

課題情報シート

テーマ名 :	にんにく仕上げ機の開発		
担当指導員名 :	池本和夫, 下釜洋一, 千知岩浩一	実施年度 :	26 年度
施設名 :	四国職業能力開発大学校		
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	12 人
		時間 :	54 単位 (972h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

にんにくは1つ1つ大きさや形が異なり、底部の形状の特徴から、根の切断除去の自動化は困難とされてきました。開発した「にんにく仕上げ機」のように、1台で「茎切り・根切り・皮むき」の3つの仕上げ工程を処理する自動機はありません。ゲージを用いた手作業によるサイズ分けを含めて、にんにくの出荷前に最も労力を要する仕上げ作業を自動化し、作業者の負担の軽減を目指します。刃物を使用する危険な手作業を自動化して安全にも配慮し、1個当たりの処理時間の短縮も目指します。

- ・ 回転テーブルを90度毎に回転し、供給、茎切り及び根切り、皮むき、撮像後排出の4つの工程を同時に処理します。受け皿の形状を工夫して、にんにくの底部を上に向けます。
- ・ にんにくのサイズにより高さが変わるため、触角センサにより底部を検出します。底部の高さに対応して、根切りのルータと皮むきのブラシの下降量を調節します。
- ・ 皮むき部では、茎部をつかんでブラシを回転すると共に、エアも吹き付けます。
- ・ 画像処理を適用して、サイズ分けに加えて仕上げ処理や変色の検証なども自動化します。
- ・ 根の削り過ぎや皮のむき過ぎによるにんにくの損傷をなくします。
- ・ 熟練の作業者でも、1個の処理時間に約72秒を要します。1年目に開発した仕上げ機では約20秒要した処理時間を、2年目には約13秒に短縮します。
- ・ 各仕上げ工程の自動化で、にんにくの表面に傷が付かないように搬送及び収納するための機構や制御方法を工夫します。

1年目は、にんにく仕上げ機を仕上げ装置と検証装置に分割して開発しました。2年目は、各種仕上げ処理と各サイズ階級と規格外品に仕分ける処理を連続して、システムの一体化に取り組み、仕上げ精度の向上も目指しました。専攻分野の異なる3科の学生の開発作業を、並列進行したり、連携して取り組むこともできるように、工程計画の作成に工夫をしました。

【参考文献】平成25年度開発課題報告書など

【学生数の内訳】機構部の設計製作など：5名、制御部設計製作など：3名、画像処理および通信プログラムの制作など：4名

【訓練（指導）のポイント】

開発課題「にんにく仕上げ機の開発」では、企業の要望を満足するシステムの仕様決定や開発工程計画を作成する能力、及びシステムの設計製作や画像処理によるにんにくの仕上げ処理の状況やサイズ検査を実現するための専門的技能・技術を習得するだけでなく、開発したシステムの検証能力、並びに地元の企業担当者、JA、農業試験場、近隣の農家の皆さんや生産システム系の教官及び学生間のコミュニケーションや調整能力を養成することを目的としました。

これらの能力を養成するために、まず、「茎切り・根切り・皮むき」の仕上げ処理の3工程をどのように構築するかが、自動化するにんにく仕上げ機の性能を左右する重要な機能であることをメンバー全員に理解させました。また、実際のにんにくの出荷前の処理を行う現場に開発したシステムを導入することを、前提条件として考慮させました。学生たちは、最初に、1年目の開発課題の成果を理解した後、近隣の農家の方の収穫作業をお手伝いし、手作業での各仕上げ作業の内容や、現状の各種自動機の開発状況なども調査して把握しました。根切り部のアクチュエータの変更や運転パラメータの調整、皮むき部のブラシの独自設計、3台のカメラを用いた撮像部を新規に設計製作、および回転テーブルの剛性アップなどの工夫を加えて、2年目のにんにく仕上げ機を改良しました。さらに、画像処理を適用して、サイズ分けに加えて仕上げ処理や変色の検証なども自動化し、その結果を、専門の異なるメンバーが協力して、制御部と画像処理部間で通信するプログラムも制作しました。

