

論文

試合中の最高速度に基づいた大学女子サッカー選手の スプリント速度閾値に関する一考察

植 松 梓
追手門学院大学

千 葉 英 史
追手門学院大学

松 山 博 明
追手門学院大学

馬 込 卓 弥
追手門学院大学
大阪大学

辰 本 頼 弘
追手門学院大学

A Study on a Sprint Speed Threshold for University Female Soccer Players Based on Their Maximal Speed during an Official Match.

Azusa UEMATSU
Otemon Gakuin University

Eiji CHIBA
Otemon Gakuin University

Hiroaki MATSUYAMA
Otemon Gakuin University

Takuya MAGOME
Otemon Gakuin University
Osaka University

Yoshihiro TATSUMOTO
Otemon Gakuin University

Abstract

Japan Woman's Football League does not provide the standardized sprint speed threshold. Here, we examined speed performance of university female soccer player during an official match based on the sprint speed threshold in previous studies and compared with university male soccer players' average and range of sprint numbers evaluated by the standard sprint threshold of Japan Professional Football League (24 km/h). The total of 11 female and 17 male players belong to a university soccer team participated in this study. We obtained their speed data during an official match using a global positioning system. Compared with male players, the average and range of sprint numbers in female players were overestimated when a sprint speed threshold was set at 18 km/h, and underestimated when a sprint speed threshold was set at 24 km/h. The difference in the average and range of sprint numbers between female and male players was the least when a sprint speed threshold was set at 20.2 km/h which was relatively equal to male players' standard sprint speed threshold based on their average maximal speed during an official match. In conclusion, we suggest that a relative speed based on players' maximal speed during an official match to a target speed will be a suitable threshold if there is no standardized sprint speed threshold.

キーワード：大学女子サッカー選手, スプリント速度閾値, 最高速度, GPS

Keywords：University female soccer player, sprint speed threshold, maximal speed, global positioning system

I. 緒言

あらゆる競技種目において、競技力を高めるためには適切なトレーニングを積む必要がある。そして、身体へのストレスとなるトレーニングの質や量などをオーバートレーニングにならないように調整することが重要である (Meeusen et al. 2013)。ピリオダイゼーションの考えに基づくと、最も基礎的な準備期に筋力や持久力といった基礎体力の向上を図ることが一般的である (Haff and Burgess 2012)。また、適切なトレーニング負荷を設定するためには競技中の身体的負荷を定量化して把握する必要がある。

サッカー競技の試合時間は90分間と長いので、全身持久力が最も重要な基礎体力と位置づけられる。近年、GPS (global positioning system: 衛星測位システム) を用いて実際の試合中のサッカー選手の身体的負荷が定量化されてきた。その結果、男女とも、90分間でおおよそ9~14kmほど移動し、そのうち5~8kmほどが高強度の移動であることが報告されている (バングスボラ 2015)。このことは、全身持久力がサッカー競技では最も基礎的な体力でありながらも、一定速度で走り続ける能力だけでなく、状況に応じて高強度で走るというスプリント走を繰り返せる能力も重要であることを意味している。しかし、高強度の移動の基準となる速度閾値は選手の競技レベルによって異なる (Hodun et al. 2016) ため、各チームに応じた高強度移動の速度閾値を設定することが適切なトレーニング計画のために必須となる。

男子サッカー選手を対象とした先行研究では、超高強度走あるいはスプリント走の閾値として、19.7km/h (Fabian et al., 2016), 20km/h (Akyildiz et al., 2022), 23km/h (Nobari et al., 2021), 25.2km/h (Ellens et al., 2021) などが用いられている。そして、日本の男子プロサッカーリーグであるJリーグでは、スプリント走の閾値として24km/hを設定し、GPSによって公式戦で測定したスプリント回数をオフィシャルサイトで公開している (日本プロサッカーリーグ公式ウェブサイト)。したがって、身体的に成熟した大学男子サッカー選手は、Jリーグ基準の24km/hをスプリント走の速度閾値とすることで日本の男子プロサッカーリーグの水準でスプリントパフォーマンスを評価できる。一方、現状では日本の女子プロサッカーリーグのなでしこリーグにはスプリント走の速度閾値が設定されていない。そのため、大学

