

スマート農業推進フォーラム2022 in 近畿

令和4年11月24日、近畿農政局第1会議室A・B

環境負荷低減に配慮した 中山間地域におけるスマート農業の推進

京都大学農学研究科
地域環境科学専攻
フィールドロボティクス分野
飯田 訓久

スマート農業とは？

スマート農業とは、ロボット技術や情報通信技術(ICT)を活用して、省力化・精密化や高品質生産を実現する等を推進している新たな農業のことです。

■ スマート農業の将来像

1 超省力・大規模生産を実現



GPS自動走行システム等の導入による
農業機械の夜間走行・複数走行・
自動走行等で、作業能力の限界を打破

2 作物の能力を最大限に発揮



センシング技術や過去のデータに基づく
きめ細やかな栽培により(精密農業)、
作物のポテンシャルを最大限に引き出し
多収・高品質を実現

スマート農業

ロボット技術、ICTを活用して、超省力・高品質生産
を実現する新たな農業

3 きつい作業、危険な作業から解放



収穫物の積み下ろしなどの重労働を
アシストスーツで軽労化するほか、
除草ロボットなどにより作業を自動化

4 誰もが取り組みやすい農業を実現



農業機械のアシスト装置により経験の浅い
オペレーターでも高精度の作業が可能となる
ほか、ノウハウをデータ化することで若者等が
農業に続々とトライ

5 消費者・実需者に安心と信頼を提供



クラウドシステムにより、生産の詳しい情報
を実需者や消費者にダイレクトにつなげ、
安心と信頼を届ける

スマート農業実証プロジェクト(R1～R4年度)

「スマート農業実証プロジェクト」を2019年（令和元年）より開始

- ① R1年度： 先端技術による一貫体系を生産現場に導入し、作業の省力化や高能率化、栽培管理の改善、経営効果を検証。
- ② R2年度： 中山間地や被災地など条件不利地域、人手不足が深刻化した地域や品目等において、スマート農業技術導入による改善効果の検証。
- ③ R3年度： 輸出重点品目の生産拡大やシェアリング等の農政の重要課題に基づくテーマについて、技術導入の効果を検討。
- ④ R4年度： 産地ぐるみでの作業集約やシェアリング等により、技術導入コストの低減を図る取り組みを検証。



ロボット技術や情報通信技術(ICT)等の新技術導入による、

- 1) 労働時間の削減
- 2) 収量と品質の向上
- 3) 経済性の評価
- 4) 生産者の評価

スマート農業実証(令和元年度採択)

(1)「中山間地域におけるデータをフル活用した未来型大規模水田作モデルの実証」

【小浜市若狭の恵スマート農業実証コンソーシアム(小浜コンソ):代表研究機関】

(2)「持続的営農を目指した山間部水田作地域におけるスマート農業の実証」

【養父市アムナックススマート農業実証コンソーシアム(養父コンソ):共同研究機関】



(株)アムナック

栽培: 米(酒米、餅米)

圃場: 11ha(100枚程)

形態: 棚田

従業員: 4名

(株)若狭の恵

栽培: 米、麦、大豆

圃場: 150ha

形態: 中山間の平地

従業員: 16名

京都大学

スマート農業実証(令和元年度採択)

【養父市アムナックススマート
農業実証コンソーシアム】

圃場: 11ha(110枚)

従業員: 4名



小浜市立宮川小

(株) 若狭の恵
(ひまわり米・特別栽培…)

宮川郵便局

加茂神社

【小浜市若狭の恵スマート
農業実証コンソーシアム】

圃場: 150ha

従業員: 16名



経営規模やほ場条件が大きく異なる農家とともに実証を行った。

2019～2020年度 小浜市スマート農業実証の目的と概要

実証の目的

- ・スマート農業により若狭の恵の経営上の課題を解決し、多くの中山間地域の担い手が今後目指すべき経営のモデルを確立。
- ・農地集積や土地改良、人材育成の取組みとセットで、地域にスマート農業を普及させる。

