

## 海鳥の体重を操作する自動錘分離機構の研究

A study on automatic weight separation mechanism that manipulates seabird weight

前田 耀斗 (環境浸透型エレクトロニクス研究室)

(指導教員 野田 聡人 准教授)

## 1. はじめに

バイオロギング技術は、野外で観察が難しい状況でも動物の行動や環境情報を長期間記録できる手法として発展してきた [1]. 海鳥では、飛翔・休息・潜水・移動など多様な行動を把握する主要な手段として広く利用されている。採餌行動の把握は、餌の獲得場所や方法を明らかにする上で重要であり、GPS、加速度計、小型ビデオカメラなど多様な記録手法が用いられてきた。この中で加速度計による羽ばたき頻度の変化による体重推定は羽毛の含水や風条件、飛行様式など外的要因の影響を受ける。そのため、羽ばたき頻度の変化が体重増加に起因するのか、他の要因によるものかを独立に評価することは困難である。

本研究の目的は体重そのものを直接操作する手法として、図1に示すように海鳥に既知重量の錘を装着し、任意のタイミングで自動的に分離する「自動錘分離機構」の提案をすることである。本機構は胸部の錘保持部と背部のロガーを組み合わせ、条件を満たした時点で錘を解放することで、体重を操作できる。本稿では、本機構の基本構成と作動について示す。

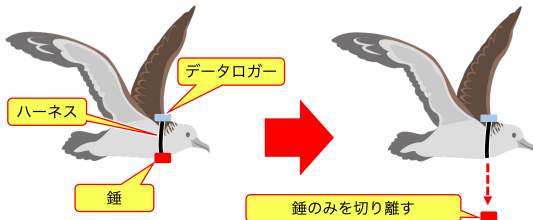


図1: 提案する自動錘分離機構の運用方法。本機構は、鳥体に取り付けるデータロガーと同じハーネスを通して胸部に装着する。予め設定したタイミングでハーネスから錘のみを切り離して体重をコントロールする。

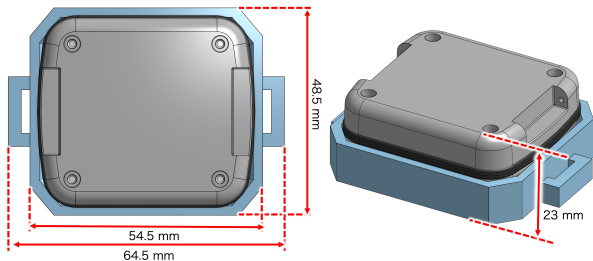


図2: 設計した自動錘分離機構。図中水色で示されているのが鳥の体に取り付けるコネクタで、灰色の部分が分離させるオモリである。

## 2. 機構の設計要件

本機構の設計にあたり、以下の要件を満たすことを目標とした。

- ・オモリは使い捨て運用が可能であること
- ・腹部装着時に行動を妨げない外形であること
- ・装着するオモリの質量を 30 g 程度に抑えること
- ・脱落時以外はオモリを確実に保持できること
- ・パーツ間に相対運動が生じにくい構造であること
- ・切り離し信号に確実に応答して脱落が開始されること
- ・オモリ内部への浸水を防止できる構造であること

## 3. 機構の設計

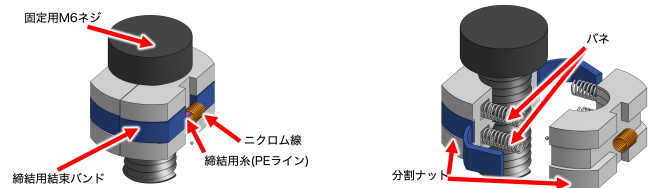
## 3.1 分離ナットの設計

図2に示す自動錘分離機構は、鳥体に固定されるコネクタと、分離対象となるオモリの二部構成とした(この機構内で分離させるパーツをオモリと定義)。オモリの保持と解放を両立する機構として、図3に示す非爆発式分割ナット方式を採用した [2, 3]. 本方式は、通常時には複数のナット片を一体化してネジと噛み合わせることで高い締結力を確保しつつ、拘束解除時にはナット片を展開させて瞬時にねじ結合を失わせる構造である。

締結時には、一般的なネジ・ナット締結と同様に軸力を発生させ、座面間に生じる摩擦力によってオモリを保持する。これにより、飛翔や着水時の外力に対しても安定した保持状態を維持できる。一方、解放時にはナット外周を拘束している結束バンドの一部に組み込んだ PE ラインをニクロム線で加熱溶解する。PE ラインは高強度ポリエチレン繊維からなる編み糸であり、比較的低い融点を有するため局所加熱によって短時間で熔融する。

PE ラインが溶解されると外周拘束が失われ、内部に埋め込んだバネの弾性力によりナット片が半径方向へ展開する。この展開動作によりねじ山の連続性が失われ、ネジとの噛み合いが解消されることで、オモリは自重により落下する。保持状態では高い締結力を確保し、解放時には拘束を一点で破断させるという単純な原理により、構造を複雑化させることなく分離を実現している点の特徴である。

また、ニクロム線の加熱にはコイン型電池の CR2032 と電気二重層コンデンサ (EDLC) を組み合わせた電源構成を用いた。CR2032 単体では内部抵抗が高く瞬時大電流の供給が困難であるが、EDLC に事前に電荷を蓄積し放電させることで必要な瞬間電流を確保した。この構成により、大型電池を用いることなく加熱に必要な電力を供給できるため、装置全体の小型・軽量化を維持したまま確実な溶解動作を成立させた。



(a) 分割ナットの締結状態

(b) 分割ナットの開放状態

図3: 分割ナットの締結、開放の仕組み

## 3.2 防水設計

本機構は海鳥に装着して使用するため、着水や短時間の繰り返し潜水に対する浸水対策が必要である本機構は可動部を有するため全面封止は行わず、浸水経路を特定した上で、接触界面に O リング、ネジ部には金属ワッシャーに弾性体を一体化したボンテッドシールを配置する局所封止構造を設計した。O リングはネジとナットの締結によって発生する軸力により部材間に面圧を生じさせ、その圧縮によってシール性能を確保する。ボンテッドシールは締結時の面圧により弾性体に変形して隙間に密着するため、ネジ貫通部からの浸水を抑制できる。

## 4. まとめ

本研究では、海鳥の体重を人為的に操作するための自動錘分離機構を提案した。実際の海鳥への装着には至っていないが、防水性を確保しつつ機構の一部を確実に切り離す構造により体重操作を可能とする機構の実現性を確認した。今後の実装および応用的研究が期待される。

## 参考文献

- [1] 依田 憲, 高橋 晃周, "バイオロギングによる鳥類研究", 日本鳥学会誌, 2010
- [2] Lee, J, Han, JH, "Separation and Release Devices for Aeronautical and Astronautical Systems: A Review", Int. J. Aeronaut. Space Sci, 2025
- [3] H.U.OH and M.J.LEE, "Development of a Non-explosive Segmented Nut-type Holding and Release Mechanism for Cube Satellite Applications", Trans. Jpn. Soc. Aeronaut. Space Sci., 2015