

令和6年度

農業経営にプラスになる 最近の研究成果集

地方独立行政法人 青森県産業技術センター

農林総合研究所

- スマート農業に活用できる補助金と「スマート農業技術活用促進法」について
- 水稲移植栽培とV溝乾田直播栽培にスマート農機を体系利用した場合の作業性と経済性評価

野菜研究所

- ながいも栽培における自動操舵トラクタの有効性の実証

りんご研究所

- りんご園におけるロボット草刈機の導入効果

畜産研究所

- 酪農経営における発情発見装置の効果

林業研究所

- ドローンを活用した効率的な森林資源調査方法

令和7年3月

一般社団法人青森県農業経営研究協会

目 次

I 巻頭言 P 1

II 研究成果 P 2 ~ P 33

研究機関	テーマと執筆者	頁数
農林総合研究所 黒石市田中 82-9 ☎ 0172-52-4346	スマート農業に活用できる補助金と「スマート農業技術活用促進法」について スマート農業推進室 室長 工 藤 予志夫	2~ 4
	水稻移植栽培とV溝乾田直播栽培にスマート農機を体系利用した場合の作業性と経済性評価 スマート農業推進室 主任研究員 千 葉 祐 太	5~15
野菜研究所 上北郡六戸町大字犬落瀬字柳沢 91 ☎ 0176-53-7171	ながいも栽培における自動操舵トラクタの有効性の実証 研究管理監 新 藤 潤 一	16~19
りんご研究所 黒石市大字牡丹平字福民 24 ☎ 0172-52-2331	りんご園におけるロボット草刈機の導入効果 栽培部 総括研究管理員（部長事務取扱） 後 藤 聡	20~25
畜産研究所 上北郡野辺地町字枇杷野 51 ☎ 0175-64-2231	酪農経営における発情発見装置の効果 酪農飼料環境部 部長 岡 本 清 虎	26~29
林業研究所 東津軽郡平内町大字小湊字新道 46-56 ☎ 017-755-3257	ドローンを活用した効率的な森林資源調査方法 森林資源部 主任研究員 土 屋 慧	30~33

〈参考〉 会員募集 P 34



一般社団法人青森県農業経営研究協会
理事長 佐藤 和雄

スマート農業に活用できる補助金と 「スマート農業技術活用促進法」について

地方独立行政法人青森県産業技術センター
農林総合研究所 スマート農業推進室

室長 工 藤 予志夫



はじめに

「スマート農業」という言葉をどこかで一度は聞いたことがあるかと思います。ごく簡単に説明すると、先端技術であるロボットや情報通信技術（ICT）、人工知能（AI）などを活用した新しい農業のことを「スマート農業」と呼んでいます。この「スマート農業」には作業の自動化や省力化が図られるものや、これまで熟練者が経験や勘で行ってきた作業をデータ化することで、非熟練者でも熟練者並みの作業ができるようになるものなど様々なものがありますが、いずれにしてもこれまでより作業が効率化され、生産性の向上に繋がるものです。

現在、日本の農業は地域人口の減少や高齢化による労働力不足のほか、耕作放棄地の増加、食料自給率の低迷など多くの問題を抱えています。これらの解決策として「スマート農業」が注目されており、国や地方自治体では「スマート農業」の普及拡大に向けて様々な情報を発信し、導入を推進しています。

一方、スマート農業を始めるには設備投資などに多額の費用が必要となります。直進アシスト機能付きトラクタや田植機、ドローンなどの普及は以前より進みましたが、初期費用の負担が大きいいため、導入を躊躇している生産者の方もいるのではないのでしょうか。この導入費用や運営費用の負担を軽減するため、国や地方自治体では補助金制度などにより、スマート農業の導入を後押ししているところです。



写真 ドローン（左）と直進アシスト付き田植機（右）

1 補助金を活用したい場合

スマート農業に活用できる補助金は、インターネットで検索すると多々確認することができますが、この原稿を作成している令和6年9月現在では、その多くが申請期間を終了しています。そのため、ここでは一例として令和6年度に実施された国庫事業「農地利用効率化等支援交付金」について紹介します（同事業は令和7年度も概算要求されています。詳しい内容は農林水産省のホームページを参照してください）。

農地利用効率化等支援交付金

項目	内容
事業の内容	地域が目指すべき将来の集約化に重点を置いた農地利用の姿を実現するため、目標地区に位置づけられた認定農業者や集落営農組織などが融資を受けて経営改善の取り組みに必要な農業用機械（スマート農業機械を含む）・施設の導入に要する経費を補助。
助成対象者	将来の地域の農業を担う者として目標地区に位置付けられた者（事業実施年度内に目標地区に位置付けられることが確実であると市町村が認める者を含む）
助成内容	経営改善の取組に必要な農業用機械・施設（事業費50万円以上）
補助率	事業費の3/10以内
補助率上限額	300万円（経営面積の拡大（水田作で20ha以上等）等を目指す者については600万円に引上げ）（先進的農業経営支援タイプ：個人1,000万円、法人1,500万円）

注）農地利用効率化等支援交付金

（農林水産省Webサイト https://www.maff.go.jp/j/budget/pdf/r7yokyu_pr37.pdf）

スマート農業に活用できる事業は、これからも数多く実施されるかと思いますが、スマート農業と一言で言っても多種多様（作業軽減、センシング、環境制御、経営・生産データ管理など）であるため、募集要項や申請条件などを十分確認し検討する必要があります。例えば、「農地利用効率化等支援交付金」では事業の内容に経営改善の取り組みに必要な農業用機械（スマート農業機械を含む）とありますので、作業軽減等に関するスマート農業機械の導入に要する経費が補助されることになります。

なお、補助金の情報を収集する場合はインターネットで検索するのが便利ですが、農林水産省「逆引き辞典」（農林水産省Webサイト <https://www.gyakubiki.maff.go.jp/appmaff/input/>）や各補助金検索サイトなども参考になるかと思います。

また、スマート農業に限った話ではありませんが、補助金の多くは申請期間が定められています。例えば、青森県が実施した『令和6年度青森県物価高騰対応「スマート農業機械」導入促進事業』の申請期間は、令和6年5月14日から令和6年6月14日まででした。

このほか、インターネットで「青森県 スマート農業 補助金」と入力して検索すると県内各市町村で実施されている、もしくは実施された多くの事業が確認できますが、いずれにしても申請期間は限定されています。このため、「気がついたら申請期間が終わっていた」とならないよう、国やお住まいの自治体等の担当部署に問い合わせするなど補助金に関する最新の情報を速やかに入手して、時期を逸しないように注意しましょう。

2 スマート農業技術活用促進法

補助金のほか、令和6年10月施行の「スマート農業技術活用促進法」もスマート農業の導入を後押しするものです。

(1) 「スマート農業技術活用促進法」とは

令和6年7月に農林水産省から出された説明資料には、その概要として以下のことが記載されています（説明資料は農林水産省ホームページから入手できます。農林水産省Webサイト <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/houritsu-23.pdf>）。

同法では、農業者の減少等の農業を取り巻く環境の変化に対応して、農業の生産性の向上を図るため、次の認定制度の創設等について措置を講ずる。

- ①スマート農業技術の活用及びこれと併せて行う農産物の新たな生産の方式の導入に関する計画（生産方式革新実施計画）
- ②スマート農業技術等の開発及びその成果の普及に関する計画（開発供給実施計画）
主に生産者が関係するのは①になります。

(2) 申請から認定の流れと支援の内容

スマート農業技術を導入したい生産者は、「スマート農業技術の活用及びこれと併せて行う農産物の新たな生産の方式の導入に関する計画（生産方式革新実施計画）」を作成・申請することで、農林水産大臣の認定を受けることができます。認定されると、日本政策金融公庫の長期低利融資のほか、ドローン等の飛行許可・承認等の行政手続きの簡素化といった支援を得ることができます。

支援策の一つである長期低利融資では、「スマート農業技術活用促進資金」が創設され、認定を受けた事業者を資金面から後押しします。そのほか、税制上の措置も設けられ、生産方式革新実施計画の認定を受けた生産者がスマート農業技術を組み込んだ機械装置とその機械装置が効果を発揮するために必要不可欠なもの（例えば、ロボットトラクタとRTK基地局など）を導入した場合、その取得価格の32%（機械装置の場合は32%だが、委託作業などスマート農業技術を扱うサービス事業者等は25%で建物等は16%）の特別償却が適用されます（令和9年3月末まで）。

なお、生産方式革新実施計画の生産規模は、「原則、複数農業者が共同した産地単位での取組を想定」しているため、ある程度の規模で行われることが前提となります。

更に詳しい内容を知りたい場合は、農林水産省のホームページを参照してください。

おわりに

国や地方自治体では、現在の日本の農業が抱える課題に取り組む生産者を支援するため、様々な対策を講じています。補助金等の活用は経営に大きく寄与しますが、その効果を十分に得るには現状の課題を把握した上で、スマート農業技術をどのように活用してその課題を解決していくかの導入計画が重要となります。スマート農業は新しい技術であるため、手探りのなところもありますが、成功事例等を参考にしながらポイントを押さえて効果的に活用してください。

水稲移植栽培とV溝乾田直播栽培にスマート農機を体系利用した場合の作業性と経済性評価

地方独立行政法人青森県産業技術センター
農林総合研究所 スマート農業推進室
主任研究員 千葉 祐太



はじめに

青森県では、水田を有する農業経営体数が、2020年（令和2年）は19,524戸で2010年（平成22年）の27,739戸から30%減少しましたが、水田を有する農業経営体の1経営体当たり耕地面積は、2020年は2.83haで2010年の1.81haから1.02ha増加しています^[1]。これは、一つの農業経営体に農地が集約され、大規模化していることを意味します。そのため、大規模面積に対応した省力的技術が求められています。

そのような中で、注目されているのがスマート農業です。スマート農業とは、ロボット、AI（人工知能）、IoT（アイオーティー／様々な物がインターネットに接続され情報交換ができるようになった状態）等の先端技術を活用した農業とされ、農作業の効率化、農作業における身体の負担軽減、経営管理の合理化による農業の生産性向上の効果が期待されます^[2]。しかし、スマート農業の普及に向けた課題として、従来の農機よりも導入にコストがかかる、労働力がどれだけ削減できるか分からない、導入に適切な経営規模はどれくらいなのかなど、経営面からみた解析事例が少ないことが挙げられます。そこで、本稿では水稲栽培において、スマート農機を体系利用した場合の作業性と経済性を評価しました。

1 スマート農機を体系利用した際の作業性

試験は約1haの水田で、令和3年に水稲移植栽培（ハウス等で育苗した苗を水田に植える栽培方法、以下、移植栽培）を、令和4～5年に水稲V溝乾田直播栽培（乾いた水田に種を直接播く栽培方法、以下、V溝乾直）を行いました。

移植栽培でのスマート農機による年間の作業の流れを図1に示します。8つの作業をスマート農機で行いました。それぞれのスマート農機の操作方法は、ロボットトラクタやロボット田植機は作業者が搭乗せずに監視しながらの無人運転、農業用ドローン（本稿では農業用マルチローターを指す）はM+モード（直進アシストや飛行速度を一定にする）を利用して作業者が操作、自動操舵コンバインは作業者が搭乗しながら監視する自動運転、協調作業は作業者がロボットトラクタの作業を監視しながら同じ水田でトラクタを操作（有人トラクタ）となります。また、自動水管理装置は任意の水位になるようにスマートフォンなどから遠隔操作しました。

V溝乾直でのスマート農機による年間の作業の流れを図2に示します。V溝乾直でも操作方法は移植栽培と同様で、V溝乾直でのみ使用した自動操舵ハイクリブームは、作業者が搭乗しながら監視する自動運転で行いました。



