

## 農用トラクタの自動作業機能に関する研究

### Ⅲ. 土壌水分センサの性能向上

小松 實\*・西村彰浩\*・佐藤輝明\*

## Studies on Automatic Working Mechanisms of Agricultural Tractor

### Ⅲ. Improvement of the Performance Ability of Water Content Sensor

Minoru KOMATSU\*, Akihiro NISHIMURA\* and Teruaki SATOH\*

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

In this report noticed spacer form of water content sensor and examined some spacer form. As a result data fluctuation happened by each other type. We found out that the spacer form could made more better data. And we examined earth pressuer was stable under the sensor electrode.

#### 緒 言

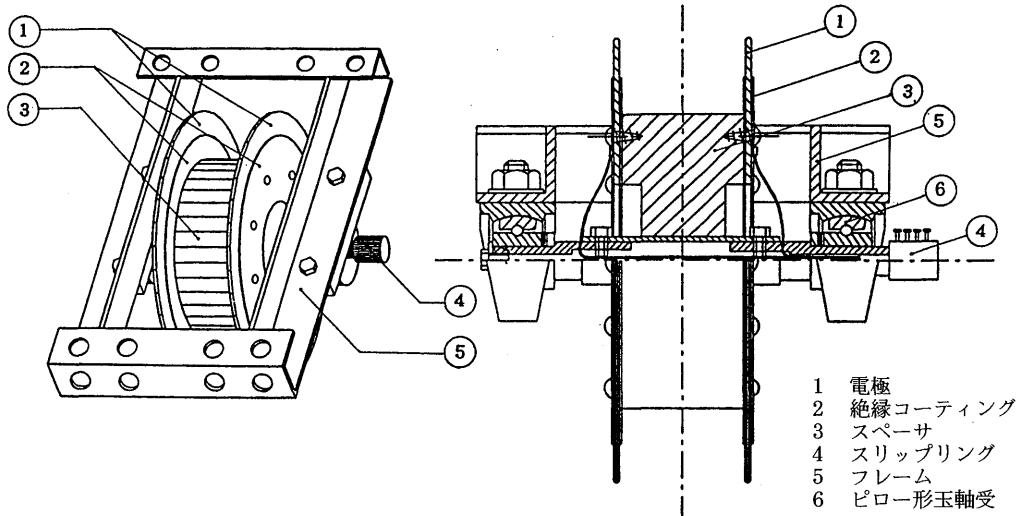
トラクタの自動作業機能の一つとして、土壌水分センサによる播種深さ制御システムの開発研究を行ってきた。当初、基礎実験の段階では土壌水分センサの走行速度を比較的低く設定していたが<sup>1)</sup>、実際の播種時の走行速度はかなり高速で、その条件での実験では、データの変動が大きくなり、制御データの取得がうまくいかないことがし

ばしば見られた。前報では<sup>2)</sup>逐次移動平均法により、制御データの安定化についての検討を行った。

本報では、実用走行時においても、より安定して含水比データが取得できるよう電極間スペーサについて検討した。これまでの結果によると、測定する土の単位容積重が大きく、土塊が均一で小さく、ある程度圧密を行った土壌の場合、安定したデータが取得出来ることが判明している。このことから、スペーサ形状の考慮によって

\*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図 供試センサ全体図

有効な土圧を検出部に発生させ、逐次平均化処理前の素データを安定させようと試みた。また、代表的な4種のスペーサ形状差による素データの変動を検討し、形状差を電極部の土圧分布状態で検討することによりセンサの性能向上を試みた。

#### スペーサ形状による検出性能の検討

第1図は供試センサの全体図である。従来型は直径230mm、厚さ3mmのアルミニウム板を外端20mm間を除いて絶縁コーティングした電極板を、電極間63.5mm、電極作用深さを40mmとする構造の塩化ビニール製のスペーサに固定したものである。

