

ICT を用いた心拍数のリアルタイム受信と可視化

—体育授業中の心拍数測定について—

石原美彦*・加藤知己**・木村 憲***・古賀 初****

Real-time monitoring and visualization of heart rate in using ICT

—Heart rate measurement in PE Classes—

ISHIHARA Yoshihiko*, KATO Tomoki**, KIMURA Ken***, KOGA Hajime****

キーワード: Heart rate, Wearable device, ICT, Physical education, Exercise intensity

1. 背景

昨今の情報・ネットワーク化に伴い、学校体育でも ICT (Information and Communication Technology: 情報通信技術) を利活用した授業展開が求められ²⁾、文部科学省も、心身の健康の保持増進と豊かなスポーツライフの形成のために ICT を活用することを推奨している³⁾。ICT の利活用は、知識および技能の習得、思考力・判断力・表現力等の育成、学びに向かう力、人間性等の涵養が期待されている。

昨今の体育・スポーツ分野においては、一般的に、健康増進のための身体活動の重要性が知れ渡り始めており、工学系のテクノロジーが応用されたウェアラブルデバイスが広く普及し、Bluetooth を介して、タブレット端末やモバイル端末に活動データを受信させることが容易となった。また今般の COVID-19 の感染拡大を取り巻く環境の中で、運動・生活習慣の自己管理は非常に重要性を増し、ICT を活用したそれらのデータ化や可視化は、さらに発展していく可能性がある。

身体活動や運動の生理学的指標として、心拍数は広く一般的に普及し、Apple Watch 等のスマートウォッチをより、いつでもどこでも誰でも容易に計測可能となっている。心拍数は、①デバイスの簡便性、②測定値の信頼性や再現性、③運動中の強度

の尺度だけでなく、運動処方 の指標としての有用性、④利用の大衆性 (研究者や指導者だけでない) や個別性 (性別・年齢・体力等の特性に応じて使用できる)、⑤汎用性 (絶対値と相対値があり、最大値の推定が可能である) の観点より、最適な生理学的指標である¹⁰⁾。最近では、コードレスなテレメトリー式の心拍計の課題であった多人数測定が容易になり、Bluetooth を利用して送受信が可能となった。とりわけタブレット端末上で受信されたリアルタイムの心拍数を把握することができるようになり、心拍数を用いた運動強度の可視化が指導・教育現場でも可能となった⁴⁾。この心拍数のリアルタイム受信と可視化は、学習者自身の知識および技能の習得、思考力・判断力・表現力等の育成、学びに向かう力、人間性等の涵養とともに、学生間の気づきや対話も育むことが期待できる⁴⁾。

そこで本研究は、ICT を活用した大学体育実技の基礎資料として、ウェアラブルデバイスおよびタブレット端末を利用して、活動中の心拍数をリアルタイムに受信・可視化しながら、各種スポーツ実技の運動強度を調査することを目的とした。

2. 方法

2.1. 対象科目

2019 年度後期に 1 年次を中心に配当されている

* 人間科学系列助教 Assistant Professor, Department of Humanities, Social and Health Sciences
** 人間科学系列教授 Professor, Department of Humanities, Social and Health Sciences
*** 人間科学系列准教授 Associate Professor, Department of Humanities, Social and Health Sciences
**** 人間科学系列講師 Lecturer, Department of Humanities, Social and Health Sciences

理工系大学教養科目のスポーツ・健康科目「トリムスポーツⅡ（選択）」である。本授業科目の目標は、スポーツ実践を通じて運動・スポーツと健康の意義を認識し、健康・体力を自己管理できる能力を習得することであり、運動習慣の定着を主なねらいとして生涯にわたり継続できるスポーツ種目の技能と安全に関する知識や方法についてより発展的に学ぶことにある。本授業プログラムは、2 コマ連続(200 分)による実技種目中心の授業形態である。スポーツ実技開始前後における体力テスト・健康度生活習慣調査 (PRE・POST 調査)、実技授業開始前における座学講義 (以下 3 テーマを 1-3 週で実施: ウェイトコントロール, 有酸素性運動, 無酸素性運動), そしてスポーツ実技種目である。スポーツ種目は、履修学生に対して授業第 1 週から第 3 週までの間に行われる座学及び体力テスト授業内で希望調査を取り、各曜日・時限ごとに希望の多い 3 種目を選抜する。3 種目の中から学生は自身が希望する種目を 8 週間連続で実施することとしている。なお 2019 年度後期は、フットサル、バドミントン、バレーボール、テニス、卓球が実施された。

