

九州北部2年4作（稲・麦・大豆・麦）大規模水田スマート一貫体系の実証 (有)アグリベースにいやま（佐賀県神埼市）

背景及び取組概要

＜経営概要 68 ha(水稲 40 ha、麦 60 ha、大豆 20 ha)うち実証面積 60 ha＞

- 2年4作(稲・麦・大豆・麦)地域では、水稲と畑作の転換期間が短く規模拡大のネックとなっており、一人あたりの耕作面積を拡大し、かつ収益を確保するため、スマート農業を取り入れた大規模水田一貫体系を実証する。スマート農機は二毛作の夏作・冬作とも周年フル活用し、300筆以上の広域分散圃場を管理するためドローンやIoTセンサー等も利用する。100psクラスの農業機械をすでに稼働している法人へ、同クラスのスマート農機を導入・実証することで有効な比較データを得ることができる。

導入技術

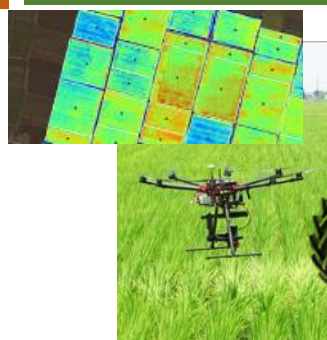
自動運転田植機
農業技術革新工学研究センター（現：農業機械研究部門）試作機

IoTセンサー（N社HPより）

ドローンリモートセンシング（Y社HPより）

自動運転トラクタ
Y社HPより

自動運転（収量）
コンバイン
K社HPより



田植え

環境モニタリング

生育モニタリング・可変追肥

耕うん・土作り

収穫

目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

- 自動運転トラクタ、自動運転田植機、IoTセンサー、ドローンによるリモートセンシング、自動運転(収量)コンバイン、圃場管理システムなどスマート農業一貫体系の技術導入により、能率面で2割の規模拡大効果、収量面で水稲1割、麦1割、大豆2割の増収を達成する。また、経営体の収益が2割向上し、スマート農業一貫体系を最大限に活用した九州北部2年4作水田での経営モデルを提示する。

各研究項目の現在の達成状況

- ① 自動運転田植え機は、田植え人員を4割削減し、約7割の規模拡大効果があり目標を上回り達成
自動運転トラクタは、農繁期の夜間作業で作業時間4割増加、協調(並列)作業で45%短縮し目標達成
自動運転(収量)コンバインは、有人(乗車)のため乗員の負担軽減でき、収量測定機能等で貢献
- ② 水稲収量向上は、可変施肥によりR1-2に同等か3%向上であったが、R3年度に11%向上し目標達成
小麦収量向上は、後期重点追肥により湿害等生育不良圃場で84%向上し目標達成
大豆収量向上は、水稲跡カットドレーン施工圃場で8%、土壌診断対策圃場で4%向上
- ③ IoTセンサーは、負担の大きかった8月朝の水田水位見回り時間を1.5時間/日削減し、2割の規模拡大(40ha→48ha)に対応可能であり目標達成
スマート農業導入で2割の規模拡大が可能で、規模拡大時の収益は3割増加し目標達成(モデル試算)
スマート農業を導入した2年4作一貫体系モデルを提示し、目標を達成

自動運転田植え機による効率化

取組概要

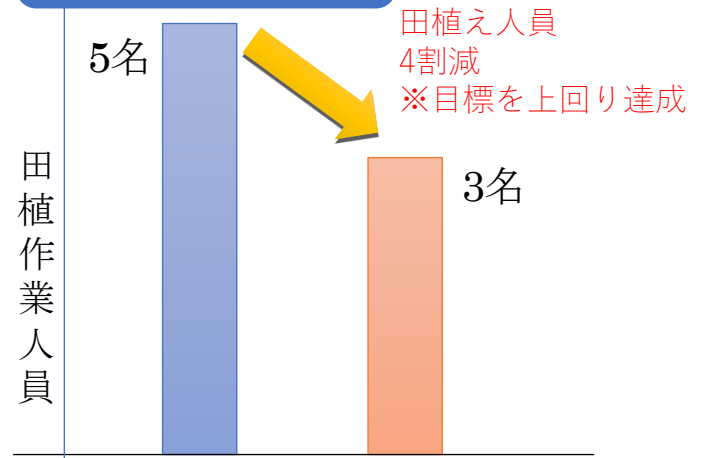
- 自動運転田植え機(農業技術革新工学センター試作機)は、中山間地域の変形圃場の多い40ヘクタールへ導入し、自動運転で田植え作業を実施した。(使用機器) 自動運転田植え機(農研機構 農業技術革新工学研究センター 現:農業機械研究部門試作機 8条型 18.0kW[24.5ps]) 実証面積 40ha

