

令和4年度  
事業報告

令和5年3月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業機械研究部門



# 目 次

## I 研究業務

(以下、原則として 2022 年度で完了する課題を記載)

### 1. 機械化連携推進部

#### 連携－1 機械化連携推進室

- 連携－1－1 茶園用除草機の開発…………… 4
- 連携－1－2 イアコーン収穫スナッパヘッドの現地適応化…………… 6

### 2. 安全検査部

#### 検査－1 安全評価グループ

- 検査－21－1 ブレーキ装備付き刈払機の実用性比較テスト評価試験方法の開発…………… 10
- 検査－21－2 農業機械を対象とした前向き降車防止機構の開発…………… 12

### 3. 知能化農機研究領域

#### 知能化－1 国際標準・土地利用型作業グループ

- 知能化－31－1 センシング技術の融合によるほ場間移動技術の開発…………… 16
- 知能化－31－2 中山間地域の農道走行に向けたロボット農作業機運用システムのロバスト化…………… 18
- 知能化－31－3 スマート農業等の海外展開に向けた標準の戦略的活用…………… 20

#### 知能化－2 施設園芸生産システムグループ

### 4. 無人化農作業研究領域

#### 無人化－1 小型電動ロボット技術グループ

- 無人化－41－1 栽培管理用 AI ロボットの研究開発…………… 24
- 無人化－41－2 有機質肥料の活用による化学肥料完全代替技術の開発  
－畝立同時二段局所施肥機による有機質肥料散布精度の評価と改良…………… 26
- 無人化－41－3 有機質肥料の活用による化学肥料完全代替技術の開発  
－ブロードキャストにおける有機質肥料散布適用性の調査研究…………… 28

無人化-41-4	農山漁村地域のRE100に資するVEMSの開発 -発電と営農が両立する営農型太陽光発電技術とエネルギー の地産地消条件解明	30
無人化-41-5	農業用追従ロボットの多用途利用機能の開発	32

## 無人化-2 革新的作業機構開発グループ

無人化-42-1	中山間地域のほ場群エリア内作業に適合した農業ロボット 車両の開発	34
無人化-42-2	豚舎洗浄ロボットの実用化研究	36
無人化-42-3	蒸気を利用した種子消毒装置の市販化に向けた大型装置開発と 現地実証	38
無人化-42-4	ライスセンターのスマート化システムの開発 -乾燥施設の効率化評価	40
無人化-42-4	ライスセンターのスマート化システムの開発	42
無人化-42-5	24時間稼働可能なコンバインの開発に関する研究	44
無人化-42-6	乳牛BCS推定のための画像処理手法の検討及び検量線の作成	46
無人化-42-7	日本型水稻の穂刈脱穀に関する基礎研究	48

## 5. システム安全工学研究領域

### 安全-1 予防安全システムグループ

### 安全-2 協調安全システムグループ

安全-52-1	地理空間情報に基づく知能化作業システムの設計支援ツールの 開発 -知能化作業機の稼働するスマート農場の安全性確保に 関する設計要件の解明	52
安全-52-2	トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための人検知 技術の開発 -ロータリ周辺への人の接近検出	54
安全-52-3	トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための人検知 技術の開発 -ポテトハーベスタ危険部位への手の侵入検出	56
安全-52-2・3	トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための 人検知技術の開発	58

## II 安全性検査等業務

1. 安全性検査	62
----------	----

2. 一般性能試験	64
3. OECDテスト	64
4. 農耕作業用自動車等機能確認	64

### Ⅲ 試作工場、附属農場の運営

1. 試作工場	66
2. 附属農場	68



# I 研究業務



# 1. 機械化連携推進部

課題分類：4（6）

課題 ID：20902-2-14

研究課題：茶園用除草機の開発

担当部署：農機研・機械化連携推進部・機械化連携推進室

協力分担：果茶研、(株)寺田製作所、静岡農技研本所、静岡農技研茶研セ

予算区分：クラスタ

研究期間：完 2020～2022 年度（令和 2～4 年度）

## 1. 目的

消費者の安全・安心に対するニーズの高まりから、有機栽培や農薬使用量の少ない茶栽培が求められている。また、健康飲料である茶の原料となるチャに対しては、消費者のみならず生産者からも農薬散布量を削減する防除技術の開発へ強い要望がある。しかし、手作業による除草作業には非常に多くの労力を要している。そのため、茶園のうね間および雨落ち部（茶園における樹冠外縁部直下付近の土壌表面）の除草が可能な乗用型茶園管理機に装着する除草機を開発する。

## 2. 方法

- 1) 慣行の茶栽培園における除草作業について調査した。（2020 年度）
- 2) 除草機構の考案・動作確認を行うとともに、茶園除草機的设计・試作を行った。（2020～2022 年度）
- 3) 茶栽培園における試作機の性能評価を行った。（2021～2022 年度）
- 4) 静岡県と鹿児島県の現地ほ場において適応性確認試験を行った。（2022 年度）

## 3. 成果の概要

- 1) 静岡県内（志田榛原農林事務所管轄内）における茶有機栽培園の調査結果によると、有機栽培茶園 A の 10a 当たりの作業時間は、総作業時間 40 時間（内：除草作業 35 時間）、有機栽培茶園 B では、総作業時間 49 時間（内：除草作業 40 時間）であった（表）。
- 2) 除草機構を試作し、イネ科雑草のモデルとしてひこばえを対象に除草効果の調査を行った。ワイヤーブラシ式、スプリング式の除草機構を試作した（図 1、図 2）。左右の除草爪の回転が同期する除草機構と雨落ち部に対応する新たな除草機構を試作した（図 3）。
- 3) 静岡茶研セ内ほ場で除草効果について調査した。通路部の除草効果は手取り除草と同等だった（図 4）。雨落ち部から樹冠下部においては、茶園用除草機は慣行（手取り除草）より劣った（図 5）。
- 4) 新たに試作した茶園用除草機を用いて、現地ほ場（静岡県牧之原市と鹿児島県南九州市×3か所）で試験を行った。牧之原市のほ場では、雑草が少なかったため評価することができなかった。南九州市での試験では、幼木園 a（約 50a）、成木園（約 70a）で除草効果と作業時間について調査した（図 6、図 7）。幼木園 b（約 1ha）では、連続使用（9 時～16 時、休憩時間を含む）による適応性について確認した。幼木園 a、成木園では、慣行区（手取り除草）と「機械除草後に手取り除草する区」を比較した。両区ともに手取り除草を行うことから、最終的な除草効果は同等である。そこで、作業時間を比較した。幼木園 a において約 62%程度、成木園においては約 78%程度、除草時間を削減することができた。幼木園 b においては、連続使用による不具合は確認されなかった。現地ほ場での適応性確認の結果、現地の生産法人から市販化の要望があった。

以上、除草時間を 60%以上削減できる茶園用除草機を開発した。

表 有機栽培と慣行栽培の作業時間の比較 (志太榛原農林事務所) 単位: 時間/10a

	摘採	施肥	防除	除草	合計
有機栽培茶園 A	2.5 (1)	2.5 (2)	0 (0)	35 (5)	40
有機栽培茶園 B	6 (3)	3 (3)	0 (0)	40 (5)	49
慣行栽培茶園	7 (3)	6 (7)	6 (6)	0.5 (2)	19.5

※ ( ) は、年間作業回数



図1 ワイヤブラシ式



図2 スプリング式



図3 試作した除草機

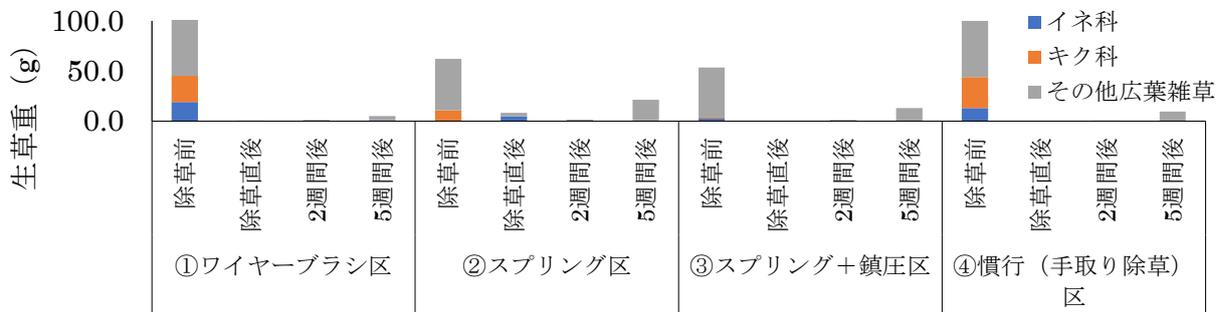


図4 通路部の除草効果

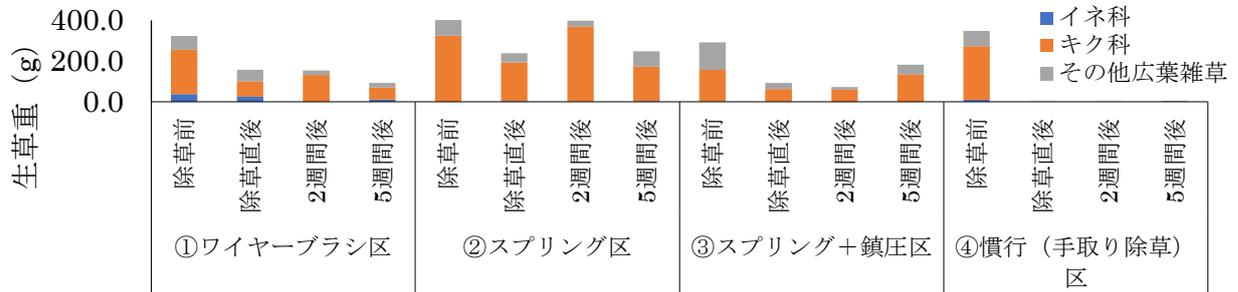


図5 雨落ち部から樹冠下部の除草効果



図6 除草前の写真(幼木園 a)



図7 除草後の写真(幼木園 a)

#### 4. 成果の活用面と留意点

除草時間を60%以上削減することができ、2023年夏ごろまでに(株)寺田製作所より市販化を予定。機械除草のみで完全に除草することはできないため、別途、手取り除草を行う必要がある。

日本雑草学会(2021.4)発表。日本雑草学会誌「雑草研究」(Vol.67)掲載。特許出願5件(2021年度2件、2022年度3件出願)。

#### 5. 残された問題とその対応

開発機で除草対象としていない茶うね内部から葉層を通り抜けて生える雑草への対応が別途必要である。

課題分類：5 (5)

課題 ID：20902-2-15

研究課題：イアコーン収穫スナッパヘッドの現地適応化

担当部署：農機研・機械化連携推進部・機械化連携推進室

協力分担：(株)タカキタ、アグリアシストシステム(株)、(株)那須の農、新潟畜研、岡山農総セ、徳島農総セ、JATAFF

予算区分：クラスタ

研究期間：完 2020～2022 年度 (令和 2～4 年度)

## 1. 目的

革新的技術開発・緊急展開事業 (うち経営体強化プロジェクト「府県自給飼料」2017～2019) で、汎用型飼料収穫機に装着でき、トウモロコシの雌穂のみを収穫し、茎葉を細断・散布するスナッパヘッドを開発したが、倒伏時の対応が課題であった。そこで、地際から 30cm 以上の茎部分から進行方向前側に折れ曲がった条件でも頭部損失 20%以下で収穫できるよう改良し、様々な作業条件の現地での適応性を明らかにし、市販化を目指す。

## 2. 方法

- 1) 倒伏した茎葉の収穫途中でのちぎれを避けるためのかき込みローラ切断刃の廃止、茎葉の搬送性向上をねらったストークリフタの増設、茎葉の確実な把持をねらいとしたかき込みローラ先端スクリュのフィン高さ増加等の改良を加えた。トウモロコシを進行方向 45° 方向に人為的に倒伏させた長さ 10m の試験区を設定し、収穫試験を行い、頭部損失を測定した。また、最終試作機 (図、表 1) の立毛時の頭部損失および作業能率を把握するため、3箇所では場試験を行った。作物条件を表 2 に示す。(2020～2022 年度)
- 2) 収穫時期の遅れによる子実の硬化に起因する乳牛の消化率低下を避けるため、より多くの子実に傷を付けられるよう設定切断長 3mm で細断できるよう収穫部を改造し、完熟期のトウモロコシ (表 2) を供試して確認した。収穫した材料 500g 中に無傷の子実が含まれる割合を通常切断長 6mm の場合と比較した。(2022 年度)
- 3) イアコーンサイレージの発酵品質を調査し、搾乳牛 60 頭規模と 100 頭規模の 2 戸の酪農家での給与実証を行った。(2020～2022 年度)
- 4) ブロッコリ畑 (転換畑) にイアコーンを栽培し、土壌硬度、孔隙率、仮比重、全炭素量を測定し、無処理区と比較して茎葉の緑肥効果を確認した。(2020～2022 年度)

## 3. 成果の概要

- 1) かき込みローラのフィンに付けた切断刃を廃止し、かき込みローラの回転速度を当初から 25%減速することで収穫途中で茎葉がちぎれにくくなった。また、かき込みローラ先端スクリュのフィン高さの増加により、茎葉をかき込みローラに誘導しやすくなり、押し倒しが少なくなった。一方、ストークリフタは期待した茎葉の搬送性向上効果が見られなかったため廃止した。倒伏試験の結果、目標とした作業精度を達成した (表 2) が、材料の熟期が進んでいる場合は、茎葉をかき込む途中で屈曲部がちぎれてしまい、雌穂を分離する前に試作機の上に堆積し、作業の継続が困難となることがある等、作物条件によって適応の可否が大きく左右された。最終試作機の立毛時での頭部損失は、条方向刈りで平均 2.6%、ほ場作業量は 0.32～0.39ha/h であり、開発目標をクリアしたことが確認され (表 5)、条と直角方向に刈った場合でも頭部損失は平均 5.2%に抑えられた。
- 2) 切断長 3mm でのサンプル中の無傷子実の含有率は 2.8%と、切断長 6mm での 6.7%に対し 57.5%に低減した。3mm で切断するには材料の供給速度を半減させる必要があるため作業能率の低下が懸念されたが、完熟期では現物収量が減少し、所要動力が軽減されるため、黄熟期での収穫とほぼ同等の能率で作業することができた。
- 3) イアコーンサイレージの発酵品質はいずれの年も V-Score が 90 以上と良好であった。どの酪農家でも、各年とも乳量や乳質に悪影響はなく、嗜好性も高かったことから、日常的に利用可能であることが確認された。
- 4) 処理区は無処理区に比して 30cm 以深での土壌硬度が低く、孔隙率は高く、仮比重は小さかった。茎葉を 1.1t/10a (乾物) すき込んだ場合、1年後の全炭素蓄積量は、牛ふん堆肥約 600kg/10a (現物) に相当した。以上、試作機の改良を重ね、その実用性を確認し、イアコーンサイレージと茎葉緑肥の有効性を確認した。



図 最終試作機の外観

表 1 最終試作機の諸元

条数 (条)	2
全長 (mm)	2050
全幅 (mm)	1460
全高 (mm)	850
質量 (kg)	425*

\* 市販機では 400kg とする予定

表 2 各試験での作物条件

試験内容	乾物収量 (t/10a)		含水率 (%)		稈長 (cm)	茎長径 (cm)	着雌穂高 (cm)	
	全体	雌穂	全体	雌穂				
倒伏時の頭部損失	2.4	1.1	72	59	264	2.9	96	
立毛時の頭部損失	2.8	1.6	65	40	314	2.3	140	
作業能率	A	1.8	1.0	61	-	-	-	
	B	2.0	0.9	48	38	273	2.2	138
	C	2.3	1.0	54	41	270	2.4	153
子実損傷効果	2.2	1.1	-	18	302	2.6	142	

表 3 倒伏時の頭部損失 (n=3)

設定作業速度 (m/s)	0.3
平均作業速度 (m/s)	0.31
平均停止回数	0
頭部損失* (%)	17.8
目標値 (%)	≤20

表 4 最終試作機の立毛時の頭部損失 (n=3)

	作業速度 (m/s)	0.5	0.7	1.0	平均
条刈り	頭部損失* (%)	2.7	2.5	2.4	2.6
	目標値 (%)	≤3			
横刈り	頭部損失* (%)	4.6	6.7	4.5	5.2
	目標値 (%)	≤10			

\* 頭部損失：収穫できなかった雌穂の質量が、10mの試験区内の雌穂全質量に占める割合

表 5 最終試作機のほ場作業量

試験地	面積 (ha)	長短辺比	ほ場作業量 (ha/h)	有効作業効率 (%)
A	0.46	1.51	0.36	66
B	0.12	2.85	0.32	49
C	0.46	2.78	0.39	53

#### 4. 成果の活用面と留意点

都府県における濃厚飼料の自給を実現するためのキーテクノロジーとなる。開発機は令和5年度から販売が開始される。3mm切断機能については市販化後のニーズを踏まえてからの対応となる。

日草誌に論文2報を投稿、研究報告会(2023年3月)で報告、日本草地学会(2023年3月)で発表。

#### 5. 残された問題とその対応

都府県ではこれまでになかった露地野菜作と畜産コントラクタの連携によるイアコーンサイレージ生産の普及を図るため、研究終了後も実演の実施や酪農情報誌等への記事執筆などの情報発信に努める。



## 2. 安全検査部

課題分類：11（9）

課題ID：20903-2-05

研究課題：ブレーキ装置付き刈払機の実用性比較テスト評価試験方法の開発

担当部署：農機研・安全検査部・安全評価グループ

協力分担：なし

予算区分：基礎・基盤

研究期間：完2022年度（令和4年度）

## 1. 目的

安全性の高い刈払機の普及拡大のための評価基準に関する研究（2018～2020年度）において実作業時の動きに近い回動方式で負荷を与え、負荷の増減をプレート（PET、アクリル、中密度繊維板）への切込深さの調節により行う回動型キックバック発生装置を開発した。ブレーキ装置付き刈払機の安全性評価試験方法の確立（2021年度）において回動型キックバック発生装置（図1）の改良等を行い、負荷となるプレートの材質や切込深さ等を変えて8割の確率で供試した刈払機が刈刃停止に至る試験条件を見出したが、供試材料に課題が残った。

そこで本研究では、より確実にキックバック時に刈刃停止まで至る試験条件を見出すとともに、評価項目や定量指標等を定め、ブレーキ装置付き刈払機の実用性比較テスト評価試験方法の開発を行う。

## 2. 方法

- 2021年度までの試験では、刃先回動速度（以下、回動速度）をISO11806-1を参考に1.0m/sで試験を行ってきたが、繰返し精度やアクリルプレートの厚み（ $t=15\text{mm}$ ）に対する切込深さ設定（14mm）に余裕がない等の課題が残ったため、回動速度を速めて切込深さ設定を浅くすることとした。プレート接触時の刈払機の回動速度を複数設定できるように、刈払機を回動させるための回動用電動シリンダの押出し速度、押出し距離を検討した。また刈払機の回動速度が設定時にわかるように光電管を設置して測定した（図2）。
- キックバック発生を感知した時に刈刃が停止する仕様の電動刈払機を供試して、回動速度設定1.0m/sでは刈刃停止に至らなかったプレートへの切込深さ設定8mmの時の回動速度設定を1.2、1.4、1.6、1.8m/sとして、試験を行った（各試験区  $n=5\sim 7$ ）。なお、測定には表1の測定装置を使用し、供試機の刈刃回転速度は最高回転とした。
- 実用性比較テストの評価試験方法の内容について検討した。

## 3. 結果の概要

- 回動用電動シリンダの各種パラメータを調整した結果、目標回動速度1.2、1.4、1.6、1.8、2.0m/sに対して、光電管による測定結果は、1.20、1.39、1.58、1.80、2.05m/sとなった。これらの改善により、異なる刈払機を供試する際も試験前に回動用電動シリンダを効率的に調整することが可能となった。
- 刈刃回転速度、プレート衝突後の最高刃先回動速度、刈刃停止に至った場合は刈刃停止時間を測定した。設定した回動速度とプレート衝突直前の回動速度を比較したところ、回動速度設定1.2m/sで $1.25\pm 0.10\text{m/s}$ （ $n=6$ ）、同1.4m/sで $1.43\pm 0.06\text{m/s}$ （ $n=5$ ）、同1.8m/sで $1.89\pm 0.12\text{m/s}$ （ $n=7$ ）と同程度であり、同1.6m/sでは $1.49\pm 0.11\text{m/s}$ （ $n=6$ ）とやや遅くなったものの安定して試験が行えた（図3）。回動速度設定1.2、1.4、1.6m/sではキックバックが発生したものの刈刃停止に至らなかったが、同1.8m/sでは7反復全てで刈刃停止に至った（表2）。切込深さ設定8mmの時のプレートへの実際の切込深さは、やや刈刃が押し戻されて $5.66\pm 0.37\text{mm}$ （ $n=24$ ）となったが、キックバックを発生させるには十分な厚みであり、ブレーキ装置付き刈払機のキックバック発生時の刈刃停止条件及び時間を評価できる試験装置が開発できた。
- 1)、2)の結果より、ブレーキ装置付き刈払機の実用性比較テストに活用できる装置及び試験条件を整理することができたため評価試験方法としてとりまとめる。

以上、ブレーキ装置付き刈払機の実用性比較テスト評価試験方法を開発した。

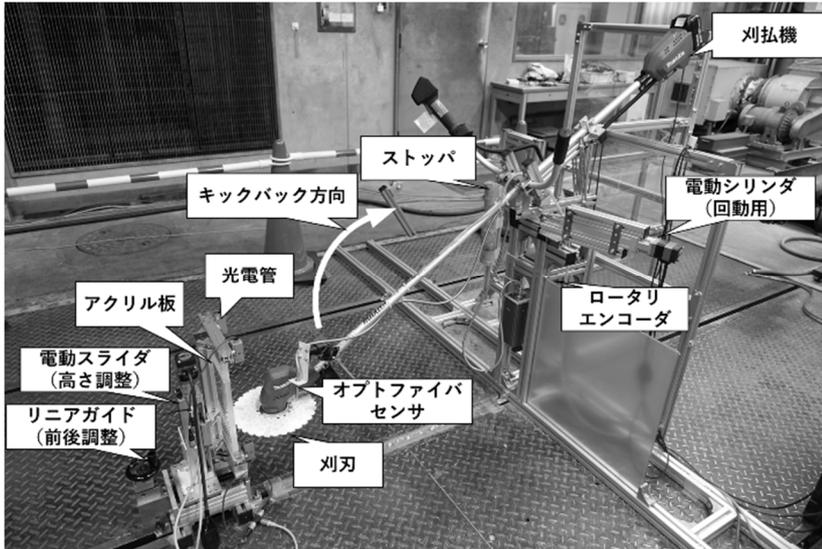


図1 回転型キックバック発生装置  
(2020年度作成、2021年度改良)

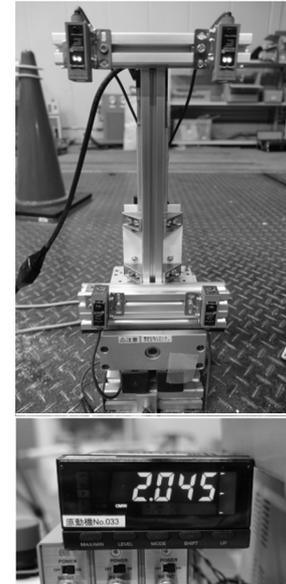


図2 追加した光電管と刃先回転速度の測定例

表1 測定項目と測定装置一覧

把握したい項目	測定項目	使用した測定器
・刃先回転速度	刃先通過時間	①光電管(E3S-C)
		②デジタルパネルメータ(K3HB-R)
・刈刃停止所要時間	刈刃回転速度	③オプトファイバセンサ(FS-540)
		④ファイバセンサアンプ(FG-1300)
・キックバック発生時の回転低下の程度	主かん回転軸回転速度	⑤回転計(TM-3100)
		⑥データロガー ※C,Dにも使用
・キックバック発生時の刃先部回転速度	主かんの加速度変化	⑦ロータリエンコーダ(E6C3-CWZ3EH)
		⑧FVコンバータ(FV-801)
・衝撃発生タイミング	主かんの加速度変化	⑨3軸加速度ピックアップ(NP-2506)
		⑩チャージアンプ(CH-1200A)

