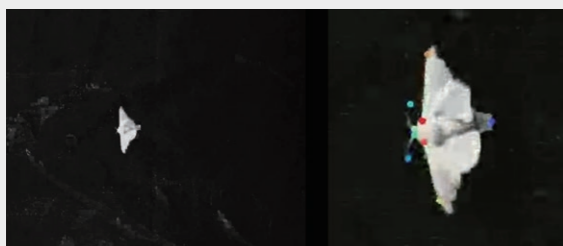


撮影事例

[画像提供] 千葉大学大学院工学研究院



カイコガの羽ばたきのトラッキング

スローモーション動画集
「未体験映像の世界」配信中

未体験映像

検索



サービス案内

導入支援

用途・目的にあった最適な製品、サービスをご提案します。また無償デモで事前検証が可能です。

販売

用途・目的にあった製品をシステムアップして販売します。お客様の円滑な導入までサポートします。

レンタルサービス

最短1週間から利用可能です。短期間利用にはこちらがおすすめです。

受託撮影/ 受託解析サービス

専用スタッフが、お客様の課題に添った最適な撮影～解析まで行います。撮影～解析後、データをお渡しします。

アフターサービス

無償サポートサービスで製品、サービス導入後も運用をサポートします。導入後も安心してご利用頂けます。

お問い合わせ窓口：イメージングソリューション事業本部 E-mail : image@photron.co.jp

Photron

株式会社フォトロン

本社：〒101-0051

東京都千代田区神田神保町 1-105 神保町三井ビルディング 21 階 TEL. 03-3518-6271

営業所：名古屋営業所 / 豊田営業所 / 大阪営業所 / 福岡営業所

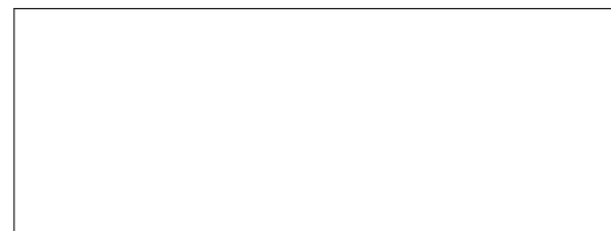
事業所：栃木テクニカルセンター / 米沢工場

記載の意匠や仕様は予告無しに変更されることがあります。

記載の製品名等は各社の登録商標または商標です。

