

## 結球葉菜類の自動収穫ロボットシステム研究開発

〔研究グループ名(又は研究機関名)〕  
革新的野菜収穫ロボット研究開発コンソーシアム  
〔共同研究機関〕  
不二越機械工業株式会社  
〔研究協力機関〕  
長野県野菜花き試験場

〔研究代表機関〕  
信州大学

キーワード 自動収穫ロボット、結球葉菜類、地表面位置センシング、姿勢制御、画像処理

### 1 研究の背景・目的・目標

- ① 農業従事者の減少および高齢化問題の深刻化と生産性向上のニーズ
- ② 安定的生産のニーズ(キャベツやレタス等結球野菜は生産量全体の1/4を占める)
- ③ 野菜を傷めない、切り損じのないキャベツ、レタス向け機械収穫技術のニーズ  
→ **野菜を傷めず、切り損じのない機械収穫技術の構築と自動収穫ロボットの開発**

### 2 研究の内容・主要な成果

- ①地表面位置を非接触センサでセンシングし、自動収穫装置先端部分を地表面に倣って進行させる技術の開発した。これにより、**マルチシートを傷つけることなくレタス等の野菜を自動収穫可能とした。**
- ②機械振動の活用により、姿勢の傾いたキャベツにおいても、その姿勢を自動的に回復させつつ自動収穫する技術を開発した。それにより、**茎の切り損じのない自動収穫が可能となった。**
- ③レタスの場合には茎切断後に乳液が染み出る。**従前の水洗いによる方法では無く、2, 3秒の短時間での処理により、乳液を停止させる技術を開発した。**
- ④自動収穫ロボットは3つのユニットに分割した形で実現し、圃場実験により性能評価試験を実施した。その場合の収穫成功率: **キャベツ: 100% (13/13) 、レタス: 85% (12/14)**

### 3 開発した技術・成果の実用化・普及に向けた取り組み

- ①本年度に開発した自動収穫技術をベースとして、実用化レベルでの技術としての確立、および安全性等を考慮した機械設計を行う予定。さらに、プロトタイプ機の開発終了後、実証試験を通じた改良に取り組む。(2~3年間を想定)
- ②開発した技術のうち、地表面位置のセンシングと先端部の適切な制御技術など、基礎的な機能を組み込んだ自動収穫装置の早期実用化を目指す。(1~2年後の実用化を想定)
- ③機構の改良による収穫速度の向上、および多条同時収穫技術開発などについても継続実施する。
- ④アグリビジネス創出フェアへの出展、「知」の集積と活用の場などの活用により、より早く、かつ広範囲への普及を目指した活動を行う。

### 4 開発した技術・成果の普及により得られる効果

- ①現状での収穫速度はキャベツ2.4cm/s、レタス4.8cm/sであるため、10aあたりの収穫時間は、それぞれ25時間、12.5時間である。茎切機構部の改良などによって、さらなる改善が必要である。開発した自動収穫技術を確認し、目標速度(10cm/s)を達成することが出来れば、10aあたり約40時間要していた作業を6時間で実現できる。

# 結球葉菜類の自動収穫ロボットシステム研究開発

## 研究の背景と目的

- ✓ 農業従事者の減少および高齢化問題の深刻化と生産性向上のニーズ
- ✓ 安定的生産のニーズ（結球野菜）
- ✓ 野菜を傷めない、切り損じのない機械収穫技術のニーズ

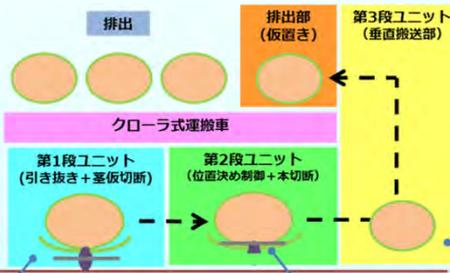
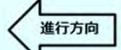


地表面位置のセンシング  
収穫先端部の自動制御

キャベツ、レタス等の野菜を傷めず、  
切り損じのない機械収穫技術の構築  
と自動収穫ロボットの開発

## 開発した自動 収穫ロボットの 概要

クローラによる走行



第3段ユニット  
(垂直搬送+排出)



第2段ユニット  
(位置決め制御  
による茎切断)

(ロボットの概要) 外寸: 1,650mm × 2,320mm × 1,540mm, 質量: 910kg,  
速度: 4.8cm/s, 動力源: エンジン + 発電機 + バッテリー (5H)

## レタスの自動収穫技術と性能



レタスの試験圃場  
(全マル方式)



レタスの自動収穫の様子  
(センサで地表面位置を検知し、収穫装置先端部位置を自動制御することで野菜を傷つけず、マルチを傷つけずに自動収穫を可能としている。)



