

競技レベルの高い相手との試合中におけるバスケットボール選手の 運動出力と心拍応答

藤井慶輔¹⁾ 小山孟志²⁾

¹⁾ 理化学研究所 革新知能統合研究センター

²⁾ 東海大学 スポーツ医科学研究所

キーワード: 加速度、心拍、トラッキングデータ

【要 旨】

多くの球技などのスポーツにおいて、競技レベルが上がるに従い、競技特有の身体接触や加減速などの動きの激しさが増すため、選手の運動出力が大きくなり、その一方で生理的応答が増大する。これらは高い競技レベルの相手との試合で初めて計測できると考えられるが、未だ定量的に明らかになっていない。そこで本研究ではバスケットボールを対象に、経験的仮説である、高い競技レベル相手に後半で負荷が蓄積して何らかの運動出力や生理的応答の変化が見られる、という仮説を検証した。対象チームは関東大学バスケットボール連盟1部に所属するチームとし、対戦チームは同2部、同1部、Bリーグ1部(プロ)との各1試合、計3試合を計測した。試合前半においては、競技レベルが高いプロ相手には運動出力のレベルを高める傾向があるものの、心拍応答に関しては相手の競技レベルに関係ない傾向にあることが示された。しかし試合後半においては、移動距離・速度は対プロにおいても高いレベルを維持していたものの、出場時間あたりの高加速度の頻度は4名中3名で低下し、心拍最大後の最小値は2名中2名が増加(心拍の回復が低下)したことが明らかとなった。計測した選手数が少ないため今後はより多くの試合を計測する必要があるが、これらの指標が高い競技レベル相手に生じる物理・生理的負荷を示す指標になりうる可能性が示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 9, 542-556, 2017 年, 受付日: 2017 年 6 月 14 日, 受理日: 2017 年 12 月 25 日
責任著者: 藤井慶輔 565-0874 大阪府吹田市古江台 6-2-3 keisuke198619@gmail.com

* * * *

Motor output and heart rate response of basketball players during a game against highly competitive opposing team

Keisuke Fujii¹⁾ and Takeshi Koyama²⁾

¹⁾ RIKEN

²⁾ Tokai University

Key words: acceleration of movement, heart rate, tracking data.

【Abstract】

In many ball games, as the competition level increases, the intensity of movements such as physical contact and acceleration/deceleration characteristic of that game increases, with the result that the motor output and physiological response increase. These phenomena can be measured only in a game in which a team is playing at a high level of competition. However, reports of quantitative changes in these measures have not been published. The present study examined the exercise and physiological responses of basketball players who were accumulating loads in the second half of a game involving a high level of competition. In the first half of the game, although the game was at a high level of competition (i.e., against a professional team), the players' exercise output level tended to increase, but their heart rates were not related to the level of competition of the opposing team. However, in the second half of the game, although the players' moving distance/speed was maintained at a high level against the professional team, the frequency of high acceleration in relation to participation time decreased in 3 of the 4 players measured. Furthermore, the minimum heart rate after the heart rate had reached a maximum increased (that is, the recovery of the heart rate decreased) in both of the 2 players measured. Due to small number of players measured in the present study, players in more games should be measured. However, the present results suggest that the indices measured may be indicators of the physical/physiological load occurring in games that are at a high level of competition.

I. 諸言

多くの球技などのスポーツにおいて、競技レベルが上がるに従い、競技特有の身体接触や加減速などの動きの激しさが増すため、選手の身体にかかる物理・生理的負荷が大きくなる。この多くのスポーツにおいて勝敗に関わる変数を定量することは、競技の理解及び競技力向上に大きく貢献するため、スポーツ科学やスポーツの現場において重要性が高いと考えられる。バスケットボールやサッカーなどの先行研究においては、動作の出現頻度の分析(McInnes et al., 1995; Taylor, 2003)や、映像解析や GPS による選手の移動距離や移動速度の物理量を負荷の指標とした報告(Cummins et al. (2013)などに総説がある)、心拍数などの測定から生理的負荷を推定した報告 (Abdelkrim et al., 2007; MatthewandDelextat, 2009; McInnes et al., 1995)などが代表的である。この「負荷(load)」という言葉は、計測可能な物理・生理データを用いた指標に基づいて多く用いられており(物理・生理的負荷と呼ばれる)、時間とともに「累積(accumulate)」するものだと考えられている。これらの先行研究の結果から、試合中にはダッシュ・ジャンプ・ターン・身体接触などの短時間で高強度の運動と、低強度の運動が不規則に繰り返されることが明らかにされている。しかし、高強度運動と考えられるジャンプや急加速、急減速、さらには身体接触を伴うプレーなどは、移動距離や移動速度の指標では過小評価されてしまう可能性が高く、物理量としては加速度が適切であることから、近年慣性センサなどで計測されている(Barron et al., 2014; Montgomery et al., 2010)。しかも、これらの運動は相手と競争する際に特に生じる運動であり、プレーの成功(動きの結果)の要因となる、動きの過程(Fujii et al., 2015a; Fujii et al., 2015b)となると考えられるため、この「動きの激しさ」が実際の試合においても重要な要因であると考えられる。本研究においても先行研究(例えば Montgomery et al., 2010)と同様、移動距離や速度に加えて、加速度の指標を「物理的負荷」と表現する。この実際の試合中に起こる動きの激しさを考慮した選手の物理・生理的負荷を理解することができれば、現場で普段コーチが選手のプレーの質を判断して日々の練習やトレーニングを立案する際において、手助けとなるデータが得られると考えられる。

