

令和2年度
革新工学センター研究報告会

令和3年3月10日

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業技術革新工学研究センター

令和2年度 革新工学センター研究報告会・農業機械技術クラスター総会開催要領

1. 開催日時 令和3年3月10日(水) 10:00~16:20
2. 開催方法 オンライン開催 (YouTube Live による)
3. スケジュール
 - 1) 開 会 10:00
 - 2) 挨拶
 - (1) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業技術革新工学研究センター 所長 小林 研 10:00
 - (2) 農林水産省生産局 10:10
 - (3) 農林水産省農林水産技術会議事務局 10:40
 - 3) 農業機械技術クラスター総会 11:10
 - (1) 農業機械技術クラスターの活動報告
研究推進部 戦略企画管理役 杉本光穂
 - (2) オープンイノベーションによる農業分野等の新事業創出
経済産業省 関東経済産業局 地域経済部 産業技術革新課長 門田 靖

(昼 食) 12:00
 - 4) 研究報告会(個別研究課題報告)
 - ①キャベツ精密出荷予測システムにおける精密生育予測方法の開発 13:00
高度作業支援システム研究領域 上級研究員 菅原幸治
 - ②低コストな樹脂製テープを用いたトマト用接ぎ木装置の開発
次世代コア技術研究領域 主任研究員 中山夏希
 - ③水稲栽培管理でのドローン活用技術
次世代コア技術研究領域 主任研究員 千葉大基
 - ④自動運転田植機の開発
次世代コア技術研究領域 主任研究員 山田祐一

(休 憩) 14:20

 - ⑤ISOBUSに対応した作業機用コントローラの開発 14:40
次世代コア技術研究領域 ユニット長 西脇健太郎
 - ⑥安全性検査におけるISO/IEC 17025:2017への取組
安全検査部 研究員 松本将大
 - ⑦果樹園における脚立作業の実態と事故低減に向けた対策
安全検査部 研究員 太田薫平
 - ⑧歩行用トラクタの後退時挟まれ事故低減技術の開発
安全工学研究領域 研究員 梅野 覚
 - ⑨農業機械検査の国際標準化の動向(OECD及びANTAM)
研究推進部 国際連携専門役 川瀬芳順
 - 5) 閉 会 16:20

目 次

1. キャベツ精密出荷予測システムにおける精密生育予測方法の開発	1
2. 低コストな樹脂製テープを用いたトマト用接ぎ木装置の開発	11
3. 水稻栽培管理でのドローン活用技術	21
4. 自動運転田植機の開発	35
5. ISOBUSに対応した作業機用コントローラの開発	51
6. 安全性検査におけるISO/IEC 17025:2017への取組	67
7. 果樹園における脚立作業の実態と事故低減に向けた対策	77
8. 歩行用トラクタの後退時挟まれ事故低減技術の開発	85
9. 農業機械検査の国際標準化の動向（OECD 及び ANTAM）	97

キャベツ精密出荷予測システムにおける精密生育予測方法の開発

高度作業支援システム研究領域 菅原 幸治

はじめに

国内のキャベツ生産においては、加工・業務用需要の増加とともに生産者や出荷団体と実需者との間で契約取引が増加している。契約取引では定時・定量出荷が求められることが多いが、露地栽培では気象条件等によって生育日数や収穫量の変動しやすいため、収穫直前にならないと出荷時期や出荷量を正確に把握できないという問題があった。そこで、キャベツの契約取引の安定化を図るため、作付ほ場ごとに気象データに基づく生育予測を行い、それらを集計して出荷団体における週別のお荷量を予測する「キャベツ精密出荷予測システム」を開発している。より高精度な生育予測を行うために、生育シミュレーション技術には場画像による生育推定技術を組み合わせた、精密生育予測方法の開発を行った。

1. 精密生育予測方法の開発

既開発のキャベツ生育モデルとオンライン気象データを利用した生育シミュレーション技術に加え、ドローン等によるほ場の空撮画像を用いた個体別の投影葉面積の推定技術を組み合わせて、作付ほ場の収穫日と収穫量を予測する方法を開発した。この方法では、画像撮影日の投影葉面積を入力値として気象予報値による生育シミュレーションを行い、個体別・日別の結球重を予測する。個体の結球重がお荷規格に適合する期間から収穫適期を求め、その各個体の結球重を合計してほ場の予測収穫量とする。

2. キャベツ精密出荷予測システムの開発と現地実証

精密生育予測方法を踏まえ、共同研究機関と連携して「キャベツ精密出荷予測システム」の開発を行っている。本システムは主に、キャベツ生育シミュレーションモデル、衛星データによる作付情報収集サブシステム、ドローン空撮画像による生育情報取得サブシステム、及び情報統合表示アプリケーションからなる。これらは、WAGRI（農業データ連携基盤）を介してデータ連携する仕組みである。

また、本年度より北海道十勝地方のJA 鹿追町などで、システムの現地実証を行っている。開発技術により、収穫日の2週間前の予測精度が±1日にまで向上したことを確認している。

おわりに

次年度から本システムの現地実証を全国展開するとともに、実需者への出荷予測情報の提供と出荷調整機能の構築を行い、令和5年度に商用システムとして実用化を図る予定である。また、キャベツ以外の露地野菜品目でも、精密出荷予測システムへの対応、普及を目指している。

なお、本報告は、内閣府SIP「スマートバイオ産業・農業基盤技術」による研究成果に基づく。

参考文献

- 1) 岡田邦彦・菅原幸治（2019）加工業務用露地野菜生産・出荷におけるデータ駆動型生産支援システム：葉齡増加モデルを用いた出荷調整支援システムを例として，農研機構研究報告，1:43-45.
- 2) 菅原幸治・岡田邦彦・佐藤文生（2020）葉面積算出方法及び収穫量予測方法，特願 2020-049370.

キャベツ精密出荷予測システムにおける精密生育予測方法の開発

農研機構 農業技術革新工学研究センター
 高度作業支援システム研究領域
 菅原 幸治

研究の背景

加工・業務用野菜生産の増加

- 食品製造業や外食産業の需要
- 生産者・出荷団体と実需者との間で、**契約取引が増加**
- 納期、数量、規格を事前契約→**定時・定量出荷**の要求

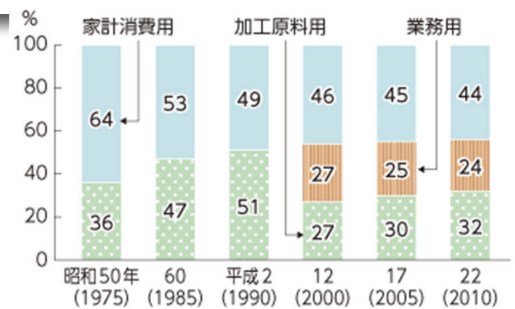
露地野菜の契約取引(BtoB)の問題点

- 気象条件の影響で**生育期間や収穫量**が変動しやすい。
- **出荷時期・数量の予測方法**が十分確立されていない。
 →収穫期まで数量を確定できない。

より安定的で信頼性のある契約取引に必要なのは、

生育シミュレーションによる出荷時期・数量の予測

図3-5-25 野菜の加工・業務用割合の推移



資料：農林水産政策研究所「農林水産政策研究所レビュー No.48」、農林水産省調べ
 注：昭和60（1985）年以前は農林水産省調べ。

内閣府・戦略的イノベーション創出プログラム(SIP) 第2期「スマートバイオ産業・農業基盤技術」 スマートフードチェーンコンソーシアム

代表機関:農研機構 研究期間:2018~22年度

精密生育情報技術とこれを活用したキャベツ・レタス
精密出荷予測システム・効率的作業技術の開発

このうち、

「キャベツ精密出荷予測システム」の開発

共同研究機関のICT企業や、産地(出荷団体)と連携して
システムの開発、実証を行う。

2023年度に、商用システムとして実用化を図る。

2

開発システムの想定利用者

• 露地野菜(キャベツ)の出荷団体

- 出荷団体:JA、部会、農業生産法人など
- 取扱数量が多く、ほ場ごとの生育調査が困難
- 栽培を行う者に対して「生産管理」が必要
生産管理:作付計画、栽培指導、生育調査、集出荷等



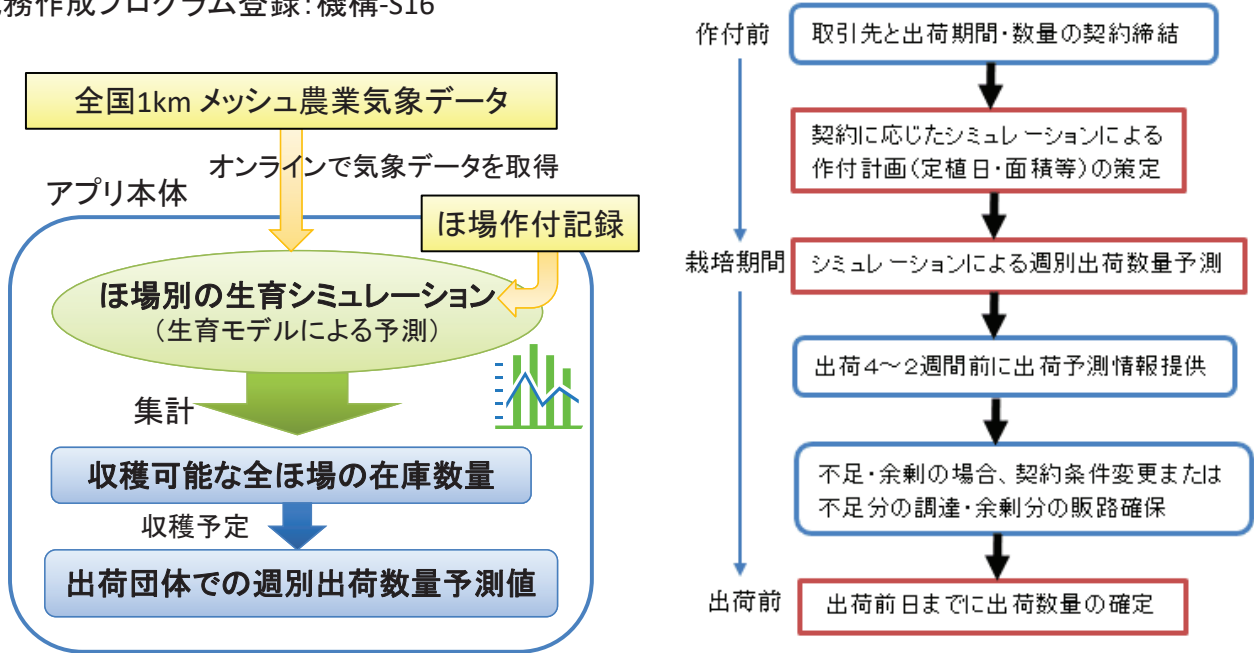
• 契約栽培が主体

- **契約栽培**:実需者との契約取引に基づく栽培
実需者:小売業者、食品加工業者、中間流通業者など
- 納期、数量、規格を事前に契約
→「**週別出荷数量**」を決める契約が多い。

3

既開発のキャベツ出荷予測アプリ

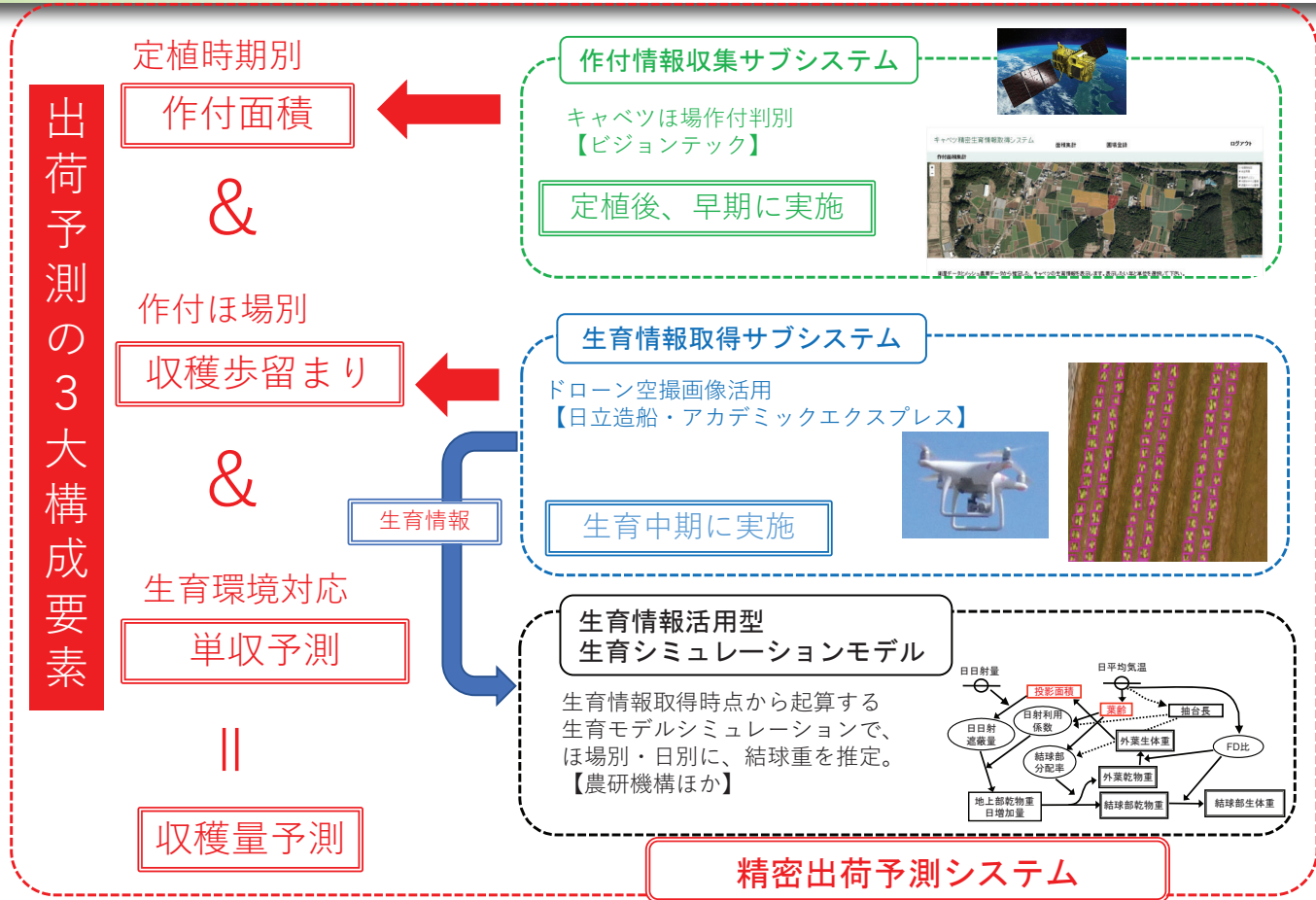
職務作成プログラム登録：機構-S16



農研機構提供の「メッシュ農業気象データ」から最新の気象データを取得して任意の地点での気象予報値(4週間先)を用いたシミュレーションができる。

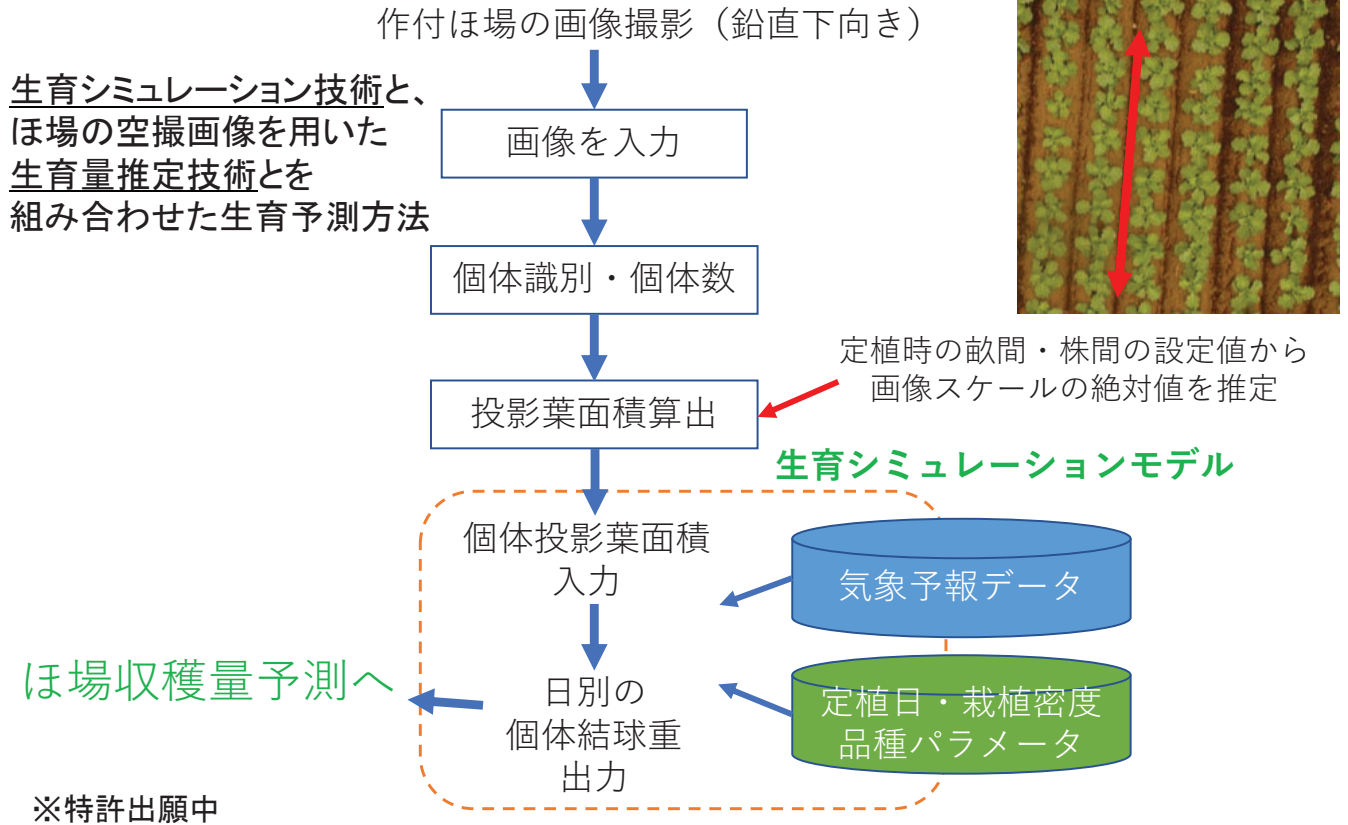
契約取引におけるアプリを利用したシミュレーション実施の手順
作付前から出荷前までシミュレーションを行い、取引先に出荷予測情報を提供する。

「キャベツ精密出荷予測システム」の概略



精密出荷予測システム

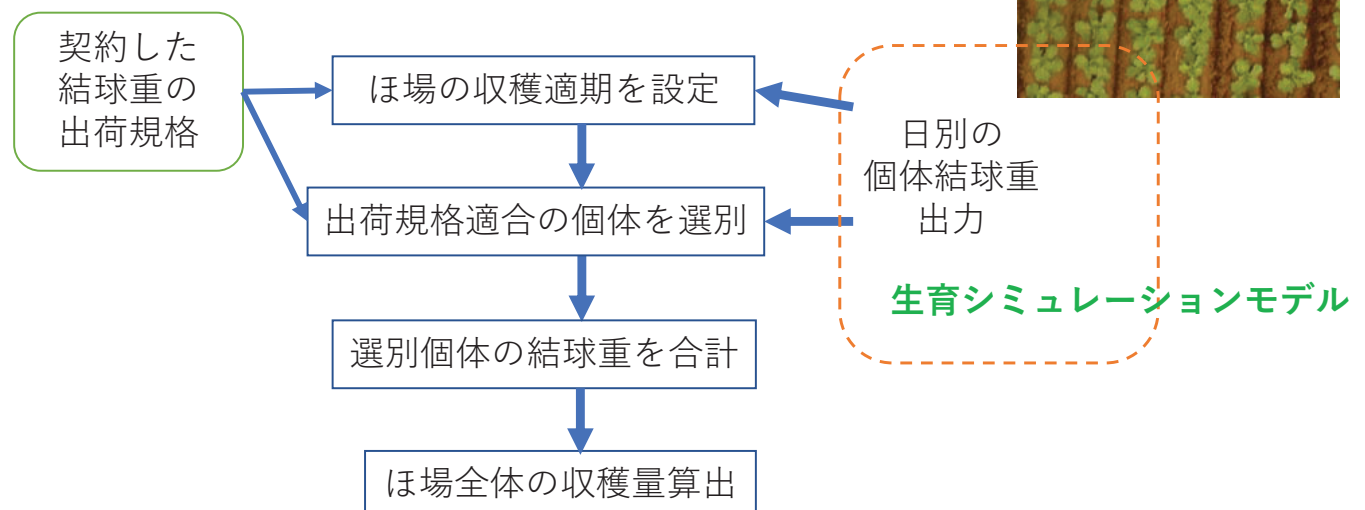
精密生育予測方法: 投影葉面積の推定



6

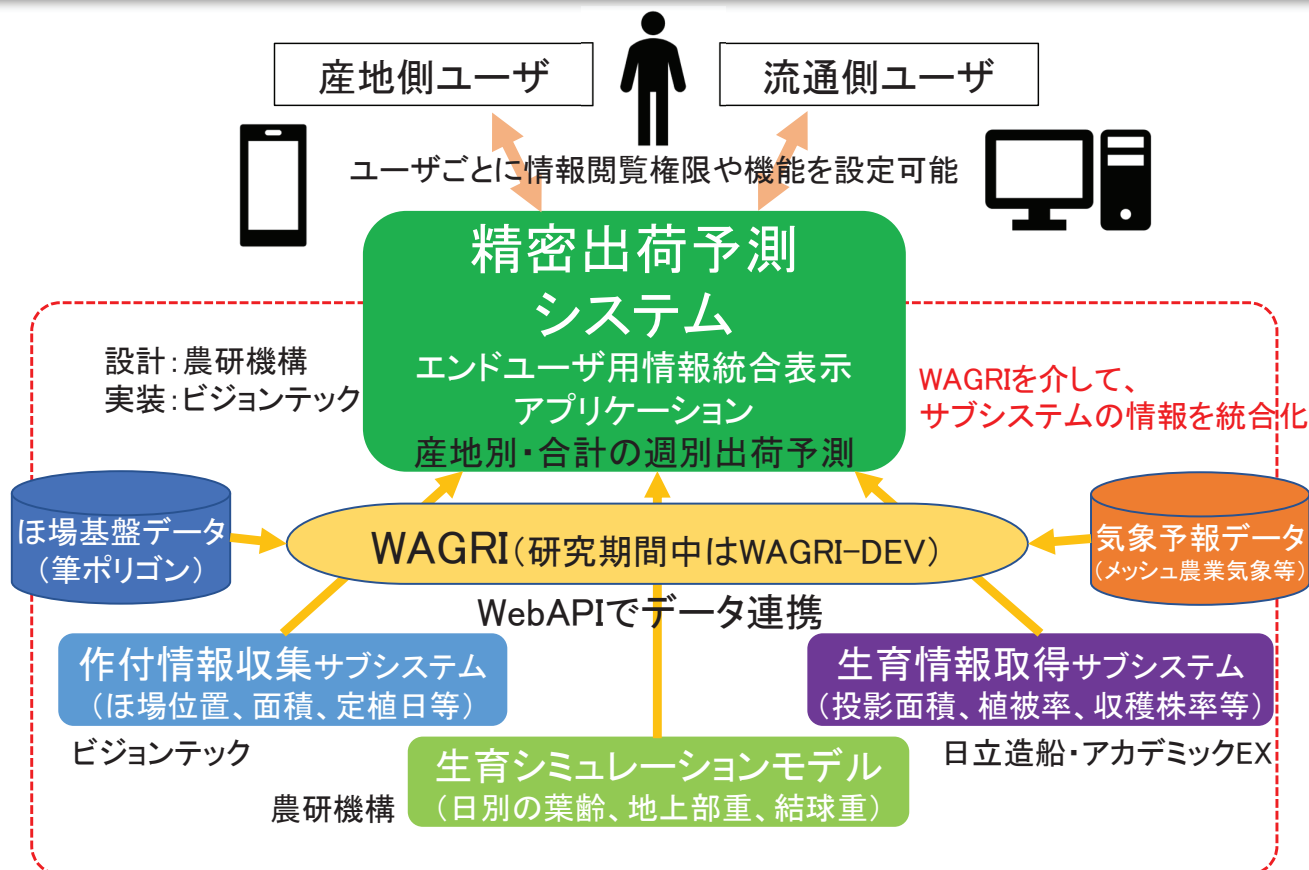
精密生育予測方法: ほ場収穫量の予測

結球重の出荷規格に適合するように、作付ほ場の収穫日、収穫量を予測する。



7

WAGRIを利用したサブシステム連携による 「キャベツ精密出荷予測システム」の全体構成



8

「キャベツ精密出荷予測システム」の画面

出荷予測情報統合表示アプリケーション 実装: ビジョンテック
2020年6月以降、システムの現地実証に使用開始。



生産者、産地(JA)担当者、中間事業者は、システムのウェブサイト(クラウド)にログインして利用する。
(ユーザごとに情報閲覧権限や機能を設定可能)

9



10

- **開発システムの現地実証**
 - 本年度(2020年度)から実証開始
 - 北海道十勝地方のJA鹿追町などの連携産地
 - キャベツの収穫適期予測の精度検証
 - ユーザーインターフェースの試験利用と改良
- **2023年度に、商用システムとして実用化**
 - 共同研究機関のICT企業がシステム運用予定
 - 連携産地(出荷団体)のほか、全国産地への普及推進

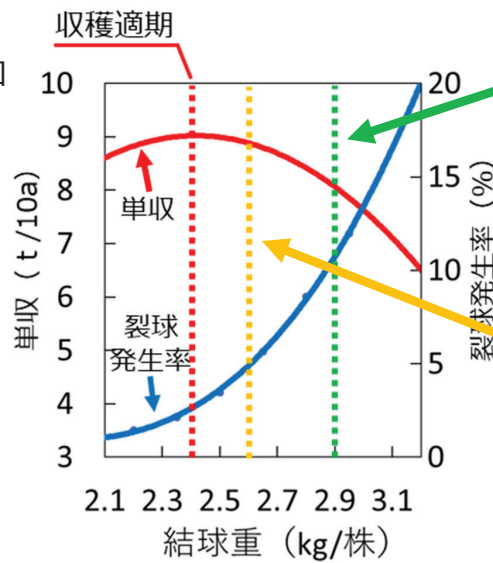
11

収穫適期予測の現状と目標

キャベツでは、収穫適期を過ぎて
球が大きくなり過ぎると裂球が増加
↓
ほ場廃棄、単収低下の原因に



裂球したキャベツ

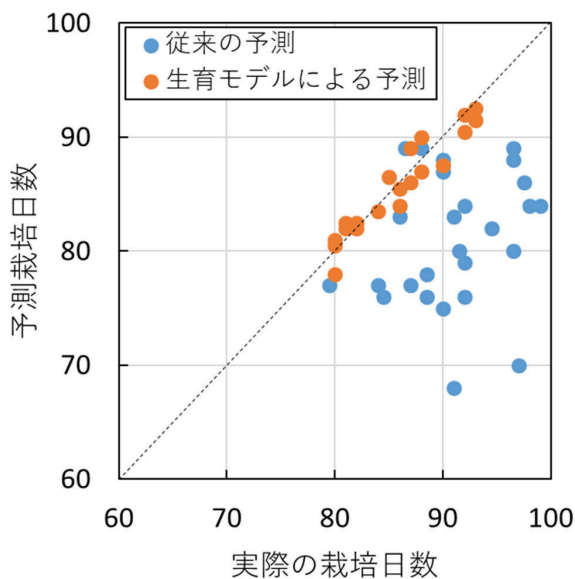


現状：人の経験による予測
2週間前に±11日
重量で±21%の予測精度
裂球発生率 約10%
単収 約8t/10a

目標：気象データに基づく
生育モデルにより、
2週間前に±2日以内
収量±10%以内の予測精度
裂球発生率 約5%
(ほ場廃棄半減)
単収 9t/10a

※野花研・佐藤文生グループリーダー作成

収穫適期予測の検証結果



生育モデルシミュレーションと従来法とで比較した
収穫適期予測精度 (2週間前)
(従来法：過去の経験に基づく予測)

生育モデル (プロトタイプ) のシミュレーションでは
2週間前に収穫適期を±1日の精度と、
従来法よりも高い精度で予測できることが
認められた。

※野花研・佐藤文生グループリーダー作成

直接的効果

- 全国の露地野菜産地への適用
 - 各地の作目・作型別に生育モデルを調整すれば適用可能
- 加工・業務用需要向け生産の促進
 - 出荷時期・数量の不安定性による経営的リスクの低減
- 実需者との契約取引の安定化
 - 取引先に、高精度な出荷時期・数量の情報提供が可能
 - 事前の情報提供を前提に、産地側にも有利な契約条件に

波及効果

- 産地間連携の取組に寄与
 - 産地間での出荷予測情報の共有による出荷調整が可能
- 農水省の野菜需給調整施策に対応
 - 加工・業務用需要に対する国産野菜の安定供給対策として

低コストな樹脂製テープを用いたトマト用接ぎ木装置の開発

次世代コア技術研究領域 中山夏希

1. はじめに

トマト接ぎ木苗の利用は国内栽培の6割¹⁾を占め、世界的にも需要が増加している。近年では、苗生産企業からの購入苗を利用する生産者が増加している。一方、接ぎ木作業は主に熟練を要する手作業のため、接ぎ木苗の安定供給や増産には作業者の確保が必要となるが、年々人材の確保が困難になりつつある。作業不足が深刻化する中、購入接ぎ木苗を今後も安定的に供給していくため、接ぎ木作業の自動化・省力化が強く求められている。既に市販されているトマト用の接ぎ木装置もあるが、コストや機械調整の煩雑さ等から広く利用される状況には至っていない。また、接ぎ木苗1本ごとに用いる接合資材費が、従来の手作業用比べて機械用では増加するため、低コスト化が求められている。手作業用の接合資材に用いられるチューブについても、ランニングコストの低減が求められている。そこで、農研機構では、接合資材に低コストな樹脂製テープを用いた新たな接合方法と、それを用いた自動接ぎ木メカニズム²⁾を考案した。さらに、農研機構、イワタニアグリグリーン株式会社及び京和グリーン株式会社は、実用化に向けた共同研究を実施し、トマト用接ぎ木装置を開発した。