つぎに、開発したにんにく仕上げ機による仕上げ処理結果と、画像処理による仕分け結果を、実験を繰り返して検証することが、装置の仕上げ精度を標準化するために必要であることをメンバー全員に理解させました。底面からにんにくを撮像してサイズを判定する工程では、取得画像を2値化する際のしきい値や、ラベリング処理によりにんにくの最大断面積を特定する手法に、「ノギスを用いた最大径の測定値と一致する」よう高い相関を示すことを要求しました。また、根の判定処理では、盤茎部の円形抽出の手法に工夫を要求し、根の残存領域の割合を求めて、根の除去処理の良否を判定できるようになりました。さらに、にんにく全体の変色判定処理では、コスト低減を考慮した2年目の新規取組みを要求し、OpenCVを用いて、HSV領域を活用した判定手法を構築させました。これらの仕上げ処理の精度や、画像処理の判定精度については、JAの方に協力して頂いた約20kgのにんにくに対して、実験を繰り返して検証させました。

本開発課題により、画像処理及びPLC制御技術を適用して、にんにくの各種仕上げ作業と、各サイズ階級と規格外品に分別並びに収納するまでを自動化する「にんにく仕上げ機」を構築し、1年目に比較して仕上げ処理の精度の向上と所要時間の短縮ができたことは、今後生産現場に関わる技術者になるに際して、大きな自信を得ることができたのではないかと考えます。

工程計画の作成や作業を分担する際には、リーダーを中心に全員で議論させました。計画に沿って、メンバーを小グループに分け、それぞれの担当毎にシステム開発を進めました。この過程において、特に設計段階では、各メンバーの担当範囲を検証し、不具合がある場合にはメンバーで討議して、その要因を明らかにしながら、設計作業を繰り返しました。何度

も設計をやり直す大変さを口にしながらも、システムが仕上がった際の学生の言動や、発表会後の感想などから、学生がこの開発課題のシステムを設計製作することにより、ものづくりに係る楽しさを感じていたことが伺えました。また、この開発課題における一連の取り組みを通じて、企画開発力や専門的な技能・技術の向上に加えて、コミュニケーションや調整能力、およびリーダーシップ能力の向上につながったと考えます。

11月のアグリビジネス創出フェア 2014に出展・講演して、来場者の方々への説明やデモンストレーションを学生が担当し、「今すぐにでも導入したい」旨の評価や、様々なご指摘を頂くことができました。また、2月のポリテックビジョンにおいても、外部の来場者の方々から高い評価をして頂き、優秀な成績を表彰されています。自分達の開発した装置システムを自らプレゼンテーションし、客観的な評価をして頂く機会に恵まれました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 四国職業能力開発大学校
住所 : 〒763-0093 香川県丸亀市郡家町 3202 番地
電話番号 : 0877-24-6290 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/kagawa/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

にんにく仕上げ機の開発

生産機械システム技術科

生産電子システム技術科

生産情報システム技術科

1. はじめに

本課題は、野菜の工業用洗浄機・選別機などの総合メーカーから開発を依頼された。香川県はにんにくの生産量全国2位を誇り、年間約600トンを生産している。にんにくの仕上げ処理を自動化して、作業者の負担軽減と処理個数の増加に貢献する。

2. 装置の概要と開発方針

仕上げ装置は根切り・茎切り・皮むきを一つの機械で自動化する装置である。検証装置はサイズ分けと根切りの検査を行う装置で、仕上げ処理の精度も検証・評価をする。本年度ではこれらの機能を改善して処理能力の向上を目標としている。

3. 仕上げ・検証装置の開発と改善

3.1 根切りおよび茎切り部の改善

根切り部のACモータを42角のモータから60角に変更することで回転数とトルクを上げて根切りの精度を向上し、ステッピングモータをトルクの高いものに変更した。その改善点を図1に示す。