プログラムの年次改良により、ほぼ全ての変形圃場において自動運転が可能となった。

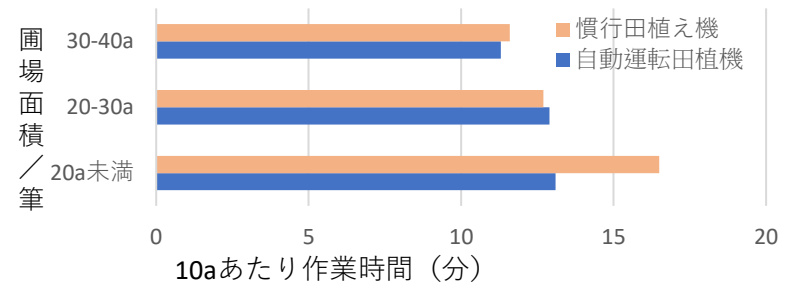


変形圃場での自動運転田植え機作業の様子
防除や収穫も楽になったという農家の感想

実証結果



苗補給を含め慣行5名作業が3名となり、約7割の規模拡大効果が認められた。



☆狭小・変形圃場でも作業時間は増えていない
(自動運転田植え機) ※慣行田植え機は7条型

今後の課題 (と対応)

- 令和4年2月 農研機構(農業機械研究部門)試作機がメーカーより市販化。試作機は農家より最高評価をうけ、細かなフィードバックにも対応済。

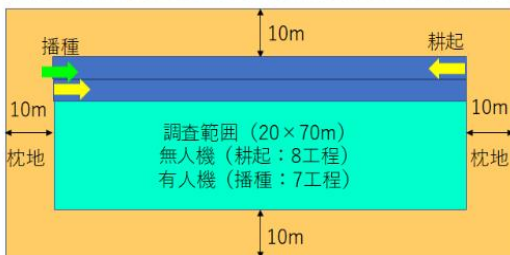
自動運転トラクタによる効率化

取組概要

○ 自動運転トラクタは、九州二毛作体系において、以下を実施

- ・夜間作業(有人自動)
- ・播種前耕うん(無人)+麦播種(有人)の協調作業
- ・水稻乾田直播(無人)と振動ローラ鎮圧(有人)の協調作業

(使用機器) 自動運転トラクタ (Y社 ハーフクローラYT5113A 83kW [113ps])、実証面積 60ha(水稻・麦・大豆、自動直進運転を含む)



○R2年度機能が拡張され、ほぼ外周1周以外の自動運転が可能となった。

実証結果

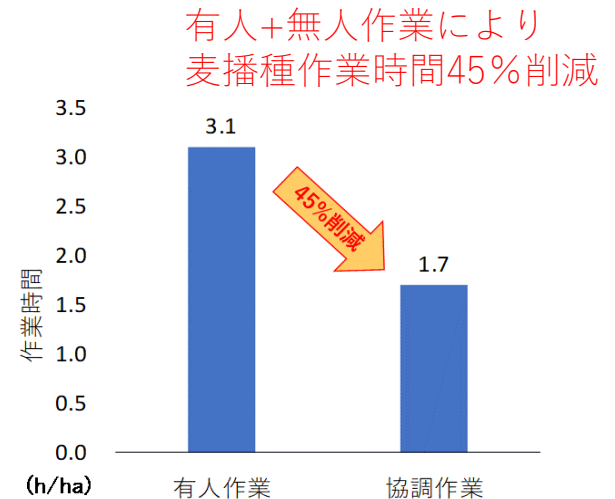
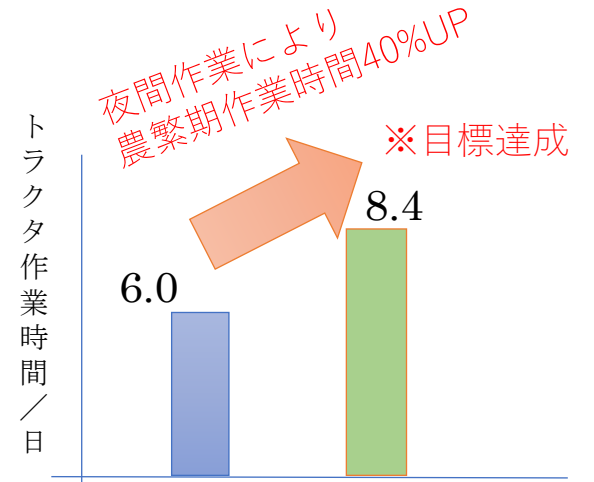


