

## 2025年度 東京工科大学研究センター 研究活動報告書

センター名： バイオミメティクスセンター  
責任者： 片柳研究所 細田奈麻絵

### 1 センターについて

#### 1-1 センターの目的

本センターは、バイオミメティクスと AI/DX 技術の融合により革新的な技術を生み出し、持続可能社会に貢献するために社会実装することを目指している。センターの目的は、革新的なバイオミメティック「繰り返し方向性接着機構」（以下、フリーゲ）を用いた「風力発電点検ロボット」の社会実装である。

#### （1）目指す姿：社会実装のイメージ、背景となる社会課題（図 1-1）

我が国独自のバイオミメティック「繰り返し方向性接着機構」（フリーゲ）を用いた「クライミングロボット」を開発し、風力発電ブレード点検に社会実装することを目的とする。

再生可能エネルギー拡大が求められる中で、主力となる風力発電はメンテナンス人材不足が深刻で、世界中で機械化に向けた開発が行われている。点検ロボットの社会実装により人手不足を解消し風力発電を稼働できる状態にして、再生可能エネルギー拡大に寄与する。世界的な風力発電のメンテナンス市場は、2030 年に 3 兆 8,760 億円と予想される。

本研究では、学術的な原理解明に基づいて要素課題を解決し、風力発電ブレード上を昆虫が歩くように移動するクライミングロボットを世界で初めて実現する。再生可能エネルギー拡大の課題解決となるので、持続可能社会の実現に大きく寄与する研究開発となる。

#### （2）競合技術と優位性（技術的ベンチマーク）

##### 競合技術：

現在、世界的に複数の企業が風力発電ブレード点検技術を開発・提供している。ドローンやロープアクセス型、吸盤型ロボットによる外部損傷検出、超音波や打音検査による内部損傷検出、AI による診断支援などが注目されている。代表的な競合技術として、以下が挙げられる：

- Aeronos/USA：地上から操作可能なロープアクセスロボットによる高速点検と洗浄機能を備える。
- BladeBUG/UK：吸盤式自動歩行ロボットで、超音波 NDT による高精度な外部損傷検出が可能。ただし、点検時に使用するカップリング材によりブレード表面が汚れる。
- SkySpecs/USA, Clobotics/CN：ドローンの自律飛行、高精度画像解析による自動点検（外部損傷）を実現し、AI による損傷解析を行う。
- 人手による点検/現状：ロープアクセスによる高所作業で、人材不足の課題がある。点検が長時間におよび、損傷や汚れのリスクが高い。

##### 技術的ベンチマーク：本研究の優位性

風力発電ブレード点検技術は、今後の再生可能エネルギーの安定供給に不可欠な要素である。本研究の点検ロボットは、従来技術の課題を克服し、高精度・高効率・高安全性を兼ね備えた次世代点検技術として、国内外の競合技術に対して明確な技術的優位性を示している。本研究では、技術的ベンチマークを基に、さらなる研究開発と社会実装を目指す。



#### 再生可能エネルギー拡大の課題

- ・風力発電のブレード点検は、人手による高所作業（左写真）。
- ・再生可能エネルギー拡大で、人材不足が深刻。
- ・機械化が急務だが未完成。ドローンでは、揺れや風の影響で打音の精度と再現性に課題がある。

#### 風力発電ブレード「点検ロボット」の研究開発

- ・繰り返し着脱機構で、ブレード表面を昆虫のように歩行移動
- ・ブレード表面材質への接着力を最適化、繰り返し接着性を維持
- ・内部損傷のセンシング機能を搭載

#### 本研究の要素課題

これまでに「繰り返し方向性接着機構」（フリーゲ）を開発した。数百本のフリーゲ（素線）で人の体重を支えられる装具を製作し、人が壁を登ることに成功。本研究の要素課題は次のとおり。

##### A) ブレード表面で機能するフリーゲの新素材開発

- ・ブレード表面に強い接着（ポリマーの新開発）
- ・着脱性能を向上する非ニュートン流体
- ・高品質フリーゲの製造装置開発

##### B) 昆虫の動きができる脚部機構・ロボット本体の開発

- ・接着力の方向性で着脱の動きができる脚部機構
- ・脚部（6脚）を取り付けたロボット本体の開発
- ・6脚歩行ロボットの制御シミュレーション

##### C) 打音センサーの開発

- ・昆虫の振動センサーがモデルのセンシング機能開発
- ・ブレード内部損傷の打音検査の機構開発

##### D) 歩行シミュレーションと総合試験

- ・歩行シミュレーション
- ・歩行性能及び点検性能の検証

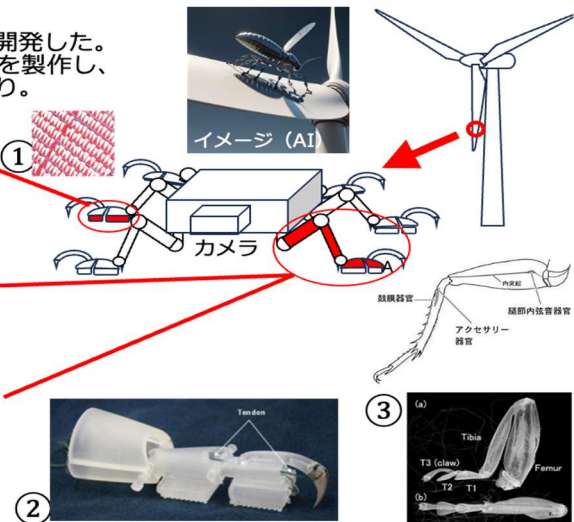


図 1-1 研究概要(研究の背景・目的と要素課題)

#### (3) 本研究の位置づけ・実現性：

センターの目的は、再生可能エネルギー拡大に必要なブレード点検の自動化において、世界中でブレード上の移動技術に目処が立たない中で、我が国独自の革新的な「繰り返し方向性着脱機構」を用いて世界に先駆けて社会実装を実現するものである。ブレード表面全体を昆虫のように歩き回れる「クライミングロボット」は、全く新しい発想で世界の競争相手にもインパクトが大きな研究開発となる。これまでに、フリーゲ発明に加えて、低コストの製作プロセスを開発し、この技術で数百本のフリーゲを束ねた装具（グローブやシューズ）を作成し人が壁を登る実証実験に成功したことで、ロボット重量での開発に実現性が認められている。

#### ・東京工科大学ならではの異分野融合による研究推進

クライミングロボットを実現するための要素課題は、A) ブレード表面で機能するフリーゲの新素材開発、B) クライミングロボット（脚部・本体）の開発、C) 打音センサー開発、D) 歩行シミュレーションと総合試験である。これらは、バイオミメティクスとAI/DX技術及び接着科学、高分子合成、機械工学、デバイス工学、昆虫科学の異分野の学術を融合する研究開発で創造性が高く、東京工科大学ならではの異分野融合による研究推進プロジェクトとなる。

#### ・本研究の目的及び学術的独自性と創造性

本研究の目的は、フリーゲを用いた「クライミングロボット」の実現に必要な原理解明と要素技術開発である。フリーゲは我々が開発した革新的な方向性接着機構で学術的独自性がある。要素課題では、ブレード表面に適したフリーゲの新素材（ポリマー・人工分泌液）、方向性接着を歩行に用いるための機構（脚先、ロボット）を材料科学・機械工

学・制御工学、ロボット工学、昆虫学などのインテグレーションとして開発するもので創造性が高い。

#### ・必要な接着力の実現性

フリーゲ（新素材ポリマー）での接着力は、風力発電ブレードの点検時の表面汚れやロボットに作用する空気力等の外乱を想定した仕様となる。これまでに、フリーゲを束ねて開発した装具（グローブ・シューズ）の接着力で 50kg の人間が大理石の壁を登る実証実験に成功しており、重量 3kg のロボットでの実現性が認められる。（図 1-2）



図 1-2 大理石の壁面  
を人が登ることに成功

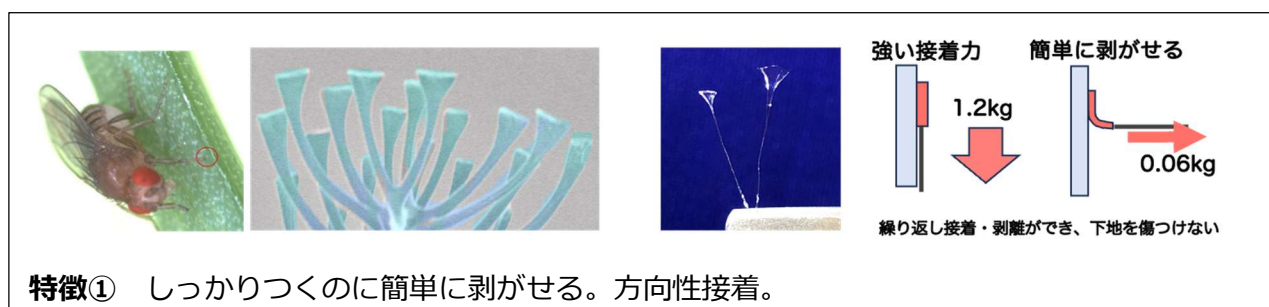
### 1-2 要素課題の説明

#### 要素課題 A：ブレード表面で機能するフリーゲの新素材開発

担当者：片柳研究所 細田奈麻絵（池田太一、木村賢一）

##### A1) 昆虫の脚先解析による接着性向上（方向性接着機構・人工分泌液）

繰り返し方向性接着の特徴は、接着面に平行（0 度方向）の力には接着力が強力で、90 度方向には容易に剥がれる方向性があり、剥離後に接着物質が残らず繰り返し使用できることである。テントウムシ及びショウジョウバエを対象にした接着性剛毛の発生生物学的解析に基づいた方向性接着機構を開発し、方向性接着を束ねロボットに装着可能な立体構造を設計・製作する。