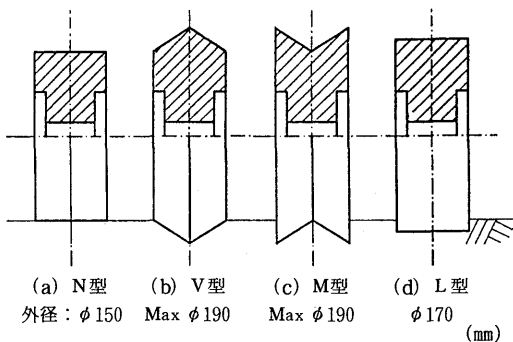
これまで行ってきた基礎実験の結果から、土壌の圧密

がある程度高いとき、比較的安定した電気抵抗を出力していることが分かっている<sup>9)</sup>。そこで、電極間のスペーサ形状を変化させることにより、どのような形状が最も安定したデータを得るのに適しているかを調べようとした。基本寸法は従来型を基に、代表的な3種類(M、V及びL型)と従来型(N型)とを比較検討した。その形状としては、電極間内の中央部、極板部、電極間全体を重点的に圧密させるものである。その概要を第2図に示す。スペーサ形状差による土壌含水比検出の出力データの変動を見るため、室内土槽走行実験により検出データの出力変動を把握し、比較検討した。

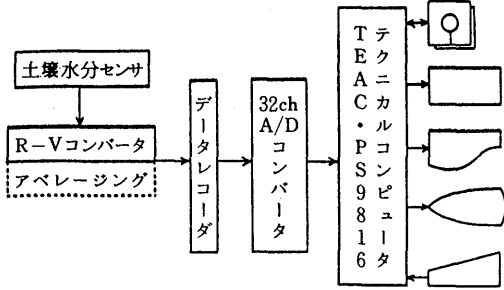
#### 1) 実験装置・計測方法

室内木製土層(4.5×0.7×0.4m)を作成し、内壁および底部には塩化ビニールのシートを張り土槽からの水分蒸発を少なくし、全実験を通じて土壌含水比の変化を極力抑えた。また、土槽にグラウンドアースを設けビニールや土の帯電を防いだ。

供試土の含水比を実験前に $25 \pm 0.5\%$ になるように調整し、供試スペーサ形状を変更するごとに土槽の含水比を計測して、水分変動が設定条件内に収まっているかどうかを確認した。また、走行ごとによく耕うんかくはんし、軽く均平を行い、その上を走動させた。走行速度は0.2、0.4、0.6、0.8、及び1.0m/sの5段階とし、ロープを介して電動巻取り機により供試センサを牽引した。予備実験では供試センサが走行中にバランスを失い、計



第2図 スペーサ形状



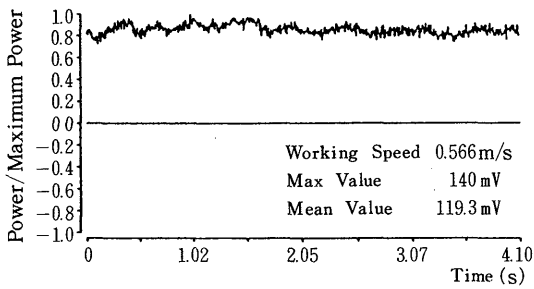
第3図 計測装置

測不能になる場合が見られたので、簡易台車にセンサを半固定し、上下方向のみ移動するようにした。それぞれの速度について繰り返し5回走行を行いデータを計測し、R-Vコンバータによる出力データをデータレコーダに記録し、コンピュータにより解析した。なお、供試土壌は液性限界45.0%、塑性限界35.8%のシルト質ロームである。

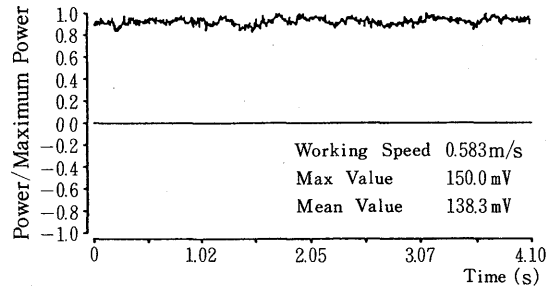
実験計測装置の概要を第3図に示した。

2) 実験結果

計測した原波形が第4図(a, b, c, d)である。V型の波形変動が少ないようである。それらを頻度分布別に示したものを第5図(a, b, c, d)に示した。標準偏差(S.D.)について見ると、特にV型が小さく、次

