

## 農用トラクタの自動作業機能に関する研究

### II. 播種深さ制御システムの性能向上

小松 實\*・西村彰浩\*

## Studies on Automatic Working Mechanisms of Agricultural Tractor

### II. Improvement of the System Ability of Seeding Depth Controller

Minoru KOMATSU\* and Akihiro NISHIMURA\*

This report is the development and the improvement of a new seeding machine which adjusts the seeding depth by soil moisture.

The optimum seed germination was concerned with soil moisture and seeding depth. Then a trial seeding depth control system was made based on the optimum seeding moisture.

This trial system was examined in a field. As a result, the system has the fluctuation with each soil moisture. So seeding depth was set at the constant depth on the method of a gradually moving soil moisture average. Then this machine had good stability.

#### 結 言

トラクタの自動作業機能の一つとしての土壌含水比センサによる播種深さ制御システムの開発研究を行ってきた<sup>1,2)</sup>。本報では、播種時における発芽因子の解析を行うとともに、システムの基本性能試験を行い、システムの改善を行った結果を報告する。

#### 播種深さ・土壌含水比と発芽特性

##### 1) 発芽性の基礎実験

発芽率は土壌含水比によって大きく影響を受けると考えられる。そこで基礎実験として室内プランタにて土壌含水比別に発芽実験を行った。なお、供試土はシルト質ロームで単位容積重 $1.13 \text{ g/cm}^3$ 、土壌含水比は15~34%を5段階に、播種深さは0~80mm間を10段階に設定し、

\*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

第1表 土壌含水比・播種深さと発芽率の二元配置分析

条件	因 子	実験F値	因子寄与率 (%)	水準別順位と有意グループ
5日	A 含水比 (%) a: 15, b: 22, c: 25, d: 29, e: 34	4.50**	40	c, e, d, b, a a ↔ b ↔ c ↔ d, e
	B 播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	3.64*	14.4	e, d, c, b, f, g, h, i, j, a c, h ↔ a d, e ↔ a
10日	A 含水比 (%) a: 15, b: 22, c: 25, d: 29, e: 34	4.74**	43.7	c, e, d, b, a a ↔ b, c ↔ d, e
	B 播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	2.32	9.5	e, d, b, c, h, f, i, g, j, a b, j ↔ a i, g ↔ a
15日	A 含水比 (%) a: 15, b: 22, c: 25, d: 29, e: 34	4.83**	43	c, e, d, b, a a ↔ b ↔ c, d ↔ e
	B 播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	2.86	11.3	e, d, b, f, c, g, h, i, j, a b, j ↔ a    c, d ↔ a f, g, h, i ↔ a

- 1) \*\* 危険率1%水準で有意。  
2) \* 危険率5%水準で有意。  
3) 矢印は相互に水準の有意を示す。

第2表 播種深さと発芽率の一元配置分析

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
w1 (含水比15%)	播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	16.45**	82.7	f, h, i, g, j, e, d, c, b, a a, b, c, f, g, i ↔ j d, e ↔ h
w2 (含水比25%)	播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	6.84**	64.5	d, c, g, e, i, b, h, f, j, a a, j ↔ c, d ↔ e, g ↔ f, h, i
w3 (含水比34%)	播種深さ (mm) a: 0, b: 5, c: 10, d: 15, e: 20, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60, j: 80	22.15**	86.8	b, f, d, e, c, h, i, g, j, a a, j ↔ b, c, d, e, f ↔ g

- 1) \*\* 危険率1%水準で有意。  
2) 矢印は相互に水準の有意を示す。

種子は水稻種子「ヤマヒカリ」を供試した。

第1表は実験結果を分散分析で解析したものである。播種5日後の土壤含水比では水準間差はdとeでは認められないが、それ以外では危険率1%水準で認められる。播種深さでは水準間差はcとh、dとeでは認められないがいずれもaとの間には認められる。同様に、播種10日後の土壤含水比ではbとcでは認められないが、それ以外では危険率5%水準で認められる。播種深さでは水準間差はbとj、iとgでは認められないがいずれもaとの間に認められる。また播種15日後の土壤含水比では水準間差はcとdでは認められないが、それ以外では危険率1%水準で認められる。播種深さではe以外の全ての深さにおいてaとの水準間差が認められた。

