

平成26年度ものづくり中小企業・小規模事業者等
連携事業創造促進事業戦略的基盤技術高度化支援事業

「玉葱皮剥き機の画像処理を用いた3次元認識モジュール開発」

研究開発成果等報告書

平成27年3月

委託者 四国経済産業局

委託先 公益財団法人えひめ産業振興財団

目 次

第1章	研究開発の概要	
1-1	研究開発の背景・研究目的及び目標	1
1-2	研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	5
1-3	成果概要	9
1-4	当該研究開発の連絡窓口	9
第2章	搬送系及び方向補正機構の開発	
2-1	サイズ混合の玉葱を搬送部に1個ずつ送り出す機構の開発	10
2-2	玉葱を持ち上げて回転させる機構の開発	10
2-3	搬送機構の評価	11
第3章	画像処理による立体構造アルゴリズム開発	
3-1	カメラ撮影画像による立体構造化のアルゴリズムの開発	12
3-2	カメラ撮影画像によるパターン認識のアルゴリズムの開発	14
3-3	システム処理時間の高速化開発	15
3-4	立体構造アルゴリズムの評価	17
第4章	立体構造データと連動した根切り・薄皮切り技術の確立	
4-1	立体構造データによる根切り・薄皮切り機構の開発	18
4-2	特異領域の切り取り加工技術の開発	18
第5章	総合評価	19
第6章	全体総括	
6-1	複数年の研究開発成果	20
6-2	研究開発後の課題・事業化展開	20

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1) 研究の目的

小型カメラの大規模量産に伴い、対象物を三次元で高速・高解像度・低価格で撮影し、形状認識する事が容易になってきた。この技術を玉葱加工の一貫処理装置へ発展適応する事により、従来の装置では実現出来なかった大小様々な玉葱の一括投入や加工歩留まりの向上が実現できると同時に、虫食いや腐り等の自動除去も可能となる。この装置は川下企業の要望に応えるのみならず、農家の負担軽減や日本食の輸出競争力強化にも貢献できる。

2) 研究の概要

政府成長戦略にもあるクールジャパン推進には、日本料理をクールジャパン発信の先駆けと位置付けた活動が開始されている。背景には、食品関連輸出の伸び悩みがあり、顕著な例では、イタリア政府の食材輸出は、イタリア料理関連で 434 億ドル、一方日本はわずか 51 億ドルという現状である。

食品関連の輸出が伸びない原因として、日本における高額な加工賃も要因の一つとして挙げられ、中国から餃子やカット野菜まで輸入している実情は、その最たるものである。

このような背景の下、我々がこの分野に貢献でき、輸出を伸ばし国力を強くする為に実施できることは、『機械の力を頼り、如何に加工賃を減らし、効率的に加工食品を生産する装置』を開発し、食品加工現場に導入する事であると考えている。この考え方は、川下企業の要求にも合致している。

具体的には、基礎技術として、複数個のカメラを利用したいわゆる『超高速三次元スキャナー』を開発し、これを装置に組み、玉葱の完全自動皮剥きに展開する事を目指す。この装置の導入により、サイズや産地が異なる様々な玉葱の形状やキズ、虫食い等も識別でき、その形状に合わせたアダプティブな皮剥きが可能となる。また、自動化による直接人件費の削減のみならず、歩留まりの改善により、効率的な生産が実施でき、川下企業の要求を超えた革新的な装置を提供できる。

玉葱皮剥き機の最終商品イメージを図1に示す。

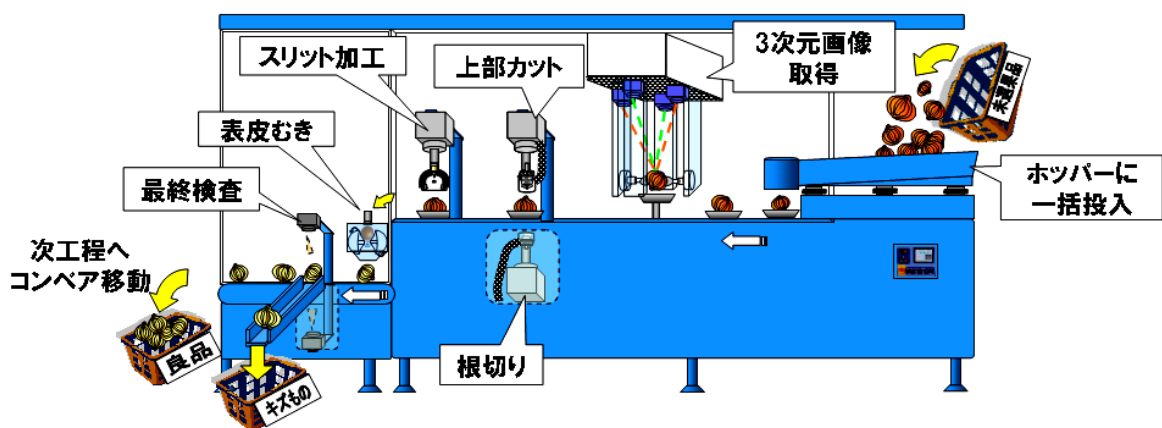


図1. 最終商品イメージ

①搬送系及び方向補正機構の開発

①-1：サイズ混合の玉葱を搬送部に1個ずつ送り出す機構の開発

土佐電子工業株式会社

購入した大小混在の玉葱を一挙にホッパーへ投入し、投下口に玉葱を配列させる。
同時にベルトコンベアに設置した受け皿の来るタイミングでホッパー投下口を調節して玉葱を1個ずつ受け皿に乗せる機構の開発及び制御を実施する。

目標値： 搬送部に1秒間隔で玉葱が1個ずつ正確に乗せられること。

[平成25年度完了]

①-2：玉葱を持ち上げて回転させる機構の開発

土佐電子工業株式会社

搬送路の玉葱を左右ハンドリングでピックアップして、左右方向 360° のカメラ撮影を行う。そのまま前後のハンドリングで挟み、前後方向 360° のカメラ撮影を行う。
なお、ピックアップハンドには、適切な圧力となるように、掴み損ねや強過ぎて破損する事を防ぐ制御も導入する。

最終的に撮影画像データから補正された方向に回転して元の搬送部に戻す機構の開発及び制御を実施する。

目標値： 搬送中の玉葱をハンドリングして検査位置へ移動し、検査後再び搬送部へ戻す一連の動作を、3秒以内に確実に行うこと。

[平成25年度完了]

①-3：搬送機構の評価

土佐電子工業株式会社

目標値とした動作を正確に1秒以下で実現する機構になっているか評価を実施すると同時に、生産設備である事を念頭に、耐久性に関しても、連続運転を実施して評価する。

目標値： 玉葱が3秒間隔で流れるレーンに対して玉葱を取りこぼさずハンドリングして戻せること。

②画像処理による立体構造アルゴリズム開発

②-1：カメラ撮影画像による立体構造化のアルゴリズムの開発

システムエルエスアイ株式会社、愛媛大学

画像取得は、カメラ2台の撮影画像から玉葱の立体構造を構築し形状判定と状態判定を行うアルゴリズムを開発する。利用するアルゴリズムは、三角測量法及びステレオ法をベースに高速化処理アルゴリズムを構築し、画像からの位置情報を計算し座標変換が可能な構成にする。これにより、取得した座標情報は玉葱表面のカラー情報と結び付けて立体構造化データとする。構造化データのカラー情報及び形状凹凸から傷みや汚れなど問題のある領域を特異領域として抽出する。

目標値： 処理速度 800msec 以内での形状判定、状態認識が可能な立体構造化のアルゴリズムを開発すること。

[平成25年度完了]