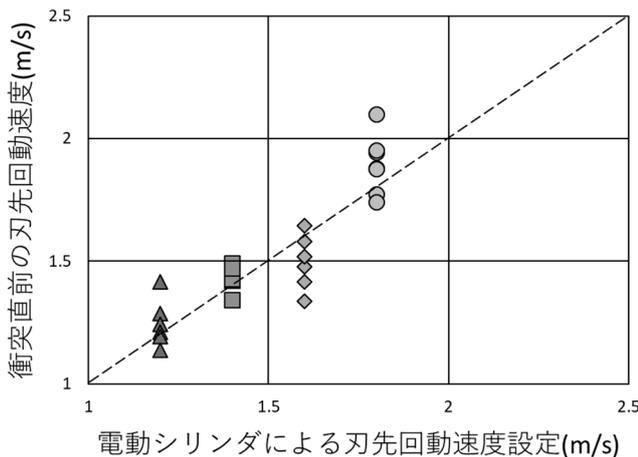


図3 刃先回転速度設定と衝突直前の刃先回転速度

表2 刈刃停止所要時間

設定刃先回転速度(m/s)	衝突直前の刃先回転速度(m/s)	衝突後の最高刃先回転速度(m/s)	刈刃停止時間(s)	
			平均	
1.8	1.88	8.10	1.3	1.2
	1.94	8.06	1.6	
	1.87	8.81	1.2	
	1.95	8.21	1.0	
	1.77	8.45	1.0	
	1.74	7.91	1.6	
	2.10	8.29	1.0	

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) ブレーキ装置付き刈払機のキックバック発生時の刈刃停止条件と刈刃停止時間を公表することにより、農業者や指導機関、刈払機製造民間企業等へ安全性の啓発を行う。
- 2) 一定の安全性が確保された刈払機の普及によって傷害事故や死亡事故の減少に寄与できる。

#### 5. 残された問題とその対応

「動力刈取機(刈払型)の刈刃ブレーキ実用性比較テストの評価試験方法」をとりまとめる。

課題分類：11（9）

課題 ID：20903-1-04

研究課題：農業機械を対象とした前向き降車防止機構の開発

担当部署：農機研・安全検査部・安全評価グループ

協力分担：なし

予算区分：基礎・基盤

研究期間：完 2021～2022 年度（令和 3～4 年度）

## 1. 目的

機械からの転落による農作業事故には乗降時に発生しているものも多い。これまでも両手足のうちの 3 箇所まで身体を支えながら乗降可能な機械構造が採用されてきたが、この三点支持による安全な乗降は身体を運転席側に向けることで実行可能な方法であることから、前向きに降車した場合は実行できず、これが事故に繋がる事例が報告されている。そこで、前向きに降車行動を防止できるステップ及び手掛かりの構造要件を解明し、前向き降車防止機構を開発する。

## 2. 方法

- 1) 構造要件の検討範囲を絞り込むため、位置等を変更可能な試験用ステップ及び試験用手掛かりを試作し、乗用トラクタ市販機 (60.3kW、乗降口の高さ 1,425mm、フットプレート高さ 955mm) に搭載した (2021 年度)。
- 2) 検討範囲の絞り込みと試作機構の課題を抽出するため、試験を行った。試験は、23～67 歳の 10 名の被験者の乗降動作について、それぞれ第 1 歩目の手掛かり位置、降車する際の身体の向き等を目視調査する方法で行った。被験者の身長はヘルメット着用状態で 162～183cm、靴のサイズは 23～27cm であった。試験条件として、試験用ステップの位置を上下方向に 80 mm (3 段)、乗降時の前後方向に 95 mm (3 段) の計 9 位置を設定し、この条件を 1 回の試行毎にランダムに変更しながら 3 反復した (2021 年度)。
- 3) 上記 2) の結果に基づいて試作機を改良した。また、被験者の自然な身体動作を計測、記録するための画像データの取得と骨格位置変化解析を行う動作計測システムを構築した (2022 年度)。
- 4) 乗降の安全性と効率性との両立を目指して新たな乗降機構を検討した。機構には、これまでに得られた意見も反映すべく、2 方式試作した (2022 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) 既設の乗降機構は、単独ステップ (地上高 55cm)、前柱外側のコの字型 ( $\phi 17.3$ ) と扉内側 ( $\phi 14.0$ ) の手掛かりであったが、既設ステップの位置を地上高 40cm に下げ、その上に試験用ステップを設置した。試験用ステップは、試験条件を変更できるよう上下に 80mm、乗降時の前後方向に 190mm と位置を変えられる構造とし (図 1)、フットプレートとの段鼻の最短位置は、下方に 225mm、水平方向に 57mm となった。また、手掛かりは、鋼管 ( $\phi 17.3$ ) により前柱の内側、ハンドル前方、中柱内側等に新設した (図 2)。
  - 2) 試験では、前向き降車を完全に防止できるステップ位置はなかったが、各高さにおいて踏面が最短となる位置で 86～90% の防止効果が得られた (図 3)。手掛かりについては、既設の扉内側は前向きに降車する際に利便性が高いことが判明した。また、後ろ向き降車において、前柱内側に新設した左手側の手掛かりは多く活用されたが、右手側は様々な手掛かりが活用された。
  - 3) 試験結果を踏まえ、ステップの特に水平方向について、よりフットプレートの段鼻に近い位置で試験設定できるよう改良し、手掛かりについては、試験中に得られた意見を参考に中柱下部に新設した (図 4)。動作計測システムについては、同期の取れる 2 台の高解像度カメラ (最大解像度 2560×2048pixel) で画像を取得し、試験後、画像から PC 上で計測点の設定や追加を行い、3 次元解析等ができるようにした。今後、降車試験を行って前向き降車を防止する効果を確認し、ステップ等に関する構造要件を示す必要がある。
  - 4) 降車に効率を求める場合、歩行動作の特性上、前向き降車は避けられず、また着地付近を目視しやすい安全上の効果も期待できる。一方、安全性の確保には、ステップの踏面を十分確保しつつ蹴上げを小さくする必要があるが、車両のレイアウト上困難である。そこで、この課題を解決するため、建築基準法施行令の基準 (表) を参考に乗降機構を開発した (図 5)。今後、取扱試験等により有効性を明らかにする必要がある。
- 以上、前向きに降車行動の防止を目的とする乗降機構を試作した。今後、降車試験を行い、ステップ等に関する構造要件を示す必要がある。また、安全性と効率性の両立を目指した新たな乗降機構を開発した。



図1 試作した試験用ステップ

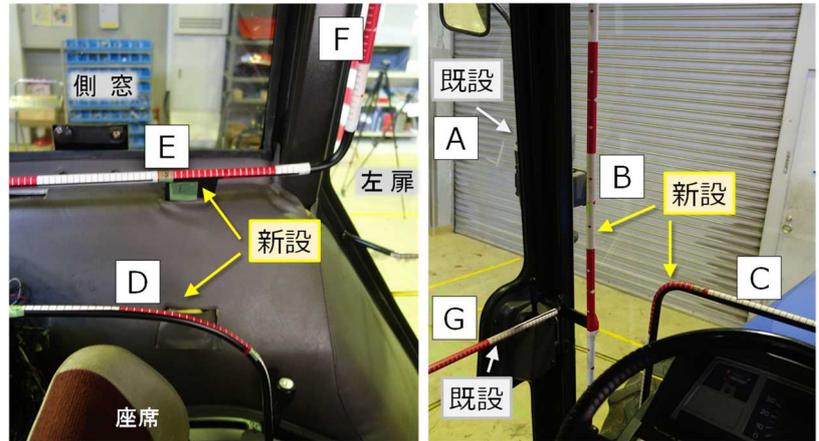


図2 試作した試験用手掛かり

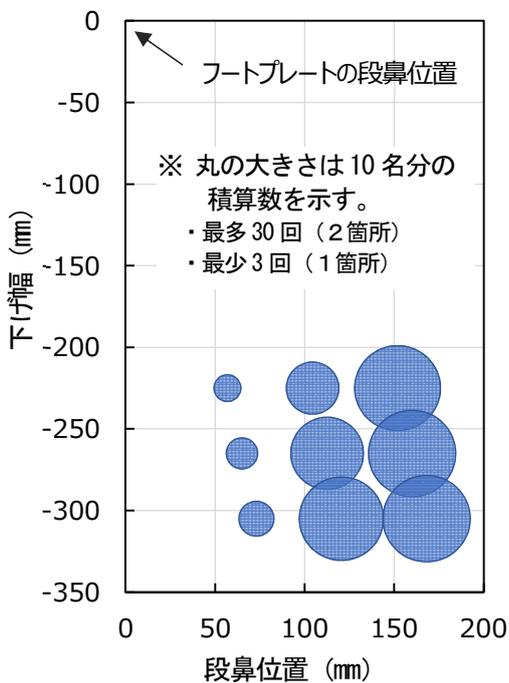


図3 ステップの段鼻位置と前向き降車数

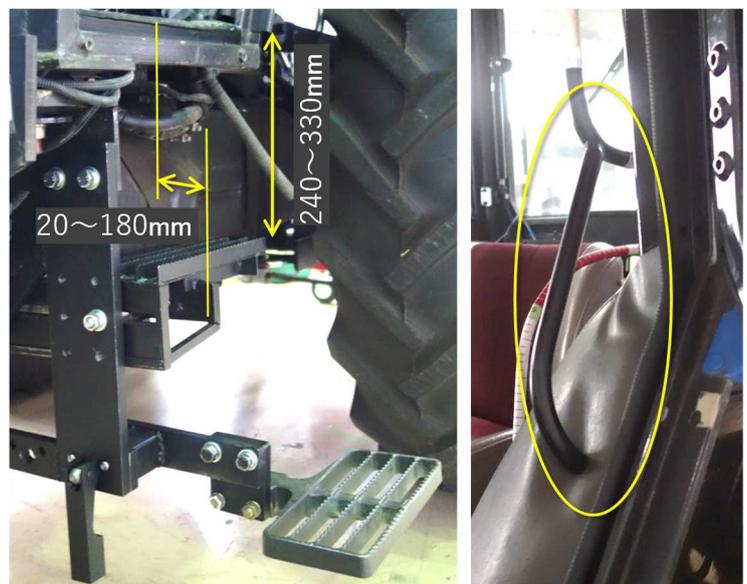


図4 改良した試験用ステップと追加した手掛かり

表 建築基準法施行令第二十三条の階段の蹴上げ及び踏面の寸法の概要

建築基準法施行令第二十三条の階段の蹴上げ及び踏面の寸法の概要	蹴上げの寸法 (cm)	踏面の寸法 (cm)
小学校における児童用	≤16	≥26
中学校、高等学校における生徒用	≤18	≥26
床面積の合計が1500m <sup>2</sup> を超える物品販売業を営む店舗 劇場、映画館、演芸場 等	≤20	≥24
直上階の居室の床面積の合計が200m <sup>2</sup> を超える地上階 等	≤22	≥21
上記に掲げる階段以外	≤23	≥15



図5 一例として試作した開発機のステップ部

4. 成果の活用面と留意点

前向き防止構造については、試験を実施し、結果をまとめて論文化を図り、検査基準化を検討する。

5. 残された問題とその対応

新たな乗降機構については取扱性を確認し、安全性と効率性の両立の可能性を示す必要がある。



### 3. 知能化農機研究領域

課題分類：12（9）

課題 I D：20901-1-01

研究課題：センシング技術の融合によるほ場間移動技術の開発

担当部署：農機研・知能化農機研究領域・国際標準・土地利用型作業グループ

協力分担：(株)クボタ、産総研、農工研

予算区分：受託（SIP-II）

研究期間：完 2018～2022 年度（平成 30 年～令和 4 年度）

## 1. 目的

本研究では、ロボット農機の周囲環境をリアルタイムに計測・処理することでロボットの周囲環境を認知し、自律走行によるほ場間移動を安全に行うことのできるほ場間移動技術を開発する。

## 2. 方法

- 1) ほ場間移動のために必要な様々な機能を提供する統合制御システム（図 1）を開発した。また、各種センサを搭載したロボット農機（ベース機：K 社 SL60A）（図 2）に開発した統合制御システムを導入した。（2018～2020 年度）
- 2) 作業者がロボット農機の周囲の安全確認及び遠隔操作（再開、停止）が可能である携帯端末（スマートフォン、タブレット）上で運用可能な遠隔監視システム（図 3）を開発した。（2020～2021 年度）
- 3) 千葉県内の農事組合法人の複数のほ場及び農道を含む地理的境界線（ジオフェンス）を設定し、遠隔監視システムを用いた作業者の遠隔監視下でほ場間移動及びほ場内の耕うん作業を実施した。実証試験では、ほ場 2 筆（ア：5,645m<sup>2</sup>、イ：5,547m<sup>2</sup>）及び農道を含む領域を閉鎖して試験関係者以外の他の作業や車両等が進入できない状態にし、かつ、安全のためにロボット農機に非常停止要員が乗車して実施した。ロボット農機の走行速度は、農道走行時 1.0m/s、ほ場内の耕うん作業時 0.9m/s に設定した。農道走行及びほ場内の農作業のための経路計画は事前に作成した地図情報を用いて行った。地理的境界線内の農道はアスファルト舗装及び砂利敷きであり、幅は約 3.0m～6.0m であった。作業者は地理的境界線内に隣接する建物内におり、ロボット農機の動作を直接目視できない状態で、遠隔監視システムを用いてロボットの周囲の安全確認及び遠隔操作を行った。（2021～2022 年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 開発した統合制御システムは、ロボット農機に搭載したセンシングデバイス（GNSS、IMU、3 次元ライダ、全方位カメラ、RGB カメラ及び熱画像カメラ）から得たセンサデータを用いた自己位置推定、地図作成、経路計画、経路追従、障害物の検知及び走行可能な農道領域の検知が可能であった。
- 2) 開発した遠隔監視システムは、無線通信（LTE、Wi-Fi）を通してロボット農機とデータ送受信を行い、作業者は遠隔監視システムを搭載した携帯端末（スマートフォン、タブレット）を用いてロボット農機の制御情報（位置、方位、速度、エンジン回転数、PTO 回転数、ヒッチの高さ及び操舵角）、作業情報、障害物検知結果の画像、全方位画像を確認することが可能であった。また、作業者はシステムを用いてロボット農機の遠隔操作（再開、停止）が可能であった。
- 3) 図 4 はほ場（ア）からほ場（イ）までのほ場間移動及びほ場内の耕うん作業のロボットの軌跡を示す。試験の結果、目標経路に対する横偏差は直進区間で約 0.05m、旋回区間で約 0.15m となり、道路やほ場出入口の領域からの逸脱はなかった。図 5 は深層学習モデル（YOLOv4）を用いてロボット農機に装着した前後カメラ（前：熱画像カメラ及び RGB カメラ、後：RGB カメラ）から得た映像データ内に存在する障害物（マネキン）を検知した結果である。マネキンは 2 種類（大：1.6m、小：1.1m）であり、配置場所（農道、ほ場内）や姿勢（立位、横臥）はランダムに設定した。試験の結果、障害物検知によるロボット農機の一時停止後、遠隔監視システムを用いた作業者の周辺の安全確認及び遠隔操作（再開）が可能であった。

以上、統合制御システムと遠隔監視システムを開発し、実証試験を通じて、システムの性能評価を行った。

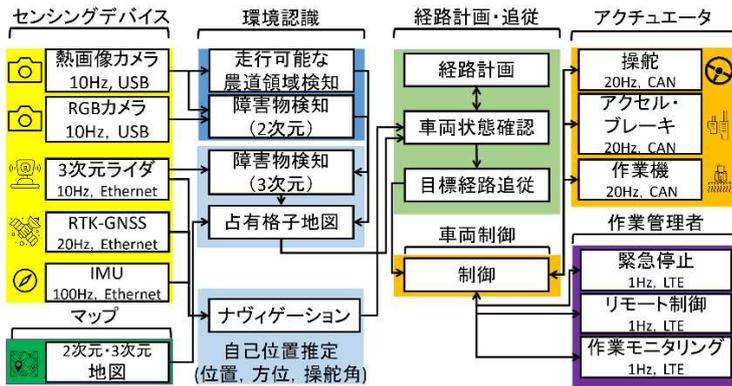


図1 統合制御システムのブロックダイアグラム

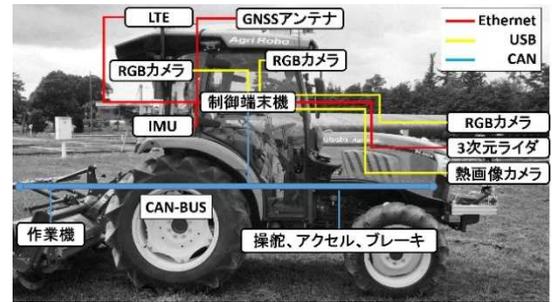


図2 ロボット農機の構成図



図3 遠隔監視システムのGUI (左: タブレット、右: スマートフォン)

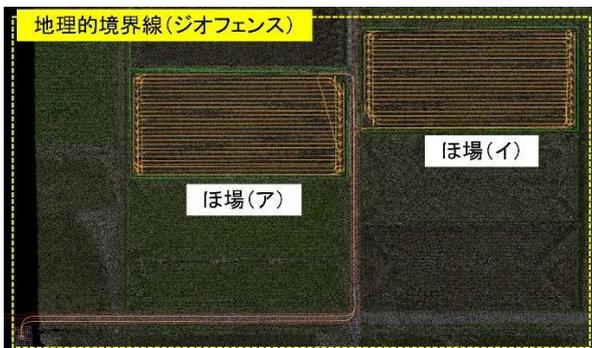


図4 ロボットの移動軌跡

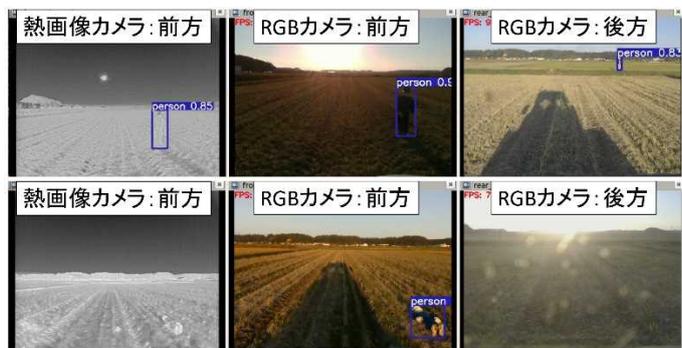


図5 障害物 (マネキン) の検知結果

#### 4. 成果の活用面と留意点

プレスリリース予定、農業食料工学会 (2022. 9) 等で発表、「農業食料工学会誌」に投稿予定、特許出願予定。

#### 5. 残された問題とその対応

深層学習モデルを用いた障害物の検知率を向上するため様々な環境条件で取得した教師データを生成し、深層学習モデルを再学習する。また、既存のデータセットを敵対的生成ネットワーク手法やデータ拡張手法等を用いてデータの量及び種類を増やす必要がある。

課題分類：12 (9)

課題 I D：20901-1-09

研究課題：中山間地域の農道走行に向けたロボット農作業機運用システムのロボスタ化

担当部署：農機研・知能化農機研究領域・国際標準・土地利用型作業グループ

協力分担：東京大学、スズキ(株)

予算区分：受託 (SIP-II)

研究期間：完 2018～2022 年度 (平成 30～令和 4 年度)

## 1. 目的

現在の自動運転農機はGNSSによる測位に強く依存している。そのため、中山間地や防風林の付近などでは衛星からの信号が阻害され、利用できない場合がしばしばみられる。本研究ではGNSSを補完する環境認識技術を開発し、平場のみならず中山間地などへの自動運転農機の活用幅を拡張することを目的とする。車両の自動運転技術は自動車業界において先行して開発されているが、農地特有の環境を考慮した技術を開発する。

## 2. 方法

- 1) GNSSを補完する環境認識技術として、RGBカメラ・LiDARなどの外界センサを利用した手法を開発する。(2018～2021年度)
- 2) 必要なセンサ・コンピュータ・自動運転装置等のハードウェアを備えた試験車両を製作し、環境認識技術を実装する。(2019～2022年度)
- 3) 試作車両を用いて実証試験を繰り返し実施し、システムの評価・改良を行う。(2021～2022年度)

## 3. 結果の概要

- 1) GNSSが利用できない場合において自動運転を継続する技術として、カメラによる走行路認識、LiDARによる走行路認識、カメラとLiDARを用いて簡易ランドマークを認識した自己位置推定の3つの技術を開発した(図1)。また、これら複数の方法による自己位置を重みづけによって統合する手法を開発した。

カメラによる走行路認識では、ディープラーニングによって画像のピクセルをクラス分けするセマンティックセグメンテーションのうち、高速なネットワークであるENetによる手法を導入した。これにより、自動運転に必要な精度を確保しつつ、車載ECUでも10Hzの処理速度を実現することに成功した。LiDARによる走行路認識では、点群データをクラスタリングして路面領域を判定するとともに、路面形状のわずかなくぼみを検出することにより、適切な走行位置が算出可能となった。簡易ランドマークを用いた手法はGNSSが受信できず、かつ走行路認識が困難な環境を想定した手法である。カメラ画像からのディープラーニングによる物体検出(Yolo v4)およびLiDAR点群からの物体抽出の2段階の検出により高い精度でランドマークを検出し、地図情報と結び付けることによってGNSSを用いることなく高精度な位置計測を可能とした。

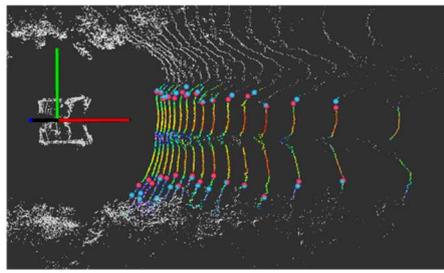
- 2) 農業における自動運搬トラックを想定し、スズキ(株)との共同開発によりGNSS、カメラ(前方に2台、後方に1台)、LiDAR(前方斜め下向きに1台、天井上に1台)、および環境認識・制御用のECUを備えた車両を開発した(図2)。軽トラックをベース車両とし、中山間地でよくみられる狭い農道に対応するとともに、最大積載量を強化し800kgとした。操舵・スロットル制御が外部制御化されており、環境認識ECUからの指令により自動運転が可能である。

- 3) 北海道富良野市の実際の農道において複数回の実証実験(2022年度は5月、7月、9月の3回)を行い、提案システムの性能評価を行った。また、実験結果をフィードバックしてアルゴリズムや車両の改良を行った。その結果、GNSS利用不可領域を含む1.2kmの試験コースにおいて直線時15km/h、旋回時5km/hでの自動走行を達成した(図3)。経路誤差は、直線時においては10cm程度であった。また、12/15実施の農機研附属農場でのSIP成果実演イベントにおいて実演走行を行った。

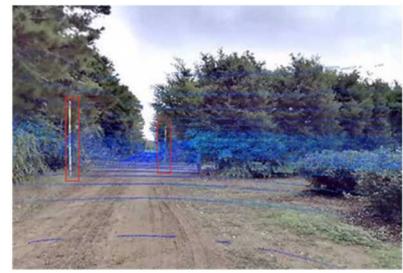
以上、GNSSのみに依存しない、農道環境に適応した自動運転技術の開発を行った。試作車両による実証試験を重ね、異なる環境条件を含む農道においても自動運転を達成した。



カメラによる走行路認識



LiDARによる走行路認識



カメラ・LiDARによるランドマーク認識

図1 環境認識技術



図2 小型自動運搬トラック

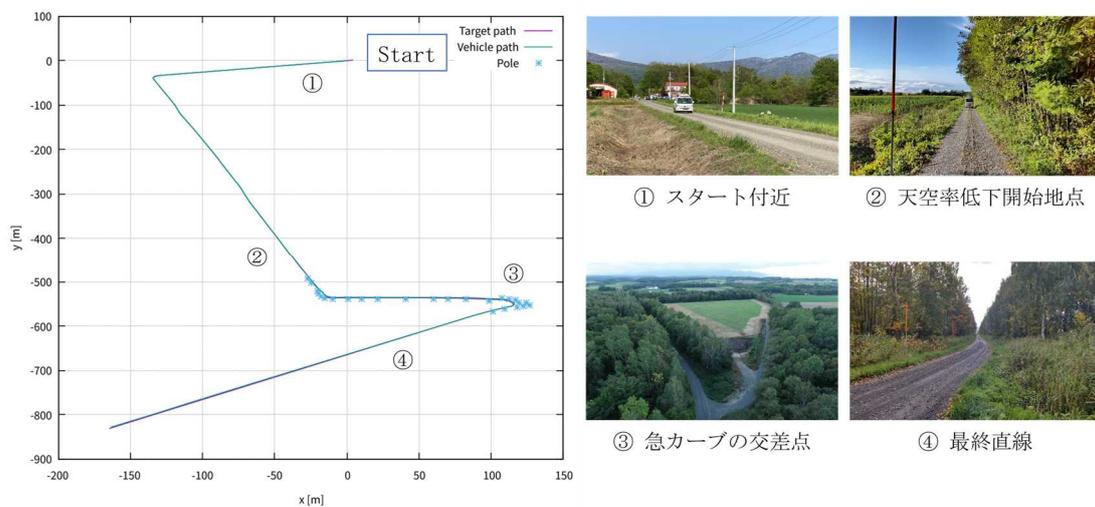


図3 試験コースと走行軌跡

#### 4. 成果の活用面と留意点

提案した環境認識システムはロボットトラクタなど他の自動運転農機の圃場間移動にも応用可能であり、農機研さいたま拠点保有のロボットトラクタへの移植を進めている。また、IFAC World Congress 2023 のテクニカルツアーにおいて実演走行を予定している。

