

## 農業・農村におけるデジタル技術の普及予測について

### 1. はじめに

令和2年（2020年）3月に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」では、情報通信技術等の活用による農業生産・流通現場のイノベーションの促進、令和3年（2021年）3月に閣議決定された「土地改良長期計画」では、スマート農業の推進による生産コスト削減を通じた農業競争力の強化、ICTなどの新技術を活用した農業水利施設の戦略的保全管理と柔軟な水管理の推進、令和4年6月に策定された「デジタル田園都市国家構想基本方針」ではデジタルの力を活用した地方の社会課題解決が目指されている等、農業・農村の課題解決のために情報通信・デジタル技術の活用の期待は高まっている。また、社会インフラIT市場規模について、2025年度まで年4%程度増加するという予測の調査結果もある（※1）。

このような中、農業農村整備情報総合センターでは、令和2年度から令和5年度まで農業農村工学会に委託し、農業・農村地域に係る情報化及び情報通信基盤の活用方法に関する調査検討を行ってきたところ。

本稿では、既往文献等も踏まえ、農業・農村におけるデジタル技術の現状及び将来予測を述べるものである。

### 2. 既往文献等による技術の開発状況、普及予測

製品の利便性とランニングコスト（維持管理費）も含めた価格を比較した場合に利便性が大きく上回る場合には、2010年（保有率：9.7%）から2019年（保有率：83.4%）にかけてのスマートフォンのように爆発的に普及が進む一方、製品価格・維持管理費や技術の開発水準により、普及速度は製品・システムによって異なる。本章では、5つのシステムを対象に記載する。

#### (1) ICT技術を活用した水田の水管理システム

本項では、近年、研究・開発が活発になっているICT技術を活用して水田の給水、排水を遠隔操作・自動制御することにより水管理労力を軽減できる水田の水管理システムを題材に記述する。

#### 【ユーザーの支払意思】

・飯田ら（※2）が千葉県及び愛知県において、行ったアンケートによれば、水田の

ICTの水管理に対する、農家の支払意思は、1,107円/年・10a（土地改良区の経常賦課金の14～20%）とされている。（2015）

【ユーザーの便益】

- ・鈴木ら（※3）によれば、ICTを活用した水管理労力軽減システムによる水管理労力の削減率は、72～97%とされた。（従前の水管理の労働時間4.4～129.4分/10a）（2018）

【導入費用・維持管理費とユーザーの便益】

- ・酢谷（※4）は、富山県の対象地区20ha（60基）に対して、10年間の維持管理費も含めた1年あたりの費用が110万円（機器購入費・設置費92万円、通信料・点検料18万円）に対して、地区平均の水管理労力の削減率は、58%であり、経費削減相当額は1年あたり40万円と試算している。（2019）

【本格的な普及時期の予測】

費用と便益が記載されている酢谷の事例を基に検討する。酢谷の事例では、費用110万円/年に対して、便益が40万円/年であった。本システムは無線通信を活用した技術であることから、この費用に対して、日本銀行統計の企業向けサービス価格指数（移動電気通信）の1990年から2020年までの価格推移を基に、excelの予測ワークシートの機能を用いて今後の価格トレンドを推計したところ、同事例について費用が便益を上回ったのは2037年であった。

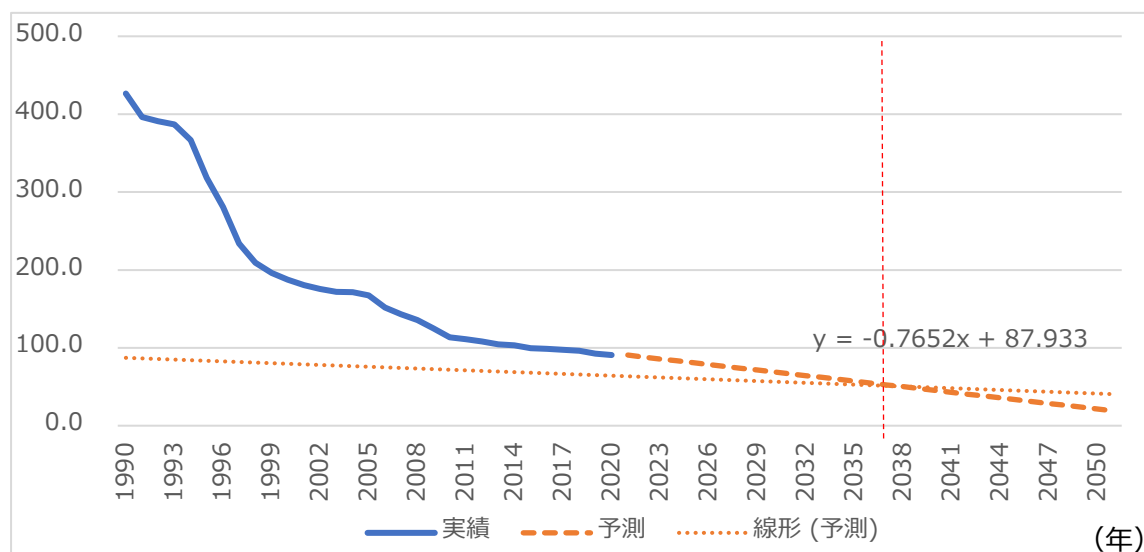


図 1：企業向けサービス価格指数（移動電気通信）の実績と予測

#### 【本格的な普及時期の前倒しの可能性】

あくまで上記の試算は、価格の低廉化に伴うものに基づいた推計であり、①地球温暖化に対する適応策、②スマート田んぼダムを考慮することにより、便益が増となるほか、③通信方式の検討、④新たな通信方式の可能性の検討のように通信方式によっては、前倒しされる可能性も考えられる。

