

# DD管のパターン歪の測定とその補正

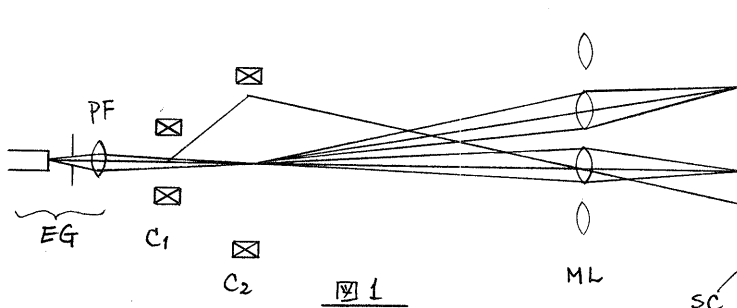
相馬 嵩 出沢正徳 後藤英一  
(理 化 学 研 究 所)

1. はじめに ブラウン管を用いた記録装置または読取装置の高精度化にとともない、高精度高分解能ブラウン管の需要が進められて来た。これらのブラウン管では、高い精度を実現するために、種々の補正が施されている。高精度ブラウン管の一つであるDD管においても偏向系に補正が必要である。マトリックス・レンズを構成する小レンズ単位の分割走査、偏向位置の高再現性などDD管の特徴を生かした補正方法が提案されている。<sup>1)</sup> 本報告では、当所で試作したDD管を走査光源に用いた高精度写真読取記録装置<sup>2)</sup> (DDT-FMRS, DD-Tube Film Measuring and Recording System)で実施されている補正方式について述べる。読取装置のフィルム・ステージに標準格子を挿入し、それを規準として補正を行なえば、光源としてのDD管ばかりでなく、投影光学系をも含めた系の歪が補正できる。全画面を小画面に分割し、各小画面毎に補正を行なう本方式は、通常のブラウン管、その他の走査プローブ系にも適用できるものである。

## 2. DD管

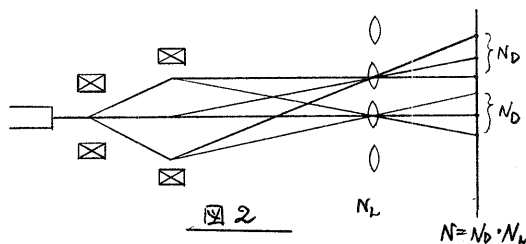
### 2-1. DD管の原理

図1にDD管の原理を示す。蛍光面SCの近くに、マトリクス状の小レンズ群、マトリックス・レンズMLが配置され、電子銃EGとマトリックス・レンズとの間には、独立した二組の偏向コイルC<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>が配置されている。電子銃内のクロスオーバー像は、プレフォーカスレンズPFにより一旦コイルC<sub>2</sub>の偏向中心に結像される。更にその像は、マトリックス・レンズ中の一つの小レンズにより蛍光面上に投影結像され輝点となる。



電子ビームが特定の小レンズに入射するようにコイルC<sub>2</sub>に電流を流し偏向する。これを主偏向と云う。図から明らかなように、主偏向を順次変化させると、蛍光面上には離散的な輝点が現れ、しかもそれらの位置は主偏向電流の変動には影響されない。これらの輝点位置は、各小レンズの機械的位置に対応して再現性高く、しかも精度よく決まる。離散的な輝点の間を輝点列で連続的にうめるために、コイルC<sub>1</sub>とC<sub>2</sub>に適当な割合で電流を流し、電子ビームの小レンズへの入射角を変化する偏向を行なう。これを副偏向と云う。

いま小レンズが直線上にN<sub>L</sub>個あり、小レンズへの入射角をN<sub>D</sub>通り変化させれば、蛍光面上にはN=N<sub>D</sub>×N<sub>L</sub>個の点列が表示される。(図2参照)。この場合、主偏向信号および副偏向信号に要求され



る精度は、安全係数を  $k$  とし、それぞれ  $1/(k \cdot N_L)$ ,  $1/(k \cdot N_D)$  と表わすことができる。偏向コイル一個から成る従来方式では、それが  $1/(k \cdot N)$  であり、 $N$  が大きくなると DD 管の判別が著しくなる。例えば、 $1/10,000$  の精度も DD 管によれば、通常の回路技術で容易に実現できることになる。

2-2. DD 管の偏向制御 今 DD 管の輝点位置が、 $X, Y$  軸それぞれ  $M$  ビットの座標により指定されるものとし、マトリックス・レンズが  $2^{M_L} \times 2^{M_L}$  個の小レンズから成立っているものとする。すると、 $M$  ビットの座標の中、上位  $M_L$  ビットが主偏向に、残りの  $M_D = M - M_L$  ビットが副偏向に用いられることになる。図 3 は  $X$  軸の正の向きに輝点を走査する場合の主偏向および副偏向電流の波形を示す。主偏向で一つの小レンズを選択し、副偏向電流を負の最大値から正の最大値まで直線的に変化させることにより、選択された小レンズ領域内の走査を行なう。次に主偏向電流を 1 ステップ増大させ隣りの小レンズを選択し、同時に副偏向電流を切替えて再び負から正へと前と同様に变化させる。以上の操作を繰返すことにより連続した線走査が可能となる。このためには各小レンズの分担する小レンズ領域(矩形領域)が隙間なくつながっている必要がある。