この動きの激しさによる物理・生理的負荷は、高い競技レベルの相手との試合で初めて計測できると考えられる。なぜなら、激しい身体接触や加減速が不規則に起こる状況を(練習などで)意図的に作ることは難しく、試合でも競技レベルが低いとプレーがしばしば予測できるため、運動出力も効率的に(つまり激しくなく)なってしまふことが予想されるからである。実際、先行研究(Montgomery, et al. 2010)においては、攻撃・守備などの分解練習よりも実際の試合の方が単位時間あたりの加速度(論文中では accumulated physical load と呼ばれている)が大きいということが知られている。より具体的に、例えば高い競技レベル相手の試合において、相手を振り切る(相手に付いていく)ために練習場面よりも素早く動き出したり、切り返したり、あるいは高くジャンプしたり、強い身体接触が必要な局面を考えてみる。そのような激しい攻防を繰り返していくと、普段の練習やトレーニングでは考えられないほどの(おそらく物理・生理的)負荷が累積され、試合の後半にはいつものプレーができなくなった(そして多くの場合負けた)、ということが複数の競技で経験として感じられることである。しかし、この経験的仮説を実験で検証することは上記で説

明したように難しく、実際の試合において異なる競技レベル相手において、比較を行う必要がある。しかしこれまでの研究では、加速度で表される動きの激しさはもちろん、多くの研究で用いられてきた移動距離や速度、あるいは生理的応答の指標である心拍数、主観的な運動強度における、競技レベルの異なる相手との試合に対する関係性に関しては、未だ定量的に明らかになっていない。我々の仮説としては、従来の運動出力の指標である移動距離や速度には競技レベル間で差がなく、動きの激しさや生理的応答、主観的な運動強度の指標には競技レベル間で何らかの差があると考えた。

そこでまずは、負荷が累積していないと考える試合前半において、運動出力と生理的応答が異なる競技レベル相手に対してどのように異なるかを検討することを本研究の第 1 の目的とした。そして第 2 の目的として、経験的仮説である、高い競技レベル相手に後半で何らかの物理・生理的応答の変化が見られる、という仮説を検証した。

本研究では、選手が狭いコートの中で激しく移動するバスケットボールを対象に、実際の試合中の選手の運動出力として加速度をワイヤレス慣性センサから、移動距離・速度をビデオカメラから（デジタイズ作業を経て）、生理的指標として心拍数をワイヤレス心拍計から同時に計測した。分析は、身体運動・生理的応答・移動の各変数を試合の前半・後半でそれぞれ算出し、異なる競技レベルの相手チームとの試合において検証することによって、試合中の物理・生理的負荷の包括的理解を試みた。

II. 方法

1. 測定参加者と測定試合

本研究では関東大学男子バスケットボールリーグ 1 部のあるチームの主力 4 選手(185.5 ± 13.0 cm、ポジションはガード 2 人、フォワード 1 人、センター 1 人)を対象に測定を行った。測定した試合は、55 点差で大勝した関東大学男子バスケットボールリーグ 2 部の大学(大学 2 部)との試合、9 点差の僅差で勝った関東大学男子バスケットボールリーグ 1 部の大学(大学 1 部)との試合と、5 点差で敗戦したプロチーム(プロ 1 部)との計 3 試合であった(全て非公式試合)。プロチームは B リーグ所属の 1 部(B1)で、オフシーズンのためフルメンバーではなかったが、外国人選手は 2 名参加した。選手交代は実際の試合のため、監督が試合の状況に合わせて交代を行った(現代の競技の傾向として状況に応じて選手交代は頻繁に行うため、各試合で統制できなかった)。大学 2 部の試合は第 3 ペリオドまでに大差がついたため、主力である対象選手は第 4 ペリオドに出場しなかった(図 1b)。対照的に大学 1 部とプロチームとの試合は最後まで接戦となったため、第 4 ペリオドの 4 選手の出場時間は半分の 5 分を超えた(図 1b)。本測定は名古屋大学総合保健体育科学センターおよび東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た後、その手続きに従い行われた。

2. 測定

測定項目としては、まず基本データとして出場時間をデジタイズデータの記録時間から計算し

た。デジタイズの記録時間は、試合の時計とできるだけ合わせるようにした(試合の時計が止まればデジタイズしないようにした)が、厳密な同期はできず余裕を持って少し長めにデジタイズした。また主観的運動強度として、ボルグスケール(6-20 の間で「非常に弱い」から「非常に強い」までを選択)を用いて、試合直前と各ピリオド直後に運動強度の主観評価を行った。

選手の位置データをデジタイズするため、ビデオカメラ(HDR-CX480/T, Sony 社製)を用いて撮影し、FrameDIAS(DKH 社製、バージョン V)を用いて 5 Hz にて手動でデジタイズを行った。手動による変動を滑らかにするため、2 次のバターワースデジタルフィルタ(ローパスフィルタで遮断周波数は 2 Hz)を用いた。また心拍計について、Polar 社製 H7 心拍センサを胸部に付属のバンドにて装着し、1 秒毎の心拍が Bluetooth にて携帯電話端末に記録された。心拍に関してはフィルタ処理を行わず、生データの値を分析に使用した。心拍に関しては、試合会場におけるセンサと携帯端末の Bluetooth 通信の問題などで、ガードの 1 人とセンター 1 人のデータのみ比較可能であったため算出した(センター選手 1 は対大学の 1 試合は記録できなかった)。

