

令和5年度終了 豆類振興事業助成金（試験研究）の成果概要

1 豆類品質・品位評価判定の自動化技術開発

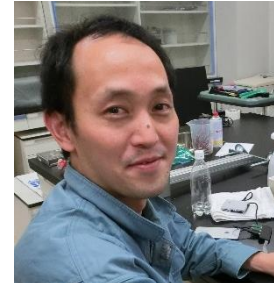
2 研究実施者

研究代表者 公益財団法人 とかち財団

共同研究者 帯広市川西農業協同組合

3 実施期間 令和3年度～5年度（3年間）

4 試験研究の成果概要



（1） 試験研究の目的

北海道・十勝を代表する特産農産品である「小豆」や「金時豆」などの豆類生産は、輪作体系上からも欠くことのできない重要な位置づけとなっている。また、米をはじめとした主要食糧穀物は、古くから農産物検査法に基づく農産物規格によって等級付けされ、品質・品位が統一された製品として流通品質の平準化が図られてきた。しかし、生産現場においては、製品調整される前の原料豆の状態であり、農産物検査を想定した品質・品位の独自評価を下して受け入れしているのが現状である。農産物検査法では自然光の下での目視による判定が基本であり、日照が短く繁忙な収穫の秋は時間的制約も多く、また、資格に裏打ちされた知識、経験、判断力が求められる「品質・品位の評価」作業は、労働力不足の顕在化とともに検査体制の維持も危惧される状況になっている。

本技術開発は、熟練検査員が有する知識や経験を最新の画像処理技術で実現し、「品質・品位の評価」を一定程度自動化すると共に検査基準を定量化することで合理的な評価を行うことが目的である。

（2） 実施計画、手法

図1に本試験研究が目指す豆類品質・品位評価判定の自動化技術開発の研究範囲を記す。本装置は、供試サンプルの画像から微妙な形質を従来の画像処理に加えて統計的な手法を用いて解析することにより、熟練検査員の検査精度を実現する。3カ年の試験研究では、大きく①～④の要素に分けて製品化に向けた研究開発を進めてきた。これらの手法について説明する。

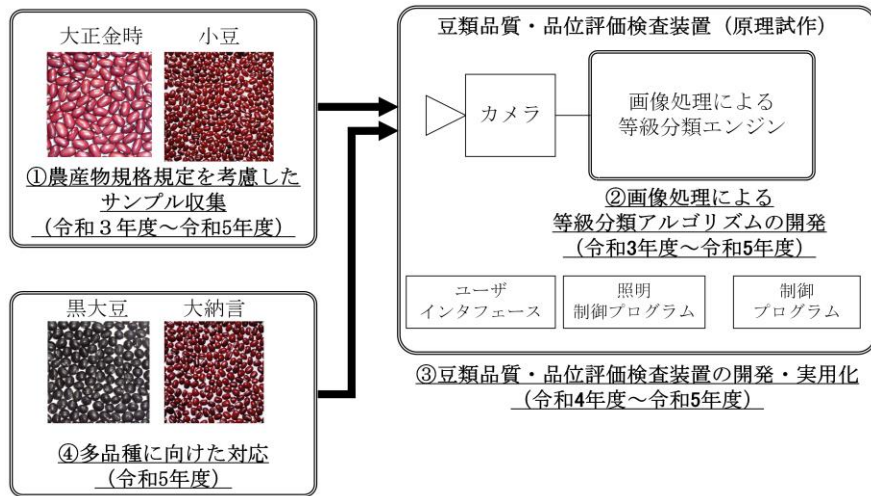


図 1 本試験研究の概要図

① 農産物規格規定を考慮したサンプル収集 (令和3年度-令和5年度)

共同研究者の帯広市川西農業共同組合の協力の下、令和3年度-令和5年度にかけて主要な雑豆の検査済サンプルを収集し、現行の検査精度を再現するための検量線の準備を整えた。受入工程を見学することで、検査に要している時間や1日当たりに必要な検査能力をヒアリングし、検査装置に求められる要件定義を明確にした上で原理試作機の開発に着手した。



図 2 受入施設の見学 (帯広市川西農業協同組合 別府事業所)

(左写真：夾雑物及び不良粒 右写真：検査風景 下写真：検査済みサンプル)

② 画像処理による等級分類アルゴリズムの開発（令和3年度-令和5年度）

色味（色流れ、過熟、変色）、大きさ、割れ、凹みの検査については、検査基準が定量的に定めやすいルールベースに基づく画像処理を採用した。色の揃い、形の揃い具合を評価する拝見検査は、抽象度が高いことに加え年産差によって調整が必要になる可能性があるため主成分分析などの統計的手法と現役検査員の検査結果から検量線を計算した。図2は便宜上、第3主成分までの3次元空間を示したものであるが検量線は、第4主成分まで含む4次元空間で定義される。最小二乗法により第1-4主成分(PC1-4)と拝見の結果(h)の検量線は以下ように定義される。

$$h = -3.48 \text{ PC1} - 1.97 \text{ PC2} - 3.08 \text{ PC3} - 3.65 \text{ PC4} + 73.4 \quad (R^2 = 0.75)$$

