

草刈機のスマート化に関する調査研究

山下光二¹⁾ 岩崎哲也¹⁾ 奥野竜平²⁾

Research on getting grass mowers smarter

Koji YAMASHITA¹⁾, Tetsuya IWASAKI¹⁾, Tappei OKUNO²⁾

【Abstract】

Mowing grass for farmers is a very demanding task even though it does not produce value in agricultural production. Especially in mountainous areas, there are many steep slopes which require farmers to work very hard, and in the hot summer months, it can only be done manually for a short time, so the burden on farmers is very large, and it is a major obstacle for farmers. There is a problem of agriculture in Japan where the farming population is decreasing, but there are cases where new farmers give up on continuing because of the heavy burden of mowing grass. It is said that smart agriculture will save the declining agriculture, and there are high expectations for smart agriculture, but the current model called smart mower does not match the needs of the field. If a mower that meets the needs of the field is developed, we believe that it will greatly reduce the burden on farmers and will be a major force in promoting smart agriculture in Japan by continuing to focus on agricultural production for new farmers. In this research report, we will report the results of a survey aimed at clarifying the ideal form of a mower that matches the needs of farmers, and consider proposals for the future of mowing grass.

Keywords : smart agriculture, mowing glass, smart mower, mountainous area

1. 背景と目的

1. 1 スマート農業の現状

日本の農業が衰退していくとの予想は多くの文献に示されており(三輪ほか, 2019), (吉田, 2020), (窪田・山口, 2022), 農業就業人口は 1990 年の約 500 万人が, 最近の予想では 2020 年の農業従事者は約 136 万人と, 30 年間で大幅減となった(黒瀬, 2022). 農業産出額も 1980 年には 12 兆円規模であったが, 2017 年には 9.3 兆円まで落ち込んできている. 就農人口の減少は一人当たりの単純平均の農地面積の拡大につながっているが, その実態は, 農地余り, 後継者の不足や労働力不足で栽培できない, などの影響にあ

われている(三輪ほか, 2019). さらに, 三輪泰史(2021)の報告では, 農業を魅力的な産業に変えるには, 作業がきつい, 所得水準が低い, 投資負担が大きい, 容易に借金できるが返済不能となりやすいなどの問題を解決する必要がある, 農業を継続できる産業へ転換していくための展望として, スマート農業に大きく期待を寄せている. このスマート農業は, 農林水産省により「ロボット, AI, IoT など先端技術を活用する農業のこと」と定義されているものである.(農林水産省ホームページ, 政策情報, スマート農業, スマート農業をめぐる情勢, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/smart/attach/pdf/index-192.pdf>, 2024. 5. 13 参照)

一方, 農林水産省は 2019 年よりスマート農業実証

表 1 農家へのスマート農業の課題に関するヒアリング

	農家経営課題	スマート農業課題	ズバリ! スマート農業とは
農家 A 南あわじ市	・土地購入近隣の認知判必要など負担大きい ・助成金にたよる経営となるケース多い ・農業の働き方改革(時間外, 深夜残業)が必要	・技術的課題多いが, 短期で成果を求めるのではなく, 継続していくことが大事	”次世代へのプレゼント”
農家 B 洲本市	・米価が課題(農協次第) ⇒直販小売ビジネスでやっていく ・草刈の負担ととても大きい(お金を出す価値無し)	・技術未熟(ドローン除草の環境リスク, 田植機 GPS 稼働せず) ・コスト高く使えない ・農業にあっていない	負担大きいことをスマート化すべき 草刈のスマート化で新規就農者の拡大
農家 C 洲本市	・6 次産業化必須. ・販路が確保できないと農業やっていけない ・草刈の負担大きく, 農業しているか草刈をしているかわからないくらい	・後継者が一番課題	スマートシティーにしたい
農家 D 淡路市	・大規模化が必要 ・草刈機の導入などの負担大きい	・初期投資が大きい ・補助金使えない農家がいる	楽しく農業ができる 新規就農者でもできる

1) 兵庫県立淡路景観園芸学校/兵庫県立大学大学院緑環境景観マネジメント研究科

2) 株式会社農社

表 2 技術センターへのスマート農業
課題に関するヒアリング

	スマート農業課題	ズバリ！スマート農業とは
技術センター 1	・草刈機含めコスト高く使えない (システム費大きい、農家からの回収困難)	・暗黙知を見える化する手段
技術センター 2	・農業いろいろあり、適用できる機能がない。 ・技術開発されても農家の求めるものと齟齬がある。 ・山間地、小規模農家のニーズにマッチングした機械が無い。果樹園の草刈は機械なく人手依存できつい。 ・小規模対応の農協の力が必要	・だれでもできる農業にすることがスマート農業 ・経験則関係なしで女性、お年寄りができる。
技術センター 3	・技術自体は良いが、コストが効果に見合わない ・メーカーの経営体力が必要 ・身の丈にあった技術が無い	・やりはじめたばかり

プロジェクトを立上げ、2022 年度まで全国で 205 のプロジェクトを実行中であり、プロジェクトではいろいろな成果が報告されているが、なかなか農業の現場には浸透してきていないのが実態である。

筆者は、これまでの引用文献に加えてさらに予備調査として、兵庫県内の農業改良普及センター、兵庫県立農林水産技術総合センター（以後、技術センター）などの行政側の意見や農家からヒアリングを実施し、現在のスマート農業に関する問題点、今後の期待などの意見を聞いた。具体的には、南あわじ市、洲本市、淡路市から 4 軒の農家と農林水産技術総合センターの加西、和田山、南あわじの 3 箇所、農業改良普及センターの朝来、丹波、加古川、光都の 4 箇所を訪問し、ヒアリングを行った。農家には主に経営課題とスマート農業の課題、最後に、スマート農業とはという質問に答えていただいた。

農家からのスマート農業に対する共通した意見（表 1）は、現時点では技術が未熟で、今後も継続していくことが重要であること、そのためにも後継者が必要である。また初期投資が大きいことも課題にあげている。スマート農業に対しては、これから新規就農者の拡大や後進へ引き継ぐものとして、大きな期待を抱いているポジティブな意見が得られた。

技術センター3 箇所からの意見（表 2）も農家と同様な意見で、コストが高く、効果に見合わないなどの課題があげられている。兵庫県の特徴である中山間地、小規模農家のニーズにマッチングした機械がないなどの課題が示されている。

