

北海道立工業試験場 ○小林政義、多田達実
鈴木耕裕、中西洋介
帯広畜産大学 宮本啓二
東洋農機株式会社 大橋敏伸
帯広市産業技術センター 齋藤俊雄

要 旨

農産物の輸入自由化、就農者の減少・高齢化など国内農業を取り巻く状況は年々厳しくなっており、農業機械には一層の生産性向上が求められている。そうした要求に対して、ハーベスタの自動化的を絞り、ハーベスタが自動的に走行し、作業を行うために必要となる機械制御技術の中で、走行制御技術、姿勢制御技術、位置決め制御技術に関する研究を行った。

1. はじめに

農産物輸入自由化の国際的な要求の強まる中、農業機械の開発においては、農産物の高品質化・生産コストの低減を目指した、農業機械の高機能化が急務となっている。

本研究ではハーベスタが自動的に走行し、苗床造成や農産物の収穫等の作業を自動的に行うハーベスタを実現するために必須となる機械制御技術に関する研究開発を行った。具体的な農産物としては、根菜類野菜の中でも商品価値が高く、また栽培・収穫作業が非常に困難なことから、栽培・収穫の自動化が強く望まれているナガイモを対象農産物とした。

2. 研究の概要

これまでの一般的な根菜類野菜の栽培においては、植え付け前および収穫時に連続作業を行うために、必要以上に広い面積が耕され、掘り起こされる。しかしながら、それらの作業には多大なエネルギーを要し、作業速度も遅い。そのような従来の慣行法に対する一つの解決方法として、ナガイモの栽培において円柱床栽培の研究が進められている。円柱床とは生育に必要となる最小の部分を播種床として円柱状に耕し、その円柱床部分で良質なナガイモの生育を行うものである。

本研究では、円柱床の造成及びナガイモ収穫の自動化、ハーベスタの走行制御、姿勢制御、位置決め制御技術の研究を行った。

3. 試験方法

3.1 円柱床（播種床）造成、収穫試験

良質なナガイモの条件としては、ナガイモの断面形状が円形であり、曲がり少なく、未成熟な部分がないことである。そのためには、円柱の中側が均一に柔らかく、外側が硬い状態の播種床の造成が必要であり、播種床造成用の耕うんロータの形状と耕うん条件を変えてナガイモの生育試験を行った。

ナガイモの収穫では、耕うんロータで播種床造成されたナガイモをひと株ずつ収穫するための収穫装置を考案し、収穫試験を行った。

3.2 ハーベスタの制御試験

本研究ではハーベスタの位置決め制御技術を確立するため、走行制御、姿勢制御、作業機位置決め制御技術に関して、研究を進めた。図1にハーベスタの自動制御における各要素技術の機能を示す。

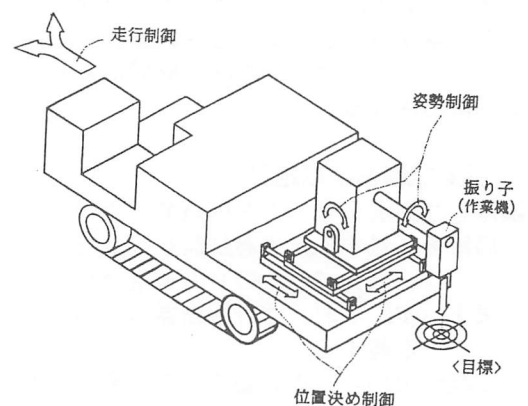


図1 走行・姿勢・位置決め制御

ハーベスタでナガイモを自動的に収穫する作業を行うためには、ハーベスタを指標に沿って移動する必要がある。本試験では、指標用の畝を模した鉄板を屋外のアスファルト上に設置し、それに沿ってハーベスタを自動走行させる走行制御試験を行った。走行制御システムはハーベスタの車体前端部に畝を挟む形でハーベスタの横変位と進行方位を測定する装置と左右のゴムクローラに取り付けたロータリ・エンコーダで走行距離を測定し走行制御を行った。

