



ロータリ耕うんの自動操向におけるトラッキング・エラー値の検出 : 赤外線光電センサによる方法

堀尾, 尚志

(Citation)

神戸大学農学部研究報告, 16(2):477-482

(Issue Date)

1985-01-31

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00225568>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00225568>



ロータリ耕うんの自動操向における トラッキング・エラー値の検出

——赤外線光電センサによる方法——*

堀尾尚志**

(昭和59年8月10日受理)

THE DETECTION OF TRACKING-ERROR VALUE FOR AUTOMATIC STEERING OF ROTARY TILLAGE

——A Method Using a Infrared Sensor and a Microcomputer——

Hisashi HORIO

Abstract

A new detection method of the tracking-error value was investigated for an automatic steering system of rotary tillage produced by sensing the tilled and untilled land border as a guide marker. Scanning soil surface across the border with refractional type infrared photo-electric sensor, significant valley of sensor output voltage appears at the scanning upon the border. The trial detecting system is constructed from scanning device and signal processing unit using a microcomputer. Scanning device is constructed from oscillating mirror and photo-electric sensor. 11 pulses generated by photo-interrupter and slits at the designed rotational position of oscillation set the sampling timing of converting sensor output voltage into 8 bits digital input for microcomputer. The count number sampling the minimum value is found and the difference between its number and 6 (the center number of 11 samplings) is multiplied by the distance of scanned soil surface for one sampling interval. The evaluated value is put out from PIA port and presents the tracking-error value. In this paper, the details of detection method and trial detecting system, and the results of test carried out are presented.

検出方法の問題点

既耕地と未耕地の境界を目標経路とするロータリ耕うんの自動操向において、目標経路の検出方法として研究されてきたものには、既耕地と未耕地の土壌硬度の違いを接触子の沈下量の差で検出する方法¹⁾や、赤外線反射率の違いを利用する方法^{2,3)}がある。反射型赤外線光電センサを用いる後者の方法では、ほ場の土壌条件によっては既耕地と未耕地の境界付近でのセンサ出力電圧の立ち上がりがない場合がある。そのため、センサの出力電圧をコンパレータに入力しても境界の真上でスイッチングが行われない。この立ち上がりがない点だけでなく、これも土壌条件によっては既耕地と未耕地と

で赤外線の反射があまり変わらず出力電圧の差が充分でない場合がある。ほ場での自動操向試験の準備として神戸大学附属農場の水田において、末・既耕地間境界付近を境界と直角方向に反射型赤外線光電センサで走査したときの出力電圧の計測を試みた。その水田の土壌は粘質土であって、しかも計測を行なった日は土壌水分が高かったため、ロータリ耕跡の土塊は、刃で削られた表面が鏡面ようになっていた。この鏡面状の土塊表面での赤外線の反射が大きかったためと考えられるが、出力電圧に充分な差がみられず、既耕地の方がかえって高くなる場合すらあった。

センサを境界と直角方向に走査させながらセンサの出力電圧と位置をXYレコーダに記録した結果を検討したところ、どのデータも境界のところで出力電圧が最低になっていることが判明した。これは、尾輪跡が深くくぼんでいるため、その上にセンサが来たとき出力電圧が低

* 農業機械学会 (昭59) 発表

** 農業動力学研究室

下するものと考えられる。そうすれば、この最低の電圧を出力するときのセンサ位置を探せば、尾輪跡すなわち目標経路とする未・既耕地間境界の位置を検出でき、操向時のトラッキング・エラー値を得ることができる。そこで、こうした着想を具体化して現実に使いうのかどうかをさらに確かめるため、上記以外の水田で条件の違うところを選び計測した。

