

2023年度 新産業創出研究会「研究成果報告書」

「自動牡蠣打ちシステムのための不定形牡蠣把持・固定機構の開発」

〔広島県立総合技術研究所西部工業技術センター生産技術アカデミー〕〔宮野忠文〕

1. はじめに

広島県の特産品である牡蠣（カキ）は「むき身出荷」が全体の95%以上を占め、殻から可食部である軟体部を出す「むき身処理」のために、1個ずつ「牡蠣打ち」と呼ばれる手作業を経ている。しかし近年、この牡蠣打ち作業を行う人員（以下、「打ち子」という。）の高齢化が進み、現状では打ち子人員の90%近くを、海外からの技能実習生に依存している。提案者らは、三工電機株式会社と共にこの問題に対応すべく、4年前から自動牡蠣打ちシステムの開発を行ってきた。

牡蠣打ちの自動化において、むき身にした牡蠣を生鮮流通させるためには、その処理中に加熱や加圧を行うことは不可とされており、打ち子による手作業と同様に、刃物により貝柱を切断してむき身処理することが望ましい。

牡蠣打ちの自動化において、殻の一部を割る殻割工程、殻に刃物を挿入し貝柱を切断する工程が重要であり、提案者らはこれまでの研究で、可食部を傷つけずに殻の一部を切除する手法や、それによって作出した殻の隙間に挿入し、貝柱を切断するのに好適な刃物の形状と切断動作を開発し、企業との共同出願を果たした。

一方で、不定形である牡蠣の形状に影響を受けるため、技術的な課題として、自動化に欠かせない付随処理である、①殻割や貝柱切断時の衝撃に耐え得る対象物の把持・固定、②貝柱の位置を推定しそこに至る刃物の経路の探索が残っている。本研究ではこのうち、①の牡蠣の把持・固定の課題解決に取り組むこととした。



図1 むき身用殻付き牡蠣
形状のばらつきが大きく、強固に把持・固定する機構はこれまで無かった。

2. 概要

広島県が全国一の水揚げ量を誇る「牡蠣（カキ）」は、大部分が1個1個手作業の「牡蠣打ち」によって剥き身にされ出荷されている。しかし、「牡蠣打ち」熟練者は年々減少し、自動化が喫緊の課題とされている。本研究会はロボティクス技術を用い、最終目的「牡蠣打ち自動化」の一環として、最重要な「牡蠣の把持・固定」機構を開発し、その機能を検証する。

3. 研究成果および今後の課題

3-1 不定形対象物の把持・固定機構の試作

3-1-1 詳細設計

把持・固定機構の概念設計を行い（図2）、試作機を作製した（図3）。固定部にワイヤーを用いることで、固定対象物（殻付き牡蠣）の表面形状に倣い、複数点で当接、把持できる機構となった。また、エアシリンダによってワイヤーを引き絞ることで固定し、開放することで固定解除することができる。殻が割れない程度の力をエアシリンダのスペックや空気圧で調整可能である。ワイヤーを2本使用することで、対象物への当接箇所を増やし、1本の場合より強固に安定して固定可能とした。

