

9 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

安部重毅、友國慶子、宮野忠文

Irregular objects locking mechanism for an automatic oyster shucking system.

ABE Shigeki, TOMOKUNI Keiko and MIYANO Tadafumi

Oysters, a specialty of Hiroshima Prefecture, are almost exclusively shipped peeled, but there is a shortage of workers to do the oyster shucking work, and it is doubtful whether the industry will be viable in the future.

Therefore, the authors decided to utilize robotics technology to automate the oyster-pounding process, and as a first step, we developed a technology to locked irregularly shaped oysters.

Using a prototype device embodying the new mechanism using wires, we locked an actual oyster and conducted trials to confirm that it would not move when a force was applied from the side. The results of the trial showed that the new mechanism was effective.

キーワード：殻付き牡蠣，ロボティクス技術

1 緒 言

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」）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せざるを得ない状態である。筆者らは、ロボティクス技術を活用し、この問題を解決すべく、当該作業を削減・軽減できる自動牡蠣打ちシステムの開発を行ってきた。

本システムで行う「むき身処理」方法は、加熱や加圧をすると、むき身にした牡蠣を生鮮として流通できなくなることから、打ち子による手作業と同様に、刃物により貝柱を切断する方法をとる。

そのため、本システムの「むき身処理」方法は、大きく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で構成する。ただし、これを実現するには、大きく分けて次の 3 課題を解決する必要がある。

課題 1：殻割や貝柱切断時の衝撃に耐え得る不定形対象物の把持・固定方法、

課題 2：可食部を傷つけずに殻の一部を切除する方法、

課題 3：殻の隙間に挿入し、貝柱を切断する好適な刃物の形状と切断動作の決定方法

本研究ではこのうち、課題 1 の殻付き牡蠣の把持・固定の課題解決に取り組むこととした。

2 不定形対象物の把持・固定機構

2.1 基本構想

図 1 に示すように、殻付き牡蠣は形状やサイズのばらつきが大きく、2 枚の牡蠣殻の開閉部である蝶番がある側でさえ素人には判断が難しいほど、不定形な対象である。そのため、殻付き牡蠣を強固に把持・固定できる機構はこれまで報告されていない。



図 1 むき身用殻付き牡蠣

初期構想では、この不定形の殻付き牡蠣を 2 方向から凹みの入った弾性体の板で挟み込んで固定する案や、多数のピンを立てて複数個所で点支持する案などが提案された。しかし、これらの案では「不定形な形状の固定ができない」、また「固定はできても殻付き牡蠣周辺を覆ってしまい、殻や貝柱を切断する作業工程に支障をきたす」ことから断念した。

そこで、我々は、殻付き牡蠣を把持・固定する方法を検討するにあたり、後の殻割工程や貝柱切断工程を鑑み、次の 4 条件を満足できる仕様を追求した。

1) 対象となる殻付き牡蠣の周囲の空間をできるだけ、

把持・固定機構で占有しない

- 2) 殻付き牡蠣の固定・解放に要する時間が短い
- 3) 殻付き牡蠣の形状に倣い、複数の接触点を持つ
- 4) 牡蠣の殻が破損しないよう把持・固定機能の強弱を容易に調整できる

これらの条件をすべて満たしたのが、**図2**に示すステンレス製ワイヤーを使用した把持・固定機構である。

これは、固定にワイヤーを用いて、エアシリンダ等によってワイヤーを引き込むことで、柔軟なワイヤーを固定対象物（殻付き牡蠣）の表面形状に倣わして、さらに複数多点で接触させ、強固にテーブルに押し付け、固定できる機構である。

また、エアシリンダの動作によってワイヤーを引き込む、又は押し出すことが可能となり、簡易に殻付き牡蠣の固定・解放することができる。また、固定時の締め付け力はエアシリンダの内径や供給エア圧により調整できるため、殻が割れない程度の強い力を付与できる。

さらに2組のワイヤーとエアシリンダを使用し、2か所の離れた位置を拘束することで、対象物への接触箇所を増やすとともに、殻付き牡蠣を安定な姿勢で固定することができる。

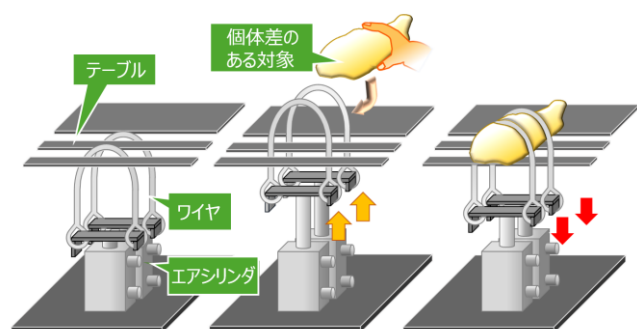


図2 把持・固定機構のイメージ図

2.2 試作

図3に把持・固定機構のみを再現する「把持・固定機構 試作機」を示す。

骨格はアルミフレームで構成し、中央にエア駆動のシリンダを複数配置し、ピストン先端には正面から見て楕円形状となるようにワイヤーを軽く曲げ、その両端をエアシリンダのピストンの先端にひっかけて固定する。