作業時間を削減しつつ、収量と品質の向上！



データで検証

若

- ・ 収
- ・ 直接販売の強みを活かす品質の見える化・向上
- ・ データを活用した営農・経営が可能な仕組みづくり



データをフル活用した営農管理を進め、省力化と収量・品質の向上を両立する技術を実践。

- ・ 農機メーカーの壁を越えて、経営・栽培管理システムにデータを集約するシステムの構築等を通じて、データに基づく栽培・経営管理を実施。

スマート農業実証の目標

<ソリューション>

- ・経営と農作業に関する情報を収集。

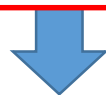


SmartAsist、KSAS、Agrinoteを活用したデータ収集

この自動収集システムを構築するため、

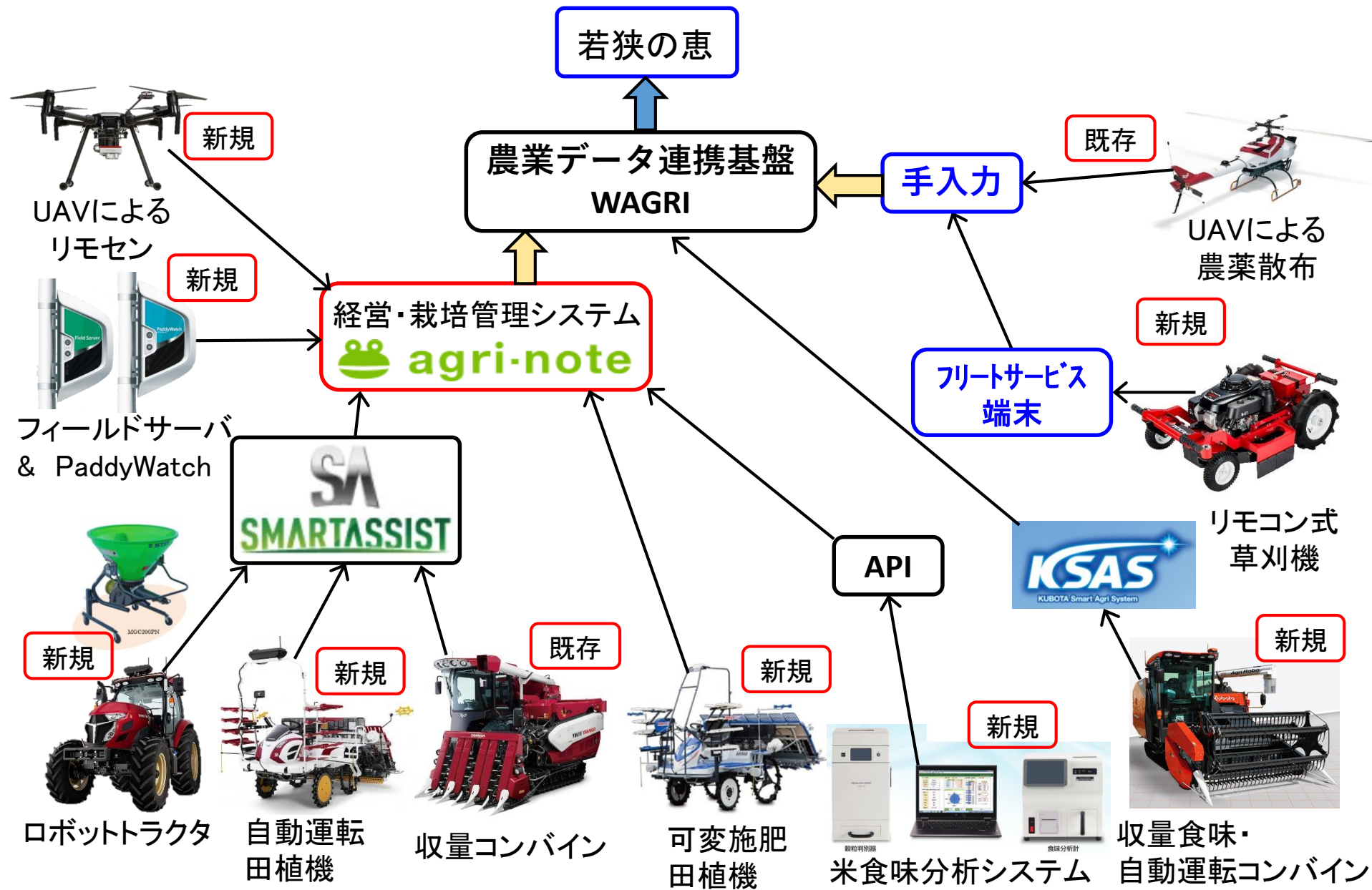
データに基づいた経営・栽培管理の実践

- ・UAVによる圃場と作物情報の収集(リモセン)
- ・食味&収量センサ付コンバインで圃場単位で米の品質・収量データの可視化
- ・玄米の食味値や外観品質の測定
- ・収量に基づいた可変量施肥



- ・経営・栽培管理システムを使って、上記のデータの効率的な管理と可視化
- ・次年度の作付け・栽培管理・施肥計画に反映し、収量と品質の向上を目指す

経営・栽培管理システムへのデータ統合（小浜コンソ）



ロボット農機の社会実装

自動化レベル0

人による運転で農作業

2000年～ 自動化レベル1

人が乗った状態で、自動操舵。



オートパイロットシステム((株)トプコン)

