

令和 6 年度 農業機械研究部門研究報告会

令和 7 年 3 月 6 日

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

令和 6 年度 農業機械研究部門研究報告会
開催要領

1. 日 時 令和 7 年 3 月 6 日 (木) 10:40～17:15 (受付開始 9:40)
2. 場 所 農業機械研究部門 研究交流センター 2 階「はなの木ホール」
(さいたま市北区日進町 1-40-2)
3. 開催方法 対面及びオンライン (Microsoft Teams)
4. 次 第
 - 1) 開 会 10:40
 - 2) 挨拶・情勢報告
 - (1) 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 所長 長崎裕司 10:40
 - (2) 農林水産省大臣官房政策課技術政策室 課長補佐 本間佳祐 10:50
 - (3) 農林水産省農産局技術普及課 課長補佐 宮本英尚 11:20
 - 《 昼 食 》 11:50～13:00
 - 3) 研究概要紹介 13:00～14:15
 - (1) 機械化連携推進部
 - (2) 安全検査部
 - (3) 知能化農機研究領域
 - (4) 無人化農作業研究領域
 - (5) システム安全工学研究領域
 - 4) トピックス 14:15～15:15
 - (1) 令和 7 年度開始の新たな安全性検査制度 安全検査部 志藤博克
 - (2) 両正条田植機と直交機械除草技術の開発動向 無人化農作業研究領域 重松健太
 - 《 休 憩 》 15:15～15:35
 - 5) 個別研究報告 15:35～17:15
 - (1) 籾殻燃焼装置を核とした CO₂ ゼロエミッション化への取組
無人化農作業研究領域 土師 健
 - (2) ドローンを活用するイチゴの生育観測手法
無人化農作業研究領域 坪田将吾
 - (3) ロボット農機の安全性に関する研究・検査・国際標準化活動の紹介
安全検査部 紺屋秀之、松本将大
 - (4) アシストスーツに関する世界動向と評価・設計手法の開発
システム安全工学研究領域 田中正浩
 - 6) 閉 会 17:15

目 次

トピックス

- 1. 令和7年度開始の新たな安全性検査制度 1
- 2. 両正条田植機と直交機械除草技術の開発動向 11

個別研究報告

- 1. 籾殻燃焼装置を核としたCO₂ゼロエミッション化への取組 23
- 2. ドローンを活用するイチゴの生育観測手法 43
- 3. ロボット農機の安全性に関する研究・検査・国際標準化活動の紹介 53
- 4. アシストスーツに関する世界動向と評価・設計手法の開発 69

令和7年度開始の新たな安全性検査制度

安全検査部 志藤博克

はじめに

安全性検査の前身となる安全鑑定が1976年に始まって以来、主な農業機械の安全性は着実に向上してきたが、農作業死亡事故に占める農業機械による事故の割合は64%と依然として高止まりの状態にある¹⁾。農作業事故は、機械に関わる要因だけでなく、事故現場の環境に関わる要因、人に関わる要因、安全な作業を行うためのルールの有無・適否といった安全管理上の要因が重なって生じることから、農業機械の安全性だけを高めても、その他の要因が改善されなければ事故を減らすことは困難である。そこで、農林水産省では2021年から農業者、学識経験者、農業機械メーカー、業界団体、農研機構から構成する「農作業安全検討会」を立ち上げ、様々な切り口から農作業事故低減に向けた検討が行われてきた。この中で、安全性検査制度の見直しについても議論されてきた。ここでは、来年度から新たに開始される安全性検査の概要について紹介する。

1. 対象機種と検査基準の主な強化点

1) 対象機種

来年度から検査対象となるのは以下の5機種である。

- 農用トラクター（乗用型）
- 農用トラクター（歩行型）
- コンバイン（自脱型）
- 田植機
- 乾燥機（穀物用循環型）

上記のうち、農用トラクター（歩行型）については、車軸耕うん型は除かれる。田植機については乗用型に限定する。また、乾燥機については、作業主任者の設置が必要なものは除かれる。

これまで安全装備検査の基準は全機種共通であったため、機種によって適用すべき基準がわかりづらい部分があった。新たな制度では機種ごとに基準を設けたため、こういった問題が解決され、依頼者にとってもわかりやすくなった。

2) 各機種の主な基準の強化点

農用トラクター（乗用型）では、シートベルトリマインダーとPTOインターロックの装備を新たに求めている。前者は、トラクターが転倒した際に運転者がシートベルトを未装着であったがために、車外に投げ出され、トラクターの下敷きになる事故事例が多いことへの対応となる。PTOインターロックは、作業中にPTOを止めずに降車し、トラクター周辺で作業している際に作業機に巻き込まれる事故が多発していることを受けての処置である。PTOインターロックはPTOを止めずに席を離れた場合、7秒以内にPTOへの動力が遮断される装置である。飼料調製用機械

であるミキサーフィーダのように、降車した状態で作業機を駆動する必要が生じる場面もあることから、必要な場合に PTO インターロックを無効化するインテンション装置を装備することも併せて基準に盛り込んでいる。

農用トラクター（歩行型）では、ハンドルを回動できるタイプにおいて、ハンドルを正規の前進方向とは逆向きに回動したときに、機械の最高速度を基準値以下に自動でけん制する構造を求めている。これは、ハンドルを逆方向に回動すると、作業者にとっての後進方向にハンドルが正規の状態のときの前進方向の最高速度が出せる状態となり、思わず速い速度で後進してしまったために機械にひかれたり、背後の障害物との間に挟まれる事故を防ぐための措置である。

コンバイン（自脱型）については、作用部インターロックの装備を求めている。これは、作用部（コンバインについては、刈取部や搬送部等）を駆動した状態で降車し、詰まりなどを取り除く作業を行った際に手腕部を巻き込まれるといった事故を防ぐための装置であり、運転者の離席を検知すると 7 秒以内に作業部への動力を遮断する装置である。手こぎ作業を行う場合のために、作用部インターロックを無効化するインテンション装置の装備も併せて求めている。コンバイン（自脱型）のインテンション装置としては、2013 年に国内コンバインメーカー各社と農研機構で共同開発した「手こぎ部の緊急即時停止装置」が該当する。

田植機についても作用部インターロックの装備を求めている。田植機では、作用部（田植機では植付部など）を動かしまま清掃などを行っている際に、夾雑物を取り除こうとして手を挟まれる事故を防ぐための措置である。コンバイン（自脱型）と同様、運転者の離席を検知すると 7 秒以内に作用部への動力を遮断する。

いずれの検査基準も令和 6 年度までの 2019 年基準をベースにしており、上記以外の部分についても全体的に強化が図られている。

2. 安全性検査対象以外の機種への対応

安全性検査対象以外の機種については、一般性能試験をこれまで以上に活用し、安全レベルの向上を図ることとしている。一般性能試験は安全性検査と同様、農研機構法に定められた制度であり、農業機械の改良及び普及に資することを目的として、農業機械の性能、構造、取扱性、安全性及び耐久性等のうち任意の項目について依頼者の要望に応じて行う制度である。一般性能試験を利用することにより、依頼者には以下のようなメリットが生じる。

- 合否判定結果を公表しないので、依頼者は結果が外部に公表されることを気にせずに受験できる。
- 令和 6 年度までの安全性検査基準への適合性を確認された型式については、合格証票の貼付ができない代わりに、それを証明する成績書を依頼者に発行。成績書は公的証明として利用可能。
- 検査基準に適合していない部分に対して、具体的にどのような対策が必要であるか、アドバイスが受けられる。

このことについて周知を図り、農機メーカー各社に積極的な利用を働きかけてゆく。

3. 受検しやすさの向上

検査基準の強化を図る一方、受検に際しての手続きの簡略化などの依頼者の負担軽減についても以下のような見直しを行った。

1) 安全キャブ・フレーム検査における強度試験の省略条件を拡充

「EC 指令安全キャブ・フレームテストコード*に基づくテストを受けた農業機械」を追加

2) 手数料の減額

- 安全キャブ・フレーム検査の企業内実施を新設し、手数料を減額
- 構造変更の審査で、実機確認をした型式と同様の構造・装備を有する型式（シリーズ機、OEM 機）に対する手数料の無償化

3) 依頼者の負担軽減

- 市販化前生産機での受検を導入
- 検査基準の解説・Q&A を追加、判定事例を公表
- 実機確認型式と同等の構造・装備を有するシリーズ機等の受検時の提出書類を簡素化
- 年度末・年度当初の受検申し込みができない期間を 1 カ月半から 2 週間に短縮

4. 新たな安全性検査制度を巡る動き

農林水産省では、令和 7 年 4 月以降に新たに発売された型式を補助事業等により導入する場合、安全性検査合格機から選択することを要件化した。また、JA 共済連では、これまでも自動車共済において安全席検査合格機に対して共済掛金を 9 % 割り引く制度を運用してきたが、来年度からはこれに加えて、一般性能試験で R 6 年度までの安全装備検査基準への適合性が確認されたものも新たに対象となった。

ここでの説明は割愛するが、新たな安全性検査制度では検査結果や基準等の改善に向けた検討を依頼者と農研機構で行うテーブルも設けられている。単に基準に適合しているかいないかだけに終始するのではなく、実際に農作業事故を減らすために効果が期待できる方策について、農機業界、行政とともに考え、生み出していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 令和 4 年に発生した農作業死亡事故の概要：農林水産省、2024 年、
<https://www.maff.go.jp/j/press/nousan/sizai/240222.html>

令和7年度開始の 新たな安全性検査制度

農業機械研究部門 安全検査部長 志藤 博克

安全性検査制度の見直し



背 景

農業機械による死亡事故が減らない現状



農業機械のさらなる安全性向上を図る必要性



農水省:「農作業安全検討会」での議論

農研機構:事故調査・分析に基づく検討



- 対象機種種の再検討
- 主要機種への検査基準の強化
- 受検しやすさの向上



令和7年度から新たな制度として再スタート

令和7年度からの安全性検査の対象機種

- 農用トラクター(乗用型)
- 農用トラクター(歩行型)
- コンバイン(自脱型)
- 田植機
- 乾燥機(穀物用循環型)

機種ごとに検査基準を設定

※上記以外の機種への対応については後述

2

農用トラクター(乗用型)への対策強化①

1) 転落転倒事故への対策

転落転倒事故で、安全キャブ・フレームが装着されていると死亡割合が1/8に減少

未装着の場合の死亡割合: 25%

装着されていた場合の割合: 3%

シートベルトの未装着が原因と推定



- シートベルトリマインダを装備化

エンジン始動後、シートベルトが未装着の場合に警報が鳴る装置

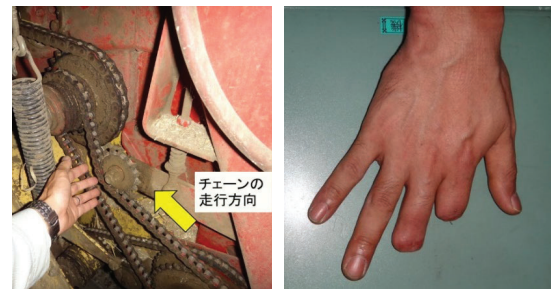
令和7年度から適用



3

2) 作業機への巻き込まれ事故への対策強化

運転者がPTOを止めずに離席して、
作業機に巻き込まれる事故が多発



- インターロック装置の装備

運転席から離れると7秒後にPTOを自動で停止する装置

- インテンション装置の装備

停車状態で作業するため、作業の間だけインターロック装置を
無効化するスイッチ

令和7年度から適用

4

歩行用トラクターへの対策強化

ハウス内の播種床を耕うんしようと、**ハンドルを反対側に回動した状態で後進**した際に、
高速で後進して作業者が背後の障害物との間に挟まれる事故が多発



- ハンドルを回動させた時に、機械の最高速度を基準値以下に自動でけん制する構造を装備



令和9年度から適用

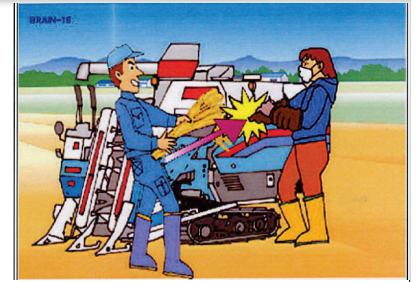
5

自脱コンバインへの対策強化

手こぎ作業中に、脱穀部に手が巻き込まれる事故が多発



- 自脱コンバインへのインターロック装置の装備
運転席から離れると7秒後に刈取り・搬送部を自動停止する装置
- 自脱コンバインへのインテンション装置の装備
手こぎ作業の間だけインターロック装置を無効化する機能



稈押さえレバーと開始ボタンを両方操作しないと手こぎできないインテンション装置



令和9年度から適用

田植機への対策強化

作業者が機械を止めずに植付部を水洗いした際、植付爪に巻き込まれる事故が多発



- 田植機へのインターロック装置の装備
運転席から離れると7秒後に植付部を自動で停止する装置



令和9年度から適用

一般性能試験*の一層の活用

*一般性能試験：農業機械の改良及び普及に資することを目的として、農業機械の性能、構造、取扱性、**安全性**及び耐久性等のうち任意の項目について依頼者の要望に応じて行う制度。

一般性能試験の利用上のメリット

- 合否判定結果を公表しないので、**依頼者は結果が外部に公表されることを気にせずに受験できる。**
- 令和6年度までの安全性検査基準への適合性を確認された型式については、合格証票の貼付ができない代わりに、それを証明する成績書を依頼者に発行。**成績書は公的証明として利用可能※。**
※本証明により、JA共済連の共済掛金割引制度(割引率9%)の適用を引き続き受けることができる。
- 検査基準に適合していない部分に対して、**具体的にどのような対策が必要であるか、アドバイスが受けられる。**

8

受検しやすさの向上

- 1) 安全キャブ・フレーム検査における強度試験の省略条件を拡充
・「EC指令安全キャブ・フレームテストコード*に基づくテストを受けた農業機械」を追加

* 農用トラクターOECD標準テストコードに準拠した欧州標準テストコード

2) 手数料を減額

- ・安全キャブ・フレーム検査の企業内実施を新設し、手数料を減額
- ・既合格機の構造変更の審査で、実機の確認を要しない型式への手数料の無償化(シリーズ機に対する構造変更届の一本化)

9

- 市販化前生産機での受検も可能に
➡改善指示内容の市販機への反映が容易に
- 検査基準の解説・Q&Aを追加、判定事例を公表
➡検査基準の分かりやすさを向上し、判断が難しい箇所への適切な対応が可能に
- 実機確認型式と同等の構造・装備を有するシリーズ機等の受検時の提出書類を簡素化
➡検査に付随する経費や事務処理にかかる労力を軽減
- 年度末・年度当初の受検申し込みができない期間を1カ月半から2週間に短縮
➡受検者の利用期間が拡大

等

10

新たな安全性検査を巡る動き

農林水産省

クロスコンプライアンスの導入

- 令和7年4月以降に新たに発売された型式を補助事業等により導入する場合、安全性検査合格機から選択すること

JA共済連

自動車共済の「農業用安全自動車割引」の扱い

- 安全性検査合格機が対象（従前どおり）
- それ以外の機種については、**一般性能試験**でR6年度までの安全装備検査基準への**適合性が確認**されたものが対象

11

開催日時

令和7年3月27日 13:30～

場 所

農研機構 農業機械研究部門 はなの木ホール

主な議事内容

新たな検査制度の詳細、等

両正条田植機と直交機械除草技術の開発動向

無人化農作業研究領域 重松健太、山田祐一、吉田隆延、津田直人、千葉大基

はじめに

農林水産省が策定したみどりの食料システム戦略では 2050 年までに有機農業の取組面積を 100 万 ha に拡大する目標が掲げられている。現状の有機農業取組面積が 2.5 万 ha 程度であることから、大幅な拡大が必要である。面積拡大における課題の一つが雑草防除であり、栽培面積が大きな水稻において効率的な雑草防除技術を確立することが重要である。雑草防除技術としては、主に機械除草が使用されている。しかし、除草ロータが効果的に作用する条間に対して、稲株への損傷回避のために補助的なレーキ等を使わざるを得ない株間の除草効果が低いことが課題となっている。雑草量の多いほ場では取り残した雑草を手取りする必要がある、面積拡大の阻害要因となっている。

直交機械除草の提案と両正条田植機の開発

そこで、株間でも効果的な除草が可能な直交機械除草体系を提案するとともに、これを実現する両正条田植機を開発を行っている。両正条田植機は田植機の作業方向と直交する方向にも苗を整列させ、ほ場全体で基盤目状に苗を移植する田植機である。これにより、機械除草機が田植機の作業方向だけでなく、その直交方向にも作業可能となり、株間の除草効果向上が期待できる。両正条田植機の開発では機械除草機の除草ロータと苗の接触を避けるため、植付位置精度 $\pm 3\text{cm}(2\sigma)$ 以内を開発目標とした。

両正条田植機の開発状況

クラスター事業において、みのる産業株式会社と共同でポット苗両正条田植機を開発を行った。試作ベース機のポット苗田植機(RXG800D)は、株間を変更できる HST(油圧無段変速機)を具備している。RTK-GNSS 受信機から取得する測位情報を基に、植付爪が目標角度となるように HST の変速比を調整し、意図した位置に苗を移植する両正条制御技術を開発し、受信機と共に試作機に搭載した。附属農場で行った植付位置精度試験では目標値を達成することを確認した。

また、ポット苗両正条田植機の開発と平行して、両正条田植えほ場の直交機械除草技術の実証用に、ポット苗田植機と車体が共通であるクボタ社製マット苗田植機をベースに、マット苗両正条田植機の試作機を製作した。マット苗試作機でも目標とする植付位置精度に達しており、全国各地で実施している直交機械除草技術の実証試験で使用されている。

両正条田植ほ場における直交機械除草技術の開発状況

連年の有機水稻栽培を行い、雑草が多発するほ場において、マット苗試作機を用いて移植し、3回の除草のうち、すべて移植作業方向と同じ方向で行う従来除草体系と移植作業方向、直交方向、移植作業方向と交互に作業する直交除草体系を比較する除草試験を行った。その結果、直交除草体系では、株間、株元の残存雑草量が少なくなり、除草効果が高くなることを確認できた。さらに、2回目の直交方向の除草を「水稻有機栽培の手引き」で提示する除草推奨時期より数日早くすることで、除草効果が向上することを確認した。この試験区の除草率は2年連続で90%以上であった。

両正条田植機と直交機械除草技術の開発動向

【担当部署】 農研機構 農業機械研究部門 無人化農作業研究領域

【担当者】 重松健太、山田祐一、吉田隆延、津田直人、千葉大基

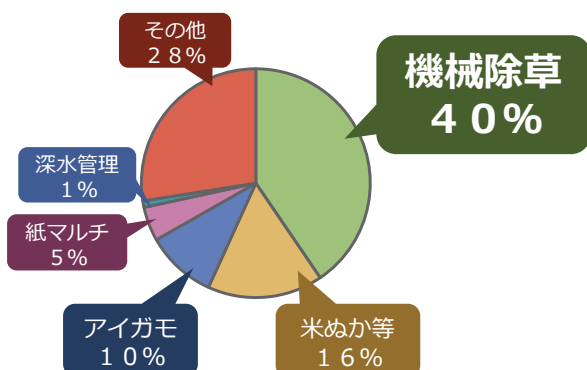
背景



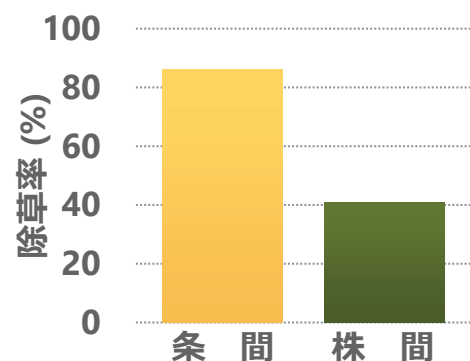
・みどりの食料システム戦略

有機農業の取組面積（2050）を25%、100万haに拡大

・省力かつ効果的な除草システムの構築が不可欠

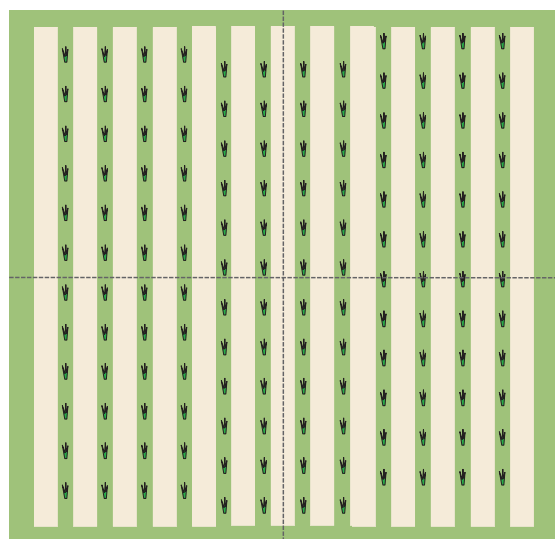


主な除草方法は機械除草

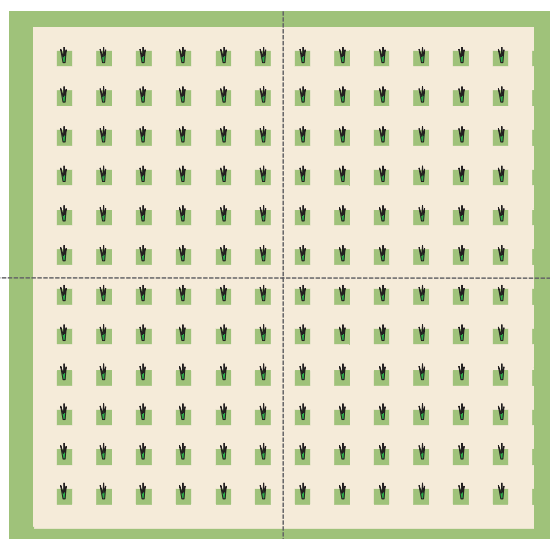


機械除草は株間の除草効果が低い

株間除草効果の大幅向上を図る



慣行植 + 従来除草



両正条植 + 直交除草

2

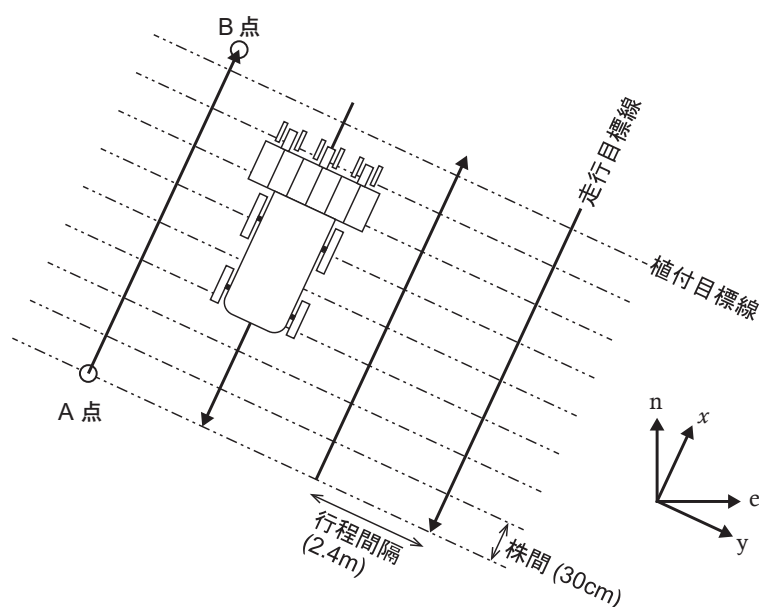
両正条制御技術の概念

走行目標線

A点とB点から行程間隔で生成

植付目標線

走行目標線の直交方向に株間間隔で生成



3

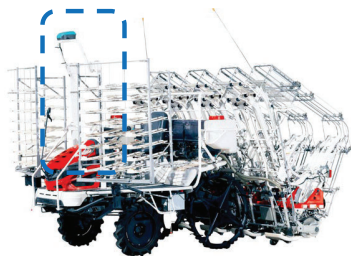
農業機械技術クラスター事業で開発

目標：植付位置精度 $\pm 3\text{cm}$ 以内

ポット成苗田植機
(みのるRXG800)



ポット苗両正条田植機



台車が共通

機能確認用試作機

マット苗田植機
(クボタNW8S)



