



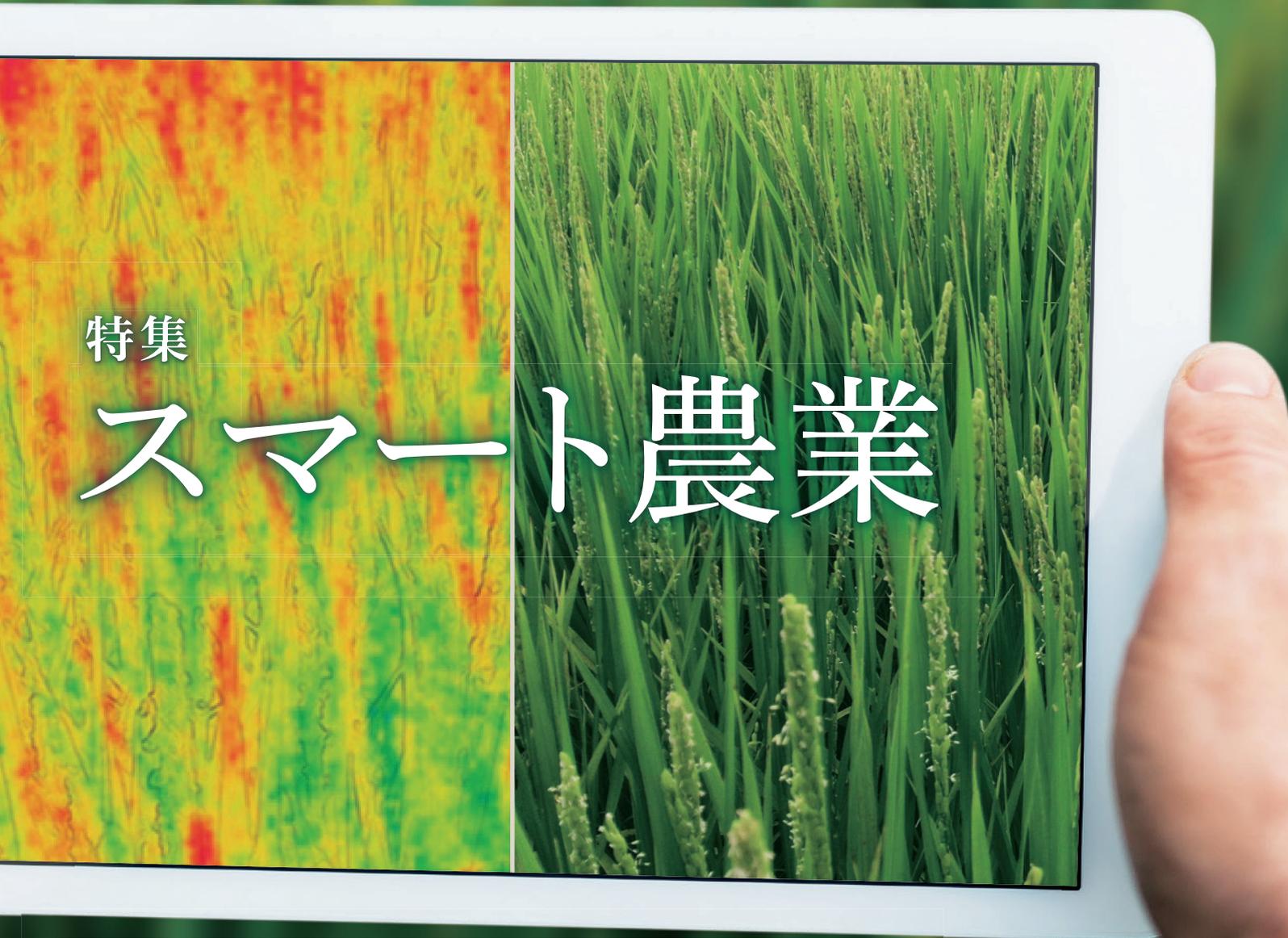
国立研究開発法人  
農業・食品産業技術総合研究機構

# NARO

農研機構技報

# Technical Report

No. 2  
/ Sep. / 2019



特集

## スマート農業

### Topics

- ▶ スマート農業実証プロジェクトが全国でスタート
- ▶ 農業データ連携基盤WAGRIが本格稼働

### History

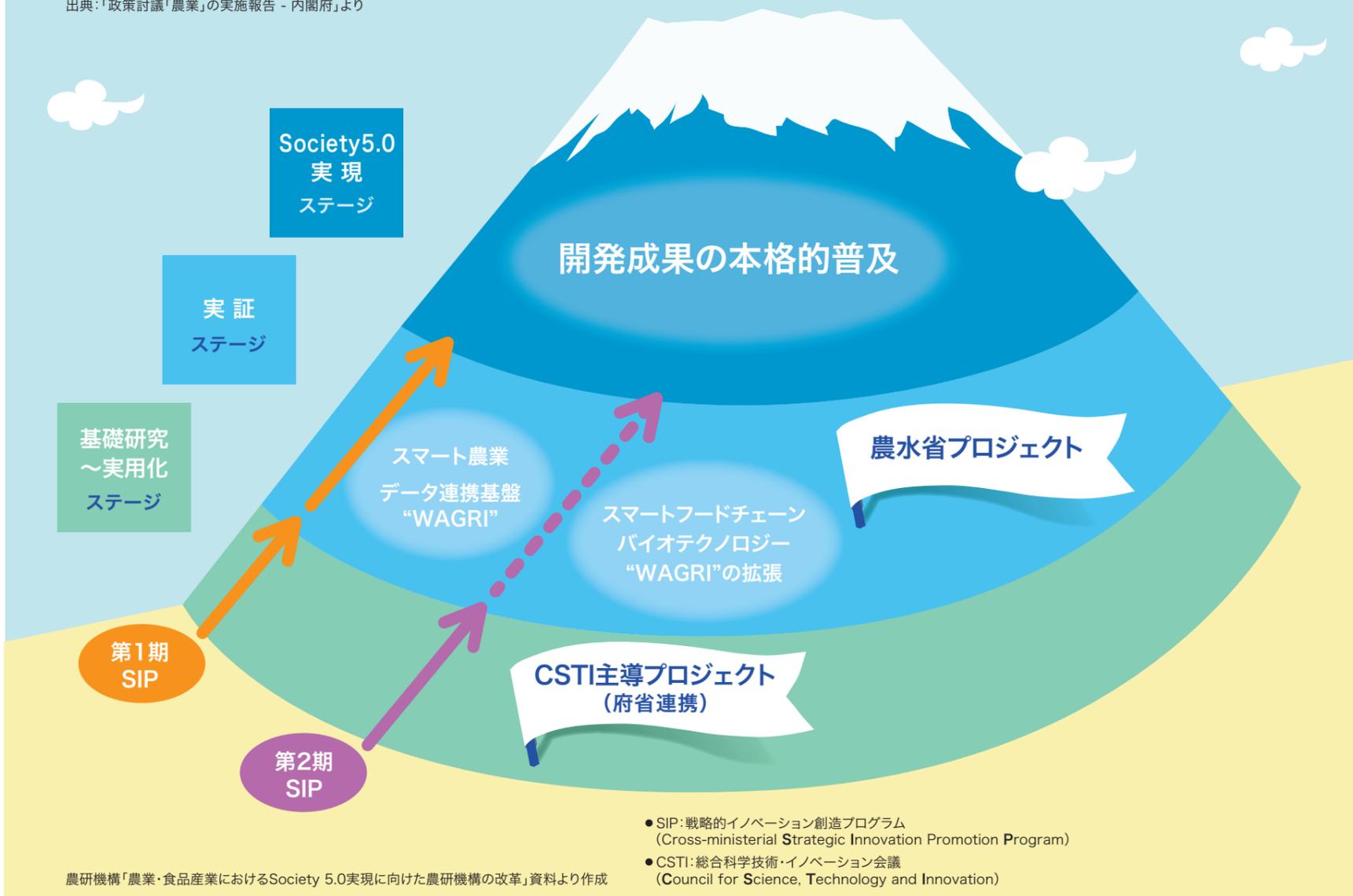
温故知新

数字で見るSociety5.0② 農業 <グローバルな農業への転換>

# 1,000億円

<数字のこぼれ>

スマート技術の国内外への展開による1,000億円市場獲得(2025年)のベンチマークの数字。  
 日本の強みである、「SIP事業等により大規模・省力化に向けた技術開発」「緻密な栽培に基づく糖度や見た目等の高い品質」「複数台協調無人走行トラクターを世界に先駆けて開発」「低価格で機能を特化した農業機械による精密農業の実用化」「他分野に先駆けて、『農業データ連携基盤』の構築」など、『強い農林水産業』と『美しく活力ある農山漁村』の実現を目指すことで、国内に閉じた農業からグローバルな農業への転換を図っている。  
 出典:「政策討議「農業」の実施報告 - 内閣府」より



04 特集「スマート農業」

05 特集によせて

理事 寺島 一男

06 **1** 気候変動対応と営農の効率化に貢献する栽培管理支援システム  
 中川 博視

10 **2** 大区画ほ場乾田直播栽培における収量マップを活用した精密施肥技術  
 関矢 博幸 宮路 広武 林 和信

14 **3** 野菜用の高速局所施肥機の開発  
 千葉 大基

18 **4** 楽に真っ直ぐ! 自動操舵機能付き田植機の直進性と経済性  
 吉田 晋一

22 **5** 土地利用型経営におけるスマート農業技術の経営的評価  
 松本 浩一

26 **6** ロボット・自動化農機の安全性検査の実施方法および基準  
 塚本 茂善

30 窒素施用時期の変更によるナシ発芽不良軽減技術の開発  
 阪本 大輔

<トピックス>

34 ▶スマート農業実証プロジェクトが全国でスタート  
 中山 則和

36 ▶農業データ連携基盤WAGRIが本格稼働  
 塩見 岳博

38 温故知新



特集によせて

## スマート農業の展開

理事 寺島 一男

スマート農業は、進展の著しい情報通信技術を高度に活用し、農作業の飛躍的な省力化や栽培技術の高精度化を図ることで、高品質な農産物を低コストに生産する新しい営農の有り様を意味します。これを支える技術としては、自動操舵や自動作業を可能とする農業機械、自動水管理、ドローンなどによる防除や診断技術、栽培管理や経営管理を支援する各種のアプリケーションなどがあり、なお様々な技術がこの分野で開発されつつあります。

こうした研究開発はいつごろから手がけられてきたのでしょうか。私の記憶によると40年ほど前に遡ります。その当時、ガントリーと呼ばれる自動作業システムの開発が行われていました。畦畔にレールを敷いてクレーンを走らせ、吊り下げた田植機やコンバインが作業を行うというものです。無論、普及導入できるものではありませんでしたが、そうした無人作業体系の実現が試みられていました。現在のようなGPSなどの衛星測位システムで誘導される農機の開発は1990年代後半から始まりました。この研究で開発された自動田植機は、2008年にロボット大賞の優秀賞を受賞しています。近年ドローンを用いた生育の把握と診断が進められていますが、その基本は衛星画像などのリモートセンシングによる作物生育の把握手法の開発にあり、これも40年前から手がけられていました。営農

管理支援ツールの中で作物生育の予測は重要な要素となりますが、とくに発育指数(DVI)などを用いた生育のモデル化研究がその基盤にあると言えます。これに係る論文の発表は1990年であったと記憶します。

最近になって「スマート農業」という言葉が頻繁に用いられるようになったのは、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)によるところが大きいと言えます。内閣府の指導のもと、集中的な研究開発が実施され、社会制度の改革にまで取り組みが広がりました。しかし、その技術シーズは40年前にまかれ、試行錯誤の繰り返しと積み重ねで今日に至ったものでもあります。この特集において紹介される技術はそうした背景を有しているのです。

それでもなお、「スマート農業」技術はまだ開発途上にあります。導入コストの削減や多様な地域、作目、作業への応用と展開など課題は山積みです。農林水産省の主導により2019～2020年に実施される「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」や「スマート農業加速化実証プロジェクト」ではスマート農業の導入普及が図られますが、同時に様々な新たな問題点が提起されるでしょう。これらを克服していかなければなりません。読者の視点でそうした論点を見出し、農研機構に寄せていただければ、本誌の意義がさらに深まると信じるところです。

# スマート農業

自動操舵や自動作業を可能とする農業機械、自動水管理、ドローンなどによる防除や診断技術、栽培管理や経営管理を支援する各種アプリケーションなど。情報通信環境の急速な進展のもと、期待が高まっているスマート農業を支えるこれらの技術。現場の隅々に根付くまでに、様々な課題を克服していかなければならない。



# 気候変動対応と営農の効率化に 貢献する栽培管理支援システム

中川 博視

## はじめに

低温年の翌年が高温年になることがあるように、年々の気象条件の大きな変化や、近年の水稲高温登熟障害の多発のような気候変動の影響のために、「栽培管理が難しくなってきた」、「今までの経験が通用しなくなってきた」という話を作物生産の現場でよく聞きます。また、次世代の担い手への技術の継承や、土地利用型農業で急速に進みつつある経営規模の拡大とそれに伴う栽培管理の効率化の必要性に対応するために、農業情報システムが使えないかという要望が寄せられるようになってきました。

そこで、農研機構では、気候変動への適応と経営の効率化・技術の継承に役立つような情報システムとして、「栽培管理支援システム」を開発しました。栽培管理支援システムは、水稲、小麦、大豆を対象として、気象情報と作物生育予測モデルや気候変動に対応した栽培

技術を組み合わせて作物の栽培管理に役立つ情報を作成し、インターネットを通じて情報を提供する農業情報システムです(図1)。これまで、構成要素となる気象データシステムや作物生育予測モデル、様々な栽培技術の開発を行い、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の一課題として、農研機構、大学、公設試、民間企業の共同研究で、実用化を目指したシステム開発に取り組んできました。2019年3月中旬より、一般の利用希望者にシステムのIDを発行し、実証段階に入ったところです<sup>1)</sup>。

## 栽培管理支援システムの特徴

栽培管理支援システムは、ウェブサイト経由で利用者に情報を提供します。システムの基盤データとして用いている気象データは、農研機構が開発した「メッシュ農業気象データ」<sup>2)</sup>で、様々な気象要素が、日本全国について基準地域メッシュ単位(約1km×1km)で提供

されています。過去値だけでなく、気象予報値(最長26日先まで)や平年値を継ぎ目なくつないで、利用者に便利な形で提供しているのがメッシュ農業気象データの特徴です。作物生育予測モデルとは、気象データなどを入力変数として、出穂期や成熟期などの作物の発育ステージや、作物体の重量・収量などを推定・予測するためのシミュレーションモデルです。例えば、水稲の出穂期は、主に、日々の気温と日長によって決まっているため、その2つのデータを使って、水稲の日々の発育速度を計算します<sup>3)</sup>。毎日の発育速度を足し合わせたものが、発育ステージ(または、発育指数とも呼ばれる)となります。出芽期に0、出穂日に1、成熟時に2の値を取るように、品種ごとに発育速度を計算する式のパラメータが調整されています。このようなモデルを用いて、メッシュ農業気象データの気温と緯度・経度から計算される日長を入力すると、成熟までの毎日の発育ステージを計算することができます。それによって、今日の発育ステージ値が0.9なので、気象予報データを用いると、あと8日で出穂すると予測される、などと計算できるわけです。

システムには、高温・低温情報とフェーン注意情報といった気象データのみを使って作成した早期警戒情報と、気象データや作物生育予測モデル、気象条件に対応した栽培管理技術などを組み合わせて、生産者の栽培管理に関する意思決定を支援するための情報(栽培管理支援情報)を作成する情報コンテンツを搭載しています。栽培管理支援情報には、気象予報データを活用し

て栽培中の作物の管理を支援するものと、過去数十年の気象データを用いたシミュレーションによって作付け計画を支援するものがあります。開発中のものを除いて、現在搭載中の情報コンテンツは、全部で17です(表1)。そのうち、発育予測情報に関しては、水稲、小麦、大豆の作目について提供可能であり、気象条件によって変化する発育ステージの進行に合わせた適期の栽培管理や、農作業計画の合理化と作物の状態に合わせた栽培管理が可能になります。また、北海道向けに、冷害早期警戒情報と適切な深水管理の提示、追肥の可否診断によって、冷害の軽減に寄与する冷害対策情報を提供しています。近年問題になっている水稲高温登熟

表1 システムが提供する早期警戒情報と栽培管理支援情報

情報の種類・作目	利用期間	コンテンツ名	
早期警戒情報	栽培中	異常高温・低温日数注意情報(予報)	
		異常高温・低温日数注意情報過去7日間	
		フェーン注意情報	
栽培管理支援情報	水稲	発育予測	
		収穫適期診断	
		高温登熟障害対策～追肥診断～	
		冷害リスクと追肥可否判定(寒冷地向け)	
		紋枯病発生予測	
		稲こうじ病発生予測	
	作付計画	あきだわら栽培管理支援	
		移植適期診断(移植日決定支援簡易版)	
		移植日決定支援(開発中)	
	小麦	栽培中	施肥設計支援(開発中)
			基肥窒素量の調整判断支援(寒冷地向け)
			発育予測
大豆	栽培中	子実水分予測	
		発育予測	
		灌水支援	
作付計画	作付計画支援		