②-2：カメラ撮影画像によるパターン認識のアルゴリズムの開発

システムエルエスアイ株式会社、愛媛大学

カメラ2台の撮影画像に対してエッジ抽出、パターンマッチングや濃度分布からの特徴抽出、ニューラルネットワークなどの画像処理を行い、玉葱の形状判定及び状態判定を行う。

目標値： 処理速度 800msec 以内での形状判定、状態認識が可能なパターン認識のアルゴリズムを開発すること。

[平成25年度完了]

②-3：システム処理時間の高速化開発

システムエルエスアイ株式会社

装置（3D Box 部）上部に設置したカメラ画像を利用して各種画像処理を実施するには、十分な時間余裕が無く、全体処理時間の向上に対する妨げとなっている。そこで、複数（3～5個程度）のカメラを装置下部に設置し、並列処理を実施する。

目標値： 玉葱を持ち上げて、回転させる前には、根の位置が確定できるように処理を実施する。

②-4：立体構造アルゴリズムの評価

システムエルエスアイ株式会社、愛媛大学

複数のカメラを有機的に接続し、画像取得の高速化と認識率の精度向上について評価する。なお上下の認識精度は、誤り率を1/1,000,000 とする。

最終評価検証は、“①搬送系及び方向補正機構の開発”にて土佐電子工業株式会社が作製した装置を使用のうえ、アルゴリズムのデバックと検証活動を実施する。

目標値： 上下方向の検出角度誤差を5° 以内とし、最大周囲サイズとの直径誤差が5% 以内であること。

③立体構造データと連動した根切り・薄皮切り技術の確立

③-1：立体構造データによる根切り・薄皮切り機構の開発

土佐電子工業株式会社

“②画像処理による立体構造アルゴリズム開発”で得た画像情報を加工し、刃物類の制御を実施する。多めに切り取れば確実な根切り・頭部カットは実現出来るが、歩留まりを少しでも改善したいという、川下企業からの要求もあり、各玉葱サイズに合った最適な根切り頭部カット・薄皮切り・皮剥きを行い、87%以上の歩留まりを実現する。

目標値： 玉葱サイズに合わせた根切り頭部カット・薄皮切り・皮剥きを行い歩留まり87%以上とすること。

③-2：特異領域の切り取り加工技術の開発

土佐電子工業株式会社

虫食いや腐り等の部分を切除する機構を開発する。なお本装置はオフラインで構成する。

目標値： 立体構造の状態検査で抽出された特異領域を取り除く機構を設計すること。

④総合評価

システム全体を搬送装置で接続して統合評価

土佐電子工業株式会社、システムエルエスアイ株式会社

作製した個別装置を接続して、全体の統合を実施し、システムとして機能することを確認する。

目標値： 顧客に受け入れられる精度と処理時間が実現できていること。

⑤プロジェクトの管理・運営（公益財団法人えひめ産業振興財団）

⑤-1：研究全体の総括（公益財団法人えひめ産業振興財団）

プロジェクト全体のスケジュールを作成し管理を行う。

⑤-2：進捗管理（公益財団法人えひめ産業振興財団）

プロジェクトリーダーを中心に定期的に研究打合せをし、実験の確認、アドバイス等を行い順調にプロジェクトを遂行させる。各研究機関と連携を密にし、進捗状況を常に把握し研究開発の進捗を管理していく。

⑤-3：研究推進会議の開催（公益財団法人えひめ産業振興財団）

事業化を含めた研究開発のため外部からのアドバイザーを加えた会議を開催する。

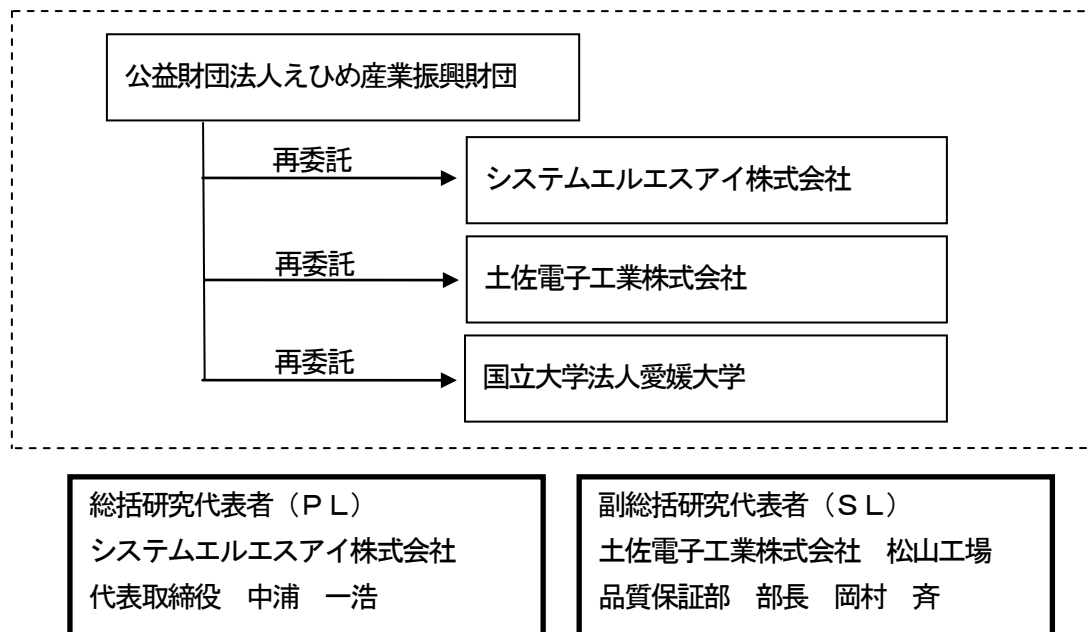
⑤-4：報告書とりまとめ（公益財団法人えひめ産業振興財団）

研究のまとめを行い、報告書の作成を行う。

1-2 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

（1）研究組織及び管理体制

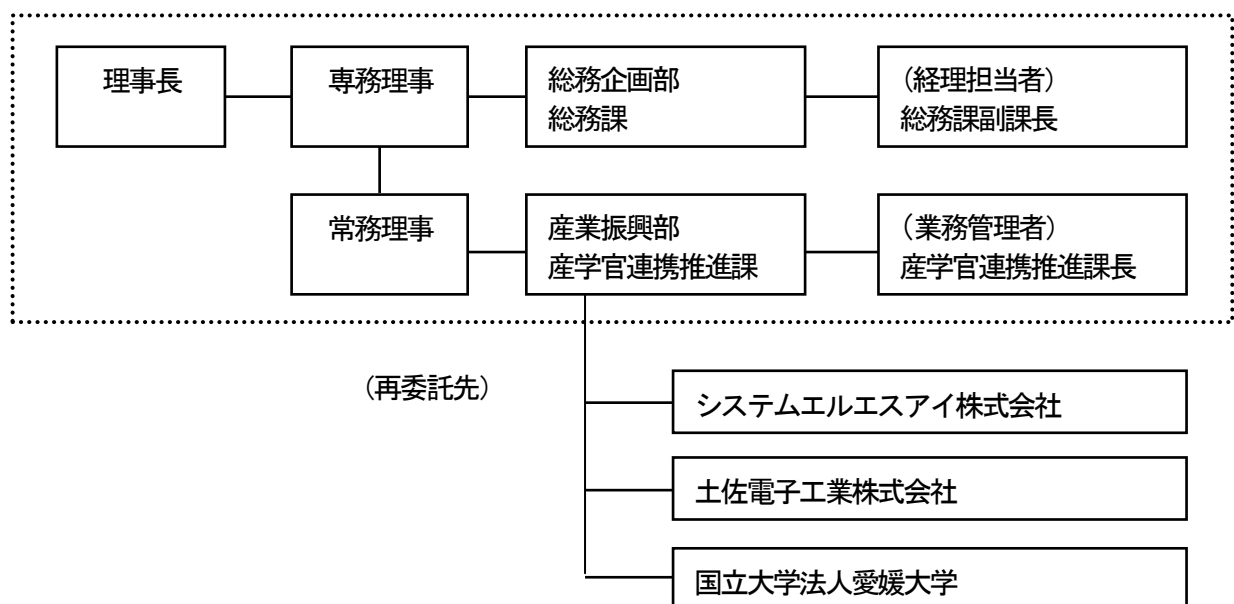
1）研究組織（全体）



2）管理体制

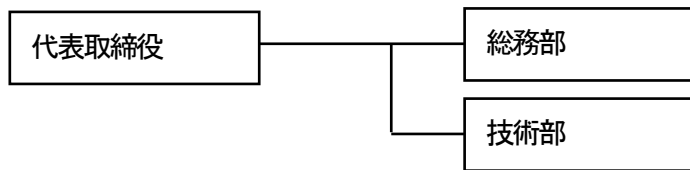
【事業管理機関】

[公益財団法人えひめ産業振興財団]

