

東京型スマート農業オープンラボ 傾斜地ミカン園における草刈作業の労力軽減技術の実証 中間報告書

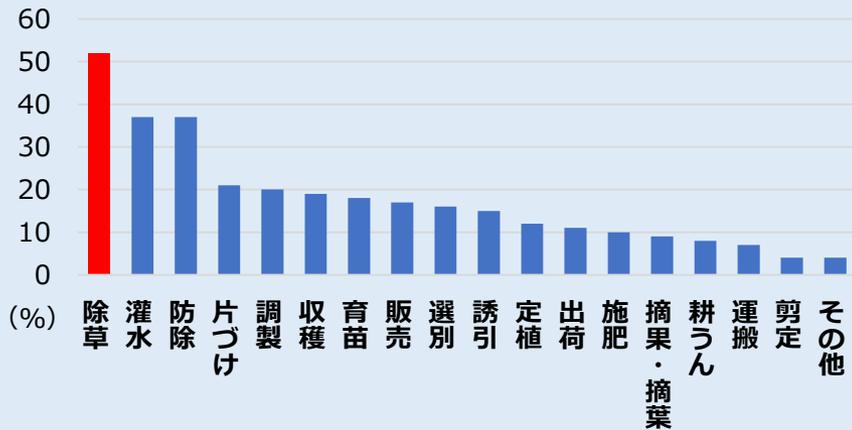


令和7年3月31日
東京都農林総合研究センター
スマート農業推進室

背景

- 傾斜地での草刈作業は、それ自体が非常に重労働であることに加えて、近年では夏季の高温や人手不足により、より厳しさを増している。令和2年度に実施した「都内生産者のスマート農業に関するニーズ調査結果」では、今後効率化や自動化したい作業の項目で、除草が1位（52%）回答となり、都内においては草刈作業の省力化に関するニーズは高い
- 近年開発されたラジコン草刈機は、傾斜地において安全かつ省力的に草刈作業ができるスマート技術として期待されている。一方で、導入が効果的な圃場条件や、コストが経営に与える影響など、農家が導入を判断するための情報が不足している
- 令和5年度に、武蔵村山市の傾斜地ミカン園の経営者2名からラジコン草刈機の情報提供の要望があった

今後、効率化や自動化したい作業



スマート農業推進室が実施した都内生産者のスマート農業に関するニーズ調査結果より

調査対象：JA東京青壮年組織協議会等の若手の精力的な生産者

令和2年4月下旬から6月上旬に郵送で実施、回答者128人

(回答率50%：平均43歳)

⇒ 草刈作業の省力化ニーズが高い



2018年発売のラジコン草刈機「smamo」

情報不足

目的と期待される効果

- 都内の農家がラジコン草刈機の導入を判断するために、情報をまとめた指標を作成する
- 都内には西多摩地域のウメや島しょ地域のヒサカキ・ツバキなどの傾斜地の生産圃場が分布していることから、試験の成果は、傾斜地ミカン園以外の地域への波及効果が期待でき、試験に取り組む意義は大きい
- 都内の傾斜地果樹園等にラジコン草刈機の導入が促進され草刈作業の省力化や労働負担が軽減されることで、農家の経営が改善されることが期待される

目的

◎ ラジコン草刈機導入指標の作成

- 導入できる圃場条件
 - 労力軽減効果
 - コスト試算
- 等

期待される効果

都内の傾斜地果樹園等においてラジコン草刈機の導入が促進 → 草刈作業の省力化



武蔵村山市のミカン



青梅市のウメ



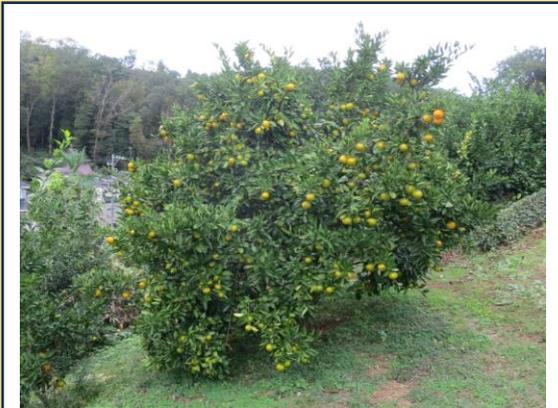
三宅村のヒサカキ

農家の経営改善

オープンラボの設置

- 武蔵村山市ミカン園経営者からの要望を受け、東京みどり農業協同組合がオープンラボの設置提案書を提出
- 令和6年4月、企画運営会議※においてオープンラボ計画書が承認され、東京都農林総合研究センター、北多摩農業改良普及センター、東京みどり農業協同組合からなるオープンラボを、武蔵村山市の傾斜地ミカン園に設置

オープンラボの構成



武蔵村山市傾斜地ミカン園

東京みどり
 農業協同組合
 ・地域の農業事情に精通

北多摩農業改良
 普及センター
 ・技術普及の専門

東京都農林総合研究センター
 ・試験設計やスマート農業に関する知識



役割分担

項目	農総研	北多摩普及	JA東京みどり
実証地選定		○	◎
実証試験管理	○	○	◎
圃場環境調査	◎	○	
効果測定	◎	○	
展示デモ	○	◎	○
とりまとめ	◎	○	○

◎主担当 ○担当

※企画運営会議
 東京型農業研究開発プラットフォームの企画運営等
 について協議を行う外部評価委員会

実施スケジュール

- 導入指標作成のため、以下の項目について令和6年4月～令和8年3月にかけて試験実施
- 令和7年度は、導入モデルの作成と今年度に続き現地実証試験を実施予定

	R6 1期	2期	3期	4期	R7 1期	2期	3期	4期
全体	▲ 現地デモ (4/26)		▲ 現地デモ (10/22)		▲ 中間報告書 (3/31)			▲ 報告書
導入が効果的な 圃場条件の調査	→ 圃場調査	→ 圃場改良						
省力化効果の調査		→ 労働負担計測						
現地実証試験と 導入モデルの作成			→ 現地実証試験			→ モデルの作成		
コスト試算						→ コスト試算		

