

〔論 文〕

サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

須 佐 徹 太 郎
早 乙 女 誉

1. 本研究の目的と課題および測定方法

1) 基礎的有酸素能力の指標と測定方法

(1) OBLAを指標

サッカーの有酸素能力の指標としては①最大酸素摂取量 (Vo_2max = 全身に血液を送り出す心臓の能力), ②乳酸性の閾値 (LT: Lactate Threshold, OBLA: Onset of Blood Lactate Accumulation = 筋の酸化能力), ③ランニングエコノミー (走る効率, 最大下の酸素摂取量 = 走り方や筋力) の3つに大別され, 「 Vo_2max を高めることがより重要であるという考え方が強い」と思われていた¹⁾。しかしながら, 高強度のスピード・筋力の繰り返し能力が求められるサッカーでは, 筋中でクレアチンリン酸 (Creatine Phosphate = CP) を分解してエネルギー出力した後高強度スピード出力するために再度CPに再合成させる能力, 産生された乳酸を中和するためにpH低下 (酸性化) を抑える緩衝の能力, さらに産生された乳酸を酸化基質として筋細胞中のミトコンドリアで再活用してATP産生する能力が高い程²⁾, プレー中のパフォーマンス低下が小さいと考えられるので, 心臓を反映する Vo_2max よりも, 高強度運動からの回復能力を見るには, 筋と関連が深いLTやOBLAを見た方がよいという立場もあり得る, という³⁾。

その点を踏まえたうえで, 血中乳酸濃度 (以下LA) は $4mmol/l$ を超えて蓄積し始めると, 通常その強度での運動継続が厳しくなり始めるので, ある走スピードでランニングしても $4mmol/l$ を超えて乳酸が過剰蓄積していかない目安の閾値であるOBLAを基礎的有酸素能力の指標として用いることが妥当であると考えられる。試合中高強度運動してLAが $4mmol/l$ を超えてもOBLAが高ければ, 個人差はあるものの速やかに $4mmol/l$ 以下に回復する可能性が高いと考えられるからである。

(2) 基礎的有酸素能力の測定方法: 漸増負荷フィールドテストの実施

①漸増負荷フィールドテストの意義と方法

- ・漸増負荷法はオールアウトまで追い込まず, 最大下のスピードで測定可能という利点がある。有酸素トレーニングの強度設定に適しているという利点もある。
- ・トレッドミル走より実際の走動作で出来, 雨天の影響を受けにくいオールウェザートラックで実施した (全てヤンマーフィールド長居陸上トラック = オールウェザー)。
- ・50mおきにマーカー (コーンなど) を置き, マーカーを通過するごとにそのペースを告知するブザーを鳴らしてペース管理した。

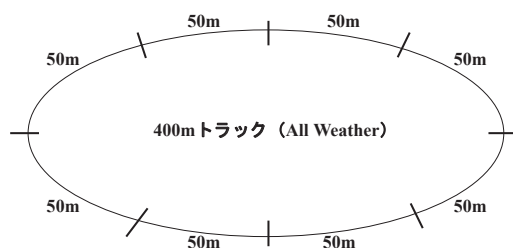


図1: 陸上競技場トラックとマーカーの配置イメージ

表1：2020年6月18日（1回目の活動再開後）以降のペースと距離⁴⁾

ペース (m/s)	走量 (m)	50m ラップタイム (S)	テスト継続時間 (分)
2.6	800m	19.2 (S)	5 : 07
3.0	800m	16.7 (S)	4 : 27
3.4	1000m	14.7 (S)	4 : 54
3.8	1000m	13.1 (S)	4 : 23
4.2	1200m	11.9 (S)	4 : 45
4.6	1200m	10.8 (S)	4 : 20

②漸増負荷フィールドテストの実施日

★2020年度は準備期の途中で1回、その後はコロナ禍での非常事態宣言等によりなかなか全体活動が出来ず、2度の全体活動停止後（4月～5月、7月初旬～9月上旬）の活動再開時に2度実施した。

- ・2020年2月20日（準備期中盤）
- ・2020年6月18日（1回目の活動再開後）
- ・2020年9月9日（2回目の活動再開後）

★2021年度は準備期の最終盤と全体活動停止後（7月初旬～9月上旬）の活動再開時に2度実施した。

- ・2021年3月9日（2021年度前期リーグ前準備期の最終盤）
- ・2021年9月16日（活動再開後）

③乳酸分析器

乳酸分析器はラクテート・プロ2 LT-1730を使用、測定した。LAを指標とした漸増負荷フィールドテストでの有酸素テストを実施し、このデータに基づき、OBLA (LA4mmol/lレベルの走スピード)⁵⁾を求め、サッカー等の球技系の基礎的有酸素能力指標とした。

2) 本研究の目的と課題

(1) サッカーの「スプリント能力」⁶⁾：試合におけるスプリントと回数の測定の必要性

サッカースタミナは8000m～12000m以上走ることから有酸素能力が求められるが、それは陸上長距離選手のように、一定のスピードで長距離を走り続ける能力ではなく、「サッカーの移動は、一定のペースで走りきるのとは違い、ウォーキング、ジョギング、クルージング（サーッと流すようなランニング）、かなりのスピード・ランニング、スプリンティングなどさまざまな速度で、しかもインターミッテント（間欠的、不連続的）に動くのが特徴である」⁷⁾と、サッカートレーニング論の権威戸苅氏は当時のサッカー試合中の走行スピードの性質に関して、三角測量法を活用して大変なデータ処理を駆使し図示した、大橋二郎氏の「試合中にみられる移動速度の変化」のグラフ（図2と同様のような）を引いて、述べていた⁸⁾。

またその図2は大橋氏と同様なデータをとっていた宮城氏のあるJリーガーの走行スピードの経時的変化を示したものであるが、注8)で示したようにIntensiv走行(5.83m/s以上の走行スピード)の回数が、間欠的に繰り返されていることが分かる。

また、総走行距離に占めるIntensiv走行（高速走行）の割合が多いチームの方がレベルが高いことが示されているが、ブンデスリーガ（以下BL）と比較すれば、日本サッカーではJリーグレベルでもスプリント数が少ないという事実がそれを如実に物語っている。1試合平均総走行距離ではJリーグで114km、BLで113.5kmと、走っている距離はBLと遜色ないけれども、JリーグのIntensiv走行が1.60%、スプリントに至っては1%未満という低水準なのに対し、BLではスプリント2.38%、Intensiv走行も

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

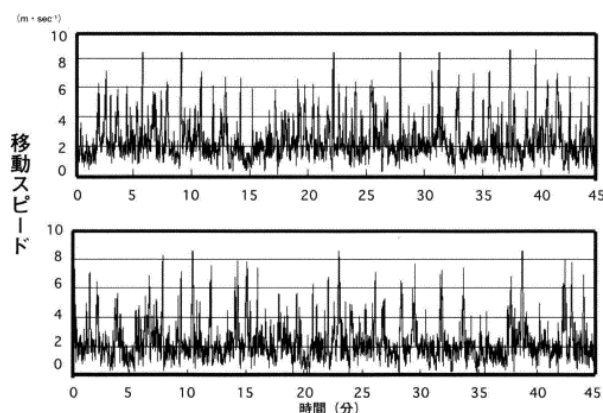


図2：移動スピードの経時的変化 (1999.11.20) ⁹⁾

5.51%と大きく引き離している¹⁰⁾。

表2：総走行距離に占める速度別走行スピードの割合

	低速	中速	ハイスピード	スプリント	Intensiv 走行
ブンデスリーガ 2017-18	75.26%	19.23%	3.13%	2.38%	5.51%
Jリーグ 2017 年度	90.54%	8.85%	0.99%	0.61%	1.60%
岡田ジャパン 2009.3	75.73%	18.80%	3.22%	2.26%	5.48%

以上のことから、レベルを上げていくには速いスピードの走行とその繰り返し能力＝「スプリント」能力が求められる、つまりパフォーマンス向上のためには「キレのある動き・身のこなし、即スピードに乗れる（移動距離が出る）・パワー出力ができる動き」および「その繰り返し能力」、しかも「戦術的状況・タイミングで要求されるキレ・スピードが出せる能力の繰り返し能力」、それこそが求められるべき「サッカーのスタミナ」である。それ故に「スプリント」の繰り返し能力＝回数を測定して、その試合のレベル（強度の高さ）、パフォーマンスを把握していく必要がある。

（2）「スプリント」の繰り返し能力のベースは何か：本研究の課題

「スプリント」の繰り返し能力のベースは何なのか、それを確かめていかねばならない。走速度－血中乳酸関係について自身の測定経験及び従来の知見を整理した星川氏は、サッカーフィジカル面の研究第一人者である Bangsbo 氏を引用して述べた、「Yo-Yo テストの結果は、試合でのトータルの移動距離のみならず、試合で重要な高速度走行での移動距離と相関」するが、OBLA ($\dot{V}O_{2max}$ も) は「トータルの移動距離のみとしか相関しない」¹¹⁾、という知見を紹介している。

しかしながら、その強度以上での運動維持が厳しくなるという OBLA¹²⁾ は基礎的有酸素能力の指標となり、トレーニング強度設定の目安となりやすいために、その強度以上での運動維持が厳しくなる閾値として重宝されるが、「スプリント」の繰り返し能力をサッカーにおける「スタミナ」と規定したとして、その意味で OBLA が「スプリント」と相関しないならば、OBLA 測定の意義とは何か？「スプリント」と本当に相関しないのか、という問題の検証を試みたい。

そこで、本学サッカー部員の血中乳酸濃度を指標とした漸増負荷フィールドテストで得られた OBLA と実際の試合での「スプリント」の関係を明らかにすることが課題である。

3) 試合での「スプリント」測定

(1) 2020年度の試合でのスプリント測定：GPSデバイスを活用

①対象試合：愛知スプリングカップ中大戦 (@豊川サッカー場, 2021.3.11)

2020年4月からの非常事態宣言により4月、5月の本学サッカー部がリモートトレーニング、関西学生サッカーリーグの前期中止、7月、8月とサッカー部の全体活動停止状態と関西学生サッカーリーグ後期参加が10月へのずれ込みから2021年1月初旬の全国大会(#atariaeni CUP)まで1週間で1試合という通常のペースながら、全体活動停止による準備不足を解消しながら毎週毎週全国大会を目指し、トレーニング→試合(公式戦)の積み重ねでスプリント測定する余裕がなかった。

そういう理由で2020年度の対象試合は2021年度の準備期の最終盤にずれ込み、2021年3月11日の愛知スプリングカップ(以下SC) vs 中大戦(豊川サッカー場)¹³⁾とした。後半は途中交代選手を投入したこともあって、その試合の前半を分析対象とした。

②測定方法

今回使用したGPSデバイスは、SOLTILO Knows社の「Knows」である¹⁴⁾。先発フィールドプレイヤーの10名に装着し、試合での「スプリント」および走行距離等を求めた。このGPSデバイスは「GPS」(アメリカ)、「GLONASS」(ロシア)、「みちびき」(日本)の3つに対応している。特に日本の「みちびき」に対応していることで、日本における測定では信頼性が高い可能性があると考えられる。

この「Knows」も日本のデータスタジアムやFIFAなどの一般的基準と同様に、時速24km/h(=6.67m/s)以上のスピードで1秒以上移動したプレーをスプリントとしてカウントしている(注6参照)。

サッカーで重要な一瞬のスピード、1m以下の移動～3mなどのスピードの計測も重要であるので、それらはこのGPS計測では6段階の速度別セクターとして(Z1～Z6：注24参照)、その速度範囲での走行距離と総走行距離に対する割合が記録されている。それらとOBLAとの相関を検証した。

(2) 2021年度の試合でのスプリント測定

①対象試合：関西学生サッカーリーグ第13節桃山大戦(J-GREEN堺メイン, 2021.11.14)

関西学生サッカーリーグ第13節 vs 桃山大戦¹⁵⁾を取り上げ、その後半を対象とした。

コロナ問題による全体活動停止で、関西学生サッカーリーグ後期戦への参戦が大幅に遅れ、2021年度10月～11月の2か月弱で前期未消化分を含め15試合消化しなければならないという強行スケジュールとなり、思うようなリーグ展開とはいかず、全国大会であるインカレ出場権(リーグ上位4位まで)を自力で得るには残り4試合を残して全勝しなければならないところまで追い込まれた。実際には4位枠を競り合っていた大体大が連敗し、この第13節、本学にとっては後期14試合目の桃山大戦で勝利すれば残り1試合を残してインカレ出場決定、逆に桃山大は引分けか負けると2部リーグ降格というお互い譲れない戦いとなった。

しかも前半本学が0-1とリードされ、インカレ出場権獲得のためには逆転しなければならない状況になり、得点への努力、つまり相手DFライン突破のためにスピードアップを図らねばならない。ギリギリまで追い込まれた状況の中で、否、追い込まれた状況だからこそ、突破の意欲をもって後半に臨んだ。その突破にかかわった選手たちがどの程度のスピードを出したか、それがOBLAの値との相関がみられるのかどうか、を見極めるうえで格好の試合展開となったことが対象試合決定の理由である。

②桃山大戦でのスピード計測

2021年度はこれらを含めた、試合中の短い身体移動のスピードも含めた「スプリント」数とOBLAの相関を追求していった。本対象試合をビデオ撮影しそれをPCにキャプチャーした上で、ゲーム分析ソフトダートフィッシュの3Dアナライザー機能の活用を試みた。ただし攻守全プレーに渡ってスピード計



図3：動作，ゲーム，パフォーマンス分析ソフトウェア「myDartfish ProS」ダートフィッシュ・ジャパン (<https://www.youtube.com/watch?v=Mv6gwVNc6wQ>) より転用



図4：本学が撮影し，キャプチャーした実際の桃山大戦終盤の3Dアナライザーでの分析の一画面

測することは作業上煩雑過ぎるので，上記のようにスピードアップを図るであろう突破の場面に限定してそこに関わった選手達の「スプリント」数の計測に取り組んだ。

- ・突破してチャンスになったシーンをチャンスレベルで4段階（後述）に分け，その一連の突破プレーに関わった選手のスピードを計測していく。
- ・ピッチをキャリブレーションし，平面画面でもスピード計測可能に設定する。スタンドから撮影しているカメラが少しアップ画面になったり，広角画面になったりして生じたズレをその都度再キャリブレーションしていく。
- ・その上で3Dオーバーレイドローイングを使用して対象選手の動きに応じて両足の間＝中心付近のフィールドに任意の間隔でクリック，マーキングしていく。
- ・マーキングした選手をトラッキングして速度・加速度等パフォーマンスをハイライトする（アノテーション機能）。