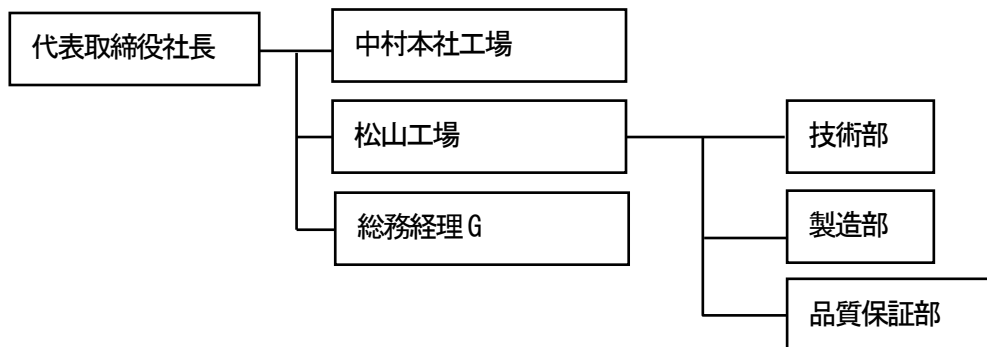


【再委託先】

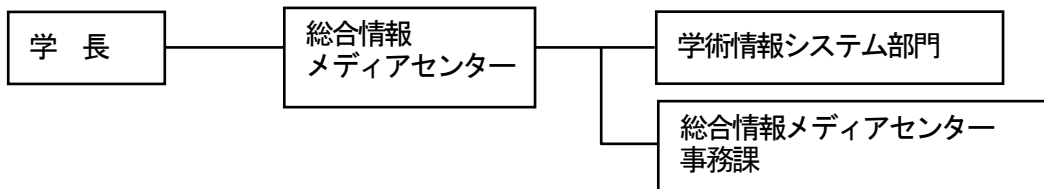
システムエルエスアイ株式会社



土佐電子工業株式会社



国立大学法人愛媛大学



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 公益財団法人えひめ産業振興財団

〈管理員〉

氏 名	所属・役職
玉井 浩二	産業振興部 産学官連携推進課 課長
清家 さつみ	総務企画部 総務課 副課長
木下 学	産業振興部 産学官連携推進課 担当係長
明賀 久弥	産業振興部 産学官連携推進課 主任
中村 仁	産業振興部 産学官連携推進課 技師
明上 奈緒美	産業振興部 産学官連携推進課 プロジェクト管理員
越智 直美	産業振興部 産学官連携推進課 プロジェクト管理員

【再委託先】

システムエルエスアイ株式会社

氏 名	所属・役職
中浦 一浩	代表取締役
木下 卓巳	ソフトウェア開発部・主任技師
井村 孝	ハードウェア開発部・技師
重松 則夫	ハードウェア開発部・主任技師
重松 孝次	ハードウェア開発部・技師
木村 太	ソフトウェア開発部・技師
高好 秀治	ソフトウェア開発部
門間 陽一	ハードウェア開発部

土佐電子工業株式会社

氏 名	所属・役職
増田 泰伸	代表取締役 社長
児玉 隆治	中村本社工場 工場長
岡村 斉	松山工場 品質保証部 部長
高山 計	松山工場 製造部 製造課 課長
渡部 亮	松山工場 技術部 メカ設計課
山内 貴智	松山工場 技術部 メカ設計課
曾我部 良太	松山工場 技術部 メカ設計課
武智 陽介	松山工場 製造部 製造課 電気制御係
真木 浩史	松山工場 製造部 製造課 メカ組立係
森 雄耶	松山工場 品質保証部 品質保証係

国立大学法人愛媛大学

氏 名	所属・役職
中川 祐治	愛媛大学 総合情報メディアセンター 教授

(3) 経理担当者及び業務管理者の所属、氏名

【事業管理機関】

公益財団法人えひめ産業振興財団

(経理担当者) 総務企画部 総務課 副課長	清家 さつみ
(業務管理者) 産業振興部 産学官連携推進課 課長	玉井 浩二

【再委託先】

システムエルエスアイ株式会社

(経理担当者) 総務部	尾崎 千恵
(業務管理者) 代表取締役	中浦 一浩

土佐電子工業株式会社

(経理担当者) 総務経理G 総務経理課長	秀野 省二
(業務管理者) 松山工場 品質保証部 部長	岡村 斉

国立大学法人愛媛大学

(経理担当者) 総合情報メディアセンター事務課 総務チーム TL	村上 泰彦
(業務管理者) 総合情報メディアセンター 教授	中川 祐治

(4) その他

【研究開発推進委員会 委員】

氏名	所属・役職
中浦 一浩	システムエルエスアイ株式会社 代表取締役
岡村 斉	土佐電子工業株式会社 松山工場 品質保証部 部長
中川 祐治	国立大学法人愛媛大学 総合情報メディアセンター 教授
玉井 浩二	公益財団法人えひめ産業振興財団 産学官連携推進課 課長

(5) 他からの指導・協力者および指導・協力事項

【アドバイザー】

氏名	所属・役職	指導・協力事項
大貫 正文	株式会社 GFF 生産技術部 部長	川下企業（販売先）の立場として、導入のし易さ等、技術的な観点からの助言
秋元 英二	愛媛県産業技術研究所 技術開発部 主任研究員	第三者の専門家としての立場からの技術的な助言

1-3 成果概要

システムエルエスアイ株式会社

カメラ撮影画像による立体構造化アルゴリズムの開発においては、システム処理時間の高速化に取り組んだ。昨年度はカメラ一個で玉葱を回転させて複数の画像を取得し画像処理を実施する流れで処理を実現したが、この手法では、回転させて画像取得して、その識別結果に従い、更に玉葱を回転させると言う処理が必要であったが、今年度は最初に回転させる代わりに、10個のカメラを玉葱の周辺に設置して玉葱を持ち上げた段階で頭部位置検出が実現している状態と成る事ができた。

立体化アルゴリズムにおいては、玉葱を持ち上げた際の向きがランダムである事から、一回の撮影では、どうしても死角が発生し、目標精度の実現が困難であったが、ベリファイ機能とリトライ機能を追加し、検出精度の目標が到達でき、装置へ組み込んだの連続動作も完了した。

土佐電子工業株式会社

ホッパー部へ一括投入した玉葱を、切り出しユニットを使用して1秒間隔で搬送コンベア部へ受け渡し、搬送パレット上に乗った玉葱が各工程へ搬送される一連の動作を連続運転にて確認し、特にパレットから玉葱が脱落することなく搬送することに成功した。