女子サッカー選手のスプリントパフォーマンスを評価するには先行研究で用いられた速度閾値を援用する、あるいは独自に速度閾値を設定する必要がある。

女子サッカー選手を対象とした先行研究では、スプリント走の速度閾値を18km/h (Kobal et al., 2022), 19km/h (Hewitt et al., 2014), 19.4km/h (Dwyer and Gabbett 2012), 20km/h (Vescovi 2012), 22km/h (McCormack et al., 2015), および25.1km/h (Datson et al., 2016) などがあり、先行研究間でスプリント走の速度閾値が大きく異なっている。そのため本研究は、先行研究で用いられた18km/h, 20km/h, 22km/h, Jリーグ基準の24km/h, および大学男子サッカー選手の試合中の最高移動速度に対するJリーグ基準速度に相当する速度の5つの基準に基づいて大学女子サッカー選手の試合におけるスプリント回数とその範囲を評価し、適切なスプリント速度閾値について検討することを目的とした。

II. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、2022年度関西女子学生サッカーリーグ1部に所属するチームの公式戦1試合分の出場者 (n=11)、および2022年度関西学生サッカーリーグ3部に所属するチームの公式戦2試合分の出場者 (n=17, 延べ数) とした。これらのデータには途中交代選手が含まれ、ゴールキーパーは含まれていない。データ測定に先立って、監督および選手に測定の目的を口頭で説明し、同意を得た選手のみ測定対象とした。

2. 位置および速度データの取得

選手の位置および速度データは、GPSパフォーマンス分析・コンディション管理システム (GPEXE, Exslio Srl, イタリア) を用いて取得した。GPSセンサーは小型かつ軽量タイプ (本体サイズ: 45 × 61 × 14mm, 重さ: 38g, GPEXE LT, Exelio Srl, イタリア) であった。選手は、GPSセンサーが挿入された専用のベストを試合用ユニフォームの下に装着した。このことにより、GPSセンサーは選手の頸背部 (第7頸椎) 付近に取り付けられた。このGPSセンサーによるデータ取得頻度は18.18Hzであった。得られたデータは専用のアプリケーション (GPEXE BRIDGE, Exelio Srl, イタリア) を使用してクラウド型データベースにアップ

ロードされた。その後、Web アプリケーション (GPEXE WEB APP, Exelio Srl, イタリア) を用いてアップロードされたデータの解析を行った。

3. データ分析

女子および男子チームのデータについて、ウォーミングアップなどは含まず試合出場中の時間を分析対象とした。試合中の最高速度は、全選手について算出した。中程度速度以上の移動として、8km/h (片野 2017) 以上を移動イベントとし、その回数を算出した。この移動イベントの内、男子選手は 24km/h 以上、女子選手は 18, 20, 22, 24km/h 以上、および大学男子サッカー選手の最高速度に対する J リーグ基準速度に相当する速度以上をスプリント走とし、その回数を求めた。実際の試合では、途中交代した選手もいるため、本研究では移動イベントが 100 回以上あった選手を移動イベント回数およびスプリント回数の算出対象者に設定した。

4. 統計解析

最高速度、移動イベント回数、およびスプリント回数は平均値と標準偏差で表した。スプリント回数については範囲も求めた。各変数の正規性は Shapiro-Wilk 検定を用いて確認した。男女選手間の最高速度と移動イベント回数について、正規性が認められた場合は対応のない t 検定を、認められなかった場合は Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。スプリント回数は、正規性が認められた場合は Bonferroni 法によって有意水準を調整した対応のない t 検定を、認められなかった場合は Kruskal-Wallis 検定を用いて男子選手と各スプリント速度閾値の女子選手の比較を行った。全ての統計検定はソフトウェア (SPSS version 27, IBM, アメリカ) を用いて行った。全ての検定の有意水準は $P < 0.05$ とした。

Ⅲ. 結果

1. 最高速度と移動イベント回数

表 1 に試合中における最高速度とイベント回数を表した。男子選手の最高速度は正規性が仮定できなかった ($P < 0.01$)。最高速度は、女子選手よりも男子選手が 4.8km/h 高かった ($P < 0.01$, $d = 2.5$)。

試合中に 8km/h 以上の移動イベントを 100 回以上発生させた選手は、男女チームともそれぞれ 10 名であった。女子選手の移動イベント回数は正規性が仮定できな

