

栗園における労働軽減のための

栗収穫・運搬 ロボット

活用マニュアル



1	はじめに ・背景 ・マニュアルの目的	2
2	栗収穫ロボの紹介 ・栗収穫作業の現状と栗収穫ロボの開発 ・栗収穫ロボの技術の特徴 ・栗収穫ロボの仕様 ・栗収穫ロボの作業性能	3
3	圃場の条件 ・土壌条件 ・下草・雑草の管理 ・天候	5
4	収穫作業 ・収穫作業の準備 ・収穫作業の実施例 ・収穫作業の応用例	6
5	運搬作業 ・運搬 ・横傾斜での走行	7
6	栗収穫ロボ実証成果の紹介 ・各地での栗収穫ロボによる収穫実証成果 ・栗生産者、栗生産関係者からの意見	8
7	栗収穫ロボについての情報発信 ・研究成果を交流・意見交換会、展示会で発表 ・栗収穫ロボをホームページ、動画で紹介	10
8	普及に向けて ・栗の収穫に係る人件費に関する調査 ・ロボット価格に関する調査 ・製品化・販売に向けての検討事項	12
9	よくある質問	14

1 はじめに

◆背景◆

栗の国内の生産量は15,800tで、茨城県、熊本県、愛媛県で約48%を占めます。国内の栗需要は多く、中国から2,745t、韓国から1,512t輸入している現状です。

栗生産の従事者は、高齢化や減少が進行しており、人手・後継者不足が問題になっています。また、収穫・運搬の機械化はほとんど進んでいません。このような状況で、国内産地を維持するには、作業の省力化・軽労化が急務の課題ですが、その解決策として私たちは、自律型の収穫・運搬ロボットの開発に取り組んでいます。

◆マニュアルの目的◆

栗園における収穫・運搬の無人化・軽労化、労働時間の削減、並びに農業機械の電気化の推進を目的として完全自律型の収穫・運搬ロボット(以下、栗収穫ロボ)を開発しました。

栗園へのロボット導入には、栽培地域や栗品種、圃場の土壌状態、作業時の雑草や枯葉など多様な要因を考慮する必要があります。このマニュアルは、開発した栗収穫ロボでどのようなことができるのか、その特徴と機能、導入にあたっての望ましい作業体系について取りまとめたものです。



ロボットの利用



2 栗収穫ロボの紹介



栗収穫作業の現状と栗収穫ロボの開発

栗の作業時間は53h/10a、うち、収穫・選別・出荷は約45%で、ほとんどが収穫です。地面に落下したイガ果から果実を拾い出すという、特有の収穫作業は辛いものです。また、栗は24時間落果するため、イノシシの食害対策や鮮度保持のため、最盛期には早朝から夕方まで収穫しなければいけません。さらに、害虫の蔓延防止のため、イガは圃場外に持ち出す必要があります。このように人力のみでは非常に過酷な作業状況を改善するための栗収穫・運搬ロボットを開発しました。

栗収穫ロボの技術の特徴

栗収穫ロボは、栗の収穫および運搬まで自動で行うロボットです。ロボットは、栗を収穫する部分と牽引する部分に分かれています(図1)。収穫部と牽引部は取り外し可能です。牽引車に、カメラや測域センサを搭載しておりARマーカを認識して、設定された経路で、栗の収穫作業を行います(図2)。後方の収穫部に設けたくし状のブラシで栗をかきあげ、収穫した栗は、自動的に荷台部分に入ります(図3)。荷台部に栗が一杯になると、設定された位置に移動し、荷降ろしをします(図4)。この栗収穫ロボの、主な特徴としては、

- ・ バッテリーによるモーター駆動で燃料は不要
- ・ GPSなどは使用せず、ARマーカを設置することにより設定経路に沿って自律走行
- ・ イガ有、イガ無しのいずれも収穫可能
- ・ 収穫した栗をまとめて運搬し、設定地点で荷下ろし可能

