

## 農用トラクタの自動作業機能に関する研究

### V. 油圧リンクによる播種深さ制御システムの改善

小松 實\*・佐藤輝明\*\*

平成8年6月24日受付

## Studies on Automatic Working Mechanisms of Agricultural Tractor

### V. Improvement of Seeding Depth Control System by Hydraulic Linkage

Minoru KOMATU\*, Teruaki SATOH\*\*

This report is concerning the improvement of a new seeding machine which adjusts the seeding depth by the values of soil moisture content. The trial system was examined indoors and in the field. As a result, seeds were set at the precise depth because of improvement of structure and control program. Germination of the wheat was significant on the factors such as soil moisture and seeding depth.

#### 緒 言

著者らは、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<sup>1~4)</sup>。

本報は、制御システム各部の改善に基づく、作動応答性、播種深さ制御の精度、また、播種時における発芽因子解析の一実験結果について述べる。

#### 制御システム

##### 1) 土壌水分センサ

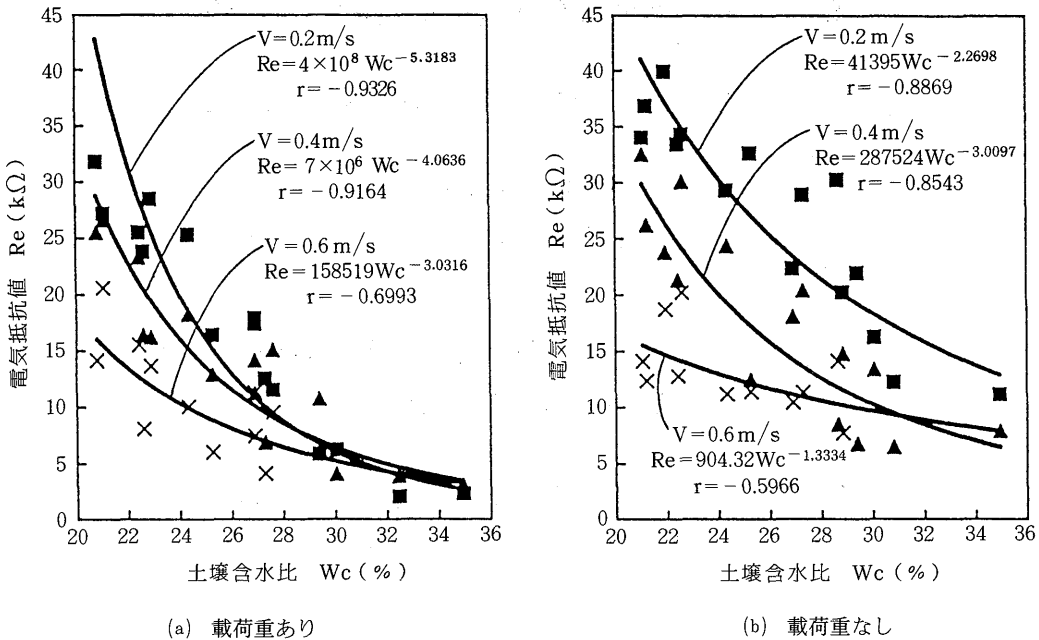
供試土壌水分センサから得られる含水比データ（電気抵抗値）は、センサの移動速度、土への圧密などの条件により、大きな変化が生じ、正確に土壌含水比を検出できない。そこで、それらの諸条件と含水比データ変化の関連を調べるため、センサ（8 kg）に載荷重（4 kg）を新たに施し、載荷重の有無、作業速度（0.2, 0.4, 0.6

\*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



第1図 土壤含水比-電気抵抗値線図

m/s) 別に含水比データを取得した。第1図にこれらの条件別の土壤含水比と電気抵抗値を示す。含水比データは、作業速度が増し、载荷重の有の場合低くなる傾向を示した。

