

博士学位論文

GPS ユニットを用いた エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンス分析 ～効果的なコンディショニングへの応用にむけて～

同志社大学大学院 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）
4F 16 0003 山本 隼年

主査

同志社大学 スポーツ健康科学部 教授 北條 達也

副査

同志社大学 スポーツ健康科学部 教授 竹田 正樹

同志社大学 スポーツ健康科学部 教授 福岡 義之

目次

本研究に関連する研究論文	iii
第1章 序論	
第1節 ラグビーフットボールについて	1
第2節 コンディショニングの定義	6
第3節 ラグビーにおけるコンディショニングの重要性	6
第4節 ラグビーのパフォーマンス分析に関する研究の動向	7
第5節 目的	15
第2章 研究① GPS ユニットを用いたポジション毎のパフォーマンス分析	
第1節 背景と目的	16
第2節 方法	16
第3節 結果	21
第4節 考察	42
第5節 まとめ	49
第3章 研究② 試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化	
第1節 背景と目的	50
第2節 方法	50
第3節 結果	55
第4節 考察	67
第5節 まとめ	69
第4章 研究③ 試合展開に伴うパフォーマンスの変化	
第1節 背景と目的	70
第2節 方法	70
第3節 結果	73
第4節 考察	76
第5章 総括	79

参考文献·····87

謝辭·····93

本研究に関連する研究論文

本研究は、以下の論文を基盤に加筆・修正して構成したものである。

1. **Hayato Yamamoto**, Masanori Takemura, Junta Iguchi, Misato Tachibana, Junzo Tsujita, Tatsuya Hojo. In-match physical demands on elite Japanese rugby union players using a global positioning system. *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, Vol. 6-1. 1-10, 2020. 査読有.
2. **Hayato Yamamoto**, Masanori Takemura, Misato Tachibana, Junzo Tsujita, Tatsuya Hojo. Impact of match results on the physical performance of players in Japanese elite rugby union match play. *International Journal of Sport and Health Science*, Vol. 18. 100-105, 2020. 査読有.
3. **山本隼年**, 武村政徳, 橋未都, 辻田純三, 北條達也. GPS を活用したラグビーのゲーム分析. *バイオメカニクス研究*, Vol. 21. 25-29, 2017. 査読有.
4. **Hayato Yamamoto**, Masanori Takemura, Mitsuharu Kaya, Junzo Tsujita. Physical Demands of Elite rugby union match-play using global positioning system. *Football Science*, Vol. 14. 15-23, 2017. 査読有.

第1章 序論

第1節 ラグビーフットボールについて

ラグビー (Rugby) は、正式にはラグビーフットボール (Rugby football) と呼ばれ、ラグビーユニオン (Rugby union) とラグビーリーグ (Rugby league) という2つのスポーツが含まれる¹。ラグビーユニオンとラグビーリーグは、どちらも楕円形のボールを使用する共通点から混同されやすいがプレー人数やルールは異なる別のスポーツである。本邦における「ラグビー」は一般的に「ラグビーユニオン」を指し、本論文においても「ラグビー」と表記した際には「ラグビーユニオン」を指す。

ラグビーは、イングランド発祥のスポーツであり、ヨーロッパやオセアニア地方で人気が高い。各国のナショナルチームが世界の座を争うラグビーワールドカップ (Rugby World Cup) は、夏季オリンピック、FIFA (Fédération Internationale de Football Association) サッカーワールドカップに次ぐ、世界3大スポーツイベントとされる²。

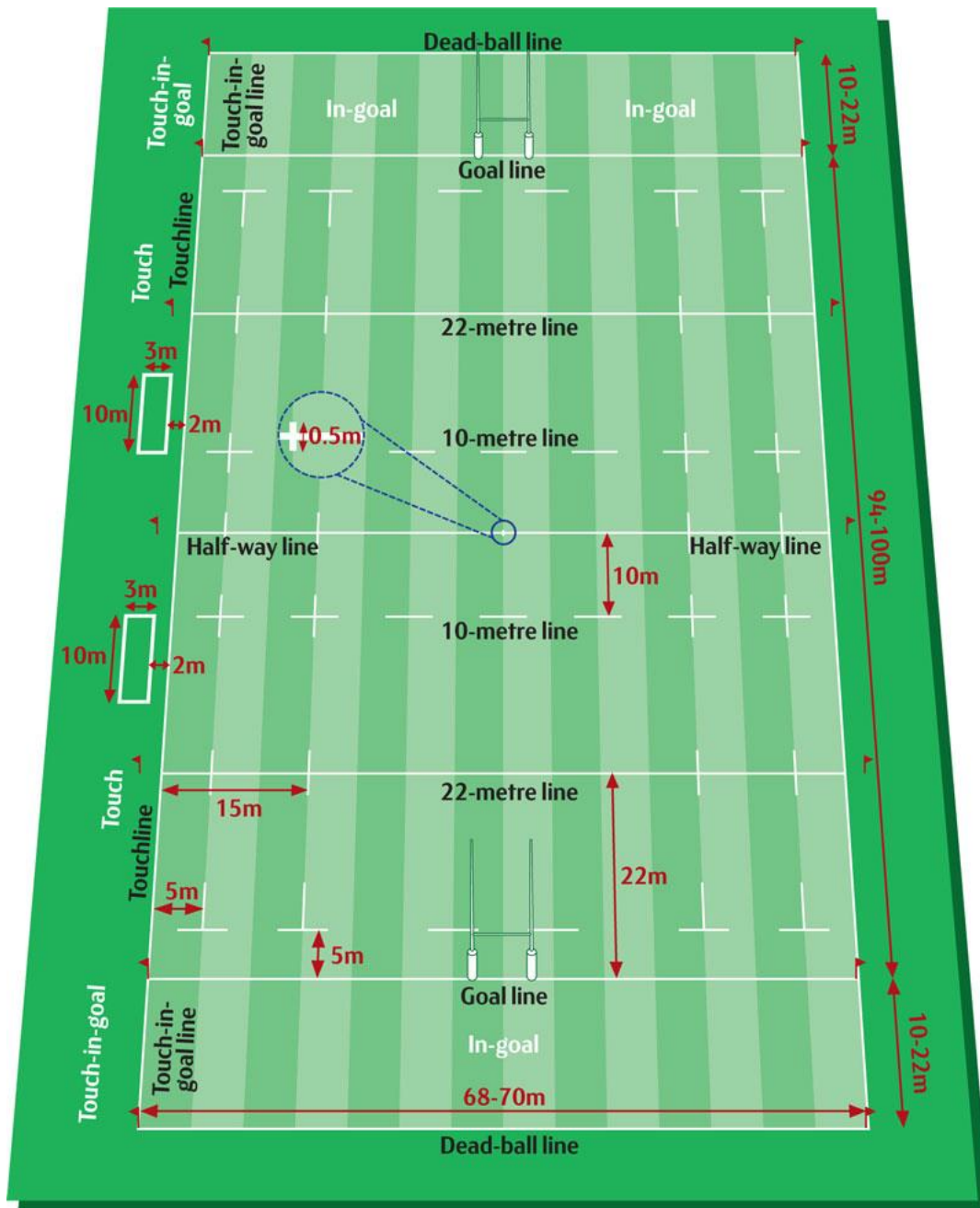
ラグビーは、1823年イギリスのパブリックスクールのラグビー校 (Rugby school) でエリス少年 (William Webb Ellis) がフットボール (サッカー) のルールを無視してボールを手で持ち走ったことが起源とされる³。その後、1845年エリート校であるラグビー校で試合の規則が作成され、ラグビー校の出身者が多く進学したオックスフォード大学、ケンブリッジ大学へと普及していった^{3,4}。ラグビーは、発足当時アマチュアイズムを基本理念とするエリート階級層の中で行われていたが、やがてイングランド北部の労働者階級にも普及していった。しかし、アマチュアスポーツとしてプレーしていたエリート階級層に対して、労働者はプレーをするために仕事を休む必要が生じ、そこで彼らは休業補償やプロ化を Rugby Football Union (RFU) に求めた。しかし、プロ化に反対する RFU に認められなかったため、1895年にアマチュアのラグビーユニオン (Rugby union) から一線を画す形でプロリーグのラグビーリーグ (Rugby league) が創設された⁵⁻⁷。ラグビーリーグは、近代スポーツに対する階級間の考え方の相違や、このスポーツを楽しむ人々を取り巻く環境の違いから分離したことが起源とされる。また、ラグビー校の規則を受け入れなかったオーストラリアでは「オーストラリアン・フットボール (Australian Football)」、アメリカでは「アメリカン・フットボール (American Football)」がラグビーユニオンから枝分かれし異なるスポーツとして発展していった⁸。

ラグビーユニオンは、1987年のラグビーワールドカップの創設により世界規模の競技スポーツとしての体裁を整え、それ以降、大きな変貌を遂げた。競技力の著しい向上とともに国際的競争は激化し1995年ラグビーのプロ化が解禁された^{1,9}。

ラグビーは、縦94m~100m、横68m~70mとほぼサッカーと同等なサイズのフィールドを使用し前半40分、後半40分の計80分で勝敗を競う^{10,11}。Forwards 8人、Backs 7人の計15人でチームは構成され、Forwards は Prop (PR) 2人、Hooker (HO) 1人、Lock (LO) 2人、Flanker (FL) 2人、Number eight (No.8) 1人、Backs は Scrum half (SH) 1人、Fly half (FH) 1人、Wing (WTB) 2人、Centre (CTB) 2人、Full back (FB) 1人の計15人10ポ

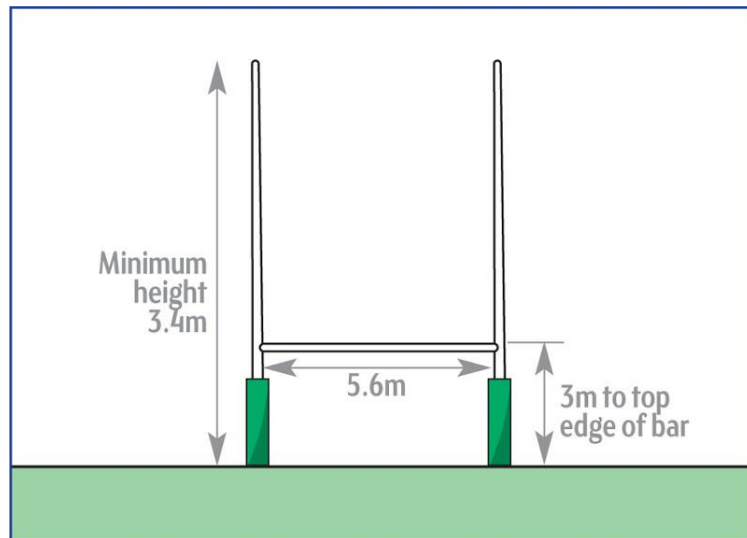
ジションに分類される¹²。楕円形のボールを奪い合って、相手チームのインゴールに運ぶ、あるいはH型のボールの上部に蹴りこみ得点を競うスポーツである(図 1-1, 図 1-2, 図 1-3)^{13,14}。

ラグビーは、試合中にタックルやブレイクダウン時での激しい衝突 (collision), Forwards が中心となり組み合うスクラム, モールやラインアウト, Backs が相手選手を抜き去りトライを獲得する際の独特なフットワーク等の多様はプレーが繰り返される。プレーが多様であるが故に試合中の動作は他の競技と比較して複雑な様相を呈している¹⁵。ラグビーは試合中にこれらの動作を高いレベルで発揮する必要があり, そのため, これらの動作に関わる幅広い体力要素が高いレベルで要求される。ラグビーにおいてピークパフォーマンスの発揮やスポーツ傷害の予防のためには, 各種体力要素をポジションの要求に従って高いレベルに養成する必要がありそのためのコンディショニングが重要となる。



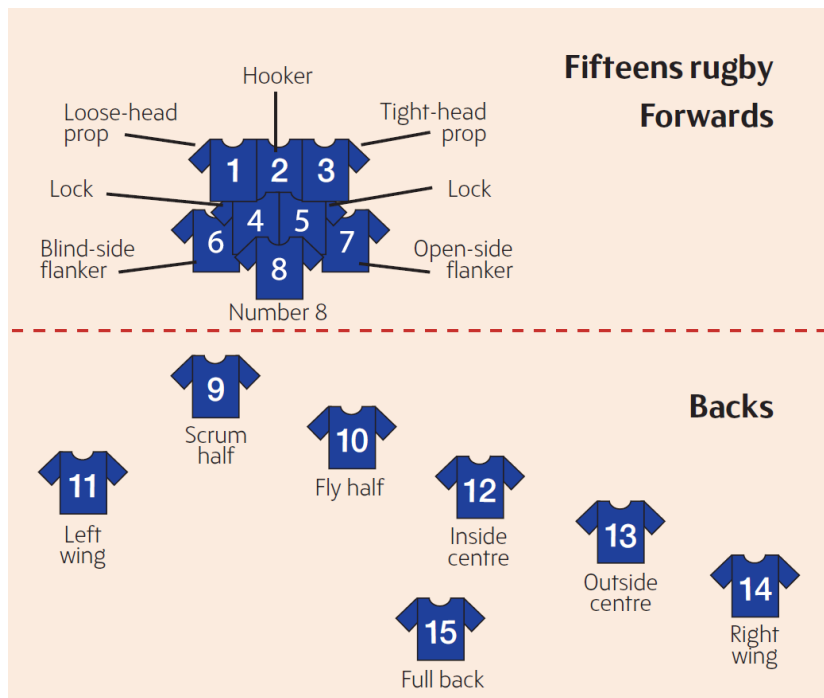
(World Rugby, 2020) ¹¹

図 1-1. ラグビーのフィールドのサイズ



(World Rugby, 2020) ¹¹

図 1-2. ゴールポスト



(World Rugby, 2019) ¹⁴

図 1-3. ラグビーの全ポジション : 15 人 10 ポジション

第2節 コンディショニングの定義

スポーツの実践現場では、選手の調子や調整を表す際に、「コンディション」や「コンディショニング」という用語が多用される。しかし、この用語は競技種目の違いやスポーツに関わる立場の違い（競技者、指導者、医師、トレーナー他）により様々な捉え方がされている¹⁶。そのため本論文では、日本スポーツ協会（JSPO）の定義に従い、「コンディション」を「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因」、 「コンディショニング」を「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因を、ある目的に向かって望ましい状況に整えること」とする¹⁷。すなわち身体的因子、環境的因子、心因的因子などの各種「コンディション」を、選手が何の不安もなく競技に集中し臨める状態にする準備・手段を「コンディショニング」とする。この定義に従うと、「コンディショニング」という言葉で一般的に連想させる疲労の軽減を目的としたマッサージやストレッチングなどの「調整」や「ケア」の側面だけでなく、「強化」や「トレーニング」としての側面である筋力、パワーや有酸素性を高めるストレングス&コンディショニング（S&C）トレーニングや戦術・戦略トレーニングなどの各種トレーニングも「コンディショニング」に内包される。したがって、目標を達成するためのすべての準備プロセスが「コンディショニング」となる。

第3節 ラグビーにおけるコンディショニングの重要性

ラグビーは、幅広い体力が高いレベルで求められるスポーツである。タックルなどのコンタクトから身体を守るために骨格筋の増量を基盤とした大きな身体の獲得、スクラム、モールでは高い最大筋力や筋パワー、トライをとるために対戦相手の選手を抜き去るフットワークの際にはスピードならびにアジリティ能力が要求される。また、ラグビーの多様なプレーや動作をランニングやスプリントとともにそれを80分間継続する高い持続的能力も要する。このように、ラグビーでは幅広い体力がパフォーマンスの発揮に必要となることからコンディショニングの重要度が他の球技と比較して高い。

また、ラグビーはタックルやブレイクダウンの際にコンタクトを伴うため試合中の負荷が高く、それに伴い試合後の選手は身体の損傷や強い疲労感を訴える。そのため、試合後はリカバリーを積極的に行う必要がある。シーズン中は、通常1週間に1回の頻度で開催される試合スケジュールにおいて、限られた準備時間の中（通常1週間）で戦術・戦略の準備とともにリカバリーを実施しなければならないといったコンディショニングの難しさがある。ラグビーのシーズン中は、試合時のピークパフォーマンスの発揮にむけコンディショニングが重要となる。

さらに、ラグビーの競技人数は15人と多く、ポジションも10ポジションに分類される。ルールで認められたプレーも多様であることからポジションにおいて要求されるプレースタイルも異なると考えられる。チーム全体としてのコンディショニングと同時にポジションや選手の特성에応じた個別のコンディショニングも必要になると考える。

このように、ラグビーはピークパフォーマンスの発揮やスポーツ傷害の予防のためにコンディショニングが重要となる。

スポーツの実践現場においては様々なコンディショニングが実施されているが、これらのコンディショニングは「試合のパフォーマンス向上」を目的に行われている。そのため、「試合のパフォーマンス」について詳細に分析し評価しておくことはコンディショニングを実施する際に重要となる。試合中は、ポジション別にどのようなパフォーマンスが発揮されているのか、どのような体力要素が要求されているのか、試合展開によりパフォーマンスはどのような推移を示すかなどの分析である。「試合のパフォーマンス分析」により得られた知見からコンディショニング・プログラムを作成することで、目的である「試合のパフォーマンス向上」に即した効果的なコンディショニングを実施することが可能となる。古川（2020）も選手の体力的パフォーマンスを高めるためには、競技で必要とされる身体的負荷の詳細を明らかにし、それをもとにした適切なトレーニングや準備を進めることが必要となると報告している¹⁵。

第4節 ラグビーのパフォーマンス分析に関する研究の動向

第3節で論述したようにラグビーにおける効果的なコンディショニングの実践には、試合のパフォーマンスの詳細な分析や評価が重要である。しかし、ラグビーはポジションの異なる15人の選手がルールで認められた多様なプレー（タックル、ブレイクダウン、スクラム、ラインアウト、モールなど）を同時に行っており、試合経過や試合展開によりそれらのパフォーマンスは変化する。そのため、ラグビーは他の球技と比べても複雑な様相を呈しておりパフォーマンスを詳細に評価することは容易ではない¹⁵。

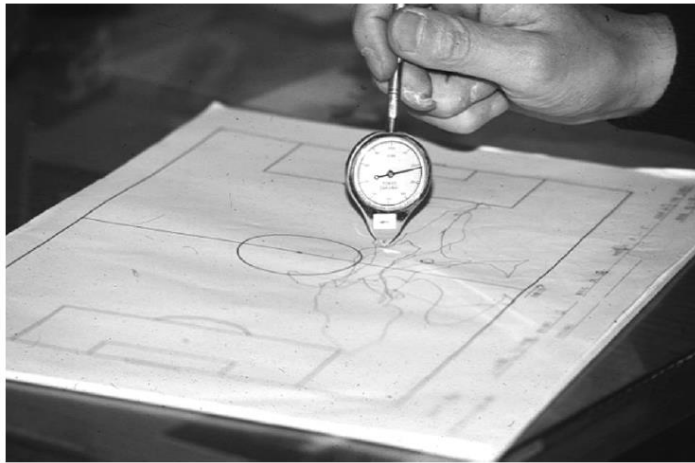
ラグビーのパフォーマンス分析は、移動距離や移動速度に関する分析を中心にタックルやスクラムなどの動作分析¹⁸⁻²¹、戦略・戦術に関する分析^{22,23}などが報告されている。Cunniffe et al.（2009）の報告は、GPSユニットを用いて総移動距離（Forwards: 6680 m, Backs: 7227 m）、高速度移動距離（> 20 km/h; Forwards: 524 m, Backs: 313 m）とラグビーのパフォーマンスを報告した最初の研究である²⁴。移動距離や移動速度に関する分析は、試合中の運動量や運動強度などの物理的特性を特定し、併せて試合中にどのような体力要素が求められているのかを考察することが可能となる。また、ポジション別に移動距離や移動速度を示すことでポジション間の運動特性の相違点なども明らかにすることができる。移動距離や移動速度に関するパフォーマンス分析は、スポーツ実践現場の戦術・戦略向上を目的としたコンディショニングから体力要素の向上を目的としたコンディショニングまで幅広く応用することが可能となる。本節では、移動距離、移動速度に関する試合中のパフォーマンスを分析する方法であるタイムモーション分析（Time motion analysis）に焦点をあて研究の動向を概説する。

タイムモーション分析は、試合中の移動（locomotion）や動き（movement）といった運動（motion）を時間単位で分類し、その運動の身体的負荷や試合の様相を定量化するための非

侵襲的手法である¹⁵。タイムモーション分析は、筆記法、ビデオ映像分析、GNSS など複数の手法を用いて分析されている。

1. 筆記法

ラグビー選手の移動距離や移動速度に関するパフォーマンス研究は、分析が行われた当初は試合中の選手の実際の移動軌跡を記録者が同一フィールドを縮小した記録紙に記入し、キルビメータを用いて移動距離や移動速度を計測する筆記法が用いられていた（図 1-4）。河瀬ら（1988）は、筆記法を用いて総移動距離（3051 m～4788 m）とともに移動速度を Walk（66 m～683 m）、3/4 スピード走（1449 m～3521 m）、Sprint 走（487 m～1741 m）に分類し、1 試合毎の結果を報告している²⁵。一方、筆記法は分析をする際に記録者の主観にデータが影響をうけ信頼性が低いとされる。また、計測からデータの解析までに多くの時間を要しフィールドバックする際も課題となる^{24,26}。



(Ohashi, 2020) ²⁷

図 1.4. キルビメータによる移動距離の測定

2. ビデオ映像分析

ビデオ分析 (Video based time-motion analysis) は、ビデオ映像から三角測量法の手法を応用した分析法や DLT (Direct Linear Transformation) 法などがある。

ビデオ分析を用いたラグビーのパフォーマンス分析は、1990 年代ごろから報告がされ²⁸⁻³⁰, Austin et al. (2011) は総移動距離 (4218 m ~ 6389 m), Roberts et al. (2008) は総移動距離 (5408 m ~ 6190 m), 高速度移動距離 (> 18.0 km/h; 419 m ~ 736 m) と報告している^{31,32}. 一方、筆記法と同様に映像を分析する際に記録者の主観にデータが左右される点や、試合映像上で 15 人を同時に分析するには多くの時間が費やされる点が依然として課題とされている^{24,26}.

DLT 法は、選手を複数のカメラで撮影して 3 次元座標に変換し位置情報を算出する方法である³³. 求める精度により選手の位置を 1 秒間に複数回デジタル化する必要があることや映像に移っていない対象は分析できないことから、競技人数が多く、ラックやモールで頻繁に人が重なるラグビーでは分析に時間と労力を要する。そのため、DLT 法を用いた研究報告のほとんどが^{34,35}, チーム内の数名のみを対象とした分析となっている¹⁵.

3. GNSS (Global Navigation Satellite System; 全地球測位衛星システム)

近年のテクノロジーの急速な進歩に伴いパフォーマンス分析に衛星を使った測位システムが用いられるようになってきた。衛星と交信する受信機とともに加速度計を内蔵した機器を選手に付帯させデータを計測する方法である。

この衛星を使った測位システムは、GNSS とよばれる。GNSS は、地上約 20000 km を飛行している複数の衛星からの電波に乗せられた時刻情報を受信機で受信し演算することで、地球上における位置 (緯度, 経度, 高さ) を計測することができるシステムである³⁶. GNSS を行う衛星には、アメリカの GPS (Global Positioning System), ロシアの GLONASS (Global Navigation Satellite System), ヨーロッパの Galileo, 日本の準天頂衛星 (QZSS) 等がある³⁷⁻³⁹. GPS は元来、1970 年にアメリカで軍需品として軍事車両や歩兵の位置把握, ミサイルや爆弾の誘導などを目的に開発され、2000 年 5 月に民生用として利用できるようになった⁴⁰.

GPS 衛星からの距離は、GPS 衛星から発信された電波が受信機に到達するまでに要した時間から求められる。衛星から発信される電波には、衛星の軌道情報・原子時計の正確な時刻情報などが含まれる。通常、4 機以上の衛星から送信された電波を、複数の測量用受信機で同時観測し、これらのデータを組み合わせて解析し、観測点間の幾何学的な三次元の位置関係を数センチメートル以下の誤差で得る。GPS は、地上の位置関係を求める測量作業、角度や距離を測る光学機器 (トータルステーション) による測量と比べ、観測点間の見通しが不要で、天候にも左右されないため、効率的に実施できる。ただし、屋内施設やスタジアムによっては屋根の形状により、GPS 衛星の受信状態に影響を受ける場所では GPS ユニットの利用ができない点が機器の制限としてあげられる。

GPS ユニット (GPS 受信機 + 加速度計) のスポーツ実践現場での活用は 1997 年頃から始

まったとされ²⁴、サッカー、ラグビーユニオン、ラグビーリーグ、オーストラリアン・フットボール (AFL)、ゲーリックフットボール (gaelic football)⁴¹⁻⁴³、フィールドホッケー⁴⁴⁻⁴⁶、クリケット^{47,48}などでパフォーマンス分析をした先行研究が報告されている。サッカーでは Mallo et al. (2015) が総移動距離 (10206 m~11321 m)、高速度移動距離 (>19.8 km/h; 343 m~533 m)⁴⁹、ラグビーリーグでは Hulin et al. (2015) が総移動距離 (4289 m~7298 m)、高速度移動距離 (>18.0 km/h; 310m~852 m)⁵⁰、AFL では Brewer et al. (2010) が総移動距離 (12311 m)、高速度移動回数 (>15.0 km・h⁻¹; 271 回)⁵¹、ゲーリックフットボールでは Malone et al. (2017) が総移動距離 (6892 m~9523 m)、高速度移動距離 (>17.0 km/h; 1366 m~2228 m)⁴³、フィールドホッケーでは Jennings et al. (2012) が総移動距離 (8638 m~10787 m)、高速度移動距離 (>15.0 km/h; 1418 m~2787 m)⁴⁵と報告している。

また、近年 GPS ユニットにより算出したデータの妥当性や信頼性を検討した研究も報告されている⁵²⁻⁵⁴。Waldron et al. (2011) は、5Hz の GPS ユニットの信頼性を変動係数 (CV) を用いて評価し、距離や速度の計測に信頼性が認められると報告している。一方、加速に関しては信頼性が低下することを示しており測定限界を示唆している⁵³。Petersen et al. (2009) は、ウォーキングからストライド走までの速度は推定するのに十分な妥当性と信頼性を担保できるが、短距離のスプリントは機器の制限として示している⁵⁴。Rampinini et al. (2015) は、GPS ユニットのサンプリング頻度と測定精度の影響を検討し、サンプリング頻度が高いことが高い精度を得るための要因である可能性を示している⁵⁵。5Hz と 10Hz のサンプリングの GPS ユニット間の比較では、10Hz の方 (サンプリング頻度が高い方) が精度が高くなると報告し、また両 GPS ともに移動速度が上がるに従い精度が低下すると報告している。高速の移動においては、10Hz のサンプリングの GPS ユニットのほうが 5Hz のサンプリングの GPS ユニットと比較して精度が高かったと報告している。総移動距離や低速~中程度の速度の移動については、十分にパフォーマンスを示す指標としてとして利用することができる。一方、高速の移動はサンプリング頻度の制限によるデータのバラツキが含まれることを考慮しつつデータを分析する必要がある。

スポーツ実践現場での GPS ユニットの使用は、主に試合や練習中のパフォーマンス評価や運動量や運動強度などの運動負荷の計測を目的として利用されている。以下、GPS ユニットにより算出される主な項目を概説する。

1) 移動距離 (m)、移動速度 (m/sec, km/h)

実際に選手が移動した距離や速度であり、総移動距離は試合開始から終了までの間に移動した距離として算出される。データは、前半・後半毎、10分毎や20分毎のなどで様々な時間区分で算出することも可能であり、試合の経過による移動距離の推移を評価することもできる。また、移動速度を基に速度帯を設定し、速度帯毎の移動距離を絶対値 (m) や総移動距離に対する相対値 (%) で算出し試合中の移動形態がどのような様相を示すか検討することもできる。さらに、速度帯毎のエントリー回数を算出し、速い速度帯のエントリー回

数からスプリントの回数を分析することもできる。速度帯の設定は、選手の最高速度を基に個別（相対値）に設定することも可能である。その他、移動距離を試合時間で除し単位時間あたりの平均速度を算出し試合の強度としての評価もできる。

2) 最高速度 (m/sec)

試合中に選手が発揮した最高走速度のことであり、実際の試合でどの程度の最高速度が発揮されているのか、どのような局面で最高速度が発揮されているのかを分析することができる。

3) 加速回数(count)