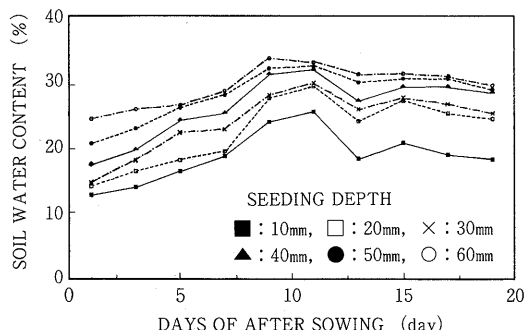
土壤含水比と播種深さを因子として二元配置分析を行うと土壤含水比の因子寄与率が40%以上あり、播種深さの因子寄与率が10%程度であることから、土壤含水比が発芽に大きな影響を与えていることがわかる。水準別順位でみると播種後5~15日をとおして土壤含水比ではc、e、dの順で発芽率が高く、播種深さではe、d、c、bの順で発芽率が良くなることが分かる。

第2表は、土壤含水比別に播種深さの影響について解析した結果である。播種深さの因子寄与率はいずれも60%以上あり、ある含水比における播種深さの設定の重要性が伺える。また水準別順位を見ると土壤含水比15%では播種深さの深いものが発芽率が高く、土壤含水比34%では播種深さの浅いものが発芽率の高いことが分かる。

2) システム作動における発芽試験

基礎実験から土壤含水比と播種深さは発芽率に大きな影響を与えていることが分かった。そこで次に圃場における土壤含水比の経日変化について調査を行った。結果を第1図に示す。なお供試土は平均土壤含水比23.45%、単位容積重1.13 g/cm<sup>3</sup>のシルト質ロームを使用した。この図から播種深さを深くすれば土壤含水比を高く設定できることが分かる。

同時にシステム制御を行う上で必要な播種深さ制御量を決定するため、前述の圃場で播種深さを5~60mm間を9段階に設定して播種実験を行った。なお種子は水稻種子「ホウレイ」を使用した。第3表は、播種深さの影響について解析した結果である。播種深さの因子寄与率は68.73%であり、発芽率に大きな影響を与えていることが確認された。播種深さの有意グループでは水準間差はa、iとd、e、f、g、hまたaとc、bで危険率1%水準で認められた。水準別順位を見ると、播種深さ20~50mm



第1図 圃場における土壤含水比の変化

第3表 播種深さと発芽率の解析

因子	播種深さ; a: 5, b: 10, c: 15, d: 20, e: 25, f: 30, g: 40, h: 50, i: 60 (mm)
実測 F 値	8.142**
因子寄与率	68.73%
水準別順位 有意グループ	f, e, d, g, h, c, b, i, a