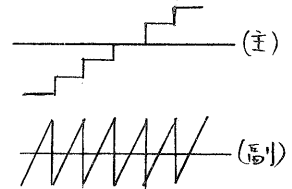


図 3

### 3. DD 管のパターン歪

#### 3-1. パターン歪

以上述べたように、DD 管の全画面は図 4 に示すように、主偏向による離散的な輝点を中心にして副偏向によって走査される正方形の小領域の組合せとして構成される。各小レンズ領域に歪がなく、隣り合う領域が重ならず、しかも隙間なくつながる必要がある。実際には歪は避けられず、複雑なパターン歪が生ずる。歪の原因としては、二重偏向系の収差、小レンズの収差、および小レンズ中心位置の誤差などが考えられる。結果的には、小レンズ領域の中心位置の平行移動と、その点を中心にした変形とに分けて考えることができる。

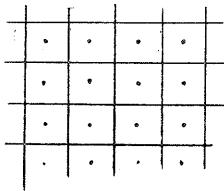


図 4

パターン歪を各小レンズ領域毎に分けて考えるとすれば、歪  $(\Delta X, \Delta Y)$  を副偏向信号  $(X_s, Y_s)$  で展開して

$$\begin{cases} \Delta X = F_{00} + F_{10} X_s + F_{01} Y_s + F_{20} X_s^2 + F_{11} X_s Y_s + F_{02} Y_s^2 + F_{30} X_s^3 + \dots \\ \Delta Y = G_{00} + G_{10} X_s + G_{01} Y_s + G_{20} X_s^2 + G_{11} X_s Y_s + G_{02} Y_s^2 + G_{30} X_s^3 + \dots \end{cases} \quad (1)$$

と表すことができる。ここで  $F_{ij}, G_{ij}$  は各小レンズ領域固有の係数である。 $F_{00}$  は中心位置の移動を、 $F_{10}, F_{01}, \dots, F_{02}$  は、それぞれ図 5 に示すような変形を表わす係数である。これらを DD 管の補正係数と呼ぶ。

DD 管のパターン歪の原因として二重偏向系の収差によるもののみを考えると、その歪は対称性から、6 個の係数  $D_1, D_2, \dots, D_6$  を用いて、

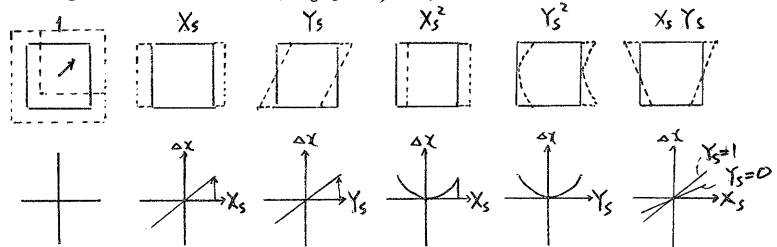


図 5

$$\Delta X = D_1 X_L (X_s^2 + Y_s^2) + D_2 \{ (X_s^2 + Y_s^2) X_s + 2 X_L Y_L Y_s + D_3 (X_s^2 + Y_s^2) X_s + D_4 X_L (X_s^2 + Y_s^2) \}$$

$$\begin{aligned}
 & + D_5 \{ X_L (X_s^2 + Y_s^2) + 2 Y_L X_s Y_s \} + D_6 X_s (X_s^2 + Y_s^2) \\
 \Delta Y = & D_1 Y_L (X_L^2 + Y_L^2) - D_2 \{ (X_L^2 + Y_L^2) Y_s + 2 X_L Y_L X_s \} + D_3 (X_L^2 + Y_L^2) Y_s + D_4 Y_L (X_s^2 + Y_s^2) \\
 & - D_5 \{ Y_L (X_s^2 - Y_s^2) + 2 X_L X_s Y_s \} + D_6 Y_s (X_s^2 + Y_s^2) \quad (2)
 \end{aligned}$$

と表わすことができる。ここで  $X_L, Y_L$  は主偏向電流である。式(1)と(2)から  $F_{ij}$  と  $D_i$  との間に次の関係があることがわかる。

$$\begin{aligned}
 F_{00} &= D_1 X_L (X_L^2 + Y_L^2), \quad F_{10} = D_2 (X_L^2 - Y_L^2) + D_3 (X_L^2 + Y_L^2), \quad F_{01} = 2 D_2 X_L Y_L \\
 F_{20} &= D_4 X_L + D_5 X_L, \quad F_{11} = 2 D_5 Y_L, \quad F_{02} = D_4 X_L - D_5 X_L \quad (3)
 \end{aligned}$$