- ・トラクタ夜間作業(有人自動)
>一日の作業時間を4割向上。夜間でも能率・精度は落ちない
- ・播種前耕うん(無人)+麦播種(有人)の協調作業
>1ヘクタールあたり3.1時間から1.7時間へ45%削減
- ・水稻乾田直播(無人)と振動ローラ鎮圧(有人)の協調作業
>25%作業時間削減(図省略)

(追加情報) R2年度プログラムのバージョンアップにより1.5haの圃場において、枕地有人作業の時間を42分から9分へ78%削減できた(外周自動)。

今後の課題 (と対応)

○純正RTK受信ボックス等の整備でRTK-GNSS設定等問題を解決しつつある。自動運転の旋回はまだ熟練者に及ばないため、50a以上大型圃場での軽労化利用を推奨。



自動運転（収量）コンバインの利用

取組概要

○ 自動運転コンバインは、有人自動（乗車）で水稲・麦収穫に利用した。大豆は手動操作で使用した。

○ 水稲・麦の収量・品質は自動的に営農システム（KSAS）へ反映された。収量精度は低い場合もあるが、低収量圃場の特定と改善に利用する。

（使用機器）自動運転（収量）コンバイン（K社 WRH1200A-2.1 88kW〔120ps〕刈幅2.1m）、実証面積 60ha（水稲・麦の収量利用、手動運転含む）



○ 自動運転作業は、水稲・麦について有人自動（乗車）で利用。外周3周以上は手動運転し、内側を自動運転可能。収穫物が満載時に指定積み込みポイントへ自動移動する。

実証結果

コンバイン比較結果（左表）

- ・RT: 自動運転コンバイン能率（WRH1200A、手動運転含む）
- ・汎用: 汎用コンバイン能率（WRH1200、手動運転のみ、法人所有）
- ・自脱: 5条自脱型コンバイン能率（手動運転のみ、法人所有）

- ・アップデートにより1.5m/s → 2.0m/sへ速度向上
- ・自動直進機能の追加（R2年度）
- ・熟練者の旋回が自動に比較して大幅に早く、手動運転または自動直進のみの利用が多かった。
- ・作業能率は、水稲で約17分/10a（40a圃場、ヒヨクモチ収穫、収量486kg〔推定値〕）であった。

RT	分/10a	15.0
	時間(分)	1,914
	面積(ha)	12.8
	筆数(筆)	44
汎用	分/10a	14.9
	時間(分)	701
	面積(ha)	4.7
	筆数(筆)	17
自脱	分/10a	13.0
	時間(分)	2023
	面積(ha)	15.5 / 18.2
	筆数(筆)	71 / 82



収量や品質は圃場管理システム（K社）へ自動的に入力される（画面：K社システムより）

※ 圃場管理システムは、目標達成に貢献

今後の課題（と対応）

R2年度発売よりRTK-GNSSがVRS対応となり、準備時間が大幅に短縮。自動旋回はまだ熟練者に及ばないが、追加された自動直進機能は大規模圃場で有効。収量機能は一部で誤差があり数量確定に利用できないが、自動でKSASへ入力され、広域圃場管理が可能。

水稲収量向上（ドローンセンシング・無人ヘリ可変追肥）

取組概要

○ 水稲可変追肥は、ヒノヒカリR2年8月3日ドローンセンシング、同13日無人ヘリコプターによる可変施肥、ヒヨクモチはR3年8月9日センシング同15日追肥を実施。

○ R1年度センシングマップをもとに可変基肥を実施。収量は同等。追肥・元肥実証いずれも倒伏などなかった(図省略)。

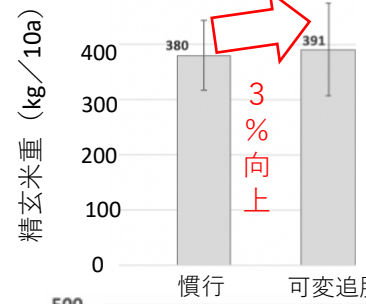
(使用機器) ファームアイ(現:Y社リモートセンシング)、(実証面積) 10ha(可変追肥面積5ha)、ブロードキャスト(社ナビライナー使用)