根切り頭部カットにおいては、刃の角度を自動で変えられる機構を開発し、3種類の切り方(平型・凸型・凹型)を11パターン設定することで、玉葱に合わせた最小限のカットを可能となった。また、この機構にてカットの実験を行い、各切り方を全て実現することができた。

スリット部においては、回転しながら持ち上がる玉葱に対して横と縦方向に刃を使って切れ込みを入れる機構としており、実験を行った結果、実現することができた。皮剥き部ではスリット部で使用する刃をウレタンローラーにし、切れ込みの入った皮をエアーで浮かせながらローラーを当てることで直接的に皮を剥く機構としている。これも実験を行った結果、実現することができた。また、根切り頭部カットから皮剥きまでの一連の動作について自動運転にて確認し、問題なく動作すること及び各処理が行われていることを確認した。

国立大学法人愛媛大学

上部から撮影した1枚の画像にフーリエ変換を施しパワースペクトルを算出し、特徴量を数値化することにより、玉葱の根を判別するアルゴリズムを構築した。一コマ当たりの処理は平均33.5ミリ秒で行なう事ができ、ほぼビデオレート(1秒間に30コマ)での実行が可能であることが分かった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

公益財団法人えひめ産業振興財団(最寄り駅:伊予鉄バス「テクノプラザ愛媛口」バス停)

〒791-1101 愛媛県松山市久米窪田町337-1 TEL:089-960-1100 FAX:089-960-1105

連絡担当者名・所属役職:産学官連携推進課 課長 玉井 浩二

E-mail:s-info@ehime-iinet.or.jp

第2章 搬送系及び方向補正機構の開発

2-1 サイズ混合の玉葱を搬送部に1個ずつ送り出す機構の開発

基本構成としては、振動によって玉葱を送り出すホッパーを作製し、ホッパー入口にて作業者が玉葱を一括投入するだけで玉葱が出口から1個ずつ出てくる構成とした。1個ずつ送り出す方法には、ホッパー出口に切り出しユニットを設置する手法を用いた。



図 2-1-1 装置全体

2-2 玉葱を持ち上げて回転させる機構の開発

基本構成としては、トレイ上に置かれた玉葱を下からシリンダーで持ち上げ、左右からチャックで掴み 360 度回転させる。さらに最初のチャックと反対側に設けたチャックで掴み直し 360 度回転させる。この一連の動作を 5 秒以内に行い、2 台のカメラで玉葱の全周を撮影し 3 次元画像を構築した。(図 2-2-1)

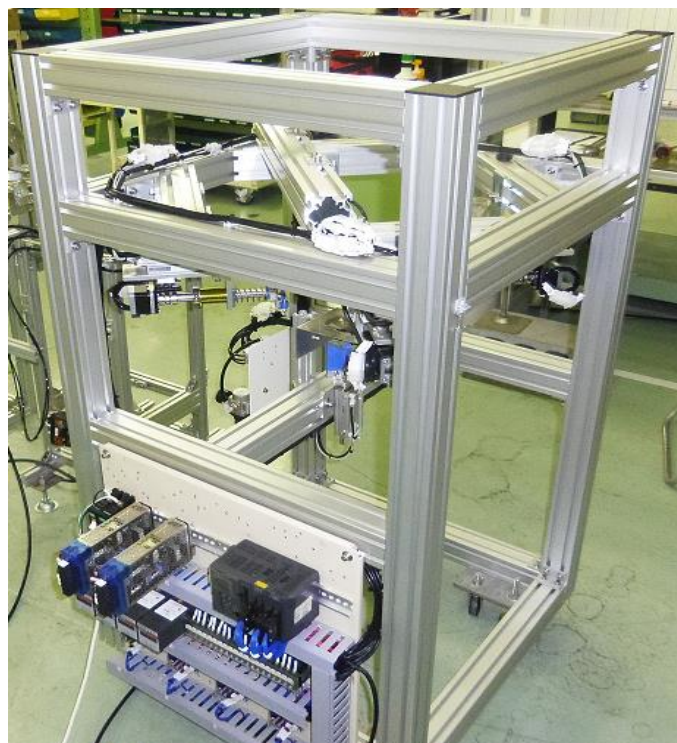


図 2-2-1 玉葱を持ち上げて回転させる機構

2-3 搬送機構の評価

基本構成としては、振動によって玉葱を送り出すホッパー部へ作業者が玉葱を一括投入するだけで玉葱が出口から1個ずつ搬出され、搬出された玉葱が搬送コンベア上のパレットに乗り、次工程へ送られる構成とした。



