

研究事業評価調書（平成20年度）

作成年月日	平成20年12月17日
主管の機関・科名	工業技術センター・機械システム科、電子情報科

研究区分	連携プロジェクト研究
研究テーマ名	全自動収穫ロボットシステムの開発

研究の県長期構想等での位置づけ

構 想 等 名	構 想 の 中 の 番 号 ・ 該 当 項 目 等
ながさき夢・元気づくりプラン （長崎県長期総合計画 後期 5か年計画）	重点目標：Ⅱ競争力のあるたくましい産業の育成 重点プロジェクト：5明日を拓く産業育成プロジェクト 主要事業：③産学官連携による共同研究と事業化の推進 重点プロジェクト：6 農林水産業いきいき再生プロジェクト 主要事業：② 農林業の生産性・収益性の向上
長崎県科学技術振興ビジョン	(2) 活力ある産業社会の実現のための科学技術振興

研究の概要

- 1 研究の目的
 - (1) 本事業で誰（何）の【対象】
アスパラガスは長崎アスパラとしてブランド化を推進中の農作物であり、収益性の高さから栽培面積の拡大が望まれている。
 - (2) 何（どのような状態）を【現状】
収穫作業が重労働であるため、栽培面積の拡大が難しく問題となっている。
 - (3) どのようにしたい。【意図】
アスパラガスを対象とした自動収穫ロボットシステムを総合農林試験場と工業技術センターが連携して開発する。
- 2 事業実施期間 平成19年度から平成21年度まで 3年間
- 3 事業規模 96,972千円 総事業費（総人件費60,502千円、総研究費36,470千円）
- 4 研究の目的を達成するために必要な研究項目
 - ①アスパラガス認識装置の開発
 - ②収穫用ロボットハンドの開発
 - ③ロボット用圃場の開発
- 5 この研究成果による社会・経済への波及効果の見込み
長崎県農政ビジョン後期計画の中で、本県戦略品目として位置づけているアスパラガスは、平成15年の栽培面積が130ha（出荷額23億円）であるが、平成22年には200haの栽培面積（出荷額50億円）を目標としている。しかし、現状では収穫作業が重労働であるため、栽培面積の拡大が難しくなっている。そこで、本研究では、アス

パラガスの栽培面積拡大に貢献するために全自動収穫ロボットシステムの開発を行う。また、アスパラガス収穫ロボットシステムを開発する過程で研究開発する画像計測技術、ロボットハンド、自律制御装置は他の作物の収穫ロボットや農業以外のロボットの開発に有用な技術であり、県内中小企業に技術移転する事により県内製造業のロボット分野への進出にも貢献可能である。

6 参加研究機関等

- ① 工業技術センター：アスパラガス自動収穫ロボットの開発
- ② 総合農林試験場：アスパラガス萌芽位置制御技術の開発
- ③ 長崎大学工学部：ロボット制御、設計に関する指導
- ④ 京都大学農学研究科：収穫ロボット用マシビジョンの開発

① 研究の必要性

1 社会的・経済的背景

本県において、一般高齢者（65歳以上）の人口は、平成12年に約31万人、平成32年には、約40万人に達し、人口比率で約30%を占めると予測されている。全国的にみても高齢化が早く進む状況にあり、農家においても高齢化による労働力不足が発生し、引退や離農の増加が他県より著しくなることが懸念される。本県において、労働力不足による農作物の生産力の低下は大きな問題となっている。

2 県民又は産業界等のニーズ

本県でも先進的な農家が諫早湾干拓地などで大規模な農業経営を実施したいとの要望もあり、労働力をあまり使用せずに大規模な農業経営が可能なロボットや機械による農作物栽培が注目されている。本研究では、収益率が高いが収穫作業が重労働であるため栽培面積を増やすことが難しいアスパラガスをターゲットとした全自動収穫ロボットシステムを開発する事を目的とする。

3 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性

収穫ロボットとしては、トマトやイチゴの収穫ロボットはすでに試作研究されているが商品化されたものはまだない。研究開発中の代表的な収穫ロボットは以下のとおり。

- ・イチゴ収穫ロボット
(独)生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター）
- ・トマト収穫ロボット
岡山大学農学部

② 効率性

1 研究目標

必要な研究項目と期間、年度ごとの活動目標値（定量的目標値）とその意義

研究項目	活動指標	19年度		20年度		21年度		目標値の意義
		目標値	実績値	目標値	実績値	目標値	実績値	
① 収穫ロボット	試作機開発	移動台車試作1台	移動台車試作1台	収穫ロボット試作1台		ロボット改良1台		2年目までに収穫ロボットを完成。3年目に改良。

