水棲生物の遊泳行動追跡用スマートポップアップタグの開発

Development of Smart Pop-up Tag
for Swimming Behavior Logging of the Aquatic Organisms天野 亮*・谷本 浩一*・中山 敬三*・越智 洋司*・前田 佳伸*
Ryo AMANO, Hirokazu TANIMOTO, Keizo NAKAYAMA, Youji OCHI and Yoshinobu MAEDA

(Received March 28, 2016)

Ecological studies of the aquatic organisms using data loggers have been carried out in order to research a resources state of the aquatic organisms. One of data loggers to be used in the studies is an archival pop-up tag. Archival pop-up tags widely used have an ARGOS transmitter for facilitating recovery of tags. On the other hand, they have few sensors such as an illuminometer, a pressure sensor and a temperature sensor by the reason of a small-capacity battery and small buoyancy. Therefore it is difficult to know fine-scale movements of aquatic organisms from data collected by typical pop-up tags with an ARGOS transmitter. We have developed a smart pop-up tag which has a 3-axis accelerometer and a 3-axis angular velocity sensor in addition to an illuminometer, a pressure sensor and a temperature sensor. This tag allows us to obtain fine-scale movements of target animals. This tag also has an ARGOS transmitter which is driven by a solar cell. We have verified that the tag works properly in a pretest.

Key Words: Pop-up Tag, Accelerometer, Angular Velocity Sensor, Solar Cell, ARGOS System

1. 緒言

漁業活動が影響を与える水棲生物の資源状況などを調べるために、データロガーを用いた水棲生物の生態研究が行われている。研究で用いられるデータロガーには、アーカイバルタグとアーカイバルポップアップタグがある¹⁾²⁾。アーカイバルタグは対象生物の体内などに設置して温度や圧力などを記録するようなデータロガーで、データを回収するためにはロガーを装着した対象生物を再捕獲することが必要である。それに対してアーカイバルポップアップタグはアンカーを用いて対象生物の体外に設置し、時間などの条件で対象生物から切り離されて水面に浮上するようなデータロガーである。ロガーを装着した対象生物を再捕獲する必要はないが、浮上したタグを回収するためにアルゴシステムを用いて位置を特定できるような機能を持たせるのが一般的である。

特に金谷らは、アルゴシステムと方向探知機を用いて回収するポップアップタグを提案している³⁾。方向探知機を組み合わせることでタグの回収率が向上する利点があるが、電池が持続する間にタグを発見する必要がある。また、現在市販されているアーカイバルポップアップタグは、長期の使用に耐えうる設計を前提としており、浮力の確保や電池の容量の制限などから、照度・圧力・温度セン

サのみの搭載品がほとんどである。したがって、対象生物の大きな位置と周囲の環境を知ることができるだけで、姿勢や進行方向の変化などの詳細な情報を得ることができない。

そこで本研究では、短期間の対象生物の行動追跡をターゲットとし、太陽電池を搭載したスマートアーカイバルポップアップタグを開発した。タグには、照度・圧力・温度センサに加えて3軸加速度センサおよび3軸角速度センサを搭載しており、対象生物の遊泳行動を詳細に記録することができる。また、搭載したアルゴ送信機が太陽電池で動作するように設計し、電池切れによる通信の途絶が起きないようにした。

2. スマートポップアップタグの設計とその仕様

本研究で開発したスマートポップアップタグを Fig.1 に示す。アンテナを除く本体の長さは 193 mm で、最も太い部分の直径は 42 mm である。また、アルゴ衛星と通信するためのアンテナの長さは 182 mm である。本体は 500 m の水圧に耐えられる設計仕様である。

対象生物の行動を記録するためのセンサとして、3軸加速度センサと3軸角速度センサを本体の内部に配置している。また、周囲の環境を記録するためのセンサとして、圧力/温度センサと照度センサを本体の上面に配置している。

* 近畿大学理工学部電気電子工学科 (〒 577-8502 大阪府東大阪市小若江 3-4-1)
Department of Electric and Electronic Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kindai University
(3-4-1 Kowakae, Higashiosaka, Osaka, 577-8502 Japan)

Fig.1 Smart pop-up tag design parts.

