

3 生産性向上 ① デジタル技術

ソフトミリオット：SOMIRO（EU）

- SOMIROは、農業による環境負荷の低減を目的に、世界初のエネルギー自立型遊泳ミリオットを開発・実証。

- 精密農業を実施する上で重要な情報である化学物質の濃度を全長1cm未満の自立型遊泳ミリオット（以降G1ロボット）により検出し、ワイヤレス光通信を通じたリアルタイムでのモニタリングを目指す。
- 現時点での成果
 - G1ロボットを製作するための全体的なロボット設計、個々の部品と回路の準備
 - 超小型(4cm²)のペロブスカイト太陽電池モジュール(日射強度0.5kW/m²で出力28mWを実現)
 - 油圧ジッピングアクチュエーターを内蔵した遊泳用フィンのデモ機
 - 太陽電池の活用にも最適化されたダウンリンク通信
 - 超低消費電力ナノMOS（金属酸化物半導体）化学センシングによるH₂SとNH₄⁺の検出
 - ソフトエラストマー中のデジタルプリント液体金属回路による油圧作動

【社会実装状況】実証段階

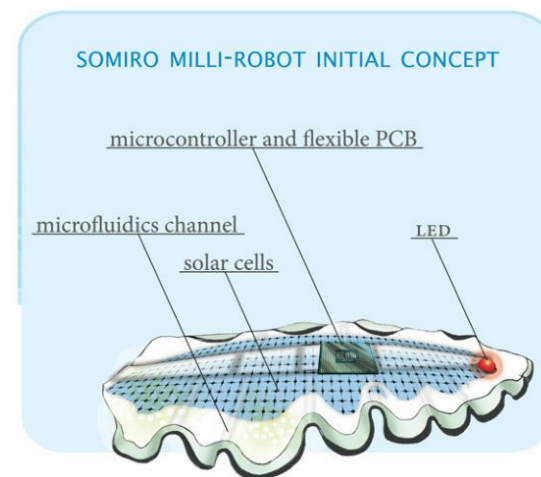
- 現在直面する課題：移動電力を削減するためのソリューション
 - ロボット用半導体部品の不足。小型で低電力の不揮発性FRAMマイクロコントローラと小型の高電圧スイッチが不足。

【予算】

- 助成金額：€ 2,992,200(INDUSTRIAL LEADERSHIP)

出典：SOMIRO(SOFT MILLIROBOT HP)

目標コンセプト



- ミリオットの体の両側には柔らかいフィンがついており、前進と後退、旋回が可能。
- SOMIROは、通常の周囲環境からエネルギーを採取して自立的に活動でき、どこに行き、どの方向に進み、いつ所定のタスクを実行するかを自分で決定。

出典：SOMIRO(SOFT MILLIROBOT HP)

昆虫ロボット：マサチューセッツ工科大学（米国）

- マサチューセッツ工科大学（MIT）は、垂直農場での授粉や、災害現場での人命探知等の用途を想定した昆虫ロボットを開発。既存モデルの100倍以上である17分間の連続飛行を実現。

- MITのソフト・マイクロロボティクス研究所は、様々なタイプのマイクロロボットを開発しており、今回発表された昆虫ロボットはその中の1つ。

特徴

- 重量：1g未満（0.75g）
- サイズ：4cm×4cm×0.9cm
- 速度：35cm/秒
- 連続飛行時間：1,000秒（約17分）

技術

- 既存のモデルは、連続飛行時間約10秒、速度約10cm/秒程度の性能だが、軸外ねじれを最小限に抑えるよう機体、トランスミッション、ヒンジ、翅を設計（右図C）
- 電場によって伸縮する高分子材で作られた人工筋肉（誘電エラストマアクチュエータ：DEA）を使用し、従来のモータよりも小型化、軽量化を実現。

【社会実装状況】研究開発段階

- 今後の課題としては、機体へのセンサ、バッテリー、制御機能の搭載が必要。
- 昆虫の翅の付け根にあるレジリン（タンパク質）のように高い耐久性と弾性を有し、低い入出力間電位差でも動作するのヒンジに改良することは、現時点でのスマート複合材製造（SCM）技術では困難。

