ISSN 2435-0575

NARO Technical Report

国立研究開発法人
農業・食品産業技術総合研究機構
NARO
農研機構技報
No. 16 / Jul. / 2024

スマート農業の普及に向けて

Topics
スマート農業の導入と
普及拡大への取り組み

History
温故知新

研究成果を社会実装中

農研機構では、農業・食品産業におけるSociety 5.0の実現により
目指すべき姿を達成するための研究開発を行い、社会実装に向けた取り組み　を進めています。

セグメントⅡでは、AIとデータ、ロボティクスを活用するとともに、科学的エビデンスに基づき地域の状況に適合したスマート生産システムの開発と実用化を促進するために、スマートフードチェーンやプラットフォームを形成し、さらに研究成果の広範な社会実装に向けた技術適用研究を推進しています。

データ駆動型の新たなビジネスモデル構築

ドローン画像のAI解析によるスイートコーン収穫適期予測技術
北海道農業研究センター

ドローン画像、AI、農研機構メッシュ農業気象データを用いた、スイートコーンの収穫適期を予測する技術の開発。

タマネギ産地化を促進する遠隔営農支援技術
東北農業研究センター

東北地域のタマネギ大規模産地形成を構築するために、ICTによるほ場情報の収集および収集したデータを基にAIを活用した生育・病害診断などを行う遠隔営農支援技術の開発。

水稲品種「にじのきらめき」の暑さ対策
中日本農業研究センター

登熟期の高温条件下でも穂の温度が上がりにくい「高温回避性」のメカニズムを有する品種の開発。深刻化する地球温暖化の中での玄米外観品質の高位安定化に貢献。

スマート放牧・周年親子放牧マニュアル
西日本農業研究センター

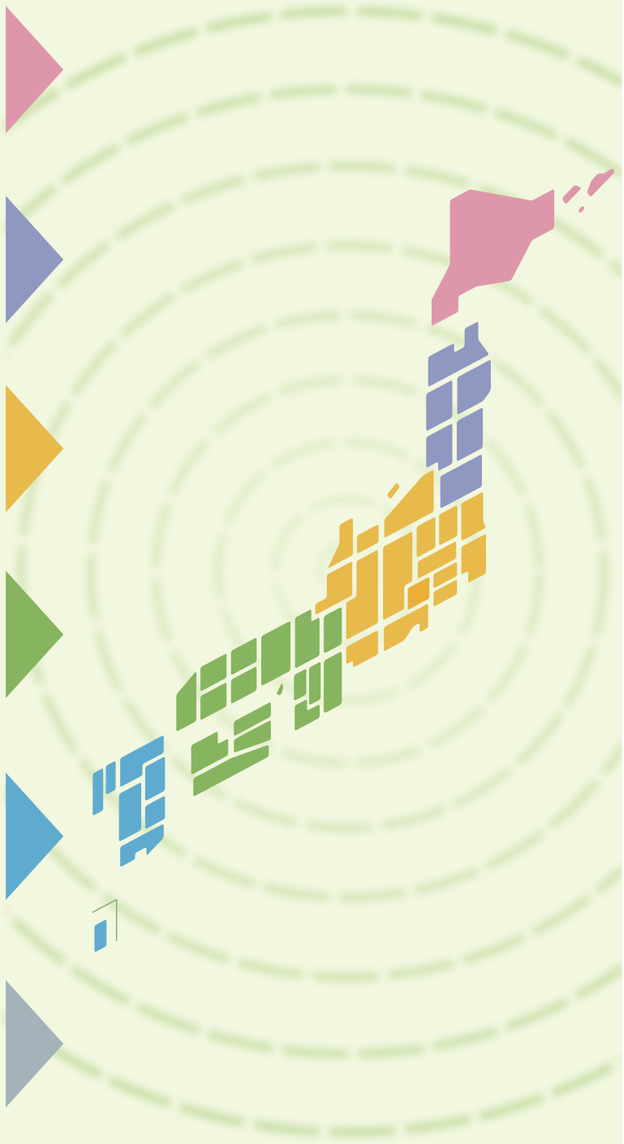
人の目が届きづらい放牧において、放牧地からの脱柵や子牛の成長の管理、発情の確認など、AIやICTを活用して、遠隔で管理するスマート放牧技術の開発。

サツマイモ基腐病に対する「蒸熱処理による種イモ消毒技術」
九州沖縄農業研究センター

サツマイモ基腐病の病原菌に潜在感染した種イモを効果的に消毒可能とする、蒸熱処理技術の開発。基腐病をほ場に「持ち込まない」対策として、被害の拡大防止と早期収束に貢献。

水田作のスマート生産システム
農業機械研究部門

田植機の無人自動運転操作により、田植えと資材補給、監視を作業者1名で実現する、新しい田植作業システムの開発。



農研機構技報 NARO Technical Report ／ No. 16
July 2024

Contents

04 特集「スマート農業の普及に向けて」

05 特集によせて
中谷 誠

個別のスマート農業技術の導入効果

06 1 平坦地における省力化と収量・品質改善を実現するスマート農機
大下 泰生

10 2 中山間地域における管理作業の効率化を実現するスマート農機
大黒 正道

14 3 園芸作と水田作の効率的な作業計画策定を実現する営農支援システム
荻原 均

営農類型に応じたスマート農業の導入と有効性

18 4 スマート農業導入前後の経営収支の評価と特徴
梅本 雅

22 5 水田作経営：経営改善シナリオに対応したスマート農業技術の導入
梅本 雅

26 6 施設園芸経営：生産者部会におけるデータ共有による収量向上
田口 光弘

30 7 露地野菜作経営：自動操舵機能の導入による非熟練者の作業精度向上と効率化
山田 伊澄

スマート農業の導入シミュレーション

34 8 経営シミュレーションによる大規模家族経営の営農改善
梅本 雅

38 9 スマート農機の導入コストと採算規模
梅本 雅

42 10 スマート農業の導入を支援する「農業経営計画策定支援システム」の開発
松本 浩一

＜トピックス＞

46 ▶スマート農業の導入と普及拡大への取り組み
臼木 一英　磯島 昭代

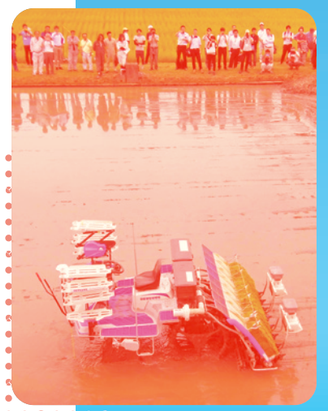
50 温故知新

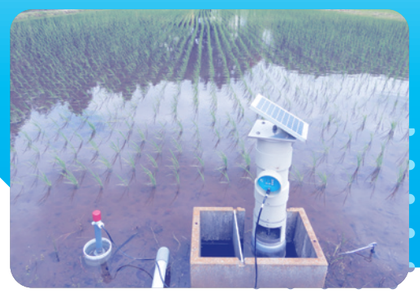
農業の持続的な発展と
食料の安定供給に資するために

特集

スマート農業の普及に向けて

WAGRI





特集によせて

副理事長
中谷 誠
NAKATANI Makoto
※スマート農業（全般）を担当

農業の現場では、担い手の高齢化が急速に進む中で労働力不足が深刻化しており、農作業における省力・軽労化をさらに進めるとともに、新規就農者への栽培技術の継承を図ることが重要な課題となっています。

このような事態に対して農林水産省では、内閣府とともに実施した戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）等の成果を活用しつつ、スマート農業の社会実装を加速化することを目的に、2019年度より「スマート農業実証プロジェクト」を開始しました。これまで全国217地区（2019年度69地区、2020年度55地区、2020年度補正24地区、2021年度34地区、2022年度23地区、2023年度12地区）において、スマート農業技術を実際の生産現場に導入する大規模な技術実証を行っています。

これを受けて農研機構では、スマート農業の推進を組織の最重要課題の一つと位置付け、本部にスマート農業事業推進室（現：みどり戦略・スマート農業推進室）を設置するとともに、全国にスマート農業コーディネーターを配置して実証試験を支援するなど、社会実装に向けた取り組みを、組織をあげて推進してきました。

本冊子は、このプロジェクトの成果をもとに、現段階でのスマート農業の導入効果を解析したものです。とりまとめにおいては、個別のスマート農業技術の導入効果、営農類型別に見たスマート農業の有効性、さらに、スマート農業の導入シミュレーションと普及方策について整理し、個別の技術が経営の中で体系化され、それが広く横展開していくことをねらいにスマート農業の効果や普及拡大に向けた条件を総合的に示すとともに、スマート農業の導入を検討されている生産者や指導機関の担当者など営農現場の皆さんの参考となる記述となるよう心がけました。

本年（2024年）6月に「農業の生産性の向上のためのスマート農業技術の活用の促進に関する法律」が成立しました。この法律は、農業の生産性向上を図るため、スマート農業技術の活用と新たな生産の方式の導入およびスマート農業技術等の開発とその成果の普及促進を通じてスマート農業技術の活用を促進し、農業の持続的な発展と食料の安定供給に資することを目的としています。

本法律では、国が生産方式革新事業活動や開発供給事業の促進に関する基本方針を定めること、また、生産方式革新事業活動を行おうとする農業者等や、先端的な技術の開発供給事業を実施する者が「生産方式革新実施計画」および「開発供給実施計画」を作成し、農林水産大臣の認定を受けることで、様々な支援措置が講じられることが規定されています。このように、政策においてもスマート農業技術の活用促進に向けた取り組みが積極的に進められようとしています。

本冊子が、スマート農業技術活用促進法に基づく各地での取り組みを進めていく上での一助となり、それにより、農業経営の改善とスマート農業の広範な普及に資するものとなれば幸いです。

平坦地における省力化と収量・品質改善を実現するスマート農機

― 自動走行トラクター、直進アシスト田植機、自動水管理、収量計測コンバイン ―

大下 泰生
OHSHITA Yasuo

有人機＋無人機トラクター2台での協調作業

水田作における個別技術の実証

水田作においては、トラクター、田植機、コンバインなどにおいて、自動走行可能な機種が早くから開発されるとともに、その実用化も進展しており、新技術導入による大幅な労働時間の短縮と労働費の削減が期待されています。そのため、ここでは、スマート農業実証プロジェクトにおける水田作部門の2019年度採択課題での実証データから、それらのスマート農機を用いた個別技術の導入効果や課題について、その概要を紹介します。

大規模水田作でのスマート農業技術を用いた一貫体系

水田作においては、特に、大規模な経営体を中心に実証が行われました。実証試験では、中核的な要素技術として、自動走行トラクター、直進アシスト田植機、ほ場水管理システム（自動水管理システム）、散布用ドローン、収量計測コンバインなどを用いた一貫体系（以下「スマート農業技術体系」）が設定され、従来の機械を用いた慣行体系との労働時間の比較が行われています。

実証に取り組んだ大規模水田作営農の事例をみると、10a当たり稲作労働時間は慣行体系で14.4時間、スマート農業技術体系で12.5時間であり、13%短縮されました（表1）。スマート農業技術体系を導入することで大幅な時間短縮が期待されましたが、技術の習熟が十分ではないこと、効率的な作業方法や手順が未確立であること、さらには、スマート農業技術の性能を発揮できる大区画ほ場などの条件が十分に確保されていないことが、労働時間数の削減割合に影響したと考えられます。

自動走行トラクターおよび自動操舵トラクターによる耕起・代かき作業の省力化

自動走行トラクターによる耕起や代かき作業では、1人のオペレーターが有人機を運転しながら、自動走行が可能な無人機を監視するという協調作業による方式で実証が行われました。その結果を見ると、図1に示すように、慣行に比べ平均で約30%作業時間が短縮されています。

また、直進をアシストする機能を用いて、旋回は手動で行い、直進工程に入った後はガイダンスに従って自動走行する運転でも、この場合はオペレーターが乗車して1台のトラクターでの作業になりますが、作業時間は17%短縮されています（図1）。

なお、有人機と無人機の2台のトラクターによる協調作業において自動走行トラクターは自動走行しますが、安全の確保と効率的な走行のため、ほ場の畦畔沿いや四隅の工程はオペレーターが運転するという作業方法が用いられています。そのため、自動走行トラクターの利用に当たっては、作業するほ場区画や形状が作業効率に大きな影響を与えます。2台のトラクターでの協調作業による作業時間の短縮割合と耕起作業におけるほ場面積との関連をみると、1ha以上の大区画ほ場では40%程度の高い短縮効果が得られますが、自動走行トラクターが自動走行できる領域の狭い小区画ほ場では、ほ場が狭くなるにつれて作業時間の短縮割合は小さくなります（図2）。

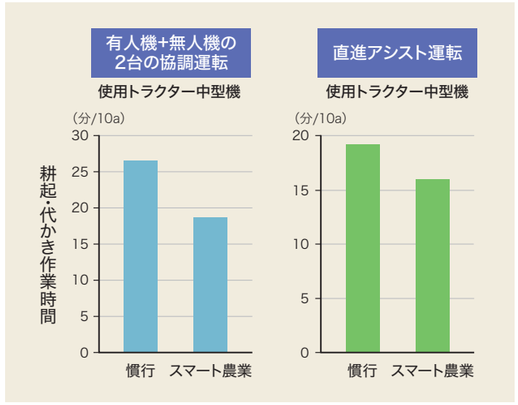


図1 耕起・代かき作業時間の比較

直進アシスト田植機による省力化

直進アシスト田植機は、旋回時に条合わせを行った後は、自動で真っ直ぐに植え付けることができます。そのため、直進性、隣接工程との正確な条間隔が求められる田植えの作業精度が高まるとともに、オペレーターが苗の植付状態の確認や苗補充の状況を注視でき、欠株の回避にもつながります。

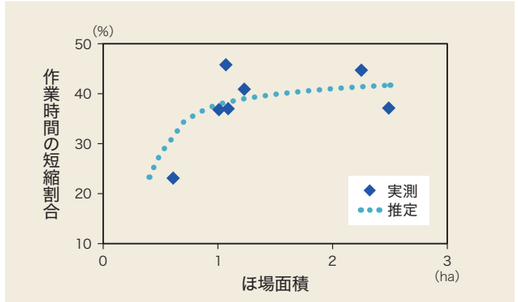
図3は、実証区分ごとに田植えの作業時間を慣行と比較したものですが、労働時間を平均で22%短縮できており、特に、ほ場条件が必ずしも良くない中山間での実証において短縮効果が大きくなっていることがわかります。また、

表1 実証1年目における大規模水田作の総労働時間の事例

（時間/10a）

体 系	耕起・代かき	移 植	水管理	防 除	収 穫	体系全体※
スマート農業技術体系	1.5	3.2	0.3	0.1	0.9	12.5
慣行技術体系	1.6	3.6	0.6	1.1	0.6	14.4

※他に育苗、追肥、除草、乾燥調製等の労働時間を含む



・ロータリー耕うん作業機（幅2.7m）による春耕起、作業速度1.2km/h、トラクター105PS
・有人機と無人機における協調作業では自動走行機の設定やほ場外搬出に6分を要すると想定

図2 耕起作業における自動走行トラクターを用いた協調作業体系の慣行体系に対する作業時間の短縮割合（北陸地域実証地区の一事例）

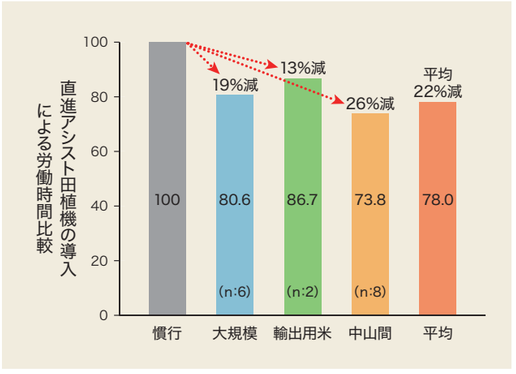


図3 直進アシスト田植機の導入による労働時間比較

注：図中の数字は慣行を100とする指数。
「大規模」、「輸出用米」、「中山間」は、水田作に関する実証プロジェクトの課題の区分。図5についても同じ。

実証に取り組む中では、完全に落水せず、マーカー跡が見えない状態でも容易に作業できることが評価されています。

なお、この直進アシスト田植機の導入においては、特に、苗箱の播種密度を高めた密苗を疎植するという栽植様式に切り換えて単位面積当たり使用苗箱数を減らすとともに、作業体制を従来の3人から2人の組作業に変更することにより、移植作業の労働時間を約4割も短縮した事例がありました（図4）。また、この事例では、図に示すように、年次を経るにつれて習熟化が進み、労働時間が減少しています。特に、経験の浅い非熟練オペレーターでも熟練者に劣らない精度で移植作業ができ、オペレーターの疲労軽減にも有効と評価されています。

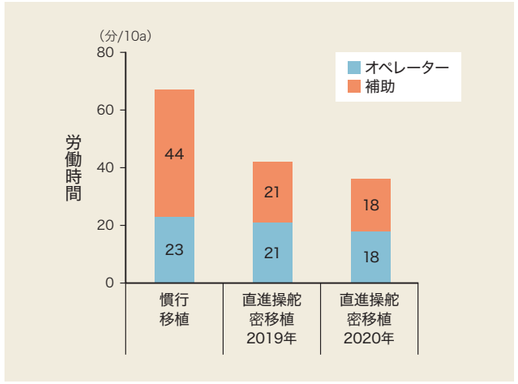


図4 密苗と直進アシスト田植機の導入による田植作業の省力効果
（北陸地域実証地区の一例）

自動水管理システムによる水管理の効率化

水田作の実証では、水田の水位を一定に制御する自動給水栓や、水位をパソコンやスマートフォンに通知する自動水位センサーを用いることによる水管理の省力化が取り組まれています。その結果を見ると、図5に示すように、平均で60％の時間短縮となっており、特に、中山間地帯での実証において省力効果が大きくなっています。

なお、自動水管理装置はほ場ごとに設置する必要がありますが、すべてのほ場にそれを行えば非常に高額な投資になります。一方、水管理の労力は、ほ場の位置や、漏水が激しいほ場であるか否かなど、ほ場条件によって変わります。その中で、事務所から離れた水田に自動水管理装置（給水栓）を導入して見回りを減らした事例では、作期を通した水管理の時間が慣行に比べて83％短縮されるなど、大きな労働時間の短縮効果が得られています。したがって、必要性の高いほ場に対して優先的に自動水管理システムを導入していくことが有効であると言えます。

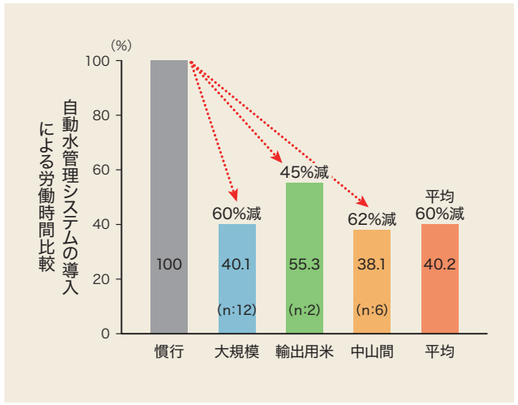


図5 自動水管理システムによる水管理作業の省力効果

収量計測コンバインによる収量・品質改善

収量計測コンバインを用いることで、ほ場ごとに収量とタンパク質含有率（以下「タンパク」）を把握することができ、ほ場内のそれらの分布状況を「見える化」することも可能になります。前年の水稲の収量およびタンパクデータをもとに、翌年の施肥量を増減して栽培した事例においては、図6に示すように、2年目において収量およびタンパクをほぼ一定の範囲内に収束させることができました。なお、

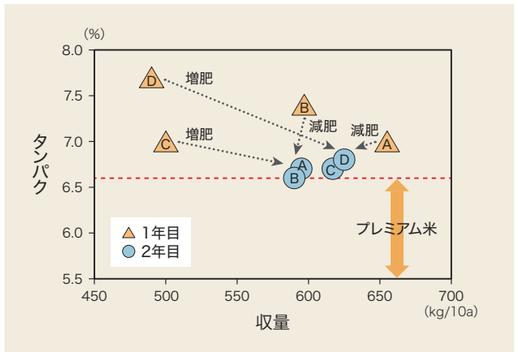


図6 収量・タンパクデータに基づく施肥対応の取り組みの効果
（関東地域実証地区の一例）

ここでは施肥量をどの程度増減させるかは経験や勘で行いましたが、データを蓄積してAIを用いて判断する方法も実用化していくことが期待されます。

スマート農機による省力化と増収効果

これまで、それぞれの作業ごとに労働時間の短縮効果を確認しましたが、以下では、それらを含めた稲作全体での省力化の状況に関する年次別の推移と、スマート農業技術の導入による収量水準への影響を、関東・東海・北陸地域における2年間の取り組みから紹介します。

関東・東海・北陸地域は平坦な水田地帯が多いことから、水田作の実証が多く取り組まれてきています。図7は、2019年と2020年について、慣行区と実証区における稲作労働時間を示したものです。これによれば、実証区の労働時間は慣行区に比べ、1年目（2019年）の平均で11％、2年目（2020年）の平均で23％短縮されており、年次を重ねることで技術の習熟が進んだこと、自動走行トラクターや散布用ドローンの利用面積が拡大したことなどの要因で、その割合が大きくなったと考えられます。

