

〈原著論文〉

異なる競技レベルの大学サッカー選手における試合中の動きの特徴

— 物理的運動強度及び生理的運動強度に着目して —

稲田 峻佑* 大家 利之** 梅村 義久**

Movement characteristics of college soccer players during games at different competitive levels
— Focusing on physical and physiological exercise intensity —

Ryosuke INADA*, Toshiyuki OHYA**, Yoshihisa UMEMURA**

Abstract

In this study, we aimed to investigate the differences in the movement characteristics of college soccer players at different levels of competition during games and to estimate their physiological exercise intensity. The 21 college soccer players were divided into two competition levels (Top: 12, Moderate: 9) according to the league they were registered in. We examined the movement characteristics of the soccer players in-game by time-motion analysis on a global positioning system. We measured the running speed at the anaerobic threshold, the onset of blood lactate accumulation (OBLA), as a physiological index for each player. We measured the ratio of Over-OBLA to the total distance traveled as the player's relative exercise intensity. We also measured the distance of each absolute movement speed and the number of accelerations and decelerations during the game. The V-OBLA and Over-OBLA distance showed no significant difference between competition levels. However, the ratio of the Over-OBLA distance to the total distance traveled was 23.3% for Top and 19.2% for Moderate, suggesting that the higher the competition level, the more high-intensity movements were required. The running distance and the number of accelerations were significantly higher for top college soccer players than for moderate college soccer players ($p<0.05$). In addition, the high-speed running distance was significantly higher for top college soccer players in the 15-30 minutes time period. As time passed, the high-intensity movements decreased regardless of the level of competition. However, we confirmed that higher competition levels players were able to maintain high-intensity movements. Based on the results, we inferred that the level of intensity of exercise required during a college soccer game is different at different levels of competition.

1. 緒言

サッカーは世界中で最も広く様々な年代の人に行われているスポーツであり、サッカーのパ

フォーマンスは技術、戦術、体力、心理的側面からとらえることができる¹⁾。現代のサッカー競技はボール保持者側に時間とスペースを与えないようにプレーする特徴があり²⁾、選手が試

* 中京大学スポーツ科学研究科、** 中京大学スポーツ科学部

合中に技術・戦術を最大限発揮するために要求される体力水準も高くなってきている³⁾。また、GPS テクノロジーの発展や 2015 年に国際サッカー連盟が GPS デバイスの試合での着用を許可したこともあり、多くのチームで試合や日常の練習で GPS デバイスを使用している⁴⁾。GPS デバイスを用いることで選手一人ひとりの移動距離、移動速度、加速減速回数などのデータを得ることができ、得られるデータは高い信頼性を有している⁵⁾。サッカーの競技技能は技術・戦術・体力等の要因が複雑に絡み合っているため客観的に評価することは困難とされるが、Time-motion 分析により移動距離、移動速度、高強度運動の頻度等の試合中に要求される体力的要素の一部を数値化することが可能になってきた^{3, 6)}。

サッカー選手は前半後半各 45 分間、合計 90 分間の中で様々な移動速度でプレーしており、ウォーキングのような低速度からスプリントのように 30km/h を超える速度でプレーを繰り返し行っている⁶⁾。すなわち、サッカーはウォーキングやジョギングのような有酸素性運動とスプリントやジャンプ、急激な方向変換のような無酸素性運動を状況に応じて行っている。個人差やポジションによる差はあるがプロから大学レベルに至るサッカー選手の試合中の平均的な総移動距離は約 10,000 ~ 13,000m に及ぶことが明らかになっている⁶⁾。しかし、試合中の選手の移動距離は試合を通して均一ではなく、特に高強度ランニング (18km/h 以上) やスプリント (30 km/h 以上) は時間経過に伴い減少する⁶⁾。さらに Time-motion 分析の発達により、選手の動きを様々な速度帯に分類して移動距離を評価している。その中でも近年は高強度での動きが注目されており、イングランドプレミアリーグでは年々高強度ランニングの移動距離が増加している³⁾。このようにサッカーの戦術やルールの変更に伴い、選手は強度の高い動きを要求されている。しかしながら、上記のようなサッカーの試合中の動きは競技レベルで異なり、Morh らは国際レベルのプロ選手と国内レベルの選手を比較すると国際レベルの選手のほ

