

平成30年度

革新工学センター研究報告会

平成31年3月14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

平成30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次第

1. 開催日時 平成31年3月14日(木) 10:00~17:30
2. 場 所 大宮ソニックシティ「小ホール」
(さいたま市大宮区桜木町1-7-5 TEL: 048-647-4111(代))
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
 - (2) 農林水産省
 - 3) 情勢報告
 - (1) 農林水産省生産局
 - (2) 農林水産省農林水産技術会議事務局
 - 4) 農業機械技術クラスター総会
 - (1) 農業機械技術クラスターの概要
 - (2) 農業機械技術クラスターの活動報告
 - (3) クラスターメンバーからの技術紹介
(昼 食) 11:50
 - 5) 研究報告会 13:10
 - (1) 研究概要紹介
 - ①ロボット技術・ICT
 - ②土地利用機械
 - ③園芸・畜産機械
 - ④作業安全・環境
 - (2) 安全性検査概要紹介
 - (3) 個別研究課題報告
 - ①多圃場営農管理を核とした農業情報プラットフォーム構築のための技術開発
 - ②車両型ロボット農機の安全性確保のための技術要件案の開発
 - ③電動農機の出力・エネルギー消費特性
 - ④バイオマス由来高分子を用いたセル成型用育苗培地の固化・成形技術に関する研究
 - ⑤花蕾採取機の開発
 - ⑥ゴマ等微細子実の機械収穫・乾燥・調製技術に関するニーズ調査
 - ⑦豚舎洗浄ロボットの開発
 - (4) OECD、ANTAM等の情勢報告
 - 6) 総合討議 17:15
 - 7) 閉 会 17:30

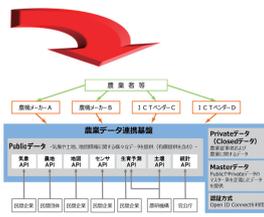
目 次

1. 多圃場営農管理を核とした農業情報プラットフォーム構築のための技術開発	1
2. 車両型ロボット農機の安全性確保のための技術要件案の開発	13
3. 電動農機の実出力・エネルギー消費特性	21
4. バイオマス由来高分子を用いたセル成型用育苗培地の固化・成形技術に関する研究	29
5. 花蕾採取機の開発	40
6. ゴマ等微細子実の機械収穫・乾燥・調製技術に関するニーズ調査	50
7. 豚舎洗浄ロボットの開発	58
8. OECD、ANTAM 等の情勢報告	68

平成30年度革新工学センター研究報告会 (2019.3.14 ソニックシティ小ホール)

多圃場営農管理を核とした 農業情報プラットフォーム構築の ための技術開発

～ SIP多圃場営農と農業データ連携基盤 ～



吉田 智一(Tomokazu YOSHIDA)

農業技術革新工学研究センター

スマート農業推進統括監 兼
高度作業支援システム研究領域

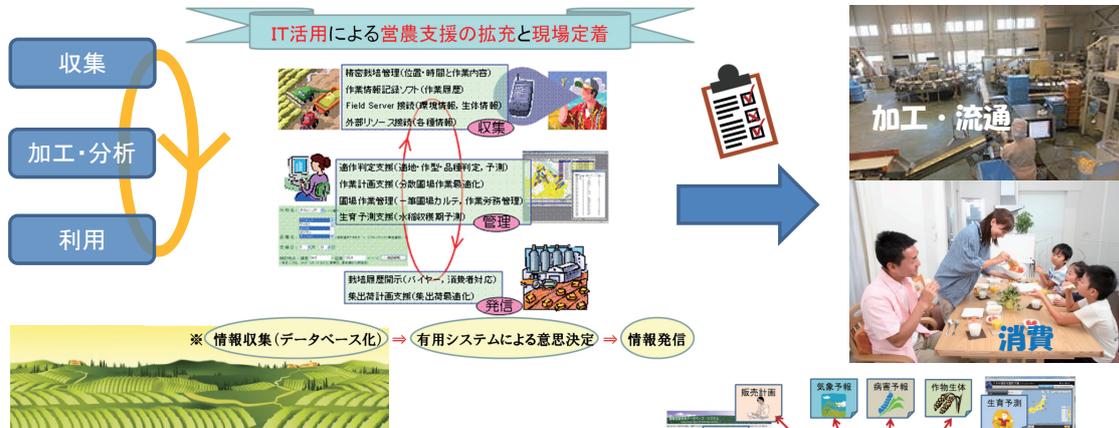


報告内容

- 背景・経過
 - ◆ 共通化・標準化試行の経過と基本コンセプト
- SIP多圃場営農開発概要
 - ◆ データ・機能連携のための個別技術開発・検証
- 農業データ連携基盤(WAGRI)
 - ◆ SIPにおける開発目的と構成概要
 - ◆ 現時点の実装状況と対応
- まとめ

農業情報研究の基本的考え方

➤ 生産場面を中心に食卓まで情報創成・流通



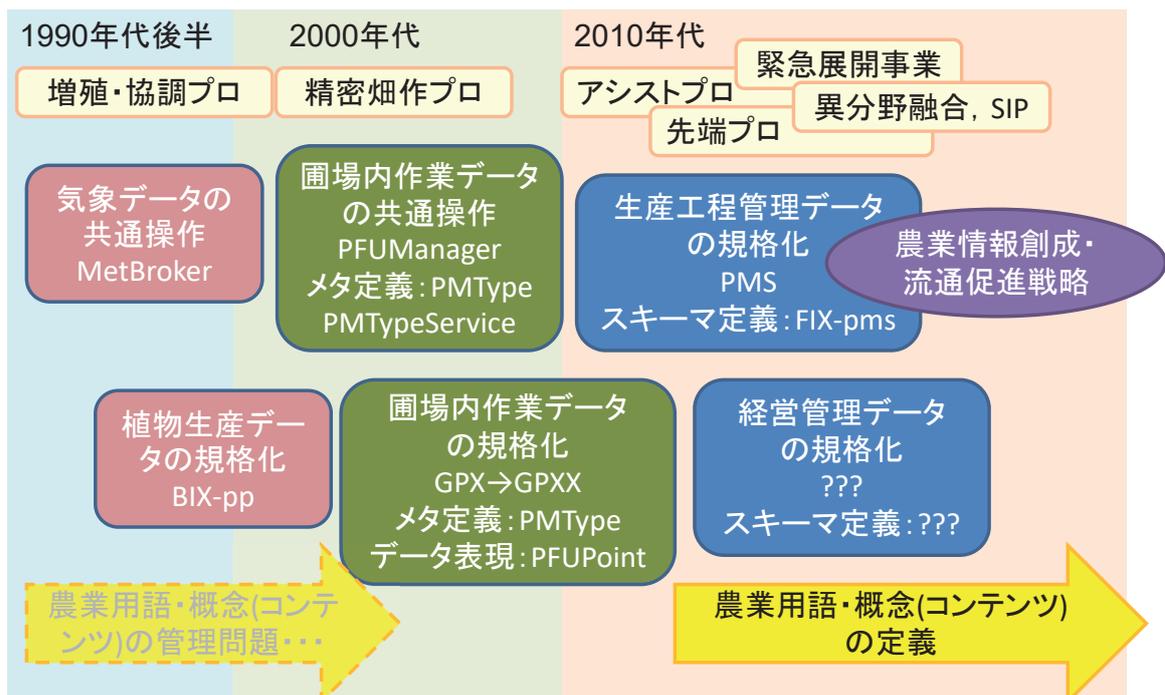
➤ 農場内生産の可視化

- ◆ 情報収集～利用の効率化と高度化！

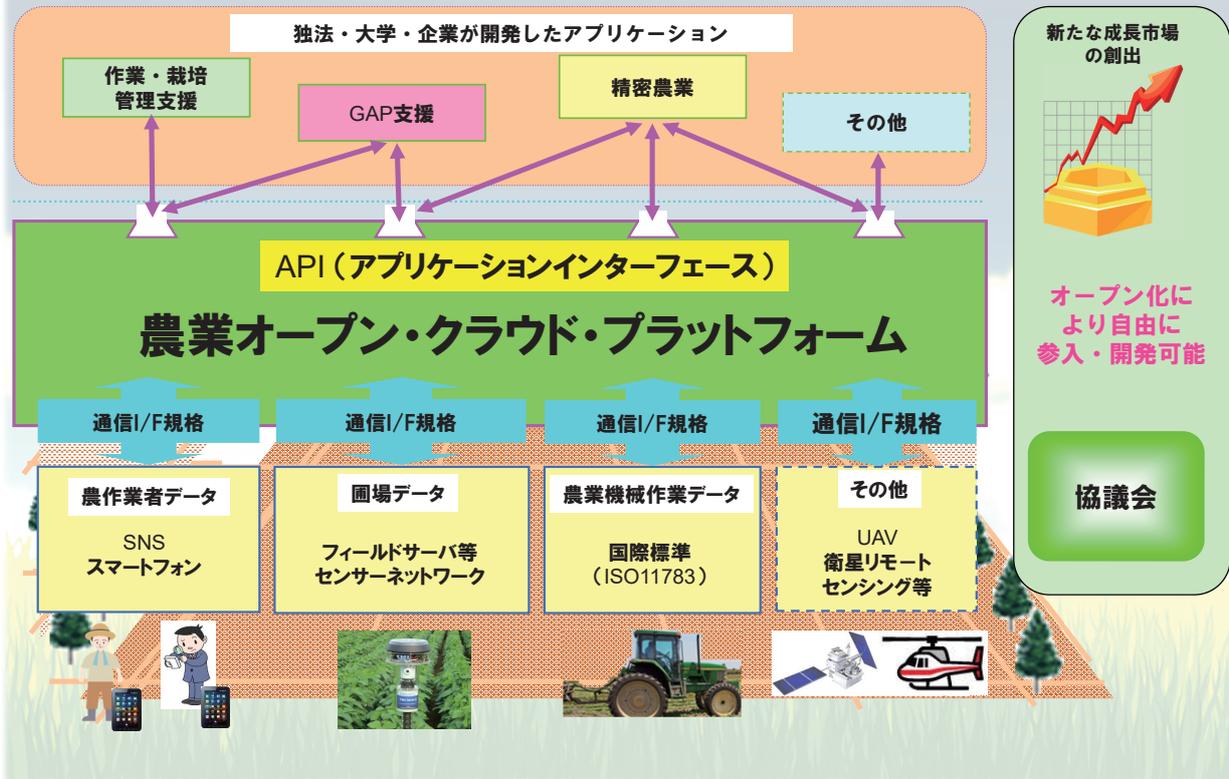


標準化検討経過・ロードマップ

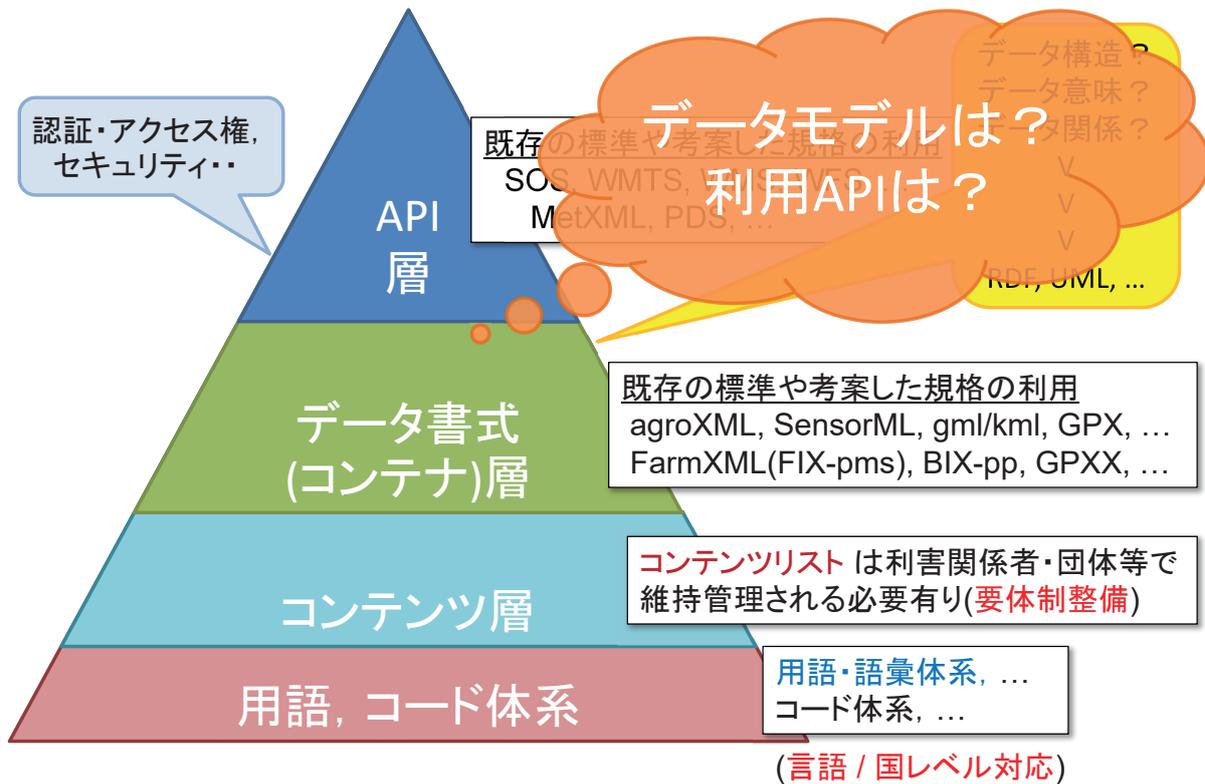
➤ 農業生産工程管理データを基軸として



CLOP構想(2012～)



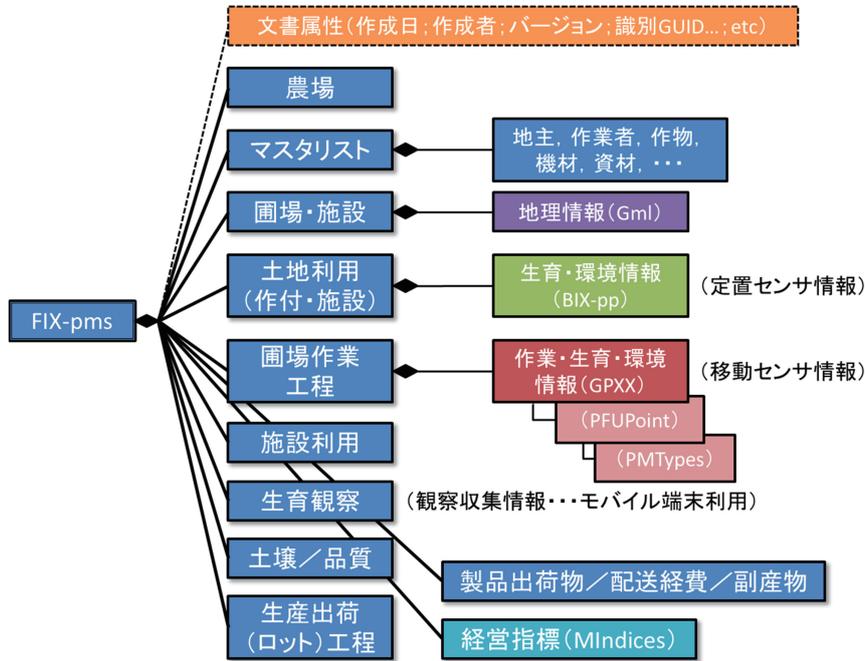
標準化の進め方・戦略：4層構造



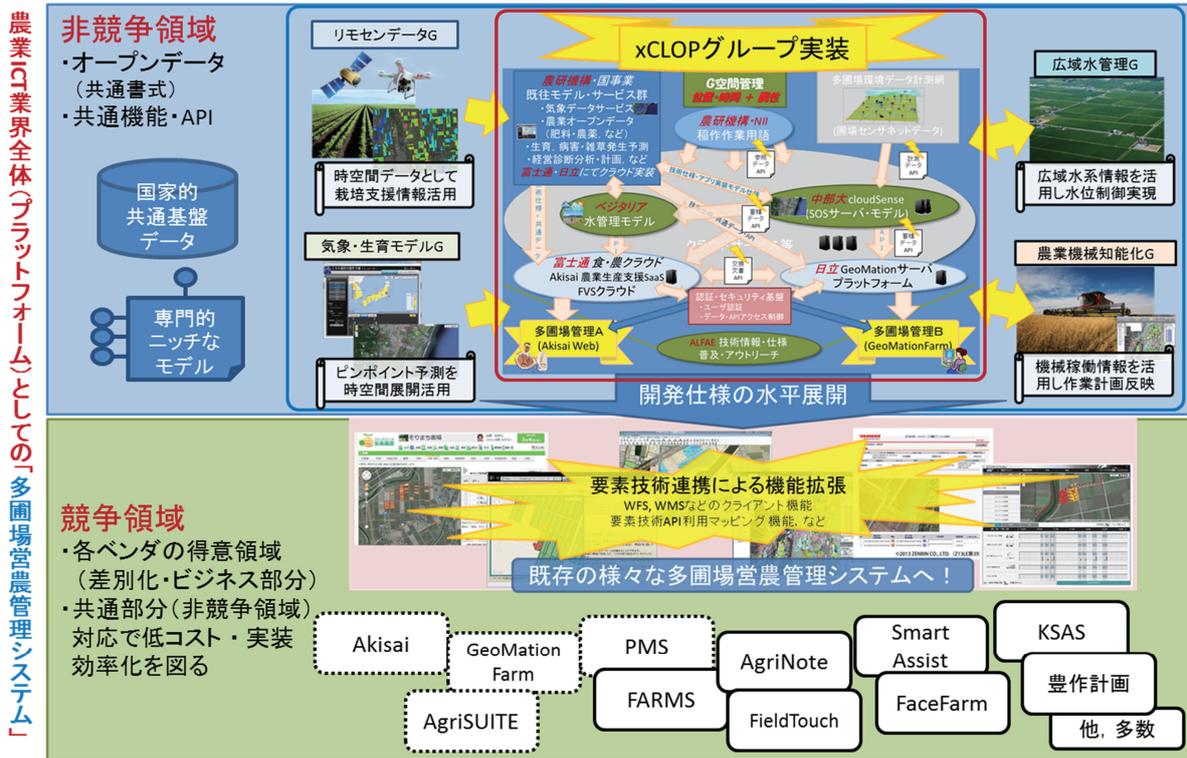
FIX-pmsデータモデル概要 (2016版)