②収穫ロボット用圃場の開発	圃場の提案 指定した範囲への萌芽確率	1以上 40%以上	1件 50%				80%以上	ロボットが作業可能な圃場を開発指定した範囲への萌芽確率を春芽、夏芽あわせて80%以上に変更
③収穫用ロボットアーム	駆動速度	アーム単体での駆動速度 21.6秒/本以下	14秒/本	収穫ロボットの収穫速度 21.6秒/本以下			圃場での収穫速度 10.8秒/本以下	人手での収穫本数2000本/日より12時間収穫するとして21.6秒/本。人間の3倍の量を18時間で収穫するとして10.8/本に変更

2 活動指標を設定した理由

(他の活動指標と比較して、効率よく研究成果を得られると見込んだ理由)

① を設定した理由

本研究では収穫ロボットを開発する事を目的としているため、活動指標として収穫ロボットの試作を選定した。2年目までに試作を完了し、3年目は実地試験を行い改良することで完成度が高いロボット開発を目指す。

② を設定した理由

ロボットが全自動で効果的に動くためには、ロボットに合わせた栽培技術、圃場の設計が重要である。ロボット用圃場で指定した場所への萌芽が可能であれば収穫が容易となるため選定した。

中間評価をうけて、春芽・夏芽をあわせて、指定した範囲への萌芽確率の目標値を80%以上に変更した。

③ を設定した理由

人間1人が収穫できる本数(1日2000本)以上のアスパラガスを収穫できるロボットシステムを開発する事を目標としている。そこで、ロボットが12時間稼働すると仮定して目標とする収穫数を満足するために必要な駆動速度を選定した。

中間評価をうけて、開発目標を人間3人が収穫できる本数(1日6000本)以上に変更した。そのため、ロボットが18時間稼働すると仮定して目標とする収穫数を実現するために必要な駆動速度に目標値を変更した。

3 研究実施体制について

工業技術センターが自動収穫ロボットの開発を、総合農林試験場がアスパラガス萌芽位置制御技術を開発することにより、自動的にアスパラガスを収穫するロボットシステムを構築する。また、ロボット制御法の研究実績が豊富である長崎大学工学部からの指導を受ける体制としている。また、昼夜使用可能なアスパラガス認識用マシンビジョンを京都大学農学研究科と共同開発する。さらに、ロボットの試作については県内企業に委託し実施する。

4 予算							
研究予算 (千円)	計	人件費	研究費	財 源			
				国庫	県債	その他	一財
				全体予算	96,972	60,502	36,470
H19年度	32,996	21,526	11,470				
H20年度	32,916	20,416	12,500				
H21年度	31,060	18,560	12,500				

※：過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案

③ 有効性

1 成果目標

研究項目ごとの期間、年度ごとの成果目標値（定量的目標値）とその意義

研究項目	成果指標	19年度		20年度		21年度		目標値の意義
		目標値	実績値	目標値	実績値	目標値	実績値	
① 収穫ロボット機 構部の試作	収穫ロボ ットハン ドの駆動 速度 特許出願	試作ロ ボット アーム 1台	1台	収穫ロ ボット 試作1 台		圃場で の収穫 速度 10.8秒 /本以 下		1日2000本 のアスパラ ガスを収穫 するため には1本あ たり目標値 以上の駆動 速度が必要。 1日6000本 のアスパラ ガスを収穫 するため に必要な駆動 速度に変更
② 収穫ロボット用 圃場の開発	指定した 範囲への 萌芽確率 特許出願	40%以 上	50%			80%以 上		指定した範 囲への萌芽 確率を目標 値以上にで きれば開発 可能であると 判断する
③ アスパラガス認 識装置	測定精度 特許出願	測定精 度：± 25mm以 上（夜 間）	測定精 度5mm （夜間 ）			測定精 度：± 25mm以 上（昼 間）		人手による 精度とほぼ 同等の精度 を実現。

2 各研究項目における解決すべき課題及び想定される解決方法

研究項目①：

ロボットハンド部は1日2000本のアスパラガスを収穫するために21.6秒/本の収穫速度が必要となる。そこでアスパラガス収穫用の円筒座標と極座標を組み合わせたロボッ

トハンドの開発を初年度に行う。認識での時間、移動での時間に対応するため随時ロボットの改良をし、目標値達成を目指す。

中間評価をうけて、開発目標を人間3人が収穫できる本数(1日6000本)以上のアスパラガスを収穫できるロボットシステムを開発する事に変更する。

研究項目②：

平成19年度にロボットハンド部で収穫可能な畝端から40cmの範囲への萌芽確率が40%以上を達成できれば、その後の研究で目標である萌芽確率60%を達成できると判断する。圃場の中心部に株を設置し立茎することで親茎を中心部に集め、新芽を周辺部に誘導する事でロボットが収穫しやすい場所に新芽萌芽させる。

