

スマート農業を取り巻く研究（植物の生育特徴量の計測と可視化）と それを担う人材（DX）の育成

教授 岡安 崇史

九州大学大学院農学研究院環境農学部門農業生産システム設計学研究室

okayasu@bpes.kyushu-u.ac.jp



自己紹介（リアルとデジタルの両面から農学研究を実践）

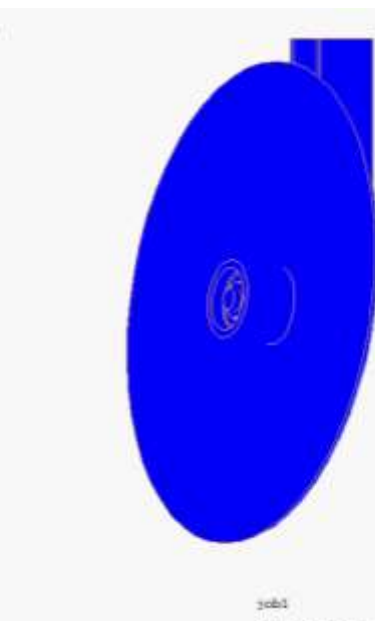
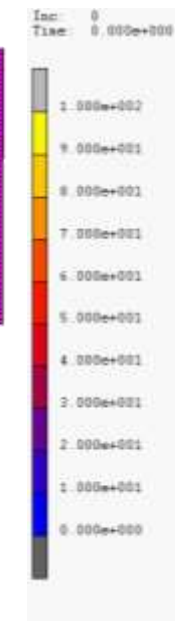


教授 岡安 崇史

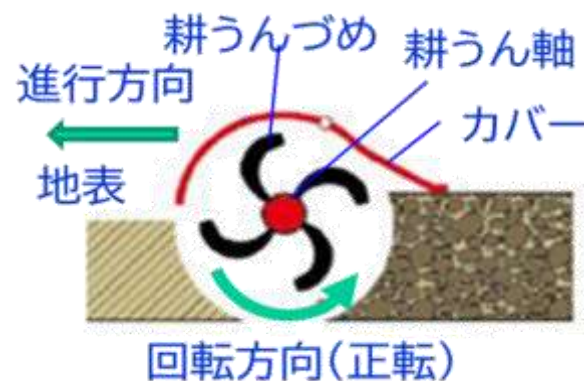
（農業情報学, 農業機械学, 計算力学）



九州大学大学院農学研究院環境農学部門
農業生産システム設計学研究室
九州大学データ駆動イノベーション推進本部
デジタル社会創造研究部門
データ駆動型農業研究ユニット
高知大学 I o P 共創センター（特任教授）
okayasu@bpes.kyushu-u.ac.jp



job1
Equivalent Von Mises Stress



農業生産の省力化・効率化，消費者ニーズにマッチした食料の安定供給，さらには品質や機能性の向上を目的に，SDGsに配慮した農業生産技術の開発をはじめ，圃場環境・生物情報の計測・解析・可視化技術や収集した情報を用いたデータ駆動型生産基盤技術に関する研究を行う。

教授 農学研究院
岡安 崇史 (ユニット長)

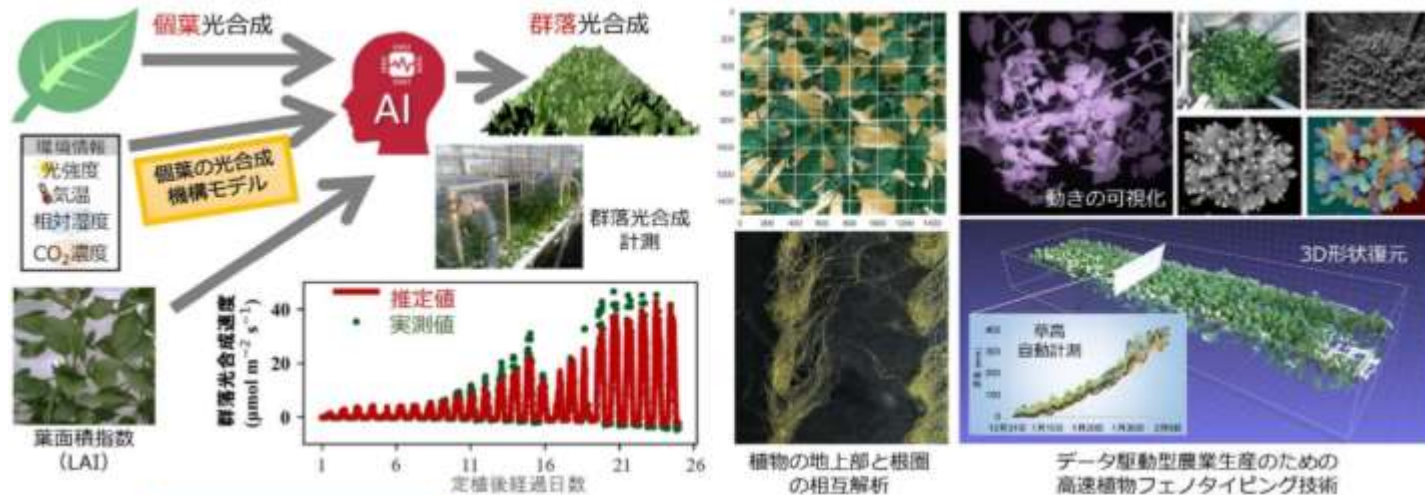
教授 工学研究院
星野 友 (副ユニット長)

教授 芸術工学研究院
尾方 義人

准教授 農学研究院
安武 大輔

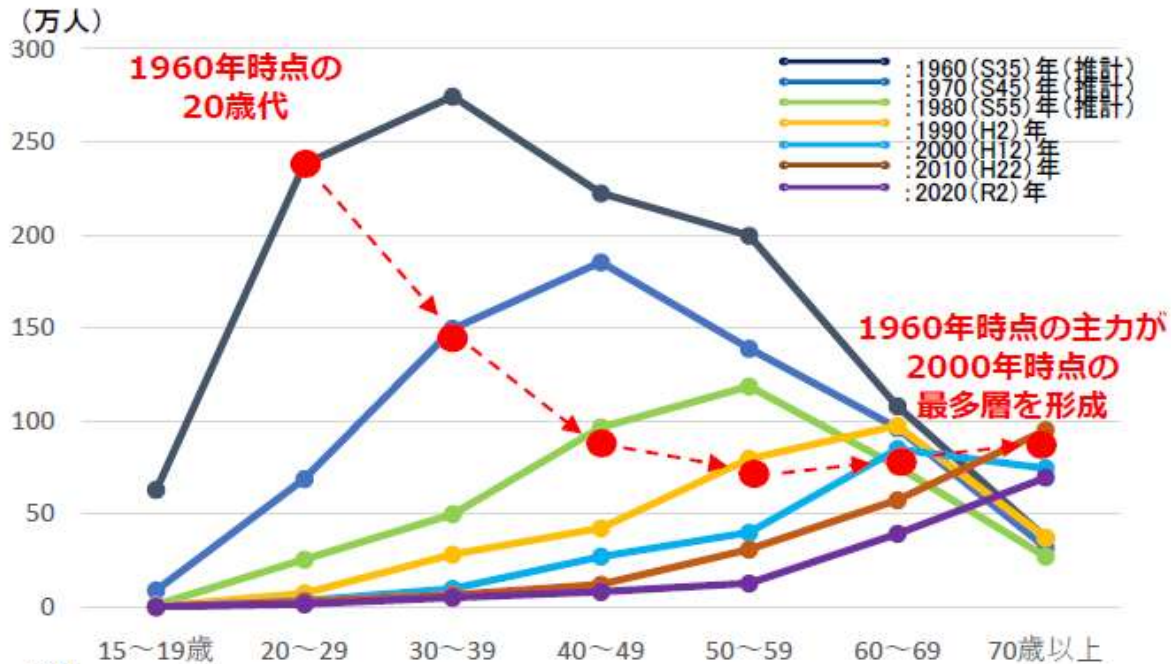
准教授 熱帯農学研究センター
尾崎 彰則

准教授 農学研究院
光岡 宗司



農業分野は高齢化と担い手不足を補う抜本的な改革が必要である。

○基幹的農業従事者の年齢階層の推移



農業生産における効率化・省力化を推進するため、自動化技術とロボットの導入が加速する。

(万人)

○基幹的農業従事者の年齢構成（2023年） 58.7%

基幹的農業従事者数：116万人
平均年齢：68.4歳（2022年）



資料：農林水産省「農業構造動態調査」（2022年、2023年は概数値）

注：基幹的農業従事者とは、15歳以上の世帯員のうち、ふだん仕事として主に自営農業に従事している者（雇田者は含まない）

【令和6年度補正予算額 5,359百万円】

＜対策のポイント＞

不足する農業労働力や中山間地域等を含めた多様な地域課題に対応するため、スマート農業技術の開発・供給の取組を推進するとともに、革新的な研究開発と事業化を目指すスタートアップ・中小企業等の支援、農研機構の機能強化など、開発・供給の加速化に向けた取組を総合的に展開します。

