

農用トラクタの自動作業機能に関する研究

IV. 油圧リンクによる播種深さ制御システムの開発

小松 實*・佐藤輝明**

平成7年6月23日受付

Studies on Automatic Working Mechanisms of Agricultural Tractor

IV. Development of Seeding Depth Control System by Hydraulic Linkage

Minoru KOMATSU*, Teruaki SATOH**

This report is concerning the development of a new seeding machine which adjusts the seeding depth by the values of soil moisture content. The trial of this seeding depth control system consists of an electronic-controlled tractor and a seeding machine and a soil moisture sensor. This system has hydraulic linkage which is controlled by a microcomputer. As a result, the seeding depth control system was accurate enough for practical usage.

緒 言

著者らは、圃場の土壌含水比を連続してかつリアルタイムで計測できる土壌水分センサを開発し、その実用応用として土壌含水比対応の播種深さ制御システムの開発を行ってきた^{1,2,3)}。

本報は、従来から試行してきた播種深さの制御をトラクタの油圧式三点リンクを利用する方法に変更し、トラクタの電子制御システムの一つとしての制御システムを開発したものの報告であり、そのシステムの概要および基本性能について述べる。

制御システム

1) 背景

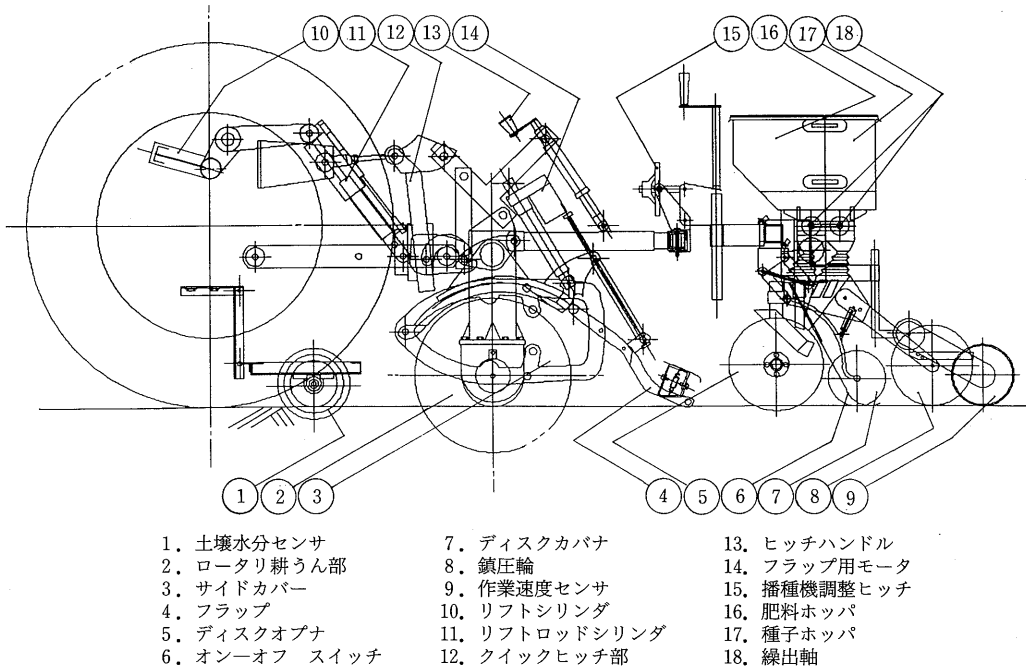
従来試作した播種機はセミマウント方式のものであり、播種深さは作溝刃をモータのオン・オフ制御により上下移動させることで調節していた。このため、制御深さ実現のための機械的なタイムラグに支配されることが多く、水分データのサンプリング回数にも時間的な制約があった。このため、水分データの変動に対して直ちに播種深さを適応させることが難しく、作動が不安定になる傾向がみられた²⁾。本報は、十分な追従制御が行えるよう、電