うが高強度ランニングやスプリントをより多く行っていると報告している⁶⁾。

これらの報告は Time-motion 分析から算出した移動速度を物理的運動強度で評価している。しかし、年齢や性別、競技レベルで体力特性は異なると考えられるため^{7, 8, 9)}、物理的な絶対値の指標だけでなく選手個人の体力特性を考慮して評価する必要があるが、試合中の動きについて選手の生理学的指標に基づいて試合中の動きを評価した研究報告は少ない^{10, 11)}。また、競技現場では目的に応じて適切な運動強度でトレーニングをすることが望ましく、生理的運動強度を用いたトレーニングの有用性が報告されている¹²⁾。本研究では生理的運動強度として、サッカー選手にとって重要な要素と考えられている有酸素性能力の指標であり、かつ選手の身体への負担や測定簡易性を考慮した V-OBLA (血中乳酸濃度 4mmol/L 時の走速度) を用いて評価を行う。V-OBLA は主に脂質をエネルギー源とした有酸素性エネルギー供給機構から糖質をエネルギー源とした無酸素性エネルギー供給機構にエネルギー供給の割合が変わる強度である。また、V-OBLA は有酸素性持久力トレーニングにおける走速度として活用できる¹²⁾。そのため、試合中の運動強度を、生理的運動強度を用いて相対的に評価することでトレーニング計画の立案、メニューの作成の一助になると考える。そこで本研究では、異なる競技レベルの大学サッカー選手を対象に、時間経過に伴う試合中の動きの特性の違いを明らかにするとともに、その生理的運動強度を推定することを目的とした。

2. 対象と方法

2.1. 対象者

研究対象者は、日常的に専門的なトレーニングを行っている同じ大学の男子サッカー部員 21 名であった。また、対象者は東海学生サッカーリーグ 1 部に所属するチームの選手 (身長 176.3 ± 6.1 、体重 68.7 ± 5.9) 12 名、Independence League 東海に所属するチームの選

手（身長 171.4 ± 3.0 、体重 64.3 ± 3.0 ）9名であった。本研究では東海学生サッカー1部リーグ（Top）、Independence League 東海（Moderate）の順に競技力を上とした。また対象の2チームは、同じサッカー部の中でTopは1軍、Moderateは5軍という位置づけであった。全ての対象者には、事前に本研究の目的や方法、実験に伴う危険性について説明した上で、書面による同意を得た。尚、本研究は中京大学体育学研究科「人を対象とする研究に関する倫理委員会」の承認を得て実施した。

2.2. 測定の概要

東海学生サッカーリーグ1部後期リーグ2試合とIndependence League 東海後期リーグ2試合の各競技時間90分のうちの0-75分までを分析対象とした。各試合のスターティングメンバーのGKを除く10名の選手にGPSデバイスを装着させプレーさせた。

また、後日、スターティングメンバーのうち75分以上出場した選手を対象に多段階運動負荷試験を行い、各選手のOnset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) の運動強度 (V-OBLA) を決定した。

その後、実際の試合中の各速度帯での移動距離、加速減速回数、OBLA速度以上での移動距離 (Over-OBLA) などを算出し、競技レベル別で分析した。

2.3. 対象試合

Topは、2019年度東海学生サッカーリーグ1部後期リーグ戦2試合（1試合は勝ち、1試合は引き分け）を分析の対象とした。ModerateはIndependence League 2019東海後期リーグ戦2試合（2試合とも勝ち）を分析の対象とした。測定の対象はスターティングメンバーのフィールドプレイヤー10人として、各チーム2試合ずつ測定を行った。本研究の分析対象データは各試合75分以上出場した選手の0-75分までとした。各試合の75分以降は選手交代が多いため分析の対象とはしなかった。また、75分までに選手交代した選手は分析の対象と

しなかった。その結果、Topでは対象試合1で6名、対象試合2で10名、延16名分のデータを分析した。4名については2試合分を分析対象とした。Moderateでは対象試合1で4名、対象試合2で6名、延10名分のデータを分析した。1名については2試合分を分析対象とした。

V-OBLAはTop7名、Moderate6名の測定を行った。Over-OBLAはTopの対象試合1で3名、対象試合2で7名、合計10名分のデータを分析した。うち3名は2試合ともに出場しており、2試合分を分析対象とした。また、Moderateの対象試合1で2名、対象試合2で5名、合計7名分のデータを分析した。うち1名は2試合ともに出場しており、2試合分を分析対象とした。