かった ($P < 0.05$)。移動イベント回数は男子選手の方が女子選手よりもやや多かった ($P = 0.10$, $d = 1.5$)。

表 1. 試合中における最高速度と移動イベント回数

	男子	女子	d
最高速度 (km/h)	29.4 (2.0)**	24.6 (1.9)	2.5
移動イベント回数 (100 回以上)	132.9 (17.4)	112.8 (16.2)	1.2

データは平均値 (SD) で表している。

**：女子よりも大きい, $P < 0.01$

2. 各スプリント速度閾値に基づいたスプリント回数

J リーグのスプリント速度閾値である 24km/h は男子選手の最高速度の 82% であった。この値に基づいて算出した女子選手のスプリント速度閾値は 20.2km/h であった。

表 2 に各スプリント速度閾値に基づいたスプリント回数およびその範囲を示した。スプリント回数については全て正規性が仮定された。

女子選手のスプリント速度閾値が 18km/h の場合は、男子選手よりもスプリント回数が多く ($P < 0.01$, $d = 2.3$)、範囲の最小値が 18 回、最大値が 45 回多かった。女子選手のスプリント速度閾値が 20km/h の場合は、スプリント回数は男子選手と同程度であり ($P = 0.35$, $d = 0.5$)、男子選手よりも範囲の最小値が 2 回、最大値

表 2. 各スプリント速度閾値に基づいたスプリント回数とその範囲

	スプリント回数	d	範囲
男子 (24 km/h)	13.1 (5.6)		4-23
女子 (18 km/h)	35.1 (12.4)**	2.3	22-68
女子 (20 km/h)	16.7 (8.7)	0.5	6-37
女子 (22 km/h)	5.2 (4.3)	1.6	3-15
女子 (24 km/h)	1.4 (1.6) ^{††}	2.8	0-4
女子 (20.2 km/h)	15.7 (7.8)	0.4	4-31

データは平均値 (SD) で表している。

**：男子選手よりも多い, $P < 0.01$ 。

^{††}：男子選手よりも少ない, $P < 0.01$ 。

が14回多かった。女子選手のスプリント速度閾値が22km/hの場合は、スプリント回数は男子選手よりもやや少なく ($P=0.15$, $d=1.6$)、範囲の最小値が1回、最大値が8回少なかった。女子選手のスプリント速度閾値が24km/hの場合は、男子選手よりもスプリント回数が少なく ($P<0.01$, $d=2.8$)、範囲の最小値が4回、最大値は19回少なかった。女子選手のスプリント速度閾値が20.2km/hの場合、スプリント回数は男子選手と同程度であり ($P=0.66$, $d=0.4$)、範囲の最小値は男子選手と同じであり、最大値は男子選手よりも8回多かった。

IV. 考察

本研究は、GPSを用いて計測された試合中の移動データに基づいて大学女子サッカー選手のスプリント速度閾値の評価を試みた。その結果、スプリント速度閾値の設定によってスプリント回数が大きく異なることが確認された。統計検定の確率値 (P 値)、記述統計の効果量 (d)、およびスプリント回数の範囲に基づく、試合中の最高速度の平均値に基づいて算出したスプリント速度閾値を用いることで、Jリーグ基準で評価された大学男子サッカー選手の結果に最も近い評価が得られることが明らかになった。

1. 試合中の大学男女サッカー選手の最高速度

本研究で対象としたチームは、女子チームが2022年度関西女子学生サッカーリーグ1部3位 (4勝1負2分)、男子チームが2022年度関西学生サッカーリーグ3部1位 (10勝、1負、0分、2023年度2部昇格予定) であり、高い競技力を有する選手達が研究対象であった。本研究の主要な分析データである最高速度の平均値は、男女選手間に4.8km/hの差があり、女子選手の最高速度を基準とすると男子選手は19%高い最高速度を発揮していた。第91回日本学生陸上競技対校選手権大会男女100m上位10位の結果 (公益社団法人 日本学生陸上競技連合) から平均速度を算出すると、男子選手は35.2km/h、女子選手は31.1km/hであった。つまり、陸上競技100m走の男女選手間には平均速度で4.2km/hの差があり、女子選手の平均速度を基準とすると12%男子選手が速いことになる。100m走の平均速度と本研究で算出した最高速度とは意味が異なるが、100m走の平均速度から評価した男女選手間の速度差とその割合を踏まえると、本研究で得られた男女サッカー選手間にお

