が弧を描きながら重心軌跡の最短ルートから外れていくが、フォールステップスタートの場合は重心軌跡の最短ルートから外れずにスプリント方向へ移動する。重心軌跡ルートや足の接地位置、接地角度についてはサッカーのピッチである芝生上での動作を想定して作図を行った。

また、側方へのスプリントスタートでは、1人の研究対象者はフォワードステップスタートのみを使用した。他の研究対象者は3回の試行で両方のスプリントスタートを使用した。右方向へのスプリントスタートを比較した我々の以前の研究では、フォールステップスタートとフォワードステップスタートの間で、5m スプリントを行う時間に有意な差は見られなかった (Sato et al. 2018)。これらの結果は、2つのスプリントスタートが同様の加速効果をもたらすことを示唆している。パワーポジションからの後方または前方向へのスプリントスタートでは、大きな加速を生み出すために適した重心と地面反力の作用点までの

相対的な位置関係を生み出すために、アスリートは重心を前方に移動させるか、フォールスステップによって地面反力の作用点を後方に移動させる必要がある。一方、側方へのスプリントスタートでは、スプリント方向の足を持ち上げることで重心と地面反力の作用点までの距離を稼ぐことができる。側方へのスプリントスタートでのフォールスステップは、重心と地面反力の作用点までの距離を増加させ、加速度を増加させる可能性があるが、その利点は冗長なステップにかかる時間によって失われる可能性がある (Sato et al. 2018)。先述した重心の移動ルートに加え、静止姿勢からの加速を獲得するために用いるスプリントスタート技術の容易性の違いが、後方へのスプリントと側方へのスプリントのスタートで異なる結果が出たと考えられる。

本研究課題では、サッカーの試合で実際に行われたスプリントスタートを対象とした分析と比較して、2つの大きな限界がある。第一に、本課題ではスプリントは自分のタイミングで始めたが、選手は通常、相手やボールの動きなどの視覚的な合図に基づいてスプリントを始める。第二に、今回の研究課題では動作開始前に静止するように指示を出していた。サッカーの試合では、ジョギングやウォーキングのような別の動作からスプリントを開始する。競技中に選手が習慣的に使用しているスプリントスタート技術を明らかにし、この2つのスプリントスタート技術の優位性をさらに比較するためには、より試合に近い条件を用いた研究が必要である。本研究課題で得られた、選手自身のタイミングでスプリントを開始する際に使用されるスプリントスタート技術に関する知見は、視覚的な手がかりの種類やスプリントに続く動きの影響を評価するための更なる研究の重要な参考資料となるだろう。また、本研究課題の結果は、男子大学サッカー選手に特有のものである可能性がある。競技によって、方位変換が伴うかどうかや、追従に必要な距離が異なったり、競技や性別等によって体力的・技術的な差が生じる。したがって、他の競技選手や、身体的特徴が異なる女性競技選手では、異なるスプリントスタートの優位性が観察される可能性がある。今後、他の

競技選手や女性競技選手に焦点を当てた研究を行い、競技特性や性差におけるスプリントスタートの選択を明らかにする必要がある。

本研究課題では、後方および側方へのスプリントを開始する際に選択するスプリントスタート技術を明らかにした。その結果、男子大学サッカー選手は、後方へのスプリント開始時にはフォルスステップスタートを選択する頻度が高く、側方へのスプリントスタートでは両スプリントスタート技術を同程度の頻度で選択することが明らかになった。また、スプリントスタートの方向によって、選択するスプリントスタート技術が異なることが示唆された。

第 3 章 【研究課題 2】後方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響

3-1 はじめに

攻撃選手をゴール方向に近づける、すなわちペナルティエリア内へ侵入させることは、シュートの決定率を高めると共に、反則によるペナルティキックを与えてしまう可能性を高めてしまうため、守備選手はゴールから遠いサイドライン方向へ誘導するような守備を行う。その際、ワンサイドカットポジションの体勢を取り、攻撃選手をサイドライン方向へ誘導するとともに追従するための姿勢で構える（河村優 2013）。しかし攻撃選手は、シュート決定率が高いペナルティエリア内への侵入を試みようと、守備選手の背後のスペースへドリブル攻撃を行ったり、スプリントからパスを受け取ったりする。その際、守備選手は後方への身体方位変換を伴いながら、攻撃選手を追従もしくは攻撃選手とボールとの間に身体を入れてボールを奪うことで、攻撃選手の得点機会を防ぐ必要がある（神川明彦 2012, 公益財団法人日本サッカー協会 2020）。

これまでに、前方へのスプリントスタート技術に関する研究はいくつか報告されており、フォルスステップスタートの方が、フォワードステップスタートよりもスプリントタイムが有意に短いことが報告されている（Cronin et al. 2013, Frost et al. 2008, Kraan et al. 2001）。このように、フォルスステップスタートが前方への加速に有効であることは明らかであるが、後方へのスプリントスタートが加速に及ぼす影響については検討されていない。前方へのスプリントスタートにおいてフォルスステップスタートが有効である理由の 1 つとして、スプリント方向に対して逆方向へステップすることで、短時間で地面反力の作用点より重心をスプリント方向に位置させることができるからであると述べられている（Kraan et al. 2001）。このことから、後方への方位変換を伴うスプリントに要する時間を短縮するためには、フォルスステップを用いながら体幹を素早くスプリント方向へ向けることが有効であ

ることが考えられる。このような技術は、先述した守備局面で必要とされているサッカーや他の球技スポーツの指導において役立つ知見となることが期待される。しかし、サッカー選手を対象とした後方への方位変換を伴うスプリントスタートに関する研究は、これまでに行われてきていない。

以上のことから、後方へのスプリントスタートにおけるスプリント時間の短縮に有効なスプリントスタート技術を明らかにする為には、地面反力によって生成されたスプリント方向への速度を分析することが必要であると考え。また、サッカーの守備を想定した後方へのスプリントスタートであるため、方位変換角度やその最大値までに要した時間の分析も同時に行う必要があると考え。そこで本研究課題の目的は、サッカーの守備の場面でみられる後方へのスプリントスタートを行う際、フォワードステップスタートとフォルスステップスタートが加速や身体方位変換に及ぼす影響について検証することとした。

3-2 方法

3-2-1 研究対象者

本研究課題では、大学サッカー1部リーグ所属の10名の男性サッカー選手がボランティアとして参加した(平均 \pm SD:年齢 20.8 \pm 1.1[years], 身長 174.3 \pm 3.0[cm], 体重 66.4 \pm 4.4[kg])。10名のうち6名と4名はそれぞれ異なる2つの大学サッカーチームに所属していた。本研究では、他のポジションに比べて後方へのスプリントスタートを行う頻度が高い、右サイドバックの選手に限定した。全研究対象者において優位な蹴り足は右足であった。本研究課題のすべての手順は、事前に承認を得た立命館大学生命倫理委員会の「ヒトを対象とする研究倫理」の規定【BKC-IRB-2011-019】に基づき、各研究対象者には実験を行う前に、研究の目的・実験の内容、安全性の説明を行い、全ての研究対象者から書面による実験参加の同意を得た。

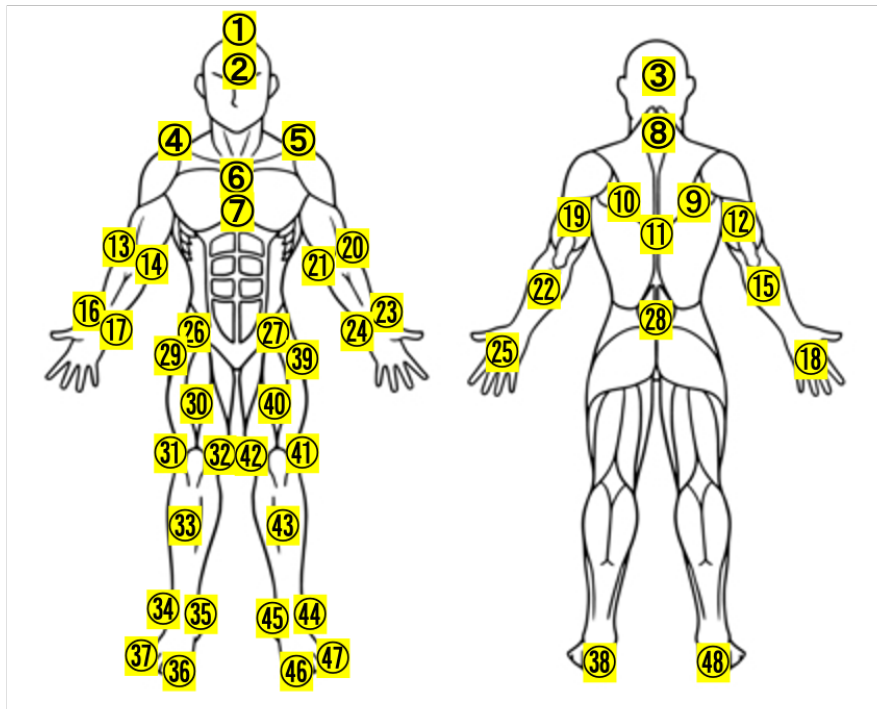
3-2-2 実験試技

実験試技では、フォースプレート上にパワーポジションで構えさせた後、フォワードステップスタートまたはフォルスステップスタートを用いて身体方位変換が伴う後方へのスプリントスタートを行い、5mの位置に設置した目標地点までのスプリントを行った。研究対象者はスプリントに際し、目標地点の先にある壁への衝突が起こらない範囲で加速した。研究対象者には、『足を肩幅から腰幅に開いて腰を落とすようなパワーポジションで構えること』、『最も走り易い姿勢で構えること』、『可能な限り両足に対して均等に体重を乗せること』、『5m地点まで最短距離で走ること』を教示した。スプリント方向に身体を方位変換する際の回転方向は、上方から見て反時計回りとした。スプリントは各自のタイミングで開始させ、各試技を3回ずつランダムで実施させた。研究対象者には15分間、各自で十分なウォーミングアップを行わせた。実験は天候や風の影響を排除する為に屋内実験室で

実施し、全研究対象者には統一したメーカーのランニングシューズ（G16823 2E, アディダス社製）を履かせ、実験試技を行わせた。研究課題 1 と同様に、スプリント方向に対して研究対象者が最も良いパフォーマンスを発揮し、持ち合わせている技能レベルによってパフォーマンスに差が生じないようにするために、フリースタートでのスプリントを行った。

3-2-3 データ収集

サンプリング周波数を 200Hz に設定した 16 台（低位 8 台、高位 7 台、天井 1 台）のハイスピードカメラ（Motion analysis 社製, Raptor-E digital）を用いて、スプリント動作が最大限撮影できる範囲（縦：4m×横：2m×高さ：2m）を撮影した。研究対象者には解剖学的な位置に基づき、48 カ所に直径 20mm の反射マーカを貼付し（図 3-1）、その三次元座標データを収集した。動作開始からその後のスプリント方向への 2 歩目までの地面反力は、サンプリング周波数をいずれも 1000Hz に設定した 15 台のフォースプレート（テック技販社製, TF-4060-B）を用いて収集した。



- | | | |
|---|---|---|
| <p>1. 頭部
 ①前頭骨と左右頭頂骨の交点
 ②前頭縫合
 ③外後頭隆起</p> <p>2. 体幹部
 ④右肩峰上部
 ⑤左肩峰上部
 ⑥胸骨柄上縁
 ⑦剣状突起下端
 ⑧第七頸椎棘突起
 ⑨右肩甲骨下角
 ⑩左肩甲骨下角
 ⑪第十胸椎棘突起</p> <p>3. 右上腕部
 ⑫右上腕部後面
 ⑬右上腕骨外側上顆外側部
 ⑭右上腕骨内側上顆外側部</p> <p>4. 右前腕部
 ⑮右前腕部後面
 ⑯右橈骨茎状突起外側部
 ⑰右尺側茎状突起外側部</p> | <p>5. 右手部
 ⑱右第二中手骨遠位部掌側</p> <p>6. 左上腕部
 ⑲左上腕部後面
 ⑳左上腕骨外側上顆外側部
 ㉑左上腕骨内側上顆外側部</p> <p>7. 左前腕部
 ㉒左前腕部後面
 ㉓左橈骨茎状突起外側部
 ㉔左尺側茎状突起外側部</p> <p>8. 左手部
 ㉕左第二中手骨遠位部掌側</p> <p>9. 骨盤部
 ㉖右上前腸骨棘前部
 ㉗左上前腸骨棘前部
 ㉘両上後腸骨棘中点後部</p> <p>10. 右大腿部
 ㉙右大転子外側部
 ㉚右大腿部前面
 ㉛右大腿骨外側顆外側部
 ㉜右大腿骨内側顆外側部</p> | <p>11. 右下腿部
 ㉝右下腿部前面
 ㉞右外果外側部
 ㉟右内果外側部</p> <p>12. 右足部
 ㊱右第一中足骨遠位部外側部
 ㊲右第五中足骨遠位部外側部
 ㊳右踵骨隆起後部</p> <p>13. 左大腿部
 ㊴左大転子外側部
 ㊵左大腿部前面
 ㊶左大腿骨外側顆外側部
 ㊷左大腿骨内側顆外側部</p> <p>14. 左下腿部
 ㊸左下腿部前面
 ㊹左外果外側部
 ㊺左内果外側部</p> <p>15. 左足部
 ㊻左第一中足骨遠位部外側部
 ㊼左第五中足骨遠位部外側部
 ㊽左踵骨隆起後部</p> |
|---|---|---|

図 3-1 マーカーセット

3-2-4 データ解析

静的立位姿勢から得られた解剖学的特徴点の三次元座標値から，頭部・体幹部・左右上腕部・左右前腕および手部・骨盤部・左右大腿部・左右下腿部・左右足部の 13 セグメントからなる剛体リンクモデルを作成した．このモデルにおける各セグメントの質量中心位置および関節中心位置は Hanavan (1964) の数学モデルによって算出し，重心位置を推定した．動作開始から進行方向への 1 歩目の接地と離地，2 歩目の接地と離地までの重心の変位を算出した．