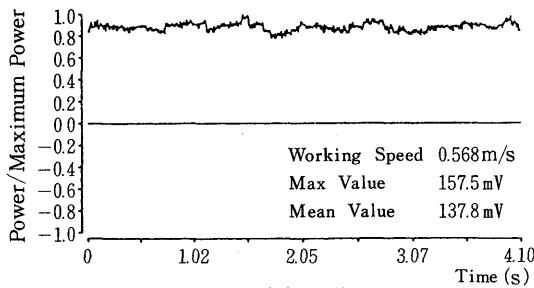


(a) N型

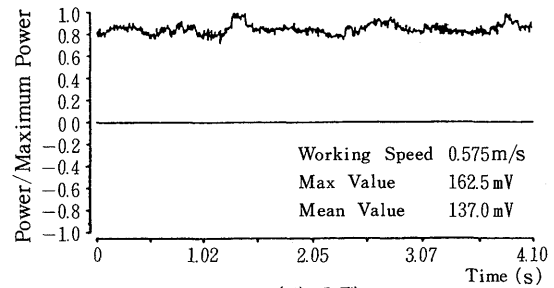


(c) M型

Water Content 25±0.5%  
 R-V Conv. Speed 0.2ms  
 Sampling Timing 250Hz  
 Data Points 1024

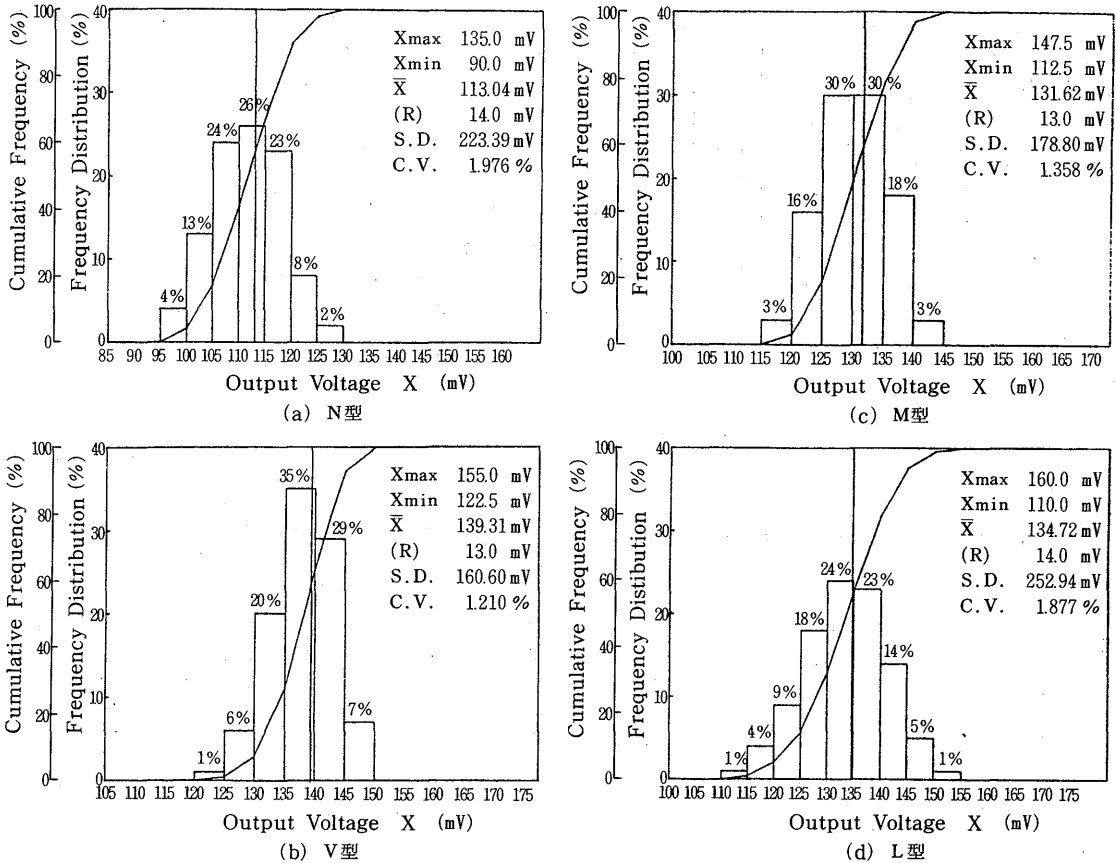


(b) V型



(d) L型

第4図 形状別の原波形線図



第5図 測定データの頻度分布図

第1表 スペーサ形状による測定精度の分散分析

速度条件 (m/s)	形状 因子	実測F値	因子寄与率 $\rho$ %	有意グループ高水準別順位
0.2	N, M, V, L	5.68*	42.42	$\overleftrightarrow{M, V, L, N}$
0.4	N, M, V, L	21.0**	75.96	$\overleftrightarrow{V, L, M, N}$
0.6	N, M, V, L	20.89**	75.78	$\overleftrightarrow{V, L, M, N}$
0.8	N, M, V, L	12.69**	64.84	$\overleftrightarrow{V, M, L, N}$
1.0	N, M, V, L	75.80**	75.80	$\overleftrightarrow{V, M, L, N}$

