

日本農学アカデミー・(公財) 農学会共同主催
公開シンポジウム

ICT が変える食料・農業・農村

とき：2019年11月3日(日) 13:00～17:10

会場：東京大学弥生キャンパス弥生講堂

後援：東京大学大学院農学生命科学研究科

ワールドウォッチジャパン

プログラム

総合司会 日本農学アカデミー副会長・企画委員 佐々木昭博

13:00～13:10 開会あいさつ 日本農学アカデミー会長 大政謙次

13:10～13:40 コミュニティベース精密農業の課題と展望

東京農工大学卓越リーダー養成機構特任教授 澁澤 栄

13:40～14:10 スマート農業の現状と展望 ——経営視点で未来農業を考える

九州大学大学院農学研究院教授 南石晃明

———— 休憩 20 分 ————

14:30～15:00 水利システム管理における問題点と ICT 利用の現状、今後の展開方向

農研機構農村工学研究部門水利工学研究領域長 高木強治

15:00～15:30 デジタルコミュニケーション技術を活用した新たな農村計画のビジョン

京都大学大学院地球環境学堂准教授 鬼塚健一郎

15:30～16:00 スマート農業技術開発の現状と今後の課題

農林水産省農林水産技術会議事務局研究統括官 原田久富美

———— 休憩 15 分 ————

16:15～17:00 総合討論 司会 日本農学アカデミー理事・企画委員 中嶋康博

17:00～17:10 閉会あいさつ 公益財団法人農学会会長 古谷 研

講演要旨

コミュニティベース精密農業の課題と展望

氏名： 澁澤 栄（しぶさわ さかえ）
 現職： 東京農工大学卓越リーダー養成機構特任教授
 職歴： 1981年 石川県農業短期大学（現石川県立大学）助手
 1987年 北海道大学農学部助手
 1989年 島根大学農学部助教授
 1993年 東京農工大学農学部助教授
 2001年 東京農工大学農学部教授（2019年 定年退職）

研究分野： 農業工学

備考： 2019年 日本生物環境工学会特別研究功績賞受賞

【講演要旨】

精密農業

複雑で多様なばらつきのある農場に対し、事実の記録に基づくきめ細かな管理をして、地力維持や収量と品質の向上および環境負荷軽減などを総合的に達成しようという農場管理法とその戦略である¹⁾。精密農業を行うことで、ほ場状態と作業履歴の克明な記録を手にすることができ、生産現場のトレーサビリティが実現できる。

精密農業技術

その技術要素は、ほ場センシング・マッピング、可変作業、意思決定支援であり、センシングと判断と作業の融合技術を開発導入する取り組みが国際的に進んでいる。

農作業判断のアルゴリズムは古くから研究されており、定形知と推論知の複雑な相互作用の結果として判断文脈が構成されることが提案された²⁾。例示として（図1）、除草剤の散布作業を

分析し、11のデータ処理部のうち5つを用いて16の判断ステップが記載されている。それぞれのステップに可否の判断があれば、2の16乗の6万5千通りの組み合わせから最適な組み合わせを一つ選ぶ作業になる。判断レベルが三段とか五段になると、その組み合わせは膨大になる。さらに価値観や市場動向も介入する複雑な知識処理プロセスになり、認知科学の応用が期待される分野として国際的にも注目を浴びている。