* 鳥取大学農学部農林総合科学科生産環境工学講座

* *Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University*

** 鳥取大学大学院農学研究科

** *The Graduate School of Agriculture, Tottori University*



- | | | |
|---------------|----------------|--------------|
| 1. 土壌水分センサ | 7. ディスクカバナ | 13. ヒッチハンドル |
| 2. ロータリ耕うん部 | 8. 鎮圧輪 | 14. フラップ用モータ |
| 3. サイドカバー | 9. 作業速度センサ | 15. 播種機調整ヒッチ |
| 4. フラップ | 10. リフトシリンダ | 16. 肥料ホッパ |
| 5. ディスクオプナ | 11. リフトロッドシリンダ | 17. 種子ホッパ |
| 6. オン・オフ スイッチ | 12. クイックヒッチ部 | 18. 繰出軸 |

第1図 供試播種システム概要図

子制御による制御システムとしたものである。

2) システム概要

供試播種システム概要を第1図に示す。トラクタは、三菱農機製の電子制御式トラクタ(MT285)、播種部は多木農工具製トラクタ用播種機(クリーンシーダ)である。

供試トラクタには、電子制御により、ロータリ部のフラップをロータリカバー上のレールに沿ってフラップモータでスライドさせ、そのときのフラップ角度で耕深を感知し、設定耕深を実現するようロータリを昇降させることによって、所要の耕深を安定的に実現させる機能を搭載している。

本研究では、土壌水分センサで測定した土壌含水比の多少に応じてフラップをスライドさせる方式に変更して、ロータリ部を昇降させることにより、所要の播種深さを実現するシステムに構造換えした。

