

# 博士学位論文審査要旨

2020年7月8日

論文題目：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～

学位申請者： 山本 隼年

審査委員：

主査： スポーツ健康科学研究科 教授 北條 達也  
副査： スポーツ健康科学研究科 教授 福岡 義之  
副査： スポーツ健康科学研究科 教授 竹田 正樹

要 旨：

エリートラグビー選手のコンディショニングを効果的に実施するためには、試合中に要求される身体的負荷を解析し、その結果に基づいたコンディショニング・プログラムを立案し実践することが重要である。一方、試合中は多様なプレーを15人の選手が同時に行っているためパフォーマンスを個々のポジション毎に分析することは、長らく技術的に困難であった。しかし、近年GPSユニット（GPSデータと加速度計データを同時に集積できる装置）を用いて選手の動きをリアルタイムに把握できる技術が開発され、その利用が始まっている。しかし、そのデータを詳細に解析して試合中に選手にかかる身体的負荷を分析した先行研究は少なく、得られたデータを有効に活用できているとは言い難い現状にある。特にコンディショニングへの利用や応用となるとさらに基礎資料となるデータ解析情報はない。

本博士論文では、エリートラグビー選手のパフォーマンス向上や傷害発生予防にむけた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、試合中のパフォーマンスをGPSユニットから得られるデータを用いて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、得られた知見からコンディショニングへの応用を検討した。

研究①では、ForwardsとBacksの特性とともに、ForwardsとBacksのそれぞれを構成する10ポジションの個々の特性を分析した。ポジション毎に特性が明らかになったことによって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。

研究②では、試合中のパフォーマンスは前半に対して後半の運動強度が、前・後半の開始からの20分間に対してその後の20分間の時間帯における運動強度が、それぞれ低下することが明らかになった。

研究③では、パフォーマンスを示す指標は敗戦試合や拮抗した試合の際に高い値を示すこと、特にForwardsにおいてこの傾向が高いことを明らかにした。

これらの一連の詳細なデータ解析によってGPSユニットを用いたパフォーマンス分析からエリートラグビー選手の試合中の身体負荷を明確にし、効果的なコンディショニングへ応用するための有益な情報を得た。また、得られた知見を練習、トレーニング、

スケジューリングなどによるパフォーマンスの向上にむけた様々なコンディショニングに応用できる将来的な可能性にも言及している。これらのことから、本博士論文は、スポーツ実践現場へ還元できる意義深い研究成果であると高く評価できる。

以上のことから、博士（スポーツ健康科学）（同志社大学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。

## 総合試験結果の要旨

2020年7月8日

論文題目：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～

学位申請者： 山本 隼年

審査委員：

主査： スポーツ健康科学研究科 教授 北條 達也

副査： スポーツ健康科学研究科 教授 福岡 義之

副査： スポーツ健康科学研究科 教授 竹田 正樹

要 旨：

本論文提出者は、2016年4月より本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）に在学している。修了に必要な単位取得としては、講義科目において「スポーツ医学深論」の1科目2単位を、演習科目において「スポーツ健康科学特殊演習」の1科目2単位を、そして研究指導科目において「スポーツ健康科学特殊研究 I～VI」の6科目12単位を履修しており、必要単位数を満たしている。また各年度において優れた研究成果を挙げ、英語の語学試験にも合格しており十分な能力を有すると認定されている。

博士論文の内容の一部はBMJ Open Sport & Exercise Medicineに筆頭著者として掲載された。また、International Journal of Sport and Health Scienceにも筆頭著者として論文が承諾され掲載予定である。

2020年7月8日15時30分より約50分にわたり提出論文に関する学術講演会（博士学位論文公聴会）が開催され、種々の質疑討論がなされたが、提出者の的確な説明により十分な理解が得られた。また、審査委員により論文内容ならびにこれらに関連する諸問題について約1時間にわたり口頭試問を実施した結果、本論文提出者である山本隼年氏は研究者として十分な学力を有することが認められた。