動作開始の判定を，鉛直地面反力データから直前 50 フレームの平均値 $\pm 3SD$ を初めて超えたフレームと定義した．スタート時の姿勢指標として，身長で正規化された動作開始時の重心高，およびつま先と踵の midpoint を基準に，右足を 0%，左足を 100% として算出した左右の荷重バランス，およびスタンス幅を算出した．ステップイベントを動作開始から右足の離地（右足のプッシュオフ）および動作開始から左足の離地（左足のプッシュオフ），1 歩目の接地と離地，2 歩目の接地と離地と定義した．各ステップイベントにおける接地と離地の判定は，地面反力の鉛直成分が 20N を超えた最初のフレームを接地，20N を下回った最初のフレームを離地とした．パフォーマンス指標として，動作開始から各ステップイベントまでの前後成分の重心変位（以下，重心変位），各接地期（接地から離地までの期間）で獲得した前後成分の重心速度（以下，重心速度）を算出した．なお，動作開始時の重心速度は重心位置データの時間微分から算出し，右足のプッシュオフおよび左足のプッシュオフに作用した地面反力によって獲得された重心速度は動作開始点から各々の足が地面から離地するまでに獲得した速度とした．水平面の重心軌跡長は，動作開始地点から 2 歩目離地までのスプリント方向への重心変位で正規化した．体幹の水平面上の回旋角度は，動作開始時の両肩を結んだラインの回旋角度（体幹回旋角度）を 0 度，スプリント方向に正対した回旋角度を 180 度と定義した．動作開始から 2 歩目離地までの区間における体幹回旋角度の最大値（体幹最大回旋角度），および動作開始から 2 歩目離地までの区間において体幹回旋角度が

最大となるまでの時間を算出した。反時計回りに方位変換した角変位をプラス (+) とし、方位変換角度が 180 度を超えた場合は、スプリント中にさらに大きな回旋動作が起こっていることを意味する。

動作開始から各ステップイベントまでに要した時間と重心変位については、動作開始から 2 歩目離地までにおける接地期と滞空期を含めたデータ解析を行うために、動作開始から 1 歩目接地、1 歩目接地から 2 歩目接地、2 歩目接地から 2 歩目離地の 3 区間に区分した。

重心速度の解析については、それぞれ 3 つの区間とその合計値を用いた。フォワードステップスタートでは動作開始時、右足のプッシュオフ、左足のプッシュオフの 3 つを合計した「初期加速期」、1 歩目の接地から離地までの「1 歩目接地期」、2 歩目の接地から離地までの「2 歩目接地期」の 3 区間に区分した。フォールステップスタートでは動作開始時、右足のプッシュオフ、左足のプッシュオフ、フォールステップの接地から離地までの 4 つを合計した「初期加速期」、1 歩目の接地から離地までの「1 歩目接地期」、2 歩目の接地から離地までの「2 歩目接地期」の 3 区間に区分した。

3-2-5 統計処理

各研究対象者の代表値は、条件設定通りに動作ができていなかった試行を除外し、各研究対象者における 2 試行もしくは 3 試行のデータを平均値化して算出した。2 つのスプリントスタートの間の各パラメータの違いを調べるために対応のある t 検定を利用した。統計的有意水準は 5% とし、検定の繰り返しによる問題を解決するために、Bonferroni の補正によって有意水準を調整した。

3-3 結果

両スプリントスタート間における動作開始姿勢では，全ての項目において有意な差はみられなかった（表 3-1）．つまり，研究対象者はどちらの試技においても同じ姿勢で動作を開始していた．

表 3-1 動作開始姿勢

	鉛直方向の 重心高[%]	水平方向の 重心位置[%]	スタンス幅 [m]
フォワードステップスタート	49.8±2.8	48.8±3.1	0.45±0.05
フォルスステップスタート	50.3±3.3	50.8±2.6	0.45±0.05

動作開始から 1 歩目の接地と離地，2 歩目の接地と離地までに要した時間を比較した結果，両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった（図 3-2）．また，動作開始から 1 歩目の接地と離地，2 歩目の接地と離地までの前後成分の重心変位は，フォワードステップスタートの方がフォルスステップスタートよりも，各ステップイベントにおいて有意に大きかった（図 3-3）．ステップイベント時間を 3 つの区間に分けて検証した結果，3 つの区間において有意な差はみられなかった．同様に重心変位を検証した結果，動作開始から 1 歩目接地までの区間ではフォワードステップスタートの方が有意に大きく，1 歩目接地から 2 歩目接地，2 歩目接地から 2 歩目離地の区間では有意な差はみられなかった（表 3-2）．動作開始地点から 2 歩目が離地するまでの水平面の重心軌跡長では，両スプリントスタート間に有意な差はなかった（図 3-4）．3 つの区間およびその合計値の重心速度を解析した結果，全ての区間とその合計値に有意な差はみられなかった（表 3-3）．動作開始から 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度では，両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった．

(図 3-5) . また, 体幹回旋角度が最大となるまでの時間において両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった (図 3-6) .

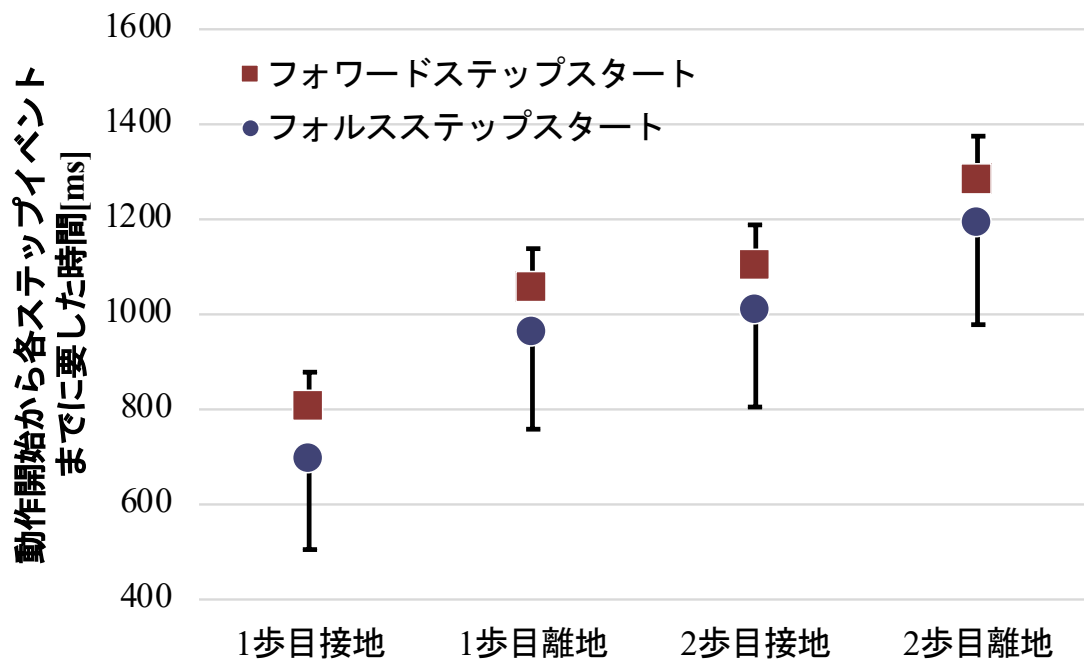


図3-2 後方へのスプリントスタートにおける動作開始から各ステップイベントに要した時間

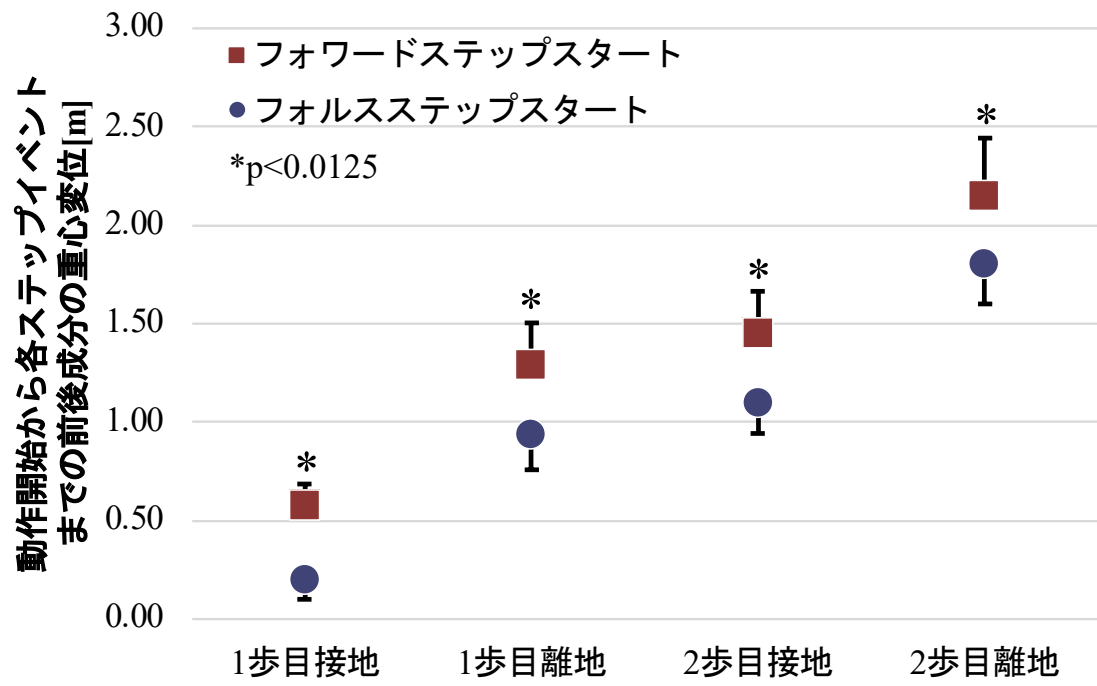


図 3-3 後方へのスプリントスタートにおける動作開始から各ステップイベントまでの前後成分の重心変位

表3-2 後方へのスプリントスタートにおける区間毎のステップイベント時間および重心変位

		動作開始から 1 歩目接地	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地
ス テ ッ プ イ ベ ン ト 時 間 [ms]	フォワードステップ スタート	808.8±70.1	295.4±34.9	181.7±16.1
	フォルスステップ スタート	699.1±194.8	313.3±36.4	183.4±24.5
重 心 変 位 [m]	フォワードステップ スタート	0.58±0.11*	0.87±0.15	0.70±0.10
	フォルスステップ スタート	0.20±0.10	0.90±0.12	0.70±0.12

各ステップイベントを区間に分け、各区間に要したステップイベント時間および重心変位を比較した。 (*p<0.05)

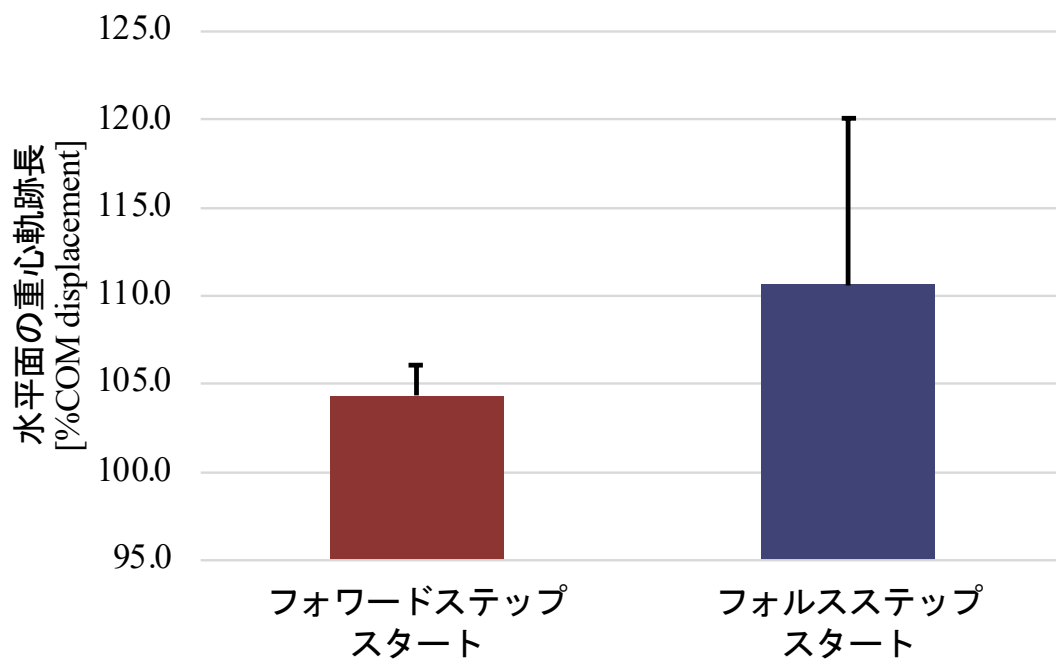


図 3-4 後方へのスプリントスタートにおける水平成分の重心軌跡長

表 3-3 後方へのスプリントスタートにおける 3 つの区間で獲得した前後成分の重心速度およびその合計値

	初期加速期 (m/s)	1 歩目 接地期 (m/s)	2 歩目 接地期 (m/s)	3 区間 合計値 (m/s)
フォワードステップスタート	2.30±0.25	1.20±0.10	0.88±0.09	4.37±0.28
フォルスステップスタート	2.17±0.19	1.28±0.13	0.88±0.10	4.34±0.23