導入が効果的な 圃場条件の調査

試験に用いたラジコン草刈機

- ラジコン草刈機は、都内の狭小な圃場で取り回しがよく、周辺への騒音が少ない、小型で電動の2機種を選定した

機種名（メーカー名）	smamo（（株）ササキコーポレーション）	UNIMOWERS（（株）ユニック）
外観		
サイズ（全長 × 幅 × 高さ）	1480 mm × 845 mm × 400 mm	970 mm × 800 mm × 410 mm
重量	128 kg	95 kg
刈幅	716 mm	500 mm
連続動作時間	約 2 時間	約 1 時間
作業可能傾斜	最大35°	前後30°、左右45°
その他機能	アタッチメント（別売）を変更することで、畦の草刈りやリアカーとして使用可能	スイッチバック機能によりバック走行での草刈作業が可能。天板（別売）を使用することで、運搬が可能
バッテリー込み機体価格 （追加バッテリー価格） ※税込み	¥1,895,300 （¥872,300）	¥2,750,000 （¥825,000）

試験圃場

- 武蔵村山市の傾斜地ミカン園 2 件において試験を実施
- 航空写真の赤枠の部分を行きさせ、ラジコン草刈機の有効な使用方法および導入効果が高い圃場条件を調査した

	A圃（使用草刈機smamo）	B圃（使用草刈機：UNIMOWERS）
航空写真		
圃場の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・圃場面積：ミカン70 a、ブドウ10 a、野菜等40 a ・標高差28m、平均斜度28度 ・急傾斜、緩傾斜、段差が混在 ・品種：宮川早生 ・樹形：開心自然形 ・樹齢：苗木から数十年生 	<ul style="list-style-type: none"> ・圃場面積：28 a ・標高差24m、平均斜度32度 ・農業用モノレールが敷設 ・段々畑、緩傾斜、段差が混在 ・品種：宮川早生 ・樹形：開心自然形 ・樹齢：苗木から数十年生

草刈効率を上げる栽培管理方法 1

- 走行方法：ラジコン草刈機は旋回に時間がかかるため、可能な限り直線的に走行させることで効率的に作業ができる
- 植栽方法：整列された植栽で直進距離が確保できる圃場のほうが草刈効率上がる
- 植栽間隔：樹間距離はラジコン草刈機は幅が1 m未満であるため、樹間距離が1 m以上あれば走行できるが、人の通行出来るスペースが必要となるため、それを考慮した植栽を行う必要がある。また、バックやその場旋回の機能もあるため、1 m²程度のスペースがあれば切り返えは可能である



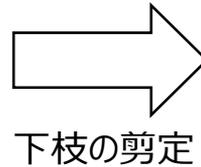
直線的に草刈走行をするラジコン草刈機



整列して植栽された圃場（草刈前）

草刈効率を上げる栽培管理方法 2

- 下枝管理（剪定）：ラジコン草刈機の機体は、樹冠下に50cm程度のスペースがあれば草刈作業ができる。したがって、通常よりも下枝を多く剪定することで樹冠下の草刈が可能となり、草刈効率が上がる。ただし、剪定を行いつぎると収量低下や樹勢が低下するため注意する必要がある
- 下枝管理（枝吊り）：刈部が機体下部についているため、機体上部に枝が触れても、枝が損傷することはほとんどない。また、果実の肥大により枝が垂れたら誘引により吊り上げることで走行スペースを確保する



下枝の剪定



下枝を剪定する前後のミカンの樹



ミカンの樹の下を走行するsmamo

ラジコン草刈機で草刈りが難しい場所

- 樹幹周り・苗木周り：樹の幹周り、特に幼木の周りはラジコン草刈機での草刈りが難しいため、手作業（もしくは除草剤）での除草が必要になる
- 雑草の過繁茂：草丈が伸びすぎると、幼木が草に隠れて、ラジコン草刈機で押し倒す危険がある。また、草丈が高いと刈高を高くして刈ったあとにもう一度刈る（二度刈り）必要があるため、そうならないために草丈30～40cmを目安に草丈が高くなりすぎないように計画的に草刈りをする
- 試験では、メヒシバやオヒシバが密生しているところで草丈が60cmを超える場所を草刈りすると過負荷で動作が停止することがあった



