

## プラウイング性能のコンピュータ計測

### II. 計測システムについて

小松 實\*・張 萃明\*\*

平成2年5月31日受付

## Studies on Computer Measurement System of the Plowing Performances

### II. Measurement System

Minoru KOMATSU\* and Cuiming ZHANG\*\*

In the second report, a microcomputer - based instrumentation system making use of the sensors developed in the first report and examples of the measurement and data processing using the system were disclosed. Basic performance diagram by realtime processing was prepared in terms of a relationship between soil specific resistance and plowing depth, in addition to the preparation of various other performance diagrams by post processing.

#### 緒 言

本報では、コンピュータによる計測システムとその実用例について述べる。すなわち、これまで報告してきたロータリー耕うん<sup>3)</sup>やトラクタのけん引作業<sup>2)</sup>の性能測定のように、基本性能線図のリアルタイム描出によってテストの進捗をチェックし、同時に関連性能因子の測定データの収録を行うシステムである。全体の性能解析は、

主として室内における二次的なデータ処理システムによって行われる。

Tompkins ら<sup>1)</sup> (1982) や Clark ら<sup>1)</sup> (1985) も著者らと同様に、フィールド性能のコンピュータ計測を報じている。これらは、主とするところはデータの収録であって、若干の項目、たとえばテストランごとの主データの平均値のプリントアウトを1テストランごとに行っている。また、米、NTML(National Tillage Machinery

\* 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

\*\* 中華人民共和国 四川工業学院

\*\* Sichuan Institute of Industry, China

Laboratory, 現NSDL (National Soil Dynamics Laboratory)) や移動自在のフィールドテストカーで有名な DMI test truck(米, Data Motive Inc.), CRREL Instrumented Vehicle (US Army Cold Regions Research and Engineering Laboratory) では、それぞれの工夫があって、テスト中のモニターリングをオシログラムによるアナログ波あるいはデジタルメータによって行っている<sup>2)</sup>。基本性能などの線図の描出は、テスト終了後室内のデータ再生によって行っている。

われわれの開発目標であるシステムは、継続したテストの終始を一つの基本性能線図上に集約して描出することによってテストの進捗をコントロールすることと、詳細データのプリントアウト、テストランごとの因子別データの平均化などをリアルタイムで実行することによる合目的なテスト状態の把握にある。現段階では、このようにして得られた視覚を通しての判断と更に進んだ個別データ表のチェックによってオペレータが状況判断を行う段階である。しかし、たとえば冬眠中のかえるをロータリ耕うん刃が切削するトルク変化や、コンクリート路上にあった稲わら1本が原因で発生した車輪のすべり、並びにけん引力線のわずかな不定常変化をオペレータが確認した事実などをみると、サンプリング条件の適切な設定があれば、これまでにない因果関係の解析が可能となる。

### システムの概要

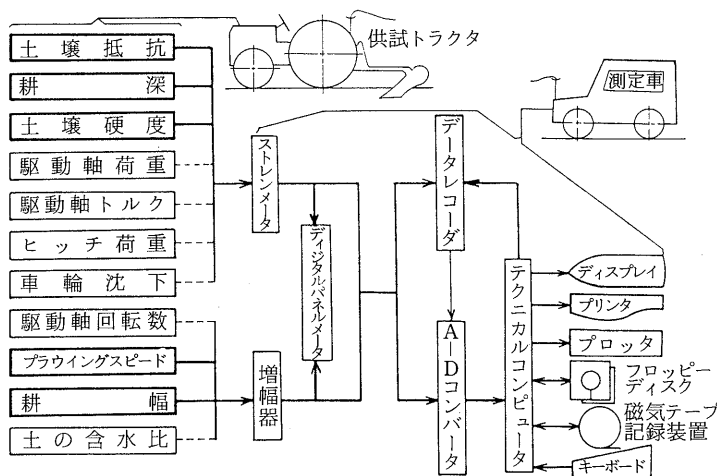
ブラウイング性能のコンピュータ計測システムの構成を第1図に示した。測定する性能因子は、目的によって