より農家と密接に活動を行っている農業改良普及センターからも技術が発展途上でまだ未熟で、かつコストが高い、また草刈についても、リモコン機は省力であるが、実際に中山間地で使える草刈機がないとの意見である。スマート農業とは初心者でもできるもので

表 3 農業改良普及センターへのスマート農業
課題に関するヒアリング

	スマート農業課題	ズバリ！スマート農業とは
改良普及センター 1	・技術が発展途上で未熟である ・草刈機のコスト高く使えない	・初心者でもできるスマートな農業 ・今後の草刈機のスマート化に期待したい
改良普及センター 2	・小規模農家ではコスト高い ・多くの人が利用しコストダウンすると普及していく、シェアリングの活用 ・獣害と合わせて草刈の負担大きく重労働	・省力化に尽きる
改良普及センター 3	・受け入れるだけの資金力不足 ・今のスマート農業技術は農地の大型化が必要 ・現在、進化途中である ・使えるリモコン草刈機がない	・コストダウン
改良普及センター 4	・草刈機の単価高い ・メーカー間の互換性がない ・技術は進んでいくが操作経費がかかる	・特別な農家しか使えるものでなく、誰でも使えるもの ・汎用性が必要

汎用性が必要とのメッセージが得られた。（表 3）

このように、農家や行政サイドからの素直な意見として、スマート農業はこれから期待ができるもので、発展後に汎用的に役立つものへの転換が必要であることが示された。

今回のヒアリングの中で、農家での草刈は重労働で負担が大きく、草刈機の単価も高いと訴える意見が多く、獣害とあわせて、草刈は 2 大負担の一つとなっているとの声が多く聞けた。また、現在のスマート草刈機と呼ばれる機種であっても、まだまだ中山間地に対応できるものは無いとの意見もあった。

草刈は農家にとって大きな負担であるにもかかわらず、生産価値を生まないがゆえにスマート化がなかなか進展しにくいという現状認識が得られた。

これらの予備調査の結果、特に草刈に関して認識した課題については、さらに実際の現場での実態調査やより多くの関係者の声を確認することで、今後の改善提案に繋げていくことが研究のポイントとなる。

1. 2 本調査研究の目的

このようにスマート農業を進展させる上でも、草刈の負担軽減のテーマは非常に重要であり、本調査研究では、スマート農業の中でも草刈に注目することとし、特に中山間地での草刈について草刈の実態と草刈機の現状を調査し、草刈機のさらなるスマート化を目指し今後のスマート草刈機のあるべき姿を提案することを目的とする。

2. 調査研究の方法

次に調査研究の方法について述べる。図 1 は本調査研究の流れを図にしたものであるが、大きくは草刈の

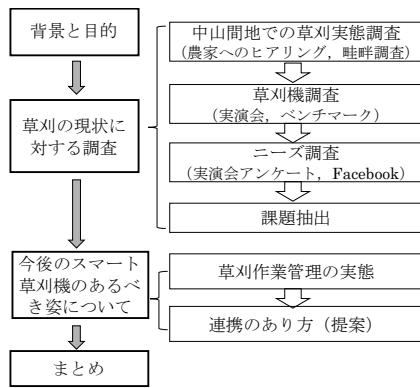


図 1 本調査研究の流れ

現状に対する調査と、それを元に検討した今後のスマート草刈機のあるべき姿に関する提案の二つに分かれる。

具体的な草刈の現状に対する調査として、まず中山間地での草刈実態調査を行った。あらためて農家への草刈に特化したヒアリングを行いその実態の生の声を聞いた。

農家へのヒアリングの調査は、2022年6月～7月にかけて3農家より面談にて実施した。対象農家は、洲本市の2農家、および加古川市から1農家である。洲本市では中山間地での農家が多くあり草刈の負担が大きい地域ということで、洲本市在住の農業コンサルタントの株式会社農社からヒアリングの対象として紹介いただいた。また、加古川市の農家については、草刈負担が大きい農家ということで、その地域の農業を支援する農業改良普及センターから紹介いただいた。ヒアリングに対応いただいた人数はそれぞれ1-2名である。

さらに中山間地での特徴である急勾配で長い斜面を有する畦畔での草刈作業現場での実態を調査した。これらの調査は草刈の実態把握として重要と考えた。

次は、現状の草刈機の調査である。草刈機の実演会を、例年草刈を行っている草刈場を使って開催し、模擬的に草を刈るなどして実際に草刈機を動作させ、草刈機の評価・調査を行なった。また市場で販売されている先端の草刈機の性能や価格などを展示会でのヒアリングや資料などで調査し、それらをまとめベンチマークを行った。この草刈機の調査から現状の草刈機が農家の草刈に対する要求を満足させるかを評価した。

さらに、草刈機に対するニーズ調査を実演会でのアンケートや Facebook を活用して実施した。最後に、草刈機調査、ニーズ調査を通じて現状の草刈機の課題を抽出、明確にした。

この課題を解消するには草刈機メーカーとの連携が必要であるが、その連携も含めた今後のスマート草刈機のあるべき姿を検討しあらたな連携スキームを提案した。

3. 草刈の現状に対する調査

3. 1 中山間地での草刈の実態調査

3. 1. 1 農家からのヒアリング

草刈の現状実態とスマート化への期待について、前項で抽出した3農家からヒアリングした結果を表4にまとめた。

3軒の農家のうち2軒が淡路島内の中山間地、残りの1軒が加古川の平地農業地域にある。中山間地にある農家Gからのヒアリングでは、耕作地に対する法面面積比率は44%もある。これは法面が極めて少ない平地農業に比較すると、大きな法面面積であり、平地農業地域とは全く異なった草刈環境にあることが理解できる。また、加古川の平地農業地域の法面はため池の周りのもので、中山間地での特徴である上の圃場と下の圃場との圃場間を管理する2者間、あるいは同一農家の法面ではなく、ため池を共同で使用する多く