ラジコン草刈機で草刈り後に残った幼木回りの雑草

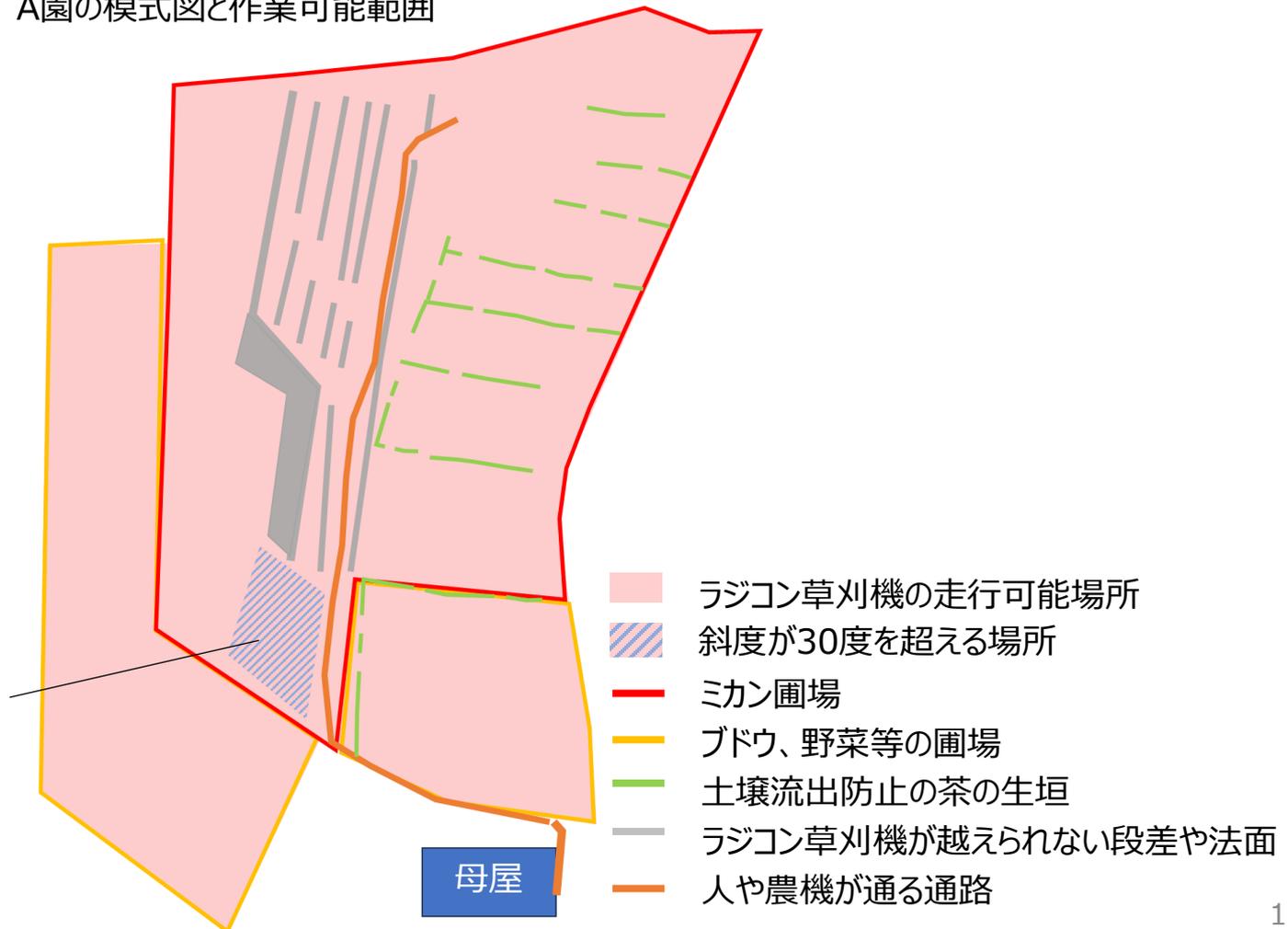


メヒシバやオヒシバが密生しているところでの草刈作業の様子

A園の作業可能範囲

- 実証圃Aは、障害物や段差を越えるための通路が確保されているため、圃場の全面をラジコン草刈機が走行可能であった
- 斜度30度を超える傾斜においても等高線に沿った走行をすることで草刈作業が可能であった

A園の模式図と作業可能範囲



急傾斜で等高線に沿って作業するラジコン草刈機

B園の作業可能範囲

- 実証圃Bは、通路に階段が設置されており、段差を上げるためのスロープもないため、圃場を登坂することが難しい。また、農業用モノレールにより圃場内の東西の移動に制限がある。レール下は、約50cmの隙間があることで走行できる
- 草刈可能面積は、圃場の20%以下となり、圃場条件によっては導入効率を上げるためにスロープを設置するなどの工夫が必要である。スロープを設置することで、下図の黄色の領域を走行可能になり、圃場面積の約80%で作業が可能となった

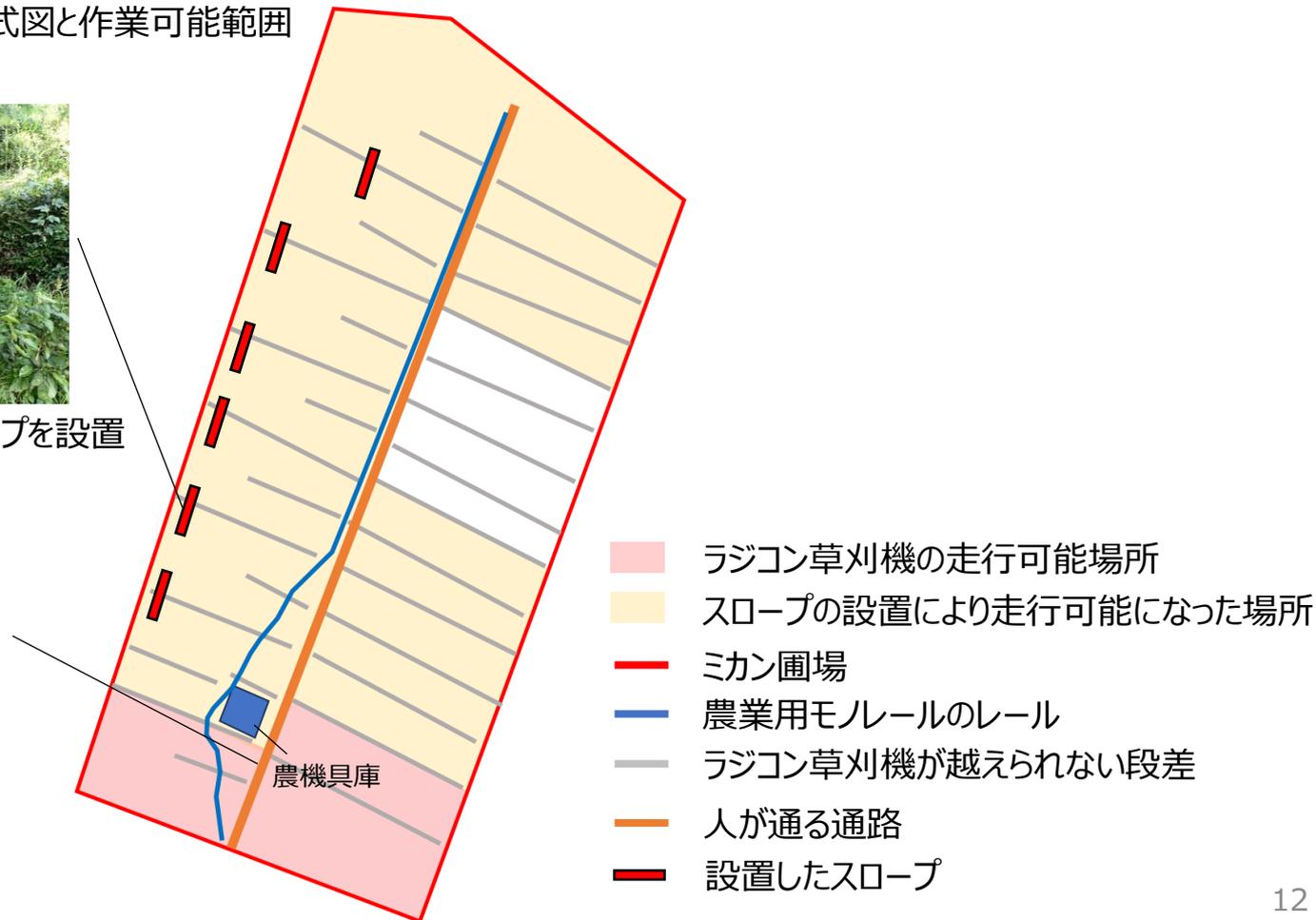
B園の模式図と作業可能範囲



段差があつて登れないがスロープを設置することで登坂できる



通路が段差になっていて登坂できない圃場



省力化効果の調査

労働負担計測の項目

- ラジコン草刈機の省力化効果を明らかにするため、ラジコン草刈機（smamo）と現行の草刈りに用いられている刈払機を使った際の労働負担を計測し比較した
- 評価項目は、心拍数増加率、作業姿勢、作業面積、移動距離の4項目を調査した

