スマート農業技術導入手引き書
（水田作、畑作、露地野菜、施設園芸）

スマート農業技術の導入に当たっての
産地体制の整備等のための手引き

令和6年3月

実施グループ名：栗山町スマート農業技術活用検討コンソーシアム
（活用支援ID：援A01）
代表機関：（株）スマートリンク北海道

目次

はじめに 3
第1部 この手引き書の概要 4
1. この手引き書で取り上げる営農体系と品目 4
2. この手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目 4
3. この手引き書で取り上げる技術 4
4. 産地の現状と取り組む目的 4
5. 期待される成果 5
6. この手引き書の活用面と留意点 5
第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント 6
1. この手引書で伝えたいポイント 6
2. 地域（産地）における取組の手順（プロセス） 6
3. 導入技術の定着のための要件 9
【参考】 スマート農業の導入先進地域における取組事例から見る地域体制（産地）のあり方 10
第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況（ケーススタディ） 18
1.【Plan】 栗山町の抱える課題とスマート農業技術の適用性 18
(a) 対象地域の現状把握と課題の抽出 18
(b) 地域（産地）の目標設定（スマート農業技術の選択） 25
(c) 地域（産地）における解決方法の検討（スマート農業技術導入方法） 28
(d) 地域運営体制について（分担設定） 29
2.【Do】 栗山町のスマート農業への取組 30
(e) スマート農業技術の知見取得と提案（技術導入における提案） 31
(f) 実地での地域（産地）支援 34
3.【Check】スマート農業技術導入の産地としての取組 37
(g) 成果報告と達成状況の確認、情報共有および(h) 現状の再確認 37
4.【Action】地域における人材育成と継続的な導入支援 38
(i) 先進視察を通じた「農家収益指標」の普及啓発 38
(j) 地域（産地）における人材育成 38
(k) 継続的な導入支援 39
第4部 参考資料 42
1. 参考資料（導入支援に用いた資料） 42
1.1スマート農業技術適用例（効果事例） 42
(1) GNSS 42
(2) 自動操舵（オートステアリングシステム） 54

（3）ISOBUS 57
（4）安全センサ 62
（5）ロボットトラクター 66
（6）自動アシストコンバイン 70
（7）無人ヘリコプター・ドローン 72
（8）水管理システム 78
（9）ハウス管理システム 83
（10）気象情報利用 84
（11）衛星リモートセンシング 93
（12）営農支援システム 97
2. そのほかの参考資料一覧 113
2-1 第2部で使用した参考資料 113
2-2 第3部で使用した参考資料 113
2-3 第4部で使用した参考資料 113
この手引き書の著作権について 114
この手引き書の問い合わせ先 114

はじめに

栗山町では、平成14年に第1期栗山町農業振興計画（栗山農業ルネッサンス）を策定して以来、5か年ごとに計画を策定し、町の農業・農村の役割を踏まえながら、情勢の変化や課題に的確に対応し、将来に向けて持続的に発展していけるよう、総合的かつ計画的に施策を推進してきた。その中でも第5期からは、計画内に「スマート農業の推進」を掲げ、RTK-GNSS自動操舵、自動操舵付き田植機、農業用ドローンの導入支援を進めている。実際に、町内の農業者を対象としたアンケートでは、農業分野での課題である「労働力の確保」や離農者が保有する「農地の維持や活用」をスマート農業技術の導入により解決していくことへの期待の声が挙がっている。町内農業者の一部では、RTK-GNSS自動操舵を始め、ISOBUSやAGPORTに対応した機械の利用が進んでいるが、その効果の具体例が浸透されておらず地域全体としてのスマート農業技術の普及はまだ発展途上と言える。

スマート農業技術の導入にあたっては、経営体の状況に則した具体的効果に応じた技術の選択が必要とされる。栗山町では、体系別に「農家収益指標」を作成しており、他地域のスマート農業実証成果を適用することで、現地の実態に則した効果が明確になる新たな指標を個々人で作成できるようになる。このようなスマート農業技術を適用した新たな指標に向け、技術導入に当たっての手順や留意事項を整理した手引き書を作成した。

また、この手引き書に従い、地域の生産技術体系を適用した労働時間を算出することですることで、各地域において技術の選択に取り組む際に役立つ。コントラクターのような地域での作業委託体制の設立に当たっても、本手引き書を活用することより、既存の資源（人材や土地）や経営状況に応じた組織体制の検討が可能となり、技術導入の促進へ繋がることが期待される。

令和6年2月29日
支援実施グループ代表者
小林　伸行
（（株）スマートリンク北海道）
活用推進担当者
宮本　孝之
（（一財）栗山町農業振興公社）

・ 免責事項

- 当該実施グループ及び農研機構は、利用者が本手引き書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手引書に掲載された情報の正確性や完全性について、農研機構は保証するものではありません。機械を利用することによる効果については、作物を栽培する地域、気候条件及び土壌条件等より変動することに留意してください。

第1部　この手引き書の概要

1.この手引き書で取り上げる営農体系と品目

・水田作、・畑作、・露地野菜（長ねぎ、南瓜、キャベツ、ブロッコリー）、・施設園芸（トマト、メロン、ほうれんそう）

2.この手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目

・新たにスマート農業技術の導入を検討する産地に対し、経営課題の解消に有効・効果的な技術の選択を促すための、現状分析に基づく導入効果の試算とアドバイス（技術導入前コンサル型）

3.この手引き書で取り上げる技術

（1）GNSS
（2）自動操舵（オートステアリングシステム）
（3）ISOBUS
（4）安全センサ
（5）ロボットトラクター
（6）自動アシストコンバイン
（7）無人ヘリコプター・ドローン
（8）水管理システム
（9）ハウス管理システム
（10）気象情報利用
（11）衛星リモートセンシング
（12）営農支援システム

4.産地の現状と取り組む目的

栗山町の一部ではGNSSガイダンスの導入が行われ、この導入者は他地域に比べてISOBUSやAGPORTに対応した機械の利用が進んでいるが、地域全体としてはスマート農業技術の普及が進んでいない。また、労働力の確保、離農者が保有する農地の維持や活用が課題となっており、この解決方策としてスマート農業技術の導入が求められている。

スマート農業技術の導入に当たっては、経営体の状況に則した具体的効果に応じた技術の選択が必要とされる。栗山町では、体系別に「農家収益指標」を作成しており、これに過年度の他地域のスマート農業実証成果を適用することで、現地の実態に則した効果を明確にし、技術導入の促進へ繋げていく。

また、栗山町では、コントラクターのような地域での作業委託体制の設立についても要望が出ていることから、既存の資源（人材や土地）と経営状況に応じた組織体制の検討や技術の選択に繋げていく。

5.期待される成果

スマート農業技術を導入するに当たって、地域での体制構築に係る検討方法、自動操舵、ロボットトラクター、リモートセンシングなどのスマート農業技術について、他地域での導入事例を踏まえた技術選択、農業経営における収益変化を示し、導入検討に必要とされる手順・情報を提示することにより、汎用性を持ち栗山町だけでなく、他地域での利用が期待できる。

6.この手引き書の活用面と留意点

活用面として、スマート農業技術の導入に必要となる地域体制や技術選択を他地域の導入事例を参考に自己の状況に合わせて検討することが可能となる。

留意点として、経営体個人や複数団体でのスマート農業技術導入についても利用可能であるが、環境整備や導入方法の検討の項目で通信環境や補助金の活用など自治体、JA等関係機関と地域体制構築を前提としたものがあることに注意されたい。

第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント

1.この手引書で伝えたいポイント

地域（産地）における現状の課題を洗い出し、解決策としてのスマート農業技術を導入・普及の進めるに当たっては、地域内の体制構築、環境整備についての検討及び合意形成が必要である。

経営体の要望に合ったスマート農業技術を導入するためには、導入効果、導入するための留意事項を他地域事例などから整理し、地域の体制、環境に合わせた選択が求められる。

また、地域内の生産技術体系を基に経営体のスマート農業技術を導入した場合の必要労働力、農業経営変化をシミュレーションすることで、導入に係る費用負担について検討する。

農業者、農業団体、行政などが一体となり取り組むことが、スマート農業技術を導入・普及、継続するには必要となる。

2.地域（産地）における取組の手順（プロセス）

取組手順については、以下のようなものがあげられるが、一過性のものとしてではなく、中長期的なPDCAサイクルに当てはめ、取組の品質向上が必要である。

以下ではPDCAに即したプロセスを以下に示す（図1）。

（a）対象地域の現状把握と課題の抽出 <Plan（計画）>

アンケート、意見交換などにより、地域の農業経営における現状と課題を洗い出す。

併せて、地域の体制、環境を把握し、スマート農業技術の導入に当たり、検討や事前調整が必要な項目を洗い出す。

（b）地域（産地）の目標設定 （スマート農業技術の選択）<Plan（計画）>

農業者については、導入してすぐに成果を示すことは難しいため、労働力削減、適期作業の実施といった定性的な目標設定から始めて、経営改善に向けたスマート農業技術の選択をする。また、必要に応じて、行政における農業戦略の目標（KPI）についても策定する。

（c）地域（産地）における課題解決方法の検討（スマート農業技術の導入方法） <Plan（計画）>

スマート農業技術の導入について、体制構築、環境整備が必要な場合の合意形成を行う。

抽出された課題の解決に向け、どのようなスマート農業技術の導入方法が相応しいのかを検討する。導入に係る負担についても経営シミュレーションなどで費用対効果を産地内で協議し、導入方法（個人での導入、シェアリング、リース・レンタル）も検討する。

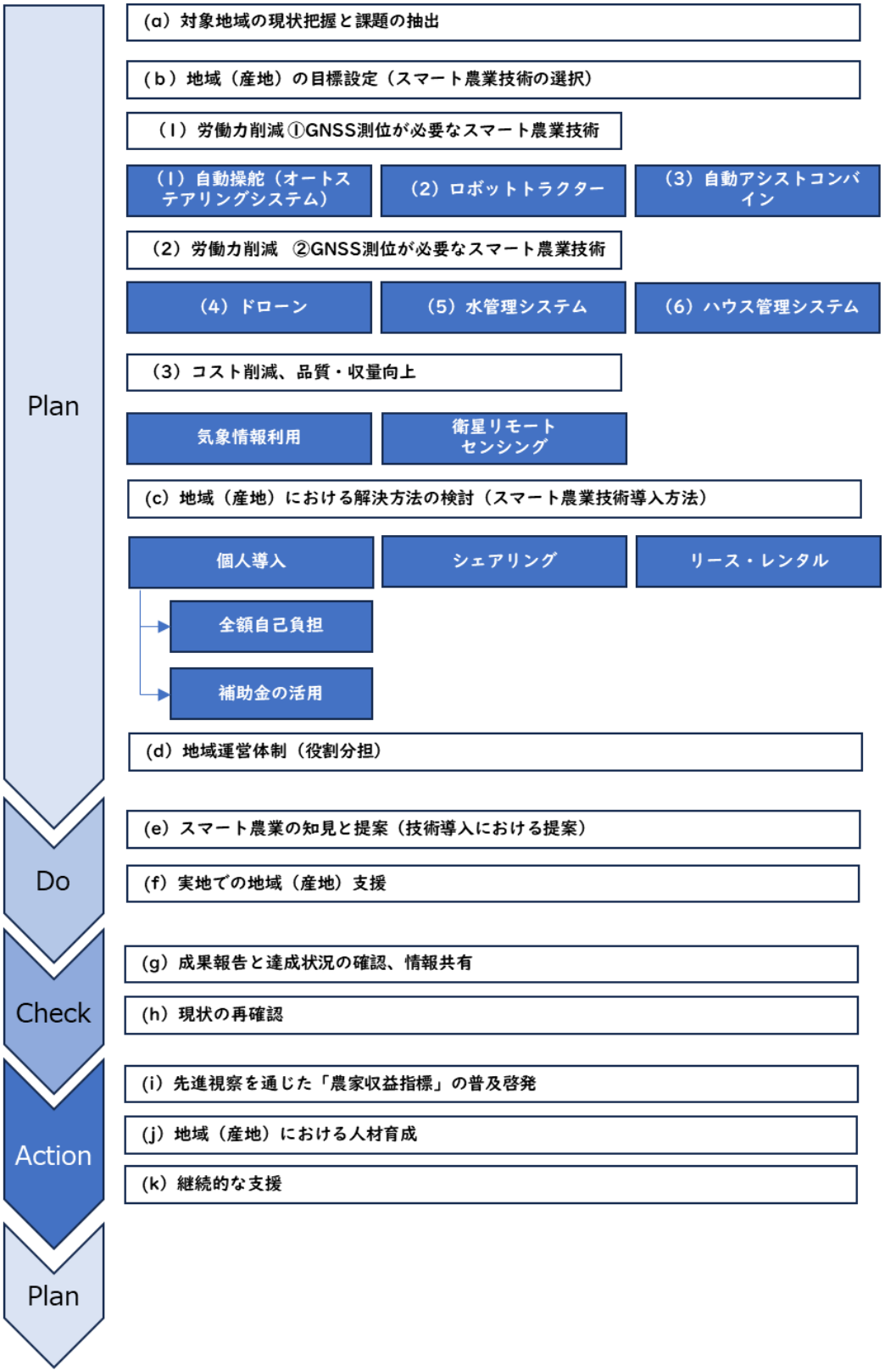


図1 スマート農業技術導入に当たっての検討事項フロー図

(d) 地域運営体制（役割分担） <Plan（計画）>

農業者、行政、農業関係機関などの各機関の役割分担（農業者の意見集約、支援活動、知見共有、普及啓発等）を決めることにより、負担の偏りを防ぎ、地域内での統一した方向性を確立できる。また、各機関との調整など全体を総括する機関や団体の設立についても検討する。

(e) スマート農業技術の知見と提案（技術導入における提案） <Do（実行）>

地域の農家収益指標を活用し他地域の活用事例などからスマート農業技術の導入効果を把握、導入技術を提案する。

(f) 実地での地域（産地）支援 <Do（実行）>

「農家収益指標」を用いて導入したスマート農業技術を利活用していく中で、農業者自身の営農スタイルに合わせた使い方やスマート農業技術を含んだ営農スタイルへの変化について、柔軟に対応できるように指導支援を行う。ただし、安全性の確保は必須である。

(g) 成果報告と達成状況の確認、情報共有 <Check（評価）>

導入効果、利用時の課題などスマート農業技術を実際に使用した成果を定期的に共有する。その際、先行して導入・活用している農業者が、これから導入を検討している農業者や導入しても活用しきれていない農業者とのコミュニケーションを持ち、成果や活用方法などの情報を共有する。また、行政における目標を設定している場合には、目標の達成状況を検証し、今後の支援方法などについて検討を行う。

(h) 現状の再確認 <Check（評価）>

定期的にアンケート、意見交換を行い、農業経営の現状や課題の変化について把握する。

スマート農業技術の導入、支援状況について調査を行い、今後の取組の方向性について関係者間で協議する。

(i) 先進視察を通じた「農家収益指標」普及啓発 <Action（改善）>

導入したスマート農業技術の効果を数値化、見える化し、農業者、各関係機関へ広く発信し、地域におけるスマート農業技術への興味、関心を持ってもらうよう働きかける。

先進地視察、講演会、研修会の開催により、他地域での事例紹介や取組について学ぶ機会を持ち、地域内の普及啓発へとつなげていく。

(j) 地域（産地）における人材育成 <Action（改善）>

先行してスマート農業技術の導入した農業者や積極的にスマート農業技術に触れて、利活用方法を模索していくような人材を育成し、他の農業者を先導していくことが望ましい。

(k) 継続的な導入支援 <Action（改善）>

スマート農業技術には、単年ではその効果が見えづらいものあるため、継続的な支援を行える体制を整えておく必要がある。

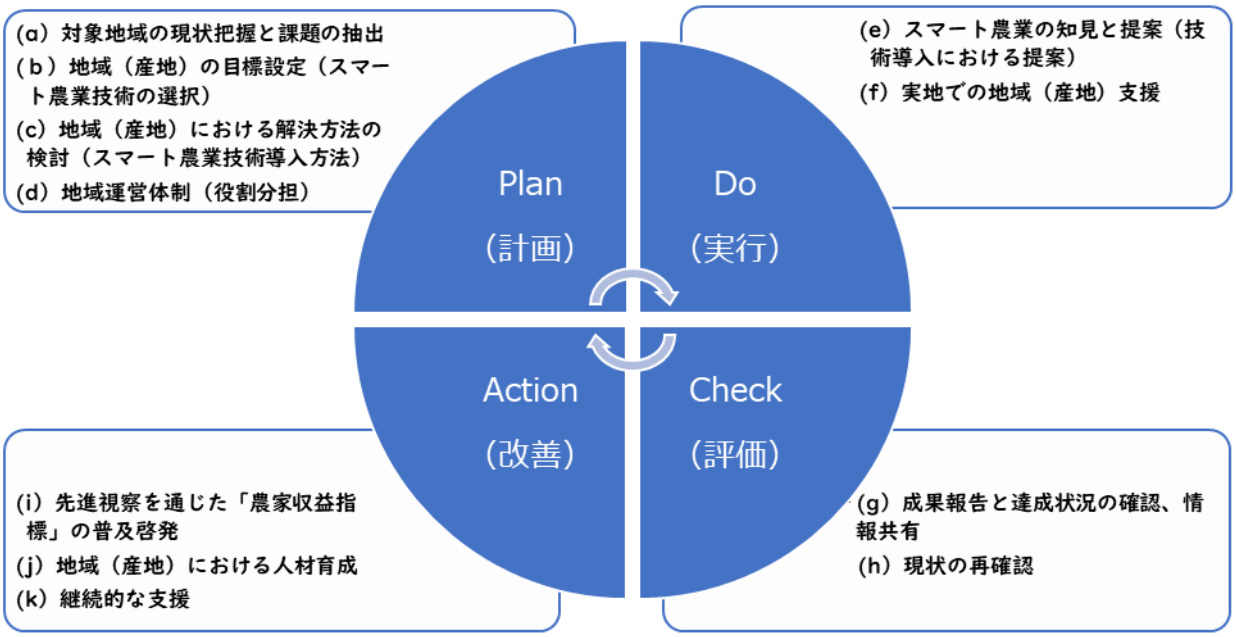


図2 PDCAサイクルにおける指導支援手順

3. 導入技術の定着のための要件

農業者、行政、農業関係機関団体などが方向性を統一し、地域一体となって、農業者への導入支援、普及啓発を継続的に行っていくことが必要である。

【求められるスマート農業技術の地域（産地）での取組に対する考え方のポイント】

1. 地域での望ましい体制

・普及啓発の取組や地域における人材育成では、農業者や農業団体個別での体制ではなく、地域一体となった体制が重要である。これは国が進める各種施策への対応には行政も必須であるためである。

2. 継続的な導入支援の取組

・スマート農業技術の効果は単年度では見えづらく、長期にわたり、情報交換の上、地域に合った技術の利用方法を深めることが必須である。

以降では、スマート農業技術の地域導入に当たって、導入先進地域での成功事例を基に、上記のポイントを達成するためにどのように取り組むことで、同技術が定着するかについてPDCAに当てはめたプロセスを例示しながら「農家収益指標」を活用するための基盤となる地域における体制整備におけるポイントの説明を行う。

【参考】 スマート農業の導入先進地域における取組事例から見る地域体制（産地）のあり方

北海道岩見沢市では、平成25年から本格的にスマート農業技術の導入が行われている。また、これは農業者のみではなく、行政、農業団体、民間企業、試験研究機関が一体となった取組であり、地域体制の構築に向けた検討の流れと取組のポイント等を説明する。

<岩見沢市における推進体制の構築>

岩見沢市では、農業者、関係機関とスマート農業において、どのような計画を立案し、施策として展開をすべきかという議論を複数回重ねてきた。その際、（図3）に示すようにスマート農業分野における関連技術ついても整理を行い、これらの各技術の導入に当たっては、

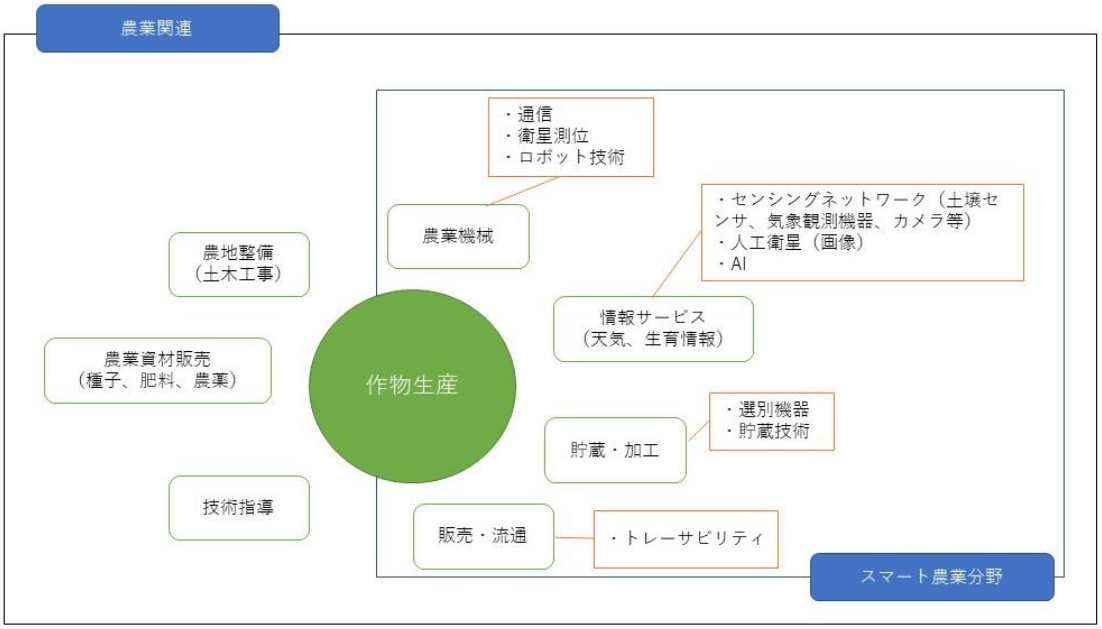


図3 農業分野におけるスマート農業技術

専門性の高い知見の習得が必要であるとの合意も得られた。

例えば、農業機械における自動操舵については、農業機械の知識以外に無線技術やGNSS測位に関する知見（図4）が、情報サービスについては、用いるセンサやそれの解析方法についての知見（図5）がそれぞれ必要となる。

このため、このような知識の習得も見据えた地域の体制について検討した。

図4 農業機械における導入技術と必要知識例

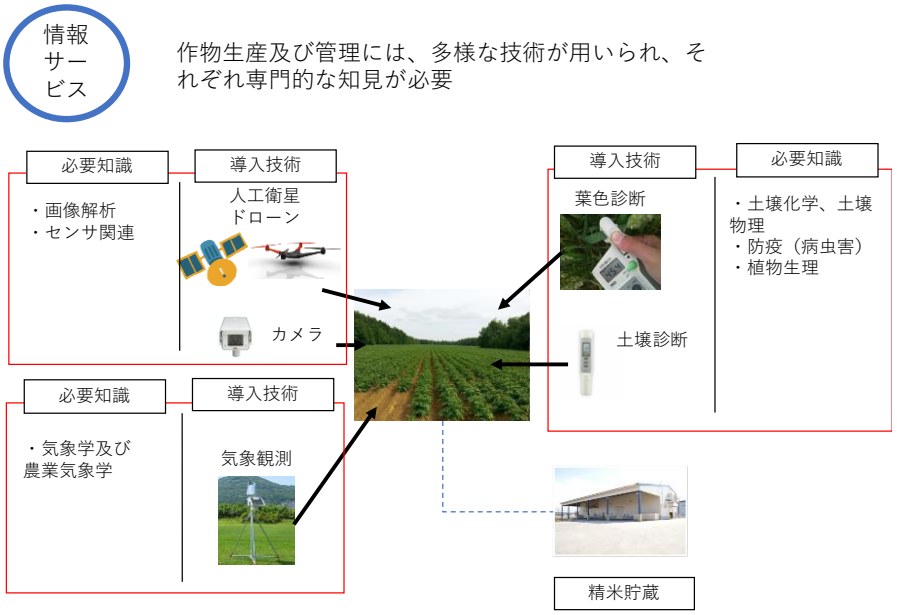


図5 情報サービスにおける導入技術と必要知識イメージ

また、スマート農業技術の導入に当たり、（図6）のように民間企業に問い合わせる場合、試

験研究機関と共同で実証を行う場合、また、双方いずれでの対応も可能であるが、どこに相談するべきかの判断に迷うことがある。そのため、それぞれの知見に対する専門家や窓口はあっても、それをワンストップで担う部門が無いことが地域内での活動の遅れにつながるとの意見にまとまった。

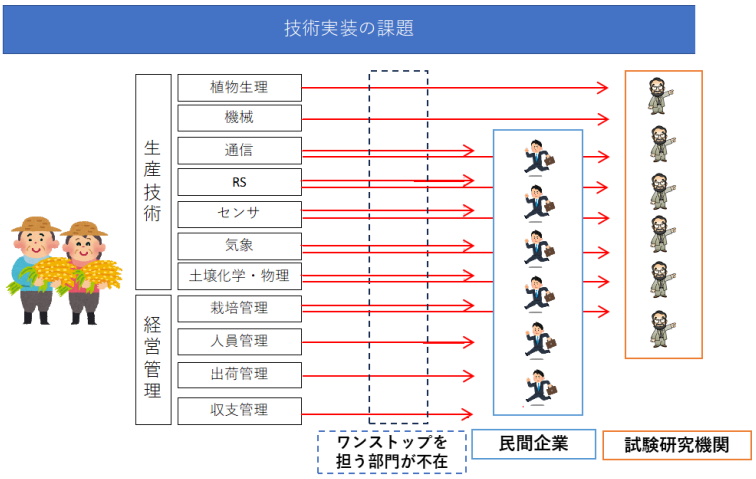


図6 技術実装の課題イメージ

従来、先進的な取組を行う農業者は個別に活動することが多く、まとまりを持つことが叶わなかったため、農業者から、農業者の意見集約、知見共有、普及啓発を目的とする団体の設立を行うことが平成23年度に提案され、「いわみざわ地域ICT利活用研究会」が設立された。

これにより、行政が個別農業者の意見集約の負担から解放され、かつ、地域内で統一された要望を得ることが可能となった（図7）。実際に、当該研究会からの要請を受け、岩見沢市では、①位置情報配信サービス、②農業者気象配信サービス等の取組を開始している。

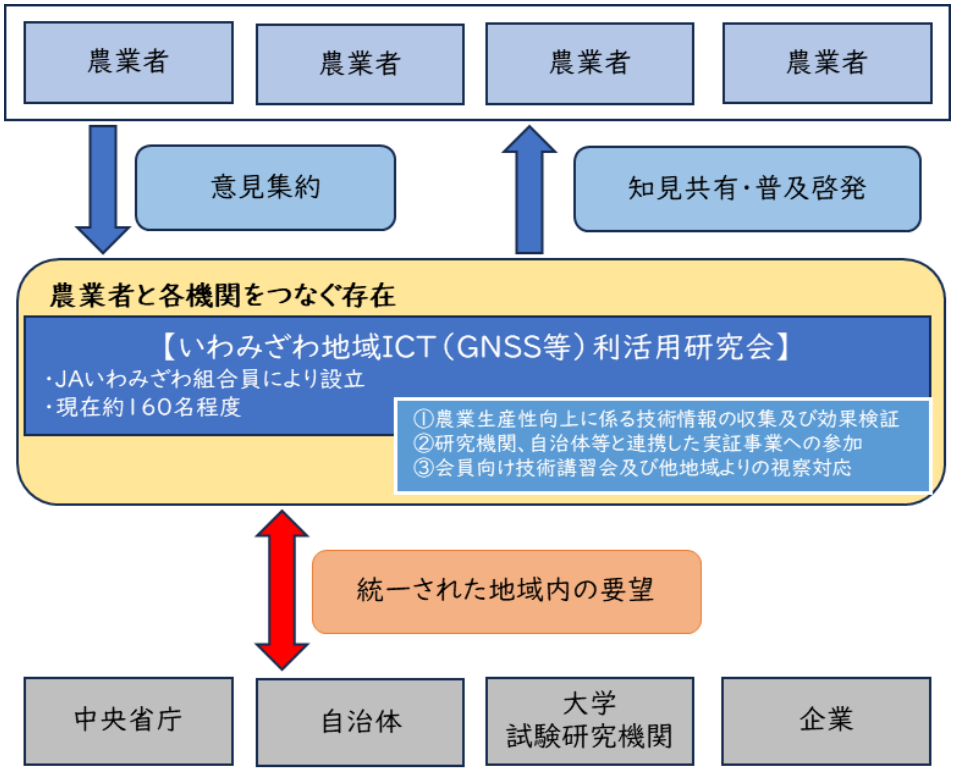


図7 いわみざわ地域ICT（GNSS等）利活用研究会の役割イメージ

このような体制を整備し、岩見沢市では、（図8）に示すように「いわみざわ地域ICT（GNSS等）農業利活用研究会」（平成25年1月設立）からのニーズを把握し、地域内の関係機関と連携し、これまで各種の施策を展開している。

図8 岩見沢市におけるスマート農業分野取組経緯

次の議論として、農業者、行政、試験研究機関のそれぞれのニーズをマッチングさせ、各機関のメリットとなる体制構築が求められた。(図9)に示すように、これらの機関が、互いの機関の取組状況を理解し、特定の機関のみに負担を生じさせず、各々のメリットとなるゴール地点を設定する機能が必要となった。

これらのことから、岩見沢市では、行政が調整・仲介・解決役となり、産学官連携体制を構築し、広く・深く意見を集約し、各機関の利害を調整の上、方向性を定めることとしている。支援を行う上で農業者、地域内団体・企業、試験研究機関との意見交換を密に行うことが重要である。また、調整役となる行政の部署では、農業だけでなく、福祉、教育などの分野での調整役も行っており、他の分野での課題解決にも応用できる情報通信技術の整備などの支援方法を検討することが可能となった。

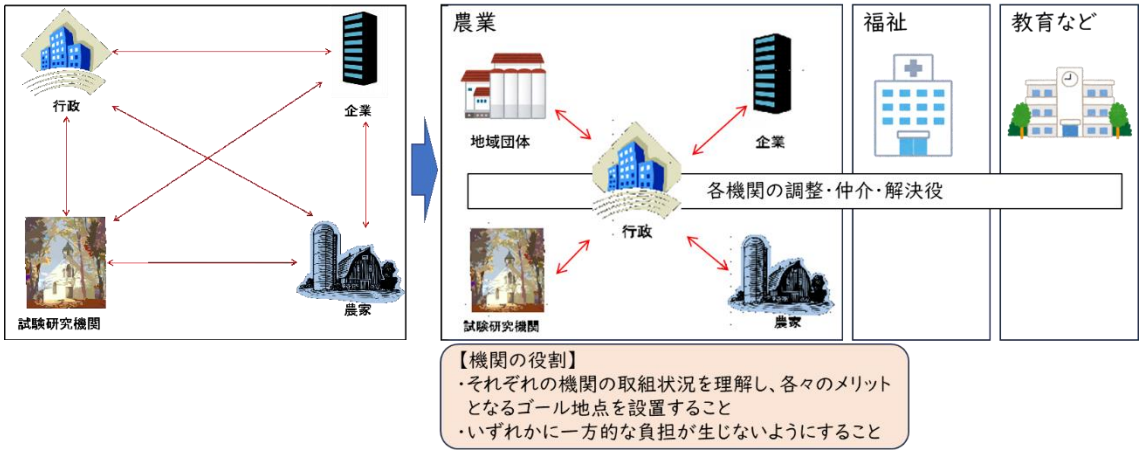


図9 地域内での検討体制のあり方イメージ

岩見沢市総合戦略（平成28年1月策定）では、基幹産業の振興として、農業のスマート化を挙げている。農業に特化したものではなく、「農」と「食」を連携した内容であることが他地域とは異なるものである（図10）。

スマート農業技術の導入により、品質・収量の安定化を図り、これを原材料とした食品加工を行うことで、地域内の健康増進、これの他地域への販売による収益向上を目指すものである。

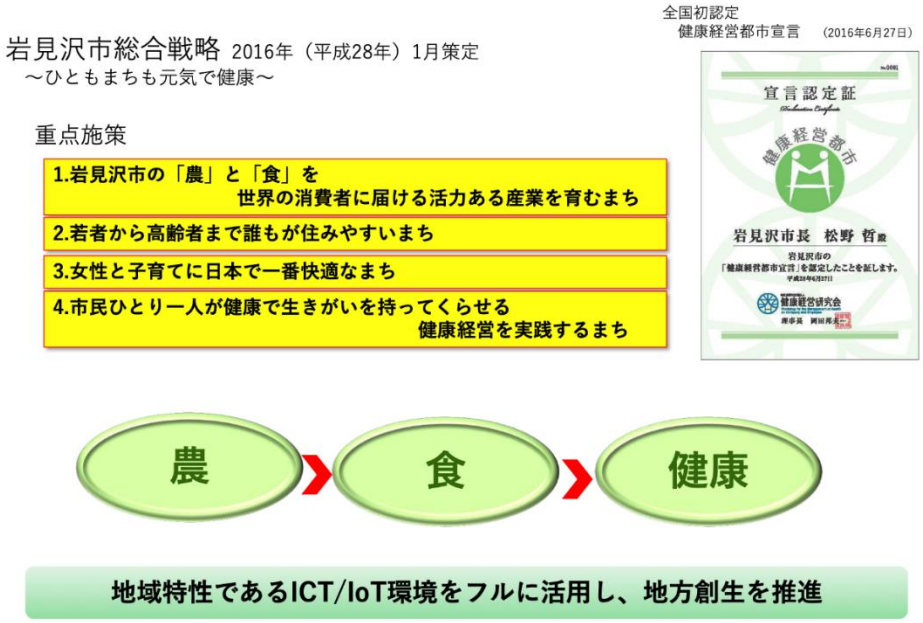


図10 岩見沢市総合戦略における農業の位置づけ

岩見沢市では、市独自の事業のほか、国家プロジェクトにも積極的に参画し、産学官連携で基幹産業の振興に尽力している。前述の産学官連携体制において、事業申請時、終了後に課

題の解決状況を確認し、新たな課題の整理を行うものとしている。また、国家プロジェクトでの対応が困難な場合には、市単独予算での執行や地場企業による自前での研究事業として対応を行うこととしている。

取り組んできた内容及び技術については、「いわみざわ地域ICT（GNSS等）農業利活用研究会」が主体となり、年数回研修会を開催し、地域農業者への新技術の周知、共有、習得のためのプログラムを実践している。また、岩見沢市は市長リーダーシップの下、情報政策部と農政部が共同してスマート農業の人材育成・普及戦略を検討する体制を市役所内に整備しており、北海道、JA、研究会など関係機関と様々な事業を企画調整するハブ機能も持たせている。例えば、平成30年度から市内農業者全員に対して、イーラーニングによるスマート農業技術の普及啓発を進めている。

産地における機械導入に関しては、「農林水産業におけるロボット技術導入実証事業」を機に、岩見沢市においても単費（地方創生交付金を活用）での機械導入補助を実施し、オートステアリングシステムの導入が促進された。同事業を通じて実地での実証と共に指導支援にもつなげた。また、「ロボット技術」という観点にも着目して事業を進めており、農業生産者の高齢化、人口減少等における課題解決に寄与するキーアイテムとして認知され、今後の営農、経営を維持していくために必要なものと理解されつつある。

