

スマート農業におけるドローン活用の現状と課題

室伏 春樹^{1,†1,a)} 丁 洛榮^{2,b)}

概要：日本は先進諸国でも食料自給率が低く、現在も担い手となる農家が減少している。そのため、「ロボット技術や ICT を活用して超省力・高品質生産」を行うスマート農業の実現が期待されており、企業を中心に実証が進められている。しかし、個人の農業従事者の多くは高齢化が進んでおり、このような新たな技術の導入が効率的に進みにくい。そこで、農業従事者の裾野の拡大ならびにスマート農業の普及を目的に、学校教育における食料生産に関する技術と ICT 技術を並行して扱う学習を検討する。本稿では、現状におけるスマート農業の例として利用が進んでいるドローンに着目する。そして、スマート農業におけるドローン利用の現状および課題を明らかにすることを通して、今後のドローン活用の方向性と学習内容の考察を行う。

キーワード：スマート農業、ドローン、ロボット技術

Report on Current Situation and Issues of Drone Utilization in Smart Agriculture

HARUKI MUROFUSHI^{1,†1,a)} CHONG NAK-YOUNG^{2,b)}

1. はじめに

我が国では、急速に進行する少子高齢化とそれに伴う人口減少が社会的・経済的な問題として認識されている。そのため、我が国の経済成長に対する課題に対して、ICT(Information Communication Technology) 活用へ期待がかかっている。とくに IoT(Internet of Things) と呼ばれるシステムは第 4 次産業革命とも呼ばれ、これまでの産業構造を大きく変化させる可能性を持つとされている [1]。

一方、農業では農業従事者の高齢化および減少が進んでおり、農業を魅力ある産業とするために ICT の利用が急務となっている。農林水産省は、ロボット技術や ICT を活用して超省力・高品質生産を実現する新たな農業をスマー

ト農業として提案し、農業と情報技術を融合することで革新を図ろうとしている [2]。たとえば、精密農業と呼ばれる農場管理手法は農産物や周辺環境をセンサーで計測し、栽培管理に利用することで収量や品質の向上が果たせる [3]。すでに海外では導入が進んでおり、アメリカでは生産性の向上、ドイツやイギリスなどヨーロッパの一部の国では環境保全のために利用されている [3]。

しかし、監視手法の改善だけでは農業従事者の高齢化や減少といった課題は解決されない。なぜなら、従来型の農業を営む農業従事者からすると、新しい技術の導入が初期投資に見合った効果が得られるか疑問が生じる。また、情報技術の進展の早さから、どの時期や段階で導入すれば良いか決定を下すことに困難を感じるであろう。一方、新規就農者として情報技術を有する者からすると農作業にかかわる知識や技能を新たに習得する必要があるが、農業の世界では 10 年経って一人前になると言われており [4]、農業への参入は高い障壁があると考えられる。

したがって、農業従事者と情報技術者が連携して農業の省力化および農産物の高品質化を図る必要がある。本稿で

¹ 静岡大学 教育学部
836 Ohya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8529, Japan

² 北陸先端科学技術大学院大学
1-1 Asahidai, Nomi, Ishikawa, 923-1292, Japan

^{†1} 現在、北陸先端科学技術大学院 博士後期課程
Presently with Japan Advanced Institute of Science and Technology

^{a)} murofushi.haruki@shizuoka.ac.jp

^{b)} nakyoung@jaist.ac.jp

は、スマート農業として導入が進みつつある無人航空機(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)の取り組みを概観し、今後の技術的な課題を明らかにするとともに、その課題に対する提案の検討を行う。

2. ICT を利活用する農業の取り組み

ICT 技術は既に様々な業種で利活用されており、費用削減や効率改善に寄与している。農業においてもその効果が期待されており、ICT を利活用する農業は今後の農業の成長産業化に向けた推進力として期待されている。

2.1 スマート農業が目指す方向性

農林水産省は、我が国の農業が直面している高齢化や新規就農者の不足といった課題に対応するため、ロボット技術や ICT 等の先端技術を活用するスマート農業の実現に向けて検討を行っている。このスマート農業は5つの方向性が想定されている [2]。

1 つめは、超省力・大規模生産を実現を目指す農業機械へのロボット技術の導入である。たとえば、GPS(Global Positioning System) を利用したトラクターの自動走行システムを利用することで夜間作業が可能になったり、有人—無人協調システムを利用することでトラクターを複数走行させたりすることが想定される。これにより、作業規模を拡大しつつ省力化を図ること期待される。