センサ出力電圧の計測と未・既耕地間境界の検出方法

反射型赤外線光電センサを一定の高さに保持しつつは場面を走査させるため、図1のように山型鋼で組んだ台車の上に移動する台車にセンサを垂直下向きに取付け、手回しハンドルの付いたプーリで台車を引っぱる糸を巻き取り、台車をほぼ一定の速度で移動させた。差動トランス式変位計のコアを糸でつるし、その糸をプーリ軸に巻き付け台車の移動とともにコアが上下するようにして台車の位置を検出し、センサ出力電圧とともにXYレコーダにより記録した。センサの走査は、未・既耕地間境界と直角方向に境界を中心に約50cm行い、境界の方向に5cmずつずらしてこれを繰り返した。計測の状況を図2に

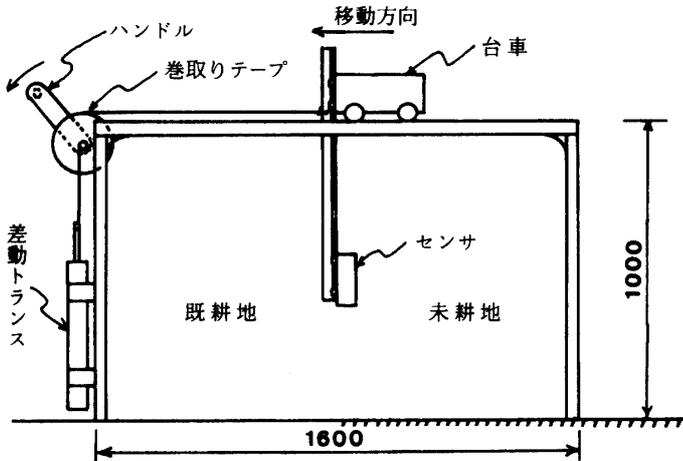


図1 計測装置



図2 計測の状況

示す。なお、供試したセンサには感度調節のため、増幅部入力電圧を可変抵抗で分圧しているが、増幅部出力が飽和しないところにこれを調節した。表1に、計測に供用した水田の状況と関連事項を示す。また、図3にロータリ耕うんした第2番水田の状況を示す。なお、第1番水田の状況は図2に示すとおりである。

図4(1)(2)に計測の結果を示す。縦軸にセンサの出力電圧を、横軸に尾輪跡を基準にしたセンサ位置をとり、前述のように走査する場所を境界の方向に5cmずつずらして計測したものを3次元表示で示した。(1)は表1第1番水田、(2)は同第2番水田における結果である。ほとんどの走査において、尾輪跡の上で出力電圧が最低となっているが、そうでない場合がある。例えば(1)において手前から3つ目のものがそうで、耕起された土塊が尾輪跡のくぼみにころがりこんだためである。しかし一般的には実際の水田での計測結果から、

表1 供用水田の状況

水田番号	1	2
所在	神大農場(加西) 中国山地の盆地	農家(姫路) 山寄りの平地
土壌の種類 色* 含水比**	埴壤土 10 YR 4/4 29%	砂壤土 2.5 YR 3/1 20%
作業種別 田面被覆状況	秋起し 切断されたわら	二番耕 スズメノテッポウ
トラクタ ロータリ	ヤンマー 2500 HS " RS1500 B	三菱 D1600 " E1365
耕うんピッチ	13.2 cm	9.3 cm

注) *既耕地ロータリ耕うん直後 **地表面下5cm

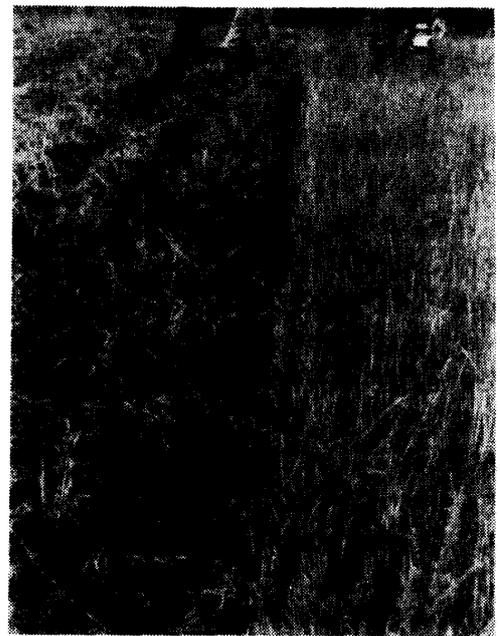


図3 供用水田の状況(表1中第2番水田)