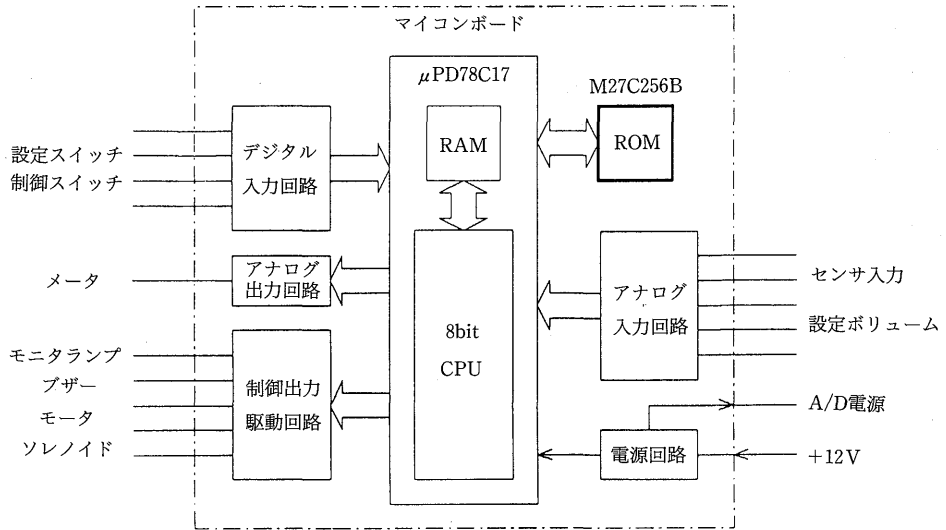
3) 電子制御部

供試トラクタには、各部制御用に8bitワンチップマイコン(μ PD78C17)が使用されている。マイコンの仕様を第1表、そのブロック図を第2図に示す。

制御用マイコンは、ROMに書き込んだ制御プログラムによりシステムを作動させるためのものであり、そのためのプログラムを開発し、供試した。

第1表 マイコンの仕様

	品名	NEC μ COM87AD シリーズ μ PD78C17GQ-36 (ROMレスタイプ)
C	外観	64ピン プラスチック QUIP
	命令数	159
	最小命令 実行時間	1.3 μ s 9MHz作動時 (MAX 0.8 μ s 15MHz)
P	内蔵RAM	1024 \times 8bit
	A/D コンバータ	8bit逐次比較方式 マルチプレクサ内蔵 8チャンネル
U	タイマ /カウンタ	8bitタイマ \times 2 16bitタイマ 16bitタイマ/イベントカウンタ
	割り込み	外部 3本 内部 8本
	その他の機能	シリアル・インタフェース機能 スタンバイ機能 ゼロクロス検出機能
R	品名	SGS-THOMSON M27C256B
O	容量	256k bit (32k \times 8)
M	種類	C-MOSタイプ UV-EPROM



第2図 マイコンのブロック図

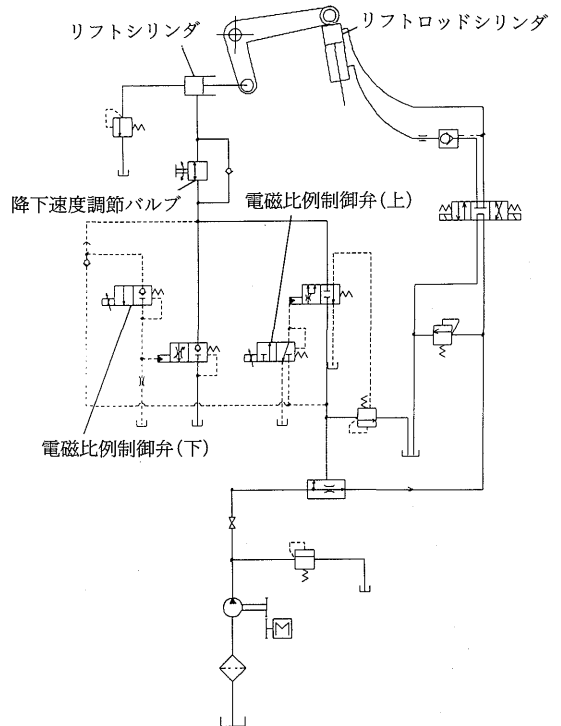
制御プログラムは、アセンブリ言語で記述し、機械語の実行ファイルを作製して、そのデータをROMライタに転送し、目的の供試ROMを作製した。