台車が共通のマット苗田植機で
機能確認用の先行試作機。
全国各地で機能確認中。

開発へ反映

4

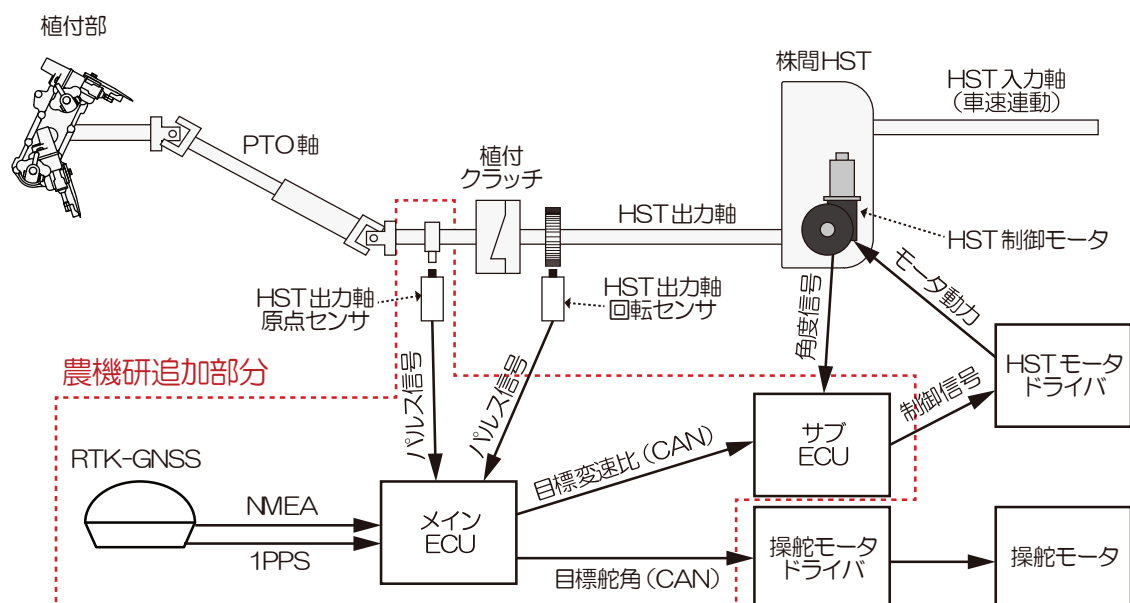
試作機の構成

制御の流れ

RTK-GNSSから植付爪の目標角度を決定

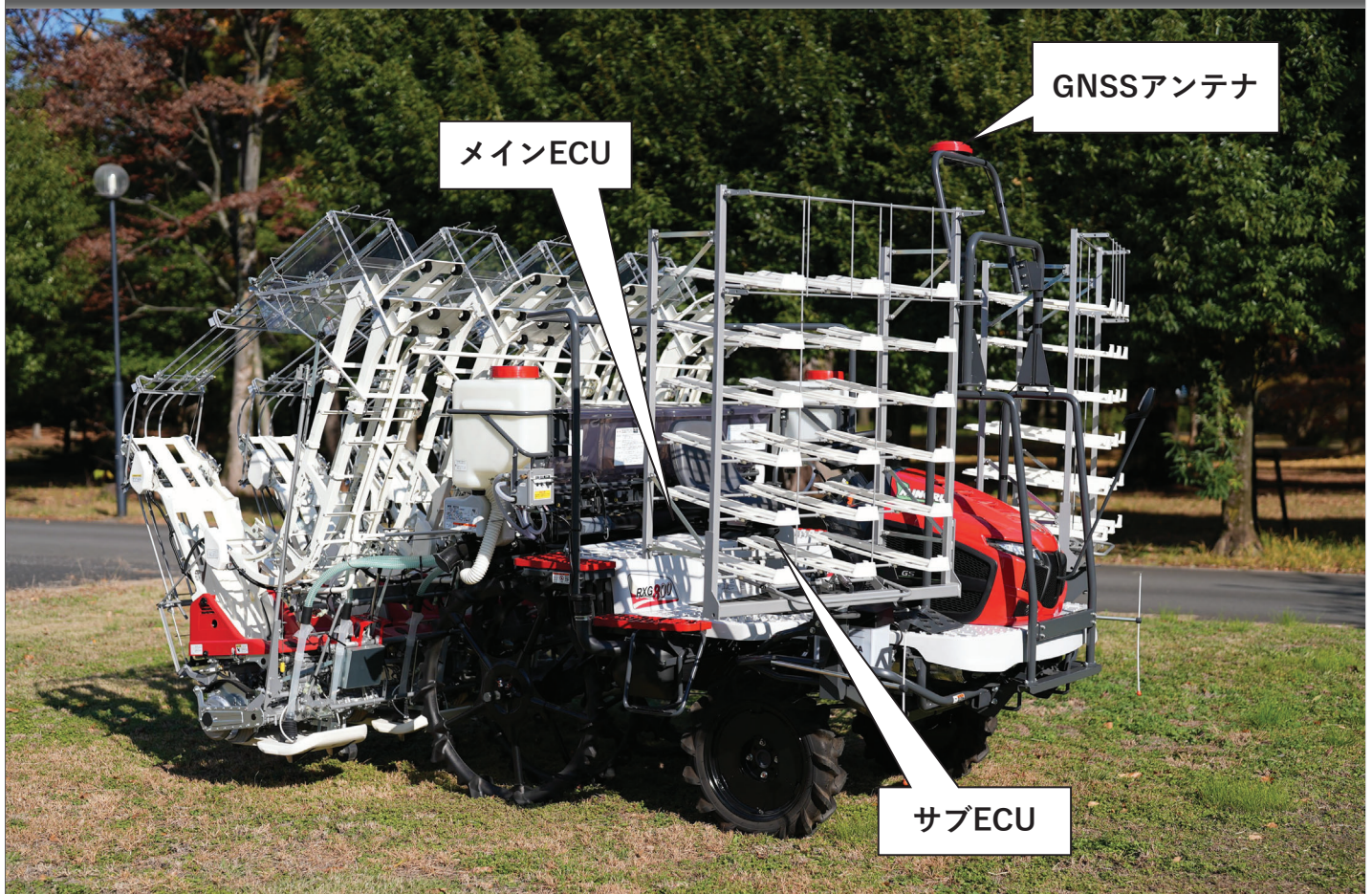
パルス信号から実際の植付爪の角度を計算

目標と実際の角度の差を計算してHST制御モータを調整



5

ポット苗両正条田植機（試作機）



マット苗両正条田植機（機能確認用試作機）



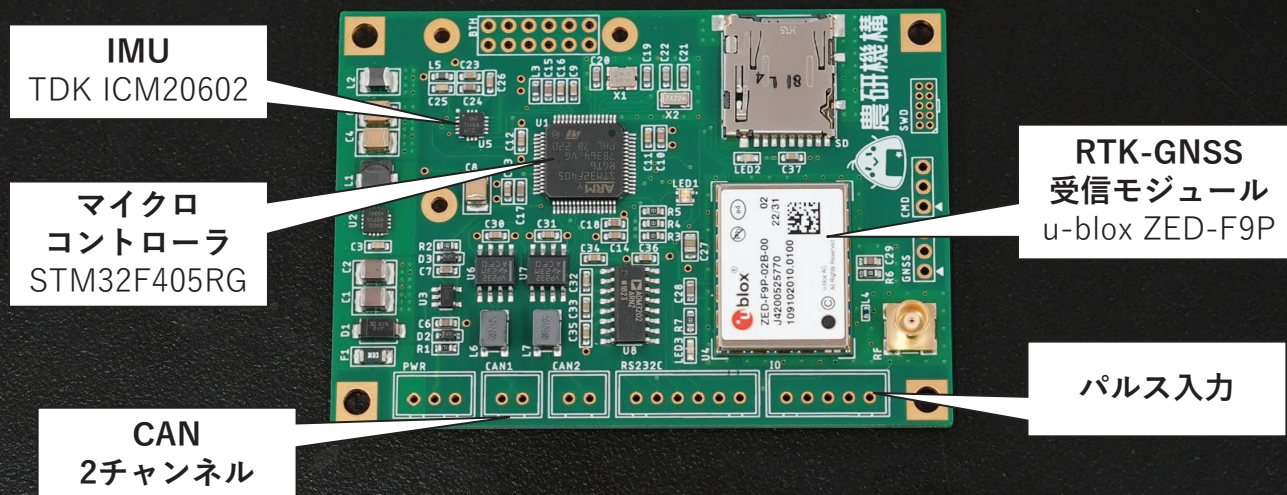
主な機能

田植機の姿勢推定

植付爪回転パルスの積算（株間HST出力軸）

両正条制御（目標変速比の決定）

自動直進・自動旋回制御（目標操舵角の決定）

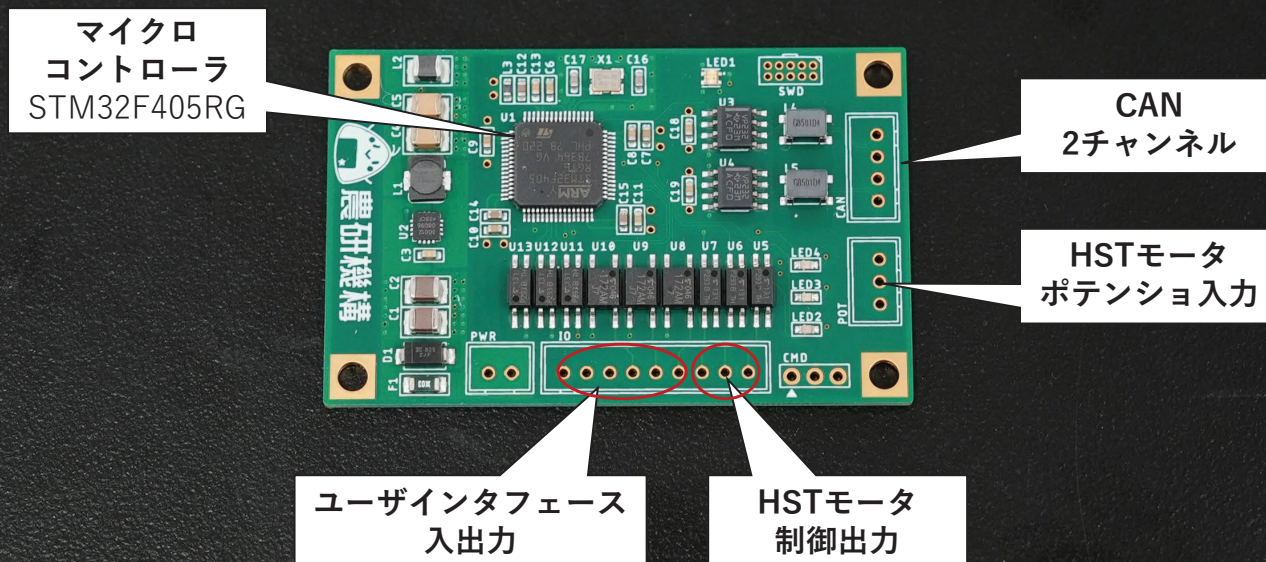


サブECU

主な機能

HST制御モータの角度制御

AB点ボタン等のユーザインタフェース制御



センサテック MDS-F41



GNSSアンテナ

Tallysman 33-3882-01-11
グラウンドプレーンφ140mm





試作機に実装した機能

①自動直進機能

②自動旋回機能

→ベース機のD-GPS受信システムをRTK-GNSS受信システムに変更し、自動運転田植機の操舵システムを移植

③両正条田植え機能（両正条制御技術）

④枕地の両正条田植え機能（両正条制御技術）

→独自特許を基に開発プログラムで対応



14



山本先生@秋田県立大学より提供、編集

15



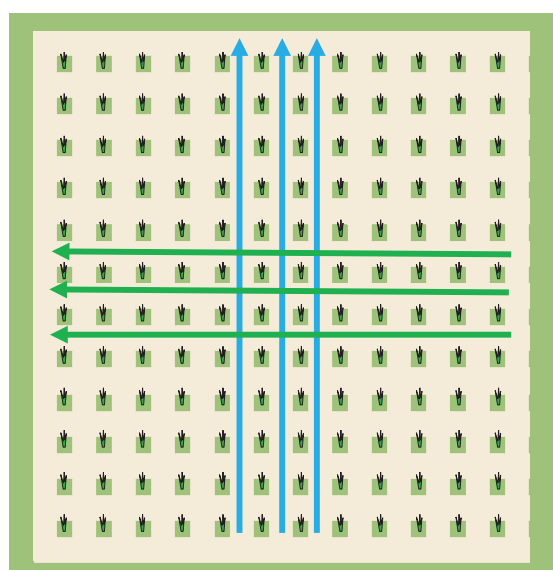
植付位置精度 $\pm 3\text{cm}$ 以内の目標達成

16

直交機械除草技術

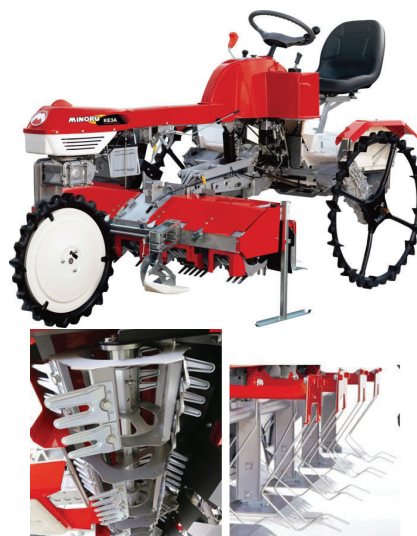
プロジェクト目標：

除草率を90%以上に向上させる高能率除草技術の開発



タテ（移植方向）

ヨコ
直交
方向



KE3A+KWM8(8条タイプ)

※写真は4条タイプ みのる産業株式会社HPより

除草効果：条間 > 株間 > 株元

17



18

直交機械除草技術の開発

実証方法：

農業機械研究部門附属農場（埼玉県鴻巣市）の有機ほ場（雑草発生本数：5000本以上/m²）で直交除草区の除草率を調査

結果：

- ①直交除草により除草効果が向上（2年連続除草率85%以上）
- ②直交方向（2回目）除草の早期実施により除草効果が向上（2年連続除草率90%以上）

除草率90%のプロジェクト目標の達成確認

19

- ポット苗 & マット苗両正条田植機（試作機）を開発
- 試作機で植付位置精度 $\pm 3\text{cm}$ 以内を達成
- 直交除草で除草効果が向上（除草率85%以上）
- 直交方向（2回目）除草の早期実施により除草効果が向上（除草率90%以上）

クラスター事業の新規課題（公募中）で両正条田植機の市販化に向けて共同開発を実施予定

籾殻燃焼装置を核とした CO₂ ゼロエミッション化への取組

無人化農作業研究領域 土師健

はじめに

みどりの食料システム戦略に掲げられた 2050 年までに農林水産業の CO₂ ゼロエミッション化の達成に向けては、CO₂ の排出削減（省エネ化、電動化など）と貯留（バイオ炭、植林、風化促進など）の両輪の活動が重要とされている。水稻乾燥調製施設においては多量の灯油を消費するとともに、籾摺りで発生する籾殻の処分に苦慮しており、以前から熱源としての有効利用や減容化のニーズがあった。そこで、本研究では静岡製機（株）と共同で開発した人体に有害な結晶質シリカを抑制可能な籾殻燃焼装置を生産者乾燥調製施設に設置し、乾燥工程における灯油使用量の削減と燃焼により発生した籾殻燃焼灰の土作り等への利用に関する実証を行った。

1. 乾燥工程における灯油使用量の削減

生産者（水稻作付面積約 40ha）の乾燥調製施設（55 石乾燥機 2 台、40 石乾燥機 1 台）に籾殻燃焼装置を設置し、籾殻燃焼装置と既存の 55 石の循環式乾燥機 2 台を組み合わせた乾燥システムを構築した。このシステムは籾殻燃焼装置から循環式乾燥機へ供給する温風配管に自動風量調節ダンパーを設け、循環式乾燥機の運転状況に応じて必要な温風を供給する。そのため、循環式乾燥機の灯油バーナーを使用することなく籾殻の燃焼熱のみで乾燥が可能となっている。2024 年は延べ 48 回、総張込量 130.5t（平均籾水分 17.2%）乾燥で 991L の灯油を削減した。

2. 籾殻燃焼灰の土作り等への利用

籾殻燃焼装置での燃焼により発生する籾殻燃焼灰は難分解性炭素（微生物に分解されにくい）約 20%、可溶性ケイ酸約 50%を含有し、かさ密度約 0.1kg/L、pH10 であり、これらの物性を生かした利用方法を検討した。そのうち水稻育苗培土への利用では培土と籾殻燃焼灰を混合し育苗箱の床土として育苗を行った（覆土は培土）。その結果、苗長に若干差が出たものの、床土は籾殻燃焼灰のみでも育苗が可能で、機械移植に問題なく用いることができる十分な根張り強度があった。ほ場への施用効果ではキャベツ、タマネギ、白ネギを対象に土壌及び生育への効果を調査した。籾殻燃焼灰施用量が多いほど固相率が低く推移し、透水性、C/N 比が高くなることを確認した。一方で、生育収量への効果は判然としなかった。また 100PS 級トラクタと籾殻散布装置を用いて籾殻燃焼灰 2.3t を水田へ散布した際の所要時間は約 2.3 時間で、CO₂ 貯留量は約 1.1t であった。

おわりに

今後も CO₂ ゼロエミッション化の達成に向けて乾燥工程における灯油使用量の削減と籾殻燃焼灰の土作り等への利用について取り組みを継続する予定としている。なお、本報告は農林水産省穀物グリーン化転換推進事業（籾殻利用循環型生産技術体系実証）において、静岡製機（株）、（株）市郎兵衛農園、静岡県農林技術研究所と共同で実施した研究成果である。

籾殻燃焼装置を核とした CO₂ゼロエミッション化への取組

農研機構 農業機械研究部門
土師健

みどりの食料システム戦略



2050年までに目指す姿

- ・ 農林水産業のCO₂ゼロエミッション化の実現
- ・ 化学農薬の使用量（リスク換算）を50%低減
- ・ 輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の施用量30%低減
- ・ 有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大

戦略的な取組方向

2040年までに革新的な技術・生産体系を順次開発

みどりのシステム戦略の実現に向けた政策の推進

環境負荷低減に向けた取組を推進するため「みどりの食料システム法」が成立・公布
みどりの食料システム戦略実現技術開発・**実証事業**の予算措置

みどりの食料システム戦略緊急対策事業のうち

水田農業グリーン化転換推進事業（籾殻利用循環型生産技術体系実証）

【令和3年度補正予算額 2,518（－）百万円の内数】

<対策のポイント>

- みどりの食料システム戦略を踏まえ、将来にわたる食料の安定供給に向けて持続的な水田農業の発展を図っていくためには、化石燃料に頼らない生産に転換していく必要。
- そのため、生産段階から集出荷段階に至るグリーン化をパッケージで進めるため、生産者やメーカー等から成るコンソーシアムを構築し、生産段階における栽培管理技術および、乾燥調製に係るグリーン化技術の確立を支援します。

<政策目標>・農林水産業のCO2ゼロエミッション化の実現【令和32年度まで】

<事業の内容>

○ 籾殻利用循環型生産技術体系実証

温室効果ガス削減のため、化石燃料に代えて籾殻を熱源等とする籾殻燃焼システムと、バイオ炭（籾殻燃焼灰）を土づくりに使用した栽培管理をセットとした循環型生産技術体系の実証を支援します。

<事業イメージ>

穀物乾燥施設での化石燃料の削減



地域で発生するもみ殻を穀物乾燥の熱源に利用した乾燥工程の省エネ化に資する技術体系を確立

バイオ炭の利用
（籾殻燃焼灰）



更に燃焼により発生したバイオ炭（籾殻燃焼灰）の土づくりへの有効利用した循環型生産体系を確立

<事業の流れ>



【お問い合わせ先】農産局穀物課 (03-6744-2010)

出典：農林水産省webページ

2

主な担当業務と構成員

静岡籾殻利活用コンソーシアム

事業代表機関：静岡製機株式会社

- ・ 籾殻を熱源とした穀物乾燥システムの設置・実証
- ・ 水田ほ場への籾殻燃焼灰の施用実証
- ・ コンソーシアムの運営管理

株式会社市郎兵衛農園

- ・ 籾殻を熱源とした穀物乾燥システムの実証
- ・ 育苗箱への籾殻燃焼灰の施用実証
- ・ 水田ほ場への籾殻燃焼灰の施用実証

農研機構農業機械研究部門

- ・ 籾殻燃焼灰の保管・流通に関する研究開発
- ・ 籾殻を熱源とした穀物乾燥試験結果の評価

静岡県農林技術研究所

- ・ 畑作物への籾殻燃焼灰の施用実証
- ・ 籾殻燃焼灰のほ場での炭素貯留能の評価

燃焼灰利用実証協力機関

静岡県中遠農林事務所

株式会社パシオス

農業法人後藤農園

JAとびあ浜松

3

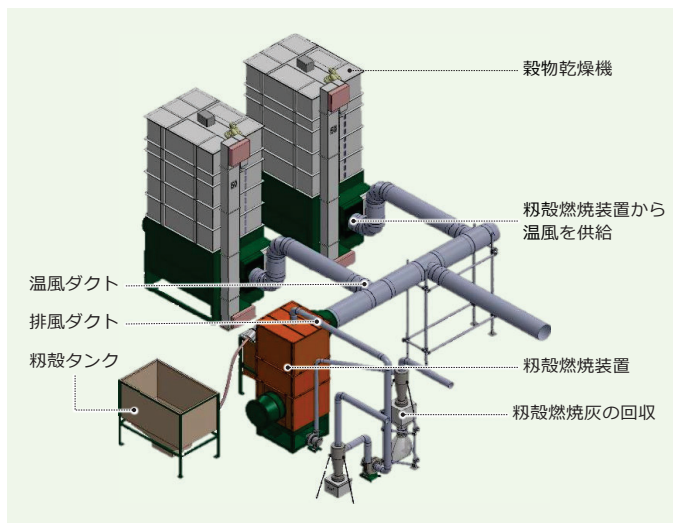
①灯油使用量の削減

これまでに開発した
籾殻燃焼装置を用いて、
穀物乾燥に必要な熱エネルギーの
大半を籾殻の燃焼熱で賄うことで、
灯油使用量の大幅な低減を目指す。

目標

灯油使用量70%低減

取組前 (令和3年度)	取組後 (令和8年度)
2,700 L ※1	810 L ※2



※1 令和3年度の灯油使用量は実績値の聞き取り

※2 目標値は令和3年度の作付面積（40ha）から算出、
目標値は評価年度の作付面積に応じて変動

4

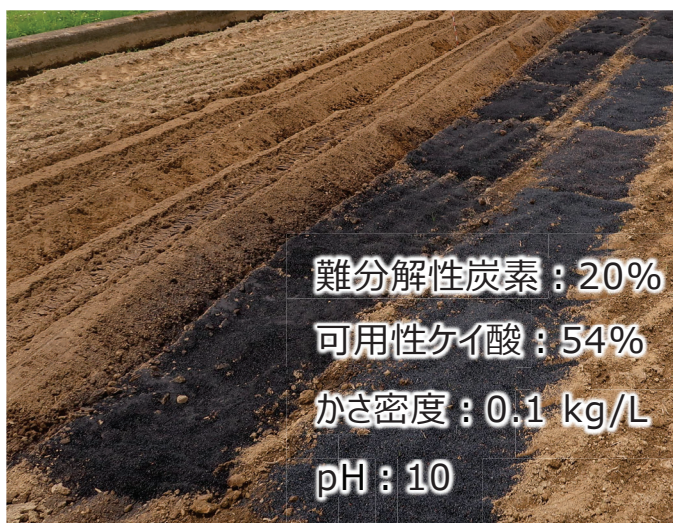
②籾殻燃焼灰の土作り等への利用

籾殻燃焼灰の性質を利用した
土作り等での活用方法を見出し、
循環型栽培技術体系の構築
を目指す。

目標

ほ場施用量総量対比70%

取組前 (令和3年度)	取組後 (令和8年度)
0 t	4.2 t ※2, 3



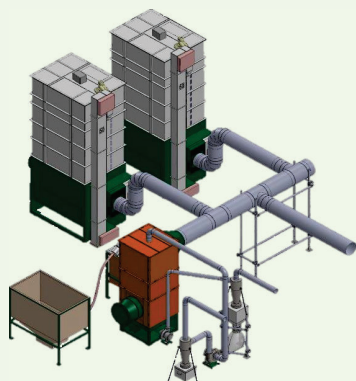
※2 目標値は令和3年度の作付面積（40ha）から算出、
目標値は評価年度の作付面積に応じて変動