これまでにない特長を持つ機構が開発されたため、特許出願することとした（後述）。

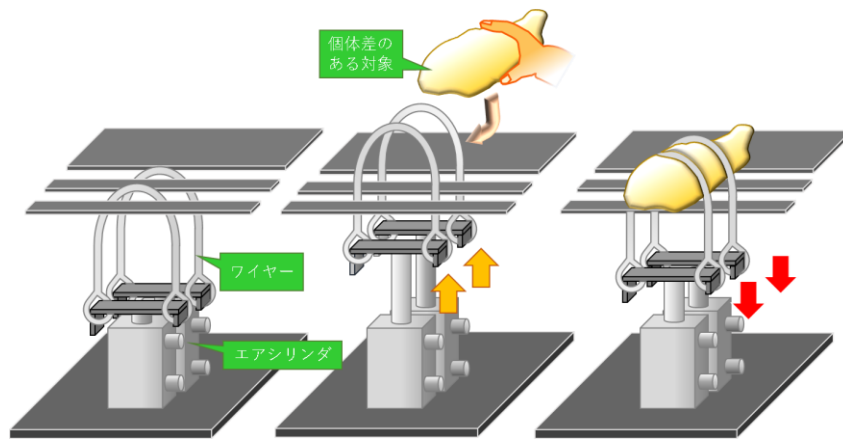


図2 把持・固定機構の概念設計

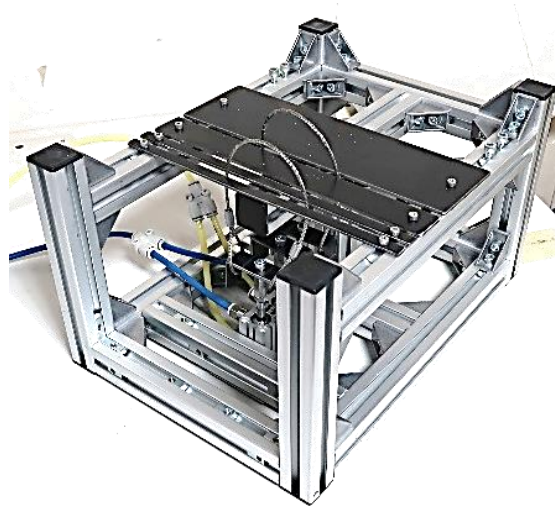


図3 把持・固定機構試作機

3-1-2機能（把持力）検証

試作機について、把持・固定力が十分に備わっているかを確認するため、次の実験を行った。



図4 サンプルの計測箇所



図5 把持・固定機能検証の実験記録状況

方法と材料:2023年12月7日に、有限会社テツマル海産(江田島市市沖美町三吉、三高漁業協同組合所属)より、翌日にむき身処理予定の殻付き牡蠣を購入し、このうちランダムに選定した30個を実験サン

プルとした。実験サンプルは、図4のとおり、殻高、殻長および殻幅をノギスにて測定した。

これらの実験サンプルを、把持・固定機構試作機に手で挿入し、エアシリンダを駆動させて把持・固定動作を試行した。固定力を確認するために、荷重計(アイコーエンジニアリング製、RX-100)によりX-、X+、Y-、Y+の4方向から、人力で10 kgfの荷重を印加した。一連の実験中、固定ステージの上部対面から、デジタルカメラ(キャノン株式会社製、PowerShot G7X Mark II)を使用して動画を記録し(図5)、この動画から、荷重印加時の各サンプルの移動距離を確認した。

結果と考察: 実験サンプルの殻高と殻長の関係を図6に示す。このうち、10 kgf印加時に固定ワイヤーから離脱した実験サンプルを、黄色～赤色でプロットした。青色プロットの個体は、XY4方向の移動距離の合計が10 mm以下であった個体である。緑色プロットの個体は、ワイヤーから離脱しなかったものの、殻表面に付着したフジツボの外殻が10 kgf印加時に割れ、実験サンプルが大きく動揺した個体である。ワイヤーから離脱した実験サンプルは殻高(殻の長さ)が80 mm以下のものであった。一方で、殻長は離脱個体より殻長の小さい個体も固定できたため、把持・固定の可否は対象個体の殻高に関連性が高いことが示唆された。そこで、各個体の殻高と、10 kgf印加時の4方向移動距離の合計との関係を図7のとおり検証した。この結果、殻高の小さい個体ほど、移動距離が大きい傾向にあった。

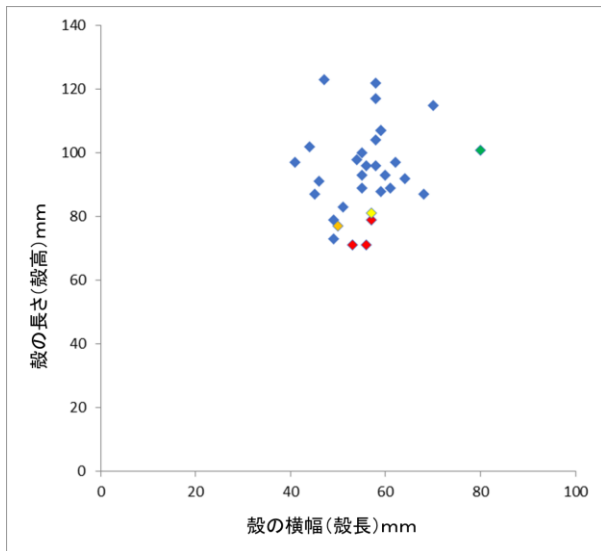


図6 実験サンプルの殻高と殻長の関係

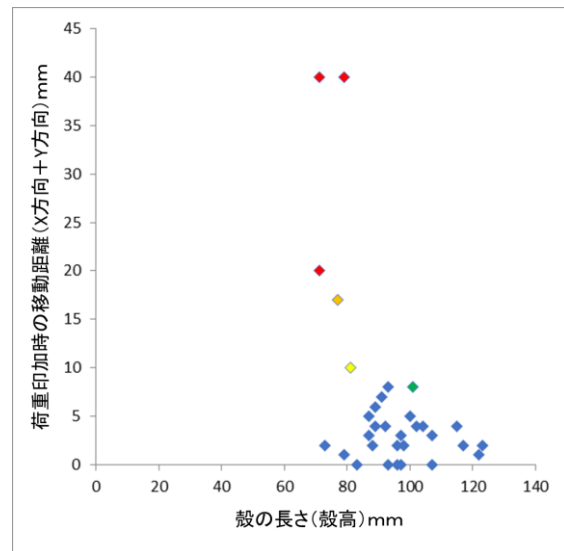


図7 実験サンプルの殻高と荷重印加時の移動距離の関係

固定ワイヤーから外れた実験サンプルの個体は、この時点で13.3%(4個体/30個体)であり、目標としていた85%以上の成功率を達成した。一方で、想定より小さい個体がむき身処理対象に含まれることが確認されたため、65 mm～80 mmの個体を固定可能とするため、次の改良を行うこととした。