2.4. 試合中の動きの特徴および生理的運動強度

本研究は、GPSデバイス (GPXEXE PRO2、Exelio Srl, Udine, Italy) を各選手に装着しプレーをさせながら実施した。本機器の主な仕様は、GPS機器本体のサンプリンググレード：18.18Hz、加速度センサー：100Hz、ジャイロセンサー：100Hz、地磁気センサー：75Hz、機器の重量は75g、サイズは $85 \times 50 \times 22$ mmである。機器の装着の際には、上背部にミニバックポケットが付いている専用のチェストベストを着衣させ、そのポケットにGPS機器本体を挿入した。本機器では選手の移動距離、移動速度、加速度などを測定することが可能である。また、心拍数測定専用のトランスミッターベルト (H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finland) を胸部に装着させた。

各試合において試合中の総移動距離、各速度帯での移動距離、加速減速回数、Over OBLAでの移動距離、移動距離に占めるOver OBLAの割合、心拍数を測定した。試合中の選手の移動速度を以下の6つの帯域に分類した。1) standig: 0-0.7 km/h, 2) walking: 0.7-7.2km/h, 3) jogging: 7.2-14.4km/h, 4) running: 14.4-19.8km/h, 5) High-speed-running (HSR) : 19.8-25.2km/h, 6) sprinting: 25.2km/h 以

上¹³⁾。また、選手の移動に関する加減速を、加速度を用いて以下の6つに分類した。1) $3\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 以上、2) 3から $2\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 、3) 2から $1\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 、4) $-3\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 以下、5) -3から $-2\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 、6) -2から $-1\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 。試合中の生理学的評価においては、無酸素性作業閾値であるOBLA以上の速度での移動を無酸素性エネルギー供給(Over OBLA)と定義づけた¹⁴⁾。そして、総移動距離に占めるOver OBLAの移動距離を算出することによって、各対象者における試合中の生理的運動強度を考慮した移動距離を評価した¹⁵⁾。

2.5. 漸増運動負荷テスト

宮森ら、久保田らを参考に人工芝フィールド上に、240mトラックを作成し、速度漸増式の多段階運動負荷試験を行った^{11, 15)}。速度漸増式の多段階運動負荷試験中に血中乳酸を測定することにより生理的運動強度を評価した。

十分にウォーミングアップをさせた後、180m/minの運動強度から開始し、3分ごとに200m/min、220m/min、240m/min、260m/minと漸増させて疾走した。各ステージは3分間とし、休憩は1分間設けた。血中乳酸濃度は安静時ならびに各ステージ終了後に指先より採血を行い、簡易型乳酸測定機(Lactate Pro 2LT-1730, Arkray, Japan)を用いて測定した。すなわち、初期負荷を180m/minとし、各ステージ間で速度を20m/minずつ漸増させ、血中乳酸濃度が4mmol/Lを超えるまで継続して測定した。4mmol/Lを超える前後の2つのデータを直線で結び、この直線上にて血中乳酸濃度が4mmol/Lに相当する点を推定することで各選手のOnset of Blood Lactate Accumulation (OBLA)の走速度(V-OBLA)を決定した¹⁶⁾。

2.6. 統計解析

得られた測定データは平均値±標準偏差で示した。統計処理はIBM SPSS (Version23)を用いた。標本の大きさが小さいと正規性の検定の判断が曖昧になることが言われており、ま

た、標本数が小さい場合はパラメトリック・ノンパラメトリック検定どちらでも利用可能であるとも述べられていたためパラメトリック検定を用いた¹⁷⁾。V-OBLAについて、競技レベル間の比較は対応のないt検定を用いて行った。また、その他の試合中の動きに関する測定項目について、競技レベルと時間経過による要因についての比較は反復測定による2元配置分散分析を用いて有意差検定を行い、交互作用が認められた項目は下位検定としてBonferroniの多重比較検定を行った。なお、全ての検定の有意水準は危険率5%未満とした。

3. 結果

各選手のV-OBLAおよび試合中のOver-OBLA距離、Under-OBLA距離をTable1に示した。V-OBLAはTopとModerateの競技レベル間で有意差が認められなかった(Table1)。また、Over-OBLA距離について、試合を通して(0-75分)競技レベル間で有意差は認められなかった(Table1)。また、各時間帯においてもOver-OBLAの距離には有意な差は認められなかった(Fig.1)。試合中の平均心拍数はTopが 169 ± 12 拍/分、Moderate 168 ± 11 拍/分であり、競技レベル間で有意な差は認められなかった。