図4では5名（ユニフォームの色の濃い方が本学）をスピード計測している。ピッチ画面直下の帯は一つのイベント（シーン）の長さを示し，半円形のところが静止している時点を示している。

図3ではマーキングしたところが+印で表されているが，図4ではトレイルを残したので（点線で走行跡を示している）+印は選手の足元のみにしか表示されていないけれども，ピッチ画面下の帯の◇印がマーキング点である。その下にパフォーマンス情報のアノテーションの帯，さらにその下にトレイルの帯が人数分ある。

2. 結果と考察

1) 2020年度測定に基づいた基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係の考察

(1) 2020年度の基礎的有酸素能力の測定

① 3回の測定：血中乳酸濃度を指標とした基礎的有酸素能力の判定

- ・2020年6月18日（1回目の活動再開後）
- ・2020年9月9日（2回目の活動再開後）
- ・2021年3月9日（準備期の最終盤）

の3回である¹⁶⁾。

非常事態宣言解除後のサッカー部 A チームの 6 月の測定での OBLA 4.00m/s が、更なる 7～8 月という 2 か月間の活動停止期間のオンライントレーニングの結果 3.81m/s まで低下した。わずか 3 週間のボールを使用した準備期間で 2020 年度リーグ戦に突入したが、4 位に食い込み、2021 年 1 月の全国大会¹⁷⁾ 出場を果たすまで至り、2020 年 9 月 12 日から 2021 年 1 月の全国大会までしっかりトレーニングを積むことが出来た。

しかし、その直後の 1 月初旬に蔓延防止等重点措置が適用され、またしても 2 月上旬まで全体活動停止となり、オンライントレーニングになったが、2020 年度の反省を生かしてオンライントレーニングの改善を試みた結果、3 月上旬の測定で A チーム平均の OBLA は 4.13m/s まで上昇した。これを 2021 年 3 月 11 日の愛知スプリングカップ vs 中大戦に先発したフィールドプレイヤーに絞れば OBLA = 4.26m/s まで上昇した。

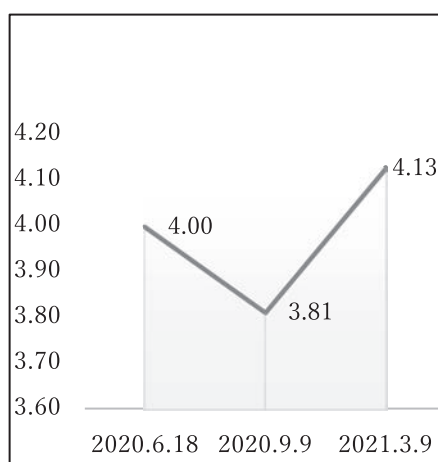


図 5：2020 年度 OBLA：A チーム平均の推移

②本学の基礎的有酸素能力のレベル

A チーム平均 OBLA 4.13m/s は星川氏の試験的評価基準に基づけば、「やや劣る：3.91～4.18m/s 未満」レベルであるが、中大戦に先発したフィールドプレイヤーに絞れば OBLA = 4.26m/s まで上昇しているし、前後半フル出場した 6 名も OBLA = 4.25m/s であるので、「ふつう：4.18～4.45m/s 未満」レベルとなる¹⁸⁾。

注 5) でも述べたように、経験的に言って OBLA 4.2～4.3m/s 以上あれば、一応の基礎的有酸素能力のベースが築かれていると考えられる。

③本学の基礎的有酸素能力のレベルと試合中の走行距離との関係

さて、この「ふつう」レベルの有酸素能力、実際の試合での走力の程度はどのくらいであったか？

今回の GPS 測定では、本学のフィールドプレイヤーの総走行距離は 117.45km であり、J リーグのトップクラスと遜色ないと考えられる。2021 年の J リーグで 1 試合平均 117.89km を記録している走行距離 1 位サガン鳥栖と同程度で、スプリント数 1 位、走行距離 3 位の横浜 FM の 116.86km より少し上で、同 14 位のガンバ大阪の 110.31km よりかなり上である¹⁹⁾。しかも前半は 57.36km (Max. 6.69km～Min. 5.26km)、後半は 60.11km (max. 7.73km～5.55km) というように、後半の方が走っている²⁰⁾。ただし、先発 4 名を交代させ、その内 2 名の後半交代はほぼ半分の時間帯で 2 名づつで繋いで交代させているので、チーム全体の OBLA と走行距離の相関を考えるのは除外した (因みに後半交代選手 6 名を入れた

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

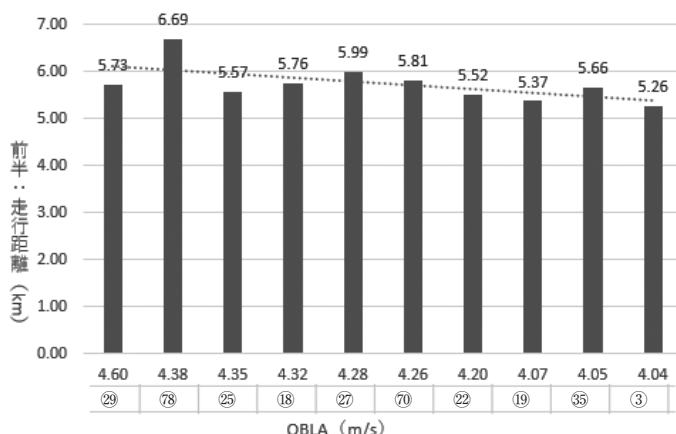


図6：先発FP10名のOBLAと試合中の走行距離との関係

フィールドプレイヤー 16名のOBLAの平均値は4.18m/sでAチーム全体の平均4.13m/sよりは上回っているが…。

因みに前後半出場した6名のOBLAと後半・試合全体を通じた走行距離は以下である。

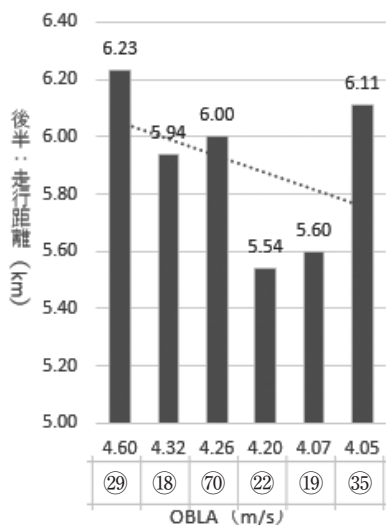


図7：OBLAと後半の走行距離（中大戦）

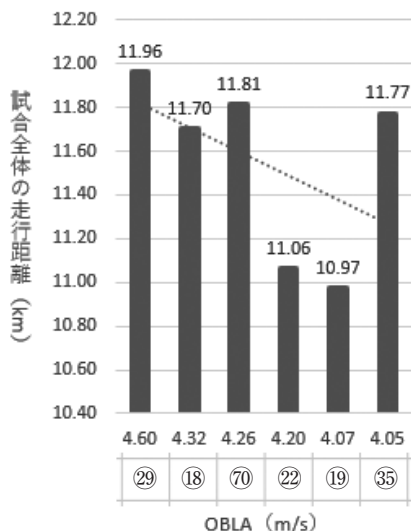


図8：OBLAと試合全体の走行距離（中大戦）

前後半出場した6名の前半の平均5.64km、後半5.90kmと後半の方が距離が延びているし、6.0km超えが3人、試合全体を通じた走行距離の平均も11.55km、ほぼ6人全員11km超えというように高い水準にあるが、本学サッカー部のOBLAを指標とした基礎的有酸素能力の向上を反映して、1試合中の走行距離は高く、OBLAと走行距離の間には一定の相関がみられると考えられる。

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

ii) 高速走行（「スプリント」）距離の水準

1 秒以上のスプリント回数は上記の通り、4 名に限ってみた場合、本数も J リーグのそのの中位ぐらいまで上昇し、後半の低下率は 3% を切っているという水準に達している²⁴⁾。しかし、24km/h (= 6.67m/s) 以上のスピードで 1 秒以上移動したプレーに限られており、スプリントとしてカウントされない 1 秒未満の移動にも注目して、高速走行＝「スプリント」がどれほどのものであったかを確認してみたい。SOLTILO Knows 社の「Knows」では速度別セクターとして本数こそ算出されないけれども、速度別走行距離として記録され、総走行距離に対する当該距離の割合 (%) が表されている²⁵⁾。

前半における総走行距離に対するスプリントの割合 (%) は 2.51%, BL は 2.38%, ハイスピードの割合は 3.57%, BL は 3.13%, それらの合計である Intensiv 走行の割合は 6.09%, BL 5.51% と BL 平均より本学の前半の方が優れている (表 2 参照)。

前半―後半の比較、低下度合いに関して追求すると、チーム全体の前後半のデータに関しては、ハイスピード距離で前半 2.06km > 後半 1.91km と 7.3% 減、総走行距離に占めるハイスピード距離の割合 (%) も前半 3.57% > 後半 3.17% と低下、スプリントの距離は前半合計 1.43km > 後半 0.99km と 30.7% 減、総走行距離に占めるスプリント距離の割合 (%) も 2.51% > 1.66% と低下させている。したがって Intensiv 走行の距離も前半 3.49km > 後半 2.90km と 16.9% 減、Intensiv 走行距離の割合 (%) も前半 6.09% > 後半 4.83% という低下をみている。

フル出場の 6 名に関しても同様に後半低下しているが、しかも低下度合いが大きくなっている。ハイスピード距離で前半 1.33km > 後半 1.08km と 18.8% 減、ハイスピード距離の割合 (%) も前半 3.91% > 後半 3.08% と低下、スプリント距離で前半 0.78km > 後半 0.56km と 28.2% 減、スプリント距離の割合 (%) で前半 2.33% > 後半 1.60% と低下、Intensiv 走行の距離も前半 2.11km > 後半 1.64km と 22.3% 減、Intensiv 走行距離の割合 (%) : 前半 6.24% > 後半 4.68% というようにチーム全体からも低下度合いが大きくなっている。

スプリント数検討と同様にプレースタイルや後半の試合展開を鑑みてフル出場の 6 名から⑮と⑯を除いた 4 名について考えてみると、表 7 になる。

この 4 名もスプリント数同様に他の選手以上に高い水準であり、BL データに比しても前半は高い水

表 6 : 前半の速度別 (Sprint・High Speed・Intensiv) 走行距離 (km) とそれぞれの走行距離の占める割合 (%)

*印 (網掛け) は後半交代選手

背番号	High Speed				Sprint				Intensiv			
	前半	%	後半	%	前半	%	後半	%	前半	%	後半	%
29	0.23	3.93	0.22	3.55	0.19	3.26	0.12	1.97	0.42	7.19	0.34	5.52
78*	0.15	2.17	0.28	3.64	0.06	0.87	0.12	1.51	0.21	3.04	0.40	5.15
25*	0.15	2.76	0.22	3.79	0.21	3.71	0.09	1.63	0.36	6.47	0.31	5.42
18	0.09	1.56	0.11	1.87	0.07	1.3	0.04	0.72	0.16	2.86	0.15	2.59
27*	0.32	5.29	0.24	4.24	0.25	4.14	0.17	2.95	0.57	9.43	0.41	7.19
70	0.28	4.76	0.20	3.30	0.05	0.87	0.10	1.71	0.33	5.63	0.30	5.01
22	0.29	5.33	0.21	3.75	0.21	3.86	0.14	2.58	0.50	9.19	0.35	6.33
19	0.15	2.85	0.18	3.28	0.12	2.14	0.04	0.66	0.27	4.99	0.22	3.94
35	0.29	5.04	0.16	2.7	0.14	2.54	0.12	1.96	0.43	7.58	0.28	4.66
3*	0.11	2.04	0.09	1.56	0.13	2.43	0.05	0.93	0.24	4.47	0.14	2.49
	2.06	3.57	1.91	3.17	1.43	2.51	0.99	1.66	3.49	6.08	2.90	4.83

表7：スピードを活かすスタイル4名の高速走行距離(km)とそれぞれの走行距離の占める割合(%)

背番号	High Speed				Sprint				Intensiv 走行 (Sprint+High Speed)			
	前半(km)	割合(%)	後半(km)	割合(%)	前半(km)	割合(%)	後半(km)	割合(%)	前半(km)	割合(%)	後半(km)	割合(%)
29	0.23	3.93	0.22	3.55	0.19	3.26	0.12	1.97	0.42	7.19	0.34	5.52
70	0.28	4.76	0.20	3.30	0.05	0.87	0.10	1.71	0.33	5.63	0.30	5.01
22	0.29	5.33	0.21	3.75	0.21	3.86	0.14	2.58	0.50	9.19	0.35	6.33
35	0.29	5.04	0.16	2.70	0.14	2.54	0.12	1.96	0.43	7.58	0.28	4.66
合計 / 割合	1.09	4.77	0.79	3.33	0.59	2.63	0.48	2.06	1.68	7.40	1.27	5.38

準にあることが分かる(表2参照)。ただし、後半の前半に対する低下率が多いが、後半のデータも総走行距離に対するスプリント・Intensiv走行の割合はBLに比して低いといえども、その割合はスプリントで2%台(BLでは2.38%), Intensiv走行で5%台(BLでは5.51%)を保っているし、ハイスピードは3.33%でBLのそれを上回っている。

iii) スプリント数・高速走行距離の水準に対する評価について

チーム全体のスプリント数に関しては前半は一定レベルにあるものの、交代選手を6名を起用したにもかかわらず、後半は20%低下している。またフル出場のスピードを活かすスタイル4名に関しても平均で前半8.5本、後半8.25本というようにJリーグの中下位レベルであり、1秒以上、すなわちスプリントに値するスピードで約7m以上を走っている回数はそれ程多くはないことである。スプリント距離の半数程度かそれ以上の距離が1本当当たりの距離約7m未満の走行であることが推察されるが、スプリント数が少ないという問題に関してはスプリント距離は高い水準に、特に前半はかなりのレベルにあると考えられることから、単にスタミナの問題ではなく、プレースタイル、戦術的判断力、試合展開等の要因もしくは後述の準備期における強度の高い実戦経験の不足問題が絡んでいるとも考えられる。