加速回数は、GPS データからの加速度を基に算出する。加速度は、GPS による位置情報から移動距離を求め、その変化量つまり時間微分した値（速度情報）をさらに時間微分し算出する。加速回数も加速度強度帯を設定することが可能であり、高い加速度 (2.5 m/s^2 以上) からスプリントの回数、距離、持続時間などの評価もできる。

4) インパクト回数(count)

インパクト回数は、主にコンタクトを評価する指標として使用される。インパクト回数は、GPS ユニットに内蔵されている三軸加速度計から算出する。三軸加速度計は、衝撃加速度を計測することが可能であり GPSports 社の GPS ユニットはインパクト回数を“G”を基に評価する。“G”は、三軸（直線）加速度計から3方向の加速度データ（運動・衝撃含む）を得て合成加速度を計算し、その値を重力加速度（G） 9.81 m/s^2 で除して算出する。

インパクト回数も複数のインパクト強度帯を設定することが可能であり、高いインパクト（10 G 以上）から、タックルやブレイクダウンなどの相手選手との接触、地面との接触時などを分析することができ、試合中のコンタクトによる身体負荷の推定が行える。

5) 心拍数 (beats/min)

GPS ユニットは、胸部式心拍計を併用することで心拍数のデータを同時に記録でき、心拍数から試合中の内的負荷を明らかにすることも可能である。

本節では、パフォーマンス分析の方法論の一つである GPS を代表とした GNSS について概説した。GNSS は、筆記法やビデオ分析と比較し移動距離や移動速度をより精確に計測することができる。また、フィールドにいる 15 人全員を同時に計測し、試合後に即座にデータを算出することもできる。さらに、試合中にリアルタイムにデータを分析することも理論的には可能である。

GPS を代表とした GNSS は、競技人数が 15 人と多く多様なプレーが試合中に繰り返されるラグビーの様相を評価する方法として現在最も有用と考えられる。次に、現在報告されて

いる GPS ユニットを用いたラグビーのパフォーマンス分析について概説する。

2009 年, Cunniffe et al. (2009) が GPS ユニットを用いたラグビーの試合中のパフォーマンス分析を報告している²⁴。1 試合あたりの総移動距離, 速度帯毎移動距離, 加速度帯毎回数, インパクト強度帯毎回数, 心拍数に関して報告している。彼らの報告は, GPS ユニットを使用したラグビーのパフォーマンス分析の最初の研究であり, 速度帯毎移動距離や加速度帯毎回数の各強度帯を設定する際の指標として参照されている。一方, 対象試合数は 1 試合で対象選手が Forwards, Backs 各々 1 人ずつとサンプル数が少なくパフォーマンス分析として十分ではない。

2011 年には, Venter et al. (2011) が南アフリカの 19 歳以下代表 (U19) の試合を対象として総移動距離, 速度帯毎移動距離を報告している⁵⁶。U19 が対象であり, また総移動距離と速度帯毎移動距離の報告のみであり加速回数やインパクト回数などの指標は報告されていない。同年, Coughlan et al. (2011) が国際試合を対象試合として総移動距離, 速度帯毎移動距離, インパクト強度帯毎回数を報告している⁵⁷。競技レベルが最も高い国際試合を対象とした最初の研究であるが, 試合数が 1 試合, 対象選手も Forwards, Backs 各々 1 人ずつある点が課題としてあげられる。

2013 年には, Cahill et al. (2013) が English Premiership Club の 44 試合を対象とし 276 サンプルを用いてポジション毎に 1 試合あたりのパフォーマンスを報告している⁵⁸。多くのサンプル数が確保され, Forwards と Backs の分類とともに各ポジションの結果を報告している点でラグビーの運動様式や運動負荷などのパフォーマンスを評価する有用な研究である。一方, パフォーマンスを示す指標は, 総移動距離と速度帯毎移動距離のみであり加速度強度帯回数やインパクト強度帯毎回数は示されていない。

2015 年には, Lindsay et al. (2015) が Super 15 の 15 試合を対象に 37 サンプルを用いて, 総移動距離, 速度帯毎移動距離を 6 つのポジションに分け報告している⁵⁹。同年, Jones et al. (2015) は, European Cup と Celtic League の 33 試合を対象とし 112 サンプルを用いて総移動距離, 速度帯毎移動距離, 加減速度帯毎回数, インパクト強度帯毎回数を報告している⁶⁰。彼らの研究は, 1 試合全てに出場 (80 分) したサンプルの他に途中交代した 60 分出場したサンプルも結果に含まれており 1 試合あたりのパフォーマンスを示すデータとして十分とはいえない。

現在までに報告されている GPS ユニットを用いたラグビーのパフォーマンス分析の多くでは, 1 試合あたりの移動距離や移動速度, 加速回数, インパクト回数を中心にポジション毎のデータが報告されている。これらの指標は, 複雑なラグビーの様相をポジション毎に分析しておりスポーツの実践現場で試合の要求に基づいたコンディショニング・プログラムを計画する際に有益な情報となる。一方, 報告されている先行研究においてはサンプル数が少ない, ポジションを細分化しデータを提示した研究が少ない, 統計学的解析を加えた報告が少ないなど十分にパフォーマンスを分析することができていない問題点がある。また, 試合の推移や試合展開によってもデータが影響を受けるものと考えられるがこ

これらの点を検討した研究はない。ラグビーの試合中のパフォーマンスはまだ十分に分析されておらず、安全かつ効果的なコンディショニングに反映させるための基礎的研究は不足している。

第5節 目的

本論文は、ラグビーの実践現場におけるパフォーマンス向上やスポーツ傷害の予防にむけた安全かつ効果的なコンディショニングを実施する際に有用な情報となるラグビーの試合中のパフォーマンスを分析することを目的とした。試合中のパフォーマンス分析を研究①、研究②、研究③に分けて実施した。

研究①では、GPS ユニットを用いポジション毎のパフォーマンスを分析した（第2章）。ポジションを **Forwards** と **Backs** の分類とともに全 10 ポジションに分類し、1 試合あたりのパフォーマンス分析の結果からポジション毎の運動負荷や運動様式を明らかにすることを目的とした。

研究②では、試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化を分析した（第3章）。前半 40 分、後半 40 分の計 80 分の試合時間の中で、試合時間の経過によるパフォーマンスの推移やパフォーマンス変化のポジション間の相違などを明らかにすることを目的とした。

研究③では、試合展開に伴うパフォーマンスの変化について分析した（第4章）。試合結果や試合展開がパフォーマンスに与える影響を明らかにすることを目的とした。

研究①、研究②、研究③によって得られた知見を基に総括として、GPS ユニットによるパフォーマンス分析のコンディショニングへの応用例を示し、GPS ユニットを用いたパフォーマンス分析の有用性と今後の課題を論述した（第5章）。

第2章 研究① GPS ユニットを用いたポジション毎のパフォーマンス分析

第1節 背景と目的

第1章においてラグビーの実践現場で安全かつ効果的なコンディショニングを実践するためには、試合中のパフォーマンスを詳細に分析することの重要性を示した。試合中のパフォーマンスが明らかになることで、試合中の運動様式や運動負荷を評価することができ、それに基づいたコンディショニングの実践が可能となる。また、ラグビーは全10ポジションで構成されるがパフォーマンスにはポジション特性があると考えられる。ポジション毎のパフォーマンス特性が明らかになることで、その特性を反映したより安全かつ効果的なコンディショニングを実践することができる。

ラグビーのGPSユニットを用いた試合中のパフォーマンス分析は、第1章でも概説したが他の競技と比較して少なく^{24,58,61-63}、報告されている先行研究においても対象試合や対象数が少ない、データが統計学的に分析されていない、ポジション別に分析されていないなど試合中のパフォーマンス分析として十分ではない。我が国のエリートラグビー選手の試合中のパフォーマンス分析も著者らの報告だけである⁶⁴。よって、エリートラグビー選手のポジション別のパフォーマンスはいまだ十分に分析されていないといえる。

そこで、本章ではエリートラグビー選手のパフォーマンスをポジション毎に明らかにすることを目的とする。その際、ポジションは全10ポジションに分類し、ポジションごとに十分なサンプルサイズを確保し、ポジション毎の1試合あたりのパフォーマンスを統計学的に評価した。

第2節 方法

1. プロトコル

試合開始前に衛星とGPSユニット間の交信を安定させるために、GPSユニットを屋外の衛星と交信しやすい場所に5分間設置した。その後、GPSユニットを対象選手に装着させ通常通り試合に参加させた。試合終了後、GPSユニットに記録されたデータをパソコンにダウンロードし専用のソフトウェア (TeamAMS R1 2016. 4, GPSports Systems, Canberra, Australia) を用いてパフォーマンスの分析を行った。

2. 対象チーム, 対象試合, 対象者

対象チームは、ジャパンラグビートップリーグ (以下、トップリーグ) に所属する1チームとした。

対象試合は、トップリーグの2013年シーズン、2014年シーズン、2015年シーズンの3シーズンの公式試合とした。各シーズンの試合数と試合結果は、2013年シーズン14試合 (4勝10敗)、2014年シーズン16試合 (6勝10敗)、2015年シーズン15試合 (4勝10敗1分) の計45試合 (14勝30敗1分) であった⁶⁵。

対象者は、対象試合 45 試合のスターティングメンバー15名とし延べ 675 サンプルであったが (45 試合×15 名 延べ 675 サンプル)、GPS ユニット専用ベストの着用時の圧迫感による嫌悪感を訴える選手、喘息など呼吸器疾患の既往歴の有する選手を除外した。実際に計測したサンプル数は延べ 492 サンプルであった。その中から途中交代や怪我により一時的に退出したサンプルを除外し、1 試合 (80 分) 全てに出場したサンプルのみを分析に利用した。最終的に分析に利用したサンプル数は述べ 298 サンプルであった。

3. ポジション分類

ラグビーのポジションは、Prop (PR), Hooker (HO), Lock (LO), Flanker (FL), Number eight (No. 8), Scrum half (SH), Fly half (FH), Wing (WTB), Centre (CTB), Full back (FB) の 10 ポジションから構成される¹²。ラグビーはポジションによりプレーの特性が異なり、ポジション別の検討が必要であると報告されている⁶⁶。本章では、Forwards (PR, HO, LO, FL, No. 8), Backs (SH, FH, WTB, CTB, FB) の分類とともに、ポジションをグループ化しない全 10 ポジションで分析を行った。

4. GPS ユニット

GPS ユニットは、SPI Pro X II (GPSports Systems, Canberra, Australia) を用いた (図 2-1)。SPI Pro X II は、データを計測した 2013 年シーズンから 2015 年シーズン当時、流通している GPS ユニットの中で最もサンプリング精度が高く、またラグビーをはじめとしたあらゆる競技で使用実績が多いことから採用した⁶⁷。さらに、三軸加速度計を内蔵、Polar の心拍計と同期できることも利点である。GPS のサンプリング周波数は 5 Hz、内蔵されている三軸加速度計のサンプリング周波数は 100 Hz であった。

GPS ユニットの装着は、GPS 専用ベストを用い対象者の左右肩甲骨間の中央上部に位置するようにした (図 2-2)。また、GPS 専用ベストの装着により試合中の動作が制限されることはない。



図 2-1. GPS ユニット (SPI Pro X II; GPSports Systems)
サイズ: 74mm×42mm×16mm 重量: 67g

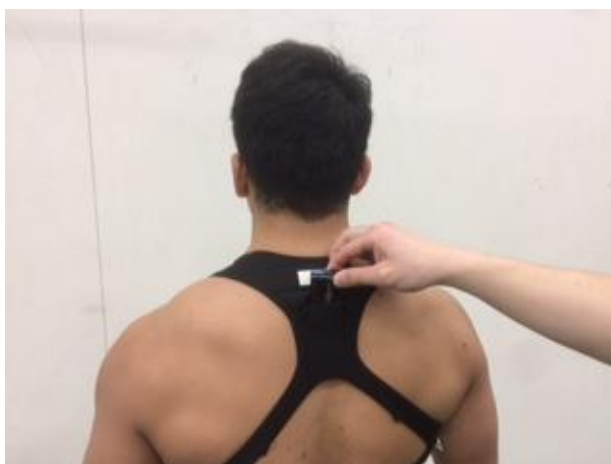


図 2-2. GPS ユニットの装着

5. GPS ユニットの分析項目

試合中のパフォーマンスを分析することを目的に、総移動距離、速度帯毎移動距離、加速回数、インパクト回数、スプリント回数を計測した。各分析項目の詳細は以下の通りとした。

1) 総移動距離 (m)、速度帯毎移動距離 (m/sec)

総移動距離 (Total distance) は、試合開始から終了までの間に移動した距離として算出した。この理由は、Out of play も次のプレーのポジショニングを行うために必要な移動を行っているからである^{68,69}。

速度帯毎移動距離は、試合中の移動速度を基に速度帯を 3 つに分類し速度帯毎の移動距離を分析した。速度帯は、Cunniffe et al. (2009) が用いた分類を基に 3 つに設定した²⁴。速度帯の基準は、①Speed zone 1 (以下, SZ-1) : 0-3.3 m/sec, ②Speed zone 2 (以下, SZ-2) : 3.4-5.0 m/sec, ③Speed zone 3 (以下, SZ-3) : > 5.1 m/sec とした。

速度帯毎移動距離は、各速度帯で移動した距離の絶対値、総移動距離に対する各速度帯の移動距離の割合の相対値にて結果を算出した。

2) 加速回数(count)

加速度は、GPS による位置情報から移動距離を求め、その変化量つまり時間微分した値(速度情報)をさらに時間微分し加速度を算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) が用いた方法に従い 3 つの加速度強度帯に設定した²⁴。3 つの加速度強度帯の基準は、①Acceleration zone 1 (以下, AZ-1) : 1.5-2.0 m/s², ②Acceleration zone 2 (以下, AZ-2) : 2.0-2.5 m/s², ③Acceleration zone 3 (以下, AZ-3) : > 2.5 m/s² とした。

3) スプリント回数(count)

スプリントは、GPS データから算出した加速度から計測した。加速度が 2.5 m/s² 以上で 1 秒以上継続した移動をスプリントとして定義した。スプリントの結果から、1 試合あたりの総スプリント回数、距離帯毎スプリント、Repeat Sprint Efforts (RSE) の各々の回数を算出した。距離帯毎スプリントは、スプリントを実行した距離を①0-5 m, ②6-10 m, ③11-20 m, ④21-30 m, ⑤31-40 m, ⑥> 40 m に分類し各々の距離帯毎のスプリント回数を計測した。RSE は、スプリントが終了してから再度スプリントが発生する時間が 30 秒以内の場合とし、後のスプリントを RSE とした。

4) インパクト回数(count)

インパクトは、主にコンタクトを評価する指標として用いた。GPS ユニットに内蔵されている三軸加速度計は、身体の移動に伴う加速だけでなく地面との接地や相手選手との接触等での衝撃加速度等も計測することが可能である。GPSports Systems 社の GPS ユニット

ではインパクトを“G”を基に計測した。“G”は三軸（直線）加速度計から 3 方向の加速度データ（運動・衝撃含む）を得て合成加速度を計算し、その値を重力加速度（G）の 9.81 m/s² で除し算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) が用いた方法に従い 2 つのインパクト強度帯を設定した²⁴。2 つのインパクト強度帯の基準は、①Impact zone 1（以下、IZ-1）：8.1-10.0 G、②Impact zone 2（以下、IZ-2）：> 10.0 G とした。

6. 統計学的解析

パフォーマンスを示す指標毎に結果を平均値±標準偏差とともに変動係数（CV: Coefficient of Variation）を併せて示した。ポジション別の群間比較は、まず Bartlett 検定にて分散の均一性を確認した。多くの指標で等分散性が確認されなかったためノンパラメトリックの手法である Kruskal-Wallis 検定、多重比較は Steel-Dwass 検定を用いた。有意水準は 5 %未満とした。全体の効果量は ϵ_p^2 、ポジション間の効果量は Cohen's d を用いた。統計学的解析は、解析ソフト“R（R 3.0.2）”を用いた。

また、各ポジションの属性を分析することを目的にクラスター分析を用いた。類似度は、Euclidean 距離、クラスター合併方法は Ward 法とした。

第 3 節 結果

1. 総移動距離（m）、速度帯毎移動距離（m/sec）

1 試合あたりの総移動距離は、Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した（ $p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.177$ ）（図 2-3A）。Forwards の中では、LO（ $d = 1.484$ ）、FL（ $d = 1.559$ ）が No.8 より有意に高い値を示し（ $p < 0.05$ ）、Backs の中では、SH が WTB（ $d = 1.633$ ）、CTB（ $d = 1.915$ ）より有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。また、FB は FH（ $d = 1.395$ ）、WTB（ $d = 1.680$ ）、CTB（ $d = 1.945$ ）より有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）（表 2-1、図 2-4A）。変動係数（CV）は、全 10 ポジションともに 10%以内であり、特に SH と FB は 5 %前後と低い値を示した（表 2-1）。

SZ-1 も Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した（ $p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.353$ ）（図 2-3 B）。Forwards の中では、ポジション間に有意差は認められなかったが、Backs の中では、FH と FB が SH（FH $d = 1.580$, FB $d = 2.980$ ）、WTB（FH $d = 0.925$, FB $d = 2.133$ ）、CTB（FH $d = 0.887$, FB $d = 2.169$ ）より有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）（表 2-1、図 2-4 B）。

SZ-2 は、Forwards と Backs 間で有意差は認められなかった（図 2-3 C）。Forwards の中では、LO（PR $d = 0.923$, No.8 $d = 1.291$ ）と FL（PR $d = 0.904$, No.8 $d = 1.255$ ）が PR, No. 8 より有意に高い値を示し（ $p < 0.05$ ）、Backs の中では、SH が他の Backs（FH $d = 2.322$, CTB $d = 4.591$, WTB $d = 3.781$, FB $d = 2.477$ ）より、FH（CTB $d = 0.865$, WTB $d = 0.798$ ）と FB（CTB $d = 1.379$, WTB $d = 1.207$ ）が CTB と WTB より有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）（表 2-1、図 2-4 C）。

SZ-3 は、Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.314$) (図 2-3 D). Forwards の中では、LO (PR $d = 1.101$, No.8 $d = 1.507$) と FL (PR $d = 1.551$, No.8 $d = 2.023$) が PR, No.8 より有意に高い値を示し ($p < 0.05$), Backs の中では、SH と WTB が FH (SH $d = 2.571$, WTB $d = 1.556$) と CTB (SH $d = 1.299$, WTB $d = 0.685$) より、FB ($d = 1.481$) と CTB ($d = 1.175$) は FH より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-1, 図 2-4 D).

総移動距離, SZ-1, SZ-2, SZ-3 を変数としたクラスター分析の結果は、クラスターを 2 つに設定した際は Forwards と Backs (FH を除く) に属性が分類された。クラスターをさらに細分化した際には、Backs が SH とその他の Backs, Forwards が PR と HO の Front row (FR), LO, FL が同じサブグループとして細分化された (図 2-5).

2. 加速回数 (count)

AZ-1 から AZ-3 の総回数は、Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.274$) (図 2-6 A, B). Forwards の中では、LO (PR $d = 1.315$, No.8 $d = 1.731$), FL (PR $d = 1.505$, No.8 $d = 1.868$) が PR, No.8 より有意に高い値を示し ($p < 0.05$), Backs の中では、SH (FH $d = 1.591$, CTB $d = 1.806$, WTB $d = 1.196$, FB $d = 1.568$) が他の Backs より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-2, 図 2-7 A).

AZ-3 は、Forwards と比較し Backs が有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.412$) (図 2-6). Forwards の中では、LO (PR $d = 1.834$, No.8 $d = 1.428$), FL (PR $d = 2.158$, No.8 $d = 1.787$) が PR, No. 8 より有意に高い値を示し ($p < 0.05$), Backs の中では、FB が WTB (FB $d = 0.867$) より有意に低い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-2) (図 2-7 B).

AZ-1, AZ-2, AZ-3 を変数としたクラスター分析を行った結果は、移動速度帯を基にしたクラスター分析の結果と類似した結果となった。Forwards では PR と HO, LO と FL がサブグループとして分類され、Backs では SH と FH, CTB と WTB と FL がサブグループとして分類された。(図 2-8).

3. スプリント回数 (count)

スプリント回数は、Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.11$) (表 2-3, 図 2-9 A). Forwards の中では、LO (PR $d = 2.056$, HO $d = 2.425$, No. 8 $d = 1.085$) と FL (PR $d = 2.163$, HO $d = 2.56$, No. 8 $d = 1.278$) が PR, HO, No. 8 より有意に高い値を示し ($p < 0.05$), Backs の中では、SH (CTB $d = 1.374$, WTB $d = 1.224$, FB $d = 1.462$), FH (CTB $d = 0.754$, WTB $d = 0.467$, FB $d = 0.825$) が CTB, WTB, FB より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-3, 図 2-10 A)

距離帯毎スプリントのポジション間の結果を表 2-3, 図 2-10 C-H に示した。

RSE のポジション間の比較は、スプリント回数と同様な結果を示した。Backs が Forwards と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.142$) (表 2-3) (図 2-9 B). Forwards の中

では、LO (PR $d=1.809$, HO $d=2.004$, No. 8 $d=1.158$) と FL (PR $d=1.615$, HO $d=1.761$, No. 8 $d=1.094$) が PR, HO, No. 8 より有意に高い値を示し ($p < 0.05$), Backs の中では、SH (CTB $d=1.254$, WTB $d=1.015$, FB $d=1.189$), FH (CTB $d=0.763$, WTB $d=0.574$, FB $d=0.731$) が CTB, WTB, FB より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-3, 図 2-10 B) スプリント回数, 距離帯毎スプリント, RSE を変数としたクラスター分析を行った結果を図 2-11 に示した. クラスターを 4 つに設定した場合は, ①PR, HO, No. 8, ②LO, FL, ③SH, FB, ④CTB, WTB, FB に分類された.

4. インパクト回数(count)

IZ-1 と IZ-2 の総回数は、加速度とは対照的に Forwards が Backs と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.012$) (図 2-6 C, D). Forwards の中では、ポジション間の有意差はなく、Backs の中で、CTB が SH (CTB $d=0.830$), FH (CTB $d=0.973$), WTB (CTB $d=0.926$) より有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 2-4, 図 2-12 A).

IZ-2 の回数もまた Forwards が Backs より有意に高い値を示した ($p < 0.05$, $\epsilon_p^2 = 0.023$) (図 2-4). Forwards, Backs の中ともにポジション間で有意差は認められなかった (表 2-4, 図 2-12 B).

IZ-1, IZ-2 を変数としたクラスター分析を行った結果を図 2-13 に示す. SH と FB の属性が特異的であった.

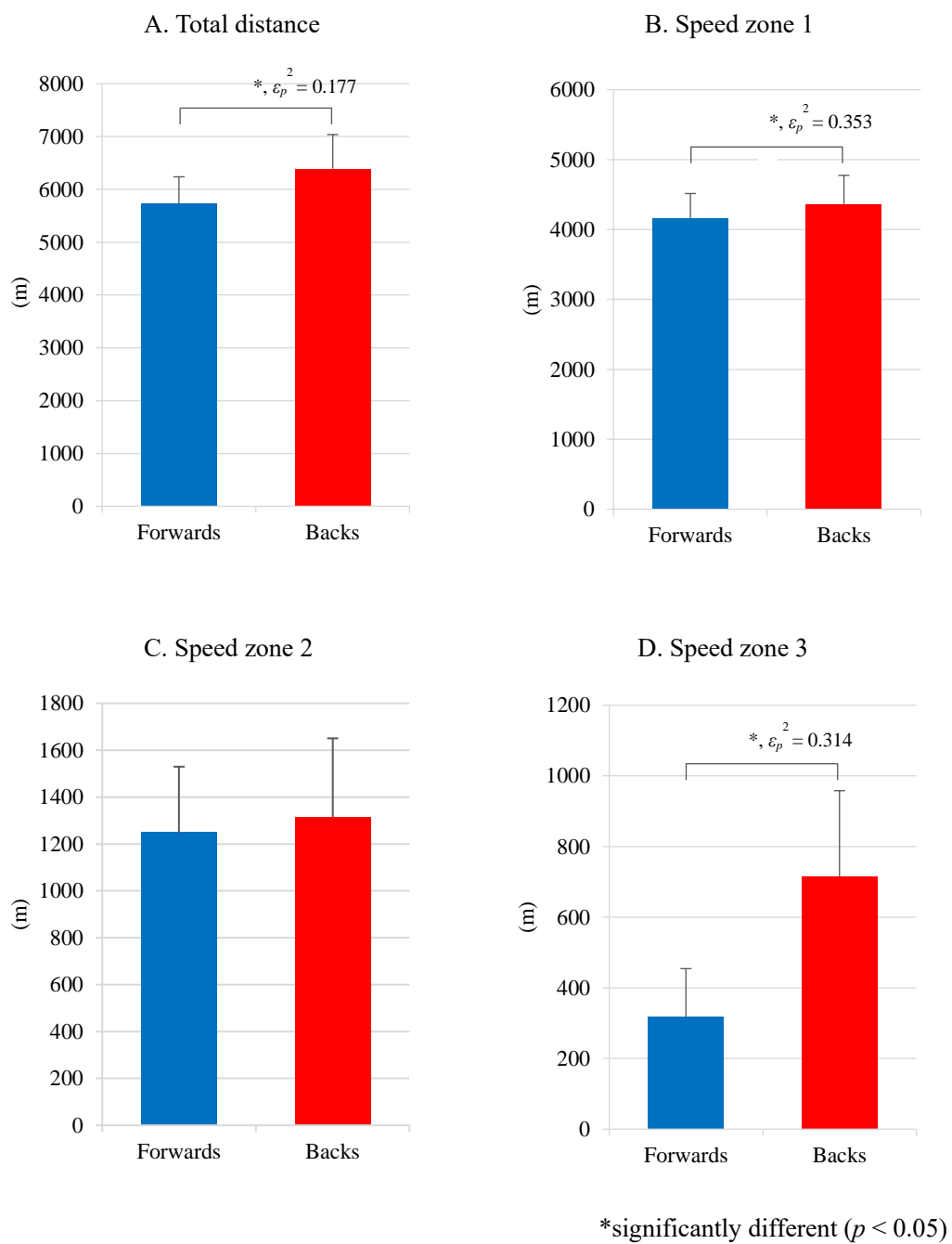


図 2-3. Forwards と Backs の 1 試合あたりの総移動距離と速度帯毎移動距離

表 2-1. ポジション毎の1試合あたりの総移動距離と速度帯毎移動距離

Position	n	Total distance		Speed zone 1			Speed zone 2			Speed zone 3		
		Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.	Percent *	Mean ± S.D.	CV.	Percent *	Mean ± S.D.	CV.	Percent *
Forwards	119	5731.1 ± 507.81	8.9%	4164.5 ± 351.54	8.4%	(72.7%)	1249.4 ± 280.36	22.4%	(21.8%)	317.4 ± 136.98	43.2%	(5.5%)
Prop	11	5602.9 ± 540.20	9.6%	4274.5 ± 405.65	9.5%	(76.3%)	1116.8 ± 225.67	20.2%	(19.9%)	211.6 ± 110.25	52.1%	(3.8%)
Hooker	6	5509.6 ± 449.03	8.2%	4244.2 ± 224.46	5.3%	(77.0%)	1026.8 ± 210.77	20.5%	(18.6%)	238.5 ± 88.90	37.3%	(4.3%)
Lock	45	5872.0 ± 446.30	7.6%	4215.6 ± 411.33	9.8%	(71.8%)	1334.4 ± 245.25	18.4%	(22.7%)	339.4 ± 121.46	35.8%	(5.8%)
Flanker	38	5887.5 ± 424.68	7.2%	4118.4 ± 262.85	6.4%	(70.0%)	1340.9 ± 268.02	20.0%	(22.8%)	395.9 ± 126.78	32.0%	(6.7%)
Number 8	19	5228.6 ± 420.27	8.0%	4046.8 ± 301.06	7.4%	(77.4%)	1028.3 ± 228.70	22.2%	(19.7%)	194.2 ± 61.72	31.8%	(3.7%)
Backs	179	6392.1 ± 646.87	10.1%	4363.4 ± 412.17	9.4%	(68.3%)	1313.8 ± 336.76	25.6%	(20.6%)	715.0 ± 242.94	34.0%	(11.2%)
Scrum half	13	7014.0 ± 327.95	4.7%	4103.2 ± 256.40	6.2%	(58.5%)	2037.9 ± 194.40	9.5%	(29.1%)	872.9 ± 166.12	19.0%	(12.4%)
Fly half	20	6409.4 ± 553.41	8.6%	4536.2 ± 290.65	6.4%	(70.8%)	1412.1 ± 327.77	23.2%	(22.0%)	466.7 ± 149.42	32.0%	(7.3%)
Center	55	6110.0 ± 581.48	9.5%	4264.4 ± 321.61	7.5%	(69.8%)	1184.3 ± 177.08	15.0%	(19.4%)	654.6 ± 169.90	26.0%	(10.7%)
Wing	67	6248.2 ± 576.68	9.2%	4234.6 ± 358.27	8.5%	(67.8%)	1177.4 ± 256.58	21.8%	(18.8%)	811.4 ± 275.26	33.9%	(13.0%)
Full back	24	7088.9 ± 410.63	5.8%	4947.0 ± 307.69	6.2%	(69.8%)	1483.1 ± 250.10	16.9%	(20.9%)	705.5 ± 172.34	24.4%	(10.0%)

