有機ミニトマト農場自動化ロボットTitanの開発

○森　裕紀（トクイテン/早大）　尾形　邦裕（産総研）
野々山　昭太（トクイテン）　菅　佑樹（Suger Sweet Robotics/早大）

概要：株式会社トクイテンは，ロボットによる有機栽培の自動化を目指し，2021年8月に設立されたスタートアップ企業である．少子高齢化を前提に，石油や天然ガスなどの資源に依存しない持続可能な農業の実現を目指している． IT・AI技術を活かしたスマート農業システムやロボットなどの技術開発を行いながら，自社農場の運営を行っている．
本発表では，有機農業の自動化を目的に開発した移動ロボットTitan（ティターン）とその拡張アタッチメントを紹介する．

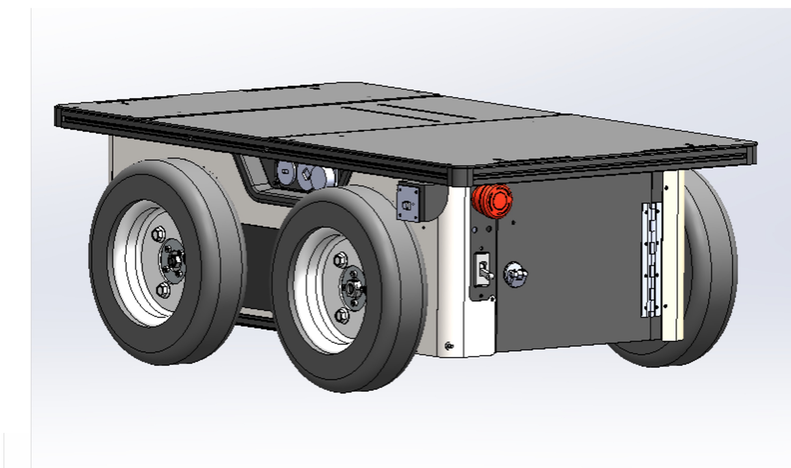
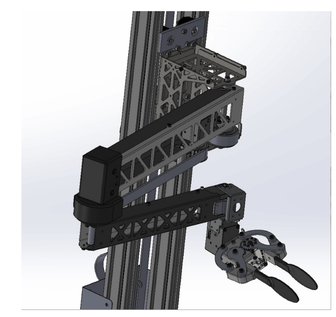


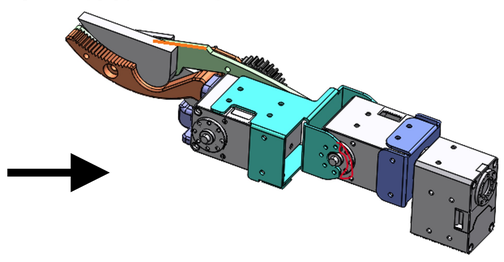
図１：3D CADによるTitanの設計



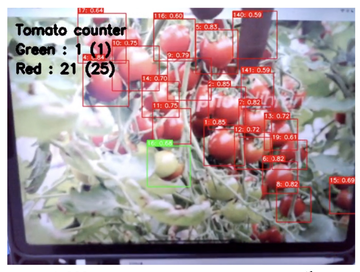
収穫用アーム
（トング）



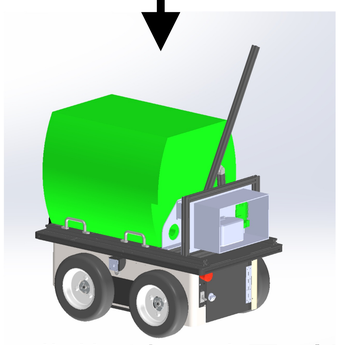
Titan（ティターン）



葉かき用アーム
（電動ハサミ）



巡回・モニタリング
（カメラ）



農薬・液肥噴霧（タンク）



捕虫装置

図２：アタッチメントにより機能拡張するTitanのコンセプト

日本の農業の課題
- 労働人口の減少による人手不足の深刻化
- 化学肥料・化学農薬の高騰と生産時の二酸化炭素排出

国内の持続可能な農業への取り組み
- スマート農業や自動運転トラクタなどの自動化技術の導入
- 化学肥料や化学農薬の使用削減と有機農業の拡大

株式会社トクイテンの取り組み
- 自社農場による有機ミニトマトの栽培
- IT・AI・ロボットを含む有機農業の自動化を自社農場で推進
- 農業用移動ロボットTitanと拡張機能アタッチメントを開発

自動化戦略
- 全体最適：ロボット単体でなく農業全体を自動化し最適化
- 栽培のロボットへの適応：ハサミを使わずに捻って取れる品種を選定
- 複数タスクへのロボット適用：移動ロボットを基本として，異なる機能を持つ「機能拡張アタッチメント」を搭載することで様々な機能を発揮
- ロボットの栽培への適応：農業の現場でロボットを動作させながら開発

農業用移動ロボットTitanの開発の前提
- 畝間0．8mの農場の不整地で走行できる移動ロボットが必要
- 多くの一般的な市販の移動ロボットは農場の不整地では使用不可
- 研究開発用不整地用移動ロボットは高価で複数台運用するには高コスト

