

農業機械の自動化・省力化に関する技術支援 —馬鈴薯・土石選別装置の開発—

北海道立工業試験場 ○澤山一博 大村功 新井浩成
東洋農機株式会社 青山達仁 大橋敏伸 宮下行雄 河辺秀樹

要 旨

ポテトハーベスタによる馬鈴薯収穫作業の自動化・省力化の一環として、馬鈴薯と一緒に掘り起こされる土塊や石を、馬鈴薯との光透過能力の差を利用して識別し、機械的に除去することを目的とした馬鈴薯・土石選別装置を開発した。

1. はじめに

ポテトハーベスタによる馬鈴薯収穫作業においては、馬鈴薯と一緒に土塊や石が混在した状態で掘り起こされるため、機上で3～4人の作業員が選別・除去作業を行っている(図1)。しかし、最近では農業後継者の減少、熟練作業者の減少などにより、このような作業を行う人手の確保が難しくなっている。そこで、農家および農業機械メーカーから本作業の自動化が望まれていた。

そこで本研究では、ポテトハーベスタの自動化・省力化の一環として馬鈴薯・土石選別作業に着目し、馬鈴薯と土石における光透過能力の差を利用した選別装置の開発を行った。

なお、本選別装置の開発は、平成2年度から道内の農業機械メーカーに対する技術指導という形態で進められ、平成8年度からの2年間は実用化を目的として、共同研究の中で進められた。



図1 馬鈴薯・土石選別作業

2. 識別原理

まず、目標とする仕様を下記の通り設定した。

- 1)馬鈴薯の大きさ : 直径 40 ~ 100mm
(球体と仮定した場合)
- 2)土付着率 : 0 ~ 5% (重量比)
- 3)選別速度 : ≥ 20 個/s
- 4)選別精度 : $\geq 80\%$

ここで、項目3)の選別速度は、現在のポテトハーベスタによる収穫能力から算出した。また、項目1)の大きさに関しては、直径40mm以下の馬鈴薯や土石は、搬送コンベア上から落下する構造になっているため、選別の対象外となっている。

次に、このような目標仕様を満足する馬鈴薯と土石の識別原理について検討を行った。この結果、馬

鈴薯と土石の光透過能力の差から、両者を識別する原理を考案した。この原理は、被検出体(馬鈴薯、土石)の表面に光を照射し、裏面から設定値以上の透過光強度が検出された場合には馬鈴薯、設定値以下の場合には土石と判定するものである。

このような光学的な識別手法は、下記のような特長を有している。

- 1)非接触・非破壊な識別が可能
- 2)高速識別が可能
- 3)小型化・低価格化が可能

また、本手法は原理としては非常に簡単であるが、実用レベルの装置を開発するには、次のような技術課題が内在している。

- 1)微弱な透過光を検出する光学系の構築
- 2)信号処理手法の開発
- 3)外乱光対策
- 4)耐環境性の強化

ここで、外乱光としては①被検出体からの回り込み光、②高次の反射光、③外部からの漏れ光などが想定され、これらの光強度は透過光強度よりも遙かに大きい。そこで、本研究では外乱光対策を最も重要な技術課題と位置づけている。

3. 識別システムの開発

3.1 検出光学系

図2に検出光学系を示す。光源としては馬鈴薯内の光透過性能を高め小型化を図る目的から、指向性とエネルギー密度が高く制御性の良い半導体レーザー素子を採用した。

なお、図3に示す馬鈴薯の分光透過特性の調査結果から、馬鈴薯の波長依存性は比較的小さいことが分かる。このことから、本素子の発光波長は近赤外域にあるが、光源としては有効と判断できる。

一方、馬鈴薯からの透過光強度は照射光強度の100万分の1以下になるため、光検出器としては高感度なフォトダイオード(以下、センサと言う)を採用した。

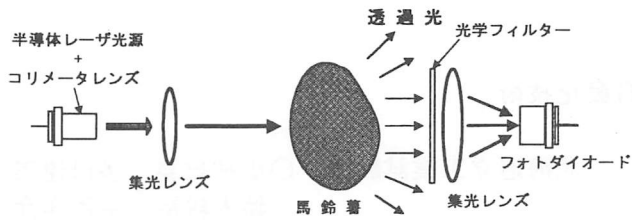


図2 透過光検出光学系の概要

光源部において、レーザ素子からの放射光はコリメータレンズ、集光レンズを介して被検出体の表面近傍において焦点を結ぶ。透過拡散光は集光レンズを介してセンサで検出される。耐外乱光性および集光効率の向上のため、光学フィルター、遮光フードなどを付加している。

