

# イノベーション普及の観点からみた 農業用マルチローターの利用状況

太田原 準

- I はじめに
- II 調査の概要
  - 1 農業用マルチローターの基本情報
  - 2 マルチローターの機種別比較
  - 3 調査目的
  - 4 調査対象
- III 調査結果と分析
  - 1 ヒアリング対象農家の基本属性
  - 2 購入動機および費用
  - 3 利用状況
  - 4 農業用マルチローターの評価
  - 5 その他の項目
- IV イノベーション普及の観点からの考察
  - 1 イノベーション普及理論
  - 2 イノベーション普及速度
  - 3 農業用マルチローターの知覚属性
    - ① 相対的優位性
    - ② 両立可能性
    - ③ 複雑性
    - ④ 試行可能性
    - ⑤ 観察可能性
  - 4 知覚属性からみた農業用マルチローターの評価
  - 5 知覚属性以外の変数についての考察
- VI おわりに

**Key Words** : Drone, Diffusion of Innovations, ICT, Smart Agricultures, Japanese Rice industry

## I はじめに

マルチローター<sup>1</sup>の産業利用がマスコミを賑わしている。当初ホビー用途から普及が始

1 「マルチローター」とは、3つ以上の回転翼（ローター）を搭載する無人機をさす一般名詞であるが、「ドローン」としての俗称が定着しつつある。「ドローン」とはもともとマルチローター市場で最大のシェアをもつ中国の DJI 社製品の固有名称である。マルチローターをドローンと呼ぶことは、例えばベトナムでモーターサイクル全般を「ホンダ」とよぶのに等しいため、本稿ではあえて「マルチローター」と表記するが、利便性の観点から、論文キーワードには「ドローン」という俗称も併記する。

まったが、GPS を搭載し自動運転も可能となってからは撮影や運搬といった産業用にも適用が始まり、「空の産業革命」と喧伝されている。またマルチローターを用いた起業講座なども活発に開かれている。本稿はこうした昨今のブームとは一定の距離を置いたうえで、農業における防除（農薬による害虫やカビの駆除や予防）用途に焦点を絞って、マルチローターの利用状況について調査したうえで、今後の普及の可能性やその条件について言及する。

というのも防除を中心用途とした農業用マルチローターは、2016年頃から利用が始まったばかりであり、その使用実態は業界関係者でも十分につかめているとはいえない。例えば、これまで防除に用いられてきた噴霧器・管理機・無人ヘリコプターといった従来型機器<sup>2</sup>と比べた際、マルチローターの作業効率やコスト面での優位性、操作の難易度、使用前後における作況の変化といった基本データでさえ明らかとなっていない。

その一方で農業用マルチローター市場への新規参入は活発化してきている。日本市場に限っても、2015年には農業機械メーカーの丸山製作所が農業ドローンの先駆けとして市場投入し、中国の最大手である DJI も農業用に従来のドローンを改良して投入した。さらに2019年には無人ヘリで市場を独占するヤマハ発動機も参入した。日本政府は2019年をドローンなどの先端技術を使ったスマート農業の「実装元年」と位置づけている。市場拡大が見込まれようとするこの時期に、最も先駆的にマルチローターを導入した農家や農業法人の利用実態は、広く営農者や農業用デバイスの業界関係者の知りたいところであろう。

他方、イノベーションの普及という学術的観点からも、農業用マルチローターへ焦点を当てた事例研究は、1940年代から蓄積されてきた農業イノベーションの普及理論にとって、格好の検証材料となろう。Ryan と Gross らが先鞭をつけ、Rogers が体系化した農業イノベーションの普及過程の研究は、これまで品種改良や土壌改良、トラクターの普及といった農業におけるイノベーション普及事例を数多く積み重ね現在に至る<sup>3</sup>。ここから過去に観察されてきた個人レベルでの情報源やコミュニケーションチャンネルが形成する普及モデルは、今後における農業用マルチローターについても適用可能なのか、あるいは ICT の普及や営農者の属性変化、農業コミュニティの性質変化など今日的な影響要因によって異なるパターンを辿るのかなど、2020年代に入ろうとする今、理論的に検証することの意義は大きいと思われる。

さらにより広いパースペクティブでいえば、この種の事例研究は、経済史ないし資本

2 管理機とは小型のトラクターの両側からノズルを伸ばした専用のアタッチメントより農薬を噴霧するタイプで手押しと乗用タイプがある。噴霧器は溶剤を入れた容器を背負い、手にノズルをもって散布するタイプである。

3 Ryan, B. and N. C. Gross (1943), "The Diffusion of Hybrid Corn Seed in two Iowa Communities," *Rural Sociology* No.8, pp.15-24. Rogers, E. M. (1962), *Diffusion of Innovations*, London, Free Press.

主義史の研究ともリンクする。現在に至るまで農業において自作農による小農的経営発展が広く見られた理由の一つは、広い圃場面積、労働用具の可動性、労働過程の非連続性・非規則性によって多人数による分業・協業の効果が低く、また作業管理が相対的に困難であることから、工業経営と比べて他人労働を雇用することの非効率性が顕著であること、そのため家族労働の優位性が残った点などに求められてきた<sup>4</sup>。しかしながら最近の農業支援のスマートデバイスやクラウドサービスの出現は、このような農業固有の条件を変えつつある。なかでも農業用マルチローターは施肥や防除の自動化だけでなく、作況の可視化とデータ化、肥料や農薬のスポット投下による作況のばらつき改善など、農業における PDCA 的管理の強力な手段となるポテンシャルをもっている。それゆえに農業用マルチローターの普及は、従来の「農業の機械化」という次元を超える、「工業的経営管理化」を、すなわち農作業の標準化や作業管理の見える化などを促進することによって、資本主義的農業経営の広まりを示すひとつの指標とも位置づけることができる<sup>6</sup>。以上の理由により、農業用マルチローターの事例研究は、ビジネス的観点からも学術的観点からも重要なテーマであることが明らかであろう。

本稿ではその最初の作業として、イノベーション普及の観点から、現在、普及の極々初期の段階にあると思われる農業用マルチローターの使用実態について明らかにしていく。調査方法は農業用マルチローター使用者へのヒアリングである。2019年1月に愛知県と三重県の合計12の農家および農業法人を対象にヒアリング調査を実施した。共通の質問票を用いて対面での1件1時間～2時間ほどのインタビューをおこない、調査者が回答を質問表に記入した。ヒアリング調査で得られた情報は質問項目ごとに整理され、項目ごとに定性的な特徴を抽出した。抽出された特徴は、さらにイノベーション普及のフレームワークに基づいて考察され、今後の普及の可能性や速度について言及するという手順で進められた。今回の調査結果を基にして、農業用マルチローターの普及速度に影響を与える属性を定性的に明らかにしておくことによって、普及の進んだ段階において、農業用マルチローターの普及速度の回帰式を定量的に推定するためのアンケート

4 例えば、中村哲（1991）『近代世界史像の再構成』青木書店、246-247ページ。

5 品質管理のプロセスである Plan-Do-Check-Action (Act) の頭文字をとったもの。生産過程における品質のばらつきについて、管理できない特殊要因と管理可能な一般要因とに分け、後者を目標の範囲内に収めるためのプロセスである。本来は統計的品質管理にルーツを持つが、近年、適切な運用方法と有用な適用範囲を逸脱した濫用が目立つことから、農業において喧伝される際にも注意が必要である。PDCA 濫用の弊害については、佐藤郁哉（2018）「大学教育の『PDCA 化』をめぐる創造的誤解と破滅的誤解（第1部）」『同志社商学』70巻1号、27～63ページ、を参照。

6 さらに農業用マルチローターをはじめとするスマートデバイスの利用状況は、古くから分厚い研究蓄積のある農民層分解の現局面としても捉えられる。農民層分解についてはさしあたり堀江英一（1961）「農民層分解の分析方法－わがグループの提言（一）」『経済論叢』（京都大学）87巻1号、1-21ページ、等を参照。最近では、橋本健二（2018）が「戦後日本の農民層の分解と農業構造の転換」『2015年SSM調査報告書 社会移動・健康』（SSM調査研究会）、123-147ページにおいて、大規模農業法人の増加に伴って農業セクター内に企業家層と賃労働者層とが形成される顕著な動きを指摘している。

ト調査が可能となるだろう。

以下、2節では農業マルチローターについての基礎情報と調査の概要について説明する。3節では調査結果の分析を調査票の項目ごとに行ない定性的な特徴を抽出する。4節では、イノベーション普及速度の理論に沿って、マルチローターの知覚属性および知覚以外の属性について考察し、普及の可能性および条件について言及する。最後に本稿の知見をまとめ、今後の研究課題について確認する。

## II 調査の概要

### 1 農業用マルチローターの基本情報<sup>7</sup>

マルチローターとは、3つ以上のローターを搭載した無人回転翼機のことである（第1図参照）。2016年に農水省は農業用マルチローターの運用ルールを定め、農薬散布用マルチローターの認可を開始した。第1表は、2018年6月末現在の認定機種の一覧であり、この時点で11社16機種が認められている。

農業における薬剤散布は、圃場面積に応じて噴霧機、管理機、無人ヘリコプターが用いられてきたが、農業用マルチローターは管理機より作業効率が高く、ヘリコプターよりもコストが安く操作が容易なために、これら既存の手段に対して優位な薬剤散布手段であるとプロモーションされている。とはいえ弱点もある。それは主に飛行時間の短さであり、現状では最大でも15分前後を飛行するとバッテリーを交換しなければならず、手間とコストの双方で利用者の負担となっている。

マルチローターによる農薬散布には以下のルールが定められている。

第1図 農業用マルチローター



出典：筆者撮影（2019年9月）

7 中部地方のマルチローターの販売代理店である東海スカイテック社のマルチローター説明資料に基づく。

第1表 2018年6月時点における一般社団法人農林水産航空協会認定機種

	メーカー	機体名	ローター数 (枚)	離陸最大重量 (kg)	飛行時間 (分)	薬剤積載量 (L)	認可年月
1	エンルート	Zion AC940	6	14	10	5	2016/4
2		Zion AC1500	6	24.9	16	10	2017/4
3	丸山製作所	MMC940AC	6	14	10	5	2016/4
4		MMC1500AC	6	24.9	16	10	2017/4
3	TEAD	DAX04	4	27 or 29	10~14	10	2016/4
4	東光鉄工	ZionAC940T	6	12	10	4	2016/7
5		スカイビークル TSV-AQ1	4	20	10	8	2016/7
6		スカイビークル TSV-AH1	6	12	6	4	2016/7
7		スカイビークル TSV-AH2	6	25	12.5	10	2018
5	DJI JAPAN	AGRAS MG-1	8	24.5	10	10	2016/10
6	クボタ	MG-1K	8	24.5	10	10	2017
7	スカイマティクス	X-F1 (クロスエフワン)	8	23.75	8~11	10	2017
8	MAC-FACTORY	Skyspray3000	6	14	10	3	2018/2
9	ヤマハ発動機	YMR-08	8	24.9	15	10	2018/6
10	マゼックス	飛助 MG	4	24.9	15	10	2018/6
11	XAIRCRAFT JAPAN	P20	4	24.9	16	6	2018

注1：一般社団法人農林水産航空協会は農水省の外郭団体でマルチローターの運用ルールを定め認可を行う団体。

出典：東海スカイテック『マルチローター説明資料』より作成。

- (a) 機体及び散布装置は一般社団法人・農林水産航空協会（農水協）に登録し、毎年点検を受けるものに限る。
- (b) 操作要員は農水協のマルチローターオペレーター技能認定証の取得が必要。
- (c) 国土交通省より飛行許可・承認証を受ける（所有者が国交省に直接許可申請することも可能）。
- (d) 薬剤散布実施者は、行政へ空中散布実施計画書（散布前）と実施報告書（散布後）の提出が必要。

