

補助事業番号 2023M-275

補助事業名 2023年度運動用具の解析によるヒト運動中の消費エネルギーの  
計測システムの研究開発補助事業

補助事業者名 神奈川大学人間科学部 衣笠竜太

## 1 研究の概要

本事業では、IMUセンサを用いてカヌーパドリング中のエネルギー代謝を高精度で推定することを目指し、様々な実験を行った。まず、IMUセンサの取付方法の検討を行い、エルゴメータを用いた予備実験でパドルの長さや負荷の調整を行った。その後、水上でのデータ収集に向けた調整を行い、被験者を対象に実験を実施した。データ収集では、酸素摂取量やモーションデータの測定を行い、加速度センサを使用してパドリング中のエネルギー代謝を推定した。その結果、右手首と右肩の加速度データから高精度なエネルギー代謝の推定が可能であることが確認された。この研究成果は、今後の運動用具開発やスポーツ科学の分野での応用が期待される。

## 2 研究の目的と背景

運動不足は世界における死亡原因の第4位である(WHO, 2010)。米国の成人5万人を対象とした最近の研究(Sallisら, 2021)によれば、全く運動をしていなかった人は常に運動していた人と比べて、新型コロナウイルス感染症により集中治療を必要とする確率は1.7倍高く、死亡する確率が2.5倍高いことが分かった。本邦において、新型コロナウイルス感染症流行前と比べて、流行後に運動不足になった人は62%にもものぼるため(ショップジャパン, 2020)、運動不足の問題はコロナ禍により深刻化している。

運動の過剰や不足はエネルギー消費量によって判定できる。呼気ガス分析装置や二重標識水は、エネルギー消費量を正確に計測できるが、日常的に使用できないという問題がある。一方、スマートウォッチやスマートフォンは携帯性に優れているが、誤差が大きい(Sladeら, 2021)という問題がある。そのため、最新の手法よりも大幅に低い誤差でリアルタイムに消費エネルギーを推定でき、幅広いスポーツ種目にも使用できる汎用性の高い次世代ウェアラブルシステムが求められている。

## 3 研究内容

(1) 実験室での予備実験 (<https://muscle.kanagawa-u.ac.jp/study3/jka.pdf>)

パドルの持ち手位置と負荷の調整を行う予備実験を進めた。その後、カヌーエルゴメータを用いて、無負荷でピッチ80bpmでの3分間のパドリング中の酸素摂取量とモーションデータの測定を行った(図1)。



図 1. パドリング中の酸素摂取量とモーションデータ測定の様子

(2) 水上でのデータ収集 (<https://muscle.kanagawa-u.ac.jp/study3/jka.pdf>)



図 2. 水上でのデータ収集の様子

水上でのデータ収集を行った(図2)。被験者の口には可搬型呼気ガス分析装置のマスク、背部にはバッテリーを背負っていた。胸部、頸部、上腕部に加速度センサを貼付し、防水テープで固定した。80 bpmでの3分間のパドリング中の呼気ガスデータと加速度データの収集に

成功した。

(3) データ解析 (<https://muscle.kanagawa-u.ac.jp/study3/jka.pdf>)

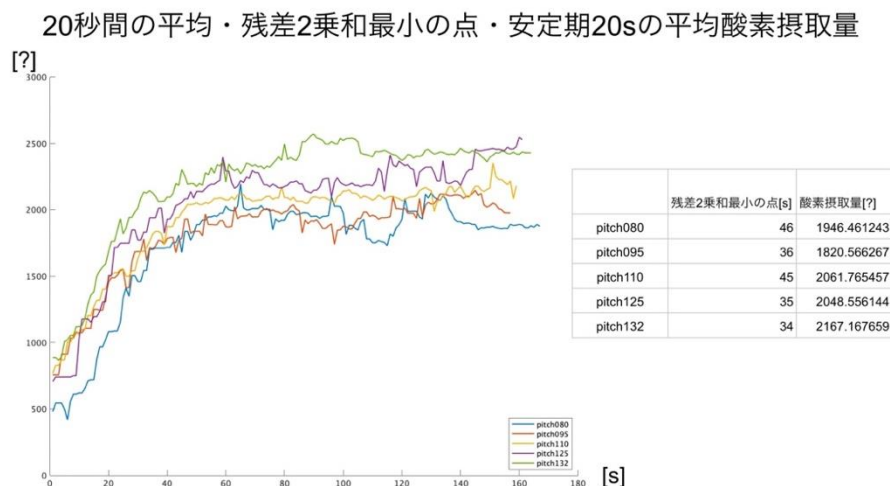


図 3. 酸素摂取量の定常状態の解析

5つの異なるピッチでの3分間の酸素摂取量から定常状態の区画を判別し（残差2乗和最小の点）、定常状態における酸素摂取量の平均値を算出した（図3）。重回帰分析の結果、右肩の加速度と右手首の加速度の組み合わせだと、相関係数は0.995（p値は0.009）、決定係数は0.990となり、酸素摂取量を非常に高い精度で説明できることがわかった。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究の成果は、運動用具の解析を通じてヒトの運動中の消費エネルギーを高精度で測定する技術を確立した点で、実社会において幅広い応用が期待される。例えば、スポーツ科学分野では、アスリートのトレーニングプログラムの最適化に役立ち、パフォーマンス向上や疲労管理に寄与する。また、一般消費者向けには、ウェアラブルデバイスの精度向上により、個々の運動パターンや消費エネルギーを正確に把握することができ、健康管理やダイエット支援に大いに貢献する。さらに、リハビリテーションやフィットネスプログラムの設計においても、患者や利用者の運動負荷を適切に調整することで、安全かつ効果的な運動指導が可能となる。これにより、スポーツ産業全体の発展と個々の健康増進に大きく寄与することが期待される。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

今回の研究は、衣笠竜太の研究歴において運動計測技術の実用化とスポーツパフォーマンスの解析をさらに深化させる。今回の研究は、ヒト運動中の消費エネルギー計測システムの精度向上に焦点を当て、具体的にはカヌーパドリング中のエネルギー代謝の高精度推定を目指した。この研究は、運動パフォーマンスの解析とトレーニング効果の評価に関する過去の成果を基盤にし

ており、スポーツ科学や健康管理への応用が期待される。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

特になし

#### 7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

加速度データからエネルギー代謝を高精度で推定するアルゴリズム

完了報告 <https://muscle.kanagawa-u.ac.jp/archives/620>

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 神奈川大学人間科学部  
(カナガワダイガクニンゲンカガクブ)

住 所 〒221-8686  
神奈川県横浜市神奈川区六角橋3-27-1

担 当 者: 教授 衣笠竜太(キヌガサリュウタ)

担 当 部 署: 同上

E - m a i l: rk@jindai.jp

U R L: <http://muscle.kanagawa-u.ac.jp/>  
<https://muscle.kanagawa-u.ac.jp/study>