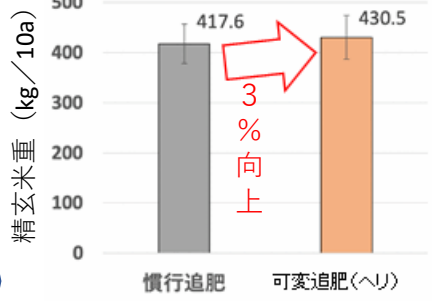
○ 左上:ドローンリモートセンシング(10ha16.5万円)、右上:生育マップを利用した無人ヘリによる可変追肥(5ha16.5万円)※価格はR3時点税込み、可変追肥は肥料担当者2名を農家が準備、ヤンマースマートアシスト使用のため加入が必要。(R2年度)

○ 左下:作成された生育マップ、右下:前年度生育マップを利用した可変元肥 ※図は縦横数メートル単位でマップ化されている。

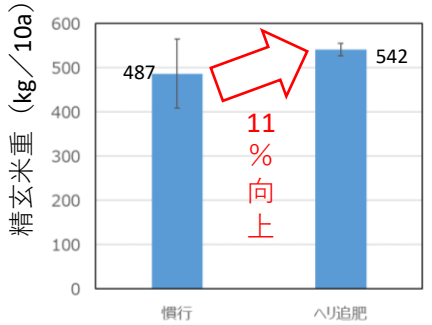
実証結果



(ヒヨクモチR1年度)
ドローンセンシング可変追肥は、
人手による慣行追肥より収量が3%
向上した
※R1佐賀県作況指数58での実証



(ヒノヒカリR2年度)
ドローンセンシング可変追肥は、
人手による慣行追肥より収量が3%
向上した
※R2佐賀県作況指数81での実証



(ヒヨクモチR3年度)
ドローンセンシング可変追肥は、
人手による慣行追肥より収量が11%
向上した※目標達成
※R3佐賀県作況指数100での実証

※目標達成 (R3)

今後の課題 (と対応)

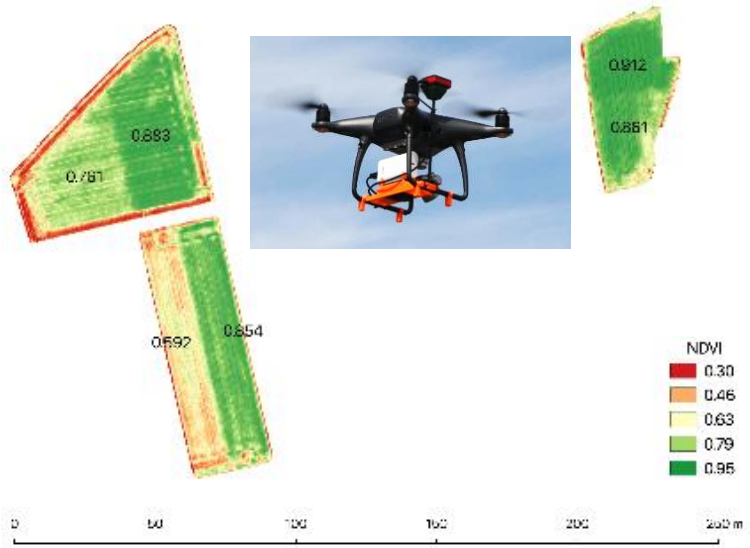
センシングに基づいた可変追肥は、気象や水利慣行など要因が多いため、引き続き実証を継続する。R3年度以降もフォローアップ実証として実施(農研機構理事裁量費)。