ワイヤレス慣性センサは、ATR-Promotions 社製 TSND151(加速度の最大レンジは 16G で、サンプリング周波数は 100Hz に設定)を、3 選手の胸椎 T1 付近に体幹座標系にて専用ウェアのポケットに入れ固定した(x 軸:右方向、y 軸:上方向、z 軸:後ろ方向)。重心に近い位置である仙骨に貼付することが理想と考えられるが、胸椎 T1 付近は仙骨よりも直接的な接触が起こりにくいと想定された箇所であり、現在、侵入型(接触型)球技における市販の慣性センサの貼付位置のスタンダードになっている。慣性センサの加速度に関してはフィルタ処理を行わず、生データの値を使用した。

加速度(100 Hz)とカメラ(デジタイズは 5 Hz)の同期はジャンプ動作のデータをコマ単位(5 Hz)で合わせ、心拍(1 Hz)に関しては時計の時間と合わせて同期を行った。

3. 分析

分析は、試合全体の代表値と、前半・後半の代表値、1 ピリオド(計 4 ピリオド)ごとの代表値を分析の目的に応じて算出した。

まず選手の位置データを用いて、基本的な動作データとして 1 分当たりの移動距離とピーク速度を計算した。ピーク速度はノイズで過大評価されるのを防ぐため、速度のピーク値を抽出した中から、前半・後半の代表値としてはベスト 5 の中央値を、試合全体の代表値としてはベスト 10 の中央値を代表値として算出した。この順位は、少ない出場時間の中でできるだけ高い速度の値を抽出するためにデータを見て決定した。

加速度に関しては、体幹座標系の値のため 3 軸の合成加速度を分析に用いた。この値は、ジャンプ中の空中時には身体からみた慣性加速度と重力加速度が相殺して 0 G という値を示し、静かに立っているときには重力加速度のみの成分として 1 G と記録される。加減速・跳躍・身体接触など激しく動くと高い値を示すが、最大値自体は、しばしば着地などの衝撃のときに最も高い値(10 G 程度)を示すので、高ければ激しいとは必ずしも言えない。そのため、1G から 10G までの間で、本研究で考えられる激しい運動が行われたであろう時間(10 分間のうちに 1-2 分程度

だと思われる)を表現するような高加速度の閾値を試行錯誤して選んだ結果、2G 以上の加速度以上を記録した頻度を分析した。図 1 に 4 選手の 3 軸合成加速度の対数ヒストグラムを示す。どの選手・どの試合でも同じ傾向で、2G(縦線)のあたりで頻度が 1 分を切る希少な(激しい)運動であることがわかる。この頻度の解釈としては、身体に物理的に大きな力が働いた累積時間ということを示す。また出場時間の影響を取り除くため、この頻度を出場時間で割った割合も算出した。

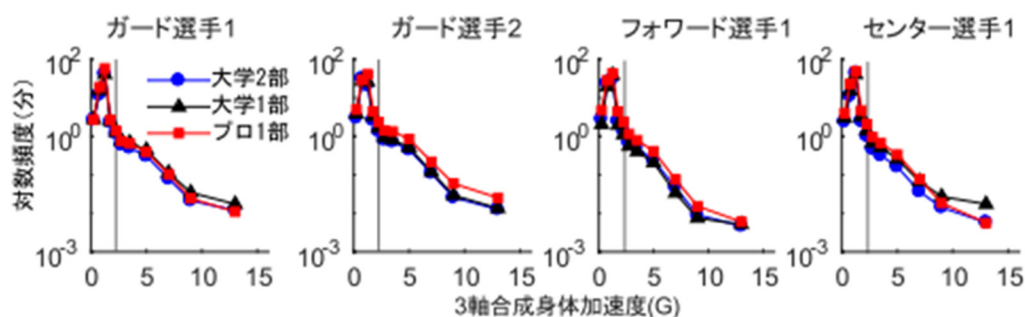


図 1 4 選手の 3 軸合成加速度の対数ヒストグラム

心拍の分析として、試合とは別の運動テストにより計測された最大心拍数を基準として、心拍数が最大の 90%を超えた頻度と、出場時間に対する割合を算出した。運動テストには、事前に 20m シャトルラン(文部科学省「新体力テスト」にある往復持久走)を用い、測定終了時点前後に最大値を記録した心拍数を最大心拍数とした。心拍数はただ長く・速く走っているだけでも高くなるため、間欠的な高強度の運動が行われた際の生理的応答を定量化するためには、心拍が各ピリオド内で回復した度合いを定量化することが必要であると考えた。この心拍の回復率に関しては、実験的に統制され十分妥当な休憩時間を用いて検証した研究(Barak et al., 2011)があるが、本研究の場合は実際の試合中で休憩する時間があれば、激しく動き続けられないといけない場合もあるため、各ピリオド内の心拍数最大値を記録後からピリオド終了までの区間における、心拍数最小値を算出した。またその最大心拍数に対する割合も算出した。さらに参考のため最大ピーク値(最大心拍数に対する割合)自体も算出した。前半・後半の代表値および試合の代表値は、各ピリオドにおけるこれらの値の最大値をそれぞれ算出した。

比較可能な人数が最大で 4 人であり、3 試合しか測定できなかったため統計的検定は行わなかったが、その代わりとして、4 人のデータを図に載せて結果を説明することとする。

III. 結果

1. 基本データ

図 2 は 4 選手の対大学 2 部、対大学 1 部、対プロの試合時の出場時間と主観的運動強度を示す。出場時間に関しては、バスケットボールではルール上 10 分×4 ピリオドの時間で行われるが、現代の競技の傾向として状況に応じて選手交代が多いため、本測定においても全 40 分間出場した選手は 1 人もいなかった。図 2a が示すように、対大学に比べ(21.3 ± 4.5 分)、プロと