このようにマルチローターの薬剤散布のためには、事前に性能認証を受けた機体を登録し、点検を受け、免許を取得、飛行許可を得たうえで、作業の前後に書類で報告を行わなければならない。その点で従来の無人ヘリコプターと変わりはない。さらに散布作業に対しても基準が設けられ、順守することが求められている。飛行高度は作物上2m上空、飛行速度10~20 km/h、散布間隔3~4 m、機体と人との距離は最小20 m、最大150 m以内、風速は地上1.5 mで風速3 m以内、散布薬剤は無人ヘリコプター用登録農薬のみ、散布人員は直接操作するオペレーターに加え、圃場の反対側で見張るナビゲーターの2名を要する。

## 2 マルチローターの普及状況

第2表は今回の調査地域となった三重県と愛知県のマルチローターの普及状況である。直近の2018年度では三重県で機体数15機、オペレーター数(免許保持者)が38名、愛知県で機体数18機、オペレーター数52名にすぎない。今回の調査では三重県内の15機中8機分(53.3%)、愛知県で18機中4機分(22%)をカバーしている。普及率は所有台数を農業経営体数で除した数値を普及率(1)、免許所有者を農業従事者数で除した数値を普及率(2)としたが、いずれの数値も0.1%までの範囲にある。のちに見るようにイノベーション普及理論における普及の第一段階である「イノベーター期」の目安は2.5%であるからはるかに及ばない。したがって農業用ドローンは普及段階に入ったとは到底いえないものであり、冒頭で述べたようにマスコミ等で喧伝される状況とは程遠いことが分かる<sup>10</sup>。しかしながら、注意すべきは、絶対的な普及率よりも進行中の普及速度の変化である。農水協によれば、マルチローターの機体登録数と免許保有者数は2017年7月と2019年7月では4倍に急増している(京都新聞、2019年8月23日朝刊)。同じ2019年をとっても、調査時点の1月と原稿執筆時点の8月とでは、普及の

第2表 三重県および愛知県のマルチローター普及状況

年度	三重県						
	機体数(台)	オペレーター数(人)	撒布実績(ha)	農業経営体数(2015)(件)	農業従事者数(2015年)(人)	普及率(1)	普及率(2)
2016年	2	15	20	26,423	34,002	0.01%	0.04%
2017年	5	24	175			0.02%	0.07%
2018年	15	38	633			0.06%	0.11%
年度	愛知県						
	機体数(台)	オペレーター数(人)	撒布実績(ha)	農業経営体数(2015)(件)	農業従事者数(2015年)(人)	普及率(1)	普及率(2)
2016年	6	8	n.a.	35,659	62,996	0.02%	0.01%
2017年	8	29	184			0.02%	0.05%
2018年	18	52	668			0.05%	0.08%

注1:普及率(1)は機体数/経営体数、普及率(2)はオペレーター数/農業従事者数で算出(オペレーター数は免許取得人数)。

出典:東海スカイテック社資料および三重県および愛知県の農業センサス(2017年版)より作成。

- ゝ 時にオペレーター以外に必要であった補助者の配置を一定の条件を満たせば不要とした。このようなマルチローターの利用を促進する法令や規制の緩和は今後も想定される。
- 9 ただし資料提供元の東海スカイテックの取り扱いわないメーカーも若干数あるため、実際にはこの数字をやや上回ると考えられる。
- 10 とはいえ、県ごとの農業経営体数や農業従事者数を分母に取る算出法では、普及率は最も低くなるといえる。のちに詳しく見るように、分母となる母集団をマルチローターの潜在的採用者に限定すれば(たとえば耕地面積5ha以上の農家に限定するなど)、当然ながら普及率の数字は上がる。とはいえ、普及のごく初期段階にある現在では、分母に採る潜在的採用者カテゴリーを限定できる段階ではないと考え、県内の農業経営体数および農業従事者を用いているが、あくまで試算法の1つであることに注意されたい。

勢いが増していることが分かる。

### 3 マルチローター機種別比較

第3表は DJI, エンルート, ヤマハのそれぞれのマルチローターについて, 本体および散布装置の性能や操縦性について比較したものである。

本体の機能については, 1回の飛行で約1haの農薬散布が出来る点は同じであるが, バッテリー能力についてはエンルートとヤマハがバッテリーを2個搭載するのに対して DJI が一個積みであるため, 現時点では DJI が優れているといえよう。操縦性について

第3表 マルチローター機種別比較

区分	メーカー	DJI JAPAN	エンルート	ヤマハ発動機	
	機体名	AGRAS MG-1	Zion AC 1500	YMR-08	
本体	性能 作業性	動力	バッテリーは1個の搭載でフライト可能であり, バッテリー残量も一目で確認できる(安全性は高いが持続時間に課題有り)。バッテリーを保護するカバーにより強い構造となっている。	バッテリーは2個搭載, 大容量にて1回のフライトにて1haの散布が可能。飛行持続時間は最長。現在, バッテリー2個搭載だが, 1バッテリーへ改良中。	バッテリーは2個搭載。機体への脱着がしやすい。大容量にて1回のフライトにて概ね1haの散布が可能。バッテリーの安全性は高い。
		機能・利点	アームの折りたたみに優れ, 作業中においてもコンパクトにできる。送信機に装着されたタブレットの操作にて機体の状態確認や設定を行う。方位の認識等を感じるキャリブレーション作業は必要。	アームは下向きへの折りたたみ式にてコンパクトに収納できる(2019仕様はローターも折り畳み可能)。2019仕様はキャノピーの開閉およびバッテリー交換が簡略化, 方位の認識等を感じるキャリブレーション作業が不要。累積飛行時間計を搭載。部品交換時期の把握が容易。	アームの折り畳みは可能。方位の認識を感じるキャリブレーション作業が不要。
	操縦性	操縦モード	①アティチュードモード(通常制御) ②マニュアルモード(GPS制御) ③マニュアル+モード(GPS制御)	①スタビライズモード(制御なし) ②アルトホールドモード(通常制御) ③ロイターモード(GPS制御)	①SGモード(GPS制御) ②CC(オートクルーズ)モード(GPS制御) ③TA(ターンアシスト)モード(GPS制御)
		操縦支援機能	②③はGPS制御にて安定したホバリングが可能。進行方向の障害物の警告と接触事故防止を行う衝突回避レーダーを標準装備。③は設定により, 一定散布幅の横移動や直接散布のための機首のロックや速度超過防止が可能。また③はミリ波レーダーにより, 対地高度一定に散布が可能。	③はGPS制御にて安定したホバリングが可能。③は速度設定スイッチ(15・20・25km/h)の切り替えにて一定速度飛行が可能。自動離陸・着陸も改良中。	全モードGPS制御にて安定したホバリングが可能。②③は, 前後進で一定速度になり, スティックを離せば, その速度を自動維持するオートクルーズ機能をもつ。③は散布装置の吐出スイッチにて, 左右4m幅の自動ターンを行うターンアシスト機能を持つ。
散布装置	操作性	③は機体の前進, 停止と同時に自動で吐出開始, 吐出停止を行う。	散布装置のONとOFFは手動にて切り替え	散布装置のONとOFFは手動にて切り替え	
	機能	前後に各2個の墳口があり, ③は前進時は前の2個, 後進時は後ろの2個の墳口により自動で吐出することで, 周辺への薬剤飛散を防止できる。③は速度に応じた吐出量にて, 適量散布が可能。	豆粒剤散布装置あり。	速度連動モードにすれば, どの飛行モードでも速度に応じた吐出量にて適量散布が可能。墳口上部のローターが同軸2重反転の構造になっており, 強いダウンウォッシュ(吹き降ろしの風圧)を引き起こし, 確実な作物への薬剤の付着が可能。	
機体価格		機体価格 1,300,000円(薬剤散布仕様) バッテリー1セット 85,000円 充電器 150,000円	機体価格 2,200,000円(薬剤散布仕様)(バッテリー1セット, 充電器標準装備) 110,000円	機体価格 2,700,000円(液剤散布仕様)(内液剤装置150,000円)(バッテリー1セット, 充電器標準装備), 価格未定	

出典: 東海スカイテック『マルチローター説明資料』より作成。

はいずれも通常のマニュアル操作に加えて GPS 制御によるオートクルーズも備える。加えて DJI とヤマハは一定幅での横移動（オートターン）も備えるほか、DJI は障害物への衝突回避レーダーを備えている。農作業で重要な本体の取り回しであるが、3機種ともアームの折り畳みが可能となっている。

散布装置についてはいずれも液状農薬散布が標準仕様となっているが、DJI だけは農薬の吐出の開始と停止を機体の前進および停止と同調させる機能がつく点に特色がある。エンルートは液状に加えて豆状剤の散布装置もオプションで備える。ヤマハも自動で速度に応じた適量の吐出を行うほか、特殊なローター設計により、ダウンウォッシュ（下方への吹付圧力）が高く、薬剤への確実な吹付けを可能にするなど、各社が差別化を競っている。

最後に価格であるが、DJI が大幅な価格引き下げを行い、機能的に優位な部分が多いながら、バッテリーと充電器を併せても 153 万 5 千円であり、ヤマハの 6 割以下、エンルートの 7 割程度の価格づけとなる。

#### 4 調査目的

2019 年 1 月 23 日～24 日にかけて筆者および太田原研究室のゼミ生によってヒアリングがおこなわれた。調査目的は、イノベーション普及理論における導入期採用者（イノベーター）の使用状況、その評価、周囲の農業コミュニティとの関係性が、その後の普及速度に影響するという仮説を背景とし、マルチローターの知覚属性（既存手段に対する技術的優位性、既存の価値観・過去の経験・潜在的ニーズとの両立可能性、機能や操作の複雑性、成果の観察可能性など）、イノベーション決定の種類（採用に至った経緯）、コミュニケーションチャネル（農家同士の口コミ等やその他の情報網）、社会システムの性質（農家同士、農協や流通業者との関係）、チェンジエージェント（マルチローターの普及促進者）の働きかけといった項目について定性的情報を得ることにある。

#### 5 調査対象

三重県および愛知県の 12 軒の農家及び農業法人であり、所有者の実名は伏せて個票番号 1～12 で表記している。三重県が 8 軒（県全体所有者 15 機）、愛知県が 4 軒（県全体所有 18 機）である。選定については中部地区のマルチローター販売代理店である東海スカイテック社に依頼した。同社は顧客リストを基に太田原側が作成した依頼状を送付してインタビューの依頼を行い、農家および農業法人を選定した。

---

11 池田正文，小島庸祐，杉本純子，田付晏子，本玉くるみ（いずれも 2019 年 1 月の調査時点で同志社大学商学部商学科 4 年次に在籍）の助力を得た。



## 6 質問項目

下記の大項目についてインタビューし、回答を記録した。

- ・基本事項（圃場場所，所有機体，購入時期，作付品目，散布面積，代表者年齢・学歴，営農形態）
- ・購入の動機と費用（購入動機，購入費用，資金，免許費用）
- ・運用状況（散布薬剤，購入先，一日平均散布面積，外注・請負の有無，バッテリー所有本数，一日当たりの使用本数，充電方法，運用人数，作業期間，作業時間帯，飛行時間，総飛行時間，自主点検時間）
- ・評価（購入費用，使い勝手，使用前後の変化，周囲の評判，販売店のサービス，使用したい薬剤，マルチローターへの今後の期待）
- ・総合評価（満足点，不満点）
- ・営農状況（農業経営における先駆的取り組み，今後の営農見通し，その他情報）

次章においてそれぞれの項目ごとに調査結果を分析し，特徴を見出していく。さらに4章においてはイノベーション普及理論にそって，それぞれの質問項目を普及速度に影響を与える5つの変数属性に分類したうえで分析的に解釈していく。

