HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ロータリ耕うんの動的現象の解析研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	平澤, 一暁
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第11539号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57172
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuaki_Hirasawa_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博　士（農学）　　氏名　　平 澤　一 暁

学 位 論 文 題 名

ロ ー タ リ 耕 う ん の 動 的 現 象 の 解 析 研 究

ロータリ耕うん機の性能には，砕土性，反転性，均平性，稲藁のすき込み性，所要動力等様々なものがある。これらの性能は主に土壌条件・運転条件・機械設計パラメータの 3 つの因子の影響を受ける。土壌条件とは，土性や水分，土塊の粒度分布，圧密状態等である。運転条件とは，耕うん軸の回転方向や回転数，トラクタの走行速度，耕深，耕うんピッチ等である。機械設計パラメータとは，ロータリ耕うん爪の形状，ロータリ耕うん爪の配列パターン等である。これら様々な因子の影響をコンピュータによるシミュレーションで予測できれば，開発期間の短縮と同時にロータリ耕うん機の更なる高性能化が期待される。本研究の最終的な目標は，ロータリ耕うん時の土の挙動を詳細に解析し，耕うん後の仕上がりや所要動力を設計段階で予測することである。

第 2 章では，個別要素法（DEM）を用いて土とロータリ耕うん爪をモデル化する方法およびそのモデルに用いるパラメータの決定方法について検討した。構築したロータリ耕うんモデルに用いるパラメータ値は，崩落試験・落下堆積試験・抵抗棒試験の 3 つの土壌試験結果から決定した。高速度カメラによるロータリ耕うんの土の投てき状態の観察と，ロータリ耕うん軸トルクの計測を行い，構築したモデルの妥当性を検証した。ロータリ耕うん試験で実測した土粒子の存在範囲の面積と重心位置および耕うん軸トルクからモデルの妥当性を検証し，以下の結論を得た。

（1）ロータリ耕うんモデルの粒子の存在範囲および重心位置は，実測値の 92%～104%の範囲にあり，ロータリ耕うんモデルで土の投てき状態を予測できる可能性が高いことが示された。

（2）ロータリ耕うんモデルで計算した耕うん軸トルクは，実測値の 83%～110%であった。

以上より，提案したモデルでロータリ耕うんを予測できると結論づけられた。

第 3 章では，ロータリ耕うん爪形状の土の投てき現象および所要動力への影響を予測し評価するため，第 2 章で構築したロータリ耕うんモデルを用いて，形状の異なる 2 種類の耕うん爪で土の投てきと耕うん軸トルクを予測した。ロータリ耕うん試験で実測した土粒子の速度分布および耕うん軸トルクからモデルの妥当性を検証した。運転条件（耕深，耕うん軸回転数）の耕うん軸トルクへの影響についても，ロータリ耕うんモデルの予測結果と実測結果を比較検証し，以下の知見を得た。

（1）ロータリ耕うんモデルは，ロータリ耕うん時の土粒子の速度分布を高い精度で予測できることが分かった。速度分布の近似直線の決定係数は 2 種類のロータリ耕うん爪の両者で 0.821 以上であった。

（2）土粒子の速度分布の近似直線の傾きは 2 種類のロータリ耕うん爪の両者で概ね 1.0 であったことから，耕うん爪形状の土の投てきに対する影響を，ロータリ耕うんモデルで予測できる可能性が高いことが示された。

（3）ロータリ耕うんモデルで予測した耕うん軸トルクは，実測値の 81.9 %～113 %の範囲内であった。

（4）ロータリ耕うん爪形状，耕深，耕うん軸回転数の耕うん軸トルクに対する影響を予測で

きることが示された。分散比 F_0 の計算値と実測値の決定係数は 0.994 であった。
以上より，ロータリ耕うんモデルを用いて，ロータリ耕うんへの耕うん爪形状の影響を予測できると結論づけられた。

第 4 章では，ロータリ耕うん機の均平性能を予測し評価するため，ロータリ耕うんモデルを用いて耕うん後の土壌の堆積形状を予測した。機械設計パラメータの均平性能への影響を明らかにするため，仕様の異なる 2 種類のロータリ耕うん機で圃場試験を実施した。耕うん後の土壌の堆積形状をレーザ式測域センサで計測し，ロータリ耕うんモデルの計算結果と実測結果を比較し，以下の知見を得た。

(1) ロータリ耕うんモデルを用いて耕うん後の堆積形状の山の数と高さを予測できる可能性が示された。
(2) ロータリ耕うんモデルは，耕うん後の堆積高さ，均平性に対するロータリ耕うん機の耕うん幅，耕うん爪配列，耕うん爪形状などの機械設計パラメータの影響を設計段階で予測できる。
(3) 堆積高さの二乗平均平方根の計算値と実測値の決定係数は 0.799 であった。

第 5 章では，ロータリ耕うんの所要動力に対する運転条件の影響を予測し評価するため，ロータリ耕うん機の駆動回転数を任意に選択できるよう改造した供試機を用いて所要動力を計測した。ロータリ耕うんモデルを用いて予測した所要動力と所要トルクを実測結果と比較し，以下の知見を得た。

(1) ロータリ耕うんモデルは，所要動力および所要トルクに対する運転条件（走行速度，耕うん軸回転数および耕うんピッチ）の影響を予測できることが分かった。
(2) 第 5 章の試験条件の範囲内では，走行速度が一定の場合，所要動力は耕うんピッチの増加とともに減少することが示された。
(3) 所要動力とトルクの予測値は，実測値の 93～126%の範囲内であった。

最後に，第 6 章では，ロータリ耕うんの所要動力に対する運転条件の影響を詳細に調査するため，ロータリ耕うん機の駆動回転数を任意に選択できるよう改造した供試機を用いて異なる 3 つの圃場（圃場 A：北海道大学農学部生物生産工学実験棟シルトローム土壌層，圃場 B：ヤンマー中央研究所圃場試験棟砂土壌層，圃場 C：北海道大学農学部生物生産研究圃場）で所要動力を計測した。所要動力および単位面積当たりの所要エネルギーと運転条件（走行速度，耕うん軸回転数および耕うんピッチ）の関係を明らかにし，以下の知見を得た。

(1) 第 6 章の試験条件の範囲内においては，ロータリ耕うん機の所要トルクは，駆動軸回転数が 500 ～ 520 rpm の範囲の時に最小値となる可能性が示唆された。
(2) ロータリ耕うん機の所要動力は，耕うんピッチの 2 次関数で近似すると相関が高く，その決定係数は，圃場 C の走行速度 0.32m/s の条件を除き，0.951 以上と極めて高い相関を示した。
(3) トラクタの PTO 回転数が一定の場合には，ロータリ耕うん機の所要動力は耕うんピッチの増加とともに大きくなる。
(4) トラクタの走行速度が一定の場合には，ロータリ耕うん機の所要動力は耕うんピッチの増加とともに減少する。
(5) トラクタの PTO 回転数が一定の場合には，ロータリ耕うん機の単位面積当たりの所要エネルギーは走行速度の増加とともに減少する。