これは、作業速度が増し、载荷重が加わる場合、センサ電極盤の土への密着が良くなることにより、電気抵抗が低くなるものと考えられ、この傾向はこれまでの基礎研究の成果と同様である。取得データの変動は、低速で少ないことから、载荷重あり、作業速度0.2m/sの条件で実験を行った。

## 2) 制御システム

第2図に供試播種システム概要を示す。前報<sup>4)</sup>のシステムは土壤水分センサをロータリ耕うん部の前に設置し、耕うん前の土壤を測定対象としていた。それでは、センサ電極が土に十分に貫入しないことや、下層の土壤含水比が異なり、播種部の含水比データとしては、必ずしも適切ではないことで、検出精度が低下することから、本研究ではセンサをロータリ後部に設置し、播種される耕うん直後の土壤含水比を測定することとした。

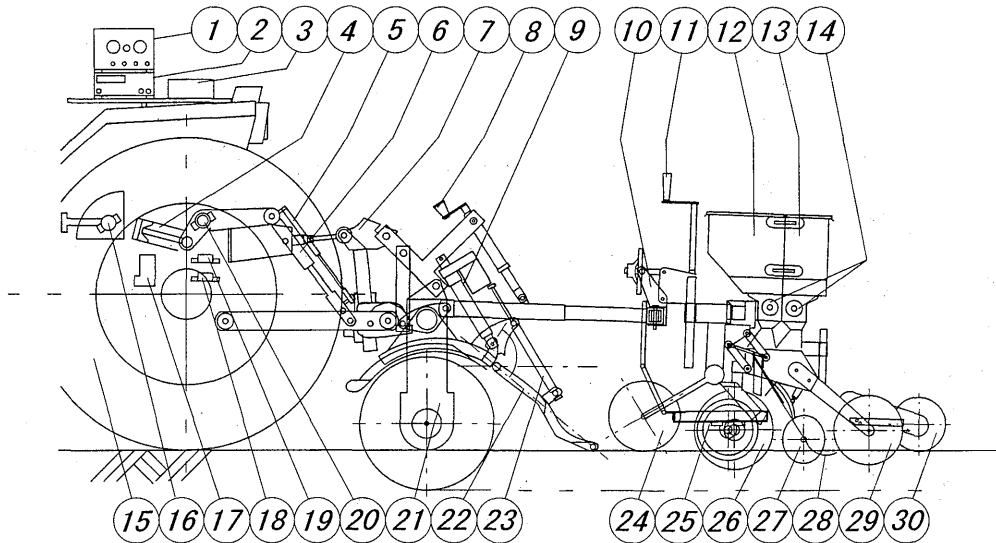
## 3) 制御プログラム

第3図に播種深さ制御プログラムのフローチャートを示す。プログラムは、無限ループとなっており随時実行

されるが、前報<sup>4)</sup>のプログラムの土壤含水比データサンプリング周期(15Hz)は、ループのカウントタイミングに同期し、サンプリング周期はループ実行時間により決定されていた。これではサンプリング周期時間の設定が適切でないことから、本研究では各部の制御を行うメインルーチンとデータ取込、平均化処理ルーチンを分け、後のルーチンをタイマ割り込みによって実行させることとした。