まとめると、チーム全体のスプリント数は前半だけみるとJリーグの中下位レベル、後半20%低下をみて、試合全体ではJリーグスプリント数最下位より低い数値となっている。しかし、使用したGPSデバイスによる高速走行距離(ハイスピード、スプリント、Intensiv走行)をみると、フル出場メンバー6人の前半のそれはBLの平均のスプリント距離の割合ではわずかに下回るものの、ハイスピード距離の割合、Intensiv走行距離の割合では上回り(表6参照)、後半はかなり低下を反映して1試合のデータはスプリント距離の割合こそかなり下回るが(ブンデスリーガ2.38%：本学1.97%)、ハイスピード距離の割合では(同様に3.13%：3.5%)上回っており、Intensiv走行距離の割合(同様に5.51%：5.46%)ではわずかに下回っているだけであるというように、1秒以上の移動でカウントされるスプリント回数は多くないが、チーム全体の「スプリント」力是一定のレベルにあると考えられる。

しかし、後半に高速走行距離とその割合がかなりの低下をみたという問題は、この年度の準備期の置かれた状況にもあると推察される。つまり、準備期の最終盤とはいえ、1月初旬から2月初旬までの蔓延防止等重点措置による全体活動停止、再開後この中大戦が2回目のフルマッチという状態では、フィールドテストレベルでの基礎的有酸素能力は何とかレベルアップしたとしても、インテンシティの高い(強度の高い＝高速走行の繰り返しなど)実戦の経験が不足している状態では仕方ないかもしれない、と推察される。

②OBLAを指標とした基礎的有酸素能力とスプリント数との相関

i) スプリント回数と基礎的有酸素能力(OBLA)との相関

先発のフィールドプレーヤー10名のOBLAは平均で4.26m/s、前後半フル出場した6名もOBLA＝4.25m/sで、星川氏の試験的評価基準に基づけば「ふつう：4.18～4.45m/s未満」レベルとなるが、そのメ

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

メンバーの総走行距離は117.45kmであり、後半の走行距離の方が前半より伸びていることからしても、このメンバーの基礎的有酸素能力は問題ないと考えられる。

フル出場した6名も、スピードを活かすスタイルでフル出場の4名も同様の傾向を示している。

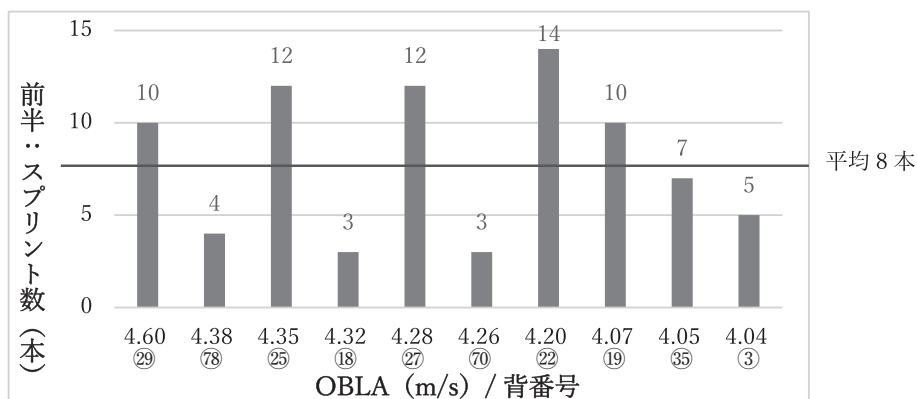


図9：前半におけるOBLAとスプリント数(GPSデータ)との関係(vs中大戦)

図9で分かるように、個人のスプリント数をみると、OBLAを指標とした基礎的有酸素能力とスプリント数との間には相関があるとは言えない。上述のOBLAは「トータルの移動距離のみとしか相関しない」²⁶⁾という知見を補完したかのようなものである。

1秒以上の移動を伴うプレースタイルが身につけていないのか、その必要がなかったからか、戦術的判断力の問題で走れないのか、明確には出来ないけれども、高速走行距離(km)のレベルが高いことから、スタミナの問題ではないことは想像に難くない。ただし、OBLA 4.2m/s以上の7名(7名平均OBLAは4.34m/s)のうち4名が前半のチーム平均8本以上のスプリント数を記録しているということは(図9の平均8本を示した直線以上)、一定レベルの基礎的有酸素能力の高い方(OBLA 4.2m/s以上)がスプリント回数を多く出せる可能性があるということを示唆しているかもしれない。

基礎的有酸素能力の指標としてのOBLAとスプリント数との間には直線的な相関が認められないにしても、一定レベルの基礎的有酸素能力の高い方がスプリント数を多く出せる可能性を見いだせたが、次に1秒間継続しないがスプリントのスピードを出した距離とその割合、高速走行(Intensiv走行)での距離とその割合との関係を追求していきたい。

ii) 高速走行距離と基礎的有酸素能力(OBLA)との相関

【スプリント距離の割合とOBLAの相関】

まず高速走行のうち前半のスプリント距離の割合とOBLAの相関をみてみると図10のようになる。スプリント数同様、直線的な相関関係はみられないようである。

OBLAの高い選手が総走行距離に対するスプリント距離の割合が高いとは限らないけれども、スプリント距離の割合は前半において平均2.51%で2017-18シーズンのブンデスリーガの2.38%を上回っていて、10名中6名がそれを上回っている。さらにOBLA 4.2m/s以上の7名のうち5名がその数値を超えていて、その平均が4.41%と極めて高い水準となっている。スプリント数と同様に、一定レベルの基礎的有酸素能力の高い方がスプリント距離を出せる選手が多いということになろうか。

次に総走行距離におけるハイスピードを含めたIntensiv走行の距離の割合と基礎的有酸素能力=OBLAとの関係をみていく。

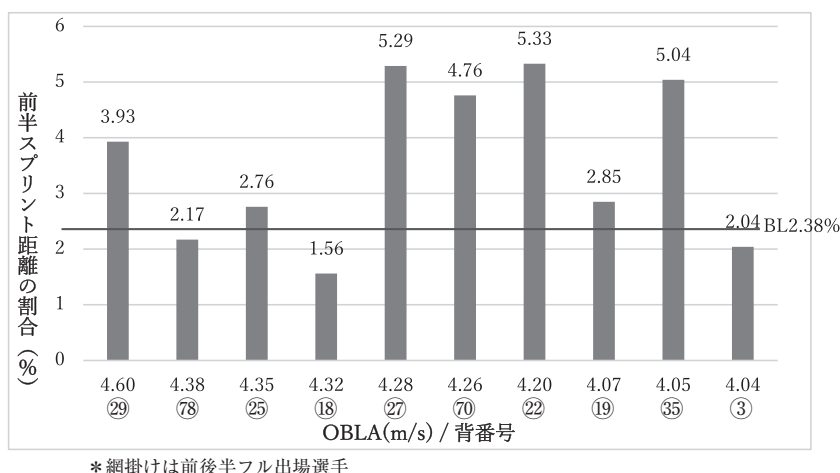


図 10：前半における OBLA とスプリント距離の割合 (GPS データ) との関係 (vs 中大戦)

【Intensiv 走行距離の割合と OBLA の相関】

図 11 から分かるように、スプリント距離の割合の考察と同様の傾向がみられる。前半における Intensiv 走行距離の割合と OBLA との間には直線的な相関はみられないが、一定レベルの基礎的有酸素能力 = OBLA 4.2m/s 以上の選手の中には Intensiv 走行距離の割合の高い選手が多い。ブンデスリーガの Intensiv 走行の距離の割合 (5.51%) 以上の選手はスプリント距離の割合同様、7 名中 5 名と多く、しかも 5 名の平均は 6.87% と極めて高い。

前項でみたように、本学における前半のスプリントの回数は必ずしも高くもないが、前半におけるスプリント距離の割合は高いこと。スプリントとして回数にカウントされない、6.7m/s 以上の速度で 1 秒以上走行しない量 = スプリントの距離は多いということが確認された。さらに、ハイスピード以上の高

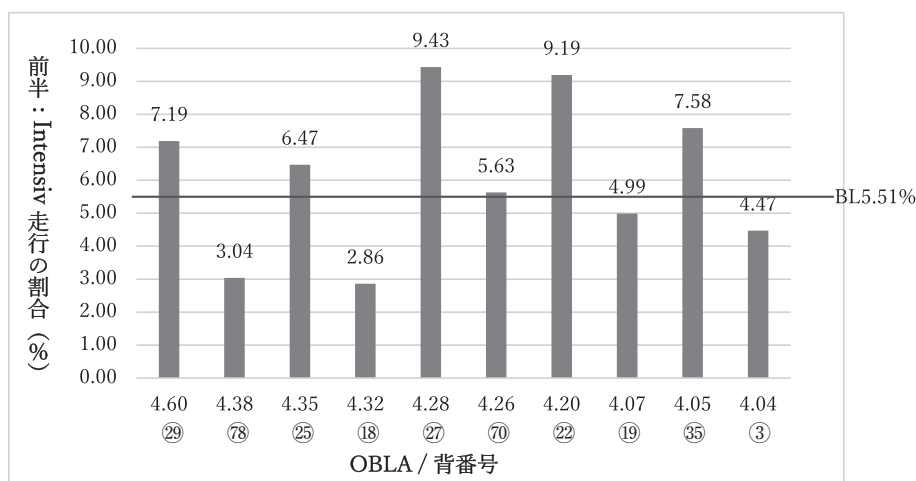


図 11：前半における OBLA と Intensiv 走行距離の割合 (GPS データ) との関係 (vs 中大戦)

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

速走行距離の割合も同様の傾向にあることから、ハイスピードの距離の割合、すなわち Intensiv 走行の距離の割合は多い、すなわち「スプリント」能力は高く、この点でも一定レベルの OBLA = 基礎的有酸素能力の高い方が高速走行距離を出せる選手が多いということが言えるのではないだろうか。フル出場の 6 名の中で一番 OBLA の低い 35 番が図 11、図 13 にみられるように Intensiv 走行の割合が高いケースもある（後述）。

図 12、図 13 ではフル出場選手 6 名のスプリント距離の割合と Intensiv 走行距離の割合を出したが、OBLA 4.20m/s 以上の 4 名の選手のうち 2 名がブンデスリーガのそれぞれの平均を上回っている。

しかし、スプリント距離の割合、Intensiv 走行距離の割合も後半は大きく低下させている。フル出場選手 6 名でみると、スプリント距離の割合は 21.7% の低下、Intensiv 走行距離の割合は 25% の低下である（表 6 参照）。1 試合を通じたこの 6 名の総走行距離の平均も 11.54km と高いレベルにあり、この後半の低下は前述のように準備期においてインテンシティの高い実戦の経験が不足しているということが大きいと推察される。

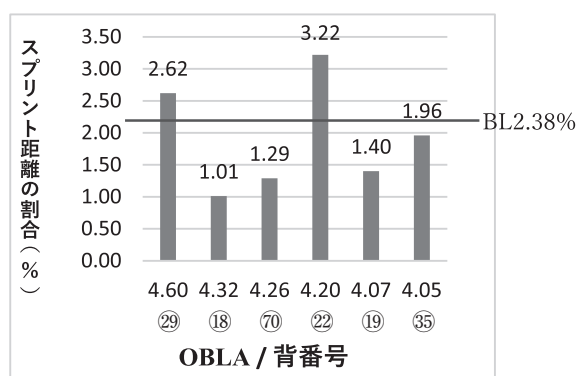


図 12：フル出場 6 名の OBLA とスプリント距離の割合

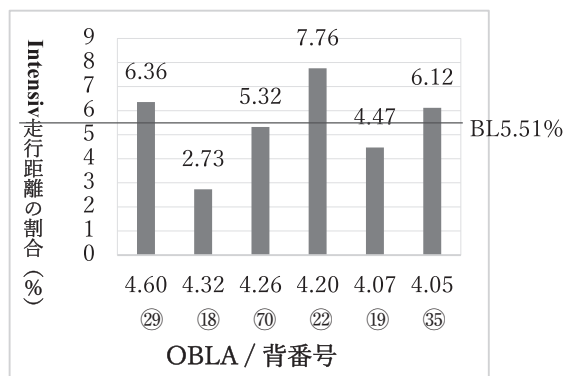


図 13：フル出場 6 名の OBLA と Intensiv 走行距離の割合

2) 2021 年度の測定に基づいた基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係の考察

(1) 2021 年度後期リーグ参戦前の基礎的有酸素能力の測定

2021 年度は上記 3 月の測定および 9 月 16 日の 2 回行った。今回「スプリント」数との関連を問うのは、測定時期と対象試合の間隔が開くけれども予算やスケジュール上の問題でたびたび測定はできないので、後者とする。今年度も 7 月～9 月上旬の 2 ヶ月強、チームとして全体活動停止期間があったが、OBLA は A チーム平均で 4.05m/s、対象試合とした関西学生サッカーリーグ第 13 節 vs 桃山大戦後半出場のフィールドプレーヤー 12 名の平均は（9 月の測定未実施の 1 人を除く）4.14m/s であり、後述する突破に関わった 9 名、未測定の 1 名を除いた 8 名の平均は 4.15m/s であった。2 ヶ月以上のオンライントレーニングがあったにもかかわらず、一定の有酸素能力を保っていたと考えられる²⁷⁾。しかし、分析対象試合の 11 月下旬の桃山大戦まで 2 ヶ月強あったので、OBLA も向上していると推察される（後述）。

ただし、突破に関わったダートフィッシュの 3D アナライザーによるスピード分析にとどまったため、この試合での各選手、チーム全体の総走行距離は掘り起こしてはいない。

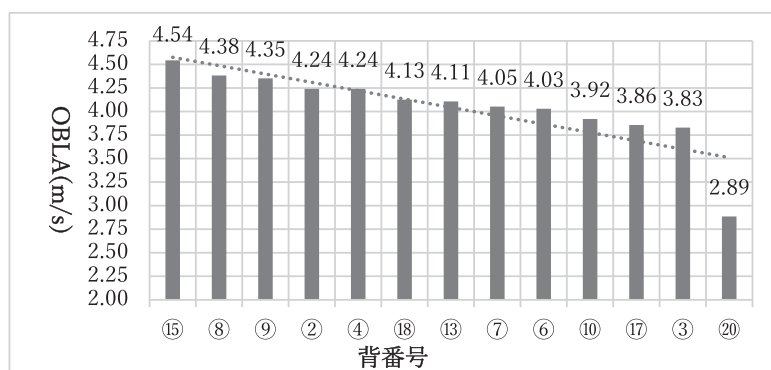


図 14：桃山大戦後半のメンバーのOBLA

(2) 2021 年度の基礎的有酸素能力と関西学生サッカーリーグ第 13 節桃山大戦後半でのスプリントデータとの擦り合わせ

①桃山大戦（後半）のゲーム様相：チャンスレベルの把握

ゲーム分析ソフトダートフィッシュを活用して 0-1 で折り返した後半の攻守にわたる全プレーをタギング機能によって分析し、90 イベントを抽出した。

桃山大 DF ライン突破のために仕掛けた有効な攻撃回数は、図 15 のように実に 31 回に上る。その際、突破レベルを次の基準によってチャンスレベルをランク付けしていった。