取捨選択される。本テストでは、前第1報で報告した5種類の因子、すなわち、同図の太線枠で表わした土壤抵抗、耕深、土壤硬度、ブラウイングスピード(作業速度)及び耕幅である。これらを測定するセンサは供試トラクタが装着するブラウ本体に近接して装置される。附随する測定用機器並びにコンピュータと周辺機器は、供試トラクタに伴走する測定車に搭載した。

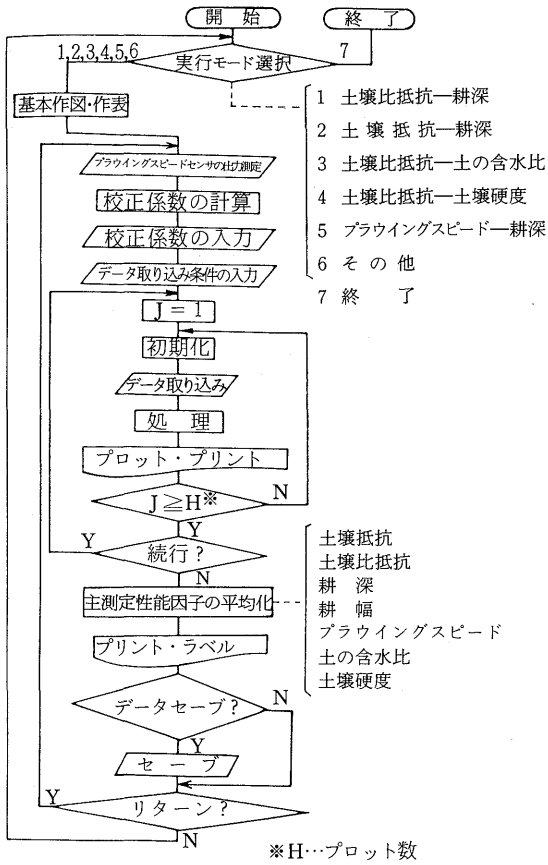
センサの出力は増幅機器を経て最大1.5V以内のアナログ電圧量で出力され、A-Dコンバータ(32ch, データバッファ16Kデータ, サンプリングスピード25 $\mu$ s(40kHz)~0.82s(1.2Hz), 分解能12bit)からテクニカルコンピュータ(PS-9816(01), CPU:モトローラMC6800, クロック周波数8MHz, メモリ容量2.5MB)に入り、収集・処理・記録される。生データと処理データの双方とも個々にあるいは1テストランの平均値などでプリントアウトし、更に作図関係処理データはプロッタでプロットやラベリングされて基本性能線図を作成する。このリアルタイム処理の流れと同時に、各測定生データはコンピュータ制御のデータレコーダに収集され、事後の再生処理に供される。なお、オペレータの広範なモニターリングのためにmV単位の読み取り可能なデジタルパネルメータを配している。

### プログラム構成

ブラウイング性能計測用プログラムのフローチャートが第2図である。実行モードは目的によって選択されるが、本報では土壤比抵抗-耕深のモードによって実行し



第1図 プラウイング性能計測システム



第2図 プラウイング性能計測のフローチャート

た。本研究が作業性能を主とする因子を対象にしたシステムであるが、実際にはけん引するトラクタ側の機械量のセンシングも加わるから、モードとしてはかなりの数になる。本プログラムでは、基本性能線図で示される以外の性能因子も同時に処理され、プリントアウトとラベリングされるシステムとしているから、これらのデータを基に二次処理では基本性能線図以外のモードの選択あるいは、再設定が容易である。また、プラウイングスピードセンサからの出力はグランドホイールの回転数に比例して出力されるから、テスト前に、その圃場状態で決まるグランドホイールの有効径を決定しておく必要がある。この有効径は計算処理するための校正係数として入力される。

データ取り込みの具体的な条件はテスト内容によってとなるが、圃場の形状や大きさ、土壤状態の均一度なども考慮する。テスト回数、1テスト回数当りの測定数、1測定当りのデータサンプリング数並びにサンプリング

間隔などである。以下、フローチャートにしたがって実行される。実働中のデータ取り込み指令は、供試機の状態を判断してオペレータから発せられ、設定のデータ取得がなされればコンピュータから終了信号が発せられる。同時にサンプリングデータの結果が線図にプロットされ、データシートにプリントアウトされる。同様の繰り返しが1テスト当りの測定数だけ実行され、続いてテスト条件、ここではX軸に配される耕深の変更で次のテスト段階に移行する。そして、耕深変更が設定耕深になっているかどうかは、デジタルパネルメータによって判断される。その他テスト途上での各センサからの出力状態は、必要に応じこのデジタルパネルメータでチェックされる。