ロボットイメージ

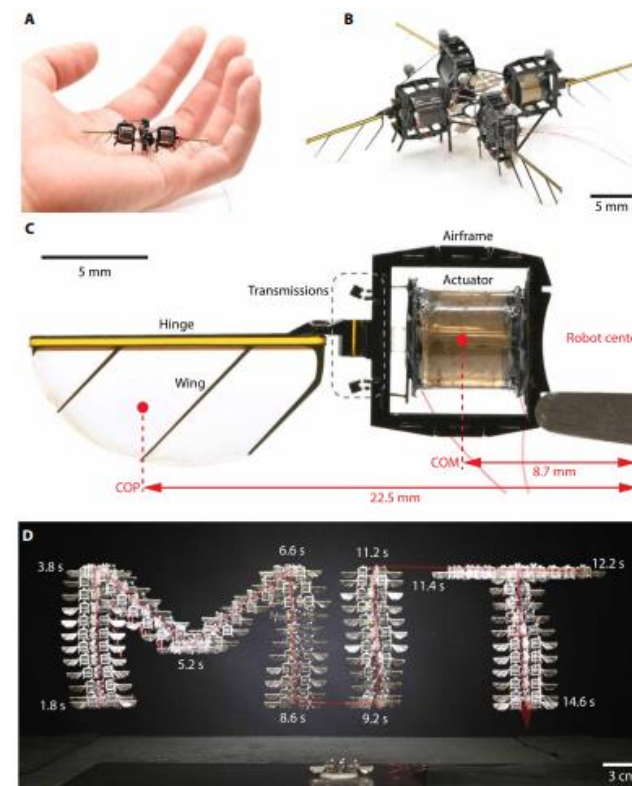


Fig. 1. A long-endurance, precise, and agile insect-scale flapping-wing robot. (A) An image of the robot resting on a human palm. (B) This 4 cm-by-4 cm-by-0.9 cm robot consisted of four identical modules. (C) Each robot module had a soft actuator, an airframe, a set of transmissions, and a wing with a long hinge. (D) A composite image of a trajectory-tracking flight in which the robot traced the letters MIT. Scale bar, 3 cm.

Kim et al., Sci. Robot. 10, eadp4256 (2025) 15 January 2025

出典：Kim et al., Sci. Robot. 10, eadp4256 (2025) 15 January 2025

サイボーグ昆虫：早稲田大学（日本）

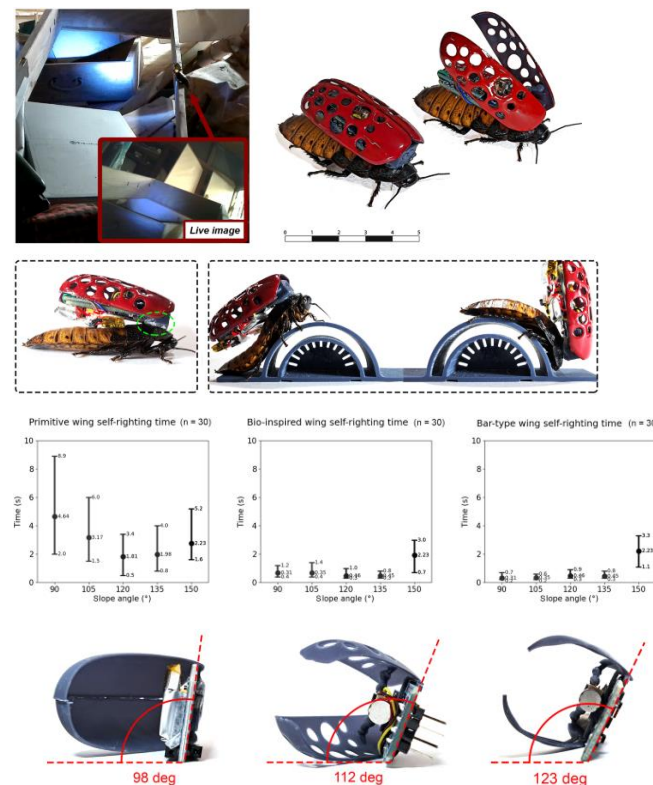
- サイボーグ昆虫と呼ばれる研究が世界で多数行われている。マダガスカルゴキブリをモデルとするケースが多いが、センサ等を搭載するとその重量によりバランスをすることが従来の課題。これを克服するため、早稲田大学ではテントウムシの翅の機構を模した人工翅を開発。