の試合で3選手がやや出場時間が長かった(26.9 ± 3.7 分)。図 2b は各ピリオドの出場時間の推移を示す。実際の試合においては状況により出場時間が大幅に変化するため、以降の各結果の解釈には注意しなければならない。

次に主観的運動強度について、図 2c が示すように、試合後には対大学 2 部(12.0 ± 2.2)や大学 1 部(13.3 ± 1.1)に比べ、対プロ(15.5 ± 1.7)のときが最も高い値を示した。ただし試合開始の値(初期値)のばらつきが非常に大きいことに注意する必要がある。例えば対大学 2 部では通常よりウォーミングアップの質・量を増やしたことにより全選手の第 1 ピリオドの主観強度が高い値を記録していた。

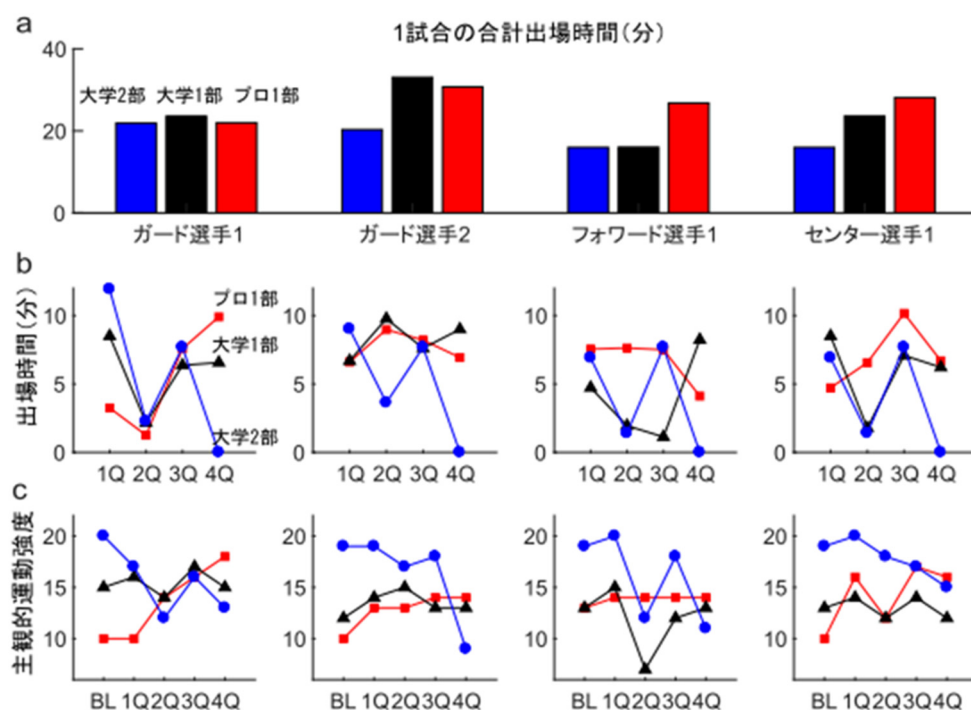


図 2 4 選手・3 試合の出場時間と主観的運動強度

2. 加速度

図 3 は激しい動きと考えられる、3 軸合成加速度が 2 G 以上記録した時間の長さ、出場時間で割った割合を示す。時間の長さ・その割合において、前後半どちらにおいても 4 人中 3 人が対大学に比べ、対プロで高い値を示した。前半と後半で比べると、高加速度を記録した時間の長さでは、各試合の後半で高くなったりならなかったりと一貫した傾向を見せなかったが、出場時間に対する割合では、各試合で 4 名中 3 名が後半で低くなる傾向がみられた。

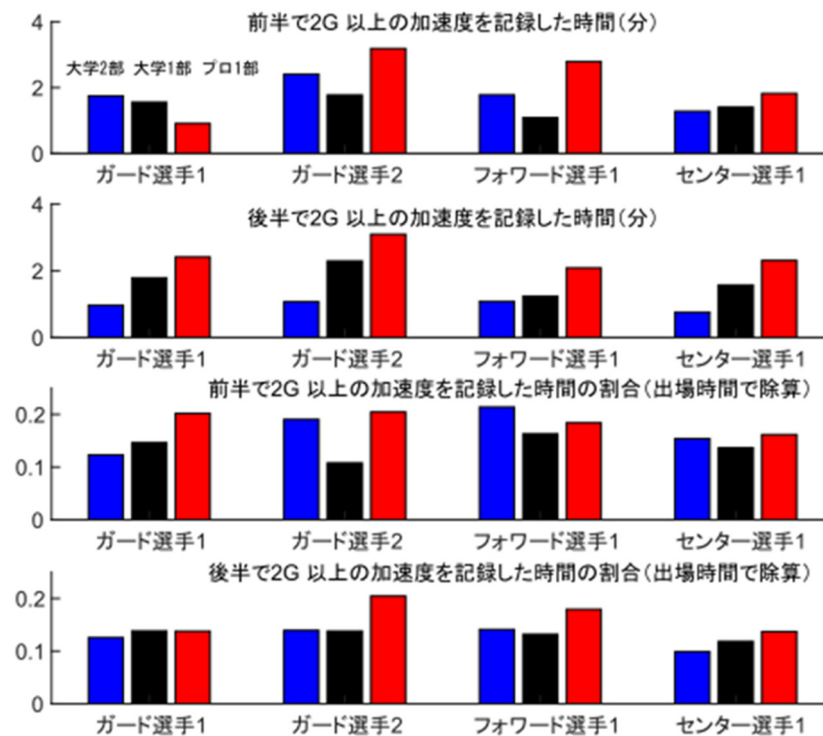


図 3 各試合の前半・後半における 2 G 以上の加速度を記録した時間とその出場時間に対する割合

3. 移動距離と速度

図 4 は移動距離とピーク速度を示す。移動距離もピーク距離も対プロの方が、対大学の方よりも値が全て高く、激しい動きだけでなく、長く走る、速く走るなど、様々な強度の出力が、対プロの試合で求められたことが明らかとなった。前半・後半では特に変化は見られなかった。