などが挙げられます。なお、収穫残しの栗も発生するので人力による補助作業も必要です。以上の技術により、栗収穫ロボを活用すれば栗園での収穫作業負担を大幅に軽減できます。



図1 ロボットの構成

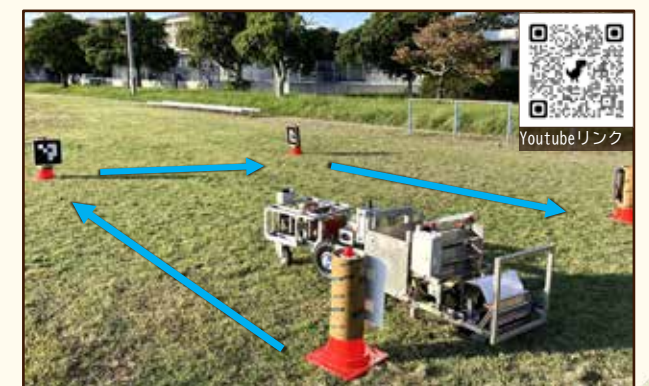


図2 ARマーカによる自律走行



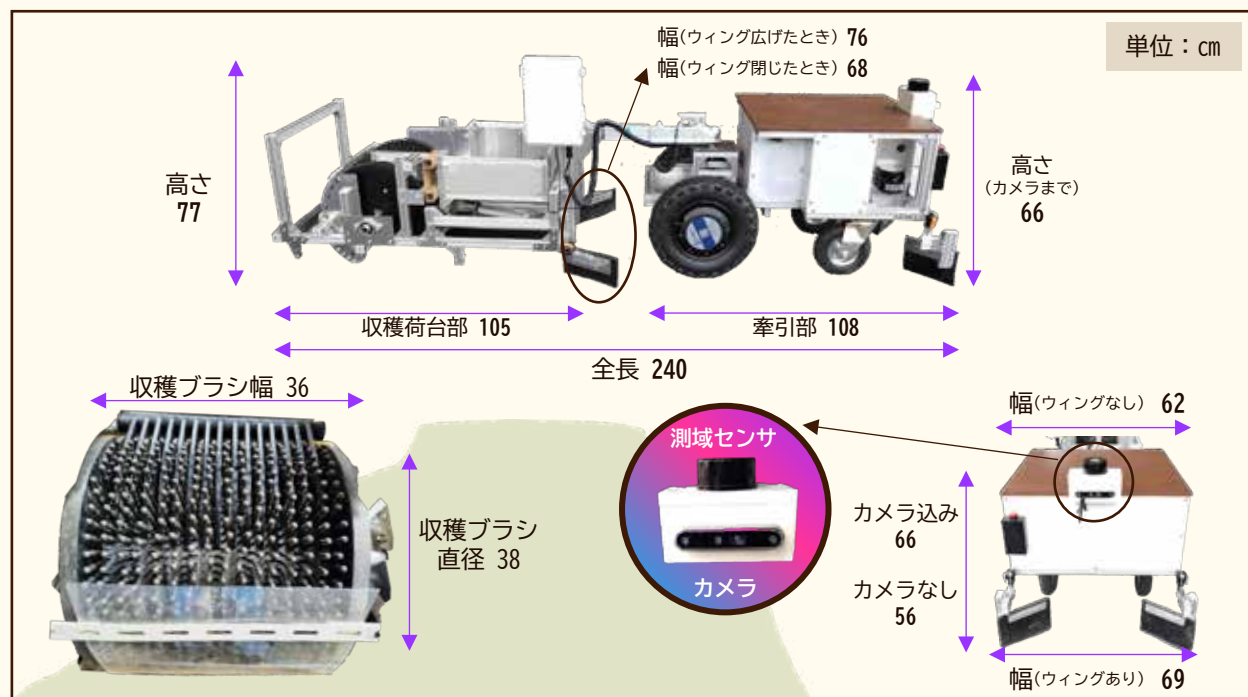
図3 栗を掻き上げ収穫



図4 設定地点で荷降ろし

栗収穫ロボの仕様

車体サイズ	全長240cm×全幅70cm×全高70cm
車体重量	110kg
走行速度	緩やかな傾斜地や凸凹の地面を安定的に走行できる (最大3.6km/h)
バッテリー	稼働時間:6時間(バッテリー切れの場合は予備バッテリーに交換) 充電時間:2～3時間(3,000回の繰返し可能)