**特徴①** しっかりつくのに簡単に剥がせる。方向性接着。

フリーゲは様々な表面に接着できるが（特色②）、分子間力で接着するため被着表面の化学組成により最適化が可能である。ブレード用に、汚れに強く、ブレード表面素材に最適化した接着力を出す新素材の AI/DX 機械学習による開発をする。接着力は、風力発電ブレードの点検時の表面汚れやロボットに作用する空気力等の外乱を想定して検討する（本体設計の風圧予測）。①方向性接着の新素材は研究分担者（物質・材料研究機構・池田）が独自開発したグリシジルトリアゾリルポリマー（GTP）を基軸に開発する。②蟻モデルの非ニュートン流体（人工分泌液）を開発する。



**特徴②** さまざまな壁にくっつけられ、簡単に剥がせる。繰り返し着脱しても劣化しにくい。

##### A2) フリーゲ製造装置（外部競争的資金申請中）

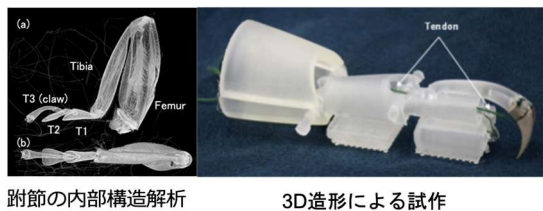
ロボット用の装具は数百～数千本のフリーゲ（素線）を束ねたもので、量産のための製

造装置を開発する。低コスト製造法を発明しており、ナイロン繊維の配列上部を固定して樹脂に浸し、引き上げて乾燥することで、先端形状がヘラ状構造のフリーゲを製造する（図 1-3）。製造装置は、繊維配列装置製作と(A1)でポリマーの浸漬・乾燥装置で構成する。ロボット用の装具は、接着・剥離の繰り返しによる着脱性能の変化を評価する。市販の亚克力系樹脂、シリコン系樹脂、ウレタン系樹脂と比較し、剥離強度の原理を解明して性能向上を図る。

## 要素課題 B：クライミングロボット（脚部・本体）の開発

### B1) 脚部機構 担当者：機械工学科 上野祐樹

力の方角で接着力が激変する「方向性接着」による歩行を実現するための脚部機構を開発する。脚部機構のモデルはテントウムシで、接着時は脚部を密着、剥離時は脚の動きで接着力を小さくする。跗節の内部構造解析及び動作原理解析を行ない、腱となるワイヤを引っ張ることで関節動作を再現する。脛節と腿節の構造解析で脚部動作原理を解明し、関節の運動学モデルに基づく機構設計を行う（図 1-4）。アクチュエータでワイヤ駆動の関節動作を開発し、7 軸アームと 6 軸力覚センサーで接着・剥離時の脚動作、力学的条件を明確にする（図 1-5）。脚単体時と 6 脚装着時の運動制御を行う。



跗節の内部構造解析

3D造形による試作

図 1-4 跗節の内部構造解析と 3D 造形による脚部の試作

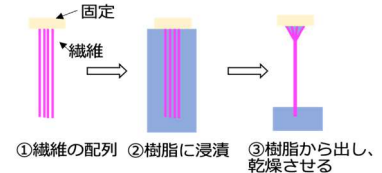


図 1-3 フリーゲの製造工程

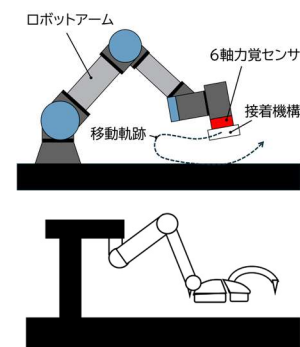


図 1-5 脚部機構の開発

### B2) 本体（6 脚歩行ロボット）担当者：機械工学科 上野祐樹、電気電子工学科 荒川貴博、（国立科学博物館 篠原現人、野村周平）

クライミングロボットは、脚部機構（B1）を装着して 6 脚歩行ロボット本体を製作する。ロボットの仕様は、重量 3kg 以下で直径が 30cm 程度の小型軽量化を目指す。フリーゲを用いた方向性接着による 6 脚歩行の動作制御を行い、昆虫のような歩行動作で壁面をのぼるクライミングロボットを完成する。風力発電ブレード上での風圧の影響を避けるようにロボット形状をアップグレードする。この形状の生物モデルは、急流に生息する魚類やヒラタドロムシの幼虫の形状で、研究分担者（国立科学博物館・篠原・野村）と流体解析と形状設計を行う。次のステップ（要素課題 D：点検ロボット化）で、クライミングロボット本体にカメラ映像のモニタリング、センシング機能デバイス、打音検査システム、データ送信、制御のためのシステムを搭載する。

## 要素課題 C：センシング機能デバイス

### C1) 打音センサー開発 担当者：電気電子工学科 荒川貴博、（福島大学 高梨琢磨）

ブレードの打音検査用に、クライミングロボットに装着する小型・軽量・高感度の「センシング機能デバイス」を開発する。デバイスは、センシング機構と打撃機構から構成される。小型・軽量・高感度のセンシング機能は、昆虫の振動感覚をモデルとして開発する。カミキリムシ等の昆虫は、脚の先端に多数の接着性剛毛によって、植物などの物体に接着し、さらに物体からの振動を機械感覚毛と弦音器官という 2 つの振動受容器によって感知できる。

これらの振動受容器、接着性剛毛と振動に対する感覚に焦点をあて、振動刺激等に対する行動・生理反応を解析している（外部連携 福島大学・高梨）。研究分担者と共同で昆虫の微小振動の検出法を模倣した振動センシングシステムの構築を行う。クライミングロボットに打音検査システムとして内蔵することを目指す。

打音検査用のセンシング機能デバイス開発では、使用材料（圧電ポリマー、導電性ポリマー）の評価、および導電性ポリマーにカーボンナノチューブを含む繊維を用いた高感度化と機械的強度強化の開発を行う。クライミングロボットの脚部に装着可能な圧電素子を用いた振動センサーを作製して、高精度のポテンショメーターで応答特性が評価する。ロボット装着時の実働材料での振動検出を最適化する（図 1-6）。感知した振動波形を AI で診断する。



図 1-6 クライミングロボットへの振動センサー装着の概略図

#### 「昆虫のスケール」に合わせた半導体微細加工技術を用いた「非侵襲ウェアラブル昆虫用デバイス」の開発

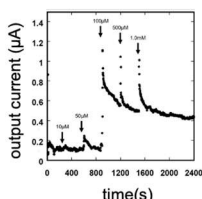
糸状の微細なセンサデバイス開発  
直径100  $\mu\text{m}$ のカーボン電極、銀電極  
によるデバイス作製技術



現状では刺繍により化学センサとして利用



炭素製ボタン電極



振動受容体による振動刺激に対する行動・生理反応解析

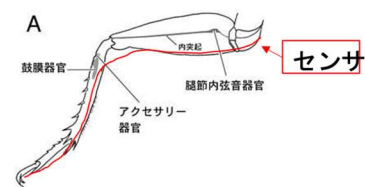
昆虫の足部への装着  
「非侵襲ウェアラブル昆虫用デバイス」

昆虫の微小な振動、電流を計測

ロボット脚部への装着

実働材料での振動検出を最適化

自然由来の材料でデバイス作製



### 要素課題 D：歩行シミュレーションと総合試験

各要素課題の成果をロボット本体に搭載し、ロボットを社会実装するための総合制御技術確立する。総合試験は、開発要素の成果のインテグレーションであり、異なる学術分野の融合が本研究の特色となる。ブレード上を歩行する6脚ロボットの最適な歩行動作を発見的手法による創発と、AIを用いた昆虫の歩行動作の解析の両面からのアプローチで探索する。ロボットの移動経路は最適化法で決定し、効率的な運用計画を実現する。移動体としての基本動作と応用動作を試験し、これに打音センサーを装着して性能検証する。

#### D1) 発見的手法による6脚歩行ロボットの歩行動作の創発

担当者：電気電子工学科 黒川弘章、メディア学部 渡辺大地

脚部の着脱動作機構 6脚を装着したロボットの歩行シミュレーションを行う。ロボットの歩行制御のためのパラメータを設定し、遺伝的アルゴリズムおよび強化学習によるパラメータ最適化を行うことで、様々な地形を踏破する昆虫型ロボットの歩行動作を獲得する。（図 1-7）



遺伝的アルゴリズムで進化させて歩かせる  
<https://gigazine.net/news/20120220-genetic-algorithm-walking-gundam/>

図 1-7 遺伝的アルゴリズムで進化させて歩かせる

**D2) 昆虫の足の動きを模倣した歩行動作の獲得** 担当者：AI テクノロジーセンター 生野 壮一郎、細田奈麻絵

6脚型の昆虫型ロボットのAIにより自律歩行を実現するため、6脚歩行昆虫の歩行動作を生物学的に解析する(図1-8)。昆虫の歩行をハイスピードカメラで記録し、様々な地形で解析に適した撮影方向を工夫する。6脚歩行昆虫の歩行動作解析には映像解析ソフト(DeepLabCut)を用いて関節角度や歩行パターンを抽出し、AIによる動作学習と制御最適化を通じて、最終的には自律的な歩行を可能とする昆虫型点検ロボットの実現を目指す。D1)で得られた歩行動作と比較して様々な地形を踏破する昆虫型ロボットの歩行動作を確定する。



