

丹後地域の異業種課題解決への技術研究 I

～魚選別機及び食品乾燥機の技術開発～

前野 佑基*

村山 智之**

丹後地域の基幹産業である機械金属業の技術と地域資源(農水産物)を活用した新産業を促進するために、魚選別機及び食品乾燥機の 2 つのテーマについて試作・事業化等の新製品開発の支援を実施したので報告する。

1 魚選別機について

1.1 はじめに

地域の漁港では、水揚げされた小型の魚を体長で分別する作業が目視による手作業で行われており、自動選別機導入による労力削減が必要とされている。

自動選別として新規性があり、農作物などへの応用可能な画像選別(図 1)を選定しシステムの実現を目標とした。

これまでの報告^{1),2)}において、面積判定による選別プログラム及び選別装置を作成し、簡易な画像選別システムを構築してきた。

今回は、選別機的能力強化として選別速度の向上を目標とした改良を行った。

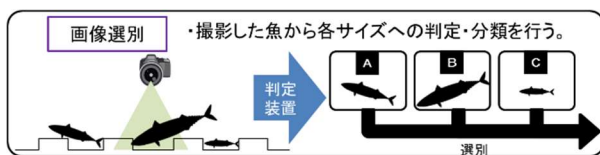


図1 画像選別システムの概要

1.2 研究開発技術内容及び方法

1.2.1 概要

改良にあたって、より詳細なプログラムの設定を行っていくために、開発環境の変更を実施した。また、単純に選別速度を上げた場合に、撮影位置がずれる問題と選別アームが空回りする問題があったため、それぞれ

の課題解決に取り組んだ。

1.2.2 開発環境の変更

装置制御用デバイスを Raspberry Pi 3B に変更し、改良前と同様の動きが可能となるように python でプログラムを新たに作成した。画像処理部分のプログラムについては、オープンソースのライブラリである OpenCV を使用した。

1.2.3 センサー位置の変更

改良前は、撮影用のセンサーがカメラの位置より少し前方に設置されており、物体がセンサーを通過してからカメラで撮影するまでのタイミングをプログラムにより調整していた。新たな環境で高速化を図った結果、センサーに反応してから撮影までのプログラム処理速度がベルトコンベア上の物体が移動する速度に比べて十分に速いことが分かったため、センサー位置をカメラの真下に移動し、センサー反応後、タイミング調整を行わずに撮影を行う構成に変更することができた。

1.2.4 選別アームの変更

選別速度の向上に伴い選別アームを速く動かす必要があったが、選別アームの重量に対してモーターのトルクが弱いことから、アームとモーターの接合箇所が空回りしてしまう現象が起こったため、軽量化を図った

* 技術支援課 技師 ** 技術支援課 主任研究員

(2021年度研究課題)

