

# 深度情報を用いた曲がった節類のピックアップ位置推定

小林 雅弥<sup>†</sup> 栗原 徹<sup>†</sup>

高知工科大学<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

現在、あらゆる産業においてロボットの利用による機械化が進んでいる。そこで本研究では、鯉節に代表される節類の製造工程において、過酷な環境の中で良品である節をとり出す作業を人の手からロボットハンドへと代替えることを目的としている。また、ネジ等の工業製品は3D-CAD データが既知であること手がかりに位置姿勢推定することができるが、本研究の対象となる節は自然物であるため、それぞれの節に大きさや形状に差異が生じてくる。そのため、3D-CAD データを用いた位置姿勢推定を行うことができない。そこで、それぞれの節類の形状を個別に認識し、位置姿勢を推定する必要がある。

## 2 関連研究

距離データを用いた物体ピックアップに関して、対象物が重なり合っけ置かれたバラ積み状態において、距離センサから得られた計測データと対象物についての3D-CAD データと照合することで位置姿勢推定を行う研究が行われている[1][2]。また、自然物についてのピックアップに関して、農作物であるトマトを収穫するトマト収穫ロボットがあり、トマト収穫ロボット競技会として競われている[3]。

## 3 実験環境

本研究では、センサとしてIntelRealSenseSR300を用いる。IntelRealSenseSR300では、距離データである深度情報とカラー画像を同時に取得することができる。センサはベルトコンベア面からおよそ50cmの距離にベルトコンベア上を撮り下ろすように設置し、データを取得する。本研究では、図1に示す宗田節とイワシ節を扱う。宗田節は縦13cm横3cm厚さ3cm程度であり、イワシ節は縦12cm横3cm厚さ2cm程度である。宗田節は比較的直線的である。一方でイワシ節は曲がった物が多数存在する。



(a) 宗田節 (b) イワシ節

図1. 対象となる節

## 4 宗田節の位置姿勢推定アルゴリズム

### 4.1 接触した節の分離

本研究で扱う宗田節は、ベルトコンベア上を節同士の接触を許した状態で流れてくる。そのため、節を一つひとつピックアップするには節の接触を分離し、一つひとつの位置姿勢を推定する必要がある。本研究では、接触を分離する際に、深度情報を用いることで高さの変化に着目し、分離を行う。宗田節の断面形状に着目すると節の断面は楕円であり、節と節が接触している部分は谷のような形状になる。この高さの変化に着目し、節の高さについて閾値処理を施すことで分離を行う。

### 4.2 宗田節分離のための閾値

宗田節の接触を分離するには、分離するための閾値となる高さを決める必要がある。初めに、画像内に存在する節の画素数の総和を求め、宗田節を撮影した際の平均的な節1つ当たりの画素数で割り、画像内の節の個数を推定している。閾値の決定では、求めた節の推定数を用い、ベルトコンベア面側から閾値処理をする高さを上げていき推定数と一致するような閾値を探していく。得られた閾値による分離処理結果が図2(II)であり、図2(I)は分離前の状態である。



(I) 差分正規化画像 (II) 分離処理結果

図2 分離処理結果

Pickup position estimation of bent dried fish using depth information

<sup>†</sup>Masaya Kobayashi (Kochi University of Technology)

<sup>‡</sup>Toru Kurihara (Kochi University of Technology)

#### 4. 3 楕円フィッティングによる位置姿勢推定

節の高さについての閾値処理により分離した節に対して、位置姿勢を推定する。本研究では、宗田節の形状に近い楕円をフィッティングすることで宗田節のおよその位置姿勢を推定する。楕円をフィッティングすることで宗田節のおよその重心位置と楕円の長軸上と短軸上の高さの変化を取得することが可能となり、ピッキングの際にロボットハンドのツメを入れるための情報となる。位置姿勢推定の結果を図3に示す。