＜取組のポイント＞

このように、岩見沢市では、行政が調整・仲介・解決役となり、前述の産学官連携体制を構築し、広く・深く意見を集約し、各機関の利害を調整の上、方向性を定めることとしている。

産地におけるスマート農業技術の活用支援では、計画に基づく活動を検証していくことが重要であり、その理由とチェック・ポイントを以下に示す。

（ア）なぜ体制づくりが必要なのか（活動体制を【Check】する理由）

個別の取組や一部の農業者による導入だけでは、地域への普及は限定的であり、スマート農業機器が稼働しているところをみたり、使い勝手について聞く機会が少ない。

また、導入コストが高いため、個人での導入をためらう場合もある。

このことから、スマート農業技術の情報発信、農業者の意見集約や補助事業などを適切に活用した資金支援が行える機関と連携することで、地域全体での導入・普及が促進されるため成果報告と達成状況の確認、情報共有には適切な体制づくりが必要となる。

（イ）どのような体制があるのか（チェック・ポイント）

行政主導型	農業者及び農業団体主導型	試験研究機関主導型
【メリット】 ・行政が主体となり、政策として行われるので、実行性があり、導入支援も期待できる。	【メリット】 ・農業者や農業団体が主体となり、地域内の農業者のニーズにあった取組が期待できる。	【メリット】 ・公設の研究機関や大学が主体となり、研究開発を現地で実証・実装するため最先端技術の導入が期待できる。
【デメリット】 ・公平性が優先され、突出した計画での立案がなされないケースがある。	【デメリット】 ・事業推進を行うための予算確保が難しいケースがある。	【デメリット】 ・事業期間が終了した後の継続性が難しいケースがある。

チェック・ポイントに従い、岩見沢市では、（図7）に示す農業者が設立した「いわみざわ地域ICT（GNSS等）農業利活用研究会」がそのデメリットを解消するために、農業および福祉、教育などの分野での調整役（情報通信技術の整備などの支援方法を検討することが可能）となる行政の部署や試験研究機関と連携して補いつつ、そのメリットを生かし、各機関と成果報告と達成状況の確認等の情報共有を行っている。

第3部 スマート農業技術活用産地支援の取組内容と実施状況（ケーススタディ）

1.【Plan】 栗山町の抱える課題とスマート農業技術の適用性

まず、はじめに栗山町農業振興公社及びそらち南農業協同組合が把握した栗山町における現状と課題について下記のように整理した。

(a) 対象地域の現状把握と課題の抽出

（ア）現状把握

栗山町は、北海道の中央部、空知総合振興局管内の最南部に位置している。

道都札幌市、空の玄関口新千歳空港、港湾苫小牧市に車で約1時間の距離に位置し、東は夕張山系に続く緩やかな丘陵群夕張市と接し、北はクッタリ山系をもって岩見沢市と接している。また、南西は夕張川を隔てて由仁町及び長沼町に接している。

栗山町においては、平成12年設立のくりやま農業振興事務所 (以下、農業振興事務所)を前身とする（一財）栗山町農業振興公社が地域内の農業振興に向けた取組を実施している。

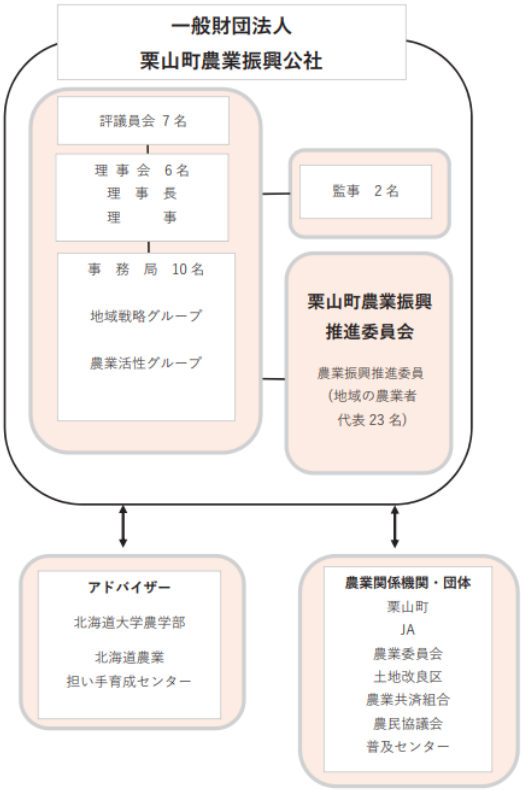


図1 （一財）栗山町農業振興公社体制

同公社では、農業経営基盤強化促進法の一部改正（令和2年4月1日）後も認定団体として、同法に基づく農地利用集積計画特例事業を実施している。また、スマート農業技術の導入支援、就農イベント等を通じた町外からの新規参入者の確保、地域のリーダーを担う人材を育成するための組織として「くりやま農業未来塾」を開講しており、平成20年からは、町外から農家へ嫁いだ方や新規参入者として就農した女性を対象とした「くりやま農業女性塾」の活動も行っている。

販売農家戸数は、平成12年の614戸から48.4%減少し、令和2年には317戸となっている。栗山町全体の世帯数の減少率が2.5%であることから、農業における世帯の減少が大きいことが分かる（図2）。一方で、総農家戸数に占める自給的農家戸数は平成12年の9.0%から令和2年には14.1%へ増加した（図3）。これは北海道の農村部全体にみられる傾向で、離農後に自給的農家や土地持ち非農家として町内に残ることで、農業の中心的な担い手以外の人も農村部に住む混住化が進んでいる。

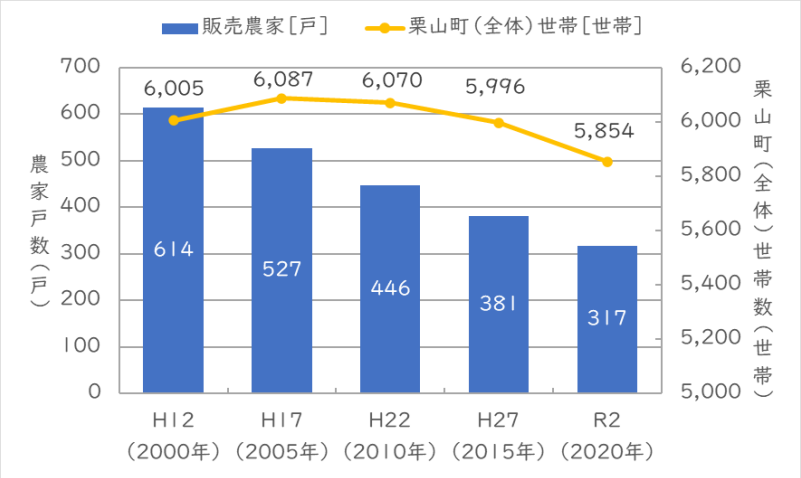


図2 栗山町農家戸数と全体世帯数の推移

（資料：農家戸数は各年農林業センサスより、栗山町世帯数は住民基本台帳に基づく人口、人口動態および世帯数に関する調査各年データより）

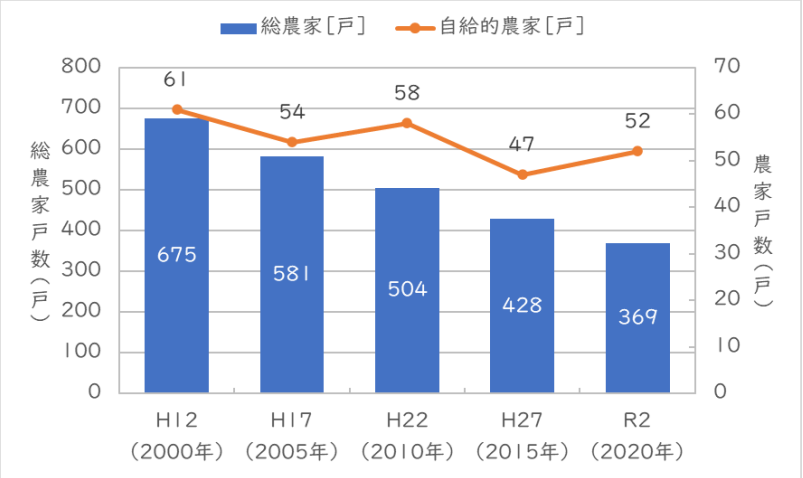


図3 総農家戸数と自給的農家戸数

（資料：農家戸数は各年農林業センサスより）

農業の担い手を世帯だけでなく法人を含めた農業経営体として見ると、令和2年では個人経営体が296と大半を占めている。個人経営体に一戸一法人の21経営体を加えた317経営体が家族経営であり、栗山町の農業経営体の主体となっている。栗山町の団体経営体は、平成27年以降36経営体のままとなっている。

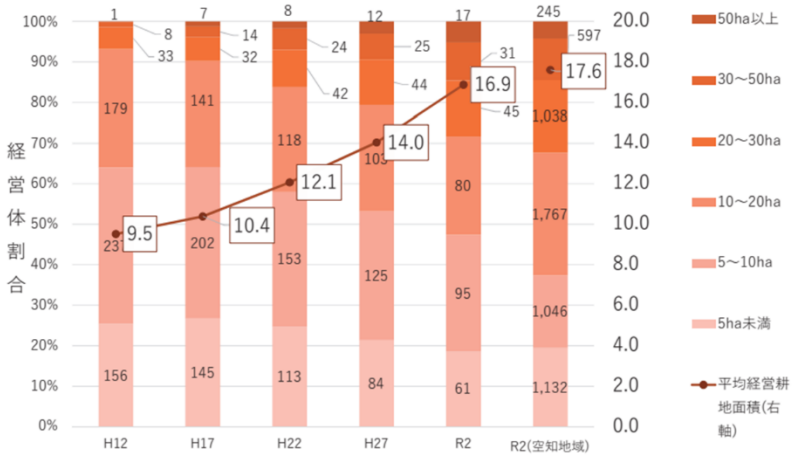
表1 農業経営体の推移（単位：経営体）

	栗山町				空知地域
	農業経営体	個人経営体	団体経営体	うち一戸一法人	団体経営体
H12	627	614	14	—	299
H17	541	511	30	21	424
H22	462	429	33	19	472
H27	396	360	36	22	507
R2	332	296	36	21	604

資料：各年農林業センサスより
注1)「-」は公表なし。
注2)H12には販売農家を「個人経営体」とし、農業サービス事業体と農家以外の農業事業体、協業経営体の合計を「団体経営体」とした。これにより、個人経営体が実際よりも多く、団体経営体が実際の数よりも少なく表れている可能性がある。

（資料：第5期栗山農業ルネッサンスより）

（図4）に示すように経営耕地面積を規模別にみた場合、20ha以上の経営耕地面積を持つ経営体が増加傾向にあり、令和2年では経営体全体の28.0%占めている。5～10haの層においては、経営体数95で全体の28.6%となり、空知地域の5～10ha層（17.7%）よりも多く、栗山町での農地の集積、集約が進んでいるといえる。このことから、平成12年から令和2年までの20年間で、平均経営耕地面積は9.5haから16.9haへと拡大している。

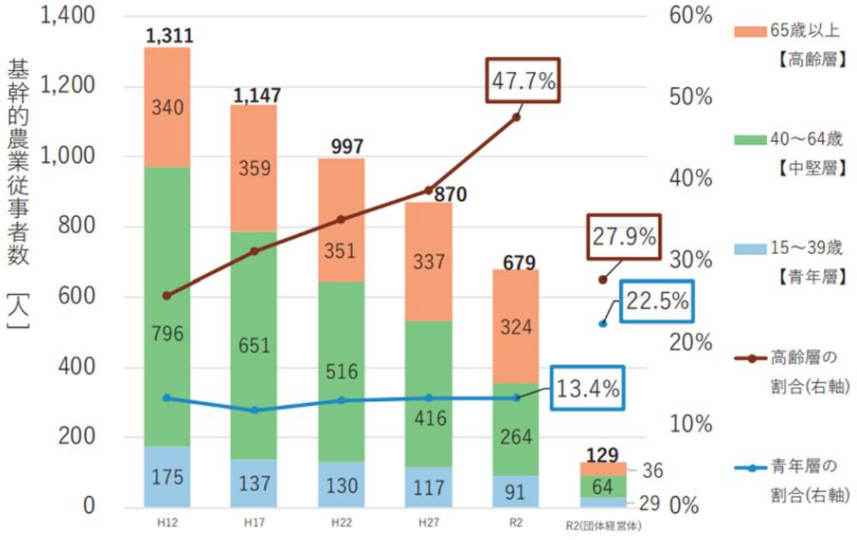


資料：各年農林業センサスより
注)H12 の値は「販売農家」のもの。経営耕地面積が不明であったため、「農家以外の事業体」と「農業サービス事業体」を含めていない。

図4 経営耕地面積規模別経営体の割合と平均規模の推移
（資料：第5期栗山農業ルネッサンスより）

個別経営体の基幹的農業従事者は、平成12年の1,311人から令和2年では679人まで減少した（図5）。65歳以上の割合は平成12年に25.9%、令和2年で47.7%となり、15～39歳の青年層は、約13%の横ばいで推移している。

団体経営体においては、60日以上農業に従事する役員・構成員を農業従事者として見た場合、65歳以上の割合は27.9%、15～39歳の青年層は22.5%と個別経営体に比べて、若い農業従事者の割合が多くなっている。



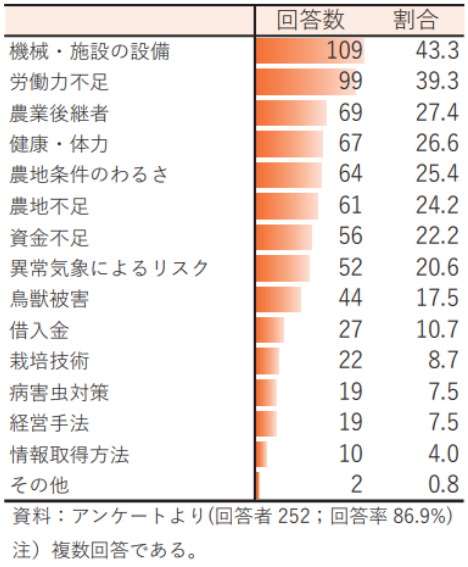
資料：各年農林業センサスより
注)H27 と R2 は個人経営体(一戸一法人を除く)の値、H22 以前は各年農林業センサスの「販売農家」(一戸一法人を含む)の値である。

図5 年齢階層別基幹的農業従事者数の推移

（資料：第5期栗山農業ルネッサンスより）

（イ）地域（産地）の課題

栗山町内の農業者に対するアンケートでは、機械・施設の設備を問題として考える経営体が43.3%と多く、規模拡大や新たな品目の導入に対応した機械・施設の導入が追い付いていないと考えられる。次いで、労働力不足39.3%、農業後継者27.4%と続いている。



	回答数	割合
機械・施設の設備	109	43.3
労働力不足	99	39.3
農業後継者	69	27.4
健康・体力	67	26.6
農地条件のわるさ	64	25.4
農地不足	61	24.2
資金不足	56	22.2
異常気象によるリスク	52	20.6
鳥獣被害	44	17.5
借入金	27	10.7
栽培技術	22	8.7
病害虫対策	19	7.5
経営手法	19	7.5
情報取得方法	10	4.0
その他	2	0.8

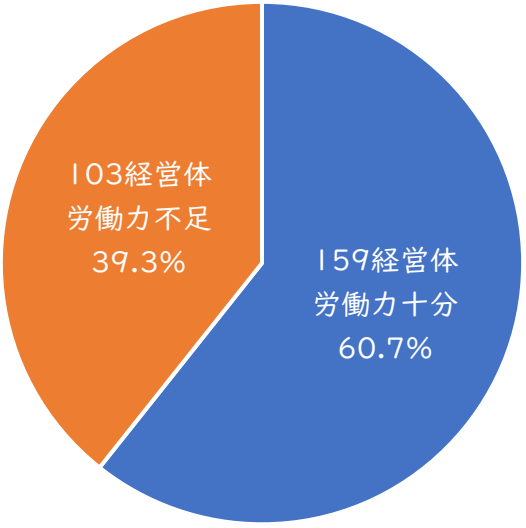
資料：アンケートより(回答者 252；回答率 86.9%)
注）複数回答である。

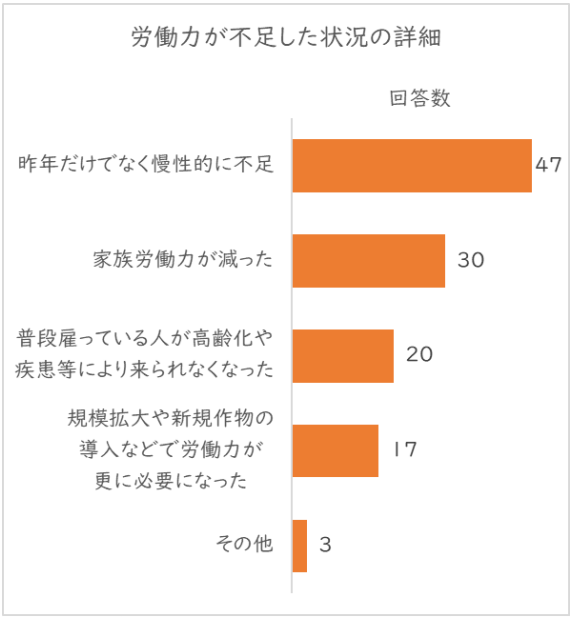
図6 経営上の問題点

（資料：第5期栗山農業ルネッサンスより）

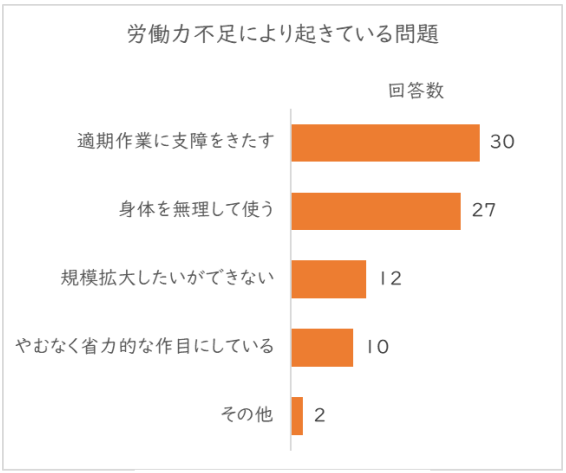
①労働力不足の課題

農業者へのアンケートによると、労働力不足と回答した経営体は103（39%）となり、うち半数近くが、慢性的に労働力不足の状態である。背景には、家族労働力の減少や被雇用者がいなくなるなど、高齢化の影響がみられる。このため、適期作業に支障がでて、収量が上がらないことや無理に適期作業を行おうとして、身体的な負担が生じている。労働力を解消しようとしても雇用に係る経済的な負担だけでなく、雇用を募集しても集まらないという地域労働力市場自体の縮小があり、個別での対応が難しくなっている。

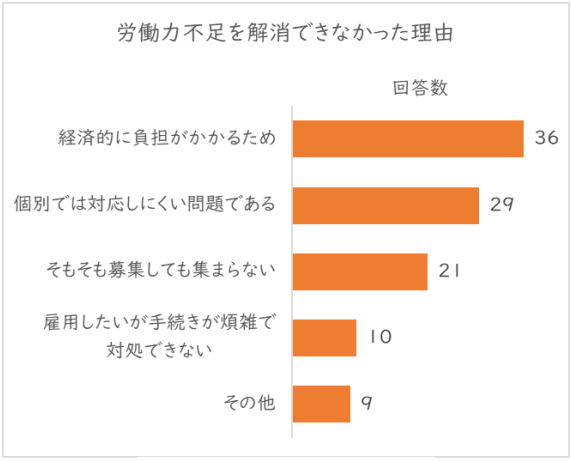




（回答者99；回答率97.1%）



（回答者101；回答率98.1%）



（回答者93；回答率90.3%）

図7 労働力不足の状況

（令和2年営農時アンケートより、回答者262；回答率90.3%）

（資料：第5期栗山農業ルネッサンスより作成）

②農業後継者の課題

後継者確保の状況を見ると、令和2年には、経営主が65歳以上で後継者のいない経営体

は105となっている。全経営体の31.6%において、後継者不足が問題となっている（表2）。

平成12年から平成27年では、後継者問題がある経営体が全体の7割となっているが、子供がいてUターン就農の可能性がある場合や子供がまだ小さくて未定という経営体も含まれているため、実際よりも大きい数値となっていると考えられる。

今後の後継者問題は、以前よりも経営規模が大きくなった分、一度の離農で出てくる農地が大きいという点、また中山間地の農地をどのように守っていくのかという点に着目していく必要がある。

また、平成17年には同居して自営農業に従事する場合が80.9%だったが、近年減少傾向にある。親世帯とは別に世帯を持ち、就農するまでの間、農業以外の仕事に就くことや、親族以外の人が後継者となる場合もあり、経営継承がなされるかどうかは、世帯構成員の把握だけでは、わからなくなってきている。

表2 後継者確保の状況

		全経営体	後継者問題がない				後継者問題がある
				同居	自営農業に従事	親族外の人材	
実数[経営体]	H17	614	157	127	127	-	457
	H22	527	130	99	74	-	397
	H27	381	96	64	-	-	285
	R2	332	227	-	-	4	105
割合[%]	H17	100.0	25.6	80.9	80.9	-	74.4
	H22	100.0	24.7	76.2	56.9	-	75.3
	H27	100.0	25.2	66.7	-		74.8
	R2	100.0	68.4	-	-	1.8	31.6

資料：各年農林業センサスより
注 1)H12～27 は販売農家の値、R2 は農業経営体の値である。
注 2)「-」は公表なし。
注 3)経営主が 65 歳以上であるが後継者が確保されていない場合、「後継者問題がある」とした。しかし、この分類ができるのは年齢区分のあった R2 だけであり、それ以前は経営主が 65 歳未満でも後継者がいない場合は「後継者問題がない」に含んでしまうため、実際に後継者問題が浮上している経営体はこの数値よりも少なかったと思われる。

上記を踏まえて栗山町農業振興公社は、「農家収益指標」から、スマート農業技術導入を適用した場合の効果と費用について協議し、個人導入にかかる支援と支援の対象とするスマート農業技術の拡大の必要性、シェアリング利用や作業委託への取組についての課題を抽出し、以下の活用の取組を行った。

（b）地域（産地）の目標設定（スマート農業技術の選択）

スマート農業技術による効果は、労働力削減だけではなく、資材コスト削減や品質・収量の向上にも表れるものがある。ここでは、主なスマート農業技術の導入にあたっての特徴、課題と対応策について整理を行った。栗山町農業振興公社では整理した内容により目標設定を行った。なお、栗山町の農業振興計画である「第5期栗山農業ルネッサンス」において、スマート農業の推進として次の技術が挙げられている。

（1）RTK-GNSS自動操舵、農業用ドローンの更なる導入促進
（2）衛星リモートセンシングによる圃場、農作物の生育状況の可視化
（3）水管理システム利用による水田の水位、水温管理
（4）ハウス管理利用によるハウス内の温度管理、自動巻き上げ

これらを含めた技術については、スマート農業加速化実証プロジェクトとスマート農業実証プロジェクトの成果からスマート農業技術を導入するにあたっての経営状況の変化の試算を【Do】において行った。

（1）労働力削減① GNSS 測位（RTK 方式による補正情報）が必要なスマート農業技術

（1）自動操舵（オートステアリングシステム）	（2）ロボットトラクター	（3）自動アシストコンバイン
【導入にあたっての特徴】 ・既存のトラクターなどへの取付が可能で、価格も他のスマート農機に比べ、安価。 ・労働力削減効果が高く、スマート農業技術導入のきっかけとしても、優れてい	【導入にあたっての特徴】 ・ロボットトラクター導入による労働力削減効果は大きく、協調作業による作業期間の短縮も期待できる。	【導入にあたっての特徴】 ・自動アシストコンバイン導入による効果としては、刈取作業人員の変更による労働力の効率化、人件費の削減がある。
【導入における課題】 ・作業精度を担保するためにはRTK方式での補正情報の受信が必須。 ・操作手順が初心者には理解しづらく、使いこなすまでに時間を要する。	【導入における課題】 ・作業精度を担保するためにはRTK方式での補正情報の受信が必須。 ・既存の農機と比べて価格が高くなるため、導入コストが増加。	【導入における課題】 ・作業精度を担保するためにはRTK方式での補正情報の受信が必須。 ・既存の農機と比べて価格が高くなるため、導入コストが増加。
【対応策・解決策】 ・独自の基地局設置、民間のVRSサービスの利用、JAグループRTKサービスの利用。（※1） ・先行して導入、活用している農業者とのコミュニテ	【対応策・解決策】 ・独自の基地局設置、民間のVRSサービスの利用、JAグループRTKサービスの利用。（※1） ・複数経営体でのシェアリング利用。（※2）	【対応策・解決策】 ・独自の基地局設置、民間のVRSサービスの利用、JAグループRTKサービスの利用。（※1） ・複数経営体でのシェアリング利用。（※2）

（※1）独自のGNSS基地局の設置には、構築及び運用保守費用が発生することから、利用者数を勘案し、費用総額を考慮の上、手法の選択を行うことが必要。
（※2）シェアリング利用では、個々の農業者への負担を軽減することができるが、作業時期の突合回避などの調整窓口が必要。

（2）労働力削減② GNSS 測位を必要としないスマート農業技術

（4）ドローン	（5）水管理システム	（6）ハウス管理システム
【導入にあたっての特徴】 ・防除作業では、地上散布作業に比べて労働力削減効果が高い。 ・自動飛行モードを利用することで、ムラなく散布ができ、ライセンス講習を履修していれば農業専従者以外でも、熟練者と同様の精度で作業が行うことが可能である。	【導入にあたっての特徴】 ・水稲栽培における水管理は、圃場が離れればその負担も増加する。自動給水弁を利用することで、現地へ行くことなく、遠隔で弁操作が可能となり、労働力削減の効果が期待できる。	【導入にあたっての特徴】 ・側窓自動開閉システム、自動潅水システムの導入により、現地へ行かなくてもスマートフォンを利用した遠隔操作でのハウス内温度管理作業が可能となり、労働力削減効果がある。 ・適切な温度管理、潅水管理による品質・収量の
【導入における課題】 ・無人ヘリコプターと比べて、風に弱く、積載量も少ないため一度に作業できる面積が小さい。 ・作業頻度が少ない中での機体導入における費用の回収方法。	【導入における課題】 ・圃場毎に設置するため複数台が必要であり、設置、運用に係るコストが高い。 ・遠隔監視、遠隔操作に通信環境が必要で、設置、運用に係るコストが高	【導入における課題】 ・側窓自動開閉システムは、ハウス1棟ごとに設置が必要、自動潅水システムはそれぞれのハウスに潅水ホースを引いておく必要があり、設置に係る負担や導入コストが大きい。
【対応策・解決策】 ・作業量ではなく、実運用に準じたコストパフォーマンスで考える（機体導入費用、作業人員の削減）。 ・経営規模、運用範囲に適した機体の選定。 ・水稲を中心に、他作物での防除作業への拡充。	【対応策・解決策】 ・設置にあたっては、現在の見回り、弁開閉の労力が、前述に述べた導入効果事例による労働時間削減効果において、導入コストと見合っているか検討をする必要がある。 ・通信環境については、LoRa方式（無線通信）やLTE-M方式（携帯電話網通信）など機器を設置する圃場環境にあわせて最適な方式を選択する。	【対応策・解決策】 ・リースやサブスクリプションを利用し、ハウス管理を必要とする時期だけ利用。

（3）資材コスト削減、品質・収量の向上

（7）気象情報利用	（8）衛星リモートセンシング
【導入にあたっての特徴】 ・気象情報機器から収集された情報を利用し、生育予測や病害虫予測などから作業計画を作成し、作業適期による作業実施を行うことで、品質の向上、外部委託費用の削減などが期待できる。	【導入にあたっての特徴】 ・衛星リモートセンシングを利用した生育判断や圃場内の生育不均一性を改善するための可変施肥により、品質・収量の向上や資材コストの削減に効果が期待できる。
【導入における課題】 ・気象庁のアメダスの利用を始め、気象観測機器が単点設置の場合、観測地点の近傍から離れると、気象状況が異なる。 ・観測情報や各種予測情報の公開に際してシステムの構築及び運用保守が必要となり、機器導入費用のほかにランニングコストが発生。	【導入における課題】 ・雨天や雲がかかっていると画像が取得できず、欲しい時期の生育状況が確認できないことがある。 ・取得した画像から可変施肥を行うには、マップ作成ツール、可変施肥対応機器などを必要とし、初心者が一から全てを行うのは難しい。
【対応策・解決策】 ・地域内の地形、気象条件の変化点を勘案した機器の配点計画の検討と機器の設置。 ・農研機構「メッシュ農業気象データ」の活用検討 ・農業分野のほか、防災分野での活用を視野に補助金の活用や自治体での予算編成を検討。	【対応策・解決策】 ・雲がかかっていても撮影が可能なドローンでのセンシングを併用。 ・ドローンの撮影代行、撮影画像から可変施肥マップの作成、資材散布まで、農業者の都合にあわせた作業委託サービスの利用。

（c）地域（産地）における解決方法の検討（スマート農業技術導入方法）

スマート農業技術導入において、導入にかかる費用負担は、農業経営に与える影響が大きい。導入に当たっては、個人で導入する方法とシェアリング等による導入する方法があり、下図のように、それぞれのメリット・デメリットを示しながら、導入方法について検討を行った。栗山町においては、農業者からの要望が多いRTK-GNSS自動操舵、農業用ドローン導入に対する補助（補助金支援）を継続することとした。

個人導入	
全額自己負担	補助金の活用
【メリット】 ・自身の都合で、自由に利用することができる。	【メリット】 ・自己負担を抑えての導入が可能。
【デメリット】 ・導入費用が大きく、費用の回収までには時間がかかる。	【デメリット】 ・補助額に制限がある場合がある。 ・申請手続が必要になり、稼働実績や利用内容を報告する義務が生じる。
シェアリング	リース・レンタル
【メリット】 ・利用者数により、導入費用の負担を低減できる。	【メリット】 ・必要時期のみでの利用となることから、費用負担が導入に比べて安く抑えられる。
【デメリット】 ・繁忙期などで、作業時期が突合し、自身が利用したいときに利用ができない可能性がある。 ・機器の使い方や清掃、整備方法において、トラブルが発生する可能性がある。	【デメリット】 ・リース・レンタル業者の所持数によっては、希望する時期での利用ができない場合がある。

(d) 地域運営体制について(分担設定)

栗山町においても課題となっている、農家戸数の減少・高齢化による労働力不足、農地拡大

による人手不足の解消において、スマート農業技術の導入は有効であるが、農業者個人がスマート農業技術を導入すると機械費の負担が大きくなり、経営を圧迫することや営農においてどのようなスマート農業技術を導入したらよいのかわからないという声もある。

そこで、スマート農業技術を農業者個人が導入するのではなく、“シェアリング利用”や“作業委託”での技術導入により、負担を軽減し、効率的に利用する方法が考えられる。

これらを実現するためには、地域内において、シェアリング利用の調整窓口や作業受託を行う体制が必要となる。 調整窓口としては、各農業者の要望内容を聞き、機材の提供スケジュールを作成、機材の輸送も行う。 作業受託については、保有機材による作業を農業者の要望に合わせて実施するものである。

留意事項としては、作業要望時期の突合を回避するために地域でのこまめな進捗確認が可能であることと地域内で作業受託を行っている組合などと不和を生まない受託体制であることが求められる。そこで、以下の分担設定の提案について検討した。

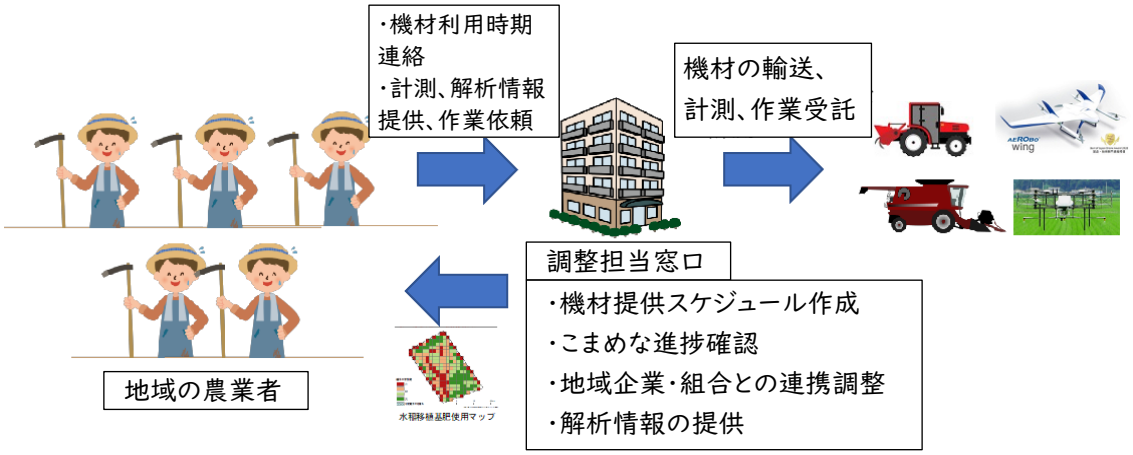


図8 地域運営体制イメージ

栗山町（地域（産地））への体制づくり

栗山町では、「補助があれば導入したい」「まずはスマート農業が自分の経営にどのように関わるのか知りたい」という導入意向があるので、導入に際し資金支援ができる体制と農業者のニーズにあったスマート農業技術の情報発信ができる体制として、行政主導型、農業者及び農業団体主導型が望ましいと考えられる。

2.【Do】 栗山町のスマート農業への取組

現状、導入支援を行っているスマート農業技術（RTK-GNSS自動操舵、農業用ドローン）も含め、スマート農機を導入した場合の農業者の労働時間および経営変化について試算を実施した。用いたスマート農業技術は、栗山町農業振興公社及びそらち南農業協同組合の要望を受け、ロボットトラクター、自動アシストコンバイン、散布用UAV、水管理システム、ハウス管理システム、可変散布とし、作物ごとに導入に係る経費と導入効果を提示した。

試算結果受け、栗山町では、全ての技術を一斉導入した場合、コスト負担が高くなることを認識し、現状の補助金支援であるRTK-GNSS自動操舵、農業用ドローンに加える技術の選択を今後、農業者と検討することとなった。加えて、この導入においては、シェアリング利用や作業委託への取組について検討することとなった。

Planにおいて設定した目標に向けて栗山町農業振興公社及びそらち南農業協同組合を中心として連携、「農家収益指標」を用いて実施（【Do】）すべき取組を整理した。そのうえで支援項目である現状分析に基づく効果の試算を行った。

（e）スマート農業技術の知見取得と提案（技術導入における提案）

他地域での活用事例として岩見沢市において実施したスマート農業加速化実証プロジェクトとスマート農業実証プロジェクトの成果からスマート農業技術を導入するにあたっての経営状況の試算を行い、スマート農業技術適用及び想定効果、旬別可能労働時間を求めた（表3）。

