

## 学位論文の審査結果の要旨

本学位論文は、農業用の自動収穫装置への応用を念頭に、根切り刃である剛体を土中で運動させた場合の表層土壌で発生する土の粒子の挙動解析を行い、土の粒子移動を低減化させた剛体運動経路の生成条件を導出すると共に経路生成方法の提案を行ったものである。第1章では、ハウレンソウの自動収穫装置の開発に必要な要素技術として、表層土壌の粒子移動の解析の必要性について指摘し、本論文の位置づけ並びに目的を明確化している。第2章では、対象とするハウレンソウ自動収穫装置の構成について述べ、本論文で前提としている自動収穫装置の機構と動作条件について明確化している。第3章では、自動収穫を行うための根切り刃の土中の移動経路について説明し、動作解析の前提となる並進経路と円弧経路を定義している。また、根切り刃動作によって土壌に与える影響について圃場実験によって確認した結果を示し、土の盛り上がり量だけでは2つの経路の違いを明確化することは困難であり、その優劣を示すことができない点を指摘している。結論として、より詳細な解析が必要であるため、次章以降の解析の重要性を指摘すると共に、解析における着眼点を明確化している。第4章では、表層土壌における土の粒子移動の解析を行うため、解析環境とパラメータ設定等の条件について述べると共に、第3章で述べた2つの経路による土の粒子移動に関する解析結果を示している。すなわち、表層土壌中を剛体が運動すると土の粒子が移動するが、自動収穫を成功裏に実現するためには、剛体の運動方向である前方への粒子移動量を低減化することが望ましいと推測されてきた。その推測が正しいかどうかについて、第4章において個別要素法（DEM）を用いて表層土壌の土の粒子運動を解析することで、定量的に評価することを試みている。その際、解析のために必要となる各種パラメータの設定が必要となるが、そのパラメータ設定は一般的に容易ではない。本論文では、補助実験とシミュレーション解析結果を繰り返し実施し、両者の結果の比較によって様々なパラメータの値を決定している。例えば、バネ定数、反発係数、粒子間の摩擦係数などは、漏斗状の容器から土を流下させ、円錐上の山になった安息角が実験と解析結果で一致するようにパラメータ値を決定しているなど、多くの試行錯誤を伴っている。第5章では、第4章において得られたDEMによる解析結果について、土の粒子移動の観点からの定量的評価の方法を示すと共に、その結果について述べている。評価方法としては前方への粒子移動量を一定間隔で設定した粒子の層の傾き角として評価する方法、および粒子の層の圧縮率による評価方法を提示している。これらの評価方法によって、円弧経路が並進経路に比較して表層の土の粒子移動の観点で有利であると結論付けている。また、クローラーの進行速度の違いによる結果の違いに

ついて考察し、クローラー速度が速いほど有利である点を指摘している。さらに、表層の土の粒子移動の観点からは、土中進行する根切り刃の通過体積が小さいほど有利であることを指摘しており、この観点に基づいて第6章および第7章における根切り刃の経路生成に関する提案を行っている。第6章では、表層土壌における土の粒子の移動量を低減化させるため、根切り刃の通過体積を低減化させるための根切り刃の最適な初期角度の設定について議論し、 $-2.2[\text{deg}]$ が現状の自動収穫装置における最適な根切り刃の設定角度であることを示している。さらに、第7章では、表層土壌における土の粒子移動量をさらに低減化させるため、根切り刃の通過体積を小さくするためには、根切り刃の運動方向を刃の進行方向に拘束させることが適切であることを指摘し、その拘束条件を導出すると共に、拘束条件を満たした経路の生成方法を提案している。申請学位論文は、申請者を筆頭著者とする査読付き原著論文2編に基づいてまとめられており、学術的に十分高い評価を得ている。また、今後重要性を増すと期待される農業分野への工学応用の観点からもその貢献が大きいと考えられる。従って、本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと審査委員全員一致で判断した。

#### 公表主要論文名

- ・ Akihiro Fujisawa and Yuichi Chida: Optimization of an installation angle of a root-cutting blade for an automatic spinach harvester, Journal of Physics: Conference Series Vol.744, No.1, 12 pages, 2016, DOI:10.1088/1742-6596/744/1/012135 (2016年10月発行に掲載)
- ・ 藤澤彰宏, 千田有一, 飯塚浩二郎: ホウレンソウ自動収穫機における土中での根切り刃運動による土の挙動解析, 日本機械学会論文集Vol.81, No.832, 15ページ, 2015, DOI: 10.1299/transjsme.15-00298 (2015年12月発行に掲載)