

第 10 章 総 括

第 1 節 研究成果

イチゴの収穫と選別作業時間は総作業時間の約 60%を占める。特に収穫作業は、連日、長時間にわたって腰を曲げた姿勢であるため、作業負担は特段に大きく、早急な機械化が望まれている。イチゴは小粒で傷つき易く、熟したイチゴを選別しながら収穫することから、高度な機能を備えた機械化が要求される。そこで、本論文はイチゴ生産における収穫と選別のシステム化に関する基礎研究に取組み、果柄付きイチゴ（品種：章姫）を供試して、画像処理による果実および果柄の認識、選別の判定並びに収穫のロボット化のための採果ハンドの開発について検討した。その結果、以下のような知見を得た。

1. 内成り栽培における収穫・選別のシステムの開発

開発したイチゴ収穫・選別システムは、2 台のカラー CCD カメラ（位置決め用と採果用）を用いて果実の位置と熟度を判断し、着色した果実のみを選別し、傷つけないように果柄を把持・切断して採果する直交座標型の内成り栽培用システムである。

2. 果実の認識、果柄の認識、果実の選別に関する実験

1) 果実の赤色部位の認識は、 $L^*a^*b^*$ 表色系が RGB 表色系より高精度な抽出が得られることを明らかにした。採果目標果実と未熟の果実を区別する境界画素数は 300 画素が最適であることを明らかにした。モデル配置した 1 果ごとの果実の認識実験から、採果目標果実の個数、位置および採果順序の認識はほぼ完璧であったこと、また採果用カメラは画面中央に採果目標果実の拡大画像を撮影し、果柄の認識および果実の判別用画像を提供できることを明らかにした。

2) 果柄の認識は採果用カメラの拡大画像を用いて、始めに果頂部とヘタ部を選定し、次にヘタ部と果柄との境界部を抽出し、最後に果柄表示線を抽出する処理法を提案した。この方法により果柄の切断位置および方向角は果柄表示線から容易に決定でき、各値は良好な精度が得られることを明らかにした。モデル配置した 1 果ごとの果柄の認識実験から、果柄の認識率は垂直付近では 100%となったが、水平付近では低下し、平均で約 80%となった。

3) 果実の選別は画素数と着色率から大きさと熟度を判定する処理法を採用した結果、55%の着色率が目標とした5・6分着色以上の収穫適期果実を100%の確率で判定できることを明らかにした。

3. 採果ハンドに関する実験

採果ハンドは光ファイバセンサで果柄を検出し、フィンガで把持すると同時にハサミで切断する独創的な機構を提案した。フィンガの把持力は80gの果実にも対応でき、ハサミによる切断は圧縮空気圧0.1Mpaで直径3.0mm以下の果柄を切断できることを明らかにした。

4. 収穫・選別の室内実験

モデル配置した1果ごとの基礎実験と比較するために、現場の状況を再現した複雑な果実配置における実験の結果、収穫率は約54.1~64.9%、収穫処理時間は約14.4~19.8s/果であった。これは基礎実験と比べて約20%の低下となった。果柄が混在する状況下では画像処理法による果柄の認識は限界があることが明らかになった。収穫した果実の熟度判定は全て5・6分着色以上となり、また、果柄の長さは平均17.2mmとなり、満足できる結果であった。

以上のように、本論文は果実、果柄、熟度を自動認識する画像処理法の提案、果柄を把持・切断する独創的機構の採果ハンドの開発を究明し、イチゴの収穫・選別システムの知見を提供したものである。

第2節 今後の課題

1. 福岡県八女市のイチゴ栽培農家にて内成り栽培の圃場状況を調査した結果では、採果目標果実の上方に花や未熟果実、果柄が存在する割合は約25~40%であった。収穫ロボットを使いやすくするには、球出しや余分な果実の摘採を行い果柄を認識しやすくする圃場作りの対策が必要である。
2. マシンビジョン技術向上を行い、花、未熟果実、果柄の重なり処理、果実抽出の処理などを再検討して、現場に適した画像処理法への改善が必要である。
3. イチゴ収穫の機械化はロボットによる完全作業ではなく、人との共同作業が実現可能なシステムとする農業用ロボットの開発が望まれる。