#### 5. 残された問題とその対応

環境認識システムのさらなるロバスト化や設置するランドマーク数の低減など、社会実装に向けてさらなる研究が必要であり、SIP 終了後も研究継続のために資金獲得を検討している。

課題分類：12（9）

課題 ID：20901-1-11

研究課題：スマート農業等の海外展開に向けた標準の戦略的活用

担当部署：農機研・知能化農機研究領域・国際標準・土地利用型作業グループ、機械化連携推進部、無人化農業研究領域

協力分担：農工研・水理工学研究領域

予算区分：受託(PRISM(国際標準))、理事長裁量経費(制御通信)、交付金(国際標準化活動強化費など)

研究期間：完 2022 年度（令和 4 年度）

## 1. 目的

内閣府の令 4 年度「官民研究開発投資拡大プログラム PRISM」における国際標準活用支援事業では「スマート農業等の海外展開に向けた標準の戦略的活用」として、スマート農機を活用したデータ連携システムに係る国際標準化を支援する。ここでは、前年度の委託調査結果を受けて、「営農データ交換のための共通規格の開発・規格化」（以下、データ交換）及び「国際標準化活動人材の育成・研修」（以下、人材育成）を実施する。

## 2. 方法

- 1) データ交換：中小規模水田に適した拡張型のデータ交換標準モデルを検討し、様々なユースケースでのデータ交換性を検証し互換性や相互運用性を解明する。また、接続互換性と通信安全を確保しつつ自動化農機にも適用可能な制御通信技術（ISOBUS-TIM）の開発を進め、オンボード実証を通して国際標準への適合性を高める。
- 2) 人材育成：国際標準化団体での規格開発に参画できる人材を育成するために、各種セミナーや標準化会議の機会を活用して底辺の拡大を目指す。また、スマート農機の共通化技術に関して広い知識と実践力を習得するための研修会の実施、技術開発の外部委託を活用した人材育成・基盤の底上げにも取り組む。

## 3. 結果の概要

- 1) 水田営農に適した FMIS データ交換標準モデルの開発：欧米でまだ扱われていない水田に特有の項目として灌漑設備のデータ交換に着目し、新設の ISO TC23/SC19/WG1/NP7673-TF 部会に農工研担当者とともに参画し、畑作灌漑を背景とする米国案に対して水田灌漑の事情も盛り込むよう提起し、ISO 7673 シリーズ（表 1）の方向性を修正した。同規格は 2024 年 11 月に出版予定である。また、国内で入手可能な操舵支援システムのデータ互換性について検討し、経路指示データのメーカー間の差違について解析した。その結果、圃場形状や経路の記述方法を含むタスクデータの仕様・構造では各社間に違いがあるが、標準仕様である ISO 11783-10:2015 で定義される ISO-XML 形式に対応していれば、互換性の問題は無いことが確認された（図 1）。

中小型農機における標準化制御通信データの開発：事実上の国際標準である ISOBUS-TIM 仕様に準じて、デジタル認証技術の実装、TIM サーバ/クライアント技術の開発を進めた。実装技術についてはオンボード実証を行い、AEF のデジタル証明書や公開暗号鍵の授受が適切に行われることを検証した（図 2）。

- 2) 国際標準化機関への参画及びセミナー等：農研機構内の国際標準化セミナー（4 回）の他、米国 AgGateway の「2022 Annual Conference（11/14～16）」、ISOBUS 普及団体 AEF の「TechWeek（1/23～26）」（図 3）等の機会を活用した。参加者は国際標準化活動の基礎だけでなく、現地での対面会議を通して意見交換の実務や関係諸国とのコンセンサス作りの技能を習得する機会にもなった。

農機データ取り扱い技術者の育成：農機のデータ交換で最も重要な ISO-XML 形式のタスクファイルは ISOBUS を基礎とすることから、まず「ISOBUS 利用技術講習会（9/7～12/7、全 11 回）」について講師の分担、旅費の支援等を行った。また、技術開発における実践力を高めて当該分野をリードできる研究者を育成するために、10 名程度を対象に「ISOBUS プログラミング研修（1/30～2/3、札幌）」を実施した（表 2）。

技術開発の外部委託と情報共有：公開暗証鍵とデジタル認証技術の実装標準である TIM クライアント機能を有する外部 ECU を委託開発した。これは操作端末 UT を通じて TIM 対応トラクタに車速、操舵、ヒッチ等のコマンドを送信するもので、トラクタ機能を安全に外部から操作する標準化通信技術である（図 2）。開発に際しては、委託先と緊密な情報共有を図り双方の技術開発力の向上にも留意した。

以上、営農データ交換のための共通規格の開発・規格化にかかる調査研究と、国際標準化活動人材の育成・研修にかかる事業を実施した。

表 1 灌漑データ規格(案)の構成

ISO/NP 7673 Agricultural Irrigation (農業灌漑)

- Part 1: Data Exchange – Core Concepts, Processed and Objects
- Part 2: Data Exchange – Observations and Measurements
- Part 3: Data Exchange – Operations

※ 日本からの提案により、Part 3 の「3. Central Concepts」に「Center Pivot 方式」と横並びで「Surface 方式」を盛り込むことが出来た (2022.9)。



図 1 市販の操舵支援システムのデータ検証

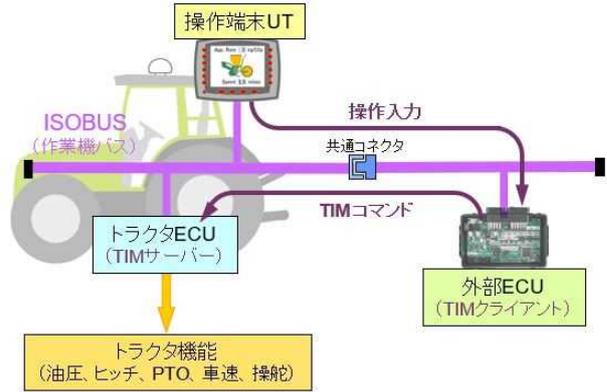


図 2 開発 TIM 実装技術の概要

	23. Jan Monday	24. Jan Tuesday	25. Jan Wednesday	26. Jan Thursday
8:00		HSI	HSI	SD
8:30		CM	WIC	INT
9:00			AgIN	
9:30		Break		
10:00				
10:30				
11:00	AEF Keynote	HSI	HSI	SD
11:30	HSI Introduction	CM	WIC	WIC
12:00	WIC Introduction		AgIN	
12:30		Lunch		
13:00				
13:30	CT&DB Introduction	SEC	AgIN	CT
14:00	AgIn Introduction	CSF	HSI	SEC
14:30	SD Introduction		FuSa	
15:00		Break		
15:30	FuSa Introduction	WIC	AgIN	CT
16:00	SEC Introduction	CSF	HSI	SEC
16:30	INT, CSF Introduction		FuSa	
17:00	CSF		AgIN	Week in Review
17:30				

AgIN: Ag. Interoperability Network, CS: Camera Systems, CSF: Concept Studies Functionalities, CT: Conformance Test, DB: Database, DM: Data Management, FuSa: Functional Safety, HSI: High Speed ISOBUS, HV: High Voltage, INFO: Information system, INT: Integration, MV: Medium Voltage, SD: Service and Diagnostic, SEC: Security, TC: Task Controller, TIM: Tractor Implement Management, UT: Universal Terminal, WIC: Wireless Infield Communications

図 3 AEF TechWeek 会議のプログラム

表 2 ISOBUS プログラミング研修の内容

対象者：農研機構・研究実施職員 10 名

使用機材：Alpha Project 製 RX64M、Jetter 製 ISO-Designer、M2M クラフト製 ISOBUS ライブラリ&各種シミュレータ

研修内容：

- (1日目) 前提知識の確認、J1939 通信の基礎と演習、機材の使用手法の説明、J1939 プログラムの作成と検討
- (2日目) UT クライアントの基礎 (Minimum CF について、ObjectPool の作成、センサアプリの作成と実装)
- (3日目) UT 対応クライアントのアプリの作成 (施肥作業機を対象としたサンプルアプリの作成、実装及び評価)
- (4日目) TC-BAS, TC-SC 対応アプリの作成 (TC 機能の説明、TC-SC クライアントアプリの作成、実装及び評価)
- (5日目) TC-GEO 対応アプリの作成 (ISO-XML、Task data の作成、FMIS とのデータ交換)、次世代 ISOBUS 技術

#### 4. 成果の活用面と留意点

国際標準化活動を強化すると言っても、日本の技術をそのまま輸出して国際標準に繋がるものではない。国際標準は諸外国との協調により作られるものであり、特にスマート農業分野では先行している欧米の技術に対するリスペクト無しには成立しえない。その点について、誤解の無いよう努める必要がある。

#### 5. 残された問題とその対応

課題内容に応じた人的リソースの配分が十分ではない。国際標準化活動への対応と技術的バックグラウンドの維持・発展のためには、早急な人材確保と次年度に向けた予算の拡充が必要である。



## 4. 無人化農作業研究領域

課題分類：4 (1) (3) (4)

課題ID：20902-1-01

研究課題：栽培管理用AIロボットの研究開発

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ

協力分担：島根農技セ、中農研、みのる産業(株)、(株)NTTドコモ

予算区分：クラスタ

研究期間：完2018～2022年度（平成30～令和4年度）

## 1. 目的

生産現場では、雑草等防除作業に係る労力の省力化や農薬等の使用量削減による環境負荷低減型技術の開発が求められている。そこで、除草作業などの栽培管理を自動で行う栽培管理用AIロボットを研究開発する。

## 2. 方法

- 1) 水田及び畑における栽培管理用ロボットの自動走行に必要なAIシステムを構築するため、島根農技セ、革工セ（農機研）、中農研の水田ほ場内で栽培したイネの画像取得とAIシステムの構築と、革工セ、中農研の畑ほ場内で栽培したキャベツ、ニンジン、ホウレンソウの画像取得とAIシステムの構築を行う。水田用と畑用の除草AIロボット試作1号機を試作する（図1）。（2018年度）
- 2) 水田用及び畑用除草AIロボット試作1号機について、水田ほ場及びホウレンソウ、コマツナほ場で走行試験を行い、自律走行性能を評価する。畑用除草AIロボット試作1号機については、コマツナほ場の除草試験を行い、除草効果を調査する。また、水田用及び畑用除草AIロボット試作2号機を製作する。さらに、自律走行するための画像取得と自律走行AIシステムの構築・改良を行う。（2019年度）
- 3) 水田用及び畑用除草AIロボット試作2号機について、水田及びホウレンソウほ場で走行試験を行い、走行精度と除草効果を調査する。畑用除草AIロボット試作2号機の走行試験と3種類の除草機構を利用した除草試験を行う。自律走行のための画像取得と自律走行AIシステムの構築・改良を行い、水田用除草AIロボット試作3号機を製作する。（2020年度）
- 4) 水田用除草AIロボット試作3号機について、縦約40mの水田ほ場において、構築した自律走行AIシステムを利用した自律走行試験を行い、走行精度（イネ17列のイネ列追従率、自動旋回成功率、イネ列終端認識率）を調査する。また、水田用除草AIロボット試作4号機を製作するとともに、試作4号機について縦約40m（試験区1）及び縦約23m（試験区2）の水田試験ほ場（ともにイネ27列）にて走行試験を行う。（2021～2022年度）

## 3. 成果の概要

- 1) 水田内、キャベツ、ニンジン、ホウレンソウの畑内でロボットの走行と画像の取得を行い、自動走行に必要なAIシステムの開発を開始した。水田用と畑用の除草AIロボット試作1号機を製作した（図1）。
  - 2) 水田用除草AIロボット試作1号機のイネ列の追従率は82.8%で、ほぼイネ列を外れることなく走行可能であり、イネ列終端認識率は86.2%であった。一方、自動旋回成功率は21.4%と低かった。畑用除草AIロボット試作1号機の走行試験の結果、ホウレンソウ苗列の追従性能については、ほぼ苗列を外れることは無かった。また、培土板式の除草機構を用いたコマツナ除草試験の結果、畦間の除草効果は無除草区と比較して有意差が確認できた（表1）。さらに、水田用及び畑用除草AIロボット試作2号機を製作した。
  - 3) 水田用除草AIロボット試作2号機の走行試験の結果、イネ列追従率100%、終端検知成功率78.6～100%、自動旋回成功率は64.3～71.4%であった。除草効果試験の結果、ロボット走行区の雑草乾物重は、無除草区の30%程度に抑えられた。畑用除草AIロボット試作2号機の走行試験の結果、作物列を外れることなく自律走行性能は高かった。3種類の除草機構に関して、試験区4の直線型タイン式の除草効果が高かった（表2）。
  - 4) 水田用除草AIロボット試作3号機の走行試験の結果、イネ列追従率76%、自動旋回成功率82%、イネ列終端認識率100%であった。試作4号機（図2）を製作し、走行試験を行った結果、試験区1ではイネ列追従率96%、自動旋回成功率80%、試験区2ではイネ列追従率100%、自動旋回成功率100%であった。なお、両試験とも、イネ列の終端認識は5G等モバイル回線を経由した高精度位置測位サービスを利用した（図3）。
- 以上、水田ほ場を自律走行しながら自動で除草を行う水田用除草AIロボットを開発した。



図1 2018年に試作した水田用及び畑用の除草AIロボット試作1号機

表1 畑用除草AIロボット試作1号機の除草効果試験結果（コマツナほ場）

	雑草数(本/m <sup>2</sup> )						合計
	メヒシバ	ヒエ	カヤツリグサ	シロザ	ヒユ	広葉その他	
無処理	161.9a	3.6	3.6	11.9	6.0a	7.2	194.1a
処理(片道)	28.6b	0.0	1.2	0.0	2.4ab	1.2	33.4b
処理(往復)	25.0b	0.0	0.0	1.2	0.0b	0.0	26.2b
処理+手取り	13.0b	0.0	0.0	0.0	0.0b	0.0	13.1b

※表中異なるアルファベット間は5%で有意な差が見られることを示す（Tukey-KramerのHSD検定）

表2 畑用除草AIロボット試作2号機の3種類の除草機構の除草効果試験結果（ハウレンソウほ場）

試験区	平均本数 (本/0.168 m <sup>2</sup> )	無処理区に對 する割合(%)	多重検定 (Dunnett法)	除草回数	除草機構
試験区1 リンク式	22.5	29.2	*	2	
試験区2 コ型タイン式	18.8	24.4	*	2	
試験区3 コ型タイン式	22	28.5	*	1	同上
試験区4 直線型タイン式	16.3	21.1	*	2	
手取り除草区	27.3	35.4	*		
無処理区	77	100	-		

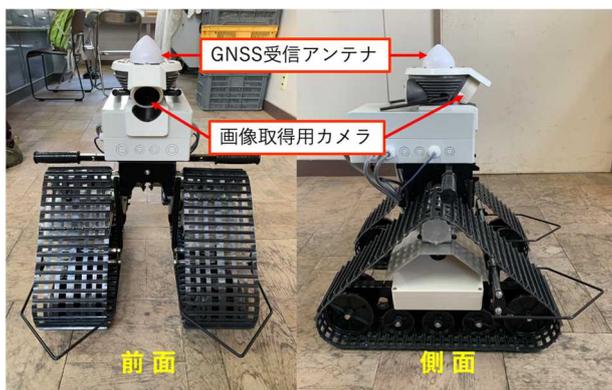


図2 水田用除草AIロボット試作4号機



図3 高精度位置測位装置

#### 4. 成果の活用面と留意点

試作4号機を用いて、スマート農業実証事業の実証試験地（新潟県佐渡市）及び高知県本山町にて、実証試験を行う。畑用除草AIロボットの開発は、2021年度より農水省委託プロ「競争力技術プロ」に移行した。機械化農業（2022.5）、植調（2023.1）、植物防疫（2023.1）に掲載。

#### 5. 残された問題とその対応

本機の実用化については、共同研究機関であるみのる産業(株)と(株)NTTドコモと検討中。

---

課題分類：2 (1)

課題 ID：20902-1-17

研究課題：有機質肥料の活用による化学肥料完全代替技術の開発

—畝立同時二段局所施肥機による有機質肥料散布精度の評価と改良

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ

協力分担：なし

予算区分：基礎・基盤、交付金 (NARO プロ 7)

研究期間：完 2022 年度 (令和 4 年度)

---

## 1. 目的

農機研で実用化した畝立同時二段局所施肥機 (以下、開発機) に採用される横溝ロール式肥料散布機は、計量精度が高く、幅広く用いられる肥料繰出技術である。みどり戦略の下、有機農業の取組面積拡大と施肥量の削減を同時に進めるため、高精度機械散布技術が重要な役割を担っている。他方、有機質肥料は粒状への加工コストが高く、また材料の物性などにより肥料として成型された形状や物理性状が多様であり、散布精度への悪影響が懸念される。

そこで、本研究では二段局所施肥機の肥料繰出部を用い、市販されている各種有機質肥料を供試した際の散布精度等を明らかにし、化学肥料に準じて散布する手法について検討した。

## 2. 方法

- 1) 開発機の肥料繰出部を全長約 4m のベルトコンベア上に設置し、駆動させたベルトコンベアに有機質肥料を流下させることで作業状態を再現し、肥料の粒形や性状に起因する作業精度や作業性への影響について調査した。調査単位はほ場作業距離換算 20cm ごととし、想定作業速度 (ベルトコンベアの駆動速度) は、1m/s とした (図 1)。資材の繰出速度は最大、最低及びその中間の 3 段階とした。
- 2) 肥料袋 1 袋をホッパーに投入し、ホッパーを静置状態にして繰出速度最高で肥料が排出されなくなるまで肥料繰出部を駆動させ、ホッパーに残留する肥料を計量した (図 2)。
- 3) 特に粒形が大きいために繰出量にバラツキ発生したと考えられるペレット肥料 (資材 E) に対応するため、肥料を計量する溝を拡幅したほか、①位相差なし、②位相差 2 段階、③位相差無段階の 3 パターンに変えた肥料繰り出しロールを試作し (図 3)、同様に流下試験を行った。溝の断面積は標準ロールが約 100mm<sup>2</sup> × 9 室に対し、改良ロールが 300mm<sup>2</sup> × 5 室とした。

## 3. 結果の概要

- 1) BB 肥料 (化学肥料) と同等の粒状に成型されている資材や、化学肥料をベースに有機質肥料を配合した資材などは高い流動性を示し、繰出量のバラつきが少なかった。計量機構である横溝ロールの速度が最低で肥料繰り出しの脈動が最も大きい状態においても、区間ごとの散布量の変動係数が 3.8~7.9%であった。他方、平均粒形が 5mm を超えるペレット状の資材 E では脈動が大きく、速度最低では変動係数が 20%を超えた (表)。懸念されたロール部での詰まりなどは全てのサンプルで発生しなかった。
  - 2) 資材 E は流動性が低く、ホッパー内での残留が最も大きく滞留が発生したものの作業の支障になるほどではないと考えられた。
  - 3) 流下試験を行った結果、肥料繰り出しロールの溝について①の位相差なしが最も変動を抑えることができ、標準のロールに対して速度最高の条件で変動係数が 48%低減し、変動係数としては 4.9%に低減することができた。他方、②や③の位相差をつけたパターンでは変動を抑えることができなかった。これは、位相差をつけることでロール溝の縦横開口幅が狭くなり、溝への資材充填が不安定になるためと考えられた。
- 以上、有機質肥料を横溝ロール式施肥機に供試し繰出特性を把握するとともに、散布精度の改善を行った。

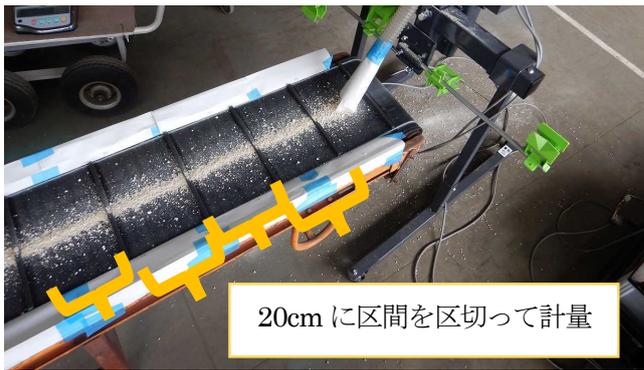


図1 ベルトコンベアに資材を落とした様子



図2 ホッパーの残留状態

表 散布肥料の変動割合 (20cm 区間)

資材区分	A	B	C	D	E	F	G	
変動係数 (%)	繰出速度低	5.3	6.1	7.5	3.8	21.2	7.1	7.9
	繰出速度中	3.2	4.0	6.9	2.6	17.9	3.0	6.9
	繰出速度高	2.2	2.3	4.0	1.9	9.4	3.8	4.7
ホッパー残量(g)	99	111	167	686	3667	497	122	

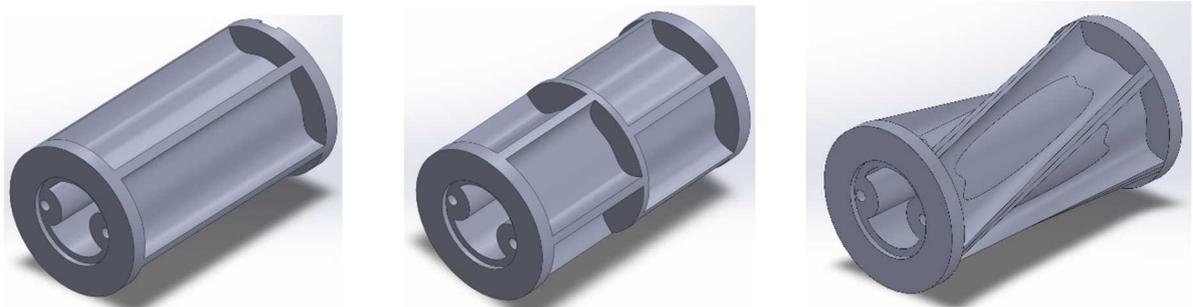


図3 試作したロール (左: 位相差なし、中央: 位相差2段階、右: 位相差無段階)

#### 4. 成果の活用と留意点

標準の散布ロールでもペレット肥料の散布は可能であり、作業速度を落とすことで地点ごとのバラツキを低減させることができる。

#### 5. 残された問題とその対応

令4年度に公開された SOP (野菜用高速局所施肥機を活用した畝内二段施肥法 標準作業手順書) に試験結果を追記、改訂を行う。

課題分類：2 (1)

課題 ID：20902-1-17

研究課題：有機質肥料の活用による化学肥料完全代替技術の開発

ーブロードキャスタにおける有機質肥料散布適用性の調査研究

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ

協力分担：(株)IHI アグリテック

予算区分：基礎・基盤、交付金 (NARO プロ7)

研究期間：完 2022 年度 (令和4年度)

## 1. 目的

有機農業の取組み面積を拡大するためには、施肥作業の効率化が重要である。一般的に使用されている化学肥料では、保管や機械散布に適した粒状に成形することが可能であるが、有機質肥料の場合、費用や性状の面で粒状に成形することが難しく、ペレット状に成形されることが多い。そこで、本研究では、施肥作業に一般的に使用されるブロードキャスタを用い、有機質肥料の散布適用性を調査するとともに、物理性状値から有効散布幅を推定する手法について検討した。また、過年度開発した計量機能搭載ブロードキャスタでの有機質肥料に対する散布量補正機能の効果を確認した。

## 2. 方法

- 1) 性状分析を行った 8 銘柄 (うち、7 銘柄が有機質肥料、1 銘柄が対照肥料) の肥料 (表 1、回帰式作成用) を、ブロードキャスタ (スパウト式、ホップ容量 600L、計量機能装備) (以下、供試機) に供試した際の散布時の滞留の有無、有効散布幅を調査した。試験は図 1 の通り、実験室内にて進行方向に対して車両中心点を基準として直角方向に約 1m 間隔、進行方向に 0.5m 間隔で肥料回収箱を計 33 個設置し、車速 1km/h、PTO 回転速度 500 rpm、肥料繰出し部シャッタ開度全開条件で肥料を散布した後、肥料回収箱に堆積した肥料を回収し、質量を計測した。
- 2) 1) 試験で得られた各資材の有効散布幅を目的変数、資材性状を説明変数として、強制投入法による重回帰分析を行い、有効散布幅推定のための回帰式を作成した。その後、新たに 3 種類の資材 (表 1、評価用) を試験に供試し、回帰式から算出された有効散布幅の推定精度を確認した。
- 3) 供試機の計量機能による流量補正機能の効果を確認するため、1) 2) で供試した全 11 肥料を対象に、それぞれ 400kg をホップに投入し、定置状態にて約 200kg 散布した際の散布精度を補正ありとなしで比較した。試験は事前に測定した流動性指標値 (FR 値) を使用し、PTO 回転速度 500rpm、GPS デモ信号により設定車速 6km/h の条件で実施した。