システム作動室内実験

1) リフトシリンダ制御

供試トラクタのリフト用油圧シリンダは、電磁比例制御弁により制御される。その油圧回路を第3図に示す。

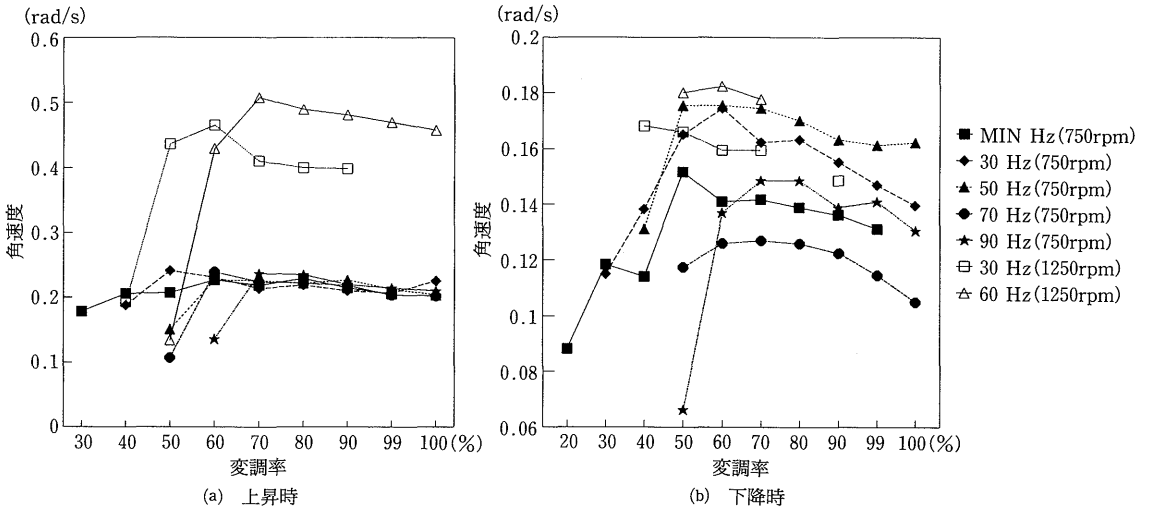
電磁比例制御弁は一般にPWM(Pulse Width Modulation)法により制御される。PWM波は制御マイコンのタイマ/イベントカウンタ機能の矩形波出力モードにより、出力が可能である。そこで制御に最適なパルスの周波数と変調率を求めめるため、リフトアームの角速度と周波数、および変調率について実験を行った。実験結果を第4図に示す。エンジン回転数750rpmのとき、変調率30~60%の地点で角速度に卓越した変化が現れた。これは、リフトシリンダ作動に必要な油圧量の変化によるものと思われる。耕うん部の昇降過程で角速度により大きな変化が見られるのは降下速度調整バルブおよび各所に設けられている絞り弁の作用に関係している。エンジン回転数1250rpmのときには、油圧量の増大により昇降速度の増加が見られたが、逆にロータリに過大な慣性が発生し、トラクタ本体に揺れが見られた。本供試の装置をマウントし、高精度の制御を行う場合、従来の作業機の昇降制御システムに新たな機能を付加するものであるから、この点からの検討も必要になると考えている。



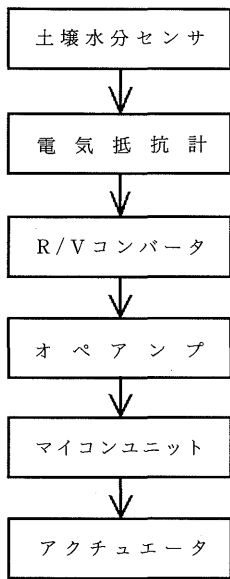
第3図 油圧回路図

2) 播種深さの最小制御量

播種深さは、リフト量により制御される。しかし、8

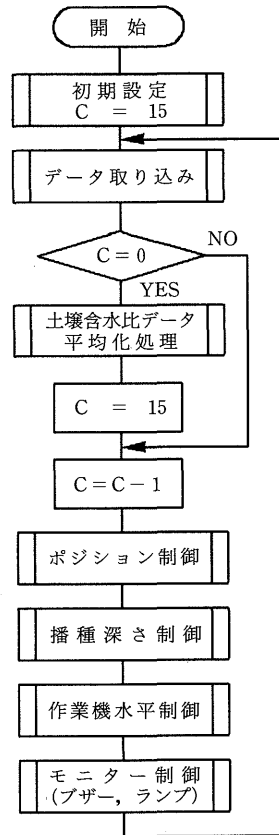


第4図 変調率とリフトアーム角速度の変化図



第5図 制御ブロック図

bit A/Dコンバータの持つ量子化量(256段階)以上の精度を要求する制御は行えず、おのずと播種深さ制御の最小実行変位量が限定されてしまう。このことから、本供試機で実現可能な播種深さの最小変位量を検討した。その結果、最小制御量は播種深さにして、4mmに相当することを確認した。



第6図 制御プログラムフローチャート

播種深さ制御実験

1) 制御システム

システムの制御ブロック図を第5図に示す。

2) 制御プログラム

室内作動実験結果を踏まえ、播種深さ制御プログラムの開発を行った。そのプログラムのフローチャートを第6図に示す。制御プログラムは、初期設定を除く、各処理は無限ループとなっており、随時実行される。ただし、土壌含水比データの平均化処理については、R/Vコンバータの出力周期に同調させるため、ループ数15回に1回実行するものとした。