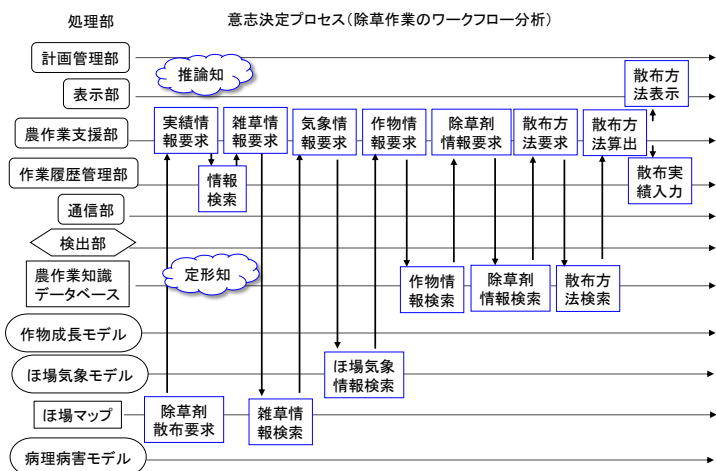


図1 除草作業における判断プロセスの分析例

農業者には16の判断処理部があり、それぞれ3の処理レベルがあるとすれば、4千万通りの組み合わせがある。その中から適切な組み合わせを瞬時に選択する。

コミュニティベース精密農業

日本のような小規模分散の家族農業を対象にし、ほ場内あるいは地域的ばらつきを管理する知的農業者の学習集団と、必要な技術を開発導入する技術者の集団が協働してすすめる取り組みをコミュニティベース精密農業という（図2）。「情報付きほ場」と「情動的農産物」が新たな創造物になり、「情報」を結節点にして生産と流通の仕組みが同時に変化するシステムイノベーションが駆動される。必然的に、フードチェーンと農業改革 Agricultural Transformation の同時進行を技術的にサポートすることになる。



図2 コミュニティベース精密農業の模索

精密農業技術の機能や効用は理解できるが、経営導入になるとうまくいかない。その理由に収益性と農家連携の問題がある。そこで埼玉県本庄市の農家は「情報付き農産物」の消費者受容を研究するため、地元小売店やJAおよび関連企業店頭販売実験を開始した。すでに15年経過し、若手世代への交代もはじまった。この経験は国内外のボトムアップ活動や学術・行政施策にも影響している。

スマート・フードシステム

第5期科学技術基本計画で提案された Society 5.0 は 11 のサブシステムから構成され、その中にスマート・フードチェーンシステムとスマート生産システムが位置づけられた。特に、スマート・フードチェーンシステムでは、育種・生産・加工・流通・外食・消費という農産物流通のシステム全体を対象にしたシステムイノベーションに資する基盤技術の強化を謳いながら、新たな産業クラスター形成を期待しており、従来の農業技術政策と本質的に異なる視座である（図3）。注目すべき点は、加工業務用農産物を市場ニーズの重要な柱と位置づけ、定時・定量・定品質・定価格の農産物供給システムを付加価値の構成要素と位置づけた。また、スマート・フードチェーンの提案に先立ち、特許庁で過去 20 年間の栽培技術と育種技術の研究開発力に関する国別比較調査を行い、2000 年代以降は相対的に日本国籍の出願比率が減少し、中国籍や韓国籍の出願件数の急増に比べ、研究開発力が低下していると警告を発している。

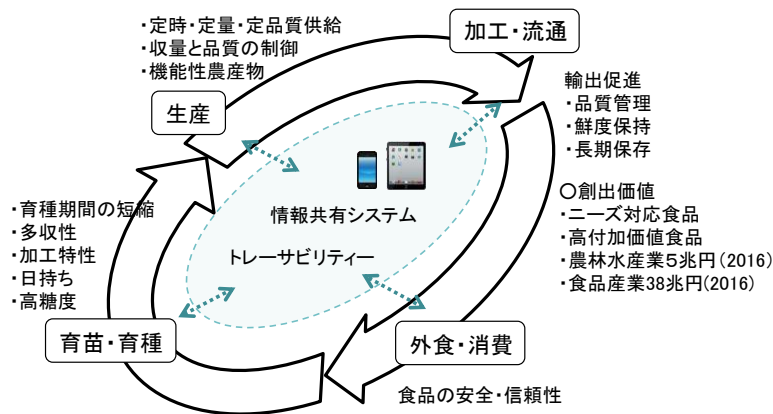


図3 研究戦略におけるスマート・フードチェーンシステム

(SCTI 地域戦略協議会 2015 年 12 月)

参考文献

- 1) 澁澤 栄、第5世代の精密農業——日本から発信するコミュニティベース精密農業、特技懇、256、31-37 (2010)
- 2) 特許 4058544、農作業決定支援システム (1998 年出願 東京農工大学、発明 澁澤栄)

スマート農業の現状と展望 —経営視点で未来農業を考える—

氏名： 南石晃明（なんせき てるあき）

現職： 九州大学大学院農学研究院教授

職歴： 1983年 農林水産省農業研究センター

2000年 農林水産省農業研究センター経営管理部経営設計研究室室長

2007年 九州大学大学院農学研究院教授

研究分野： 農業経営学、農業情報学

備考： 2011年 日本農業経営学会学術賞

2006年 農業情報学会学術普及賞

1999年 農林水産省職員功績者表彰（農林水産大臣賞）等受賞

【講演要旨】

近年、スマート農業が注目されて様々な研究が進められているが、農業経営に具体的にどのような効果があるのか、将来どのような農業経営が展望できるのかは必ずしも明らかになっていない。そこで、本講演では、農匠ナビ 1000 や SIP 等の研究プロジェクト成果に基づきながら、主に稲作経営を対象としてスマート農業の現状を概観する。また、最も作業自動化が進んでいる酪農と比較することで、経営視点で未来農業を考え、スマート農業の展望を行う。