評価項目	評価方法
心拍数増加率	安静時心拍数と作業時心拍数を測定し、安静時に対する作業時の増加率で評価
作業姿勢	各作業をビデオカメラで撮影し、撮影動画から10秒ごとに抽出した静止画から作業姿勢をOWAS法※により評価
作業面積	1時間あたりに作業できる面積を算出して評価
移動距離	移動距離をGPSにより測定し、10aあたりの作業を行う際の移動距離を算出して評価

※作業中の姿勢を観察し、身体にかかる負荷を評価する方法。背中の姿勢、腕の使い方、脚の位置、負荷の重さの姿勢を組み合わせ、作業全体の負荷を数値化し、1～4までの4段階（1：特に問題なし、2：改善の必要あり、3：なるべく早く改善が必要、4：すぐに改善が必要）で評価する。

試験に用いたラジコン草刈機と刈払機

ラジコン草刈機と刈払機は以下のものを使用した

機種名 (メーカー名)	smamo (株) ササキコーポレーション	SRE261P (株式会社 やまびこ)
外観		
サイズ (全長 × 幅 × 高さ)	1480 mm × 845 mm × 400 mm	1780 mm × 560 mm × 430 mm
重量	128 kg	5 kg
刈幅	716 mm	255 mm
動力	モーター	エンジン
連続動作時間	約 2 時間	約 50 分
作業可能傾斜	最大 35°	-
バッテリー込み機体価格 (追加バッテリー価格) ※税込み	¥1,895,300 (¥872,300)	¥84,700 * 後継機のSRE2731GTの価格を参照

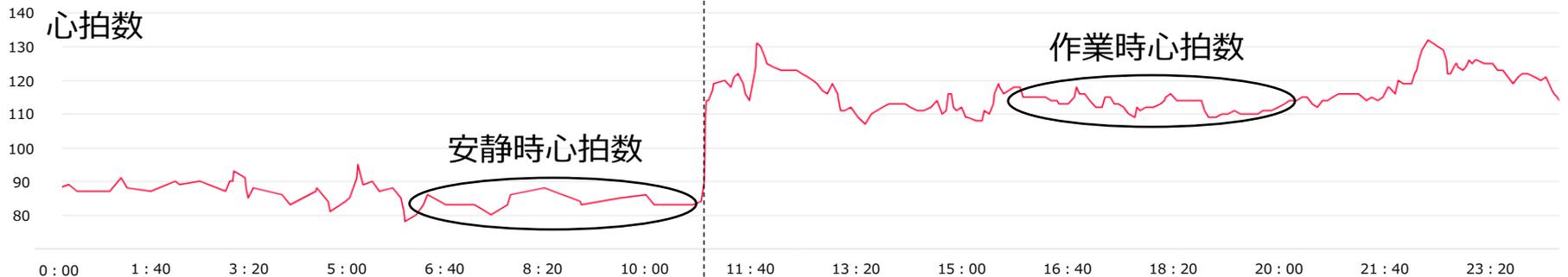
心拍数増加率の計測方法

- 安静時心拍数と作業時心拍数を測定し、安静時に対する作業時の心拍数増加率を評価した
- 圃場において、心拍数が安定するまで休憩の後に作業を開始し、安静5分間と作業開始後5分～10分の心拍数の平均で比較した
- 心拍はスマートウォッチ（GARMIN instinct 2X Dual Power）により測定

安静



作業



$$(\text{作業時心拍数} - \text{安静時心拍数}) / \text{作業時心拍数} \times 100 = \text{心拍数増加率}$$

作業姿勢の評価方法

- 観察によって作業姿勢による負担を4段階に分類するOvako式作業姿勢分析システム（OWAS法）により評価
- 各作業をビデオカメラで撮影し、撮影動画から10秒ごとに静止画を抽出
- 静止画の作業姿勢を背部・上肢・下肢・重さの4つに分類し、それぞれの姿勢コードで記録
- 姿勢コードの組み合わせから作業姿勢をAC1～AC4に分類
- 作業全体の各ACの割合から全体的な負担度を評価

OWAS法のAC姿勢例

姿勢区分	AC1	AC2	AC3	AC4
ラジコン 草刈機				
刈払機				

楽な姿勢

つらい姿勢

作業面積の測定方法

- 1時間あたりにそれぞれの方法で作業できる面積を実作業から算出して評価
- 作業時間と作業箇所を記録
- 作業箇所はGoogle mapの距離測定機能に入力することで面積を計測
- 計測した作業時間と作業面積から、[作業面積(m²/h)] を算出

算出例

Google mapの距離測定機能の入力画面



地図データ ©2024、地図データ ©2024

距離を測定

総面積: 161.98 平方メートル (1,743.50 平方フィート)

合計距離: 63.90 m (209.64 フィート)



地図データ ©2024、地図データ ©2024

距離を測定

総面積: 91.27 平方メートル (982.43 平方フィート)

合計距離: 64.71 m (212.29 フィート)

計測A (6/13 作業者: 男性36歳)

作業機 : ラジコン草刈機

作業時間 : 14.67 min

作業面積 : 161.98 m²

作業面積(m²/h) = 662.5

計測B (6/13 作業者: 男性36歳)