#### ① 地球温暖化に対する適応策（便益の増）

西森ら（※5）によれば、温暖化の影響により、九州地方では、適応策の対応を取らない場合、一等米比率が今世紀半ばで約30%、今世紀末に約40%減少するとされている。高温による米の品質への影響が顕在化してくる地域において、適応策の一環として、飽水保水管理、昼間深水・夜間落水、落水期間の延長（※6）などの水管理を行い、本システムを活用する場合は、本システムの便益が増加する可能性もある。

#### ② スマート田んぼダムの活用（便益の増）

近年、地域の防災・減災に貢献する田んぼダムが着目されており、豪雨前に事前に水田の排水を行っておき、貯留容量を確保するスマート田んぼダムについて実証的な取組が行われており、浸水面積が3割程度、減少するという効果も示されているところ（※7）。このような効果についても、農業者に対して、便益が生じる仕組みができれば、普及が加速する可能性がある。

#### ③ 通信方式の検討（LPWA等の活用）（費用の減）

水管理システムでは、携帯電話の通信網を活用したシステムもある。通信対象とする項目を検討した結果、通信範囲が一定程度の広さであり（5～10km程度）、通信速度が遅いLPWAでも事足りる場合は、月々の通信費が安価に済む可能性がある。（クボタ社の水田水管理システムのWATARAS、鳥獣被害対策分野において、端末側でAIを活用したカメラによりテキストのみ送信するAI Lora Camera（三信電気社）、森林分野で活用されているGeo wave（フォレストシー社）など）

このほか、ソニー社のELTRESという規格は、通信範囲が見通し100kmと長距離であり、Braveridge社が当該技術を活用した水田センサーを開発・販売している。現時点では、水田センサーは販売していないが、既存の携帯電話網を活用しているMVNO(仮想移動体通信事業者)であるソラコム社も監視カメラ等、多様な製品を販売

している。

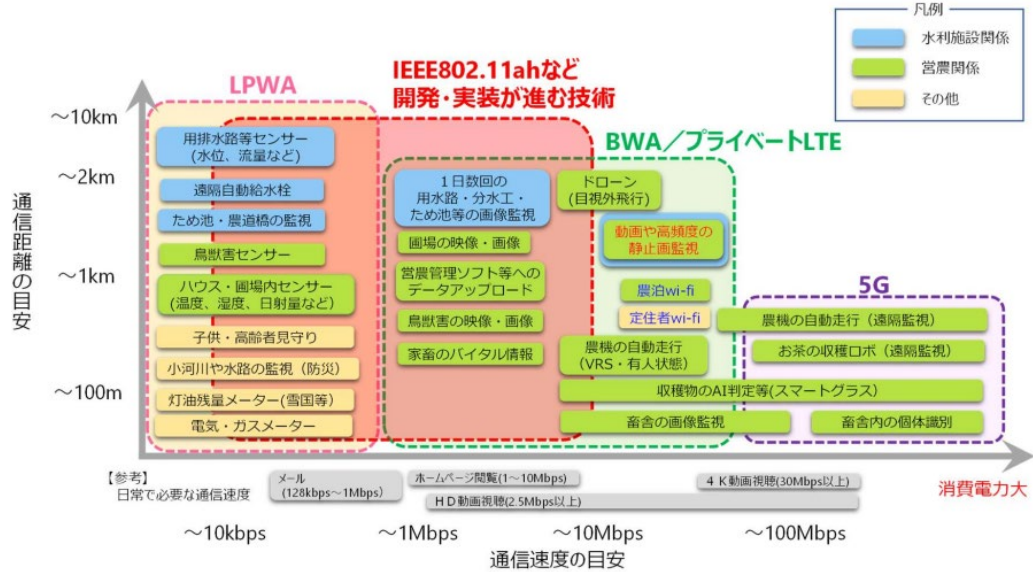


図 2：主な無線通信規格と用途との関係

(農林水産省：農業農村における情報通信環境整備のガイドライン（※ 8）より）

④ 新たな通信方式の可能性検討（第 6 世代移動通信システム（6G）の動き（HAPS、衛星通信の活用））

電波は、周波数が高くなるほど、伝搬距離が短くなることから、現状では、図3のように、800MHz帯がカバーする面積が広い一方で、3.7GHz帯、4.5GHz帯を利用する5Gのカバーする面積は狭くなっている。人口が少ない農村部においては、面積が広い800MHz帯でもカバーしきれないエリア（図3の緑色部分）が存在しており、通信手段が確保しにくいことや、伝送速度が速い5Gの活用についても、カバーエリアが限定されている課題がある。NTTドコモ社の800MHz帯の人口カバー率が99.75%であるのに対し、面積カバー率は58.14%となっている（※9）。デジタル都市国家インフラ整備計画では、“人口”カバー率の目標を2023年度末に95%、2025年度末に97%、2030年度末に99%とされている。次の規格にあたる6Gについては、検討スケジュールとしては、3GPP（The 3rd Generation Partnership Project）において2024年に要求条件、2025年に基本検討、2027年仕様開発予定とされており、2030年中にITU（International

Telecommunication Union) の勧告予定となっている。NTT ドコモ社の 6G の要求条件の一つには、超カバレッジ拡張技術が掲げられており、HAPS(High Altitude Platform Station)や人工衛星を活用することで“陸上面積”カバー率 100%を目指すとしており(※10)、6G については、農村部におけるカバーエリアの拡大が期待される。4G については、2012 年に ITU の勧告がなされ、NTT ドコモ社のサービスが開始したのが、2015 年であった。同様のスケジュールであれば、2030 年代の半ばには、6G のサービスが開始されると推測される。

