

耕うん播種機の研究

第10報 ソレノイド式点播シャッター機構の性能

永 田 雅 輝*

Studies on Tillage Planter

X. On the performance of the hill dropping shutter using a solenoid

Masateru NAGATA*

(1978年5月10日受理)

I 緒 言

第8報⁵⁾で報告したように、ロール式くり出し装置における点播シャッターは点播精度を高める手段として有効であった。しかし、現在のカムによる開閉機構はシャッターの開閉タイミングおよび開口速度がカム回転数（ロール回転数）に影響され、実用的播種速度の範囲では若干の問題を残した。この問題を解決するには、シャッター開口速度がカム回転数（ロール回転数）に影響されず、常に一定でしかも高速度である機構が望ましい。

そこで、本報では上記の条件を満足する新しい機構としてカムの代りにソレノイドを利用した開閉機構を試みることにした。ソレノイドは自動制御機器の部品で、その特性は低サイクル時の仕事の吸引力にあり¹⁾²⁾、播種機のような長時間、高サイクル時の仕事に使用しうるか若干問題である。よって、ソレノイドに関する二、三の特性試験および試作したソレノイド式点播機の点播性能試験を行なうて、ソレノイドの適用化について検討した。

II ソレノイド式点播シャッターの機構解析

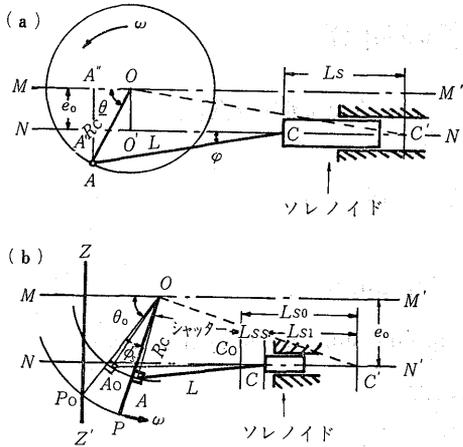
ソレノイド式点播シャッターの機構は、第1図のようにシャッター背面(A)とソレノイドの鉄心とをロッドで連結して、鉄心の水平変位によってシャッターを開き、バネで閉じる機構とした。よってその運動は偏りスライダクランク機構として取扱うことができる。そこで、鉄心の行程とシャッターの開口角は次のようにして機構解析ができる。

まず、第1図(a)において、偏りを e_0 、クランクの長さを R_c 、ロッドの長さを L とし、鉄心が最右端Cより L_0 だけ変位した時のシャッターの回転中心Oを通る MM' とのなす角を θ 、鉄心の変位軌跡の中心線 NN' とロッドのなす角を φ とし、A、Oより MM' 、 NN' に下した垂線の足をA、A'、O' とすると、図より次の関係が成り立つ。

$$L_0 = \sqrt{(R_c + L)^2 + e_0^2} + R_c \cos \theta - L \cos \varphi \quad (1)$$

ここで、 $R_c \sin \theta = L \sin \varphi + e_0$ より

* 農業機械学研究室



第1図 シャッターの開閉機構

け揺動されるためのソレノイドの変位 L_{ss} は、

$$L_{ss} = L_{s0} - L_{s1} \quad (4)$$

として求めることができる。

ここで、 L_{s0} は、図において初期条件を A_0 、 C_0 、 P_0 の位置とし、シャッターが水平となす角を θ_0 とすると、(3)式で $\theta = \theta_0$ とおいて次式で与えられる。

$$L_{s0} = \sqrt{(R_c + L)^2 + e_0^2} + R_c \cos \theta_0 - L \sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin \theta_0 - \frac{e_0}{L} \right\}^2} \quad (5)$$

また、 L_{s1} は、ソレノイドが右へ L_{ss} だけ変位した時のシャッター開口角度を ϕ_s とすると、同様に(3)式で $\theta = \theta_0 + \phi_s$ とおいて次式で求められる。

$$L_{s1} = \sqrt{(R_c + L)^2 + e_0^2} + R_c \cos(\theta_0 + \phi_s) - L \sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin(\theta_0 + \phi_s) - \frac{e_0}{L} \right\}^2} \quad (6)$$

ゆえに、ソレノイドの変位 L_{ss} とシャッター開口角 ϕ_s の関係は、(5)、(6)式を(4)式へ代入して次式で与えられる。

$$L_{ss} = R_c \{ \cos \theta_0 - \cos(\theta_0 + \phi_s) \} - L \left[\sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin(\theta_0 + \phi_s) - \frac{e_0}{L} \right\}^2} - \sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin \theta_0 - \frac{e_0}{L} \right\}^2} \right] \quad (7)$$