S.D. = standard deviation, CV. = coefficient of variation *総移動距離に対する各速度帯毎移動距離の割合

A. Total distance

		Forwards					Backs				
		Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*,<	n.s.	n.s.	*,<	*,<
	Hooker			n.s.	n.s.	n.s.	*,<	n.s.	n.s.	n.s.	*,<
	Lock				n.s.	*,>	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<
	Flanker					*,>	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<
	Number 8						*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half							n.s.	*,>	*,>	n.s.
	Fly half								n.s.	n.s.	*,<
	Center									n.s.	*,<
	Wing										*,<
	Full back										

B. Speed zone 1

		Forwards					Backs				
		Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*,<
	Hooker			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*,<
	Lock				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*,<
	Flanker					n.s.	n.s.	*,<	n.s.	n.s.	*,<
	Number 8						n.s.	*,<	n.s.	n.s.	*,<
Backs	Scrum half							*,<	n.s.	n.s.	*,<
	Fly half								*,>	*,>	*,<
	Center									n.s.	*,<
	Wing										*,<
	Full back										

C. Speed zone 2

		Forwards					Backs				
		Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop		n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	n.s.	n.s.	*,<
	Hooker			*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	n.s.	n.s.	*,<
	Lock				n.s.	*,>	*,<	n.s.	*,>	*,>	*,<
	Flanker					*,>	*,<	n.s.	*,>	*,>	*,<
	Number 8						*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half							*,>	*,>	*,>	*,>
	Fly half								*,>	*,>	n.s.
	Center									n.s.	*,<
	Wing										*,<
	Full back										

D. Speed zone 3

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Flanker				*,>	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						*,>	*,>	n.s.	n.s.
	Fly half							*,<	*,<	*,<
	Center								*,<	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

図 2-4. 総移動距離と速度帯毎移動距離の 10 ポジション間の統計学的解析

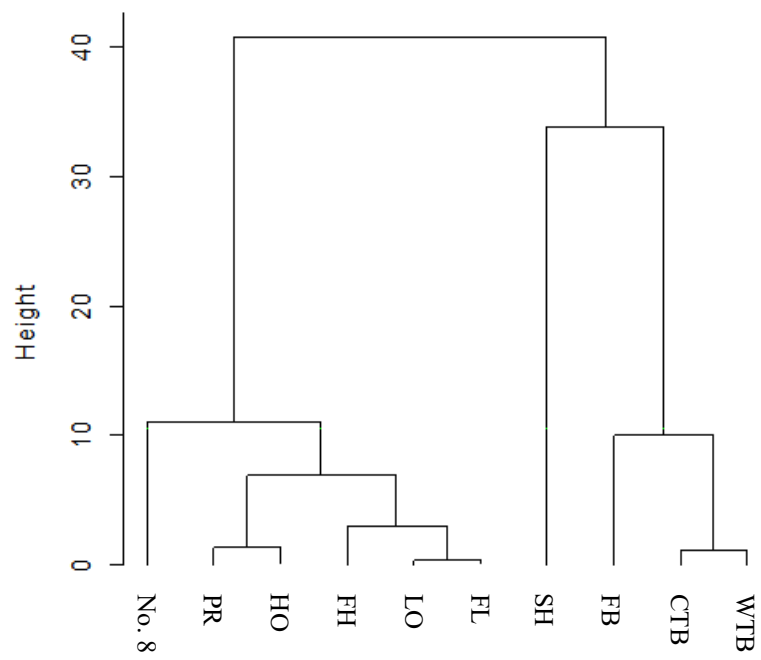


図 2-5. 総移動距離と速度帯毎移動距離を変数としたクラスター分析

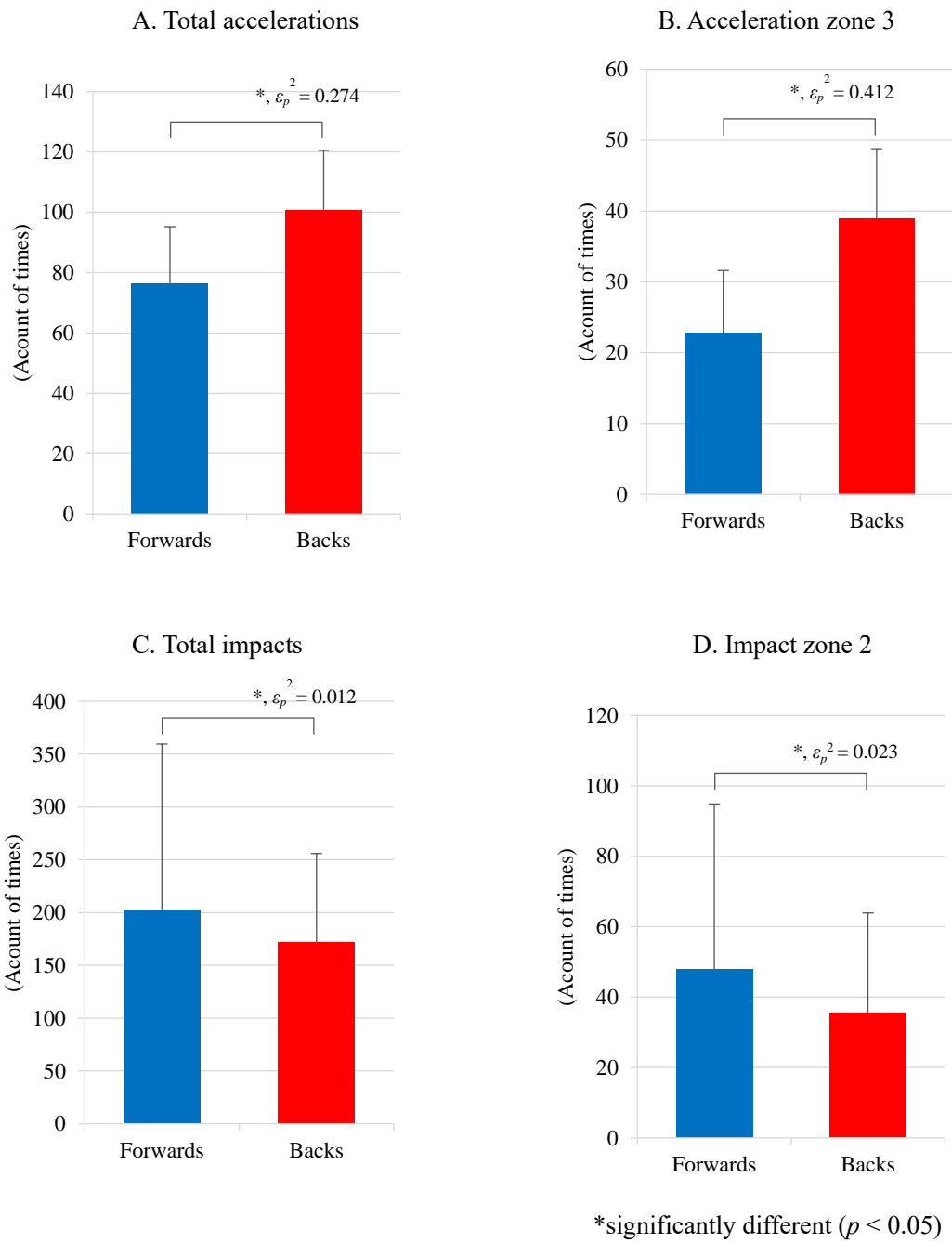


図 2-6. Forwards と Backs の 1 試合あたりの加速回数とインパクト回数

表 2-2. ポジション毎の 1 試合あたりの総加速回数と加速度強度帯毎回数

Position	n	Total acceleration		Acceleration zone 1		Acceleration zone 2		Acceleration zone 3	
		Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.
Forwards	119	76.3 ± 18.92	24.8%	28.2 ± 8.62	30.6%	25.4 ± 6.77	26.7%	22.8 ± 8.83	38.8%
Prop	11	61.5 ± 15.48	25.2%	27.7 ± 8.83	31.9%	20.5 ± 4.40	21.4%	13.2 ± 4.84	36.7%
Hooker	6	62.8 ± 14.72	23.4%	26.8 ± 4.56	17.0%	19.5 ± 7.14	36.6%	16.5 ± 4.89	29.6%
Lock	45	81.0 ± 14.15	17.5%	29.3 ± 7.16	24.5%	27.8 ± 6.61	23.8%	24.6 ± 7.36	29.9%
Flanker	38	86.4 ± 17.67	20.4%	30.6 ± 9.27	30.3%	26.6 ± 5.89	22.1%	27.9 ± 8.34	29.9%
Number 8	19	57.9 ± 12.45	21.5%	21.8 ± 7.88	36.1%	21.9 ± 5.74	26.2%	15.7 ± 4.89	31.2%
Backs	179	100.8 ± 19.69	19.5%	30.9 ± 9.27	30.0%	31.0 ± 8.01	25.9%	39.0 ± 9.81	25.2%
Scrum half	13	122.3 ± 12.07	9.9%	42.2 ± 9.13	21.7%	41.0 ± 6.9	16.7%	39.2 ± 8.05	20.6%
Fly half	20	94.5 ± 21.63	22.9%	27.9 ± 7.36	26.4%	29.5 ± 7.4	25.0%	37.8 ± 11.10	29.4%
Center	55	97.7 ± 15.04	15.4%	27.8 ± 5.89	21.2%	30.0 ± 7.0	23.2%	39.4 ± 9.56	24.2%
Wing	67	100.8 ± 22.35	22.2%	29.4 ± 8.63	29.4%	29.4 ± 8.4	28.4%	40.9 ± 9.81	24.0%
Full back	24	101.5 ± 14.30	14.1%	37.4 ± 10.35	27.7%	33.1 ± 5.7	17.1%	33.3 ± 7.61	22.8%

S.D. = standard deviation, CV. = coefficient of variation

A. Total accelerations

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<
	Flanker				*,>	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						*,>	*,>	*,>	*,>
	Fly half							n.s.	n.s.	n.s.
	Center								n.s.	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

B. Acceleration zone 3

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	*,<	*,<	*,<	n.s.
	Flanker				*,>	*,<	n.s.	*,<	*,<	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Fly half							n.s.	n.s.	n.s.
	Center								n.s.	n.s.
	Wing									*,>
	Full back									

図 2-7. 加速回数の 10 ポジション間の統計学的解析

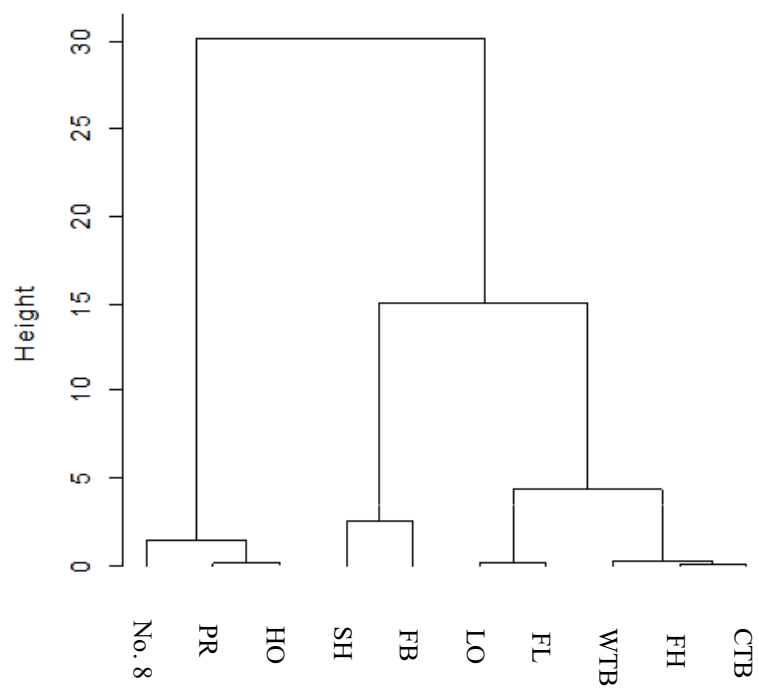


図 2-8. 加速回数を変数としたクラスター分析

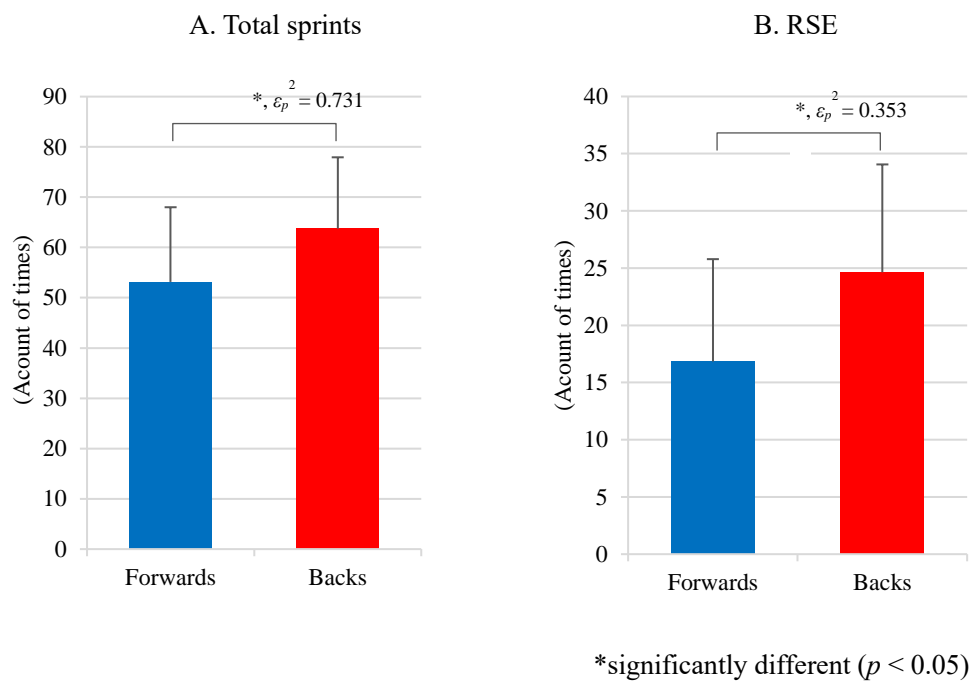


図 2-9. Forwards と Bucks の 1 試合あたりのスプリント回数

表 2-3. ポジション毎の1試合あたりのスプリント回数, 距離帯毎スプリント回数, RSE

Position	n	Total sprints Mean ± S.D.	Distance of Sprints												RSE	
			0 - 5 m		6 - 10 m		11 - 20 m		21 - 30 m		31 - 40 m		> 40 m		Mean ± S.D.	Percent*
			Mean ± S.D.	Percent*	Mean ± S.D.	Percent*	Mean ± S.D.	Percent*	Mean ± S.D.	Percent*	Mean ± S.D.	Percent*	Mean ± S.D.	Percent*		
Forwards	118	53.1 ± 14.85	18.14 ± 5.61	(34.1%)	13.89 ± 5.56	(26.1%)	12.68 ± 6.07	(23.9%)	5.5 ± 2.92	(10.4%)	1.9 ± 1.73	(3.6%)	1.0 ± 1.16	(1.8%)	16.8 ± 8.95	(31.7%)
Front row	11	36.9 ± 9.44	14.9 ± 3.96	(40.4%)	10.1 ± 3.96	(27.3%)	6.1 ± 3.87	(16.5%)	3.9 ± 2.84	(10.6%)	1.6 ± 1.15	(4.4%)	0.3 ± 0.45	(0.7%)	8.6 ± 4.58	(23.4%)
Hooker	6	32.2 ± 10.35	11.7 ± 3.90	(36.3%)	8.7 ± 4.03	(26.9%)	5.5 ± 2.99	(17.1%)	4.2 ± 1.95	(13.0%)	1.2 ± 0.90	(3.6%)	1.0 ± 0.82	(3.1%)	8.0 ± 3.79	(24.9%)
Locks	43	57.4 ± 10.46	20.3 ± 4.48	(35.3%)	14.4 ± 4.71	(25.1%)	13.2 ± 5.45	(23.1%)	6.2 ± 2.87	(10.7%)	2.3 ± 2.10	(4.0%)	1.0 ± 1.14	(1.7%)	19.7 ± 7.36	(34.4%)
Flanker	38	60.9 ± 12.57	18.9 ± 6.21	(31.1%)	16.6 ± 5.54	(27.2%)	15.7 ± 5.75	(25.8%)	6.5 ± 2.71	(10.7%)	1.8 ± 1.47	(2.9%)	1.3 ± 1.32	(2.2%)	20.3 ± 9.09	(33.2%)
Number 8	20	44.4 ± 13.32	15.7 ± 4.56	(35.4%)	11.3 ± 5.04	(25.5%)	11.5 ± 4.52	(25.8%)	3.7 ± 2.24	(8.3%)	1.7 ± 1.62	(3.8%)	0.6 ± 0.86	(1.2%)	11.3 ± 7.18	(25.5%)
Backs	178	63.7 ± 14.19	15.5 ± 5.84	(24.3%)	17.4 ± 5.60	(27.3%)	17.8 ± 5.38	(28.0%)	7.5 ± 3.24	(11.8%)	3.4 ± 2.15	(5.3%)	2.1 ± 1.64	(3.3%)	24.6 ± 9.43	(38.6%)
Scrum half	13	77.2 ± 11.28	21.1 ± 2.70	(27.3%)	17.7 ± 3.69	(22.9%)	22.7 ± 6.02	(29.4%)	9.4 ± 3.13	(12.2%)	3.3 ± 2.16	(4.3%)	3.1 ± 1.90	(4.0%)	33.3 ± 9.71	(43.1%)
Fly half	21	72.0 ± 16.73	21.0 ± 6.24	(29.2%)	22.9 ± 6.48	(31.8%)	17.9 ± 5.48	(24.8%)	7.0 ± 3.15	(9.7%)	2.0 ± 1.29	(2.8%)	1.1 ± 0.99	(1.6%)	29.8 ± 11.37	(41.3%)
Center	52	60.8 ± 12.53	15.2 ± 6.07	(25.0%)	17.3 ± 5.23	(28.4%)	17.2 ± 4.84	(28.3%)	6.4 ± 2.30	(10.5%)	3.2 ± 1.67	(5.2%)	1.6 ± 1.52	(2.6%)	22.4 ± 7.59	(36.8%)
Wing	66	62.3 ± 13.07	13.6 ± 4.43	(21.8%)	16.1 ± 5.35	(25.9%)	17.7 ± 5.42	(28.5%)	8.3 ± 3.46	(13.3%)	4.2 ± 2.46	(6.7%)	2.5 ± 1.60	(4.0%)	24.0 ± 8.70	(38.5%)
Full back	26	59.8 ± 12.53	13.7 ± 4.65	(23.0%)	16.4 ± 4.12	(27.5%)	16.8 ± 4.60	(28.2%)	7.3 ± 3.45	(12.2%)	3.2 ± 1.94	(5.3%)	2.3 ± 1.61	(3.9%)	22.4 ± 8.63	(37.4%)

S.D. = standard deviation *総スプリント回数に対する距離帯毎スプリント回数の割合 RSE = Repeat Sprint Efforts

A. Total sprints

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		*,<	*,<	#,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	*,<	n.s.	#,<	n.s.
	Flanker				*,>	*,<	*,<	n.s.	n.s.	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half					n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<
	Fly half						*,<	*,<	*,<	*,<
	Center							n.s.	n.s.	n.s.
	Wing								n.s.	n.s.
	Full back									n.s.

B. Repeat Sprint Efforts (RSE)

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	*,<	n.s.	*,<	n.s.
	Flanker				*,>	*,<	*,<	n.s.	*,<	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half					n.s.	*,>	*,>	*,>	*,>
	Fly half						*,>	*,>	*,>	*,>
	Center							n.s.	n.s.	n.s.
	Wing								n.s.	n.s.
	Full back									n.s.

C. Sprint distance: 0-5 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	n.s.	n.s.	n.s.
	Hooker		*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	n.s.	n.s.	n.s.
	Lock			n.s.	*,>	n.s.	n.s.	*,>	*,>	*,>
	Flanker				*,>	n.s.	n.s.	*,>	*,>	*,>
	Number 8					*,<	*,<	n.s.	n.s.	n.s.
Backs	Scrum half					n.s.	*,>	*,>	*,>	*,>
	Fly half						*,>	*,>	*,>	*,>
	Center							n.s.	n.s.	n.s.
	Wing								n.s.	n.s.
	Full back									n.s.

D. Sprint distance: 6-10 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Lock			#,<	*,>	#,<	*,<	*,<	n.s.	n.s.
	Flanker				*,>	n.s.	*,<	n.s.	n.s.	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						*,<	n.s.	n.s.	n.s.
	Fly half							*,>	*,>	*,>
	Center								n.s.	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

E. Sprint distance: 11-20 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Lock			*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	n.s.	n.s.
	Flanker				*,>	*,<	n.s.	n.s.	#,<	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						*,<	*,<	*,<	*,<
	Fly half							n.s.	n.s.	n.s.
	Center								n.s.	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

F. Sprint distance: 21-30 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	*,<	*,<	n.s.	*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	*,<	#,<	n.s.	*,<	*,<
	Lock			n.s.	*,>	*,<	n.s.	n.s.	*,<	n.s.
	Flanker				*,>	*,<	n.s.	n.s.	*,<	n.s.
	Number 8					*,<	*,<	*,<	*,<	*,<
Backs	Scrum half						*,>	*,>	n.s.	#,>
	Fly half							n.s.	n.s.	n.s.
	Center								*,>	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

G. Sprint distance: 31-40 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	#, <	n.s.	#, <	*, <	#, <
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	#, <	n.s.	#, <	*, <	#, <
	Lock			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	#, <	*, <	n.s.
	Flanker				n.s.	#, <	n.s.	*, <	*, <	*, <
	Number 8					#, <	n.s.	*, <	*, <	*, <
Backs	Scrum half						n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Fly half							#, <	*, <	#, <
	Center								*, <	n.s.
	Wing									#, >
	Full back									

H. Sprint distance: > 40 m

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	n.s.	#, <	n.s.	#, <	n.s.	*, <	*, <	*, <
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	*, <	n.s.	n.s.	*, <	#, <
	Lock			n.s.	n.s.	*, <	n.s.	#, <	*, <	*, <
	Flanker				#, >	*, <	n.s.	n.s.	*, <	*, <
	Number 8					*, <	n.s.	*, <	*, <	*, <
Backs	Scrum half						*, >	*, >	n.s.	n.s.
	Fly half							n.s.	*, <	*, <
	Center								*, <	#, <
	Wing									n.s.
	Full back									

図 2-10. 距離帯毎スプリント回数の 10 ポジション間の統計学的解析

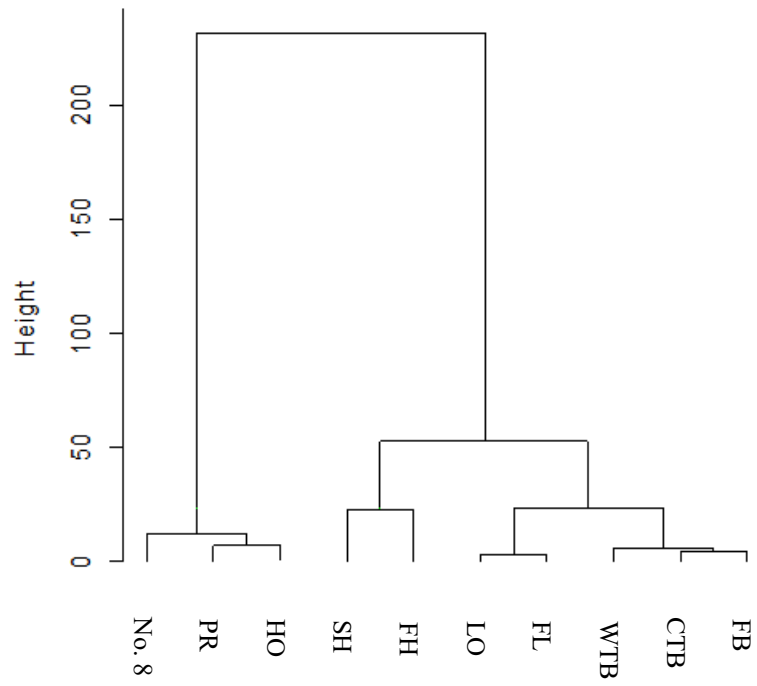


図 2-11. スプリント回数，距離帯毎スプリント，RSE を変数としたクラスター分析

表 2-4. ポジション毎の1試合あたりの強度帯毎インパクト回数

Position	n	Total impacts		Impact zone 1		Impact zone 2	
		Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.	Mean ± S.D.	CV.
Forwards	119	202.3 ± 157.32	77.8%	155.1 ± 115.02	74.1%	48.0 ± 46.92	97.8%
Prop	11	192.4 ± 55.69	28.9%	151.9 ± 43.40	28.6%	40.5 ± 21.99	54.3%
Hooker	6	197.2 ± 55.31	28.1%	176.8 ± 51.22	29.0%	20.5 ± 11.49	56.0%
Lock	45	225.4 ± 239.10	106.1%	170.0 ± 174.79	102.8%	57.0 ± 66.73	117.0%
Flanker	38	181.8 ± 66.62	36.6%	141.0 ± 57.63	40.9%	42.6 ± 23.30	54.6%
Number 8	19	196.0 ± 75.87	38.7%	144.4 ± 47.31	32.8%	50.2 ± 36.14	72.1%
Backs	179	171.9 ± 84.11	48.9%	136.3 ± 71.17	52.2%	35.6 ± 28.35	79.7%
Scrum half	13	138.1 ± 108.68	78.7%	111.4 ± 84.75	76.0%	26.6 ± 26.40	99.2%
Fly half	20	145.9 ± 65.14	44.6%	107.9 ± 50.09	46.4%	35.6 ± 26.28	73.9%
Center	55	217.9 ± 81.96	37.6%	174.6 ± 76.16	43.6%	42.4 ± 35.30	83.2%
Wing	67	149.5 ± 64.83	43.4%	119.4 ± 55.71	46.7%	31.3 ± 22.34	71.3%
Full back	24	168.5 ± 90.87	53.9%	139.0 ± 70.85	51.0%	36.5 ± 24.31	66.6%

S.D. = standard deviation

A. Total impacts

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Lock			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Flanker				n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Number 8					*, >	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Backs	Scrum half						n.s.	*, <	n.s.	n.s.
	Fly half							*, <	n.s.	n.s.
	Center								*, >	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

B. Impact zone 2

	Forwards					Backs				
	Prop	Hooker	Lock	Flanker	Number 8	Scrum half	Fly half	Center	Wing	Full back
Forwards	Prop	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Hooker		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Lock			n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Flanker				n.s.	*, >	n.s.	n.s.	*, >	n.s.
	Number 8					n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Backs	Scrum half						n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	Fly half							n.s.	n.s.	n.s.
	Center								n.s.	n.s.
	Wing									n.s.
	Full back									

図 2-12. インパクト回数の 10 ポジション間の統計学的解析

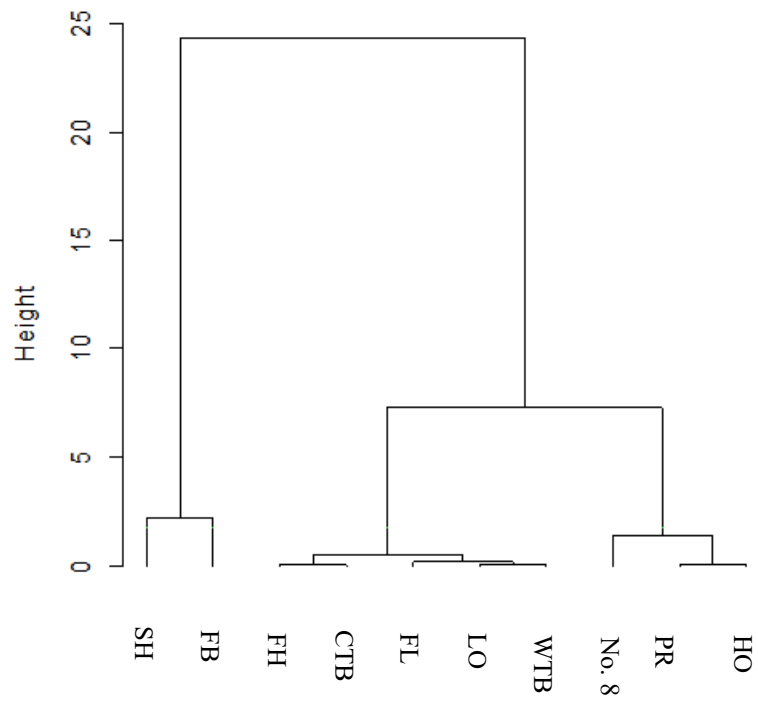


図 2-13. インパクト回数を変数としたラスタ分析の結果

第4節 考察

本章の目的は、エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスをポジション毎に明らかにすることであった。試合中のパフォーマンスを解析することは、安全かつ効果的なコンディショニングに応用させる際に有用となる。