人工衛星を活用したシステムについては、高度が高い(3.6 万 km) 静止軌道衛星の場合は、通信速度が低速にならざるを得ず、音声のみの利用シーンが多いが、Space X 社のスターリンクのように低軌道衛星の場合は、データ通信の利用シーンもある。スターリンクについては、導入当初の 2022 年 10 月に 12,300 円/月であったが、2023 年 1 月に 6,600 円/月に値下げされている。また、HAPS については、上空 20km 程度と、さらに高度が低い。低軌道衛星や HAPS の活用により、現状では、LPWA で埋めざるを得ない 800MHz 帯の通話エリアの外側についても埋められる可能性がある。

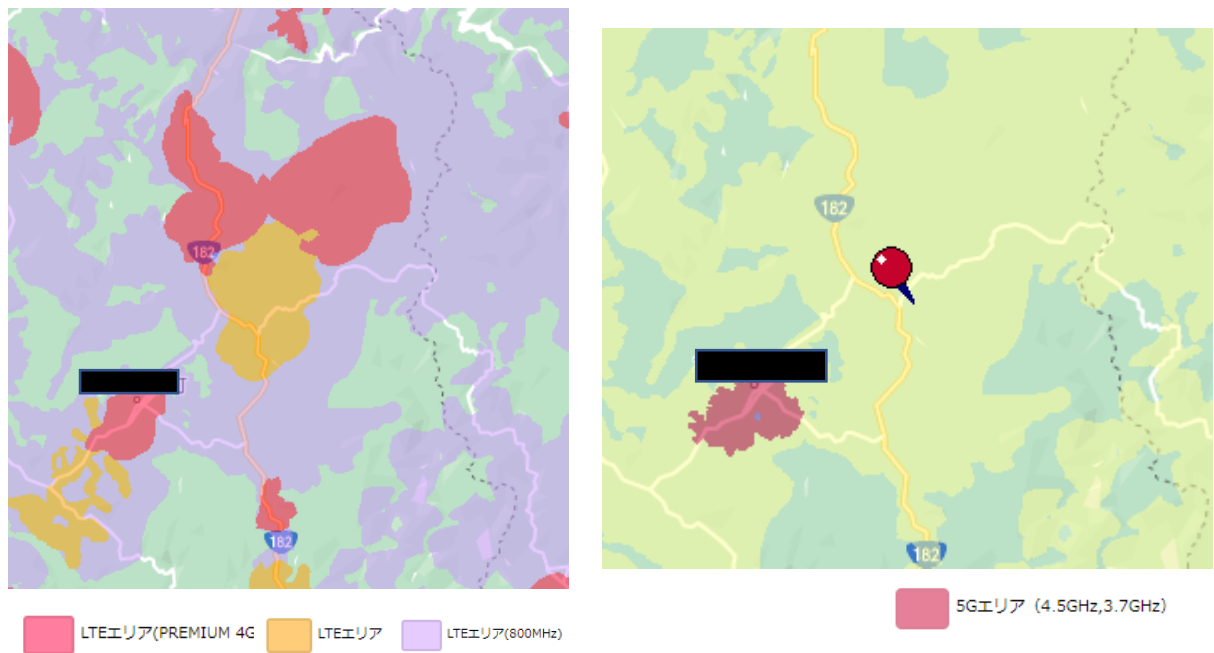


図 3：4G、5Gのサービスエリアマップ（NTT ドコモ社 HP から作成(2022.11)）

（参考）無線通信分野の技術開発の可能性

農業農村整備情報総合センターが運営する農業農村整備民間技術情報データベース（NNTD）では、民間企業等により開発された農業農村整備の推進に資する技術の情報を登録している。NNTD における無線を活用した技術の登録状況は図4の通りであり、微増傾向にあり、今後の新たな技術開発の可能性も期待される。

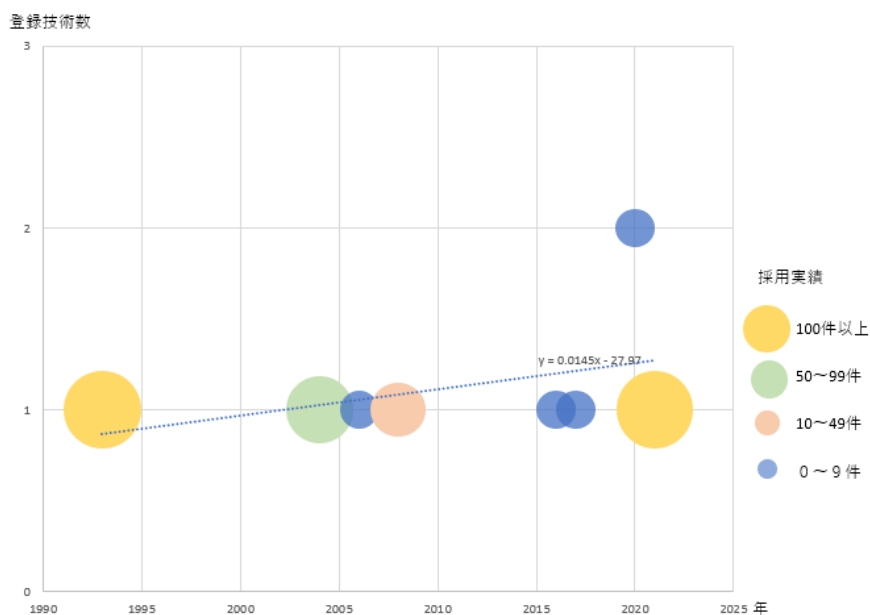


図 4 : NNTD における無線を活用した登録技術数・採用実績の推移

## (2) ドローンの活用

国内の点検、空撮や農業のドローンを用いたサービス規模は、2015 年時点では、日経 BP クリーンテック研究所により 2030 年に 1,000 億円を超えると予測されていた。実際には、その予測以上のスピードで普及が進んでおり、2022 年度に 1,586 億円に達し、日経クロステックの試算によれば、2028 年度に 5,615 億円になると見込まれている。また、2022 年 12 月から、有人地帯での補助者無し目視外飛行を指すレベル 4 が可能となるなど、規制緩和も進んでいる。2023 年 1 月には、KDDI が携帯電話の通信エリア外となる山間部において、衛星通信のスターリンクを活用した配送を実施するなど、活用の地域も広がっている。