栗収穫ロボの作業性能

直進での収穫率	イガ有 97%、イガ無 83%(土壌条件で異なる)
収穫作業の効率	手取り(2h/10a)の約2倍(1h/10a) ※ただし、収穫残しが発生するので人力による補助収穫が必要
圃場の傾斜角度	上り勾配6度までなら作業可能 上り勾配18度までなら走行可能
収穫可能な栗のサイズ	最大14cm(イガ有)
障害物への対応	人を検知して停止し、事故を回避可能
最大積載容量	41,000㎥(41㧺) 参考 ミカンコンテナ:58㧺

3 圃場の条件

栗園で栗収穫ロボを効果的に利用するためには、栽培地域や栗の品種、圃場の土壌状態、作業時の雑草や枯葉の状態など多様な要因を考慮する必要があります。

土 壌 条 件

降雨などにより、土壌が軟弱になった場合に栗収穫ロボが作業できるかどうかの判断の目安は次のように考えています。なお、栗園において土壌条件は異なりますので各園で事前にご判断ください。

栗園において、片足のかかとに全体重をかけたときの足跡深さが2cm以内であれば作業可能(注1)だが、足跡深さが2cm以上の場合、作業に支障が出る

(注1) 日本農作業学会「トラクタの水田走行可能性判定基準」(1985)における【作業容易範囲】の指標

下草・雑草の管理

慣行の収穫作業の時と同程度に、下草、雑草の管理が行われていれば、栗収穫ロボの導入は可能です。また、収穫ブラシに絡み付くような刈り取りした雑草や枝は作業性の低下の原因となります。適宜取り除いてください。



天 候

雨天時は原則として栗収穫ロボを用いた作業は避けてください。また、降雨により土が非常に柔らかい時、ブラシに土が詰り回転しなくなることがあり、この場合、作業は中断することになります。また、車輪が大きく沈むほど柔らかい場合にも走行できなくなります。このような時には、作業は避けてください。