＜事業目標＞

スマート農業技術の活用割合を50%に向上〔令和12年度まで〕

＜事業の内容＞

1. スマート農業技術開発・供給加速化対策

3,525百万円

① 重点課題対応型研究開発（民間事業者対応型）

特に必要性が高いスマート農業技術の開発を促進するため、スマート農業技術活用促進法に基づく重点開発目標に沿った民間事業者による研究開発を支援します。

② 現場ニーズ対応型研究

中山間地域を含む多様な現場ニーズに対応するため、スタートアップ、異業種、農機メーカー、大学、公設試等と産地が連携した機動的な研究開発を支援します。

③ 技術改良・新たな栽培方法の確立の促進

開発技術を円滑に産地へ供給するため、メーカーとサービス事業者等による**プロトタイプ**の製造段階における改良や技術に適合した新たな栽培方法の確立を支援します。

④ スマート生産方式SOP（標準作業手順書）作成研究

スマート農業技術の導入を推進するため、導入効果を着実に発揮させる栽培体系やサービス事業者を介した技術の運用方法等を検証し、標準化する取組を推進します。

2. アグリ・スタートアップ[®]創出強化対策

400百万円

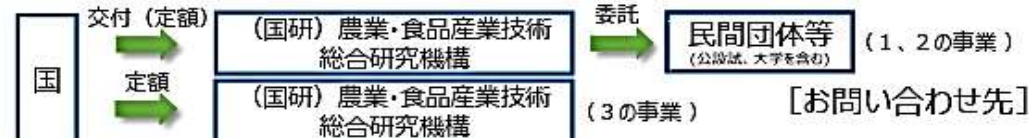
SBIR制度のもと、革新的な研究開発・事業化を目指すスタートアップ等の育成や若手人材の発掘・能力向上を支援します。

3. スマート農業技術開発・供給加速化体制整備

1,434百万円

農研機構の有する知見や設備等を産学官が連携して利用するためのスマート農業技術に関連する施設を整備します。

＜事業の流れ＞



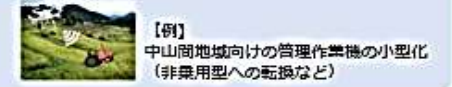
＜事業イメージ＞

1. スマート農業技術開発・供給加速化対策

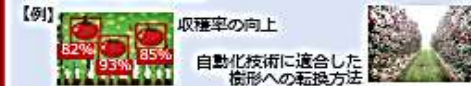
① 重点開発目標に沿った、品目ごとの特性に応じた技術の開発・製品化



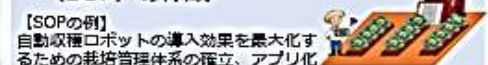
② 中山間地域を含む多様な現場ニーズに対応した、既開発技術の活用等による機動的な研究開発



③ 技術の質的向上（汎用化、精度・ユーザビリティの向上）や技術に適合した新たな栽培方法の確立



④ 技術の導入効果を着実に発揮させる栽培体系やサービス事業者を介した技術の運用方法等の検証、標準作業手順書(SOP)の作成

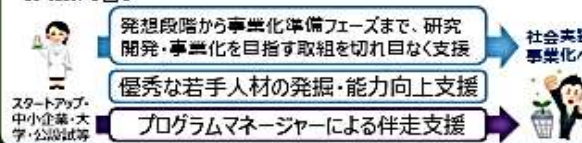


2. アグリ・スタートアップ創出強化対策



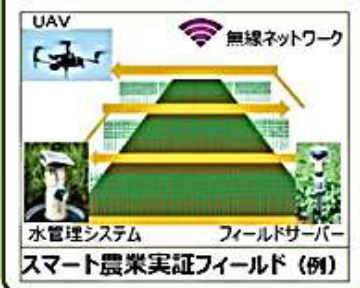
※PMF(プロダクトマーケットフィット):顧客の課題を満足させる製品を提供し、それが適切な市場に受け入れられている状態。