農匠ナビ 1000 プロジェクトにはわが国を代表する稲作経営 4 社が参画し、全国約 1000 圃場の生体情報、環境情報、農作業情報を収集・蓄積し、稲作ビッグデータを構築した（図 1）。

生体情報としては収量・品質や生育状況、環境情報としては気象条件（日射量、温度等）、圃場条件（地力、排水等）、土壌の物理化学特性、水環境（水位、水温等）、農作業情報としては作業（田植、施肥、収穫等）の時期や内容がある。これらのビッグデータ解析を行うことで、栽培時期、土壌条件、施肥に加えて、水管理が水稻の圃場別収量の決定要因として重要である



出典：南石ら(2016)

図 1 農匠ナビ 1000 プロジェクトのデータフロー

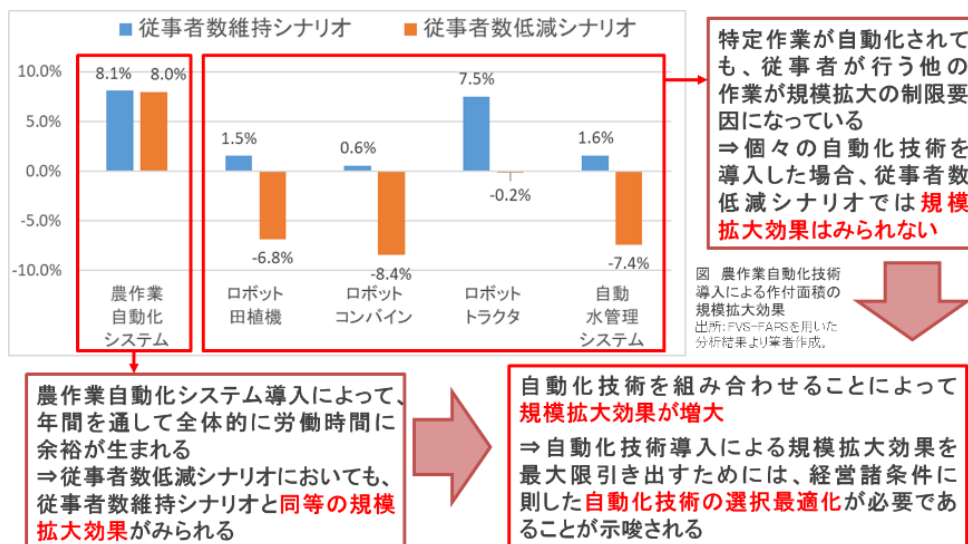
ことが明らかになった。具体的には、生育ステージの特定時期の水温・水位の改善が収量や品質の向上に有効であり、今後の経営革新に効果的であることが、データ解析と栽培試験の両アプローチで確認された。

そこで、水管理の自動化を図るため、自動給水機の試作・実証を行い、その有効性を実証した。また、自動給水機の価格分析や費用対効果分析を行い、受容価格帯を明らかにするとともに、省力化と収量の両向上が期待できる場合にのみ導入の効果が費用を上回ることを明らかにした。さらに、100 ha 超の先進大規模稲作経営 2 社を参考にした最適農計画モデルを用いて、ロボット農機（トラクター、田植機、自動給水機、コンバイン）の導入効果を分析した。その結果、現状の農機ロボット（研究開発中を含む）は季節限定（2～3 か月）の特定作業自動化であり、その規模拡大効果は限定的であることが明らかになった（図 2）。これらの一連のロボット農機が将来無人自動化され導入された場合の規模拡大効果も 8%程度であると推計された。

こうした稲作の状況と異なり、酪農においては、給餌、畜舎清掃、搾乳などの無人作業ロボットが商品化されている。これら一連の作業ロボットを導入することで、ほぼ無人の農場を実現している先進大規模経営（100 頭程度）も既に存在している。