中間評価をうけて、春芽、夏芽をあわせて指定した範囲への萌芽確率を80%以上に変更する。

研究項目③：

圃場は環境変化が大きく画像処理などで対象物を認識する事が難しい事が考えられる。新たな栽培技術を開発する事により萌芽が出る位置をある程度限定し、ロボットに認識しやすくすることで認識を容易にする。また、アスパラガスの位置、長さを自動計測し、出荷可能な長さとなったアスパラガスのみを自動認識する。

3 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

研究項目①：

従来研究開発されている収穫ロボットは市販されている多関節型ロボットや直行座標型ロボットを用いた物がほとんどである。しかし、多関節型ロボットや直行座標型ロボットは目標値に到達するとき他のアスパラガスを傷つける可能性が大きくなる。そこで、大きな並進自由度がある専用の円筒座標と極座標を組み合わせたロボットを開発することにより、この問題を解決する。

研究項目②：

収穫ロボットに適した栽培方法としてイチゴの高床式栽培やトマトのオランダ式栽培などがある。しかし、地下茎で構成されるアスパラガスに関してはこれまで、ロボットに適した栽培は提案されていない。

研究項目③：

従来収穫ロボットで使用されている認識装置は2台のカメラを用いた両眼立体視の原理に基づいた装置が多いが、対応点の抽出など計測時間がかかり問題となっている。そこで、アスパラガスは長さのみにより出荷可能であるかを判断されることに着目した認識装置を開発する。

4 成果の概要

ロボット用圃場、試作ロボットアーム、ロボット用移動台車、ロボット用ビジョンセンサを開発した。

5 成果の社会・経済への還元シナリオ

収穫ロボットシステムの実用化とともに民間へ技術移転しコスト低減を図り、干拓地等における企業的施設園芸農家、大規模農家、規模拡大志向農家を対象に普及を図る。

【研究開発の途中で見直した内容】

人間以上の収穫量を目標として平成20年度より京都大学農学研究科との共同研究を実施する。共同研究の課題は「収穫ロボット用マシンビジョンの開発」とし、昼夜使用可能なアスパラガス収穫ロボット用マシンビジョンの開発を共同で実施する。

アスパラガス生産農家が他産業相当の収入を得るために必要な栽培面積を想定し、収穫ロボットの性能を1人相当(2000本/日)から3人相当(6000本/日)に変更する。この変更に伴い収穫速度の目標値を18時間で6000本収穫可能な10.8秒/本以下に変更する。また、収穫ロボットの動作時間を当初設定していた夜間のみ(12時間)の収穫作業から昼夜(18時間)収穫作業を行うよう変更する。また、栽培技術に関して春芽、夏芽を合計して収穫可能な場所への発芽確率を80%以上に変更する。

研究評価の概要

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	<p>(18年度) 評価結果 (総合評価段階: 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 県農政ビジョンでは、収益性の高いアスパラガスを戦略品目と位置づけている。作付面積の拡大には収穫作業の労働負荷軽減が課題になっており、この課題解決には、新しい栽培技術の確立と収穫ロボットの開発が必要である。 ・効率性 総合農林試験場と工業技術センターがそれぞれに保有する技術ポテンシャルを用いて、総合農林試験場が新しい栽培技術を開発し、工業技術センターがロボットシステムを開発することにより効率的な開発を行うことができる。 ・有効性 アスパラガス収穫ロボットシステムの開発は、収穫作業の労働負荷の大幅な軽減につながり、作付面積の拡大が期待できる。 ・総合評価 アスパラガス収穫ロボットシステムが開発されると、農業分野では大規模農業への展開、工業分野では収穫ロボットの製品化が期待できることから、取り組むべき研究課題である。 	<p>(18年度) 評価結果 (総合評価段階: 3)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 農業従事者の負担軽減は理解できるが、ロボット技術開発の効果や県内製造業への波及効果を明確にして取り組む必要あり。 ・効率性 栽培技術の開発プロセスやロボット開発の現状を明確にし、収穫速度を上げるべき。コストや市場ニーズを明確にして、商品化までの開発期間を短縮すべき。 ・有効性 商品化では農業現場での価値を見極め、実効ある導入への働きかけを行うこと。栽培技術開発とロボット技術開発がかみ合うように計画の充実を図る。また、汎用性や商品化展開に関する検証が必要である。 ・総合評価 農業へのロボット技術の導入は必要であるが、アスパラガス生産の省力化以外への応用や波及も検討すること。本技術開発は、計画や目標の逐次見直しなど柔軟な取り組みにより、技術課題の克服やスピードアップを図っていく必要がある。
	対応	対応
途中	<p>(20年度) 評価結果 A (総合評価段階:)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 収穫作業が重労働であるため栽培面積を増やせないアスパラガスの栽培面積を増やすためには必要な技術開発である。 	<p>(20年度) 評価結果 B (総合評価段階:)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 A 長崎県戦略品目であるアスパラガスの収穫を軽労化する研究として必要性を認める。投資効果など経済性の検討や今後の普及のために行政機関と一体と