農業分野における具体の利用シーンとしては、①農薬散布、②肥料散布、③基盤整備事業における理解の促進、④インフラの点検分野における活用があげられる。

- ① 農薬散布については、2020 年度で 119,500ha (※11) であり、これは、農地面積全体の 2.7%に相当する。これに対して、先に述べた日経クロステックによる試算の伸び率を当てはめると 2028 年度で 18.3%になる。

② 農研機構において、肥料散布については、ドローン及び地上で入手した正規化植生指数（NDVI）を活用し、追肥量を算定するシステムも開発されている（※12）。

③ 静岡県において、基盤整備事業検討地区で三次元化し、農業者に対して理解を深めた事例もある（※13）。

なお、ドローンで撮影した三次元データについては、データ量が大きいことが活用にあたっての課題の一つであるが、KDDI 総合研究所では、点群画像のデータを 40 分の 1 に削減するエンコーダーを開発しており、このような技術が実装されれば、データ量の大きさによるハードルは下がることになる。（※14）

④ インフラの点検分野における活用としては、ミラテクドローン社が工学カメラと赤外線カメラの画像から、水管橋の画像診断技術の実証を行っているところであり、農業用インフラ診断における活用も期待される。（※15）

### （3） 情報活用

線状降水帯については、平成 26 年の広島市の土砂災害（被害額：483.5 億円）など、豪雨被害を生じている。気象庁の線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ（※16）においては、将来的に予測の範囲を細かくしていくこととしており、このような予測精度の向上により、事前放流による容量確保といったダム等の操作の有効活用の幅が向上する可能性がある。

令和 4（2022）年：広域単位（九州北部等）で半日前から予測。

令和 6（2024）年：県単位で半日前から予測。

令和 11（2029）年：市町村単位で危険度分布形式により予測

### （4） AI（画像認識、データ分析）

#### （ア） 利用シーン

AI 関連分野については、1997 年に Deep Blue（IBM 社）がチェスの世界王者に勝利、2015 年に Alpha go（Google 社）がトップ棋士に勝利、2022 年に midjourney 社、dall-e（open AI 社）による画像生成、2023 年に chat GPT（open AI 社）等の生成 AI、同年夏にカリフォルニア州において waymo 社、クルーズ社に対して自動運転車による完全無人タクシーの 24 時間営業運行が認可されるなど、目まぐるしい技術



進展がみられる状況。国土交通省の新技术情報提供システム（NETIS）の登録技術について、AI/人工知能の内容を含むものを抜粋したところ、図5の通り、増加傾向にある。その内容は、全26件の内、21件（81%）が画像認識、2件がコンクリートの打音・鳥獣の鳴き声のように音声認識、3件が画像以外の位置情報、交通量、地質などをデータ解析の対象とするものであった。なお、NNTDには、現在のところ、本分野の登録は無いが、産業規模が大きな他分野で開発された技術が農業農村分野に転用される将来も想定される。また、上水道分野においては、市の所有するデータについて、AIを使用して、水道管網の劣化予測を行い、効率的な更新箇所の特定につなげる事例がある（※17）。令和5年度の法律が改正されれば、令和6年度からは、上水道を管轄が厚生労働省から国土交通省に移管されることになる。これが上水道分野における更なる技術革新のきっかけとなることも考えられる。

NETISについては、土木分野に関するものであるため、公知されている特許について、農業及び人工知能を含むものの出願年度別の件数（2023年5月時点）は、図6の通りであり、微増傾向にあった。なお、図6の15件の特許について、出願から公知までの日数は平均で274日であったため、2022年の件数については、今後増加する可能性を含んでいる。15件の内訳としては、生産分野6件、流通分野4件、加工分野1件、その他4件であった。

画像認識を活用している例としては、LPWAは、伝送速度が遅いため、画像データを送信するためには、1時間に1枚程度しか送信できないが、2.（1）で述べたAI lora Cameraは、AIを搭載したカメラで有害鳥獣の捕獲状況を認識し、データを送る際には画像ではなく、画像を説明したテキストで送信することでデータ量を軽減している。