で発芽率が高く、この値より高すぎても低すぎても発芽率が悪くなることが分かる。

以上の結果からシステム作動における播種深さの制御量は土壤含水比23%以下では播種深さ50mm、23~28%では35mm、28%以上では20mmと設定した。

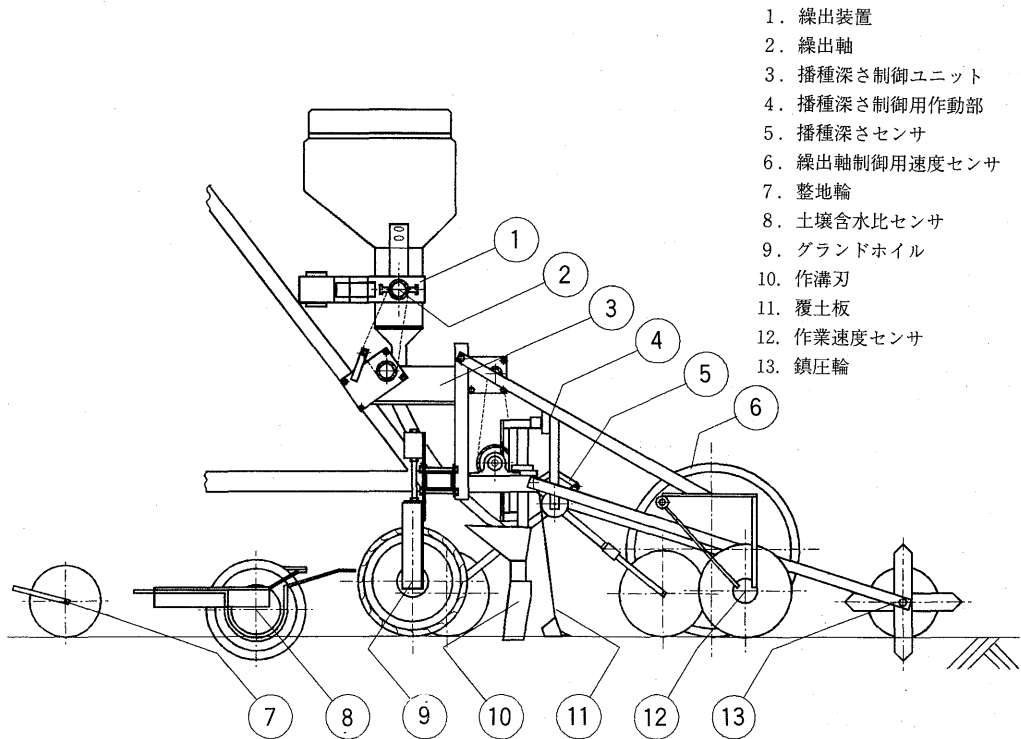
制御システム

1) 概要

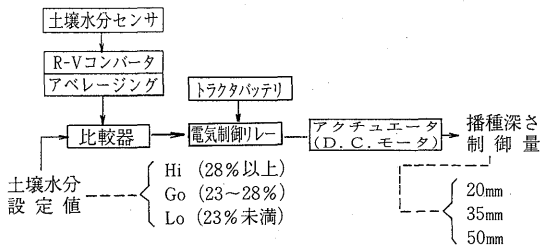
供試した播種システムを第2図に示す。本供試機はT社製TS240型トラクタ用播種機でセミマウント方式で装着される。詳細は前報<sup>3)</sup>で報告したとおりだが、今回、新たに土壤含水比センサの前方に整地輪、作耕後方に鎮圧輪を装備し、圃場での制御情報計測の安定化を図った。また、第3図に制御ブロック図を示す。制御データの安定化を図るため、サンプリング時のアブレーション設定の検討を試みた。

2) 基本性能試験

本システムの基本性能を知るために室内土槽における作動実験を行った。供試土はシルト質ロームで単位容積重1.05~1.10 g/cm<sup>3</sup>、土壤含水比は19~30%に設定されている。なお実験は土壤含水比センサのみを単体で土槽上を走らせ、制御作動部である作溝には負荷を与えない状態として計測した。この実験では土壤含水比素デー



第2図 供試播種システム概要図



第3図 制御ブロック図

データを安定した制御データとするため平均化処理を行い、50msごとにサンプリングし、平均化に用いる素データ数を20個とした。結果を第4図に示す。この図は実験で収録したデータを二次的にコンピュータ処理し、時間経過について立体線図として描出したものである。土壌含水比センサからの素データが平均化され、制御データとなり、比較器に設定されたLo. Go. Hiの各点でコントロールモータを制御し、播種深さを変化させていることがよく分かる。

播種深さ制御作動の作動応答性を第5図に示す。制御

深さが20~50mmに変化する時の時間遅れは1.58s、立ち上がり時間は2.44s、むだ時間は0.28s、目標達成時間は3.48sであった。同様に、制御深さが50~20mmに変化する時の時間遅れは2.02s、立ち上がり時間は2.46s、むだ時間は0.40s、目標達成時間は3.66sであった。またコントロールモータへの通電時間は30mm移動では3.2s、作耕刃の上下速度はおよそ11.8~16.3mm/sである。

