

〈報告〉

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—

久保田洋一*・青葉 幸洋***・吉村 雅文*・勝俣 康之**・宮森 隆行**

The physiological responses of soccer players during games:
Focusing on changes in the total distance moved and speed in games
at different levels

Yoichi KUBOTA*, Yukihiro AOBA***, Masafumi YOSHIMURA*
Yasuyuki KATSUMATA** and Takayuki MIYAMORI*

Key words: Soccer players, Physiological response, Movement speed

1. 緒 言

近年のサッカーは、ルール改正や戦術面の変容にともない、試合展開が非常にスピーディーとなり、選手に求められる体力水準も非常に高くなってきている。そして、技術・戦術・体力等の要因が複合的に絡み合っているサッカーの競技能力を評価することは困難とされるが、中でも体力的要因は数値化することが可能であるため、選手の競技能力を客観的に評価するのに適した要因であると言える¹⁴⁾。サッカー選手の試合中の動きの特徴として、宮城¹³⁾らは、Jリーグ選手では1試合における総移

動距離の平均が10.3-12.5 km であり、試合中は、2-3 m/sec 以下で動きながら、時折 8 m/sec 以上の速いスピードでフィールドを移動していたとしており、特にレベルの高い選手になるほど、相手選手の一瞬の隙を突くような緩急をつけた動きを繰り返していたことを報告している。また、Mohr ら⁸⁾は、現在のプロ選手は、1980年代から1990年代初頭と比較して、総移動距離に変化はないものの、30 km/h (8.3 m/sec) 以上のスプリント回数は37%増えていると報告している。このように、近年のサッカー選手は、長い距離を移動するための有酸素性能力と、ダッシュ・ターン・ジャンプ等の無酸素性能力の双方が要求される。そして、中でも短い休息や軽運動を挟みながら、瞬発的な無氣的運動を継続的に繰り返すための間欠性能力は、サッカー選手の試合中の競技能力を評価するための重要な体力的指標となる可能性がある。そして、これまでには、サッカー選手の体力に関する研究は数多く報告されている^{3)~5)}。しかし、これらの報告においては、実験室レベルでの測定や、フィールドテストの結果から、

* 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科
Graduate School of Health and Sports Science,
Juntendo University

** 順天堂大学スポーツ健康科学部
School of Health and Sports Science, Juntendo
University

*** 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科博士前期課程
Graduate School of Health and Sports Science,
Juntendo University

各選手の体力的特徴を評価したものが多く、実際の試合中の間欠性能力を定量的に評価した報告や、選手の試合中の動きと生理学的特徴を評価した研究報告は少ない²⁾¹²⁾。また、競技レベルが高くなれば、必然的に各選手に要求される試合中の総移動距離や移動スピードが増加してくることが推察されるが、これらの各選手の生理学的応答を異なる競技レベルの試合で比較した研究報告は見当たらない。

そこで、本研究では、サッカー選手の無酸素性作業閾値を評価し、各選手の試合中の総移動距離および移動スピードの経時的変化をもとに、総移動距離に占める無酸素性および有酸素性エネルギー供給の動員比率を算出し、異なる競技レベルの試合と、選手の生理学的応答との関連性を明らかにすることを目的とした。

2. 方 法

2.1 被験者

関東大学サッカー1部リーグに所属し、日常的に専門的なトレーニングを積んでいるトップチーム(1軍)男子サッカー部員10名(年齢 19.6 ± 0.7 歳、身長 173.4 ± 2.8 cm、体重 68.8 ± 1.9 kg、ポジションSB2名、CB2名、DMF2名、OMF2名、FW2名)とした。また、彼らを対象とする試合ごとにレベル1(関東大学サッカー1部リーグ)に5名、レベル2(県社会人1部リーグ)に5名ずつ分類した。尚、すべての被験者は、本実験の主旨、手順および考えられる危険性に関する説明を受けた後、自主的に同意書を提出した。

