

マイクロコンピュータを用いた 播種機用繰出し装置の制御方式

岡田 芳一*・石川 勝美*・永田 雅輝*

Studies of a Seed Metering System Controlled by a Microcomputer

Yoshiichi OKADA, Katsumi ISHIKAWA and Masateru NAGATA

(1982年5月7日受理)

緒 言

種子の計量繰出し方式にはロール式、ベルト式、回転皿式、真空吸引式等が多く使用されているが、近年これらの計量機構を有する直播用および育苗用プランタとも関連作業との同時工程化が進む一方、より高い精密播種化の要望が高まっている。

そこで筆者らは精密播種システムの開発を行う目的で、繰出し装置により排種された種子が導管あるいは播種筒内を落下する際に生ずる播種むら、欠株等を制御するため、落下種子検出装置¹⁾を試作し、その検出性能を検討してきた。

一般に複数条の播種モニタでは各繰出し部に検知回路と計量エラーを検出する異常検出・報知回路が必要となるが、コストの面から異常検出・報知回路を1つとし、いずれかの繰出し部に異常があった場合、ブザーあるいは発光ダイオード(LED)等により警報報知する方式が考えられる。一方、繰出し部に検知・警報とあわせて欠粒時の補償機能をも具備することは精密播種の重要な要素の1つとなる。Lepori²⁾らはIH真空プランタ³⁾の計量ノズルでのピックアップミスに補償するため、2条用のセルを有する回転ドラムを導入し、エアジェットをセンサとする論理制御回路を検討している。またWrobel⁴⁾は主回転円盤での連続的計量ミスに対する補償としてステッピングモータ駆動の回転円盤による副計量機構を採用し、マイクロプロセッサでシーケンス制御を行っている。

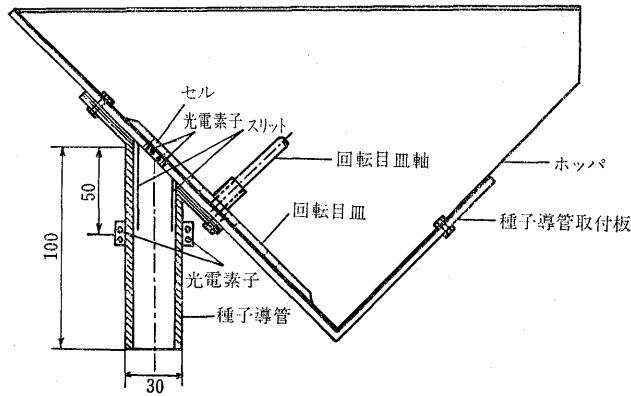
本報では効果/費用および多種多様な制御機能に対する仕様変更の融通性の面からマイクロコンピュータを採用し、主繰出し部に異常が生じた時、これを光検出・報知し、副繰出し部から欠粒を補償する制御システムの設計試作を行った。副繰出し部には種子の安定供給を計るためボウル型振動フィーダ⁵⁾を用い、DCソレノイドによる駆動スイッチのオン・オフ制御によりトラック終端部から種子を分離計量する機構とした。ここでは基礎的実験として不規則形状のトウモロコシ種子を供試し、市販の傾斜式回転皿を主繰出し部として使用した場合の室内での繰出し精度について検討を行ったので報告する。