図1 栽培管理支援システムの概要

障害対策として、窒素追肥量・施用適期を気象条件と葉色実測値に基づいて判断し、白未熟粒の発生軽減を支援する情報コンテンツを掲載しています。紋枯病と稲こじ病の発生予測コンテンツは水稲病害対策として、適時・的確な病害防除や農薬使用の軽減に貢献します。また、農研機構が開発した「あきだわら」の多収・良食味栽培マニュアル<sup>4)</sup>と発育予測情報を組み合わせて、適切な時期に草丈、茎数、葉色（SPAD値）を入力して生育診断を行い、施肥時期と追肥量をアドバイスする「あきだわら栽培管理支援」コンテンツ（図2）もご活用いただけます。その他に、小麦の収穫適期の判断や穂発芽のリスク軽減に役立つ子実水分予測や、大豆の灌水支援コンテンツがあります。

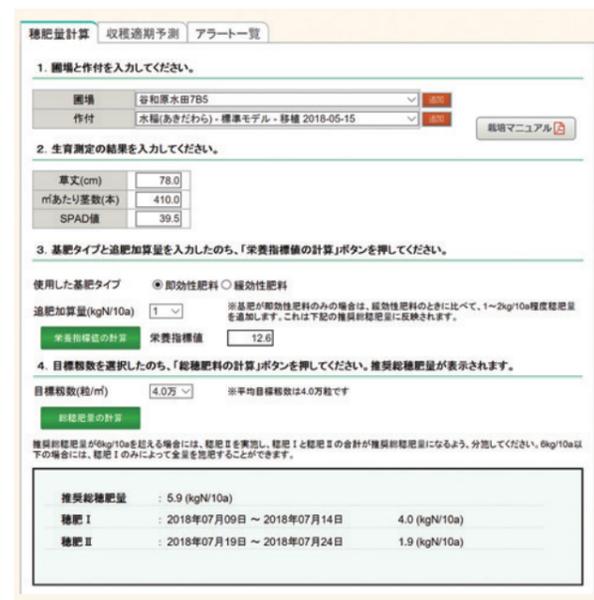


図2 あきだわら栽培管理支援コンテンツの表示画面

## 栽培管理支援システムの使い方

利用者は、与えられたIDとパスワードを使用してログインすると、様々な情報コンテンツの利用が可能になります（図3）<sup>5)</sup>。まず、マップ上でほ場位置をクリックすると、ほ場の緯度・経度が自動的にシステムに入力されます。次に、登録したほ場に作付けた作物を選択し、品種、移植日（または播種日）などの必要情報を登録すると、メッシュ農業気象データを使用して作成される様々な裁

培管理支援情報が、専門的な知識なしにシステム上で使えるようになります。次に、メニューから目的の情報コンテンツを選択し、葉色などの作物体の情報が必要な場合はそれを入力して診断実行ボタンを押すと、結果が利用者に示されます。情報コンテンツによって、帳票表示、一覧表示、マップ表示、グラフ表示、メールによる警報配信など、様々な方法で情報を得ることができます。一覧表示は、CSVファイルとして保存できるため、利用者は、後で表計算ソフトを用いてシステムの出力結果を確認・整理することが可能です。

## Web-APIと他の営農管理システムとの連携

栽培管理支援システムは、ウェブサイトから情報を配信するシステムですが、いくつかのコンテンツについては、企業が販売している様々な営農管理システムから使用できるような仕組みを整えています。具体的には、Web-APIサーバーからの情報配信<sup>6)</sup>システムを構築しました。API（アプリケーション・プログラミング・インターフェース）とは、あるプログラムやソフトウェアの機能を外部から呼び出して使うための仕様のことです。それを、ネットワーク越しに実現するのが、Web-APIです。今のところ、水稲、小麦、大豆の発育予測情報を含む5つの情報コンテンツの機能がWeb-APIサーバーに搭載されています。農業データ連携基盤（WAGRI）を経由して栽培管理支援情報を配信し、いくつかの企業の営農管理システムに情報を取り込ませて表示させる接続試験も行ってきました。

このような仕組みを通じて、栽培管理支援システムの情報コンテンツを、ユーザーインターフェースに優れた市販の営農管理システムの機能拡張に利用していただくことが可能になります。生産者や普及関係者の皆様に栽培管理支援システムを直接ご利用いただくだけでなく、営農管理システムを開発している様々な企業の皆様にも栽培管理支援システムの機能を実際に体験していただき、必要に応じて各社のシステムに取り入れていただく形での社会実装が、近い将来に実現可能になりそうです。

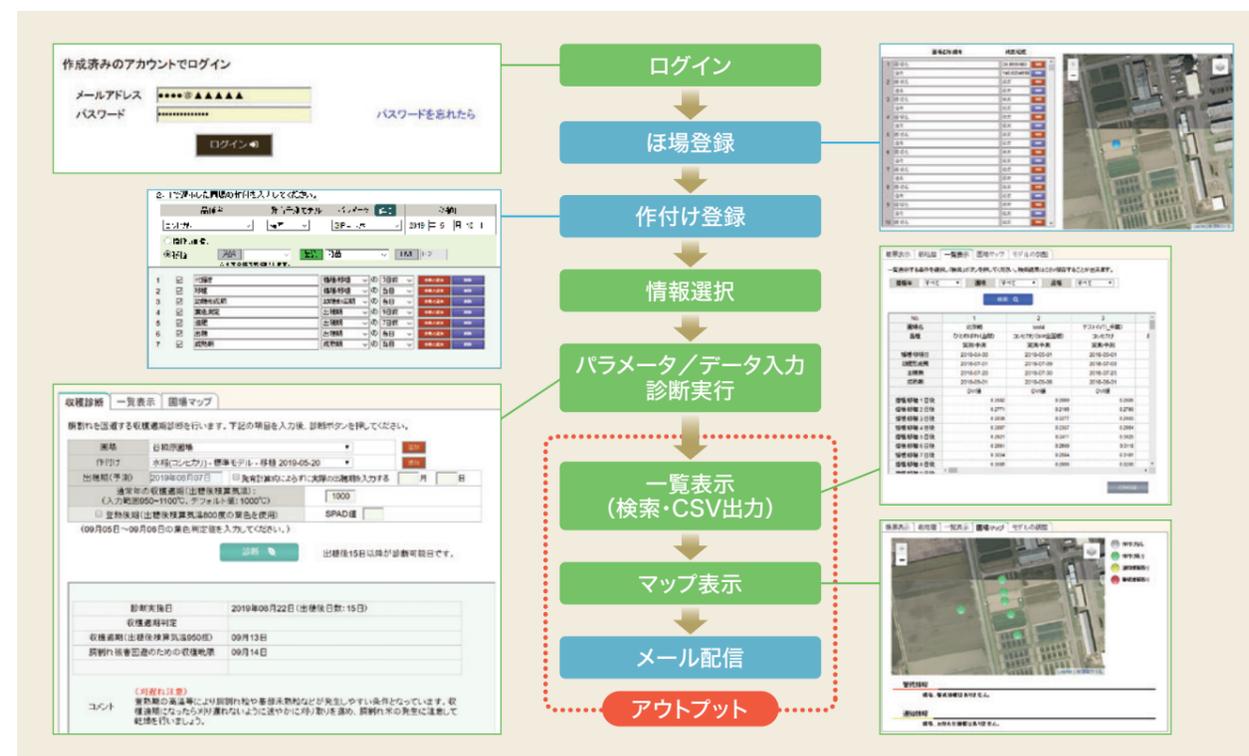


図3 栽培管理支援システムの使用の流れ

## おわりに

栽培管理支援システムは、農研機構の第4期中長期計画が終了する2021年3月まで、システムの新規コンテンツの開発や、実証・改良のためのテストベッドとして運用する予定です。また、もう一つの運用目的は、生産者や普及担当者、あるいは営農管理システムを開発・販売されている企業の皆様に、栽培管理支援システムの機能を体験していただくためのショーケースでもあります。実証と改良を重ねるとともに、多くの皆様に気象データを活用した栽培管理支援情報に触れていただき、様々な道筋での社会実装を図りたいと思っています。栽培管理支援システムの機能をプログラムの利用許諾を得て各社の情報システムに組み込んでいただくか、あるいは、各社の営農管理システムに栽培管理支援情報を配信する、Web-APIサーバーを利用した情報配信ビジネスの構築などの形で、最終的に生産者の皆様に栽培管理支援情報が届く仕組みが社会実装の有力な方法と考えています。ご興味をお持ちの方は、まずは「栽培管理支援システム」で検索して、栽培管理支援システムのトッ

ページにお越しください。そこから、利用申し込みやマニュアルのダウンロードが可能です。

栽培管理支援システム トップページ  
<https://agmis.naro.go.jp>



(農業環境変動研究センター 気候変動対応研究領域)

### 参考文献

- 1) 農研機構農業環境変動研究センター(2019)「栽培管理支援システムVer.1.0 利用マニュアル」  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129917.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129917.html) (参照 2019-7-26)
- 2) 大野宏ら(2016) 実況値と数値予報, 年平値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象, vol.16, p. 71-79.
- 3) 堀江武・中川博視(1990) イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究. 第1報 モデルの基本構造とパラメータの推定法および出穂予測への適用. 日本作物学会紀事, vol.59, p.687-695.
- 4) 農研機構次世代作物開発研究センター(2017)「あきだわら」多収・良食味水稲栽培マニュアル.  
[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/078328.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/078328.html) (参照 2019-7-26)
- 5) 中川博視(2018a) 気象情報を活用した農業情報システムの開発. グリーンレポート, vol.586, p.2-5.
- 6) 中川博視(2018b) 気象データを利用した農業情報を届ける栽培管理支援システム. JATAFFジャーナル, vol.6(5), p.62-66.

# 大区画ほ場乾田直播栽培における 収量マップを活用した精密施肥技術

関矢 博幸 宮路 広武 林 和信

## はじめに

平野部の水田地帯では、作業能率向上のためにほ場の大区画化が進んでおり、1haを超える基盤整備ほ場や農家が自主的に区画を拡大する事例などがみられます。経営規模の拡大も進み、100haを超える規模の生産法人も今では珍しくなくなりました。このようなほ場区画や経営の大規模化に対応し、GNSS<sup>※1</sup>ガイダンスシステムやGNSS自動操舵システム、ドローンを利用した生育量センシングや収量コンバインを利用した収量センシング技術などのスマート農業技術が、土地利用型作物の省力低コスト栽培を支える技術として期待されています。

本稿では、仙台平野の3ha超の大区画水田ほ場で行った乾田直播<sup>※2</sup>栽培における収量マップを活用した精密施肥技術について紹介します。農研機構東北農業研究センターは、高能率なプラウ耕・グレーンドリル播種<sup>1)</sup>を使った稲-麦-大豆2年3作水田輪作体系技術を開発し、仙台平野の津波被災水田において復興事業の一環として現地実証に取り組みました。現地実証試験では乾田直播の導入により玄米生産費を従来より約40%削減できました。

一方で大区画ほ場の地力ムラに起因する水稻の倒伏や生育不足による減収リスクが顕在化しました。この状況に対処するために、センシング情報に基づく可変施肥技術が必要となりました。既にほ場ごとの収量を計測できる収量コンバインが市販化され、ほ場単位の肥培管理に利用することはできましたが、ほ場内の収量ムラを検出して可変施肥に利用することはできませんでした。そこで、ほ場内の生育・収量分布を正確に把握できる稲麦用収穫情報マッピングシステムを開発し、その収量マップ情報を用いた基肥可変施肥技術について、現地実証試験において収量性向上とコスト低減効果を明らかにしました。

## 収量ムラを把握する 稲麦用収穫情報マッピングシステム

開発した稲麦用収穫情報マッピングシステム<sup>2)</sup>は、グレタンクに流入する穀物流量を連続的に測定する収量センサやGNSS受信機を備えた収量コンバインと、収量コンバインから取得した時系列データを用いてマッピング処理を行うGIS（地理情報システム）機能を備えたコン

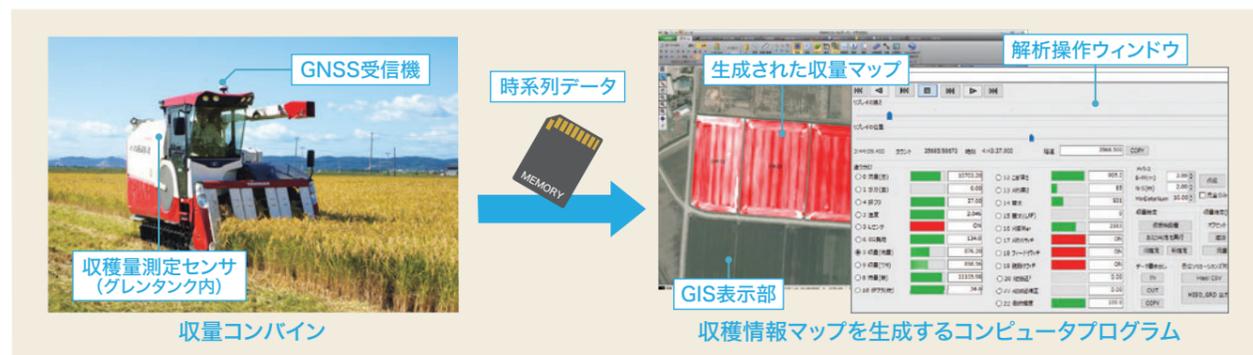


図1 稲麦用収穫情報マッピングシステムの概要



ピュータプログラム等で構成します（図1）。データ収集は収量コンバインによる収穫作業中に自動的に行い、収量センサによって測定した穀物流量、走行速度、収穫物の搬送状態等のコンバイン内部の情報に加え、GNSS位置情報が時系列データとして記憶媒体に保存されます。プログラムは時系列データを処理し、作業速度等を考慮して穀物流量を面積当たり収量に変換し、収穫物の搬送状態やGNSS位置情報に基づきほ場内位置への対応付けを行います。また、「刈り高さ」と「こぎ深さ」<sup>※3</sup>から収穫物の稈長を、搬送チェーン把持部を通過するワラの厚みからワラ量をそれぞれ推定し、ほ場内位置に対応付けることもできます。ほ場内位置に対応付けられたこれらの

情報は、任意のメッシュサイズに集計し収量マップとして表示することができます。また数値データとして出力することもでき、これを次作において可変施肥等のほ場内の精密な肥培管理を行う際の基礎データとして利用します。

## 収量マップを利用した 輪作体系の基肥可変施肥

地力ムラに対応した基肥<sup>※4</sup>可変施肥には、収量コンバインの収量マップ、施肥マップソフトウェア、可変施肥対応ブロードキャストを用います。基肥可変施肥の手順は鳥山らの水稻局所管理技術<sup>3)</sup>をもとに構成していま