## 3. 結果の概要

- 1) 供試資材の性状および有効散布幅を表 1 に示す。有機質肥料は対照肥料と比較して、かさ密度・流動性指標値が低く、含水率は高い傾向にあり、有効散布幅はいずれも対照肥料より小さくなった。資材 D, E については、ホップ内の受け網で滞留の発生が確認され、散布不可であった。資材 D については、その他の肥料と比較して平均粒径が大きいこと、資材 E については粒径のバラつきが大きいことが滞留の原因と考えられ、正常に散布を行うためには平均粒径を 2~4mm に揃える必要があることが分かった。
- 2) 多重共線性分析により分散拡大係数 (VIF) が 10 未満の説明変数を用いて行った重回帰分析結果を表 2 に、それぞれの回帰式を用いて算出した推定有効散布幅と実測有効散布幅の比較結果を表 3 に示す。各回帰式の補正  $R^2$  は 0.79 以上となり、誤差 9% 未満で有効散布幅を推定可能であった。
- 3) 散布量補正機能によって流量補正を行わなかった場合の平均散布誤差率は 14.1%、補正を行った場合は 1.6% となり、有意に散布誤差が低減した。このことから、有機質肥料においても、計量機能による流量補正により高精度に散布可能であることを確認した (図 2)。

以上、ブロードキャスタにおける有機質肥料散布適用性について調査した。

表 1 供試資材の性状および有効散布幅

資材区分	回帰式作成用								評価用		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
形状	ペレット	ペレット	ペレット	フレーク	ペレット	ペレット	ペレット	球	ペレット	ペレット	球
かさ密度 (g/cm <sup>3</sup> )	0.78	0.73	0.76	0.86	0.80	0.67	0.78	1.18	0.68	0.71	0.93
安息角 (°)	34.9	34.1	36.7	39.0	42.5	40.1	31.2	29.5	34.4	37.8	31.0
硬度 (N)	46.7	34.5	30.0	32.5	23.4	15.4	52.9	20.8	18.0	20.8	5.1
粉化率 (%)	0.4	0.1	5.8	2.6	6.3	8.0	0.9	4.5	6.8	12.2	29.1
含水率 (%)	1.2	9.3	7.9	18.1	28.0	19.0	8.1	0.5	21.2	8.6	1.5
流動性指標値 (g/s)	229.9	241.0	194.2	317.5	132.5	177.0	198.0	408.2	169.5	148.1	303.0
平均粒径 (mm)	2.7	2.5	3.0	1.8	5.2	2.1	2.8	3.1	2.5	3.8	2.8
粒度分布 (%)	5.6<d	0.0	0.0	0.0	0.0	77.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	4.75≤d<5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	0.0	0.0	0.0	32.2	0.0
	4.00≤d<4.75	0.0	0.0	23.9	1.7	1.3	4.7	1.5	25.3	2.2	36.7
	2.80≤d<4.00	82.6	63.4	69.0	31.2	2.0	6.6	97.3	73.6	56.4	67.0
	2.00≤d<2.80	16.9	34.9	4.2	25.2	0.9	82.9	1.1	1.0	38.8	2.1
	1.00≤d<2.00	0.5	1.7	2.1	28.9	0.8	5.2	0.0	0.1	2.0	0.4
	0.50≤d<1.00	0.0	0.0	0.2	7.8	0.5	0.3	0.0	0.0	0.2	0.1
	d≤0.50	0.0	0.0	0.6	5.3	0.9	0.3	0.1	0.0	0.3	0.4
有効散布幅 (m)	11.6	11.3	11.6	7.9	11.9	9.9	11.9	13.2	10.5	11.5	12



図 1 有効散布幅確認試験の様子

表 3 有効散布幅推定結果

資材	I	J	K
有効散布幅 (m)	10.5	11.5	12.0
区分1 推定有効散布幅 (m)	10.4	12.5	12.4
区分2 推定有効散布幅 (m)	9.8	12.5	12.2
区分1 誤差割合 (%)	-1.4	8.4	3.2
区分2 誤差割合 (%)	-6.7	8.3	1.4

表 2 重回帰分析結果

区分	1	2
説明変数項目	かさ密度 含水率 流動性指標値	安息角 平均粒径
補正R <sup>2</sup>	0.880	0.793
最大P値	0.0178	0.0085
有意F	0.0079	0.0084

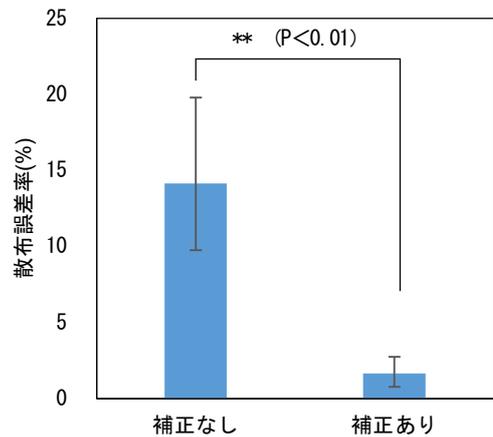


図 2 散布精度

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 有機質肥料の効率的な散布作業を実現するとともに、高精度な施肥管理に活用できる。
- 2) 有効散布幅の推定式については、供試したブロードキャストのみでの使用に限定される。

#### 5. 残された問題とその対応

有効散布幅推定にあたっては散布方式や投てき機構によって散布分布が異なるため、シミュレーション等を活用して、汎用的に使用可能な推定手法を確立する必要がある。

---

課題分類：13 (2)

課題 ID：20902-1-11

研究課題：農山漁村地域の RE100 に資する VEMS の開発

ー発電と営農が両立する営農型太陽光発電技術とエネルギーの地産地消条件解明

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ

協力分担：農工研、産総研、東京大、慶応大、早稲田大、京都大、三菱電機(株)、千葉エコ・エネルギー(株)、ジオシステム(株)、ホルトプラン合同会社

予算区分：受託 (NEDO 先導プロ)

研究期間：完 2021～2022 年度 (令和 3～4 年度)

---

## 1. 目的

本研究は、農山漁村に存在する太陽光、小水力、バイオマス等による発電や、用排水や農地の未利用熱など、複数の再生可能エネルギー (再エネ) を最大限に活用して RE100 の実現と普及を目指すために必要となる農山漁村向けエネルギーマネージメントシステム (VEMS) の基本要件を明確化することを目的とする。そのために、スマート農業の生産性向上や農業機械の電動化等を推進する技術開発を行うとともに、エネルギー需給のマッチング技術を開発して、エネルギー需給の解析と LCA も踏まえて年間を通じて安定的・経済的な再エネ利用システムの成立性を見通す。このうち、農機部門では営農型発電施設下で自律運転・作業が可能な電動除草機及び電動運搬車を試作し、性能を検討する。

## 2. 方法

営農型太陽光発電施設 (ソーラーシェアリング、図 1) の太陽光パネル下及びそれ以外の不整地ほ場における草刈り作業について、小型の電動農業機械を用いた草刈り作業時における消費電力及び効率を検討した。

## 3. 結果の概要

- 1) プログラム作成の基礎データの取得のため営農型太陽光発電システム下における GNSS の測位精度試験を行ったところ、RTK 測位 (ソフトバンク社の測位サービス: ichimill) を利用しても 50cm 以上のずれが生じ、太陽光パネル下における自律草刈り作業は困難であった。そこで、太陽光パネル下における自律作業は LiDAR センサを用いた小型電動追従ロボット (Doog 社製、メカロン) を利用し、太陽光パネル下以外の敷地について、RTK-GNSS を利用した自律作業を行う草刈りロボット (ササキコーポレーション社製、スマモ) を利用するよう整理した (2021 年度)。
- 2) RTK-GNSS を利用した自律作業プログラムによって制御されたスマモ (図 2) について、所内にて 340m<sup>2</sup> 草刈り作業時の消費電力試験を実施した (表)。1 時間あたりの消費電力量は刈り刃を空回しで移動させた場合で 695Wh、雑草乾物重 488g/m<sup>2</sup> の比較的雑草量の多い場合で 1014Wh となった。純正バッテリー (DC36V-25Ah) を 2 台搭載した場合の稼働時間は、同条件下で 2.6 時間および 1.8 時間となり、雑草量が増加するにつれて短くなる傾向が見られた。実証先のソーラーシェアリング農場 (1 ha) の 5～8 月の発電量は約 90,000kWh であり、本試験と同等の雑草条件下では全面除草したとしても 0.01% (10kWh) の電力で作業が可能であると推察された (2022 年度)。
- 3) メカロンを利用した太陽光パネル下における柱間の除草について、際刈アタッチ (ササキコーポレーション社製、SSC-30) をロボット前部に取り付けられるように改造した (図 3)。また、柱に接近して自律走行することが必要であるため、障害物を回避しないようメモリトレース走行の制御を変更した。その結果、メモリトレース機能を利用した自律走行においても太陽光パネルの柱に接触することなく、柱間の雑草除去が可能であった。ただし、本実証地の柱は 6×8 cm であり、メカロンの LiDAR センサでは認識できないことがあった。そのため、メカロンの自律作業のためには稲の苗箱程度の大きさの特徴点が必要であることが分かった (2022 年度)。

以上、営農型太陽光発電施設における再生可能エネルギーの利用について、小型電動農業機械の可能性を検討した。



図1 営農型太陽光発電施設



図2 GNSS を利用したスマモ



図3 際刈アタッチを取り付けたメカロン

表 草刈り作業時の消費電力試験結果\*1

		刈り刃空回し	雑草量少	雑草量中	雑草量大
雑草条件	乾物質量 (g/m <sup>2</sup> )		348	387	488
	生体質量 (g/m <sup>2</sup> )		499	792	1040
	草丈 (cm)		14	21	33
単位時間あたりの電力量 (Wh)		695	782	942	1014
作業能率 (m <sup>2</sup> /h)		964	1097	980	1004
1 m <sup>2</sup> あたりの電力量 (Wh/m <sup>2</sup> )		0.72	0.71	0.96	1.01
1 Wh の作業面積 (m <sup>2</sup> /Wh)		1.39	1.40	1.04	0.99
稼働時間*2 (h)		2.6	2.3	1.9	1.8
作業可能面積*2 (m <sup>2</sup> )		2495	2525	1817	1781

\*1 : 340m<sup>2</sup> 作業時の結果

\*2 : バッテリー 2 台搭載時 (1.8kWh) の稼働時間及び作業可能面積

#### 4. 成果の活用面と留意点

ソーラーシェアリング下での小型電動農業ロボット運用のための資とする。

#### 5. 残された問題とその対応

VEMS との連携等の課題整理を行い、環境省令和 4 年度地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業において、ZEG (ゼロエミッショングリーンハウス) における小型電動ロボットの開発を課題化予定。

---

課題分類：13（2）

課題 I D：20902-1-06

研究課題：農業用追従ロボットの多用途利用機能の開発

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ

協力分担：なし

予算区分：理事裁量経費

研究期間：完 2022 年度（令和 4 年度）

---

## 1. 目的

我が国では、2050 年の農業者人口が 48 万人（2010 年比 80%減）になると見込まれており、労働力の不足は重大な課題である。この課題に対して、小型の電動ロボットの開発が期待されている。小型電動ロボットは、主に施設園芸や果樹園、畜舎などにおける人力による農作業の軽減及び代替手段として期待されている。本研究では、小型電動ロボットを核とする無人化農業の実現を目指し、農業者との協働による農作業を行う農業用追従ロボットについて、梨、リンゴの収穫作業の実証試験を行い、軽労化効果、省力化効果について明らかにする。また、急傾斜地におけるロボットの登坂性能について検討する。

## 2. 方法

- 1) 農業用追従ロボットを利用した梨収穫作業を行った。梨収穫作業ではロボットが作業者に追従し、収穫物の運搬を行うことによる軽労化効果を明らかにする。
- 2) 農業用追従ロボットを利用したリンゴ収穫作業を行った。2名の作業者について、試験区では、作業者 A が収穫作業を行い、ロボットが自動運転（メモリトレース）で収穫物を運搬し、作業者 B が選別作業を行った。慣行区では作業者 A は収穫し、作業者 B が運搬と選別作業を行った。運搬作業をロボットが代替することによる省力化効果について検証した。
- 3) 農業用追従ロボットの急傾斜地における登坂性能試験を行った。斜度 3 段階の 10m の走行区間について、追従走行モードの走行速度（登坂速度）と消費電力について計測した。また、追従走行時の転倒防止制御の効果について検証した。

## 3. 結果の概要

- 1) 梨収穫作業について、慣行とロボットの追従走行を利用した収穫作業には収穫の速度に有意差がないことが明らかになった。また、作業者の移動距離についても差は小さかった。本試験の作業者は、供試ロボットの操作に習熟しており、慣行とほぼ同じ要領で収穫作業を行うことができたと考えられる。作業者への聞き取りによる疲労度の調査の結果、背中、腰、首、右肩、左肩に掛かる疲労度を大きく軽減し、その他の箇所においても軽減することができた。
- 2) リンゴ収穫試験について、収穫作業 1 名に対するロボットの運搬作業の能率は運搬作業 1 名の能率と同等だった。ロボットは収穫作業 2 名分の収穫物を運搬することが可能であるため、運搬作業 2 名分を省力化することが可能である。ロボットに荷台をけん引等させる場合はより多くの収穫物を同時に運搬できることから運搬作業の能率が向上し、省力化効果を大きくすることが可能になる。
- 3) ロボットの傾斜地の走行について性能試験を行った結果、斜度 15 度から転倒防止制御が働き、速度を減速させた。斜度 20 度を超える斜面では常に転倒防止制御が働き速度は大幅に低下した。空荷の状態では平均斜度 24 度、最大 28 度の斜面においても追従走行で登坂が可能だった。

以上、果樹の収穫運搬作業における農業用追従ロボットの軽労化効果と省力化効果の検証を行った。また、小型ロボットの急傾斜園地における安全機能の開発を目指し、登坂性能について検証した。



図1 梨収穫試験（追従）

表1 梨収穫試験結果

梨収穫作業		ロボットあり	ロボットなし
		(追従走行)	(慣行)
作業時間	(h)	1.1	1.0
作業者移動速度	(km/h)	0.50	0.58
作業者移動距離	(m)	550	567
収穫量	(kg)	209.0	201.5
収穫速度	(kg/h)	192.9	204.9
消費電力	(Wh)	62.2	—
推定稼働時間	(h)	44.6	—



図2 リンゴ収穫ほ場（自動）

表2 リンゴ収穫試験結果

リンゴ収穫作業	ロボットあり		ロボットなし	
	11/8 (自動運転)	11/8 (慣行)	11/9 (自動運転)	11/9 (慣行)
収穫者の歩数 (歩)	1113	—	813	—
運搬者の歩数 (歩)	—	2114	—	1670
移動距離 (m)	—	1400.5	—	1115.3
作業時間 (h)	0.91	0.68	0.94	0.56
収穫量 (kg)	297.5	235.5	269.5	189.8
収穫速度 (kg/t)	326.8	346.0	287.5	338.5
消費電力 (Wh)	330.5	—	340.7	—
推定稼働時間 (h)	8.4	—	8.1	—



図3 斜面走行試験（追従）

表3 斜面走行試験結果

	斜面1	斜面2	斜面3
平均斜度 (度[%])	8.6 {15.1}	15.3 {27.4}	24 {44.5}
最大斜度 (度[%])	12.2 {21.6}	23.2 {42.9}	28 {53.2}
走行区間 (m)	10	10	10
速度 (m/s)	1.02	0.62	0.17
消費電力 (Wh)	—	786.1	564.5

#### 4. 成果の活用面と留意点

農業用追従ロボットについては、主に果樹生産者からの引き合いが多いが、露地野菜や施設園芸など様々な農作業体系での利活用について検討したい。

#### 5. 残された問題とその対応

農業用追従ロボットを利用した収穫物等の運搬以外への用途として、防除、モニタリング、除草など多用途利用について検討し、様々な作業についてロボットとの協働による省力化効果、軽労化効果を検討する。また、カンキツ類等の急傾斜地における走行については、荷台に高く重量物を積載する場合や薬液タンクなど内容物が動く場合にロボットが転倒する場面があり、けん引用の荷車を利用することが望ましい。

---

課題分類：12（9）

課題 I D：20902-2-01

研究課題：中山間地域のほ場群エリア内作業に適合した農業ロボット車両の開発

担当部署：農業機械研究部門・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：井関農機(株)

予算区分：受託（SIP-II）

研究期間：完 2018～2022 年度（平成 30～令和 4 年度）

---

## 1. 目的

GNSS だけでなく、カメラや LiDAR などのセンサを組み合わせることで、中山間地域における閉鎖環境ほ場群（図 1）を無人で移動しながら作業できる小型ロボットトラクタ（以下、ロボトラ）を開発する。

## 2. 方法

- 1) ロボトラ基本構成の開発：環境認識・遠隔操作システムと連携しながら、指示された経路上を前後進することができるロボトラを開発する。経路上の障害物を検出し自動停止する技術を開発する。（2018～2022 年度）
- 2) 環境認識システムとの連携：連携課題（農機研つくば・東京大学）で開発した位置・方位角推定システムを導入することで GNSS を補完し、林付近を通る経路など GNSS 受信状況が悪い場合においても安定してほ場間の移動を行うことができるシステムを構築する。（2019～2022 年度）
- 3) 遠隔操作システムとの連携：連携課題（ゼンリンデータコム）で開発した遠隔操作システムを導入し、ロボトラに設置した外部監視カメラを利用しながら周囲の安全を確認でき、遠隔操作で走行ルートの設定・走行の開始・一時停止が可能なシステムを構築する。（2019～2022 年度）

## 3. 結果の概要

- 1) ロボトラ基本構成の開発：RTK-GNSS コンパスによって得られた位置情報と方位角、予め定められた経路情報に基づいて自動走行を行うロボトラを開発した。経路上に設置した障害物をステレオカメラで検出し、安全に止まることができた（図 2）。
- 2) 環境認識システムとの連携：環境認識システムは、走行経路の道路わきに設置した予め位置の明らかとなっている測量用ポールを LiDAR とカメラを使って検出し、ポールとロボトラの相対的な位置関係からロボトラの緯度・経度・方位角を推定する。推定位置情報は、GNSS と同じ NMEA0183 形式で出力可能であることから GNSS を活用した自律走行車両全般への汎用利用が可能である。農機研附属農場で連携試験（図 3 下）を行い、5km/h で右左折できることを確認した。
- 3) 遠隔監視システムとの連携：富良野での現地試験、および農機研附属農場での連携試験（図 3 左上、右上）を行い、遠隔監視システムによるロボトラ周囲の監視と走行開始・停止の指示を行うことができることを確認した。

以上、GNSS によって走行する小型ロボトラを開発し、関連課題で開発した GNSS 受信状況の悪い場所でもトラクタ位置を推定できる環境認識システム、遠隔地から安全確認・操作が可能な遠隔監視システムとの連携を行い、その動作を確認した。



図1 中山間地域における閉鎖環境ほ場群での  
小型ロボットトラクタ運用のイメージ

(15km/h で走行時、障害物の5-7m手前で停止)  
図2 ステレオカメラによる障害物認識



(左上:遠隔操作画面、右上:前後左右カメラ、下:ポールを利用した位置推定による自動走行)  
※公道上で作業灯や3色灯の使用は認められていないため、道路を閉鎖して走行している。

図3 環境認識システム、遠隔操作システムと組み合わせた運用の様子

#### 4. 成果の活用面と留意点

遠隔監視型ロボトラのプロトタイプとして、今後の開発のベースとなる。ロボット安全事業などのロボトラ運用にかかる環境整備におけるサンプルとして活用することができる。開発時に得られた知見やノウハウは共同研究相手である井関農機により、今後のロボトラ開発に活用される。

#### 5. 残された問題とその対応

現状では経路上に障害物がある場合、道路幅に余裕があっても停止する。安全を確保した上で経路を動的に再生成して迂回するための技術開発を行う必要がある。その対応は、新規課題を立ち上げて行う必要がある。

---

課題分類：8 (9)

課題 I D：20902-2-10

研究課題：豚舎洗浄ロボットの実用化研究

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ、機械化連携推進部・機械化連携推進室

協力分担：(株)中嶋製作所、千葉畜総セ、JATAFF

予算区分：クラスタ

研究期間：完 2019～2021～2022 年度 (令和元～3～4 年度)

---

## 1. 目的

豚舎洗浄作業はふん尿が飛散する厳しい環境下で長時間かかり、軽労化が求められている。海外製豚舎洗浄ロボットは大きく、高価で導入可能な生産者は限られる。そこで、小型で取扱い性に優れ、通路幅の狭い豚舎でも作業可能な豚舎洗浄ロボットを実用化する。

## 2. 方法

- 1) 地域戦略プロ試作機 (以下、地域プロ機) による洗浄試験 (ロボット区：ロボット洗浄後に仕上げ洗浄作業と消毒作業を人手で実施、ロボット区洗浄圧力：15、19MPa、人手区：洗浄・消毒作業を全て人手で実施) を肥育豚房で実施、地域プロ機の洗浄効果などを評価する。(2019、2021 年度)
- 2) 市販化プロトタイプ 1 号機を製作・改良、現地試験により開発機を評価する。(2019～2021 年度)
- 3) 市販化プロトタイプ 2 号機を製作、洗浄試験 (洗浄圧力 20MPa) を行い、改良する。(2021～2022 年度)
- 4) 現地での長期試験を行い、開発機を評価して普及資料を作成する。(2022 年度)

## 3. 成果の概要

- 1) 地域プロ機による洗浄試験の結果、ロボット区の手による作業時間は、人手区と比較して 51 分 (76%) 減少した。ロボット区の一般生菌数は、仕上げ洗浄後、消毒作業後で人手区の洗浄後と同等となり、ロボット洗浄は予備洗浄として有効であると判断された。
  - 2) 市販化プロトタイプ 1 号機の現地試験はコロナ禍や豚熱のため実施せず、動作確認試験結果 (駆動モータ能力不足、左右バランス不良、制御部通信エラー及びバグによる操作不良など) を市販化プロトタイプ 2 号機的设计資料とした。
  - 3) 市販化プロトタイプ 2 号機 (図 1、表) は、左右バランスを向上、耐環境性モータを選定した。動作確認試験で、ハンチング現象 (プレイバック中、設定した位置に近づいた時に動作が安定せず設定位置まで到達するのに時間がかかる) 等の問題が確認された。1 軸 (洗浄アームを水平巡回させるモータ) の制御方式やギア比の変更を実施し、動作が安定した。  
市販化プロトタイプ 2 号機 (20MPa) の洗浄試験では、ティーチングで使用した豚房で洗浄効果を確認し、一般生菌数はロボット洗浄、仕上げ洗浄、消毒により減少し、消毒後は 2021 年度の地域戦略プロ試作機 (2021 年度、19MPa) の結果と同水準であった (図 2)。
  - 4) 開発機の現地試験を行い、実用化への課題を抽出し、市販機的设计資料とした。また、洗浄ロボットの効率的運用方法、洗浄効果を記した普及資料を作成した。
- 以上、小型で取扱い性に優れる豚舎洗浄ロボットを開発し、その洗浄効果を明らかにした。



図1 市販化プロトタイプ2号機 (2022年度)

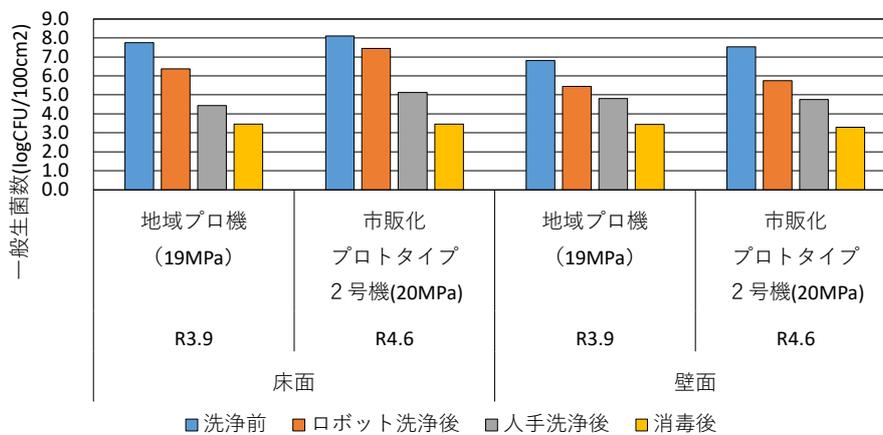


図2 地域戦略プロ試作機と市販化プロトタイプ2号機による洗浄効果 (一般生菌数) (2022年度)

表 開発機、試作機、輸入市販機の仕様 (2021年度)

		市販化 プロトタイプ 2号機	市販化 プロトタイプ 1号機	地域戦略 プロ 試作機	輸入 市販機
全長 (移動時)	mm	1700	1530	1700	2100
全幅	mm	630	600	800	730
全高 (移動時)	mm	1600	1600	1830	1610
洗浄アーム長 (最大)	mm	3700	4000	3200	4015
質量	kg	300以下※	230※	400	270