日本国外での使用をご検討の際は輸出規制対象製品も含まれますので必ず弊社にご相談ください。

<https://www.photron.co.jp/service/hsvcam/>



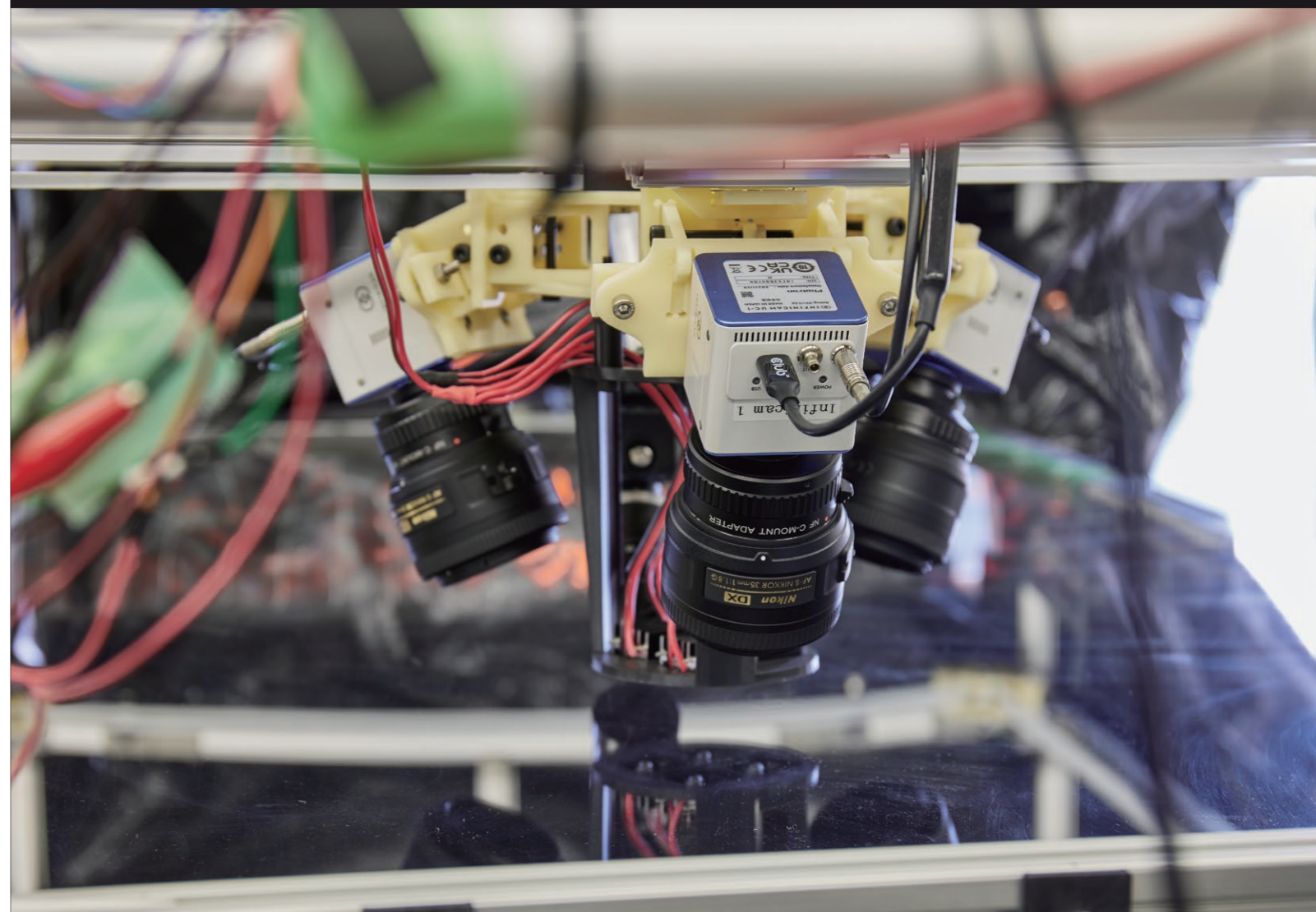
2025年3月現在

Photron

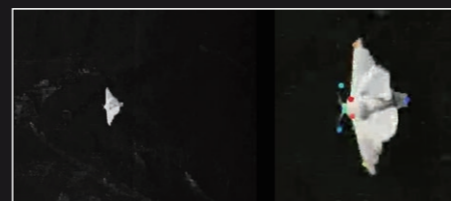
INFINICAM

導入事例

千葉大学大学院工学研究院
准教授 中田敏是先生



カイコガの羽ばたきによる
周囲の気流の乱れと
匂い検出への影響を
ハイスピードカメラで可視化する

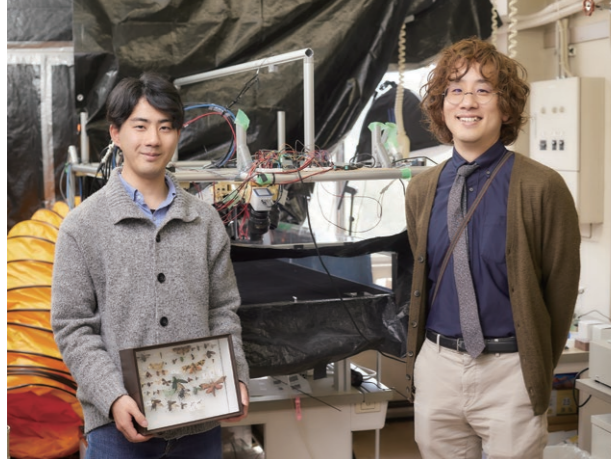


カイコガの羽ばたきのトラッキング

ハイスピードカメラ活用用途

スポーツ 製品開発 流体 溶接 切削加工 燃焼 X線透過 ひずみ(DIC) 材料試験 自動車 航空宇宙 半導体 生産現場 生命科学 バイオミメティクス

カイコガの羽ばたきによる周囲の気流の乱れと匂い検出への影響をハイスピードカメラで可視化する



千葉大学大学院工学研究院 准教授 中田敏是先生
千葉大学大学院融合理工学府 博士後期課程1年 小枝大桃さん

ストリーミングハイスピードカメラINFINICAMを生き物の飛行と工学を組み合わせたバイオメティクス分野の研究で活用されている千葉大学大学院工学研究院の中田敏是准教授と同大学院融合理工学府博士後期課程1年の小枝大桃さん。中田准教授に研究内容とINFINICAMを現場でどう活用されているかについて、詳しく伺いました。