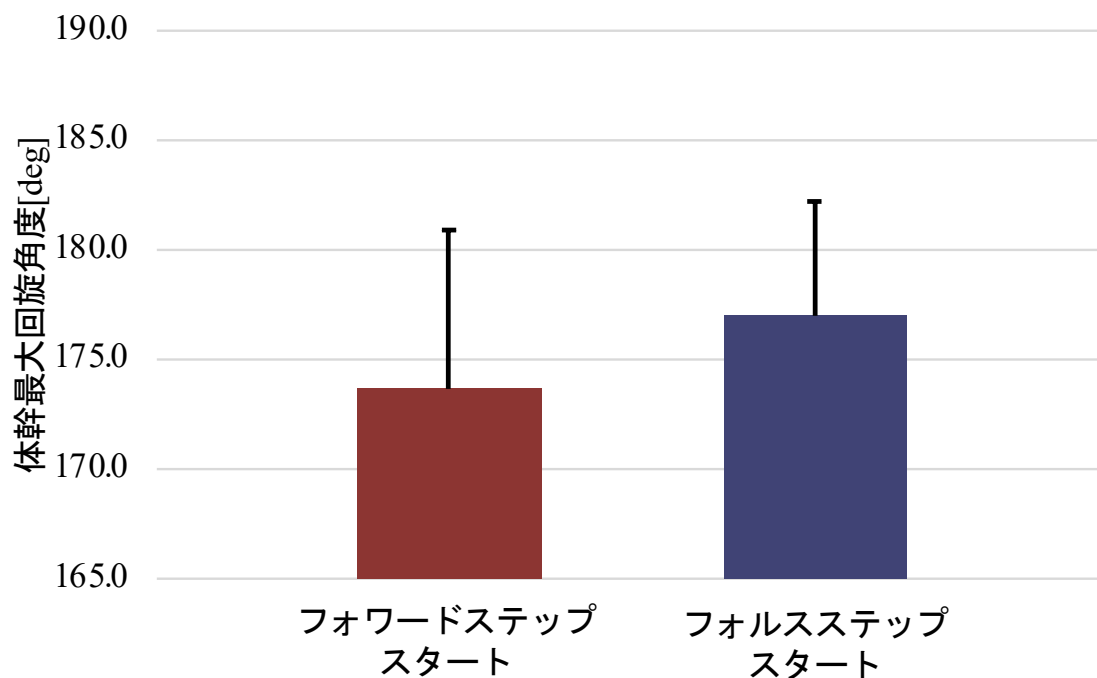


図 3-5 後方へのスプリントスタートにおける体幹最大回旋角度（動作開始から 2 歩目離地までの最大値）

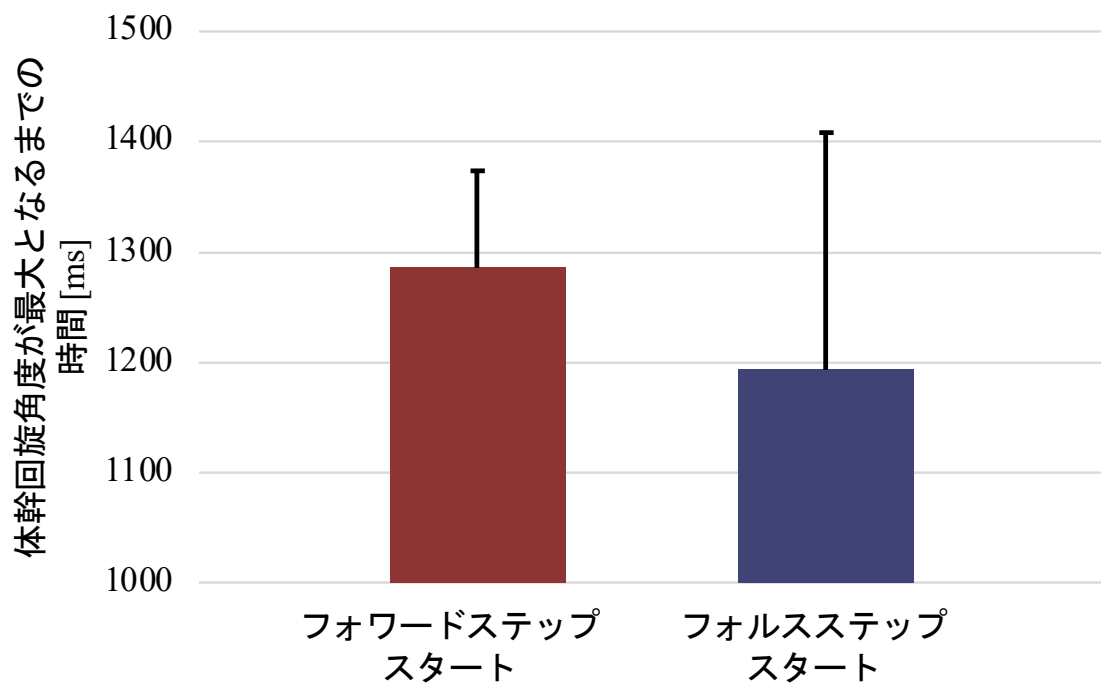


図 3-6 後方へのスプリントスタートにおける動作開始から体幹回旋角度が最大となるまでの時間

3-4 考察

本研究課題の目的は、サッカーの守備選手が後方へのスプリントを行う際に用いるフォワードステップスタートとフォールステップスタートが、加速や身体方位変換に及ぼす影響について検証することとした。その結果、動作開始から2歩目離地までの区間において、フォワードステップスタートとフォールステップスタートの各ステップに要した時間、区間ごとに獲得した重心速度、スプリント方向への軌跡長、体幹の最大回旋角度とその時間は同程度であることが示唆された。しかし、スプリント方向への重心変位についてはフォワードステップスタートの方が大きかった。これらの結果を踏まえ、後方へのスプリントスタートにおけるスプリントスタート技術の有効性について考察する。

動作開始から2歩目離地までの区間におけるステップイベント時間、獲得した重心速度、水平面の重心軌跡長に有意な差がみられなかったが、重心変位においてはフォワードステップスタートの方が有意に大きかった。つまり、2歩目離地までの間に重心変位に差を生じさせた要因があることが考えられる。表3-2の結果から、各区間におけるステップイベント時間に差は無かったが、動作開始から1歩目接地までの重心変位は有意にフォワードステップスタートの方が大きいことが分かった。これらは、フォワードステップスタートがフォールステップスタートよりも、動作開始から早い段階でスプリント方向へ大きく重心を変位させることが可能で、その後の2歩目離地までの区間においても同程度に重心を変位させることができることを示している。そしてその重心変位に要した時間は同程度であった。この結果は、後方へのスプリントスタートで用いるフォワードステップスタートが、動作開始から早い段階で重心をスプリント方向へ移動することができるスプリントスタート技術であるという有益な情報である。区間を3つに区分した重心速度の結果をみると、どの区間にも有意な差はみられなかった。しかし、動作開始から1歩目接地までの区間における重心変位が大きかったことから、初期加速期で獲得した重心速度が関係していると考えられる。フォワードステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は、 $0.03\pm 0.02\text{m/s}$ （動作開始時）、

1.61±0.13m/s（右足プッシュオフ）, 0.66±0.17m/s（左足プッシュオフ）であった。フォルスステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は, -0.004±0.016m/s（動作開始時）, 0.21±0.15m/s（右足プッシュオフ）, -0.28±0.10m/s（左足プッシュオフ）, 2.24±0.23m/s（フォルスステップ）であった。このことから, フォワードステップスタートでは動作開始直後からスプリント方向への重心速度を獲得していたが, フォルスステップスタートではフォルスステップによって大きな重心速度を獲得しており, 初期加速期では各ステップイベントが相殺するような重心速度を獲得していた。このことから, フォルスステップスタートは動作開始から重心をスプリント方向へ移動する際にタイムラグを生じていたが, フォワードステップスタートは動作開始直後からスプリント方向への重心速度を獲得することによって, 早い段階で重心をスプリント方向へ移動することができるスプリントスタート技術であることが示唆された。

動作開始から 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度および体幹回旋角度が最大となるまでの時間では, 両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった。つまり, フォワードステップスタートおよびフォルスステップスタートのどちらのスプリントスタートを用いても, 身体方位変換に及ぼす影響には差がないことが分かった。両スプリントスタートにおける体幹回旋角度が最大となるまでの時間と 2 歩目が離地のステップイベント時間に差はなく, 2 歩目離地までにスプリント方向に正対する角度である 180 度を超えていなかったことから, 2 歩目離地以降にスプリント方向に対して身体を正対させた状態でスプリントすることが可能となることが分かった。

本研究課題で明らかとなった各スプリントスタート技術の特徴は先行研究で報告されている前方へのスプリントスタートにおける特徴とは異なる結果であった。先行研究によると, 足を平行スタンスで構え, フォワードステップスタートとフォルスステップスタートの 2 つのスプリントスタートを用いて前方へスプリントをした場合, スプリントタイムはフォルスステップスタートの方が有意に短いことが報告されている（Cronin et al. 2013,

Frost et al. 2008, Kraan et al. 2001) . この結果は、フォルスステップスタートでは「フォルスステップ」を用いることによって地面反力の作用点と重心の前後の距離を素早く生成していることに起因すると考えられている (Cusick et al. 2014, Frost et al. 2008, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010, Knudsen and Andersen 2017, LeDune et al. 2012) . 大きな加速を得るためには、スプリント方向に対して地面反力の作用点が重心よりも後方にあることが必要である.

先述したように、前方へのスプリントスタートにおいて、フォルスステップスタートの有効性を述べている先行研究は多く存在する. 前方へのスプリントスタートの場合は、獲得した地面反力をスプリント方向への加速に費やすことができるが、後方や側方へのスプリントスタートの場合は、獲得した地面反力をスプリント方向への加速に費やすだけでなく、身体を方位変換することにも費やされると考える. 図 3-5 で示されているように、2 歩目離地の時点での体幹回旋角度は 180 度に到達しておらず、2 歩目離地の時点では身体方位変換が継続されていることが分かる.

本研究課題である、後方へのスプリントスタートに用いるフォワードステップスタートとフォルスステップスタートを比較した結果、動作開始から 2 歩目離地までの区間におけるステップイベント時間、獲得した重心速度、水平面の重心軌跡長は同等であるが、動作開始直後から重心速度を継続的に獲得することによって 1 歩目接地までの重心変位を大きくできるのはフォワードステップスタートであることが分かった. 身体の方位変換については、両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった. 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度が 180 度 (スプリント方向) に達していないことを考えると、サッカーを想定した場合、攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃に対して守備選手が後方へのスプリントスタートを行う際に、1 歩目でボールを奪いに行くと身体の方位変換が不十分となり、攻撃選手に対して正面から接触する可能性が高くなり、その結果反則を犯してしまうことが考えられる. 2 歩目離地時にはスプリント方向に近い角度まで身体を方位変換させていることから、

反則を犯さずにボールを奪うためには2歩目離地以降が良いタイミングになると推察する。これらのことから、フォルスステップスタートと同程度の身体方位変換を行うことができ、動作開始から早い段階でのスプリント方向への重心移動が可能なフォワードステップスタートは、フォルスステップスタートよりも攻撃選手から遅れを取らずに追従するために必要な要素を持ち合わせたスプリントスタート技術であると考えられる。しかし、少なくともクロードスキルにおける検証結果であるため、今後は選択反応課題や実際の攻撃選手の動きに合わせるようなオープンスキルでの検証を行うことで、ボールを奪取する、もしくは得点機会を防ぐために有効な技能の解明が可能であると考えられる。

第 4 章 【研究課題 3】側方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響

4-1 はじめに

サッカーは、ボールを保持しているチームが相手陣のゴールに向かって攻撃を行い、得点を奪うスポーツである。それに対してボールを保持していないチームは相手チームの攻撃を阻止し、得点を奪わせないように守備を行う。守備選手は得点を奪われぬために、攻撃選手を自陣のゴールから遠ざけるために、ワンサイドカットポジションという手法を用いる（河村優 2013）。反対に、攻撃選手は可能な限りゴール方向への攻撃を試みるためにドリブルやパスを用いる。守備選手のワンサイドカットポジションによって攻撃選手がサイドライン方向に誘導された場合、側方へのスプリントスタートからドリブルやパスによる攻撃に対して、攻撃選手を追従もしくはボールを奪取し、得点の機会を阻止する必要がある（神川明彦 2012, 公益財団法人日本サッカー協会 2020）。

Dysterheft et al. (2013) は大学アスリートを対象に、側方へのスプリントスタートの際に用いるフォルスステップスタートとクロスオーバーステップスタートがスプリントパフォーマンスにおよぼす影響について検証している。その結果、9.1m 地点のスプリントタイムはフォルスステップスタートの方が有意に短かった。この結果は、フォルスステップでは腱に蓄積された弾性エネルギーを利用することで、関節トルクを爆発的に発揮することが可能となることによって高い加速を生み出していると結論付けている。しかし、この研究ではビデオカメラで撮影した映像からスプリントスタート技術を判別しているに留まっており、目標地点までの通過時間や運動メカニズムについての詳細な検証には至っていない。

Miyanishi et al. (2017) は、側方へのスプリントスタート動作の 1 つである野球選手の盗塁動作において、動作開始後に用いるクロスオーバーステップスタートとフォワードステップスタートを比較検証した。その結果、フォワードステップの方がスプリント方向への重心

の移動速度が有意に高く、盗塁スタートに適していると結論付けている。また、Panayiotis et al. (2020) は、アメリカンフットボール選手を対象にしたプロアジリティテストにおけるスプリントスタートについて、クロスオーバーステップスタートとフォワードステップスタートの2つの方法を用いて検証した。その結果、フォワードステップスタートの方がクロスオーバーステップスタートよりも早くピーク加速に到達することを明らかにしている。

これらの報告から、側方へのスプリントスタートで用いられるフォワードステップスタートは、スプリント方向への重心速度が高いことが明らかになっているが、これを達成するための詳細な検証はされていない。前方へのスプリントスタートに関する研究結果では、フォワードステップスタートよりもフォールステップスタートの方がスプリントタイムは短く、その際にフォールステップによって大きな重心速度を獲得していたことが報告されている。(Kraan et al. 2001)。また、1歩目における重心速度は、フォールステップスタートの方がフォワードステップスタートよりも、有意に低いことが報告されている(Frost and Cronin 2011)。しかし、側方へのスプリントスタートにおいて、スプリントタイムの短縮と重心速度の関係性についての詳細な報告は見当たらない。したがって、フォールステップスタートを用いることがスプリントタイムに与える影響を検討する上では、動作開始後に行われる数回のステップの地面反力データを同時に測定するといった総括的なデータ処理を行う必要がある。

加えて、これらの研究には野球選手やアメリカンフットボール選手が参加しており、それぞれ競技特異的な動きについて検証されている。研究課題1の結果から、サッカー選手は後方および側方へはフォワードステップスタートとフォールステップスタートの2種類を用いてスプリントスタートをしていることが分かっている。よって、本研究課題については、フォワードステップスタートとフォールステップスタートの2つによる側方へのスプリント動作を実施することが望ましいと考える。そこで本研究課題の目的は、サッカーの守備の