農業のスマート化が進めば、例えば、酪農においては停電による乳房炎発生など生産リスクの増大も深刻な問題となる。また、データ漏洩などのリスクも懸念されている。スマート化の効果とリスクをどのようにバランスさせるか、何をどのような目的でスマート化するのか、これらを経営視点で精査することが未来農業の鍵になる。

図 2 ロボット農機の規模拡大効果



水利システム管理における問題点と ICT 利用の現状、今後の展開方向

氏名： 高木強治（たかき きょうじ）

現職： 農研機構農村工学研究部門水利工学研究領域長

職歴： 1984 年 農林水産省農業土木試験場研究員

1995 年 農林水産省北陸農業試験場主任研究官

2005 年 農村工学研究所水環境保全研究室長

2008 年 農研機構農村工学研究所水源施設水理研究室長

2018 年 現職

研究分野： 灌漑排水工学

備考： 2001 年 農業農村工学会賞（研究奨励賞）受賞

【講演要旨】

1 農業水利システムとは

農業水利システムは水路組織により構成される。水路組織は目的により用水路と排水路、系統により幹線水路と支線水路と小水路、形式により開水路と管水路に分類される。建設主体は国、都道府県、土地改良区等であるが、それらの多くは土地改良区によって管理されている。土地改良区が管理する基幹施設は膨大で、水路だけでも 28 万 km に及ぶ。

2 水管理の現状と問題点、ICT 化へのニーズ

農業就業人口の減少と高齢化が進んでいる。また、農村における農家と非農家の混住化が地域住民の合意形成を困難にしている。この結果、水利施設を管理する土地改良区の労力的な負担が増加している。維持管理費の高騰が、土地改良区の経営を圧迫している状況もよく知られているところである。特に、ポンプの利用が多い土地改良区では、電気代の負担が大きいのしかかっている。ある土地改良区の管内で、改良区職員や耕作者に対する聴き取り調査を行ったところ、水管理上の問題として、担い手農家等への労力の集中および改良区職員が対応する施設管理の広域化と需給調整の困難さが指摘され、このことは管内の実態調査からも明らかとなった（図 1）。

また ICT 化に対するニーズとしては、水管理労力と維持管理費用の削減についての要望が多かった。

施設管理作業の回数と時間



施設区分	ため池	揚水機場	揚排水機場	排水機場	パイプライン	圃場給水栓	排水路	樋門	圃場	その他	合計
作業回数 (回)	320	761	446	1	5	407	38	42	4	230	2,254
作業時間 (h)	25	51	63	0.72	1.7	32	8.3	5	5.5	26	219

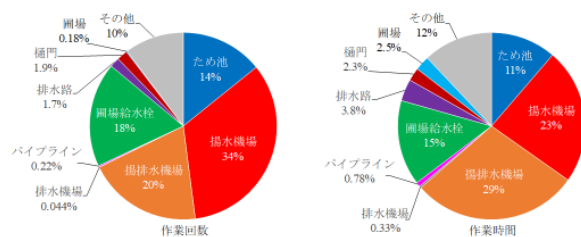


図 1 一灌漑期間中における土地改良区職員の水管理作業実態

3 ICT 水管理システムの全体像

用水系の水管理システムは、幹線レベルの送水施設を対象としたシステム、支線レベルの配水施設を対象としたシステム、圃場レベルの末端灌漑施設を対象としたシステムに分類できる。水管理システムへの ICT の導入は、古くは国営事業等で整備された幹線システムへの遠方監視制御に限定されてきた。それから携帯回線等の普及に伴い、まずは圃場システムにおける簡易な機材の開発が進められ、近年は低電力広域無線（LPWA）を活用して、圃場システムの高度化と多様な機能を持つ配水システムの開発、さらにはその連携方策が検討されるようになった。

4 圃場－水利施設連携型水管理システム

圃場－水利施設連携型水管理システム（iDAS）は、土地改良区等が管理するポンプ場などの配水施設から、農家が管理する水田の給水栓までを ICT を活用して連携し、遠方監視・制御することで、農業用水の最適な配水、水管理の省力化、節水と節電を行う（図2）。施設管理者は、パソコンやタブレット、スマートフォンを通して水管理システムへアクセスする。導入地区の管理実態に合わせて、灌漑スケジュール管理、最大損失点圧力一定制御、最適配水シミュレーション等の機能も実装可能である。汎用性の高い監視制御システム（SCADA、PLC）をクラウド、低電力広域無線（LPWA）で運用するため、低コストで拡張性の高いシステムが構築されている。また、事務所サーバー管理（オンプレミス管理）と WEB ブラウザ管理（クラウド管理）が可能なハイブリッド型システムであり、大幅な管理費の削減が達成されている。