生物に倣って新たな技術につなげるバイオメティクス

バイオメティクス (biomimetics) とは、自然界の生物が持つ機能や構造などをヒントに新たな技術の開発やものづくりに役立てることを目指す科学技術です。人間が大量のエネルギーを消費、排出しながらものづくりを行っているのに対し、自然界の生き物はごく当たり前に持続可能な社会をつくり出しています。工学分野に限らず、生き物の機能を調べ、そこから人間にとって役に立つこと、在るべきシステムを広く研究する学問と言えるでしょう。

バイオメティクスの身近な例としては、新幹線のパンタグラフにフクロウの羽の仕組みが活かされたことが挙げられます。フクロウは夜行性で、夜中に獲物を捕らえる性質上、鳥の中でもとくに静かに飛ぶのが上手な鳥と言われています。その秘密は、他の鳥にはない風切羽の縁にあるギザギザしたセレーションという特殊な構造にありました。このフクロウの羽の構造を新幹線のパンタグラフに応用することで、騒音の低減につなげることができたのです。

私は機械工学を背景に、これまで主に虫の羽ばたきとその周囲に起こる気流について研究してきました。様々な虫の羽の運動や飛び方を観察し、虫がどういう風に気流を使っているかを計算機の中でシミュレーションし、そこで得られた知見をドローンのような飛行ロボットの課題解決に役立てるといったものです。

近年は、信州大学繊維学部機械・ロボット学科の照月大悟准教授

に声をかけていただいたのをきっかけに、昆虫の触角をドローンに搭載した嗅覚飛行ロボットを災害救助に活かす共同研究を行っています。当研究室ではカイコガの動きの基礎研究を行い、触角をドローンに搭載する研究を行っている照月准教授が嗅覚飛行ロボットを開発されました。

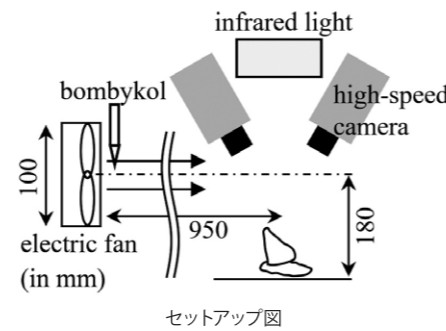
カイコガの特異な探査能力の秘密をハイスピードカメラで可視化する

昆虫は、飛行しながら遠方のメスが放つ空気中のフェロモンを頼りにメスを追跡する、優れた匂い(フェロモン)検出能力を持ちます。中でも、カイコガは飛ばないので観察しやすく、嗅覚研究のモデル昆虫として長く利用されています。カイコガは繭から取れる絹を利用できることから古くから用いられ、家畜化する過程で体が大きくなり、翅(はね)が退化して飛ぶことができません。

匂いは目では見えず、空気に乗ってやってきます。私たちが匂いを嗅ぐ時にふんふんと鼻を吸い込みますが、同じことを羽ばたきでやっているのがカイコガです。羽ばたきながら周りに空気の流れを起こして触角に向かって気流を引き込んでいるのです。

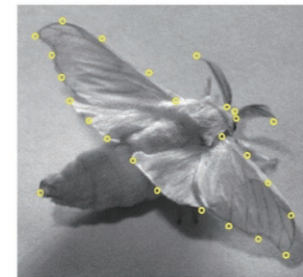
これまでカイコガは触角の形態など神経生理学的な側面の研究は行われてきた一方、翅の羽ばたきが周囲の気流をどのように乱し、その気流の乱れが匂いの探索にどう影響するかについてはほとんど研究されていませんでした。そこで、当研究室では、フォトルンのハイスピードカメラINFINICAMを使ってカイコガの体と羽ばたき運動を詳細に測定し、PC内で羽ばたくカイコガを三次元で再構築してCFD(数値流体力学)解析を実施するためのデータを取得しました。

まず、奥行き1m、幅50cm、高さ20cm 程度の実験アリーナを作り、アリーナ内に匂いが留まるようアクリル板で囲い、かつ匂いが室外に排出されるようにファンを設置。その内部の5cm四方程度を観察できるよう、1台の産業用カメラと2台同期したINFINICAMをサーボモータを用いた機構に固定し、カイコガをINFINICAMの画角内に追従するようプログラムを組み、それぞれのPCにカイコガの体と羽ばたき運動の画像をリアルタイムに保存するカイコガ追従システムを構築しました。撮影時の反射を防ぐため、アリーナ周囲には覆いを付けています。