場面でみられる側方へのスプリントスタートが加速や身体方位変換に及ぼす影響について
検証することとした。

4-2 方法

4-2-1 研究対象者

本研究課題では、大学サッカー1部リーグ所属の10名の男性サッカー選手がボランティアとして参加した(平均±SD:年齢 21.6±0.6[years], 身長 172.4±5.2[cm], 体重 65.2±3.8[kg])。10名のうち7名と3名はそれぞれ異なる2つの大学サッカーチームに所属していた。本研究では、他のポジションに比べて側方へのスプリントスタートを行う頻度が高い、右サイドバックの選手に限定した。全研究対象者において優位な蹴り足は右足であった。本研究課題のすべての手順は、事前に承認を得た立命館大学生命倫理委員会の「ヒトを対象とする研究倫理」の規定【BKC-IRB-2011-019】に基づき、各研究対象者には実験を行う前に、研究の目的・実験の内容、安全性の説明を行い、全ての研究対象者から書面による実験参加の同意を得た。

4-2-2 実験試技

実験試技では、フォースプレート上にパワーポジションで構えさせた後、フォワードステップスタートまたはフォルスステップスタートを用いて身体方位変換が伴う右側方へのスプリントスタートを行い、5mの位置に設置した目標に対して、その先にある壁への衝突が起こらない範囲で加速した。研究対象者に対して、研究課題2と同じ教示を行った。スプリント方向に身体を方位変換する際の回転方向は、上方から見て時計回りとした。実験試技は、研究課題2と同様の手順、場所およびシューズの着用で実施した。研究課題1, 2と同様に、スプリント方向に対して研究対象者が最も良いパフォーマンスを発揮し、持ち合わせている技能レベルによってパフォーマンスに差が生じないようにするために、フリースタートでのスプリントを行った。

4-2-3 データ収集

ハイスピードカメラおよびフォースプレートのセッティングは第3章の研究方法と同様に行った。三次元座標データは第3章と同様の方法で、解剖学的な位置に基づいて貼付した48カ所の反射マーカを撮影して収集した。

4-2-4 データ解析

第3章のデータ解析と同様に、13セグメントからなる剛体リンクモデルを作成し、推定された重心位置データから重心の変位を算出した。

動作開始の判定基準、スタート時の姿勢指標、ステップイベントの定義、各ステップイベントにおける接地と離地の判定基準、パフォーマンス指標である重心変位および重心速度の算出方法、水平面の重心軌跡長、体幹の水平面上の回旋角度の最大値、および動作開始から体幹回旋角度が最大となるまでの時間の算出方法については、研究課題2と同様の方法で行った。ただし、体幹回旋角度の定義は動作開始時の体幹の角度を0度として、スプリント方向に正対した角度を90度とした。

4-2-5 統計処理

第3章の統計処理と同様の方法で、各研究対象者における2試行もしくは3試行のデータを平均値化して算出した。2つのテクニックの間の各パラメータの違いを調べるために対応のあるt検定を利用した。統計的有意水準は5%とし、検定の繰り返しによる問題を解決するために、Bonferroniの補正によって有意水準を調整した。

4-3 結果

両スプリントスタート間における動作開始姿勢では、全ての項目において有意な差はみられなかった（表 4-1）。つまり、研究対象者はどちらの試技においても同じ姿勢で動作を開始していた。

表 4-1 動作開始姿勢

	鉛直方向の 重心高[%]	水平方向の 重心位置[%]	スタンス幅 [m]
フォワードステップスタート	49.6±3.1	47.8±3.6	0.60±0.02
フォルスステップスタート	49.7±3.3	46.9±3.2	0.60±0.02

動作開始から 1 歩目の接地と離地、2 歩目の接地と離地までに要した時間を比較した結果、両試技間に有意な差はみられなかった（図 4-1）。動作開始から 1 歩目の接地、1 歩目の離地、2 歩目の接地および 2 歩目の離地までの前後成分の重心変位は、フォワードステップスタートの方がフォルスステップスタートよりも、有意に大きかった（図 4-2）。ステップイベント時間を 3 つの区間に分けて検証した結果、3 つの区間において有意な差はみられなかった。同様に重心変位を検証した結果、動作開始から 1 歩目接地までの区間ではフォワードステップスタートの方が有意に大きく、1 歩目接地から 2 歩目接地、2 歩目接地から 2 歩目離地の区間では有意な差はみられなかった（表 4-2）。動作開始地点から 2 歩目が離地するまでの水平面の重心軌跡長では、フォワードステップスタートの方が有意に短かった（図 4-3）。3 つの区間およびその合計値の重心速度を解析した結果、初期加速期および 3 つの区間の合計値はフォワードステップスタートの方が有意に高く、1 歩目接地期および 2 歩目接地期では有意な差はみられなかった（表 4-3）。動作開始から 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度をみると、フォワードステップスタートの方が有意に大きく回旋していた（図

4-4) . また, 体幹回旋角度が最大となるまでの時間において両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった (図 4-5) .

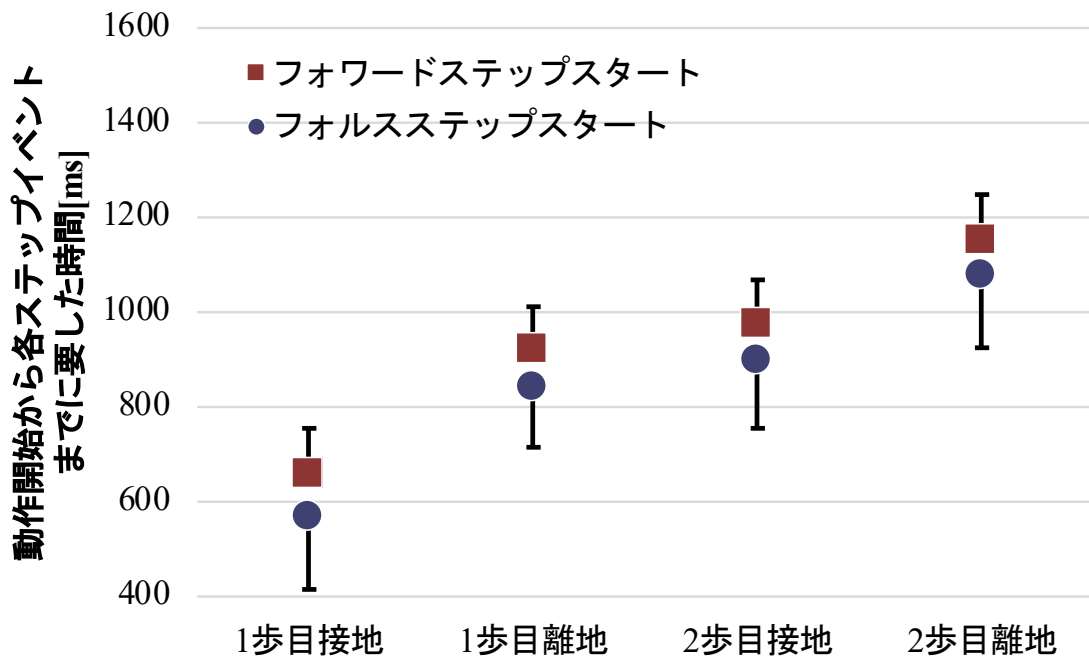


図 4-1 側方へのスプリントスタートにおける動作開始から各ステップイベントまでに要した時間

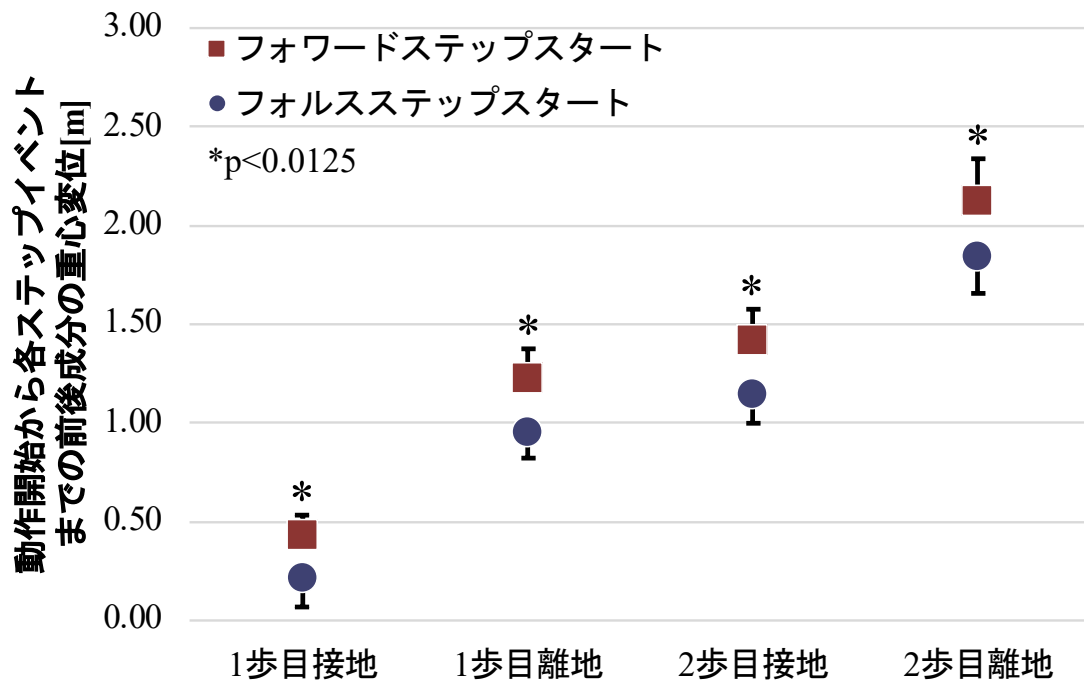


図 4-2 側方へのスプリントスタートにおける動作開始から各ステップイベントまでの前後成分の重心変位

表 4-2 側方へのスプリントスタートにおける区間毎のステップイベント時間および重心変位

		動作開始から 1 歩目接地	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地
ス テ ッ プ イ ベ ン ト 時 間 [ms]	フォワードステップ スタート	661.4±92.5	317.0±30.0	175.6±20.9
	フォールスステップ スタート	573.5±156.6	328.5±40.4	180.7±22.9
重 心 変 位 [m]	フォワードステップ スタート	0.43±0.10*	0.99±0.12	0.70±0.11
	フォールスステップ スタート	0.21±0.14	0.94±0.10	0.70±0.12

各ステップイベントを区間に分け、各区間に要したステップイベント時間および重心変位を比較した。 (*p<0.01)

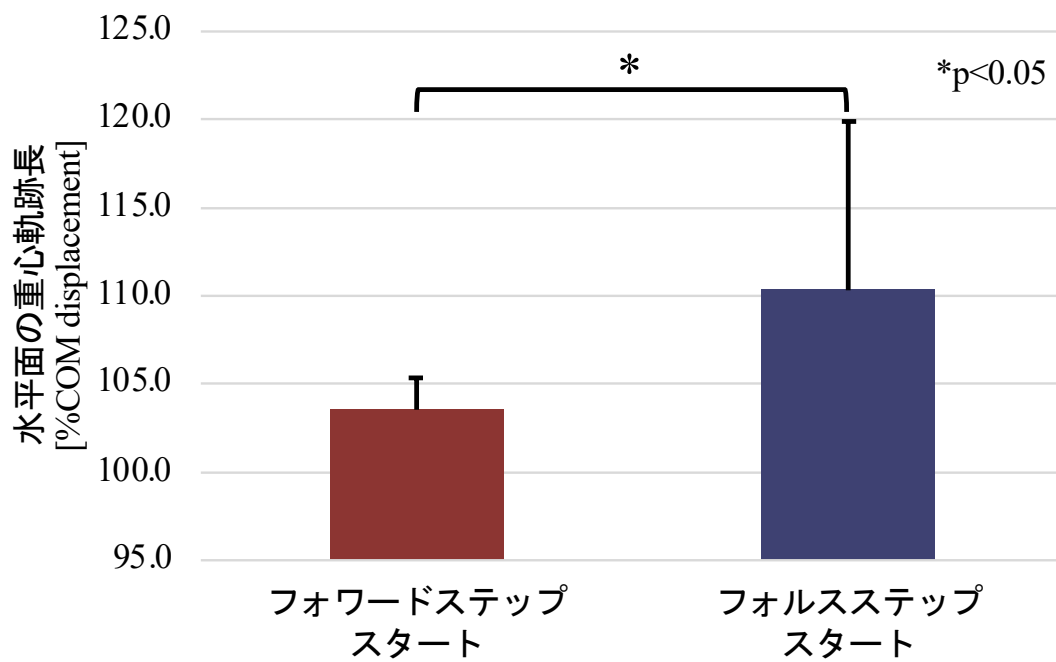


図 4-3 側方へのスプリントスタートにおける水平成分の重心軌跡長

表 4-3 側方へのスプリントスタートにおける 3 つの区間で獲得した前後成分の重心速度およびその合計値 (*p<0.01)

	初期加速期 (m/s)	1 歩目 接地期 (m/s)	2 歩目 接地期 (m/s)	3 区間 合計値 (m/s)
フォワードステップスタート	2.38±0.13*	1.26±0.15	0.78±0.10	4.42±0.23*
フォルスステップスタート	2.17±0.25	1.28±0.19	0.86±0.13	4.32±0.27

