

2025（令和7）年7月28日

科学技術振興機構（JST）
南洋理工大学

AI 活用しサイボーグ昆虫を自動生産 ～インフラ点検や探索活動などに応用～

ポイント

- 軽量・小型・高機動性を兼ね備えた昆虫に、電子デバイスを搭載して外部から制御する「サイボーグ昆虫」が、新たな探索・調査技術として注目されている。
- 本研究では、マダガスカルゴキブリに電子デバイスを取り付ける作業を AI 搭載ロボットアームで自動化する手法を開発した。
- 今後は、災害救助活動への迅速な投入に加え、社会インフラの点検や探索活動などへの応用・実用化が期待される。

JST ムーンショット型研究開発事業において、南洋理工大学（シンガポール）の佐藤 裕崇 教授の研究グループが世界で初めてサイボーグ昆虫^{（注1）}を自動で生産する技術を開発しました。

これまでサイボーグ昆虫は手作業で作製されており、熟練技術者による煩雑かつ時間のかかる工程を経る必要がありました。このため、災害現場などに大量に投入するための自動化・大量生産技術の開発が望まれていました。

本研究グループは、AI と画像認識技術を組み合わせたロボットアームによる自動組立システムを開発し、体長が6～8センチメートルのマダガスカルゴキブリ^{（注2）}への電子デバイスの取り付けを高速かつ安定して行う手法を確立しました。その結果、サイボーグ昆虫の生産を従来比約60倍高速化し、1体あたり1分程度でサイボーグ昆虫を安定かつ高速に量産することに成功しました。

本成果は、人手に依存せずにサイボーグ昆虫を量産するための基盤技術として、災害救助活動への迅速な投入に加え、社会インフラの点検や探索活動などへの応用・実用化が期待されます。

本研究成果は、2025年7月28日（英国時間）に英国の学術誌「Nature Communications」のオンライン版で公開されました。

本成果は、以下の事業・研究開発プログラム・研究開発プロジェクトによって得られました。

ムーンショット型研究開発事業

研究開発プログラム：ムーンショット目標3「2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」

プログラムディレクター：福田 敏男（名古屋大学 未来社会創造機構 客員教授）

研究開発プロジェクト：「人・AI ロボット・生物サイボーグの共進化による新ひらめきの世界」（JPMJMS223A）

プロジェクトマネージャー：森島 圭祐（大阪大学 教授）

課題推進者：佐藤 裕崇（南洋理工大学 教授、大阪大学 客員教授）

研究期間：2023年1月～2024年3月

上記研究開発プロジェクトでは、超小型センサー、通信機器、行動制御ユニットが搭載された生物サイボーグ群から得られる行動情報と周辺環境情報を解析して得られる行動原理に基づいて、人々の行動を誘発したり、人々とロボット群との違和感のない連携を実現する、AIによる自己組織化プラットフォームの構築を目的としています。

＜研究の背景と経緯＞

近年、地震や洪水などの自然災害が世界各地で多発し、倒壊した建物や閉鎖空間における迅速な人命救助や捜索が重要な課題となっています。こうした環境において従来のロボット技術は、機体が大型で狭い空間に入り込めない、電力消費が大きく連続稼働時間が短いといった制約があり、実運用において十分な成果を上げるのが難しい状況にあります。

そのような中で、軽量・小型・高機動性を兼ね備えた昆虫に、電子デバイスを搭載して外部から制御するサイボーグ昆虫が、新たな探索・調査技術として注目されてきました。特に、昆虫の自然な動きを生かしつつ、電気刺激により方向転換や停止といった指令を与える技術は、ロボットでは探索困難な環境への適応力を持つと期待されています。

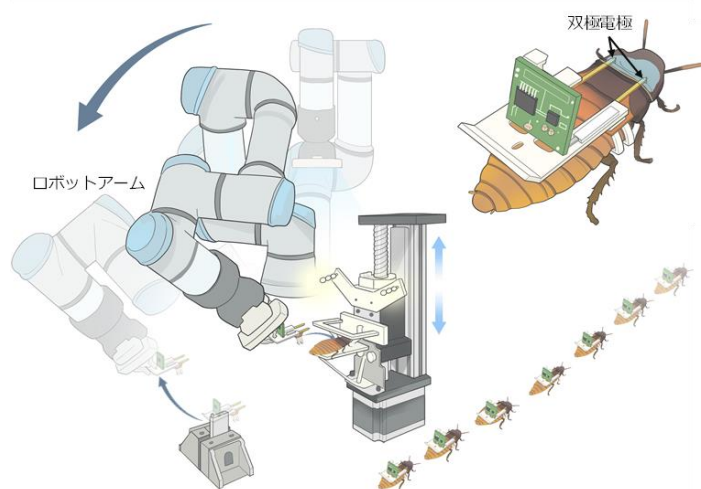
しかし、これまでの研究では、サイボーグ昆虫の作製には高度な手作業が必要であり、1体あたり作製に1時間以上かかることが量産を阻む大きな壁でした。そのため災害現場やインフラ点検のような現実的な応用には、迅速かつ安定した生産プロセスの確立が不可欠とされていました。