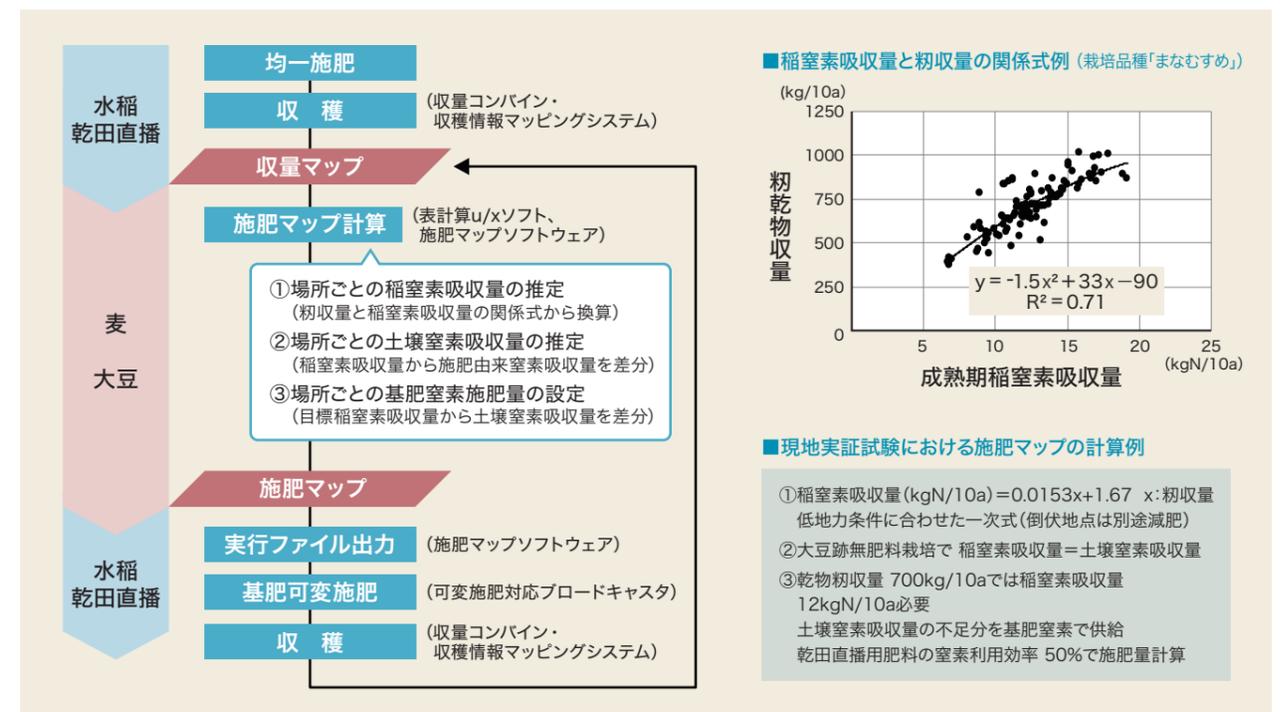


図2 2年3作水田輪作体系乾田直播栽培における収量マップに基づく基肥窒素の可変施肥の概要

す(図2)。水稲の収量は窒素吸収量と関係性が高く、均一肥培管理栽培の収量マップから地力ムラが推定できます。場所ごとの窒素吸収量は、前作の収量マップに収量と窒素吸収量の関係式を適用してから求めます。場所ごとの土壌窒素吸収量は窒素吸収量から施肥由来窒素吸収量を差分します。今回の現地実証試験は大豆作後の無肥料栽培であったため、窒素吸収量の差がそのまま土壌窒素吸収量の差となります。場所ごとの基肥窒素施肥量は、目標収量に必要な窒素吸収量に対する土壌窒素吸収量の不足量を求め、肥料の窒素利用効率を勘案して決定します。これらをまとめて施肥マップとします。一方、収量マップの低収地点には生育過剰による倒伏地点が含まれる場合があります。収量コンバインによる水稲の稈長、ワラ量情報やほ場の倒伏状況を勘案し、適切に減肥して施肥マップを作成します。

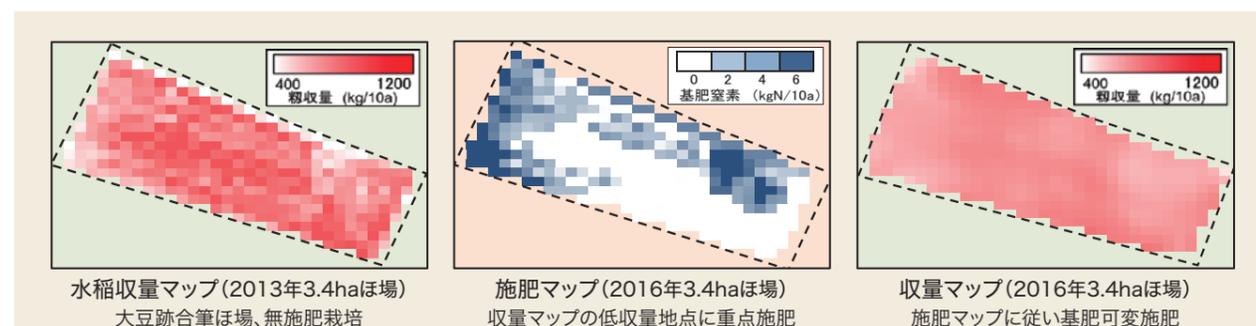
可変施肥作業は可変施肥対応ブロードキャスト(Vicon社 ROEDW1500GEO) (p.11写真)を使用します。ここでは、Trimble社「Trimble AG」等の施肥マップソフトウェアを用いて、施肥マップを施肥作業用の実行ファイルに変換し、可変施肥対応ブロードキャストのコントローラーに入力し、GNSS位置情報とリンクさせて自動で基肥を可変施肥します。可変施肥を実施したほ場で再度、収量コンバインで収量ムラを検証し、次作の施肥マップの精度向上を図ります。窒素吸収量の均一化により、収量の安定と品質向上効果が期待できます。

### コスト低減効果

現地実証試験を実施した宮城県名取市の100ha規模の生産法人には、30aの10区画を均平して大区画化した3.4haほ場と、6枚区画を均平して大区画化した2.2haほ場があります。この2枚のほ場を用いて、乾田直播水稲-小麦-大豆の2年3作の実証試験を2013年から始めました。大区画化したほ場は、作土層が厚くなる盛り土側で生育過剰により倒伏が増加し、逆に作土層が薄い切り土側で生育量が不足して低収となる傾向があり、地力ムラに対応した肥培管理が必要でした。そこで、2016年は3.4haほ場、2017年は2.2haほ場で基肥可変施肥の実証試験を行いました。なお、大豆の後作となる乾田直播栽培水稲での対照ほ場は、農家慣行の基肥無肥料としました。

前述の手順どおり、前作の乾田直播水稲の収量マップをもとに、収量と成熟期窒素吸収量との関係式および施肥履歴から施肥マップを作成しました。実際の作業では、施肥マップから施肥作業用ファイルを作成し、可変施肥対応ブロードキャストに入力して基肥可変施肥を実施しました。

3.4haほ場では基肥窒素を0～6kgN/10aまで可変施肥し、一部の生育不十分な地点に実施した局所追肥を含めて低収地点の収量を底上げできました(図3)。可変施肥の導入効果を検証しました(表1)。2016年の3.4ha基肥可変施肥ほ場の全刈り精玄米収量は574kg/10aで、対照ほ場より17%(83kg/10a)多収



注)宮城県仙台平野の稲-麦-大豆2年3作水田輪作体系乾田直播栽培実証試験の事例。メッシュサイズ10mで表示。栽培品種は「まなむすめ」。実証試験における施肥マップの実行ファイルへの変換は農業管理支援ソフトFARMSを使用。ブロードキャストはVicon社ROEDW1500GEOを使用。実証ほ場は2013年に大豆跡ほ場を合筆。2013年は無肥料栽培し、2014年は水稲連作。2016年に基肥可変(0～6kgN/10a)と部分追肥(平均0.6kgN/10a)を実施。

図3 輪作体系乾田直播実証ほ場における収量マップおよび施肥マップ

表1 水田輪作体系乾田直播栽培における基肥可変施肥の効果

	単収 (kg/10a)	単収増 (kg/10a)	費用合計 (円/10a)	(A)追加費用 (円/10a)	(B)収入増 (円/10a)	増収効果(B)-(A) (円/10a)	費用合計 (円/60kg)	低減効果 (%)
東北平均	540	-	107,777	-	-	-	11,975	100
乾田直播(2013-2015)	533	-	60,461	-	-	-	6,806	57
基肥可変施肥(2016)	574	83	63,901	3,440	14,940	11,500	6,680	56
基肥可変施肥(2017)	585	36	63,446	2,985	6,480	3,495	6,507	54

注1)単収増は基肥可変施肥ほ場と対照ほ場の収量差。2016年は3.4haほ場、2017年は2.2haほ場の結果。  
 2)基肥可変施肥が必要となる収量コンバインの追加費用は通常コンバインと収量コンバインとの価格差を試算して差額分を計上した。基肥可変施肥が必要となる可変施肥対応ブロードキャストの追加費用は非対応ブロードキャストとの差額分を計上。機械・機器費は法定耐用年数で計上。  
 3)想定される経営モデル(延べ作付面積135ha、稲-麦-大豆2年3作各35ha+一部単作)を前提に基肥可変施肥が必要となる新規導入機械・機器費(収量コンバインは2台分、その他は1台分)は水稲・麦での利用面積70haとして計上。  
 4)追加費用は肥料費、燃料費、労働費、機械・機器費を含み、米価は180円/kgを想定。  
 5)東北平均は農業経営統計調査平成22年度水稲。  
 6)低減効果は東北平均と比較した割合。基肥可変施肥導入による低減効果は2017年が3%(2013-5年比較)。  
 7)乾田直播は宮城県での稲-麦-大豆2年3作水田輪作体系実証試験に基づく。栽培品種は「まなむすめ」。2016年3.4ha実証ほ場(基肥0～6kgN/10a+追肥0.6kgN/10a)、1.5ha対照ほ場(農家慣行基肥無施肥+追肥0.8kgN/10a)で実証。2017年2.2ha実証ほ場内に基肥可変施肥区(0～8kgN/10a)と対照区(農家慣行無施肥)を設定。

でした。2017年の2.2ha基肥可変施肥ほ場の全刈り精玄米収量は585kg/10aで、ほ場内に設けた対照区より7%(36kg/10a)多収でした。2016年の基肥可変施肥および局所追肥に掛かる追加費用は3.4千円/10a、2017年の基肥可変施肥に掛かる追加費用は3.0千円/10aと試算されました。両年とも可変施肥実施による多収により追加費用を上回る収益を確保し、乾田直播栽培のみを行う方式に比べ、60kg当たり費用合計をさらに3ポイント程度低減できました。

### おわりに

100ha規模の土地利用型大規模経営での実証試験により、収量コンバインと収量マップを利用した基肥可変施肥による増収効果とコスト低減効果を明らかにしました。現地農業法人では管理ほ場数の増大に伴い、多肥栽培で倒伏が増加することによる収穫作業の遅れを回避するために施肥量を抑えた結果、低収となる傾向がありました。このような条件では、施肥マップに基づく可変施肥技術を導入することで、適正な地力評価と肥培管理が可能となり、収量・収益性の向上に結びつきました。なお、経営体が収量重視で窒素施肥量が過剰気味の場合、可変施肥を導入して適正施肥量とすることで粗玄米収量が低下する場合がありますが、施肥コストの削減、倒伏リスクの軽減、収量と品質の安定化などが図られ、収益性の面でメリットが期待できます。

収量マップを利用した可変施肥を行うためには、新たに機械装備を導入する必要があります。開発された稲

麦用収穫情報マッピングシステムについては、2020年度までに社会実装を図る予定です。また、既に一部メーカーで収量マップを出力できる収量コンバインが市販されており、水稲作と麦作の施肥に収量マップを利用することができます。国産の施肥マップ出力用ソフトウェアや水田で使いやすい大きさの可変施肥対応ブロードキャストも市販されています。可変施肥に対応した国内向けの作業機械の社会実装が進んだことにより、収量マップ情報を生かした精密肥培管理技術の生産現場への普及が期待されます。

(執筆者 順 中央農業研究センター 水田利用研究領域、東北農業研究センター 生産基盤研究領域、農業技術革新工学研究センター 高度作業支援システム研究領域)

### 用語解説

- ※1 GNSS(Global Navigation Satellite System) 全球測位衛星システム GPS、準天頂衛星(QZSS、みちびき)、Galileoなどの衛星測位システムの総称。
- ※2 乾田直播 畑状態の土壌中に水稲種子を播種し、苗立ち期まで乾田状態で維持する水稲の直播方式。乾田直播は代かきの省略による労働費削減、ほ場排水性の改善による次作の転換畑の生産性向上などのメリットがある。
- ※3 「刈り高さ」と「こぎ深さ」 「刈り高さ」は自脱コンバインの稲の刈り取る高さで、「こぎ深さ」は自脱コンバインの脱穀部(こぎ胴)に入る藁の長さである。自脱コンバインは収穫状況に合わせて「刈り高さ」と「こぎ深さ」を自動制御できる。
- ※4 基肥 「もとこえ」または「きひ」といい、種子や苗を植え付ける前にあらかじめ土壌に施しておく肥料のことを示す。収量マップを利用した乾田直播の可変施肥では、肥効調節型窒素肥料を含む乾田直播専用肥料を基肥に使っている。

### 参考文献

- 1)農研機構東北農業研究センター(2018)「乾田直播栽培技術マニュアルVer.3.1 - フラウ耕・グリーンドリル播種体系 -」 [http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/files/dry-seeding\\_rice\\_v3.1.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/dry-seeding_rice_v3.1.pdf) (参照 2019-6-1)
- 2)関矢博幸ら(2017) 水田輪作体系乾田直播における収量マップを利用した基肥可変施肥の増収効果、東北農業研究センター普及成果情報。
- 3)鳥山和伸ら(2004) 生育情報収集処理技術を活用した低投入型高品質稲作営農システムの確立、ファームングシステム研究, 6.

# 野菜用の高速局所施肥機の開発

千葉 大基

## はじめに

キャベツなどの葉菜類は冷涼な気候を好み、夏秋キャベツは高標高地域で盛んに栽培が行われています。中でも標高1,000m以上の丘陵地帯に多くのほ場が分布する群馬県嬭恋村は、夏秋キャベツの全国出荷量約40万tのうち約半分を占める19万tを出荷する主要産地です<sup>1)2)</sup>。

現地では、畝の天面から深さ約15cmの下層部に局所施肥を行う畝立て施肥機（以下、慣行機）がほぼ全てのキャベツ農家に普及しています。しかし、ほ場の傾斜に伴って肥料の散布量にバラつきが発生するなど、慣行機の改善が求められていました。

そこで、2015年度から第4次農業機械等緊急開発事業において、上田農機株式会社および株式会社タイショーと共同で、高速高精度かつ施肥量低減を目指した畝立て同時局所施肥機の開発に取り組みました。今般、実用化の見通しが得られたことから、開発機の概要と性能について紹介します。



## 慣行機の特徴と課題

慣行機は、接地輪の回転により動力を得ることで、作業速度に連動して肥料の繰出し量をコントロールする構造になっています。しかし、丘陵地帯である現地のほ場では、土壌条件などによっては接地輪が安定して回転せずに施肥量のバラつきが生じることが課題となっていました。また、畝天面からの深さ約15cmという施肥位置は、苗を直接畑で育苗する地床苗向けに用いられてきたものであり、セル成型苗を利用した場合には、根が成長し下層部の肥料に達するまでに時間を要するため、定植直後の初期生育が劣るといった問題もありました。

初期生育の問題に対しては、現地では横溝ロール式の電動施肥機を増設し、下層部の局所施肥と同時に畝の天面へいわゆるスタータとしての肥料を散布し初期成育の促進を図っていますが、風雨により肥料が流れてしまうほか、移植機が畝高さを検知するための畝追従ローラが散布された肥料を転がし落としてしまうといった懸念があり、改善が求められていました。

## 開発機の概要

開発機は、土寄せ器（リッジャ）を用いた簡易耕起による畝立てを行いながら、畝内の上層部と下層部の二段に局所施肥する3条用の作業機で、条間45cm仕様と条間60cm仕様があります。肥料繰出部については、下層施肥用として各畝に対応する55Lの肥料ホッパ3台（仕様間で向きが異なる）を備え、上層施肥用に55Lの肥料ホッパ1台を備え、三ツ口の漏斗で各畝に肥料を分配します（図1）（図2）（表1）。



図1 高速局所施肥機開発機条間45cm仕様



図2 高速局所施肥機開発機条間60cm仕様

表1 開発機の主要諸元

	条間45cm仕様	条間60cm仕様	
機体寸法	全長(mm)	1,300	
	全幅(mm)	1,750	2,100
	全高(mm)	1,600	
	質量(kg)	430	450
上層施肥部	ホッパ容量(L)	55	
	施肥量(kg/10a)	10~30	
	施肥位置・深さ(cm)	畝中央・3~8	
	繰出方式	横溝ロール式	
下層施肥部	ホッパ容量(L)	55×3個	
	施肥量(kg/10a)	ロール交換により50~250	
	施肥位置・深さ(cm)	畝中央・15	
	繰出方式	横溝ロール式	
コントローラ	上層、下層施肥部を速度連動制御 GNSSで速度検出、傾斜センサで補正		

畝成形部について、条間45cm仕様の畝形状は、天面幅、裾幅、畝高さがそれぞれ約15cm、35cm、14cm、条間60cm仕様はそれぞれ約30cm、50cm、15cmの台形状です。一般的な畝立て機はロータリで耕うんしながら合成樹脂製の培土板（スリックボード）で土を寄せ固めて台形型に畝を成形する構造のため、作業速度は0.5m/s程度が上限となっています。開発機はリッジャによる簡易耕起方式を採用することで、最大1.4m/sの高速作業が行えます。

## 肥料繰出部

肥料繰出方式は横溝ロール式、駆動には電動モータを採用し、安価なGNSS<sup>※1</sup>センサと傾斜角度センサを用いて取得した作業速度に肥料繰出し量が連動するよう制御を行います。かさ密度が異なる肥料に対応するため、肥料繰出しロールの回転速度が低い場合と高い場合の2条件での繰出し量で校正することで、精度良く肥料を繰出すことができます。最大繰出し量は、上層施肥で30kg/10a、下層施肥で250kg/10aまで設定できます（条間45cm仕様、最高作業速度である1.4m/sで粒状化成肥料の場合）。なお、これらを制御するコントローラ（図3）は、トラクタの運転席の近くに設置します。