栗山町栽培内容に対する個別技術適用例及び想定効果（基本指標別）

<スマート農業技術適用による農家収益指標>

農家収益指標の各対象作物に対して、スマート農業技術を適用した想定効果を加え、労働時間、農業利益の変化について試算した（表3）。

表3 スマート農業技術適用及び想定効果一覧

技術名	ロボットトラクタ		自動アシストコンバイン		散布用UAV	水管理システム		ハウス管理システム	可変散布
導入機器	ロボットトラクタ		自脱型	汎用型	散布用UAV	自動給水弁装置 ※1	水位水温センサー (10台) ※2	自動灌水装置・側窓自動巻上装置	ブロードキャスター (可変散布仕様)
導入費 (千円)	13,508		18,425	19,548	3,434	350	190	340	5,680
償却期間 (年)	7		7	7	7	7	リース	7	7
減価償却費 (千円)	1,930		2,632	2,793	491	50	190	49	811
対象作物									
水稲(移植、直播)	○		○	○	○	○	○		○
小麦(春播き、秋播き)	○			○	○				○
大豆	○			○	○				
長ねぎ	○				○				
南瓜	○				○				
キャベツ	○				○				
ブロッコリー	○				○				
育苗(水稲、長ねぎ)								○	
施設園芸(トマト、メロン、ほうれん草)								○	
労働時間									
作業内容	耕起・整地:協調	耕起・整地:単独	収穫 (家族労働時間削減・雇用労働時間増加)		防除	水管理	水管理	ハウス灌水・温度管理	基肥・追肥
削減割合	41.1%	74.0%	57.0%		38.0%	75.7%	36.5%	28.0%	
費用対効果									
削減項目	労働費								肥料費
削減割合	41.1%	74.0%	57.0%		38.0%	75.7%	36.5%	28.0%	18.3%
削減金額 (円/時間)	617	1,110	285		570	1,136	548	420	
増加項目	機械費								機械費収量

※1　1ha当たり1台、現地見回り週1回、それ以外はPC、スマホで確認
※2　1ha当たり1台、10台での金額
※耕起・整地：単独作業については、水稲(移植)の代かき作業のみとした。
※水稲の水管理は自動給水弁装置と水位水温センサでパターンを分けて試算した。
※労働費：各作業内容の削減割合であり、家族労働費1,500円/時間、雇用労働費1,000円/時間で試算。
※機械費は金額を面積で按分。肥料費・収量は割合を各費用項目に適用。

第4部参考資料の101ページ以降の労働時間は、作物ごとの旬別労働時間を積上げグラフにし、旬別可能労働時間から自家労働可能時間を折れ線グラフとして表示している。

旬別可能労働時間は、下記、（表4）のとおりと仮定し、旬ごとの日数は暦の日付を基準とした。この場合、1人当たりの年間可能労働時間は3,370時間、1日平均として、9.2時間となる。

表4　1人あたり旬別可能労働時間（時間/日）

項目	日数（日）				1日あたり労働時間（時間）			可能労働時間（時間）
月	上旬	中旬	下旬	月別日数	上旬	中旬	下旬	月別時間
1月	10	10	11	31	6.4	6.4	6.4	198
2月	10	10	8	28	7.5	7.5	7.5	210
3月	10	10	11	31	8.9	8.9	8.9	276
4月	10	10	10	30	10.4	10.4	10.4	312
5月	10	10	11	31	11.4	11.4	11.4	353
6月	10	10	10	30	12.3	12.3	12.3	369
7月	10	10	11	31	12.0	12.0	12.0	372
8月	10	10	11	31	11.0	11.0	11.0	341
9月	10	10	10	30	9.5	9.5	9.5	285
10月	10	10	11	31	8.2	8.2	8.2	254
11月	10	10	10	30	6.9	6.9	6.9	207
12月	10	10	11	31	6.2	6.2	6.2	192
					1日平均労働時間（時間）			年間可能労働時間（時間）
					9.2	9.2	9.2	3,370

農業利益については、各作物の10a当たり収入（販売価格、助成金）、経費（資材費、機械費、人件費など）から利益を試算し、作付面積を乗じて、経営体全体での収支を試算することができる。

（f）実地での地域（産地）支援

上記の（e）スマート農業技術の知見取得と提案（技術導入における提案）を受け、導入のための農家収益指標経営データを以下に示す。

ロボットトラクターを導入する場合、隣接圃場での作業を実施中に同機の作業を監視することやロボットトラクターが耕起を行い、整地を自身の搭乗するトラクターで行うといった追従作業が可能であるかを考慮の上、ロボットトラクターの導入及び利用シーンを想定することが必要である。農業者へのヒアリングでは、ロボットトラクター、RTK-GNSS自動操舵のどちらにも興味はあるが、より安価なRTK-GNSS自動操舵への関心が高く、導入を検討するという話もあった。

栗山町では、ドローン導入に伴う補助は既に実施をしており、農業者ヒアリングでは、自身で導入、防除組合のラジコンヘリコプター更新時にドローンへの変更を検討、防除作業の委託を依頼しているという話があった。今回の取組を受け、機体導入に係る補助のほか、オペレータ育成に係る補助も行うことで技術の普及と農業者の作業効率化、負担軽減がなされ、今後の農家戸数の減少が見込まれるがこれまでに劣らない作業を実現されることに期待されている。

可変施肥実施に際しては、機能を搭載した作業機と可変施肥マップが必要になる。作業機については費用が高額となっているため、シェアリングやリース・レンタルで導入することで利用者の負担が軽減されると考えられる。ただし、シェアリング、リース・レンタルでの利用の場合、使用時期の突合により必ずしも使用したい時期に使用できるとは限らないため、その部分に留意したルール作りが必要となる。可変施肥マップについては、既に民間でのサービス提供も開始されており、複雑な操作性はなく利用が可能になっていると考えられる。

水稲栽培は、栗山町内で主要作付品目となっている。水稲栽培における水管理に係る労力は全体の約20%を占め、その負担は非常に大きいものとなっている。上述のことから、水稲栽培における水管理に係る労力は大きな割合を占めており、その負担軽減に資することは大きな効果と言えるが、機器導入に係る費用が大きくなることが考えられるため、水田まで及び水田間の移動距離と作付状況に応じ、導入コストに見合っているかを各自検討していくことが必要となる。

栗山町においては、水稲の移植栽培、施設野菜の栽培が多く行われており、ハウス管理システムの導入による効果は大きいものと考えられる。ハウス管理システムでは、側窓自動開閉システム、自動潅水システムがあり、この導入により現地へ行かなくてもスマートフォンを利用した遠隔操作でのハウス内温度管理作業が可能となり労働力の削減効果が見込まれる。また、適切な温度管理、潅水管理による作物の品質・収量の向上に期待ができる。

農家収益指標を活用した一例として水稲移植栽培について慣行とスマート農機導入における農家収益指標経営データを表3と表4から算出した結果を表5に示した。

表5 農家収益指標経営データ（10aあたり金額）

［慣行］

		慣行		
作付面積(10a)		400		
		水稲移植(成苗ポット)		
収入		133千円		
	販売収入	133千円	収量 価格	560 kg/10a 237 円/kg
	助成金			
経費		106千円		
	肥料費	10千円		
	農薬費	6千円		
	賃借料			
	機械費	29千円	うち既存農機減価償却費 うち既存農機修理費	20,925 円 7,797 円
	人件費	12千円 6千円	労働時間 雇用労働時間	7.75 時間/10a 6 時間/10a
	その他	44千円		
利益		27千円		

［スマート農業技術導入］

		水稲作自動給水弁装置利用	
作付面積(10a)		400	
		水稲移植(成苗ポット)	
収入		146千円	
	販売収入	146千円	収量 616 kg/10a 価格 237 円/kg 収量向上 10%
	助成金		
経費		118千円	
	肥料費	8千円	資材投下量 18.3% 削減
	農薬費	6千円	
	賃借料		
	機械費	45千円	うち既存農機減価償却費 20,925 円 うち既存農機修理費 7,797 円 【スマート農機減価償却費】 ロボットトラクタ 1,608 円 汎用型自動アシストコンバイン 2,539 円 ブロキャス 955 円 散布用ドローン 409 円 自動給水弁×30台 2,500 円 自動灌水装置・側窓自動巻上装置×22式 2,137 円 スマート農機修理費 6,015 円
	人件費	11千円 4千円	家族労働時間 7.48 時間/10a 雇用労働時間 4 時間/10a 労働時間削減割合 16.51%
	その他	44千円	
利益		28千円	

上記のようにスマート農業技術の導入においては、自身の保有する圃場位置、既存機器、労働力の配置を念頭に、費用対効果を加味した検討が必要である。

表5に示したように農業経営基本指標をもとにスマート農業技術の導入効果とコストを自身の経営における収益に対して、機材導入を行なった場合の収支変化についても知り得ることが

可能となっている。スマート農業技術の導入による少人数での作業効率化やパート・アルバイト等の非熟練者が実施可能な作業量を増加させることによる労働力不足の軽減や費用対効果についても事前に検討することが出来るため、今後のスマート農業技術導入の支援内容の選択に資すると考えられる。また、岩見沢市に見られたように単費（地方創生交付金を活用）での機械導入補助を実施することも地域（産地）でのスマート農業技術の導入支援につながると考えられる。

3.【Check】スマート農業技術導入の産地としての取組

栗山町には、行政関係者、地域の農業関係機関、農業者からなる組織体「一般財団法人栗山町農業振興公社」があり、農業振興に係る事業を関係機関と協力のもと進めている。また、地域の農業者からなる「栗山町ICT等農業技術推進協議会」もあり、スマート農業技術の導入・普及への連携した取組体制が整っている。【Do】での取組について体制の中でPDCAサイクルを効果的に回すことが重要である。

（g）成果報告と達成状況の確認、情報共有および（h）現状の再確認

栗山町の代表的な農業者へ農家収益指標をもとにしたスマート農業技術導入前後の効果試算ついて説明するとともに、スマート農業技術の導入意向などについてのヒアリングを実施した。

栗山町の農業者ヒアリングでは、ロボットトラクター、可変施肥、水管理システムについて興味・関心はあるが、導入については価格が高いこともあり、本手引き書で作成した効果試算を参考に対コスト効果の高い技術を求める声が多かった。

栗山町は現状とは異なるスマート農業技術導入支援を検討したい意向がある。これに対して、農業者が求めるスマート農業技術種別とこれを導入した際の効果を念頭に入れる必要があると判断した。

これに伴い、先進地域への視察や他地域でスマート農業技術を導入・活用している農業者を講師とする研修会を開催した。また、次期栗山農業ルネサンス策定において、本手引き書の内容活用を検討することとなった。

【Check】において達成状況を確認するためにはまず現状を知ることが重要であることから、アンケートにより意見聴取して支援後の要望について把握した。栗山町が策定した第5期栗山農業ルネッサンスにおいて、農業経営体へのアンケート結果によるとスマート農業技術の導入意向について、すでに導入している経営体も含め、半数以上が前向きか検討をしており、今後の普及については導入を後押しし、定着させるような取組が望まれる。

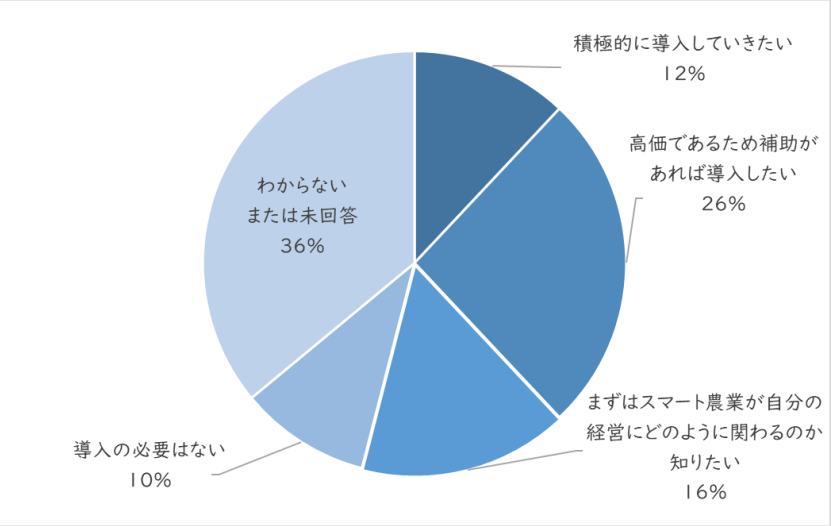


図11　今後のスマート農業技術の導入意向（アンケートより、経営体数290）
引用：第5期栗山農業ルネッサンス　北海道栗山町より作成

なお、先行事例となる岩見沢と同様に技術を定着させるような取組として、スマート農業技術の農業機械において、多くは位置情報（GNSS測位）を利用することから農業者への費用負担の観点からも地域（産地）での導入が必要である。栗山町におけるRTK基地局との通信については、今後の取組方向として、農業者への費用負担の観点からもJAグループRTKサービスの利用を検討することとなった。

4.【Action】地域における人材育成と継続的な導入支援

【Check】において得られた生産者の意向を反映させてスマート農業技術の活用支援を推し進めるために以下の（i）～（k）に取組んだ。これらの結果を「農家収益指標」を活用するための次の【Plan】へ反映させた。

（i）先進視察を通じた「農家収益指標」の普及啓発

栗山町の課題に対応するスマート農業技術の情報と導入効果、導入におけるコストなどを見える化して、農業者へ周知・共有し、行政、農業団体とともに栗山町地域の営農実態にあったスマート農業技術の導入を検討する必要がある。そこで、本事業では先進地である岩見沢市での実証成果を活用し、栗山町の営農体系に適合したスマート農機を導入する際の「農家収益指標」を作成した。栗山町農業振興公社は、上記の表3スマート農業技術適用及び想定効果一覧を用いて農業者に対して、各スマート農業技術が適用可能な作業を示した。

（j）地域（産地）における人材育成

岩見沢市以外の露地野菜・施設野菜のスマート農業技術の活用事例として、先進地である有限会社新福青果、JA鹿児島県経済連を訪問し、ロボットトラクター、RTK-GNSS自動操舵、ドローン防除の視察を通じて意見交換、情報収集を行い、行政、農業団体、生産者へのスマー

ト農業技術の知見を深め栗山町の取組に活用するように取り組んだ。

(k)継続的な導入支援

栗山町のスマート農機導入について、令和5年度では、RTK-GNSS自動操舵装置、農業用ドローンの導入について、20件の実績があり、約800万円の支援を実施した。今後の継続的なスマート農業技術の活用支援にあたり、「農家収益指標」を用いてスマート農業技術導入を適用した場合の効果と費用について農業者個人での導入にかかる支援と支援の対象とするスマート農業技術の拡大の必要性、シェアリング利用や作業委託への取組について検討し、アドバイスを行った。以下のとおり、スマート農業加速化実証プロジェクト、スマート農業実証プロジェクトの成果からスマート農業技術を導入するにあたっての費用負担が経営状況に及ぼす変化を個別農家、複数農家のシェアリング、地域内での作業委託ごとに試算し、これを用いて継続的に支援していく。

(ア)個別農家導入の場合の費用負担

スマート農業加速化実証プロジェクト(令和元年度:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)において、スマート農業技術の導入による農家の経営状況変化について試算を行った。

・水稲移植において、慣行区と比較してロボットトラクター(減価償却費4,082円/10a)、自動アシストコンバイン(減価償却費4,648円/10a)、可変散布機(償却済み、費用負担なし)、水位水温センサ(リース料5,000円/10a)の導入により、10a当たりの総労働時間は0.9%効率化し、人件費(1,500円/時間とする)の削減となるが、スマート農業技術導入を賄うにはいたらなかった。(慣行区0.62ha、実証区0.57ha)

・将来的にスマート農業技術導入にかかる減価償却が済んで、可変散布による収量向上(10%)、資材費削減(14.88%)とした場合、約39%の利益向上が見込める。

・実証参画生産者より、削減された労働時間を近隣農家の作業受託を受けることで収益向上を図ることが可能であるとの意見があった。

・また、削減された労働時間を高収益作物の作付面積拡大に充てたいとの意見もあった。

(イ)複数農家共同での導入の負担及び利用においての留意事項

スマート農業実証プロジェクト(令和4年度:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)において、スマート農業技術の導入経費を軽減するため、シェアリングによる複数農家での利用を想定した実証と経営状況の変化について試算を行った。(慣行区と実証区の収量は同じとした想定)

・作付面積32.38ha(水稲18.91ha、小麦7.13ha、大豆6.34ha)でロボットトラクター(減価償却費5,960円/10a)、自動アシストコンバイン(減価償却費13,919円/10a)、農業用ドローン(減価償却費1,884円/10a)を個人で導入した場合、10a当たりの総労働時間は3.5%効率化したものの、利益は36%減少。

・令和4年度の実証データに基づき、スマート農業技術をシェアリング想定利用面積(ロボットトラクター(50.75ha、減価償却費2,249円/10a)、自動アシストコンバイン(93.49ha、減価償却費2,815円/10a)、農業用ドローン(62.06ha、減価償却費988円/10a))で利用し、輸送

清掃委託費（2,115円/10a）を加算した場合、10a当たりの収益は個人で導入した場合の3.4倍に増大。
・ただし、実現への課題として（表6）のようなことがあげられる。

表6 スマート農業技術シェアリング利用実現への課題

実現への課題	ロボットトラクター	• 稼働率向上のため協調作業もしくは連結作業の検討が必要 • 協調作業での同種作業機の必要性に備え、地域内調達の可能性を検討 • 夜間作業時のオペレータ確保が必須
	自動アシストコンバイン	• 稼働率向上のため清掃時間の短縮 • 経営体確保のため汎用型コンバインでの飼料米向けのホールクロップサイレージでの水稲刈取も視野に入れる
	UAV	• 防除作業時期の突合発生による作業オペレータの不足に対応できる人員の確保と手配の体制について検討が必要 • 調整企業の UAV 免許保持者で対応しきれない場合生産者に協力頂けるか検討
	サービスの展開手法	• 当初参画企業が調整機能を果たすことを想定していたが、各地域でのこまめな進捗確認が必須であると認識したため各地域での情報収集体制について検討が必要
	利用者増加時の対応	• 機材輸送が頻発することが考えられる • 一案として、地域内の拠点に保管を行い利用者が自ら輸送を行う想定が必要

（ウ）地域内での作業委託でのスマート農機利用想定

スマート農業実証プロジェクト（ローカル5G）（令和2年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）において、スマート農業技術による作業委託を地域内で実施することにより、農家の経営状況に与える影響について試算を行った。（慣行区8.82ha、実証区10.93ha、慣行区と実証区の収量は同じとした想定）
・大豆において、遠隔監視制御による作業委託トラクター作業委託2回（耕起、残渣処理）、コンバイン作業1回（収穫））の導入により、大豆作物での10a当たりの総労働時間は28%効率化したものの、利益は26.4%減少となった。他農場・作物でも同傾向で、いずれも利益減となった。（遠隔監視制御委託費：ロボットトラクター耕起、残渣処理の2回利用（2,530円/10a）、自動運転コンバイン（5,290円/10a））
・耕起、残渣処理、土破砕、砕土、整地、収穫を作業委託対象として設定し、作業委託実施事業体による年間作業可能面積を拡大する。
・前述により、10aあたりの作業委託費が減少、また作業スケジュール最適化ツール等の利用

により栽培計画を最適化できたとすると、大豆作物では5%利益向上、経営面積を10%(1.07ha)拡大することが可能となる。(遠隔監視制御委託費:ロボットトラクター耕起、残渣処理の2回利用(1,845円/10a)、自動運転コンバイン(4,827円/10a))

第4部 参考資料

1.参考資料（導入支援に用いた資料）

1.1スマート農業技術適用例（効果事例）

各スマート農業技術について、適用可能な作業を一覧したものが（表1）である。

ここでは、それぞれのスマート農業技術がどのようなものであるかの説明を行い、対象技術における他地域での効果事例を示すものとする。

表1 スマート農業技術の適用可能な作業一覧

No	作業名	スマート農業技術													
		2.1. GNSS（独自基地局、JAグループRTKサービスなど）	2.2. 自動操舵（オートステアリングシステム）	2.3. ISOBUS対応機器（トラクター、作業機など）	2.4. 安全センサ	2.5. ロボットトラクター	2.6. 自動アシストコンバイン	2.7. 無人ヘリコプター・散布用ドローン	センシング用ドローン	2.8. 水管理システム	2.9. ハウス管理システム	2.10. 気象情報利用	2.11. 衛星リモートセンシング	可変散布	2.12. 営農支援システム
1	耕起	○	○	○	○	○									○
2	砕土・整地	○	○	○	○	○									○
3	心土破砕	○	○		○	○									○
4	すき込み	○	○	○	○	○									○
5	代かき	○	○	○	○	○									○
6	レーザー均平	○	○	○											○
7	中耕・除草	○	○												○
8	収穫	○	○				○		○			○	○		○
9	移植・定植	○	○									○			○
10	播種	○	○					○				○			○
11	堆肥散布	○	○	○					○			○			○
12	土壌改良材散布	○	○	○					○			○			○
13	施肥・追肥	○	○	○				○	○			○	○	○	○
14	除草剤散布	○	○	○				○	○			○	○		○
15	病害虫防除	○	○	○				○	○			○	○		○
16	生育調整剤散布	○	○	○				○	○			○	○		○
17	水管理								○	○		○	○		○
18	ハウス温度管理										○	○	○		
19	かん水・液肥										○	○	○		

（1）GNSS

（ア）衛星測位の概要

衛星測位とは、米国のGPS、ロシアのGLONASS、ヨーロッパのGalileoなど、人工衛星からの信号を利用して、自位置を測定する方法であり、それらを総称してGNSS(Global Navigation Satellite System)と呼ぶ。4基以上の衛星からの信号を受信機にて捉えることで測位が可能になり、例えばGPS衛星では、全世界で常に最低4基の衛星を捉えられるように配置してある。

現在、わが国では、様々な分野でGPS（Global Positioning System）から配信される測位情報を利用しているが、測位情報には複数の種類があり、用途に応じて使い分けられている。

GPSを用いた測位方法には、受信機が必要となる。「GPSは、直接、受信機のある地点の

(x,y,z) 情報を送信している」と誤解されがちであるが、実際には、GPSから発信される情報は、正確な「時報」と「軌道」だけである。受信機はそれらの情報を受信することで、現在位置を計算する。この計算方法により精度が異なり、大きく単独測位と相対測位が存在する。

①単独測位

単独測位は、カーナビゲーションシステムや携帯電話等で採用されている最も基本的な測位方法で、受信機と衛星の距離を計算の上算出し、この距離を既知の衛星軌道と掛け合わせ、未知の点の位置を得るものである。

通常は最低4基以上のGPS衛星情報を受信しないと位置を決定することができない。これは、受信機内の水晶時計が、衛星の原子時計に比べ精度が劣っており、誤差を減少させるため複数の衛星情報が必要となるためである。

②相対測位

相対測位は、複数の受信機で4基以上のGPS衛星を同時に観測して受信機間の相対的な位置関係を計測する方法で、単独測位より高精度なものとなる。これには、複数の受信機で単独測位を行ってそれぞれの位置情報から相対位置を求めるDGPS（Differential GPS）と、複数の受信機と衛星との距離の差（行路差）を搬送波の位相により求め、受信機間の相対位置を決定する干渉測位がある。一般的にはDGPSより干渉測位の方が高精度なものとなる。

（イ）DGPS（Differential GPS）

DGPS測位とは、単独測位を既知点と未知点とで同時に測定を行って既知点での既知座標と測定座標との差を、未知点での測定座標に補正をして位置決定をする方法である。数mの精度を実時間で決定が出来るので、船舶、航空機の位置測定に用いられることが多い。最近では単独測位ではなく、DGPS対応のカーナビゲーションも販売されている。

（ウ）干渉測位

干渉測位とは2つの受信機からある衛星までの距離の差（行路差）を搬送波の位相を使ってもとめ、基線ベクトルを決定する計測方法である。したがって、受信機ではそれぞれの搬送波の位相角を測定することとなる。干渉測位は、GPS測位の中で最も精度の良い方法とされ、その精度により、下記の種別がある。

キネマティック測位は、測位精度が高く、位置決定までにかかる時間が最も短いことから、建設作業機器はもちろん、農作業機器の自動走行に必要な位置情報の取得に最適である。

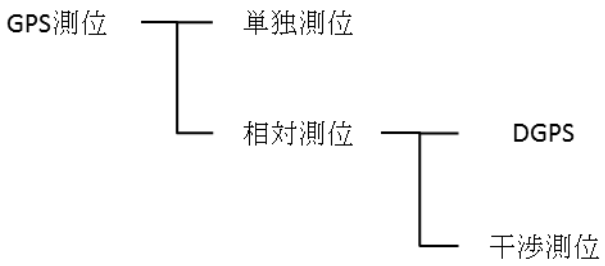


図1 GPS測位の分類

表2 GPS測量の種類と精度、及び主な用途

GPS測位：複数個のGPS衛星から送信される信号をGPS受信機で受け取り、受信者自身の現在位置を知るシステム。単独測位と相対測位がある。

単独測位：受信機と衛星の距離を計算し、位置を特定する。位置精度は10m未満程度。カーナビゲーションシステムや携帯電話等で採用されている最も基本的な測位方法。

相対測位：複数の受信機で4基以上のGPS衛星を同時に観測し、受信機間の相対的な位置関係を計測する方法。単独測位より高精度。DGPSと干渉測位がある。

DGPS：数mの精度を実時間で決定が出来る。船舶、航空機の位置測定に用いられることが多い。

干渉測位：GPS測位の中で最も精度の高い方法で建設分野の測量に用いられる。その精度と位置決定にかかる時間により、下記の種別がある。

方式	精度	位置決定までにかかる時間
スタティック測位	約1cm	約60分
高速スタティック測位	約2cm	約30分
キネマティック測位	約2cm	数分～数秒
VRS−RTK方式		
RTK方式		

（エ）キネマティック測位の方法

上述の測位情報のうち、受信機と衛星の距離を計算する単独測位を除き、相対測位の場合は、受信機以外に正確な位置情報を送信するための基地局のような機材が必要となる方法で、複数の種類がある。下記にキネマティック測位について説明する。

①VRS−RTK測位

VRS−RTK測位とは、仮想基準点方式とも呼ばれ、複数の基地局の観測データから求めるポイントの近傍にあたかも基準点があるかのような状態を作り出す技術である。この方式の特徴は、計測区域近傍に基地局がなくても受信機のみでリアルタイムで高精度の位置情報を得ることが可能となるものである。この手法は、携帯電話を通じて、測位補強信号を得ることが一

般的である。そのため、通信費が個人負担となり、かつ、仮想基準点を作成するためのデータ費用が利用者一人当たり、年間30万円程度必要となる。

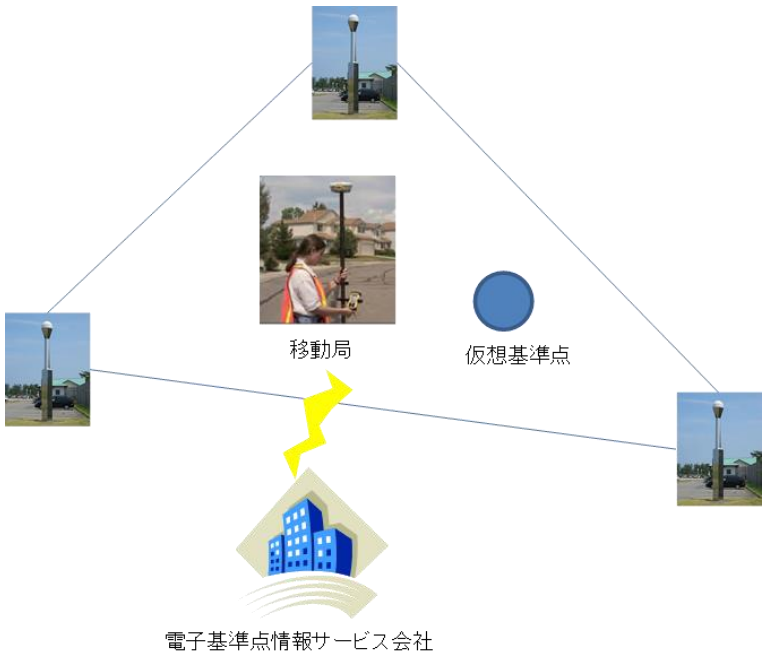


図2 VRS-RTK方式の概念図

②RTK（Real Time Kinematic）方式

キネマティック測位の一つであるRTK（Real Time Kinematic）方式では、（図3）のように、移動局において、既知点（基地局）から無線や携帯電話等により送信された測位補強信号と新点の座標値を計算する方法である。

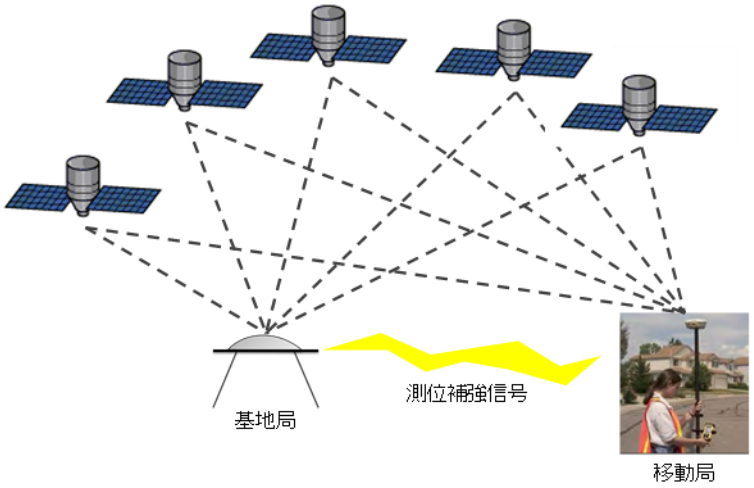


図3 RTK方式の概念図

上記の方法を広域で用いるためには、基地局が必要であり、一般的には、国が整備する電子基準点と呼ばれる基地局から得られる情報をサービス会社から購入し利用することになる。これには、年間数十万円（一人当たり）の費用を要する。これに加え、基地局の設置及び情報配信には、費用及び無線免許取得者の配置が必要となる。

（オ）準天頂衛星による環境の改善

既に日本では、日本版 GPS とも呼ばれる我が国初の独自測位衛星である準天頂衛星（みちびき：QZSS）が打ち上げられ、平成30年11月より4機体制でサービスを開始しており、今後、7機体制構築に向けて、開発・整備を進めている。

GPSが全世界をカバーするのに対し、みちびきは日本の国土をカバーすることを目的とした衛星である。その軌道は日本、アジア、オセアニア地域上空を非対称の8の字を描くようになっており、日本上空では1基当たり8時間程度、天頂付近から衛星の信号を送信することができる。これにより、これまでは、障害物により衛星の補足が困難であった都市部や山間地等で特に効果を発揮するものとされている。

みちびきには、主に2つの機能が備わっている。それは「補完機能」と「補強機能」である。「補完機能」はGPS衛星と完全互換の信号を送信することにより、利用者にとっては、衛星がひとつ増えたものとなる。衛星の数、また配置は測位精度に大きく影響を及ぼすことから、これまで測位が困難であった箇所、また時間によっては補足可能なGPS衛星が不足している時間帯において、絶大な効果を示すものとなる。

「補強機能」とは、GPS信号の誤差を補正する情報を配信するものである。すなわち、現在のGPS衛星のからの情報について、基地局を設置せずとも高精度な位置情報を取得できるようにするものである。みちびきでは、補強機能として中精度のL1－SAIF、高精度のLEXと呼ばれる信号が送信されている。そのため、今後、みちびきが安定稼働する際には、基地局の設置を行わずとも高精度な位置情報を用いることが可能となる。

このみちびきを現在のGPS置き換えて利用する場合には、GPSと同様に複数の衛星が上空に存在する必要があるため、将来的に7基程度の衛星が打ち上げられなければ、この利用が適わない。

そのため、みちびきを利用可能となるまでの期間は、GPS-RTK基地局による高精度測位情報の利用が必須となる。また、みちびき利用環境が整備された際にもガイダンス機器の改良に伴う費用が農業者に強いられることとなるため、これに対する対策としてGPS-RTK基地局利用環境の継続も検討する必要がある。

図4 準天頂衛星の軌道

（引用：JAXA（宇宙航空研究開発機構HPより））

（カ）GNSS測位を利用するスマート農業技術を導入について

（a）スマート農業技術を導入・活用するために

・スマート農業技術の農業機械において、多くは位置情報（GNSS 測位）を利用する。

・GNSS 測位には、単独測位ではなく、より高精度の RTK 方式が必要である。そのためには、補正情報の利用が必要となる。

（b）GNSS測位を利用するスマート農業技術を導入するために

・高精度測位情報を利用可能なRTK方式では、補正情報を配信する設備・サービスが必須となる。

・補正情報を配信する設備・サービスと補正情報を受信するための端末をつなぐ通信環境が必要である。

（c）RTK方式での補正情報を配信する設備・サービスについて検討すべき点

独自基地局	JAｸﾞﾙｰﾌﾟ RTKｻｰﾋﾞｽ	民間VRSサービス
【メリット】 ・設置場所の指定が可能で、地域全域を網羅し、遅延も少ない。 ・無線方式やNtrip方式など配信方法を選択できる。	【メリット】 ・設置場所は、各地域のJAとなり、設置・管理はJAが負担。 ・システム利用料が比較的安価である。	【メリット】 ・仮想基準点を利用する方式のため、基地局の設置は不要となる。
【デメリット】 ・設備投資費用が高く、運用保守費用も発生する。	【デメリット】 ・設置場所によっては、通信遅延が発生する地域が出てくる可能性がある。 ・繁忙期に接続数が増加し通信が不安定になる可能性がある。	【デメリット】 ・利用料金が高く、農業者への負担が大きい。 ・通信には携帯電話網を使用するため、携帯電話の電波が届かない地域での利用ができない。

(d) 補正情報を配信する設備・サービスと受信するための端末の間における通信について

デジタル簡易無線方	Ntrip方式	携帯電話回線方式
【メリット】 ・通信に係る費用負担が少ない。	【メリット】 ・半径20km程度の広範囲で受信ができ、障害物の影響も受けにくい。	【メリット】 ・携帯電話が使用できる範囲であれば利用が可能。
【デメリット】 ・障害物や通信距離の影響を受けやすい。	【デメリット】 ・インターネット回線が必要となり、システム利用料のほかに、受信端末契約料、通信料が発生する。	【デメリット】 ・インターネット通信を利用するため、システム利用料のほかに、受信端末契約料、通信料が発生する。

岩見沢市ではRTK-GNSS基地局を4基体制で運用し、無線方式を採用（うち2局は無線方式のほかNtrip方式を採用）している。デメリットを回避し、無線方式とNtrip方式を採用することでメリットを最大限生かすことができている。このことを反映させて岩見沢市は、高精度測位情報を活用したスマート農業と除雪作業での活用を行っており、「ICT地域活性化大賞2016」で奨励賞を受賞しました。

【導入事例】RTK-GNSSの市町村別利用状況

北海道におけるRTK方式による補正情報の活用を行っている地域は、平成31年2月8日時点で70市町村であった。平成31年4月から正式にサービスが開始されたJAグループRTKサービスにより、令和4年4月末時点で51の基地局が設置されている。