エリートラグビー選手の運動負荷をできるだけ高い精度で評価するためにデータは途中交代することなく1試合(80分)全てに出場した選手のデータだけを用いた。途中交代をしたデータを80分間出場に変換し1試合毎のパフォーマンスを推定している先行研究も認められるが、この分析方法では試合の後半の疲労によるパフォーマンス低下を評価することができず、反対にパフォーマンスを過大評価する可能性が懸念される。そのため、本章では途中交代をしたデータを除外することでそのリスクを減らした。一方、1試合(80分)全てに出場したデータのみを用いることによりサンプル数は少なくなる。そのため、先行研究の課題であるサンプル数が少ない点を補いながら統計学的評価を行うことができる十分なサンプル数を担保するために対象試合数を可能な限り多くした。本章は、1試合全てに出場した選手のデータのみで延べ298サンプルあり、10ポジション毎の分析が可能となる十分なサンプル数が確保できた。

試合中のエリートラグビー選手の移動距離や移動速度を全ポジション毎に統計学的に評価した。クラスター分析では、ForwardsとBacksの大きく2つに分類された。一般的にラグビーは、ForwardsとBacksの2つのポジショングループに分類されるがクラスター分析によっても同様な結果が得られた。一般的に考えられていたポジショングループの妥当性ととも分析によって得られたデータの妥当性が担保された。

総移動距離はForwardsが 5731 ± 507.8 m, Backsが 6392 ± 646.8 m, 平均速度(総移動距離/80分)に変換するとForwardsが71.6 m/min, Backsが79.9 m/minでありBacksが有意に高い値を示した。1試合あたりでは両ポジション間で約660 m, 1分間あたり約8 mの差が認められた。また、高い速度を示すSZ-3もForwardsが 317 ± 137.0 m, Backsが 715 ± 242.9 m, 総移動距離に対するSZ-3の割合($SZ-3 / \text{総移動距離} \times 100$)で表すとForwardsが5.5%に対しBacksが11.2%でありBacksが有意に高い値を示した。総移動距離は試合中の移動形態に関する運動量, SZ-3は試合中の移動形態に関する運動強度の指標として置き換えることができる。試合中の移動形態に関してBacksはForwardsに対して運動量や運動強度ともに高く求められていることが明らかとなった。

一方、低い速度の移動を示すSZ-1は、Forwardsが 4165 ± 351.5 mに対しBacksは 4363 ± 412.2 mであり有意差は認められたものの平均の絶対値は大きな差異は認められなかった。SZ-2は、ForwardsとBacks間で有意差は認められなかった。これらの結果から、BacksがForwardsと比較して総移動距離が約660 m多い要因として、SZ-3のパフォーマンスに影響

を受けていることが明らかになった。Forwards と Backs の試合中のパフォーマンスの相違点として SZ-3 の量、つまり高速度の走運動の量があげられた。

Forwards と Backs の SZ-3 の相違が生じる要因としては、両ポジション間の試合中のスプリント特性が影響を与えていると考えられる。Forwards は全スプリントのうち 60 %以上が 10 m 以内のショートスプリントであり、それに対して、Backs は約 50 %が 10 m 以上のスプリントであった。Forwards のスプリントの大部分を占めるショートスプリントは、スプリント中に SZ-3 の移動速度の定義である「 $>5.1 \text{ m/s}$ 」に到達することが少なく、Backs が繰り返し反復している 10 m 以上のスプリントはスプリント中に「 5.1 m/s 」以上に達することが多い。この Forwards と Backs の各々のスプリント特性が、両ポジション間の SZ-3 の移動距離の相違を生じた主な要因であることが明らかになった。

一方、SZ-3 の定義である「 $>5.1 \text{ m/s}$ 」は全ポジション共通であり、絶対的な最高速度の低い Forwards において「 5.1 m/s 」は相対強度として Backs より高くなる。Forwards と Backs のポジション特性や内的負荷の評価を行うにあたり選手毎の最高速度に基づいた相対的な速度帯の設定がより詳細な分析にむけて必要となる。

次に、加速回数は AZ-1, AZ-2, AZ-3 とともに Backs が Forwards に対し有意に多かった。また、各加速度強度帯を比較すると加速度強度帯が高まるに従い Backs と Forwards の差も大きくなった。特に、高い加速を示す AZ-3 は、Backs が 39 回に対し Forwards が 23 回と 1 試合あたり 16 回の差が認められた。Backs は、Forwards と比較し試合中に加速を繰り返し実施することが要求されており、特に高い加速に関しては両ポジション間で特性が大きく異なることが示された。

スプリントは、 2.5 m/s^2 の加速を伴う動作を 1 秒間以上継続した運動と定義した。 2.5 m/s^2 は、AZ-3 と同じ加速度であるがそれを 1 秒以上継続した動作をスプリントとして評価しており加速回数とはパフォーマンス要素が異なる。スプリント回数は、Backs が Forwards に対し有意に多く試合中のスプリントの要求が高いことが観察された。また、スプリント距離に着目すると Forwards は 0-5 m のスプリントが最も多い距離帯であるのに対し、Backs は 11-20 m のスプリント距離帯が最も多く、ポジショングループによって要求されるスプリントの特性が異なることも明らかになった。RSE も Backs が全スプリントの中で 39%と Forwards の 32%より有意に多かった。30 秒以内に再度発生したスプリントを RSE としており、スプリントの繰り返ししがどの程度要求されているかを評価することが可能となった。スプリントの繰り返し実施できる能力は RSA (Repeated sprint ability) と定義されているが⁷⁰、RSE が多く要求されるポジションは RSA が必要になる。Backs は約 40 %が RSE であることから、コンディショニングにおいて RSA を向上させるプログラムが求められることが示された。

インパクト回数は、加速度とは対照的に Forwards が Backs と比較し有意に多い結果を示した。インパクトは、タックルやブレイクダウンなどにおける相手選手との接触、コンタクト後の地面との接触など身体に衝撃が加わった際に計測される。高回数のインパクト値は、身体に衝撃に関する負荷が多く加わっていることを示しており、Forwards は Backs と比較し試合中に衝撃に関する負荷に強いられていることが明らかになった。

移動距離や移動速度を変数としたクラスター分析の結果からも示されたようにラグビーは Forwards と Backs の大きく 2 つのポジショングループに分類できた。一方、2 つ以上のクラスタリングを基に分析を行うことで Forwards と Backs のそれぞれのグループ内におけるポジション特異的な要素を検討することができた。SH は、アタック際には常にボールの周辺に位置するために走り続ける必要があり、他の Backs とは総移動距離や SZ-3 などの特徴が認められた。このように、Forwards と Backs のポジショングループをさらに細分化した個々のポジション間を分析することで、Forwards, Backs を構成する各ポジションの特性がより明らかになる。10 ポジション間の多重比較やクラスター分析を行うことで各ポジション間の特性が検討できた。

Forwards の中では、LO, FL の SZ-3, AZ-3, 総スプリントが PR, No. 8 より有意に高い値を示した。AZ-3 は急な加速の際、SZ-3 と総スプリントは 10 m 以上のスプリントの際に計測されることから LO, FL は Forwards の中でもスプリントの要素がより要求されるポジションであることが明らかになった。加速やスプリントのクラスター分析の結果からも LO と FL は類似した運動特性を持つサブグループとして分類され、かつ Backs と同様な特性を要求されていることが観察された。Forwards の中においても LO, FL は移動形態に関して特異的であることが明らかになった。

一方、No. 8 のデータに着目すると先行研究と比較し総移動距離など大きな相違がある⁵⁸。Cahill et al. (2010) は、No.8 の総移動距離は LO と同等な値を示すと報告している⁵⁸。しかし、No. 8 のデータは Forwards の中で最も少ない値を示した。本章の No. 8 のデータは、体重が 120 kg を超えフィットネスレベルの低い 1 人の選手のサンプル数で多く構成されており、No. 8 のデータはこの選手の個人的特性の影響を受けたためと考えられる。No. 8 のパフォーマンスに関しては対象数を増やした追加の研究を行うことで No. 8 の運動特性をより詳細に検討することができる。

Forwards の中のインパクト回数に着目すると、LO が他の Forwards より高い値を示した。Forwards のインパクト回数は、Backs と比較しても有意に高く試合中にコンタクト関連の負荷が高いが、LO にはさらに高い負荷に強いられていることが明らかになった。LO は、前述した加速やスプリント能力とともに繰り返しコンタクトを行う体力も要求され、総合的に多くの体力要素が求められるポジションであることが明らかになった。

Backs の中では, SH と FB の総移動距離が 7000 m 以上と他の Backs と比較しおおよそ 600 m~900 m 有意に多く, Backs の中でも SH と FB は運動量の多いポジションであることが明らかになった. また, CV も SH, FB とともに 5 %前後と他の Backs のポジションと比較し低い値を示していることから, SH と FB は試合展開などにも影響を受けにくいポジションであることも観察された. 一方, 総移動距離や速度帯毎移動距離を変数としたクラスター分析の結果は, SH と FB の属性は異なることから速度帯毎移動距離に両ポジション間の特徴の相違が生じる可能性が示唆された.

SH は, SZ-3 が 873 m, 総移動距離に占める SZ-3 の割合が 12.4 %, AZ-1 から AZ-3 の総回数が 122 回, スプリント回数が 78 回と高く, 運動量とともに運動強度も Backs の中で最も高いポジションであることが観察された. 一方, 総インパクト回数は Backs の中で最も少ない. これらの結果から, SH は試合中に移動形態に関するパフォーマンスを選択的に求められており, この点がクラスター分析における単独した属性を示した要因になったと考える.

Backs の中のスプリント回数を分析すると SH と FH が他の Backs のポジションと比較し有意に多かった. 一方, SH は 10 m 以上のスプリントが多かったが, FH は 10 m 未満のスプリントが多く両ポジション間でスプリントの特性が異なった. スプリント関連の指標を変数としたクラスター分析において SH と FH は同じサブグループに分類されるが, 多重比較を通してスプリント距離の相違を評価することができより詳細なポジション間のスプリント特性を明らかにすることができた.

WTB は, SZ-3 が 800 m を超え AZ-3 が Backs の中で最も高い値を示した. また, 20 m 以上のスプリント回数も他の Backs と比較し有意に高い値を示した. SZ-3, AZ-3, スプリント回数の結果から, WTB は 20 m 以上の長いスプリントを繰り返す能力が試合中に求められることが観察された.

CTB は, IZ-1 と IZ-2 とともに Backs の中で有意に高い値を示した. CTB は, コンタクト関連の要素が他の Backs と特性が異なり, より Forwards に近い要素が求められるポジションであることが明らかになった.

つづいて, GPS ユニットの位置情報の妥当性に関して考察する. 総移動距離の変動係数 (CV) は Forwards: 8.9 %, Backs: 10.1 %, SZ-1 は Forwards: 8.4 %, Backs: 9.4 %, SZ-2 は Forwards: 22.4 %, Backs: 25.6 %, SZ-3 は Forwards: 43.2 %, Backs: 34.0 %と移動速度が高まるに従って CV は増加を示した. Petersen et al. (2009) は, 移動速度が高まると GPS ユニットの測位の精度は低下すると報告しており, 本章も同様な傾向を示した⁵⁴. Rampinini et al. (2015) は, 5Hz と 10Hz のサンプリングの GPS ユニット間の比較では, 10Hz の方 (サ

ンプリング頻度が高い方) が精度が高いと報告している⁵⁵。本章では 5Hz のサンプリングの GPS ユニットを用いておりデータの妥当性を検証するために先行研究と比較した。総移動距離と速い移動速度帯の移動距離を比較した結果をそれぞれ図 2-14, 図 2-15 に示す。

総移動距離は、5Hz のサンプリングの GPS ユニットを用いた Cahill et al. (2010) の報告との比較では Forwards, Backs とともに同等の値を示した。また、10Hz のサンプリングの GPS ユニットを用いた McLaren et al. (2012) や Lonsday et al. (2014) の報告と比較した際にも大きな乖離は認めず、両報告の平均値との比較では同等な値を示した。このため、5Hz のサンプリングの GPS ユニットで計測した本章の総移動距離に関して妥当性が示された。

速い移動速度帯の移動距離は、速度帯の定義が研究間によって異なることから比較する際に制限があるが、5Hz と 10Hz のサンプリングの GPS ユニット間における大きな相違はなかった。10Hz のサンプリングの GPS ユニットを用い、速い速度帯を同じ定義 (> 5.1 m/sec) で研究している Coughaln et al. (2012) の報告と比較すると、結果は同等の値を示している。サンプルサイズは小さいが同じ定義において 5Hz と 10Hz を唯一比較することができる報告である。速い速度帯の定義は異なるが 10Hz のサンプリングの GPS ユニットと比較するために McLaren et al. (2012) と Lindsay et al. (2014) の研究と比較した。両研究は速度帯の定義が「5.6 m/s」と本章の定義である「5.1 m/s」より高く設定している。そのため、本章の結果と比較し低い値を示していることが観察される。しかし、速度帯の定義を「5.1 m/s」と低くすると移動距離は多くなることから本章の結果に近似すると考えられる。これらの結果から、速い速度帯においても 5Hz のサンプリングで計測した本章の結果の妥当性が担保されたと考える。

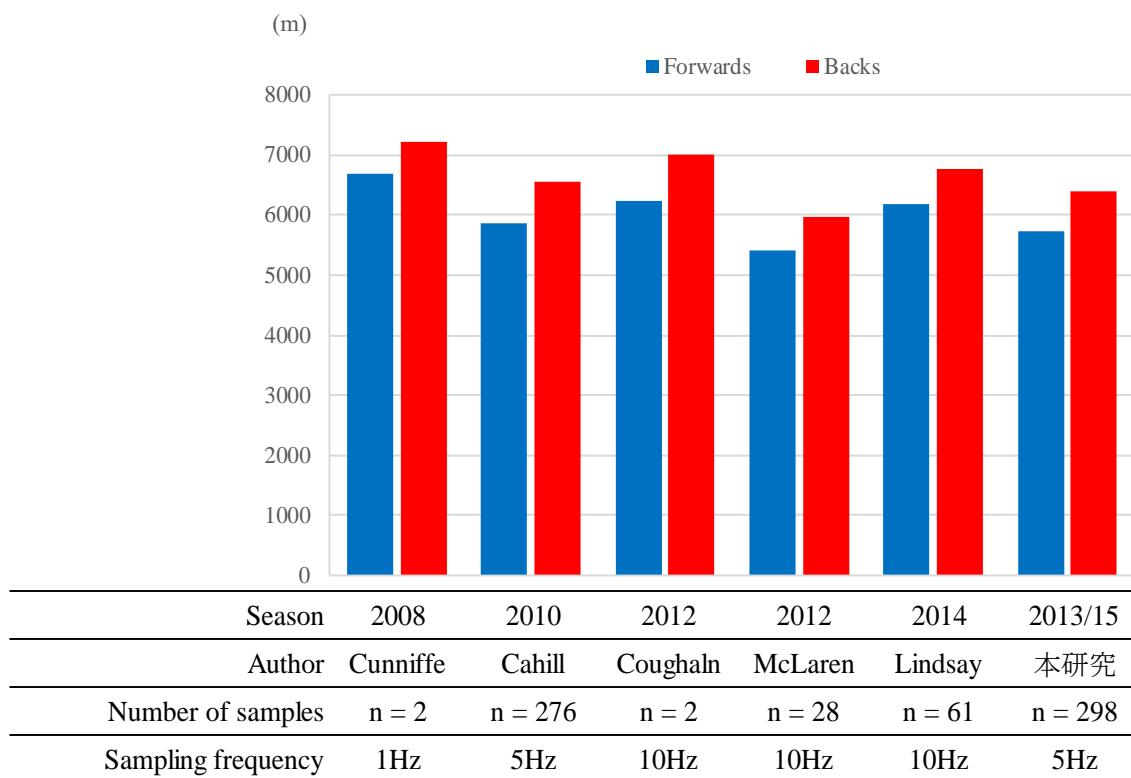


図 2-14. 先行研究間における総移動距離の比較

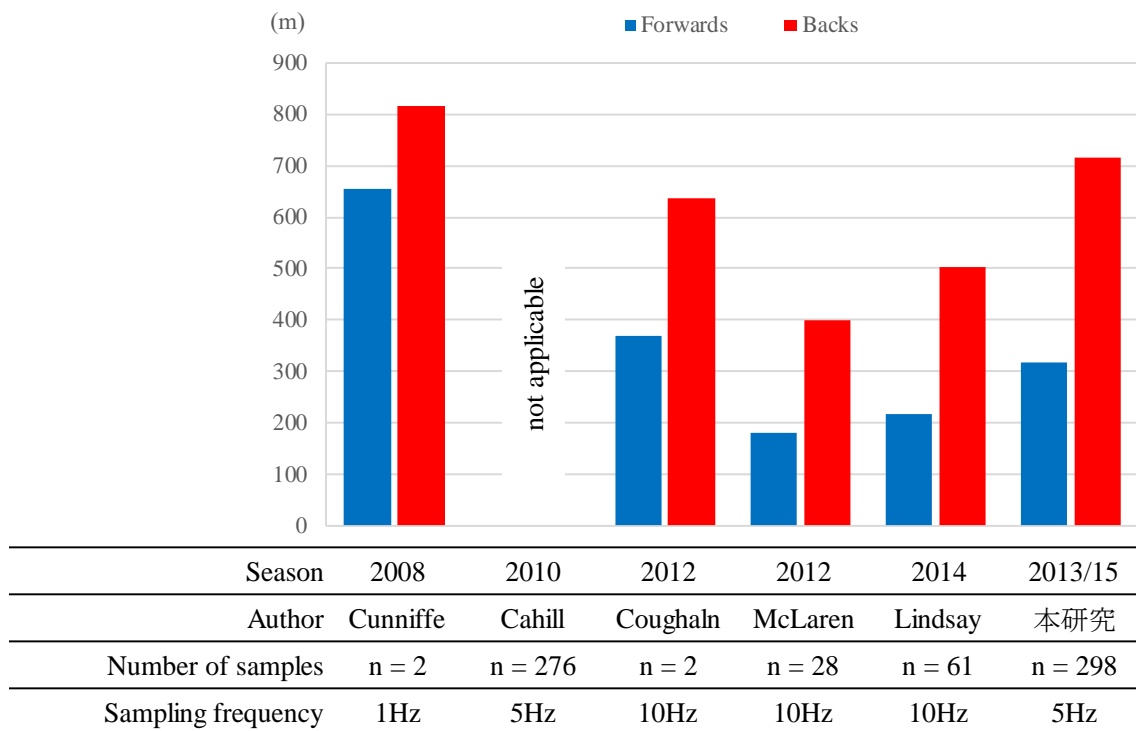


図 2-15. 先行研究間における速い速度帯の移動距離の比較

第5節 まとめ

本章は、エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスを明らかにすることを目的とした。特に、ポジションを全10ポジションに分類しポジション毎に1試合あたりのパフォーマンスを評価しポジション特性やポジション間の相違を明らかにすることを目的とした。結果から移動距離、移動速度、加速度、スプリント、インパクトのデータにポジションの特性が認められ、エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスをポジション毎に明らかにすることができた。本章で得られた結果は、ポジション特性を反映した安全かつ効果的なコンディショニング・プログラム作成に寄与するものとする。

第3章 研究② 試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化

第1節 背景と目的

プロフェッショナルのクラブやナショナルチームなどのトップレベルのリーグにおいて、試合中に運動量や運動強度を高い水準で維持することはチームの勝利に向け重要な因子となる。しかし、これらを検討した研究はラグビーでは Jones et al. (2015) の報告のみである⁶⁰。彼らは、試合時間を10分毎に分割して、それぞれの移動距離や移動速度を算出し試合時間の経過に伴って移動距離や移動速度などのパフォーマンスが低下することを示した。また、試合終了前の最後の10分間でスプリントや平均速度などが再び増加すると報告している。しかし、ポジションは分類しておらずポジション毎に試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化を分析する追加の研究が必要であると指摘している。

試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化には、各種体力などのコンディションが影響を与えていると考えられ、ピークパフォーマンスに向け試合を通してコンディションを維持することが重要である。試合時間の経過に伴うパフォーマンスの推移を分析することで、ラグビー選手の試合中のコンディションの変化を評価することができる。したがって、ポジションの特性に即した安全かつ効果的なコンディショニングを実施するうえで試合の時間経過に伴うパフォーマンスの推移を分析し事前に認知しておくことは大変重要であると考えられる。また、ポジション毎に移動距離や移動速度とともに加速回数やインパクト回数のデータを加味した分析を行うことで試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化をより明らかにすることが可能になる。

そこで、本章の目的はエリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスが試合時間の経過によりどのような推移を示すかを評価することとした。試合の経過は、全試合時間を2つさらには4つの時間区分に分けて時間区分毎のデータを解析した。

第2節 方法

1. プロトコル

試合開始前に衛星とGPSユニット間の交信を安定させるために、GPSユニットを屋外の衛星と交信しやすい場所に5分間設置した。その後、対象選手にGPSユニットを装着させ通常通り試合に参加させた。試合終了後、GPSユニットを回収し記録されたデータを専用のソフトウェア (TeamAMS R1 2016.4, GPSports Systems, Canberra, Australia) を用いて分析をした。パフォーマンス分析には、GPSと加速度計により得られるデータを用いた。試合時間(80分)は、前半(40分)・後半(40分)の2区分とともに20分毎の4区分とし全10ポジション毎の結果を算出した。

2. 対象チーム, 対象試合, 対象者

対象チームは, トップリーグに所属する 1 チームとした. 対象試合は, トップリーグの 2013 年シーズンから 2017 年シーズンの 5 シーズンの公式試合とした. 各シーズンの試合数と試合結果は, 2013 年シーズン 14 試合 (4 勝 10 敗), 2014 年シーズン 16 試合 (6 勝 10 敗), 2015 年シーズン 15 試合 (4 勝 10 敗 1 分), 2016 年シーズン 10 試合 (10 勝 0 敗), 2017 年シーズン 13 試合 (5 勝 8 敗) の計 68 試合 (29 勝 38 敗 1 分) であった.

対象者は, 対象試合 68 試合のスターティングメンバー 15 名とし延べ 1020 サンプルであったが (68 試合×15 名 延べ 1020 サンプル), GPS ユニット専用ベストの着用時の圧迫感による嫌悪感を訴える選手, 喘息など呼吸器疾患の既往歴の有する選手は除外した. また, 途中交代や怪我により一時的に退出したサンプルを除外し, 1 試合 (80 分) 全てに出場したデータのみを分析に利用した. 最終的に分析に利用したサンプル数は延べ 481 サンプルであった.

3. ポジション分類

ラグビーのポジションは, Prop (PR), Hooker (HO), Lock (LO), Flanker (FL), Number Eight (No.8), Scrum half (SH), Fly half (FH), Wing (WTB), Centre (CTB), Full back (FB) の 10 ポジションから構成される¹². ラグビーはポジションによりプレーの特性が異なることから, ポジション別の検討が必要と報告されている⁶⁶. 本章では, Forwards (PR, HO, LO, FL, No.8), Backs (SH, FH, WTB, CTB, FB) の分類とともに, ポジションをグループ化しない全 10 ポジションのポジション毎のデータを評価した.

4. GPS ユニット

計測に用いた GPS ユニットは, 2013 年シーズンから 2015 年シーズンは SPI Pro X II (GPSports Systems, Canberra, Australia), 2016 年シーズンから 2017 年シーズンは SPI HPU (GPSports Systems, Canberra, Australia) を用いた (図 2-1). GPS のサンプリング精度は, SPI Pro X II が 5 Hz, SPI HPU は 10 Hz, 内蔵されている三軸加速度計のサンプリング精度は両 GPS ユニットともに 100 Hz であった.

GPS ユニットの装着は, GPS 専用ベストを用い対象者の左右肩甲骨間の中央上部に位置するようにした (図 2-2). また, GPS 専用ベストの装着により選手が試合中の動作を制限されることない.

5. GPS ユニットの分析項目

試合中のパフォーマンスを分析には、総移動距離、速度帯毎移動距離、加速回数、インパクト回数を用いた。各分析項目の詳細は以下の通りである。

1) 総移動距離 (m), 速度帯毎移動距離 (m/sec)

総移動距離 (Total distance) は、試合開始から終了までの間に移動した距離として算出した。この際、Ball in play だけでなく Out of play の間の移動も総移動距離に含めた。この理由は、Out of play も次のプレーのポジショニングを行うために必要な移動を行っているからである^{68,69}。

速度帯毎移動距離は、試合中の移動速度を基に速度帯を 3 つに分類し速度帯毎の移動距離を分析した。速度帯は、Cunniffe et al. (2009) の方法を参考に 3 つに分類した²⁴。速度帯の基準は、①Speed zone 1 (以下, SZ-1) : 0-3.3 m/sec, ②Speed zone 2 (以下, SZ-2) : 3.4-5.0 m/sec, ③Speed zone 3 (以下, SZ-3) : > 5.1 m/sec とした。

速度帯毎移動距離は、各速度帯で移動した距離の絶対値、総移動距離に対する各速度帯の移動距離の割合の相対値の 2 つの結果を算出した。

2) 加速回数(count)

加速度は、GPS による位置情報から移動距離を求め、その変化量つまり時間微分した値 (速度情報) をさらに時間微分し加速度を算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) の方法に従い 3 つの加速度強度帯に設定した²⁴。3 つの加速度強度帯の基準は、①Acceleration zone 1 (以下, A-1) : 1.5-2.0 m/s², ②Acceleration zone 2 (以下, AZ-2) : 2.0-2.5 m/s², ③Acceleration zone 3 (以下, AZ-3) : > 2.5 m/s² とした。

3) インパクト回数(count)

インパクトは、主にコンタクトを評価する指標である。GPS ユニットに内蔵されている三軸加速度計は、身体の移動に伴う加速だけでなく地面との接地や相手選手との接触等での衝撃加速度等も計測することが可能である。GPSports Systems 社の GPS ユニットではインパクトを“G”を基に評価した。“G”は三軸 (直線) 加速度計から 3 方向の加速度データ (運動・衝撃含む) を得て合成加速度を計算し、その値を重力加速度 (G) の約 9.81 m/s² で除し算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) の方法に従い 2 つのインパクト強度帯に設定した²⁴。2 つのインパクト強度帯の基準は、①Impact zone 1 (以下, IZ-1) : 8.1-10.0 G, ②Impact

zone 2 (以下, IZ-2) : > 10.0 G とした.

6. 時間区分

ラグビーは, 前・後半各 40 分の計 80 分で実施される. 時間区分は, 前半 40 分と後半 40 分の 2 区分, 前・後半を各々 20 分で 2 つに分割した 4 区分の 2 つの時間区分でデータを分析した. 時間区分の詳細は以下の通りとした (図 3-1).

①2 区分 : 前半 (1st Half ; H-1, 0 ~ 40 分), 後半 (2nd Half ; H-2, 40 ~ 80 分)

②4 区分 : 4 クォーター. Quarter 1 (Q-1 ; 前半 0 ~ 20 分), Quarter 2 (Q-2 ; 前半 20 ~ 40 分), Quarter 3 (Q-3 ; 後半 0 ~ 20 分), Quarter 4 (Q-4 ; 後半 20 ~ 40 分)

7. 統計学的解析および評価方法

2 区分, 4 区分の時間区分ともにポジション毎に平均値 \pm 標準偏差で結果を示した. また, 各時間区分ともに増減率を算出した. 2 区分では H-1 に対する H-2 の増減率, 4 区分は Q-1 に対する Q-2 の増減率, Q-3 に対する Q-4 の増減率を算出した.