- 1) \*危険率5%水準で有意。
- 2) \*\*危険率1%水準で有意。
- 3) アンダーラインは有意グループを示す。
- 4) 矢印は相互に水準間差のあったことを示す。

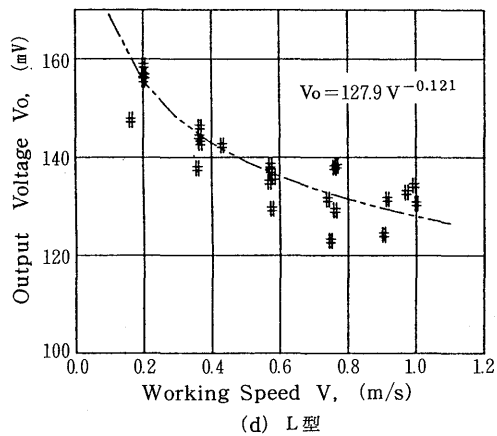
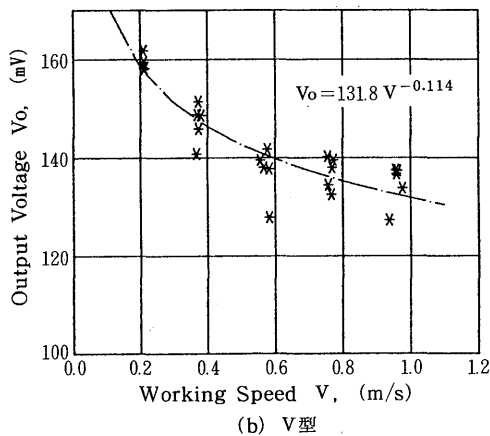
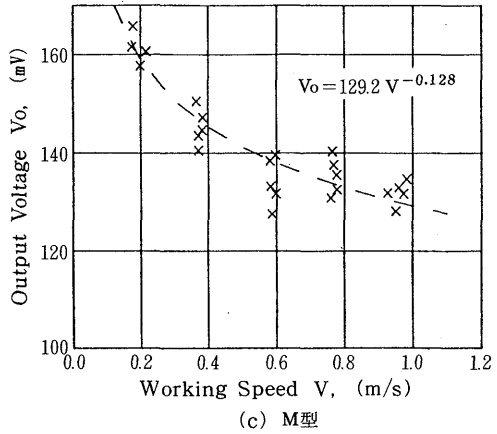
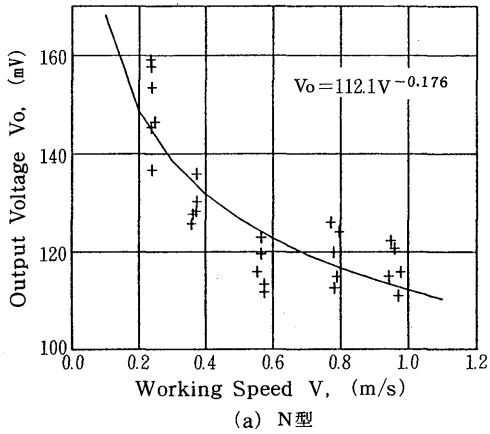
いでM型, N型, L型の順になっている。線図や分布形状, その他の諸統計数値から見てもV型スペーサ形状で安定してまとまりのあるデータ出力をしていることが分かる。

スペーサ形状別での走行速度の変化に対するセンサ出力線図を第6図に示した。各データのプロット点は出力値1024個の平均である。ばらつきの多いものほど出力データの安定性と信頼度は低く, N型スペーサにおけるデータ出力値のばらつきが大きいのが特徴的である。これらを一つにまとめたものを第7図に示した。なお, 各デー