試合中の動きを各速度帯で分類して評価した結果、試合を通してRunningにのみ競技レベル間に有意な差が認められ(Fig.4, $p < 0.05$)、Standing、Walking、Jogging、HSR、Sprintingには有意な差が認められなかった。また、各速度帯について、HSRで交互作用が認められ時間帯ごとで比較した結果、HSRの15-30分の時間帯でTopがModerateより有意に多い距離であった(Fig.5, $p < 0.05$)。さらに、Walkingで交互作用が認められ15-30分、45-60分の時間帯でModerateが有意に多い距離であった(Fig.2, $p < 0.05$)。

加速減速回数について、試合を通して加速合計回数はTopがModerateより有意に多い回数であった(Table2, $p < 0.05$)。また、加速度

1 ～ 2m/s² の加速回数についても Top が Moderate より有意に多い回数であった (Table2、p<0.05)。減速 1 ～ 2m/s²、加速減速 2 ～

3m/s² の回数は有意な差は認められなかった (Table2、p<0.05)。

Table 1. V-OBLA and physiological exercise intensity in the game 0-75min (mean ± SD)

	V-OBLA(km/h)	Total-distance(m)	Over-OBLA(m)	Under-OBLA(m)
Top	14.7 ± 1.0(n=7)	8879 ± 912(n=10)	2070 ± 542(n=10)	6807 ± 515(n=10)
Moderate	15.2 ± 1.0(n=6)	8665 ± 531(n=7)	1661 ± 388(n=7)	7003 ± 672(n=7)

Table 2. Frequency of acceleration and deceleration in the game 0-75min (mean ± SD)

	Number of acceleration(m/s ²)				Number of deceleration(m/s ²)			
	from 1 to 2	from 2 to 3	>3	Total	from -1 to -2	from -2 to -3	<-3	Total
Top(n=16)	281 ± 42 *	95 ± 11	28 ± 9	405 ± 46 *	259 ± 33	83 ± 10	39 ± 9	381 ± 42
Moderate(n=10)	254 ± 37	82 ± 11	22 ± 4	359 ± 47	241 ± 32	71 ± 12	32 ± 7	344 ± 43

* Significant difference (p<0.05) between Top and Moderate.

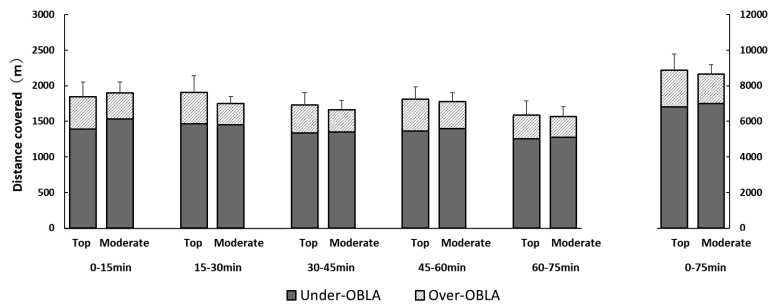


Fig. 1. Over-OBLA distance and Under-OBLA distance as a percentage of total distance in 15min intervals for Top and Moderate (mean ± SD).

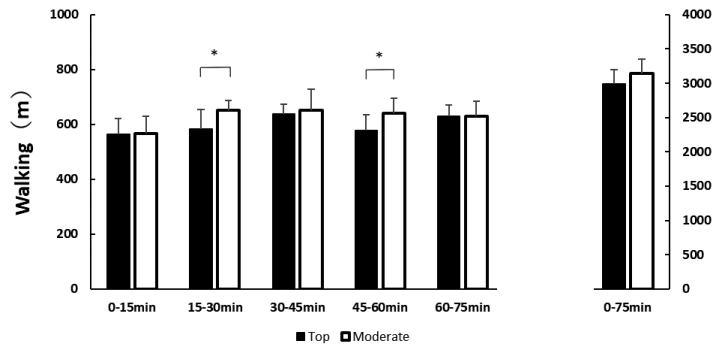


Fig. 2. Walking (0.7-7.2km/h) in 15min intervals for Top (■) and Moderate (□) (mean ± SD).

* Significant difference (p<0.05) between Top and Moderate.

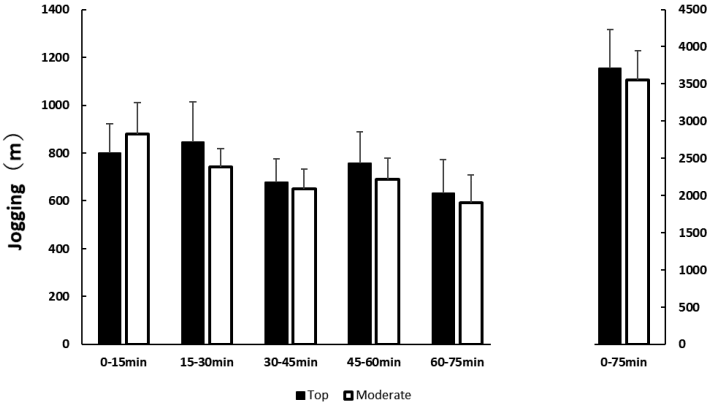


Fig. 3. Jogging (7.2-14.4km/h) in 15min intervals for Top (■) and Moderate (□) (mean ± SD).