ける最高速度の差は妥当な値であると考えられる。

2. 大学女子サッカー選手のスプリント速度閾値

男子サッカー選手については日本のプロサッカーリーグであるJリーグがスプリント速度閾値を24km/hと定めている (日本プロサッカーリーグ公式ウェブサイト)。そのため、ある程度身体が成熟した大学男子サッカー選手のスプリント回数は統一された基準で評価可能である。しかし、大学女子サッカー選手のスプリント速度閾値は現時点でプロリーグが定めた水準がない。本研究は、複数の先行研究で用いられたスプリント速度閾値、Jリーグの基準、大学男子サッカー選手の最高速度に対するJリーグ基準速度に相当する速度によって大学女子サッカー選手の試合中のスプリント回数を評価した。Kobal et al. (2022) が用いた18km/hの基準では女子選手のスプリント回数の平均値は男子選手の2.7倍にもなり、その範囲も男子選手と大きく異なる。このことは、男女間のスプリント速度閾値の差が6.0km/hと、本研究における最高速度の男女差である4.8km/hよりも大きいことが主な原因であろう。男女間のスプリント速度閾値の差が4.0km/hである20km/h (Vascovi 2012) では、女子選手のスプリント回数の平均値と範囲が男子選手にかなり近づく (表2)。そして、今回の検討では、男子選手の最高速度に対するJリーグ基準速度に相当する20.2km/hで女子選手の移動イベントを評価すると、スプリント回数の平均値および範囲が最も男子選手に近づくという結果を得られた (表2)。また、最高速度差の絶対値である4.8km/hを24km/hから減算すると19.2km/hとなり、20km/hを下回るため男子選手の評価データには近づかない。これらのことを総合すると、異なる性別のスプリント速度閾値に近い評価基準を定めるには、最高速度差の絶対値ではなく相対値に基づいて算出する方が望ましいと言える。

3. 今後の展望と研究の限界

本研究は、大学女子サッカー選手のトレーニング期における走速度基準の一つを提案するために様々なスプリント速度閾値で試合中の移動イベントを評価した。一方で、選手の移動イベントを定量的に評価することはサッカー選手の怪我の予防につながる。例えば、男子プロサッカー選手を対象として、スプリントレベルの負荷が高い週は非接触型の怪我が発生するリスクが高まること

が報告されている (Nobari et al. 2021). また, 日本国内外において多くの男子サッカーチームがトレーニングの質向上と怪我の発生予防, リハビリテーション促進ために GPS データで選手のパフォーマンスを管理している (中西ら 2020). しかし, 本研究で検討したように, スプリント速度閾値が異なるとパフォーマンス評価が大きく異なるため, プロリーグなどが提示している基準などがない場合は適切な評価が難しい. このような場合は, 選手の最高速度で標準化した相対的な速度閾値を用いることで, 性別が異なる場合でもターゲットとする速度閾値に準ずるスプリントパフォーマンスの評価ができる可能性が今回の研究から示された. したがって, 先行研究などと同質の評価をしたい場合は, 選手の最高速度に基づいてスプリント速度閾値を決定することが一案である. また, 性別が異なる選手においても相対的に速度基準を定めることで同質の評価ができる可能性が示されたことから, 本研究と同様の手続きによって性別だけではなく年齢が異なるチームに向けた相対的な速度基準を定められるかもしれない. この点については, 将来の研究が待たれる.

本研究にはいくつか研究の限界がある. まず, 男子サッカー選手のパフォーマンスを基準として女子サッカー選手の速度閾値を評価した点である. 本研究に参加したどちらのチームの選手もある程度以上の高い競技力を持っていると考えられるが, 同質のチームであるかは評価が非常に難しい. したがって, 基準となるチームを変更することで相対的な速度閾値が変わることが十分に考えられる. その場合は, ターゲットとするチームに準じた速度閾値を再検討する必要がある. 次に, 対象データのサンプル数の少なさである. 本研究ではバラツキの多いデータに対してサンプル数が少ないため, P 値と d について解釈が慎重になる項目がいくつか見られた. 1 チームの選手数は限られているが, 今後は繰り返し測定するなどサンプル数を増やしデータを充実させて検討を続ける必要がある.

