

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月24日現在

機関番号：10101
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23650380
 研究課題名（和文） 競技技術の質は定量できるか?:加速度情報を元にした新しい運動可視化方法
 研究課題名（英文） Can the quality of exercise be quantitatively evaluated? New approach to visualize body movement based on acceleration record
 研究代表者
 坂本 健太郎 (SAKAMOTO KENTARO)
 北海道大学・大学院獣医学研究科・講師
 研究者番号：80374627

研究成果の概要（和文）：

運動を可視化する方法として現在最も普及しているのはビデオ撮影である。加速度センサを用いて体の動きを経時的に計測する方法は、多くの可能性を有するものの、これまでは技術的に困難であった。本研究では、体の動きの揺らぎに着目し、運動の可視化を行うことで、競技技術の定量化を試みた。経時的な加速度記録を、連続ウェーブレット変換を用いた方法で解析することで、運動の習熟度に伴って、動きの揺らぎが変動することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Video recording is the most popular approach to record and visualize the exercise. Although using acceleration sensor has great potential to characterize the exercise, several difficulties remain to be solved. In this study, we tried to develop the novel approach to quantify the exercise skill by focusing on the fluctuation of cyclic body movement. We employed continuous wavelet analysis for analyzing the time series acceleration data from the body movements. Our study suggests the fluctuation of cyclic body movement would reflect the exercise skill.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、スポーツ科学

キーワード：スポーツバイオメカニクス、加速度センサ

1. 研究開始当初の背景

運動の可視化方法として最も広く普及しているのはビデオ撮影である。人々は、運動の様子をビデオで撮影することによって、その状態を可視化し、競技者の認識へのフィードバックを可能にしている。ビデオ撮影以外の運動の可視化方法としては、加速度センサを用いた方法が知られている。加速度センサは、身体に加わる加速度（動き）を直接計測し、数値として記録することが出来るため、その後の詳細な分析を行うことが可能であり、運動能力の向上に有用であると考えられる。このような利点を有しながら、加速度セ

ンサを用いた運動可視化方法が広く普及していないのは、この方法が高価かつ難解であるという問題を抱えているからである。実際、加速度センサによる運動計測で得られる計測値は膨大な量となり、従来の解析方法では一時間の計測結果の解析に何日間もかかることも珍しくない。

2. 研究の目的

我々は、これまで野生動物を対象に加速度センサを用いた運動特性の解明に取り組んできた。これらの動物の動きが有する周期性に着目し、運動のリズムを可視化する新規ア

ルゴリズムを考案すると共に、誰でも簡便に解析することが出来るソフトウェア (Ethographer) を開発した。このソフトウェアは、現在、当該分野の世界標準となり、世界中の研究室で、動物の運動特性の解析に用いられている。もし、スポーツ競技における運動にも、野生動物の運動に通じるような動きのリズムが存在するならば、我々がこれまで開発してきた方法を発展させることによって、競技における運動特性を短時間かつ簡便に定量することが出来るのではないかと考えた。

そこで、本研究では、動物行動学分野で構築してきた方法論を用いて、競技技術の解析を試みることにした。また、高価かつ難解という問題点を克服するために、十分な機能を有した安価な装置と、ユーザーフレンドリーなソフトウェアの開発を行い、加速度センサを用いた運動の可視化方法を誰もが活用できる環境の実現を目指した。

3. 研究の方法

研究開始当初には、本研究を遂行するために必要となる、運動を適切に計測する装置が存在しなかった。そこで、加速度情報による運動解析システムの開発を行った。運動解析システムは、装着型の小型計測装置と解析ソフトウェアから構成されるものである。

研究開始時には、動物や人間に装着することを想定している加速度記録計はほとんど存在していない上、存在していても研究目的であるため入手が困難であった。そこで、本研究の目的を達成するために新規に計測装置の開発を行うことにした。計測装置は、加速度センサとデータ記録領域から構成される。また、人間への装着実験や競技中の衝撃に耐えられるような仕様となるように配慮した。また、心拍数の同時計測も行うことで、競技時の生理機能の変動についても評価を行うことを目指した。

運動の評価には、物体の飛距離や一定の作業を遂行する時間など、ひとまとまりの行動を単一の指標として評価する方法が広く普及している。しかし、一つのまとまりとして取り扱われている連続的な動きであっても、細部を見れば、時間経過に伴う動きの揺らぎが存在する。運動とは体を動かす営みであり、このような動きの揺らぎは直接的には体に加速度が生じることで生まれている。本研究では、このような連続的な動きの中に存在する動きの揺らぎに着目した。このような揺らぎの特性を同定するためには、加速度センサで計測した記録に対して、連続ウェーブレット変換を行うことが有効であると考えられた。そこで、我々は連続ウェーブレット変換を実装した解析ソフトウェアを開発し、運動の特性を調べた。