## 4) 土壤含水比データ平均化処理

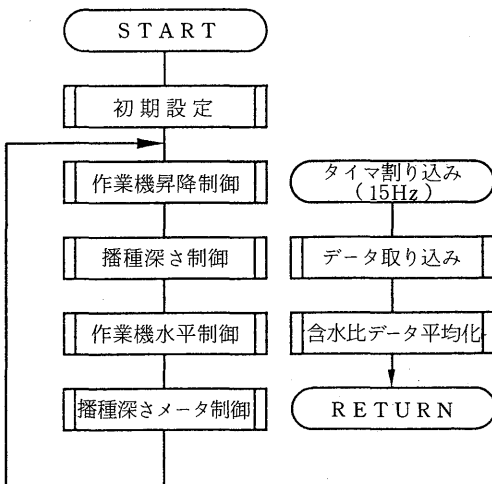
含水比データは、土壤の状態によりかなりの変動を生じることから、取得した含水比データに逐次移動平均化処理を施し、安定させたものを制御用データとする。これまでの平均化処理のサンプル数は32個としていたが、サンプル数の再検討のために、圃場における含水比データの取得を行い、サンプル数(10~60間を6段階に設定)ごとの制御用データと採土法からの土壤含水比との比較を行った。第4、5図にこのときの土壤含水比データ線図を示す。平均化処理を行った制御用データは、安定し、サンプル数が多くなるにつれ、新素データによる変化が次第に緩慢になり、検出対象の変化に対応できなくなることから、サンプル数はこれまでと同程度の30とした。



- |               |               |                 |               |
|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| 1. オペアンブ      | 9. フラップ用モータ   | 17. 傾斜センサ       | 25. 土壌水分センサ   |
| 2. 電気抵抗計      | 10. 播種機調整ヒッチ  | 18. フラップ角度センサ   | 26. ディスクオープナ  |
| 3. マイコン       | 11. 播種機調整ハンドル | 19. フラップ高さセンサ   | 27. ディスクカバナ   |
| 4. リフトシリンダ    | 12. 肥料ホッパ     | 20. リフトアーム角度センサ | 28. オン・オフスイッチ |
| 5. リフトロッドセンサ  | 13. 種子ホッパ     | 21. ロータリ耕うん部    | 29. 鎮圧輪       |
| 6. リフトロッドシリンダ | 14. 繰出軸       | 22. フラップ        | 30. 作業速度センサ   |
| 7. クイックヒッチ部   | 15. トラクタ      | 23. 加圧ロッド       |               |
| 8. ヒッチハンドル    | 16. 作業機昇降レバー  | 24. 播種深さセンサ     |               |