実験材料および方法

1. 種子導管と光センサの取付け位置

光電測光法による播種モニタを一般性のあるものにするため、種子導管で種子の検出を行うことに

*農業機械学研究室



第1図 光センサーの取付け位置

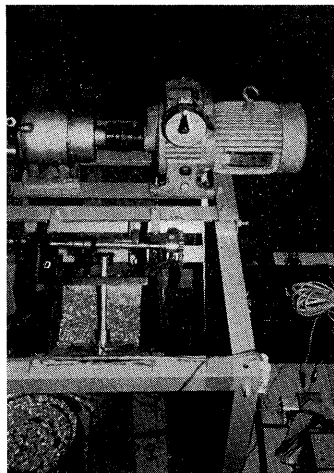
した。そこで、主繰出し部である回転目皿の排種口から落下する種子を正確に検知するため、目皿直下にスリットおよび誘導壁をもつ透明アクリル製の試作導管を取付けた。光センサー（光電スイッチ OPE-A 型）の設置位置はセルによる計量エラーを検出する排種口直下と、導管内スリット間での種子のつまりによる異常を検出する目皿直下 5 cm の所の導管外壁面の 2 箇所に設定した（第1図）。光センサーの取付けにあたっては特に振動、外乱光等に対し光電素子を保護し、光センサーの誤動作が生じないように配慮した。すなわち、赤外発光ダイオードとホトトランジスタの 2 つの光電素子是不透明プラスチック製の角型ケースに収納し、それぞれネジ止めした。また各検出部の周囲は光反射フィルムで被覆した。なお、導管長は永田⁴⁾の実験結果を参考に 10 cm とし、光電素子間隔は 3 cm とした。

2. 実験装置

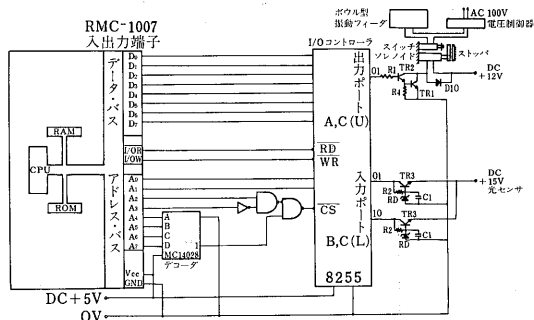
第1表に供試した主繰出し部のセルの形状と種子の物理的性状を示す。また、第2図に光検出・制御繰出し装置を示す。主・副 2 つの繰出し部排種口の間隔は 13 cm であり、ベルトから排種口までの高さはともに 12 cm である。種子が発光素子と受光素子の間で遮光すると Low 信号 (0 V)、遮光しない場合は High 信号 (5 V) とし、2 箇所のセンサ部のうちいずれかのセンサ部において割込みタイマの設定時間（種子の落下時間間隔により定まる）内で種子が検知されなければ異常として報知し、制御信号を出力する。この瞬時に出力信号はリレーを働かせ、直流ソレノイドにより副繰出し部の駆動スイッチをオンにし、連続輸送の種子をトラック終端部から自由落下させた。この時のボウル型振動フィーダの作動時間 U' はトラックに加わる振動加速度 $Kv (=1.01)$ を一定にしておき、予備実験から得られた種子の輸送時間間隔 t をもとに計算した。すなわち、 t が $\bar{t} \pm 5\sigma$ (\bar{t} : 平均値, σ : 標準偏差) で与えられ、 U' の間に少なくとも 1 粒繰出される必要条件を $U' \geq \bar{t} + 5\sigma$ とする。

第1表 主計量繰出し機構

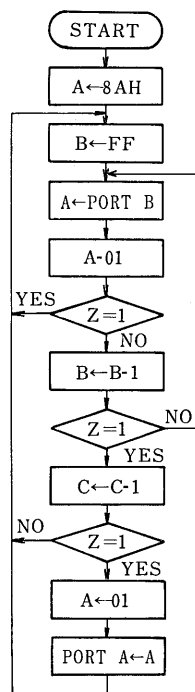
種		子		セルの大きさ	セルの形状	回転目皿の直径 (mm)
長径 (mm)	短径 (mm)	厚さ (mm)	厚さ (mm)			
平均	標準偏差	平均	標準偏差			
9.9	1.14	6.6	0.71	直径12mm	円形	140
トウモロコシ (品種: アストロバンタム)						
				セル数 5		