作業機 : 刈払機

作業時間 : 13.53 min

作業面積 : 91.27 m²

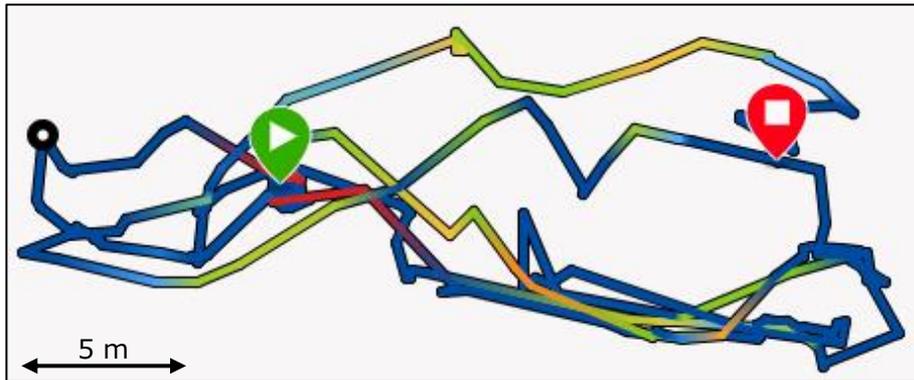
作業面積(m²/h) = 410.8

作業距離の測定方法

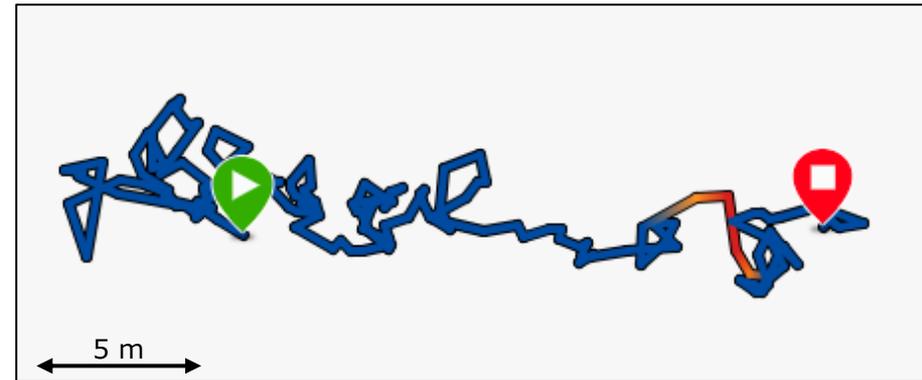
- それぞれの方法で作業を行い、作業時間と作業箇所を記録
- 作業箇所はGoogle mapの距離測定機能に入力することで面積を計測
- 計測した作業面積と移動距離から、[移動距離(km/10a)] を算出
- 移動距離は、スマートウォッチ (GARMIN instinct 2X Dual Power) のGPS機能により測定
- 10aの作業面積あたりにそれぞれの方法で移動する距離を算出して評価

算出例

GPSの記録をもとにした作業の軌跡（線の色は計測内における相対的な移動速度を表し、赤が速く青が遅い）



計測A (6/13 作業者：男性36歳)
 作業機：ラジコン草刈機
 作業時間：14.67 min
 作業面積：161.98 m²
 移動距離：0.21 km
 移動距離(km/10a) = 1.18



計測A (6/13 作業者：男性36歳)
 作業機：刈払機
 作業時間：15.53 min
 作業面積：91.27 m²
 移動距離：0.11 km
 移動距離(km/10a) = 1.21

作業者のパラメーター

- 労働負担計測は、男女4名により実施
- 作業の習熟による測定誤差を減らすため、ラジコン草刈機および刈払機を使っの労働負担計測の前に1～2時間の作業トレーニングを実施

No.	性別	年齢	ラジコン草刈機計測数 (作業姿勢計測数)	刈払機計測数 (作業姿勢計測数)	作業熟練度※ (ラジコン草刈機 : 刈払機)
1	男	36	4(3)	5(3)	△ : ○
2	男	43	5(5)	4(4)	× : ×
3	女	29	2(1)	5(4)	× : ×
4	女	34	1(1)	1(1)	× : ×

※ラジコン草刈機および刈払機を使ったの労働負担計測の前に、1～2時間の作業トレーニングを実施した熟練度の指標は、○ = 数年間の使用経験あり、△ = 類似機の操作経験あり、× = 使用経験なし

労働負担計測の計測条件

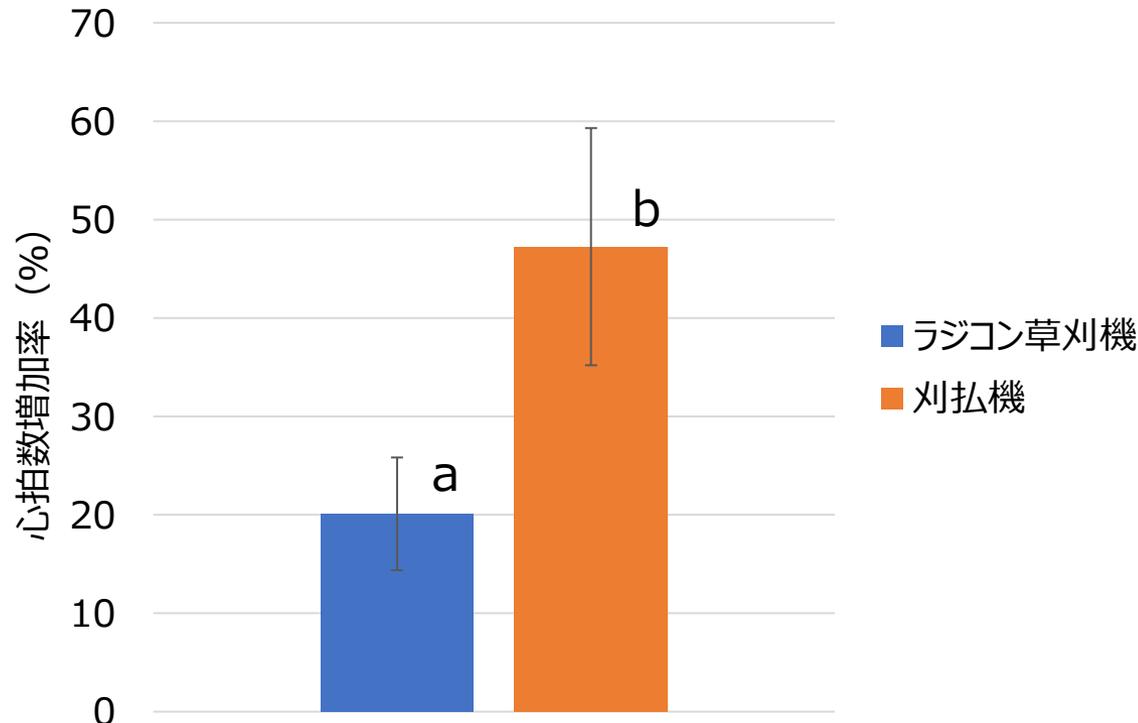
- 労働負担計測は、6～9月の晴れた日に実施
- 計測日の最高気温は、8回の測定日で、30℃超が5日、35℃超が3日であった