設定のデータサンプリングが終われば、他の測定関連因子のそのテスト間の測定値の平均が出力され、記録される。なお、基本性能線図のY軸となる従属因子が2種類以上設定されるときは、主従属因子外の全テスト間のデータは、この段階でコンピュータメモリから出力されて線図化される。本報では、耕深の変化によつてのプラウイングスピードの状態を線図化している。

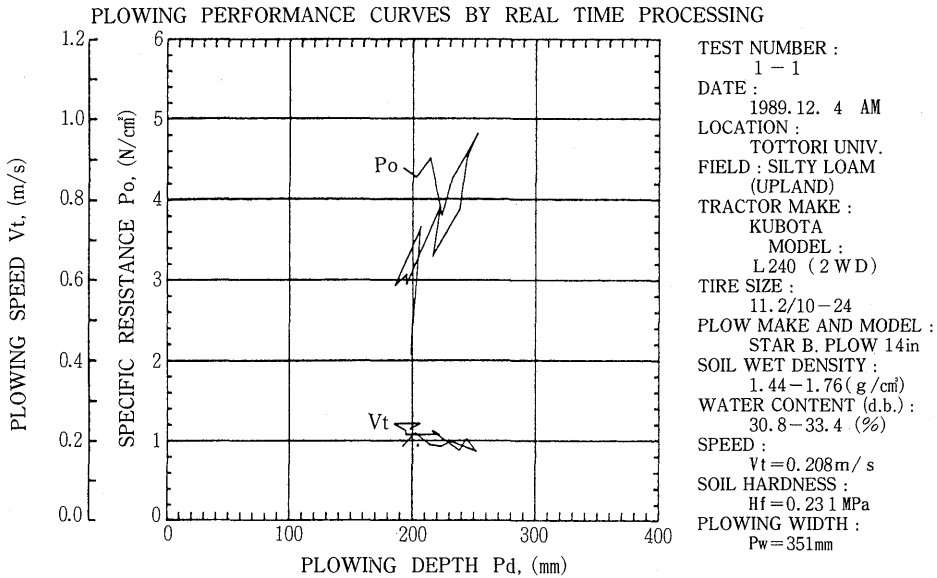
この外、テスト終了後の室内の二次処理用プログラムとして、基本性能線図、全測定因子の時間経過による変化の要約図、各因子ごとの出力分布図並びに時系列解析関係のスペクトル、自己相関係数などのプログラム、更にこれらのデータ処理や整理をサポートするための統計解析、推定(実験式適用)や補完処理プログラムが作成されている。

## 性能測定例

### 1 リアルタイム処理の性能線図

リアルタイム処理で描出した基本性能線図例を第3図に示した。同図右側には、テスト番号、実施日、場所と圃場、供試トラクタとブラウ、圃場の含水比、土の湿潤密度、並びにテスト終了後ラベリングされたプラウイング速度、土壤硬度及び耕幅の平均値が記入されている。

耕深の一つの設定点でプロット数を5点、1プロット点のデータ数100、サンプリングインターバル $25\mu s \times 100$ のもので、プロット間を実線連続記入することによって、テストの経過が判断できるようにしている。耕深設定は3段のもので、第1表のデータシートが示すように平均耕深が195.8、234.3、212.2mmである。範囲は185~252mmとなっている。同図下方のプラウイングスピードVtは、土壤比抵抗Poの耕深対応点プロットされている。



