

□プロジェクト名: プロジェクトDX

令和6年3月7日

□分野テーマ名: ロボティクス

□研究テーマ名: D7 愛知農業を維持継続するための
作業軽労化汎用機械の開発と普及

□研究リーダー名: 愛知工業大学 教授 塚田敏彦

□事業化リーダー名: (株)マックシステムズ 吉田正博
個人農家 柴田隆夫
(株)戸倉トラクター 横井千広

□参画機関: (株)マックシステムズ、イーブイ愛知(株)、
【7機関】 (株)戸倉トラクター、愛知県農業総合試験場、
個人農家、名古屋大学、愛知工業大学

1. 研究テーマの概要1

背景と課題

・愛知県:キャベツ生産
全国 1or2 位 シェア約20%

・地域特有『**拾い採り**』
一定の大きさを収穫

拾い採り (単価 100円/kg)
基準の大きさを収穫



一斉収穫 (単価 50円/kg)
一度ですべて収穫



・高齢化・後継者不足
身体的負荷低減
⇒ IT・機械化で**軽労化**

生育を揃える
⇒ 生育管理 (把握・挽回)
複数回収穫
⇒ 収穫支援

課題解決策 = 研究テーマ

広大な畑の
生育状況把握と管理



重い荷物の
持ち運び



ヒトによる作業車の
細かい運転操作



IT・機械化・自動運転技術の開発・導入



生育把握



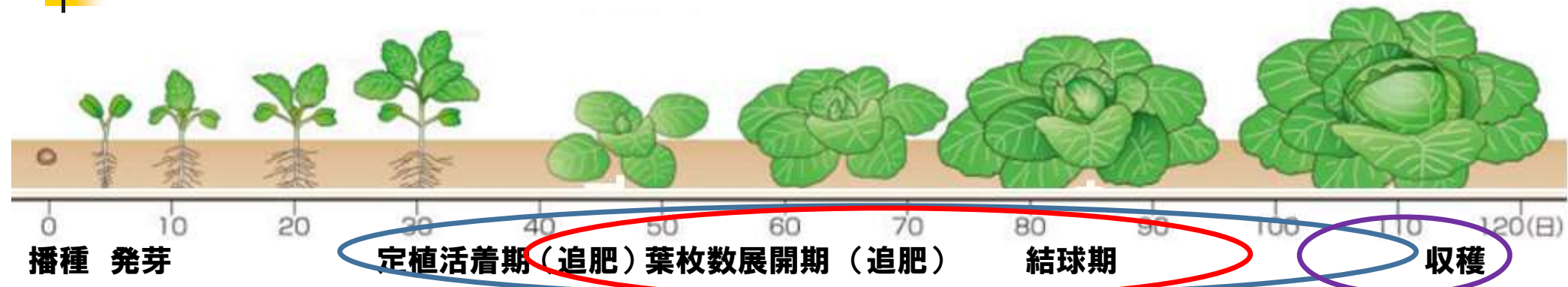
生育挽回
(施肥管理)