作業日	天候	最高気温 (℃)	草丈 (cm)	計測地の斜度 (度)
6月4日	曇り	24.9	10-25	10-20
6月12日	曇り時々晴れ	29.3	10-25	10-20
6月13日	曇り	25.4	10-25	10-20
7月31日	晴れ	35.3	30-50	15-20
8月19日	晴れ	35.3	35-65	10-30
8月23日	晴れ	33.2	35-65	10-20
9月10日	晴れ	34.0	35-75	10-30
9月12日	晴れ	36.0	35-75	10-30

※気象庁の観測地点府中のデータを参照

心拍数増加率の計測結果

- ラジコン草刈機と刈払機をそれぞれ使用した際の心拍数増加率は、ラジコン草刈機の使用では20%、刈払機の使用では47%と、ラジコン草刈機の方が低くなった
- 心拍数増加率による作業負荷は、ラジコン草刈機は軽作業、刈払機は中作業となった



- ・ ラジコン草刈機12反復、刈払機15反復の平均値
- ・ エラーバーは標準偏差を示す
- ・ それぞれのグラフ右上の異なる文字間にはTurkey-Kramerの多重検定により危険率5%で有意差があることを示している
- ・ 心拍数増加率による作業負荷の目安としては、0～30%、30～60%、60%以上で軽作業、中作業、重作業となる※

作業姿勢の評価結果

- ラジコン草刈機と刈払機をそれぞれ使用した際の作業姿勢は、楽な姿勢AC 1 がラジコン草刈機で75.1%、刈払機で53.2%となった。また、改善が望まれる作業姿勢（AC2～AC4）はいずれもラジコン草刈機を使用した際の方が少なくなった
- 刈払機を使用した際の方がつらい姿勢をとることが多く、ラジコン草刈機の使用で身体的な負荷が軽減された

OWAS法アクションカテゴリー割合（%）

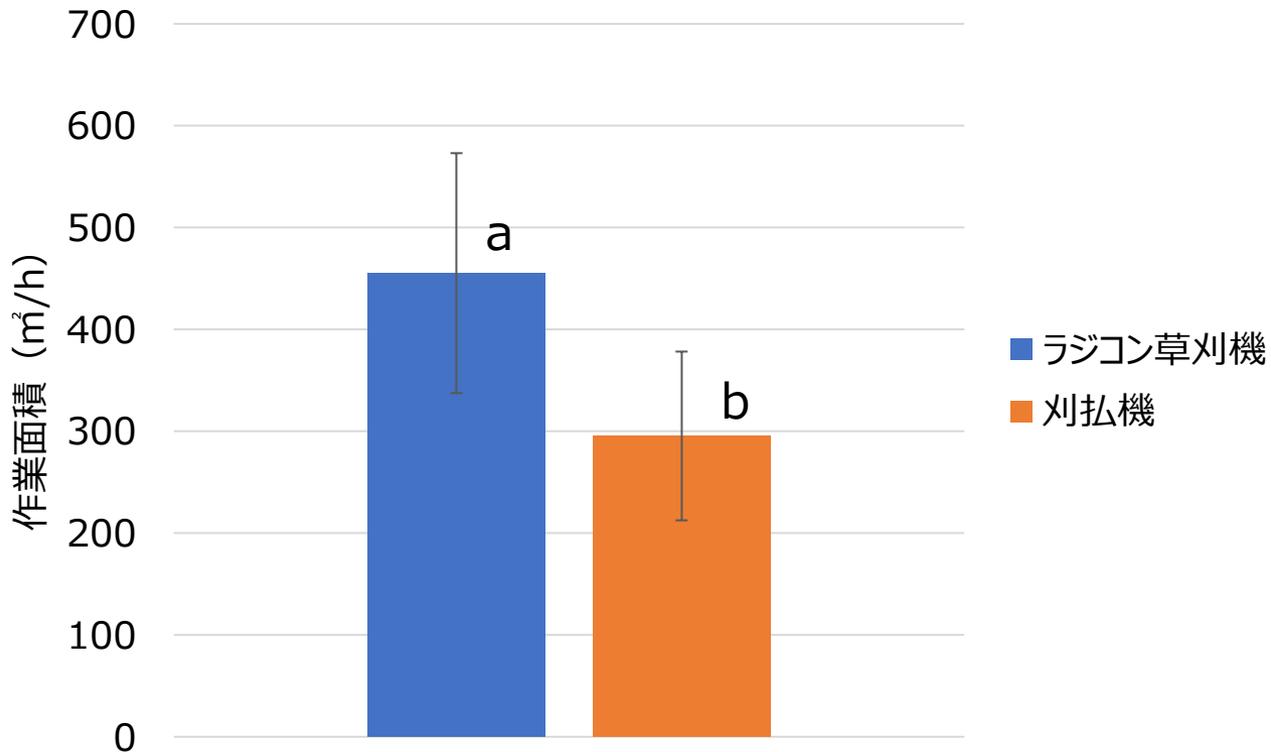
供試機	AC1	AC2	AC3	AC4
ラジコン草刈機	75.1	9.9	6.9	0.6
刈払機	53.2	22.2	16.6	1.1