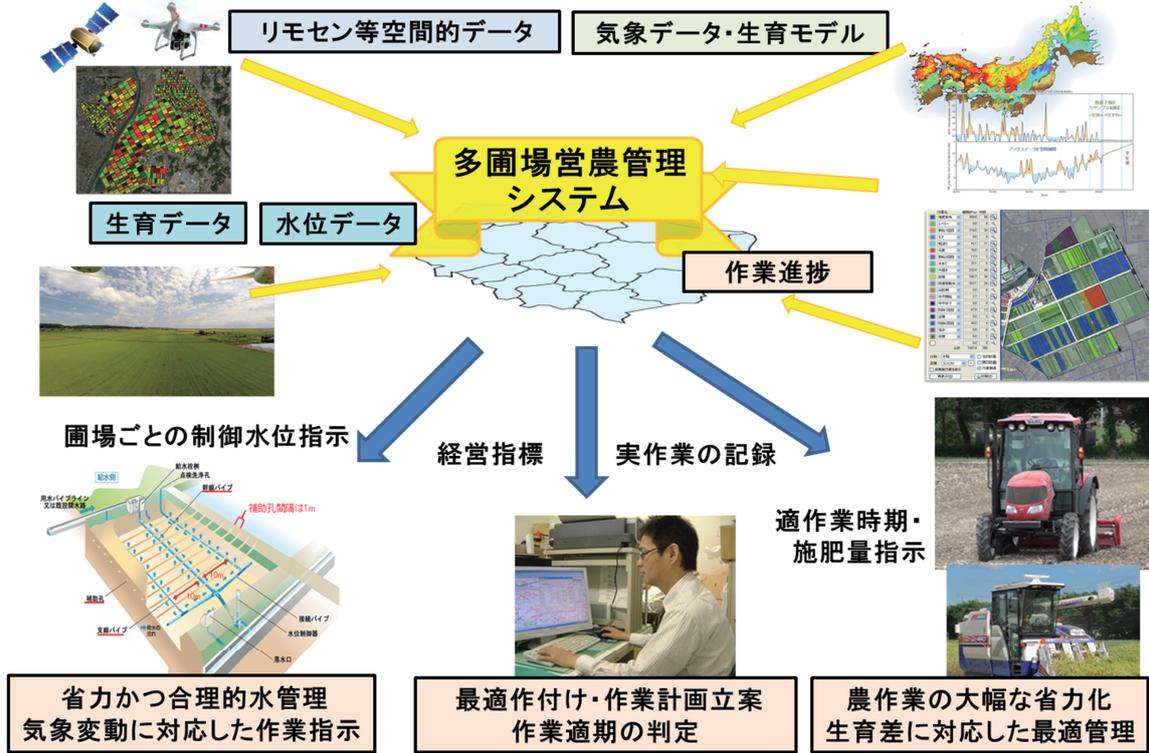
➤ 農場で取り扱う主要データ項目をモデル化



目指す多圃場営農管理システム



SIP生産システム実装シナリオ



SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

SIP多圃場営農の実装状況

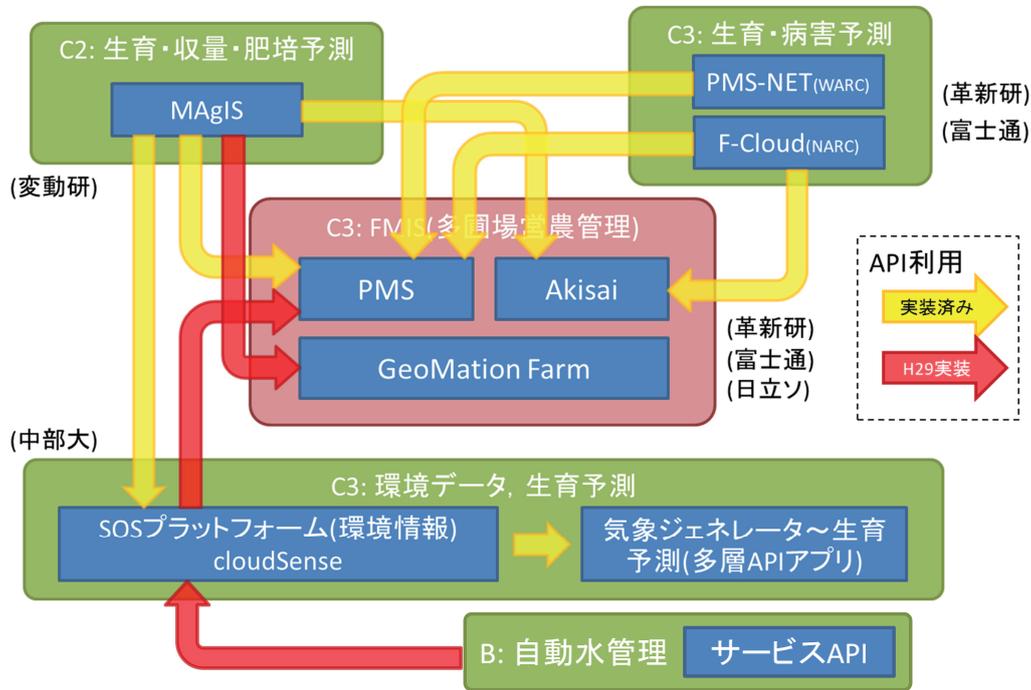


SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

気象・生育・水管理サービス連携



各サービスのAPI利用を実装して連携検証

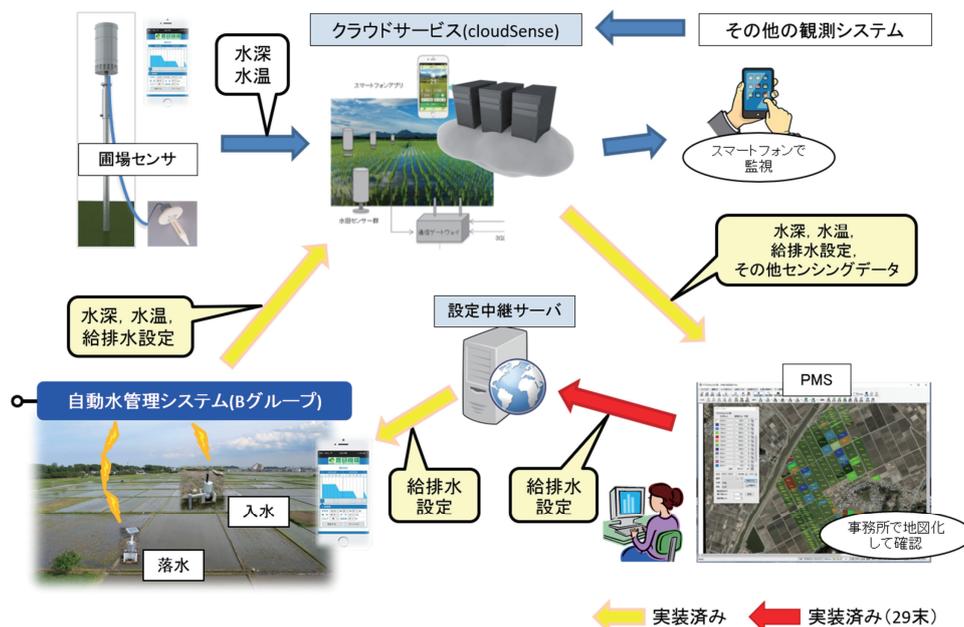


国際標準準拠API利用水管理監視

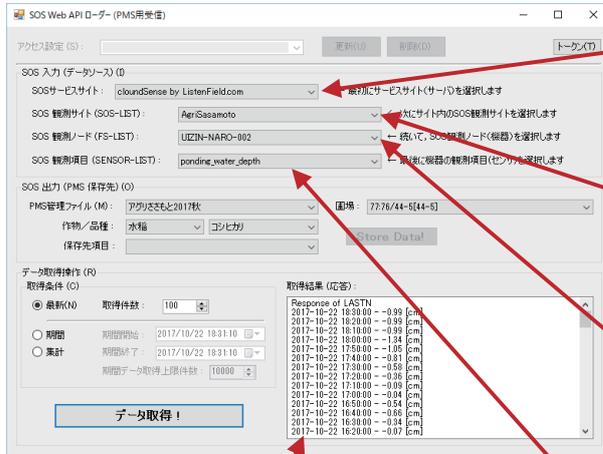


OGC国際標準に準拠した水管理状況把握

◆ 状態(バルブ)制御API対応済み(独自API)



cloudSense API水管理監視(PMS)



cloudSense by ListenField.com
 SOSサービスサイトを選択...
 cloudSense by ListenField.com
 cloudSense by WAGRI.com

① サービスサイト選択
 現在, ListenFieldサービスとWAGRIサービス(予定)に対応

観測サイトを選択...
 観測サイトを選択...
 MeteoCropDB
 AgriSasamoto

② 観測サイト(地点)選択
 現在, 関東南東部アメダスおよびアグリささとに対応

観測ノードを選択...
 観測ノードを選択...
 PaddyWatch_44-5
 PaddyWatch_44-6
 UZIN-NARO-002
 UZIN-NARO-TEST

③ 観測ノード(装置)選択
 現在, 水田センサー, 自動水管理ノードに対応

観測センサを選択...
 観測センサを選択...
 ponding_water_depth
 water_temperature
 target_ponding_water_depth
 water_management_type
 outletport_height
 valve_aperture

④ 観測センサ(計測項目)選択
 自動水管理ノードの場合, 計測項目は,
 水深・水温・設定水深・水管理モード・排
 水深(高さ)・給水バルブ開度

PMS用連携ツール
 SosApis

⑤ API利用による取得結果
 最新または指定期間の計測値を取得可
 能。取得した計測値はPMSで利用可能。

※ 計測項目名は農業環境情報ガイドラインに準拠
 ガイドライン項目名は英語ベースなので, 国内現場向けにはユーザフレンドリな日本語名称が必要
 な可能性がある

バルブ制御API利用検証(PMS)



① サービスサイト選択(将来予約)
 MizuhoサービスとWAGRIサービス(予定)

② 対象地区選択
 サービスに登録されている「地域」を選択

③ 対象圃場(機材ノード)選択
 選択地域内の「圃場(ノード)」を選択

④ PMS管理ファイル選択
 管理データを紐付けるPMSファイルを選択

⑤ 選択圃場の状態取得(更新)
 選択ノードの状態を取得更新します...

⑥ 圃場設置機材(ノード)設定発行!
 制御状態および設定水深を発行します...

⑦ API利用による取得・設定結果
 指定圃場(バルブ)の状態または設定結
 果が表示される。
 取得値はPMSで利用可能。
 設定値はPMSから取得可能。

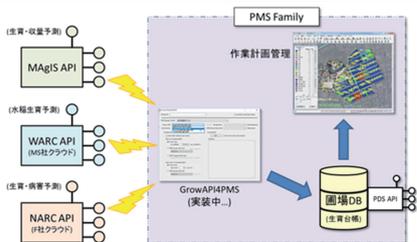
3つの水稻生育予測APIを供試...



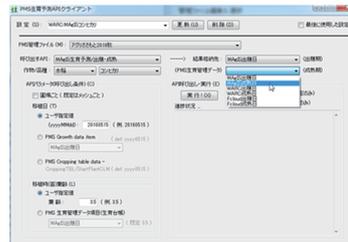
- 複数のAPIで**対応品種・地域性を補完!**
- 複数のAPI間で**予測結果を比較**, 自身の経営・経験値にあった**APIを選択可能に!**
- MAgIS(SIP開発中), WARC, NARC の3サービス



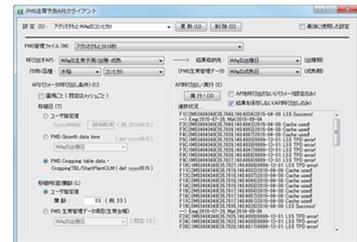
生育モデル連携実装・可視化



(a) 生育予測APIとPMSの連携構成
APIを呼び出すツールを実装し、予測結果をPMSが管理するデータ項目に格納することで連携を実現。



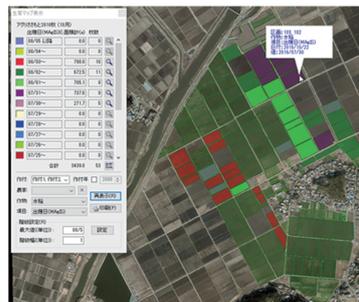
(b) 生育予測APIとPMSの連携ツール画面
この画面では予測結果を格納するPMSデータ項目を指定している。



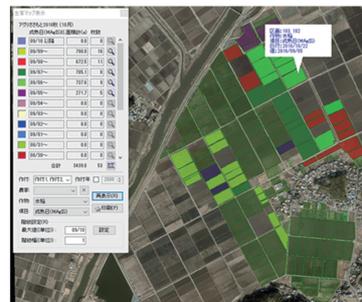
(c) 生育予測API呼び出し画面
1kmメッシュ単位で同一条件時は既存結果を流用し、全園場範囲で園場毎に予測結果を取得。

園場ID	園場名	品種	作業計画ID	作業計画名	作業開始日	作業終了日	作業種別
1-1	10-1	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
2-2	10-2	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
3-2	10-2	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
4-4	10-4	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
11-11	10-1	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
12-12	10-2	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
13-13	10-3	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
14-14	10-4	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
15-15	10-5	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂
16-16	10-6-1	神保	MAgIS出穂日	2016/7/29 17:43:17	2016/7/29	0	出穂

(d) 生育予測結果の格納例
予測結果はPMS生育管理台帳に格納。



(e) 出穂予測結果表示例
(2016年度産コシヒカリ出穂予測日)



(f) 成熟予測結果表示例
(2016年度産コシヒカリ成熟予測日)

供試3APIの入出力仕様概略



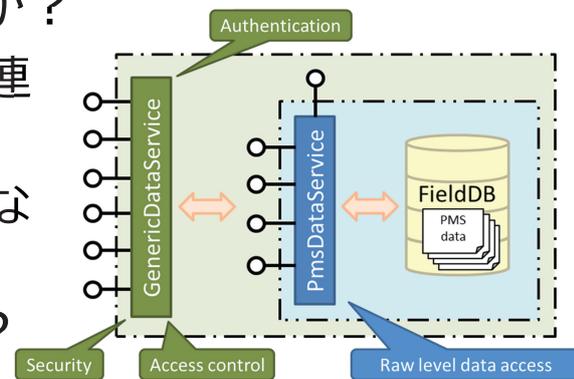
サービス	MAGIS	WARC	NARC	留意点	
API	GrowingForecast	meshws	SIMRIW		
入力	位置	都道府県番号 緯度(十進度) 経度(十進度)	緯度(十進度) 経度(十進度)	緯度, 経度 (十進度)	指定書式が不揃い
	作物	作物ID	—	—	作物IDは独自の体系
		品種ID	品種番号	品種コード	品種ID・番号, コードはそれぞれ独自の体系
	移植日	播種移植日(yyyy-MM-dd)	移植日(年, 月, 日)	移植日(yyyyMMdd)	指定書式が不揃い
	移植時生育	移植時DVI値	葉令	移植時DVI値	生育表現指標・形式が不揃い
	モデル動作	モデル区分	—	—	—
		播種/移植区分	—	—	出力形式指定
出力	幼穂形成日(yyyy-MM-dd)	—	—	—	同上
	出穂日(yyyy-MM-dd)	出穂日(月, 日)	出穂日(yyyyMMdd)	—	出力日付書式が不揃い
	成熟日(yyyy-MM-dd)	成熟日(月, 日)	成熟日(yyyyMMdd)	—	出力日付書式が不揃い

注)実際のAPIリクエストライン上のパラメータは本表記とは異なり, それぞれのAPIで独自に定義されている。

APIインタフェースの共通化に向けて



- PMSファミリ : GrowApisでは . . .
 - ◆ GrowApisアプリで3つのAPI仕様の差を吸収
 - ◆ (水稲の)生育予測APIという特定領域での対応
- APIサービスの充実とデファクト化を期待
- Generic APIは可能か?
 - ◆ 特定関心領域での関連APIを共通化 . . .
 - ◆ さらにアクセス制御などの汎用APIを同梱
- APIの淘汰を待つか?