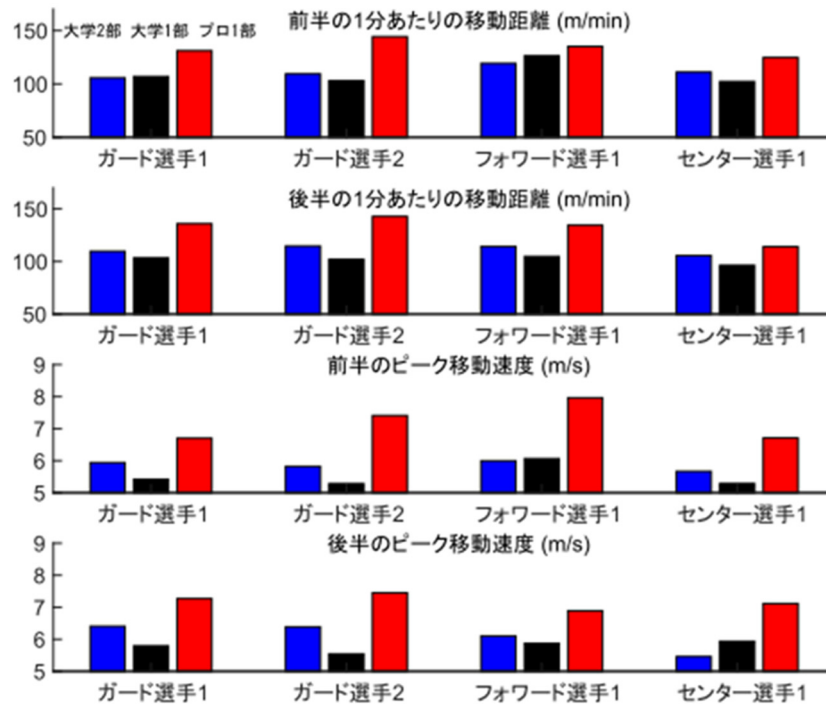


図 4 各試合の前後半における4選手の移動距離とピーク移動速度

4. 心拍

図 5 に 90 %以上の心拍数を示した時間と、その出場時間に対する割合を示す。2 選手しか比較可能なレベルで記録できなかったが、ガード選手 1 の 90%心拍記録時間については対大学 2 部の前半と対プロの後半で高い値を示したが、その出場時間に対する割合では、対プロで前後半とも高い値を示した(前半では運動テストの最大心拍数を超えたため1を超えた)。センター選手については、時間でもその割合でも対プロの前後半で、対大学 2 部のそれらよりも高い値を示した。

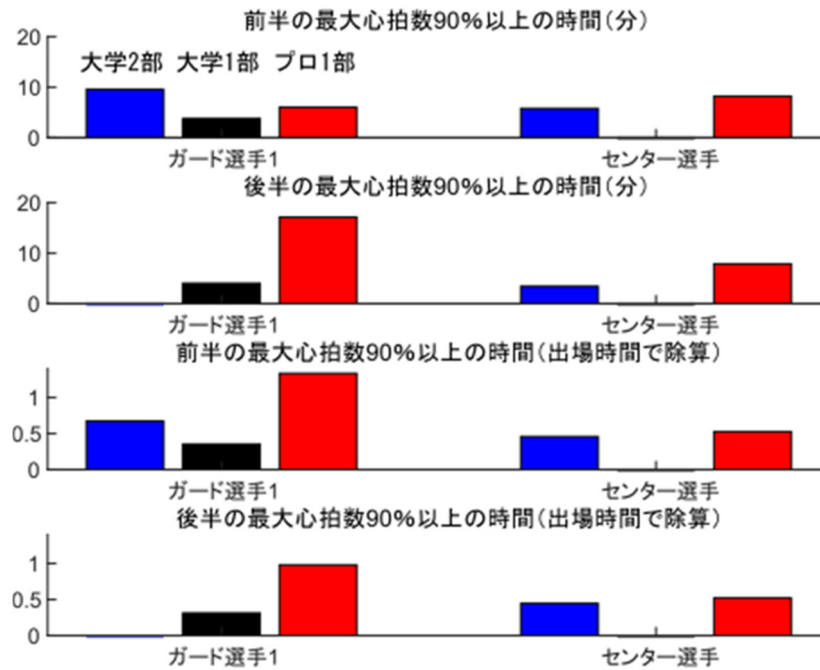


図 5 各試合の前後半における2選手の最大心拍数 90%以上の時間

図 6 は 2 選手の各試合の前半・後半において、心拍の最大値とその後に記録された最小値を示す。ガード選手 1 の対大学 2 部の前半においては基準となる別に記録された心拍最大値を超えた心拍を記録していることがわかる。また 2 選手とも、後半では対プロの試合において対大学の試合よりも最大心拍およびその後の最小値が最も高く、心拍が低い値まで回復しなかったことを示した。