未・既耕地間の境界すなわち尾輪跡のくぼみの上にセンサが来たとき出力電圧が最低になるといえる。出力電圧が最低となるときのセンサの位置を求めるために、境界付近の田面を走査しているセンサの出力電圧を一定間隔でサンプリングし、サンプル値の最小値を探す。図5に示すように、 k 番目のサンプリング位置を基準としたとき、 n 個のサンプル値のうち i 番目のものが最低値になれば、1 サンプリング間隔の間にセンサが走査する田面上の距離 s に $(k - i)$ を乗じた値が、未・既耕地間境界と検出部の相対距離となる。

試作検出装置及び試験方法

反射型赤外線光電センサで田面を走査するために、センサそのものを垂直下向きに保ちつつ動かすことは、往復動による加速度が大きいことや、往復動させるための装置を車載できるようコンパクトにまとめることのため、いささか困難である。そこで、可動部分をできるだけ軽く小さくするため、センサの前に鏡を45°傾けて置き、それを揺動させることにした(図6参照)。この場合、走査範囲の両外側に近づくにつれ光軸が田面に対し傾くため、センサにもどってくる反射光が少なくなり、センサが尾輪跡のくぼみを走査するときより出力電圧が低くなるおそ

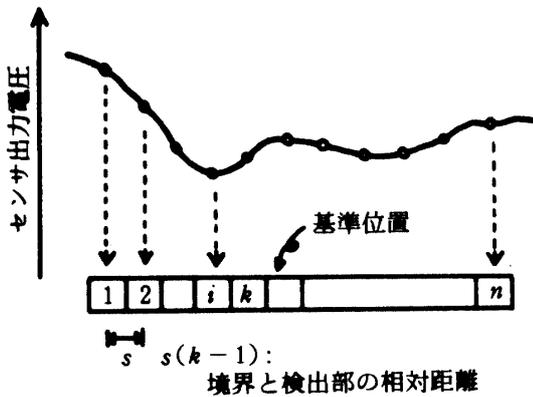
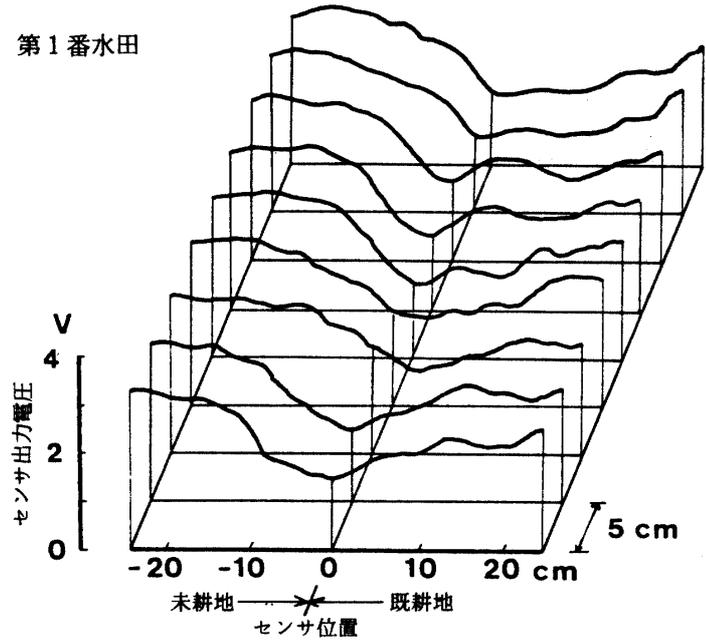