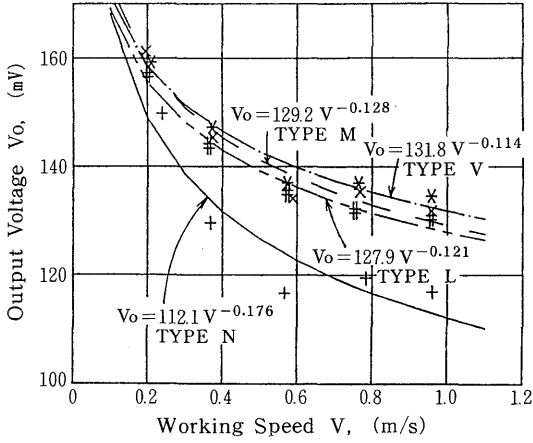
タのプロット点はそれぞれの5回走行の測定値平均である。M型, V型, L型は, 作業速度の増大によって出力電圧の下降変化がみられるが, 従来形に比し安定した変化であるということが分かる。

これらの結果を一元配置法によって解析したのが第1表である。N型とM型, V型, L型との間に有意差が認められる。また, 0.4m/s以上になる場合にはV型が高水準でありV型が四つのスペーサの中で, 作業速度の変化に対しても最も安定したデータを出力している。

スペーサ形状別による出力電圧の変動係数についての



第6図 形状別の出力電圧

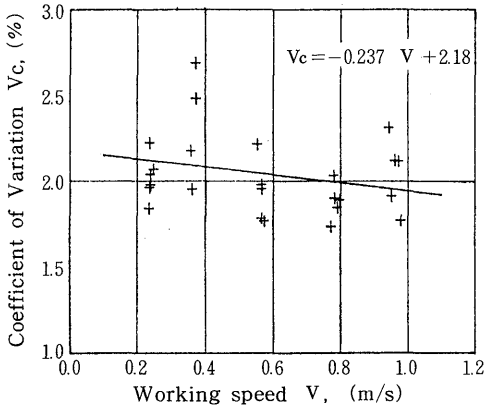


第7図 形状別の出力電圧

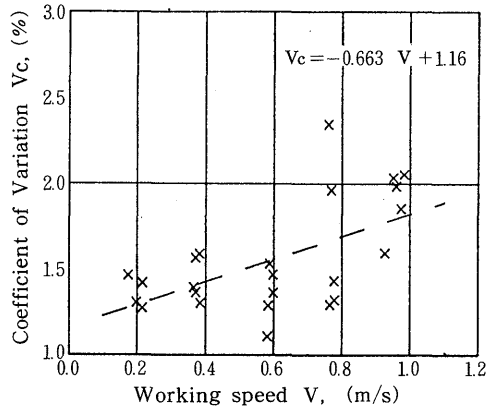
回帰線図を第8図(a, b, c, d)に, そのまとめを第9図に示した。これによると, N型は比較的安定しているが全体的に変動係数がやや高くばらつきも多い, M型, L型は変動係数は小さいが速度による変化がやや大きい。V型は変動係数が小さく作業速度の変化に対しても比較的安定した検出を行っていることが分かる。

以上のように, 今回使用した4種類の電極間に設けたスペーサの中では, 最も安定したデータを取得できるのはV型であることが分かった。これは, 電極間の土の圧密が, 特に電極板への圧密度がスペーサ形状によって左右され, 結果として, V型スペーサで最もよく圧密し, 電極板の接地状態が最も変動の少ないものであったことを示唆していると考えられる。

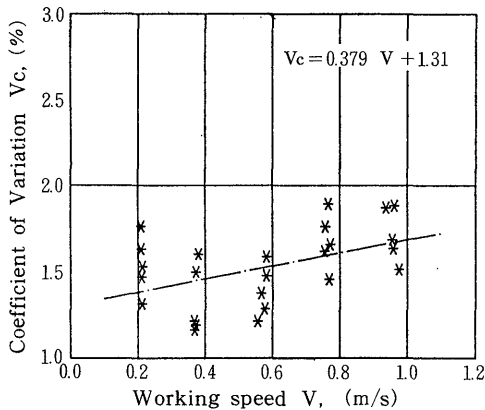
一方, 従来型のデータのばらつきが大きいのは, スペーサによる圧密が少なく, むしろ電極板の貫入による土層