小麦収量向上（ドローンセンシング、追肥）

取組概要

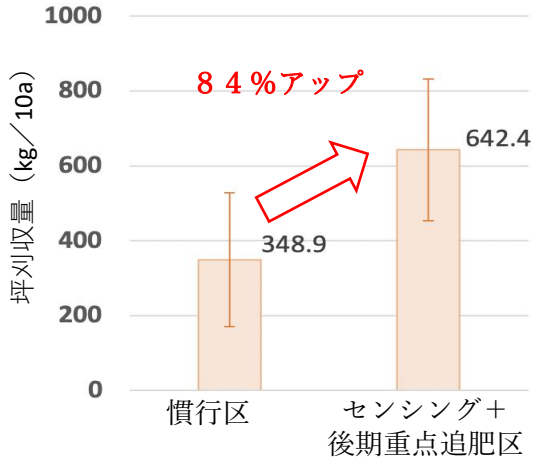
○ センシングは2月初旬にドローンにより実施、生育診断結果から湿害等が発生した圃場へ後期重点追肥（2月11日：6.9 または 12.0Ng/m²、3月6日：2.9 または 3.8Ng/m²）を行った。

（使用機器）ドローンDJI P4・マルチスペクトルカメラ Parrot Sequoia+、（実証面積）センシング10ha、追肥（手作業）50a



○ドローンリモートセンシング（1月末～2月初頭）に基づいた小麦（チクゴイズミ）追肥（2月上旬）
追肥後のセンシング（上図）では生育に大きく差がついた。（図中NDVI指数マップ：緑色が生育向上）

実証結果



※目標達成
ドローンセンシング-後期重点追肥は、慣行追肥より収量が84%向上した（チクゴイズミR2年度産、センシングにより生育の悪い圃場を選定し追肥した試験）
目標を大幅に上回り達成



今後の課題（と対応）

センシングに基づいた追肥は、年次間差が大きいいため引き続き実証を継続する。多肥の増収区は収穫の遅れ・タンパク含量低下の懸念があるため、追肥制御アルゴリズムを検討中（国際競争力新1ド1「ハイスpekドローン」）。

大豆収量向上（排水対策・土壌診断）

取組概要

○大豆の湿害回避・増収を目的として水稻跡にカットドレーンを施工、次年度大豆作への影響を調査した。

○法人が耕作する300筆超の圃場のうち、141圃場について広域土壌診断を実施し、不足要素を散布した。

(使用機器) H社カットドレーン、トラクタY社YT5113A(ハーフクローラ)、(実証面積) カットドレーン施工40ha、同調査区15a、土壌診断141筆(約30ha)、Mg散布約20ha、同調査区約60a

- ▶ 全管理圃場のうち約50%の141圃場について土壌診断を実施
- ▶ K S A S データを活用し作付け履歴や収量と土壌診断結果との関連を解析中
- ▶ データに基づいた土壌管理を目指す



K S A S データ

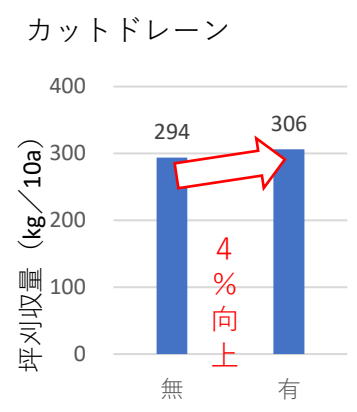
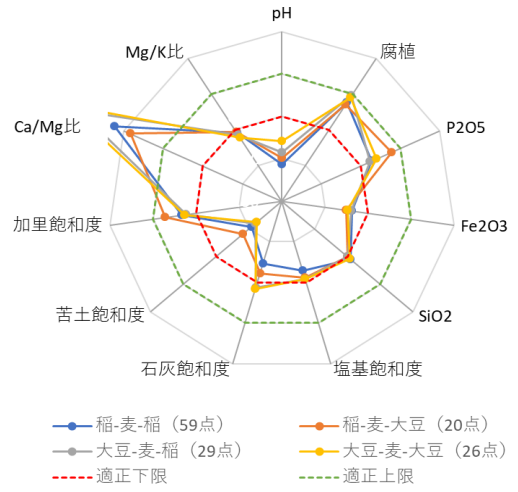
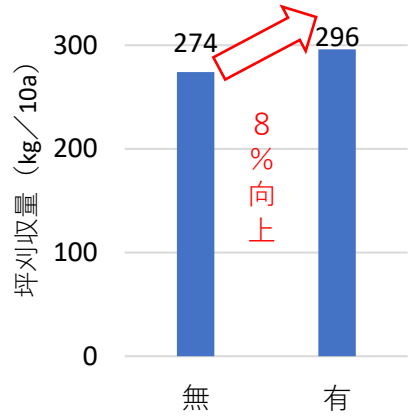