図5 検出方法の概念

(1) 第1番水田



(2) 第2番水田

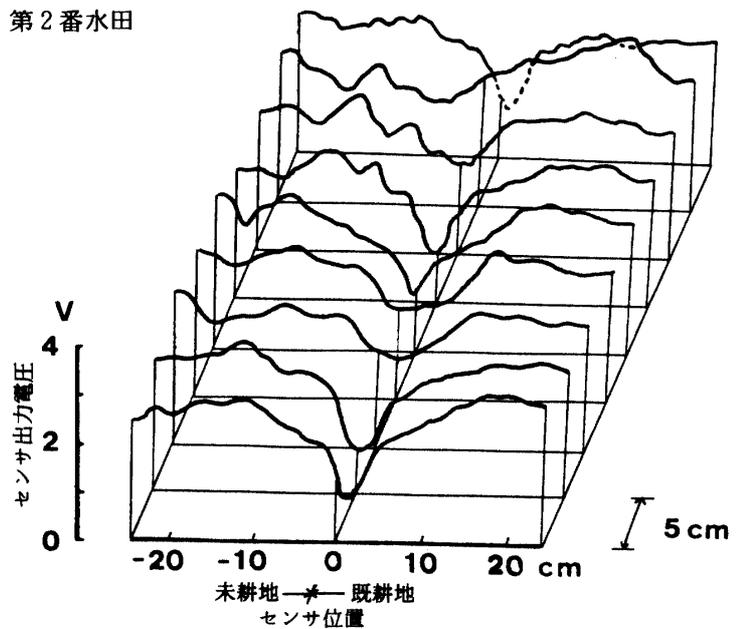


図4 田面を走査したときのセンサ出力電圧の変化

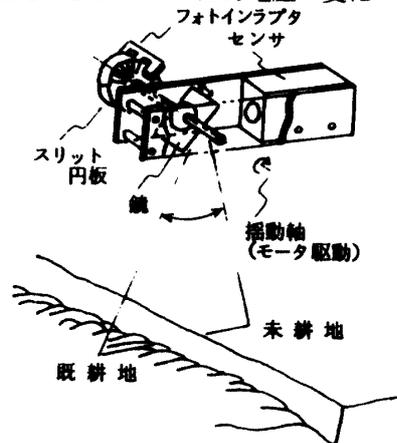


図6 検出方法の実際

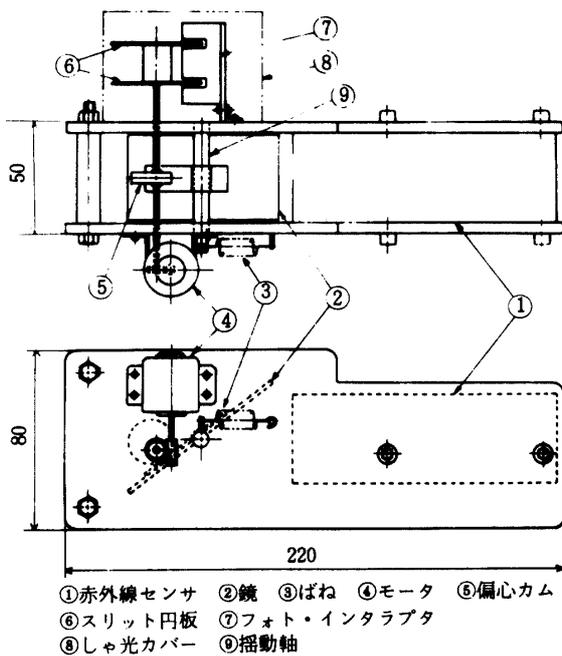


図7 検出部の構造

れがある。しかし、田面を20cm走査するとして、検出部の地上高が40cmのとき必要な鏡の揺動角は±14°、また地上高50cmでは±11.3°であるが、この条件で実際に測定したところ尾輪跡における最低電圧よりも低くなることはなかった。この結果は1事例でのものに過ぎないが一応の見通しを与えよう。また、走査する田面の距離を20cmとしたことに根拠があったわけではないが、さらに長い距離が必要であれば検出部の地上高を高くし、センサに内蔵されている増幅部入力分圧用の可変抵抗を調節し直すことで対応できる。

