

氏名	効ハツ フミオ 高橋 史夫
本籍（国籍）	山形県
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 829 号
学位授与年月日	令和 4 年 9 月 2 6 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 地域環境創生学専攻
学位論文題目	<b>エダマメ選別機の開発に関する研究</b> <b>(Studies on development of edamame sorting machine)</b>
学位審査委員	主査 山形大学教授 片平 光彦 副査 山形大学教授 村山 秀樹 副査 弘前大学准教授 叶 旭君 副査 岩手大学教授 小出 章二

## 論文の内容の要旨

枝豆調製作業では解決すべき課題があり、それらを解決し作業を効率化することを目途に、下記の項目について検証を行った。

### 1. 排出用電磁弁を用いた画像選別機内の清浄作用

枝豆生産現場では、調製作業効率化のため画像処理による選別機（以下選別機）が導入されている。本章では、画像処理システムにおけるノイズ要因となる空中浮遊物が、電磁弁を活用した自然換気方式で適切に排除されているかを検証するため、煙による画像処理解析を行い、圧力や流量の違いが室内空気の動作にどのような影響を与えるかを検証した。実験開始 40～80 秒で煙の濃度（V 値（画像明度））が 25.0～27.3 となり、時間経過で差が解消し、測定部位間の差がなかった。排出用電磁弁は噴射空気圧が、0.6 MPa（2～6 回／秒）で 10 秒、0.4 MPa（5 回／秒）が 20 秒で選別機内を清浄した。0.4Mpa（2 回／秒）では、煙の濃度低下が緩やかだが、約 120 秒で収束した。排出用電磁弁は、選別機内部の空中浮遊物対策に十分な機能を有している。

### 2. 枝豆の傷病の状態とアルゴリズムについて

本章では枝豆調製作業での生産性を改善し、生産者の収益を向上するため、精選別機の開発に必要な機能の検証を行った。選別機に必要な機能の検証では、枝豆の良品・不良品の構成を調査して傷害を数値化し、それを用いた選別アルゴリズムが必要になる。農家が生産する枝豆莢は一欠けと 1 粒莢の発生頻度が高く、片面のみに発生する傷害の発生頻度は 11 %に止まった。傷害の数値化は可食・形状・色彩別に分類・配点し、それを乗じた枝豆莢評価点、それに傷害の発生頻度を乗じて積算した枝豆選別指数で行った。枝豆選別機は枝豆莢評価点の低い 4 項目を中心に、枝豆選別指数で選別の信頼度を調節するアルゴリズムとすることで生産者に近似した選別が可能になる。

### 3. 枝豆の外観特性が人の選別作業に与える影響

本章では枝豆の精選別作業を効率化するため、選別因子を限定した実際の枝豆に近似したモデル材料を人手で選別して有効性を確認するとともに、枝豆外観の違いが人間の作業性に与える

影響を検証した。実験は枝豆選別の最適な選別方法を確認するため、実際の枝豆とシリコン製ダミー豆を使用して調査した。選別試験（時間制限なし）では、見落としが試料 100 個中で 1～4 回確認できた。選別率は平均で 0.994～0.997 といずれも 1 に近似した。ダミー豆と実豆の選別では、選別時間・選別率ともに相関があるため、同一条件下での選別能力試験の利用に有効である。良品と赤莢の選別では相関係数が 0.94 と高く、人と選別装置との能力値を比較する試験材料として適している。枝豆を効率の良く選別するには、不良品率が 10%変化するごとに 6.7 秒の差が生じるため、人の選別を行う前に選別装置を使い不良品を排出し、良品率を高い状態に維持する必要がある。

#### 4. 枝豆選別機の性能評価

本章では前章で得られた結果を基に、必要なアルゴリズムを導入した枝豆精選別機の性能調査を行った。選別機の能力を判断する測定方法検証試験では、実際の豆と選別精度が同等なシリコン製ダミー豆を使用した。その結果、枝豆選別機の装置検査方法としては、①不良品判定機能、②黒点最少確認機能、③総合選別指数の 3 つをレギュレーションとすることが有効であった。開発した枝豆精選別機の性能は、傷害莢を撮像した画像データとシリコン製ダミー豆と微小な黒点を印刷して調査し、色やシルエットで判定しにくい欠粒莢を除き、各傷病莢の全てが認識できた。なお、黒点の最少認識点は 0.3mm であった。選別時に発生する排出用エアに巻き込まれる莢の量は、莢の縦横範囲を乗算して算出する巻き込まれ指数で評価できる。装置の総合的な性能は、時間当たりの投入量と選別率（ニュートン効率）の近似直線で表され、その一次線形の傾きと切片で評価される。排出確認試験は不良品側で 99.7%であり、装置の能力値として表現すべき数値である。精選別装置の運用は、人の選別能力試験の結果を加味して装置と人の効率良い配置が求められ、装置単体よりも並列処理が有効である。

## 論文審査の結果の要旨

本研究は枝豆選別作業を効率化する選別機の開発を目的に、下記の項目について検証を行った。

### 1. 排出用電磁弁を用いた画像選別機内の清浄作用

画像処理システムでは、ノイズ要因となる空中浮遊物が問題となっている。そこで、電磁弁を活用した自然換気方式で適切に排除されているかを検証した。排出用電磁弁は噴射空気圧が、0.6 MPa（2～6 回/秒）で 10 秒、0.4 MPa（5 回/秒）が 20 秒で選別機内を清浄するなど、選別機内部の空中浮遊物対策に十分な機能を有している。

### 2. 枝豆の傷病の状態とアルゴリズムについて

農家が生産する枝豆莢は一欠けと 1 粒莢の発生頻度が高く、片面のみに発生する傷害の発生頻度は 11 %に止まった。傷害の数値化は可食・形状・色彩別に分類・配点し、それを乗じた枝豆莢評価点、それに傷害の発生頻度を乗じて積算した枝豆選別指数で行った。枝豆選別機は、それを基に枝豆莢評価点の低い 4 項目を中心に信頼度を調節するアルゴリズムとすることで、生産者に近似した選別が可能になる。

### 3. 枝豆の外観特性が人の選別作業に与える影響

実験は枝豆選別の最適な選別方法を確認するため、実際の枝豆とシリコン製ダミー豆を使用して調査した。選別率は平均で 0.994～0.997 といずれも 1 に近似した。枝豆を効率良く選別するには、不良品率が 10%変化するごとに 6.7 秒の差が生じるため、人の選別を行う前に選別装置を使い不良品を排出し、良品率を高い状態に維持する必要がある。

### 4. 枝豆選別機の性能評価

枝豆選別機の装置検査方法としては、①不良品判定機能、②黒点最少確認機能、③総合選別指数の3つをレギュレーションとすることが有効であった。開発した枝豆選別機は、色やシルエットで判定しにくい欠粒莢を除き、各傷病莢の全てが認識できた。装置の総合的な性能は、時間当たりの投入量と選別率（ニュートン効率）の近似直線で表され、その一次線形の傾きと切片で評価される。精選別装置は、人の選別能力試験の結果を加味して装置と人の効率良い配置が求められ、装置単体よりも並列処理が有効である。これらの技術は選別機開発の基礎データとして有用であり、枝豆生産の省力化に寄与するもので、研究者のみならず農業機械メーカーや農業者が利用できる基礎的知見として極めて価値が高いといえる。

以上より、本審査委員会は、「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士（農学）の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

高橋史夫，片平光彦(2021)

排出用電磁弁を用いた画像選別機内の清浄作用

農業食料工学会誌 83 (3) : 200-207