3-2 パターン歪の補正 DD管のパターン歪を補正するには、式(1)に従って副偏向電流に補正を施せばよい。DD管では、高い輝度位置再現性が実現できることから、補正係数を予め求めておくループ式の補正方式が可能である。図6は当所に設置されているDD管を用いた高精度写真読取記録装置に採用された補正回路を示す。

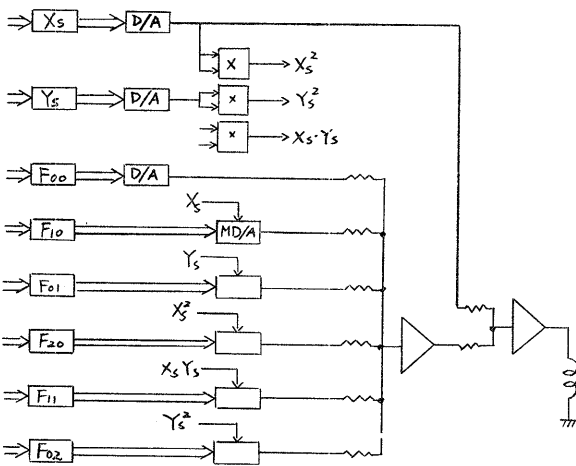


図6

式(1)の二次の項までを考慮している。補正係数はデジタル値として、記憶装置に補正表として記録しておき、必要に応じて読出され設定される。

補正回路では、まず副偏向信号  $X_s, Y_s$  からアナログ乗算器で、 $X_s^2, X_s Y_s, Y_s^2$  などの信号を作り、これらの信号と係数との積を乗算型 D/A 変換器で作成し、加算器によって加え合せ、アナログ信号として補正值を得ている。係数  $F_{00}$  は8ビットから成り、オフセット・バイナリ型の D/A 変換器によりアナロ

グ信号を得ているので、R.U. (Raster Unit, 座標指定可能な最小単位,  $2^{-14}$ ) で  $-128$  から  $+127$  の範囲の補正が可能である。 $F_{10}, F_{01}, \dots, F_{02}$  は、それぞれ4ビットから成り、副偏向信号が最大となる小レンス領域の端で、 $0 \sim 15$  R.U. の補正が可能となっている。この場合、補正の符号は、一方に限定されており、式(2)を仮定した理論計算の結果をもとに決められている。(F<sub>11</sub>以外は正)。

補正回路の精度は各係数のビット数に相当する程度でよく、ドリフトは副偏向回路のそれと同程度でよい。補正係数は、小レンス領域が変る毎に設定すればよいので、設定のため時間は走査速度に殆んど影響しない。制御回路では、1/4ビットの座標が与えられると、小レンス選択用に上位5ビット(小レンス座標、マトリックス・レンスは  $32 \times 32$  個の小レンスから成る)を分離し、それが現在設定されている補正係数に対応する小レンスと一致しているか否かを調べ、不一致の場合は小レンス座標から補正表の番地を求め、DMA (Direct Memory

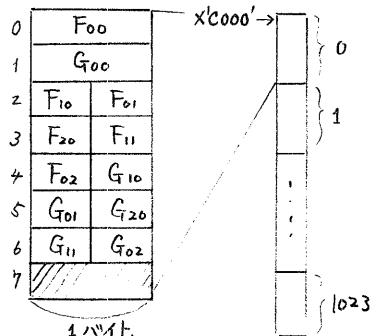


図7

Access Bus) を通して補正係数を主記憶装置から読み出し設定する。DMA の転送速度は2バイト/マイクロ秒である。補正表は図7に示すように、小レンズにつき7バイトから成り、主記憶装置の一部が割り当てられている。

### 3-3. 写真読取装置によるパターン歪の測定

写真読取装置のフィルムステージに標準格子を挿入し、その格子交差の座標を読取り、予期される座標値との差から走査位置歪(パターン歪)が測定できる。図8はDD管を用いた写真読取装置の原理を示すものである。DD管蛍光面上の輝点像を投影レンズ系により被読取りフィルム面に投影し、その透過光をコンデンサ・レンズにより、光電変換素子としてのフォトマルの感光面上に集光して、透過光量に応じた信号を得ている。輝点位置を移動させることにより、対応するフィルム面での透過率(または光学濃度)を順次読取ることができる。

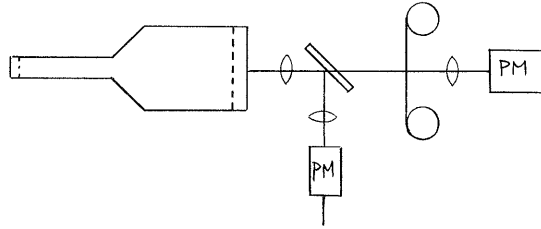


図8

走査用光源としてDD管を用いたことにより、高い位置精度と再現性をもって高速読取りが可能となっている。再現性が高いことから、フィルム自身を画像メモリとみなし、必要に応じて透過率データを読取ることができるので、大容量の画像ファイルを必要としない。