2 つめは、作物の能力を最大限に発揮するためのデータに基づくきめ細やかな栽培の導入である。これは「精密農業」として注目されており、圃場の土壌成分や作物の生育状況をセンサーにより計測することで、肥料などの資材投入量を最適化したり、効率的な作業計画の作成をしたりする。これにより、従来より高品質な作物の多収が実現されることが期待される。

3 つめは、きつい作業、危険な作業から解放するための農作業の軽労化や自動化技術の導入である。たとえば、農業従事者が着用するパワーアシストスーツによって収穫物の積み下ろしを支援したり、畦畔や急傾斜地の除草作業をロボット化することで作業安全の向上をしたりすることが想定される。これにより、作業従事者の安全を確保し、作業負担を軽減させることが期待される。

4 つめは、誰もが取り組みやすい農業を実現するためにプロ農家の技をデータ化することである。たとえば、篤農家と呼ばれる経験豊かな農業従事者の経験や勘をデータ化し、作物の生育状況や気象情報、病害虫情報などの複数の情報に基づき対処情報を提供することが想定される。これにより、経験の浅い農業従事者であっても適切な対応が可能となり、農業人口の拡大が期待される。

5 つめは、消費者・実需者に安心と信頼を提供するための情報伝達システムの導入である。たとえば、生産者が農産物を登録する食品情報システムを利用することで、生産

者のこだわりを発信することができる。食品情報システムを利用する消費者は、システムに登録される農産物の生産過程を参照することで安心・信頼できる生産者を選択できる。また、農産物を原料として仕入れ、加工して販売する実需者は、システムに登録される農産物の機能性成分を活用し、特色ある商品開発を実施できる。これらのことより、新たな商品価値や販売機会の増加が期待される。

2.2 ICT を利活用する農業の現状と課題

農業における ICT 利活用の現状は、農業 IT システムの利用が一般的である。農業 IT システムは利用目的に応じて、以下の三種類に分類される [5]。

1 つめは、農作業・経営管理システムである。これは、作業記録や作付計画の作成・管理をしたり、生産コストや経営分析のシミュレーションをしたりするシステムであり、導入することで作業記録や作付計画策定に要する時間を削減したり、農薬や肥料の使用量予測に基づいた調達をしたりすることが可能である。

2 つめは、人材育成システムである。これは、作業記録に残される生産現場で生じた疑問や篤農家の作業記録をデータとして共有することで、技術の習熟に必要な時間の短縮が可能である。

3 つめは生産・環境管理システムである。これは、圃場に設置したセンサーの計測結果を利用することで巡回負担の軽減や病害虫の予見対策が可能となり、各圃場の収量や品質をデータ化することで作業内容との関連を明らかにすることが可能である。

一方、これらの農業 IT システムは導入・開発費用が多額となるため、家族経営を営む小規模な農業従事者や新規就農者による導入は困難であることが予測される。たとえば、農林水産省が公開する「農業分野における IT 利活用ガイドブック (ver1.0)」では、経営規模が比較的大きい個別経営体や農業協同組合での取り組みしか公開されておらず、小規模な経営を行う農業従事者や新規就農者が利用できないものではない [5]。また、同じく農林水産省が公開する「農山漁村における IT 活用事例」でも法人格を有する取組主体が大半であり、小規模な農業従事者による取り組みは県の委託事業による検証協力や企業との共同開発などに限られている [6]。さらに、これら農業 IT システムは農産物に対して間接的に行われる農作業の負担軽減が主な目的であり、病害虫の直接的な対処や収穫といった農業従事者の身体的疲労を軽減するものではない。

3. ドローンの農業利用

現状の ICT を利活用する農業は、農業 IT システムの導入による管理運用面や巡回負担の軽減など、農作物に対して間接的に行われる作業の省力化が中心であった。しかし、農業 IT システムの導入は小規模な農業従事者や新規



図 1 ドローンの例 [7]

Fig. 1 An Example of Drone [7].