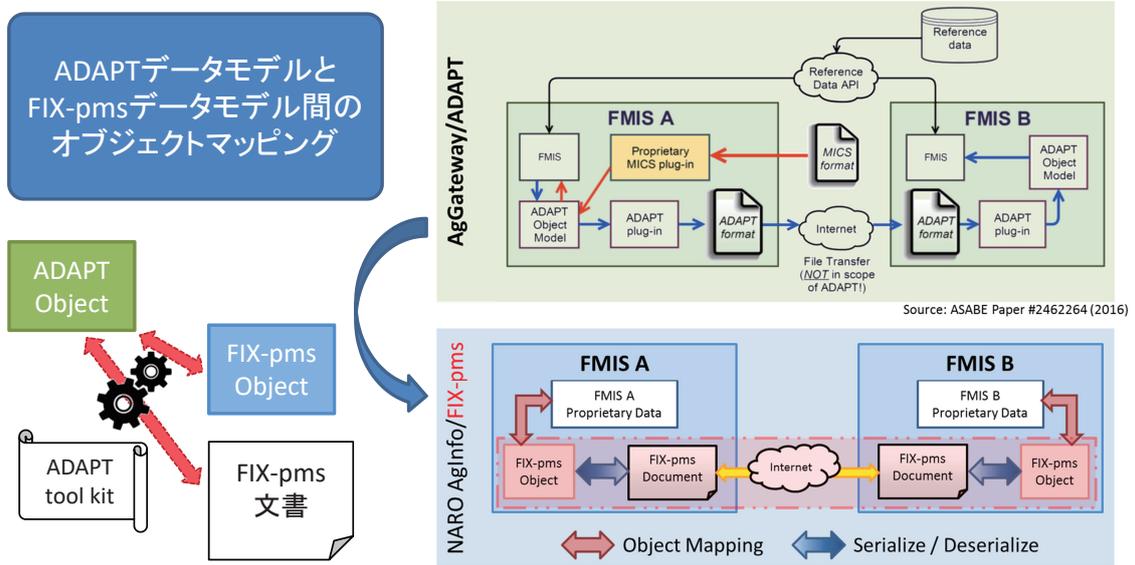


PMSデータアクセスAPIのジェネリック対応例

AgGateway/ADAPTとの共通点



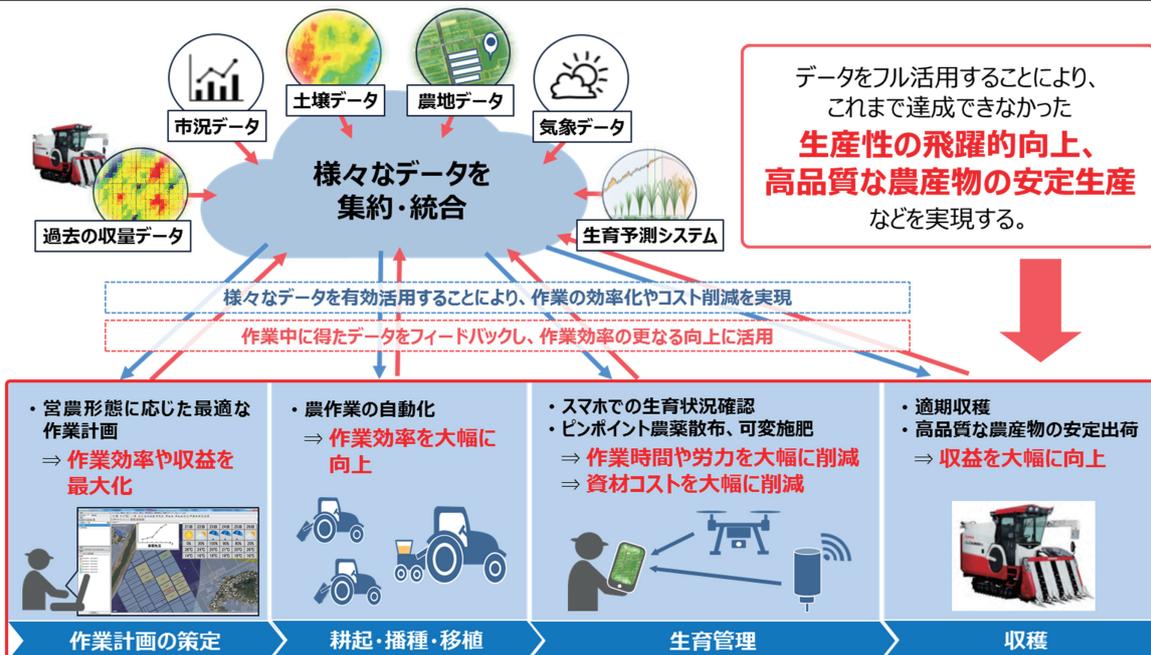
- データモデル化の共通性 ~ 対象の共通性
 - ◆ FMISモデルとADAPTモデルのマッピング必要



農業データ連携基盤構築のねらい



農業現場における生産性を飛躍的に高めるためには、様々なデータを集約・統合し、データをフル活用できる環境を整備することが不可欠。

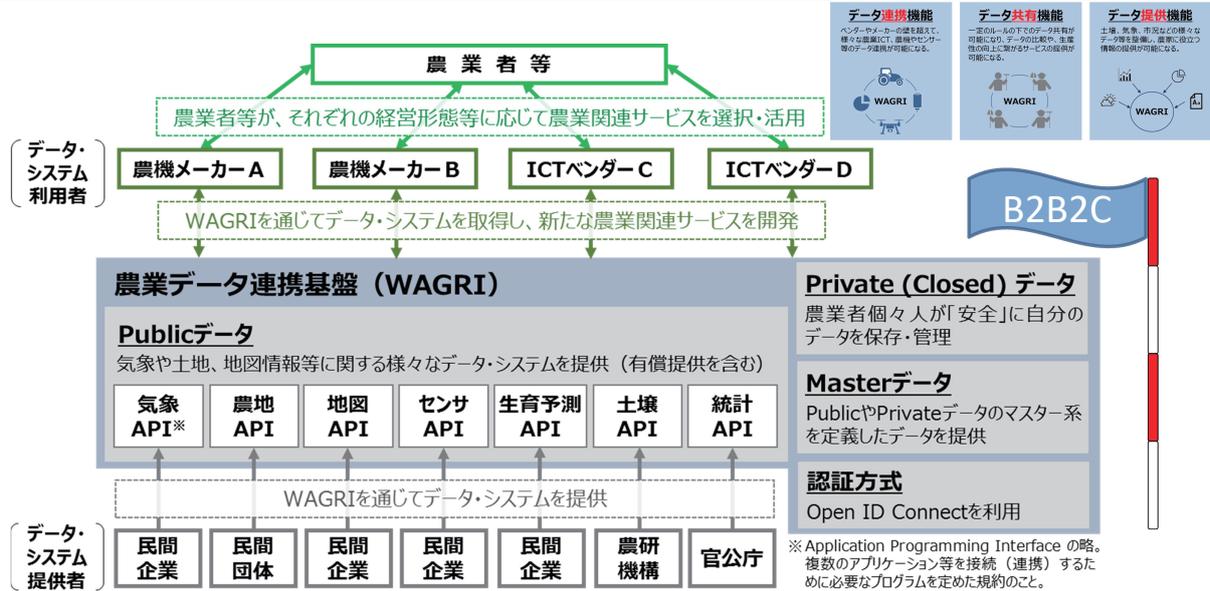


農業データ連携基盤：機能と構造



農業ICTの抱える課題を解決し、農業の担い手がデータを使って生産性向上や経営改善に挑戦できる環境を生み出すため、データ連携・共有・提供機能を有する**データプラットフォーム（農業データ連携基盤:WAGRI）**を構築（平成31年4月からサービスの本格提供開始を予定）

農業データ連携基盤協議会の設立（設立時24社が参画し、現在までに約250の組織・団体が加入）



取得可能な主要データコンテンツ



データ・システム	内容	提供元
肥料	肥料登録銘柄情報	農林水産消費安全技術センター (FAMIC)
農薬	農薬登録情報	農林水産消費安全技術センター (FAMIC)
地図	地図データ、航空写真の画像データ	NTT空間情報
農地	農地の区画情報（筆ポリゴン）	農林水産省
〃	農地の区画形状、用排水の整備状況等（ほ区ポリゴン）	農林水産省
〃	農地の緯度経度情報（農地ピンデータ）	全国農業会議所
気象	最長3日先までの気象情報（1kmメッシュ）	ハレックス
〃	最長26日先までの気象情報（1kmメッシュ）	ライブビジネスウェザー
〃	府県などの広域な気象情報	気象庁
生育予測	水稲の生育予測システム	ビジョンテック
土壌	土壌の種類や分布が分かるデジタル土壌図	農研機構
その他	手書き文字認識システム	EduLab

※ 12月末時点 ※ 農業データ連携基盤から取得可能な最新のデータやシステムは、農業データ連携基盤協議会のホームページより確認いただけます（<https://wagri.net/>）

農業ICT情報流通基盤構築に向けて



- データ・機能(API)集約(mashup)という基本方向
- 生育予測API集約による予測情報利用
 - ◆ 類似サービスAPIの仕様共通化
 - ・ 構文・コンテンツ・用語・意味の整合
- データモデルの共通化
 - ◆ AgGateway/ADAPTモデル ~ FIX-pmsモデル
 - ・ WAGRI でのデータモデルをどうするか? ~ 加速化実証
- 産学官連携による農業データ連携基盤構築
 - ◆ 非競争領域データの整備・オープン化
 - ◆ SIP多圃場営農グループの成果(プロトタイプ含む)
 - ・ 「WAGRI」への提供・実装・動作検証を経て、本運用へ

SIP多圃場営農と農業データ連携基盤(吉田)



ご清聴ありがとうございました_{m(´_`)}m



本報告の研究開発は以下の支援を受けています...

・ 農研機構生研支援センターが管理運営する
「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)次世代農林水産業創造技術」

SIP多圃場営農グループ共同機関

九州大学, 中部大学, ベジタリアア(株), (株)富士通総研, (株)日立ソリューションズ, (一社)ALFAE, 国立情報学研究所, 革新工学センター

車両型ロボット農機の安全性確保 のための技術要件案の開発

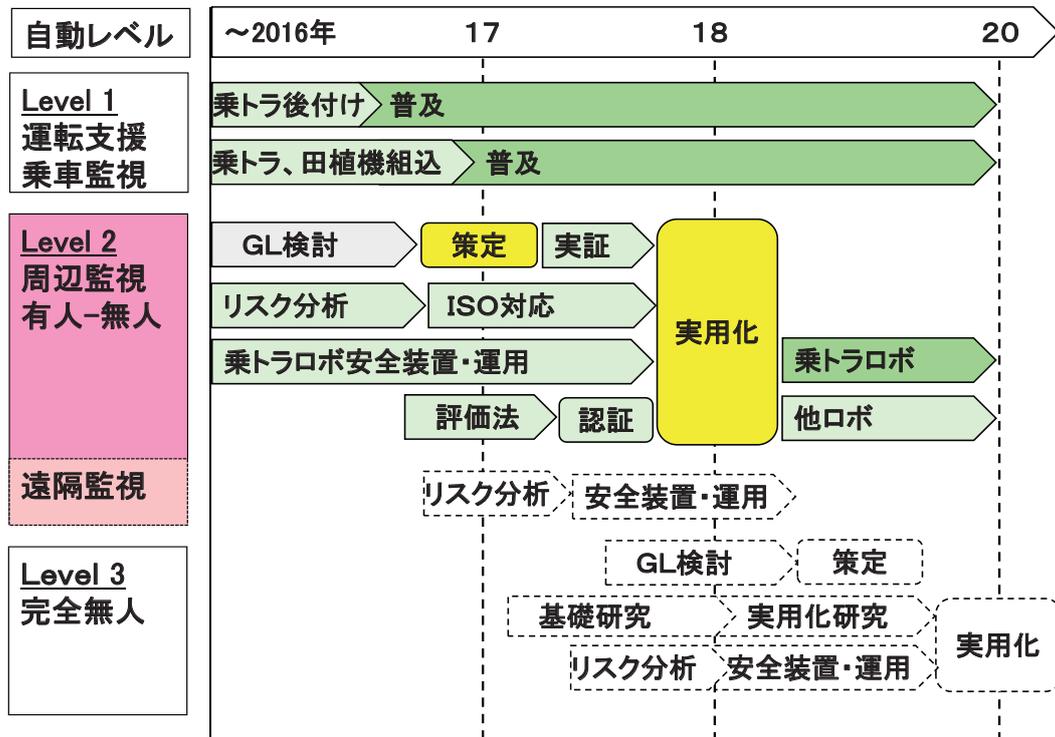
農研機構農業技術革新工学研究センター
安全工学研究領域労働衛生ユニット
ユニット長 菊池 豊

背景、目的

土地利用型農業において、人に代わる労働力としてロボット技術が期待されている。一方で、乗用トラック等農用車両を改良した車両型ロボット農機の実用化には、安全性確保が重要な課題となっている。

本研究ではロボット農機を使用した無人作業の状況やヒヤリハット事例からリスクを洗い出し、安全規格などを踏まえ、ハード、ソフト両面から安全性確保するための技術要件案を開発する。

自動化レベルと研究スケジュール



車両型ロボット農機安全対策の動き



農水省ロボット安全ガイドライン

ISO ISO18497 (国際安全規格)

安全確保のための要件

日農工
 ロボ分科会(共通化)
 ・安全装置
 日農工規格、GL
 ・安全使用方法
 使用者訓練、看板GL

革新工学センター
 ・SIP複数ロボ安全
 安全要件(案) ハード、ソフト
 ・評価法、SIP人検知
 評価試験法(案)
 試験法、装置、指標、基準

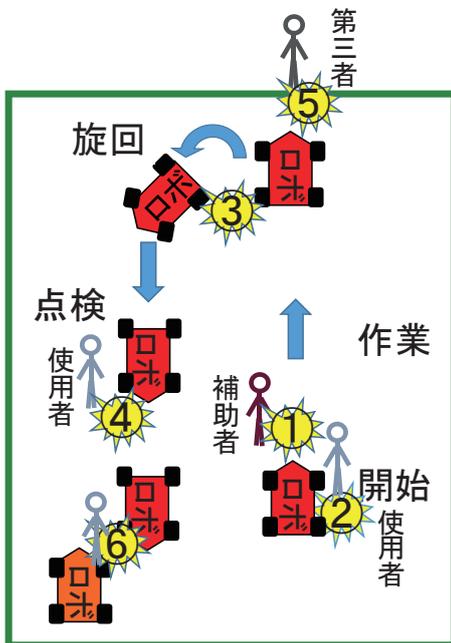
農機メーカー
 ・ロボット開発
 ・訓練コース

機械化協会
 ・ロボ安全事業
 ・現地実証
 ・使用者訓練実証

ロボット安全試験制度、訓練制度

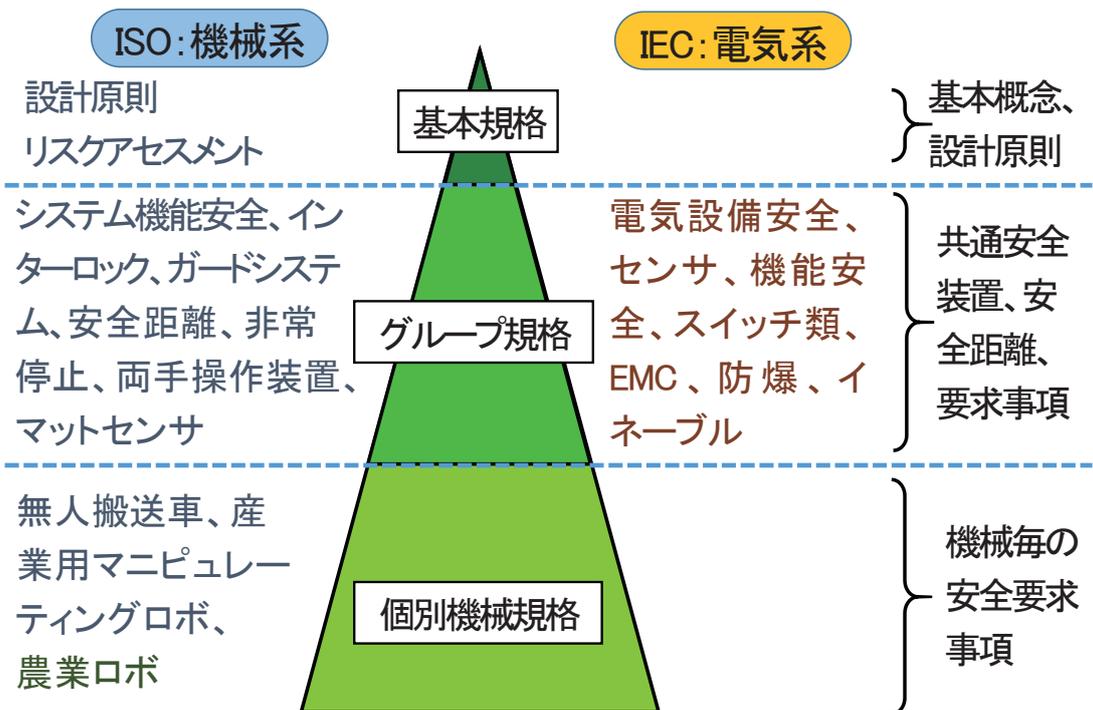
ロボット実用化

ロボット作業の危険場面例



- ①開始時衝突
周囲確認、合図不足
- ②機械から転落
走行したまま乗降車
- ③経路逸脱し衝突
入力ミス、故障、位置情報不調
- ④衝突、巻き込まれ
非定常時点検・補給時、第3者侵入
- ⑤作業エリア外暴走
入力ミス、故障
- ⑥ロボット同士衝突、挟まれ
入力ミス、故障
- ⑦機械転倒
傾斜地使用、スリップ
- ⑧用途外使用
改造、対象作業以外

