

写真パタンの統計的処理による最適露光の決定

齊藤 森生・大川 明治・横田 和丸

カラー写真完全自動プリンタ実現の第一歩として、その障害の一つである濃度補正について、写真パタン中の主題にたいする最適露光量の決定を、写真パタンの統計的処理により解析し追求し、ほぼ実用の域にある結果を得た。さらにその具体化の一例として最適露光量表示装置の試作試験により実用機の出現可能性を示した。

1. 緒言

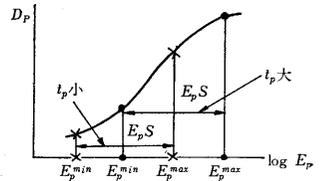
最近のカラー写真の普及はめざましい。わけてもネガポジ方式は主流を占めている。それにともない市中ラボでの印画紙焼付量は大量化し、かなりの自動化が進んでいる。ネガポジ方式では、ネガフィルム→焼付→印画紙というプロセスを含み、撮影時の少々の失敗は焼付時にかなり補正される。この補正を大別すると、色補正、濃度補正となる。前者は被写体中の色分布の偏り(特定色が多くを面積を占めているという意)、撮影時の光源の種類、フィルム露光量によるカラーバランスのくずれ等多種の原因にもとづく色ずれの補正を意味し、後者は被写体中の明るさ分布の偏りによるもので、被写体中の主題の明るさと、被写体平均の明るさが離れている場合に主題の焼付濃度を適正にするため、印画紙全体の濃度を増減させる補正である。両者は必ずしも独立したものではなく、関連して同時に補正することが多い。これらの補正は現段階では、熟練したプリントマンの判定により補正ボタンを押している。しかしこの判定はかなり難しい作業で、プリントマン養成に時間がかかり、個人差があり、再現性が少なく、誤判定も多くプリント作業上のネックになり、同時にプリンタの完全自動化の障害になっている。

本研究では焼付プロセスの自動化の第一歩として、上記補正中、濃度補正について、色補正と切り離しどのような焼付露光をすれば良いかを解析し、写真のパタンを統計的に処理することにより最適露光を得る方法を追求した。なお写真パタンの処理によって、好結果が得られることがわかったので、これを用いて現在プリントマンが行なっている濃度補正のための露光量の補正值を自動的に表示する装置を試作したので、これについても報告する。

2. 焼付プロセスにおける写真再現

カラー写真の場合には現像条件は規格化され、大量に自動現像され、特殊の場合をのぞき現像による補正はできない。したがって写真再現の良否は焼付露光条件の適否によって決まる。ところがカラー印画紙のラチチュードは非常に小さいので、焼付の際にネガパタンの全濃度域を印画紙の特性曲線の直線部に焼付けることは一般に不可能である。いまネガフィルムの最大濃度 D_n^{max} 、最

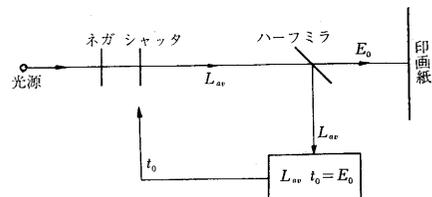
小濃度を D_n^{min} 、濃度域を $D_n S$ とするとポジへの露光量はある露光時間にたいして、最大露光量 E_p^{max} は D_n^{min} 、最小露光量 E_p^{min} は D_n^{max} 、露光域の対数値 $\log E_p S'$ は $D_n S$ に対応する。焼付露光時間 t_p を変えた時のポジの濃度 D_p を図・1に示す。ここで t_p を変えても露光域の幅 $\log E_p S$ は変化せず、露光域は横軸上を平行移動する。 t_p が小さい時はポジ特性曲線の足の部分に相当する露光量が与えられ、ネガの高濃度部分のディテールの再現性が悪くなり、 t_p が大きいときにはネガの低濃度部分のディテールの再現性が落ちる。



図・1

したがって、焼付に当っては、一枚一枚のネガについて、ネガの濃度域のどの部分の再現が重要であるかを考えて、各ネガについて露光時間 t_p の大きさを変えて最適な露光量を与える必要がある。