2. 開発機の特徴

開発機は、穂木・台木の切断部、接合部、苗を把持し移動させる回転テーブル、テープ供給部等から構成される(スライド6)。接合部では、2枚の樹脂製テープを引き伸ばした状態で苗の接合箇所を挟み込み、苗の胚軸周辺のテープを超音波溶着し、接合箇所の固定を行う(スライド8)。動作の流れは、作業員1名が穂木・台木を1株ずつ回転テーブル(回転角度45°)に供給する。初めに、供給位置から45°回転した位置で両苗の斜め切断を同時に行い、次に135°回転した位置でテープによる接合を行う。最後に、供給部から225°回転した位置で、設置されている機外搬出用のコンベア上に苗を落下させ、接ぎ木が完了する。

3. まとめ

開発機の作業能率は450~520本/h程度となり、熟練作業員による接ぎ木作業が200本/h程度であるのに対して2倍程度の能率である。接ぎ木から1週間後の活着率は熟練作業員による接ぎ木作業と同等程度の90%以上である。苗1本当たりの樹脂製テープの価格は、市販価格での比較において、手作業用チューブの35~50%程度、クリップ(ウリ科接ぎ木装置用でトマトにも利用可)の15%程度である。また、接ぎ木後の樹脂製テープは、苗の生育に伴い溶着部分が剥がれ脱落するので、除去等の作業を必要としない。本装置は、2021年に販売開始予定である。

参考文献

- 1) 「野菜の接ぎ木栽培の現状と課題」、2011、野菜茶業研究所 研究資料
- 2) 中山ら「接ぎ木方法」特許第6747637号、中山ら「接ぎ木装置」特許第6751948号

低コストな樹脂製テープを用いた トマト用接ぎ木装置の開発

農研機構 農業技術革新工学研究センター
中山夏希

【共同研究】イワタニアグリグリーン株式会社
京和グリーン株式会社

※ 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。

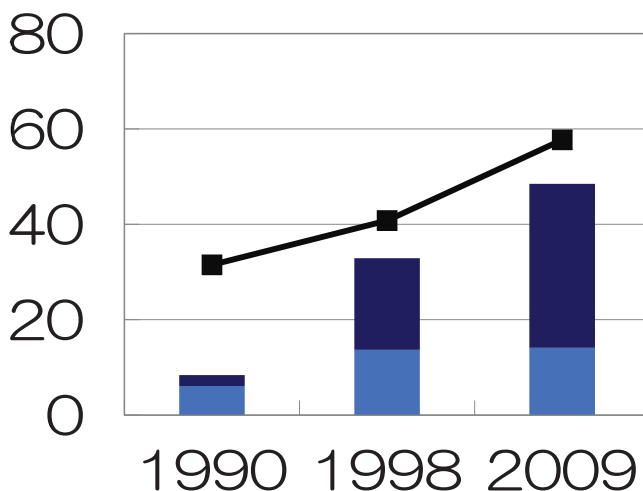
背景 -接ぎ木とは-



2種類の品種の苗（穂木、台木）
を接ぎ合わせることにより、
両苗の長所を兼ね備えた苗を作る技術

- 接ぎ木の利点
- ①病虫害に強い
 - ②連作障害に強い
 - ③生産性が良い

・2005年に臭化メチルの使用が削減・禁止



- 購入接ぎ木苗
- 購入実生苗
- 接ぎ木苗利用割合





動画

【熟練が必要な技術】

- 決められた切断角度や茎の長さ
- 穂木と台木苗の径、チューブ規格の組み合わせ

自動化・装置開発に対するニーズが高い

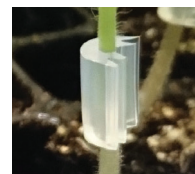
開発の経緯

【アンケート・現地調査】

- ・装置開発に当たっての要望
接合資材の低価格化



手接ぎ用
チューブ



機械用
チューブ
+
クリップ

【本開発】

- 接合資材から検討



- 低コストな樹脂製テープ

利用不可：粘着剤テープ

→養生（高湿度下）管理中

に剥離



- 超音波溶着

水分、油分等に影響されず、
安定した連続作業も可能



実用化に向け、
共同研究を実施

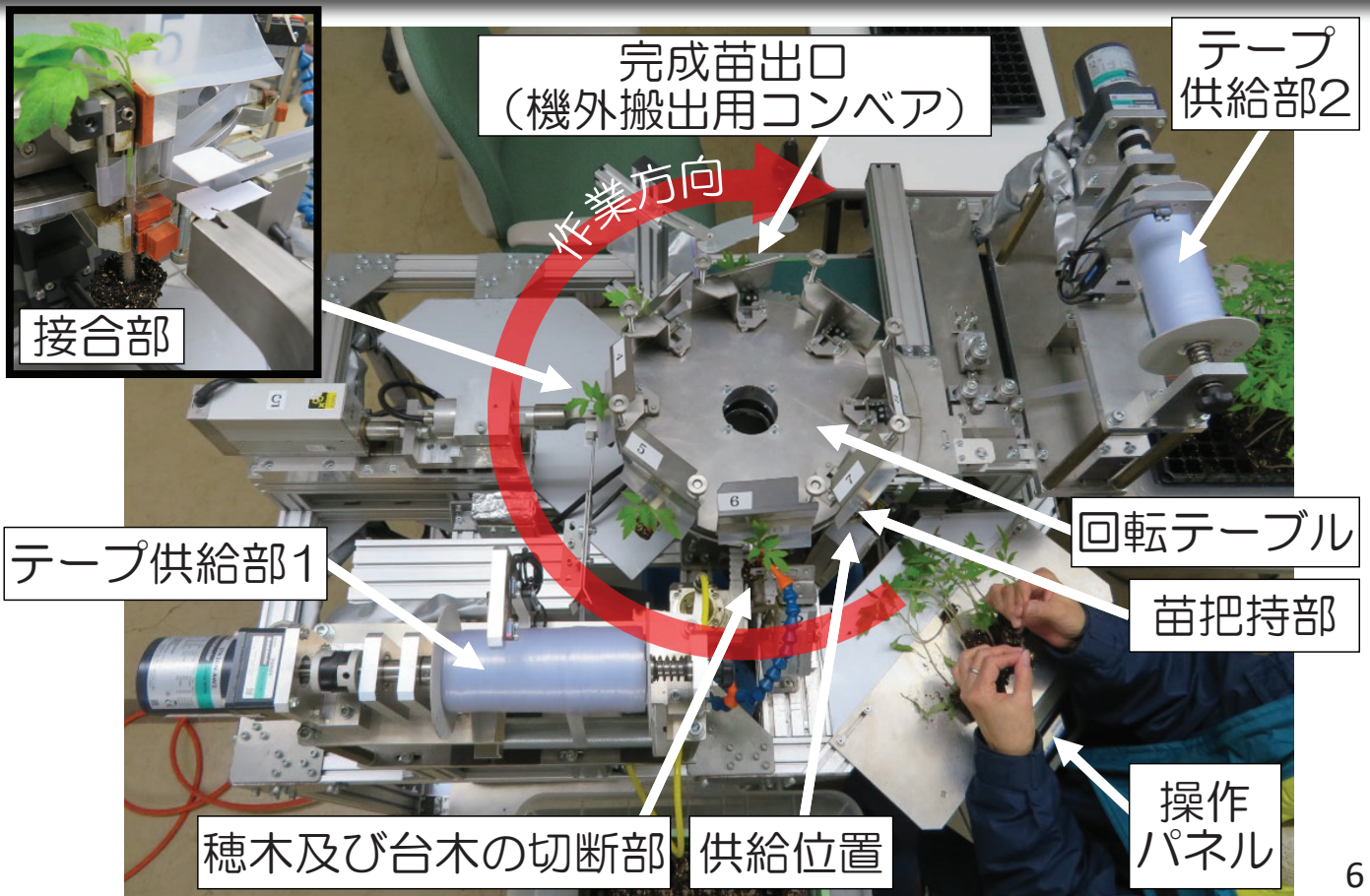
【基本特許】

接ぎ木方法：特許第6747637号

接ぎ木装置：特許第6751948号

開発した トマト用接ぎ木装置の内容

開発したトマト用接ぎ木装置



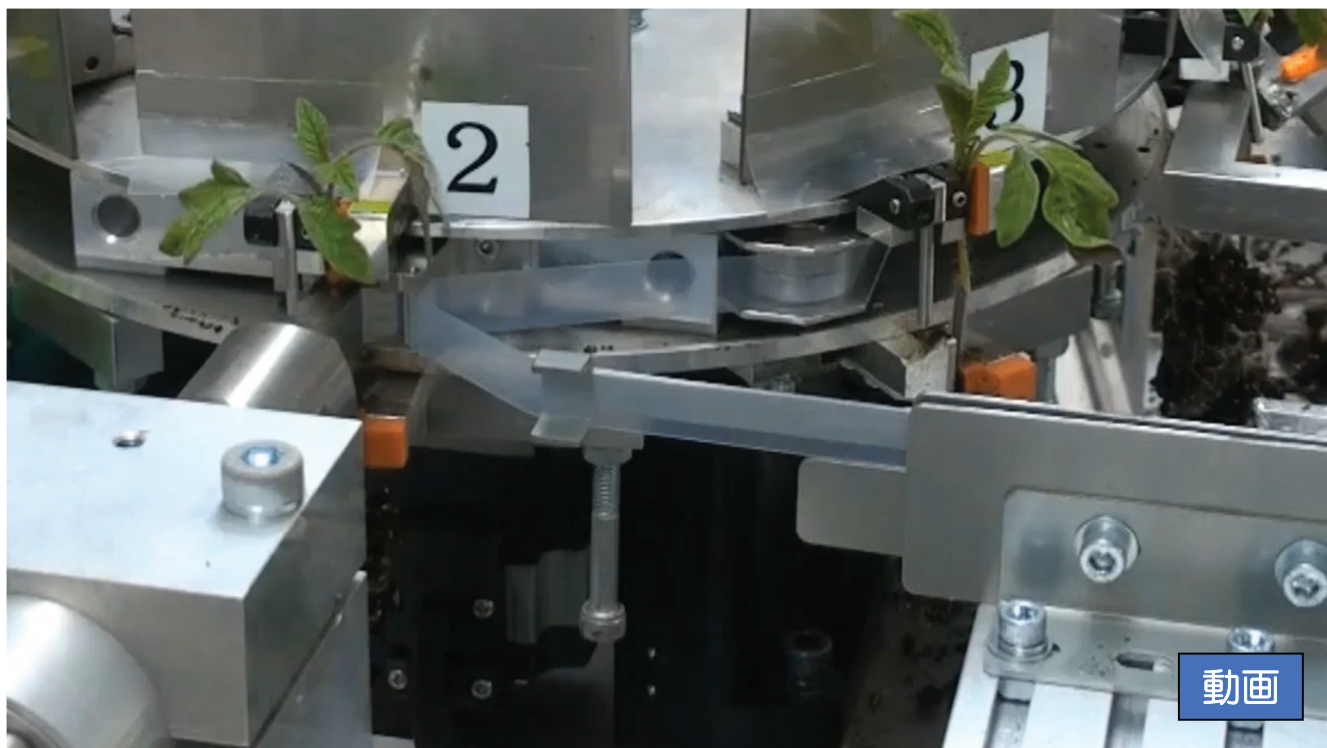
6

苗供給の様子



動画

7



接ぎ木試験

【調査内容】

○作業能率（本/h）

○活着率（%）

接ぎ木から1週間後の苗の状態を調査

【供試苗の内容】

○革新工学センターの育苗苗

○苗生産業者の育苗苗

接ぎ木試験1 - 供試苗の条件 -

試験1 -革新工学センターの育苗苗-

	胚軸径 (mm)		第1節間長 (mm)		胚軸長 (mm)	
	穂木	台木	穂木	台木	穂木	台木
平均	1.4	2.0	32.7		50.5	
最大	1.6	2.3	43.0		71.0	
最小	1.1	1.7	20.0		37.0	

試験2 - 苗生産業者の育苗苗 -

	胚軸径 (mm)		第1節間長 (mm)		胚軸長 (mm)	
	穂木	台木	穂木	台木	穂木	台木
平均	1.4	2.4	34.1		57.1	
最大	1.6	2.6	45.0		60.0	
最小	1.3	2.2	27.0		51.0	

12

	試験1	試験2
供試数 (本)	170	544
作業能率 (本/h)	524	446
活着率 (%)	91.7	92.1

○作業能率

450~520 (本/h) 程度で、熟練者の2倍程度

○1週間後の活着率

90 (%) 以上で、熟練者と同等程度

13



14

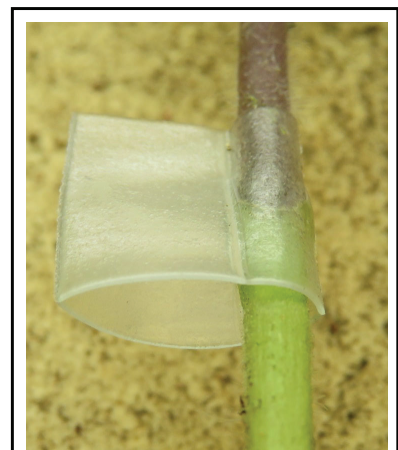
樹脂製テープの特徴

【接合資材のコスト】

市販価格での比較において、
苗1本当たり、
手接ぎ用チューブの35～50%程度、
ウリ科用クリップの15%程度

【その他】

- 穂木と台木の軸径差
平均の差で0.6mm程度でも接ぎ木可能
- 自然脱落
苗の生育により溶着部分が剥がれ脱落



自然脱落の様子

15

- 接ぎ木作業の自動化・省力化
- 接合資材の低コスト化

1. 要素技術を開発（基本特許2件）

- 接合方法
- 自動化技術

2. トマト用接ぎ木装置の開発

- 企業との共同研究
→2021年春以降に商品化

水稲栽培管理でのドローン活用技術

次世代コア技術研究領域 千葉大基

はじめに

ドローンは低空で高い機動力を発揮できる特性から、農薬散布用途を筆頭に農業分野での利用面積が急拡大している。そこで、本研究ではこの特性を活かし、多様な水稲栽培管理に展開していくための技術開発を行った。

1. ドローンを利用した鳥害防除

1) 研究の狙い

主に、沿岸地域の水田ほ場を対象に、水鳥類によるほ場攪乱で発生する欠株や熟期の早い品種に集中するスズメの食害を防ぐためのドローン利用技術を開発する。

2) 試験の方法と結果

アタッチメント（プラスチックチェーン等）を装着することにより鳥類への威嚇効果を付与した小型ドローンを用い、上記の鳥害を受けるほ場において、高度2～3mで1時間に一度、1日当たり9回、自動航行させた。この結果、ウミネコ等により2018年にはほ場面積の4.6%に欠株被害を受けたほ場においては、2020年度は欠株被害が0%であった。同様に、2018年にはスズメの食害による減収率が15%であった熟期の早い「たかたのゆめ」栽培ほ場において、2020年度は対照区（鳥除けネット設置区）と比較してドローン試験区は減収率0%であった。

2. ドローンを利用した生育情報の取得と施肥管理

1) 研究の狙い

小区画ほ場に対応した精密な施肥管理を行うため、RGBカメラやマルチスペクトルカメラを利用した生育情報の取得技術を開発する。

2) 試験の方法と結果

(1) 基肥量の水準を変えてコシヒカリを栽培し、幼穂形成期時点での生育量〔草丈(cm)×茎数(本/m²)×葉色(SPAD値)]を算出するとともに、マルチスペクトルカメラを用いてNDVI値を算出した。結果、両者の相関係数は0.78と高い相関が確認でき、更にNDVI値に基づき追肥量を変動させた結果、精玄米重のバラつきを軽減できる見通しが得られた。

(2) 空撮用小型ドローンを用い、調査ほ場の中心を軸に半円球状に旋回しながら作物群を撮影し、3Dモデルを作製した結果、誤差数cm程度の精度で草高を推定することができた。

おわりに

ドローンは利用分野の拡大により、更なる機体の性能向上が予想される。これにより、農業分野においても用途の拡大が期待されるため、継続的なフォローアップと応用利用への試みが望まれる。なお、鳥害防除の研究成果は、「食料生産地域再生のための先端技術展開事業 JPJ000418」により得られたものである。

水稻栽培管理でのドローン活用技術

農研機構 農業技術革新工学研究センター
千葉 大基

研究背景

近年、様々な分野でドローンが活躍

農業分野では

- ・ 空中からの作業は低侵襲で
高い作業能率を期待できる
 - ・ ペイロードに対する機体重量やコストを
大幅に抑制可能
- ⇒ 主に防除作業の技術開発が進む



導入コストや作業機の大きさの手軽さなど
他の管理作業へのドローンの活用
が期待されている



XAIRCRAFT 完全自動航行
農薬散布ドローン



立入困難な災害現場の
調査や物資の輸送



Amazon 30分以内で配達
ドローン配達便

目的

ドローンを利用した栽培管理技術の 研究開発と有用性の検証



DJI Agras mg-1

期待される効果

- ・ 栽培管理の作業時間短縮と軽労化
- ・ 低被曝で省力的な農作業技術の提案
- ・ 中山間地域の管理作業の省力化に貢献

2

報告内容と試験協力

鳥害防除に関する研究

- ⇒ 岩手県農研センター
- ⇒ 農研機構中央農研センター

生育情報取得と施肥管理に関する研究

- ⇒ 滋賀県農業技術振興センター
- ⇒ 農研機構東北農研センター

3

鳥害防除に関する研究

〔協力機関〕

岩手県農研センター

農研機構 中央農研 鳥獣害G

－ 謝辞 －

本研究成果は、

「食料生産地域再生のための先端技術展開事業JPJ000418」

により得られたものです

様々な鳥除対策の種類※

	設置型	反応設置型	移動型	反応接近型
直接的遮断	防鳥網等			
刺激による鳥除	視覚刺激			新しいコンセプト ドローンによる 反応接近型鳥除対策 + 複合刺激 接近動作が 天敵を連想？ + 慣れない刺激
	聴覚刺激	センサー付爆音機 (畑に鳥が来たら、 爆音を発する*)		
	触覚刺激 (接触型)			
	嗅覚刺激 (化学物質による 摂食防止)			
	味覚刺激 (化学物質による 摂食防止)			
複合刺激	ロケット花火 (視覚+聴覚+触覚+嗅覚) 等		ほ場内をランダムで移動し 威嚇する鳥除機があった？	

鳥に反応することが
鳥の学習能力を打破できる？

その他 鳥除対策

耕種的防除	播種深度の調節、一斉播種
駆除・個体数管理	狩猟、駆除、生息地管理

* 青森県農業試験場 「水稻直播栽培におけるカルガモ被害軽減対策」より

過去の研究は基本設置型が主流

⇒ UAV技術の発達により、「反応接近動作」が可能に

ドローンによる定期的な追い払いを実施し、鳥害の発生を低減

水稻直播栽培の苗立ち期における水鳥害（カモ、ウミネコ等）及び、
登熟期におけるスズメ害の技術対策を確立することにより、
局所的な鳥害被害発生ほ場を50%低減させる

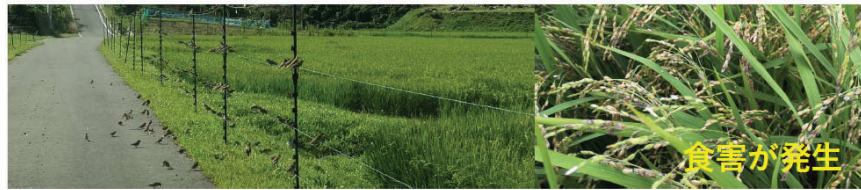
ウミネコ

沿岸部の水田に多数飛来
水田内での水浴び等により、
欠株被害が発生



スズメ

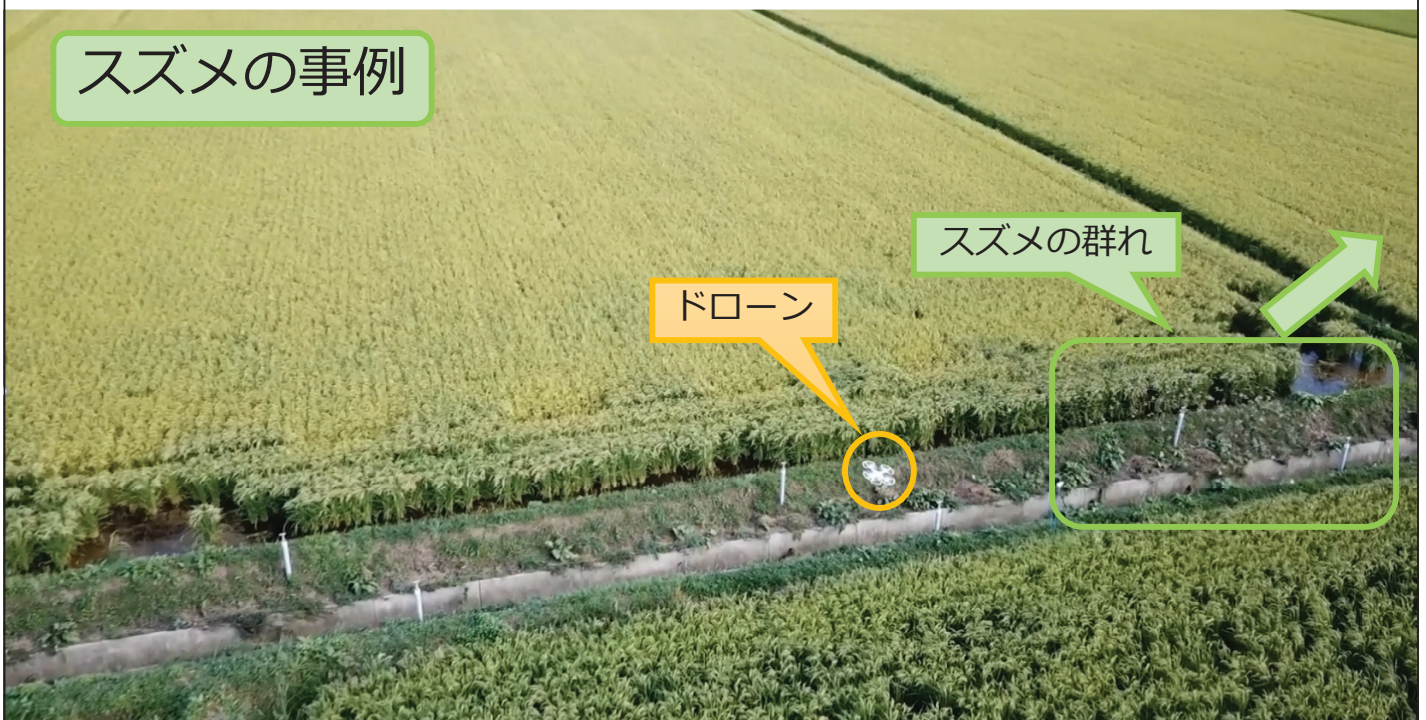
出穂が早い、陸前高田市オリ
ジナル品種「たかたのゆめ」に
集中飛来し、食害被害が甚大



6

ドローン単体による鳥除効果試験

スズメの事例

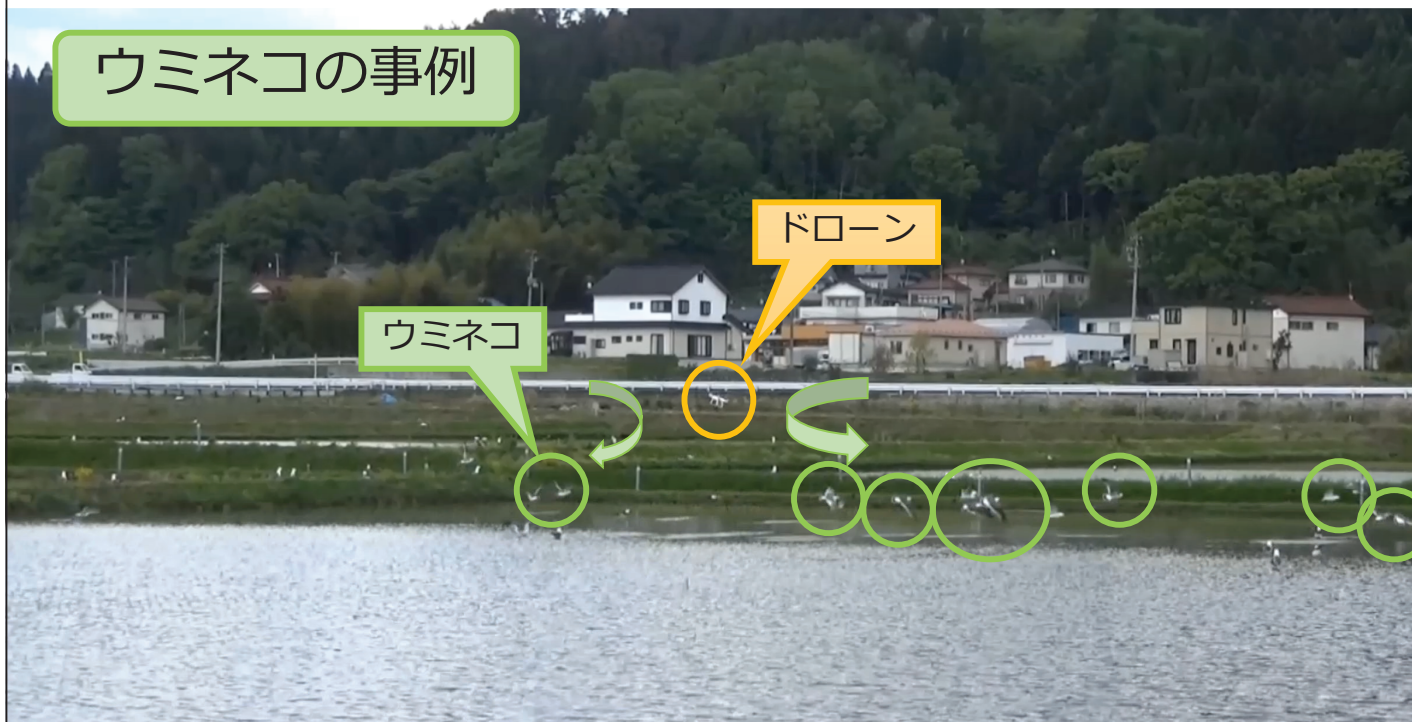


ドローンが近づくと群れを成して反対方向へ逃げていく

7

ドローン単体による鳥除効果試験

ウミネコの事例

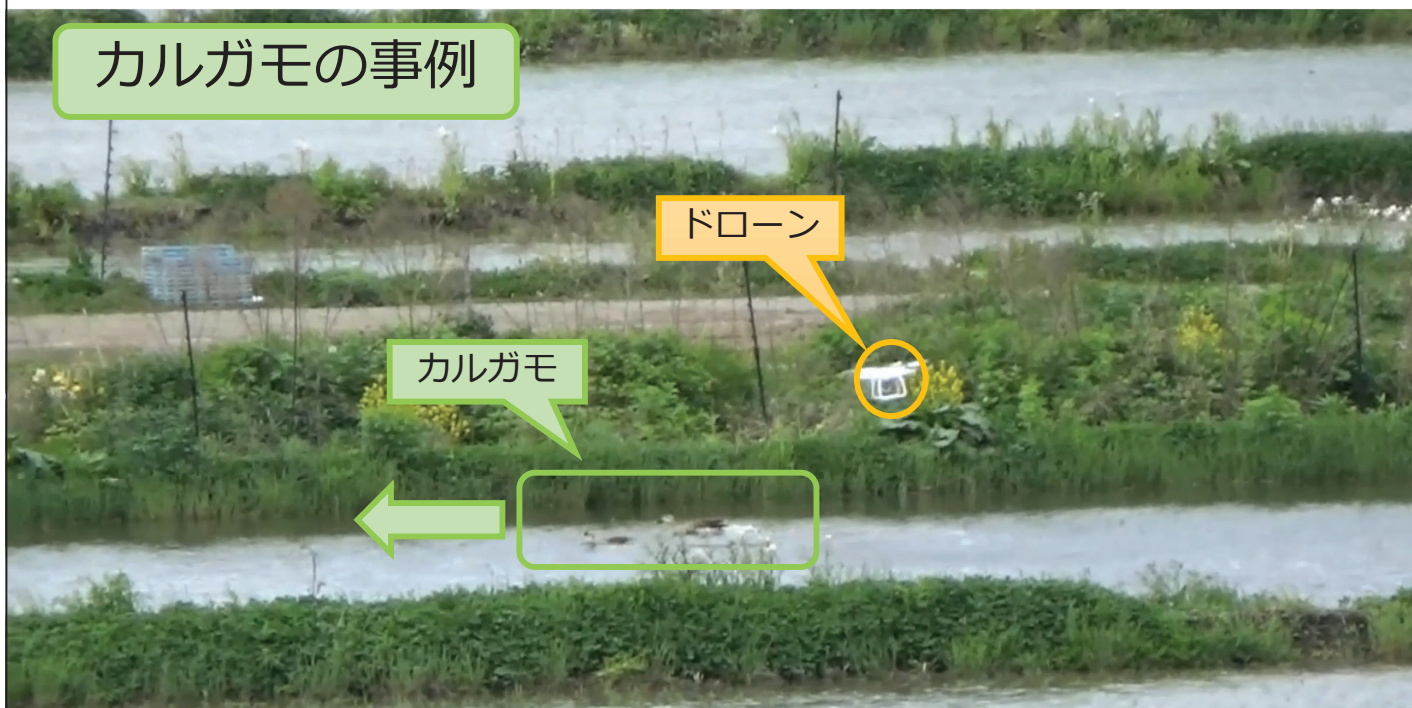


ドローンが近づくとドローンから離れるように飛び立つ
(場合によっては、迂回するように舞い戻る)