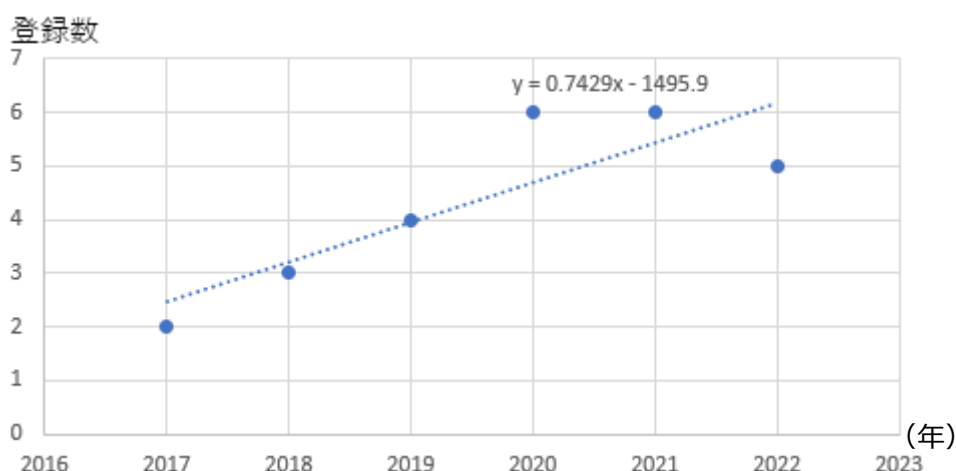


図5：NetisにおけるAI/人工知能関連技術の登録数の推移

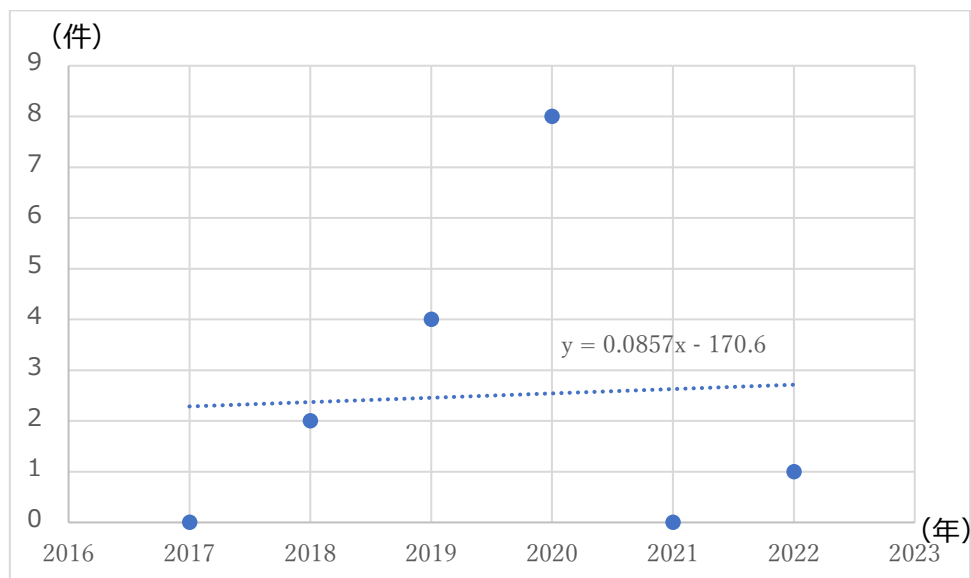


図 6：公知されている特許の内、人工知能及び農業を含むもの（出願年度別）

#### （5）農業用機械（水稲）等の自動運転

農業用機械の自動運転については、レベル1：使用者が搭乗した状態での自動化、レベル2：ほ場内や、ほ場周辺からの監視下での無人状態での自動走行、レベル3：遠隔監視下での無人状態での自動走行に区分され、レベル1については2016年に発売され、現在は、レベル2まで市販されている状態であり、有人機と合わせた2台の協調作業や有人監視単独作業等により、作業労力の軽減につながっている（井関農機社、クボタ社、ヤンマーアグリジャパン社から販売。）。また、クボタ社はAgJunction社（米国）を買収し、廉価な後付けタイプの販売にも取り組んでいる（※18）。

令和3年度のGNSSガイダンスシステム付のトラクターの販売台数は4,140台となっており、国内の生産出荷台数34,718台の11.9%に該当し、図7の通り、増加傾向にある。

なお、農業以外の分野においては、2023年4月から過疎地において無人状態での輸送サービスが解禁されており、国土交通省によれば、2025年を目途に40か所以上、2030年度に100か所以上で無人自動運転移動サービスの実現を目指している。（※19）

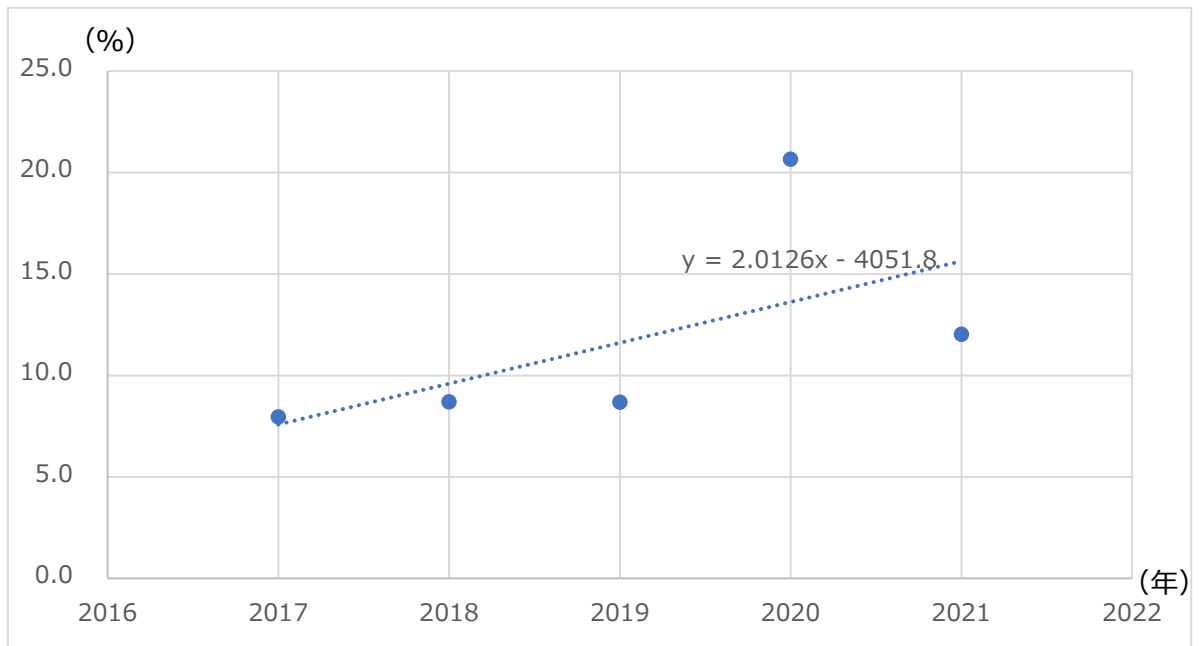


図7：トラクターの出荷台数に占めるGNSSガイダンスシステム付の割合（日農工統計(※20)、北海道庁資料(※21)から作成)