ラジコン草刈機11反復、刈払機12反復の平均値

作業面積の測定結果

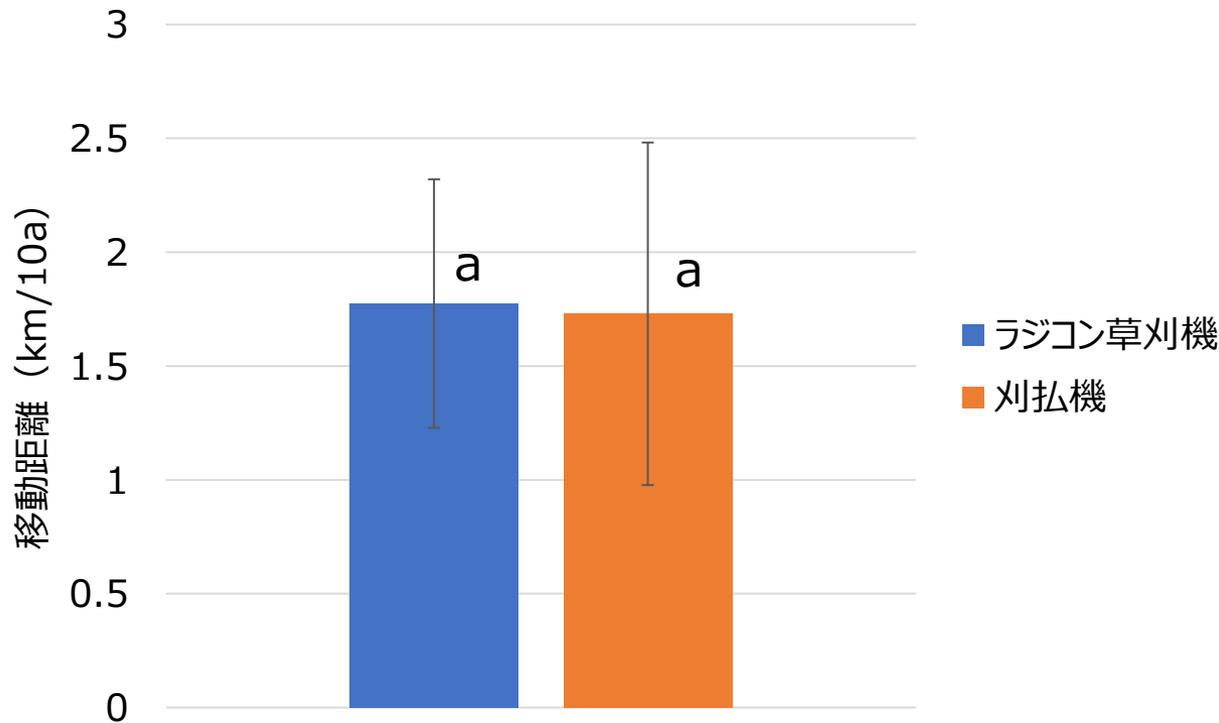
- 1時間当たりの作業面積は、ラジコン草刈機が455㎡、刈払機が295㎡となり、ラジコン草刈機の方が時間あたり約50%上回った



- ラジコン草刈機12反復、刈払機15反復の平均値
- エラーバーは標準偏差を示す
- それぞれのグラフ右上の異なる文字間にはTurkey-Kramerの多重検定により危険率5%で有意差があることを示している

移動距離の測定結果

- ラジコン草刈機と刈払機をそれぞれ使用した際の10a作業面積当たりの移動距離は、ラジコン草刈機と刈払機で同等である
- ラジコン草刈機においても、視界の悪い圃場での機体確認や安全操作のために移動が必要であり、結果的に刈払機と差がでなかったと考えられる



- ラジコン草刈機12反復、刈払機15反復の平均値
- エラーバーは標準偏差を示す
- それぞれのグラフ右上の異なる文字間にはTurkey-Kramerの多重検定により危険率5%で有意差があることを示している

現地実証試験

現地実証試験方法

- A園にラジコン草刈機（smamo）を令和6年4月から貸与し、導入効果について聞き取りにより調査した
- A園は、草刈作業要員として園主と園主父が従事しているが、重労働のため草刈作業の省力化への要望が強い

A園の経営

栽培品目	ミカン、ブドウ、野菜等
労働力	園主、妻、父、母、パート1名 (繁忙期は追加で5名のアルバイト)
経営形態	・ミカン園の観光農園 ・軒先を使った直接販売
圃場条件	スライド7参照（ミカン70a、ブドウ10a、 野菜等40a） それ以外の圃場で、ブドウ12aと野菜29a を栽培



実証試験でsmamoを使用して
草刈り作業をする園主

A園の草刈事情

A園の草刈作業は主に園主と園主父が刈払機で行っているが、父の高齢化と近年の夏季の高温により年々作業がつかなくなっている。
草刈作業の省力化のため、ラジコン草刈機の導入を検討している。

作業時間および作業頻度に関する聞き取り結果

- 園主に対し、作業時間および作業頻度について聞き取りを行った
- 令和6年のシーズン中は、4回の草刈作業が実施された
- 聞き取りでは、ラジコン草刈機の導入前後で草刈回数に大きな違いはなかった
- ラジコン草刈機導入前後での草刈時間を推定したところ、年間で37.5%作業時間が削減された

導入前後の比較コメント

	導入前	導入後
草刈方法 (作業時間割合 %)	<ul style="list-style-type: none"> 刈払機 (95) 手作業の除草 (5) 	<ul style="list-style-type: none"> ラジコン草刈機 (70) 刈払機 (25) 手作業の除草 (5)
年間草刈回数	4回	4回 実施時期 4月下旬、6月下旬、 8月中旬、10月中旬
草刈日数 (時間)	16日 (96時間)	10日 (60時間)

身体的負荷および使用感等に関する聞き取り結果

- 園主に身体的負荷および使用感等に関する聞き取りを行った
- 身体的負荷に関するコメントでは、ラジコン草刈機を使用することで作業が省力化された意見であった
- 使用感に関するコメントは、操作が簡単という意見がある一方、パワー不足等の意見が見られた
- その他意見として、導入により経営改善や導入に前向きな意見が得られた

意見の分類	コメント
身体的負荷の変化に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> • 夏場の日中でも作業ができるようになった • 草刈作業が楽になった
使用感に関する意見	<ul style="list-style-type: none"> • 草丈が高い場所ではパワー不足を感じる（作業に時間がかかる） • 路面に凹凸が多い場所では、刈高のバラつきが気になった • また、刈刃が地面に当たると停止してしまうため、作業効率が落ちる • 操作が簡単で、初心者でも1時間程度で操作ができるようになった
その他意見	<ul style="list-style-type: none"> • 自分と父以外にも作業をお願いできるようになり、経営の幅が広がった • 機械は高価だが、導入するだけの価値はあると思う