機械安全規格の体系



他分野の安全対策

例 無人搬送車



状態表示灯
運転メロディ

右左折表示灯

安全規格
JISD6802等

非常停止
ボタン

バンパ



障害物センサ

- ④設置・管理
 通路整備
 防護柵
 標識
 運用規程
 作業者教育
 安全監視
 保守点検等

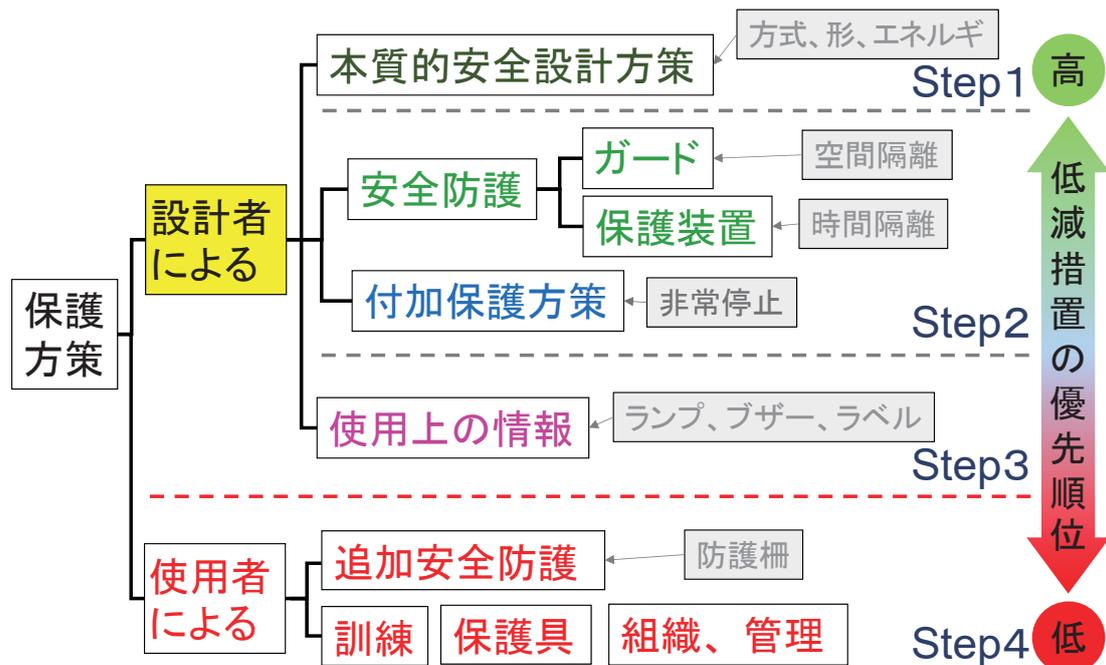
- ①ハードウェア
 バンパ
 障害物センサ
 車輪カバー
 突起無い車体

- ②制御回路
 安全確認型
 フェールセーフ
 インターロック
 非常停止ボタン
 脱線非常停止

- ③警報装置
 状態表示灯
 右左折表示灯
 運転メロディ
 異常警報等

保護方策のステップ

ISO12100等

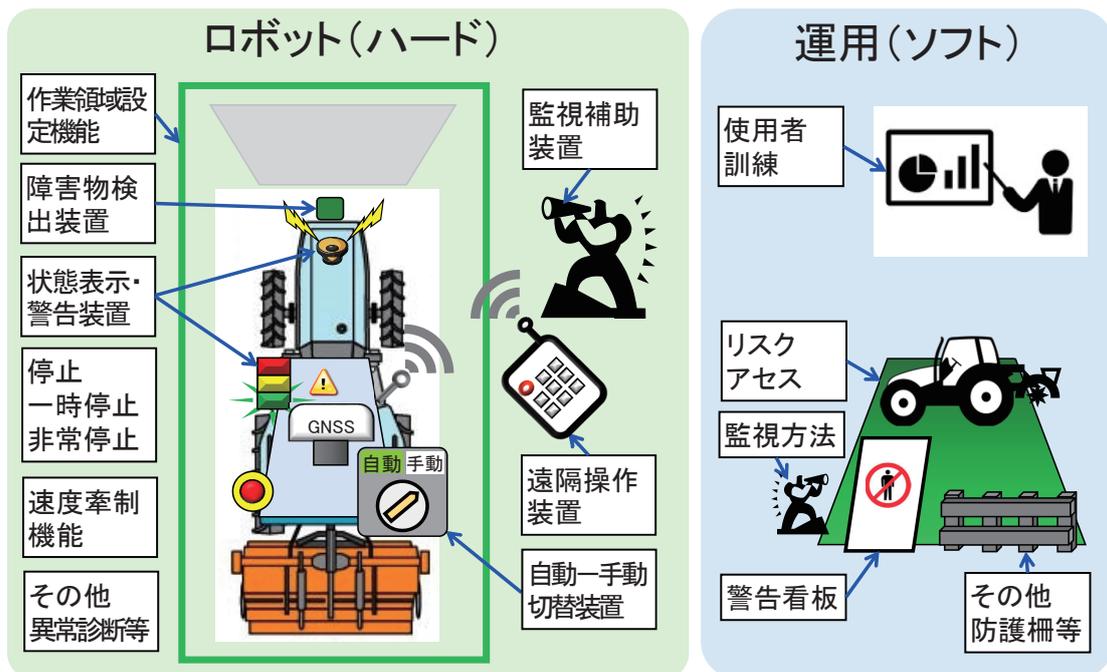


危険事象に対する機械対策検討例 農研機構

危険事象	想定事故	対策例	具体的内容
プログラムミス等によって前輪操舵が不十分となり枕地旋回時に圃場外へ逸脱しそうになった。	枕地旋回時に圃場外へ逸脱し、第三者と衝突する。	[本質的安全]無	—
		[安全防護]領域外逸脱停止装置	作業領域の外へ逸脱したら、ロボットを自動停止させる。
		異常停止装置	各部異常を検出したら、直ちにロボットを自動停止させる。
		[付加保護方策]非常停止装置	使用者が危険状態を察知したら直ちにロボットを遠隔・直接手動で停止させる。
		[使用上情報]運転状態表示装置	使用者が危険状態を察知しやすいようロボット運転状態を視聴覚手段で表示する。
		[使用者対策]警告看板	第三者等への注意喚起のため危険性や注意内容などを圃場周囲に表示する。

車両型ロボット農機の安全技術要件 農研機構

レベル2(周辺監視、有人-無人)



状態表示・警告装置要件案

- ◆視覚的装置
色、配列、光度
- ◆聴覚的装置
音圧レベル、音の大きさ
ブザー音(連続、短音、断続音)
- ◆視覚及び聴覚的装置の
動作パターン



→国土交通省灯火類保安基準適合
日農工「ロボット農機の視覚的装置及び聴覚的装置のガイドライン」
ISO18497(2018) Agricultural machinery and tractors -Safety of highly
automated agricultural machines - Principles for design

視覚的装置パターン

桃	緑	青	状態
●	●	●	一時停止
×	×	×	自動走行
●	×	×	自動終了

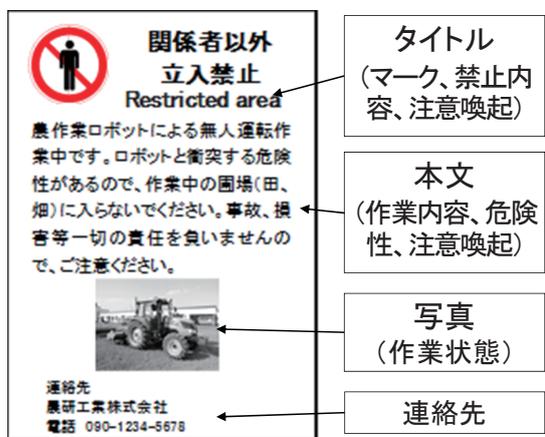
聴覚的装置パターン

音	状態
断続・・・	自動開始、障害物検知
短音ー	一時停止、非常停止、 自動終了

使用者訓練プログラム要件案

- ◆学科
 - ア. ロボットの構成機器と役割
 - イ. 自律走行の原理
 - ウ. ほ場、領域、経路の設定方法
 - エ. 基準局の設置と点検
 - オ. ロボットの点検
 - カ. ロボットの始動、停止及び再開
 - キ. ロボットを安全利用するために
ロボット農機安全ガイドライン、
警告看板設置、安全機能、ほ場条件、
環境条件、危険と対応策、使用者
・補助者注意義務
 - ク. 故障診断と対応、トラブル対応
 - ケ. 事故例、事故発生時の対応
 - コ. 責任(製造者、管理者、使用者)
 - ケ. 保険加入について
- ◆実技
 - ア. ロボットの点検
 - イ. GNSS装置の設置
 - ウ. ロボットの初期設定
 - エ. ロボットの始動・停止・再開
 - オ. ほ場への第三者侵入防止
 - カ. ロボットの監視及び非常停止
 - キ. ロボットの異常時の対応方法
 - ク. 安全装置の操作、復帰

→日本農業機械工業会(日農工)
「ロボット農機の安全性確保のための指導者養成並びに使用者訓練ガイドライン」
「衛星測位システムを利用したロボット農機の訓練カリキュラムの具体的項目」
「ロボット農機の使用者訓練の記録・管理に関するガイドライン」



日農工版

革新工学センター案



→日農工「ロボット農機の安全性確保のための警告看板等の作成・設置に関するガイドライン」

まとめ

概要

車両型ロボット農機の作業状況やヒヤリハット事例からリスクを洗い出し、他産業のロボット安全規格など参考に、ハード・ソフト両面から安全性確保するための技術要件案を開発した。農業機械メーカーのロボット開発及び国際規格、業界ガイドライン策定のために活用されている。

成果の活用面と留意点

ロボット農機の安全対策の資料として活用できる。他の形態のロボットへの適用については検討が必要である。

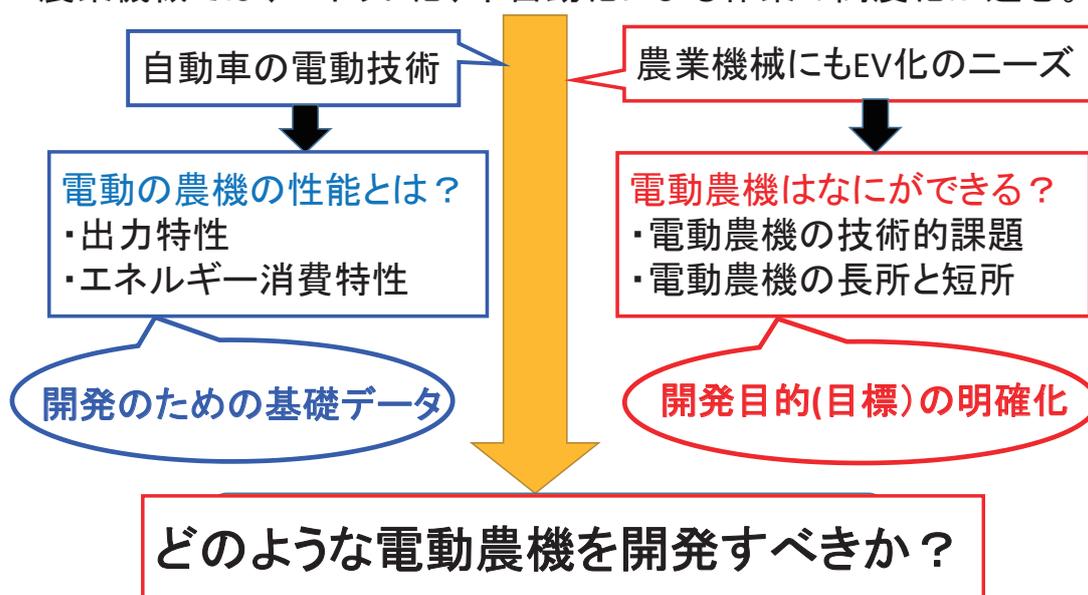
本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代農林水産業創造技術」(管理法人:農研機構生物系特定産業技術研究支援センター、略称「生研支援センター」)において実施しました。

電動農機の出カ・エネルギー消費特性

農研機構 農業技術革新工学研究センター
次世代コア技術研究領域 基礎技術ユニット
平成28～30年度

背景

自動車では、環境負荷低減などの理由から、EV化が進む。
農業機械では、ロボット化、半自動化による作業の高度化が進む。



DCブラシレスモータの定置性能試験



試験の目的

DCブラシレスモータの出力特性、エネルギー消費特性を計測することで、

電動の農機の性能を明らかにする

DCブラシレスモータの特徴

- 小型で高トルク
- 制御性高い(速度・位置制御が容易)
- エネルギー効率が高い
- 放熱性が高い(冷却機能が優れている)



DCブラシレスモータの定置性能試験



供試機器

DCブラシレスモータ 定格20.8kW (1450rpm/137Nm)

コントローラ (インバータ) SEVCON GEN4 Size6

ダイナモメータ MEIDEN TWKB-NNR (モータ用動力計)

試験条件

1. モータ回転数固定-トルク変更

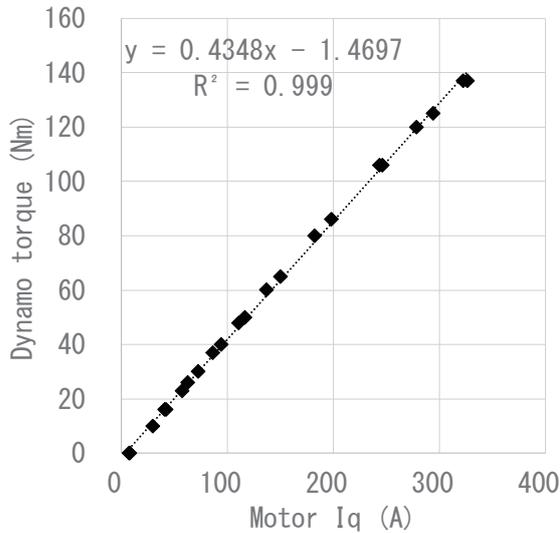
900rpm- {0, 16, 26, 37, 48, 60, 80, 106, 120, 137} Nm

1450rpm- {0, 10, 16, 23, 30, 40, 50, 65, 86, 106, 125, 137} Nm

2. モータ回転数変更-トルク固定

137Nm- {500, 750, 900, 1200, 1450} rpm

定置試験の結果 トルクと消費電力量 農研機構

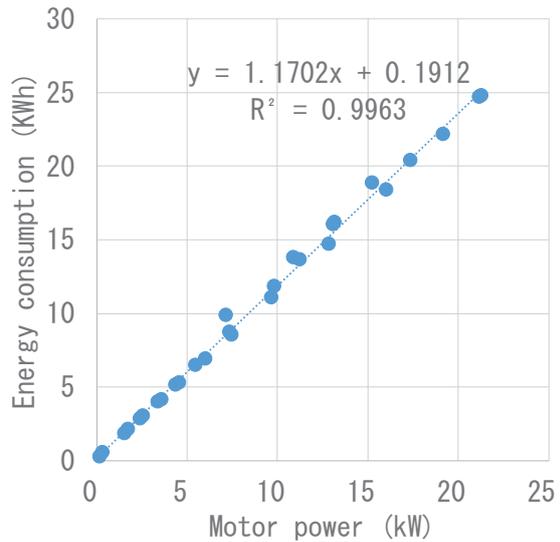


試験1の結果、トルクとモータq軸電流は比例関係

トルクを高精度に推定可能

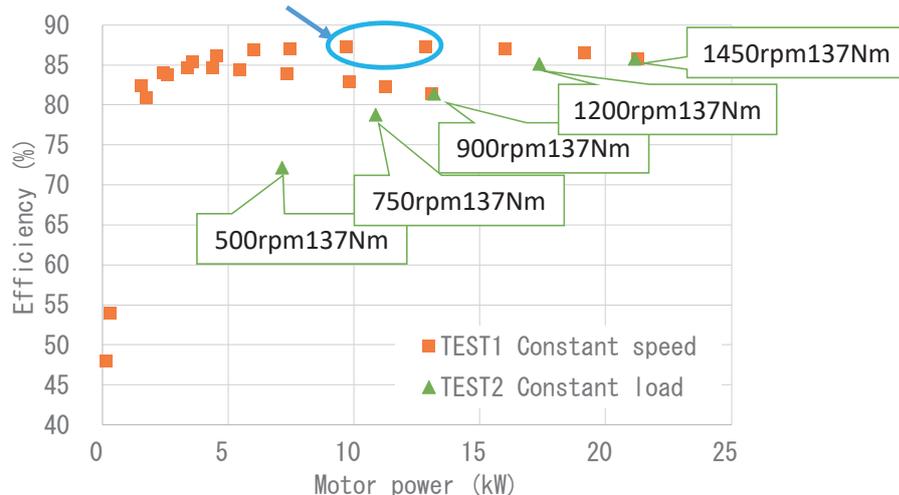
試験1と2の結果、モータ出力と消費電力量は比例関係

モータ出力と消費電力量は比例する



定置試験の結果 エネルギー効率 農研機構

エネルギー効率は最大87.3%



- ・モータ出力1kW以上でエネルギー効率80%以上
- ・定格回転数に近いほど、広い出力域で効率が高い

- モータq軸電流からモータ軸トルクを算出することが可能
検量線式 $T = 0.4348Iq - 1.4697$
 T :モータ軸トルク(Nm) Iq :q軸電流(A)
- モータ出力から消費電力量を算出することが可能
検量線式 $W = 1.1702P + 0.1912$
 W :消費電力量(kWh) P :モータ出力(kW)
- ➡消費電力量から稼働時間を算出することが可能
計算式 $t = Bc / W$
 t :電動農機の稼働時間(h) Bc :電動農機のバッテリー容量(kWh)
- 供試モータは、広い出力域でエネルギー効率が80%以上
定格回転数に近いほど広い出力域でエネルギー効率が高い