http://www.topcon.co.jp/positioning/products/pdf/Ag_J.pdf

2018年 自動化レベル2

有人監視下での自動運転・自動作業
「有人機と無人機による同時作業」

(1) 複数台での同時作業



オペレータ 1人で、倍幅の作業が可能に

(2) 碎土+施肥・播種の同時作業



2つの作業を1人で行う=複合作業が可能

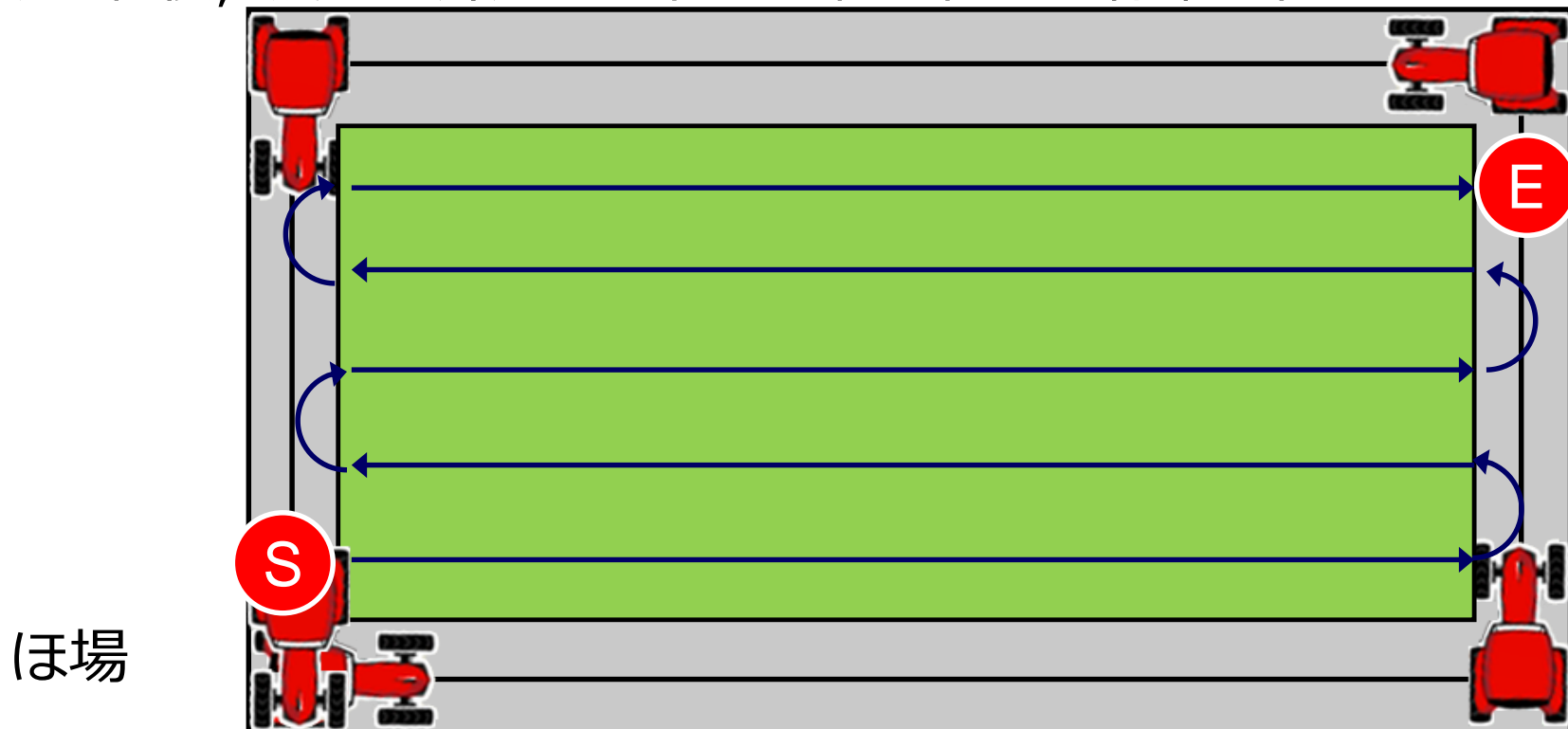
202X年 自動化レベル3 遠隔監視下での複数ロボットによる作業

ロボットの使用方法

- 1) 有人運転によりほ場外周を走行する。
- 2) 走行軌跡から作業領域をロボットが算出。
- 3) ロボットが作業経路を計画。
- 4) 経路に自動追従して、作業を行う。
- 5) 自動運転後、残った外周は 有人運転で仕上げ作業を行う。



ロボットトラクタ



GPS基地局の変更

屋上

無線
アンテナ

GPSアンテナ

室内(2階)



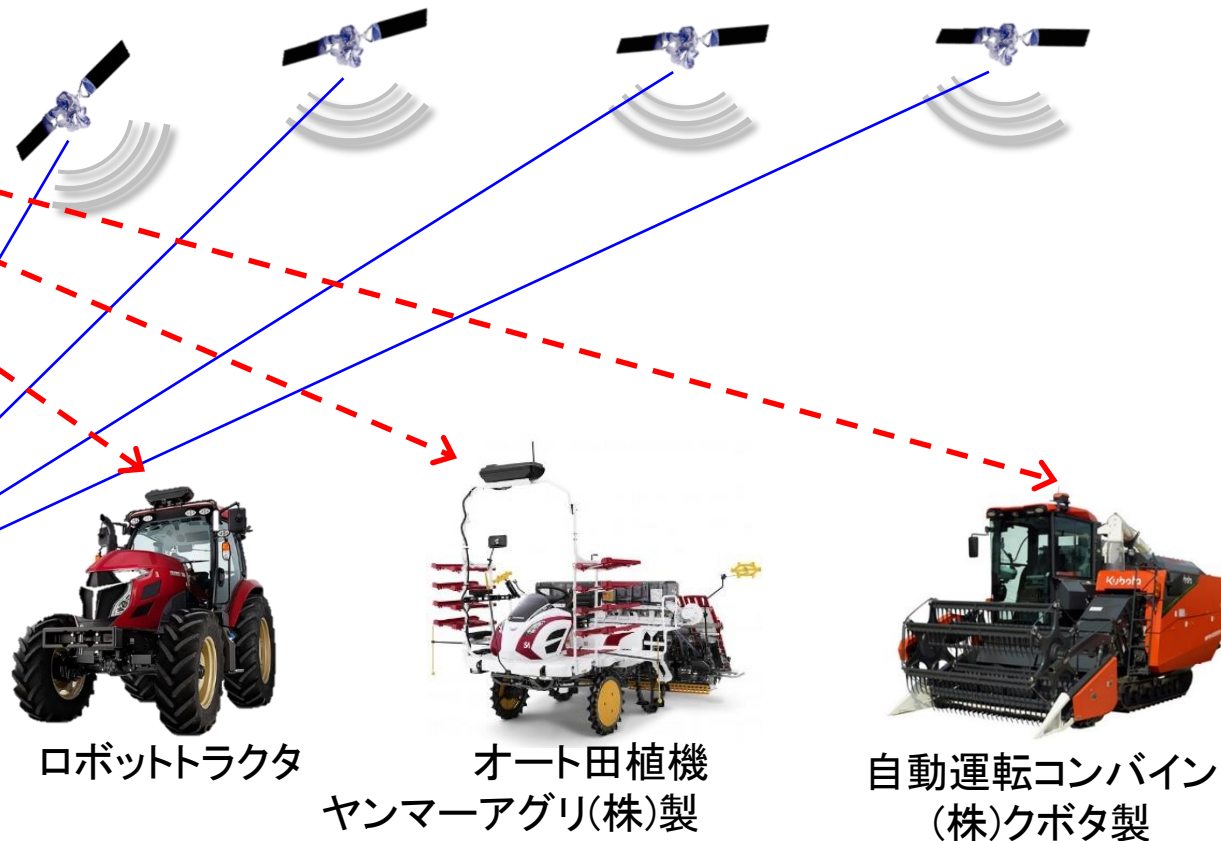
安定化電源



無線送信機



GNSS受信機



異なるメーカーのGNSS基地局を1つに
まとめ、補正信号受信可能エリアを1km
から5km範囲に拡大。

ロボットトラクタの協調作業

(ロボット+有人) トラクタ協調作業

2020年4月11日(土)