※ 設計質量

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 長期試験の結果をとりまとめ、取扱性、耐久性、洗浄性を評価し、普及資料を作成する。
- 2) 共同研究企業の量産化プロセスを経て、2023年度中の市販化を目指す。
- 3) 養豚学会年次大会 (2020.3) で口頭発表2件、養豚学会シンポジウム (2020.10) で1件発表、養豚学会に原著論文1件投稿予定、『JATAFF ジャーナル』 (2020.10)、『全国農業新聞』 (2020.10)、『月刊養豚界臨時増刊号』 (2021.8) に記事投稿、国際養鶏養豚総合展 2022 出展 (2022.4)。

#### 5. 残された問題とその対応

半導体不足によるモータ・基板類の納品遅れにより、開発に支障が出た。遅れている現地農場での長期試験結果をとりまとめ、共同研究企業の量産化プロセスを経て、2023年度中の市販化を目指す。

---

課題分類：6 (1)

課題 I D：20902-2-11

研究課題：蒸気を利用した種子消毒装置の市販化に向けた大型装置開発と現地実証

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：(株)サタケ、古川農試

予算区分：資金提供型共同研究

研究期間：完 2020～2022 年度 (令和 2～4 年度)

---

## 1. 目的

本研究では、蒸気による水稻の種子消毒技術（農研機構開発）を用いた大型蒸気消毒装置（毎時 500kg の処理能力を具備）を開発するとともに、早期上市のための当該試作機を用いた現地実証を実施する。

## 2. 方法

- 1) (株)サタケで開発した試作 1 号機の基本性能を把握の上、処理条件を選定した。(2020 年度)
- 2) 設定処理温度 75℃で蒸気消毒を行った種子を現地農家及び古川農業試験場に配布し、慣行栽培に準じて育苗を行い、出芽率及びばか苗病の消毒効果を評価した。(2020～2021 年度)
- 3) 試作 1 号機での検証を踏まえて改良した試作 2 号機を用い、同機の処理条件を選定の上、前年度と同様の現地実証を行った。また、古川農試において、いもち病に対する消毒効果も追加調査した。(2021～2022 年度)
- 4) 試作 2 号機で選定した処理条件の汎用性を把握するため、現地実証と同様の処理条件を設定の上、市販 20 品種の水稻種子に対する発芽率への影響を評価した。(2022 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 試作 1 号機は、緊プロ開発機（平成 26 年度 事業報告 生-6-1）と同様、種子消毒・冷却・乾燥の一連の作業を行う蒸気を利用した水稻種子処理装置である（図 1）。処理能力を 5 倍に増大させるため、蒸気生成部、熱処理部等の各部を大型化した。試作機の処理条件を処理温度と発芽率から確認を行った結果、両者は概ね緊プロ開発機と同様の傾向を確認した。しかし、試作 1 号機では種子加熱幅を拡張した結果、穀温のばらつきが大きくなり、両者に緊プロ開発機ほど明瞭な関係性は認められず、加熱ムラの抑制が必要と考えられた。
  - 2) 処理温度 75℃を目標に、ひとめぼれの種子を約 100kg 蒸気処理した結果、処理温度は目標温度 75±1℃以内に収まった。古川農試での育苗試験では、蒸気消毒のばか苗病に対する防除効果は温湯消毒よりも高く、出芽不良も認められなかった。一方、現地農家での実証では、対照区とした農薬処理においても、ほぼ全ての育苗箱で発芽が検出される多発条件であり、消毒方法による差異は認められなかった。種子消毒前の種子管理や催芽についても事前協議が必要と考えられた。
  - 3) 改良した試作 2 号機（図 2）は、蒸気処理中の加熱ムラの抑制と乾燥・冷却機能の強化を図った。2 号機を用いて処理温度 75℃以下を目標に蒸気消毒を行い、古川農試および生産現場で試験を行った結果、古川農試での育苗試験では、ばか苗病、いもち病での発病割合は温湯処理と同等または低かった（表 1）。生産現場での実証は、ばか苗病の発病箱率は温湯消毒（60℃-10 分）と概ね同等の水準であった。これより蒸気消毒は温湯消毒と同等の消毒効果を示した（表 2）。
  - 4) 現地実証と同様に処理温度 75℃以下を目標に蒸気処理を行い、発芽率を無処理、温湯処理と比較評価した結果、全 20 品種の平均発芽率は、無処理 98.0%、蒸気処理 94.9%、温湯処理 95.3% であり、無処理からの発芽率低下は温湯処理と同程度であった。うち、もち 1 品種（カグラモチ）で温湯処理と同様に発芽率が 90%を下回り、普及に向けた注意事項が明らかとなった。
- 以上、慣行の環境保全型水稻種子消毒である温湯消毒に比べ、種子消毒作業の効率化を行うことができ、温湯消毒と同程度の種子消毒効果が期待できる処理能力 500kg/h の蒸気消毒装置を開発した。

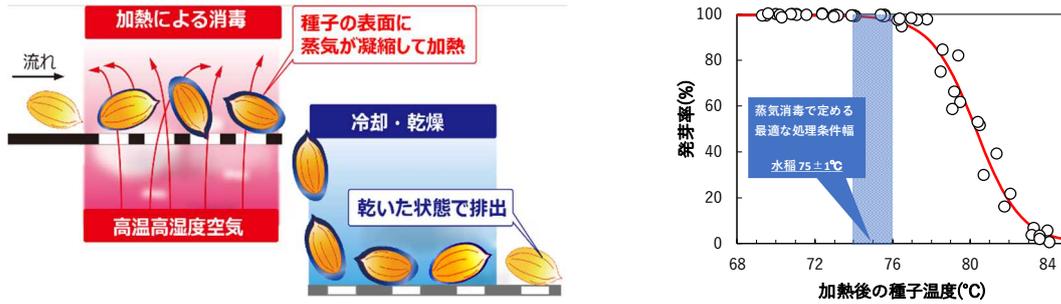


図1 蒸気消毒の技術コンセプト（左：処理の流れ、右：処理条件選定の考え方）

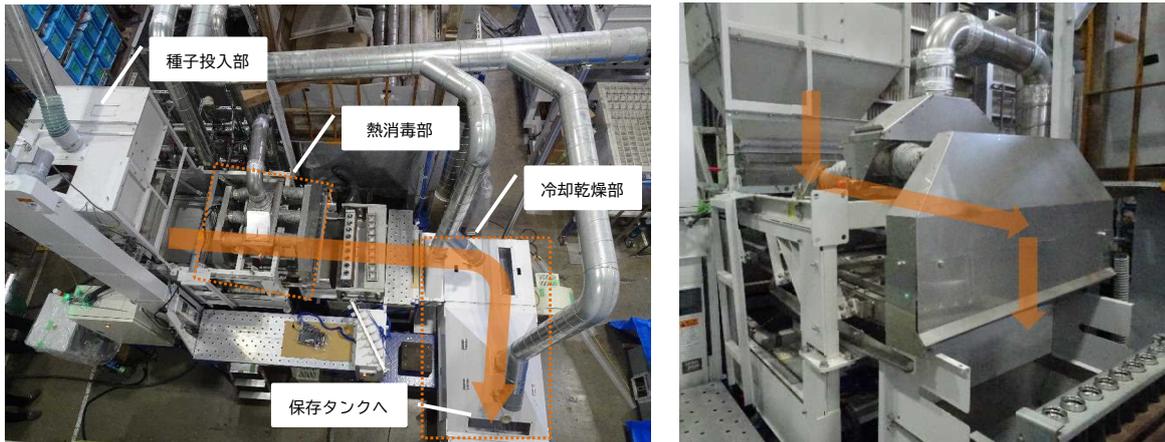


図2 大型蒸気消毒装置 試作2号機（左：上方向から撮影、右：熱処理部）

表1 試作2号機によるばか苗病・いもち病に対する防除効果（古川農業試験場）

処理区	ばか苗病（自然感染籾）		いもち病（減圧接種籾 10%混和）	
	発病苗率(%) <sup>※1</sup>	保菌籾率(%) <sup>※2</sup>	発病苗率(%) <sup>※3</sup>	孢子形成籾率(%) <sup>※4</sup>
蒸気処理	0.20	8.0	0.24	5.0
温湯処理（60℃-10分）	0.27	22.0	0.32	51.0
薬液処理（テクリードC）	0	8.0	0	0
無処理	7.64	59.0	5.12	97.0

※1：試験条件 15℃5日間で浸種、28℃で1日催芽、催芽後水浸状態で5℃5日間保管後、播種（乾籾 160g/箱×3反復）、29℃2日間出芽後、室内でパイプハウスで19日間育成後、徒長苗数を調査

※2：試験条件 FG 培地を用い、25℃で7日間暗黒条件下培養後、コロニーを形成した粒数の割合を調査（50粒×2反復）

※3：試験条件 15℃5日間で浸種、28℃で1日催芽、催芽後水浸状態で5℃5日間保管後、播種（乾籾 16g/箱×2反復）、29℃2日間出芽後室内で21日間育成後、苗いもちの発病苗数を調査

※4：試験条件 湿らせた濾紙を入れたシャーレに50粒置床、25℃で7日間明条件下で培養後調査

表2 試作2号機による ばか苗病に対する防除効果（現地実証）

処理区	調査箱数	発病箱数 <sup>※</sup>	発病箱率(%)
蒸気処理	95	7	7.4
温湯処理（60℃-10分）	32	3	9.4

※ 目視観察によりばか苗病の病徴である徒長苗が育苗箱内に検出された箱数

#### 4. 成果の活用面と留意点

蒸気消毒技術に関する標準作業手順書（SOP）を作成の上、装置が上市した際の普及に活用する。

#### 5. 残された問題とその対応

熱消毒のさらなる効果の安定化のため、育苗管理の精密化や複合防除体系の検討が望まれる。

課題分類：6 (1)

課題 I D：20902-2-13

研究課題：ライスセンターのスマート化システムの開発  
－乾燥施設の効率化評価

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：中農研、(株)サタケ、(有)穂海農耕

予算区分：クラスタ

研究期間：完 2022 年度 (2020～2022 年度) (令和 4 年度 (令和 2～4 年度))

## 1. 目的

中小規模の穀物乾燥施設（ライスセンター、以下、RC）では、個別機器は自動化されているものの、機器を連動させるシステムの自動化ができていない。また、品種切替ごとに清掃を行う必要があり、人手を要する問題点があるため、施設全体の自動化が要望されている。さらに、スマート農業の推進により、トラクタやコンバイン等のほ場機械のデータ連携が進んでいる一方、ほ場データと乾燥施設とのデータ連携が進んでいない現状がある。そこで本研究では、RCの自動化と情報化およびほ場との連携を目指したスマート化システムの開発を行う。

今年度の本課題では、開発・改良を行ったRCの品種切替時の清掃時間・残留量を評価する。また、スマート化システムの導入によるコスト試算を行う。

## 2. 方法

- 1) RCの繁忙期は複数作業の同時並行、特に品種切替時の清掃作業が主要な作業負荷となっている。この改善のために導入したRC機器自動清掃機能の省力効果を明らかにするため、機内清掃に要する作業時間、機内清掃によって除去した残留量を計測した。
- 2) スマート化による作業人員削減の実現可能性について現地実証を行った。また、その結果に基づきスマートRCの運用モデルを設定した。さらに、実証中の実績データに基づき、「精玄米1トンあたりの乾燥調製コスト（円/トン）」をモデルごとに試算した。

## 3. 成果の概要

- 1) 本年度新たに残米除去機能を備えた籾摺機を導入する等の改良を実施した結果、RC全体の残留量は17.58kgと前年度と比べて46%、初年度に比べて73%と大幅に削減した。その一方、清掃に要した時間は5h42mと初年度よりは削減したものの、前年度より約1h増加し、頭打ちの傾向を認めた。さらなる効率化の検討のため、清掃に関する考え方を図1のとおり作成し、過去の清掃結果を図2のとおり示した。3年間を通じて改善してきた籾摺機の例では、残留量に比べて清掃時間の削減効果が限定的であると可視化できる。残留除去を目的とした清掃は、一定割合を超えると技術的にも困難となり、その残留をも除去すると必然的に清掃に時間を要する。清掃時間のさらなる省力化を実現するには、混入リスクベースでの残留量の基準設定や清掃直後の製品サンプルは別扱いにする等、技術開発以外での対策も必要と考えられる。
  - 2) 品種「みつひかり」の乾燥調製作業を対象に1名作業を試行した結果（表1）、本課題開始前は常時2名体制であったRCの運営について、特段の問題無く荷受け～出荷まで1名で作業可能であった。本結果および実証地との協議を踏まえ、RCの運用モデルを図3のとおり作成、表3に示す単価に基づき、図4のとおりコスト試算を行った。その結果、精玄米1トンあたりの乾燥調製コストは、スマート化前（従来体系）で9,228円、スマート化後（1名体制）で6,163円、スマート化後（1.5名体制）で7,696円であり、いずれのモデルでも人件費が半分を占め、次いで穀物乾燥の灯油代が主要なコスト要因となった。また、本年度で実現可能性を実証した1名体制では、従来体系と比較して約3割のコスト削減が見込めると試算された。
- 以上、開発したRCのスマート化システムの評価を通じ、その導入効果を明らかにした。



図1 清掃効率化の評価モデル

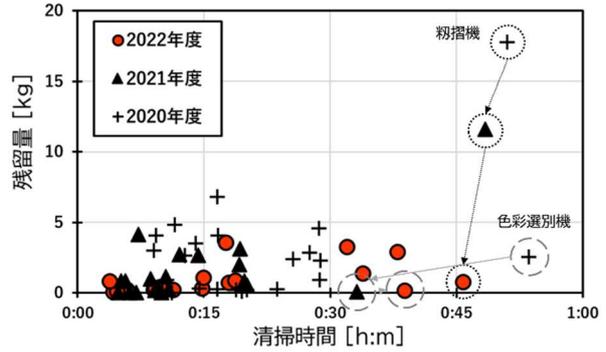


図2 実証結果への評価モデルの適応

表1 スマートRCの1名運営の実績（品種：「みつひかり」、期間：2022年11月14～21日）

計測項目	計測結果	計測方法
精玄米製造量 [t]	37,140	スマートRCの各種機器の稼働データより解析・取得
施設運営時間 [h]	55.8	施設内カメラ映像および実証地とのヒアリングより試算
灯油消費量 [L]	914	灯油タンクへの給油量および終了後の残量より推計
電力消費量 [kWh]	803	配電盤に電力量計を設置して計測

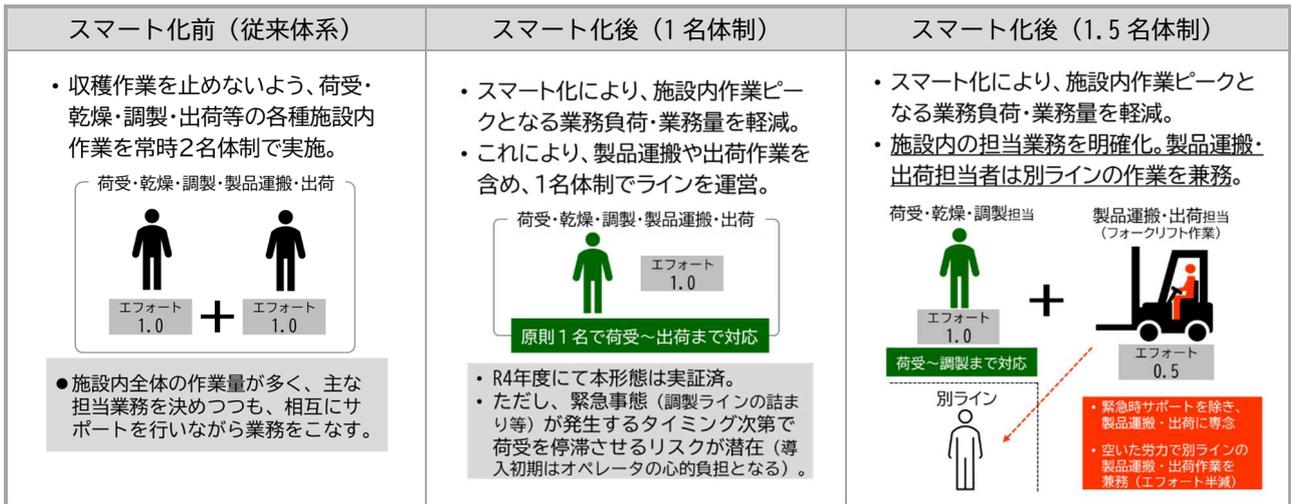
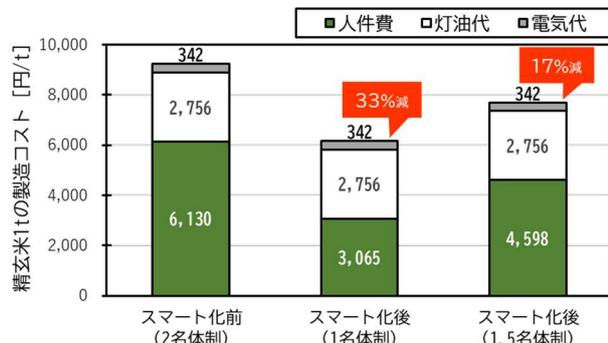


図3 設定した運用モデル

表2 設定単価一覧

項目名	単価	出典
人件費 [円/h]	2,042	新潟県勤務労働調査の令和3年度平均月額給与を平均月額総実労働時間で除して試算
灯油代金 [円/L]	112	資源エネルギー庁 石油製品価格調査 給油所小売価格調査 -新潟県 -11月14日
電力料金 [円/kWh]	15.8	東北電力「動力プラン」電力量料金 (1kWhあたり) その他季 (10月1日～6月30日)



※ 別ラインとの比較試験でスマート化の前後で精玄米1トンあたりの灯油消費量・電力消費量は遜色無いことを確認

図4 乾燥調製コストの試算結果

---

課題分類：6 (1)

課題 I D：20902-2-13

研究課題：ライスセンターのスマート化システムの開発

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：中農研、(株)サタケ、(有)穂海農耕

予算区分：クラスタ

研究期間：完 2020～2022 年度 (令和 2～4 年度)

---

## 1. 目的

ライスセンター (RC) では単独機器の組み合わせで構成されることが多く、機器を連動させるシステムの自動化が遅れているため、3～4名の作業人員が必要とされている現状がある。さらに、大規模化により多品種に対応する必要があることから、品種切り替え時の機内清掃に人手と時間を要し、残留穀粒の掃除機能や清掃作業の省力化が求められている。また、スマート農業の促進で圃場機械のデータ連携が進む中、RC内外とのデータ連携が進んでいない現状がある。施設内の機器より得られる、水分、整粒割合、被害粒割合、製品重などの情報をリンクさせることにより、栽培から製品化するまで、一貫した営農管理と品質管理を行い、高品質、高収量を目指すことが容易となる。このため、RCの自動化と情報化およびほ場との連携を目指した、スマート化システム構築のための基礎技術の開発を行う。

## 2. 方法

本課題で構築したスマートRCについて、作業時間等データの取得や問題点の抽出を行い、ワンマンオペレーション化に向けた検討や作業の効率化等のためのラインおよび機器・装置の改良・改造を施した。(2020～2021 年度)

2022 年度は、スマート粃摺機の試作・設置によるラインの改修・改良を行い、既存施設との比較等を行って、スマートRCの最終仕様を決定するとともに、取得データの WAGRI との連携を行う。また、作業の効率化の評価や、ほ場-荷受データ連係システムの実証およびアプリの改良、張り込み量推定装置の改良を行った。

## 3. 成果の概要

構築したスマートRCについて、作業状況の調査や作業員の意見聞き取り等により、ラインの改修や清掃機能の強化等の改良を図ってきた。今年度は、残米除去機能を搭載したスマート粃摺機の試作・設置によるラインの改良を行ったところ、スマート化前に比べライン全体で機内の残粒量が約 7 割削減され、清掃作業時間も約 3 割短縮でき (図 1)、RC 全体のオペレーションを従前より少人数で行えることが明らかとなった。スマート化のための追加費用について概算し、9%程度のコスト上昇に抑えられることを確認した。

作業支援アプリについては、WAGRI から取得した情報を穂海農耕のほ場情報に紐づけ、ほ場での作業の進捗状況やRCでの調製により得られた各種データを確認できるような機能や、RCの機器の稼働状況を遠隔で確認できる機能等を実装してきた。これらの機能を実装した作業支援アプリにより、作業員が携帯情報端末で必要な情報を視覚的かつ網羅的に確認できるようになり、作業の効率向上に

繋がった。また、コンソ内で協議を実施し、得られたデータを営農改善へ繋げる方法等について検討を行った。

乾燥調製に係るコスト試算では、人件費、灯油代、電力消費量の実績を取得し、スマート化によるコストの削減効果を明らかにした。RCでの荷受けから出荷までの作業については、原則作業員1名で実施できることを実証した。ただし、緊急事態の発生により荷受けトラックを待たせる等の潜在リスクがあり、製品運搬・出荷を担当する作業員が緊急時サポートにあたる1.5名体制が理想であることを穂海農耕の作業員との協議により確認した。作業人員の削減により、1名体制で乾燥調製コストは33%削減、1.5名体制で17%削減できることを試算した(図2)。

ほ場-荷受けデータ連携システムの実証では、ほ場情報に収穫情報および荷受け情報を加えたデータを自動作成し、荷受け日ごとにスプレッドシート形式のファイルにまとめられることを実証した。また、RCでの荷受け時に簡易に張り込み量を推定する装置を昨年度試作したが、今年度は一部改良して試験を行い、高い精度で張り込み量を推定できることを実証した。

以上、主にスマートRCのライン改修・改良を行い、清掃の作業時間削減効果の評価やコスト試算を行って、機内残粒量約7割削減、清掃作業時間約3割短縮により、乾燥調製コスト3割削減という試算結果を得るとともに、スマートRCの最終仕様を決定するという成果を得た。

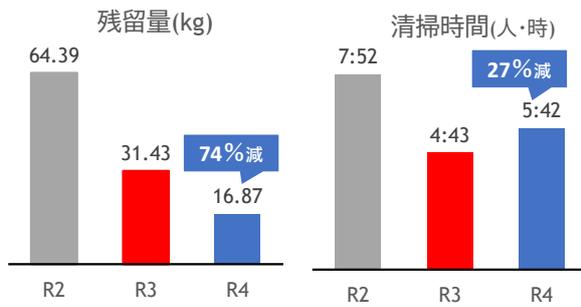


図1 スマート化による機内残留量及び清掃時間の削減効果

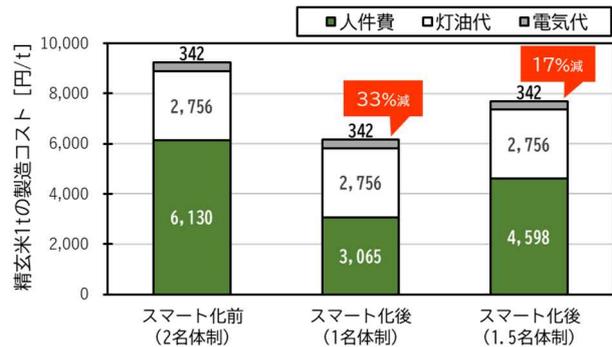


図2 乾燥調製コストの試算結果

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) スマートRCのシステムは2023年度に製品化を予定。
- 2) 美味技術学会(2021.6)で発表、美味技術学会誌(2021.12)に掲載、日本農作業学会(2023.3)で発表。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) 施設内作業のさらなる省力化に向けては、食用米同士の異品種を念頭に入れたコンタミ対策の基準を設けることが期待されるものの、基準作りにはバックデータが必要である。
- 2) みどりの食料システム戦略の実現に貢献するためには、穀物乾燥における灯油使用量の削減に向けた、代替燃料技術の開発と運用支援技術(データを活用した適期収穫)の開発が求められる。
- 3) スマートRCで取得した調製データのほ場での栽培管理への活用について、実証が必要である。

---

課題分類：5（1）（2）

課題ID：20902-2-18

研究課題：24時間稼働可能なコンバインの開発に関する研究

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：宮崎大学、岩手農研セ

予算区分：理事裁量経費

研究期間：完 2021～2022年度（2021～2023年度）（令和3～4年度（令和3～5年度））

---

## 1. 目的

穀物の収穫作業のより一層の効率化及び低コスト化を図るため、コンバインの1日当たりの利用可能面積の大幅な拡大を目的とし、夜露や朝露等の影響を受けた穀物に対する高い適応性を備えた24時間稼働可能なコンバインを開発する。

