

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25660156

研究課題名(和文) 発電機内蔵・高精度ジャイロスコープ搭載ロガーの開発と魚類の摂餌生態解明への応用

研究課題名(英文) Harvesting energy from the oscillation of aquatic animals for a gyroscope data-logger to investigate fish feeding behavior

研究代表者

荒井 修亮 (Arai, Nobuaki)

京都大学・フィールド科学教育研究センター・教授

研究者番号：20252497

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：データロガーによる水生生物の長期行動追跡を行うにあたって、電源が一つの制限要因である。本研究はこれを解決する手法として振動発電を搭載したロガーの開発とその可能性を調べた。本システムは振動発電と加速度、圧力、温度センサーからなるデータロガーとで構成されている。振動発電素子とロガーは5mのケーブルで繋がれている。システムは一定の電圧になった時点で計測が始まる。このシステムを魚(ブリ)の尾鰭部分に装着して屋外水槽で実験した。魚が活発に泳いだ計測が始まらなかった。そこで予め一定の電圧に蓄電した後で実験を行ったところ、振動発電素子がある場合は、電圧の低下がない場合よりも遅くなることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Battery has been one of the constraints for monitoring longer-term movement of aquatic animals by animal-borne data-loggers. To overcome this, a prototype using a vibration-powered generator was developed, and the feasibility was investigated. The system was composed of a vibration-powered generator and data-logger with acceleration, pressure, and temperature sensors, and they were connected via a 5-m bending resistance cable. The system can start when enough voltage is charged in a capacitor inside. The generator was attached to the peduncle of the fish with another small data-logger to measure the acceleration of caudal fin movement, and then the fish was released in a tank. While the fish actively swam in the tank, it was impossible to initiate the sensor measurements because there was not enough charged. However, the voltage manually charged before the experiment, decreased more slowly in the fish experiment than that of the control experiment without the generator.

研究分野：海洋生物環境学

キーワード：データロガー 振動発電 エネルギーハーベスト 加速度

## 1. 研究開始当初の背景

直接観察が困難な水圏生物の自然環境下での行動を計測するため、様々なセンサを搭載した生物装着型データロガーを用いるバイオロギングが使われる。データロガーは、センサ・電池・メモリ・マイコン等が一体となり、耐水・耐圧ハウジングされ単独で、長期間(1日~1年)の生物行動を記録し続ける必要がある。様々な行動パラメータを、センサを通して把握するためには、深度・温度だけでなく加速度・角速度・地磁気・速度など様々なセンサを搭載することは有効ではあるが、その分、バッテリー消費・メモリ消費量は大きくなる。電池・メモリを多く搭載すれば、様々なセンサ項目をより長期間計測することが可能になるが、対象生物のサイズによっては、大きなサイズのロガーは、装着が困難である。また例えば装着できたとしても、生物に負荷を与えないよう可能な限り小さくすることが望ましい。以上から、電池・メモリは対象生物種や計測項目に大きく制限される。

近年、自然環境に存在する微小なエネルギーを利用して発電するエナジーハーベスティングが注目を集め、技術開発が進んでいる(Saha et al. 2008 等)。特に、自然界の振動を利用して発電する小型の振動発電モジュールが開発されている。本研究では、生物が生み出す振動(生物振動)に着目した。多くの水圏生物は生存のために動く。動く際、鰭等を動かす必要があり、必然的に振動する。この振動エネルギーを効率的に利用し発電できれば、より長期間、単独で計測できるはずである。しかしこれまで、水圏生物の行動計測のために振動発電を用いた研究はなく、その実現可能性は不明である

## 2. 研究の目的

そこで本研究では、実際に振動発電機能を搭載したデータロガーを製作し、水圏生物に装着し、生物振動で発電可能かを明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

ロガーは、発電機構(直径19mm, 長さ76mm, 空中重量: 32g)と、充電・センサ計測・データ記録装置(縦横152mm, 高さ90mm, 空中重量: 635g)から構成される(図1)。発電機構には、スミダ電機社製の電磁式振動発電機を耐水・耐圧加工をしたものを用いた(図1左)。生物行動を把握するため3軸加速度センサ、深度・温度センサを搭載する。長期間の計測値を保持するため、大容量メモリ(SDカード)を利用し、メモリには日時、コンデンサ電圧値(10秒毎)、3軸加速度(0.05秒毎)、温度・圧力(1秒毎)が記録される。

本システムの大きな特徴は、間欠動作である。5Vの電圧がコンデンサに貯まり次第、コンデンサの電力を使用し、設定した計測時間(連続計測期間は、0~60秒で設定可能)、また

は電圧が4V以下になるまでセンサ計測を行う(この時点では、フラッシュメモリに一時的に保持される)。その後の発電・充電により再度5Vの電圧がコンデンサに貯まれば、SDカードへの書き込みを開始する。間欠動作を行うことによって、発電・充電状況に応じ、長期間の計測を行うことができる。基本的に、センサ計測・記録は、振動発電による電力でのみ行うが、コンデンサの電圧値確認のためのみ、外部電池(単3電池2個)を電源として利用した。