ドローンによる生育把握と
自動施肥による生育挽回

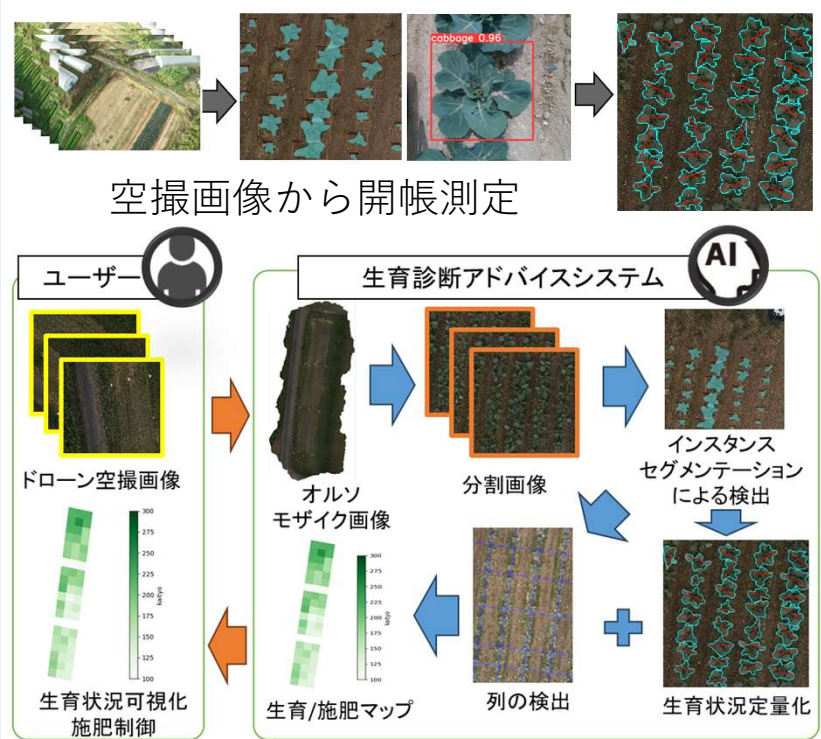


制御知能化により
運転から解放、収穫へ

キャベツ栽培フェーズと開発項目

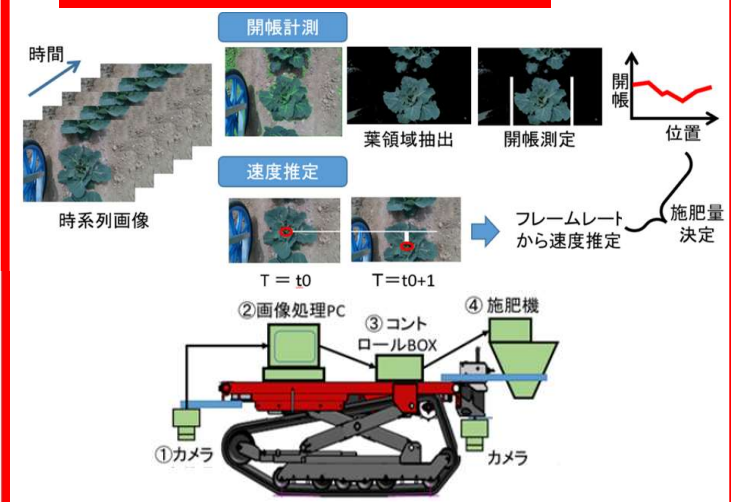


生育把握・管理・アドバイス



生育判断アドバイスシステムの構成

自動施肥制御/除草



作業車による生育把握と施肥制御

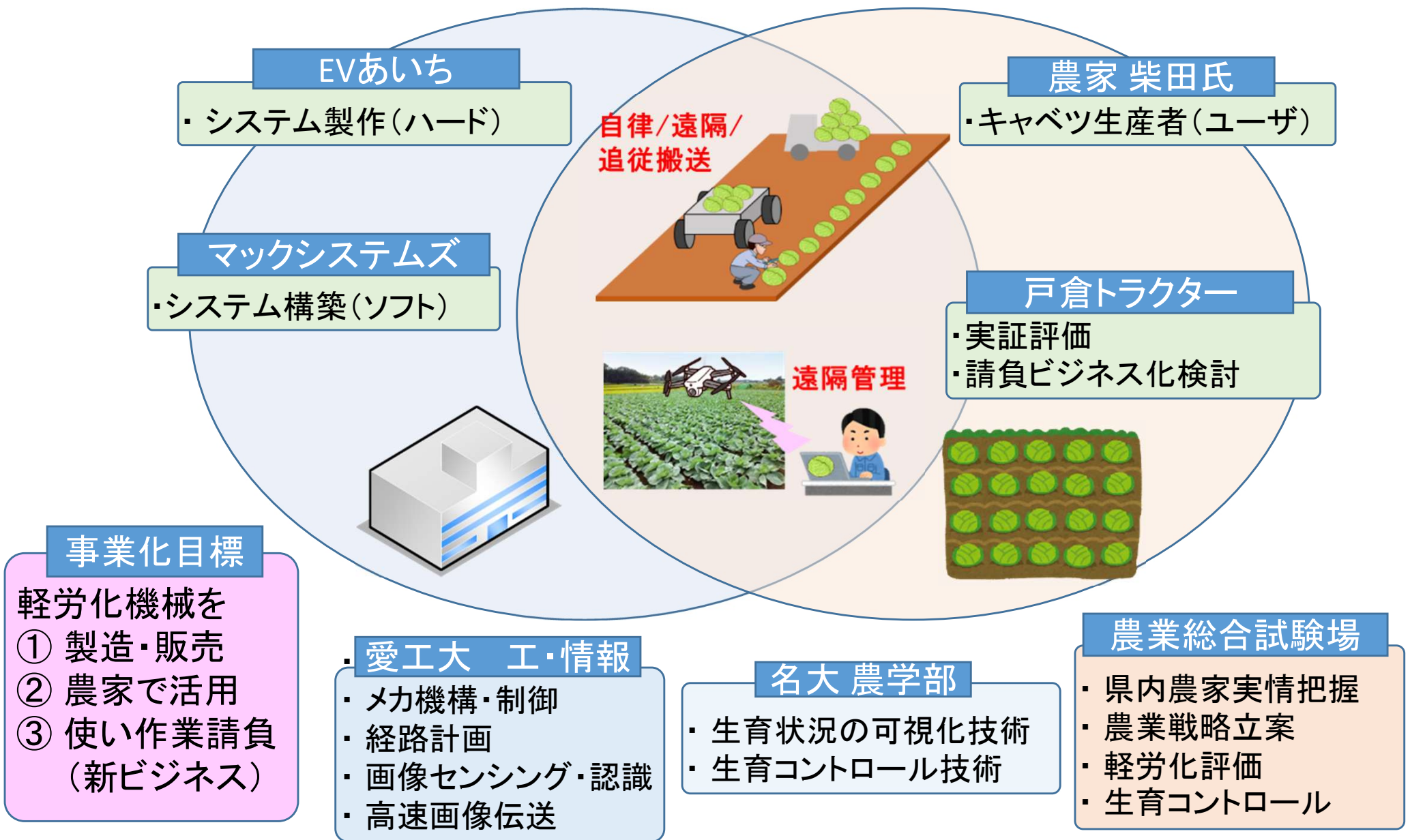


収穫判断/支援



1. 研究テーマの概要2 参画機関の役割

◆ 工学と農学の分野を融合 ⇒ 生産者を加えた実証評価



2. 年次ロードマップ

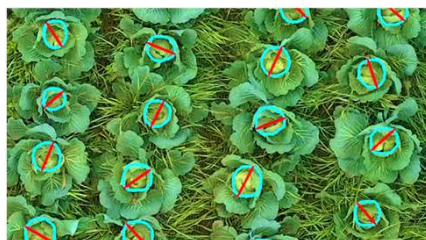
		R4年度(R4.8-R5.3)	R5年度(R5.4-R6.3)
生育管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 生育評価軸の探索 ・ 形質・収量推定技術開発 ・ 結球緊度推定 ・ 生育診断アドバイスシステム開発 ・ 追肥効果検証 ・ 追肥制御技術開発 	評価軸候補絞込み 空撮/近接画像処理 推定手法検討実施 システム仕様検討 追肥量vs生育の把握 同上	開帳、球形を選抜 開帳推定実現 緊度推定センサ試作 ひな形試作完了 追肥効果検証実験 追肥制御実験計画
収穫支援	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電動化作業車試作 ・ 知能化制御技術開発 ・ 付加機能追加 ・ 自動施肥技術開発 	制御/駆動電動 試作 クロー制御技術把握 付加機能仕様検討 施肥コントローラ改造	制御電動車現場適用 駆動電動車制御開発 除草機能試作設計 自動施肥試作/特許
軽労化評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 収穫作業現場評価 ・ 生産者ニーズ調査 	負荷計測方法検討 アンケート作成	収穫作業負荷計測実験 アンケート実施集計
他作物展開	<ul style="list-style-type: none"> ・ 梨収穫支援技術開発 ・ 展開作物ニーズ調査 	課題抽出実験 県内状況把握	課題対策検証実験 県内状況把握