4. 研究成果

新規に開発した運動解析システムでは、腕や足先に加わる加速度を 20Hz で計測し、動きの周期性を解析するとともに、その経時の変化をリアルタイムでパソコン上に表示した。また、これに並行して、装着型心拍数計測装置の開発を行った。開発した記録計は軽量かつ携帯可能で一回の心臓の拍動ごとに、心拍数を装置に記録できるものであった。開発した装着型の加速度および心拍数記録計の装着実験を実施し、これらの装置によって、運動中の動きのリズムおよび心拍数の変動を連続的に記録できることを明らかにした。これらの成功を元にして、加速度と心拍数を 2 日間に渡って連続的に計測可能な装置を開発した。睡眠中は、心電位記録電極の装着状況が一時的に悪化することがあり、心拍数記録が欠落することがあるものの、概ね、継続的な計測が可能となった (図 1)。そこで、こ

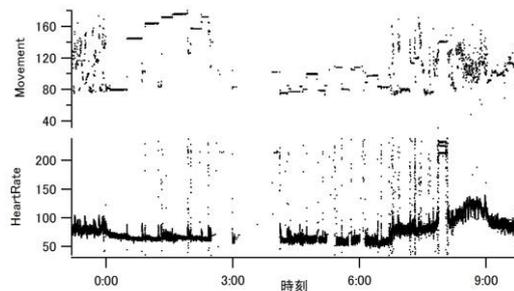


図 1. 開発した装置で得られた記録

の装置を実際に装着し、様々な運動時に体に加わる加速度と、その時の心拍数を計測した。さらに、新規に開発した解析ソフトウェアを用いて、運動時に計測される体の部位の加速度記録を連続ウェーブレット変換し、動きの周波数とその変動を抽出した。これを利用して、歩行、走行、自転車運転、乗馬などの動きのリズムと心拍数の変動の関連性について比較・検討を行った。

初心者と熟練者での動きの揺らぎを調べたところ、どの運動においても、熟練者に比べ、初心者では動きのリズムに不規則な乱れがあることが明らかとなった。一方で、動きの周波数には違いは認められなかった。また、同様の動作を行なっているにも関わらず、熟練者に比べ初心者の方が心拍数が上昇する傾向が認められた。このことは、運動習熟度の可視化を行う場合には、動きの周波数だけでなく、その揺らぎを調べることが重要であることを示唆した。

従来から行われてきた観察あるいはビデオ撮影による運動の熟練の程度判別は、精度が高いが、客観的な定量化は困難である。本研究で取り組んだ運動の可視化方法は、これまで困難であった運動の習熟度を定量する

方法として有効である可能性があると考えられた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計10件)

- ① Sakamoto, K. Q., Takahashi, A., Iwata, T., Yamamoto, T., Yamamoto, M. and Trathan, P.N. 2013. Heart rate and estimated energy expenditure of flapping and gliding in black-browed albatrosses. *J. Exp. Biol.* 印刷中. 査読有
- ② Yano, S., Sakamoto, K. Q. and Habara, Y. 2012. Estrus cycle-related preference of BALB/c female mice for C57BL/6 males is induced by estrogen. *J. Vet. Med. Sci.*, **10**: 1311-1314. 査読有
- ③ Crossin, G. T., Trathan, P.N., Phillips, R. A., Gorman, K. B., Dawson, A., Sakamoto, K. Q. and Williams, T.D. 2012. Corticosterone predicts foraging behavior and parental care in macaroni penguins. *Am. Nat.*, **180**: E31-41. 査読有
- ④ Fuse Y. K., Sakamoto, K. Q., Sato, K. and Habara, Y. 2012. Cardiorespiratory pattern of rest-associated apnea in a Weddell seal: a case study at an ice hole in Antarctica. *Polar Biol.*, **35**: 969-972. 査読有
- ⑤ Iwata, T., Sakamoto, K. Q., Takahashi, A., Edwards, E. W. J., Staniland, I. J., Trathan, P.N. and Naito, Y. 2012. Using a mandible accelerometer to study fine-scale foraging behavior of free-ranging Antarctic fur seals. *Mar. Mammal Sci.*, **28**: 345-357. 査読有
- ⑥ 坂本健太郎, 渡辺伸一. 2012. 加速度計でわかる動物の動き. *milsil*. **5**(1):14-16. 査読無
- ⑦ Kazama, K., Niizuma, Y., Sakamoto, K. Q. and Watanuki, Y. 2011. Factors affecting individual variation in nest-defense intensity in colonially breeding Black-tailed Gulls (*Larus crassirostris*). *Can. J. Zool.*, **89**: 938-944. 査読有
- ⑧ Kazama, K., Sakamoto, K. Q., Niizuma, Y. and Watanuki, Y. 2011. Testosterone and breeding behavior in male Black-tailed Gulls: an implant experiment. *Ornith. Sci.*, **10**: 13-19.