就農者にとって金銭的に大きな負担であり、農産物に対する直接的な作業負担が軽減されるものではなかった。

そこで注目されるのが、無人航空機的一种であるドローンである。

3.1 ドローンとは

ドローンとは、軍隊が射撃訓練に利用する無人標的機から派生したもので、パイロットがいなくても完全自動で操縦することが可能な航空機という定義が一般的である [8]。我が国におけるドローンの認知は、2013 年にアメリカのインターネット通販大手 Amazon.com が発表した小型無人機 [9] による配送映像であるとされる [10]。また、2015 年に発生した首相官邸および長野県善光寺における小型無人機の落下事件 [11],[12] で報道されたことから、図 1 に示すマルチコプター型の無人航空機が我が国における一般的な認識であると考えられる。よって本稿では以後、ドローンの呼称をマルチコプター型の無人航空機に限定して利用する。

3.2 農業におけるドローンの利用例

3.2.1 農薬散布

民間の業務利用として無人航空機が利用されたのは、1989 年に国内で発売された農薬散布用無人ヘリコプターが世界初である [13]。この研究開発は農地が狭い我が国において、小回りの利かない航空機や有人ヘリコプターによる作業は圃場外への農薬飛散や安全性の課題があるため行われた。

ドローンを無人ヘリコプターと比較すると、小型・軽量で機構が単純であるため安価である。また、バッテリー動作となるため、静音性が高いといった利点がある。一方、無人ヘリコプターはドローンより積載能力が高く、エンジン駆動機の場合は 1 時間以上の飛行が可能である。しかし、価格は 1000 万円以上であり、機構が複雑なため整備費用も必要となる [14]。また、2015 年農林業センサス [15] よ

表 1 農薬散布が認定されているドローン

Table 1 A List of Insecticide Sprayable Drone.

会社名	機種名
株式会社エンルート	AC940 AC940-D
株式会社丸山製作所	MMC940AC
TEAD 株式会社	DAX04
東光鉄工株式会社	TSV-AH1 TSV-AQ1 AC940T
DJI JAPAN 株式会社	MG-1

り、我が国の 1 経営体当たりの経営耕作地面積の平均値は 2.5ha（北海道 26.5ha，都府県 1.8ha）である。農薬散布用ドローンは 1ha あたり 10～30 分程度で農薬散布を行うため、予備バッテリーを準備すれば飛行時間について問題は生じないと考えられる。

農薬散布を実施するためには、一般社団法人農林水産航空協会に認定された機体およびオペレーター技能の認定を教習施設で受けなければならない [16]。2017 年 6 月現在、当該協会による認定を受けたドローンは表 1 に示す 5 社 8 機種である。これらのドローンを利用する場合は、操縦を行うオペレーターとそれを補助するナビゲーターの 2 名が作業に従事しなければならないといった運用基準に従って利用する必要がある。

無人ヘリコプターの代替として農薬を散布する以外の方法として、病害虫が発生している箇所のみ農薬を散布するドローンも開発されている [17]。ドローンの小型・軽量という特性は、無人ヘリコプターよりも作物に接近できるという利点となる。また、搭載されるカメラから病害虫の発生状況を間接的に確認できる。そのため、農薬の使用量を抑えた病害虫対策が実現できる。

3.2.2 害虫駆除

害虫に対する農薬散布以外の駆除方法として、殺虫器を搭載したドローンが開発されている [17]。殺虫器には紫外線ライトを利用し、飛行範囲と動作時間を設定したドローンを夜間に自律飛行させることで農薬を利用しない害虫駆除を実現している。

3.2.3 空撮画像

ドローンで空撮した画像は圃場の診断もしくは測量のために利用されている。

圃場診断は、空撮画像を解析することで生産物の生育状況や土壌成分状況などを解析し、作業の効率化を図るものである [18]。従来は衛星画像 [19] や高所作業車 [20] などを利用した画像を利用していたが、ドローンを利用すれば航空法の規制による制限高度 150m 未満までの空撮画像を入手できる。そのため、圃場全体を広範囲に撮影したり、作物の至近距離で病害虫の診断用画像を撮影したりできる。とくに後者の撮影では、画像認識に人工知能を用いた病害虫検知技術の開発が行われており [21]、今後も精度の向上が見込まれる。

圃場測量は、圃場整備の際に実施される公共測量としてドローンを利用するものである。公共測量とは、費用の全部または一部を国または公共団体が負担もしくは補助して実施される測量であり、圃場整備の際に地形測量として行われる。ドローンを含む UAV を用いた公共測量は 2013 年度より開始されており、国土地理院においてマニュアルが策定されている [22]。