## Ⅲ 調査結果と分析

### 1 ヒアリング対象農家の基本属性

調査結果を順にみていく。なお聞き取り項目に従ったヒアリング内容の要約は論文末の別表にまとめてある。適宜参照されたい。

圃場所在地は，三重県内が8か所，愛知県内が4か所である。所有機種は丸山製作所製のMMC 940 AC と同社 OEM のエンルートブランド AC 940 が合計7台，DJI のMG -1 が5台となった。ヤマハ発動機のYMR は発表されてはいるが発売前（2019年1月現在）である。購入時期を見ると，有効回答数7のうち2015年から2017年に購入した農家4件が，丸山製作所およびエンルートブランドのマルチローターを購入し，2018年に購入した3件はDJIを購入している。農業用マルチローターを購入する際，丸山製作所一択であった2017年と比べて，複数選べるようになった2018年以降に，DJI が選ばれていることは製品のスペックや価格においてDJIの優位性をうかがわせる。

作付け品目は水稲，麦，大豆に限られ，水稲のみが2件，大豆のみが3件，水稲と麦が3件，水稲と大豆が1件，水稲，麦，大豆が3件であった。麦や大豆は農林水産省による水田活用の直接支払交付金の対象となっていることから，水稲との兼作が多いと考えられる。マルチローターは水稲だけでなく，麦や大豆の防除にも用いられており，後に見るようにこれら作付け品目の防除時期がそれぞれ重ならないことがマルチローター

の活用機会を増やしているといえる。耕地面積を度数分布で見ると 10 ha 以下が 1 件、30 ha 以下が 4 件、30 ha~60 ha が 2 件、60 ha から 90 ha が 4 件、90 ha 以上が 1 件となった。日本の農家の 1 戸当たりの平均耕地面積は 1.8 ha (2006 年)、稲作農家の規模別動態の統計も 10 ha 以上を大規模農家と位置づけていることから、今回の調査対象のうち 11 件は大規模農家と位置づけられる<sup>12</sup>。

代表者の年齢は有効回答数 11 のうち、30 代が 4 件、40 代が 2 件、50 代が 2 件、60 代が 3 件である。日本全体の農業従事者のうち、30 代以下は 4.9%、65% が 65 歳以上 (2015 年) であることから、今回の調査対象は、平均に比べ若い世代の農業従事者に偏っていることがわかる<sup>13</sup>。代表者の最終学歴は有効回答数 6 件のうち、専門学校卒が 1 件、大卒が 4 件 (うち農学部 3 件)、修士修了が 1 件であった。少なくとも半数が高校卒業後に進学していることは日本全体の平均と変わらず、1 次産業としては高い比率であると言える。なお、営農形態は個人が 8 件、法人 4 件であった。

以上ヒアリング対象の基本属性をまとめると、三重県、愛知県におけるマルチローターの購入時期は、最も早い農家が 2015 年であり、2017 年を境に丸山製作所から DJI 製へと切り替わる傾向がみられた。導入農家の特徴は水稲および水田活用のため麦や大豆を生産する大規模営農であり、代表者の年齢は 30 代から 50 代と若く、少なくとも半数は高校卒業後進学している高学歴が特徴である。

## 2 購入動機および費用

マルチローターの導入以前の防除手段については、12 件中 8 件が無人ヘリコプターからの代替、1 件が無人ヘリとの併用、無人ヘリは使用していなかったが従来の管理機や噴霧器からの代替が 3 件であった。無人ヘリコプターからの代替には、実際に免許を持って所有しているケース、外注委託しているケース、無人ヘリに加えて管理機や噴霧器を使用していたものをマルチローターで代替するケースを含んでいる。

無人ヘリからマルチローターへの代替理由は、導入コストの安さであった。無人ヘリは本体が約 1400 万円と高額であることに加え、修理代も高額 (例えば一度の墜落で 887 万円というケースがあった)、保険代が年間約 80 万円、検査代が年間約 60 万円であるのに対し、マルチローターは本体が 130 万円から 250 万円、バッテリーやその他付属品を入れても 300 万円以内で購入可能である。加えて保険代と検査代が併せて 20 万円程度である。また軽量であるため、圃場に墜落した際でも大きなダメージを受けない場合もある。総じてマルチローターのコストは無人ヘリコプターの 20% 以下程度であるといえよう。

12 農林水産省 (2007) 『平成 19 年度食料・農業・農村白書』農林水産省。

13 農林水産省 (2018) 『平成 29 年度食料・農業・農村白書』農林水産省。

購入資金については、現金が9件、借入金が3件であった。借入金も無利息によるものが内2件あり、また12件中何らかの補助金の支給を受けたものが4件あった。今回の調査対象となった農家や農業法人のうち、年間の減価償却費が1000万円以上に達する大規模農家にとっては、法定償却期間が7年に設定されているマルチローターへの支出は、単年度で見ると30万円から40万円の支出になるにすぎない。1ha当たり4万円程度となる無人ヘリでの農薬散布の外注費（人件費含む）と比較すれば、年間10ha以上作業すれば外注するより購入する方が安くなる。

他方、管理機や噴霧器からの代替理由は、マルチローターの高い作業効率であった。管理機も噴霧器も小規模農家にも所有されている一般的な農業器具であるが、無人ヘリを用いる大規模農家でも、ヘリコプターで散布しづらい曲がった圃場や狭量地において使用する。マルチローターの価格は管理機の価格（50万円～500万円幅がある）より安く、噴霧器（10万円以下）よりは高額であるが、管理機に対して作業効率（1ha当たりの農薬散布に費やす時間効率）は2倍、噴霧器に対しては6倍から10倍になるといのが農家の実感であった。効率だけでなく作業による疲労度も大きく軽減され、とくに噴霧器による農薬散布をおこなうと、その日は他の仕事ができるだけの体力が残らないという。そのためマルチローターの省力効果は作業員にとって有難いものである。

このようにマルチローターは、無人ヘリコプター保有者にとってはコスト面での優位性が、管理機や噴霧器保有者にとっては作業効率と省力化における優位性が、主要な購入動機であった。そのほか導入の動機としては、鈴鹿市のように一斉に導入するという流れに乗ったケースや、新技術ということとてとにかく興味を持ったというケースもあったことを付言する。免許費用については不満が多い点であるため、別に後述する。

### 3 使用状況

使用状況については、作業期間、作業時間帯、1日平均散布面積、飛行時間、作業人数、自主点検時間、バッテリー所有本数、1日当たりの使用本数、充電方法、散布薬剤の種類と購入先、請負作業・外注作業の有無について質問した。

作業期間は有効回答12件のうち、いずれの農家もほぼ共通しており、水稻では7月上旬、麦が4月、大豆が9月との回答が多く、その前後の時期を含めても半月からひと月程度の時期のずれ幅であった。これは圃場地域と作付け品目が共通しているからであろう。1日当たりの散布面積は1haから20haまで幅がある。作業時間についてはいずれも早朝の5:00から6:00に開始し、12時前には終わる。通学者や通勤者が多い地区は7:00までに終わらせるところもある。

1回当たりの飛行時間は2時間から4時間である。作業人数はオペレーター1名、ナビゲーター1名が最少単位で、最大で3組同時に作業する農業法人がある。作業前後の

点検時間は有効回答数 11 件のうち一切しないという農家が 2 件ある他は、点検、ねじ締め、作業後の洗浄に 1 分から 30 分程度費やしていた。作業点検については農家によって内容や時間にばらつきが大きい。バッテリーの所有本数は、有効回答数 12 件のうち、6 本が 4 件、8 本が 1 件、12 本が 3 件、16 本が 2 件、20 本が 1 件、24 本が 1 件であった。一日当たりの使用本数は、1 件を除き、所有本数と同じか、それ以上の本数を使っている。充電方法は有効回答数 10 件のうち、5 件が移動式発電機を使用している。所有本数以上を使っている農家は、移動式電源によって充電しながら作業を行ってバッテリーを使い回している。家庭用電源から充電する場合でも HUB を入れることによって同時に複数充電したり、充電器を二つ用意するなど充電時間の短縮に工夫がみられる。

散布薬剤については、キラップ、シルバキア、トップジンなどいくつかの商品名が散見されるがすべてが殺虫殺菌剤であり、除草剤は含まれない。購入先はいずれも JA である。請負作業については、12 件のうち 1 件が要請に応じてマルチローターによる農薬散布の請負作業をしており、1 ha 3000 円で行っているというが、この価格の積算根拠は不明である。また 2 件は自ら行うほかに、手が回らない圃場の農薬散布を外注していた。どちらも 1 ha あたり 23000 円、労賃は 18000 円の費用で農薬散布を外注していた。

以上の使用状況から典型的なマルチローターの使用状況とは以下のようなものであろう。水稻の場合、7 月上旬になると虫（カメムシ）を防ぐために殺虫剤をマルチローターで散布する。作業時間は夏場の早朝から 2~3 時間であり、風が出てきたり気温が上がる前に終わらす。マルチローターはカタログ数値では一度に 2 個のバッテリーで 10 分飛行可能であり、1 ha を作業する能力があるが（DJI の場合、1 個積みで 1 ha）、実際にはカタログ数値以下しか飛ぶことはできず、10 分以内に戻さないと途中で電源がなくなり墜落する。またバッテリーを取り換える時間を 5 分程度、複数の圃場への移動時間と作業段取りを見込むと、オペレーターとナビゲーターの 2 人一組で 1 時間で 2 ha から 3 ha、2 時間で 4 ha から 6 ha、3 時間で 6 ha から 12 ha 程度散布可能と考えられる。バッテリーについては、すでに充電済みのものを使い切る形で使用する農家もあれば、軽トラックに発電機を載せて回しながら、使用済みとなったバッテリーを再充電し、もう 1 サイクル回すというような使い方をする農家もある。またバッテリーは熱をもつため、夏場で気温が上がると使えなくなる場合があり、冷却の必要が生じる。また古いバッテリーは蓄電量が劣化するため、頻繁に充電する必要が生じる。

#### 4 農業用マルチローターの評価

マルチローターの評価については、すでに述べた項目と重複する部分もあるが、費用

面、使い勝手、使用前後の作況の変化、周囲の評判、販売店のサービス、使用したい薬剤、総合的な満足度及び不満度、今後の期待という項目で聞き取りを行った。

まず費用面での評価は12件のうち、高い、高く感じるを併せると7件、安い、気にならないが5件と回答が分かれた。ただ価格が高いという農家も、費用対効果では効率が良いことを認めていたり、安いと感じている農家でも無人ヘリに比べたら安いという相対的な評価も含まれているので、今回の調査対象の農家がマルチローターの価格をどのように評価しているのかについては一概に言えない。とはいえ管理機や噴霧器に対する作業効率や疲労度の軽減への高評価と、無人ヘリ導入済み農家が費用面での安さを感じている点は明らかであった。また、本体費用についての評価は分かれるものの、細目費用である免許費用、保険費用、点検費用、付属品（バッテリーや散布用アタッチメント）が高いという声は共通していた。

使い勝手における評価は、既存の管理機や噴霧器との比較、無人ヘリとの比較によって評価される。疲労度は肉体的な疲労と精神的な疲労（気疲れ）に分けられる。肉体疲労は管理機や噴霧器に比べて楽であるが、飛行させるストレスは無人ヘリと変わらないという評価が共通するところであった。また管理機や噴霧器に比べて短時間で済むこと、管理機のように作物を踏むことがない点、コンパクトで軽トラに乗せて移動できるため、必要な時期に必要なだけ散布できる点も高評価点である。その反面、使い勝手に最も低評価なのはバッテリーの弱さ、ダウンウォッシュ（吹き付け力）の弱さ、飛行させる際の気疲れ、耐熱性である。