統計学的解析は, 2 区分, 4 区分ともに Forwards と Backs 間の比較はそれぞれに対応した方法を用いた. 2 区分では, 前半・後半を因子とした対応のある t 検定を行い, 効果量は Choen's d を用いた. 4 区分では, Bartlett 検定にて分散の均一性を確認した後に 2 要因分散分析を行った. 多重比較は Steel-Dwass 検定を用い, p 値を Benjamini & Hochberg の方法を用いて補正を行った. 有意水準はそれぞれ 5%未満とした. 統計学的解析は, 解析ソフト”R (R 3.0.2)”を用いた.

10 ポジションそれぞれの各ポジションにおける 2 区分および 4 区分の比較はサンプルサイズが小さいため統計学的解析を行わず平均値の絶対値比較を行う傾向分析とした.

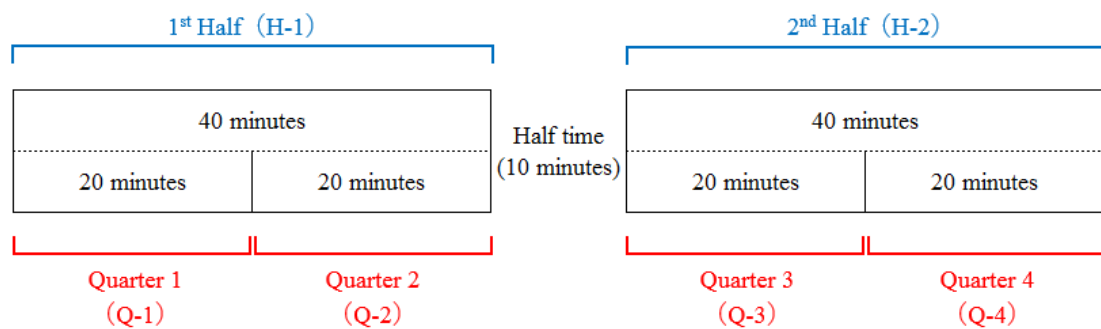


図 3-1 試合時間の区分

第3節 結果

1.2 区分(前半 H-1・後半 H-2)間の比較

1) 総移動距離(m), 速度帯毎移動距離(m/sec)

総移動距離は, Forwards ($d=0.314$), Backs ($d=0.279$) とともに後半 (H-2) が前半 (H-1) より有意に高い値を示した ($p<0.05$). SZ-1 も Forwards ($d=0.524$), Backs ($d=0.368$) とともに後半 (H-2) が有意に高い値を示した ($p<0.05$). SZ-2, SZ-3 は Forwards, Backs ともに有意差は認められなかった (図 3-2 A-D).

Forwards, Backs の各ポジション内での傾向分析の結果は, SZ-2 において Forwards では LO 以外の全てのポジションで後半 (H-2) に低下を示し, 反対に Backs では FH 以外のポジションで増加を示していた. SZ-3 は PR, HO, SH, FB 以外のポジションで後半 (H-2) に低下が認められた (表 3-1).

2) 加速回数(count)

加速度は, AZ-1 から AZ-3 の総加速回数は Forwards と Backs ともに前半 (H-1) と後半 (H-2) の間に有意差は認められなかった (図 3-3 A). AZ-3 は, Forwards が後半 (H-2) に有意に低下を示したが ($p<0.05$, $d=0.123$), Backs に有意差は認められなかった (図 3-3 B).

Forwards, Backs の各ポジション内での傾向分析の結果は, AZ-3 は Forwards では全てのポジション, Backs では WTB 以外の全てのポジションで後半 (H-2) に低下が認められた (表 3-2).

3) インパクト回数(count)

インパクトは, Forwards の総回数 ($p<0.05$, $d=0.046$), IZ-2 ($p<0.05$, $d=0.056$) とともに後半 (H-2) に有意に高い値を示した. Backs は有意差を認めなかった (図 3-3 C, D).

Forwards, Backs の各ポジション内での傾向分析の結果は, 総インパクト回数は Forwards の FL 以外の全てのポジション, Backs の全てのポジションで後半 (H-2) に増加が認められた (表 3-2).

2.4 区分(Q-1~Q-4)間の比較

1) 総移動距離 (m), 速度帯毎移動距離 (m/sec)

総移動距離は, Forwards, Backs とともに Q-2 が Q-1 より有意に低い値を示した ($p<0.05$). Q-3 と Q-4 に有意差は認められなかった. 4 区分の関係性は, $Q-1 \cong Q-3 \cong Q-4 > Q-2$ となった (図 3-4 A, 図 3-6 A).

SZ-1 は, Forwards は総移動距離と同様に Q-2 が Q-1 より有意に低く ($p < 0.05$), Q-3 と Q-4 に有意差は認められなかった. また, Q-3 は Q-1 より有意に高い値を示した ($p < 0.05$). 4 区分の関係性は, $Q-4 \cong Q-3 > Q-1 > Q-2$ となった. Backs は, Forwards とは対照的に Q-1 と Q-2 に有意差はなく, Q-4 が Q-3 より有意に高い値を示した ($p < 0.05$). Q-3 が Q-1 より有意に高い点は Forwards と同様であった ($p < 0.05$). 4 区分の関係性は, $Q-4 > Q-3 > Q-1 \cong Q-2$ となった (図 3-4 B, 図 3-6 B).

SZ-2 は, Forwards, Backs ともに Q-2 が Q-1 より有意に低い値を示した ($p < 0.05$). Forwards においては Q-4 が Q-3 より有意に低い値を示した ($p < 0.05$). Forwards の 4 区分の関係性は, $Q-1 > Q-3 > Q-4 > Q-2$, Backs の 4 区分の関係性は, $Q-1 \cong Q-3 \cong Q-4 > Q-2$ であった (図 3-4 C, 図 3-6 C).

SZ-3 は, Forwards, Backs ともに Q-2 が Q-1 より, Q-4 が Q-3 より有意に低い値を示した ($p < 0.05$). 4 区分の関係性は, Forwards, Backs ともに $Q-1 \cong Q-3 > Q-2 \cong Q-4$ であった (図 3-4 D, 図 3-6 D).

Forwards, Backs の各ポジション内では, 総移動距離, SZ-1, SZ-2, SZ-3 ともに Q-1 に対して Q-2 は FH 以外の全てのポジションで低下が認められた (表 3-3). Q-3 に対する Q-4 も総移動距離と SZ-2 では FH 以外, SZ-3 では HO と No. 8 以外の全てのポジションで低下が認められた (表 3-3).

2) 加速回数(count)

加速回数は, AZ-1 から AZ-3 の総加速回数が Forwards は Q-2 が Q-1 より有意に低く, Q-4 が Q-3 より有意に低い値を示した ($p < 0.05$). 4 区分の関係性は, $Q-1 > Q-3 > Q-4 \cong Q-2$ となった. Backs は Q-2 が Q-1 より有意に低く ($p < 0.05$), Q-3 と Q-4 の有意差は認められなかった. 4 区分の関係性は $Q-1 > Q-3 \cong Q-4 > Q-2$ であった (図 3-5 A, 図 3-7 A).

AZ-3 は, Forwards, Backs ともに Q-2 が Q-1 より有意に低い値を示し ($p < 0.05$), 4 区分の関係性は $Q-1 > Q-2 \cong Q-3 \cong Q-4$ であった (図 3-5 B, 図 3-7 B).

Forwards, Backs の各ポジション内では, Forwards の全てのポジションで総加速回数, AZ-3 ともに Q-1 に対する Q-2. Q-3 に対する Q-4 において低下が認められた (表 3-4). Backs も全てのポジションで Q-1 に対する Q-2 は低下しており. Q-3 に対する Q-4 は WTB と FB において低下が認められた (表 3-4)

3) インパクト回数(count)

インパクト回数は, Forwards, Backs ともに 40 分間内 (Q-1 と Q-2, Q-3 と Q-4) における有意差は認められなかった (図 3-5 C, D, 図 3-7 C, D).

表 3-1. ポジション毎の総移動距離と速度帯毎移動距離の2区分 (H-1・H-2) 間の比較

Position (n)	Half	Speed zone 1		Speed zone 2		Speed zone 3		Total distance	
		Mean ± S.D.	% change	% change	Mean ± S.D.	% change	Mean ± S.D.	% change	
Prop (n = 18)	H-1	2133.9 ± 211.3	(H-2/H-1)	549.7 ± 144.5	(H-2/H-1)	87.1 ± 58.7	(H-2/H-1)	2770.7 ± 251.8	(H-2/H-1)
	H-2	2243.7 ± 201.8	5.1%	521.0 ± 119.0	-5.2%	87.7 ± 66.4	0.7%	2852.4 ± 265.8	2.9%
Hooker (n = 13)	H-1	2053.4 ± 171.4	(H-2/H-1)	592.0 ± 203.4	(H-2/H-1)	103.0 ± 66.6	(H-2/H-1)	2748.4 ± 297.7	(H-2/H-1)
	H-2	2200.6 ± 124.3	7.2%	574.4 ± 168.6	-3.0%	120.4 ± 55.0	17.0%	2895.5 ± 227.8	5.4%
Lock (n = 69)	H-1	2029.2 ± 217.9	(H-2/H-1)	620.0 ± 163.0	(H-2/H-1)	152.5 ± 80.6	(H-2/H-1)	2803.4 ± 277.8	(H-2/H-1)
	H-2	2155.6 ± 254.2	6.2%	620.7 ± 151.4	0.1%	143.5 ± 75.8	-5.9%	2919.7 ± 344.4	4.2%
Flanker (n = 68)	H-1	2074.1 ± 222.6	(H-2/H-1)	656.2 ± 117.9	(H-2/H-1)	183.8 ± 75.0	(H-2/H-1)	2914.0 ± 231.6	(H-2/H-1)
	H-2	2173.7 ± 206.5	4.8%	640.9 ± 153.6	-2.3%	166.1 ± 71.0	-9.6%	2980.8 ± 273.0	2.3%
Number 8 (n = 37)	H-1	2050.3 ± 205.7	(H-2/H-1)	605.8 ± 180.1	(H-2/H-1)	149.0 ± 80.0	(H-2/H-1)	2805.3 ± 363.1	(H-2/H-1)
	H-2	2159.2 ± 199.8	5.3%	589.2 ± 163.0	-2.7%	147.4 ± 80.4	-1.1%	2895.9 ± 350.0	3.2%
Scrum half (n = 19)	H-1	2073.8 ± 193.0	(H-2/H-1)	959.4 ± 149.3	(H-2/H-1)	416.9 ± 98.7	(H-2/H-1)	3450.1 ± 268.6	(H-2/H-1)
	H-2	2183.8 ± 217.3	5.3%	1012.7 ± 134.6	5.6%	422.1 ± 120.2	1.3%	3618.5 ± 191.8	4.9%
Fly half (n = 32)	H-1	2215.7 ± 168.5	(H-2/H-1)	695.6 ± 168.7	(H-2/H-1)	224.7 ± 80.8	(H-2/H-1)	3136.0 ± 270.7	(H-2/H-1)
	H-2	2347.5 ± 232.5	5.9%	693.0 ± 199.3	-0.4%	216.5 ± 92.3	-3.7%	3257.0 ± 363.1	3.9%
Center (n = 80)	H-1	2059.7 ± 190.5	(H-2/H-1)	593.0 ± 105.7	(H-2/H-1)	315.6 ± 94.9	(H-2/H-1)	2968.4 ± 309.1	(H-2/H-1)
	H-2	2185.9 ± 190.2	6.1%	596.9 ± 116.6	0.7%	298.3 ± 104.8	-5.5%	3081.1 ± 295.7	3.8%
Wing (n = 100)	H-1	2144.5 ± 248.1	(H-2/H-1)	564.1 ± 134.6	(H-2/H-1)	396.0 ± 146.1	(H-2/H-1)	3104.5 ± 307.6	(H-2/H-1)
	H-2	2223.1 ± 283.4	3.7%	574.7 ± 139.7	1.9%	394.0 ± 139.5	-0.5%	3191.9 ± 320.6	2.8%
Full back (n = 45)	H-1	2457.9 ± 171.0	(H-2/H-1)	692.0 ± 143.6	(H-2/H-1)	323.1 ± 121.1	(H-2/H-1)	3473.1 ± 260.2	(H-2/H-1)
	H-2	2489.5 ± 174.6	1.3%	705.2 ± 158.0	1.9%	329.2 ± 127.6	1.9%	3523.8 ± 310.6	1.5%

S.D. = standard deviation

表 3-2. ポジション毎の加速回数とインパクト回数の 2 区分 (H-1・H-2) 間の比較

Position (n)	Half	Total accelerations		Acceleration zone 3		Total Impacts		Impact zone 2	
		Mean ± S.D.	% change	Mean ± S.D.	% change	Mean ± S.D.	% change	Mean ± S.D.	% change
Prop (n = 18)	H-1	32.2 ± 6.7	(H-2/H-1)	5.9 ± 3.2	(H-2/H-1)	88.0 ± 29.5	(H-2/H-1)	19.3 ± 13.5	(H-2/H-1)
	H-2	31.1 ± 9.9	-3.4%	5.2 ± 3.4	-11.3%	104.4 ± 39.0	18.6%	21.2 ± 10.4	9.9%
Hooker (n = 13)	H-1	36.2 ± 8.8	(H-2/H-1)	7.8 ± 2.8	(H-2/H-1)	96.2 ± 32.5	(H-2/H-1)	11.5 ± 7.3	(H-2/H-1)
	H-2	33.6 ± 8.9	-7.2%	6.4 ± 2.6	-18.6%	101.2 ± 25.0	5.2%	9.0 ± 7.0	-21.7%
Lock (n = 69)	H-1	39.1 ± 8.8	(H-2/H-1)	10.1 ± 4.6	(H-2/H-1)	111.7 ± 116.3	(H-2/H-1)	27.8 ± 32.4	(H-2/H-1)
	H-2	37.9 ± 9.7	-3.1%	10.1 ± 5.2	-0.1%	115.6 ± 125.5	3.5%	29.4 ± 35.6	5.7%
Flanker (n = 68)	H-1	42.5 ± 9.5	(H-2/H-1)	11.7 ± 5.8	(H-2/H-1)	92.8 ± 36.7	(H-2/H-1)	20.9 ± 13.6	(H-2/H-1)
	H-2	40.7 ± 9.5	-4.3%	10.9 ± 4.3	-7.3%	89.9 ± 35.8	-3.1%	20.8 ± 11.2	-0.8%
Number 8 (n = 37)	H-1	37.7 ± 13.9	(H-2/H-1)	8.8 ± 4.0	(H-2/H-1)	94.0 ± 40.1	(H-2/H-1)	23.7 ± 16.7	(H-2/H-1)
	H-2	38.6 ± 13.5	2.5%	7.8 ± 3.8	-10.5%	102.2 ± 36.3	8.7%	28.2 ± 20.8	19.0%
Scrum half (n = 19)	H-1	61.9 ± 8.5	(H-2/H-1)	18.6 ± 6.2	(H-2/H-1)	68.7 ± 66.4	(H-2/H-1)	13.3 ± 16.6	(H-2/H-1)
	H-2	62.3 ± 6.1	0.6%	16.8 ± 6.2	-9.6%	69.4 ± 45.0	1.0%	13.3 ± 11.3	0.0%
Fly half (n = 32)	H-1	48.9 ± 10.7	(H-2/H-1)	17.7 ± 6.4	(H-2/H-1)	70.1 ± 34.5	(H-2/H-1)	18.4 ± 16.2	(H-2/H-1)
	H-2	47.2 ± 12.6	-3.5%	15.6 ± 6.7	-11.7%	74.4 ± 34.2	6.2%	18.2 ± 11.0	-1.0%
Center (n = 80)	H-1	48.3 ± 7.3	(H-2/H-1)	17.1 ± 6.2	(H-2/H-1)	102.8 ± 41.9	(H-2/H-1)	19.5 ± 17.2	(H-2/H-1)
	H-2	48.5 ± 9.8	0.6%	16.7 ± 6.2	-2.3%	115.3 ± 44.5	12.2%	24.1 ± 20.4	23.5%
Wing (n = 100)	H-1	48.6 ± 10.5	(H-2/H-1)	18.2 ± 6.2	(H-2/H-1)	74.0 ± 40.0	(H-2/H-1)	15.4 ± 11.6	(H-2/H-1)
	H-2	49.4 ± 12.2	1.7%	18.5 ± 6.5	1.2%	75.2 ± 32.1	1.6%	14.5 ± 11.1	-5.8%
Full back (n = 45)	H-1	49.1 ± 9.6	(H-2/H-1)	13.8 ± 6.2	(H-2/H-1)	85.1 ± 41.0	(H-2/H-1)	17.1 ± 11.4	(H-2/H-1)
	H-2	48.5 ± 11.8	-1.3%	13.4 ± 5.9	-3.1%	91.9 ± 52.3	8.0%	20.8 ± 15.3	22.1%

S.D. = standard deviation

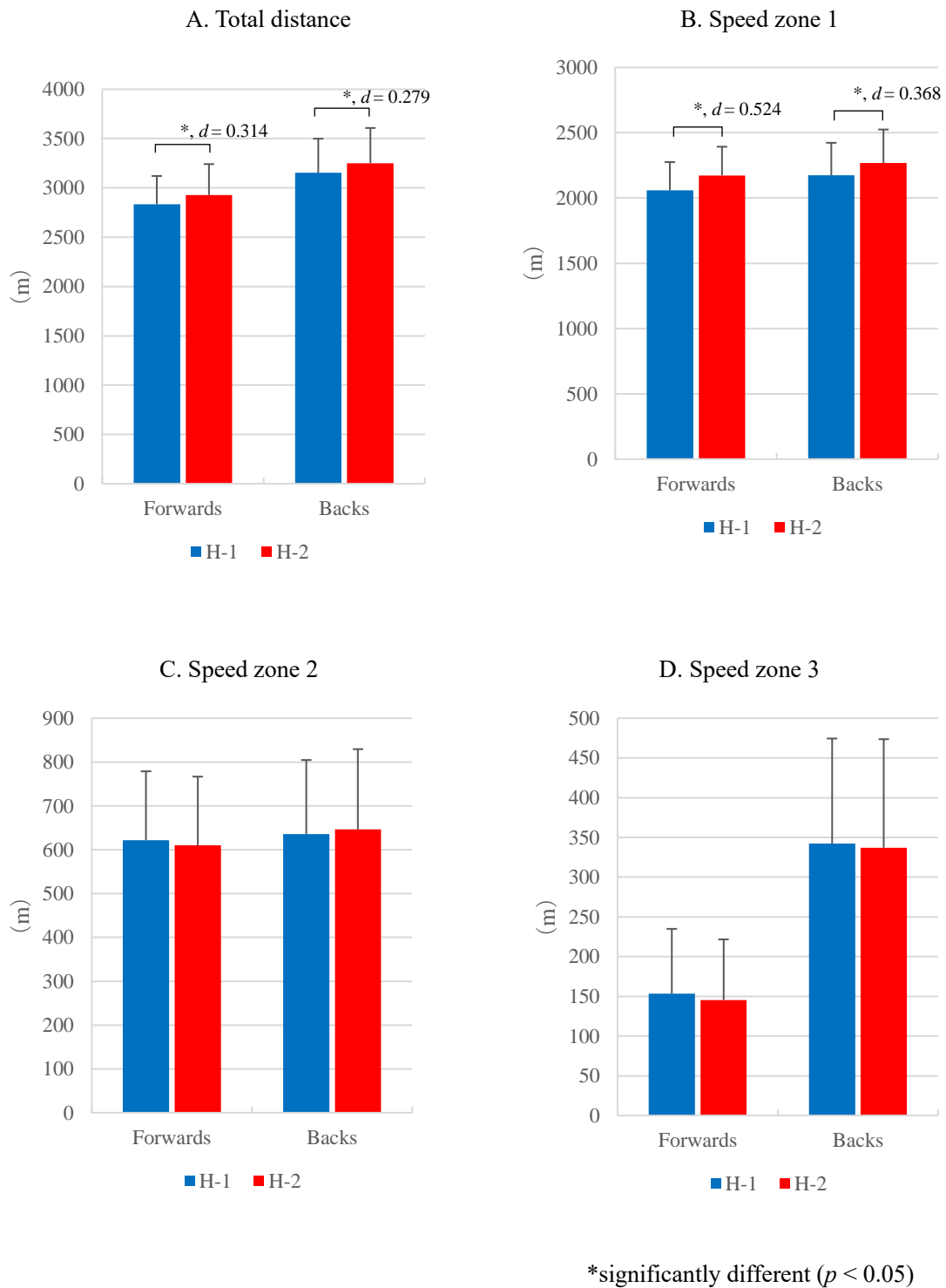


図 3-2. Forwards と Backs の総移動距離と速度帯移動距離の 2 区分 (H-1・H-2) 間の比較

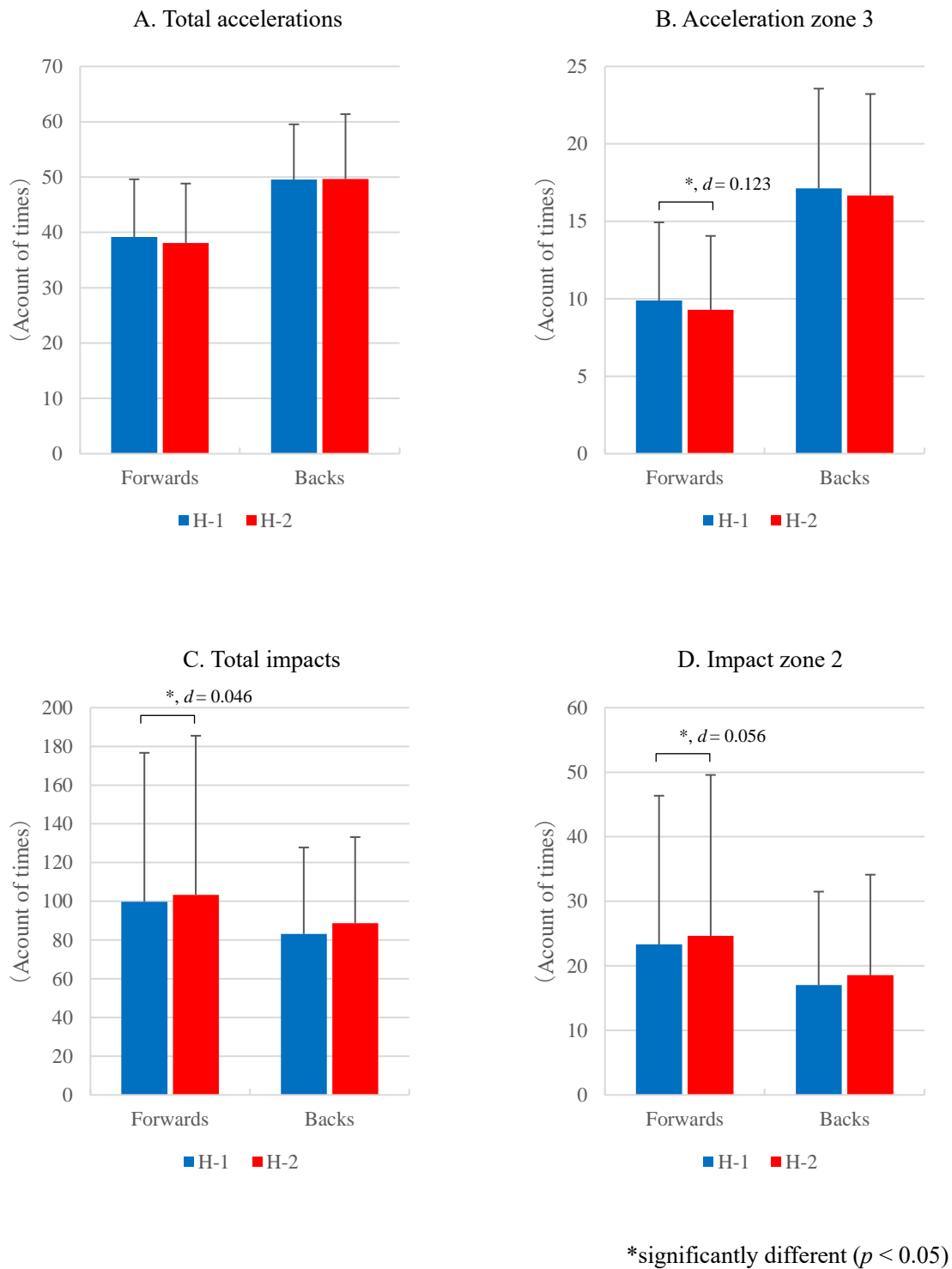


図 3-3. Forwards と Backs の加速回数とインパクト回数の 2 区分 (H-1・H-2) 間の比較

表 3-3. ポジション毎の総移動距離と速度帯移動距離の4区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