3. 研究開発の実施状況① 生育把握

◆ 画像処理(AI)による生育状況の診断



開張の計測

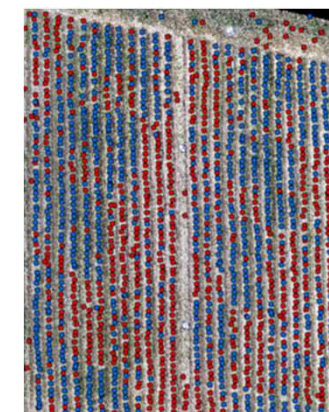
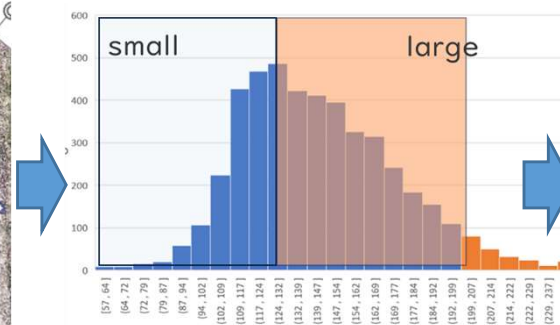


球径の計測

空撮画像から圃場のすべてのキャベツを計測



圃場空撮画像

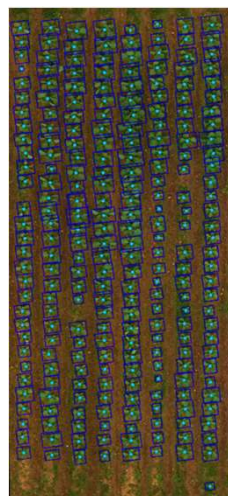


生育状況表示

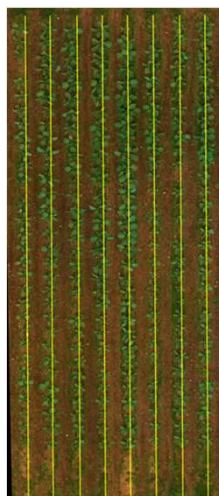
◆ 生育状況診断に基づく施肥量アドバイス



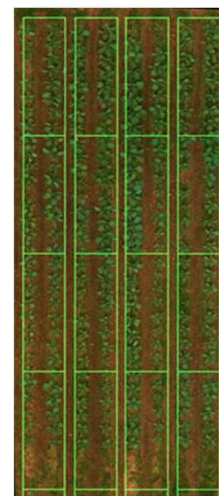
空撮画像



生育診断



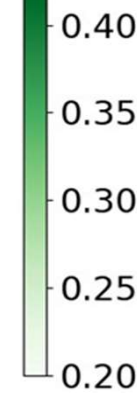
列検知



領域分割



施肥量提示



3. 研究開発の実施状況② 生育把握

◆収穫時形質の推定技術（接触）

収穫時形質として結球緊度（つまり
具合）を測定するセンサー試作完了
⇒ 評価を行い、非接触化へ

圧力センサー

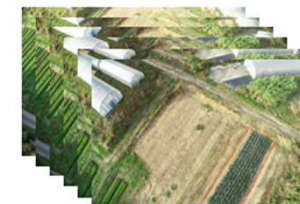


◆フリーソフトを用いた生育診断アドバイスシステムの試作



WebODMとGeoServerをAWS上で稼動し

1. ドローン画像をアップロード



2. オルソモザイク画像の生成