2.2 対象試合と競技レベル

レベル1は、2008年度関東大学サッカー1部前期リーグ戦5試合とした。また、レベル2は、2008年度千葉県社会人1部リーグ戦5試合とした。尚、レベル2の大会では2007年度に対象大学サッカー部のファームチーム(2軍)で参加し、大会優勝をしている。

2.3 Onset of Blood Lactate Accumulation (以下OBLA)

OBLAは、血中乳酸濃度が4 mmol/l時の走速度

を評価するもので、血中乳酸濃度から求めた無酸素性作業閾値の指標として広く利用されている⁶⁾⁹⁾。本実験では、ロングパイル人工芝フィールド上に、エンジニアロードメジャー1000(タジマツール社製)を利用して300 mトラックを作成し、1グループ5名に設定した速度漸増式の多段階運動負荷試験により評価した¹⁵⁾。通常、この方法は実験室レベルで測定することが多いが、フィールド上での有用性が報告されている¹⁶⁾。運動負荷は、4分間に880 m、960 m、1040 m、1120 mと80 mずつ漸増させた。つまり初期負荷を220 m/minとし、各ステージ間で速度を20 m/minずつ漸増させ、血中乳酸濃度が4 mmol/lを超えるまで継続して測定した。走速度の調整においては、グループごとに熟練した長距離選手である男子大学生1名が伴走に加わった。各ステージは4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の終了後に指先より自己採血を行い、ラクテートプロ(ARKRAY社製)を用いて分析した。測定終了後、乳酸値解析ソフトウェア(ARKRAY社製、MEQNET LT Manager)を用いてOBLAを判定した。

2.4 試合中の総移動距離・移動スピードおよび生理学的応答

試合中の移動距離・移動スピードは、三角測量法を応用した高速移動解析システム(DKH社製)を用いて算出した。このシステムは、フィールドのタッチラインの延長線上2ヵ所に高精度照準器を装着したポテンショメータを設置し、プレーヤーが照準器の中心に入るように2人の計測者が同時に操作し、測定した角度から三角測量の原理で平面上の座標を求めるものである(図1)。計測中はリアルタイムでパソコン画面上に移動軌跡が表示される(図2)。尚、試合中における移動距離の算出は0.5秒ごとに行い、得られた距離を時間で除して移動スピードを求めていった。

また、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を基準として、OBLA以上のスピードでの移動を無酸素性エネルギー供給(Over OBLA)、OBLA以下のスピードでの移動を

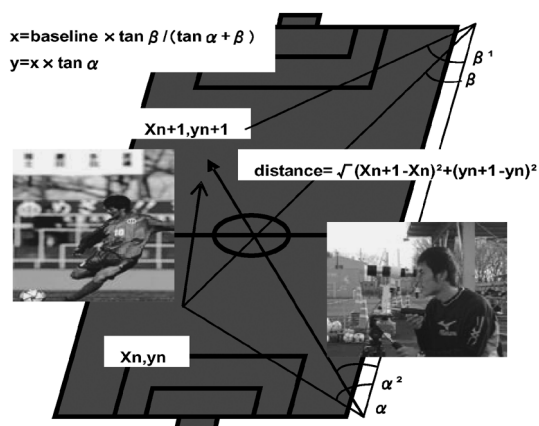


Figure 1 Diagram of position measurement of players moving in fields by W-EYES system

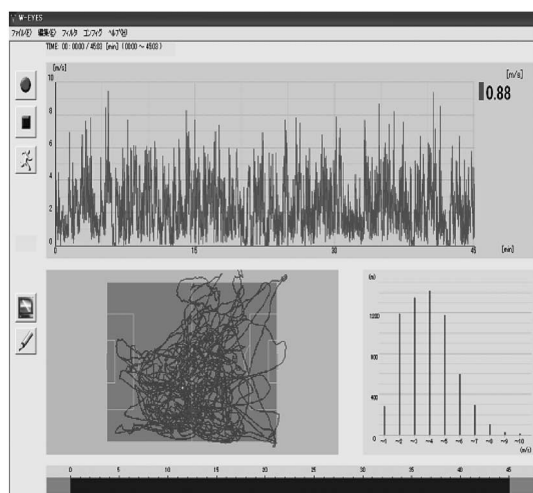


Figure 2 A sample of the simultaneous recordings of total moving distance and speed

有酸素性エネルギー供給 (Under OBLA) と定義付けした¹⁰⁾. そして, 総移動距離に占める Over OBLA および Under OBLA の動員比率を算出することによって, 各被験者における試合中の生理学的応答を評価した.