第3図 リアルタイム処理で描出した基本性能線図

第1表 データシートの例

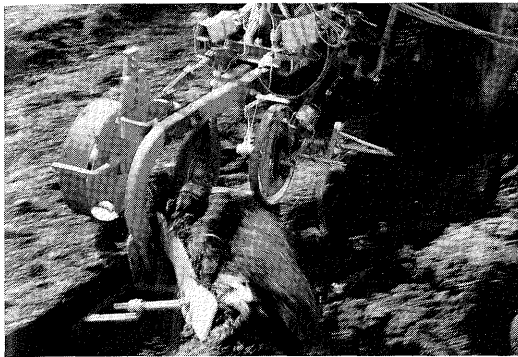
```

*****
MEASUREMENT OF SOIL SPECIFIC RESISTANCE
*****

----- TEST CONDITIONS -----

TEST NUMBER:          1-1
DATE:                1989.12.4.AM
LOCATION:             TOTTORI UNIV.
FIELD:              SILTY LOAM(UPLAND)
TRACTOR MAKE:      KUBOTA
TRACTOR MODEL:     L240(2WD)
TIRE SIZE:         11.2/10-24
PLOW MAKE AND MODEL: STAR B.PLOW 14in.
SOIL WET DENSITY:  1.588 g/cm³
WATER CONTENT(d.b.): 32.02 %
    
```

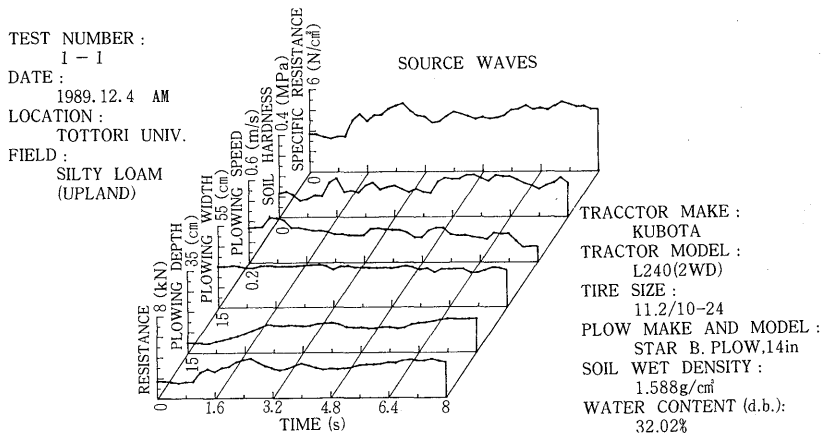
RUN/CH	1:CH(N)		2:CH(mm)		3:CH(mm)		4:CH(m/s)		5:CH(MPa)		S.R. (N/cm²)
	1f	2f	Fd	Pw	Vt	Hf	Po				
1 - 1 :	1334.700	198.100	325.200		.230	.236	2.072				
1 - 2 :	2493.800	206.100	330.700		.243	.235	3.659				
1 - 3 :	2152.600	185.100	397.700		.242	.265	2.924				
1 - 4 :	2005.200	194.800	335.700		.224	.178	3.066				
1 - 5 :	1776.000	194.700	309.400		.215	.192	2.948				
AVE:	1952.500	195.800	339.700		.231	.221	2.934				
2 - 1 :	3253.100	221.800	375.500		.215	.226	3.906				
2 - 2 :	2571.900	215.500	362.300		.225	.283	3.294				
2 - 3 :	3299.100	238.100	357.000		.175	.257	3.881				
2 - 4 :	3717.500	243.900	336.400		.204	.309	4.531				
2 - 5 :	4338.200	252.100	357.200		.173	.261	4.818				
AVE:	3436.000	234.300	357.700		.198	.267	4.086				
3 - 1 :	3469.300	231.100	352.300		.198	.209	4.261				
3 - 2 :	3270.300	222.900	386.200		.185	.224	3.799				
3 - 3 :	3433.500	213.300	356.500		.190	.225	4.515				
3 - 4 :	2999.200	201.800	347.800		.219	.170	4.273				
3 - 5 :	2820.700	191.900	335.100		.185	.197	4.386				
AVE:	3198.600	212.200	355.600		.195	.205	4.247				