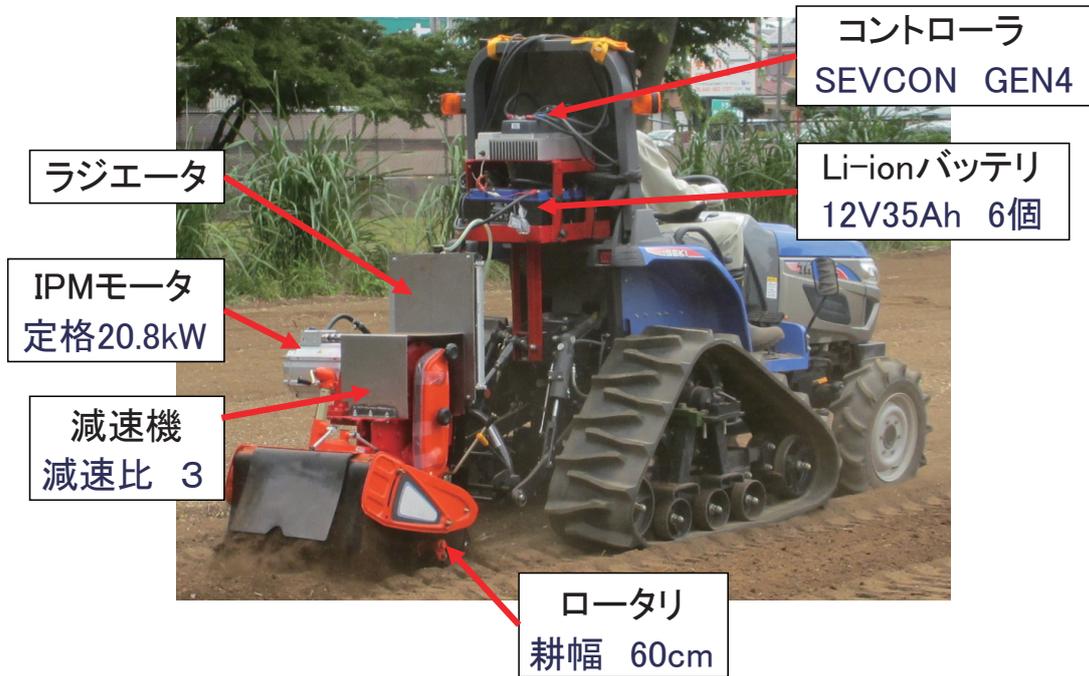
定置試験により、
定速-定負荷条件のDCブラシレスモータの性能は明らかになった

電動の農業機械を開発するためには、
負荷(モータ軸トルク)の変動が激しい条件を計測する必要がある

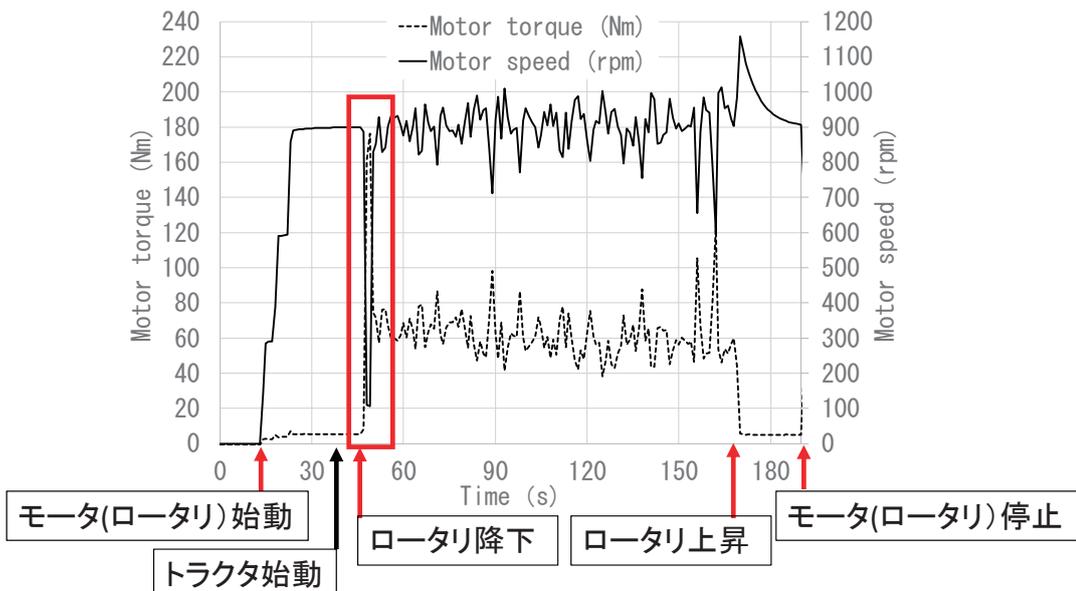
DCブラシレスモータによるロータリ耕うん試験装置を試作し、
様々なほ場条件のロータリ耕うん試験を行う

DCブラシレスモータによる耕うん試験により、
「電動農機には何ができるのか」を探る

DCブラシレスモータによる耕うん試験



水田の耕うんデータ 電動農機の出力行特性



大きな負荷がかかってもエンストしない
低速時に瞬時に高トルクを出せる

DCブラシレスモータによる耕うん試験



ほ場	試験用ほ場 (さいたま市)						小麦ほ場 (真岡市)			未耕地ほ場 (真岡市)			デントコーンほ場 (真岡市)		牧草地 (真岡市)	水田ほ場 (鴻巣市)				
モータ回転数設定値 (rpm)	900	900	900	900	1000	1100	1200	900	1200	1500	900	1200	1500	900	1200	900	900	900	900	
モータ回転数実測値 (rpm)	894	894	893	898	897	996	1097	1197	897	1197	1497	896	1197	1496	898	1197	884	887	887	886
耕深 (mm)	140	123	143	64	155	138	161	173	151	159	129	156	109	166	198	207	103	125	132	153
土壌含水比 (%d.b)	47.1	47.1	44.7	44.7	58.0	58.0	58.0	58.0	55.5	57.1	53.5	47.8	54.5	49.4	50.2	50.2	56.7	45.7	45.7	45.7
土壌硬度(5cm) (Mpa)	0.8	0.8	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.6	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.1	0.6	3.0	1.3	1.3	1.5
土壌硬度(10cm) (Mpa)	1.01	1.01	0.44	0.44	0.98	0.98	0.98	0.98	1.9	2.4	1.6	1.4	1.6	0.8	0.3	0.7	2.7	1.5	1.6	1.8
土壌硬度(15cm) (Mpa)	2.26	2.26	0.78	0.78	1.52	1.52	1.52	1.52	2.2	2.3	2.4	2.5	2.4	2.4	0.2	0.7	2.5	2.1	2.6	2.5
モータ軸トルク (Nm)	17.0	16.7	20.0	8.3	15.1	17.1	16.1	18.1	20.9	23.5	22.5	24.9	20.5	24.2	22.0	22.0	51.5	58.1	56.3	63.3
モータ軸出力 (kW)	1.6	1.5	1.9	0.8	1.4	1.8	1.8	2.3	2.0	2.9	3.5	2.3	2.6	3.8	2.1	2.8	4.5	5.3	5.2	5.7
耕うんピッチ (cm)	10.1	10.1	10.5	10.0	7.6	6.8	6.2	5.9	9.6	7.2	5.8	9.6	7.2	5.8	9.6	7.2	9.8	9.7	9.7	9.7
平均効率 (%)	82.9	82.4	83.3	76.9	81.9	83.0	83.2	84.5	83.5	85.5	85.9	84.2	84.5	85.9	83.7	84.9	84.5	85.3	85.8	85.9
消費電力量 (kWh)	1.9	1.9	2.2	1.0	1.7	2.1	2.2	2.7	2.4	3.4	4.1	2.8	3.0	4.4	2.5	3.2	5.4	6.3	6.0	6.7
推定作業可能時間 (h)	1.5	1.5	1.2	2.8	1.6	1.3	1.3	1.0	1.2	0.8	0.7	1.0	0.9	0.6	1.1	0.9	0.5	0.4	0.5	0.4

試験結果まとめ

- ✓ 計測した耕うん作業の平均の出力は0.8~5.7kW
- ✓ エネルギー効率は76.9~85.9%
- ✓ 推定の稼働時間は最大2.8時間、最小で0.4時間
(バッテリー容量2.772kWh)
- ✓ モータ回転数の制御性が高い

定置試験、耕うん試験のまとめ



「電動農機の性能とは？」

出力特性

エンストし難く、速度・負荷変動に対して高い制御性

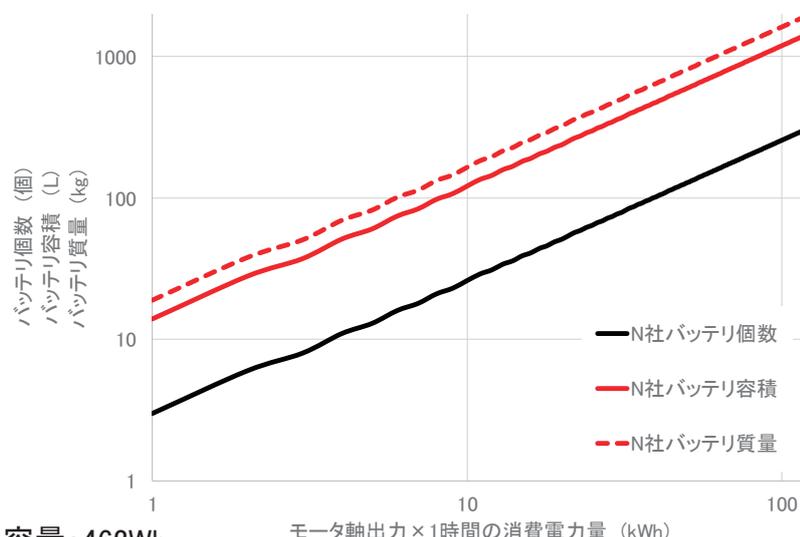
エネルギー消費特性

広い出力域で高いエネルギー効率

「電動農機はなにができるか？」

電動農機の消費電力量について

消費電力量から、バッテリー数とその容積、質量を算出



N社

バッテリー容量: 462Wh

実質エネルギー密度: 73Wh/kg、99Wh/L

電動農機の出力とバッテリー

1時間の作業に必要なバッテリーの量 (N社)

出力1kWに必要なバッテリーの量

個数3⇒容積14.1L、質量18.9kg、価格30万円

出力5kWに必要なバッテリーの量

個数13⇒容積61.1L、質量81.9kg、価格130万円

出力10kWに必要なバッテリーの量

個数26⇒容積122.2L、質量163.8kg、価格260万円

出力100kWに必要なバッテリーの量

個数255⇒容積1198.5L、質量1606.5kg、価格2550万円

大出力、長時間の稼動は困難

電動農機のエネルギーコスト



DCブラシレスモータによる耕うん

出力2.55kWの1時間消費電力は3.17521kWh

電力価格
27.0円/kWh

⇒ 電動耕うん作業のエネルギーコスト 85.7円

歩行型耕うん機(供試機)

出力2.55kWの燃料消費量(軽油)は956.95g/h

軽油比重
828.987g/L

⇒ 歩行型耕うん機のエネルギーコスト 149.5円

軽油価格
※129.5円/L

電動農機によってエネルギーコストは42.7%減少

※2018年12月12日現在

結論 電動農機の開発について



電動農機の性能とは

- 低速で高トルクを発揮
- 速度、負荷の変動に対して高い制御性
⇒ 農業機械に適した出力特性
- 高いエネルギー効率
⇒ エネルギーコストを4割程度削減

電動農機は何ができるか

- 自律走行、AIによるロボット制御
- × **長時間、大出力の稼働は困難**

小型、軽量、小出力であることが開発の要件である

バイオマス由来高分子を用いた セル成型用育苗培地の 固化・成形技術に関する研究

担当部署:安全検査部 性能評価ユニット
協力分担:金沢工大、長野野菜花き試、産総研
研究期間:2016～2018(平28～30)

背景

野菜栽培では、セルトレイ育苗、機械移植体系が普及

➔ 根鉢の形成が移植の良否を左右

不十分だと、培地が崩落、機械移植が困難。しかし・・・

- 根鉢が形成されたセル成型苗
 - ➔ 定植後の根系分布が浅い、
葉球の姿勢を一定に保ちにくい
機械収穫時に損傷等のおそれあり
- 根鉢が形成しにくい作目、若苗
 - ➔ 市販の固化剤、固化培地の利用



根鉢(ハクサイ)



全自動野菜移植機
(セルトレイからの引抜き)

- 固化処理が手間
- 原料が石油由来のため有機認証が困難



- 受注生産
- 輸送・保管中に養分・水分が変化
- 原料が石油由来のため有機認証が困難



目的、効果

- 農家が手持ちの道具を使って
現場で簡易に固化培地を作成できる技術
- バイオマス由来高分子による固化培地の作成

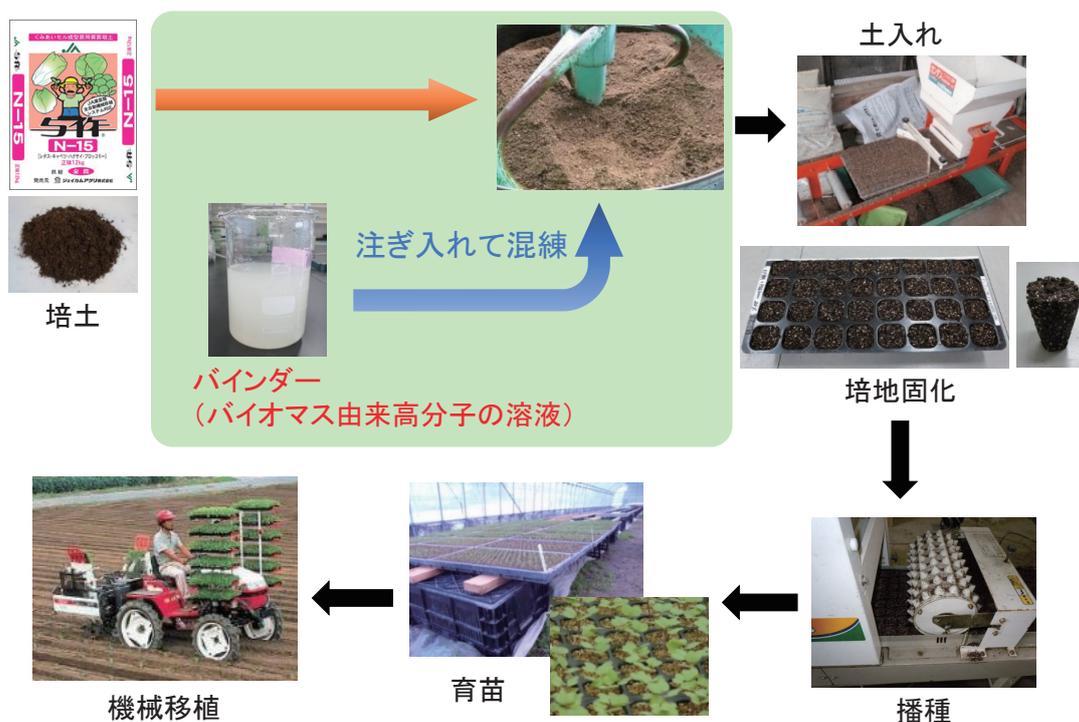


- 根鉢形成が難しい作目・品種、若苗の機械移植の実現
- 培地固化作業の軽労化、省力化



- 移植機の利用場面の拡大、育苗期間の短縮
- 葉球姿勢が一定に保てる若苗移植により機械収穫の精度が向上し、機械化一環体系を導入しやすくなる
- 有機栽培への寄与、循環型農業への貢献

移植までの作業手順(イメージ)



バインダー

- 土の粒子同士を結合させる
- バイオマス由来高分子の溶液

供試した原料

- ◆ **タマリンドガム**
東南アジア等に生育する常緑樹タマリンドの種子から得られる多糖類
- ◆ **PIC (ポリオンコンプレックス)**
アルギン酸ナトリウム (海藻に含まれる多糖類の一種) と
キトサン (甲殻類の殻等に含まれる高分子多糖類) の高分子電解質複合材
- ◆ **デンプン + アガー (寒天)**

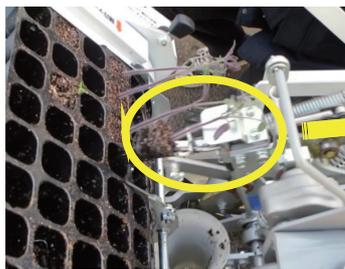


バインダーを試作し、
培土の固化処理を行い
✓ 移植機での
引抜き可否
✓ 苗の生育
を確認

育苗時期: 2016.9~10
品種: ハクサイ「信州大福」
試験場所: 長野県野菜花き試験場
(長野県塩尻市)

- 培土 「与作N-15」
葉菜類用のセル成型用育苗培土。長野県で広く用いられる
主原料・・・バーミキュライト、ピートモス、ヤシガラ繊維等
肥料成分・・・N 150mg、P 1500mg、K 150mg (1Lあたり)

トレイからの引抜き(爪単体)



前出の全自動野菜移植機

引抜き爪の挙動



培地部分へ
差し込み



トレイから
引抜き



植付け部へ
押し出し

- 根鉢形成前(播種後8~9日目)に実施

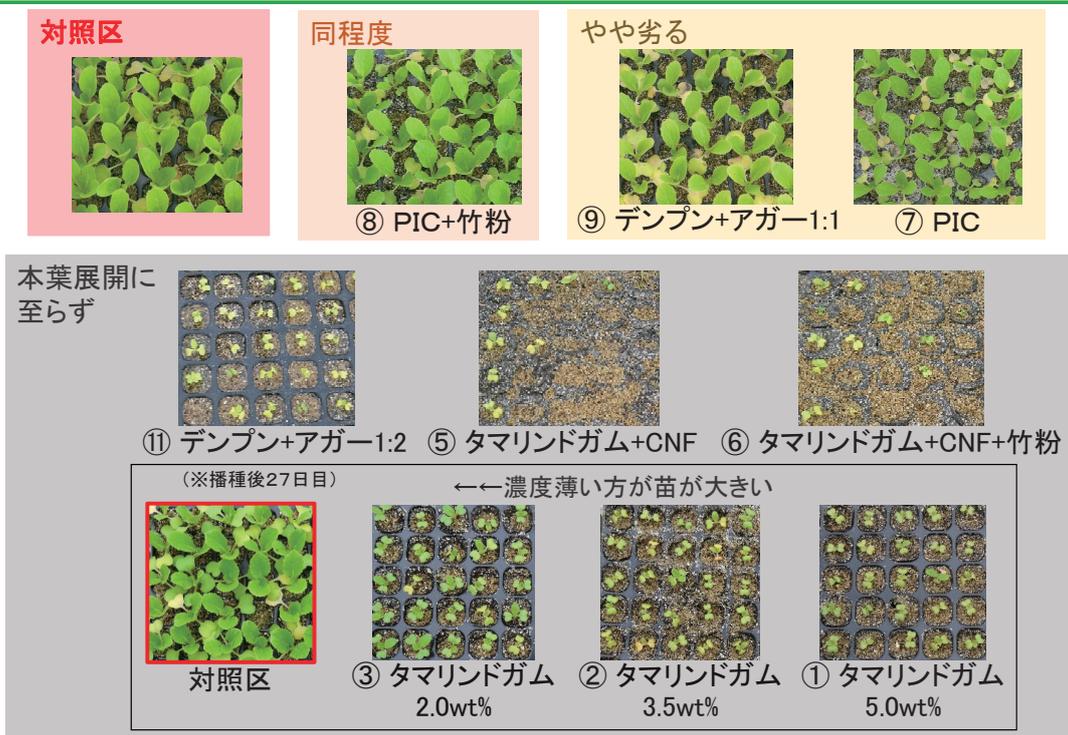


成功例



失敗例

生育の状況(播種後23日)