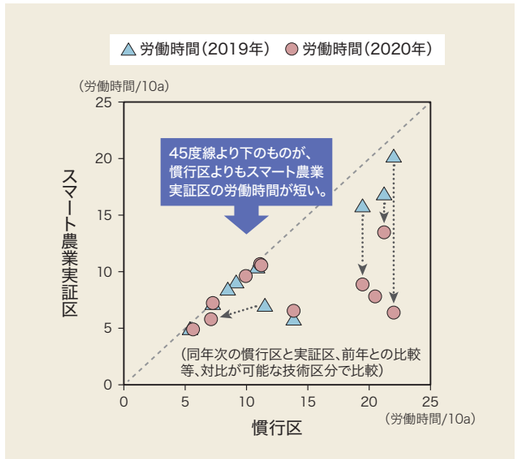


図7 関東・東海・北陸地域の実証における実証区と慣行区の労働時間の比較

同様に、図8は2019年と2020年について、慣行区と実証区の水稲収量を比較したものです。前年の栽培結果をもとに、ほ場ごとに倒伏を回避しつつ収量を高めるよう施肥量の最適化を図ることで、実証区の水稲収量は、慣行区に比較し、2019年平均で3％、2020年平均で5％増加

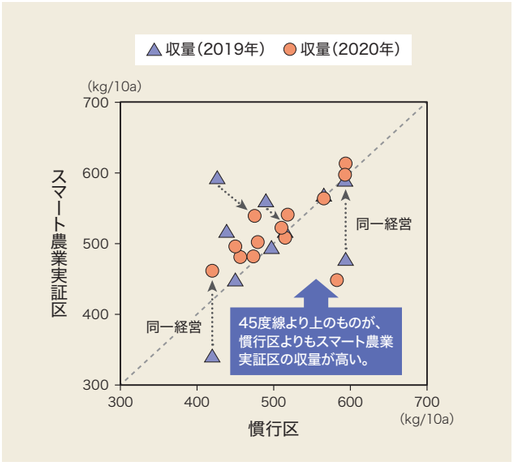


図8 関東・東海・北陸地域の実証における実証区と慣行区の収量比較

しています。気象条件の影響もありますが、1年目から2年目にかけて、データを活用した栽培管理の改善が行われ、とりわけ収量を向上するよう施肥法を最適化した実証地では、そのことが効果的に収量増加に影響したと考えられます。

スマート農業技術に関する生産者の声と期待

実証経営の生産者によるスマート農業技術を使ってみての感想では、直進アシスト田植機や散布用ドローン、自動水管理装置による自動水管理等はすぐに省力化の効果が実感できると評価されています。一方、無人の自動走行トラクターや自動運転コンバインに対しては、十分な省力性や高能率化の効果を得るために、その性能を十分に発揮できるほ場整備が重要との声がありました。

担い手不足や後継者確保に悩む生産現場において、スマート農業技術は非熟練労働者でも熟練者に劣らない高い能率や精度の作業を可能にし、若手の就農希望者を呼び込むなど、かつてないほど農業に対する関心を生み出しています。しかしながら、スマート農業技術の導入に当たっては多くの経費を必要とすることから、その導入コストに見合うだけの収益を確保できるよう、事前に営農戦略を十分に検討しておくことが重要です。

（本部 みどり戦略・スマート農業推進室）

中山間地域における管理作業の効率化を実現するスマート農機

―ドローン、リモコン式草刈機―

大黒 正道
DAIKOKU Masamichi

リモコン式草刈機による傾斜地での草刈作業

中山間地域の特徴とスマート農業

中山間地域では、高齢化、担い手不足、耕作放棄地の増大が年々深刻化しており、農地を維持管理し持続的に生産していくために少数の担い手への集積が急速に進んでいます。しかし、中山間地域の農地は条件が厳しく担い手の経営規模拡大は容易ではありません。これらの構造的な問題を解決するために、スマート農業技術に対する期待は大きくなっています。特に、多様な環境下におけるドローン防除、リモコン式草刈機など栽培管理の省力化について、スマート農業実証プロジェクト（以下「プロジェクト」）の多くの課題で現地実証が進められました。そこで、この2つの技術に焦点を当て、2021年度までに終了した中山間地域でのプロジェクトの成果を基に、技術の内容、導入による効果、課題と展望などについて紹介します。

ドローン防除

2020年度のドローンによる農薬などの散布面積は、推計約12万haで前年度の約2倍と急速に拡大していると推測されています。プロジェクトの中でも多くの課題で実証に供されてきました。

図1に、中山間地域の水田作でドローン防除を行い、背負式動力散布機、セット動力噴霧機と作業能率を比較した結果を示します。粒剤散布の場合、慣行の背負式動力散布機では、ほ場周囲を歩行しながら散布しますが、ドローン防除では監視付きの2人作業でも作業速度が速く、作業時間は約40%削減されました。また、液剤散布では、ホースの取り回しなどに人手がかかるセット動力噴霧機と比較して、70%以上の作業時間の削減になりました。これは1事例ですが、他のプロジェクト課題の結果もほぼ

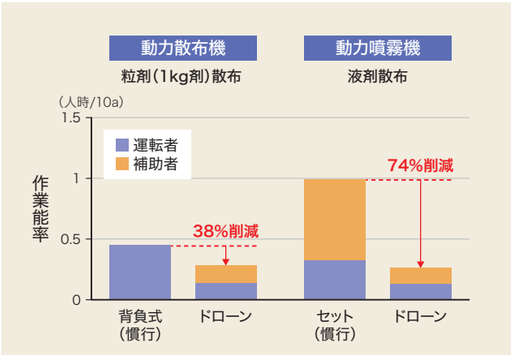


図1 中山間水田作におけるドローン防除と慣行防除作業との作業能率の比較の事例（集落営農法人連合体形成に向けた経営体質強化・次世代人材育成コンソーシアム 令和2年度成果報告書より）

同様で、背負式動力散布機で30～70%削減、セット動力噴霧機で70～95%削減になっています。無人ヘリコプターと比較すると能率は劣りますが、中山間地域の中小区画ほ場では小回りのきくドローン防除が適しています。生産現場からは、特に肉体的な疲労が小さくなったこと、機動的に適期防除が行えたことにより病虫害被害を最小限に抑えられたことなどが高く評価されました。

ドローンは防除ばかりでなく肥料散布など他の作業にも利用されると機械の利用効率は向上しますが、タンク容量が小さく肥料の補充回数が増え、防除と比較すると能率は低下します。しかし、ドローン専用肥料が開発され、比較的タンク容量が大きい機種も販売されるようになり、肥料散布への活用も今後広がると思われます。また、必要な場所に必要な量の肥料を撒く可変施肥対応のドローンも市販され、減肥への効果も期待されます。さらに、水稲や緑肥作物などの播種にも利用が広がっています。

果樹作でもドローン防除の期待は大きくなっています。図2は、傾斜地果樹園でのドローンと、スピードスプレーヤ、手散布の作業能率を比較した結果です。平坦地の水田よりも作業能率は低下しますが、作業時間はスピードスプレーヤより40%削減、手散布より75%削減になり、省力性が実証されています。ただし、ハダニの防除については、葉裏への薬液の付着量が低下すること、高濃縮の適用農薬の登録がないことから、手散布にならざるを得ないという課題が指摘されています。また、傾斜地樹園地では操縦が難しく高度な技術が必要です。そのために、あらかじめ3Dマップ作成用のドローンを飛ばしてルートを作成し、3次元自動航行できるドローンで防除する技術も確立されていますが、マップやルート作成に費用と労力を要しますので、今後、問題解決が望まれます。

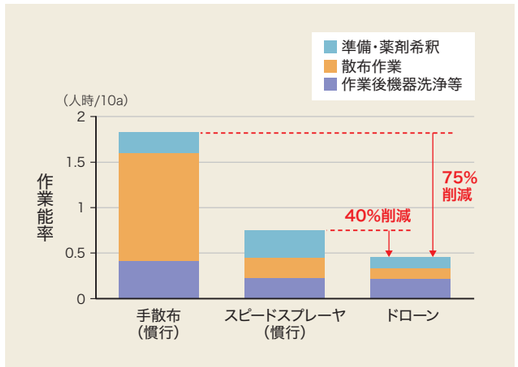


図2 傾斜地果樹園におけるドローン防除と慣行防除作業との作業能率の比較の事例（「瀬戸内レモン」スマート農業技術実証＆情報発信コンソーシアム 令和2年度成果報告書より）

また、ドローンは、機体の操作性、安全性がこの数年で格段に進歩していますが、高価格です。機体の価格だけでなく、バッテリー1台で稼働できる時間が短く高価なバッテリーを複数個用意しなければなりません。その他、寿命の短いバッテリーの交換費用、定期点検や稼働時間に応じた部品交換費用、保険料や免許費用など維持管理費にもコストが嵩みます。そのため、シェアリングや受託サービスなどを活用した社会実装が期待されます。

リモコン式草刈機

中山間地域では水田畦畔面積の農地に占める割合が高く畦畔率は長野県で約12%、広島県や鳥取県では約10%に達しています。また、年間4回程度実施される畦畔草刈りは肉体的に負担の大きな作業であり、転倒リスクの高い危険な作業でもあります。年間作業時間は水稲作全体の20%を超える場合も少なくなく、その省力化は喫緊の課題になっています。また、樹園地でも法面の管理は重労働であるため、リモコン式草刈機への期待は大きくなっており、プロジェクトでも多くの課題で実証に供されています。

表1に、プロジェクトで適用されたリモコン式草刈機の仕様をまとめました。まず、リモコン式草刈機の走行方式は、タイヤ、クローラ、ウィンチに分かれます。また、刈取部は機体の中央部に刈刃があるミッドマウントと機体前方に装着されるフロントマウントに分かれます。ミッドマウントでは機体をコンパクトに設計できて、ほ場端での旋回はスイッチバックで行えます。それに対して、フロントマウントではほ場端での旋回では回行しなければなりませんが、刈幅を大きくでき、走行跡の草が刈り残らないというメリットがあります。切断方式は、ディスクが回転するような水平回転と、縦方向に回転し細断性の高いハンマーナイフ方式に分けられます。また、カタログに記載された最大傾斜度は、タイヤが40°、クローラがおおよそ45°、ウィンチが55°と走行方式によって適用できる傾斜度に差があります。さらに、刈幅、刈高さ、価格など様々です。プロジェクト

表1 スマート農業実証プロジェクトで供された多様なリモコン式草刈機の仕様

走行方式	タイヤ	クローラ			ウィンチ
刈取部マウント方式	ミッドマウント	ミッドマウント	フロントマウント		ミッドマウント
刈取部切断方式	水平回転	水平回転	水平回転	ハンマーナイフ	水平回転
主な導入機種					
カタログ記載の最大傾斜度	40°	平均45°程度(※:50°、※※:35°)			55°
刈幅	500mm～1,120mm				
刈高さ	(最低)40mm～75mm　(最高)50mm～200mm				
市販価格	1,000千円～8,000千円				

では、当初、走行部がタイヤの機種を導入している地区が多かったのですが、その後、傾斜地や不整地での走行性に優るクローラ型を導入する地区が多くなってきました。

図3は、ある機種の作業能率の事例です。機種Aは、平坦地では刈払機の約2倍の能率を示しますが、傾斜25°以上の畦畔や園地では35%程度の向上でした。傾斜地で作業能率がかなり低下すること、同じような傾斜度でも、草の条件や法面の状態によって変動が大きくなることがわかりました。機種Bでも傾斜地での変動が大きく、最大と最小の差は

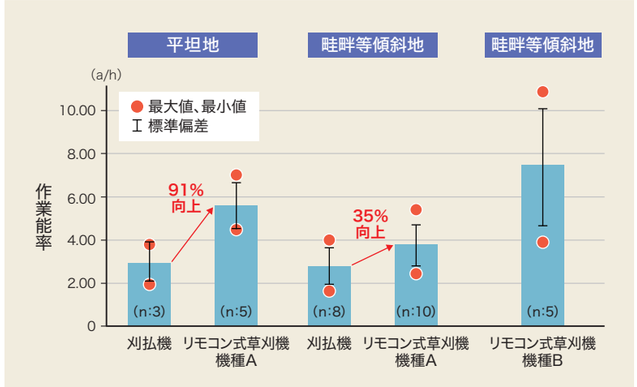


図3 傾斜25°以上の畦畔・園地等の傾斜地での作業能率

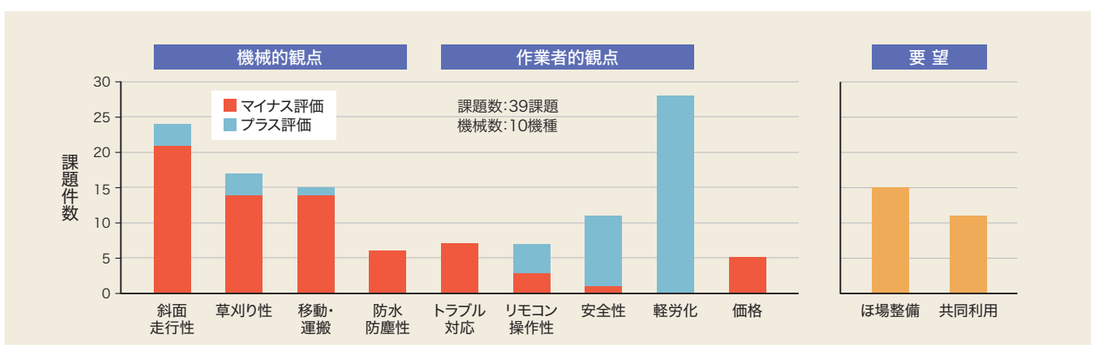


図4 リモコン式草刈機の実証における各課題での評価のとりまとめ

約7a/時間に達し、現地の畦畔法面の傾斜度の他、法面の凹凸、水分、草量などの条件によって作業能率が大きく左右されることがわかりました。

図4は、生産者などの評価をほぼすべての課題についてとりまとめた結果です。評価は、大きく機械的な観点と作業者的な観点、要望に分けられます。機械的観点は斜面走行性、草刈り性、移動・運搬、防水防塵性の4つです。特に「斜面の走行性」に対しては概して厳しい評価になっており、「走行部が滑り法面が崩れる」「石、障害物、凹凸は作業前に事前確認が必要」といった評価があります。草刈り性に関しては、「走行跡の草が刈り残る」「刈高さの調整機能が十分でない」などマイナス評価がある一方、「細断できて、刈った草を除去する必要がない」ことを高く評価していました。移動・運搬に関しては、「重量制限で軽トラックに乗らない」「自走速度が遅い」といったマイナス評価がありました。防水防塵性については、「コントローラーが防水仕様になっていない」といった評価がありました。それに対して、作業者的観点としては、「軽労化」「安全性」を高く評価していました。また、「価格が高い」といった意見の他に、「リモコン式草刈機にあったほ場整備」「シェアリング、共同利用などによる導入コスト削減」を要望する生産者が多かったです。

リモコン式草刈機はどのような畦畔にも適用できるわけではありません。畦畔の状況に応じて、既存の自走式草刈機や刈払機と使い分けることが重要で、図5に示したように、岡山県のプロジェクトでは草刈機の機種ごとに適用可能畦畔をマップ化して使用しています。

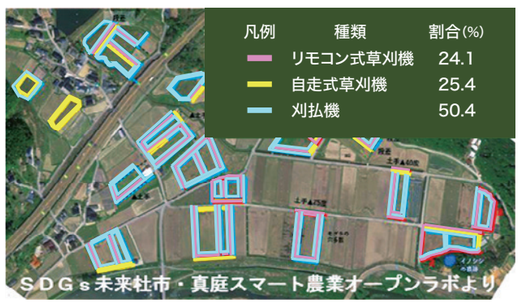


図5 草刈機の適用可能畦畔マップの事例

導入したリモコン式草刈機の場合、①畦畔法面角度30°以下で斜面の凹凸がない、②水路などへの落下リスクがない、③畦畔天端の幅100cm以上、④畦畔法面への導入路がある、ことを条件にしています。その結果、リモコン式草刈機が適用できる畦畔の割合は約25%と小さくなりましたが、適用可能畦畔を法人内で情報共有することにより効率よく作業が行えるようになりました。

しかし、中小区画の分散ほ場が多い中山間地域では経営規模が大きくなると適用可能畦畔マップの作成は困難です。最近では、ドローンを用いた写真測量で集落の農地と畦畔を分けて、畦畔の傾斜度や凹凸、障害物を検出して、リモコン式草刈機の導入の可否を判断して適用可能畦畔マップを短時間で作成する技術も開発されています[1)]。

このように、適用できる畦畔が少ないとの指摘がある中で、最近市販されたリモコン式草刈機は、特に斜面走行性の向上が図られており、適用可能畦畔の割合も増えてきているのではないかと思われます。さらに、リモコン式草刈機のシェアリングや受託サービスも始まっており、リモコン式草刈機の普及は、今後、大いに進むものと期待されます。

生産現場の工夫が求められる

プロジェクトの開始から5年が経過し、開始当初に導入されたスマート農機よりも性能が高い機械が短期間に開発・市販されるとともに、その利用技術が提供されるようになりました。これは各プロジェクト課題の結果を受けてメーカー各社が改善に努力された一つの成果だと思っています。これらのスマート農業技術について、コストを抑えながらどのように利用していくか、次は生産現場の対応と工夫が求められています。ドローンやリモコン式草刈機もしかりです。中山間地域という多様な環境の中で、生産現場の問題解決のためにどの機械、どの技術を選択するのか、また、コストを抑えるためにどのような工夫が必要なのか、個々の生産者だけでなく、産地や地域全体で検討を進める必要があります。

（西日本農業研究センター 研究推進部）

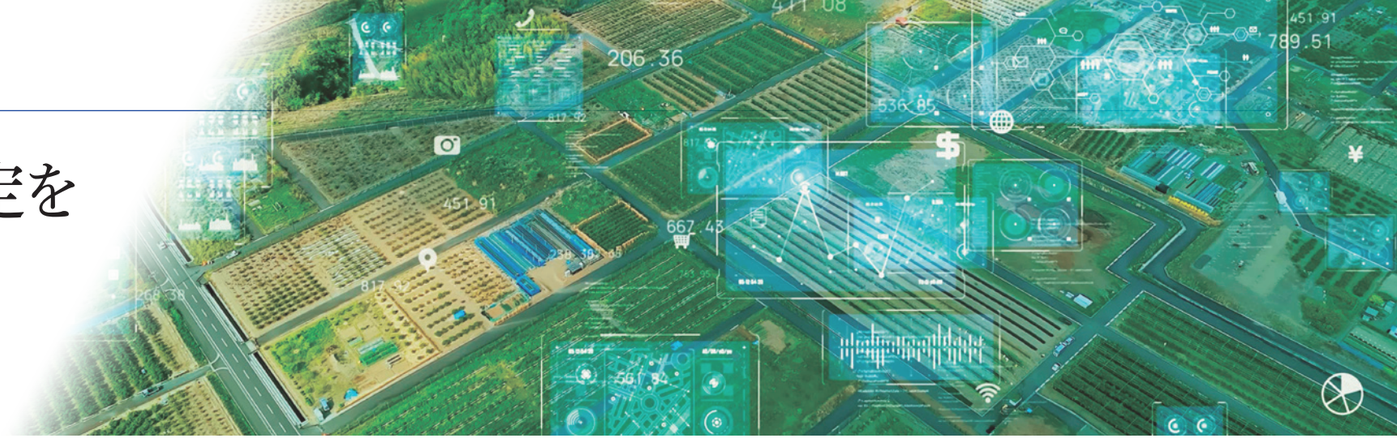
参考文献

1）清水裕太・菊地麗（2020）ドローン空撮ステレオ画像による畦畔傾斜マップの作成, 農研機構技報, No.5, 22-25.

