

氏名	もり お よし なり 森 尾 吉 成
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学位記番号	論 農 博 第 2378 号
学位授与の日付	平成 13 年 5 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	切り花の形状評価法に関する基礎的研究

論文調査委員 (主査) 教授 池田善郎 教授 笈田 昭 教授 梅田幹雄

### 論 文 内 容 の 要 旨

切り花の外観品質の一つである茎の曲がり、切り花の価値を決定する項目の一つであり、観察角度の影響を受けずに茎の曲がり評価を行うためには、茎の3次元形状を求める必要がある。本論文では、切りバラの茎の3次元形状をコンピュータビジョンにより計測することを目的とし、外乱による計測精度への影響を最小にする計測方法を検討した。論文は5章より構成され、得られた成果の概要は以下のとおりである。

第1章では、切り花の選別作業について、長時間の労働による人体への労働負荷や、定量化困難な多くの外観品質に対する評価基準の変動等の問題点を指摘し、計測の自動化の必要性を述べた。

第2章では、画像から茎のみを抽出する方法について述べた。画像平面に投影された葉部や茎部の面積や横幅の違いから茎を抽出する方法では、カメラに対する葉や茎の姿勢および葉による茎の隠蔽が、茎の抽出だけでなく茎以外の部分の抽出にも影響を及ぼす要因であることを示した。一方、葉部や茎部のRGB値やRGB値から求めたxy色度の違いから茎を抽出する方法では、カメラに対する葉や茎の姿勢に左右されずに茎を抽出できたが、葉により隠蔽された茎部を抽出することは不可能であった。色と形状の特徴を相補的に利用する茎の抽出アルゴリズムとして、色の違いから茎を抽出するとともに形状の違いから特定した茎以外の部分をノイズとして除去する方法が、茎の抽出方法として最も有効であることが示された。誤って抽出したノイズを除去するために、茎の位置を直線や回帰曲線により推定し、茎から遠く離れたノイズから茎の近くに存在するノイズに向かって漸進的にノイズを除去する方法は、茎部を保持しながらノイズのみを除去する方法として有効であった。

第3章では、茎の2次元投影形状を測定する二つの方法について述べた。茎の抽出処理後、茎の欠落部をスプライン曲線によって補間する方法では、茎の欠落領域にノイズが残留した場合、推定した茎の2次元形状には茎の直径以上の誤差が発生した。一方、茎の形状を動的輪郭モデルであるSNAKESにより表現し、SNAKESがもつエネルギー関数を弛緩法により最小化する方法では、SNAKESのエネルギー関数に設定した拘束条件を最適化することにより、ノイズが残留している場合でも茎の2次元形状を正確に求めることが可能であった。

第4章では、回転テーブル上の試料から求めた回転角度ごとの茎の2次元投影形状から、回転中心座標、振幅、初期位相の三つの運動パラメータを、茎の高さごとに最小2乗基準で推定することにより茎の3次元形状を求める方法について述べ、茎の3次元形状測定精度に最も影響を及ぼす要因が茎の2次元形状の測定誤差であること、さらに茎の2次元形状に例外的に大きな誤差が一つでも含まれた場合、茎の3次元形状には茎の直径以上の誤差が発生する可能性が高いことを示した。運動パラメータの推定基準として使用した最小2乗基準は、一つの例外値に対して影響を受けるのに対して、新たに使用したLeast Median of Squares基準は、データに含まれる例外値の割合が50%未満であればパラメータの推定に影響を及ぼすことはなく、茎の3次元形状の測走誤差を茎の直径以内にするのが可能であった。実用上、運動パラメータ推定法としてLeast Median of Squares基準のようにロバスト性の高い方法を使用しなければ計測装置の信頼性は得られない。試料に対して回転テーブルのステップ角度を小さくし、使用する画像枚数を多くすることによって、茎の3次元形状の測定精度は向

上する傾向を示すので、測定精度の向上と測定時間の短縮を同時に解決することが実用化に向けての課題である。試料90本を使用した茎の3次元形状測定実験では、測定点数29,909点について誤差が茎の直径以上となった割合は9.46%であり、実用レベルとして許容誤差を茎の直径程度に抑えるためには茎の2次元形状の測定方法を改良する必要がある。

第5章では、茎の2次元形状および3次元形状測定精度に最も影響を及ぼす要因として、葉による茎の隠蔽とノイズの存在の二点について考察し、計測精度、計測時間といった実用化に向けての問題点を検討した。

## 論文審査の結果の要旨

近年、切り花の栽培現場では、安定した収量、均一な品質が求められるだけでなく、産地および生産者が品質の違いにより切り花の差別化を行い、独自のブランドを作成する傾向が強くなっている。しかし現在、品質の定量化を行う方法が確立されていないために、選別作業の自動化は進まず、品質の評価基準が変動し、厳密な品質管理は実行できない状況である。本論文では、画像から茎のみを抽出する場合に問題となるカメラに対する葉と茎の姿勢、および葉と茎の位置関係を考慮した茎抽出アルゴリズムを検討するとともに、誤って抽出された茎以外の部分に影響されない茎の2次元投影形状計測方法を検討した。さらに回転角度ごとに得られた茎の2次元投影形状がもつ例外的に大きな誤差に影響されない茎の3次元形状計測方法を検討し、その有効性を示した。得られた成果に対して評価される点は以下のとおりである。

1. 画像から茎のみを抽出する際の影響要因であるカメラに対する葉や茎の姿勢や、葉と茎の交差および葉による茎の隠蔽に対して、葉や茎の色の違いから茎を抽出し、誤って抽出した茎以外の部分を葉や茎の形状の違いから除去する方法を検討し、色と形状の特徴を相補的に利用する茎抽出アルゴリズムの有効性を示した。

2. 茎の2次元投影形状を動的輪郭モデルである SNAKES により定義し、SNAKES のエネルギー関数を弛緩法により最小化することによって茎の2次元投影形状を求める方法は、茎以外の部分が誤って抽出された場合でも、2次元形状を正確に求めることが可能であった。

3. 回転テーブル上の試料から得られる回転角度ごとの画像系列を使用し、回転角度と茎の2次元投影形状の関係から回転中心座標、振幅、初期位相の三つの運動パラメータを、最小2乗法により求めることによって茎の3次元形状を測定する方法は、回転角度ごとに求めた茎の2次元投影形状に例外的に大きな誤差が含まれていないならば、茎の3次元形状の測定誤差を茎の直径以内にする事が可能であった。

4. 茎の運動パラメータの推定方法として最小2乗基準を使用した場合、一つの例外値に対してパラメータの推定誤差が大きくなる結果を示したのに対して、新たに使用した Least Median of Squares 基準は例外値が50%未満であれば例外値がパラメータの推定に影響を及ぼさず、例外値への適応性の点で有効であった。

以上のように、本論文は、切りバラの選別項目の中で茎の曲がりに着目し、回転テーブルとコンピュータビジョンを利用した簡易な装置による茎の3次元形状計測システムの可能性を示し、検討した計測アルゴリズムが、切り花の外観品質の定量的表現および選別作業の自動化のために適応性の高いものであることを明らかにしたものであり、農産加工学、農業システム工学、生産制御工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成13年3月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。