図3 コントローラ

■ 畝成形部

畝成形部は、前・後部リッジャ、PTO (power take-off: エンジンからの動力取り出し装置) からの動力で回転する鎮圧ローラ、接地輪から構成されます。作業は、①前部リッジャで作溝、②溝底へ下層の局所施肥 (畝天面から深さ約15cm)、③後部リッジャで土を寄せながら上層の局所施肥 (約3~8cm、苗の種類により調節)、④鎮圧ローラで畝表面を鎮圧、の順で畝立て施肥が行われます。

PTOで駆動する鎮圧ローラは、作業速度1.4m/s、PTO回転速度540rpm時に、畝天面に作用するローラ円筒部の周速度が約0.8m/sで回転する構造としました。ローラで土を整形する作業機として、畦塗り機がありますが、畦に接して回転するローラ円筒部の周速度を作業速度より高めに設定し、スリップ状態とすることで表面の練り固めを行い、漏水を防ぐことが知られています<sup>3)</sup>。しかしながら、本機と同様に設定すると、畝の肩部の土を掻き散らす現象が確認されたことなどから、ローラ円筒部の周速度を作業速度の約6割に落とす工夫を行いました。

■ 肥料詰まりセンサ

本機は、新たに開発した肥料詰まりセンサを備えています (図4)。センサは、肥料を流す蛇腹ホースに外側から押しつける形で固定され、ホースの内壁に肥料がぶつかる音で流れの有無を判断する仕組みです。肥料切れやホッパのシャッタを開け忘れて肥料が落ちていない場合、またホース内に肥料が詰まり流れが止まった場合に異常と判断し、手元のコントローラを介して作業者に警告する仕組みとなっています。なお、センサはホースを加工することなく装着できる構造となっているため、警告機能を独立させて既存の機械でも利用できるようにしたセンサキットの開発も別途進めています。



図4 肥料詰まりセンサ

■ 開発機の作業性能

■ 肥料の繰出し精度

目標とする単位面積当たり肥料の散布量と実際に散布された量の差を肥料の繰出し誤差とし、開発機が傾斜のあるほ場で目標量に対して誤差無く肥料を繰出せるかを評価しました。

機械は条間45cm仕様を用いました。ほ場の傾斜角度は平均7度で、傾斜の上下方向に30mの直線区間を区切り、作業速度0.7~1.4m/sで肥料の繰出しを行いました。上層用の肥料は、磷硝安加里1号 (N-P-K 15-15-12)、下層用の肥料については現地で用いられる緩効性肥料の輝60 (N-P-K 10-10-10) を使用しました。この結果、設定繰出し量に対する平均誤差が、上層で0.1~1.6%、下層で0.4~2.8%であり、傾斜地で高速に作業を行っても安定して肥料の繰出しを行えることが確認できました (表2)。

表2 繰出し性能試験結果

走行速度 (m/s)	上層平均繰出し量 (kg)	平均誤差 (%)	下層平均繰出し量 (kg)	平均誤差 (%)
0.7	13.2 ± 0.3	1.6	182.4 ± 3.9	1.3
1.1	13.0 ± 0.1	0.1	185.0 ± 2.3	2.8
1.4	13.0 ± 0.1	0.1	180.6 ± 2.5	0.4
設定繰出し量	13.0	-	180.0	-

注) 繰出し量は10a当たりの換算値。平均値±標準偏差。

■ 作業能率

条間60cm仕様の機械を用いて作業能率を調査しました。作業条件は、ほ場面積: 33.8a (長辺72m、短辺47m)、設定施肥量: 99.5kg/10a (上層: 12.5kg/10a、下層: 87.0kg/10a)、目標作業速度: 1.1m/sとし、散布資材に3~5mm角のゼオライトを用いました。その結果、全作業時間が62.1分、枕地を除く実作業面積30.8a (長辺65.4m、短辺47m) で、ほ場作業量は29.7a/hとなりました。平均作業速度が1.0m/s、理論ほ場作業量が63.5a/hであり、ほ場作業効率は48.5%となりました。なお、作業時間の内訳は肥料の供給に16.5分、畝立て施肥作業に27.5分、移動と旋回に18.1分をそれぞれ要しました。

■ 畝内二段施肥と省肥料効果

畝内二段施肥は、慣行で行う畝の下層部への作条施肥および畝天面への施肥のうち、畝天面への肥料を畝内上部に移すことで、肥料の流出防止および利用効率の向上を狙ったものです (図5)。畝内上部の施肥位置を畝中央部深さ3cm、5cm、8cm、苗の両脇5cm深さ3cmの4試験区でキャベツのセル成型苗を用いた栽培試験を行ったところ、定植から1か月の段階では畝中央部深さ3cmおよび5cmの場合で、慣行の畝天面散布と同等の草高が得られました。畝天面への施肥を畝の中へ収めた場合でも、慣行と同等程度に肥料成分が苗へ作用したと考えられ、畝内上層施肥については、苗の根域付近へ施すことが望ましいと判断しました。この結果を踏まえ、上層施肥位置を畝中央部深さ3cmとして群馬県および鹿児島県でセル成型苗を用いたキャベツの減肥栽培試験を行ったところ、基準とした慣行施肥量から3割減としても同等以上の結球重が得られ、畝内二段施肥による省肥料効果を確認することができました (表3)。

なお、今回の栽培試験結果については単年度限りの結果です。畝内二段施肥による省肥料効果は、土壌や地力等の条件によって異なるため、実際に減肥に取り組む場合には土壌分析に基づき、普及指導部門と相談の上で取り組むことが望ましいと考えます。今後は、同じアブラナ科野菜であるハクサイ、ブロッコリーなどを対象に、地力と養分収支を念頭に置いた栽培試験を実施する予定としています。

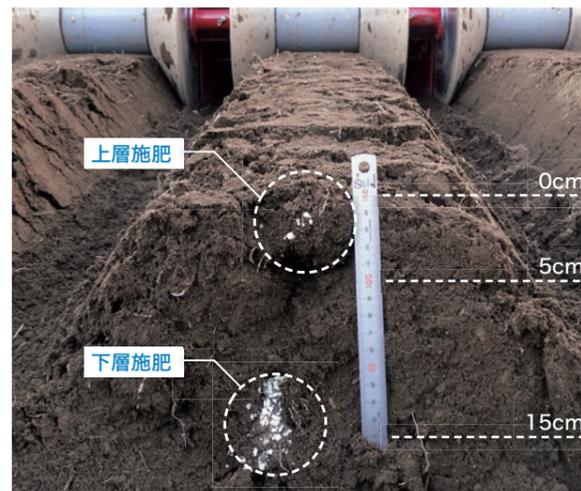


図5 畝内施肥位置

表3 キャベツの減肥栽培試験結果

試験地	施肥方法	設定総施肥量 (kgN/10a)	平均調製重 (g/球)
群馬県 嬬恋村 <sup>a)</sup>	慣行 (畝天面施肥+作条施肥)	20.0	1,472
	開発機 (条間45cm仕様)	16.0 14.0	1,481 1,565
鹿児島県 鹿屋市 <sup>b)</sup>	慣行 (全面全層施肥)	15.0	1,388
	開発機 (条間60cm仕様)	12.0 10.5	1,549 1,599

a) 品種: 初恋、2017/5/11定植、2017/8/2収穫  
b) 品種: 夢舞台、2017/9/6定植、2017/12/5収穫

■ おわりに

本開発機は、2020年の正式販売に向けて、畝成形部の改良と構造の強化を行っているところです。機械の開発にあたっては、上田農機株式会社、株式会社タイショー、神戸大学に、キャベツの栽培試験では鹿児島県農業開発総合センター、群馬県農業技術センターに多大なご尽力を賜りました。記して感謝の意を表します。

(農業技術革新工学研究センター 次世代コア技術研究領域)

用語解説

※1 GNSS(Global Navigation Satellite System) 全球測位衛星システム  
GPS、準天頂衛星(QZSS、みちびき)、Galileoなどの衛星測位システムの総称。

参考文献

- 1) 農林水産省 大臣官房統計部 (2016)平成27年産 野菜生産出荷統計。統計表3 都道府県別の作付面積、10a当たり収量、収穫量及び出荷量 キャベツ夏秋。 <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003171509> (参照 2019-5-23)
- 2) 農林水産省 大臣官房統計部 (2016)平成27年産 野菜生産出荷統計。統計表6 市町村別の作付面積、収穫量及び出荷量 キャベツ夏秋。 <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0003171651> (参照 2019-5-23)
- 3) 来田金作(1994) 来田農産株式会社。畦形成機。特許第2564230号。1996-09-19。

# 楽に真っ直ぐ！自動操舵機能付き田植機の直進性と経済性

吉田 晋一

## はじめに

農家数の減少に伴い、1戸当たりの経営耕地面積は増加し続けています。一方で、近年の全産業的な人手不足で、作業者の確保は年々困難となっています。

こうした中、GNSS（Global Navigation Satellite System：全球測位衛星システム）を利用した農作業支援技術が関心を集めており、特に北海道で普及が進んでいます。

2017年時点で北海道向けのGNSSガイダンスシステムおよび自動操舵装置の累計出荷台数はそれぞれ9,000台以上、4,000台以上となっています<sup>1)</sup>。このうち自動操舵装置は、労働負荷の軽減や未熟練オペレータの作業支援に貢献する技術として、トラクタに装着するタイプを中心に普及が進んでいます。また、2016年に新たに市販化された自動操舵機能を付加した田植機は、比較的安価なDifferential-GNSS方式の衛星測位装置と慣性計測装置（IMU：Inertial Measurement Unit）を組み合わせており、自動操舵での直進走行が可能となっています。

この市販の自動操舵機能付き田植機の円滑な導入に資するため、泥炭地を含む北海道の水田において、直進性や移植精度などの作業精度および経済性を評価しました。本稿では、その結果を紹介します。



## 直進性の評価

評価試験には、マット苗用8条植の市販の自動操舵機能付き田植機（補助（ダブル）車輪装着・北海道仕様（条間設定33cm））を用いました（図1）。本機は植え始めの1工程目を手動操舵で走行して基準線として登録する（図2 A→B）と、次工程からは自動操舵で基準線に対して平行を保った直進走行が可能になります。

1) 硬さが異なる条件のほ場、2) 田植機走行に影響を与える耕盤の破壊を行う全層破碎（パラソイラ施工）実施ほ場、3) 生産者による現地実証（代かき、無代かき）ほ場で、自動操舵の直進性を手動操舵と比較して評価しました。

自動操舵機能を使用した（自動操舵）時と使用していない（手動操舵）時の直進性は、1) 2) の試験では直線とのズレが平均で5cm以内でした（図3）（表1）。また、土壌が不均一な全層破碎・無代かきでの試験を含め、自動操舵時では、概ね軌跡の90%で直線とのズレが



図1 評価試験に用いた自動操舵機能付き田植機

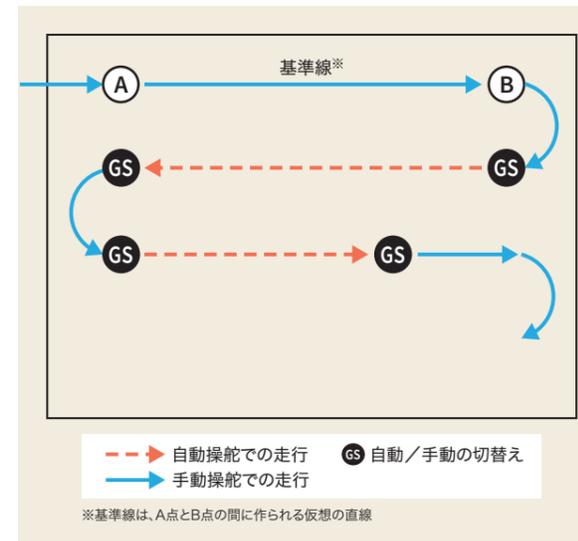


図2 自動操舵の走行のイメージ

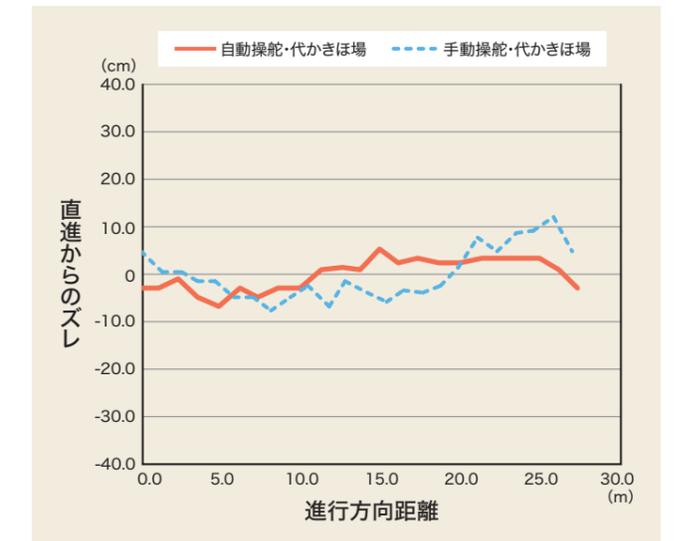


図3 自動操舵機能を使用した時と使用しない時の走行軌跡（現地実証ほ場）

表1 自動操舵機能付き田植機の直進性

試験区	操舵（自動／手動） 代かき／無代かき	異なる代の硬さ			全層破碎		現地実証ほ場			
		自動操舵 代かき	自動操舵 無代かき	手動操舵 代かき	自動操舵 無代かき	手動操舵 無代かき	自動操舵 代かき	手動操舵 代かき	自動操舵 無代かき	手動操舵 無代かき
走行条件 ほ場の特性	車速 (km/hr)	2.9	3.0	2.9	3.1	3.4	3.0	2.8	2.8	2.9
	水深 (cm)	0.7	0.0	0.4	1.7	1.7	3.0	1.0	1.0	0.6
	耕起深 (cm)	15.8	14.2	15.8	10.8	10.8	13.3	13.3	14.2	15.0
	耕起深直下の貫入抵抗 (MPa)	0.3	0.4	0.3	0.36	0.36	0.5	0.7	0.6	0.6
	代の硬さ ゴルフボールの埋没深 (cm) <sup>※1</sup>	3.4	3.1	3.0	1.7	1.7	2.0	2.0	1.0	1.0
	代の硬さ さげふり深 (cm) <sup>※2</sup>	10.3	8.9	8.5	—	—	9.8	9.3	6.3	4.7
直線とのズレ	平均 (cm)	2.9	3.0	3.6	4.9	6.1	2.7	3.6	4.1	2.5
	最大 (cm)	10.4	9.3	10.9	26.8 <sup>注1)</sup>	36.7 <sup>注1)</sup>	6.8	12.2	12.4	6.9
	標準偏差 (cm)	2.3	2.3	2.9	4.7	6.1	1.6	2.5	2.9	1.7
累積度数 直線とのズレの	50% (cm)	2.4	2.4	2.9	3.6	4.5	2.7	3.0	3.5	2.2
	70% (cm)	3.8	3.8	4.7	5.9	6.6	3.1	4.6	5.7	3.2
	90% (cm)	6.3	6.6	7.7	9.8	9.2	5.1	6.8	8.1	4.4

注1) 計測用RTK-GNSS受信装置を機体上部に装着したため、直線とのズレが実際の走行軌跡よりも、機体の傾きにより増幅されて、過大となっている可能性があります。  
注2) 異なる代の硬さの試験と全層破碎の試験は、調査用にRTK-GNSSを搭載して走行軌跡を記録し直進性を調べました。現地実証試験は生育初期にドローンで空撮して株の位置から直進性を調べました。  
注3) ほ場の特性は各試験区3カ所で3回ずつ計測した平均値です。

10cm以内に収まりました。全層破碎を実施した箇所での走行では、直線と大きなズレが生じましたが、手動操舵時と同様に、5秒程度で直線上に復帰しました。

自動操舵時と手動操舵時で、移植精度はどちらも設定株間と実際の株間の間に大きなズレはなく、植付姿勢にも転び等の問題は見られず、作業能率も同等で、評価試験中にGNSS受信不良状態は認められませんでした(表2)。

表2 移植精度、作業能率、GNSS受信状況(現地実証ほ場)

操舵(自動/手動) 代かき/無代かき	自動操舵 代かき	手動操舵 代かき	自動操舵 無代かき	手動操舵 無代かき		
ほ場形状	長方形	長方形	長方形	長方形		
ほ場面積(a)	66.3	66.3	66.3	66.3		
ほ場短辺(m)	53	53	53	53		
ほ場長辺(m)	125	125	125	125		
移植精度 注1)	設定株間(cm)	12.0	12.0	12.0	12.0	
	株間(cm)	11.5	11.7	11.5	12.3	
	移植姿勢	90°~60°(%)	96.7	90.0	96.7	96.7
		60°~30°(%)	3.3	10.0	3.3	3.3
		30°~0°(%)	0.0	0.0	0.0	0.0
	浮苗株率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	
	埋没株率(%)	0.0	0.0	0.0	0.0	
	植付深さ(cm)	2.1	2.0	2.0	2.2	
	作業時間注2)(hr)	1.39	1.38	1.40	1.37	
	作業能率(a/hr)	47.6	48.1	47.2	48.5	
GNSS 受信状況	良好 5(%)	25.6	—	28.9	—	
	4(%)	19.8	—	68.8	—	
	3(%)	45.7	—	2.1	—	
	2(%)	8.9	—	0.0	—	
	1(%)	0.0	—	0.3	—	
	不良 No-Good(%)	0.0	—	0.0	—	