2.5 統計処理

すべての測定値を平均値±標準偏差で示した. また, 各測定項目における異なる競技レベル間の比較においては, Unpaired T-test を用いて検定した. 統計処理の有意性は, いずれも危険率 5%未満で判定した.

3. 結 果

OBLA, 総移動距離, Over OBLA, Under OBLA の測定値を競技レベル間で比較したものを表 1 に示した. OBLA は, レベル 1 の被験者が 4.23 ± 0.03 m/sec, レベル 2 の被験者が 4.21 ± 0.04 m/sec であり, 競技レベル間で有意差が認められなかった. 総移動距離は, レベル 1 が 12188.8 ± 86.7 m, レベル 2 が 11401.0 ± 326.4 m であり, 競技レベル間で有意差が認められた ($p < 0.01$). Over OBLA は, レベル 1 が 2921 ± 248.1 m, レベル 2 が 2269 ± 535.3 m であり, 競技レベル間で有意差が認められた ($p < 0.05$). Under OBLA は, レベル 1 が 9267.6 ± 201.1 m, レベル 2 が 9140.6 ± 349.5 m であり, 競技レベル間で有意差が認められなかった.

次に, 総移動距離に占める Over OBLA および Under OBLA の動員比率を競技レベル間で比較したものを図 3 に示した. レベル 1 では, Over OBLA が $23.9 \pm 1.9\%$, Under OBLA が $76.0 \pm 1.9\%$ であったのに対し, レベル 2 では, Over OBLA が

Table 1 Comparison of OBLA and other distance data between level 1 and level 2

	OBLA (m/sec)	Total Distance (m)	Over OBLA (m)	Under OBLA (m)
LEVEL 1	4.23 ± 0.03	* 12188.8 ± 86.7	** 2921.2 ± 248.1	9267.6 ± 201.2
LEVEL 2	4.21 ± 0.04	11401.0 ± 326.4	2269.6 ± 535.3	9140.6 ± 349.5

* Level 1 > Level 2: $p < 0.01$

** Level 1 > Level 2: $p < 0.05$

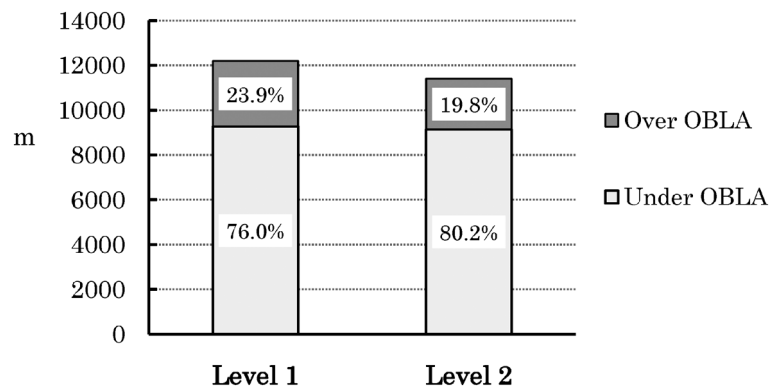


Figure 3 Comparison of total moving distance between two levels including those rates OverOBLA and UnderOBLA

19.8±4.4%, Under OBLA が80.2±4.6%であり, 競技レベル間に有意差は認められなかった.