※3 籾殻燃焼灰の総量を6 tと想定

5



- 水稻作に限らず、
粃殻燃焼灰の
利用場面増加や
効果の高い作目を
検討
- 比重が小さく運搬に
不向きであるため、
地域内での活用



粃殻燃焼装置を利用した
穀物乾燥システム

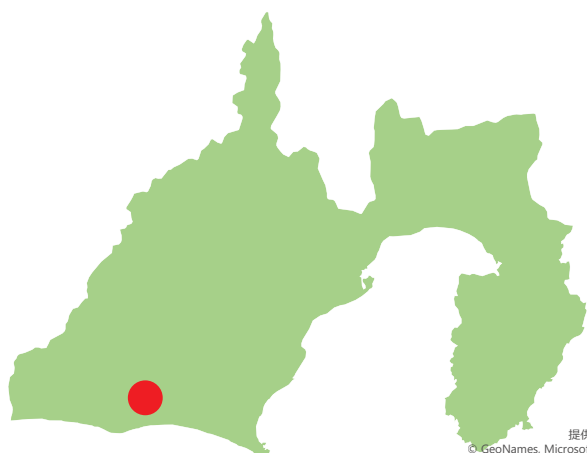


水田



6

粃殻燃焼装置の導入



提供元: Bing
© GeoNames, Microsoft, Zenrin

設置場所 (静岡県磐田市)



粃殻燃焼装置建物 (新設)

7



(株)市郎兵衛農園

穀物乾燥機 3 台

55石×2台

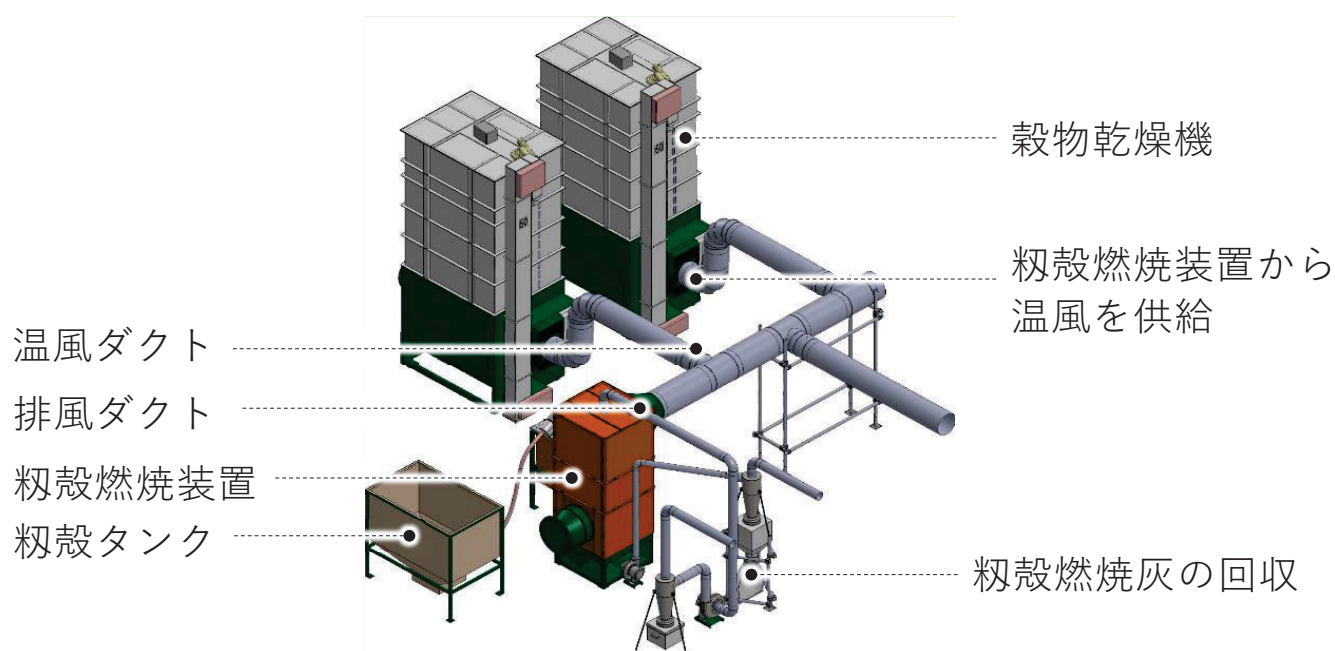
40石×1台

作付面積 40ha

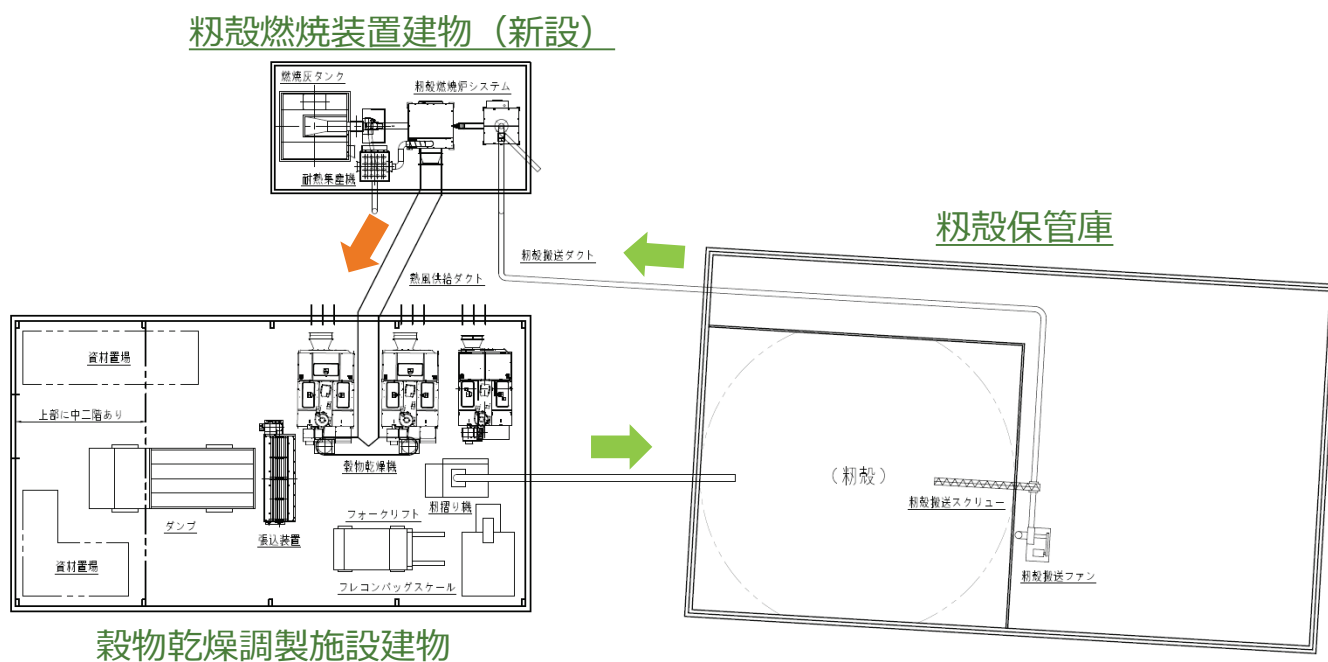
食用米 20ha (玄米出荷)

飼料米 20ha (籾出荷)

8



9



10

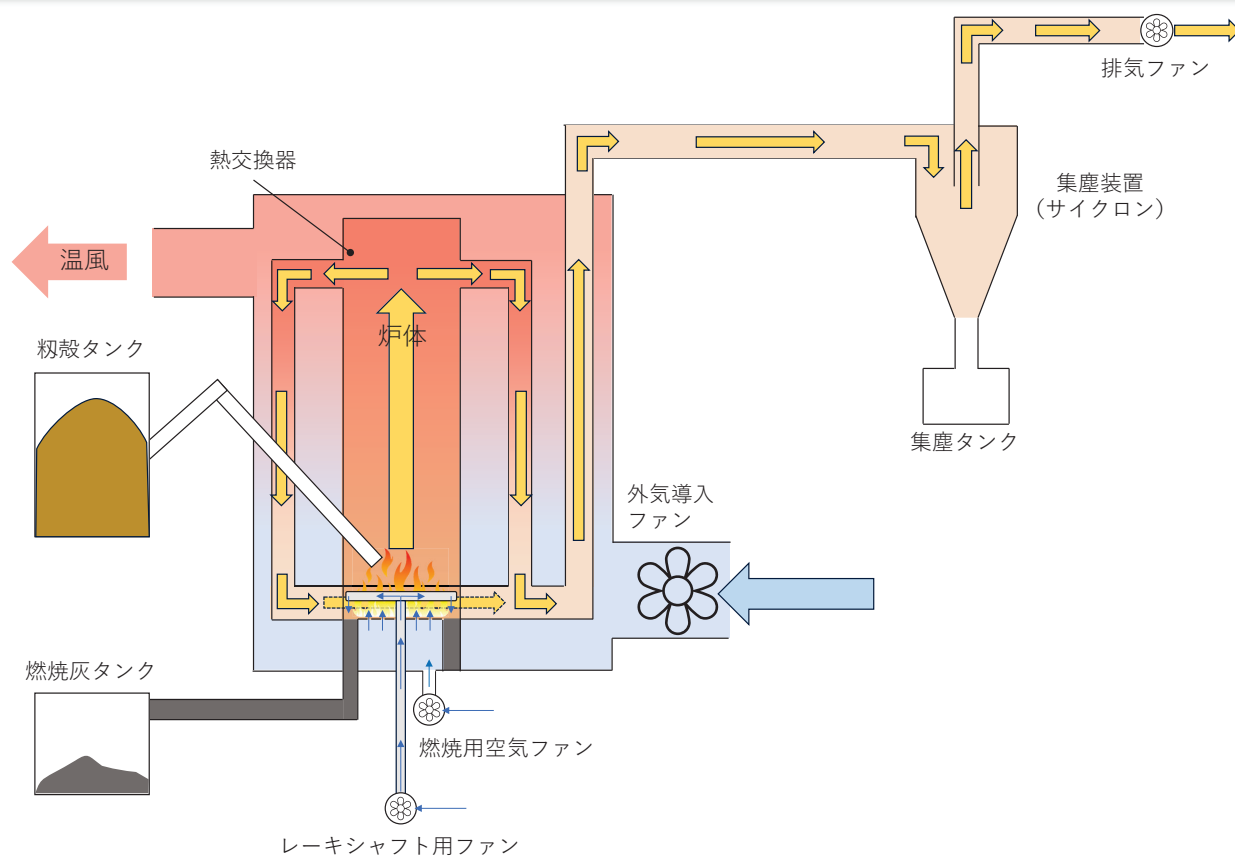


11

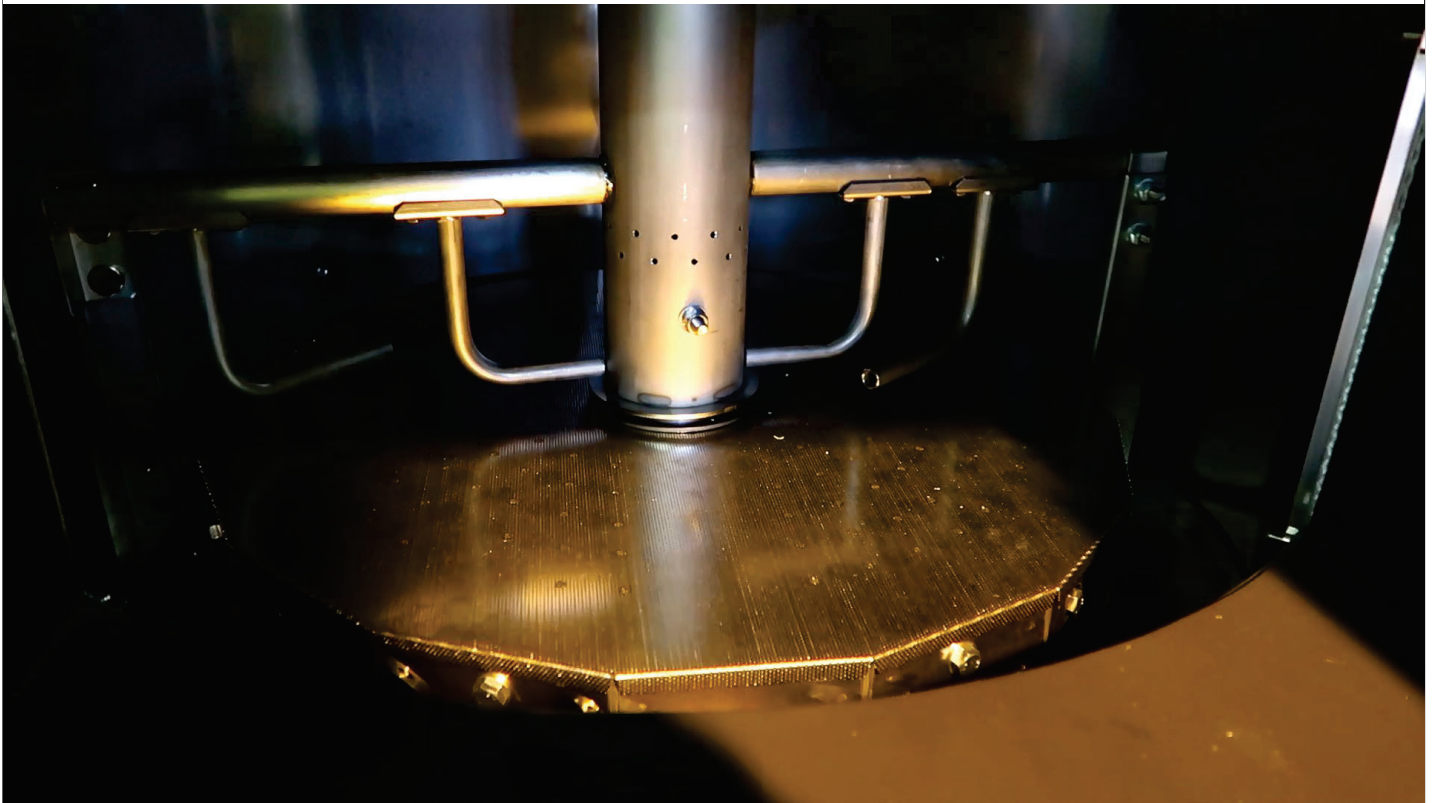


12

籾殻燃焼装置の内部構造



13



14

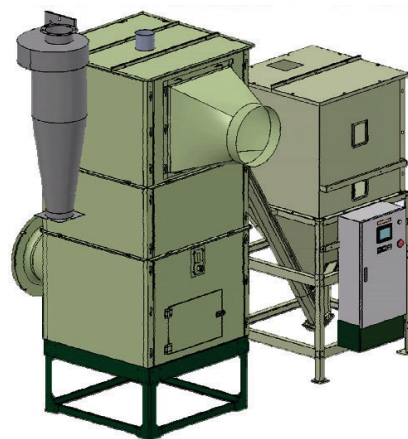


15

- 外形寸法 4,400×1,825×3,980 (mm)
- 熱出力 100,000 kcal/h (灯油換算 12 L/h)
- 燃料 乾燥籾殻 (籾摺り後の籾殻)
- 燃料消費量 8~42 kg/h
- 燃焼灰排出量 1.6~8.4 kg/h

想定規模

- 栽培面積 30~40 ha
1日の荷受量 15 t



16

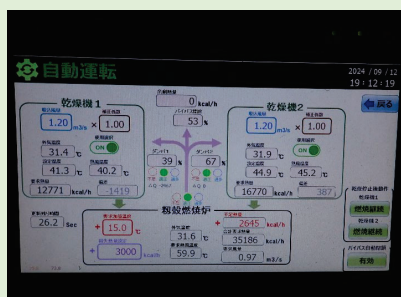
乾燥試験 – 灯油削減効果 –

2022年



乾燥回数	10回
処理量	45.3t
灯油削減量	357L

2023年



乾燥回数	16回
処理量	59.9t
灯油削減量	347L

2024年



乾燥回数	48回
処理量	130.5t
灯油削減量	991L

17

乾燥機 1

気象条件、乾燥状況に応じて、
必要な熱エネルギーを計算・要求

乾燥機 2

気象条件、乾燥状況に応じて、
必要な熱エネルギーを計算・要求

温風ダクトダンパー

ダンパー開度の自動調節により、
各乾燥機へ適切な熱エネルギーを分配

籾殻燃焼装置

各乾燥機からの要求エネルギー量に応じて、
籾殻燃焼量、外気吸入空気量を調整し、
籾殻燃焼により生成する熱エネルギーを調節

- ・ 灯油を使用せずに灯油バーナーと同等の乾燥速度、品質で乾燥が可能になった。
- ・ 燃料として、施設から排出される籾殻の40%を使用

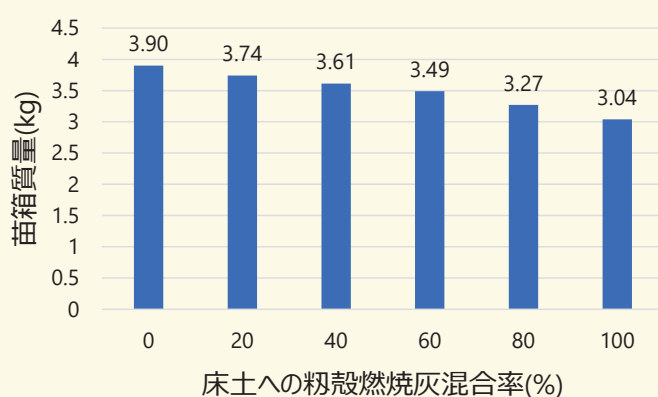
18

籾殻燃焼灰の土作り等への利用－水稻育苗－

育苗培土（床土）への籾殻燃焼灰混合割合（容積比）を
0%、20%、40%、60%、80%、100%に設定し、苗箱全体質量、引張強度等を測定



床土づくり（籾殻燃焼灰混和）

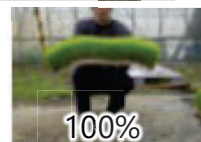
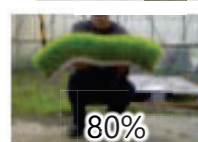
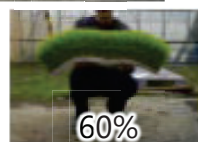
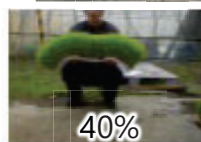
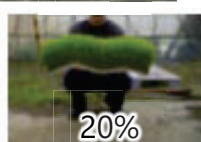
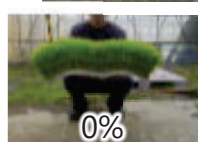
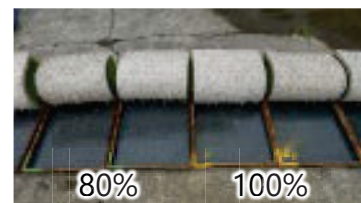
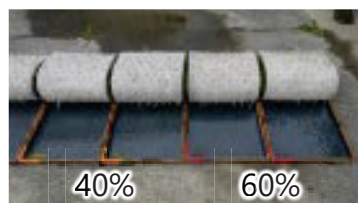


苗箱 1 箱当たりの全体質量
（苗箱＋混合培土＋薬剤＋種籾＋覆土（かん水後））

燃焼灰を育苗培土に混合することにより0.16kg～0.86kg軽量化した

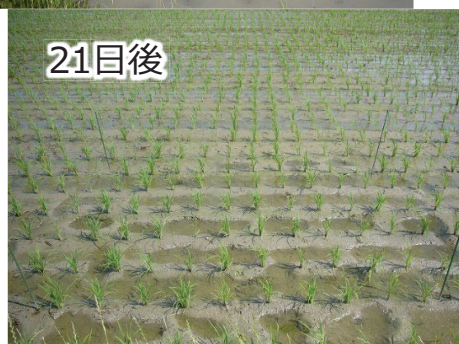
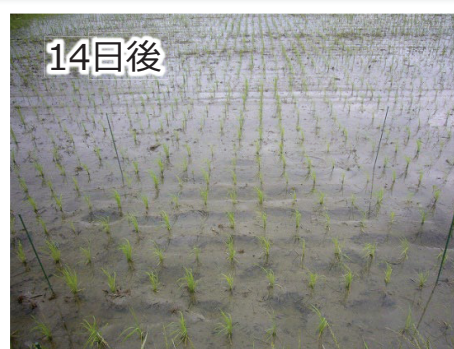
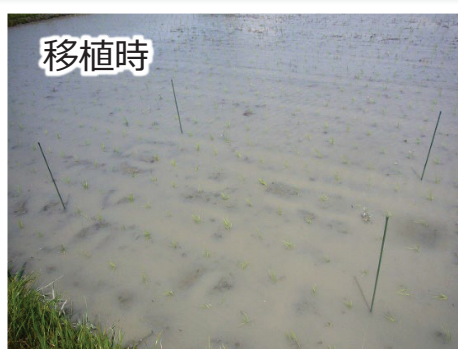
19

混合率 %	引張強度 kgf	ロール形状 －	両手持ち －	苗箱全体の質量 (kg)	
				播種時	24日後
0	5.4	良	可	3.90	5.44
20	7.2	良	可	3.74	5.39
40	7.0	良	可	3.61	5.08
60	6.6	良	可	3.49	4.98
80	6.1	良	可	3.27	4.75
100	5.8	良	可	3.04	4.55



籾殻燃焼灰混合培土を利用した水稻苗のマットは、機械移植に十分な強度があった。

20



籾殻燃焼灰を育苗培土（床土）に混合・使用して苗長にやや差が出たが、機械移植苗として十分な強度があり、移植後の欠株もなく問題なかった。

21

	pH	EC	全窒素	全炭素	C/N比
	H ₂ O	mS/cm	%		
施用前	5.50	0.16	0.14	1.4	10.3
施用後	6.08	0.03	0.14	1.7	11.8
有意性 ¹⁾	*	*	ns	ns	* *
改善基準 ²⁾	6.0-6.5	—	—	—	—

¹⁾分散分析により、*、* * は危険率5%、1%水準で有意差有り、nsは有意差無し

²⁾水田土壌、細粒質普通低地水田土(静岡県土壌肥料ハンドブック)

水稻現地試験において、
籾殻燃焼灰を1トン施用した区は試験前と比較して
土壌pH、C/N比が高くなったが、
全炭素含有率は有意な差はなかった。

22

	精籾質量	粗玄米質量
	kg/a	kg/a
施用区	51.0	39.8
慣行区	46	35.8
t検定	ns	ns

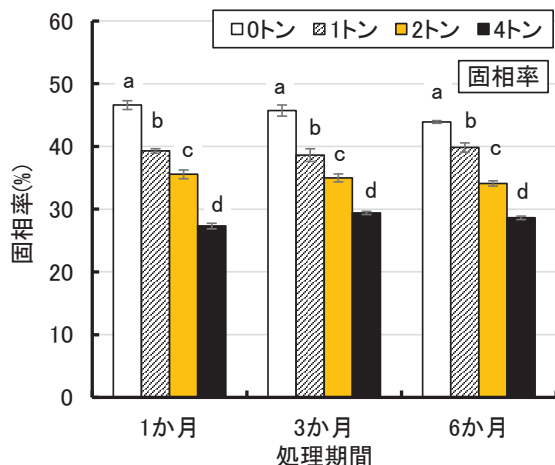


籾殻燃焼灰の水田への施用(1t/10a)の有無は、
飼料米の収量に与える影響は明らかでなかった。

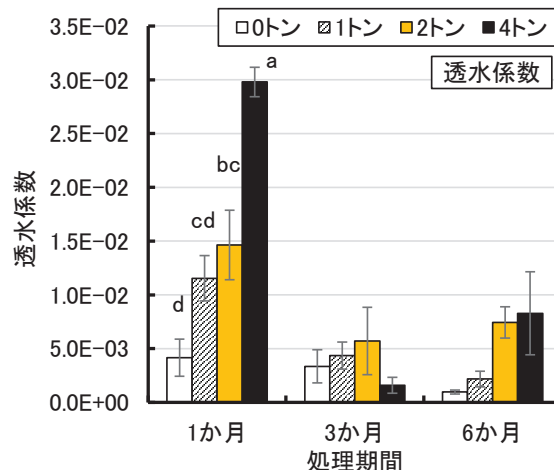
23

籾殻燃焼灰の土作り等への利用－施用効果－

籾殻燃焼灰1,2,4トン/10a相当量と灰色低地土を混合し、
 1/5000aワグネルポットに充填し、屋外に設置。
 1,3,6か月後に土壌を採取し、土壌物理性、土壌化学性を調査。