さらにフレームの天井面にはスリットを配置した殻付き牡蠣用のテーブルを設置し、スリットから楕円ワイヤーの一部をのぞかせることとする。

楕円ワイヤー内をくぐるようにテーブル上に殻付き牡蠣を乗せ、エアシリンダのピストンを引き込むとワイヤーがスリットから下方に引っ張られ、殻付き牡蠣表面に倣いながらワイヤーとテーブルで殻付き牡蠣が挟まれ強

固に固定される。

2.3 機能（把持力）の確認実験

「把持・固定機構 試作機」を使って、実際に荷重をかけて把持・固定力が十分に備わっているか、また殻付き牡蠣の個体の寸法差による固定力の関係を把握するために確認実験を次のとおり行った。

なお、**図3**の試作機は、テーブル面が滑らかで摩擦が少ないため、殻付き牡蠣が弱い力でも滑って移動してしまう。そこで、殻付き牡蠣のテーブル面に鉄製木工やすりを配置し、摩擦抵抗を増加させた。確認実験では鉄製木工やすりを配置した試作機を使用した。

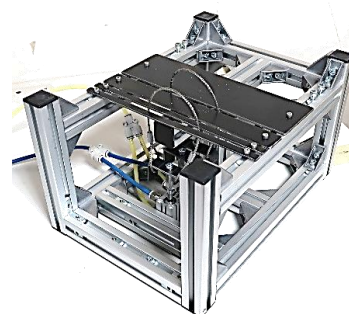


図3 把持・固定機構 試作機

【実験方法】

翌日に打ち子が「むき身処理」をする予定であった殻付き牡蠣を手配し、その中から30個をランダムに選定し、実験サンプルとした。

また、殻付き牡蠣の個体の寸法差を把握するために、全実験サンプルに対して、殻の長さ方向の「殻高」および殻の横幅方向の「殻長」をノギスにて事前に測定した（**図4**左図参照）。

把持・固定機構試作機に、これらの実験サンプルを手で挿入し、2本のワイヤー（ワイヤー間距離60mm）を引き込み固定した。ついで、テーブルおよびスリットに平行な方向（X-、X+）とスリットに直角の方向（Y-、Y+）に対して、方向ごとに人力で10kgfの荷重を印加

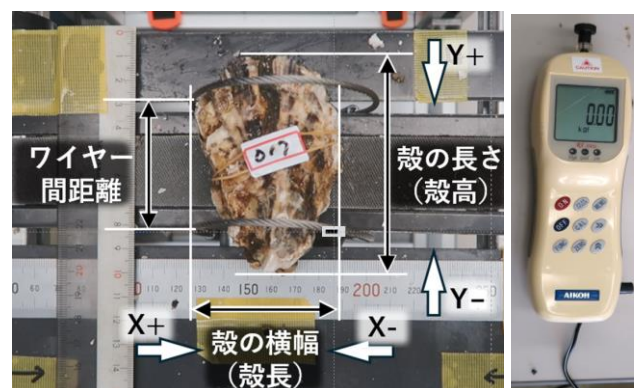


図4 殻付き牡蠣の計測する外形寸法（左図）
印加に使用した荷重計（右図）

し、ワイヤーから抜け出るか、また抜け出ない場合でも、各方向の印加によりどれだけ移動するかを計測した。各方向の印加には、**図4**右図に示す荷重計（アイコーエンジニアリング製、RX-100）を使用した。

移動距離の計測は、試作機の上方にセットしたデジタルカメラで、テーブル上の印加中の実験サンプルを動画撮像し、静止画像にして最大移動距離を読み取った。

【結果と考察】

実験サンプルの殻高と殻長をプロットしたグラフを**図5**に示す。このグラフでは、X-、X+、Y-、Y+の各方向から順に印加した時の各移動距離の合計を算出（合計移動距離）し、これを基準にして、その大小で4段階に分けてプロットした。

このうち、印加時に、十分に固定できずに固定用のワイヤーから抜け出した実験サンプルは、赤い四角印と黄色い三角印で、その領域を点線で囲んでいる。

※青い丸印でプロットした実験サンプルは、4方向の移動距離の合計が 10 mm未満で安定した固定ができていることを示す。緑色ひし形印は、ワイヤーから抜け出なかったが、殻表面に付着したフジツボの外殻が 10kgf 印加時に割れ、大きく動揺した実験サンプルであった。

次に、殻付き牡蠣の寸法である殻高と殻長のうち、把持・固定の可否にどちらの影響を強いかを調べた。ワイヤーから抜け出した点線の領域を見ると、ワイヤーから抜け出たのは殻高が 80 mm以下に限定されている。一方で、殻長はワイヤーから抜け出した実験サンプルより殻長が小さいものも固定できている。これより、把持・固定の可否は対象サンプルの殻高と関連性が高いと言える。