ロボットと有人機による単位面積あたりの作業時間

単位面積あたりの作業時間: 作業時間 [時] / 単位面積 [10a]

※ 効率が高いほど, この値は小さくなる。

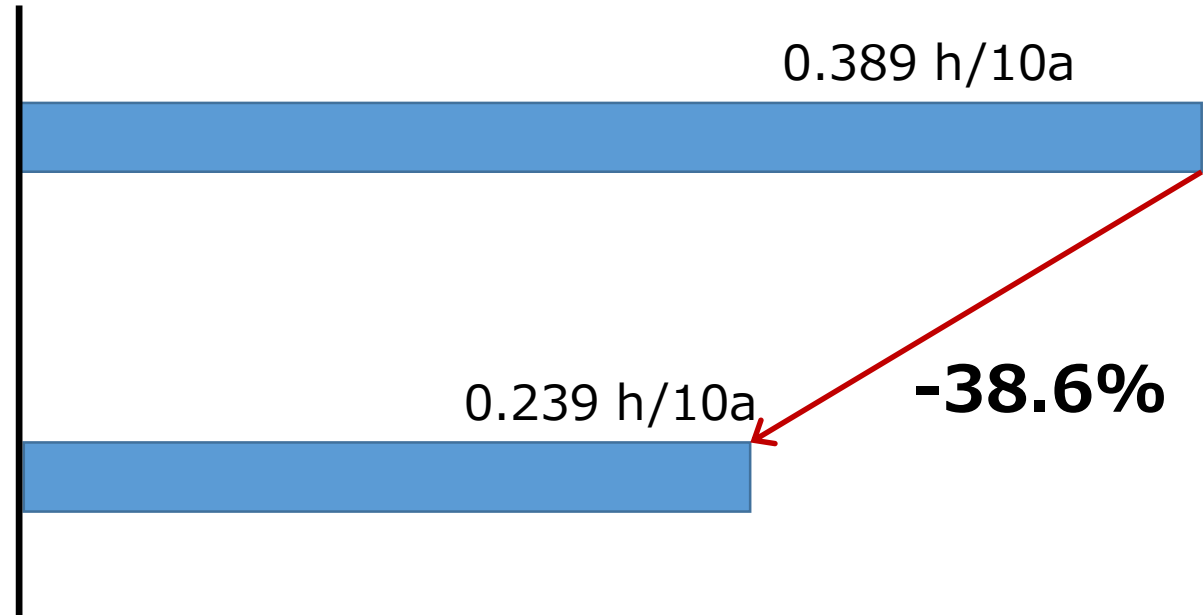


有人機



ロボット+有人機

<春の耕耘作業:ロータリ耕 (13.5ha)>



ロボットと有人機による耕うんでは、有人機1台より -38.6 % 単位面積あたりの作業時間が削減できた。

収量コンバインで測定した生粃の圃場別収量マップ

既存

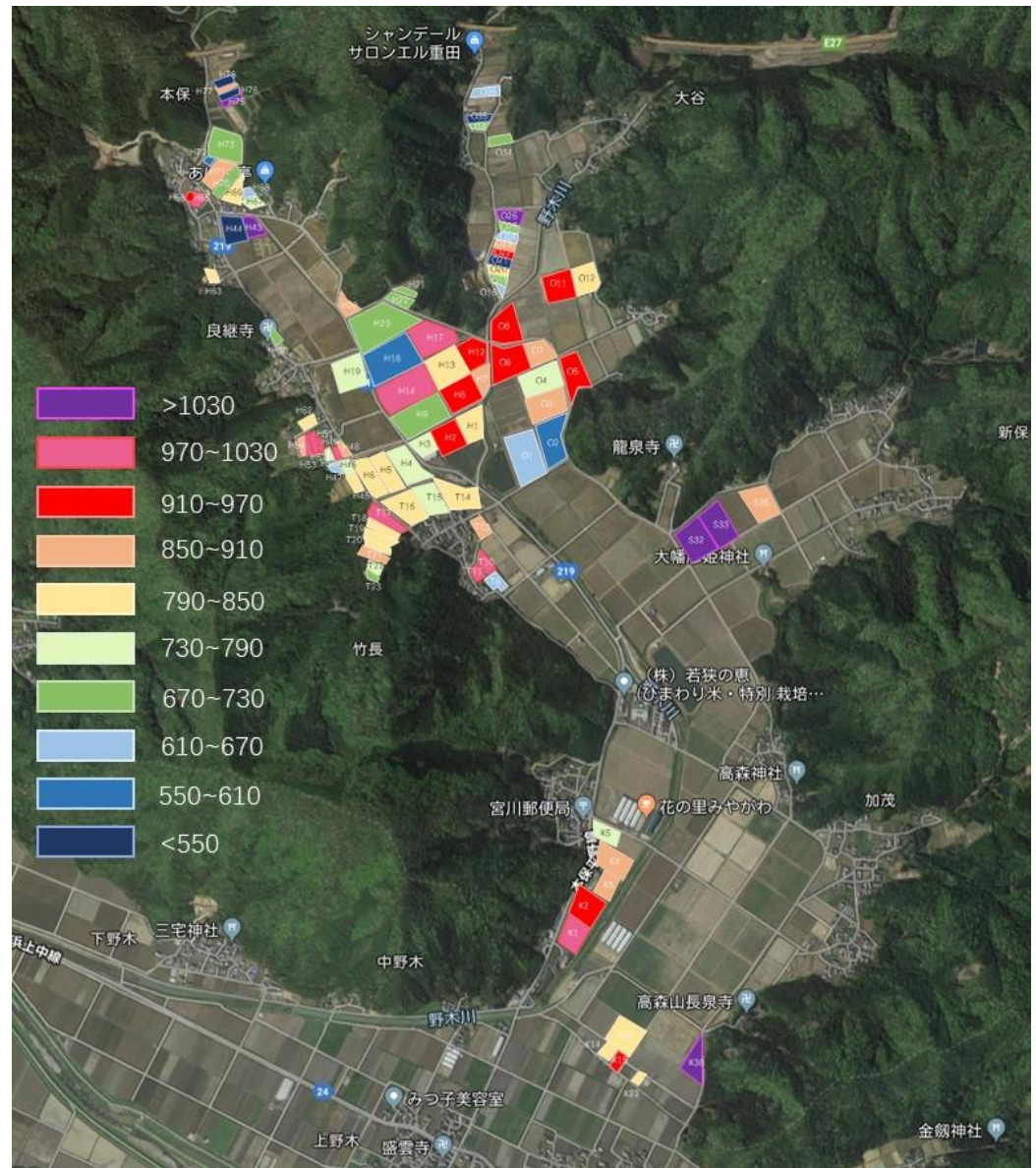


穀粒質量を流量センサで、
水分を乾燥機で測定。

新規



穀物質量を流量センサと
ロードセルで、水分・タンパク
をNIR分光測定装置で測定。



自動収穫と食味収量のマップ化

取組概要

- 土壌改良材や基肥を可変散布したほ場の収量・食味を測定し、マップを作成する。