図1 移植栽培におけるスマート農機の体系利用の模式図

注1) 自己拡散型製剤 (散布量250g/10a) を一辺100m水田で1往復の経路で散布 (図2同様)

注2) 液剤 (散布量0.8L/10a) を散布 (図2同様)

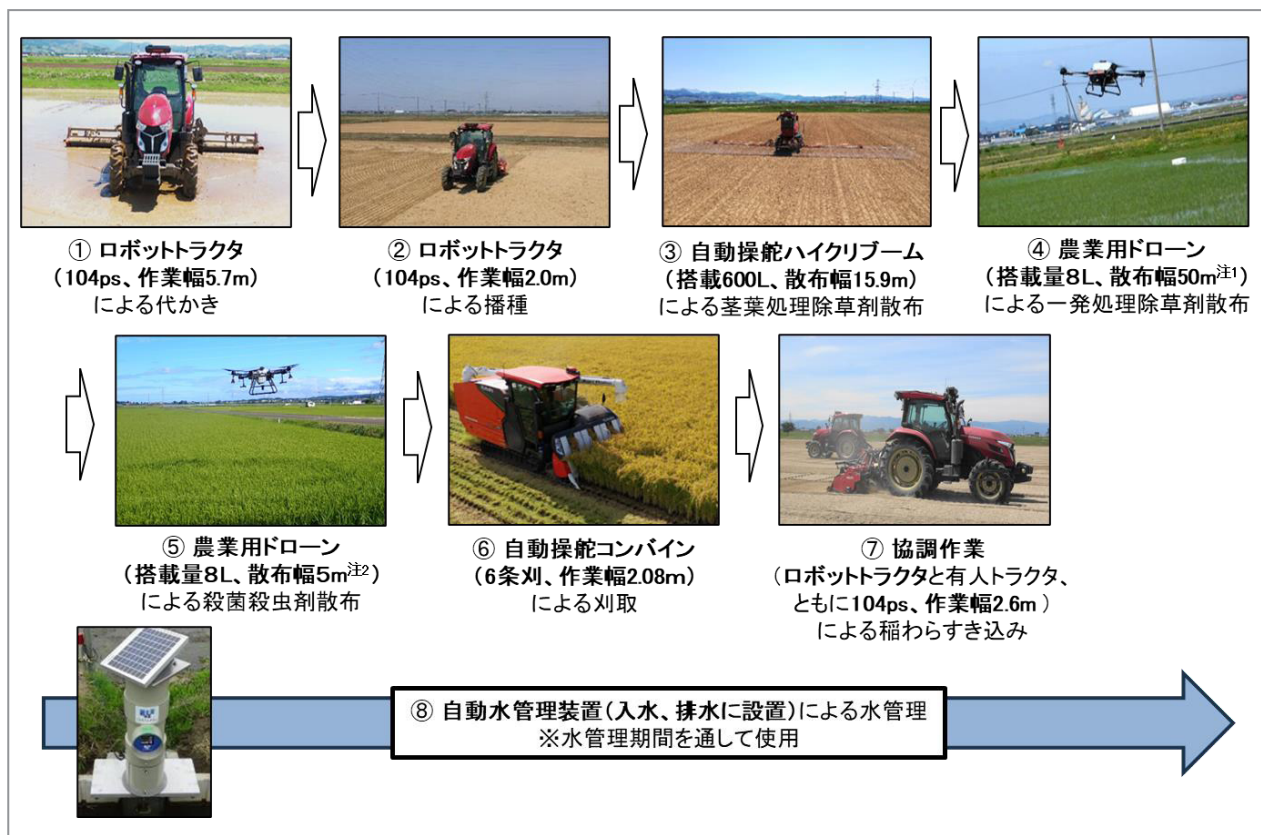


図2 V溝乾直におけるスマート農機の体系利用の模式図

移植栽培の作業時間を図3に示します。省力効果が大きいのは、農業用ドローンの一発処理剤散布、協調作業、自動水管理装置となりました。特に自動水管理装置の省力効果は大きく、作業時間の合計の削減に最も貢献しています。ロボットトラクタの春耕起と代かき、ロボット田植機は作業時間が慣行機と同程度からやや増加しています。しかし、作業者が農機を操作する時間（図3濃いオレンジ）は削減されており、残りの時間はロボット農機を監視している時間（図3淡いオレンジ）となり、この監視時間を他の作業などに利用することが、さらなる省力化に向けた課題と考えられます。実際、秋耕起の協調作業では、作業者がロボットトラクタを監視しながら有人トラクタで作業しており、慣行機とロボットトラクタ単独での作業よりも短い作業時間となっています。

作業時間が増加した作業のうち、農業用ドローンの殺菌殺虫剤散布は、慣行機の無人ヘリコプターよりも散布幅が短いこと（農業用ドローン5m、無人ヘリコプター10m）が要因でした。ただ、現在は散布幅が最大7.5mや11mの農業用ドローンが販売されており、これらを利用することでさらなる省力化が期待されます。自動操舵コンバインでは、自動操舵での旋回時間が作業者の操作によるものよりも時間を要したことが要因となっていました。これについては、現在、作業者が搭乗しなくても自動で刈取るロボットコンバインが市販されており、こちらもさらなる省力化が期待されます。

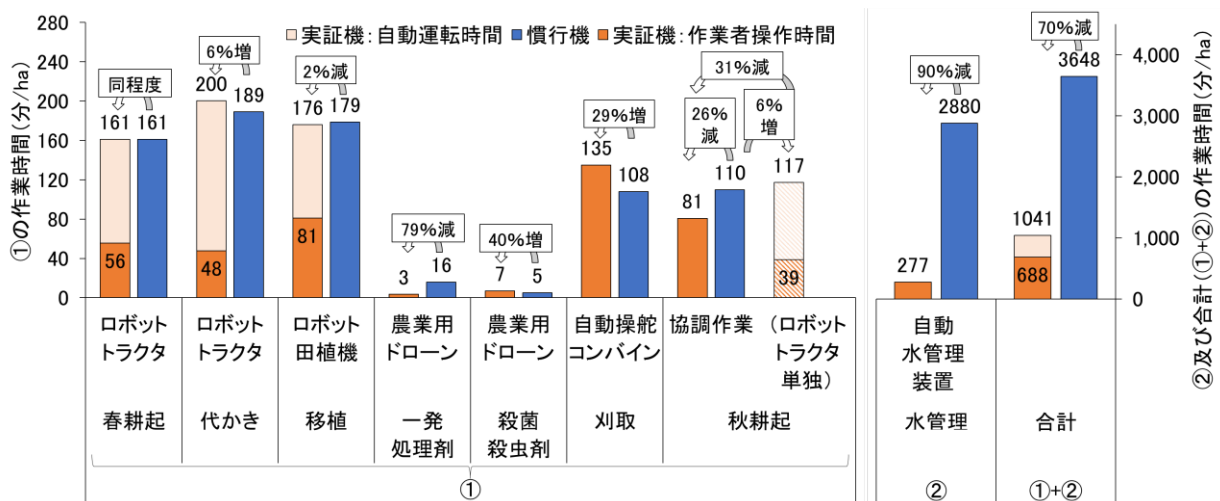


図3 移植栽培における各作業の作業時間

左：春耕起、代かき、移植、一発処理剤散布、殺菌殺虫剤散布、刈取、秋耕起の作業時間

右：水管理、合計の作業時間

注1) 慣行機はロボットトラクタ、ロボット田植機、自動操舵コンバインは同型機を手動操作したもの、農業用ドローン（一発処理剤散布）は畦畔からの投込み散布、農業用ドローン（殺菌殺虫剤散布）は無人ヘリコプター（散布幅10m）、協調作業は有人トラクタの単独作業とした（図4同様）。

注2) 自動水管理装置の慣行機の作業時間は「図説 農林水産業の動向」[3]の水管理の労働時間を1ha当たりの時間（分）に換算した（図4同様）。

注3) 実証機の合計は秋耕起の（ロボットトラクタ単独）は含まない（図4同様）。

V溝乾直の作業時間を図4に示します。省力効果が大きいのは、移植栽培と同様に農業用ドローンの一発処理剤散布、協調作業、自動水管理装置となり、合計の削減に最も貢献したのは自動水管理装置になります。ロボット農機における作業者の操作時間の削減や作業時間増の要因などについても、移植栽培と同様でした。自動操舵ハイクリブームでは、自動操舵システムの設定やマップの作成に時間を要したため、慣行機よりも作業時間が増加しました。

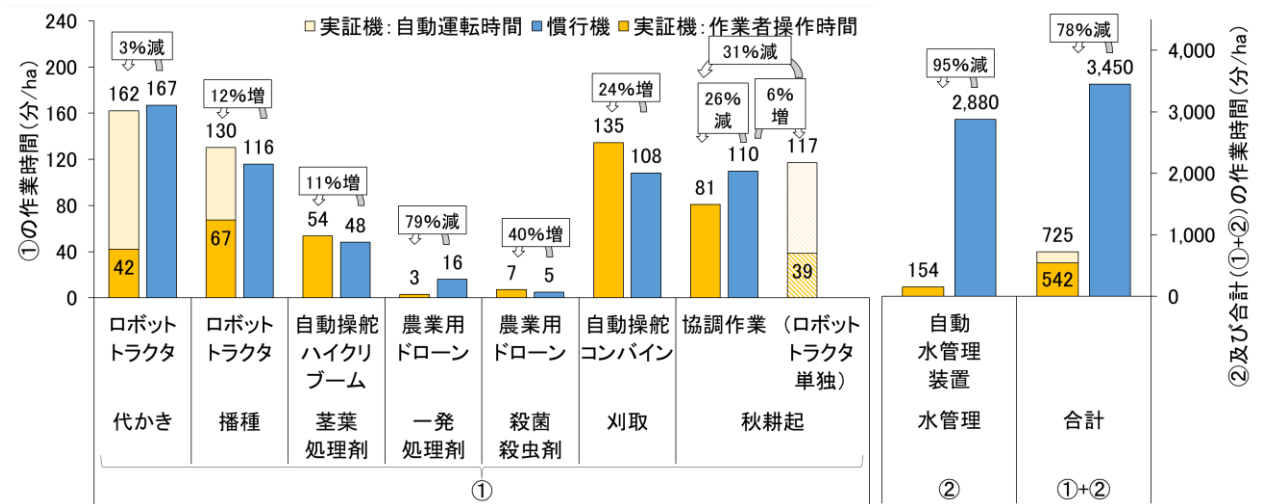


図4 V溝乾直における各作業の作業時間

左：代かき、播種、茎葉処理剤散布、一発処理剤散布、殺菌殺虫剤散布、刈取、秋耕起の作業時間

右：水管理、合計の作業時間

注) 自動操舵ハイクリブームの慣行機は、同型機を手動操作したものとした。

2 スマート農機を体系利用した際の経済性

(1) 農機別にみた最大作業可能面積と損益分岐点面積

最大作業可能面積とは、作業の所要時間から算出した、年間で作業可能な最大の面積です。損益分岐点面積とは、作業請負料金より機械利用経費（機械を導入・運用する費用）が安くなる面積で、損益分岐点面積を超える面積を作業することで機械利用経費を回収できることとなります。そのため、作業能力（最大作業可能面積）が作業しなければならない面積（損益分岐点面積）より大きいのか、経営面積が損益分岐点面積以上になるのかなどを考慮することが重要です。

ア ロボットトラクタ (表1)