注1) 移植精度の数値は各区10株ずつ3か所で調査した平均値と割合です。  
注2) 作業時間はオペレータ着席状態のもと計測しています。

## 経済性について

自動操舵機能付き田植機を利用した場合の米生産費と、同型の自動操舵機能がない田植機を利用した場合の米生産費を現地実証を行った生産者(以下、実証経営体)を例に比較しました(表3)。

現地実証で用いた自動操舵機能付き田植機は、自動操舵機能が付加されていない同型の田植機と比較して40万円程度割高です。実証経営体の水稲作付規模は

22.97ha、収量は653kg/10a(2017年産)でした。田植機2台(1台当たり約10ha)の使用を前提とすると、全算入生産費(自らが所有する資本の利子と地代なども含めた生産費)は、自動操舵機能付き田植機の利用時には123,092円/10a、自動操舵機能なしの田植機の利用時には122,533円/10aでした。米60kg当たりの生産費は、自動操舵機能付き田植機の利用時には11,310円/60kg、自動操舵機能なしの田植機の利用時には11,259円/60kgとなりました。以上のように自動操舵機能付き田植機の導入に伴い米生産費に大きな変化はみられませんでした。

表3 自動操舵機能付き田植機と従来機の米生産費

タイプ	実証経営体	実証経営体	参考注2)
	自動操舵	手動操舵 (従来機)	生産費調査 平均値 15ha以上
農機具費(円/10a)	31,537	31,067	18,862
うち田植機関係(円/10a)	4,933	4,463	—
その他物財費(円/10a)	50,783	50,760	44,823
労働費(円/10a)	19,375	19,375	24,154
費用合計(円/10a)	101,695	101,202	87,839
その他注1)(円/10a)	21,397	21,331	16,322
全算入生産費(円/10a)	123,092	122,533	104,161
60kg当たり生産費(円/60kg)	11,310	11,259	11,342
主産物収量(H29年産)(kg/10a)	653	653	551
作付面積(a)	2,297	2,297	2,152

注1) その他は副産物価額(控除)と地代・資本利子の合計です。  
注2) 農林水産省生産費調査によります。

## 利用者の評価

自動操舵機能付き田植機に関する利用者の評価について、発話内容を録音した上でテキストマイニング注3)により解析しました。対象は、①メーカー説明DVDに収録された全国の購入者26人、②自動操舵機能付き田植機の乗車経験者(実証経営体含む)5人です。

全国における自動操舵機能付き田植機購入者の発話内で出現頻度が高いキーワードは、「楽」(13人/26人)、「真っ直ぐ」(12人/26人)、「きれい」(5人/26人)でした。また、全国の購入者による自動操舵田植機の評価点としては、「直進性」、「熟練性不要」、「作業能率」、「マーカー注視の依存度低減」、「精神的余裕」、「作業精度」の

順に指摘件数が多い結果となりました(図4)。

実証経営体を含む自動操舵機能付き田植機の乗車経験者5人とも、全国の購入者が指摘した「熟練性不要」、「作業能率」、「マーカー注視の依存度低減」、「精神的余裕」を、同様に評価していました。

一方で、乗車経験者が指摘する問題点として、GNSSの受信状況に関する点が挙げられました。回答者によると、山の陰になるほ場では衛星信号の受信がうまくできないことがあるとのことでした。



図4 購入者が評価した点

## おわりに

田植機の直進性や移植精度は、収量に影響を及ぼすだけではなく、ほ場に水稲が整然と並んでいないことを恥とされるケースで重要な意味を持ちます。しかも、田植え作業は水稲作において最も時間を要する作業の1つであり、かつオペレータは直進性を保つために長時間の集中を強いられます。本稿の結果において、自動操舵機能付き田植機の利用者が、楽になることや、精神的余裕を評価していたことから、自動操舵機能付き田植機はオペレータの負担軽減に有効であると言えます。

また、自動操舵機能付き田植機は比較的安価なDifferential-GNSS方式の衛星測位装置を利用することで同型機の40万円割高程度と価格が抑えられています。同方式の衛星測位装置に慣性計測装置(IMU)を組み合わせることで、高緯度で衛星測位に不利な北海道

においても、代かきの有無等に関わらず、手動操舵と同等の直進性を発揮することが確認できました。さらに、直進走行中に、耕盤の破碎跡に車輪がかかるなどして大きく曲がった場合にも、手動で操舵するのと同じく、速やかにもとの直線上に復帰できることが確認できました。移植精度や初期生育、作業能率についても手動操舵の田植機と同等でした。

以上のことから、自動操舵機能付き田植機は、低コストで従来機の手動操舵と同等の直進性や移植精度、作業能率を実現でき、オペレータの負担軽減を図ることが期待できます。本評価が、自動操舵機能付き田植機の普及促進の一助となれば幸いです。

(農研機構本部 NARO開発戦略センター)

本研究は、革新的技術開発・緊急展開事業(うち経営体強化プロジェクト、委託元:生研支援センター)の支援により、道総研中央農試、北海道空知農業改良普及センターと共同で実施しました。本成果は2019年北海道農政指導・参考事項に採択されました。

## 用語解説

- ※1 代の硬さ ゴルフボール埋没深 ゴルフボールを1mの高さから落として、4:完全に埋まる~1:地表より上に出ているの4段階で、代(しろ:耕起した水田の土層)の硬さを評価する指標。
- ※2 代の硬さ さげふり深 頂角45度、長さ43mm、底面直径36mm(底面積10cm<sup>2</sup>)、質量115gの円錐体形(さげふり)の先端を下向きにして表土の上1mの高さから自然落下させ、さげふりの先端から表面までの貫入深さで表土の硬さを評価する指標。
- ※3 テキストマイニング 大量のテキストデータから有用な情報を取り出し、規則性を分析する手法。キーワードの出現頻度、出現傾向、関係性や時系列などを解析することができる。

## 参考文献

- 1)北海道農政生産振興局技術普及課(2018) 農業用GPSガイダンスシステム等の出荷台数の推移。  
[http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/jisedai/GPS\\_GuidanceSystem.htm](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/gjf/jisedai/GPS_GuidanceSystem.htm) (参照 2019-6-19)
- 2)地方独立行政法人北海道立総合研究機構(2019) 楽に真っ直ぐ!自動操舵機能付き田植機. 第37回, 農業新技術発表会要旨, 4.  
<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosh/o/31a/f2/27.pdf> (参照 2019-07-18)

# 土地利用型経営における スマート農業技術の経営的評価

松本 浩一

## はじめに

現在、スマート農業は、担い手経営や農業産出額などの減少の流れに歯止めをかけ、再興に転じる手段として注目され<sup>1)</sup>、その期待が高まっています。一方で、それに関わる技術の費用対効果に対する懸念も存在します。そのため、スマート農業が社会的に進展するためには、スマート農業技術の導入と利用に伴う農業経営への影響を示す経営的評価が求められています。

本稿では、各種あるスマート農業技術のうち、土地利用型経営において利用の期待が高いロボット農機と、利用の進展が著しい多ほ場営農管理システムを取り上げ、それら技術に対する数理計画法を用いた経営的評価手法を紹介します。

### ■土地利用型農業のほ場風景



## 数理計画法を用いた経営的評価手法

数理計画法とは、ある条件の下で目的を達成するための様々な要素の最適な組み合わせ（最適解）を試算する数学的な手法です。この手法を用いた農業技術の経営的評価では、農業経営の中で利用できる農地や労働力等に条件を設け、利益や農業所得を最大にする作目（農畜産物の種類）の組み合わせを試算する数学的モデルを構築します(図1)。モデルに組み込む作目は、様々な技術的な特徴に応じた設定が可能です。そのため、この数学的モデルを用いて試算することで、農業経営は新しい技術を選択するのか、また選択した場合に、利益や農業所得、あるいは農地や労働力の利用にどのように影響するのかが分かります。

## ロボット農機の経営的評価手法

ロボット農機の経営的評価では、まず、利用するロボット農機と生産する作目を設定します。また、ロボット農機で行う作業内容と利用方法を整理します。土地利用型経営が導入できるロボット農機の種類は、主にトラクタとコンバインで、水稲作に限定すれば田植機もあります。作業内容は、コンバインによる収穫や田植機による水稲の移植など、農機の種類により作業内容が限定される場合もあります。一方で、トラクタは耕起、代かき、播種などで汎用的に利用できるため、作業内容の設定が必要です。利用方法とは、主にロボット農機を利用する場合の人間の関わり方です。例えば、ロボット農機の安全性を確保するためのガイドラインでは、監視が求められています<sup>2)</sup>。この監視を前提にどのようにロボット農

機を利用するのかという整理です(表1)。

次に、ロボット農機を利用していない状態をあらわした数学的モデルを構築します。これをもとに、ロボット農機の導入と利用による作目や利用条件の設定を追加したモデルへと再構築していきます。その際、従来は人間と農

機は一体的に稼働することから、人間の労働時間のみを条件に構築していたモデルを、ロボット農機の稼働時間も条件に加えたモデルへ拡張します(図2)。最後に、その数学的モデルを用いて最適解を試算することで、ロボット農機の導入と利用が経営へ与える影響を評価できます。

**目的関数** (最大化)  $Z = \sum_{i=1}^n a_i x_i$   
※ Zを最大にする各  $x_i$ の量(最適解)を試算

**制約条件式** 
$$\begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_m \end{bmatrix}$$

Z: 経営全体の利益や所得  
 $x_i$ : 技術の特徴を持つ農産物の作付面積等  
 $a_i$ :  $x_i$ の1単位の稼働で得られる利益等  
 $b_{ji}$ :  $x_i$ の1単位の稼働に必要な資源量等  
 $c_j$ : 経営が持つ土地や労働力の資源量等  
 $i=1, 2, \dots, n$   
 $j=1, 2, \dots, m$

図1 数理計画法の簡単な数式モデル  
—線形計画モデルの場合—

**目的関数** (最大化)  $Z = \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{k=1}^l d_k y_k$   
※ Zを最大にする各  $x_i$ の量(最適解)を試算

**制約条件式** 
$$\begin{bmatrix} b_{11} & \dots & b_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & \dots & b_{mn} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{p1} & \dots & b_{pn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + EY \leq \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_m \\ \vdots \\ c_p \end{bmatrix}$$

Z: 経営全体の利益や所得  
 $x_i$ : 技術の特徴を持つ農産物の作付面積等  
 $a_i$ :  $x_i$ の1単位の稼働で得られる利益等  
 $b_{ji}$ :  $x_i$ の1単位の稼働に必要な資源量等  
 $c_j$ : 経営が持つ土地や労働力の資源量等  
 $i=1, 2, \dots, n$   
 $j=1, 2, \dots, m, m+1, \dots, p$   
 $y_k$ : ロボット農機を利用した農産物の面積等  
 $d_k$ :  $y_k$ の1単位の稼働で得られる利益等  
 $Y$ :  $y_k$ の列ベクトル  
 $E$ :  $y_k$ の1単位の稼働に必要な資源量  $e_{jk}$ の行列  
 $k=1, 2, \dots, l$

注) 図1をもとに赤字箇所を加えています。

図2 ロボット農機の影響を考慮した数式モデル

表1 ロボット農機を評価する時の設定・選択項目と例

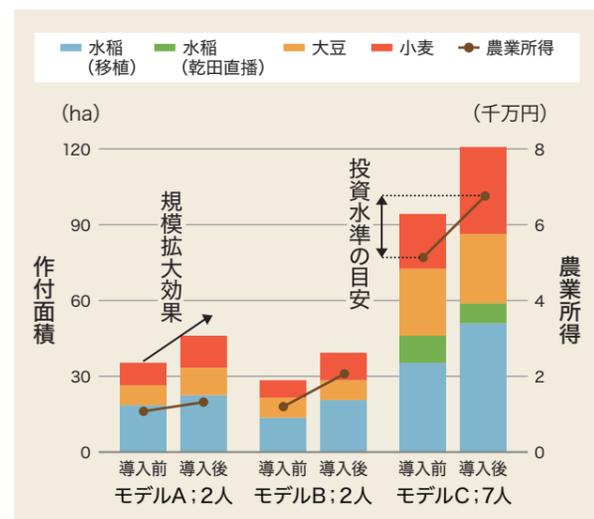
利用するロボット農機	作目	作業内容	利用方法	機械台数*
トラクタ	稲・麦	耕起	・2台を利用して1台を無人操作、もう1台を有人操作	2台/1台
	水稲	代かき	・荒代は2台を利用して1台を無人操作、もう1台を有人操作 ・植代は有人操作のみ	2台/1台
	水稲	直播	・2台を利用して1台を播種、もう1台を鎮圧 ・播種は無人操作 ・鎮圧は有人操作	2台/1台
田植機	水稲	移植	・1台を利用して最外周以外を無人操作 ・最外周は有人操作 ・有人操作と同じ人が資材も補給	1台/1台
コンバイン	稲・麦	収穫	・2台を利用して1台を無人操作、もう1台を有人操作	2台/1台

注) 松本(2016)等の実証研究を参考に上記の例を整理しています。\*機械台数の表記内容は、「総農機数/ロボット農機」を示しています。

## ロボット農機による規模拡大効果

ロボット農機の利用によって期待される主な効果は、農作業時間の短縮（省力化）です。しかし、省力化による労務費の実質的な削減は、臨時雇用のような特定期間のみの短期的な労働に対する時間に限られます。そのため、省力化効果を持つ技術の評価では、時間短縮された労働時間を、規模拡大や複合化に活用する効果も含めて評価することが求められます。水田作経営におけるトラクタ、田植機、コンバインのロボット農機の導入と利用による経営的評価では、ロボット農機の利用が水田作経営の経営面積の拡大をもたらす可能性があることが示されました(図3)<sup>3)4)</sup>。ただし、ロボット農機で代替できる作業は限定的になるため、拡大効果が十分に発揮されない局面もあることに注意が必要です。

また、経営的評価では、ロボット農機の投資額の設定も重要です。基本的には、ロボット農機の導入に伴う追加的費用が、それによる利益の向上分よりも安くなければ、経済的なメリットはありません。そのため、試算される利益向上額が、ロボット農機に対する投資水準の目安となります。



注1) 松本(2019)の表3をもとに作図しています。  
注2) 項目ラベルに記載の人数は臨時雇用者も含めた労働力数です。  
注3) 法人経営であるモデルCの農業所得は、当期利益に常時雇用労働費を加えた金額です。

図3 ロボット農機の経営的評価結果の例

## 多ほ場営農管理システム内情報の活用

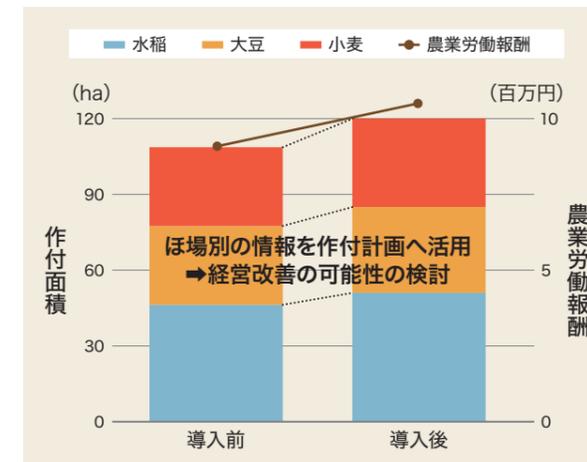
多ほ場営農管理システムは、現在、複数の企業で市販化され、多くの経営体が利用しています。それらのシステムは、地理情報システム (GIS) などを利用してほ場を一筆単位で管理し、そこに各種の情報機器等も用いながら営農上有益な情報を収集・整理・分析するものです。そのため、多ほ場営農管理システムの経営的評価では、システム内情報の利用場面を明確にし、その場面で必要な情報を整理し、その情報が経営へ与える影響を特定することが求められます。

例えば、システム内情報の利用場面を作付計画に設定すれば、その情報の活用方策とその効果を示すことができます<sup>5)</sup>。具体的には、多くの多ほ場営農管理システムではほ場単位で作業時間を収集できます。その情報を利用することで、ほ場条件に応じた作業時間が示せます(表2)。これらの作業時間を利用することで、従来の作目ごとのモデルをほ場条件別に細分化したモデルへと拡張できます。この数学的モデルを用いて最適解を試算することで、利益を最大化するほ場条件別の作付計画策定が可能となり、システム内情報の利用による経営への影響を評価できます(図4)。