3. オルソモザイク画像の閲覧

を可能なプラットフォームを試作した。

複数プラットフォームの利用により、高速処理（処理速度3000株/時）を達成できる見込み

3. 研究開発の実施状況③ 生育挽回

◆ 追肥制御による生育の斉一性向上効果を検証

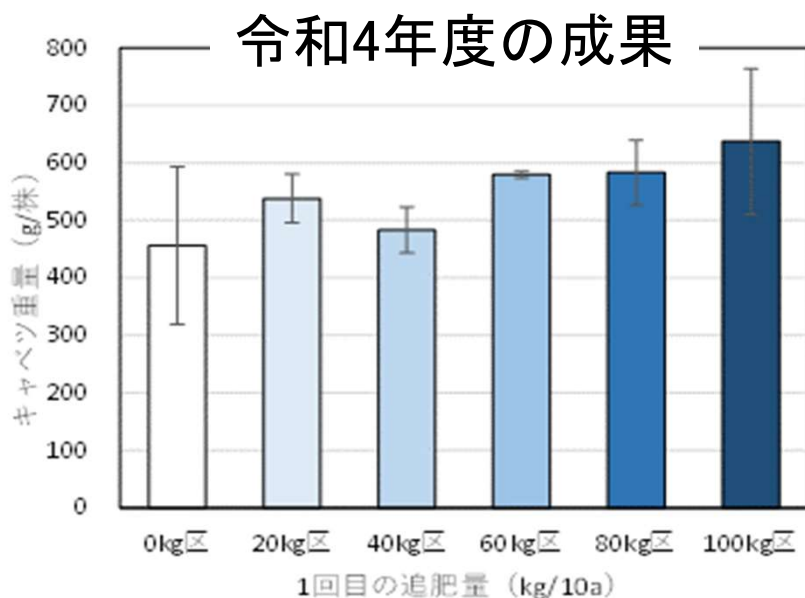
令和4年：追肥量に応じてキャベツの生育が向上することを確認

令和5年：キャベツの生育に応じて追肥量を変える試験を実施
追肥制御による斉一性が向上することを確認



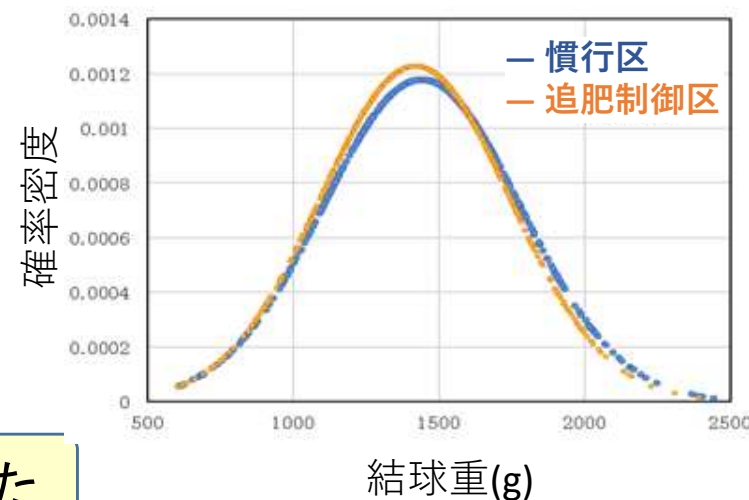
令和5年の試験内容
生育程度別の追肥量(10a当たり)

生育程度	慣行区	追肥制御区
小さい	60kg	100kg
平均	60kg	60kg
大きい	60kg	20kg



追肥量と追肥5週間後の生育の関係

追肥の制御により生育の遅れを挽回できる見込みを得た



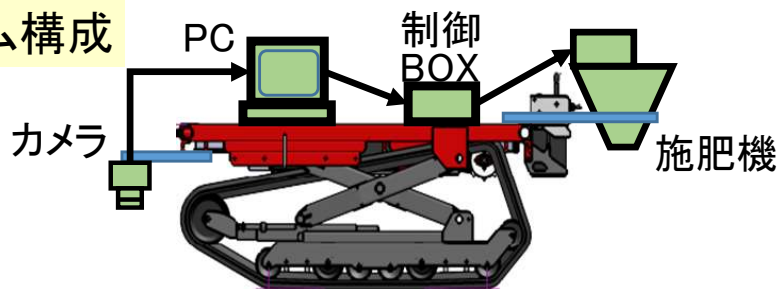
3. 研究開発の実施状況④ 収穫支援

◆ 令和5年度 試作野菜作業車の活用

<p>制御電動化 (リモコンガソリン車)</p> 	<p>エンジン電動化</p> 
<p>現場収穫作業で知能化機能をリモコン代用 ⇒ 必要・効果的な機能/課題を抽出</p> 	<p>モータ パワーアップ ⇒始動/低速 安定化 リモコン操作実現</p>  <p>500kg搭載 軟砂地</p>