結果

バインダーの種類	引拔きの可否	生育
① タマリンドガム 5.0wt%	×	×
② タマリンドガム 3.5wt%	×	×
③ タマリンドガム 2.0wt%	○	×
④ タマリンドガム 5.0wt% + 竹粉 1.6wt%	×	×
⑤ タマリンドガム 5.0wt% + CNF 1.0wt%	×	×
⑥ タマリンドガム 5.0wt% + 竹粉 1.6wt% + CNF 1.0wt%	×	×
⑦ PIC 0.7wt%	○	○
⑧ PIC 0.7wt% + 竹粉 1.6wt%	○	○
⑨ デンプン 2.0% + アガー 2.5% 1:1	○	○
⑩ デンプン 2.0% + アガー 2.5% 1:1.5	×	×
⑪ デンプン 2.0% + アガー 2.5% 1:2	×	×
対照区(バインダーなし)	×	○

・タマリンドガムはバインダーの作製工程が最も簡単
 ・濃度をより低くすることで生育が改善する可能性

※ CNF:セルロースナノファイバー(竹由来)
 デンプン+アガーの比は培土量:水溶液量

生育の改善を目的とした変更点



- ◆ 培地量 *詰め込みすぎだった?*
 …慣行の培土量と同程度

培土+バインダー
 (トレイ1枚あたり)
 約2500g
 →約1800g

- ◆ 培土 *一部で肥料切れの様相*
 …与作N-15よりも窒素含量が多い、与作N-25を使用

- バインダー
 …引抜きが可能であったものを基に、以下を使用
 - タマリンドガム 1.0wt% + 竹粉 3.2wt%
 - PIC 0.7wt%
 - PIC 0.7wt% + 竹粉 3.2wt%
 - デンプン(2.0%)+アガー(2.5%) 1:1

生育の改善(地上部重)



トレイ1枚あたり培地量 ¹⁾ 培土	2500g 与作N-15	1800g 与作N-15	1800g 与作N-25
タマリンドガム ²⁾	0.05g	0.17g	0.20g
PIC 0.7wt%	0.19g	0.18g	0.28g
PIC 0.7wt%+竹粉	0.34g	0.25g	0.22g
対照区 ³⁾	0.35g	0.37g	0.23g
育苗期間 品種	2016.9.6~29 ²⁾ 信州大福	2017.6.8~25 黄愛65	2017.8.21~9.4 黄愛65

試験場所: 長野県野菜花き試験場(長野県塩尻市)

1) 培地量は培土+バインダー(対照区の場合は培土+水)の合計量

2) タマリンドガムは、培地量2500gのとき2.0wt%、育苗期間2016.10.5~31。
1800gのとき1.0wt%+竹粉

3) 対照区はすべて培地量1800g、培土は「与作N-15」

対照区と同等

デンプン+アガー、竹粉

◆ デンプン+アガー

- …取扱性に難あり
(温まった状態の溶液でないと培土に浸透しない)

➡ バインダーとして採用不可

◆ 竹粉

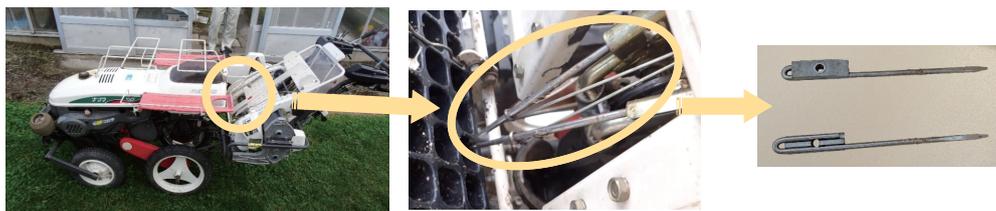
- 培地量が多い場合に、生育が良くない
- …空隙が少なく、根の生長が妨げられている？
- 竹粉を添加することで、空隙をつくれなにか
- …慣行の培土量と同程度としたことで生育改善
空隙が改善され、生長に特に影響はなかったものと考えられる
(竹粉は窒素飢餓の原因になる)

➡ 不要

引抜き試験

供試機

ヤンマー ACP-1M(長野県野菜花き試験場で使用されているもの)



● 育苗目標:慣行

(PIC 0.7wt%の例)



…対照区と同程度に引抜けた

(引抜き成功率※ 97.7%)

※引抜き成功率=

$$\frac{\text{転倒せずに植付部まで至った苗の数}}{\text{引抜いた苗の数}} \times 100(\%)$$

引抜き試験

- 育苗目標: 根鉢形成前
(PIC 0.7wt%の例)

…引抜き爪が苗を把持できず失敗する
場合があった

引抜き成功率 56.1%
対照区 91.0%



固化状態の
改善が必要
引抜き爪の形状も
影響?

★ 培地の固まり方を強くすれば、引抜き爪が把持しやすくなるのでは

✓ バインダー溶液の濃度を高くすれば、固化状態が改善される?

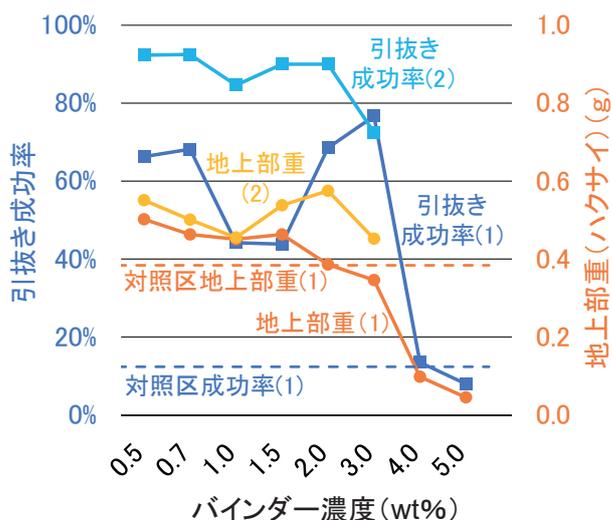
タマリンドガム 1.0~2.0wt%
PIC 0.5~5.0wt%

➡ 育苗、引抜きを実施

試験場所: 長野県野菜花き試験場(長野県塩尻市)

固化状態の改善

PIC 結果の一例



- 2.0wt%を超えると生育に影響あり
- 比較的良好な引抜き成功率が期待できるのは2.0wt%

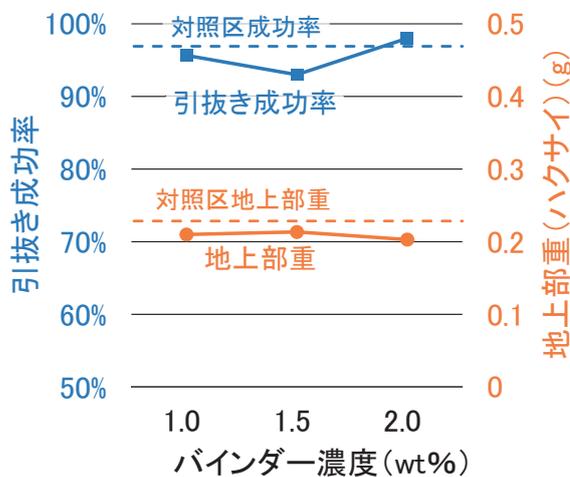


生育・引抜きの各面から、
2.0wt%程度が良好

培土: 「与作N-25」(対照区は「与作N-15」)
(1): 育苗期間1回目2018.4.16~5.2
(2): 育苗期間2回目2018.5.7~24

固化状態の改善

タマリンドガム 結果の一例



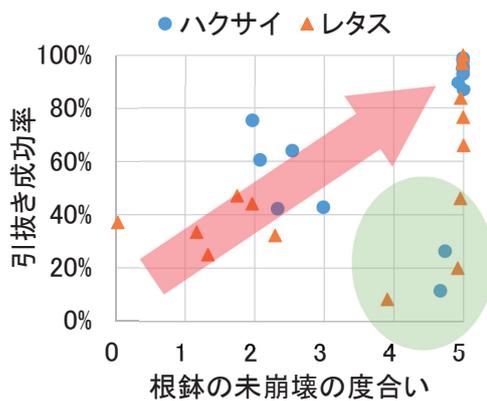
- 2.0wt%を超えると粘り気が強く混練作業等に影響あり
- 1.0wt%と1.5wt%では、地上部重は同等で、引抜き成功率は1.0wt%がやや高い



生育・引抜き・取扱いの
各面から、
1.0～1.5wt%の間が良好

培土: 与作N-25(対照区も同じ)
育苗期間: 2018.10.30~11.28

培地の固化の程度と引抜き成功率



育苗期間: 2018.8.13・20・24~9.4、10.30~11.28
バインダー: PIC 2.0wt%、TG 1.0・1.5・2.0wt%、
バインダーなし(培土「与作N-15」「与作N-25」)
引抜き爪の形状: 供試機の標準

培地の固化の程度…地上15cmから落下させた後の根鉢部分の未崩壊の度合いで評価

0: 10%以下	3: 50~70%
1: 10~30%	4: 70~90%
2: 30~50%	5: 90~100%



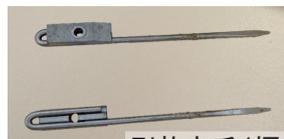
培地が崩れにくくても、
引抜き成功率が低い
場合がある(要説明)

培地が崩れにくいほど、
引抜き成功率も高い
部分もある



引抜き成功率には、
培地の固化の程度が
一部影響する

引抜き爪の形状、挙動



引抜き爪(標準)



引抜き爪(オプション)

類似

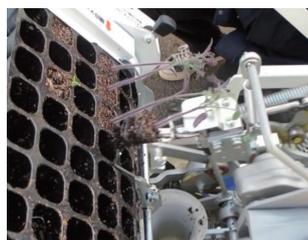


フォーク
試験場での生育調査で
使われる
(根鉢部分をすくい取れる)



オプションの爪の場合、
バインダー濃度が高いと
爪に培地が付着しやすい
ことがあるが、
引抜き成功率のばらつき
が小さかった

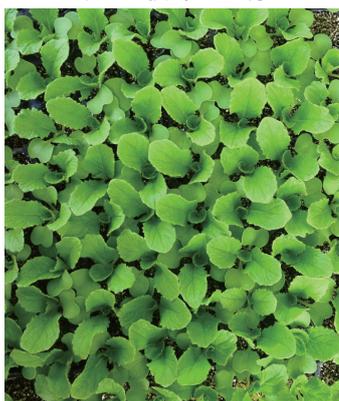
供試機以外の移植機



引抜きの方法は同じだが、
爪の形状や軌跡、速度も影響する可能性あり

生育の均一性(参考)

育苗期間 2018.5.7~5.24
(春の栽培適期)



育苗期間 2018.8.24~9.4
(秋の栽培適期)



バインダーはいずれも PIC 2.0wt%

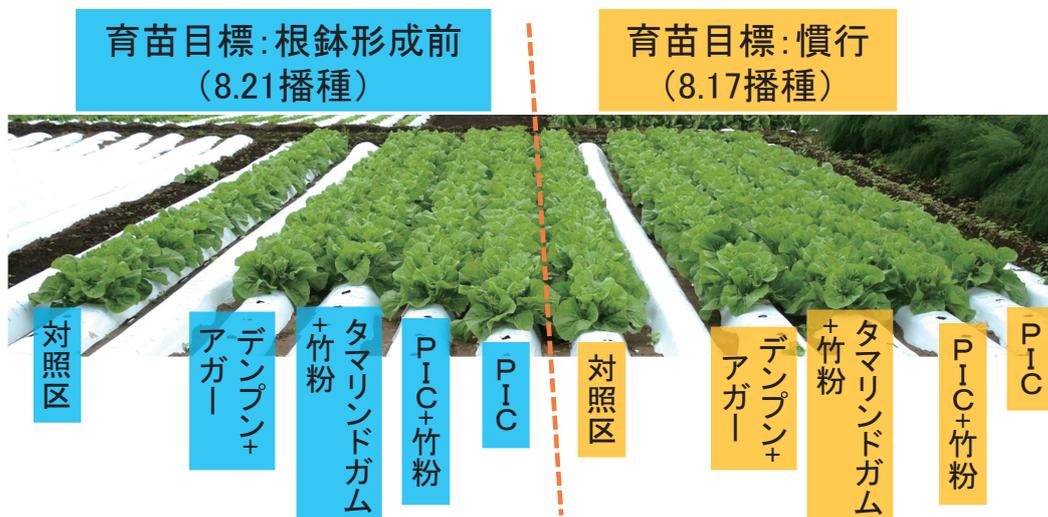


対照区

猛暑や、そのために灌水量を通常より増やしたことが
影響した可能性あり
(補助的に手灌水をした区で、生育がばらついたこともあった)

ほ場での生育(参考)

2017.9.5定植、10.2撮影



バインダーを添加したことで、定植後の生育が阻害あるいは促進された様子は特段見られなかった

レタスの場合(参考)

- 同じ条件で栽培したときの引抜き成功率の例



ハクサイ 90.0%



レタス 26.0%

外見の根巻きの程度は同等。
育苗期間 2018.5.7~5.24、バインダー PIC 2.0wt%

一見状態の良い苗でも、引抜き成功率が低い場合あり

- ◆ バインダーとして使用できる可能性のある、
バイオマス由来高分子の種類や濃度等の条件を
明らかにした
 - 育苗培土 与作N-25使用時、
タマリンドガムの場合 1.0~1.5wt%
PICの場合 2.0wt%程度

- ◆ 実用化する場合に必要な、改善点や解明すべき
事柄を抽出した
 - 引抜き成功率を上げる、固化の程度以外の要因
 - 引抜き爪の形状や挙動
 - 高温、水分過多等、生育に影響を与える要因
 - 他作目への適応

2019. 3. 14 平成30年度革新工学センター研究報告会

花蕾採取機の開発

研究期間：2016～2018年度

協力分担：埼玉県農業技術研究センター

群馬県農業技術センター

新潟県農業総合研究所園芸研究センター

静岡県農林技術研究所

国立大学法人鳥取大学

株式会社ミツワ

本研究について

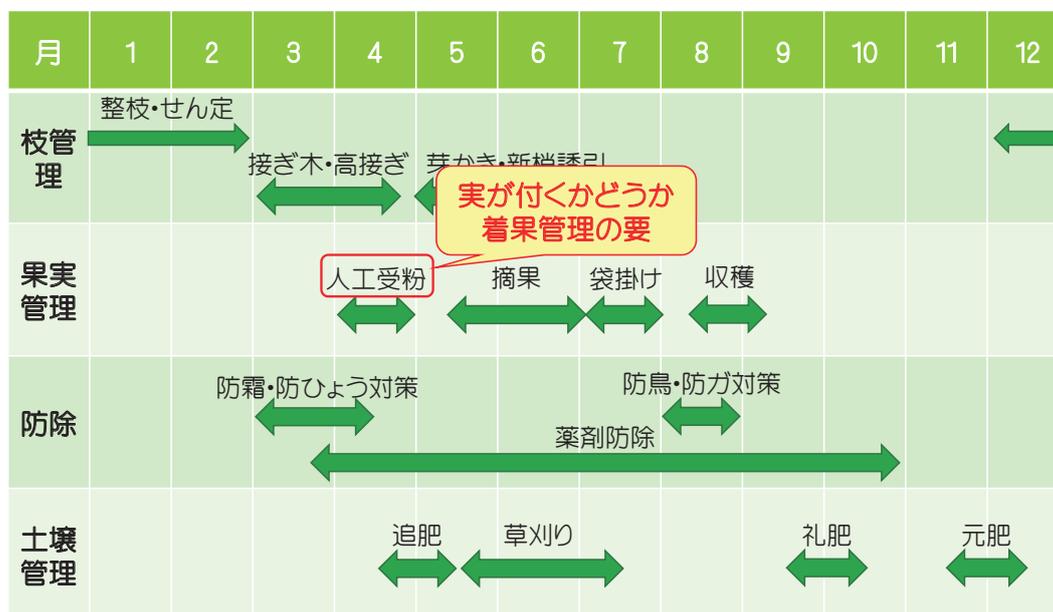
2016～2017年度
農林水産省
農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業

2018年度
農研機構生研支援センター
イノベーション創出強化研究推進事業

「国産果実安定生産のための
花粉自給率向上に繋がる
省力・低コスト花粉採取技術の開発」

- (1) 花粉採取コスト削減のための効率的栽培法の確立
- (2) 花粉採取、受粉に係る機械の開発
- (3) 花粉コスト削減のための使用花粉量削減技術の確立

果樹の栽培(ナシの場合)