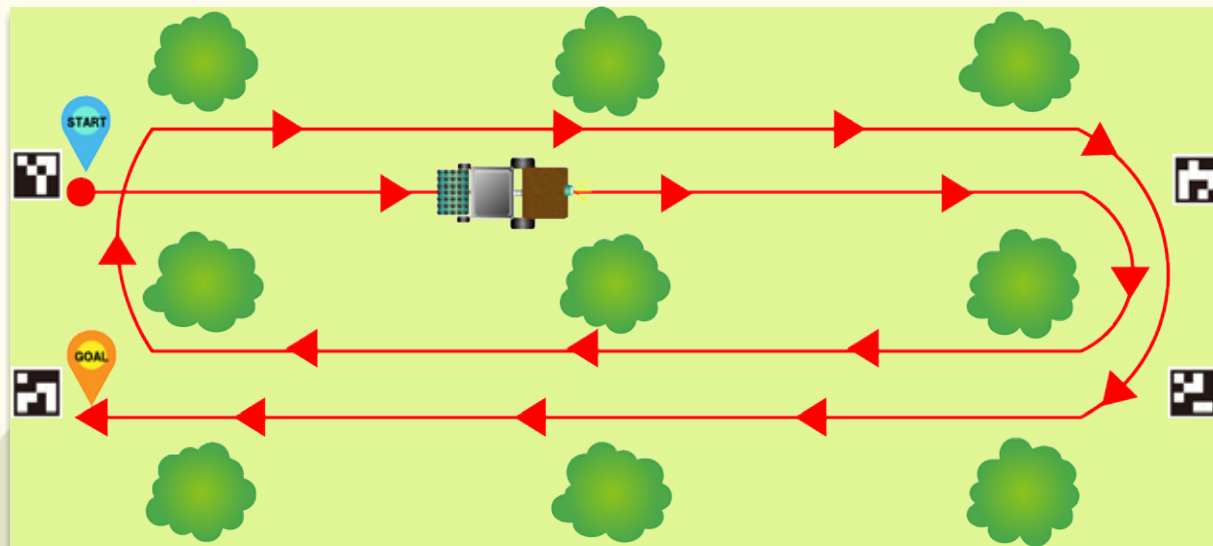
4 収穫作業

収穫作業の準備

- ① 圃場の土壌状態、下草・雑草状態が栗収穫ロボの作業条件に満たしているかを確認します。
- ② 栗園の形状、栗の木の配置に応じた作業ルートを計画します。作業開始位置、作業終了位置、集荷ステーション位置ならびに作業ARマーカの設置位置(ロボットから直線で10mまではマーカを認識可能)を決定します。

収穫作業の実施例

- ③ ARマーカを4個設置します。
- ④ スタート地点[START]から栗木に沿って直進走行で収穫し、目標栗木の横位置に到達したら旋回して折り返し、さらに復路を直進収穫します。ここで、自動で荷降ろしを行います。
- ⑤ 2周目は1周目の外側を進行するというように、周回を繰り返し収穫を行います。
- ⑥ ゴール地点[GOAL]までの収穫が終了したら、自動で荷降ろしを行います。



- ⑦ 収穫残しの栗は、人力による補助作業で収穫します。栗収穫ロボは、自動運転していますので、補助収穫は、栗収穫ロボの作業と並行して行うことができます。

以上で収穫作業は終了です。

ARマーカ説明動画→
Youtubeリンク



収穫作業の応用例

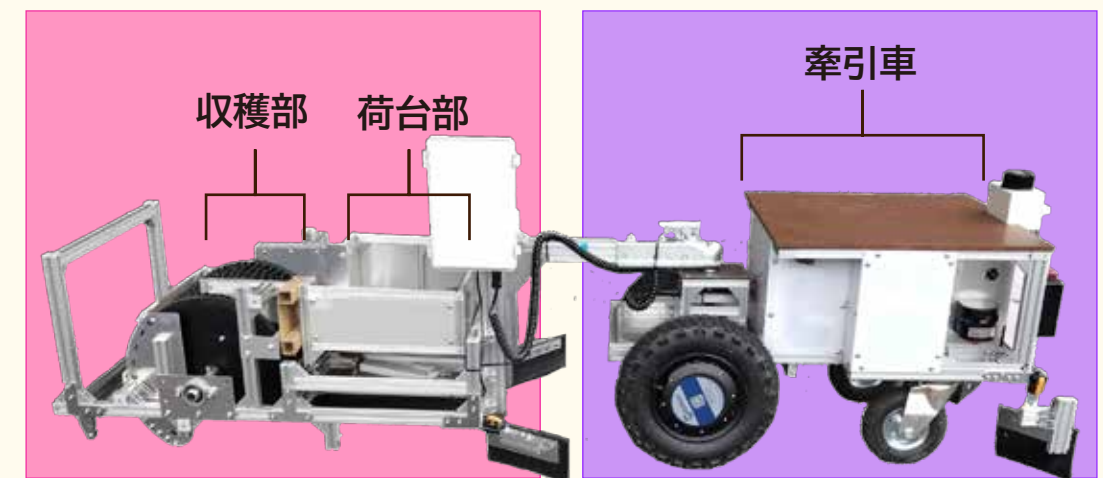
将来的には、栗園を走行中に作成した地図を用いた、自由なルートでの自律走行を実装予定です。現在、カメラを用いた地図の作成及び、地図上でのロボットの位置の推定を行っています。作成された地図を用いてロボット自身がルートを考える機能を実装することで、より効率的に栗を収穫しながら栗園を巡ることができるようになります。例えば、品種毎に走行ルートを設定することで、収穫効率の向上を見込むことができます。