燃焼灰施用量が固相率に及ぼす影響
 ※図中エラーバーは標準誤差、異符号間に5%水準で有意差有り

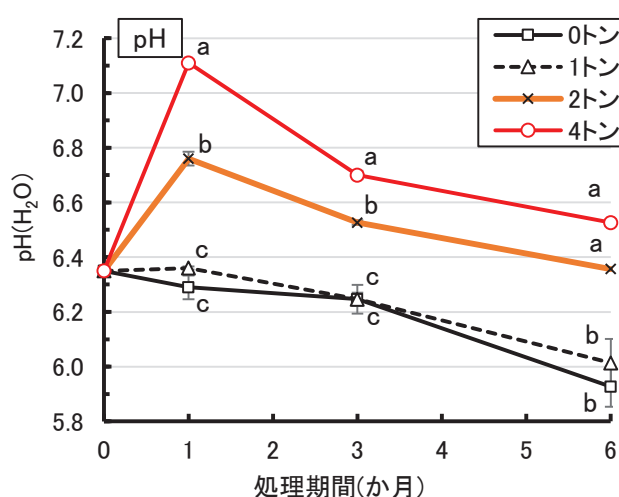
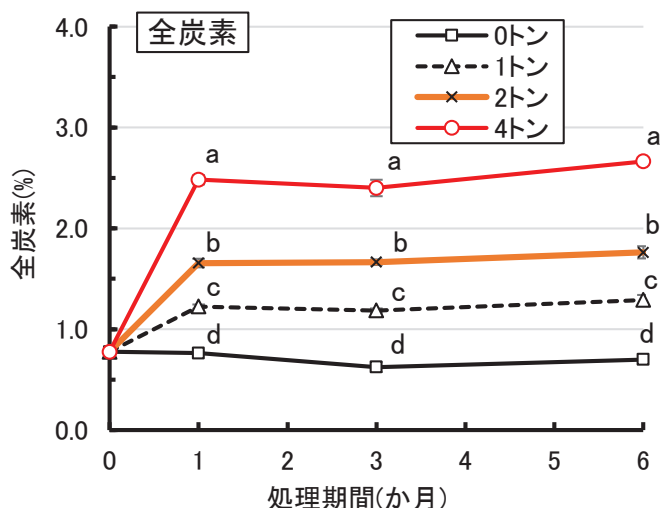


燃焼灰施用量が透水性に及ぼす影響
 ※図中エラーバーは標準誤差、異符号間に5%水準で有意差有り

固相率は6か月後まで施用量が多いほど低く推移したが、
 透水性は1か月後だけ有意差有り。

24

籾殻燃焼灰の土作り等への利用－施用効果－



燃焼灰施用量が及ぼす影響
 ※図中エラーバーは標準誤差、異符号間に5%水準で有意差有り

全炭素は施用量が多いほど高く推移、
 pHは1トンでは0トンと差がない。

25

籾殻燃焼灰の土作り等への利用－タマネギ－

対照区と施肥成分量が同量になるように調整した籾殻燃焼灰1トン/10a区を設定。
R5年9月29日施肥、R6年1月29日収穫調査。



	調整質量 g/球	固相率 %	仮比重 g/cm ³	pH H ₂ O	EC mS/cm	全窒素 %	全炭素	C/N比
1トン区	248	37.2	1.08	4.7	0.43	0.04	0.35	9.8
対照区	233	41.0	1.19	4.7	0.22	0.03	0.24	8.4
有意性 ¹⁾	ns	*	*	ns	ns	△	**	ns
改善基準 ²⁾	—	—	—	6.0-6.5	—	—	—	—

¹⁾ 分散分析：△、*、**はそれぞれ10、5、1%で有意差があることを示す。

²⁾ 普通畑土壌 中粒質褐色低地土改善基準(静岡県土壌肥料ハンドブック)

タマネギの生育は対照区と同等。
1トン区は対照区より固相率、仮比重が低下。全炭素が有意に高い。

26

籾殻燃焼灰の土作り等への利用－キャベツ－

同じ施肥設計(N:P:K=40:19:22kg/10a)に左表の資材を上乗せ施用して試験を実施。
R5年4月11日に収穫時調査。

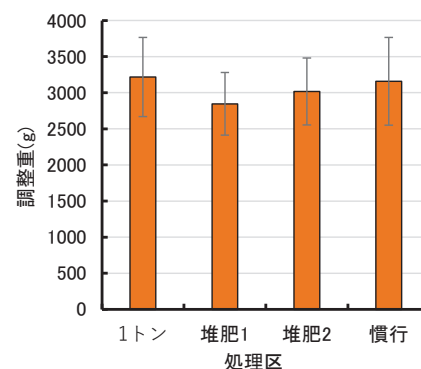
試験設計

	施用資材 (施用量/10a)
1トン区	籾殻燃焼灰(1トン)
堆肥1区	牛ふん堆肥(0.12トン)
堆肥2区	牛ふん堆肥(0.22トン)
慣行区	なし

	仮比重 g/cm ³	pH H ₂ O	全窒素 %	全炭素	C/N比
1トン区	1.14	6.5	0.072	0.78 a ²⁾	10.8 a
堆肥1区	1.17	6.4	0.074	0.65 b	8.8 b
堆肥2区	1.29	6.4	0.078	0.69 ab	8.8 b
慣行区	1.28	6.5	0.074	0.65 b	8.8 b
有意性 ¹⁾	△	ns	ns	*	**

¹⁾ 分散分析：△、*、**はそれぞれ10、5、1%で有意差があることを示す。

²⁾ Tukeyの多重検定により異符号間に5%水準で有意差が有ることを示す。



収穫時調整重の比較
※図中エラーバーは標準誤差

籾殻燃焼灰施用による生育への効果は認められないが、
全炭素、C/N比は高くなった。

27

同じ施肥設計(N:P:K=27:16:13kg/10a)に籾殻燃焼灰1トンを上乗せ施用して試験を実施。
R6年4月10日に収穫時調査。



	調整質量 g/株	固相率 %	仮比重 g/cm ³
1トン区	246.8	49.3	1.32
対照区	275.5	52.9	1.41
有意性	ns ¹⁾	* ²⁾	* ²⁾

¹⁾ t検定により有意差がないことを示す。

²⁾ U検定により*は5%で有意差があることを示す。

籾殻燃焼灰施用による生育への効果は認められなかったが、
2年連用により土壌の仮比重、固相率が低減した。

28





施用した籾殻燃焼灰：2,300 kg
CO₂貯留量：1,118 kg

トラクタの燃料消費量：1.23 L
施用で排出したCO₂：3kg

実際のCO₂貯留量：1,115 kg

所要時間：2時間20分



32



33

乾燥工程における灯油削減

- 籾殻燃焼装置と循環式乾燥機 2 台を組み合わせた乾燥システムを構築し、籾殻燃焼で発生する温風を穀物乾燥機へ適切に供給することにより、乾燥に使用する灯油をゼロにすることが可能となった。
(ただし、ライスセンターのオペレーションによっては、灯油を使用するケースもある。)
- 2024年は延べ48回の乾燥で灯油を991L削減した。
- 燃料として使用する籾殻は施設から排出される籾殻の40%。

34

籾殻燃焼灰の土作り等への利用

- 水稻育苗の床土を全て籾殻燃焼灰に置き換えた場合、苗長にやや差が出たが、機械移植苗として十分な強度があり、移植後の欠株はなく生育にも問題がなかった。
- 籾殻燃焼灰施用により、固相率、仮比重は低くなった
(特に2年連用)。また、透水性、全炭素、C/N比は高くなる傾向があったものの、生育、収量への効果は判然としなかった。
- 100PS級トラクタと籾殻散布装置を用いて籾殻燃焼灰2.3tを水田施用した場合、所要時間は約2.3hでCO₂貯留量は約1.1tであった。
- 籾殻燃焼灰施用時の粉じん飛散、ハンドリングの課題があり、今後も対策を検討する必要がある。

35

ドローンを活用するイチゴの生育観測手法

坪田将吾、深津時広、嘉瀬井祥太、西川純、
吉永慶太、坂田遼太、関隼人、小林研、吉田隆延

はじめに

我が国のイチゴ生産は温室を利用した促成栽培が主流で、冬季の暖房に多くのコストがかかることに加え、栽培管理や収穫に多くの人手がかかっている。資材費の高騰や人手不足が進む中、生産基盤の弱体化を阻止する手段として、作物の生育データに基づいた生産の効率化が挙げられる。農研機構では、早期生育診断に繋がる有効な生育データとして生長点付近の生長情報に着目し、これらをドローンで省力的に観測する手法を開発したので報告する。

1. ドローンのダウンウォッシュを活用する生長点付近の観測手法

イチゴの株に上方から風速 6 m/s 程度の気流を加えることで、生長点を覆う葉が外側に 30mm 程度動かされ、茎を損傷することなく生長点付近の観測ができることを明らかにした。また、一般的な小型ドローンのダウンウォッシュは 4 つのプロペラの内側に集約しており、距離によって風速が減衰することがわかった。このため、機体中央が作物列の直上になるように飛行し、高度によって株に加える風速をコントロールすることで群落内に隠れている生長点をドローンで観測できることを明らかにした。

2. 株の個体識別技術による生長の時系列計測

作物列上を飛行しながら撮影した映像中に順々に映り込んだ株を AI で検出し、カウントすることで、作物列内の株を個体識別し、ID を付与して株ごとの画像を記録する画像処理手法を開発した。時系列で記録した同一株の画像を比較することで、促成栽培イチゴの重要な生育指標である若葉の発生頻度や、日ごとの収穫数予測を実現する果房の出蕾を省力的に観察することが可能となった。特に株ごとの果房の出蕾日については、画像処理によって 2~3 日程度の誤差で計測できることを生産現場で実証した。

おわりに

現在、これらの開発手法を基に、経験に左右されることなく誰もが効率的なイチゴ生産を行える技術を目指し、温室内でのドローンの自動飛行による生育診断システムの開発を進めている。

参考文献

- 1) 促成栽培イチゴの生育診断に資する生体計測手法、坪田ら、農食工誌 84(4) 229-237 2022. 7
- 2) 促成栽培イチゴの生育診断に資する生体計測手法、坪田ら、農食工誌 84(5) 321-331 2022. 9

ドローンを活用する イチゴの生育観測手法

農研機構農業機械研究部門
主任研究員 坪田将吾

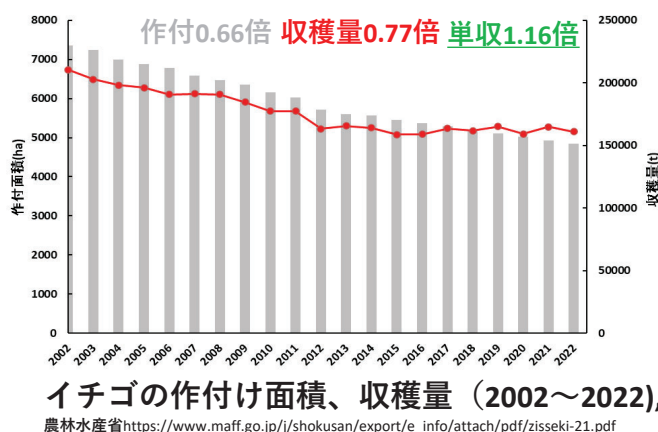
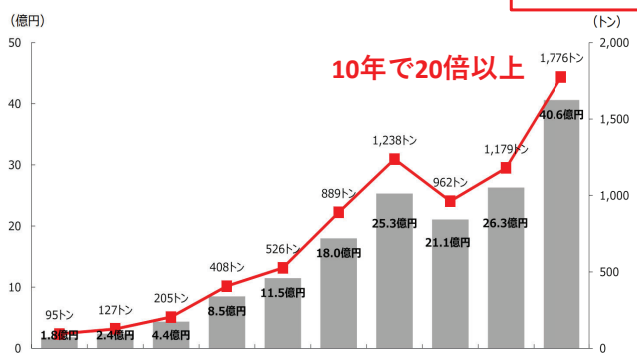
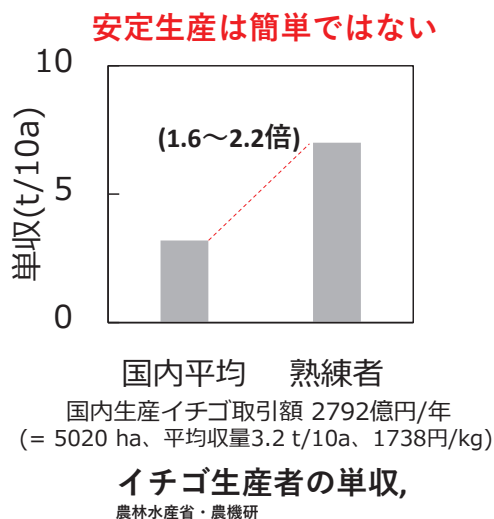
*岡山大学との共同研究、JSPS科研費21K05864、
スマ農プロ（ローカル5G）の助成で実施

NARO

近年のイチゴ生産の現状



- ◆ 輸出拡大
- ◆ 作付面積・収穫量は減少傾向
- ◆ 労働時間長
- ◆ 単収は微増傾向だが格差大



◆正確な収量予測、早期生育診断・異常把握が可能に

総葉面積

第3葉までの面積
の監視・積算

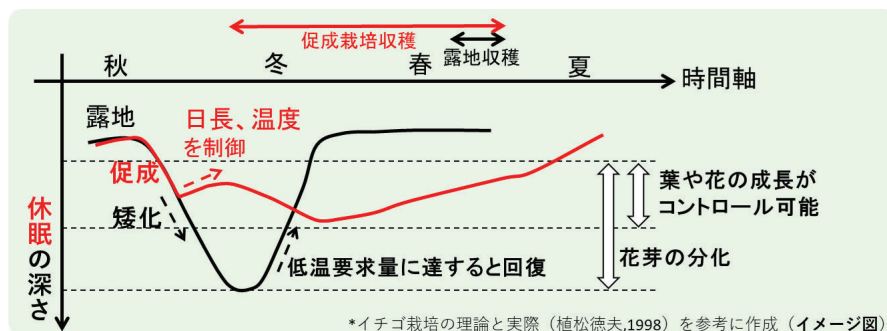
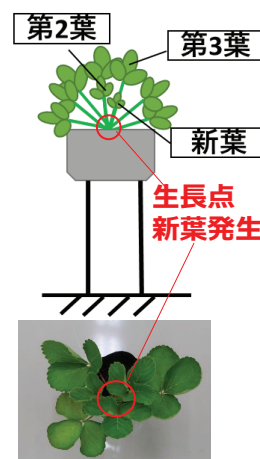
$$L_{all} = L_1 + L_2 + \sum L_3$$

生産量

休眠補正

新葉発生の監視・経時変化

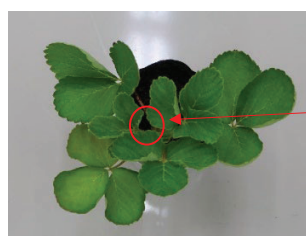
葉
根
果実



2

収穫予定日毎の収穫数の予測法の提案

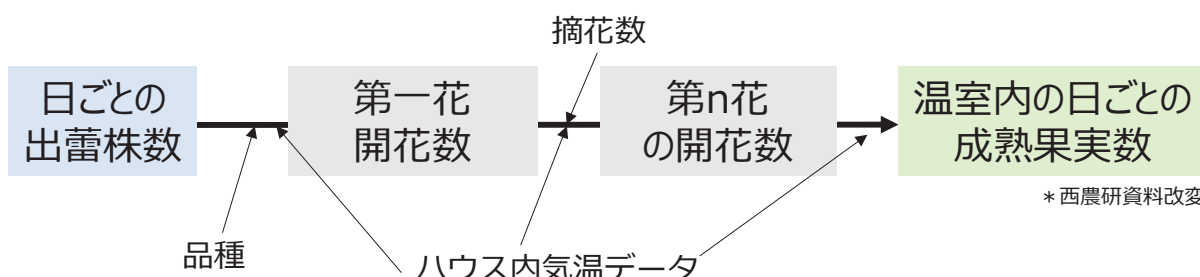
◆生長点からの出蕾日の観測により、1か月以上後の温室内の収穫数の予測が可能に



11～3月頃まで
生長点から
果房の出蕾
が繰り返される

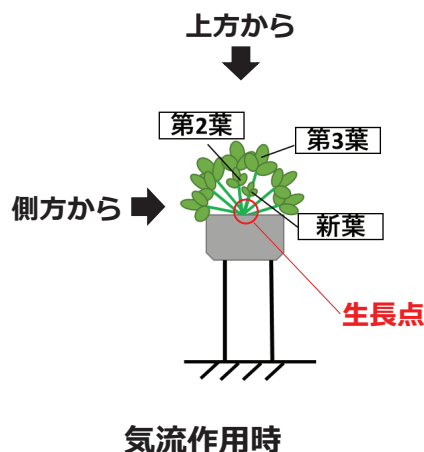
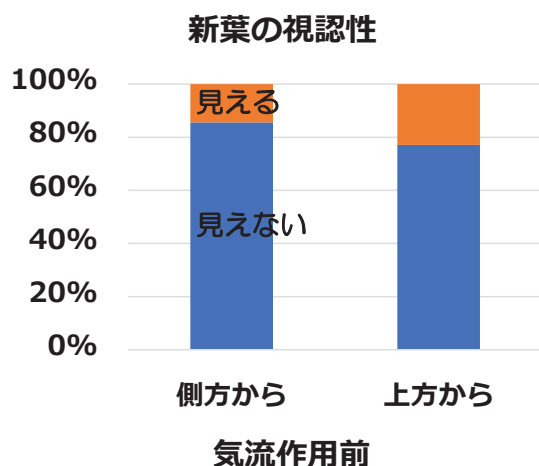
出蕾後

分岐して果実
が順々に成熟



3

◆上方からの気流で生長点の視認性が向上することを確認



4

気流利用による生長点観測条件

◆ダメージを与える風速10 m/s > 生長点付近を観測可能な風速 6 m/s = 気流利用観測が可能

葉に加えることが可能な風速値の試算要素

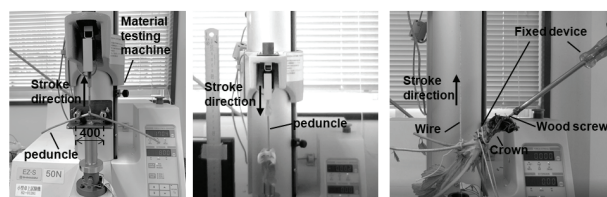
$$D = \frac{mA_r V^{n+2}}{2RK}$$

D: 風荷重 (N) R: 気体定数
A_r: 葉面積 (m²) K: 気温 (K)
V: 風速 (m/s) m, n: 係数

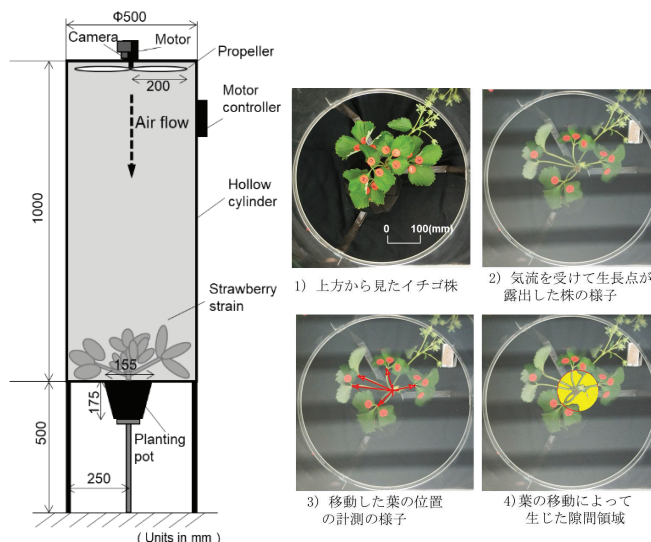
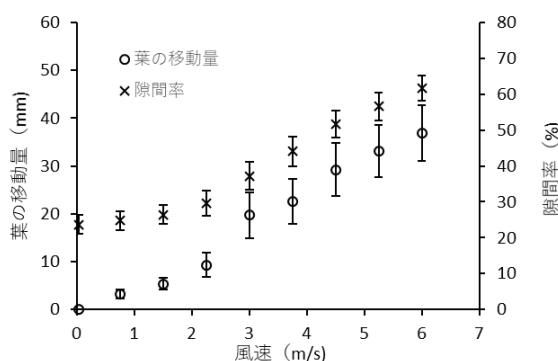
葉位	m	n
第1葉	1.34	-0.34
第2葉	1.27	-0.56
第3葉以降	1.33	-0.75

葉位	曲げ応力 (MPa)	ヤング率 (MPa)
第1葉	17.3 ^a	89.5 ^a
第2葉	28.7 ^{ab}	194.3 ^{bc}
第3葉	44.4 ^b	298.8 ^c
第4葉	32.5 ^{ab}	275.6 ^{bc}
第5葉	23.8 ^a	298.4 ^c
第6葉	23.7 ^a	316.3 ^c

*異なる文字間で5%水準有意差有



風速と葉の移動量、生長点近傍の隙間率の変化

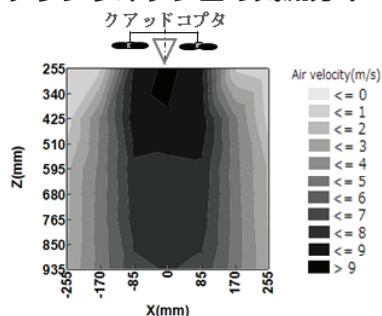


5

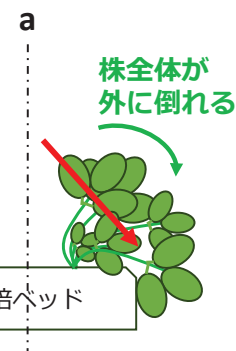
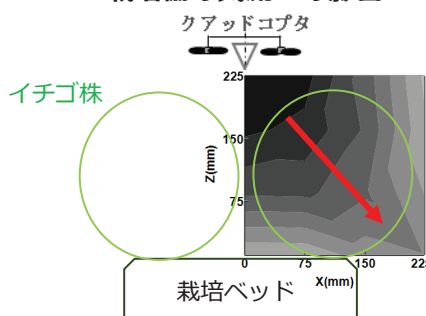
◆機体直下に気流が集約、高度で風速調整可能

◆作物列上をドローンが飛行することで生長点観測が有利に

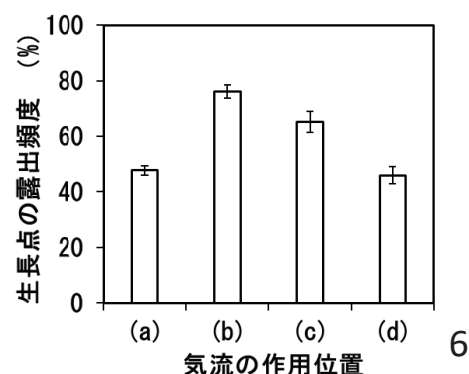
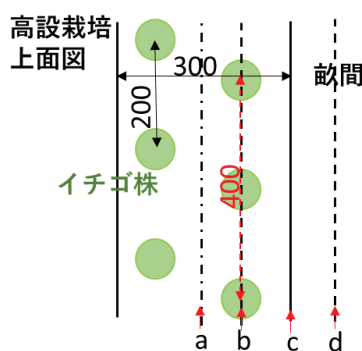
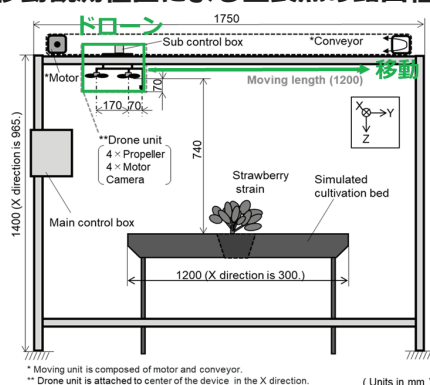
ダウンウォッシュの気流分布