標準格子読取りによるパターン歪測定法では、光源としてのブラウン管ばかりでなく、投影光学系のパターン歪も合わせて測定できるという特徴がある。以下当所で開発したパターン歪測定方式について具体的に述べる。

**3-3-1 パターン歪測定方式** パターン歪測定方式の決定に際しては、DD管の性能を十分考慮しなければならない。種々のパラメータに対するマージンを広くして、粗調の後階から歪の測定ができるようにし、調整時に利用できるものが望ましい。また使い易さにも重点を置き、対話形式で処理を進めることが必要である。規準となる標準格子の設定位置なども厳しく規定することは避けなければならない。ここで採用した方式では、まず画面中心附近の13個の小レンズ領域(図9)における偏向座標系と格子座標系との相対関係から、画面全体に適用する規準座標系を決め、この規準座標系をもとに各小レンズ領域内の歪を測定して補正係数を求めている。各小レンズ領域間の連続性を保証する目的で、歪の測定に際しては中心から周辺部に向かって小レンズ領域を選んで行く必要がある。中心部の小レンズ領域で求めた補正係数を隣りの小レンズ領域における補正係数の近似値としている。また一つの小レンズ領域に対しては、補正係数に修正を加えつつ測定を繰返すという返復法を採用した。

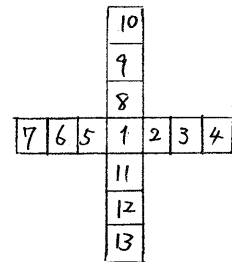


図9

**3-3-2. 規準座標系の決定** DD管の性能として、画面中心部の小レンズ領域に対しては、輝点走査のための偏向角が小さく、偏向歪としてのパターン歪も小さくなっている。そこで、中心附近の小レンズ領域での輝点位置をもとに規準座標を決めれば、中心附近の小レンズ領域に対しては、補正が少なく歪と云う望

ましい性質をもつこととなる。そこで図9に示すような中心附近の13個の小レンズ領域に対して、まずその副偏向座標系 $(\bar{X}_S, \bar{Y}_S)$ の原点の格子座標を求める。そのために、副偏向座標系の原点を含む格子窓を求め、その右上格子交点を原点とする局所格子座標 $(\bar{X}_G, \bar{Y}_G)$ を導入する。副偏向座標の原点附近で、 $(\bar{X}_S, \bar{Y}_S)$ と $(\bar{X}_G, \bar{Y}_G)$ との間に十分な近似で線形関係が成り立つとして

$$\begin{cases} \bar{X}_S = a + p\bar{X}_G + q\bar{Y}_G \\ \bar{Y}_S = b + r\bar{X}_G + s\bar{Y}_G \end{cases} \quad (4)$$

と表わす。4隅の交点の組 $\{(\bar{X}_{Gi}, \bar{Y}_{Gi}) \mid (0,0), (-1,0), (-1,-1), (0,-1)\}$ に対応する副偏向座標の組 $\{(\bar{X}_{Si}, \bar{Y}_{Si})\}$ を読取り、最小二乗法により係数 $a, b, p, q, r, s$ を求める。副偏向座標系原点の局所格子座標 $(\bar{X}_{G0}, \bar{Y}_{G0})$ は、これらの係数を用いて

$$\begin{cases} \bar{X}_{G0} = (-as + bq) / (ps - qr) \\ \bar{Y}_{G0} = (-bp + ar) / (ps - qr) \end{cases} \quad (5)$$

と表わすことができる。(図10)

中心附近の13個の小レンズ領域に対して、この原点座標 $\{(\bar{X}_{G0i}, \bar{Y}_{G0i}) \mid i=1, 2, \dots, 13\}$ を求める。次に中心の小レンズ領域に対する局所格子座標系の原点を原点とする大局格子座標系 $(X_G, Y_G)$ を導入し、(図11)原点座標 $(\bar{X}_{G0i}, \bar{Y}_{G0i})$ を $(X_G, Y_G)$ で表わした座標 $(X_{G0i}, Y_{G0i})$ を求める。そのためには、中心小レンズ領域での $(X_G, Y_G)$ 座標系を、その領域で求めた小レンズ領域間のピッチ分だけ、隣りの小レンズ領域まで延長して、その小レンズ領域での局所格子座標系との接続をはかる。隣り合う小レンズ領域では、局所格子座標系同士のずれが1格子間隔以内となるような格子を用いるので、この接続は一義的に決められる。隣り合う小レンズ領域を図9に示す順序で選ぶがら、13個の小レンズ領域での副偏向座標原点の(大局)格子座標 $\{(X_{G0i}, Y_{G0i})\}$ を求める。

