

北海道大学 ○深谷健一、阿部修一 日立情報制御システム 佐々木雅之 松下システムエンジニアリング 山崎敦

要旨

北海道ではジャガイモ加工工程での芽取り自動化のニーズがある。電動ドリルを装着した腕ロボット、芽位置検出用画像処理装置、ジャガイモ回転搬出装置を計算機に接続したシステムを構築し作業の実現を試みた。逐次処理により芽取り作業の自動化を実現できたが、所要時間が長いこと、芽取り精度が十分でないこと等、今後幾つか改良を要する点がある。

1. まえがき

食品加工工場ではジャガイモは機械皮むきの後工程として損傷部、不要部の除去作業（芽取り作業と呼ぶ）が必要であり、人手に頼って行われている。しかし、この分野は従来から人手が足りず、自動化が要請されている¹⁾。自動化の方法には、専用機の開発と汎用の腕ロボットの利用がある。後者は既存の装置の組合わせで、ソフトを作業に特化することで進められ、芽取り作業終了後の他作業への腕ロボット転用が可能である。ここでは後者の方法を選んで自動化を試みた。

2. システム構成

皮むき後のジャガイモは芽部分では皮の一部も残るため、実に比べ顕著な明度差を生じ、画像処理による芽位置検出が可能である。ジャガイモの全ての面をカメラで調べ腕ロボットで芽取りを行うには、ジャガイモを回転、反転しなければならない。図1に今回構築したシステムの構成を示すが、以下の三つの部分と統括する計算機からなる。

- ①腕ロボット（PUMA 260）：ハンド先端に取り付けた電動ドリルを芽位置で下降させ芽を除去する。またジャガイモの搬入、反転もハンドで行わせる。
- ②画像処理：ジャガイモの斜め45度に設置した白黒CCDカメラ（320*240画素、256階調）の信号をフレームメモリに取り込み、WSで芽の位置を計測するための画像処理を行う。
- ③ジャガイモ回転搬出装置（図2）：全ての芽を検出するため、1/3回転を3回、60度オーバーラップさせた画像データを取り込む。このための回転運動と処理後の搬出をボールネジの上下運動で行う装置を作成した。2個のサーボモータはパソコンで制御される。これらの装置をWSに接続し、図3に示す処理手順で芽取り作業を行う。

3. 画像処理

芽位置検出の画像処理手順を図4に示す。アルゴリズムは汎用画像処理パッケージSPIDER I、IIを

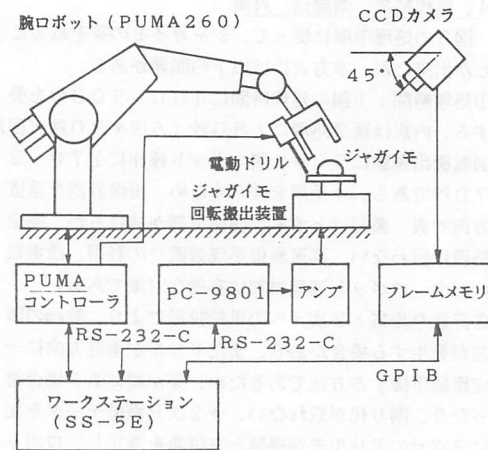


図1 システム構成

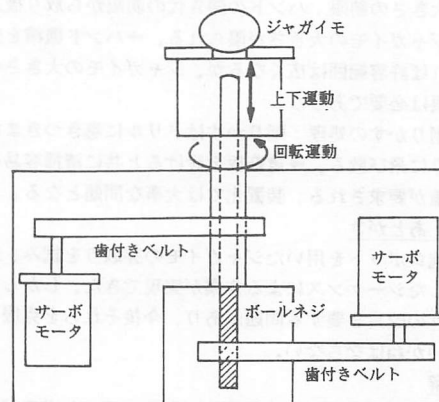


図2 ジャガイモ回転搬出装置

活用した。候補となる手法を実験して処理時間、処理結果を比較し、雑音除去はPercentileフィルタ、2値化閾値決定は判別分析法を採用した。ラベル付け後の面積計算は、想定した芽の大きさから外れるデータを除去し、不要な芽取りを行わないためである。処理結果の一例を図5に示すが、比較的鮮明な画像として芽の位置が検出できる。ロボット制御のためにカメラ座標系をロボットの絶対直交座標系に変換する。ジャガイモは凹凸のある3次元物体であるが、想定するカメラ垂直面を水平面に投影して、2次元の芽位置とした。