園芸作と水田作の効率的な作業計画策定を実現する営農支援システム

― 生育予測と栽培支援システム ―

荻原　均
OGIWARA Hitoshi



スマート農業実証での営農支援の取り組み

スマート農業における個別要素技術には、本冊子の特集1（平坦地における省力化と収量・品質改善を実現するスマート農機）や特集2（中山間地域における管理作業の効率化を実現するスマート農機）で紹介している自動走行トラクターや直進アシスト田植機、ドローンなどのスマート農機の他にも、生育予測や栽培支援といった各種の営農支援システムがあり、スマート農業実証プロジェクトでは、これらについても多くの実証がなされてきました。

営農支援システムは、「データを活用する技術」とも言えますが、その内容としては、①ドローンなどを利用したセンシングや収量計測コンバインによるデータの取得、②モデリングによる作業適期や収穫量の予測、③収集したデータをもとにした栽培管理や労務管理の実施、④売上げなどの経営データの集計・解析と出荷計画の策定など多くの取り組みがあります。このうち、本稿では、実証プロジェクトにおいて、栽培支援システムまたは生育予測システムを用い、取得したデータをもとに生育ステージや収穫量を予測するシステムを活用した事例を中心に、その特徴と導入効果を紹介します。

園芸作における営農支援システムの活用と効果

園芸作の実証においては、表1に示すように、作業時期や収穫量を予測して労務管理に役立てる取り組みと、さらに、適期作業を通じた収穫量や品質向上を図る取り組みがあります。

施設園芸や露地野菜生産では、雇用労働力への依存度が高く、そのために作業時期や収穫量を事前に予測して労務計画を立てることが経営の効率化に大きく貢献します。キュウリの事例では、予測した収穫量をもとに労務管理を行うことによって、総作業時間を5%削減可能なことがシミュレーションで示されました。また、大規模なパプリカ栽培の事例においても、労務管理を行える生産管理支援システムと2週間程度先の収穫量を予測するシステムを連携させることによって、収穫量が21%増大している中でも労働時間が5%削減されています。

施設園芸の場合には、労務管理への反映や作業適期の予測にとどまらず、取得したデータの解析結果を統合環境制御プログラムへフィードバックすることにより収穫量や品質の向上を図るという道筋もあります。キュウリの事例では、養液栽培システムの導入、ハウス内環境・給液・排液データの活用、光合成チャンバーデータの活用などを総合した結果ですが、統合環境制御機のプログラムをキュウリ栽培に適した改良を行うこととも合わせて平均単収比で44%向上しました。また、露地野菜や施設園芸などの生鮮野菜の場合には、レタスやブロッコリー（A）の事例のように、2週間程度先の出荷量の予測をあらかじめ市場に提供することによって、価格の安定化を図ることも行われています。

水田作における営農支援システムの活用と効果

水田作のような土地利用型の営農体系では、収穫期を予測することで、コンバインなどの機械とそのオペレーターの配置などの作業計画や、収穫物を受け入れる乾燥

表1 園芸作における営農支援システムの導入目的と実証結果

区分	対象作物	実証地	主な対象領域	導入目的	実証結果
施設園芸	キュウリ	愛知県	労務管理	収穫量・生育予測に基づき労務発生作業量を予測し、必要な労働力の確保に活用、養液栽培からの給排液データより得られた植物体の吸水・吸肥量を養液土耕栽培の管理に活用	・天気予報をもとにキュウリの収穫量を予測し、収穫量から収穫作業時間を線形回帰モデルにより予測 ・統合環境制御機をキュウリ栽培に適したプログラムに改良するとともに、養液栽培からの給排液データより得られた植物体の吸水・吸肥量を既存の養液土耕栽培にフィードバックすることで生育を最適化 ・労務分析ツールを活用し、過去の作業実績をもとに、作業者を割り振ることが可能なことを確認 ・シミュレーションにより総作業時間を5%削減可能なことを確認 ・2020年1月～12月の収量は養液栽培において養液栽培システムの導入、ハウス内環境、給液・排液データの活用、光合成チャンバーデータの活用、統合環境制御機のキュウリ栽培に適したプログラム改良により44%増加
	パプリカ	大分県	労務管理	収穫量および選果量より、収穫や選果、包装などに必要な従業員数を推定	・農業データ連携基盤（WAGRI）にパプリカ生育・収穫量予測モデルの計算アルゴリズムをAPI化し、実装 ・労働時間が5%削減され、収穫量は21%増大
露地野菜	キャベツ	北海道	収穫計画	適期収穫による品質向上、収穫量増、機械利用効率の改善	・キャベツの生育モデルに基づいて播種・定植を行い、モデルに基づいて、一部衛星センシングで確認しながら収穫適期を予測 ・高精度測位サービスと衛星センシングの結果を連携させて予測精度を向上 ・製品収量は10～35%増収し、労働力は30%削減
	レタス	長野県	出荷計画	正確な需給調整の実現を策定・モデル化	・農研機構で開発されたレタス生育予測・出荷予測アプリケーションのデータと、受発注管理システムとの組み合わせや連携を実施 ・自動的に出荷予測データを取り込み、画面に表示することで、出荷予測日を考慮した出荷や販売計画の見直しを可能に
	ブロッコリー（A）	長崎県	労務管理	契約派遣要員の人員調整、出荷予測を市場に提供することによる価格下落の防止	・産地内に営農支援システムを普及させて定植データを広く集め、温度などのデータで補正してブロッコリーの2週間後の出荷量を予測 ・契約派遣要員の人数の調整に活用して稼働数は前年比16%削減 ・市場に情報提供した結果、売り場面積の拡大や特売の設定により売れ残りによる価格下落を低減
	葉ねぎ	香川県	出荷計画	生育予測により収穫開始日の予測を可能にし、長期的な収穫作業計画の立案	葉ねぎの春期、秋期の適温域での予測が高精度で行われ、達成目標の長期的な収穫作業計画が立てられるようになったが、土壌の水分不足等の影響により予測にズレが発生
	ブロッコリー（B）	石川県	収穫計画	収穫計画の策定、収穫量の向上	・ドローンセンシングで得たブロッコリーの画像をAIで解析し、花蕾径で色分けされたマップを作製、青果用の手収穫の計画を策定し効率化 ・全自動収穫機で加工用に一斉収穫を行った。春作秋作ともに収穫量が8～15%向上し、収穫時間は同等か削減

資料：各コンソーシアムの実績報告書に基づき作成。
注：それぞれの行の記載は、各実証課題での取り組みを整理したものです。

機の稼働計画を策定することが重要になります。そのために水稲作では、GISデータとシステムにより予測された生育ステージを結びつけて、多数のほ場の収穫適期の順番を可視化することで作業の効率化を図るなどのシステムが構築されています。

水稲作であっても、野菜や果樹作でも、管理作業や収穫を適期に行うことによって品質が向上するとともに、良品率の向上を通じて収入が増加します。また、経営が大規模になるほど、適期に作業するためには事前にその時期を予測して作業計画を策定する必要があります。

特に、水田作においては、収穫量と品質の向上のために追肥（穂肥）のタイミングが重要になります。穂肥の適期は、品種によって多少の違いはありますが、ドローンによるセンシングも含めて、水稲の外観から判定するのは非常に困難です。そのため、適期に穂肥を行うためには作物の発育モデルなどを利用した幼穂形成期や出穂期などの生育ステージの予測が重要です。その際、主要な品種・作型については各都道府県やJAなどから情報提供が行われますが、晩植や直播など独自の作型をとる場合や、都道府県による情報提供の対象となっていない品種の場合には個別の予測が必要となります。

このような状況の下で、表2に示すように、水稲（A）の事例では、収穫量と品質を勘案して予測する穂肥の適期と推奨施肥量を施用することで最大17%増収しました。また、水稲（B）の事例では、品種と気象データに基づいて生育ステージを予測する栽培管理支援システムを利用し、「コシヒカリ」のV溝直播栽培での収穫適期予測による収穫作業計画を策定しています。加えて、水稲（A）ではさらに踏み込んで、生育予測システムのシミュレーションの結果を参照しながら、研究者や普及員が経験やノウハウに基づいてほ場別に品種構成や作型、肥培管理方法の改善提案を行っています。具体的には、実証経営体のすべてのほ場について作業日、資材使用量、水稲の発育ステージ、ほ場別収穫量、玄米タンパク含量、色彩選別やふるい選別のデータを収集し、収量が特に低いほ場を中心に解析を行って、品種構成や作型、肥培管理の改善提案を行うというものですが、このような品種配置や作付け順序の変更、晩植適性品種の導入などにより、実証経営体全体で20%の単収向上を実現しています。

生育・収量予測における予測手法と精度

生育・収量予測の内容としては、①積算気温を基に回帰式を用いて生育ステージを予測する比較的シンプルなもの、②複数のパラメータからなるモデルを用いて予測するもの、③さらに、労務管理機能などを備えた支援システムと予測システムのアウトプットを連携するものや、施設の統合環境システムにフィードバックするものに分類できます。

表2 水田作における営農支援システムの導入目的と実証結果

区分	対象作物	実証地	主な対象領域	導入目的	実証結果
水田作	水稲（A）	茨城県	栽培支援	10%の増収および5%の高品質化に貢献	・水稲の栽培管理支援システムの発育予測、追肥診断機能を営農管理システム内で利用可能とし、データ駆動型生産に活用 ・出穂期予測の誤差は概ね4日以内の精度確認。追肥診断では、同等～17%増収効果を確認
	水稲（B）	石川県	作業計画	出穂期や成熟期を予測し、防除や収穫作業計画に反映	・水稲の実際の出穂期（目視判断）は予測値と大きな相違はなく、適期に防除を実施 ・水稲品種「ひゃくまん穀」も同様に防除を適期に実施 ・「コシヒカリ」（V溝直播）の成熟期の予測結果に基づき収穫作業計画を策定。実際の出穂期（目視判断）は予測値と相違なかった
	水稲（C）	兵庫県	生育予測	成熟期の予測を行い、収穫スケジュールの作成に活用	・水稲の出穂日は推定日より約3日早くなった ・フィールドサーバーで計測した気象データが、メッシュ農業気象データとほぼ一致したため、以降はフィールドサーバーに代わってメッシュ農業気象データを利用し、機器や通信料を節約

資料：表1と同じ。なお、この表に記載する栽培支援システムは、現在は、（株）ビジョンテック社が農研機構から引き継いでSAKUMOとして有償で提供されています。（https://sakumo.info）

比較的シンプルな①は、エクセルなどのワークシートで構築されており、生産者や普及関係者が手元のパソコン上で自分のデータを入力します（表1、葉ねぎの事例）。一方、②と③はクラウド上などに構築されており、生産者はブラウザなどのユーザーインターフェースを介して利用する形をとることが多くなっています。表1のパプリカの収穫量予測モデルや、表2の水稲（A）の事例での栽培管理支援システム（農研機構開発）は、農業データ連携基盤（WAGRI）のAPIとして実装されています。このようなシステムでは、生産者にとっては判断の過程がブラックボックスとなってしまう一方で、スマートフォンのような携帯が可能な端末でも利用でき、ほ場等でも確認できるメリットがあります。

一方、予測精度について見ると、スマート農業実証プロジェクトで実証された栽培支援システムや生育予測システムは、基本的な予測のパラメータ自体はこれまでに十分な研究の蓄積があり、実証に耐えると見込まれたものが供試されていますが、将来予測の精度については、積算温度を基にしたシンプルな予測の場合は気象予報の精度に依存するという面も見られました。これに対して、予測モデルをドローンセンシングや衛星センシングの結果で補正を行うことは、予測精度の向上をもたらしています（表1のキャベツ、ブロッコリー（B）、表2の水稲（B）の事例など）。しかし、ドローンの場合は飛行や撮影、その後の解析の担い手とコストが必要となり、衛星の場合もデータ購入のコストと解析の手間がかかることが、残された課題となっています。

今後の課題

これまでの栽培支援システム・生育予測システムの主要な導入目的は、作業適期の予測と適期作業による収穫量、品質向上でした。規模拡大を前提として、前年データを活用した品種構成や作型の変更に加えて支援システムの適正管理により単収向上を達成（表2の水稲（A）の事例）、養液土耕栽培では養液栽培データ、環境・植物生体情報データの活用により単収向上（表1のキュウリの事例）が認められました。このような取り組みを横展開させ、さらに発展させていくことが重要と考えます。加えて、将来的には蓄積したデータを基に作型や品種の選定まで踏み込んだ改善提案ができるシステムが望まれます。現時点ではデータを集約して整理し、ノウハウを持つ研究者や普及指導員がその判断をアシストする状況ですが、AIなどの利用によって生産者が自ら改善策を立案していけるシステムの構築も求められます。

栽培支援システム・生育予測システムの構築には、モデリングや、計算機の中での実装だけではなく、モデルと照合するための実測データの取得が欠かせません。表2の水稲（A）の事例では、収穫量や生育ステージの実測データの調査を茨城県で農研機構の多数の研究員が分担して収集しました。また、表1のパプリカの生育・収穫量予測システムの精度向上には、実証地（大分県）での着果状況の調査が欠かせませんでした。このように、データ駆動型の農業を実現していくためには、実測データ取得にかかる作業の合理化、自動化とともに、実測データの取得に関わる人材の確保、育成が欠かせない要件であると考えられます。

（本部 みどり戦略・スマート農業推進室）

スマート農業導入前後の経営収支の評価と特徴

梅本　雅
UMEMOTO Masaki

スマート農業の導入に伴う収支変化解析の必要性

スマート農業実証プロジェクトでの現地実証試験におけるスマート農業の導入効果は様々な場面で紹介されてきていますが、経営全体の収支への影響については十分には明らかにされていません。これは、実証期間が2年間と限られるのに対して、導入した機械の稼働率の確保など、投資効果が生じるには一定の期間が必要であり、スマート農業が経営収支に及ぼす効果は時間をかけて見ていく必要があるからです。

しかし、事業の開始以降、個別要素技術が体系化されるとともに、実証面積の拡大と併せて、スマート農業が経営全体に効果をもたらしつつあります。スマート農業の普及拡大に向けては、農業者の利益の向上が必須ですが、そのためにも、スマート農業導入前後の経営内容や経営収支の変化を解析していくことが求められます。

分析データと分析方法

スマート農業実証プロジェクトにおける2019年度採択課題においては、すでに事業は終了していますが、スマート農機等が継続使用されている経営からは事業後の経営データが提供されています。そのため、本稿では、2019年度採択課題における実証経営の事業前（2018年）から事業後（2021年）の4年間の経営データに基づく収支や経営概要の変化を整理し、スマート農業の導入による経済効果を確認するとともに、その要因を整理し、スマート農業の普及に向けた方策を提示します。

本プロジェクトでは、経営収支として青色申告決算書（個人経営）および決算書（法人経営）の数値が提出されていることから、本稿での分析は、それら経営収支と経営概要に関するデータを用いて実施しました。

なお、新たに機械や施設を導入する場合、通常は、農業者が自ら資金を調達し、それらを購入します。しかし、スマート農業実証プロジェクトは国費による委託事業（国費100%）のため、農業者による経費の負担はなく、実証経営がスマート農機等を所有する場合には、委託費が実証経営に配分されて収入として加算されます。

一方、実証経営以外の代表機関等が機械を所有する場合は、実証経営に委託費収入は発生しません。そのため、減価償却費も加算されませんが、事業で導入した機械を無償で使用できます。このような事情から、実証経営の会計データをそのまま用いて分析を行うと、スマート農業の経済効果を過大に評価することになりかねません。そのため、本稿では、実証経営の収入から委託費を控除するとともに、無償で利用されているスマート農機については減価償却費を別途、追加計上する方式で会計データの修正を行いました。そのため、ここでのデータは、実証経営の実際の決算書の数字とは異なりますが、農業者が自ら投資を行う場合を想定した試算であり、実態を反映した分析と言えます。

分析対象は、4年継続してデータが得られた法人経営17事例（水田作7、畑作6、露地野菜2、果樹茶2）と、個人経営18事例（施設園芸8、果樹茶8、その他2）です。

経営収支の変化を見る指標には様々なものがありますが、ここでは、売上高、経常利益および1人当たり労働報酬（法人）、1戸当たりおよび1人当たり所得（個人）に注目します。なお、実証経営によって労働力数が異なるため1人当たり労働報酬等を比較に用いていますが、経営の中には農業従事日数が少ない者もいることから、労働力数は専従換算（計算方法は図1の脚注に記載）を行った上で算出しました。

1人当たり労働報酬や所得は、一般の労働者の年間給与とも比較できます。また、売上高経常利益率は他の産業とも比較可能な指標であり、これらはスマート農業を導入した農業法人の収益性の水準を評価していく上で有効な指標と言えます。

結果

図1は、実証経営の実証前（2018年）から実証後（2021年）にかけての収支の変化を見たものですが、法人経営では売上高、経常利益、労働報酬のいずれも増加しており、経常利益は、2021年には2,829万円に達しています。売上高が3億4,900万円なので、売上高経常利益率では8.1%になりますが、中小企業実態基本調査（2020年度）における従業員21～50人規模の製造業の売上高経常利益率は3.3%であり、これに比較すると高い利益率であると言えます。

なお、経常利益の推移をみると、2018年から2019年にかけて減少しています。これは、実証事業への参画に伴うスマート農機への投資が経費（減価償却費）を増加させる一方で、その効果が発現するには時間がかかるという点が影響しています。特に、2019年は、事業初年度という事情からスマート農機がすぐに活用できないケースが生じるとともに、技術の習熟にも時間がかかることから、収入が大きく変わらない中で経費が増加し、利益が低下したと考えられます。

しかし、その後は、売上高が増加し、経常利益は向上しました。そして、1人当たり労働報酬は、2021年には451万円と、賃金構造基本統計調査（2021年度）の一般労働者

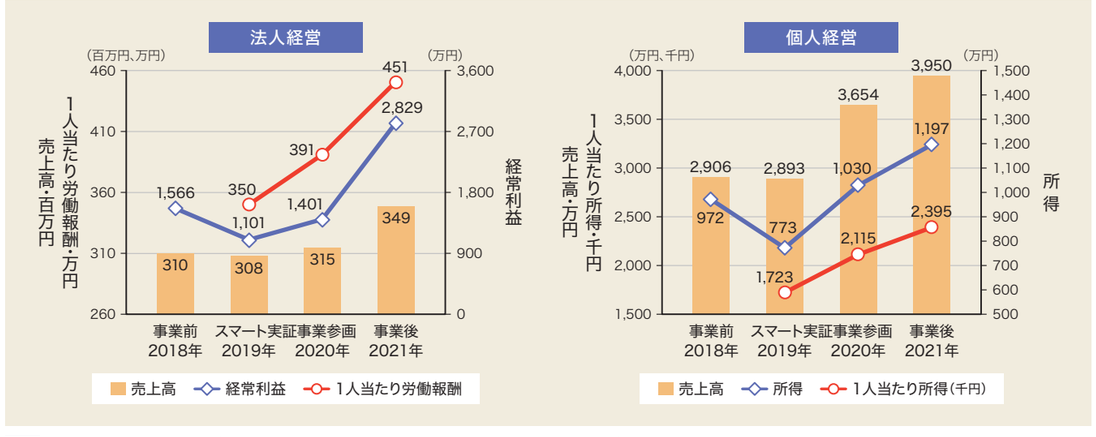


図1 スマート農業実証プロジェクトへの参画に伴う経営収支の変化（法人経営および個人経営）

注：4年間の継続データが得られた法人経営17事例、個人経営18事例の経営データに基づき整理。収入は委託費を控除するとともに、経費は、無償で使用できている場合でも、本事業で導入した機械設備については減価償却費を加算した上で経常利益を算出しました。個人の所得についても同様に計算しています。1人当たり労働報酬および所得は、法人は（賃金・給与+役員報酬+利益）、個人は農業所得（専従者給与含む）を、専従換算（常雇および150日以上従事を1、それ未満を0.5として計算）した労働力数で割った金額です。1人当たり労働報酬は、労働力数のデータが得られた2019年以降について示しています。

（短時間労働者を除く）の年換算賃金（月額×12カ月）の370万円を上回る状況に至っています。

同様に、個人経営についてみると（図1）、売上高、所得とも増加しており、その傾向は法人経営と同じです。

ただし、1人当たり所得は2021年時点でも約240万円であり、法人経営に比較すると少なくなっています。個人経営の多くは家族中心で経営運営がなされており、1戸当たりの所得としてみると1,000万円を超えるのですが、1人当たりでは一般の給与水準に比較して少なく、個人経営においては、この1人当たり所得をどれだけ向上させていけるかが今後の課題と言えます。

このように、全体としてはスマート農業の導入により利益は増加していく傾向にありますが、経営によって効果の表れ方には違いがあり、大きく利益を増加させた経営がある一方で、中には、実証前に比較して利益が減少している経営もあります。そのため、比較的同じ状況のもとで分析が行えるよう、法人経営の水田作および畑作部門の13事例のうち、2018年から利益が増加したグループ（8事例）と利益が減少したグループ（5事例）を取り上げ、収支の推移や、それに影響を与えている要素を整理しました。

図2は、経営改善が進んだグループの収支や経営面積の変化を見たものです。これによると、2019年は投資効果の発現の遅れもあり売上高に大きな変化はありませんが、その後、2019年当初の経営面積（80.7ha）がさらに7.6ha拡大するとともに、面積当たりの売上げも増加し、売上高は大きく拡大しました。いわば、規模拡大と集約度向上の両面から経営改善が図られたと言えます。

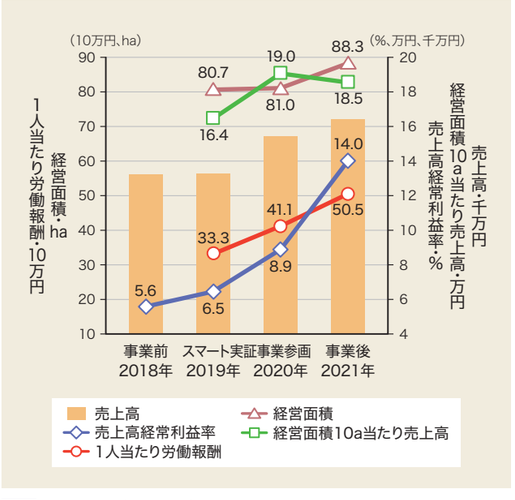


図2 経営改善が進んだグループにおける経営収支の変化と要因

注：水田作および畑作部門の法人経営のうち事業前（2018年）から事業後（2021年）にかけて経常利益が増加した8事例について整理を行いました。データの作成方法は図1と同じ。1人当たり労働報酬、経営面積、経営面積10a当たり売上高はデータが得られた2019年以降について示しています。

表1 経営改善が進んだ水田作事例の技術的な条件の変化

年 次	経営面積 10a当たり 売上高（万円）	作付作目数	作況補正 水稲単収 （kg/10a）	稲作 労働時間 （時間/10a）
2019年	16.4（100）	4.4（100）	539（100）	13.2（100）
2020年	19.1（116）	4.0（91）	546（101）	10.9（82）
2021年	18.5（113）	4.6（105）	518（96）	10.8（82）

注：経営改善が進んだグループのうち、水田作5事例について整理。年次ごとの水稲単収は対象事例の都道府県の作況指数（農林水産省の「作物統計」）で補正。作付作目数は、経営概要に作付面積の記載のあった作目の数を整理しています。

