

【本件リリース先】
文部科学記者会、科学記者会、
広島大学関係報道機関

本件の報道解禁につきましては、令和 7 年 1 月 6 日(月)
午後 7 時以降にお願いいたします。



広島大学



大阪大学
OSAKA UNIVERSITY



NANYANG
TECHNOLOGICAL
UNIVERSITY
SINGAPORE

NEWS RELEASE

広島大学広報室
〒739-8511 東広島市鏡山 1-3-2
TEL : 082-424-3749 FAX : 082-424-6040
E-mail: koho@office.hiroshima-u.ac.jp

令和 7 年 1 月 6 日



助け合いで障害物を乗り越えろ！
サイボーグ昆虫が群れとなって協調移動する
制御アルゴリズムを新開発

論文掲載

【本研究成果のポイント】

- ・「サイボーグ昆虫※1」の動きを制御する新しい制御アルゴリズム※2 を開発。
- ・生物としての自然な振る舞いを活かした新アルゴリズムにより、サイボーグ昆虫が助け合いながら障害物の多い砂地を移動してゴールに到達することが可能に。
- ・障害物が多い災害救助現場、環境モニタリング、インフラ点検など、さまざまな分野での応用に期待。

【概要】

広島大学大学院先進理工系科学研究科小蔵正輝教授、大阪大学大学院情報科学研究科若宮直紀教授、Nanyang Technological University, Singapore (NTU Singapore) の佐藤裕崇教授らからなる日本・シンガポールの国際共同研究グループは、「サイボーグ昆虫」について、障害物が多く移動が困難な地形を群れとなって協調しスムーズに移動させるため、新しい制御アルゴリズムを開発しました。

サイボーグ昆虫は昆虫に小型の電子装置を取り付けたもので、災害時の救助活動、環境モニタリング、インフラ点検などさまざまな分野での活躍が期待されています。具体的には、昆虫の触角と尾肢に電極を取り付け、電気刺激を送ることで昆虫の動きを制御します。これまではサイボーグ昆虫の一匹一匹に対して個別に指示を与える必要があり、多数からなる群れを協調動作させるには非効率で不安定でした。

本研究では、複数のサイボーグ昆虫が、一匹のリーダーサイボーグに従って群れ移動するための制御アルゴリズムを開発し、リーダーに指示を与えるだけで障害物の多い砂地を自由自在に群れとして移動させられるようにしました。提案した制御アルゴリズムは、サイボーグ昆虫の群れが人を助け社会で活躍するための基盤を築くものです。今後、障害物が多い災害救助現場、環境モニタリング、インフラ点検など、さまざまな分野での応用が期待されます。

本研究成果は Nature Communications のオンライン版に 2025 年 1 月 6 日付で掲載されます。



図1:複数のサイボーグ昆虫が、一匹のリーダーサイボーグに従って群れ移動するイメージ図

【背景】

災害時における迅速な救助活動や環境のモニタリング、都市インフラの点検など様々な場面でロボットの活用が求められています。しかし、従来のロボットは大きくて動きが制限されていたり、電池の持ちが悪かったりするため、狭い場所や複雑な地形での長時間の作業が難しいという課題がありました。そこで小型で自由に動き回ることの出来る昆虫に小型の電子装置を取り付けた「サイボーグ昆虫」の活躍が期待されています。しかし従来の制御アルゴリズムでは、一匹一匹のサイボーグ昆虫に対して個別に詳細で複雑な指示を与える必要があるため、多数のサイボーグ昆虫による協調動作を複雑な環境下で実現することは困難でした。そこで、多数のサイボーグ昆虫が群れとなって協調動作するための簡易で柔軟な新しい制御アルゴリズムが必要とされていました。

【研究成果の内容】

研究グループは、ツアー旅行でガイドが最小限の指示によって参加者を導く様子に着想を得て、サイボーグ昆虫（フォロワー）達がリーダーの役割を果たす一匹のサイボーグ昆虫に誘導されることで、群れとなってゴールを目指すアルゴリズムを開発しました。それぞれのサイボーグ昆虫はロボットのように完全に制御されているのではなく、多くの場合、自由に動いていますが、制御アルゴリズムによってリーダーや他のフォロワーからはぐれないように時々移動する方向を変えます。

開発した制御アルゴリズムを電子装置に組み込み、マダガスカルゴキブリを用いてサイボーグ昆虫の実証実験を行いました。通常的小型ロボットには移動の難しい、砂地に障害物や丘がある環境において、群れとなって移動しゴールに到達する様子を確認しました。提案した制御アルゴリズムにより、制御の回数を半分程度に抑えてサイボーグ昆虫を自由に行動させることで、複雑な地形を柔軟に移動できるだけでなく、従来のアルゴリズムにおいて問題であったマダガスカルゴキブリ同士の「もつれ」を解消することができました。