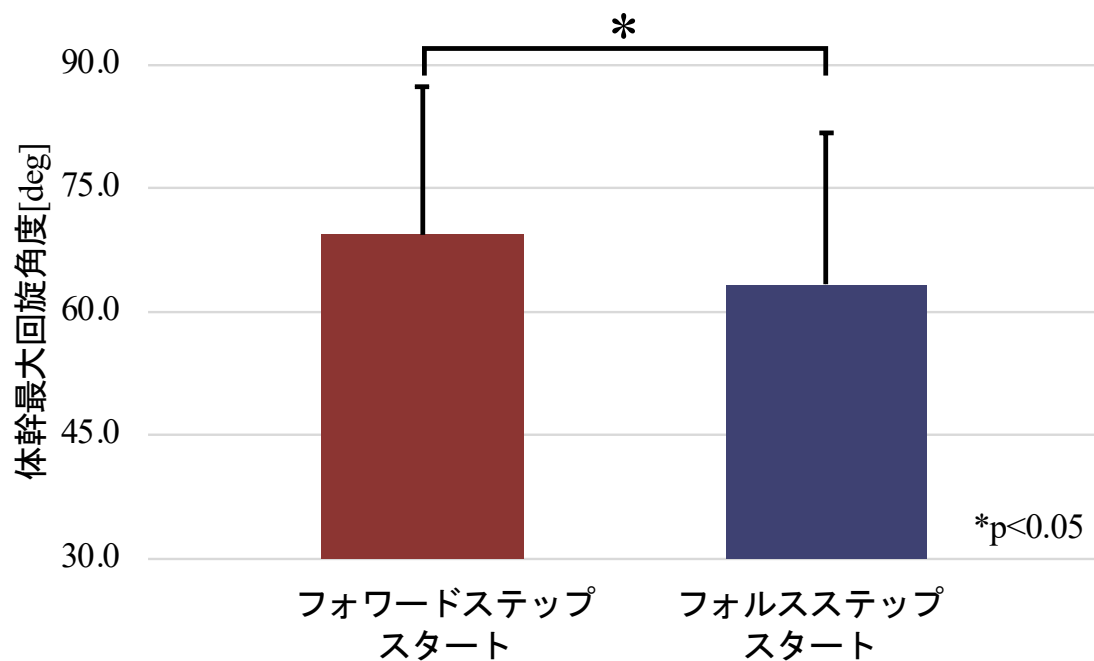


図 4-4 側方へのスプリントスタートにおける体幹最大回旋角度 (動作開始から 2 歩目離地までの最大値)

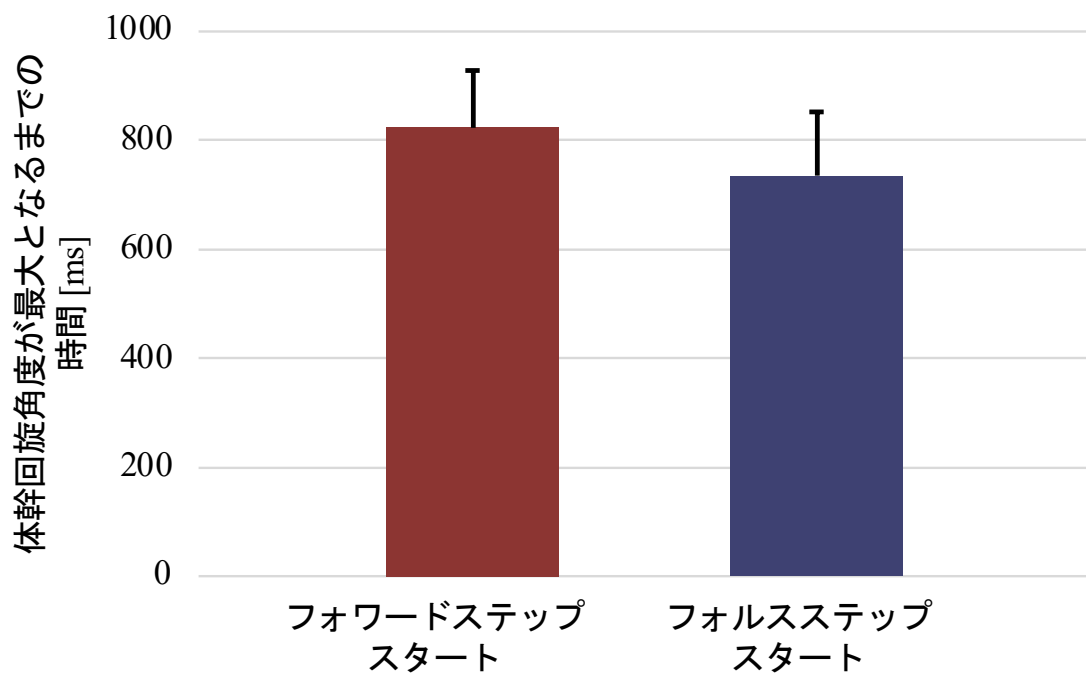


図 4-5 側方へのスプリントスタートにおける体幹回旋角度が最大となるまでの時間

4-4 考察

本研究課題の目的は、サッカーの守備選手が側方へスプリントを行う際に用いるフォワードステップスタートとフォルスステップスタートが、加速や身体方位変換に及ぼす影響について検証することとした。その結果、動作開始から2歩目離地までの区間において、フォワードステップスタートとフォルスステップスタートは各ステップに要した時間、1歩目接地から2歩目接地および2歩目接地から2歩目離地の区間における重心変位、1歩目接地期と2歩目接地期で獲得した重心速度、体幹回旋角度が最大となるまでの時間は同程度であることが示唆された。しかし、フォワードステップスタートの方が2歩目離地までの重心変位と重心速度については大きく、スプリント方向への重心軌跡長は短く、体幹の回旋角度は大きかった。これらの結果を踏まえ、側方へのスプリントスタートにおけるスプリントスタート技術の有効性について考察する。

1歩目接地から2歩目離地までの各ステップイベントにおける重心変位をみると、全てのステップイベントで有意な差がみられていたが、区間ごとに分けて解析すると、動作開始から1歩目接地まではフォワードステップスタートの方が有意に大きかったが、その後の1歩目接地から2歩目接地、2歩目接地から2歩目離地では有意な差がみられなかった。重心の軌跡長がフォワードステップスタートの方が有意に短かったことがこの結果の要因の1つであると考え、重心速度も同様に影響していると考え。初期加速期の重心速度はフォワードステップスタートの方が有意に高く、1歩目接地期と2歩目接地期の重心速度に差はみられなかった。また、初期加速期に含まれている各ステップイベントの重心速度をみると、フォワードステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は、 $0.00\pm 0.01\text{m/s}$ （動作開始時）、 $-0.23\pm 0.11\text{m/s}$ （右足プッシュオフ）、 $2.61\pm 0.19\text{m/s}$ （左足プッシュオフ）であった。フォルスステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は、 $0.00\pm 0.02\text{m/s}$ （動作開始時）、 $-0.34\pm 0.17\text{m/s}$ （右足プッシュオフ）、 $0.22\pm 0.12\text{m/s}$ （左足プッシュオフ）、 $2.29\pm 0.36\text{m/s}$ （フォルスステップ）であった。このことから、フォワードステップスタートでは動作開始

直後からスプリント方向への重心速度を獲得していたが、フォルスステップスタートではフォルスステップによって大きな重心速度を獲得していた。後方へのスプリントスタートの結果と同様に、フォルスステップスタートは動作開始から重心をスプリント方向へ移動する際にタイムラグを生じていたが、フォワードステップスタートは動作開始直後からスプリント方向への重心速度を獲得することによって、早い段階で重心をスプリント方向へ移動することができるスプリントスタート技術であることが示唆された。

動作開始から 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度は、フォワードステップスタートの方が有意に大きかったが、体幹回旋角度が最大になるまでの時間に有意な差はみられなかった。接地している足を回転軸にして回転できる角度には限界があると考えられる。氷上のような摩擦係数の低い地面であれば、大きな回転を行うことは可能であるが、サッカーでは天然芝や人工芝でプレーすることが多く、ピボットターンに慣れていない選手であれば、数回のステップによって方位変換を行うことが予想できる。しかし側方へのスプリントスタートの場合は方位変換角度が 90 度であり、接地している足だけで回転することも可能であると考えられる。また、2 歩目離地時までの体幹最大回旋角度の平均値は 90 度に達していなかったことから、側方へのスプリントスタートにおける 2 歩目離地までの区間では方位変換を行っている途中の区間であることが分かった。サッカーの守備を想定すると、ドリブルによる攻撃に対して守備選手が攻撃選手とボールとの間に身体を入れてボールを奪取するためには、方位変換角度が不十分な区間となる可能性が予想される。そのため、攻撃選手とボールの間に身体を入れてボールを奪取するためには、2 歩目離地以降のタイミングを選択する方が良いと考える。

本研究課題と同様に、Miyanishi et al. (2017) と Panayiotis et al. (2020) も側方へのスプリントスタートの研究を行っている。両名ともフォワードステップスタートの方が大きい重心速度を獲得していると報告しているが、比較しているスプリントスタート技術がクロスオーバーステップスタートであるため本研究課題の結果との直接的な比較はできない。し

かし、Miyanishi et al. (2017) は野球の塁間の距離である 23m, Panayiotis et al. (2020) はプロアジリティテストの最初の切り返しまでの距離である 5m を検証距離としていることから、スプリント距離が異なってもフォワードステップスタートが有効であることが予想できる。これまで述べてきたように、側方へのスプリントスタートにはフォワードステップスタートが有効であることが明らかとなった。前方へのスプリントスタートの場合はフォールステップを用いることで、①重心よりも地面反力の作用点をスプリント方向とは逆方向に移動させること、②踏み込んだ足が地面を押す際に作用する地面反力を増強させることができる」と報告されてきた。本研究課題の結果から、フォワードステップスタートによって動作開始から左足のプッシュオフまでに獲得した重心速度の方が、フォールステップスタートによって動作開始からフォールステップ離地までに獲得した重心速度よりも有意に大きかったことが分かった。更に側方へスプリントスタートする場合、パラレルスタンスからスプリント方向側の足を持ち上げることで、前方のスプリントスタートの特徴である、重心よりも地面反力の作用点をスプリント方向とは逆方向に移動させることを達成することができる。つまり、前方へのスプリントスタートの際にフォールステップを用いた場合の特徴が、側方へのスプリントスタートの際にフォワードステップスタートを用いた場合の特徴と一致することが明らかになった。

後方のスプリントスタートと同様に、ドリブルやパスによる攻撃に対する守備を実際には行っていないため、競技中に使用するスプリントスタート技術が有用であるかどうかは結論づけることはできない。しかし、本研究課題の結果から、少なくとも方位変換を伴う加速を行うために有効なスプリントスタート技術は、フォールステップスタートよりもフォワードステップスタートであるという新たな知見を得ることができた。フォールステップスタートより身体方位変換の角度を大きくすることができ、動作開始から早い段階で重心速度を獲得することで、スプリント方向への重心移動を可能にするフォワードステップスタートは、フォールステップスタートよりも攻撃選手から遅れを取らずに追従するために

必要な要素を持ち合わせたスプリントスタート技術であると考え。しかし、後方へのスプリントスタートの研究課題と同様に、少なくともクローズドスキルにおける検証結果であるため、今後は選択反応課題や実際の攻撃選手の動きに合わせるようなオープンスキルの検証を行うことで、ボールを奪取する、もしくは得点機会を防ぐために有効な技能の解明が可能であると考え。

第5章 総括論議

本博士論文は、サッカーの守備選手が攻撃選手のドリブルやパスによるゴール方向への攻撃に対して、後方や側方へのスプリントを行う際のスプリントスタート技術について検証し、そのスプリントスタート技術が加速や身体方位変換にどのような影響をおよぼすのかについて明らかにすることを目的とした。【研究課題1】では、後方および側方へのスプリントスタート技術の選択特性、【研究課題2】では、後方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響、【研究課題3】では、側方へのスプリントスタート技術が加速および身体方位変換におよぼす影響について検証した。

研究課題1の結果から、男子大学サッカー選手は、後方へのスプリントスタートの際にフォルスステップスタートを習慣的に使用し、側方へのスプリントスタートの際にフォルスステップスタートとフォワードステップスタートを同程度の頻度で使用することが明らかになった。また、スプリントの方向によって、選択の傾向が異なることが示唆された。そして研究課題2の結果から、後方へのスプリントスタートでは、フォワードステップスタートはフォルスステップスタートに比べて、2歩目離地までに要した時間に差はなかったが、2歩目離地までの重心変位は大きいことが明らかになった。各ステップイベントで獲得した重心速度は、動作開始時、右足のプッシュオフ、左足のプッシュオフにおいてフォワードステップスタートの方が有意に大きかった。水平面の重心軌跡長は、両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった。体幹最大回旋角度および体幹回旋角度が最大となるまでの時間は、両スプリントスタート間に有意な差はみられなかった。研究課題3の結果から、側方へのスプリントスタートでは、各ステップイベントまでの時間に有意な差はみられなかったが、フォワードステップスタートの方が2歩目離地までの重心変位は大きいことが分かった。各ステップイベントで獲得した重心速度は、動作開始時、右足のプッシュオフ、左足のプッシュオフにおいてフォワードステップスタートの方が有意に大きく、動作開始か

ら 2 歩目離地までの重心速度の合計値は、フォワードステップスタートの方が有意に大きかった。水平面の重心軌跡長は、フォワードステップスタートの方が有意に短かった。体幹最大回旋角度はフォワードステップスタートの方が有意に大きかったが、体幹回旋角度が最大となるまでの時間には有意な差がみられなかった。

以上の結果に基づき、本章ではサッカーの守備に用いられる後方および側方へのスプリントスタートにおいて、習慣的に用いられていたスプリントスタート技術の特徴、およびスプリント方向の違いがスプリントスタート技術に与える影響について検証し、サッカーの守備を想定した方位変換を伴うスプリントにおけるスプリントスタート技術の有効性について総括的に考察する。

5-1 後方および側方へのスプリントスタートにおいて習慣的に用いられている技術とパフォーマンスに優位性がみられた技術が異なった要因

5-1-1 後方へのスプリントスタート技術

15名の研究対象者が3回ずつ後方へのスプリントスタートを行ったところ、全ての試行においてフォルスステップスタートを用いていた研究対象者が13名、3回の試行のうち2回フォルスステップスタートを用いていた研究対象者が2名であった。この結果から、後方へのスプリントスタートにおいて高い頻度で用いられるスプリントスタート技術はフォルスステップスタートであることが分かった。全ての研究対象者が習慣的に使用していたフォルスステップスタートは、フォワードステップスタートに比べて動作開始から1歩目接地までに獲得した重心速度が小さく、動作開始から2歩目離地までの重心変位は小さいという結果であった。また、両スプリントスタートの体幹最大回旋角度および体幹回旋角度が最大となるまでの時間に有意な差はみられなかった。これらのことから、習慣的に使用していたフォルスステップスタートよりも使用される頻度が相対的に低かったフォワードステップスタートの方が、スプリント方向への重心移動において優位性が高いことが示唆された。