図6のように田面を走査する検出部の構造を図7に示

す。揺動軸に取付けた鏡を、ウォーム歯車を介して小型の直流モータで駆動される偏心カムにより揺動させた。偏心カム軸には2枚のスリット円板が取付けられており、これとフォト・インタラプタによりパルスを発生する。一方の円板には所定の回転角位置にスリットが1本あり、サンプリング開始のタイミング・パルスを発生し、他方の円板にはそのスリットより少し遅れた回転角位置から11本のスリットが並んでいて、センサ出力電圧をサンプリングするコマンド・パルスを発生する。鏡が揺動中心より±13°の回転範囲で11個のパルスが発生するようにスリットが設けられており、パルス間隔は赤外線が走査する田面の2cmに相当する。カム軸の回転数は180 rpmとし、1/3sに1回、11個1組のサンプリングをするようにしたが、これは、ロータリ耕うん(作業速度0.3 m/s)での走行距離10 cmに相当する。なお、フォト・インタラプタとスリット円板は、太陽光からしゃ光するためカバーで覆った。

マイクロ・コンピュータの入出力回路を図8に示す。フォト・インタラプタ(1)からサンプリング開始のパルス信号がPIAのCA1に、フォト・インタラプタ(2)からのパルスはブランク・アンド・コンバージョン信号としてサンプル・ホールド・アンプ及びADコンバータに入力される。ADコンバータのデータ・レディー信号はCB1に入力されデータをPA0~7で取込む。出力はPB0~7からDAコンバータ、オペアンプを介してアナログ電圧の装置出力となる。未・既耕地間境界位置を検出するプログラムの流れ図を図9に示す。サンプリング開始の信号(CA1)によりサンプリングを開始し逐次センサ出力電圧を読込んでいき、最低の電圧をサン

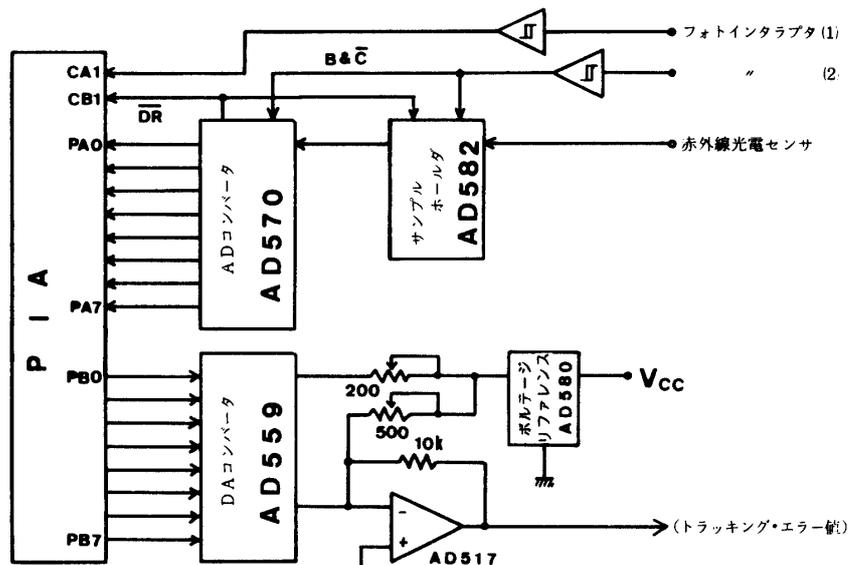


図8 入出力回路

プリングした番数をメモリしサンプル値が11個になると、図7について述べたように、基準値となる番数とメモリされた番数との差に係数を乗じた値を未・既耕地間境界位置と検出部の相対位置として出力し次のサンプリング開始の信号待ちとなる。