8

ドローン単体による鳥除効果試験

カルガモの事例



ドローンが近づくと、嫌がって避けるが飛び立たず

9



10

実証試験

ウミネコ

2020年5月13～6月2日にかけて、陸前高田市小友町のウミネコ被害リスクが高い水田において、自動航行によるドローン追い払いを実施

- ・頻度：週5試験、1日当たり9時から1時間おき8回
- ・使用機体：Phantom4+プラスチックチェーン70cm×2本

スズメ

2020年7月30日～8月17日にかけて、陸前高田市小友町の「たかたのゆめ」栽培エリアにおいて、自動航行によるドローン追い払いを実施

- ・頻度：週7試験、1日当たり9時から1時間おき8回
- ・使用機体：Mavic 2 Pro



11



ウミネコ

ドローンを避けた後に舞い戻らないよう、らせん状に飛行するルート



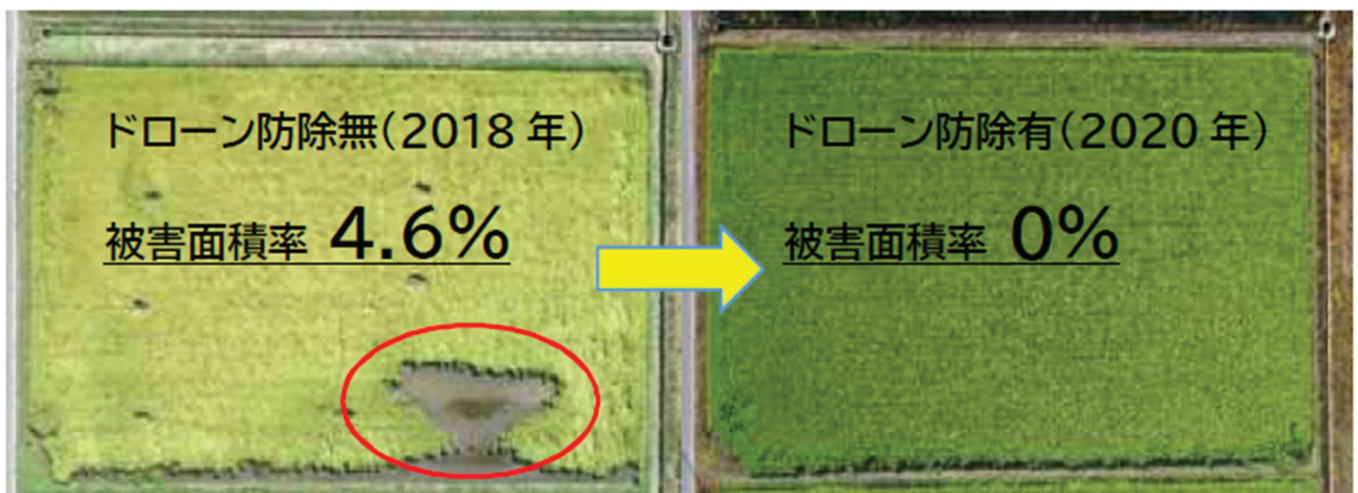
スズメ

一方向に向かってほ場を塗りつぶすようにジグザグに飛行するルート

DJI GSプロを利用

12

試験結果 (ウミネコ害)



注) 2020/5/13~6/2 (水、日曜日除く)、陸前高田市小友町のウミネコ被害リスクが高いほ場 (3か所計約8ha) で、自動航行による防除を実施。

図 ウミネコによる欠株被害の防止効果

13

図 スズメによる食害：減収の抑止効果

	精玄米重 (kg/10a)		減収率 (%)
	防鳥ネット有	防鳥ネット無	
ドローン無 (2018年)	461	390	15
ドローン有 (2020年)	515	519	0

注) 2020/7/30~8/17 (毎日)、陸前高田市小友町の「たかたのゆめ」栽培エリア (2か所計約2.4ha) で、自動航行による防除を実施。坪刈りでの調査結果。

ドローンによる鳥除け効果が認められた

地域規模での鳥害対策

追い払った鳥を溜池等へ誘導することで、地域規模で鳥害を防止することが最終的なゴール



陸前高田市小友町

出典：googlemap

生育情報取得と施肥管理に関する研究

〔協力機関〕

滋賀県農業技術振興センター

農研機構東北農研

16

生育情報の追肥への利用

水稲栽培の作業スケジュール (滋賀県)



17

全体像



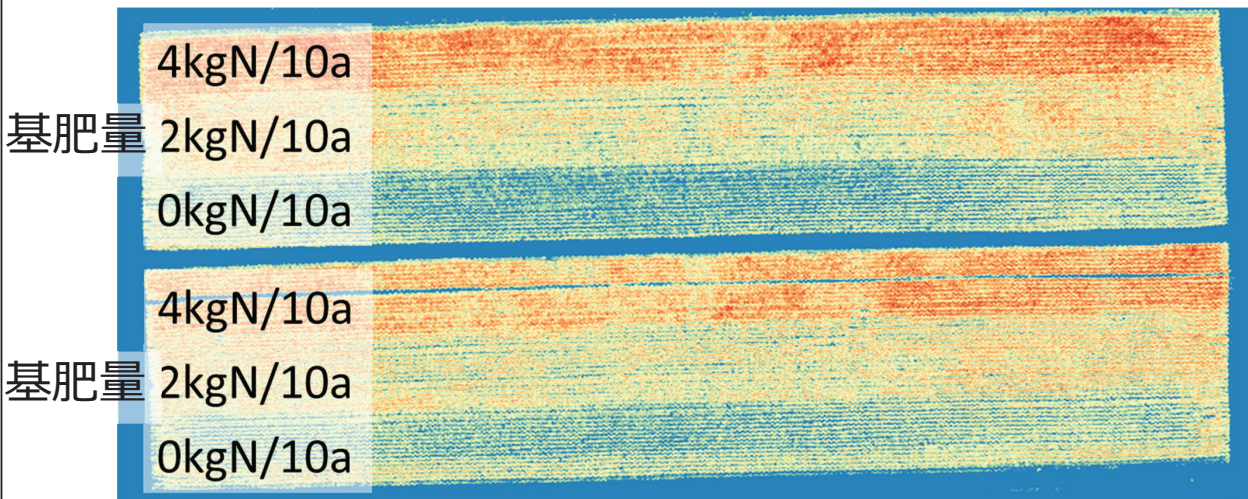
照度センサ
落下を防ぐため、
機体に接着済み

- 本体：DJI Phantom4
 全体重量：1981g
 用途：農業作物の生育をセンシング
 搭載物（合計601g）
- ・マルチスペクトルカメラ及び照度センサ
 - ・モバイルバッテリー（マルチスペクトルカメラ電源）
 - ・ジンバル（マルチスペクトルカメラ搭載用）

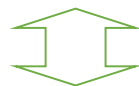
航空局提出資料
飛行許可取得済み

幼穂形成期のNDVI（正規化植生指数）と生育量

マルチスペクトルカメラの画像から生成したNDVI画像



（滋賀県農業技術振興センターほ場（コシヒカリ））



稲体の実測に基づく生育量

〔草丈(cm)×莖数(本/m²)×葉色 (SPAD値) 〕

を比較

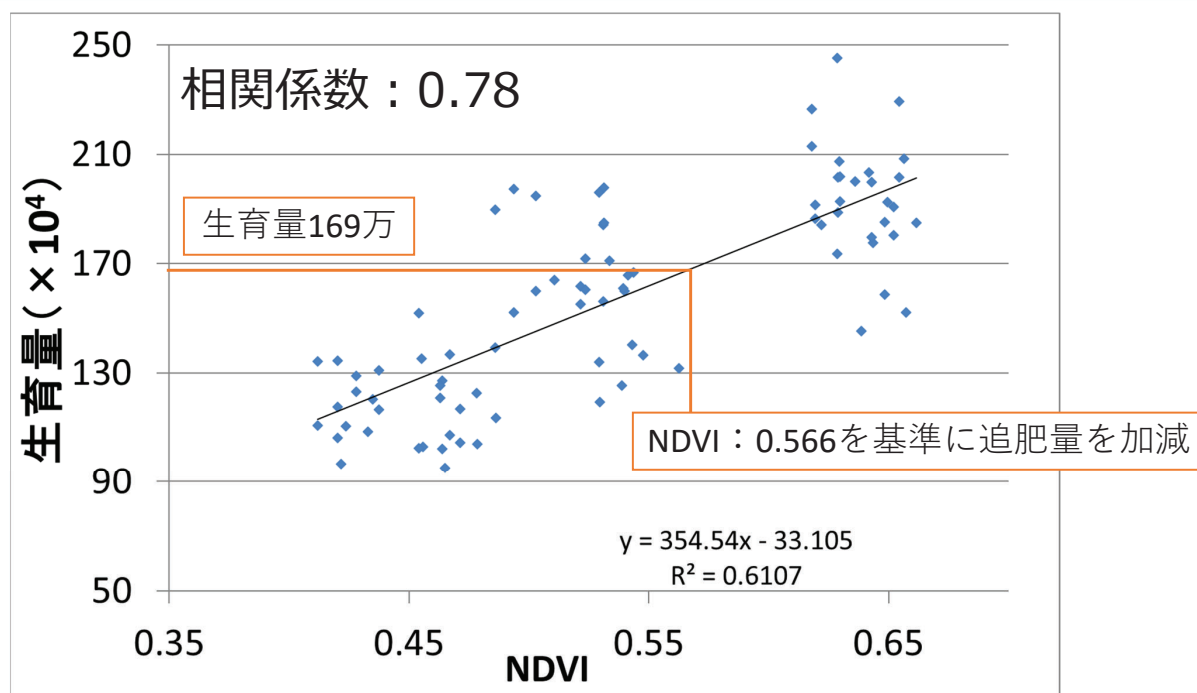


図 幼穂形成期の生育量とNDVI

表 収量調査結果（2020年度）

試験区	反復数	NDVI	精玄米重（1.8mm以上）	
			平均	標準偏差
固定量追肥 ①2kgN－②2kgN	12	0.554	558.6	29.0
固定量追肥 ①1kgN－②2kgN	12	0.553	549.3	31.1
可変量追肥 ①1もしくは2kgN ②2kgN	24	0.540	560.5	23.6

追肥でバラツキを低減できる見通し

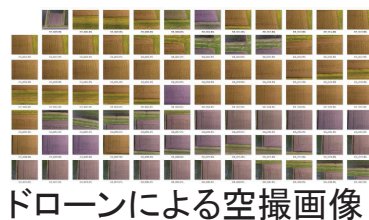
* 1 追肥は尿素（46-0-0）を利用。施用量は10a当たり。
 * 2 可変量追肥区は幼穂形成期の生育量が169万相当のNDVIを境に追肥を1kgNまたは2kgN施用。
 * 3 追肥①は出穂18日前、②は出穂11日前。

ドローン空撮画像による草丈の推定

ドローンの空撮画像で作物の草高を測定する

⇒ **大豆の倒伏診断**(肥料設計・収穫時期推測)等への活用
センサ:空撮カメラを使用(**特殊なセンサなし**)

目標
手軽に広範囲の
生育調査



空撮画像



空撮の様子
(円周上に飛行しインターバル撮影)

SfM処理

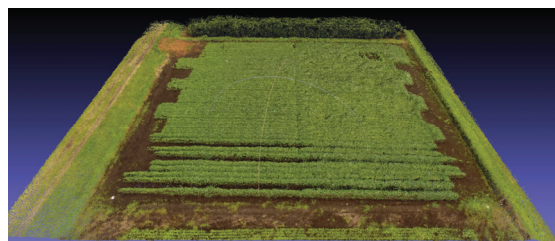
(Structure from Motion)
複数枚の画像から
カメラの撮影位置を推定

MVS処理

(Multi-View Stereo)
カメラの撮影位置から
3D形状を復元

3Dモデル

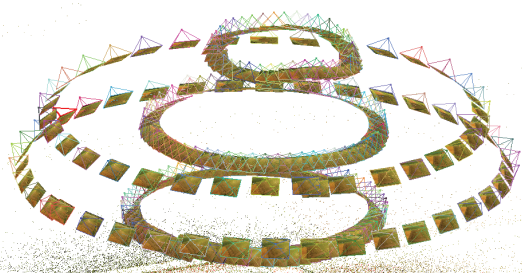
地表からの背丈を測定



大豆ほ場3Dモデル

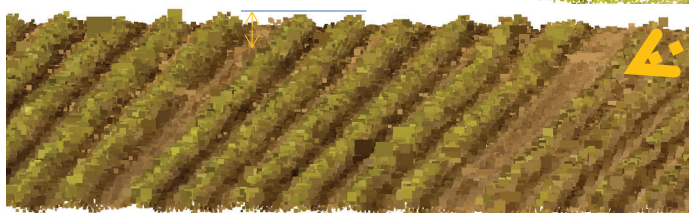
22

SfM処理&MVS処理



↑ SfM処理後

ほ場の3Dデータ→

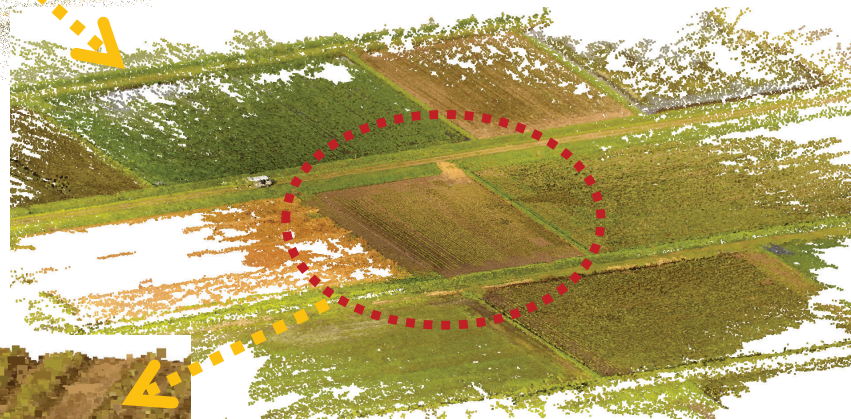


様々な角度から全周を撮影

↓
SfM処理で撮影位置を推定

↓
MVS処理で3Dデータを作成

↓
作物高さを計測



←草高を計測

23

ドローン空撮画像による草高の推定

空撮409枚をSfM・MVS処理

⇒ 25万点の3Dデータ(x,y,z,R,G,B)が生成された



距離換算係数 = マーカ距離の実測値[cm] ÷ 3Dデータのマーカ距離

草高[cm] = (葉の高さ3Dデータ - 地面の3Dデータ※) × 距離換算係数
※地面の3Dデータは作物が繁茂する前に取得する

実測との比較⇒誤差数cmの範囲で推定できた

24

まとめ

- ① ドローンにプラスチックチェーンをつけることで、威嚇効果を付与し鳥害を防除することができた。
- ② NDVI画像を基に追肥量を加減することで、精玄米重のばらつきを低減できる見通しを得た。
- ③ ドーム状に旋回しながらほ場を撮影することで、精度よくほ場の3Dモデルを構築することができた。

25

自動運転田植機の開発

次世代コア技術研究領域 山田祐一

はじめに

高齢化などに伴う農業労働者の減少により、農業現場での労働力不足が深刻化している。特に農繁期に合わせた熟練オペレータの確保が難しくなっており、誰でも作業できる農業機械が望まれている。そこで、オペレータが不要で苗補給者1人でも作業ができる田植機として、自動運転田植機を開発した。

1. 特徴

8条植えの田植機をベースとし、RTK-GNSS受信機とIMU(慣性計測装置)の情報を基に、操舵角、前後進速度、作業機の昇降、植付クラッチの入切などを自動的に操作することで無人走行が可能な田植機である。始めに外周を手動運転で作業するティーチングを行えば、その内側の領域を無人走行できる。長方形以外の多角形ほ場、湾曲したほ場などにも対応できる。このような変形ほ場であってもティーチングをするだけで自動的に経路が生成されるため複雑な操作は必要ない。

2. 性能

1) 直進性能

直進精度走行速度の増加に伴って精度がやや低下するものの、最大でも標準偏差2cm以下に収まっていた。耕盤の凹凸や代かきの状態によって精度は異なるが、手動運転で同等の精度を達成することは困難であり、実用上十分であると考えている。

2) 旋回性能

旋回に要する時間は、後進を開始してから作業機を下ろして植え付けを開始するまでが約11秒と、熟練者と同等であった。熟練者と同等の速度であることに加えて、常に切り返しなく旋回可能であり、実用上十分な性能であると考えている。

3) 省力効果

自動運転田植機の1人作業と、慣行機の2人作業を比較したところ、1辺100mの正方形ほ場において田植機の最高速で作業した場合、自動運転田植機が1.79人時、慣行機が3.18人時となり、44%の削減効果を認めた。

おわりに

1人1台運用が可能な自動運転田植機を開発した。現在、スマート農業実証プロジェクト等による現地実証と改良作業及びメーカーへの技術移転による実用化を進めているところである。

自動運転田植機の開発

農研機構 農業技術革新工学研究センター
 山田 祐一

本研究は、内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」
 (管理法人：農研機構 生物系特定産業技術研究支援センター)によって実施しました。

はじめに



農業現場の現状

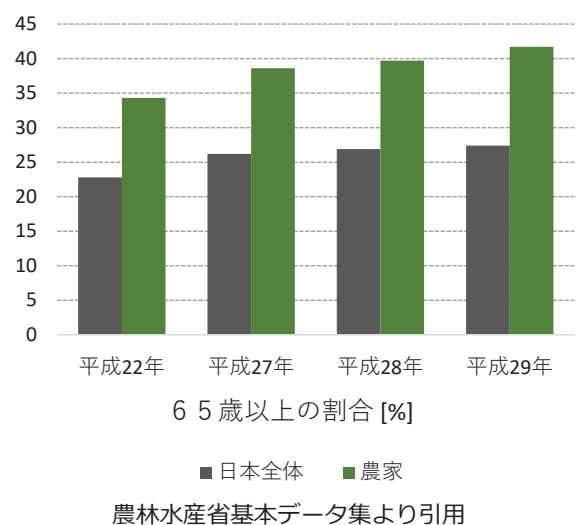
- 農業従事者の高齢化
- 農業法人等への農地の集積
- 少人数で大面積への対応が必要に

農繁期の人手不足解消が必要

- 農繁期と農閑期の必要な労働力が異なる
- ピークに合わせた雇用が難しい

誰でも作業できる機械が必要

- 熟練オペレータの確保は困難



自動運転田植機

自動直進田植機



△ 運転 2人 補助

○ マット苗

△ 直進のみ自動化

○ 経路作成不要



○ 1人 監視・苗補給

○ マット苗

○ 外周以外自動化

○ 経路作成不要

ロボット田植機



◎ 1人 複数台監視

△ 特殊な苗
(ロングマット苗)

◎ 全て自動化

△ 経路作成が必要

自動直進田植機の次のステップへ

考案した作業手順

手動(有人) →
半自動(無人) →
自動(無人) →

ティーチング
作業

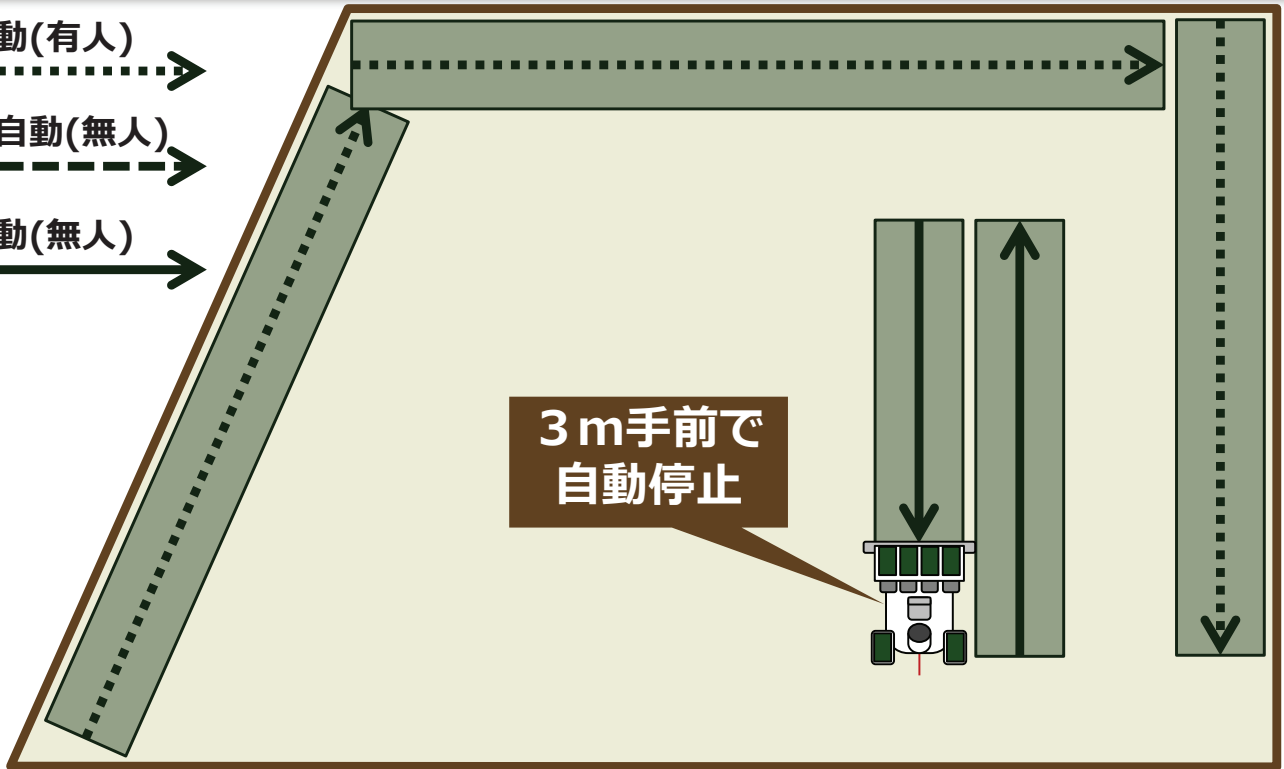
作業開始

農道 (苗補給側)

降車

考案した作業手順

手動(有人) →
半自動(無人) →
自動(無人) →

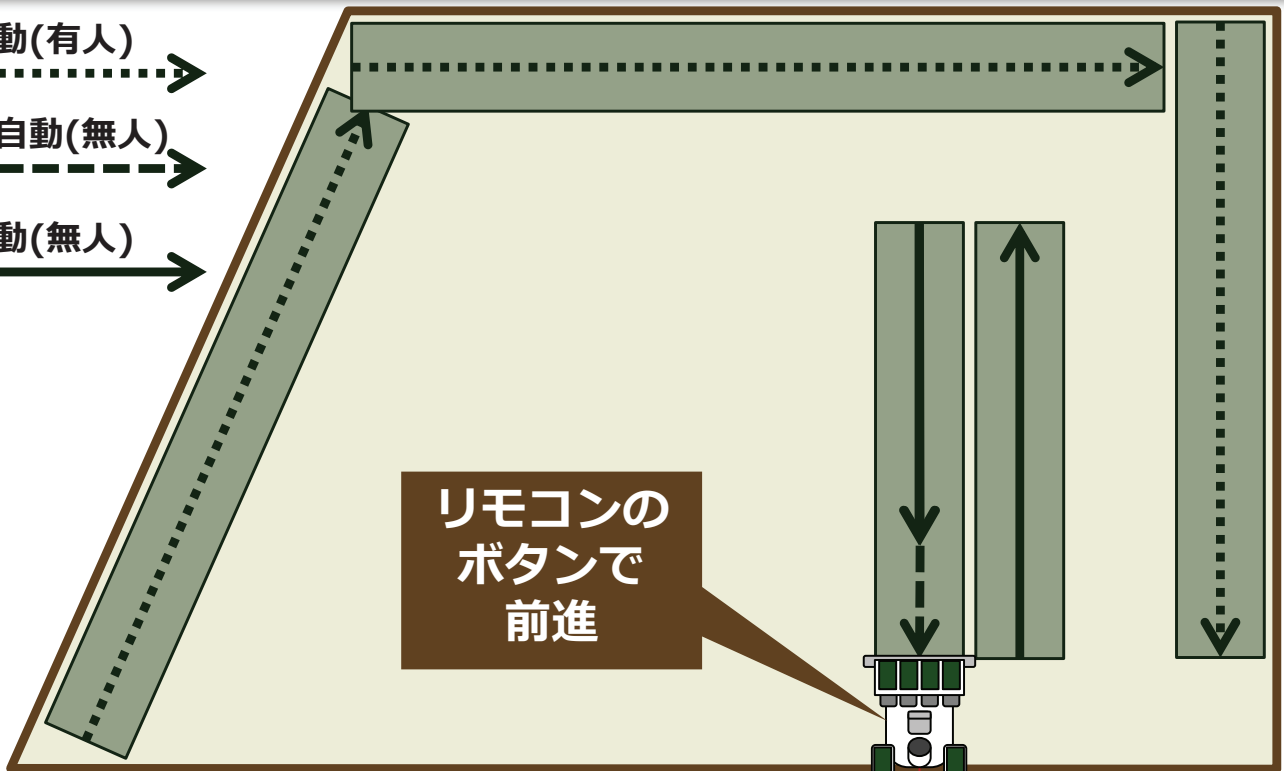


農道 (苗補給側)

4

考案した作業手順

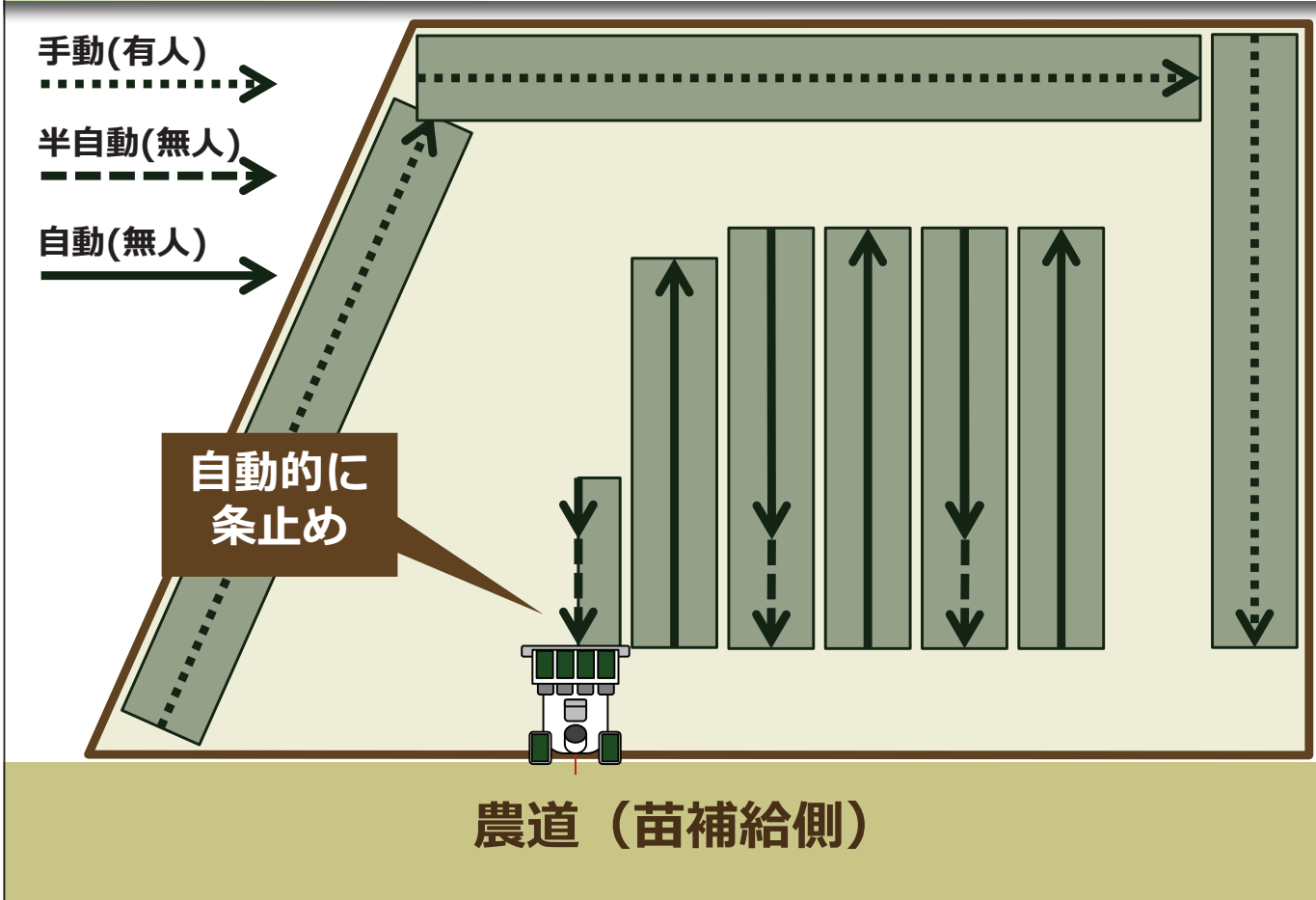
手動(有人) →
半自動(無人) →
自動(無人) →



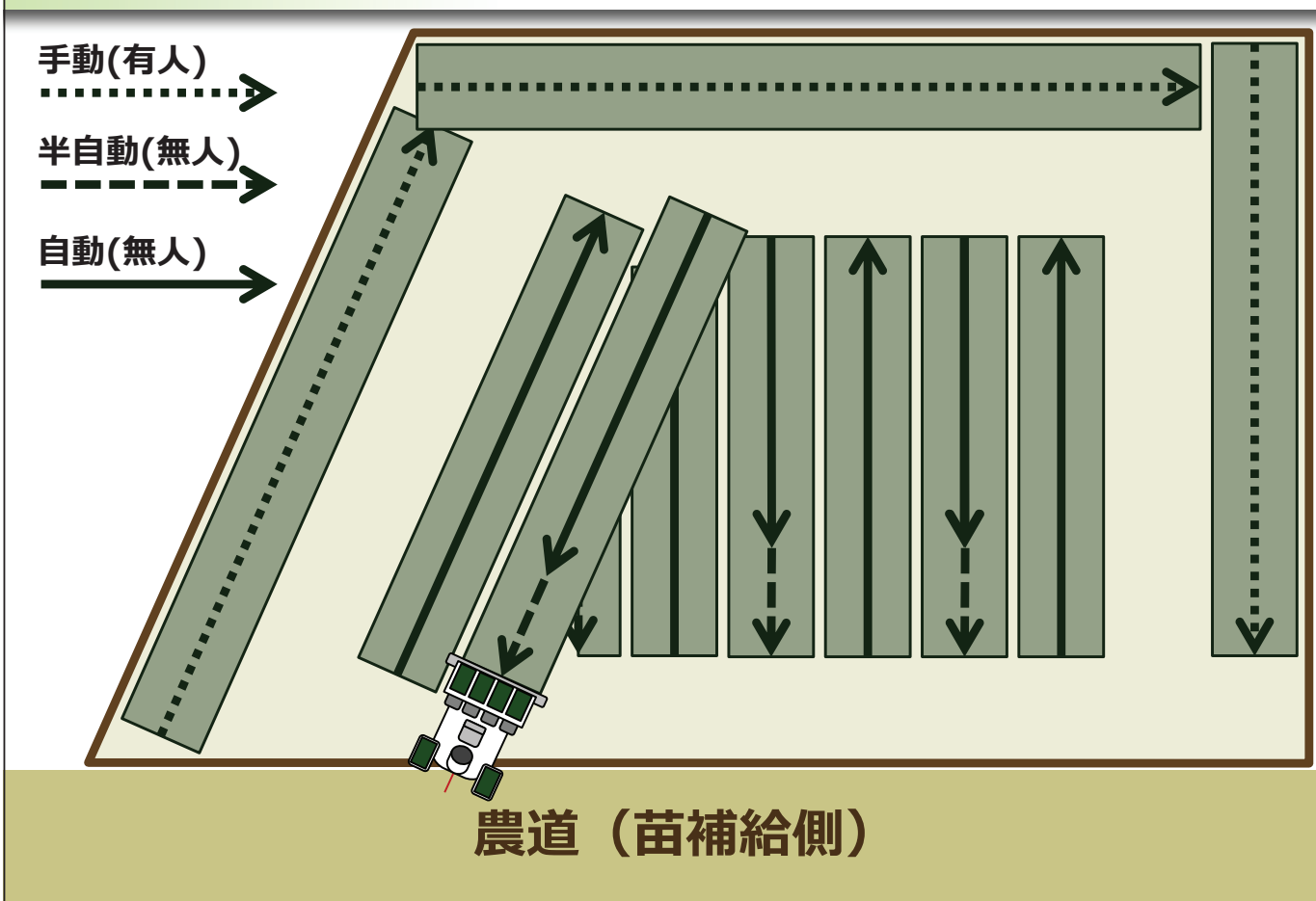
農道 (苗補給側)