(使用機器) 収量品質測定機能付自動運転コンバイン 汎用型
刈幅2600mm

- 直進キープ機能を追加し、自動運転による収穫作業の効率化を行う。



手動運転で外周3回を刈ります。

実証結果

- 可変散布ほ場の収量とタンパク質のメッシュマップを作成。
ほ場毎の収量を調査した結果、最高458kg/10a、最低341kg/10a

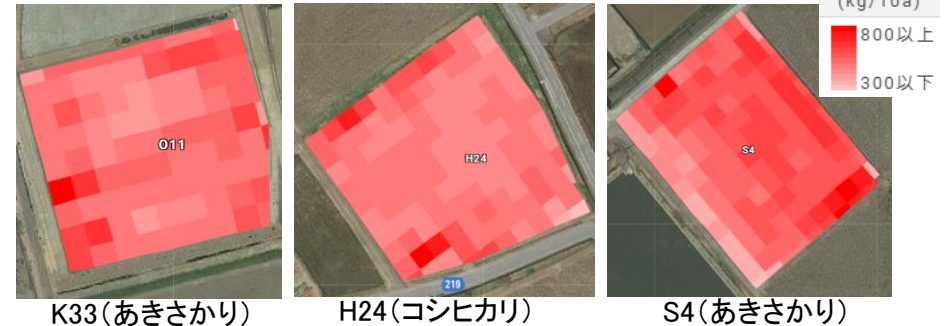


図1 収量マップ(10 m × 10 m)

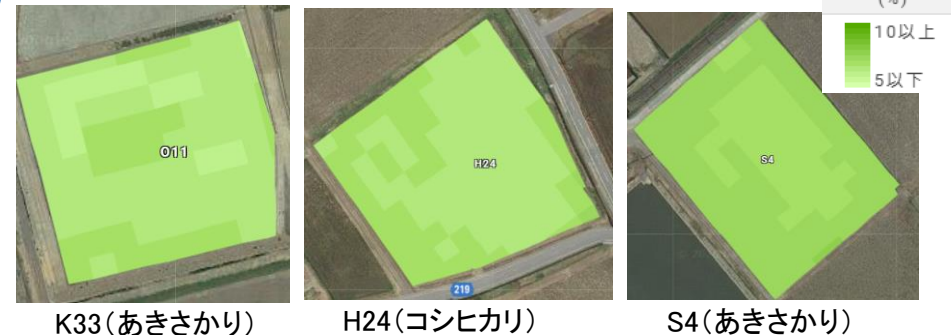


図2 タンパク含有率マップ(10 m × 10 m)

- 直進キープ機能(A-B基準線に沿って直進)を用いた自動直進と手動90° 旋回による簡易な操作で、オペレータの負担が少なく、効率的な作業ができた。メリットは、自動運転の場合、途中で手動運転を行うと経路作成からやり直さなければならないが、直進キープ機能では、基準線の初期設定のみで行える。