よって、総合試験の結果は合格であると認める。

# 博士學位論文要旨

論文題目： 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～

氏名： 山本 隼年

要旨：

## 【緒言】

ラグビーは、試合中の多様な動作やプレーを行うにあたり体格・筋力・持久力・スピード・アジリティ能力など幅広い体力要素が要求される。そのため、ピークパフォーマンスにむけコンディショニングが大変重要となる。また、15人10ポジションそれぞれで必要とされるプレースタイルが異なり当然要求される体力要素も異なることから、個々のポジションに応じたコンディショニングを実施しなければならない。

ラグビー選手のコンディショニングを効果的に行うためには、試合中に要求される身体的負荷を解析し、それを基にした適切なコンディショニングを実施することが必要となる。一方、多様なプレーを15人が同時に行っている試合中のパフォーマンスを個々のポジション毎に分析することは技術的に困難であった。しかし、近年GPSユニット（GPSデータと加速度計データを同時に集積できる装置）を用いて選手の動きをリアルタイムに把握できる技術が開発され、その利用が始まっている。しかし、ラグビーの試合におけるGPSユニットのデータを分析した先行研究は少なく、有効に活用できているとは言い難い現状にある。特にコンディショニングへの利用や応用となるとさらに基礎資料となる情報はない。そのため、GPSユニットのデータを利用して事前に多くの「試合中の選手のパフォーマンス」を分析しておくことには大きな意義があると考えられる。

また、データを解析するにあたり、パフォーマンスを左右するであろうと考えられる“試合時間の経過による影響”や“試合展開（勝敗、点数差）による影響”をポジション毎に評価しておくことも重要であると考えられる。

## 【目的】

ラグビーのパフォーマンス向上や傷害発生予防にむけた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、試合中のパフォーマンスをGPSユニットを用いて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、得られた知見からコンディショニングへの応用を検討した。

研究①：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する

研究②：GPSユニットを用い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

研究③：GPSユニットを用い試合展開に伴うパフォーマンスの変化を分析する

## 【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】

### 1) 目的

エリートラグビー選手の試合中のパフォーマンスをForwardsとBacksの分類とともに全10ポジション毎に解析し、ポジション毎の運動特性や運動様式を明らかにすることを目的とした。

### 2) 方法

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チームの2013年シーズ

ンから 2015 年シーズンの公式試合 45 試合を対象とした。Forwards (PR, HO, LO, FL, No.8), Backs (SH, FH, WTB, CTB, FB) とともに 10 ポジション毎の分析を行った。分析項目は、総移動距離、速度帯毎移動距離 (Speed zone: SZ-1 ~ SZ-3), 加速回数 (Acceleration zone: AZ-1 ~ AZ-3), スプリント回数, インパクト回数 (Impact zone: IZ-1 & IZ-2) とした。統計学的解析には、Kruskal-Wallis 検定, 多重比較は Steel-Dwass 検定を用いた。Forwards と Backs 間の効果量は  $\epsilon_p^2$ , ポジション間の効果量は Cohen's  $d$  を用いた。また, クラスタ分析 (類似度: Euclidean 距離, クラスタ合併方法: Ward 法) を用い各ポジションの属性を分析した。

### 3) 結果

1 試合あたりの Forwards, Backs そして 10 ポジション毎の総移動距離, 速度帯毎移動距離, 加速回数, スプリント回数, インパクト回数が明らかになった。パフォーマンス結果から, 各ポジションにおける試合中の運動負荷や要求される体力要素が検討でき, ポジション特性やポジション間の類似性を明らかにすることができた。得られた知見は, ポジション特異的なコンディショニングに応用することが可能と考える。

## 【 研究② 試合時間の経過に伴うパフォーマンスの変化 】

### 1) 目的

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伴いどのような推移を示すか明らかにすることを目的とした。

### 2) 方法

トップリーグに所属する 1 チームの 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 68 試合を対象とした。Forwards, Backs とともに 10 ポジション毎の分析を行った。時間区分は, 1 試合 (80 分) を前半 (40 分)・後半 (40 分) の 2 区分, 20 分毎の 4 区分 (Q-1~Q-4) に分割しデータを算出した。分析項目は, 総移動距離, 速度帯毎移動距離 (SZ-1~SZ-3), 加速回数 (AZ-1~AZ-3), インパクト回数 (IZ-1 & IZ-2) とした。統計学的解析は, 2 区分では対応のある  $t$  検定, 効果量は Cohen'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。