Position (n)	Quarter	Speed zone 1			Speed zone 2		Speed zone 3			Total distance		
		Mean ± S.D.	% change		% change		Mean ± S.D.	% change		Mean ± S.D.	% change	
Prop (n = 18)	Q-1	1084.1 ± 135.3	(Q-2/Q-1)	326.8 ± 88.4	(Q-2/Q-1)	56.9 ± 43.3	(Q-2/Q-1)	1467.8 ± 171.6	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1049.8 ± 126.5	-3.2%	222.9 ± 84.8	-31.8%	30.2 ± 24.4	-46.9%	1302.9 ± 142.5	-11.2%			
	Q-3	1126.7 ± 112.3	(Q-4/Q-3)	295.0 ± 86.3	(Q-4/Q-3)	50.7 ± 40.2	(Q-4/Q-3)	1472.4 ± 139.1	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1116.9 ± 151.0	-0.9%	226.0 ± 94.7	-23.4%	37.0 ± 32.7	-26.9%	1379.9 ± 211.3	-6.3%			
Hooker (n = 13)	Q-1	1050.9 ± 104.6	(Q-2/Q-1)	340.5 ± 114.7	(Q-2/Q-1)	62.3 ± 44.9	(Q-2/Q-1)	1453.8 ± 193.1	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1002.5 ± 109.3	-4.6%	251.5 ± 99.7	-26.1%	40.6 ± 36.4	-34.8%	1294.6 ± 139.5	-10.9%			
	Q-3	1123.9 ± 89.7	(Q-4/Q-3)	316.1 ± 107.8	(Q-4/Q-3)	58.1 ± 34.7	(Q-4/Q-3)	1498.2 ± 165.6	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1076.8 ± 111.1	-4.2%	258.2 ± 89.9	-18.3%	62.4 ± 38.2	7.4%	1397.3 ± 180.3	-6.7%			
Lock (n = 69)	Q-1	1021.2 ± 129.6	(Q-2/Q-1)	347.8 ± 98.8	(Q-2/Q-1)	83.9 ± 52.0	(Q-2/Q-1)	1454.6 ± 178.9	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1008.0 ± 140.8	-1.3%	272.2 ± 93.8	-21.7%	68.6 ± 43.1	-18.3%	1348.8 ± 183.2	-7.3%			
	Q-3	1065.3 ± 165.9	(Q-4/Q-3)	328.5 ± 92.5	(Q-4/Q-3)	78.5 ± 49.0	(Q-4/Q-3)	1472.2 ± 228.2	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1090.3 ± 152.8	2.4%	292.2 ± 96.8	-11.1%	64.9 ± 42.4	-17.3%	1447.5 ± 208.3	-1.7%			
Flanker (n = 68)	Q-1	1059.7 ± 139.0	(Q-2/Q-1)	365.6 ± 81.2	(Q-2/Q-1)	101.2 ± 45.6	(Q-2/Q-1)	1526.3 ± 168.4	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1014.4 ± 137.0	-4.3%	290.6 ± 71.6	-20.5%	82.7 ± 52.0	-18.3%	1387.7 ± 159.7	-9.1%			
	Q-3	1070.4 ± 109.6	(Q-4/Q-3)	335.9 ± 94.5	(Q-4/Q-3)	97.8 ± 50.3	(Q-4/Q-3)	1504.1 ± 162.6	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1103.3 ± 145.5	3.1%	305.0 ± 97.2	-9.2%	68.4 ± 36.4	-30.1%	1476.7 ± 188.1	-1.8%			
Number 8 (n = 37)	Q-1	1065.3 ± 112.0	(Q-2/Q-1)	333.6 ± 115.9	(Q-2/Q-1)	76.7 ± 48.9	(Q-2/Q-1)	1475.9 ± 216.0	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	985.0 ± 166.1	-7.5%	272.1 ± 92.4	-18.4%	72.3 ± 52.4	-5.8%	1329.4 ± 251.4	-9.9%			
	Q-3	1073.9 ± 127.8	(Q-4/Q-3)	303.4 ± 95.7	(Q-4/Q-3)	73.1 ± 44.3	(Q-4/Q-3)	1450.4 ± 194.4	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1085.3 ± 135.3	1.1%	285.8 ± 100.0	-5.8%	74.3 ± 44.4	1.6%	1445.5 ± 222.9	-0.3%			
Scrum half (n = 19)	Q-1	1053.0 ± 131.2	(Q-2/Q-1)	522.1 ± 105.1	(Q-2/Q-1)	231.3 ± 58.3	(Q-2/Q-1)	1806.5 ± 201.6	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1020.8 ± 111.5	-3.1%	437.3 ± 123.7	-16.3%	185.6 ± 71.0	-19.8%	1643.7 ± 202.8	-9.0%			
	Q-3	1076.9 ± 121.1	(Q-4/Q-3)	527.6 ± 86.2	(Q-4/Q-3)	212.4 ± 76.6	(Q-4/Q-3)	1817.0 ± 150.8	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1106.9 ± 151.6	2.8%	485.1 ± 93.0	-8.1%	209.7 ± 83.0	-1.3%	1801.7 ± 161.0	-0.8%			
Fly half (n = 32)	Q-1	1101.0 ± 108.9	(Q-2/Q-1)	375.7 ± 107.0	(Q-2/Q-1)	117.1 ± 59.6	(Q-2/Q-1)	1593.9 ± 191.0	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1114.7 ± 126.5	1.2%	319.9 ± 92.5	-14.9%	107.6 ± 53.3	-8.1%	1542.1 ± 168.5	-3.2%			
	Q-3	1152.8 ± 117.2	(Q-4/Q-3)	334.3 ± 103.9	(Q-4/Q-3)	116.6 ± 53.2	(Q-4/Q-3)	1603.5 ± 203.0	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1194.7 ± 161.3	3.6%	358.8 ± 117.7	7.3%	99.9 ± 58.3	-14.4%	1653.4 ± 223.5	3.1%			
Center (n = 80)	Q-1	1044.1 ± 126.5	(Q-2/Q-1)	319.6 ± 76.2	(Q-2/Q-1)	174.6 ± 72.2	(Q-2/Q-1)	1538.4 ± 219.3	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1015.6 ± 116.6	-2.7%	273.5 ± 65.8	-14.4%	140.9 ± 54.6	-19.3%	1430.0 ± 174.0	-7.0%			
	Q-3	1080.4 ± 120.8	(Q-4/Q-3)	308.1 ± 82.0	(Q-4/Q-3)	158.4 ± 71.2	(Q-4/Q-3)	1546.9 ± 202.6	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1105.5 ± 126.8	2.3%	288.8 ± 78.8	-6.3%	139.9 ± 57.5	-11.7%	1534.2 ± 190.8	-0.8%			
Wing (n = 100)	Q-1	1074.1 ± 136.4	(Q-2/Q-1)	292.4 ± 81.1	(Q-2/Q-1)	207.3 ± 99.5	(Q-2/Q-1)	1573.8 ± 193.2	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1070.4 ± 140.2	-0.3%	271.7 ± 80.0	-7.1%	188.6 ± 80.7	-9.0%	1530.7 ± 185.5	-2.7%			
	Q-3	1095.6 ± 171.5	(Q-4/Q-3)	289.6 ± 79.1	(Q-4/Q-3)	217.1 ± 93.4	(Q-4/Q-3)	1602.4 ± 215.7	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1127.6 ± 159.3	2.9%	285.1 ± 86.2	-1.5%	176.8 ± 73.1	-18.6%	1589.5 ± 198.0	-0.8%			
Full back (n = 45)	Q-1	1240.1 ± 106.3	(Q-2/Q-1)	356.1 ± 82.0	(Q-2/Q-1)	169.3 ± 75.6	(Q-2/Q-1)	1765.5 ± 160.6	(Q-2/Q-1)			
	Q-2	1217.8 ± 106.4	-1.8%	335.9 ± 105.5	-5.7%	153.8 ± 69.8	-9.2%	1707.7 ± 166.6	-3.3%			
	Q-3	1239.6 ± 112.1	(Q-4/Q-3)	369.6 ± 93.7	(Q-4/Q-3)	173.3 ± 71.8	(Q-4/Q-3)	1782.6 ± 179.0	(Q-4/Q-3)			
	Q-4	1249.9 ± 126.5	0.8%	335.5 ± 99.4	-9.2%	155.8 ± 72.8	-10.1%	1741.3 ± 208.2	-2.3%			

S.D. = standard deviation

表 3-4. ポジション毎の加速回数とインパクト回数の4区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

Position (n)	Quarter	Total accelerations		Acceleration zone 3		Total Impacts		Impact zone 2	
		Mean ± S.D.	% range	Mean ± S.D.	% range	Mean ± S.D.	% range	Mean ± S.D.	% range
(n = 18)	Q - 1	18.6 ± 4.4	(Q-2/Q-1)	3.7 ± 2.2	(Q-2/Q-1)	44.6 ± 17.2	(Q-2/Q-1)	9.3 ± 6.3	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	13.6 ± 3.9	-26.9%	2.2 ± 1.6	-39.4%	43.4 ± 15.7	-2.9%	10.0 ± 7.5	7.8%
	Q - 3	16.9 ± 5.4	(Q-4/Q-3)	2.8 ± 2.1	(Q-4/Q-3)	55.0 ± 26.9	(Q-4/Q-3)	9.7 ± 5.1	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	14.2 ± 6.1	-15.8%	2.4 ± 2.0	-12.0%	49.4 ± 19.4	-10.2%	11.5 ± 5.8	17.8%
(n = 13)	Q - 1	20.7 ± 6.7	(Q-2/Q-1)	4.2 ± 2.2	(Q-2/Q-1)	54.3 ± 18.6	(Q-2/Q-1)	6.3 ± 4.3	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	15.5 ± 5.4	-24.9%	3.7 ± 1.6	-11.1%	41.8 ± 16.4	-23.0%	5.2 ± 3.1	-18.4%
	Q - 3	17.8 ± 4.4	(Q-4/Q-3)	3.3 ± 1.9	(Q-4/Q-3)	51.0 ± 16.7	(Q-4/Q-3)	4.0 ± 2.3	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	15.8 ± 5.8	-11.6%	3.1 ± 1.6	-7.0%	50.2 ± 19.6	-1.6%	5.0 ± 5.1	25.0%
(n = 69)	Q - 1	21.7 ± 6.0	(Q-2/Q-1)	5.2 ± 2.7	(Q-2/Q-1)	57.4 ± 61.5	(Q-2/Q-1)	14.3 ± 17.8	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	17.3 ± 4.9	-20.3%	4.9 ± 2.7	-4.7%	54.3 ± 57.3	-5.5%	13.6 ± 15.5	-4.6%
	Q - 3	19.7 ± 5.3	(Q-4/Q-3)	5.2 ± 2.9	(Q-4/Q-3)	61.0 ± 69.5	(Q-4/Q-3)	15.9 ± 20.7	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	18.2 ± 6.2	-7.4%	4.9 ± 3.1	-7.2%	54.6 ± 58.9	-10.4%	13.5 ± 15.6	-15.3%
(n = 68)	Q - 1	23.1 ± 6.2	(Q-2/Q-1)	6.5 ± 3.5	(Q-2/Q-1)	46.1 ± 21.1	(Q-2/Q-1)	10.3 ± 7.1	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	19.4 ± 5.2	-16.2%	5.3 ± 3.2	-18.9%	46.7 ± 18.5	1.2%	10.7 ± 7.7	3.8%
	Q - 3	20.8 ± 5.8	(Q-4/Q-3)	5.8 ± 3.1	(Q-4/Q-3)	47.9 ± 21.4	(Q-4/Q-3)	10.7 ± 6.1	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	19.9 ± 5.8	-3.9%	5.0 ± 2.5	-13.9%	42.0 ± 17.5	-12.4%	10.0 ± 6.2	-6.6%
(n = 37)	Q - 1	20.4 ± 7.7	(Q-2/Q-1)	4.9 ± 2.8	(Q-2/Q-1)	50.1 ± 22.5	(Q-2/Q-1)	12.3 ± 10.4	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	17.3 ± 7.6	-15.4%	3.9 ± 2.2	-20.0%	43.9 ± 21.0	-12.4%	11.4 ± 7.1	-6.9%
	Q - 3	19.6 ± 7.2	(Q-4/Q-3)	4.1 ± 2.3	(Q-4/Q-3)	51.0 ± 22.4	(Q-4/Q-3)	14.2 ± 11.0	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	19.0 ± 7.4	-2.9%	3.7 ± 2.3	-9.2%	51.3 ± 16.7	0.6%	14.0 ± 11.0	-1.8%
(n = 19)	Q - 1	34.2 ± 6.8	(Q-2/Q-1)	10.2 ± 4.1	(Q-2/Q-1)	34.2 ± 33.1	(Q-2/Q-1)	6.2 ± 6.8	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	27.7 ± 6.1	-18.9%	8.4 ± 3.8	-18.0%	34.5 ± 34.3	0.7%	7.2 ± 10.1	16.3%
	Q - 3	32.3 ± 4.8	(Q-4/Q-3)	8.3 ± 3.3	(Q-4/Q-3)	34.6 ± 27.5	(Q-4/Q-3)	5.8 ± 3.5	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	30.0 ± 4.1	-7.2%	8.5 ± 3.8	3.2%	34.8 ± 19.8	0.4%	7.5 ± 6.7	27.6%
(n = 32)	Q - 1	25.8 ± 5.7	(Q-2/Q-1)	9.1 ± 3.4	(Q-2/Q-1)	35.9 ± 18.2	(Q-2/Q-1)	9.6 ± 7.6	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	23.1 ± 7.2	-10.3%	8.5 ± 3.7	-6.5%	34.2 ± 18.0	-4.8%	8.9 ± 9.3	-7.5%
	Q - 3	23.6 ± 6.9	(Q-4/Q-3)	8.3 ± 4.2	(Q-4/Q-3)	37.5 ± 18.4	(Q-4/Q-3)	9.3 ± 6.0	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	23.6 ± 7.2	0.1%	7.3 ± 3.6	-11.7%	36.9 ± 19.4	-1.6%	9.0 ± 6.5	-3.6%
(n = 80)	Q - 1	25.9 ± 5.5	(Q-2/Q-1)	9.1 ± 3.6	(Q-2/Q-1)	51.9 ± 21.7	(Q-2/Q-1)	10.1 ± 8.4	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	22.4 ± 4.3	-13.3%	8.0 ± 3.6	-12.4%	51.0 ± 23.2	-1.7%	9.4 ± 9.6	-7.2%
	Q - 3	23.8 ± 5.7	(Q-4/Q-3)	8.1 ± 3.3	(Q-4/Q-3)	56.8 ± 22.9	(Q-4/Q-3)	11.4 ± 11.3	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	24.7 ± 6.6	3.8%	8.6 ± 4.1	5.7%	58.6 ± 25.7	3.2%	12.6 ± 11.0	10.4%
(n = 100)	Q - 1	25.6 ± 6.4	(Q-2/Q-1)	9.6 ± 3.7	(Q-2/Q-1)	37.3 ± 24.5	(Q-2/Q-1)	7.7 ± 6.8	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	23.0 ± 6.0	-10.0%	8.7 ± 3.6	-9.1%	36.8 ± 20.0	-1.3%	7.6 ± 6.6	-1.0%
	Q - 3	24.8 ± 6.9	(Q-4/Q-3)	9.4 ± 3.8	(Q-4/Q-3)	38.3 ± 18.5	(Q-4/Q-3)	7.3 ± 6.3	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	24.6 ± 7.7	-0.7%	9.1 ± 3.8	-3.7%	36.8 ± 17.3	-3.9%	7.2 ± 5.8	-1.0%
(n = 45)	Q - 1	26.0 ± 5.9	(Q-2/Q-1)	7.4 ± 3.5	(Q-2/Q-1)	42.7 ± 21.7	(Q-2/Q-1)	7.9 ± 5.8	(Q-2/Q-1)
	Q - 2	23.2 ± 5.8	-10.7%	6.4 ± 3.5	-13.3%	42.4 ± 24.0	-0.7%	9.2 ± 6.4	16.6%
	Q - 3	25.2 ± 7.1	(Q-4/Q-3)	7.2 ± 3.4	(Q-4/Q-3)	45.4 ± 24.5	(Q-4/Q-3)	9.8 ± 8.0	(Q-4/Q-3)
	Q - 4	23.3 ± 6.9	-7.8%	6.2 ± 3.5	-14.5%	46.5 ± 30.9	2.3%	11.0 ± 8.7	11.7%

S.D. = standard deviation

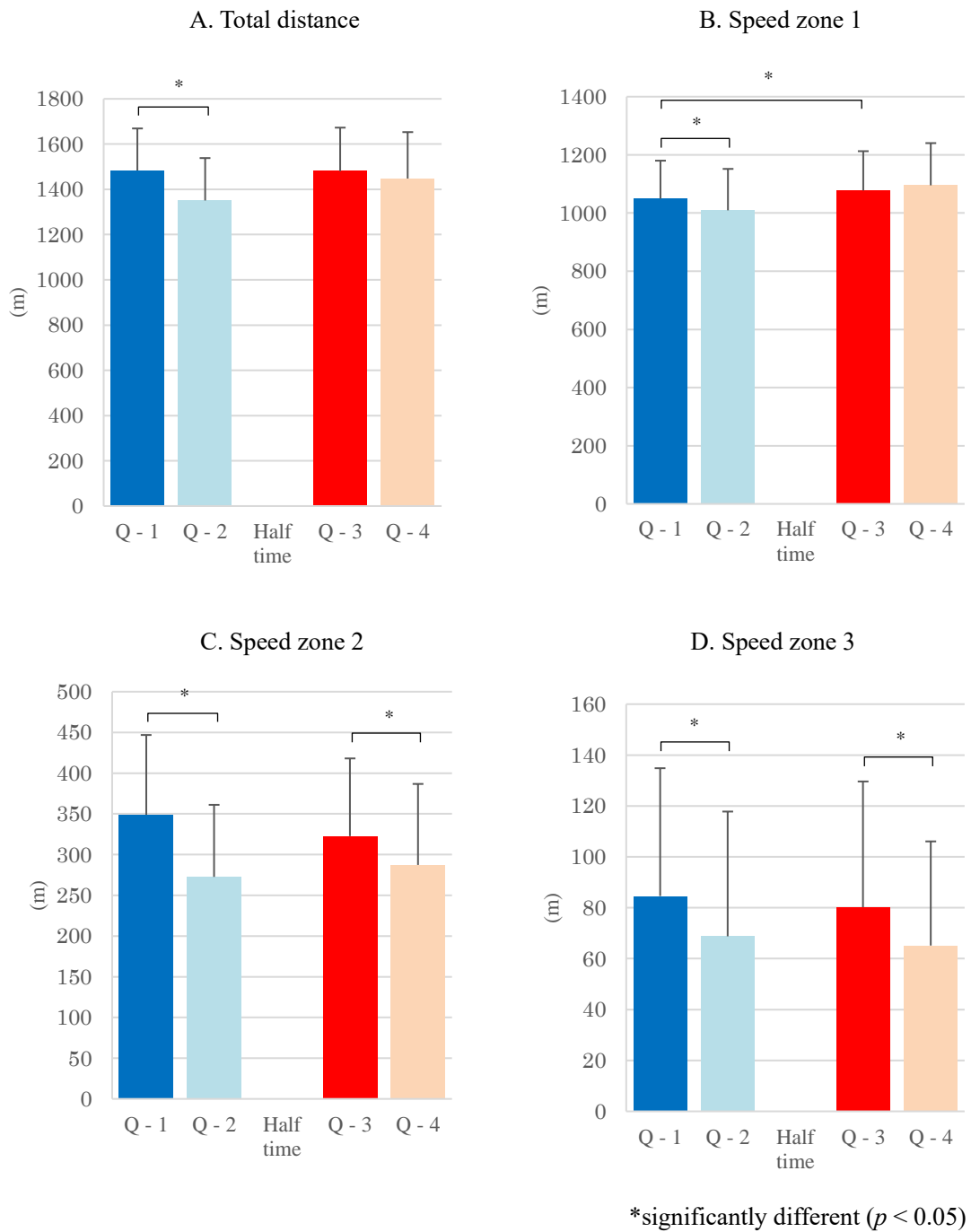


図 3-4. Forwards における総移動距離と速度帯移動距離の 4 区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

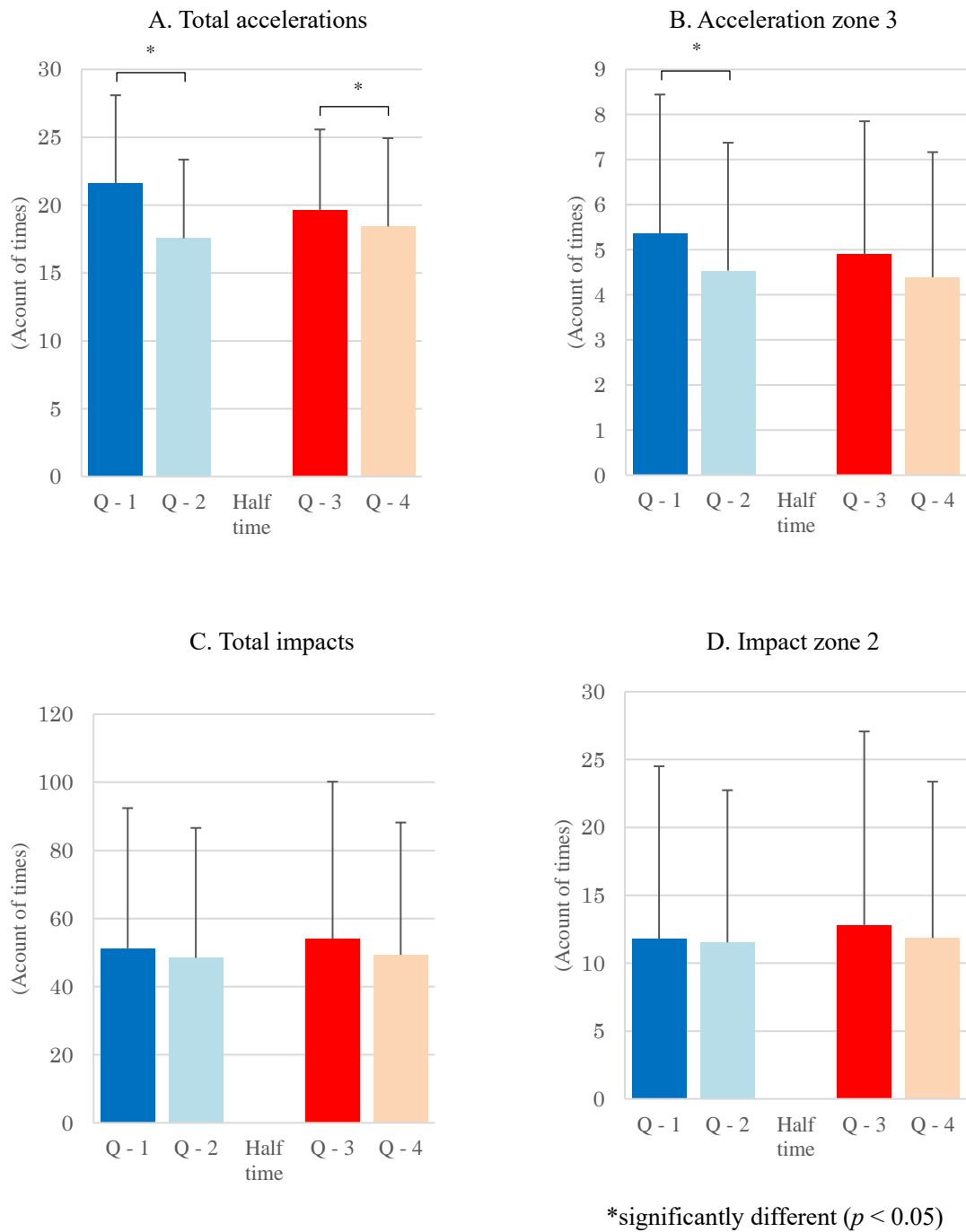


図 3-5. Forwards における加速回数とインパクト回数の4区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

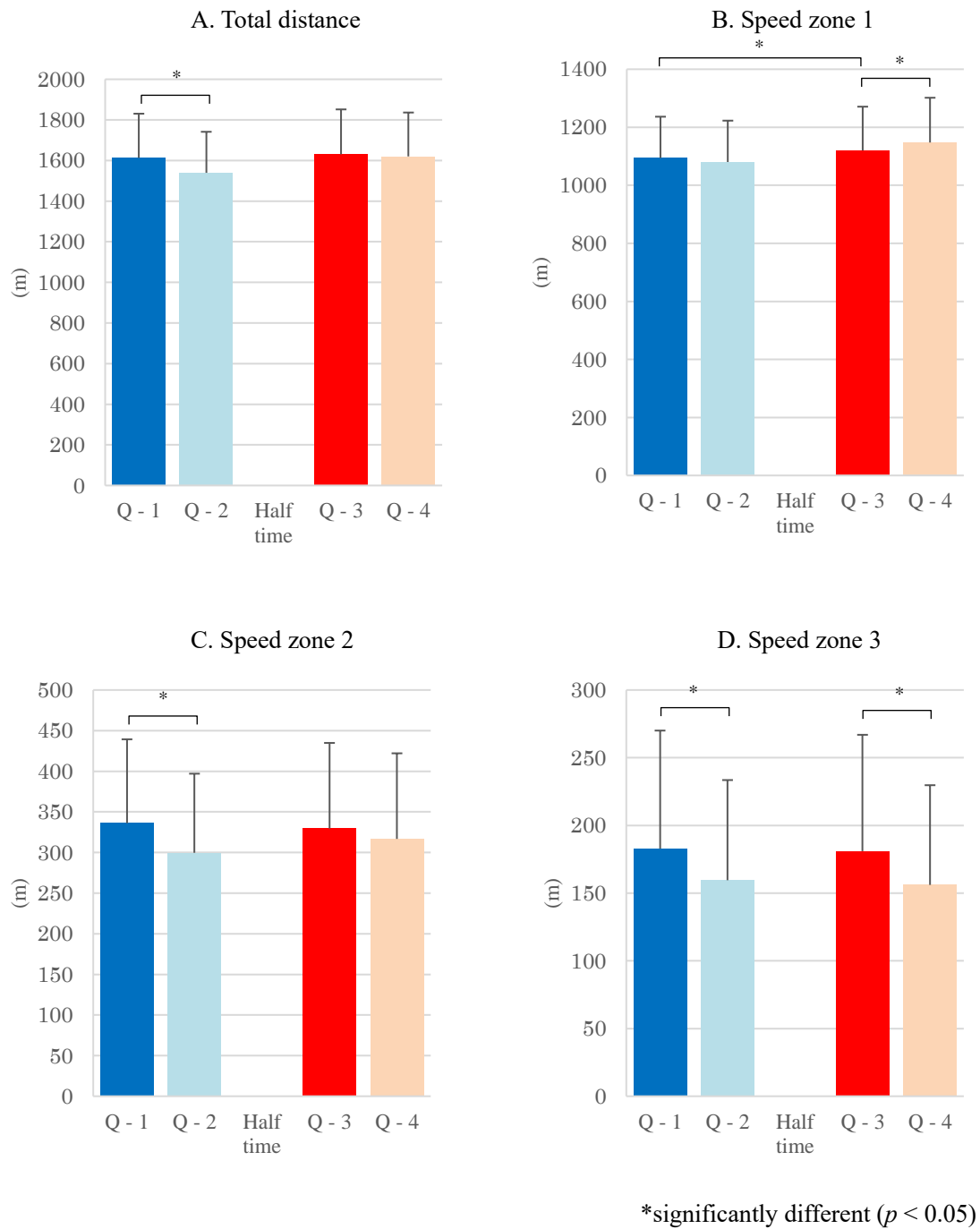


図 3-6. Backs における総移動距離と速度帯毎移動距離の 4 区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

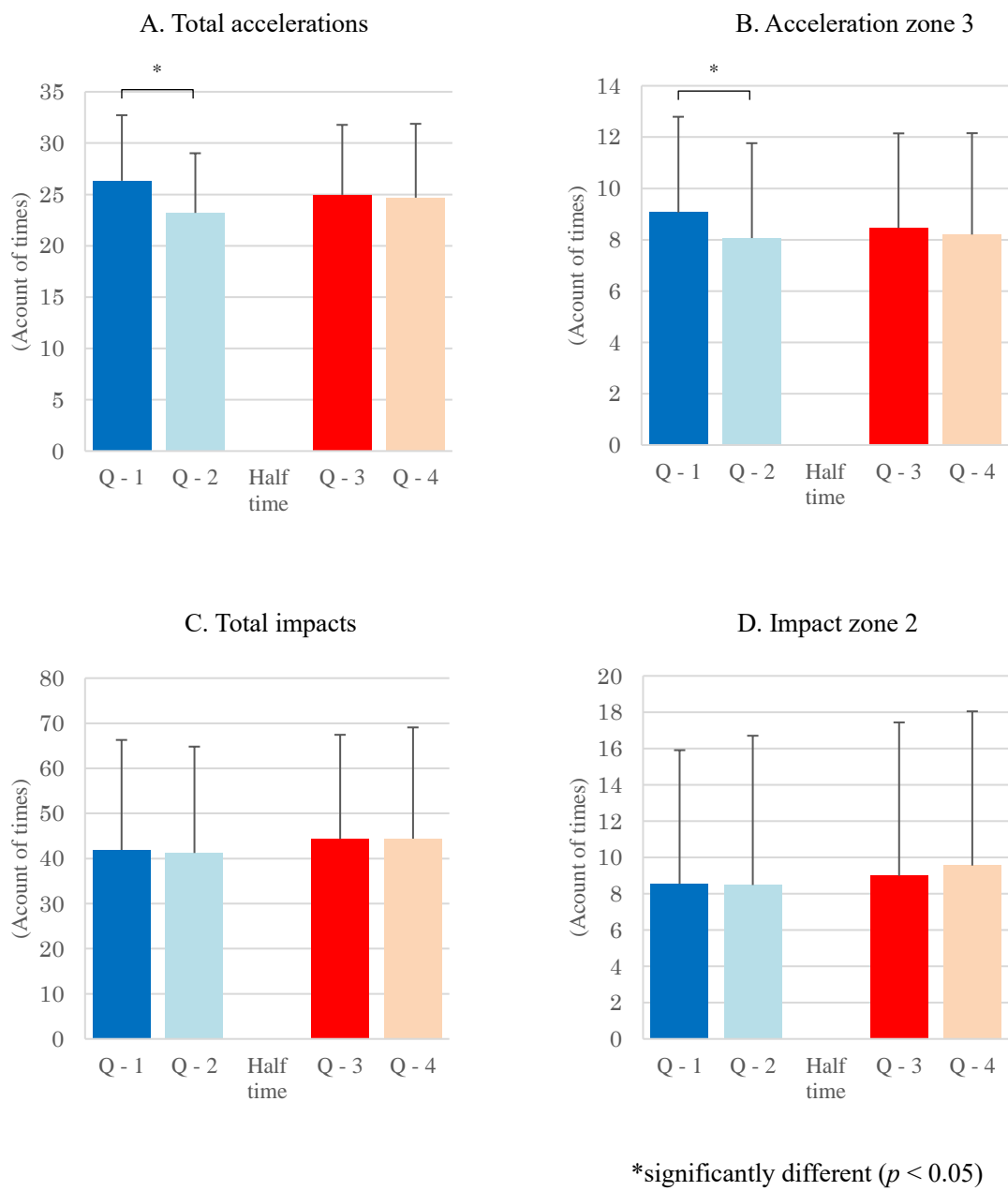


図 3-7. Backs における加速回数とインパクト回数の 4 区分 (Q-1, 2, 3, 4) 間の比較

第4節 考察

本章の目的は、エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスが試合時間の経過によりどのような推移を示すかを明らかにすることであった。試合の経過に伴うパフォーマンスの変化やパフォーマンスの変化しやすいポジションを明らかにすることができれば安全かつ効果的なコンディショニングに応用することが可能となる。

総移動距離を2区分で分析をした際には、Forwards, Backsともに試合の後半(H-2)が有意に高い値を示した。総移動距離は試合中の移動形態に関する運動量と置き換えることができ、Forwards, Backsともに試合の後半(H-2)における運動量低下は示されなかった。