4. 考 察

競技レベル間で各測定値を比較したところ, OBLAは有意差が認められなかったことから, 本実験で抽出した大学サッカー部トップチームに所属する各被験者は, 耐乳酸能から評価した有酸素性作業能が同様であったことが推察される. これに対して, レベル1の試合は, レベル2の試合と比較して, 移動距離が有意に増加していることが観察された. これらの結果は, 本実験で抽出された被験者の有酸素性能力は同一であるが, レベル1の試合では, 被験者の試合中の総移動距離が増加し, それに伴い要求される生理学的応答が異なる可能性を示唆している. しかし, 星川ら⁷⁾は, 90分間の試合での移動距離が10,000 mと仮定すると, 走行速度は平均で111 m/min (1.85 m/sec) となり, これは歩くことも可能な速度であり, 持続性持久力でのVO₂ maxは50%にも満たないとしている. また, Bangsbo¹⁾は, 1試合あたりにいかに長時間にわたり, 瞬発的な高強度運動を継続的に繰り返すことができるかが, 競技能力を評価するのに重要な指標となっており, 血中乳酸濃度と相関関係があることを報告している. つまり, これらの報告を考慮すると, 試合中の総移動距離だけでは, 選手の競技能力を直接的に反映させる指標にはならないと考えられる.

そこで, 本研究では, 90分間の試合における選手の移動スピード変化を経時的に分析し, 総移動距離と, それに占める無酸素性および有酸素性エネルギー供給の動員比率について評価した. レベル1の試合とレベル2の試合を比較すると, 無酸素性エネルギー供給であるOver OBLAの移動は, レベル1の試合が有意に増加しており, これに対し有酸素性エネルギー供給であるUnder OBLAの移動は, 両レベル間で有意差は認められなかった. また, 総移動距離に占めるOver OBLAおよびUnder OBLAの動員比率においては, 両レベル間では有意差は認められなかった. これらの結果は, レベル1の試合は, レベル2の試合と比べて, 試合中は長い距離を移動することが要求され, また, Over OBLAおよびUnder OBLAの移動量の増加が, 両エネルギー供給の動員比率に依存していることを示唆している. また, レベル2の大会では, 前年度の大会において, 同チームのファームチーム(2軍)で出場し, 優勝していることを考慮に入れると, 競技レベルの高い試合では, 長い距離を移動しながら, 無氣的運動であるOver OBLAでの移動を継続的に要求されることが推察された.

本研究では, 異なる競技レベルの試合が, サッカー選手の試合中の生理学的応答に及ぼす影響について, 以下の3要因を考える. 1つ目は, 競技レベルの違いにより, 各選手の総移動距離と移動スピードが変化し, それに伴い要求される生理学的特徴が異なることである. これを裏付ける要因として, 宮

森ら¹⁴⁾は、サッカー選手の試合中の総移動距離と、それに占める無酸素性および有酸素性エネルギー供給の動員比率を、全日本大学選抜に選出された選手と、県大学2部リーグ所属の他大学サッカー選手と比較した結果、総移動距離に占める無酸素性スピードでの移動の割合が、前者は平均24.8%であったのに対し、後者は平均10.3%であったことを報告している。つまり、競技レベルの低い試合では、無気的な高強度運動を継続的には要求されないことが推察される。2つ目は、近代サッカーでは、戦術面でのプレッシングという方法の導入により、相手に必要な時間とスペースを限定することによりボールを奪うスタイルが確立され、それに伴い、素早い攻守の切り替えが要求されることが要因として考えられる。瀧井ら¹¹⁾は、この点について、試合中のプレッシングは、競技レベルと比例して激しくなり、時間とスペースが限られた中で、いかにして攻撃を活性化させるかが思考錯誤され、サッカー選手に求められる体力水準も非常に高くなってきていることを報告している。3つ目は、サッカーはボールを扱う技術力も要求されるため、レベルの高い選手が、レベルの低い選手と対戦した時に、パスや、トラップ等の技術的なミスにより、相手にボールを奪われる確率が必然的に低下する。そのため、攻撃の頻度は極端に増加し、ポジションによっては、守備面での運動量が著しく低下してくることなどが要因として推察される。

このように、サッカー選手の試合中の生理学的応答を、総移動距離と移動スピードの経時変化から評価したところ、競技レベルの高い試合の場合、選手は、長い距離を移動するための有酸素性能力と、瞬発的な高強度運動を継続的に繰り返すための間欠性能力を要求されることが明確化された。また、同レベルの選手が、競技レベルの低い試合に参加した場合、技術面や、戦術面の変容を余儀なくされ、総移動距離とそれに占める高強度運動での移動距離が著しく低下する可能性があることが示唆された。