- サイボーグ昆虫は、災害救助や各種のセンシング等に活用することを目的に開発が進んでいる。製造コストの安さから、既存の超小型ロボットの代替品として期待。
- センサ、通信機能、バッテリー等を搭載することが必要だが、その重量により仰向けから元に戻れないことが従来の課題。
- 早稲田大学ではテントウムシの鞘翅の機能に注目し、その構造を3Dプリンタで再現する技術を開発。この人工翅を使用することで空洞内にモーションセンサー、制御機能、バッテリー等を搭載しても仰向けから戻れる技術を開発。
- 実験の結果、最大傾斜角112度で元に戻れることを確認。

【社会実装状況】研究開発段階

- 今後の課題としては、災害現場への適用を想定し、最大傾斜角180度までの実現が必要。

ロボットイメージ



出典：Montagut Marques, M.J., Yuxuan, Q., Sato, H. et al. Cyborg insect repeatable self-righting locomotion assistance using bio-inspired 3D printed artificial limb. npj Robot 2, 3 (2024).
<https://doi.org/10.1038/s44182-024-00009-w>

バイオハイブリッドロボット：東京大学（日本）

- ・ 生体組織と人工素材を融合させたバイオハイブリッドロボットの研究が進む中、東京大学は世界最大
の多関節バイオハイブリッドハンドを開発。大型バイオハイブリッドロボットや筋収縮で動く義手の開発、
薬物試験モデル等への応用に期待。

- ・ 筋収縮で動く義手の開発等を目的として、培養細胞を用いたバイオハイブリッドロボットの開発が進められている。
- ・ 関節が1つのみの1cmほどのバイオハイブリッドロボットが限界であったが、東京大学が多関節の指を5つ持つ18cmほどのものを開発。指の屈曲動作を再現し、より精緻な物体操作を実現。
- ・ より高い出力を出すために筋肉を太くすると栄養供給が不十分となり、中心部で細胞が壊死することが課題。
- ・ 複数の細いヒト培養筋組織を束ねる構造にすることで壊死を克服。組織が細くなることで筋繊維の配向性も向上。
- ・ 技術
 - ヒト由来の培養筋組織を搭載するシートを「寿司ロール」のように巻いて束ねることで高い収縮性能を有する多筋組織アクチュエータ「MuMuTA (Multiple Muscle Tissue Actuator)」を開発。
 - 筋収縮の力は約8ミリニュートン、収縮率は約13%（約4mm）。