試作した検出装置を試験するため、まず室内においてロータリ耕うんしたときの尾輪跡と同じ断面形に土を成型し（くぼみの深さ10 cm）、その上方に検出部を前出の図1に示した移動台車に取付け、検出部の位置と装置出力電圧をXYレコーダに入力し、検出部の偏心カム軸を手動で1回転させるごとにペンを下げ打点し、検出部の位置を変えてこれを繰返した。ついで、ほ場に単軌条運搬機の軌条と運搬車を利用したトラバサを設け、検出装置を載せた運搬車をほぼ一定の速度0.3m/sで手で押し移動させて、軌条と平行にロータリ耕うんしたあとの未・既耕地間境界位置すなわち尾輪跡位置を検出した。検出値である装置出力電圧、センサ出力電圧、フォトインタラプタ出力及び走行マーカを磁気テープ・レコーダに記録した。なお、走行マーカは同型のセンサを横向に運搬車に取付け、軌条の支柱からの反射によるパルスをマーカとした。そして、尾輪跡の位置を実測した。

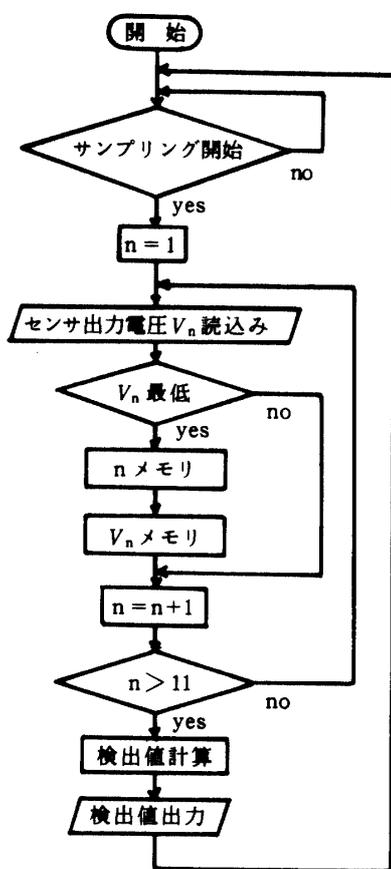


図9 プログラムの流れ図

結果及び考察

まず、ほ場における計測例を図10に示す。センサ出力電圧は4個目のコマンド・パルス（ダウン・エッジでコンバージョン・セット）のところで最低値を示している。スリットの数だけのパルスが入るとセンサ出力電圧のとり込みが終わり境界位置の検出値が出力されるが、このとき装置出力電圧が変化しているのは、最低値のあった番地が前回サンプリングのときと違っていたためである。

室内試験で測定した検出部の位置と装置出力電圧の関係を図11に示す。縦軸に装置出力電圧をとり、横軸に検出部の位置を、鏡の揺動軸が尾輪跡の上方にあるときを基準にしてとった。検出部位置と出力電圧の関係は段階比例的になっており、約2 cm に対して1 v 変化している。

ロータリ耕うんしたほ場における未・既耕地間境界位置の検出例を図12に示す。実線は検出装置出力電圧で、実測値をプロットで示した。なお、出力電圧の1 v がほ場面上での2 cm に相当する。○印でプロットしたとこ