速度帯移動距離を2区分で分析した際には、SZ-1はForwards, Backsともに試合の後半(H-2)に高い値を示したが、SZ-2やSZ-3はForwards, Backsともに有意差は認められなかった。これらの結果から、試合の後半(H-2)の総移動距離の増加は、SZ-1の移動距離の増加によるものであることが明らかになった。試合の後半(H-2)は、前半(H-1)と比較しペナルティやケガなどによりアウトオブプレーの時間(OPT: out of play time)が多くなり試合の実質のランニングタイム(後半開始から終了までの時間)が長く、この点が総移動距離やSZ-1の増加に一因となっていると考えられる。

また、速度帯移動距離は移動形態に関する運動強度の指標として置き換えることができる。Forwards, BacksともにSZ-2やSZ-3の試合の後半(H-2)の低下が認められなかったことから運動強度の低下は示されなかった。これらのことから、試合の後半(H-2)においてもForwards, Backsともに移動形態に関する運動量、運動強度は維持できていることが明らかになった。

一方、ForwardsとBacksの分類では、試合の後半(H-2)の移動形態に関する運動量や運動強度の低下は認められなかったが、10ポジション毎の結果に着目すると移動形態に関する運動強度の低下を示しているポジションが認められた。FL, No.8, FH, CTBは、試合の後半(H-2)にSZ-1が増加しSZ-2とSZ-3が低下していることから、移動形態に関する運動強度の低下を示したポジションである。Forwards, Backsのポジショングループでは移動形態の運動強度は認められなかったが、個々のポジション毎で評価することでパフォーマンスを低下する特異的なポジションを明らかになった。

Forwards, Backsの分類では移動形態に関する運動強度の低下が認められなかったが、個々のポジション毎では移動形態に関する運動強度の低下が認められたことから、Forwards, Backsの分類においても時間区分をさらに分割することで試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化を検討することができると考える。

総移動距離を4区分で分析をした際には、Forwards, BacksともにQ-1 ≒ Q-3 ≒ Q-4 > Q-2の関係性を示した。前半の最初の20分(Q-1)は、試合開始直後のため高い移動距離を

示しているが、前半の後の 20 分 (Q-2) になると移動距離が低下した。このため、Q-1 の運動負荷が Q-2 のパフォーマンスに影響を及ぼしていることが示唆された。一方、ハーフタイム (10 分) による休息を挟んだ後の後半の最初の 20 分 (Q-3) は、Q-2 より高い値を示した。ハーフタイムによる疲労の回復やエネルギー補給によりパフォーマンスは回復することが示唆された。後半の後の 20 分 (Q-4) は Q-3 に対する有意な距離の低下は認められなかった。速度帯毎移動距離の 4 区分の結果に着目すると、SZ-3 は Forwards と Backs とともに $Q-1 > Q-2$, $Q-3 > Q-4$ の関係性から、前・後半ともに最初の 20 分 (Q-1 と Q-3) と比較して後の 20 分 (Q-2 と Q-4) は移動距離が少なかった。また、前半の後の 20 分 (Q-2) の移動形態に関するパフォーマンスが最も低いことが明らかになった。これは、前・後半のそれぞれ後の 20 分は移動形態に関する運動強度の低下を示している。これらの結果から、前半の後の 20 分 (Q-2) は移動形態に関する運動量とともに運動強度も低下しており、後半の後の 20 分 (Q-4) は移動形態に関する運動量は維持できているが運動強度は低下していることが明らかになった。

2 区分と 4 区分の結果から、エリートラグビー選手の試合において 40 分間移動形態に関する運動強度を維持することが難しいことが示された。前・後半のそれぞれ開始後 20 分以降から移動形態に関する運動強度が低下することが試合区分を 4 区分に分割することで明らかになった。

AZ-1 から AZ-3 の総加速回数の 4 区分の比較もまた SZ-3 と同様に Q-1 と Q-3 に対し、Q-2 と Q-4 が有意に低い値を示した。前・後半の各々最初の 20 分のパフォーマンスに起因しその後の 20 分間が低下したと考える。加速回数も移動形態に関する運動強度を示す指標であるため、速度帯移動距離の結果と同様に前・後半のそれぞれ後の 20 分の移動形態に関する運動強度の低下が加速回数の側面からも明らかになった。また、AZ-3 は Forwards, Backs とともに $Q-1 > Q-2 \approx Q-3 \approx Q-4$ であり試合開始後の最初の 20 分 (Q-1) のみで有意に高い値を示した。Q-1 以降は同等の値を示しハーフタイム後の Q-3 においても強度の向上は認められなかった。試合の開始直後は、身体活動の高い時間帯であることが加速度の視点からも示された。そして、AZ-3 のような高い加速度は試合を通して維持することが難しい要素であるとことも明らかになった。

インパクト回数を 2 区分で分析をした際には、総インパクト回数、IZ-2 とともに Forwards が試合の後半 (H-2) に有意に多かった。インパクト回数は、コンタクトを示す指標として置き換えることができる。試合の後半 (H-2) は、勝敗に影響を与える重要な時間帯になってくることからボール争奪時のコンタクトが多くなり総回数、IZ-2 とともに多くなったものとする。一方、10 ポジションにおける 2 区分の結果に着目すると HO, FL, FH, WTB は強度の高いコンタクトを示す IZ-2 が試合の後半 (H-2) において低下が認められた。FH は

司令塔としての戦術的要素の理解，パスやキックの精度が高く求められ，WTBはフットワークやスピードが高く求められるポジションである．そのため，コンタクト強化に関するコンディショニングを他の Backs と比較し十分に実施しないポジションであることから試合の後半（H-2）の IZ-2 の低下が示されたと考える．

一方，インパクト回数を4区分で分析をした際には，Forwards と Backs の両ポジションともに有意差は認められず，1試合通して同水準のパフォーマンスで推移していた．コンタクトはラグビーの試合を規定する代表的な動作であり試合を通して要求されることから，試合時間の経過による変化は認められなかったものとする．

第5節 まとめ

本章では，エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスが試合時間の経過によりどのような推移を示すかを明らかにすることを目的として試合の経過時間を2つ，または4つの時間区分に分けてデータを分析した．その結果，前・後半のそれぞれ後の20分間において移動速度や加速回数などの移動形態に関するパフォーマンスの運動強度が低下することが明らかになった．このことは，試合の経過に伴うコンディション低下を示唆しており，疲労がその重要な因子であると容易に想像できる．そのためコンディショニングにおいては，試合の後半までコンディションを維持することができる体力要素の向上を目的とした計画をたてる必要があると考える．一方，インパクト回数は試合時間の経過による変化が乏しくインパクト回数によるコンディションの評価は困難であることが示された．

本章では，試合の推移に伴い移動形態に関する運動強度の低下は認められたが，コンタクト関連の指標となるインパクトは試合の推移に伴う変化を示さなかった．移動形態は，競技レベルや試合展開に依存すると考えられ，サンプリングバイアスが存在すると推察される⁷¹．本章で分析した対象試合は，敗戦試合が多くこのサンプルバイアスが影響を及ぼしている可能性が示唆される．また，得点差などの試合展開もパフォーマンスに影響を与えている可能性が考えられる．勝利試合と敗戦試合のパフォーマンスの変化の相違などをさらにデータを増やして対比できれば，パフォーマンスの変化が試合の勝敗に影響を与える可能性をさらに正確に評価できるものとする．試合展開を考慮したパフォーマンス分析の必要性が課題としてあげられた．

第4章 研究③ 試合展開に伴うパフォーマンスの変化

第1節 目的

エリートラグビー選手の1試合あたりのポジション毎の移動距離、移動速度や加速回数などのパフォーマンスを第2章で分析し、各ポジションの特性を明らかにした。また、それらのパフォーマンスの試合時間の経過に伴う変化について試合時間を2区分と4区分に分割し第3章で分析した。試合の推移とともに運動強度の低下が認められ、要因として疲労の蓄積とともに試合展開が影響を与えている可能性が考えられたため、試合展開を考慮したパフォーマンス分析の必要性が課題としてあげられた。

試合中のパフォーマンスは、勝敗、得点差、対戦相手、戦術や環境要因などのさまざまな因子の影響を受ける。移動形態は、競技レベルや試合展開に依存するが故にサンプリングバイアスが存在する⁷¹。これらのことから、Gabbett et al. (2013) はラグビーリーグ⁷², Sullivan et al. (2014) はオーストラリアン・フットボール⁷³, Castellano et al. (2011) はサッカーにおいて勝敗、得点差、対戦相手によるパフォーマンスとの関連を報告している⁷⁴。ラグビーリーグでは、勝利した試合で移動距離や高速度ランニング (5 m/sec) が敗戦試合より高い値を示したと報告している⁷²。ラグビーユニオンも同様にパフォーマンスが試合展開により影響を受けると考えられるが、ラグビーユニオンではこれらを検討した報告はない。試合展開によりパフォーマンスがどのような影響を受けるかを解析することで試合中のパフォーマンスをより詳細に評価することが可能となる。最後まで勝敗のわからない競った試合展開の際と大きく点差が開いてしまった試合展開では、パフォーマンスに差異が生まれている可能性が高い。そのため、試合展開がパフォーマンスに与える影響を評価することは、GPS ユニットにより計測されるデータの解析におけるリスク要因ないし誤差要因を認識することにつながる。すなわち GPS ユニットにより計測されるデータを用いた効果的なコンディショニングの実践のためには、データ解析の際にどの程度試合展開を考慮する必要があるのかを評価しておくことが必要である。

そのため、本研究ではエリートラグビーのチームにおいて試合展開 (勝敗、得点差) がパフォーマンスに与える影響を分析することを目的とする。

第2節 方法

1. プロトコル

トップリーグの公式試合を対象としてパフォーマンスと試合展開との関連を分析した。パフォーマンスの指標は、第2章 (研究①) および第3章 (研究②) で評価した項目とし、トップリーグの公式試合を対象として試合中に GPS ユニットを用いて計測した。試合展開

は、勝敗と得点差とし試合展開（勝敗、得点差）のデータはトップリーグが公表している公式データから収集した。本章は、試合を前半（40分）と後半（40分）に二分割し、各々40分のパフォーマンスと試合展開（勝敗、得点差）の関連について分析した。

2. 対象チーム, 対象試合, 対象者

対象チームは、トップリーグに所属する1チームとした。対象試合は、トップリーグの2013年シーズン、2014年シーズン、2015年シーズンの3シーズンの公式試合とした。各シーズンの試合数と試合結果は、2013年シーズン14試合（4勝10敗）、2014年シーズン16試合（6勝10敗）、2015年シーズン15試合（4勝10敗1分）の計45試合（14勝30敗1分）であった⁶⁵。

対象者は、対象試合45試合のスターティングメンバー15名とし、GPSユニット専用ベストの着用時の圧迫感による嫌悪感を訴える選手、喘息など呼吸器疾患の既往歴の有する選手は除外した。また、分析には前半全てに出場、または後半全てに出場しているデータのみを用いた。前半、後半の途中で交代しているデータは除外した。最終的に分析に利用したサンプル数は延べ838サンプルであった。

3. ポジション分類

ラグビーのポジションは、Prop (PR), Hooker (HO), Lock (LO), Flanker (FL), Number Eight (No.8), Scrum half (SH), Fly half (FH), Wing (WTB), Centre (CTB), Full back (FB) の10ポジションから構成される¹²。10ポジション毎に試合展開で群分けをするとサンプル数に大きな偏りがでたため、Forwards (PR, HO, LO, FL, No.8) と Backs (SH, FH, WTB, CTB, FB) の2つのポジショングループに分類し試合展開との影響を検討した。

4. GPS ユニット

GPSユニットは、SPI Pro X II (GPSports Systems, Canberra, Australia) を用いた。SPI Pro X IIは、データを計測した2013年シーズンから2015年シーズン当時、流通しているGPSユニットの中で最もサンプリング精度が高く、またラグビーをはじめとしたあらゆる競技で使用実績が多いことから採択した⁶⁷。さらに、三軸加速度計を内蔵、Polarの心拍計と同期できることから利点である。GPSのサンプリング精度は5Hz、内蔵されている三軸加速度計のサンプリング精度は100Hzであった。

GPSユニットの装着は、GPS専用ベストを用い対象者の左右肩甲骨間の中央上部に位置するようにした(図2-2)。また、GPS専用ベストの装着により試合中の動作が制限されることはない。

5. GPS ユニットの分析項目

試合中のパフォーマンスの評価には、総移動距離、速度帯毎移動距離、加速度回数、インパクト回数を用いた。各分析項目の詳細は以下の通りである。

1) 総移動距離(m), 速度帯毎移動距離(m/sec)

総移動距離 (Total distance) は、試合開始から終了までの間に移動した距離として算出した。この際、Ball in play だけでなく Out of play の間の移動も総移動距離に含めた。この理由は、Out of play も次のプレーのポジショニングを行うために必要な移動を行っているからである^{68,69}。

速度帯毎移動距離は、試合中の移動速度を基に速度帯を 3 つに分類し速度帯毎の移動距離を分析した。速度帯は、Cunniffe et al. (2009) の方法を参考に 3 つに分類した²⁴。速度帯の基準は、①Speed zone 1 (以下, SZ-1) : 0-3.3 m/sec, ②Speed zone 2 (以下, SZ-2) : 3.4-5.0 m/sec, ③Speed zone 3 (以下, SZ-3) : > 5.1 m/sec とした。

速度帯毎移動距離は、各速度帯で移動した距離の絶対値、総移動距離に対する各速度帯の移動距離の割合の相対値で結果を示した。

2) 加速回数(count)

加速度は、GPS による位置情報から移動距離を求め、その変化量つまり時間微分した値 (速度情報) をさらに時間微分し加速度を算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) の方法に従い 3 つの加速度強度帯に設定した²⁴。3 つの加速度強度帯の基準は、①Acceleration zone 1 (以下, AZ-1) : 1.5 - 2.0 m/s², ②Acceleration zone 2 (以下, AZ-2) : 2.0-2.5 m/s², ③Acceleration zone 3 (以下, AZ-3) : > 2.5 m/s² とした。

3) インパクト回数(count)

インパクトは、主にコンタクトを評価する指標である。GPS ユニットに内蔵されている三軸加速度計は、身体の移動に伴う加速だけでなく地面との接地や相手選手との接触等での衝撃加速度等も計測することが可能である。GPSports Systems 社の GPS ユニットではインパクトを“G”を基に評価した。“G”は三軸 (直線) 加速度計から 3 方向の加速度データ (運動・衝撃含む) を得て合成加速度を計算し、その値を重力加速度 (G) の 9.81m/s² で除し算出した。

速度帯と同様に Cunniffe et al. (2009) の方法に従い 2 つのインパクト強度帯に設定した²⁴。2 つのインパクト強度帯の基準は、①Impact zone 1 (以下, IZ-1) : 8.1-10.0 G, ②Impact

zone 2 (以下, IZ-2) : > 10.0 G とした.

6. 試合展開

試合展開は勝敗, 得点差とし, それぞれ勝敗は①勝ち, ②負け, 得点差は①7点以内, ②8点以上を設定した. 得点差は, 1トライ (5点) 1ゴール (2点) で一度に獲得できる7点を基準とした. 試合展開は, トップリーグの公式ホームページから情報を得た⁶⁵.

7. 統計学的解析

各パフォーマンスを示す指標毎に結果を平均値±標準偏差とともに変動係数 (CV: Coefficient of Variation) を併せて示した. 統計学的解析は, Bartlett 検定にて分散の均一性を確認した後, Forwards と Backs において勝敗と得点差の2要因分散分析を行った. 有意水準は5%未満とした. 統計学的解析は, 解析ソフト”R (R 3.0.2)”を用いた.

第3節 結果

1. 勝敗: ①勝ち, ②負け

Forwards, Backs ともに総移動距離, 速度帯毎移動距離に勝敗間の有意差は認められなかった. 加速回数は, Forwards において「負け」の際に AZ-3 が有意に高い値を示し ($p < 0.05$, $d = 0.104$), Backs は勝敗間の有意差は認められなかった. インパクト回数は, Forwards, Backs ともに「負け」の際に IZ-1 (Forwards $d = 0.143$, Backs $d = 0.096$), IZ-2 (Forwards $d = 0.137$, Backs $d = 0.132$) が有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 4-1).

2. 得点差: ①7点以内, ②8点以上

Forwards において, 総移動距離 ($d = 0.134$), SZ-2 ($d = 0.113$) が「7点以内」の際に「8点以上」と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$). Backs は得点差による有意差は認められなかった. 加速回数も Forwards において, 総加速回数 ($d = 0.157$), AZ-2 ($d = 0.155$) が「7点以内」の際に「8点以上」と比較し有意に高い値を示した ($p < 0.05$). インパクト回数は, Forwards, Backs ともに IZ-2 (Forwards $d = 0.175$, Backs $d = 0.205$) が「7点以内」の際に「8点以上」と比較して有意に高い値を示した ($p < 0.05$) (表 4-2).

表 4-1. Forwards, Backs における勝敗（勝ち, 負け）間の比較

	Unit	Forwards			Backs		
		Win (n = 152)	Loss (n = 219)	Effect size Cohen's <i>d</i>	Win (n = 188)	Loss (n = 279)	Effect size Cohen's <i>d</i>
Distance							
Total distance	[m]	2817.5 ± 279.9	2830.9 ± 313.8	0.04	3230.5 ± 375.5	3172.9 ± 371.4	0.15
Speed zone 1	[m]	2055.8 ± 203.6	2067.1 ± 228.2	0.05	2188.5 ± 239.0	2157.1 ± 240.9	0.13
Speed zone 2	[m]	603.5 ± 149.0	616.3 ± 164.6	0.08	677.2 ± 220.9*	666.8 ± 183.4	0.05
Speed zone 3	[m]	157.9 ± 77.6	147.2 ± 79.9	0.14	364.7 ± 137.4	349.1 ± 129.6	0.12
Acceleration							
Total acceleration	[time]	36.4 ± 9.8	37.7 ± 11.1	0.12	50.1 ± 13.1	51.9 ± 10.8	0.15
Acceleration zone 1	[time]	13.9 ± 4.9	14.1 ± 5.2	0.03	15.4 ± 5.9	16.2 ± 5.7	0.15
Acceleration zone 2	[time]	12.2 ± 4.4	12.4 ± 4.3	0.05	15.4 ± 5.3	16.1 ± 5.2	0.13
Acceleration zone 3	[time]	10.3 ± 4.9*	11.3 ± 5.3	0.18	19.4 ± 6.4	19.6 ± 5.6	0.04
Impact							
Impact zone 1	[time]	69.5 ± 45.1*	83.8 ± 58.0	0.27	64.6 ± 36.76*	71.6 ± 40.4	0.18
Impact zone 2	[time]	20.3 ± 17.5*	25.2 ± 24.6	0.22	15.8 ± 13.0*	18.9 ± 15.3	0.22

Data show mean ± Standard deviation. *Significant differences ($p < 0.05$) between matches wins and losses. Effect sizes of <0.19 , $0.20-0.49$, $0.50-0.79$, and >0.80 were considered trivial, small, moderate, and large, respectively.

表 4 - 2. Forwards, Backs における得点差 (7 点以内, 8 点以上) 間の比較

	Unit	Forwards			Backs		
		Small (n = 200)	Large (n = 171)	Effect size Cohen's <i>d</i>	Small (n = 251)	Large (n = 216)	Effect size Cohen's <i>d</i>
Distance							
Total distance	[m]	2863.1 ± 321.8*	2781.3 ± 266.6	0.27	3218.1 ± 380.6	3170.5 ± 364.8	0.13
Speed zone 1	[m]	2082.0 ± 240.5	2039.6 ± 187.1	0.19	2193.1 ± 256.8	2142.7 ± 217.2	0.21
Speed zone 2	[m]	624.7 ± 159.7*	595.1 ± 155.6	0.19	671.2 ± 202.5	670.7 ± 195.7	0.00
Speed zone 3	[m]	156.1 ± 84.8	146.3 ± 71.6	0.12	353.9 ± 134.1	357.1 ± 131.8	0.02
Acceleration							
Total acceleration	[time]	38.6 ± 11.3*	35.6 ± 9.5	0.29	51.5 ± 12.5	50.8 ± 11.0	0.07
Acceleration zone 1	[time]	14.6 ± 5.4*	13.3 ± 4.6	0.26	16.3 ± 6.3	15.4 ± 5.1	0.15
Acceleration zone 2	[time]	12.9 ± 4.5*	11.6 ± 4.0	0.30	15.8 ± 5.4	15.9 ± 5.0	0.02
Acceleration zone 3	[time]	11.1 ± 5.3	10.7 ± 4.9	0.08	19.5 ± 6.0	19.5 ± 5.8	0.00
Impact							
Impact zone 1	[time]	80.1 ± 58.8	75.4 ± 46.5	0.09	67.9 ± 37.9	69.8 ± 40.5	0.05
Impact zone 2	[time]	26.3 ± 24.2*	19.5 ± 18.7	0.31	20.2 ± 16.0*	14.6 ± 11.9	0.39

Data show mean ± Standard deviation. *Significant differences ($p < 0.05$) between matches wins and losses. Effect sizes of <0.19 , $0.20-0.49$, $0.50-0.79$, and >0.80 were considered trivial, small, moderate, and large, respectively.

第4節 考察

エリートラグビーのチームにおいて試合展開（勝敗，得点差）がパフォーマンスに与える影響を分析した．分析には前半，後半ともに全てに出場したサンプルのみを用いた．前半または後半の途中で交代した選手のデータは除外した．第3章（研究②）において前・後半のそれぞれ後20分はパフォーマンスが低下することが明らかになり，途中交替した選手のデータを40分に換算しパフォーマンスを推定することはパフォーマンスを過大評価することにつながることから，データの妥当性の向上のために途中交代した選手のデータは除外した．

また，ポジションを **Forwards** と **Backs** の2つに分類した．40分間に全て出場したデータを用いて10ポジション毎に評価できればさらに詳細な分析が可能となるはずであるが，それらを勝敗と得点差において群分けすると，群によってはサンプル数が極端に少なくなる．その理由からラグビーリーグやオーストラリアン・フットボールなどにおける試合展開とパフォーマンスとの関連を検討した研究論文でもポジション別に細分して評価はしていない^{72,73}．第2章（研究①）で示したようにポジションによってパフォーマンスには特性があり **Forwards** と **Backs** の分類は試合展開（勝敗，得点差）とパフォーマンスとの関係を評価する上で最低限必要である．第2章（研究①）のクラスター分析の結果においてもポジションを **Forwards** と **Backs** に分類されることが裏付けられている．そのため，本章ではポジションを **Forwards** と **Backs** の2つに分類して試合展開（勝敗，得点差）とパフォーマンスとの関連を検討した．

本章（研究③）の実施にあたり，1試合（80分）に全てに出場したサンプルのみを使用し勝敗と得点差に分類し **Bartlett** 検定によって分散の均一性を確認したところ，等分散は認められなかった．対象としたチームのサンプルデータの勝敗数が14勝30敗1分と勝敗数に偏りがあったことが要因と考えられる．そのため，サンプルデータを前・後半（各40分）に分割しそれぞれの勝敗や得点差で分散の均一性を確認したところの偏りが少なくなり分散の均一性が担保された．よって，本章では前・後半毎に試合展開（勝敗，得点差）とパフォーマンスの関連を検討した．

試合展開（勝敗，得点差）とパフォーマンスの関連について，まず勝敗との関連について考察を加える．**Forwards**，**Backs** ともに総移動距離や速度帯毎移動距離に勝敗間の有意差は認められなかった．そのため，移動形態に関する運動量や運動強度は両ポジションともに試合の勝敗に左右されないことが明らかになった．

加速回数やインパクト回数は，**Forwards** は **AZ-3**，**IZ-1**，**IZ-2**，**Backs** は **IZ-1**，**IZ-2** において勝敗間による有意差が認められた．両ポジションともに全ての指標で「負け」の際に高い値を示した．「負け」の試合展開は，対戦相手のアタックに対してディフェンスをする局面

が当然多くなる。そしてディフェンスの局面では相手選手を止めるために必然的にタックルが多くなる。「負け」の際にインパクト回数が高い値を示したのはこのような試合展開が影響したと推察される。また、Forwards の AZ-3 が「負け」の際に高くなった要因もこのディフェンスをする機会が多い試合展開が影響したものと考えられる。相手選手のアタックに対し、ディフェンスのラインに参加してタックルをしたり、ブレイクダウンに参加してボールを奪い返す際には Forwards が中心となる。このような状況下ではプレーの選択が瞬時に行われることから Forwards は短い距離を速く移動（加速）することを要求される。ボールの周囲でディフェンスをする機会が多いという Forwards のポジション特性が影響したものと推察する。

インパクト回数に着目すると、IZ-1 は Forwards が 15 回（勝ち: 69 回, 負け: 84 回）、Backs は 7 回（勝ち: 65 回, 負け: 72 回）、IZ-2 は Forwards が 5 回（勝ち: 20 回, 負け: 25 回）、Backs は 3 回（勝ち: 16 回, 負け: 19 回）の差が認められた。ハーフ（40 分）でこの程度の差が認められたということは、1 試合毎に換算するとさらに大きな差が生じることになる。また、Forwards は「勝ち」に対する「負け」の際のインパクト回数の増加率が Backs より高かった。そのため、「負け」の試合においてよりディフェンスが求められるポジションであることが示唆された。

次に、パフォーマンスと得点差との関連について考察する。Forwards において総移動距離と SZ-2 に得点差間の有意差が認められた。「7 点以内」の際に「8 点以上」と比較して大きな値を示した。Forwards は、「7 点以内」の拮抗した試合展開の際に総移動距離が多く、特に SZ-2 の移動速度における移動距離が多くなることが明らかになった。また、加速度も Forwards において総回数が「7 点以内」の際に有意に高い値を示していた。「7 点以内」の得点差は、7 点差以内で勝っている試合もしくは負けている試合が含まれる。負けている試合は 1 トライ 1 ゴールで追いつける、勝っている試合は追いつかれるといった状況であり、拮抗した試合展開を呈している。このような拮抗した試合展開である「7 点以内」の際にはパフォーマンスを示す指標が高い値を示した。拮抗した試合展開のため選手の試合に対する集中カレベルは持続されることから、パフォーマンスを示す指標が有意に高い値を示したと推察できる。そして、Forwards はボールの争奪に中心に関わるポジションであるため、Backs は有意差が認められなかったが Forwards において有意差が認められたと考える。また、拮抗した試合の Forwards においては、SZ-2 での移動が多いことが示された。SZ-2 の移動速度は 3.4-5.0 m/sec でありジョギングレベルの移動である。この速度の移動は常にポジショニングなどで動き続ける際に必要であり、勝利のためには Forwards はこの速度での移動を頻回に求められたことが影響していると推察される。

インパクトは、Forwards、Backs ともに「7 点以内」の際に IZ-2 が高い値を示した。拮抗

した試合を制するためにも、対戦相手チームのアタックに対してタックルによりディフェンスをする必要性から両ポジションともに高い値を示したと考える。

Gabbett et al. (2013) は、ラグビーリーグを対象に試合展開とパフォーマンスの関連を分析し「勝ち」や「大きな得点差」がある際に高いパフォーマンスが示されたと報告している⁷²。この報告は本章で得られたラグビーユニオンの結果とは対照的である。一方、オーストラリアン・フットボールを対象とした先行研究は本章と同様な傾向を示していた⁷³。このことから競技種目の違いやルールの違いは、パフォーマンスに対する影響の仕方も異なることを示唆している。そのため、未だ分析されていないラグビーユニオンの試合展開とパフォーマンスとの関連を本章である程度明らかにできたことは、安全かつ効果的なコンディショニングに反映させる際に有益な情報となる。

ラグビーにおける試合展開とパフォーマンスの関連を調べることで、試合展開によって要求されるパフォーマンスがポジションによって変化することが示された。これらの知見は、チームの状況に応じて予想される試合展開やリーグでのチームの位置づけなどを想定して適宜コンディショニングに反映させることができると考える。

第5章 総括

ラグビーの実践現場では、ピークパフォーマンスの発揮とスポーツ傷害の予防に向け安全かつ効果的なコンディショニングの実践が求められる。そのためには、ラグビーの試合中のパフォーマンスを分析しポジション毎の運動負荷や運動様式に関する基礎情報が必要となる。そこで、本論文はラグビーの実践現場におけるパフォーマンス向上やスポーツ傷害の予防にむけた安全かつ効果的なコンディショニングを実践する際に有用な情報となるエリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスを分析することを目的とした。

ラグビーは、試合中に15人と球技の中でも最も多い人数の選手が10ポジションに分類され、ルールで認められた多様な動作やプレーを同時に行っている。そのため、試合中は一見カオス（混沌）に思われる現象を呈する複雑な構造となっており、ラグビーの試合の様相を客観的に捉えることは難しい¹⁵。試合中に要求される選手の一連の動作やプレーを一定の局面や区分ごとに数値化しラグビーを可視化することが求められている。