ロボットトラクタを移植栽培でのみ使用した場合、春耕起、代かき、秋耕起の作業を行います。その場合、最大作業可能面積はそれぞれ21.5ha、21.1ha、52.1haで、損益分岐点面積は34.6haとなるため、秋耕起では最大作業可能面積が損益分岐点面積を上回り、

春耕起と代かきは下回る試算となりました。同様に、V溝乾直でのみ使用した場合の代かき、播種、秋耕起の最大作業可能面積は54.5ha、31.3ha、52.1haで、いずれも損益分岐点面積の30.5haを上回りました。

ロボットトラクタを移植栽培とV溝乾直で共用した場合、作業項目が増えることで各作業における固定費が低下するため、損益分岐点面積が19.5haと小さくなります。また、前述のとおり、移植栽培のみでの春耕起と代かきでは最大作業可能面積（21.5ha、21.1ha）は損益分岐点面積（34.6ha）より小さくなりますが、共用することで最大作業可能面積（21.5ha、21.1ha）が損益分岐点面積（19.5ha）より大きくなります。このように、農機を様々な作業で利用することは経営面からも有利になりますが、共用する場合は作業時期が重複することもあります。今回は、移植栽培の代かきとV溝乾直の播種が重複する（表1灰色）ため、これに対応してV溝乾直の播種の作業期間が短くなっています（表1薄青）。

表1 ロボットトラクタの最大作業可能面積と損益分岐点面積

対象機種 栽培方法		ロボットトラクタ											
		移植栽培のみ			V溝乾直のみ			移植栽培、V溝乾直共用					
		春耕起	代かき	秋耕起	代かき	播種	秋耕起	春耕起	代かき	代かき	播種	秋耕起	
作業名													
最大作業可能面積	圃場作業量	ha/h	0.37	0.37	0.54	0.37	0.46	0.74	0.37	0.37	0.37	0.46	0.74
	作業能率	h/ha	2.68	3.33	1.35	2.70	2.17	1.35	2.68	2.70	2.70	2.17	1.35
	作業回数	回	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	作業時間	h/ha	2.68	3.33	1.35	2.70	2.17	1.35	2.68	2.70	2.70	2.17	1.35
	1日の実作業時間	h/日	6.4	6.4	6.4	6.4	4.8	6.4	6.4	6.4	6.4	4.8	6.4
	作業期間（始）	月日	4/20	5/9	10/17	3/22	4/27	10/17	4/20	5/9	3/22	4/27	10/17
	作業期間（終）	月日	5/2	5/23	10/31	4/20	5/15	10/31	5/2	5/23	4/20	5/8	10/31
	作業日数	日	13	15	15	30	19	15	13	15	30	12	15
	作業可能日数率	%	73	77	77	77	76	77	73	77	77	76	77
	作業可能日数	日	9	11	11	23	14	11	9	11	23	9	11
作業可能時間	h	58	70	70	147	67	70	58	70	147	43	70	
最大作業可能面積 ①	ha	21.5	21.1	52.1	54.5	31.3	52.1	21.5	21.1	54.5	20.1	52.1	
損益分岐点面積	小売価格	千円	16,720			16,720			16,720				
	固定費	固定比率	%	24.0			24.0			24			
		固定費	千円	4,013			4,013			4,013			
		計	千円	4,013			4,013			4,013			
	変動費	燃料単価	円/L	145			145			145			
		燃料消費量	L/h	19.3			19.3			19			
		燃料・潤滑油費	円/h	3,638			3,638			3,638			
		労賃	円/h	1,129			1,129			1,129			
		小計	円/ha	15,970	19,843	8,044	16,089	17,122	8,044	15,970	19,843	16,089	15,297
	計	円/ha	43,857			41,255			75,243				
作業請負料金	小計	円/ha	49,540	60,610	49,540	60,610	62,780	49,540	49,540	60,610	62,780	60,610	49,540
	計	円/ha	159,690			172,930			283,080				
損益分岐点面積 ②	ha	34.6			30.5			19.5					
①-②	ha	-13.1	-13.5	17.5	24.0	0.8	21.6	2.0	1.6	35.0	0.6	32.6	

- 注1) 作業能率は作業時間の実測値から算出し（表2、3、4同様）、秋耕起は協調作業を用いた。
 注2) 作業期間は「青森県特定高性能農業機械導入計画」[4]、「水稻V溝乾田直播栽培マニュアル」[5]を一部変更して用い、代かきの作業期間は県公表の田植期間の平年値[6]から7日前とした。
 注3) 1日の実作業時間、作業可能日数率は「青森県特定高性能農業機械導入計画」[4]を用いた（表2、3同様）。V溝乾直の播種の作業可能日数率は2005～2024年の20年間における作業期間の4/27～5/15に、黒石アメダスで降水量が1mm以下の日を作業可能日として算出した。
 注4) 労費、作業請負料金は「令和5年農作業労賃・農業労賃に関する調査結果」[7]を引用した（表2、3、4同様）。
 注5) 移植栽培及びV溝乾直共通における秋耕起は、移植栽培及びV溝乾直の作業期間が同様のため、移植栽培とV溝乾直の共通作業とした。

イ 農業用ドローン（表2）

移植栽培のみ、V溝乾直のみ、移植栽培とV溝乾直の共用のそれぞれで試算しました。各栽培方法で、一発処理剤散布、穂いもち防除、カメムシ類防除を行った場合、全ての作業で最大作業可能面積が損益分岐点面積（10.0ha）より大きくなりました。

移植栽培とV溝乾直の共用では、各作業の作業期間が重複するため、移植栽培とV溝乾直ともに作業期間を短くして、連続した期間で使用するものとしています（表2 淡緑、淡青、濃緑）。その場合、作業期間が延長されるため、どちらか一方の栽培方法のみで使用した場合よりも、最大作業可能面積は大きくなります。例えば、穂いもち防除は移植栽培かV溝乾直でのみの使用では52.5haですが、共用すると70.0haとなります。移植栽培とV溝乾直で同じ作業で使用するため固定費が分散されず、共用しても損益分岐点面積は変動しませんが最大作業可能面積が大きくなるため、どちらかの栽培方法の単独で使用するより損益分岐点面積に到達しやすくなる試算でした。

表2 農業用ドローンの最大作業可能面積と損益分岐点面積

対象機種 栽培方法		農業用ドローン										
		移植栽培のみ			V溝乾直のみ			移植栽培、V溝乾直共用				
作業名		一発処理剤 散布	穂いもち 防除	カメムシ類 防除	一発処理剤 散布	穂いもち 防除	カメムシ類 防除	一発処理剤 散布	穂いもち 防除	カメムシ類 防除		
最大 作業 可能 面積	圃場作業量	ha/h	20.00	4.55	4.55	20.00	4.55	4.55	20.00	4.55	4.55	
	作業能率	h/ha	0.05	0.22	0.22	0.05	0.22	0.22	0.05	0.22	0.22	
	作業回数	回	1	2	2	1	2	2	1	2	2	
	作業時間	h/ha	0.05	0.44	0.44	0.05	0.44	0.44	0.05	0.44	0.44	
	1日の実作業時間	h/日	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	
	作業期間（始）	月日	5/26	7/30	8/8	5/31	8/3	8/12	5/26	7/30	8/10	
	作業期間（終）	月日	6/2	8/7	8/16	6/7	8/11	8/20	6/7	8/9	8/20	
	作業日数	日	8	9	9	8	9	9	11	11	11	
	作業可能日数率	%	73	73	73	73	73	73	73	73	73	
	作業可能日数	日	5	6	6	5	6	6	9	8	8	
	作業可能時間	h	19	23	23	19	23	23	35	31	31	
	最大作業可能面積 ①	ha	385.0	52.5	52.5	385.0	52.5	52.5	693.0	70.0	70.0	
	損益 分岐 点 面積	購入費	本体一式	千円	2,091			2,091			2,091	
総合保障			千円	121			121			121		
点検料他			千円	86			86			86		
固定費		固定比率	%	29.0			29.0			29.0		
		固定費	千円	606			606			606		
		計	千円	814			814			814		
変動費 （農業用 ドロー ン）		バッテリー充電単価	円/個	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
		バッテリー使用数	個/ha	0.2	1.5	1.5	0.2	1.5	1.5	0.2	1.5	1.5
		バッテリー使用費	円/ha	0	3	3	0	3	3	0	3	3
		労賃	円/h	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024
	小計	円/ha	184	1,622	1,622	184	1,622	1,622	184	1,622	1,622	
合計	円/ha		3,428			3,428			3,428			
作業請負 料金	小計	円/ha	16,920	33,840	33,840	16,920	33,840	33,840	16,920	33,840	33,840	
	計	円/ha		84,600			84,600			84,600		
損益分岐点面積 ②	ha		10.0			10.0			10.0			
①-②	ha		375.0	42.5	42.5	375.0	42.5	42.5	683.0	60.0	60.0	

注1) 移植栽培の一発処理剤散布の作業期間は県内の田植進ちよく〔6〕から、V溝乾直は「水稻V溝乾田直播栽培マニュアル」〔5〕から推定した。

注2) 穂いもち防除とカメムシ類防除は各2回行うものとし、作業期間は移植栽培が県内の出穂状況〔8〕から推定し、V溝乾直は移植栽培より3日出穂が遅いものとして推定した。

注3) 購入費の本体一式は本体（液剤散布装置付き）1台、本体用バッテリー6本、バッテリー充電器1個、粒剤散布装置1個を購入したと想定。

ウ 自動操舵コンバイン（表3）

移植栽培のみ、V溝乾直のみで刈取作業を行った場合、最大作業可能面積（49.6ha）が損益分岐点面積（49.5ha）とほぼ同等でした。移植栽培とV溝乾直の共用では、農業用ドローンと同様に、作業期間が延長される（表3緑）ため、最大作業可能面積は57.3haへ大きくなり、損益分岐点面積に変動はなくとも、どちらかの栽培方法で使用するよりも到達しやすくなる試算でした。

表3 自動操舵コンバインの最大作業可能面積と損益分岐点面積

対象機種			自動操舵コンバイン			
栽培方法			移植栽培のみ	V溝乾直のみ	移植栽培、V溝乾直共用	
作業名			刈取	刈取	刈取	
最大作業可能面積	圃場作業量	ha/h	0.45	0.45	0.45	
	作業能率	h/ha	2.25	2.25	2.25	
	作業回数	回	1	1	1	
	作業時間	h/ha	2.25	2.25	2.25	
	1日の実作業時間	h/日	6.4	6.4	6.4	
	作業期間（始）	月日	9/21	9/25	9/21	
	作業期間（終）	月日	10/16	10/20	10/20	
	作業日数	日	26	26	30	
	作業可能日数率	%	67	67	67	
	作業可能日数	日	17	17	20	
	作業可能時間	h	111	111	129	
最大作業可能面積（①）		ha	49.6	49.6	57.3	
損益分岐点面積	小売価格	千円	23,639	23,639	23,639	
	固定費	固定比率	%	24.7	24.7	24.7
		固定費	千円	5,839	5,839	5,839
		計	千円	5,839	5,839	5,839
	変動費	燃料単価	円/L	145	145	145
		燃料消費量	L/h	13.5	13.5	13.5
		燃料・潤滑油費	円/h	2,552	2,552	2,552
		労賃	円/h	2,056	2,056	2,056
		計	円/ha	12,959	12,959	12,921
	作業請負料金	円/ha	131,000	131,000	131,000	
損益分岐点面積（②）		ha	49.5	49.5	49.5	
①－②		ha	0.1	0.1	7.8	