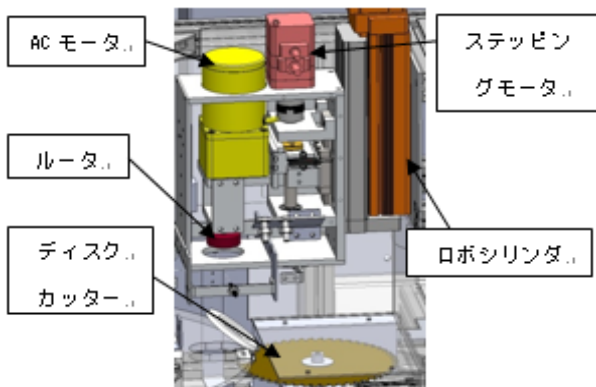


図1 根切り部および茎切り部の構成

3.2 皮むき部の改善

ブラシを回した時の振れをなくすため回転軸にベアリングを設け、にんにく側面の皮をむくためにオリジナルブラシを設計した。その構成を図2に示す。

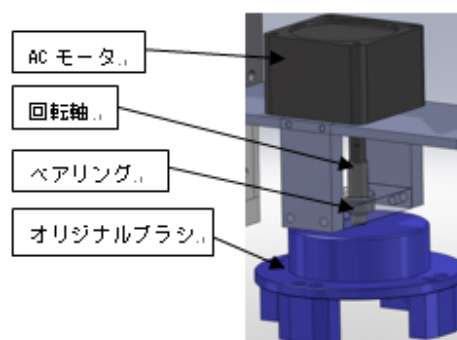


図2 皮むき部の構成（改善後）

3.3 検証装置の改善

CCDカメラによる撮像環境を改善してサイズ判定の成功率や仕上げ処理の評価精度を向上した。仕上げ装置と一体化させ自動でサイズ別に分別できる仕分け装置にした。

3.4 撮像部の設計・製作

にんにくのサイズ、根が除去できているかを判定するカメラ1台と、にんにくに変色などの異常がないか検査するカメラ2台を仕上げ装置に直接取り付け。新規に設計・製作した撮像部を図3に示す。

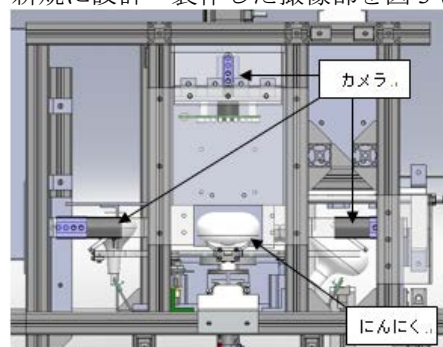


図3 カメラ3台を取り付けた撮像部

3.5 その他の改善

仕上げ装置でむき出しになっている制御部を外部から保護するため、開閉可能なカバーの設計・製作をした。

回転テーブルの材質をアクリルからアルミに変更して剛性を向上させた。

にんにくの仕上げ処理後、装置の下にゴミや塵などが散乱しないようトレイを設けた。

4. 撮影部の照明作成

画像処理の際に使用する照明を改善するために、可変抵抗の調整で明るさを変えることができる照明を作成した。

5. パラメータの変更

ロボシリンダのパラメータの変更を行いロボシリンダの降下、上昇速度を上げ根切りのタクトタイムを20秒から10秒程度に短縮をした。

6. 画像処理

6.1 ソフトウェア概要

本開発に使用しているソフトウェアを以下の表1に示す。

表1 ソフトウェア概要

使用 OS	Microsoft Windows7 professional®
画像処理ソフト	LINX HALCON11®
	OpenCV2.3®
通信開発環境	MX Component Version4®

6.2 進捗状況

現在の進捗状況として、上面からにんにくを撮影して HALCON® を使いにんにく表面の最大直径を求めるとにんにくの根の除去具合を判定し、側面

からにんにくを撮影して OpenCV を使いにんにく側面に変色などの異常がないかを判定している。

撮影したにんにくのサイズを比較した相関図を図4に、撮影したにんにくの判定結果を図5に示す。

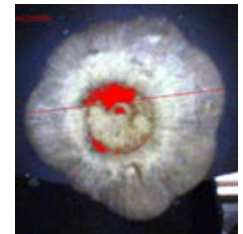
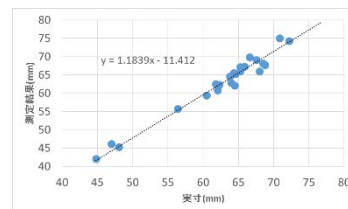