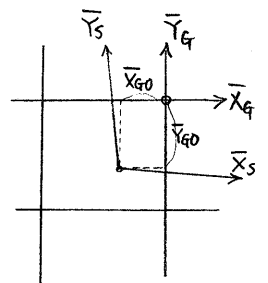


図 10

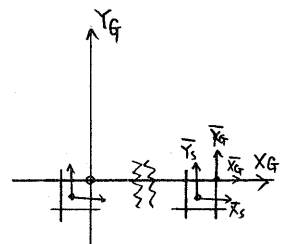


図 11

次に上で求めた原点座標をもとに、直交条件を附加した最小二乗法により、規準座標系 $(X_N, Y_N)$ を決める。直交する規準座標系の座標軸の方程式を格子座標系 $(X_G, Y_G)$ を用いて

$$\begin{cases} AX_G + Y_G = B \quad \dots X_N \text{軸} \\ -X_G + AY_G = C \quad \dots Y_N \text{軸} \end{cases} \quad (6)$$

と表わす。13個の原点座標 $\{(X_{G0i}, Y_{G0i})\}$ を、 $X$ 軸に対するもの $\{(X_{G0i}, Y_{G0i}) \mid i=1, 2, \dots, 7\}$ と、 $Y$ 軸に対するもの $\{(X_{G0j}, Y_{G0j}) \mid j=1, 2, \dots, 7\}$ とに分け、式(6)に対する最小二乗近似の規準方程式を求めると

$$\begin{cases} ([X_i^2] + [Y_j^2])A - [X_i]B - [Y_j]C = -[X_i Y_i] + [X_j Y_j] \\ -[X_i]A + [i]B = [Y_i] \\ -[Y_j]A + [j]C = -[X_j] \end{cases} \quad (7)$$

となる。ここで $[ ]$ は総和を、 $X_i, Y_j$ は $X_{G0i}, Y_{G0j}$ を表わす。係数 $A, B, C$ を用いると、規準座標系と格子座標系との間の変換式は

$$\begin{cases} X_N = \{(X_G - X_{G0}) + (Y_G - Y_{G0})A\} / \sqrt{1+A^2} \\ Y_N = \{-(X_G - X_{G0})A + (Y_G - Y_{G0})\} / \sqrt{1+A^2} \end{cases} \quad (8)$$

$$\begin{cases} X_G = X_{G0} + (X_N - Y_N A) / \sqrt{1+A^2} \\ Y_G = Y_{G0} + (X_N A + Y_N) / \sqrt{1+A^2} \end{cases} \quad (9)$$

と表わすことが出来る。ここで  $X_{G0}, Y_{G0}$  は

$$\begin{cases} X_{G0} = (AB - C) / (1 + A^2) \\ Y_{G0} = (B + AC) / (1 + A^2) \end{cases}$$

である。

3-3-3 補正係数の決定 画面全体に適用する規準座標が決まると、次に各小レンズ領域毎に、その座標を規準にして歪量を測定し補正係数を求める作業に移る。歪の最大値などを考慮して、標準格子には密度が小レンズ領域の一辺に対して10本程度の格子を用いる。小レンズ領域の中心を原点とした局所規準座標  $(\bar{X}_N, \bar{Y}_N)$  を用いて、格子交差の座標の予定値を  $(\bar{X}_{Ne}, \bar{Y}_{Ne})$  とし、その交差を実測して得られた座標値を  $(\bar{X}_{No}, \bar{Y}_{No})$  とすると歪  $(\Delta X, \Delta Y)$  は

$$\begin{cases} \Delta X = \bar{X}_{No} - \bar{X}_{Ne} \\ \Delta Y = \bar{Y}_{No} - \bar{Y}_{Ne} \end{cases} \quad (10)$$

と表わすことが出来る。小レンズ領域内で適当に選ばれた格子交差に対する歪  $\{(\Delta X_i, \Delta Y_i)\}$  を求め、それらを式(10)に代入して最小二乗法により補正係数  $F_{ij}$  を決める。座標値  $(\bar{X}_{Ne}, \bar{Y}_{Ne})$  を求めるには変換式(8)を、 $(\bar{X}_{No}, \bar{Y}_{No})$  を求めるには、ラスタ座標系  $(X_R, Y_R)$  と規準座標  $(X_N, Y_N)$  との関係式

$$\begin{cases} X_N = X_R \cdot P_N / P_R \\ Y_N = Y_R \cdot P_N / P_R \end{cases} \quad (11)$$