授業日当日のプログラムは、スポーツ実技実施前後において、課題学習のための資料を用いて生活習慣の振り返りや、授業の目標とその振り返りを学生自身が行う内容が組まれている。

2.2. 対象者およびデータサンプル

上記 5 種目の実技授業における、のべ 340 名を分析対象とした。測定・調査にあたり、口頭および



図 1. 測定風景と測定画面

書面にて、測定・調査の内容・方法、受講者の教育上の利益、受講者の不利益、測定・調査内容の取り扱い、個人情報保護について説明を行い、全ての対象者から書面による同意を得た。スポーツ種目ごとの内訳は、フットサル 83 名、バドミントン 141 名、バレーボール 62 名、テニス 45 名、卓球 9 名であった。

2.3. 測定

スポーツ活動中の運動強度の測定のために、携帯型心拍計 Polar OH1 (Polar 社製) を用いて心拍数を測定した。最高心拍数 (HRmax) は 200 年齢から設定し、5 段階の強度別の心拍数は Polar 社の方でデフォルト設定されている次の段階を用いた。Zone1: 60%HRmax 未満, Zone2: 60~70%HRmax, Zone3: 70~80%HRmax, Zone4: 80~90%HRmax, Zone5: 90%HRmax 以上。

出欠確認および授業の概要を説明したのち、デバイスを配布した。学生はデバイスの電源をつけたのち、自身の上腕後面部にそのデバイスを、専用



図 2. 授業内課題資料

ゴムバンドを用いて装着した。タブレット端末 iPad (Apple 社製) にてデータ受信ソフトウェア Polar team (Polar 社製) を起動, 測定開始させ, Bluetooth 経由でリアルタイムの心拍数を, 準備運動, 練習, ゲーム, 練習やゲーム間の休息など, 授業開始から終了まで連続して計測した。スポーツ種目実施中は, 実測値, 最高値, 最小値それぞれの絶対値 (拍/分) および HRmax に対する割合 (%HRmax), 5 段階の強度別の心拍数での活動時間が, iPad 画面上に 40 名まで表示され, いつでも教員や学生が上記項目を確認できる (図 1)。スポーツ種目の実施が終わり次第, ソフトウェアの記録モードを停止し, 学生自身でデバイスの電源を切らせて, デバイスを回収した。その後, 学生はタブレット端末上のソフトウェアを見ながら, 測定された自分の心拍数を確認し, 授業課題資料 (図 2) の転記箇所に, 自身の 5 段階の強度別の心拍数での活動時間を転記した。

2.4 分析項目

本研究の分析項目は, 平均心拍数 (絶対値および相対値: %HRmax), 最高心拍数 (絶対値および相対値: %HRmax), 70 %HRmax 強度以上での活動時間, 最高心拍数の 90 %HRmax 強度以上での活動時間とした。

2.5 統計分析

本研究で得られた全てのデータは平均値 \pm 標準偏差 (Mean \pm SD) で示した。統計処理は Prism 8.0 (GraphPad Software) を用いて行った。スポーツ種目別 (フットサル, バドミントン, バレーボール, テニス, 卓球) の比較には対応のない 1 要因分散分析を行い, 有意差のあるものに対しては Tukey's multiple comparison test による多重比較を行った。統計学的有意水準は 5%未満とした。