表 8：チャンスレベルの基準

L3：決定機＝相手 DF ラインを崩し、得点を挙げる、挙げそうになるビッグチャンス
L2：L3 には至らないが、相手 DF ラインを崩し、シュートブロックにあう、あと少しでクロスに合っていれば得点もしくは決定的シュートになるチャンス
L1：相手 DF ラインを完全には崩しきれないがシュートやクロスを上げてチャンスになりかける、あるいはシュートやクロスには至らないが、相手ペナルティー Box 内にいい形で侵入し、チャンスになりかける
L0：シュートやクロスには至らないが、相手 DF ライン背後を突き、能動的に崩しかける

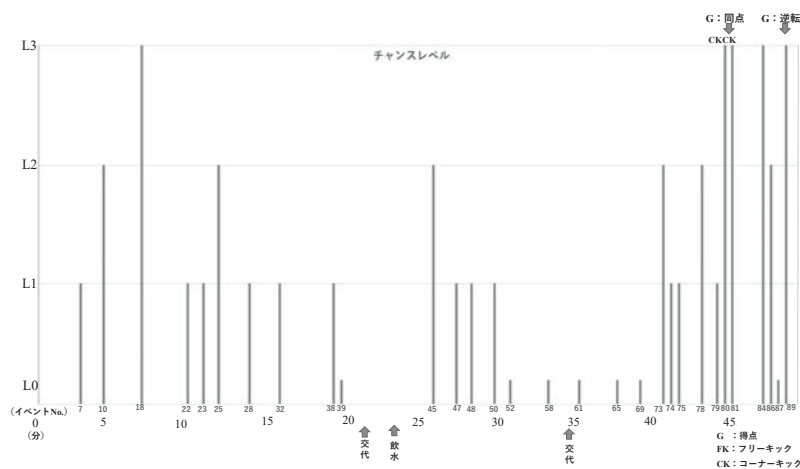


図 15：桃山大戦後半のチャンス時間経過とチャンスレベル

表9：桃山大戦（後半）における1回の突破にかかわる走スピード区分の人数と平均人数

時間（分）	3	5	7	10	11	12	14	16	20	20	20分迄 平均 （人）	26	27	28	29	31	31	34	35分迄 平均 （人）	36	38	40	42	42	42	44	45	45	46	48	49	49	49	50分迄 平均 （人）	全31回 平均 （人）
攻撃レベル	L1	L2	L3	L1	L1	L2	L2	L2	L1	L0	平均 （人）	L2	L1	L2	L1	L2	L0	L1	平均 （人）	L0	L0	L0	L2	L1	L1	L2	L1	L3	L3	L3	L2	L0	L3	平均 （人）	平均 （人）
関与した人数	4	4	4	5	5	4	5	6	4	5	3.00	5	5	5	5	7	5	5	5.29	6	6	6	7	7	7	7	6	7	6	6	6	7	5	6.36	5.55人
Intensiv 走行	4	4	4	3	2	3	4	5	2	2	3.30	4	2	1	5	7	1	5	3.57	1	3	4	7	2	0	7	6	3	2	4	5	4	2	3.57	3.48人
走スピード1	2	3	4	3	2	3	4	4	1	0	2.60	4	2	1	3	6	1	4	3.00	2	2	3	6	1	0	6	6	3	2	4	5	3	1	3.14	2.94人
走スピード2	2	1	0	1	0	0	1	1	1	2	0.90	0	0	0	2	1	0	1	0.57	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0.50	0.65人
走スピード3	0	0	0	1	2	0	0	0	2	0	0.50	1	3	1	0	0	4	0	1.29	3	1	0	0	2	4	0	0	1	2	1	1	2	0	1.21	1.00人
走スピード4	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0.30	0	0	1	0	0	0	0	0.14	1	1	1	0	0	0	0	2	2	1	0	0	2	0.71	0.45人	
走スピード5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.30	0	0	2	0	0	0	0	0.29	0	1	1	0	3	3	0	0	1	0	0	0	1	1	0.79	0.52人

交代 HT：⑦・⑩投入

20分迄L3L2L1L0計
144110

飲水・交代 20分：⑮・⑱投入

20～35分迄L3L2L1L0計
03317

交代 34分：⑬投入

35～45+5分迄L3L2L1L0計
433414

得点

得点

※ はセットプレー

タグ付けされた90イベントから突破に関わったプレー 31回をチャンスレベルの基準に基づいて時間経過を追ってまとめると図15のようになる。

この31回という数字は単純計算で1分37秒に1回突破を仕掛け（流れの中＝オープンプレーの中でも28回）、L2以上のチャンスを11回作り出し、アディショナルタイムに同点、さらに逆転に成功し、インカレ出場権を得た。さて、この突破にかかわってどの程度のスピードが出たかをダートフィッシュの3Dアナライザーで得たデータは表9である。

②桃山大戦（後半）における突破にかかわる高速スピード回数とOBLAを指標とした基礎的有酸素能力との相関

3Dアナライザー機能を活用して割り出した高速スピードのうちスプリントはデータスタジアムの基準に基づいて、6.67m/s以上のスピードが一瞬でも記録した本数（1秒以下の走行も含めて）をカウントした。31回の突破回数のうち高速スピードがカウントされなかったのは2回のみで、1回の突破に関与した平均人数は5.55人、スプリント（1秒以下の回数含めた）を出した平均人数は2.94人であった。

セットプレーを含めて突破にかかわった9名に関してスプリント回数、出場時間、さらに出場時間に違いがあるので、1分当たりのスプリント回数を算出した。

表10：桃山大戦（後半）における突破にかかわるスプリント回数

背番号	OBLA	回数 / 出場時間	1 分当たり
⑮	4.54	10 / 29	0.34
⑨	4.35	9 / 35	0.26
②	4.24	6 / 50	0.12
⑱	4.13	6 / 29	0.21
⑬	4.11	7 / 15	0.47
⑦	4.05	21 / 50	0.42
⑩	3.92	12 / 50	0.24
③	3.83	2 / 21	0.10
⑳	2.89	14 / 50	0.28

* 出場時間の単位は「分」：アディショナルタイムが5分あったので、50分は後半のフル出場となる

スプリント回数とOBLAを指標とした基礎的有酸素能力との相関をグラフにすると、図16になる（★印は愛知SC中大戦直前の2021年3月9日の有酸素能力測定に基づくOBLA4.20m/s以上の選手とその値）。

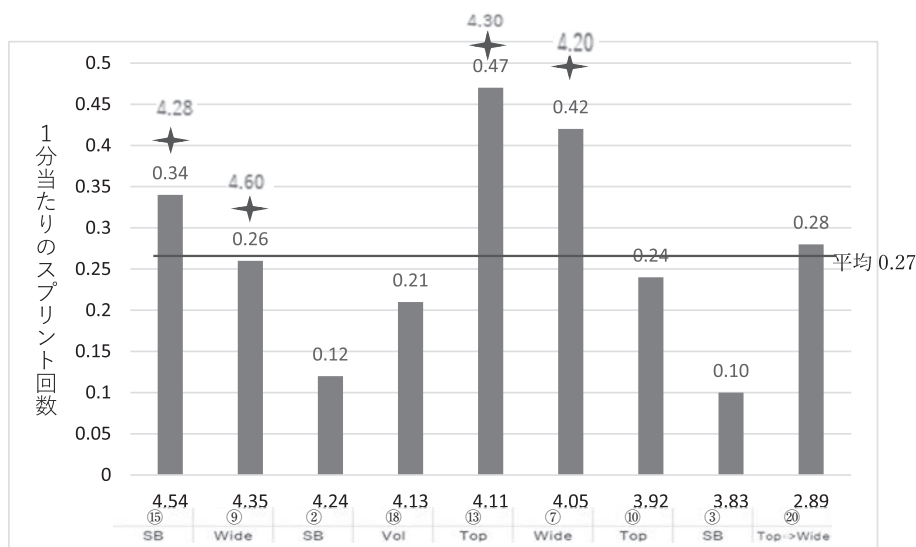


図16：桃山大戦（後半）における突破にかかわるスプリント回数とOBLAとの関係²⁸⁾

今回の9月中旬の有酸素テストと11月下旬の桃山大戦との間には9週間強の経過をみている。この9週間の中で、10月2日（土）の後期リーグ参戦日までの「準備期」、それ以降の「試合期」に入ってから11月20日（土）の桃山大戦までほぼ週2日のリーグ戦を13試合戦いながら（サブメンバーも最低週1回の練習試合などを組み込みながら）²⁹⁾、「トレーニング→試合→トレーニング」のサイクルを積み重ねて鍛錬してきたので、想像の域を出ないが、有酸素能力もレベルアップしているものと推察される³⁰⁾。そこで、前述した愛知SC中大戦直前の2021年3月9日の有酸素能力測定に基づくOBLAも加味しながら、考察してみた。

今回の分析では、守備面やアウトオブプレーでの走行を除き、突破のプレーに限定した中で、1秒以上の移動にとらわれず、移動距離1m以下～3m等のスピードを含めた「スプリント」、それ以下の走行スピードもカウントした。スピード区分と走スピード番号は表11である。

そのうち関わった9名の総スプリント回数は合計91回となる。両チームとも勝たねばならないギリギリの状況が突破の意識・意欲、繰り返し回数の多さを惹起したと考えられるが、図16のように高速スピード回数とOBLAには直線的な相関関係は認められないようにみえる。しかし、もう少し考察をすすめてOBLAと「スプリント」能力との関係を追求してみたい。

表11：3Dアナライザーでのスピード区分と走スピード番号

スピード区分	走スピード番号	速度 (m/s)
スプリント	1	6.67～
ハイスピード	2	5.83～
中速	3	4.17～
低速	4	3.33～
低速以下	5	～3.33

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

i) OBLAの高い選手に「スプリント」能力を示す値が高い選手が多い可能性

・スプリント回数について

9月の時点でOBLA4.05m/s以上の選手で1分当たりのスプリント回数で突破に関わった9名の平均0.27本を上回る選手は3名である。

【⑨番の選手の回数の問題：小数点以下3桁まで求めた調整】

しかしながら、平均0.27回/分は小数点以下3桁までとれば0.271回/分で、⑨番の選手は0.26回/分であるが、0.265回/分で平均との差は僅かに0.006しかなく、平均0.27本を上回る選手3名にこの⑨番の選手を含めるとチーム平均程度かそれ以上の選手は4名となる(図16)。愛知スプリングカップ中大戦時の高速スピード回数、距離の割合とOBLAとの関係の検討結果と比較してみると、ある程度のOBLAの高い選手(3月9日測定時OBLA = 4.20m/s以上)の中で、スプリント回数の平均程度かそれ以上の数は4名となり、前年度の中大战のGPS測定と同様となった。

・Intensiv走行回数について

さらに、スプリントにハイスピードを加えたIntensiv走行回数を求めると、表12、図17となる。

表12、図17をみると、上述のスプリント回数の検討同様、1分当たりのIntensiv走行の回数で突破に関わった9名の平均0.32本を上回る選手は3名である。

表12：桃山大戦(後半)における突破にかかわる高速スピード(Intensiv走行)回数

背番号	OBLA	1分当たり
⑮	4.54	0.38
⑨	4.35	0.29
②	4.24	0.16
⑱	4.13	0.28
⑬	4.11	0.53
⑦	4.05	0.48
⑩	3.92	0.34
③	3.83	0.10
⑳	2.89	0.32

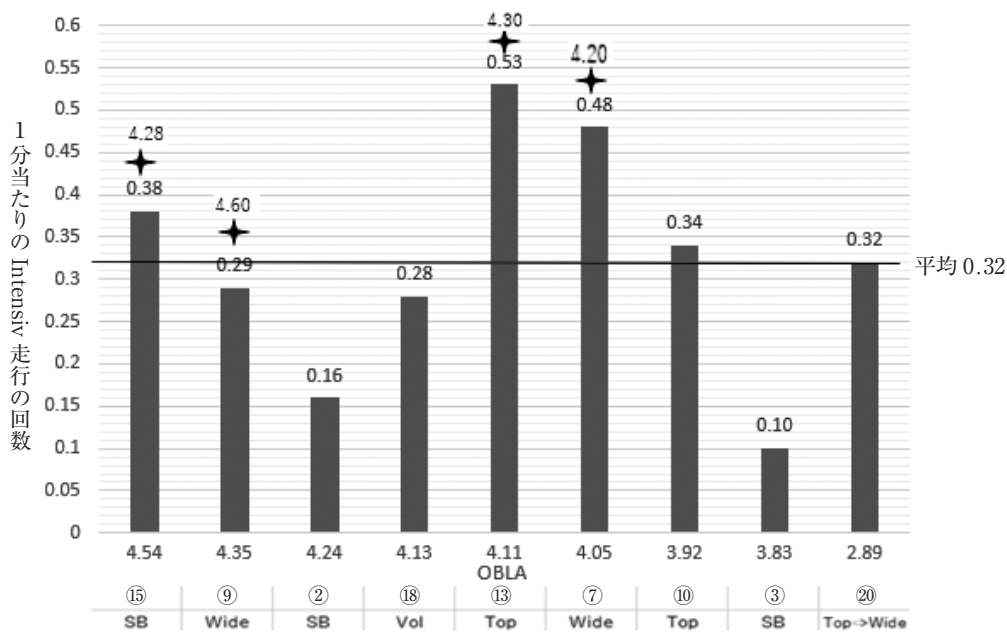


図17：桃山大戦(後半)における突破にかかわるIntensiv回数とOBLAとの関係

【再度⑨番の選手の調整：Intensiv 走行回数／「チームの突破回数」】

OBLA と Intensiv 走行の関係を検討する際、突破に関わった 9 名の出場時間における「チーム突破回数」における Intensiv 走行回数の割合を検討すると、桃山大戦（後半）における突破に関わった選手の、実際に関わったプレーのスピード区分は表 13 のようになる。それを突破に関わった選手 9 名の出場時間における「チーム突破回数」における Intensiv 走行回数の割合を求めると、表 14 のように、⑨番の選手は自分の出場時間の中で、チームの突破プレー 17 回のうち 10 回 Intensiv 走行で関わり、その割合が 58.8% と 2 番目に高いことが見て取れる。1 分当たりの Intensiv 走行の回数はチーム平均を下回るものの突破に関わった Intensiv 走行回数は多いことから、「スプリント」レベルは高いと考えられる。