注) 移植栽培の作業期間は県公表値の平年値^[9]とし、V溝乾直は「水稻V溝乾田直播栽培マニュアル」^[5]から推定した。

エ ロボット田植機（表4）

ロボット田植機は移植栽培で使用する条件としました。その結果、最大作業可能面積（34.9ha）が損益分岐点面積（34.3ha）よりも大きくなる試算となりました。

オ 自動操舵ハイクリブーム（表4）

自動操舵ハイクリブームは、V溝乾直における播種前の非選択性茎葉処理除草剤散布と入水前の選択性茎葉処理除草剤散布の2つの作業で使用する条件としました。その結果、自動操舵ハイクリブームは最大作業可能面積がそれぞれ81.7haと71.5haとなり、損益分岐点面積の101.5haより小さくなりました。これは、V溝乾直での2回の作業に対して機械利用経費が割高なためです。そのため、19.8ha+30.0ha（表4赤字）=49.8ha分を受託作業や他の作物で利用することが有効です（例えば、大豆作で除草剤を3回散布するとして、49.8ha÷3回=16.6haにも利用するなど）。

表4 ロボット田植機と自動操舵ハイクリブームの最大作業可能面積と損益分岐点面積

対象機種		ロボット田植機	自動操舵ハイクリブーム			
栽培方法		移植栽培	V溝乾直			
作業名		移植	非選択性 茎葉処理除草剤散布	選択性 茎葉処理除草剤散布		
最大 作業 可能 面積	圃場作業量	ha/h	0.50	17.7	17.7	
	作業能率	h/ha	2.93	0.89	0.89	
	作業回数	回	1	1	1	
	作業時間	h/ha	2.93	0.89	0.89	
	1日の実作業時間	h/日	6.4	6.4	6.4	
	作業期間（始）	月日	5/13	4/15	5/25	
	作業期間（終）	月日	5/31	4/30	6/7	
	作業日数	日	20	16	14	
	作業可能日数率	%	82	71	71	
	作業可能日数	日	16	11	10	
	作業可能時間	h	102	73	64	
	最大作業可能面積（①）	ha	34.9	81.7	71.5	
損益 分岐 点 面積	小売価格	千円	6,904	10,466		
	固定費	固定比率	%	26.3	22.4	
		固定費	千円	1,816	2,338	
		小計	千円	1,816	1,247	1,091
		計	千円	1,816	2,338	
	変動費	燃料単価	円/L	145	145	
		燃料消費量	L/h	3.9	15.0	
		燃料・潤滑油費	円/h	735	2,906	
		労賃	円/h	2,015	2,024	
		小計	円/ha	10,072	5,397	5,397
		計	円/ha	10,072	10,795	
	作業請負料金	小計	円/ha	62,780	16,920	16,920
計		円/ha	62,780	33,840		
損益分岐点面積（②）	ha	34.3	101.5			
	①-②	ha	0.6	-19.8	-30.0	

注1) ロボット田植機の作業期間は県内の田植進ちよくの平年値^[6]から推定した。

注2) 自動操舵ハイクリブームの作業期間は「水稻V溝乾田直播栽培マニュアル」^[5]から推定した。

カ 自動水管理装置（図5）

自動水管理装置は、栽培方法に係わらず1haの水田に自動水管理装置を導入した場合の年間当たりの労賃の削減費を算出しました。この削減費が機械利用経費より下回る使用年数を導入面積（何筆の1haの水田に導入したか）ごとに試算しました。その結果、入水側のみに自動水管理装置を導入すると2ha、入水と排水の導入では13haで、耐用年数10年以内に利用経費を償却できる試算となりました。自動水管理装置の場合、水田1筆に1台もしくは2台設置するため、水田1筆の大きさが最大作業可能面積となります。今回の試算では、損益分岐点面積を1haの水田に導入する筆数として試算しているため、最大作業可能面積と損益分岐点面積は等しくなります。

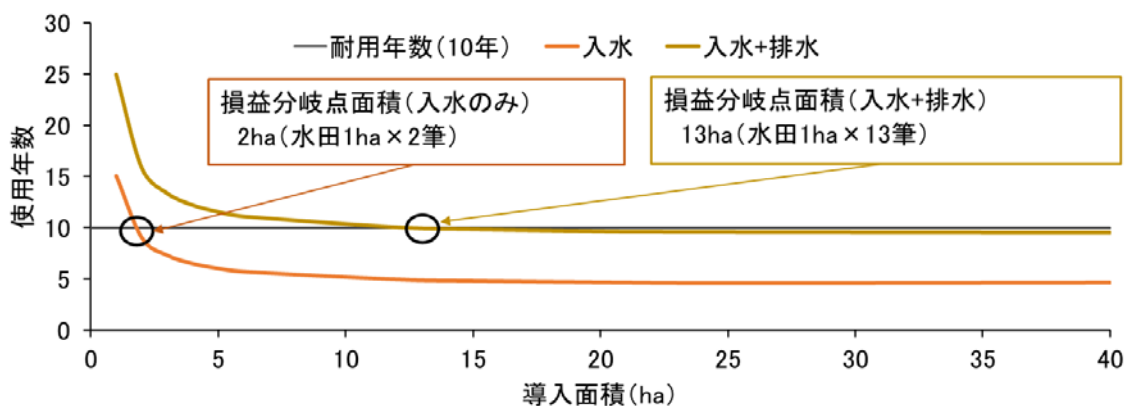


図5 自動水管理装置の損益分岐点面積

注1) 耐用年数は農機メーカーからの聞き取りによるもの。

注2) 自動水管理装置の慣行の作業時間は「図説 農林水産業の動向」^[3]の水管理の労働時間を1ha当たりの時間（分）に換算し、自動水管理装置の作業時間は慣行から表1の削減率を乗じた。

(2) スマート農機を体系利用した場合の経営規模

図1及び2に示したように、農業経営体がスマート農機各1台を導入（自動水管理装置は水田1筆ごとに入水と排水に設置）し、移植栽培とV溝乾直で体系利用したと想定した場合の経営規模を試算しました（図6）。

経営規模の制限要因は、ロボットトラクタの移植栽培での代かきとV溝乾直での播種の作業時期が重複することです。移植栽培の代かきが5月9日から5月23日でV溝乾直での播種が4月27日から5月15日^[5]（表1灰色）で、5月9日から5月15日までの7日間が重複します。この7日間のうち、作業可能日数率（表1緑）から代かきでは7日間×77%＝5.39日≒5日、播種では7日間×76%＝5.32日≒5日と、ともに5日間が作業可能日数となり、この5日間を移植栽培の代かきかV溝乾直の播種をするかによって経営規模が左右されます。試算の結果、5日間全てを移植栽培の代かきを行った場合に収益が最大になり、その際の経営面積は移植栽培26.9ha、V溝乾直20.1haの計47.0haとなりました。

ただし、この経営面積の場合、自動操舵コンバイン（表3）やロボット田植機と自動操舵ハイクリブーム（表4）のように、損益分岐点面積に到達できない農機がでてきます。そのため、損益分岐点面積に到達しない農機では受託作業を行い、作業面積を増加させることが重要です。また、春作業である移植栽培での代かきとV溝乾直での播種の作業期間の重複を解消して、経営面積を増加させることも有効です。例えば、（ロボットに限らず）トラクタ1台を導入する、もしくは移植栽培の代かきもしくはV溝乾直の播種作業を外部委託するなどして、作業重複を緩和することが挙げられます。しかし、この場合は生産費が増大しますので、トラクタを導入、もしくは外部委託した場合の経営規模を再度、試算する必要があります。

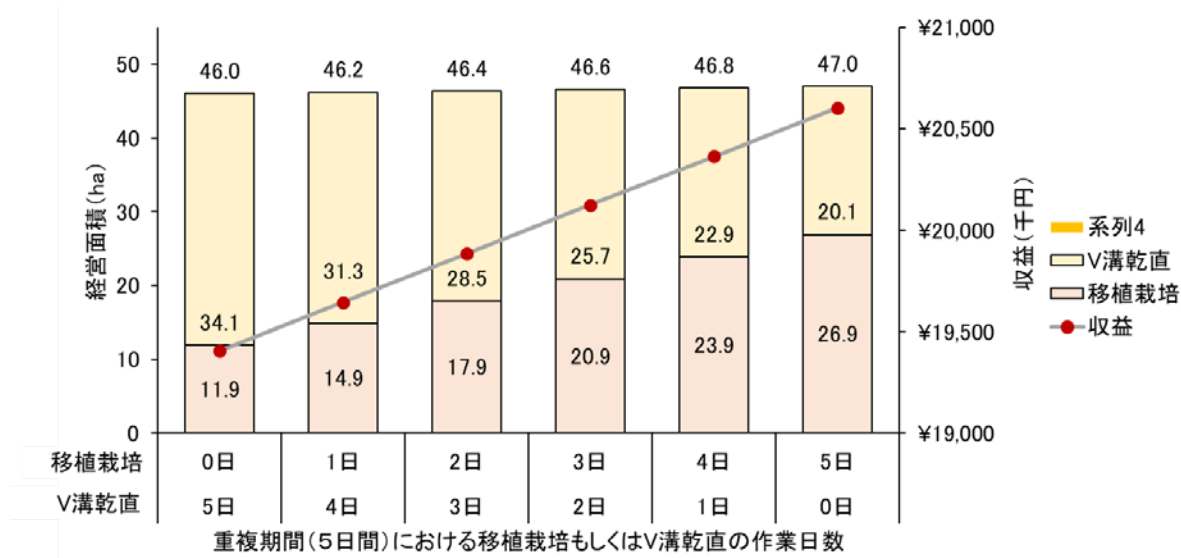


図6 スマート農機を体系利用した時の経営規模別での収益性

- 注1) 移植栽培の収量は600kg/10a、V溝乾直は570kg/10aとし、コメの概算金を令和6年度の15,000円/60kgとした。
- 注2) スマート農機の利用経費は表1、2、3の固定費と変動費を用いた。なお、移植栽培とV溝乾直で共用する農機の固定費は、各作業日数における移植栽培とV溝乾直の経営面積の比を乗じたものを用いた。
- 注3) スマート農機の利用経費以外の生産費は、「図説 農林水産業の動向」[3]及び「水稻V溝乾田直播栽培マニュアル」[5]を用いた。

2 活用方法

全ての農機を一度にスマート農機に置き換えることは、経営面からも難しいと思われます。そのため、表1～4と図5から、導入を検討しているスマート農機の作業能力（最大作業可能面積）と作業しなければならない面積（損益分岐点面積）を参考に、経営規模に見合うものか、判断材料にしていただければと思います。

今回、使用したスマート農機は大型機のため、ロボット機能などのスマート農業技術を装備していなくとも、本体価格が比較的高額になります。また、大型機であるため、小さな区画の水田には適さない場合があります。現在、トラクタや田植機などで、小さなものに自動直進機能を装備したものが市販されています。スマート農機に係わらず農機は経営規模や水田の区画に対して適切なものを導入することが重要です。

図6のような経営規模の試算では、作業重複が制限要因となった場合に、各栽培方法での面積規模の判断基準に有効だと考えられます。また、経営試算については、収量や作業期間がどれだけ確保できるかなど、実際の経営状況により左右されます。もし、スマート農機の導入を検討されていて、経営面から判断に迷う場合はお近くの農業普及振興室や当所にご相談ください。

おわりに

スマート農業技術の進展は早く、次々に新しい農機や技術が市場に導入されています。農業経営にどう役立つのか、経営面の問題を解決できるのかなど、様々な情報が必要になると思われます。今後も、関係機関と協力しながら実証試験を進め、情報提供を進めていく予定です。



ロボットトラクタによるV溝乾直の播種作業

〈引用文献〉

- [1] 青森県農林水産部 2021. 統計資料（令和3年10月発行版），9.
- [2] 農林水産省 2024. スマート農業をめぐる情勢について，7.
- [3] 青森県農林水産部 2021. 図説 農林水産業の動向，24.
- [4] 青森県農林水産部 2014. 青森県特定高性能農業機械導入計画，29-35.
- [5] 地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所 2014. 水稲V溝乾田直播栽培マニュアル，10-72.
- [6] 青森県農林水産部 2024. 5月15日現在田植進ちょく状況.
- [7] 一般社団法人青森県農業会議 2024. 令和5年農作業労賃・農業労賃に関する調査結果，3-6.
- [8] 青森県農林水産部 2024. 8月5日現在水稲出穂状況.
- [9] 青森県農林水産部 2023. 10月10日現在稲刈進ちょく状況.