ほ場毎の米品質データ計測とマップ化

取組概要

- 乾燥調整後の米の品質（水分、タンパク質、食味値など）を収集し、経営栽培管理システムにデータを記録する。

（使用機器）分析器 穀粒判別、近赤外分光分析



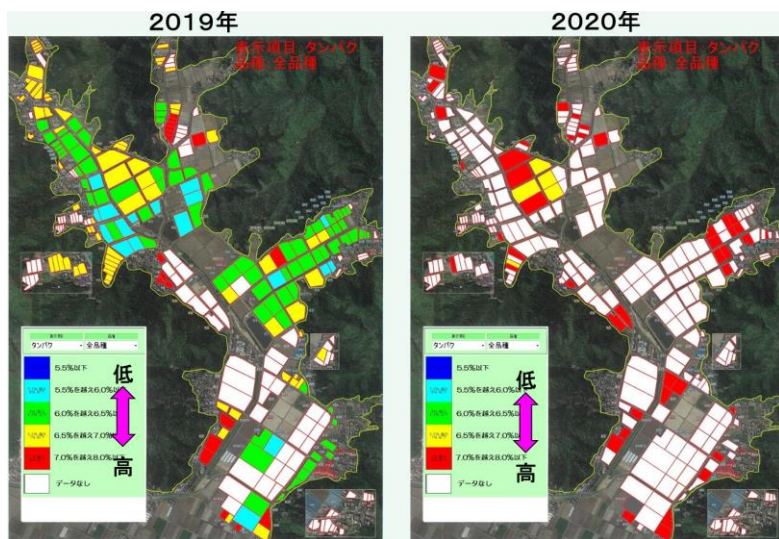
実証結果

- 乾燥調整後の米の品質データを収集。
- 測定データにほ場情報を付加して経営栽培管理システムへ連携。
- ほ場毎あるいは品種毎の品質情報をマップで可視化。

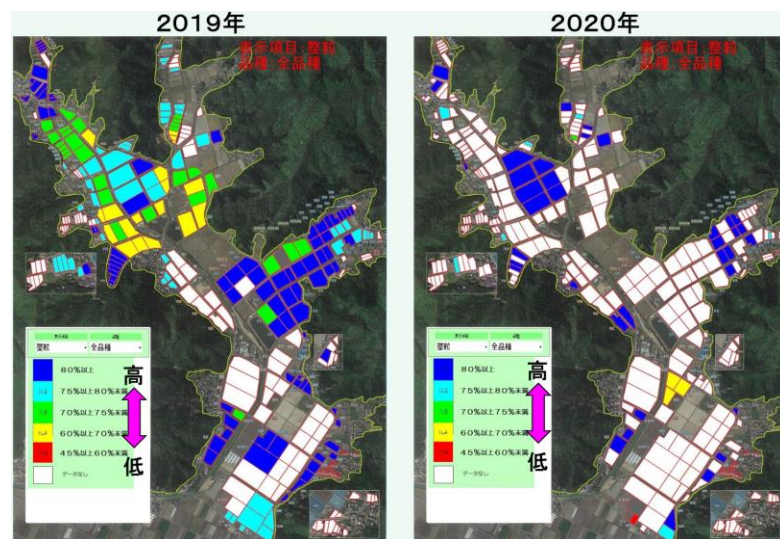
数値は平均値、()内は標準偏差

	食味スコア	タンパク値	整粒値
2019年	70.2 (2.48)	6.9 (0.26)	79.2 (4.15)
2020年	67.2 (2.88)	7.3 (0.32)	81.6 (3.43)
差異	-3.1 (0.40)	+0.4 (0.06)	+2.4 (-0.72)

・2020年度は、基肥（窒素）の散布量を増加したことや7月の天候不良により、タンパク値が上がり、食味スコアは2019年度より低い傾向が見られたが、整粒値の改善は見られた。



タンパク質マップ



整粒値マップ

目標に対する達成状況（小浜コンソ）

実証課題の達成目標

- 米の平均収量を約 2 割向上（420kg/10aから499kg/10aへ収量の向上）
- 米の食味スコアについて、8割以上の圃場で80点以上。
- 米生産の作業時間を全国大規模層の平均から 4 割削減（8.32時間/10a以下）

各研究項目の現在の達成状況

○圃場ごとの収量・品質データを活用し、施肥設計の見直しや、データの見える化による社員の意識改革に取り組み、米の平均収量が実証取組前に比べて**9.7%増加**（420kg/10a→460.9kg/10a）するとともに、圃場間の収量のバラツキ（標準偏差）が実証 1 年目に対し、実証 2 年目は**42.1%改善**（103.7kg→60.0kg）した。また、食味スコアは、良食味栽培に取り組んだ「コシヒカリ」の圃場の**4割で80点以上**を獲得した。いずれも目標には届かなかったが、収量や品質の改善、収益性の向上等が図られた。

○作業工程別の労働時間のデータを活用し、作業体系の効率化等に取り組み、**10a**当たりの米生産の作業時間が大規模経営層（15ha以上層）の全国平均に対し、**52.5%削減**（13.86時間/10a→6.59時間/10a）し、目標を達成。

スマート農業実証による効果

ロボット農機やICTを活用した経営栽培管理システムを効果的に運用。
ロボット農機の高精度な自動直進は各作業で最も有効！



作業毎の労働時間、使用機械、投入資材、燃料使用量などに対する収量と品質、そして収入(売り上げ)の一貫したデータが得られた。



前年のデータを元に作付け計画を立て、日々の目標作業量を数値化して作業を実施することで、進捗具合や達成度が把握でき、時間的な余裕や精神的な余裕が生まれた。



作業が遅れている場合には、作業計画の見直しをその都度行い、修正を行う。



作業の徹底や精度の向上に努める意識を高め、目標達成に向けた取り組みを継続することが必要。

これからのスマート農業の実践

新たな課題：

燃料、肥料、農薬などの価格高騰(2022年度～)