表 4 農家からの草刈に関するヒアリング

	農地	草刈対象箇所	負担について	期待すること
農家 E (洲本市)	中山間地の 水稻	法面,1町分	・2人×1か月/年間 ・草刈負担とても大きい ⇒新規就農者がやめていく ・草刈に価値を見いだせない	・草刈のスマート化で,必ず新規就農者が拡大する
農家 F (加古川)	水稻	ため池の法面	・営農組合(6営農団体,計600戸)共同で草刈 ・従来の手刈りをやめて3年前リモコン草刈機“神刈”を共同購入し,年10日間20・30人が10日間1・2人へ省力化できた ・“農業やっているか草刈をやっているかわからない”	・現在はため池法面に利用 ・平地が多いので平地の畦畔の草刈の無人のスマート化ができれば良い。 ・後継者が課題
農家 G (洲本市)	中山間地の畑,水稻計8町	3.5町,耕作地の44%(法面多い)	・年5回;家族3人で実施 ・畦は草刈り機,法面は刈払いで草刈 ・リモコン機械をJAへ依頼予定	・リモコン期待するが刈り残ししない機能が欲しい ・農業,特に水稻は投資大きすぎ

表 5 農林水産省の統計情報による畦畔率(*)

	田畑計 (ha)		田 (ha)		畑 (ha)	
	本地	畦畔	本地	畦畔	本地	畦畔
全国	4,154,000	171,100	2,223,000	129,500	1,932,000	41,700
畦畔率		4.1%		5.8%		2.2%
兵庫県	66,300	6,080	60,600	5,670	5,690	410
畦畔率		9.2%		9.4%		7.2%

(*)本表の畦畔率は、農林水産省の統計データの本地と畦畔の面積から筆者が計算で求めたものである。

の農家団体が管理する法面であり、団体での共同草刈作業になる。共同での草刈作業の場合はその団体メンバーの管理も必要となってくるので、さらに農家の負担は大きくなる。平地農業と中山間地では草刈対象のエリアのうち、法面の比率が大きく異なるため、本報告では、この中山間地での草刈に注目する。また、その法面を定量的に把握することは農家の負担を評価するために重要なことと考える。

3. 1. 2 畦畔調査

農林水産省の作物統計面積調査の令和4年耕地面積統計情報（農林水産省ホームページ，統計情報 分野別分類，作付面積・生産量，被害，家畜の頭数など，作物統計，面積調査，令和4年耕地面積，<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/attach/pdf/index-2.pdf>，2022.12.14参照）によると，畦畔率（耕作できる土地：耕作地に対する耕作できない畦や法面などの畦畔の占める比率）は全国で4.1%，中山間農地の多い兵庫県で9.2%となっている（表5）。ただ，畦畔率についての統計データはこの農林水産省の統計情報以外で公知文献では見当たらないため，今回はこの統計情報を参考にしたが，この統計で示された畦畔の面積は，耕地面積のような全国の39,411の標本単位毎の実測集計値ではなく，別途実測に基づいて設定した畦畔割合（率）を推定し耕地面積に乗じて算出したものであるため（農林水産省ホームページ，統計情報 分野別分類，作付面積生産量，家畜の頭数など，作物統計，面積調査，面積調査の概要，<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/gaiyou/>，2024.5.13参照），地域固有の実態を反映したものとは異なる。なお，この表5の畦畔率の数値は農林水産省の統計情報の作物面積調査で示された畦畔面積と本地面積を使い面積比率を筆者が計算して作成したものである。

そこで今回，洲本市の中山間地にある農家（表4の1番目）の保有する田畑について実測調査をおこなった。

本農家の圃場は総面積12,308m²（約1町2反，法面含む）で耕作地は9,429 m²。法面面積を法面の長さと法面の幅を巻き尺で実測し面積を求めると2,071m²（約2反）と，この農家の場合，畦畔率は22%であり，先の農林水産省の兵庫県の統計データ9.2%に比較し

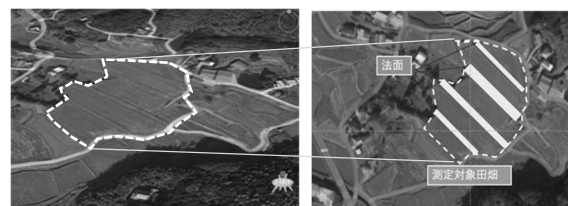


写真1 農家の圃場および法面測定対象地
(Google Earthの画像に法面の位置を加筆)



写真2 一部の法面

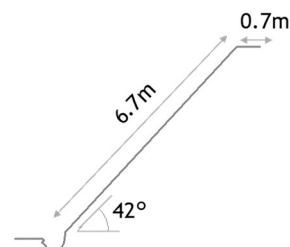


図2 写真2の法面の
長さと傾斜角

て極めて大きい数値になっている。また，法面の角度はほぼ42°で，法面幅は6.7mのところもあり(写真1，写真2，図2)，法面の傾斜中央に立つての刈払作業とならざるを得なく，ころげ落ちる危険もある命懸けの作業である。また，この地域での草刈は一年の内，田植え前の5月から6月にかけて，田植え後の6月末，稲穂前の9月末，収穫前の10月，オフシーズンの12月から1月の5回行うケースが多いが，この圃場では法面傾斜地では夏の暑い時の手作業が困難であり実施しておらず，田植え後の6月末，稲穂前の9月末は，草刈りを実施していない。

3. 1. 3 草刈機実働の実演会による調査

兵庫県立淡路景観園芸学校/兵庫県立大学大学院のキャンパスフィールドで実演会を実施。ここでいう実演会とは，実際の草刈機を使って草刈の実演を行うことを意味する。対象機種としてリモコンタイプの3種類を用意し，参加者により実際に動作を見学してもらうとともに直接運転もおこない，その評価と問題点，課題を抽出した。また参加者が保有する農地の草刈面積についてもアンケートし畦畔率のデータ取得を行った。

対象機種（メーカー名と機種名）：アテックス RJ700，クボタ ARC-501，オーレック SPIDER MOWER RCSP530 の3機種。

参加者のうち約半数が兼業農家で，25名のアンケート回答が得られた。（図3）

実演会のフィールドは傾斜角が約20-30度の比較的緩やかな斜面を対象に，自走草刈動作での評価をメーカーの担当者の操作による動作に加え，参加者自身がリモコン操作を行い各機種の動作評価を行った。表

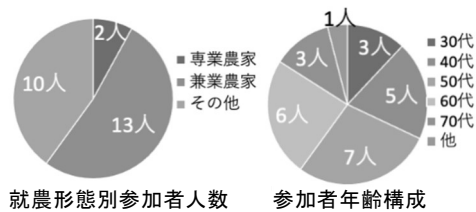


図3 実演会参加者人数内訳

6に、回答者25名の性能評価項目ごとの平均点を示す。表6では、3社の各機種はA,B,Cとして記載している。Bは評価点が低く、AとCが同程度であった。ただメンテナンスなどの使い勝手でCがよりポジティブな評価となっていた。