#### システムにおける土壌含水比データの処理について

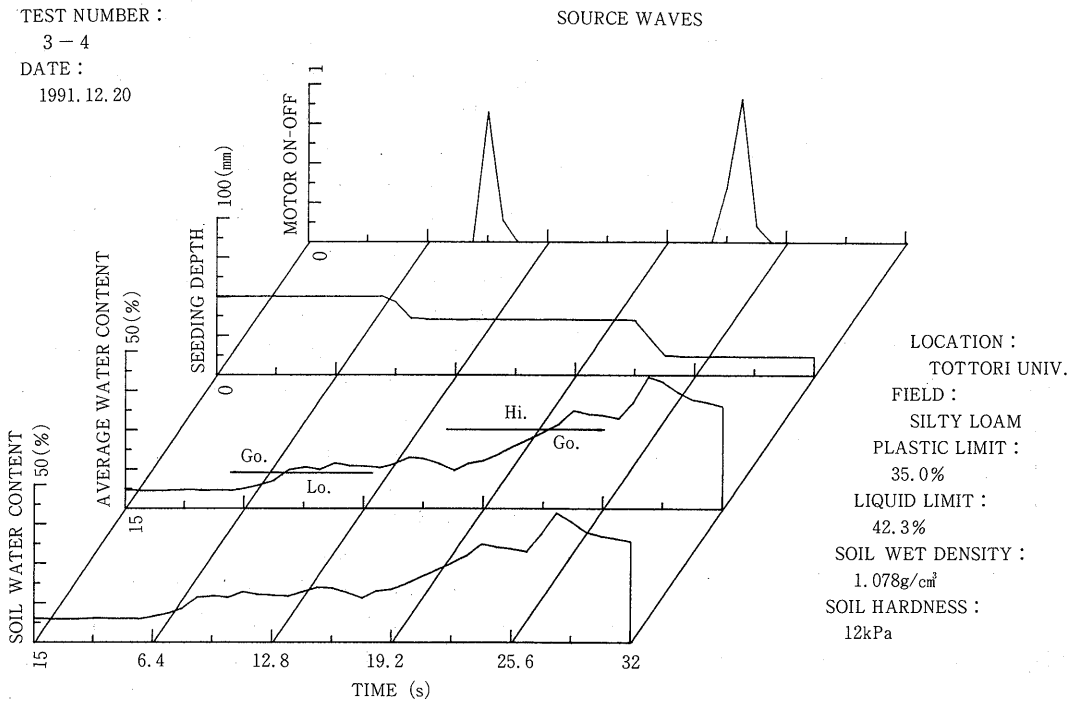
##### 1) データ量・処理方法と安定性

安定した土壌含水比データを測定する一つの方法として、土壌含水比素データを平均化処理する方法を検討した。

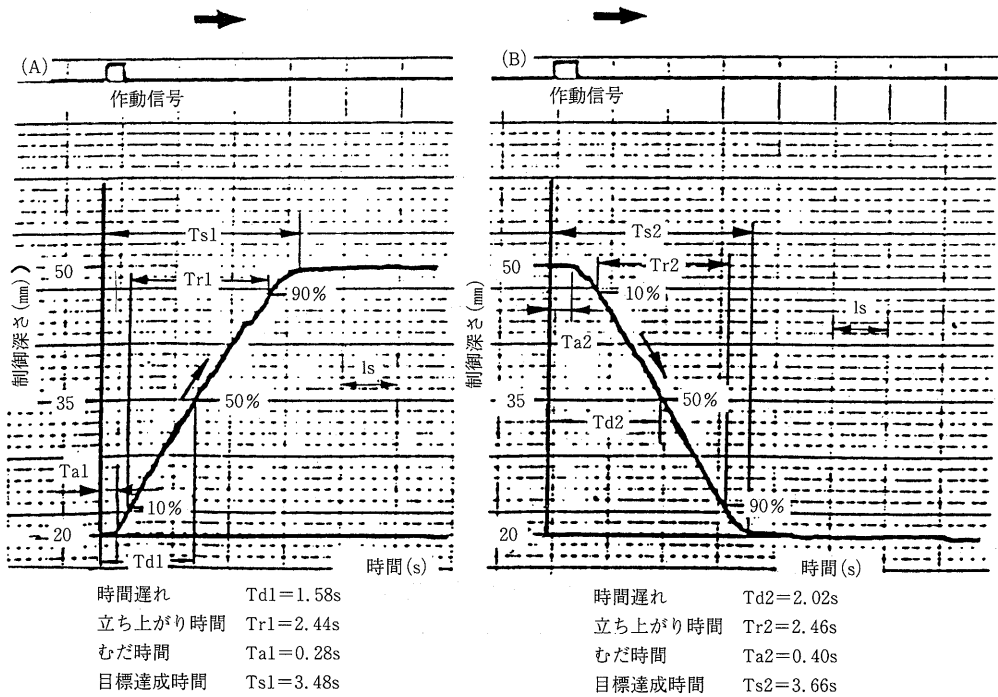
逐次平均化処理についてはY社製Model 7552 デジタルマルチメータのアベレージング機能を使用、移動による逐次状態変化相応のデータ取得処理を行った。取得式は

