同志社大学 Doshisha University　公立はこだて未来大学 FUTURE UNIVERSITY HAKODATE

PRESS RELEASE

公立はこだて未来大学　入試・広報・就職課
〒041-8655　函館市亀田中野町 116 番地 2
TEL 0138-34-6444　FAX 0138-34-6383
E-mail: pub@fun.ac.jp
URL: https://www.fun.ac.jp

コウモリ模倣の超音波センシング手法を用いたドローンの試験飛行に成功

研究成果のポイント

・熱音響変換素子サーモホン（※1）を採用することでコウモリ同様の広帯域ＦM超音波パルスの放射を実現
・軽量小型のサーモホンと 2 つのマイクを搭載したコウモリ準拠の超音波センシングデザインによるドローンシステムを開発し、飛行雑音下での自律障害物回避飛行の試験運用に成功
・低電圧駆動が可能なサーモホンの更なる高効率化を推進することで、小型群ロボットの外界知覚センサとしての応用も期待

研究成果の概要

公立はこだて未来大学システム情報科学部 山田恭史准教授、同志社大学生命医科学研究科 長谷川勘太氏（大学院生）、同志社大学生命医科学部 飛龍志津子教授らの共同研究グループは、カメラや LiDAR などの外界センサを用いず、コウモリのように超音波センシングのみを頼りに周囲の障害物を捉え、自律的に回避飛行するドローンシステムを開発しました。軽量小型のサーモホンと 2 つのマイクを搭載し、ドローン自身が発した広帯域 FM 超音波（※2）の反響音（エコー）から障害物を定位することで、飛行雑音下においても自律障害物回避飛行が可能であることを実証しました。

（背景）

コウモリは、口または鼻孔の 1 つの送信器および両耳の 2 つの受信器というシンプルな超音波センシング機構により、微小な飛翔昆虫の捕獲や障害物回避等のマルチタスクな超音波ナビゲーション（エコーロケーション※3）を暗闇の中で実現させています。特に、コウモリが採用する広周波数帯域の超音波パルスを用いた音響センシングは空間分解能に優れ、彼らの優れたナビゲーション能力を支える重要な機能として考えられています。しかし、小型軽量かつ高出力・広帯域な超音波パルススピーカを実現させることが困難であることから、積載重量等に制約のある自律飛行ドローンへの模倣応用がこれまで行われてきませんでした。

（研究手法）

そこで我々は、金属薄膜の熱変動により薄膜表面上の空気媒質の体積変化を生じさせ、音波を発生させる熱音響変換素子のサーモホンに着目しました。共振原理を利用しないサーモホンの活用により、コウモリと同様に広帯域・高出力な超音波パルスの放射を可能とし、サーモホンおよび 2 つのマイクロホン、マイクロコントローラ（※4）を搭載した自律飛行ドローンシステムを実現しました。

（研究成果）

コウモリ同様の非線形な時間周波数変調構造を持つ超音波パルスを採用し、飛行雑音環境下においてターゲットポールの検出実験を実施した結果、飛行雑音に対して推定約 1/30 倍の音圧の微小なエコーを検出可能であり、ポールの 2 次元座標を定位できることも分かりました。さらに、過去に我々の研究チームが提案してきた障害物回避アルゴリズムをドローンに実装することで、複数のポールを散乱配置した環境下において障害物群の 2 次元回避自律飛行にも成功しました。