を用いる必要がある。  $P_N, P_R$  は小レンズ領域のピッチを、それぞれ規準座標、ラスタ座標で表わした値である。

隣り合う小レンズ領域の間で歪量の差が格子間隔以上にはならないと仮定して、中心部から周辺部に向かって、測定を行なう領域を選んで行き、(図12) 接続条件を満すように、既に得られた隣りの小レンズ領域での補正係数を初期値として、返復操作により係数を求めている。小レンズ領域内での格子交差選抜方法の一つとして、図13に示すような、中心から放射状に一定間隔で選んで行く方法を採用した。境界附近の交差に対しては、交差読取りの際に必要な余地を、その小レンズ領域内に残して置かなければならない。

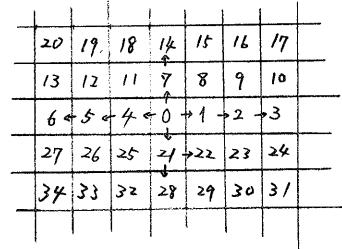


図 12

#### 4. 格子画像の処理

##### 4-1. 格子中心位置座標の読取り

格子認識のための基本操作は格子線中心座標を読取ることである。読取りに際しては、コントラスト、シェーディング、ノイズなどの影響を受けずに、再現性の高い座標値が得られなければならない。格子線にほぼ垂直な直線に沿って格子像を濃淡画像として読取り、走査方向に跨る濃度値の微分から両エッジを検出し、それらの中央座標を格子線の中心座標としている。ノイズの影響を除去する目的で、帯状走査を行ない、走査方向と幅方向とに平均操作を施したものと微分する必要がある。図14にそのオペレータを示す。ピーク位置の座標は、隣り合

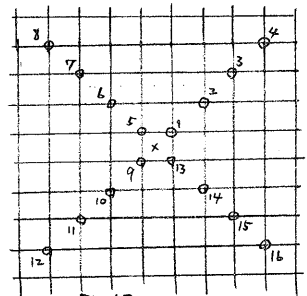


図 13

う3個の微分値が、図14のパターンを示し、しかもそれらの絶対値の最大が予め決められた閾値を越えたとき、それら3点を通る二次式を求め、そのピークに対応する座標として求めている。この場合の閾値は、最適値を実験的に決めている。

-1	-1	-1	-1	-1		+1	+1	+1	+1	+1
-1	-1	-1	-1	-1	15	+1	+1	+1	+1	+1
-1	-1	-1	-1	-1		+1	+1	+1	+1	+1

図14

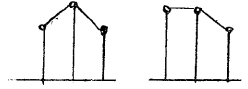


図15

走査ステップの幅もやはり、走査スポットの大きさによって適当な値に選ぶ必要がある。実際には、走査スポットの半値幅が5 R.U. (Raster Unit)あり、走査ステップ幅を2 R.U.としている。この場合の格子線中心位置測定の精度は±0.5 R.U.程度である。プログラミングに際して注意すべき点としては、走査範囲、再実行回数、指定方法、格子線の上から走査を開始した場合の対策、格子線を斜めに走査した場合の対策などがある。これらの注意は、処理の初期段階で、走査する格子の位置関係が全く未知の場合に必要なことである。

**4-2. 格子窓中心位置座標の読取り** 副偏向座標の原点を含む格子窓の中心座標を定める場合のように、格子の位置に関する情報が全く与えられていない場合に格子を走査する問題を考える。副偏向座標の原点を始点として、走査範囲を1.5格子間隔にとり、まず+X方向に格子線を探る走査を行なう。不成功の場合は、逆に-X方向の走査を行なう。これら二つの試みが、どちらも不成功ならば、Y座標を±1/4格子間隔変化させ同様の試みを行なう。得られた格子線のX座標をもとに格子窓中心のX座標の近似値を求める。この近似値をX座標として、Y方向の走査を行ない、上下格子線を中心Y座標を求めてその中点を窓中心のY座標とする。次にこの正確なY座標をもとに、X方向の走査を行ない、同様にして窓中心のX座標を得る。(図16)

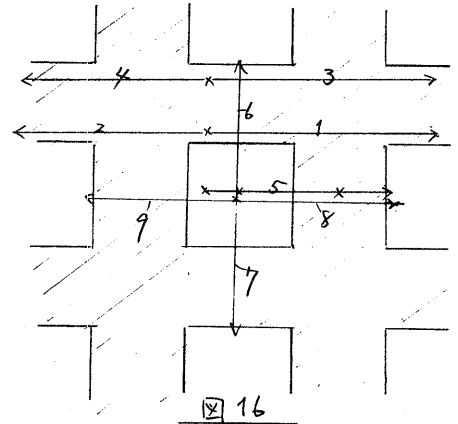


図16

**4-3. 格子交点座標の読取り** 格子交点座標の近似値が与えられていて、その正確な値を読取る問題を考える。交叉する格子線を交叉の両側で垂直に走査して中心位置座標を定める。これら2点を通る二つの直線の交点の座標を計算で求め格子交点の座標とする。(図17) 無駄な走査をしないために、線幅、交点の近似度などを考慮して、できるだけ格子線の近くから走査を始める。走査が不成功の場合の対策も必要である。