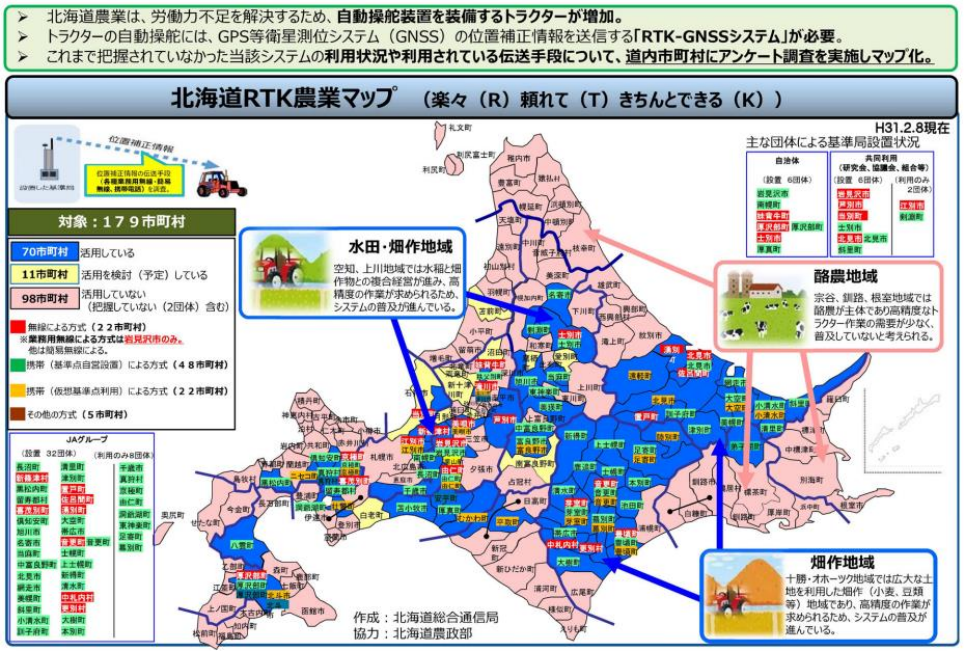


図1 北海道におけるRTK-GNSSの市町村別利用状況マップ

引用：北海道農業ICT/IoT懇談会報告書 平成 31年3月13 日開催資料（抜粋）

【事例紹介】GPS−RTK基地局設置に係る検討事例（岩見沢市設置当時）

岩見沢市では、平成25年4月に位置情報配信サービスが開始された。

当時のGPS−RTK基地局設置に係る検討事項を事例として紹介する。

1．GPS−RTK基地局設置に係る検討

（1）GPS−RTK基地局設置個所検討

（図2）に示す先駆的取組む者（赤丸）及び次年度以降に機材導入を検討している農業者（青丸）の利用箇所において、RTK基地局からの補正信号が遅滞なく受信でき、かつできる限り岩見沢市内全域を網羅可能となるよう基地局設置個所の検討を行った。

地域内での利用者の配置を考慮し、上幌向アクセスポイント（自営柱）及び大願鉄塔（大願多目的研修会館敷地内）のニか所にRTK基地局の設置を行うこととした。

図2 先駆的取組む者及び次年度導入予定者圃場及びGPS-RTK基地局設置個所

(2) 基地局設置に係る条件

基地局設置においては、(表1)に示す機械条件と利用者条件を考慮した。

表1 条件一覧

機械条件	利用者条件
・最大約半径5kmでの通信 ・電源が確保できること ・できる限り高所に設置し、他の無線電波等との干渉が生じないこと ・市自営光ファイバとの接続が可能であること	・岩見沢市内全域で利用可能とすること ・防風林や構造物周辺でも測位補正情報を取得できること ・安定的な精度の確保

2. GPS-RTK基地局設置及び精度確認

(1) GPS-RTK基地局

GPS-RTK基地局設置について、大願では、高層鉄塔上に設置し、上幌向アクセスポイントについては電柱上部設置を行った。大願では高さ約20m程度、上幌向では高さ約15mに設置を行っている。

(2) GPS補正信号の精度確認

RTK基地局設置個所からの補正信号の精度確認を行った。

1）方法

平面直角座標第12 系の三等三角点 東川向に対し、GPS−RTK測定を大願及び上幌向基地局からの測位補強信号を用いたRTK測量を行い、基準点成果と比較し、精度を確認した。

2）三等三角点 東川向成果 (国土地理院成果より)

場所：(緯度経度表記）北緯 43°13′58″.3704　東経 141°45′17″.2823

（平面直角座標12系）：X −85103.023m　Y −40222.213m

標高 16.15m（測定時に用いたアンテナ高 1.30m）

図3 基地局位置と三等三角点位置（引用：Yahoo地図）

3）測定結果（測定日時平成25年7 月2 日）

測定結果から、基地局データを用いた測定誤差は、基準点成果と比較して水平方向に2.5cm、標高は4cm以下となる。

通常、基地局から遠方になるにつれ、受信される測位情報の位置精度は低下する。この関係性は下式で示される。

（理論上の誤差）＋（2mm×受信地点と基地局の距離km）＝（距離に依存する誤差）

三等三角点での測定時の距離に依存する誤差は以下となる。

・（大願）　2cm+2mm×2.6km=2.52cm

・（上幌向）2cm+2mm×6.2km=3.12cm

上記の試算から、測定結果の誤差は妥当な値であると言え、本設置基地局の精度は確かなものである。

3.岩見沢市内全箇所での利用に向けた測位補強信号利用可能域調査

（1）目的

GPS-RTK 基地局上幌向と大願の2局からデータ配信無線の受信可能エリアを再調査し、岩見沢市内全域、特に栗沢方面で利用可能となるよう基地局の必要性及び設置個所候補地を選定する。

（2）方法

現在、測位補強信号利用が困難であると考えられる栗沢方面への電波強度確認を行うことに加え、岩見沢市栗沢支所屋上にテスト基地局を設置し、利用可能範囲を計測する。基地局大願、上幌向、栗沢支所からデータを送信し、その内の2 局からのデータで2 台の受信機とGPS 受信機で走行しながらRTK 測位を行う。

（3） 評価方法

評価については、無線発信局と受信局間の最後の通信から経過した時間であるAgeを用いるものとした。2が最良値であり、3では1秒間、4では2秒間と数字が大きくなるにつれ、1秒ずつ時間差が発生するものである。本検証では、Age 5 以下を良好受信エリアとした。

（4）結果 （調査日平成25 年11 月12 日）

本検証では岩見沢市内の（図3）の地区を走行した。設置段階で、各基準局より半径5km内では、情報利用が可能である設計を行ったため、本調査では各基準局近傍を除外して、検証を行った。

1）大願基地局からのデータ利用可能範囲

大願局で受信可能は岩見沢市の北側から北西エリアで良好に受信が可能であった。最遠地点は距離15km で受信可能であった。

2）上幌向基地局からのデータ利用可能範囲

上幌向局は市の中央に位置し近隣に障害物がないため、高さは大願局より低いにも拘らず、最遠地点は15Kmで利用可能であった。そのため、大願局で利用可能な新篠津村近傍でも利用可能であると考えられる。また、一部三井グリーンランド近辺でも利用可能な範囲があった。

3）栗沢支所局からのデータ利用可能範囲

栗沢支所局は岩見沢市南部からグリーンランドの裏側にあたる南東エリアで有効であった。

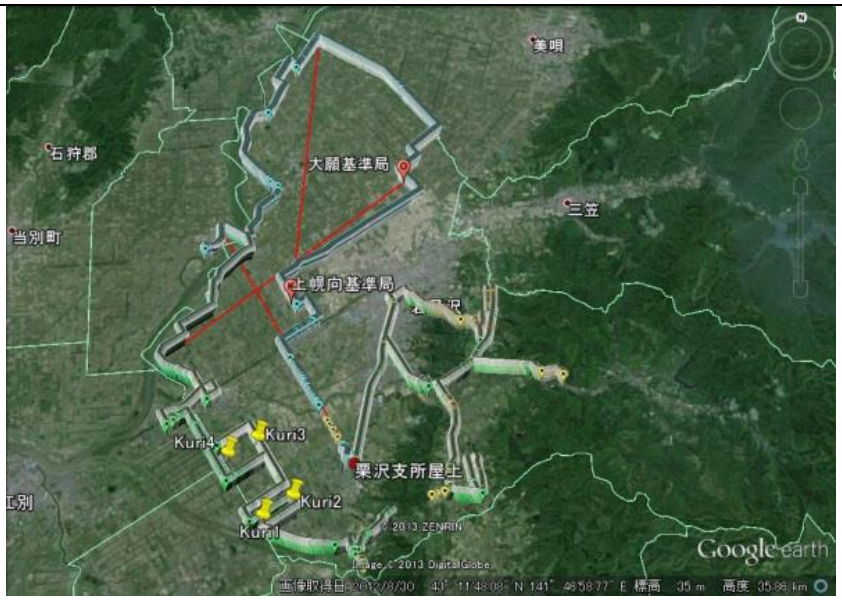


図4 全走行データ

(5)結論

(図5)に示すように大願局、上幌向局の2 局で市内の大半をカバーしていることとなった。但し、通常は基地局から10km を超えると地形の影響や障害物の影響が大きくなる傾向が高まる。

このため、栗沢支所もしくは近傍に新たな基地局を設置することは有効であると考えられる。これにより、市内の殆どのエリアで最低2 局を受信することが可能になり、万一の局のトラブルの場合でも使用不可が回避できるメリットがある。

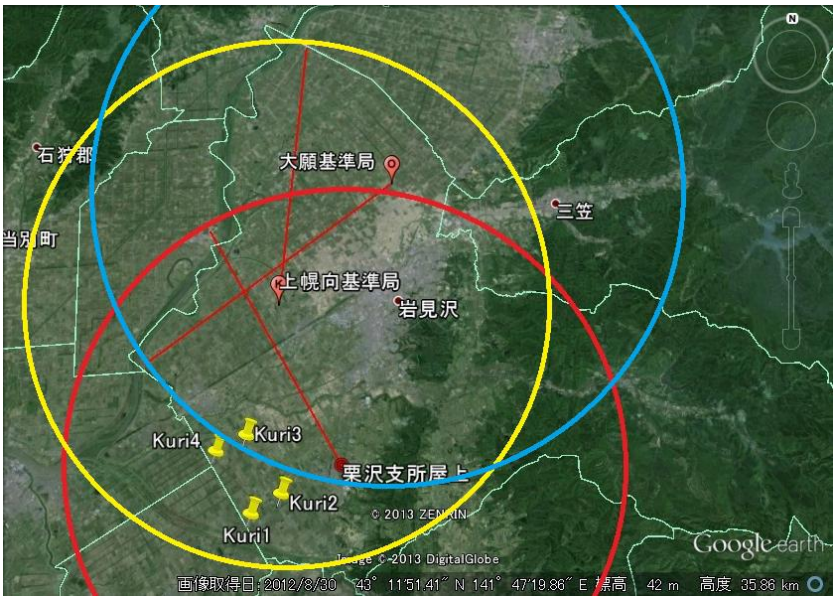


図5 各基準局からの最大到達距離予想エリア(障害物がない場合)

一方で基地局を増設する際の課題も発生する。現在、使用している無線機は最大30 チャ

ンネルで、現在は27チャンネルを使用している。今後、近隣市町村で基地局を設置する場合には、無線のチャンネルが重複すると混信などの受信障害が発生する可能性がある。

今回の調査結果を受け、大願局、上幌向局とも市内での最遠地点が15km まで確認できた。そのため、新篠津村では無条件で上幌向局からの情報を受信でき、美唄市でもかなりのエリアで大願局からの情報が受信できる。今後、栗沢支所に基地局を設置する場合は、長沼町、南幌町でも受信可能となる。そのため、無線機のチャンネル利用に加え、測位補強信号の相互利用についても調整を行う必要がある。

(2) 自動操舵(オートステアリングシステム)

トラクターや田植え機、コンバインなどのロボット化の研究は、3つのレベルに分けて進められている。最上位のレベル3は、人間が遠隔監視を行い、圃場間の移動から農作業までを自律的に行うことを目指しており、これが完全自律化された車両ロボットに当たる。レベル2は、人間が近くで目視監視を行いながら自動走行が可能なものの研究である。

そしてレベル1は、GNSSなどによって自動的に操舵が行われ、乗車している人間がほとんど運転することなく、目標の経路を正確に走行するもので、「オートステアリングシステム」とも呼ばれている。

(ア) 自動操舵システムを構成する4つの機器

GPS(GNSS)衛星からの位置情報による自動操舵は、以下の機器から構成される。

- ●GPS(GNSS)アンテナ
- ●システム本体
- ●オートステアリング
- ●車体傾きセンサ
- ●スマートフォン

GPS(GNSS)アンテナはGPS(GNSS)衛星の位置情報を得るためのもので、オートステアリングはその位置情報に基づいて、設定された経路に合わせて車体の進行方向を自動的に操舵するシステムである。また、不整地走行時の車体の傾きは直進走行をする上で誤作動の原因となるので、車体の傾きセンサで検知し、これを補正する(図5)。

図5 GPS(GNSS)アンテナ、GPSガイダンス本体、オートステアリング、傾きセンサ

【効果事例】GPSガイダンスを用いた営農作業の効率化

GPS-RTK基地局から送信される高精度位置情報を利用したGPSガイダンス機器の作業効率化について事例を紹介する。

(1)代掻き作業

一般的には、水田内でまんべんなく農作業機器を走行させる。この際、目印となる作物は存在しないことから中央部、もしくは機器側面に設置するマーカーを目視確認しながらの作業となる。具体的には(図1)のように走行跡に中央マーカーを合わせて走行(パターン1)する場合と側面マーカーでラインが形成された部分に片輪を合わせて走行(パターン2)する場合がある。

GPSガイダンス機器を用いる場合には、機器幅を考慮の上、走行間隔を設定することができるので、重複幅を減らすことが可能となり、作業時間が短縮される。

対象者事例では、0.5ha(150m×35m)の水田代掻きは走行距離1,700m、作業時間約33分で完了しており、同様の車速でパターン2の作業を行った場合の試算結果(走行距離3,300m、作業時間1時間10分)と比較すると、走行距離と作業時間は約半分となった。

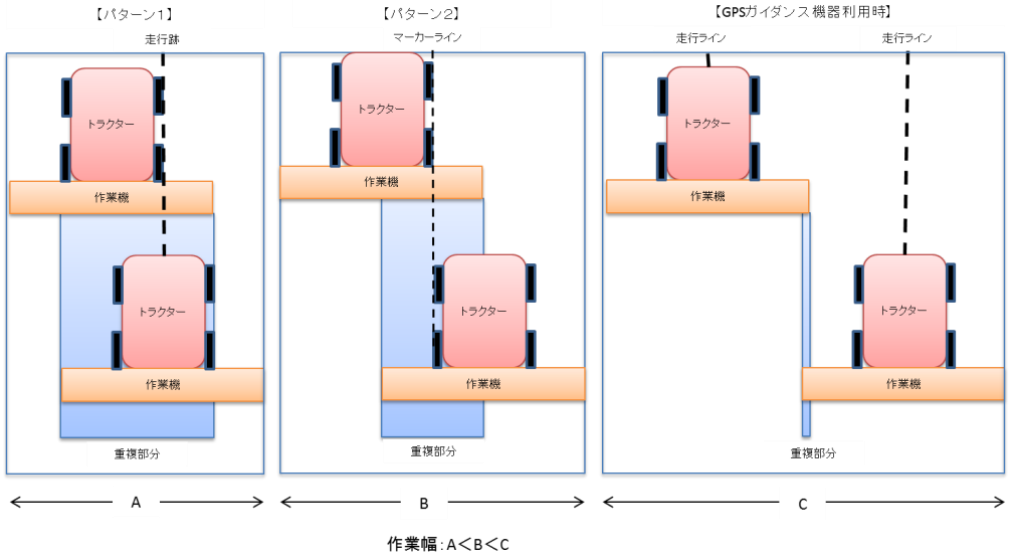


図1 代掻き作業時の方式と作業幅イメージ図

(2)播種、防除、追肥作業等

(ア)農作業機器走行ラインの効率化

従来、圃場内での作業機走行時には、端点で作業機の切り返し作業が発生する。隣のラインへの進入にあたり、(図2)のように枕地で前進、後退を繰り返す作業が発生することにより作業時間を要するものとなる。

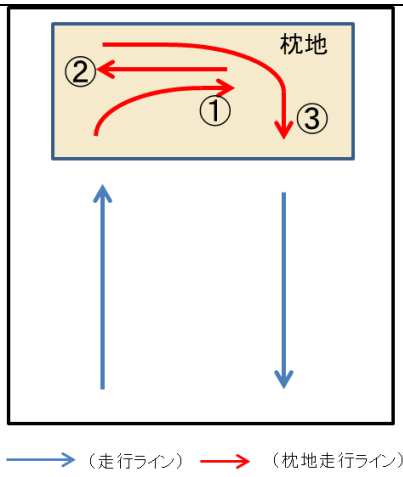


図2 枕地での切り替えしイメージ

GPSガイダンス機器を導入することにより、目印が無くとも走行することが可能となったため、（図3）に示すように切り返しが発生しない走行ラインを走行することが可能となった。ライン①は一本抜き、二本抜きを組み合わせた場合、ライン②は一本抜きを組み合わせた場合である。利用者からは、体感的に3割ほど作業時間が短縮されたとの意見が挙がっている。

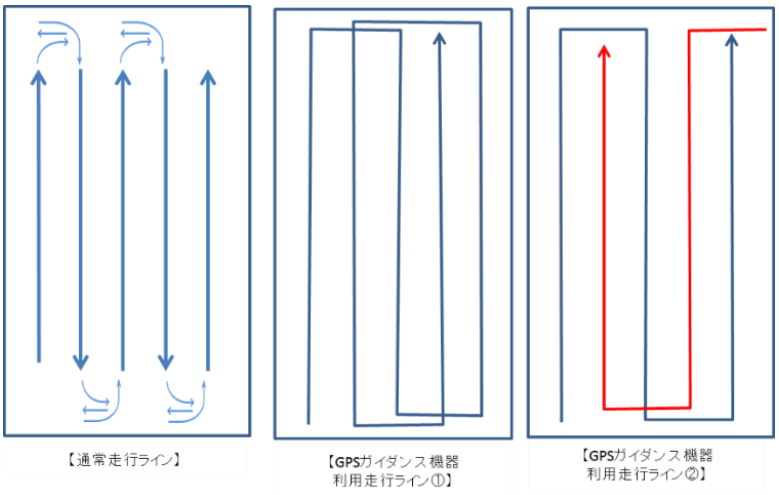


図3 通常走行ラインとGPSガイダンス機器利用走行ラインイメージ図

（イ）作業中断後からの作業開始後の効率化

GPSガイダンスシステムでは作業履歴（走行履歴）が記録される。そのため、作業中途箇所についても記録がなされる。これにより播種時、防除時の資材補給に作業中途箇所へ正確に元の位置に戻っての作業が可能となり、まきムラの発生が無くなるという効果が挙げられた。

（ウ）夜間作業の実施

GPSガイダンスシステムでは、圃場内の目標物の設定が不要となるため、夜間作業におい

ても効果を発揮した。具体的には、豆の播種作業において、通常は日中作業となり、2日要していた作業が、夜間も走行が可能となったため、1日で作業が終了したという結果が挙がった。これには、利用者から挙げられる自動操舵装置による自動走行機能が、長時間での姿勢維持による肉体的負担、精神的負担を大きく解消するという効果も併せてのものと考えられる。

【効果事例】GPSガイダンスを用いた作業人員の変化

(1) 防除、追肥作業時の人員変化

従来、防除、追肥作業時には散布の目印として圃場にポールを設置し、作業段階を把握していた。

GPSガイダンス機器の導入により、目印となるポールの設置や移動が不要となることからこれらの作業人員が不要となる。

(2) 熟練作業者の作業内容の変更

従来、営農作業のうち、播種のような高度な操作技術を要する作業には、熟練作業者が従事せざるを得なかったが、GPSガイダンス機器の導入により、家族、アルバイトなど他の作業員に作業を任せることができ、農業全体の経営効率が上がった。

【効果事例】GPSガイダンス利用による作業効率化

秋まき小麦の「耕起」、大豆の「中耕・除草」について、標準作業体系における単位作業時間に対し、GPSガイダンス機器の利用により作業時間の削減効果が見られた。

表1 秋まき小麦「耕起」、大豆「中耕・除草」作業における機械作業時間比較

作物名	作業名	標準体系 単位作業時間 [時間/ha]	GPSガイダンス 機器利用作業時間[時間/ha]	作業時間削減率
秋まき小麦	耕起	1.5	1.1	28.8%
大豆	中耕・除草	3.0	1.6	46.0%

(3) ISOBUS

(ア) 国際標準規格「ISOBUS」とは

従来は作業機の操作を熟練の農業従事者が行っていたが、近年では、作業機に電子制御システムが搭載されて自動で作業が行われるようになった。そしてより適切な農作業を行うためにはトラクターと作業機の間での情報の相互通信が必要となっている。

ISOBUSとは、トラクターと作業機の間で情報の相互通信を行うための国際標準規格であり、世界各国の主要な農業機械メーカーは、すでに通信仕様の標準化に取り組んでいる。

日本国内では、トラクターメーカーが販売する製品の通信仕様が共通化されていないため、各メーカーのトラクターに対応した作業機を準備しなければならない。このため、異なるメーカーの農業機械を相互接続させるISOBUSの普及が進められている（図6）。

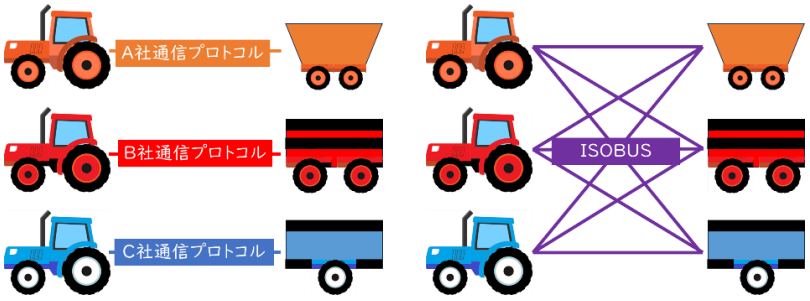
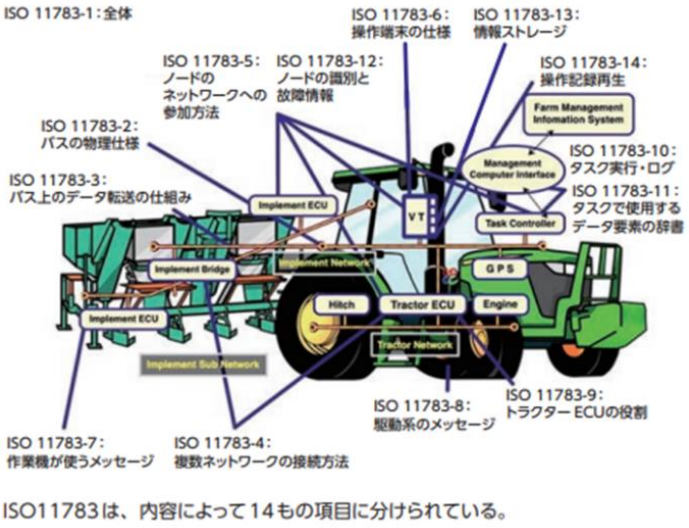


図6 国際標準規格「ISOBUS」相互接続イメージ

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点 URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

ISOBUSは国際的な標準規格を策定している「国際標準化機構（ISO）」が定めた工業規格「ISO 11783」をベースとしている。このISO 11783は、トラクター向けの車上通信に関する規格で、14もの項目からなっている（図7）。



ISO11783は、内容によって14もの項目に分けられている。

図7 ISO11783全体像

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点 URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

国際的な業界団体である「AEF（国際農業電子財団）」は、製品単位でのISOBUS機能を明確化しており、ISOBUSに対応した製品の品質を保証する「ISOBUS認証テスト」という厳格な認証制度を運用している。

つまり、ISOBUSとは、AEFが定めた、ISO 11783に適合する機能をもつ製品の具体的な

統一仕様のことを指す呼称である。

（イ）ISOBUSのコンセプト

1つ目のコンセプトは、異なる企業のトラクターと作業機を相互に接続して運用できるようにすること。

2つ目のコンセプトは「作業機が協調制御の主体となる」ということである。

仕組みとしては、トラクターの「UT（ユニバーサルターミナル）」という操作端末と作業機の「ECU（電子制御ユニット）」が「ISOBUSコネクタ」によって接続され、情報がやり取りされる。作業の情報や制御方法は、全て作業機側のECUにあり、UT（トラクター側）とECU（作業機側）をつなぐコネクタがISOBUS機能を持っていないと、トラクターと作業機が自由な組み合わせで選べなくなる（図8）。作業機とトラクターの間では、作業機の動作や作業の進捗に応じて、作業機側がトラクターステアリングや走行速度、補助バルブ、PTO（パワーテイクオフ）機構、ヒッチなどをコントロールするという、作業機を中心とした農機の協調制御が行われ、これは「TIM（トラクターインプルメントマネジメント）機能」と呼ばれる（図9）。

そこでは、「データの相互運用性と、通信仕様のオープン化」が図られる。例えば、人工衛星からの画像情報で作物の生育状況がわかったとする。その情報に基づいて、圃場ごとに施肥量や、播種の間隔を変更する必要があるが、その際に用いられるマップ作成ツールが作業機の制御装置とデータの相互運用ができれば、可変施肥や可変播種の作業をスムーズに行うことができる。

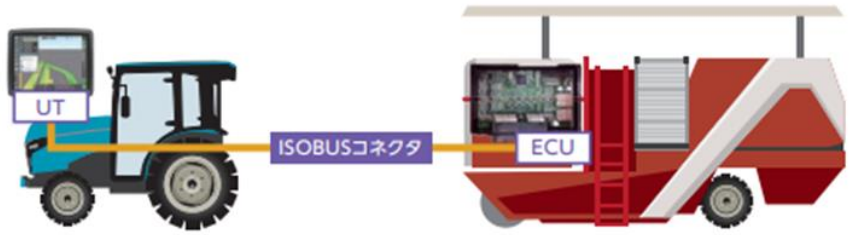


図8 ISOBUSによる作業機が協調制御の主体となるイメージ

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点 URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

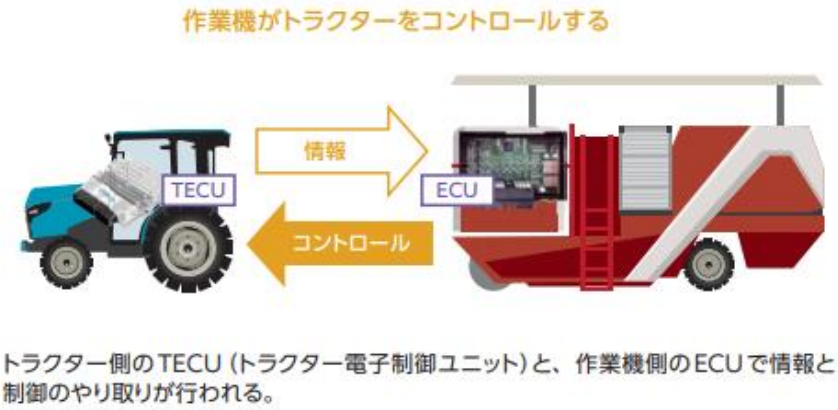


図9 TIM（トラクターインプルメントマネジメント）イメージ

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート
（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

（ウ）ISOBUSの機能

ISOBUSの主な機能を抜粋して説明を行う。

①UT（Universal Terminal：ユニバーサルターミナル）モジュール

UTを用いることで、ISOBUSに対応したさまざまな作業機を操作することができる。さらに、異なる作業機や複数の作業機の操作を、端末を変えることなくそのまま使用できるようになる（図10）。

画像："Terminal", AEF Database,
https://www.aef-isobus-database.org/isobusdb/app/compatibility/index.jsf

図10 UTモジュール

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート
（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

②ISB（ISOBUS Shortcut Button：ISOBUSショートカットボタン）モジュール

ボタンで作業機の機能をON・OFFができるISOBUSショートカットボタン。トラクターのキャビン内に設置され、意図しない動作が作業機に生じた場合の非常停止などで使用する（図

11）。

画像：https://agronaplo.hu/nagyvilag/filegl-isb-the-innovative-comfort-off-switch

図11 ISOBUSショートカットボタンモジュール

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート
（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

③TECU（Tractor ECU：トラクター電子制御ユニット）機能

「TECU」はトラクターを制御するためのシステムで、トラクター1台に複数搭載される。

ISOBUSのTECUは、走行速度、PTO回転数などのトラクター側の情報を、トラクター後部やキャビンにあるISOBUSコネクタを使ってISOBUS採用の作業機に提供する（図12）。

画像："basic Tractor ECU", AEF Database,
https://www.aef-isobus-database.org/isobusdb/app/compatibility/index.jsf

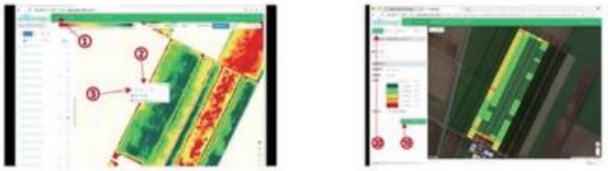
図12 TECU（トラクター電子制御ユニット）機能

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート
（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

④TC-GEO（タスクコントローラGEO）

TC-GEOは、位置情報を利用する機能である。TC-GEO機能を利用すれば、作業マップなどに基づいた可変施肥などの作業で位置情報を活用することができるようになる（図13）。

画像："Auxiliary Control", AEF Database,
https://www.aef-isobus-database.org/isobusdb/app/compatibility/index.jsf



画像："施肥マップ作成ツールの使い方"、スペースアグリ株式会社

図13 TC-GEO（タスクコントローラGEO）

（引用：農林水産省 農業大学校におけるスマート農業教育について スマート農業オンライン講座フォローノート
（第1章 基礎編 第3節 ISOBUS） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.maff.go.jp/j/keiei/nougyou_jinzaiikusei_kakuho/smart_kyoiku.html）

（図13）の下の写真は、人工衛星からのリモートセンシングデータから作成された施肥マップで、生育状況の良い場所は施肥量を少なく、悪い場所は施肥量を多くするよう表示されている。これをISOBUSでTC-GEO機能対応の作業機と連携させれば、実際に精密な施肥を行うことができる。

（エ）ISOBUSとロボットトラクターの相互運用

現在、スマート農業による自動化・省力化を実現する方法として、ロボットトラクター（車両ロボット）やISOBUS対応作業機の活用が国内外で進められている。しかし、市販されているロボットトラクターは、ステアリング操作や作業機の昇降、PTOの回転数、走行速度などを、トラクターが事前に設定した経路で、インターフェースにもとづいた動作で行うようになっており、ISOBUS機能の作業機との協調制御が可能なものは、一部となっている。

ロボットトラクターによる農作業では、走行中の車体の差異や収穫時などで作物に被害を与える可能性が高いとされている。これら様々な問題点を解決するために、作業機との協調制御が必要となりつつあり、ISOBUSの普及が注目されている。

（4）安全センサ

スマート農業で使用される無人の車両ロボットでは、様々な農作業や圃場などへの移動の際に、人に接触、障害物に衝突することのないよう安全性が保証されなければならない。また、畑や田を耕すロータリープラウなど作業機の昇降を行うときも、近くに人がいないかどうかを車両ロボットが検知する必要がある。

これらのことから、自動車を運転するときの人間の目や耳、体感と同じ役割をする「安全センサ」が、車両ロボットには必要になっている。

安全センサは、目標物（人や障害物）までの距離を測定する必要がある。また、接触したという異常事態の場合では急ブレーキ、つまり緊急停止を行う。

これらのことから、車両ロボットの安全センサは「距離の測定」と「接触の察知」が大切になる。

ロボットトラクターなどで使用されている安全センサの例として、機能別に「①レーザスキャナ」「②カメラ」、そして接近や接触を検知する「③近接センサ」があり、近接センサには「超音波センサ」や「誘導型近接センサ」などが使われる（図14）。それぞれの機能や特質、メリット・デメリットを見ていく。

図14 ロボットトラクターなどで使用される安全センサ

（引用：株式会社クボタホームページより、
URL：https://agriculture.kubota.co.jp/product/tractor/MR-1000-AH/10.html?group=2&parent=MjYzODU%3D）

（ア）レーザスキャナ

「レーザスキャナ」は、送信機からレーザビームを発生させて目標物に当て、その反射したレーザビームを受信機で受け取って距離を推定する装置である。

レーザスキャナは、中距離の障害物を検出するのに適しており、通常トラクターなどの前部に取り付けられるが、作業機周辺の安全性確保のため、後部にも取り付けることができる。

レーザスキャナの長所としては、「振動の影響を受けない」「中距離（約10m）の測定で良い精度が得られる」「コンパクトなサイズなので簡単に設置できる」などがあげられる。

短所としては、「埃や雨の影響を強く受ける」「カメラに比べてコストが高い」「壊れやすく、修理はほとんど不可能」などがあげられる（図15）。

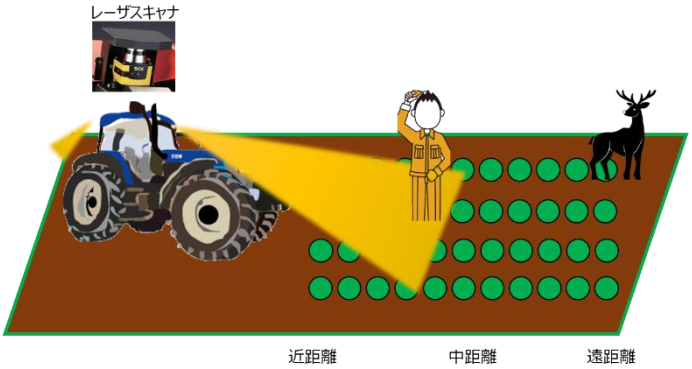


図15 レーザスキャナの長所

（イ）カメラ

①カメラの原理としくみ

近年のデジタルカメラ（RGBカメラ）は安価となり、さらに解像度も上がっている。安全センサとしてのカメラは、近年大きな発展をとげた「AI（人工知能）」が映っているものが人や障害物かどうかをリアルタイムで判断できるようになっている（図16）。

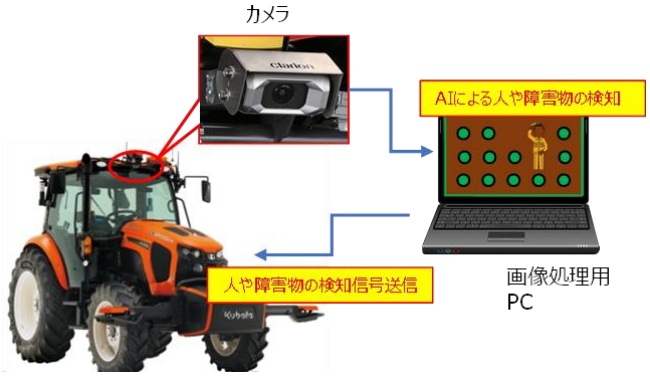


図16 カメラ画像からAIによる人間検出イメージ（修正）

AIには、あらかじめ人や動物などの障害物の膨大な画像を読み込ませて学ばせておく。そして、ネットワークを介して映ったものを捉え、画像内にある物体を識別することになる。

ただし、AIを用いるとき、十分な速度で認識のアルゴリズム（ある仕事をするときの手順）を実行するためには、高性能のコンピュータが必要となる。

②3D画像の利用

カメラによる距離の計測に関しては、「キャリブレーション（様々な調整などを行う標準器）」などを用いてカメラの高さや傾斜角度、平面での距離などの要素を計算することで、目標までの距離を測定することが可能となっている。

また、「ステレオビジョン」という方法を用いることによっても距離を測ることができる。「ステレオビジョンカメラ」は、三角形とお互いのカメラの水平距離、左右の目標物の画像の位置の違いを組み合わせて、目標物までの距離を推定する（図17）。