作業毎の労働時間、使用機械、投入資材、燃料使用量などに対する収量と品質、そして収入(売り上げ)の一貫したデータが取得する。



作付け単位、あるいはほ場単位で、適切な栽培管理と農業資材の投入を模索する必要がある。

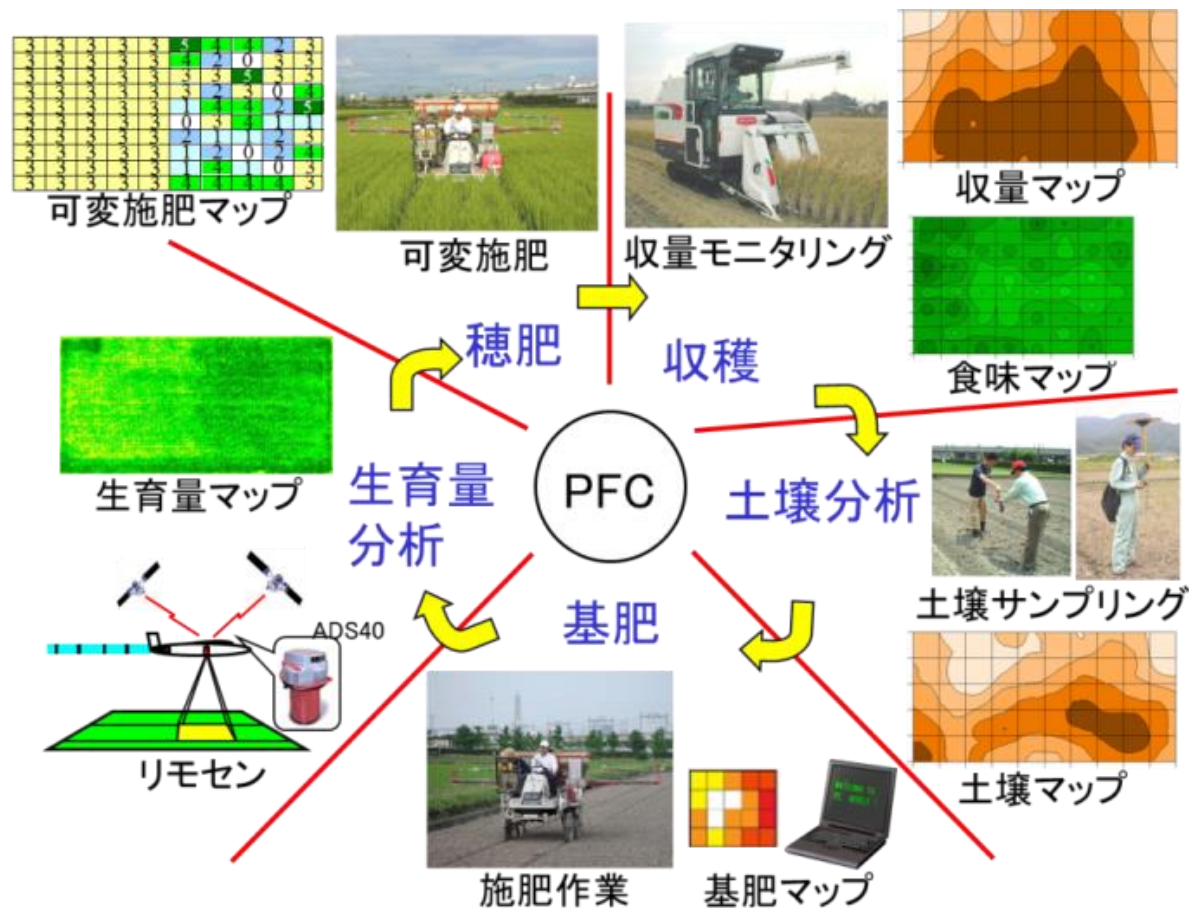
環境負荷を低減するため、投入するエネルギーを抑えながら、得られる収益を最大にする。

“Precision Agriculture, PA”

“Low-Input Sustainable Agriculture, LISA”

精密農業

- 1990年代から欧米で研究が盛んになった
- 農業生産に関する情報を収集・分析して投入する資材を適正化するのがねらい

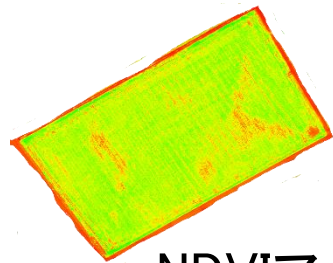


可変量栽培管理

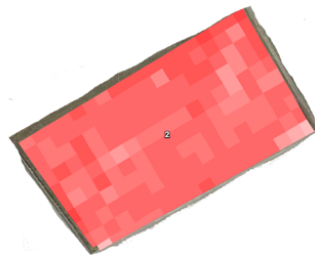
- (1) 土壌センサ付き田植機による地カムラに対する可変施肥
- (2) 前年度の稲生育量や収量・食味の変動を補正するため、ブロードキャスによる基肥可変量散布
- (3) 前年度の稲生育量や収量・食味の変動を圃場単位で補正するため、側条施肥量を設定
- (4) ドローンによる追肥・穂肥の可変量散布



ドローン

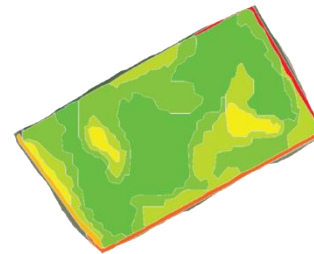


NDVIマップ



収量マップ

食味収量測定コンバイン



施肥マップ



基肥の可変量散布

土壌改良材の可変量散布(R1)



a) 土壌改良材の可変散布
A: 大地の根源、B: ネガアップ
(2019年11月6日)

b) 幼穂形成期のNDVIマップ
(2020年7月20日)

c) 籾の収量とタンパク含有率
(2020年9月16日)

コシヒカリ (直播)



a) 土壌改良材の可変散布
A: 大地の根源、B: ネガアップ
(2019年11月6日)

b) 幼穂形成期のNDVIマップ
(2020年7月20日)

c) 籾の収量とタンパク含有率
(2020年9月21日)

あきさかり (直播)