第2図 供試播種システム概要図

播種深さ制御



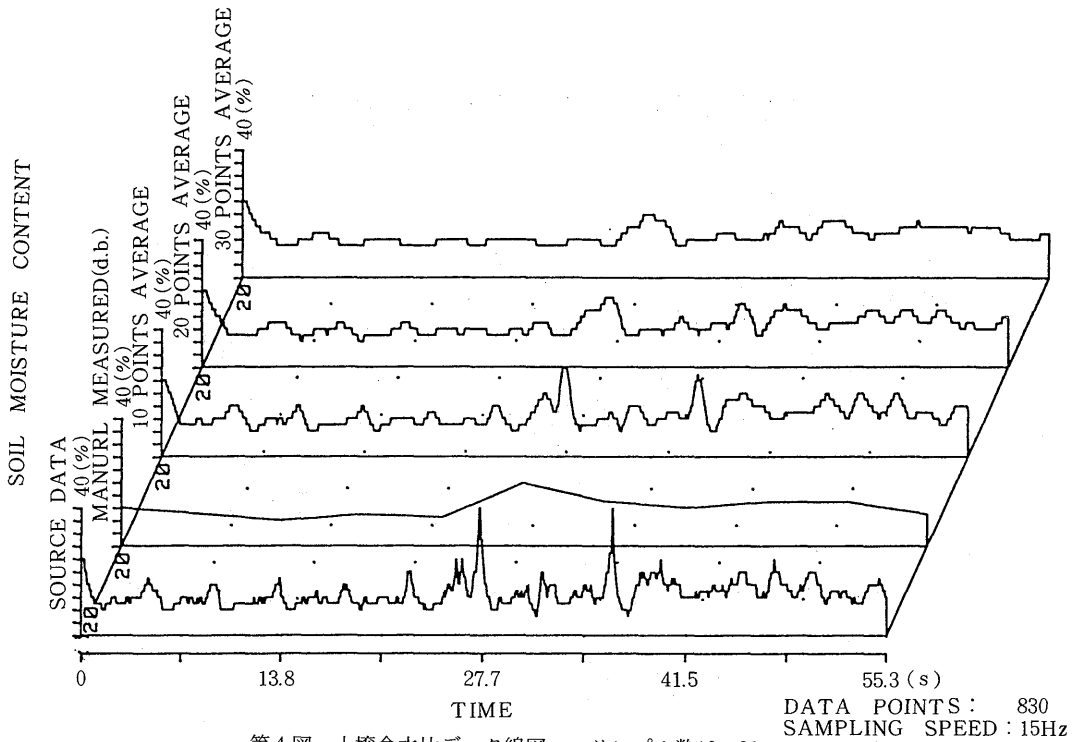
第3図 制御プログラムフローチャート

1) 作動実験1

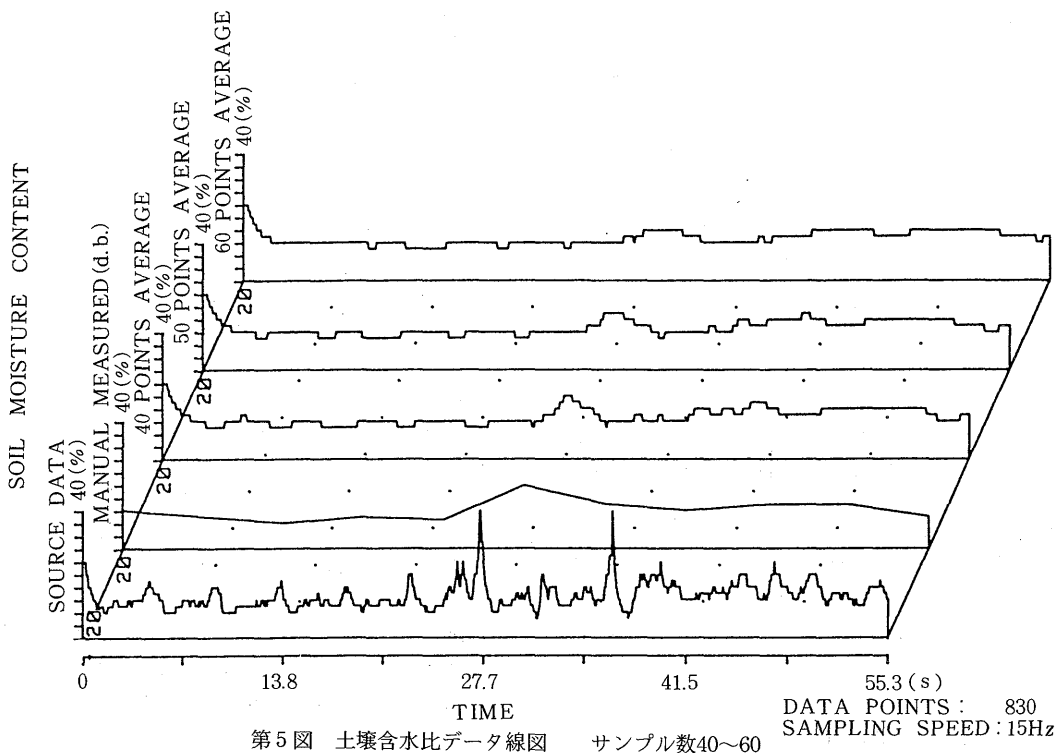
制御システムの作動確認を行うため、トラクタを高さ約40cmの台に乗せ、走行停止状態で模擬含水比データを入力し、播種深さ制御を実行させた。播種深さの設定値については第1表のとおりである。システム主要部の作動状況をデータレコーダに記録した。第6図にそのときの作動線図を示す。入力された含水比データを基に平均した制御用データの変化に対応して、フラップ高さ、リフト角が変化し、ディスクオープナの貫入量を示す播種深さが設定どおり実現されていることを確認した。作動目標達成時間は最大3.21s、最小2.2sである。

