

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
未知未踏領域における拠点建築のための集団共有知能をもつ進化型ロボット群

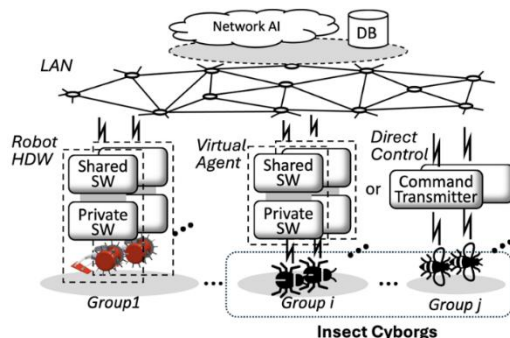
研究開発項目

5. ネットワーク知能システムの制御対象拡大と応用展開

2025 年度までの進捗状況

1. 概要

この研究開発項目では、ネットワーク知能システムとして、自己の制御誘導機能が制限され、機体制御性能が低い状態の同種で複数の小型ロボットをAIにより制御することで、探査などの高度な作業をロバスタかつ継続的に実現することを目指しています。特に下層AI（群知能）では、小型ロボットの制御性と精度の低さを想定し、ロボット単体の存在位置や制御状態などを考慮することなく群形成させる制御手法を検討し、個体の配置、制御状態などを考慮する必要はなく、ロボットが保有する制御パラメータも限定的であることより個体の状況によらないシステム全体の安定性を担保しています。すなわち、上位層AIに対して個体を意識させない制御手法を提供する点に特徴を有しています。さらにロボットより得られる位置や環境情報に大きな曖昧性が存在することを下位、上位のAIにて想定し、曖昧なデータの取り扱いとロバスタな動作を実現します。このネットワーク知能システム、特に下位層AIが提供するシステムおよび制御的な枠組みと特徴を活かせる月惑星探査ロボット以外の制御対象への展開、様々なロボットシステムとの協働スキームなどを検討し、人々の生活により密接な地上を中心とした応用展開の可能性を探ります。機体自体に制御が不要であるが原理的に制御性が低い対象として、本課題ではサイボーグ化された生物（主に昆虫を扱うため「昆虫サイボーグ」と呼ぶ）を制御対象として選定し、ネットワーク知能システムからの制御実現およびサイボーグ技術の課題解決を検討します。



ネットワーク知能システムによる昆虫サイボーグ制御概念図

2. これまでの主な成果

昆虫サイボーグの制御・行動分析・ロボットとの協働という複合的要素を対象に、基礎設計から検証までの一連の研究開発を進めました。マダガスカルゴキブリを中心に、地上ユースに適した生物の選定と制御刺激の最適化を行い、実環境に近い地表環境下での行動データ収集を実施しました。取得したIMUデータに基づき、地表地形を分類するための機械学習モデル（ランダムフォレスト）を構築し、高い分類精度を達成しました。また、5体の昆虫サイボーグを用いたリアルタイム地表マッピングシステムを開発し、1時間以内に3m×3mの探索エリアの半分以上をカバーする実証にも成功しました。加えて、ナビゲーション精度を向上させるための感覚器（複眼・単眼）の無効化処理を施し、航行距離と時間をそれぞれ大幅に短縮するなど、制御プロトコルの最適化にも顕著な成果を挙げました。

また、昆虫サイボーグとロボットが「1つのチーム」として連続的に未知の地形を走破できる運用プロトコルを完成させたり、生体センサー化した昆虫行動解析による環境認識など、計画段階では具体化していなかった技術を実証段階に発展させることができました。

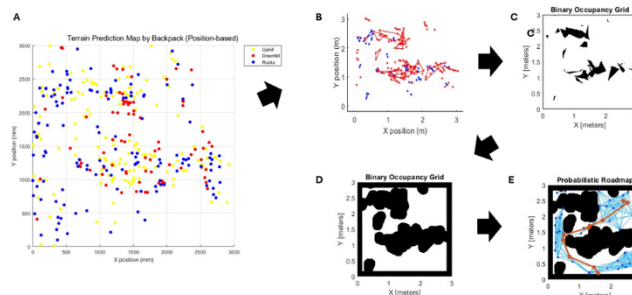


図 (A) 昆虫サイボーグのデータから生成された地形予測情報。(B) 上り斜面と下り斜面をまとめた丘地形（赤色領域）および岩地形（青色領域）が、障害物クラスターとして分類される。(C) 障害物クラスターに基づいて生成されたバイナリ占有グリッド。(D) 占有グリッドをロボットの大きさに合わせて膨張処理し、走行可能領域と走行不可領域を示す。(E) ロボットの経路計画結果。

3. 今後の展開

群制御技術をロボット以外に昆虫サイボーグにも適応し、群形成と群誘導制御を実現することができました。ロボットと異なり、自らの意思を持つ「生物」の行動制御と、本プロジェクトで開発した群制御技術との親和性を確認でき、昆虫サイボーグの制御や活用の可能性を実証することができました。また、昆虫サイボーグと小型ロボットの協働への可能性も見出すことができました。今後は、月面や宇宙のみならず、地上応用の場面でもこの技術が活用できるように、研究開発を進展させていきます。

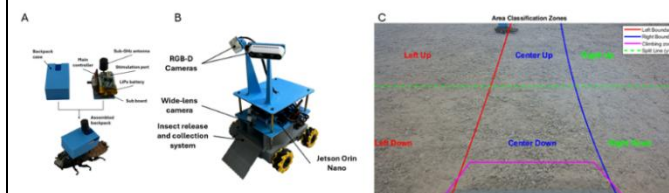


図 昆虫サイボーグを用いたシステム概要
(A) メインコントローラ、IMU、刺激回路、Sub-GHzアンテナ、電源を一体化した軽量バックパックを搭載した昆虫サイボーグプラットフォーム。
(B) サイボーグ昆虫の展開と回収の中心として機能する自律移動ロボット。RGB-Dカメラによる位置追跡、広角RGBカメラによる個体確認、Jetson Orin Nanoによるオンボード処理、およびモーター駆動式のサイボーグ昆虫収納・回収システムを備える。
(C) 視覚誘導に基づく展開・回収のために、画像空間を6つの領域（左上・中央上・右上・左下・中央下・右下）に分割した分類ゾーン。航行中の行動切替を定義するため、登板ゾーンおよび水平分割線を設定している。