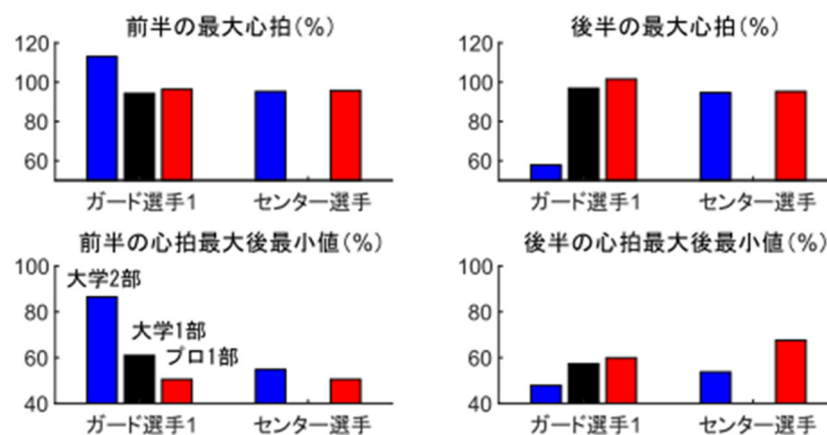


図 6 各試合の前後半における2選手の心拍の最大値とその後に記録された最小値

図 7 は本研究の目的である異なる競技レベル相手の試合における物理・生理的負荷の包括的な理解に必要な、上記 2 選手の各試合における各変数の前半・後半での変化を示す。図 7 左下の大括弧に囲まれた数値は、各変数の全員における最小値と最大値を示し、これを基準にレーダーチャートの最も外側が最大値を、最も内側(の円周)が最小値を示すように変数の標準

化を行った。図 7 は既に示した結果のまとめのため繰り返しになるが、2 選手の前半においては、対大学 2 部にて前半での心拍や主観的運動強度が高かった(おそらくウォームアップによるもの)ことを除けば、多くの運動出力の指標(移動距離、速度、加速度)において対大学よりも対プロで高まったことがわかる。一方、2 選手とも対プロの後半で、対プロの前半や対大学の後半に比べてレーダーチャートが大きく広がり、多くの物理・生理的負荷が増大していることがわかる。

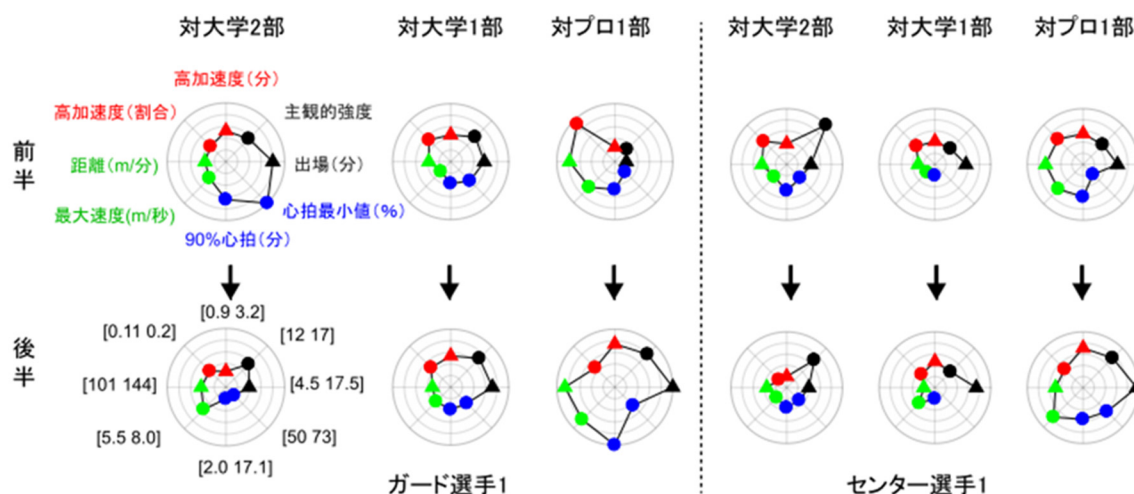


図 7 各試合における 2 選手の各変数の前半・後半での変化

IV. 考察

本研究の目的は、競技レベルが高い相手との試合における物理・生理的負荷を包括的に理解することにあつた。本研究の結果を解釈するには少ないサンプル数であることに注意する必要があるが、今後より簡便に計測可能な物理・生理的データに関する分析例やその解釈を提示できたという点で意義はあると考えられる。試合の展開としては、対大学 2 部は第 3 ピリオドまでに大勝であり、接戦であつた他の 2 試合と大きく異なつたが、本研究の目的は対プロと対大学での試合中の物理・生理的指標を比較することであるため、対大学での接戦と大勝という 2 つの極端なパターンを考慮できたことは(わずかであるが)研究結果の妥当性を高めた。

まず目的 1 の、前半における物理的負荷に関しては、全ての変数(移動距離、速度、加速度)について、ほとんどの値が対プロの時で高くなつていたことが明らかになった。競技レベルの高い相手と試合をする時は、最初に点差を開けられてしまうと追いつくことが難しいため、前半から高いレベルでの運動出力が求められると推測される。

前半の生理的応答と運動出力の関係については、対プロでのガード選手 1 が短い出場時間で単位時間あたり激しく・速く・長い距離を動いていたり、対大学でのセンター選手 1 が(おそらく強度の高いウォームアップで)高い主観的運動強度を記録していたりするなど多様な状況であつたにも関わらず、生理的指標の 1 つである 90%心拍を記録した時間においては、両選手・全試合で変わらないレベルであつた。心拍最大後の最小値に関しては、対大学の方が 2 選手とも前半では高い値を示したが、これは後に示す後半での低下に見られるように、対大学 2 部での強度