図 1-8 テントウムシの歩行動作解析

**D3) ロボットの歩行性能試験** 担当者：機械工学科 上野祐樹、電気電子工学科 黒川弘章、メディア学部 渡辺大地

歩行シミュレーションの結果を踏まえて、ロボットの移動動作を確認する。基本試験では歩行平面基板の角度を変えて歩行性能を確認し、応用試験では3次元曲面ブレード上で、曲面部、エッジ部などでの歩行性能を評価する。ここで作業環境に応じたロボットの適切な運用計画について、移動経路の決定法はTSP・VRPを用いる。

注) Traveling Salesman Problem (TSP)、Vehicle Routing Problem (VRP)

**D4) 風力発電ブレード(実機)での総合試験** 担当者：機械工学科 上野祐樹、全員、(中部大学 井上徳之)

ブレード上での歩行試験の実施に向けて、実験室でのブレード(モックアップ)による各種歩行試験(平面、曲面、3次元曲面)を実施し、実機のブレードでの歩行試験を計画している。風力発電の落雷被害調査チームとの共同研究をもとに、開発したロボットの現地試験の機会を調整中である。総合試験では、カメラ映像によるブレード表面と打音検査による内部損傷検査を実施しロボットの点検性能の検証を行う。

**要素課題E：将来拡張技術(安全対策)**

**E1) 飛翔機能の開発** 担当者：機械工学科 野田龍介

点検ロボットの落下時の安全対策として展開翼「受動展開型・軽量折畳み翼」を開発する。通常は点検ロボット内部に収納し、落下時に滑空飛行による障害物回避と地上への終端速度の減少による安全性向上の実現を目指す。

落下検知は加速度・角速度・自由落下判定をトリガとし、機械式ロック解除と蓄えられた弾性エネルギー等(ばね/弾性体)を用いて瞬時に翼を展開する。本課題で開発する展開翼はパラシュートに比べ、①高い操縦性(人や風車本体への衝突回避)、②即時展開性(充填・開傘時間絡みのリスク低減)、③優れた収納効率(体積・重量の抑制)の点で優位性を有する。

構造設計では、甲虫(カブトムシやテントウムシなど)の翅に見られる折畳み幾何学的構造や双安定構造のスナップスルー変形等の生物学的解析を行う(図1-9)。弾性ヒンジを備えたCFRP等で構成したフレーム(翅脈部)とポリイミド等の展開性のあるフィルム材(翅膜部)を組み合わせたハイブリッド構造を採用することで、軽量かつ高比強度・高耐久性の展開翼を目指す。展開翼には弾性変形を利用した受動的姿勢安定機能と、航空機の後縁フラップに類似した最小限の能動的アクチュエータ・センサを組み込み、落下時の減速性能と障害物の回避性能を向上させる。

具体的に、展開翼の性能目標を重量 0.3kg(ロボット全体質量の10%以下)、展開時間 0.5 s 以下(自由落下で5m以内)、終端速度 3 m/s 以下(人が10m先から視認し、十分に回避可能な速度)と設定して開発を行う。

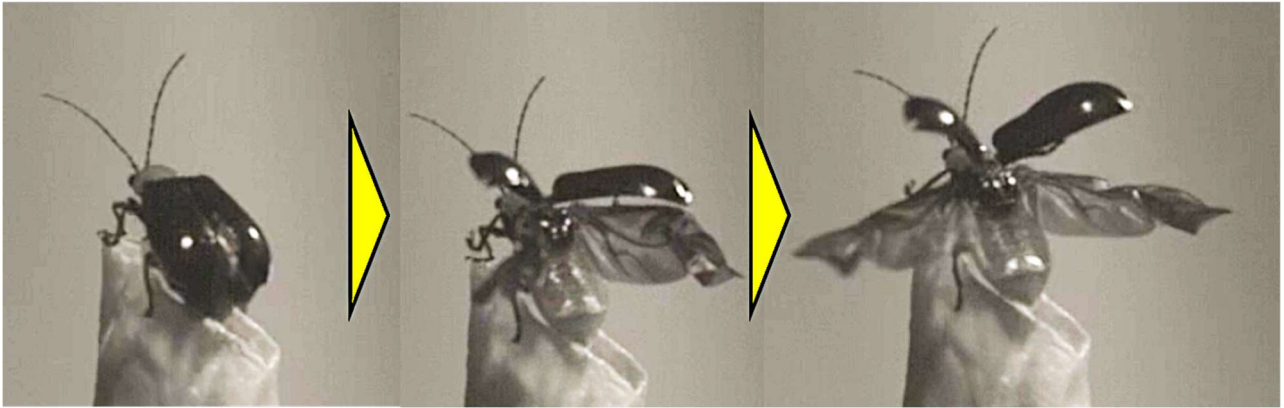


図 1-9 クロウリハムシの翅の展開の様子

### 1-3 2025年度活動計画

2025年度は「5年間の活動計画表」の1年目として、項目ごとの活動計画を以下に示す。項目ごとに担当者を記載した。学生の参加方法についての項目を最後に記載した。

#### 1-3-1 要素課題 A. 接着移動用素線

##### A1) 昆虫の脚先解析による接着性向上（方向性接着機構・人工分泌液）

担当者：細田奈麻絵（池田太一、木村賢一、袖山慶太郎）

目標：ヘラ型接着構造体の立体構造化設計を基に試作し、繰り返し接着性の評価を実施し問題点を洗い出す。接着機能の耐劣化のメカニズムの結果は次年度に反映する。

研究内容：昆虫、クモ、ヤモリを対象に接着性剛毛の立体構造の解析を行い設計・試作を行なう。生物の接着機能に対する耐劣化のメカニズムを解明する。

##### A2) フリーゲ製造装置 担当者：細田奈麻絵

目標：フリーゲ製造に必要な繊維配列装置製作と A1) で開発のポリマーの浸漬・乾燥装置の設計を行うため、装置設計に必要な基本条件を決定する。

研究内容：ナイロン繊維と開発のポリマーや市販の樹脂を用いて、繊維の配列と樹脂への浸漬・乾燥条件を調査する。

#### 1-3-2 要素課題 B. 昆虫の動きができる脚部機構・ロボット本体の開発

##### B1) 脚部機構 担当者：上野祐樹

目標：ロボット脚の設計・製作と評価

研究内容：これまでに、テントウムシの脚構造の解析と、それを模した簡易試作機による動作確認までを行っている。今年度は、アクチュエータを用いて駆動可能なロボット脚を開発する。駆動には電動モータを用いることとし、テントウムシの歩行時の脚動作を再現可能な最低限のモータを搭載した機構を設計する。実際に機構を製作し動作確認を行う。

##### B2) ロボット本体 担当者：上野祐樹、荒川貴博

目標：脚の位置、機能（カメラ、センシングデバイス、打音検査システム、データ送信、制御システム、電源システム）の搭載、形状などを検討し、ロボット本体の基本設計を行う。

研究内容：本体の外形は、ロボットが風圧による落下を防ぐ形状を持つ必要があるため、急流に生息する魚類やヒラタドロムシの幼虫の形状をモデルに流体解析を行い設計する。ロボットは重量 3kg 以下で直径が 30cm 程度の小型軽量化を想定。

### 1-3-3 課題研究 C: 打音センサー開発

#### C1) 打音センサー開発 担当者：荒川貴博、(福島大学 高梨琢磨)

目標：プロトタイプ振動センサーの作製により、振動センサーの作製方法の改善、感度向上のための構造や材料の選定、クライミングロボットの脚部への装着に向けた基礎検討を完了する。

研究内容：振動受容器、接着性剛毛と振動に対する感覚に焦点をあて、振動刺激等に対する行動・生理反応に関する知見を得て、振動センサーの構造、要求仕様を検討する。目標とする軽量かつ柔軟な材料を用いたプロトタイプ振動センサーの作製を行う。使用材料（圧電ポリマー、導電性ポリマー）の評価、および導電性ポリマーにカーボンナノチューブを含む繊維を用いた高感度化と機械的強度強化の開発を行う。振動に対する応答性、機械的強度などの基礎特性を評価する。

### 1-3-4 要素課題 D: 歩行シミュレーションと総合試験

#### D1) 発見的手法による 6 脚歩行ロボットの歩行動作の創発 担当者：黒川弘章、渡辺大地

目標：6 脚歩行ロボットの動作獲得のためのシミュレーション環境を整える。

研究内容：遺伝的アルゴリズムによるロボット動作の獲得を行うためのシミュレーションプラットフォームを確立する。平面および垂直な壁で動作する 6 脚歩行ロボットの物理シミュレーションが実現されていることを目標とする。ここで、物理パラメータと行動制御のための制御パラメータを変化させることで異なる動きが得られることを確認する。

#### D2) 昆虫の足の動きを模倣した歩行動作の獲得 担当者：生野壮一郎、細田奈麻絵

目標：昆虫の歩行をハイスピードカメラで記録し、解析に適した撮影方法を確定し、動作解析を行う条件を整える。

研究内容：テントウムシなどを対象にハイスピードカメラで撮影。マーカー/マーカーレスによる解析に必要な撮影条件を整え、映像解析ソフト（DeepLabCut）を用いて動作解析を行う。

#### D3) ロボットの歩行性能試験（2 年目以降に実施）

#### D4) 風力発電ブレード（実機）での総合試験（4 年目に実施）

### 1-3-5 要素課題 E: 安全対策

#### E1) 飛翔機能の開発 担当者：野田龍介

目標：墜落時安全性を高める展開翼の基盤設計を行うことを目的とする。このため、甲虫類の翅構造・折畳み原理を解析し、展開機構のコンセプトを確立する。

展開翼の基本構造（フレーム＋膜材）に関する設計指針を確立する。このため、自由落下を模擬した数値モデルを構築し、様々な翼の平面形状で展開時間・終端速度の検証を行う。