5 運搬作業

栗収穫ロボの運搬機能は、基本的には収穫した栗を集荷位置まで運搬することに使いますが、栗の収穫時以外にも、栗園の管理作業としての剪定枝や散布肥料などの管理作業に自律走行型の運搬車として利用することができます。

運搬

運搬作業においては、収穫部を取り外すことで、牽引車と荷台部のみの構成となり、最大積重量約100kg、運搬速度約3.6km/h で自動運搬する性能を有しています。剪定した枝や散布用の肥料の運搬時に栗収穫ロボを電動運搬用台車として使用することができます。

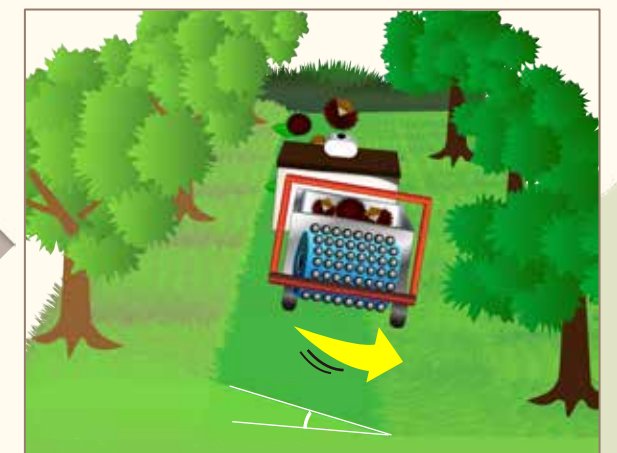


横傾斜での走行

上り勾配の斜面では、傾斜18度までなら走行可能です。しかし、横傾斜(片勾配)の場合には、収穫荷台部分が斜面下方へ横滑りを起こすことがあり、直進走行が難しくなります。



スタート時点



横滑り発生後

横傾斜での走行試験の様子→
Youtubeリンク



6 栗収穫ロボ実証成果の紹介



各地での栗収穫ロボによる収穫実証成果

場 所	地面の状態	収穫状況
熊本県 球磨農業研究所	平地/固め/凹凸なし	○
熊本県 菊池農業高校	平地/固め/防草シートあり	○
長崎県 大村城南高校	平地/固め/防草シートあり	○
埼玉県日高市 國分様農園	平地/普通/凹凸少々	○
茨城県笠間市 小澤栗園	平地/固め/凹凸なし	○
茨城県霞ヶ浦市 四万騎農園	傾斜少々/固め/凹凸あり	○ ◆
熊本県山江村 山本様農園	平地/固め/凹凸なし	△ ◆
熊本県山鹿市 JAかもと菊鹿	平地/やわらかい/凹凸あり (雨天)	△
熊本県山鹿市 JAかもと鹿北	平地/普通/凹凸少々あり	○



課題
改善点

栗(利平)のサイズが大きく、収穫器に挟まり収穫できなかった。収穫部カバーの位置を広げることで収穫可能となった。

雨天で且つ地面が柔らかく、車体が沈み、泥も一緒にかきあげてしまい、収穫部が詰まり、思うように収穫できなかった。雨天時の作業は改善が必要。



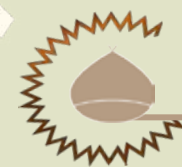
茨城県笠間市内の栗園(平坦)



熊本県山江村の緩やかな傾斜の栗園



高畝栽培での走行・収穫



栗生産者・栗生産関係者からの意見

栗収穫ロボによる収穫実証に参加した方々からの主な意見

○菊鹿町栗園(熊本県山鹿市)

- ・ コンテナに載せたり降ろしたりで手間がかかるため、袋で代用できるとよい。
- ・ 雨天時のぬかるんだ地面で使えるか不安。
- ・ 栗の種類が複数あり。様々な大きさの栗を同時に収穫できることが大事。
- ・ 購入の際、補助金を活用できると良い。

○小澤農園圃場(茨城県笠間市)