栽培棚の気流への影響



移動観測位置による生長点の露出程度の検討



部位別の物体検出モデルの構築

◆基礎実験装置による学習データの収集



◆検出モデルのF値

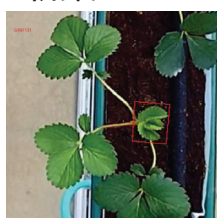
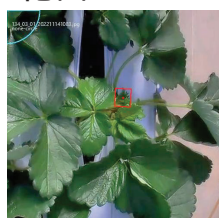
株:90%

花蕾:70%

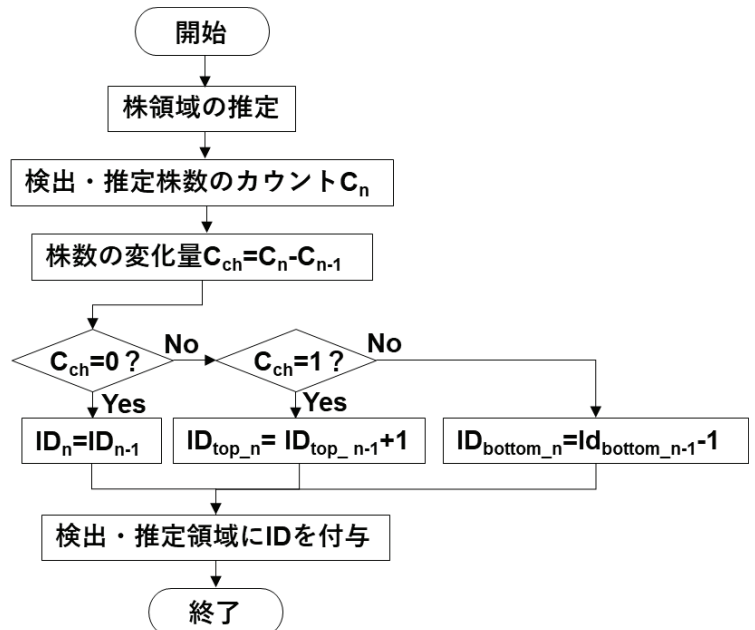
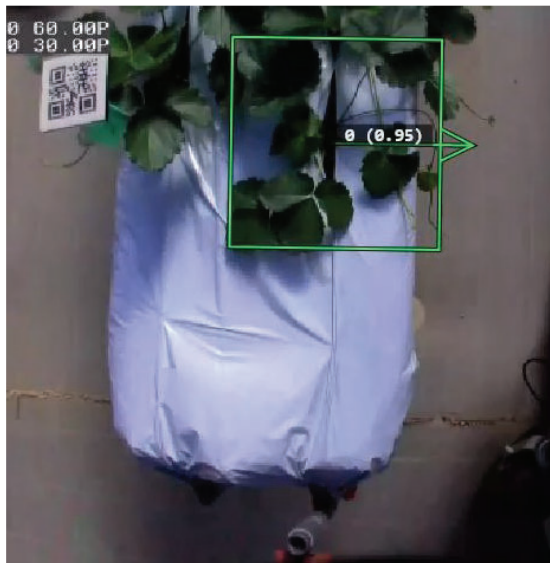
新葉: 90%

葉身:87%

葉柄:72%



◆GNSSが不安定な施設内で株の位置を識別する手法を開発



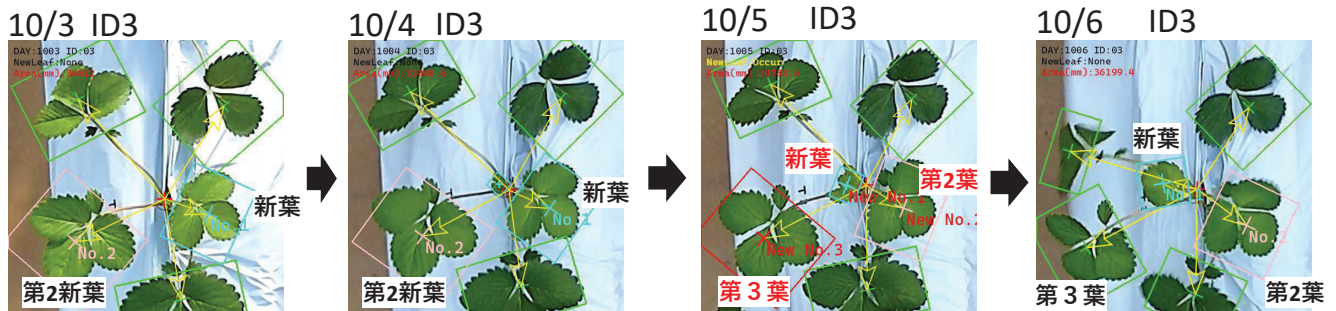
経時観測⇒識別した株ごとの画像比較によって生長解析が可能に

8

株単位の成長の時系列解析手法

◆新葉発生の監視に生理状態評価指標(新葉・第2葉面積)の算出

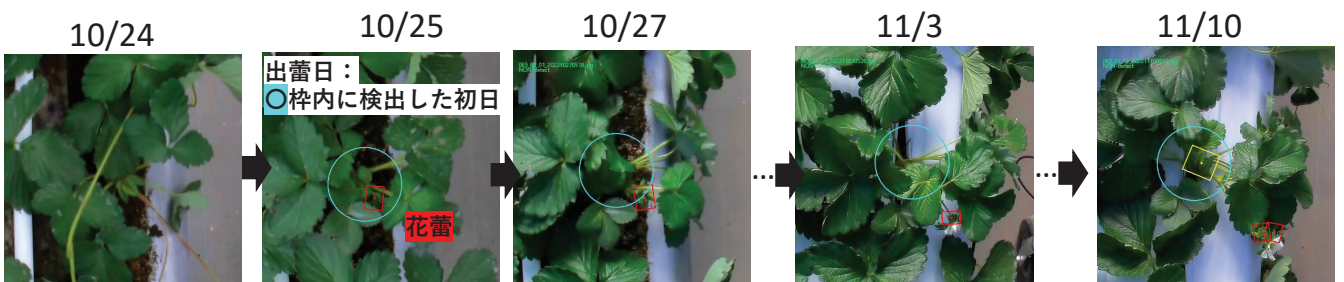
◆総葉面積の算出 $L_{all} = L_1 + L_2 + \sum L_3$



新葉と第2葉面積は常に保存

新葉の発生を判定した日に
葉位を入れ替え、
第3葉面積を上書き

◆果房の出蕾日の算出



〇葉柄検出による
株の中心の検出

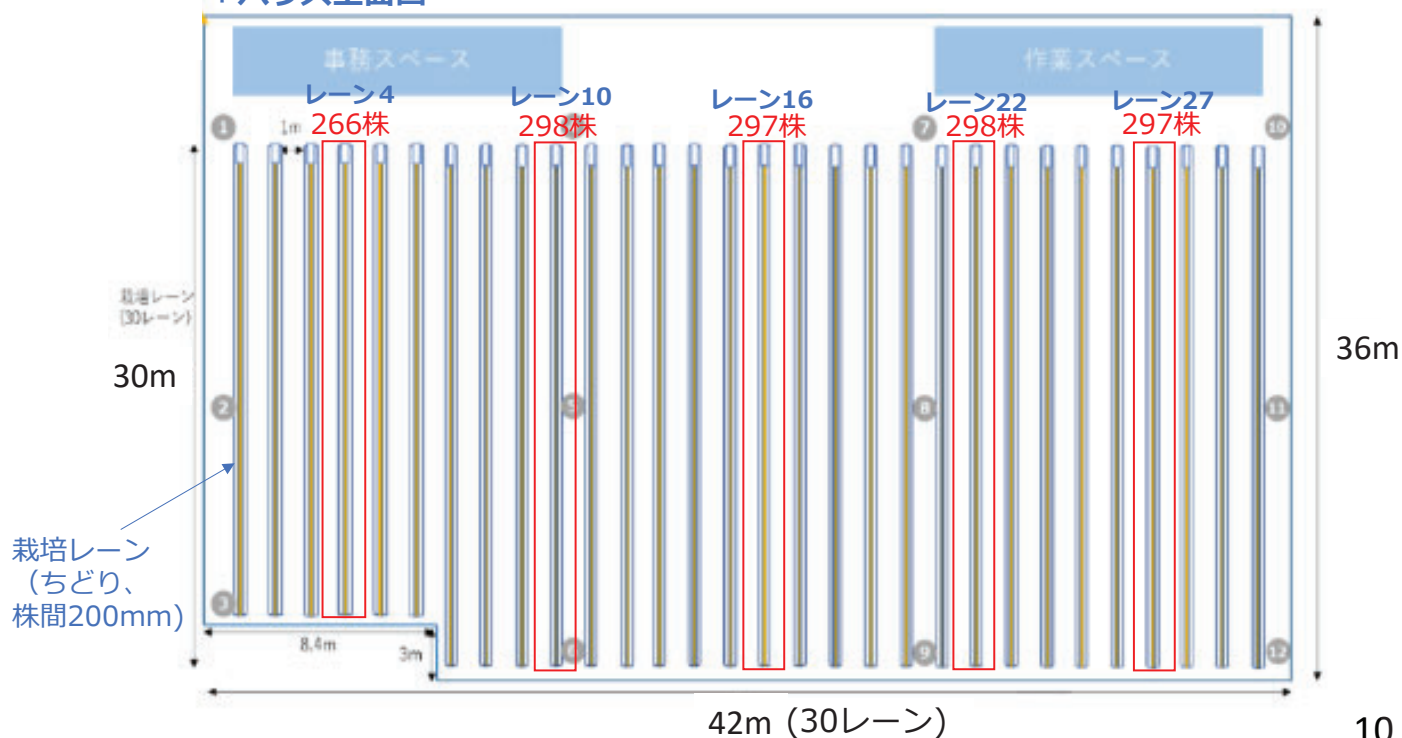
果房は伸長しながら開花・分岐。
分岐後の蕾も検出してしまふ。

9

□ : 観測列 (5レーン、1450株)、5回/週

→ 観測列のマップ表示、成熟果数予測アプリ (×6で全体を予測) ⇒ 来客数予約等への活用

*ハウス上面図



モニタリング装置

ドローン+ジンバル+カメラ



電動台車



L×W×H : 0.45(最大1.0)×0.61 × 1.9 m

電動台車 : CU180D(マキタ) 、0~972mm/s

バッテリー : 鉛蓄電池 (12V 6A) ×2

マイコン : Arduino、RaspberryPi

ドローン : ロータ軸間185 mm、Φ150×4枚羽根

カメラ : 1920×1080、30fps

ジンバル : 電動式、MOZA Mini-P

↓(4G)

農機研契約サーバ
box

↓

出蕾観測プログラム

実証方法1

日ごと・株ごとの出蕾日を記録した例

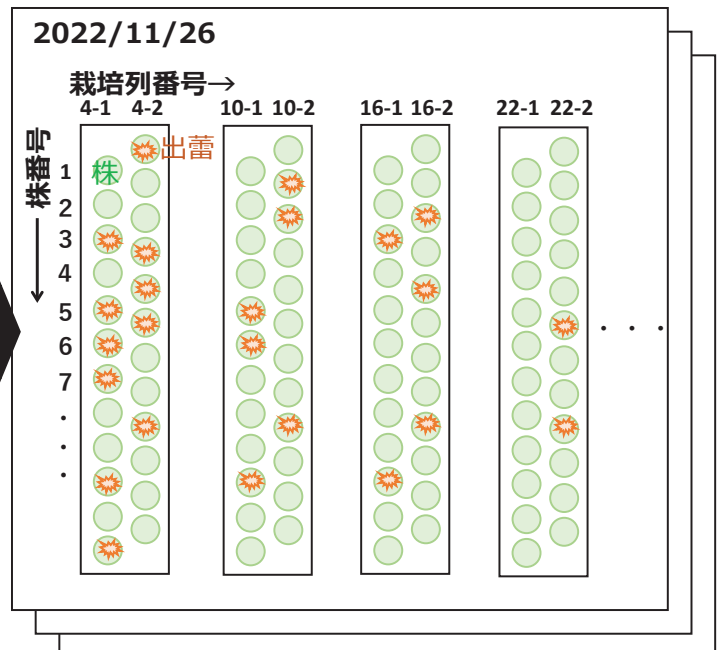
協力企業によってマップ（可視）化

栽培列番号 →

株番号 ↓

Row	4	4	10	10	16	16	22	22
CorpRow	1	2	1	2	1	2	1	2
strain1	20221121	20221111	0	20221121	0	20221124	0	20221108
strain2	20221110	20221108	0	0	20221121	20221108	20221124	20221122
strain3	20221121	20221110	0	0	20221121	20221114	20221124	20221121
strain4	20221122	20221122	20221024	20221118	20221027	20221122	20221122	20221122
strain5	20221024	20221122	20221110	0	20221017	0	20221122	20221121
strain6	20221104	20221020	0	0	0	20221027	20221121	0
strain7	20221122	20221124	20221121	20221110	0	20221124	20221124	20221117
strain8	20221014	20221126	20221121	20221103	20221103	20221017	20221124	20221121
strain9	20221122	20221124	20221119	20221124	20221104	20221027	20221122	20221121
strain10	20221122	20221126	0	20221024	20221108	20221115	20221124	20221121
strain11	20221121	20221014	20221017	20221105	20221124	0	20221124	20221124
strain12	20221020	0	20221122	0	20221124	0	20221124	0
strain13	20221122	20221105	0	0	20221124	20221122	20221124	20221105
strain14	20221119	0	20221119	20221017	20221124	0	20221122	0
strain15	0	0	20221124	20221126	0	20221124	20221124	20221119
strain16	20221121	20221122	20221119	0	0	20221101	20221125	20221025
strain17	20221121	20221112	20221126	20221124	20221124	20221124	20221122	0
strain18	20221124	0	20221103	20221124	20221110	20221017	20221114	0
strain19	20221124	20221112	20221020	0	20221124	20221108	20221126	20221121
strain20	20221124	20221124	0	20221101	0	0	20221014	20221124
strain21	0	20221122	20221124	0	20221101	20221104	20221122	20221114
strain22	20221126	20221124	20221014	0	20221104	20221110	20221126	20221124
strain23	20221124	20221124	20221121	20221024	0	20221017	20221121	20221105
strain24	20221122	20221124	20221121	0	20221108	20221121	20221125	0
strain25	20221126	20221124	20221103	20221101	20221124	20221014	20221108	20221108
strain26	0	20221110	20221122	20221104	0	20221124	20221101	20221121
strain27	20221121	0	20221122	0	0	20221124	20221110	20221121
strain28	20221122	20221104	20221122	20221104	0	20221115	20221017	20221025
strain29	20221124	0	0	0	20221122	20221122	20221118	20221124

栽培列10-2
株1の出蕾日



いつ・どこで何個収穫できるかを把握 ⇒ 栽培・労務管理や観光農園の経営管理に

12

実証方法2

農機研契約サーバ

成熟果実数予測アプリ

観測プログラムから
観測日毎に出力

自動保存 20221128_00_40.csv

ファイル ホーム 挿入 描画 ページレイアウト 数式 データ 校閲 表示

データ損失の可能性 このブックをコピー (csv) 形式で保存すると、一部の機能が失われる可能性があります

果房番号

所定日・所定範囲
の出蕾数

データ取得/0.5日

20221128 00 40

データ取得

環境データ

利用
者
設定

ボタンクリックで
指定日（収穫日）の
ハウス内成熟果実数
を表示

さん

データ取得

環境データ

暖房

開始 2022/08/28 終了 2022/08/28

側窓

開放 2022/08/30 閉鎖 2022/08/31

第一花開花日 2022/09/02

第1花成熟日

成熟日: 2022-09-23

着果数/果房 10 花

芽数/株 1 芽

開花株数 15 株

収穫日 2022/05/22

収穫日成熟果実数

成熟果実数: 150 個

グラフ表示

4Dデータ

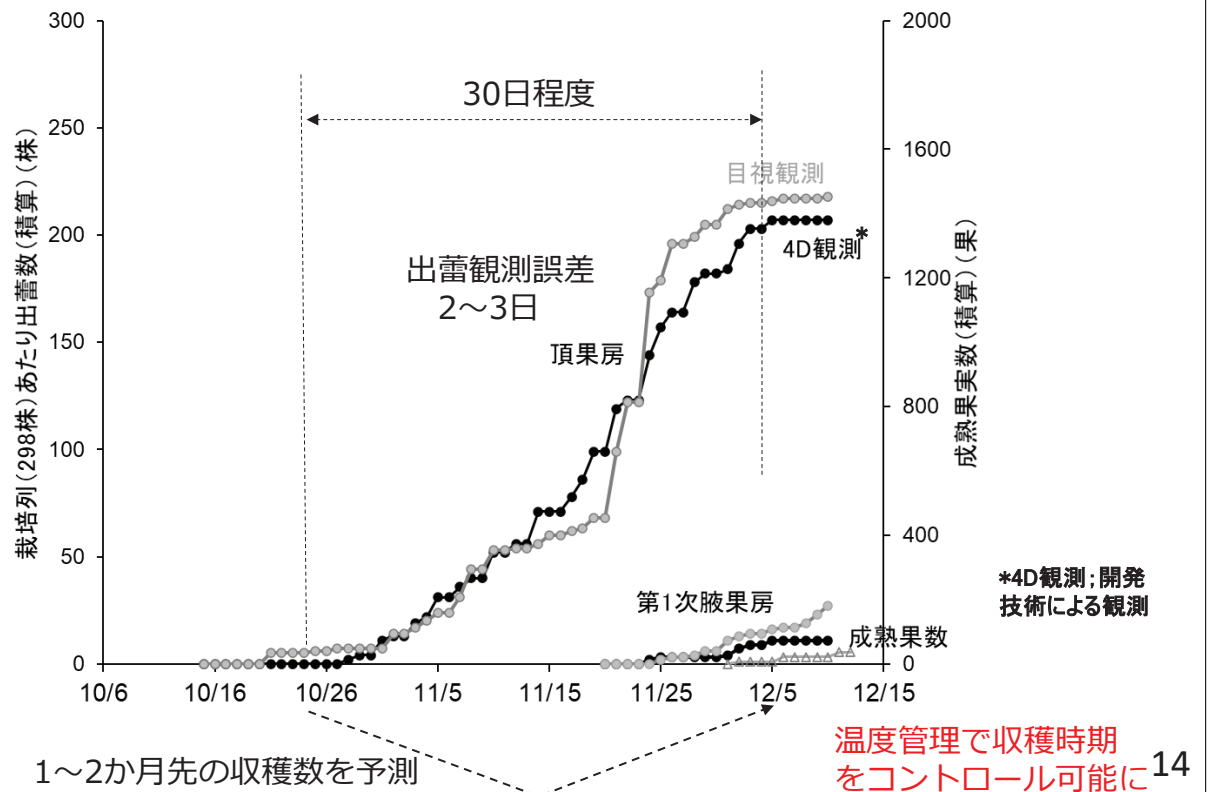
総成熟果実数

総成熟果実数: 10 個

csvダウンロード

13

- ◆誤差2～3日で出蕾日を算出できた
- ◆生産者からも活用できる旨のコメントを得た



まとめと今後の展開

- ◆生長点付近の監視に基づくイチゴの生育診断・収量予測法を提案
- ◆生長点付近をドローンで移動観測する手法を明らかに
- ◆画像処理によって生育情報を抽出する手法等を開発

- ◆現在、**ドローンの自動航行**で上記を実現する手法を開発・実証中

- ◆今後、以下の取り組みを実施していく
病虫害観測への応用、
観測情報を用いた栽培管理法の提案、
経営改善への活用実証。

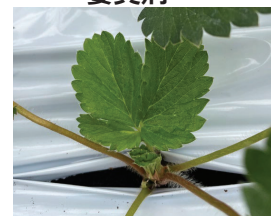
ドローンの自動航行の様子



チップバーン



萎黄病



ロボット農機の安全性に関する研究・検査・国際標準化活動の紹介

システム安全工学研究領域 紺屋秀之、松本将大、菊池豊、西川純、田中正浩、小林慶彦、向霄涵
安全検査部 川瀬芳順

はじめに

ロボットトラクター等のほ場作業を行うロボット農機は、スマート農業実証プロジェクトをはじめとして全国各地で実証試験等が実施されており、使用者がほ場周辺で目視監視するロボット農機については既に市販され普及へと移行している段階である。一方で、将来的な社会実装や普及拡大において解決すべき重要な課題の一つが安全性であり、農研機構ではロボット農機の安全性に関する研究や安全性の検査、国際標準化活動に取り組んでおり、以下にその概要について紹介する。

1. ロボット農機の人・障害物センサの検出精度に影響を与える環境要因の解明

ロボット農機に搭載される人・障害物センサについて、各種自然環境（降雨、逆光、霧、土埃）を屋内で再現し試験を行った結果、降雨条件では供試した全てのセンサにおいて検出精度への影響が少ないのに対し、逆光条件ではカメラ、霧条件下では2DLiDARにおいて検出精度への影響が大きくなり、多様な環境に対応するためには複数のセンサの組み合わせが適当であることが明らかとなった。

2. ロボット農機検査

農研機構では、ロボット農機（対象機種：トラクター、田植機、コンバイン、乾燥機）の安全性を評価するロボット農機検査を実施している。検査項目としては、自動運転に必要な各種安全装置・システムの機能や人・障害物検出機能等の確認試験がある。これまでに4機種17型式を認証し安全なロボット農機の開発・普及に貢献してきている（2025年2月時点）。

3. 国際標準化活動

農研機構が実施しているロボット農機検査を国際規格ISOに反映する国際標準化活動を2021年度から行ってきた。国際規格策定会議において掲載を提案し協議を重ねた結果、農研機構のロボット農機の安全性検査の実績は国際的にも評価され、ロボット農機の安全性に関する国際規格であるISO18497:2024に、農研機構が策定したロボット・自動化農機検査の主要な実施方法と基準が掲載された。今後、海外の農機メーカーが、日本向けのロボット農機の製造・販売を検討する際に、農研機構の検査基準が考慮されることや、日本の農機メーカーによるロボット農機輸出への貢献が期待される。

おわりに

今後、更に高度な技術水準が必要な遠隔監視型のロボット農機の研究開発が進められ社会実装が見込まれる。安全性の高いロボット農機の開発及び普及の促進に貢献するためにロボット農機の安全性に関する研究に取組み、研究成果を元に検査の拡充や国際標準化を図っていく予定である。

参考文献

1) ISO 18497-4:2024 Agricultural machinery and tractors – Safety of partially automated, semi-autonomous and autonomous machinery – Part 4: Verification methods and validation principles

2025年 3月 6日

R6年度 農業機械研究部門研究報告会

ロボット農機の安全性に関する 研究・検査・国際標準化活動の紹介

農研機構 農業機械研究部門
システム安全工学研究領域、安全検査部

紺屋秀之、松本将大、菊池豊、西川純、
田中正浩、小林慶彦、向霄涵、川瀬芳順

NARO

ロボット農機の安全性に関する 研究・検査・国際標準化活動



年度	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (R1)	2020 (R2)	2021 (R3)	2022 (R4)	2023 (R5)	2024 (R6)	2025 (R7)
安全 研究 課題	自動化・ロボット 化農業機械の評価 試験方法に関する 調査研究		ロボット農機の安全機能評価試験 方法の開発			ロボット 農機 検査基 準の高 度化及 び適応 拡大に 関する 研究		ロボット農機の人・障害物センサの検出精度 に影響を与える環境要因の解明		遠隔監視型ロボット農機の安全 機能評価試験方法に関する研究	
検査											
国際 標準 化											
ガイ ドラ イン											