5

考案した作業手順

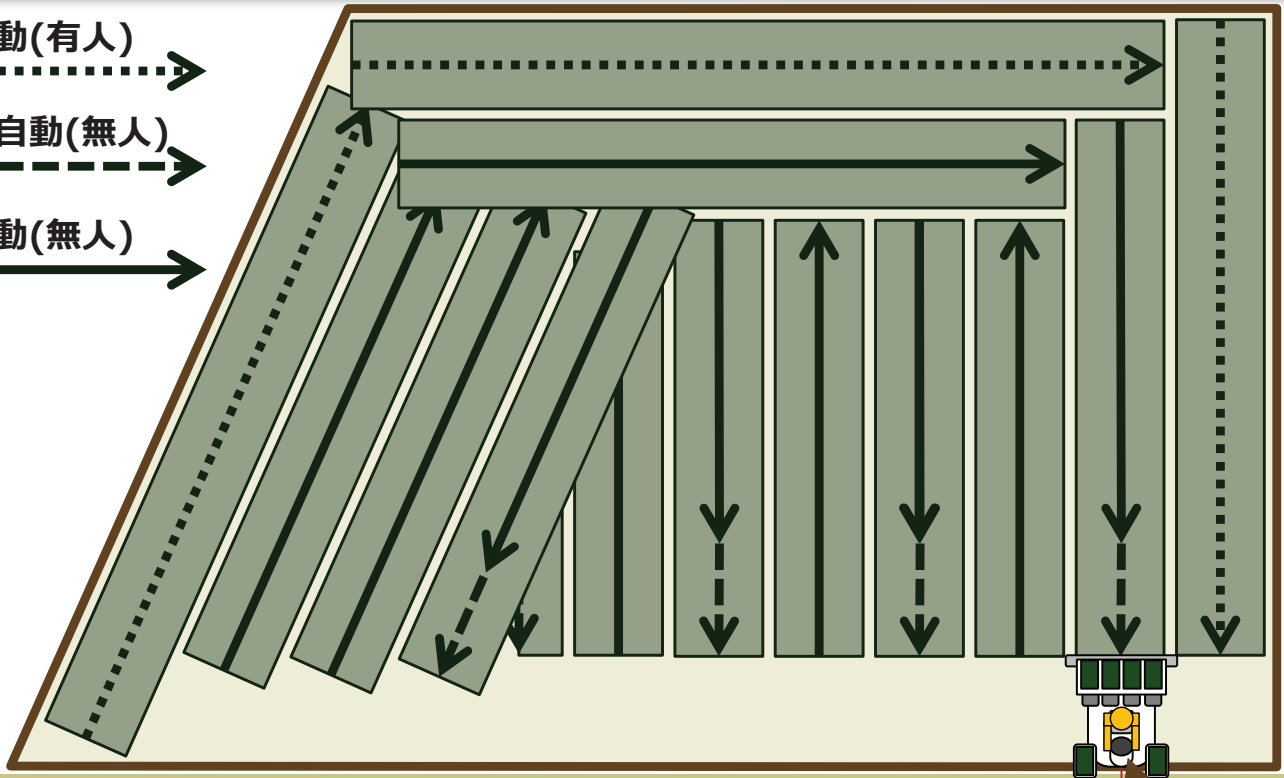


考案した作業手順



考案した作業手順

- 手動(有人) →
- 半自動(無人) →
- 自動(無人) →



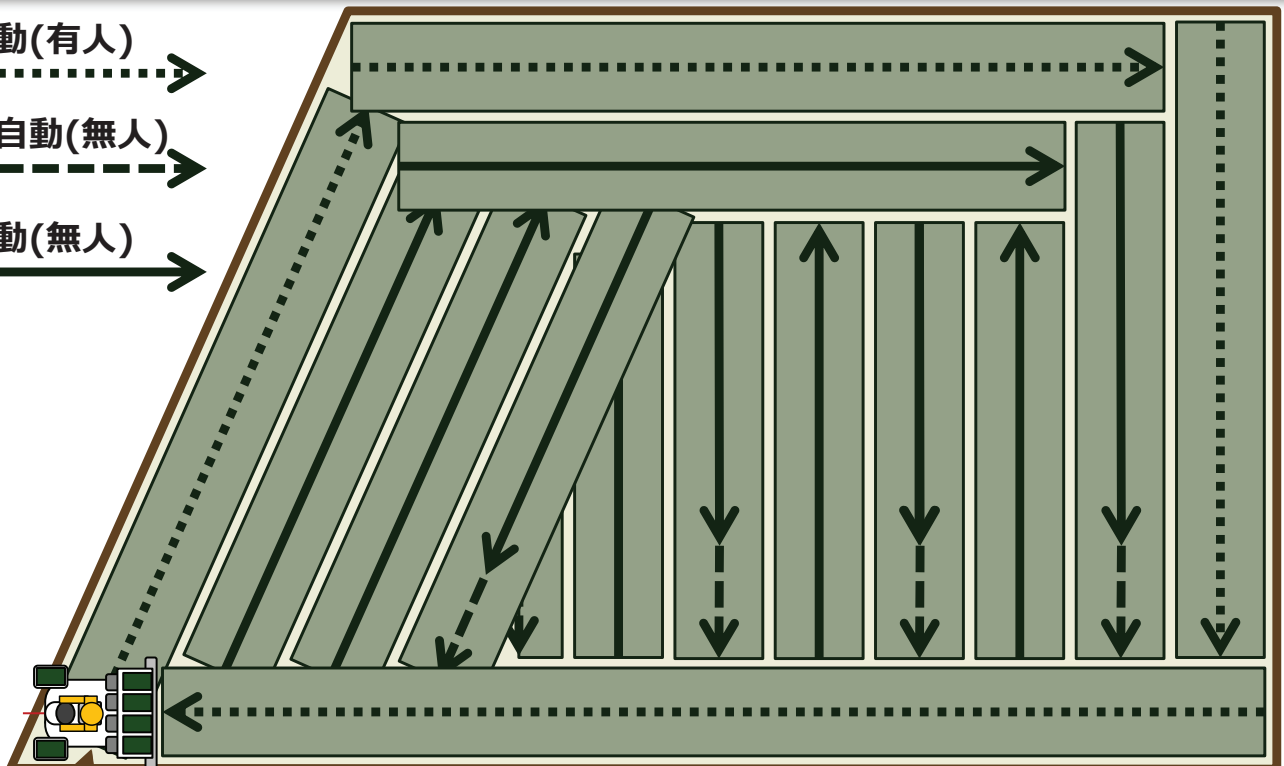
農道 (苗補給側)

乗車

8

考案した作業手順

- 手動(有人) →
- 半自動(無人) →
- 自動(無人) →

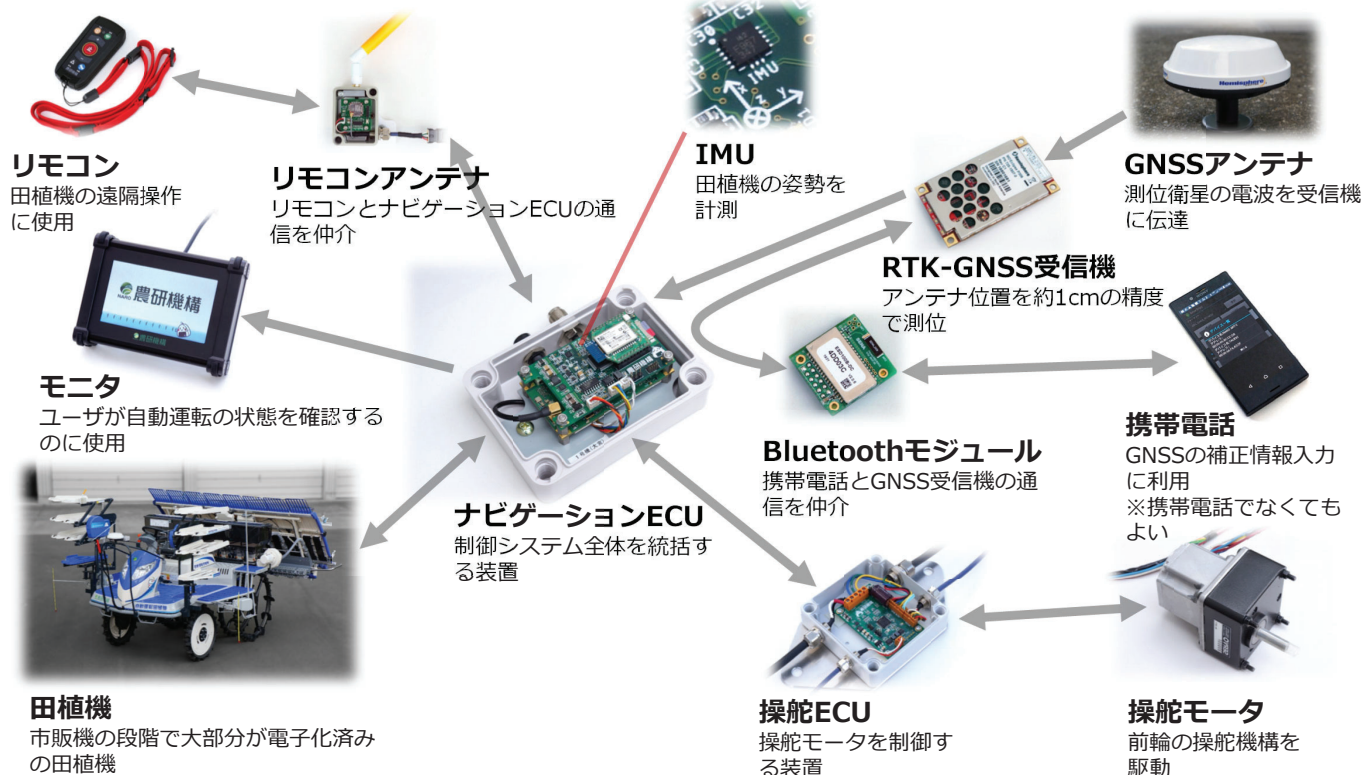


作業終了

農道 (苗補給側)

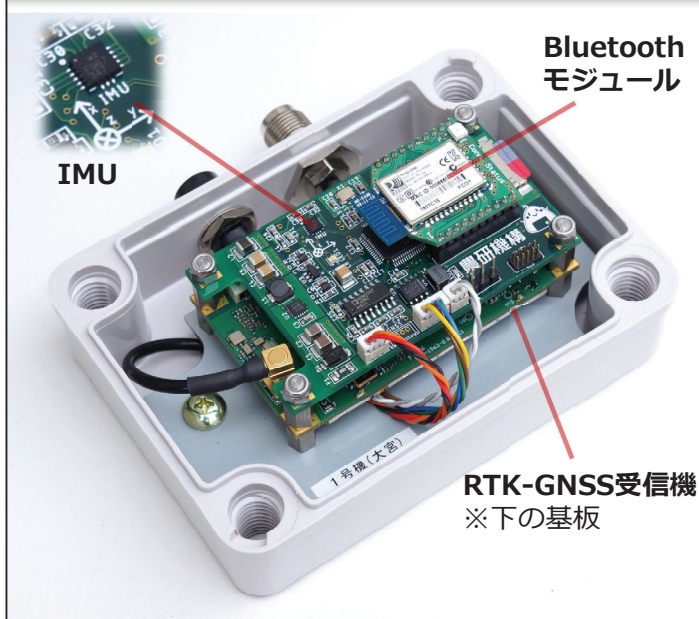
9

自動運転田植機の構成



10

メイン制御部



ナビゲーションECU

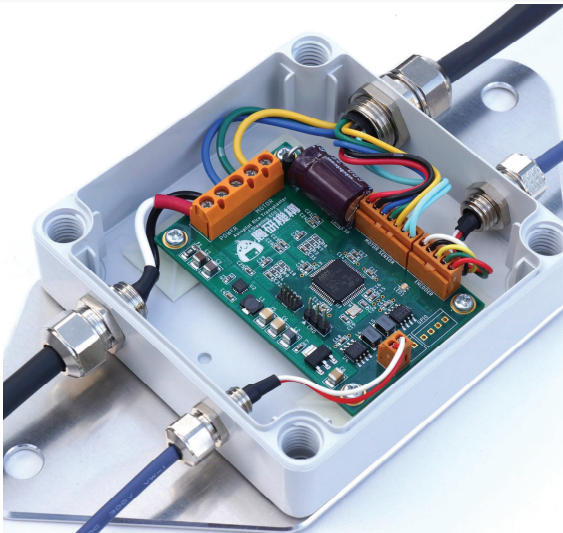
制御システム全体を統括する装置
舵角・前後進速度・作業機の昇降などの制御信号を生成



GNSSアンテナ

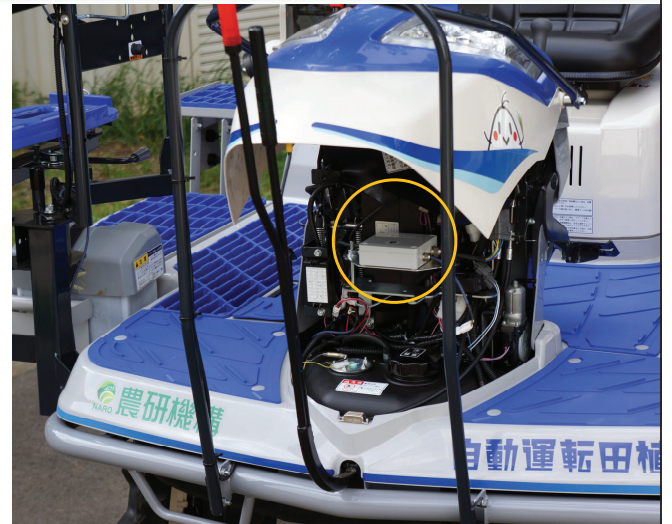
測位衛星の電波を受信機に伝達

11



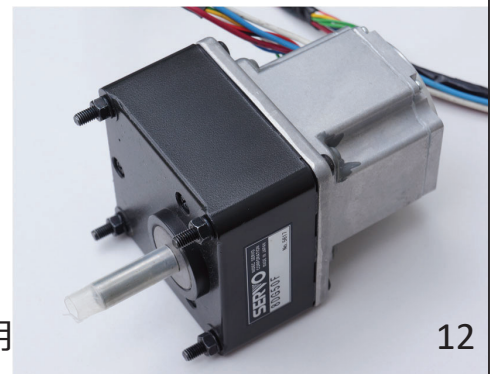
操舵ECU

ナビゲーションECUからの指示で操舵モータの舵角を制御



操舵モータ

前輪の操舵機構を駆動
制御性の良いブラシレスモータを使用



12

小型リモコン

無人走行中の
操作に使用

苗補給を妨げない
小型軽量設計

長辺90mm
質量37g

1シーズン電池
交換不要

ボタン電池(CR2032)
で連続200時間稼働

手動モード
ボタン

状態表示
LED

遠隔モード
ボタン

緊急停止
ボタン

速度アップ
ボタン

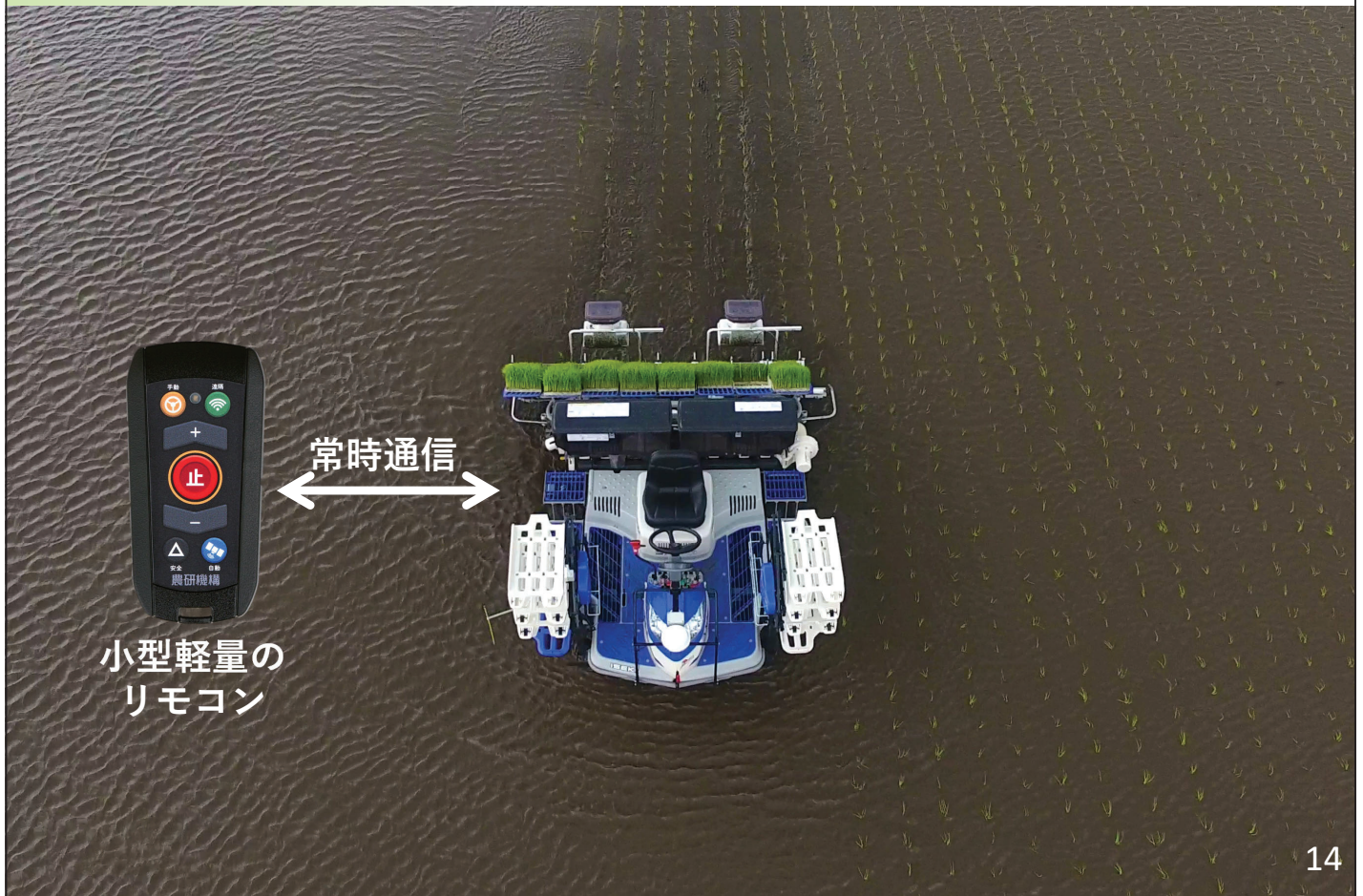
速度ダウン
ボタン

安全ボタン
同時押しによる
誤操作防止

自動モード
ボタン



13



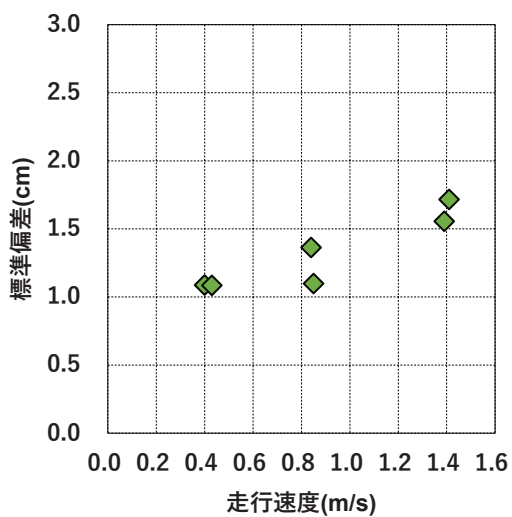


16

直進精度

熟練者以上の直進精度

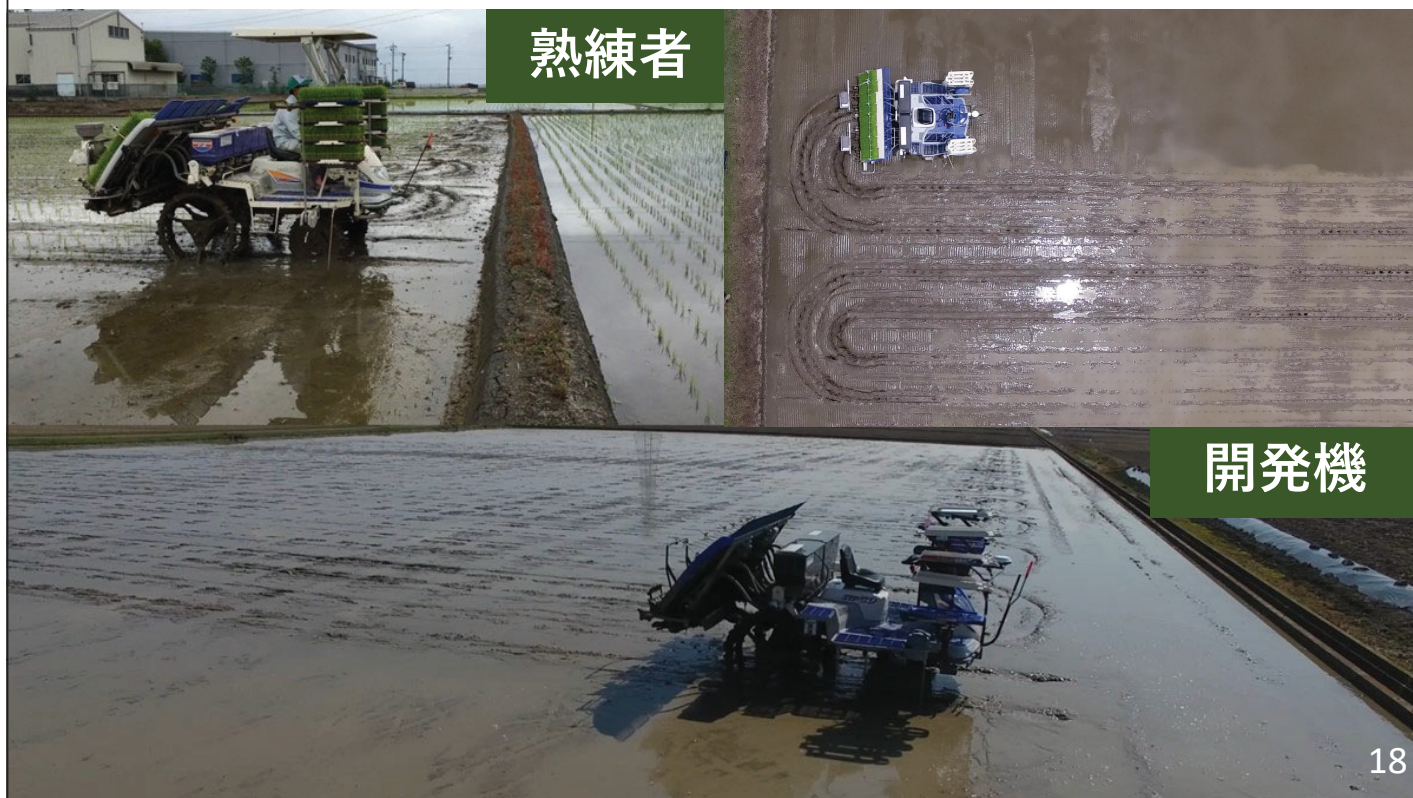
標準偏差で2cm以下



17

巡回速度

熟練者並みの速度で巡回可能



スマ農実証プロ等に投入

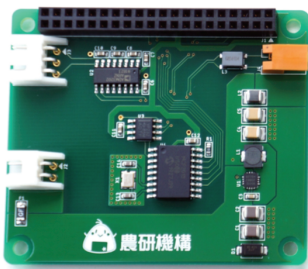


問題

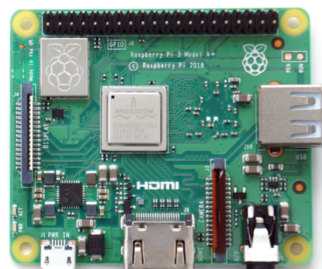
走行経路が分からないとの意見。
田植機の状態が分からずトラブル発生。

対応

5インチ静電容量式マルチタッチモニタを搭載。
直感的な操作と状態確認を可能に。



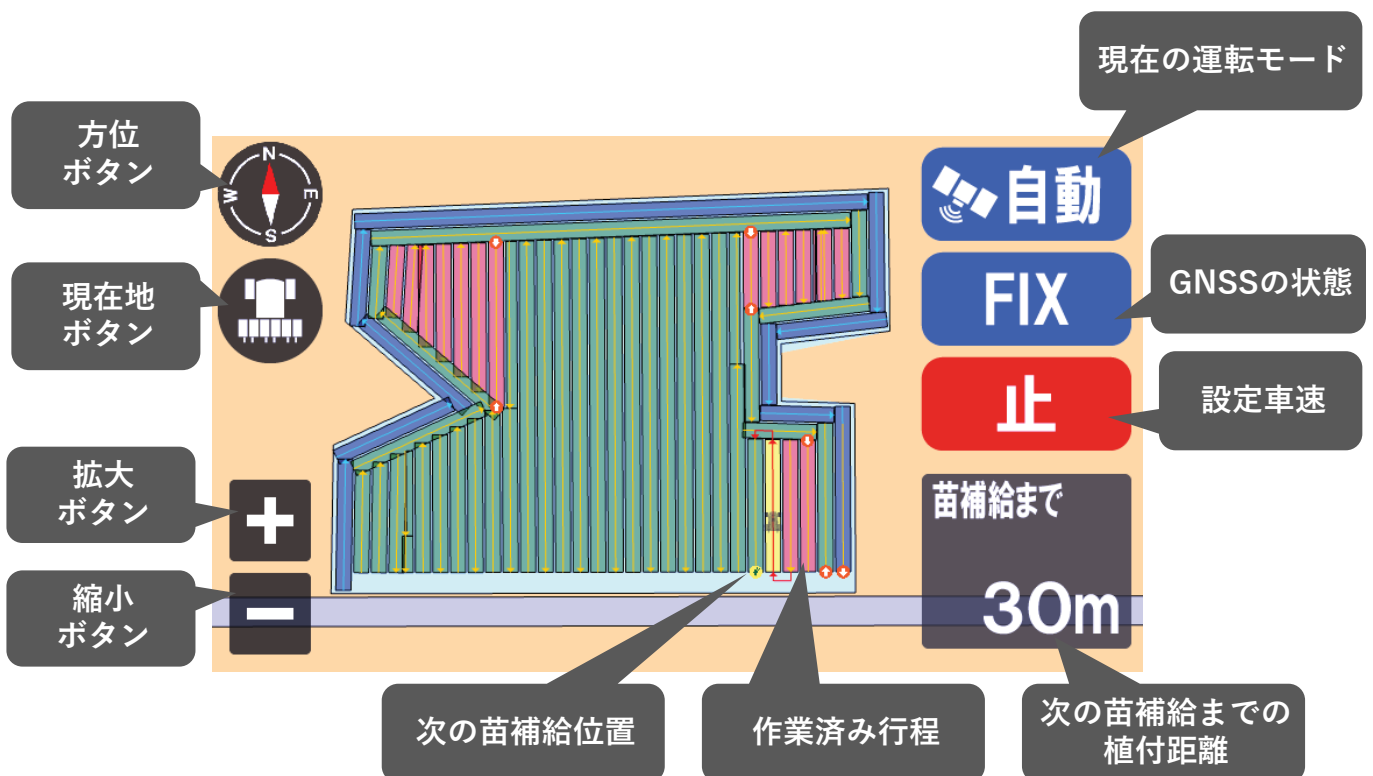
インタフェース基板



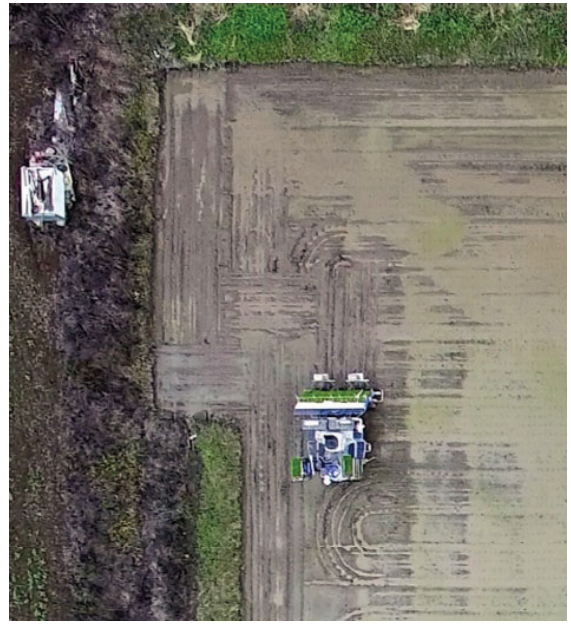
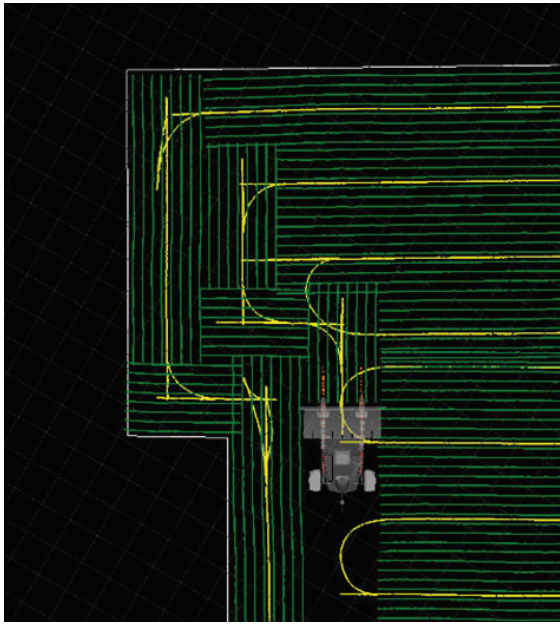
Raspberry Pi 3A+