査読有

- ⑨ Moustafa, A., Sakamoto, K. Q. and Habara, Y. 2011. A fundamental role for NO-PLC signaling pathway in mediating intracellular Ca^{2+} oscillation in pancreatic acini. *Nitric Oxide*, **24**: 139-150. 査読有
- ⑩ Moustafa, A., Sakamoto, K. Q. and Habara, Y. 2011. Nitric oxide stimulates IP_3 production via a cGMP/PKG-dependent pathway in rat pancreatic acinar cells. *Jpn. J. Vet. Res.*, **59**: 5-14. 査読有

[学会発表] (計13件)

- ① 中村友美, 矢野沙織, 坂本健太郎, 葉原芳昭. 近紫外光におけるヒトの可視領域の個人差に関する研究. 155回日本獣医学会学術集会. 2013年3月28日. (東京大学駒場キャンパス) 東京都特別区.
- ② 近藤圭佑, 矢野野沙織, 坂本健太郎, 葉原芳昭. 四色視動物の視覚: デジタル紫外カメラを用いたハシブトガラス・ハシボソガラス (*Corvus macrorhynchos*・*Corvus corone*) の体色に関する研究. 155回日本獣医学会学術集会. 2013年3月28日. (東京大学駒場キャンパス) 東京都特別区.
- ③ 野崎弘貴, 坂本健太郎, 葉原芳昭. 加速度データロガーを用いた乳牛の分娩前行動変化の解析. 155回日本獣医学会学術集会. 2013年3月28日. (東京大学駒場キャンパス) 東京都特別区.
- ④ Okuyama, J., Sakamoto, K. Q. Use of accelerometer: the way of reading and analyzing the acceleration data. 33rd Annual Symposium on Sea Turtle Biology and Conservation. 2013年2月4日. (Baltimore Marriott Waterfront Hotel) アメリカ・ボルチモア.
- ⑤ Iwata T., Sakamoto K. Q., Edwards E. W. J., Staniland I. J., Trathan P. N., Naito Y., Takahashi, A. Foraging behaviour of female Antarctic fur seals at Bird Island, South Georgia in a year of low krill abundance. Polar Ecology Conference. 2012年10月1日. (Clarion congress hotel) チェコ共和国, チェスケー・ブジェヨヴィツェ.
- ⑥ 布施雄士, 坂本健太郎, 村木泰子, 矢野沙織, 石塚真由美, 葉原芳昭. ニワトリ腸管におけるメラトニンの弛緩作用及びメラトニン関連遺伝子の発現. 第153回日本獣医学会学術集会. 2012年3月27日. (大宮ソニックシティ) 埼玉県さいたま市.

- ⑦ 小暮潔央, 佐藤克文, Daunt F., 綿貫豊, 坂本健太郎, 山本誉士, 高橋晃周. ヨーロッパヒメウ *Phalacrocorax aristotelis* の羽ばたき飛行と風環境の関係. 第 59 回日本生態学会. 2012 年 3 月 18 日. (龍谷大学瀬田キャンパス) 滋賀県大津市.
- ⑧ 岩田高志, 坂本健太郎, Edwards, E. W. J., Staniland, I. J., Trathan, P. N., 内藤靖彦, 高橋晃周. 3 次元遊泳軌跡と口の開閉記録から見たナンキョクオットセイの餌探索戦略. 第 59 回日本生態学会. 2012 年 3 月 18 日. (龍谷大学瀬田キャンパス) 滋賀県大津市.
- ⑨ 坂本健太郎. 動物たちの海や空でのふしぎな動き. 国立科学博物館企画展「バイオロギング～動物目線の行動学～」講演会「バイオロギング研究最前線」. 2012 年 1 月 14 日. (国立科学博物館) 東京都特別区.
- ⑩ 岩田高志, 坂本健太郎, Edwards, E. W. J., Staniland, I. J., Trathan, P. N., 内藤靖彦, 高橋晃周. オキアミ資源量の少ない年におけるナンキョクオットセイの採餌行動. 国立極地研究所第 33 回極域生物シンポジウム. 2011 年 11 月 18 日. (国立極地研究所) 東京都立川市.
- ⑪ 矢野沙織, 坂本健太郎, 葉原芳昭. 雌マウスによる異なる系統の雄マウス選択は発情周期に依存する. 第 152 回日本獣医学会学術集会. 2011 年 9 月 20 日. (大阪府立大学中百舌鳥キャンパス) 大阪府堺市.
- ⑫ Sakamoto K.Q. Analyzing time series data with user friendly software, Ethographer. First International Conference on Fish Telemetry. 2011 年 6 月 13 日. (北海道大学) 北海道札幌市.
- ⑬ Sakamoto, K.Q. Can behavior be automatically categorized using body acceleration data from sea birds and other free-ranging animals? Symposium: Analysis of behavior and movement of wildlife using models and fine-scale data loggers. 2011 年 5 月 25 日. (ブリティッシュコロンビア大学) カナダ・バンクーバー.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/ethographer/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂本 健太郎 (SAKAMOTO KENTARO)
北海道大学・大学院獣医学研究科・講師
研究者番号：80374627

(2) 連携研究者

葉原 芳昭 (HABARA YOSHIAKI)
北海道大学・大学院獣医学研究科・教授
研究者番号：30142813