後方へのスプリントで用いられるフォワードステップスタートでは、動作開始後の左右足のプッシュオフによってスプリント方向への重心速度を獲得していた。一方、フォルスステップスタートでは、フォルスステップによってスプリント方向への重心速度を獲得していた。この重心速度の獲得が、習慣的に使用しているスプリントスタート技術と使用頻度の低かったスプリントスタート技術との差に関係していると考えられる。サッカーのゴールキーパーやテニス選手は、横や斜め方向へジャンプしてシュートを止めたり、ラリーの際に横方向にきたボールを移動しながら打ち返すことが多々ある。この際、ゴールキーパーはタイミングを合わせて強いジャンプの前に一度小さなジャンプ（プレジャンプ）を行い、テニス選

手は横方向へ大きく移動する前に小さなジャンプ（スプリットステップ）を行うことがある。このプレジャンプやスプリットステップの有効性についていくつか報告されている。Nieminen et al. (2014) と Uzu et al. (2009) は、プレジャンプを用いることで目標地点までの移動時間を短縮することができると述べている。また、Nieminen et al. (2014) はプレジャンプによって地面反力を発揮するまでの反応時間を短縮することができると述べている。これらの起因として、下肢筋群の予備緊張を挙げている。このように、足を地面に接地させた状態から大きな移動を伴う動作が求められる場合、一度足を地面から離し、再度地面に着地することで、より短時間で、より大きな地面反力の獲得をするためのジャンプやステップを用いることが有効であると考えられる。実際、後方へのスプリントスタートにおいて、フォワードステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は、フォルスステップスタートのフォルスステップスタートのみで獲得した重心速度と有意な差はみられなかった（フォワードステップスタート： $2.30 \pm 0.25 \text{m/s}$ 、フォルスステップスタート： $2.24 \pm 0.23 \text{m/s}$ ）。この結果は先行研究で報告されている内容と合致すると考える。

重心速度の獲得に関する要因は他にもある。前方へのスプリントスタートの場合は、フォルスステップを用いることで重心よりも地面反力の作用点をスプリント方向とは逆方向に移動させ、移動させた足が地面を押す際に作用する地面反力を増強させることによってスプリント方向への加速を生み出していると報告されている（Cronin et al. 2007, Cusick et al. 2014, Frost and Cronin 2011, Johnson et al. 2010, Kraan et al. 2001）。加えて、本研究課題では1歩目接地以降のステップイベント時間に有意な差はみられなかった。フォワードステップスタートにおける動作開始から右足のプッシュオフまでの時間と、フォルスステップスタートにおける動作開始からフォルスステップ離地までの時間に有意な差がみられなかったことから、フォルスステップという更なるステップを1歩踏むことによる時間上の不利は生じていなかったことが明らかになった。つまり、フォルスステップスタートは1歩目

を接地するまでの時間を短くし、フォルスステップによって獲得した重心速度はフォワードステップの1歩目接地までに獲得した重心速度と同程度であった。

後方へのスプリントスタート動作の特徴として、パワーポジションから動作を開始し、180度の身体方位変換を伴うスプリントによって加速していくことが挙げられる。後方へのスプリントスタートでは、選手はスプリント方向を向くために、鉛直軸回りに身体を回転させなければいけない。フォワードステップスタートでは、回転軸はアスリートのピボットしている足の中を通ると想定されるが、本研究課題におけるフォルスステップスタートでは右足を身体の前に踏み出し、左足を進行方向へステップするため、軸は重心に近い身体の中を通ると予想される。つまり、フォルスステップスタートでは重心と回転軸との距離が短くなるため、フォルスステップスタートの方が後方への身体の回旋動作には有利に働く可能性がある。このことから、重心の円運動の半径を小さくすることによって重心軌跡長を最短距離に近づけることが可能になるが、本研究の結果に有意な差はみられなかった。

これらのことから、後方へのスプリントスタートの際に用いるフォルスステップスタートは、動作開始直後にフォルスステップを踏むことで、短時間に大きな重心速度を獲得するとともに、重心の円運動の半径を小さくし、軌跡長を最短距離に近づけることでスプリント方向への加速を大きくすることができる。これらを「効率の良い動き」として習慣的に用いていると考える。しかし、実際はどちらのスプリントスタートにおいても、2歩目離地までの体幹最大回旋角度、および獲得した重心速度も同程度であった。動作開始から1歩目接地までの重心変位はフォワードステップスタートの方が大きく、その後の1歩目接地から2歩目接地、2歩目接地から2歩目離地までの重心変位に有意な差はみられなかったことから、2歩目離地までという約2mの距離ではフォワードステップスタートの方が有効であると考えられる。

5-1-2 側方へのスプリントスタート技術

同様に 15 名の研究対象者が 3 回ずつ側方へのスプリントスタートを行ったところ、全ての試行においてフォワードステップスタートを用いていた研究対象者が 1 名、3 回の試行のうち 2 回フォールステップスタートを用いていた研究対象者が 10 名、3 回の試行のうち 2 回フォワードステップスタートを用いていた研究対象者が 4 名であった。フィッシャーの正確検定の結果、側方へのスプリントスタートでは両フォールステップスタート間に有意な差はみられなかった。これらのことから、側方へのスプリントスタートではどちらのスプリントスタートも選択する可能性があることが示唆された。両スプリントスタートを比較すると、2 歩目離地までに要した時間に差はなかったが、各ステップイベントにおける重心変位はフォワードステップスタートの方が長く、2 歩目離地までに獲得した重心速度も大きかった。つまり、重心の移動および加速においてはフォワードステップの方が優れていることが分かった。

先述したように、足を地面に接地させた状態から大きな移動を伴う動作が求められる場合、より短時間で、より大きな地面反力の獲得をするためのジャンプやステップを用いることが有効であると考えられる。側方へのスプリントスタートにおいて、フォワードステップスタートの初期加速期で獲得した重心速度は、フォールステップスタートのフォールステップスタートのみで獲得した重心速度と有意な差はみられなかった（フォワードステップスタート： $2.38 \pm 0.13 \text{m/s}$ 、フォールステップスタート： $2.29 \pm 0.36 \text{m/s}$ ）。この結果においても、先行研究で報告されている内容と合致すると考える。後方へのスプリントスタートと異なるところは、初期加速期において獲得した重心速度および 2 歩目までに獲得した重心速度は、フォワードステップスタートの方が有意に大きいことである。つまり、フォワードステップスタートはプレジャンプやスプリットステップのような予備動作を行わなくても、動作開始から早い段階で大きな重心速度を獲得することができるスプリントスタート技術である

ことが分かる。この結果は、方位変換角度が小さいことと、重心から地面反力の作用点までの距離を作ることの容易性が関係していると考えられる。

側方へのスプリントスタート動作の特徴は、後方へのスプリントスタートと同様に足をパラレルスタンスに開いて構えた姿勢から、身体を90度回旋させながらスプリント方向へ加速していくことが挙げられる。後方へのスプリントスタートの場合は、構えた姿勢から180度後方へスプリントする必要があるため、重心の円運動の半径を小さくし、重心軌跡長を最短距離に近づけ、大きい重心速度を獲得することでスプリント方向への加速を大きくすることができるフォルスステップスタートを選択していた。しかし、研究対象者が選択したスプリントスタートの割合は同程度であった。この理由として、側方へのスプリントスタートの場合は接地している足で地面を押しことによって側方への移動が可能であるため、後方へのスプリントスタートのような重心の円運動は起こりにくく、体幹の回旋動作が容易であったことが考えられる。側方へのフォワードステップスタートはスプリント方向とは逆側の足をピボットにして地面を押しながら、体幹の回旋を開始することによってスプリント方向に足を踏み出していた。側方へのフォルスステップスタートはスプリント方向とは逆側の足をステップすることによって体幹の回旋とスプリント方向への加速を生み出していた。

どちらのスプリントスタートにおいても体幹の回旋とスプリント方向への加速を達成するための要素が含まれているが、側方へのスプリントスタートには、スプリント方向に足を持ち上げることで重心から地面反力の作用点までの距離を稼ぐことができるという特徴がある。側方へのスプリントスタートでのフォルスステップは、重心から地面反力の作用点までの距離を増加させることによって加速度を増加させる可能性があるが、その利点は冗長なステップにかかる時間によって失われる可能性がある (Sato et al. 2018)。これらのことから、サッカー選手は早く体幹の回旋を始める方が目標地点まで早く到達できると認識し

ているか、もしくは早く大きな加速を生み出す方が目標地点まで早く到達できると認識しているかによって、選択するスプリントスタート技術が変わると考える。

これらのことから、側方へのスプリントスタートに用いられるスプリントスタート技術の特徴として、フォルスステップの有無に関わらず大きな重心速度を獲得できること、スプリント方向に足を持ち上げる、もしくはスプリント方向とは逆方向へ足を踏み出すことで重心から地面反力の作用点までの距離を稼ぐことができること、後方へのスプリントスタートのような重心の円運動は起こりにくく、体幹の回旋動作が容易であったことが挙げられる。特に動作の容易性が、側方へのスプリントスタートにおいてフォワードステップスタートとフォルスステップスタートを同程度の割合で選択する要因であると考えられる。

5-1-3 スプリント方向の違いがスプリントスタート技術の選択に及ぼす影響

大学サッカー選手が後方および側方へスプリントスタートする際に選択するスプリントスタート技術は、両スプリント方向によって異なるという結果であった。これは、後方へのスプリントスタートでは身体を 180 度回旋させる必要があること、側方へのスプリントスタートでは身体を 90 度回旋させる必要があるということが影響していると考えられる。フォワードステップスタートは動作開始直後に身体をスプリント方向へ回旋させる際に、片方の足を軸にして身体を回旋させる必要があるため、一度に回旋できる角度には限界が生じる。しかし、フォールステップスタートは身体を回旋しやすい位置にステップすることで、回旋角度をコントロールすることができる。また、動作開始姿勢が平行スタンスであることから、後方へのスプリントスタートの際にフォワードステップスタートを用いる場合、片方の足を離地させてもう片方の足で地面を押し出すことによってスプリント方向へステップすることができる。

一方、側方へのスプリントスタートの際にフォワードステップスタートを用いる場合、スプリント方向側の足を地面から離地させるだけで重心を地面反力の作用点よりもスプリント方向側に位置させることによってスプリント方向へステップすることができる。このように、スプリント方向によって異なる動作の容易性が、使用するスプリントスタート技術の違いに関係していると考えられる。加えて、動作開始時のスタンス幅の違いによって使用するスプリントスタート技術が変わると予想される。このスタンス幅に関しては、競技特異的な面を有することから、今後は各競技における優位性を検証する上で、競技特性やプレー範囲、競技規則、選手の筋力等の身体的特徴などを比較検討することで、各競技に必要なスプリントスタート技術の提案が可能になると考える。

5-2 後方および側方へのスプリントスタートにおける加速および身体方位変換に関連する要素

研究課題 1, 2, 3 の結果から, 方位変換を伴う後方および側方へのスプリントスタートにおけるフォワードステップスタートの有効性が示唆された. しかし, 研究対象者によってはこの有効性が当てはまらない場合も想定されるため, 大きなスプリント速度の獲得と短時間での体幹最大回旋角度の獲得に影響を及ぼす要因を検証する必要がある. 各研究対象者が実施したスプリントスタートから算出されたデータを平均値化し, 従属変数を「2 歩目離地までの平均重心速度」と「体幹最大回旋角度までの時間」とし, 分析区間ごとの時間, 重心変位, 重心速度との相関分析を行った. ステップイベント時間と重心変位の分析区間は「動作開始から 1 歩目接地」「1 歩目接地から 2 歩目接地」「2 歩目接地から 2 歩目離地」に分けた. また, 各ステップイベントで獲得した重心速度については, 「動作開始時, 右足プッシュオフ, 左足プッシュオフで獲得した重心速度の合計」「1 歩目で獲得した重心速度」「2 歩目で獲得した重心速度」とし, フォルスステップスタートのみ「フォルスステップで獲得した重心速度」を追加した.