さらに、10a当たり稲作労働時間の推移を見ると、2019年の13.2時間から、2021年には10.8時間に減少しており、このような省力化の進展も、労働力を増加させることなく規模拡大を図ることを可能にした要因と考えられます。その結果、先の図2に示したように、2021年には、1人当たり労働報酬は505万円、売上高経常利益率14%と、他産業（中小規模の製造業等）を上回る収益水準に達しました。

一方、図3は、水田作・畑作の分析事例の中から、2018年から2021年にかけて経常利益が減少した5事例について収支や経営面積の変化を整理したものです。これによると、上述した経営改善が進んだ事例とは異なり、2020年からは経費が収入を上回り、経常利益はマイナスとなるとともに、1人当たり労働報酬も、2021年には211万円にまで低下しています。

スマート農業に取り組んだにもかかわらず経営改善が進んでいない要因を上記の利益が増加したグループの動向と比較してみると、①経営面積は2019年の43.7haから2021年に45.7haと、2haのみの拡大にとどまったことに加え、②経営面積10a当たり売上高も、2020年の16.5万円から2021年には14.9万円に低下したため、2021年の売上高が事業前（2018年）よりも減少、③一方、経費について、特に、減価償却費が2018年の556万円から、2021年には965万円へと1.7倍に増加しているといった点が指摘できます。すなわち、投資を行ったにもかかわらず規模拡大がそれほど進まず、それと同時に面積当たり売上げが減少したことが経営全体の売上高を抑制し、一方では、経費は増大したことが、利益を減少させる要因となったと言えます。

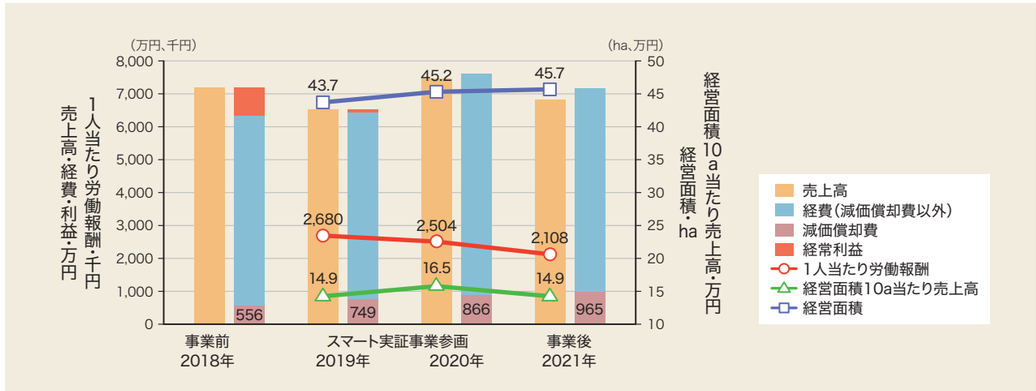


図3 経営改善が進んでいないグループにおける経営収支の変化と要因

注：水田作および畑作部門の法人経営のうち事業前（2018年）から事業後（2021年）にかけて経常利益が減少した5事例について整理を行いました。データの作成・利用方法は図1と同じ。

なお、表示は省略しましたが、経営改善が進んだグループと比較した場合、進んでいないグループでは、水稲単収や稲作労働時間の推移はほぼ同じですが、経営面積がより小さいことに加え、作付作目数が3.0と少なく、水稲を中心とした経営が多いことがうかがえます。特に、今回の分析を行った期間は新型コロナウイルスが蔓延した時期であり、経済活動はそれにより大きな影響を受け、外食需要の減少などから米の販売価格が下落した事例もあります。分析結果の解釈においては、そのような市場環境変化の影響についても留意する必要があります。

収益改善に向けた対策と今後の取り組み

2019年度採択課題における事業終了後も含めた収支の推移を見ると、全体としては収益性が向上していますが、特に、経営展開の方向性や、経営上の問題点が明確となっており、それらに対してスマート農業技術で課題解決を図ろうとした経営において利益の増加が実現できています。また、説明は省略しましたが、データの活用や環境制御などにより収量を向上させた経営においても、収益を大きく改善させています。

一方、経営規模に大きな変化がなく、投資に伴う経費負担が大きくなる中で利益を減少させている事例も見られます。この点で、スマート農業の普及に当たっては、地域条件、営農条件を踏まえつつ、それぞれの経営の展開方向に適合したスマート農業の導入を図っていく必要があります。

今後は、経営全体から見たスマート農業の導入効果も併せて示していくことが求められますが、その際は、様々な経営改善シナリオごとに、それに適したスマート農業の導入方法と、その経済効果を示していくことが必要となると考えます。

経営展開に関する複数の類型と、それに適合したスマート農業の導入方法を整理し、技術メニューから、さらに経営メニューへと拡充していくことが、スマート農業の普及には重要です。そのため、農研機構では、現在、本冊子特集10（スマート農業の導入を支援する「農業経営計画策定支援システム」の開発）で紹介しているように、様々な経営改善シナリオに関する試算が簡易に行えるシステムの構築を進めています。このような取り組みを、今後、加速していく計画です。

（本部 みどり戦略・スマート農業推進室）

水田作経営：経営改善シナリオに対応したスマート農業技術の導入

梅本　雅
UMEMOTO Masaki

水田作における スマート農業導入への取り組み

スマート農業実証プロジェクトは、全国217地区で実施されていますが、このうち48地区が水田作での実施であり、全体の約1/4を占めます。また、水田作のうち30地区は、プロジェクトが開始された2019年度から取り組まれたものです。このように、水田作において多く、かつ、早い段階から実施されてきた要因には、スマート農機の開発が稲作において先行して進められてきたこと、また、規模拡大が大きく進展してきていることや、米価が低迷する中での経営改善への要請など、水田作経営としてもスマート農業を導入する必要性が高まってきていたことがあるでしょう。

このスマート農業実証プロジェクトで導入された機械・技術は、農研機構のWebサイト「スマ農成果ポータル」で紹介されていますが、水田作部門における事例をみると、①自動走行トラクター、②自動運転田植機、③直進アシスト田植機、④自動操舵システム、⑤センシングおよび散布用ドローン、⑥リモコン式草刈機、⑦ほ場水管理システム（自動水管理システム）、⑧収量計測コンバインなどのスマート農機や、⑨栽培管理システム、⑩営農管理システムなどの営農支援ソフトが導入され、さらに、⑪可変施肥などの栽培管理や、⑫スマート農機のシェアリングといった取り組みも実施されてきています。加えて、それらスマート農業の推進に加え、後述するように、水稲直播栽培の導入や新品種の採用、農地の面的集積といった経営対応も実施されてきていることが注目されます。

スマート農業は、「農業×先端技術」というように、農業と先端技術の融合として説明されていますが、その際は、自動走行、AI、IoTなど先端技術が注目されがちです。しかし、先端技術の導入に加え、既存の栽培方法や農業生産の仕組みそのものも改善していくことが重要です。そこで、本稿では、スマート農業実証プロジェクトにおける水田作部門の実証経営を対象に、取り組みの概要や導入効果、今後の課題を明らかにします。

表1 対象事例の経営概要

事 例	A経営	B経営	C経営
労働力数（人）	家族3、常時雇用1、臨時雇用2	家族2、常時雇用3、臨時雇用1	役員4、常時雇用7、臨時雇用2
経営面積	106ha	80ha	163ha
部門構成	水稲	水稲、小麦	水稲
水稲の栽培方法	移植栽培、直播栽培	移植栽培	移植栽培、直播栽培
主な機械装備（台）	トラクター3、田植機2.5（慣行、直アシ、自動走行）、コンバイン1	トラクター1、田植機2.5（慣行、直アシ、自動走行）、コンバイン1	トラクター4、田植機2、コンバイン2
導入しているスマート農機・技術	自動運転田植機、直進アシスト田植機、栽培支援システム	自動運転田植機、直進アシスト田植機	収量計測コンバイン、栽培支援システム、ドローン

注：実証経営から提出された経営データおよび聞き取り調査に基づき作成。導入しているスマート農機は「主な機械装備」の内数であり、自経営の経費で追加購入したものを含みます。直アシは直進アシスト田植機、自動運転田植機はA経営とB経営でシェアリングされているため、それぞれ0.5台としています。

分析対象事例の概要

分析対象事例は、水稲の生産・販売を中心に事業を運営する3つの水田作経営です。いずれも、大規模な法人経営であり、経営概要は表1に示す通りです。

A経営は、専従労働力4人（臨時雇用除く）で、経営面積は100haを超えています。この経営の所在する地域は農地流動化が急速に進展しており、今後も規模拡大が予想されます。しかし、労働力は急には増やせません。そのように労働力数が限られる中で規模拡大を図る方策としてスマート農業の導入が要請されていました。

B経営は、専従者5人で、経営面積は80haです。作物としては水稲と小麦を作付けしています。この経営もA経営と同様に規模拡大が進展していましたが、家族員の怪我もあり、若い従業員を新規に雇用し、規模拡大に対応していくことを検討しました。しかし、従業員は農業の経験がまだ少なく、その育成が課題になっていたことから、自動運転田植機や直進アシスト田植機を導入し、従業員の技能向上と作業の効率化を進めました。

C経営は、労働力11人を擁する雇用型の大規模法人経営であり、近年は、年間10haに達するテンポで面積拡大が進んできました。そのような面積拡大に比例してほ場枚数も増加するわけですが、管理の対象が増え、水稲の移植期間や収穫期間も長くなる中で、後述の図2に示すように単収が低下するようになり、収量性の改善が大きな課題になっていました。

以上のように、同じ大規模水田作経営であっても、経営が抱える問題は異なっています。そのような状況の中、それぞれの経営の課題解決に即した形でスマート農業の導入が進められました。

各事例における スマート農業の導入効果

A経営では、上述したように農地流動化が進む地域状況にあったことに加え、担い手に農地を集積する県の事業にも参画したことから、経営面積は、2018年の32haから、2021年には106haまで大きく拡大しました。このような状況のもとで2019年に実証プロジェクトに参加し、自動運転田植機、直線アシスト田植機、栽培支援システムなどを活用し、省力化や栽培改善を図ることを計画しました。

図1は、A経営の2019年から2021年にかけての経営の展開状況を示したものですが、この間の約60haの面積拡大に対して専従者の数は、2019年の4人に対し、2021年は5人と1人のみの増加であり、労働力数を大きく増加させることなく規模拡大に対応しました。

経営展開の推移を見ると、図1に示すように規模拡大に伴い売上高は大きく増加しています。また、その際に注目

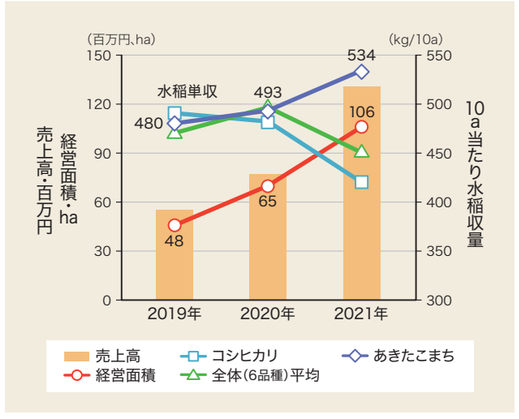


図1 経営面積、労働力、水稲単収、売上高の推移（A経営）
注：A経営の経営データに基づき作成。なお、A経営では延べ6品種作付けされており、「あきたこまち」と「コシヒカリ」は主食用米として栽培されています。

されるのが、10a当たり水稲収量が、全体（6品種）平均や「コシヒカリ」は低下しているものの、中心品種である「あきたこまち」の単収は面積拡大にもかかわらず480kg/10aから534kg/10aへと増加していることです。

水田作経営が規模拡大過程で収量水準を維持することは、収益を確保する上で非常に重要です。規模拡大が進んでも、収量が低下しては経営的なメリットは生じません。そのため、この経営では、スマート農業の導入以外にも様々な工夫を実施しました。

まず、水稲湛水直播栽培を10.5haから27haに拡大し、栽培面での省力化を進めました。さらに、水稲移植栽培についても、苗箱数10箱/10a、栽植密度50株/坪の疎植栽培を行っています。このような疎植栽培では移植作業時に欠株が生じやすいという問題がありますが、これに対しては、導入した直進アシスト田植機の株間キープ機能と高速疎植対応機能を活かすことで対応しました。

加えて、ほ場を面的に集積することでほ場間の移動時間を削減するとともに、一つのエリアに品種を集中させて苗運搬をまとまって行い、慣行田植機の近隣で自動運転田植機を稼働させていくことで、2台の田植機による移植作業の補助者を田植機1台の時と同じ人数で運用できるようにしました。このようなスマート農機の導入と合わせた栽培技術の改善や生産体制の整備により、2019年には1日当たり2.7haだった植付面積が2021年には3.2ha/日に拡大するとともに、品種配置や作型の設定も工夫したことから、作付面積が60ha拡大したにもかかわらず移植期間は5日しか長くならず、収量確保に重要な適期（約1.5カ月）内での作業が実施できました。

B経営は、規模拡大のテンポは上述したA経営よりも小さいですが、経営面積は2019年の56haから、2021年には79haに拡大しています。その際、上述したように規模拡大に合わせて従業員を雇用しましたが、農業に関する経験が少ない者だったため、技能の習得が求められていました。そこで、B経営では、自動運転田植機を導入し、この自動走行機能を活用して、従業員が旋回のタイミングや移植作業の際の苗の植付状況を確認できるようにすることで機械操作技能の習得を図り、2021年には慣行の田植機も含め、従業員が田植機のオペレーターとしての業務を担当できるようになりました[1)]。

C経営では、2000年以降、急速な規模拡大が進み、ほ場枚数も増えていく中で、図2に示すように、経営面積が100haを超える頃から、県の平均収量を100とする指数の低下、すなわち、作況を考慮した上での収量の減少が生じるようになり、大きな課題となっていました。そのため、C経営では、実証プロジェクトに参加し、収量計測コンバインによるほ場別収量データの取得を開始しました。そして、それらのデータと栽培支援システムを活用し、品種ごとの作付面積を変更するとともに、ほ場別品種や作型の再配置を行いました。また、低収ほ場の増肥など、収量マップに基づく可変施肥を実施しました。さらに、大区画ほ場では追肥作業の負担が大きいため、緩効性肥料を用いることで追肥は省略されてきたわけですが、どうしても計画通りに肥料成分が溶出しないという問題があったことから、ドローンを用いて、分施のようにきめ細かな追肥を行う方式に変更しました。

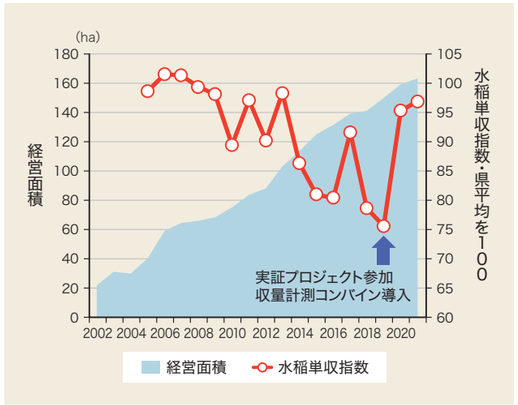


図2 経営面積と水稲単収指数の推移（C経営）
注：C経営への聞き取り調査に基づき作成。水稲単収指数は、C経営の水稲単収÷C経営が所在する県の水稲単収×100として作成しています。

これらの取り組みの結果、C経営の水稲の収量水準は図2に示すように再び増加しました。そして、規模拡大の効果もあって生産量は大きく増大し、新型コロナウイルスの蔓延により米価が低迷した時期にもかかわらず、売上高は約2,000万円増加しています。

低コスト生産の実現

図3は、この3つの実証経営の2019年から2021年にかけての稲作収入、米生産費、利益の推移を整理したものです。図の縦棒の長さは10a当たり稲作収入を示していますが、この期間は米価が下落した時期でもあり、そのため、収入は横ばいか減少しています。しかし、図に示すように、B経営やC経営では単収の増加もあり、米価の下落が収入減少に直結する事態が回避されました。

一方、10a当たり生産費は、省力化による労働費の削減や機械施設減価償却費・修繕費の減少[注1)]から低下しており、10a当たり利益は、横ばいからやや増加する傾向にあります。これらの事例は規模拡大が進んでいますので、例えば、C経営の5.3万円/10aの利益は、2019年から21年にかけての14haの面積拡大により、経営全体では約740万円の利益増加となったことを意味しており、この点で、大きな経済効果が生じたことがわかります。

また、B経営やC経営では、収量の増加もあり、図3に示すように60kg当たり生産費が減少しています。この生産費には支払利子や自己資本利子を含めていないため全算入生産費とは厳密には一致しませんが、日本再興戦略（2013年6月）においてKPIとして設定された米生産費の削減目標の水準である9,600円/60kgに対して、B経営やC経営の生産費はそれをさらに下回る状況にあり、高い生産効率が達成できていることを示しています。

今後の課題

今回、紹介した3つの経営は、いずれも大規模な水田作経営ですが、急速な面積拡大への対応（A経営）、非熟練労働力に対する能力養成（B経営）、規模拡大に伴う収量低下の回避（C経営）というように経営上の課題も異なり、それがゆえに、スマート農業導入に関わる重点も違っていました。用いたスマート農機など共通する部分はありますが、一般的な導入ではなく、経営にとって必要な機種の導入となったことが、費用対効果を高め、図3に示す経済効果を発現させた要因と言えます。

また、スマート農機の導入だけでなく、栽培方法の改善や農地の面的集積など農業生産基盤の改善も併せて進めたこと、さらに、C経営のように、データ活用によって大きな経済効果が生じたことが注目されます。スマート農業は、どうしても自動化や省力化が注目されがちですが、このような営農体系全体の再編やデータの活用そのものを進めていくことも重要です。そのためには、スマート農業に関わる情報提供についても工夫を行っていく必要があり、どのようなケースにおいて、どのスマート農機や技術の活用が有効になるかといった点について、引き続き解析を進めていきたいと考えています。

（本部 みどり戦略・スマート農業推進室）

注1）スマート農機導入で機械費は増加するが、経営面積の拡大もあり、10a当たりの償却費は減少しています。

参考文献

1）清水ゆかり・石川哲也・梅本雅（2023） 大規模稲作経営の規模拡大と作業構造の変化 -100haを超える家族経営を事例として-. 農研機構報告14、19-28.

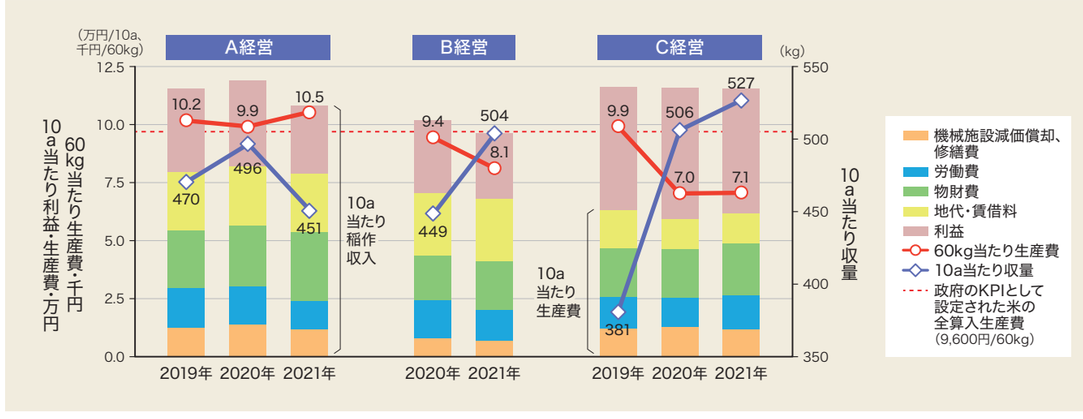


図3 スマート農業の導入による稲作収入、水稲単収、米生産費の変化
注：各経営の会計データに基づき作成。B経営は、2019年に法人化し、決算時期が7月～6月となったため、2020年と2021年のみ示しています。10a当たり収入および生産費は、経営全体の収入および費目別経費を経営面積で割って算出（B経営は小麦も栽培しているが、その面積は限られているため、収入は実質的には稲作収入）。これらの事例は規模拡大が進んでおり、減価償却費の算出に当たっては面積増加の効果も含まれます。労働費は生産費調査の労働費と整合させるため、10a当たり稲作労働時間に賃金単価1,500円/時間を乗じる方式で計算しました。自動運転田植機は、追加投資とし、導入費用を600万円でA経営とB経営でシェアリングする、収量計測コンバインは、更新投資とし、追加経費は200万円という前提で計算しました。栽培支援システムの利用料金は年間3.3万円としています。直進アシスト田植機やドローンは自経営の経費で整備されているため、各経営の減価償却費に含まれています。ここでの生産費は「費用合計+地代」として計算しており、支払利子や自己資本利子は含んでいないため、全算入生産費と一致するものではありません。政府のKPIは、「日本再興戦略」（平成25年6月14日閣議決定）において設定された生産費です。

施設園芸経営：生産者部会におけるデータ共有による収量向上

田口 光弘
TAGUCHI Mitsuhiro

施設園芸における スマート農業技術導入の概要

施設園芸におけるスマート農業では、環境モニタリング装置によりハウス内の環境データを収集し、そのデータ等を基に環境制御を行い、作物の増収・高品質化を目指すのが一般的です。スマート農業実証プロジェクトにおける2019年度採択の施設園芸8課題では、そのような統合環境装置の実証に加え、生育・収量予測システムや作業の進捗管理を支援する営農管理システムなども実証されています。