Table 1 Specification of the sensors.

Type	Model	Range	Sampling period
Accelerometer	LIS3DSH	-6.0 ~ 6.0 G	31.25 ms
Angular velocity	L3GD20	-2000 ~ 2000 deg/s	31.25 ms
Pressure	MS5541-30C	0 ~ 30 bar	100 ms
Temperature	MS5541-30C	-40 ~ 85 °C	100 ms
Illuminometer	AMS302	0 ~ 4095	60 s

これらのセンサで測定したデータは時刻情報とともにマイクロ SD カードに保存される。特に加速度や角速度を短い周期で記録することで遊泳行動の詳細な解析を可能にしている。使用したセンサの仕様を Table 1 に示す。システムは内蔵した一次電池で動作し、約 8 日間にわたってデータを記録することができる。また、リードスイッチを採用しており側面の磁石を外すと記録を開始する。

アルゴス衛星への通信は本体上面に配置したアンテナにより行う。通信用の電力を太陽電池で確保することで電池切れによる通信の途絶が起きないように設計されている。これによりアルゴス衛星との通信が常に維持されるためタグの回収がより確実なものとなる。また、ポップアップタグが水面に浮上し電力の確保ができると自動的に通信を開始する機能を有している。アルゴス衛星は水面に浮上したポップアップタグの位置を特定するためだけに使用しており記録したデータの送信は行っていない。データの回収はタグそのものを回収することを前提としている。

3. スマートポップアップタグの検証

開発したポップアップタグの動作確認を模擬環境実験により検証、評価した。

Fig.2 はタグを平行移動させた時の 3 軸加速度センサの時系列データである。縦軸は加速度で横軸は経過時間である。加速度センサの Z 軸が概ね鉛直下向きになるようにして、加速度センサの Y 軸方向に往復運動をさせた。Z 軸方向で重力加速が測定できており、Y 軸方向で往復運動に伴う加速度を測定できていることが分かる。X 軸方向には動

Fig.2 Time dependent of 3-axis Acceleration pretest.

Fig.3 Angular velocity for rotation.

Fig.4 Static pressure into water.

かしていないので、概ね 0 m/s² を示している。

Fig.3 はタグを回転させた時の 3 軸角速度センサの時系列データである。縦軸は角速度で横軸は経過時間である。角速度センサの Z 軸が概ね鉛直上向きになるようにして水平面上で回転させた。Z 軸周りの角速度が測定できていることが分かる。また、X 軸および Y 軸周りの角速度が測定されていることから、センサの Z 軸が鉛直方向から少し傾いていたことが分かる。

Fig.4 はタグを水中に沈めたときの静圧力の時系列データである。Fig.4 の縦軸は静圧力で横軸は経過時間である。

タグの水深を6分毎に1 m ずつ変化させたデータを示す。図から1 m ずつ沈めた時の圧力の変化が測定できていることが分かる。

4. 結言

本研究では、魚類などの水棲生物の行動を記録するアーカイバルポップアップタグを開発した。開発したタグは対象生物の遊泳行動を詳しく解析できるように短い周期で加速度および角速度を記録し、対象生物の周囲の環境が分かるように静圧や温度、照度を記録するように設計した。また、水面に浮上したタグを見つけられるように、太陽電

池駆動のアルゴス送信機を搭載した。模擬環境検証実験を通して開発したタグが正常に動作することを確認した。

今後、水棲生物にタグを装着して実フィールドでの検証を行う。

参考文献

- 1) 張成年: まぐろ・かじき類の系群判別、水産資源管理談話会報、31(2003)29-38.
- 2) 金谷道昭ほか: データロガー回収用小型人工衛星ポップアップタグの開発、極域科学・宙空圏・気水圏・生物・地学シンポジウム講演予稿集、2010 (2010) ROMBUNNO.PB22.