マルチローターの使用前後の変化という項目については、作業時間が短縮し効率があがったという点と、音が静かで周囲への影響が少なくなったという点、作物の品質や等級には変化がないという点が挙げられた。作物の品質や等級が上がったという評価や下がったという評価は聞かれなかった。効率の向上については管理機や噴霧器から移行した農家と無人ヘリから移行した農家とでは評価の程度は分かれたが、効率が落ちたという評価は聞かれなかった。そのほかでは無人ヘリから移行した農家は、好きな時にすぐに作業できるという点を高く評価している。事前の許可と周囲への周知が義務付けられている点は無人ヘリもマルチローターも変わらないが、マルチローターの場合は、早朝で人の少ないときであれば、音も静かであるため、必ずしも許可を取らなくても、さっとやっつけてしまえるという事情があるらしい。無人ヘリでそれをするときに苦情が入るということであろう。反面、墜落させると高額な修理費がかかるため、飛行させるストレスは無人ヘリと変わらないということも多く聞かれた。GPSによるマルチローターの自動運転がこの点を解決する可能性が高いが、マルチローターの自動運転に関しては慎重な農家が多い。特に事故を起こした時の責任の所在について神経をとがらせる農家が多い。

周囲の評判はマルチローターが普及するかどうかを占う点で重要な質問項目である。最も多く聞かれたのは、ヘリに比べて静かであるため苦情が減ったという点である。だからといっていつも事前周知をしないで飛ばしているとそこはやはり苦情を言われるようである。普及するかどうかについては肯定的な意見が3件、否定的な意見が1件あった。それ以外はもの珍しいという点で注目されている、飛ばしているとギャラリーが集まってくるという意見が聞かれた。肯定的な意見では周囲の農家が導入を検討しているというような話であり、否定的な意見では、ドローンの本体価格や管理費が上がっている点を指摘し、使用を中止した農家があるというものである。

販売店のサービスについては概ね満足しているようである。三重県、愛知県は三重県の菰野町にある東海スカイテック社が販売およびサービスを行っている地域であり、営業所から遠い地域の農家もあるが、機体やバッテリーのトラブルも少なく、トラブルがあったときでもすぐに駆けつけ、代替機を用意してくれるという声が多く聞かれた。今後使用したい薬剤については、現状では認可されている薬剤が少ないので、銘柄を多くしてほしいという声、除草剤を認めてほしいという声が多く聞かれた。無人ヘリに比べてドリフト<sup>14</sup>が少ないにもかかわらず、無人ヘリと同じ薬剤しか撒けない点に歯がゆさが残るようであった。

今後のマルチローターへの期待については12件中9件がバッテリーの改善に要望が集中した。自動運転については意外に少なく3件のみが期待していたが、それを上回る否定的、あるいは慎重な意見があった。そのほか、免許とバッテリー規格の統一、放熱の改善、低空飛行、コンパクトさの維持が挙げられた。

総合的にみて満足している点と不満足な点を念押し的に挙げてもらった項目では、満足している点では、体力的に楽であること、コスト的に安くつくこと、時間が短くて済むことに集約され、不満足点としてはバッテリーということであった。また不満については、マルチローターへの不満ではなく、より農政や営農全体に関わる不満が多く聞かれたため、そのような回答は、次のその他の項目と併せてみていくことにした。

## 5 その他の項目

その他の項目は、マルチローターを先駆的に採用している農家が、農業全体において、あるいは地域の農業コミュニティにおいてどのようなポジションに位置しているのかについて知るために、経営におけるマルチローター以外での先駆的な取り組みをしているのか、今後の営農の見通し、これまでの経歴などについて伺ったものである。また

14 散布した農薬がターゲット以外にはみ出して飛散してしまうことをドリフトと呼び、無人ヘリコプターを用いた農薬散布の場合、ローターの風圧が強いため、農薬がターゲットよりも広範囲に飛散する傾向がある。

総合的な不満点における聞き取り内容も合わせてここで集計する。

経営における先駆的な取り組みの一つが ICT の導入である。12 件中、6 件がクボタ社の農業支援クラウドサービスである KSAS を導入していた。KSAS はさまざまな機能をもつ農家向け業務支援の統合型クラウドサービスであるが、その機能をフル活用している農家はなく、最も進んでいる農業法人では原価計算ソフトを使ったり、従業員の作業記録や進捗管理に使っていた。しかしながら、そうした活用はまだ例外的で、多くは地図代わりに用いたり、圃場の塗り分け機能でどこに何を植えたかを識別する機能を使い始めた程度である。今後については利用料の元を取れるくらいに使ってほしいという農家と、使わないのでやめようかという農家に分れた。従業員がいなくて作業の進捗管理をソフトウェアに任せる必要がないという意見も聞かれた。そのほか、農法における先駆的な取り組みとしては水稻の直播を 2 件の農家が取り組んでいた。これらの農家では、マルチローターの撮影機能を用いた生育状況の把握をしてほしいという。また ICT に限らず新しいものは試してほしい、自分はないが息子の代では導入するといった声もあった。総じて、マルチローターをスマート農業の部分システムとして位置づけ、防除だけでなく作況管理や部分施肥に積極的に活用している農家はなく、現時点ではそれらの用途はメーカーによる実証実験段階にすぎないとの印象であった。

今後の営農の見通しについては、耕作放棄地の請負を通じて農地を拡大するという農家が 12 件中 9 件を占め、今後も農業従事者が減る一方で、一部の農家や農業法人への農地集約が進むことが想定された。また水稻に限らず野菜など多角化を進めたいという声もあった。6 次産業化についてはハードルが高いという声が多く、やはり生産専門でいくという意見が多かった。また助成金頼みの稲作について問題意識を持っている農家が多く、直播などコストダウンにつながる手法を積極的に取り入れようという声も多かった。農協については肯定的な意見と否定的な意見に分かれた。肯定的な農家でも農協以外の販路をもっており、100% 農協引き取りという農家はなかった。肯定的な意見は鈴鹿農協に集中していた。これは鈴鹿市の対象農家の方々が元 JA 職員であったことを割り引かなければならないが、他方でゴマを特産化する試みやマルチローターの集団購買など農協が率先してリーダーシップをとっている点も指摘しておきたい。

#### IV イノベーション普及の観点からの農業用マルチローターの評価

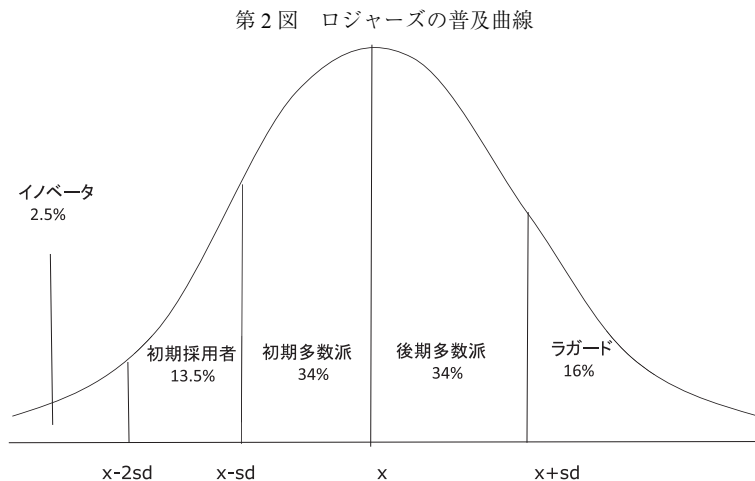
##### 1 イノベーション普及理論

イノベーション普及理論とは社会に新しいアイデアや技術がどのように普及していくのかについての一般モデルを目指すものであり、1960 年代から 2000 年代にかけて事例研究と統計的検証が蓄積されてきている。なかでも農業に関する事例は数が多く、新し

い灌漑手法, 栽培方法, 農薬, トラクターといったイノベーションの普及過程がアメリカだけでなく世界各地で研究されてきた。<sup>15</sup>

普及理論の中核は, イノベーションの普及とは社会的プロセスであり, 技術だけで決まるものではないという命題である。マーケティングの分野でよく取り上げられるように, イノベーションの採用時期には個人差があって, すぐに飛びつくイノベーター, 次に採用するアーリーアダプター, アーリーアダプターに影響されて採用するアーリーマジョリティ, 多くの人を採用してようやく動き出すレイトマジョリティ, 最後まで採用に抵抗するラガードというように, 採用速度の速い遅いに応じて5つのカテゴリーに分類するのが一般的である (第2図参照)。

それぞれの割合はイノベーターが母集団の2.5%, アーリーアダプターが13.5%, アーリーマジョリティとレイトマジョリティが34%, ラガードが16%というのがおおよその目安とされる。すでにみたように2018年における三重県のマルチローター機体数は15機, 免許保持者は38名である。分母に各県の農業経営体数, 農業従事者のいずれをとっても普及率は0.1%までである。農業用マルチローターの普及率は, イノベーション普及理論からみると, イノベーター期のほんの入り口にすぎない。仮に三重県においてアーリーアダプター期に入るには, 機体数でいえば3302台, 免許保持者でいうならば4250人を要することになる。



注1 イノベーションを採用する時点によって計測される革新性の次元は連続的な量である。革新性の変数は, 採用時点の平均値 ( $x$ ) から標準偏差ずつずらすことで, 5つの採用者カテゴリーに区分される。なお, この場合の革新性とは「ある社会システムに属する個人あるいはその他の採用単位が他の成員より早く新しいアイデアを採用する度合いのことである。」

出典: Rogers, E., *Diffusion of Innovations* 5th. ed., Free Press, NY, 2003. (邦訳, エベレット・ロジャーズ『イノベーションの普及』翔泳社, 2007年, 229ページ)

15 Rogers, E. (2003), *Diffusion of Innovations* 5th. ed., Free Press [三藤利雄訳『イノベーションの普及』翔泳社, 2007年].



## 2 イノベーション採用速度と知覚属性

イノベーションの採用速度とは、イノベーションが社会システムの成員によって採用される相対的な速さのことである。イノベーションの採用速度の統計学的な分散の大部分は、「知覚属性」とよばれるイノベーションが潜在的採用者によって知覚される属性や特性によって決まる<sup>16</sup>。ただ事例によってはイノベーション決定の種類やコミュニケーションチャネル、社会システムの性質など知覚属性以外の変数の説明力も無視できない重要性をもつ<sup>17</sup>。現時点において農業用マルチローターの普及段階は最初期にあるため回帰式を導くことは時期尚早であるが、以下では知覚属性の観点から、マルチローターの知覚属性について12件の聞き取り調査の結果から定性的な傾向を見出すこととする。

Rogersによればイノベーションの知覚属性とは、①相対的優位性、②両立可能性、③複雑性、④試行可能性、⑤観察可能性、に細分される。それぞれの属性とは何かを定義してから、今回の調査結果を考察しよう。

### ① 相対的優位性

知覚属性における相対的優位性とは、「新たに登場したイノベーションが既存のイノベーションよりも良いものであると知覚される度合い」と定義される<sup>18</sup>。既存の技術、手段、アイデアと比べてイノベーションの採用がどの程度優位性を持つのかに関する判断である。採用速度には正の相関を示す。その際、採用者の判断には、純粋に技術的な知覚だけでなく、採用者の経済的要因、社会的地位、報酬の即時性などが影響を及ぼすとされる。初期費用が採用者の財布にとって高額であれば、技術的優位性を認めながらも、採用を見送るかもしれないし、逆に技術的優位性については半信半疑であっても、社会的地位のシンボルであるならば採用することもあるだろう。

マルチローターを既存の防除手段より良いものであると知覚される度合いを決めるものは、マルチローターによって節約できる時間、労力、苦情、費用といったものとなる。これらの点においてマルチローターの評価は次のようなものである。第一に既存の管理機および噴霧器から移行した採用者にとって、時間と労力におけるマルチローターの優位性は明らかなものであった。次に無人ヘリから移行した採用者にとっては、マルチローターは苦情と費用の点で明らかな優位性があった。先行して使用していた機器によってマルチローターの優位性の内容は異なるが、いずれの場合でも理論モデルにおける代表的な優位要因を満たしている点は注目に値すると思われる。

さらに今回の調査では、新たに「柔軟性」という優位性を見出すことができるかもしれ

16 *Ibid.* [邦訳, 153 ページ].