ながいも栽培における 自動操舵トラクタの有効性の実証

地方独立行政法人青森県産業技術センター
野菜研究所

研究管理監 新藤潤一



はじめに

青森県のながいもは、生産量全国第2位で国内出荷量の約4割を占める主力品目ですが、担い手の高齢化と労働力不足が大きな課題となっています。ながいも栽培には、植付前のトレンチャー耕や、センター掘り機などによる収穫作業など、技術と経験が求められる特有の作業があります。しかし、熟練したオペレーターの高齢化や減少により、これらの作業を効率的かつ正確に行うことが難しくなっています。このような状況を打開するためには、スマート農業の一層の推進が必要となっています。

自動操舵トラクタは、その一環として注目されています。自動操舵トラクタとは、GNSSガイダンスシステムで受信した信号を利用して車両の位置を測位することで、ハンドルを自動で制御し、設定した経路を自動走行するシステム（写真1）を搭載したトラクタのことをいいます。自動操舵トラクタを導入することで、経験の浅い作業員でも高精度な作業を安全に行うことができ、これにより、労働力不足の解消にもつながることが期待されています。

本稿では、ながいも栽培における自動操舵トラクタの有効性について、トレンチャー耕や収穫作業における実証試験を行ったので、その成果について報告します。



写真1 自動操舵システム

（上：GNSS受信機、左下：モニター、右下：電動ハンドル）

1 内容

(1) トレンチャー耕

トレンチャー耕は、ながいもが土中深くまで伸長できるように、植付け前の畑に溝幅15～20cm、深さ100～110cmの深い植溝を掘る作業のことをいいます(写真2)。ながいもの品質にも影響する重要な作業です。

試験は、令和3年に野菜研究所内(上北郡六戸町)の平坦で傾斜のないほ場で実施しました。トレンチャー耕は5月14日に行い、①トレンチャー耕に非熟練のオペレーターが自動操舵システムを使った区、②トレンチャー耕に非熟練のオペレーターが手動で作業した区、③トレンチャー耕に熟練のオペレーターが手動で作業した区の計3区を設置し、作業精度と作業時間を比較しました。作業精度は、ながいもの畝幅に相当する120cm間隔で施工距離100mのトレンチャー耕を2回行い、出来上がった2本の溝間の距離を5m間隔で測定し、120cmとの誤差を求めました。差が0cmに近づくほど精度が高いと評価しました。作業時間は100m当たりのトレンチャー耕に要した時間を測定しました。

作業精度は、非熟練者が自動操舵システムを使うことによって、熟練者が手動で行うよりも高い精度で作業することができました(図1、表1)。また、作業時間は、非熟練者が自動操舵システムを使うことによって、熟練者が手動で行うのとはほぼ同じ時間で作業することができました(表2)。

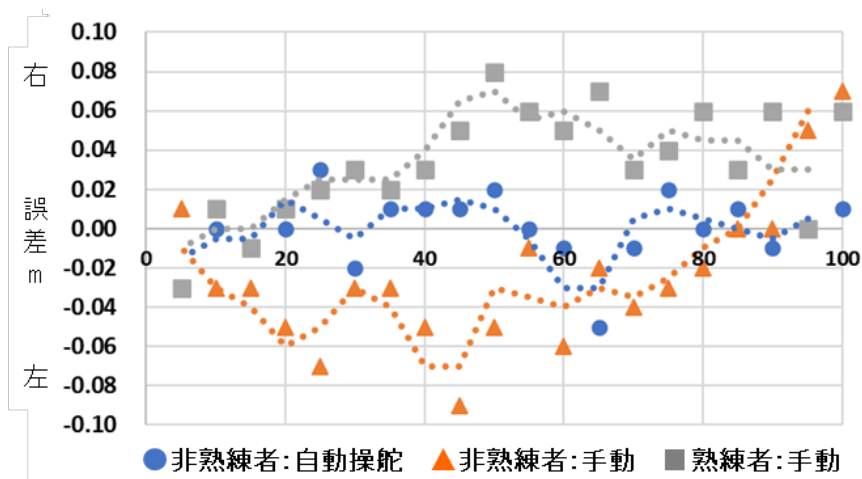


図1 トレンチャー耕の作業精度



写真2

トレンチャーを装着したトラクタ

表1 トレンチャー耕の平均誤差

試験区	平均誤差 (m)
非熟練：自動操舵	0.013
非熟練：手動	0.042
熟練：手動	0.037

表2 トレンチャー耕と収穫作業の作業時間 (100m当たり)

試験区	作業時間			
	トレンチャー耕		収穫作業	
		熟練：手動との差		熟練：手動との差
非熟練：自動操舵	20分 29秒	26秒	32分 40秒	▲7分 15秒
非熟練：手動	21分 15秒	1分 12秒	45分 45秒	5分 50秒
熟練：手動	20分 3秒	—	39分 55秒	—

(2) 収穫作業

試験は、トレンチャー耕を行ったほ場で実施しました。収穫作業は、11月26日にセンター掘り機（写真3）で行い、①センター掘り機に非熟練のオペレーターが自動操舵システムを使った区、②センター掘り機に非熟練のオペレーターが手動で作業した区、③センター掘り機に熟練のオペレーターが手動で作業した区の計3区を設置し、収穫物の破損状況と作業時間を比較しました。収穫物の破損状況は各区100mで収穫作業を行い、中央部10m分の収穫物のうち掘り機の爪等との接触により破損した収穫物の割合を調査しました。作業時間は100m当たりのセンター掘り機による収穫作業に要した時間を測定しました。

経済的な損失につながる収穫物の破損の発生率は、試験区間で差は認められませんでした（表3）。また、作業時間は、非熟練者が自動操舵システムを使うことによって、熟練者が手動で行うよりも短くなりました（表2）。



写真3 センター掘り機による収穫作業

表3 収穫物の破損状況

試験区	収穫物の破損 (%)
非熟練：自動操舵	12
非熟練：手動	16
熟練：手動	16

(3) 自動操舵システム導入の経済性評価

既存のトラクタに自動操舵システムを後付けした場合、最大作業可能面積が損益分岐点面積を上回り、導入効果が期待できます(表4)。

表4 最大作業可能面積と損益分岐点面積

(単位：ha/年)

導入するスマート農機	作業内容	作業別評価		
		最大作業可能面積	損益分岐点面積	最大作業可能面積－損益分岐点面積
自動操舵機能搭載トラクタ	トレンチャー耕	3.0	9.9	-6.9
	収穫作業	5.0	5.7	-0.7
自動操舵システムのみ	トレンチャー耕	3.0	1.7	1.3
	収穫作業	5.0	1.0	4.0

注)「青森県特定高性能農業機械導入計画(青森県、平成26年3月)」で示されている方法により作業可能面積と損益分岐点面積(利用下限面積)を算出

2 活用方法

ながいものトレンチャー耕およびセンター掘り機による収穫作業は、自動操舵トラクタを利用することにより、作業経験の浅いオペレーターでも熟練者並みの精度と速度での作業が可能となり、自動操舵トラクタの有効性が確認できました。このことは、労働力不足の解消にも寄与できると考えます。

自動操舵システムは、既存のトラクタに後付けができるため、新たに自動操舵機能搭載トラクタを購入しなくても、初期費用を抑えて導入することが可能です。さらに、同システムは使い回しができるので、手持ちの複数の農業機械に載せ替えることで、様々な作業に活用することも可能です。

自動操舵システムは、使用するソフトウェアや機械のメーカー、モデル等によって、性能や操作性が異なる場合がありますので、導入の際は、販売メーカー等へ確認してください。

りんご園におけるロボット草刈機の導入効果

地方独立行政法人青森県産業技術センター
りんご研究所 栽培部

総括研究管理員 後藤 聡
(部長事務取扱)



はじめに

りんごは、園地に草を生やした状態で栽培するため、定期的な草刈が必要です。青森県では、主に乗用草刈機を用いて月1回程度草刈を行っており、年間では4.5時間/10a(1,000㎡)かかっています(わい化栽培の場合は、樹の株元に除草剤を散布する作業が必要なため、さらに1.0時間多くかかります)。また、乗用草刈機による作業では、枝との間に挟まれたり、傾斜地で転倒したりする危険性もあります。

近年、草刈作業を省力化できる無人自律走行(ロボット)草刈機が開発され、生産現場への導入が進んでいますので、その特性などについて紹介します。

1 ロボット草刈機とは

ロボット草刈機は、エリアワイヤー(ビニル被覆電線)で囲まれた範囲内を、原則としてランダムに走行しながら自動で草を刈る機械です。エリアワイヤーは、ペグで地表面に固定したり、専用の機械で地中に埋設したりして設置します。草刈機はバッテリーで動き、バッテリーの残量が少なくなると、エリア内に設置した充電ステーション(電源:家庭用100v)へ自動で戻ります。そして、充電が完了すると再び自動で草刈を開始します。樹や鉄柱などの障害物がある場合は、センサーで検知し、減速して軽く接触したのち方向転換します。また、エリアワイヤーを検知した場合も、その場で方向転換するので、エリアの外へ出てしまうことはありません。ちょうど家庭電化製品のロボット掃除機を思い浮かべると作業の様子がイメージできます。

作業の指示はスマートフォンなどの専用アプリで行います。一度作業の開始を指示すると、トラブルがない限り、停止を指示するまで自動で作業を続けます。ロボット草刈機は小型のため、乗用草刈機では刈ることができない樹と樹の間や、樹の株元などにも入り込み作業をすることができます。もちろん、雨が降っていても作業が可能です。



写真1 ロボット草刈機

(左) 和同産業(株)製 KRONOS MR-300

(右) ハスクバーナ・ゼノア(株)製 AUTOMOWER™ 435X AWD

2 ロボット草刈機による下草管理

青森県産業技術センターりんご研究所では、これまで2つのメーカーのロボット草刈機（写真1）について試験をしてきました。試験したロボット草刈機の仕様を表1に示します。

（1）KRONOS（クロノス）

クロノスは草刈機として開発された機種のため、ある程度草が伸びた状態からでも草を刈ることができます。そこで、条件の異なる複数の園地において刈取能力を調査しました（表2）。

その結果、草の生えている状態や障害物の状況によって変わりますが、日中8時間稼働（実際の草刈作業時間は約4時間）させた場合、約30aの園地を7日間ほどで刈取ることができました（図1、写真2）。そのため、草刈機を複数の区画や園地でローテーションして使うことで、より広い面積や複数の園地を1台で管理することも可能であると考えられました。

機械をローテーションせずに園地に据え置いて作業させた場合は、設定した草丈を常に維持し、景観や作業性に優れた状態を保つことができました（図2）。また、横径7cm程度の摘果された果実も裁断することが可能で、機械が果実に乗り上げてしまうこともありませんでした。なお、オプションの太陽光パネルを利用すれば、電源のない園地にも導入することが可能です。