茎切断3分後に  
水洗浄



開発中の方法  
(2秒間の処理)

開発した方法による乳液処理の比較  
(処理後1日経過後の状態)

### ← 自動収穫後のマルチシート

(センサでマルチシート位置をセンシングしているため、収穫装置先端部を地表面を倣って進行させることが出来、シートを傷つけない)

## キャベツの自動収穫技術と性能



収穫前のキャベツ  
(非直線的、姿勢が傾いている)



キャベツ自動収穫の様子 (圃場試験)



自動収穫後のキャベツ  
(センサで地表面位置をセンシングし、収穫装置先端部分を自動的に位置制御しているため切り損じがない)



傾いたキャベツも収穫可能  
(自動的に姿勢を整える機能を備える)



自動収穫後に地中に残されたキャベツの茎



エッジ検出と中心方向への投票



信頼度マップ 結球中心の候補領域抽出 結球中心の検出結果

画像情報による結球中心位置推定の結果

## 今後の展開と省力効果

開発した技術をベースに実用化検討を継続。10aを6時間で自動収穫する効率の実現へ。

## 3Dセンサを応用したトマト収穫ロボットの開発

〔研究グループ名(又は研究機関名)〕  
パナソニック株式会社

〔研究代表機関〕

〔共同研究機関〕

キーワード ロボット、3Dセンサ、収穫、無線、裂開果

### 1 研究の背景・目的・目標

果実収穫作業は、労働集約型であり、特に今後の農業における労働力不足を考慮すると積極的な自動化が望まれる。農園現場で活用できるコスト性を考慮して、安全で実用的な速度、量でトマトの収穫、蓄積、評価の一連の作業が遂行できる高機能な技術を開発、実際に農園現場で駆動できるロボット及び裂開果判定／無線システムを試作し、その検証を完了する。

### 2 研究の内容・主要な成果

- ①3Dセンサ、画像処理等のロボット技術を応用したトマト収穫ロボットを開発。  
連続安定収穫(200個以上)を実現
- ②圃場における無線通信性能の最大通信速度 300Mbpsを実現
- ③選別に効果的な照明波長をトマトの反射分光特性から同定し、これら波長の照明光下で撮影した画像から、裂果特有の画像特徴を精度良く抽出。その結果、裂果の判別精度は95%以上を達成。
- ④ダメージレスで収穫するハンド部、及び制御機能で傷つけずに収穫 95%以上を達成(特許申請中)

### 3 開発した技術・成果の実用化・普及に向けた取り組み

- ①収穫ロボットでは、本年度開発した試作機を用い、引き続き、畝一巡の連続安定動作、収穫率向上、動作速度向上に取り組む。また裂開果判定機能も含め、コスト、信頼性、安全性の両立を考慮して、実用化に向けて開発を進める。
- ②無線ネットワーク化においては、畝の育成状況により無線の遮蔽が発生するため、今後は圃場内で安定したスループットが出せる無線技術や無線方式の研究開発を推進する。

### 4 開発した技術・成果の普及により得られる効果

- ①連続自動動作(8時間以上)、複数品種対応可能な収穫ロボットで収穫ピーク時の代替で収量の50%以上を達成する。
- ②圃場内無線ネットワーク化により、リアルタイムな収穫情報をホスト側に通知することが出来、ロボットのメンテナンス情報や異常情報などを遠隔から収集／監視することが可能となる。

# 3Dセンサを応用したトマト収穫ロボットの開発（トマト収穫ロボット）

## 背景

- 市場課題  
少子高齢化に伴う人手不足 → 『自動化への高い要求』
- 技術課題  
自然環境下でも安定した収穫 ⇒ 対象物のロバストな三次元位置認識  
収穫ミス（傷つき等）のない動作 ⇒ ダメージレスハンドによる収穫

独自のロボット技術を活かし、高度な収穫作業を自動化

## 研究内容

### 収穫ロボットの諸元

寸法：950mm(W) × 2850mm(D) × 1250mm(H)  
重量：約150kg  
連続運転時間：約10時間 ※ 使用方法・環境による  
走行速度：max 0.3m/sec