17 *Ibid.*

18 *Ibid.* [邦訳, 21 ページ].

ない。自然相手の農業においては他のセクター以上に柔軟性の重要性は高い。マルチローターの場合、コンパクトで持ち運びが容易、かつ短時間で終わらすことができるため、かならずしも法規通りに事前届や周知をしていなくとも、必要な時（虫が発生したら直ちに）に必要な箇所（虫の発生した箇所に）に素早く（早朝に気付かれることなく）、防除作業を実施できるという点である。コンプライアンスとしては問題を残す但至少とも現状ではそのような運用が可能となっている点で優位性としてカウントすることができるだろう。

次に相対的優位性についての採用者の判断に及ぼすその他の要因もみておこう。経済的要因については採用者によって意見が割れている。費用対効果という点で高く評価している営農者でも本体価格、バッテリー価格、免許取得費用や点検費用のいずれかにおいて、割高感を感じている場合が多い。割高感をもたらす要因として、たとえば他の電子機器と比べてマルチローター用のバッテリー価格が割高であることや、中国で販売されている同種のバッテリーの価格が安いこと、免許についても機種ごとに取得しなければならないという法規制などへの反発など、広範な要因が複合して作用していると考えられる。一方で、無人ヘリから移行した採用者は、従来の非常に高額な価格体系に慣れていることもあり、価格面での苦情はみられていない。今後は本体価格のみの価格水準よりも、備品や付帯サービスも含めた個々の価格の合理性が問われると思われる。

採用者の社会的地位に関しては総じて高いといえる。またマルチローターに対する周囲の見方が「物珍しい」という表現で集約されているように、地域コミュニティのなかでも目立つ存在であることが分かる。いずれの採用者もその基本属性から耕地面積や従業員の規模において大規模な農業法人や農家が多く、若手であつて学歴も高く、また日本農業賞を取得した農家に代表されるように地域の模範やリーダー的存在である。鈴鹿市の7件の農家のようにリーダー的農家の提唱でまとめ買いをするなどの例もみられることから、地域におけるリーダーが先駆的な採用を後押ししたこともうかがえる。併せて、農業用クラウドサービスの採用も半数以上に上ることから、マルチローターを真っ先に採用した層は、農業経営へのICT導入や新しい管理手法の導入に高い関心を示していけらうことが考えられる。ただ6次産業化といった商品化やブランド化に関する取り組みはそれほど熱心ではないことから、あくまで農業生産の範疇における技術や経営管理におけるイノベーションに関心が高い層であるといえよう。

## ② 両立可能性

知覚属性における両立可能性とは、「イノベーションが既存の価値観、過去の体験、潜在的採用者のニーズと相反しないと知覚される度合い<sup>19</sup>」と定義される。両立性が高い

19 Ibid. [邦訳, 21-22 ページ].

れば普及速度に正の相関、両立性が低ければ負の相関をもつ。既存の社会文化的価値観や伝統的思想信条と相容れないイノベーションは、技術的な優位性があっても採用を拒まれがちであるし、従来慣れ親しんできた手法や操作方法、取得済みのライセンスが無駄になってしまうようなイノベーションであれば、良いとわかっているにもかかわらず拒否されるだろう。さらにそもそもニーズがなかったり、将来の潜在的なニーズと相反するようであれば採用されない。反対に、既存の価値観や経験と親和性が高く、潜在的ニーズによりうまく応えていれば、普及速度に対しては正の相関をもつだろう。

こうした両立可能性の観点から、マルチローターの事例を考察するならば、営農者の規範意識として農薬の空中散布に伴う後ろめたさがある。ヒアリングでは、いずれの農家も従来から農薬の散布には大変気を遣っているというのが共通点であった。周辺住民の通勤、通学はもちろんのこと、早朝の犬の散歩や自動車での付近の通行に対しても、作業時間と重ならないよう細心の注意を払っていた。すでに述べたが空中散布には事前の届け出と周囲への周知が義務化されている。とはいえ害虫や疫病の発生は散布の予定日に合わせてくれないため、背に腹は代えられない事情もある。このような不条理が尋常ではない営農者の周囲への気遣いと、空中散布をしているだけでパトカーが駆けつけるというような周辺住民の緊張感を生み出している。

営農者の既存の規範意識に対してマルチローターの低騒音と柔軟性は、相反しないどころか、農薬散布の後ろめたさの低減に寄与しているといえる。調査では無人ヘリからマルチローターに変えてから苦情が減ったという声が多く挙がっている。さらに散布した農薬が狙ったところ以外に飛散してしまうドリフト問題が、無人ヘリに比べて少ない点も農業者の気分を楽にしている。つまり既存の規範意識との両立という点ではマルチローターは普及に対して正の相関といえるだろう。

次に既存の経験との両立可能性については、具体的には無人ヘリによる空中散布の経験および営農者の免許の有無によって評価は分かれる。無人ヘリ免許をもち、すでに無人ヘリを農薬散布に使用している営農者にとって、マルチローターは既存の経験の延長上、あるいは簡易版のように映っている。実際に免許取得費用も無人ヘリ免許を持っていれば、初めから取得する場合の4分の1程度で取得できる。

それに対して、管理機や噴霧器から移行してきた農業者にとっては、空中散布の経験もなければ免許もない。高度と姿勢を一定に保ち空中から安定して農薬をまくという作業の難易度は、地上を走行する管理機や、自らの手足を使って行う噴霧器での農薬散布に比べて高いといえる。墜落すれば高額な修理費がかかるという心配も常にある。このような農業者からは、マルチローターを飛ばす気疲れやストレスという言葉をよく聞くことになった。また高額な免許費用に対する抵抗感や、免許取得後も一定の飛行時間を蓄積しなければ一人前にはならないという即効性に欠けるという点も挙げられていた。

以上からマルチローターの普及に対する既存の経験との両立可能性は、管理機や噴霧器からの移行組にとっては負の影響、無人ヘリからの移行組には正の影響をもつものと考えられる。

最後に潜在的ニーズとの両立可能性であるが、今回の調査では12件中9件が今後耕作地の拡大の見通しを持っていた。農地が拡大すればするほど管理機や噴霧器での作業が大変な労力や時間を費やすものとなる。この点で、今後の見通しにおいて拡大を見込んでいる営農者にとっては潜在的ニーズとマルチローターとの相性は良く、採用に正の影響を与えるものと思われる。管理機や噴霧器からの移行組が、免許を取得しマルチローターの採用に踏み出すのも、この規模拡大に対する将来投資という側面が強いだろう。反対に小規模で拡大見通しもなく、跡継ぎもない農家では、マルチローターのもつ既存の経験との両立可能性の低さは、採用に負の影響をもたらすといえる。

### ③ 複雑性

知覚属性における複雑性とは「イノベーションを理解したり、使用したりするのに相対的に困難であると知覚される度合い」と定義され、複雑性が高ければ高いほどイノベーションの採用速度とは負の相関となる<sup>20</sup>。上記で見たような相対的優位性や両立可能性が高くても、新しい手法や技術を理解するのが困難であったり、使用不可能なほど操作が難しかったりすれば、採用者は採用を見送ったり、複雑性が軽減されるまで採用時期を延期したりするだろう。

複雑性の観点から今回の調査結果を考察するならば、特段の大きな問題はなさそうである。というのもマルチローターを使用するためには免許が必要であり、免許を取得する過程で、最低限の知識と技能を獲得することができるためである。もちろんそのためには費用と時間を費やすことになるが、免許制度それ自体は、複雑性を軽減するという方向で影響する。とはいえ、ヒアリングではこれまで無人ヘリの操作経験のない高齢の営農者(65歳以上を想定)がマルチローターを一から学ぶのは大変だろうという声も聞かれた。無人ヘリの経験があれば高齢者でも十分に対応できるが、そうでなければ操作が複雑で覚えることも多いからであるという。今回の調査はすでにマルチローターを採用している営農者だけを対象にしているが、無人ヘリの経験のない未採用者を含んで広範に調査を行った場合、マルチローターの操作のむずかしさ、墜落のリスク、危険性(回転しているローターに触れると怪我をする)、免許取得の労苦などが、複雑性の度合いを高めることも考えられる。すなわち、無人ヘリの操縦経験の有無や、新たに免許を取得する場合でも、取得時点の年齢によってマルチローターの複雑性に対する評価は異なるものと考えられる。

20 Ibid. [邦訳, 22 ページ].

一方で法規制の改正待ちとなっている今後のマルチローターの自動運転は、複雑性を軽減する点で期待できるだろう。のちに見るように、今回の調査では自動運転に慎重な意見が過半数を占めたが、慎重になる営農者はすでに操作技能を修得しているためでもあり、無人ヘリからの移行組にはとりわけ慎重な声が多かった。反面、無人ヘリの経験のない営農者は、マルチローターを飛ばすストレスが思ったより高いことに言及し、自動運転の実現を希望することが多かった。現状のマルチローターは半自動飛行までが実現されているが、事故の際の責任についての法規が未整備であるため、実用には至っていない。複雑性は、自動運転の実現が、現在未使用の潜在的採用者に対して、マルチローターがどの程度アピールするかという点にも関わり、重要な知覚属性であるといえる。

#### ④ 試行可能性

知覚属性における試行可能性とは「イノベーションを体験しうる度合い」と定義される<sup>21</sup>。実際に採用する前に試すことができるかということである。新しいアイデアや技術の採用には不確実性が伴う。したがって採用する前に試すことができれば、不確実性を軽減することができる。試行可能性が高ければ、採用速度には正の相関を示す。

マルチローターは免許制度があるため、免許講習が最初の操作経験となり試行可能性を担保するだろう。多くの営農者は、機体の購入前に免許講習を受講する。さらに免許が不要で安価な「トイドローン」も容易に入手できる。数千円程度のものであっても作動原理は同じであり、空中における安定感などを体験することができる。これらの点からマルチローターの試行可能性は高く、普及速度に正の影響を与えると考えられる。

#### ⑤ 観察可能性

知覚属性における観察可能性とは、「イノベーションの結果が他の人たちの目に触れる度合い」と定義される<sup>22</sup>。観察可能性が高ければイノベーションの普及速度には正の相関を示す。マルチローターの場合、その成果を観察可能な機会は、販売代理店や農協による実演会、先行して導入した営農者の感想や評価、そしてマルチローターを扱う専門業者による農薬散布の外注サービスを通じて潜在的採用者に開かれている<sup>23</sup>。いずれの機会においても、マルチローターによる農薬散布の現場を見学することができるだけでなく、時間や労力はどの程度節約できるのか、米の等級は維持できるか、苦情は減るのか、ドリフトはどの程度かといった疑問や懸念について前もって観察可能である。

21 *Ibid.*

22 *Ibid.* [邦訳, 22-23 ページ].