3) 土壌含水比データ出力

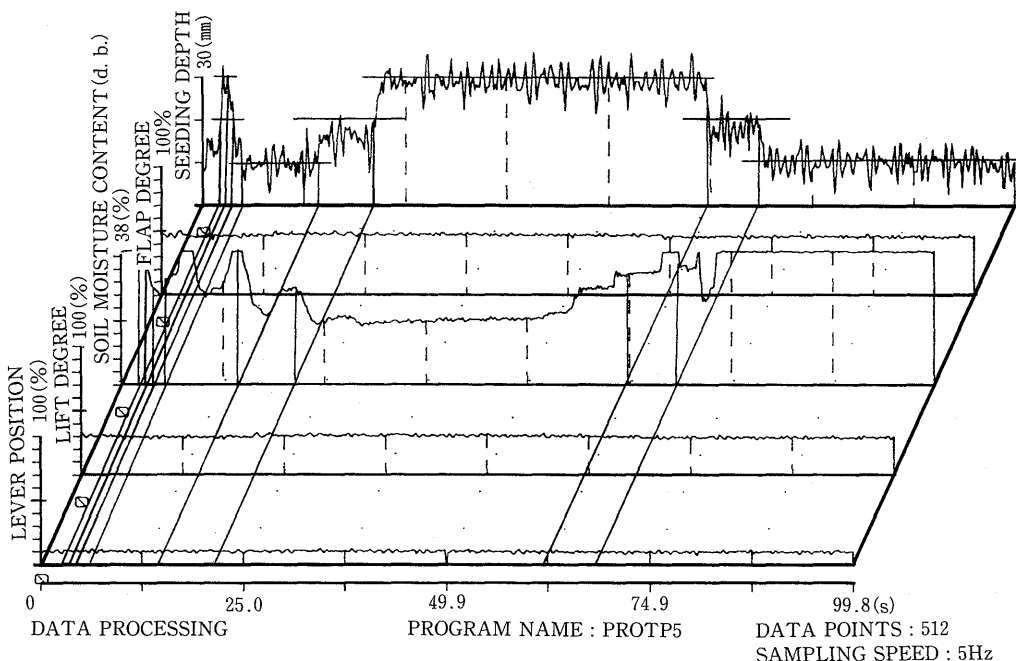
制御マイコン内のA/Dコンバータは5V入力である。しかし、土壌含水比データを出力するR/Vコンバータの最大出力は1Vであり、また、データ出力では最大0.33Vのデータしか得られない。この対策として、OPアンプにより、データの増幅と最大値制限を行った。その結果、R/Vコンバータからのデータ出力が0~0.33V、とエラー出力1Vであったものが、0~4.57Vと5.22Vに増幅されて、A/Dコンバータへ入力されるように改善された。