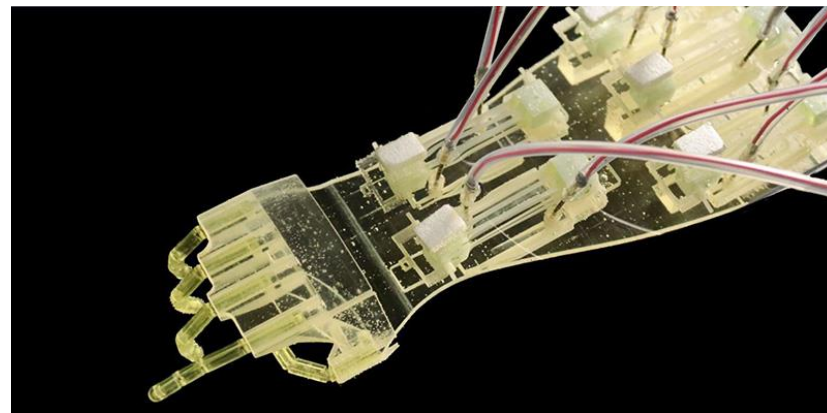
【社会実装状況】研究開発段階

- ・ 現在は水中で動かす基礎研究レベル。

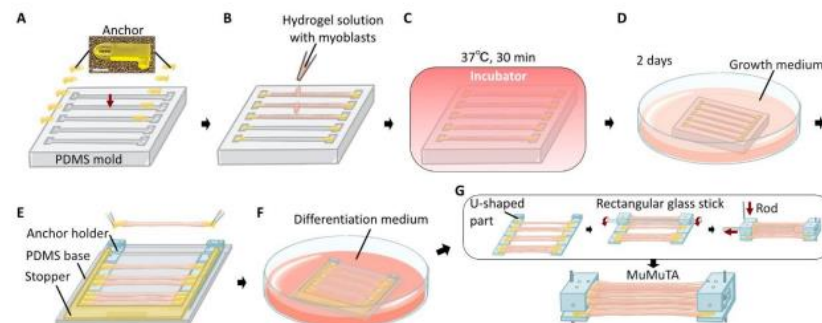
【予算】

- ・ JST 未来社会創造事業 JPMJMI20C1、科研費「基盤研究 S」、「創発的研究支援事業」、UTEC-UTokyo FSI Research Grant Program

ロボットイメージ



出典：東京大学プレスリリース https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/ja/press/z0114_00061.html



出典：
<https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adr5512>

トマト栽培における自立型バイオセル：テキサスA&M大学（米国）

・テキサスA&M大学は、最小限の介入で農作物の育成・収穫を可能とするシステムを開発中。

- ・自立型バイオセルとは、完全に密閉された環境下で作物の栽培と収穫プロセスを自動化する概念で、閉鎖系植物工場と同義。本プロジェクトでは、植物の栽培、管理、収穫までのほとんどの作業を自動化することを目標にバイオセルを開発。
- ・プロジェクトでは主に以下の研究開発を実施。
(2023/8/1~2026/7/31)
 - 植物フェノタイピング、モニタリング及びタスクパフォーマンス等の技術の開発と実装
 - 作物栽培タスク(受粉、剪定、摘果、自律収穫等)を自律的に実行する作物生産システムの開発に必要なセンシング技術、計算技術、モデリング等