## (6) 自動収穫ロボット（水稲以外）

農産物の自動収穫ロボットに関しては、画像認識等の技術を活用し、イチゴについては Advanced Farm Technologies 社（米国）（※22）や Agrobot 社（スペイン）（※23）、リンゴについては Abundant Robotics 社（米国）（※24）、キャベツについては東京大学・オサダ農機社・ヤンマーアグリ社（※25）、ピーマンについては Agrist 社（※26）、アスパラガス・トマトについては Inaho 社（※27）等、様々な種類の農産物について研究開発等が進んでいるところ。これらについては、研究開発段階のものも多いため、普及年次の予測の対象外とした。

## (7) 電子タグ

電子タグについては、ユニクロにおける会計など、利用シーンは徐々に増えてきている。また、その価格については、低下傾向にある。また、東レ社は、従来品より安価になりうる塗布型の電子タグ技術の開発にも取り組んでいる。（※28）

2018 年までの電子タグの価格の推移、及び IDTechEx「RFID Forecasts, Players and Opportunities 2018-2028」による 2028 年の価格低下予測から、指数近似により、2040 年時点の価格を推計したものが図 8 であり、2040 年頃には、2.5 円程度まで下落すると見込まれる。農作物の流通にあたって、現在よりも利用シーンが拡大する可能性がある。

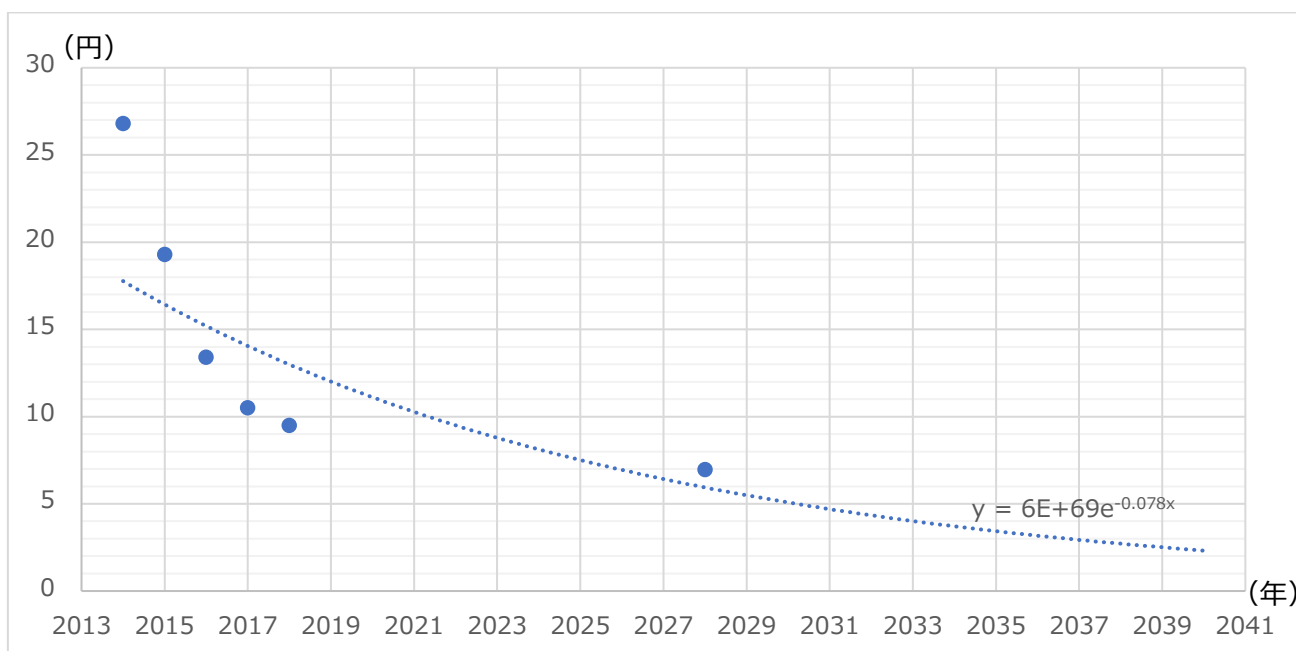


図 8：RFID タグの価格予測（平成 30 年度商取引・サービス環境の適正化に係る事業調査（RFID を用いたサプライチェーン高度化に関する調査）報告書 みずほ情報総研株式会社（※29）を基に著者作成）

### 3. 2040年の将来像

2. で述べた点を踏まえ 2040 年時点の農村の将来像として、以下の通り予測し、図 8 に示した。また、同様の情報を画像生成 AI の Dall-e に入力し、生成されたものは図 9 の通り。

#### (1) 農業関係

- ・水田センサーが 2037 年前後に本格導入の時期を経て多くの農村部で導入されている
- ・2030 年代半ばに 6G のサービスが導入され、通信の不感地帯がなくなっている。
- ・2028 年に農業散布分野におけるドローン活用の普及率が 18.3%であり、その伸び率を適用すると 2040 年時点では、27.5%になり、より一般化している。