表2 ほ場条件別のほ場内作業時間

ほ場条件	ほ場内作業時間
大区画	0.257時間/10a
中小区画	0.343時間/10a
小区不整形	0.430時間/10a
全体	0.339時間/10a

注1) 松本(2019)の表2を修正して引用しています。  
注2) ほ場内作業時間は、水稲の耕うん、代かき、堆肥散布、収穫、小麦の収穫を含めた平均値です。



注) 松本(2019)の表1をもとに作図しています。

図4 多ほ場営農管理システムの情報活用による経営的評価結果の例

## 多ほ場営農管理システムの経営的評価手法の展開方向

多ほ場営農管理システムは、直接的に作目の生産などに影響する技術ではありません。そのため、数理計画法による数学的モデルを用いた経営的評価では、システム自体を直接的な評価対象にしてきませんでした。しかし今後は、多ほ場営農管理システム利用による作業管理や経営計画のための管理労働時間の削減など、直接的な経営的評価も求められます。このためには、システム利用による定量的な効果を、多岐にわたる活用場面に即して網羅的に把握することが必要です。このような利用効果を用いることで、これまで明示的に取り扱ってこなかった管理労働時間等を取り込んだ数学的モデルが構築可能となり、このモデルを用いることで多ほ場営農管理システムそのものの経営的評価が行えるものと考えられます。

## おわりに

従来の数理計画法の数学的モデルを基本にして、モデルの拡張を行うことで、スマート農業技術が農業経営へ与える影響の経営的評価ができるようになります。スマート農業の進展によって、農業経営はこれまで以上の量と質のデータを取り扱うことが可能となり、農業経営構造を従来よりも詳細に再現する数学的モデルが構築できます。これにより、ロボット農機導入や多ほ場営農管理システムによる作付計画など、スマート農業技術の経営的評価がより詳細に行えるようになり、データ駆動型の農業経営の展開も加速していくと思われます。

本稿では、土地利用型経営を対象にしたスマート農業技術の経営的評価手法を紹介しましたが、基本的な考え方は、土地利用型以外の作目についても活用できると考えています。今後、本手法による経営的評価の実践事例を集めることで、さらなる評価手法の高度化を図ります。

(中央農業研究センター 農業経営研究領域)

### 参考文献

- 1) 永木正和(2019) スマート農業・農村への期待と実現への課題。新スマート農業—進化する農業情報利用—。農林統計出版、東京、p.5-7。
- 2) 農林水産省(2018) 農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン。http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g\_smart\_nougyo/attach/pdf/index-6.pdf (参照 2019-6-24)
- 3) 松本浩一・梅本雅(2013) 大規模水田作経営における農作業ロボット導入の効果。関東東海北陸農業経営研究、No.103、p.65-71。
- 4) 松本浩一(2016) 水田作経営における農作業ロボットの導入可能性と条件。関東東海北陸農業経営研究、No.106、p.65-70。
- 5) 松本浩一・関野幸二(2017) 水田作経営における「スマート農業システム」の経営的評価方法と導入効果。関東東海北陸農業経営研究、No.107、p.63-68。
- 6) 松本浩一(2019) スマート農業技術の経営的評価手法の評価と展望—水田作経営を中心に—。農研機構研究報告、No.1、p.33-37。

### ■コンバインロボットによる米の収穫



# ロボット・自動化農機の 安全性検査の実施方法および基準

塚本 茂善

## はじめに

近年、自動車産業においては、自動運転技術がめざましい進歩を遂げ、様々な運転支援機能を搭載した自動車が市販化されています。農業機械業界においても2016年3月4日の「未来投資に向けた官民対話」で2020年までに遠隔監視による無人自動走行の実現を目指すことが表明されました<sup>1)</sup>(図1)。また、国のスマート農業加速化実証プロジェクトが実施される中、農研機構においてもSociety5.0の早期実現を目指し、ロボット等の先端基盤技術の社会実装を推進しています。

農林水産省は、ロボット農機の実用化を見据え、これまでに「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン(2017年3月策定、2018年3月改正)」<sup>2)</sup>を策定しており、国際規格としては「Agricultural machinery and tractors – Safety of highly automated agricultural machines – Principles for design(ISO18497:2018)」<sup>3)</sup>が制定されています。

これらを受け、農研機構では、安全なロボット農機の



図1 遠隔監視での無人システムイメージ

開発・普及を推進するため、2018年7月、安全性検査におけるロボット・自動化農機検査の評価試験方法を新たに策定し、現在この検査を実施しています。本稿では、安全性検査の概要とその中の1つであるロボット・自動化農機検査の実施方法および基準について紹介します。

## 安全性検査とは

農業機械の安全性検査は、実施指定機関である農研機構農業技術革新工学研究センターが、依頼に基づいて実施する任意の検査です。農業機械の型式検査(農業機械の安全性を基準に照らして確認)と、事後調査(安全性検査に合格した農業機械が事後においても検査に合格した性能が維持されているか否か等の調査)とで構成されています。安全性検査に合格した機械には、安全性検査合格証(図2)を貼付することができます。安全性検査の基準に適合したものには一律に基本ランク「1」(★1つ)と評価し、機種ごとに要件として定めた安全度のより高い機能・装備を有したものは上位ランク「2」(★2つ)と評価します。

なお、安全性検査には次の3種類があり、安全装備検査を基本とし、機種によって安全キャブ・フレーム検査、ロボット・自動化農機検査を合わせて受検します(図3)。



図2 安全性検査合格証

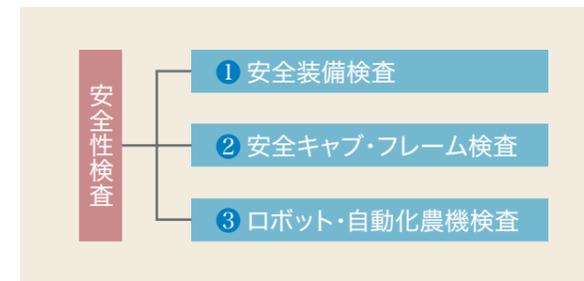


図3 安全性検査の種類

### ① 安全装備検査

各種農業機械における安全装備について「安全装備検査確認項目と基準及び解説<sup>4)5)</sup>」に基づき検査し、安全な農業機械の普及を促進して事故防止につなげます。

### ② 安全キャブ・フレーム検査

「農用トラクター(乗用型)」、「農用運搬機(乗用型)」および「座席を有するほ場内運搬機」にそれぞれ装備される運転者を防護する安全キャブ・フレームやシートベルトの装備を対象に、強度や安全空間が確保できるか等について検査し、転倒・転落事故の重大化の防止につなげます。

### ③ ロボット・自動化農機検査

ロボット農機や自動化農機の先進的な機械・装置の安全性等について検査し、ロボット農機の普及を促進して農作業の安全確保につなげます。

## ロボット・自動化農機検査の 実施方法および基準

ロボット・自動化農機検査にはロボット農機検査と自動化農機検査があり、前者は使用者がほ場内やほ場周辺から監視しながら無人でほ場内を自動運転させるトラクタを、また、後者はほ場内で使用する自動操舵機能を有し運転者の乗車を必要とする農業機械をそれぞれ対象としています。ロボットおよび自動化農機検査の実施方法と基準は、ISO18497、ISO10975<sup>6)</sup>で定義されている安全要件をもとに、ロボット農機および自動化農機が現行の技術水準に照らして最低限満足しなければならない要件について検討し、策定したものです(表1)。従ってこれらの基準は今後の技術動向を踏まえつつ、内容を強化していく予定です。このうち、ISO18497とロボット農機検査基準の対応関係は表2のとおりです。

表1 ロボット・自動化農機検査の検査項目

検査の種類	検査項目
自動化農機検査	①構造調査 ②手動操舵優先機能確認試験 ③その他必要な安全機能確認試験 ④運転者検出機能確認試験(選択試験)
ロボット農機検査	①構造調査 ②手動モード機能確認試験 ③運転状態表示機能確認試験 ④人・障害物検出機能確認試験 ⑤その他必要な安全機能確認試験 ⑥人・障害物検出機能確認試験(発進時)(選択試験)

表2 ISO18497とロボット農機検査基準の比較(抜粋)

ISO18497	ロボット農機検査基準
HAAM <sup>注1)</sup> には、機械に対する人やその他の障害物を検出して特定できる知覚システムを備えなければならない。	適用外(人と物の区別は要求しない)。
HAAMには、作業領域の境界を越えた意図しない逸脱を防止し、関係する作業に必要なHAAMを配置し位置決めすることができる知覚システムを備えなければならない。	構造調査:作業領域の逸脱を防止する機能が備わっていること。
HAAMの各移動の前に、保護システムによって、危険領域内に障害物がないことが保証されなければならない。	選択試験:危険領域に試験障害物が存在する際には、トラクタおよび作業機は動かないこと。
高度に自動化された操作が実行されている間、HAAMは危険領域に障害物が検出されたとき、または侵入したとき、聴覚的または視覚的な警告を発生させ、定義された安全な状態に移行しなければならない。	人・障害物検出機能確認試験:トラクタの前方、後方に試験障害物を検出したとき、試験障害物と接触することなくトラクタは停止し、同時に作業機も停止すること。
HAAMには、ローカルオペレータまたはリモートオペレータが高度に自動化された操作を停止または開始するための手段が備えられなければならない。	構造調査:自動運転に必要な装置が装備されており、操作を要する装置にあつては、通常の作業位置で安全、かつ容易に操作できるよう配置されていること。また、その装置の有する機能、操作方法等が明確に表示されていること。
HAAMは、ローカルまたはリモートオペレータによる適切な監督を許可するものとする。	適用範囲:使用者がほ場内やほ場周辺から監視しながら、無人でほ場内を自動運転させるトラクタに適用する。

注1) HAAM (Highly Automated Agricultural Machine) とは「高度に自動化された農業機械」を意味する。

## 自動化農機検査

自動化農機検査は表1の上段に示す①～③の検査項目について必須項目として確認を行います。この中でも特に重要となるのが、手動操舵優先機能確認試験です。この試験は、自動操舵機能を使用している場合においても、手動による操舵が優先されるかどうかを確認することを目的に行うもので、平坦な舗装路面において、自動操舵可能な最高速度で行います。この試験における基準は「容易な操作で手動操舵に切り替わること。もしくは停止すること。」となっています。さらに、選択試験として運転者検出機能確認試験を用意しています。運転者が自動化農機に乗りしている場合に限り、自動操舵可能であることを確認することを目的に行うもので、この試験における基準は「運転者が乗りしていない状態では自

動操舵できないこと。」となっています。なお、この選択試験の要件も満たした場合には、前述した安全性検査合格証において、上位ランク「2」(★2つ)と評価します。

## ロボット農機検査

ロボット農機検査は表1の下段に示す④～⑤の検査項目について必須項目として確認を行います。この中でも特に重要となるのが、人・障害物検出機能確認試験です。この試験は、自動運転中のトラクタに接近する人や障害物を非接触で検知して、そのことを周囲に警告する機能、およびトラクタを自動停止させる機能を確認することを目的に行うものです。人・障害物検出機能は、トラクタを

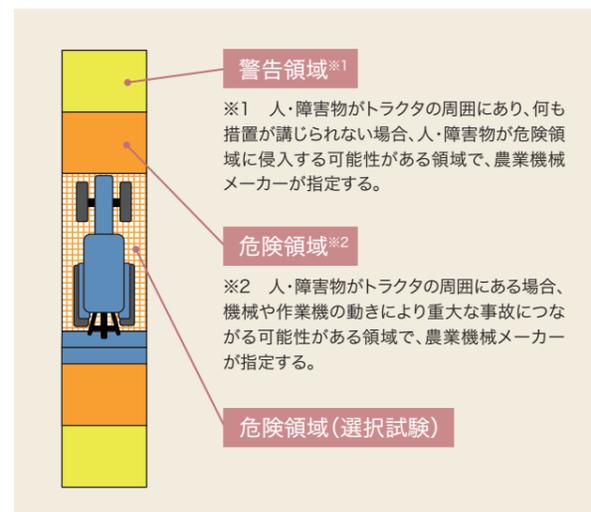


図4 警告領域と危険領域のイメージ

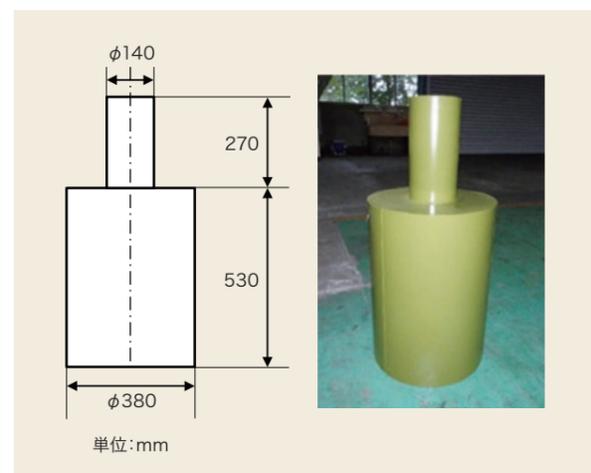


図5 ISO18497の試験障害物

前進または後進させたときに、警告領域に試験障害物が入った場合に警告を発する必要があります。また、危険領域に試験障害物が入った場合に試験障害物と接触することなく停止し、同時に作業機も停止する必要があります(図4)。警告領域および危険領域はトラクタの前方と後方に設定されます。また、表1下段の⑥に定める選択試験はトラクタの側方(図4のオレンジの網掛け部分)も含め設定された危険領域に試験障害物がある場合にトラクタが発進しないことを確認するものです。

試験は、トラクタを自動モード(トラクタの自動運転を有効化した状態)に設定し、自動運転可能な最高速度で走行させた状態で行い、試験障害物(図5)をトラクタの前方・後方ともに、トラクタの車両軸方向中心線上お

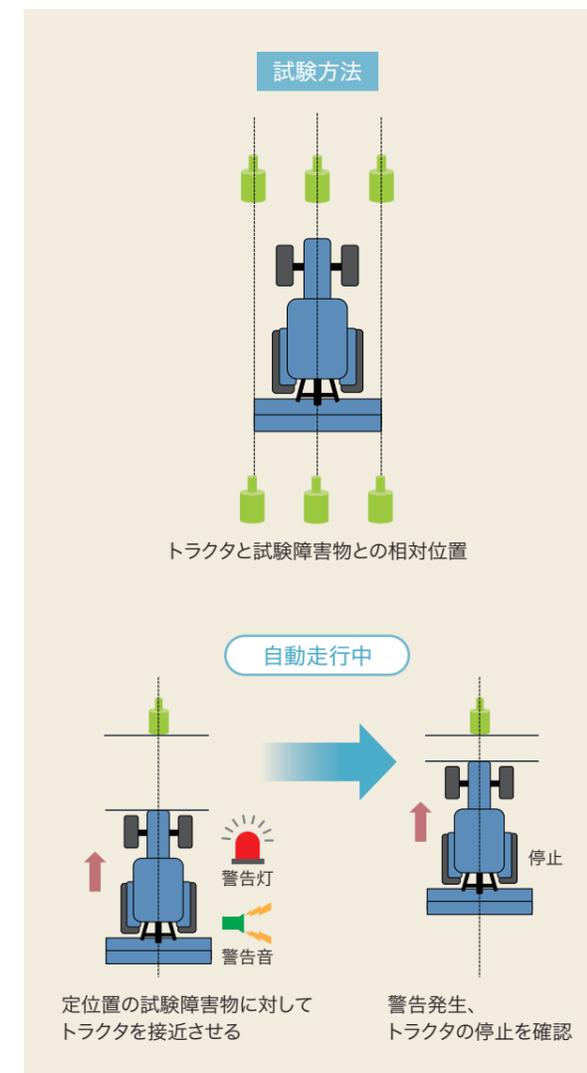


図6 人・障害物検出機能確認試験

よびその中心線と平行で農業機械メーカーが指定する装着可能な作業機の最外側を通る直線上に設置し(図6)、試験障害物が警告領域、危険領域に入った際のロボットトラクタの挙動を確認して行います。なお、試験は一度にすべての場所に試験障害物を設置して行うのではなく、それぞれの箇所ごとに試験障害物を設置して行います。例えば、右前→中央前→左前→右後→中央後→左後の順番に計6回の試験を行います。なお、試験障害物は2018年に策定されたISO18497で形や大きさ、色などが規格化されています。

## おわりに

ロボット・自動化農機の安全性確保のため、2018年度より農研機構農業技術革新工学研究センターでは安全性検査のロボット・自動化農機検査の主要な実施方法および基準を策定し、検査を実施しています。これまでに自動化農機についてはトラクタ、田植機で合格型式の認定を行っています。2019年8月現在、ロボット農機については合格型式の認定はまだ出ていませんが、近い将来には、合格認定を受けたロボットトラクタが登場すると考えています。ロボット農機検査は、今後トラクタ以外のロボット農機にも対応できるよう、現在の基準をベースに策定作業を進める予定です。

(農業技術革新工学研究センター 安全検査部)