3.3 農業におけるドローンの課題

ドローンを利用することで、従来の無人ヘリコプターよりも安価かつ多用途に農業利用ができる。よって、農林水産省が目指すスマート農業の実現に向け、ドローンの研究開発は今後も進展していくことが想定される。そこで、現状における農業利用のためのドローンの課題を整理する。

1 つめは、ドローンの自律飛行に対する成約が行われている点である。表 1 の機種の一つである MG-1 は、海外向け製品に自律散布システムを搭載しているものの、国内向け製品はファームウェアで機能が停止されている [23]。もちろん、農業従事者自らが農薬散布ことから比較すれば、確かに省力化ではある。しかし、農業従事者数が減少していくにも関わらず、本来自律的な飛行が可能であるドローンを利用しないのは農業技術の進展を妨げる可能性があるといえる。

2 つめは、ドローンの低価格化である。ホビー用途の製品は安価になりつつあるものの、表 1 に示したドローンは 100 万円以上の初期投資が必要となる。高額となる背景は、安全性および可搬能力を追求しているためである。安全性の観点では、飛行時の姿勢を最適化するための GPS やレーダー等のセンサーを複数個搭載することで、飛行中の故障に対応している。また、羽根の回転を行うローターも、4 個よりも 6 個、8 個のほうがローター故障による墜落の可能性が低い。可搬能力の観点では、1 台のドローンで効率よく作業するために 5~10Kg 程度の重量物を搭載した飛行が求められる。たとえば、農薬用タンクや高画質カメラ、マルチスペクトルカメラなどを用途に応じて変更する。また、農薬散布では飛行中に可搬物の重量が変化することから高度を維持する制御が必要になる。

つまり、安全性のための冗長化および可搬能力向上のための性能強化がドローンの高額化を招く要因として考えられる。

4. スマート農業実現に向けたドローン利用の提案

スマート農業は、我が国の農業従事者の不足および競争力の強化が目的である。農林水産省による中間とりまとめでは、今後も継続的に取り組みが必要な項目としてインフラ整備、ルールづくり、導入への道筋、ロボット技術の安全確保の 4 つがあげられている [2]。これらの課題に対し

て、ドローンを利用する技術ならびに教育的対応策を提案する。

4.1 技術的対応策

3.3 節で示したように、農業におけるドローン利用の課題は、安全性のための冗長化および可搬能力向上のための性能強化が要因であると考えられる。これに対する技術的な対応策として、ドローンによるマルチエージェントシステムの構築が検討される。たとえば、複数台の小型ドローンによる被覆制御 [24] や、複数台のドローンで 1 つの重量物を可搬するために重心位置を共有する合意制御 [25] が実現されると個々のドローンの可搬能力を必要以上に高める必要性はなくなることが期待される。

現状のドローンは各個体の性能強化が進んでいるが、マルチエージェントシステムとしての利用は開発途上の段階にある [26]。そのため、ドローン同士の機体認識や通信といった機能を向上させる必要がある。

4.2 教育的対応策

4 つの課題全てを広範に対応できると考えられるのが、初等中等教育段階における教育活動である。農業に関する教育として、健全な食生活の実現を目指す食育に作物の生産過程に関する知識や体験を含む食農教育 [27] が示されている。一方、ロボット技術に関する教育として、プログラミング教育が実施されている。

そこで想定されるのが、模擬圃場で実施する農業ドローンのプログラミング学習である。ホビー用途のドローンでもソフトウェア開発キットが提供されている機種があり [28]、実際にプログラミング教材として利用することができる [29],[30]。そのため、模擬圃場で農薬散布を実施することを想定したプログラミング学習を展開することで、食農教育とプログラミング教育という異なる文脈が結びつき、実社会につながる教育が展開されると考えられる。

5. おわりに

農業における情報技術の活用例を概観し、我が国が目指すスマート農業の方向性と現状を明らかにした。現状では農業 IT システムの利用が進んでいるものの、ロボット技術を利用した省力化は広く実用されていなかった。その中で、ドローンは従来農薬散布に利用されてきた無人ヘリコプターよりも軽量かつ安価で、多目的に利用できる。しかし、現状では自律飛行が認められておらず、安全性や可搬能力を高めるために高額であるため、農業重視者数の不足および競争力の強化には至らないと考えられた。そのため、本稿では複数のドローンを利用したマルチエージェントシステムの構築および模擬圃場を利用したプログラミング教育の提案を行った。今後は、この社会的な課題に対して情報科学および教育学の観点より検討を進め、具体化し