図 17 の 3 名に⑨番の選手を加えると、スプリント同様、ある程度の基礎的有酸素能力＝OBLA の高い選手（3 月 9 日測定時 OBLA＝4.20m/s 以上）は、Intensiv 走行のチーム平均並み・平均を上回る選手は 4 名となり、前年度の中大戦の GPS 測定と同様の傾向を示した。

したがって、高速スピード回数＝「スプリント」回数と OBLA には直線的相関関係は認められないけれども、2020 年度測定に基づいた OBLA と愛知スプリングカップ中大戦での GPS データから得られた「スプリント」能力との関係をみた時と同様に、OBLA の高い選手の方が「スプリント」能力を示す値が

表 13：桃山大戦（後半）における突破に関わった選手の、実際に関わったプレーのスピード区分
番号はスピード区分の番号

時間 (分)	3	5	7	10	11	12	14	16	20	20	20 分迄	26	27	28	29	31	31	34	35 分迄	36	38	40	42	42	42	44	45	45	46	48	49	49	49
	L1	L2	L3	L1	L1	L2	L2	L2	L1	L0	交代 20 分	L2	L1	L2	L1	L2	L0	L1	交代 34 分	L0	L0	L0	L2	L1	L1	L2	L1	L3	L3	L3	L2	L0	L3
⑮											IN	1				2	3	1		3	1		1	3	5	1	1	1	1	1	3	1	
⑨		1	1	2	4	1	1	1	3	5		1	3	5	1	1		1	out														
②					1			1		2	飲水					1					2	1	1	3	5		1	4	4				
⑮											IN		3	4	2	1	3	1		3		2	1	5	3	1		3	1	4	1	3	5
⑬																			IN	1	4	1	1	1	3	1	1	4	3	3	1	5	2
⑦	1	1		1	1	4	1	1	1	2		1	1	1	1	1	2			1	1	1	1	2	3	1	1			1	1	1	4
⑩	2	2	1	1	3	1	1	1	2	5		3	3	5	2	1	1	1		3	5	4	2	5	3	1	1	5		1	1	1	4
③	1		1								out																						
⑳	2	1	1	1	3	1	1	2	3	5		1	1		1	1				4		5	1	5	5	2	1			1	1	3	1

表 14：突破に関わった 9 名の出場時間における「チーム突破回数」における Intensiv 走行回数の割合

背番号	Intensiv 回数	チーム突破回数	%
⑮	11	21	52.4%
⑨	10	17	58.8%
②	8	31	25.8%
⑮	8	21	38.1%
⑬	8	14	57.1%
⑦	24	31	77.4%
⑩	17	31	54.8%
③	2	10	20.0%
⑳	16	31	51.6%

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

高くなる傾向はあるのではないだろうか。

ii) プレースタイルや戦術的能力の問題

しかしながら、繰り返しになるが、スプリントないし高速スピードの回数や距離は選手のポジション、プレースタイルやチーム内での役割、当該試合での状況・他の選手とのかみ合わせ、あるいは戦術的能力（高速スピードで走らねばならない状況で判断が悪いためにそのスピードで走らなかった場合など）に起因することの方が大きいのかかもしれない。

特に、押し気味の試合展開などでのCBなどはスプリント、高速走行する機会は少ないといえるかもしれない。この試合でもサイドやトップの選手に多く、突破の役割を果たしていることがわかる。

ただし、少し詳しく分析すると、例えば②番のOBLAは4.24m/sで、この9名の中では上位3位であるが（測定したAチーム30名中でも上位6位と高い）、1分当たりの高速スピード回数は0.12と最下位から2番目と低い。しかし、これは高速スピードの繰り返し能力が低いからと単純に考えるべきではないと思われる。本学の攻撃の戦術的特徴＝⑦番のサイド突破を活かすために不必要に⑦番を飛び越していく動き（オーバーラップ）で高速スピードを出すのを控えて、後方からのサポートもしくはバックアップの役割を果たしているからであると考えられる。つまり、チームの戦術的企図を②番がくみ取っていた戦術的行動の結果と考えられる。

ところが、アディショナルタイムの同点の切っ掛けとなったのは、②番の6回目の高速スピードを出した時の②番が⑦番を飛び越えてオーバーラップしたプレーからCKをとったプレーであり、それまで控えていたが、ここ一番の突破機会を逃さず高速スピードを出した戦術的判断から生まれたものである。

したがって、このことが物語っているのは、スプリントないし高速スピードの回数の多寡をみていくうえで重要なことは、単純な回数だけでなく、戦術的要因も影響しているという点をみなければならぬということである。

3. まとめ

本研究は基礎的有酸素能力の指標としてのOBLAと「スプリント」能力との関係を求めた。以下その総括を述べる。

さらに、ダッシュ（「スプリント」）とその間のジョグを繰り返す球技系種目では「ダッシュ時の乳酸産生とジョグ時の乳酸の利用の繰り返し」という乳酸代謝特性をもつとし、LAの高低の問題を考える時に「一般的に血中乳酸濃度が低い選手のほうがよいように解釈される」けれども、「単純に血中乳酸濃度が低ければいい」とはいえず、全力ダッシュでは乳酸が産生され、「血中乳酸濃度が高い人がそれだけダッシュしていることは事実」であろうが、「無駄なダッシュをしているかもしれないし」、トレーニング不足でジョグ時に「乳酸を使える量が少ない」かもしれない。「一方血中乳酸濃度が低い人は、ダッシュをさぼっているかもしれないし、逆に「よくトレーニングされて回復が早いのかもしれない」と、乳酸研究の権威八田秀雄氏はかつて述べていた³¹⁾。これはLAの問題をダッシュやトレーニングの良・不良に引き寄せて語っているが、試合中の「スプリント」の評価・照査も同様にフィジカル上の問題だけでなく戦術上の問題をも鑑みて、「スプリント」およびそのデータとしての考え方を求めなければならないと考える。その点について、本論中にも折に触れて述べてきたが、さらにこれに関しても再度私見を述べたい。

1) 2020年度の基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係

ここでは愛知SC中大戦でのGPSから得られた「スプリント」データとの関係を求めた。

まず愛知SC直前の有酸素能力の測定で、2021年3月11日の愛知SC中大戦に先発したフィールドプレーヤーに絞ればOBLA = 4.26m/sとなり、星川氏基準では「ふつう：4.18～4.45m/s未満」レベルであるが、1試合中の走行距離は高く（チーム1人当たりの11.75km、前後半フル出場した6名の平均11.55km）、OBLAと総走行距離の間には一定の相関がみられると考えられた。

しかし、OBLAを指標とした基礎的有酸素能力とスプリント数との間には直線的な相関はあるとは言えず、スプリント回数の水準もさほど高くない。しかし、一定レベル以上とみられるOBLA 4.2m/s以上の7名のうち4名が試合前半のチーム平均8本以上のスプリント数を記録しているということは、一定レベルの基礎的有酸素能力の高い方がスプリント回数を多く出せる可能性があるとも考えられる。

また1秒以上の走行でカウントされるスプリント回数ではなく、1秒未満の走行も合わせた総走行距離におけるスプリント距離の割合、ハイスピード距離の割合、その合計のIntensiv走行距離である高速走行距離＝「スプリント」距離の割合をみていくと、GPSと競技場レベルでのトラッキングシステムという測定方法の違いがあるとはいえ、後半低下しているけれども、総走行距離に対する割合ではブンデスリーガデータに比しても悪くないという結果であった。

さらに、試合前半における総走行距離に占めるIntensiv走行距離の割合とOBLAとの間には直線的な相関はないが、一定レベルの基礎的有酸素能力＝OBLA 4.2m/s以上の選手の中にはIntensiv走行距離の割合の高い選手が多く（OBLA 4.2m/s以上の7名中5名）、しかも5名の試合前半における総走行距離に占めるIntensiv走行距離の割合の平均は6.87%と極めて高い（BL5.51%）という結果を得た。

この結果から、一定レベルのOBLAの高い方が高速走行距離を出せる選手が多いということが言えるのではないだろうか。

2) 2021年度後期リーグ参戦前のOBLAと関西学生サッカーリーグ第13節桃山大戦後半での「スプリント」データとの関係

ゲーム分析ソフトダートフィッシュの3Dアナライザー機能を活用し、スピードアップを図るであろう突破の場面に限定してそこに関わった選手達の「スプリント」数の計測に取り組んだ（攻守全プレーに渡ってスピード計測することは作業上煩雑過ぎるので、突破場面に限定した）。

今年度も7月～9月上旬の2か月強のチームとして全体活動停止期間があったことを反映して、2021年度後期リーグ参戦前の基礎的有酸素能力の測定（9月中旬）でのOBLAはAチーム平均で4.05m/sと下がっており、関西学生サッカーリーグ第13節桃山大戦後半出場のフィールドプレーヤー12名の平均も（9月の測定未実施の1人を除く）4.14m/s、突破に関わった9名、未測定の1名を除いた8名の平均も4.15m/sにとどまっている。その突破に関わった9名のうち愛知SC中大戦先発メンバー4名のOBLA平均は4.19m/sまで高くなるが、2021年3月11日の中大戦に先発したOBLA = 4.26m/sには及ばない。

しかし、有酸素能力＝OBLAの測定は9月中旬であり、対象試合の第13節桃山大戦は11月下旬で、10週間以上のトレーニング＆実戦の積み重ねによって、想像の域を出ないが、有酸素能力も向上しているものと推察される。

一定レベルの有酸素能力が向上したと推察して、つまり愛知スプリングカップ時にみられた、高い走行距離水準のレベルに回復していると推察して、桃山大戦後半での「スプリント」データとの関係を考察すると、高速スピード回数とOBLAには直線的な相関関係は認められないが、OBLAの高い選手1分当たりのスプリント回数、チーム平均0.27本を上回る選手は、0.265回/分の選手を含めると、4名となり、またIntensiv走行も同様の傾向を示したことから、OBLAの高い選手の方が「スプリント」能力を示す値が高くなる傾向はあるのではないかと、という愛知SC時と同様の結果が現れていると考えられる。

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

3) スピードの繰り返し能力のベースは有酸素能力であるという知見をどう考えるか？

(1) スピードの繰り返し能力のベースの意味

このベースという意味は「高速スピード＝高強度運動の繰り返しには以下の意味において早い回復を支える」ということである。具体的にはエネルギー供給システムのATP-CP系で使われたP＝リンを有酸素系から受け取り、再度CP＝クレアチンリン酸として素早く回復させる能力、またエネルギー出力の過程で産生された乳酸を有酸素系のエネルギー基質として活用する能力もしくはpH低下を抑制できる緩衝能力による回復力³²⁾、こういう能力がスピードの繰り返し能力のベースという意味である。

(2) スピードの繰り返し能力は戦術上の問題あるいは「スタミナ」上の問題なのか？あるいはその他の問題なのか？

そういう点では、OBLAを指標とした基礎的有酸素能力の高い方がスプリントないし高速スピードの回数も多いはずである。しかし、実際には前述したように高速スピード回数の問題は戦術的要因その他に規定される側面が大きいので、単純に回数だけの問題だけで考えてしまっはならないように思われる。

回数が多く出るというだけでなく、試合時間の中で「その時、その一瞬で求められるスピードでプレーできるか、スピードを出せるか」と考えることも重要である。ただし、「試合において高強度運動をたくさん行った次の5分間は休みがちになる」³³⁾という研究もあり、試合中の肝心な時、つまり攻撃であれ守備であれ勝負所で求められるスピードが出ていないことをスタミナ上の問題と考えるシーンもあり得ると考えられるし、戦術的判断力の未熟さに起因するとも考えられる³⁴⁾。

あるいは例えば攻撃のパスによって突破を図る場面など、かなりの高スピードでスプリントしなければならないシーンでタイミングが合わずスピードダウンするケース、パスの出し手のパスの質が悪くスピードアップできない場合などは技術・戦術上の問題であるが、受け手が高スピードのスプリントでパスを受け取るべきポイントを見誤って（見誤るという表現は正確ではなく、落下地点を誤るといった方がよいかもしれない）、スピードダウンしてボールを受けた場合などは受け手の空間定位・分化能力³⁵⁾の問題、コーディネーション能力の低さの問題であり、単にスタミナ上の問題ではないように考えられる。

つまり、基礎的有酸素能力の指標としたOBLAとハイスピード・スプリント・Intensiv＝「スプリント」の関係性からスピードの繰り返し能力を把握するには、そのようなフィジカルパラメータ間の純粋な関係性からだけでは捉えきれない可能性が残る。とはいえトップレベルでは上記のような問題で高速スピードの回数が減少する可能性は、チーム内での役割により高速スピードの多寡が生じる場合を除き、極めて低いと考えられるので、フィジカルパラメータ間の純粋な関係性を捉える蓋然性は高いと思われる。しかし未熟な段階のチームレベル（本学もその段階の要素を含んでいる）では技術・戦術上やコーディネーション能力等の問題によって高速スピード回数は抑制されとも考えられるので、高速スピード回数の多寡は生理学的な意味でのスタミナの問題だけに還元せず、プレーの質・強度不足の問題も含めて捉えられるべきである、と考える³⁶⁾。

要するに、測定データを単なる数字ではなく、意味ある情報と捉える必要があり、測定結果の評価➤トレーニング課題の抽出➤トレーニング内容の決定➤トレーニング実施という、測定結果の現場への適応に過誤を生じさせないようにすべきである。つまり、測定においてスプリント回数・高速スピード回数が少ないからといって、スピードの繰り返し不足、つまりスタミナ不足と捉え、スプリントトレーニングを増やすなど短絡的な問題解決に陥るケースなど避けなければならない。繰り返しになるが、戦術的問題、コーディネーション能力の問題にも鑑み、スプリント回数が少ない原因を追求していく必要があるのではないだろうか³⁷⁾。

(3) 次にOBLAが低いのに高速スピード回数がまあ多い選手の問題をどう考えるか？

OBLAが低ければ高速スピードの繰り返しも少ないはずであるが、高速スピード回数がまあ多い選手もいる。この場合、特に②番の例が最も顕著な例であろう。

また、2021年3月の愛知SC中大戦での③番の選手も同様に、4.05m/sとフル出場の6名中で一番OBLAが低い、図11、図13をみても分かるように、前半のIntensiv走行の割合が7.58%、後半低下するもののフルタイムでのそれが6.12%とBLの5.51%より高い値を出している。さらに、2021年11月の桃山大戦の⑩番もOBLAは3.92m/sと低いが、Intensiv走行の回数でチーム平均を上回っている。このような選手の問題をどう考えるかを上記②番の選手を通じて考えてみたい。

①桃山大戦のスピード計測の問題点

一つは、今回のスピード分析が勝ちに行くためのギリギリの努力をしただろう結果、突破回数31回中29回に高速スピードがカウントされ、1回の突破に関与した平均人数は5.55人、スプリント（1秒以下の回数含めた）を出した平均人数は2.94人と多い。OBLAの値が低いこの②番の選手も1分間当たりのスプリントも平均0.27より上の0.28、1分当たりのIntensiv走行も平均0.32と同じ0.32というように高く出たのは、突破のかかわった選手の測定に限定したことによって、このような結果になったかもしれない。攻撃－守備の全場面、さらにはそれ以外での場面³⁸⁾でのスピード計測、高強度運動計測（急激なターンやジャンプ等）が可能となれば、異なった知見が得られるかもしれない。そうすれば、この②番の選手の評価が変わるかもしれない、スピード計測上の問題である。

桃山大戦後半の分析は表10、表13をみても出場時間の異なる選手の比較に基づいている。スプリント回数の比較にはならない、問題があるという指摘はあるかもしれない。しかし、乳酸代謝の問題を考慮に入れると、高速スピードの繰り返し状況、頻度の問題を追求しているので、高速スピード1本出せば、乳酸代謝が悪いと続けて高速スピードが出ないともいえるので、出場時間は関係ないとも言えないけれども、許される範囲かもしれない。ただし、突破の局面だけでなくすべてのプレーのチェックが求められるが、今後の課題としたい。

②後半30分から40分における②番の休息期間…回復力レベルの低さを反映!?