2) 作動実験2

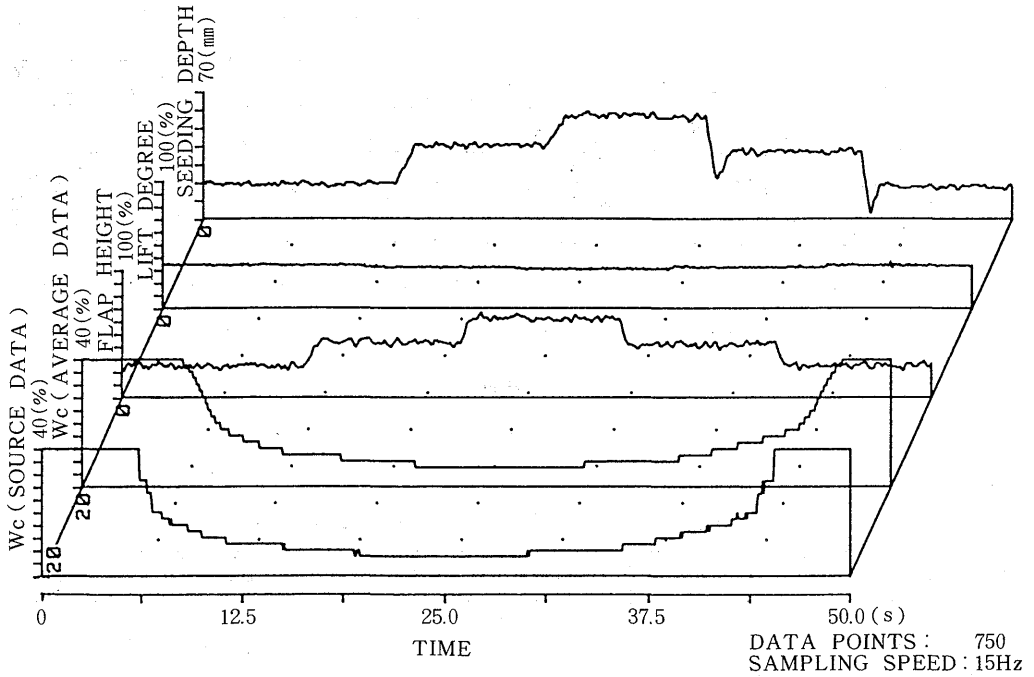
圃場において、システムを作動させて播種深さ制御の精度確認を行った。種子は水稻(ヤマヒカリ)を使用し、繰出ロールの開度は6mm、播種量は1m当たり100粒とした。



第4図 土壌含水比データ線図 サンプル数10~30



第5図 土壌含水比データ線図 サンプル数40~60



第6図 作動線図 (室内)

設定深さと実際の深さを比較するため、設定深さ (20, 40, 60mm) ごとにシステムを作動させ、実際の播種深さを 5 m 区間で 10cm ごとに測定した。第 7 図にその播種深さの変化を示す。設定深さ 40, 60mm については、それぞれ平均値が 40.9, 56.6mm で播種されていたが、深さ 20mm については、30.8mm で設定深さより深くなる傾向を示した。これは、設定深さはディスクオープナの貫入量を基準に設定していることから、機構上の固有のひずみが浅い播種深さの際にヒッチ上下動で大きく影響したためである。