【支援内容】



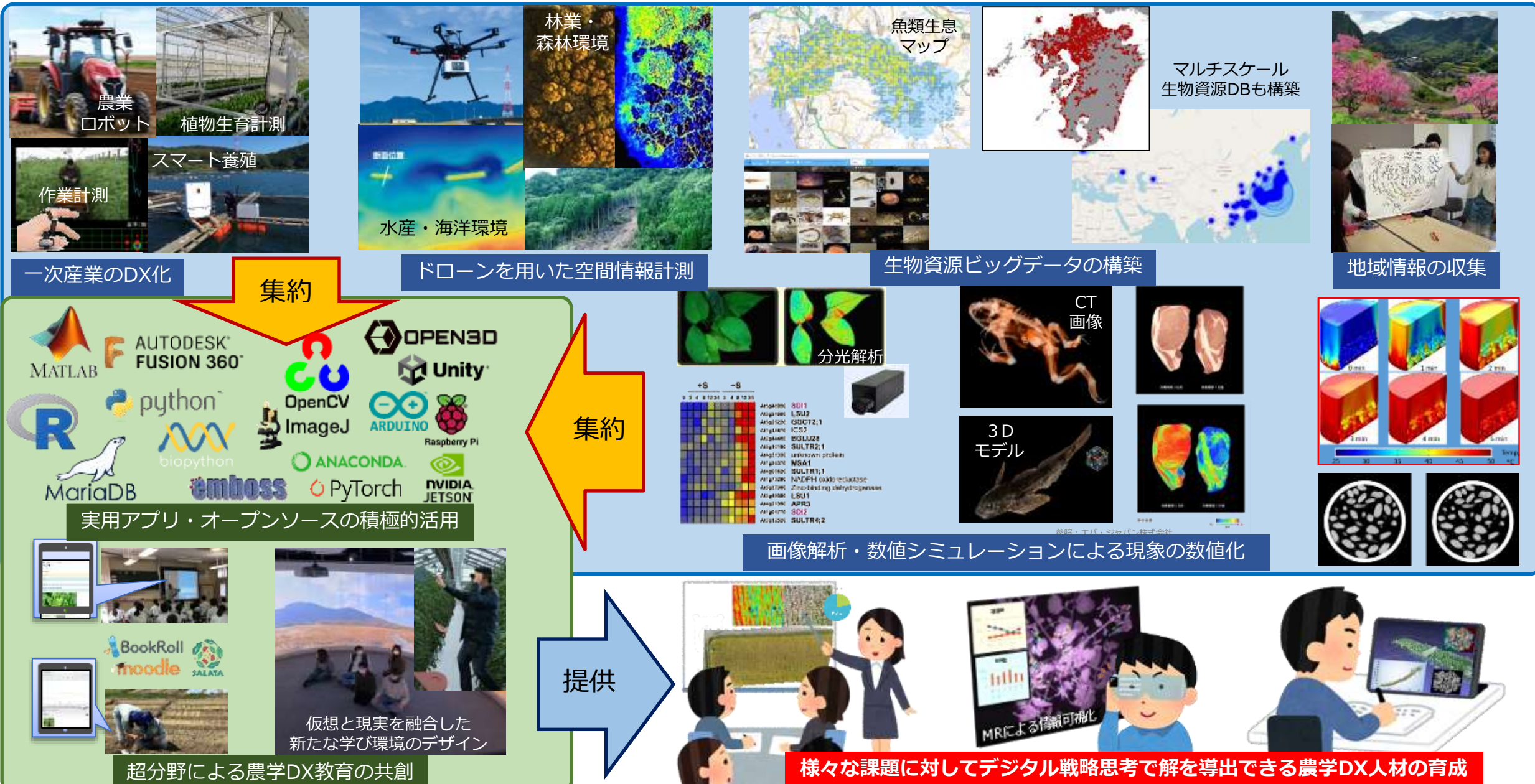
3. スマート農業技術開発・供給加速化体制整備

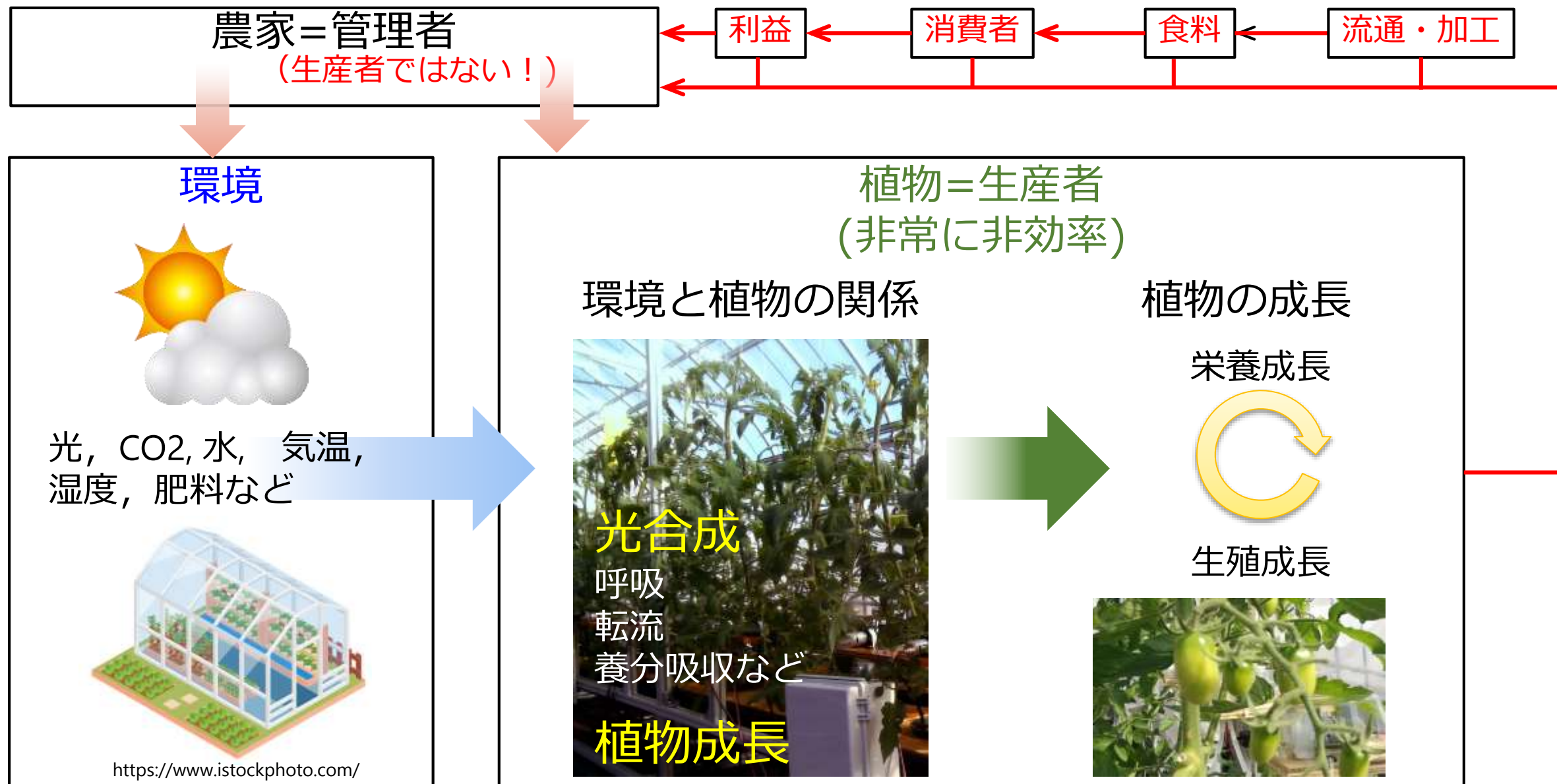
農研機構の施設等供用等に関連する施設整備を実施



(1、2の事業) 農林水産技術会議事務局研究推進課 (03-3502-7462)
(3の事業) 研究調整課 (03-3502-7472)

農学教育研究には数理・データサイエンスに関する知識・スキルが必要である。

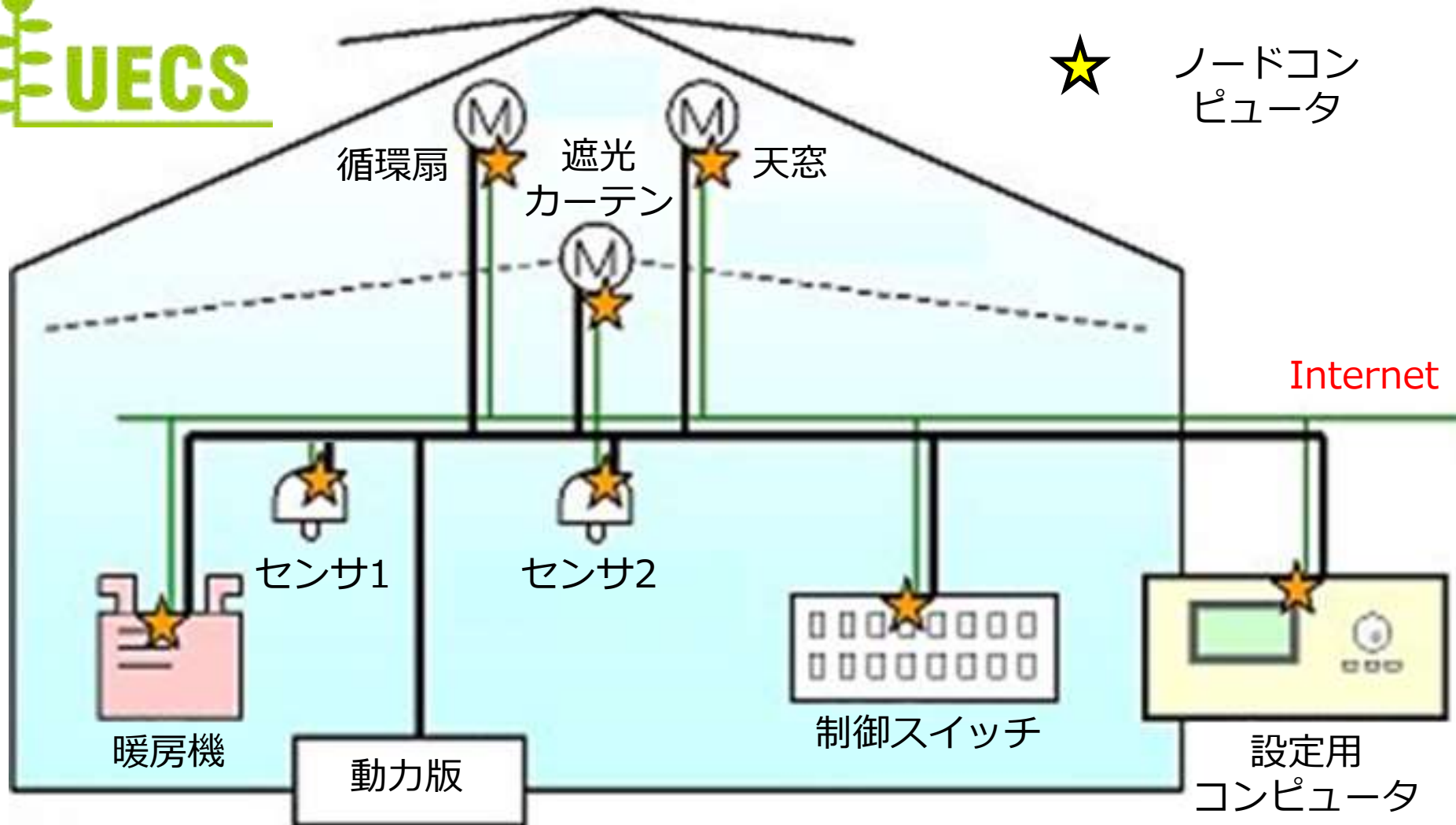




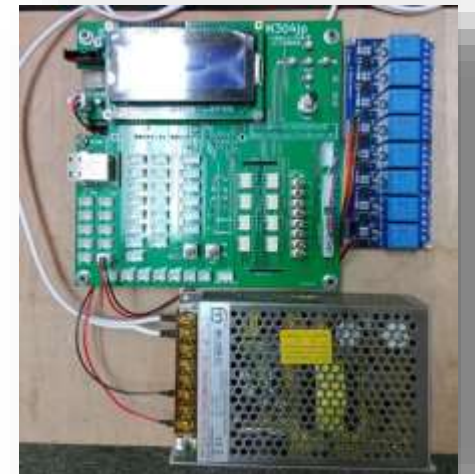
施設園芸における自動化・省人化には環境制御システムが利用できる。

必要な知識・スキル：電子機器関係，センサ関係，通信関係，データ解析，プログラミング

UECS : Ubiquitous Environment Control System (ユビキタス環境制御システム)



環境計測ノード



環境制御ノード

UECSを用いて独自の灌水制御システムも製作できる.

液肥混合器

電磁バルブ



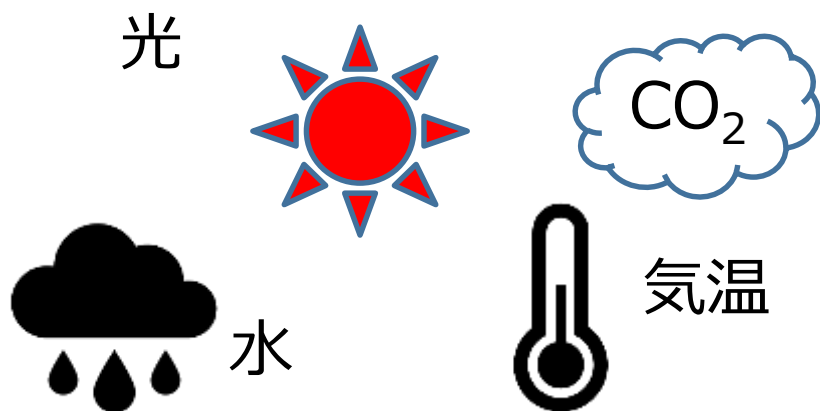
灌水制御ノードの導入例

定植直後

30日後

植物の成長は遺伝情報と環境情報に大きく依存している。

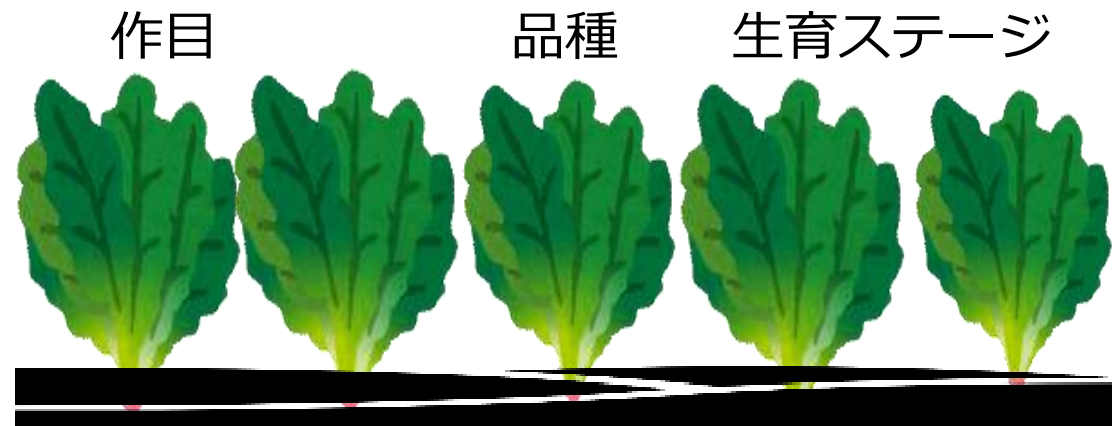
環境因子



説明変数

目的変数

遺伝的因子



重みパラメータ

植物フェノタイピング

実の大きさ, 花・実の数, 葉の形・面積, 香り, . . .