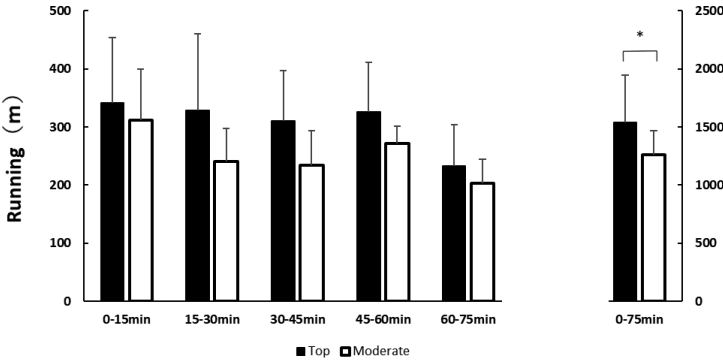


Fig. 4. Running (14.4-19.8km/h) in 15min intervals for Top (■) and Moderate (□) (mean ± SD).

* Significant difference ($p<0.05$) between Top and Moderate.

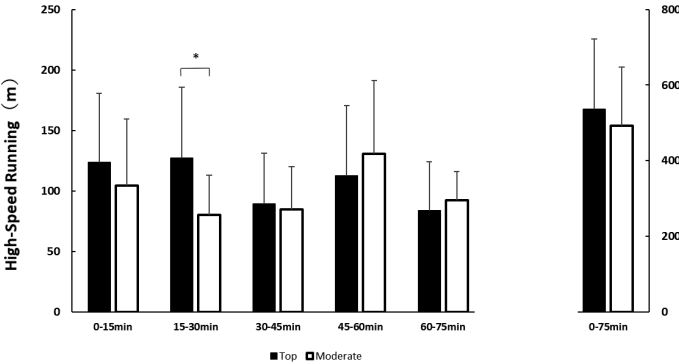


Fig. 5. High-Speed Running (19.8-25.2km/h) in 15min intervals for Top (■) and Moderate (□) (mean ± SD).

* Significant difference ($p<0.05$) between Top and Moderate.

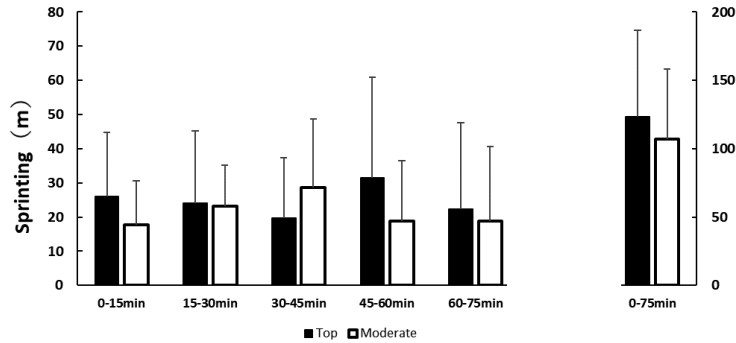


Fig. 6. sprinting (25.2-km/h) in 15min intervals for Top (■) and Moderate (□) (mean \pm SD).

4. 考察

本研究では、男子大学サッカー選手を対象に、異なる競技レベルの大学サッカー選手の試合中の動き特性の違いを明らかにするとともに、生理的運動強度を推定することであった。選手個人の生理的運動強度の推定にはOBLAを用いた。OBLAは血中乳酸濃度から求めた無酸素性作業閾値であり、有酸素性エネルギー供給を基本とする持久性能力と密接な関係があることからサッカー選手の有酸素性能力の評価法として利用されている¹⁸⁾。本研究では、異なる競技レベル間で測定値を比較したところ、OBLA時の走速度はTop; 14.7 ± 1.0 km/h、Moderate; 15.2 ± 1.0 km/hであり有意な差は認められなかった。すなわち、本研究で測定を行ったTopとModerateの各対象者は、無酸素性作業閾値に関する運動強度の指標として使用される血中乳酸濃度が4mmol/Lとなる運動強度が同程度であったことが推察される。また、Jリーグの選手をもとに作成されたV-OBLAの評価基準ではふつう～やや劣るに該当する記録であった⁷⁾。