## 4. 研究成果

開発した振動発電データロガーで発電が可能かを検証するため、発電機構を加振装置に載せ5Hzで5cmの連続ストローク運動を行った。コンデンサの電圧値が0Vの状態から5Vまで貯まるのに約20分かかるが、その後、5分間ごとに30秒間の計測・記録を連続実施可能であることを確認した。

実際の水圏生物(魚類)の動きから発電が可能なのかを検証するため、発電機構を魚類に装着し円形水槽(直径2m, 水深0.45m, 水温25℃)で自由遊泳させた(図2)。モデル生物として、比較的サイズが大きく、活発に遊泳を行うブリ *Seriola quinqueradiata* を選定した。ブリへの装着実験では、比較的小型な発電機構のみを魚体に装着し、有線(5mの耐屈曲ケーブル)を介して、充電・センサ計測・データ記録装置に電力を送るとともに、充電・センサ計測・データ記録を行う。今後、基盤の小型化により、発電機構と充電・センサ計測・データ記録装置を一体型にすることが可能である。

ブリの遊泳で最もストロークが大きい尾鰭付近(peduncle)に、発電機構をコンデンサの電圧を4Vまで貯めた後、麻醉下で装着した。尾鰭の動きを計測するため、加速度データロガー[30mm x 30mm x 12mm, 空中重量7g, BL-LPKU02, Biologging Solutions社製(京都);200Hz計測]を同時に装着した。1個体(全長: 59.4cm, 体重: 2.5kg)から36分間の実験データを得ることに成功した。ブリは水槽内を巡航遊泳し、継続して尾鰭振動を行っていた。加速度データロガーのパワースペクトル密度解析から、ブリは1.95Hzで尾鰭振動を行っていたことがわかった。しかし、時間経過に伴い、コンデンサの電圧値は下降し、一度も5Vに達することはなかった。この時の放電データを、実験時と同日・同気温(23℃)で、コンデンサの電圧値を4Vにした後、自然放電のみさせた時のデータと比較した。結果、同程度の電圧(3.4V)になるまでの時間はブリに装着し振動発電があった場合の方が5分間長かった(図3)。これはコンデンサの自然放電量が発電量より大きいため、結果的に電圧値は下降するが、魚類の遊泳により、放電量が抑えられていたためと考えられた。すなわち魚類の遊泳での振動発電に成功したと考えられた。

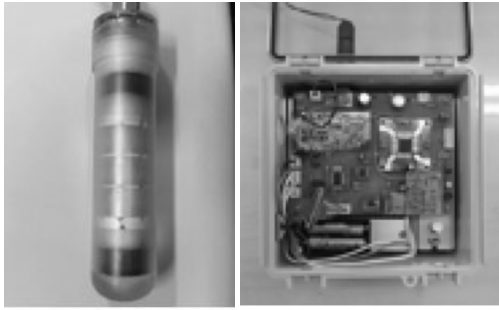


図 1：新規開発の振動発電データロガー。発電機構(左)と充電・センサ計測・データ記録装置(右)



図 2：発電機構を装着したブリ

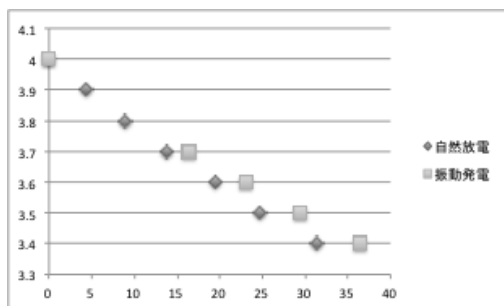


図 3：自然放電のみの場合と、振動発電があった場合のコンデンサ電圧値の比較

#### 参考文献

Saha CR, O'Donnell T, Wang N, McCloskey P. 2008. Electromagnetic generator for harvesting energy from human motion. *Sensors and Actuators A* 147; 248-253

#### 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1件)

Takuji Noda, Junichi Okuyama, Yuuki Kawabata, Hirromichi Mitamura and Nobuaki Arai. Harvesting energy from the oscillation of aquatic animals: testing a vibration-powered generator for

bio-logging data logger systems. *Journal of Advanced Marine Science and Technology Society*, Vol. 20, No.1 & 2, pp. 37-43, 2014.

〔学会発表〕(計1件)

野田琢嗣, 奥山隼一, 河端雄毅, 三田村啓理, 荒井修亮. 生物振動発電ロガー: バイオロギングにおける長期計測を目指して, 平成 26 年度海洋理工学会春季大会, 2014 年 11 月 14~15 日, 東海大学海洋学部清水キャンパス.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.biologging-solutions.com/>

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

荒井修亮 (Arai, Nobuaki)

京都大学フィールド科学教育研究センタ

—

研究者番号: 20252497

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

三田村啓理 (Mitamura, Hirromichi)

京都大学大学院情報学研究科

研究者番号: 20534423

河端雄毅 (Kawabata, Yuuki)

長崎大学水産・環境科学総合研究科

附属環東シナ海環境資源研究センター  
研究者番号：50606712