アンケートで購入したい機種について聞いたところ、Cが14名、Aが4名、Bが2名と、動作評価でAが高得点であったにも関わらず、Cを一番購入したいという意見が多かった。

購入したくない理由について聞いたところ、Aは重く、価格が高く、ここまでの性能は不要であること、Bは斜面での走行安定性に欠けること、Cは草刈の速度が十分でない、また納期が長いなどの意見であった。

また、実際にリモコン草刈機を導入したいか聞いたところ、導入希望が10人と半分以下であった。

さらに、リモコン機種で購入する場合の希望価格をたずねたところ、平均61万円と市場価格の半分以下であり、需要者の価格要求とは大きな差があることが明確になった。

現行の機能に、さらに欲しい機能を聞くと、1時間以上で動作すること、穴や大きな石など障害物を感知し自動で止まる機能やさらに急な斜面での動作、バッテリー式の騒音が低いものを希望する声があった。

現在の草刈面積について耕作面積との割合を聞いたところ、参加者累計で、水稲900aの耕作面積に対し草刈面積520a(58%)、畑125aの耕作面積に対し草刈面積55a(44%)であり、写真1の圃場の22%より大きく、整然とした田畑でなく草刈対象の耕作地以外の場所が大きいという結果が得られた。この草刈対象の面積は、例えば草刈事業を検討する場合には、別途詳細に調査しておく必要がある。

今回の実演会を通して得られた認識は、現時点では、多くの草刈需要者のニーズを満足させるスマート草刈機が無いという問題が明確になったことである。

今回の実演会での草刈機の評価を行なった上で、参加者からの具体的なニーズを抽出すると、価格が市場価格の半分程度であること、さらに急な斜面での安定動作、より軽量であること、高い草刈速度が必要、より安定した走行性、1時間以上で動作すること、穴や大きな石など障害物を感知し自動で止まる機能、バッテリー式の騒音が低いものなどを希望する声があっ

表6 リモコン草刈機動作評価結果一覧

	評価項目	メーカー機種ABC の評価点 n=25 (*)		
		A	B	C
1	移動はスムーズだ	4.0	2.2	3.7
2	移動速度は早い	4.0	2.0	3.8
3	草丈の高い草でも刈れる	3.9	2.3	2.9
4	急傾斜で安定である(転倒せず)	3.6	2.7	3.5
5	草の残り具合:きれいに刈れる	3.5	2.6	2.8
6	穴などの土地形状に強い	3.5	2.4	3.3
7	回転しやすい(平地)	3.5	2.7	3.7
8	メンテナンスが楽 刃	2.6	2.6	3.8
9	メンテナンスが楽 本体	2.6	2.6	3.2
10	ひっくり返った時に持ち上げられる	1.6	2.8	3.5
11	保険がある	2.5	2.6	2.5
12	使い勝手がよい	3.1	2.6	3.3
13	防水性がある(川に落ちた時も)	1.7	1.3	1.4
14	総合的な評価	3.5	2.2	3.4
	価格(万円;参考)	332	137	129

(*) 評価点は1刻みの5段階で5点が満点の設定とした

た。一部の機種で過剰性能は不要、納期を短くする必要があるなどが挙げられる。

最新のリモコン機種であっても、性能、価格とも需要者のニーズに合致したものはなく、このため、喫緊の草刈のニーズ、例えば高齢化で法面の草刈が過酷で実施できない場合でも、高額なため草刈機の購入に踏み切ることができず、その結果、シルバー人材派遣などの外部業者に頼らざるを得ない状況が発生していると思われる。また、そのような高齢者の農家では、外部業者に依頼する場合の費用として農村振興による中山間地域等直接支払制度(農林水産省ホームページ、農村振興、中山間地域等直接支払制度、中山間地域等直接支払制度パンフレット(第5期対策)(PDF:2,251KB), https://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/s_about/attach/pdf/index-14.pdf, 2022.7.29参照)の交付金に頼らざるを得ないなど、現場での対応に苦慮されている事例も今回のヒアリングで聞くことができた。

このように、まず農家のニーズを明確にすることが重要であり、その情報に基づいて、スマート草刈機のあるべき姿を求め、次世代のスマート草刈機の開発に繋げていくシナリオを構築することが今後の課題と考えられる。

なお、今回の実演会に出展したどの草刈機メーカーからも、農家のニーズの吸上げができておらず、実演会でのニーズまとめの情報を非常に貴重なものとして捉えていることがわかった。これは、今後の草刈機のスマート化を進めるにあたってニーズをどう集約するかという点で重要な検討事項である。