施設園芸では、環境モニタリング装置や統合環境制御機器を導入しても、すぐさま増収につながるわけではありません。それらの装置・機器を利用してハウス内外の環境や作物の状態などの様々なデータを収集し、それに応じてハウス内環境を制御することで増収が達成されます。しかし、一つの経営がこのデータ解析に基づく環境制御の技術を習得するには、多くの経験が必要になります。施設園芸の実証課題では、異なる経営や栽培方法に関するデータの有効な活用方策も実証され、一定の成果も示されています。

そこで本稿では、施設園芸の実証課題から、異なる経営や栽培方法で共有したデータを活用することで収量向上を果たした3つの実証事例を取り上げ、そこでの導入技術の内容とデータ活用の実態を紹介します。具体的に取り上げる実証事例は、まず農協（JA）の生産者部会（以下「部会」）内で共有したハウス内環境データ等を活用して収量向上等を実現したJA熊本市ナス部会と、JAそお鹿児島ピーマン部会の2つの取り組みです。また、3つ目の事例は、養液栽培の情報を活用することで養液土耕栽培の収量向上を実現したJA西三河のきゅうり作経営の取り組みです。

部会内の優良経営体のデータ共有に基づく改善活動：ナスの事例

JA熊本市ナス部会の6人が参加した事例では、生産情報管理システム、JAや普及指導機関の指導員向け営農管理システム、農業チャットツールなどが実証されました。

本事例の特徴は、次の2点です。第1は、生産情報管理システムに記録された最も単収の高い部会員の栽培情報をもとに、多収に向けた給水・施設の管理方針を策定したことです。第2は、策定した管理方針を農業チャットツールで共有することで、各自の栽培と照らし合わせることができる環境を整備したことです。これらにより、各自の増収に向けた改善点を明確にすることができました。それら改善点をもとに栽培を行った結果、実証経営を含む部会員の1戸当たり収穫量および秀品率は実証前に比べて増加しました。

表1は、施設ナスの実証経営体における実証前年（慣行区）と、技術導入後（実証区）の10a当たり経営収支の比較結果を示したものです。

実証経営体は、経営面積127aで施設ナスのみを栽培しています。労働力は家族4人、常時雇用9人です。実証技術の導入に伴う追加費用は、農業チャットツールなど各種システムの利用料（想定）、自動灌水装置の減価償却費です。なお、慣行区と実証区では年次が異なるため、各項目に年次間差の影響も含まれていることに留意が必要です。

実証技術の導入による追加費用が発生するものの、単収が増加し、単価高騰の影響も受けて、利益は導入前の10a当たり-72千円から導入後に658千円へ増加しています。農林水産省「営農類型別経営統計（2020年）」の施設野菜作経営の個人経営体の部門収支によれば、施設ナス部門の10a当たり利益（部門所得－家族労働費）は、家族労働費を本実証事例と同様に1.5千円/時間で評価すると、全国平均で-548千円（単収13t）となっています[注1)]。このように、本実証事例は全国平均を大きく上回る収量を達成したことで、利益も高い水準となっています。

表1 施設ナス実証経営における経営収支

（千円/10a）

	慣行区（2018年）	実証区（2020年）
収入合計	6,755	9,183
販売収入	6,525	8,763
（単収）	（18.4t）	（21.4t）
（単価）	（355円/kg）	（409円/kg）
その他収入	229	420
費用合計	6,827	8,525
肥料費	459	616
農薬費	92	124
光熱動力費	674	653
機械・施設費	524	568 うち自動灌水装置47.7
労働費	2,271	2,157
労働時間/10a	1,514時間	1,438時間
流通経費	1,777	2,115
その他費用	1,029	2,292 うち各種システム利用料8.8
利益	-72	658

注：労働費は、時給単価一律1,500円で計算。家族労働分も含む（表2～3も同様）。

クラウドサービスによる環境データなどの共有と活用：ピーマンの事例

JAそお鹿児島ピーマン部会の6人が参加した事例では、統合環境制御、細霧システム、生産管理クラウドなどが実証されました。本事例の成果は、生産管理クラウドを用いて各生産者が、作業記録のみならず、ハウス内環境、生育調査の結果、出荷数量などの情報を共有したことで、他の生産者のハウス内の温度設定やCO_2濃度を参考にする、あるいは、作業の実施状況を見ることで作業の遅れを回避でき、実証参加生産者全員が単収増加を達成したことが挙げられます。今回の実証においては、従来型のハウスに統合環境制御装置を後付けで設置し、さらに、クラウドサービスの利用により他の生産者のデータも参考にすることで、単収が28%増加しました。

こうしたクラウドサービスを利用した実証区（2021年）と慣行区（2020年）の経営収支を比較した結果が表2です。実証経営は経営面積43aで、施設ピーマンのみを栽培しています。労働力は家族2人、常時雇用2人、臨時雇用3人です。実証技術の導入に伴う10a当たりの追加費用は、統合環境制御装置、細霧システム、クラウド通信装置など合計526.9千円となります。その結果、費用は大きく増加するものの、10a当たりの利益は慣行区の1,209千円に対して実証区で2,006千円となり、約800千円増加しています。

表2 施設ピーマン実証経営における経営収支

（千円/10a）

	慣行区（2020年）	実証区（2021年）
収入合計	7,946	9,859
販売収入	7,509	9,613
（単収）	（16.6t）	（21.2t）
（単価）	（452円/kg）	（452円/kg）
その他収入	437	247
費用合計	6,737	7,854
肥料費	333	237
農薬費	110	132
光熱動力費	1,199	1,061
機械・施設費	268	1,242 うち統合環境制御装置163.4、細霧システム293.7
労働費	1,608	1,974
労働時間/10a	1,072時間	1,316時間
流通経費	1,993	2,291
その他費用	1,226	917
利益	1,209	2,006

養液栽培により取得したデータの養液土耕栽培への活用：キュウリの事例

JA西三河きゅうり部会の生産者が参加した事例では、養液栽培システム、光合成チャンバー等による植物生体データの取得などが実証されました。本事例の特徴は、養液土耕栽培を行っているハウスの一画において養液栽培を新たに導入することで、作物の吸水・吸肥データを収集し、それらのデータを養液土耕栽培にも活用して増収を目指すことです。

施設園芸では、施設・設備類の固定費の割合が大きく、それらの単年度の減価償却費が経営の開始時や設備更新時点で決まり、それ以降の費用削減が非常に困難になります。そのため施設園芸が経営収支を向上させるには、収量増加が重要となります。収量増加には生育に合わせた施肥が大事ですが、養液土耕栽培では、植物体がどの程度の肥料分を吸収しているのかを把握できず、必ずしも適切な肥培管理ができているとは限りません。そのため、本実証事例では、同一ハウス内で生産する養液栽培によるキュウリの吸水・吸肥データを養液土耕栽培に活用して、増収・収支改善を図ることを計画しました。

本実証事例の成果は、まず養液栽培の収量について、環境制御装置をキュウリ栽培に適したプログラムに改良するとともに、養液土耕栽培よりも定植時期を早めることで、収穫期間を延ばして増加させたことです。一方、養液土耕栽培の収量は、養液栽培における植物が吸収した養分量データを参考に肥培管理を行うことで、単収が実証前の水準から13%増加し、35.7tになりました。

慣行区（2018年）と実証区（2020年）の経営収支を比較した結果が表3です。実証経営は、経営面積52.5aの施設キュウリの専作経営で、労働力は家族3人、常時雇用14人です。実証技術の導入に伴う追加費用は、養液栽培システム（12a分）や細霧システムの減価償却費などです。

表3 施設キュウリ実証経営における経営収支

（千円/10a）

	慣行区（2018年）養液土耕52.5a	実証区（2020年）養液土耕40.5a、養液栽培12a
収入合計	11,138	13,818
販売収入	10,040	13,167
（単収）	（31.7t）	（36.2t）うち養液土耕35.7t、養液栽培38.2t
（単価）	（317円/kg）	（363円/kg）
その他収入	1,099	650
費用合計	11,381	13,386
肥料費	275	316
農薬費	326	319
光熱動力費	1,508	1,711
機械・施設費	906	1,151 うち養液栽培システム1,360、細霧システム222
労働費	4,963	5,781
労働時間/10a	3,309時間	3,854時間
流通経費	1,587	2,267
その他費用	1,816	1,840
利益	-243	432

実証の結果、単価高騰の影響も受けて費用は増加するものの経営全体で単収増加を達成し、10a当たりの利益は慣行区の-243千円から実証区の432千円へと約670千円増加しています。前出の農林水産省の統計資料によれば、施設キュウリの10a当たり利益を施設ナス部門と同様の手順で試算すると、全国平均で132千円（単収13t）となります。これに対して本実証事例のそれは全国平均の2.7倍近い収量を達成しており、これにより高い利益水準を達成しています。

部会単位でのデータ共有の有効性

以上、本稿では、JAの部会として複数戸で実証に取り組み、環境データ等を実証経営間で共有して単収向上を達成した2つの実証課題と、養液栽培で得られるデータを養液土耕栽培に活用して増収を達成した課題について詳述しました。

本稿で取り上げた2課題のように、部会員間の各種データ共有に基づく栽培および作業面での改善活動は、複数経営の集まりという部会の特徴を活かす一つの方法と言えます。さらに、これらデータ共有を踏まえた上で、部会員有志による定期的な勉強会活動を行っている部会もあり、例えば、本稿で紹介したJA西三河きゅうり部会は、そうしたグループ勉強会活動の先進事例と言えます。

JA西三河きゅうり部会の生産者によれば、これまでは同一部会であっても、他の部会員はライバルであるという認識のもと、自身の栽培管理の情報や環境制御に関わるデータは共有していませんでした。しかしながら、部会員数の減少に加え、大規模な法人経営が増加する中で、産地としての生き残りに危機感を覚え、2012年に部会の中核的メンバーが環境データの共有と勉強会活動を始め、単収を伸ばしていきました。2022年時点で、後継者を中心に勉強会への参加者が増え、部会員数が減少する中でも、部会としての販売金額は概ね横ばいとなっています[1)]。

環境センシング機器や営農管理システムは、そのようなデータ収集・共有をサポートする技術です。本稿で取り上げた2課題は、自経営でのデータ活用を図るとともに、部会のメンバー間でデータを共有、活用することで新たな視点や改善課題を見出していくことができ、さらなる経営成果がもたらされ得ることを示唆しています。

（農業経営戦略部 営農支援ユニット
（みどり戦略・スマート農業推進室 併任））

注1）ここでは、省力効果を確認するために、家族労働費も時給1,500円で評価し、それを経費として計上していることから利益がマイナスとなっていますが、自家労働の評価額をより低くすると、利益はプラスとなることに留意してください。表3についても同様です。

参考文献

1）田口光弘（2023）産地におけるスマートグリーンハウス導入のポイント. 日本施設園芸協会「スマートグリーンハウス転換の手引きー導入のポイントと実践の事例ー」.

露地野菜作経営：自動操舵機能の導入による非熟練者の作業精度向上と効率化

山田 伊澄
YAMADA Izumi

露地野菜作経営の課題とスマート農業

スマート農業実証プロジェクトでは露地野菜作においても多くの実証がなされており、217地区のうち露地野菜作が45地区と、全体の2割を占めます。特に、2020年度の緊急経済対策（労働力不足の解消に向けたスマート農業実証）では、全24課題のうち約4割が露地野菜作での課題となっています。

露地野菜作では、機械化一貫体系が確立できておらず、作業遂行に当たって多くの労働を必要とします。新型コロナウイルスの感染拡大により外国人技能実習生が入国できないという事態が生じましたが、このことは、露地野菜作経営に深刻な問題をもたらしました。このような背景もあり、大規模な露地野菜経営では、若い世代の従業員の雇用にも積極的に取り組んできています。しかし、そこで課題となるのが、必ずしも熟練技能を持たない若い従業員を、いかに効率よく、また、高い精度で作業できるようにしていくかです。そして、それを可能とする技術として、スマート農業に大きな期待がかけられています。

そこで、本稿では、岩手県で大規模な露地野菜作を展開している実証経営体を事例に、スマート農業技術の中でも自動操舵システムに注目しながら、実証試験結果や、それに基づく慣行区と実証区の収支比較を通して、露地野菜作経営にスマート農業がもたらしている効果について紹介します。

対象事例の概要

A経営は、経営面積が87haの大規模な露地野菜作経営です。基幹品目はキャベツ、だいこん、ながいもなどの野菜類であり、地元の堆肥を利用した土づくりにこだわりつつ、標高250mから700mの10カ所以上に点在するほ場で、標高差を活かした野菜栽培を行っています。

労働力は、役員4人、正社員14人、パート職員8人、外国人技能実習生2人、特定技能5人です。A経営は2016年に法人化してから正社員の応募者が増え、毎年、新規採用をしてきました。正社員14人のうち20代が5人、30代が3人と若い世代が多くを占めており、また、これら新規採用者は農業経験がほとんどありません。そのため、技能実習生も含め、必ずしも熟練者とは言えない従業員の技能向上が課題となっていました。

また、A経営の主な販売先は量販店ですが、基本的に、売り先が決まっている状態で市場に出荷し、仲卸を通して販売しています。その際、受注生産という形で、週単位で出荷量が決まっているため、安定供給が求められることから、大面積を、効率的に、かつ、作業の精度を高めて収量水準を安定化させていくことが、経営運営上、重要な課題となっていました。

自動操舵トラクターの導入と効果

本稿では、スマート農業技術の中でも、特に、自動操舵システムに注目しながら[注1)]、その露地野菜作への導入効果を紹介します。

自動操舵システムは、トラクターなど既存の農業機械に装着（後付け）が可能なガイダンスシステムであり、直進走行が支援されることでハンドル操作が不要になり、非熟練者でも直進性を確保できるとともに、その分、その他の部分に注意を払うことが可能となるという利点があります。また、経費の面からも、自動走行トラクターのような高額な投資にはならないため導入しやすく、省人化にはなりませんが、作業の精度が維持され、省力化も図ることができます。

A経営では、若い非熟練者の作業の効率化や精度向上を図りながら、大規模な面積でも収量向上を可能とする丁寧な栽培管理、作業遂行が求められており、そのような課題を解決していくために自動操舵システムを導入しましたが、これには、先進技術に接して若手が意欲を持って取り組めば、彼らにとっても気づきがあるはずという経営者の考えもありました。

実証試験の結果を表1に示しました。ここでは自動操舵の有無による耕起作業の精度を比較しています。表の平均耕うん幅は、作業を行うほ場（短辺）に対してトラクターが何工程行き来したかで把握していますが、自動操舵機能を用いることで、工程が少なくなり、無駄（重複）を少なくして作業ができています。また、自動操舵では、耕うん漏れも発生していません。このように、非熟練者が耕起を行った場合には、通常、トラクターの直進性が安定せず、重複作業や耕起漏れが発生し、その後の生育ムラが生じやすくなるのに対して、自動操舵システムを用いると、耕起漏れもなく、非熟練者でも作業精度が確保できていることがわかります。

表1 自動操舵機能の有無による耕起作業の精度の比較

	平均耕うん幅（m）	耕うん漏れ発生率（%）
自動操舵機能あり	2.39	0
自動操舵機能なし	2.48	28

資料：コンソーシアム令和2年度成果報告書
注：平均耕うん幅は、大きければ耕うんの重複があることを示し、耕うん漏れ発生率は、耕うん漏れが発生した回数の割合（自動操舵機能なしでは18回中5回発生したため28%）を示しています。

自動操舵システムの導入と収支の変化

ここでは、キャベツを対象に20haの面積で実証された2020年度以降のデータを用いて、自動操舵システムの導入による収支の変化を整理します。その結果を示したものが表2です。

まず、単収について見ると、自動操舵トラクターを用いた高精度の作業による作物生育の斉一化により、2020年度は実証区が6,300kg/10aで、慣行区に比べ100kg/10a多くなっています。また、2021年度についても、この地域では夏場の局地的な長雨の影響[注2)]で全体的に不作となりましたが、それでも、実証区は、慣行区に比べ500kg/10a収量が多くなりました。このような収量向上により、いずれの年次とも、実証区は慣行区に比べ10a当たり収入が増加しています。

次に、経費をみると、自動操舵システムの導入から、機械費は、慣行区に比べ2千円/10a多くなっています。一方、肥料費は、自動操舵システムを用いたことにより肥料の撒きムラや二重撒きがなくなったことで、慣行区に比べ2020年度は12千円/10a、2021年度は13千円/10a削減されました[注3)]。また、労働時間についても、2020年、2021年度とも、実証区は慣行区に比べ0.9時間/10a削減されており、それにより労働費が減少しています。

これら収入や経費の変化により、10a当たり利益は、2020年度の実証区は慣行区に比べ16千円/10a

表2 経営収支の変化

	2020年度			2021年度		
	慣 行	実 証	実証/慣行	慣 行	実 証	実証/慣行
収入合計(千円/10a)	639	649	(102)	511	562	(110)
単収(kg/10a)	6,200	6,300	(102)	5,000	5,500	(110)
単価(円/kg)	103	103	(100)	102	102	(100)
支出合計(千円/10a)	452	446	(99)	397	407	(103)
肥料費(千円/10a)	28	16	(57)	28	15	(54)
機械費(千円/10a)	10	12	(120)	10	12	(120)
その他(千円/10a)	351	356	(101)	296	318	(107)
労働費(千円/10a)	63	62	(98)	63	62	(98)
労働時間(時間/10a)	49.4	48.5	(98)	49.4	48.5	(98)
利益(千円/10a)	187	203	(109)	114	155	(136)

注：機械費は、キャベツ・だいこん・ながいもの慣行と実証に共通する機械の減価償却費を、それらの取得総額/7年/延べ作付面積51haで算出するとともに、実証の機械費には、さらに、自動操舵システムの取得価格/7年/上記3作物の延べ実証面積40haで計算した減価償却費を加算しました。「実証/慣行」の欄の括弧内の数字は、慣行区を100とする指数です。

(109%)、2021年度は41千円/10a(136%)多くなっています。すなわち、自動操舵システムにより高精度の作業を実現することで作物の生育の斉一化が図られ、慣行区に比べ収量が増加するとともに、一方では、肥料費の減少など経費の削減が合わさって10a当たり利益が向上したことがわかります。また、自動操舵によりオペレーターの精神的・身体的疲労の軽減が図られ、ロータリー耕やトレンチャー耕の際に作業機を注視して丁寧な作業ができるようになりました。このようなことから、A経営では自動操舵システムを高く評価し、キャベツ以外の他の品目にも導入するようになっています。

今回の実証試験では、自動操舵システムを装備したトラクターを基本に、土壌改良資材散布、耕起、畝立て、施肥、除草、病害虫防除の作業を自動操舵で行っていますが、定植作業は対象になっていません[注4)]。しかし、定植作業の精度が低いと直進性が確保されず、その後の中耕除草作業の精度や能率を低下させることになります。そのため、今後、定植作業に自動操舵システムを導入することや、高度な直進性を発揮できるほ場条件[注5)]などを整備することが必要と考えられます。

なお、RTK(Real-time kinematic)固定基地局[注6)]はA経営が所在する町の役場に設置されており、半径約20km圏内で自動操舵システムが利用可能となっています。町ではスマート農業研究会を立ち上げており、現在、様々な品目の農業者が登録を行い、スマート農業技術の地域への普及も進められていますが、このような地域的な支援体制の構築も、スマート農業の普及を促進する要因になっています。

平坦地での露地野菜作経営での自動操舵機能の活用

本稿では、A経営を対象にしてスマート農業の導入効果を見てきましたが、実証経営体の中には、この他にも、従業員の技能向上をねらいに自動操舵トラクターを導入している露地野菜作経営があります。B経営は、宮崎県の平坦地域に位置する16.6ha規模の露地野菜作経営であり、主な作付作物は、さといも、ごぼう、にんじん、ばれいしょ、らっきょうです。自社生産だけでなく、多数の契約農家から仕入れを行っており、製造加工部門、営業部門、総務部門を有し、データを活用した農業経営に取り組んでいます。

労働力は、2022年時点で、農作業専属の正社員2人、パート職員2人、アルバイト延べ612人日となっています。

B経営では、すべての作業を高い精度で実施できる熟練者は農場長だけだったため、農場長が各作業の指示・サポートを行う必要がありました。そのため、熟練技術を持たない農場社員やアルバイトなどに対する体制づくりを通して作業効率を向上させ、作付面積を拡大することが求められていました。このような課題を解決していくために、B経営は自動操舵システムを導入[注7)]しました。これにより、さといもの植付準備作業において非熟練者が多く担当できるようになり、入社1年目の経験の浅い職員でも直線、かつ、等間隔に畝立てができるようになっています。また、さといも作の10a当たり労働時間が、慣行の96時間から2020年度は89時間に短縮されています。

このように、自動操舵システムを用いると経験の浅い職員でも精度の高い農作業ができることが高く評価されています。また、熟練者が他の高難度な作業や栽培管理に専念できるようになったことから、規模拡大のボトルネックの解消も可能となり、その結果、B経営でそれまで16ha前後が限界だった作付面積を、2020年度に24haまで拡大できています。

以上のように、露地野菜作では、中山間地域のキャベツ作においても、また、平坦地域のさといも作においても、自動操舵機能の活用を通して非熟練者の作業精度や作業能率の向上が図られています。スマート農業の導入は、作物の生育斉一化による単収向上と安定生産、さらに、作業体制の変化による効率化と規模拡大など、経営上の課題解決につながっており、スマート農業技術が、今後、広く活用されていくことが期待されます。

(中日本農業研究センター 温暖地野菜研究領域)