植物フェノタイピングロボットの開発とその利用

必要な知識・スキル：機械設計，電子機器関係，センサ関係，通信関係，プログラミング



計測ロボットの移動の様子



05/14



05/16



05/18

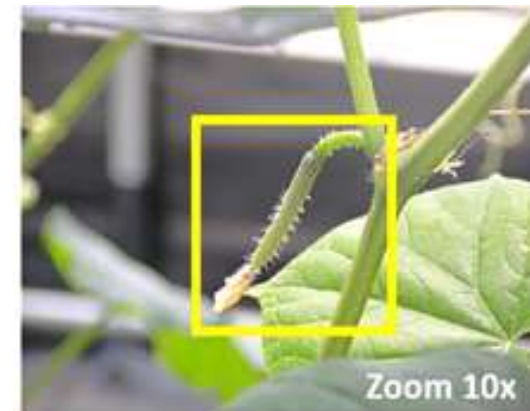
PTZカメラを用いて様々な条件で植物の生育状態を収集する。



頂芽（成長点）付近に注目



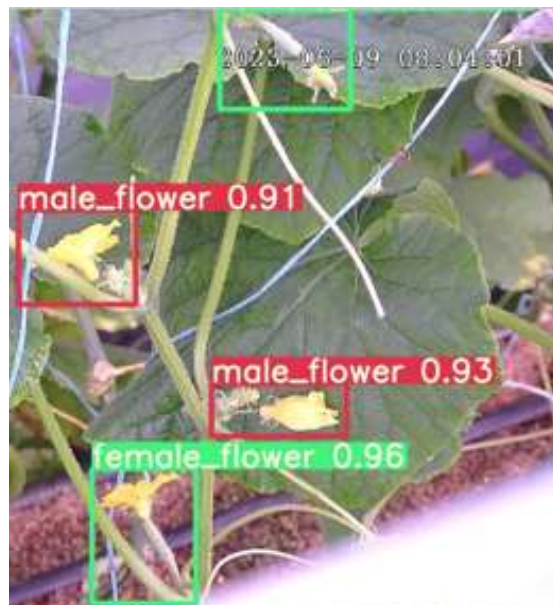
葉に注目



雌花の成長に注目

深層学習モデルによる植物の生育特性量のセンシングとデータ活用

必要な知識・スキル：画像解析，深層学習，統計学，データ解析，プログラミング



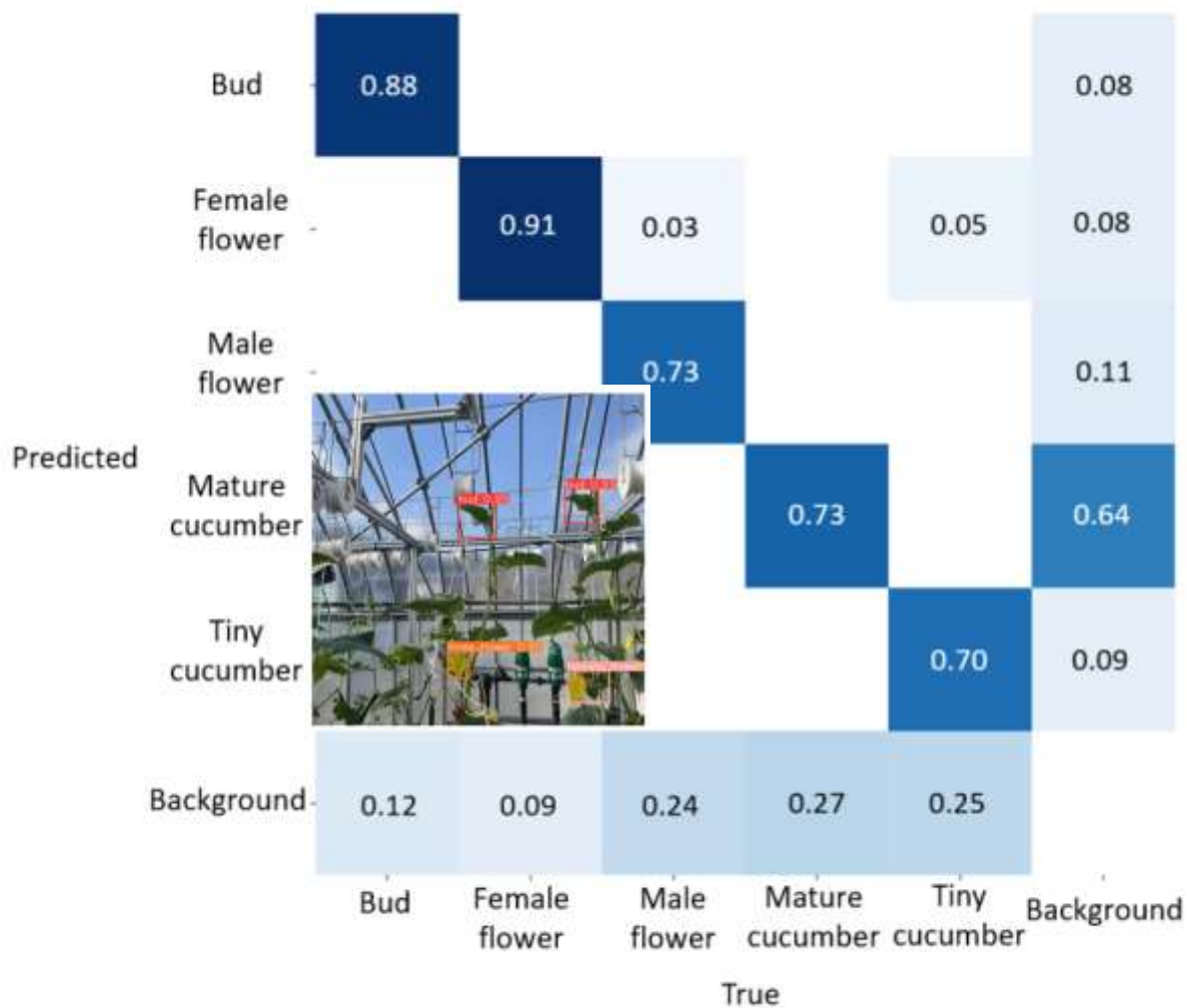
キュウリ植物の生育特徴量の抽出例

成長点追跡手法は，YOLOv8に基づく成長点検出モデルとBoT-SORTにより成長点の追跡モデルを構築・実装できた。

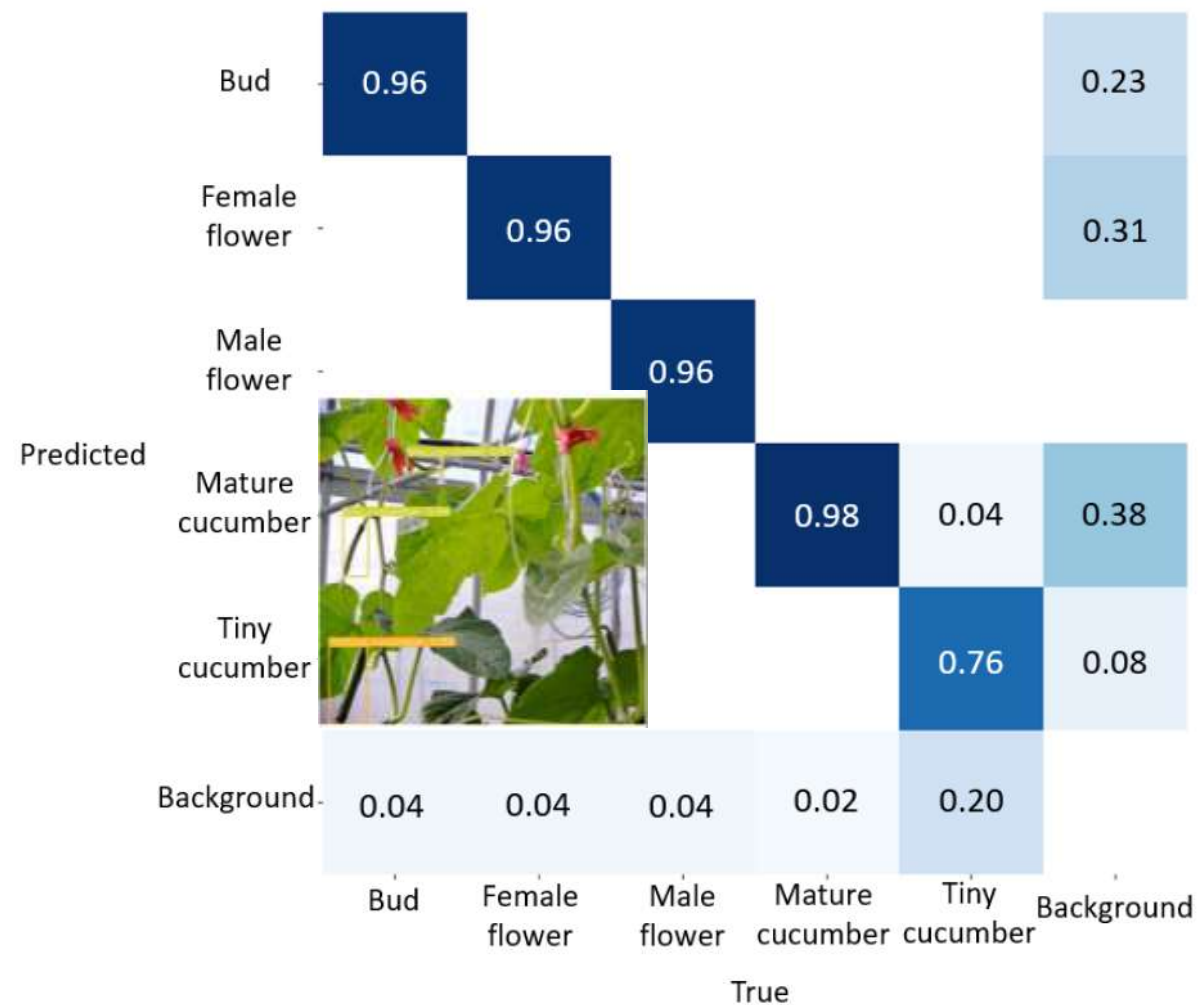
→特定部位の状態変化と環境因子との関係を数値化して，環境制御の良否を評価する。

PTZカメラを使えば植物の生育特徴量抽出の精度を向上できる.