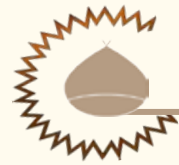
- ・ 軽トラに乗せられるサイズが望ましい。
- ・ 軽トラでロボの後をついていき、集まった栗を集荷していく方法もある。
- ・ 最初の期間は手作業で収穫し、最盛期はロボットを使用できるとよい。
- ・ 光線をカメラで認識させて、まっすぐ走らせてUターンさせる軌道がよいのではないかな。

○四万騎農園(茨城県かすみがうら市)

- ・ あくまで収穫ロボットであり、人が共同して作業する前提で販売すべき。
- ・ すべてをロボットが作業することは期待していない。
- ・ 収穫作業は、3~4人でザルに拾い上げ、コンテナに入れていく。それを軽トラで集めていくので、この作業が軽減されるだけでも性能としては十分だと思う。
- ・ 夜間の稼働は不要だと思う。人間がいる時間帯の補助で使用するだろう。鳥獣害対策では、いのししに樹園地を掘り起こされるリスクの方が大きい。
- ・ ロボットが活躍しやすい生産現場をつくる働きかけをするとよい。



1 栗収穫ロボについての情報発信



研究成果を交流・意見交換会、展示会で発表

○大学高専発ベンチャー創出・発展に向けた連携協定校 第1回交流・意見交換会開催

日時：R6年9月24日(火) 13:00～15:30

会場：スタートアップハブくまもと 3 階

○令和6年度長崎県高等学校 農業教育研究会 実験実習指導法研修会

日時：R6年10月15日(火) 13:30～14:30(松添、スマート農業の招待講演)

14:40～15:30(栗の収穫運搬ロボット実演)

会場：長崎県立長崎城南高等学校(会議室並びに農場)

○九州アグロ・イノベーション / 九州みどりの食料システムEXPO2024

日時：R6年10月23日～24日(木) 10:00～16:00

会場：マリンメッセ福岡B館

○「アグリビジネス創出フェア2024」

日時：R6年11月26日(火)～28日(木) 10:00～17:00

会場：東京ビッグサイト南2ホール

○第2回栗産業未来発展フォーラム

日時：R7年1月16日(木)～20日(月) の5日間

会場：韓国 公州市 金剛新館公園周辺



事業の紹介のためのポスター



栗収穫ロボをホームページ・動画で紹介

栗収穫ロボのホームページ

ホームページでは
本事業の紹介や実証実験などの報告をアップしています。



<https://kuri-robo.com/>



栗収穫ロボの紹介のための動画

YouTube「栗収穫ロボちゃんねる」では
栗収穫ロボの紹介や各部の説明などの動画をアップしています。



栗ロボちゃんねる



YouTube 動画



栗収穫ロボの紹介動画



収穫部の紹介動画



運搬部の紹介動画



ブラシの説明動画



荷台部の説明動画



AMマーカの説明動画

8 普及に向けて



栗の収穫に係る人件費に関する調査

アンケート調査により栗生産者から回答を得た「年間収穫日数」「1日当たり収穫時間」「1日当たり収穫人数」と熊本県の最低賃金を乗算し、栗生産者の収穫に係る人件費（概算）を算出した。

◆山江村での調査◆

平均値で年間236,238円、中央値・最頻値で年間228,480円となった。

◆埼玉、茨城県での調査◆

平均値で年間892,461円、最頻値で年間120,600円となった。3ha以上の耕作面積を持つ生産者からの回答が複数得られたことが要因と。年間人件費が892千円かかると仮定すると、ロボットの価格が「100～150万円」としても、2年程度でカバー可能。

2024年熊本県最低賃金					
952円		N=103			
	作業日数 ／年	作業時間 ／1日	作業人数 ／1日		年間人件費
平均	32.9	4.3	1.8	▶ 仮定①	236,238円
中央値	30.0	4.0	2.0	▶ 仮定②	228,480円
最頻値	40.0	3.0	2.0	▶ 仮定③	228,480円
※年間人件費は2024年熊本県最低賃金×作業日数×作業時間×作業人数で算出					