## 参考文献

- 1) 日本再興戦略2016 -第4次産業革命に向けて-  
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016\_zentaihombun.pdf (参照 2019-07)
- 2) 農林水産省生産局長通知(2018) 農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン。  
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g\_smart\_nougyo/attach/pdf/index-6.pdf (参照 2019-07)
- 3) ISO18497:2018, Agricultural machinery and tractors - Safety of highly automated agricultural machines - Principles for design
- 4) 農研機構(2018) 安全装備検査確認項目と基準及び解説。  
http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/iam/contents/test/pdf/ken\_sa\_001\_007.pdf (参照 2019-07)
- 5) 農研機構(2019) 安全装備検査確認項目と基準及び解説。  
http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/iam/contents/test/pdf/ken\_sa\_001\_008.pdf (参照 2019-07)
- 6) ISO10975:2009, Tractors and machinery for agriculture - Auto-guidance systems for operator-controlled tractors and self-propelled machines - Safety requirements

# 窒素施用時期の変更による ナシ発芽不良軽減技術の開発

■ 阪本 大輔



## はじめに

四季折々の季節が楽しめる日本において、果物はその時々を旬を感じさせてくれる作物の一つではないでしょうか。中でも、お盆前後からスーパーなどで見る機会が増えるニホンナシは、みずみずしさとほどよい甘さを兼ね備えており、暑い夏を元気に乗り切るのに適した果物と考えられます。一方、わが国のニホンナシ生産は、担い手の高齢化等により結果樹面積<sup>※1</sup>が30年間で約35%減少しています<sup>※2</sup>。今後もこの傾向は変わらず、現在の生産量を維持していくことが困難になっていくことが予想されます。

そのような状況の下、この厳しい現状にさらに追い打ちをかけるように、極端な暖冬となった2009年や2010年の春などに西南暖地を中心としたニホンナシの露地栽培において発芽不良が発生しました。

農研機構と鹿児島県農業開発総合センターでは、農林水産省戦略的プロジェクト推進事業「温暖化の進行に適応する生産安定技術の開発（2015～2019年度）」によって露地栽培における発芽不良の発生要因の解明と対策技術の開発に向けて取り組み、本障害について一定の知見が得られましたので、本稿にて紹介します。

## ■ニホンナシ



## 暖冬年に発生する発芽不良

発芽不良の主な症状としては、長果枝（30cm以上の結果枝）において、発芽・開花の遅延や不揃い、芽枯れあるいは枝枯れ（図1）が認められ、さらに症状が重い場合は枯死に至る場合もあります。ナシの栽培南限地の鹿児島県では、暖冬年を中心にニホンナシ「幸水」等の露地栽培において花芽の枯死を中心とした発芽不良（図2）が発生しています。これまで、2000年前後を境に、加温施設栽培でも類似症状の発芽障害が発生し、大きな問題となっていました<sup>※1</sup>が、暖冬年に多発することから<sup>※2</sup>自発休眠覚醒<sup>※3</sup>の遅延が関与しているものと考えられていました。一方、露地栽培において、暖冬年に発生が多いことは施設栽培で発生する発芽不良と共通しているものの、現在ニホンナシが栽培されている地域では多くの品種で自発休眠覚醒に必要な低温は確保されていると考えられます。このことから、発芽不良には、冬季の低温不足による自発休眠覚醒不良だけでなく、芽や枝の凍害など複数の要因が関係しているものと推察されましたが、発生メカニズムは明らかにされていませんでした。



図1 「幸水」における発芽不良症状  
赤枠部分で発芽不良が発生している。



図2 花芽の枯死による発芽不良の様子  
左側：枯死芽、右側：健全芽

## 発芽不良の発生要因

ニホンナシなどの落葉果樹ではもともと冬の厳しい寒さに耐えるため、凍結に耐える性質および能力（耐凍性）を備えています。耐凍性は、秋季の気温の低下に伴って徐々に高まり、厳冬期に最大となり、春の気温上昇に伴って低下していきます。凍害の発生に関しては、落葉果樹を中心に近年増加していることが報告されています<sup>※1</sup>。凍害の発生の仕方には以下の3つのパターンが考えられます。第1に、植物が元来持っている寒さに耐える能力を超えるような厳しい低温に遭遇した場合、第2に、秋や冬に

かけて気温が暖かいま推移することにより、寒さに耐える準備ができていない状態で低温に遭遇した場合、第3は、春に向けて開花の準備をしている間に急な低温に遭遇した場合です。このうち、温暖な地域で発生する凍害は第2ないし第3のパターンと考えられ、その中でも秋の気温が高い年に発生が多いことが明らかになっていることから、秋冬期の高温により耐凍性が十分に高まらない第2のパターンによる発生が主要因と想定されました。

そこで、発芽不良の発生が多い鹿児島県（薩摩川内市）と発生がみられない茨城県（つくば市）において花芽の耐凍性の変化を調査したところ、鹿児島県では茨城県に比べて花芽の耐凍性が十分に高まらず、耐凍性の指標となるニホンナシの花芽の凍害発生危険温度は厳冬期の1～2月において-6～-7℃と、茨城県より10℃程度高いことが分かりました（図3右）。この時期に鹿児島県の気温は花芽の凍害発生危険温度とほぼ同じ-6～-7℃まで低下することもあることから（図3左）、鹿児島県で多発する発芽不良は、花芽の耐凍性が厳冬期の低温に耐えられるほどに高まらず、凍害を受けることが主な発生要因であることが明らかになりました。

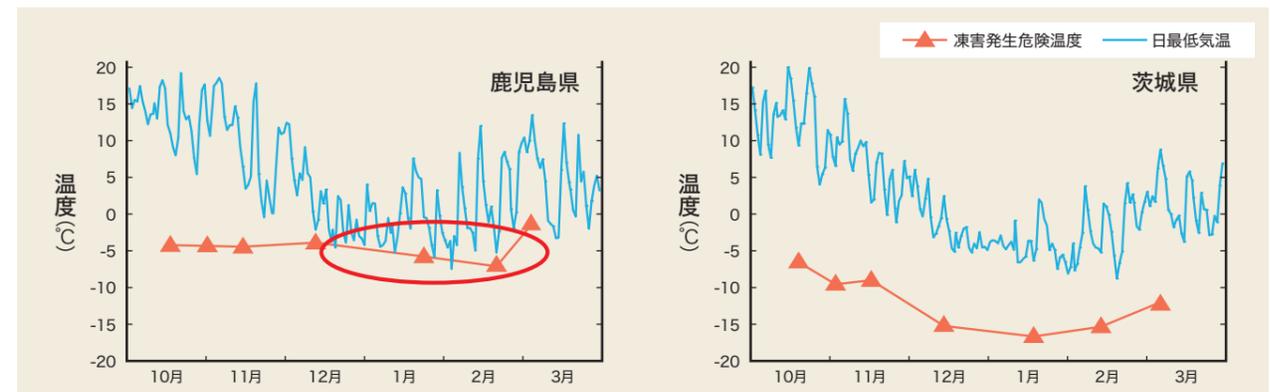


図3 日最低気温と凍害発生危険温度との関係（2011-2012年）  
赤枠で囲まれた部分は凍害が発生しやすい状況。

## 花芽の窒素含量と耐凍性の関係

これまでに秋季に施用した窒素の遅効きが耐凍性の上昇を阻害することは報告されています<sup>3)</sup>、秋以降厳冬期にかけての窒素施用の樹体への影響については報告がありませんでした。そこで、発芽不良発生地域における暖冬の気温を再現するため、つくば市で露地栽培した4年生の「幸水」ポット樹を11月から3月までの間温室へ移動し、12月中旬、1月中旬および2月中旬のそれぞれの時期に速効性の窒素肥料（硫酸アンモニウム）を施用しました。すると、12月および1月に施肥した区で花芽の枯死による発芽不良が多く発生し、2月に施肥した区でも無施肥区に対し、発芽不良が多い傾向が見られました<sup>4)</sup>。また、発芽不良の発生が見られるほ場において10月中旬、12月中旬のそれぞれの時期に重窒素（<sup>15</sup>N）標識された硫酸アンモニウムを施用して植物体内での窒素の存在部位を調べるトレーサー実験を実施したところ、芽が動き出すより前の1月中旬には樹体への窒素吸収がおきていました。そこで、発芽不良発生地域における秋冬季の花芽の窒素含量と耐凍性の関係を複数年にわたって解析した結果、花芽の耐凍性は窒素含量が高いほど低くなっていることが分かりました。

以上の結果から、暖地において、発芽不良の発生している園地に秋冬季に堆肥の施用や施肥を行うと、樹体への窒素の取り込みが進むことにより耐凍性が十分に

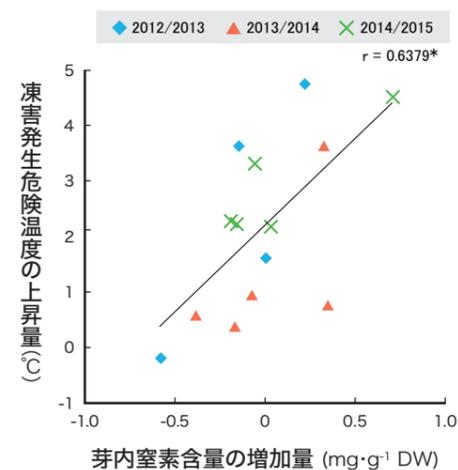


図4 花芽の窒素含量と耐凍性との関係  
縦軸、横軸ともに、秋冬季に堆肥を散布した区から春季に堆肥を散布した区を減じた値を表示。  
rはPearsonの相関関係を示し、\*は5%水準で有意。

高まらず、発芽不良の発生が助長されることが明らかとなりました。耐凍性を高めるためには施肥時期を慣行の秋冬季から翌春に変更し、秋冬季における窒素含量の増加を抑えることが有効であることが分かりました（図4）。

## 窒素施用時期の変更による発芽不良の発生軽減

多くのニホンナシ産地では、秋に肥料、冬に堆肥の施用を行うことが慣例となっています。堆肥も樹体の窒素含量を高めることから、施肥に加え堆肥の施用時期も見直すことで発芽不良をさらに軽減できると期待されます。そこで、「幸水」において毎年のように発芽不良が発生しているほ場（薩摩川内市）で肥料や堆肥の施用時期に関する試験を行いました。その結果、肥料および堆肥の施用時期を春にすると、花芽の耐凍性は、秋や冬に施用した樹に比べて高く（図5）、発芽不良の発生が大幅に減少しました（図6）。なお、5年間継続して春に肥料や堆肥を施用しても、樹の生育および果実品質に明確な違いは生じないことを確認しています。

これらの結果を踏まえ、現在、ニホンナシ生産者の園地（鹿児島県薩摩郡さつま町）において、現地実証試験を実施しており、主要品種の「幸水」および「豊水」の窒素施用時期を、秋冬季から春季に移行することにより、発芽不良の発生軽減効果を確認しています。

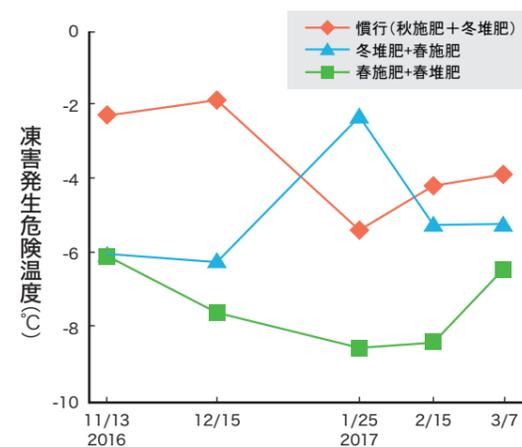


図5 窒素施用時期の違いが花芽の凍害発生危険温度に及ぼす影響

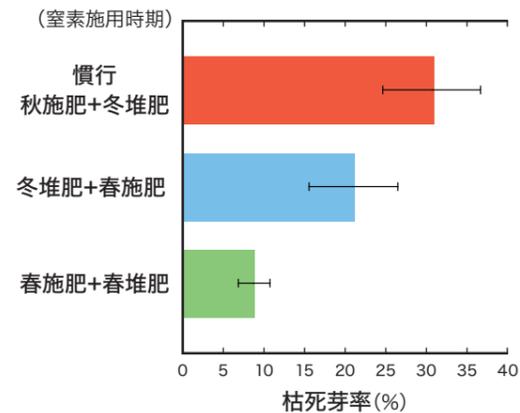


図6 窒素施用時期の違いが花芽の枯死率に及ぼす影響 (2016-2017年)

## おわりに

今回、発芽不良を軽減する技術として紹介した肥料や堆肥の施用時期の翌春への変更は、技術導入コストがかからないため、生産者が取り入れやすい技術と言えます。近年、秋冬季の気温上昇に伴い、凍害による発芽不良が増加していることが明らかになっています。このことは、地球温暖化がさらに進行すれば、九州地方にとどまらず、全国のニホンナシ産地において秋冬季に花芽の

耐凍性が十分に高まらず発芽不良が発生する可能性があることを示唆しています。

今回紹介した内容は、『施肥時期の変更を中心としたニホンナシ発芽不良対策マニュアル』（図7）にまとめています。



図7 施肥時期の変更を中心としたニホンナシ発芽不良対策マニュアル

[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/pub2016\\_or\\_later/pamphlet/tech-pamph/077258.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/pamphlet/tech-pamph/077258.html)



なお、本試験において、窒素施用時期の変更に伴う窒素施用量の検討は行っていませんが、これまでの研究から、秋冬季に行う元肥の窒素成分の多くは冬季に溶出し、翌春の樹体の養分吸収開始以前に流亡していることが分かっています<sup>5)</sup>。このことから、これまで秋冬季に投入していた窒素施用量のうち冬季に流亡していると考えられる分を減じた量を春に施用することにより、窒素施用量の削減も期待できます。

現在、現地実証園において春主体の新たな窒素施用体系が樹体や果実品質、収量等に及ぼす影響を調査しています。また、これまで樹勢が弱い樹で発芽不良が重症化しやすい傾向があったことから、新たに樹勢回復効果を目的とした土壌改良処理による発芽不良軽減効果について、継続して研究を進めています。今後、発芽不良の発生をさらに軽減する技術を開発していくことにより、気候変動に左右されないニホンナシの安定生産を実現する一助となることを期待します。

(果樹茶業研究部門 リンゴ研究領域)

### 用語解説

- ※1 結果樹面積(けっかじゆめんせき) 農家が当該年の収穫を意図して結果させた面積。果樹は、一定の年数を経過しなければ結実しないことから、栽培面積から樹齡が若く、未成園(樹齡が若いため商品となるような果実が実らない園地)の面積を除いたもの。
- ※2 自発休眠覚醒(じはつきゅうみんかくせい) ニホンナシなど落葉果樹の芽は、秋季から冬季において、「自発休眠」と呼ばれる生理的な状態になる。自発休眠期には生育に好適な条件(高温等)となっても発芽することはないが、自発休眠期に十分な低温に遭遇すると、芽は自発休眠から覚醒し、その後、生育に好適な条件になることにより発芽することができる状態を指す。

### 参考文献

- 1) 農林水産省大臣官房統計部(2018) 果樹生産出荷統計. 農林水産省. 東京.
- 2) 黒田治之(2004) 気候温暖化と落葉果樹の凍害. 平成15年度果樹農業生産構造に関する調査報告書. 中央果実基金調査資料, No.189, p.14-18.
- 3) 松本和浩ら(2010) 秋季の窒素施肥量がニホンナシの耐寒性と脂質含量に及ぼす影響. 園芸学研究, 9, p.339-344.
- 4) Daisuke Sakamoto et al. (2017) Application of livestock waste compost as a source of nitrogen supplementation during the fall-winter season causes dead flower buds in Japanese pear 'Kosui'. The Horticulture Journal 86(1), p.19-25.
- 5) 井戸亮史(2016) 日本ナシの施肥削減. 果実日本71(3), p.48-52.