第 1 表 システムの播種深さ設定値

含水比 (%)	播種深さ (mm)
23 未満	60
23 以上 26 未満	40
26 以上	20

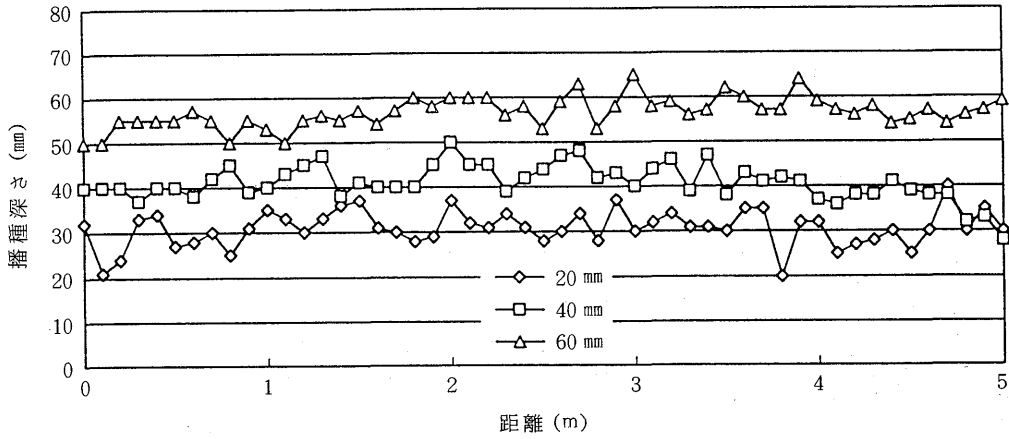
播種深さ・土壌含水比と発芽特性

1) 発芽性の基礎実験

種子の発芽率は土壌含水比、播種深さにより影響を受けると考えられる。基礎実験として室内プランタで発芽実験を行った。種子は小麦 (農林 61 号) を供試し、供試土壌は液性限界 45.0%、塑性限界 35.8%、単位容積重 1.13 g/cm<sup>3</sup> のシルト質ロームで、土壌含水比は 19~30% を 5 段階、播種深さは 0~90mm を 10 段階に設定し、播種後は水を与えず、2 週間にわたり発芽数を計測した。

第 2 表は、実験結果を分散分析で解析したものである。土壌含水比、播種深さともに、全条件を通じて有意差が認められる。含水比と播種深さとは、因子寄与率が、全体的に含水比の方が高く、比較的土壌含水比が発芽に大きな影響を与えていることが分かる。

第 3 表は、土壌含水比別に播種深さの影響について解析したものである。播種深さの因子寄与率は、含水比が高いほどが高くなる傾向が見られる。また、水準別順位を見ると、含水比が低い場合は播種深さの深い方が、含水比が高い場合は浅い方が発芽率が高いことが分かる。



第7図 播種深さの変化

第2表 土壌含水比・播種深さと発芽率の分散分析表 (二元配置法)

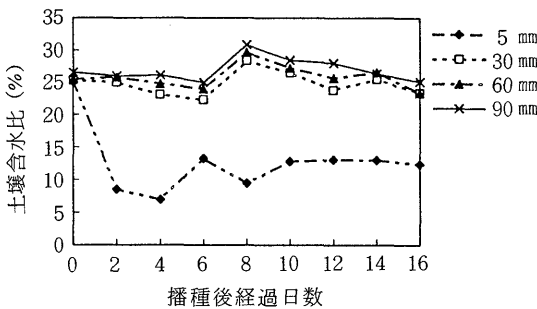
条件	因子	実測F値	因子寄与率 (%)	水準別順位と有意グループ
播種後 7日	A 含水比 (%) a:19,b:22,c:25,d:28,e:31	30.88**	34.39	c,d,e,b,a c,d,e↔b,a
	B 播種深さ (mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90			
播種後 11日	A 含水比 (%) a:19,b:22,c:25,d:28,e:31	8.88**	22.02	c,d,b,e,a c,d,b,e↔a
	B 播種深さ (mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90			
播種後 15日	A 含水比 (%) a:19,b:22,c:25,d:28,e:31	7.53**	16.20	c,d,b,e,a c,d,b↔a
	B 播種深さ (mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90			