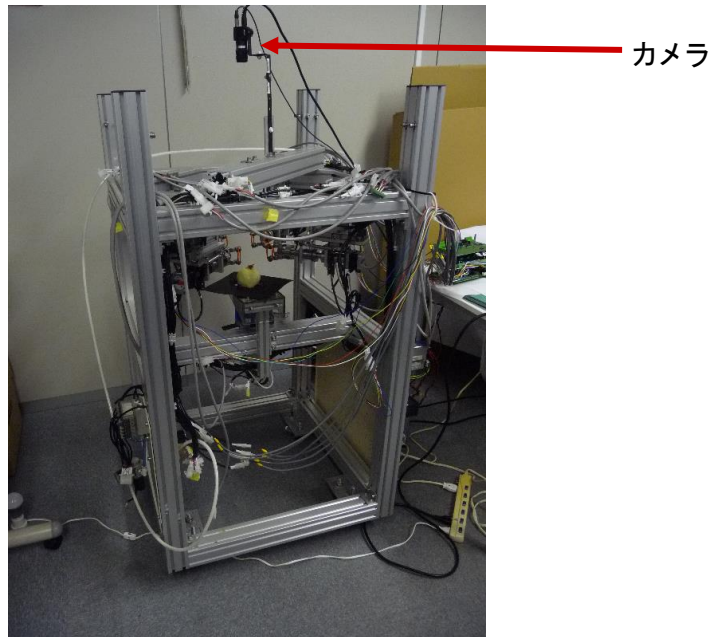
搬送機構全体図

第3章 画像処理による立体構造アルゴリズム開発

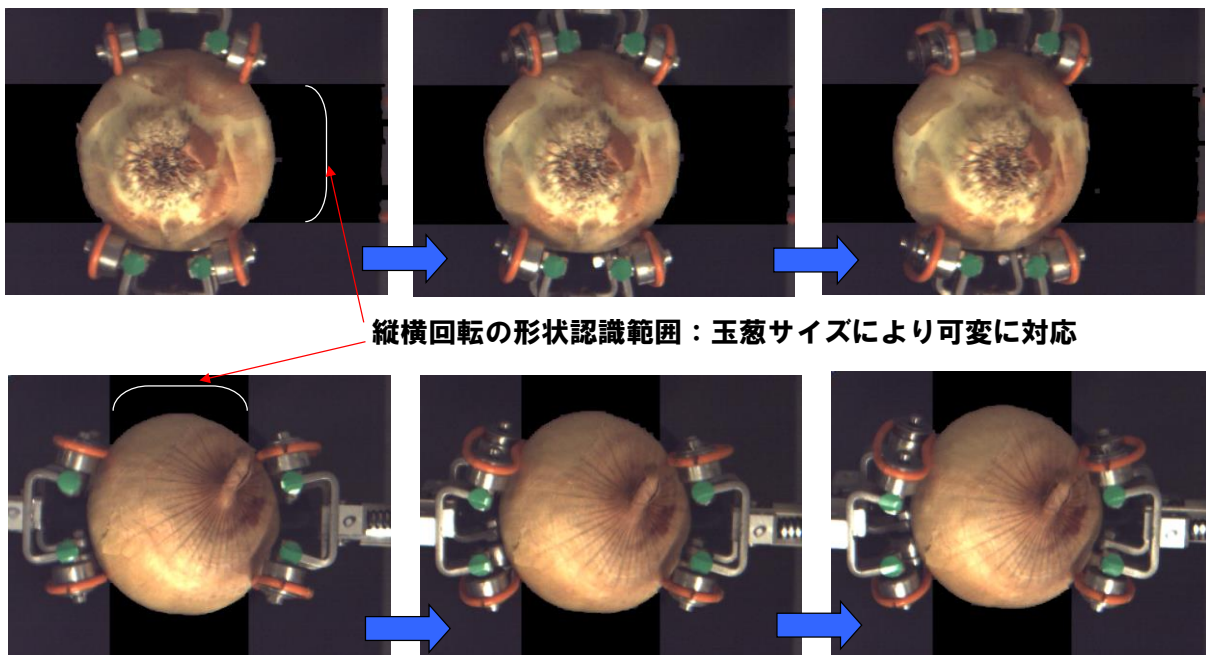
3-1 カメラ撮影画像による立体構造化のアルゴリズムの開発

カメラ撮影画像による立体構造化のアルゴリズムの開発においては、USB3.0 をインターフェースに持つ高速度 FA 用カメラを利用して、PC へ転送された画像を処理する方法にてアルゴリズムの検証を行った。このアルゴリズムのゴールは、『確実な根部および頭部の検出の実現』を目標に研究を実施した。具体的には、構造体部分が出来上がるまでは、透明容器の上に玉葱を載せ、擬似的に浮かした状態を再現して画像取得し、PC 上でアルゴリズムの検討と構築を実施した。

構造部分の作成が完了して以降は、前記カメラを装置に設置して、実画像の取得と組み込み用マザーボードで検証実験と確認を行った。



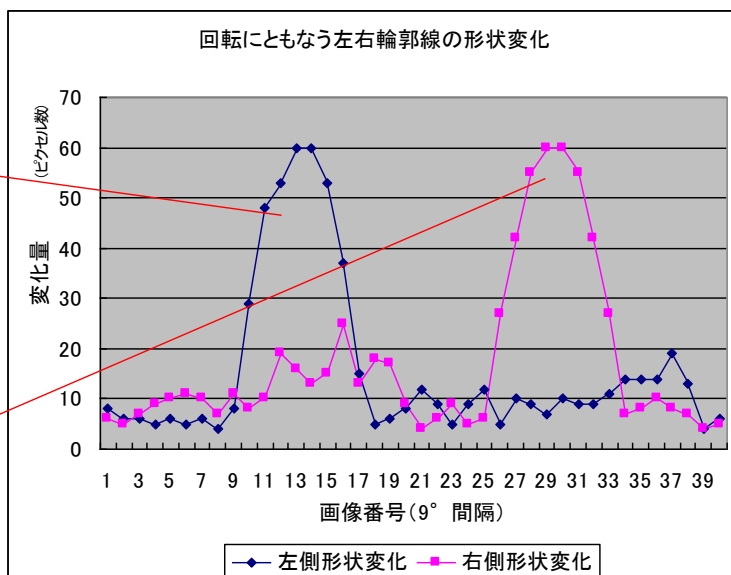
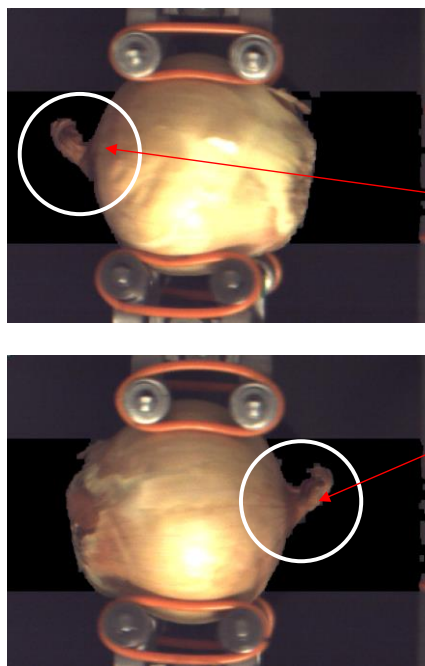
これらの装置により取得した画像は次のとおりである。



右から左に9度ずつ回転させた連続画像でチャッキングアームにより観察できない部分を避けて、黒い帯の範囲のみ形状取得処理を実施した。取得画像枚数は合計80枚（横回転/縦回転共に40枚ずつ）と成っており、最大9度の認識誤差が発生するが、削除する大きさと量を考えると、十分な解像度であると判断している。

画像処理1 (輪郭線処理)

最初の処理は、輪郭線の取得で、玉葱の頭部は他の部分よりも中心からの距離が遠いと言う特徴を捉える処理と成っている。



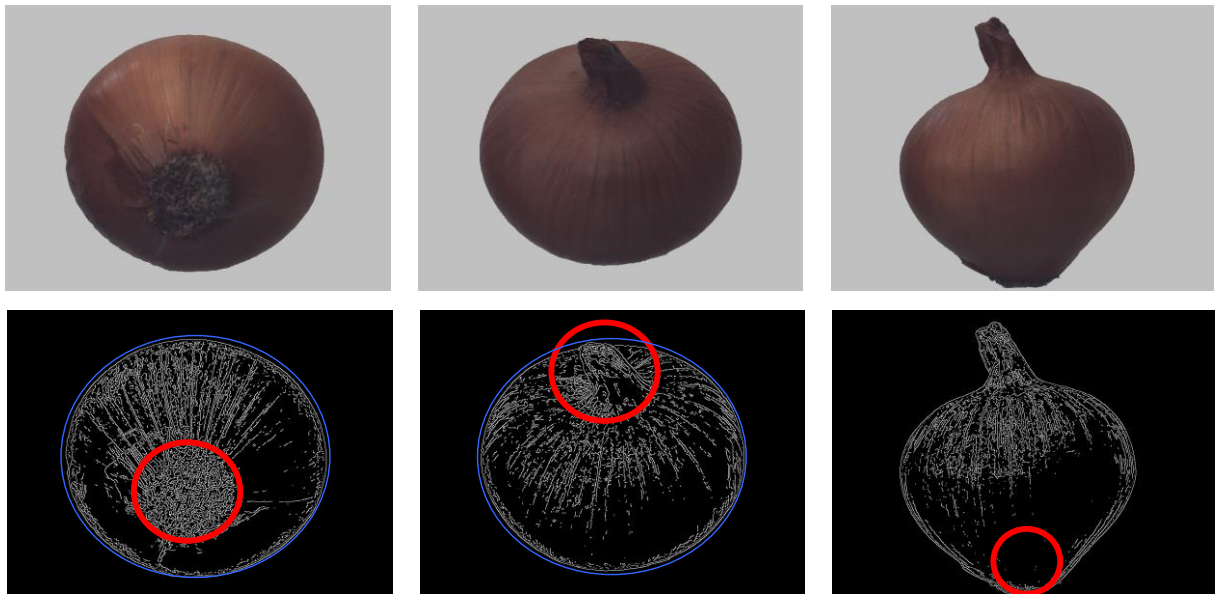
横方向に輪郭を取得した例

変化量を捉える事で、各回転方向でピーク位置が現れ、頭部と判断できる位置が推定できると考えている。但し、この検出は、頭部が残された状態での検出と成るために、これだけのアルゴリズムで100%の検出率という事は、適わないと考えている。

3-2 カメラ撮影画像によるパターン認識のアルゴリズムの開発

エッジ抽出

3-1 で記載した立体化アルゴリズムでは、玉葱の頭部の特徴を利用した形状認識を実施したが、このパターン認識アルゴリズムでは、根の部分に着目し、根の特徴を捉える事を主目的として実施した。