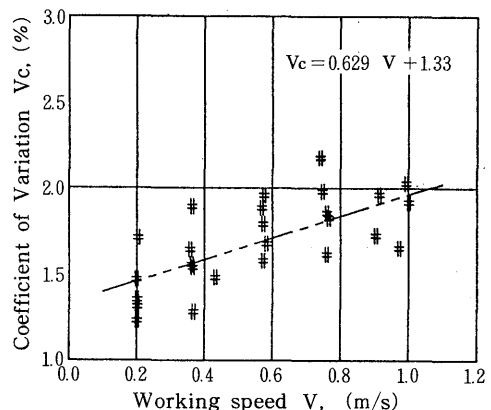
(a) N型



(c) M型



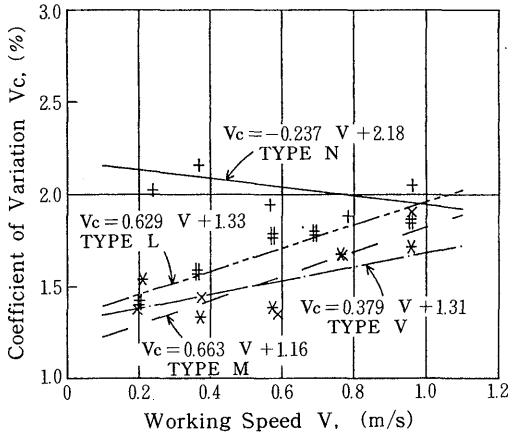
(b) V型



(d) L型

第8図 作業速度と測定データの変動係数

の乱れが極板と土壌の不安定な接触状態を起こし、出力データの変動が大きくなったものと考えられる。



第9図 作業速度と測定データの変動係数

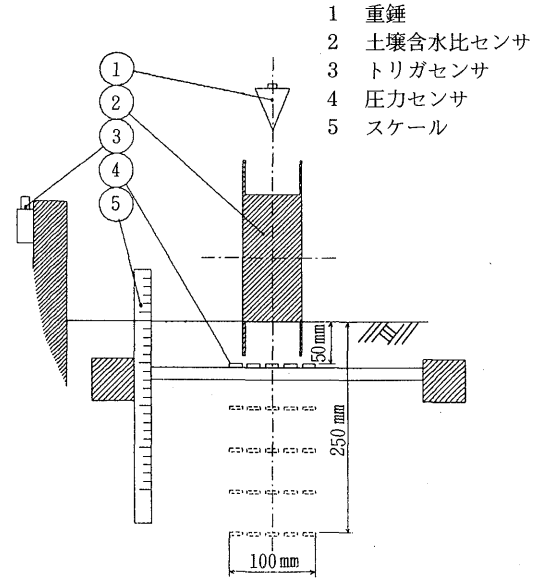
スパーサ形状による検出部の土圧の分布

以上のことから、スパーサ形状差により検出データに変動差が生じることが判明し、その要因は圧密作用の発生割合によるものと考えられる。ここでは圧力センサを使用し、スパーサ形状差によりどのような圧力分布を示すのか測定し、スパーサ形状差の効果を検討した。

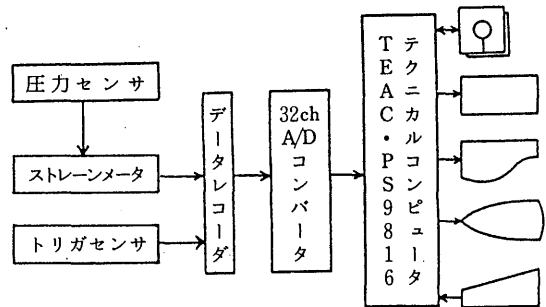
1) 実験方法

供試圧力センサは超小型圧縮用のひずみゲージ式変換器を使用したもので、φ12mmの円盤で受圧、最大700kPa用のものであり、幅4mm、厚さ15mm、長さ400mmの平鉄に各センサの中心距離が21mm間隔になるよう五つのセンサを固定したものである。このセンサ固定用の平鉄は両端を台座に固定し、沈下などで移動しないように配慮した。走路に埋設深さ50、100、150、200及び250mmの5段階に設置し、各深さごとに各5回の走行実験を行った。なお、ここでは作業速度を0.5m/sで一定とした。また、圧力センサ上部を土壌含水比センサが通過する際にスイッチオンするトリガセンサを設け、通過地点を検出し、圧力センサ埋設位置と土壌含水比センサの中心のずれを補正した。また、進行方向に対し、左右にずれが生じるため、走行後軌跡を計測し、それによって横方向のずれを補正した。同様に深さ方向の誤差も、圧力センサを取り付けた平鉄に垂直方向のスケールを取り付け、埋設後地表面からの深さを計測する事により取り除いた。圧力センサの設置様式を第10図に示す。計測は、圧力センサを