そこで、(7)式より L_{ss} と ϕ_s の関係について、初期条件 $R_c = 31$ mm, $L = 54$ mm, $e_0 = 16$ mm, $\theta_0 = 84^\circ$ を代入して数値計算した結果、第2図のようになった。

III ソレノイドの諸特性

1. 実験装置および方法

(1) ソレノイド

供試したソレノイドはストローク 20 mm で 4 kg の吸引力をもつプル型である。本実験では交流

$$\sin \varphi = \frac{R_c}{L} \sin \theta - \frac{e_0}{L}$$

$$\therefore \cos \varphi = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi}$$

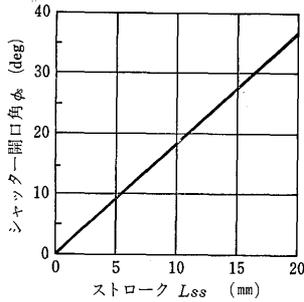
$$= \sqrt{1 - \left(\frac{R_c}{L} \sin \theta - \frac{e_0}{L} \right)^2} \quad (2)$$

ゆえに、上式より L_s と θ の関係は、次式で求められる。

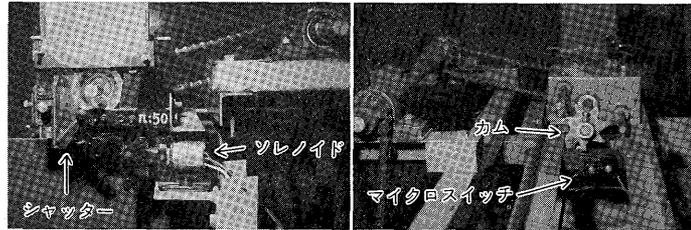
$$L_s = \sqrt{(R_c + L)^2 + e_0^2} + R_c \cos \theta$$

$$- L \sqrt{1 - \left(\frac{R_c}{L} \sin \theta - \frac{e_0}{L} \right)^2} \quad (3)$$

次に、図(b)においてソレノイドのC点が最右端に移動した位置を C' 、シャッターが閉じている時のC点の位置を C_0 とし、 $C'C_0 = L_{s0}$ 、 $CC' = L_{s1}$ とすると、シャッターをある範囲だ



第2図 ソレノイドのストロークとシャッター開口角の関係



第3図 実験装置

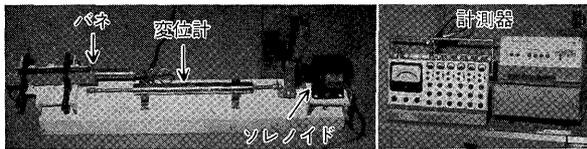
型を使用した。実用上はトラクターのバッテリーを電源とする直流型がよい。

(2) 実験装置

第3図に実験装置を示す。ソレノイドとシャッターは直径2mmのピアノ線で連結した。ソレノイドとくり出し装置は分離して取り付け、吸引時の衝撃がくり出し装置に伝わらないように配慮した。ソレノイドへの通電はマイクロスイッチをカムでON-OFFすることにより行なった。カムは第6報⁴⁾の点播シャッターカムを利用し、ロール軸へ固定したので、ロールと同一回転をする。カムの歯数はセルの数と同じとした。

(3) 測定項目および方法

- ① 吸引速度：ソレノイドによりシャッターを開口する場合には、ソレノイドの吸引速度が問題となる。そこで、ストロークと吸引時間の関係が無負荷時、負荷時について測定した。負荷はバネ（バネ定数 K' は 416g/cm）による変動荷重とした。吸引速度は第4図のように、変位計（1DS-3 T、新興通信）を鉄心に固定して、電磁オシロ



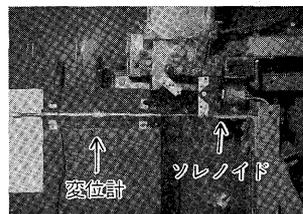
第4図 吸引時間の測定装置

記録計（チャート紙の送り速度は 100 cm/s）から変位（ストローク）と時間を測定し、計算で求めた。なお、ストロークは無負荷時を 10, 20, 30 mm として、負荷時は 20 mm とした。

