

氏 名	村 主 勝 彦
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2583 号
学位授与の日付	平 成 17 年 11 月 24 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	農業生産分野への画像処理技術の応用に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 梅 田 幹 雄	教 授 筈 田 昭	教 授 河 地 利 彦
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

近年の情報技術の進歩により、生物学や農業のような複雑な分野でも情報化が進展している。画像処理技術は農業用ロボットの視覚や精密農業のセンサーなど応用範囲が広く、農業分野の情報化を進展させるための必須技術の一つである。

本論文は、農業生産分野特に農作業分野の効率化のために、農作業の自動化とイネの窒素保有量の計測に画像処理技術を応用したもので、以下の7章からなっている。

第1章では、農業における画像処理技術に関する研究を概観し、本論文の意義について述べている。

第2章では、動画像処理を用いて圃場内を移動する農作業車両の位置検出方法について述べている。まず、通常の3画像法により圃場を走行する車両を認識し、カメラを回転させることで移動車両を捕捉し続ける手法を開発している。処理の高速化のために画素数を減らす方法を試み、画面内で車両の占める画素数が減ずるにしたがって車両とノイズとの分離が困難となることから、必要画素数を明らかにしている。さらに、処理が高速な2画像法についても検討し、2画像法では認識される画像の形状がいびつとなり後処理に影響することから、実用的には使用条件が限られることを明らかにしている。さらに、障害物回避のため、圃場を移動する物体の形状や色情報から、歩行する人間、コンバイン、トラクタを判別する方法を試み、提案する方法で判別可能であることを明らかにしている。

第3章では、移動車両に取り付けた3色の再帰性反射材からなる円筒形のマーカーを認識して、移動車両の位置を計測する方法を開発している。ここでは、マーカーの画像からカメラの回転を制御して角度を検出し、カメラと光軸を平行にとりつけた光波距離計の照準をマーカーに定めて距離を検出し、マーカーを搭載した移動車両の位置計測を行っている。この方法により圃場のように背景が様々な環境下でも、安定してマーカーを認識できることを明らかにしている。位置計測は、光波距離計の測距限界である100 mまで可能であること、及びマーカーの色の並びを変えることで複数の車両位置を同時に検出する方法を開発している。

第4章では、1人の人間が複数の車両を扱うため、オペレータが操縦する先行車両の後部に2色の半円形のマーカーを取り付け、無人の追走車両に取り付けたカメラでこのマーカーを認識し、追走車両が自動的に追走する方式を開発している。この方式は、両方の車両の角度と距離が設定位置からずれると、画像上のマーカーの大きさと2色の比率が変化することを利用し、追走車両の舵角と速度を制御することで、追走車両を先行車両に自動的に追走させている。さらに、追走車両のカメラの視野から先行車両が外れることを利用して、旋回時も追走できる手法を開発している。

第5章では、運搬車両に外界を認識するためのカメラを取り付け、走行時の農道の境界線を認識することで、車両の農道上の位置と姿勢を認識し、農道に沿って自律的に直進走行させる方法を開発している。認識した画像は、方向性を持つ微分フィルタであるRobinsonフィルタにより農道の境界を強調し、大津の方法により動的に2値化したのち、Hough変換することで、農道の境界を直線として認識している。さらに、処理時間短縮のために、1処理ステップ前の画像をもとにHough変換の範囲を限定し、全画面をHough変換する方法に比べて、処理時間を1/5～1/6に短縮している。

第6章では、葉緑素は赤の光を吸収し、補色である青緑を反射するが、近赤外線には反応しない性質を利用して、地上部

のカメラから近赤外線と緑の反射率を撮影し、これらの差をこれらの和で割ることで算出する正規化植生指数（“Green” NDVI という）と、画像上の葉の面積から植生被覆率を計算する方法で、イネの窒素保有量を推定している。実用化のために重要な撮影角度、撮影時間帯についても調査し、俯角30度の画像では決定係数 $R^2=0.87$ で窒素保有量が推定できること、さらに、鉛直下向きに撮影した “Green” NDVI と植生被覆率の積を用いると、決定係数 $R^2=0.93$ でイネの窒素保有量を推定できることを明らかにしている。撮影時刻は、俯角30度の場合は午前11時から午後1時が、また鉛直下向きの場合は午前9時から午後3時が望ましいことを明らかにしている。

第7章では、本論文を通して明らかになった事項をとりまとめ、今後の展望について述べている。

論文審査の結果の要旨

近年の情報技術の進歩により、生物学や農業のような複雑な分野でも情報化が進展している。画像処理技術は農業分野の情報化を進めるための必須技術の一つで、応用範囲が広い技術である。本論文は、農作業の自動化及びイネの窒素保有量の検出に画像処理を応用したもので、評価すべき点は以下の通りである。

- 1) 動画画像処理により、圃場を走行する農作業車両を認識することが可能であることを示した。処理の高速化のため、処理対象となる画素数を減らすことや、通常の3画像法でなく2画像法を用いることを検討し、両者の特質と欠点を明らかにし実用化への指針を明らかにした。また、形状や色情報を利用することにより、作業中に障害物となるトラクタ、コンバイン、及び歩行中の人間を判別することが可能であることを示した。
- 2) 車両に取り付けた3色の再帰性反射材を用いた円形のマーカーを画像処理にて検出し、光波距離計をマーカーに向くよう制御して角度を検出し、さらに、光波距離計にてマーカーまでの距離を測定することで、車両の位置を検出する方法を開発した。また、マーカーの色の並びを変えることで複数車両の位置を同時に検出できることを明らかにした。
- 3) 1人の人間が複数の車両を操作するため、オペレータが運転する先行車両の後方に2色の半円形のマーカーを取り付け、追走車両に取り付けたカメラでマーカーを認識して、両方の車両の相対位置が所定の位置からずれた場合、処理画像上のマーカーの大きさと2色の比率が変わることを利用して追走車両の舵角と速度を制御することで、追走車両が自動的に先行車両を追走する群管理システムのための画像処理方法を開発した。
- 4) 車両前部に取り付けたカメラにより農道を認識し、農道上での車両の位置と姿勢を計測し、農道に沿って自律走行する方法を開発した。また、画像処理時刻の一つ前の画像処理結果を用いて処理範囲を限定することで、限定しない場合と比べて5倍以上の高速化を実現した。
- 5) 精密農業の施肥計画に必要な水稻の幼穂形成期における窒素保有量を地上部のカメラから緑と近赤外画像を処理すること、及び画像処理により植被率を計算する方法を組み合わせることで推定精度を向上させた。実用化に際して重要な撮影俯角、太陽の高さすなわち撮影時刻について明らかにした。

以上のように本研究は、農作業車両の自動化及びイネの窒素保有量の推定に画像処理技術を応用したもので、フィールドロボティクス、農業システム工学の発展、並びに農作業分野の情報化の進展に寄与するところが大い。

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17年10月21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。