農文協「新版果樹栽培の基礎」より

背景

受粉作業が必要な樹種
スモモ、ナシ、キウイフルーツ等

花粉 ⇒ 自家調達花粉
輸入花粉

自家調達の課題点

慣行手作業は低能率 ⇒ 作業短期間、人海戦術

輸入花粉の課題点

価格の変動、病害侵入の懸念



国内花粉の自給率向上
国産果実の安定生産

慣行の花粉採取作業



葯

風船状に膨らんだ蕾から開花直後の花を選択して採花



採花



葯採取



葯ふるい

採花作業は
機械化され
ていない
研究対象



花粉

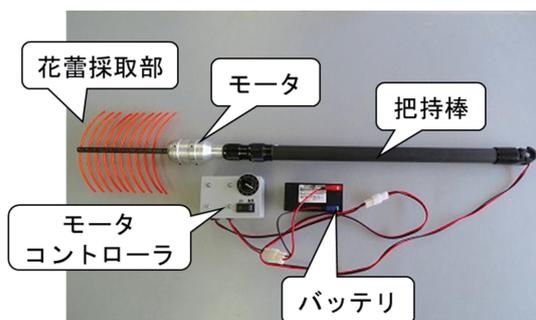


花粉精選



開葯

開発機の概要



手持ち式花蕾採取機

		短柄タイプ	長柄タイプ
全長	mm	835~1580	1645~2255
質量 (バッテ リ除く)	kg	0.9	1.3
モータ 回転速度	rpm	0~2700	



採花



回収

対象樹種：スモモ、ナシ、キウイフルーツ

採花方法:手持ち式花蕾採取機、手作業一斉採花、慣行選択採花

測定項目

花粉品質：純花粉量、発芽率

作業時間：採花作業時間、採葯作業時間

花粉品質と作業能率を評価

スモモの特徴



花へい

・開花期間:3～5日程度

・花が咲いた後、葉が出てくる

・花へいが短い



手持ち式で採花すると花は落ちるが、蕾が枝に残りやすい



開花期間中に複数回採花すれば花粉が多くとれるのでは

採花試験：スモモ

手持ち式：スモモは、蕾は枝に残る傾向 ⇒ 採花回数^①の検討



花へい

採花方法	採花回数	開花状況
手持ち式 花蕾採取機	1回	5～7分咲
	2回	3分咲 5～7分咲
手作業 一斉採花	1回	5～7分咲
	2回	3分咲き 5～7分咲
慣行 選択採花	3回	-

採花試験結果：スモモ

採花方法	開花状況	生花1kgあたり		花芽着生側枝100mあたり	
		有効純花粉量※ (g)	採花方法ごとの 平均	採花生花量 (kg)	有効純花粉量※ (g)
手持ち式 1回採花	5～7分咲	1.9	1.9	1.7	3.1
手持ち式 2回採花	3分咲	2.3	1.8	3.0	5.8
	5～7分咲	1.2			
一斉採花 1回採花	5～7分咲	1.3	1.3	1.7	2.2
一斉採花 2回採花	3分咲	1.7	1.5	1.8	2.7
	5～7分咲	1.4			
慣行	-	2.7	2.7	2.3	6.2

※：有効純花粉量＝採取できる純花粉量（g）× 発芽率（%）

- ・手持ち式は採花回数の違いによる有効純花粉量の差は小さい
- ・手持ち式は2回採花で慣行と同等の有効純花粉量

採花試験結果：スモモ

採花方法	作業時間※（人・h）		
	採花作業時間	採薬作業時間	合計
手持ち式 1回採花	3.9	4.6	8.5
手持ち式 2回採花	4.1	3.9	8.0
一斉採花 1回採花	18.3	6.9	29.7
一斉採花 2回採花	22.9	5.7	28.2
慣行	32.4	3.1	35.5

※：有効純花粉量20gを採取するための作業時間

- 慣行より作業時間約 **7割削減**
- 2回採花を行うことで受粉樹あたりの花粉を有効に採取

ナシの特徴



•開花期間:3~5日程度

•花が咲いた後、葉が出てくる

•花へいが長い



手持ち式で採花すると蕾も花も
一斉に落ちる



開花期間中の**いつ**採花するのが
効率的なのか

採花試験：ナシ

手持ち式：ナシは、一斉に落ちる ⇒ 採花時期の検討



採花方法	開花状況
手持ち式 花蕾採取機	3、5、7分咲
手作業 一斉採花	
慣行 選択採花	

採花試験結果：ナシ

採花方法	開花状況	生花1kgあたり 有効純花粉量※1 (g)	作業時間※2 (人・h)		
			採花作業時間	採薬作業時間	合計
手持ち式	3分咲	2.9	0.9	0.8	1.7
	5分咲	3.0	0.8	0.7	1.5
	7分咲	2.7	0.8	0.8	1.6
一斉採花	3分咲	2.0	6.9	1.1	8.0
	5分咲	-	-	-	-
	7分咲	2.3	4.1	1.0	5.1
慣行	3分咲	3.9	7.6	0.6	8.2
	5分咲	3.5	8.5	0.6	9.1
	7分咲	2.8	9.4	0.8	10.2

※1：有効純花粉量＝採取できる純花粉量 (g) × 発芽率 (%)

※2：有効純花粉量20gを採取するための作業時間

- ・開花時期による花粉品質の差は小さい
- ・慣行より作業時間約 **8割削減**

キウイフルーツの特徴



・開花期間:1週間程度
(先に中心花が開花、その後に側花が開花)

・花と葉が混在



・手持ち式の採花時期が難しい

・葉が手持ち式の作業を阻害



キウイフルーツ向けの**新たな機械**
開発が必要

キウイフルーツ専用機

ハサミ熊手式花蕾採取機

- ・開花期間の長いキウイフルーツにおいて、爪の開閉幅を調節して**適期の花蕾のみ**採花
- ・小型で葉の影響を受けにくい



全長：90mm、全幅：78mm（閉時）

+



収集器

採花試験：キウイフルーツ



採花方法	開花状況
手持ち式 花蕾採取機	中心花3~7分咲 側花未開花
ハサミ熊手式 花蕾採取機	
手作業 一斉採花	
慣行 選択採花	

採花試験結果：キウイフルーツ

採花方法	開花状況	生花1kgあたり 有効純花粉量 ※1 (g)	作業時間※2 (人・h)		
			採花作業時間	採薬作業時間	合計
手持ち式	中心花3 ~5分咲 側花未開 花	0.8	6.5	2.5	9.0
ハサミ 熊手式		1.1	8.5	1.8	10.3
一斉採花		0.3	4.6	2.6	7.1
慣行		2.3	5.0	0.9	5.9

※1：有効純花粉量＝採取できる純花粉量（g） × 発芽率（％）

※2：有効純花粉量20gを採取するための作業時間

手持ち式、ハサミ熊手式ともに省力効果認められず

まとめ

- 果樹栽培における花粉採取のための花蕾採取機を開発した
- 手持ち式花蕾採取機は、**スモモ**において**7割程度**、**ナシ**において**8割程度**の**作業時間削減効果**を確認

今後の展開

- 手持ち式花蕾採取機の実用化に向けた検討
- 花粉採取作業以外への適応性拡大の検討

9 産業と技術革新の
基盤をつくろう



ゴマ等微細子実の機械収穫・乾燥・調製技術に関するニーズ調査

農業・食品産業技術研究総合研究機構
農業技術革新工学研究センター
戦略統括監付戦略推進室
清水一史、杉山隆夫



目的

ゴマをはじめ、エゴマ、ナタネ、ヒエ、アワ、キビ等の微細子実の産地において同子実の収穫・乾燥調製技術の開発に関するニーズ調査を行い、課題化を検討する。

作物	草丈(cm)	千粒重(g)
ゴマ	80~140	2.3~3
エゴマ	130~150	3
ナタネ	100~150	3.4~4.5
アワ	100~180	1.8~2.9
ヒエ	100~200	2.8~3.9
キビ	200~220	4.1~6
タカキビ	160~250	11~59
アマランサス	150~250	0.3~0.7
コメ(参考)	80~120	20~25



調査作物と調査地

作物	調査地
ゴマ	鹿児島県(喜界町、南さつま市)
エゴマ	福島県(会津美里町、金山町、田村市) 岐阜県(飛騨市、下呂市)、富山県(富山市)
ナタネ	北海道(滝川市)、青森県(横浜町)
雑穀類(アワ、ヒエ、キビ、 タカキビ、アマランサス)	岩手県(軽米町)

調査方法:聞き取り(生産者、生産組合、JA、農業試験場など)

調査内容

- ①栽培の現状
- ②栽培体系及び問題点(特に収穫・乾燥調製)
- ③収穫・乾燥調製機械開発の要望 など



微細子実の作付け面積

作物名	作付面積(ha)	作物名	作付面積(ha)
ゴマ(2007年度)	215.8	ヒエ(2016年度)	56.6
エゴマ(2016年度)	150.3	キビ(2016年度)	78.8
ナタネ(2018年度)	1930	タカキビ(2016年度)	7.6
アワ(2016年度)	61.4	アマランサス(2016年度)	19.8
コメ(2017年度)	1466000		

収穫・乾燥調製体系

作物名	収穫 注1)	乾燥 注2)	調製 注3)
ゴマ	①又は②	①又は②	①+②
エゴマ	④	①又は③又は④	②+③+④
ナタネ	⑤又は⑥	④	②+③
アワ	④	③	②+③
ヒエ	③又は④	③	②+③
キビ	④	③	②+③
タカキビ	④	③	②+③
アマランサス	④	③	②+③

注1) 収穫方法: ①手刈り、②バインダ、③自脱コンバイン、④大豆用コンバイン
⑤汎用コンバイン、⑥外国製普通コンバイン

注2) 乾燥方法: ①天日乾燥(圃場、道路)、②天日乾燥(ハウス内、軒先)
③平型乾燥機、④循環型乾燥機

注3) 調整方法: ①脱穀(棒打、人力)、②唐み、③揺動選別機、ベルト選別機
④その他



ゴマの収穫・乾燥調製作業



バインダによる刈取り



ハウスでの天日乾燥



唐み(複数回)



ゴマ収穫用に改造したバインダ

- ・長稈作物の搬送を補助するガイド
- ・安定した高刈りを行うための補助輪
- ・結束・放出を補助するプレート



脱穀



ゴマの収穫における問題点



バインダによる刈取り

- ①長稈(0.8~1.4m)、倒伏、分枝の絡みのため刈取り作業が順調でないこと。

ゴマの収穫機械開発の要望

- ①安価(100万円以内)で、長稈、倒伏、絡みに適応した集積型刈取機開発。
- ②価格や損失面から、コンバイン化の要望も少なかった。但し、100万円以内のコンバインが出れば導入したい。



エゴマの収穫・乾燥調製作業



大豆用コンバイン



平型乾燥機(寒冷沙で漏下防止)



水洗機(左:手製、左:韓国製)



精選機



搾油機



エゴマの収穫における問題点



大豆用コンバイン

- ①収穫適期が短い(3日~7日) → 栽培面積拡大のネック
 - ・適期過ぎると頭部損失が急増
 - ・移植時期を変えても収穫時期は同じ
 - ・コンバイン1台で3~4haが限界
- ②エゴマ特有の臭いの付着 → コンバインの専用化
- ③絡みによるヘッダ部への詰まり → 損失の増加、能率の低下

エゴマの収穫機械開発の要望

- ①コンバインの損失低減
- ②絡み分離機構の開発



エゴマの乾燥調製における問題点



平型乾燥機(寒冷沙で漏下防止)

- ①乾燥ムラの発生、乾燥能力が低い → 品質低下、搾油が困難、コンバイン収穫の停止
- ②乾燥時の損傷(循環型乾燥機) → 品質低下、貯蔵性低下
- ③精選機の能率が低い → 作業期間の長期化



精選機

エゴマの乾燥調製機械開発の要望

- ①乾燥ムラの低減と高能率化
- ②精選別機的能力向上



ナタネの収穫・乾燥調製作業



汎用コンバイン



外国製普通コンバイン



循環型乾燥機



粗選機



精選機



ナタネの収穫における問題点



汎用コンバイン



外国製普通コンバイン

- ①絡みによる頭部損失の増加 → 収量低下の一因

ナタネの収穫機械開発の要望

- ①コンバインヘッダ部における絡み分離機構の開発



雑穀類の収穫・乾燥調製作業における問題点



大豆用コンバイン



平型乾燥機(寒冷沙で漏下防止)



色選機

- ①2mを超える長稈、倒伏や稈折れが多い。
→ 頭部損失やヘッダ部での詰まりが多い。
→ 作業能率低下、収量低下
- ②雑穀は、種類が多く、それぞれの作型、子実や穂の大きさ、特性等が異なる。
- ③アマランサスは特に微細粒のため、乾燥機のスノコ面から漏下しやすい。
- ④調製作業時に異物混入のおそれあり。



雑穀類の収穫・乾燥調製機械開発の要望



大豆用コンバイン



平型乾燥機(寒冷沙で漏下防止)



色選機

【収穫作業】

- ①絡み分離機構を装着したコンバインヘッダの開発

【乾化作業】

- ①微細子実に適応した高能率な乾燥機の開発

【調整作業】

- ①異物混入を防ぐ対策(例えば、機器の一体化、搬送経路の削減)



まとめ

- ①長稈や倒伏作物の対する適応性が高く、絡み分離機構を装着したヘッダの開発
- ②微細子実に適応した高能率な乾燥機や精選別機の開発

課題化に当たっての留意点

- ①現行技術の問題点について、具体的かつ詳細なデータの収集が不十分なため、調査を行う必要がある。

豚舎洗浄ロボットの開発

研究期間：2016～2018年度

共同研究機関：(株)中嶋製作所、スキューズ(株)、トピー工業(株)、
香川大学、国立高等専門学校機構、(株)NTTドコモ、
(株)インターリスク総研、動物衛生部門、
千葉県畜産総合研究センター、(一社)日本養豚協会、
(有)ブライトピック千葉

報告内容

1. 研究背景
2. 目的・開発目標
3. 開発機の特徴
4. 開発機による洗浄試験結果
5. まとめと今後の展望

背景 洗淨作業の重要性

大規模化の進捗に伴い、家畜伝染病のリスクが増大

- 離乳後の事故率が出生幼豚の約1割を占める
- 豚流行性下痢(PED)による死亡頭数(H26)

千葉 約43,000頭(2位)

➡ 関東地方全体で全国の36%



ブランドの信頼性の失墜に直結



- 洗淨・消毒の徹底
- 人・物の出入り管理

平成26～29年度千葉県農林水産業振興計画より

背景 豚舎の洗淨作業は

- 排泄物が飛散する過酷な作業環境
- 農場の全労働時間の3割以上を占める重労働
- 一度の洗淨・消毒に4日を要する



若い従業員の離職が相次ぐ



労働力の確保と育成が困難



現在の機械化状況は

外国製洗浄ロボットが一部の大規模農家に導入

- 約8割を洗浄ロボットが作業
- 作業者は、残りの仕上げ作業のみ

➡ 洗浄作業の徹底化に寄与

しかし・・・

- 1000万円以上と高価
- 広い通路が必要
- 直進走行のみ、旋回は手動で操作
- ティーチングが難しい
- こみ入った箇所の洗浄は困難、等

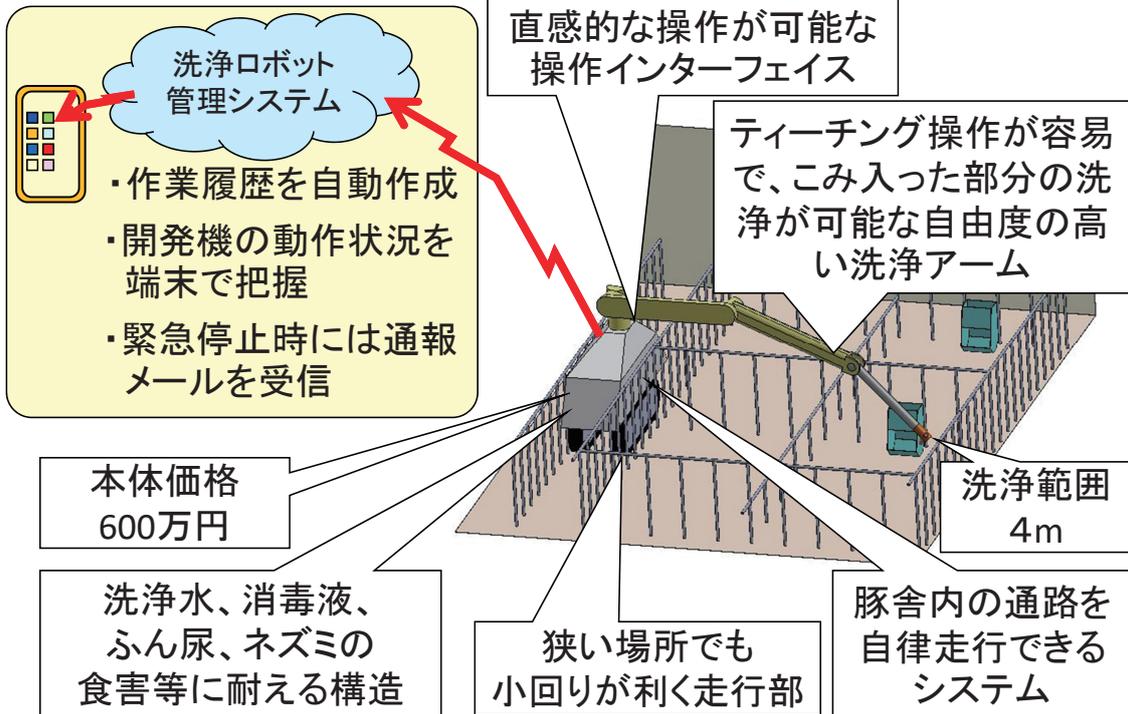


目的・開発目標

中規模農家に適した、
取扱性・操作性に優れていて低コストな
豚舎洗浄ロボットを開発する

- 本体価格は600万円以下
- 小型（機体幅650mm以下）
- 旋回性に優れ、操舵による旋回が可能
- ティーチング操作が容易

開発機のイメージ



使用環境について

肥育豚舎



広くてシンプル

分娩・育成豚舎



狭小、付帯設備多



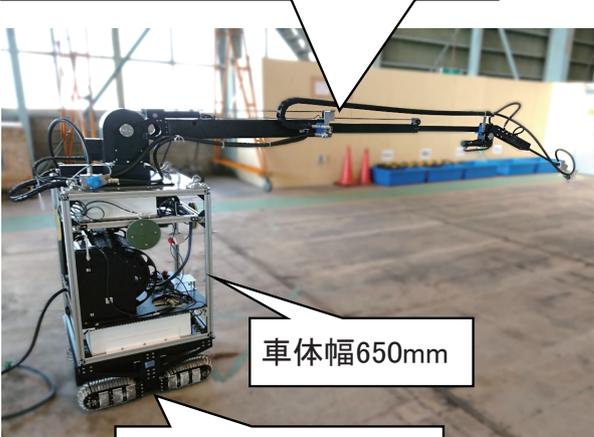
一つのアームで対応するのは困難

開発機(3タイプ)の特徴

<p>高機能型 肥育豚舎用 試作機</p>  <ul style="list-style-type: none"> 自律走行機能 洗浄ロボット管理システム 	<p>分娩豚舎用 試作機</p>  <ul style="list-style-type: none"> 6自由度のアーム ダイレクトティーチング 外力停止機能 	<p>低価格重視型 肥育豚舎用 試作機</p>  <ul style="list-style-type: none"> 洗浄速度可変 豚舎間移動の簡便化
--	--	---