3. 1. 4 ベンチマーク

表7は、現在入手可能なリモコン式及びロボット型の草刈機一覧である。筆者が直接見聞したものは、外観写真も掲載している。いずれも市販価格100万円程

表 7 リモコン式及びロボット型の草刈機一覧

メーカー	型名	価格¥ (税込)	外観(撮影 許可済)	刈幅 mm	刈高 mm	斜度 deg	作業能 率㎡/h	重さ kg	大きさ LxWxH(mm)	動力源	得意とする 場所(筆者の 主観含む)	コント ローラー
アテックス	神刈 RJ700A	3,320,000		700	45-95	45	1330	365	1515x1110x785	エンジン 12Vバッテリー	法面など	プロボ,ス マホ
クボタ	ARC501	1,375,000		500	40,52,64	40	595	142	1084×855×637	エンジン 12Vバッテリー	中山間地斜面, 果樹園	プロボ
オーレック	SPIDER MOWER	1,298,000		530	30-100	45	1400	138	970x915x580	エンジン 走行電動モータ	斜面	プロボ
三陽機器	AJK600	1,529,550	-	600	75,90	40	600	200	1260x1165x675	エンジン	傾斜面	プロボ
ササキ コーポレーション	smamo RS400-2	1,644,500	-	717	50	35	840	103	1373×400×864	バッテリー (リン酸鉄リチウ ムイオン電池)	水田の畦畔,法 面,太陽光パネ ルの下	リモコン
和同産業	ロボモア MR-300	495,000	-	300	30-70	-	-	16	845×520×360	バッテリー (家庭充電可)	太陽電池の下	ロボット
ハスクバーナ・ ゼノア	WM510RC	506,000		510	40-70	10	-	72	450x1030x680	エンジン 走行電動モータ	平坦地	リモコン
ハスクバーナ・ ゼノア	ペローン KHM400W	1,738,000		400	60	20-60	-	300	1310x1160x1150	エンジン (親子とも)	急傾斜地	手動
AGRIA	9000 シリーズ	7,480,000		112	50-200	50	5000	480	1420x1500x770	エンジン	傾斜地	リモコン
	spider ILD2SGS	-	-	1230	140	41 (55)	7000	387	1640x1430x825	エンジン	法面など	リモコン
サンエイ工業	RAYMO	-		1040	-	30	-	238	205x115x51	PHV/EVカート リッジ選択可	農場,施設管理, 太陽光発電	リモコン
キャニコム	アラフォー ケイコ	4,950,000	-	750	40-120	45	4500	345	1877x865x600	エンジン	太陽光電池の 下	リモコン
牛越製作所	かるずらー KZ-05	1,400,000	-	630	-	45	-	65	1060x650x590	エンジン バッテリー	傾斜地	リモコン
ハスクバーナ・ ゼノア	Automore 435X	627,000		220	30-70	35	-	18	930x550x290	リチウムイオン	芝地	ロボット
エコ ロボティクス	TM シリーズ	2,552,000	-	1033	20-100	17	-	-	1110×1278×515	バッテリー	芝地	ロボット
共立	RCM600	2,035,000		600	35-100	45	-	-	1255×975×640	エンジン	傾斜地	リモコン
参考:淡路景観園 芸学校のヤギ (@2022当時)	ゆき こゆき			10	5	45	2	80	-	雑草	平坦地から急 斜面	-

度と高価である。急傾斜地しか対応できない機種はあるが、平地から 45 度以上の傾斜面を、一台でオールラウンドに利用できる機種は無い。以下、特徴的なところをピックアップする。なお、価格についてはメーカーの資料情報であるため、すでに改訂されたものもあるものと推察され、あくまでも概算の参考情報である。

草刈の性能として、一度に刈れる刈幅が評価指標の一つとなる。また、斜度の角度も中山間地には重要な情報である。カタログ上では最高の場合として例えば 45 度が記載されていても、実際のメーカー推奨角度はそれ以下の場合が多い。無理に斜度をあげて動作させ、斜面を転落し下の池に落ちるなどの事故も実際に発生しており、過信できないため、これも参考値である。また、重量は、軽トラックで運搬移動できるかなど、重い機種では遵法に配慮する必要がある。動力

源として、走行はバッテリーの場合、騒音が少ないメリットがある。草刈動作をバッテリーで駆動するケースは、ロボットタイプの草刈に負荷があまりかからない場合のみ実現できており、草丈が例えば 30cm の場合の駆動は、現在すべてエンジンである。表 7 に得意とする場所の例を記載しているが、これは筆者の主観であるので、あくまでも参考としていただきたい。この表 7 は、メーカーの開発、新製品の発売にあわせて、アップデートしていく必要があるが、現時点では機種一覧の参考資料として活用できると思われる。

3. 2 調査結果および考察

これまでの就農者や農業関係者からのヒアリング、実演会でのアンケート結果、および、感想などから、これからどのようなニーズが求められるか書き出した(表 8)。ニーズを把握することは、スマート草刈機の

表8 草刈機にもとめるニーズの抽出

A	人手フリー（エリア設定で自動自走草刈；ドローン,GPS など活用）
B	傾斜地 45 度以上の法面での草刈機能
C	急な斜面での転ばない,あるいは転んでも起き上がる機能
D	草丈が 1m 以上 2m ぐらいまでの草刈りができる
E	刈った草が細くなる機能（そのまま放置できるレベルの細かさ）
F	高速草刈機能（作業能率>5000 m ² /h など）
G	生態系への影響を軽減できる機能（生物多様性への配慮 参考：ヤギ除草）
H	小石などを除去して草刈できる
I	連続作業が2時間以上できる
J	騒音対策（エンジンでなくバッテリー式など）
K	軽量化（人手でひっくり返して手入れできる）
L	防水機能のあるリモコン

あるべき姿を明確にするため必要なことである。

以下に、各ニーズの意義や効果を考察する。通し番号として A から L をつけているが、筆者が重要であると思われる項目を順不同に記載している。

A:人手フリーの実現は就農人口が減少している状況を打開することにつながる。リモコンを使って省力化できても、省人化にはならない。もちろん、リモコンにすると草刈の素人でも操作を理解すると草刈可能となり、就農者がフリーとなるため、リモコンの効果は絶大であるが、完全フリーとなることはできない。

B:傾斜地 45 度以上の法面は、例えばハスクバーナ・ゼノアの機種で可能であるが、平地での草刈が対応できないため、草刈機の下での除草は別の手段で行う必要があり、現行機種では応えられていない。

C:斜面で転ばない機能、立ち上がる機能を有する機種は現在無し。

D:草丈が 2m まで刈れる機種は無く、例えば放棄耕作

地では、2m 近い草丈の雑草が刈れずに、一旦放棄するとそのまま放棄状態が継続する可能性があり、全国で問題になっている放棄耕作地を無くしていくには、この機能が大いに役立つと考えられる。

E:除草した草が細くなることで、集草の手間が省け、土壌への浸透を通して循環型社会への貢献となる。

F:高速草刈は作業時間短縮に大きく寄与できる。

G:生態系に配慮した機能をそなえたものは皆無であるが、現行の技術の組みあわせで、虫を殺さない工夫など実行可能であると考えられる。

H:小石などが飛散すると安全の問題もあり、刈刃のメンテナンスへの貢献もできる。

I:現在の草刈機の共通の課題は、エンジンのガソリン補給のため、2 時間までの稼働が実現できていない。

J:民家近くや都市部での草刈は騒音対策が必要であり、重要な機能である。

K:現行の機種の中には刈刃のメンテナンスなどで掃除や刈刃の交換時に、人力でひっくり返せないため、メーカーに依頼するケースが多く、この時間、コストも課題である。

L:現在のリモコン機種はすべて、防水機能が無く、降雨時の草刈はできないという制約がある。このため、気象を見て草刈のタイミングを測っているのが実態である。

ここに挙げたニーズは、実演会を通じて抽出したものであるが、より多くの農業関係者にアンケートをとり、あらためてニーズの把握を行なった。アンケートは、Facebook の 2 つのプライベートグループ（明るく楽しく農業 ICT を始めよう！ スマート農業 事例集、<https://www.facebook.com/groups/smart.farming.jp/>, 2022.12.7 参照）、（F B 農業者倶楽部（めざせ！ 農業シンクタンク）、<https://www.facebook.com/groups/440011482696174>, 2022.12.12 参照）の協力を得て、2022 年 12 月から 2023 年 1 月の期間で実施した。