植物生育特徴量検出にYOLOv7を使用

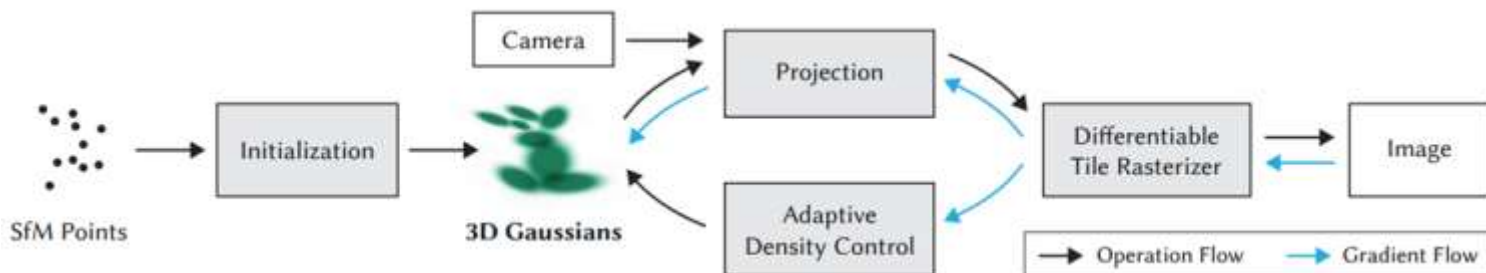


PTZ機能なし



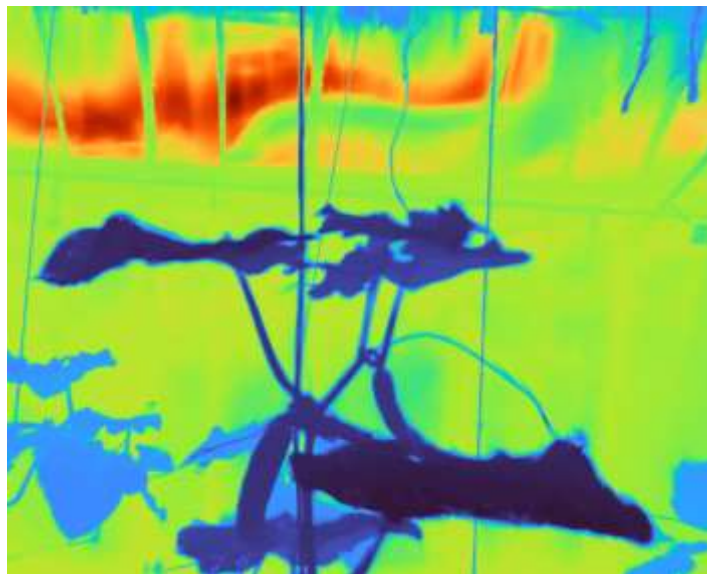
PTZ機能あり

3次元形状取得により植物の生育特性がより詳しく把握できるようになる。

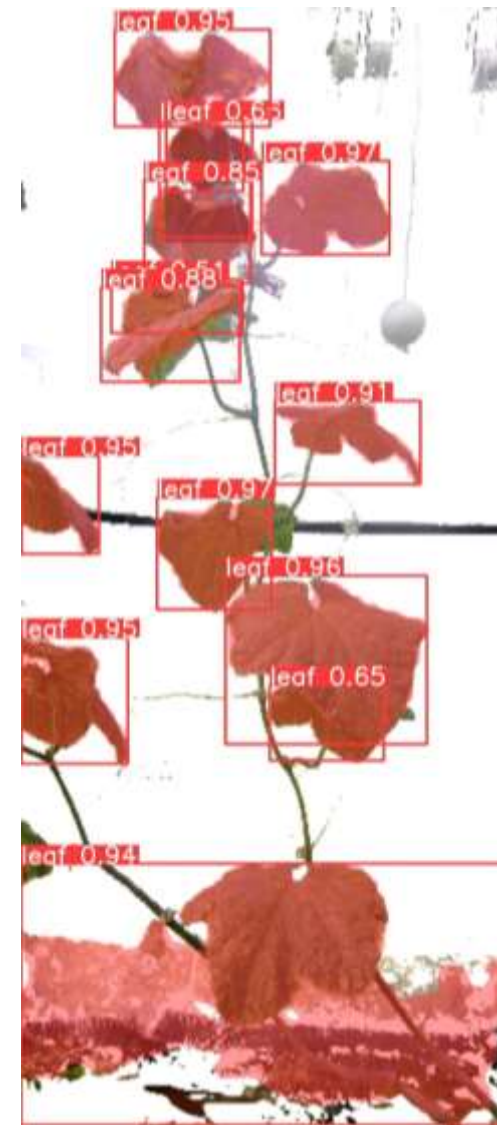


<https://repo-sam.inria.fr/fungraph/3d-gaussian-splatting/>

3D Gaussian Splatting



深度マップ



特徴量抽出

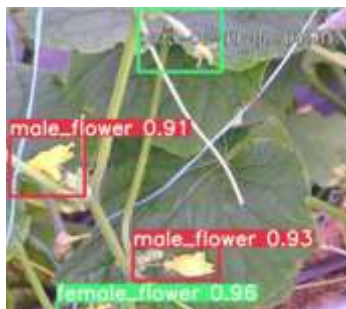
深層学習ベースの植物3次元モデルの生成

Pham, Okayasu, Yasutake, Hirai, Al Mamun, Ozaki, Koga, Hidaka, Nomura, Vo: Comparison of High Accuracy and Throughput 3D Reconstruction Techniques to Collect Plant Canopy Information, 農業情報学会 2024年度年次大会講演要旨集, 2024.