- ② 温度上昇：第5図のように、熱電対を用いて、ソレノイドの長時間使用および短周期連続使用時のコイル、鉄心の温度上昇を、ロール回転数 10, 20 rpm で連続1時間使用時について測定した。



第5図 ソレノイドの温度測定



第6図 シャッター開閉時間の測定

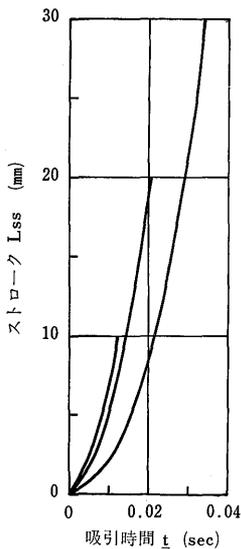
熱電対は Cu と Co を用いて製作し、記録計は打点式平衡記録計を用いた。

③ シャッター開閉時間：第6図のように、ソレノイドの鉄心に変位計をとりつけ、前項①と同様にその変位と時間との関係からシャッター開閉時間を求めた。なお、変位はソレノイドの水平変位（ストローク）である。

④ シャッター開閉のタイミング：セルから排出する種子とシャッター開閉の運動を第6報⁴⁾ で用いた高速度カメラを使って高速度撮影 (200 f/s) し、そのフィルムからタイミングについて解析を加えた。

2. 実験結果および考察

(1) 吸引速度



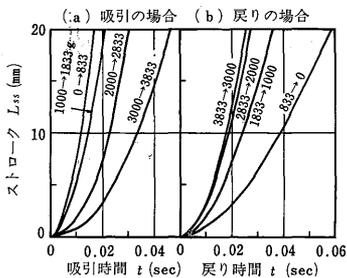
第7図 ストロークと吸引時間の関係

吸引速度をストローク L_{ss} と吸引時間 t の関係でみると、第7図のように無負荷時ではストロークが長くなると、吸引時間 t は遅くなった。平均速度 $v_{ss}(v_{ss}=L_{ss}/t)$ は、 $L_{ss}=10, 20, 30$ mm で、それぞれ $v_{ss}=83, 100, 88$ cm/s であった。次に、バネによる変動では、第8図(a)に示すように吸引時間 t はバネ荷重の初期荷重で異なり、吸引速度 v_{ss} は初期値0および1,000 gでは100 cm/s, 2,000 gでは66.7 cm/s, 3,000 gでは44.4 cm/s であった。バネによる戻り時間は、第8図(b)のようにバネ荷重の初期値の大きいものが短くなった。

ここで、シャッターの開閉時間は第8報⁵⁾ の実験結果からなるべく短かい方がシャッター閉じ時間 T_c を長くしてくれるので都合がよい。そこで、このことを吸引時間と戻り時間の合計でみると、バネの初期値0 gで0.076 sec, 1000 gで0.056 sec, 2000 gで0.058 sec, 3000 gで0.071 sec であった。これより、バネが弱過ぎても強過ぎてもシャッター閉じ時間は長くなるので、適当なバネ強さを選ぶ必要があるといえる。

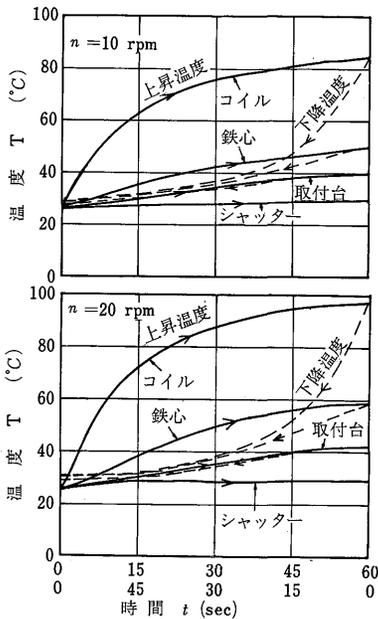
(2) 温度上昇

ロール回転数 $n_r=10, 20$ rpm において、連続1時間使用時のソレノイドの温度上昇は、第9図のようになった。 $n_r=10$ rpm, 20 rpm におけるシャッター開閉時間間隔は、それぞれ0.86 sec, 0.43 sec であり、短周期といえる。図より、コイルは急激な温度上昇を示し、15分後で60~70°Cとなり、1時間後には85~90°Cとなった。鉄心の温度はコイルにくらべると低く、コイルの上昇率の半分以下であった。ソレノイド取付台の温度は1時間後でも40°Cと低かった。ロッドで連結しているシャッターではほとんど温度上昇はみられなかった。なお、 $n_r=10$ と20ではシャッター開閉回数が異なり、 $n_r=20$ が $n_r=10$ より2倍のシャッター開閉回数となるので、温度上昇は速くなった。