図15の「桃山大戦後半のチャンス経過とチャンスレベル」グラフを確認すると、後半30分から40分にかけて本学はチャンスを作り出せず、L0が4回あるだけである。つまり相手DFラインに仕掛けていたが有効な突破になっていないという時間帯があった。この4回、それぞれ1人、4人、2人、2人と高速スピードを出している選手がいるが、②番の選手は全く関与していないのが3回、ジョギング程度のスピードが1回出ているだけで全く高速スピードばかりか、4.17m/s以上のスピードも出ていないという「休息時間」。その直前の25分から30分の間に4回の高速スピードを出していることを考えれば、「試合において高強度運動をたくさん行った次の5分間は休みがちになる」という上述の知見（注33参照）そのままの可能性があり、パフォーマンス低下をもたらした回復力レベルの低さを示しているともいえる。

③基礎的有酸素能力の測定結果は悪いが、筋力の弾力性のレベルが高い選手（速筋線維が多い選手!?)は高速スピードの繰り返しを多くできるのか!?

しかし、もう一つの可能性もある。もう一つは、OBLAは低いが高スピード回数がある程度多い、この②番の選手の問題に関して、一定ペースで3分～5分走る漸増負荷フィールドテストでは測定結果が悪いが³⁹⁾、その選手の筋力の弾力性のレベルが高いと、「筋ポンプ作用」の機能増進→血流促進による血中乳酸再活用の促進によって高速スピードのある程度の繰り返しが保てられるという考えも成り立つのではないかと、ということである。ただし②番の選手がそうであるとは証明されていないが…

この選手が試合終盤からアディショナルタイムの数分間に4回も高速スピードを出している。上述の25分から30分の間に4回の高速スピード⇒30分から40分にかけて「休息時間」⇒試合終盤に4回の高

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

速スピードというプレー結果をどう評価するか？

- i) 回復力が低い、少しの休息があれば、再度高速スピードの繰り返しを可能にできると捉えるか、だとしたらその「休息時間」に「その一瞬」を求められたら、戦力として力を発揮できないことになる。この休息をボールアウト時間やゲームストップ時（故障者治療や選手交代時）の短い時間で回復を図ること、そのためにはどうするか？
- ii) その「休息時間」が本当に乳酸代謝レベルの低さ（OBLAを指標とした基礎的有酸素能力の判定からうかがえる）から発生したものなのか（これまでの研究からはそうであることが推察されるが）、戦術的判断力・意識性に起因するものなのか、見極めていかねばならない。
- iii) 戦術的判断力・意識性に起因するとしたら、トレーニングによって改善の余地があると考えられるが、それでも一定のOBLAレベルを上げる必要はあると考える。しかし著しいレベルアップは期待できないし、持久性のトレーニングを多くして有酸素能力をレベルアップしようと企図することは、スプリンタータイプと考えられる速筋タイプの選手の特徴を損なうことになり、得策でないと思われる。そこで筋肉の弾力性を磨いて筋ポンプ作用の向上によって乳酸代謝レベルの向上を上げるという考え方も必要ではないだろうか！

4) 最後に：30m スプリントテストにおける乳酸測定とスタミナ判定の考え方

2019年8月、漸増負荷フィールドテスト（でのOBLAの判定）と30m スプリント乳酸テストを実施し、間欠的スプリント運動中における心拍数及び血中乳酸動態を求めた。

(1) 30m スプリント乳酸テスト

- ・光電管による、自己スタートの30m タイム測定×5本
- ・外的条件の影響を極力避けるためにヤンマーフィールド長居室内トラックで測定
- ・1本ごとに60秒のレスト：そのレスト間に乳酸測定5回
- ・さらに3分後、6分後も乳酸測定、安静時含めて8回の測定、併せて心拍数も測定
- ・その後下位レベル群は某大学のオールウェザートラックで同様のスプリント測定した。

30m スプリント乳酸テスト後、岐阜大学の上田研究室と共同での研究を進め、2021年度の日本体力医学会において上田研究室の大学院生が「サッカー選手の競技レベルの違いが間欠的スプリント運動中における心拍数及び血中乳酸動態に与える影響」を発表した⁴⁰⁾。

比較対象は関西学生リーグ1部に28年間在籍し（2021年度段階）、全国優勝の経験もある阪南大と地域リーグの下の県レベルに留まっている大学チーム（下位レベル群）とを比較し、大学サッカー選手の競技レベルの違いが、間欠的スプリント運動における心拍数変化と血中乳酸動態に及ぼす影響について明らかにすることを目的としたもので、以下のような結論をえた。

(2) 結果

①心拍数

安静時及び各スプリント直後に心拍数をカウントした。心拍数計はPolar社のH10を使用した。

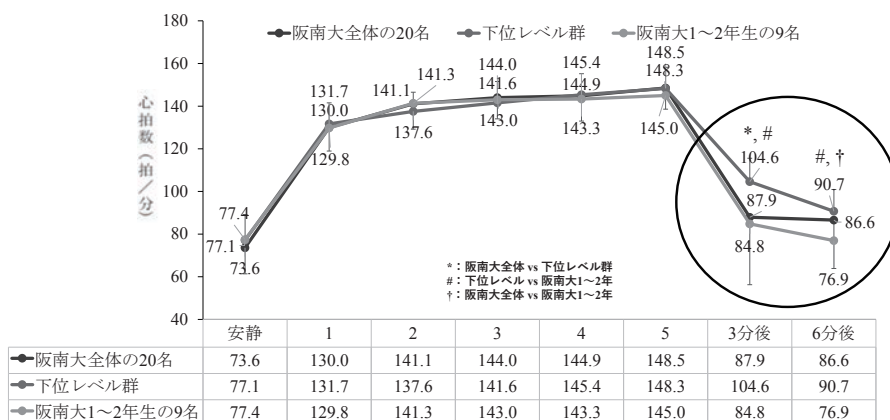


図18：30m スプリントにおける心拍数変化の比較

②血中乳酸濃度の動態

30m スプリントを1本走るごとに60秒のレスト時にLAを計測するとともに、5本終了後3分後、6分後も測定した。

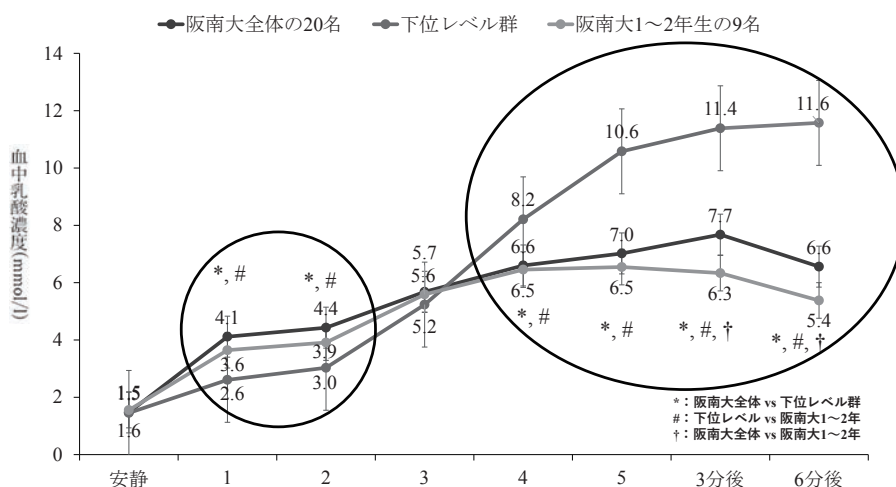


図19：スプリント5本と血中乳酸濃度の動態の比較

- i) 1, 2本目に阪南大群全体および阪南大群の1～2年生7名は、下位レベル群と比較してLAは有意に高値を示した。2019年9月上位レベル群20名のうち、測定時1～2年生9名は今回比較対象した2021年度関西学生サッカーリーグ第13節桃山大戦時のAチームメンバー5名を含んでいる。
- ii) 図18から心拍数に関しても、安静時及び各スプリント後の心拍数に有意な差は認められないが、阪南大全体および阪南大1～2年生9名は3分後に下位レベル群と比較して優位に低値を示し、阪南大

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

1～2年生9名は6分後もさらに低下し76.9拍/分までの回復を見せている。

- iii) 阪南大全体および阪南大群1～2年生9名も、下位レベル群と比較してLAが、4本目、5本目、運動終了3分後、運動終了6分後に、有意に低値を示している。
- iv) さらに、阪南大1～2年生9名は阪南大全体に比しても、5本目以降低下傾向をみて運動終了3分後以降、LAが低値を示している。
- v) 下位レベル群は2本目以降LAは急上昇し、5本終了3分後までその急上昇傾向は続き、6分後で上昇は鈍化するものの上昇し、11.8mmol/lまで蓄積される傾向を示している。

(3) 考察

図18, 図19から窺えることは、サッカー選手の競技レベルの違いにより心拍数の回復様態、乳酸の代謝応答が異なることが明らかとなった。

①30m スプリント乳酸テストのまとめ

- i) 阪南大はスプリント3本目までのLA上昇の様態から窺えることは一定程度解糖能力が高いのではないかとことである。それでいて阪南大および阪南大の1～2年生9名は心拍数も早く低下し、特に阪南大1～2年生9名は6分後には著しい回復を示し、さらにスプリント4本目までLA上昇傾向を示しているが、早くも5本目から低下傾向を示し、3分以降回復傾向がみられ、阪南大群の1～2年生9名は心拍数同様に著しく回復をみせている。
- ii) 下位レベル群は2本目まで乳酸を出せないということから解糖能力が低いのではないかとことである。それ以降乳酸がどんどん蓄積していったことは回復力が低いことを物語っているのではないかとことである。
- iii) 要するに、阪南大は下位レベル群に比して、スプリントのエネルギー産生においてスプリント開始直後から解糖系が活性化され、乳酸産生が高まり、エネルギー出力を増大させながらも、心拍数、LAの早期の低下傾向から血中乳酸の酸化が亢進し、つまり有酸素的回復力が高いと考えられる。
- iv) ただし、下位レベル群に比して阪南大はそのような能力が高いとはいえ、スプリントにおいてLA6mmol/l程を出せるレベルで解糖能力が高いといえるのかどうかという疑問が残る⁴¹⁾。しかし、特に阪南大1～2年生9名が示したように、6分後での心拍数76.9拍/分までの低下、LAの5.4mmol/lまでの低下にみられる有酸素的回復力の高さは注目される。仮にこの9名がLA8mmol/l、10mmol/lと出力できるほどの解糖能力を示したとして、そのような回復力を発揮できるかは分からないが…

②阪南大1～2年生9名に対する考察

2019年8月の測定は36度近い猛暑日であることを考慮しなければならないけれども、この9名のOBLAの平均は表15のように3.91mmol/lと低い。

表15：上位レベル群の1～2年生9名のOBLA
と30m スプリント6分後のLA

	OBLA	30m6 分後
HT	4.9	3.4
RE	4.2	3.0
KH	4.2	5.2
RT	3.9	4.3
RN	3.9	4.3
NT	3.9	5.3
TM	3.9	9.7
RO	3.7	7.6
AK	3.6	5.8
平均	3.91	5.65

この9名のOBLAと30mスプリントの回復レベル(6分後のLAで代表させた)の相関をみると、多少のばらつきはあるものの、一定の相関が認められる。

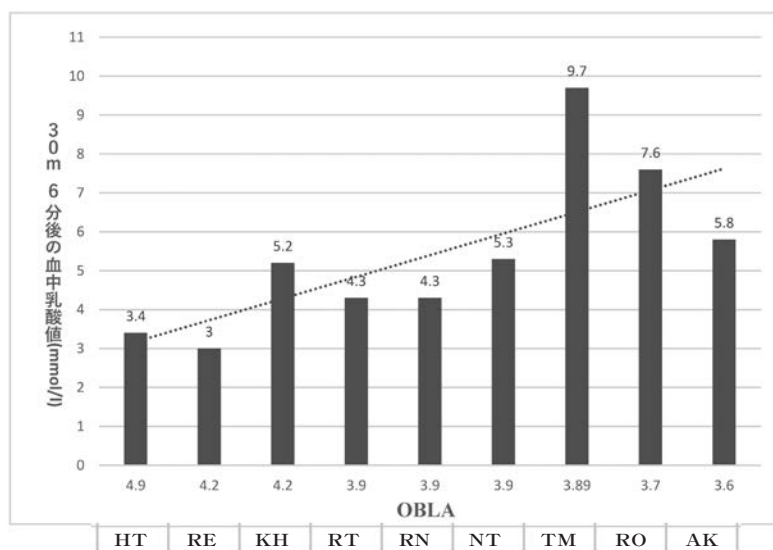


図20：上位レベル群の1～2年生9名のOBLAと30mスプリントの回復レベルの相関

OBLA3.90mmol/lの選手でも6分後に4.3mmol/lまで回復出来ている選手がいるとも考えられるが、OBLA3.90mmol/lという低いレベルでも回復できている点を考えると、あくまでもこの段階におけるチーム内(上位レベル群の1～2年生9名)のOBLAの序列に基づいて得た相関だけであって、低いレベルでのOBLAと30mスプリントの回復レベルの一定の相関があるとしたら、OBLAとスプリントの回復には関係があるとは言い難いともいえる。