の高いウォームアップが原因であると考えられる。これらの結果から、負荷が累積していないと考えられる前半においては、相手の競技レベルが高いと運動出力のレベルを高める傾向があるものの、生理的応答に関しては相手の競技レベルに関係ない傾向にあることが示された。

次に目的 2 の、高い競技レベル相手の後半で、物理・生理的負荷が高まるという仮説を検証した。まず物理的負荷に関しては、4 人中 3 人が後半に 1 分あたり長く走るということと、4 人中 3 人が対プロでのみ後半まで速く走り続けること、4 人中 3 人が後半になると出場時間あたりの高加速度の頻度が落ちることが明らかになった。前半では高い競技レベル相手にあらゆるレベルの運動出力を高めていたが、後半では移動距離・速度は高いレベルを維持していたものの、高加速度の頻度つまり激しい動きがプロ相手の後半には維持できていなかったことが示された。このことにより、出場時間あたりの高加速度 (2 G 以上) の頻度が、プロ相手に後半で経験的に見られるような物理的負荷における指標になりうる可能性が示唆された。

生理的負荷については、ガード選手 1 については(出場時間の増大とともに)対プロの後半で 90%心拍数の頻度および心拍最大後の最小値が最大レベルに増加したことが示された。センター選手については、90%心拍数の頻度は両試合の前後半で変わらなかったものの、心拍最大後の最小値は対プロの後半で最も高くなっていた。これらの結果から、対プロの後半で心拍最大後の最小値が高くなる(心拍の回復が低下する)という生理的な負荷を表す指標が、試合後に感じた主観的にもきついという感覚よりも前に起こっていたことにより、この心拍最小値が高い競技レベル相手に生じる負荷を示す指標になりうる可能性が示唆された。

さらに対プロの試合の運動出力(高加速度の時間)と生理的負荷(心拍最小値)に関して詳しく検討するため、各ピリオドで比較した(図 8)。高加速度の頻度は 2 選手とも第 3 ピリオドが最も高くなっていたが、その出場時間に対する割合では第 1 ピリオドが最も高く、第 2・第 3 ピリオドで 2 選手とも差は見られなかった。一方心拍の最小値は第 2 ピリオドに比べ第 3 ピリオドで増加が見られた。本研究ではこれ以上の時間解像度の高い分析は行わないが、この原因には 3 つのシナリオが推測される。1 つは対プロの 2 ピリオドで高加速度の運動出力頻度(割合)がすでに低くなっていたことから、何らかの高い負荷が蓄積され、第 3 ピリオドで心拍最低値が高くなった、つまり生理的な回復も追いつかなくなっていたという可能性である。2 つめは第 3 ピリオド(後半)で生理的な回復が低下したため、プロ相手に競うための高加速度の運動出力の頻度が落ちてしまったという可能性である。両者は本分析結果において同時に記録されているため区別できず(両方とも成立する可能性もある)、今後はより時間を細かく分解して前後関係を詳細に検討する必要がある。3 つめのシナリオは高加速度の運動出力とは関係なく、心拍の回復が低下した(最小値が増加した)という可能性である。今回の対プロの試合では、高加速度の出力だけでなく、移動距離や速度も対大学よりも高くなっていたため、これらが心拍の回復に影響を与えている可能性も十分考えられる。これらの要因をコントロールすることは、実際の試合を記録している以上不可能であるため、今後はより多くの試合を計測することによって、より詳細に本研究の経験的仮説を検証することが求められる。