ストレインメータで測定し、データレコーダにトリガ信号と共に記録して解析した。供試の計測装置概略を第11図に示した。



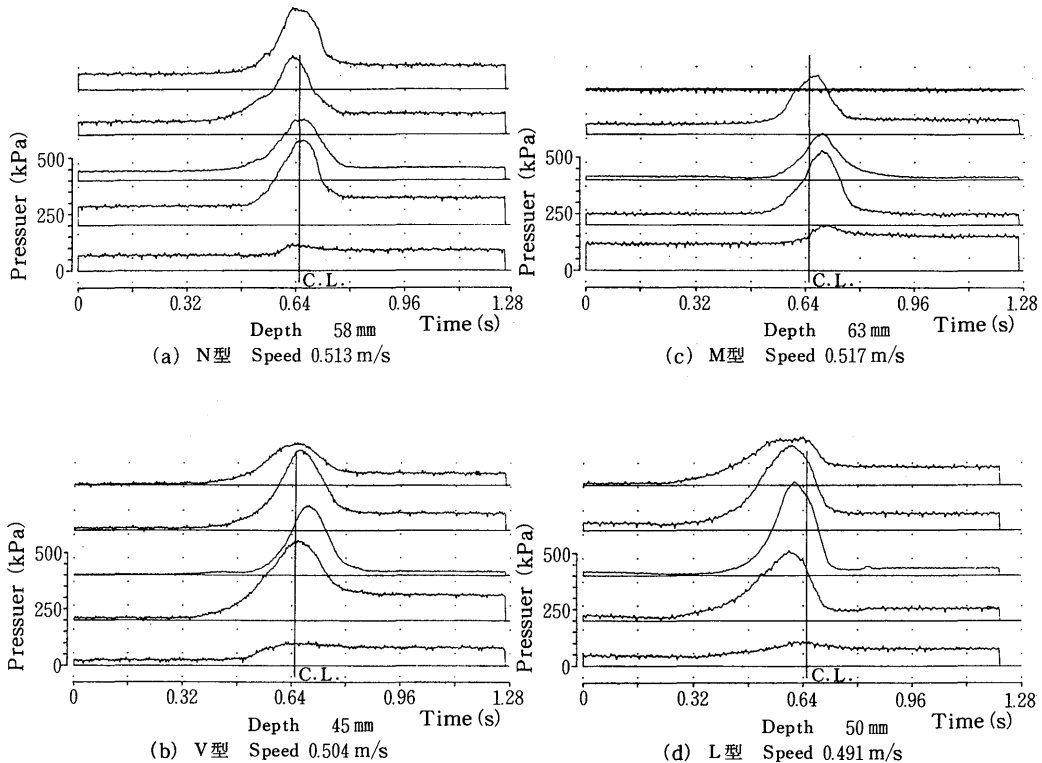
第10図 圧力センサの設置様式



第11図 計測装置

2) 実験結果

原波形線図の例を第12図に示した。このデータから進行方向に対して直角な方向の圧力分布を見たものが第13図である。土壌含水比センサの走行軌跡中心に対して左右対称であると見られるので、片側のみを示した。この図からV型の土圧は深さ50mm付近で少し乱れるものの全体的に安定して発生していることが分かる。これに比べ



第12図 スペーサ形状別による圧力線図

てN型では全域にわたり土圧が不安定であり、L型についても中心付近の土圧が高く、M型では極板下の土圧が高くなっている。全体として、検出部への土圧の発生が一様でない。このことから土圧がV型の場合走行底部まで一様に発生しており、それなりの圧力効果をもたらしたものと考えられる。

### 総合考察

土壌含水比センサとして電気抵抗法によるセンサの開発を行ってきたが、安定したデータの取得を目指し試行を行ってきた。本報で述べたとおり、土壌含水比センサのスペーサ形状は含水比データの取得に重要な意味を持つものであり、形状をうまく生かすことにより、より安定したデータの取得が可能となった。しかし、今回の実験で速度によるデータの補正が必要となり、特に低速時にはデータ変動の大きくなることも判明した。通常の作業は様々な速度で作業を行うが、速度センサからの出力