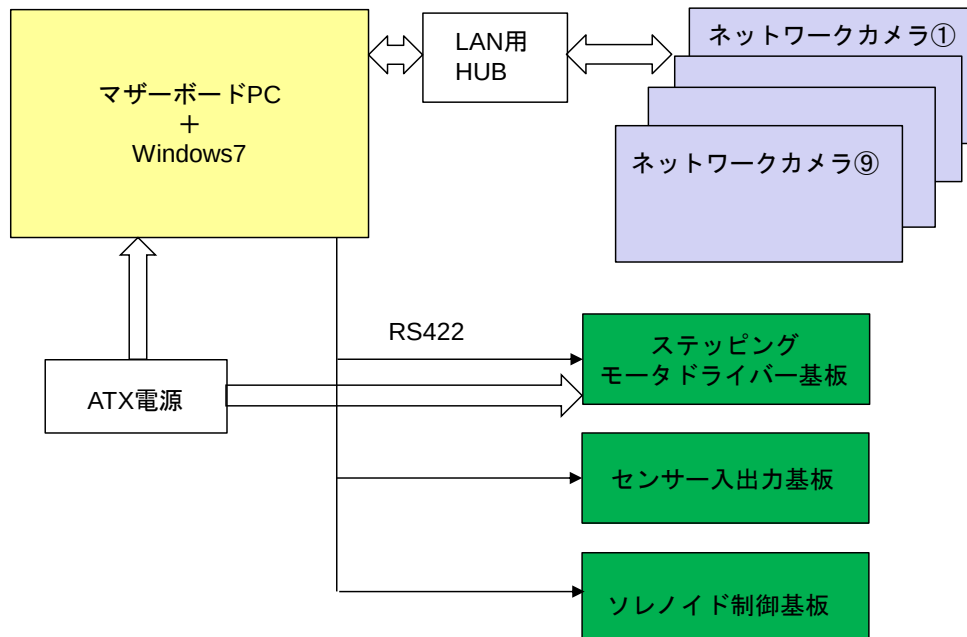
上図は玉葱画像を利用して、エッジ抽出を実施した物で、この画像の線分にフーリエ変換すると、一番左の画像だけ、特定周波数の成分が大きく成り、明らかに他の画像とは違った反応を示し、この画像に根が含まれるという事が識別できる。

この処理は、目標とする 800msec より遥かに早い、200msec で実現できている。

この処理を施すと、根の部分が認識でき、先の頭部検出との一体化により確実に玉葱を正立させる事が可能となる。

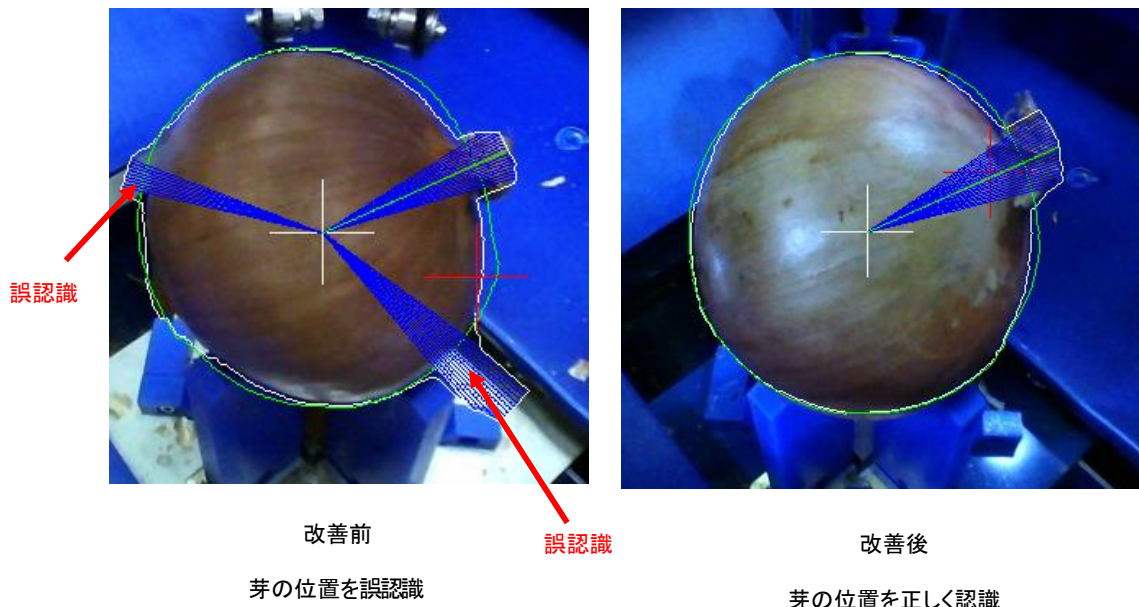
3-3 システム処理時間の高速化開発

カメラ撮影画像による立体構造化のアルゴリズムの開発においては、イーサネットインターフェースを持つネットワークカメラを9台設置しハブ経由でマザーボードに接続する構成を採用した。下図は簡単なシステム構成となっている。



複数のカメラにより、玉葱全景の80%程度までカバーでき、玉葱の持ち上げ用ツメ部分や真下に向けた場合を除いて、「玉葱を回転させる前に画像取得」が実現できた。

画像をくっきり撮影する事は、確実な処理の実現と言う意味合いで、処理の高速化にも大きく寄与する。昨年度の装置では、カメラ画像の背景に様々な構造物が様々な色で配置され、誤検出を引き起こしていた。そこで、玉葱の境界付近を中心にブルーで塗装した。これらの改善は劇的に検出精度を向上させることに寄与した。



上記写真は、誤検出を引き起こした場合と、同系色で塗り潰した場合の検出写真で、今回は全背景を極力ブルーで統一することで、赤で示す誤検出が無くなった。更には、簡素な外形検出アルゴリズムを採用でき検出精度と共に処理時間も削減する事ができた。

前記背景の改善に加えて、検出アルゴリズム自体も細かく改善を加えた。

これらの改造・改善・ソフト開発等を実施し、目標とする、「玉葱を持ち上げて、回転させる前には、根の位置が確定できるように処理を実施する。」が実現できた。

システムエルエスアイ社は、玉葱の芽の部分の特徴点検出を中心に研究したが、愛媛大学では、根の判別実施し、双方の技術を持ち寄り、より正確な玉葱の上下検出を実現した。

この根判別における高速化に関しては、前年度に構築した根の判別方式では、根が写っていない画像と根が写っている画像から、それぞれのパワースペクトルの差分を求める事で根の存在を判別する方式から、一枚毎の取得画像独立に、判断できる方法を開発した。

昨年度は、画像を取得に玉葱を回転させながら撮影していたが、一般に回転している物体を撮影すると、カメラのシャッタースピードと回転の角速度の関係からブレが生じる。このブレにより、その後の画像処理の精度が著しく低下することが分かっているため、可能な限り回転させずに撮影する事が認識精度の向上につながる。そこで、複数画像から判別を行なうのではなく、1枚の画像から判別可能なアルゴリズムを構築する事が必要となる。また、1枚の画像のみで判別できれば、計算量も画像の枚数分削減されるので、高速化が達成できる。

具体的には図 3-3-1 に示すアルゴリズムを構築し、OpenCV のライブラリーを利用し最適化する事で高速化を図った。OpenCV で置き換えられるアルゴリズムは図 3-3-1 の赤枠で囲まれた部分で、これにより 1コマ当たり平均 33.5msec の処理速度 (1.3GHz Intel Core i5) を達成することができ、ほぼビデオレートでの処理が可能となった。以下、各アルゴリズムについて詳細を示す。