V. まとめ

本研究は, 男子プロリーグが提示している速度閾値に基づいた男子サッカー選手のパフォーマンスを基準として, 大学女子サッカー選手のスプリント速度閾値を検討した. その結果, 選手の最高速度を基準とした相対的なスプリント速度閾値に基づくことで, 男女選手間のスプリ

ントパフォーマンスの評価が最も近くなることが示された.

謝辞

対象データの提供に対して全面的にご協力頂いた追手門学院大学女子サッカー部および男子サッカー部の方々に深く感謝申し上げます.

利益相反

本研究の全ての内容に対して利益相反はない.

参考文献

1. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Glesson M, Nieman D, Raglin J, Rietjens G, Steinacher J, Urhausen A. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science and American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc* 45: 186-205, 2013.
2. Haff GG, Burgess SJ. Resistance training for endurance sports. In *Developing Endurance*. Reuter BH, ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 135-180, 2012.
3. ヤン・バングスボ 著, マグニ・モア 著, 長谷川裕 訳, 安松幹展 訳, パフォーマンス向上に役立つサッカー選手の体力測定と評価. 大修館書店, 7-21, 2015.
4. Hodun M, Clarke R, De Ste Croix M, Hughes J. Global positioning system analysis of running performance in female field sports. *Strength Cond J* 38 (2): 49-56, 2016.
5. Fabian EE, Craig DS, Doungkamol S, William FN, David GA. GPS and Injury Prevention in Professional Soccer. *J Strength Cond Res* 30 (2): 360-367, 2016.
6. Akyildiz Z, Yildiz M, Clemente FM. The reliability and accuracy of polar team pro GPS units. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol* 236 (2): 83-89, 2022.
7. Nobari H, Silva R, Manuel Clemente F, Oliveira R, Carlos-Vivas J, Pérez-Gómez J. Variations of external workload across a soccer season for

- starters and non-starters. *Proc Inst Mech Eng Part P J Sports Eng Technol* Online first, 2021.
8. Ellens S, Hodges D, McCullagh S, Malone JJ, Varley MC. Interchangeability of player movement variables from different athlete tracking systems in professional soccer. *Sci Med Footb* 6 (1): 1-6, 2022.
9. 日本プロサッカーリーグ公式ウェブサイト, J.LEAGUE.jp, <https://www.jleague.jp/>
10. Kobal R, Carvalho L, Jacob R, Rossetti M, Oliveira LP, Do Carmo EC, Barroso R. Comparison among U-17, U-20, and Professional Female Soccer in the GPS Profiles during Brazilian Championships. *Int J Environ Res Public Health* 19 (24): 16642, 2022.
11. Hewitt A, Norton K, Lyons K. Movement profiles of elite women soccer players during international matches and the effect of opposition's team ranking. *J Sports Sci* 32: 1874-1880, 2014.
12. Dwyer DB, Gabbett TJ. Global positioning system data analysis: Velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes. *J Strength Cond Res* 26: 818-824, 2012.
13. Vescovi JD. Sprint profile of professional female soccer players during competitive matches: Female Athletes in Motion (FAiM) study. *J Sports Sci* 30: 1259-1265, 2012.
14. McCormack WP, Hoffman JR, Pruna GJ, Scanlon TC, Bohner JD, Townsend JR. Reduced High-Intensity-Running Rate in College Women's Soccer When Games Are Separated by 42 Hours. *Int J Sport Physiol Performance* 2 (10): 436, 2015.
15. Daston N, Drust B, Weston M, Jarman IH, Lisboa PJ, Gregson W. Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players During International Competition. *J Strength Cond Res* 31 (9): 2379-2387, 2017.
16. 片野道郎. GPS データですべてが変わった. 欧州フィジカル革命の最先端. *Footballista* 2017 年 11 月 7 日, <https://www.footballista.jp/special/39389>
17. 公益社団法人 日本学生陸上競技連合, 天皇賜杯第 91 回日本学生陸上競技対校選手権大会男女 100m 上位 10 位, 2022 年 12 月 20 日, <https://iuau.jp/ev2022/91ic/91ic.html>
18. 中西健一郎, 館俊樹, 中井真吾. プロサッカークラブにおける GPS データの活用状況に関する事例調査研究. スポーツと人間: 静岡産業大学論集 4 (1): 159-164, 2020.