表1 試験に供試したロボット草刈機の主な仕様

項目	KRONOS MR-301H	AUTOMOWER™ 435X AWD
車体寸法	845×515×360mm	930×550×290mm
車体重量	17.0kg	17.6kg
最大作業領域	30a	35a
使用最大傾斜角度	20° (オプション 30°)	35°
刈高	30～70mm（無段階）	30～70mm
刈幅	300mm	220mm
充電一回あたりの作業時間	1時間	145分
標準充電時間	1時間	45分
価格	税込 583,000円	税込 701,800円

注1) 仕様は、2024年4月時点のカタログ値。

注2) KRONOSは、試験では旧型のMR-300を使用。

注3) 価格には、充電ステーション代を含む。設置費用は含まない。

表2 試験園地の概要

(りんご研究所、令和元年)

項目	弘前市	南部町	りんご研究所 (黒石市)						
面積	13a	9a	26a						
平坦・傾斜	平坦	傾斜 7°	平坦						
品目	リンゴ	オウトウ	リンゴ						
栽植様式 (列間×樹間)	5m×5m	6m×6m (一部 6m×3m)	7m×7m						
樹形	遅延開心形	開心形	開心形						
樹齡	約30年生	約30年生	27年生						
エリアワイヤー 設置方式	表面	埋込	表面						
刈高さ	5cm	6cm (7/28から3cm)	5cm						
作業期間	7/10～15	7/24～29	6/11～28						
主な草種	草種	被度 (%)	草丈 (cm)	草種	被度 (%)	草丈 (cm)	草種	被度 (%)	草丈 (cm)
	シロツメクサ	58	28	ギシギシ	35	38	スズメノカタビラ	35	19
	イネ科雑草	12	29	オオバコ	20	10	シロツメクサ	27	12
	オオバコ	10	20	シロツメクサ	19	13	イネ科雑草	17	27
	その他	20	—	その他	26	—	その他	21	—

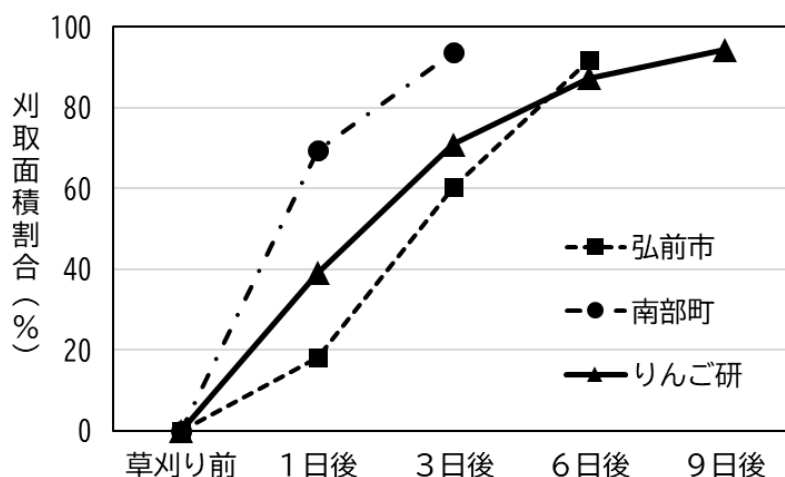


図1 試験園地における草刈作業の進捗状況
供試機種：KRONOS MR-300
(りんご研究所 令和元年)



写真2 南部町におけるロボット草刈機による草刈作業の推移
 (左) 草刈前 (中) 稼働1日後 (右) 稼働3日後
 供試機種：KRONOS MR-300
 (りんご研究所 令和元年)

(2) AUTOMOWER™ (オートモア) 435X AWD

オートモアシリーズは大きさや性能の異なる機種が複数ラインナップされているため、園地の状況に合わせて機種を選択することができます。また、搭載されているGPSによりエリア内を効率的に走行し草刈します。しかし、本来は芝刈機として開発された機械のため、伸びた状態の草を刈ることは難しいです。そこで、草が伸びる前から園地に据え置き作業させた場合の刈取能力を調査しました。

その結果、オートモアを設置している期間中は、設定した草丈を常に維持し、景観や作業性に優れた状態を保つことができました (図2)。

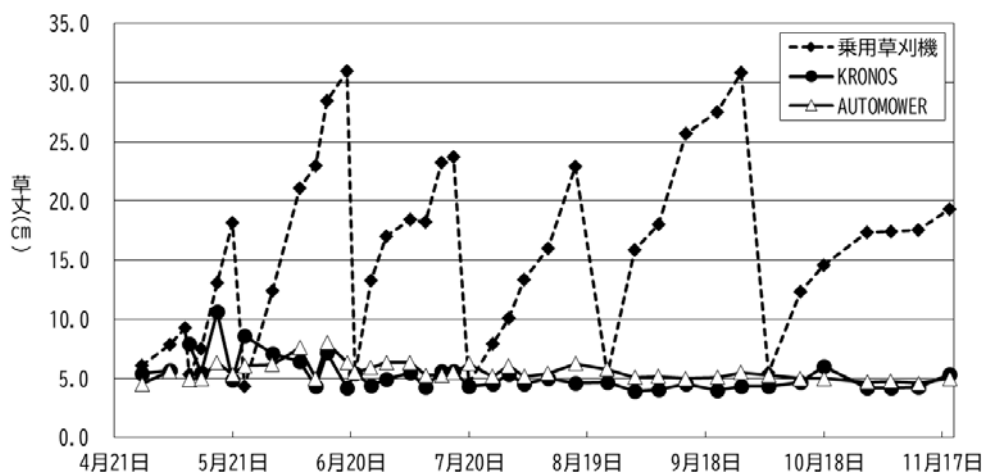


図2 ロボット草刈機による草刈状況
 ロボット草刈機の刈高は7cmから始め5cmまで段階的に下げた。
 乗用草刈機による草刈は約1か月間隔で6回実施した (刈高5cm)。
 (りんご研究所 令和3年)

草刈後の仕上がりはどちらの機種も乗用草刈機と比べて遜色なく、樹間が1 mしかない樹の株元も設定した草丈に維持することができました（写真3）。



写真3 樹間1 mの園地における草刈状況
 供試機種はオートモアだが、クロノスでも同様の仕上がりとなる。
 （りんご研究所 令和3年）

（3）労働時間及び経費削減効果

ロボット草刈機の導入により、草刈作業にかかる時間をマルバ園では10a 当たり年間で4.5時間（わい化園では5.5時間）削減することができました。

年間の動力光熱費は乗用草刈機に比べると高くなりましたが、作業をする人の賃金が必要ないため、経費は乗用草刈機よりも少なくなりました（表3）。

表3 わい化園における草刈作業等の費用比較（10a 当たり、年間、円）

（りんご研究所、令和3年）

項目	ロボット草刈機		乗用草刈機
	KRONOS MR-300	AUTOMOWER™ 435X AWD	
労働賃金	0	0	5,500
動力光熱費①電気代	3,073	2,127	0
②ガソリン代	0	0	1,624
農薬費	0	0	1,082
合計	3,073	2,127	8,206

注1) 乗用草刈機は（株）アテックス社製 刈馬王 R9820Aを使用。

注2) 乗用草刈機の労働賃金は、作業時間5.5時間/10a（年間6回の合計）、黒石市農業委員会の標準賃金1,000円/時間（令和3年）で計算。

注3) 動力光熱費は1か所の園地に据置き、1日8時間、210日間稼働で計算。電気代は、消費電力kw 当たり25.3円、ガソリン代は、148円/Lで計算。

注4) 乗用草刈機の農薬費は、除草剤を1回当たり100ml/10a（樹冠下のみ散布）、年間6回使用。

(4) 利用上の注意点

試験中に発生したトラブル及び利用上の注意点は以下のとおりです。

- ① 樹の株元や障害物の周りに刈り残しができるので、雑草の種類や繁茂状況によっては除草剤の散布などが必要になる場合があります。
- ② つる性の雑草は刈刃に絡みやすいので事前に除草してください。
- ③ 大きな段差があると乗り上げてしまうことがあるので事前に整地してください。
- ④ 車輪に落葉などが付着すると車高が高くなり、充電ステーションとドッキングできなくなることがあります。適宜清掃してください。
- ⑤ 充電ステーションの周辺にわだちができてステーションとドッキングできなくなることがあります。適宜整地やわだち対策（人工芝の設置など）をしてください。
- ⑥ 充電端子が汚れると充電ができなくなります。適宜清掃してください。特に薬剤散布の時は、機械や充電ステーションにカバーを掛けるなどして汚れを防止してください。
- ⑦ ロボット草刈機が脚立を押し倒し、それに乗り上げて走行できなくなったことがあります。稼働中は、脚立などの障害物を置かないようにしましょう。
- ⑧ ロボット草刈機は作業音が静か（静かな事務所内と同等）なので、接近に気づかないことがあります。園地で人が作業する際は、接触によるトラブルを避けるため、ロボット草刈機は稼働しない方が良いでしょう。
- ⑨ ロボット草刈機が接触して苗木などを傷つけたり、マメコバチの小屋などを壊したりするおそれがあります。杭やブロックなどで囲み保護してください。
- ⑩ ネズミにかじられエリアワイヤーが断線することがあります。特にワイヤーが埋設されている場合は、断線箇所の特定が難しくなります。なお、断線した場合、ロボット草刈機は稼働しない設定になっています。

3 おわりに

ロボット草刈機を活用することで草刈の作業時間を削減することができます。その時間を他の管理作業に振り向けることができれば、果実品質のさらなる向上といった副次的な効果も期待できます。また、ロボット草刈機を導入した生産者からは、農作業事故のリスクだけでなく、野ネズミなどの食害が低減された、といった声も聞かれました。

いまこの文章を読んでいる間も、園地ではロボット草刈機が作業をしてくれている。そう想像するだけでも導入のメリットを感じていただけるのではないのでしょうか。

ただし、ロボット草刈機を効果的に使用するためには、障害物を置かない、定期的なメンテナンスをするなど、ロボット草刈機が働きやすい環境を整えてあげることも重要です。

酪農経営における発情発見装置の効果

地方独立行政法人青森県産業技術センター
畜産研究所 酪農飼料環境部

部長 岡本清虎



はじめに

酪農経営において、繁殖成績を向上させるには、乳用牛の発情を見逃さず、適期に人工授精（または受精卵移植）を実施することが重要です。しかしながら、乳用牛の泌乳能力の遺伝的改良に伴い、発情兆候は弱まり持続時間も短くなったと言われています。さらに、1戸当たりの飼養頭数の増加や労働力不足により、以前に増して発情の発見が困難となっています。

このような状況に対応するため、現在、様々な発情発見装置が市販されていますが、県内での普及率は低い状況であると考えられます。

そこで、発情発見装置の有用性を検証するため、市販されている1機種について実証試験を実施したので、その結果を報告します。

1 内容

今回使用した発情発見装置は、株式会社ファームノート社製の「Farmnote Color（ファームノートカラー）」で、センサーを牛の頸部に装着するタイプになります。

本装置では、牛は発情が近くなると活動量が増加する特性を利用し、活動量の増加を頸部に装着したセンサー（写真1）から感知し、設定した通知ラインの値を超えるとスマートフォン等に通知がきます（図1）。

このため、通知ラインの設定値を低くすると発情ではないちょっとした活動量の増加によっても発情が通知され、設定値を高くすると活動量の低い発情を見逃す可能性があるため、通知ラインの設定は重要となります。

今回の実証試験では、発情の見逃しを少なくするため、メーカーで推奨されている標準の通知ラインよりも3段階低い最小値に設定しました。



写真1 発情発見装置
(左：センサー、右：センサー装着)