自動走行アルゴリズム
- マーカに基づく位置認識と経路計画
- LiDARによる畝間通路内の道なり走行



図３：異なるアタッチメントを搭載したTitan

表１：Titanの設計仕様

質量	40 kg（内バッテリー 5kg）
旋回方式	スキッドステアローダ
モータ容量	200W
バッテリー	定格　24V 容量　25Ah （満充電8時間走行）
タイヤ径	225 mm
最低地上高	50 mm
ホイールベース	420 mm
高さ	245 mm
全幅	495 mm
全長	785 mm
最高速度	4.2 km/h

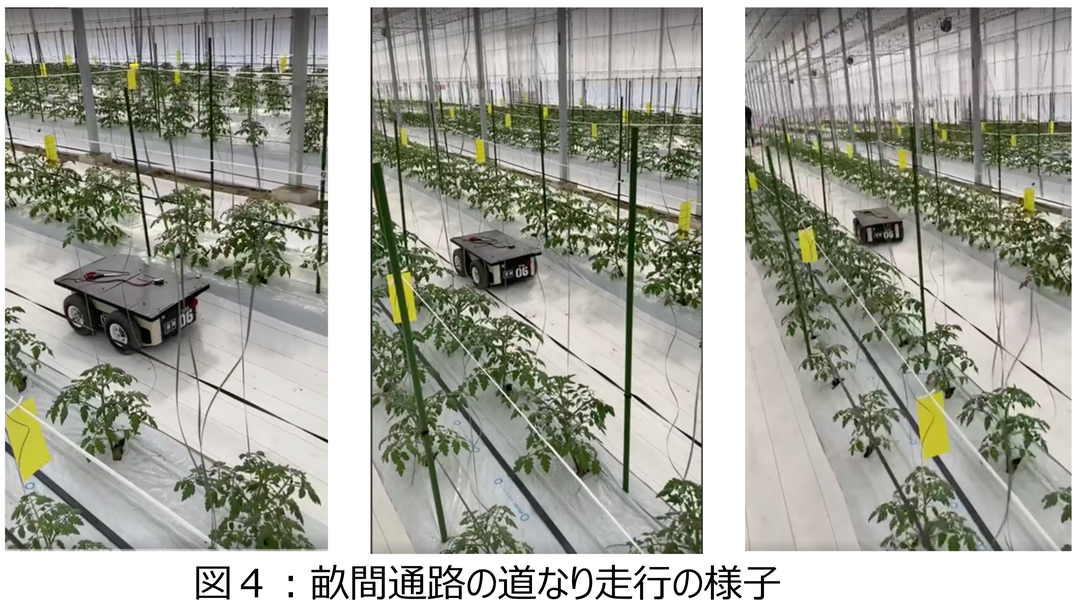


図４：畝間通路の道なり走行の様子



図５：マーカに基づく自動走行

収穫アタッチメント
トマト収穫用ハンドに市販のトングを使用し，掴みやすく適度な弾性を安価に実現した．トマトは捻って収穫できる品種を栽培しているため，刃物は必要なく安全な構造になっている．収穫用インターフェースはWebページ形式で提供され，トマトの実の認識結果を表示し，収穫したい実を画像上でクリックして収穫開始ボタンを押すと収穫動作が開始される．

噴霧アタッチメント
農薬や液肥の噴霧は作業者に負荷がかかる作業であり，ロボットによる代替が有効である．開発した噴霧器は30Lの農薬を搭載し，自動的に噴霧を開始・終了できる．



図６：収穫アタッチメント



図７：収穫アタッチメントの操作インターフェース



図８：収穫動作の要素



図９：噴霧アタッチメント



図１０：防虫アタッチメント

防虫アタッチメント
有機農業では農薬の使用に制限があり，防虫作業は慣行農業よりも工数がかかる．害虫を捕まえる防虫器をTitanに搭載し，トマトの株を揺らして株に取り付いている虫を効率的に捕獲できる．

葉かきアタッチメント
余分な葉を切り取るため開発したエンドエフェクタは市販の枝ハサミを改造し，切った枝をハサミで保持できる．
トマトの枝に適用し，適切に切断できた．

モニタリングアタッチメント
病気や害虫検出，収量予測のためRGBカメラを3台搭載したアタッチメントを開発した．撮影した同画像からトマトを植えた畝のパノラマ画像を作成することができる．



図１１：葉かきアタッチメント





図１２：モニタリングアタッチメント



図１３：モニタリングアタッチメントにより走行中に撮影した動画から構成したパノラマ画像

まとめ
株式会社トクイテンの有機農業自動化戦略と開発中のロボットについて報告した．自社開発移動ロボットTitanにアタッチメントを搭載し多機能化を実現した．
今後改善を続け，収穫速度や精度の向上，自動走行アルゴリズムの課題に取り組む予定であり，持続可能な農業を有機栽培と自動化の観点から実現を目指す．

謝辞
本事業は「令和4年度新あいち創造研究開発補助金」の支援を受けて行われました．感謝いたします．