(1)分離結果 (2)楕円フィッティング結果

図3 楕円フィッティング結果

#### 5 曲がった節の位置姿勢推定

これまで対象としてきた宗田節は図1(a)に示したように比較的直線的であり、楕円をフィッティングすることでおよその位置姿勢を推定することができた。しかし、図1(b)に示したイワシ節は曲がった形状の物も多く宗田節と同じように楕円をフィッティングすると重心位置が節の上ではなく、曲がった節の内側に推定されてしまう場合がある。そのため、曲がった物の多いイワシ節に関しては、楕円フィッティングを用いることが難しい。そこで、曲がった節の位置姿勢推定に関しては、節の領域を細線化し、細線化により得られた線上の midpoint を重心位置と考えピッキングのための位置姿勢推定を行う。また、ピッキングに用いる情報として、細線化により得られた線上の midpoint に対する接線を最小二乗法により求める。 midpoint 周りの線上の  $n$  点において最小化する関数  $J$  を以下のように定める。 $x$  と  $y$  は画像中のピクセル位置、 $a$  と  $b$  は求める接線の傾きである。

$$J = \sum_{k=1}^n (ax_k + by_k - 1)^2 \quad (1)$$

関数  $J$  に対して  $a$  と  $b$  について偏微分すると

$$\frac{\partial J}{\partial a} = \sum_{k=1}^n 2(ax_k + by_k)x_k = 0 \quad (2)$$

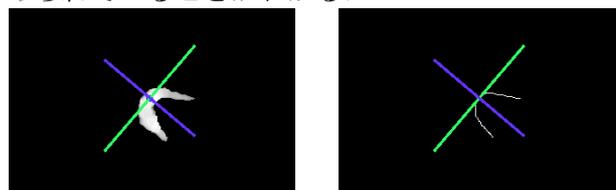
$$\frac{\partial J}{\partial b} = \sum_{k=1}^n 2(ax_k + by_k)y_k = 0 \quad (3)$$

$a$  と  $b$  についての偏微分により得られた連立方程式を解くことで傾き  $a$  と  $b$  を求める。求められた

接線により接線上の高さ情報を取得することができる。取得された高さ情報は、ロボットハンドのツメを入れるための手がかりとして用いることが期待できる。また、接線に対し、垂直方向の直線を求めることで、節の幅を推定することができ、ロボットハンドのツメの幅を決める際の手がかりとして用いることも期待できる。

#### 6 曲がった節への実験

曲がったイワシ節へ位置姿勢推定を行った結果を図4に示す。細線化により得られた線上の midpoint に対して、節の曲がり を考慮した接線が求められていることがわかる。



(i)深度情報への描画 (ii)細線化への描画

図4 曲がった節への位置姿勢推定結果

#### 7 おわりに

本研究では、深度情報をもとにピッキングのための位置姿勢推定を行った。宗田節では、高さによる接触の分離を行い節の接触を分離した後、楕円フィッティングにより、宗田節の位置姿勢推定を行った。一方で、イワシ節では、楕円フィッティングによる位置姿勢推定を行うと正しく推定することができない場合が存在する。そのため、節を細線化し、得られた線の midpoint を重心位置とした。 midpoint に対する接線とその接線に対し垂直な線を求めることでピッキングのための情報として利用できると考えている。また、イワシ節は、宗田節と異なり、それぞれの形状の差異が大きく、反り返った節も存在する。そのため、高さによる分離がうまくいか場合が生じている。そこで、今後はピッキングの精度を向上させるために、接触したイワシ節に対するセグメンテーションの向上が課題となっている。

#### 参考文献

- [1] 林俊寛ら、三次元物体認識技術を応用したバラ積みピッキングシステムの開発, IHI 技報, p7-11, 2008
- [2] 西卓郎ら、ビンピッキングのための RGB-D カメラを用いた三次元位置姿勢推定、および把持可能性を考慮したスコアリング手法、情報処理学会研究報告, p1-6, 2012
- [3] 松尾貴之ら、トマト収穫ロボット競技会へ向けたロボット開発、第 59 回自動制御連合講演会, p936-939, 2016