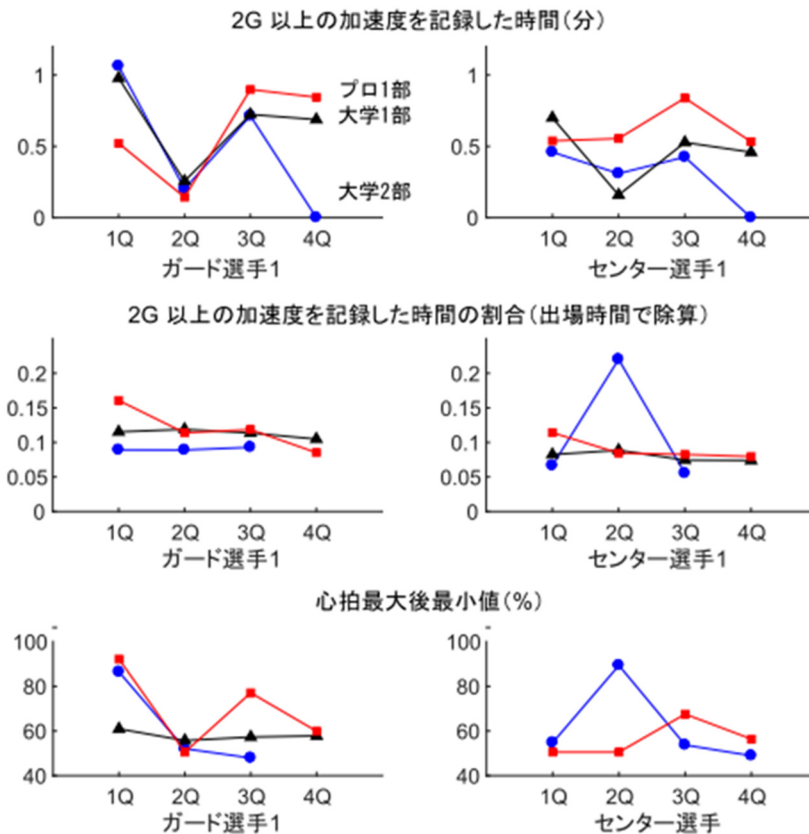


図 8 各ピリオドの 2 選手の加速度・心拍に関する変数

V. まとめ

本研究では負荷が累積していないと考える試合前半において、運動出力と生理的応答が異なる競技レベル相手に対してどのように異なるかを検討することを第 1 の目的とした。そして第 2 の目的として、経験的仮説である、高い競技レベル相手に後半で負荷が累積して何らかの物理・生理的応答が見られる、という仮説を検証した。試合前半においては、相手の競技レベルが高いと運動出力のレベルを高める傾向があるものの、生理的応答に関しては相手の競技レベルに関係ない傾向にあることが示された。しかし試合後半においては、移動距離・速度は対プロにおいても高いレベルを維持していたものの、出場時間あたりの高加速度の頻度は 4 名中 3 名で低下し、心拍最大後の最小値は 2 名中 2 名が増加(心拍の回復が低下)したことが明らかとなった。計測した選手数が少ないため今後はより多くの試合を計測する必要があるが、これらの指標が高い競技レベル相手に生じる物理・生理的負荷を示す指標になりうる可能性が示唆された。

VI. 現場への示唆

練習でのダッシュはとても速く、あるいは長い距離を走ることができるのに、高い競技レベル相手のゲームになると、(前半はいい勝負をできていたとしても)後半に「足が止まって」点差を開けられてしまうとしたら、本研究における「動きの激しさ」に注意を払う必要があるかもしれない。ここでいう「動きの激しさ」とは、1 歩目の動き出し、2 歩目の加速、ストップや切り返し、ジャンプやその着地、ボディコンタクト等における、スピードの変化が生じる局面の一瞬の動きを指す。こちらの動

きを読んで対応してくる相手を振り切る(付いていく)ためには、この一瞬の動きが決定的であるため(Fujii et al., 2015b)、実際のゲームにおいて重要であることは言うまでもない。さらに、強いチームとのゲームにおいては、相手を振り切る(付いていく)ために練習場面よりも素早く動き出したり、切り返したり、あるいは高くジャンプしたり、強いボディコンタクトをしないとイケないかもしれない。それにも関わらずこの「激しく動いた時間」の長さは、本研究では4名中3名で強いチームと試合をした時に後半で低下した。移動距離やスピードにはそのような傾向がなかった(後半も維持された)にもかかわらずである。おそらく本研究の試合では、強いチームと激しい攻防を繰り返していくと、普段のダッシュやフットワークでは考えられないほどの疲労が生じ、後半ではいつものプレーができなくなったのかもしれない。このことは、生理的な回復度を示すと考えられる、「心拍が一度ピークを記録してから最小値」が強いチームとの試合の後半で下がらなかった、つまり生理的に回復しなかったことにも現れた。これらは普段の練習で想定している「動きの激しさ」とゲームでの「動きの激しさ」のギャップが大きいことが原因として考えられる。本研究で定量化した「激しく動いた時間」や「心拍が一度ピークを記録してから最小値」等の指標によって、強いチームとの試合を想定した練習や試合の「激しさ」をチェックできる可能性があり、今後強いチームに勝つために、役立つ情報を提供できるかもしれない。

VII. 謝辞

本研究を遂行するにあたって、東海大学の陸川章先生と名古屋大学の山本裕二先生には多くのご支援を頂きました。また本研究の一部は、科学研究費(若手研究(B)15K16464、特別研究員奨励費 26・407)及び公益財団法人ミズノスポーツ振興財団、公益財団法人ヤマハ発動機スポーツ振興財団の助成を受けて行いました。ここに感謝申し上げます。

VIII. 参考文献

- ・ Abdelkrim, N. B., El Fazaa, S., & El Ati, J. (2007). Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *British Journal of Sports Medicine*, 41(2): 69-75.
- ・ Barak, O. F., Ovcin, Z. B., Jakovljevic, D. G., Lozanov-Crvenkovic, Z., Brodie, D. A., & Grujic, N. G. (2011). Heart rate recovery after submaximal exercise in four different recovery protocols in male athletes and non-athletes. *J Sports Sci Med*, 10(2): 369-375.
- ・ Barron, D. J., Atkins, S., Edmundson, C., & Fewtrell, D. (2014). Accelerometer derived load according to playing position in competitive youth soccer. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 14(3): 734-743.
- ・ Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(10): 1025-1042.

- ・ Fujii, K., Isaka, T., Kouzaki, M., & Yamamoto, Y. (2015a). Mutual and asynchronous anticipation and action in sports as globally competitive and locally coordinative dynamics. *Scientific Reports*, 5.
- ・ Fujii, K., Yoshioka, S., Isaka, T., & Kouzaki, M. (2015b). The preparatory state of ground reaction forces in defending against a dribbler in a basketball 1-on-1 dribble subphase. *Sports Biomechanics*
- ・ Matthew, D., & Delextrat, A. (2009). Heart rate, blood lactate concentration, and time-motion analysis of female basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 27(8): 813-821.
- ・ McInnes, S. E., Carlson, J. S., Jones, C. J., & McKenna, M. J. (1995). The physiological load imposed on basketball players during competition. *Journal of Sports Sciences*, 13(5): 387-397.
- ・ Montgomery, P. G., Pyne, D. B., & Minahan, C. L. (2010). The Physical and Physiological Demands of Basketball Training and Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(1): 75-86.
- ・ Taylor, J. (2003). Basketball: Applying time motion data to conditioning. *Strength and Conditioning Journal*, 25(2): 57-64.