山江村生産者への調査

2024年茨城県最低賃金					
1005円		N=12			
	作業日数 ／年	作業時間 ／1日	作業人数 ／1日		年間人件費
平均	38.8	5.5	4.2	▶ 仮定①	892,461円
中央値	40.0	5.5	3.0	▶ 仮定②	663,300円
最頻値	40.0	3.0	1.0	▶ 仮定③	120,600円
※年間人件費は2024年茨城県最低賃金×作業日数×作業時間×作業人数で算出					

埼玉、茨城県生産者への調査



ロボット価格に関する調査

◆アンケート項目◆

栗の収穫・運搬ロボットが販売された場合、あなたはどのくらいの金額であれば購入を検討しますか？
①30-50万円、②50-70万円、③70-100万円、④100-150万円、⑤わからない

回 答

◆山江村での調査◆

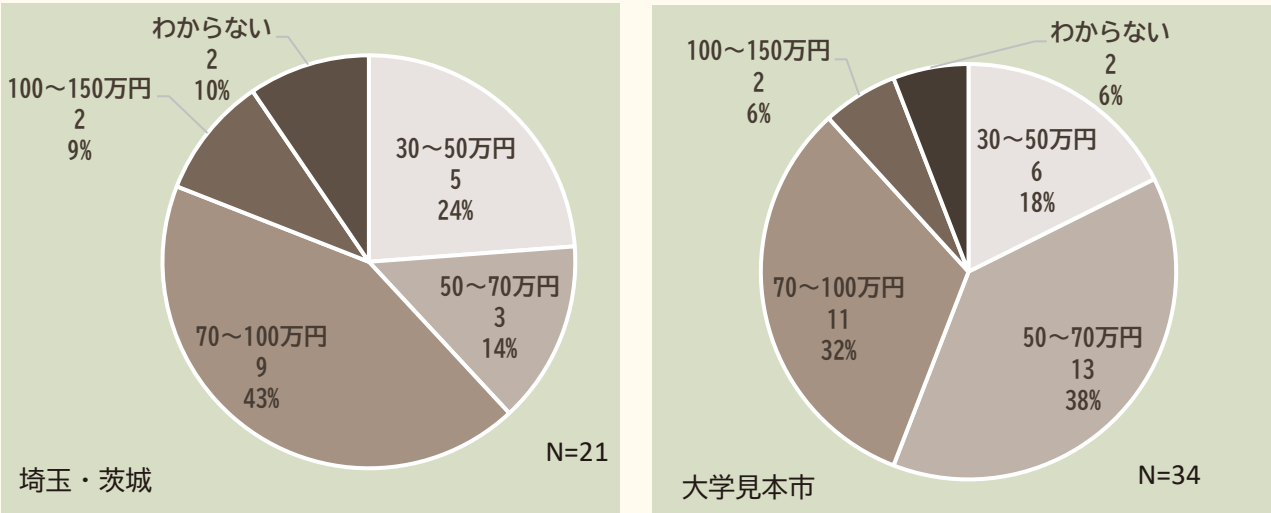
最低価格帯である「30～50万円」と回答した人が29%と最も多かった。

◆埼玉、茨城での調査◆

比較的高額の「70～100万円」と回答した人が多かった。

◆大学見本市での調査◆

「50～70万円」と回答した人が38%と最も多く、次が「70～100万円」の32%だった。



結 果

大規模圃場で栗収穫・運搬ロボットが活躍する可能性は高い



製品化・販売に向けての検討事項

- 生産者へのヒアリングなどを通じ、「性能が良ければ500万円程度までであれば購入を検討する」「実際に自動収穫できるのであれば100万円でも安い」等の意見があったことから性能に即した価格設定を行うことが求められる。また、補助金等の活用による生産者の初期負担の軽減も必要と考えられる。
- 製品化・販売に向け、実証試験や出展等を通じて継続してアウトリーチ活動を行うことにより、認知度を高めていくことが必要となる。