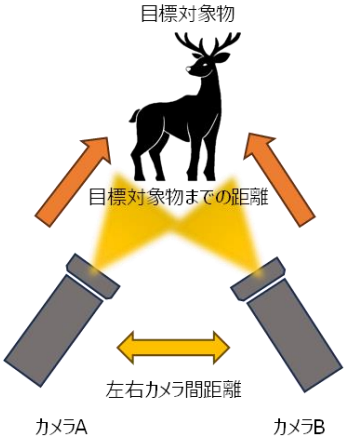


図17 ステレオビジョンカメライメージ

③カメラの長所・短所

カメラは中・遠距離の障害物を検出するのに適している。車両ロボットの上部に取り付けられるが、運転席にも設置することは可能である。

カメラの長所は「高い防水性・防塵性」「他のセンサにくらべて低コスト」「設置が容易」「周辺環境の広い視野が得られる」などがある。短所は「機械的振動や照明条件に大きな影響を受ける」「精度がレーザよりも劣る」「ステレオビジョンカメラは高価」「AIを使用するためハイスペックなコンピュータが必要」などがある。

（ウ）近接センサ

近接センサには、「超音波センサ」や「接触センサ」などがある。

超音波センサは、超音波を発信させ、跳ね返ってきたエコーを受信する（図18）。基本的にはレーザスキャナと同じ原理であるが、速度は音速（300m/秒）を使用する。目標物が小さいと超音波の反射が検出できない場合もあるので、距離測定のセンサとしてではなく、近接センサとして使用される。

図18 近接センサ

（引用：株式会社クボタホームページより、
URL：https://agriculture.kubota.co.jp/product/tractor/MR-1000-AH/10.html?group=2&parent=MjYzODU%3D）

一方、接触センサは、物理的に接触を検知する。ただし、稼働する機械部品が多いため経年劣化しやすく、可動式ではない「誘導型近接センサ」も開発されている。これは接近する金属物

体を磁場により検知するもので、泥などで汚れていても作動する。

(5) ロボットトラクター

人間の監視下で無人のロボット車両が作業を行う「農作業ロボット」を説明する。現状では車両のロボット化における段階の「レベル2」に相当するものである。

現在の法規制下でレベル2の農作業ロボットを運用するためには、圃場の外にいる監視者の目の届く範囲で農作業ロボットを運用するか、あるいは監視者が農作業ロボットと協調して作業を行う有人トラクターなどに乗車し、並走あるいは追走して監視することとなっている。

ここでは農作業ロボットの運用における、ロボットトラクターの作業手順について紹介する。

(ア) ロボットトラクターの作業手順

①GPS(GNSS)受信・ロボットトラクターの位置認識

まず、「GPS(GNSS)受信」を行う。これはGNSSの位置情報および補正情報をロボットトラクターへ送る作業である。

受信が確認出来たら、ロボットトラクターを時速4キロほどで、前方へ10～20m直進する。これにより、ロボットトラクターが正確な位置や方位を認識することができる。

②圃場登録

圃場登録を行う。ロボットトラクターがいる場所が表示され、圃場の登録のために畑を前進のみで一周する。

計測が完了したら、登録名を入力し圃場登録が完了する。

③作業機の選択と経路の生成

どの作業機を使うかの選択を行い、細かな作業経路を作成する。

作業経路の作成では、旋回方法や速度など、作業内容や圃場の状態などを勘案して、細かく設定することができる。

これまでの設定で「作業マップ」が完成したことになり、このマップに基づいて、ロボットトラクターは作業を行うことになる。

④実際の作業

作業を始めるときは、人間が有人トラクターに乗り、リモコンでロボットトラクターにスタート命令を出す。これによって、ロボットトラクターが整地作業を始め、その後ろから有人トラクターが播種作業を実施する(図19)。

図19 ロボットトラクターの整地作業（手前）と有人トラクターの播種作業（奥）

【効果事例】有人-無人協調作業による有人作業時間の削減（沼田町、深川市）

スマート農業実証プロジェクト（令和4年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）において、ロボットトラクターと有人トラクターによる隣接または同じ圃場での同時作業（協調作業）による有人作業時間の削減を目標とした実証を行った。

[協調作業]

・ロボットトラクターと有人トラクターによる協調作業において、平均41.1%の有人作業時間削減となった。

・計算方法としては、ロボットトラクター作業時、生産者は隣接または同じ圃場で慣行作業を行っているとし、ロボットトラクター作業での有人作業時間と慣行作業の合計時間をどちらの作業も慣行で行った場合の合計時間で割った値から有人作業時間削減割合を求める。

$$（有人作業時間削減割合）= 1 - \frac{（作業A：ロボトラ有人作業時間）+（作業B：慣行作業時間）}{（作業A：慣行作業時間）+（作業B：慣行作業時間）}$$

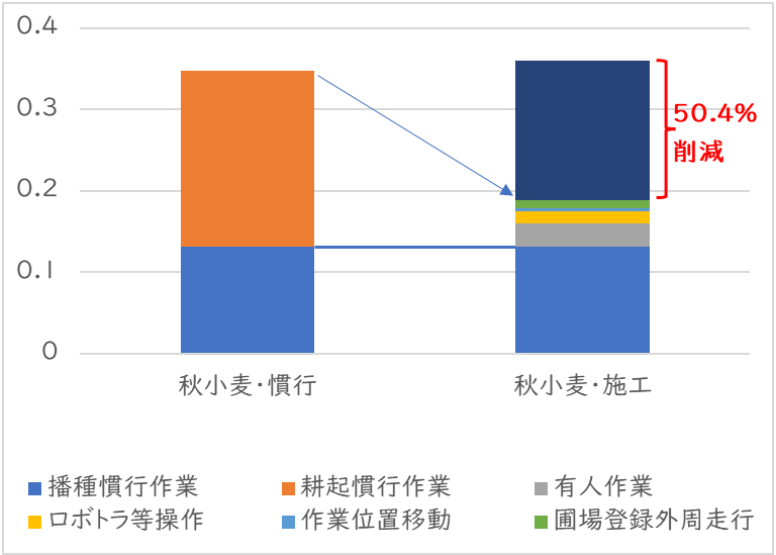


図1　麦後耕起(ロボトラ作業)、えん麦播種（有人作業）協調作業による作業時間比較
（単位：時間/10a）

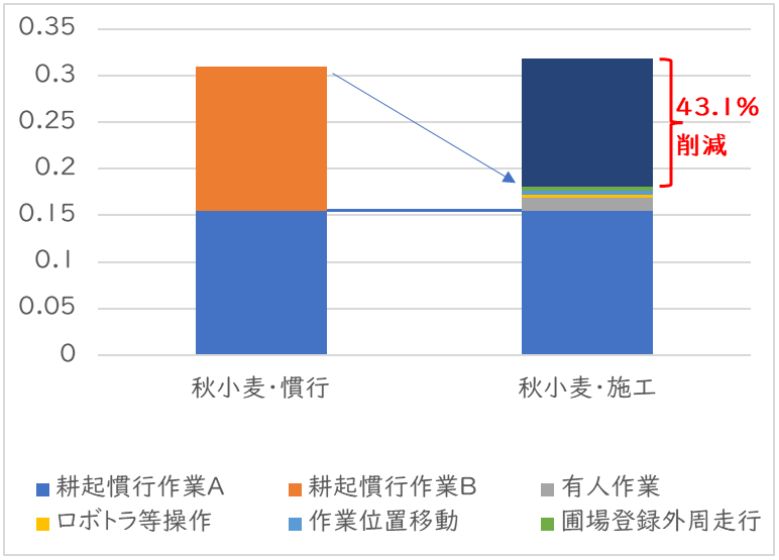


図2　麦後耕起(ロボトラ作業)、麦後耕起（有人作業）協調作業による作業時間比較
（単位：時間/10a）

表1　ロボットトラクター協調作業実績

作業工程	使用作業機	面積	作物名・区分	全体作業時間(hr)10a当たり						無人作業時間割合	有人作業時間削減割合
					自動運転作業	有人作業	ロボトラ等操作	作業位置移動	圃場登録外周走行		
耕起	ロータリー(2.4m)	115	秋小麦・施工	0.137	0.123	0.010	0.000	0.003	0.000	86.1%	43.0%
耕起	ロータリー(2.4m)	115	秋小麦・慣行	0.100		0.100	-	-	-		
耕起	ディスクハロー(3.0m)	203	秋小麦・施工	0.069	0.061	0.006	0.000	0.002	0.000	86.2%	43.1%
耕起	ディスクハロー(3.0m)	203	秋小麦・慣行	0.061		0.061	-	-	-		
耕起	ロータリー(3.0m)	233	秋小麦・施工	0.164	0.138	0.014	0.003	0.004	0.004	86.1%	43.1%
耕起	ロータリー(2.8m)	233	秋小麦・慣行	0.155		0.155	-	-	-		
耕起	ディスクハロー(3.0m)	80	春小麦・施工	0.164	0.095	0.016	0.024	0.010	0.019	63.0%	31.5%
耕起	ディスクハロー(3.0m)	80	春小麦・慣行	0.135		0.135	-	-	-		
耕起	アッパーロータリー(2.0m)	109	秋小麦・施工	0.229	0.172	0.028	0.016	0.004	0.009	63.6%	50.4%
播種	ドリルシーダー(3.0m)	109	秋小麦・慣行	0.131		0.131	-	-	-		
耕起	ディスクハロー(3.0m)	186	春小麦・施工	0.075	0.059	0.002	0.010	0.001	0.004	82.4%	41.2%
耕起	ディスクハロー(3.0m)	186	春小麦・慣行	0.070		0.070	-	-	-		
耕起	ロータリー(3.0m)	65	水稲・施工	0.174	0.131	0.038	0.003	0.002	0.000	72.0%	36.0%
耕起	ロータリー(3.0m)	65	水稲・慣行	0.154		0.154	-	-	-		

【効果事例】ロボットトラクター単独による有人作業時間の削減（当別町）

スマート農業加速化実証プロジェクト（令和2年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）においては、ロボットトラクターでの単独作業による有人作業時間削減を目標とした実証を行った。

[単独作業]

・ロボットトラクター単独作業での有人作業削減割合は、平均の削減割合は74.0%となる。

・慣行作業とロボットトラクター作業の両方の作業時間を計測し、慣行作業時間に対して、ロボットトラクター作業では自動運転作業時間を除いた作業時間を有人作業時間として集計し、慣行作業時間から除したものを有人作業時間削減割合とした。

(有人作業時間)=(ロボトラ・タブレット等操作時間)+(作業位置移動時間)+(外周作業時間)

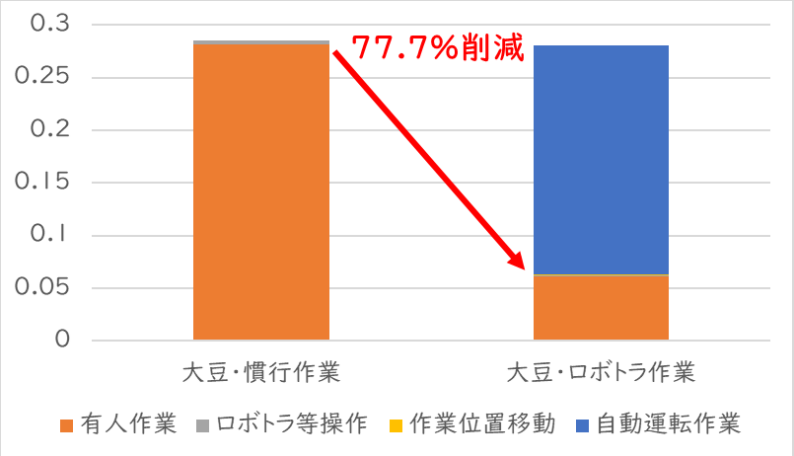


図3　ロボトラ作業時と有人作業時の整地（アッパーロータリー）作業による作業時間比較
（単位：時間/10a）

表2 ロボットトラクター単独作業実績

作業工程	使用作業機	作物名・区分	全体作業時間(hr)10a当たり					慣行比		有人作業時間削減割合
				自動運転作業	有人作業	ロボトラ等操作	作業位置移動	全体作業	有人作業	
砕土	ロータリー	水稲・ロボトラ作業	0.198	0.156	0.042	0.000	0.000	143.5%	30.4%	69.6%
砕土	ロータリー	水稲・慣行作業	0.138		0.138	0.000	0.000			
整地	アッパーロータリー	大豆・ロボトラ作業	0.281	0.218	0.061	0.001	0.001	98.6%	22.3%	77.7%
整地	アッパーロータリー	大豆・慣行作業	0.285		0.282	0.003	0.000			
砕土	パワーハロー	大豆・ロボトラ作業	0.123	0.100	0.020	0.001	0.002	130.9%	24.5%	75.5%
砕土	パワーハロー	大豆・慣行作業	0.094		0.094	0.000	0.000			
整地	アッパーロータリー	大豆・ロボトラ作業	0.231	0.198	0.030	0.001	0.002	129.8%	18.5%	81.5%
整地	アッパーロータリー	大豆・慣行作業	0.178		0.178	0.000	0.000			
麦稈処理	パワーハロー	秋小麦・ロボトラ作業	0.140	0.107	0.027	0.000	0.006	148.9%	35.1%	64.9%
麦稈処理	パワーハロー	秋小麦・慣行作業	0.094		0.094	0.000	0.000			
耕起	スタブルカルチ	大豆・ロボトラ作業	0.090	0.074	0.014	0.000	0.002	140.6%	25.0%	75.0%
耕起	スタブルカルチ	大豆・慣行作業	0.064		0.064	0.000	0.000			

(6) 自動アシストコンバイン

車両のロボット化における「レベル1」を実現した自動アシストコンバインについて説明する。

車両に人が乗り、ほとんど操作をすることなく、RTK-GPS測位情報を用いた誤差数センチの高精度な刈取作業が可能となる。

手動で圃場外周部分6m以上の刈取を行うことで、圃場の未刈り部分の幅や形状にあわせて刈取部の昇降や方向修正、刈取り・脱穀クラッチの入/切、次行程への旋回を自動で行うことができる。

このことから長時間作業における疲労軽減を図るとともに、経験や勘に頼らない最適な収穫作業が可能となり、これまでコンバインのオペレータとして搭乗していた熟練者の代わりに未経験者が搭乗する人員配置により、熟練者の作業効率化とオペレータ人件費の削減が可能となる。

図20 自動アシストコンバイン(左)自脱型6条刈、(右)汎用型刈幅3.2m

【効果事例】人員変更による労働費の削減（当別町）

スマート農業実証プロジェクト（令和4年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）において、自動アシストコンバインによる人員変更による労働費の削減を目標とした実証を行った。

・自脱型および汎用型自動アシストコンバインの利用により、自動アシスト機能を利用した時間を計測し、その時間を熟練者から未経験者への人員変更が可能な時間として、全体作業時間からの割合を算出する。
・算出した時間割合を熟練者の時給から未経験者の時給に置き換えることで労働費が削減される。
・自動アシストコンバインによる刈取作業において、平均45.3%の作業時間において作業熟練者から未経験者への人員変更が可能と分かった。
・（表1）で作業人員変更時間割合が低いものについては、機械操作の指導を受けながらの作業のためと圃場での籾排出の位置が限られており、有人作業となる移動や位置調整に時間を要したため。

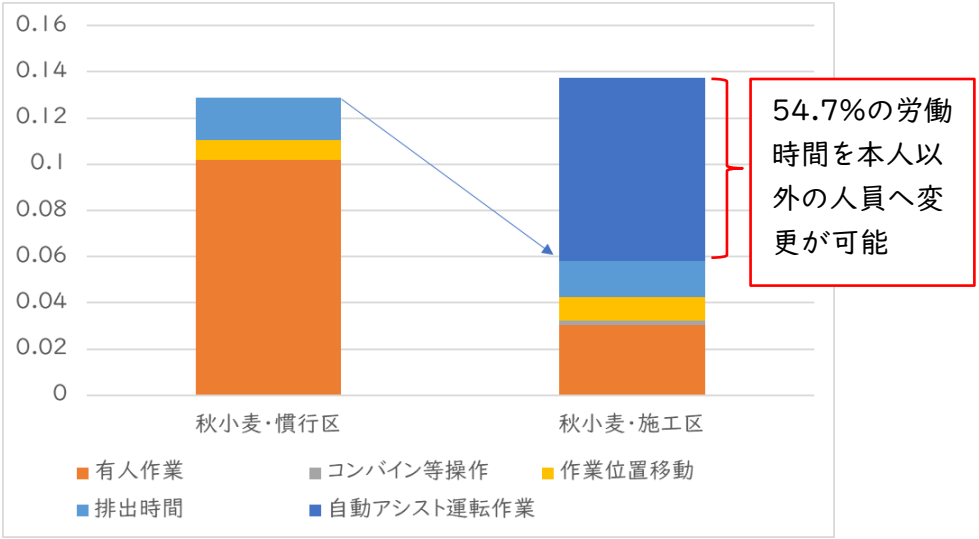


図1　汎用型自動アシストコンバインによる秋小麦収穫時間比較（単位：時間/10a）

表1 自動アシストコンバイン実績

汎用型自動アシストコンバイン

作物名・区分	全体作業時間(hr)10a当たり						慣行比		作業人員変更時間割合	備考
		自動アシスト運転作業	有人作業	コンバイン等操作	作業位置移動	排出時間	全体作業	有人作業		
秋小麦・施工区	0.163	0.065	0.058	0.003	0.016	0.021	101.3%	60.5%	39.5%	変形圃場の為、有人外周作業割合が多かった。
秋小麦・慣行区	0.161		0.138	0.000	0.007	0.016	100.0%	100.0%		
秋小麦・施工区	0.206	0.119	0.050	0.000	0.009	0.028	166.3%	70.0%	30.0%	
秋小麦・慣行区	0.124		0.101	0.000	0.007	0.016	100.0%	100.0%		
秋小麦・施工区	0.137	0.079	0.030	0.002	0.010	0.016	106.8%	45.3%	54.7%	
秋小麦・慣行区	0.129		0.102	0.000	0.009	0.018	100.0%	100.0%		
水稲・施工区	0.177	0.114	0.035	0.005	0.007	0.01	100.0%	35.5%	64.5%	
水稲・慣行区	0.177		0.177	-	-	-	100.0%	100.0%		

自脱型自動アシストコンバイン

作物名・区分	全体作業時間(hr)10a当たり						慣行比		作業人員変更時間割合	備考
		自動アシスト運転作業	有人作業	コンバイン等操作	作業位置移動	排出時間	全体作業	有人作業		
水稲・施工区	0.350	0.106	0.126	0.013	0.033	0.072	126.3%	88.2%	11.8%	
水稲・慣行区	0.277		0.277	-	-	-	100.0%	100.0%		
水稲・施工区	0.230	0.093	0.080	0.004	0.021	0.032	83.8%	50.0%	50.0%	
水稲・慣行区	0.275		0.275	-	-	-	100.0%	100.0%		
水稲・施工区	0.269	0.134	0.060	0.006	0.024	0.044	100.1%	50.1%	49.9%	
水稲・慣行区	0.268		0.268	-	-	-	100.0%	100.0%		
水稲・施工区	0.237	0.088	0.076	0.005	0.019	0.050	59.7%	37.6%	62.4%	
水稲・慣行区	0.398		0.398	-	-	-	100.0%	100.0%		

(7) 無人ヘリコプター・ドローン

従来から農業分野においては、有人ヘリコプターによる空中農薬散布が行われきたが、近年では無人ヘリコプター(ラジコンヘリコプター)・ドローンを利用した農薬散布に移行してきている。

人が操縦しない無人航空機(Unmanned Aerial Vehicle)をUAVと称し、ドローンとはこのUAVの一つであり、無人ヘリコプターについても同様である。現在は、自律性を持つ無人機全般を無線操縦機(ラジコン)と区別してドローンと呼ぶことが一般的となっている。

ここでは、このUAVのうち無人ヘリコプターとドローンについて、説明を行う。

(ア) 無人ヘリコプターとドローンの用途

農薬散布において、ラジコンヘリコプターが利用され、無人ヘリコプター・ドローンへの移行が始まっている。また、ドローンについては、安価な機体も販売され、作物の生育状況の確認を行うセンシングにも用いられてきている。

(イ) 無人ヘリコプター・ドローン利用への遷移

農業における無人ヘリコプターの利用は、効率的かつ経済的な省力技術として平成3年に実用化され、年々その事業面積は拡大し、令和3年においては、838,701haと大きく増加している（農林水産省統計資料より）。

無人ヘリコプターの利用が進んだ理由として、高齢化した労働力の補完、専用散布機導入コストの削減が挙げられる。散布においては、個人での実施以外に地域内で組合組織を構成し、複数の農業者による共同所有・実施が行われていることから、これらに伴う経営規模の拡大や生産コストの低減が可能であることであると考えられる。機体購入価格については1,000万円/機程度となっている。

近年ではさらに低価格の機体としてドローンの利用が高まっている。農林水産省「農業用ドローンの普及拡大に向けた官民協議会」
（ https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/drone.html）で公表される資料では、平成28年度には684haであった散布面積が令和2年度には119,500haと大幅に拡大している（図21）。

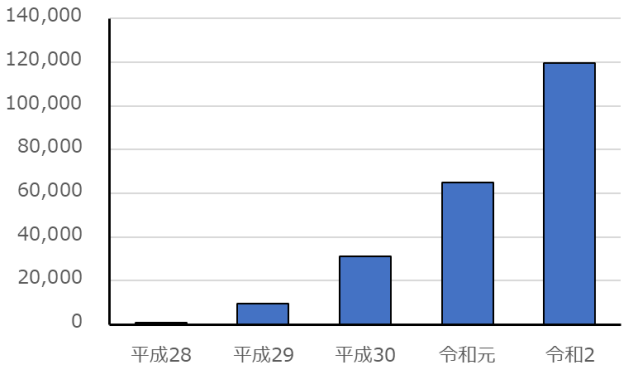


図21 ドローンによる農薬散布面積推移（単位：ha）

この理由として、無人ヘリコプターに比べ低価格であること、自律飛行が可能であることから操縦者、補助要員を削減可能となることが挙げられる。現状は積載量の点から、無人ヘリコプターが優位と考えられるが、技術向上により近年ではドローンにおいても30kg程度までの積載が可能となってきている。

上記のことから、今後、無人ヘリコプターからドローンへの機材転換が加速化されることが見込まれている。

（ウ）ドローンの利活用

ドローンの利活用が進む理由として、上記のような機体価格等の理由以外に、ドローンの特性を利用した新たな利活用方法が存在することが挙げられる。

「令和4年度農業分野におけるドローン活用状況」（令和4年10月　農林水産省農産局技術普及課）において、ドローンでは、農薬散布、肥料散布、播種、受粉、農産物運搬、鳥獣被害

対策、圃場センシングといった多岐に渡る利活用方法が提示されている。
　このことから、従来のトラクター牽引型の作業機械の代替ともなることが予測され、更なる利用が進むと考えられる。

（エ）無人ヘリコプター・ドローンの課題

①飛行時間帯、飛行場所に対する対応

　農薬散布について、ドリフト防止のため、一般的には風速3m/秒以上では実施しないものとなっている。これに対応するため、できる限り風の弱い時間帯に実施を行うことが原則である。ドローンは無人ヘリコプターに比べ機体重量が小さく、無人ヘリコプターでは問題なく飛行可能な風速でも、飛行を断念せざるを得ないことがある。
　これを避けるため早朝や夕方の風が弱い時間帯にドローンを飛行させている農業者も多いが、夜間に実施せざる得ないケースも考えられる。これについては、「無人航空機の操縦者技能証明制度（操縦ライセンス制度）」が2022年12月5日から施行されたため、目視外飛行、夜間飛行を行う場合には、限定解除を受けることが必要となり、飛行エリアについても国土交通省との確認を行う必要がある。

②飛行時間の問題

　ドローンの飛行時間は概ね20分程度である。これに対し、無人ヘリコプターは100分程度とドローンに比べ長時間の飛行が可能であり、かつタンク容量も大きいことから単位時間あたりの作業面積を増やすことが可能であると考えられる。
　ドローンは電池利用であることが一つの課題である。電池であるため屋外で低気温である初春、初冬の飛行時は安定した出力を得ることが難しい場合がある。また、20分程度で1haの作業面積であることから、多くの面積の作業を行う場合には電池交換が頻繁に行われる。充電には通常、数時間を要することから、長時間作業時には電池携行数が多くなってしまう。ドローン用の電池は高価（数万円から数十万円/セット）であり多くの電池を保有することはコスト負担が大きくなってしまう。

③無人航空機登録農薬類の拡大

　無人ヘリコプター・ドローンで空中散布可能な農薬や除草剤は、農林水産省の使用基準によって判断され、農薬取締法に基づき登録されている。過去からの登録農薬は水稲、麦類をはじめとする主要作物、柑橘類を中心とした果樹を対象としたものが多い。ドローンの普及に伴い、上述の作物以外への利用も望まれており、拡充が急務である。
　農薬登録における試験成績が簡略化されたことで、登録数が増加しているため、利用者側も登録情報を随時確認することが必要である。

【効果事例】ドローンを用いた資材散布による作業時間削減（当別町）

農薬散布においては、作業時間の短縮が大きな利点でもあるとされている。

スマート農業加速化実証プロジェクト（令和2年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）では、ドローンによる防除作業とスプレイヤー等による地上散布作業の散布作業時間、移動時間、準備時間を計測し、作業時間削減効果を確認した。

・ドローン防除作業による平均の作業時間削減割合は38%となる。
・（表1）、（表2）はドローン防除の実績である。6月から7月にかけて小麦圃場2か所にて計11回実施し、6月末から8月まで大豆圃場2か所にて計8回実施した。
・全作業日程にてドローン防除での作業時間削減効果を確認することができた。

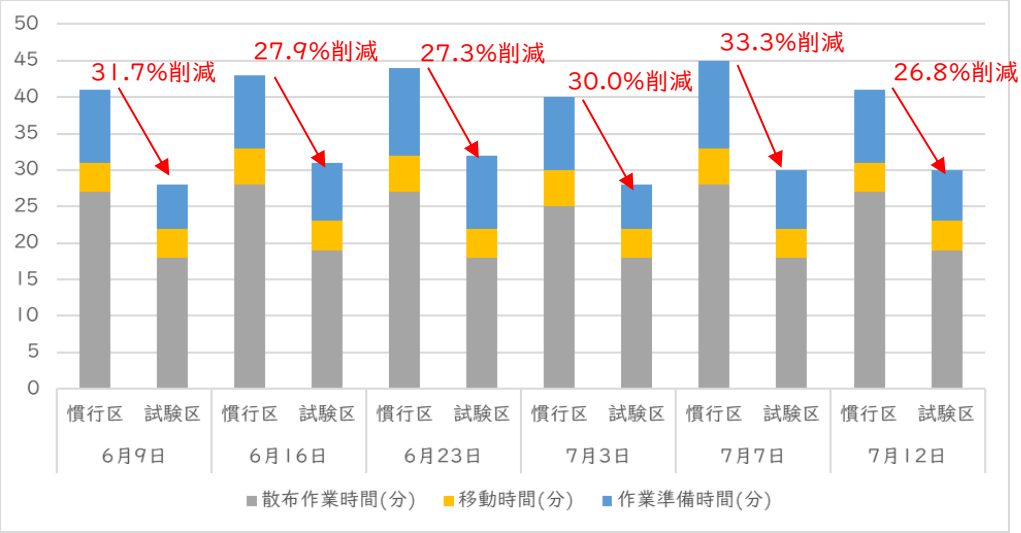


図1　小麦圃場ドローン防除作業時間比較（単位：分）

表1 小麦圃場ドローン防除実績

作業日	作物名・区分	面積(a)	全体作業時間(分)	散布作業時間(分)	移動時間(分)	作業準備時間(分)	削減率(%)
6月9日	慣行区	129	41	27	4	10	31.7
	試験区	129	28	18	4	6	
6月16日	慣行区	129	43	28	5	10	27.9
	試験区	129	31	19	4	8	
6月23日	慣行区	129	44	27	5	12	27.3
	試験区	129	32	18	4	10	
7月3日	慣行区	129	40	25	5	10	30.0
	試験区	129	28	18	4	6	
7月7日	慣行区	129	45	28	5	12	33.3
	試験区	129	30	18	4	8	
7月12日	慣行区	129	41	27	4	10	26.8
	試験区	129	30	19	4	7	
作業日	作物名・区分	面積(a)	全体作業時間(分)	散布作業時間(分)	移動時間(分)	作業準備時間(分)	削減率(%)
7月13日	慣行区	54	33	17	5	11	42.9
	試験区	62	19	10	3	6	
6月11日	慣行区	54	32	17	3	11	44.0
	試験区	62	18	10	3	5	
6月18日	慣行区	54	31	17	5	9	41.9
	試験区	62	18	10	3	5	
6月26日	慣行区	54	32	17	5	10	34.7
	試験区	62	21	10	3	8	
7月4日	慣行区	54	31	17	3	10	38.7
	試験区	62	19	10	3	6	

表2 大豆圃場ドローン防除実績

作業日	作物名・区分	面積(a)	全体作業時間(分)	散布作業時間(分)	移動時間(分)	作業準備時間(分)	削減率(%)
6月30日	慣行区	101.5	72	38	6	28	47.2
	試験区	101.5	38	18	4	16	
7月11日	慣行区	101.5	70	35	7	28	42.9
	試験区	101.5	40	18	4	18	
7月20日	慣行区	101.5	64	36	6	22	40.6
	試験区	101.5	38	18	4	16	
8月3日	慣行区	101.5	67	35	7	25	40.3
	試験区	101.5	40	18	3	19	
8月20日	慣行区	101.5	72	38	6	28	38.9
	試験区	101.5	44	19	3	22	
作業日	作物名・区分	面積(a)	全体作業時間(分)	散布作業時間(分)	移動時間(分)	作業準備時間(分)	削減率(%)
7月15日	慣行区	117	63	32	5	26	42.9
	試験区	117	36	18	3	15	
8月4日	慣行区	117	63	34	5	24	38.1
	試験区	117	39	18	3	18	
8月30日	慣行区	117	64	31	5	28	42.2
	試験区	117	37	18	3	16	

【効果事例】ドローンを用いた圃場センシングとそのデータ活用

圃場の生育状況を確認するには、現地の見回り巡回が必須である。農業者においては、定期的な見回り作業を実施しているが、耕作面積が大きい場合、飛地での農地保有の場合にはこの見回り作業が大きな負担となる。また、目視での確認から作物の状況を把握するには多くの知識が必要であり、経験年数の少ない農業者や新規作物を導入した農業者ではこれに対する対応が求められていた。

上記への対策として、人工衛星画像を利用し、作物の生育状況や刈取時期判断を行うサービスが提供されている。しかし、農業分野で利用する人工衛星画像の多くは光学センサを用いたものであり、これは太陽光の反射情報を衛星に搭載されるセンサで取得して画像化するものである。そのため、曇天時には地表面の情報を得ることができない。また、近年では高頻度撮影を行う人工衛星も存在するが、必要な時期に確実に雲のかからない画像情報を入手することが難しいものとなっている。

これへの代用として、曇天であっても雲の下を飛行するドローンにカメラを搭載し、人工衛星と同様の情報を高解像度で取得することが可能となっている。

特にカメラについて通常のカラー画像（波長帯：赤、緑、青）に加え、近赤外画像も取得可能であることから、正規化植生指標（NDVI：Normalized Difference Vegetation Index）に加工することで、作物の活性度を判断している。

この情報は追肥の散布箇所の重点化（可変散布）に用いられることが多い。

ドローンについては、回転翼型と固定翼型の大きく分けて2種類があり、一般的に回転翼型の方が固定翼型より安価である。しかしながら、一度の飛行（20分程度）で計測可能な面積は回転翼型（写真1）が1haから2haであるのに対して、固定翼型（写真2）は100haから200haとなり広範囲の情報を得ることが可能である。

写真1　回転翼型センシングドローン

写真2　固定翼型センシングドローン

(8) 水管理システム

水管理には、各圃場に赴く「水回り」作業を行い、「弁操作」を行うものである。「水回り」において、用水路、圃場の水位・水温、作物の生育状況を確認し、これに合わせ「弁操作」を行い、圃場内の給排水をするため、頻度も高く、圃場数が増加することにより、その作業負担は大きなものとなる。

近年では、ICTを利用した給排水の制御が可能となってきていることから、本内容では、水管理の作業軽減に資する技術について説明を行う。

(ア) これまでの作業軽減技術

・作業の軽減に向けて

従来は人力にて行なっていた作業の軽減に向け、「水回り作業の軽減」、「弁操作に係る作業の軽減」に対する技術が導入されてきた。

(図22) に示すように「水回り作業」の軽減においては、「水田センサ」を設置することによって、スマートフォンやパソコンにより情報を確認可能であることから、現地に赴き確認する作業を軽減することが可能となる。しかしながら、農地内で通信環境が整備されていることが必須となる。「弁操作」に係る作業の削減については、「自動給水栓」により、一定の水位を維持することは可能であるが、給水の停止、水位調整は手動で行うものとなる。

上記において、「自動給水栓」については、圃場内の過剰な給排水を抑止すると言った点では、作業負荷軽減に資するものではあるが、弁操作については農業者自身が行うため、大幅な作業量の削減とはなっていない。

写真 水田センサー(株式会社アマテルズ製 inamo)

写真 自動給水栓
(引用:「みんなの農業広場」(一社)全国農業改良普及支援協会HPより

「みんなの農業広場」(一社)全国農業改良普及支援協会HPより 「水田水管理に係る技術について」
URL:https://www.jeinou.com/benri/machine/2022/01/311310.html

図22 これまでの作業軽減技術

(イ) ICT (Information and Communication Technology) を用いた水管理

①機器の概要

上述のように、水管理に係る作業をさらに省力化するためには、現状の水田センサで得られる水位情報をもとに遠隔で弁操作が可能となることが必須である。

ICTを用いた水管理として、水田センサから得られる情報をもとに水田の給水バルブ、堰板を遠隔で制御する装置が実用化されている。

この装置は、複数の企業から販売されており、構成としては（図23）が一般的な内容となる。現地機器から得られる水位・水温情報がクラウドを経由してサーバ上に蓄積され、これが農業者へ開示される。農業者はこの情報を確認し、現地機器への作業指示を行う。この作業情報が現地機器に指示として送信されるというものである。

農業者は用水の水温を考慮し、弁操作を行うが、時には早朝、深夜になることも多い。そのため、作業時間以外に作業時間帯も大きな負担となっているが、この機器を用いることにより、水位を設定し、さらに給水タイミングについても指示することで、自動的に作業が行われることから、大幅に作業時間と肉体的負担を軽減することが可能なものである。

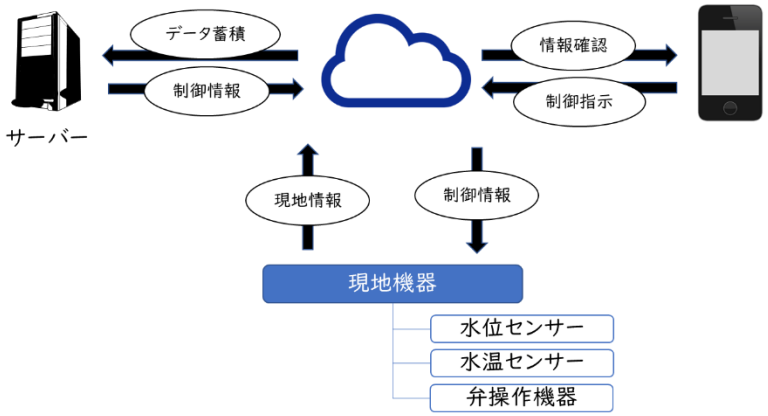


図23 ICTを用いた水管理概要

②ICTを利用した水管理システムの課題

非常に大きな作業時間の軽減が実現されるものである。これの導入において、いくつかの課題が挙げられている。

・導入コスト

導入コストは、製造会社により1機あたり数万円から100万円程度と大きく異なる。圃場への導入においては、筆数毎の設置となり、小区画かつ筆数の多い地域では導入機材が非常に多くなることから、コスト負担が大きくなってしまう。また、大区画圃場となっている箇所においては、1機の導入では給排水量が不足するため複数機材の設置が必要となる。