注1)スマート農業実証プロジェクトの露地野菜作では多くの課題が自動操舵システムの実証に取り組んでいます。
注2)梅雨入り後の約50日間のうち晴天は3日だけという局地的な降雨前線の停滞が生じたことから、A経営にとっては過去最も少ない収量でした。
注3)A経営では、ワイドスプレッダーは非常に散布精度が良いと評価しています。また、二段局所施肥は慣行区に比べ2割の減肥が可能との結果も示されており、自動操舵システムとともに肥料低減と生育斉一化の効果がみられます。
注4)現時点でA経営では手押しの定植機を使用しており、今後、クローラ式の乗用型定植機の開発が期待されています。
注5)A経営は中山間地に位置しており、もとは牧場だったほ場も含め約9割が傾斜ほ場です。この傾斜には単調傾斜(勾配10～20度程度)と複合傾斜(単調傾斜と勾配4～7度程度の横傾斜も含む)があり、単調傾斜ほ場ではトラクターの直進走行精度が高いものの、複合傾斜ほ場では直進走行精度が低下するケースがあります。このような複合傾斜ほ場において、特に、自動操舵システムの効果は大きいと思われます。
注6)移動局と固定基地局と合わせて運用することで、自動運転等の機能を制御するために必要な高精度な測位が可能となります。
注7)この経営では、自動操舵システム以外にも、センシング用ドローン、リモコン式草刈機、運搬車などが実証試験に用いられています。また、ICT改革チームを結成し、データを活用した農業に取り組んでいます。

経営シミュレーションによる大規模家族経営の営農改善

梅本　雅
UMEMOTO Masaki

経営課題に対応したスマート農業の導入

スマート農業は、自動走行、AI、IoTなど先端技術を活用しますが、それら先端技術には様々なものがあります。重要な点は、解決すべき経営問題に応じてこれらを活用していくことであり、農業経営の展開において何が課題となっていて、その解決に向けてどのような対策が求められるかといった経営展開の方向性と、導入しようとするスマート農業との整合性を常に意識していく必要があります。

スマート農機を活用した経営改善シナリオ

スマート農業実証プロジェクトは2019年度に開始され、当初は、稲作部門で多く実証試験が進められました。稲作では米消費が減少しており、米価の下落に伴い収益の低下が進んでいます。また、水田作で経営改善を進める上では作物の収量・品質の向上が基礎となりますが、水稲、小麦、大豆などの収量水準は、近年、改善が見られていません。一方、高齢化の進展から、農地の貸し付けを希望する農業者が増加し、規模拡大の可能性が高まっています。このことは農業経営の収益を向上させるチャンスとも言えますが、日本の産業全体で人手不足が深刻化しており、規模拡大に対応して労働力を安定して確保することも困難となってきていることに留意が必要です。

このような状況を考えると、これからの水田作経営の経営改善シナリオとしては、農地流動化がまだ大きくは進展していない地域では、①ほ場別の生育データや収量データを収集し、それを活用して収量向上を図るといった方策が考えられます。一方、農地流動化が進み、規模拡大可能性の高い地域では、②省力技術の導入と併せて、熟練していない者でも効率的に作業できるようにして規模拡大に対応する、あるいは、従業員の確保自体が難しい場合には、③自動化農機を活用し、現状の労働力数のままで規模拡大を進めるといった方策を検討する必要があるでしょう。そして、これらの取り組みを進めていく上では、自動走行トラクター、自動運転田植機、自動操舵システム、収量計測コンバインなどのスマート農機の活用が不可欠と言えます。

分析のねらいと方法

このようなスマート農機を活用した経営改善は有効と思われますが、その取り組みを行うには機械の装備が必要です。また、それらは、機種によっては多額の投資になることもあるため、事前にその導入効果を検討していくことが望まれます。そこで、本稿では、スマート農業を導入して経営改善を図る際の判断材料を提供することを目的に、水田作において典型的な類型である大規模な家族経営を素材として、後述の表2に示す3つの経営改善シナリオを設定し、どのようなスマート農業を選択するのが有効かを分析しました。

分析対象とした経営は、岩手県に所在する家族中心の大規模水田作経営（A経営）であり、経営概要は表1に示す通りです。分析に当たっては、この経営の作業日誌（作業者ごとの作物別作業別労働時間や投入資材などを記録）や、青色申告決算書などの会計記録、聞き取り調査結果に基づく単収、販売単価等のデータを用いました。

分析は、線形計画法を用い、対象事例の実績データに基づく経営モデルを作成した上で、表2に示す経営改善シナリオについてシミュレーションを実施しました。

表1 対象事例（A経営）の経営概要

労働力	家族2人（うちオペレーター1人）、臨時雇用2人
経営面積	20ha（水田）
部門構成	水稲14ha、大豆6ha
主な機械装備	トラクター1台、田植機1台、コンバイン1台
売上高	3,600万円
所得	630万円

注：聞き取り調査結果に基づき作成。

なお、自動走行トラクターや自動運転田植機、運転支援機能付きのトラクター・田植機、収量計測コンバインの価格は、スマート農業実証プロジェクトで2019年度に導入された機械の価格や市場価格を参照して設定しています。また、これらの機械を導入することによる労働時間の削減率は、農林水産省・農研機構「スマート農業実証プロジェクトによる水田作の実証成果（中間報告）」に示された作業ごとの平均値を（ただし、自動運転田植機についてはあるコンソーシアムの実証データを使用）、また、可変施肥などによる増収効果については、農林水産省・農研機構「令和元年度スマート農業実証プロジェクトの成果について（水田作）」で示されているデータを用いました。

分析結果

表2に試算の前提を、また、表3には各シミュレーションの結果を示しています。

まず、試算の前提として、現状においてもまだ規模拡大は可能なことから、経営面積の制約を置かないで試算を行いました。その結果、今の技術条件のもとで規模拡大を進めると、経営面積25.5ha、所得は890万円が期待できることがわかりました。そのため以降では、この「現状（規模拡大）」をベースとして、スマート農業による経営改善効果を評価することとします。

農業労働力の高齢化から農地流動化が進展しているとはいえ、地域によっては担い手も多く存在し、大幅な規模拡大が期待できない所もあります。そのような状況下における経営改善策としては、まずは、基幹作物である水稲の収量水準を向上させていくことが有効であり、その対策としては、収量計測コンバインを導入してほ場別収量データを収集し、それをもとに可変施肥を行うなどの対策（経営改善シナリオ1）が考えられます。

表2 試算の前提

経営改善シナリオ1 収量計測コンバインを活用して水稲収量向上	・収量計測コンバインに更新 （機械購入代金200万円増加） ・可変施肥で水稲収量9%増加、肥料費が3%減少 ・経営面積は5haまでしか拡大できない （最大25ha）
経営改善シナリオ2 自動操舵システムや直進アシスト田植機を導入するとともに、非熟練の若い常時雇用を導入し規模拡大を図る	・非熟練の若い従業員を雇用 （賃金は年間350万円） ・自動操舵システムを装備したトラクターを1台追加購入（800万円/台）。トラクターは合計2台 ・田植機を直進アシスト機能付きに更新 （機械購入代金71万円増加） ・非熟練者が作業を実施するが、自動操舵、直進アシスト機種を活用することで、労働時間は経営主と同じ時間数で作業可能 ・臨時雇用は5月のみ1人雇用
経営改善シナリオ3 雇用労働力の確保が難しいという状況を踏まえ、自動走行トラクター、自動運転田植機を導入して、労働者数は変えずに面積を拡大	・自動走行トラクターを1台追加購入 （1,000万円/台）。有人＋無人トラクター2台で協調作業を実施 ・自動運転田植機に更新 （機械購入代金150万円増加） ・基地局を335万円で装備 ・協調作業により耕起作業30%、代かき作業26%省力化 ・自動運転田植機により移植作業時間40%削減 ・秋作業については変更なし ・これらについては、「臨時雇用なし」と、「臨時雇用導入」の2つのケースについて計算

このケースの試算結果を見ると(表3)、収量計測コンバインに更新することにより機械の購入代金が200万円(年減価償却費28.6万円)増加しますが、スマート農業実証の結果を参考に可変施肥により水稲収量が9%増加すると仮定すると、売上高の増加から所得は980万円と、現状(規模拡大)に比較して90万円増加するという結果となりました。地域条件として規模拡大可能な面積は5haまでという前提を置いているので所得の増加額はやや小さくなっていますが、こういったデータを活用して収量性の改善を図っていく試みは、規模拡大が難しい中山間地域などでは特に有効な方策になると思われます。

なお、今回の分析対象経営では、水稲は14haという作付面積のため、複数の品種構成としなくても適期内に作業できていましたが、より大面積を耕作しようとすると、品種数を多くし、作型や栽培方法も多様化させていくことが求められます。そのような経営では、収量計測コンバインのほ場別収量データと栽培支援システムを用いて品種・作型の組み合わせを変更していくことも、経営改善策として有効です。

経営改善シナリオ2は、自動操舵機能付きトラクターを1台追加購入するとともに、既存の田植機を直進アシスト田植機に更新し、省力化を図るというものです。トラクターの購入費用と、直進アシスト機能が追加された田植機に更新する経費が発生します。一方、このような自動操舵機能は非熟練者において特に有効であり、本来であれば作業時間が多くなりがちですが、非熟練者でも熟練者に近い作業能率・精度が発揮していけるようになります。そのため、ここでは、経験の少ない若い従業員を1人常時雇用し、これらの機械を活用して規模拡大を図るというシナリオを設定しました。

このシナリオでは、表3に示すように、所得が1,042万円と、今回の試算では最も多くなりました。常時雇用の賃金(年間350万円/人)や機械投資に関わる経費は増加しますが、労働力数の増加から経営面積が35haと、規模限界をさらに9.5ha拡大でき、売上げが増大します。今回の試算では、非熟練労働力も自動操舵機能を活用することで経営主と同じ時間数で作業可能という仮定を置いています。この点では経営全体として省力効果が生じるわけではありませんが、実態としては、導入効果は大きいと思われます。

最後に、経営改善シナリオ3として、地域条件として規模拡大は可能だが、人手不足から従業員の確保が難しい場合に、自動走行トラクターや自動運転田植機を用いて規模拡大を図ることで収益向上を図るという計画案を検討しました。オペレーターの役割を自動化農機に代替するという改善策です。その場合に課題になるのはスマート農機の価格ですが、ここでは、前述したように実証プロジェクトの実績から、自動走行トラクター1台の追加購入(オペレーターは1人ですが有人+無人協調作業のためトラクターは2台必要)に1,000万円、田植機を自動運転の機種に更新(150万円購入経費が増加)、さらに、基地局を335万円で設置するとしました。このような仮定を置くことにより、減価償却費は年間212万円増加します。

一方、これらの機械により省力化が期待でき、労働時間は、水稲耕起作業30%、代かき作業26%、移植作業40%、大豆耕起・整地作業が30%削減されると仮定しました。収穫の方法は変わらないので、秋作業に変化はありません。

このような想定で、まず、雇用労働力は導入しないとして試算すると、苗運搬や草刈り、収穫、乾燥・調製など、自動走行トラクターや自動運転田植機の導入では省力化されない作業も稲作には多いため、経営面積は23.7haと現状技術で拡大可能な面積よりも少なくなるとともに(臨時雇用が減少することの影響)、一方では、減価償却費の増加から、所得は588万円と現状(実績)よりも少なくなる結果となりました。

このような問題があることから、改善策として、5月と9月中下旬に臨時雇用を2人導入することとしました。その結果を表3の右欄に示しましたが、このような前提を置くと、スマート農機による省力化もあり、経営面積は現状(規模拡大)を上回る28haとなります。しかし、減価償却費の増加から、所得は840万円と、現状(規模拡大)の890万円を下回る結果となりました。この点では、自動走行トラクターや自動運転田植機は、ここで想定した経営条件のもとでは、費用対効果の観点から見て経済的ではないと判断されます。

このような問題があることから、現在の省力効果を前提とした場合に農業者がスマート農機に対して支払ってもいいと考える価格水準を算出するために、自動走行トラクター、自動運転田植機、基地局の導入コストを変化させた試算を行いました。

その結果を示したものが図1ですが、仮に、現状(規模拡大)を上回る所得が得られることを農業者のスマート農業導入の判断基準とすると、自動走行トラクターや自動運転田植機の価格を、慣行の機械の1割高程度にしていくとともに、基地局についても、複数の者による汎用利用やコスト削減、自治体における整備費用の助成など、農業者の負担を解消していく取り組みが必要と言えます。

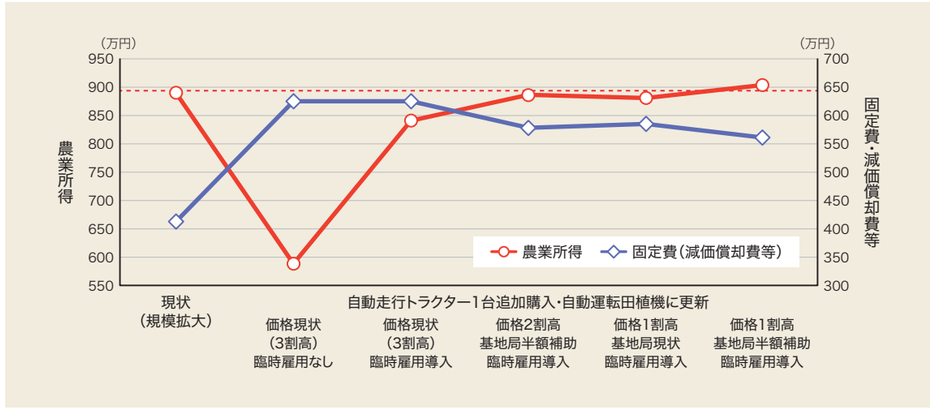


図1
自動走行トラクター・自動運転田植機の価格条件に対応した農業所得の変化

導入効果試算のための経営データの収集

本稿では、主にスマート農機の活用を中心に検討しましたが、この他にも様々な技術が開発されてきていることから、その特性に合った導入方法を検討していく必要があります。特に、経営展開の仕方は地域条件や経営条件で大きく変わります。そのため、まずは、今後どのような方向で経営展開を図っていくかを明確にし、その上でスマート農業の導入を図っていくことが有効です。

なお、ここでは線形計画法を用いて様々な試算を実施しましたが、これを行うにはスマート農業の効果に関する定量的なデータが不可欠です。農研機構では、このような経営データの収集・整理を進めており、これらについても、今後、拡充を図っていく計画です。

(本部 みどり戦略・スマート農業推進室)

表3 シミュレーション結果

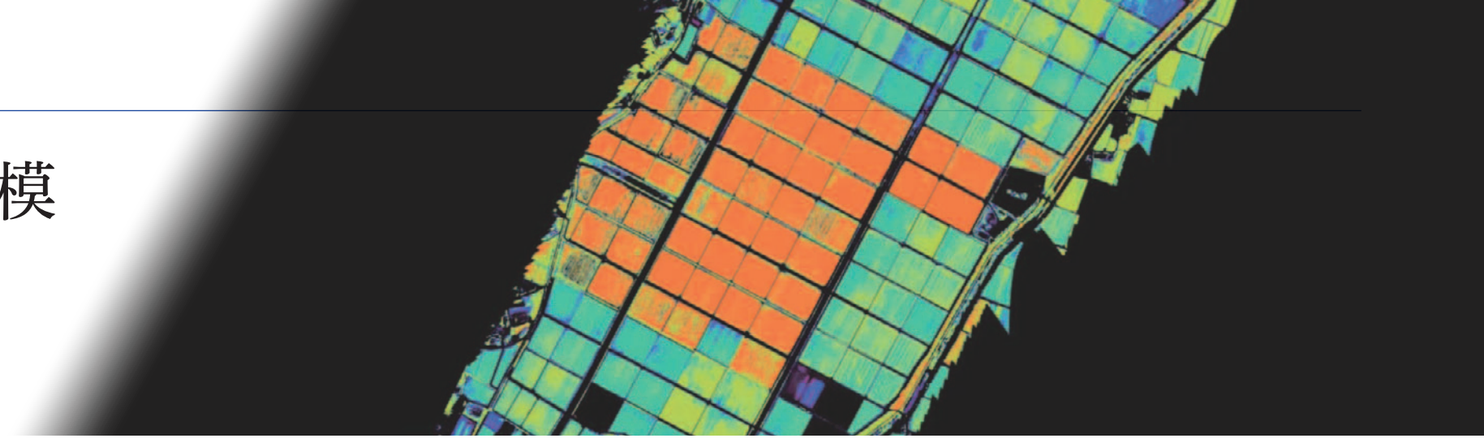
経営改善シナリオ	現状技術		経営改善シナリオ1	経営改善シナリオ2	経営改善シナリオ3	
					臨時雇用なし	臨時雇用導入
	現状(実績)	現状(規模拡大)	コンバインを収量計測コンバインに更新	常雇を導入。自動操舵付きトラクターを追加購入、直進アシスト田植機に更新	ロボットトラクターを1台追加購入、ロボット田植機に更新	
面積拡大	現状(20ha)	可能	5haのみ可能	可能		
常時雇用(人)				1人(非熟練者)		
臨時雇用の導入	5月と6月上旬に2人			5月に1人のみ雇用	臨時雇用なし	5月、9月中下旬に2人
売上高(万円)	3,570.3	4,082.9	4,309.2	5,912.0	3,792.6	5,120.4
売上高－変動費(万円)	1,042.7	1,302.7	1,422.0	1,455.4	1,213.4	1,465.3
固定費(万円)	413.0	413.0	441.5	413.0	625.1	625.1
所得(万円)	629.8	889.7	980.5	1,042.5	588.4	840.3
水稲(ひとめぼれ)(ha)	13.9	13.9	13.9	21.5	12.8	20.2
水稲(ひめのもち)(ha)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0
大豆(りゅうほう)(ha)	5.9	11.4	10.9	13.3	10.7	7.8
経営面積(ha)	20.0	25.5	25.0	35.0	23.7	28.0

注:シミュレーションは線形計画法を用いることとし、最適解の計算プログラムは農研機構が開発したXLPを利用しています。

スマート農機の導入コストと採算規模

― ドローン、直進アシスト田植機、収量計測コンバイン ―

梅本　雅
UMEMOTO Masaki



農研機構技報5号「ドローン」特集⑥　九州沖縄農業研究センター 大段 秀記著から引用

スマート農機導入に当たっての採算性評価の必要性

スマート農業の推進においては、自動走行トラクターなどの自動化農機や、直進アシスト田植機、ドローン、収量計測コンバインなどスマート農機が導入される場合が多くあります。その際、それらの中には高額な機種もあることから、導入に当たっては十分な稼働面積を確保することが求められます。しかし、それが望ましいとしても、どの程度の面積が採算性を確保する上で必要なのかがわからないと農業者は投資に踏み切れません。

投資の経済性は、費用対効果により判断されます。その際、費用は一定の手順で算出できますが、効果はそれらの機械をどう活用するかで変わるため、トラクターなど様々な活用方法がある機械は各事例に即して検討する必要があります。一方、機械の用途や効果が明確であり、その導入コストが代替する手段の費用と比較できる場合には、経済性を客観的に評価することも可能となります。本稿では、そのような事例として農薬散布用ドローン、直進アシスト田植機、収量計測コンバインを対象に経済的な採算規模を試算しましたので紹介します。

農薬散布用ドローンの採算規模

従来、ほ場での農薬散布は、動力散布機などが用いられてきました。しかし、人力による地上散布は労働負荷も大きいため、作業者を確保することも困難になってきています。そこで、ここでは、自らが人力では作業しないことを前提に、農薬散布用ドローンを購入して作業を行う場合と、防除作業を外部に委託する場合を比較することで、ドローン購入の採算規模を算出します。

防除を外部に委託する場合の作業料金は2,000円/10aとしました[注1)]。一方、ドローンを自ら所有する場合は、機体の購入費用に加え、付属品や手数料、保険料、登録料などもかかります。これらを中型機（30kgタンク、平坦地の利用を想定）と小型機（10kgタンク、中山間での利用を想定）について試算すると表1の通りとなります。

ドローンによる農薬散布時間は、実証事業のデータで平均すると、平坦地の場合0.2時間/10a、中山間では0.27時間/10aでした[注2)]。賃金単価を1,500円とすると、散布労働費は平坦地で300円/10a、中山間で405円/10aとなります。この労働費以外の経費は固定費なので、散布面積が大きくなるほど10a当たりの金額は少なくなります。図1は、中型機（平坦地）と小型機（中山間）について、ドローンを購入した場合の費用曲線と作業委託料金を比較したものです。この費用曲線と委託料金が交差する所が散布用ドローンの経済的な分岐点となり、中型機では50.7ha以上が、小型機では34.6ha以上が採算規模になります。なお、これは作付（防除）面積なので、稲作で2回防除するとすれば、中型機の場合は、水稲作付面積ベースで25.3haと採算ラインが下がります。このように、稼働面積の拡大は採算性の確保に有効です。また、ドローンの利用を自経営で完結する必要はなく、シェアリングなどを通して共同利用することや、作業受託により面積を拡大するといった対応も求められます。

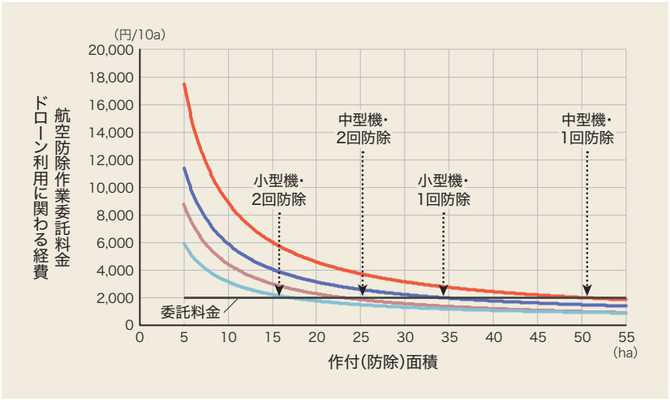


図1 ドローン導入の採算規模
注：ドローン導入にかかる経費は表1を参照。航空防除委託料金は全国農業会議所「農作業料金・農業労賃に関する調査結果」2021年の防除作業の全国平均を用いました。