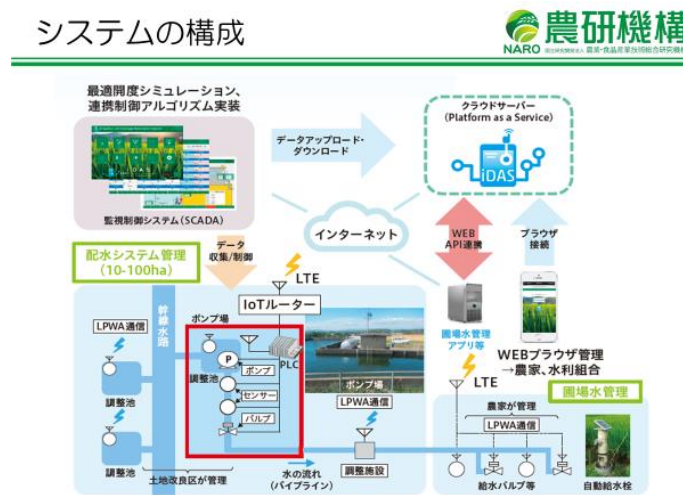


図2 圃場－水利施設連携型水管理システム（iDAS）の構成

5 ICT 水管理システムの導入例

圃場－水利施設連携型水管理システムは、2018 年度までに 3 県 6 地区の配水システムで実証運用が行われた。低平地水田パイプライン地区への導入例として、茨城県豊田新利根土地改良区での結果を示す。この地区は、揚水機場から圃場へのポンプ直送方式で、灌漑期間中の朝に起動、夕方に停止を行い、流量一定で送水するため、多くの余水が発生し電気代の負担が大きくなっていた。そこで、最大損失点圧力一定制御により圃場の水利用に応じた配水制御を行ったところ、大きな節水、節電効果が得られた。また、中山間地水田パイプライン地区への導入例として、愛知県豊川総合用水土地改良区での結果を示す。この地区では、揚水機場から圃場までの間に配水槽を置き、この水位を圃場での水使用量によらず一定に保つ制御を行っているため、多くの余水が発生し電気代の負担が大きくなっていた。そこで、ポンプ－配水槽－圃場給水バルブ連携により、需要に対応して配水槽水位の段階的制御を行うことで、大きな節水、節電効果を実証した。

6 まとめと今後の課題

圃場－水利施設連携型の水管理システムが構築され、水管理の遠方監視制御・自動化が可能になった。スマホやタブレットの利用で管理労力は大幅に軽減され、機場の電力消費は従来の 40% まで削減され、管内圧力も 50% 以上軽減された。今後は取り扱える水利システムを拡大しつつ、幹線システムとの連携を図り、広域の需要予測に基づいたシステム等を構築する必要がある。

デジタルコミュニケーション技術を活用した新たな農村計画のビジョン

氏名： 鬼塚健一郎（おにつか けんいちろう）

現職： 京都大学大学院地球環境学堂准教授

職歴： 2002年 株式会社ディ・エス・ソフトウェアス

2005年 有限会社エクセリード・テクノロジー

2013年 京都大学大学院農学研究科教務補佐員

2014年 京都大学大学院地球環境学堂助教

2018年 京都大学大学院地球環境学堂准教授

研究分野： 農村計画学

備考： 2017年 農村計画学会奨励賞受賞

【講演要旨】

農村計画学は、農村地域の課題解決のための方法論を確立することを目的とする学問である。高度経済成長期以降、教育環境、就業環境を求めて若年層の都市部への大規模な流出がおり、農村地域における人口減少と高齢化は年々深刻化している。さらに、農業就業人口の減少・高齢化とともに農村地域住民のライフスタイルは多様化し、農業を通じて培われてきた集落機能も低下している。人口減少や高齢化は、農村地域のあらゆる問題を引き起こす根源的な課題である。既に国家レベルで人口減少社会に突入している我が国においてその解消は容易ではなく、これまでに根本的な解決方法は提示されていない。また、問題解決の方法は地域の環境や状況によって千差万別であり、各地域に合わせたビジョンを作り、それを実現するための計画を具体化していく枠組みを作ることこそ、農村計画の役割といえる。本講演では、人口減少と高齢化に端を発する農村地域の様々な課題に対して、情報通信技術（Information and Communication Technology, 以降 ICT）の活用方法を検討しながら、これからの農村計画の新たなビジョンを考えたい。