しかし、1か月以上基礎的トレーニングを積んだ2020年2月の測定でのOBLAと上記30mスプリントの回復レベルを対照すると、図20と同様の結果がみられた。測定条件が異なるので一概には言えないし、測定時期の異なる対照に問題は残るが、この9名のうち6名がOBLA4.0m/s以上、4.2m/s以上が5名に増加している。

この2020年2月20日測定でのOBLA(表17のⅡ)との対照は無理があるかもしれないが、表17をみると、6回の測定の平均とⅡは測定結果は同様の傾向を示していると言えよう。

Iは猛暑、Ⅲ、Ⅳ、Ⅵは全体活動停止期間明けと条件がよくないなかでの測定であったのに対し、約1か月程の基礎トレーニングを経て測定できたのがⅡとⅤのみで、測定結果も他と比して高い。一定のトレーニングを積みばⅡのレベルに達することが推察され、Ⅱにおけるこの9名のOBLAは平均で4.22m/s、30mスプリント6分後のLAの平均は5.65mmol/lまで下がっている。

表16：2020.2.20測定でのOBLAと2019.8.1測定での30mスプリント6分後のLA

*印のTMは故障で測定不能のため5回の平均値をとった

	OBLA	30m6分後
RE	4.7	3.0
KH	4.5	5.2
HT	4.4	3.4
RN	4.4	4.3
NT	4.2	5.3
AK	4.1	5.8
TM	3.8*	9.7
RT	3.8	4.3
RO	3.6	7.6
平均	4.18	5.65

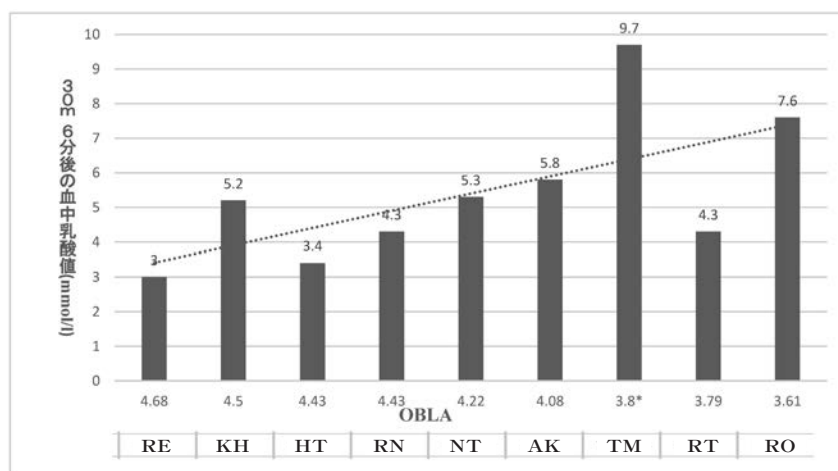


図 21：上位レベル群の 1～2 年生 9 名の 2020.2.20 測定 of OBLA と 2019.8.1 測定 of 30m スプリントの回復レベルの相関

表 17：2019 年 8 月測定以降の 6 回の測定における OBLA (m/s)

測定結果が書かれていないのは障害名や A チーム降格・離脱など
(1 段階の 9 名全員が 2020 年度以降も安定して A チームに属していたわけではない)

	I：2019.8.1	II：2020.2.20	III：2020.6.18	IV：2020.9.9	V：2021.3.9	VI：2021.9.16	個人平均
HT	4.85	4.43	ヘルニア	3.87	ヘルニア	A チーム外	4.38
RE*	4.16	4.68	4.38	4.31	4.32	前十字靭帯	4.37
KH ✓	4.20	4.50	4.43	4.05	4.60	4.35	4.36
RT ✓	3.86	3.79	3.80	3.64	3.83	4.24	3.86
RN	3.82	4.43	4.17	3.72	4.38	A チーム外	4.10
NT	3.92	4.22	3.95	3.73	A チーム外	A チーム外	3.96
TM ✓	3.89	腰椎分離	3.84	3.69	3.85	3.92	3.84
RO	3.67	3.61	3.55	?	3.59	体調不良	3.61
AK	3.92	4.08	3.48	3.49	4.02	A チーム外	3.80
平均	3.91	4.22	3.95	3.81	4.08	4.17	4.03

そのうち OBLA 4.20m/s 以上の 5 名は平均 4.45m/s という高い値を示し、6 分後の LA は 4.24mmol/l まで下がっている。この対照結果を鑑みると、OBLA の高い選手の方が回復力に優れている傾向を示していると言えよう。

③基礎的有酸素能力の重要性

「OBLA は走行距離とのみ相関する」、つまり「スプリント」数とは相関しないという知見に対し、本研究では OBLA と「スプリント」数、総走行距離に対する「スプリント」距離の割合は正の相関はみられないものの、OBLA の高い選手の方が双方ともに多い傾向があるのではないかと指摘をした。

- その際、「スプリント」の問題は試合展開、試合での役割、戦術的判断力、プレーの質・強度を規定するコーディネーション能力の問題、それを支える意味ある筋力の問題と絡めて評価しなければならないという面もある。
- OBLA の低い選手の問題に関して考えると、スプリンタータイプの選手・速筋線維が多いだろう選

手は当然OBLAは低くなるが、ある程度「スプリント」が多い選手は筋肉の弾力性に基づく筋ポンプ作用が高いからかもしれないし、産生した乳酸を活用できるレベルが高いかもしれないが、それは今後の課題としたい。

しかしながら、これら i) ii) の問題を考えることはOBLAと「スプリント」数、総走行距離に対する「スプリント」距離の割合は正の相関はみられないことの解答を探すことになるかもしれない。OBLAの高い選手の方が「スプリント」数・距離の割合が多い傾向にあり、OBLAの低い選手の中に上記理由からそれらが多くなることもあり得るということである。これらの選手はOBLAは低いが一応「スプリント」の繰り返し能力があるという特異性を持つ選手と位置付けられ、OBLAと「スプリント」との関係がそれ故に正の相関にならないこともあり、それらの選手以外は一定程度OBLAが高い選手の方が「スプリント」の繰り返し能力が高い傾向にあると考えられる。

iii) 表17をみると、VIの段階2021年の関西学生リーグ後期（前期繰り越し試合含んで15試合）に向けて2019年の阪南大1～2年生9名からは5名がAチームから降格・離脱、3名しかAチームには残っていない。OBLA 3mmol/l台の選手でAチームに残ったのは上記特異性を持つと思われるTMのみで、降格・離脱したのはOBLAの値が下の方の選手ばかりである（OBLAが一番高いHTはヘルニアで離脱、前十字靭帯切断で離脱していたREは同年12月のインカレでAチーム復帰し試合出場）。

逆に、2020年度故障やプレーレベルでAチーム外であった11名が2021年度後期にAチームに昇格・復帰したが、彼らのOBLAは表18である。

そのOBLAの平均は4.10m/sであり、さらに表19のようにその中で試合出場の多い選手7名の平均は4.24m/sまで上がる。因みに表19のRTのケースを考えると、2019年8月段階以降プレーレベルの低下により降格の憂き目にあっているけれども、表17を見ればOBLAが低く、2021年度も下位カテゴリーからのスタートであったが（I～V階段まで3m/s台後半であった）、2021年度後期リーグ前からAチーム復帰を果たしている。その際、OBLAを4.24m/sまで上げており（IV階段）、チームの中心的な存在の一人になった。

以上、OBLAと「スプリント」の関係、OBLAと30mスプリント乳酸テストの関係を見てきたが、単純化は出来ないけれども30mスプリントの6分後の血中乳酸値の低下傾向、Aチームへの復帰・昇格状況、その昇格組の内試合出場の多い7名のOBLAの高さに鑑みてOBLAの高低がプレーレベルの質を支えている可能性が見てとれるのではなかろうか。

表18：2021年度後期にAチーム復帰の
11名のOBLA (m/s)

	OBLA
ST	4.54
AK ²	4.38
MF	4.26
RT	4.24
KI	4.24
RT ²	4.17
RO	4.13
JN	4.11
YO	4.05
KF	3.88
KH ²	3.12
平均	4.10

表19：2021年度後期にAチーム復帰の
11名のうち試合出場の多い7名の
OBLA (m/s)

	OBLA
ST	4.54
AK ²	4.38
MF	4.26
RT	4.24
RO	4.13
JN	4.11
YO	4.05
平均	4.24

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

先述の表10のOBLA2.89m/sの②番、表18のOBLA3.12m/sのKH²などはOBLAの値は低いが「スプリント」の一定の繰り返し能力を有していると考えられる（KH²はデータもないが）。推測の域を出ないが、こういうスプリンタータイプの選手は一定のペースで長めの距離を走るのには得意ではなく、つまり乳酸カーブテストに基づくOBLAの値は低いけれども、筋肉の弾力性が保たれておればその筋ポンプ作用によってスプリントにおいて産生した乳酸をある程度早く除去（再活用 or 緩衝）できる可能性があるのではないだろうか？

【付 記】

本稿は、2020～2021年度阪南大学産業経済研究所助成研究(B)「サッカーの試合におけるスプリント能力と基礎的有酸素能力の関係に関する研究」の成果報告の一部である。

【謝 辞】

本研究をまとめるにあたり、測定作業を助成していただくとともにデータ集計への助言や生理学的・生化学的知見を提示していただいた本学流通学部黒部一道教授、岐阜大学教育学部上田真也准教授には深謝いたします。また測定作業を助成していただいた岐阜大学大学院生の諸君にも深謝したい。

注

- 1) 星川佳広「血中乳酸をどう活かすか～サッカー～」八田秀雄『乳酸をどう活かすか』杏林書院. 2008. 171ページ。
- 2) 八田秀雄「乳酸を活かしたスポーツトレーニング」講談社. 2001年、八田秀雄「エネルギー代謝を活かしたスポーツトレーニング」講談社. 2004年、八田秀雄「乳酸」講談社. 2007年、八田秀雄「乳酸を使いこなすランニング」大修館書店. 2011年、八田秀雄「乳酸サイエンス」市村出版. 2017年を参照。
- 3) 星川佳広. 同上書. 172ページ。
- 4) 因みに2020年2月20日（準備期中盤）のペースは3.0m/sから0.5m/sづつ上げて4.5m/sまでの4段階の測定であったが（5.0m/sのペースは4.5m/sのペースでの結果で血中乳酸濃度が4.0mmol/lを超えていない者のみチャレンジさせた）、OBLAを出るだけ正確に算定するために2.6m/sからの6段階へと変更した。しかし2.6m/sのペースではかなり遅いことと測定に時間がかかり過ぎるので、3.0m/sからの5段階で測定した。
- 5) したがって、上述のLTレベル（2mmol/l程度）を超える強度になってくると速筋繊維が使われ始め、ミトコンドリアでの酸化能力を超え、乳酸の産生量が増える。その境目となるOBLAは4mmol/lレベルスピードで、トレーニング強度の目安となる。経験的に言ってOBLA4.2～4.3m/s以上あれば、一応の基礎的有酸素能力のペースが築かれていると考えられる。Jリーグ・JFL選手の測定を多く手掛けた星川氏によれば、「ふつう：4.18～4.45m/s」「やや優れる：4.45～4.70m/s」「優れる：4.70m/s以上」という試験的評価基準を設けている（星川佳広、同上書、179ページ）。因みにLTやOBLA程度の強度でのトレーニングによって筋の酸化能力は向上し、LTも向上するという。つまりOBLAも伸びるであろう。
- 6) 本稿でスプリントという場合、FIFAや日本のデータスタジアムの基準に基づいている。日本のデータスタジアムではスプリントを1秒間24km/h以上、ハイスピードを21km/h～24km/hで移動できた場合と規定している。秒速に換算すれば、それぞれ、6.67m/s、5.83m/s～6.67m/sとなる。またハイスピード含めた高速走行＝Intensiv走行はハイスピードとスプリントの合計であり、後述のように総走行距離に占めるIntensiv走行の割合が多いチームの方がレベルが高いことが示されている。
また本稿ではサッカーの「スプリント」能力という場合の「スプリント」は1秒以上のスプリントと1秒以上のハイスピード走行を合わせたIntensiv走行をさす場合もあるし、1秒以下のスプリント、1秒以下の高速走行も含んだ高速走行を指して使用する場合もある。今回SOLTILO Knows社のGPSデバイス「Knows」を使用した場合、スプリント回数やハイスピード回数は上記1秒以上のカウント基準に基づいているが、スプリント距離やハイスピード距離は1秒以下の走行も含んでおり、ゲーム分析ソフトダートフィッシュの3Dアナライザー機能を活用した分析では1秒にとらわれず、ハイスピード以上の走行＝スプリントを含む高速走行（Intensiv走行）＝「スプリント」とした。
- 7) 戸莉晴彦・鈴木滋「サッカーのトレーニング」大修館書店. 1991年、3ページ。
- 8) サッカー試合での様々なスピードでの走行を、そのスピードに応じて①速度の高い運動＝アネロビック（無酸素性）なハイパワーな運動および②その持続する運動＝スピード持久性＝ミドルパワー、③低い速度＝エアロビック（有

酸素性) なローパワーな運動を位置付けて、そのそれぞれに①に対して無酸素性(非乳酸性) ATP-CP系, ②に対して無酸素性(乳酸性) = 解糖系, ③に対して有酸素系(酸化系) というエネルギー供給系を充ててオールラウンドなフィジカルトレーニングを求めているが(同上書, 1-5 ページ), 時代的制約もあったと思われるけれども, 運動の持続時間でエネルギー供給が変わっていくという短絡的理解を広めることになりかねなかったと思われる。ATP-CP系の代表と思われる100m 走でも ATP-CP系からのエネルギー供給は40%, 解糖系40%, 酸化系20%で, 解糖系の代表とみられている400m 走では ATP-CP系からのエネルギー供給は25%, 解糖系25%, 酸化50%というように, 運動の時間経過でエネルギー供給が単純に変わっていくというのではなく, 短時間の中で産生された乳酸を酸化系のエネルギー生産に充て, CPを回復させ ATPを再生産させるという, 3つのエネルギー供給系が絡みあってエネルギー生産しているのではないかと推察される(八田秀雄「乳酸を使いこなすランニング」大修館書店, 2011, 36-46 ページから推察)。

- 9) 宮城修他「J リーグサッカー選手の試合中における移動距離と移動スピード」神奈川体育紀要, 体育研究 第35号・1-5 ページ, 2001。

- 10) 注6) で述べたように,

* Intensiv 走行はハイスピードとスプリントの合計, つまり強度の高い走行のこと。ここでの規定では21km/h ~ 24km/h の高速スピードでの走行で, 24km/h 以上をスプリントとしている。

因みに2022年のFIFA ワールドカップカタール大会からスプリントは25km/h 以上に変更され, J リーグもそれに倣っている。

* ブンデスリーガ2017-18は33節終了時点。1 試合平均総走行距離は113.5km。

* J リーグは2017年度の8月中までのデータ。1 試合平均総走行距離は114kmで走っている距離はブンデスリーガと遜色ないが, スプリントが1%未滿, Intensiv 走行も1.60%という数字は低すぎる。さらに14km/h以下の低速移動(ジョギングやウォーキング)が90%を超えているのも驚きである。ただし, 6月以降の高温多湿下での試合開催という状況を考慮しないといけなないが...