直進アシスト田植機の採算規模

直進アシスト田植機により移植作業の省力化が期待できますが、慣行の田植機よりは割高であることから、費用対効果を得るためには稼働面積をより多く確保する必要があります。また、直進アシスト機能は熟練者の作業能率を大きく改善するものではありませんが、非熟練者の作業の効率化には有効です。そのため、ここでは、非熟練者がオペレーターを担当する際に、経験不足から移植作業に多くの時間がかかることを回避するとともに、収量確保のため適期内に作業を終えることをねらいとして直進アシスト田植機を導入するケースを想定します。

試算に当たっては市場評価が高い品種を中心に作付けすることとし、標準的な移植期間は3週間とします[注3)]。また、オペレーターが1人の場合には代かきも行わなければならないことから、その作業日を確保することを前提に、ここでは、適期内に移植作業が実施可能な日数は12日としました。

スマート農業実証プロジェクトの実績では、慣行機に対して直進アシスト田植機では18％少ない作業時間となっていますが、上記の作業をいずれも非熟練者が行っているとすると、見方を変えれば、慣行機を用いた場合には通常よりも18％作業時間が増加すると見ることもでき

表1 ドローンの導入に要する費用例

（万円）

機 種	中型機平坦地	小型機中山間	備 考
機体・バッテリー・充電器1組（耐用年数は5年で計算）	40.0	24.0	機体は200万円/機（中型）、120万円/機（小型）を設定
バッテリー等	11.0	7.0	中型はバッテリー4個、小型は2個購入を想定
散布ユニット	10.0	6.0	粒剤用と液剤用を装備
代理店手数料・オペレーター講習料	8.0	5.0	5年に1回を想定
点検・保険	17.0	13.0	毎年
登録料	0.02	0.02	5年に1回を想定
合計（年間）	86.0	55.0	
防除労働費（円/10a）	300	405	労賃は1,500円/時間で計算

注：中型機は30kgタンク搭載、小型機は10kgタンク搭載を想定。ドローンの耐用年数は5年としています。これらの経費はスマート農業実証プロジェクトの事例を参照していますが、事例により違いがあることに加え、ドローンの価格も年次により変わるため、一つの例示と理解してください。

ます。そのため、ここでは、非熟練者が慣行機で作業する場合は1.34時間/10aかかるのに対して、直進アシスト田植機では熟練者と同様の作業時間（1.10時間/10a）で移植が行えると仮定します。これらは補助作業[注4)]も含んだ時間です。移植作業に充当できる時間数を6時間/日とすると、直進アシスト田植機を用いた場合は1日に2.2ha植え付けできますが、非熟練者が慣行機を用いる場合は1.8haの植え付けにとどまることになります[注5)]。このような前提のもとでは、慣行機では21.6ha（1.8ha×12日）が適期内に移植可能な面積の上限になりますが、直進アシスト田植機では26.4ha（2.2ha×12日）を適期内に作業できると試算されます。このように、直進アシスト田植機は、非熟練者がオペレーターを担当する場合でも、適期内により多く移植作業を実施できることがわかります。

田植機の稼働面積が大きくなるほど10a当たりの減価償却費が減少することを念頭に、それぞれの田植機の費用曲線と移植作業委託料金との関係を整理すると図2の通りとなります。機械の価格など前提条件は図の脚注に示しています。この図から、水稲作付面積が9ha以上であれば田植機を所有して自ら作業を行った方が作業を委託するよりも有利であり、また、23ha以上の作付面積を確保できれば、慣行田植機よりも直進アシスト田植機が経済的となることがわかります。近年は規模拡大が進む一方で、熟練した作業者の確保が困難になってきていますが、このような場合においては、直進アシスト田植機を導入する効果は大きいと言えます。

収量計測コンバインの採算規模

収量計測コンバインへの投資を評価する場合、コンバインとしての機能は慣行機と変わらないことから、その採算性の検討においては、機種の更新に伴う追加経費と、それによる経済効果の比較考慮が必要になります。なお、収量計測コンバインでは作業時間の削減効果も示されていますが、それが経営上どれだけの有効性を持つかは天候条件や乾燥調製施設の処理能力にも左右されます。また、収量計測コンバインを購入する以上は、それによって得られたデータを使い、可変施肥などに活用して収量向上に取り組まないと、導入する意義が生じません。そのため、ここでは、収量計測コンバインに更新することによる追加経費と、それに対応した稼働面積、およびデータ活用による増収効果を比較することで、その経済性を評価することとします。

試算に当たっての前提条件は図3の脚注に示していますが、販売単価を一定としているので、稼働（収穫）面積や収量に比例して収入額は増加します。このような条件のもとでの稼働面積、収量増加率に対応した採算ラインを見ると、増収率4%では8ha以上、増収率2%では15ha以上稼働できれば、慣行のコンバインから収量計測コンバインへの更新は経済的に有利と言えます（図3）。一方、増収率が1%の場合には30.5haを超える稼働面積が投資の採算性からは必要となります。コンバイン自体の経費を考慮すると、収穫作業面積は一定程度確保されることが前提となりますが、収量データを活用し、栽培改善に活かしていくことで大きな効果が期待できるのであり、収量計測コンバインは、まさに、データを活用する農業の本質を示す機械と言えるでしょう。

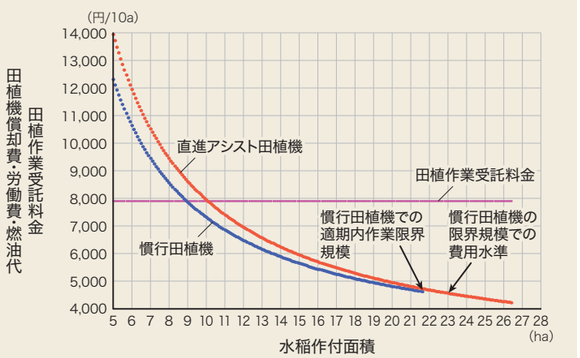


図2 慣行田植機と直進アシスト田植機の採算規模

注：田植機の価格は慣行田植機350万円/台、直進アシスト田植機420万円/台。減価償却費に労働費と燃油代300円/10aを加算。修繕費は考慮していません。田植作業の作業料金は、全国農業会議所「農作業料金・農業労賃に関する調査結果」令和3年より7,900円/10a（苗代は含まない）としました。

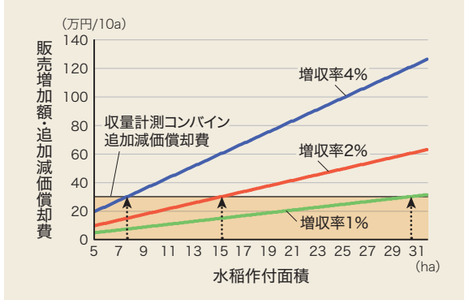


図3 収量計測コンバイン導入の採算規模と増収率

注：慣行コンバインを収量計測コンバインに更新することに伴う追加経費は210万円としました。耐用年数7年では年間30万円の経費増。修繕費の増加は考慮していません。ここでは、ほ場内ではなく、ほ場間での施肥量の調整を想定しているため、ほ場別収量等のデータ解析には特別なソフトを必要としないという仮定を置いています。増収効果を評価するための水稲収量は2022年度の全国平均単収536kg/10aを用い、販売単価は2021年米生産費調査から184円/kgとしました。

スマート農機投資の経済性・財務安全性評価システム

以上の経済性の試算では、規模拡大の可能性や収量、資材費などは一定という前提で計算しています。しかし、実際の営農現場では、気象条件による収量変動や規模拡大の停滞、あるいは、資材費の高騰など予期せぬ事態が生じることがあります。特に、機械施設投資を、融資を得て行う場合には、返済に数年を要することもあるため、環境変化の影響も考慮した経済性、財務安全性の検討が望まれます。そのため、稲麦大豆中心の水田作経営を対象に、スマート農機投資に対する評価を簡易に行えるシステムを作成しました[1)]。

評価の手順は、表2に示す通りです。特徴点は、①農林水産省「農産物生産費」のデータをもとに、地域および規模階層を選択すると、10a当たりの収入（単収、単価）、費目別経費、作業別労働時間などを自動的に読み込む、②それら経営指標と作付面積から経営全体の収支を試算する、③投資内容（どのスマート農機を導入するか）を選択すると、更新投資なのか追加投資なのかを区分した上で、自動的に、省力効果や増収効果（収量計測コンバイン導入の場合）[注6)]を計算するとともに、導入経費と併せてそれらを収支に反映させる、さらに、④スマート農機導入後の経営面積の変化や収量変動などを考慮した上で、耐用年数に相当する投資後7年間の収入、利益、所得、キャッシュフローが表示されるといった点です。

本システムを用いることで、投資計画や規模拡大計画の入力以外はほぼ自動的に計算され、投資の効果やキャッシュフローから見た財務安全性が確認できます。これにより、投資を行う農業者や、指導機関、スマート農機への融資を行う担当者にも参考となる情報が得られると考えます。なお、このシステムについてはさらに改良を加え、今後、農研機構のホームページから利用できるようにすることを計画しています。

（本部 みどり戦略・スマート農業推進室）

表2 スマート農機導入の経済性、安全性評価システムの手順

1	標準的なデータの読み込み	**「収入・生産費」のシート**から、水稲、小麦、大豆について、対象地域と作付規模階層をプルダウンにより選択。小麦および大豆を作付けていない場合は、「作付けなし」と「0ha」を選択。これにより自動的に経営指標が読み込まれる
2	自経営に適合するよう経営指標を修正	**「収入・生産費」のシート**の収入および生産費と、「作業別労働時間」のシートの労働時間の数字について、適宜、実態に適合するようにこれらの数値を修正
3	現状の経営収支の確認	**「経営収支」のシート**に対象事例の作物別作付面積とそのうちの借地の面積を入力し、現状における経営収支を確認
4	投資計画の設定	**「投資計画」のシート**に、投資する機械について追加投資、更新投資別に該当するものを選択
5	規模拡大計画の設定	**「規模拡大計画」のシート**に作物ごとの計画面積を入力。面積拡大はすべて借地で行うと仮定。収量変動の影響を見たい場合には、水稲収量のセルに減収等の可能性を評価した数値を入力
6	投資効果および財務安全性の確認	投資内容や規模拡大計画、さらに、収量変動に応じて、利益や所得、キャッシュフローがどうなるかを確認し、投資の妥当性を評価

注1）算出根拠は図1の脚注を参照してください。地域により1,000～1,500円/10aとより安い料金で散布を行う事例もありますが、その際は、図1の作業料金の線を下方にシフトさせることで採算規模を把握できます。
注2）散布に要する時間だけでなく、機体監視や移動・調整、資材準備などの時間も含めた合計作業時間です。
注3）農林水産省「米生産費調査」（2021年）の15ha以上層の主食用米の移植作業期間が20日であったことからこのように設定しています。
注4）いずれも8条施肥田植機で補助者は3人を想定。
注5）田植えの際には、移植作業に加え、育苗ハウス管理、苗運搬、水管理、除草剤散布等が必要になることから6時間/日としています。作業者を4人としているので6時間×4人＝24時間/日、直進アシスト田植機は1.1時間/10aなので、24時間/11ha≒2.2ha/日となります。
注6）スマート農機の価格や、それらを導入することによる労働時間の変化や増収効果については、スマート農業実証プロジェクトの実績値をもとに作成しています。

参考文献

1）梅本雅（2024）基金now, vol.14.

スマート農業の導入を支援する「農業経営計画策定支援システム」の開発

松本 浩一
MATSUMOTO Hirokazu

スマート農業の導入における事前検討の必要性

2010年代以降、ICTベンチャーはGISを利用したほ場管理システムのソフトウェアなどを提供し、また、農業機械メーカーは自動走行できるトラクターや田植機を市販化してきています。これらのソフトウェアやスマート農機は、農業経営体にとっても導入可能な身近な技術になりつつあります。その一方で、スマート農業はまだ新しい試みであり、経営に対する導入効果は必ずしも定まっていません。この点がスマート農業の導入における障壁の一つになっていると言えます。

そのため、スマート農業の導入による農業経営への効果を、農業経営全体における収支の変化と労働時間配分の視点から把握できるウェブアプリケーション「農業経営計画策定支援システム」を開発しました。

農業経営計画の策定方法と試算例

「農業経営計画策定支援システム」では、農業経営体が保有する農地面積や労働力数を前提に、各農産物の作付面積を設定して経営全体の収支を計算します。この計算方法は、一般に試算計画法と呼ばれているものです。

試算計画法では、各農産物の作付面積当たりの収入や費用、作業別労働時間等を用い、各農産物の生産から得られる経営全体の収入や費用をシナリオごとに繰り返し試算し、経営目標等と照らしながら満足する計画を決めます[1)]。この手順を具体的に示すと図1の通りです。

まず、前提条件として、現在利用できる農地面積や労働力数の状況を整理します。図1に用いた事例では、所有農地面積10ha、常時労働力2人であり、2人の労働力が年間従事可能な労働時間4,320時間（2人×12カ月×24日×7.5時間）となります。また、この経営では水稲と大豆を生産するとします。そこで、それらの農産物の単位面積当たりの収入、変動費、作業時間を整理します。事例の水稲であれば、1ha当たりの収入が100万円、変動費が40万円、作業時間が150時間です。次に、今年度計画する水稲と大豆の作付面積を設定します。例えば、水稲15ha、大豆10haなどです。この作付面積のもとで生産した収支等を試算します。その結果は、水稲全体での収入から変動費を控除した金額が900万円、大豆全体でのそれが500万円であり、それらを併せた金額では1,400万円となります。

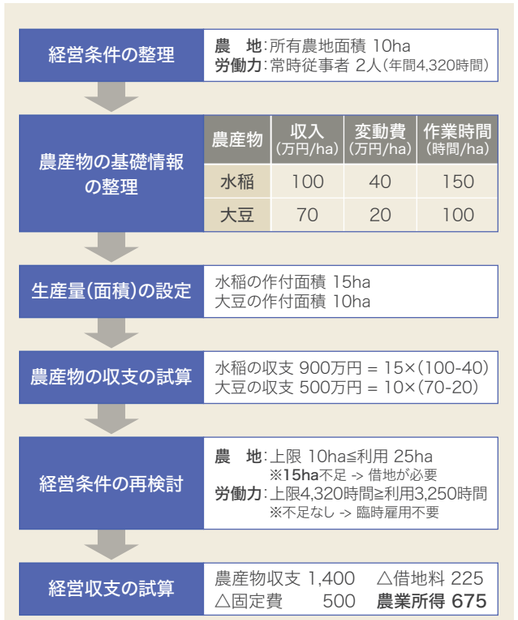


図1 試算計画法による農業経営計画の手順例

ただし、この事例の保有する農地面積は10haとしていましたが、計画では水稲15haと大豆10haの合計25haとしましたので、この計画を実現するには15haの借地が必要になります。そのため、借地に当たって15万円/haの費用が発生する場合には225万円の追加支出が必要になります。さらに、上記の計算では、費用を変動費しか考慮していませんので、機械費、施設費、管理費などの固定費も考慮する必要があります。したがって、最終的にそれらの費用も考慮した上で、この計画を実施した場合の農業所得を計算します。

上記の例では水稲15ha、大豆10haとしましたが、作付面積によって農業所得や労働配分は変わります。そのため、計画の立案者は、様々なシナリオについて以上の手順を繰り返し、満足する計画案が得られるように検討を進めます。

「農業経営計画策定支援システム」の概要

「農業経営計画策定支援システム」は、上述した試算計画法を用いて、売上高、経営費、利益、キャッシュフローなどの経営収支と、その作物の生産にかかる旬別労働時間を計算し、その結果を表示します。

本システムの利用は、①経営条件の設定、②生産したい農産物の単位面積当たりの収入や費用、労働時間などの情報（「経営指標」）の設定、③試算の実行、という手順で行います（図2）。

経営条件の設定では、その経営が利用できる農地と労働力に関する情報を設定します。なお、本システムでは作付面積の合計を経営面積と捉え、計画した作付面積より

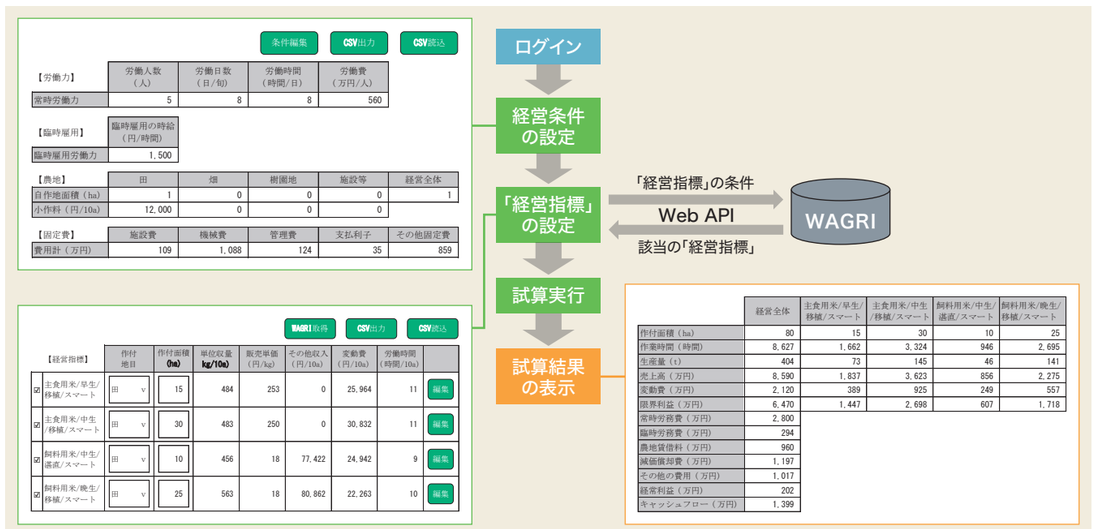


図2 試算計画法による農業経営計画の手順例

も所有面積が小さい場合には、その不足分を自動的に借地面積として設定するという処理を行っています。また、労働力については、常時従事者数と1人当たり年間給与、さらに、臨時雇用の時給を設定します。臨時雇用者の人数は、計画した面積を耕作する際に常時従事者だけでは労働時間が不足する場合、自動的に必要となる臨時雇用時間を計算します。

「経営指標」は、主に当該農産物の収入、変動費、作業時間を10a当たりで整理したものです（表1、表2）。収入の構成要素は単位面積当たり収量と販売単価になります。また、飼料用米などのように作付けに対して交付金が交付される場合は、それも収入に加えます。変動費は、種苗費、肥料費、農業薬剤費など、その作物の作付面積に比例して投入額が変化する費用です。一方、施設や機械の減価償却費等は、作物の作付面積が増減してもその金額が変わらない費用であり、固定費と呼ばれます。

このように「経営条件」、「経営指標」を設定し、「試算実行」という処理を行うことで、設定した条件のもとで経営全体の収入、費用、経常利益、キャッシュフローと、旬別労働時間の積み上げ棒グラフが表示されます。なお、経常利益は法人に内部蓄積されるとともに、それに現金として出ていかない減価償却費を加えたキャッシュフローが、現預金として蓄積されます。このキャッシュフローは借入金返済の原資になるとともに、その残額は次期の投資や資金繰りなどのための純資産として運用できます。したがって、スマート農機の購入など大型の投資を伴う農業経営計画の作成においては、経常利益や旬別労働時間のグラフによる労働ピークなどの状況を確認するとともに、キャッシュフローの動向も勘案し、最終的な実施計画を策定していくことが求められます。

スマート農業への適用

「農業経営計画策定支援システム」の重要な機能は、2019年度から2020年度にかけてスマート農業実証プロジェクトに参画した実証経営体のうち36の水田経営から提供いただいた延べ523の技術区分データを利用して作成した「経営指標」が利用できることです。なお、技術区分データとは、実証経営体で実証した作目、品種、生産方法や利用した技術の組み合わせを技術区分として整理し、それに応じた生産量、販売単価、生産資材の費用、作業時間などを整理したデータです。

これらのデータから作成される「経営指標」は表3に示した通り、指標の前提となる条件として適応地域、想定経営面積、ほ場の区画条件、作物名、農産物の販売方法、利用機械、利用する作業技術を設定しています。

表1 経営指標の設定項目～収入関係と変動費

設定項目		設定例
作物		主食用米/慣行/移植/スマート
作付地目		田
収入関係	作付面積(ha)	10
	単位収量(kg/10a)	464
	販売単価(円/kg)	233
	その他収入(円/10a)	4,200
変動費	種苗費(円/10a)	1,648
	肥料費(円/10a)	6,219
	農業薬剤費(円/10a)	8,412
	光熱動力費(円/10a)	1,471
	諸材料費(円/10a)	3,017
	土地改良および水利費(円/10a)	2,788
	賃借料および料金(円/10a)	7,685
	公課諸負担(円/10a)	1,975
	販売費(円/10a)	3,400