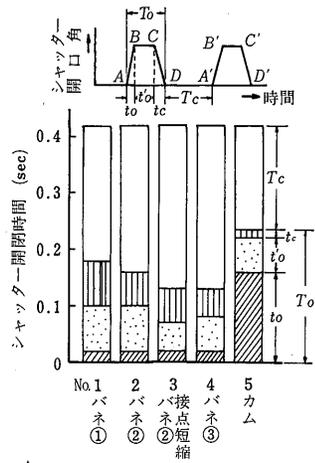


第8図 バネ荷重(バネ定数K=416.7 g/cm)と吸引時間および戻り時間の関係

図の点線は通電を停止した後の下降温度を示すが、停止後15分経過すればコイルの温度は約50°Cに低下した。供試ソレノイドの最高許容温度は130°Cであるので、連続1時間の播種作業は充分可能であるといえる。



第9図 ソレノイドの温度変化



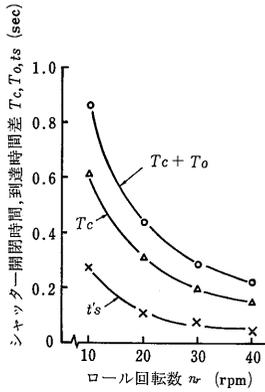
第10図 戻しバネの強さとシャッター開閉時間の関係

(3) シャッター開閉時間

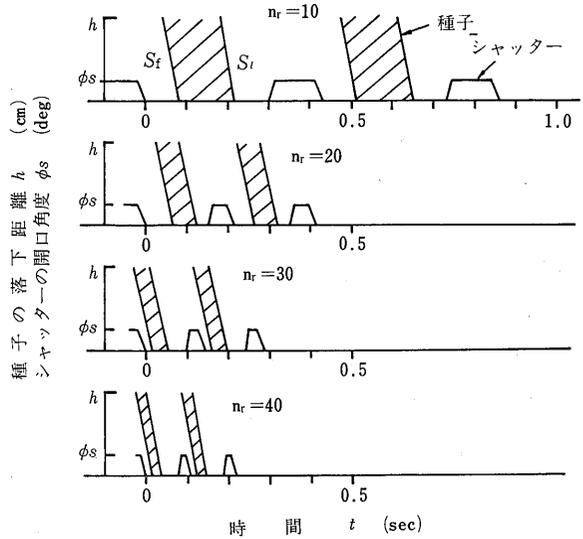
シャッターの開口にソレノイドを使用し、閉じにバネを使用する場合、第8図のようにバネの強弱がシャッター開閉時間の長短を決定した。そこで、バネ定数 K の異なる3本のバネ① ($K=240\text{g/cm}$)、バネ② ($K=330\text{g/cm}$)、バネ③ ($K=430\text{g/cm}$)を用いて、ロール回転数 n_r を20 rpmとした時のシャッター開閉時間をソレノイドの水平変位でみた。第10図はシャッター開閉の1サイクルにおける開き行程中のABの時間を t_0 、BCを t_0' 、CDを t_c とし、閉じ行程時間を T_c として棒グラフで表わしたものである。本実験においては、バネ定数がソレノイドの吸引力にくらべて小さかったので、ソレノイドの吸引時間 t_0 は①、②、③のバネとも同じであった。そのため、開き時間 $T_0 (= t_0 + t_0' + t_c)$ は戻り時間 t_c で決定され、バネ定数の大きいバネ③の使用が、開き時間 T_0 を短くし、閉じ時間 T_c を長くした。また、同一のバネにおいてBCの時間 t_0' を短くする(No. 3に相当)と、 T_c の時間を長くすることができた。カム式シャッター開閉機構の t_c はソレノイドの t_c より非常に短かかったが、逆に t_0 が非常に長いので、閉じ時間 T_c はソレノイドより短くなった。すなわち、シャッター開き時間 T_0 と閉じ時間 T_c の関係は、カム式では $T_0 > T_c$ 、ソレノイド式では $T_0 < T_c$ となり、一サイクルの時間(0.42 sec)で T_c の占める割合は、前者の40%に対し、後者は65%であった。よって、ソレノイドはシャッター開き時間の短縮の効果があるといえる。