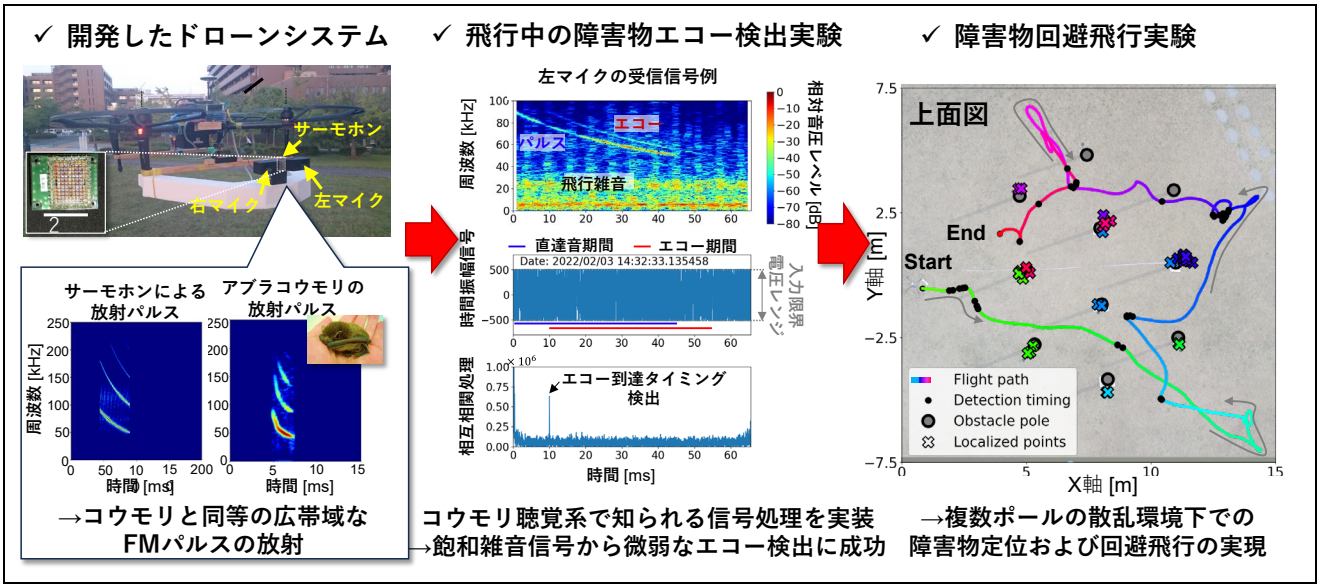
（今後の展望）

本研究により、コウモリの超音波センシングデザインおよびその機能を踏襲したドローンシステムを実現させ、超音波センシングだけで自律障害物回避飛行を達成することができました。特に、広帯域 FM 超音波を放射可能な軽量・低電圧駆動のサーモホンは、このようなコウモリ模倣センシングを小型飛行ロボット上で実現するための基盤デバイスとして期待されます。サーモホン出力の更なる高効率化や、コウモリのユニークな超音波センシング戦略の模倣応用を加速させることで、意思決定の柔軟性に優れる生物知由来の小型群ロボットシステムへの展開が期待されます。

論文発表の概要

研究論文名：A Thermophone-Based FM Sonar for Airborne Ultrasonic Sensing under Drone Flight Noise
著者：氏名（所属）山田恭史*（公立はこだて未来大学）、長谷川勘太（同志社大学）、飛龍志津子（同志社大学）他
*責任著者
公表雑誌：Scientific Reports
DOI：10.1038/s41598-026-65909-3
公表日：日本時間（現地時間）9 月 10 日

画像



【用語の解説】

※1 サーモホン：金属薄膜に交流電流を印可し、金属薄膜の温度変化により薄膜表面上の空気媒質の体積変化を生じさせ、音波を発生させる熱音響変換素子。

※2 FM 超音波：周波数変調する超音波信号。多くのコウモリは周波数下降型の変調音を用いる。

※3 エコーロケーション：自ら超音波パルスを放射し、周囲からの反響音を聴取・分析することで周囲の空間を把握する生物機能。反響定位ともいう。

※4 マイクロコントローラ：CPU に加えて RAM、ROM、I/O ポートなどを 1 つの集積回路（IC）にまとめあげられた極小のコンピュータ。

お問い合わせ先

所属・職・氏名：公立はこだて未来大学　准教授　山田　恭史

掲載する連絡先（　☒　TEL　☒　FAX　☒　E-mail　☐　研究室ホームページ）

TEL：0138-34-6324　FAX：0138-34-6301　E-mail：yamadaya@fun.ac.jp