

マルチコプターによるマッコウクジラ用ロガー装着システム

A Loggar Attaching System for Sperm Whale by Multicopter

○村上遼太*, 豊島拓実*, 古澤大地*, 土屋晃佑*, 妻木勇一*, 森恭一**, 岡本亮介***

○ Ryota Murakami*, Takumi Toyoshima*, Daichi Furusawa*, Kosuke Tsuchiya*,
Yuichi Tsumaki*, Kyoichi Mori**, Ryosuke Okamoto***

*山形大学, **帝京科学大学, ***小笠原ホエールウォッチング協会

*Yamagata University, **Teikyo University of Science,
***Ogasawara Whale Watching Association

キーワード : マッコウクジラ (sperm whale), バイオロギング (bio-logging),
マルチコプター (multicopter), カメラロガー (camera logger), 装着システム (attaching system)

連絡先 : 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16
山形大学工学部 機械システム工学科 妻木研究室

村上遼太, Tel: (0238)26-3736, E-mail: tst47630@st.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

マッコウクジラは深海においてダイオウイカをはじめとする頭足類を捕食している。しかし、実際の捕食シーンは未だに写真や動画に収められたことがなく、誰も目撃したことがない。

これまで、マッコウクジラの捕食シーンを撮影するために、バイオロギングと呼ばれる方法が試みられてきた。バイオロギングとは、行動を記録するデータロガーを生物の体に直接取り付け、移動経路や習性等を調査する方法である。

マッコウクジラの場合、直接捕獲してデータロガーを取り付けることは困難であるため、呼吸のために浮上してきたマッコウクジラに船で接近し、長いポールの前に取り付けられた吸盤付きのデータロガーをマッコウクジラの背面に叩きつけて吸着させる方法がとられてきた [1]。しかしこの方法は、マッコウクジラが浮上して

いる 5 ~ 10 分の間に、マッコウクジラの発見、船による接近からデータロガーの取り付けまで行う必要がある、成功率は低い水準にとどまっている。さらに、この方法では、水面に現れているマッコウクジラの背面にしか取り付けができないという制約がある。撮影シーンは暗い深海での捕食の瞬間であるため、ロガーは口元近傍に装着する必要がある。また、従来の方法には練度の高いチームが求められるが、現場を熟知したメンバーを集めることは難しい。一方、我々はマッコウクジラの背面から口元まで移動するクジラ用探査ローバーの開発を進めている [2][3]。これを用いれば、取り付け位置が背中であっても、口元への移動が期待できる。しかし、マッコウクジラへの取り付けには従来の方法を用いるしかなかった。そこで本論文では、マルチコプターを用いた新しいカメラロガー取り付け方法を提案する。また提案方法を実現するため



Fig. 1 装着システムのコンセプト

に船上におけるマルチコプターの発着手順を実地で検証したのでこれを述べる。さらにマルチコプターに対するマッコウクジラの反応についても報告する。

2. マルチコプターによるマッコウクジラ用ロガー装着システム

提案する方法のコンセプトを Fig. 1 に示す。ロガーをぶら下げたマルチコプターを船上から操作して、マッコウクジラの上空まで移動させ、ロガーを投下することによりマッコウクジラの背中に取り付ける。真上からのアプローチが可能のため、成功率の向上が期待できる。マルチコプターの操縦を習熟する必要があるが、現地でも訓練が可能であり、操縦者の育成は容易である。一方マルチコプターに起因する危険はあるが、従来の方法と比較して深刻な危険は少ないと考えられる。

3. 現地実験

実際にマルチコプターによる取り付けを行うためには、船上でマルチコプターを扱わなければならない。また、マッコウクジラがマルチコプターに対して拒否反応を示す場合、この方法を用いることができない。

そこで提案方法の妥当性を検証するために、以下に示す船上における飛行実験とマッコウクジラのマルチコプターに対する反応調査を小笠原諸島・父島沖において行った。

実験 1 船上での離発着

海上では揺れがあり、また狭い空間における作業を強いられる場合がある。このような環境におけるマルチコプターの扱いには危険が伴うため、飛行手順や安全対策について十分な検討が必要である。そこで、船上におけるマルチコプターの離発着方法を確立する。