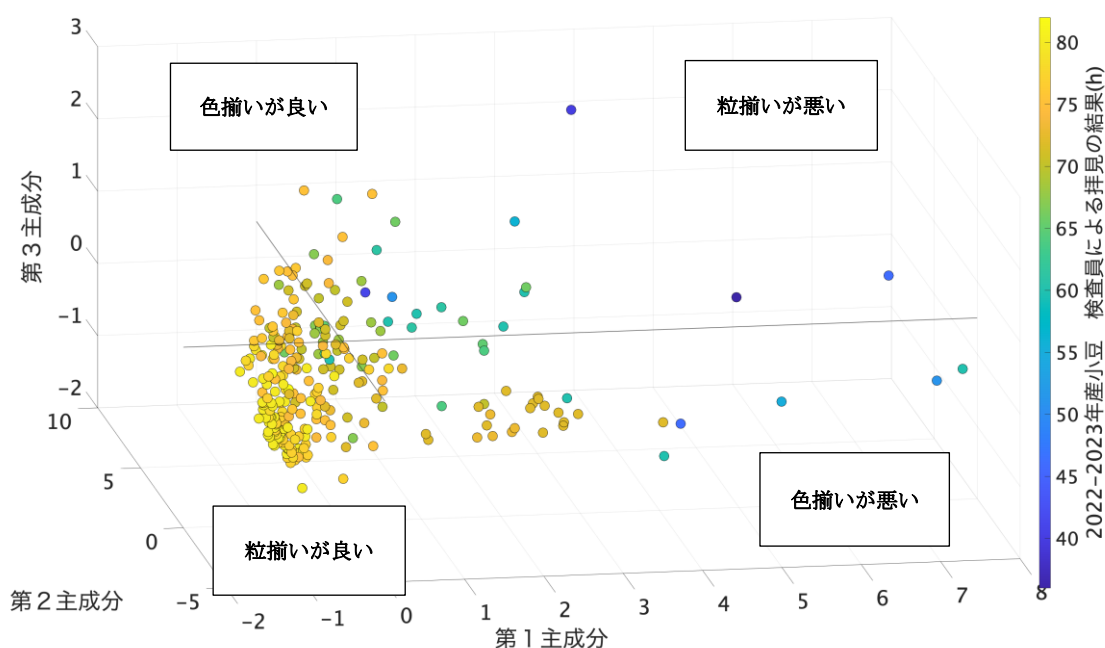


図2 主成分分析と拝見の検量線（小豆 2022-2023 年産）¹

③ 豆類品質・品位評価装置の開発と実用化(令和4年度-令和5年度)

開発当初は、子実両面が撮影可能で原料投入後から全自動で検査可能な装置を試作したが、装置の大型化やコストの増加の要因となった。共同研究者からアドバイスをいただき広範な普及にむけて子実の撮影を上面だけに限定し、検査回数を2回とした小型化モデルも試作した。検査員より等級付けされたサンプルを本装置で検査し、実際の検査結果との差異や精度を検証した。完成した試作機の操作性や処理時間などの運用面の課題を共同研究者に評価いただきながら、検査装置の操作性を改善した。

¹ 図2の各点は、画像処理で検査毎に得られる拝見の結果を示す。



図3 検査装置の原理試作機（子実片面撮影）と装置内部



図4 小豆検査結果の一例（黄色：色の異常、青：形質の異常）と検査員による精度検証
(2023年11月24日)

④ 多品種への対応(令和5年度)

大納言、金時の割れ、凹み、色などの基本的なルールベースのアルゴリズムは、小豆で開発したアルゴリズムをベースとしてパラメータを調整することで対応している。拝見は令和5年度のサンプルを使って検量線の精度検証を実施しているが、大納言、金時は生産数が小豆と比較して少ないため、妥当な検量線を得られている確証がなく年産別のデータを収集して引き続き精度を検証する必要がある。

(3) 成果の概要

本研究では、色味、大きさ、割れ、凹みといった従来の画像解析で定量できる特徴量に加えて、全体の粒の揃いや色の揃いで決まる拝見検査も実現した。拝見検査は、供試サンプルをカートンに広げた際に検査員に与える最初の豆の印象とされ抽象度が高い検査であるため、熟練度が求められる所以となっていた。本研究の主たる成果は、複数年のサンプル収集と検査員の検査結果を統計的に解析し、拝見検査を主成分分析に基づく検量線として定義することで定量的でより公正な検査手法を提案できる点である。

(4) 今後の課題

小豆については2022年産、2023年産のデータを使って検量線を作成し、精度については共同研究者に評価いただき概ね合意が得られた。拝見の検量線には年産差が生じるため実用化に向けて調整方法や等級への反映方法を協議している。そのほかの雑豆である金時や黒豆は、粒の揃いや色の揃いの以外の要素も拝見に関わっている可能性が高く引き続き検証が必要である。実用化については、同装置で大豆まで検査することが求められており引き続き開発、検証が必要であるが、段階的な製品化も視野に置いて協議を進めている。検査装置の大きさについては従来の検査卓で検査が実施可能で、持ち運び可能な製品が求められており図5に示す通り体積比で約2/3まで小型化したモデルを開発した。



図5 小型化豆類検査装置の外観

(5) 成果の波及効果

本試験研究の目的は、熟練検査員が有する知識や経験を定量的に扱い自動化する技術であるが、検査の過程で算出される子実の特徴を表す各パラメータの統計量はその圃場の特性を表す定量的な指標となる。これらのデータを活用し持続性の高い農業生産を実現する精密農業へ展開が期待される。

(6) 論文、特許等

論文発表や特許申請については共同研究者と協議の上、実施する予定である。