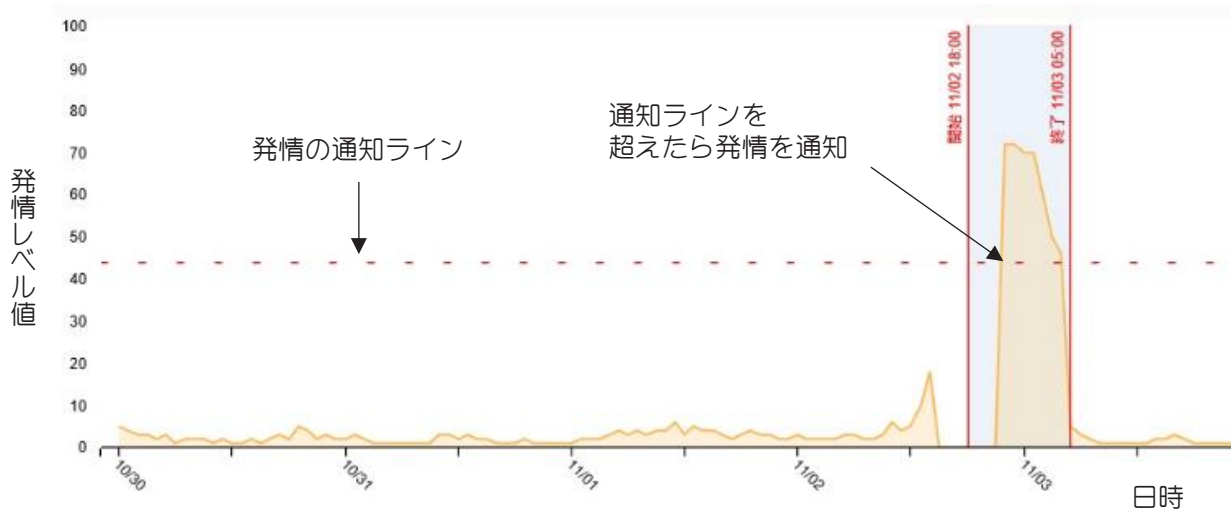


図1 発情グラフ／発情通知の一例

(1) 発情発見装置の精度調査

令和3年4月から令和4年10月に畜産研究所（上北郡野辺地町）のフリーストール牛舎で飼養していた搾乳牛延べ156頭について、発情発見装置による発情通知と超音波診断装置（エコー）による排卵の有無を比較しました。

その結果は、下記の4パターンに分類することができました（表1）。

①正常通知

発情通知があり排卵した牛、つまり正しい発情通知は76.9%（120/156頭）でした。

②誤通知（判断可）

発情通知はあったが排卵しなかった牛、つまり発情ではないが発情が通知された事例（誤通知）が認められました。そのうち発情周期から容易に発情ではないことが判断可能であった事例は7.0%（11/156頭）でした。

③誤通知（判断不可）

誤通知のうち発情周期等から容易に発情かどうか判断できない事例は13.5%（21/156頭）でした。

④見逃し

発情通知がなく排卵した牛は2.6%（4/156頭）でした。

以上のことから、上記①と②を合わせた83.9%（131/156頭）で容易に発情が確認できることがわかりました。

表1 搾乳牛における発情通知状況

（単位：頭）

正常通知	誤通知		見逃し	計
	判断可	判断不可		
120 (76.9%)	11 (7.0%)	21 (13.5%)	4 (2.6%)	156

(2) 発情発見装置の経済性調査

令和4年5月から10月で、搾乳牛22頭の発情発見装置による発情通知の回数と人による観察で確認できた発情回数を比較しました(表2)。

なお、人による観察は、8:00~18:00に他の作業を行いながら目視で実施しました。

その結果、機器と人ともに発情を発見した回数は35回、機器のみ発情発見(人での見逃し)16回、人のみの発見(機器の見逃し)2回となりました(表2)。

表2 発情発見回数

(単位:回)

機器と人の両方	機器のみ	人のみ
35	16 [*]	2

※超音波診断装置で排卵を確認

また、機器のみで発見できた発情発見回数16回(6か月間)をもとに、機器による効果を試算しました。

人では見逃し、機器で発見できた発情による損失軽減額(表3の②)は、発情1回見逃した場合の損失を25,200円(表3の①)に機器でのみ発見できた年間の回数を32回(16回×2)とし806,400円(表3の②)と算出しました。

機器の減価償却費を236,316円(表3の③)とし、機器の年間契約料145,200円(表3の④)から年間の経済効果を約42万円と試算しました(表3の⑤)。

表3 経済効果

(単位:円)

項目	金額	
発情1回見逃した場合の損失	①	25,200
年間の損失軽減(①×32回)	②	806,400
減価償却費	③	236,316
年間契約料	④	145,200
年間経済効果(②-③-④)	⑤	424,884

2 活用方法

今回の試験から、発情発見装置による発情発見の精度は76.9%と十分に活用できる考えられました。

発情牛との接触等によって一時的に活動量が増加することで発生する誤通知は避けられませんが、発情周期や活動量の波形の形や持続時間等から、誤通知をある程度判断できることがわかりました。また、発情の通知ラインを高く設定すれば、発情を見逃す可能性が高まりますが、誤通知の回数は減少することが期待できます。各農場の状況に応じて設定することで、より効果的に活用できると思われれます。

本装置での発情発見による効果は、今回の試験では約42万円と試算しましたが、飼養規模や作業体系によって、人による発情確認が困難な牧場では、より高い効果が期待できると考えられます。

また、本装置は活動時間、休息时间、反芻時間^{はんすう}を監視していることから、疾病等によって活動時間や反芻時間が低下した場合にも通知が可能であり、異常牛の早期発見にも効果を発揮します(図2)。反芻とは、牛などが消化の効率化を図るため、一度食べた牧草等を胃から口に戻して再び咀嚼^{そしゃく}する過程を繰り返すことを指しますが、本装置における反芻時間は、反芻により咀嚼が行われている時間を示しています。

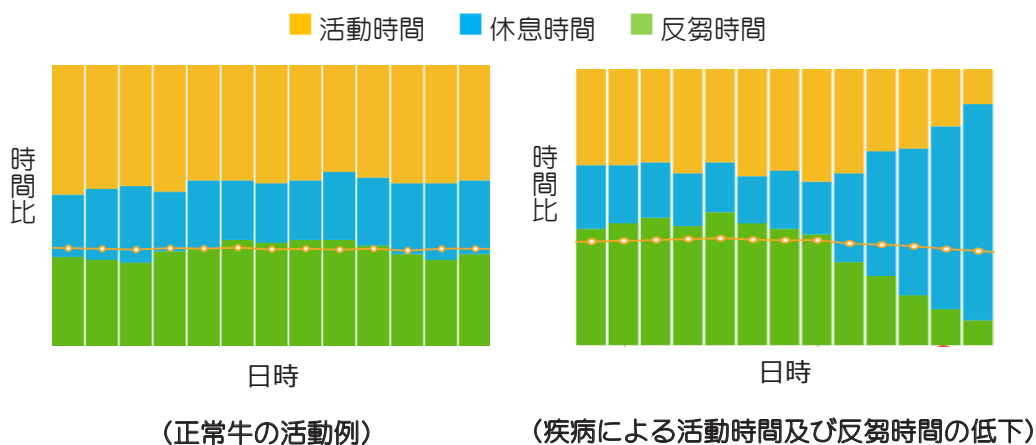


図2 行動分類グラフ／正常牛と異常牛の活動量

活動時間：歩行など動き回っているとき（反芻時間を除く）
 休息时间：何もしていないとき（睡眠の有無を問わない）
 反芻時間：反芻による咀嚼をしているとき

3 おわりに

畜産分野の新型機械も農業分野と同様に、日進月歩で開発が進んでいます。牛を対象としたスマート畜産技術の種類は多く、特に酪農関係の技術は多岐にわたっています。

発情発見装置も各メーカーから販売されておりそれぞれ特徴があるため、各々の経営体に適した機種を選ぶことが重要です。

今回紹介した機器の精度は高いと考えられますが、誤通知や見逃しを無くすことはできません。機器だけに頼らずに、人による牛の観察も行うことで、より効果的に活用できると考えます。

本稿が皆様の経営の一助となれば幸甚です。

ドローンを活用した 効率的な森林資源調査方法

地方独立行政法人青森県産業技術センター
林業研究所 森林資源部

主任研究員 土屋 慧



はじめに

木材の生産等を目的として人工的に植栽された森林を人工林といいますが、青森県内の民有林人工林の7割以上は、伐採に適する年齢（青森県のスギでは45年）に達しており、伐採量も増加傾向にあります（図1、2）。森林の伐採は森林所有者自ら行うことは少なく、伐採から市場での販売までの委託を受けた森林組合や、立木の状態で購入した素材生産業者（森林を伐採して製材所などに丸太を販売する業者）が行うことが一般的です。森林所有者が立木販売する場合には、自分の山にどの程度の森林資源があるか把握しておく必要があります。自分の山の価値が分からないと不利な条件で契約が成立してしまう可能性があるためです。

立木販売を目的とした森林資源調査は、森林の樹木1本1本の幹の太さ（胸の高さ辺りの直径＝胸高直径）と高さ（樹高）を手作業で計測して体積（林業の場合、材積という）を算出する、毎木調査という方法で行われてきました。毎木調査は、時間と労力がかかることから、短期間に大面積を調査することは難しく、労働人口が減少している現代においては現実的な方法とは言えません。毎木調査せずに森林の一部を計測（プロット調査という）して、全体を推定するという方法もありますが、プロットの取り方によっては、実際の森林の材積とはかけ離れた結果になる可能性もあります。

そこで林業研究所では、効率的に正確な森林資源量を把握するために、ドローン写真を活用した森林資源調査方法を開発しマニュアルを作成しました。今回はこの調査方法の概要と実証試験の結果について報告します。

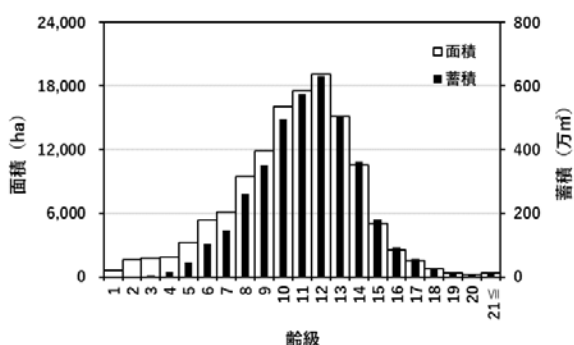


図1 民有林人工林の年齢別面積・蓄積
※年齢は林齢を5年単位で区分した階級
※蓄積は森林を構成する樹木の材積
出典：青森県の森林・林業令和4年度版

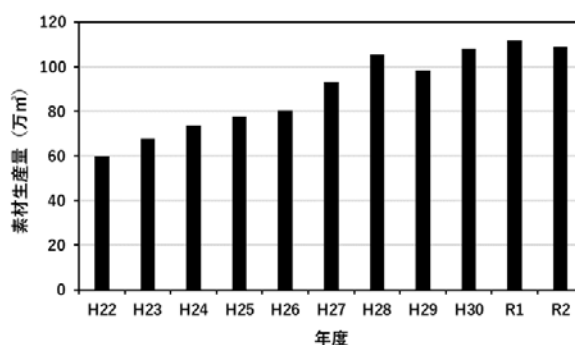


図2 素材生産量の推移
※伐採されて生産された丸太の材積
出典：青森県の森林・林業令和4年度版

1 内容

(1) ドローン写真を活用した森林資源調査方法の概要

ドローン写真を活用した森林資源調査方法（以下、本手法）は、図3に示す順序で森林資源情報の解析を行います。本手法は、ドローンによる空撮を行い、撮影した画像から3次元モデルを作成し、立木本数や樹高の計測、胸高直径や材積を推定します。ドローン写真は基本的に上空から撮影するため、樹高の計測精度が高い一方、胸高直径は樹木の葉（樹冠）に遮られて直接計測することができず、プロット調査の結果から推定する必要があります。しかし、前述のとおり、プロット調査はプロットの取り方によって推定結果が異なるため、できる限り対象とする森林の標準的なプロットを選定しなければなりません。本手法の特徴としては、ドローン写真の解析で得られた樹高データから標準的なプロットの選定を行うことで、胸高直径や材積の推定精度を高める工夫をしていることです。本手法を用いることで、現地の毎木調査が省力化され、効率的に森林資源情報を把握することが可能になります。