・冬季の機材管理

降雪地帯においては、冬季間の積雪による機材の損傷を防ぐため撤去もしくは囲いの設置が必要となる。そのため、毎年度、設置・撤去の負担が生じる。導入コストで記述したように導入数が多くなった場合には、これに要する費用についても無視することができない費用となることが考えられる。

・通信環境

ICTを利用した水管理システムでは、圃場に設置されている機材からの情報を受ける基地局を敷設し、サーバとの情報送受信が必要である。また、基地局が不要である機材については、個別にサーバとの情報送受信が必要となる。これらの通信においては、携帯電話通信網が利用されている。そのため、携帯電話を利用できない箇所では、同システムを設置利用することが困難となってしまう。

この点から、設置においては、通信環境についても留意することが必要となる。

（ウ）今後について

現在、多くのメーカーからICTを利用した水管理システムが販売されており、水位水温情報以外にも気象情報や生育予測情報も併せて確認可能なサービスも開始されている。最も懸念されるのは通信環境であるが、この通信環境については、ロボットトラクター、自動アシストコンバイン、GNSSガイダンスシステムを利用するにおいても補正信号を得るために必須であることから、今後の対応策が検討されている。

そのため、このような水管理システムは今後も利用可能な地域も拡大することが想定される。農家人口が減少し、1個あたりの耕作面積も増加する中、作業時間の軽減は必須であり、本システムはそれに貢献する大きな技術である。

【効果事例】水管理システムを活用した作業軽減効果（岩見沢市）

スマート農業加速化実証プロジェクト（令和元年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）では、水位水温センサ及び自動給水弁を設置した場合の作業軽減率について実証・試算を行った。

[水位水温センサ]

・水位水温センサによる平均の作業時間削減割合は36.5%となる。

水田圃場（生産者A：31面のうち18面、生産者B：7面のうち5面）に水位・水温センサを設置。

・作業日報より、水田見回り回数及び作業時間を集計し、見回りのみの作業時間を集計。

・見回りのみの時間について、水位水温センサを導入することで、圃場の情報をPC、スマホで確認できるので圃場までの移動時間を削減することが出来る。

・水位水温センサが全水田圃場に設置され、現地見回りを週一回とし、それ以外については、衛星およびドローンセンシングの植生活性度マップを活用し、PC、スマホで確認することで巡回回数を削減した場合の合計作業時間を算出。

・弁開閉も含めた見回り時間に算出した見回り作業時間を加えた総時間を水管理時間とする。

・これにより、生産者Aでは、1,460分から831分への短縮となり、43.1%の時間削減となる。

また、生産者Bでは、1,840分から1,290分への短縮となり、29.9%の時間削減となる（図1）。

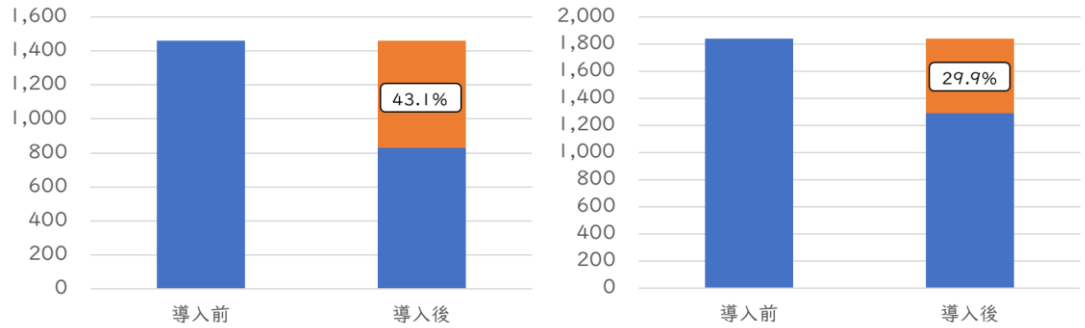


図1　作業時間の変化（左）生産者A、（右）生産者B（単位：分）

表1　水田見回り集計及び1圃場あたりの弁操作時間

生産者	日数	回数	総時間(分)	1回あたり時間(分)（全圃場周回：軽トラ利用）	対象圃場面数	弁開閉回数(回)	1圃場あたりの弁開閉時間(分)
A	39	44	1,460	39.7	31	14	3.5
B	57	112	1,840	16.4	7	66	16.5

表2　見回りのみ作業時間

生産者	弁開閉も含めた巡回時間（分）	巡回のみ回数	巡回のみ移動時間（分）
A	499	30	961
B	1,079	46	761

表3　水位水温センサを全圃場に導入した場合の水管理時間

生産者	PC・スマホ確認（1.0分）	見回り（現地、週1回）	見回り回数	合計時間	弁開閉も含めた巡回時間（分）	総時間(分)
A	30	302	9	332	499	831
B	46	165	10	211	1,079	1,290

[自動給水弁]

・自動給水弁装置による平均の作業時間削減割合は75.7%となる。

・水田圃場（生産者C：10面のうち2面、生産者D：12面のうち2面）に自動給水弁装置を設置。

・作業日報及びヒアリングにより、水田見回り回数及び時間を集計し、1圃場あたりの弁操作時間を試算。

・自動給水弁装置が未導入の場合に全圃場の弁開閉操作にかかる時間を実測より算出。
・自動給水弁装置が全水田圃場に設置され、現地見回りを週一回とし、それ以外については、衛星およびドローンセンシングの植生活性度マップを活用し、PC、スマホで確認することで巡回回数を削減した場合の総作業時間を算出。
・巡回作業時間については、生産者Cでは58.3%、生産者Dでは54.9%の削減効果が示される。
・これに加え、弁操作自動化されることより、生産者Cでは、1,477分から365.5分への短縮となり、75.3%の時間削減となる。また、生産者Dでは、1,493分から356.5分への短縮となり、76.1%の時間削減となる（図2）。

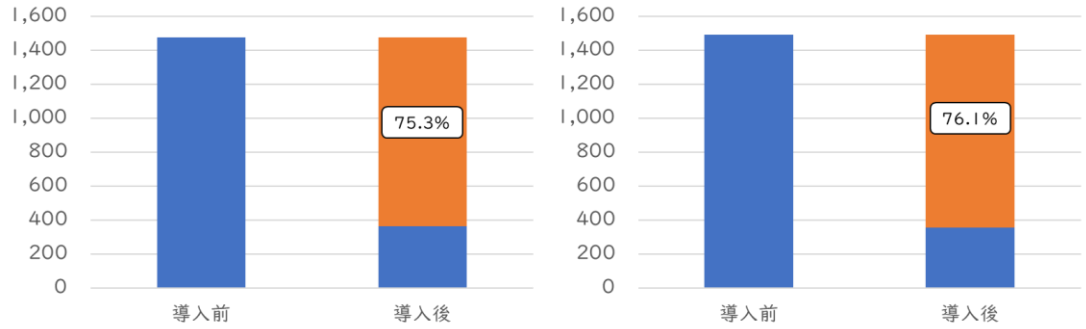


図2 作業時間の変化（左）生産者C、（右）生産者D（単位：分）

表4 水田見回り集計及び1圃場あたりの弁操作時間

生産者	日数	回数	総時間(分)	1回あたり時間(分)（全圃場周回：軽トラ利用）	対象圃場面数	弁開閉回数(回)	1圃場あたりの弁開閉時間(分)
C	78	123	1,477	12.0	8	48	12
D	89	131	1,493	11.5	10	54	13.5

表5 自動給水弁装置未導入時にかかる全圃場の弁操作時間

生産者	対象圃場数	弁開閉移動時間	弁開閉時間	移動+弁開閉時間
C	10	480	120	600
D	12	540	162	702

表6 自動給水弁装置を全圃場に導入した場合の水管理作業時間

生産者	PC・スマホ確認（1.5分）	見回り（現地、週1回）	見回り回数	合計時間
C	184.5	181	15	365.5
D	196.5	160	14	356.5

(9) ハウス管理システム

ハウス管理について、ここでは農業用ビニールハウスおける管理作業について説明する。

ビニールハウスは外部気象環境をできるだけ切り離し、栽培する作物に適した環境を維持することが目的であり、ハウス内の気温、湿度、水分量などを調整することが重要となる。

従来、ハウス内温度管理のための側窓の開閉や潅水による水管理作業は現地で行う必要があったが、スマート農業技術の導入により、現地へ行かなくてもスマートフォンを利用した遠隔操作での管理作業が可能となっている。

これにより、作業時間削減とともに収量・品質への好影響も期待できる。

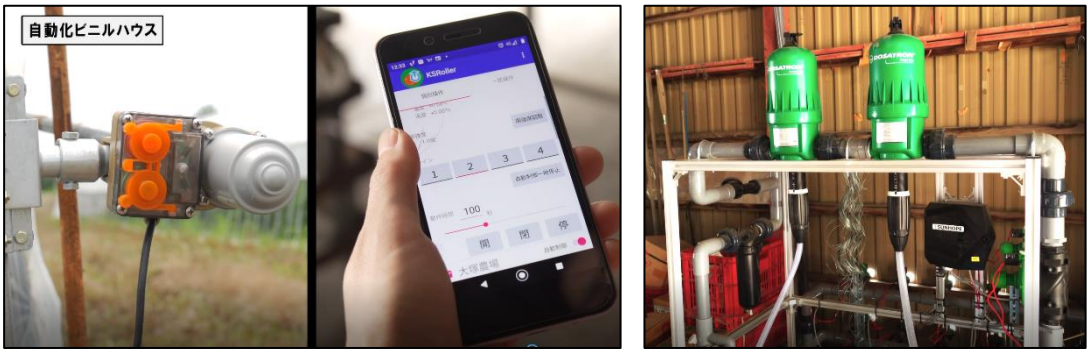


図24 (左) 側窓自動開閉システム、(右) 自動潅水システム

【効果事例】ハウス用管理システム導入による作業時間削減と収量・品質向上効果(当別町)

スマート農業加速化実証プロジェクト(令和2年度:国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構)において、ハウス栽培のトマトときゅうりでの側窓自動開閉システム、温湿度センサおよび自動潅水システムの導入による作業時間削減、収量・品質(トマト糖度)向上を目標とする実証を行った。

・通年での作業時間は、きゅうり、トマト共に概ね30%削減された(図1)。

・ビニールハウス内に温湿度センサを設置し、センサが取得した情報をスマートフォンで確認の上、側窓の自動開閉が可能となるシステムを導入した。

・自動灌水システムの遠隔操作により、ハウス管理作業時間を削減し、作物(トマト・きゅうり)の収量・品質(糖度)を向上させる。

・流量計を設置し、灌水量を数値化することできめ細かい灌水管理を行った。それにより生理障害の出ない範囲で糖度を上げることができ品質の向上が実証された(図2)。

・6月は気温が全体を通して冷涼であり、トマトの成熟には気温が低かったが、試験区では生育が良好となり、管理作業に大幅に時間を取られたことから作業時間が他の月より一桁高かったため外れ値として扱うこととした。

・8月から9月にかけては猛暑となり、多量の灌水が必要となり慣行区・施工区ともに節水ができず、自動ハウスの効果が現れなかった。またハウスの細かい制御による糖度向上よりも、

乾燥を防ぐことで収量を優先する経営判断を取った。

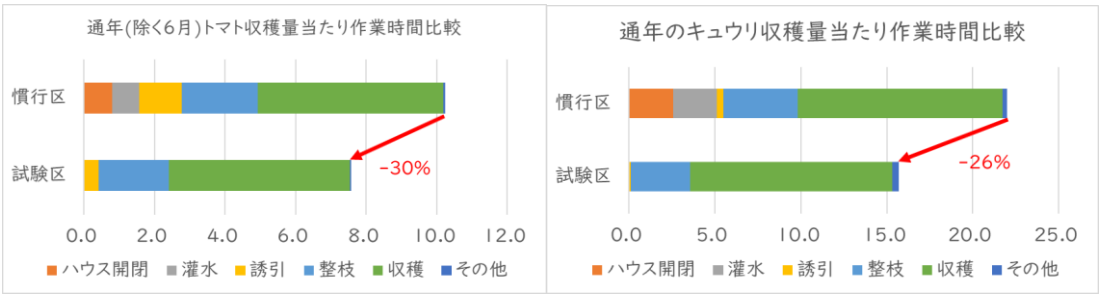


図1 ハウス作業の作業時間削減率（通年）（単位：分/kg）

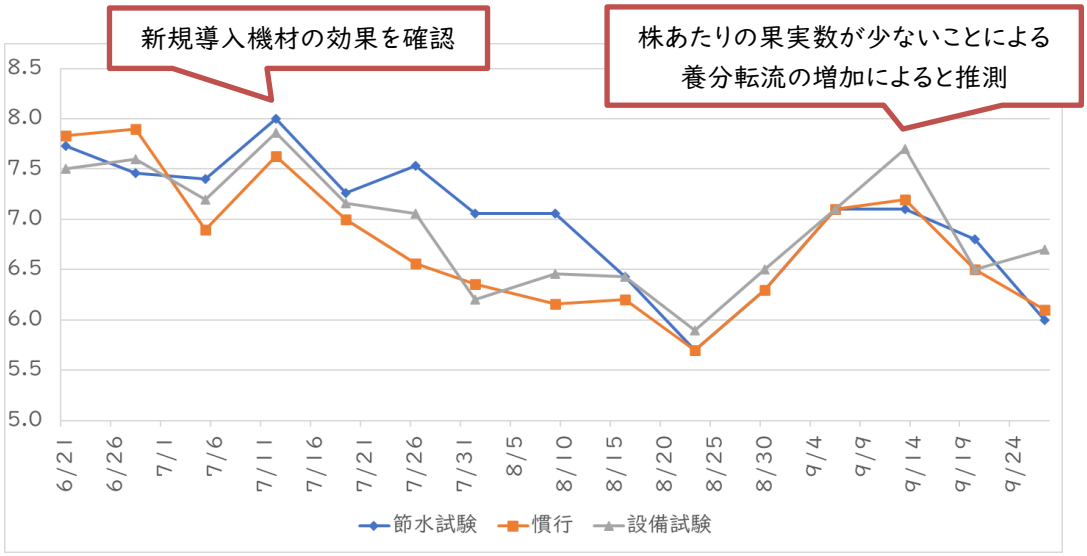


図2 トマト糖度の比較（単位：糖度）

（10）気象情報利用

気象情報については、アメダス（AMeDAS：Automated Meteorological Data Acquisition System：地域気象観測システム）が一般的であるが、観測所の設置場所は地域の代表地点であり、地形によって異なる気象状況の把握にそぐわない場合がある。

気象情報を正しく利用するためには、地域の地形に応じた気象観測が重要となる。

ここでは北海道岩見沢市が運営している気象情報の農業利用に関するサービスを事例として紹介する。

市内の地形に応じた13か所に気象観測機器を設置し、インターネットを通じてクラウド上に気象観測データを集めている（図25）。

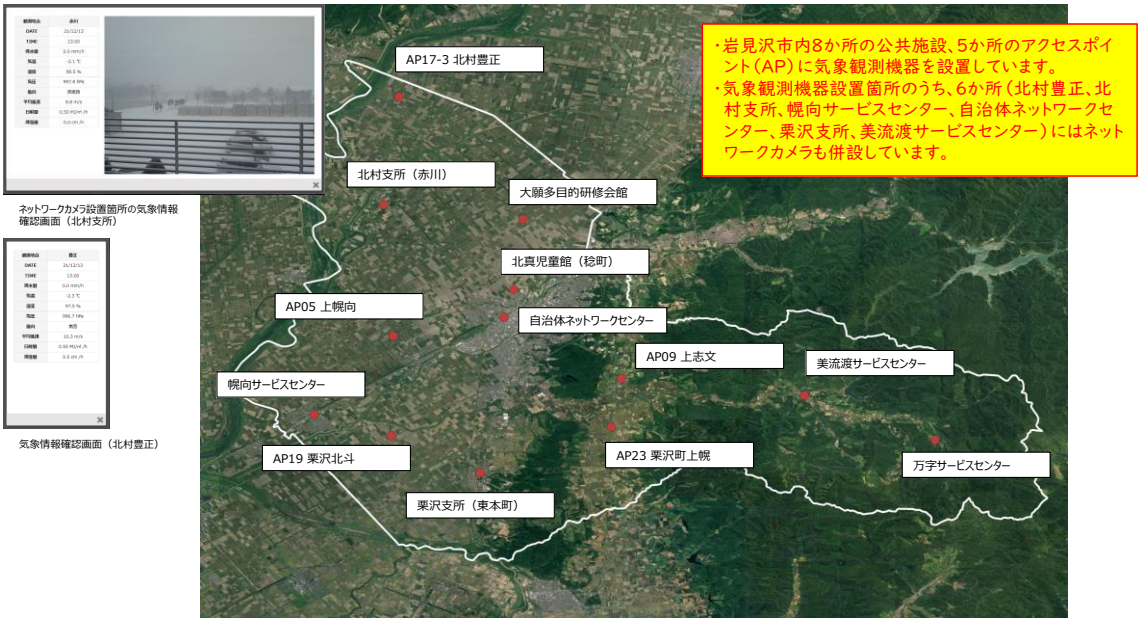


図25 気象観測機器設置位置

気象観測データは、WEBサイトで確認することができるほか、観測地点の「天気予報」では、1時間ごと、1日ごと、1週間ごとの予報を見ることができ、さらに一部の箇所ではウェブカメラで現地の様子を確認することができる。

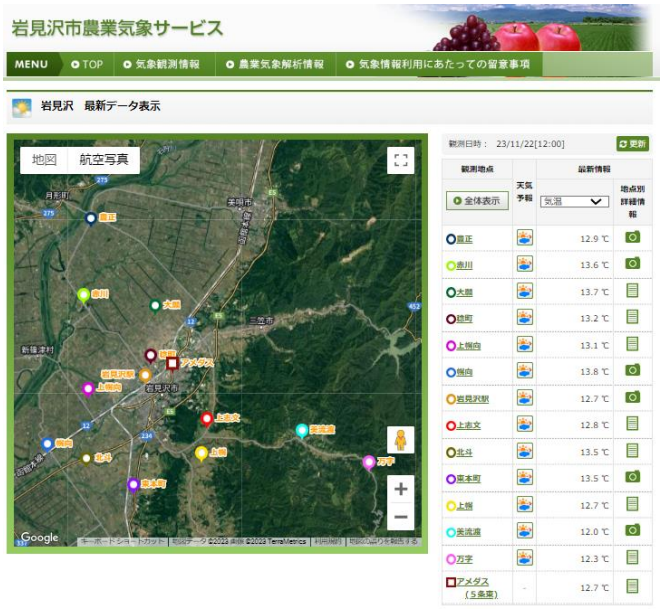


図26 サービスWEBサイト

当該サービスでは、収集された気象観測データから生育予測、病害虫発生予測、融雪促進適期予測、積算温度予測、栽培管理といった農業支援にかかわるメニューを配信している。

配信情報は、50mメッシュで色分けされ地図に表示することで、生育状況の到達度や病虫

害発生の危険性を数字だけではなく、視覚的に把握できるようになっている。

配信メニュー	配信時期
水稲の葉いもち病発生予測	6月下旬~8月上旬
水稲のカメムシ成虫最盛期予測	6月上旬~8月下旬
水稲の幼穂形成期・出穂期・成熟期予測	6月上旬~9月上旬
水稲の水田水温予測	7月中旬~8月上旬
水稲の収量予測	8月上旬~9月上旬
小麦の開花始め・成熟期予測	6月上旬~8月中旬
小麦の穂発芽（低アミロ耐性）予測	7月下旬~8月中旬
小麦の収量予測	6月上旬~8月上旬
玉葱の病害予測（べと病と灰色かび病）	6月上旬~8月下旬
玉葱の軟腐病予測	7月中旬~8月上旬
融雪促進適期予測	2月中旬~3月上旬
大豆の開花期・成熟期予測	6月中旬~10月下旬
デントコーンの雄穂抽出期・黄熟期予測	6月中旬~10月下旬
栽培管理（スケジュール作成）	4月上旬~11月下旬
積算温度予測	4月上旬~11月下旬

・表示されるマップには、配信情報毎に段階設定を行い、50mメッシュで色分けをして表示されます。
・地点登録を行った際の基準点におけるアクセス時の予測情報も数字で表示されます。
・基準点における週間予測も表示されます。

図27 サービス配信メニューと表示画面例

また、農家が自分の圃場を登録することで、登録した圃場地点を中心とした配信メニューの50mメッシュの表示、積算温度予測をすることができる。

・圃場形状が分かる程度まで地図を拡大し、圃場中心に十字のマークを合わせます。
・登録する圃場に任意の名称を入力し、「登録」ボタンを押します。
・登録が完了すると、圃場一覧に設定した圃場名称が追加されます。

図28 圃場登録入力画面

水稲栽培向けの配信メニューを例とすると、以下の5つ項目を配信している。それらの項目について説明する。

表3 水稲栽培向け配信メニュー一覧

配信メニュー	配信時期	判定材料	情報活用方法
水稲の葉いもち病発生予測	6月下旬~8月上旬	降水量、気温、湿度、日照時間、葉面温度、露点温度	予測情報を基とした防除計画の立案、作業実施
水稲のカメムシ成虫最盛期予測	6月上旬~8月下旬	気温	予測情報を基とした防除計画の立案、作業実施
水稲の幼穂形成期・出穂期・成熟期予測	6月上旬~9月上旬	降水量、気温、湿度、日射量	予測情報を基としたに次作業（防除や水管理）計画の立案、作業実施
水稲の水田水温予測	7月中旬~8月上旬	気温、日射量	予測情報を基とした巡回優先度の決定
水稲の収量予測	8月上旬~9月上旬	降水量、気温、湿度、日射量	収穫時期の目安 収穫する圃場の順番検討

（ア）葉いもち病発生予測

降水量、気温、湿度、日照時間、葉面温度、露点温度から感染危険日を判定し配信する。配信期間は6月下旬から8月上旬までとなっており、表示した時点での病気の発生予測を地図上に50mメッシュサイズで表示する。また、表示日の前後1週間の予測情報から防除作業の日程、順番を決める指標となる。

従来、各自やJA、改良普及センターが行っている現地での生育確認だけではなく、登録いただく圃場における気象情報での予測情報を基とした防除計画を作成、実施することが可能となる。

図29 葉いもち病発生予測表示画面

（イ）カメムシ成虫最盛期予測

気温から成虫最盛期に達するまでの有効積算温度を判定し配信する。配信期間は6月上旬から8月下旬までとなっており、表示した時点での病気の発生予測を地図上に50mメッシュサイズで表示する。また、表示日の前後1週間の予測情報から防除作業の日程、順番を決める指標となる。

従来、各自やJA、改良普及センターが行っている現地での生育確認だけではなく、登録いただく圃場における気象情報での予測情報を基とした防除計画を作成、実施することが可能となる。

図30 カメムシ成虫最盛期予測表示画面

（ウ）幼穂形成期・出穂期・成熟期予測

降水量、気温、湿度、日射量から各生育期の達成予想日を配信する。配信期間は6月上旬から9月上旬までとなっており、表示した時点での予測日を地図上に50mメッシュサイズで表示する。また、表示日の1週間前までの予測情報を確認することができる。

各生育期での作業の指標として利用できる。

各期（幼穂形成期、出穂期、成熟期）の予測情報を基に、次の作業（防除や水管理）の計画作成を行うことができる。

図31 幼穂形成期・出穂期・成熟期予測表示画面

（エ）水田水温予測

気温、日射量の気象観測情報と天気予報情報をからシミュレーションした水田水温予測を配信する。配信期間は7月中旬から8月上旬までとなっており、表示した時点での水温予測を地図上に50mメッシュサイズで表示する。また、表示日の前後1週間の水田水温、気温、水田水温と気温の温度差について予測情報を確認することができる。

水田の水管理作業での優先順位を決める指標として利用できる。

現地での水管理作業の指標として活用することで、水管理に回る圃場の優先度を決めることができ、効率的な作業へとつながる。

図32 水田水温予測表示画面

（オ）収量予測

降水量、気温、湿度、日射量から収量を予測し配信する。配信期間は8月上旬から9月上旬までとなっており、表示した時点での予測収量を地図上に50mメッシュサイズで表示する。また、表示日の1週間前までの予測情報と平年値比較を確認することができる。

収穫作業の時期、刈取圃場の順番を決める指標として利用できる。

収穫時期の目安、収穫する圃場の順番検討の資料として活用可能。

図33 収穫予測表示画面

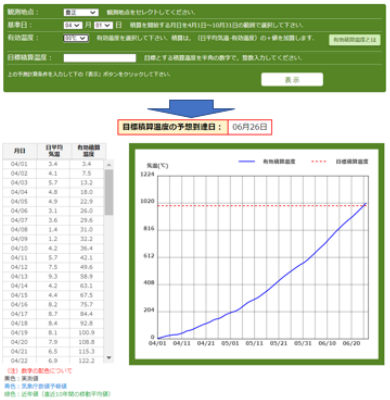
他にも、作物の生育ステージと積算温度の相関関係から、生育ステージ判断指標として積

算温度予測を配信している。配信期間は4月上旬から11月下旬までとなる。

積算気温を確認したい観測地点または登録した圃場地点を選び、積算を開始する月日（播種日、移植日）、有効温度（生育に必要な最低温度）、目標積算温度を入力すると、積算開始日から目標積算温度到達までの予想日が、数値とグラフで表示される。

目標積算温度到達までの予想日は、市内13か所に設置する気象観測機器が取得する実測値、気象庁が発表している数値予報値、直近10年間の移動平均値による近年値を用いて推定している。

・配信メニューの「積算温度予測」を選択します。



・積算温度の計算を行うにあたり、観測ポイントの選択、積算のもととなる基準日、有効積算温度、目標積算温度を入力し、「表示」を押します。
・設定条件で計算した結果が数値とグラフで表示されます。
・実測値のほか、気象庁の予測値、近年値（直近10年間の移動平均値）を表示しています。

図34 積算温度予測表示画面

さらに、登録した圃場に生育ステージ情報を記録することで、登録した圃場地点の生育ステージ予測精度を向上させることが可能である。

図35 登録圃場への生育ステージ情報入力画面

【効果事例】 単点での気象観測情報を用いた生育状況の確認(当別町)

スマート農業加速化実証プロジェクト（令和2年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）において、対象とする圃場の近くに気象観測機器を設置し、得られた気象情報から積算温度グラフを作成しWEBサイトで確認できるシステムを構築した（図1）。

システムでは、作物ごとに各生育ステージでの積算温度を平年値と比較して確認できるため、その年の生育時期の予想ができ作業計画を立てやすくなった。

・令和3年度産秋まき小麦（品種ゆめちから）で4/5を起算日とした場合の積算温度のグラフを（図2）に示す。
・令和3年度は、7月から晴れが多く、気温も高かったので、平年値に比べて、成熟期・収穫期が早まっていることが確認できた。実際の刈取も平年より早く行われている。
・実証参画生産者より次のような評価を受けている。
①外部委託費用の削減という観点では、作物の水分量確認のために圃場を頻繁に確認せずに作業時期の目処がつけられる。通常、刈り取りのための清掃・段取りに外注で2～3人の人員を三日程度必要とするので、9万円ほどのコストがかかる。生育ステージの推定が不正確

な場合、長期間外注することになりコスト増となるが、それを防ぐ効果がある。
②出穂期についても同様に防除のタイミングが正確となり、人員配置のスケジュールがつけやすくなり、無駄なコスト増加を防ぐ効果がある。
③近隣地域のアメダス情報からJAが提示する生育時期は、生産者の地域と数日の違いがあり、気象観測機器を設置することで、正確な生育時期がわかり、上記のコスト増加を防ぐことが出来た。

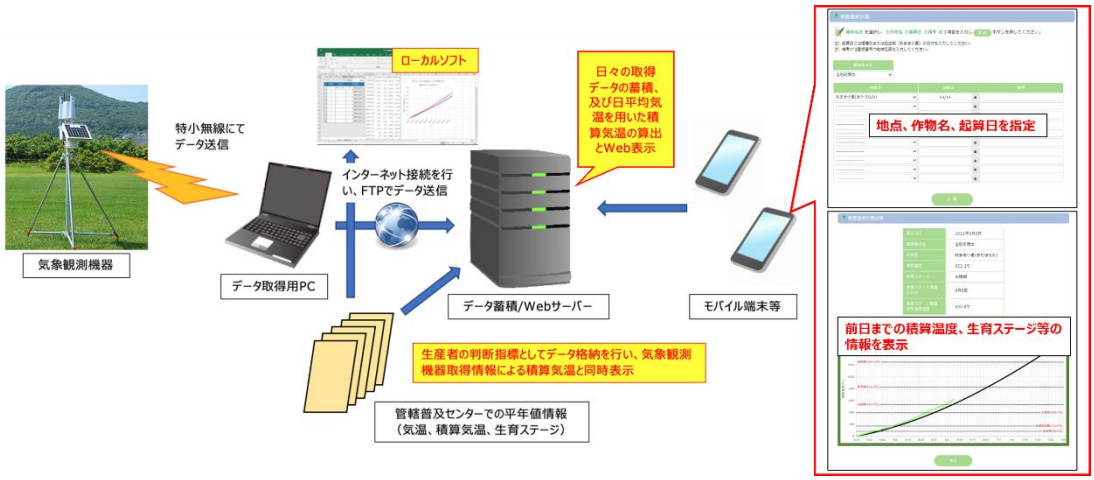
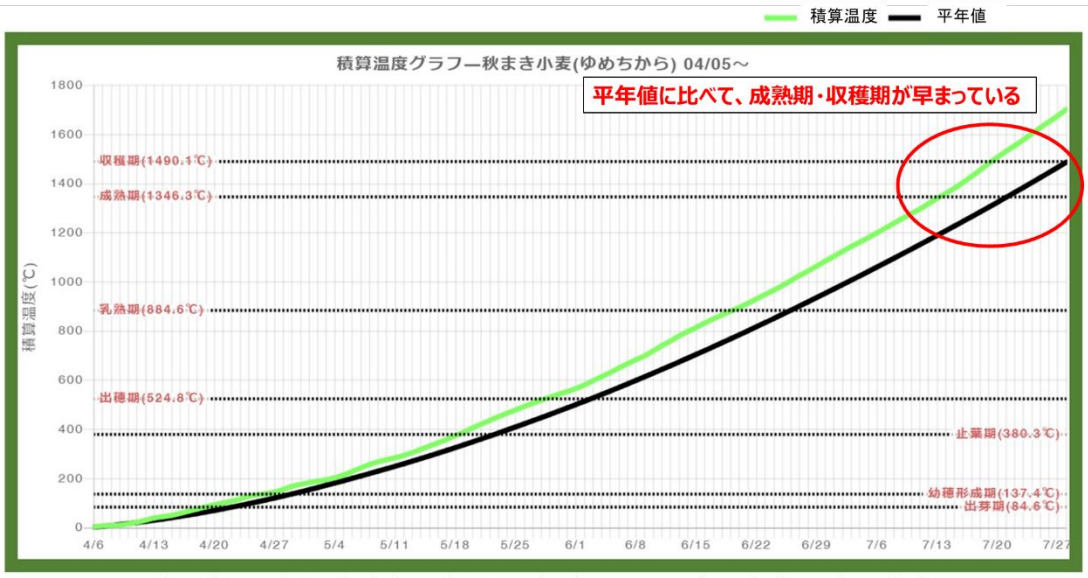


図1　積算気温自動計算システムイメージ



藤原農場　令和3年度産　秋まき小麦（ゆめちから）　起算日4/5で作成

図2　積算気温グラフ　令和3年度産秋まき小麦（ゆめちから）

（11）衛星リモートセンシング

農地の広域な情報を得る手段として、近年では人工衛星やドローンを利用したセンシング、すなわちリモートセンシングの活用がなされている。

ここでは、人工衛星を利用した衛星リモートセンシングについて取り上げる。

人工衛星には可視光や赤外線を観測する「光学センサ」や、マイクロ波を使った「レーダ」などのセンサが搭載されている。光学センサは雲や霧によって観測が妨げられるという短所もある。光学衛星は色情報であるのに対して、レーダは対象物から得られる反射情報を加工する必要がある一方、雲の影響を受けにくく、水分情報の取得に適していると言われている。

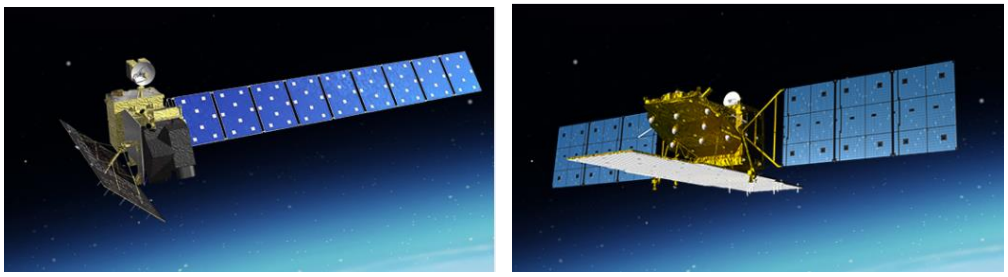


図36 （左）光学衛星、（右）合成開口レーダ衛星
（引用：JAXA ALOS利用推進プロジェクトホームページより、
URL：https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/index_j.htm）

近年では、衛星の数が増えたこともあり、「観測頻度の向上」や「短時間でのデータ配信」が実現しており、毎日同じ箇所の情報を得ることも可能となっている。また、単に衛星画像を販売・配信するだけでなく、刈取時期判断資料や可変施肥マップの提供といったサービスも行われている。

図37 衛星画像を用いた営農支援サービス例
（引用：営農支援サービス天晴れ HPより、国際航業株式会社 URL：https://agriculture.kkc.jp/）

よく用いられるのは、光学衛星画像の赤色情報と近赤外情報を利用したNDVI（Normalized Difference Vegetation Index）という値である。これは、植生の活性が高い場合には大きな値を示すもので、数値が低い場合には刈取時期、もしくは肥料不足・病虫害感