### トマトを選別して収穫

新開発の距離画像センサと画像処理アルゴリズムで  
色、形、場所を正確に判断



カラー画像  
房、果実検出



赤外画像  
果実、果梗検出



距離画像  
正確な位置取得



【距離画像センサ】

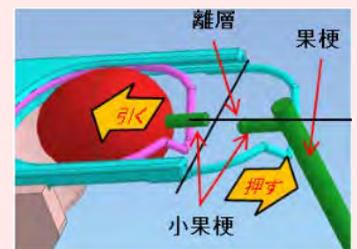


トマト収穫ロボット

### 傷つけずに収穫



<収穫用エンドエフェクタ>



果実と果梗を引き離し、離層で分離

### 自動で収穫からかご収納まで



収穫データ蓄積

- ①自動で畝を移動し、トマトを収穫
- ②収穫したトマトはかごへ収納
- ③満杯のかごと空かごを自動で交換



## 研究成果

- 連続自動収穫（200個以上）を実現
- 傷つけずに果実を収穫：95%以上

## 今後は

- 畝一巡連続動作、複数品種の対応
- よりロバスト（環境、生り方）な収穫

# 3 Dセンサを応用したトマト収穫ロボットの開発（裂開果判定）

## 背景

- 市場課題（農園ヒヤリングより）：  
少子高齢化に伴う人手不足 → 『自動化への高い要求』
- 技術課題（弊社調査より）：  
人による収穫 ⇒ 収穫と同時に（ある程度の）選果も可能  
従来の収穫ロボット ⇒ 収穫だけで、選果は後工程



収穫ロボットの普及には、**高度な品質評価システム**の実現も重要

## 研究内容

- 画像処理により果実の品質評価を行うシステム開発において、特に混入により他の果実の汚染に繋がる裂開果の判別を目的とする。
- 裂開果部分を精度良く検出するために、複数波長の照明を効果的に使い、且つ95%以上の正答率を実現できる裂果判別アルゴリズムを開発。

### ① 照明波長の選定

注目部位の抽出に好適な波長を分光分析で同定。

### ② 果肉部とヘタの分離・抽出

色情報を元に注目部位を個別に分離

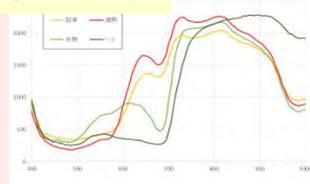
### ③ 画像エッジを利用した裂開果部検出

果肉部の画像エッジを裂開果と判定

### ④ ハレーション、映りこみの低減（撮影環境）

デフューザー、反射板を最適配置し、誤検出の原因となるハレーション等を低減

### ① 照明波長



### ④ 撮影環境



### ② 果肉部とヘタの分離



### ③ 裂開果の検出



## 研究成果

- 複数波長の照明光下で撮影した画像から、果実の部位を効果的に分離・抽出し、果肉部の画像エッジを元に、裂開果を精度良く抽出。
- 裂果の判別精度 96.7%を達成（期初目標は95%）



## 生産コスト削減・規模拡大を支える無人摘採機の開発

〔研究グループ名〕

ICTを活用した茶管理作業ロボット実用化研究コンソーシアム

〔共同研究機関〕

鹿児島県農業開発総合センター茶業部 佐賀県茶業試験場  
株式会社日本計器鹿児島製作所 松元機工株式会社

〔研究代表機関〕

宮崎県総合農業試験場 茶業支場

キーワード チャ、摘採機、無人化、省力化

### 1 研究の背景・目的・目標

茶業の経営体は、家族経営から雇用型の大型法人経営まで多岐にわたっているが、その就業者の多くは中・高齢者や雇用労働者が主体となっており、担い手の減少による労働力不足が深刻化している。

そこで、多大な労力を要し、自動化が遅れている茶園の管理作業、特に短期集中で収益を左右する摘採作業の労働力不足解消のために、茶摘採機の無人化技術を開発する。

### 2 研究の内容・主要な成果

- ①乗用型摘採機に装着した方位センサーや超音波センサー等から得られる情報を解析し、摘採機周辺の情報を把握しながら走行速度の変更や枕地での旋回、摘採刃の操作等を無人で行えるシステムを開発した。
- ②うね幅が180cmに固定されている平坦地茶園では、摘採作業を始める際に手動で摘採する高さやうね数等の基本設定をするだけで、有人摘採に比べて時間を要するものの、概ね無人での摘採作業が可能である。
- ③茶生産者が保有する乗用型摘採機を無人化するために必要な経費(摘採機本体の改良やセンサー類の装着、制御装置の搭載等)は、現時点では200万円程度と試算される。

### 3 開発した技術・成果の実用化・普及に向けた取り組み

- ①本事業で開発した無人機を活用し、来年度以降、「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」(平成27年度補正)において実証試験を継続し、さらなる摘採精度の向上や安全対策の確立等に取り組む(3年間を想定)。
- ②茶関係のイベント等で試作機を展示・実演し、本事業の研究成果について広くPRするとともに、他の機械メーカー等とのマッチングを図る。