(4) シャッター開閉タイミング

シャッター開閉タイミングを、シャッター開き時間 T_0 と閉じ時間 T_c およびセルから排出する最初の種子 S_f と最後の種子 S_i のシャッターへの到達時間差 t_s' の関係でみると、第11図のようにロール回転数 n_r の増加につれて T_0 、 T_c および t_s' は減少した。1サイクル($T_0 + T_c$)での T_c の占める割合は、各ロール回転数においてほぼ同じで、約68~70%であった。また、 t_s' の割合はロール回転数の増加につれて減少し、 $n_r=10\text{ rpm}$ の時に約45%であったのが、 $n_r=40\text{ rpm}$ では29%



第11図 シャッター開閉時間と種子のシャッターへの到達時間差

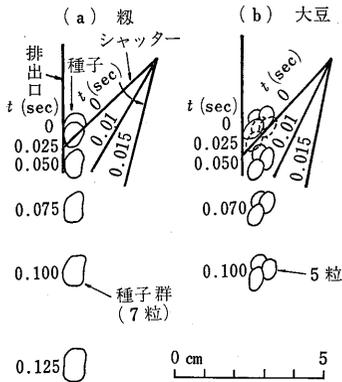


第12図 シャッター開閉タイミング

となり、閉じ時間にゆとりができる。そこで、 T_c 、 T_o 、 t'_s のタイミングについて、第8報⁵⁾ のカムによる第6図とくらべると、第12図のようにロール回転数の速い場合の30、40 rpm においても t'_s に対する T_c のゆとりがみられ、第9報⁷⁾ でのべた T_c 内のバウンド時間 t_B も充分長くとることができる。すなわち、ソレノイドはシャッター開閉タイミングの精度を高め得るといえる。

(5) シャッターからの種子の排出

高速度撮影より求めたシャッターの開口角速度 ω_s は 27.9 rad/s と速く、開口時間は 0.015 sec



第13図 ソレノイドによるシャッター開口時間と種子の落下状態

と非常に短かった。そのため、シャッターからの種子の落下は、第13図(a)に示すように7粒の種子(粳)を一かたまりで落下させることができた。また、大豆のような球形に近い粒子も(b)のようにシャッターから一かたまり(5粒)で落下させることができた。

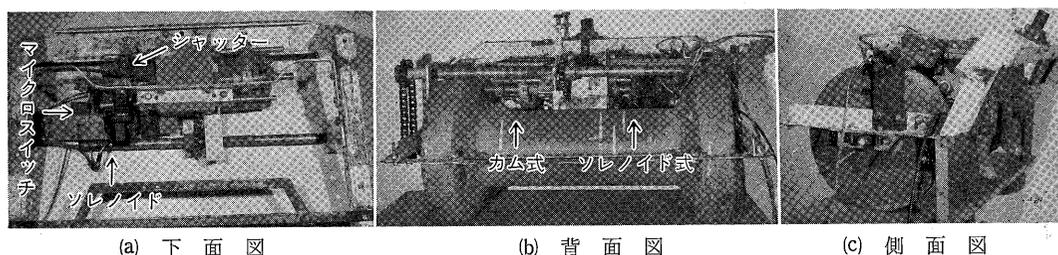
以上より、ソレノイドによるシャッター開閉機構は、従来のカム式開閉機構にくらべると多くの利点が認められた。それは、ロール回転数の影響を受けることがなく常時一定した開閉時間が得られること、作業速度が遅い時、すなわちロール回転数が遅い時でもシャッター上の種子群を一かたまりで落下させえること、シャッター閉じ時間が長くとれること、シャッタータイミングを設定しやすいことなどである。しかし、ソレノイドは吸引時

(鉄心が外枠に衝突した時)にかなりの振動が発生する。本実験では、この振動がくり出し装置に波及しないように、ソレノイドを別枠にとりつけて使用したので問題はなかったが、実用機として使用する場合は問題となる。すなわち、第13図からもわかるように、シャッターが最大開口角となる時間(0.15 sec)では、まだ、種子は初期値の附近にあり、シャッター排出口に触れている。この状態で吸

引時の振動が伝播すると、種子群ははね返されることになる。そこで、これを回避するような装置を作れば、種子群を一かたまりで落下させることができ、精度の高い点播が実用化できるといえる。