画像診断の活用場面が増加しているほか、三次元のデータ活用についてはデータ量の軽減技術等の開発・普及などにより利用シーンが増えている。

- ・2029 年に市町村単位で予測が可能になった線状降水帯について、さらに細かい単位での予測が可能になっている。
- ・GNSS ガイダンスシステム付のトラクターがより一般化されている。
- ・電子タグの低価格化が進み、農産物の流通において活用シーンが増加している。

#### (2) 生活関係

- ・生活関係分野では、過疎地域の公共サービスを皮切りに無人状態の自動運転サービスが導入されている。

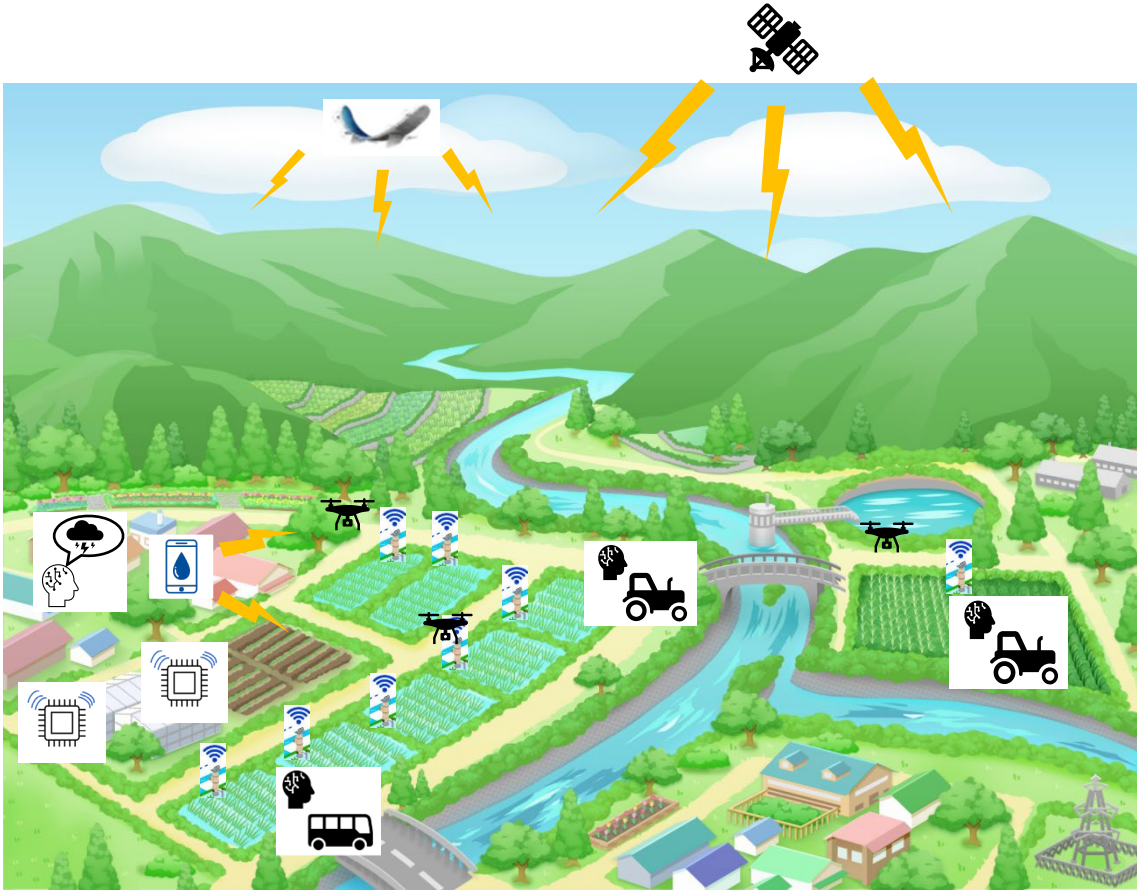


図9：2040年の農村におけるデジタル技術の活用状況



図 10：2040 年の農村におけるデジタル技術の活用状況（生成 AI「Dall-e」による）

#### 4. おわりに

上記については、一定の条件の仮定の元、試算した将来年次を含んでおり、研究開発予算・体制、補助事業制度、技術開発状況等によっては、将来像の実現時期が前後する可能性がある。また、農業農村工学会に対する委託業務（※30）において、主に学生から提案されたようなアイデアについても、今後の技術開発の進展に伴い、幅が広がっていくことが想定されるが、現時点で複数想定されるシナリオの内の1つとして記述したものである。

飲料メーカーK社のDX推進部門の方は、「DX化の推進にあたっては、事業部門は、事業内容70%、デジタル技術30%、デジタル部門が事業内容30%、デジタル技術70%程度を目安にそれぞれ相互理解を深めることが必要。」とのコメントをしていた。こうしたコメントも踏まえ、今後とも、現場ニーズ・実態の把握、デジタル技術の理解をともに深めながら、

デジタル技術の開発・普及を後押しし、農業・農村の振興に善処してまいりたい。

なお、本稿は、報告者個人の見解に基づくものであり、報告者が所属する組織の公式見解ではない。

#### 参考文献

- (※ 1) 社会インフラ IT 市場に関する調査,矢野経済研究所 (2021)
- (※ 2) 飯田俊彰,木村匡臣,溝口勝,竹下義晃,樋口克宏: 水稲作向けの ICT を活用した農業水利情報サービスの提供,水土の知 83(4),pp.279~282(2015)
- (※ 3) 鈴木翔,若杉晃介: 圃場水管理システムによる現地圃場の稲作水管理への効果,水土の知 86(2),pp1125~1128(2018)
- (※ 4) 酢谷岳: 富山県における圃場水管理省力化の取組,水土の知 87(10),pp870~871 (2019)
- (※ 5) 西森基貴, 石郷岡 康史, 飯泉 仁之直: 気候変動がわが国のコメ生産に及ぼす影響の予測,国立農業環境技術研究所 研究成果情報(平成 27 年度) (2015)  
  