第 2 図 光検出・制御繰出し装置



第 3 図 光検出・制御回路



第 4 図 異常検出・制御フローチャート

トラック終端部に到着した種子は長径の 1/2 以上輸送された時点で自由落下するものと仮定し、1 粒繰出さるための U' の大きさを $0.2 \leq U' \leq 0.3 \text{ sec}$ と設定した。なお、排種口から落下してきた種子をベルト上の落下点で保持するためベルト上に接着テープを取付けた。播種間隔は 20 cm に設定し、作業速度 V_p は $V_p = 0.1 \sim 0.3 \text{ m/sec}$ の範囲とした。

3. マイクロコンピュータ・システム

マイクロコンピュータ・システム (RMC-1007) はマイクロプロセッサがインテル 8080A であり、メモリ容量は 1 K バイト、またモニタプログラムとの関係で I/O インターフェイスの拡張を要し、I/O ポートは 8255 を使用した。光センサ入力信号と負荷は I/O ポートにインターフェイスを介して接続し、これら入出力回路の概要を第 3 図に示す。

(1) プログラム

2 チャンネルの光センサ入力と 1 チャンネルの制御出力とで構成した種子の定間隔繰出しシステムのプログラミングの 1 例をアセンブラ語および機械語で第 2 表に、またそのフローチャートを第 4 図に示す。

本プログラムの命令実行のステータス数は 323 ステートであり、1 クロック周期は $0.5 \mu\text{sec}$ (1 ク

第2表 異常検出・制御プログラム

番地	命令コード	命令記号
8300	3E8A	MVI A, 8AH
02	D317	OUT 17H
04	01FFFF	LOOP 3: LXI B,FFFF
07	C5	LOOP 1: PUSH B
08	DB15	IN 15H
0A	326083	STA 8360H
0D	CD3883	CALL SUB
10	3E01	MVI A, 01H
12	216083	LXI H, 8360H
15	1E02	MVI E, 02H
17	BE	LOOP 5: CMP M
18	CA2A83	JZ LOOP 2
1B	C1	POP B
1C	05	DCR B
1D	C20783	JNZ LOOP 1
20	AF	XRA A
21	0D	DCR C
22	C23383	JNZ LOOP 4
25	3E01	MVI A, 01H
27	D314	OUT 14H
29	C30483	JMP LOOP 3
2A	23	LOOP 2: INX H
2B	1D	DCR E
2C	C21783	JNZ LOOP 5
2F	C1	POP B
30	C30483	JMP LOOP 3
33	06FF	LOOP 4: MVI B, FF
35	C30783	JMP LOOP 1
38	216083	SUB: LXI H, 8360H
3B	1602	MVI D, 02H
3D	1E01	MVI E, 01H
3F	47	LOOP 6: MOV B, A
40	A3	ANA E
41	77	MOV M, A
42	23	INX H
43	15	DCR D
44	CA4C83	JZ END
47	78	MOV A, B
48	0F	RRC
49	C33F83	JMP LOOP 6
4C	C9	END: RET

ロック周波数 $f=2\text{MHz}$) であるため、プログラム全体の命令実行に要する時間は約 $162\ \mu\text{sec}$ となる。一方、異常検出の割込みタイマ設定時間 T_0 は種子の繰出し間隔に応じて可変される必要がある。このため、 $T_0 > 162\ \mu\text{sec}$ で理論的繰出し時間間隔を目安に2つの光センサ間隔と制御時におけるわずかな余裕時間を考慮し、 T_0 を設定した。

光センサの信号 (1, 0) は最大8ビットからなるポートBに入力し、この1バイトの内容を最下位のビットを除く残り7ビットを0にして、光センサ数に応じてシリアルにRAMの8360番地以降にストアする。ある時間において、種子が検知されておれば0信号が現れ、何ら変化しないが、いずれかのチャンネルで種子が検知されていない場合、01の信号が現れる。これを1バイトの内容01と比較して、0であれば16進数で示された2バイトの内容を01Hずつ減少させる。 T_0 が0になれば