研究内容：テントウムシやカブトムシの翅折畳み機構のリバーエンジニアリング。抽出した展開幾何学の原理に基づき展開翼を設計し、数値シミュレーションで挙動を評価する。

### 1-3-6 学生の参加方法

- ・要素課題の担当者は学生の指導教員として卒研究生・大学院生を研究参加させることができる。
- ・授業・ボランティア等での学生参加は 1 年生より可能で、詳細は「3-4 大学生の教育活動：魅力的な活動発信（要素課題 G）」に記載する。

## 2 2025年度活動内容

### 2-1 要素課題 A. 接着移動用素線

#### A1) 昆虫の脚先解析による接着性向上（方向性接着機構・人工分泌液）

担当者：細田奈麻絵（池田太一、木村賢一）

##### （1）活動内容と成果

ドライ接着系剛毛を持つマミジロハエトリグモとヤモリ、ウエット接着系剛毛を持つキイロショウジョウバエ、ノミバエ、テントウムシを対象に接着性剛毛の劣化の様子と立体構造の解析を行った。ドライ接着系剛毛を持つマミジロハエトリグモとヤモリは、特に先端部分に剛毛の劣化が観察されたが、ウエット接着系剛毛を持つキイロショウジョウバエ、ノミバエ、テントウムシでは剛毛先端の破損はあまり観察されなかった。薄く表面に存在する分泌液が剥離時に発生する破損を防いでいるものと考えられる。本研究では、人工分泌液の開発も予定している。

市販の樹脂を用いてヘラ型接着構造体を作製し繰り返し性評価を剪断方向（0 度）と引張方向 90 度で行なった。剪断方向に剥離するまで実験を行うと、初期の剥離強度から繰り返しに従って減少し 100 回繰り返し後は減少が緩やかになり安定した。一方で、90 度方向に 200 回繰り返し着脱を行い、その後剪断剥離実験を行ったところ、接着強度の劣化は見られなかった。この劣化の違いを明らかにするのは今後の課題である。

#### A2) フリーゲ製造装置 担当者：細田奈麻絵

##### （1）活動内容と成果

ナイロン繊維と開発のポリマー（T. Ikeda, N. Hosoda, “Facile, Efficient, and Safe Copper-Free Synthesis of Glycidyl Triazolyl Polymers”, Journal of Polymer Science, p. 1-11, 2025）や市販の樹脂を用いて、繊維の配列と樹脂への浸漬・乾燥条件を調査し、接着性を評価した。

##### 風力発電ブレードを用いた接着性評価実験

風力発電所有企業および風力発電メンテナンス企業の協力により実際の風力発電ブレードを借りて開発のポリマーの接着性評価実験を行うことができた。実施した内容は以下の通りである。

##### I. ブレードの汚れ具合の状況調査を実施

- ①全体と細部拡大の写真を撮影した。
- ②表面の付着物を導電性粘着テープにより採取した。
- ③表面に液滴を垂らして濡れ性を調べた。汚れた表面と水拭きした表面で観察。

##### II. ロボット用着脱テープの接着性評価を実施

- ①ブレード上に着脱機構を接着し、1kg の錘をぶら下げて剥離までの時間を調査した。4 時間後に落下し、高い強度が確認できた。
- ②テープの繰り返し接着性を調べた。着脱を 10 回繰り返し 500g の錘をぶら下げて接着性の評価を行なった。接着性の劣化は見られなかった。



図 2-1 ユーラス河津ウインドファームの風力発電ブレードを用いた汚れ調査と接着性評価実験を行った。

##### （2）課題

当初計画にはなかった風力発電ブレード上での実験を実施することができた。長期間放

置されたブレードは汚れが酷く、表面濡れ性も大きく異なり、表面を拭き取るステップが必要であることが分かった。ただし、稼働中のブレードは目視では汚れが見られないことから、稼働中のブレードの汚れの確認も必要である。

## 2-2 要素課題 B. 昆虫の動きができる脚部機構・ロボット本体の開発

### B1) 脚部機構 担当者：上野祐樹

#### (1) 活動内容と成果

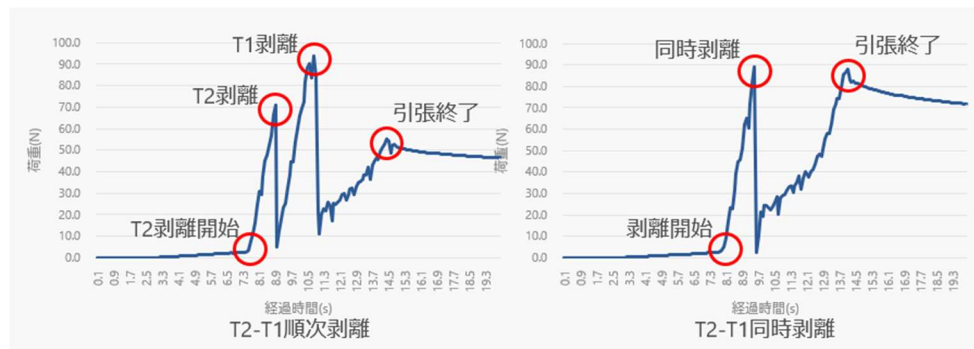
下図に示すようなロボット脚の試作機を設計し製作を行った。また、直動スライダで腱となるワイヤを引っ張り駆動し、剥離に必要な力をプッシュプルゲージで計測する実験を行った。実験では、跗節にある関節が剥離動作に与える影響を調査するため、跗節の関節がある場合と、無い場合とで比較を行う。接着機構は、耐震用のゲルを用いた。最初に密着させるために、プッシュゲージを用いて力を掛けた。その後、直動スライダのハンドルを手で回し、ワイヤを引っ張った。そのときの力と、正面と底面からの剥離の様子を撮影した映像を記録した。現在計測結果の解析中である。



開発した脚機構



実験の様子



実験結果の例

#### (2) 課題

予算執行が遅れたためモータを購入することができず、モータによる駆動実験を行うことができなかった。2026 年度はモータを購入し、モータで脚を駆動させる予定である。

### B2) ロボット本体 担当者：上野祐樹、荒川貴博

#### (1) 活動内容と成果

本体の外形は、ロボットが風圧による落下を防ぐ形状を持つ必要があるため、急流に生息する魚類やヒラタドロムシの幼虫の形状をモデルとして流体解析し、設計を行うため、流体解析ソフトの導入を行った。急流域に生息する魚類およびヒラタドロムシ幼虫の形態を生物モデルとした、風圧の影響を低減するロボット本体形状コンセプトを 3 次元 CAD で設計した。数値流体解析 (Comsol multiphysics) によって基本的な

空力特性の基礎特性の評価を行った。流体解析により構造体に対する流速分布、圧力分布を評価できることが確認できた。

## (2) 課題

急流魚類およびヒラタドロムシ幼虫の外形・断面形状・付着構造について、国立科学博物館の 篠原現人らとの共同で形態データを整理し、風圧の主作用方向に対して安定な動きを実現できるロボット本体断面形状を検討する必要がある。生物形態の特徴量（厚み分布、曲率分布、縁部エッジ形状など）を模倣し、クライミングロボット本体の風圧に対する流体解析について評価を実施する。

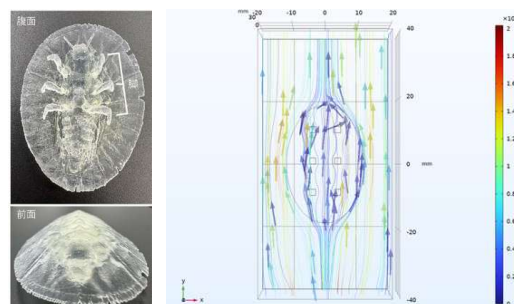


図 2-2 ヒラタドロムシの外観（左、篠原氏提供）とヒラタドロムシの形状を模倣した流体解析の例

## 2-3 課題研究 C: 打音センサー開発

### C1) 打音センサー開発 担当者：荒川貴博、（高梨琢磨）

#### (1) 活動内容と成果

プロトタイプの振動センサーの作製により、振動センサーの作製方法の改善、感度向上のための構造や材料の選定、クライミングロボットの脚部への装着に向けた基礎検討を行った。圧電性を有するポリフッ化ビニリデン(PVDF)膜と高分子エレクトレット膜を用いた振動センサーを用いて、風力発電のブレード上での振動特性評価を実施した。PVDF は振動に対する電氣的応答性が高く、20 g の分銅を落下した際の実出力電圧はそれぞれ 40 mV と 20 mV となり 2 倍の出力差があることが確認された。微小な出力電力を計測可能な評価系を構築した。また、出力電圧のフーリエ変換による周波数解析では、材料や打撃ポイントに応じた固有振動数を確認することができた。フィルム振動センサーの大きさは最小1cm角で作製可能で、クライミングロボットにも装着できるサイズで振動評価が可能であった。

#### (2) 課題

ブレード上で故障箇所を特定するためには、(a) 一定の強度での打音印加、(b) 振動を計測するための高感度センサー、(c) 振動の信号解析が重要であることが確認された。2026 年度はこれらの課題を解決するため、微小振動を高感度に検出する機構について高梨氏と共同研究を実施する。