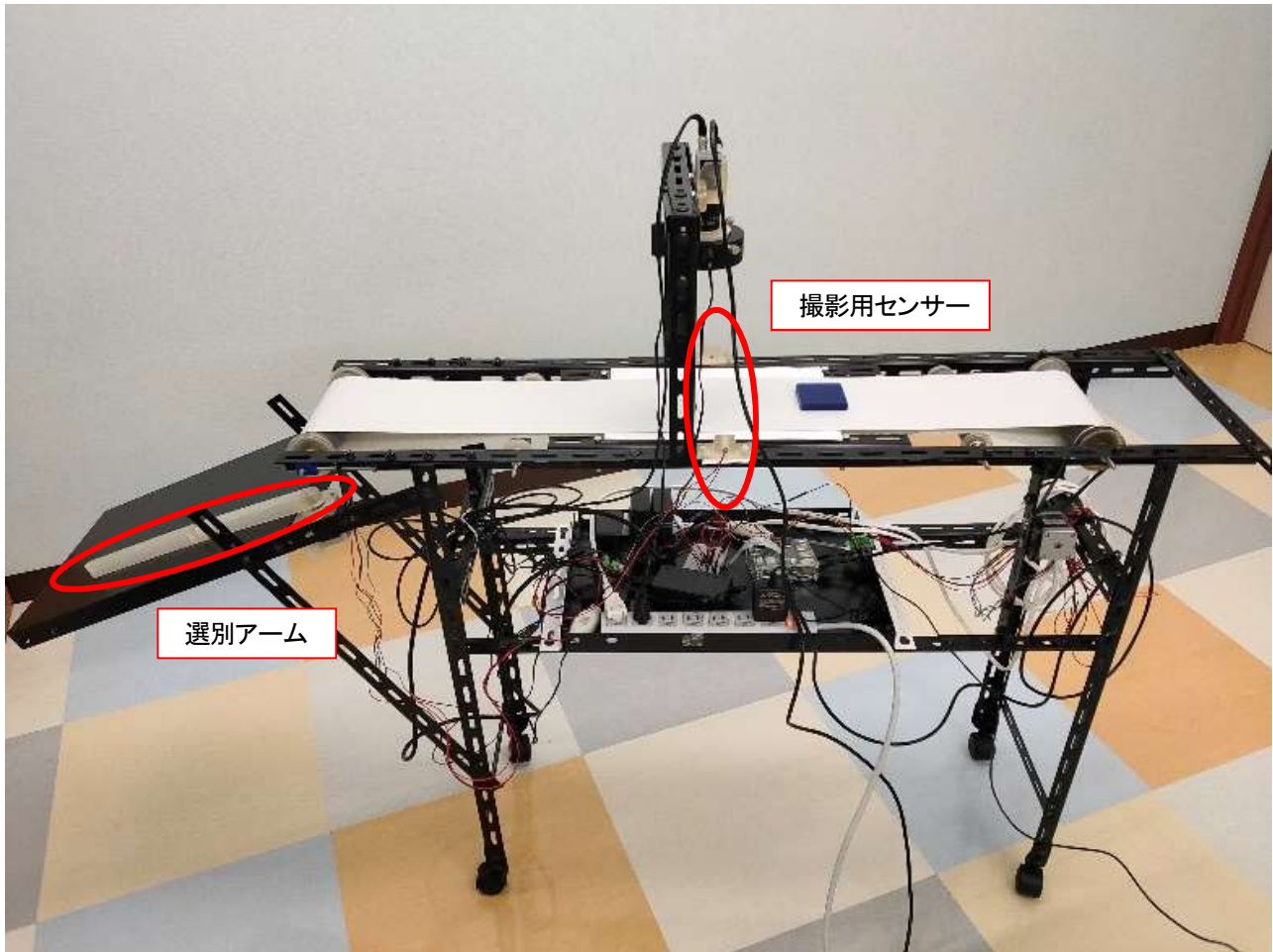


図2 改良後の画像選別機

選別アームを3Dプリンタで作製した。

1.3 研究開発の結果と考察

改良後の画像選別試作機は図2のとおりである。撮影位置のずれ及び選別アームの空回りは解消され、改良前と比較し、約4倍の速度(約80回/分)で選別が可能となった。

また、テスト撮影用として3Dプリンタで作成した図3のサンプルを用いて、各サンプルを50回ずつ選別させた場合の測定誤差の検証を行った(表1)。結果として、 $\pm 50 \text{ mm}^2$ 未満の誤差で面積判定が可能であることが分かった。

1.4 まとめ

本研究により水産物や農作物など地域資源の選別による労力削減につながり、形状の判別が可能になれば、種別の判定への応用も期待できる。

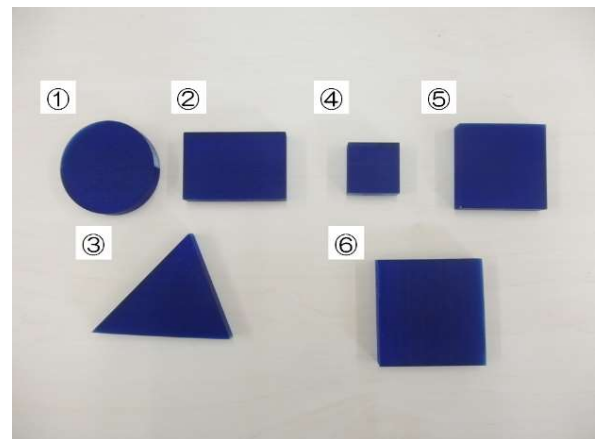


図3 サンプル

表1 測定誤差の検証

番号	①	②	③	④	⑤	⑥
形状	円形	長方形	三角形	正方形	正方形	正方形
面積 (mm ²)	2400	2400	2400	900	2500	3600
平均 (mm ²)	2381.5	2397.3	2398.3	896.8	2493.0	3593.7
最大値 (mm ²)	2447.3	2445.8	2446.9	917.0	2541.7	3621.8
最小値 (mm ²)	2362.8	2366.1	2367.4	886.3	2456.5	3579.3
誤差 $\pm 50\text{mm}^2$ 以上(回)	0	0	0	0	0	0