23 潜在的採用者が作業外注を通じて観察可能性を高めるルートについては、研究報告を聞いてくれた帝京大学の飯塚陽介氏に指摘されたものである。

今回の調査結果では、「周囲の反応」としてマルチローターで作業をしていると見学者があつまってくるという意見が多かった。作業は早朝に行われるとはいえ、特に隠蔽されたりしているわけでもないため、マルチローターによる農薬散布作業の観察は活発におこなわれているようである。とはいえ、潜在的採用者にマルチローターの使用の相対的優位性がどのように伝わっていくかというルートやチャンネルにはさまざまなバリエーションがあり、潜在的採用者が属しているコミュニティによって異なるであろう。啓蒙的な団体や販売促進企業が企画するイベントやシンポジウムに参加する機会、先発採用者との交流の機会などの多い少ないによって普及速度を促進する程度は異なるだろうが、いずれにしてもマルチローター観察の機会の多さは普及速度に正の影響を与えると考えられる。

### 3 防除用マルチローターの知覚属性の評価

以上をまとめたのが第3図である。農業用マルチローターの相対的優位性は、時間や労力の節約という点で管理機や噴霧器に対して大きく上回り（2倍から6倍の効率性）、費用の節約という点で無人ヘリを大きく上回る（6分の1から8分の1のコスト）。同時に管理機とコストは変わらず（噴霧器よりは5倍程度高額）、無人ヘリに比べて散布効率は大きく変わらない（さらにドリフトは抑えられる）、さらに騒音が低くコンパクトであるため必要な時に必要な箇所だけ短時間で防除できるという柔軟性を独自の長所とする。以上を総合すると一定規模以上の圃場（例えば10ha以上）であれば、マルチローターの相対的優位性は、既存手段に比べて高いと評価することができる。

技術的あるいはコスト的な点における両立可能性は無人ヘリからの移行グループにおいては高いが、管理機・噴霧器からの移行グループにおいては低い。無人ヘリでの操縦経験や免許との両立可能性は高く、管理機・噴霧機との両立可能性は低いためである。したがって母集団における両タイプの構成比によって、普及速度に与える影響は変化する

第3図 防除用マルチローターの知覚属性

知覚属性	防除用マルチローターの評価
相対的優位性（普及に正の影響）	高
両立可能性（普及に正の影響）	高（無人ヘリからの移行の場合） 低・中立（管理機からの移行の場合）
複雑性（普及に負の影響）	低（無人ヘリからの移行の場合） 高（管理機からの移行の場合）
試行可能性（普及に正の影響）	高
観察可能性（普及に正の影響）	高（作業の観察） 無評価（成果の観察）

出典：ヒアリングに基づき筆者作成

るだろう。慣習や伝統との両立可能性は、無人ヘリの場合、もともと空中散布に後ろめたいという規範意識があるため、苦情を少なくするマルチローターへの移行は促進されよう。管理機や噴霧器の場合は中立的である。むしろ今回の調査においては、管理機や噴霧器からの移行グループは、将来の農地拡大という潜在的ニーズとの両立可能性の高さによって、マルチローターの採用を決めていた。以上から両立可能性の評価は無人ヘリからの移行グループで「高い」、管理機・噴霧器移行組においては、将来の農地拡大を予定しているという条件付で「やや高い」という結果となろう。総じてマルチローターの両立可能性は、普及速度に正の影響を与えそうである。

複雑性についても無人ヘリからの移行グループと管理機・噴霧器からの移行グループで異なる結果となる。前者では空中散布に慣れており免許も取得しているため複雑性は「低い」、後者では空中散布の経験がなく、新たに免許も取得しているため複雑性は「高い」という結果となった。

試行可能性については、免許制度があるため問題にならないという点から「高い」とした。農業用マルチローターを飛ばすためには機種ごとの免許が必要であり、免許取得のための講習で必ず試行することになるからである。さらに免許取得以前にも無免許飛行が可能な「トイドローン」を試すことも容易である。

農業用マルチローターの導入成果に対する観察可能性については、促進団体や販売代理店による実演会、先発者の作業や評価の見聞、外注防除サービスの利用といった複数の機会が開かれているため、「高い」と考えられる。今回の調査で明らかになったような知覚属性が広く周知されることによっても、観察可能性はさらに高まっていくと考えられる。その点で販売店、農協、自治体などの役割が問われよう。

以上より、潜在的採用者からみた農業用マルチローターの知覚属性を総合すると、今後の普及速度を速める属性が多いことが分かる。管理機・噴霧器からの移行グループにおいては、複雑性や両立可能性などの点で普及を阻害する属性をいくつか見出したものの、大半の属性において普及速度を速める属性を多く満たしていると結論づけることができそうである。さらに無人ヘリからの移行グループにとってマルチローターの採用に負の影響をもたらす知覚属性は今のところ見当たらず、速やかな普及が見込まれそうである。

#### 4 知覚属性以外の変数についての考察

すでにみたように、先行研究においてはイノベーションの採用速度についての回帰式のうち、イノベーションの知覚属性が説明力の49～87%を占めるとされる。しかしながら事例によってはそのほかの変数、すなわちイノベーションの決定の種類、コミュニケーションチャネル、社会システムの性質、チェンジエージェントの努力といった変数

も高い説明力を持つことがある。そのため今回の調査結果について、知覚属性以外の要因に対しても目を配っておく必要がある。

イノベーション決定の種類とは「イノベーションの採用決定が個人の自由意思によるものか、組織的なものか、命令によってなされるものかの違い」と定義される<sup>24</sup>。一般的にイノベーションの決定過程に多くの人に参加すればするほど採用速度は遅くなると言われる。また命令は採用速度を速めるという影響がある。今回の調査では、個人的な意思決定が9件、集合的な(命令的なニュアンスもある)意思決定が3件あった。このうち集合的な意思決定は「鈴鹿農協の会合でマルチローターを知り、わが社の社長の呼びかけで鈴鹿市内の農家で7台を購入した」(個票番号5)というものであった。それ以外の事例ではそれぞれの営農者が個人の判断で採用を決定している。マルチローターの採用決定は個人でなされる場合が多いと思われるが、組織的決定や権限による決定も無視はできない。以下にみるような営農者の横のつながり、農協の役割の大小、補助金を支給する機関などもイノベーションの決定の種類に影響するであろう。

次はコミュニケーションチャネルである。コミュニケーションチャネルとは「イノベーションが存在しているという情報が潜在的採用者に伝達される方法」と定義される<sup>25</sup>。典型的なコミュニケーションチャネルとしてマスメディアと口コミが挙げられる。前者は1人ないし少数のメッセージを多数のオーディエンスに到達させることが可能である。他方、口コミは人を説得して新しいアイデアや技術を受け入れさせるのに適している。マスメディアに較べて口コミチャネルに依存している場合、普及速度は遅くなるとされる。また近年ではインターネットサイトやSNSのようなコミュニケーションチャネルの影響力がますます増大している。今回の調査では、採用を決めたきっかけは、無人ヘリの販売代理店から勧められたからという回答が最も多く、他には農協の会合で知ったというも回答があった。今回の調査では、イノベーター層の採用のきっかけは、マスメディアや口コミによる説得ではなく、販売代理店すなわちマルチローターの販売で利益を得るという意味でのチェンジエージェントによる働きかけの影響が大きかったといえる。

社会システムの性質とは「社会システム内部の成員のパターン化された社会的関係」と定義される<sup>26</sup>。社会システムの構造が堅固であり規範が共有されていれば予測可能性が高まり不確実性は減少する。反対に社会システムの構造が柔軟であり、規範が共有されていなければ予測は難しくなり、不確実性は高まる。イノベーションの採用速度に対しては正負どちらにも影響するが、いずれにしても社会構造が堅固であり規則的であるほ

24 *Ibid.* [邦訳, 153 ページ].

25 *Ibid.* [邦訳, 25 ページ].

26 *Ibid.* [邦訳, 32-36 ページ].



うが、採用にしても不採用にしてもその決定が広がる速度を速めるだろう。今回の調査では、まず社会システムの単位をどう定めるかということが問題になるが、少なくとも3つの候補が考えられるだろう。ひとつは三重県や愛知県といった県単位である。次に特定の販売代理店の商圈（例えば、三重県+岐阜県+愛知県等）である。最後に単位農協あるいは集落レベルである。どの単位を採るかは研究や調査の目的に依存する。いずれにしても社会システムの性質を測定するための質問項目は難しいものとなるだろう。イノベーション普及の研究にとっては社会システムの属性がなるべく異なるように単位を選ぶことが適切である一方、ビジネス的には販売代理店ごとにマーケティング策を打てるような単位が望ましい。

最後にチェンジエージェントの努力である。チェンジエージェントとは「普及の対象となる社会システムの外部から影響力を行使する専門家」と定義される<sup>27</sup>。チェンジエージェントは、彼が属する機関や組織からみて望ましい方向と思われる方向にクライアントのイノベーション決定に介入する。先行研究ではチェンジエージェントの努力は採用率が母集団の3%から16%に至った時に普及に大きな影響を与えるとされ、その後はチェンジエージェントによる努力がなくとも、イノベーションは社会システム内部に浸透し続けるとされる<sup>28</sup>。今回の調査でチェンジエージェントと呼べる機関や組織は、すでに述べた販売代理店や農協に加え、自治体の農政課や農業試験場、マルチローターのメーカーなどが考えられる。今回の調査対象となった営農者の多くは、販売代理店や農協からの情報提供が採用のきっかけとなっていたため、イノベーター期においても、チェンジエージェントの努力は影響するようである。チェンジエージェントと社会システム内のオピニオンリーダーとの関係も重要であろう。鈴鹿の事例ではオピニオンリーダーの一声で7台が採用されているからである。

## VI おわりに

以上が農業用マルチローターの利用状況について三重県と愛知県の12件の農家を対象としたヒアリング調査の結果と、調査結果をイノベーション普及の観点から考察したものとなる。研究の知見は以下のようにまとめられよう。

- ① イノベーション普及理論の観点からみれば、農業用マルチローターの現状の普及段階は2.5%といわれるイノベーター期よりもさらに初期の段階である。
- ② したがって本格的な普及段階への橋渡しの目安と言われる「初期採用期」の13.5%程度の普及をみるまでは、農業用マルチローターが実際にイノベーションとして普

27 *Ibid.* [邦訳, 37 ページ].

28 *Ibid.* [邦訳, 154 ページ].

及するかどうか普及理論の観点から見極める必要がある。

- ③ 今回、マルチローターの知覚属性の観点から考察した調査結果は、とくに相対的優位性においてマルチローターの普及を早める要因を多く満たしていた。とくに無人ヘリからの移行グループにとって負の影響をもたらす要因は見当たらず、このセグメントにおいて急速な普及が生じる可能性がある。
- ④ イノベーション決定の種類、社会システムの属性、コミュニケーションチャネル、チェンジエージェントの役割から考察した調査結果は、ケースバイケースとなる。マルチローターの採用決定の種類は個人単位、集団単位、権限によるもののいずれの場合もあるが、普及速度に影響を与える農業コミュニティの性質は、普及の単位を自治体単位、農協単位、商圈単位のいずれをとるかによって変わってくるからである。とくに農業コミュニティの性質は、コミュニケーションチャネルやチェンジエージェントの努力にも影響するため、マーケティングをする際には適切に農業コミュニティをくくったうえで、それぞれの性質に応じた施策を打つことが、マルチローターの普及を促進すると思われる。

ビジネス実務の観点から調査結果について付言しておくならば、すでにマルチローター市場に参入した企業は、今回明らかになった普及メカニズムを促進する属性をさらに強めていくこと、普及を阻害するボトルネックについては、技術的な解決、サービスのな解決、法規的な解決を急ぐこと、さらに研究開発、マーケティング、アフターサービスといった諸活動を統合的に管理して、競争優位をつくり出していくことが求められる。そのためには技術的的属性だけでなく、農業コミュニティの構造やコミュニケーションチャネルのあり方、すでにマルチローターを採用しているイノベーター層の農業コミュニティにおける位置づけや役割を理解し、社会的なプロセスが普及にポジティブな影響を持つように関与する必要があるだろう。

以上の調査結果および考察は、あくまで三重県と愛知県においてマルチローターをすでに採用している営農者12件を対象とした聞き取り調査から定性的な特徴を抽出し、イノベーション普及理論の観点から考察を加えたものに過ぎない。今後の課題としてはいくつかの段階が考えられる。今回の調査結果を他の地域の採用済み営農者へのヒアリングを通じて検証すること、マルチローターを数年以内に購入する予定である営農者、今後も導入する見込みのない営農者にもヒアリングをおこなって定性的な特徴を抽出すること、さらに以上の作業からマルチローターの普及に影響する属性を定式化し、採用者だけでなく採用見込み者、非採用者も含めて統計的に意味のある規模でアンケートを実施して、採用者カテゴリごとの属性の違いと、普及速度についての重回帰式を推定することである。また、マルチローターは農業用ICTの一部分にしかすぎないが、このような研究手法は他のICT普及研究にも応用できるとも思われる。

引用文献・資料

(1) 日本語文献

佐藤郁哉（2018）「大学教育の『PDCA 化』をめぐる創造的誤解と破滅的誤解（第1部）」『同志社商学』70巻1号, 27～63 ページ。

中村哲（1991）『近代世界史像の再構成』青木書店, 246-247 ページ。

橋本健二（2018）「戦後日本の農民層の分解と農業構造の転換」吉田崇編『2015年SSM調査報告書 社会移動・健康』（SSM調査研究会）, 123-147 ページ。

堀江英一（1961）「農民層分解の分析方法－わがグループの提言（一）」『経済論叢』（京都大学）87巻1号, 1-21 ページ。

(2) 外国語文献

Rogers, E. M. (1962), *Diffusion of Innovations*, London, Free Press.