また、制御アルゴリズムに組み込まれたサイボーグ昆虫間の相互作用の仕組みにより、困難な状況に陥ったサイボーグ昆虫を別のサイボーグ昆虫が助ける様子が確認されました。例えばあるサイボーグ昆虫が障害物に引っかかった際に、他のサイボーグ昆虫がそこから距離を置いて移動することで、群れ全体が障害物を効果的に回避するだけでなく、引っかかったサイボーグを助けて脱出させることができました。また、転倒したサイボーグ昆虫を他のサイボーグ昆虫が押して回復させる様子も確認されました。

さらに、このアルゴリズムはそれぞれのサイボーグ昆虫について、周囲の状況にもとづき動きが自動的に制御されるため、集中管理も必要としません。

これらの成果により、提案した制御アルゴリズムでは、昆虫が生まれながらに持つ

自然な動きを活用することで、高い柔軟性と効率性をもつサイボーグ昆虫の群れを実現することができました



図 2: 実際の実験の様子。手前がリーダーとなるサイボーグ昆虫

【今後の展望】

本研究成果により、災害救助、環境モニタリング、インフラ点検など様々な分野において、サイボーグ昆虫が人と協働、活動することで、私たちの暮らしがより安心、安全になることが期待されます。

【論文情報】

タイトル：“Swarm navigation of cyborg-insects in unknown obstructed soft terrain”

著者名：Yang Bai^{1,2†}, Phuoc Thanh Tran Ngoc^{3†}, Huu Duoc Nguyen^{3†}, Duc Long Le³, Quang Huy Ha³, Kazuki Kai³, Yu Xiang See To³, Yaosheng Deng¹, Jie Song¹, Naoki Wakamiya^{1*}, Hirotaka Sato^{3*}, and Masaki Ogura^{1,2*}
(† These authors contributed equally to this work.)

著者所属：大阪大学 大学院情報科学研究科¹, 広島大学 大学院先進理工系科学研究科², School of Mechanical & Aerospace Engineering, NTU, Singapore³

責任著者*

掲載誌：Nature Communications オンライン版

掲載日：2025 年 1 月 6 日（月）

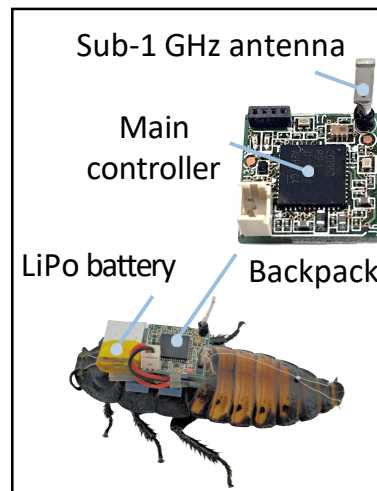
DOI：10.1038/s41467-024-55197-8

なお、本研究は、JST ムーンショット型研究開発事業 JPMJMS223A の支援により行われました。

【用語解説】

※1 サイボーグ昆虫

マダガスカルゴキブリなどの昆虫に小型の電子装置（CPU、センサ、移動制御デバイス、無線通信機、電池など）を取り付けることで、昆虫の能力を活かしつつ、移動方向などの制御を可能にしたもの。



サイボーグ昆虫のイメージ図

※2 制御アルゴリズム

小型電子装置に搭載されたプログラム。普段は移動制御しないことで昆虫に自由に行動させ、周囲に仲間があまりいない時にはリーダーやフォロワーのいる方向に向かわせることで群れを作り、ゴールに向かわせる。

【お問い合わせ先】

<研究に関すること>

【広島大学】

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 教授 小蔵 正輝（おぐら まさき）

TEL：082-424-7273

E-mail: oguram@hiroshima-u.ac.jp

【大阪大学】

大阪大学 大学院情報科学研究科 教授 若宮 直紀（わかみや なおき）

E-mail: Wakamiya.naoki.ist@osaka-u.ac.jp

【Nanyang Technological University, Singapore (NTU Singapore)】

シンガポール南洋理工大学 機械航空学科 教授 佐藤 裕崇（さとう ひろたか）

E-mail: hirosato@ntu.edu.sg

<広報・報道に関すること>

【広島大学】

広島大学 広報室

TEL：082-424-3749

E-mail: koho@office.hiroshima-u.ac.jp