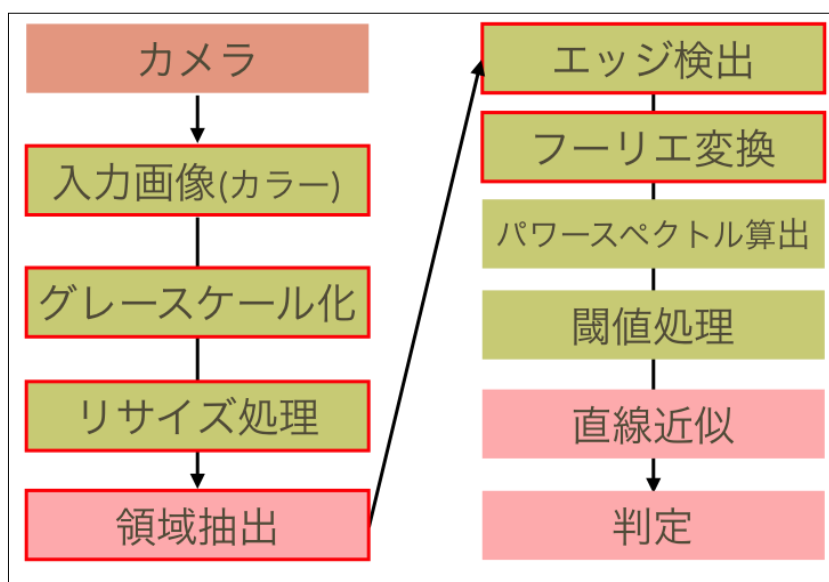


図 3-3-1 処理の流れ

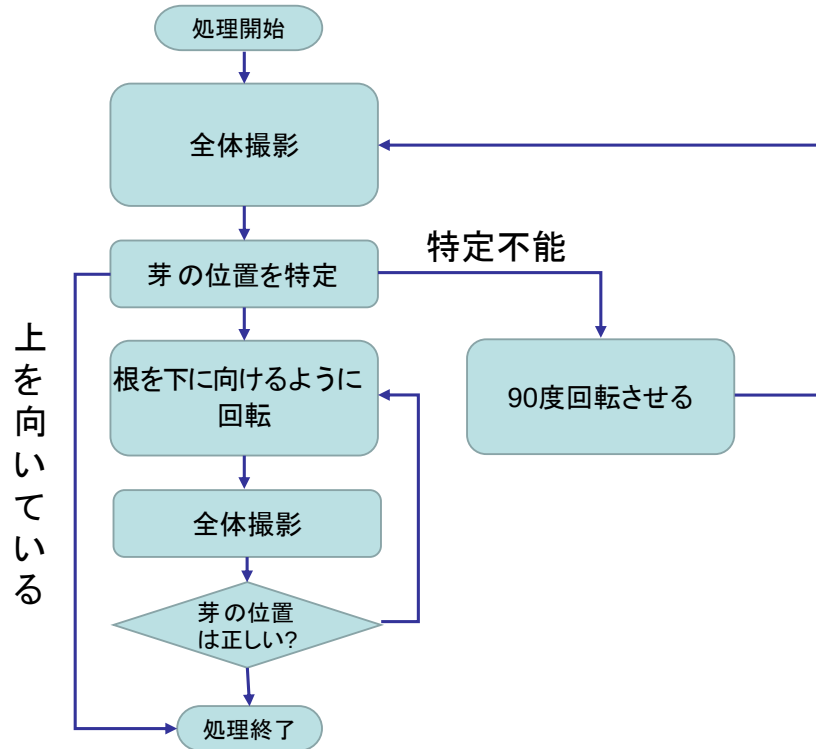
表3-3-1 芽および根の角度と近似直線の傾きおよびY切片

	芽				根		
	正面	上45°	上60°	上90°	上60°	上45°	正面
傾き (低周波)	-0.5341	-0.5366	-0.4186	-0.4355	-0.3558	-0.3640	-0.4142
傾き (高周波)	-0.0060	-0.0056	-0.0067	-0.0065	-0.0067	-0.0054	-0.0052
Y切片	7.8714	7.9128	7.5685	7.4682	7.7835	8.1557	8.1544

3-4 立体構造アルゴリズムの評価

今回の装置では、処理速度の向上に向けて、複数のカメラで同時撮影した画像を利用して根/芽の位置検出を実施する構成としたが、先にも述べたとおり、どうしても影に隠れて特徴点が検出できない場合が発生すると、装置としての目標である検出率を得る事が出来ない。

そこで、回転終了時点での画像取得と検証実施、更に NG 時のリトライ処理をシーケンスに追加して確実な検出を実現した。



この処理により、芽が上方であると確実に判断できるまで、繰り返し回転と撮影を実施する。勿論最大回数は3回までとし、無限ループに陥る事を防いでいる。

この機能を追加することで、「上下方向の検出角度誤差を5°以内とし、最大周囲サイズとの直径誤差が5%以内であること」が実現できた。

第4章 立体構造データと連動した根切り・薄皮切り技術の確立

4-1 立体構造データによる根切り・薄皮切り機構の開発

基本構成としては、図 4-1-1 で示すとおり、根切り頭部カット部、スリット部、皮剥き部の計 3 ユニットでの構成とし、玉葱を持ち上げて回転させる機構より取得した画像データをもとに最適な加工を行うものとする。

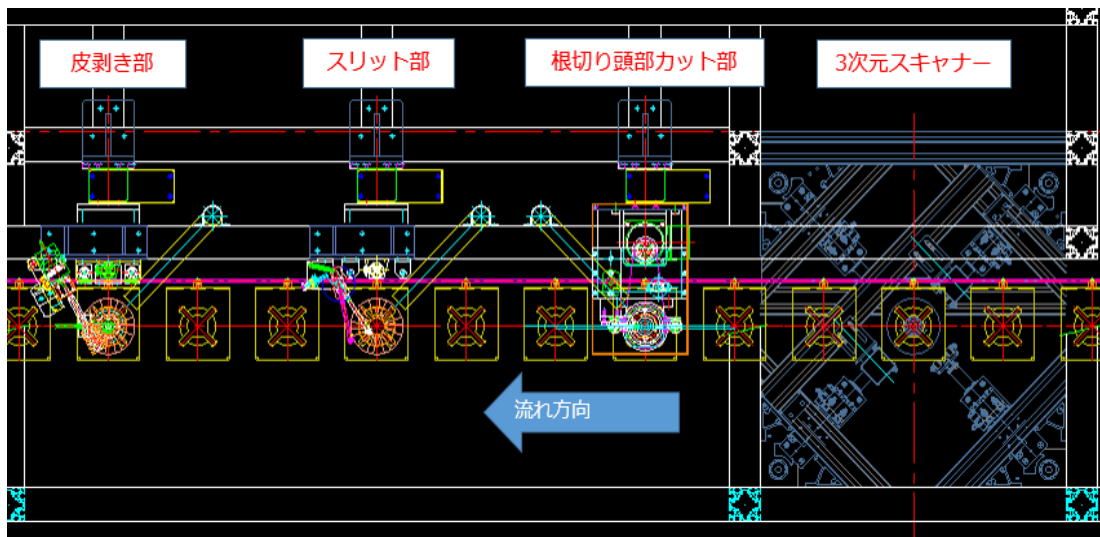


図 4-1-1 根切りから皮剥きまでの基本構成

4-2 特異領域の切り取り加工技術の開発

虫食いや腐り部分などの特異領域の切除については、最終検査部にて取得した画像データを基に玉葱を回転させ、同時にドリルも指定位置へ移動し切除する機構とする。(図 4-2-1)