3. 結果

スポーツ種目別の平均心拍数はそれぞれ, フットサル 135 ± 14 拍/分 (67.7 ± 6.8 %HRmax), バドミントン 130 ± 16 拍/分 (65.2 ± 7.9 %HRmax), バレーボール 127 ± 16 拍/分 (63.4 ± 8.1 %HRmax), テニス 127 ± 16 拍/分 (63.5 ± 7.9 %

HRmax), 卓球 118 ± 10 拍/分 (59.3 ± 4.7 %HRmax) であった (図 3a)。フットサルはバレーボール, テニス, 卓球の 3 種目と比べて有意に平均心拍数が高かった ($p < 0.05$)。

最高心拍数はそれぞれ, フットサル 189 ± 11 拍/分 (94.6 ± 5.6 %HRmax), バドミントン 182 ± 18 拍/分 (91.2 ± 8.8 %HRmax), バレーボール 176 ± 20 拍/分 (88.2 ± 10.0 %HRmax), テニス 168 ± 18 拍/分 (84.1 ± 8.9 %HRmax), 卓球 154 ± 22 拍/分 (77.3 ± 11.3 %HRmax) であった (図 3b)。フットサルは他の 4 種目と比べて有意に最高心拍数が高かった。また, バドミントンはテニスおよび卓球よりも, バレーボールは卓球よりも有意に高かった ($p < 0.05$)。

70 %HRmax 強度以上での活動時間はそれぞれ, フットサル 86.7 ± 31.5 分, バドミントン 95.2 ± 38.6 分, バレーボール 86.8 ± 36.4 分, テニス 73.4 ± 39.9 分, 卓球 39.1 ± 28.9 分であった (図 3c)。フットサルおよびバドミントンは, テニスおよび卓球よりも有意に 70 %HRmax 以上の活動時間が多かった ($p < 0.05$)。200 分の授業時間に対するそれぞれの種目の 70 %HRmax 強度以上での活動時間の割合は, フットサル 43.4 %, バドミントン 47.6 %, バレーボール 43.4 %, テニス 36.7 %, 卓球 19.6 % であった。

90 %HRmax 強度以上での活動時間はそれぞれフットサル 30.5 ± 18.6 分, バドミントン 22.7 ± 21.8 分, バレーボール 13.8 ± 14.7 分, テニス 9.4 ± 17.8 分, 卓球 2.2 ± 3.4 分であった (図 3d)。フットサルは他の 4 種目と比べて有意に 90 %HRmax 以上での活動時間が多く, また, バドミントンはバレーボールおよびテニスよりも有意に多かった ($p < 0.05$)。

4. 考察

本研究は, ICT を活用した大学体育実技の基礎資料として, ウェアラブルデバイスおよびタブレット端末を利用して, 活動中の心拍数をリアルタイムに受信・可視化することを試みた。この方法は, 学生にとって自身の心拍数を確認しながら, 主観的に感じるきつさと照らし合わせることで, また練習やゲームにおける同じ仲間の心拍数を確認しな

がら、作戦（選手交代も含む）や戦術を考えることが実践でき、能動的学習の実践と、知識技能や思考判断表現力などの育成として⁸⁾⁹⁾、有効な手法であった。また教員側も、自身が計画した練習やゲームのオーガナイズに対する即座フィードバックが得られ、学習者だけでなく指導者側に対しても、有意義な情報を提供してくれるシステムであった。

大学体育授業におけるスポーツ実技中の運動強度について、フットサルでは、ゲーム中に 168 拍/分、ウォーミングアップを含めた授業全体で 145 拍/分であることが報告されている⁶⁾。本研究のフットサルでは、HRmax 付近に到達する強度がありながら、活動中を通して、低中強度（60~70 %HRmax）の運動強度が確保されており、一般的な大学生を対象とした有酸素運動の強度として、最適で