20



21



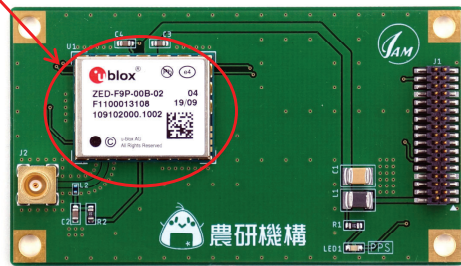
最外周は手動運転
(ティーチング)





低価格受信機の検討

U-blox ZED-F9P 約2万円



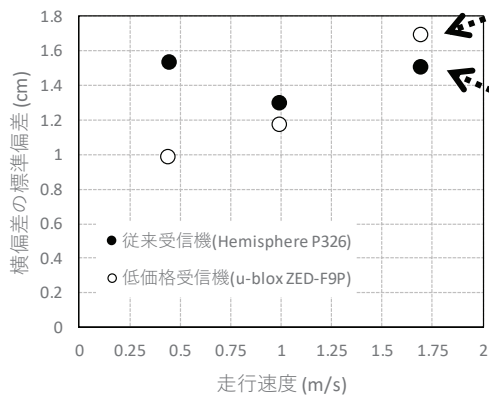
低価格 2 周波 RTK-GNSS 受信機基板



低価格受信機



従来受信機



直進精度評価の結果

1人1台運用が可能な自動運転田植機を開発

熟練者と同等以上の直進と旋回の精度及び速度

スマート農業実証プロジェクトを通じた改良

変形田対応

モニタの開発

低価格受信機の検討

今後はメーカーへの技術移転による実用化を進める

ISOBUS に対応した作業機用コントローラの開発

次世代コア技術研究領域 西脇 健太郎

はじめに

国策としてスマート農業を推進する中、ICT 化されたセンサ・トラクタ・作業機械・データベースをスムーズにつなげる仕組みの導入が急務となっている。そこで、農業機械相互接続の国際標準である ISOBUS に注目し、それに対応した電子制御技術を開発し、ISOBUS 認証を取得した。本成果及び認証取得に向けたノウハウを活用し、国産作業機械の ISOBUS 対応とスマート農業の普及を推進する。

1. ISOBUS とは

農業機械の電氣的相互接続性を向上させるため、トラクタ・作業機・PC 間のデータ通信・制御に関する国際規格である ISO 11783 が策定されている。しかしながら ISO 11783 は 1200 ページ以上の膨大な文書であり、全てを機械に実装することは簡単ではない。そこで、AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation、国際農業電子財団) が ISO 11783 の内容を機能ごとに分割し、それぞれについて実装ガイドラインを作成している。更に、ガイドラインに合致しているかどうかのテストを行い、テストに合格した製品が ISOBUS というブランドで欧米マーケットを中心として販売されている。

2. なぜ ISOBUS が必要か

我が国においても、政府が推進する「データ駆動型農業」を実現するため、センサ・トラクタ・作業機械・データベースをつなげる仕組みが求められている。しかしながら、新規システムの構築は非常に大きなコストと時間がかかる。そこで、上記システムに ISOBUS を採用することを提案している。ISOBUS は欧米型農業に合わせて作られているが、日本型農業に対応していない部分は、ISO や AEF に働きかけて規格を拡張することも可能である。

3. ISOBUS 対応作業機コントローラの開発

農研機構では ISOBUS に対応した作業機用コントローラの開発を行い、トラクタのキャビン内に設置される共通端末に作業機のユーザーインタフェース画面を表示させることのできる UT (Universal Terminal) 機能、共通ファイルの読み書きと、その結果取得した地図に基づいて可変散布作業等を行うことのできる TC (Task Controller) 機能についての ISOBUS 認証を取得した。

おわりに

開発した技術及び認証取得に向けたノウハウを活用し、農研機構・農業機械技術クラスターの中で国産作業機械の ISOBUS 対応を推進している。令和 3 年度末の研究開発終了後、国産の ISOBUS 作業機が国内マーケットに登場する。

ISOBUSに対応した 作業機用コントローラの開発

農研機構革新工学センター
西脇 健太郎

NARO

発表内容

- ISOBUSとは何か
- なぜISOBUSが必要か
- ISOBUS対応作業機コントローラの開発
- 現在進行形のプロジェクト

ISOBUSとは何か

農作業の高度化には、機械同士のデータ通信が必須

- 多少速度が変化しても均一な散布を実現したい。
→作業機械に**走行速度**を渡す。
- ほ場内の局所的な散布量を変えたい。
→作業機械に位置に応じた**散布量**を渡す。
- ほ場内での収量のバラツキを知りたい。
→局所的な**収量**と位置情報を紐付けて記録する。
- ほ場内の自動走行をしたい。
→トラクタのステアリングに**旋回半径**を指示する。

ISOBUSとは何か

例えば、トラクタとブームスプレーヤの連動作業では、



これらのデータ通信フォーマットが必要

トラクタECU



- 速度情報 (走行速度に応じた資材散布)
- ヒッチ高さ情報 (作業モードの確認、ON/OFF)
- PTO回転数 (十分な回転数が出ているか確認)
- セクションスイッチ (散布幅のブロック制御)
- 散布量指示 (単位面積当たりの散布量)



- PTO状態 (PTO回転数が適切でない時は警告)
- タンク残量 (残量が少ない時は警告)
- 散布圧力 (圧力が適切でない時は警告)

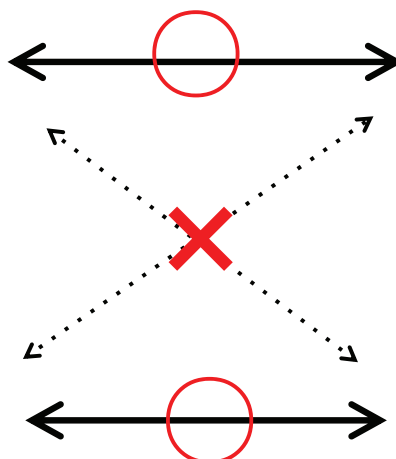
スプレーヤコントローラ



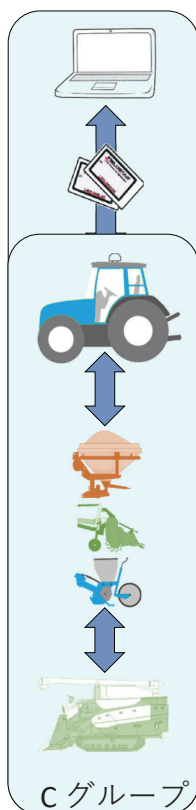
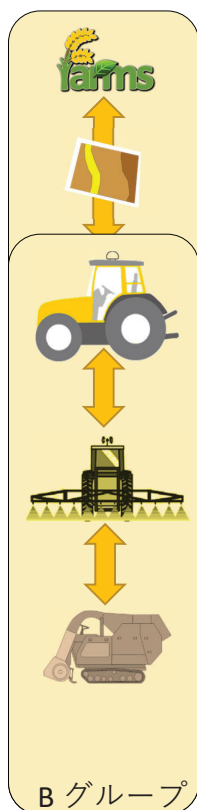
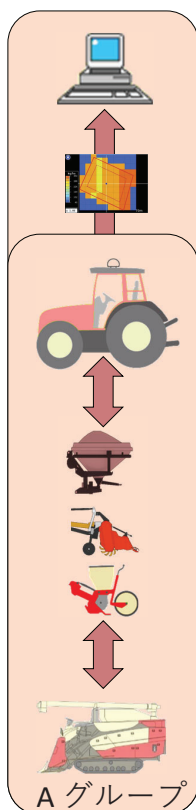
ISOBUSとは何か

情報通信方法がメーカー・グループごとに違うと…

隣の家の機械を借りて
使えるといいんだけど、
グループが違うんだよね。



ISOBUSとは何か



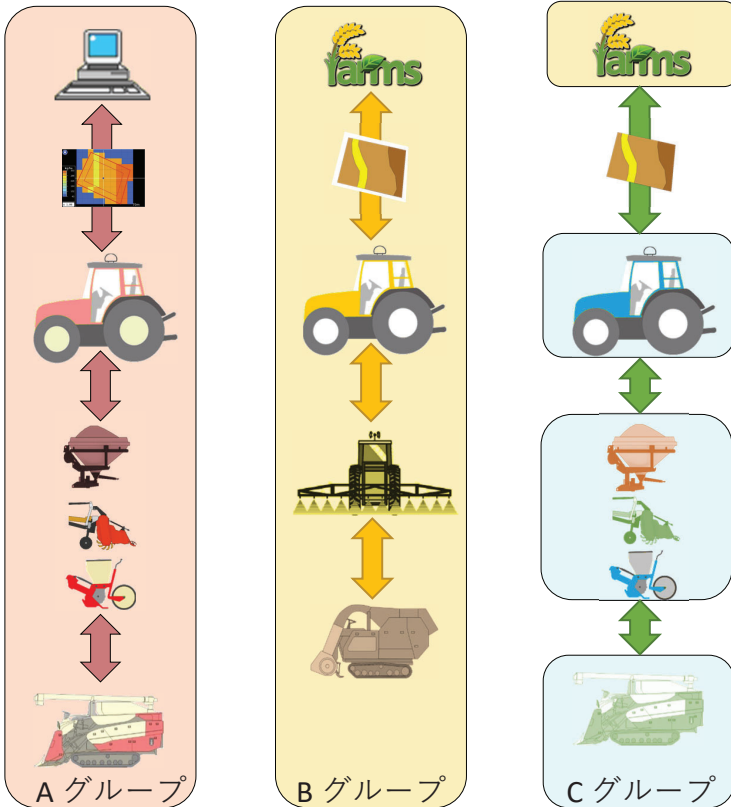
農業機械メーカーなのに、
ソフトウェアの開発もやら
ないといけないなんて…

…サービススタッフの教
育も大変だし、そもそも、
ソフトウェアのサポートっ
て大変そう…



メーカーの
開発者

ISOBUSとは何か



よそのソフトウェアを活用できたら、本来の仕事（性能の良い農業機械の開発）に専念できるのに・・・

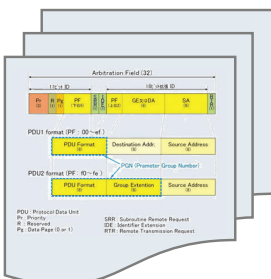


メーカーの開発者

ISOBUSとは何か

農業機械用通信規格：ISO 11783

- ・トラクタ・作業機・PC間のデータ通信・制御に関する国際規格
- ・メーカーの壁を越えた高い互換性



統一されたデータフォーマット



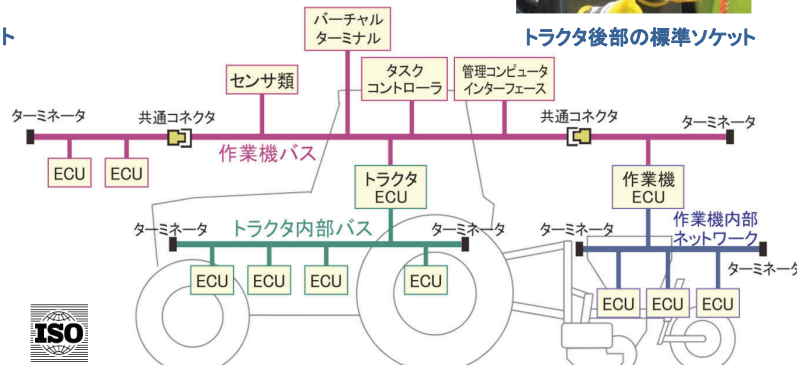
共通端末の例



トラクタ後部の標準ソケット



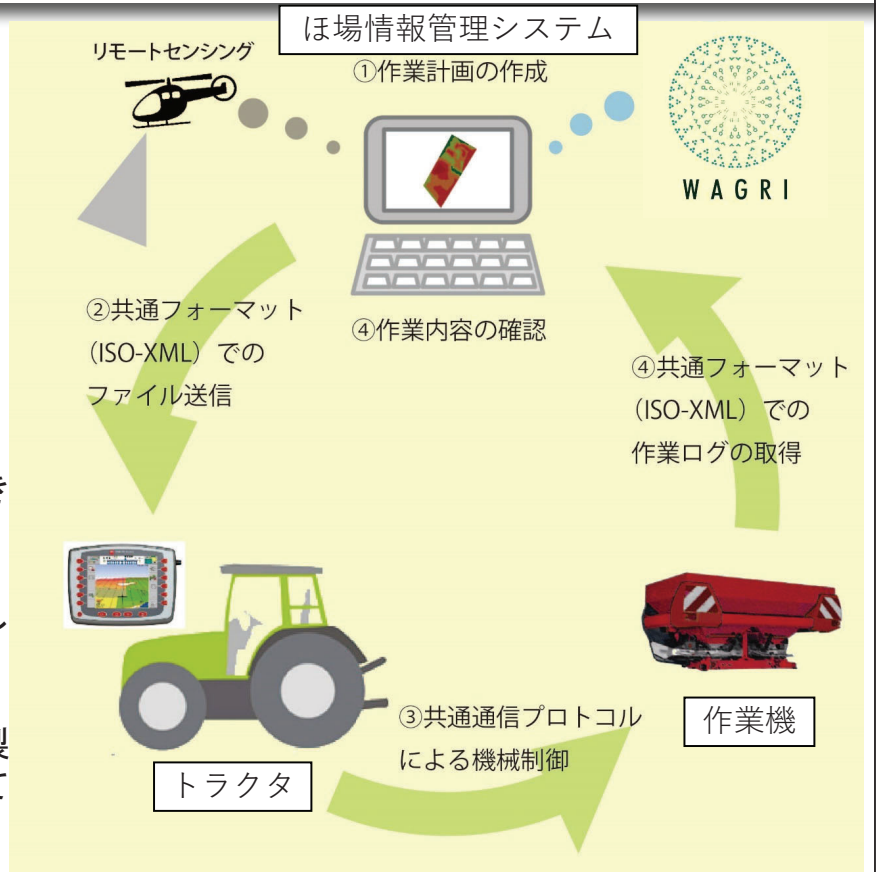
作業機側の標準コネクタ



ISOBUSとは何か

ISO 11783はオフィスでの作業計画作成から、ほ場での機械制御と作業履歴の取得、更にオフィスに戻った後の作業履歴解析までを総合的に管理することができるオープンなシステム。

- メーカーは得意分野で勝負できる。⇒**高機能**
- サードパーティーが新規参入しやすい。⇒**低コスト**
- ユーザーは、多様なメーカー製のソフト・機器を組み合わせ使用できる。
⇒**ニーズに合わせた費用対効果**



ISOBUSとは何か



- ISO 11783 : 14章、1200ページにわたる膨大な文書
- 全てを実装することは難しい
- 製品の互換性は保証されていない



- ISO 11783の内容を機能ごとに分割
- 機能ごとに実装レベルを設定し、実装ガイドラインを作成
- ガイドラインに合致しているかどうかのテストを実施
- AEFが認めた製品がISOBUSというブランドで販売

共通ファイル読み書き機能

速度などのトラクタ情報を出力する機能

速度などのトラクタ機能を安全に変更する機能

作業幅自動変更機能

安全かつ瞬時に停止する機能

共通ファイル読み書き機能

速度などのトラクタ情報を出力する機能









速度などのトラクタ機能を安全に変更する機能

作業幅自動変更機能

安全かつ瞬時に停止する機能

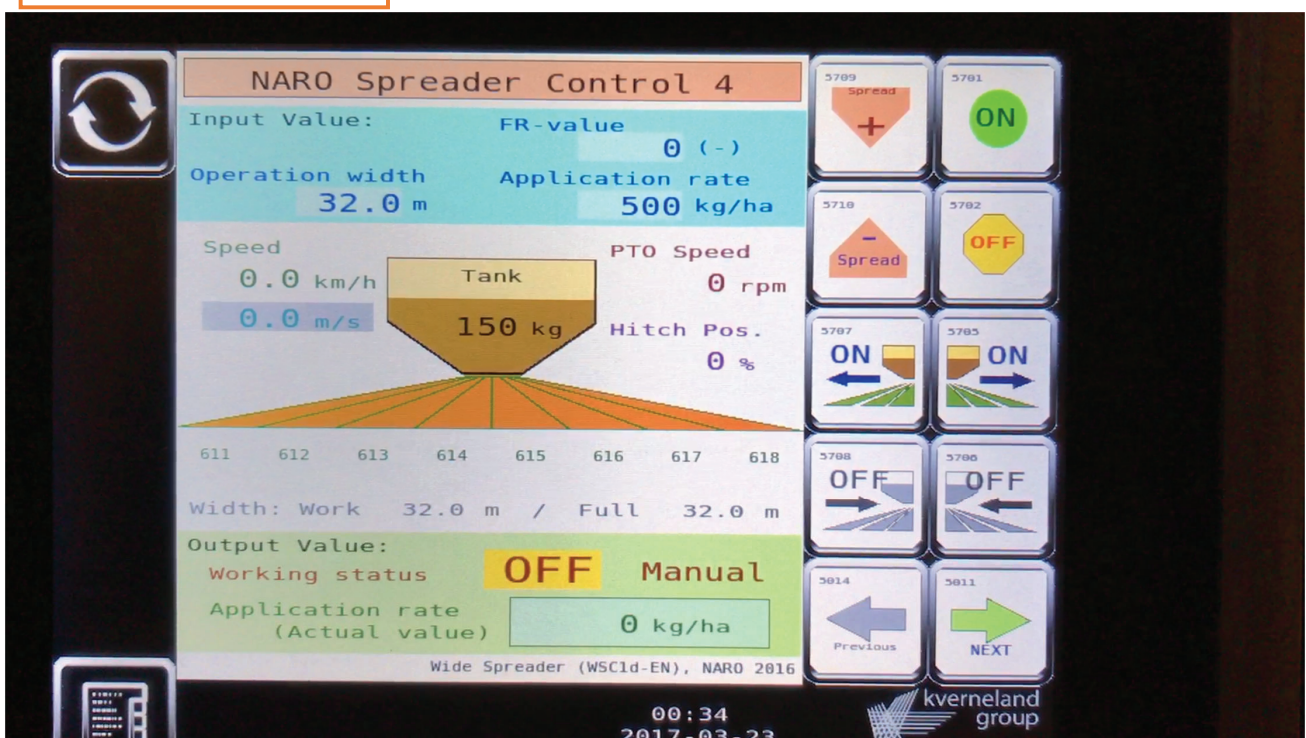
ISOBUSとは何か



証票	機能	説明
	Universal Terminal	共通操作端末（ISO 11783ではVirtual Terminal）を使用するための要件。
	Auxiliary Control	作業機等を操作するための、補助入力装置（ジョイスティック、スイッチボックスなど）を使用するための要件。
	Task Controller Basic	トラクタ等の圃場作業機械とは場情報管理システムとの間で、作業指示マップや作業履歴等のデータを受け渡しするための要件。
	Task Controller Geo-based	タスクコントローラで、GPS等の衛星測位情報に対応した機能を使うための要件。
	Task Controller Section Control	作業機などの作業幅を数個のセクションに分け、それぞれの動作を個別に制御するセクションコントロール機能を使うための要件。
	Tractor ECU	トラクタから提供される基本的な情報を利用するための機能。具体的には、車速やPTOのON/OFF及び回転数、ヒッチポジションなどの情報が含まれる。
	Tractor Implement Management	車速や油圧バルブ等のトラクタ側の機能調節を、作業機などの外部から制御する機能を使用するための要件。
	ISOBUS Shortcut Button	ISOBUS機能を瞬時かつ安全に停止するための要件。

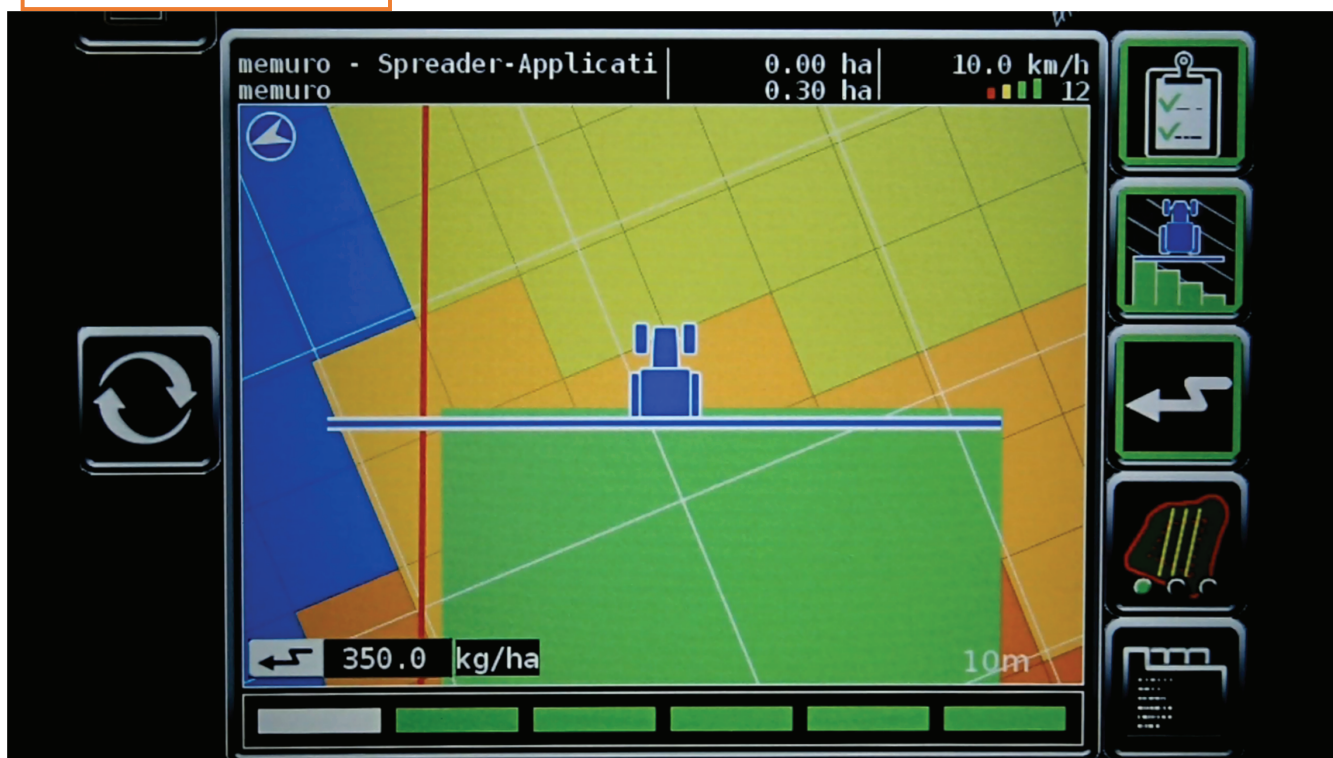
ISOBUSとは何か

UT 機能の例



ISOBUSとは何か

TC-GEO、TC-SC 機能の例



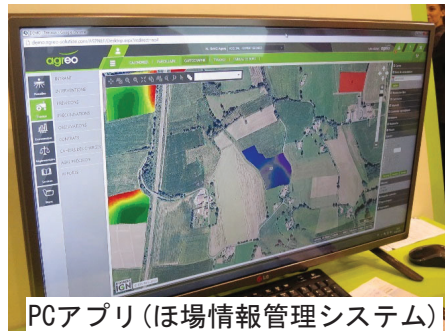
12

ISOBUSとは何か

ISO 11783に準拠し、AEF（欧米の農業機械業界団体）が認証を行った農業機械が相互接続可能なISOBUS機器として販売されている。



SIMA 2015
AGRITECHNICA 2015



13

なぜISOBUSが必要か

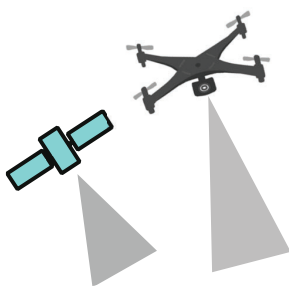
- ・既に普及が進んでいるため



北海道などの大規模畑作地域では、100ps以上の海外製トラクタが普及。ISOBUSが標準装備であることが多いため、ISOBUSに対応した作業機を開発・販売する必要がある。

なぜISOBUSが必要か

- ・政府が推進する「データ駆動型農業」を実現するため。



気象情報
生育情報

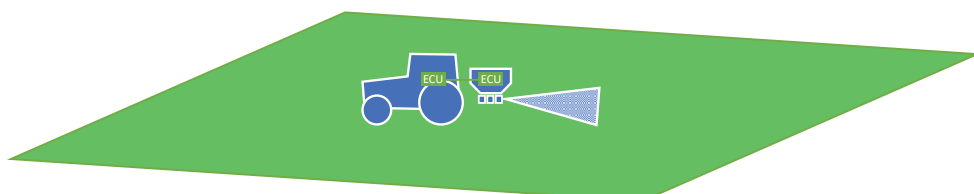
データベース

- ・過去の気象情報
- ・過去の生育情報
- ・過去の作業情報
- ・AIによる作業判断

W A G R I

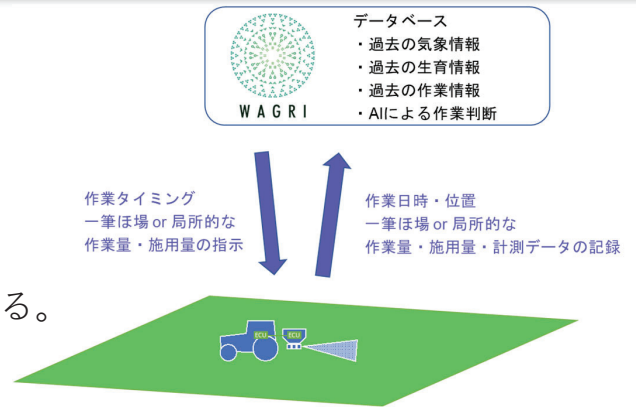
作業タイミング
一筆ほ場 or 局所的な
作業量・施用量の指示

作業日時・位置
一筆ほ場 or 局所的な
作業量・施用量・計測データの記録



なぜISOBUSが必要か

・ 政府が推進する「データ駆動型農業」を実現するため、ICT化されたセンサ・トラクタ・作業機械・データベースをスムーズにつなげる仕組みが求められている。



課題

- ・ データベースと農業機械間のデータ受け渡しをどうするか。
- ・ 受け取ったデータに従って作業する農業システムをどの様に構築するか。
- ・ 現時点で普及したインフラはない。
- ・ 新規システムの構築は非常に大きな労力がかかる。

提案

- ・ ISOBUSを導入した上で、日本農業に対応していない部分は、ISO・AEFに働きかけてISOBUSの拡張をすればよい。
- ・ ISOBUSの特徴である高機能・低コスト・高い費用対効果も期待できる。

背景・ねらい

国策としてスマート農業を推進する中、ICT化されたセンサ・トラクタ・作業機械・データベースをスムーズにつなげる仕組みの導入が急務となっている。

そこで、農業機械相互接続の国際標準であるISOBUSに注目し、それに対応した電子制御技術を開発し、ISOBUS認証を取得する。

本成果及び認証取得に向けたノウハウを活用し、国産作業機械のISOBUS対応を推進する。

使用したマイコンハードウェア

技術開発
国際標準 (ISO11783) に準拠した通信制御を行う後付け型の通信制御共通化システム



共通リモコン
トラクタ電子制御ユニット
作業機電子制御ユニット

協力分担関係

農研機構
北海道農業研究センター
中央農業総合研究センター
近畿中国四国農業研究センター

工業試験場
中央農業試験場
十勝農業試験場
三葉農機

JFMMA
日本農業機械工業会

作業機メーカー

Nippon
KUBOTA
YANMAR
SANYO
YUKON
Sasaki
Takaita
五九山製作所

評価・普及支援

① 作業適用性・相互接続性実証
② 規格化支援→国内規格の制定を支援





共通化ECUハードウェア

国際標準(ISO11783)に準拠した通信制御を行う後付け型の通信制御共通化システムを動作可能な汎用コントローラ

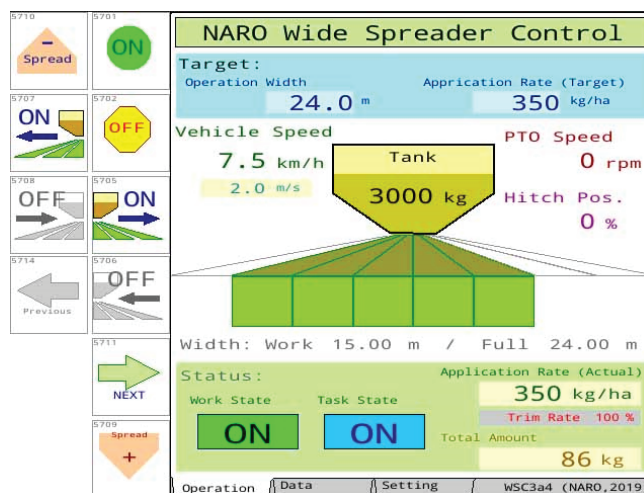


拡張用ハードウェア

汎用コントローラでは入出力機能が足りない場合に使用する、機能拡張用コントローラ

本開発で使用したマイコンハードウェアは、平成23年～25年（3年間）に農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業として、国内メーカー、関連団体と共に開発した、共通化ECUハードウェアを使用した。