現段階ではオプション機構として扱い、顧客の要望に応じて対応する。

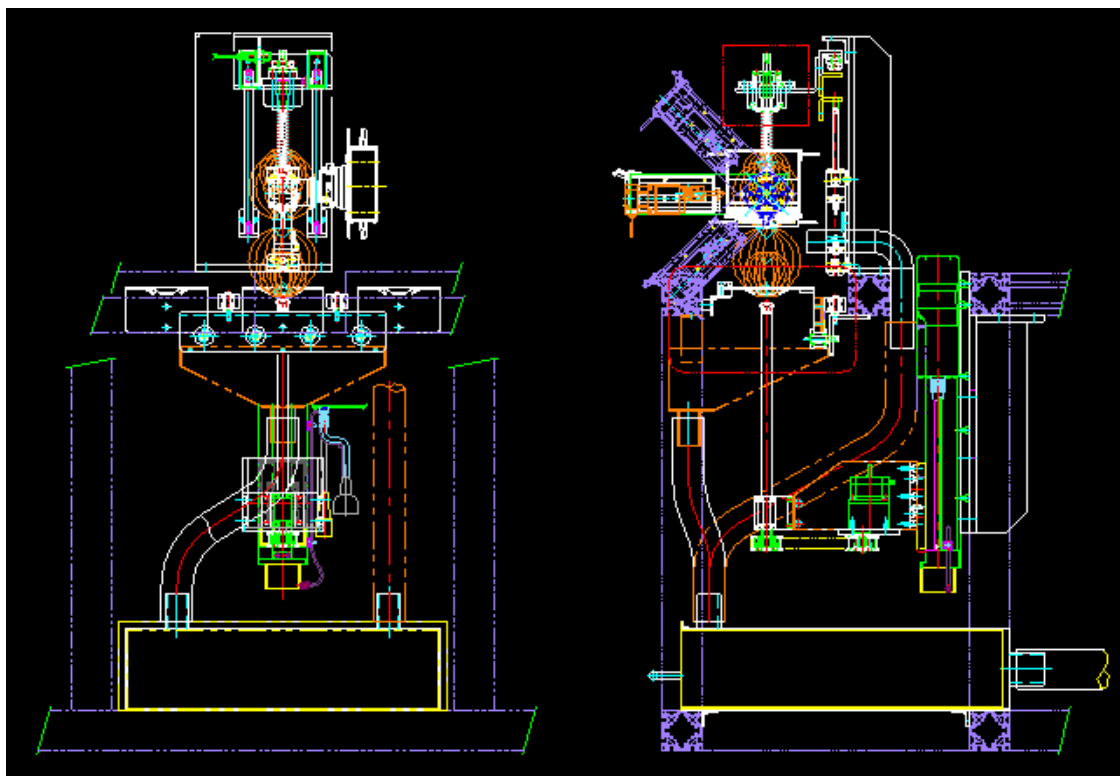
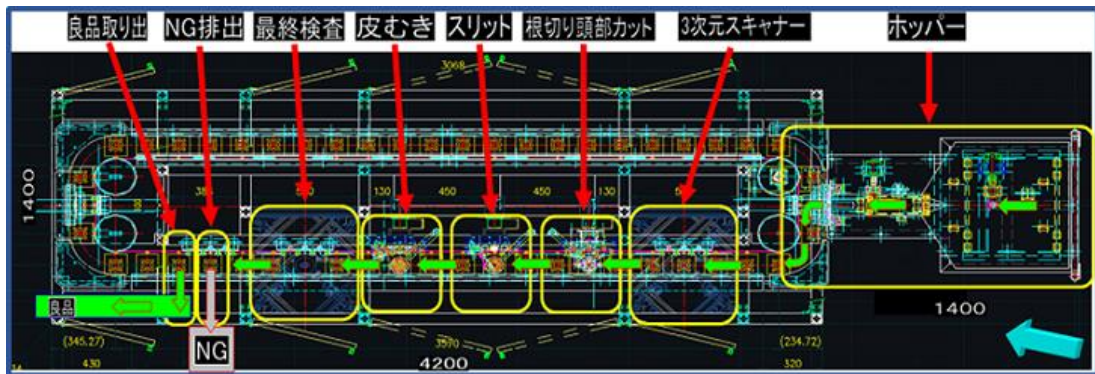


図 4-2-1 特異領域の切り取り

第5章 総合評価

この図は、全工程を示したもので、トレーにて各装置モジュールを連結し、連続運転が可能な状態である。



装置の全景写真



非常に大きな装置となったが、制御シーケンスも上手く動作し、連続運転でも安定した動作が確認できた。

第6章 全体総括

6-1 複数年の研究開発成果

25 年度、26 年度の研究成果をもとに、玉葱を全自動で剥く装置を開発、その試作した装置を利用して食品工場で玉葱剥きの作業が実用化できるかのフィールドテストが実現できるレベルまで作りこむことが出来た。

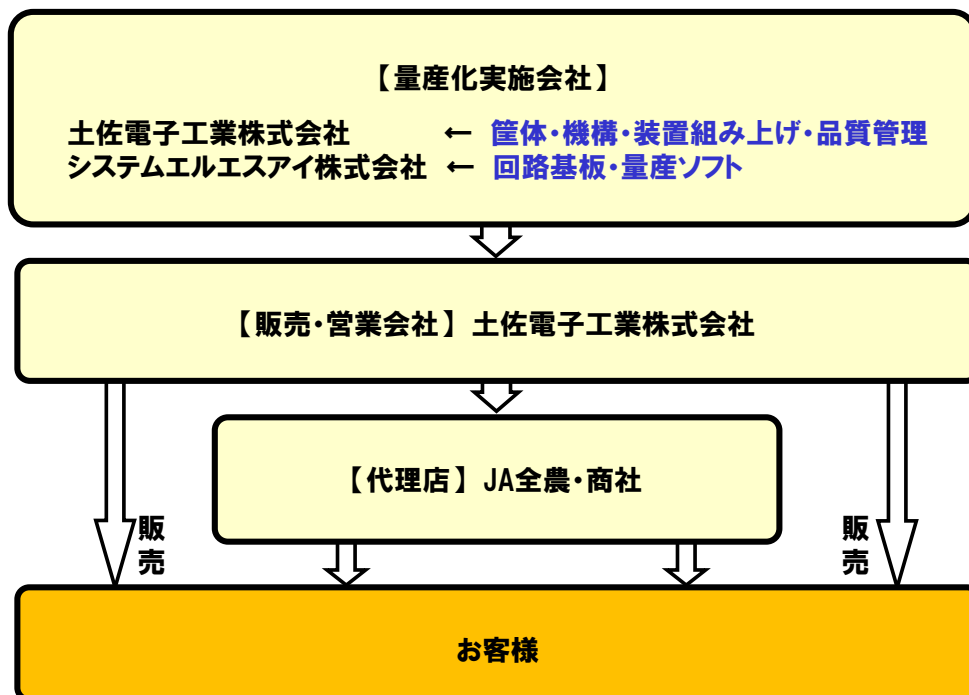
6-2 研究開発後の課題・事業化展開

■ 課題と方策

今回の試作品では、根/芽判別ブロックにおける高速化を目指して 9 個のカメラで初期画像を取得して根/芽を判断するプロセスを採用し、さらにリトライ処理の追加により、皮剥きの良・不良の判別確率は 80%以上となった。更にカメラ位置の最適化等により、処理速度の向上をはかりつつ、検出率の向上を行う必要がある。

また、装置全体の構造でも、改善すべき点が上がっている。具体的にはゴミの問題で、玉葱の皮を現在にはバキュームで吸い込んでいるが、容量が十分でなく、また詰まる可能性も高いので、別のゴミコンベアを設ける等、対策が必要と成っている。

■ 事業スキームについて



早い段階で試験機を野菜工場に設置させて頂き、動作検証を実施する。

■ 営業販売の進め方として

- ☆ 基本的には、受注生産を実施
- ☆ 最終商品は幾つかに分割できる構成とし、単体モジュールも販売可能とする。