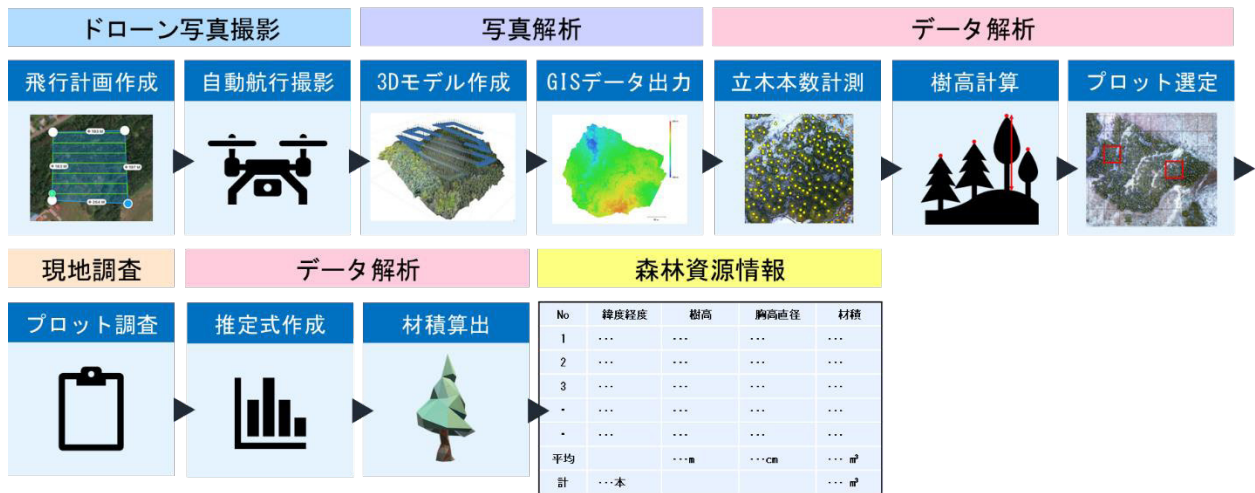


図3 ドローン写真を活用した森林資源調査方法の流れ

本手法では、図4に示すソフトを使って処理や解析を行います。立木本数や樹高の計測などの解析に無償のGISソフト（QGIS）を用いることが特徴で、解析環境の整備費用が比較的安価に済みます。

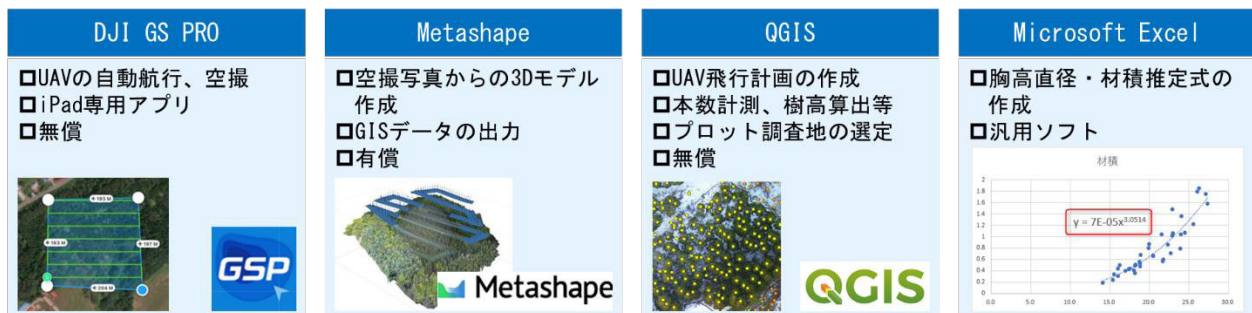


図4 使用するソフトの用途と特徴

本手法を実施するには表1の機器が必要となります。詳細は以下のとおりです。

- ・ドローンは、RTK (Real Time Kinematicの略。ドローンで取得した衛星データと周辺の電子基準点の観測データを組み合わせ、リアルタイムで高精度測位する技術。誤差数cm) 測位機能を有する機種を用いることで位置精度を高めることができ、森林資源情報の精度向上にも有効です。
- ・解析用PCはメモリ容量が大きく、GPUの性能が高いものを選びます。これらの性能はドローン写真の3次元解析で一度に処理できる写真の枚数や処理時間に影響します。
- ・PPK (Post-Processing Kinematicの略。ドローン画像の位置データを後から電子基準点の観測データで補正する技術。誤差数cm) ソフトは、携帯電話等の通信エリア外でネットワーク接続できない環境でも高い精度の位置情報を得ることができるため、RTK測位ができない環境での計測に役立ちます。
- ・SfM解析 (Structure from Motionの略。多数の画像から3次元データを作成する技術) ソフトは、ドローン写真の3次元モデル作成で使用します。有償ソフト (Metashapeなど) は高額ですが、無償のソフト (OpenDroneMapなど) もあります。

表1 ドローン写真を活用した森林資源調査方法に必要な機器

機 器	推 奨 仕 様	金 額
ドローン	RTK測位機能付き、Phantom4RTK等	約70万円
解析用PC	CPU : Intel Core i7、メモリ : 32GB GPU : NVIDIA GeForce GTX 1080相当	約30万円
PPKソフト (あると便利)	PPK Go等	約30万円
SfM解析ソフト	Metashape、Pix4D等	約50万円
合 計		約180万円

(2) 実証試験の結果

スギ人工林 (林齢 45年生、面積 1.5ha) を計測した事例を紹介します。本手法の精度は、毎木調査と比べ、立木本数が86%、樹高が104%、胸高直径が113%、合計材積が106%でした (表2)。この実証試験地は立木密度が高い部分があったため、被陰された樹高の低い立木がドローン写真には写らず、毎木調査よりも立木本数が少ない結果となりました。さらに、被陰された樹高が低く細い立木が検出されなかったことにより、平均樹高及び平均直径が大きくなり、立木本数の減少との相殺により、合計材積の差が小さい結果になったものと考えられました。

表2 スギ人工林の実証試験結果 計測精度

項 目	毎木調査	本手法	精 度 (%)
立木本数 (本)	1,909	1,645	86
平均樹高 (m)	21.7	22.6	104
平均胸高直径 (cm)	24.6	27.8	113
合計材積 (m ³)	1,149.0	1,220.1	106

森林資源調査の省力化の程度を評価するために、計測に要した人工数（1 ha 当たりの人数×日数）を比較した結果、本手法は毎木調査と比べ、1/5 以下の人工数でした（表 3）。一般的なドローンは1回のフライトで5 ha 程度の面積は撮影可能であり、調査地の面積が大きいほど毎木調査と比べて省力化される割合は高まると考えられます。しかし、ドローンを離着陸させるには、ある程度開けた場所が必要であり、効率的な調査には調査地の事前確認が重要です。また、毎木調査は屋内作業として野帳のデータ入力程度であまり時間を要しませんが、本手法では、各種ソフトによる解析作業が多く、屋外作業が少ない代わりに屋内作業の時間が増加することも理解しておく必要があります。

表3 スギ人工林の実証試験結果 計測人工数

項目	毎木調査	本手法	省力割合* (%)
立木計測 (人日/ha)	3.00	0.42	86
ドローン写真撮影 (人日/ha)	0.00	0.14	-
合計 (人日/ha)	3.00	0.56	81

※省力割合：(1 - 本手法 ÷ 毎木調査) × 100

2 活用方法

ドローン写真を活用した森林資源把握マニュアル（図 5）は、県や市町村、森林組合等の林業関係職員が自ら計測して解析することが可能な内容となっています。希望者に対して無償で提供しているので、森林調査を省力化したいという方は林業研究所までお問い合わせください。

また、ドローンの飛行にあたっては、航空法で定められた規則や国土交通省のホームページなどを随時確認して、ルールを守って飛行するようにしてください。特に、森林は電波塔と調査区域が干渉したり、視外飛行となりやすいため、注意が必要です。

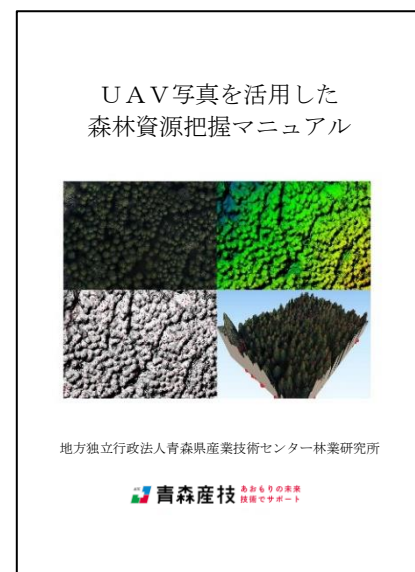


図5 ドローン写真を活用した森林資源把握マニュアル

おわりに

ドローンを活用した森林資源調査方法は、本手法以外にも民間企業や大学ベンチャーで開発が進んでおり、様々な解析ソフトや解析サービスが提供されています。調査に使用するドローンや測量機器も日々性能が向上している中で、林業研究所としては情報収集や技術の向上に努め、県内関係団体等への情報提供を継続していきたいと考えています。

〈参考〉

一般社団法人青森県農業経営研究協会

【会員募集】

当協会は、青森県及び関係機関の支援のもと、農業の経営・経済及び農村生活に関する調査研究を進めながら、本県農業の発展と農村生活の改善向上を図ることを目的に昭和56年に設立されました。

創立は、県庁OBで経済界に身を転じた篤志家が本県の農業・農村・農業者を想い、県に寄付金を寄贈したことに端を発しております。

主な事業として、「青森県農業経営研究協会賞」の表彰や講演会の開催を行っております。未加入の皆様には趣旨に御賛同いただき、是非とも御入会いただきたく御案内申し上げます。

➤ 年会費について

正会員 3, 000円 ※個人で入会する場合

賛助会員 20, 000円 ※組織で入会する場合

➤ お問い合わせ・申し込み先

一般社団法人青森県農業経営研究協会

〒036-0522

青森県黒石市田中 82-9

地方独立行政法人青森県産業技術センター内

TEL 0172-53-7910 〈直通〉

FAX 0172-40-4161 〈代表〉



第44回通常総会並びに記念講演会及び研究成果発表会
令和6年6月26日 アップルパレス青森(青森市)

本誌に掲載された著作物の無断転載・複製・転用を禁止します。

令和7年3月

発 行 者 一般社団法人青森県農業経営研究協会
青森県黒石市田中 82-9
TEL 0172-53-7910 FAX 0172-40-4161



印 刷 所 ワタナベサービス株式会社
青森県青森市安方二丁目 17-3
TEL 017-777-1388 FAX 017-735-5982