実装したUTクライアント機能

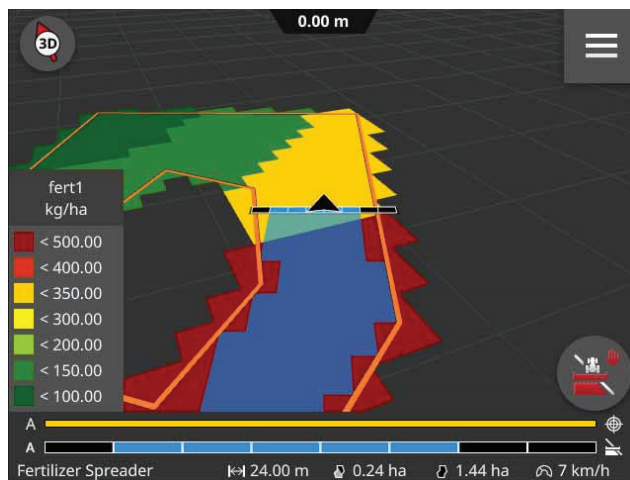
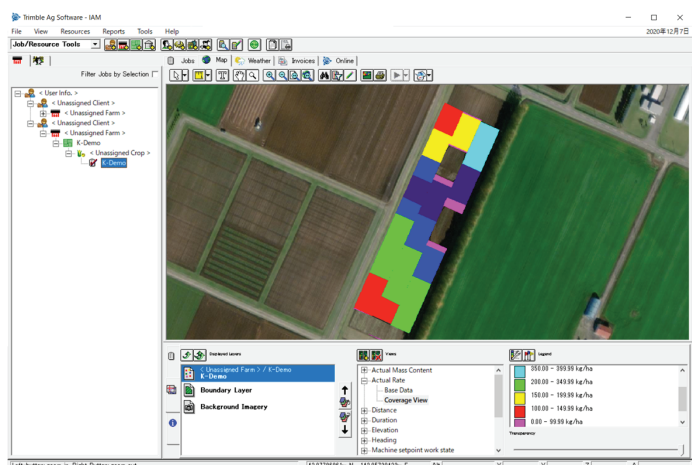
NARO Wide Spreader Control	
Target:	
Operation Width	24.0 m
Application Rate (Target)	350 kg/ha
Vehicle Speed	7.5 km/h
PTO Speed	0 rpm
Tank	3000 kg
Hitch Pos.	0 %
Width: Work	15.00 m / Full 24.00 m
Status:	Application Rate (Actual)
Work State	ON
Task State	ON
	350 kg/ha
	Trim Rate 100 %
	Total Amount
	86 kg

UTクライアント機能は、トラクタキャビン内に設置される共通端末に実装されたUTサーバ（左図）に、オペレータが直接操作するためのユーザーインターフェースを表示（右図）し、オペレータによる操作を受け取る機能である。

現在、UTは日本語を正式にサポートしていないが、文字を画像にしたものを表示させることで、日本語への対応が可能である。

実装したTCクライアント機能

(TC-BAS、TC-GEO、TC-SC)



TC-BASはISOBUSで規定された共通ファイルを読み書きする機能、及び作業ログを作成する機能である（左図）。TC-GEOは予め与えられた散布量などの作業パラメータが書かれたマップを参照して作業する機能、TC-SCは作業幅を自動的に変更し、ほ場外への無駄な作業や、既に作業を行ったエリアでの重複作業を防ぐ機能である（右図）。

世界の認証試験センター

ヨーロッパに4ヶ所（ドイツ2、フランス1、イタリア1）、アメリカに1ヶ所



ISOBUSテストセンター

ISOBUS
Test Center



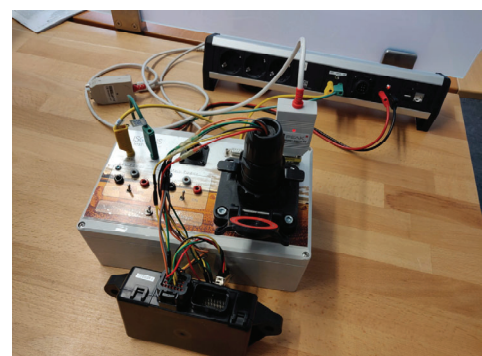
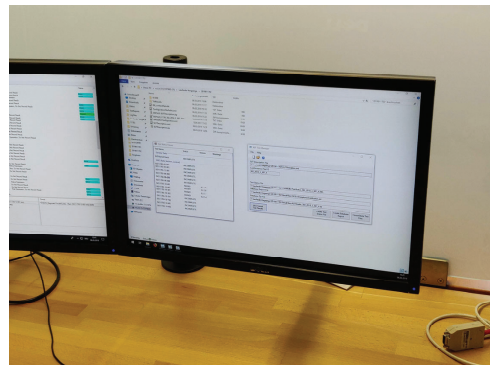
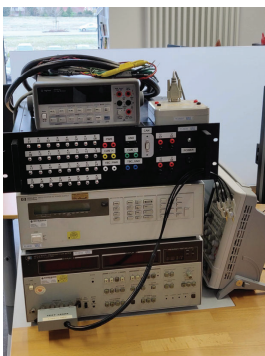
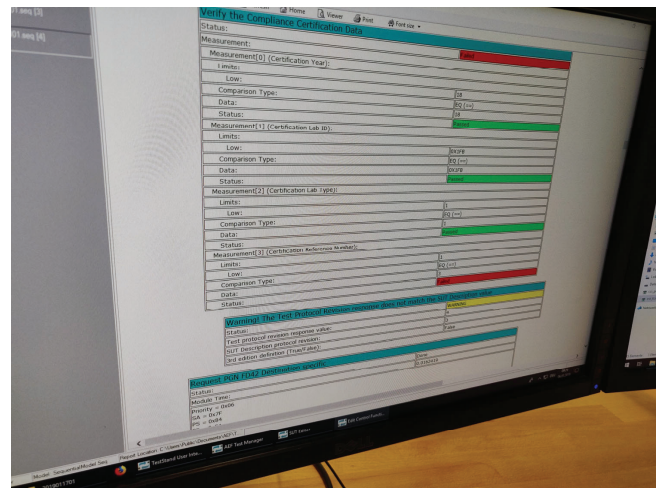
ドイツ、オスナブリュック、
作業機メーカーが共同出資して設立され、
共通端末を販売するCCISOBUS内に設置



CCISOBUS
team play works.

One for all, all for one - in 2009 the Competence Center ISOBUS e.V. was founded under this motto by the competitors AMAZONE, GRIMME, KRONE, KUHN, LEMKEN and RAUCH to manifest their vision of a cross-manufacturer co-operation. Nine years of joint development of innovative electronics are proof: Teamply Works.

試験の様子



認証取得



共通端末利用機能



共通ファイル読み書き機能



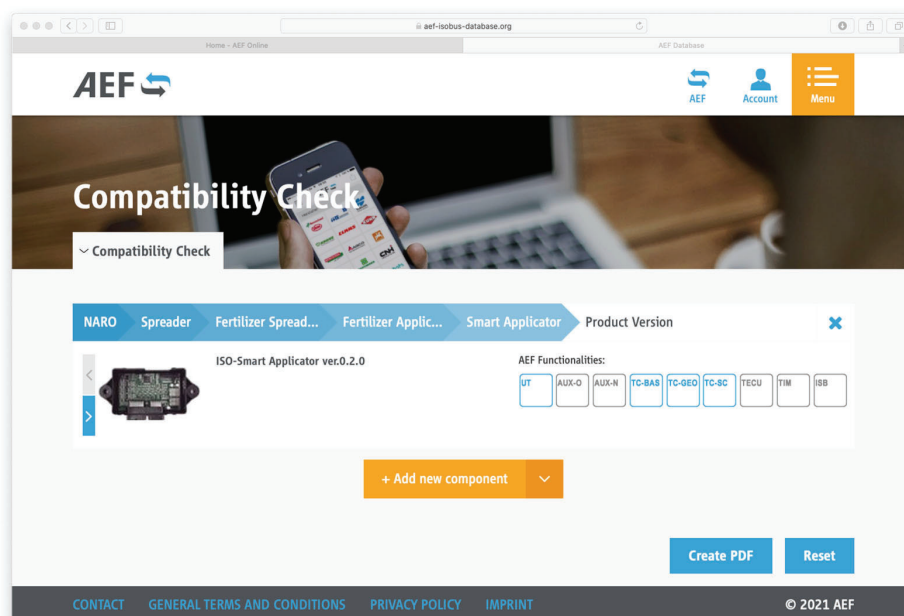
マップ連動機能



作業幅自動変更機能

の認証を取得。

AEF ISOBUS Databaseサイトでの確認



無料のアカウントを作れば、AEFのWebサイト（AEF ISOBUS Database）上で、認証を取得したコントローラを確認することができる。

<https://www.aef-isobus-database.org/isobusdb/internal/compatibility/index.jsf>

現在進行形のプロジェクト

・農研機構・農業機械技術クラスターでの開発

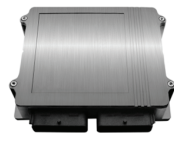
【現行】



欧米ではISOBUSが普及
大規模生産者は輸入作業機に高い関心



Teejet社ホームページより



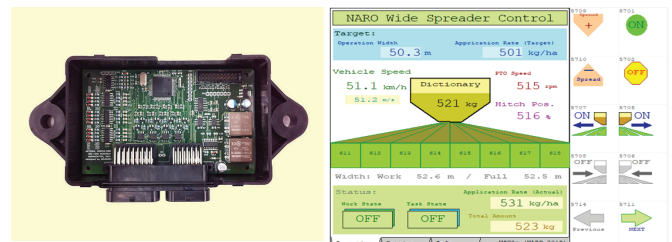
Cobo社ホームページより

国内作業機メーカーがISOBUSに対応するためには、海外製コントローラの導入が必要

【新】

国産ISOBUS対応作業機用コントローラを開発

- ・中小作業機メーカーでもISOBUS化に取り組むことができる。
- ・海外市場への積極的な売り込みが可能となる。
- ・ロボットトラクタ用作業機として使用すれば、ロボットトラクタの活用場面が増大。



国産とすることで導入コストを低減
自社製品に合わせた表示画面のカスタマイズ
日本語での開発サポート

現在進行形のプロジェクト

・農研機構・農業機械技術クラスターでのISOBUS対応作業機の開発



ISOBUSライブラリ、共通ハードウェアの開発・販売



UTに対応したバレイシヨ収穫機の開発

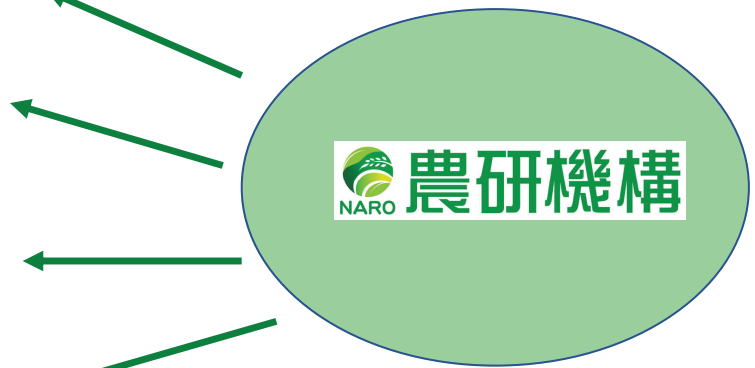


UTに対応した粒剤散布機の開発



TCに対応した粒剤散布機の開発

認証取得過程で得たノウハウの提供



プロジェクト終了 (R3年度末) 後の市販化予定

まとめ

- 海外では、ISO 11783に準拠し、AEF（欧米の農業機械業界団体）が認証を行った農業機械が相互接続可能なISOBUS機器として販売されている。
- 国内においても、政府が推進する「データ駆動型農業」を実現するため、ICT化されたセンサ・トラクタ・作業機械・データベースをスムーズにつなげる仕組みが求められている。
- 農研機構では、ISOBUSに対応した作業機用コントローラを開発し、AEFの認証を取得している。
- 開発した技術及び認証取得に向けたノウハウを活用し、国産作業機械のISOBUS対応を推進している。

安全性検査における ISO/IEC 17025:2017 への取組

安全検査部 松本将大、原田一郎、塚本茂善、藤井幸人、高橋弘行
安全工学研究領域 富田宗樹

はじめに

近年、種々の業界で、測定したデータの信頼性を測定者自ら主張するだけでは不十分であり、第三者による認定を取得することが一般的になりつつある。そこで、農研機構農業技術革新工学研究センター（以下、革新研）の客観的な試験実施能力を明らかにするため、安全性検査を構成する各種試験について、ISO/IEC 17025:2017（以下、規格）の認定取得に必要な品質管理システムの構築、関連技術の開発及び試験環境の整備を行うとともに、認定維持に向けた課題の抽出を行った。

1. ISO/IEC 17025:2017 認定の取得

1) 規格の要求への対応

安全性検査のうち安全キャブ・フレーム検査（以下、ROPS 試験）に対する規格の要求事項を明らかにし、これに従って品質管理マニュアル（以下、マニュアル）及び手順書の作成を行った。また、規格が要求する力量（試験実施前に試験要員が有すべき能力）、試験方法及び技能（適切な試験結果を得る能力）の妥当性について定量的評価方法を開発した。更に、ROPS 試験における測定値のばらつき（不確かさ）の構成要素を検討し、不確かさの試算を行った。これらを基に、認定機関による審査を経て、規格認定を国内で初めて取得した。

2. 規格認定維持上の課題への対応

1) 外部比較試験

ROPS 試験における試験結果の妥当性を対象とした外部比較による検証について、簡易な試験体を用いた試験方法により検証を行った。試験体を固定し、設定した変位に達するまで荷重をかけ、得られた変位・荷重における革新研と外部機関の測定データについて分析した結果、妥当性を担保する結果であることが示された。

2) 認定維持に向けた測定機器校正の低コスト化

一般的な校正と比較して数倍のコストを要する不確かさ付き校正について、低コスト化のための内部校正方法の体系として、外部校正によって既知の不確かさを有するロードセルと、不確かさが未知なロードセルを用いて、開発した圧縮・引張両用固定装置で負荷を与え、不確かさを抽出する方法を開発した。開発した校正方法により抽出したロードセル（50kN）の標準不確かさは±46N 程度であり、この不確かさが ROPS 試験の変形量の評価に影響が十分小さいことを確認した。

おわりに

規格認定取得に必要な品質管理の構築、関連技術の開発及び試験環境の整備を行い、審査を経て規格認定を受け、革新研の検査や測定試験における客観性と信頼性の高さが国際的に証明された。更に、認定維持へ向け管理体系を整備した。

安全性検査における ISO/IEC 17025 : 2017への取組

農研機構 革新工学センター
松本 将大
原田 一郎
塚本 茂善
富田 宗樹
藤井 幸人
高橋 弘行

NARO

※ 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。

研究の背景と目的



革新研は安全性検査やOECDテストで
各種試験を行っている試験機関

他産業では...

試験結果の信頼性の観点から、
試験機関が自らその実施能力を主張するのみでは不十分。
定められた手続きに基づいて第三者により能力の認定
(ISO/IEC 17025) を受けることが一般的となりつつある。

認定を受けた試験・校正結果は、
ISO/IEC 17025認定を要求する諸外国にも受け入れられるもの。

認定取得は国際標準化を進めるに当たり必須

ただし、認定取得後の維持についても考慮する必要性

• ISO/IEC 17025

試験プロセスや校正プロセスを、国際的に認定するための基準として用いられる規格で、品質マネジメントシステム、試験施設・校正施設の技術的能力に関する適合性を保証する。

各種適合性については被審査機関による証明

明確な解答はなく、第三者が納得し得る主張を要する

認定審査時に要求される項目

• 管理上の要求事項

組織、品質管理、文書管理、契約、記録管理、内部監査、マネジメントレビューなど

• 技術的要求事項

要員、施設・環境条件、トレーサビリティ確保、設備、試験方法及び妥当性確認など

- 方法の選定
- 方法の妥当性確認
- 測定不確かさの推定
- データ管理

全て文書化・承認され、根拠となるものがあるか

安全キャブ・フレーム検査におけるISO/IEC17025：2017の取得のための要件の把握・整理

ISO/IEC17025：2017認定受験 R2年7月認定

- 各種マネジメント文書(内部監査手順書・作業手順書等)の作成
- 教育カリキュラム作成・実施 (試験要員の指名)
→ 判定基準、力量ごとに要求レベル分け
- 技術的な要求への対応
→ 不確かさの推定 (反復不可・定性的要因を含む)
試験の妥当性確認の手法開発 (試験環境の整備)
試験環境の記録 (気温・湿度等)

各種マネジメント文書の作成

品質管理マニュアルの作成

- 認証規格に適合するよう根拠となる規定・法律等の整理
- 試験要員の**力量、試験方法・結果・判定**等について適合性を記載
- 教育訓練マニュアルや各種データの記録様式
- マネジメントレビュー、内部監査の体制の文書化

それぞれ詳細な手順書、基準を作成

員は、下記を満たす力量を有する。
 農研機構研究職員であること
 大学卒以上 (農学または工学)
 ボラトリへの配属後1年以内に玉掛技能講習
 5年以内にフォークリフトの安全教育を実施
 試験方法概要の内容を理解していること
 別に定める力量を有していること
 全キャブ・フレーム試験に関する教育訓練を受けていること

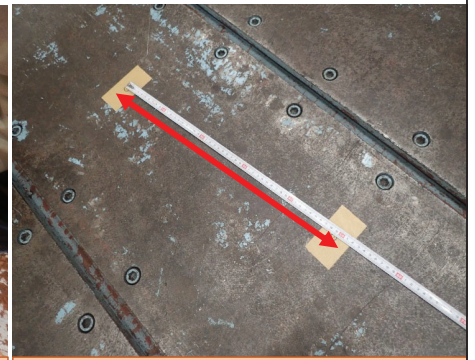
力量評価方法の開発



三次元測定装置を用いて定点を測定する技術を有しているか？



トラクタの据付時の車体中心について水平面投影を行うに適切な技能を有しているか？



校正されたコンベックスを用いた測定について測定を行うに適切な技能を有しているか？

※力量評価は計画的・定期的に行い、報告。
結果については監督者の承認を要する。

測定回数	測定者	測定値	標準値	許容誤差
1	測定者1	100.1	100.0	±0.1
2	測定者2	99.9	100.0	±0.1
3	測定者1	100.2	100.0	±0.1
4	測定者2	99.8	100.0	±0.1
5	測定者1	100.0	100.0	±0.1
6	測定者2	99.9	100.0	±0.1
7	測定者1	100.1	100.0	±0.1
8	測定者2	99.9	100.0	±0.1
9	測定者1	100.0	100.0	±0.1
10	測定者2	99.9	100.0	±0.1

教育訓練責任者(指導)シリアル

実施年月日: 年 月 日

実施場所: 年 月 日

実施者: 氏名: / 担当: 原田, 松本

測定項目: 橋脚

測定器具: VSC-3520M

測定条件: 温度: 20℃ / 湿度: 50%

測定結果:

測定者	測定値	標準値	許容誤差	判定
原田	100.1	100.0	±0.1	O.K.
松本	99.9	100.0	±0.1	O.K.

評価基準: 実測値に対し、表示値の誤差が±0.1以内であること

管理番号: AMZ-9-1-001

実施記録番号: 010

実施場所: 橋脚

実施者: 氏名: / 担当: 原田, 松本

測定項目: 橋脚

測定器具: VSC-3520M

測定条件: 温度: 20℃ / 湿度: 50%

測定結果:

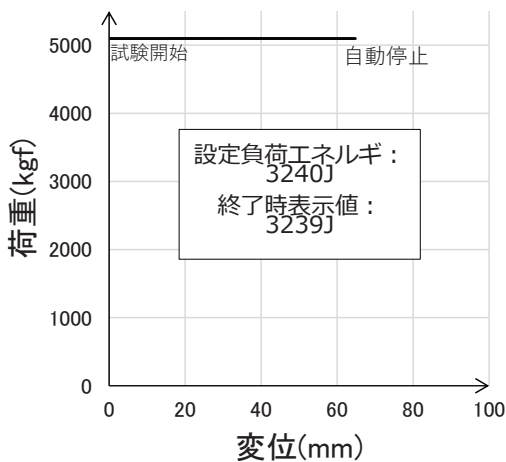
測定者	測定値	標準値	許容誤差	判定
原田	100.1	100.0	±0.1	O.K.
松本	99.9	100.0	±0.1	O.K.

評価基準: 実測値に対し、表示値の誤差が±0.1以内であること

試験方法の妥当性評価 (一例)

強度試験時に、設定した所要エネルギーは正確に与えられているか？

- 仮想定量負荷を与え、設定したエネルギー量に達するまで試験を行い、試験終了後のシリンダストロークを3次元測定装置で測定。
PC上の表示値とブリッジ電圧と実測ストロークから計算したエネルギーを比較。



比較

妥当性条件: 設定値と実測値の差が2%以下

設定値と実測値の差0.5%

妥当



キャリブレータのブリッジ電圧: 1.0 mV/V



ロードセル校正係数: 50.05kN

シリンダストロークの実測値: 65.08mm

作業工程	作業内容詳細	測定プロセス	不確かさの要因	タイプ	分布	除数	標準不確かさ
据付	位置合わせ	下げ振り落とし 鋼尺校正	繰返し性+人の違い 拡張不確かさ	A	正規	1	0.729 mm
				B	2k	2	0.035 mm
3次元座標測定	ベクトロン	ベクトロン指示値 点のピック	拡張不確かさ 繰返し性+人の違い	B	2k	2	0.010 mm
				A	正規	1	0.200 mm
2次元寸法測定	コンベックス	コンベックス校正 コンベックス技能	拡張不確かさ 繰返し+人の違い	B	2k	2	0.150mm
				A	正規	1	3.487mm
水平負荷	エネルギー測定	ロードセル (10t) 出力値 (表示器と組 み合わせ)	繰返し性 拡張不確かさ	A	正規	1	0.474J
				B	2k	2	65.00 N
垂直負荷	荷重測定 (上押し)	ロードセル (20t) 出力値 (表示器と組 み合わせ)	拡張不確かさ	B	2k	2	97.00N
	荷重測定 (下引き)	ロードセル(5t×2) 出力値	拡張不確かさ	B	2k	2	72.00N

→ 試験データ (Aタイプ) 及び校正成績書 (Bタイプ) より不確かさを算出
(気温による熱膨張等の影響が少ないと考えられるものは除外)

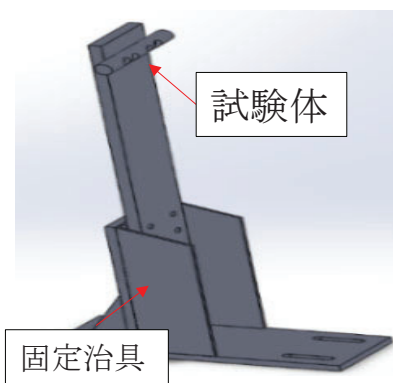
審査後の対応

本審査時、革新研のROPS試験結果の妥当性について検証の必要性を指摘される。

→ 当初は革新研とOECD加盟国による同一ROPSの試験 (RRT) データを比較する予定

得られる他国の結果データは、最終的な変位量と吸収エネルギー量のみ
最終変形に至るまでの過程を含めた妥当性を証明する必要性

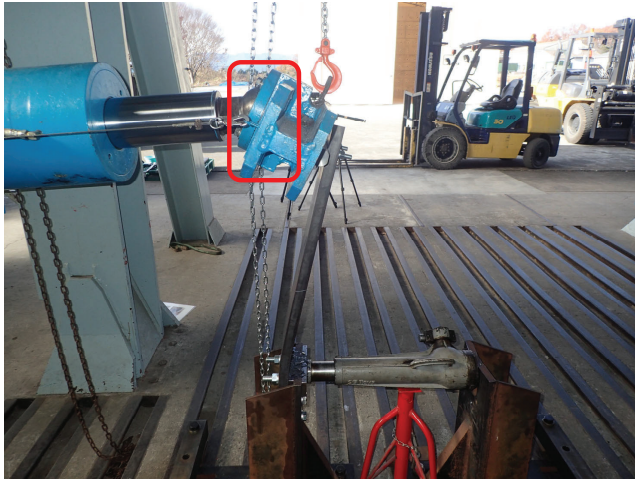
簡易な試験方法を考案→外部機関との比較試験を実施



主な仕様			
		外部機関	革新工学センター
水平シリンダ (油圧式)	最大荷重	1000kN	200kN
	ストローク	600mm	800mm
	ロードセル	100kN	100kN
試験速度		0.14mm/s	2mm/s
試験体	丸鋼	φ 45 × 300 mm	
	平鋼	32 × 200 × 1000 mm	

変位 (mm)	荷重 (kN)		全体標準偏差	Z-スコア	
	外部機関	革新工学センター		外部機関	革新工学センター
45	18.4	18.7	0.41	1.36	1.47
85	19.4	19.8	0.29	0.43	1.30
125	21.0	20.8	0.54	0.05	0.14
165	21.1	21.8	0.3	1.36	1.06

注) Z-スコア = $|x_{lab} - x_0| / \sigma$
 x_{lab} : 各機関平均値 x_0 : 全体平均 σ : 全体標準偏差 Z-スコア < 2 未満で機関間の差がないと判断



10

認定維持に向けた内部校正方法の体系の構築

不確かさ付き校正は通常校正の**数倍の費用**

→ 今後、認定の維持及び範囲拡大に向けて低コスト化を検討する必要がある。

外部校正によって不確かさの値付けされた基準ロードセルを用いて、不確かさが未知のロードセル（点検ロードセル）の不確かさ抽出方法を開発



不確かさの要因	量の値トンf (点検ロードセルの平均)	計算方法 (kgfの場合)	標準不確かさ	
			kgf	N
校正の不確かさ	5.005	点検ロードセルの平均値 × (基準ロードセルの校正の拡張標準不確かさ / 包含係数) / 100	3.50kgf	34.36N
分解能 (最小目盛り)		点検ロードセル表示値の分解能 (最小目盛り1kgfの半分)、矩形分布仮定し√3で除す	0.58kgf	5.69N
繰り返し測定の標準不確かさ		繰り返し測定の不確かさ = 点検ロードセルの平均 × 1000 × 誤差の標準不確かさ / 100	3.40kgf	29.86N
合成標準不確かさ		上記値の2乗和の平方根	4.68kgf	45.87N

11

今後の認定範囲拡大に向け、ROPS試験以外の安全性検査における各測定物理量の検討を行った。

測定項目	対象物理量	測定機器	必要事項	力量評価	妥当性確認
速度	長さ 時間	巻き尺 光電管 ストップウォッチ	・対象物理量測定の不確かさ推定 ・測定機器の不確かさ付き校正	①規定の時間についてストップウォッチで繰り返し測定 ②速度が一定である物体を規定距離移動させ、ストップウォッチで繰り返し測定→繰り返し及び測定者間ばらつきの推定	不確かさ付校正したデータレコーダーを用いて光電管からの入力電圧を記録し力量評価記録と比較
高温部	温度	非接触式放射温度計	・測定結果の妥当性確保	今後検討	今後検討
騒音	音	騒音計	・測定結果の妥当性確保	今後検討	今後検討
距離	長さ	巻き尺 鋼尺 コンベックス	・測定者力量評価	10メートルを繰り返し測定→繰り返し及び測定者間ばらつきの推定	力量評価の測定結果を三次元測定装置の測定値の距離へ換算し、三次元測定装置の測定値との誤差を比較
寸法	長さ	巻き尺 鋼尺 コンベックス	・測定方法の明確化(温度・力)		
スイッチ・レバー操作力	力(圧力)	プッシュプルゲージ		供試機レバーを用いて、要員間のばらつきを評価	今後検討

12

まとめ

- ・ROPS試験におけるISO/IEC 17025：2017の取得のための要件の把握・整理を行い、各種マネジメント文書の作成・管理体制の整備を行った。
- ・規格の定める技術的要求を満たす各方法、手順を作成し、評価を行った。
- ・認定を取得することにより革新研の検査や測定試験における客観性と信頼性の高さが国際的に証明された。
- ・認定維持のための省力・低コストな校正方法を開発した。



13

今後の展開

- ・ 各種の評価方法や値付けされた値は暫定的なものであり、随時更新・改善を行っていく。
- ・ 認定の維持に取り組んでいく中で、更なる業務の効率化・検査能力向上を図る。
- ・ 他の安全性検査への規格認定拡大へ向け検討を進める。

果樹園における脚立作業の実態と事故低減に向けた対策

安全検査部 太田薫平、手島司、大西明日見、藤井幸人

はじめに

果樹園では脚立からの転落事故が多数発生しており¹⁾、問題となっている。本研究では果樹園での脚立事故低減に資するため、脚立誤使用の実態調査及び三脚脚立用開き止め装置の試作・評価を行った。

1. 果樹園における脚立誤使用の実態

果樹園における脚立誤使用の実態を解明するため、現地調査を実施した。具体的には、果樹園で日常的に脚立作業を行う 22 名を対象に実作業の様子を観察・記録し、事故情報等に基づき事前抽出した「開き止めチェーンが緩んだ状態での使用」をはじめとする 12 項目の誤使用の有無を調べた。その結果、「開き止めチェーンが緩んだ状態での使用」、「天板をまたぐ」、「天板に乗る」の 3 項目を実施した作業者は全体の過半数を占めた。開き止めチェーンの不安全な使用（緩み又は不使用）を行った作業者の割合は 82%であった。その原因は、開き止めチェーンの長さ調節に手間を要するためと推察された。開き止めチェーンの不安全な使用は、作業中に脚立が広がる現象（開脚現象）の原因となるため、対策が必要と考えられた。

2. 開き止め装置の試作・評価

開脚現象による転落事故の防止に資するため、三脚脚立用の四節リンク式開き止め装置を考案し試作した。性能評価のため、10 名の被験者に試作した四節リンク式開き止め、従来のチェーン式開き止め及び開き止め無しの計 3 条件で三脚脚立の移動・設置動作を課し、所要時間の測定及び質問紙と聞き取りによる主観評価を実施した。その結果、所要時間の全被験者平均は、四節リンク式、チェーン式、開き止め無しで各 13.9、18.8、10.0 秒であった。この結果から、本研究で試作した四節リンク式では従来のチェーン式よりも短時間で脚立の設置が可能と考えられた。また、主観評価では開き具合の調節に関する 2 項目で、過半数の被験者が四節リンク式をチェーン式より高く評価した。一方で、疲労感、脚立の持ちやすさに関する 2 項目で過半数の被験者が四節リンク式をチェーン式より低く評価した。聞き取りの結果から、その原因は主に装置の重量にあると考えられた。以上の結果から、試作方式は軽量性等の課題を有するものの、従来方式に比べて短時間で簡単に使用可能であり、事故低減に有効と考えられた。

おわりに

誤使用の実態調査の結果、開き止めに係る誤使用の対策が重要であることが示された。本研究では、ハードウェア的対策の一例として、短時間で簡単に使用可能な四節リンク式開き止め装置を提案した。

参考文献

- 1) 全国共済農業協同組合連合会, 2018. 共済金支払データに基づく農作業事故の発生状況の分析 (詳細版). <https://www.ja-kyosai.or.jp/files/2018/201808-3.pdf>. Accessed Sep. 1, 2020.

