

[別紙 2]

論文審査の結果の要旨

申請者氏名 海 津 裕

現在、育苗の手段として植物組織培養が花卉や野菜、果樹、観葉植物など多くの植物に用いられている。我が国においては、イチゴやシンビジウムの組織培養苗が良く知られている。また、近年、鹿児島県の徳之島を中心として、サトウキビの組織培養苗の普及が図られている。

培養植物は培地に添加された栄養分を吸収して増殖、生長する。そのため、培養工程において、栄養分の補給と、植物間のスペースを確保するため、定期的な選別、移植作業が行われる。また、組織培養によって増殖した苗を最終的な製品として出荷するためには、温室内での順化・育苗工程において個別の苗に分離（株分け）しなくてはならない。人件費の多くがこの一連の移植作業にかけられており、高コスト化の要因となっている。生産コストの低減と省力化を狙って、これまでにこれらの作業の自動化が試みられている。

本論文は、このような観点から、ラン実生培養苗とサトウキビ組織培養苗を試料として用い、従来手作業で行っていた、移植や株分けなどの組織培養苗生産に不可欠な作業を自動化することで、雑菌混入の防止、生産の高能率化、低コスト化、労働負荷の低減を図ることと、作業者の主観に頼っている苗の大きさの判断を、画像処理による苗の形状認識を行い、大きさに関するパラメータを測定することで、より客観的、かつ正確、高速に行うことについて述べたものである。

第1章では、上述の問題が整理され、それらに対する本論文のアプローチが示されている。

第2章では、固体培地に植えられたラン実生培養苗のマシンビジョンとロボットによる移植システムの試作、性能評価について述べられている。その結果、画像処理については、96.1%の苗の展開方向を正しく検出することができ、また、胚軸の位置検出精度は標準誤差で0.9ミリとなった。移植試験を行ったところ、一本の苗を移植するのに約20秒を要し、80%の苗を移植することができた。また、形状記憶合金(SMA)ワイヤーによって駆動されるエンドエフェクタにより、苗をソフトにハンドリングすることが可能となった。

第3章では、前章で移植作業を行う際に必要となる、形状と大きさによる選別の画像処理による自動化を試みている。苗の形状特徴量として、重心から境界線までの距離を等角度でサンプリングした。このサンプル値の平均値を1とし、離散的フーリエ変換を行うことで、苗の大きさや画像中での回転に拠らない形状特徴量を得た。また、苗の大きさを表すパラメータとして、横から見た苗の投影面積と、葉の長さを表すと考えられるサンプル値の最大値を用いた。その結果、形状判別のパラメータとして、2～4までの各次のフーリエ係数と、1から6次までのフーリエ係数の平均値を用いたときに、最も正確に正常苗と発育不良苗を判別することができた。また、大きさのパラメータとして、投影面積とサンプル値の最大を掛け合わせた値が適していることが判明した。

第4章ではサトウキビ組織培養苗の株分け作業自動化の試みについて述べられている。ロボットシステムを試作し、その性能評価を行った。根が絡み合い、その茎の付け根が互いに接合している複数の苗を個別に分離するため、2種類のエンドエフェクタを開発した。1つ目のエンドエフェクタは、複数の苗の茎が重ならないように1本ずつ連続的に把持する構造とし、2つ目のエンドエフェクタは、苗を1本だけ吸着、把持し、人間の手が行うように苗を互いに扇形に開いて分離する構造とした。性能評価試験の結果、77.1%の苗が正しく1本に分離された。

第5章では第4章で株分けされた苗の選別移植を行う為、画像処理による形状認識を試みた。具体的には、移植時の深さと向きを正確に揃えるために、画像中での主茎の傾きと主茎下端点の位置検出を行った。また、生長の度合いを示す指標として、主茎下端位置と、最も高い位置にある完全展開葉の付け根(肥厚帯)の位置の距離を測定した。主茎の傾きはハフ変換によって求めた。また、主茎下端点の位置は、幅可変テンプレートのマッチングによって検出した。肥厚帯の位置検出は、苗の境界線の曲率変化をサンプリングすることにより行った。その結果、主茎下端点の検出については、標準誤差が2.0mm、最大誤差が6.8mm、生長指標の算出については、標準誤差が2.7mm、最大誤差が6.8mmとなった。

以上のように、本論文は、組織培養苗の生産工程の中でも最も人手がかかり、コストを上げる原因となっている、移植選別作業と、株分け作業の自動化に取り組んだものである。また、単なる移植だけではなく、画像処理による選別の自動化をも行うことで苗の製品としての価値を高めることに寄与するものであり、学術上・応用上貢献するところが少なくない。よって審査員一同は本論文が博士(農学)の学位論文として価値あるものと認めた。