* ここで岡田ジャパンの例を持ち出したのはブンデスリーガ並みの割合を示したからである。しかも総走行距離が120kmをたたき出したうえでである(サッカーアナリスト庄司悟氏よりデータ提供。また武智幸徳「アナザービュー: スピードの相場観」日経新聞朝刊2017.5.19も参照)。

いいチームでは攻撃時に突破のために高スピードでのアクションを繰り返したり, 複数人が連動しているため回数が多くなっている。ただし, スプリントにカウントされない, 1秒以下の高速走行も多いと想像される。しかし, その程度のスプリントでは立て続けにスプリントしない限り, 乳酸はそれほど(4mmol/l以上)蓄積されるとは思えないが...

- 11) 星川佳広, 前掲書, 173 ページ。また, 心肺機能の指標である最大酸素摂取量に変化なく, OBLAが改善されたとしても試合のパフォーマンスにどう反映されるかは, 今のところしっかり調べられていないとも述べている(同上, 176 ページ)。

また大森一伸「球技と血中乳酸濃度」163-177 ページ, in: 八田秀雄「乳酸をどう活かすかⅡ」杏林書院, 2016年も参照。

- 12) 再度OBLAについて確認すると, 八田秀雄氏は「LTより少し上の強度で, 維持できる限界の運動強度を示す指標」となる強度として, 「ここでの維持できるとは, 1 ~ 2 時間の維持を意味して」, 「その運動を数分くらい維持できる強度という意味では」ないと規定している。この説明の下りは競技レベルでのマラソンのペースとしてOBLAの強度の問題を取り上げているが(八田秀雄, 前掲書, 講談社, 2001年, 68-69 ページ), 球技では乳酸が4mmol/lを超えて8mmol/lを超えるとされているけれども(八田秀雄, 前掲書, 講談社, 2004年, 77 ページ), 乳酸が4mmol/lを超えて蓄積され始めると, その状況で求められるスピード(強度)が出しづらくなると筆者は考える(1回や2回の高速スピードは可能かもしれないが, それ以上は難しくなるであろう。選手のフィジカル特性にもよるが...)。したがって, 球技での「維持できる」とは求められる高速スピードを出しづらくなる可能性としておく。

- 13) 最近では愛知県豊橋市・豊川市・蒲郡市の支援を受けて開催している, 関東・関西・地元東海地区の何校かの大学による交流試合形式フェスティバル。特に本学にとっては関東地区の中央大との試合はシーズン前の「準備期」最終盤の重要な試合と位置付けている。

また, 前年度の2020年度は新型コロナウイルス拡大による非常事態宣言の中で, 上半期においては公式戦はもとよりサッカー部の試合そのものが出来ず, サッカーの試合におけるスプリント分析が出来ずじまいであった。さらに, 後期リーグ再開しても7月~9月初旬にかけての本学サッカー部の全体活動そのものが禁じられ, 関西学生リーグ(2020年度は通年ではなく後期リーグだけが実施された) 参加が遅れ, 過密日程となり, 公式戦のスプリント分析できる余裕がなかった。

- 14) 2021年3月にこのGPSを借りる算段がつき, ようやくスプリント測定・分析できる運びとなった。

- 15) 2021年11月20日(土) 14:00 キックオフ, J-GREEN 堺メイン競技場で実施された試合である。

Mar. 2024 サッカーの試合における基礎的有酸素能力と「スプリント」能力との関係に関する研究

- 16) 2021年3月11日の愛知スプリングカップ vs 中大戦をスプリント測定の対象としたので、1年以上遡る2020年2月20日(準備期中盤)の有酸素測定の結果は除外した。
- 17) 2020年度はコロナ禍での変則開催で2021年1月に「#atariaeni CUP」と称して1回だけ行われた。
- 18) 星川氏の試験的評価基準の「ふつう：4.18～4.45m/s未満」レベル以下の選手は、図6のように先発したフィールドプレイヤー10名のうち3名、そのうち前後半フル出場の選手は2名であった。
- 19) 2021年のJリーグ公式HP「日程・結果」の「トラッキング」より、走行距離のデータからGKの数値を除いたフィールドプレイヤーのデータである。サガン鳥栖は1節から22節までの実際に試合が行われた21試合、横浜FMは20試合、ガンバ大阪は19試合を対象とした(2021年消化試合数にバラつきがでたのは、新型コロナ感染問題で試合が順延されたことが多い)。
ただし、GPSデータとトラッキングデータとの測定方法の違いは今回考慮していないが、走行距離の目安と考えて比較した。
- 20) 前半は6km超えが1名であったのに対し、後半は交代選手5名のうち7km超えを含む6km超えが3名に加えて、フル出場選手1名が6kmを超えており、6km超え計4名であった。
- 21) スプリント回数(時速24km以上)も注18の走行距離のデータ同様の考えに基づいて、2021年のJリーグ公式HP「日程・結果」の「トラッキング」より算出した。
- 22) チーム事情で(怪我人の復帰等による出場時間制限や選手の見極め等)、後半投入の選手の交代含めて後半投入選手は6名となった。
- 23) 30m 3.87秒を持つ②以外は30m 4.1台で、遅くはないが、極めて速いレベルではない。
- 24) 注9で取り上げた宮城修氏の分析で、96年度のJリーグホームゲーム6試合平均をみた「ストイコビッチと日本人選手の移動距離と移動スピードの比較」では、ストイコビッチは高速度の移動回数・距離も多いが、総走行距離も10km以上あり、前半に対する後半の減少率は、比較した日本人選手が10%であるのに対し、ストイコビッチは3%であったのと同様である(「ストイコビッチ選手を科学的に見る」『グラン』1998年3月)。
- 25) このデバイスでは、Z1=0-2km/h、Z2=2-6km/h、Z3=6-18 km/h、Z4=18-21 km/h、Z5=21-24 km/h、Z6=24 km/h-の6段階に分けて、それぞれの走行距離と個人個人の総走行距離の中でそれぞれの走行距離の占める割合(%)が記録されている。
- 26) 注11) 参照。星川佳広、前掲書、173ページ。また、心肺機能の指標である最大酸素摂取量に変化なく、OBLAが改善されたとしても試合のパフォーマンスにどう反映されるかは、今のところしっかり調べられていないとも述べている(同上、176ページ)。
- 27) ②番の選手以外は2021年9月16日の測定に基づいたOBLAデータである。②番の選手はその測定では故障で測定できず、前年の2020年9月のデータを使用している。彼は2020年2月には3.6m/s、同年6月の測定ではさらに低下し、2.4m/sと常に低い水準にある。しかも4か月間での著しい低下はオンライントレーニング等でしっかりやれていない証左である。その後少し持ち直したデータが2.89m/sであるが持ち直してとはいえ、かなり低い水準で、このメンバーでは一番低いだろう。
また、この桃山大戦後半出場のフィールドプレイヤー12名の9月測定のOBLA平均4.14m/sは愛知スプリングカップの中大戦前の同年3月の4.26m/sに比べたらかなり落ち込んでいるが、その後の桃山大戦までの9週間強の期間で、注29のような取り組みを経て、有酸素能力、サッカー試合でのスタミナは確実にレベルアップしていると推察される。
- 28) 突破にかかわった9名のポジションは、SBはサイドバック、Volはボランチ(この試合では66分投入の⑬は攻撃的役割を担っていた)、Wideはワイド=サイドアタッカー、Topはトップ=センターフォワードのこと。
- 29) 9月14日から全体活動が許可され、チームとしてのトレーニングを再開した。「準備期」には3試合の練習試合(以下TM)を組んだ。再開して間もないので故障を恐れてフル出場はなかなか難しく、10月2日の後期参戦を控えている状況で9月24日のTMから無理やり90分かに近い時間出場させる選手を増やしていった。9月以降11月20日の桃山大戦までのリーグ戦、TMは以下である(前期未消化試合を含む)。リーグ戦の節数が順序通りでないのは本学が遅れて参加したために大幅にスケジュールを組み直さなければならなかったためである。リーグ戦の前の数字が10月以降実施したリーグ戦試合の順序。TMはトレーニングマッチのことで、TMを組めなかった週には、試合後紅白戦か、紅白戦に近い8:8などを組み込み、ゲーム体力を維持・向上させるとともにゲーム勘がダウンしないように配慮した。ナイターなどで試合後組めない時は水曜日などに30分でも紅白戦を実施した)。

【準備期】 9/23 TMvsFC 大阪
9/24 TMvs 奈良クラブ
9/26 TMvs 阪南大クラブ(本学社会人登録のチームで、本学の2番手チームにあたる)

【後期リーグ以降】(○=勝利, △=引分, ●=敗戦)

- 1 : 10/2 第 6 節 vs 甲南大○, 同日サブメンバーほとんど 1 リーグに出場
- 2 : 10/6 第 2 節 vs 関大△
- 3 : 10/9 第 7 節 vs 立命大○, 同日 TM (サブ) vs 立命大 30 × 2
- 4 : 10/14 前期分第 11 節 vs 桃山大○, 同日 TM (サブ) = 紅白戦
- 5 : 10/17 第 8 節 vs 大院大△, 同日 TM (サブ) vs 甲南大 35 × 2
- 6 : 10/20 前期分第 13 節 vs 大教大●, 同日 TM (サブ) vs 大教大 30 × 1
- 7 : 10/24 第 9 節 vs 同大△
- 8 : 10/27 前期分第 12 節 vs 大体大○, 同日 TM (サブ) vs 阪南大 B チーム
- 9 : 10/31 第 10 節 vs 関学大 (ナイター) ●
(初めて 1 週間近く公式戦が空く)
- 10 : 11/6 第 11 節 VS びわこ大●, 同日サブメンバー 5 名 1 リーグに出場
- 11 : 11/10 第 3 節 vs 大体大 (ナイター) △
- 12 : 11/13 第 13 節 vs 大教大○, 同日 TM (サブ) = 紅白戦
- 13 : 11/17 第 4 節 vs 京産大○
- 14 : 11/20 第 13 節 vs 桃山大○

- 30) ⑬の選手も 3 月の測定時点では OBLA は 4.25m/s であり, 11 月時点で十分回復している可能性があると推察されるし, 逆に②の選手は 3 月の時点では OBLA は 3.83m/s であったのに対し, 9 月の測定では 4.24m/s まで伸びている。この 9 週間強の期間のデータはとっていないが, トレーニング&実戦の積み重ねによっておそらくレベルアップしたと推察される有酸素能力の下で迎えた桃山大戦であったと考える。
- 31) 八田秀雄「乳酸」, ブックハウス HD, 1997 年, 52-57 ページ。
- 32) 星川佳広, 前掲書。大森一伸「球技と血中乳酸濃度」in 八田秀雄『乳酸をどう活かすか II』杏林書院, 2016。および須佐のこれまでの論文・論考。
- 33) 星川佳広, 前掲書, 172 ページ。
- 34) 本論とは関係ないが, そうならないように, つまり個人 1 人に極端に負担をかけないように, また高強度運動をたくさん行うというようなゲーム展開にならないように, 戦術的規律をチームに築いておく必要性の方が重要に思えてくる。
- 35) コーディネーション能力は便宜上 7 つの能力に分類されるが, 空間定位能力は「相手やボール等と自分の位置関係を直感的にロックオン & どのくらいの位置かスピードで動いているかの「距離感」, 方向等を把握する能力」で, 分化能力とは「局面間 / 部分動作を同調させ, 目標への速度・移動調節する能力」である。
- 36) そのように捉え, プレーレベルの向上・プレーの質の向上を目指すならば, トレーニング課題が違ってくると思う。
- 37) 1986 年メキシコワールドカップ準優勝, 1990 年イタリアワールドカップ優勝の西ドイツ代表のベッケンバウアー監督をトレーニングコントロール・コンディショニングコントロールの面で支えた医師のハインツ・リーゼン氏, シュテファン・ミュッケ氏は血中乳酸濃度を主要な指標とした測定を実施しながら, 実際の試合でフィジカルに上手いといっているかどうかを確認するために, 試合のビデオから動きを判定して, それが体力的なものか否かを判断し, その他の測定結果と突き合わせて総合的評価 (Gesamtwertung) をするという (Dr.Liesen 氏上智大学特別講演録 1989.9 内山秀一訳「サッカーへの科学的トレーニングの導入」in JFA NEWS No.73, 44-59 ページ, ハインツ・リーゼン「ドイツのスポーツ栄養学: 物質代謝を重視した練習と栄養管理」in「スポーツ栄養学最前線: 国際スポーツ栄養シンポジウムより」1991, NHK エンタープライズ, 39-50 ページ, Stefan Mücke 氏講演録「血中乳酸濃度を主要なパラメータとした運動能力診断に基づく球技スポーツにおけるトレーニング計画と制御」1994.12.10, 立命館大学)。
数字だけで測定結果を判断せず, こういう精神は見習うべきではないか?
- 38) セットプレー等でボールデッドの間に攻撃のための移動, 守備のための移動, スローイン等でボールを拾いに (もらいに) 行く移動のスピード。
- 39) そういう選手は 速筋繊維が多い, スプリンタータイプの選手かもしれない。
- 40) 坂本拓巳, 玉木蒼一郎, 坂口芽以子, 滝航大, 阪本匠馬, 曾根未宇, 須佐徹太郎, 黒部一道, 上田真也「サッカー選手の競技レベルの違いが間欠的スプリント運動中における心拍数及び血中乳酸動態に与える影響」日本体力医学会: 2021 年 9 月@オンライン開催。
- 41) スプリント時に下位レベル群に比して阪南大は解糖系が活性化され, 乳酸産生が高まっているといえ, その程度に留まっているのは, スプリント時のエネルギー出力が ATP-CP 系への依存度が高まり, 解糖系への依存が抑えられているとも考えられる (大森一伸氏からの 2023.2.5 付私信)。

(2023 年 11 月 17 日掲載決定)