振動センサの評価実験系と振動センサの外観

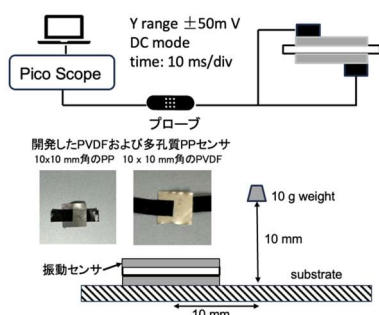


図 2-3 打音センサーの開発と評価実験系の概略図

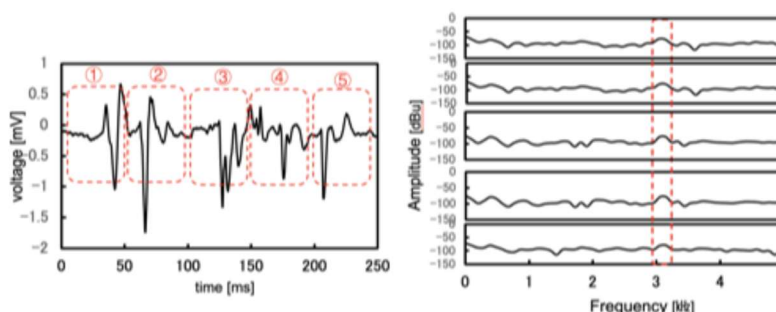


図 2-4 打音センサーを用いた連続打撃時の出力波形と対応する周波数の風力発電用の風車ブレード上での評価結果

## 2-4 要素課題 D：歩行シミュレーションと総合試験

### D1) 発見的手法による 6 脚歩行ロボットの歩行動作の創発 担当者：黒川弘章、渡辺大地

#### (1) 活動内容と成果

(黒川) 本年度は準備として、シミュレーション環境の整備と簡単な構造を持つ 6 脚ロボットのシミュレーション、および遺伝的アルゴリズムを用いた歩容動作の創発を行なった。シミュレーション環境として Gazebo を使い、単純な歩容動作モデルを作成し、遺伝的アルゴリズムにより歩容動作モデルのパラメータを探索することで適切な歩容動作を得ることができた。

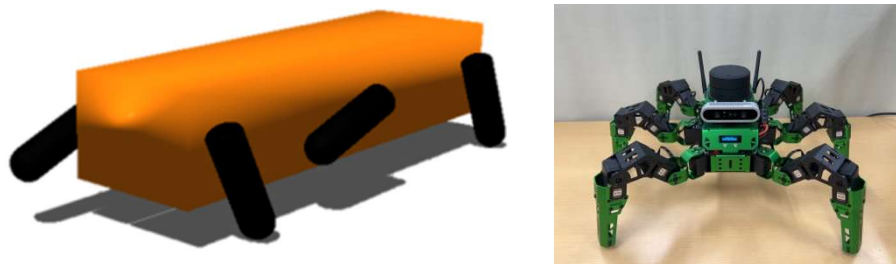


図 2-5 歩容動作を創発したロボット：左単純な 6 脚ロボット、右 Hiwonder 社製 JetHexa

対象としたロボットを図に示す。左はそれぞれの脚が回転することで前進する 6 脚ロボットである。右は Hiwonder 社製ロボット Jet Hexa で各脚に 3 つの関節がある。いずれもトライポッド歩容を前提とした歩容モデルを設定し、単純な 6 脚ロボットは 4 パラメータ、JetHexa は 6 パラメータの探索を行うことで歩容動作を獲得した。

接着機構を持つ昆虫ロボットは歩容動作モデルの設定が困難で、歩容動作の創発を単純なパラメータ探索で行うことが困難であることが予想されるため、今後は強化学習の導入を検討する。そのため、開発環境については IsaacLab への移行を検討している。2025 年度内に IsaacLab の環境を整えており、2026 年度は強化学習を用いた歩容動作の創発がテーマとなる。

(渡辺) 本年度は、汎用物理シミュレーションエンジン「Bullet Physics」上でのシミュレーションにおいて、接着機構を持つロボットを実現するための理論モデル検証を行った。接着機構を実現するための既存機能として、初段階においては摩擦係数による制御を検討した。床面の傾斜角度が低い場合は静止摩擦係数を 1 にすることで接着機構を実現することはできたが、傾斜角度が 35 度を超える程度になると登板することができないことが判明した。

これを受け、新たな物理モデルとして脚先端部と床面が接地した際に点拘束条件を付与するという手法の検討を行った。現時点のプロトタイプにおいて、シミュレーション上でのロボットが傾斜角度 80 度程度の床面を登坂できることが確認できた。以下の図 2-6 に登坂中ロボットシミュレーションのスクリーンショットを示す。



図 2-6 点拘束条件を用いた接着機構シミュレーションの様子

2026 年度は、テントウムシ型のモデルによる多関節脚モデルを実装した版を開発し、より正確なシミュレーションを目指す。

## (2) 課題

目標：

- ・6 脚歩行ロボットの動作獲得のためのシミュレーション環境を整える。

(黒川) Gazebo によるシミュレーション環境と遺伝的アルゴリズムによる歩容動作獲得のテストを行なった。来年度以降の強化学習の導入に向けて IsaacLab の環境を整えた。

(渡辺) Bullet Physics を用いた接着機構の物理モデル検討を行った。検討の結果、動的な点拘束条件が有効であることを確認した。

研究内容：

- ・遺伝的アルゴリズムによるロボット動作の獲得を行うためのシミュレーションプラットフォームを確立する。

(黒川) Gazebo を用いてシミュレーション環境を実現し、シミュレーションと連動して遺伝的アルゴリズムにより歩容動作を獲得するプログラムを作成した。単純な構造を持つ 6 脚ロボット、3 関節を有する 6 脚ロボットである Hiwonder 社製 JetHexa にトライポッド歩容を前提とした歩容モデルを適用し、遺伝的アルゴリズムにより歩容動作を獲得した。

(渡辺) 接着機構を持つロボット歩行シミュレーションについて、Bullet Physics の摩擦係数と点拘束条件の有効性について検証を行った。検証の結果、点拘束条件を用いた物理モデルにより、高い傾斜角度の床面を登板できることを確認した。

- ・平面および垂直な壁で動作する 6 脚歩行ロボットの物理シミュレーションが実現されていることを目標とする。

(黒川) 接着機構の実装を行わなかったため、平面、および傾斜地での物理シミュレーションを行なった。

(渡辺) 傾斜角度が 80 度程度までであれば歩行を実現できる目処が立った。

- ・ここで、物理パラメータと行動制御のための制御パラメータを変化させることで異なる動きが得られることを確認する。

(黒川) トライポッド歩容モデルを用いてパラメータを変化させることで前進距離に違いが生じることを確認した。さらに前進距離、姿勢、左右のブレを適合度関数に組み入れた遺伝的アルゴリズムによる歩容動作の獲得を行なった。

(渡辺) 現時点ではまだ接着機構についての検討を中心に進めており、行動制御については今後の課題である。物理パラメータについては、質量、摩擦係数、跳ね返り係数、床面傾斜角度などの動的制御を可能とした。

## D2) 昆虫の足の動きを模倣した歩行動作の獲得 担当者：生野壮一郎、細田奈麻絵

### (1) 活動内容と成果

本年度は、ナナホシテントウ(*Coccinella septempunctata*)の歩行映像を対象とし、映像解析ソフトウェアを用いた動作解析手法の構築、ならびに得られた時系列座標データに対する周波数解析を実施した。これにより、テントウムシ歩行動作の物理的特徴を定量的に明らかにすることに成功した。

解析対象は、透明なアクリル板上を自由に歩行するナナホシテントウを腹側から撮影した、解像度 1920×1080 ピクセル、30 fps、43 秒間の映像である。

#### 1-1. DeepLabCut による姿勢推定

マーカーレス姿勢推定ソフトウェア DeepLabCut を用いて、頭部・尾部、および各脚の先端・第 1 関節・第 2 関節・付け根の計 26 点の解剖学的特徴点を追跡した。追跡対象とした特徴点の配置を図 2-7 に示す。ネットワークのバックボーンには ResNet-50 を採用し、94 フレームに対してラベリングを実施(学習用 95%、テスト用 5%)、初期学習率  $5 \times 10^{-4}$  で 1,000 イテレーションの学習を行った。

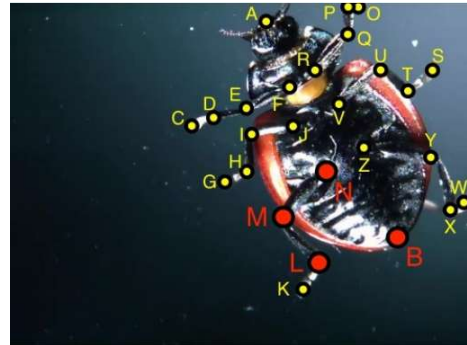


図 2-7 追跡対象とした 26 点の解剖学的特徴

推定精度はトレーニングデータで RMSE = 1.37 px、テストデータで RMSE = 3.38 px であり、過学習のない良好な精度が得られた。各特徴点の平均尤度を評価したところ、体幹中央部の Position B が 90% と最も高く、脚部では Position L (80%)、Position H (81%)、Position M (71%)、Position N (66%) など、信頼度の高い追跡が可能な部位を特定した。これらの結果に基づき、以降の解析では信頼度の高い Position L、M、N、B の 4 点に焦点を当てた。

#### 1-2. MEMD・ヒルベルト変換による周波数解析

得られた多チャンネル時系列座標データに対して、多変量経験的モード分解 (Multivariate Empirical Mode Decomposition; MEMD) を適用し、信号を複数の固有モード関数 (IMF) に分解した。さらに各 IMF にヒルベルト変換を適用し、瞬時振幅および瞬時周波数を算出した。

解析の結果、特定の脚部位において IMF<sub>6</sub> および IMF<sub>7</sub> の平均振幅が他の IMF と比べて約 10 倍大きいことが確認され、これらが歩行動作の主要な変動成分であることが示された。代表成分として IMF<sub>6</sub> を可視化・比較したスペクトログラムを図 2-8 に示す (Position L, M, N, B)。