4) 土壌含水比データの平均化処理

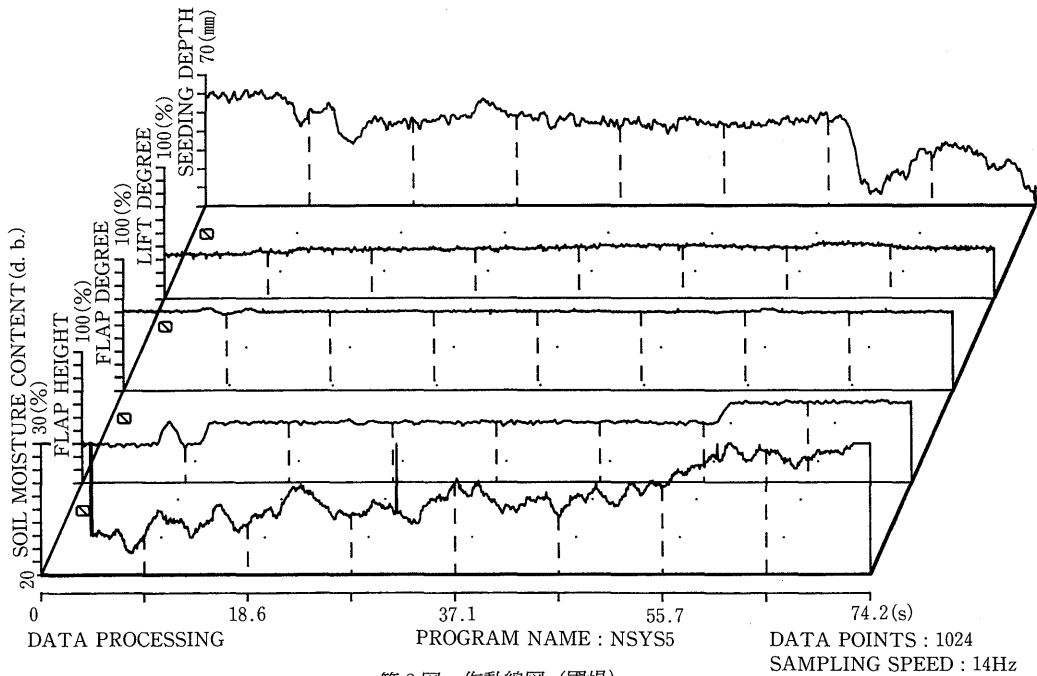
制御ルーチンにおける土壌水分センサによる土壌含水比データのサンプリング方法の選択は重要である。土壌水分センサの改善³⁾により安定したデータ取得が期待されるが、圃場には予期できない外乱等の誤差要因が介在することから、本研究においても逐次移動平均法によるデータ取得を試みた。サンプリングデータはRAMに格納され、逐次移動平均化処理が行われる。サンプリング周期はR/Vコンバータの出力周期への対応から15Hz、サンプル数は32個とした。

5) 作動実験 1

室内実験において、トラクタを高さ約40cmの台の上に寄せ、走行停止状態で主要部の作動状況をデータレコーダに記録し、動作の確認を行った。制御システムは、得られた土壌含水比データを平均し、2段階の制御用基準値に対しての大小判定を行い、播種深さは10, 20, 30mmの三段階となるよう設定した。この実験では、データレコーダに記録した土壌含水比データを再生入力し、システムを作動させる方法で行った。そのときの作動線図を第7図に示す。土壌含水比の変化に対応して設定播種深さが実現されており、しかも逐次平均化処理がなされ、変動する土壌含水比データに対しても、安定した追従制御



第7図 作動線図 (室内)



第8図 作動線図 (圃場)

が行われている。

6) 作動実験2

圃場において、本供試の播種システムを作動させた。播種深さの設定値は、土壌含水比23%未満では60mm、23~26%では40mm、26%以上では20mmとした。

圃場をトラクタで耕うん整地し、実用程度の状態に調整して実験を行った。その作動線図を第8図に示す。この場合も土壌含水比の変化に対応してフラップ高さが制御され、設定播種深さが実現されており、変動する土壌含水比データに対しても、安定した追従制御が行われている。

摘 要

土壌含水比対応の播種深さ制御システムについて開発研究を行った。トラクタの耕深制御機能を応用した播種

深さ制御プログラムの開発により、土壌含水比の多少に応じて播種深さの制御が高精度で実現できることを確認した。

終わりに、本研究に協力いただいた当時の大学院生西村彰浩、学部専攻学生の各氏に謝意を表す。

参 考 文 献

- 1) 小松 實・井原基安：ソイルパラメータの自動計測システムに関する研究。鳥大農研報，44 37~45(1991)
- 2) 小松 實・西村彰浩：農用トラクタの自動作業機能に関する研究(II)。鳥大農研報，46 57~63(1993)
- 3) 小松 實・西村彰浩・佐藤輝明：農用トラクタの自動作業機能に関する研究(III)。鳥大農研報，47 95~104(1994)