



# HOKKAIDO UNIVERSITY

|                     |                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | Development of computer-vision system based on smartphone image and artificial neural network for postharvest management of agricultural products [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review] |
| Author(s)           | 趙, 秉休                                                                                                                                                                                                                |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                                                                                                                                                |
| Degree Name         | 博士(農学)                                                                                                                                                                                                               |
| Dissertation Number | 甲第14373号                                                                                                                                                                                                             |
| Issue Date          | 2021-03-25                                                                                                                                                                                                           |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/81127">https://hdl.handle.net/2115/81127</a>                                                                                                                                    |
| Rights(URL)         | <a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>                                                                                                              |
| Type                | doctoral thesis                                                                                                                                                                                                      |
| File Information    | Cho_Byeonghyo_review.pdf, 審査の要旨                                                                                                                                                                                      |



## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称      博士（農学）      氏 名      趙 秉侔<sup>チョ ビョンヒョ</sup>

|       |     |       |       |
|-------|-----|-------|-------|
| 審査担当者 | 主 査 | 教 授   | 小関 成樹 |
|       | 副 査 | 教 授   | 岩渕 和則 |
|       | 副 査 | 准 教 授 | 岡本 博史 |
|       | 副 査 | 助 教   | 小山 健斗 |

## 学位論文題名

Development of computer-vision system based on smartphone image and artificial neural network for postharvest management of agricultural products  
(農産物の収穫後の管理のためのスマートフォンのイメージとニューラルネットワークを基盤としたコンピュータービジョンシステムの開発)

本論文は英文 130 頁，図 30，表 35，5 章からなり，参考論文 2 編が付されている。高品質の農産物を消費者に届けるためには，収穫，貯蔵，流通におけるポストハーベストプロセスの高度化が不可欠である。特に，追熟型の果実は収穫後も熟し続け，軟化，酸性度の低下，デンプンの糖化などの生理的変化が進行するため，適切な管理が必要であり，今日では非破壊的に品質を評価する手法が求められている。近赤外分光法などの電磁波を使用して，糖度などの果実の品質を評価するための非破壊的な方法は古くから検討されているが，従来の非破壊評価法は比較的複雑なシステムであり，コスト的にも難しい場合が多かった。したがって，貯蔵および熟成プロセス中の高品質を保証するために，果実の熟成状態を推定するための，より費用対効果が高く，使いやすい測定手法が求められている。本研究は，スマートフォンと人工ニューラルネットワークの両方に基づくコンピュータービジョンシステムを開発し，さまざまな保管条件での熟成プロセス中にアボカド（ハス種）とバナナ（キャベンディッシュ種）の品質を予測評価するシステムを構築した結果をまとめたものである。

### 1. コンピュータビジョンシステムの開発

農業におけるコンピュータビジョンの適用は，過去数十年でかなり増加している。特に，コンピュータビジョンを用いた果実分類や内部品質予測システムとして近赤

外分光法が広く利用されてきた。一方、本研究ではスマートフォンの使いやすさ、携帯性、機能の多様性に着目して、果物の非破壊分析への適用を考案した。そのために、スマートフォン画像の色の特徴 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , 彩度, 色相角,  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ ,  $\Delta H$ ) を色彩色差計と比較することにより、スマートフォンカメラのコンピュータービジョンとしての有用性を検討した。2つの方法の同等性を、各色の特徴 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , 彩度, 色相角,  $\Delta E$ ,  $\Delta L$ ,  $\Delta C$ , および  $\Delta H$ ) で評価した結果、スマートフォンのカメラをコンピュータービジョンとして十分に利用可能である結果を得た。

## 2. コンピュータービジョンシステムによるアボカドの熟成プロセスの評価

アボカドは収穫後も熟し続ける追熟型果実であり、貯蔵温度はアボカドの熟成過程における品質変化に大きく影響を与える。したがって、熟成プロセス中のアボカドの品質変化を、4つの異なる温度 (10, 15, 20, および 25°C) で検討し、保存期間中の外観変化 (デジタルカメラ画像の色,  $Hu$  モーメント, および画像処理によって抽出された配向勾配 (HOG) のヒストグラム) を基本情報として、人工ニューラルネットワーク (ANN) を活用して、品質評価予測モデルを開発した。その結果、色情報を基本とする ANN モデルを使用することで、高精度な品質変化予測を実現した。本開発モデルを利用することで、保管条件に関係なく品質指標を高精度で予測可能とした。

## 3. コンピュータービジョンシステムのバナナの熟成プロセス評価への応用

バナナは世界で最も消費、流通量の多い果実であり、典型的な追熟型果実である。通常は未熟な状態で収穫され、保管および流通中に追熟するが、追熟過程に影響を及ぼす環境要因として、温度と相対湿度 (RH) がある。本研究では温度 (90%RH で 20, 25, 27.5, および 30°C) と相対湿度 (20°C の温度で 50, 70, および 90%) 条件を変化させて、熟成プロセス中のバナナの品質変化を明らかにした。さらに、いくつかの画像特徴 (色,  $Hu$  モーメント, 画像処理によって抽出された配向勾配のヒストグラム) を使用した品質予測モデルを ANN によって開発し、各モデルの予測性能を比較した。その結果、色の特徴に基づく ANN モデルを使用すると、保管条件に関係なく、糖度などの品質指標を高精度で予測可能とした。

以上、本研究ではスマートフォンカメラによって取得した果実の画像情報をもとに、ニューラルネットワークモデルを構築することで、果実の品質評価を可能とした。今後の青果物の非破壊品質評価における簡便な手法開発の一つとして、大きな意義を有するものである。よって審査員一同は、趙 秉傑氏が博士 (農学) の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。