開発機の特徴 高機能型肥育豚舎用試作機

- ・アーム長3.4m (4m範囲を洗浄)
- ・伸縮機能



車体幅650mm

全方向移動クローラ

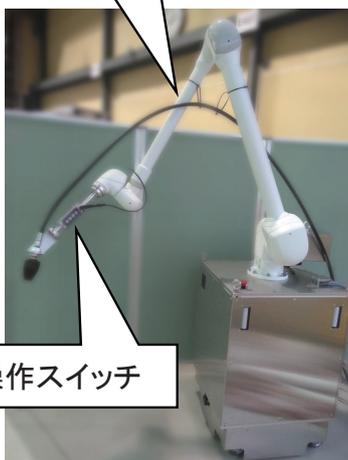
特徴

- ・タブレット入力によるロボット操作
- ・洗浄ロボット管理システム
- ・自律走行システムによる移動などの機能を搭載




開発機の特徴 分娩豚舎用試作機

- ・アーム長2.5m
- ・6軸



・操作スイッチ

- 特徴
- ・複雑な動きが可能
 - ・ダイレクトティーチング機能
 - ・外力停止機能



開発機による現地試験

1. 試験地: 千葉県畜産総合研究センター
ブライトピック千葉
2. 洗浄対象: 肥育豚房、分娩豚房(床面、壁面)
3. 試験区: ・ロボット洗浄区(試作機で洗浄+仕上げを人手で洗浄)
・対照区(人手で全洗浄作業を行う)
4. 試作機洗浄方法: 各試作機ティーチング & 再生による自動洗浄
5. 測定項目: ・細菌数(100cm²、床5点+壁3点)
・作業時間



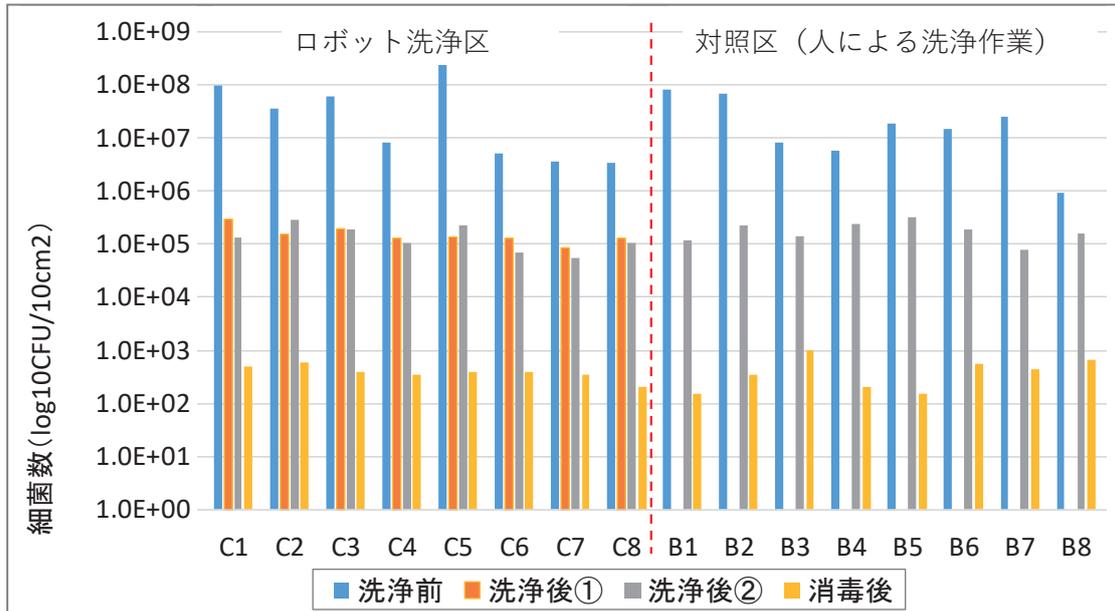


千葉県畜産総合研究センター 肥育豚舎での洗浄試験



ダイレクトティーチングと、動作の再生による洗浄作業

現地試験結果 洗浄効果(高性能型・肥育豚舎)



- ・ロボット洗浄と人手洗浄の細菌数は同程度
- ・分娩豚舎でも同様の結果

現地試験結果 作業時間

	高性能型 肥育豚舎用 試作機	分娩豚舎用 試作機
対照区 (人による洗浄作業) の作業時間	54分21秒	8分41秒
ロボット洗浄区で 人が仕上げ作業に 要した時間	17分25秒	2分57秒
削減割合	68%	66%

人手による作業時間を、6～7割削減できる見込み

導入価格の判断材料 → 導入により節約できる労賃金額

洗浄作業の年間労賃換算額別
農家割合(千葉県農家アンケート結果)

年間労賃換算額	農家割合
0 ~ 80万円	46 %
80 ~ 100万円	15 %
100 ~ 120万円	4 %
120万円 ~	35 %

導入価格600万円、耐用年数5年の場合、
年間労賃換算額が120万円以上の農家に導入が可能

→ 35%の農家が該当

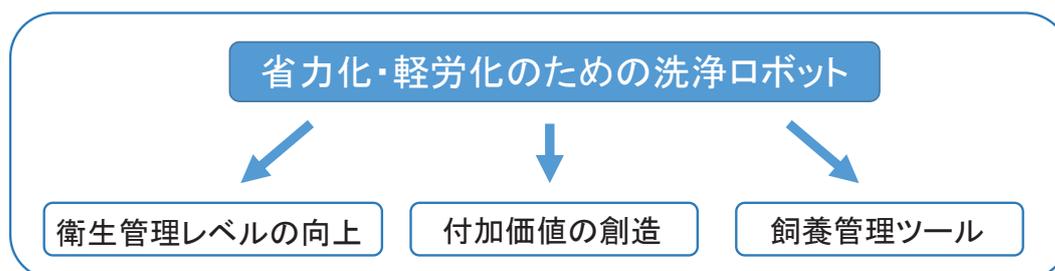
同様に、導入価格500万円ならば $35 + 4 = 39\%$ が導入可能

低価格化と耐用年数の増加が導入の鍵

まとめ

- ・ 高機能型肥育豚舎用試作機、分娩豚舎用試作機は各豚舎内で洗浄作業を行うことが可能だった
- ・ 人による作業時間を6割以上削減、人と同等の洗浄効果が確認できた
- ・ 実用化に向けては全体的な低コスト化、耐環境性や耐久性の確保が必要
- ・ 低価格な肥育豚舎用の洗浄ロボットを実用化し、他技術は市場ニーズに基づき上位機種への搭載等を図る

低価格重視型肥育豚舎用試作機の洗浄試験と改良を行い、2020年度以降の市販化を目指す



本研究は生研支援センターの
「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」
の支援を受けて実施しました

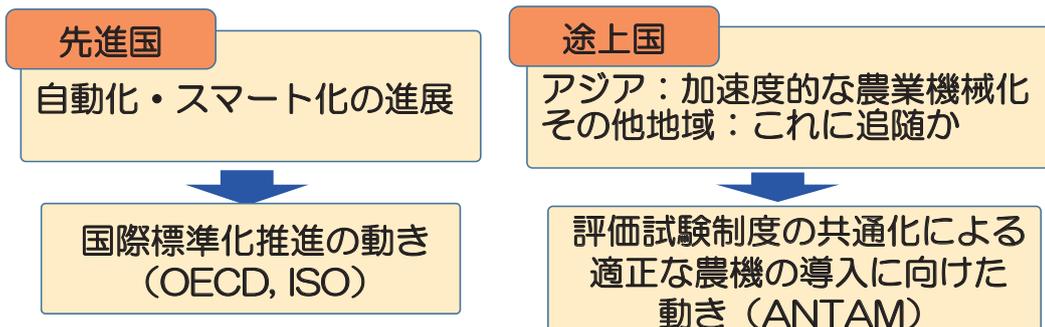
OECD、ANTAM等の情勢報告

藤盛 隆志

(国研) 農研機構 農業技術革新工学研究センター
戦略統括監付 国際連携管理役

◎革新工学センターにおける国際対応

農業機械化をめぐる国際情勢



→このような情勢を踏まえ、革新工学センターでは、

OECDトラクターコード
では、議長団国として
各国の議論を取りまとめ

ISOBUSや、ロボット
農機のISO安全規格作成
工程等へ積極的に参画

ANTAMテストコードの
策定では、長年の検査
鑑定経験を活かし、
議論をリード

関係各国との協力の取組
(ブータン、ミャンマー、韓国、フィリピン、etc.)

などの国際連携に
取り組んでいます。

OECDトラクターテストコード(1)



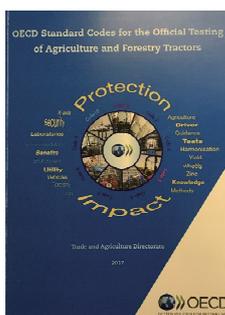
◎ 乗用型トラクターやそのROPSを対象に、参加国の実施機関が共通のテストコードを運用していく仕組み。

日本は、1966(昭和41)年から参加。近隣国では、韓国・中国が参加。

「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

2017年10月には、革新工学センター(大宮)において「OECDテストエンジニア会議」が開催され、15か国42名のテストを担当する技術者が一堂に会し、テストコードの技術的検討・実機の測定デモンストレーション等が行われた。

OECDトラクターテストコード(2)



テストエンジニア会議
(2017/10/24-27)の
模様



◎ テストコードの最高決定機関である、2019年年次会合が、2月26-27日、パリのOECD本部において開催された。主な議題はトラクターでは「燃料消費の計測方法」、ROPSでは、「許容誤差」、「有限要素法(FEA)の活用」等。

◎日本(革新工学センター)は、2017年からビューローメンバー(議長団)として、年次会合等の取りまとめに参画。今回年次会合では、議長として議事の調整・リード役を果たした。また、ロボトラの安全性検査に関するプレゼンを実施した。

◎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。

◎近年のアジア各国の農業機械化の急速な進展の中、UN-ESCAP(国連アジア太平洋経済社会委員会)は、傘下のCSAM(Centre for Sustainable Agricultural Mechanization; 持続可能な農業機械化センター)の実施するプロジェクトに、ANTAM(Asian and Pacific Network for Testing of Agricultural Machinery; アジア太平洋地域農業機械試験ネットワーク)の創設を位置づけた。

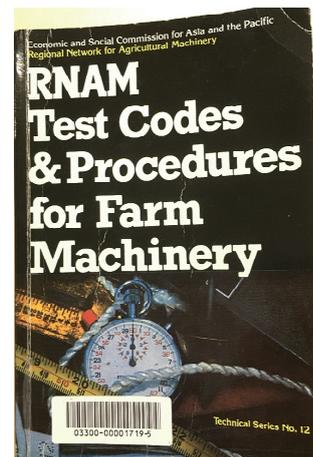
◎ANTAMは、地域共通の評価試験方法(テストコード)を策定し、地域において生産・流通・利用される農業機械の品質安定を図るとともに、国際流通の促進に資するものとされている。テストコードは、基本的に、農業機械の品質・性能・安全性・環境への影響に関する項目について、共通かつ相互に理解し得るもの、と規定されている。

ANTAM(2)



◎2013年11月、ANTAMは正式に発足した。2014年から毎年
年次会議を開催し、共通のテストコード策定に向け、
取組を開始した。

1980年代、UN-ESCAPは、**RNAM**
(**R**egional **N**etwork for **A**gricultural
Mechanization)を設立し、東南アジア諸
国の農業機械の開発・検査に係るネッ
トワーク化と共通のテストコード策定に
取り組んだ。この取組は少々時期尚早
であったものの、基本的な考え方は
ANTAMIに通ずるものとして非常に評価
できる。RNAM時代と比較して機械化の
機運が格段に進化した中でのANTAM
の動きに対しては、OECDやFAO等国际
機関も注視している。



RNAMテストコード

ANTAM(3)



ANTAM加盟国(2019.2現在): アルメニア、バングラデシュ、カンボジア、中国、
フランス、香港、インド、インドネシア、日本、マレーシア、ネパール、パキスタ
ン、フィリピン、ロシア、韓国、スリランカ、タイ、トルコ、ベトナムの19か国



ANTAM(4)



このようなANTAMの動きに対して、2016年から我が国は本格的に関与を始めた。

すなわち、これまでANTAMをリードしてきた中国やインドが引き続き主導権を握り続けた場合、

「テストコードは現場での検査経験に乏しい者が机上で策定した、現実と乖離したものとなる確率が高くなること」、

「合格基準が不当に低い(途上国メーカーの機械が容易にパスするレベル)ものとなった場合、日本ブランドの農業機械が不利な状況となる事態となること」

さらには、「公平・公正なテスト実施担保能力の脆弱性」が想定されたためである。

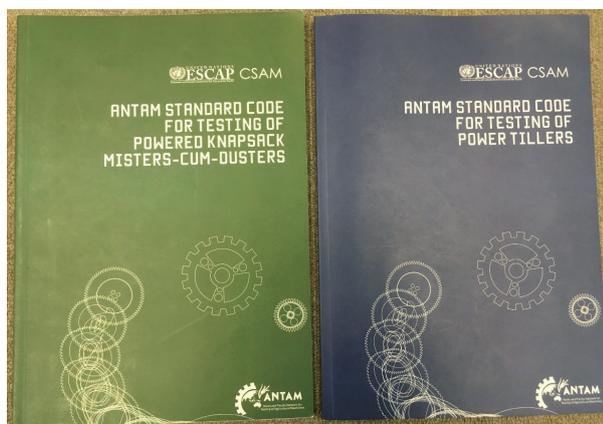
ANTAM(5)



2016年12月にスリランカにおいて開催された第3回ANTAM年次会合に農林水産省と革新工学センターが参加し、ANTAMへ正式加盟するとともに、採択の運びとなっていた歩行型トラクターと背負式動力散布機のテストコード(第1版)について、「技術的に問題多く、採択に値しない。」として、異議を唱えた。(これまでそのような姿勢の国はなく、参加国に大きな衝撃を与えた。)

その後、2017年には田植機のテストコードが発表された。日本(革新工学センター)は、各コードを実行性のある(実際に使える)ものにしていくため、各TWG(作業部会)に参画し、原案に対する議論、型式検査方法基準の提供、実地研修へ講師派遣等多くの取組を行った。

ANTAM(6)



ANTAMテストコード
歩行型トラクター・背負式動力
散布機(第1版)

しかしながら、(実際に検査の現場を知らない)各国メンバーの理解は思うようには進まず、例えば、2017年11月末の年次会合に上程された田植機テストコード第1版(案)は、その内容に防水試験が規定されないなど全く不十分なものとなった。

ANTAM(7)



続く、2018年のテストコード改訂作業には、革新工学センターはこれまで以上に粘り強く取り組み、6月にマレーシアで行われたTWG会合において、当方主張(田植機の防水試験の実施等)が理解され、テストコードに反映されることとなった。

同年11月末インドネシアにおいて開催された第5回ANTAM年次会合において採択されたテストコード(歩行型トラクター(第3版)、背負式動力散布機(第3版)及び田植機(第2版))は、以下サイトにて閲覧可能である。

<http://www.antam-network.net/2016/>

ANTAM(8)



これまでANTAMスキームに対しては、農林水産省の予算措置を活用し、研修の実施やコード改訂能力等ソフト面を支援する協力事業(革新工学センターの職員派遣)を実施してきた。ANTAMの事務局は、これを高く評価しており、今後も、革新工学センターとして可能な限り支援をしていくこととしている。

稲作を中心とするアジア地域の農業の機械化を担っていくのは、田植機・コンバインに代表される、日本ブランドの農業機械であるべきとの声は、どの国に行っても耳にする。

革新工学センターは、ANTAMのスキームを可能な限り活用し、地域の健全な農業機械化の推進に向けて取り組んで参ります。

ANTAM(9)



第5回ANTAM年次会合の様様
(2018.11.28-29; 於 インドネシア・ジョグジャカルタ)

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、原著者の許諾を
得てください。

問い合わせ先：

革新工学センター 企画部 連携推進室

TEL: 048-654-7030

FAX: 048-654-7130

または

info-iam-jouhouka@ml.affrc.go.jp

平成 29 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 平成 30 年 3 月 8 日