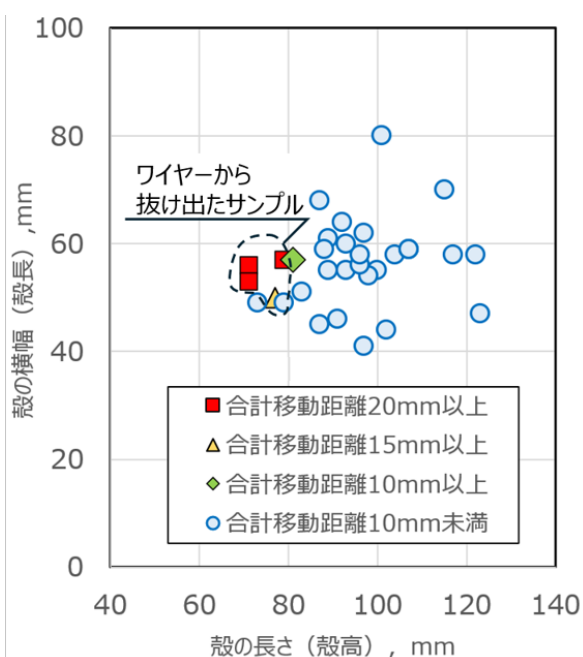


図5 実験サンプルの殻高と殻長の関係

次に、各個体の殻高と、合計移動距離との関係をプロットしたグラフを**図6**に示す。この結果、殻高の小さい個体ほど、把持・固定は難しくなり、合計移動距離が大きくなる傾向にあった

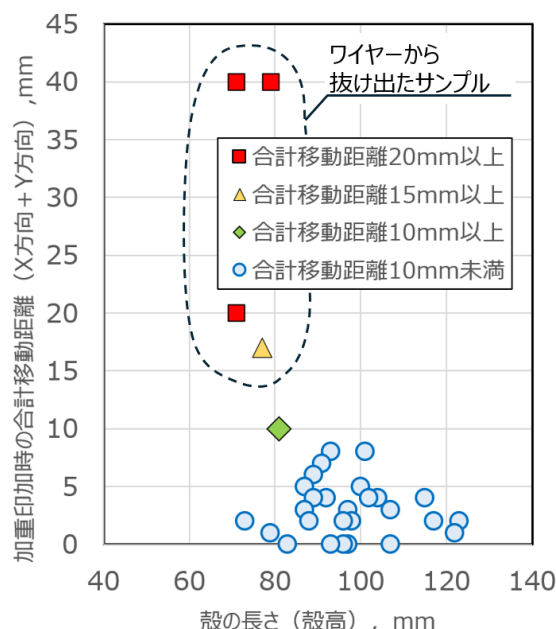


図6 殻高と荷重印加時の合計移動距離の関係

2.4 手動殻割実験による機能検証

「むき身処理」は、殻付き牡蠣を固定した後に殻割工程を行う必要がある。そこで、「把持・固定機構 試作機」を使って、実際に殻付き牡蠣を固定し、殻割工程時の衝撃に耐え得るかを検証した。

【実験方法】

※牡蠣取り扱い業者である A 社および B 社から殻付き牡蠣を手配し、実験サンプルとした。A 社のサンプルは殻高寸法が 100.25 ± 11.62 mm（平均値±標準偏差）最小：95.0 mm、最大：137.0 mm、測定サンプル数：30 で、当日にむき身処理予定であった個体であった。

一方、B 社のサンプルは殻高 113.45 ± 11.68 mm（平均値±標準偏差）、最小：95.0 mm、最大：137.0 mm、測定サンプル数：30 で、殻付き牡蠣商品用に養生処理された個体であった。

A 社 30、B 社 30 の合計 60 の実験サンプルを、「把持・固定機構 試作機」に手で挿入し、ワイヤーを引き込み固定させて殻割工程動作を試行した。殻割工程動作は、ペンチを用いて手動で殻を割る工程とし、その殻割時に発生する反力により殻がワイヤーから抜け出なかったかを検証した。**図7**に殻割工程動作による固定可否を検証した時の様子を示す。

その後、さらにテーブルのスリット位置を変更し、**図**

4に示すワイヤー間距離を 60 mmから 50 mmに短くした図8の試作機を使用して、計 160 の実験サンプルで追加検証を行った。

【結果と考察】

A 社、B 社と仕入れ先が違ったサンプルでも、試作機による把持・固定の成功率は、90% (54 個体/60 個体) であり、当初の想定を上回る良好な結果であった。

また、ワイヤー間距離を 50mm にした追加検証では、ワイヤー間距離 60mm では把持・固定ができなかった 6 実験サンプルを含め、すべての実験サンプルで把持・固定が成功し、成功率 100%となった。



図7 殻割工程動作による固定可否の検証



図8 ワイヤー間距離を 50mm にした試作機での検証

3 結 言

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。

謝 辞

本研究開発は、三工電機 株式会社の協力を得て実施した。関係者に謝意を表する。

本研究は、公益財団法人 中国地域創造研究センターの新産業創出研究会の支援事業をうけて実施したものである。