ドローンによる生育情報測定の実証

取組概要

- ドローンにマルチスペクトルカメラを搭載し、稲の生育量モニタリングを行う。

(使用機器) ドローン センシング用

マルチスペクトルカメラ RGB NIR RedEdge対応

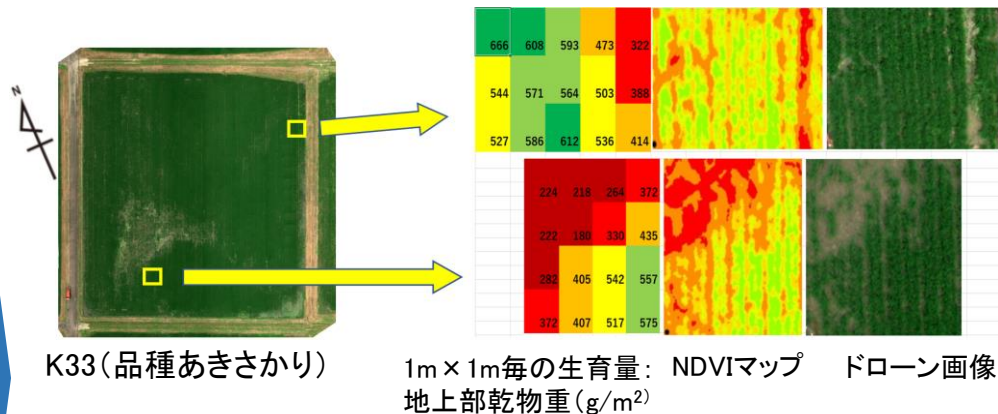
- 可視画像から地上部乾物重の推定モデル(中畠ら)とドローン画像情報を組み合わせ、ほ場毎の生育の良否を把握する。

- 昨年秋期に土壌改良材を可変散布したほ場での生育量の差異を観察する。

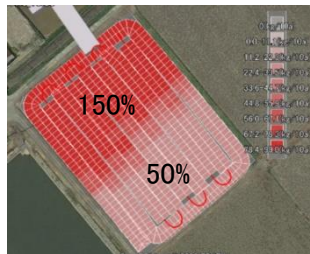


実証結果

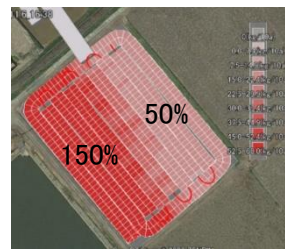
- NDVI値が200~600g/m²の地上部乾物重の大小をよく表すことを検証。
➡NDVI値からほ場の任意の場所の生育量(乾物重)の推定が可能。



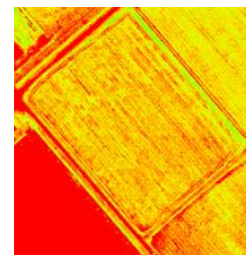
- 昨年秋に土壌改良材を可変散布したほ場S4において生育量におおきな差は見られなかった。



大地の根源
(2019/11/6)



ネガアップ
(2019/11/6)

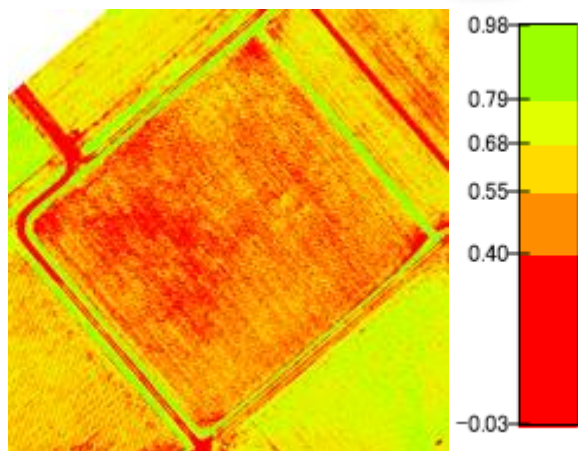


NDVI
あきさかり(直播)
(2020/7/1)

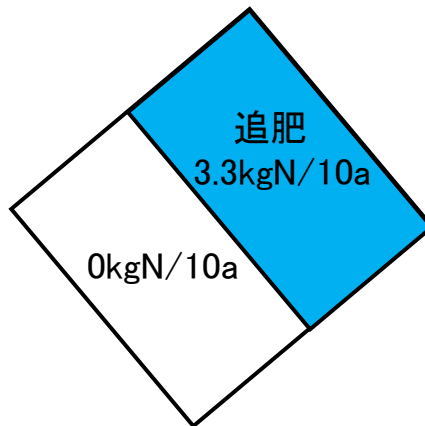
追肥による効果(あきさかり直播)



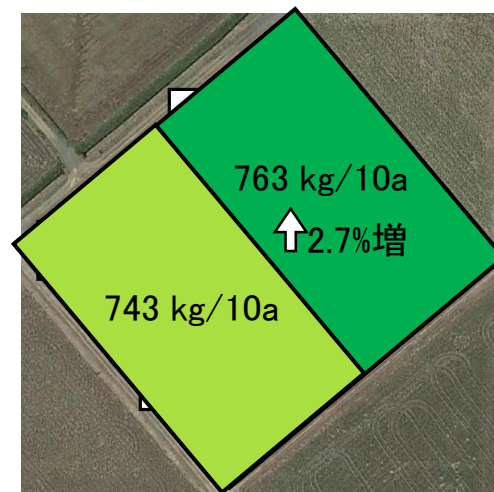
半分に追肥 3.3kgN/10a
(肥料:無線飛行機専用3113)



令和2年7月1日
空撮画像から求めたNDVI値



令和2年7月27日
肥料をラジコンヘリで散布



令和2年10月3日
収量コンバインにより計測した
籾収量マップ

スマートフォンを利用した生育量推定

- 画像の取得
- 解析領域の4株を選ぶ
- 解析領域の設定
- 画像のグレースケール化
- 閾値の設定
- 二値化
- 植被率を算出



スマホアプリ:
“*RiceCam*”

穂肥量の算出



村主勝彦、「スマートフォンによるイネの生育量と収量推定」

ご清聴、ありがとうございました。