あったと考えられる¹⁾。

またバドミントンも、ネット型のスポーツ種目の中でも中強度以上での活動時間が最も多い種目であり、フットサルと同様、有酸素運動としての強度を確保できる室内スポーツ種目として、適していると考えられる。したがって、バレーボールやテニスもフットサルやバドミントンほどの強度ではないものの、心拍数から見た運動強度や、70 %HRmax 強度以上での活動時間は他種目と同程度の時間が確保されており、日常での運動習慣がない学生にとっては適した運動強度のスポーツ種目であると言える。

先行研究によると、授業中に心拍数が 130 拍/分を超える時間は、サッカーの授業において授業時間の 50 %程度であることが報告されており⁷⁾、バ

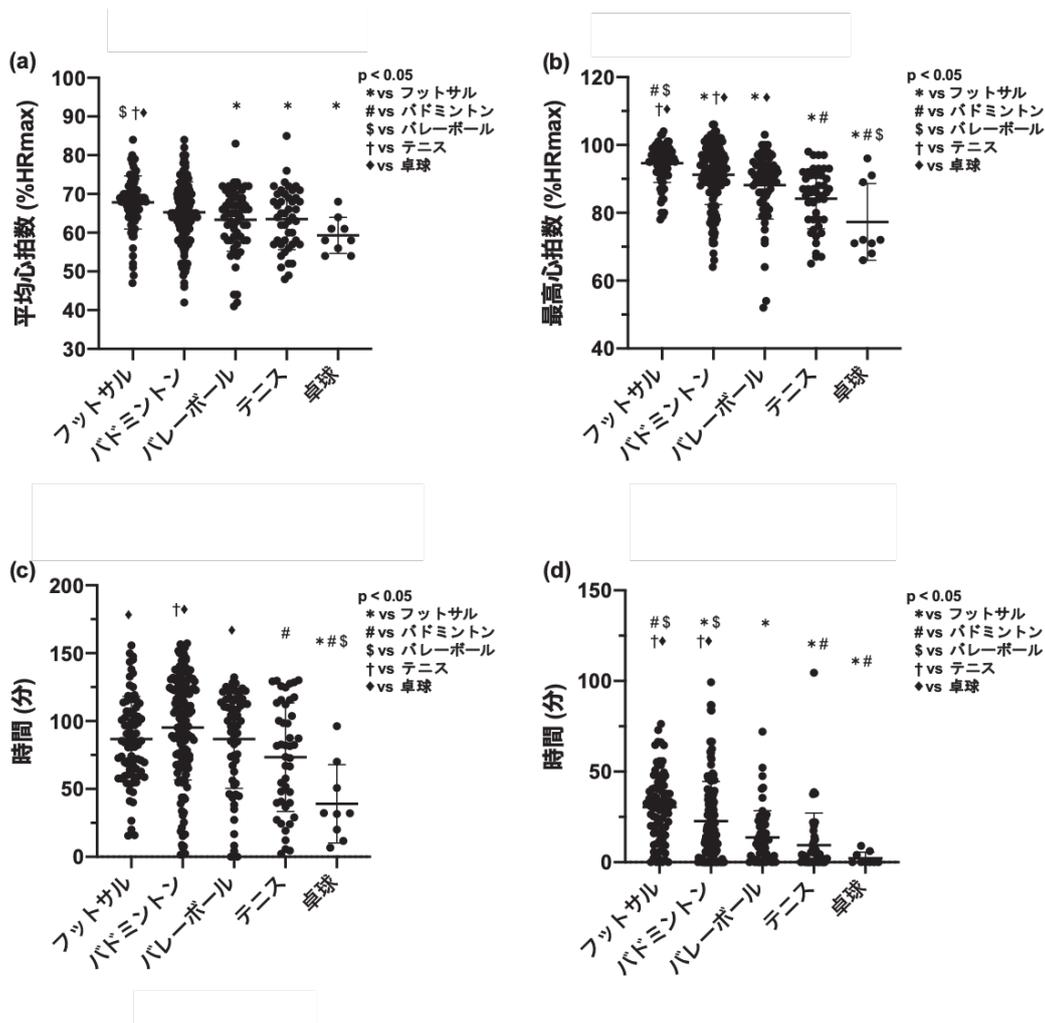


図 3. スポーツ種目別の平均心拍数 (a), 最高心拍数 (b), 70% (c), および 90%HRmax 強度以上での活動時間 (d)