Rogers, E. M. (2003), *Diffusion of Innovations* 5th. ed., Free Press [三藤利雄訳『イノベーションの普及』翔泳社, 2007年].

Ryan, B. and N. C. Gross (1943), "The Diffusion of Hybrid Corn Seed in two Iowa Communities," *Rural Sociology* No.8, pp.15-24.

(3) その他

愛知県農業センサス（2017年度版）。

京都新聞（2019年8月23日朝刊）。

東海スカイテック（2018）『マルチローター説明資料』東海スカイテック。

三重県農業センサス（2017年度版）。

農林水産省（2007）『平成19年度食料・農業・農村白書』農林水産省。

農林水産省（2018）『平成29年度食料・農業・農村白書』農林水産省。

第4表 調査結果一覽

個票番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
農場所在地	三重県松阪市	三重県多気郡	三重県松阪市	三重県鈴鹿市	三重県鈴鹿市	三重県鈴鹿市	三重県桑名市	三重県桑名郡	愛知県弥富市	愛知県岡崎市	愛知県西尾市	愛知県西尾市
所有機種	MMC 940 AC	MMC 940 AC	MMC 940 AC	MG-1	MG-1	MG-1	AC 940	MG-1	AC 940	MG-1	MMC 940 AC	MMC 940 AC
購入時期	2016年	2016年	n.a.	n.a.	2018年8月	2018年8月	2015年	n.a.	n.a.	2018年3月	2017年	n.a.
作付品目	水稲、麦、大豆	水稲、麦、大豆	水稲	大豆	大豆	大豆	水稲、麦、大豆	水稲、麦	水稲、大豆	水稲、麦	水稲	水稲、麦
散布面積 (ha)	120	65.73	29	12	12	83.01	35.78	64.96	26.2	60.7	2	31.35
代表者年代 (学歴)	30代 (n.a.)	60代 (大学、農学部)	n.a.	60代 (JA に20年勤務したのち、就農)	60代 (JA に20年勤務したのち、就農)	30代	40代 (大卒)	50代 (大卒 農学部)	30代 (大学院修士、土木)	30代 (専門学校卒)	60代 (n.a.)	50代 (n.a.)
管農形態 (雇用人数)	農業法人 (6名)	農業法人 (1名)	農機具販売法人 (0名)	個人 (アルバイト数名使用)	個人 (アルバイト使用)	個人 (7名、うち外国人2名)	個人 (0名)	有限会社 (10名)	個人 (0名)	個人 (1名)	個人 (2名)	個人 (0名)
購入動機	管理機、噴霧器、無人ヘリコプターを代替 (無人ヘリコプター年間150万円)	管理機、噴霧器の代替、ラジコンヘリコプターをヘリコプターに置き換える (無人ヘリコプター年間150万円)	周辺農家の省力化を進め、農薬関を防ぎ、農薬関連機器の取扱いにつなげるため	免許をもち、ヘリの導入を検討していたが、口コミがよく販売店が運める DJI を導入。地元で農業リーダーの一声で御引が見込まれた。	玩具のラジコンヘリを改造し、農薬散布に使用していたが、法改正で使えなくなったため。	鈴鹿農協の会でマルチロータを知り、7台を鈴鹿市内の農家を訪問。機から作業効率を上げるため	無人ヘリに較べ扱いが楽で価格も安い。ヘリの操縦経験も生かしては予約したが、必要時に必要なだけ作業ができる。無人ヘリは価格が高く操作が難しい。音やドリフトの問題があり、マルチローターの方が地域の人も安心する。	新技術であったこと、乗用管理機はトラクタで運べる。マルチローターは一人でも運用可能。マルチローターは一人でも運用可能。マルチローターは一人でも運用可能。	無人ヘリを利用して近づく飛ばせたい地域が多いため、音の静かなマルチローターへ切り替えた。農薬散布は日ごとの付き合いで理解している。マルチローターは一人でも運用可能。マルチローターは一人でも運用可能。	ヘリの導入費が1400万円なので5分の1で済むから。維持費もヘリが80万円に済む。年に3-4回の使用を考慮して7年償却を考え、60万円/年かかると25回程度使うことになる。外注するより安い。乗用管理機は作物を踏んでしまうので除草剤散布のみに使用。	3年前から無人ヘリを所有。その補完のために購入。それまでは噴霧器を使っていた。ヘリは修理代 (887万円)、保険代 (80万円)、車検代 (60万円/年) を含め、マルチローターを修理した。愛知県の補助金を利用して使用。農地の多い農地の為、細かいところまで手で届くという理由でマルチローターを採用した。愛知県の補助金を利用して使用。	無人ヘリの補完として使用。農地の多い農地の為、細かいところまで手で届くという理由でマルチローターを採用した。愛知県の補助金を利用して使用。
ローン購入費用	250万円+30万円 (バツテリ6本)	210万円~240万円 (バツテリ12本込み)	250万円 (バツテリ1台含む)	240万円 (全込)	250万円 (全込)	250万円、保険を入れると300万円	100万円弱 (4年前)、バツテリ1台除く。モニター価格。	本体・手数料込で200万円、保険など合わせて300万円。	本体・手数料込で150万円と220万円。	本体130万円から140万円、散布機器が40万円、バツテリは8本購入。	295万円 (本体手数料込)	約260万円 (1/3は補助金)。
資金、融資、補助金	現金	JA からの借入金 (無利息)、自治体の補助金があるが無人ヘリで使用済みで使えなかった。	借入金 (商工会の補助金も利用)。	現金 (JA の補助金5万円も利用)。	現金。	現金 (JA の補助金5万円も利用)。	現金。	現金。	現金。	現金。	借入 (無利息) JA から。JA 補助金50万円。	現金。
免許費用	19万4千円	5万円 (ヘリ免許有)	20万円	19万4千円	19万4千円	19万円 (ヘリ免許有)	7万円	20万~25万円	10万円 (ヘリ免許有)	5万円 (ヘリ免許有)	5万円 (ヘリ免許有)	7~8万円 (ヘリ免許有)
散布薬剤 (対象作物)	キラップ (水稲、大豆)、プレバソン (水稲、大豆)、トップジン (小麦)	トップジン (水稲、大豆、麦)	殺虫殺菌剤	キラップ (大豆)、プレバソン (大豆)	キラップ (大豆)	キラップ、プレバソン	プレバソン、キラップ	キラップ、シルバキア	キラップ	スタークル、フレクソニオン、クアアキア、パーキア	スタークル、シルバキア、トップジン	スタークル、キラップ、ボディガードプロ
購入先	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA

購入動機および費用

使用状況

1日平均散布面積	20 ha	10 ha 強	10 ha	6 ha	2~3 ha	10 ha	1ha~2.5 ha	5~6 ha	5 ha	15 ha	2 ha	2~4 ha
請負作業(料金)	なし	なし	3000円(1ha)	なし	なし	なし	大豆の防除だけ外注。自社散布30ha、外注が35ha(1ha当たり22,300円)、労賃18,000円)	なし	なし	2018年実績で5haを外注した。1haで23,400円、労賃18,000円。自らもヘリの防除を100ha請負した。	なし	なし
バッテリー所有本数(本)	12	12	12	6	6	6	20	6	16	8	16	24
1日あたり使用本数	12本で足りな い。充電しな がら使っている。	12本で足りな い。充電しな がら使っている。	12	6	6	充電が間に合う 限りまわし続け る。	20	8	16	20(8本を充電 しながら回す)	4~6	24
充電方法	移動式充電機か ら専用充電器	n.a.	n.a.	家庭式充電機	移動式充電機	移動式充電機	発電機から専用 充電器	家庭用コンセ ント(6本一度に できる)	2セットの充電 器	専用充電器 (HUBを用いて)	充電器2つ	移動式充電器
運用人数(オペ レーター、ナビゲ ーター、補助員 など)	3~4名。	オペレーター1 名(農業の補充、 バッテリー交換、 も兼任)、ナビゲ ーターは妻、 補助員ゼロ。	オペレーター1 名、ナビゲータ ー1名(依頼人)。	オペレーター1 名、ナビゲータ ー1名。	オペレーター1 名、ナビゲータ ー1名。	オペレーター3 名、ナビゲータ ー3名。	オペレーター1 名、ナビゲータ ー1名。	オペレーター3 名、ナビゲータ ー6名。	オペレーター2 名、ナビゲータ ー2名。	オペレーター1 名(薬物入れ替 え、移動もすべ てやる)、ナビ ゲーター1名。	オペレーター1 名	オペレーター1 名
作業期間	4月中旬(麦)、7 月中旬(稲)、9 月中旬(大豆)。	4月上旬(麦)、6 月中旬と7月 20日以降(稲)、 9月下旬から10 月上旬(大豆)	7月上旬から。	8~9月。	9月中旬。	大豆10月。	水稲7月、9月 (除草)、大豆8 ~9月。	7月10日から 8月20日。	7月水稲、9月 麦。	3月4月に麦、7 月に水稲、9月 に大豆。	4月から10月 末まで。	5月(麦)、6~7 月(水稲、除草)、 7~8月(水稲、 殺虫)、9月(大 豆、殺虫)。
作業時間帯	8:00~10:00	6:00~16:00 (休憩含む)。	8:00~11:00。	6:00~8:00。	7:00~9:00。	7:00~9:00。	5:00~8:00。	7:00~10:00。	4:00~7:00 (通勤通学時間 を考慮)。足り ない場合は夕方 にも。	6:00~11:00。	6:00~12:00。	5:00~10:00。
飛行時間(面積)	2時間(20ha)	2~3時間	2時間。	1時間程度(バ ッテリーが尽き るまで)。	30時間程度。	3~4時間(風次 第)。	3時間。	4時間。	3時間程度。	3~4時間。	3~4時間。	2時間。
総飛行時間	n.a.	n.a.	n.a.	15時間。	40時間。	40時間。	60時間。	16時間。	約50時間。	約20時間。	n.a.	n.a.
自主点検時間 (作業内容)	0分。	ほぼ0。	30分。	使用前10分 (点検、緩子締 め)、使用後30 分(水通し、掃 除)。	5分(薬剤が固 まるため、洗浄 する)。	5分(タンクの 水通し、羽の掃 除)。	1分程度。シル バキアを付けた 時は水洗い。	n.a.	使用前約10分 (点検、ねじ締 め)、使用後約 30分(水を通し て掃除、点検)。	30~40分程度。	0分 点検に出 すだけ。	自主点検30分。
費用(理由)	安い(無人ヘリ 委託料2年分 150万円と比べ て)。	高い(維持費が 年12万円かか る)。	高い(タンクな どが数万円す のは解せない)。	高い(運行で懸 念、鈴鹿市で一 気に7台導入、 もって使用頻度 を上げなければ ならない)。	高い(管理機に 乗べ作業効率が 倍、作物を踏ま ない、移動が大 量の水を使い、 移動にはトラッ クを用いるた め)。	高い(管理機に 乗べ作業効率が 倍、作物を踏ま ない、移動が大 量の水を使い、 移動にはトラッ クを用いるた め)。	高い(本体以前 に免許費用がか さむ。エンジン トは機種ごとの 北倍と二倍以 上は効率が変わ る)。	安い、もう一台 ほしいくらい (乗用管理機と 比べると二倍以 上は効率が変わ る)。	初高と感じる (使用用途や期 間が限定され ない)。	ヘリから移行し たので不満はな い。	高いかなという 感じ(はつきり しない分、高いか どうか判断する のは難しいけれ ど、ヘリの値段に 驚きはしない)。	無人ヘリに比べ ると安い(バツ テリー、保険、 整備の面)。費 用対効果を考え ると高い。