## 2. 方法

- 1) 市販機による24時間通しの水稻収穫試験（最新機種による適応性調査）：最新機種の自脱コンバインを用いて夜露等の影響を受けた穀物に対する適応性調査を行った。宮崎大学農学部（早場米地域）及び岩手県農業研究センターにおいて、24時間通しの水稻収穫試験を行い、脱穀選別損失やコンバイン各部位で発生する問題点について調査した。（2021年度）
- 2) 24時間稼働可能なコンバインの新機構に関する基礎試験装置による水稻収穫試験：新機構に関する基礎試験装置（①～③）のそれぞれの効果について調査した。①脱穀選別損失を3%以下に抑制する制御技術（制御に必要なデータ蓄積）：降雨・降雨直後・晴天の条件下で、穀粒流量、穀粒水分、脱穀選別損失の関係について制御に必要なデータ蓄積を図るため精度試験を行った（図）。②揺動選別機構における粃滞留解消装置：定置にて揺動選別機構の粃滞留解消装置の基礎試験を行った。③グレンタンクにおける粃滞留解消装置：夜露付着・降雨直後の条件下で収穫試験を行い、グレンタンクから粃の排出を行った。（2022年度）
- 3) 夜露等の影響を受けた穀物を収穫した場合の経済性の検討：収穫適期に夜露等の影響を受けた高水分水稻を収穫した場合の費用試算、収穫適期を過ぎた水稻を収穫した場合の費用試算を行った。試算項目は、乾燥費、コンバイン燃料費、コンバイン作業能率、収穫損失、脱ぶ・損傷粒発生割合、胴割粒発生割合等とした。（2021～2022年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 最新機種の自脱コンバインを用いて24時間通しの水稻収穫試験を行った結果、夜露等が付着した高水分水稻を収穫した場合においては、脱穀選別損失（排塵口損失）の急増、揺動選別機構及びグレンタンクにおける濡れた粃やわら屑の滞留が発生することが分かった。また、取得したデータを解析し、穀粒流量と穀粒水分と脱穀選別損失の関係についてとりまとめ、上述2. 2)の「①脱穀選別損失を3%以下に抑制する制御技術」を考案することができた。
- 2) ①精度試験を行った結果、脱穀選別損失を3%以下に抑制する制御を行うために必要なデータを蓄積することができた。②粃滞留解消装置の動作は良好であり、グレンパンに滞留したわら屑を除去することが確認され、クリーニング効果があることが分かった（表1）。③粃の排出を行って初期駆動時のトルク不足が確認され、改善が必要であることが分かった。
- 3) 夜露等の影響を受けた穀物を収穫した場合の経済性について30ha規模の稲作経営を前提に検討した結果、「作業時間拡大：収穫適期内に作業が終了するように1日の作業時間を拡大するケース」は、「慣行：1日の作業時間6時間で収穫しきれない分は収穫適期外に作業するケース」と比べて373.6千円/30ha（10a当たり1,245円）のマイナスとなること、ただし、同水準は収穫損失（脱穀選別損失）の発生割合でいえば1.2%分に過ぎず、今後、脱穀選別損失を抑制する制御技術等によってクリアする可能性が大きいことが示唆され、収穫適期において24時間作業の収穫体系を提案するための経済性に関する知見を得ることができた（表2）。

以上、最新機種の問題点を明らかにし、24時間稼働可能なコンバインに関する新機構を考案するとともに、夜露等の影響を受けた穀物に対する適応性を拡大するために有用なデータを取得できた。



図 精度試験及び供試水稻の様子

表 1 揺動選別機構における粃滞留解消装置の基礎試験結果

揺動選別装置	純正仕様			試作仕様(粃滞留解消装置作動)				
	供試わら屑重量(g)	502.00	501.50	502.20	501.49	500.76	502.93	500.49
グレンパン上残重量(g)	25.52	33.50	26.49	0.17	0.03	0.93	1.75	1.30
滞留解消装置速度設定	-	-	-	最速	→	→	→	→

※グレンパン上に湿ったわら屑約500gを供試し、脱穀クラッチを入れ30秒間駆動させた後に、グレンパン上に滞留しているわら屑の重量を測定。

表 2 経済性検討のための費用試算結果例  
(経営規模30haの「慣行」と「作業時間拡大」の比較)

ケース	作業時間 (h/日)	実作 業率	作業 日数	作業能率 (h/ha)	収穫適期 内での作 業可能面 積 (ha)	「慣行」では収 穫適期外、「作 業時間拡大」で は慣行時間外の 作業面積 (ha)	経営規模30haにおける試算結果 (費用と減収によるマイナス)					
							投入に関する要因 (費用)		産出に関する要因 (減収)			投入産出計 (円)
							乾燥費 (円)	コンバイン の燃料費 (円)	収穫損失に よる減収 (円)	脱ぶ・損傷粒 の発生による 減収 (円)	胴割れ米の 発生による 減収 (円)	
「慣行」	6	0.7	20	5.68	14.8	15.2	473,700	117,450	520,800	1,218,672	1,482,127	373,647
「作業時間拡大」	12.6			慣行時間内 5.68 慣行時間外 6.12	30		688,628	129,534	1,415,776	1,296,250	656,208	
「作業時間拡大」-「慣行」 (作業時間拡大のマイナス)							214,928	12,084	894,976	77,578	△ 825,919	

注：本表の試算結果は「慣行：1日の作業時間6時間で収穫しきれない分は収穫適期外に作業するケース」と「作業時間拡大：収穫適期内に作業が終了するように1日の作業時間を拡大するケース」との経済性検討(投入産出の各要因)を行うものである。

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 24時間稼働可能なコンバインの開発に資する。特許出願1件。
- 2) 今後の社会実装を見据え、新たな収穫・乾燥体系として提案できるように留意する必要がある。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) グレンタンクの粃滞留解消装置については、今後、新たな構想も含めて再検討が必要である。
- 2) 令和5年度は、実用化研究へ移行し、クラスター課題を立ち上げる予定である。

課題分類：8 (9)

課題 ID：20902-2-24

研究課題：乳牛 BCS 推定のための画像処理手法の検討及び検量線の作成

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・小型電動ロボット技術グループ、革新的作業機構開発グループ、  
機械化連携推進部・機械化連携推進室

協力分担：道総研酪試、NOSAI 岡山、徳島農総セ、(株)エイム・テクノロジーズ、畜産研

予算区分：基礎・基盤

研究期間：完 2022 (令和 4 年度)

## 1. 目的

高泌乳牛の長命連産を実現するためには、産次・乳期・乳量に応じた適切な栄養管理が不可欠であり、その適否を判断するためにボディコンディションスコア (以下、BCS) の適確な判定が必要となる。昨年度まで経験が浅い酪農家であっても、乳牛の画像から BCS を専門家並みに判定可能な BCS 自動推定システムの開発に取り組んできた。本システムは腰角形状を捉える 2 本の補助線がなす角度 (以下、指標値) から BCS を推定する手法であり、前処理で牛の背景を正確に除去すれば、専門家並の精度で自動推定が可能であった。一方で、使用する牛舎環境・牛の姿勢等の影響による背景除去エラーに加え、教師データに用いた専門家による BCS スコアが判定者によって差があり、指標値から BCS を推定するための検量線を一本化できないことが課題として残った。そこで、本課題では、背景除去のための画像処理手法を検討するとともに、判定者による差を廃した教師データに基づいて BCS へ変換するための検量線を作成する。

## 2. 方法

- 1) 過年度に取得した乳牛 2 次元画像を基に、深層学習による背景除去方法を検証した。アノテーション及びセグメンテーション済みの約 600 枚の教師画像を基に背景除去モデルを作成し、200 枚の新たな乳牛画像に対して処理を行った際の背景除去結果を確認した。
- 2) 農機研実験棟内の模擬牛を対象に、モーションキャプチャ・システム (kinect : Microsoft 社製) および 3 次元スキャナにて乳牛を撮像した際の背景除去結果を確認した。
- 3) 3 道県 6 か所の牧場が管理する計 363 頭の乳牛に対して、複数の専門家が協議し判定が統一された BCS を取得するとともに、乳牛ごとに画像から指標値を取得することで新たな検量線を作成した。

## 3. 結果の概要

- 1) 処理結果の一例を図 1 に示す。画像内の牛領域については正確に判断できるものの、BCS 推定に使用する腰角部の切り抜き精度が低い場合が多く、判定誤差が大きくなることが懸念された。
- 2) それぞれのデバイスで撮像した処理画像を図 2、3 に示す。腰角より前方にある横突起は、これまでの推定の際に腰角部と重なり、BCS 推定を阻害するケースが多かったが、これらのデバイスでは深度情報により横突起と腰角部を区別でき、牛の姿勢の影響を抑えつつ推定できる可能性があることが分かった。しかしながら、動的な計測では正しく輪郭が抽出できないことと、1) 同様、牛の輪郭の切り抜き精度が低いため、BCS を推定するためには輪郭を鮮明にするための後処理が必要であった。
- 3) 検量線を図 4 に示す。全牧場での BCS と指標値には決定係数  $R^2=0.674$  の相関がみられ、牧場ごとの回帰線の傾きは同程度であることから、本検量線は地域を限定せず汎用的に使用可能であることが示唆された (表)。また、BCS ごとの指標値に対して多重比較検定を行った結果、BCS4.00 と BCS3.75、BCS3.00 と BCS3.25 以外の指標値に有意な差が見られ、飼養管理上重要である①BCS2.75 以下、②BCS3.00 以上 3.25 未満、③ BCS3.25 以上の 3 つに区分できる見通しを得た (図 5)。

以上、安定した判定を可能とするための画像処理手法を検討するとともに、判定者による差を廃した教師データに基づいて BCS へ変換するための検量線を作成した。

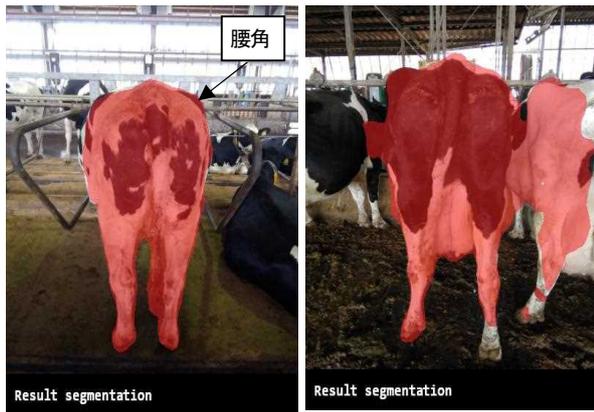


図1 深層学習による背景除去処理結果例

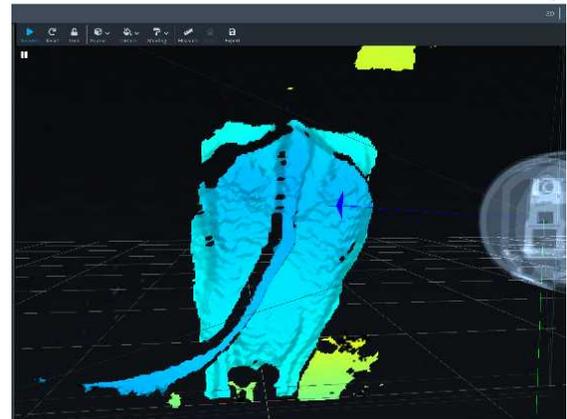


図2 モーションキャプチャ・システムでの処理結果例（深度マップ）

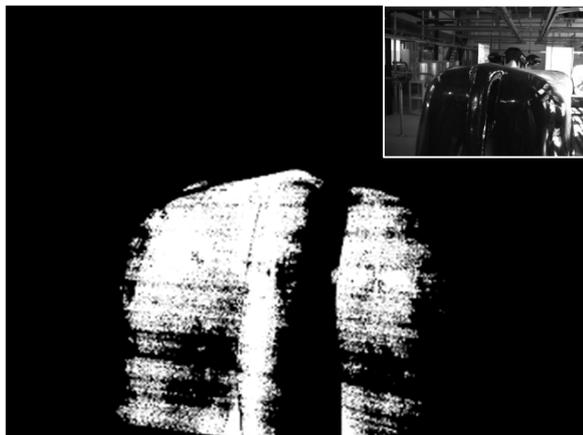


図3 3D スキャナでの処理結果例

(中央図：深度マップ、右上図：モノクロ画像)

表 牧場ごとの調査乳牛および指標値と BCS の関係

牧場	n	BCS (平均値±標準偏差)	平均産次	決定係数R <sup>2</sup>	傾き	切片
A	39	2.96 ± 0.37	4.42	0.702	26.6	-9.7
B	15	3.14 ± 0.23	3.35	0.520	23.9	-0.2
C	47	3.01 ± 0.35	3.07	0.662	25.7	-4.9
D	127	2.96 ± 0.26	2.07	0.316	22.0	7.2
E	55	3.36 ± 0.47	1.49	0.746	29.1	-14.3
F	80	3.04 ± 0.52	2.21	0.699	24.5	0.0
全牧場	363	3.08 ± 0.41	2.77	0.674	25.9	-4.8

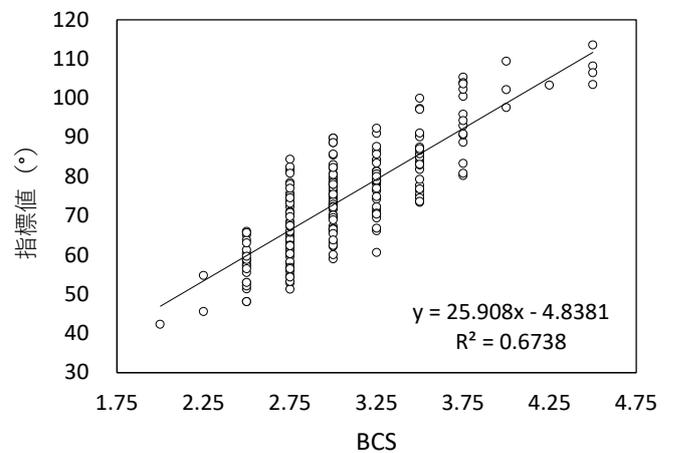


図4 検量線

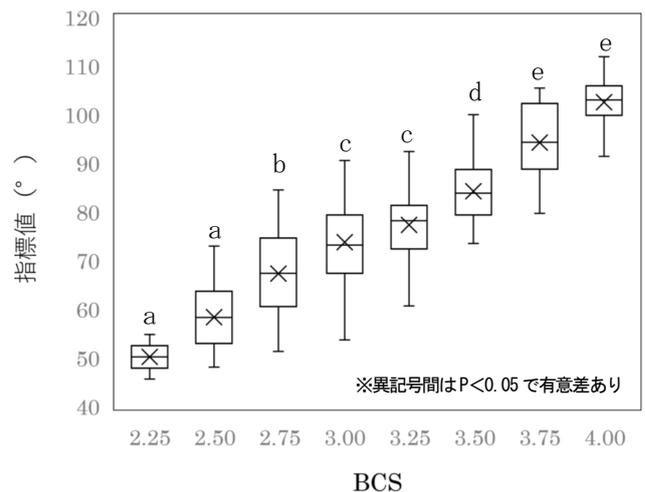


図5 BCS ごとの指標値分布

#### 4. 成果の活用面と留意点

栄養管理等の問題点や個体別に BCS の推移を把握可能となり、産次・乳期等の飼養管理情報と連携することで、疾病率の低減、繁殖成績の改善に寄与できる。

#### 5. 残された問題とその対応

背景除去手法の判定成功率向上に寄与する手法を見出す必要があり、今後その手法の開発に取り組む。

課題分類：5 (1)

課題 I D：20902-2-25

研究課題：日本型水稻の穂刈脱穀に関する基礎研究

担当部署：農機研・無人化農作業研究領域・革新的作業機構開発グループ

協力分担：なし

予算区分：基礎・基盤

研究期間：完 2022 年度 (令和 4 年度)

## 1. 目的

収穫作業における耐天候性向上、収量マップ精度向上、電動化、メンテナンス性向上等の利点が期待される穂刈収穫体系実現の可能性を検討するために、既存の脱穀装置の穂刈収穫物に対する性能を把握するとともに穂刈収穫物に適応した脱穀方式を考案する。

## 2. 方法

- 1) **既存の脱穀装置についての性能調査**：脱穀装置として自脱コンバインの並行処理胴 (図 1 上) と簡素化コンバインの単粒化装置 (平 25 事業報告 生-5-3) (図 1 中) を供試した。刈高さ (わら/穀粒比) を変えた穂刈収穫物約 100g を脱穀装置に投入し、単粒率と損傷粒率を測定した。
- 2) **新たな脱穀方式の考案**：穂刈収穫物に対応した脱穀方式として、引き込み脱穀方式 (方式 A) と引き抜き脱穀方式 (方式 B) の試験装置を作成した (図 3、5)。方式 A では、回転棒の直径  $\phi 8\text{mm}$ 、実験 1 回に供試する穂数 2 本と設定し、スリット幅 (10~15mm) と回転棒の周速度 (0.89~2.67m/s) を変えて脱穀実験を行った。方式 B では、穂軸を引っ張る速度を 25mm/s と設定し、スリット幅 (1.0~2.5mm) を変えて、脱穀実験を行った。

## 3. 結果の概要

- 1) **既存の脱穀装置についての性能調査**：並行処理胴では、わら/穀粒比に関わらず単粒率が約 65%、損傷粒率が約 2% の脱穀が可能であった。一方、単粒化装置では、わら/穀粒比 0.2 以下のとき単粒率約 60%・損傷粒率約 1% の脱穀が可能であった (図 2) が、わら/穀粒比 0.2 以上のとき単粒率は約 50% に減少し、試験装置内にわらの巻き付きが発生した (図 1 下)。既存の脱穀装置を用いて穂刈収穫物の脱穀は可能であったが、損傷粒の低減と巻き付きを回避する工夫が必要である。
- 2) **新たな脱穀方式の考案**：方式 A について、単粒率はスリット幅を広くすると減少し、回転棒の周速度を速くすると増加した (図 4)。一方、損傷粒率はスリット幅を広くすると減少したが、回転棒の周速度を速くしても増加しなかった。このことから実験条件の周速度では、損傷粒率が増加する周速度に達しておらず、周速度をさらに速くすることが可能であると考えられた。スリット幅 14mm、周速度 2.67m/s のときの実験結果は単粒率 12.8%・損傷粒率 0.5% であり、この結果を基に既存の脱穀装置と同程度の単粒率になるように繰り返し処理を行うとすると、処理回数 7 回で単粒率 62%・損傷粒率 3% となる。既存の脱穀装置に比べて損傷粒率が増加する結果となった。しかし、回転棒の周速度を速くすることで、損傷粒率は低いまま単粒化率がより高くなる条件が見つければ、既存の脱穀装置よりも脱穀性能を向上させられる可能性があると考えられた。

方式 B については、スリット幅を広くすると穂切れ粒が増加し単粒率は減少した。スリット幅 1.2mm 以下では穂軸を潰さないと通らず、1.5mm 以下では節が削れる等穂軸の通りが悪かった。スリット幅 2.0mm 以上ではこぎ残しが発生した (図 6)。スリット幅 1.5mm のときの実験結果は単粒率 84.7%・損傷粒率 0.4% であり、既存の脱穀装置に比べて単粒率が増加し損傷粒率が減少する結果となった。本方式は穂刈収穫物の脱穀に適した脱穀方式であると考えられたが、実用化するためには穂刈収穫物の穂軸をスリットに通して引き抜く方法を考案する必要がある。

以上、既存の脱穀装置を用いて穂刈収穫物を単粒率 60% で脱穀することが可能であった。考案した 2 つの脱穀方式の実験結果は、単粒率 12.8%・損傷粒率 0.5% 及び単粒率 84.7%・損傷粒率 0.4% であった。前者ではより良い条件の探索、後者では穂軸をスリットに通して引き抜く方法の考案という課題が残った。



図1 脱穀装置

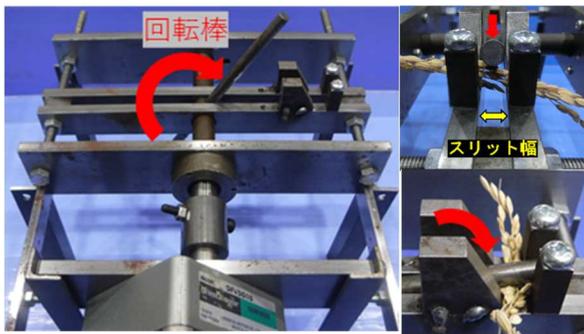


図3 試験機 (方式A)

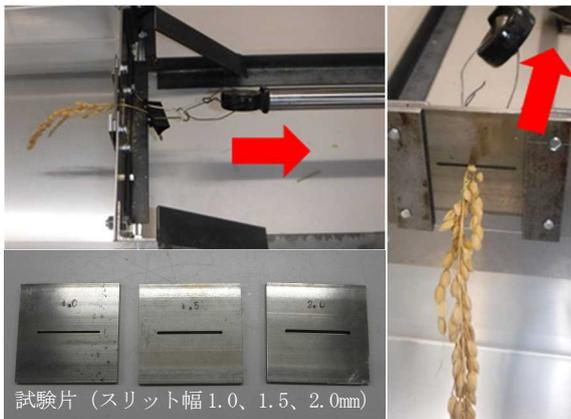


図5 試験機 (方式B)

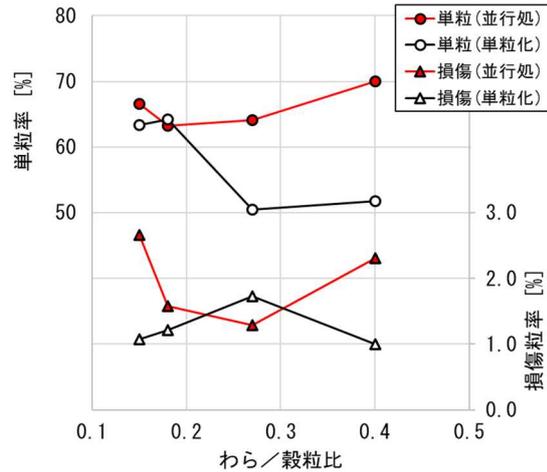


図2 脱穀試験の結果

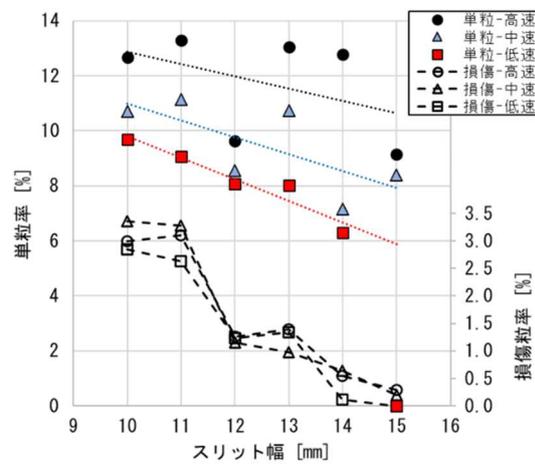


図4 実験結果 (方式A)

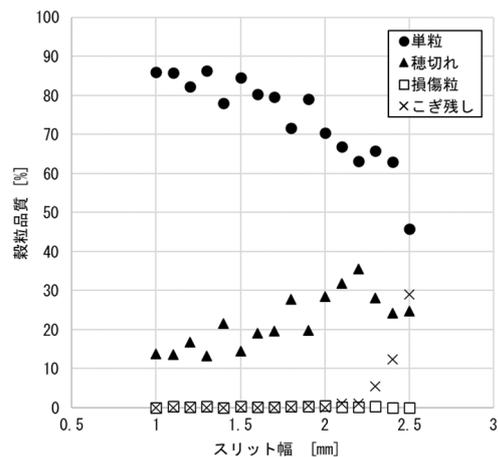


図6 実験結果 (方式B)

4. 成果の活用と留意点

特許出願を検討中。

5. 残された問題とその対応

方式Aについては、実験条件の範囲では既存の脱穀装置を超える脱穀性能を得られなかったが、周速度を速くしても損傷粒率が増加しないことから、より良い条件を見つけられる可能性がある。

方式Bについては、既存の脱穀装置よりも単粒化率が高く損傷粒率の低い脱穀が可能であったが、投入する穂刈収穫物の穂軸をスリットへ通して引き抜く方法を考案する必要がある。



## 5. システム安全工学研究領域

---

課題分類：11（9）

課題 I D：20903-2-01

研究課題：地理空間情報に基づく知能化作業システムの設計支援ツールの開発

— 知能化作業機の稼働するスマート農場の安全性確保に関する設計要件の解明

担当部署：農機研・システム安全工学研究領域・協調安全システムグループ、知能化農機研究領域、無人化農作業研究領域

協力分担：農工研、農業機械メーカー

予算区分：基礎・基盤、受託（SIP-II）

研究期間：完 2018～2022 年度（平成 30～令和 4 年度）

---

## 1. 目的

知能化作業システムの構築、普及を促進するために、スマート農場を構成する要素（農道、進入路等）について、開発担当と連携し、知能化作業機（ロボット農機）の移動や作業等の障害や事故発生に繋がる課題を抽出し、安全性を確保するための条件を明らかにする。