5-2-1 後方および側方へのスプリントスタートにおけるスプリント方向への加速に関連する要素

後方へのフォワードステップスタートでは, 2 歩目接地から 2 歩目離地までのステップイベント時間, 1 歩目接地から 2 歩目接地までの重心変位, 2 歩目接地から 2 歩目離地までの重心変位, 初期加速期で獲得した重心速度において, 2 歩目離地までの平均重心速度との間に有意な相関関係がみられた (表 5-1). 後方へのフォワードステップスタートの特徴として, 2 歩目離地までの重心速度が高いほど, ①2 歩目接地から 2 歩目離地までのステップイベント時間が長いこと, ②各ステップイベントにおける重心変位が大きいこと, ③初期加速期の重心速度が大きいことが明らかになった. また, 後方へのフォルスステップスタートでは, 動作開始から 1 歩目接地までのステップイベント時間, 動作開始から 1 歩目接地ま

での重心変位，動作開始から1歩目接地までの重心変位において，2歩目離地までの平均重心速度との間に有意な相関関係がみられた（表 5-2）．後方へのフォルスステップスタートの特徴として，2歩目離地までの重心速度が高いほど，①動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短いこと，②動作開始から1歩目接地までの重心変位が大きいことが明らかになった．

側方へのフォワードステップスタートでは，1歩目接地から2歩目接地までのステップイベント時間，2歩目接地から2歩目離地までのステップイベント時間，1歩目接地から2歩目接地までの重心変位において，2歩目離地までの平均重心速度との間に有意な相関関係がみられた（表 5-3）．側方へのフォワードステップスタートの特徴として，2歩目離地までの重心速度が高いほど，①1歩目接地から2歩目接地までのステップイベント時間が長いこと，②2歩目接地から2歩目離地までのステップイベント時間が長いこと，③1歩目接地から2歩目接地までの重心変位が大きいことが明らかになった．また，側方へのフォルスステップスタートでは，動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間において，2歩目離地までの平均重心速度との間に有意な相関関係がみられた（表 5-4）．側方へのフォルスステップスタートの特徴として，2歩目離地までの重心速度が高いほど，①動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短いことが明らかになった．

攻撃選手のドリブルやパスによる攻撃や得点機会を阻止するために必要な加速に関連する要素は，選択するスプリントスタートおよびスプリント方向によって異なることが分かった．後方へのフォワードステップスタートにおいて大きい重心速度を獲得するためには，動作開始から1歩目接地までに大きい重心速度を獲得し，1歩目接地以降の重心変位を大きくすること，後方へのフォルスステップスタートにおいて大きい重心速度を獲得するためには，動作開始から1歩目までのステップイベント時間を短くし，1歩目接地までの重心変位を大きくすることが必要であることが分かった．一方，側方へのフォワードステップスタートにおいて大きい重心速度を獲得するためには，1歩目接地以降のステップイベント時間

を長くし、1歩目接地以降の重心変位を大きくすること、側方へのフォルスステップスタートにおいて大きい重心速度を獲得するためには、動作開始から1歩目までのステップイベント時間を短くすることが必要であることが分かった。スプリント方向によって選択するスプリントスタートが異なる理由としては、平行スタンスで構えた状態から動き出す際、身体を回旋させるために必要な動作工程が異なることが考えられる。後方へのスプリントスタートの場合は、スプリント方向に正対するために必要な回旋角度は180度であるため、片方の足を前方に踏み出し、もう片方の足を後方に引くようにステップすることによって、身体の円運動の半径を小さくする必要が生じた。このため、フォルスステップスタートを用いる割合が高かったと考える。

一方、側方へのスプリントスタートの場合は、フォルスステップスタートは動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短く、スプリント方向に正対するために必要な回旋角度は90度であるため、足をピボットさせるだけで容易にスプリント方向へ身体を回旋させることが可能である。フォワードステップスタートは、スプリント方向側の足を離地しやすいスタンス幅で構えることによって、重心と地面反力の作用点の相対的な位置関係を容易に作るができる。この2つの特徴から、側方へのスプリントスタートでは使用するスプリントスタートの割合が同程度であったと考える。

表 5-1 後方へのフローワードステップスタートにおける 2 歩目離地までの平均重心速度とステップイベント時間, 重心変位, 重心速度との相

関関係

	ステップイベント時間		重心変位		重心速度	
	動作開始 から 1 歩目接地	2 歩目接地 から 2 歩目離地	動作開始 から 1 歩目接地	2 歩目接地 から 2 歩目離地	初期 加速期 1 歩目 接地期	2 歩目 接地期
2 歩目離地までの平均重心速度	0.31	0.50	0.62	0.78	0.89	0.48
相関係数		0.68	0.91			-0.14
P 値	0.37	0.14	0.05	0.01	0.00	0.16
						0.71

表 5-2 後方へのフォールステップスタートにおける 2 歩目離地までの平均重心速度とステップイベント時間, 重心変位, 重心速度との相関

関係

	ステップイベント時間				重心変位				重心速度	
	動作開始 から	1 歩目接地 から	2 歩目接地 から	動作開始 から	1 歩目接地 から	2 歩目接地 から	2 歩目接地 から	初期 加速期	1 歩目 接地期	2 歩目 接地期
2 歩目離地までの平均重心速度	-0.81	-0.15	-0.14	0.82	-0.07	-0.06	0.29	-0.28	-0.18	
P 値	0.00	0.67	0.70	0.00	0.86	0.86	0.41	0.43	0.62	

表 5-3 側方へのフォワードステップスタートにおける 2 歩目離地までの平均重心速度とステップイベント時間, 重心変位, 重心速度との相

関関係

	ステップイベント時間			重心変位			重心速度		
	動作開始 から 1 歩目接地	2 歩目接地 から 2 歩目離地	動作開始 から 1 歩目接地	1 歩目接地 から 2 歩目接地	2 歩目接地 から 2 歩目離地	初期 加速期	1 歩目 接地期	2 歩目 接地期	
2 歩目離地までの平均重心速度	-0.47	0.66	0.03	0.72	0.58	0.11	0.50	-0.30	
P 値	0.17	0.04	0.93	0.02	0.07	0.77	0.14	0.40	

表 5-4 側方へのフォールスステップスタートにおける 2 歩目離地までの平均重心速度とステップイベント時間, 重心変位, 重心速度との相関関係

	ステップイベント時間			重心変位			重心速度	
	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	動作開始から 1 歩目接地	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	初期 加速期	1 歩目 接地期	2 歩目 接地期
2 歩目離地までの平均重心速度	-0.72	-0.22	-0.08	0.28	-0.12	-0.08	0.60	-0.13
相関係数	0.21							
P 値	0.02	0.54	0.83	0.42	0.75	0.83	0.06	0.71

5-2-2 後方および側方へのスプリントスタートにおけるスプリント方向への身体方位変換に関連する要素

後方へのフォワードステップスタートでは、動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間、動作開始から1歩目接地までの重心変位、1歩目接地から2歩目接地までの重心変位、初期加速期間で獲得した重心速度の合計値において、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間との間に有意な相関関係がみられた(表5-5)。後方へのフォワードステップスタートの特徴として、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間が短いほど、①動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短いこと、②動作開始から1歩目接地の重心変位が大きいこと、③1歩目接地から2歩目接地までの重心変位が大きいこと、④初期加速期で獲得した重心速度の合計値が小さいことが明らかになった。また、後方へのフォルスステップスタートでは、動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間において、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間との間に有意な相関関係がみられたが、3つの区間における重心変位および重心速度との間には有意な相関関係がみられなかった(表5-6)。後方へのフォルスステップスタートの特徴として、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間が短いほど、①動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短いことが明らかになった。

側方へのフォワードステップスタートでは、動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間において、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間との間に有意な相関関係がみられた(表5-7)。側方へのフォワードステップスタートの特徴として、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大となるまで時間が短いほど、①動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間が短いことが明らかになった。また、側方へのフォルスステップスタートでは、動作開始から1歩目接地までのステップイベント時間、1歩目に獲得した重心速度において、2歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間との間に有意な相関関係がみられた(表5-8)。側方へのフォルスステップスタートの特徴として、2歩目

離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間が短いほど、①動作開始から 1 歩目接地までのステップイベント時間が短いこと、②1 歩目の重心速度が大きいことが明らかになった。

本研究の結果から、体幹回旋角度が最大になるまでの時間を短縮するための共通要素として、動作開始から 1 歩目接地までのステップイベント時間の短縮が挙げられる。身体を方位変換させる際、片方の足を接地させたまま身体を回旋することができる角度には限界がある。フォワードステップスタートのように動作開始からスプリント方向に足をステップするような動作であっても、1 歩目接地までの時間が短い方が、体幹回旋角度が最大になるまでの時間は短いことが分かった。つまり、1 回のステップで大きな重心変位や大きな重心速度を獲得するよりも、早く 1 歩目をステップすることの方が重要であることが示唆された。更に重要なことは、後方および側方へのスプリントスタートの際にフォワードステップスタートを使用した場合、2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間と 2 歩目離地までの重心速度に有意な相関関係はみられなかったが、フォルスステップスタートを使用した場合、2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間が短いほど 2 歩目離地までの重心速度は有意に大きかったことが明らかになった（表 5-9）。つまり、スプリント方向の違いや使用するスプリントスタートの違いに関係なく、動作開始から 1 歩目接地までのステップイベントを短縮することにデメリットはなく、フォルスステップスタートについては 2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間と重心速度の間に相関関係がみられることが分かった。しかし、動作開始直後の重心変位はフォワードステップスタートの方が有意に大きいことを考慮すると、動作開始直後にスプリント方向へ重心を移動させることができるフォワードステップスタートは、側方へのスプリントスタートに有効であると考えられる。

表 5-5 後方へのフォワードステップスタートにおける体幹回旋角度が最大になるまでの時間とステップイベント時間、重心変位、重心速度

との相関関係

	ステップイベント時間				重心変位				重心速度		
	動作開始 から	1 歩目接地 から	2 歩目接地 から	2 歩目接地 から	動作開始 から	1 歩目接地 から	2 歩目接地 から	2 歩目接地 から	初期 加速期	1 歩目 接地期	2 歩目 接地期
相 関 係 数	0.91	0.49	0.43	0.85	0.70	0.58	0.79	0.13	-0.45		
P 値	0.00	0.15	0.21	0.00	0.02	0.07	0.01	0.71	0.19		

体幹回旋角度が最大になるまでの時間

表 5-6 後方へのフォールステップスタートにおける 2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間とステップイベント時間、重心変位、重心速度との相関関係

	ステップイベント時間				重心変位				重心速度	
	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	初期加速期	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	1 歩目接地期	2 歩目接地期	
相関係数	0.98	0.39	0.50	-0.54	0.53	0.55	0.23	0.39	0.33	
P 値	0.00	0.27	0.14	0.11	0.11	0.09	0.52	0.27	0.35	

体幹回旋角度が最大になるまでの時間

表 5-7 側方へのフローワードステップスタートにおける 2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間とステップイベント時間、重心変位、重心速度との相関関係

	ステップイベント時間			重心変位			重心速度		
	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	動作開始から 1 歩目接地	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	初期 加速期	1 歩目 接地期	2 歩目 接地期	
相 関 係 数	0.80	0.07	0.12	0.03	0.20	0.23	0.49	0.10	0.58
P 値	0.00	0.85	0.74	0.94	0.57	0.51	0.14	0.79	0.08

体幹回旋角度が最大になるまでの時間

表 5-8 側方へのフォールスステップスタートにおける 2 歩目離地までの体幹回旋角度が最大になるまでの時間とステップイベント時間、重心変位、重心速度との相関関係

	ステップイベント時間				重心変位				重心速度	
	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	動作開始から 1 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	初期加速期	1 歩目接地から 2 歩目接地	2 歩目接地から 2 歩目離地	1 歩目接地期	2 歩目接地期	
相関係数	0.94	-0.15	0.38	0.34	0.20	0.33	0.54	-0.63	0.27	
P 値	0.00	0.67	0.28	0.34	0.58	0.35	0.10	0.05	0.45	

表 5-9 後方および側方へのスプリントスタートにおける 2 歩目離地までの平均重心速度と 2 歩目離地までの体幹最大回旋角度時間との相関関係

		体幹回旋角度が最大になるまでの時間			
		後方へのフォワードステップ スタート	後方へのフォールスステップ スタート	側方へのフォワードステップ スタート	側方へのフォールスステップ スタート
2 歩目離地までの	相関係数	0.57	-0.75	-0.46	-0.74
	P 値	0.08	0.01	0.17	0.01

5-3 指導現場への応用

サッカーとは、105m×68mのピッチ（日本サッカー協会規定サイズ）の中で、11人对11人で1つのボールを奪ったり、保持したりしながら相手陣地にあるゴールの中へボールを入れた数を競う競技である。したがって、ボールの動きや選手の動きによって様々な状況が生まれる中で、守備選手がボールを奪うために実行する動作が単一でないことは想像できる。本研究の結果から、スプリント方向によって使用するスプリントスタート技術が加速や身体方位変換に及ぼす影響は異なることが明らかになった。総じてフォワードステップスタートは、後方および側方へのスプリントスタートにおいて、動作開始から早い段階で重心変位を大きくできるスプリントスタートであることが示唆された。

動作開始から早い段階で重心変位を大きくすることは、攻撃選手がドリブルやスペースへのランニングのための加速を行った際に、追従する遅れを少なくすることに繋がると考える。この重心変位を大きくするための手段として、水平方向への地面反力を大きくすることが必要であるため、下肢の伸展筋力を高めるためのトレーニングが効果的であると考えられる。いくつかの先行研究では、加速局面において大きな股関節伸展モーメントを発揮することが、走速度の増加に影響することが示唆されている（伊藤ら 1997, 馬場ら 2000, Johnson and Buckley 2001）。下肢の伸展動作には股関節、膝関節、足関節の3つが主に関与しており、その中でも股関節によって大きな伸展モーメントが発揮されている。股関節の伸展に関与する筋は、大臀筋とハムストリングスが代表的である。これらの筋の最大筋力を強化するためには、スクワットやランジなどが有効であるが、より高い効果を得るためには、スプリント方向に対して力を発揮するような類似した動作が含まれたトレーニングの選択が良いと考える。Kugler and Janshen (2010)によると、前方への加速能力が高い者ほど重心の前傾角が大きいことが報告されている。このことから、加速には力を発揮する方向が重要であることが分かる。また、力の発揮とその方向に関する先行研究によると、目的とする動作に対する力発揮とその方向が合致しているトレーニングを実施することで、動作に関与する筋

力を強化するよりもパフォーマンスの向上がみられたことが報告されている (Contreras et al. 2016, Skok et al. 2017, Thomas et al. 2021, Skok et al. 2022) . つまり, 単に使用する筋群を強化するためのトレーニング (レッグプレス, ヒップリフトなど) ではなく, 力の出力方向や動作に類似したエクササイズを選択する方が下肢三関節の共同的な動きによる大きな地面反力の獲得に対して良い効果をもたらすと予想する. 下肢の伸展だけではなく, 体幹の回旋動作における体幹部の安定性や地面に接した足部から下肢, 体幹, 上肢へと効率的に力を伝達させるためのトレーニングも重要であると考え.