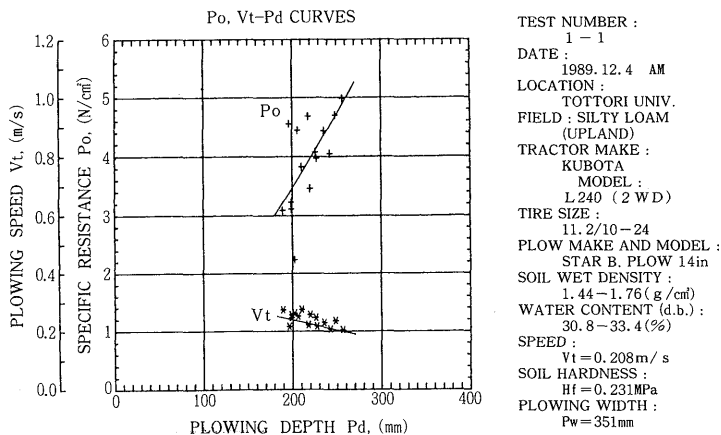
第4図 テスト中のセンサ部

2 二次処理線図

圃場で収録したデータを再生処理し、全測定データを時間経過について立体線図化したのが第5図である。これには土壌抵抗を耕深と耕幅の乗積で除した計算処理値で描かせた土壌比抵抗線も加えている。同期的にこれらの線図を検討して行くと、各因子間の関連が推定できる。すなわち、土壌抵抗の増加は耕深の増加と符号し、これに対してプラウイングスピードは減少を示している。耕幅はほぼ一定であり、これまでの知見では、土壌比抵抗は、耕深の増加に対して減少線図となるのが普通である。しかし増加を示している。これは土壌硬度も耕深の増加とともに大となる傾向が認められ、結果として耕深の増



