

氏名	しょうじこういち 庄司浩一
学位の種類	博士(農学)
学位記番号	論農博第2519号
学位授与の日付	平成16年1月23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	Design of 'Spot Plough' (「その場反転プラウ」の設計)

論文調査委員 (主査) 教授 梅田 幹雄 教授 笈田 昭 教授 池田 善郎

### 論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、これまで何度か試みられてきた、土壌の側方への移動を伴うことなく反転耕うんするプラウについて、新たな設計法を提案し、その性能評価について論じたものであり、以下の7章からなっている。

第1章では、緒言として、その場反転耕うんの意義と語句を定義し、さらにその場反転プラウが実用化された場合の期待される効果について、雑草制御と機械設計の観点から議論を行っている。

第2章では、学術論文・特許・製品例から既往の研究例を調査している。これにより基本的な構造はほぼ検討されていること、及び土壌の詰まりを回避しようとする構造が複雑化してしまうことを明らかにしている。このため、構造の複雑化を伴うことなく土壌の詰まりを回避したその場反転を実現する方法を追及すべきことを示している。またその場反転プラウに作用する力についても調査を行っている。

第3章では、予備開発として、二つの模型プラウを用いた実験を行っている。一つは1条あたり単一の円筒型発土板を持つもので、対照に配置して内返し様式としているが、この方法では壟土が90度までしか反転しない。もう一つは、撚転型正副発土板とその後部に回転円盤を配置したもので、塑性的な土壌条件ではその場反転を行っている。ただし後者における各要素へ作用する力の計測から、回転部品は前部に設置し、後部は発土板のままでもよいとの示唆を得ている。

第4章では、これまでの実験結果を考慮して、前部に刃板・主発土板と斜めコルタ、後部に副発土板を配置する模型プラウを開発している。その場反転に伴う耕深・耕幅比の制約、適切な発土板の幅、発土板曲面の方程式、斜めコルタの配置方法などについて考察している。また塩ビ板を用いて所望の撚転型曲面を有する模型プラウを製作する方法を示している。反転性能の評価指標として、埋め込みマーカを用いた反転率を定義して実験を行い、土槽にて塑性的な土壌では完全な反転を実現している。また、固体状ないしは粉体状では反転率はやや低下するとの結果を得ている。また特に斜めコルタの自由回転が壟土の詰まりを回避する上で重要であることを示している。これはコルタの自由回転により、単に壟土の強制排出ができるだけでなく、設定耕深よりも実耕深が大きくなる、すなわち壟土が厚くなる度合が小さくなることによるものであることを明らかにしている。また粉体状の土壌でも、斜めコルタを自由回転させて耕深を大きく取れば、速度の増加とともに反転率が向上することを示している。

第5章では、これまでの結果を踏まえて模型プラウの各部に作用する力を測定して改善項目を確認し、新たな設計に向けた考察を行っている。各要素をひずみゲージを貼付した垂直はりで支持し、各要素独立にけん引力と側方力が計測できる装置を製作している。その結果、固体状土壌での刃板抵抗を除いて速度依存性が少なく、高速運転の可能性を見出すとともに、副発土板に作用する力は比較的小さく、しかも速度上昇とともに小さくなる傾向があることから、この要素を省略した設計の可能性を示唆している。

第6章では、その場反転プラウの実機設計と性能評価について述べている。まず第4章と第5章で示した模型プラウに基づいて実機を検討し、このままでもその場反転は実現するが、プラウ貫入や引き上げ時の壟土保持など実用的な問題が生じ

ることを指摘している。続いて前章で示した副発土板を省略する代わりに、壙土自身の慣性力を利用してその場反転を完了させる設計方法を示している。この際、発土板の曲面設計と平行して、斜めコルタの中心を発土板後端に揃えることで、壙土に確実に回転を与えることができることを示している。圃場実験にて、走行速度の減少による影響を調査し、設計値の86%程度ならば完全なその場反転、60%程度までならば表面は埋没しても反転が不完全な部分が存在し、それ以下になると大幅な側方移動が見られるか、全く反転しないことを確認している。一方、土壌の前方移動については、耕幅360mmに対して100mm以下と、従来の発土板プラウよりも低く押さえられている。

第7章においては、総括として本研究で明らかにされたことを述べている。

## 論文審査の結果の要旨

その場反転プラウの効果と必要性は古くから議論され、様々な試作研究が行われてきた。しかし、現在に至っても実用的に用いられることは少ない。このため、壙土の移動を避けるために、チゼルプラウやロータリ耕うんの方法を用いるしかないので反転性を犠牲にせざるを得ない。

本論文ではその場反転プラウの実用化を妨げている理由として、壙土の詰まり現象の存在とその対策に着目し、その場反転機能を維持しつつ構造の単純化を図っている。設計・製作・実験・評価のサイクルを何度も繰り返しながら、新知見やブレイクスルー技術を見出し、結果として、走行速度の制約を受けるものの、単純な構造で安定したその場反転プラウを実現している。評価すべき点は以下のとおりである。

- (1) これまで設計理論と一致する撚転型発土板曲面の擬似展開方法は困難で、簡便な製作方法がなかった。この問題を、塩ビ板を用いることで解決し、反転作用を主とする発土板設計の自由度を向上させている。
- (2) 土壌の垂直切削を伴う部分は斜めディスクコルタとして、切削抵抗を軽減するのみならず、発土板とともに壙土に確実な回転作用を与えると同時に、プラウ後方へ排出させる機能を持たせて、詰まり現象の回避と安定したその場反転を実現している。
- (3) その場反転プラウ各要素に作用する力の計測方法を考案し、独自の設計方法に基づき設計を行っている。
- (4) 土槽にて行った模型プラウ実験の結果を基に、圃場実験を行うことで新たな設計要件を見出し、より洗練された実機の設計を実現している。
- (5) 壙土の側方移動を伴わない、前方移動も最小限に押さえた耕うん方法を実現している。

以上のように、本論文は数度の試行錯誤を繰り返すことで、独自の設計法を考案して、その場反転プラウの設計を行ったもので、農作業機械学、フィールドロボティクスおよび農業システム工学の発展、並びに新しい耕うん作業体系の確立に寄与するところが大きい。

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15年12月16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。