図 2-8 より、以下の知見が得られた。

- ・ エネルギーが 0.5-3.5 Hz の低周波帯域に集中しており、歩行周期に対応する基本リズム成分の存在が示唆される。
- ・ 脚先端から胴体に近づくにつれて振幅が減衰する傾向が認められ、物理構造を介した受動的な振動吸収機構の存在が示唆された。実際、脚先端側の Position L (図 2-8(a)) では歩行区間全体にわたって有意な振幅成分が観測される一方、体幹側の Position B (図 2-8(d)) ではそれらの振幅が顕著に減衰している。

#### 1-3. 成果のまとめ

以上より、(i) DeepLabCut による 26 点同時追跡パイプラインの構築、(ii) MEMD+ヒルベルト変換による歩行運動の周波数領域での定量化、という一連の解析基盤を整備した。特に、脚先から胴体への振幅減衰という発見は、生体歩行における受動的安定化機構の存在を示唆するものであり、将来的な小型多脚ロボットへの応用に向けた基礎的知見を与えるものである。

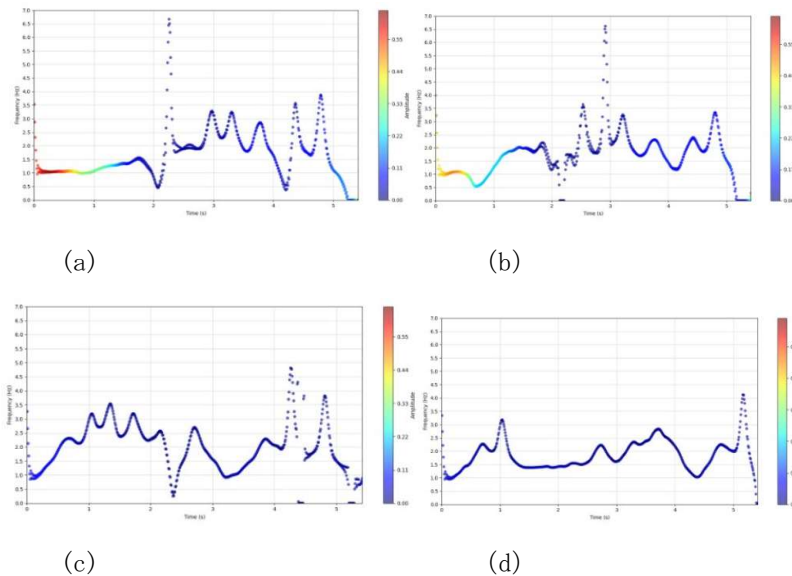


図 2-8(a) Position L (左後脚先端付近)、(b) Position M (左後脚付根付近)、(c) Position N (体幹後部)、(d) Position B (体幹中央部) の IMF6 スペクトログラム

## (2) 課題

活動計画に掲げた目標「昆虫の歩行をハイスピードカメラで記録し、解析に適した撮影方法を確定し、動作解析を行う条件を整える」に対する進捗状況と課題は以下の通りである。

### 2-1. 動作解析条件の整備について

DeepLabCut による 26 点追跡パイプラインを構築し、MEMD およびヒルベルト変換による周波数解析までを一貫して実施できる解析環境を整備した点で、**計画の中核である「動作解析を行う条件を整える」という目標は概ね達成された**。一方で、本年度は提供された既存映像を解析対象としたため、計画に掲げたハイスピードカメラを用いた自前の撮影系の構築は未実施であり、次年度以降の課題として残る。

### 2-2. 解析データの量的不足

本年度の解析は 43 秒間という単一の短時間映像、かつ単一個体の試行に基づく予備的解析にとどまっており、得られた知見 (IMF<sub>6</sub>・IMF<sub>7</sub> の卓越、0.5-3.5 Hz 帯域へのエネルギー集中、脚先から胴体への振幅減衰) の一般性を主張するには、解析データの量が明らかに不足している。MEMD によって得られる IMF の次数と物理的意味の対応はデータ依存であるため、より長時間にわたる連続歩行映像、ならびに複数個体・複数試行のデータを蓄積することで、初めて統計的に信頼できる議論が可能となる。**長時間の動画データの確保が、現時点における最大の課題である。**

加えて、長時間データが得られれば、歩行の定常状態と過渡状態 (歩き始め・停止・方向転換等) を区別した解析や、低周波成分 (0.5 Hz 以下) の安定した抽出も可能となり、解析の解像度・信頼性の双方を大きく向上させることが期待される。

### 2-3. 追跡精度の課題

特徴点ごとの追跡尤度には大きなばらつきがあり (最小 17%~最大 90%)、信頼度の低い特徴点 (Position A、O、P、S、T、U 等) については追跡精度の改善が課題として残る。これらは主に体表の模様が乏しい部位や、歩行中に他の脚と重なりやすい部位であり、ラベリングフレーム数の増加、学習データの拡充、複数視点撮影の導入による改善が必要である。現状では信頼度の高い 4 点 (L、M、N、B) に解析を限定せざるを得ず、26 点全体を活用した包括的な歩行解析には至っていない。

## 2-4. 今後の方針

ロボット制御への応用は本研究の最終目標として見据えつつも、**現段階では解析精度の向上を優先課題と位置づける**。次年度以降は、(i) より長時間にわたる連続歩行映像の取得、(ii) 複数個体・複数試行によるデータ拡充と統計的検証、(iii) ハイスピードカメラを用いた自前撮影系の構築、(iv) 追跡尤度の低い特徴点についての学習条件改善による 26 点全体の解析実現、(v) 周波数解析結果と力学的考察との対応付けによる受動振動吸収機構の検証、を順次推進する。これらを通じて、生体歩行の物理的特徴をより高い精度・信頼性で記述できる解析基盤を確立することを目指す。

## 2-5 要素課題 E：安全対策

### E1) 飛翔機能の開発 担当者：野田龍介

#### (1) 活動内容と成果

本年度は、墜落時安全性を高める展開翼の基盤設計を確立することを目的とし、甲虫類の翅構造および折畳み原理の解析に基づく展開機構コンセプトの構築に取り組んだ。特に、自由落下時における姿勢安定化機構の解明を通じて、展開翼設計に必要となる基礎的な設計指針の獲得を目指した。この目的を達成するため、実際の甲虫の捕獲・飼育設備を構築し、これらの甲虫を用いて自由落下時におけるハイスピードカメラ（毎秒 1000 フレーム）を用いた運動計測を実施した（図 2-9）。