第5図 原波形図

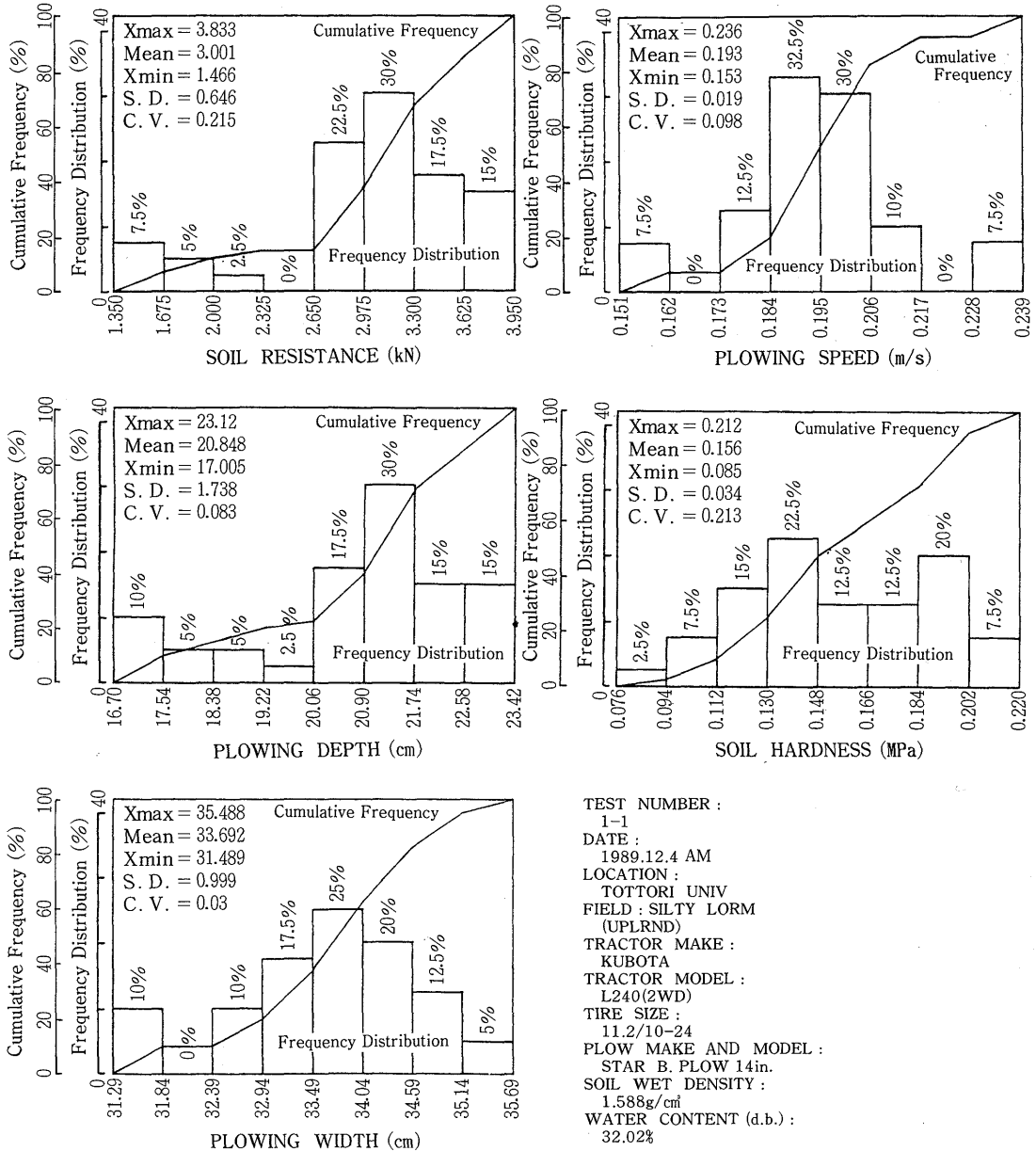


第6図 二次処理の基本性能線図

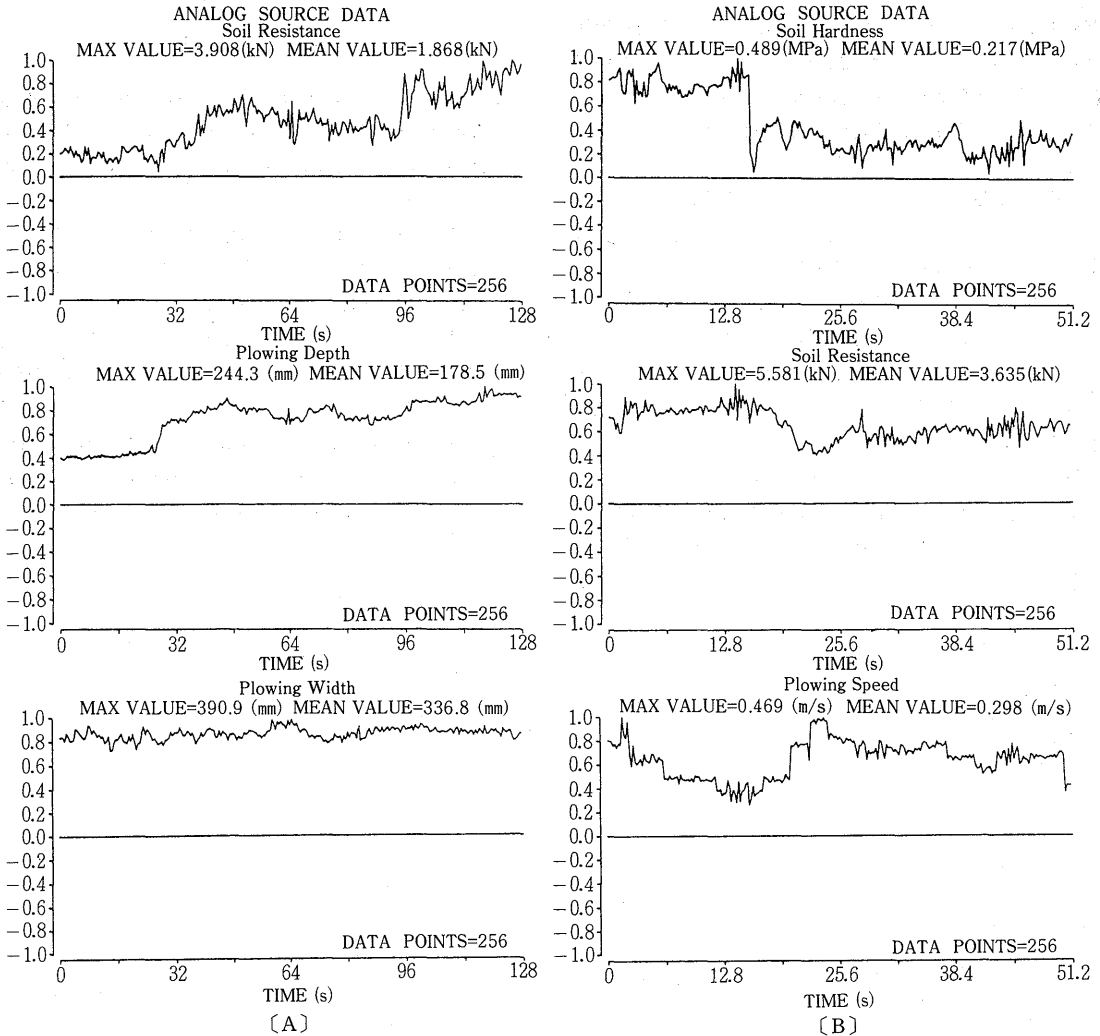
加とともに土壌比抵抗も増加する線図となったものと考えられる。

なお、この原波形描出のプログラムは、同期収録したデータから1chごとに逐次プロットし、同時にデジタル数値をプリントアウトするシステムである。

第6図に示す二次処理の基本性能線図は、第3図のリアルタイム処理に相当する収録データ部を再生描出したもので、部分的なプログラムの変更によってデータは点プロットのみである。そして、実験式適合処理によって傾向線が描出される。実験式は、耕深をPdとすると土壌



第7図 測定値の分布解析



第8図 原波形による因子関連の比較

比抵抗 $Po$ は、 $Po=1.809 \times 10^{-3} Pd^{1.42}$ 、同様にブラウイングスピード $Vt$ は、 $Vt=0.359-7.04 \times 10^{-4} Pd$ である。

第7図は、前同様に再生データによって測定値のレベルとその出現ひん度を解析したものである。測定された5種類のデータは、同期取得され、1因子ごとの線図化が順次遂行されてプログラムが終わる。図外のテスト条件その他に関するラベリングは、実圃場テストでコンピュータ計測した時の条件をキーボード入力によってなされたものである。分布線図と累積線を同一図に、また、一定のフレームサイズ取得データの統計値がそれぞれの因子の線図内にラベリングするプログラムとしている。

第8図として示した図は、第5図で説明した因子間の

関連を更に詳細にするために作られたプログラムで描出したもので、この場合は、描出因子の選択と適正な時間系列の選択が重要になる。もちろん同期取得が前提である。同図 [A] では、耕幅一定で耕深の変化に対する土壤抵抗の変化を、また、[B] では土壤硬度が土壤抵抗並びにブラウイングスピードに及ぼす影響を極めて有意に例示している。

摘 要