	<ul style="list-style-type: none"> ・効率性 収穫ロボット、ロボット用栽培技術のそれぞれの開発について、予定した研究内容を実施した。また、より効率的に研究を行うため平成20年度より京都大学との共同研究を実施することとなった。 ・有効性 収穫ロボット及びロボット用栽培技術に関して予定していた試作は全て完了し、要求性能も満足している。また、予定していた特許1件も出願できたので当初計画した成果が得られる見通しである。 ・総合評価 アスパラガス認識装置、ロボットハンド、移動台車、ロボット用圃場の製作など概ね計画通りに進捗している。 	<p>なって、普及シナリオを作成することも必要と思われる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・効率性 A 特許出願など成果目標は達成している。しかし目標の達成には、画像認識において技術的課題が残っており、解決を要する。また作業速度など目標水内以上の成果を期待したい。 ・有効性 B ロボットの収穫能力やほ場における刈取り可能な面積の割合といった目標を引き上げるための方策を検討する必要がある。また技術を導入する農家像を明確にする必要がある。 ・総合評価 B 開発したロボットが農業者に導入意欲を抱かせるものになり得るかが重要である。そのためにはロボットの能力や、ロボット化に適した栽培技術、イニシャル・ランニングコストなど研究目標の見直しが必要と思われる。 他県が取り組んでいない分野であり研究方向の修正により、優れた成果が得られることを期待したい。
	対応	<p>対応</p> <p>アスパラガス生産農家が十分な収入を得るために必要な栽培面積を考慮して、収穫ロボットの収穫性能の目標を当初の3倍である(6000本/日=3人相当)に変更する。また、栽培技術に関して、収穫可能な場所への発芽確率を、春芽、夏芽を合計して80%以上に変更し開発を行う。</p>
事後	<p>(年度)</p> <p>評価結果 (総合評価段階：)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価 <p>対応</p>	<p>(年度)</p> <p>評価結果 (総合評価段階：)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・必要性 ・効率性 ・有効性 ・総合評価 <p>対応</p>

■ 総合評価の段階

平成20年度以降

（事前評価）

- S＝積極的に推進すべきである
- A＝概ね妥当である
- B＝計画の再検討が必要である
- C＝不適當であり採択すべきでない

（途中評価）

- S＝計画以上の成果をあげており、継続すべきである
- A＝計画どおり進捗しており、継続することは妥当である
- B＝研究費の減額も含め、研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C＝研究を中止すべきである

（事後評価）

- S＝計画以上の成果をあげた
- A＝概ね計画を達成した
- B＝一部に成果があった
- C＝成果が認められなかった

平成19年度以降

（事前評価）

- S＝着実に実施すべき研究
- A＝問題点を解決し、効果的、効率的な実施が求められる研究
- B＝研究内容、計画、推進体制等の見直しが求められる研究
- C＝不適當であり採択すべきでない

（途中評価）

- S＝計画を上回る実績を上げており、今後も着実な推進が適當である
- A＝計画達成に向け積極的な推進が必要である
- B＝研究計画等の大幅な見直しが必要である
- C＝研究費の減額又は停止が適當である

（事後評価）

- S＝計画以上の研究の進展があった
- A＝計画どおり研究が進展した
- B＝計画どおりではなかったが一応の進展があった
- C＝十分な進展があったとは言い難い

平成18年度

（事前評価）

- 1：不適當であり採択すべきでない。
- 2：大幅な見直しが必要である。
- 3：一部見直しが必要である。
- 4：概ね適當であり採択してよい。
- 5：適當であり是非採択すべきである。

（途中評価）

- 1：全体的な進捗の遅れ、または今後の成果の可能性も無く、中止すべき。
- 2：一部を除き、進捗遅れや問題点が多く、大幅な見直しが必要である。
- 3：一部の進捗遅れ、または問題点があり、一部見直しが必要である。

4：概ね計画どおりであり、このまま推進。

5：計画以上の進捗状況であり、このまま推進。

(事後評価)

1：計画時の成果が達成できておらず、今後の発展性も見込めない。

2：計画時の成果が一部を除き達成できておらず、発展的な課題の検討にあたっては熟慮が必要である。

3：計画時の成果が一部達成できておらず、発展的な課題の検討については注意が必要である。

4：概ね計画時の成果が得られており、必要であれば発展的課題の検討も可。

5：計画時以上の成果が得られており、必要により発展的な課題の推進も可。