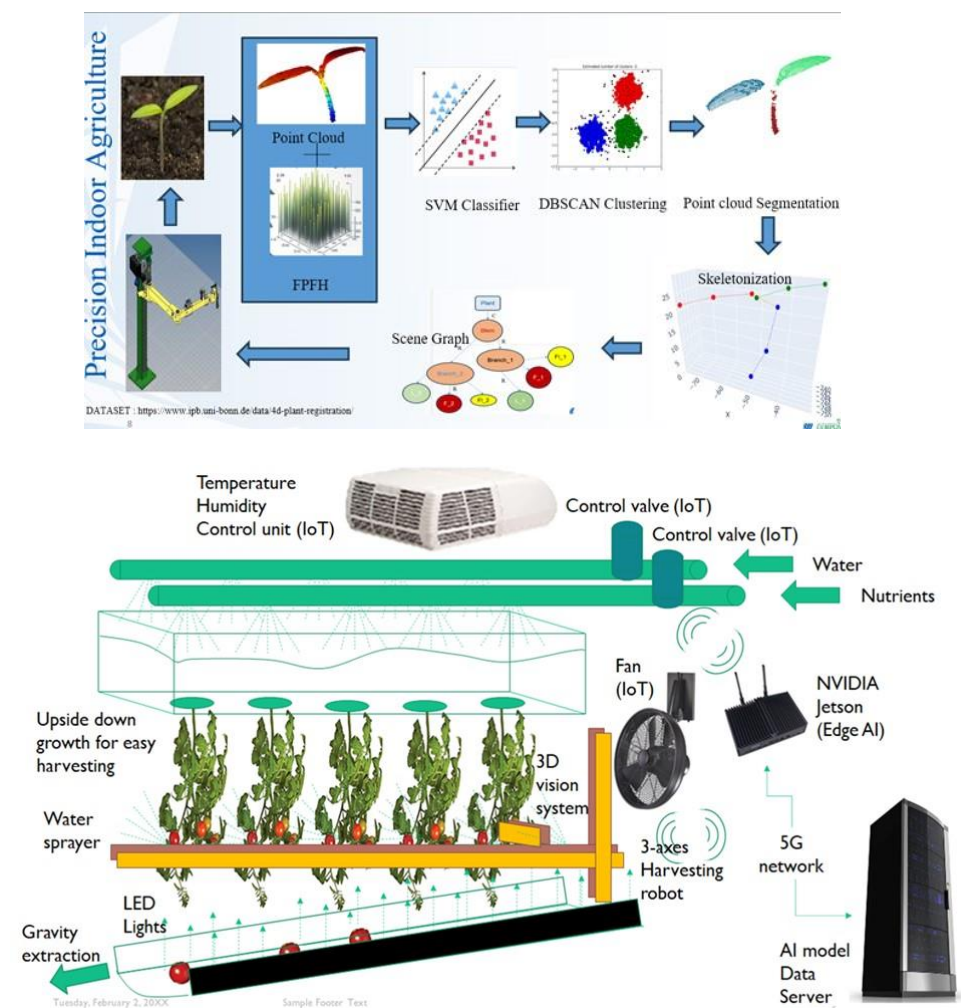
【社会実装状況】

- ・基礎研究段階

【予算】

- ・調達金額：不明
- ・助成金額：647,704ドル(USDA)

技術イメージ



出典：TEXAS A&M UNIVERSITY
<https://faculty.tamucc.edu/duganum/>

植物用「ウェアラブル」センサー：Phytech（イスラエル）

- ・果樹の幹や果実に挿し込んだセンサから得られる水分データに基づき、灌漑の最適化・節水・高収量実現を支援する「意思決定支援」ソリューションを開発・提供。

- ・「意思決定支援」ソリューションでは、植物のストレスマップや水分の必要度に関する情報を提供。データに基づく灌漑の最適化に取り組むことが可能となり、サイズのコントロールや高収量の実現を支援。
- ・ビジネスモデルはデータ閲覧のためのサブスクリプションモデルを採用。利用者は、季節ごとに作物に応じた利用料金を支払うのみで、ハードウェアの購入やメンテナンスの費用負担がないことが特徴。

【社会実装状況】商用化

- ・1,000以上の農業経営体に商品を提供
- ・アメリカ、オーストラリア、ヨーロッパに展開済

【予算】

- ・累計調達金額：4,350万ドル
 - 2020年：2,350万ドル
(THL、三井物産、Syngenta、Yellow Brick Capital Advisers、Tencent)
 - 2017年：1,100万ドル(Tencent、Syngenta、XT Hi-Tech)
 - 2015年：600万ドル(三井物産、Syngenta、XT Hi-Tech)
 - 2014年：100万ドル(Yellow Brick Capital Advisers)
 - 2012年：200万ドル(Yellow Brick Capital Advisers)

活用システム・技術



果実や幹から水分データを取得



灌漑の最適化のための意思決定を支援

- ・センサにより茎径の微小変動をモニタリング。
- ・特許取得済みのアルゴリズムを適用し、データを作物固有の植物状態情報に変換し、色分け表示。
- ・日々の最大幹収縮率と幹成長グラフにより、生産者は各ブロックで何が起きているかを把握し、情報に基づいた意思決定を行うことが可能。

3 生産性向上 ① デジタル技術

農産物流通効率化：ファームシップ（日本）

- ・ 気象情報、市場価格、その他外部要因等により、地域別に青果の市場価格や小売価格をAIで予測する技術を確立し、高値で出荷可能となる時期を予測するシステムを開発・提供。

- ・ 本システムにより、全国 10 市場の各 5 品目（レタス、トマト、ミニトマト、イチゴ、ほうれん草）に対応できる仕組みを構築。
- ・ 値崩れの起きにくい時期を予測し、農業団体、流通事業者を提供。また、端境期の情報を植物工場事業者（ファームシップを含む）に提供し、植物工場の稼働時期決定のための参考情報として利用。
- ・ 植物工場では、得られた情報を基にAIで生育をコントロールして、生産量を制御。

【社会実装状況】商用化

- ・ 対象1品目の過去の売上情報の提供が利用条件。
- ・ 費用は無償で週単位（原則、翌々週の需要）で情報提供。

【予算】

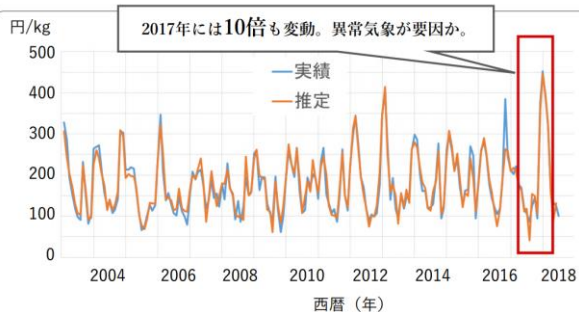
- ・ 累計調達金額：約 1 億円
 - 2015年：約 1 億円(みやこキャピタル株式会社、株式会社リバネス等)