人が担う意思決定を電腦が担えれば栽培管理の自動化は実現できる。

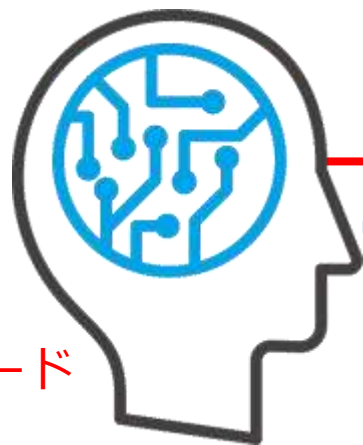
環境モニタリング ノード

気温
湿度
日射量
二酸化炭素濃度
土壌水分



計測ロボット

植物生育状態観測ノード
画像解析, AI等



制御
ノード



天窓

制御
ノード



加温器

その他のノード

AIによる環境制御の高度化

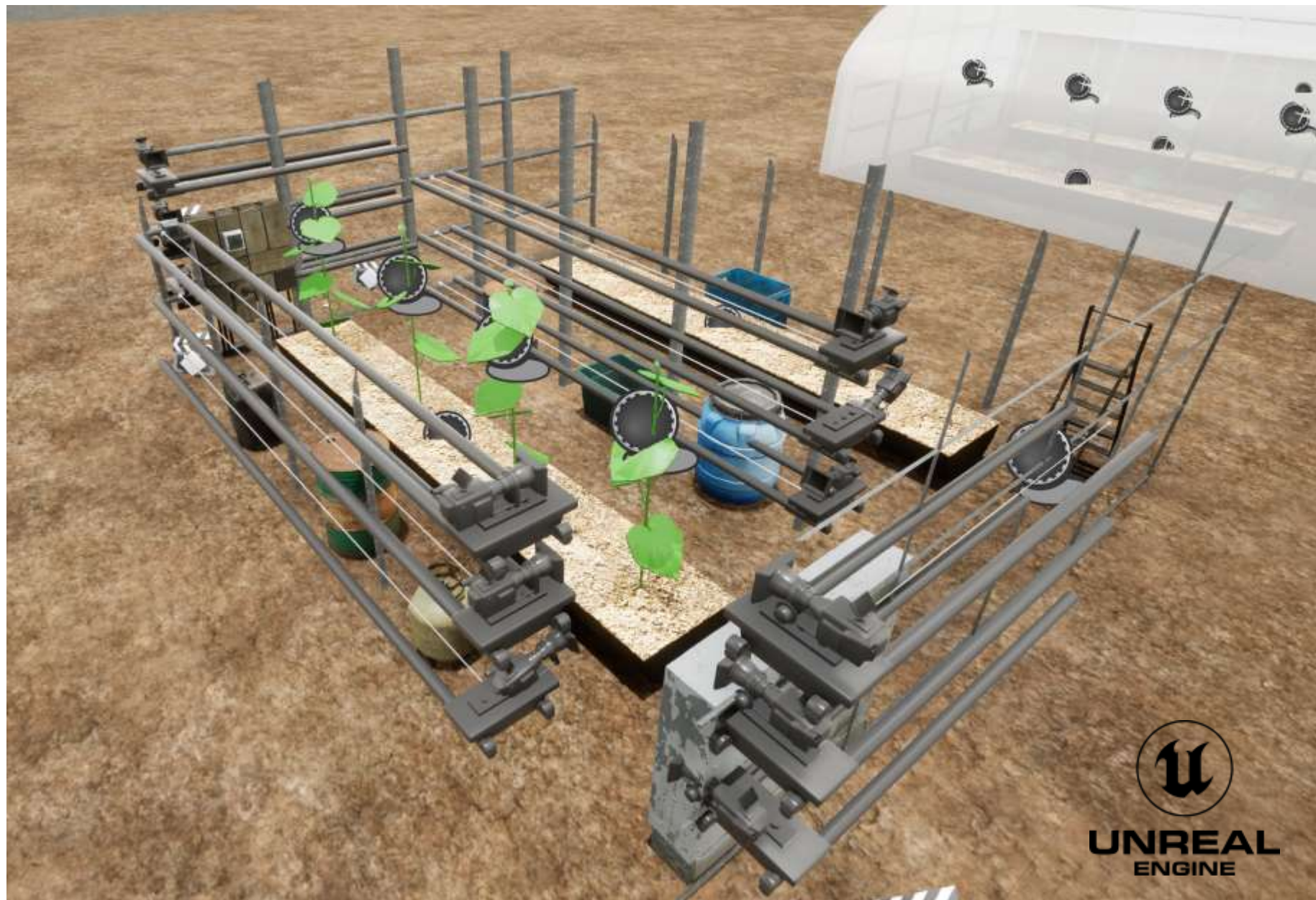
気温
湿度
日射量
二酸化炭素濃度
土壌水分
植物の生育状態
加温機の稼働状態
灌水装置の履歴

制御
ノード



灌水制御装置

仮想環境を使えば機器開発のコストと時間を削減できるかも。



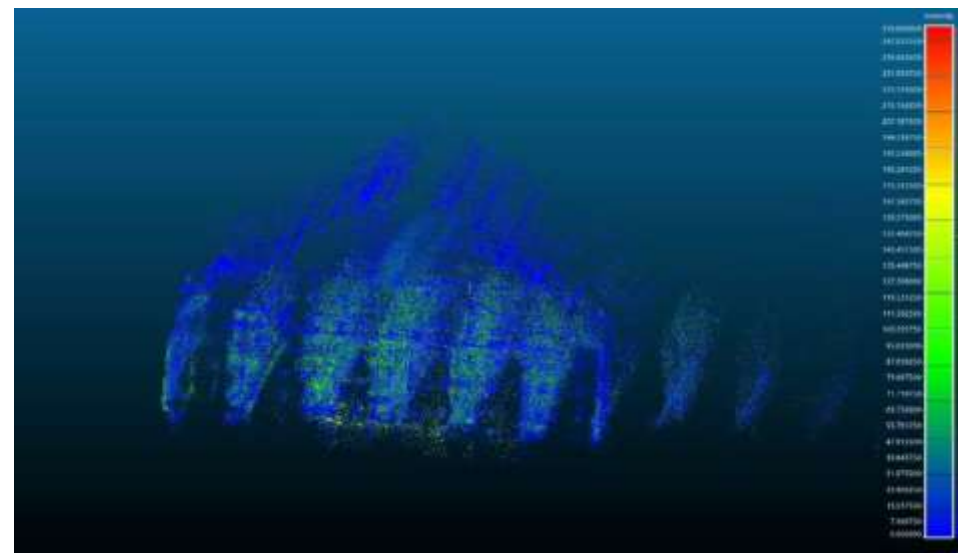
デジタルツインを活用して農作業ロボットの効率的な開発を行う。



仮想空間におけるロボットの設計・開発



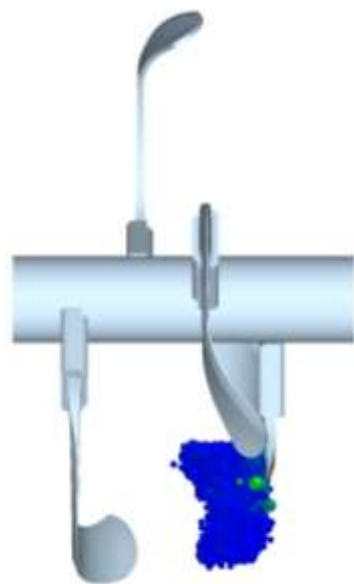
実空間におけるテストと実装



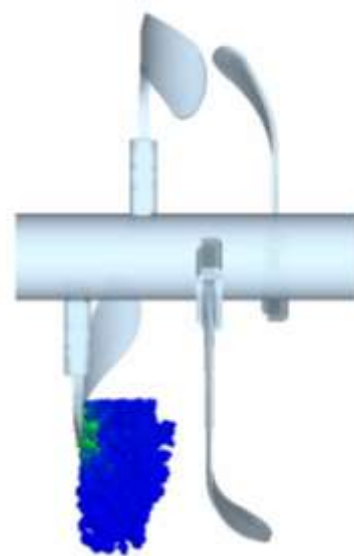
センサが認識している実空間の地図情報

数値計算力学の利用によりデジタルツイン環境の高精度化を実現する。

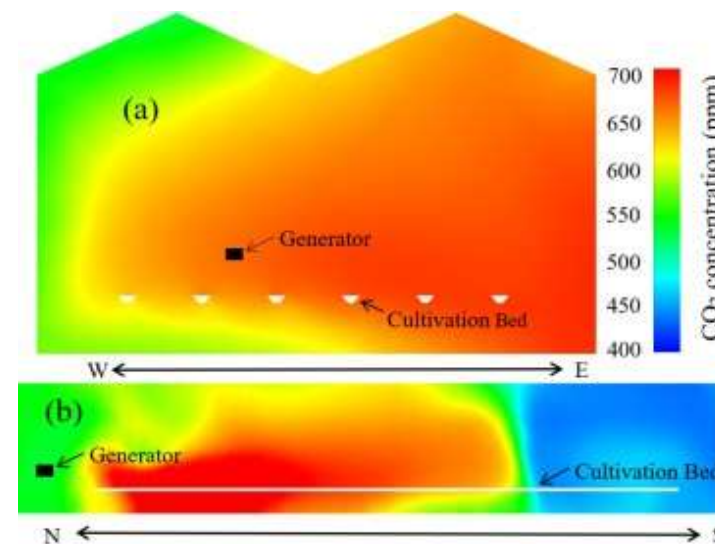
必要な知識・スキル：連続体・離散体力学，各種数値解法，データ解析，プログラミング



150rpm

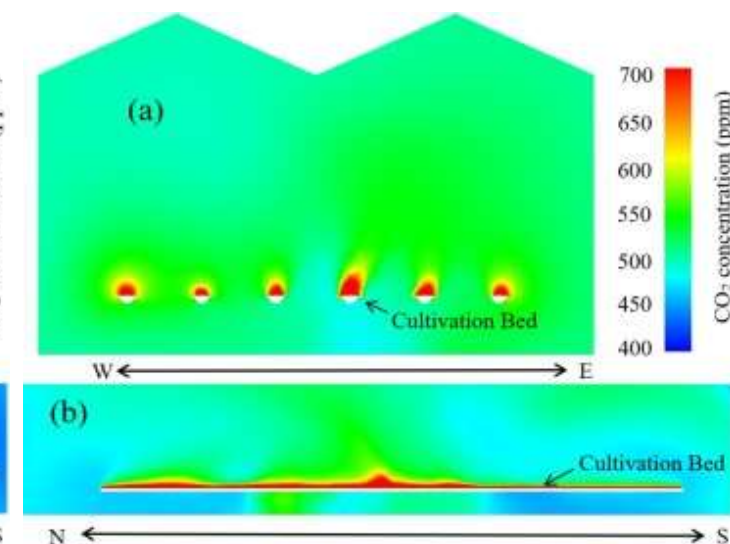


450 rpm



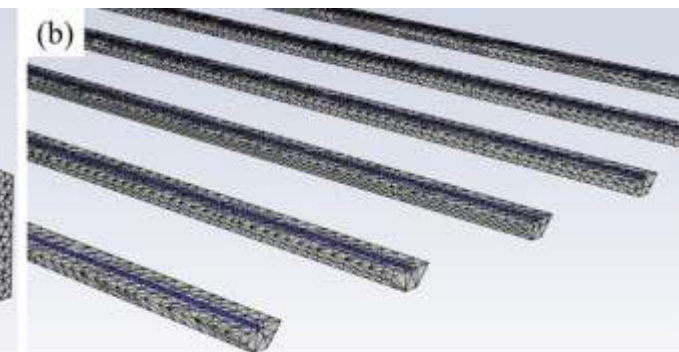
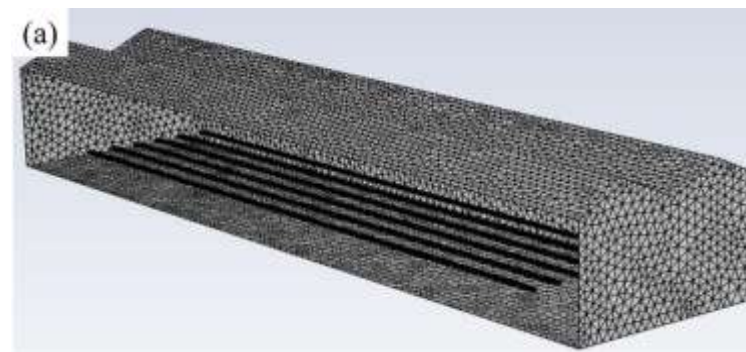
30分後のCO₂濃度分布