果樹園における脚立作業の実態と 事故低減に向けた対策

農研機構 農業技術革新工学研究センター 安全検査部
太田薫平、手島司、大西明日見、藤井幸人

果樹園における脚立事故の現状

脚立は果樹園で広く使用されている

- 安価
- 簡単に使用可能
- 可搬性に優れる
- 維持管理コスト小



事故が多数発生

2013-2016年に少なくとも **926**件¹⁾



1)全国共済農業協同組合連合会, 2018. 共済金支払データに基づく農作業事故の発生状況の分析 (詳細版).
<https://www.ja-kyosai.or.jp/files/2018/201808-3.pdf>. Accessed Sep.1, 2020.

誤使用が主要な事故原因になっている可能性に注目

脚立・はしごから落ちた又は落ちそうになった経験のある一般消費者630人のうち、その際に誤使用をしていた者の割合は**87%**²⁾

しかし、上記調査は一般消費者対象であり

果樹園における脚立誤使用の実態は不明

2) 消費者庁, 2014. 脚立・はしごからの転落に注意! ~庭木の剪定, 屋根修理で, 死亡事故の危険も~.
https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_safety/release/pdf/141222kouhyou_1.pdf. Accessed Oct. 21, 2020.

脚立誤使用の実態調査

- 日常的に果樹園で脚立作業に従事する22名を対象に実作業を撮影
- 撮影時間は1人当たり5~10分
- 撮影した動画を用いて、12項目の誤使用について有無を確認した

作目	作業内容	時期	三脚・四脚の別	段数(段)	人数(人)
リンゴ	摘葉	7月	四脚	7	2
	せん定	11月			1
	収穫	11月	三脚	7	3
		10月			2
ミカン	収穫	12月	三脚	8	1
				3	2
				4	4
カキ	せん定	7月	三脚	5	3
	収穫	10月			2

誤使用の実態調査結果

誤使用の項目名	誤使用を行った 作業者の割合 (%)
開き止めが緩んだ状態での使用	68
天板をまたぐ	59
天板に乗る	55
横方向への身の乗り出し	27
脚立を背にして作業	18
脚立を背にして昇降	18
開き止めの不使用	14
途中の段から降りる	14
枝に片足を乗せる	9
枝・幹に寄りかかる	9
後支柱の立てすぎ	5
脚立に乗ったまま開き具合を調整	5



- **全項目で1名以上の作業者による誤使用が確認された**
- **何らかの誤使用を行った作業者の割合は95%だった**

4

誤使用の実態調査結果

誤使用の項目名	誤使用を行った 作業者の割合 (%)
開き止めが緩んだ状態での使用	68
天板をまたぐ	59
天板に乗る	55
横方向への身の乗り出し	27
脚立を背にして作業	18
脚立を背にして昇降	18
開き止めの不使用	14
途中の段から降りる	14
枝に片足を乗せる	9
枝・幹に寄りかかる	9
後支柱の立てすぎ	5
脚立に乗ったまま開き具合を調整	5



- **開き止めが緩んだ状態での使用、天板またぎ、天板乗り**で特に高い割合
- **開き止めの不安全な使用**を行った作業者の割合は約**82%**

5

開き止めの不安全な使用

- 設置場所の条件に応じて開き具合を調節する必要がある
- その都度チェーンがピンと張るように調節することは手間
- チェーンの長さ調節に要する手間が誤使用の原因と推察

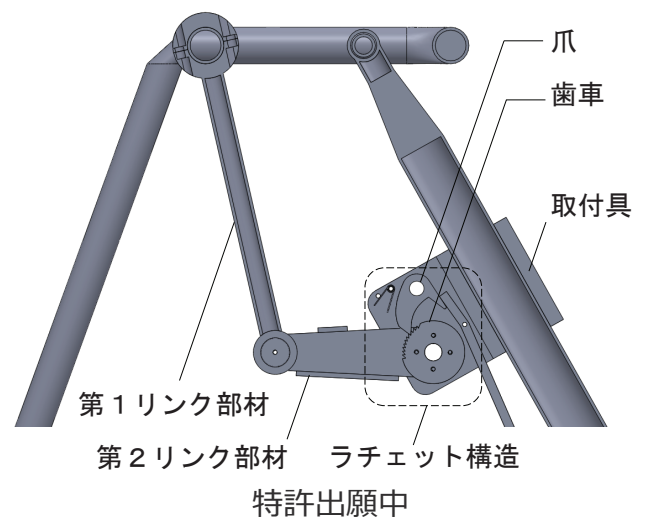


大きく開いて斜面に設置した事例

安全な使用方法の指導と併せて、ハードウェア的な対策が必要

6

考案した開き止め装置の構造



特徴

- 後付け可能
- 少ない動作で調節可能
- 容易に無効化できない（取り外しに工具が必要）

7

- 試作した四節リンク式、従来のチェーン式、開き止め無しの3条件で三脚脚立の移動、設置
- 移動距離は5m、傾斜面角度は10°
- 移動、設置動作に要した時間の測定
- 質問紙、聞き取りによる主観評価
- 被験者は10名



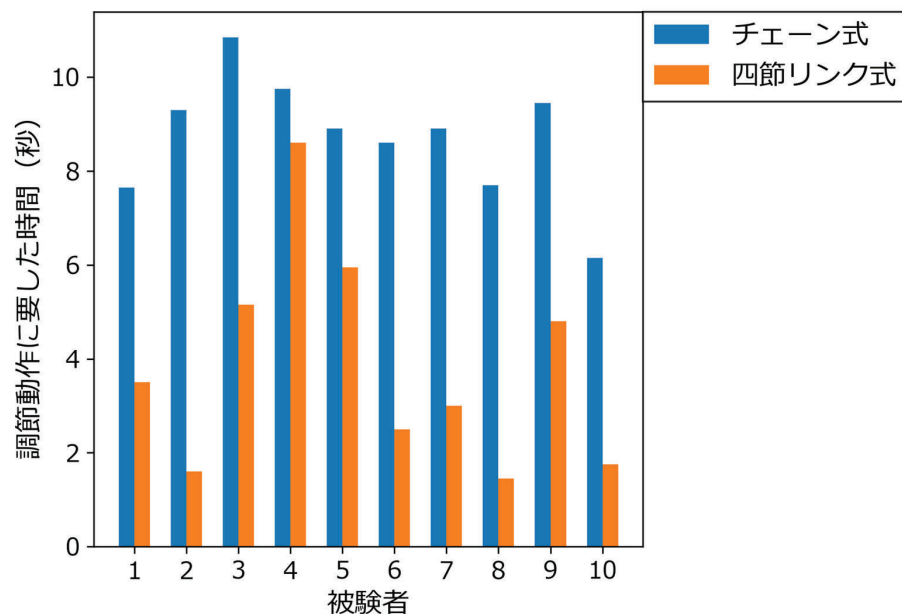
試作した四節リンク式



従来のチェーン式

8

調節動作に要した時間



- 調節動作に要した時間 = 動作時間 - 開き止め無しの動作時間
- 全被験者が四節リンク式でチェーン式よりも短時間で調節動作を終了
- 調節動作に要した時間は全被験者平均で**56%短縮**された

9

	四節リンク方式をチェーン方式よりも高く評価した人数（全10名）
開き具合の調節が面倒でない	7
開き具合の調節が簡単だ	6
疲労感	3
脚立を持ちやすい	1

聞き取りで得られた代表的な意見

- 重かった
- コツがわかれば使いやすい
- レバーがつかみづらかった

軽量化、細部の使い勝手には課題があるが、
簡単に少ない手間で使用可能であることを示唆する結果

10

まとめ

果樹園における脚立誤使用の実態調査

- 果樹園では誤使用が広く日常的に行われている可能性が示唆された
- **開き止めの不安全な使用は82%**の作業者で確認された

四節リンク式開き止め装置の試作

- 三脚脚立に後付け可能な開き止め装置を試作した
- 調節動作に要する時間は従来方式と比較して**平均56%短縮**された

11

歩行用トラクタの後退時挟まれ事故低減技術の開発

安全工学研究領域 梅野覚、富田宗樹、菊池豊、田中正浩

安全検査部 原田一郎、松本将大、塚本茂善

はじめに

歩行用トラクタによる主要な死亡事故要因は挟まれであり、年間十数件発生している。その中には、デッドマン式クラッチや緊急停止装置等の安全装置が装備されていた事例も報告されており、安全性能の向上が急務である。そこで、ループハンドル式歩行用トラクタ（以下、歩トラ）における後退時挟まれ（以下、挟まれ時）及び通常作業時での機体負荷に基づいて挟まれ事故低減技術の要件を明らかにし、その要件に沿った技術の開発を行うことを目的とした。

試験方法及び結果

- 1) 挟まれ時の機体負荷を把握するため、機関出力1.5～3.7kW{2～5PS}の歩トラ3型式を供試し、実験室内の垂直な鉄製壁面にてダミー人形を用いた挟まれ模擬試験によりハンドルに加わる力（以下、ハンドル負荷）や車軸トルク等を測定した。時系列データを基に検討した結果、挟まれ事故低減技術の要件に利用可能な指標として、ハンドル負荷を採用した。模擬挟まれ時のハンドル負荷は、挟まれが開始してから約1秒で最大に達し、車輪接地方向に600～1300Nの力が発生していた。
- 2) 挟まれ事故低減技術は通常作業時に作動しないことが必要である。そこで、通常作業時に発生するハンドル負荷を把握するため、1)と同様の歩トラ3型式を供試し、被験者7名で通常作業試験（耕うん、軽トラへの積み込み、軽トラからの荷下ろし、後退）を行い、ハンドル負荷を測定した。その結果、機体の前後方向及び上下方向のハンドル負荷は最大で300N以下であった。
- 3) 1)、2)のハンドル負荷測定結果に基づき、挟まれ事故低減技術の要件を検討した結果、車輪接地方向のハンドル負荷が300N未満の場合作動しないこと、かつ同方向のハンドル負荷が300Nを超え次第即座に低減されるとともに機体の後退を止めることと考えられた。
- 4) 挟まれ事故低減技術を開発し、歩トラに装着した。2)と同様の試験を行った結果、車輪接地方向のハンドル負荷が300Nを超えた直後に低減され、機体が停止したため、事故のリスクが低減されていることが確認された。

おわりに

通常作業時及び模擬挟まれ時のハンドル負荷を測定することで挟まれ事故低減技術の要件を明らかにした。また、その要件に沿った挟まれ事故低減技術を開発し、試験を行った結果、事故のリスクが低減されていることが確認された。

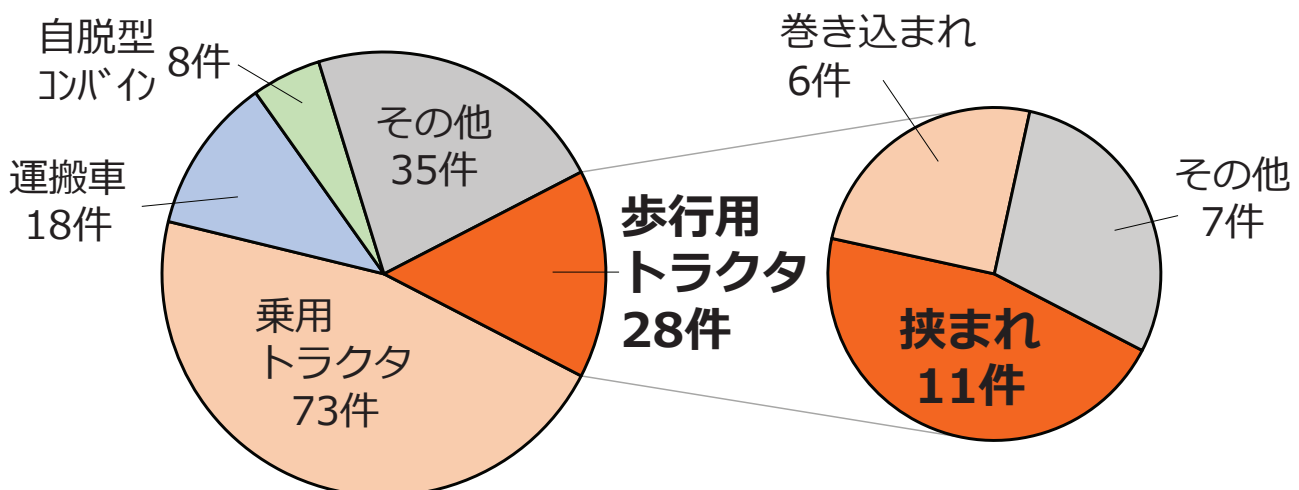
歩行用トラクタの後退時 挟まれ事故低減技術の開発

農研機構 農業技術革新工学研究センター
梅野覚、富田宗樹、菊池豊、田中正浩、
塚本茂善、原田一郎、松本将大

研究の背景



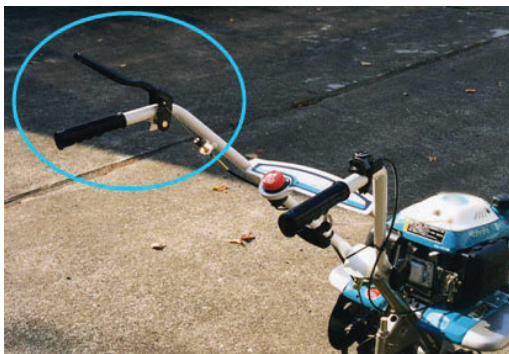
- 農作業事故死亡者数は年間約300人発生
- 農業機械の機種別の死亡事故件数では、歩行用トラクタによる事故件数が毎年2位または3位。その約半数が挟まれ事故。



平成30年農業機械死亡事故内訳 (農林水産省、2020)



- **緊急停止装置**
緊急時に押すと原動機が停止



- **デッドマン式クラッチ**
レバーを握ると動力が伝達
離すと自動的にクラッチ切断

(引用：農作業安全情報センターHP)

事故事例のイメージ図

- **既存の安全装置**
事故に対し**一定の効果**を発揮

- 一方で…
歩行用トラクタの事故防止に
向けた実態調査(岡田ら、2015)

既存の安全装置が**装備されていたが、**
事故に至った事例を報告

研究の目的

作業者の操作によらず
後退時の挟まれ事故リスクを
低減可能な技術の開発

研究の対象

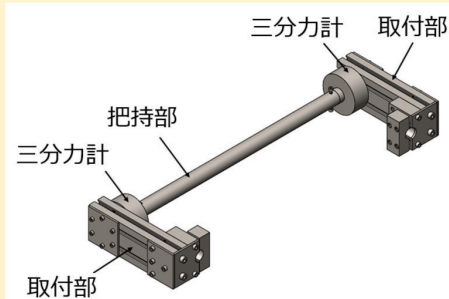
2~5PS級のループハンドル式
歩行用トラクタ

畑の隅から耕起しようと
後進したところ、**ナシの木と**
ハンドルの間に胸を挟まれた。
機体には**デッドマン式クラッチ、**
緊急停止装置が装備されていた。



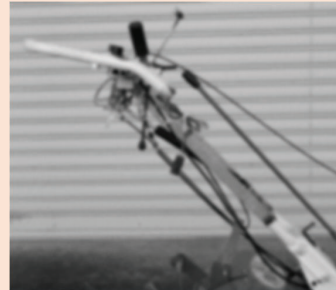
挟まれ事故低減技術の要件解明

- 模擬挟まれ時及び通常作業時の機体負荷測定



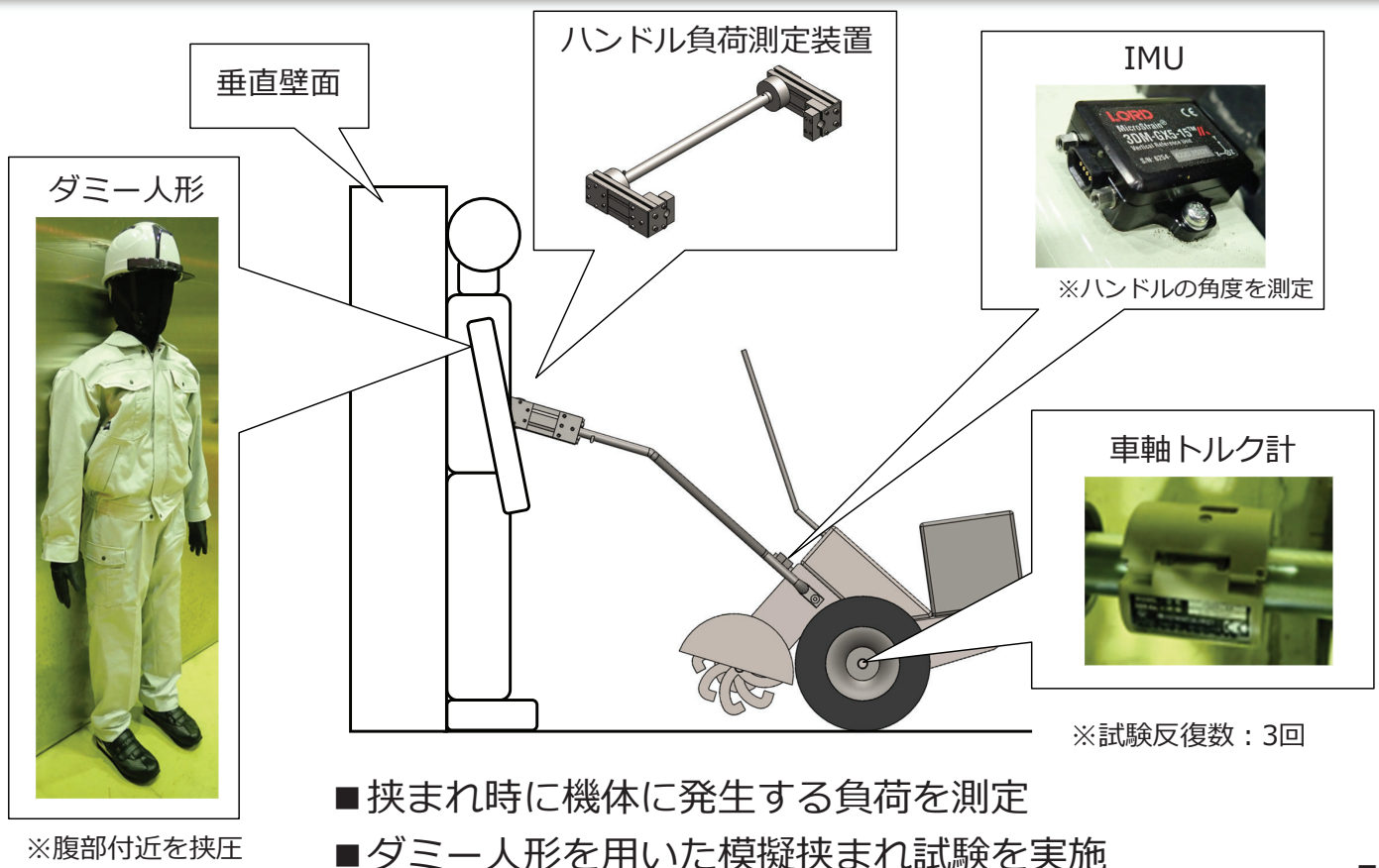
要件に沿った挟まれ事故低減技術の開発

- 試作及び確認試験

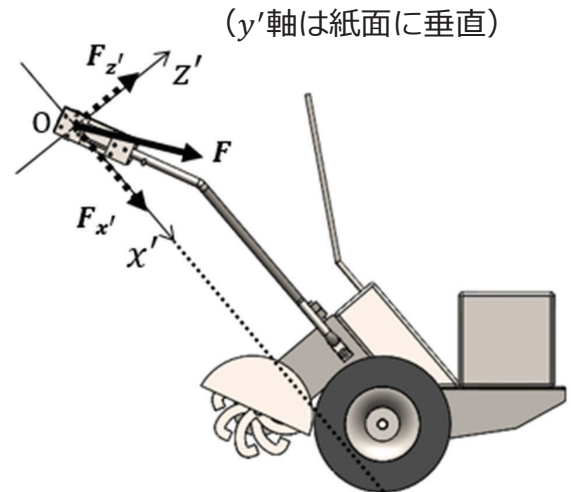
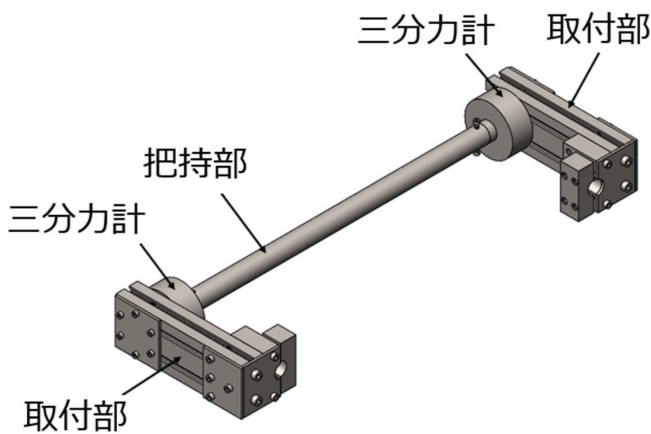


4

模擬挟まれ時の機体負荷測定



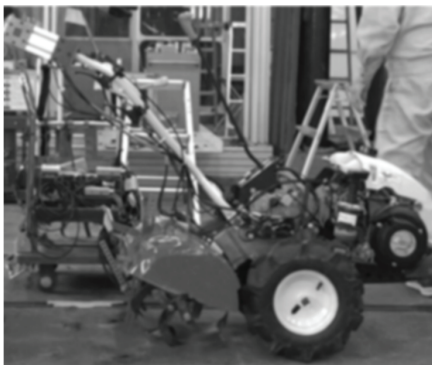
5



- ハンドル把持部の**3軸方向の力**を測定可能
- ループハンドルに**後付け可能**
- ループハンドルの**形状が異なる場合**でも装着可能
- ハンドル負荷は x' 軸を**車輪接地部方向**とした**相対座標系**で表記

6

供試した歩行用トラクタ



機体A
機関出力：4.4PS



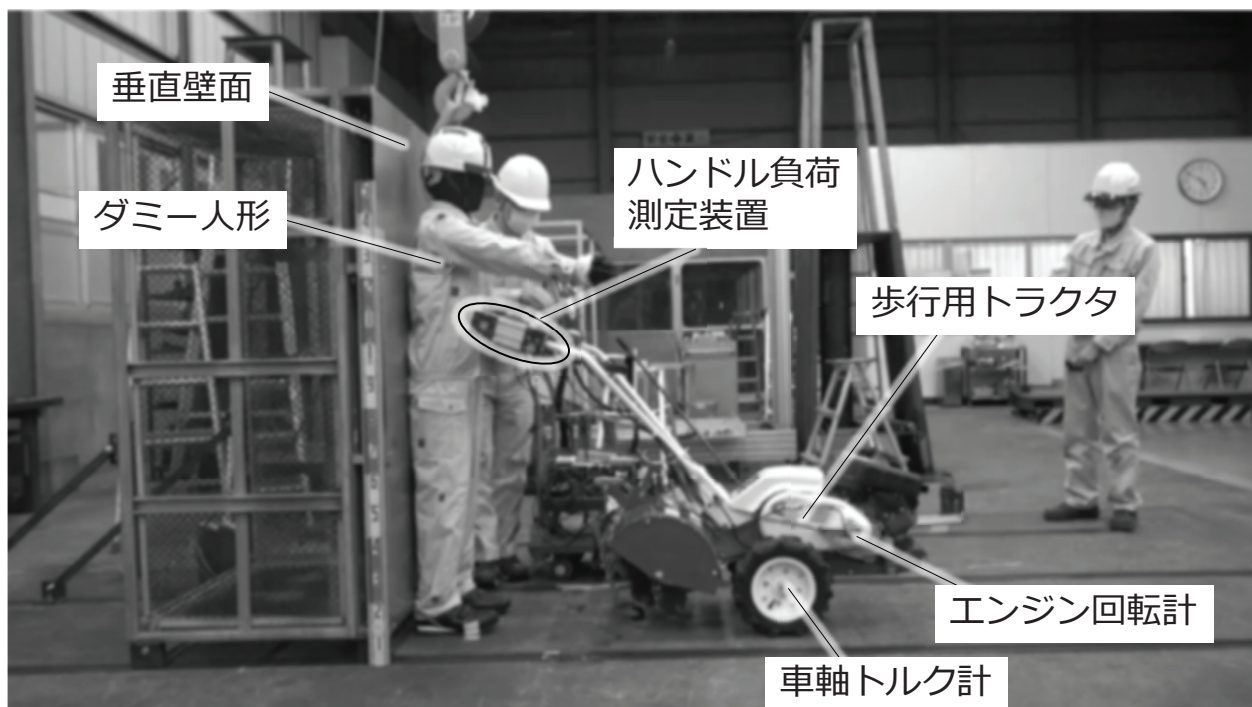
機体B
機関出力：4.1PS



機体C
機関出力：2.1PS

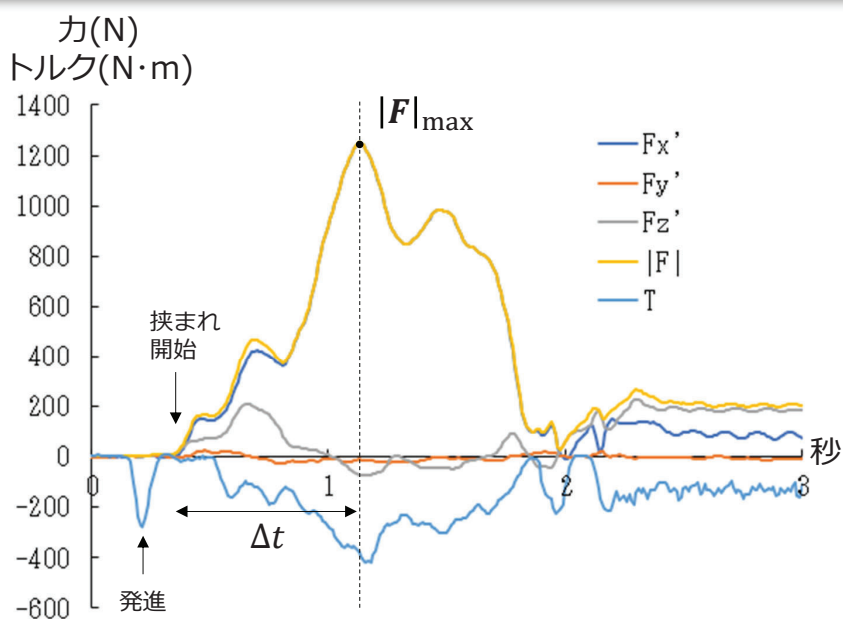
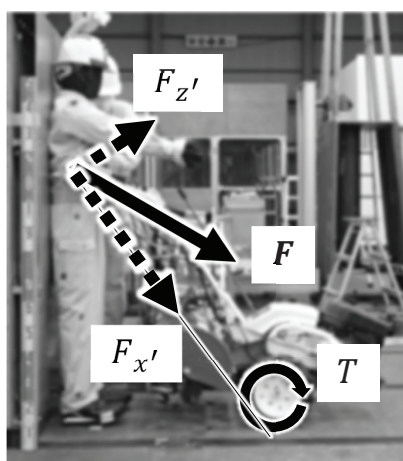
- 2~5PS級の歩行用トラクタ3型式を供試

7



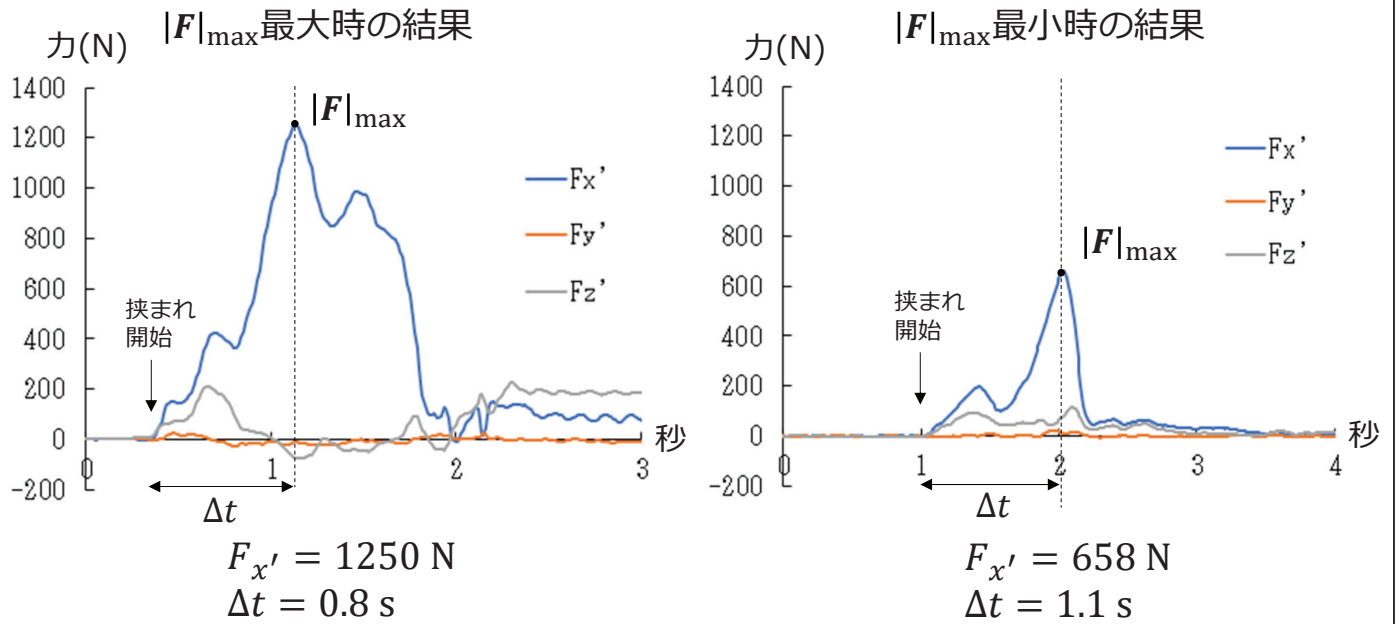
8

模擬挟まれ試験結果



- ハンドル負荷：挟まれ時に最大に達する → 判別容易
- 車軸トルク：発進時及び挟まれ時に発生 → 判別困難
- 検出方法としてハンドル負荷を採用
- $|F|_{max}$ 時のハンドル負荷及び時間 Δt を取得