広域土壌診断

営農情報とデータ連携
データ駆動型の土壌管理
を検討中

実証結果

水稻跡カットドレーン施工により、無施工区より大豆収量が8%向上した(フクユタカR2年度)



輪作作付け毎の土壌診断の結果、水酸化マグネシウム散布により大豆収量が4%向上した(フクユタカR2年度)

今後の課題（と対応）

水田輪作体系における収量比較は年次間差が大きいいため、ドローンによる広域センシングで生育をモニターしながら、国際競争力プロ新1ド1「ハイスペックドローン」、農研機構理事裁量費等で実証を継続する。

KSASデータやドローン空撮データを利用しながら長期的な収量増を目的とする

IoTセンサー等による広域圃場の見える化

取組概要

- 法人の分散する300筆超の圃場へ、気象センサー4台、水田センサー16本、畑センサー17本、リモートカメラ5台を導入し、法人事務所からの「見える化」と「見回り効率化」を図った。
 - センサーの初期費用・ランニングコストを明らかにした。
- (使用機器) N社MIHARAS 気象・水田用・畑用センサー、H社ハイカム、実証面積 60ha広域分散圃場へ設置



○気象・水田用・畑用センサー、カメラは1時間毎にデータを送るよう設定、事務所や研究センターで監視できる体制とした。

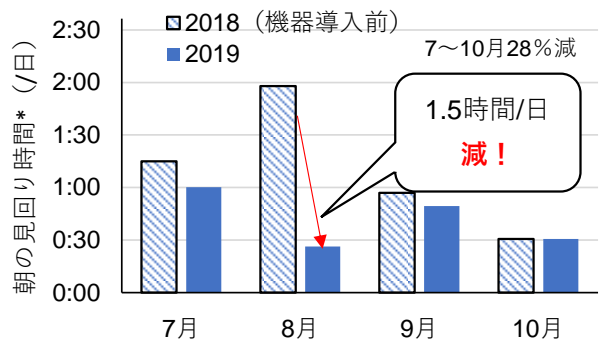


○R2年度8月豪雨時
水稲圃場の様子

3時間積算雨量100mm超
カメラとセンサーで
安全に監視可能であった

実証結果

※目標達成



*8:00を基準としてオペレータの出勤時間との差し引きから算出

負担の大きかった8月朝の見回り時間が、1.5時間/日減少。生産者は節約した時間を経営管理・作業準備など、別の作業に当てることができた。

IoTセンサー・カメラ利用料/台	初期費用	利用経費/年
データ収集装置	218	48
※水田用(データ収集装置接続)	63	-
※水田用(SIM契約込)	97	4
※畑用(データ収集装置接続)	101	-
※気象用(データ収集装置接続)	290	-
IoTカメラ(SIM契約込)	80	308
※SIM契約: AU等の携帯回線利用料		(千円)

センサー1台あたりの価格。データ収集装置は事務所でネットへ接続し、利用は半径5km以内。
※別途センサー共用のクラウド利用料1-100台まで30千円/年が必要
※2019年当時の価格である。