慣行CO₂施用の場合



5分後のCO₂濃度分布

局所CO₂施用の場合



数値流体解析に用いたメッシュ図

加温器排出ガス内のCO₂を施設園芸における植物の光合成促進に再利用する。

令和6年度「戦略的スマート農業技術の開発・改良」採択課題として実施中

低コスト・高機能吸収素材により、加温機から排出される二酸化炭素を吸収・貯留¹し、それを適時局所施用することで、光合成に最適な環境（CO₂、温度、湿度）を実現する。UECS²対応で複合環境制御システムの一部として導入できる。

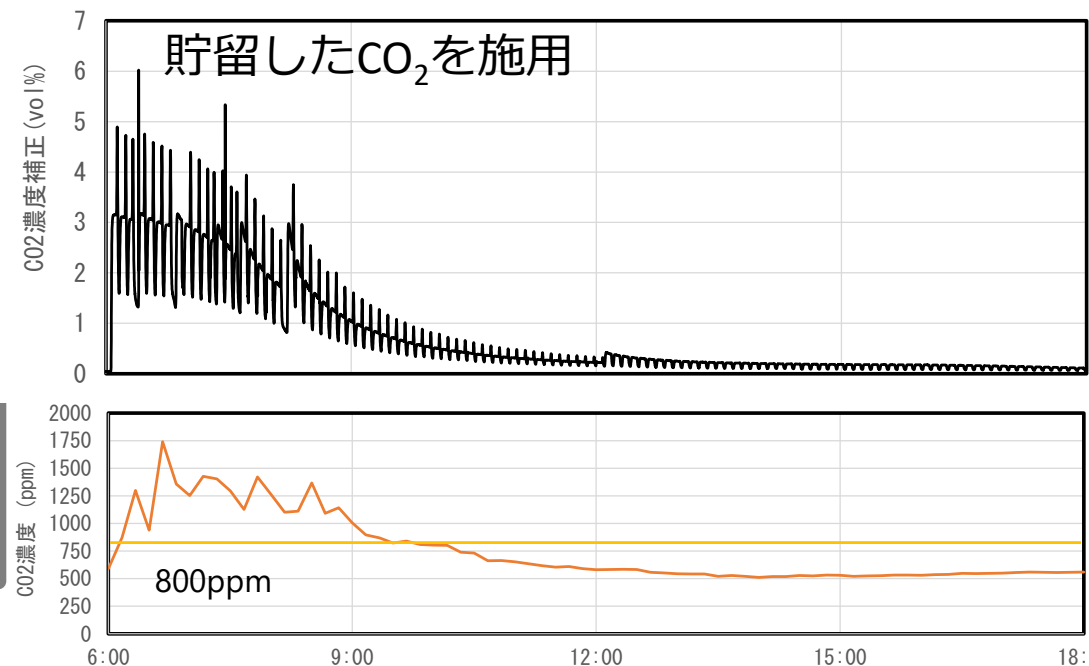
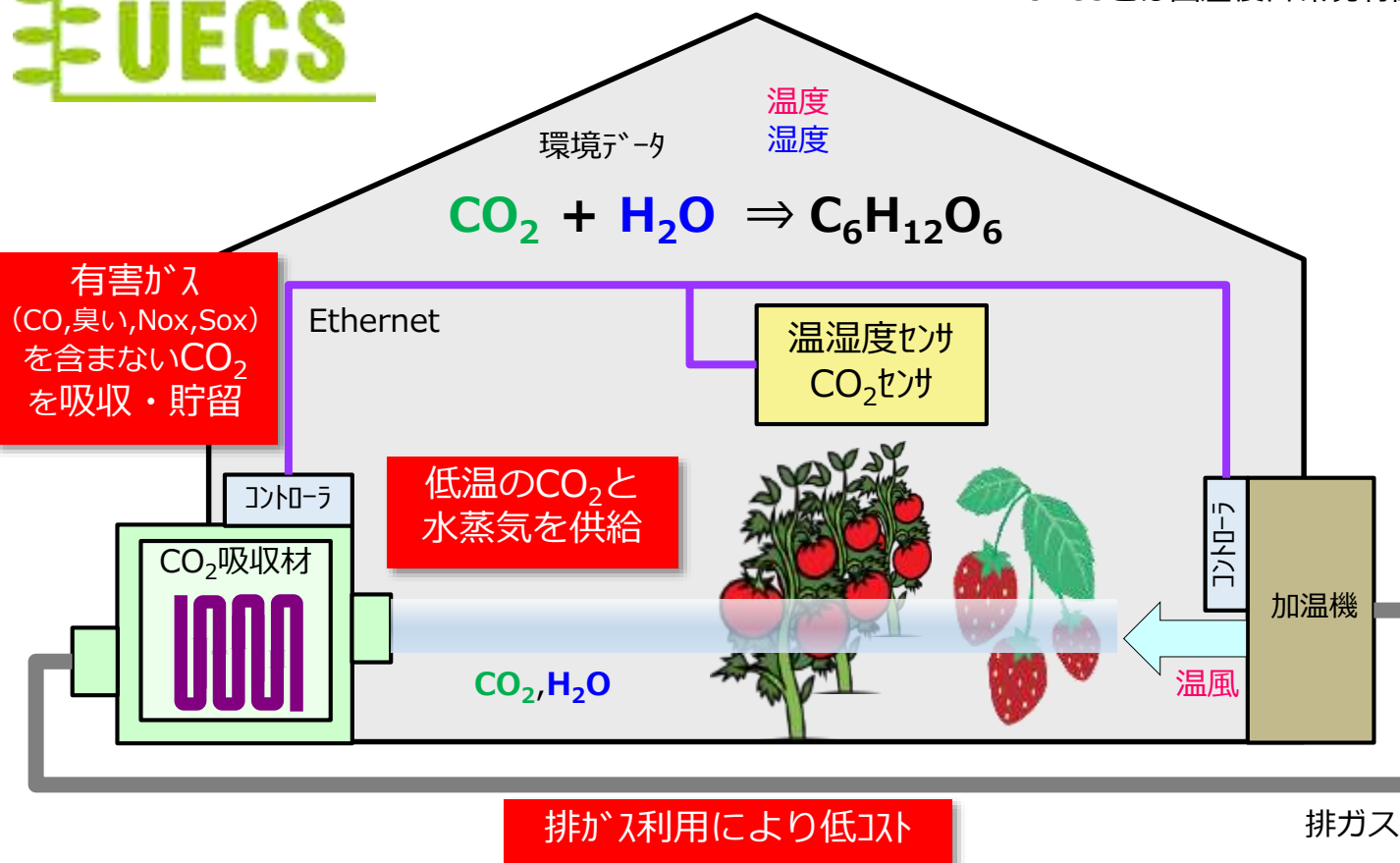


¹CO₂の吸収・貯留には九州大学工学部で開発された高性能のCO₂分離材料（特許申請済）を使用

²UECSとは国産複合環境制御システムの略称

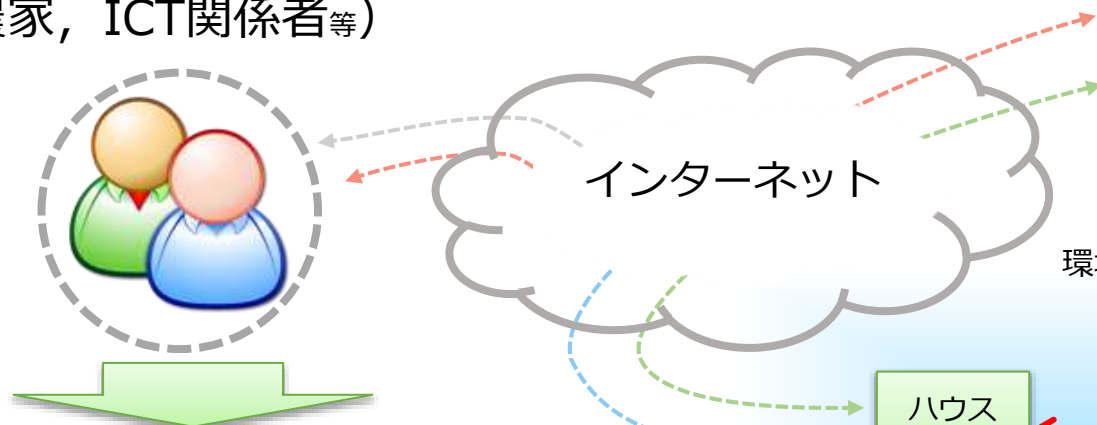


CO₂分離・施用装置



データ駆動型施設園芸の実践・普及を担う人材の育成を推進する。

- IoTや廉価デバイスを用いた圃場環境・植物生育・農作業情報の精密センシング
- ビッグデータと数理・データサイエンスを援用した新たな施設園芸システムの提案
- データ駆動型農業への転換のためのDX人材育成の加速（農家，ICT関係者等）

