

| | |
|---------|--|
| 氏名 | 藤澤 彰宏 |
| 学位の種類 | 博士 (工学) |
| 学位記番号 | 甲 第 6 7 2 号 |
| 学位授与の日付 | 平成 2 9 年 3 月 2 0 日 |
| 学位授与の要件 | 信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当 |
| 学位論文題目 | 剛体運動に伴う表層土壌における粒子移動の解析と 農業機械への応用に関する研究 |
| 論文審査委員 | 主査 教授 千田 有一 教授 深田 茂生 教授 辺見 信彦 准教授 高山 潤也 教授 平田 光男 (宇都宮大学) |

論 文 内 容 の 要 旨

土と剛体の相互作用については、ショベルカーや耕うん機などの深い層の土を大きく変位させる分野や、テラメカニクスにおいて研究されてきている。しかし、地表面下 10 [cm] 深部までの土層（表層土壌）における剛体運動の分野についての先行研究はない。そのため、剛体運動に伴う表層土壌における粒子移動については知見がなく、表層土壌を取り扱う機械への応用手法も確立されていない。

この分野は、生食用ハウレンソウの自動機械収穫において重要となる。ハウレンソウは機械での把持によって容易に傷つくため、自動機械収穫においては、表層土壌において根切り刃によって根を切断した後、機械で把持することなく地表面より回収しなければならない。先行研究では、把持を伴わずに回収可能な自動収穫装置が開発されている。その収穫方法は、表層土壌で根切り刃を推移させ根を切断した後、地表面上数 [cm] の位置に配置されたベルトコンベヤがハウレンソウの重心下部を押し、ハウレンソウを自重でベルトコンベヤ上へ押し倒すことによって回収する（受動的ハンドリング）。しかし、根切り刃の推移によって押し出された表層土壌の粒子がハウレンソウを押ししてしまうことで、受動的ハンドリングによる回収に失敗することがある。表層土壌の粒子移動は根切り刃運動の影響を受けるため、受動的ハンドリングによる回収と根切り刃運動には密接な関係がある。

そこで、本論文では表層土壌の粒子移動に着目することで、受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収に対して有利に機能する根切り刃経路の特徴を明らかにする。具体的には、土の粒子移動の解析に対して実績のある個別要素法 (DEM) を用いて、受動的ハンドリングでの回収性能が異なる 2 種類の根切り刃経路に対して、表層土壌の粒子移動を比較解析し、受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収に対して有利に機能する根切り刃運動の特徴を明らかにする。また、明らかにした特徴を利用して、ハウレンソウ自動収穫装置の改良及び根切り刃運動経路改良へと展開することで、農業機械への応用について議論する。

対象とする自動収穫装置では、一定速度で進行するクローラー上に本体が設置され、本体前方には根切り刃が直角に固定されているアームが、回転軸を介して設置されている。アームには伸縮機構と、回転軸中心に自身を前後に傾斜させる機構が備わっている。また、根切り刃後方に、回収のためのベルトコンベヤが設置されている。根切り刃経路には次の 2 つを用いる。片方は根切り刃を地表面下向きに保ったまま一定深さで土中進行させる根切り刃経路であり、圃場実験では、土を大きく前方へ押し出し、受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収を困難にした。もう一方は、クローラーで前進しながらアームを正弦波状に振ることにより生成される経路（円弧経路）であり、圃場実験では、土を前方へ押し出すことなく、受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収に対して有利に機能した。これらの経路における粒子移動を DEM によって解析し考察した結果、ハウレンソウ回収に有利に機能する特徴として、根切り刃の移動速度が速く、また根切り刃が表層土壌を通過

する体積（通過体積）が小さいことの2つが判明した。

ハウレンソウ自動収穫装置の改良では、円弧経路を用いる前提のもと、根切り刃の通過体積を低減することに着目し、根切り刃のアームの取り付け角度を設計する。このために、根切り刃の固定角度を最適化パラメータとして、根切り刃の通過体積を最小化する最適化問題を設定する。最適化された取り付け角度は、DEMによる検証で、従前の取り付け角度よりも受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収に有利に機能することを確認した。

根切り刃の運動経路改良では通過体積を低減するように円弧経路を改良することを考える。このために、アームの伸縮機構を用いて、根切り刃運動を根切り刃自身の向いている方向へ拘束した経路を提案する。提案経路は、DEMによる検証で、円弧経路に比べ受動的ハンドリングによるハウレンソウ回収に対して有利に機能することを確認した。