今回、プログラミングの方法を python に変更したことで、TensorFlow 等の機械学習用のライブラリが活用でき、AI 技術を用いた外観検査にも応用できると考えられる。

速度が向上できたが、これ以上速度を上げるためには、モーターのトルクが限界であるため、モーターの性能を上げる必要があると考えられる。また、本画像選別システムを使用する際は、ベルトコンベアに1つずつつけて流す必要があるため、完全自動化には、別途装置が必要である。

2 食品乾燥機について

2.1 はじめに

乾燥食品は、長期保存が可能なことや食感の変化、うまみの凝縮等の付加価値が生まれる利点がある。ただし、栄養成分によっては、乾燥の過程で熱により分解される可能性がある。

地域の農産物の高付加価値化を目指し、栄養損失の少ない食品乾燥機の開発を行う。そのために、乾燥前後における食品の成分分析を行い、栄養損失の少ない乾燥条件を求め、仕様検討に活かすことを目的とした。

2.2 研究開発技術内容及び方法

2.2.1 概要

今回は乾燥の対象とする果物の成分のうち、熱による分解が想定されるビタミン C を分析対象として選定した。

ビタミン C にはアスコルビン酸(還元型ビタミン C)とデヒドロアスコルビン酸(酸化型ビタミン C)が存在し、両者は生体内で同様の働きをするとされている。そのため、分析対象としては、還元型と酸化型を合わせたビタミン C(以下、総ビタミン C とする。)として、当センター所有の分析機器を用いて分析方法の検討を行った。分析は、酸化型ビタミン C を還元剤で還元後、総ビタミン C を定量する方法(還元型ビタミン C を高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC とする。)で定量)である池ヶ谷らの報告³⁾に一部変更を加えて行った。

さらに、市販の食品乾燥機を用いて食品を乾燥させ、

乾燥温度と乾燥方式を変化させた場合の乾燥速度及び総ビタミン C の残存率の評価を行った。

2.2.2 試薬

メタリン酸(塊状)(特級)、リン酸((株)ナカライテスク、特級)、リン酸水素二ナトリウム(特級)、リン酸二水素ナトリウム二水和物(特級)、ジチオスレイトール(関東化学(株)、特級)、L(+)-アスコルビン酸(扶桑化学工業(株))、水酸化ナトリウム((株)ナカライテスク、特級)、蒸留水(HPLC 用)、製造業者の記載がない場合は富士フィルム和光純薬(株)の試薬を用いた。

2.2.3 試薬調製

2%メタリン酸

メタリン酸 10 g を水に溶解し、500 mL メスフラスコで定容。

0.066 mol/L リン酸二水素ナトリウム

リン酸二水素ナトリウム二水和物 2.06 g を水に溶解し、200 mL メスフラスコで定容。

0.066 mol/L リン酸水素二ナトリウム

リン酸水素二ナトリウム 1.87 g を水に溶解し、200 mL メスフラスコで定容。

DTT 溶液

ジチオスレイトール 200 mg を 0.066 mol/L リン酸二水素ナトリウム 28 mL と 0.066 mol/L リン酸水素二ナトリウム 12 mL の混合溶液に溶解。

中和剤

水酸化ナトリウム 2.86 g、リン酸二水素ナトリウム二水和物 3.74 g、リン酸水素二ナトリウム 4.57 g を水に溶解して 100 mL メスフラスコで定容。

2.2.4 機器

HPLC(Waters 製 Alliance e2695)、ミキサー(TECOM 製 TM836)、粉碎器(Vita-Mix 製 ABSOLUTE Blender)

2.2.5 試料

2.2.5.1 乾燥

分析する食品のサンプルは京丹後市内の小売店で購入し、市販の食品用乾燥機を用いて、以下の条件で

乾燥を行った。

検出波長:242 nm

分析時間:40 分

乾燥条件

対象:いちご(縦方向に4つにスライス)