農村地域の持つ機能として重要なのは食料生産機能であるが、同時に、多面的機能と呼ばれる副次的な機能も欠かすことはできない。これらの機能は地域住民の生産活動や日常生活を通じて維持されてきたが、人口減少や高齢化による集落機能の低下により、脆弱化が懸念されている。現在、そして将来の農村計画に必要とされるのは、集落機能を回復させる手法であるといえる。ここで、ICTの役割を考えると、大きく二通りのアプローチが考えられる。一つは、デジタルコミュニケーション技術を活用して地域外部者との交流や協働を促進する方法である。つまり、人の不足を人で補うアプローチである。もう一つは、近年大きな注目を集めているスマート農業やスマートヴィレッジに関する技術により様々な活動を自動化する方法である。つまり、人の不足をテクノロジーで補うアプローチである。特に前者を中心に検討していく。

人の不足を人で補うアプローチは、端的には農村地域を地域外とつなぐことを目指すものである。ソーシャル・メディアをはじめとするデジタルコミュニケーション技術はあらゆる人を情報の発信者に変え、距離や時間による制約を受けない交流を可能とすることで、あらゆる側面で

農村内外のコミュニケーションにインパクトを与え、ソーシャル・イノベーションを創出する可能性を秘めている。ただし、うまく新たなコミュニケーション技術を採用し、ソーシャル・イノベーションを達成できている地域は例外的であり、課題は多い（図1）。同時に近年では、これまでにインターネット上で主に利用されていた静止画像や動画像に加えて、3DモデルやVR/ARといった新たな媒体も普及しはじめている。これらの新技術は、従来伝えるのが困難であったよりリアルな視覚的情報の共有を可能とするもので、遠隔コミュニケーションの質の向上が期待される。事例研究では、オンライン上で3Dモデルを視聴することで、まったく関係のない外部者でも地域の状況を適切に把握し、地域の計画に資する有用で新しい知識を提供できることが示された。ただし、現在の高齢者はこのような技術を使いこなせない場合も多く、デジタルコミュニケーションの担い手育成が急務である。