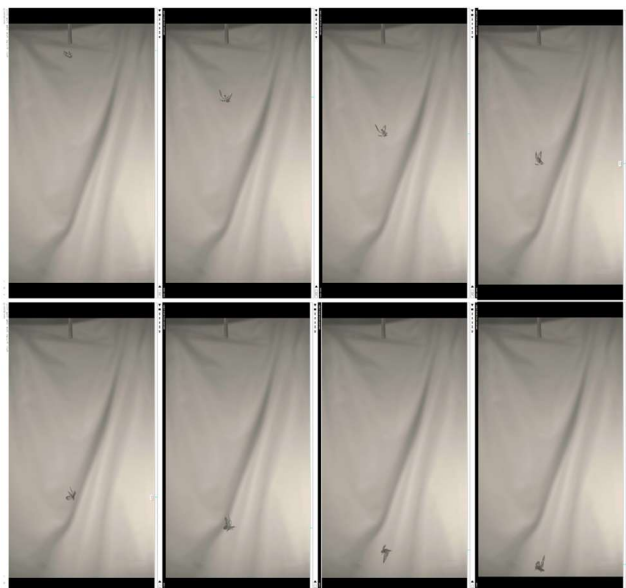


図 2-9 テントウムシの自由落下時における翅運動と姿勢回復挙動

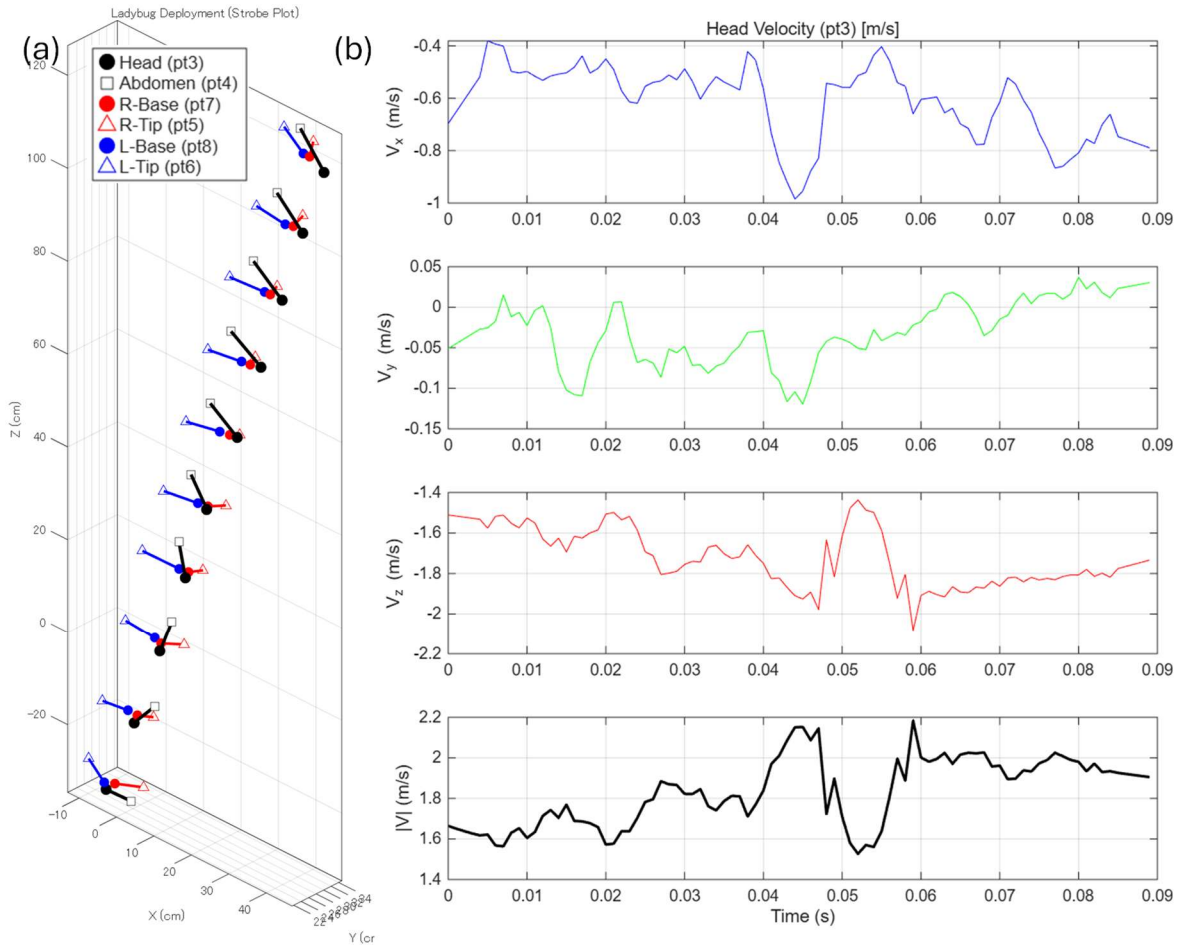


図 2-10 テントウムシの自由落下時における特徴点の(a)3次元再構築点と(b)速度データ

本実験では、背面側から自由落下したテントウムシが、およそ 0.1 秒間の間に背面が垂直下向きに近い状態から腹側を垂直下向きに近い状態へとピッチ角度を 180 度近く回転させる姿勢回復を行う挙動の撮影に成功した (図 2-10a)。頭部の特徴点を用いて算出した自由落下時の速度の系列データでは、水平方向 (XY 面内)、垂直方向 (Z 軸方向) 共に 0.04~0.06 秒の間に大きく変動している様子が分かる。これらの合算による絶対値の速度変動では、0.04~0.05 秒間で水平方向成分、0.05~0.06 秒間で垂直成分が寄与し、この時刻において大きな速度変動が生じている。飛行安定性に寄与する姿勢角度については、ピッチ角度の補正がまず行われ、ロール角、ヨー角はピッチ角度の補正に追従して変動している (図 2-11)。また、姿勢の回復を図ったと考えられる  $t = 0.05$  秒付近からの角速度では、ピッチ角における角速度は比較的緩やかな速度での姿勢回復を行っている (図 2-11b) ことに対して、ヨー、ロール角はピッチ角に対しておよそ 10 倍近く大きい角速度を伴って姿勢を変化させる (図 2-11a&c)。これは、昆虫飛行におけるピッチ方向の固有の不安定性に起因していると考えられ、本プロジェクトにおける安定飛行のための姿勢安定化戦略においても、本実験で観察されたテントウムシの安定化戦略を用いて統合的な飛行設計を行う必要がある。また、上翅の上反角度は、姿勢の変化が現れる前の  $t = 0.025$  秒あたりに能動的な角度変化が見られ、その後はおよそ右翅 50 度、左翅 0 度となる角度で上翅の上反角を保っている (図 2-12)。後翅による能動的な羽ばたき運動の変化におけるモーメントの変化も姿勢回復に寄与し得るが、本プロジェクトでは本解析で得られた甲虫の展開固定翼における自由落下の安定飛行化戦略に基づき次年度以降の開発を進める予定である。

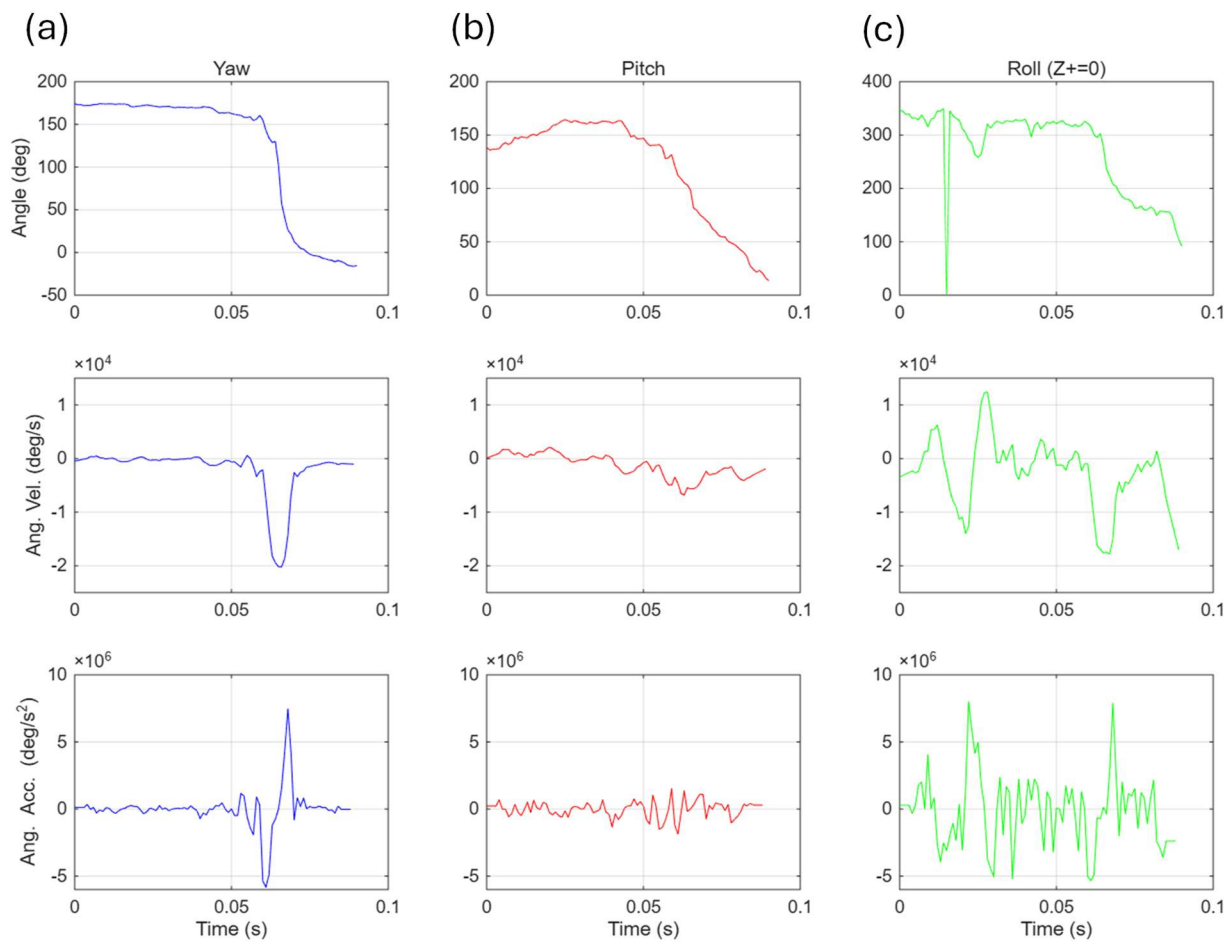


図 2-11 テントウムシの自由落下時における(a)ヨー、(b)ピッチ、(c)ロール角度の角度、角速度、角加速度の時系列データ

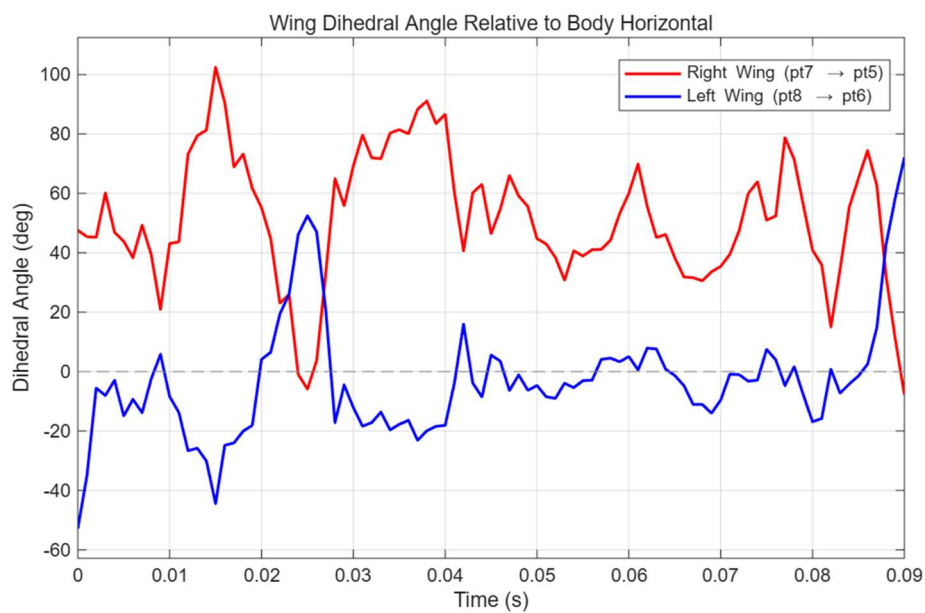


図 2-12 テントウムシの自由落下時における上翅の上反角時系列データ

## (2) 課題

本年度は、活動計画に基づき、甲虫類の翅構造および折畳み原理の解析を通じて展開翼の基盤設計指針の確立を目標として研究を実施した。その結果、ハイスピードカメラを用いた三次元運動解析により、自由落下時における姿勢回復挙動および翅の展開・非対称配置が安定化に寄与することを明らかにし、当初計画していた設計コンセプトの確立および基礎的な設計指針の導出は概ね達成された。一方で、これらの知見は主に生体観察に基づくものであり、実際の展開翼構造としての有効性については、今後の試作および実験的検証が必要である。また、自由落下時の空力特性や展開タイミングが安全性に及ぼす影響についても、より詳細な定量評価が求められる。