染を判断するものとして利用されている。
　特に近年用いられているのは、圃場内のNDVIの値により、値の低い箇所と高い箇所で施肥量を変更する可変施肥が挙げられる。

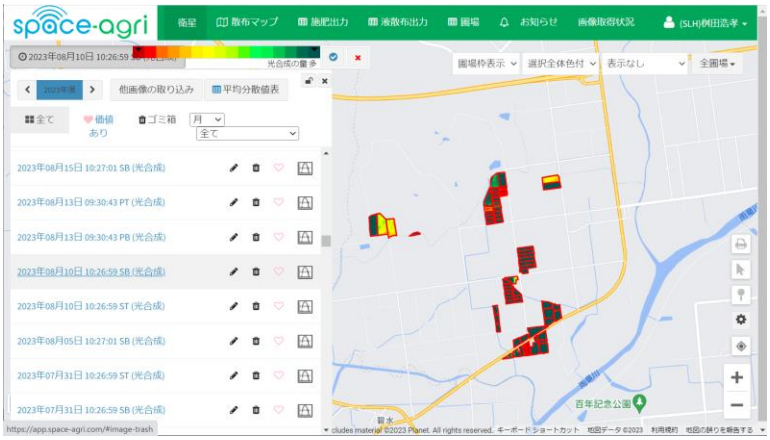


図38 衛星リモセンデータ配信サービス例

【効果事例】NDVI画像の利用による可変散布（岩見沢市）、スポット散布の実施（沼田町）
　衛星リモートセンシングによる圃場内NDVI画像を利用し、肥料散布時の施肥量を調整することで、資材量の削減と生育不均一性の改善を行う。

<植生指数（植生指標）>
　農業分野でよく用いられる数値として、近赤外と可視光の赤との差を両者の合計で割って算出する「正規化植生指数（NDVI）」がある。NDVIは算出された数値が−1から＋1の範囲に収まるので使いやすい指数である。
　散布に用いる機器として、可変施肥機能のあるブロードキャスターと農薬散布用ドローンを利用した事例について紹介する。

[ブロードキャスター]
　スマート農業加速化実証プロジェクト（令和元年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）において、水稲移植での基肥及び水稲直播での基肥、追肥に可変散布機能を持つブロードキャスターでの可変散布を実施することで、資材量の削減、収量向上と生育不均一性の改善を目標とした実証を行った。

・水稲の可変散布の肥料施肥量について、標準施肥量からの資材量削減割合を（表1）に示している。最大で20%を超える施肥量の削減が可能であった。
・収量については（図1）に示すように可変散布実施圃場では慣行圃場に比べ、平均12%の増収となっている。タンパク値においても、（図1）のように慣行圃場と比べ、値が減じている。
・生育不均一性の改善について、可変散布実施後の衛星リモートセンシングによる圃場内NDVI値

の度数分布グラフから、慣行圃場よりも生育ムラが小さいことが確認された（図2）、（図3）。

表1　可変散布実施による資材量削減実績

作物名	面積(a)	工程	使用資材	標準施肥量基準(kg/10a)	標準施肥量(kg)	実績値			次年度以降散布予定量		
						散布実績量(kg)	資材削減割合(%)	平均(%)	散布量(kg)	資材削減割合(%)	平均(%)
水稲直播①	123	基肥	BB008LPS	30	369.0	364.1	1.3	4.7	305.1	17.3	24.3
	100				300.0	302.5	△ 0.8		251.2	16.3	
	123	追肥	尿素	10	123.0	130.0	△ 5.7		96.8	21.3	
	100				100.0	76.0	24.0		57.8	42.2	
水稲移植①	57	基肥	有機入り化成肥料14-14-14	30	171.0	161.5	5.6	5.6	145.5	14.9	14.9
水稲移植②	71	基肥	BB050	40	284.0	285.0	△ 0.4	△ 0.4	266.8	6.1	6.1
水稲直播②	70	追肥	硫安	20	140.0	140.6	△ 0.5	△ 0.5	122.8	12.3	12.3
水稲移植③	37	追肥	BB343	40	148.0	124.2	16.1	18.3	124.2	16.1	18.3
	41				164.0	130.4	20.5		130.4	20.5	

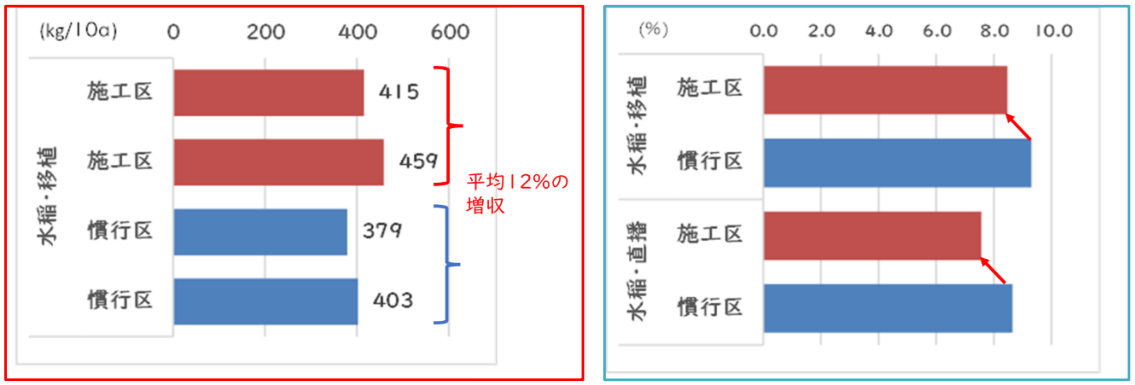


図1　可変散布実施圃場と慣行作業圃場の比較(左)収量、(右)タンパク値

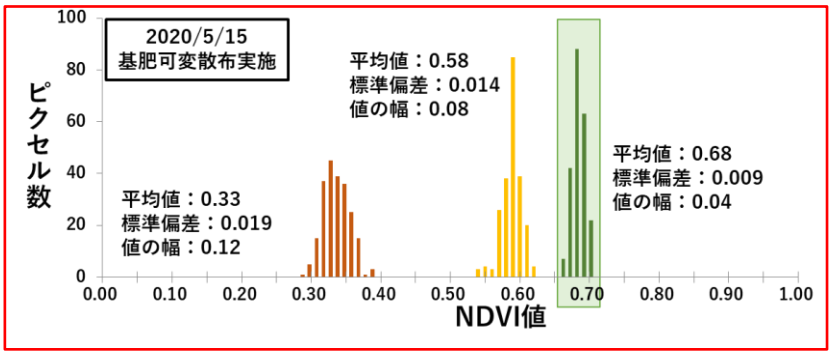


図2　可変散布実施圃場（水稲移植③）NDVI値の度数分布

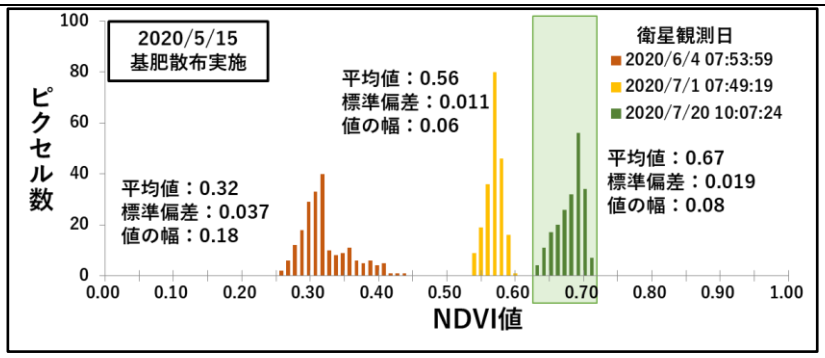


図3 慣行散布圃場NDVI値の度数分布

[ドローンスポット散布]

従来、可変散布については、高額な可変施肥機を導入する必要があったが、農薬散布に用いるドローンを活用し、肥料を局所（スポット）散布することで可変散布と同様の効果を得ることが考えられる。

スマート農業実証プロジェクト（令和4年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）おいては、秋小麦の3回の追肥作業の内、1回を生育不良箇所へのドローン利用スポット散布を実施することで資材費の削減を行うとともに生育不均一性の改善を目標とする実証を行った。

・スポット散布による165aの資材投下量は5.0kg/10a、散布面積165a のうち31.5aで15.75kgの散布量であった。圃場面積165aでの一様散布とした場合、資材散布量は82.5kgとなり、スポット散布による資材削減量は81%となった。
・また、秋小麦の基肥1回、追肥3回の内、追肥1回をスポット散布とした場合、秋小麦圃場における資材削減量は20%となる。
・自動アシストコンバインにて刈取作業を実施した結果では、スポット散布をした圃場の収量は346kg/10aであり、慣行圃場では395.6kg/10aとなった。
・なお、製品出荷時の計測では、スポット散布をした圃場で収量442kg/10a、歩留まり95.5%、慣行圃場では収量448kg/10a、歩留まり89.0%であり、ムラ改善、品質向上の効果があったと考えられる。

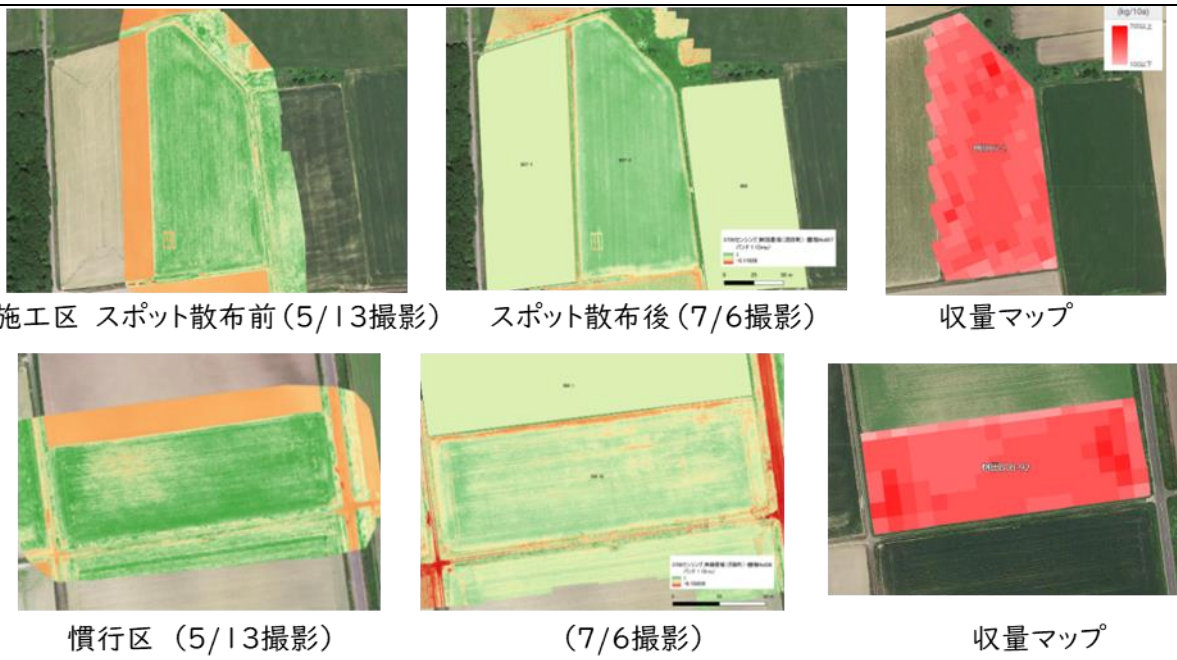


図4 スポット散布実施前後NDVI画像と自動アシストコンバインによる収量マップ

（12）営農支援システム

営農管理については多くの会社からサービスが提供されている。これは、圃場区画別に作物栽培履歴を記録することで、当該年度の収量に対するコスト集計を行うことで農家経営の資料とすることや、作業状況の共有による農業法人内の作業管理に用いるということが挙げられる。

①圃場管理

多くの圃場管理には労力を要するが、営農支援システムでは圃場名、面積、などを一元的に管理する。パソコンやスマホのどちらででも管理可能である。画面はグーグルマップなどの電子地図背景として表示され、所有者や作物ごとに区画の色を設定することができることが多い（図39）。

図39 圃場管理画面（PC）

②作業記録

繁忙期の誌面での記録には時間を要する。営農支援システムではパソコンやスマホでクリック操作を行うのみで情報記録が可能となる。

作業時間や作業項目、圃場の場所などから絞り込むことやExcelのデータとして出力することも可能になっている（図40）。

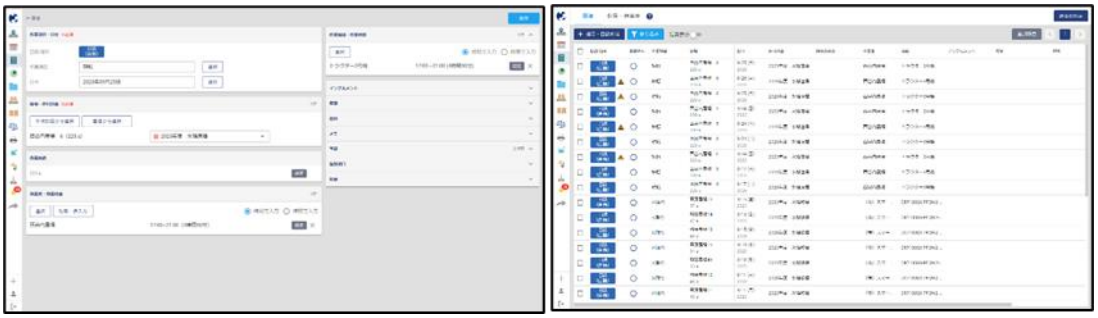


図40 （左）作業日誌入力画面（PC）、(右)栽培日誌確認画面（PC）

③作業進捗確認

圃場が多数に渡る場合、作業進捗状況を管理者が確認、作業者間で共有することで、作業漏れやミスの発生を防ぐことができる。

また、同時に作業進捗も入力可能であり、リアルタイムに全体の進捗状況に反映されることになる（図41）。

図41　作業進捗表示画面

④作付計画

営農支援システムには、「作付計画」という機能が付加されているものもあり、そこでは資材費の試算も可能である。作付面積と、使用予定の資材および購入費を計算して費用の試算を行うことができる。

営農支援システムの持つその他の機能としては、「農機との連携」が挙げられる。営農支援システムと連携可能なトラクターやコンバインやドローンなどの農業用機器を開発しているメーカーもある。

圃場にいる対応農機からそれぞれの位置情報や稼働情報、刈り取りした作物のタンパク値や収量の測定情報などが営農支援システムに送信される。逆に営農支援システムで設定した肥料設定を対応農機に送信して、作業中のトラクターに設定に沿って肥料を散布させることも可能となっている（図42）。

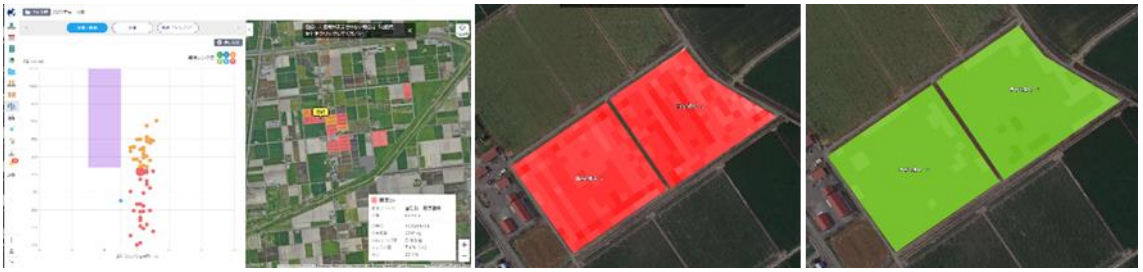


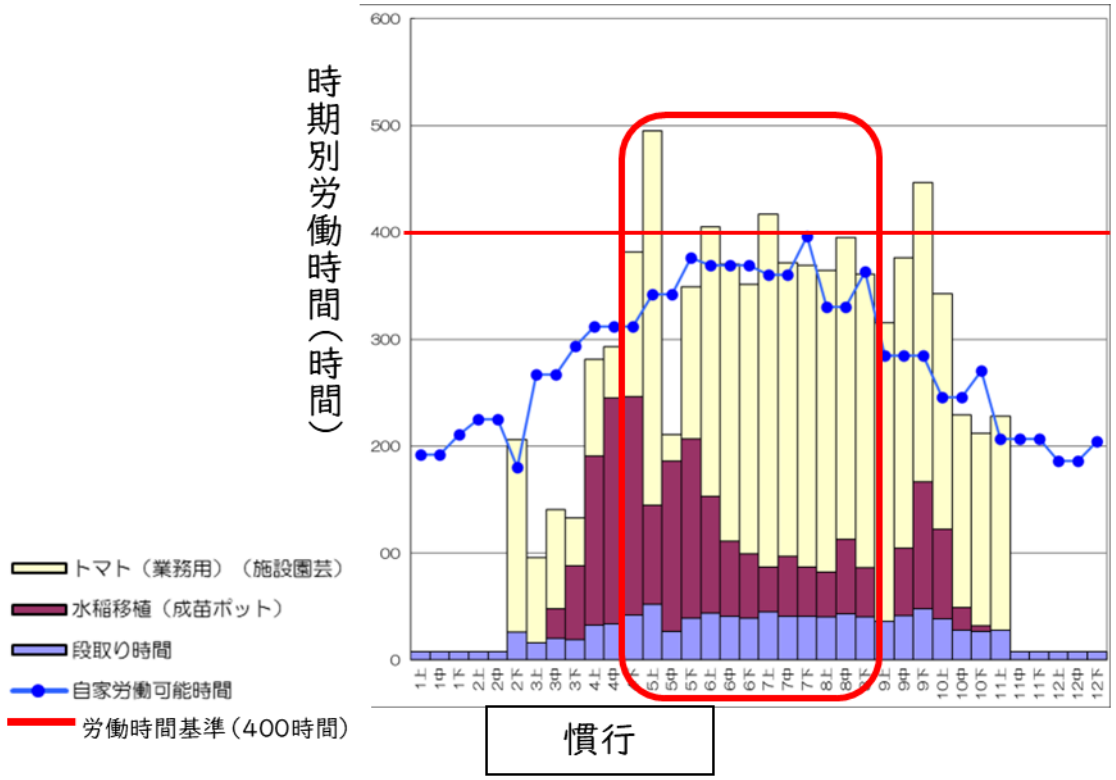
図42　対応農機から送信された収量、タンパク値情報の表示画面

【個人経営体】

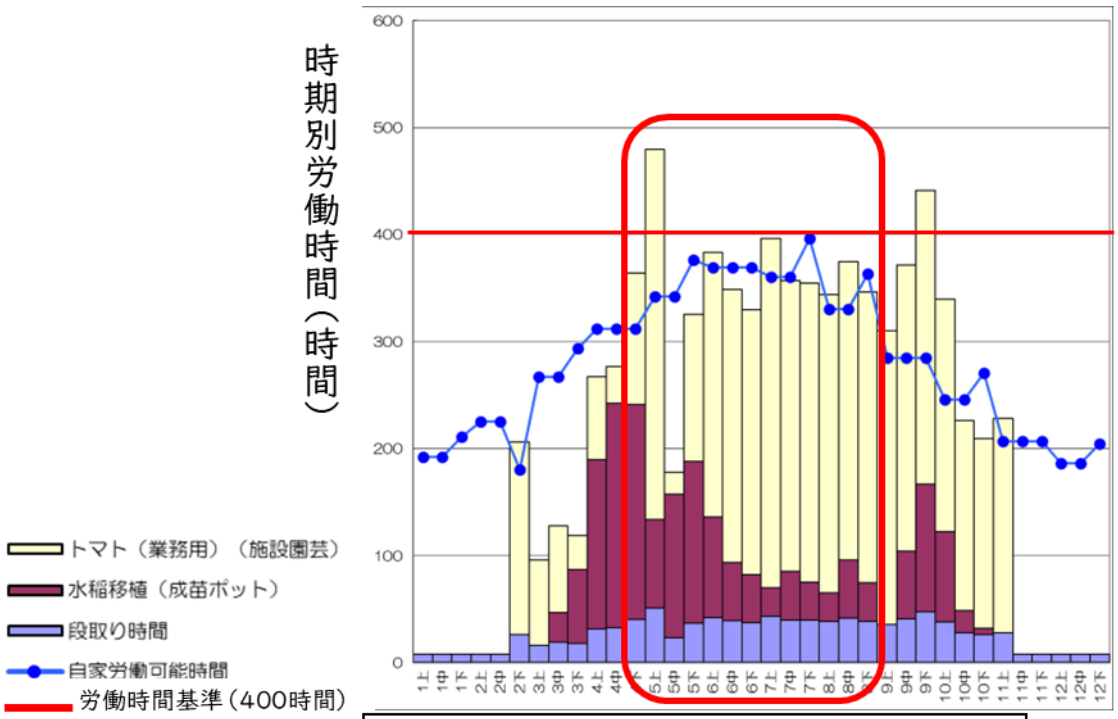
（1）水稲野菜複合（水稲（移植）、トマト（ハウス））

経営規模	生産方式	経営の方向と経営管理の方法	農業従事の態様等
＜作付面積等＞ ・水稲　14.0ha ・トマト　0.5ha 計　14.5ha	＜機械施設装備＞ ・乗用型トラクター(37 kw)　1台 ・農用トラック(2t)　1台 ・乗用田植機(8条)　1台 ・自脱型コンバイン　1台 ・育苗ハウス(水稲用)　7棟 ・トマトハウス(6×50m)　10棟 ・ｸﾛｰﾗﾄﾗｸﾀｰ(59kw)　共同 ・稲ワラ収集機　利用 ＜スマート農業技術＞ ・自動操舵ｼｽﾃﾑによる省力化 ＜その他＞ ・高品質・良食味米の安定生産 ・ドローンによる防除を作業委託 ・米共同乾燥調製施設の利用 ・トマトは、半促成作型、長期取り（6～10月出荷）で高収量を確保し労働の季節偏差を縮小	・施設野菜を組み合わせた複合経営 ・パソコンによる経営計画、労務、財務、ほ場管理 ・作目別原価の把握と分析 ・市場動向に的　確に対応した　計画的生産・　販売 ・共同施設を利用し作業の効率化	＜労　働＞ ・家族　3人 5,000時間 ・雇用 1,310時間 (主たる従事者 2,000時間/1人) ＜経営収支＞ ・農業粗収益 3,840万円 ・農業経営費 2,580万円 ・農業所得 1,260万円 (主たる従事者： 500万円/人)

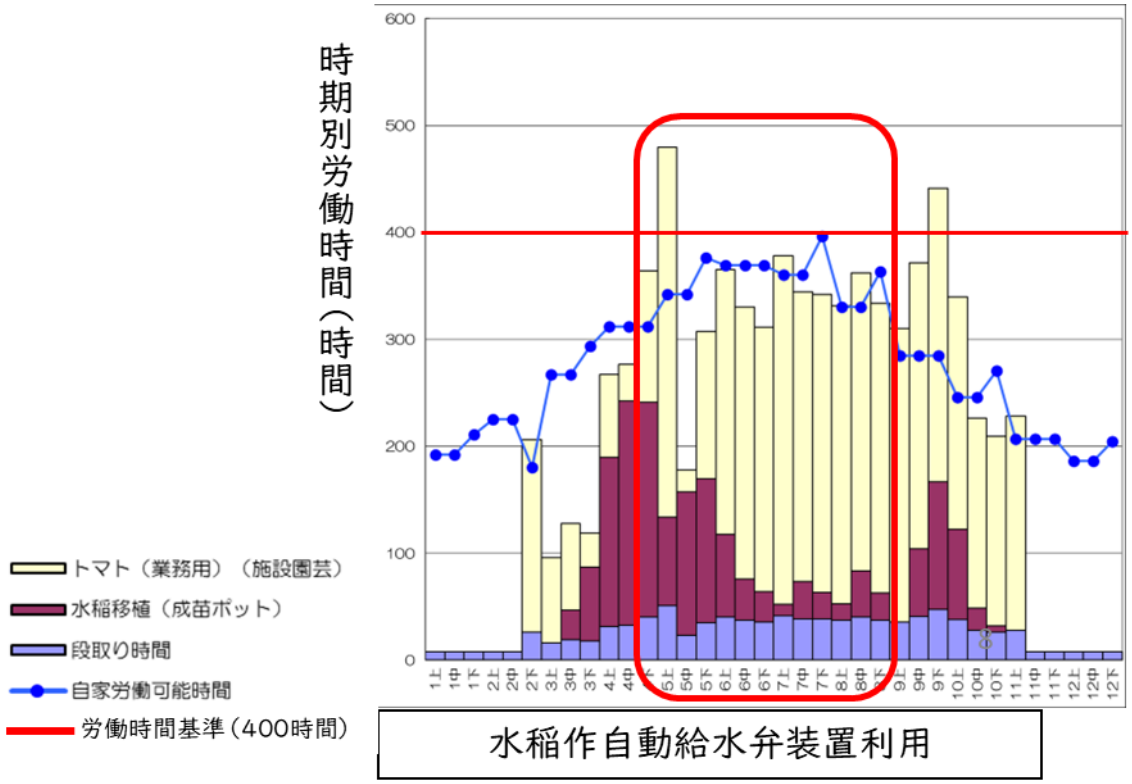
上表の経営規模の作付面積の条件では、労働時間においては、4月下旬から8月下旬の期間において労働時間が削減出来、期間内において、400時間を超える期間が減少し、自家労働可能時間内で作業できる期間が増え、雇用費削減につながると考えられる（図（1））。



慣行



水稲作水位水温センサ利用

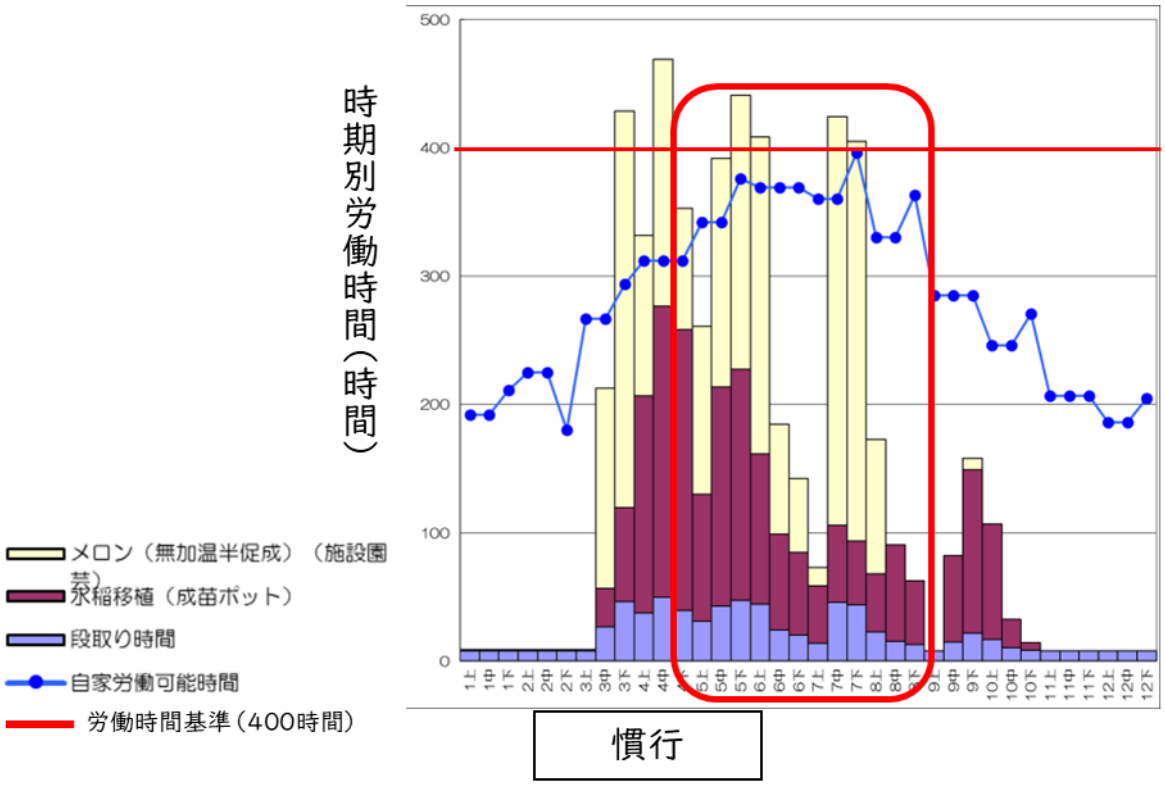


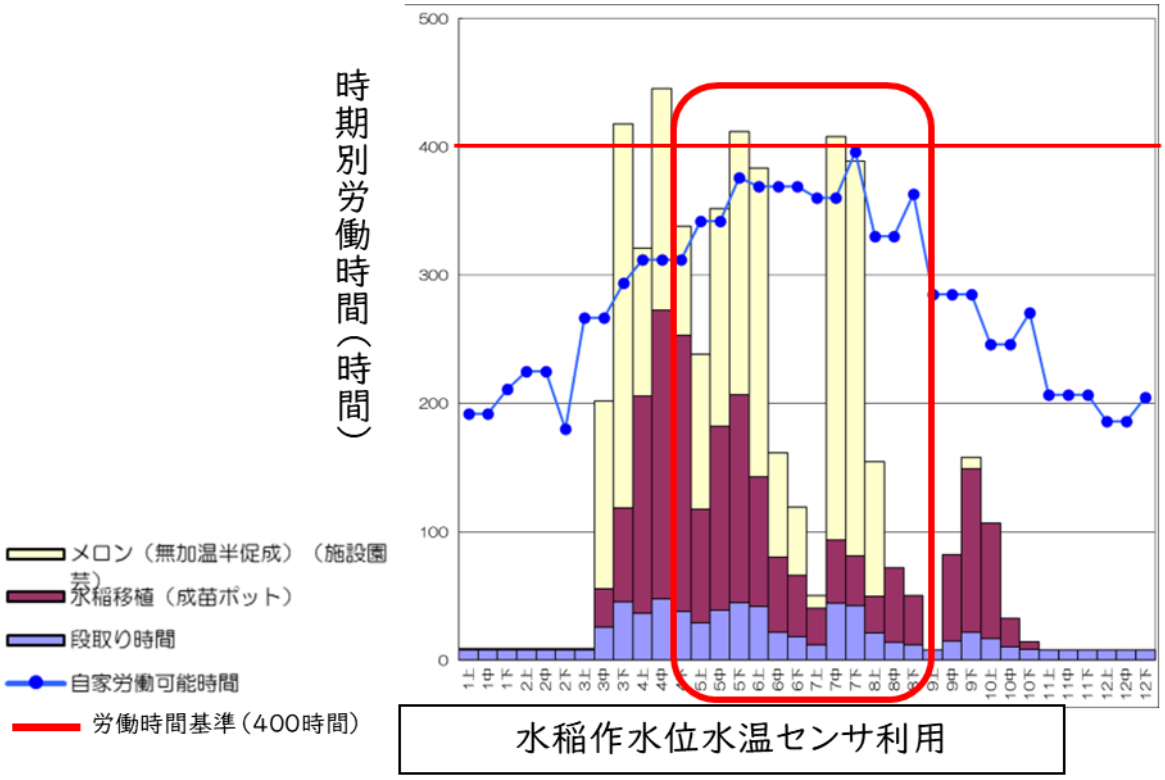
図（1） 旬別労働時間積上げグラフ

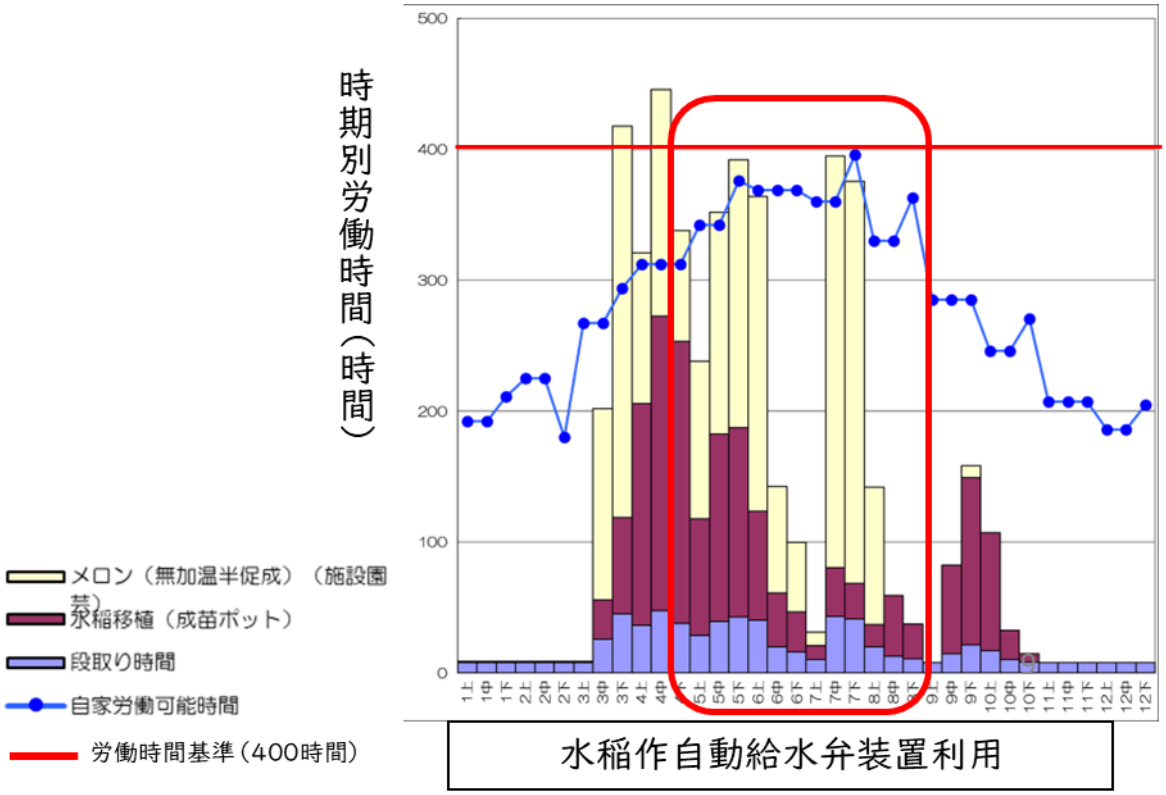
（2）水稲野菜複合（水稲（移植）、メロン（ハウス））

経営規模	生産方式	経営の方向と経営管理の方法	農業従事の態様等
＜作付面積等＞ ・水稲 15.0ha ・メロン 0.7ha 計 15.7ha	＜機械施設装備＞ ・乗用型トラクター(37kw) 1台 ・歩行型トラクター(3.7kw) 1台 ・農用トラック(軽トラ) 1台 ・乗用田植機(8条) 1台 ・自脱型コンバイン 1台 ・育苗ハウス(水稲用 7棟 ・メロンハウス(6×50m) 14棟 ・クローラトラクター(59kw) } 共同 ・稲ワラ収集機 } 利用 ＜スマート農業技術＞ ・自動操舵ｼｽﾃﾑによる省力化 ・高品質・良食味米の安定生産 ・ドローンによる防除を作業委託 ・米共同乾燥調製施設の利用 ・メロンは、半促成作型により水稲との労働競合を回避し長期安定出荷	・施設野菜を組み合わせた複合経営 ・パソコンによる経営計画、労務、財務、ほ場管理 ・作目別原価の 把握と分析 ・市場動向に的 確に対応した 計画的生産・ 販売 ・共同施設を利用し作業の効率化	＜労 働＞ ・家族 3人 3,550時間 ・雇用 670時間 (主たる従事者 2,000時間/1人) ＜経営収支＞ ・農業粗収益 2 ,970万円 ・農業経営費 2,050万円 ・農業所得 920万円 (主たる従事者： 520万円/人)

上表の経営規模の作付面積の条件では、労働時間においては、4月下旬から8月下旬の期間において労働時間が削減出来、期間内において、400時間を超える期間が減少し、自家労働可能時間内で作業できる期間が増え、雇用費削減につながると考えられる（図（2））。