この 2 つのグループは農業関係者で構成されてお

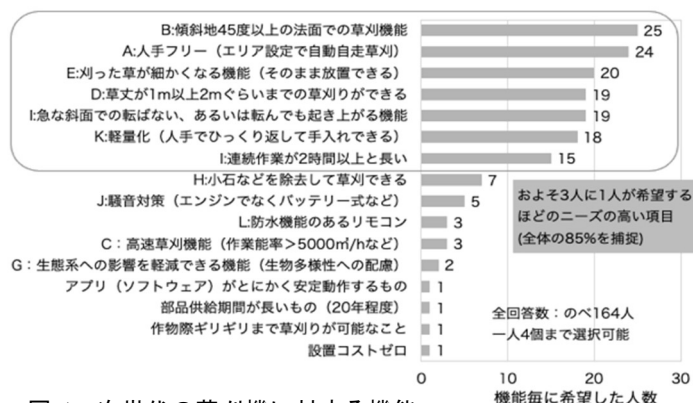


図4 次世代の草刈機に対する機能

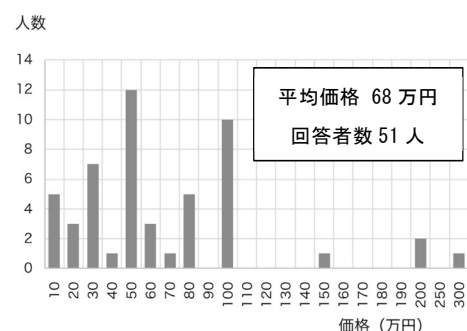


図5 スマート草刈機希望購入価格

り、今回の回答者はそれぞれ 21 名、30 名計 51 名から回答が得られた。そのアンケートの中で、草刈機に対するニーズを調査するため「次世代（数年後）の草刈機をメーカーが開発しようとしています。どんな機能を最も望みますか。4 つまで選択できます。選択以外があればその他に記載ください。」という質問を設定し、具体的には表 8 の A から L までおよびその他を一覧にしたものから選定いただいた。その回答を図 4 に示す。

その中で、最もニーズの高い機能は B:傾斜地 45 度以上の法面での草刈機能である。2 番目が A:人手フリー、3 番目が E:刈った草が細くなる機能、その後 D:草丈が 1m 以上 2m ぐらいまでの草刈りができる、C:急な斜面での転ばない、あるいは転んでも起き上がる機能、K:軽量化、I:連続作業が 2 時間以上と長い、に続き、ここまです約 3 人に 1 人の回答者が望むニーズである。また、「次期開発機種はリモコンタイプか人手フリーの自動自走タイプです。いくらの価格までなら購入したいですか？」との質問に対しては平均価格 68 万円と、これも実演会での結果と同程度の市場価格の半分程度であった(図 5)

以上のような抽出されたニーズを一度に満足する性能および価格の草刈機は、現時点では技術的に難しいものと理解できるが、今後の草刈機の開発には、他のニーズも顧客の声(VOC: Voice of Customer)としてまとめて、VOCに対応した品質機能展開(QFD: Quality Function Deployment)などの手法を利用して、開発に反映させることができれば、スマート化草刈機のあるべき姿の実現が可能となると考える。

4. 今後のスマート草刈機のあるべき姿について

4. 1 草刈管理作業の実態

これまでのヒアリングで草刈のオペレーションに関して実態を聞くことができた。個人か団体か、また、団体の場合には、隣の農家との隣保、JA、営農団体、土地改良区、集落など同じ地域単位で実施などさまざまである。特に共同利用している水路やため池などで

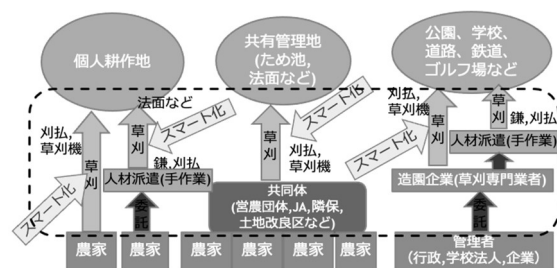


図 6 農家、公園、学校、道路などの草刈のオペレーション

は、共同での草刈が通例であり、各農家からの作業要員の供出が負担になっているなどの声もあった。一方、公園、学校、道路脇の草刈については、管理者自らが草刈をするケースは少なく、造園業者に依頼するのが通例である。筆者は兵庫県立淡路景観園芸学校/兵庫県立大学大学院のキャンパスでの草刈のヒアリングも行い、さらに造園会社へのヒアリングも実施し、その実態を聞いた。

ヒアリングは大手造園会社 2 社および地域の造園会社 1 社に対して行い、草刈の対象場所、草刈の課題、草刈機メーカーとの連携、農業との連携などについて伺った。草刈の対象場所については、工場敷地、道路脇、空港、ゴルフ場、道路・鉄道の法面、マンション敷地、公園、堤防などであり、民家戸別の剪定作業はあるが草刈はやっていないとのこと。また、草刈の課題をあげると、ロボット稼働でのエラーやトラブル対策、草刈機の長寿命化、大面積化、草刈機の GPS 化などがあり、手動での草刈も多く、刈払が必要な場所では下請け業者・人材派遣に委託しているとのことであった。草刈機メーカーとの連携については、大手造園会社の場合であるが、多くの草刈機を使用している関係上密接に連携できているとのこと。さらに造園企業と農業での草刈についての連携は、ロボットによる一部果樹園での業務はあるものの、これまで連携はほとんどないとのこと。造園企業と農業との連携は、従来の草刈業務と違うスキームであるとの意見が伺えた。

これまで、農家での草刈と造園業者の草刈は同じ草刈でありながら、農家の草刈を造園業者が請け負う、あるいは農家の団体で行う草刈を拡大して地域の公園、道路などの草刈を行うなど、農業と造園の接点はいまままでほとんどなかったと思われ、今回の造園会社からも同様なヒアリング結果であった。このような草刈管理作業の現状を模式図にした(図 6)。