## 2. 方法

- 1) 知能化作業機のシステムやほ場進入路等の実態を調査した。知能化作業機運用時の危険性や効率性に関係する事象を分析した。ほ場進入路の対策案を考案し、乗用トラクタ（出力 44.1kW、ロータリ装着）を供試して効果の検証を行った。（2018～2020 年度）
- 2) 現地実証試験地（平地：富山県富山市、中山間地：北海道富良野市）の道幅、路肩状態や知能化作業機の稼働状況を調査して想定される危険事象を分析し、要素毎に対策案を整理した。両試験地とも農道を封鎖し遠隔監視・操作して試験を行った。平地では、GNSS 位置情報を基にする航法方式のロボットトラ（出力 44.1kW）が近隣に住宅がある地域で平坦な砂利道の農道を走行（速度 3～8km/h）し、2～5 枚のほ場で模擬作業を行った。中山間地では、GNSS 位置情報を基にする航法方式とカメラ・LiDAR で反射ポールなどを検出する航法方式を追加したロボットトラ（出力 25.0kW）が、緩い起伏のある畑地や樹林地内にある砂利道の農道を走行（速度 5～15km/h）したり、起伏のある舗装道路および急傾斜（最大傾斜 6°）のある農道を走行した。樹林地内では、GNSS 位置情報を補うため反射ポール（φ60mm×3m）を路肩に設置した。走行経路は、事前に供試機が走行した経路を基にする方式、事前に農道を測量して走行可能範囲から作成する方式であった。（2021～2022 年度）

## 3. 結果の概要

- 1) ほ場進入路について、傾斜角度が現行整備基準（12°）を超えるのは平地で 8%、中山間地で 43% あった。幅が現行整備基準（4m）未満は平地で 93%、中山間地で 94%、機体幅程度（2m）未満は平地で 24%、中山間地で 24%あり、知能化作業機でも転倒やスリップなどの可能性があり、対策として、ほ場進入路の法尻位置へ補強部材を設置して走行性を改善できる可能性が認められた。
- 2) 両試験地に共通した危険事象は、農道、進入路での機械転倒・転落、障害物や人・自動車との衝突、誤作動・誤操作による暴走、GNSS 受信不良、映像不良、遠隔操作不良、自動停止時・故障時に人と衝突などで、中山間地ではさらに急傾斜での制動不良、見通しの悪い所や枝葉によるポールの遮蔽などもあった（図 1、2）。対策として、環境については通路整備、障害物除去など、機械については作業機折り畳み、作業機サイズを考慮した経路設定、交差点安全確認、ヒューマンエラー対策など、サイバー環境については通信容量拡大、通信状態確認機能、情報セキュリティなど、作業・運用については現場対応補助者配置、トラブル復帰時ルールなど、人については安全確認ルール、交代制などで、実際にはリスクアセスメントして対策を取捨選択する必要があると考えられた（表）。図 1 の平地のほ場④の進入路（幅 2.6×長さ 2.5m）において、ロータリ（全幅 2.4m）装着状態で前進進入すると脱輪する可能性があり（図 3）、スムーズに進入できるよう隅切り（2.1×2.1m）追加と拡幅・延長（幅 2.8×長さ 4.7m）の対策を施した（図 4）。さらに、供試機に装着可能な最大級の代掻きロータ（全幅 4.4m）では脱輪や畦畔と接触の可能性があり、作業機折り畳みやさらなる進入路拡幅などの対策も必要と考えられた。以上、知能化作業機開発担当と連携して、危険事象を抽出し安全を確保するための対策例を整理した。

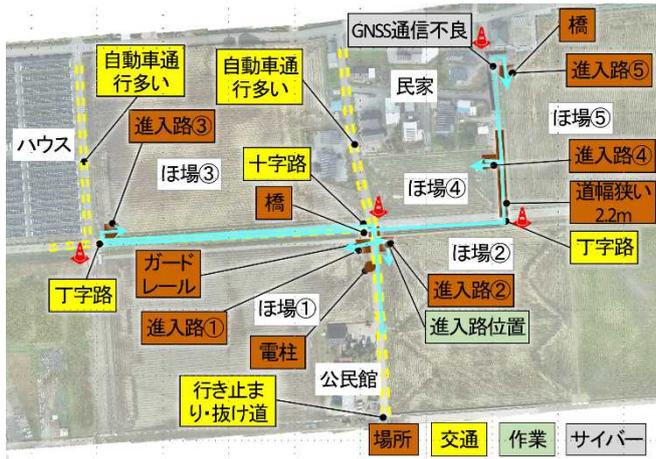


図1 現地実証試験地の状況(平地)



図2 現地実証試験地の状況(中山間地)

表 現地実証試験での調査結果から想定された危険事象と対策例(抜粋)

危険事象	対策例				
	環境	機械	サイバー	作業・運用	人
共通	通路整備、障害物除去、安全標識、防護柵	信頼性確保、運転状態表示装置、位置情報確認装置、非常停止装置、緊急通報装置、ヒューマンエラー対策、マンマシンインターフェイス、安全確認支援・危険性見逃し対策	通信容量拡大、高速化、信頼性向上、通信状態確認機能、ヒューマンエラー対策、情報セキュリティ	運用規程、危険回避経路設計、常時監視、監視者負担軽減、保守点検・整備	運用マニュアル、安全教育、使用者限定
機械の転倒・転落 [農道、進入路]	農道拡幅、隅切り、路面・路肩管理、進入路拡幅・傾斜緩和、隅切り	路肩半円併用技術、進入路走行制御	高精度な経路作成	予定経路事前確認、マップ更新、進入路対応走行	常時監視、安全確認
障害物との衝突	障害物除去、ガードレール、電柱、水栓、畦畔目印	作業機折り畳み、障害物センサ高精度化、ロバスト化、センサ汚れ対策	監視映像高精細化、危険マップ	障害物回避経路、作業機サイズ対応経路	安全確認、確認内容教育
人・自動車との衝突 [直線、交差点、進入路退出、行き止まり]	すれ違い場所確保、トラック待機場所確保、交差点見通し確保	方向指示器点滅、ハザードランプ点滅、接近警報装置、周囲との対話手段	遅延対策、危険マップ	交差点付近一時停止、安全確認、すれ違いルール、優先順位ルール	遠隔手動運転、安全確認ルール、交代制、複数監視
誤作動、誤操作による暴走	防護柵、安全標識	センサ汚れ対策、防水・防じん・EMC対策、異常検出装置、経路逸脱自動停止装置、速度超過自動停止装置、監視端末視認性確保	マンマシンインターフェイス、情報セキュリティ	常時監視、バッテリー管理、現場付近対応補助者配置	共通と同じ
GNSS 受信不良、映像不良、遠隔操作不良	補正手段(反射ポール)、遮蔽物除去等	通信途絶時自動停止機能	共通と同じ	通信不良自動停止、通報	安全確認ルール
自動停止時、故障時人接近し機械と衝突	共通と同じ	トラブル復帰時ルール	共通と同じ	現場対応補助者配置、トラブル復帰時ルール	安全確認ルール

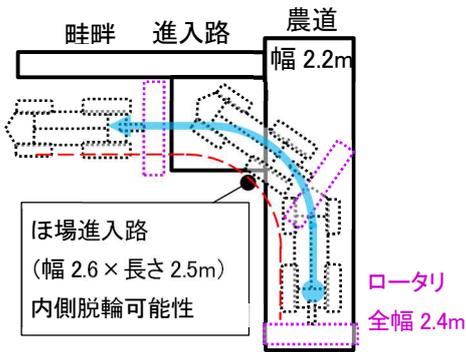


図3 進入路④走行経路シミュレーション(対策前)

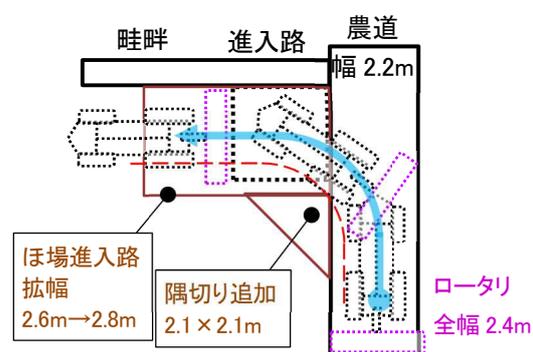


図4 進入路④走行経路シミュレーション(対策後)

#### 4. 成果の活用面と留意点

知能化作業機の移動等における障害、事故に繋がる危険性に対する安全対策に資する。農作業学会で発表、成果情報を報告、報告書作成予定。

#### 5. 残された問題とその対応

具体的な機械改良、ルール作りなど残された課題についてロボット開発担当者と連携して対応する。

---

課題分類：11（9）

課題 ID：20903-2-04

研究課題：トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための人検知技術の開発  
ーロータリ周辺への人の接近検出

担当部署：農機研・システム安全工学研究領域・協調安全システムグループ

協力分担：なし

予算区分：理事裁量経費、基礎・基盤

研究期間：完 2022 年度（2021～2022 年度）（令和 4 年度（令和 3～4 年度））

---

## 1. 目的

巻き込まれ事故の多いロータリを装着した乗用型トラクタ（以下、トラクタ）において、ロータリ周辺への人の接近を検出する装置を開発する。

## 2. 方法

- 1) ロータリ装着のトラクタ(62.5kW)の後部に接近する人を検出するためのシステムを構築した。
- 2) 農作業環境でトラクタ後部に接近する人を学習及び検証するための静止画群取得方法を考案した。
- 3) 学習用静止画群での服の色及び姿勢の違いが検出器に及ぼす影響を検証するため、表 1 の条件で各学習用静止画群の取得及び転移学習を行い、6 個の検出器（各服の色の立位、中腰、しゃがみ姿勢の静止画群を転移学習、以下、3 姿勢検出器）を生成した。6 個の 3 姿勢検出器と COCO 検出器（事前に Common Objects in Context データセットを用いて深層学習が行われた物体検出器 YOLOv3、Darknet53）の検出精度を検証するため、表 1 の条件で取得した各検証用静止画群による検出精度の検証を行った。
- 4) 広角カメラと 3DLiDAR による人と機体との距離を取得するため、農機研テストコースで取得したチェッカーボード（正方形 1 辺 105mm、1,155mm×840mm）の静止画群と 3 次元点群から広角カメラの歪みに関する補正（以下、CC）及び広角カメラと 3DLiDAR の適合に関する補正（以下、LCC）を行った。これらの補正パラメータを用いた人と 3DLiDAR との水平距離を取得するプログラムを構築した。
- 5) 4) のプログラムによる距離を検証するため、3) の 6 個の 3 姿勢検出器及び表 1 の条件で取得した各検証用静止画群と 3 次元点群から被験者と 3DLiDAR との水平距離を取得し、距離精度を（1-二乗平均平方根誤差率）で算出した。

## 3. 結果の概要

- 1) 後部に存在する人との距離を検出するために、2 台の広角カメラ（サンワサプライ、400-CAM084）と 3DLiDAR（Robosense、RS-Helios-5515）を搭載した（図 1、表 1）。人の検出はカメラに映る画像と検出器による検出、距離の検出は 3DLiDAR で検出した 3 次元点群を基に算出する方式とした。
- 2) 作業者の姿勢として、農作業の代表的な姿勢である立位、中腰、しゃがみ姿勢を検出する必要があると考えられた。トラクタ後部の 8m×8m 区間の各格子点（24 点）にて、作業者が 4 方向（トラクタ進行方向に対し、前後左右）に向いた時の 3 姿勢を静止画群として取得する方式とした（図 2）。
- 3) 各検出器の検出精度を検証した結果、6 個の 3 姿勢検出器は 97.1～100.0%、COCO 検出器は 39.1～87.4%となった（表 3）。COCO 検出器は被験者による再現率の差が大きく、特にしゃがみ姿勢が 39.1%と低くなった。この理由として、Common Objects in Context データセットに人を俯瞰した静止画群やしゃがみ姿勢の静止画群が比較的少ないことが考えられた。また、3 姿勢検出器はどの検出器も再現率が高く安定していることから、学習用静止画群内の服の色による検出器の精度に差がないこと、立位、中腰、しゃがみ姿勢を転移学習することにより検出精度が安定して高くなることが示唆された。
- 4) CC、LCC の結果、各補正誤差は表 4 となった。距離検出は静止画内の人に相当する 3 次元点群の取得を行い、その点群を囲う直方体の中央位置から水平距離を求める方式とした。
- 5) 検証の結果、距離精度は 93.9～96.8%と安定して高くなった（表 5）。そのため、本条件では十分な精度での距離検出が可能であると考えられた。

以上、トラクタのロータリ周辺の人検出システムを構築し、人検出及び距離検出の検証を行った。

表 1 学習用及び検証用静止画群と 3次元点群取得条件

学習用静止画群の条件	場所は農機研畑ほ場（平たん、作物なし）、被験者は1名（身長171cm）で、薄緑のボトムス、白ヘルメットを着用。上着は赤、青、緑、黄、黒、白の計6色とし、各上着を着た際の静止画群を3）の方法で取得。各色で静止画群を作成（各348枚）。例えば赤服の場合、赤服での立位、中腰、しゃがみ姿勢の静止画群を作成。
転移学習方法	学習用静止画群の人に、長方形座標を付記後にランダム変換（色相：0~10%、彩度：0~20%、明度：0~20%、拡大：0~10%、左右反転又は無反転）。COCO検出器を用いて転移学習を実施。学習回数は延べ34,800回（348枚に対し、100回繰返し）。ソフトウェアはMATLAB(MathWorks)を使用。
検証用静止画群の条件	場所は学習用静止画群取得時とは別の農機研畑ほ場（平たん、作物なし）、被験者は以下の6名（身長166~182cm）。 被験者A：服（上下：黒）、黒帽子着用 被験者B：服（上下：青）、帽子非着用 被験者C：服（上下：灰）、麦わら帽子着用 被験者D：服（上下：赤）、橙帽子着用 被験者E：服（上：青、下：薄緑）、橙ヘルメット着用 被験者F：服（上下：薄緑）、帽子非着用 各被験者の静止画群を3）の方法で取得し、以下の方法で検証用静止画群を作成。同時に3次元点群も取得。 ①全静止画で静止画群を作成（2,088枚）。 ②各被験者で静止画群を作成（各348枚）。例えば被験者Aの場合、被験者Aの3姿勢の静止画群を作成。 ③各姿勢で静止画群を作成（各696枚）。例えば立位の場合、被験者A~Fの立位姿勢の静止画群を作成。
検出評価方法	検証用静止画群の人に、長方形座標を付記。再現率（検出器が人を検出できた静止画の枚数/全ての人の静止画の枚数）により評価。ソフトウェアはMATLAB(MathWorks)を使用。

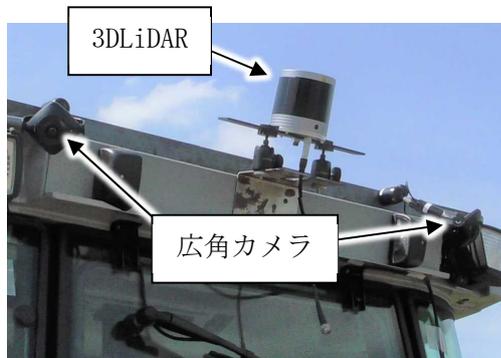


図 1 広角カメラと 3DLiDAR

表 2 広角カメラと 3DLiDAR の諸元値

装置名	広角カメラ	3DLiDAR	広角カメラ
カメラ位置 <sup>*1</sup>	-450mm	-	425mm
地面間高さ	2,544mm	2,665mm	2,535mm
俯角 <sup>*2</sup>	34.2°	19.3°	30.0°
水平角 <sup>*3</sup>	33.0°	0.0°	-28.0°

(\*1) 機体後方から見て、3DLiDAR を中心、右方向を正としたときの広角カメラと 3DLiDAR との距離

(\*2) 水平面と装置とのなす角

(\*3) 機体上方から見て、右回りを正としたときの機体後進方向と装置とのなす角

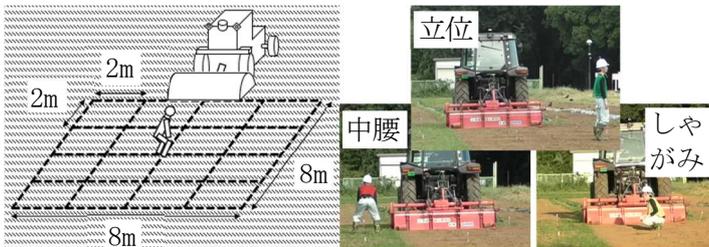


図 2 静止画群取得方法

表 4 CC、LCC での使用枚数、補正誤差

広角カメラ位置	機体後部左	機体後部右
CC使用枚数	245	190
再投影誤差[px]	0.169	0.145
LCC使用枚数	113	82
平行移動誤差[mm]	2.47	2.14
回転誤差[°]	1.91	1.93
再投影誤差[px]	1.31	1.37

表 3 人検出の再現率の検証結果

再現率 (%)	検証用静止画群									
	全	A	B	C	D	E	F	立位	中腰	しゃがみ
3姿勢検出器 <sup>*1</sup>	98.9 ~99.5	97.1 ~100.0	98.6 ~99.4	97.4 ~99.4	98.0 ~99.7	99.4 ~100.0	99.4 ~100.0	98.1 ~100.0	100.0	97.1 ~98.7
COCO検出器	62.5	63.2	59.5	42.5	53.4	87.4	69.0	79.6	68.8	39.1

(\*1) 6個の3姿勢検出器のうち、再現率が最小となる値と最大となる値を最小~最大で表す。

表 5 距離精度の検証結果

距離精度 (%)	検証用静止画群と 3次元点群									
	全	A	B	C	D	E	F	立位	中腰	しゃがみ
3姿勢検出器 <sup>*1</sup>	95.2 ~96.3	94.3 ~96.3	95.2 ~96.8	95.7 ~96.1	94.5 ~95.9	96.1 ~96.7	94.7 ~96.5	96.0 ~96.5	96.1 ~96.4	93.9 ~96.1

(\*1) 6個の3姿勢検出器のうち、距離精度が最小となる値と最大となる値を最小~最大で表す。

課題分類：11（9）

課題 ID：20903-2-04

研究課題：トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための人検知技術の開発  
—ポテトハーベスタ危険源への手の侵入検出

担当部署：農機研・システム安全工学研究領域・協調安全システムグループ

協力分担：なし

予算区分：理事裁量経費、基礎・基盤

研究期間：完 2022 年度（2021～2022 年度）（令和 4 年度（令和 3～4 年度））

## 1. 目的

巻き込まれ事故の多い搬送部を有するトラクタ作業機での作業を対象に、危険源への手の侵入を検出する手法を開発し、事故リスク低減に人検知技術が寄与できるかを明らかにする。

## 2. 方法

- 1) ポテトハーベスタの危険源及び具体的な認識ターゲットを特定するため、事故調査データの分析と聞き取り調査を行った。2003～20 年の北海道農作業安全運動推進本部の事故調査データ（ポテトハーベスタ（ディガ含む）：784 件）を使用、事故報告記述からキーワード抽出して集計し、危険源と事故につながる行動を特定した。また、帯広地区での収穫作業で聞き取り調査し、危険源を特定した。
- 2) 1) で特定した危険源に対して、手が「侵入」「侵入していない」の 2 つの状態を判定する手法を開発した。そのために単一の 2D 深度カメラ（Intel RealSense D455）を用いた。
- 3) 2) で提案された手法を評価するため、ポテトハーベスタ（直装型 1 畝インライン、適合トラクタ 44.1kW 以上）を停止し定置試験を行った。精度に影響すると考えられる腕の左右・座席の左右・手の侵入の度合いを組み合わせた 16 パターンで、手の侵入を模擬した。同様に手を侵入しない動作も 16 パターン模擬した。作業側部（f-1）、作業側上部（f-2）、横送りコンベア出口（f-3）の 3 箇所深度カメラを設置し（図 3）、識別精度を混同行列により比較した。
- 4) 2) で提案した手法を収穫作業データに適用して精度を検証し、改良のための課題を抽出した。

## 3. 結果の概要

- 1) 事故調査データによると、巻き込まれ事故の約 6 割はローラー・コンベア部で起きていた。また、ローラー・コンベア部での巻き込まれ事故時には、被災者の約 4 割が機体に絡まるなどした夾雑物の除去を行っていた（図 1）。聞き取り調査によると、作業者は横送りコンベア（図 2-ア）、石コンベアの脇や終端（図 2-イ）、ローラーとコンベアの隙間（図 2-ウ）で危険を感じていた。横送りコンベアは、土砂や茎葉が詰まりやすく夾雑物除去が行われる場所であり、通常手が存在する選別部よりも侵入検知が容易であるため、最初に対策すべき危険源と考えられた。
- 2) 開発した手法では、危険源への手の侵入検出を「監視領域指定」、「手とそれ以外の分離」、「危険源への侵入検出」の 3 つのフェーズに分けた。まず、監視領域は左右の席の作業者に適した 2 箇所を指定した。次に、選別者の手がジャガイモや機体よりも上方に存在することを利用して、上方にあるピクセルが、カメラ視野内の 5% を占めるように深度画像を 2 値化した。最後に、監視領域内の上方ピクセルの割合を手の侵入スコアとし、50% を超えた時に手が存在すると判定するものとした。
- 3) 識別精度はカメラ設置位置（図 3）で異なり、横送りコンベアで最も高かった（表 1）。横送りコンベアのカメラは、手以外の身体部位が映りにくいため深度により手を分離することが容易だった。
- 4) 実作業データにおける精度検証（表 2）では、侵入検知に失敗する場合は 3 パターン存在した。①直径 15cm を超える大きな土塊が手と誤分類された。②直射日光が当たっている場合に深度が計測できない場合が存在し誤判別につながった。大型のポテトハーベスタでは日よけ屋根があることから対応可能と考えられた。③サイドコンベアの端ではなく中央に手を入れるなど監視領域の設定が不足であった。監視領域を追加することで対応可能と考えられた。

以上、トラクタ作業機を対象に手の侵入検知手法を開発し、リスク低減のための有効性を検証した。

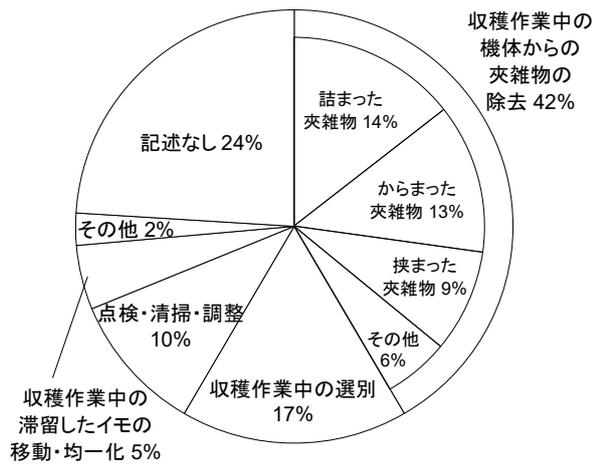
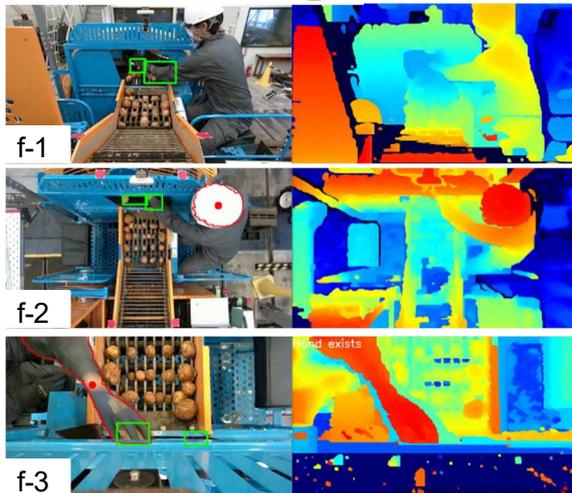
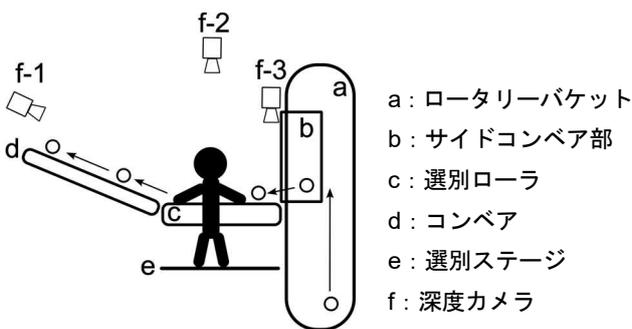


図1 ポテトハーベスタ等におけるローラーコンベア部での巻き込まれ事故時の行動 (n=125、北海道事故調査データ)



図2 ポテトハーベスタにおける危険源 (北海道帯広地区での聞き取り調査)



(緑枠線：監視領域、赤囲み線：推定された手、赤点：推定された重心)

図3 深度カメラの設置箇所と、ポテトハーベスタ危険源への侵入模擬試験の様子

表1 定置試験における、カメラ設置位置による手の存在の識別精度 (単位：回)