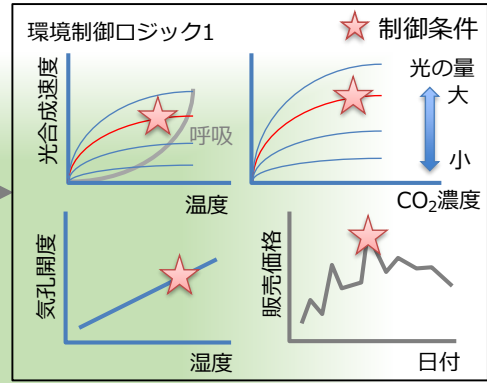


スマート農業人材の育成

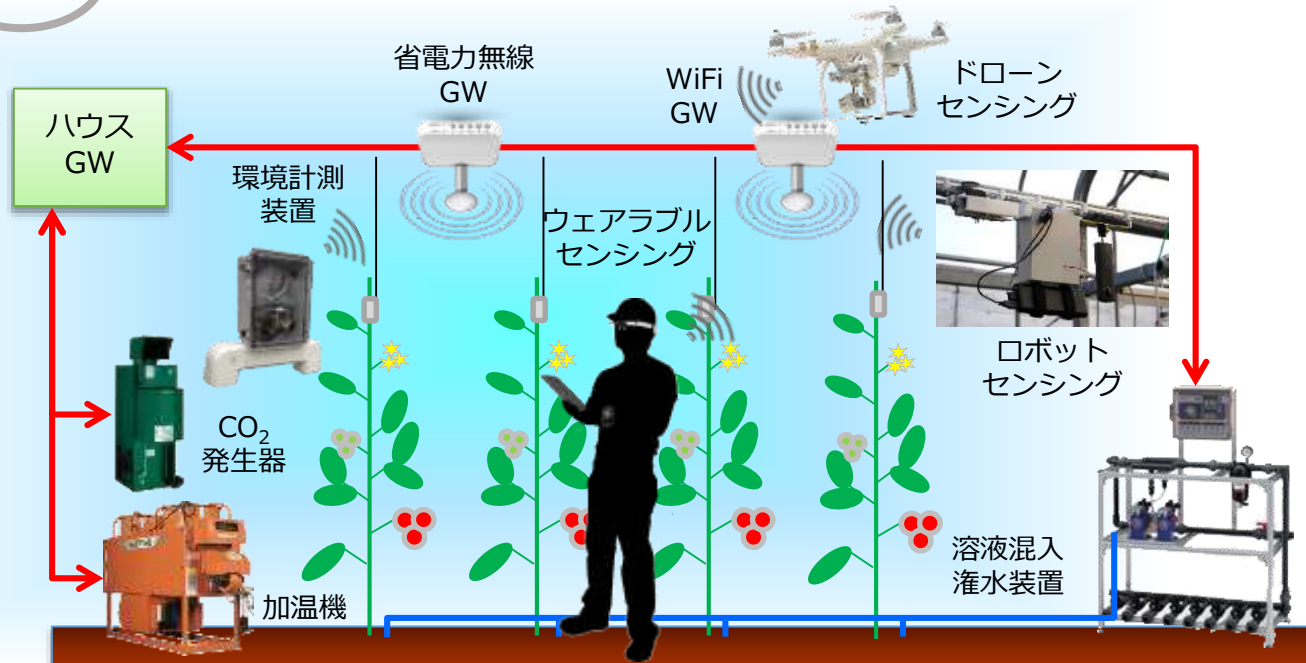
スマート農業
サーバ



データ駆動型
農業DB



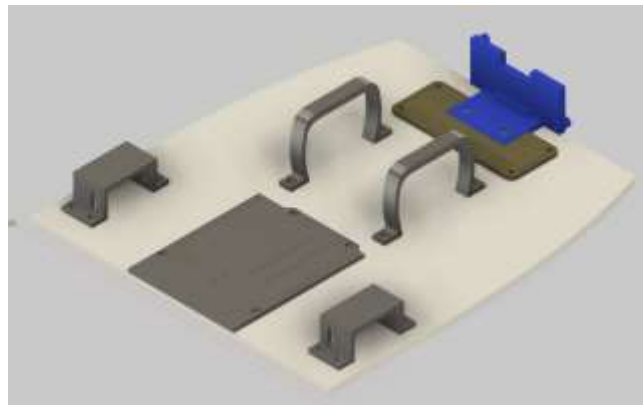
環境情報・植物生育情報の高度計測技術の構築



座学講義に演習要素を取り入れて技術習得を加速する。 (学部専門分野教育として実施, 対象: 学部2・3年生)



農業情報学 (学部2年冬)
(デバイスプログラミング)



機械設計学Ⅱ (学部3年夏)
(部品の設計・評価・製造)



生物生産システム工学実験
(学部3年春) (制御アルゴリズム)



実践的な教育により社会貢献できる人材を育成

UECS対応の環境計測・制御装置の製作実習なども行っている。

ネットワークボードの製作

ネットワークボードを製作します。
左図のネットワークボード左下の黄色ピン（10本）にケーブルを接続します。
黄色ピンの下側に赤色のケーブルが来るようにケーブルの色をよく確かめ接続してください。

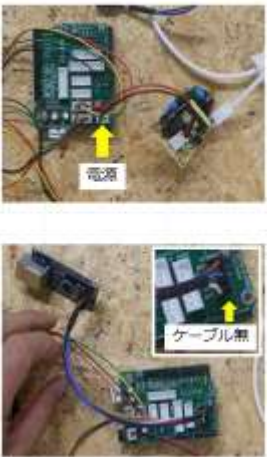
全てのピン（10本）が黒色のコネクタの中に全て収まっていることを確認してください。
ピンが見えている場合には、接続箇所が間違っているため、正しく接続し直してください。



電源ユニットとネットワークボードの接続

電源ユニットから出ている赤と黒のケーブルを左図の場所に接続します。

ネットワークボードから出ているケーブルを左図右上の拡大図のようにケーブルの出ないコネクタが右下に来るように接続します。
ここでも全てのピンがコネクタ内に収まっていることを確認してください。



メインコンピュータと環境計測用シールドの接続

左図のメインコンピュータ（Arduino）と環境計測用シールド（M302K）を接続します。

左図のメインコンピュータ（Arduino）のピンと環境計測用シールド（M302K）のピンが対応するように接続します。

左図のメインコンピュータ（Arduino）のピンと環境計測用シールド（M302K）のピンが全て接続されていることを確認します。
うまく接続できていない場合には、最初からやり直してください。取り外す際はなるべくピンの方向にまっすぐ引き抜くようにしてください。
シールドを回転させながら外すとピンが曲がったり折れたりしますので、注意が必要です。

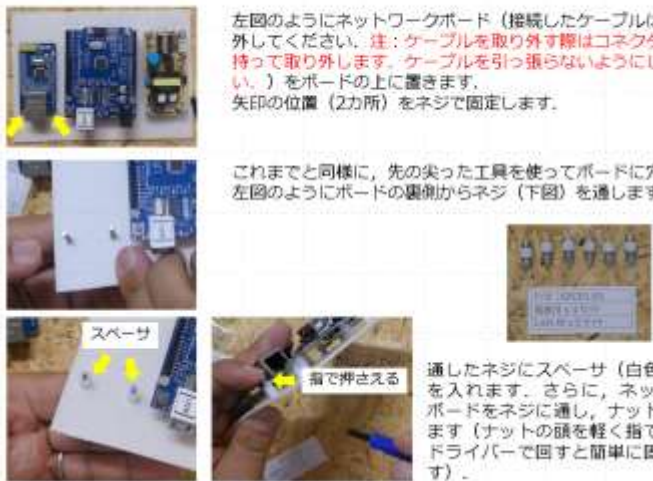


ネットワークボードの固定

左図のようにネットワークボード（接続したケーブルは一度取り外してください。注：ケーブルを取り外す際はコネクタの部分を持って取り外します。ケーブルを引っ張らないようにしてください。）をボードの上に置きます。
矢印の位置（2カ所）をネジで固定します。

これまでと同様に、先の尖った工具を使ってボードに穴を開け、左図のようにボードの裏側からネジ（下図）を通します。

通したネジにスペーサ（白色の部品）を入れます。さらに、ネットワークボードをネジに通し、ナットで固定します（ナットの頭を軽く指で押さえ、ドライバーで回すと簡単に固定できます）。




- 日本農業は、農業従事者の減少や高齢化により、深刻な労働力不足に直面している。
- 生産効率の向上、作業の自動化や省力化（省人化）には、ロボットやAIなどを導入したデータ駆動型の農業生産方式への大転換が急務である。
- 植物センシング（フェノタイピング）は、植物の生育特徴量を取得するための強力な技術で、データ駆動型農業の高度化・実践には極めて重要なものとなる。
- 新たな機器や栽培管理技術の開発には、デジタルツインは有益なツールである。
- 数理・データサイエンスやD Xに関する知識があればアイデアを具現化できる可能性が高くなる。
- 未利用資源の農業への有効利用にも配慮しながら持続的な農業を展開する。
- そのためには、これらの知識やスキルを持った人材を育成し、実際の現場で活躍できるようにしていく必要がある。

謝辞

本研究の一部は、welzo(株)との共同研究、令和3年度補正予算・文科省「デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業DXをけん引する高度専門人材育成事業」、内閣府地方大学・地域産業創生交付金「I o P (Internet of Plants) が導く「Society 5.0型農業」への進化」、科研費(21K05860, 23K05477)の支援の下、実施したものである。ここに記して謝意を表する。