$$Y = \frac{(XNd - x_{(m-1)} + x)}{Nd}$$

$$XNd = \sum_{i=1}^{Nd} (xi)$$



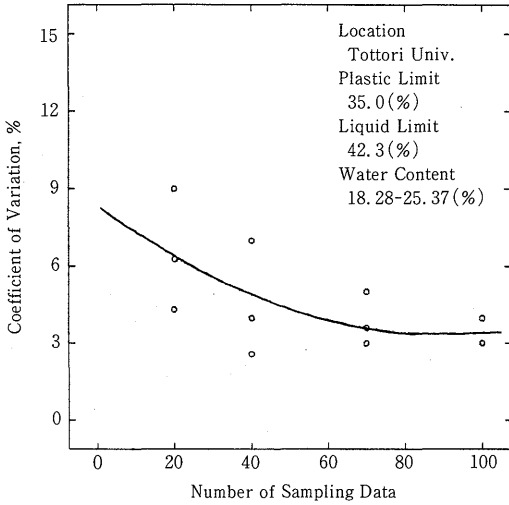
第4図 システム作動線図(室内)



第5図 播種深さ制御応答線図

である。ここで、Y：平均化後の制御データ、Nd：1制御のためのサンプリング数、x1：XNdの中で一番古いデータ、x：m番目の制御データのための新しい素データとする。

また、サンプリング数が設定数に満たない場合は、その時点で計測したサンプリング数で平均化される。このため本実験では実験前に試走させることにより計測開始時のデータ蓄積を行った。



第6図 逐次平均法における基本データ数と変動係数

実験は前述の土槽を用いて土壌含水比を3段階に設定し、平均化に用いる土壌含水比素データを200msごとにサンプリングし、素データ数を20、40、70、100として制御データを検討した。第6図に土壌含水比データの変動線図を示す。土壌含水比素データ数が50以上にすると、変動係数を4%以下に抑えることができる。また、第7図は制御データを時間の経過について立体的に描出した線図である。この図から平均化処理に用いる土壌含水比素データ数が多くなると制御データの変動が少なくなり、素データ数70以上になると変動の少ない滑らかな線図になることが分かる。

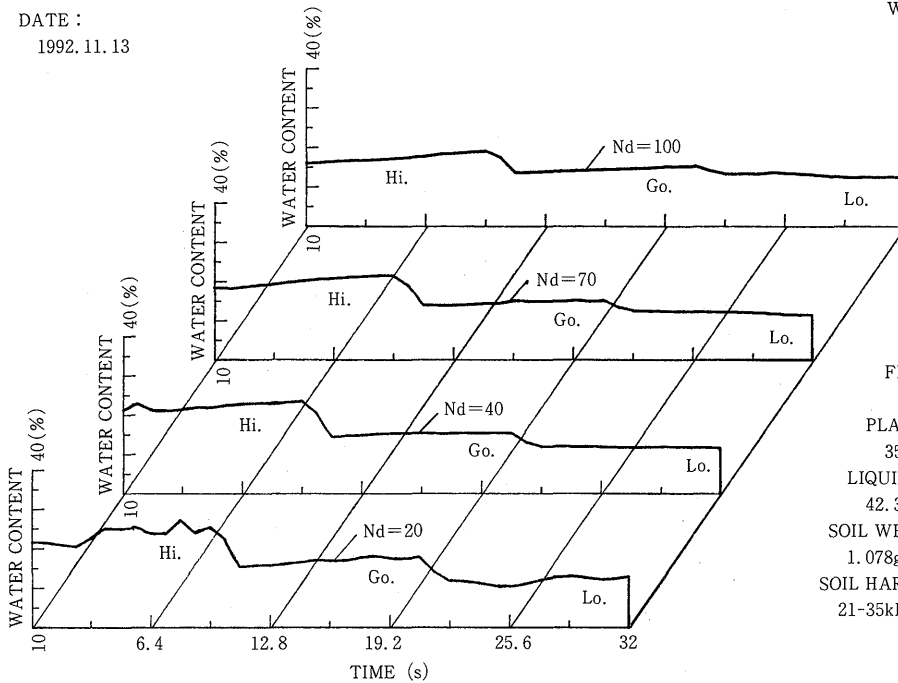
2) 作動実験

これまでの結果から播種深さ制御システムの設定値は、土壌含水比23%未満では播種深さを50mm、23~28%では35mm、28%以上では20mmとした。また、平均化処理に用いる土壌含水比素データを200msごとにサンプリン