### 3) 結果

2 区分では, 総移動距離は Forwards ( $d=0.314$ ), Backs ( $d=0.279$ ) とともに後半が前半より有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。SZ-1 も Forwards ( $d=0.524$ ), Backs ( $d=0.368$ ) とともに後半が有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。一方, SZ-3 や AZ-3 の平均値の比較では全体的に後半に低下するポジションが多かった。これらの結果から, 試合の後半は運動量は維持しているが運動強度は低下を示していることが考えられた。特に, Forwards においてこの傾向が顕著であった。

20 分毎の 4 区分の比較では, 前半の最初の 20 分 (Q-1) に対して後の 20 分 (Q-2) の移動距離が低下した ( $p<0.05$ )。ハーフタイム (10 分) 後の後半の最初の 20 分 (Q-3) は Q-2 より高い値を示した。一方, 後半の後の 20 分 (Q-4) は Q-3 に対する移動距離の低下は認められなかった。SZ-3 は, 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) は移動距離が有意に低かった ( $p<0.05$ )。そのため, 前・後半のそれぞれ後の 20 分も運動強度が低下していることが明らかになった。

## 【 研究③ 試合展開に伴うパフォーマンスの変化 】

### 1) 目的

エリートラグビー選手の試合において試合展開 (勝敗, 得点差) がパフォーマンスに与える影響を明らかにすることを目的とした。

### 2) 方法

トップリーグに所属する1チームの2013年シーズンから2015年シーズンの公式試合45試合を対象とした。ポジション分類は、Forwards, Backsとした。分析項目は、総移動距離、速度帯毎移動距離 (SZ-1~SZ-3), 加速回数 (AZ-1~AZ-3), インパクト回数 (IZ-1 & IZ-2) とした。試合展開は、勝敗と得点差とし、勝敗は①勝ち, ②負け, 得点差は①7点以内, ②8点以上に設定した。統計学的解析は、Forwards と Backs のそれぞれにおいて勝敗と得点差の2要因分散分析を行った。

### 3) 結果

Forwards, Backs ともに「負け」の際に IZ-1 (FW  $d=0.143$ , BK  $d=0.096$ ), IZ-2 (FW  $d=0.137$ , BK  $d=0.132$ ) が有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。Forwards において総移動距離 ( $d=0.134$ ), 総加速回数 ( $d=0.157$ ), AZ-2 ( $d=0.155$ ) が「7点以内」の際に高い値を示した ( $p<0.05$ )。IZ-2 が Forwards (FW  $d=0.175$ ), Backs (BK  $d=0.205$ ) ともに「7点以内」の際に有意に高い値を示した ( $p<0.05$ )。負けた試合や拮抗した試合展開を示す際にパフォーマンスを示す指標は高い値を示すことが明らかになった。

### 【総括】

本研究は、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、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。

Forwards と Backs の特性とともに、Forwards と Backs のそれぞれを構成する各ポジションの特性が明らかになった。ポジション毎に特性が明らかになったことで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。

また、試合中は前半に対する後半の運動強度、前・後半の開始からの20分間に対して、その後の20分間の時間帯において運動強度が低下することが明らかになった。

さらに、パフォーマンスを示す指標は敗戦試合や拮抗した試合の際に高い値を示すことが明らかになり、特に Forwards においてこの傾向が高かった。

GPS ユニットを用いたパフォーマンス分析により効果的なコンディショニングを実践するための有益な情報を得た。これらの知見は、練習、トレーニング、スケジュールリングまたは選手選考など勝利にむけた様々なコンディショニングに応用することができた。しかも GPS ユニットのデータの解析はまだ発展の余地があり GPS ユニットの実践現場での利用は今後ますます広がると考えられる。

試合中の Raw data を人工知能 (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 ユニットの活用をさらに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により選手交代や傷害発防止に活用させることができると考える。

### 【結語】

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試合あたりのパフォーマンス、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明らかにし、各ポジションの特性を評価することができた。得られた知見は、パフォーマンス向上や傷害発防止にむけた効率的なコンディショニングに応用することができた。