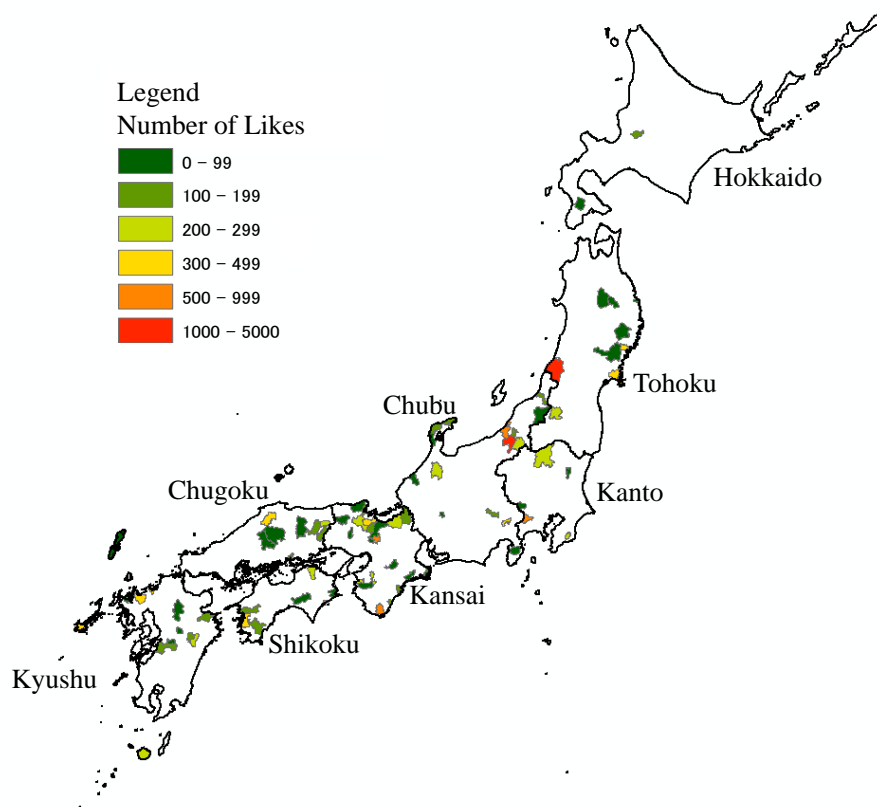


図1 ソーシャル・メディアを活用している条件不利集落の地理的分布

人の不足をテクノロジーで補うアプローチは、AIやIoT、ロボティクスなどを組み合わせて人の仕事の補完を目指すものである。ただし、農業を少人数で担えるようになると、農業従事者の数はさらに減少し、大半の農村住民は農業生産に全く関わらない単なる居住者となることも想定される。また、スマート農業技術を活用できるのは、高齢化した現農家よりもテクノロジーの専門家や若い世代であり、例えば外部企業に農業を全面委託するなど、農業従事者は農村地域内に居住する必要さえなくなる可能性もある。スマート農業やスマートヴィレッジ関連技術の今

後の進展を予測しながら、農村地域に対する正負両面の影響を考慮しながら、個々の農村地域において将来像を描いていかなければならない。

以上、ICT を活用した今後の農村計画における二つのアプローチを考察してきた。従来、地理的条件に規定され、近隣で閉じることの多かった農村社会において、地域外の多様な主体がヴァーチャルなコミュニケーションを通じて連携する新しい農村計画手法につながることを期待される（図2）。同時に、農村社会そのものも従来の地縁的・血縁的なコミュニティから、多種多様な人がフレキシブルに出入りし、自然環境と人工環境が融合した魅力的な居住地域として再生されることも期待される。このような新たな農村ビジョンを実現するための農村計画手法の確立に向けて、今後もテクノロジーの可能性の検証を続けたい。

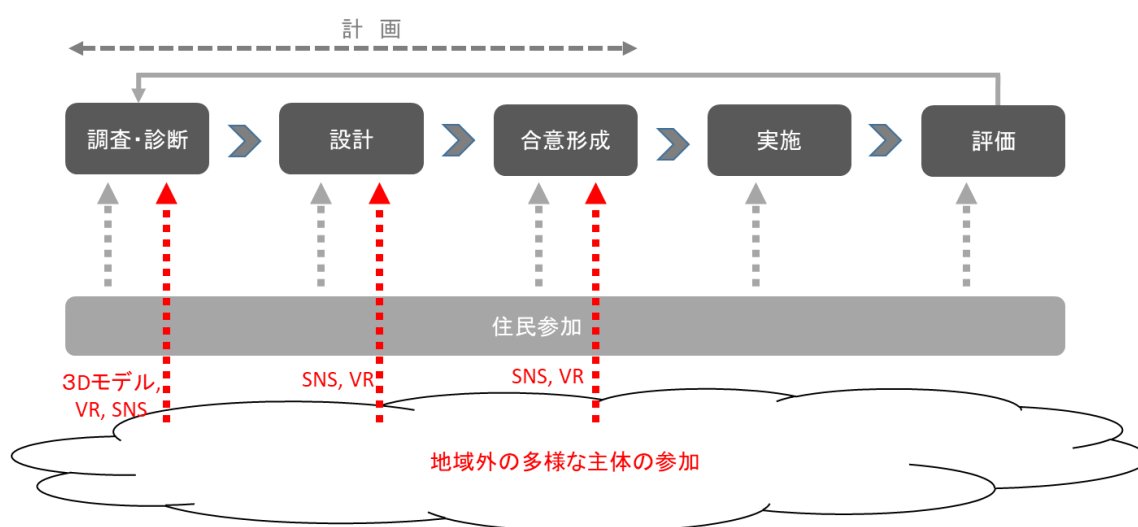


図2 デジタルコミュニケーション技術を取り入れた将来の農村計画のイメージ

スマート農業技術開発の現状と今後の課題

氏名： 原田久富美（はらだ ひさとみ）
現職： 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究統括官
職歴： 1992年 農林水産省 草地試験場
2002年 秋田県農業試験場 大潟農場
2007年 農林水産省 農林水産技術会議事務局
2009年 農研機構 畜産草地研究所
2014年 農林水産省 農林水産技術会議事務局
研究分野： 土壌肥料学
備考： 2003年 日本農学進歩賞受賞