V-OBLAの結果を基に算出した試合中の総移動距離に占めるOBLA相当以上の走速度での距離の割合(Over-OBLA)はTop; 23.3%、Moderate; 19.2%であり統計的に有意な差は認められなかったが、Topで高い傾向が観察された。久保田らは異なる競技レベルの試合に

において、総移動距離に占めるOver-OBLAの移動距離の割合が競技レベルの高い試合では23.9%、低い試合では19.8%であったと報告しており¹⁵⁾、本研究の結果は同様の傾向を示したと思われる。また、競技レベルに関係なくOver-OBLA距離は、0-15分の時間帯が30-45分、60-75分よりも有意に多い距離であった。つまりエネルギー供給の面から考えると、前半の最初の15分間は体内のグリコーゲンやグルコースなどの糖をエネルギー源とした無酸素性エネルギー供給の割合が大きく、強度の高い動きを多く行うことができたと推察される。しかし、試合を通して試合時間が経過するほど体内の筋グリコーゲンの減少などの影響によってATPを素早く供給することが困難になり、有酸素性エネルギー供給の割合が大きくなり、強度の高い動きが減少していたと推察される。さらに、HSRについて0-15分の時間帯では、競技レベル間で有意な差は認められないが15-30分の時間帯では競技レベル間で移動距離に有意な差が認められたことからModerateは前半15分の時点から減少する傾向がある(Fig.2)。すなわち、サッカーの試合において選手の強度の高い動きは時間経過に伴い減少していくが高い競技レベルのチームほど高強度ランニング以上の移動速度の動きを維持できている可能性がある。

これまでサッカーの試合を分析する研究では移動速度や加速度を用いて試合中の移動距離や

加速減速回数を算出し、運動量や運動強度を評価してきた^{3, 6, 13, 19)}。本研究でも試合中の動きの強度を表す指標として算出し、競技レベル間で比較した。試合を通して14.4-19.8km/h (Running)での移動距離が競技レベル間で有意な差が認められた。この結果はMohrら⁶⁾の報告を支持したが、Running速度(19.8 km/h)以上の移動距離では有意な差は認められなかった。一方、時間帯別で比較すると、Walkingの移動距離が15-30分、45-60分の時間帯でModerateの方が多く、HSRの移動距離が15-30分の時間帯でTopの方が有意に多い距離であった。試合開始15分以降にModerateはHSRの移動距離が低下しWalkingの移動距離が増加しており、Topは15分以降もHSRの移動距離を維持することができている。このような傾向から競技レベルの違いが、HSRのような高強度な動きを維持できる時間に観察できたと推察される。さらに合計加速回数と $1 \sim 2\text{m/s}^2$ の加速回数の回数は試合を通してTopで多く行われていた。競技レベルが高くなるほど攻守のプレーの質も高くなり、特に球際と言われるボール保持者と守備者の攻防は激しくなると考えられる。攻撃局面では相手の守備者のプレッシングを避けるための動き、守備局面では攻撃側にスペースや時間を与えないように素早くプレッシングに行く動きが高い頻度で行われたため、Topで $1 \sim 2\text{m/s}^2$ の加速回数多く観察された可能性がある。

日本のプロサッカーリーグであるJリーグにおける近年の新加入選手の内訳に着目すると、大学卒業後にプロ選手としてプレーする選手が増えてきており大学サッカー選手の需要が高まっている^{20, 21)}。大学サッカーの競技レベルの底上げをすることは日本サッカーのレベルを上げるために必要なことである。近年プロサッカーでは、競技レベルが高いほど、試合中に強度の高い動きをより多く要求される傾向がある^{6, 22)}。本研究は大学サッカーの競技レベルでも同様に、競技レベルが高い方が高強度な動きが要求されると仮説を立て、試合中の移動速度の変化について分析を行った。さらに、本研究

では各選手のOBLA時の走速度を用いて試合中の移動速度を評価した。上述したように競技レベルが違っていても有酸素能力に有意な差は認められなかった。また、総移動距離についても同程度であった。移動速度を速度帯に分類して評価した場合はWalking、Running、HSRに競技レベル間で有意な差を確認した。しかし、各選手のOBLA時の走速度を用いて相対的に評価したOver-OBLA距離では競技レベル間で異なる傾向は観察できたが明らかにすることはできなかった。