使用状況

評価

	<p>身体的に楽が掛か。葉小圃が掛・変形圃場に通ずる。軽トラ運搬便利。委託に比べ作業が増えたが費用が安く満足。</p>			<p>圃場に気を遣う。離脱の時は道筋からスタートするの。通行が人や車に気を使わなければならない。半自動機能的向きの少く変わりやすい。</p>	<p>圃場に気が遣う。離脱の時は道筋からスタートするの。通行が人や車に気を使わなければならない。半自動機能的向きの少く変わりやすい。</p>	<p>果では効率が良い(管理機の2倍以上、噴霧器の6倍の効率で葉も葉)。</p>	<p>機体の安定感もある(管理機の2倍以上)。</p>	<p>電池の消耗が激しい。1 ha が一面になっている。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。</p>	<p>体力的には楽になった。ヘルマールで神経を使わない。</p>	<p>行うべき最適化の時期に防除ができて、農家(人)の力だけで左右される。その結果、飛行機も抑えられる。資材費も抑えられる。葉作では50 m 先が見えにくい。気遣いはけっこりする。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>	<p>仕事も楽になった。今までは他の所へ人を回すようになった。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>
<p>強い勝手</p>			<p>葉小圃が掛か。葉小圃が掛・変形圃場に通ずる。軽トラ運搬便利。委託に比べ作業が増えたが費用が安く満足。</p>	<p>圃場に気を遣う。離脱の時は道筋からスタートするの。通行が人や車に気を使わなければならない。半自動機能的向きの少く変わりやすい。</p>		<p>果では効率が良い(管理機の2倍以上、噴霧器の6倍の効率で葉も葉)。</p>	<p>機体の安定感もある(管理機の2倍以上)。</p>	<p>電池の消耗が激しい。1 ha が一面になっている。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。</p>	<p>体力的には楽になった。ヘルマールで神経を使わない。</p>	<p>行うべき最適化の時期に防除ができて、農家(人)の力だけで左右される。その結果、飛行機も抑えられる。資材費も抑えられる。葉作では50 m 先が見えにくい。気遣いはけっこりする。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>	<p>仕事も楽になった。今までは他の所へ人を回すようになった。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>
<p>使用前後の変化</p>	<p>n.a.</p>		<p>圃場に気を遣う。離脱の時は道筋からスタートするの。通行が人や車に気を使わなければならない。半自動機能的向きの少く変わりやすい。</p>	<p>圃場に気を遣う。離脱の時は道筋からスタートするの。通行が人や車に気を使わなければならない。半自動機能的向きの少く変わりやすい。</p>	<p>果では効率が良い(管理機の2倍以上、噴霧器の6倍の効率で葉も葉)。</p>	<p>機体の安定感もある(管理機の2倍以上)。</p>	<p>電池の消耗が激しい。1 ha が一面になっている。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。R ごとに飛ぶ距離は長い。</p>	<p>体力的には楽になった。ヘルマールで神経を使わない。</p>	<p>行うべき最適化の時期に防除ができて、農家(人)の力だけで左右される。その結果、飛行機も抑えられる。資材費も抑えられる。葉作では50 m 先が見えにくい。気遣いはけっこりする。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>	<p>仕事も楽になった。今までは他の所へ人を回すようになった。ダウングラス。ヘルマールは強い。ポンプの掃除のために使い切ったバッテリーをまた充電しなくてはいけない。電力でコンテナにつないでポンプ掃除をするようにしてほしい。</p>	

評価

周間の評判	販売店のサービス	満足 (整備、故障の際の対応、免許取得、点検)。	事前周知をしない(作業委託の場合)は、周知を合がやっていた。	騒音へのクレームはない。物珍しさ、好奇心。	聞きなれない音がつするのでも、聞いて教えられる。物珍しさを言われ、物珍しさにギャグを飛ばす。地元有志の農業農家も最近導入。	聞きなれない音が、危険だか、近所から近づく音が、認識されている。	苦情は来ていない。珍しさが、危険だか、近所から近づく音が、認識されている。	無人へ飛行ばすとバトカーや地蔵などのクレームはない。民家からクレームは来ない。	無人へ飛行ばすとバトカーや地蔵などのクレームはない。民家からクレームは来ない。	若い社員が意欲的に飛行している。ヘリに比べて静か、苦情はない。	民家からのクレームはない。日ごろの付き合いや関係づくりに影響はない。	これから増えると思う。周知だけでも2~3人使っている。飛ばすことを見習いたい。メンテナンスは自分でやる。事故防止の責任が重くなる。	これから増えると思う。周知だけでも2~3人使っている。飛ばすことを見習いたい。メンテナンスは自分でやる。事故防止の責任が重くなる。	周間の人たちが持っている。飛ばすことを見習いたい。メンテナンスは自分でやる。事故防止の責任が重くなる。	珍しいという声が多い。クレームも少ない。飛ばすことを見習いたい。メンテナンスは自分でやる。事故防止の責任が重くなる。		
使用 (登録) したい薬剤	野菜関係	除草剤、天然農薬、害獣対策の忌避剤	除草剤、天然農薬、害獣対策の忌避剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	除草剤、コメの生育中期に使える除草剤	
今後への期待	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにしてほしい。カメラ用途で飛ばせるようにしてほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにしてほしい。カメラ用途で飛ばせるようにしてほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにしてほしい。カメラ用途で飛ばせるようにしてほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにしてほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。	飛行時間やバッテリー交換時期が分かるようにほしい。カメラ用途で飛ばせるようにほしい。自動運転システムに期待している。

<p>評価</p>	<p>満足している点</p>	<p>コスト削減、ヘリがカバーできない部分への防除、持ち運び。</p>	<p>体力的に楽になった。</p>	<p>丸山製作所とは長い付き合いで安心感がある。口コミで広がり、コマめがきれいと言われる。リポーターが多く作業が楽になる。</p>	<p>作業時間が短いだけでなく、理由はある。管理機は作物を踏むし、噴霧器はしゃんとし、足跡が草が生えてくる。</p>	<p>もう一台ほしいくらい。</p>	<p>安全面での不安。</p>	<p>農業の世界は非常識である。生産者が強すぎる。生産者がおかしい。農業に関わる人はすべて対等のパートナーであるべき。</p>	<p>不満はない。</p>	<p>現状では積載量が不足。会計制を5年償却してほしい。</p>	<p>薬に運べるのは飛び地で農地を離れ、細かい動作が出来る。ヘリに比べて操作が簡単。人力に比べて体力的に楽。最適な時期に最適な量の防除剤散布が可能。</p>	<p>費用対効果で考える、価格が高い印象。ポンプの掃除中もバッテリーを使うのが手間。様々なことに気を遣うため、操作が精神的に疲れている。登録されている農薬が少ない。</p>	<p>経営における先駆的取組</p>
<p>その他</p>	<p>不満足な点</p>	<p>バッテリー性能、ダウンウオッシュンユ不足、夏季の熱問題、GPSの差切れ。</p>	<p>副場に飛び地が多いので、バッテリー消費効率が悪い。ダウンウオッシュンユ不足。</p>	<p>20年前に比べてコマめだけでは食えない。至り、助成金が多い。農家は多し、年間にできる仕事が必要。</p>	<p>思ったより操作が楽でない。簡易車でも十分な形の農地が多い。神経をより使う。</p>	<p>ICT興味なし。副制御しているのが作物知識がないと駄目。ハウスならICT導入も有り。</p>	<p>新しく面白いもの、特に作業を楽にできるものは今後も検討したい。</p>	<p>クボタのKSASを導入。費用の割に使用しない。補助金の多さは嬉しい。個人農家6軒で法人化を行ったが失敗。リターナーシップ不足。組織化のストレスが原因。現在の販売先は、農協、卸、個人販売、フーマーズママーネット。JA鈴鹿は非常に優良で手厚い補助がある。</p>	<p>クボタのKSASを導入。副場の情報を社員間で共有。使いはじめの情報は大変だった。加工販売には興味がない。生産を大事にしたい。</p>	<p>クボタのKSASを使っているがやめようかと思っている。利用料の4000円/月は元が取れない。アップグレードの色の違いと進捗の遅い程度。便利だが自分でやるの必要。</p>	<p>クボタのKSAS、社員間の情報共有に使用。3年目になる。日本農業大学を受験(宏志の定着率安定した経営が評価)。</p>	<p>社長は新しいものが好き。クルマ、ラジカセ、バイクが好き。</p>	<p>経営における先駆的取組</p>



<p>今後の営農の見直し</p>	<p>現状維持（国策に沿う）、コスト削減、耕作放棄地の増員増加。</p>	<p>従業員一人に1検後、後継者を検査し、経費を増やさない。</p>	<p>請負に一定の反響があり、今後でも続ける。地域の離農を防止したい。つなごうを大事にした営農をしたい。</p>	<p>人がいないが農地は多い。ハローワーク紹介の人材を揃やす必要がある。後継者が二極化。鈴鹿は組合や部会の結束が強い。ゴマをIA 鈴鹿が推進中。</p>	<p>後継者不足。地が増えている。現在保有の土地を有効活用する。IA を中心に、ネットワーキングのつなごう、元気なイメージ。</p>	<p>後継者不足の土地を引継ぎ受けていて、年々土地が広がっている。最近始めた（アメリカカヘ視察へ行つた）、法人組織にした。市内でまとめて輸出しようとしている。</p>	<p>家族経営だけで作りたい。マルチローターの活用もしたい。</p>	<p>育苗が大変（コストの40%）なので直播（鉄コナーティンク）をやりたい。若手の人を操縦させる。</p>	<p>規模の拡大は考えていない。規模より生産性を高めていきたい（現在は9割が農協へ出荷）。</p>	<p>6次産業化は速い。農協の関与が進んでいる。関係も薄まる。変われば付き合いたい。食味を固めた後は拡大したい。野菜も手掛けた。1.2名を雇いたい。</p>	<p>65歳までやる予定。息子に継がせる。6次産業化は時間もお金もかかるため予定はない。農家の所得は減っている。補助金が増えている。約半分が補助金。</p>	<p>芽が固くなれば水位をあげ、雑草の芽を食わせさせる。共存を実現している。</p>
------------------	--------------------------------------	------------------------------------	--	--	--	---	------------------------------------	---	---	--	--	--

出典：ヒアリング記録（冊票1～12）より筆者作成