[https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32\\_09.html](https://www.naro.affrc.go.jp/archive/niaes/sinfo/result/result32/result32_09.html)
- (※ 6) 平岩昌彦,菅谷晋,木崎隆弘,江塚友康: 気候変動が新潟県内の農業生産に与える影響検討,JIID 令和 2 年度年報調査研究 pp26~227(2020)
- (※ 7) 「田んぼダムの手引き」農林水産省農村振興局整備部 (2022)
- (※ 8) 「農業農村における情報通信環境整備のガイドライン」農林水産省地域整備課 (2022)  
  
[https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/jouhoutsuushin/attach/pdf/jouhou\\_tsuushin-1.pdf](https://www.maff.go.jp/j/nousin/kouryu/jouhoutsuushin/attach/pdf/jouhou_tsuushin-1.pdf)
- (※ 9) 「令和 4 年度携帯電話及び全国 BWA に係る電波の利用状況調査の調査結果の概要について」総務省  
  
[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000859612.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000859612.pdf)
- (※10) ホワイトペーパー 5G の高度化と 6G (NTT ドコモ) (2021)  
  
[https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOCOMO\\_6G\\_White\\_PaperJP\\_20211108.pdf](https://www.docomo.ne.jp/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperJP_20211108.pdf)
- (※11) 「農業分野におけるドローンの活用状況」農林水産省技術普及課(2022)



<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/drone-26.pdf>

(※12) 「(研究成果)ドローンデータの補正による 新たな水稻生育診断・追肥量算出システムを開発」 農研機構 (2023)

[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/karc/157993.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/karc/157993.html)

(※13) 森舞香,池野文隆,日向典弘,仲田往久,深沢隆晋: 基盤整備事業検討地区での UAV を活用した計画策定の事例,水土の知,90(6), pp432~433 (2022)

(※14) (プレスリリース) 点群圧縮技術の最新の国際標準方式に対応したリアルタイムエンコーダーを開発 (KDDI) (2022)

<https://www.kddi-research.jp/newsrelease/2022/102401.html>

(※15) 変わり始めた橋梁点検,日経コンストラクション 2023 年 4 月,

(※16) 「線状降水帯予測精度向上ワーキンググループ (第 4 回)」 気象庁(2022)

[https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/senjokousuitai\\_WG/part4/part4-shiryo1.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kondankai/senjokousuitai_WG/part4/part4-shiryo1.pdf)

(※17) 「水道管の劣化状況を AI が予測!! 『AI を活用した水道管路劣化予測』実証 PJ 開始」 福岡市 (2022)

(※18) 資源循環に取り組む,リベラルタイム, p2-5(2023.6)

(※19) 「自動運転の実現に向けた動向について」 国土交通省 (2022)

<https://www.mlit.go.jp/jidosha/content/001485115.pdf>

(※20) 「農業機械の生産・出荷実績」 日農工統計

<http://www.jfmma.or.jp/statistics.html>

(※21) 「農業用 GNSS ガイダンスシステム等出荷台数の推移」 北海道庁 (2022)

[https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/2/6/7/4/1/5/\\_/220713%20%E3%80%90%E5%85%AC%E8%A1%A8%E3%80%91%20R4\\_GNSS%E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%80%E3%83%B3%E3%82%B9%E5%87%BA%E8%8D%B7%E5%AE%9F%E7%B8%BE%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E7%B5%90%E6%9E%9C.pdf](https://www.pref.hokkaido.lg.jp/fs/7/2/6/7/4/1/5/_/220713%20%E3%80%90%E5%85%AC%E8%A1%A8%E3%80%91%20R4_GNSS%E3%82%AC%E3%82%A4%E3%83%80%E3%83%B3%E3%82%B9%E5%87%BA%E8%8D%B7%E5%AE%9F%E7%B8%BE%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E7%B5%90%E6%9E%9C.pdf)

(※22) 「ヤマハ発動機とクボタ イチゴ自動収穫ロボット開発の米国スタートアップに追加出資 ~露地作物・果樹分野における省人化・効率化を目指して連携を強化~」 ヤマハ発動機社 (2021)

<https://global.yamaha-motor.com/jp/news/2021/0921/corporate.html>

(※23) 「The Elusive Hunt for a Robot That Can Pick a Ripe Strawberry」wired(2022)

<https://www.wired.com/story/elusive-hunt-robot-pick-ripe-strawberry/>

(※24)「米国の AgTech スタートアップ企業に出資 リンゴ自動収穫ロボット開発及び収穫サービスを手掛ける Abundant Robotics 社」クボタ社 (2020)

<https://www.kubota.co.jp/news/2020/20-03j.html>

(※25)「キャベツ栽培の自動化一貫体系の確立に向けた研究開発」農研機構

<https://www.naro.go.jp/laboratory/brain/smart-nogyo/theme/files/SA1-105B1.pdf>

(※26)「ピーマン自動収穫ロボット「L」」Agrist 社

<https://agrist.com/archives/5091>

(※27)「新しいトマト収穫ロボットを発表しました」Inaho 社

<https://inaho.co/news/6180>

(※28)「完全塗布法によりフィルム上に半導体回路を実現-RFID、センサーの無線動作を実証-」東レ社 (2022)

<https://www.toray.co.jp/news/details/20220114170445.html>

(※29)「平成 30 年度の完全塗布法によりフィルム上に半導体回路を実現-RFID、センサーの無線動作を実証-調査報告書」みずほ情報総研株式会社 (2018)

[https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H30FY/000527.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H30FY/000527.pdf)

(※30) 農業農村工学会への委託業務成果

<https://www.aric.or.jp/activity/report/idea.html>