◆ 令和5年度 電動化野菜作業車(自動施肥)試作

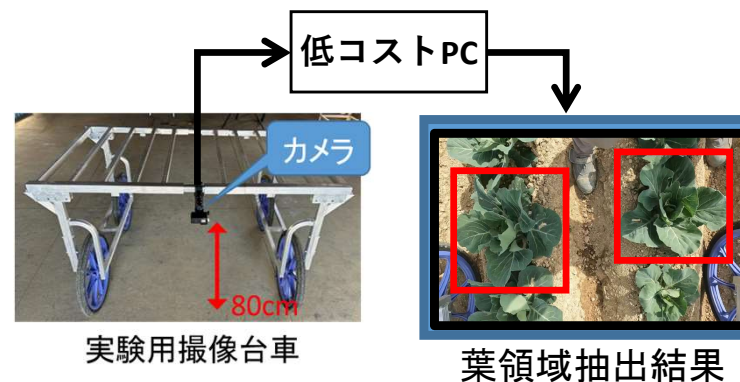
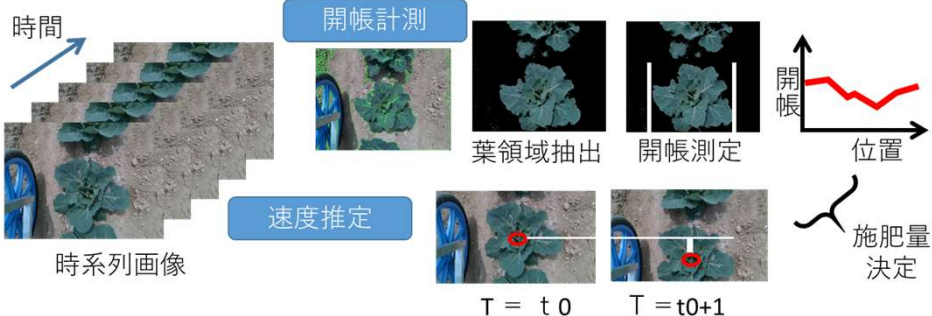
システム構成



リアルタイム生育把握システム構築



動作アルゴリズム

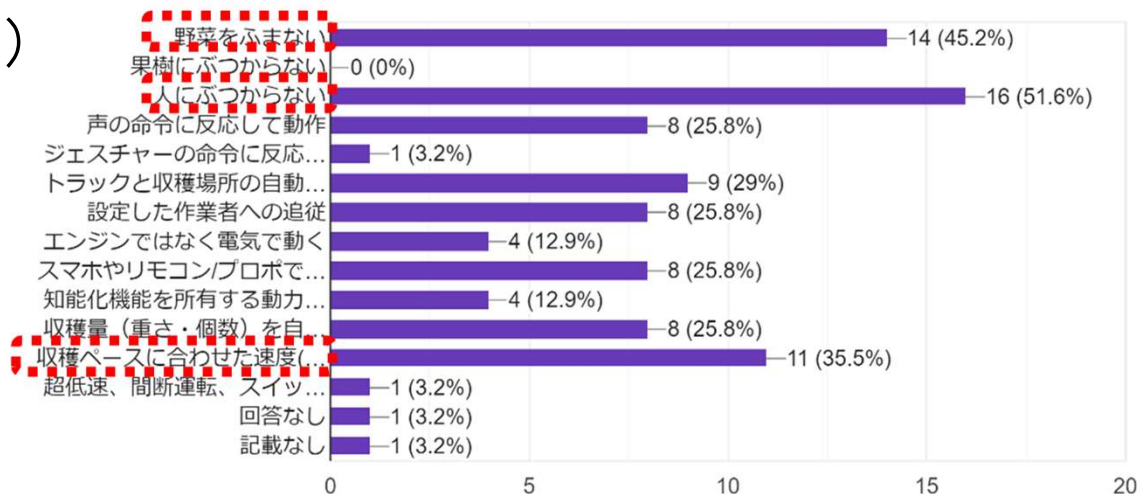


3. 研究開発の実施状況⑤ 軽労化評価

◆キャベツ生産者ニーズ (N=31)