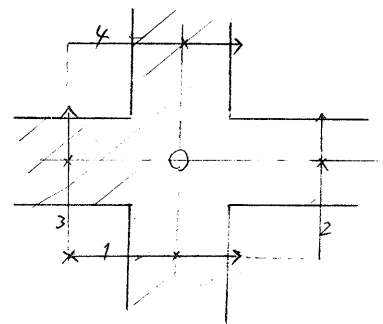


図17

**5. パターン歪測定用プログラム**

**5-1. プログラムの構成** プログラムは、互換性、汎用性を考慮して、装置のドライバールーチンおよびニミの特殊ルーチン以外は総てFORTRANで書かれている。またプログラムの維持管理はTOSBAC-40 MINI-OSの下で行なわれている。プログラムの構成を図18に、各ルーチンのはたらきを表1にまとめて示した。

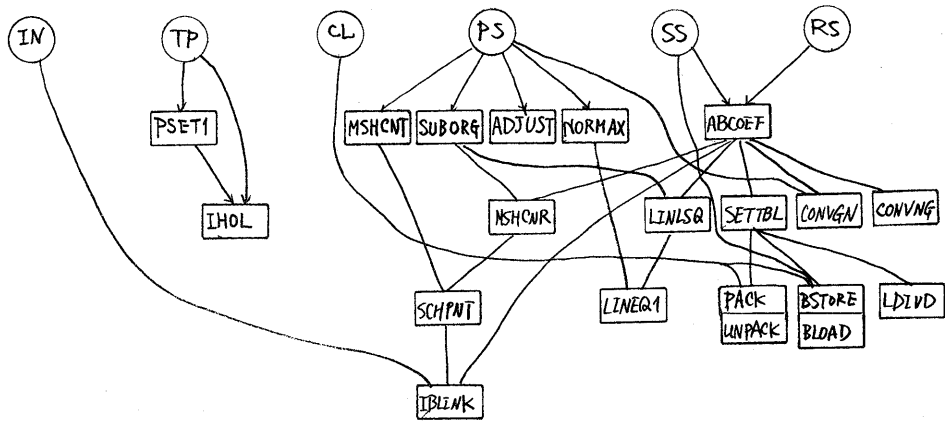


図 18

表 1

- GSCAN (Grid Scan, MAIN) Key board から入力される 8 種類の control code に従い、次の機能をはたす。
- IN (Initialize) 読取装置の初期化。
  - TD (Set data) parameter の初期化。
  - CL (clear table) 補正表をリセットする。
  - TP (set parameter) パラメータを key board からセットする。
  - PS (pre-scan) 中心部の 13 個の小レンズ領域を走査して規準座標を決める。
  - SS (sequential scan) 指定された矩形状の小レンズ領域群を走査し、中心部から順に補正係数を求める。
  - RS (raster scan) 指定された小レンズ領域群を raster 状に走査し補正係数を求める。
  - CA (return to canary) MINI-OS monitor へ制御を移す。
  - PSET1 (parameter set) key board の制御により parameter に値をセットする。
  - IHOL (I) (assign Hollerith constant) 文字定数を assign する関数。
  - MSHCNT (find mesh center) 始点を含む格子窓の中心を求める。
  - SUBORG (find sub-deflection area origin) 副偏向座標原点を求める。
  - ADJUST (find sub-origin coord. by adjustment) 副偏向原点の格子座標を求める。
  - NORMAX (find normal coordinate axis) 規準座標系を決める。
  - ABCOEF (find aberration coefficients) 補正係数の決定。
  - MSHCNR (find mesh corner coord.) 格子交点の座標決定。
  - LINLSQ (linea least-square fit) 最小二乗法。
  - SETTBL (set correction table) 補正係数を表にセットする。
  - CONVGN (coordinate conversion from grid to normal)
  - CONVNG (coordinate conversion from normal to grid)
  - SCHKPNT (search cross point) 走査線と交わる格子線の中心位置を求める。
  - LINEQ1 (solve linear simultaneous equation) 連立一次方程式の解。
  - PACK/UNPACK (pack/unpack integer array)
  - BLOAD/BSTORE (block load/store) block 転送。LDIVD (logical division) (unsigned division)。
  - IBLINK (integer blink) 読取装置の制御。



5-2. プログラムの操作

MINI-OS を起動すると > を打出しコマンド待ちの状態となる。GSCAN 2 とキー入力することにより、GSCAN と云う名前が登録されている歪測定プログラムが呼出される。歪測定プログラムの流れ図を図19に示す。Control code 待ちの状態は、やはり > の打出しによって示される。Control code は英字ニ文字から成り、2 (return key) を押すことにより入力される。キー入力の際、RUBOUT または ESCAPE キーにより行単位、文字単位の修正ができる。