背景

ロボット農機の実用化が進む一方、農業現場での様々な環境条件等（太陽光、雨、土埃等）を原因とする人・障害物センサの誤検出によるロボット農機の頻繁な自動停止



作業能率の低下、安全装置の信頼喪失→無効化



2

目的と期待される成果

人・障害物センサの誤検出について、農作業における環境条件がセンサ検出精度に影響を与える要因を明らかにすることを目的とする



- ◆農業現場においてロバスト性のある人・障害物センサの最適な組合せ（センサフュージョン）の提案
- ◆Safety2.0（協調安全）を加味した安全要件の提案
- ◆作業能率や安全性の高いロボット農機の開発・改良の促進
- ◆ロボット農機の安全性に関する国際規格ISO18497:2024の改正に際して、環境要因を加味した障害物検出試験方法の提示
- ◆ロボット農機検査の高度化

3

試験方法 逆光条件

逆光試験装置：キセノンランプ（湘南工作販売（株）ST-X203CA）

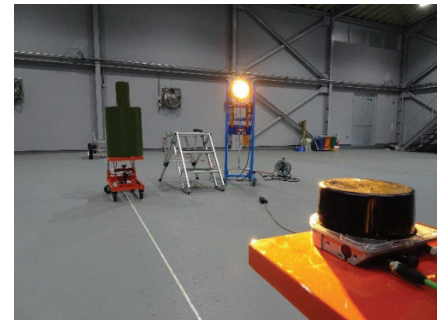
<一般的に逆光となる条件>

- ・太陽高度：0～20°
- ・照度：20,000～35,000lx
- ・太陽色温度：2,200K（夕日17:00相当）
6,000K（昼白15:00相当）

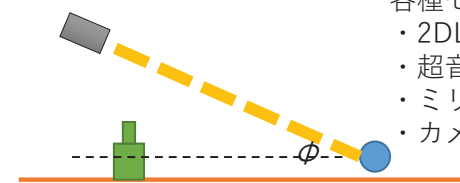
試験条件

試験区	条件	試験障害物距離 (m)	センサ面 設定照度 (lx)	太陽色温度 (K)	照射角度 Φ (°)
1	逆光	1,2,3	20000	2200	0
2					10
3			35000	6000	20
4					
5	夜間		0	-	-
6	反射 逆光	2,3	35000	6000	25
7					
8	対照区（通常照度）※1400 (lx) 程度				

※各種センサ面で設定照度となるように逆光試験装置ーセンサ間距離、絞りを調整



キセノンランプ



各種センサ
・2DLiDAR
・超音波
・ミリ波
・カメラ方式等

※各種センサ面が試験障害物の ϕ 380mm に対して水平となる位置にてセンシング

4

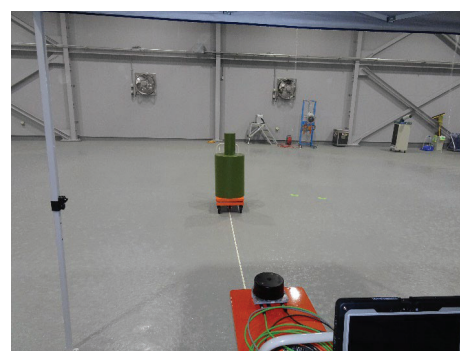
試験方法 降雨条件

降雨試験装置：人工降雨装置（農機研実験棟）

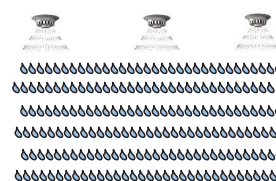


試験条件

試験区	試験障害物距離 (m)	設定降水量 (mm/h)
1	1,2,3	30
2		50
3		80
4		対照区（降水無）



人工降雨装置

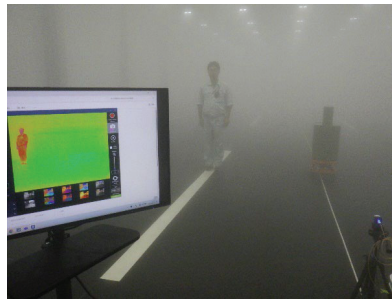


各種センサ
・2DLiDAR
・超音波
・ミリ波
・カメラ方式等

※各種センサ面が試験障害物の ϕ 380mm に対して水平となる位置にてセンシング

5

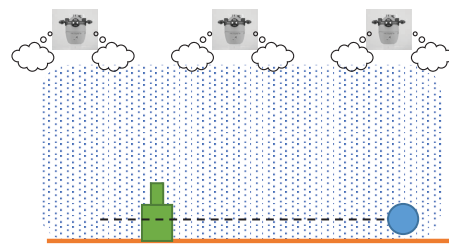
霧試験装置：人工霧装置
（（一社）日本自動車研究所（特異環境試験場））



試験条件

試験区	試験障害物距離 (m)	設定視程距離 (m)
1	1,2,3	70
2		15
3		対照区 (霧無)

人工霧装置

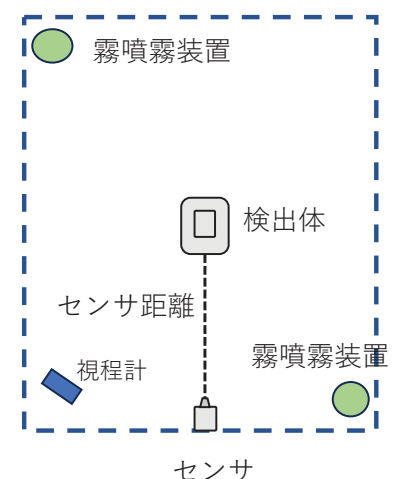
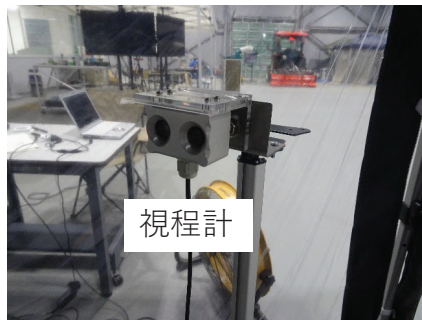


各種センサ
・2DLiDAR
・超音波
・ミリ波
・カメラ方式等

※各種センサ面が試験障害物のφ380mmに対して水平となる位置にてセンシング

6

霧試験装置について構築中（農機研実験棟内）



現在、試験環境の調整・試行中
→一定の霧濃度（視程距離）とする制御方法について検討が必要

7

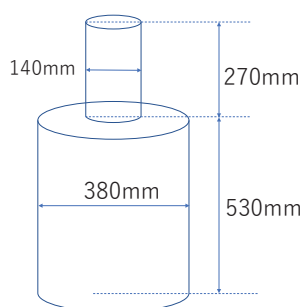
センサ種類	2DLiDAR	超音波	ミリ波	カメラ
型式 (メーカー)	TiM361 (SICK)	USA-S6AN (竹中電子工業)	BGT24 (PTM)	400-CAM084 (SANWA SUPPLY)
光源波長・発振周波数	850nm	40Hz	24GHz	-
イメージセンサ・解像度	-	-	-	CMOS 200万画素 1920×1080
検出距離	0.05m～4m	0.4m～6m	0.2m～80m	-
検出精度	±40mm	±1cm	±5cm	-
センサ出力	距離	距離	距離	画像
測定周波数	10Hz	10Hz	10Hz	-

※その他に供試したセンサ

2DLiDAR1型式、超音波2型式、ミリ波1型式、ステレオカメラ、レーザー、赤外線センサ

検出体

<ISO 18497:2018 検出体の仕様>



検出体は座っている人間を表している
 ■人間の体の成分を表すため水で満たされなければならない
 ■材料はプラスチック製とする（ポリエチレン材など）
 ■色は、つや消し仕上げのオリーブグリーン色とする（マンセル表色2.5GY3.5/3）

8

試験結果 データ処理

<距離データ> 2DLiDAR、超音波、ミリ波

誤差率 (%)

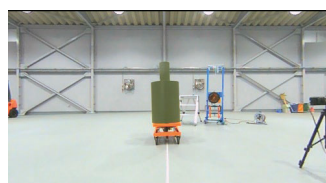
= (試験区距離データ - 対照区距離データ) / 対照区距離データ × 100

<画像データ> 赤外線センサ (FLIR ADK)、カメラ (400-CAM084)、ステレオカメラ (RoboVision2)

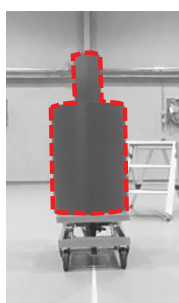
誤差率 (%)

= (試験区障害物面積 - 対照区障害物面積) / 対照区障害物面積 × 100

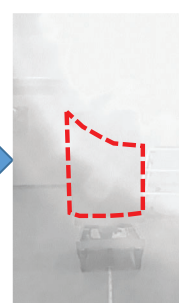
(処理イメージ)



対照区 元画像



試験区 元画像



9

試験結果 逆光条件 誤差率

センサー 検出体間距離 (m)	照度条件	照射角度 (°)	照度 (lx)	2DLiDAR	超音波	ミリ波	カメラ
1	逆光	0	20000	-1%	0%	1%	-24%
		10		-1%	0%	1%	-19%
		20		-1%	1%	0%	-15%
		20	35000	-1%	1%	1%	-35%
2	逆光	0	20000	0%	1%	0%	-16%
		10		0%	0%	0%	-11%
		20		0%	0%	0%	-14%
		20	35000	0%	0%	0%	-32%
3	逆光	0	20000	0%	0%	0%	-63%
		10		0%	0%	0%	-21%
		20		0%	0%	0%	-5%
		20	35000	0%	0%	0%	-77%

カメラ方式は、誤差率が大きく検出精度への影響が大きい

10

試験結果 降雨条件 誤差率

センサー 検出体間距離 (m)	降水量 (mm/h)	2DLiDAR	超音波	ミリ波	カメラ
1	30	0%	1%	0%	0%
	50	0%	1%	3%	0%
	80	0%	-1%	7%	0%
2	30	0%	0%	-2%	0%
	50	0%	0%	-3%	0%
	80	0%	0%	-3%	0%
3	30	0%	0%	2%	0%
	50	0%	0%	2%	0%
	80	0%	0%	2%	0%

全てのセンサの誤差率が小さく、検出精度への影響が小さい

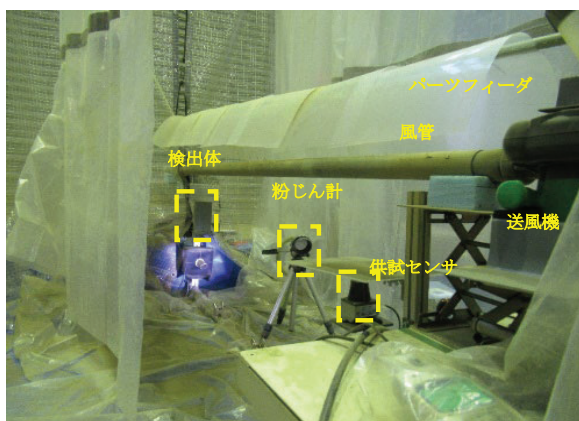
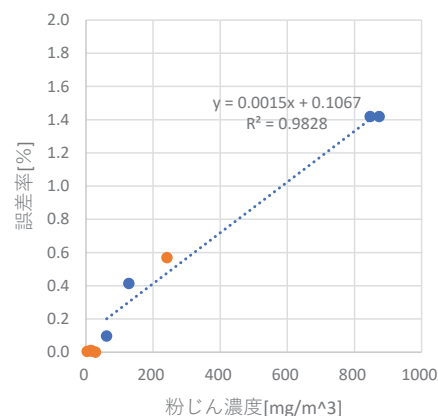
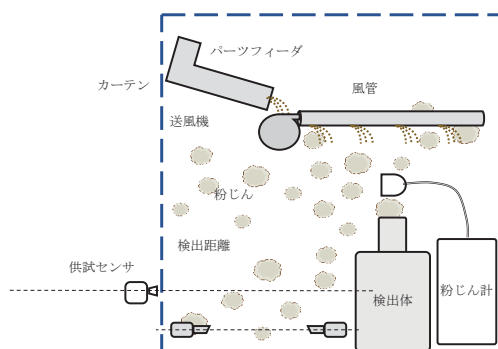
11

センサー 検出体間距離 (m)	視程距離 (m)	2DLiDAR	超音波	ミリ波	カメラ
1	70	-1%	-2%	16%	0%
	15	-7%	1%	11%	0%
2	70	0%	-8%	14%	-1%
	15	-74%	-8%	21%	-1%
3	70	-1%	-6%	2%	-1%
	15	-69%	-9%	10%	-2%

濃霧状態の視程15m区においては、特に2DLiDAR一検出体距離2m、3m区で誤差率が大きく、検出精度への影響が大きい

12

土埃条件に関して



粉じん濃度と誤差率との相関を確認

- ・霧環境条件と比較して誤差率が低い
→より高濃度で試験を行う必要性
- ・濃度の制御が困難
→改良の必要性
- ・粉じんの種類(イネクズ等)が変化することで検出精度への影響が変化する可能性有

13

環境条件へ適応性

環境条件	2DLiDAR (レーザー・3DLiDAR)	超音波	ミリ波	カメラ方式（単眼、ステレオ）
照度（逆光・夜間）	○	○	○	×
降雨	△	○	○	△
霧	×	○	○	×

耐環境性能以外のセンサ特性

	2DLiDAR (レーザー・3DLiDAR)	超音波	ミリ波	カメラ方式（単眼、ステレオ）
長所	対象物との距離を測定可能、電波が反射しない物体でも検出可能※	対象物の材質や色の影響を受けにくい	対象物との距離を測定可能（中、長距離）	対象物の識別が可能※
短所	高価、高性能（CPUメモリ）な処理が必要	検出距離が短い 距離精度が低い	近距離精度が低い 反射率が低い物体 検出精度が低い	応答性に限界、高価、高性能（CPUメモリ）な処理が必要

※農業分野においては必須の特性

14

ロボット・自動化農機検査

安全性検査

①安全装備検査

すべての農業機械が対象。危険源に対する防護や安全装置の装備が基準を満たしているかを確認

②安全キャブ・フレーム検査

乗用トラクター等の転倒時保護構造物の強度試験を実施し、安全空間が確保できるかを確認

③ロボット・自動化農機検査

ロボット・自動化農機の安全機能、人・障害物検知機能などを確認

対象機種：

● ロボット農機検査

- ・トラクター（乗用型） 2018年度～
- ・田植機 2020年度～
- ・乾燥機（穀物用循環型）の遠隔監視装置 2023年度～
- ・コンバイン 2024年度～

● 自動化農機検査

- ・すべての乗用型農機

15

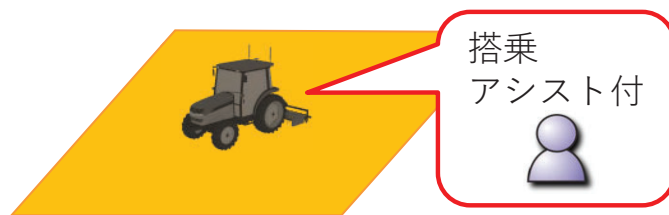
■レベル0（普通の農機）

- ・全ての操作を使用者が手動で実施



■レベル1（自動化農機）

- ・使用者の乗車が必要
- ・自動操舵（アシスト）機能付き



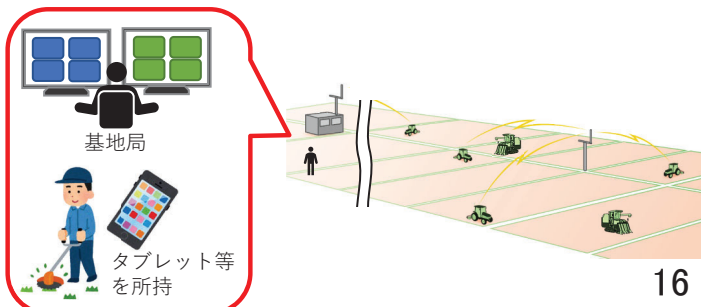
■レベル2（目視監視型ロボット農機）

- ・無人での自動運転
- ・ほ場内やほ場周辺から使用者が監視
- ・使用者が危険の判断、非常時の操作



■レベル3（遠隔監視型ロボット農機）

- ・無人での自動運転
- ・ロボットが全ての操作を実施
- ・使用者（モニター情報等）・システムによる遠隔地からの監視



16

ロボット農機（トラクター・コンバイン）の 主要な実施方法及び基準

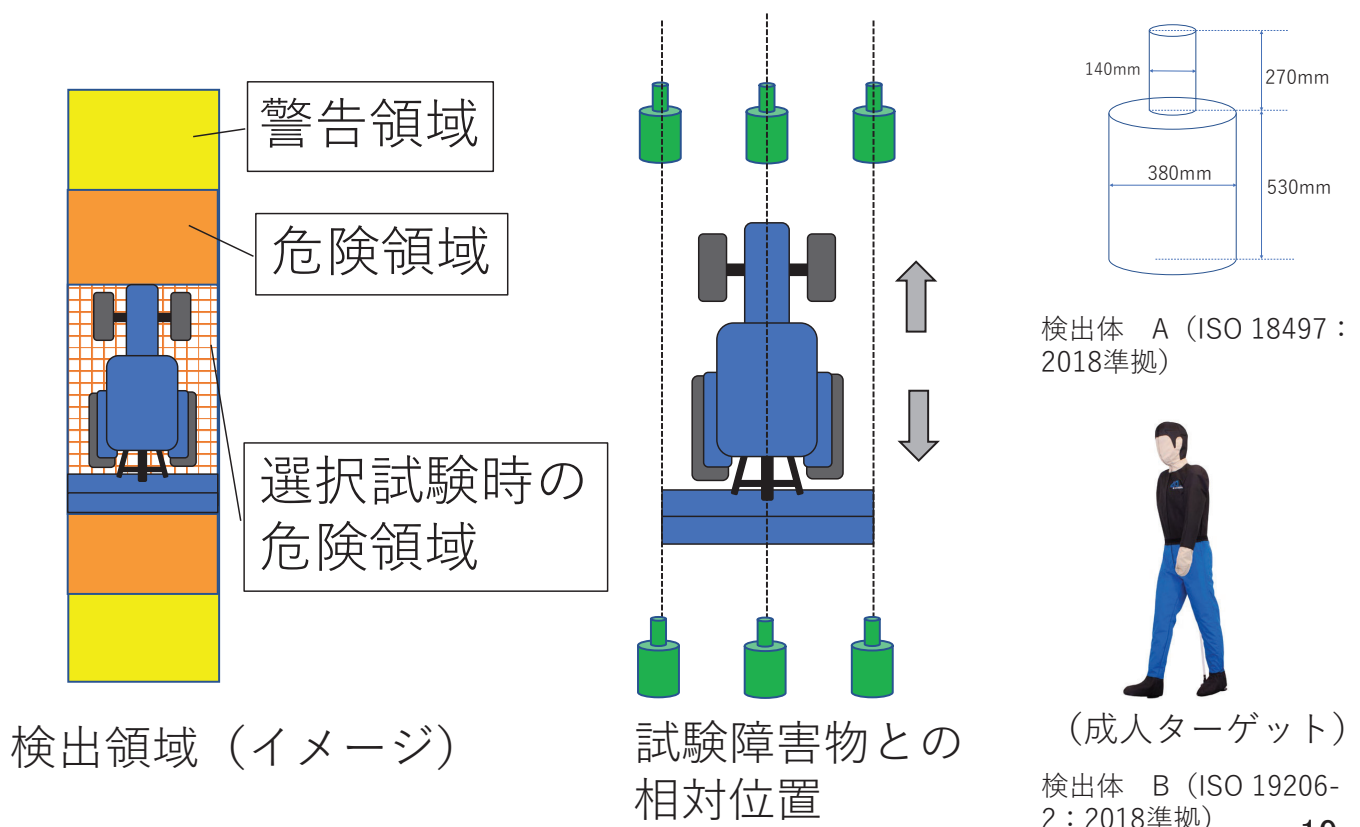
検査項目	基準
①構造調査	自動運転に必要な装置が装備されており、操作を要する装置にあっては、通常の作業位置で安全、かつ容易に操作できるよう配置されていること。また、その装置の有する機能、操作方法等が明確に表示されていること。さらに、作業領域の逸脱を防止する機能が備わっていること。
②手動モード機能確認試験	手動モード時は自動運転ができないこと。
③運転状態表示機能確認試験	適切に状態表示がなされ、使用者がトラクター（コンバイン）の状況を容易に認識できること。
④人・障害物検出機能確認試験	警告領域では、警告を発し、危険領域では検出体との接触がないこと。また、トラクター（コンバイン）及び作業機（作用部）は停止すること。
⑤その他必要な安全機能確認試験	遠隔操作装置には開始操作時の誤操作防止機能を装備／遠隔操作装置により停止操作が可能／通信障害時に自動停止／発進時、自動運転に必要なシステムに障害が発生している場合は自動運転不可状態になること。
⑥取扱試験	トラクター（コンバイン）及び作業機（作用部）は設定した作業領域を逸脱しないこと。また、取扱性や安全性について著しい欠陥がないこと。
⑦人・障害物検出機能確認試験（発進時）※選択試験	危険領域に検出体が存在する際には、トラクター（コンバイン）及び作業機（作用部）は停止していること。

17

検査項目	基準
①構造調査	自動運転に必要な装置が装備されており、操作を要する装置にあっては、通常の作業位置で安全、かつ容易に操作できるよう配置されていること。また、その装置の有する機能、操作方法等が明確に表示されていること。さらに、作業領域の逸脱を防止する機能が備わっていること。
②手動モード機能確認試験	手動モード時は自動運転ができないこと。
③運転状態表示機能確認試験	適切に状態表示がなされ、使用者が田植機の状況を容易に認識できること。
④ほ場外逸脱防止機能確認試験	模擬畦畔を乗り越えようとする際は、植付部を含め田植機は自動停止すること。
⑤その他必要な安全機能確認試験	遠隔操作装置には開始操作時の誤操作防止機能を装備／遠隔操作装置により停止操作が可能／通信障害時に自動停止／発進時、自動運転に必要なシステムに障害が発生している場合は自動運転不可状態になること。
⑥取扱試験	取扱性や安全性について著しい欠陥がないこと。
⑦人・障害物検出機能確認試験 ※選択試験	警告領域では、警告を発し、危険領域では検出体との接触がないこと。また、植付部を含め田植機は停止すること。

18

人・障害物検出機能確認試験について



19

ロボット農機検査 (イメージ動画)

自動運転中



人・障害物検出機能確認試験 (前進)

※ 安全に試験を行うため、人が乗車していますが運転操作は行っていません。20

ロボット・自動化農機検査の認証実績

(2025年2月時点)

- ロボット農機検査：合計17型式
 - ・トラクター（乗用型）：4型式
 - ・田植機：4型式
 - ・乾燥機：8型式
 - ・コンバイン：1型式

- 自動化農機検査：合計106型式
 - ・トラクター（乗用型）：80型式
 - ・田植機：16型式
 - ・コンバイン：9型式
 - ・野菜移植機：1型式



ISO 18497:2018 Agricultural machinery and tractors — Safety of highly automated agricultural machines — Principles for design

「農業機械およびトラクター高度に自動化した機械類の安全性－」

「農業用トラクタ、作業機、および自走式機械の高度な自動化操作に関し、適切な安全性レベルが確保されるよう、安全要求事項およびその検証手段を規定」

- 安全要求事項、保護、リスク低減方策
 - 人・障害物検出機能
 - 自動－手動モード切替装置
 - 停止後のオペレータによる復帰操作
 - エンジン、走行、機械類動作の開始制御
 - システム状況が常時監視可能
 - 常時相互通信システム
 - 速度牽制機能
 - 視覚、聴覚警告

- 安全要求事項、保護、リスク低減方策の検証



2017年3月 国際規格策定会議
(ISO/TC23/SC3 @トロン 22)

ISO 18497:2018の改訂

改訂の経緯：

ISO 18497:2018の発行当初に比べ、AI（人工知能）やGNSS（衛星測位システム）、人・障害物検出センサーなどといったロボット農機に使用される技術は大きく進歩し、これらの技術を使った新しいロボット農機に対応した、より詳細な安全要件や性能、安全性の評価方法を定める必要性から。

4つのパートに細分化することとした

ISO 18497:2024 Agricultural machinery and tractors — Safety of partially automated, semi-autonomous and autonomous machinery 「農業機械およびトラクター部分自動化、半自律型、自律型機械の安全性－」