【改良点】 固定ステージへの滑り止め設置と2本のワイヤー間の距離を60 mmから50 mmに変更

この変更によって、殻高の小さい個体を把持・固定できることが期待されるが、同時に、大きい個体の固定が不安定になる可能性もある。このため、次の実験では対象サイズに注視し、把持・固定可能範囲を検証する。

3-2 把持・固定機構のかき自動むき身装置への適用

3-2-1 手動殻割実験による機能検証

実際の殻付き牡蠣を用いて把持・固定機構試作機が、殻割の衝撃に耐え得るか、次の検証を行った。

方法と材料: 2024年2月9日に、有限会社テツマル海産(江田島市市沖美町三吉、三高漁業協同組合所属)および高田水産(呉市阿賀南、阿賀漁業協同組合所属)より、殻付き牡蠣を購入し、実験サンプル

とした。テツマル海産のサンプルは殻高 100.25 ± 11.62 mm (mean \pm SD、Min: 95.0 mm、Max: 137.0 mm、測定サンプル N=30)で、当日にむき身処理予定であった個体、高田水産のサンプルは殻高 113.45 mm ± 11.68 (mean \pm SD、Min: 95.0 mm、Max: 137.0 mm、測定サンプル N=30) で、殻付き牡蠣商品用に養生処理された個体であった。

把持・固定実験は、2024年2月9日の午後、三工電機株式会社の社屋ヤードにて実施した。把持・固定機構試作機は、前述のように底面に滑り止めを設置し、さらに、前回実験時のワイヤー間の距離を保持したもの(図8-a)と、ワイヤー間距離を60 mmから50 mmに狭めたもの(図8-b)を使用した。

これらの実験サンプルを、把持・固定機構試作機に手で挿入し、エアシリンダを駆動させて把持・固定動作を試行した。固定の後、ペンチを用いて手動で殻を割る工程を再現し、その荷重により殻が固定から離脱しないか検証した。



図8-a 改良前の試作機(ワイヤー間距離 60 mm)



図8-b 改良後の試作機(ワイヤー間距離 50 mm)

結果と考察:改良前試作機による把持・固定の成功率は、90% (54 個体/60 個体)だった。改良後の試作機では、改良前試作機にて把持・固定不可だった 6 個体を含め、200 個体で把持・固定が成功し、成功率 100%となった。

4. おわりに

自動牡蠣打ちシステムに利用可能な、不定形且つ表面形状が複雑な対象物を把持・固定できる機構を開発した。機構は金属製ワイヤーを用いることで不定形の表面形状に倣うことに成功し、実際のむき身処理用殻付き牡蠣を対象とした把持・固定実験において、100%の把持・固定成功率を達成した。

5. 本研究の今後の計画

本研究成果を利用し、三工電機株式会社を主体に、自動牡蠣打ちシステムの他の機構との統合作業を進める。まずは殻割機構、貝柱切断機構等の根幹技術との統合を行い、早期の装置化、製品化を目指す。今回開発した把持・固定機構は、エアシリンダによる駆動が可能であり、図9のようにロボットハンド(エンドエフェクタ)としての利用が想定できる。対象物である牡蠣の搬送装置に今回の把持・固定機構を統合することで、殻割機構への搬送、殻割時の固定、固定を継続したまま搬送、貝柱切断機構への搬入、貝柱切断時

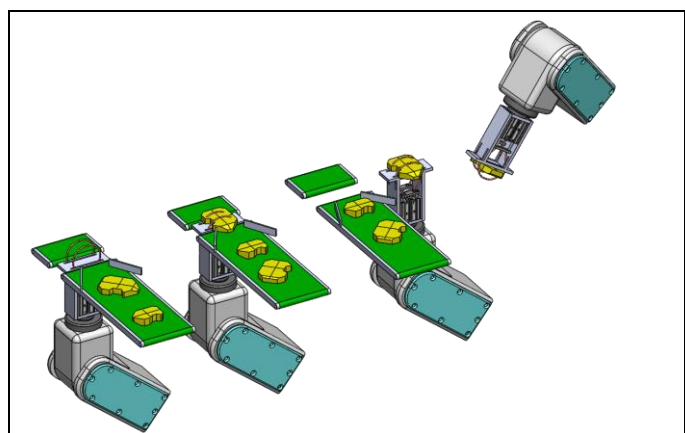


図9 ロボットハンドに装着した把持・固定機構のイメージ

の固定、及び解放がスムーズに行えるよう、デザインする。

6. その他

(1) 出願特許(タイトル・出願番号・発明者・特許権者など)

「把持固定機構、及び把持固定ロボットハンド」 特願2024-026195 令和6年2月26日出願

発明者:安部重毅、友國慶子、宮野忠文 出願人:広島県

(2) 投稿論文(タイトル・学会名等)

なし

(3) 本研究会の参加企業・団体名

三工電機株式会社

くれ産業振興センター(アドバイザー)

以上