① 安全性

② 収穫に合わせた速度



◆作業車知能化による軽労化評価

収穫作業で知能化機能を
リモコン代用で実現



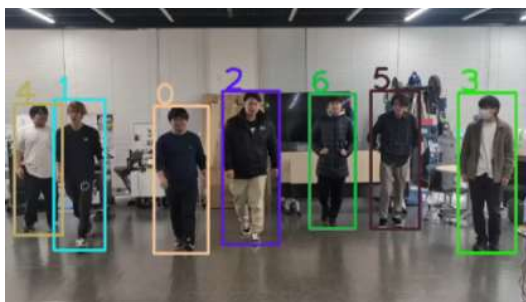
実験風景：ジェスチャで操作

評価項目	調査項目	知能化	従来
省力化	作業効率(個/分)	6.1	5.8
	うち車両操作者	6.2	5.0
	作業者歩数(歩/分)	118	121
	うち車両操作者	124	136
軽労化	自覚疲労度 *腰	1.3	1.6
	心拍(bpm)	114	110

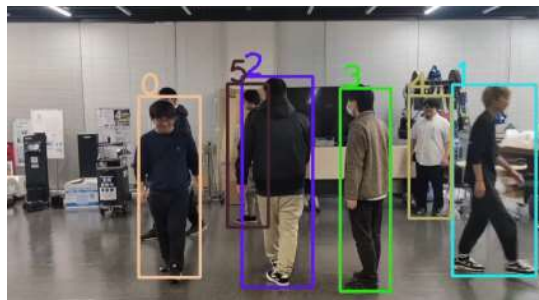
すべての項目で軽労化指標が向上

3. 研究開発の実施状況⑥ 知能化要素技術

◆ 作業者追従技術(個人追跡)



【実験室 カメラ固定】
複数人/重なり/消失 ⇒ 安定して追跡



【模擬農地 カメラ移動台車搭載】
ジンバル画像安定化 ⇒ 複雑背景でミス

◆ キャベツ畑の3D-CG作成

生育状況の提示
施肥量制御効果の提示
手段としての活用を検討中



複数撮影画像を合成して3D-CGを作成

4. 研究実績

○特許出願 0件
(作業車直進技術のアイデアを創出、特許調査実施中)

○論文等発表

書籍・雑誌掲載 0件

論文投稿 0件

学会発表 9件 (IAIP、SSII、VIEW、電気学会など)

○情報発信

展示会出展 5件

セミナー開催 2件

新聞掲載 3件

公開実証実験 2件



12/14、21 公開実証実験風景

○会議の開催件数 6件(研究開発会議)+ 61件(定例会議)
2回(研究懇親会 延べ 23名)

5. 事業化の見通し

野菜作業車市販へ向けた智能化STEPを設定

Step1: 超低速移動機能(収穫速度に合わせた)

Step2: ハンズフリーな操作機能(ワンボタン、音声、ジェスチャ)

Step3: 作業者認識 速度追従機能(智能化最終形態)

	参画企業	役割分担	令和8年3月 (2026年)	令和10年3月 (2028年)	令和12年3月 (2030年)
製造 販売	EVあいち	移動台車の個別農 作業向け改造	①キャベツ搬送機 10台 ②キャベツ以外作物・ 果樹園への展開	①キャベツ搬送機 20台 ②キャベツ以外作物・ 果樹園用機械 10台	①キャベツ搬送機 50台 ②キャベツ以外作物・ 果樹園用機械 20台
	マック システムズ	システム制御ソフト ウェア開発	↑	↑	↑
成果 活用	農家 柴田氏	キャベツ生産農家	軽労化による キャベツ生産の維持	←	愛知県キャベツ生産額 連続全国1位達成
作業 請負	戸倉トラクタ	開発機械を使った 請負事業立上げ	新規ベンチャー立上げ キャベツ収穫請負	キャベツ収穫請負 + キャベツ以外作物・ 果樹園作業請負	他県への進出

6. 県産業への貢献度・人材育成等

- ① 愛知県のキャベツ生産農家の維持継続へ貢献
 - ◆ 生産出荷額の維持向上
 - ◆ 他作物への展開により『農業王国』へ

- ② 新たなビジネスの創出
 - ◆ 参画企業の製造販売によるビジネス拡大
 - ◆ 農作業請負ビジネスの起業

- ③ 育成人材の県内企業への供給
 - ◆ 工学と農学の両方をカバーする工農学人材の輩出
 - ◆ 学生人材への実践教育実施
 - ◆ 大学発ベンチャー企業の創設