本研究の結果から, 習慣化されたスプリントスタート技術とスプリントパフォーマンスに優位性がみられたスプリントスタート技術が異なる場合があることが示された. Cusick et al. (2014) らは, 日常的にフォルスステップスタートの使用を禁止し, フォワードステップスタートの指導のみを行ってきた大学アメリカンフットボール部のラインバッカーに対して, 両スプリントスタートを用いた前方へのスプリントを実施し, 2.5mおよび5m地点の通過タイムを検証した. その結果, どちらの通過タイムにおいてもフォルスステップスタートの方が有意に短かった. 研究課題1において, 後方へのスプリントスタートではフォルスステップスタートの方が使用頻度が高かったにもかかわらず, 研究課題2においてフォワードステップスタートの方が方位変換を伴う加速において有利性が高いことが明らかになった. つまり, 日常的にトレーニングを積み重ねている動作や, 相手選手もしくはボールに対する反応要素を除外された自然な動作であっても, スプリントタイムなどのパフォーマンスの優劣には乖離があることが分かった. これらのことから, 日常的に行っている動作や, トレーニングの積み重ねによって動作効率を高めたり, より大きな力発揮や速度の獲得を目指してスプリントスタート技術を改善していくことで, 競技パフォーマンスに直結するスプリントパフォーマンスの習得に繋がると考える. 本研究課題では, トレーニングによるスプリントスタート技術の改善や, スプリントスタート技能の習得に向けたプログラムの検討については行われていない. より競技パフォーマンスに近い状況におけるスプリントスタ

ート技術の検証には、選択反応刺激や競技種目間の比較、競技経験や身体的特徴の比較などを用いる必要があるが、本研究課題では技術に焦点を当てた検証に留まっている。しかし、後方および側方へのスプリントスタートを日常から実施し、研究対象者が可能な限り良い状態で実施したスプリントスタート技術の検証は、先述した競技パフォーマンスに近い状況を検証する際の基礎的な知見となり得ると考える。実際、先行研究で報告されていたフォールステップの有効性はみられず、スプリントスタート技術においてはパフォーマンスを向上させると思われていた通説を見直す必要のある重要な結果が得られた。

現場への新たな知見を見出すとともに、より高いパフォーマンスの発揮に繋がるような検証課題に取り組んでいきたいと考える。

第6章 結論

本博士論文は、サッカー競技において攻撃選手が行うドリブルやパスによる攻撃に対して、守備選手が攻撃選手を追従し攻撃を阻止するために用いる後方および側方へのスプリントスタート技術について検証し、そのスプリントスタート技術が加速や方位変換に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。その結果、後方へのスプリントスタートではフォワードステップスタートを高い割合で使用し、側方へのスプリントスタートでは両スプリントスタートを同程度の割合で使用していた。フォワードステップスタートに共通した特徴として、動作開始から1歩目までの重心変位がフォワードステップスタートに比べて有意に大きいこと、1歩目接地から2歩目接地までの重心変位が大きいほど2歩目離地までの重心速度が大きいことが挙げられる。つまり、フォワードステップスタートは、スプリント方向に限らず、同程度のステップイベント時間で、動作開始から早い段階で重心速度を獲得することで重心をスプリント方向へ移動させることができるスプリントスタート技術であることが示唆された。また、身体方位変換については、側方へのスプリントスタートにおいて2歩目離地までの体幹最大回旋角度が大きかったが、体幹回旋角度が最大となるまでの時間では有意な差がみられなかった。つまり、後方へのスプリントスタートではどちらのスプリントスタート技術においても同程度の方位変換を行っていたが、側方へのスプリントスタートではフォワードステップスタートの方が大きな体幹の回旋に有利であることが示された。

以上の結果より、フォワードステップスタートは、サッカーのディフェンスを想定した後方および側方へのスプリントスタートにおいて、身体方位変換を伴いながら加速するための有効なスプリントスタート技術であることが示唆された。

参考文献

Bill F. High Performance Sports Conditioning. *Human Kinetics*: 2001.

Brown TD, Vescovi JD. Is stepping back really counterproductive? *Strength and Conditioning Journal* 26 (1): 42-44, 2004.

Chen Y, Lo TY, Xu F, Chang JH. Biomechanical Characteristics for Identifying the Cutting Direction of Professional Soccer Players. *Applied sciences* 11 (16): 2021.

Cronin JB, Green, Levin G, Brughelli M, Frost DM. Effect of starting stance on initial sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21 (3): 990-992, 2007.

Contreras B, Vigotsky AD, Brad J, Schoenfeld BJ, Beardsley C, McMaster DT, Jan HT, Reyneke JHT, Cronin JB. Effects of a six-week hip thrust vs front squat resistance training program on performance in adolescent males: a randomized controlled trial. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (3): 999-1008, 2017.

Cusick JL, Lund RJ, Ficklin TK. A Comparison of three different start techniques on sprint speed in collegiate linebackers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (9): 2669-2672, 2014.

Dufour W. Computer-assisted scouting in soccer. *Science and football II* 160-166, 1993.

Dysterheft JL, Lewinski WJ, Seefeldt DA, Pettitt RW. The Influence of Start Position, Initial Step Type, and Usage of a Focal Point on Sprinting Performance. *International Journal of Exercise Science* 6 (4): 320-327, 2013.

Frost DM, Cronin JB. Stepping back to improve sprint performance: a kinetic analysis of the first step forwards. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (10): 2721-2728, 2011.

- Frost DM, Cronin JB, Levin G. Stepping backward can improve sprint performance over short distances. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22 (3): 918-922, 2008.
- García JR, Calvo LC, Rubio SJ, Hernández VP, Muñoz A, Tillaar RVD, Navandar A. Characteristics of very high intensity runs of soccer players in relation to their playing position and playing half in the 2013-14 Spanish La Liga season. *Journal of Human Kinetics* 66: 213-222, 2019.
- Hanavan Jr EP. A mathematical model of the human body. *AMRL-TR. Aerospace Medical Research Laboratories*: 1-1491964.
- Hewit JK, Cronin JB, Button C, Hume PA. Understanding Change of Direction Performance via the 90 Turn and Sprint Test. *Strength and Conditioning Journal* 32 (6): 82-88, 2010.
- Hewit JK, Cronin JB, Hume PA. Understanding change of direction performance. A technical analysis of a 180 degrees ground-based turn and sprint task. *International Journal of Sports Science and Coaching* 7 (3): 493-501, 2012.
- Johnson TM, Brown LE, Coburn JW, Judelson DA, Khamoui AV, Tran TT, Uribe BP. Effect of four different starting stances on sprint time in collegiate volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 24 (10): 2641-2646, 2010.
- Johnson, MD, Buckley, JG. Muscle power patterns in the mid-acceleration phase of sprinting. *Journal of Sports Sciences* 19 (4): 263-272, 2001.
- Keogh JW, Weber CL, Dalton CT. Evaluation of anthropometric, physical, and skill-related tests for talent identification in female field hockey. *Canadian Journal of Applied Physiology* 28 (3): 397-409, 2003.
- Knudsen NS, Andersen TB. The effect of first-step techniques from the staggered stance in American football. *Sports Medicine International Open* 1 (2): E69-E73, 2017.

- Kraan GA, van Veen J, Snijders CJ, Storm J. Starting from standing; why step backwards? *Journal of Biomechanics* 34 (2): 211-215, 2001.
- Kugler F, Janshen L. Body position determines propulsive forces in accelerated running. *Journal of Biomechanics* 43: 343-348, 2010.
- LeDune JA, Nesser TW, Finch A, Zakrajsek RA. Biomechanical analysis of two standing sprint start techniques. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (12): 3449-3453, 2012.
- Lockie RG, Murphy AJ, Knight TJ, De Jonge XA. Factors that differentiate acceleration ability in field sport athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25: 2704-2714, 2011.
- Marcin A, Jan C, Beata P, Jan MK. Sprinting Activities and Distance Covered by Top Level Europa League Soccer Players. *International Journal of Sports Science & Coaching* 10 (1): 39-50, 2015.
- McLellan CP, Coad S, Marsh D, Lieschke M. Performance analysis of super 15 rugby match play using portable micro-technology. *Journal of Athlete Enhancement*: 2 (5), 2013.
- Michailidis Y, Michailidis C, Primpa E. Analysis of goals scored in European Championship 2012. *Journal of Human Sport and Exercise* 8 (2): 367-375, 2013.
- Miyanishi T, Endo S, Nagahara R. Comparison of crossover and jab step start techniques for base stealing in baseball. *Sports Biomechanics* 16 (4):1-15, 2017.
- Mulyk V, Perevoznik V, Pertsukhov A. Characteristic of game's episodes in the penalty area of the opposing team. *Slovozhanskyi Herald of Science and Sport* 47: 75-79, 2015.
- Nieminen MJJ, Piirainen JM, Salmi JA, Linnamo V. Effects of neuromuscular function and split step on reaction speed in simulated tennis response. *European Journal of Sport Science* 14 (4): 318-326, 2014.

- Panayiotis P, Robin JL, Travis KF, Jacob PR. The Role of the Rhythm Step on Pro-Agility Test Performance in Division I Football Players. *Research Quarterly For Exercise And Sport* 92 (3): 529-536, 2020.
- Reilly T, Williams AM, Nevill A, Franks A. A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal of Sports Sciences* 18 (9): 695-702, 2000.
- Ruiz CR, Fradua L, Garcia AF, Zubillaga A. Analysis of entries into the penalty area as a performance indicator in soccer. *European Journal of Sport Science* 13 (3): 241-248, 2013.
- Salvo VD, Baron R, Gonzalez CH, Gormasz C, Pigozzi F, Bachl N. Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal of Sports Sciences* 28 (14): 1489-1494, 2010.
- Sato T, Fukuhara Y, Fujimoto M, Isaka T. Forward and false step techniques used for sprint start in a sideways direction: which is superior? *ISBS Proceedings Archive* 36 (1): 450, 2018.
- Schot PK and Knutzen KM. A Biomechanical Analysis of Four Sprint Start Positions. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 63: 137-147, 1992.
- Schwenzfeier A, Rhoades JL, Fitzgerald J, Whitehead J Short M. Increased sprint performance with false step in collegiate athletes trained to forward step. *Sports Biomechanics* 21 (8): 958-965, 2022.
- Simiyu WWN. Analysis of goals scored in the 2010 world cup soccer tournament held in South Africa. *Journal of Physical Education and Sport* 13: 6-13, 2013.
- Skok OG, Fajardo JT, Campo CV, Berzosa C, Bataller AV, Serrano JLA, Moras G, Villanueva AM. Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 12: 951-958, 2017.

- Skok OG, Sabaté JS, Fajardo JT, Villanueva AM, Bishop C, Piedrafita E. Effects of Direction-Specific Training Interventions on Physical Performance and Inter-Limb Asymmetries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19: 1029, 2022.
- Thomas DS, Christopher T, Paul C, Paul AJ. Biomechanical Effects of a 6-Week Change of Direction Speed and Technique Modification Intervention: Implications for Change of Direction Side step Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 36 (10): 2780-2791, 2021.
- Yamada H, Hayashi Y. Characteristics of Goal-scoring Crosses in International Soccer Tournaments. *Football Science* 12: 24-32, 2015.
- Uzu, R, Shinya, M, Oda S. A split-step shortens the time to perform a choice reaction step-and-reach movement in a simulated tennis task. *Journal of Sports Sciences* 27 (12): 1233-1240, 2009.
- 伊藤章, 斎藤昌久, 淵本隆文. スタートダッシュにおける下肢関節のピークトルクとピークパワー, および筋放電パターンの変化. *体育学研究* 42 : 71-83, 1997.
- ヴァール・アルフレッド. サッカーの歴史. *創元社* : 15-22, 2002.
- 神川明彦. サッカーの戦術&トレーニング. *新星出版社* : 116-117, 2012.
- 河村優, 足立高浩, 清水英斗. サッカー守備 DF&GK 練習メニュー100. *池田書店* : 20-41, 2013.
- 公益社団法人日本プロサッカーリーグ. Jリーグ公式サイト, 2012 試合記録. <http://www.j-league.or.jp/data/2012/>: 2012.
- 公益社団法人日本プロサッカーリーグ. Jリーグ公式サイト. <https://www.jleague.jp/news/article/12503/>: 2018.

公益財団法人日本サッカー協会技術委員. サッカー指導教本 フィールドプレーヤー編. 公

益財団法人日本サッカー協会 : 38, 2003.

公益財団法人日本サッカー協会. JFA サッカー指導教本 2020. 公益財団法人日本サッカー

協会カリキュラム検討プロジェクト : 2020.

戸塚啓. 新・サッカー戦術理論. 成美堂出版 : 16-127, 2010.

馬場崇豪, 和田幸洋, 伊藤章. 短距離走の筋活動様式. 体育学研究 45 : 186-200, 2000.

謝辞

本博士学位論文執筆にあたり，多くの方々よりご指導，ご支援賜りましたことをここに深謝致します。

研究指導担当教員として，博士課程前期課程から博士課程後期課程までの長きに渡り，丁寧な研究指導ならびに研究者としての心構えやスポーツ健康科学の発展に対する熱意あるご指導を賜りました，立命館大学スポーツ健康科学部 伊坂忠夫教授に心からの誠意を表すとともに，深く御礼を申し上げます。

びわこリハビリテーション専門職大学リハビリテーション学部 佐藤隆彦助教には，研究の基礎的な考え方や分析の方法，現場への提言等，多大なるご指導を頂きましたこと，心より感謝を致します。

日本体育大学体育学部体育学科 大塚光雄准教授には，本研究の開始時から実験および解析の方法，学会発表，論文執筆に至るまで，研究実施者の土台となる部分について，明晰かつ的確なご指導を頂きましたことに，深く感謝いたします。

また，ご多忙にもかかわらず副差を引き受けて頂きました，中京大学スポーツ科学部 桜井伸二教授，立命館大学スポーツ健康科学部 長野明紀教授，同学部 塩澤成弘教授には，博士学位論文の執筆遂行ならびに現場指導に対する非常に丁寧かつ貴重なご指導とご助言を賜りましたこと，感謝を申し上げます。

研究活動において，ご指導やご助言を頂きました，立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科伊坂研究室の皆様ならびに立命館大学スポーツ健康科学部の先生方には，心より感謝をしております。

大学院生活において陰ながらご指導およびご助言を頂きました，立命館大学大学院スポーツ健康科学部伊坂研究室秘書 奥村悦子様には，心より御礼を申し上げます。

最後になりますが、仕事と大学院生活の両面で多大な理解と協力および支援をしてくださいました、妻、息子、母、チーム関係者の皆様をはじめとする、博士論文執筆に関わって頂きました全ての方々に、心より感謝の意を表しまして謝辞とさせていただきます。

多くの方々にご指導とご支援を頂き、本博士論文が執筆できたことを忘れず、研究成果を指導現場へ還元できるように精進する所存です。今後ともご指導、ご鞭撻の程、よろしくお願い申し上げます。

2023年3月 福原 祐介