実験 2 マッコウクジラの反応観察

マルチコプターを接近させるだけでマッコウクジラが嫌がって逃げてしまう場合、ロガーの取り付けにマルチコプターを使用することはできない。そこで、マルチコプターをマッコウクジラに接近させ、クジラが拒否反応を示すかどうかを検証する。

4. 実験方法

4.1 マルチコプター

試験には市販のマルチコプターである DJI 社製 Phantom4 Pro を使用した。この機体は 4 枚羽の機体で、カメラを装備している。体角寸法は 350 mm、総重量は 1388 g、飛行時間は約 30 分程度であり、最大速度は 72 km/h である。

4.2 離発着時の役割分担

船は揺れるため、船の床から直接マルチコプターの離発着を行う事は困難である。そこで、「機体支持者」がマルチコプターの脚を持って離発着を行うこととした。機体支持者は両手で機体を支持するため、揺れる船上でバランスを取ることが困難である。そこで、「機体支持補助者」が体を支えるようにした。

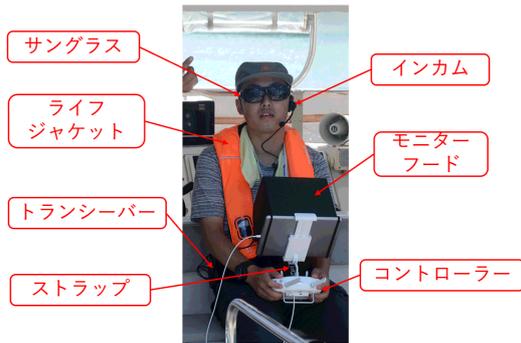


Fig. 2 操縦者の装備

一方、マルチコプターの搭載カメラにより撮影される映像はリアルタイムに送信機のモニターに映し出される。しかし屋外であるため、モニターの視認性が悪い。また、操縦者は目視とモニターでの確認を交互に行う必要がある。そこで、「操縦補助者」が常にモニターを注視し、操縦支援を行えるようにした。さらに、マルチコプターは距離が広がるほど奥行き認識が困難になるため、他のメンバーによる支援も行う。

4.3 装備

操縦者の様子を Fig. 2 に示す。操縦者は操作用の送信機及び、送信機を落とさないためのストラップを装備する。太陽がまぶしいためサングラスは必須である。太陽光による視認性の低下を軽減するためモニターフードを取付けた。船上では大きなエンジン音により機体支持者とのコミュニケーションに支障がでることが考えられるため、同時通話が可能なトランシーバーとインカムを装備させた。

機体支持者の様子を Fig. 3 に示す。機体支持者は操縦者と同様にサングラス、トランシーバー、インカムを装備する。その他にマルチコプターのプロペラと接触したときのことを考え、バイザー付きのヘルメット、対切創レベル5の防刃手袋、防刃アームカバーを装着させた。