本研究では各選手OBLA時の走速度を推定するため、選手が日常的にトレーニングで使用しており慣れている人工芝のフィールドで、ステージごとに分速20mずつ速度を速くする多段階式の運動負荷試験を行った。また、本研究では実際の競技現場でも比較的測定可能な方法を用いた。しかしながら、多段階式運動負荷試験では負荷増加量が大きい場合に生理的応答が追従できず、運動能力を過大評価してしまうことが指摘されている²³⁾。そのため、本研究においては各選手のOBLA時の走速度を推定する分解能が低かった可能性が考えられる。一方で、近年普及してきたトレッドミル装置を用いた連続的に負荷を増加させるランブ負荷法では、均一な生理学的応答の増加を観察できることや、個人に合わせた負荷プロトコールで実施することが可能である²³⁾。故に、実験室等でランブ負荷法を用いて測定することでより正確にOBLA時の走速度を評価することができた可能性がある。また、各選手OBLA時の走速度を用いて試合中の動きから競技レベル間の違いを比較したが、他の体力特性については評価をしていない。つまり、競技レベル間でスプリント能力、高強度負荷での発揮能力や高強度運動後の回復能力などに違いがあるのかどうかは不明であるため、様々な体力特性を評価し、試合中の動きの違いを実証していく必要がある。さらに、大学サッカーリーグの試合に関してシーズンを通して観察した先行研究は少ない²⁴⁾。本研究では各競技レベルのリーグ終盤の2試合を分析している。大学サッカーでは所属している

リーグによって年間の試合数も異なることから、シーズン中の選手の状態は競技レベル間で異なる傾向を示す可能性が考えられる。そのため、今後シーズンを通して選手の OBLA 評価し、試合の動きを分析する必要がある。また、本研究では所属しているリーグが異なる 2 チームの公式戦を分析したため対戦相手を選べることや、試合結果など条件を選べることなどの研究の限界も考慮して解釈していく必要がある。

5. 結論

本研究では、異なる競技レベルの大学サッカー選手を対象に、時間経過に伴う試合中の動きの特性の違いを明らかにするとともに、生理的運動強度を推定した。競技レベルの異なる選手の有酸素能力に有意な違いは認められなかった。また、試合中の動きに関して、生理学的指標を用いて相対的に評価した Over-OBLA 距離に有意な差は認められなかった。しかし、速度帯別に評価した Running 距離、加速回数は試合を通して競技レベルが高い方が有意に多い距離であった。さらに、時間経過に伴い競技レベルに関係なく高強度な動きは減少していくが、高い競技レベルの選手ほど高強度ランニング以上の動きを維持できていることを確認した。すなわち、大学レベルでも競技レベルの違いで高強度ランニングや加速回数が異なり、試合中の求められる運動強度は異なることが明らかになった。したがって、高い競技レベルでは試合中に高強度な動きを繰り返す能力が重要であることが物理的運動強度の観点から推察された。一方、本研究では V-OBLA に有意な差が認められず、競技レベルの異なる大学サッカーの試合について生理的運動強度を用いて相対的に評価することの有用性は確認できなかった。しかし、総移動距離に占める Over-OBLA 距離の割合 Top が 23.3%、Moderate が 19.2% であり、生理的運動強度の観点からも競技レベルが高いほど高強度な動きが要求されていることを示唆する結果を得た。以上のことから、試合

の動きを評価する際に、対象チーム・選手の体力特性を考慮して物理的運動強度、生理的運動強度を用いることは有益な情報を得るための一助になることが期待される。

参考文献

- 1) Bangsbo J, Mohr M, Poulsen A, Perez-Gomez J, Krstrup P. Training and testing the elite athlete. *J. Exerc. Sci. Fit.* 4 (1) : 1-14, 2006.
- 2) 鈴木明哲. ルールと戦術の歴史. 理論と実践で学ぶサッカーコーチング. 中山雅雄編 : 26-35, 大修館書店, 2018.
- 3) Barnes C, Archer DT, Hogg B, Bush M, Bradley PS. The evolution of physical and technical performance parameters in the English Premier League. *Int J Sports Med.* 35 (13) :1095-100, 2014
- 4) Archivetips. 「GPS パフォーマンス分析・コンディション管理システム -GPExE-」. アーカイブティップス株式会社公式サイト. <<https://archivetips.com/gpexe>>. (2021 年 9 月 30 日)
- 5) Johnston, RJ, Watsford, ML, Pine, MJ, Spurr, RW, Murphy, AJ, and Pruyn, EC. The Validity and Reliability of 5-hZ Global Positioning System Units to Measure Team Sport Movement Demands. *J Strength Cond Res.* 26 (3) : 758-765, 2012.
- 6) Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci.* 21:519-528, 2003.
- 7) 星川佳広, 澁川賢一, 中馬健太郎. 血中乳酸濃度をどう活かすか〜サッカー〜. 乳酸をどう活かすか. 八田秀雄編 : 167-185, 杏林書院, 2008.
- 8) 中馬 健太郎. 日本人サッカー選手における血中乳酸応答を利用した有酸素性能力の