コスト試算

ラジコン草刈機の経費

- ラジコン草刈機および刈払機のカatalogスペックおよび労働負担計測の結果から経費を試算した
- 購入価格は、補助金を活用してもラジコン草刈機が高かったが、単位面積あたりの労働費と動力費はラジコン草刈機の方が低くなった

算出例

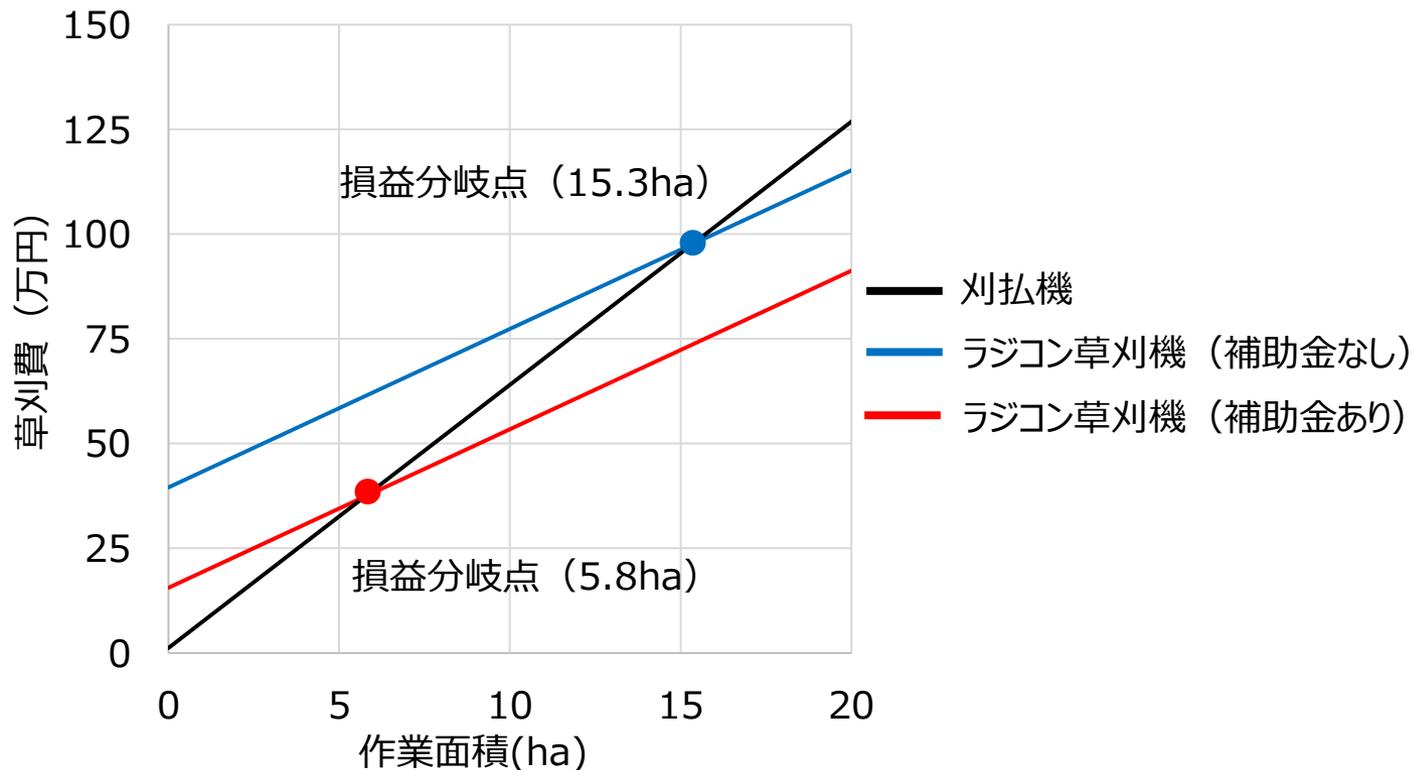
項目	ラジコン草刈機 (smamo)	刈払機	備考
購入価格 (円) [補助金を活用した価格]	2,767,600 [1,090,600]	84,700	税込価格、ラジコン草刈機はバッテリー4個付属、刈払機は後継機の値段、補助額は2/3
減価償却費 [補助金を活用した価格]	395,371 [155,800]	12,100	耐用年数7年
作業時間 (h/10a)	2.2	3.4	労働負担計測結果から算出
労働費 (円/10a)	3,740	5,780	労働費 (円/10a) = 作業時間 (h/10a) × 時給 (円/h) 時給1,700円 (財団のアシスタント職員給料表の困難作業を参照)
動力費 (円/10a)	44	502	動力費 (円/10a) = 作業時間 (h/10a) × 動力単価 (円/h) バッテリー充電費用はカATALOG記載の20円/回、ガソリン価格は2025年1月の東京における価格で180円/L

ラジコン草刈機の草刈費と損益分岐点

- 草刈費と損益分岐点となる年間に必要な作業面積を算出した
- 刈払機からラジコン草刈機に作業を変更した際の損益分岐点は、作業面積が年間約15.3haの草刈りを行うときとなる。また、補助金（東京都の令和6年度東京型スマート農業実装化促進事業を参考、購入価格の2/3補助）を活用してした場合、草刈費が刈払機と同程度になる面積は約5.8haとなる
- 補助金を活用して、ラジコン草刈機で年に4回（草刈時期に2か月に1回程度）1.45haの圃場を草刈りすることで刈払機と草刈費が同等となった

算出式

$$\text{草刈費 (円)} = \text{減価償却費 (円)} + [\text{労働費 (円/10a)} + \text{動力費 (円/10a)}] \times \text{作業面積 (10a)}$$



まとめ

令和6年度のオープンラボの結果と今後の予定

結果

- 導入が効果的な圃場：栽培管理と圃場条件を調査
- 省力化：刈払機より労働負担が軽減、草刈効率は約150%に向上
- 実証結果：操作性に問題なく、省力化と経営改善に有効と肯定的な意見
- コスト：補助金を活用し、1.45haで年4回使用すれば刈払機と同等の草刈費

今後の予定

- 現地農家の実証試験による導入効果の検証を引き続き行う
- 都内の農業事情を踏まえた導入モデルを作成する
- 農家向けの導入指標を作成する