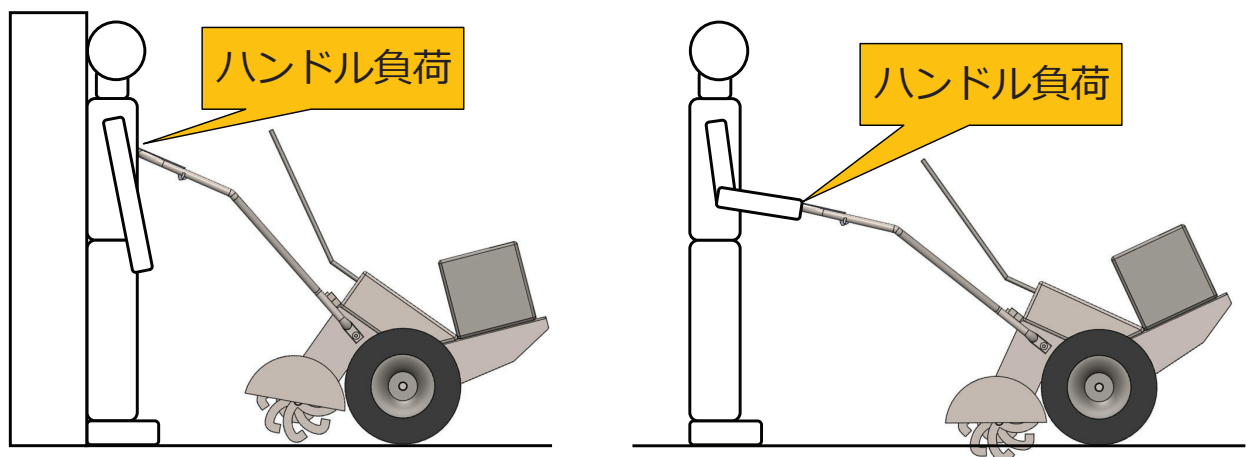
9



- ハンドル負荷は最大時
車輪接地部方向($+F_{x'}$)に大きく発生 (600~1300N)
- Δt は非常に短い時間 (0.8~1.1秒)

10

挟まれ事故低減技術の要件



- 挟まれ時の要件
作動する

説明

- 通常作業時の要件
作動しない

未説明

**通常作業時のハンドル負荷を把握する
必要がある**

11



耕うん



積み込み



荷下ろし



後退

※試験反復数：3回

- 通常作業として耕うん、積み込み、荷下ろし、後退を想定
- ハンドル負荷測定装置を装着し、被験者7名のハンドル負荷を測定

12



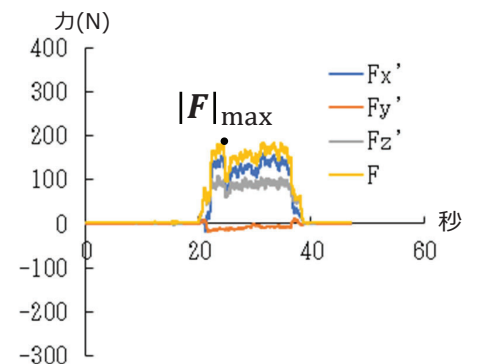
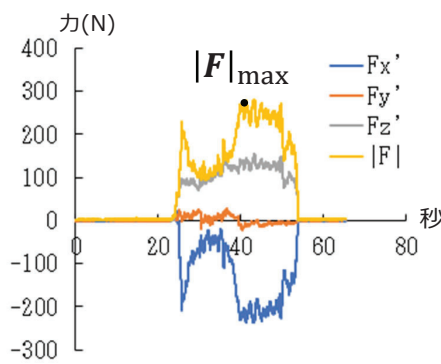
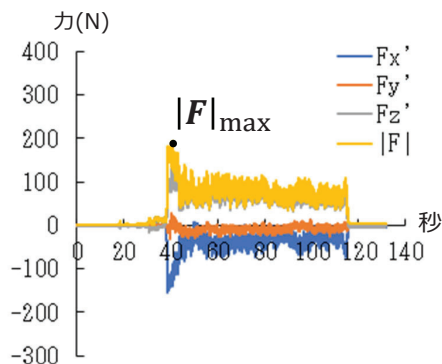
機体A 耕うん時 一例



機体B 荷下ろし時 一例

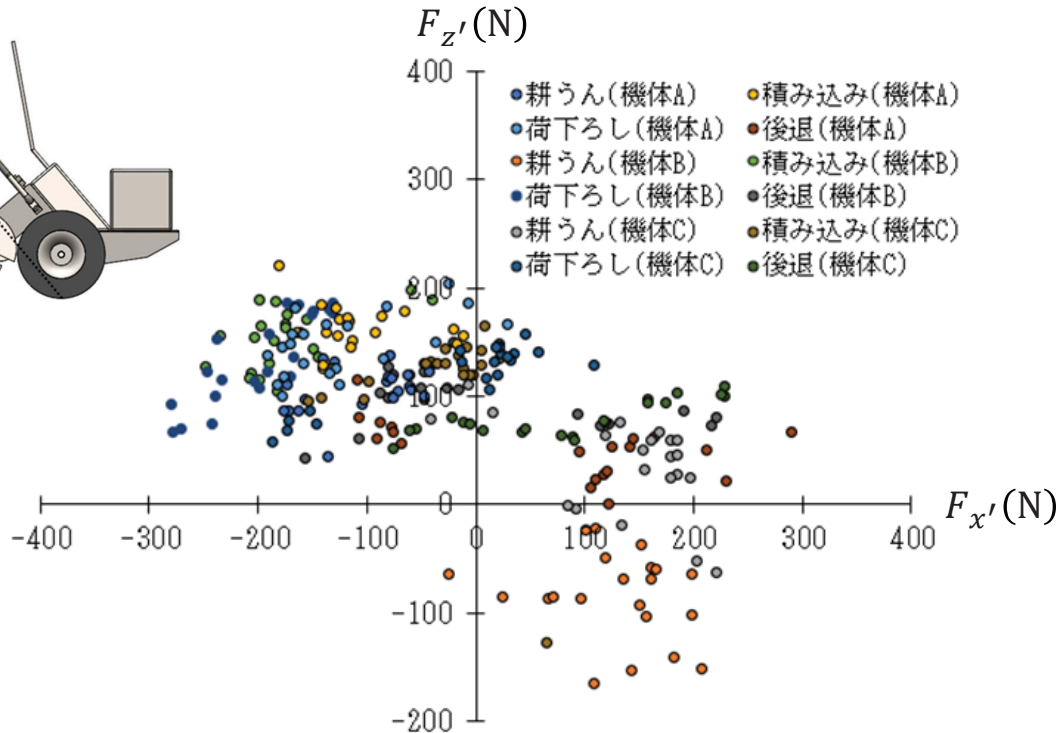
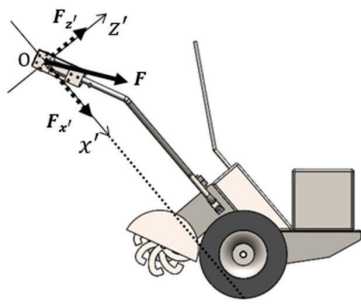


機体C 後退時 一例



- $|F|_{\max}$ 時の $(F_{x'}, F_{z'})$ を代表値とし、取得

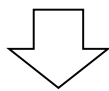
13



- 最大負荷は x', z' 方向に**広範囲に分布**、大きさは**300N以下**
- 挟まれ時と**明確に異なる** → 判別可能

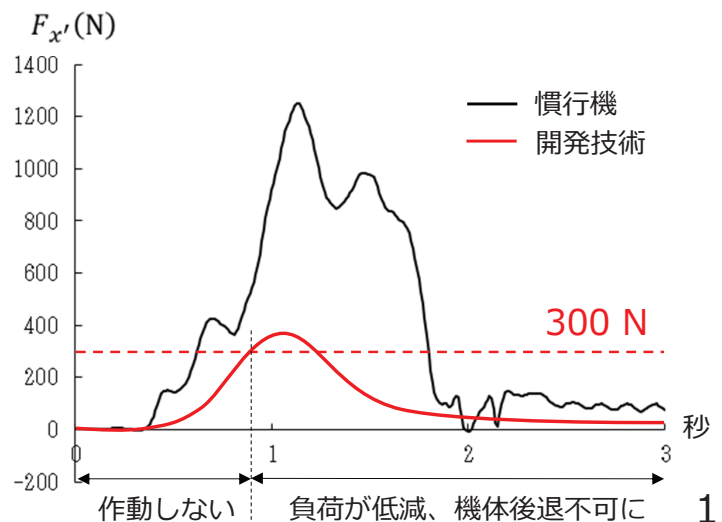
挟まれ事故低減技術の要件

- 挟まれ時は**車輪接地方向に600N以上の負荷**が発生
- 通常作業時は**車輪接地方向に300N未満の力**が発生



挟まれ事故低減技術の要件

- **車輪接地方向**の負荷が**300N未満**の場合
作動しないこと
- **車輪接地方向**の負荷が**300Nを超え次第即座に**
負荷が低減されること
(機体の後退を止めること)



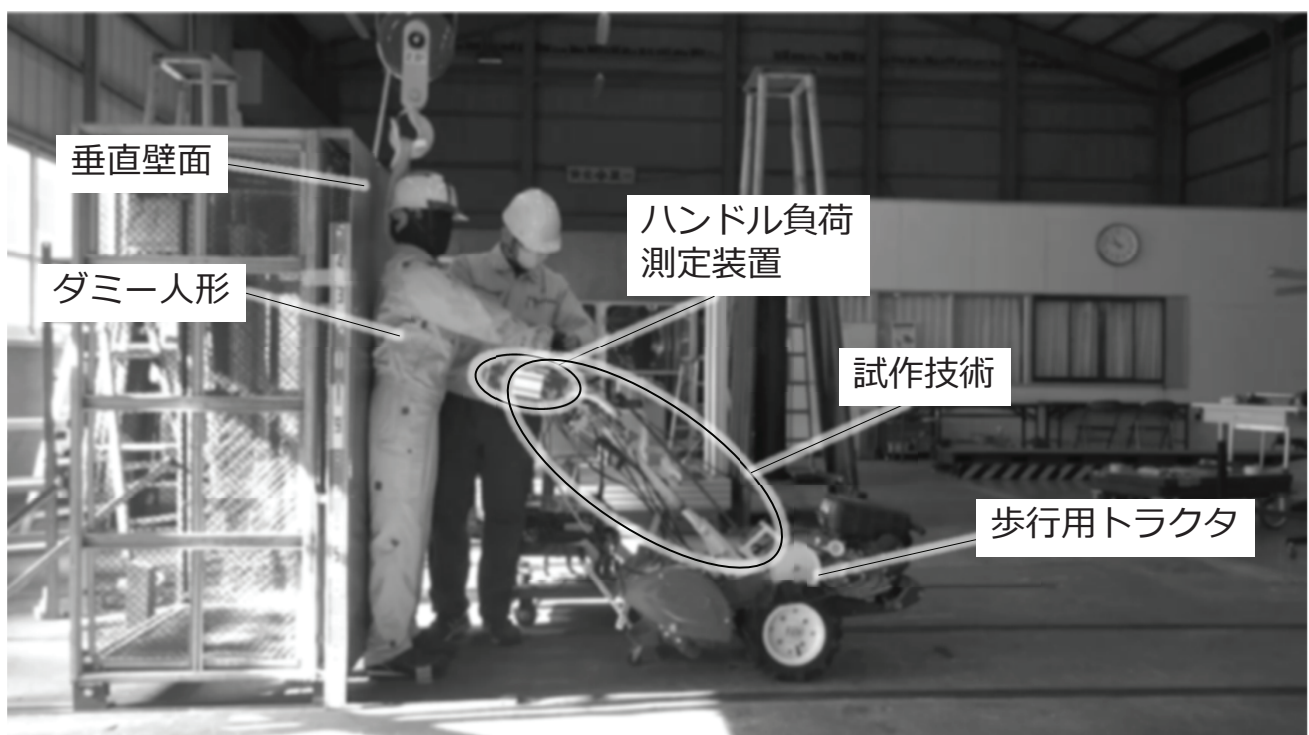


- 要件に沿った挟まれ事故低減技術を試作
- 一定以上の負荷が発生すると**把持部が折れ曲がる**機構
→ 模擬挟まれ、通常作業を行い、確認

16

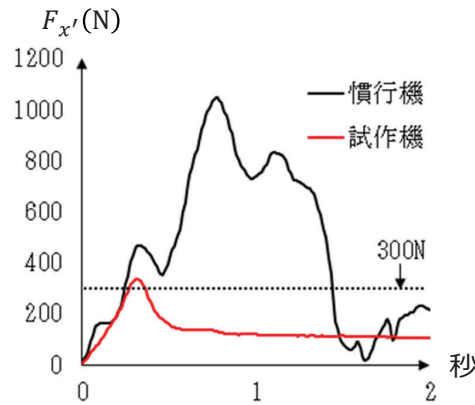
試作技術の模擬挟まれ確認動画

- ハンドル負荷測定装置を取り付け、模擬挟まれを実施



17

模擬挟まれ時



■ 車輪接地部方向のハンドル負荷が**300N**を超え次第即座に低減し、機体が停止

通常作業時



■ 耕うん、移動、登坂、降坂等実施し、特に問題なく作業を実施可能

18

まとめ

- 模擬挟まれ試験により、挟まれ時はハンドル負荷が車輪接地方向に短時間(約1秒)で大きな値(600~1300N)に達していることが判明した。
- 通常作業試験により、通常作業時のハンドル負荷は広範囲に分布しており、大きさは300N以下であることが判明した。したがって、挟まれ時と通常作業時は明確に異なることから判別可能であると判断された。
- 新技術の要件は
 - ・ 車輪接地方向のハンドル負荷が基準値未満の場合作動しないこと
 - ・ 車輪接地方向のハンドル負荷が基準値を超え次第即座に負荷が低減され、機体の後退を止めることと考えられた。
- 要件に沿った挟まれ事故低減技術を試作し、試験を行った結果、
 - ・ 模擬挟まれ時は車輪接地方向のハンドル負荷が目標値(300N)を超え次第即座に負荷が低減した
 - ・ 通常作業時は特に問題なく作業を行えた
 ことから、挟まれ事故のリスクを低減していることが確認された。

19

留意点

- 本研究の適用範囲
 - ・ 2~5PS級のループハンドル式歩行用トラクタ
- 適用範囲の拡大に向け、更なる検討が必要
 - ・ 5PS超級の歩行用トラクタ
 - ・ 2ハンドル式タイプの歩行用トラクタ

今後の展開

- **挟まれ時のメカニズム**に関する知見の取りまとめ、論文投稿
- 開発した挟まれ事故低減技術に関する**アウトリーチ活動の継続**

農業機械検査の国際標準化の動向（OECD 及び ANTAM）

研究推進部 川瀬芳順

はじめに

当センターは 1966 年（昭和 41 年）より OECD（経済協力開発機構）トラクターコードに認証機関として参加している。また、CSAM（持続可能な農業機械化センター）が運営するプロジェクト ANTAM（アジア太平洋地域農業機械試験ネットワーク）に 2016 年（平成 28 年）より参加している。本年の会合等は、コロナ禍により、オンライン会合で開催された。

1. OECD

OECD トラクターコードは年間を通して、年次会合を年 1 回、テクニカルワーキンググループ (TWG) を年 1、2 回、サブワーキンググループ (SWG) を随時、テストエンジニア会合を隔年で開催している。

1) SWG

SWG は TWG への提案を行うために技術的な議論を行い、テストコードの改正案等の策定を行う。本年は、ロボット農機 SWG（4 回計 9 日間）と電動トラクタ（4 回計 8 日間）が開催され、日本は全ての会合に参加した。

2) TWG

TWG は SWG から提出された改訂案等の技術的な検討し、年次会合へ上げるかの採択を行う。本年は 10 月に 3 日間オンラインで開催され、日本も参加した。

3) 年次会合

本年はオンラインで 2 月に開催され、日本は副議長国として参加した。日本が世界に先駆けて行っているロボット・自動化農機検査やスマート農業実証事業の状況報告等を行った。

2. ANTAM

ANTAM は年間を通して、年次会合を年 1 回、TWG を年数回、キャパシティービルディング（研修）を不定期で開催している。本年は隔年で行うコードの改訂年度であったが、コロナ禍により改訂作業は来年に延期された。

1) キャパシティービルディング

本年は 11 月に農業機械の安全性検査に関するウェビナーを開催した。CSAM に依頼され、日本における安全鑑定等に関するプレゼンを行った。

2) TWG

12 月に開催されたが、コロナ禍の影響により、コード改訂作業等は次年度に延期した。

3) 年次会合

12 月に開催され、ANTAM の技術アドバイザーの ENAMA（イタリア農業機械化公社）から農業機械の安全性に関するプレゼンが行われ、今後も農業機械の安全性に関する研修を継続することなどが発表された。

農業機械検査の国際標準化の動向 (OECD及び ANTAM)

農研機構 農業技術革新工学研究センター
川瀬 芳順

※ 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。

報告内容



- 農業機械化をめぐる世界情勢
- 農業機械の検査制度の重要性
- OECDトラクターテストコード
- ANTAM
- 今後の展開方向

先進国

自動化・スマート化の進展



国際標準化推進と
環境対応への動き

新興国

農業機械生産・出荷の増大



世界の農機市場への
大きな影響

途上国

アジア：稲作を中心に機械化が着実に進展
アフリカ：食糧需要増大への対応のため、
今後、機械化が大きく展開していく可能性



適正な農機の導入・利用による、
適正な機械化の展開が課題

2

農業機械の検査制度の重要性

○ 農業機械の検査の意義

性能・耐久性・安全性等について担保された農業機械の普及を図るため、公的に定められた検査方法により農業機械の検査を実施し、その結果を公表すること



その効果

不良農機の排除（戦後の混乱期）

農業者の選択の指標

メーカーの技術改善

農業機械の安全性向上

日本では、このような検査制度の役割（国主導）は一定の効果を挙げたものとして、現在は農研機構が実施する「安全性検査」に収束している。

一方、農業機械化が急速に進展するアジア諸国・アフリカ諸国においては、このような農業機械の検査制度の確立とその有効な活用は急務の課題となっている。

3

更に、近年普及が始まったスマート農業（自動操舵・ロボット農機、農業用ドローンや電動農機等）は従来の手法による評価が困難である。これらの新しい農業機械が出現・普及している状況に加え、安全性向上のための新しいデバイスの普及という、農業機械の「大きな状況の変化」に鑑み、こうした新しい農業機械の安全性等の評価への対応が必要となってきた。



このような状況に対応し、農研機構では、このような農業機械の評価手法を確立し、2018年度から「**ロボット・自動化農機検査**」、2019年度から「**安全装備の段階性評価**」を実施している。

世界に先駆けて、日本がスマート農業実証事業や「**ロボット・自動化農機検査**」を実施している。

新しい評価手法については、「**ロボット・自動化農機検査**」に対して、**欧米諸国の関心が高まっている**。

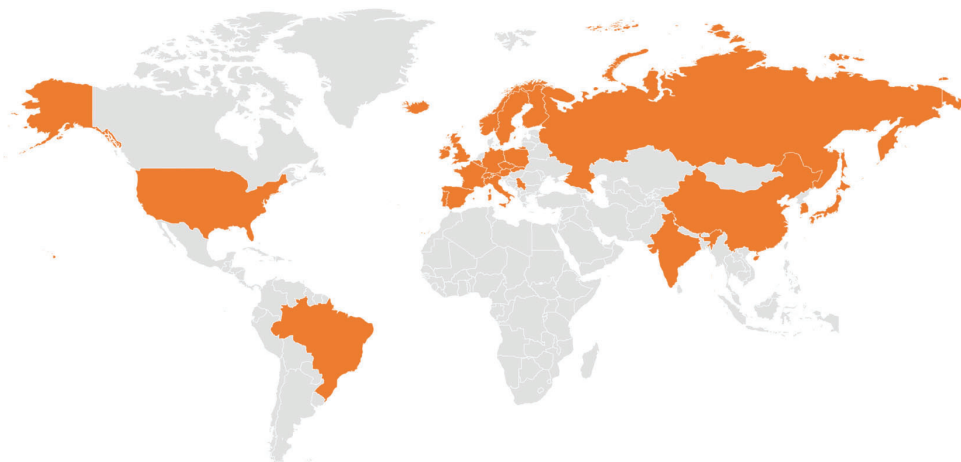
4

OECDトラクターテストコード

◎OECD（経済協力開発機構）の農業委員会が運営するコード・スキームのひとつ

◎乗用型トラクターとそのROPSを対象に、参加国の実施機関が共通のテストコードを運用している。

現在の参加国は、非OECD国を含め27か国。日本は、1966年（昭和41）から参加。2019年よりブラジルが参加。



5

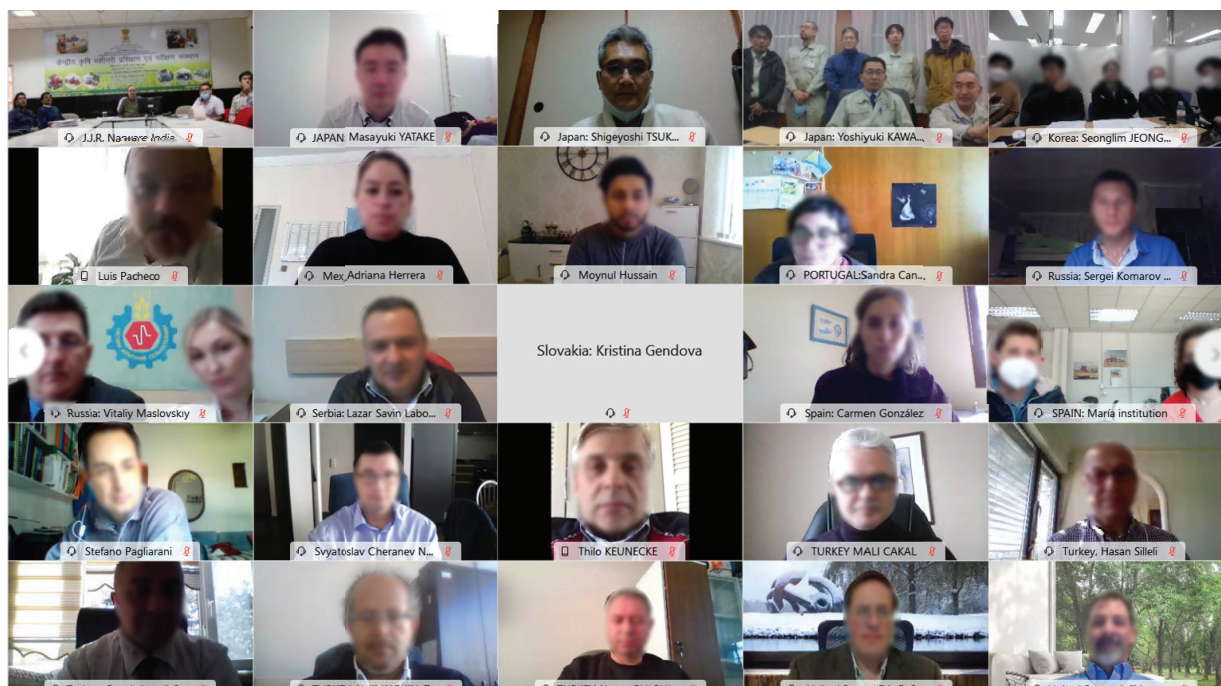
「参加国が共通のテストを実施することを通じ、テスト実施の重複を避け、トラクターの国際流通の促進に寄与する」、
「農業者等ユーザーのトラクター選択の指標に資する」という、
二つの目的

◎日本（革新工学センター）は、昨年までの議長国につづき、
2020年から**副議長国を務める**、ビューローメンバー（議長団
国）として、年次会合等の取りまとめに参画。
また、日本が世界に先駆けて行っているスマート農業実証
プロジェクトに関するプレゼンを行った。

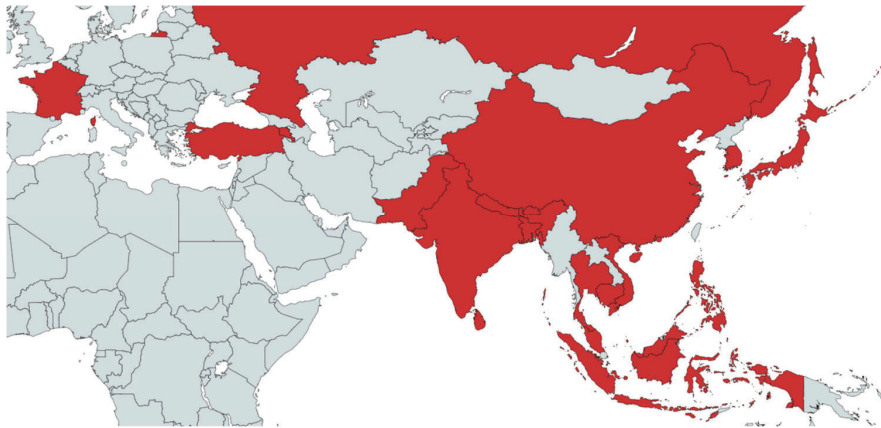
◎2018年から、米国メーカー（JD,AGCO,CNH）に準じ、日本
メーカーも年次会合に参加。

2021年次会合集合写真（一部参加者のみ）

2021.2.23

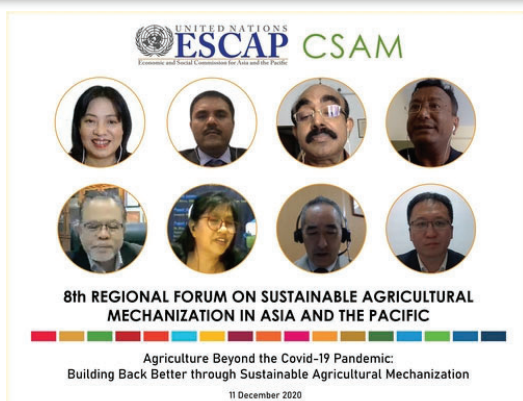


- ◎アジア太平洋地域農業機械試験ネットワーク(A^Asian and P^Pacific N^Network for T^Testing A^Agricultural M^Machinery)、2013年発足
- ◎UN-ESCAP（国連アジア太平洋経済社会委員会）傘下のCSAM（持続可能な農業機械化センター）が運営するプロジェクト
- ◎OECDトラクターテストコード同様、参加国の実施機関が共通のテストコードを運用する
2019年からブータンが参加、参加国は20か国



- ◎ANTAMは、アジア地域特有の農業機械を対象に共通のテストコードを策定・運用するとともに、各国の試験実施体制の向上を図るのが目的。(1980年代のRNAMの考え方を踏襲)
- ◎現在、3種類（パワーティラー（歩トラ）、背負式動力噴霧器、田植機）のテストコードが制定済み。それぞれ隔年に改訂作業が行われる。一方で、OECDのように認証機関の認定、認証機関が行った検査結果のチェックを行う仕組みはまだない。
- ◎テストコードの策定状況はパワーティラー（歩トラ）はほぼ完成している。背負式動力噴霧器、田植機には改訂が必要な箇所が多く残る。

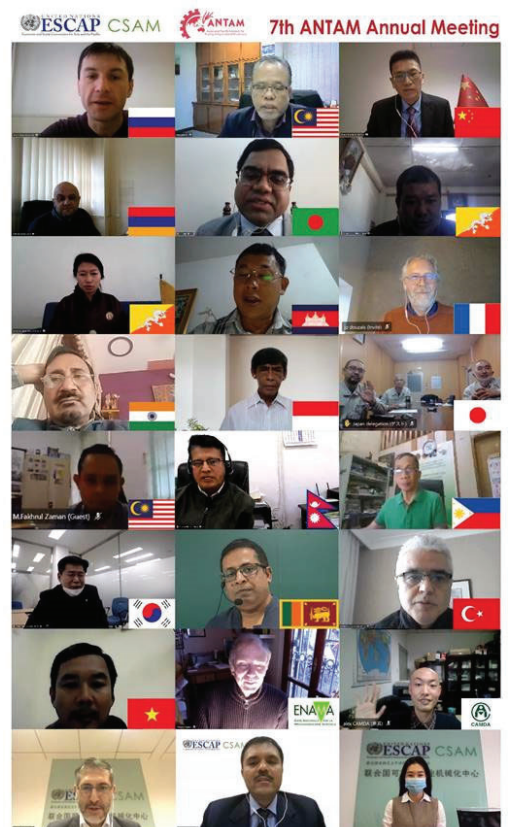
- ◎ 本年はテストコード改訂年度であるが、コロナ禍により、参加国のTWGメンバーを選出ができなかった国もあり、TWGでの議論と改訂案の策定を来年度に延期された。
- ◎ これまでに、日本はANTAMを通じCSAMに対して、農業機械の安全性の重要性について強調してきた。その結果、本年のキャパシティービルディングウェビナーは農業機械の安全性検査が主題になり、日本からもプレゼンを行った。
- ◎ また、CSAMが運営するANTAMとは別の「持続的な農業機械化地域フォーラム」でのウェビナーにて農業機械化に関する講演依頼、CSAMの運営審議会にオブザーバーとして参加するなど、CSAMと日本は良好な関係を保っている。



持続的な農業機械化地域フォーラムウェビナー(2020/12/11)



ANTAM安全性検査ウェビナー(2020/11/18)



2020年次会合の様様
(2020/12/16-17)

※写真はいずれもCSAMのウェブページより引用 (<http://www.un-csam.org/news.asp>)

◎以上のような農業機械化・農業機械評価試験をめぐる世界情勢を踏まえ、日本（革新工学センター）としては、以下の取組を念頭に進めていく。

OECDトラクターコード

- ・議長団国（2021・2022年副議長）としてコード全体の運営に関与していくとともに、ロボット農機や電動トラクターのサブワーキンググループにおいて、議論の主軸を担う。

ANTAM

- ・引き続き、テストコードの改訂に参画するほか、安全に特化したスキームの採用に向けて働き掛けを行う。
人間の安全（Human Safety）はSDGs推進の基礎となる。
- ・ANTAMの運営主体であるCSAMの活動に積極的に関与し、アジア地域の適正な農業機械化の推進に寄与していく。

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：

革新工学センター 研究推進部 広報推進室

TEL： 048-654-7030

FAX： 048-654-7130

または

iam-koho@ml.affrc.go.jp

令和2年度 革新工学センター研究報告会

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
農業技術革新工学研究センター

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

印刷・発刊 令和3年3月10日