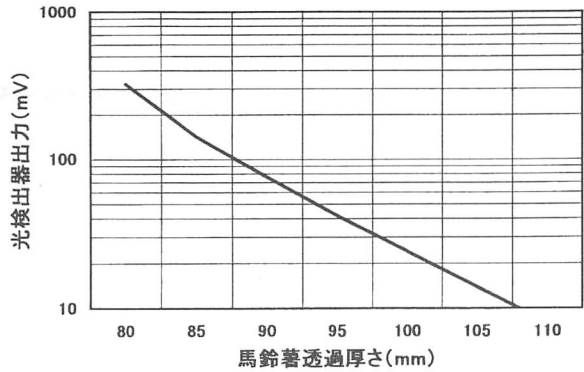


図4 馬鈴薯に対する光透過試験結果

結果から、土付着率 0～4% 程度の場合、土が付着していない場合に比べ透過光強度の低下が見られ、これに対応して識別精度も若干低下することが判明した。

そこで、検出光学系および信号処理系の全面的な改良を行うことにより、識別精度の向上を図った。また、これと併せて識別システムの小型化を図った。

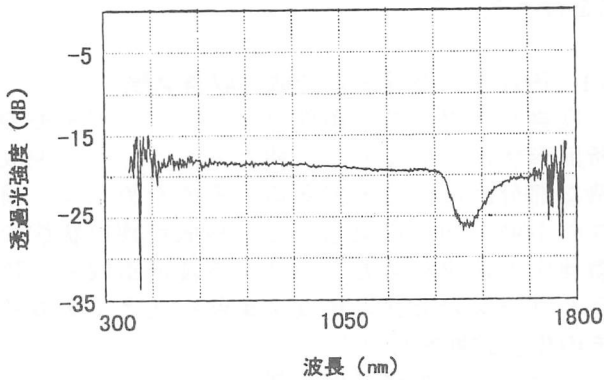


図3 馬鈴薯の分光透過特性

5. 選別装置の試作

これまでに4台の選別装置を試作し、識別技術に関する基礎試験と実証試験を行いながら改良を重ねてきた。この結果、当初の要求仕様をほぼ満足する選別装置を実現することができた。

図5に試作した「定置型馬鈴薯・土石選別装置」を示す。右側上部のホッパーから送出された被検出体は、コンベアにより左側へ搬送され、センサの前を通過した直後に識別される。被検出体が土石の場合には、除去機構によりコンベア外に排出される仕組みである。

なお、この土石除去機構の速度の限界から、1ラインの処理能力は最大毎秒10個である。そこで、目標の処理能力を確保するため、複数ラインを設けている。



図5 試作した定置型馬鈴薯・土石選別装置

3.2 信号処理系

センサからの出力はアナログ信号であるため、適切なしきい値を設定することにより、この値に対するセンサ出力信号の大小から被検出体を識別する。

レーザ素子からの照射光は高い S/N 比の確保と高出力化のため、パルス変調されている。また、被検出体からの透過光はセンサで検出され、その出力信号は信号増幅器で増幅された後、比較器によって基準電圧（以下、しきい値と言う）と比較される。

もし、信号がしきい値より低い場合には、土石除去のための信号がインターフェイスを介して空気圧シリンダ駆動用電磁弁に出力される。土石は空気圧シリンダに取り付けられた除去機構によりコンベア上から排出される。

4. 光透過試験および結果

試作した識別システムを用いて、土が付着していない馬鈴薯に対する光透過試験を行った。レーザ素子としては、出力 20W のものを用いた。図4に試験結果を示す。なお、信号増幅器の出力を「光検出器出力」と定義する。

本試験結果から、馬鈴薯判定のしきい値を 20mV とした場合、直径約 100mm までの馬鈴薯が識別可能であることが分かった。

土付き馬鈴薯については、これまでの光透過試験

6. おわりに

光の透過能力の差を利用した「馬鈴薯・土石選別装置」を開発した。今後は、本装置の商品化に向けさらに選別精度の向上を図るとともに、ハーベスタへの搭載についても検討を進めていきたい。