GPSユニットを用いたパフォーマンス分析は、それを可能にする画期的な方法である。しかし、機器から得られるリアルタイムの膨大なデータの解析、さらには評価してそれをコンディショニングに利用する際の方法論は未だ確立されているとはいえず、各チームによって試行錯誤が続いているのが現状であり、ほとんど役立てられていないチームも存在する。本論文では、日本のエリートラグビー選手の試合中にGPSユニットを用いて計測された貴重なデータを解析して、パフォーマンスやコンディショニングに応用するための基礎資料の一端を作成することを試みた。

まず、ラグビーの1試合あたりのポジション毎の総移動距離、速度帯毎移動速度、加速回数、スプリント回数やインパクト回数などのパフォーマンスに関して第2章（研究①）で分析した。パフォーマンスの分析から、ForwardsとBacksの特性とともに、10ポジション毎の特性も明らかになった。ポジション毎の特性から試合中に要求される体力要素や身体に強いられる負荷（運動量や運動強度）をより詳細に評価することが可能となった。

次に、1試合あたりのポジション毎のパフォーマンスは試合時間の推移により変化することが考えられるため、試合時間の推移によるパフォーマンスの変化、また試合時間の推移に伴いパフォーマンスが変化しやすいポジションの特定を目的に試合中のデータを分析した。後半は、前半に対して運動強度が低下することが明らかになり、また前・後半のそれぞれにおいて開始20分後から運動強度の低下が認められた。一方、インパクト回数は試合時間の推移による変化は示されず影響の受けにくい指標であることが明らかになった。

さらに、試合時間の推移とともに試合展開（勝敗と得点差）によってもパフォーマンスは影響をうけるとの仮説から分析を行った。敗戦試合や得点差の少ない拮抗した試合の際にパフォーマンスを示す指標が高い値を示すことが明らかになった。特にForwardsにおいて

この傾向が高かった。

このように、GPS ユニットを用いてエリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスを分析し、実際の試合中に要求されている運動様式や運動負荷をポジション毎に明らかにすることができ、安全かつ効果的なコンディショニングに応用するための有用な知見を得た。本研究得られた種々の知見から、GPS ユニットのデータをコンディショニングへ応用する際の具体例を以下に例示する。

1. 1 試合あたりのポジション毎のパフォーマンスの結果をポジション特性の把握とともに必要なコンディショニングの選定に応用する

第2章（研究①）において、パフォーマンスを示す指標として総移動距離、速度帯毎移動距離、加速回数、スプリント回数、インパクト回数の1試合あたりのポジション毎の結果を示した。これらの結果から、Forwards と Backs のポジショングループの特徴とともに10ポジション毎の特性が明らかになった。これらの知見からポジション特異的なコンディショニングの選定が可能となった。

計測したパフォーマンス指標は、ラグビーの実践現場やトレーニングの際に運用しやすい用語である①運動量、②運動強度、③加・減速、④コンタクトに置き換えることができる。①運動量は総移動距離から、②運動強度は速度帯毎移動距離、加速回数、スプリント回数から、③加・減速は加速回数とスプリント回数から、④コンタクトはインパクト回数から推算することができる。この分類方法を用いることで、各ポジションの特性を実践現場の視点から提示することができ、当該ポジションに必要なコンディショニングの選定を計画することができる。具体的な Forwards, Backs のそれぞれを構成しているポジションの特性と必要なコンディショニングを表 5-1, 表 5-2 に示す。

このように、実践現場の視点から個々のポジションで要求されている体力要素やピークパフォーマンスの発揮に必要な具体的なコンディショニングの選定が可能となった。

表 5-1. Forwards を構成している個々のポジションの特性と必要なコンディショニング

Forwards	試合中に要求される特性				必要なコンディショニング
	運動量	運動強度	加・減速	コンタクト	
Prop	○	△	△	○	有酸素性能力, 骨格筋量, コンタクトフィットネス
Hooker	○	○	△	△	有酸素性能力
Lock	◎	◎	◎	◎	総合的な体力要素の向上
Flanker	◎	◎	◎	○	総合的な体力要素の向上
Number. 8	△	△	○	◎	骨格筋量, コンタクトフィットネス

表 5-2. Backs を構成している個々のポジションの特性と必要なコンディショニング

Backs	試合中に要求される特性				必要なコンディショニング
	運動量	運動強度	加・減速	コンタクト	
Scrum half	◎	◎	◎	△	有酸素性能力, 無酸素性能力
Fly half	○	△	◎	△	Repeated sprint ability, 10 m以内のスピード
Center	○	△	○	◎	骨格筋量, コンタクトフィットネス
Wing	○	○	◎	○	Speed&Agility, 20 m以上のスピード
Full back	◎	◎	△	○	有酸素性能力

2. 1 試合あたりのポジション毎の総移動距離, 速度帯毎移動距離, 加速回数の結果を練習時の目標値の設定に応用する

総移動距離, 速度帯毎移動距離, 加速回数は, 主に試合中の移動形態に関するパフォーマンスを示す指標である. これらの結果をラグビーの練習へ応用し, 試合時の移動形態に関するパフォーマンスの向上につなげる応用法を提案する. ここで使用する「練習」とは, 戦術・戦略向上を目的としたドリルや各種スキルの向上を目的としたドリルを行うセッションを指す.

前述したように, 総移動距離は運動量, 速度帯毎移動距離は運動強度, 加速回数は加減速や方向転換の有無として表すことができる. ピークパフォーマンスにむけ, 練習中の運動量や運動強度は実際の試合で発生する状況を基にした内容で構成することが必要とされる¹⁵. 一方, 練習は試合と同等の量や強度で実施するのではなく, 試合で要求されている量や強度に若干の過負荷(オーバーロード)を加えた構成で実施する必要も提唱されている⁷⁵. このコンセプトに基づいた具体的な練習への応用に関して, SHに焦点をあて概説する(図 5-1).

SHの総移動距離は約7000m, SZ-3の総移動距離に占める割合(SZ-3(%))は約13%, AZ-3の総回数は約40回であった. まず, これらの指標を単位時間あたりの相対値に変換する. ラグビーでは試合時間は80分であるが実際にボールが動いているボールインプレーの時間(BIT: ball in play time)は約40分とされる. 総移動距離は, BIT, アウトオブプレー時間(OPT: out of play time)も含んだ値であることから1分間あたりでは88m/分(7000m÷80分), SZ-3(%)は相対値のためそのまま13%, AZ-3はBITを中心に発生することから1分間あたりに変換すると1回(40回÷40分)となる. つづいて, この値に過負荷(20%)を加えると, 総移動距離は106m/分(88m/分×20%), SZ-3(%)は16%(13%×20%), AZ-3は1.2回/分(1回/分×20%)となる. 最後に, 練習が60分(実際の運動時間は50分)の構成の場合は, 総移動距離は6360m(106m/分×60分), SZ-3(%)は16%, AZ-3は60回(1.2回/分×50分)となる. 最終的に算出されたこれらの値を練習時の目標値とすることで, 普段の練習を試合より高い強度で実施することが可能となる. 練習中には, リアルタイムでこれらの値を注視し負荷が高すぎる, 低すぎるといった際には即座にコーチ陣に情報を伝えることで不適切な負荷でのトレーニングを回避することが可能となる. このように, 本論文で得られた結果を練習の負荷設定に応用させることで安全かつ効果的なコンディショニングを達成することができる.

	総移動距離	SZ-3 (%)	AZ-3
本研究結果 (Scrum half)	7000 m	13%	40 回
単位時間あたり (1分間)	88m/分 (7000m÷80分)	13%	1回/分 (40回÷40分)
過負荷 (20%増)	106m/分 (88m/分×20%)	16% (13%×20%)	1.2回/分 (1回/分×20%)
目標値 (量・強度)	6360m (106m/分×60分)	16%	60回 (1.2回/分×50分)

図 5-1. SH のパフォーマンスデータから練習負荷（量・強度）の設定

3. 試合展開とパフォーマンスの関連の結果をリカバリーやチームスケジュールへ反映し傷害発生予防に応用する

第3章（研究②）において、敗戦試合では Forwards, Backs とともにインパクト回数が増えることが明らかになった。この結果は、リカバリーやスケジュールリングに反映し傷害発生予防に応用することができる。敗戦試合では、インパクト回数が増えることから身体には衝撃による負荷が多く加わる。タックルやグラウンドとの衝突の繰り返しにより軟部組織は炎症反応を示していることが想定され、特にタックルに起因する上肢の軟部組織の損傷は高いと考えられる。これらのことから、敗戦試合後はアイスバスやアイシングを行う際に、通常下肢だけ実施するケースが多いが上肢も含めて入念に冷却する必要がある。敗戦試合後、上肢を含め全身アイスバスに浸かり炎症反応を早期に抑制することで傷害発生予防に貢献することができる。

また、炎症反応を抑制するには一定の時間を要することから、炎症反応が強い期間の練習内容を調整する必要がある。週末（土曜）に試合があり敗戦の際には、翌週の週の前半（日曜、月曜）はリカバリーを目的としたセッションを中心にスケジュールを構成、コンタクト練習の制限、上肢のウエイトトレーニングの制限などのスケジュールの調整を行う。

このように、試合展開とパフォーマンスと関連によって得られた知見を実践現場に応用することで安全かつ効果的なコンディショニングに応用することができる。

4. 試合展開とパフォーマンスと関連の結果を選手選考への応用する

移動距離や加速回数は「7点以内」の拮抗した試合で増えることが示された。この結果は、試合の選手選考に応用することもでき S&C コーチだけでなくラグビーコーチにおいても有用となる。拮抗した試合では、Forwards は加速やタックルを繰り返し行うことが求められる、事前のプランニングにおいてこのような試合展開が予想される際には、これらの体力に長けた選手を選考する、あるいは、拮抗した試合中はこれらの体力がより早期に消耗することから選手交代を速く行うなどの選手交代に反映することができる。

5. 試合展開とパフォーマンスとの関連の結果をピリオダイゼーションへ応用する

敗戦試合の際には、Forwards, Backs とともにインパクト回数が増えたが、この結果はピリオダイゼーションへも応用することができる。新シーズンを迎えチームが始動する際には、リーグ内の他チームとの戦力分析が行われる。その戦力分析を通して新シーズンの展望が厳しい状況になると予想される場合がある。このようなチームは、第4章（研究③）で得られたように敗戦試合や拮抗した試合が多くなり、その結果として試合中のインパクトの回数多く要求される。よって、シーズン開幕前に厳しいシーズンが予想される際は、コン

タクト局面のスキル，コンタクトを繰り返し実施できる体力要素の向上がシーズンを迎えるにあたり重要となってくる．ピリオダイゼーション（年間計画）においてこの点を取り組み，長期的な視点で高いレベルまで引き上げることでシーズンを良い方向へ導く一つの方法となる．

このように，事前のチーム作りを行うピリオダイゼーションにおいても GPS ユニットにより得られた結果を応用することができる．

第2章（研究①），第3章（研究②），第4勝（研究③）の GPS ユニットを用いたエリートラグビー選手の試合中のパフォーマンス分析を，練習，トレーニング，スケジューリングなどのコンディショニングや選手選考などへの応用例を概説した．GPS ユニットを用いパフォーマンスを分析することで安全かつ効果的なコンディショニングの実施に寄与すると考えられる．GPS ユニット活用はスポーツ実践現場に有益な情報を提供することが示された．

このようにスポーツ実践現場で有用な GPS ユニットであるがパフォーマンス分析にあたり課題もある．GPS ユニットは位置情報を基にデータを算出していることからスクラムやブレイクダウンの攻防の際などの変位の少ない動作では距離や速度が「0」に近い値を示す．これらの動作は，変位は少ないが動作中に最大限の力発揮を行っており身体には高い負荷が強いられている．そのため，データを解釈する際に移動距離や速度データだけでラグビーの物理的特性を評価すると実際の選手に強いられている身体負荷を過小評価してしまう危険性がある．スクラムやブレイクダウンなどはラグビーの代表的な動作でありラグビーのパフォーマンスや身体負荷の分析をするにあたりこれらの動作の分析は欠かすことはできない．この点は GPS ユニットにより得られるデータの弱点として理解し，三軸加速度計を含めた評価や新たなセンサーリング方法の開発などが期待される．

GPS ユニットにより計測されるデータの分析は，新たな指標を導き出す可能性が十分にあると考えられる．試合中に利用している GPS ユニットは，GPS が 5Hz または 10Hz，三軸加速度計が 100Hz のサンプリング頻度で 1 試合（80 分）のデータを経時的に計測していることから多くの情報を含んだ貴重なデータである．現在は，分析を行うために専用のソフトウェアを用いて Raw data を解析し移動距離や加速度などのパフォーマンスに関する指標を算出している．しかし，Raw data の解析は移動距離や加速度などの算出だけでなく様々な解析に利用することができる．そのため Raw data の解析を進めることはラグビーのパフォーマンス分析をさらに進展させることができる．

今後，解析が望まれるデータに三軸加速度計の Raw data があげられる．Raw data の解析を行うことで「タックル」の方向，高さや速度などを評価することができる．三軸

加速度計による動作分析によりパフォーマンス向上への適切なトレーニングや不適切な姿勢でのタックルの際に多く発生する脳震盪を予防するため指針を提示することができると考える。また、スクラムにおいては Raw data の解析から、スクラムを組む Forwards の 8 人の選手の力の発揮する高さや方向または同期性を分析することが期待され、理想とされる 8 人全員でまとまったスクラムを形成する際に応用することもできると考える。

また、試合中の Raw data を試合のビデオ映像や試合スタッツとともに人工知能 (AI: artificial intelligence) を用いてディープラーニングを行い学習させることで、GPS ユニットにより得られたデータの活用を発展させる可能性がある。AI の利用により将来的には、試合後にデータを分析し結果をフィードバックしている現在の主な利用だけではなく、試合中にリアルタイムにデータを分析して選手のパフォーマンス低下やコンディション低下を評価することが可能になるであろう。運動強度の低下やタックルの姿勢や強度の悪化などの情報をコーチ陣にリアルタイムに提供することができ選手交代や傷害発生の予防に応用させることができると考える。

GPS ユニットにはまだ多くの可能性が残されている。すなわち、テクノロジーの発展に伴う計測技術の飛躍的向上によりもたらされた優位性をサイエンスの視点で成熟させることにより、さらに現場での実践できる技術になる⁷⁾。GPS ユニットの活用はさらに拡大していくと考えられ、GPS ユニットにより得られるデータを用いたラグビー選手のパフォーマンス評価やコンディショニングへの応用がさらに進化していくことを確信して本稿を終える。

エリートラグビー選手の GPS ユニットを用いたパフォーマンス分析により、1 試合あたりのポジション毎のパフォーマンス要求、試合時間の経過や試合展開によるパフォーマンスの変化を解析し、エリートラグビー選手の試合中の特性や各ポジションの特性を明らかにすることができた。また、得られた知見はパフォーマンス向上や傷害予防にむけた安全かつ効果的なコンディショニングに応用することができた。

文献

1. 中川 昭. ラグビーにおける記述的ゲームパフォーマンス分析を用いた研究. 筑波大学体育科学系紀要. 2011; 34: 1-16.
2. 中村 聡宏. スポーツビジネス新時代へ: B. LEAGUE 開幕, 2020TOKYO, そしてその先へ. CUC view and vision. 2017; 43: 38-44.
3. Harris J. Rugby union and globalization: An odd-shaped world. Springer. 2010.
4. O. L. Owen. The history of the rugby football union. 1995: 15.
5. 西崎 信男. プロフェッショナル・ラグビーの経営学, その成長への組織と戦略. 日本経営診断学会論集. 2017; 17: 135-140.
6. 平井 肇. 労働者の大衆文化からマスメディアによる総合娯楽産業へ. スポーツ社会学研究. 2000; 8: 13-23.
7. 野口副武. 世界と日本のラグビーフットボール: プロ化の歴史と動向. 1999.
8. 種子田穰. 史上最も成功したスポーツビジネス. 毎日新聞社. 2002.
9. Eaves S, Hughes M. Patterns of play of international rugby union teams before and after the introduction of professional status. International journal of performance analysis in sport. 2003; 3(2): 103-111.
10. World rugby. Rugby union 2019. World rugby house. 2019.
11. World rugby. Laws of the game, rugby union, incorporating the playing charter 2020. World rugby house. 2020.
12. Duthie G, Pyne D, Hooper S. Applied physiology and game analysis of rugby union. Sports medicine. 2003; 33(13): 973-991.
13. Wikipedia website. ラグビー.
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A9%E3%82%B0%E3%83%93%E3%83%BC>.
Updated 2019. Accessed September 17, 2019.
14. World rugby. A beginner's guide to rugby union. World rugby house. 2019.
15. 古川 拓. ラグビーにおけるタイムモーション分析の現状と課題 (特集 ゲーム分析の過去, 現在, 未来). フットボールの科学. 2020; 15(1): 23-33.
16. 板倉 尚. スポーツ理学療法におけるコンディショニングとケア. 理学療法科学. 2008; 23(3): 363-367.
17. 日本体育協会. 公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト 6: 予防とコンディショニング. 2007.
18. Hendricks S, Matthews B, Roode B, Lambert M. Tackler characteristics associated with tackle performance in rugby union. European journal of sport science. 2014; 14(8): 753-762.

19. Posthumus M, Viljoen W. BokSmart. Safe and effective techniques in rugby union. *South african journal of sports medicine*. 2008; 20(3): 64-70.
20. Milburn PD. The kinetics of rugby union scrummaging. *Journal of sports sciences*. 1990; 8(1): 47-60.
21. L. Quarrie K, Wilson B. Force production in the rugby union scrum. *Journal of sports sciences*. 2000; 18(4): 237-246.
22. Wheeler KW, Askew CD, Sayers MG. Effective attacking strategies in rugby union. *European journal of sport science*. 2010; 10(4): 237-242.
23. Jones NM, Mellalieu SD, James N. Team performance indicators as a function of winning and losing in rugby union. *International journal of performance analysis in sport*. 2004; 4(1): 61-71.
24. Cunniffe B, Proctor W, Baker JS, Davies B. An evaluation of the physiological demands of elite rugby union using global positioning system tracking software. *Journal strength conditioning research*. 2009; 23(4): 1195-1203.
25. 河瀬 泰治, 石指 宏通, 辻野 昭. ラグビー選手のトレーニングの方法改善に関する基礎的研究: 全明治大学 vs NZU の走のパターンの比較 (9. 体育方法学, 一般研究 B). 1988. 700.
26. Dobson BP, Keogh JW. Methodological issues for the application of time-motion analysis research. *Strength and conditioning journal*. 2007; 29(2): 48-55.
27. 大橋 二. サッカーのゲーム分析温故知新 (特集 ゲーム分析の過去, 現在, 未来). *フットボールの科学*. 2020; 15(1): 3-12.
28. Deutsch M, Kearney G, Rehrer N. Time-motion analysis of professional rugby union players during match-play. *Journal of sports sciences*. 2007; 25(4): 461-472.
29. Quarrie KL, Hopkins WG, Anthony MJ, Gill ND. Positional demands of international rugby union: Evaluation of player actions and movements. *Journal of science and medicine in sport*. 2013; 16(4): 353-359.
30. Duthie G, Pyne D, Hooper S. Time motion analysis of 2001 and 2002 super 12 rugby. *Journal of sports sciences*. 2005;23(5):523-530.
31. Austin D, Gabbett T, Jenkins D. The physical demands of super 14 rugby union. *Journal of science and medicine in sport*. 2011; 14(3): 259-263.
32. Roberts SP, Trewartha G, Higgitt RJ, El-Abd J, Stokes KA. The physical demands of elite English rugby union. *Journal of sports sciences*. 2008; 26(8): 825-833.
33. 大塚 道. ラグビーゲーム中の運動強度に関する DLT 法による検討. 広島大学大学院教育学研究科紀要. 第二部, 文化教育開発関連領域. 2013(62): 301-310.

34. 伊與田 康, 宮下 節, 武井 光. ラグビープレイヤーの走行距離とスピードに関する研究 : VTR を用いた DLT 法による走行分析. 筑波大学体育科学系運動学研究分野運動学研究. 1989; 5: 127-133.
35. 谷村 辰. ラグビーのタイムスタディによる研究 (第 2 報) : 走について. 体育学研究. 1969; 13(5): 240.
36. 古野 直樹, 鳥居 勇人, 池田 平輔, 田中 清治, 久山 敏史, 足穂 豊, 小林 研一, 増成 友宏, 篠原 源太, 市川 裕一, 市川 古都美, 湯浅 明弘, 渡辺 明禎, 操田 浩之, 高橋 時雄. GPS のしくみと応用技術. 第 3 版. CQ 出版株式会社; 2009.
37. 藤田 征, 藤井 直, 伊藤 実. Galileo 実信号に対する測距精度評価. 電子情報通信学会技術研究報告.SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス. 2009; 109(181): 27-32.
38. 池田 隆, 佐田 達. GPS と GLONSS における高精度測位の利用衛星選択効果に関する研究. 土木学会論文集 (土木情報学). 2012; 68(2): 101-116.
39. 周 天, 中西 恒, 久住 憲, 福田 晃. GPS/QZSS 測位の精度改善のための一手法 (コンピュータシステム 組込み技術とネットワークに関するワークショップ). 電子情報通信学会技術研究報告: 信学技報. 2013; 112(481): 25-30.
40. 久保 信. 図解よくわかる 衛星測位と位置情報. 初版. 新日本印刷 株式会社; 2018.
41. Malone S, Solan B, Collins KD, Doran DA. Positional match running performance in elite gaelic football. Journal of strength and conditioning research. 2016; 30(8): 2292-2298.
42. Reilly B, Akubat I, Lyons M, Collins DK. Match-play demands of elite youth gaelic football using global positioning system tracking. Journal of strength and conditioning research. 2015; 29(4): 989-996.
43. Malone S, Solan B, Collins K. The running performance profile of elite gaelic football match-play. Journal of strength and conditioning research. 2017; 31(1): 30-36.
44. Gabbett TJ. GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. Journal of strength and conditioning research. 2010; 24(5): 1321-1324.
45. Jennings D, Cormack SJ, Coutts AJ, Aughey RJ. GPS analysis of an international field hockey tournament. International journal of sports physiology and performance. 2012; 7(3): 224-231.
46. Macutkiewicz D, Sunderland C. The use of GPS to evaluate activity profiles of elite women hockey players during match-play. Journal of sports sciences. 2011; 29(9): 967-973.
47. Petersen C, Pyne D, Portus MR, Dawson B. Quantifying positional movement patterns in Twenty20 cricket. International Journal of performance analysis in sport. 2009; 9(2): 165-170.
48. Petersen CJ, Pyne D, Dawson B, Portus M, Kellett A. Movement patterns in cricket vary by both position and game format. Journal of sports sciences. 2010; 28(1): 45-52.

49. Mallo J, Mena E, Nevado F, Paredes V. Physical demands of top-class soccer friendly matches in relation to a playing position using global positioning system technology. *Journal of human kinetics*. 2015; 47(1): 179-188.
50. Hulin BT, Gabbett TJ, Kearney S, Corvo A. Physical demands of match play in successful and less-successful elite rugby league teams. *International Journal of sports physiology and performance*. 2015; 10(6): 703-710.
51. Brewer C, Dawson B, Heasman J, Stewart G, Cormack S. Movement pattern comparisons in elite (AFL) and sub-elite (WAFL) Australian football games using GPS. *Journal of science and medicine in sport*. 2010; 13(6): 618-623.
52. Varley MC, Fairweather IH, Aughey1 2, Robert J. Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion. *Journal of sports sciences*. 2012; 30(2): 121-127.
53. Waldron M, Worsfold P, Twist C, Lamb K. Concurrent validity and test-retest reliability of a global positioning system (GPS) and timing gates to assess sprint performance variables. *Journal of sports sciences*. 2011; 29(15): 1613-1619.
54. Petersen C, Pyne D, Portus M, Dawson B. Validity and reliability of GPS units to monitor cricket-specific movement patterns. *International journal of sports physiology and performance*. 2009; 4(3): 381-393.
55. Rampinini E, Alberti G, Fiorenza M, et al. Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *International Journal of Sports Medicine*. 2015; 36(01): 49-53.
56. Venter RE, Opperman E, Opperman S. The use of global positioning system (GPS) tracking devices to assess movement demands and impacts in under-19 rugby union match play: Sports technology. *African journal for physical health education, recreation and dance*. 2011; 17(1): 1-8.
57. Coughlan GF, Green BS, Pook PT, Toolan E, O'Connor SP. Physical game demands in elite rugby union: A global positioning system analysis and possible implications for rehabilitation. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*. 2011; 41(8): 600-605.
58. Cahill N, Lamb K, Worsfold P, Headey R, Murray S. The movement characteristics of English Premiership rugby union players. *Journal of sports sciences*. 2013; 31(3): 229-237.
59. Lindsay A, Draper N, Lewis J, Gieseg SP, Gill N. Positional demands of professional rugby. *European journal of sport science*. 2015; 15(6): 480-487.

60. Jones MR, West DJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP. Quantifying positional and temporal movement patterns in professional rugby union using global positioning system. *European journal of sport science*. 2015; 15(6): 488-496.
61. Coughlan GF, Green BS, Pook PT, Toolan E, O'connor SP. Physical game demands in elite rugby union: A global positioning system analysis and possible implications for rehabilitation. *Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2011; 41(8): 600-605.
62. McLaren SJ, Weston M, Smith A, Cramb R, Portas MD. Variability of physical performance and player match loads in professional rugby union. *Journal of science and medicine in sport*. 2016; 19(6): 493-497.
63. Jones MR, West DJ, Crewther BT, Cook CJ, Kilduff LP. Quantifying positional and temporal movement patterns in professional rugby union using global positioning system. *European journal of sport science*. 2015; 15(6): 488-496.
64. Yamamoto H, Takemura M, Kaya M, Tsujita J. Physical demands of elite rugby union match-play using global positioning system. *Football science*. 2017; 14: 15-23.
65. Top league website. <https://www.top-league.jp/schedule/2019/#convention-5961>. Updated 2019. Accessed December 30, 2019.
66. Ishin N, Ochiai I. Analysis of cognitive structures on rugby football positions of japanese high school rugby players. *Japanese journal of sport education studies*. 2002; 22(1): 1-12.
67. GPSports website. <http://gpsports.com>. Updated 2012. Accessed November 11, 2014.
68. Yamamoto H, Takemura M, Tachibana M, Tsujita J, Hojo T. Game analysis of rugby union using GPS. *Japanese journal of biomechanics in sports and exercise*. 2017; 21(1): 25-29.
69. Furukawa T, Washiya K, Koyanagi R, Roland N. Practical applications and possibility of GPS technology in rugby coaching. *Japanese journal of coaching studies*. 2013; 26: 187-196.
70. Russell M, West DJ, Briggs MA, et al. A passive heat maintenance strategy implemented during a simulated half-time improves lower body power output and repeated sprint ability in professional rugby union players. *Plos one*. 2015; 10(3): 1-10.
71. 綾部 誠, 石崎 聡, 坂上 賢. Global positioning system に基づくフットボールのトラッキング (特集 ゲーム分析の過去, 現在, 未来). *フットボールの科学*. 2020; 15(1): 13-22.
72. Gabbett TJ. Influence of the opposing team on the physical demands of elite rugby league match play. *Journal of strength and conditioning research*. 2013; 27(6): 1629-1635.
73. Sullivan C, Bilsborough JC, Cianciosi M, Hocking J, Cordy J, Coutts AJ. Match score affects activity profile and skill performance in professional australian football players. *Journal of science and medicine in sport*. 2014; 17(3): 326-331.

74. Castellano J, Blanco-Villasenor A, Alvarez D. Contextual variables and time-motion analysis in soccer. *International journal of sports medicine*. 2011; 32(06): 415-421.
75. Austin DJ, Gabbett TJ, Jenkins DJ. Repeated high-intensity exercise in a professional rugby league. *Journal of strength and conditioning research*. 2011; 25(7): 1898-1904.

謝辞

本研究を進めるにあたり、北條達也先生には研究計画から執筆に至る過程で深くご指導下さいましたこと心より厚くお礼申し上げます。また、研究の主旨に賛同し、研究にご協力下さいました被験者の皆様に厚くお礼申し上げます。助言とご指導をいただきました竹田正樹先生、福岡義之先生に心より深く感謝し、お礼申し上げます。温かい助言と激励を下さいました同志社大学スポーツ健康科学研究科の先生方にお礼申し上げます。加えて、ご理解、ご協力下さいました同志社大学スポーツ健康科学部および研究科の北條研究室の皆様心よりお礼申し上げます。