時間:24 時間

温度:30℃、50℃、70℃

方式:熱風乾燥、熱風乾燥+近赤外線乾燥

2.2.5.2 試料調製

乾燥前試料

乾燥前のサンプル 10 g を 2 %メタリン酸とともにミキサーにかけ、100 mL メスフラスコで定容し、メンブレンフィルターでろ過。ろ液 5 mL に DTT 溶液 1 mL と中和剤 1 mL を加え、よく混合して 10~15 分間放置したものを試料とした。

乾燥後試料

乾燥後のサンプルを粉砕器で粉末状にした後、1 g を 2 %メタリン酸に溶解し、メスフラスコで 100 mL に定容し、メンブレンフィルターでろ過。ろ液 5 mL に DTT 溶液 1 mL と中和剤 1 mL を加え、よく混合して 10~15 分間放置したものを試料とした。

2.2.6 総ビタミン C の分析

2.2.6.1 標準液調製

L(+)-アスコルビン酸 100 mg を 2 %メタリン酸に溶解し 100 mL メスフラスコで定容。これを 5~50 倍に希釈した溶液に対して DTT 溶液 1 mL と中和剤 1 mL を加え、よく混合して 10~15 分間放置したものを検量線作成用の標準液とした。

2.2.6.2 HPLC による総ビタミン C の分析

HPLC 分析条件

装置:Alliance e2695

カラム:Shodex RSpak KC-811×2

検出器:フォトダイオードアレイ検出器

カラム温度:25℃

流速:0.5 mL/min

試料注入量:10 µL

移動相:0.1 %リン酸

2.3 研究開発の結果と考察

当センター所有の分析機器である HPLC による総ビタミン C の分析手法を確立した。

市販の食品用乾燥機でいちごを乾燥させた場合の乾燥速度のグラフは図 4 のとおりである。温度による差は大きく、近赤外線乾燥方式がある方が、若干乾燥速度が速い傾向が見られた。

ビタミン C の分析結果は表 2 のとおりである。今回の実験条件では、70℃では、乾燥速度は速いが、ビタミン C が分解され、残存量が少なくなることが分かった。50℃では、約 80%のビタミン C が残存することが分かった。

今回の分析において、乾燥前後で別の個体からサンプルを採取してビタミン C 残存率を算出しているため、正確な値を算出するためには、同一の個体で分析する必要がある。

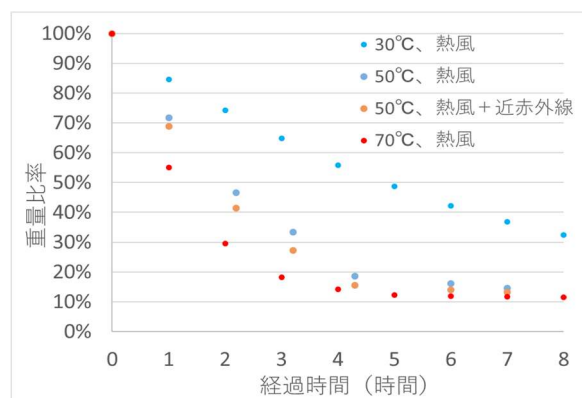


図 4 いちごの乾燥速度

表 2 総ビタミン C 分析結果

乾燥温度	乾燥方式	ビタミンC量 (mg/100g)	減量率 (%)	ビタミンC 残存率 (%)
1	生	79.5		
2	50℃ 熱風	545.1	11.4	78.1
3	50℃ 熱風+近赤外線	596.3	11.0	82.5
4	30℃ 熱風	573.3	13.8	99.5
5	70℃ 熱風	118.0	11.3	16.8

2.4 まとめ

結果については、今後、試作開発を行う食品用乾燥

機の仕様検討・性能比較のデータとして活用する。

今回は、1つの成分に関して分析を行ったが、熱の影響を受けるその他の成分についても分析・検討が必要である。また、時間を固定した条件で分析を行ったため、乾燥時間の違いによる評価も行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 村山智之、松本泰輔;魚の選別機開発, 京都府織物・機械金属振興センター研究報告, No.52(2018), pp.32-35
- 2) 村山智之、松本泰輔;魚の選別機開発, 京都府織物・機械金属振興センター研究報告, No.53(2019), pp.27-31
- 3)池ヶ谷賢次郎、高柳博次、阿南豊正;茶の分析法, 茶業研究報告, No.71(1990), pp.43-74