異常と判定し、1ビットの制御信号をポートAに出力する。

本プログラムでは入出力ポート各12端子のうち、入力ポート2端子、出力ポート1端子を使用して制御したが、複数条の播種において、それぞれ独立に欠粒を補償させる場合、プログラムの変更により繰出し部の数だけ出力ポートに制御信号を出力できる。8条用の繰出しシステムに対してもプログラムの大きさは100バイト以下であり、RMC-1007で十分処理できる。

4. 実験方法

(1) 繰出し精度

設定時間のばらつき程度の表現法として、設定時間に対する実際の動作時間のずれ E_T をタイマの精度評価⁵⁾ に準じて式(1)で表示した。

$$E_T = \frac{\bar{T}_0 - T_0}{T_{ms}} \times 100(\%) \dots\dots\dots(1)$$

またプログラムを設定時間で反復実行させた時の動作時間のばらつき V_T を式(2)で示した。

$$V_T = \frac{1}{2} \times \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{ms}} \times 100(\%) \dots\dots\dots(2)$$

- ここで \bar{T}_0 : 動作時間実測値の平均値
- T_0 : 設定時間
- T_{ms} : 最大設定時間
- T_{max} : 動作時間実測値の最大値
- T_{min} : 動作時間実測値の最小値

進行方向における種子の分布むらの表現法としては分布変動係数 $\nu(\%)$ を用いた。測定は1回につき100個のサンプルをとり5回の反復試行を行った。またシステムの回路動作の安定性をチェックするため種子が光電素子間の光束を遮光する瞬時の出力信号ならびに異常検出・制御信号をレクチグラフに記録した。

実験結果および考察

主繰出し部からの種子は光電素子により正確に検知されていたが、セルフフィルにばらつきがあり、欠粒割合は5~10%であった。また、導管を設置すると、これのない場合に比べて ν の値は約2~5%と小さくなり、播種精度が若干改善される

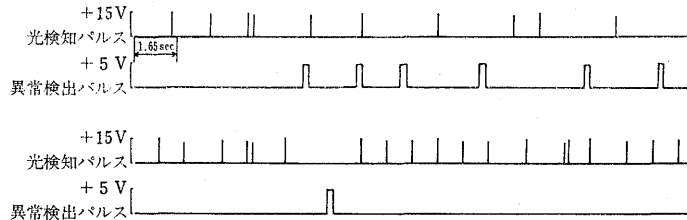
(第3表)。またスリット間での種子のつまりは認められず、良好であった。このことから、導管の設置は種子経路のばらつきを小さくしているといえる。

レクチグラフ上に記録された光検知および制御信号を第5図に示す。またベルト上への繰出し実験結果を第4表に示す。

まずシステムの回路動作についてみると、 T_0 が3.30, 1.65, 1.09 secであるのに対し、実際の平均異常検出時間 \bar{T}_0 は3.49, 1.92, 1.20 secとやや大きい値を示した。しかしながらこれらの平均値に対する偏差の割合は5~8%となる。動作誤作では $E_T=3.7\sim7.7\%$, $V_T=3.4\sim6.4\%$ と10%以下の時間精度を示した。このことから回路の動

第3表 導管設置による播種精度への影響

作業速度 Vp (m/sec)	導管の有無	分布変動係数 $\nu(\%)$
0.1	有	26.9
	無	31.7
0.2	有	32.8
	無	34.6
0.3	有	34.7
	無	36.9



第5図 光検知および制御信号
 主線出し部の理論的繰出し時間間隔: 1.00 sec
 割込みタイマの設定時間 T_0 : 1.65 sec
 作業速度 V_p : 0.2 m/sec

第4表 繰出し実験結果

作業速度 V_p (m/sec)	主線出し部の	割込みタイマの	動作時間の	設定時間の	異常検出時間 (sec)		播種間隔 (cm)		分布変動係数 ν (%)
	理論的繰出し 時間間隔 (sec)	設定時間 T_0 (sec)	ばらつき V_T (%)	誤差 E_T (%)	平均 \bar{T}_0	標準偏差	平均	標準偏差	
0.1	2.00	3.30	5.3	5.4	3.49	0.23	21.9 (21.1)	2.4 (5.5)	10.9 (26.0)
0.2	1.00	1.65	6.4	7.7	1.92	0.14	26.0 (22.6)	3.3 (7.5)	12.6 (33.1)
0.3	0.66	1.09	3.4	3.7	1.20	0.07	23.2 (22.1)	2.0 (7.7)	8.6 (34.8)