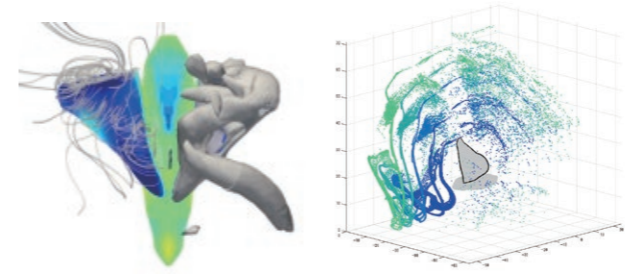
フォトルンのハイスピードカメラは英国での研究員時代から馴染みがあり、今回INFINICAMにしたのは、コンパクトで1秒間に2000コマ撮れ、複数台同期させて使うのに最適と考えたからです。ストリーミングで画像をPCにダウンロードできるため、撮影時間がそれまで使っていた内蔵メモリ型のカメラの数十倍の1分と長く、リーズナブルな価格も決め手でした。

実験では、アリーナ内にカイコガのフェロモン(ボンピコール)を散布し、カイコガを放って、その動きを先ほどのカイコガ追従システムで追従しました。そして、カイコガの頭部、腹部、触角、翅の付け根などを特徴点とし、画像内の座標を組み合わせることでPC上にカイコガの運動モデルを三次元で再構築しました。野球やゴルフのスイングを分析するのに、腕などに幾つもの印を付けて複数カメラで撮影するのと同じ手法です。ただし、カイコガに印を付けたらと重さでカイコガの羽ばたき運動が変わってしまうため、印は付けていません。かなりのスピードで広範囲を移動するカイコガの動きを2台のINFINICAMにきちんと映る範囲で捉えるには苦労しました。撮影はうまくいけば一瞬ですが、ピンポイントにカイコガが通るのを待ち、撮影後はカメラごとの座標を合成し、動きをチェック、修正する必要があったので、羽ばたき一回につき三次元構築するのに10時間以上かかっています。



カイコガ特徴点図

数値流体解析の結果、カイコガは羽ばたきによって闇雲に周囲の匂いを集めるのではなく、自身の前方、水平方向から60度以内の限られた範囲から空気中の粒子を選択的に触角へ誘導していることがわかりました。これにより、羽ばたきによる的確な気流操作が、カイコガの高度な匂い検出と匂い源の探索行動を支えているものと考えられます。また、カイコガが、胴体の位置や姿勢に応じて、触角の角度を変化させていることも明らかになっています。



カイコガ周囲の瞬間的な流れ場のシミュレーション結果

羽ばたき回数と触角に到達する粒子の距離の関係

虫の特性を活かして次世代防災救助ドローンの開発を目指す

信州大学の照月准教授は、生きた昆虫の触角を使った嗅覚飛行ロボットを開発し、さらにその精度を上げるべく、虫の触角が匂いを察知するときに出す電気信号を効率よく取る研究を進めています。

そうした技術と併せ、昆虫が匂いにごう到達するか、そのメカニズムを解明できれば、災害時の救助者探査などへの応用に期待が高まります。当研究室では、羽ばたきのシミュレーションの三次元構築に際し、AIの学習データを蓄積して精度を上げるとともに、次の段階ではドローンに蚊の触角を載せることを検討しています。蚊は私たちの息や汗を頼りに実に巧みに見つけ出しますから(笑)、蚊の触角から電気信号を取ることができれば、人間の息や臭いを察知して動くドローンの開発も可能になります。そうなれば、ピンポイントでガス漏れ箇所を知らせたり、災害時に瓦礫の中で救助を待つ人を見つけたり、空港で爆発物を検知したりできるようになるでしょう。

虫は長時間、ものすごい距離を羽ばたきながら移動します。ある種のアブラムシは風に乗って100~200kmといった距離を移動すると言われています。将来的に風を利用した虫の飛行メカニズムを解明できれば、いまは最長30分程度とされるドローンの飛行時間を長くでき、人間や農作物の伝染病の予測・予防も可能になるかもしれません。何十万種もいる虫のなかで、これまでハイスピードカメラで捉えることができたのはせいぜい数十種程度です。これからも、様々な虫の生態を調べて新しい技術の提案につなげていきたいですね。