### 4 開発した技術・成果の普及により得られる効果

- ①茶生産者が保有している松元式乗用型摘採機を改良するだけでよく、低コストでの無人化が可能である。
- ②今まで有人で実施していた摘採作業が、この無人摘採機1台で対応可能となる。
- ③無人摘採機が摘採作業をしている間、茶生産者は、摘採機の作業を監視しながら他の茶園管理作業を行うことができ、人員の削減と作業の効率化を図ることができる。

# 生産コスト削減・規模拡大を支える無人摘採機の開発

## 背景

- 茶業の経営における就業者の多くは中・高齢者や雇用労働者が主体
- 製茶機械については自動化が進んでいるが、茶園管理機の自動化は進んでいない  
⇒ 担い手の減少による労働力不足が深刻化

無人摘採機(現有機に搭載できる制御装置)を開発し、摘採(収穫)作業の大幅な省力化を図る

## 研究内容・研究成果

### ◆◆ 無人摘採機・制御技術の開発 ◆◆

松元機工株式会社  
株式会社日本計器鹿児島製作所

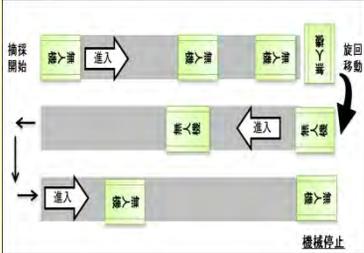
#### 【無人摘採機の概要】

- ・幅 : 2400mm(作業時)
- ・長さ : 3380mm(作業時)
- ・高さ : 2860mm
- ・重量 : 1850kg
- ・摘採速度 : 時速2km

#### 【制御フロー】



#### 【自動走行のイメージ】



### ◆◆ 現地実証試験 ◆◆

宮崎県総合農業試験場茶業支場  
鹿児島県農業開発総合センター茶業部  
佐賀県茶業試験場

10aあたりの摘採時間の比較(分)

	無人摘採	有人摘採	差
	37.7	21.3	16.4

摘採高の左右較差

	入口	中央	出口
無人摘採	15.4a	3.6a	6.5a
有人摘採	2.5b	1.4b	1.9b
効果の判定	*	*	*

無人で摘採した場合のうね幅の違う茶園における摘採高の左右較差(mm)

茶園のうね幅	うねの入口からの距離		
	5m	10m	15m
180cm	9.8 mm	7.7 mm	5.8 mm
170cm	6.6 mm	4.8 mm	7.1 mm
160cm	25.0 mm	18.0 mm	14.6 mm

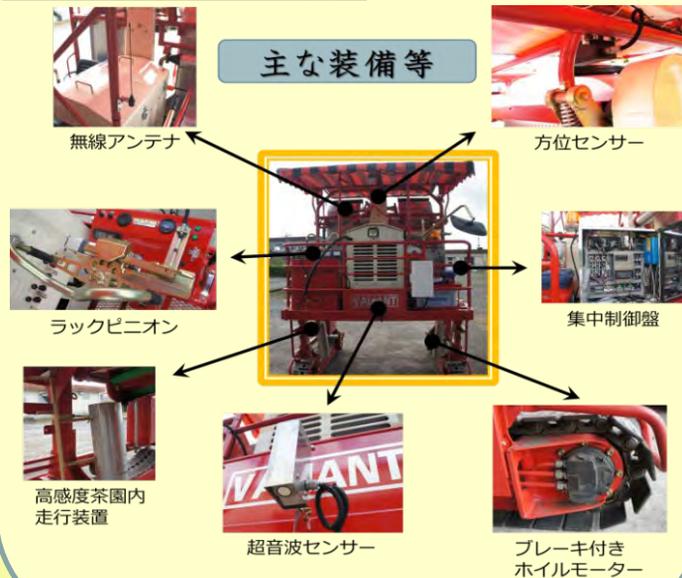
#### 【研究成果】

- ・茶生産者が保有している松元式乗用型摘採機を改良するだけでなく、低コストでの無人化が可能である。
- ・うね幅が一定(180cm)の平坦地の茶園では、摘採作業を始める際に手動で摘採する高さやうね数等の基本設定をするだけで有人摘採に比べて時間を要するものの、概ね無人での摘採作業が可能である。

#### 【今後の課題と研究方向】

- ・摘採精度の更なる向上。
- ・うね幅が異なる茶園や傾斜地茶園で制御可能な無人摘採機の開発。
- ・今回開発した無人化技術を他の茶園管理機に応用し、茶園管理全体の大幅な省力化を図る。
- ・安全対策の検討。

#### 主な装備等



★★ 摘採(収穫)作業の大幅な省力化が可能となり、規模拡大にも貢献 ★★