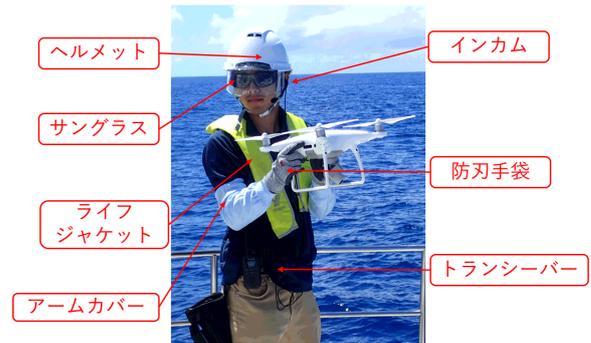


Fig. 3 機体支持者の装備

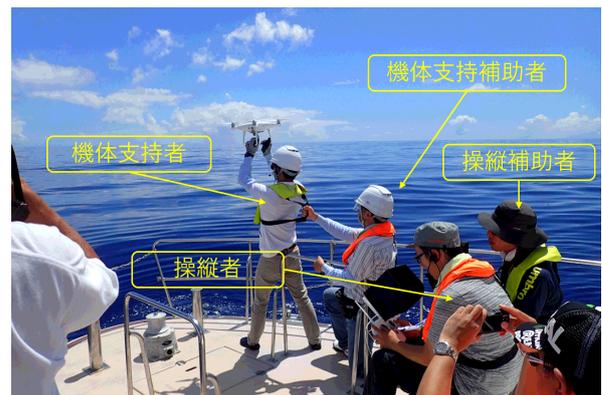


Fig. 4 離陸の様子

4.4 離陸手順

離陸は2階建てダイビング船の船首より行った。船上からのマルチコプターの離陸手順を以下に箇条書きで示す。

- 1) 機体支持者が機体の脚を掴み頭上に掲げる
- 2) 機体のプロペラを始動させる
- 3) 機体支持者と確認を取り機体を上昇させると同時に機体支持者は手を放す

離陸の様子を Fig. 4 に示す。

4.5 着陸手順

船上からのマルチコプターの着陸手順を以下に箇条書きで示す。

- 1) 機体を船体に近づける
- 2) 機体の向きを操縦者と合わせる
- 3) 機体を機体支持者の頭上に移動させる

- 4) 機体を降下させる
- 5) 機体支持者が機体の脚を掴む
- 6) 機体支持者が機体の足を掴んだことを確認した後、機体のプロペラを停止させる

5. 実験結果

以下に実験結果をそれぞれ示す。

実験 1 船上での離発着実験

実験前に地上にて十分な訓練を行った。12回の離発着を船上で行ったが、機体を破損したり怪我をすることはなかった。船上から離発着を行う場合、今回の方法は十分有効であると考えられる。しかし外洋では船の揺れが大きく、着陸時に周囲の人に近づきすぎることがあった。より安全性を高めるため、今後は操縦補助者にもヘルメット等の安全装備を装着させ、無防備な人にマルチコプターが接近したときに対応がとれるようにした方がよい。

実験 2 マッコウクジラの反応観察

マルチコプターと潜航するマッコウクジラの様子を Fig. 5 に示す。マッコウクジラが近寄ってきた船などを嫌がる場合は、尾びれを上げずに浅い潜水を行う。写真から分かるように、クジラは尾びれを上げて潜ろうとしている。これはマッコウクジラが深い潜水を行おうとしていると考えられ、通常の潜水方法と言える。すなわち、マッコウクジラはマルチコプターの接近を嫌がっていないと考えられる。今回はマッコウクジラのブローと呼ばれる潮吹きを避けるために上空 5 m 程度までの接近にとどめた。更に接近させる場合は追加の検証が必要である。

6. 結言

マルチコプターによるマッコウクジラ用ロガー装着システムのコンセプトを提案した。また、小

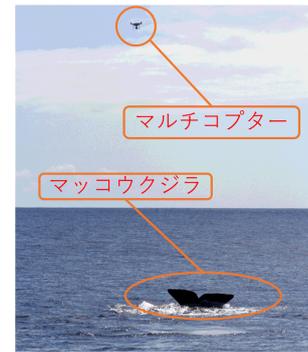


Fig. 5 マッコウクジラの潜航の様子

笠原諸島でのマルチコプターの船上飛行実験を行い、離発着方法を確認することができた。さらに、マッコウクジラが 5 m 程度上空であれば、マルチコプターに拒否反応を示さないことが分かった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16H06537 の助成を受け実施された。

参考文献

- 1) K. Aoki, M. Amano, T. Kubodera, K. Mori, R. Okamoto and K. Sato: "Visual and Behavioral Evidence Indicates Active Hunting by Sperm Whales," Marine Ecology Progress Series, vol. 523, pp. 233–241, 2015.
- 2) Y. Tsumaki and A. Suzuki: "A Rover for Whale," Proc. of the 2015 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, ThAP.38, 2015.
- 3) 土屋, 鈴木, 妻木: "クジラ用ローバーの開発", 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3B2-01, 2016.