注) ()内の数字は主線出し部(回転目皿セル)の繰出し結果を表す。

作は安定しており、制御信号は正常に出力されていると判断できる。

次に播種間隔では、理論播種間隔 20 cm に対し、平均播種間隔は $V_p=0.1, 0.2, 0.3$ m/sec 時でそれぞれ 21.9, 26.0, 23.2 cm といずれの条件下でも播種間隔はやや大きくなっている。これは設定時間のわずかなばらつきによる影響が現れたものと考えられる。 ν の値は 8.6~12.6% と比較的小さく、主線出し部の場合と比べ約 15~26% と大きく向上した。

以上、不規則形状のトウモロコシ種子を供試し、目皿セルとボウル型振動フィーダとを組合せた繰出し制御方式について検討を行ったが排種口から落下する種子の検知は正確であり、目皿セルでの計量エラーはボウル型振動フィーダにより 100% 補償された。これらのことからマイクロコンピュータ制御システムは繰出し装置のより大きな信頼性と正確性を提供するものと考えられる。

要 約

繰出し部の異常検出・制御システムの構成は種子検知のための赤外発光ダイオードとホトトランジスタの光電素子、回転目皿式の主線出し部、ボウル型振動フィーダを用いた副線出し部、副線出し部を間欠駆動する直流ソレノイド、異常検出時間の制御を行うマイクロコンピュータからなる。本制御システムについて室内実験を行い、次の結果を得た。

(1) トウモロコシ種子の分布変動係数 ν (%) は 8.6~12.6% (作業速度 $V_p=0.1\sim 0.3$ m/sec) であり、主線出し部の場合と比べ 15~26% 向上した。

(2) 排種口から落下する種子の検知は正確であり、主線出し部における計量エラーは副線出し部で 100% 補償された。

本研究は昭和 56 年度文部省科学研究費の援助を受けて実施した。本実験にあたり協力された専攻学生松下聡志君、百合野善久君に謝意を表す。

文 献

- 1) 岡田芳一・石川勝美・永田雅輝：農機誌, 42 (3), pp. 347-353 (1980).
- 2) 杉田 稔：トランジスタ技術 (4), pp. 341-344 (1981).
- 3) モトローラ：CMOSIC ハンドブック, エレクトロニクスダイジェスト (1978).
- 4) 永田雅輝：宮大農報, 25 (1), pp. 125-130 (1978).
- 5) 立石電機：OMRON 盤用機器 (1978).
- 6) 岡田芳一・石川勝美・永田雅輝：宮大農報, 29(1), pp. 153-160 (1982).
- 7) Basselman, J. A.: International Harvester develops air force planter, AE, 52 (4), p. 182 (1971).
- 8) Wrobel, V.: Computer Design (6), pp. 184-186 (1977).
- 9) Lepori, W. A., Porterfield, J. G., Fitch, E. C.: Fluidic Control of Seed Metering, Trans. of ASAE, 17 (3), pp. 463-467 (1974).

Summary

A microcomputer-controlled seed metering system was designed, and the seed metering system consisted of light-emitting diode and phototransistor for seed detection, primary metering device and secondary metering device, DC solenoid for intermittent drive of secondary metering device, and a microcomputer (RMC-1007) to control the timing of drive of the secondary metering device.

Following results were obtained from laboratory test.

1. In the seed metering system, the ν value was 8.6 to 12.6% when V_p was at 0.1 to 0.3 m/sec. This indicated that the ν value was improved 15 to 26% than the cell type of seed plate metered seeds.

2. The seed detector was operated to be successful, and the accuracy of compensating for missed seeds was 100%.