4. 処理結果、問題点、対策

図3の処理手順に従って、ジャガイモの芽を取ることが出来たが、本方式には以下の問題がある。

①処理時間：1個の処理時間に400～500秒を要する。内訳は画像処理に180秒（6回×30秒/回）回転搬出運動に50秒、腕ロボット操作に170～270秒である。→手順を減らすため、画像計測を垂直方向で表、裏だけとする。側面下部が抜けるが、完全処理は狙わない。高速画像処理装置¹⁾の利用、画素数の減少、ロボット速度増加は有効な対策である。

②芽取り作業：2次元への単純投影により、数mmの誤差が発生する場合がある。またドリルが垂直方向に一定距離下降する方法であるため、芽が端にある場合滑ったり、削り代が取れない。→2次元画像データを元に3次元のドリル先端座標と方位角を推定し、ロボットの制御をきめ細かく行う。図6にジャガイモを球と仮定した時の推定を示すが、妥当性は検討を要する。位置誤差吸収のためドリル先端を広げた形状とする。

③大きさの制限：ハンドの開き代の制限から取り扱えるジャガイモの大きさが限られる。→ハンド機構を変えれば許容範囲は広がるが、ジャガイモの大きさの制限は必要であろう。

④削りかすの処理：削りかすはドリルに巻きつきまた周りに飛び散る。→遮蔽板を設けると共に清掃容易な構造が要求される。装置化では大事な問題となる。

5. あとがき

腕ロボットを用いたジャガイモの芽取りを試み、想定したシーケンスによる作業が実現できた。しかし、数々の改良を要する問題があり、今後それらを克服していかなければならない。

謝辞

農産物処理の自動化に関し、御教示頂いた道工試長尾科長、多田研究員に感謝致します。

参考文献

1) 北海道：北海道地域人材不足対策技術開発推進会議資料（平成4年度、5年度）。

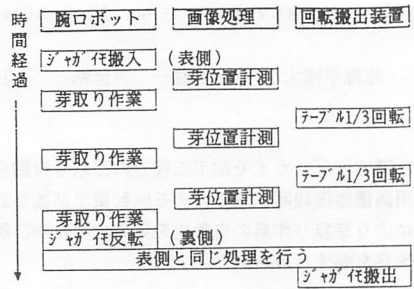


図3 ジャガイモ芽取り作業の手順

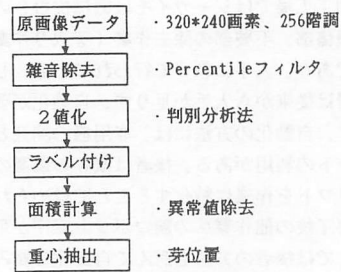


図4 画像処理の手順

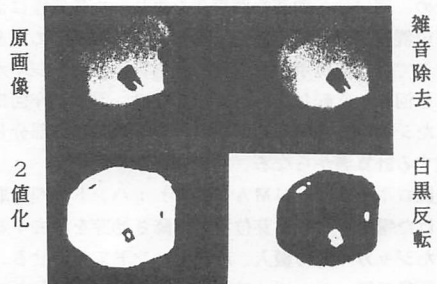


図5 画像処理結果の一例

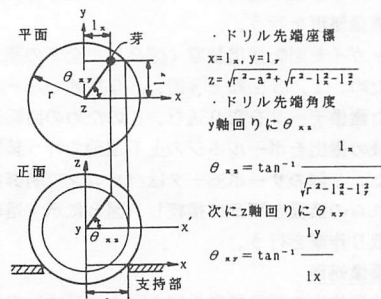


図6 ドリル座標、角度の推定