現状での問題点を抽出すると、個人耕作地ではスマート化の負担が大きい、人材派遣業務では手作業による草刈の構図が慣例化しておりなかなかスマート化に進みにくいことと、造園企業にとっての農地での莫大な潜在的ニーズがあるにも関わらず、これまで連携がなかったことである。筆者は、これまで農家、農業分野の行政や造園からヒアリングを進めながら、同じ草刈という命題に対し、草刈機の減価償却や人件費などで連携のメリットを出すことによって、スマート化の促進に繋がることができないかと考え、連携のあり方について検討を行った。

4. 2 連携のあり方(提案)

連携の対象は図 6 の破線で囲った領域である。この領域のステイクホルダーは、農家、農家を含む団体、公園・道路などの管理業者であり、実際に草刈業務

を請負、統括する地域企業である。また、草刈機の提供者である草刈機メーカーもこのステイクホルダーとして含まれる。

連携のあり方を検討する際に、これまでに分かったことを整理しておく。各項目の後の（ ）は、本報告内の該当箇所（章、節、図など）を示す。

1. 個人耕作地でのスマート化負担が大きいこと。これは表 6 に示す農家からのヒアリングでの評価や図 6 の農家と個人耕作地の関係にも示している（4.1, 表 6, 図 6）。
2. 造園会社と農家間で草刈についての連携があまり無いこと（4.1）、や農家と草刈機メーカーとの連携があまり取れていないこと。実際、草刈機実働の実演会で、農家からのニーズ吸上げができていないとの草刈機メーカーからコメントがあった（3.1.3）。
3. 大手造園会社と草刈機メーカーは連携している。これは造園会社からヒアリングした結果である（4.1）。
4. 平地から急斜面までの地形に対応できるオールマイティな草刈機が無い。草刈機一覧にまとめた（3.1.4, 表 7）。
5. 草刈は非常作業であり、特に草刈環境に過酷な夏場の草刈を避ける傾向にある。この傾向は実際の圃場の畦畔調査時、農家から得られた情報である（3.1.2）。
6. 草刈は価値をうまない作業。これも農家から直接聞いたコメントである（1.1, 表 1）。
7. 人材派遣業務では手作業による草刈の構図が慣例化している。これは、図 6 で明示したように造園会社や農家からのヒアリングで得られた情報である（4.1）
8. ロボットを農地で使っているケースはほとんどない。これも造園企業からのヒアリングで得られたことである（4.1）。
9. 草刈機メーカーのニーズ集約は定常的にはできていないことも草刈機メーカーからのヒアリングで得られた（4.2）。
10. スマート草刈機の価格へのニーズは、市場価格の半分程度である。これは、アンケートと草刈機ベンチマークから得られた知見である（3.2）。

また、筆者の追加意見として以下にあげる。

1. 農地でのスマート化負担を軽減するには草刈機の稼働率をあげ償却費負担を減らすことが必要。
2. その草刈機の稼働率をあげるためには、特定個人保有地からより多くの人の保有地へ草刈場を拡張することにより実現できる。
3. 農地と造園との連携を行うことにより草刈機の稼働エリアが格段に広がる。

4. 人材派遣業務にたよる限り、手作業による草刈の構図が慣例化して草刈機のスマート化が進まないため、手作業をスマート草刈機とあわせて作業することでスマート化が進む。
5. 平地から急斜面までの草刈には、現状の草刈機では多くの機種を取り揃える必要がある。
6. これまでロボットを一部の果樹園などに適用しているケースはあるが、農地でも使うと草刈機の用途が広がる。
7. 大手造園と農地との連携を行うと、草刈対象エリアの拡大のみならず、草刈機へのニーズを造園から農地まで幅広く抽出する機会を創出することが可能になる。
8. このような幅広く集めたニーズの蓄積は草刈機メーカーにとっても有益情報となりうると思われる。
9. このニーズ情報を元に草刈機メーカーと連携することにより、現行機種の改善や次世代の機種への開発にフィードバックすることも可能になってくる。この連携を定常的に継続することにより、価格や性能のニーズに応えられる草刈機のスマート化の促進が期待できる。
10. 草刈を非定常から年間平準化することで、必要に応じて行う単なる草刈作業から年間の事業計画に則った草刈管理業務に転換することができる。
11. そして、草刈管理業務を草刈管理会社が受託することにより、草刈を付加価値のある管理作業にすることができる。これは例えば、雑草の管理から害虫などの草刈レポートの提供などにより、次年度での雑草対策など利用者への有益情報の提供につながり、管理作業が付加価値につながる。

以上の現状認識と筆者の意見を盛り込み具体的な連携のあり方について述べる。

連携の課題は、大きく、(1)農地でのスマート化負担の軽減、(2)連携でのメリット創出、(3)地域草刈統括企業の形成である。加えて、(4)ニーズにあったスマート草刈機の開発である。この連携に関わるステイクホルダー間のイメージを図 7 に示す。