現場の指導に当たっては、これらの競技特性を理解しながら、各選手のコンディショニングプログラ

ムを立案していくことが望まれる。しかし、体力面の準備は、そのチームが目指す戦術を忠実に消化していくための一要因に過ぎないことを理解しなければならない。したがって、今後のサッカー指導の現場では、各選手の試合中の体力的特徴について、さまざまな側面から評価、把握していく事に加えて、日々の練習内容や、練習試合の対戦相手、戦術分析等にも工夫を加えながら、体力的側面と競技パフォーマンスとの関連性を定量化し、チームが目指すサッカーを確立していく必要があると言えよう。

5. 結 語

本研究では、大学サッカー選手を対象に、試合中の総移動距離および移動スピードを評価し、総移動距離とそれに占める無酸素性および有酸素性エネルギー供給の動員比率を異なる競技レベル間で比較した。その結果、レベルの低い試合と比較して、レベルの高い試合では、総移動距離と、それに占める無酸素性スピードでの移動距離が有意に増加していることが観察された。したがって、指導現場では、競技特性を考慮したコンディショニングプログラムの検討をすると共に、選手の試合中に要求される生理学的応答は、競技レベルに依存することを理解した上で、技術・戦術面での修正を考慮した練習計画や、練習試合等の選択が重要であることが示唆された。

引用参考文献

- 1) Bangsbo J (1994) The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. *Acta Physiologica* 1, 151-153
- 2) Bangsbo (1994) Physical conditioning. *Handbook of Sports Medicine and Science Football (Soccer)* London, 124-138
- 3) Bangsbo J, Michalsik L (2002) Assessment of the physiological capacity of elite soccer players. *Science and Football IV* London, 53-62
- 4) Brocherie F, Morikawa T, Hayakawa N (2003) Pre-season Anaerobic performance of elite Japanese soccer

- players. *Science and football V*, 145-154
- 5) Cometti G (2001) Isokinetic strength and anaerobic power of elite sub-elite and amateur French soccer players. *Journal of Sports Medicine* 22, 45-51
 - 6) Guner R, Kunduracioglu B, Ulkar B (2005) Running velocities and heart rates at fixed blood lactate concentrations in elite soccer players. *Adv Ther* 22, 613-620
 - 7) 星川佳広 (2002) サッカーの生理学的特性と一流選手の体力. *体育の科学* 52, 355-366
 - 8) Mohr M, Krusturup P, Bangsbo J (2003) Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Japanese SportsScience* 21, 519-528
 - 9) 長浜尚史, 宮崎義憲, 渡辺雅之 (1991) 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 Science* 10, 515-520
 - 10) 大橋二郎, 兵頭圭介, 長浜尚史, 磯川正教 (1988) 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
 - 11) 瀧井敏郎 (1995) ワールドサッカーの戦術. 初版ベースポールマガジン社, 2-27
 - 12) 宮城 修, 須佐徹太郎, 北川 薫 (1997) 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, 231-237
 - 13) 宮城 修, 山下則之, 大橋二郎 (1999) Jリーグ選手の体力と試合中の動きについて. *バイオメカニクス研究* 3, 125-131.
 - 14) 宮森隆行, 吉村雅文, 青葉幸洋 (2008) サッカー選手の体力評価. *理学療法科学* 23, 685-690
 - 15) 宮森隆行, 吉村雅文, 綾部誠也, 宮原祐徹, 青葉幸洋, 鈴木茂雄 (2008) 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. *理学療法科学* 23, 189-195
 - 16) 宮森隆行, 吉村雅文, 青葉幸洋, 長谷川望, 小塚昭人 (2009) 間欠的能力テストを用いたサッカー選手の体力トレーニングプログラム. 第6回日本フットボール学会, 41

(平成21年2月6日 受付)
(平成21年3月2日 受理)