TEST NUMBER :  
2 - 2  
DATE :  
1992. 11. 13

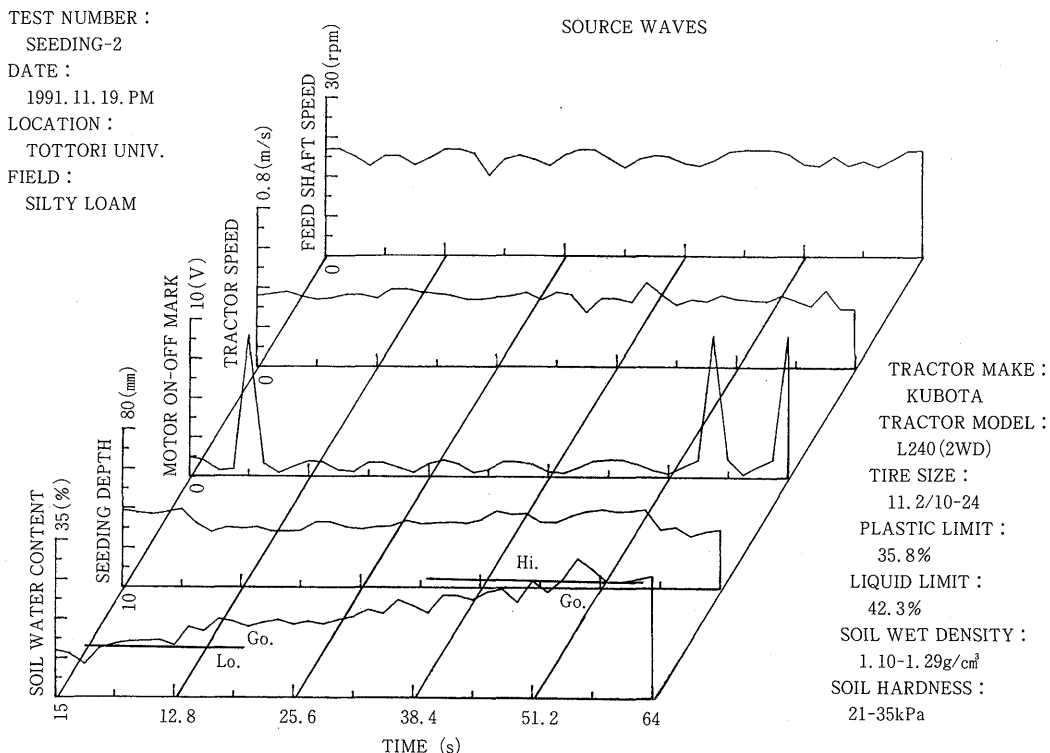
SOURCE WAVES

WATER CONTENT :  
Hi. : 24.72%  
Go. : 21.51%  
Lo. : 18.96%



LOCATION :  
TOTTORI UNIV.  
FIELD :  
SILTY LOAM  
PLASTIC LIMIT :  
35.0%  
LIQUID LIMIT :  
42.3%  
SOIL WET DENSITY :  
1.078g/cm<sup>3</sup>  
SOIL HARDNESS :  
21-35kPa

第7図 土壌含水比データ線図



第8図 システム作動線図 (圃場)

ゲシ、データ数を70と決定した。

圃場をよく耕うん整地し、土壌含水比20~30%の間を三つの区分に設定し、実験を行った。第8図に実験結果を示す。室内での作動実験結果と同様に土壌含水比の変化に対応してコントロールモータが作動し、設定播種深さを実現させていることが分かる。

摘 要

農用トラクタの自動作業機能として、土壌含水比を制御指標とする播種深さ制御システムについて開発研究を行った。本報では発芽性にかかわるシステムの機能的意義とデータ取り込みの改善について報告した。圃場直播における含水比別播種深さ制御は有意である。また、土壌含水比センサによる素データはそのままでは制御データとして変動が大きすぎるため、逐次移動平均法による

場合での基本素データ数を検討し、安定化を図った。

終わりに、本研究に協力いただいた当時の専攻学生黄茂森 (現, 東洋運搬機(株)), 横田剛 (現, 太陽鉄工(株)) の各氏に謝意を表す。

文 献

- 1) 小松 實・井原基安・黄 茂森・松本明広・西村彰浩：土壌水分センサによる播種深さの制御システムに関する研究. 農業機械学会関西支部報, 72 33~34 (1992)
- 2) 小松 實・黄 茂森・横田 剛：土壌水分センサによる播種深さの制御性能向上に関する研究. 農業機械学会関西支部報, 74 33~34 (1993)
- 3) 小松 實・黄 茂森：農用トラクタの自動作業機能に関する研究. 鳥大農研報, 45 51~56 (1992)