IN 2 により読取装置の初期化をしたあと、TD 2 によりパラメータの初期化を行なう。各パラメータの初期値は表2に示す通りである。次に CL 2 により補正表をクリアする。パラメータの値を初期値以外の値にセットするには、TP 2 によりパラメータ・セット・モードに移る必要がある。パラメータ・セット・モードに入ると P を打出してパラメータ番号待ちの状態となる。表2に従ってパラメータ番号をキー入力すると、パラメータ変数名のあとに = を打出し、値入力待ちの状態に移る。セットしたい値をキー入

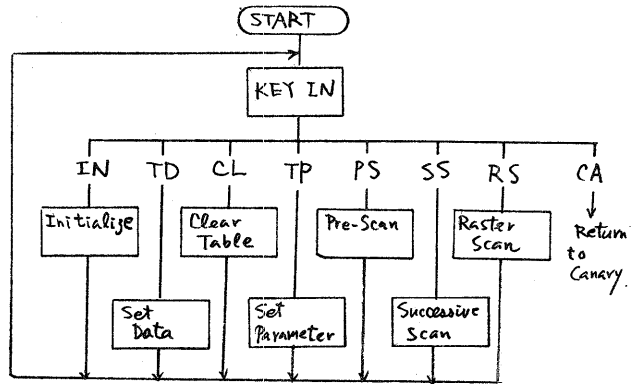


図 19

表2

PRM#	NAME	MEANING	INITIAL VALUE
0	LINEWD	(Line width)	25
1	IAPWD	Aperture width	5
2	ISCWD	Scan width	3
3	ISCSTP	scan step	2
4	IPKTHR	peak threshold	15
5	NFILM	negative film	1
6	IPRT	print	0
7	IPRT1	print 1	0
8	NBACK	back	1
9	ICONT	control	17
10	IXLL	X-lens coord. low	15
11	IXLS	" step	1
12	IXLH	" height	25
13	IYLL	Y " low	15
14	IYLS	" step	1
15	IYH	" high	25
16	ISAVE	save	1
17	MSIZE	mesh size	57
18	IOLDTB	old table	0
19	IErrorLVL	error level	600

表3 エラー番号

100	MSHCNT
200	MSHCNR
300	NORMAX
400	SUBORG
500	ABCOEF
600	—
700	MAIN

カすると、その値がセットされ再びパラメータ番号待ちの状態となる。例えば  
 POLLINEWD=NN2  
 P

のようなプリント結果が得られる。パラメータ番号待ちの状態にて 2 を入力すると制御はメインルーチンへ戻り control code 待ちの状態となる。

次に PS2 により pre-scan を行ない規準座標を求めた。その際、実測した格子間隔、格子線幅、中心部3個の小レンズ領域での原座標などが打出される。処理が終了すると再び control code 待ちの状態となるので、SS2 により補正係数を求めた処理に移る。求めた補正係数は主記憶装置内の表領域にセットされる。補正表をプログラムとみなし実行形式で登録し (例えば CTBL, correction table) 必要に応じてファイルから読み出しセットする、新しく補正係数を求める際の初期値としてもよい。

以上の各処理において不都合が生じると、その時点でエラー番号が打出される。エラー番号は表裏に示すように各処理ルーチン毎に分類されている。19番のパラメータ IERLVN の値によりエラー番号打出の制御を行なう。

## 6. パターン歪測定結果および画像出力結果

6-1. 補正係数 表々に補正係数測定結果の例を示す。3 回の繰返して歪が 0 になっている。一回の走査は約 10 秒かかっている。

表々

(1回目)     (16 16)

0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2

← Incremental  
← Cumulative

(3回目)     (16 16)

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
-1	2	3	0	0	1	1	3	1	0	0	11
↑											
F <sub>00</sub>	F <sub>01</sub>	F <sub>02</sub>	F <sub>10</sub>	F <sub>11</sub>	F <sub>12</sub>	G <sub>00</sub>	G <sub>01</sub>	G <sub>02</sub>	G <sub>10</sub>	G <sub>11</sub>	G <sub>12</sub>

### 6-2. 線画像

### 6-3. 濃淡画像

7. むすび 近年、リモートセンシングなど計算機による画像処理が盛んに行なわれるようになってきた。ランダムの走査が可能な画像入出力装置として、ブラウン管を光源とした装置の重要性も益々高くなったものと思われる。ここで述べた DD 管がそのような目的に利用されることを期待している。

最後に、DD 管の開発に協力された高エネルギー物理学研究所の柴田、小野西助教授、東芝映像管技術部のうぐ、歪測定プログラム開発に協力された、山下、星野、井沢の各氏、また MINI-OS の開発に当たられた川合、井田、板野、石畑の各氏に感謝する。

- 1) Shi-bata, S. et al: A New Type of Cathode Ray Tube Suitable for Bubble Chamber Film Measurement.
- 2) 後藤英一, 他: DD 管を用いた写真読取記録装置; 理研シンポジウム (1973)
- 3) (私信)