ていく。

参考文献

- [1] 総務省：情報通信白書 平成 28 年度版，pp.4-7(2017).
- [2] 農林水産省：「スマート農業の実現に向けた研究会」検討結果の中間とりまとめ，http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf.
- [3] 農林水産技術会議：日本型精密農業を目指した技術開発，農林水産研究開発リポート，No.24(2008).
- [4] 神成 淳司：IT と熟練農家の技で稼ぐ AI 農業，日経 BP 社，p.36(2017).
- [5] 農林水産省：農業分野における IT 利活用ガイドブック (ver1.0)，<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/it/pdf/guidebook.pdf>.
- [6] 農林水産省：IT 関連情報（農山漁村における IT 活用事例等），<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/joho/it/itkanren.html>.
- [7] 112233 zz: エンルート製のマルチコプター ZionPro800. 空撮用マルチコプター（ヘキサコプター）として開発された機体，CC 表示継承 3.0 <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/f9/ZionCam800-2000px.jpg>
- [8] マーティン・J. ドアティ，角 敦子 訳：世界の無人航空機図鑑 軍用ドローンから民間利用まで，原書房，p.7(2016).
- [9] amazon: Amazon Prime Air:<https://www.youtube.com/watch?v=98BIu9dpwHU>.
- [10] 鈴木 真二：ドローンが拓く未来の空 飛行のしくみを知り安全に利用する，化学同人，p.1(2017).
- [11] 日本経済新聞 電子版：首相官邸にドローン落下 けが人はなし，http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG22H5G_S5A420C1CC0000/.
- [12] 日本経済新聞 電子版：ドローン飛ばしたのは 15 歳少年 長野・善光寺に落下，http://www.nikkei.com/article/DGXLAS0040006_Z00C15A5000000/.
- [13] 鈴木 真二：同上，p.27.
- [14] ヤマハ発動機株式会社：産業用無人ヘリコプター，<https://www.yamaha-motor.co.jp/sky/index.html>.
- [15] 農林水産省：2015 年農林業センサス <http://www.maff.go.jp/j/tokei/census/afc/2015/top.html>.
- [16] 一般社団法人 農林水産航空協会：<http://www.j3a.or.jp/>.
- [17] 株式会社オプティム：佐賀大学農学部・佐賀県農林水産部・オプティムが三者連携による最新の IT 農業に対する取り組みを発表，<https://www.optim.co.jp/news-detail/19873>.
- [18] 日本航業：i-Construction 対応ドローンスクール・3 次元解析，http://www.kkc.co.jp/service/biz_solution/uav-school.html.
- [19] 一般社団法人 リモート・センシング技術センター，<https://www.restec.or.jp/>.
- [20] 株式会社サタケ：業界初 圃場生育診断システム「アグリビュー」，<http://www.satake-japan.co.jp/ja/news/2006/060522.html>
- [21] 株式会社オプティム：研究開発による AI (Artificial intelligence) の知見を活かし，AI コンサルティングサービスの提供を開始，<https://www.optim.co.jp/news-detail/19773>.
- [22] 国土交通省 国土地理院：UAV による公共測量，<http://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/uav/index.html>.
- [23] DJI: AGRAS MG-1, <https://www.dji.com/jp/mg-1s>.
- [24] 東 俊一・永原 正章 編著，石井 秀明・林 直樹・桜間 一徳・畑中 健志 共著：マルチエージェントシステムの制御，コロナ社，pp.122-140(2015).
- [25] 同上，pp.80-119.
- [26] 井上 孝司：ドローンの世紀 空撮・宅配から武装無人機まで，中央公論新社，pp.206-207(2015).
- [27] JA グループ：食農教育とは？，<https://life.ja-group.jp/education/description/>.
- [28] Parrot: Parrot For Developers, <http://developer.parrot.com/>.
- [29] Tynker, Tynker Coding for kids, <https://www.tynker.com/>.
- [30] Apple, Swift Playgrounds, <https://www.apple.com/jp/swift/playgrounds/>.