本報では、第1報で報じた各種のセンサを使用しているコンピュータ計測システム、並びに実施例について述べた。野外テストにおけるデータのリアルタイム処理には、

実験機器やデータ取得方法，計算処理，結果の表示方法と収録などについて多くの配慮と時折りのチェックが必要である。適切なセンサは皆無状態のために，ほとんどは自作によって構成し，移動計測に耐え連続出力する装置として本計測システムに利用した。

本報での基本性能線図は，プラウの土壌比抵抗・プラウイングスピード—耕深の関係で描出させた。同時に収録したデータから多くの二次処理を行うためのプログラムの作成を行い，その結果を事例表示した。なお，本システムのコンピュータとその周辺機器は，1984年に文部省科学研究費によって設備したものである。

終わりに，本研究に協力いただいた当時の専攻学生野中武史（現，アイシン精機㈱），大原豊司（現，三菱自動車工業㈱）の各氏に深甚の謝意を表わす。

付記，著者の一人張萃明氏は，中華人民共和国政府の派遣により1989年4月から1年間，本学外国人研究者として滞在した。

## 文 献

- 1) Clark, R. L. and Adsit, A. H. : Microcomputer Based Instrumentation System to Measure Tractor Field Performance. *Transactions of the ASAE*, **28** 393-396 (1985)
- 2) 小松 實・広田幸人・岡崎充之：フィールドテストにおけるコンピュータ計測（第1報）. 農業機械学会誌, **48** 103-106 (1986)
- 3) 小松 實・岡崎充之・広田幸人：フィールドテストにおけるコンピュータ計測（第2報）. 農業機械学会誌, **48** 242-246 (1986)
- 4) Tompkins, F. D. and Wilhelm, L. R. : Microcomputer Based, Tractor Data Acquisition System. *Transactions of the ASAE*, **25** 1540-1543 (1982)