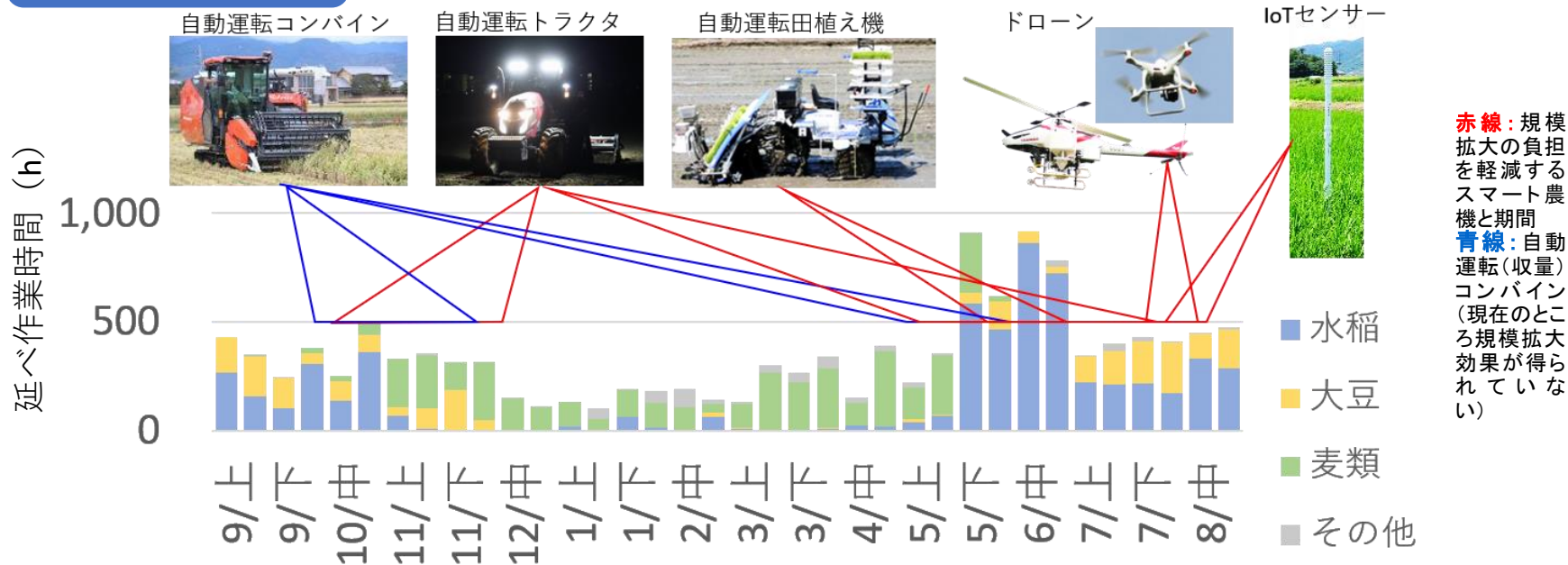
今後の課題 (と対応)

メーカー・生産者と連携し監視ソフトの表示・見やすさについてフィードバックを実施している。今後、生産者が欲しい情報を得るための、広域分散圃場におけるIoTセンサーの効果的設置支援情報を提供。

スマート農業導入による経営体収益向上

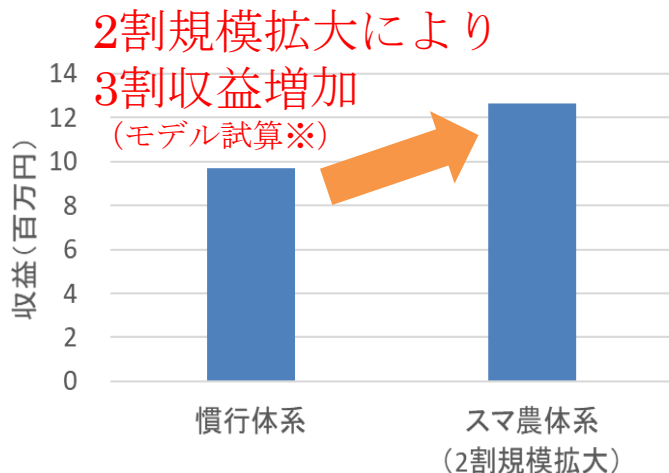
取組概要

九州北部2年4作(水稲・麦・大豆・麦)でのスマート農業導入について実証を基にモデル化し、効果を試算



実証結果

※目標達成



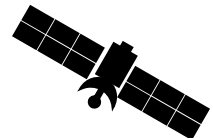
※モデル試算: 試算計画法による。

自動運転による規模拡大効果で特に田植え時の作業ピークを軽減、リモートセンシング・追肥サービスや、トラクタの農繁期夜間自動運転、IoTセンサー見回り省力化、コンバインの収量・品質機能、排水対策・土壌診断で収量を確保しながら規模拡大が可能。

今後の課題 (と対応)

引き続き、センシング・収量調査や自動運転農業機械バージョンアップ後の作業調査を続け成果を発信する(農研機構理事・理事長裁量費、国際競争力新1d1「ハイスペックドローン」)

RTK-GNSS（数センチ単位高精度測位）設置とランニングコスト



取組概要

○ 九州・西日本地域での導入が遅れているRTK-GNSS基地局について、長所短所および初期費用・ランニングコスト等を比較する

(使用機器) ○固定基地局(無線式) T社SPS-855他 ○移動基地局 Y社、K社純正 ○固定基地局(Ntripサーバ) T社RTK補正データインターネット配信システム ORTK-GNSS補正サービス (VRS)N社リアルタイムサービス(Ntrip方式)、J社高精度GNSS補正情報配信サービス(ジェノバ式) ORTK-GNSS補正サービス(RRS) S社高精度測位サービスichimill、N社docomo IoT高精度GNSS位置情報サービス