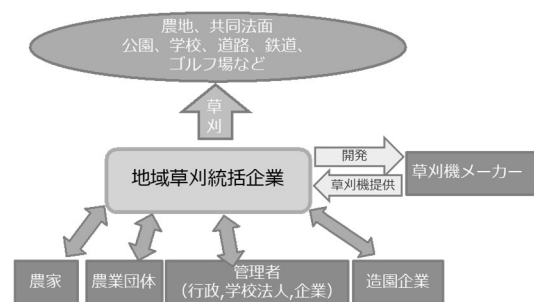


図 7 地域企業連携の事業展開形態

まず、(1)農地でのスマート化負担の軽減は、特定の農地限定でなく、公園道路など草刈共通の業務に草刈機を共用することで、単位面積あたりの負担が軽減できる。(2)連携でのメリットは、地域草刈統括企業が先進的な草刈管理の専門会社となることで、造園企業の草刈業務も請負うことにより創出される。また、(4)ニーズを絶えず集約した地域草刈統括企業と草刈機メーカーとの相互連携で、草刈機改良・開発に繋げる。このスキームで、(3)地域草刈統括企業の形成が最大の課題であり、この企業の業務をどう構築するかがこの連携の鍵となる。具体的には、現状での草刈機の最適な組合せによる農地から公園や道路までの草刈を可能にすることが第一歩である。また、これまで農家の草刈は、季節労働のように春先、夏、秋、冬に草が伸長した後での短期での非定常作業であり、これが過度の負担に繋がっていた。これを低コストで草刈を平準化することで、草刈の負担軽減ができること、次に、農家や公園の草刈を年間通じて丸ごと管理する、丸ごと草刈のビジネスを構築することで、連携のメリットが生きてくる。具体的には、丸ごと草刈のビジネスの実践内容として、①年間草刈スケジュールの提供（年初）、②雑草の成長記録（草刈のタイミングで観察）、③草刈の実施（圃場、畦畔に適した草刈機の適用）、④害虫（カメムシなど）の観察（11月ごろ）⑤草刈レポートの発行含め丸ごと草刈を実施する。単なる草刈ではない新たな事業の創出である。これにより、農業の合間に行なっていた価値を生まない作業からの解放をもたらす。農地から公共用地まで統括した草刈管理に加え、ロボットを農地に導入することで低コスト化も図る。

今回のアンケートで外部に委託する場合の希望単価を聞いたところ、1m²あたり3円を希望する声が50人中17人と最も多く(図8)、これに丸ごと草刈の付加価値10%を加えて損益計算を行うと、5機種種の最先端の草刈機(表9)を使って、およそ損益分岐点1,300,000m²でビジネスが成立することが推察できた

アンケート回答：委託希望単価（円/m²）

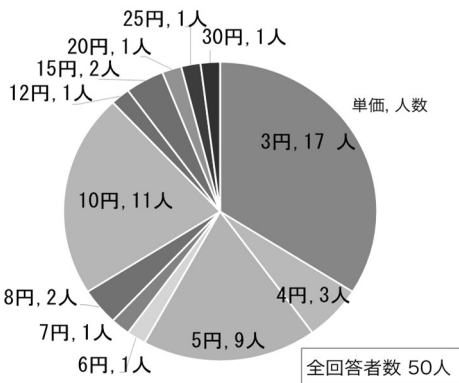


図8 草刈委託希望単価

表9 最先端の草刈機組み合わせ

場所	現行機種候補	価格
平坦部～45度以下法面	オーレック SPIDER MORE	1,298,000円
法面（45度以上）	ハスクバーナ・ゼノアペローン	1,738,000円
休耕田など（草丈高）	アテックス 神刈RJ700A	3,320,000円
平坦～法面（35度）	ハスクバーナ・ゼノアロボット	627,000円
畦畔（周辺部）	マキタ 充電式スプリット草刈機	144,880円

5機種 組合せ合計 7,127,880円

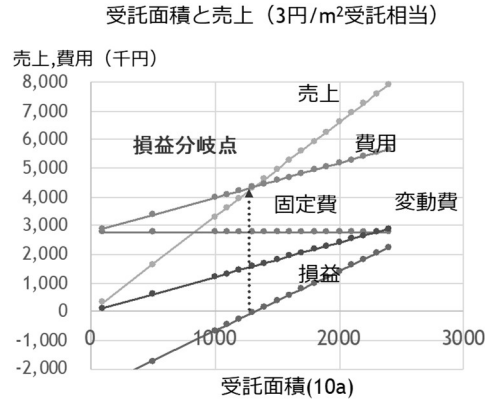


図9 丸ごと草刈ビジネス損益分岐点

(図9). これは、年4回の草刈の場合、325,000m²の草刈場に相当し、これは、淡路景観園芸学校を例に取り上げると、淡路景観園芸学校の約35,000m²がガーデン内や圃場エリア内の草刈対象場所であるので、草刈場として比較すると淡路景観園芸学校の約9.3倍に相当し、年間の草刈として実現できるレベルの草刈面積である。また、草刈機メーカーとの開発連携として、顧客の声(VOC)のデータベースを構築し、蓄積されたVOCを草刈機メーカーの開発にフィードバックし、次世代機種種のスマート化促進に繋げていくことも地域草刈統括企業の重要なミッションである(図10)。

5. まとめ

現状の草刈についての実態調査から、草刈の課題を抽出した。草刈機のスマート化を目指し、農家毎の個別の草刈から地域草刈統括企業を活用した、広域の

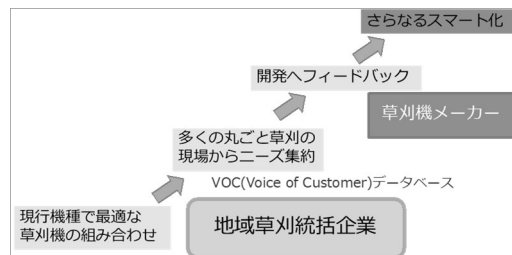


図10 草刈機メーカーとの開発連携によるスマート化促進

草刈を展開することにより、草刈の重労働作業から解放、さらなる草刈機のスマート化に繋がられるよう提案を行なった。次のステップとして地域連携のビジネスモデルの構築の検討を進めていく。

なお、本報告は、公益財団法人ひょうご科学技術協会の助成を受け、兵庫県立大学の地域企業連携型・大学院研究“スマート農業の課題と将来展望－草刈のスマート化に関する調査研究－”の一環として、当該地域企業である株式会社農社の協力を得て行われた。

今後の兵庫県立大学と株式会社農社との連携として、株式会社農社が代表する畦畔管理スマート化研究協議会を通じ、ドローンやリモコン草刈機械等のスマート農業技術を活用し、中山間地農業で課題となる畦畔管理作業のコストや労力負担が見える化するとともに、省力化の可能性について調査・検証を行っていく予定である。

謝辞

本報告を行うにあたり、兵庫県立農林水産技術総合センター、農業改良普及センター、兵庫県内の農家の方に多大のご助力をいただいた。特に時間を割いて、アンケート調査、現地調査に協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げたい。

引用文献

- 三輪泰史・井熊均・木通秀樹(2019) 農村 DX 革命：日刊工業新聞, 東京, 9-14.
- 吉田忠則(2020) 逆転の農業：日経 BP 日本経済新聞出版社 本部, 東京, 3-7
- 三輪泰史(2021) 図解 よくわかるスマート農業：日刊工業新聞, 14-25.
- 窪田新之助・山口亮子(2022) 誰が農業を殺すのか：株式会社新潮社, 東京, 5-9
- 黒瀬泰斗：日本経済新聞, 2022 年 12 月 7 日「農業担い手, 30 年で半減」