図4 サイズの比較

図5 上面からの判定結果

7. 実験結果

開発したにんにく仕上げ装置の処理能力を評価するための実験を行った。現段階での仕上げ処理実験と画像処理実験の大まかな成功率を表2と3に示す。

表2 仕上げ処理実験結果

	成功率
根切り	65%
茎切り	100%
皮剥き	100%

表3 画像処理実験結果

	成功率
サイズ判定	75%
根の判定	70%

8. おわりに

仕上げ装置と検証装置の一体化は完了した。今後は一体化した装置の成功率を高め、改良を続けていきたい。実際に一体化したものを図6に示す。

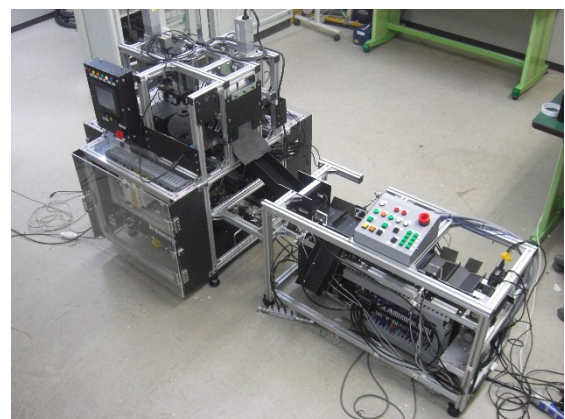


図6 にんにく仕上げ装置と検証装置の一体化

課題実習「テーマ設定シート」 開発課題実習（生産システム技術系）

作成日： 9月 10日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 計測システム応用構築実習（生産情報システム技術科） (開発課題実習)		にんにく仕上げ機の開発	
担当教員		担当学生	
○生産機械システム技術科 池本 和夫			
生産電子システム技術科 下釜 洋一			
生産情報システム技術科 千知岩 浩一			
課題実習の技能・技術習得目標			
にんにく仕上げ機の開発を通して、「ものづくり」の全工程を設計製作することにより、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）の習得を目的とする。具体的には、システム開発を主体とした製品設計技術、複合的な製品製造技術、電子制御技術、プログラミング技術、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にする。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
農業就業者数の大幅な減少や高齢化の進行に対応して、きつい、危険な農業の労働環境を改善し、新規参入者の円滑な営農等に対処するためには、各種農作業の負担を軽減する自動化システムの開発が強く望まれている。にんにくの収穫後、最も労力を要する手作業として、出荷前の「茎部と根部を切断除去して、汚れた土や表皮などを落とし磨いて光沢を出す」仕上げ工程がある。本開発課題では、上記の各種仕上げ工程と、処理の検証及びサイズの分別までを自動化する「にんにく仕上げ機の開発」に取り組む。にんにくの生産量が全国2位の香川県において、作業者の負担を軽減するために、各種手作業を自動化するシステムの開発を、地元の農機具メーカーから依頼されたので、開発課題のテーマとして設定した。			
実習テーマの特徴・概要			
本実習テーマは2年目の取り組みである。本テーマを實踐して、にんにくの各種仕上げ工程と、処理の検証及びサイズの分別までを自動化するシステムの開発に取り組む。にんにく仕上げ機のプロトタイプの提示と、得られた知見を依頼元の地元農機具メーカーに提供することを目指す。開発課題としては、機械設計、画像処理、センシングおよび PLC 制御技術などを適用し、実用化を想定して、にんにくの「茎部と根部を切断除去して、汚れた土や表皮などを落とし磨いて光沢を出す」仕上げ工程と、処理の検証及びサイズの分別までを自動化するシステムの構築を目標とする。開発するシステムでは、にんにくの各種仕上げ工程を自動化する機構を設計開発する。また、にんにくの仕上げ処理の状況やサイズを画像処理で検査するために、カメラや照明を主とした撮像条件を工夫する。また各仕上げ工程の自動化でにんにくの表面に傷がつかないように搬送および収納するための機構や制御方法を工夫する。2年目の課題として、特に各種の仕上げ処理の精度の向上と、所要時間の短縮を目指す。			
No	取組目標		
①	CADを活用して、にんにくの仕上げ作業と検証及び分別までの工程の各機構部を設計し、各種工作機械で製作並びに組立て調整する。		
②	PLC制御により、にんにくの仕上げ作業と検証及び分別までの一連の工程の自動化を実現する。		
③	GUI環境を構築し、HALCON®の画像処理でにんにくの仕上げ作業の検証とサイズを分別し、PLCの通信により自動化を実現する。		
④	課題装置を設計する際に、独自性を持って創意工夫をし、品質、コスト及び納期をバランス良く調和させる。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案する。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整する。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持つ。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持する。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明する。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行う。		