【講演要旨】

スマート農業の背景

我が国では、農業者人口の減少と高齢化が進行してきている。社会全体として見ても少子高齢化が進んでいるが、農村、特に中山間地域においては、かなり以前から少子高齢化は進んできており、今後もこの傾向は変わらない見通しとされている。一方、経営耕地面積の集積状況をみると10 haや100 ha以上の経営体数が増加してきており、経営体あたり耕地面積が急激に増加している。このような背景のもと、農業において生産性を飛躍的に高める技術革新が求められている。

また農業技術は、品目や地域毎に篤農家と呼ばれる経験豊富な熟練農業者が、土壌や気候条件と、経営条件を適合させて実践されているものといえるが、熟練農業者の経験、技術を後継者に継承し、発展させてゆくことが重要である。このような農業分野が蓄積してきた農業技術について、近年、発展してきたロボット、ICTなどの先端技術と融合させることにより、社会的課題といえる農業経営の効率化を飛躍的に進めることが期待されている。このような技術発展をベースとした農業経営の変革は、総合科学技術・イノベーション会議による第5期科学技術基本計画において、世界に先駆けた「超スマート社会」の実現（Society 5.0）で目指す未来の産業創造に重なる。

スマート農業技術の研究開発状況

「スマート農業」の実現により期待される効果は、①超省力・大規模生産の実現、②作物の能力を最大限に発揮、③きつい作業、危険な作業からの解放、④誰もが取り組みやすい農業の実現、⑤消費者、実需者に安心と信頼を提供、であると整理されている（スマート農業の実現に向けた研究会）。

超省力・大規模生産を実現するための技術として、衛星測位データや自動操縦技術を活用し、農作業機の運転を自動化する技術が開発、実用化されてきている。現在、普及が先行して

いる技術は、農作業機に走行ガイダンスや直線キープ機能を後付けする有人運転アシスト技術であるが、トラクタだけでなく田植え機やコンバインにも実装されて市販化が始まっている。さらに無人で自動運転が可能なトラクタも市販段階にあり、今後は、その他作業機も運転の自動化が進むと期待される。これらの技術は、少人数での効率的な作業体系の構築による労働生産性向上をもたらすだけでなく、農業機械操作への熟練を不要とするなどのメリットもある。

作物の能力を発揮させるための技術については、水田の水管理を遠隔・自動制御する水管理システムにより、気象条件や作物の生育ステージに応じたきめ細やかな水管理を可能とする技術や、ドローン等による低層リモートセンシングに基づく可変施肥技術、作物の生長に合わせ灌水施肥を自動実行する溶液土耕システムなどが開発されており、増収をもたらすことで農業者の収益向上に貢献することが期待される。

農業者の労働負担を軽減する技術では、収穫物コンテナの運搬作業など機械化が困難で人力に頼っている作業をアシストする農業用アシストスーツや、作業姿勢が不安定になりやすく事故が発生しやすい傾斜地の草刈り作業を行えるリモコン式自動草刈機なども開発・市販化されている。さらに熟練農業者の高度な生産技術を見える化し、新規就農者の学習に活用するシステムが実用化されており、生産と消費が情報共有することで、需給マッチングやフードロス削減のためのスマートフードチェーンシステムの開発も着手されている。

農林水産省では、様々な分野で導入が進められている人工知能を農業分野で活用する研究も進めており、具体的には、画像処理による病害虫診断、施設野菜や露地野菜の収穫ロボットの開発に取り組んでいる。さらに農業現場における生産性を飛躍的に向上させるには、民間企業を中心に提供が始まっている農業 ICT サービスで利用される作物や気象条件等の様々な営農関連データを相互間でフル活用することも重要と考えられる。このため民間企業の協調領域としての農業データ連携基盤（WAGRI）が、農業関連データを共有・連携・提供するデータプラットフォームとして整備され、今年4月より本格稼働を開始している。



自動運転田植機は、熟練者並みの作業精度が誰でも得られ、省力化に貢献



アシストスーツは労働負担を1/2に軽減でき、持ち上げ運搬作業等を軽労化

スマート農業技術の社会実装の推進

スマート農業技術の実用化を加速し、普及を推進することが今後の課題といえる。普及推進に向けては、実際の農業現場に導入し、経営における効果を明確化することが重要である。農林水産省では農業者の主体的な参画を得て、これまでに開発されてきた先端技術を生産現場で導入・実証するスマート農業実証プロジェクトを今年度より開始している。さらに、農業者の取組段階に対応した推進方策を整理し、中山間地も含めて、スマート農業技術による経営改善を実現するための施策を推進することとしている。