- 簡易測定方法の検討. *Strength and Conditioning Journal Japan*. 23 (3) :3-9, 2016.
- 9) 中馬 健太郎. 高校生サッカー選手における vLT-2、vLT-3、vLT-4 を推定するための簡易測定方法の検討. *Strength and Conditioning Journal Japan*. 26 (4) :2-7, 2019.
- 10) 宮城 修, 須佐 徹太郎, 北川 薫. サッカー選手の試合中の生理学的特徴および動きの特徴. *デサントスポーツ科学*. 18:231-238, 1997.
- 11) 宮森 隆行, 吉村 雅文, 綾部 誠也, 宮原 祐徹, 青葉 幸洋, 鈴木 茂雄. 大学サッカー選手のポジション別体力特性に関する研究—試合中の移動距離・移動スピードからみた生理学的特徴との関連性について. *理学療法科学*, 23 (2) :189-195, 2008.
- 12) 長浜尚史, 宮崎義憲, 渡辺雅之, 瀧井敏郎. サッカー選手の有酸素性作業能に及ぼす OBLA トレーニングの影響. *Japanese Journal of Sports Sciences*. 10 (7) :515-520, 1991.
- 13) Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, Olsen P, Boanas P, Krstrup P. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci*. 15:27 (2) :159-68, 2009.
- 14) 大橋二郎 兵頭 圭介, 長浜 尚史, 磯川 正教. サッカー選手の試合中における移動スピードと Anaerobic Threshold 競技者の体力に関する生理化学的研究. *体力科学*. 37: 656, 1988.
- 15) 久保田 洋一, 青葉 幸洋, 吉村 雅文, 勝俣康之, 宮森 隆行. サッカー選手の試合中の生理学的応答について—異なるレベルの試合における総移動距離・移動スピード変化に着目して—. *順天堂スポーツ健康科学研究*. 1 (2) :225-230, 2009.
- 16) 独立行政法人日本スポーツ振興センター ハイパフォーマンススポーツセンター 国立スポーツ科学センター. フィットネスチェックハンドブック—体力測定に基づいたアスリートへの科学的支援—. 松林武生編:128-131, 大修館書店, 2020.
- 17) 池田 郁夫. 改訂増補版:統計検定を理解せずに使っている人のためにⅢ. *化学と生物*. 57 (10) :629-647, 2019.
- 18) 中馬 健太郎. 高校生サッカー選手における Yo-Yo IR2 テスト結果と vOBLA との関係. *Strength and Conditioning Journal Japan*. 27 (1) :20-24, 2020.
- 19) Di Salvo V, Gregson W, Atkinson G, Tordoff P, Drust B. Analysis of high intensity activity in Premier League soccer. *Int J Sports Med*. 30 (3) :205-12, 2009.
- 20) J リーグ. 「今年は何のチームからプロ選手が生まれたのか? J リーグ新人研修に参加した選手の出身チームをぜんぶ見てみました」. J リーグ公式サイト. 2019. <<https://www.jleague.jp/news/article/14061/>>. (2021 年 9 月 30 日)
- 21) 本田裕一郎. サッカー育成改革論. 第 2 章 指導改革—選手たちのためにできること—:155, 株式会社カンゼン, 2018.
- 22) Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, Impellizzeri FM. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med*. 28 (12) :1018-24, 2007.
- 23) American College of Sports Medicine. (2011). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription Eighth Edition. 「運動処方」の指針 運動負荷試験と運動プログラム, 5. 運動負荷試験の臨床」(後藤勝正, 藤谷博人訳, 日本体力医学会 体力科学編集委員会監訳), 117, 株式会社南江堂.
- 24) 甲斐 智大, 堀尾 郷介, 青木 竜, 高井 洋平. 大学サッカー選手における試合時の移動を改善させるフィードバック方法の事例. *スポーツパフォーマンス研究*. 10:270-281, 2018.