ドミントンでは 30%程度、バレーボールは 20%前後であったことが報告されている。本研究では、フットサル、バドミントン、バレーボールで 40~50%、テニスでも 36.7%であった。このことから、履修者の意欲や体力特性、日常の運動習慣の影響は考えられるものの、本研究の対象となった授業では、有酸素運動の強度として適した強度で、練習やゲームのオーガナイズや時間配分がなされていたと考えられる。

従来の研究で取られてきたデバイス単体による心拍数測定ではなく⁶⁾⁷⁾、参加者全員の心拍数をリアルタイムに集約して可視化することで、データに応じたグルーピングや運動処方⁸⁾の再考や、学生間の気づきや対話の促進など、教育手法としてのさらなる活用が期待される。また基礎資料としての蓄積として、体力テスト結果や健康度調査などとの関連性や、活動中の心拍数をリアルタイムに受信・可視化と授業時間内での記述式セルフモニタリング(図 2)の組み合わせによる教育効果の検証⁹⁾、多様な大学体育実践における様々なコンピテンシーの育成効果も含めて検証する必要がある³⁾。

5. まとめ

本研究は、ICT を活用した大学体育実技の基礎資料として、ウェアラブルデバイスおよびタブレット端末を利用して、活動中の心拍数をリアルタイムに受信・可視化しながら、各種スポーツ実技の運動強度を調査することを目的とした。その結果、フットサルやバドミントンは運動強度が他の種目に比べて高く、HRmax 付近の活動も行われていた。中強度程度(70%HRmax)での活動時間はバドミントンが最も多く、バレーボールはフットサルと同程度の活動量となる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) American College of Sports Medicine: 運動処方の指針 原著第 8 版 運動運動負荷試験と運動プログラム, 日本体力医学会体力科学編集委員会監訳, 南江堂, 160-172 (2011)
- 2) 梶 ちか子, 松元 隆秀, 佐藤 豊, 金高 宏文: 体育系大学のダンス授業における ICT 活用によるダンス映像視聴・評価活動の実践 -大学 3・4 年生を対象とした授業

の分析を通じて-, 大学体育学, 15, 31-45 (2018)

- 3) 加藤 知己, 木村 憲, 古賀 初, 石原 美彦: 「富士登山キャンプ」参加後における 大学生のチームワーク能力の変容に関する予備調査, 東京電機大学総合文化研究, 17, 109-114 (2019)
- 4) 鈴木 直樹, 鈴木一成: 体育の「主体的・対話的で深い学び」を支える ICT の利活用, 創文企画, 70-73 (2019)
- 5) 瀧本 真己, 木内 敦詞, 石道 峰, 中村 友浩, 西脇 雅人: 大学体育実技授業の振り返り文章数を多く記述するほどライフスキル の獲得が促進される:大学体育授業を対象とした縦断研究, 大学体育学, 15, 3-11 (2018)
- 6) 中村 大輔, 鈴木 滋: 心拍数を用いたサッカーおよびフットサルの授業展開, 大学体育, 30(2), 19-22 (2003)
- 7) 三宅 章介 蓑内 豊 佐渡 清隆: 心拍数から見た大学体育実技の運動強度, 北星学園大学経済学部北星論集, 37, 129-134 (2000)
- 8) 文部科学省: 各教科等の指導における ICT の効果的な活用について (2020)
https://www.mext.go.jp/content/20200911-mxt_jogai01-000009772_19.pdf
- 9) 文部科学省: 体育・保健体育科の指導における ICT の活用について (2020)
https://www.mext.go.jp/content/20200911-mxt_jogai01-000009772_10.pdf
- 10) 山地 啓司: こころとからだを知る心拍数, 杏林書院, 11-13 (2013)