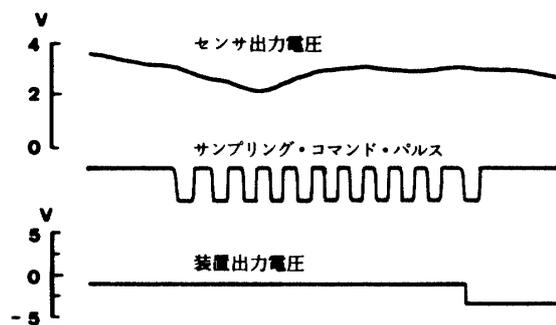


図10 装置の計測例

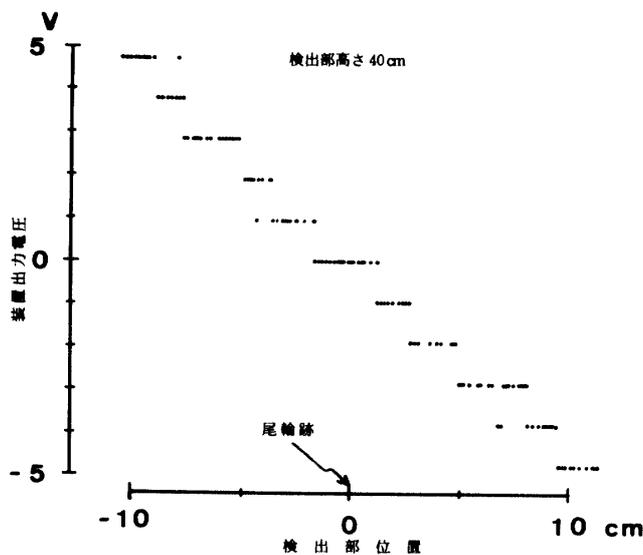


図11 検出部位置と装置出力電圧

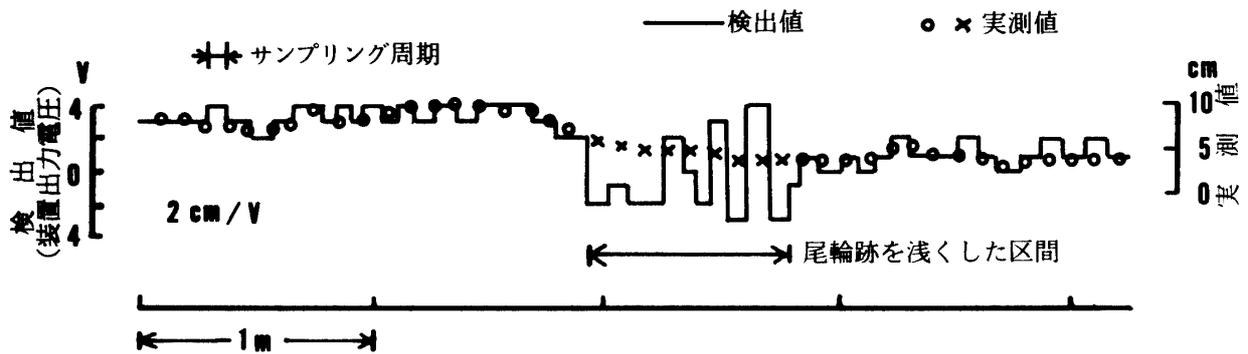


図12 ロータリ耕うん尾輪跡の検出例

ろはロータリ耕うんしたあとのまま（くぼみの深さ、平均8cm）で、なかほどにある×印でプロットした約80cmの区間は尾輪跡に土を落してくぼみを浅くしたところ（深さ、平均4cm）である。先に図4（1）に関して述べたように、尾輪跡のくぼみに土塊がころがり込んだような場合、最低値が全く別のところに現われていたが、これと同じ状況をつくるために設けた区間である。○印の区間では実測値とよく一致した検出値が得られているが、×印の区間では検出不能の状態である。図4に示したような実際のデータからすれば、くぼみはこのように連続して浅くならないから、1回前のサンプリングによる検出値とかけ離れた検出値が出た場合、これを検出値とせず前の検出値で代用するというような処置をとればよく、ソフト・ウェア上の対策で簡単に解決できる。また、○印でプロットした区間でも検出値に1段階（1v = 2cm）の変動が出ている。検出部を静止させたときには、このような検出値のばらつきがみられないことから、移動時には検出部を取付けた台車がローリングする

ので、赤外線が走査する場所が進行方向に対して左右に移動するため生じているものと考えられる。実際の車両にとりて走り出したときのローリングは、さらに大きいと予想されるから変動はさらに増えるであろう。検出部の傾きを検出して補正するというような方法も考えられるが、簡単な方法で対応するには検出値を移動平均するなどして平滑すればよく、これもソフト・ウェア上の対策により解決できる。

参 考 文 献

- 1) 川村 登・並河 清・津田龍美：小型トラクタの自動操向に関する基礎的実験，農機学会関西支部報，42，40-43（1977）
- 2) 川村 登・並河 清・福元 豊：トラクタ作業機の追従型自動操向装置，農機学会関西支部報，46，19-20（1979）
- 3) 川村 登：農業機械の電子計算機制御に関する研究，文部省科学研究費研究成果報告書（1982）