値による補正式で対処できるものと思われる。また、複雑なスペーサ形状では泥詰まりが考えられ、滑らかな曲線を持つスペーサ形状を作り上げるのが望ましいと思われる。

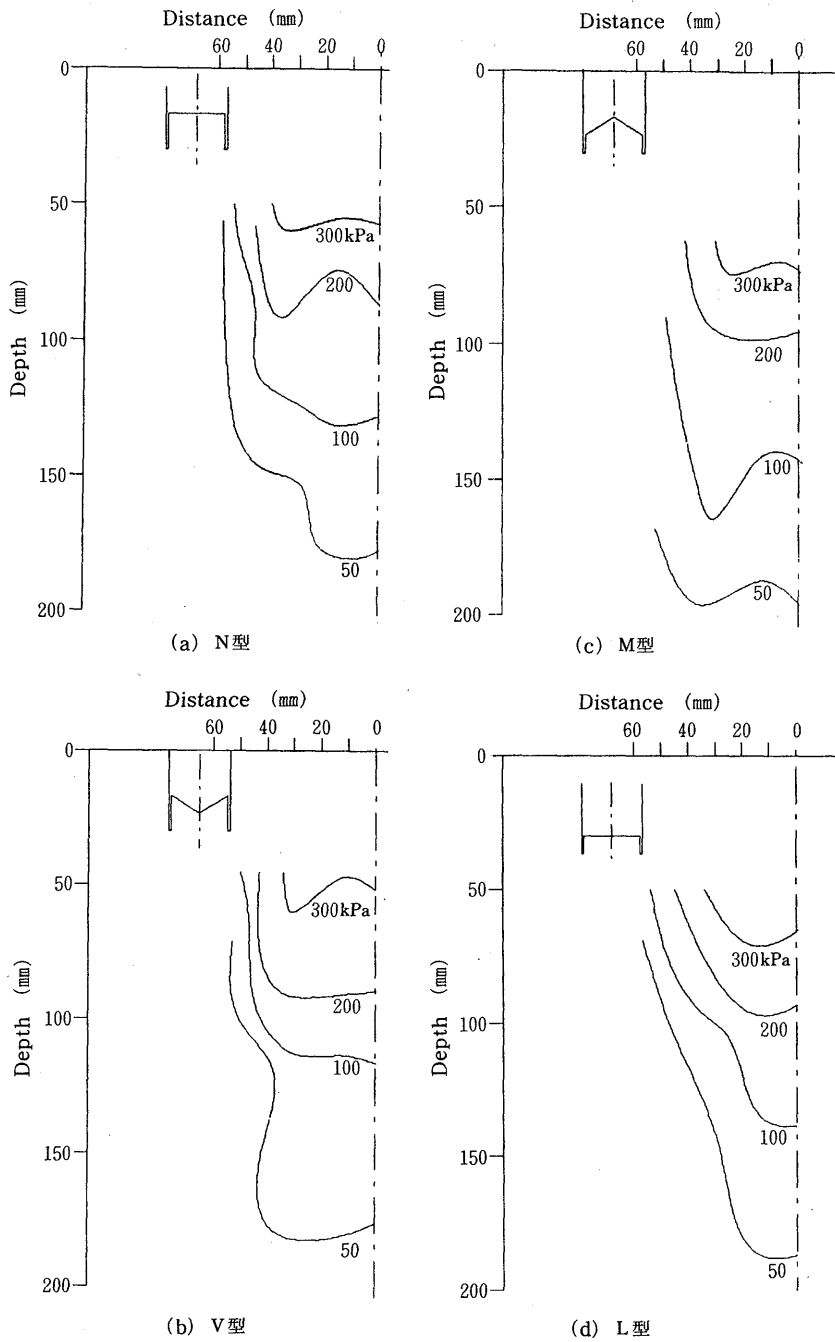
### 摘要

土壌水分センサの電極間スペーサ形状に着目し、その形状とデータ変動について検討した。その結果、形状差によるデータ変動に差が見られ、V型でより安定したデータの取得が可能であることが分かった。また、スペーサ形状と土圧状態の検証を行ったところ、V型スペーサでセンサ電極部の土圧分布が高く、より安定していることが分かった。

### 謝辞

終わりに、本研究に御協力いただいた専攻学生の矢野弘之君に深甚の謝意を表す。





第13図 形状別の圧力線図

## 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
- 2) 小松 實・西村彰浩：農用トラクタの自動作業に関する研究 (II). 鳥大農研報, 46 57~63