＜研究の内容＞

本研究グループは、サイボーグ昆虫を自動生産するロボットシステムの開発に世界で初めて成功しました。AIによる画像認識とロボットアームを組み合わせた自動組立装置を開発し、マダガスカルゴキブリの背中に電子デバイス（バックパック）を取り付ける作業を完全自動化しました。このシステムは、電極を埋め込む最適な位置をコンピュータービジョンで解析し、ロボットアームが精密に動作することで、1体あたり1分8秒という速さで安定した装着を実現し、従来の手作業に比べて約60倍の高速化に成功しました（図）。

さらに、開発した新型バックパックは、従来のモデルより25パーセント低い電圧で昆虫の制御が可能であり、省電力性と制御安定性の両立を実現しました。これにより、長時間の運用や過刺激のリスク低減が可能となり、現場運用への適応力が向上しました。

本システムは、サイボーグ昆虫の安定かつ高速な量産を世界で初めて可能とした技術であり、災害対応技術やインフラ点検分野における実用化への重要なステップといえます。



図：ロボットアームを用いたサイボーグ昆虫の自動生産イメージ

マダガスカルゴキブリに電子デバイスを取り付ける作業をAI搭載ロボットアームで自動化した。

【動画】<https://youtu.be/ufeLz1HERX4>

＜今後の展開＞

2025 年 3 月 30 日、ミャンマーの地震災害において、本研究グループが開発したサイボーグ昆虫が国際人道支援活動の一環として初めて実運用され、これまでの技術では難しかった複雑で入り組んだ倒壊構造物内での探索と迅速な調査が可能であることが実証されました。

今後は、災害現場への迅速な投入に加え、橋やトンネル、下水道などの社会インフラ構造物の点検・保守といった応用分野への展開が期待されています。また、今回の成果を基に、さらに信頼性と量産性を高めた自動組立システムへの改良を進めており、実用化・社会実装に向けたパートナーシップの構築や技術移転も視野に入れた活動を加速していく予定です。

本研究は、昆虫と機械の融合による新たな探索ロボティクスの実現に向けた極めて重要な一歩であり、今後の技術革新の基盤となることが期待されます。

＜用語解説＞

注 1) サイボーグ昆虫

生きた昆虫に小型の電子デバイスを搭載し、外部から制御信号を与えることで、その動きを人為的に制御可能にした昆虫－機械ハイブリッド型の探査プラットフォームです。2007 年、佐藤 裕崇教授率いる研究グループが、世界で初めて甲虫の飛行中における方向制御に成功し、「サイボーグ昆虫」という新たな研究分野を切り開きました。この技術は、昆虫本来の優れた機動力、狭い空間の通過能力、省エネルギー性、自己修復性などを生かせるため、従来のロボットでは困難だった倒壊構造物内の探索やインフラ内部の点検といった用途に適しています。また、サイボーグ昆虫は、自律型の小型ロボットとは異なり、「生物の自然な運動能力」と「電子制御技術」とを融合した新しい形の探索デバイスであり、低コストかつ長時間稼働可能な点でも注目されています。

注 2) マダガスカルゴキブリ

学名：Gromphadorhina portentosa。マダガスカル島原産の大型のゴキブリで、成虫の体長は 5～8 センチメートル程度。飛行能力がなく、おとなしく攻撃性もないため、人畜無害とされている。一般的なチャバネゴキブリなどの家庭害虫とは異なり、衛生リスクが少なく、人家に出没することもない。清潔に飼育できることから、教育や研究現場で広く利用されている。特にサイボーグ昆虫研究では、安定した体構造と比較的長い寿命（約 2～5 年）により、運動制御やセンサー統合の実験モデルとして適している。

＜論文タイトル＞

“Cyborg insect factory: automatic assembly for insect-computer hybrid robot via vision-guided robotic arm manipulation of custom bipolar electrodes”

（サイボーグ昆虫生産工場：双極電極を用いた画像認識ロボットアームによる昆虫－コンピュータ融合ロボットの自動組立）

DOI : 10. 1038/s41467-025-60779-1

<お問い合わせ先>

<JST 事業に関すること>

桜井 省一（サクライ ショウイチ）

科学技術振興機構 ムーンショット型研究開発事業部 第二推進グループ

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 K's 五番町

Tel : 03-5214-8419 Fax : 03-5214-8427

E-mail : moonshot-goal3@jst.go.jp

<報道担当>

科学技術振興機構 広報課

〒102-8666 東京都千代田区四番町 5 番地 3

Tel : 03-5214-8404 Fax : 03-5214-8432

E-mail : jstkoho@jst.go.jp

Lester Kok（レスター・コック）

Senior Assistant Director

Corporate Communications Office

Nanyang Technological University, Singapore

Tel : +65 6790 6804

E-mail : lesterkok@ntu.edu.sg

<科学を支え、未来へつなぐ>

例えば、世界的な気候変動、エネルギーや資源、感染症や食料の問題。私たちの行く手にはあまたの困難が立ちはだかり、乗り越えるための解が求められています。JST は、これらの困難に「科学技術」で挑みます。新たな価値を生み出すための基礎研究やスタートアップの支援、研究戦略の立案、研究の基盤となる人材の育成や情報の発信、国際卓越研究大学を支援する大学ファンドの運用など。JST は荒波を渡る船の羅針盤となって進むべき道を示し、多角的に科学技術を支えながら、安全で豊かな暮らしを未来へとつなぎます。

JST は、科学技術・イノベーション政策推進の中核的な役割を担う国立研究開発法人です。