側部 (f-1)		実際の条件	
		手が存在	手なし
分類結果	手が存在	0	0
	手なし	16	16

上部 (f-2)		実際の条件	
		手が存在	手なし
分類結果	手が存在	0	0
	手なし	16	16

横送りコンベア入り口 (f-3)		実際の条件	
		手が存在	手なし
分類結果	手が存在	16	0
	手なし	0	16

照度：220lx

表2 収穫試験における、手の存在の識別精度 (単位：回)

横送りコンベア入り口 (f-3)		実際の条件	
		手が存在	手なし
分類結果	手が存在	4	18
	手なし	5	—

照度：8930~15100lx

約1分間の収穫試験データ (2022/11/18 農機研附属農場)

課題分類：11（9）

課題 ID：20903-2-04

研究課題：トラクタ作業機への巻き込まれ事故リスク低減のための人検知技術の開発

担当部署：農機研・システム安全工学研究領域・協調安全システムグループ

協力分担：なし

予算区分：理事裁量経費、基礎・基盤

研究期間：完 2021～2022 年度（令和 3～4 年度）

## 1. 目的

巻き込まれ事故の多いロータリまたは搬送部を有する作業機を装着した乗用型トラクタ（以下、トラクタ）において、人の接近及び危険源への手の侵入を検出する手法を開発する。

## 2. 方法

- 1) ロータリ装着のトラクタ（62.5kW）の後部に接近する人を検出するためのシステムを構築した。学習用静止画群での服の色及び姿勢の違いが検出器に及ぼす影響を検証・比較するため、表 1 の条件で転移学習を行った 6 個の検出器（各服の色の立位、中腰、しゃがみ姿勢の静止画群を転移学習、以下、3 姿勢検出器）と COCO 検出器（Common Objects in Context データセットを用いて深層学習が行われた物体検出器 YOLOv3、Darknet53）に関して、表 1 の条件で取得した各検証用静止画群により検出精度を求めた。システムが取得した距離を検証するため、6 個の 3 姿勢検出器及び表 1 の条件で取得した各検証用静止画群と 3 次元点群から被験者と 3DLiDAR との水平距離を取得し、距離精度を（1－二乗平均平方根誤差率）で算出した。（2021～2022 年度）
- 2) 搬送部を有する作業機としてポテトハーベスタを選定した。ポテトハーベスタにおける巻き込まれ事故に関する危険源、選別作業者の危険行動を特定するため、2003 年から 2020 年までの北海道農作業安全運動推進本部の事故調査データ（n=784）の分析と北海道帯広地区での聞き取り調査（2 件）を行った。また、機械側でのリスク低減策の一つとして、深度カメラ（Intel RealSense D455）を用いた手の侵入検出アルゴリズムを試作し、ポテトハーベスタ（適合トラクタ 44.1kW 以上）を対象に検出精度を模擬作業（定置試験）と実作業（現地試験）で検証した。（2021～2022 年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 後部に存在する人との距離を検出するために、2 台の広角カメラ（サンワサプライ、400-CAM084）と 3DLiDAR（Robosense、RS-Helios-5515）をトラクタ屋根後部に搭載した。人の検出はカメラに映る画像と検出器により行い、距離の算出は 3DLiDAR で取得した 3 次元点群を基に行った。各検出器の検出精度は、6 個の 3 姿勢検出器は 97.1～100.0%、COCO 検出器は 39.1～87.4%となった（表 2）。3 姿勢検出器はどの検出器も再現率が高く安定していることから、学習用静止画群内の服の色による検出器の精度に差がないこと、立位、中腰、しゃがみ姿勢を転移学習することにより検出精度が安定して高くなることが示唆された。また、距離精度は 93.9～96.8%と安定して高くなり、本条件では十分な精度での距離検出が可能であると考えられた（表 3）。
- 2) 事故調査データの分析の結果、巻き込まれ事故の約 6 割がローラー及びコンベア部で起きており、それらの部位にて絡まった、詰まったまたは挟まった夾雑物を除去する動作に付随して発生する場合は約 4 割であることが分かった。また、聞き取り調査より横送りコンベア、コンベアの端、ローラーとコンベアの間隙が危険源として抽出された（図 1）。横送りコンベアは、土砂や茎葉が詰まりやすく夾雑物除去が行われること、通常手が存在する選別部よりも侵入検知が容易であることから、最初に対策すべき危険源と考えられた。模擬作業による検証では、イモより高所に存在する作業者の手は、前景として横送りコンベア入り口上部の深度カメラを用いて検出可能だった（図 2）。実作業による検証では検出精度は低下し（表 4）、直射日光による深度計測の失敗回避が課題として抽出された。以上、トラクタのロータリ周辺の人検出システムを構築し、人検出及び距離検出の検証を行った。また、ポテトハーベスタを対象とした手の侵入検知手法を開発し、リスク低減のための有効性を検証した。

表 1 学習用及び検証用静止画群と 3次元点群取得条件

学習用静止画群の条件	場所は農機研畑ほ場（平たん、作物なし）、被験者は1名（身長171cm）で、薄緑のボトムス、白ヘルメットを着用。上着は赤、青、緑、黄、黒、白の計6色とし、各上着を着た際の静止画群を取得。トラクタ後部の8m×8m区間の各格子点（24点）にて、作業者が4方向（トラクタ進行方向に対し、前後左右）に向いた時の静止画群を取得。各色で静止画群を作成（各348枚）。
転移学習方法	学習用静止画群の人に対し、長方形座標を付記後にランダム変換（色相：0~10%、彩度：0~20%、明度：0~20%、拡大：0~10%、左右反転又は無反転）。COCO検出器を用いて転移学習を実施。学習回数は延べ34,800回（348枚に対し、100回繰返し）。ソフトウェアはMATLAB(MathWorks)を使用。
検証用静止画群の条件	場所は学習用静止画群取得時とは別の農機研畑ほ場（平たん、作物なし）、被験者は6名（身長166~182cm）。 被験者A：服（上下：黒）、黒帽子着用 被験者B：服（上下：青）、帽子非着用 被験者C：服（上下：灰）、麦わら帽子着用 被験者D：服（上下：赤）、橙帽子着用 被験者E：服（上：青、下：薄緑）、橙ヘルメット着用 被験者F：服（上下：薄緑）、帽子非着用 各被験者の静止画群を取得し、以下の方法で検証用静止画群を作成。同時に3次元点群も取得。 ①全静止画で静止画群を作成（2,088枚）。②各被験者で静止画群を作成（各348枚）。 ③各姿勢で静止画群を作成（各696枚）。
検出評価方法	検証用静止画群の人に対し、長方形座標を付記。再現率（検出器が人を検出できた静止画の枚数/全ての人の静止画の枚数）により評価。ソフトウェアはMATLAB(MathWorks)を使用。

表 2 人検出の再現率

再現率 (%)	検証用静止画群							立位	中腰	しゃがみ
	全	A	B	C	D	E	F			
3姿勢検出器*1	98.9 ~99.5	97.1 ~100.0	98.6 ~99.4	97.4 ~99.4	98.0 ~99.7	99.4 ~100.0	99.4 ~100.0	98.1 ~100.0	100.0	97.1 ~98.7
COCO検出器	62.5	63.2	59.5	42.5	53.4	87.4	69.0	79.6	68.8	39.1

(\*1) 6個の3姿勢検出器のうち、再現率が最小となる値と最大となる値を最小~最大で表す。

表 3 距離精度

距離精度 (%)	検証用静止画群と 3次元点群							立位	中腰	しゃがみ
	全	A	B	C	D	E	F			
3姿勢検出器*1	95.2 ~96.3	94.3 ~96.3	95.2 ~96.8	95.7 ~96.1	94.5 ~95.9	96.1 ~96.7	94.7 ~96.5	96.0 ~96.5	96.1 ~96.4	93.9 ~96.1

(\*1) 6個の3姿勢検出器のうち、距離精度が最小となる値と最大となる値を最小~最大で表す。



図 1 ポテトハーベスタにおける危険源  
(ア) 横送りコンベア、(イ) 石コンベアの脇や終端、(ウ) ローラーとコンベアの隙間（北海道での聞き取り調査）

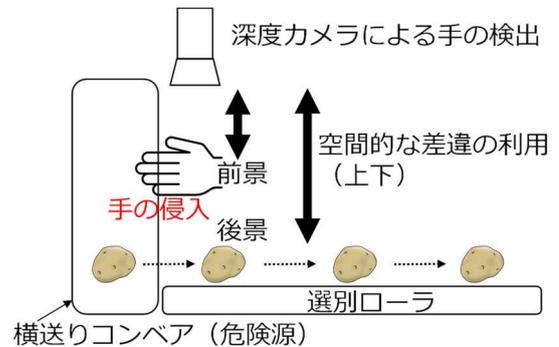


図 2 手の侵入検知の方法

表 4 実作業での手の侵入識別精度（単位：回）

横送りコンベア入りロカメラ (照度：8,930~15,100lx、 約1分間の収穫試験データ)		実際の条件	
		手が存在	手なし
分類結果	手が存在	4	18
	手なし	5	通常 選別作業

4. 成果の活用面と留意点

農作業環境での人検出技術の開発・普及促進、ポテトハーベスタの選別作業者の安全性向上に資する。特許出願1件。研究報告会（2023.3）にて報告。

5. 残された問題とその対応

人検出手法に関しては、他に想定される場面での検討や人検出から安全装置が作動するまでの時間の検討が必要である。手の侵入検知に関しては、実作業での検知精度の向上を行う必要がある。



## Ⅱ 安全性検査等業務

# 1. 安全性検査

1) 農業機械安全性検査実施規程に基づく令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）の安全性検査実施状況は、表1-1のとおり申込数6機種59型式、合格数6機種39型式であった。

表1-1 安全性検査実施一覧

機種名	申込型式	合格型式
農用トラクター（乗用型）	26	9
農用トラクター（歩行型）	6	6
田植機	6	5
スピードスプレヤー	4	2
コンバイン（自脱型）	4	4
乾燥機（穀物用循環型）	13	13
合 計	59	39

（令和4年3月～令和5年2月分）

※申込型式のうち、公表予定のもの3機種20型式を含む。

2) 令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）の安全性検査申込受付期日、検査期間、検査場所、成績通知期日、依頼者数及び型式数は、表1-2のとおりであった。

表1-2 申込受付期間等の一覧

申込受付期日	検査期間	検査場所	成績通知期日	依頼者数 型式数
4. 5. 18	4. 5. 31～4. 6. 30	株式会社クボタ 堺製造所	4. 7. 15	1社 5型式
4. 5. 16 4. 6. 3 4. 6. 17 4. 6. 23	4. 5. 26～4. 7. 25 4. 6. 13～4. 7. 25 4. 7. 12～4. 7. 25 4. 7. 7 ～4. 7. 25	ヤンマーアグリ株式会社 岡山藤崎試作センター 農業機械研究部門 静岡製機株式会社 浅羽工場	4. 8. 19	4社 15型式
4. 7. 1 4. 7. 11 4. 7. 26	4. 7. 11～4. 8. 30 4. 7. 26～4. 8. 30 4. 8. 9～4. 8. 30	農業機械研究部門 三菱マヒンドラ農機株式会社 技術センター	4. 9. 16	3社 6型式
4. 10. 11 4. 10. 24	4. 11. 7～4. 12. 27 4. 11. 7～4. 12. 27	農業機械研究部門	5. 1. 20	2社 9型式
4. 11. 14 4. 12. 22	4. 11. 29～5. 1. 30 5. 1. 17～5. 1. 30	ヤンマーアグリ株式会社 岡山藤崎試作センター 農業機械研究部門	5. 2. 17	2社 4型式

（令和4年3月～令和5年2月分）

3) 令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）の安全性検査合格機の型式名、依頼者名、合格番号は、表1-3のとおりであった。

表1-3 合格機一覧

型式名	依頼者の名称	合格番号
クボタ TRS300	株式会社 クボタ	NARO 22/001
クボタ TA801N-SC	〃	NARO 22/002
クボタ TA801N	〃	NARO 22/003
クボタ TA701N-SC	〃	NARO 22/004
クボタ TA701N	〃	NARO 22/005
クボタ MR700H	株式会社 クボタ	NARO 22/006
クボタ MR650H	〃	NARO 22/007
クボタ MR600H	〃	NARO 22/008
クボタ MR700H-PC	〃	NARO 22/009
クボタ MR650H-PC	〃	NARO 22/010
3S-FSC1062A	株式会社ショーシン	NARO 22/011
ヤンマー C0012	ヤンマーアグリ株式会社	NARO 22/012
シズオカ TCZ-EX100	静岡製機株式会社	NARO 22/013
シズオカ TCZ-EX90	〃	NARO 22/014
シズオカ TCZ-EX80	〃	NARO 22/015
シズオカ TCZ-EX70	〃	NARO 22/016
シズオカ TCZ-EX100F	〃	NARO 22/017
シズオカ TCZ-EX90F	〃	NARO 22/018
シズオカ TCZ-EX80F	〃	NARO 22/019
シズオカ TCZ-EX70F	〃	NARO 22/020
ヤンマー P0033	ヤンマーアグリ株式会社	NARO 22/021
ヤンマー P0034	〃	NARO 22/022
SSA-E1002アルファ	株式会社丸山製作所	NARO 22/023
三菱 C2103	三菱マヒンドラ農機株式会社	NARO 22/024
三菱 C2102	〃	NARO 22/025
三菱 C2101	〃	NARO 22/026
クボタ MR1000AH-OP	株式会社 クボタ	NARO 22/027
クボタ MR1000AH-PC-OP	〃	NARO 22/028
クボタ MR1000AH-A	〃	NARO 22/029
クボタ MR1000AH-PC-A	〃	NARO 22/030
大島RX45	大島農機株式会社	NARO 22/031
大島RX55	〃	NARO 22/032
大島RX65	〃	NARO 22/033
大島RX75	〃	NARO 22/034
大島RX85	〃	NARO 22/035
ホンダ FF300S	本田技研工業株式会社	NARO 22/036
ヤンマー P0025	ヤンマーアグリ株式会社	NARO 22/037
ヤンマー P0026	〃	NARO 22/038
ヤンマー P0035	〃	NARO 22/039

(令和4年3月～令和5年2月分)

#### 4) 概評

合格機は、合計8社48型式であった。その内訳は、安全キャブ・フレーム検査が1社2型式、安全装備検査が8社39型式、ロボット・自動化農機検査が2社7型式であった。

## 2. 一般性能試験

農業機械一般性能試験実施規程に基づく令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）の一般性能試験実施状況は、表2のとおり合計7型式であった。

表2 一般性能試験実施一覧

機 種	型式数
動力摘採機（乗用型）	2
アスパラ調製機	1
スピードプレーヤー用 R O P S	4
合 計	7

（令和4年3月～令和5年2月分）

## 3. OECDテスト

OECDテスト実施規程に基づく令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）のOECDテスト実施状況は、表3のとおり合計1型式であった。

表3 OECDテスト実施一覧

機 種	型式数
農用トラクター（乗用型）用 安全キャブ・フレーム	1
合 計	1

（令和4年3月～令和5年2月分）

## 4. 農耕作業用自動車等機能確認

農耕車等機能確認実施規程に基づく令和4年度（令和4年3月～令和5年2月）の機能確認実施状況は、表4のとおり農耕トラクタ4社11型式（14類別）、農業用薬剤散布車1社1型式（1類別）、および刈取脱穀作業車1社4型式（4類別）であり、合計5社16型式（19類別）であった。

表4 機能確認実施一覧

機 種	依頼者名	報告年月日	型式数
農耕トラクタ	井関農機株式会社	4. 7. 7	6 (7)
	エム・エス・ケー農業機械株式会社	—	1 (3)
	株式会社クボタ	4. 8. 9	1 (1)
		5. 1. 24	1 (1)
	三菱マヒンドラ農機株式会社	4. 6. 6	2 (2)
農業用薬剤散布車	株式会社丸山製作所	4. 7. 7	1 (1)
刈取脱穀作業車	三菱マヒンドラ農機株式会社	4. 9. 6	3 (3)
		4. 12. 1	1 (1)
合 計			16 (19)

（令和4年3月～令和5年2月分）

※申込型式のうち、報告予定のもの1機種1型式（3類別）を含む。

### Ⅲ 試作工場、附属農場の運営

# 1. 試作工場

## [1] 月別作業件数

過去7年間の年度ごとの月別作業件数を表1に示した。

表1 月別作業件数（件）

年度 月	H28	H29	H30	R1	R2	R3	R4
4	19	20	15	12	10	13	12
5	16	17	18	20	10	7	28
6	16	23	18	21	22	19	13
7	17	13	16	14	25	8	5
8	16	22	17	19	9	14	12
9	20	20	10	19	15	8	18
10	16	22	30	17	20	12	16
11	20	15	16	15	11	10	8
12	6	11	22	11	7	10	12
1	8	8	8	6	11	16	9
2	10	10	18	14	17	8	9
3	18	18	15	19	21	9	-
計	182	199	203	187	178	134	142

## [2] 試作依頼内訳

研究推進部	研究推進室	2件
	広報チーム	10件
機械化連携推進部		13件
安全検査部	安全評価グループ	13件
知能化農機研究領域		10件
無人化農作業研究領域	小型電動ロボット技術チーム	17件
	革新的作業機構開発グループ	45件
システム安全工学研究領域	予防安全システムグループ	20件
	協調安全システムグループ	30件
さいたま管理部		1件
附属農場		1件

### [3] 資材使用量

令和4年に使用した資材の使用量を図1に示した。

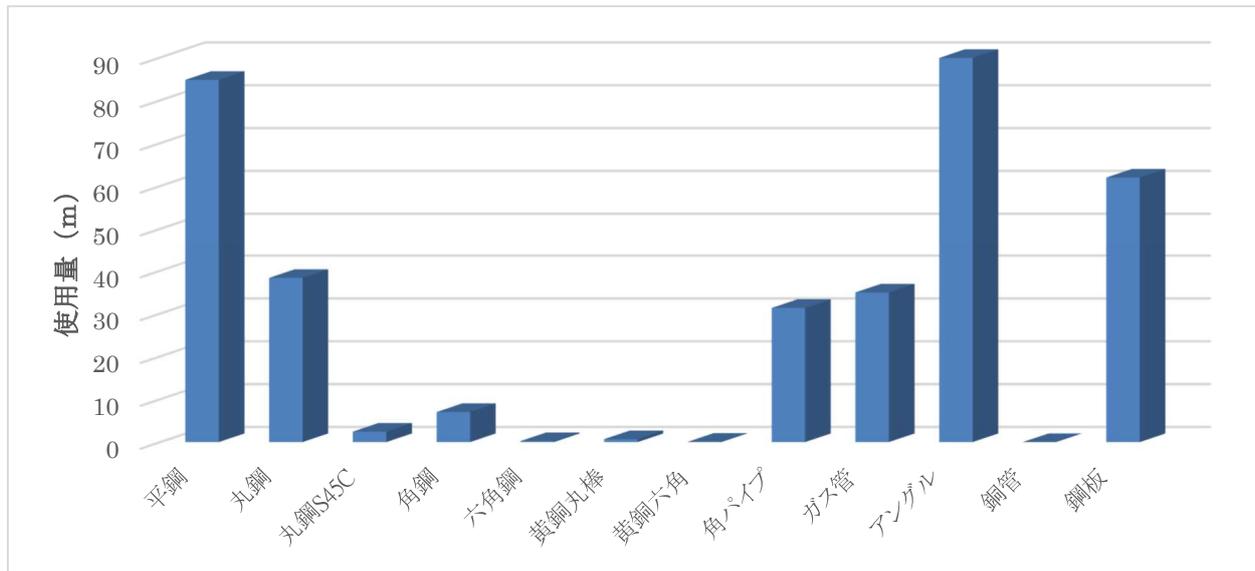


図1 資材使用量(m) \* 鋼板は枚

### [4] 主な試作品

令和4年度の主な試作品。

図2：スリットに穂を通し、一定の速度と方向で引くことで脱粒させる脱穀装置。

図3：マフラーから直接吸引するための排煙装置カバー。アングル枠に鋼板 (t1) を溶接。

図4：歩行用トラクタの挟まれ事故を想定した試験装置。三分力計を2台設置することで、挟まれ時に発生する3軸方向の力を測定。

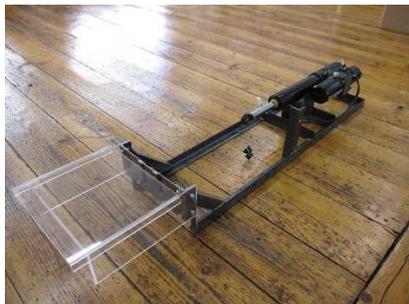


図2 引き抜き方式脱穀装置



図3 排煙装置カバー



図4 歩行用トラクタ挟まれ試験壁

### [5] その他

\*さいたま市中学生職場体験事業 (未来くるワーク) 対応 (大宮西中9月8日)。

\*ガス溶接技能講習1名受講 (9月28~30日)。

\*チェーンソー特別教育講習1名受講 (10月18~20日)。

\*JIMTOF2022 第31回日本国際工作機械見本市4名参加 (11月12日)。

\*能力開発セミナー〈旋盤加工〉〈フライス盤加工〉各1名参加 (7月、11月、1月、3月)。

## 2. 附属農場

### [1] 土地利用

水田	1281a
畑	88a
宅地・道水路敷・その他	226a

### [2] 作物別の作付面積・収穫面積

土地区分	作物・品種		作付面積 (a)	収穫面積 (a)	備考	
水 田	水 稲	彩のかがやき	630	630		
		彩のきずな	125	125		
		コシヒカリ	111	111		
		朝の光	113	113		
		大地の風	148	148		
		麦 類	小麦	58		58
	(裸 地)	—	(146)	—		
	畑	麦 類	大麦	10		—
		豆 類	大豆	30		30
		葉菜類	タカナ	5		5
エゴマ			33	33		
キャベツ			10	10		
いも類		ジャガイモ	2.5	2.5		
その他		カボチャ	1.5	1.5		
		タカキビ	30	30		

### [3] 気象概況

令和4年度の夏作期間（5月～10月）の気温は、ほぼ平年並か平年より高かった。月間日照時間はほぼ全ての月で平年並か平年より少なかったが、特に8月下旬の日照は少なく、月合計でも平年よりも少なかった。降水量は、7月が平年の2倍、9月も1.4倍ほどあったが、その他の月では、8月が平年の1/3、10月も1/2など、平年と比べて月毎に極端に変化が大きかった。8月下旬～9月は、低気圧や前線、台風、気圧の谷などの影響で曇りや雨の日が多くなった。6月6日頃に梅雨入りし、7月23日ごろに梅雨明けしたとみられている。

### [4] 作物の生育概況

#### 1) 水稻

今年の水稲作は、田植え作業が5月16日から6月29日まで行われ、昨年同様のスケジュールで、一昨年のように7月中旬まで遅延することはなかった。全体的に高温障害があり、また8月の虫害による着色や刈り遅れにより、1等米は1品種、残りは2等米と3等米が2品種ずつであった。ただし、収穫量から換算し、1等米は全体の63%である。埼玉県内では、茎数は移植直後の異常高温と多照の影響により平年を大きく上回り、有効穂数は平年比110%と過繁茂傾向であったとともに、

高温による肥料切れで1穂粒数は平年比81%であった。このため、㎡あたり粒数は平年比89%、精玄米重は平年比88%であったが、当場の粒重は平年比94.2%程度であった。今年も複数の台風が日本に上陸したが、当场では若干の冠水があったものの大きな被害には至らなかった。主として、水田用のロボット試験、除草試験、ドローンによる生育調査、高速乾燥試験、農作業事故体験VR撮影（田植機）等に供した。

## 2) 畑作物

麦類は、小麦を水田に、大麦を畑に播種しどちらも順調に生育した。令和4年産麦も同様に11月中旬に水田に小麦を、畑に大麦を播種し、小麦は6月上旬に収穫。大麦は順調に生育している。野菜類では、カボチャとキャベツの播種およびジャガイモの定植を4月に、エゴマの定植とタカキビの播種を5月に、大豆播種を6月に行い、タカナを9月に定植した。キャベツは除草ロボット試験に、カボチャとジャガイモはヒト機械協調安全試験に、タカナはタカナ収穫機に、タカキビ・エゴマは雑穀対応コンバインに、キャベツは畑用小型除草ロボット試験に、それぞれ供した。

## [5] その他

- ・12月15日に開催された『SIP第2期「知能化農機」実演会+シンポジウム』で実演会場として使用されたほか、事前の機材・ほ場準備、当日の支援も行った。
- ・2023年1月に第2収納舎前浸透升の雨水排水能力改善のため改修工事を行った。



### 本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製（コピー）することを禁じます。  
転載・複製に当たっては、下記までお問い合わせください。

問い合わせ先：

農機研 研究推進部 研究推進室 広報チーム

TEL： 048-654-7030

FAX： 048-654-7130

または

iam-koho@ml.affrc.go.jp

### 令和4年度 事業報告

---

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業機械研究部門

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2  
Tel. 048-654-7000 (代)

---

発行 令和5年4月