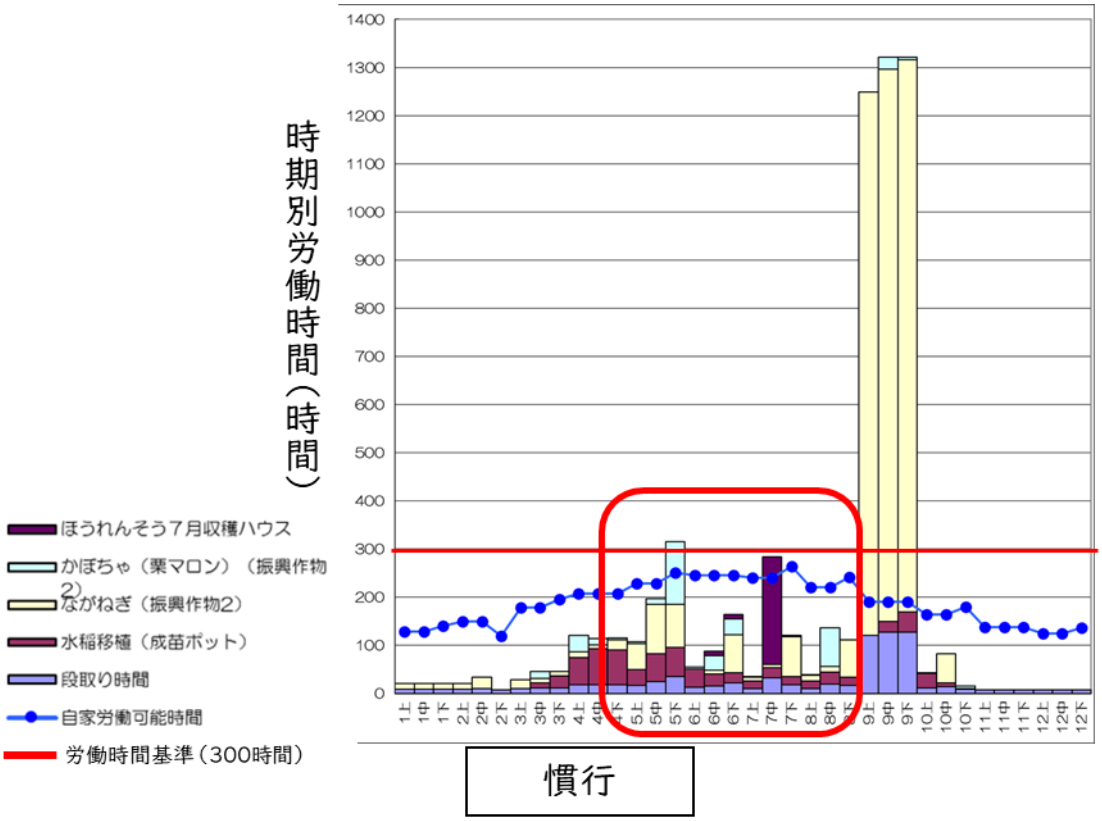


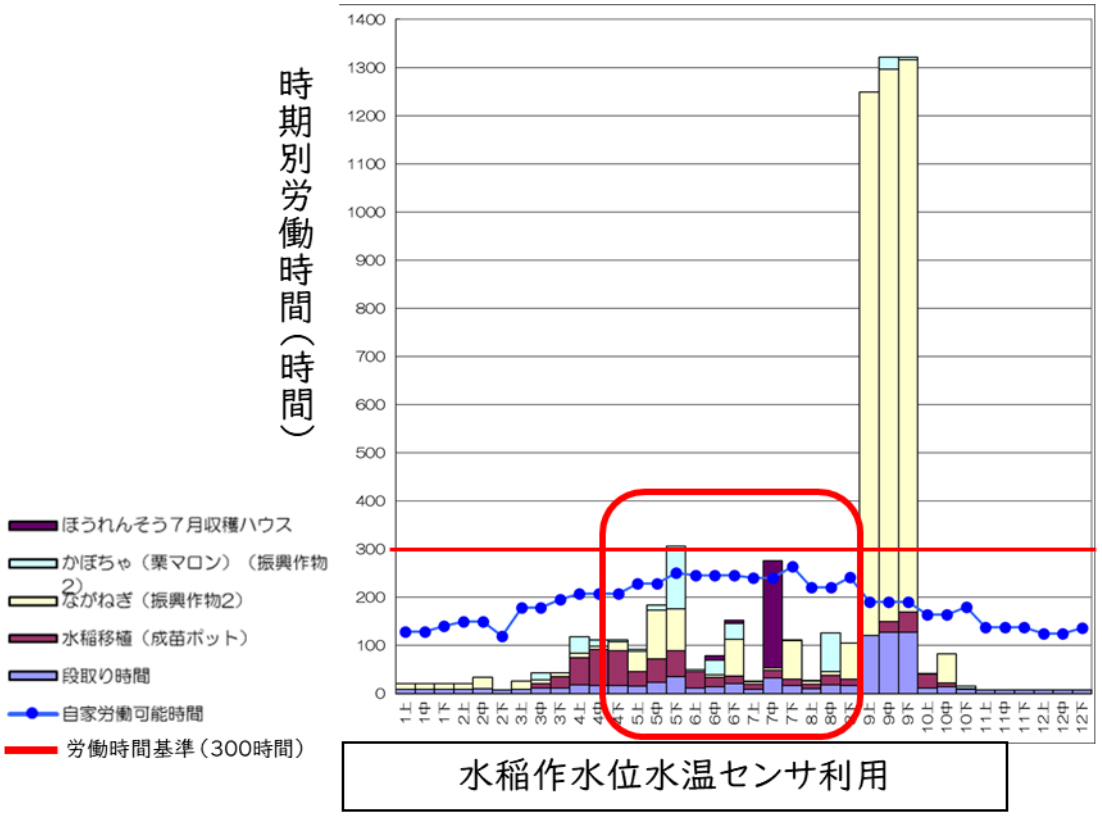
図（2） 旬別労働時間積上げグラフ

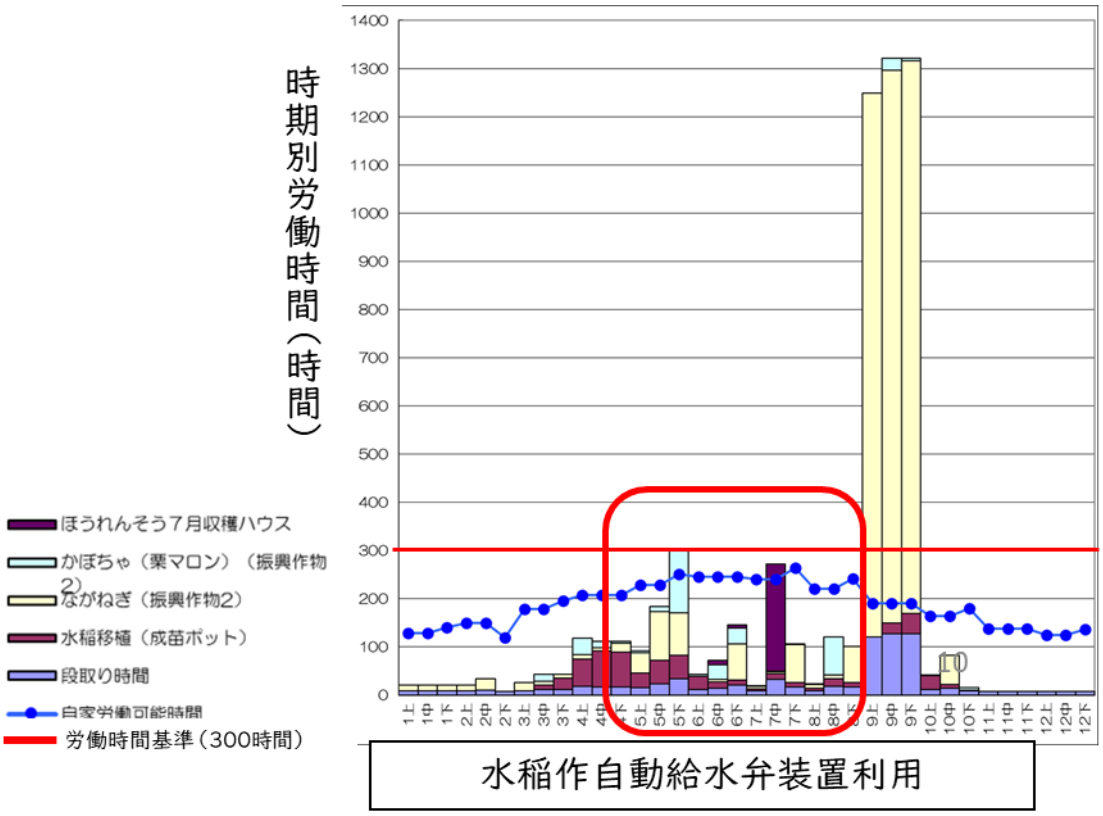
（3）水稲野菜複合（水稲（移植）、長ねぎ、南瓜、ほうれん草）

経　営　規　模	生　　産　　方　　式	経営の方向と経営管理の方法	農業従事の態様等
＜作付面積等＞ ・水稲　5.0ha ・長ねぎ　1.2ha ・南瓜　1.0ha ・ほうれんそう　0.1ha 計　7.3ha	＜機械施設装備＞ ・乗用型トラクター(37kw)　1台 ・歩行型トラクター(3.7kw)　1台 ・農用トラック(軽トラ)　1台 ・乗用田植機(6条)　1台 ・自脱型コンバイン　1台 ・育苗ハウス(水稲用)　2棟 ・ほうれんそうハウス（6×50m）　2棟 ・長ねぎ収穫機　共同利用 ＜スマート農業技術＞ ・自動操舵ｼｽﾃﾑによる省力化 ＜その他＞ ・水稲の防除、乾燥調製は外部委託 ・ねぎ、ほうれんそうは長期出荷作型で労働の季節偏差を縮小	・野菜作に特化しつつ水稲作付面積の維持 ・パソコンによる経営計画、労務、財務、ほ場管理 ・作目別原価の把握と分析 ・市場動向に的確に対応した計画的生産・　販売	＜労　働＞ ・家族　2人 3,050時間 ・雇用 950時間 (主たる従事者 2,000時間/1人) ＜経営収支＞ ・農業粗収益 2,850万円 ・農業経営費 2,120万円 ・農業所得 730万円 (主たる従事者： 480万円/人)

上表の経営規模の作付面積の条件では、労働時間においては、4月下旬から8月下旬の期間において労働時間の削減が可能（図（3））。
ただし、9月以降の長ネギの収穫作業時間を削減することは出来ていない。


時期別労働時間（時間）
ほうれんそう7月収穫ハウス
かぼちゃ（栗マロン）（振興作物2）
ながねぎ（振興作物2）
水稲移植（成苗ポット）
段取り時間
自家労働可能時間
労働時間基準（300時間）
慣行


時期別労働時間（時間）
ほうれんそう7月収穫ハウス
かぼちゃ（栗マロン）（振興作物2）
ながねぎ（振興作物2）
水稲移植（成苗ポット）
段取り時間
自家労働可能時間
労働時間基準（300時間）
水稲作水位水温センサ利用

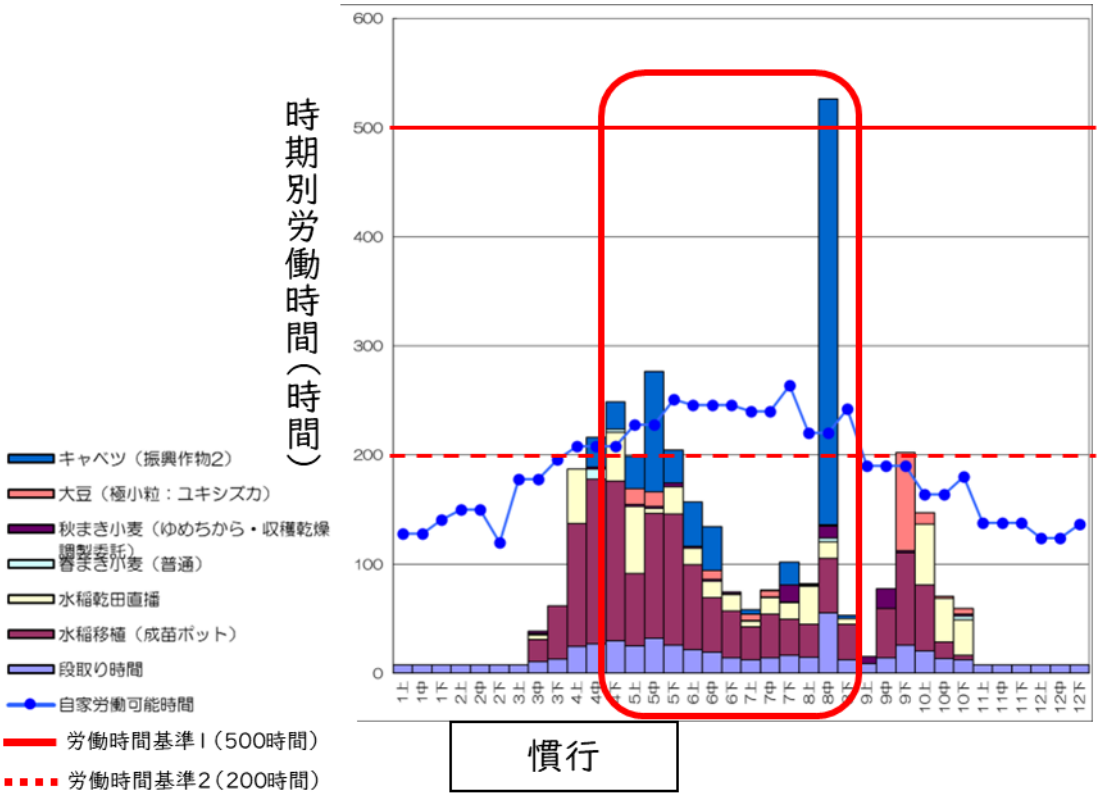


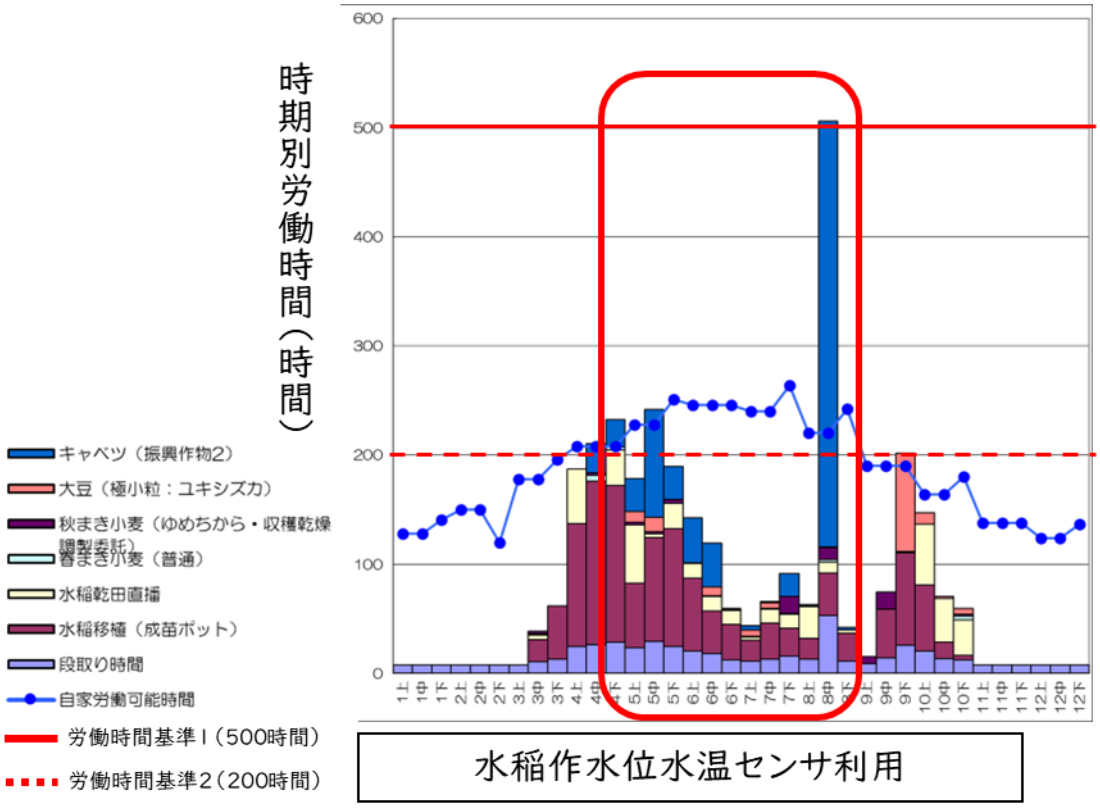
図（3） 旬別労働時間積上げグラフ

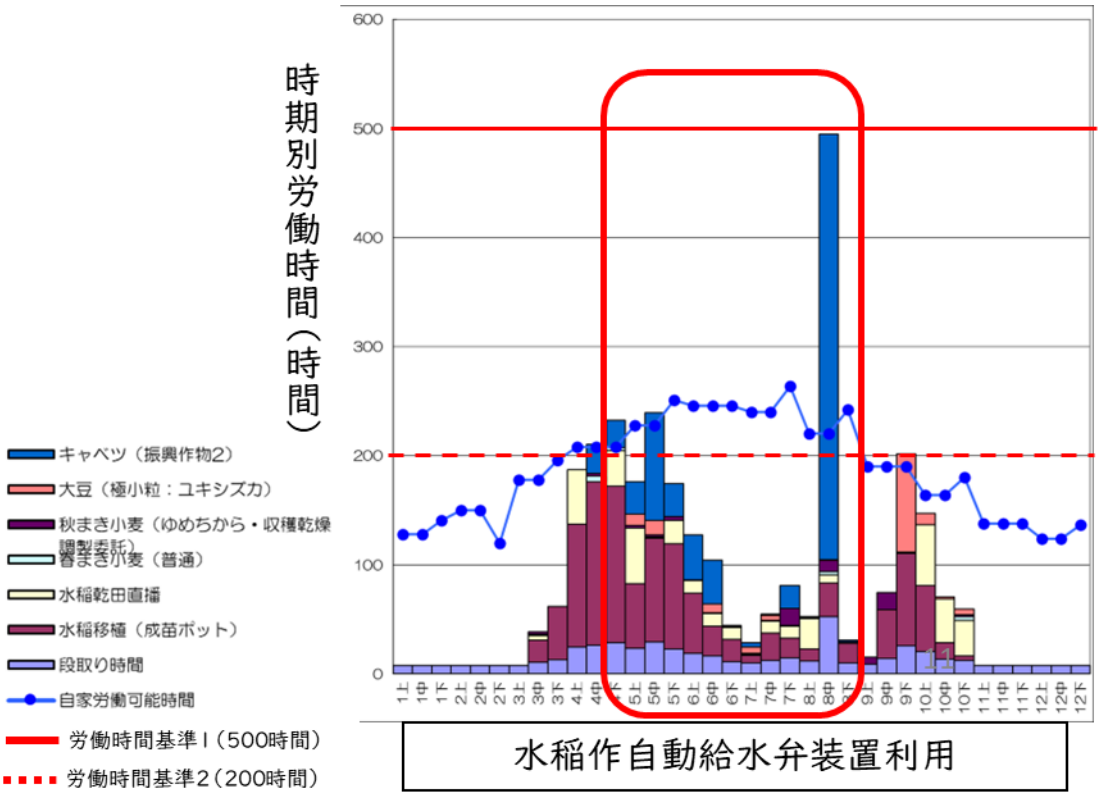
（4）水稲畑作複合（水稲（移植、直播）、小麦（春播き、秋播き）、大豆、キャベツ）

経　営　規　模	生　産　方　式	経営の方向と経営管理の方法	農業従事の態様等
＜作付面積等＞ ・水稲　15.0ha （移植10ha、直播5ha） ・小麦　6.0ha （春播き2ha、秋播き4ha） ・大豆　3.0ha ・キャベツ　1.0ha 計　25.0ha	＜機械施設装備＞ ・乗用型トラクター(51kw)　1台 ・歩行型トラクター(3.7kw)　1台 ・農用トラック(2tダンプ)　1台 ・乗用田植機(8条)　1台 ・汎用型コンバイン　1台 ・野菜移植機　1台 ・育苗ハウス(水稲用)　5棟 ・ｸﾛｰﾗﾄﾗｸﾀｰ (59kw) ・湛水直播機 ・総合播種機 ・乗用管理機　共同利用 ・稲ワラ収集機 ＜スマート農業技術＞ ・自動操舵ｼｽﾃﾑによる省力化 ＜その他＞ ・ドローンによる防除を作業委託 ・需給動向と栽培適地・栽培特性に即した品種の選択 ・米麦共同乾燥調製施設の利用	・水稲に直播栽培を導入し規模拡大、転作畑作物と露地野菜を組合せた複合経営 ・春まき小麦の作付けにより麦連作を回避 ・パソコンによる経営計画、労務、財務、ほ場管理 ・作目別原価の把握と分析 ・市場動向に的確に対応した計画的生産・　販売	＜労　働＞ ・家族　2人 2,140 時間 ・雇用 120 時間 （主たる従事者 1,560時間/1人） ＜経営収支＞ ・農業粗収益 2,510万円 ・農業経営費 1,810万円 ・農業所得 700万円 （主たる従事者： 500万円/人）

上表の経営規模の作付面積の条件では、労働時間においては、4月中旬から8月下旬の期間において労働時間の削減が可能（図（4））。
8月中旬にあるキャベツの収穫時期において、労働時間が500時間を超えないことが可能と考えられる。




時期別労働時間（時間）
600
500
400
300
200
100
0
キャベツ（振興作物2）
大豆（極小粒：ユキシズカ）
秋まき小麦（ゆめちから・収穫乾燥調製委託）
春まき小麦（普通）
水稲乾田直播
水稲移植（成苗ポット）
段取り時間
自家労働可能時間
労働時間基準1（500時間）
労働時間基準2（200時間）
水稲作水位水温センサ利用


時期別労働時間（時間）
600
500
400
300
200
100
0
キャベツ（振興作物2）
大豆（極小粒：ユキシズカ）
秋まき小麦（ゆめちから・収穫乾燥調製委託）
春まき小麦（普通）
水稲乾田直播
水稲移植（成苗ポット）
段取り時間
自家労働可能時間
労働時間基準1（500時間）
労働時間基準2（200時間）
水稲作自動給水弁装置利用

図（4） 旬別労働時間積上げグラフ

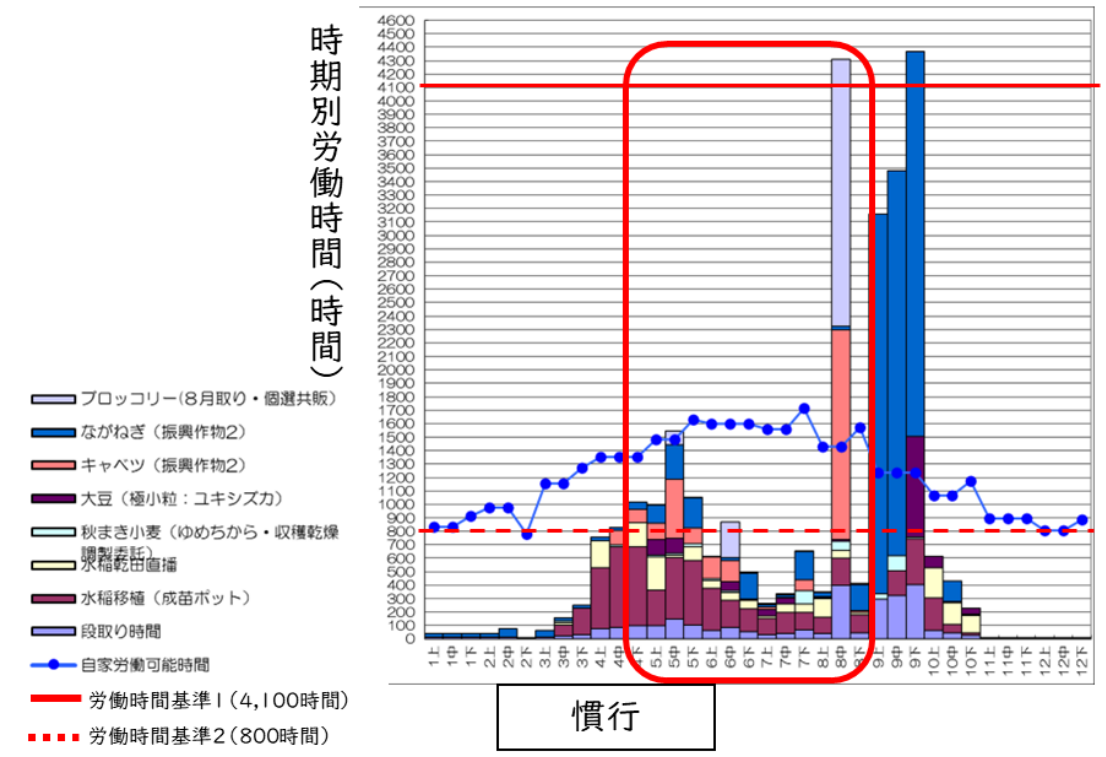
【組織経営体】

（5）水稲畑作複合（水稲（移植、直播）、秋小麦、大豆、キャベツ、長ねぎ、ブロッコリー）

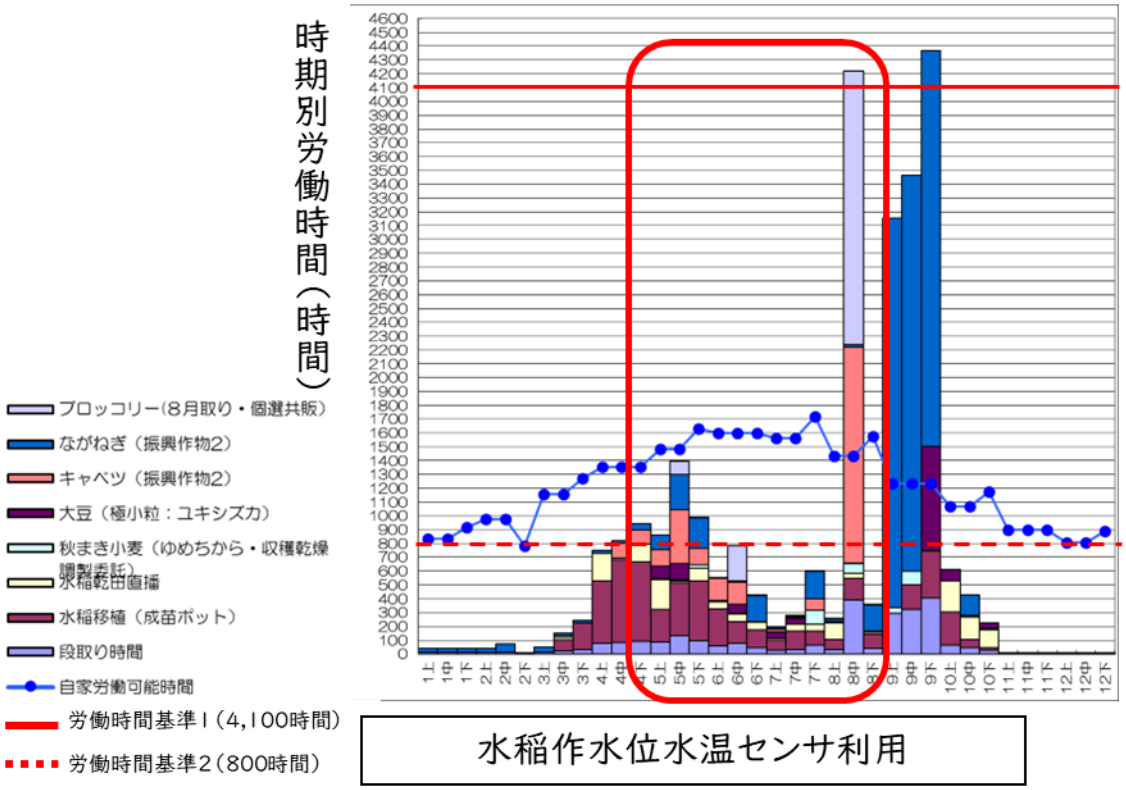
経　営　規　模	生　　産　　方　　式	経営の方向と経営管理の方法	農業従事の態様等
＜作付面積等＞ ・水稲　60.0ha （移植40ha、直播20ha） ・秋小麦　25.0ha ・大豆　25.0ha ・キャベツ　4.0ha ・長ねぎ　3.0ha ・ブロッコリー　3.0ha 計　120.0ha ＜構成員戸数＞ 5戸	＜機械施設装備＞ ・乗用型トラクター(37kw)　5台 ・乗用型トラクター(74kw)　2台 ・クローラトラクター(59kw)　1台 ・農用トラック(2t)　3台 ・農用トラック（軽トラ）　5台 ・田植機(乗用8条)　2台 ・乾田直播施肥播種機　2台 ・乗用管理機　1台 ・汎用型ｺﾝﾊﾞｲﾝ　2台 ・全自動野菜移植機　2台 ・稲ﾜﾗ収集機　1台 ・育苗ハウス(水稲用)　20棟 ・育苗ハウス(ねぎ用)　5棟 ・事務所　1棟 ＜その他＞ ・ドローンによる防除を作業委託 ・米乾燥調製施設の利用 ・需給動向と栽培適地・栽培特性に即した品種の選択 ・露地野菜は作期を分散して長期継続出荷し、労働の季節偏差を縮小 ・セル成型苗による機械移植による省力化	・研修生１名を採用し、若手構成員を含めた担い手育成機能 ・水稲直播栽培と露地野菜の組合せで労働力の有効活用 ・パソコンによる経営計画、財務、ほ場管理 ・作目別原価の把握と分析 ・市場動向に的確に対応した計画的生産・販売 ・労務管理（人事、教育、福利厚生等）の充実	＜労　働＞ ・構成員家族　13人 14,340時間 ・研修生 1人 ・雇用 3,190時間 （主たる従事者 1,800時間/1人） ＜経営収支＞ ・農業粗収益 16,290万円 ・農業経営費 12,190万円 ・農業所得 4,100万円 （主たる従事者： 510万円/人）

上表の経営規模の作付面積の条件では、労働時間においては、4月下旬から8月下旬の期間において労働時間の削減が可能。8月中旬にあるブロッコリーの収穫時期において、労働時間が4,100時間を超えないことが可能と考えられる（図（5））。

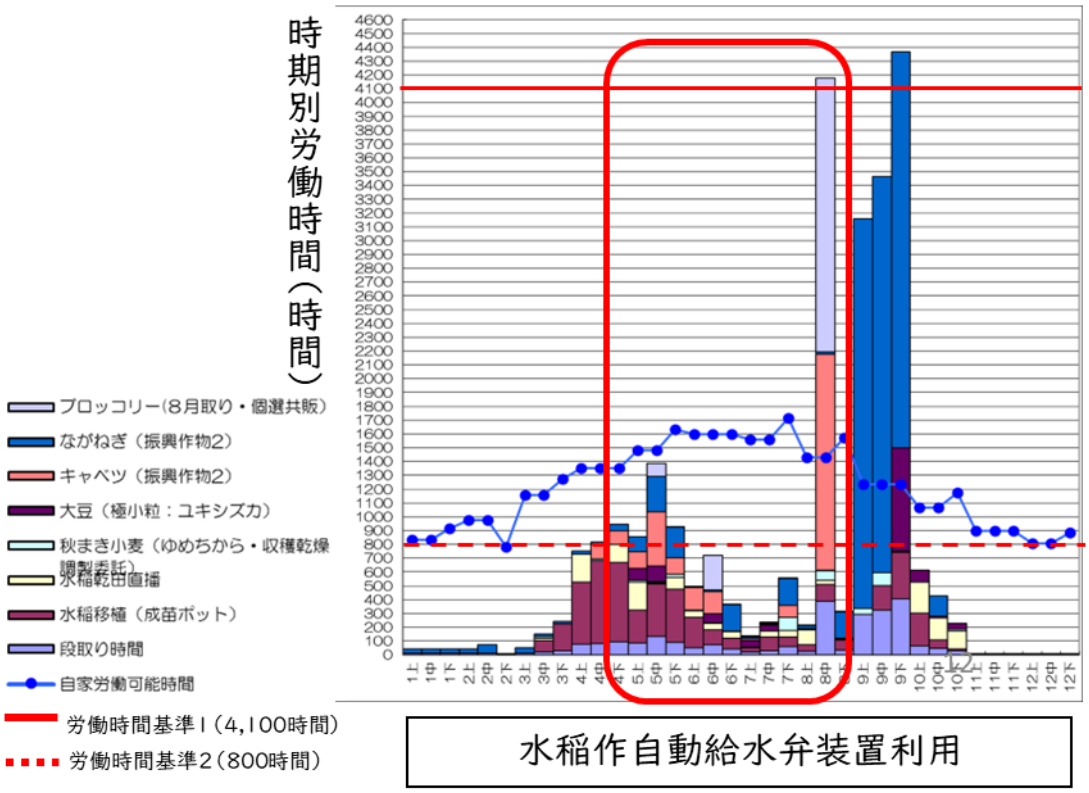
ただし、9月以降の長ネギの収穫作業時間を削減することは出来ていない。



慣行



水稲作水位水温センサ利用



図（5） 旬別労働時間積上げグラフ

2.そのほかの参考資料一覧

2-1 第2部で使用した参考資料

●地域経営的観点からの先端農業技術の普及方策に関するコンサルティング業務

2-2 第3部で使用した参考資料

●第5期 栗山農業ルネッサンス 編集・発行 一般社団法人 栗山町農業振興公社

2-3 第4部で使用した参考資料

●スマート農業オンライン講座フォローノート（基礎編、応用編） 発行・編著 北海道大学スマート農業教育拠点
URL：https://www.youtube.com/@hokudai_smart_agri（YouTubeで公開中）

●ICT活用型次世代農業推進に関する検証業務 H25 いわみざわ地域ICT（GNSS等）農業利活用研究会

●北海道農業ICT/IoT懇談会報告書 平成 31年3月13 日開催資料（抜粋）

●株式会社クボタホームページより、
URL：https://agriculture.kubota.co.jp/product/tractor/MR-1000-AH/10.html?group=2&parent=MjYzODU%3D

●スマート農業加速化実証プロジェクト（令和2年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）
実証課題名：スマート農業技術導入に伴う農家収益向上プロジェクト成果集より
URL：https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/r2/files/r2_hatake-A01.pdf

●スマート農業加速化実証プロジェクト（令和元年度：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）
実証課題名：スマート農業技術導入による地域水田農業の活性化プロジェクト成果集より
URL：https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/r1/files/r1_suiden_DAI-A02.pdf

●「みんなの農業広場」（一社）全国農業改良普及支援協会HPより 「水田水管理に係る技術について」
URL：https://www.jeinou.com/benri/machine/2022/01/311310.html

●水稲栽培における岩見沢市農業気象サービスの活用方法について 岩見沢市農業気象コンソーシアム

●JAXA ALOS利用推進プロジェクトホームページより、
URL：https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/index_j.htm

●営農支援サービス天晴れ HPより、国際航業株式会社
URL：https://agriculture.kkc.jp/

別添 スマート農業技術導入による経営試算マニュアル（栗山町営農Navi版）については（株）スマートリンク北海道へお問い合わせください。

この手引き書の著作権について

本手引き書の著作権は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構に帰属します。

この手引き書の問い合わせ先

（株）スマートリンク北海道
info@smartlink-h.co.jp
https://smartlink-h.co.jp/

本事業は、農林水産省「スマート農業技術活用産地支援事業」（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）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/