表2 経営指標の設定項目～作業時間

作業項目	設定例	
	作業時間(時間/10a)	作業期間
		開始旬 ～ 終了旬
育苗	0.844	4月上旬 ～ 4月下旬
耕起	0.400	3月下旬 ～ 4月下旬
代かき／整地	0.493	5月上旬 ～ 5月上旬
基肥	0.096	5月上旬 ～ 5月上旬
は種／移植	1.076	5月上旬 ～ 5月上旬
追肥	0.228	7月上旬 ～ 7月中旬
除草	0.389	5月中旬 ～ 6月上旬
畦畔管理	0.630	5月上旬 ～ 8月下旬
水管理	0.392	5月上旬 ～ 8月下旬
防除	0.216	7月下旬 ～ 8月中旬
収穫	1.148	9月上旬 ～ 9月上旬
乾燥調製	1.184	9月上旬 ～ 9月上旬
その他	0.401	1月上旬 ～12月上旬

注：設定例は、表1と同様に「作物」が「主食用米/慣行/移植/スマート」の場合です。

さらに、以上の条件に対応する単位当たり収量、販売単価、種苗費や肥料費などの各種費用、育苗や耕起などの各種作業に応じた作業時間、作業開始時期、作業終了時期のデータを構築しています。この指標を用いることで、スマート農業の利用による農業経営の収支や労働時間への影響を事前に把握することが可能になります。

表3 作成される「経営指標」の構成要素

分 類	項目の詳細
経営や利用技術の条件	適応地域、想定規模、ほ場区画、作物名、販売方法 利用機械｜トラクター、田植機、は種機、コンバイン 作業技術｜育苗、耕起、代かき/整地、基肥、は種/移植、追肥、除草、畦畔管理、水管理、防除、収穫、乾燥調製、その他
収入関連	単位収量、平均単価、その他の収益額
費用関連	種苗費、肥料費、農業薬剤費、光熱動力費、諸材料費、土地改良および水利費、賃借料および料金、公課諸負担、販売費、施設費、機械費、その他の物財費
作業時間	育苗、耕起、代かき/整地、基肥、は種/移植、追肥、除草、畦畔管理、水管理、防除、収穫、乾燥調製、その他
作業開始時期	作業時間に同じ
作業終了時期	作業時間に同じ

表4 WAGRIから入手する「経営指標」の例

条件名	標準経営指標条件1
標準データセットID	SDID313111111S
適応地域	温暖地/平地
想定規模	50
ほ場条件	中小区画
作物名	主食用米/慣行/移植_慣行/スマート
販売方法	市場出荷
利用機械_トラクター	協調/中型
利用機械_田植機	自動操舵/8条/同時施肥
利用機械_は種機	利用なし
利用機械_コンバイン	収量/6条
作業技術_育苗	稚苗
作業技術_耕起	遠隔操作/協調
作業技術_代かき・整地	遠隔操作/協調
作業技術_基肥	同時作業
作業技術_は種・移植	自動操舵/8条/同時施肥
作業技術_追肥	ドローン
作業技術_除草	ドローン
作業技術_畦畔管理	ラジコン草刈機
作業技術_水管理	遠隔水位管理
作業技術_防除	ドローン
作業技術_収穫	自動操舵

機能拡充に向けた今後の計画

本システムは、所定の手続きに基づいて設定した経営条件と「経営指標」を基に試算を実行することで経営収支の変化を確認できます。また、スマート農業を利用した「経営指標」を用いることで、まだスマート農機などを導入しておらず、その適否を検討できるデータを持っていない農業者が、スマート農業の導入に向けた計画策定を行うことが可能となります。

しかし、本システムは、現時点では、提供する機能が必要最小限なものとなっていることに加え、利用者が十分に使いやすいように構築できていません。今後は、スマート農業に関する「経営指標」を拡充するとともに、システムとして、利用者がそれらの「経営指標」を直感的に取捨選択できる仕組みにするといった工夫が必要です。また、複数の試算結果を比較表示することで計画の評価を容易にするとともに、スマート農機への投資に対する投資分析を行える機能の追加も必要と考えます。

今後は、実際の利用者から、本システムの使いやすさや必要な機能に関する評価を聞き取り、その結果を利用して、システムの改良につなげていきたいと考えています。

（本部 農業経営戦略部 営農支援ユニット）

用語解説

※1 **WAGRI** 農業データ連携基盤。気象や農地、収量予測など農業に役立つデータやプログラムを提供する公的なクラウドサービス。

※2 **Web API（Web Application Programming Interface）** コンピュータプログラムが提供する機能を外部の別のプログラムから呼び出し利用するための手順や規約の一つで、HTTPなどウェブの技術を用いて構築されたもの。

参考文献

1）農研機構（2006） 農業技術辞典 NAROPEDIA. 農山漁村文化協会, 東京, p.626.

TOPICS

スマート農業の導入と普及拡大への取り組み

本部 みどり戦略・スマート農業推進室　臼木 一英
USUKI Kazuei
東北農業研究センター 研究推進室　磯島 昭代
ISOJIMA Akiyo

■スマート農業の普及に向けたアンケートの実施

スマート農業実証プロジェクトでは、これまで多くの実証試験が進められてきましたが、実証に終わらず、そこで導入された技術を実装（横展開）していくことが重要です。そのため、これまで採択された課題のうち2020年度に事業期間が終了した93課題（水田作31、畑作7、露地野菜19、花き1、施設園芸11、果樹14、茶2、畜産8）に対して、事業終了1年後の導入技術の普及現状や、各コンソーシアムにおける普及拡大に向けた取り組みなどを把握することを目的にアンケートを実施しました。アンケートは2022年2月に調査票を各課題コンソーシアムの代表者に配布し、約1カ月後に回収しました（回収率100%）。本稿では、このアンケートの結果をもとに、スマート農業の普及状況や今後の課題について紹介します。

■スマート農機・システムの導入状況

表1は、各コンソーシアムにおける実証終了後のスマート農機や営農支援システムの活用状況を整理したものです。実証プロジェクトで導入したスマート農機・システムについては、実証事業終了後も一定の条件のもとで継続使用することが可能となっていますが、ほとんどのコンソーシアムが導入した機械やシステムを継続利用しています。それらについて機種別にみると、水田作の実証事例が多いことから田植機（直進アシスト）やコンバイン（食味・収量センサー等）が上位にありますが、露地野菜で導入割合が高いトラクター（自動操舵システム）や、果樹・茶でも導入があるドローン（農薬散布）などは複数の営農類型で利用されていることがわかります。

表1 実証事業で導入したスマート農機・営農支援システム（上位10機種）

	回答数（件）	営農体系別導入コンソーシアムの割合（%）					
		水田作	畑作	露地野菜・花き	施設園芸	果樹・茶	畜産
ドローン（農薬散布）	34	68	71	40	–	31	0
トラクター（自動操舵システム）	33	52	43	70	–	0	0
コンバイン（食味・収量センサー等）	28	84	14	5	–	–	–
栽培管理システム	28	39	0	20	45	44	0
田植機（直進アシスト）	27	87	–	–	–	–	–
トラクター（自動運転）	26	65	14	25	–	0	0
可変施肥システム	23	52	14	30	–	0	0
水田センサー・水管理システム	22	61	14	0	0	13	–
遠隔操作草刈機	19	29	0	20	0	38	0
経営（経理）管理システム	15	13	29	25	18	6	13

注：回答はアンケートで継続利用している機器・システムとしての回答数。複数回答。表中のハイフン（－）は非該当を意味します。
コンバイン（食味・収量センサー等）には収量センサー、自動運転アシスト機能付きを含んでいます。

■導入技術の普及状況

今回のアンケートでは、「実証したスマート農業技術を普及させるためにコンソーシアムのメンバーや関係機関が実施している取り組み」や「取り組んだ実証技術の普及対象地域における普及状況」について設問しています。表2は、この点に関する回答結果（複数回答）を示したものですが、まず、実証経営体でのスマート農業技術の導入状況について見ると、表中の（A）、（B）、（C）に示すように、導入した農機やシステムについて、導入規模を拡大する、あるいは、別の作物にも導入するといった対応により利用面積が拡大するとともに、それらをさらに追加購入するなど、実証経営体内部での利用拡大が進んでいます。そして、これら3項目の一つ以上に回答した経営体数の割合は全体で74%、回答割合が高かった畜産や畑作では85%以上に達しています。

特に、実証経営体での追加購入が全体平均でも4割となっていることが注目されます。実証経営体が追加購入したスマート農機の上位3種は、図1に示すようにドローン（農薬散布）、トラクター（自動操舵システム）、田植機（直進アシスト）であり、ドローンについては水田作、畑作、露地野菜・花き、果樹・茶で、トラクター（自動操舵システム）は水田作、畑作、露地野菜・花きで多くなっています。これらのスマート農機は相対的には安価であり、アンケート結果からも経費負担が比較的少ないスマート農機の購入が進む状況にあると言えます。

また、表2に示したように、実証経営体以外への拡大が進んでいるという回答も、全体平均で7割、畑作や水田作では8割を超えています。データは省略しますが、コンソーシアムの関係者が実証経営体以外でも導入が拡大していると感じているスマート農機は、実証経営体が追加購入したスマート農機の上位3種と同じく、ドローン（農薬散布）、田植機（直進アシスト）、トラクター（自動操舵システム）でした。このうち田植機に関しては、「比較的安価で容易に導入できる技術として直進アシスト機能のある田植機の導入を勧めている」との回答があり、実証経営体が費用対効果をまず実感し、それを近隣の生産者に推奨していくことが普及につながっています。また、実証を進めていく中で生産現場からは、直進アシスト機能のように、作業の省力化だけでなく、熟練

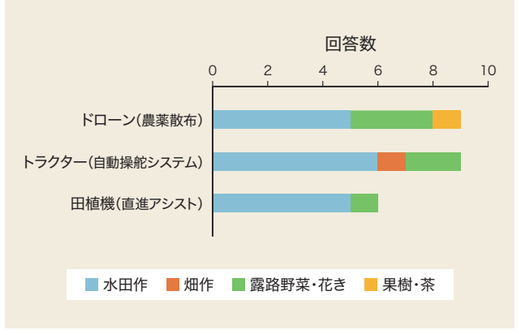


図1 実証経営体が追加購入したスマート農機
注：回答は複数回答（コンソーシアム数）。田植機は、水稲と野菜生産を行う経営体を含んでいます。
設問では田植機（直進アシスト）を田植機（直進キープ等）としています。

表2 スマート農業技術の導入状況と普及拡大に向けた取り組み

	回答割合（%）	営農類型別回答割合（%）					
		水田作	畑作	露地野菜・花き	施設園芸	果樹・茶	畜産
実証経営体内部への拡大	**74**	**81**	**86**	**80**	**45**	**63**	**88**
（A）実証経営体で導入規模拡大	30	45	43	40	0	19	0
（B）実証経営体で別の作物に導入	29	32	43	55	0	13	13
（C）実証経営体で追加購入	40	45	43	50	18	31	38
実証経営体以外への拡大	**70**	**81**	**86**	**70**	**45**	**56**	**75**
スマート農業ビジネスへの展開	**27**	**16**	**29**	**30**	**55**	**31**	**13**
（D）スマート農業技術の市販化	15	10	14	10	36	19	13
（E）サービスの事業化	14	6	14	20	27	19	0
その他	4	3	0	0	9	0	25

注：回答割合は、複数回答も含む全回答に対する割合。「実証経営体内部への拡大」は、（A）（B）（C）のどれか一つ以上に回答があった場合の割合を、
また、「スマート農業ビジネスへの展開」は、（D）（E）のどちらか一つ以上に回答があった場合の割合を示しています。

者でなくても高精度な作業が可能となるなどの効果が実感されつつあります。

さらに、スマート農業技術の市販化(D)やサービスの事業化(E)というように、いわば、スマート農業ビジネスの展開とも呼ぶべき状況も生じており、これらが進んでいるという回答は、全体平均で27%となっています。特に、施設園芸では55%に達していることが注目されます(表2)。

■導入技術の普及拡大への取り組み

なお、このように普及が進んだ要因として各コンソーシアムの取り組みについて見ると、図2に示すように、実証結果を他の経営体に伝える手段として「視察の受け入れ」を行ったコンソーシアムは全体の55%、「現地見学会・実演会の開催」を行ったコンソーシアムは全体の37%となっています。表示は省略しますが、前述の表2で「実証経営体以外への拡大がみられる」と回答したコンソーシアムでは、その83%が「現地見学会・実演会の開催」、もしくは「視察の受け入れ」を行っています。このことは、スマート農業技術の利用拡大には実証結果に関する情報提供が重要であり、コンソーシアムによる「現地見学会・実演会」や「視察の受け入れ」など、地域の経営体がスマート農業の実証結果に触れる機会を増やしていくことが普及促進につながっていると考えられます。

■普及拡大に向けた課題

アンケートにおいてスマート農業を普及していくための課題について設問したところ、「スマート農業技術が有効であるが多額の投資が必要」や、「経営規模が比較的小さい中山間地域ではシェアリング体制などを検討して導入経費を抑える必要」など、導入費用にかかる意見が多数ありました。また、自動操舵に関する高精度な測位情報を必要とする機械導入の際、「RTK補正※1データを利用するための基地局設置の判断が難しい」、「携帯電話の不感地帯の解消が必要」との意見があり、産地や地域全体で対応していくことが必要とされています。また、そのようなRTK補正データ利用のインフラ整備等にかかるコスト負担の軽減以外にも「普及のためには農地の集約・集積が必要」「水田の大区画化・団地化」「受託作業を含めた地域でのスマート農業の水平展開」などの要望が出されており、今後さらに普及拡大を図るためには、産地や地域全体で検討を進めていくことが重要と言えます。

さらに、スマート農業の普及拡大に向けては、それを担う人材育成に向けた取り組みも重要であり、今回のアンケートにおいても、「日進月歩するスマート農機の開発や市販されているスマート農機の機能を理解しアドバイスできる人材の育成が必要」や「データを解析できる指導者の育成」などの意見がありました。

この点についてアンケートで「人材育成の取り組み」について設問したところ、図3に示すように「生産者への指導・研修」が最も多く、全体の46%で実施されていることがわかりました。このように、単に視察を受け入れるだけでなく、生産者への指導・研修などを通じた人材育成が重要であると認識されており、地域の中核となる生産者への働き掛けが普及促進に寄与するものと考えられます。また、これらの結果は、スマート農業の取り組みを実践できる技術力やノウハウを有する者がいる地域・産地が社会実装に関わることで、スマート農業技術の利用拡大が加速する可能性を示していると言えます。

省力、省人化に資する農機は導入効果を実感しやすいために普及が進みやすい面がありますが、効果的なスマート農機の導入やデータの活用推進といった点についてはまだ課題を残していると思われます。今後は、実証事業で培われた人材・ノウハウを集結し、実証地区とも連携した体系的な人材育成とデータ活用を推進していくことが重要です。

■普及拡大に向けた体制の整備

2020年10月に策定(2022年6月改定)された「スマート農業推進総合パッケージ」を踏まえて、農林水産省と農研機構では、新技術を積極的に取り入れる産地への支援策として、スマート農業実証事業参加者を中心に農業者との連携が図られるようスマート農業推進協議会を設立しました(https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/suishin-kyogikai/)。この協議会では、1,000名を超える会員からスマート農業技術の導入や活用を支援するスマートサポートチームを募集し、約100団体の登録があり(2024年2月時点)、支援を希望する経営体や産地からの問い合わせに対応しています。また、2022年度からは「スマート農業技術活用産地支援事業」が開始されています。この事業では、スマート農業実証の経験がある者を含めたチームがスマート農業の活用を支援するために産地への実地指導を行います。そして、その結果をもとに、スマート農業技術の利活用や、営農・経営改善の進め方とその効果を体系的に整理して生産者・産地指導に役立つ手引き書を作成します。今後はこの手引き書を活用した社会実装の加速化が期待されます。

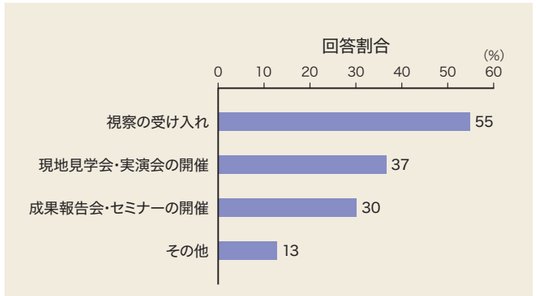


図2 2021年度における視察の受け入れ等の外部への情報提供の実施状況
注:複数回答を含めた回答割合。

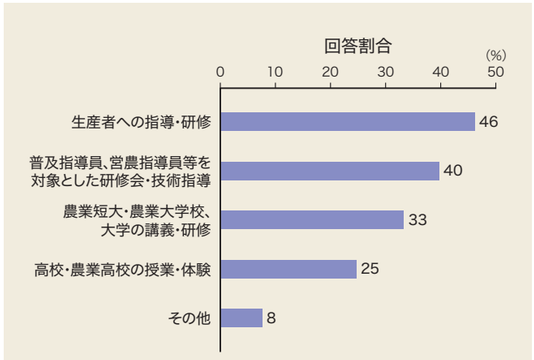


図3 2021年度における人材育成の取り組み
注:複数回答を含めた回答割合。

用語解説

※1 **RTK(Real Time Kinematic)補正** 移動局と固定局(基地局)とで複数基のGNSS(全球測位衛星システム)からの位置情報を受信し、2つの受信機間で位置情報のズレを補正する技術。単独測位よりも数センチメートル以内の範囲の精度の高い位置情報を得ることができます。

History

温故知新

〉〉 古きをたず（温）ねて新しきを知る

スマート農業技術で安全もスマートに

TOMITA Muneki 冨田 宗樹

本号で様々な研究者より指摘されている通り、今日の日本農業における大きな問題の一つは、今後の農業者人口の大幅な減少であり、これに対するスマート農業技術の貢献が大いに期待されているところです。これと並ぶ大きな問題の一つが、農作業事故の多発です。農業の単位就業者数当たりの死亡事故件数は、全産業平均の約9倍に及んでおり、多くの農業者が経営に大きな打撃を与えるその脅威に直面しています。

スマート農業技術は、農業者の安全性を確保する上でも、様々な貢献が期待できます。例えば、農作業死亡事故の約1／4は、乗用型トラクターにおける転落・転倒、挟まれ、ひかれおよび巻き込まれですが、自動走行トラクターが広く普及すれば、これらを大幅に減少させる効果が期待できます。さらに、センサーや通信技術、電子制御等の活用により、これまでになかった安全機能が実現する可能性が開けてきます。

その反面、スマート農業技術に限らず、新しい技術には新たな安全上の課題が伴うことも避けられません。その中には、開発時には思いもよらなかったものも含まれると予想されます。

そのような新しい技術の安全性を確保する上では、重要なポイントが3つあります。

1つ目は、ハザード（危険系）の徹底的な洗い出しです。これが不十分であったために、「想定外」の事故が生じた場合、その後の普及や技術発展の大きな障害となり得ます。

2つ目は、それらハザードへの対応状況の客観的・定量的な実証です。その際には、想定されるリスクに対する現実的に可能な低減手法とその検証方法について、規格や方法を整備し、標準化することが必要です。一方で、開発された検証方法を利用する際には、その前提や限界を正確に認識することが求められます。

3つ目はリスクコミュニケーションです。どのような技術でもゼロリスクではありません。現時点で対策し得ない残留リスクを利用者に正確に伝えることは、技術の価値と開発者の矜持を示すものです。その際、上述したリスク低減手法の検証データは大いに助けになることでしょう。

つきつめれば、安全性とは利用者への誠実さと配慮を形にしたものです。高い安全性を備えることで、必ずやその技術は広く信頼され、末永く使われることになるでしょう。当領域としましても、スマート農業技術によって、農業者の安全もスマートに守られる未来がもたらされるよう、開発技術者と緊密に連携しながら技術開発に努めて参ります。

（農業機械研究部門 システム安全工学研究領域）

Editor's Note 編集後記

農研機構技報第16号（「スマート農業の普及に向けて」）を最後までお読みいただき、誠にありがとうございました。この第16号では、第2号「スマート農業」（2019年9月発行）や第5号「ドローン」（2020年6月発行）に続いて、スマート農業を取り上げました。皆さま、いかがでしたでしょうか。

本号で紹介した技術以外にも、農研機構では、スマート農業に関する多くの技術を開発して、社会への普及を加速しています。農研機構のホームページや動画サイト（NAROchannel）で紹介していますので、ぜひ、ご覧ください。

末尾になりましたが、本号の執筆・査読・編集などにご協力いただいた数多くの方々に、心より御礼申し上げます。

（編集委員長）

農研機構
ホームページ

YouTube
NAROchannel

農研機構技報

NARO Technical Report No.16

2024年7月29日発行
発行者／久間和生
発行所／農研機構 広報部広報戦略室（編集委員会事務局）
〒305-8517 茨城県つくば市観音台3-1-1
製作協力・印刷／株式会社アイワット
非売品

技報
バックナンバー

農研機構は「みどりの食料システム戦略」を推進しています

https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/

本誌研究内容に関するお問合せは

https://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/research

『農研機構技報』NARO Technical Report 読者アンケートのお願い

ご意見・ご感想をお聞かせください
https://prd.form.naro.go.jp/form/pub/naro01/ntr

＊本誌掲載の記事・写真・イラストの無断転載・複写を禁じます。

農研機構技報
NARO Technical Report No.16
発行所／農研機構 広報部広報戦略室（編集委員会事務局）
〒305-8517 茨城県つくば市観音台3-1-1

農研機構
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

VEGETABLE OIL INK
この冊子は、グリーン購入法適合の用紙を使用しています