実証結果

※目標達成に必要な情報

九州におけるRTK-GNSS基地局について、R1-2年度の実証時コスト等を示す。

※優位なポイントを太字で示す

	初期費用 (万円)	ランニングコスト (万円/年間)	受信可能エリア	備考
固定基地局 (無線式) ※登録が必要	基地局300～+工事費 受信端末30/台	0～1 (ほぼ費用なし)	半径5km (見通し)	導入台数が多い場合維持費が有利。受信端末高価。森や建物があると受信困難。
移動基地局 (無線式、メーカー純正)	基地局100～	0 (費用なし)	200-500m	圃場移動の手間がかかる
固定基地局 (Ntrip: ネットワーク配信)サーバ	500～ (国内大手、工事費込み) +スマホ購入など	1-2/台ライセンス料 +スマホ等利用料	半径30km程度内のスマホ受信エリア (携帯電波網利用)	導入台数が多い場合維持費が有利。初期費用高価。
RTKサービス(Ntrip) (VRS、仮想基準点方式)	スマホ購入など	12-24/台 +スマホ等利用料	スマホ受信エリア (携帯電波網利用)	RTKサービスでは最も 精度が安定 。高価。
RTKサービス(Ntrip) (RRS、電子基準点方式)	スマホ購入など	3-4/台 +スマホ等利用料	スマホ受信エリア (携帯電波網利用)	電子基準点から遠いところでは精度が下がる。安価。
RTKサービス(Ntrip) (メーカー純正)	10～ (純正RTK用受信端末)	年間数万円/台	スマホ受信エリア (携帯電波網利用)	上記RTKサービスを農機で直接利用。 安価で設定の手間が少ない ことがメリット。

今後の課題 (と対応)

○スマート農機稼働に必須のRTKサービスについては、受信の安定性や地域性、機器の相性などがある。農研機構理事長・理事裁量費、国際競争力プロ新10「ハイスペックドローン」において、RTKドローン利用・スマート農機連携など、引き続き広域での実証・事例とデータ収集・成果公表を続ける。

実証を通じて生じた課題

1 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1	耕起・播種	自動運転トラクタ	特に圃場間移動の多い中山間での利用は大型トラクタを乗りこなす技量が必要。
2	移植	自動運転田植機	生産者が高評価。変形圃場は熟練者を超える能率。早急な普及が期待される。
3	収穫	自動運転（収量） コンバイン	収穫物の監視があるため元来自動運転のハードルが高い。現状の自動運転は補助的な役割。収量・品質を自動で圃場データとして記録する機能が有効。
4	生育診断	センシングドローン・ 追肥	効果はある。年次変動がありコストに合わない年度が発生。安定多収のためには、空撮と土壌調査や収量記録を連動し、統合的な収量増の対策と併用が必要。
5	圃場見える化	IoTセンサー・カメラ	時短効果あり。収益生むための増収利用などこれからの展開。
6	RTK高精度測位	高精度測位サービス	普及が進むネットワーク型の利用機器・サービスについて、地域での推奨パッケージ、メーカー販売パッケージを安価に安定して供給することが重要。

2. その他

スマート農業の技術進歩が早く、メーカー・農家・研究普及機関を含めて実施者と新規導入者を結び、正確で柔軟な情報共有環境が必要。スマート農機に必須なRTK高精度測位については、相性や地域性、世界情勢の影響等があり、安定したシステム導入と初期設定が重要。地域でのNtrip基地局設置などがあれば、生産者は精度と低コストを両立しやすく、普及を後押しできる。自動運転トラクタは現状大型であり運転者の技量が必要となるが、一般に50a以上の圃場があれば熟練者でなくとも有効に利用できる。ドローンによるセンシング・追肥は、規模拡大中の広域対応農家に有効で、地域平均より収量が高く均一な圃場の農家では効果が少ない。機器の設定やアップデート、営農支援システム入力などパソコン等操作のできる人材も確保することが望ましい。

○ 問い合わせ先

農研機構 九州沖縄農業研究センター 暖地水田輪作研究領域 スマート水田輪作グループ
(Email: smart-Q2@ml.affrc.go.jp)

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>