IV ソレノイド式点播機の試作と点播性能試験

ソレノイドを利用した点播シャッター開閉機構は、カムによる点播シャッター開閉機構にくらべて多くの利点があることが前項の実験結果から明らかになった。そこで、本項では実用化を目的に、ソレノイド式点播機を試作し、その点播性能についてカム式点播機と比較検討した。実験は実験Ⅰ（点播シャッターの排出特性）と実験Ⅱ（播種の点播性）について行なった。



第14図 試作機

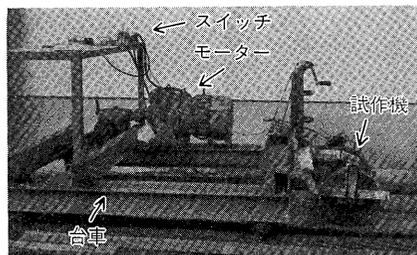
1. 試作機の概要

試作機は、第5報³⁾の第5図の播種部を用いて、第14図のようなソレノイド式点播シャッター開閉機構に改造したものである。図(a)は畦立鎮圧輪をはずし、下からソレノイド、シャッター、スイッチをみた図である。ソレノイドはシャッターの後方に取りつけ、シャッターの背面と鉄心とはロッド(φ2mm)で連結した。ソレノイドとくり出し装置は同じフレームに取りつけるが、前項で述べたように、ソレノイドの吸引時にくり出し装置が振動する恐れがあるので、ソレノイドとフレームとの間に厚さ10mmのゴムダンパーを敷き、また排出口内壁に厚さ1mmのスポンジを貼りつけ、その振動を防止した。シャッターの戻しバネは、バネ定数 $K=430\text{ g/cm}$ のコイルバネを使用した。試作機は2条点播機であるが、図(b)のように1条だけをソレノイド式として、カム式との比較が同一条件下で行なえるようにした。

2. 実験装置および方法

(1) 実験装置

実験Ⅰの実験装置は、第6報⁴⁾の第4図の実験装置を使用して、種子の排出挙動を高速カメラで撮影した。実験Ⅱの実験装置は、第15図のような自走式台車(高さ1,000×幅1,340×高さ1610mm)を用い、その後部に試作機を取りつけたものである。試作機の種子導管には、直径30mmのビニール管を用いた。また、くり出し高さができるべく低くなるように、シャッター面から着地点までの高さは19cmとした。



第15図 実験装置

(2) 実験条件

実験条件は、実験Ⅰではロール回転数(10, 20, 30

rpm), 実験Ⅱでは播種速度 (0.1, 0.2, 0.3, 0.4 m/s) を要因とした. 試作機における播種速度とロール回転数の関係は

$$n_r = \frac{30v}{\pi r_p \eta} \quad (8)$$

$$\eta = \frac{n'_r}{n'_p}$$

v = 播種速度 (m/s)

n_r = ロール回転数 (rpm)

r_p = 畦立鎮圧輪の有効半径 (m)

η = 回転比

n'_r = ロール軸のスプロケット歯数 (枚)

n'_p = 畦立鎮圧輪のスプロケット歯数 (枚)

で与えられる. そこで, 試作機は $r_p=0.15$ m, $n'_r=13$ 枚, $n'_p=12$ 枚としたので, v と n_r の関係は $v=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$ m/s の時, それぞれ $n_r=6, 12, 18, 24$ rpm となる. また実験Ⅱでは, グリス面とクロボク土へ播種し, 前者では約 2 mm 厚にグリスを塗った鉄板面上へ播種し, 後者では細かく砕土 (1 cm 以下の砕土率 90%) したクロボク土へ深さ 1~2 cm で播種した.

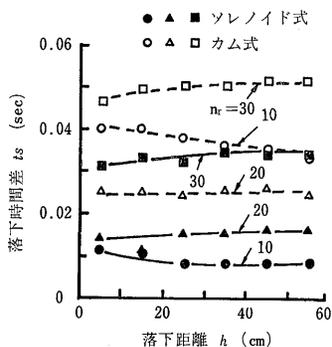
(3) 測定方法

実験Ⅰでは, 点播シャッターからの種子の落下を 200 f/s で高速撮影し, フィルムより排出時間を求めた. 実験Ⅱでは, 播種された種子の進行方向の張り幅とその直角方向のロール軸方向の張り幅について測定した. 土中へ播種された種子の測定は, ふく土を種子が移動しないように注意してとり除いて行なった.

3. 実験結果および考察

(1) 点播シャッターからの排出特性

シャッターから排出される種子群のうち最初と最後の種子の排出時間差は, 第16図のようにソレノイド式がカム式にくらべ, 特にロール回転数の 10, 20 rpm の低回転域において 1/2~1/3 に短縮できた.