- ・ Part 1: Machine design principles and vocabulary
「機械設計の原則と用語」
- ・ Part 2: Design principles for obstacle protection systems
「障害物保護システムの設計原則」
- ・ Part 3: Autonomous operating zones
「自律作業の領域」
- ・ Part 4: Verification methods and validation principles
「検証方法と検証原則」

規格策定作業について

規格策定の作業グループ

ISO/TC23/SC19/WG8

TC23：農林業用トラクター及び機械を扱う専門委員

SC19：農業用電子設備を扱う分科委員会

WG8：安全と保安を扱う作業部会

<WG8加盟機関>

加盟機関名（国名）	加盟機関名（国名）
ABNT（Brazil）	JISC（Japan）
AFNOR（France）	NEN（Netherlands）
ANSI（United States）	SAC（China）
ASI（Austria）	SCC（Canada）
BIS（India）	SIS（Sweden）
DIN（Germany）	UNI（Italy）
DS（Denmark）	

JISC（日本産業標準調査会）



エキスパートメンバー

国内審議団体
（一社）日本農業機械工業会の技術安全対策委員会
「ロボット農機分科会」
・農機メーカー
・日農
・農研機構

24

規格策定作業について

規格策定作業の各ステージ

	2021				2022				2023				2024			
	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12
Part 1	WD	CD		DIS								FDIS				IS
Part 2	WD		CD			DIS						FDIS				IS
Part 3					WD	CD		DIS				FDIS				IS
Part 4						WD	CD	DIS				FDIS				IS

WD：作業原案 CD：委員会原案 DIS：国際規格案 FDIS：最終国際規格案 IS：国際規格

※2021年～2024年にかけて合計：22回の規格策定会議（対面式、オンライン方式）にエキスパートとして参加し、協議を実施

2024年7月に国際規格として発行

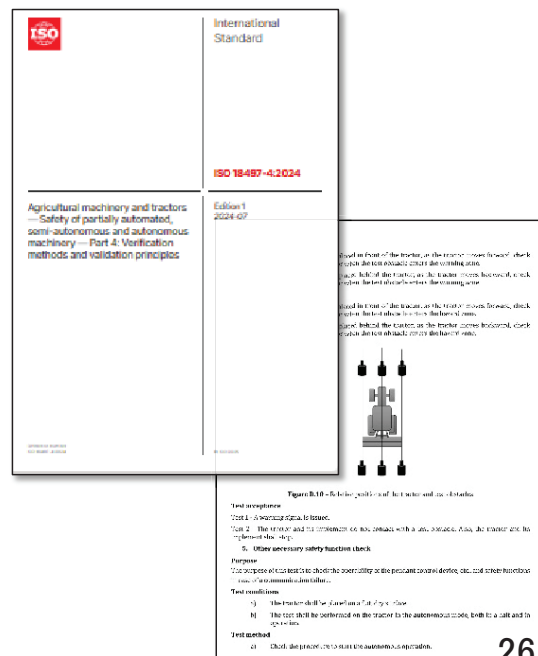


2023年5月 国際規格策定会 25ページ

「農業機械およびトラクター部分自動化、半自律型、自律型機械の安全性－
パート4：検証方法と検証原則」



ISO18497-4:2024
(附属書D:試験方法) に掲載



アシストスーツに関する世界動向と評価・設計手法の開発

システム安全工学研究領域 田中正浩、向霄涵、菊池豊

はじめに

スマート農業技術活用促進法が定めるスマート農業技術の一つであるアシストスーツの普及が進められている。公的研究機関である農機研に対しては、生産者からは農作業に適合する製品の選定方法を、製造者からは農作業用アシストスーツの設計及び評価を、業界団体からは国際標準化への参画が求められてきた。本研究では、アシストスーツの製品分類、農作業における代表的なユースケースおよび危険事象を整理し、業界と連携して我が国の規格と合わせてその一部を国際規格 ISO13482（サービロボット安全）に提案するとともに、アシストスーツの身体負荷軽減効果の評価手法を開発し、製品の性能向上に寄与する V&V 製品開発プロセスへの適用性を確認した。

1. アシストスーツの世界動向と国際標準化

TC299（ロボティクス）/WG2（安全）において ISO13482 の改訂が進んでおり、日本は国内の規格群と製品事情の反映に取り組んでいる。アシストスーツについて、農作業のユースケースや危険事象、腰部負担指標、世界中の製品例や評価手法、人間の関節許容値等に関する文献を整理し提案した。

2. アシストスーツの身体負荷軽減効果の評価手法の開発

アシストトルク ($N \cdot m$) と生体力学モデルを組み合わせた開発した腰部負荷軽減効果の評価手法は、任意の作業者の関節トルクや椎間板圧縮力の軽減効果を推定できるほか、腰部の筋疲労モデルを適用することで、アシストスーツを用いて重量物の持ち上げを繰り返し行った際の腰部疲労の軽減効果の経時変化を推定することができる。市販のアシストスーツでは 9 分後に 7.2% の疲労軽減効果が見込まれた。

3. 開発した評価手法の V&V（検証と妥当性確認）製品開発プロセスへの適用

開発した評価手法は、アシストトルクを用いて製品の設計から評価に至るまで一貫して製品開発プロセスに適用できる。本手法を用いてバネ式のアシストスーツを設計・評価した結果、最大アシストトルクの誤差は 0.29% となり、試作機の特徴や改善点なども明らかになった。

おわりに

本研究の一部は、経済産業省の国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業費および文部科学省の科学研究費助成事業により得られた成果である。

参考文献

- 1) Tanaka M, Xiang X (2025) Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, JARQ. Vol. 59, No. 2.
- 2) Xiang X, Tanaka M, Umeno S, Kikuchi Y and Kobayashi Y (2024) Fatigue assessment for back-support exoskeletons during repetitive lifting tasks. Front. Bioeng. Biotechnol. Vol. 12.

アシストスーツに関する世界動向と 評価・設計手法の開発

農研機構 農業機械研究部門
システム安全工学研究領域
田中正浩、向霄涵、菊池豊

※ 農研機構(のうけんきこう)は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム(通称)です。

1

アシストスーツとは



スマート農業とアシストスーツ



マッスルスーツ®Every (株)イノフィス

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/forum/R2smaforum/mattingu/assist.html>

アシストスーツの位置づけ



スマート農業技術活用促進法とアシストスーツ

スマート農業技術…農業機械等に情報通信技術を用いた技術で農作業の効率化、身体的負担の軽減、経営管理の合理化を通じて農業の生産性を向上させることに資するもの。

→電動アシストスーツなど、**アクティブタイプ**が該当

ISO13482(サービスロボット安全)の改定と国内規格の安全要求事項

Can I help you?

サービスロボット
人間の役に立つロボットたちの総称

移動作業型 身体アシスト 搭乗型

JISB8446-2,8456-1の抜粋

- ・動力源の喪失又は遮断からの保護
- ・通常運転における起動及び再起動
- ・ストレス、姿勢及び使用法による危険源
- ・ロボットの動作による危険源
- ・耐久性不足による危険源
- ・危険な環境条件
- ・アシスト力による危険源
- ・バックドライバビリティ

アシストスーツは
「人間の力を超えない」
股関節では $\leq 144\text{N}\cdot\text{m}$



サービスロボットの概要と種類

https://www.jqa.jp/service_list/fs/service/13482/

ISO13482改定への対応

業界団体や製造者等と連携して国内の安全規格や製品事情等の反映。

農作業の代表的なユースケースや危険事象、腰部負担指標、世界中の製品例や評価手法、人間の関節許容値等に関する文献を整理・提案。

<https://www.iso.org/standard/53820.html>

3

我々の取り組み

ユースケース・評価指標調査

- ・世界中の製品、評価手法、人間の許容値等に関する文献を整理・分類
- ・アシストスーツが活用される農作業を整理・分類

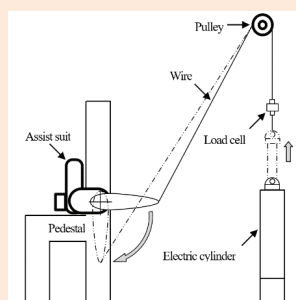
中腰姿勢の維持



重量物の持上げ



アシストトルク計測



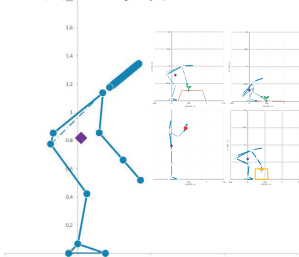
動的アシストトルク測定装置



- ・アシストスーツの動トルク ($\text{N}\cdot\text{M}$) を再現性高く計測できる
- ・アシストトルクの計算式を実証する

生体力学モデル

二次元モデル



三次元モデル



生体力学モデル

- ・人間に生じる負荷を力学的に算出する
- ・椎間板圧縮力などの人間工学的な指標を活用できる

農作業用アシストスーツの性能向上に寄与する評価手法の開発

4

ユースケース・評価指標調査

動力の有無と構造の硬軟の組み合わせによって4つに分類
さらに、作用する関節、補助する身体部位、作業目的によって分類

アシストスーツ の分類		構造の硬軟	
※世界製品例から日本製品を抜粋		外骨格タイプ	サポータータイプ
動力の有無	アクティブ タイプ	股関節／腰の補助 HAL®腰タイプ作業支援用 (CYBERDYNE株式会社) > 重量物の持上げや運搬 > 姿勢維持(中腰姿勢)	股関節／腰の補助 J-PAS Agri~ (株式会社ジェイテクト) > 姿勢維持(中腰姿勢) > 重量物の持上げや運搬
	パッシブ タイプ	股関節／腰の補助 マッスルスーツEvery (株式会社イノフィス) > 重量物の持上げや運搬 > 姿勢維持(中腰姿勢) 肩関節／上腕の補助 ラクベスト(株式会社クボタ) 姿勢維持(腕上げ姿勢)	股関節・膝・肩・肘関節 ／腰・上腕・前腕・下腿の補助 Working Power Suit極 (有限会社アトリエケー) > 重量物の持上げや運搬 > 姿勢維持(腕上げ姿勢) > 歩行など日常動作

Tanaka M, Xiang X (2025) Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, JARQ. Vol. 59, No. 2.

5

ユースケース・評価指標調査

アシストスーツの評価手法は3つに大別される

生体力学的分析	生理学的評価	心理学的評価
運動学 最大体幹角度[1,2,3,4,5,6] 最大体幹角速度[1,5] 最大体幹角加速度[1] 最大股関節角度[2,3,5,7,8,9] 平均股関節角速度[8] 最大膝角度[3,7,9] 最大足首角度[3,7] 関節角度の主成分スコア[10]	筋電図 (EMG) 積分値 (iEMG) [14] 二乗平均平方根(RMS) [8,16] 中央周波数 [9,16,18] 正規化最大値(%MVC) [3,4,15] 正規化平均値(%MVC) [4,6,7]	作業時間 持ち上げ時間[4] 持ち運び時間[17] 立ち座り時間[17] 階段昇降時間[17] 梯子昇降時間[17] 作業精度 持ち上げ時の重量物の変位[4] 屈曲時の指先と床の距離[17] ワイドスタンスでの両足間の最大距離[17]
動力学 最大腰部モーメント[1,5,6] 最大腰部剪断力[1,5,11] 最大椎間板圧縮力[1,5,11] 最大アシストモーメント[2,5,12,13] 最大腰椎剪断力及び椎間板圧縮力の減少[2] 最大床反力[2] 最大推定腹圧[2] 積算腰部モーメント[14] 最大接触圧[15] 最大筋力[11] 平均筋力[11]	酸素消費量 平均酸素摂取量(相対値)[7] エネルギー消費量中央値[18]	定性評価 6分間の歩行での最大距離[17]
背筋力 等尺性背筋力[16] 持ち上げ耐久時間[16] 持ち上げ最大荷重[17] 曲げ動作の最大保持時間[17] 前屈作業での最大持続時間[17] 片手を伸ばした四つん這い姿勢での 最大保持時間[17]	心拍数 心拍数予備能(HRR) [16]	主観評価 満足感[14] 自覚的運動強度(RPE) [15,16] 局所知覚圧力(LPP)の平均値[15] システムユーザビリティスケール(SUS) の平均値[15] 視覚アナログスケール(VAS) [8,17]

Tanaka M, Xiang X (2025) Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, JARQ. Vol. 59, No. 2.

6

文献リスト

- [1] Marras, W. S., et al. (2000) Effect of foot movement and an elastic lumbar back support on spinal loading during free-dynamic symmetric and asymmetric lifting exertions. *Ergonomics*, 43(5), 653-668.
- [2] Abdoli, E. M., et al. (2007) Mathematical and empirical proof of principle for an on-body personal lift augmentation device (PLAD). *Journal of biomechanics*, 40(8), 1694-1700.
- [3] Ulrey, B. L., et al. (2013) Effect of a personal weight transfer device on muscle activities and joint flexions in the stooped posture. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(1), 195-205.
- [4] Lamers, E. P., et al. (2017) Feasibility of a biomechanically-assistive garment to reduce low back loading during leaning and lifting. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(8), 1674-1680.
- [5] Koopman, A. S., et al. (2019a) Effects of a passive exoskeleton on the mechanical loading of the low back in static holding tasks. *Journal of biomechanics*, 83, 97-103.
- [6] Koopman, A. S., et al. (2019b) The effect of control strategies for an active back-support exoskeleton on spine loading and kinematics during lifting. *Journal of biomechanics*, 91, 14-22.
- [7] Whitfield, B. H., et al. (2014) Effect of an on-body ergonomic aid on oxygen consumption during a repetitive lifting task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 39-44.
- [8] Tan, C. K., et al. (2019) Muscle Synergies During Repetitive Stoop Lifting With a Bioelectrically-Controlled Lumbar Support Exoskeleton. *Frontiers in Human Neuroscience*, 13, 142-156.
- [9] Dos Anjos, F. V., et al. (2022) Changes in the distribution of muscle activity when using a passive trunk exoskeleton depend on the type of working task: A high-density surface EMG study. *Journal of Biomechanics*, 130.
- [10] Sadler, E. M., et al. (2011) The personal lift-assist device and lifting technique: a principal component analysis. *Ergonomics*, 54(4), 392-402.
- [11] Weston, E. B., et al. (2018) Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine. *Applied ergonomics*, 68, 101-108.
- [12] Ito, T., et al. (2018) Evaluation of active wearable assistive devices with human posture reproduction using a humanoid robot*. *Advanced Robotics*, 32(12), 635-645.
- [13] Nabeshima, C., et al. (2018) Standard performance test of wearable robots for lumbar support. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3(3), 2182-2189.
- [14] Abdoli, E. M., et al. (2008) The effect of on-body lift assistive device on the lumbar 3D dynamic moments and EMG during asymmetric freestyle lifting. *Clinical Biomechanics*, 23(3), 372-380.
- [15] Huysamen, K., et al. (2018) Assessment of an active industrial exoskeleton to aid dynamic lifting and lowering manual handling tasks. *Applied ergonomics*, 68, 125-131.
- [16] Godwin, A. A., et al. (2009) Testing the efficacy of an ergonomic lifting aid at diminishing muscular fatigue in women over a prolonged period of lifting. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 121-126.
- [17] Baltrusch, S. J., et al. (2019) The effect of a passive trunk exoskeleton on functional performance in healthy individuals. *Applied ergonomics*, 72, 94-106.
- [18] Xiong, C., et al. "Multi-articular passive exoskeleton for reducing the metabolic cost during human walking." In 2019 Wearable Robotics Association Conference (WearRAcon), pp. 63-67.

Tanaka M, Xiang X (2025) Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, JARQ. Vol. 59, No. 2.

7

人間の関節許容値(N・m)に関する整理された文献は少ないが、平均するとユーザーグループを定めない場合のJISの参考値に近い

	手首	肘	肩	股関節	膝	足首	国	性別(人数)	年齢	計測条件(推定含む)
都立大[1]		45		89			日本	♀	70	肘90°、体幹30°(推定)
岡田勝[2]					70		日本	♀(20)	20-39	膝15°
藤原勝夫[3]						20	日本	♀(7)	70	背屈15°
Marsh[4]						29	アメリカ	♂(25)	19-37	背屈20°
Hagberg[5]			45				スウェーデン	♂(6)	18-29	屈曲
Weston[6]			58				アメリカ	♂(31)♀(31)	25,26	回転運動
Hoozemans[7]			26				オランダ	♂(7)	34	押す
Ordway[8]					21	12	アメリカ	♀(17)	72	屈曲
Askew[9]	3	19					アメリカ	♀(54)	45	
Andrews[10]		26					カナダ	♀(25)	73	肘モーメントアーム=26.4cm、 手首モーメントアーム=6.7cm
Balogun[11]		69					ナイジェリア	♂(64)	23	N→N・m by [21] ([9]のモーメントアームに基づく)
Douma[12]		47					オランダ	♂(259)♀(203)	20-60	N→N・m by [21] ([9]のモーメントアームに基づく)
Harbo[13]	7	27	31	79	48	17	デンマーク	♀	70	
Kramer[14]	5.3						カナダ	♀(22)	28	回外
松岡[15]	3.8						アメリカ	♀(27)	28	回外
Nogueira[16]		45					ブラジル	♂(5)	62	屈曲
Timm[17]	5.7						アメリカ	♂(10)♀(10)	24-45	回内
Yang[18]		24					韓国	♂(15)♀(15)	24	伸展
Cahalan[19]				44			アメリカ	♀(16)	53	平均屈曲
Niu 2012[20]					30		中国	♀(18)	72	背屈
平均値	6.4	39.3	40.3	78.5	32.5	23.3				
JISB8446-2	7.2	32.4	43.2	72	41.4	25.2	JP	♀(75-79)	75-79	*

* 独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)が取得した75歳から79歳(25%ile)の健康な日本人女性の等尺性収縮時の最大発揮力を1.8倍して伸張性収縮の最大発揮力へ変換
Tanaka M, Xiang X (2025) Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, JARQ. Vol. 59, No. 2.

8

文献リスト

- [1]首都大学東京体力標準研究会 編 2007:新・日本人の体力標準値 II,不味堂出版,東京.
 [2]岡田勝・藤原誠下,1983:下肢伸展機構に関する人間工学的ならびに筋電図学的研究,神戸大医紀,43(2),25-39
 [3]藤原勝夫・池上晴夫・岡田守彦・小山吉明, 1982: 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与, 人類学雑誌, 90(4), 385-399.
 [4] Marsh, E., Sale, D., McComas, A. J., & Quinlan, J. (1981). Influence of joint position on ankle dorsiflexion in humans. *Journal of Applied Physiology*, 51(1), 160-167.
 [5] Hagberg, M. (1981). Work load and fatigue in repetitive arm elevations. *Ergonomics*, 24(7), 543-555.
 [6] Weston, E. B., et al. (2018). Biomechanically determined hand force limits protecting the low back during occupational pushing and pulling tasks. *Ergonomics*, 61(6), 853-865.
 [7] Hoozemans, M. J., et al. (2004). Mechanical loading of the low back and shoulders during pushing and pulling activities. *Ergonomics*, 47(1), 1-18.
 [8] Ordway, N. R., et al. (2006). Reliability of knee and ankle strength measures in an older adult population. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(1), 82-87.
 [9] Askew, L. J., et al. (1987). Isometric elbow strength in normal individuals. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 222, 261-266.
 [10] Andrews, A. W., et al. (1996). Normative values for isometric muscle force measurements obtained with hand-held dynamometers. *Physical therapy*, 76(3), 248-259.
 [11] Balogun, J. A., & Onigbinde, A. T. (1992). Hand and leg dominance: do they really affect limb muscle strength?. *Physiotherapy Theory and Practice*, 8(2), 89-96.
 [12] Douma, R. K., et al. (2014). Reference values for isometric muscle force among workers for the Netherlands: a comparison of reference values. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 6, 1-10.
 [13] Harbo, T., et al. (2012). Maximal isokinetic and isometric muscle strength of major muscle groups related to age, body mass, height, and sex in 178 healthy subjects. *European journal of applied physiology*, 112, 267-275.
 [14] Kramer, J. F., et al. (1994). Forearm pronation and supination: reliability of absolute torques and nondominant/dominant ratios. *Journal of Hand Therapy*, 7(1), 15-20.
 [15] Matsuoka, J., et al. (2006). An analysis of symmetry of torque strength of the forearm under resisted forearm rotation in normal subjects. *The Journal of hand surgery*, 31(5), 801-805.
 [16] Nogueira, F. R. D., et al. (2013). Comparison of maximal muscle strength of elbow flexors and knee extensors between younger and older men with the same level of daily activity. *Clinical interventions in aging*, 401-407.
 [17] Timm, W. N., et al. (1993). Functional comparison of pronation and supination strengths. *Journal of hand therapy*, 6(3), 190-193.
 [18] Yang, Jeongok, et al. "The effects of elbow joint angle changes on elbow flexor and extensor muscle strength and activation." *Journal of physical therapy science* 26.7 (2014): 1079-1082.
 [19] Cahalan, T. D., et al. (1989). Quantitative measurements of hip strength in different age groups. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)*, 246, 136-145.
 [20] Niu, Z., et al. (2012). Effect of Ankle States on Peak Torque of Knee Flexion and Extension for Old Adults. *Chinese Journal of Rehabilitation Theory and Practice*, 18(7), 610-611.

ユースケース・評価指標調査

ISO 13482の附属書Dを参考に代表的な用途や使用目的、環境を他分野の研究所(物流や介護)とも協力して分野横断的に収集

代表的なユースケース	農作業で実施する必要のある機能的タスク
物体の持ち上げと運搬 	地面、又は地面から低い位置にある収穫物の詰まった採集コンテナや出荷箱、肥料袋等の重量物の車両やパレット等への積み込みを補助する。 必ずしも平たん(坦)ではない地面上で、ある程度距離が離れた位置からの重量物の運搬を伴う状態で、基本的な積み込みのタスクを補助する。 重量物を持ち上げる際の腰や腕の負荷を軽減する。
姿勢維持(中腰) 	地面、又は地面から低い位置にある畝への苗の定植や農作物の収穫を補助する。 必ずしも平たん(坦)ではない地面上で、定植や収穫の度に立位から中腰姿勢への変化を繰り返す状態で、基本的な姿勢維持のタスクを補助する。また、タスクの間には横移動や前後の移動を伴う。 中腰姿勢での腰の負荷を軽減する。
姿勢維持(腕上げ) 	地面から高い位置にある果実の収穫を補助する。 必ずしも平たん(坦)ではない地面上で、収穫の度に立位から腕上げ姿勢への変化を繰り返す状態で、基本的な腕上げのタスクを補助する。また、タスクの間には横移動や前後の移動を伴う。 腕上げ姿勢での腕の負荷を軽減する。

JISB8446-2の附属書Cを参考に典型的な危害の発生シーンを他分野の研究所(物流や介護)とも協力して分野横断的に収集

危害の例 ※転倒抜粋	危害の発生シーン	原因	危険な状態や事象の詳細
転倒	果樹園等の傾斜地での作業 雨等で足場の悪い圃場等での作業 脚立やはしごの上での作業 強雨強風の中での作業 畝、畦、側溝などの横断 荷台の上での作業や乗り降り	不安定な足場での使用	農業分野では、屋外の傾斜地や凹凸のある足場の悪い地面での作業が多く、天候によっては地面が濡れて滑りやすい。さらに、畝や畔、側溝といった障害物が多く、それらを乗り越える場合もあるため転倒が発生しやすい状態となっている。このような環境でのアシストスーツの使用により、転倒が発生する可能性がある。
	段差の乗り越えや斜面での上り下りで意図せずアシストトルクが発生した	電源の切り忘れ	
	不慣れな状態でアシストトルクに対して過大または過小な重量物を持ち上げた	教育や訓練の不足	農業分野で取り扱う重量物は質量が一定でないことが多く、アシストスーツに不慣れな状態で使用することで、アシストトルクに対して思わぬ重量感が生じることにより、転倒が発生する可能性がある。
	果樹園の枝などに接触 野菜の果実、枝、つるなどに接触 ハウス内の支柱、梁などに接触 家畜などに接触	障害物の多い環境での使用	農業分野は、周囲に突出した障害物が多い環境であるため、アシストスーツが意図せず障害物に接触することにより、転倒が発生する可能性がある。
	上肢フレーム等により関節可動域が制限され、腕上げ作業中につまずいたときに転倒を回避する動作が間に合わなかった	不安定な足場での使用	農業分野での腕上げ作業は果樹園での果実収穫が想定され、屋外の傾斜地や凹凸のある足場の悪い地面である状態が多く、天候によっては地面が濡れて滑りやすい。さらに、地面上には果実の残渣や石などの障害物が多く、転倒が発生しやすい状態となっている。このような環境での腕上げ補助により、使用者がつまずいた際に転倒を回避する動作遅れることにより、転倒が発生する可能性がある。

Tanaka M, Xiang X (2025), Evaluation methods for assist suit and agricultural applications, IARQ. Vol. 59, No. 2.