- 1) \*\*危険率1%水準で有意
- 2) アンダーラインは有意グループを示す。
- 3) 矢印は相互に水準間差のあるものを示す。

第3表 播種深さと発芽率の分散分析表（一元配置法）

条件	因子	実測F値	因子寄与率(%)	水準別順位と有意グループ
含水比 (19%)	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90	2.71**	6.05	i,d,g,j,h,f,e,c,a,b 水準間差なし
含水比 (22%)	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90	5.90**	15.57	c,e,d,f,h,g,i,j,b,a <u>c,e,d,f,h,g,i,j</u> ↔ <u>b,a</u>
含水比 (25%)	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90	10.48**	26.31	b,c,f,d,g,e,j,h,i,a <u>b,c,f,d,g,e,j,h,i</u> ↔ a b ↔ <u>j,h,i</u>
含水比 (28%)	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90	7.44**	19.53	b,c,e,d,g,i,f,j,h,a <u>b,c,e</u> ↔ a    c ↔ <u>h,j</u> b ↔ <u>g,i,f,j,h</u>
含水比 (31%)	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30,e:40,f:50, g:60,h:70,i:80,j:90	9.31**	23.83	b,c,a,d,g,e,f,i,j,h <u>c,b</u> ↔ <u>f,h,i,j</u> d ↔ <u>h,j</u> a ↔ <u>i,j,h</u> <u>g,e</u> ↔ h

- 1) \*\*危険率1%水準で有意
- 2) アンダーラインは有意グループを示す。
- 3) 矢印は相互に水準間差のあるものを示す。



第8図 圃場における土壌含水比の変化

2) システム作動における発芽実験

基礎実験から土壌含水比と播種深さは発芽率に影響を与えていることが分かった。過去の実験で、播種深さを調節することにより、発芽に適切な土壌含水比を設定できることを確認しているため、圃場で適正な播種深さを求めるため、播種深さを0~90mmで10段階に設定して発

芽実験を2回行った。供試土壌は液性限界45.0%、塑性限界35.8%、単位容積重1.13g/cm<sup>3</sup>のシルト質ロームを使用し、種子は基礎実験と同様に小麦（農林61号）を供試した。

第4表 圃場の播種深さと発芽率の分散分析表（一元配置法）

因子	播種深さ(mm) a:0,b:10,c:20,d:30, e:40,f:50,g:60,h:70,i:80,j:90
実測F値	15.34**
因子寄与率	37.07%
有意グループ (高水準別順位)	<u>d,g,h,f,e,c,j,i</u> ↔ <u>b,a</u>

- 1) \*\*危険率1%水準で有意
- 2) アンダーラインは有意グループを示す。
- 3) 矢印は相互に水準間差のあるものを示す。

播種後、深さ別の土壤含水比を2日おきに、発芽数を毎日計測した。そのときの土壤含水比の変化を第8図、播種深さの影響について解析したものを第4表に示す。播種深さの因子寄与率は、37.07%であった。水準別順位を見ると、播種深さ30~70mmで発芽率が高くなり、播種深さ0,10mmの種子は発芽に至らなかった。

以上の実験結果より、小麦（農林61号）の発芽率は、土壤含水比と播種深さに影響され、特に含水比が高い場合は浅く播種すると、発芽率が高くなることを確認した。

### 摘 要

播種深さ制御システムの構造、制御プログラムの改善により、作動応答性、播種深さ制御の精度共に向上が見られた。20mm程度の播種深さ制御では、目標値の実現は難しく、変動の多い結果となったが、40mm以上の設定の場合は、改善効果が認められた。

小麦の発芽実験により、土壤含水比別の播種深さ制

御は有意であると確認した。

終りに、本研究に協力いただいた当時の専攻学生の各氏に謝意を表わす。

### 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)
- 4) 小松 實・佐藤輝明：農用トラクタの自動作業機能に関する研究（Ⅳ）．鳥大農研報，48 43~48 (1995)