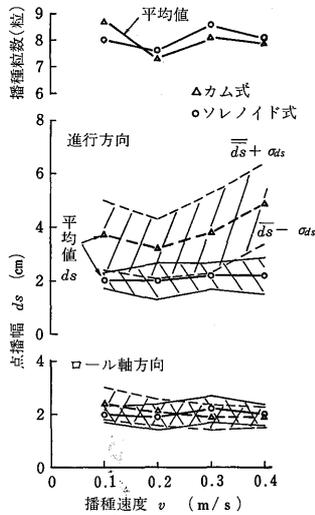
第16図 種子群内の最初と最後の種子の落下時間差

ソレノイド式がカム式にくらべ, 特にロール回転数の 10, 20 rpm の低回転域において 1/2~1/3 に短縮できた. ソレノイド式は, ロール回転数の影響を受けずほぼ均一な点播幅であったが, カム式はロール回転数によりその違いがみられた. ロール回転数が 30 rpm の高速になると, ソレノイド式の点播シャッターからの種子群の排出にもかなりの時間差がみられた. この原因はソレノイドの吸引時の振動が種子に伝わったためと推察される. なお, ソレノイドによる振動を完全に防止するには, 吸引力の軽減やダンパーなどによる解決策の他に, シャッター開閉機構の改良が考えられる. すなわち, 現在の片開き開閉機構から両開き開閉機構に改良すれば, シャッター開

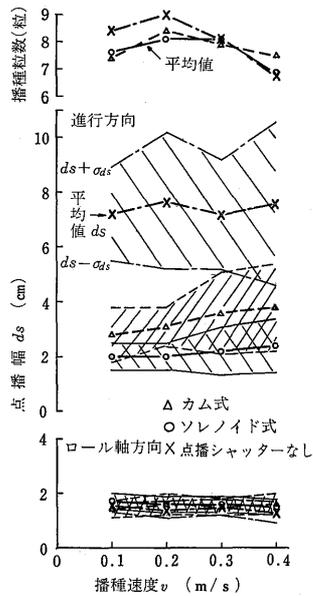
閉時には, 種子は完全にシャッターから離れているので, 振動は伝わらないといえる.

(2) 点播性能

点播は1点の播き幅が狭いほどよい. グリス面に播種された種子群の広がり測定結果を第17図



第17図 グリス面上に播種した場合



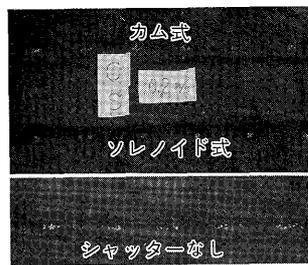
第18図 クロボク土に播種した場合

に示す。播種粒数7~9粒の場合の進行方向の広がりについてみると、ソレノイド式は平均2cmと非常に小さく、カム式の3~5cmにくらべると約1/2であり、しかもバラツキ(標準偏差σ)も小さく、点播性は優れていた。ソレノイド式は播種速度にかかわらず点播幅が均一であったが、カム式は播種速度の増加につれて大きくなった。一方、進向方向と直角のロール軸方向の広がり、両者とも同様に約2cmと小さく、しかも一定であった。

次に、クロボク土へ播種した場合の結果を第18図に示す。グリス面への実験と同様に進行方向の広がり、ソレノイド式で2cm、平均カム式で3~4cmであり、両者には1~2cmの広がり差があった。すなわち、ソレノイド式はカム式にくらべ進行方向の点播性が平均で1~3cmほど短かく、しかも播種速度の影響をうけず、ほぼ均一な点播幅を示した。バラツキはソレノイド式で1~2cm、カム式で2~3cmであり、全般にソレノイド式がカム式の約1/2の点播幅となった。ロール軸方向の広がり、両者同じであった。ここで、点播シャッターを使用しない場合、すなわちロールだけのくり出し装置の場合の実験における進行方向の広がり、7~8cmであり、カム式やソレノイド式



(a) グリス面上の点播状態



(b) クロボク土の点播状態

第19図 点播状態

にくらべてそれぞれ約2倍, 4倍の広がりであった。このことから, 点播シャッターは点播性を高める上で非常に効果があるといえる。第19図にソレノイド式とカム式の播種速度 0.2 m/s における点播状態および点播シャッターなしの場合の播種速度 0.1 m/s における点播状態を示した。