出典：Farmship HP、他公知情報

活用システム・技術

需要予測

太田市場のレタスの卸売価格のAI予測



FARMSHIP



AIを使って
卸売市場価格予測。

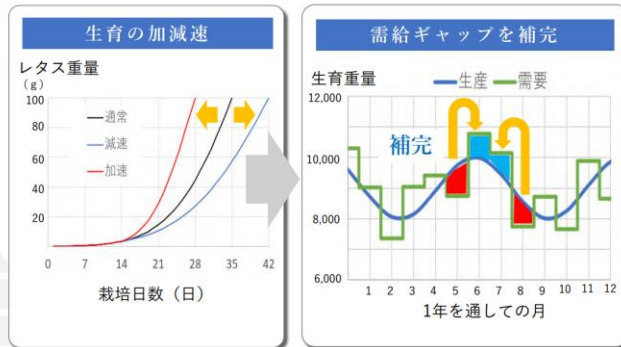
レタス価格は、
変動が激しいが
推定と実績の差に
開きがみられない。

AIによる
精度の高い予測

需要予測に基づく生産管理

FARMSHIP

AIで生育をコントロールし、生産と需要を補完



レタス生育の
加速や減速で
生産量を制御。

生産量と需要の
差を補完することによって機会
損失や廃棄ロス
を削減。

出典：<https://www.nedo.go.jp/content/100954001.pdf>

NTT DATA

GHGクレジット創出プラットフォーム「Agreen」： Green Carbon（日本）

- クレジット創出量やクレジット販売による収益をシミュレーションし、クレジット登録・申請・販売までを一気通貫して支援するシステムを開発・提供。

- 2023年4月、日本国内で水田由来のJ-クレジット創出を目的とし、Green Carbonが参加者を募り、まとめてJ-クレジット登録する「稲作コンソーシアム」を発足。
- 参画者(農家、農業関連機関、企業、自治体)が保有する水田を本コンソーシアムに登録することで、まとめてJ-クレジットに申請可能。
- 複雑な申請手続きが課題であったが、営農支援ツールのアグリノートを運営するウォーターセルと協力し、手続きの簡易化を実現。
- 海外展開にも力を入れており、フィリピン、ベトナム、カンボジア、インドネシア等、現在8か国に展開。

【社会実装状況】商用化

- 2024年の売上予測は、日本市場で2億円、海外市場で1億円。

【予算】

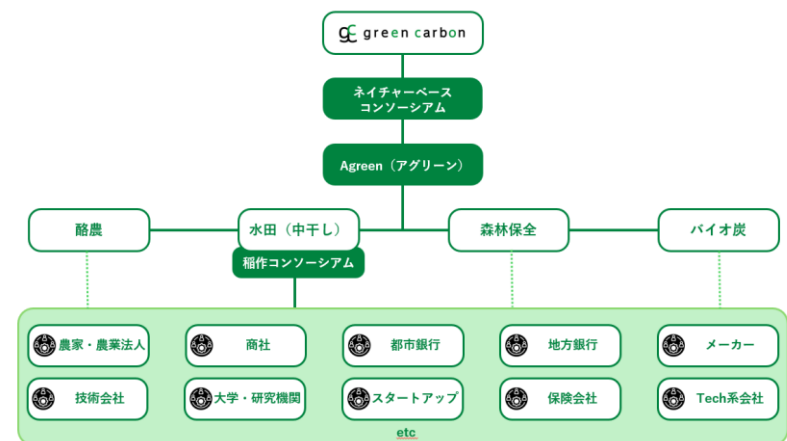
- 累計調達金額：不明
 - 2024年：不明（SMBCベンチャーキャピタル株式会社、三菱UFJキャピタル株式会社）
 - 2022年：1.6億円（不明）

出典：Green Carbon HP、他公知情報

活用システム・技術



サービス概要図



コンソーシアム概念図

出典：GreenCarbon