姿勢制御は、ハーベスタに搭載した作業機が播種床造成や収穫作業を行う際、圃場が緩やかに傾斜していても、作業機を常に水平に保つことを目的としている。本試験では、ピッチングとローリング 2 軸方向の同時姿勢制御が可能な装置を製作し、アスファルトの路上に設置したスロープにハーベスタの片側クローラを乗り上げ、その時の動的な姿勢制御試験を行った。

ハーベスタは走行制御により粗い位置決めが行われ、その後、作業機を最終的に位置決めする必要がある。そこで 2 本の油圧シリンダで駆動される XY テーブルを、比較的安価な ON/OFF 形式の高速応答電磁弁で制御する方式の作業機位置決め装置を製作し、位置決め制御試験を行った。

走行制御、姿勢制御、作業機位置決め制御技術の研究結果を一台のポテトハーベスタに組み込み、最終試験として全要素の連動制御試験を行った。本研究で対象とするナガイモは頂部も地中に埋没しており、収穫時にその位置を直接検出することは極めて困難である。そこで本研究では、種芋播種時に種芋より一定の距離に目印となるポールを立て、収穫時にはポール基準で XY テーブルを駆動することにより、作業機位置決めを行うものとした。車両に搭載された作業機の位置決めまでの流れを以下に示す。

- ① 走行制御にて畝に沿って車両を走行させる。
- ② ポールを検出したら車両を停止させる。
- ③ 姿勢制御にて、作業機を鉛直にさせる。
- ④ 走行制御誤差、車両の傾き角をもとにポール・作物間基準距離からのズレを検出する。
- ⑤ ④のズレ量をもとに目標値を計算し、XY テーブルによる、作業機位置決め制御を行う。

4. 試験結果

円柱床径 100、120、150、180mm の栽培試験を行った結果、直径の最も小さい 100mm でも品

質的に遜色ないナガイモを栽培できることが明らかとなった。

円柱床は中側の土壌が膨軟に均一化され、外側が土壁のように硬く造成される必要がある。そこで数種類の円柱床造成用耕うんロータを試作し、円柱床造成試験及びナガイモ栽培試験を行った。その結果、ロータの先端部 300mm の軸径を 30mm とし、その軸部に直径 100mm の 2 対の爪を取り付けた耕うんロータで、ロータ 1 回転あたりの送り量 20mm とした造成条件が、土壌状態及びナガイモの生育結果が良かった。

ナガイモの収穫では、ナガイモに傷をつけずに収穫するために、土といっしょにナガイモを収穫する方式とした。収穫装置は円周状に配置したスクリー刃をナガイモの円柱床外周に沿ってねじ込み、ナガイモを収穫した。収穫試験ではスクリー刃数を 8、10、12 枚とし、いずれもナガイモを収穫することができたが、スクリー刃の湾曲からナガイモが損傷する場合は生じた。

ハーベスタの走行制御試験では、実用的なセンサであるロータリ・エンコーダと PID 制御により、アスファルト路面上約 20m 走行にて、最大横変位 21mm、最大方位角 1.5deg という制御性を得た。また走行停止を繰り返す間欠走行においても、良好な制御性を得た。

姿勢制御試験では、室内における静的な制御試験で、12.6 度の初期傾斜が ± 0.1 度以内に収束する時間が 2.3 秒となることがわかった。圃場における連続姿勢制御試験では、センサ自身への車体振動の影響から制御特性は多少振動的であるが、±2度の範囲に制御できることがわかった。

作業機位置決め試験では、比較的安価な高速応答電磁弁を用いて位置決め制御を行い、XY テーブルの起動・停止時が滑らかになるような制御方式により良好な制御性を得た。

5. まとめ

ナガイモのトレンチャ栽培方式に代わる新しい栽培方法として、円柱床栽培方式に向け取り組み、播種床造成及び収穫の機械化の可能性が見いだされた。またハーベスタの走行及び作業の自動化に必要な各制御技術の開発に取り組み一定の成果を得た。

今後は土中の目標点への作業機の位置決めの実用化等のハーベスタの自動化に向けて、取り組んでいく予定である。