以上の実験の他に, 実際の水田, 畑等で連続播種実験を行ない検討する余地はあるが, 一応今回の実験結果からソレノイド式点播機は, 実用的に十分利用価値のあることが判明した。

V 摘 要

点播性能を高める目的で, カム式点播シャッター開閉機構に代るソレノイドを利用した電磁制御型の点播シャッター機構を試作した。以下にこの装置の特性と播種実験から得られた点播性能の結果を要約する。

(1) 試作機におけるソレノイドの吸引行程 L_{ss} とシャッターの開口角 ϕ_s との関係は, 次式で与えられた。

$$L_{ss} = R_c [\cos \theta_0 - \cos(\theta_0 + \phi_s)] + L \left[\sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin(\theta_0 + \phi_s) - \frac{e_0}{L} \right\}^2} - \sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin \theta_0 - \frac{e_0}{L} \right\}^2} \right]$$

(2) ソレノイドの吸引時間は非常に短かったので, シャッター開口速度は 27.9 rad/sec となり, 種子は完全に一塊りで落下した。

(3) ソレノイド機構の一サイクルの開閉時間 (0.42 sec) におけるシャッター閉じ時間 T_c の占める割合は 65% となり, カム機構の 40% に比べて大幅に増加した。

(4) 進行方向の点播幅はソレノイド式では 2 cm, カム式では 3~5 cm であった。ソレノイド式は播種速度の影響を受けず, ほぼ均一な点播幅であった。

(5) ソレノイドを利用した電磁制御の点播シャッター機構は, 点播性の観点から実用的に十分利用価値を認めた。

謝 辞

本研究を遂行すに当っては, 多くの方々の御指導と御協力を頂いた。本研究のまとめに懇篤なる御指導と草稿の御校閲の労を賜った九州大学農学部守島正太郎教授, 本研究を命ぜられかつ終始御指導御助言を賜った宮崎大学農学部古池寿夫教授, 実験に際し多大の便宜と有益な御助言を賜った同岡田芳一教授, さらに本研究で内地留学中に有益な御教示と御指導を賜った九州大学農学部中馬豊教授, 同松尾昌樹助教授, 同村田敏助教授に対して衷心より感謝の意を表します。また実験ならびに資料の整理については宮崎大学農学部農業機械学研究室の専攻生諸君の多大の御協力を頂いた。ここに御礼申し上げる。

なお, 本篇 (第1報~第10報) は九州大学農学研究科へ提出した学位論文に一部加筆したものである。

参 考 文 献

- 1) 熊谷 卓: 自動化機構 300 選, 日刊工業新聞社, p. 3-9 (1976).
- 2) 松下電工株式会社: 松下電工御制御部品総合カタログ, p. 215-243 (1972).
- 3) 永田雅輝: 宮大農研報, 24 (2), p. 189-198 (1977).
- 4) 永田雅輝: 宮大農研報, 25 (1), p. 111-120 (1978).
- 5) 永田雅輝: 宮大農研報, 25 (1), p. 131-140 (1978).
- 6) 永田雅輝: 宮大農研報, 25 (1), p. 141-147 (1978).

Summary

The shutter mechanism of electromagnetic control type using a solenoid instead of cam-type was built as a trial for the elevation of the hill dropping performance. The characteristic of the apparatus and the experimental results are summarized as follows.

(1) The relation between the attractive process L_{ss} of the moving iron core in the trial machine and the opening angle ϕ_s of the shutter is given by the following formula.

$$L_{ss} = R_c \left[\cos \theta_0 - \cos (\theta + \phi_s) \right] + L \left[\sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin (\theta_0 + \phi_s) - \frac{e_0}{L} \right\}^2} - \sqrt{1 - \left\{ \frac{R_c}{L} \sin \theta_0 - \frac{e_0}{L} \right\}^2} \right]$$

(2) As the attractive time is very short, the opening velocity of the shutter was 27.9 rad/sec, and therefor seeds were discharged as a lump.

(3) The closing time T_c of the shutter was increased to a large extent for the reason that the ratio of T_c to the opening-closing time of the shutter was 65% in the solenoid mechanism as compared with 40% in the cam mechanism.

(4) The solenoid system was not effected by the seeding velocity, and obtained the uniformity of the hill dropping width.

(5) From the experimental results described above, the opening-closing mechanism of the hill dropping shutter using a solenoid was proved to have enough practical value from a viewpoint of the characteristic of hill dropping.