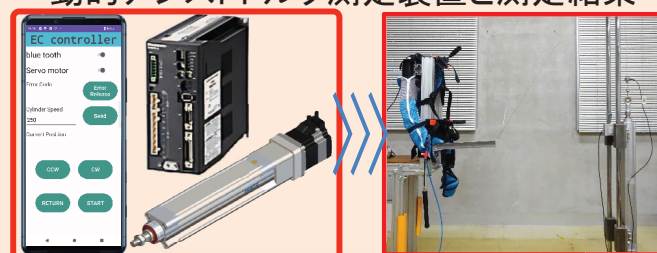
11

アシストトルク計測

動的アシストトルク測定装置を用いて
腰補助用アシストスーツの
アシストトルク(N・m)を測定

JISB8456-1のアシストスーツの静トルクの測定方法を
動トルクを簡易に再現性高く測定可能に発展させた方法

動的アシストトルク測定装置と測定結果



市販アシストスーツ(人工筋肉)のアシストトルク測定
アクチュエータの物理式とトルク測定結果から

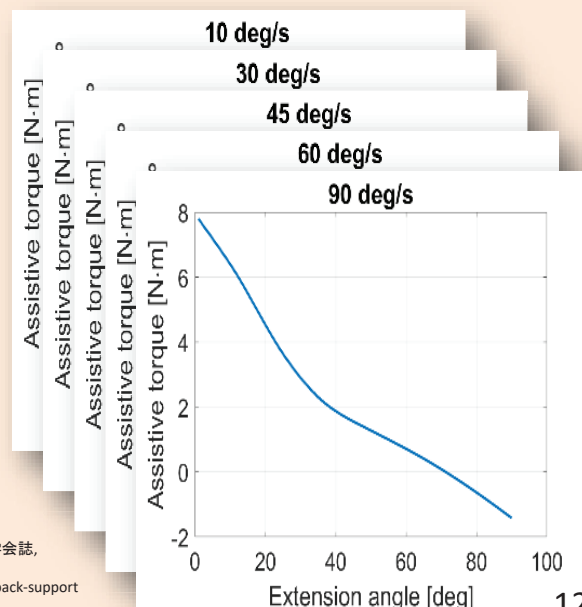
アシストトルク式を構築

$$\tau = -1.45\theta^3 + 7.7\theta^2 - 12.66\theta - 0.72\omega + 8.11$$

τ : アシストトルク(N・m)

θ : 回転角度(deg)

ω : 回転角度(deg/s)



田中正浩、梅野寛、菊池豊 (2023), パワーアシストスーツの動的なアシスト力の直接的な測定方法の開発, 農業食料工学会誌, 85(3), 149-154.

Xiaohan Xiang, Masahiro Tanaka, Satoru Umeno, Yutaka Kikuchi, Yoshihiko Kobayashi (2023), Dynamic assessment for low back-support exoskeletons during manual handling tasks, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11.

生体力学モデル

二次元簡易型生体力学モデルを開発し、職務作成プログラム(機構-S35)に登録

作業者の身長や体重、関節角度をExcelに入力すると、各関節トルクや椎間板圧縮力が自動的に算出される

ユースケース調査結果から、中腰、しゃがみ、腕上げ、持ち上げ姿勢の農作業専用モデルを構築

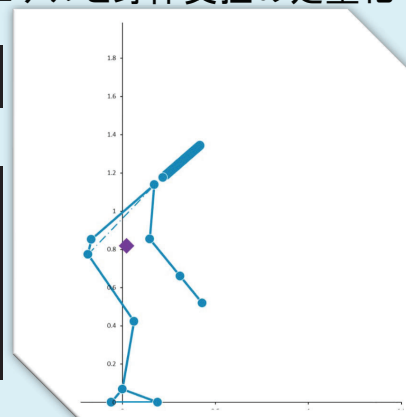
二次元生体力学モデルと身体負担の定量化

1. 身長と体重を入力

身長 (m)	1.7
体重 (kg)	70

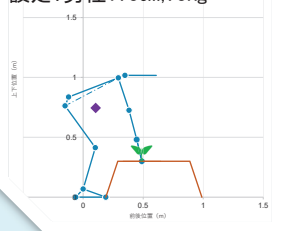
2. 関節角度 (°) を入力

足関節角A	10
膝関節角K	-45
体幹前傾角T	-45
頸角N	0
肩関節角S	-45
肘関節角E	-45
手関節角H	0



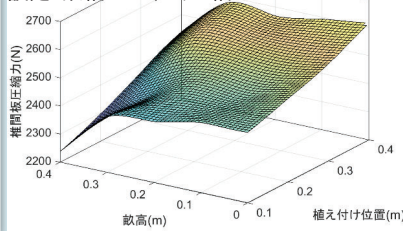
中腰モデル

設定: 男性170cm, 70kg



中腰姿勢での身体負担の定量化

設定: 畝幅80cm, ベッド幅60cm

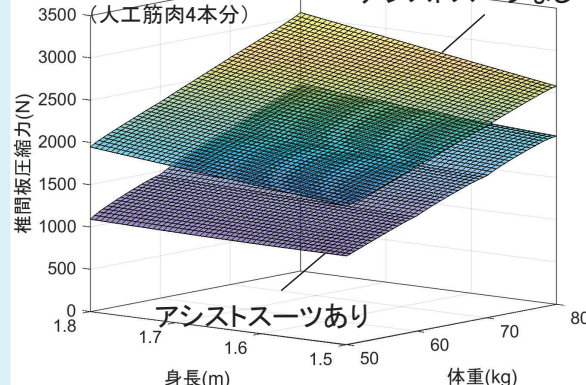


畝幅や高さ、ベッド幅、植え付け位置を設定できる
最小二乗法で最も楽な作業姿勢を最適化計算する

中腰作業

先ほどのアシストトルク式を適用
(大工筋肉4本分)

アシストスーツなし



13

生体力学モデル

三次元生体力学モデルを開発して職務作成プログラム(機構-Y16)に登録

作業者の身長や体重に加えて、農作業動作を開発したモデルに入力すると、発生した腰部トルクからアシストトルクが差し引かれ軽減効果が出力される

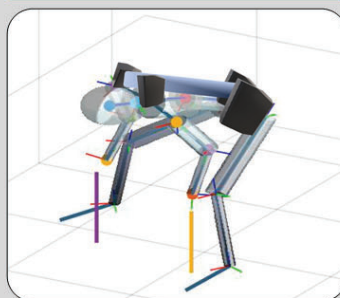
三次元生体力学モデルによるアシストスーツの身体負担軽減効果評価手法

入力: 農作業動作



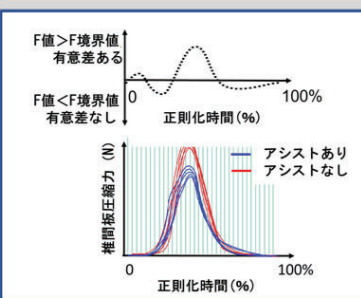
農作業のユースケースから作成した模擬作業から農作業動作を取得

動力学解析

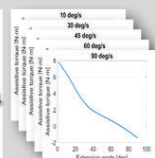


開発した3次元生体力学モデル

出力: 負担軽減効果



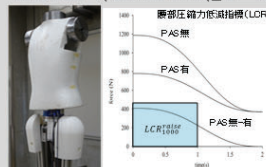
入力: アシスト力(動トルク)



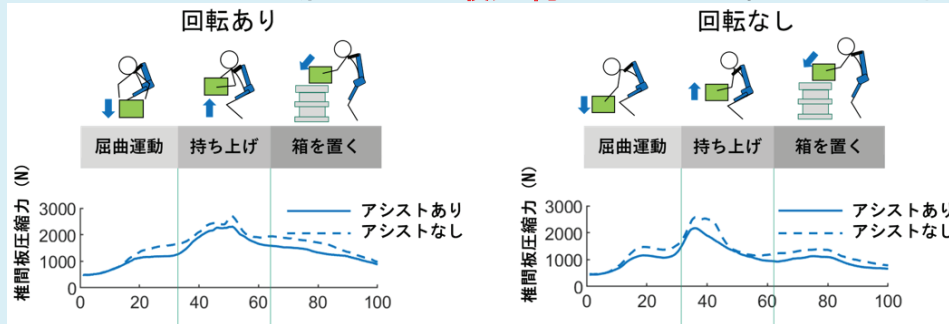
動的アシスト力測定装置

アシストトルク式

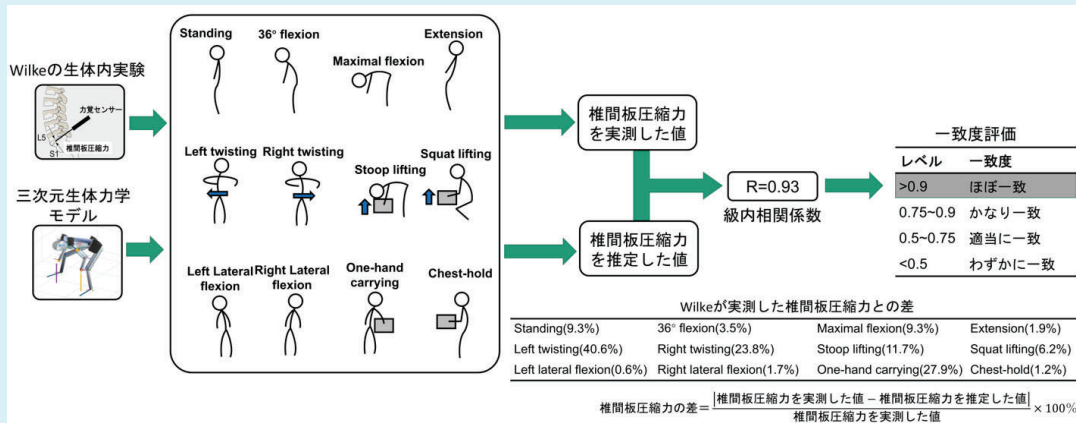
比較対象
JIS B 8456-1、ISO 18646-4(ヒューマノイドを用いた評価手法)



市販のアシストスーツ(人工筋肉)では**最大約15%**の椎間板圧縮力が軽減される



椎間板圧縮力の実測値との相関も高く**人間を用いずアシストスーツを評価**することができる



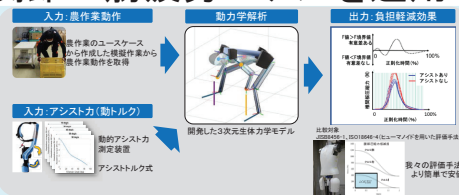
Xiaohan Xiang, Masahiro Tanaka, Satoru Umeno, Yutaka Kikuchi, Yoshihiko Kobayashi (2024), Fatigue assessment for back-support exoskeletons during repetitive lifting tasks, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 11.

15

要望

アシストスーツの
疲労軽減効果を
評価したい

開発した評価手法に
関節一筋疲労モデルを適用



結果

人間を用いずに
**長時間の農作業での
疲労軽減効果**を推定

蓄積された人間工学の
知見を利用できる

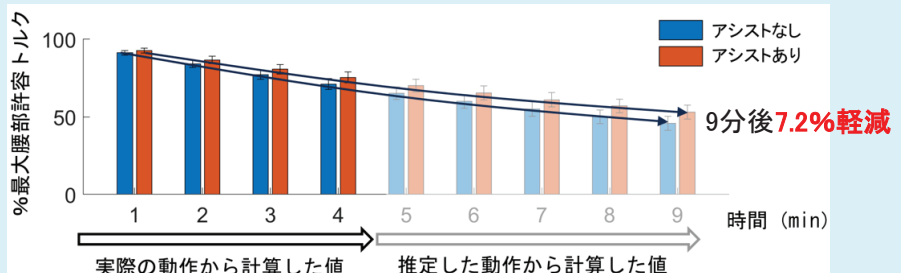
収集した評価指標から
関節一筋疲労モデルを適用

$$S(t_1) = S(t_0) e^{-\frac{k}{S_{max}} \int_{t_0}^{t_1} \tau(t) dt}$$

人間は疲労すると発揮できる最大の力が減少する
腰部関節の最大許容トルク(%)がどれだけ減ったかで疲労を推定する

設定
軽トラへのコンテナ積み
質量15kg、高さ65cm
8秒に一回のペース

時間が経過するとともに
疲労軽減効果は増大する



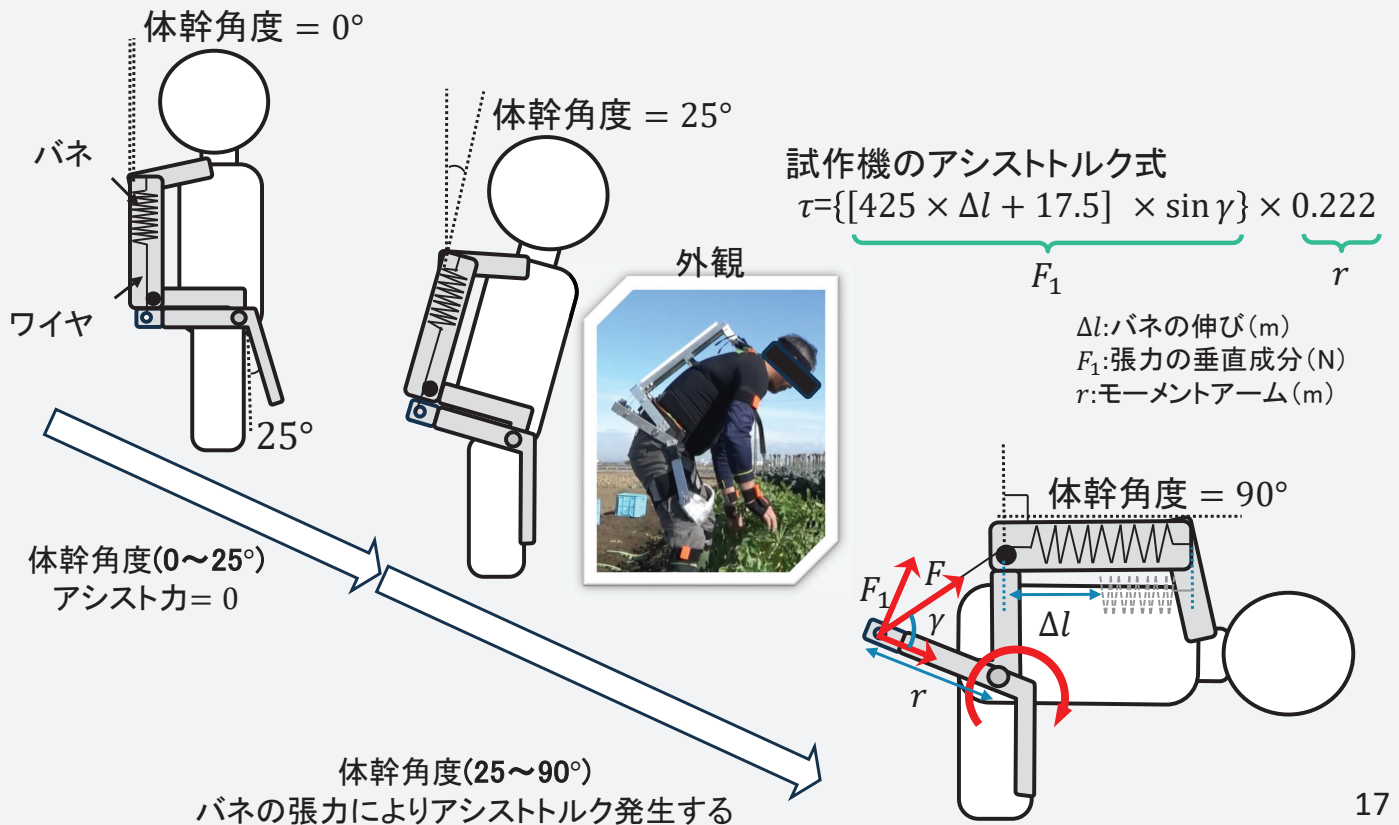
繰り返し作業におけるアシストスーツの腰部疲労軽減効果
被験者: 20~40歳の男性11人

Xiaohan Xiang, Masahiro Tanaka, Satoru Umeno, Yutaka Kikuchi, Yoshihiko Kobayashi (2024), Fatigue assessment for back-support exoskeletons during repetitive lifting tasks, Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 12.

16

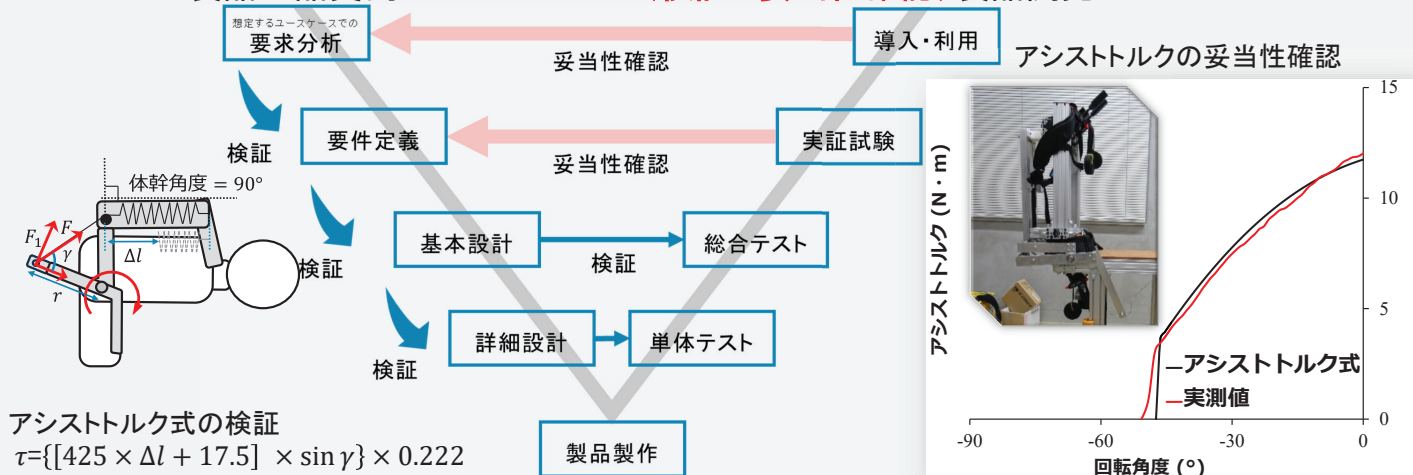
アシストスーツの設計・評価への適用

開発した**評価手法**を農業用アシストスーツの**設計・評価**に適用することで
アシストスーツの性能向上に寄与する



アシストスーツの設計・評価への適用

製品の品質向上のための**V&V(検証と妥当性確認)**製品開発プロセス



最終的な試作機のアシストトルク式

$$\tau = C1 \times \{ [425 \times \Delta l + 17.5] \times \sin \gamma \} \times 0.222 \times \mu^{\Delta l}$$

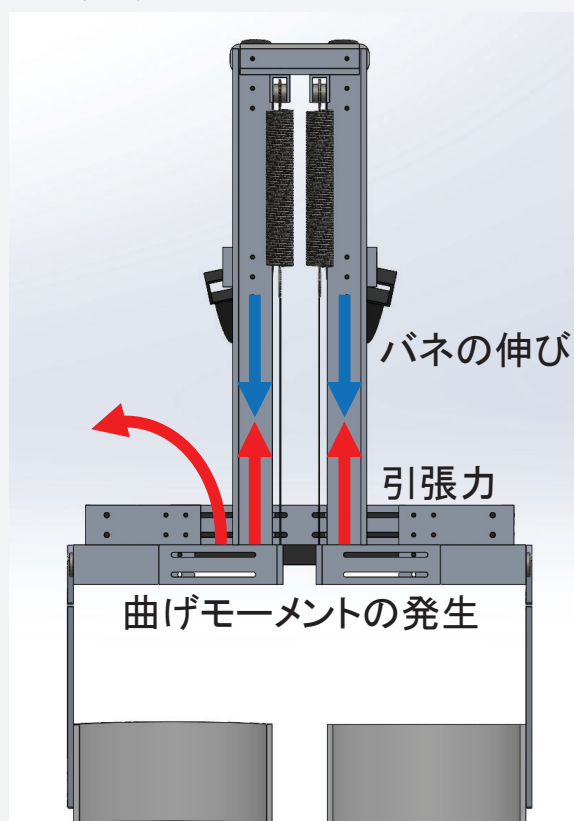
明らかとなった改善点

$C1 = 0.88$: 構造ロス、 $\mu = 0.164$: 摩擦係数、

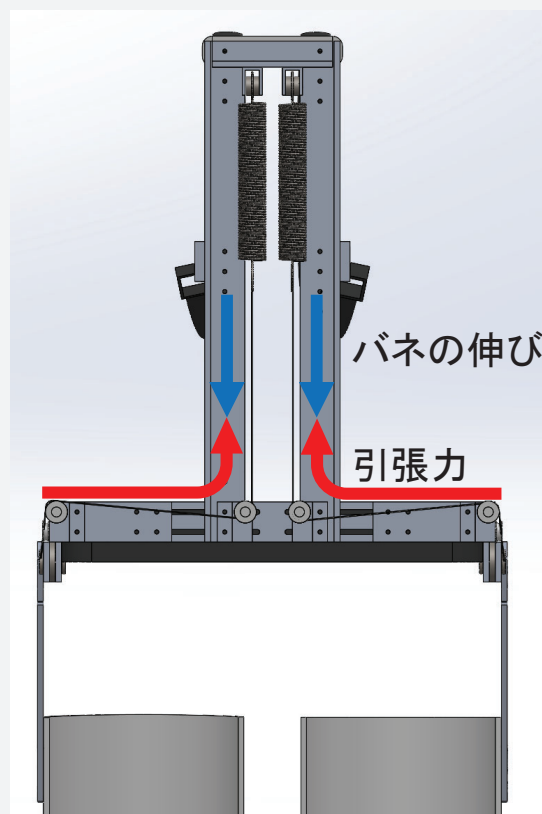
$\Delta l = 0.222 \times \cos \gamma + 225 \times \sin \gamma - 40$: バネの伸び、 -40 : バネの伸長ロス

性能向上に寄与するアシストスーツの特徴や改善点を特定した

変更前(Back view)



改善後(Back view)



19

まとめ

1. 成果の概要

・農作業で代表的なユースケース及び危険事象、世界中の製品例、評価手法、人間の許容値等を整理するとともに、業界団体等と連携して国際標準化に貢献した。

・アシストトルク($\text{N}\cdot\text{m}$)と生体力学モデルを組み合わせたアシストスーツの評価手法を開発し、性能向上に寄与する V&V(検証と妥当性確認)製品開発プロセスへの適用性を確認した。

2. 成果の新規性・有効性

・実測値との相関も高く人間を用いずに農作業での負荷軽減効果を評価できる。

・長時間の農作業での疲労軽減効果も推定できる。

・農作業用アシストスーツの設計・評価にも適用できる

3. 社会実装の展望

・農作業負荷の解析に関して職務作成プログラム(機構-S35)の実施契約の手続き中。

・開発した評価手法や指標の標準化を目指しつつ、民間企業等での農作業用アシストスーツの設計・評価に活用する。

20

本研究の一部は、文部科学省の科学研究費助成事業により得られた成果である。

ISO13482改定対応の一部は、経済産業省の国際ルール形成・市場創造型標準化推進事業費により行った。

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：

農業機械研究部門 研究推進部 研究推進室（広報チーム）

メール：iam-koho@ml.affrc.go.jp

電 話：048-654-7030

F A X：048-654-7130

令和6年度 農業機械研究部門研究報告会

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

令和7年3月6日発行