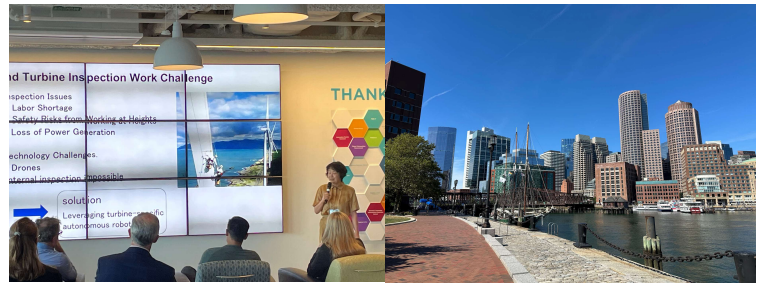
したがって、次年度以降の課題としては、①甲虫の翅構造に基づく展開翼の試作と展開挙動の実測評価、②展開時間および終端速度の関係の定量化、③実機スケールへの適用を見据えたスケーリング則の確立が挙げられる。これらの課題に取り組むことで、本年度に得られた設計指針の妥当性を検証し、実用的な展開翼の開発へと発展させる予定である。

## 3 活動成果(対外発表)「他大学との違いを明確にする」ための「魅力的な活動発信」

### 3-1 事業化に向けた取組みの対外発表 (要素課題F)

本研究では、社会実装を目指して事業化(スタートアップ)の準備を進め、その成果を対外発表した。

本年度は、風力発電所有企業および風力発電メンテナンス企業を対象に課題の深掘り(ヒアリング)を対象(3社)に行い、ビジネスモデルを立案した。ディープテック系スタートアップのアクセラレーションプログラムに申請し、本研究の将来像として風力発電ブレード点検ビジネスを立案した。日本からの申請240件のうちtop 10のFinalistに選出されBostonでのアクセラレーションプログラムに招待された。



ビジネスモデルピッチでファイナリストに選ばれボストンに招待された。

### 3-2 研究成果発表

#### 論文発表

- 1) Taichi Ikeda, Naoe Hosoda, “Facile, Efficient, and Safe Copper-Free Synthesis of Glycidyl Triazolyl Polymers”, Journal of Polymer Science, p.1-11, 2025, <https://doi.org/10.1002/pol.20250233> (IF: 3.8)
- 2) 野村周平, 篠原現人, 細田奈麻絵, 林成多, “ナノスーツ法<sup>®</sup>によるヒラタドロムシ(ヒラタドロムシ科) 幼虫の走査型電子顕微鏡 (SEM) およびマイクロCTによる観察”, SAYABANE N. S. No. 59, p.32-37, 2025
- 3) Noriyuki Inoue, Naoe Hosoda and Michiko Yoshitake, “Unique compositional profile at the interface between Bi-Te alloy and aluminium produced by room-temperature bonding”, Applied Surface Science Advances 32 (2026) 100957, DOI: 10.1016/j.apsadv.2026.100957 (IF:9.2)

#### 招待講演

- 1) アクセラレーションプログラム 招待参加、BOSTON、2025年8月。
- 2) 先端技術セミナー 招待講演、2026年1月15日。  
主催：八王子市、東京都立産業技術研究センター。企業向けの講演。
- 3) 大人が楽しむ科学教室(市民講座) 招待講演。2026年1月17日。  
主催：千葉市科学館
- 4) バイオミメティクス分科会セミナー 招待講演。2025年12月4日。

主催：ナノテクノロジービジネス推進協議会、

5) SIP Conference on Materials Innovation Ecosystem 招待講演、2025 年 9 月。

主催：国立研究開発法人物質・材料研究機構

6) JST さくらサイエンスプログラム（ホーチミン市工業大学）バイオミメティクスセンターの紹介（2026 年 1 月 8 日）

#### 展示企画：

1) 新設予定の展示スペース等の利用を目的にバイオミメティクスの研究体験、研究紹介を計画。研究の面白さや重要性を楽しみながら理解できる内容で調整。

#### イベント企画：

1) 八王子キャンパスを探索する「バイオミメティクスのモデルとなる生物の宝探し」を計画し、生物調査を行なった。

2) 日本化学会 第 106 回春季大会にてオーガナイズドセッションを企画「新しい機能性材料を創出するバイオミメティクス研究の最前線」（2026 年 3 月 17 日）

セミナー開催：参加者：60 名

2026 年 3 月 16 日（月曜日）東京工科大学バイオミメティクスセンター設立記念講演会

<https://www.teu.ac.jp/campus/access/006644.html>



記念講演会の様子

#### プログラム

|                 |                                                                                                                                                       |                                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 13:30           | <b>Prof. Y.Kagawa</b><br>Opening Remarks by President of TUT                                                                                          | 開会挨拶                                    |
| 13:35-<br>13:55 | <b>Prof. N.Hosoda</b><br>Founding Commemoration of the Biomimetics Center at Tokyo University of Technology: Vision, Activities, and Future Prospects | 東京工科大学バイオミメティクスセンター設立記念：ビジョン、活動、そして将来展望 |
| 13:55-<br>14:55 | <b>Prof. S.N.Gorb</b><br>Fly on the Ceiling: Biological and Biomimetic Attachment Devices                                                             | 天井に張り付くハエ：生物学的およびバイオミメティックな付着装置         |
| 14:55-<br>15:25 | <b>Visiting Prof. K.Kimura</b><br>How Insects Form Adhesive Hairy Footpads                                                                            | 昆虫はどのようにして肢接着器をつくるのか                    |
| 15:25-<br>15:55 | <b>Visiting Prof. T.Ikeda</b><br>Interface Between Functional Polymers and Biomimetics                                                                | 機能性高分子とバイオミメティクスの接点                     |
| 15:55-<br>16:10 | Break (15min)                                                                                                                                         | 休憩（15 分）                                |
| 16:10-<br>16:30 | <b>Prof. T.Arakawa</b><br>Advancing Biophysical Measurement Technologies: Applications of Wearable Biosensors and Vibration-Film Sensors              | 生体計測技術の進展：ウェアラブルバイオセンサと振動フィルムセンサの応用展開   |
| 16:30-<br>16:50 | <b>Prof. H.Kurokawa</b><br>Emergence of Insect Walking Gaits with Adhesion Mechanism                                                                  | 接着機構を有する昆虫の歩容動作の創発                      |

|             |                                                                                   |                         |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| 16:50-17:10 | <b>Prof. D.Watanabe</b><br>Physical Simulation of Robots with Adhesive Mechanisms | 接着機構を有するロボットの物理シミュレーション |
| 17:10       | <b>Prof.T.Akatsu</b><br>Closing Remarks by President of Katayanagi Institute      | 閉会挨拶                    |

### 3-3 入学志願者増への貢献（高校生向け研究アウトリーチ）

- 1) 東京工科大学オープンキャンパスで「バイオミメティクス体験実験」実施。1 年生が説明員を務めた（2025 年 6 月）。
- 2) マイナビ進学ライブ（高校生 2,841 名参加）の東京工科大学体験ブースで「バイオミメティクス～生物をモデルに、革新技术を創造する～」を出展（2025 年 7 月）
- 3) 校成学園女子高校 連携授業で課題研究の指導支援（バイオミメティクス）。



図 マイナビ進学ライブでの高校生の体験風景

### 3-4 大学生の教育活動：魅力的な活動発信（要素課題 G）

#### 1) 授業：

大学・大学院で、センターの先端研究トピックスを活用した授業を実施した。

「サステナブル工学特別講義」（大学院生）

「サステナブル化学特別講義」（3 年生）

「応用化学実験」（3 年生）

「サステナブル化学概論」（1 年生）



フィールドワークに参加する 3 年生

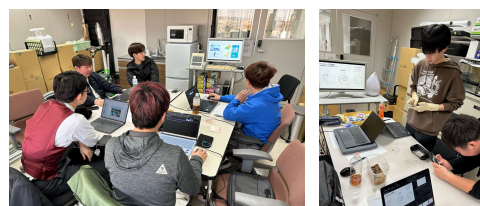
#### 2) 卒研・研究：

1 年生から授業でセンター研究に参加する機会を設け、2025 年度から実施した。

「実践工学プロジェクト演習」（1 年生）

「創生課題」（3 年生）

「応用化学実験 3」（3 年生）



バイオミメティクス研究に参加する 1 年生

#### 3) 課外活動：単位取得の授業以外の活動

バイオミメティクス研究を行う目的で自主的に毎週勉強会を行なった（応用化学科 1 年生 1 名、機械工学科 1 年生 8 名）

#### 4) 国際交流

2026 年 3 月 16 日ドイツ・キール大学とバイオミメティクス分野で包括的連携協定（MoU）を締結。バイオミメティクスによる次世代型点検ロボットの開発を中心に共同研究と人材交流を推進する。



ドイツ・キール大学とバイオミメティクス分野で MOU 締結



ラボツアー。大学院生が英語で説明



英語でのディスカッションに大学院生も参加