# TOPICS

## スマート農業実証プロジェクトが 全国でスタート

中山 則和

近年発展の著しいAIやICT、ロボット技術等の先端技術を活用したスマート農業技術は、担い手の減少と高齢化による労働力不足が深刻化しているわが国農業の競争力を強化し、成長産業とするための強力なツールになることが期待されています。このような状況を受け、2019年度から2年間のプロジェクトとして「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」及び「スマート農業加速化実証プロジェクト」(以下「本プロジェクト」とします。)が農林水産省により予算化され、農研機構が実施主体となり開始されました。

本プロジェクトは、これまでに研究開発された先端技術の現場実証であると明確に位置付けられている点が一つ大きな特徴です。さらに、単なる技術の実証で終わらせることなく、スマート農業の社会実装を確実に推し進めるため、実証グループ(コンソーシアム)の構成員として生産者の参画を応募要件として義務付けています。本プロジェクトでは、水田作や露地野菜といった作目ごとの特有性や地域ごとの地理的条件・社会状況から派生する、それぞれの生産現場が抱える課題の解決に有効と考えられるスマート農業技術を生産の各種場面に導入したスマート農業技術体系として設定し、実証農場において一気通貫の技術実証を行い、その経営改善効果を検証するとともに、生産現場への速やかな普及も併せて推進することが求められています。

現在、北海道から沖縄までの中山間地や離島も含む全国各地において、69のコンソーシアムにより実証課題が推進されています。その対象とする作目も多岐にわたっており、それぞれの作目と地域のニーズに応じたスマート農業技術体系の実証が行われています。本プロジェクトにおいて、農研機構は実施主体として各実証課題への指導・助言やプロジェクト全体の進行管理を行っています。また、農研機構は、各実証課題から経営や営農に係るデータの提供を受け、そ

れらのデータを技術面・経営面から整理して、農業者がスマート農業技術を導入する際の経営判断に役立つ情報として提供することが期待されています。

2019年6月7日、農林水産省から「農業新技術の現場実装推進プログラム」が公表され、農業者や企業、研究機関、行政などの関係者が共通認識を持って連携しながら、農業現場への新技術の実装を強力に推進していくことが示されました。本プロジェクトも、全国69の実証課題を「(スマート農業を)見られる・試せる・体験できる」情報発信拠点として活用し、スマート農業技術の社会実装の加速化に貢献していきます。

(本部企画戦略本部 スマート農業実証事業推進室)

### 全69課題に参画する実証農場一覧

#### 施設園芸 8課題

(株)エア・ウォーター農園【北海道(長野)】  
(株)トマトパーク【栃木】  
JA西三河きゅうり部会生産者【愛知】  
(株)RUSH FARMほか【福岡】  
JA熊本市園芸茄子部会ほか【熊本】  
JA阿蘇いちご部会ほか【熊本】  
(株)タカヒコアグリビジネス【大分】  
JAそおピーマン部会【鹿児島】

#### 果樹・茶 11課題

仙台ターミナルビル(株)荒井事業所【宮城】  
JAフルーツ山梨【山梨】  
(株)ジャパンプレミアムヴィンヤード【山梨】  
(株)オレンジアグリ、(有)すぎもと農園【三重】  
(農)赤松ハウス柿生産組合ほか【奈良】  
森川農園ほか【和歌山】  
松岡農園ほか【広島】  
JAにしゅうスマート農業研究会【愛媛】  
ながさき西海農協さそほ広域かんきつ部会【長崎】  
(農)茶夢茶夢ランド菅山園ほか【静岡】  
鹿児島堀口製茶(有)【鹿児島】

#### 露地野菜・花き 11課題

おとべ農産(同)【青森】  
(株)アンドファーム【岩手】  
沼澤農場【山形】  
(株)美土里農園ほか【栃木】  
(有)トップリバー【長野】  
(株)Vegeta【広島】  
(株)尾野農園【香川】  
(株)オーエス豊後大野ファーム【大分】  
(株)ジェイエイフーズみやざき【宮崎】  
(有)新福青果【宮崎】  
園芸メガ共同利用組合【秋田】

#### 畑作 6課題

岡田農場【北海道】  
(株)鹿中農場【北海道】  
(有)グリーンサポート斐川ほか【島根】  
(株)東洋グリーンファーム【熊本】  
(有)南西サービス【鹿児島】  
アグリサポート南大東(株)【沖縄】

#### 水田作:大規模 14課題

白石農園【北海道】  
(有)新田農場ほか【北海道】  
(株)十三湖ファーム【青森】  
(農)たねっこ【秋田】  
(株)紅梅夢ファーム【福島】  
(有)横田農場ほか【茨城】  
(農)神崎東部【千葉】  
(有)米八【新潟】  
(農)高野生産組合【新潟】  
(株)白銀カレチャー【新潟】  
(農)布目沢宮農【富山】  
(農)夢耕坊【石川】  
(有)フクハラファーム【滋賀】  
(有)アグリベースにいやま【佐賀】

#### 畜産 3課題

TMRセンターアクセス&漆原牧場【北海道】  
(有)グリーンハートティーアンドケイ【栃木県】  
(農)霧島第一牧場【鹿児島県】

#### 水田作:輸出用米 4課題

(有)アグリードなるせ【宮城】  
(株)ライス&グリーン石島【茨城】  
田中農園(株)【福井】  
(農)東南宮農組合【岐阜】

#### 水田作:中山間 12課題

(株)アグリ鶴谷【福島】  
(株)若狭の恵【福井】  
(農)エコファーム舟枝【福井】  
(農)田原【長野】  
(農)ほづ【京都】  
(株)Amnak【兵庫】  
(株)ファーム安井【岡山】  
(農)寄江原【岡山】  
(農)ファーム・おだ【広島】  
(農)うもれ木の郷、(農)むつみ【山口】  
宮農支援センター四万十(株)【高知】  
(農)土里夢たかた【鹿児島】

(農林水産省公表資料より抜粋、一部改変して作成)



## これまで研究開発されてきた先端技術を現場で実証

近年、技術発展の著しいロボット・AI・IoT等の先端技術について、生産現場に導入・実証することで「スマート農業」の社会実装を加速化。

研究開発

技術実証

現場への普及

スマート農業技術体系の例

水田作

耕起・整地



自動走行トラクター

移植



自動運転田植機

水管理



ほ場水管理システム

収穫



ドローンを活用した適期収穫

経営管理



経営管理システム

施肥



可変施肥トラクター

栽培管理



ドローンを活用した生育・病害虫モニタリング

収穫



重量野菜の自動収穫機

# TOPICS

## 農業データ連携基盤WAGRIが本格稼働

塩見 岳博

農業のICT<sup>\*1</sup>化は年々進み、施設栽培や植物工場における環境制御、GPSなどによる車両ナビゲーションほか、様々な導入事例が出てきています。その反面、各メーカーの製品間の接続性が低く、形式の違いによりデータを活用しきれていないなど、課題も多く残されています。本稿では、その課題を解決する一つの答えとなり得る、農業データ連携基盤<sup>おぐり</sup>WAGRI（以下、WAGRI）について、概要と本格稼働の状況を紹介します。

### WAGRIとは

WAGRIは、内閣府・戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）（以下、SIP）「次世代農林水産業創造技術」において、慶應義塾大学 SFC 研究所を主体としたコンソーシアムによって開発されました。データに基づく農業を実践するためには、農業ICTの活用が不可欠であるものの、データやサービスの相互連携がないこと、様々なデータが散在していることなどを理由に、多くのデータを活用しきれていない状況にあります。これらの散在する様々なデータを共有・活用できる「データプラットフォーム」がWAGRIの役割です。WAGRIは、データを基にした生産性の向上や経営の改善に、農業の担い手が挑戦できる環境を作るために開発され、データの連携や提供機能を持っています。WAGRIのAPI<sup>\*2</sup>を通じて農業に必要な気象情報や農地の位置情報、水稲・小麦・大豆の生育予測などのデータを提供し、民間企業が行うサービスの充実や新たなサービスの創出を促すことで、農業者は様々なサービスを選択し活用できるようになります。データをフル活用することで、農業現場における生産性を高め、また高品質な農産物の安定生産などの実現を目指します。

### WAGRIの本格稼働

SIPでの研究開発の終了に伴い、2019年4月よりWAGRIの運営は慶應義塾大学から農研機構へ移管され、本格稼働が開始されました。本格稼働にあたっては、安心して利用していただけるように、2018年12月26日に策定された政府の「農業分野におけるデータ契約ガイドライン」に沿って、新たにWAGRIの利用に関する規約の整備を行い、農研機構と各利用企業との契約が開始されました。また、クラウド環境の構築など情報システム面の整備や、セキュリティ対策も実施し、ICTを活用する基盤としての安定稼働を目指しています。

### 利用申請と利用料金について

WAGRIの利用申請は、WAGRIの利用に関する規約へ同意し、WAGRI運営主体（農研機構）へ同意書兼利用申請書を提出することにより行います。申請・承認後にIDの払出が行われ、WAGRIでのデータの利用や提供が可能となります。WAGRIの利用料金は、2019年度については、①WAGRIでデータを利用する場合（データを提供する場合も含む）は月5万円、②WAGRIでデータ提供のみをする場合は月3万円です。なお、ID払出後の2か月間は無償で利用できます。詳細はウェブページをご参照ください。また、WAGRIに関する問い合わせは、メールで受け付けております。

（農業情報研究センター 農業データ連携基盤推進室）

### WAGRIウェブサイト

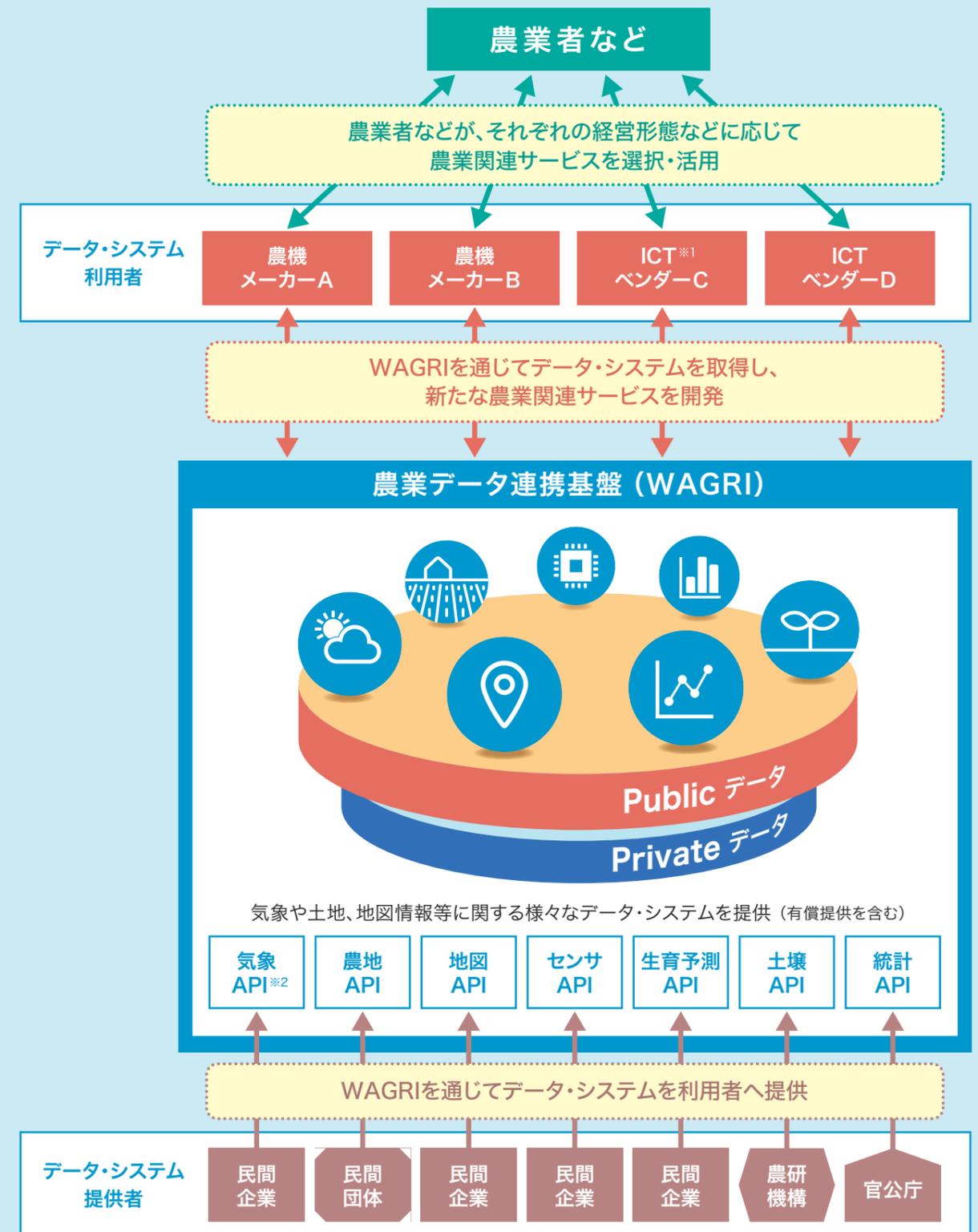
<https://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/rcait/wagri/index.html>

問い合わせ ✉ [wagri@ml.affrc.go.jp](mailto:wagri@ml.affrc.go.jp)



散在するデータを集め、新たな価値を生み出していくしくみ

## 農業データ連携基盤 WAGRIのデータフロー



<sup>\*1</sup> ICT (Information and Communication Technology) 情報通信技術と訳す。  
<sup>\*2</sup> API (Application Programming Interface) 複数のアプリケーションなどを接続(連携)するために必要なプログラムとその仕様のこと。

# 温故知新

>> 古きをたず(温)ねて新しきを知る



## スマート農機の普及が農業の未来を拓く

八谷 満

平成30年度 食料・農業・農村白書

[http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w\\_maff/h30/](http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_maff/h30/)



戦後の高度成長期に産業構造と労働人口が急激に変動して以来、農業機械化の要請は高まり続けました。加えて昭和47年(1972年)以降、天候不順から世界的に食糧不足の傾向が生じ、国内においては農政が見直され、生産者米価が引き上げられました。これを受けて、農機ブームが到来。買い控えられていた反動もあり、トラクタ・田植機・コンバインといったいわゆる稲作三種の神器をはじめ、より高性能な機械のニーズが急伸しました。

そして、半世紀近く経たず。政府がこの程まとめた「平成30年度食料・農業・農村の動向」「令和元年度食料・農業・農村施策」-いわゆる食料・農業・農村白書は平成最後の農業白書となりました。思えば、食料・農業・農村基本法の制定は平成年間の出来事であり、昭和36年(1961年)から平成11年(1999年)まで続いた農業基本法に比べれば、歴史は浅いですが、農政史上においては大きな変革です。

白書の構成は、第1章「食料の安定供給の確保」から第4章「東日本大震災・熊本地震からの復旧・復興」までとなります。そして、その年の特徴的な動きを記すため、毎回、特集やトピックスが生まれ、この項目がいわばその年の白書の「顔」となります。今年の特集は、①平成30年度に多発した自然災害からの復旧・復興、②現場への実装が進むスマート農業、③広がりを見せる農福連携の3本です。

「スマート農業」という形での農業機械化の重要性が白書の特集として取り上げられることは、画期的であると言えます。近代農業において、機械化が農家の重労働からの解放、ひいては労働生産性の向上など農業の発展に貢献し続けてきたことは言うまでもありません。「機械なくして農業はできない」と誰もが口を揃えます。ところが、その農機の貢献は、当たり前のように捉えられ、表立って語られる場面は少なく、むしろ価格が高い、過剰装備などとネガティブな指摘ばかりが横行していた感があります。

それを言うなら、ここ1~2年で上市されたロボットトラクタをはじめとするスマート農機などは、遥かに高価な製品ではありますが、担い手不足が加速的に深刻化していく中、「農業の成長産業化」という政府の大命題のもと、農機の自動化・知能化は是非でも進めなければならない対策として位置づけられているところです。

農機に追い風が吹いていることは間違いありません。しかし、スマート農機の現場実装に向けて、普及を後押しする機器の低コスト化はやはり避けて通れません。技術も価格も現場で使っていただけるものに仕上げることは、開発側の使命であり、この機を逃さず、確実にそして力強く需要につなげる工夫・努力が求められます。

(農業技術革新工学研究センター)

## Editor's Note

### 編集後記

農研機構技報の第2号では「スマート農業」を特集しました。2019年6月21日に閣議決定された「経済財政運営と改革の基本方針2019(骨太の方針)~「令和」新時代:「Society 5.0」への挑戦~」の中でも、農林水産業の活性化に向けての施策として、「技術実装の推進によるスマート農業の実現等により競争力強化」と謳われています。

スマート農業の目指すところは、ロボットなどの先端技術による作業の自動化、ICT技術による熟練農家の匠の技の継承、センシングデータ等の活用・解析による農作物の生育状況や病害の予測などによる収益性の高い農業経営の実現といったところでしょうか。本号では、これらの技術開発の一端を紹介しました。地域実証もはじまり、技術は刻々と深化しています。

ところで、最近「スマート」という言葉をよく耳にします。賢い、手際が良い、粋な、高性能というイメージでしょうか(英語では「スマート」に痩せているという意味合いはないそうです)。スマートフォン、スマートエントリー、スマートインターチェンジはすっかり日常用語です。スマート農業もその仲間入りを目指します。

季節は秋! スマート農業を推進するわたしたちは、自らも、美味しい食べものを満喫しながら、スマートな生き方を前進させたいものです。

(編集委員長)

## 農研機構技報

NARO Technical Report No.2

2019年9月20日発行

発行者/久間和生

発行所/農研機構 広報部広報戦略室(編集委員会事務局)

〒305-8517 茨城県つくば市観音台3-1-1

TEL. 029-838-8988(代表) Email. [www@naro.affrc.go.jp](mailto:www@naro.affrc.go.jp)

製作協力・印刷/株式会社アイワット

非売品

\*本誌の写真、記事の無断転載を禁じます。