現在のカラープリンタの方式は平均露光方式でも呼ぶべき方式で、色再現の問題を除外して考えると等価的に図・2のようにあらわされる。ネガフィルムを透過した光が印画紙上に像を作る。この透過光の一部はハーフミラーにより光電素子に導かれ平均光束が測定される。ここであらかじめネガの濃度に関係なく印画紙に合った一定の基準露光量を設定しておき、平均光束を時間積分した露光量が設定値に達すると自動的にシャッターが閉じる。平均透過光束を L_{av} 、露光時間を t_0 、基準露光量を E_0 とすると、 $L_{av} \cdot t_0 = E_0$ (1) となる。この露光決定方式で焼付けると、ネガパタン中の各部の透過光束の値の偏差が小さいときには良好に焼



図・2

付ができる。しかし主要被写体の透過光束がネガパタンの平均透過光束と大きく偏っているネガではデンシティフェリアが起こる。デンシティフェリアは二つに分類される。

(A) 撮影の際主題にくらべ背景がかなり明るくかつその面積が大きい、例えば空や雪をバックにした人物写真。ネガでは背景が濃くなり、焼付の時間は長くなり、主題のポジ濃度は濃く焼き込まれてディテールがつぶれる。

(B) 撮影の際主題にくらべ背景が暗くかつその面積も大きい場合。例えば暗い風景の中で人物だけが直射日光に当たっている写真、この場合には主題濃度が淡くなりディテールはとぶ。

これを特性曲線上で考えると図・3のようになる。

ここで D_p は印画紙濃度、 E_0 は基準露光量、 E_s は主題の露光量、 E_{max} 、 E_{min} はそれぞれ最大、最小露光量。

(a) は主題にくらべバックが明るい場合で、 $E_s > E_0$ となり主題部再現には E_0 を減らさねばならない。

(b) は主題にくらべてバックが暗い場合で、 $E_s < E_0$ となり E_0 を増加しなければならぬ。

これらの補正はデンシティコントロールと呼ばれているがこの補正を行なったときの露光時間 t は

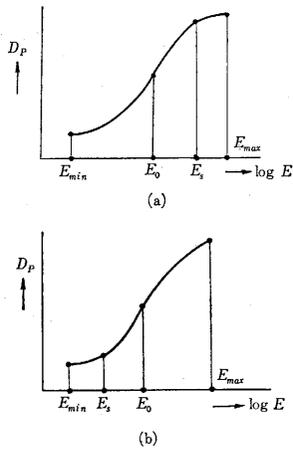
$$L_{av} \cdot t = KE_0 \quad (2)$$

となる。この式で K を補正係数と呼ぶ。この K は基準露光量の変更度を意味し、プリントマンの熟練により決定されてきた。

3. 写真パタンの統計的処理による最適露光の決定

われわれは写真プリントを見て、この写真は濃すぎるとか淡すぎるとか判断できるから、写真プリントにある適当な濃度があるものと考えられる。この濃度を D_{opt} とすれば、印画紙の特性曲線から D_{opt} にたいする最適露光量 E_{opt} が決まる (図・4)。

ネガフィルムには濃度のパタンがあるから、いまネガフィルム面を微小部分に分割して、各部の透過光束 L_i の分布をとってみれば、 L_i はある幅をもって分布するはずである。しかし各部の光束にたいして焼付露光時間 t は全画面にたいして不変であるから、今仮にA点の光束を L_a として、A点に



図・3

たいしては最適露光量を与えるものとすれば、A点にたいする印画紙の露光量は

$$E_a = L_a \cdot t = E_{opt} \quad (3)$$

このときB点の光束 L_b による露光量 E_b は

$$E_b = L_b \cdot t = \frac{L_b}{L_a} E_{opt} \quad (4)$$

となり最適露光量とはならない。もちろん印画紙の特性曲線において E_b が直線部にあれば E_b が E_{opt} からずれていてもB点付近の明暗のディテールは再現されるが、 E_b が特性曲線の脚部あるいは肩部にあればB点付近のディテールは良好に再現されない。

そこで画面各部の内どの点を最適に露光するか問題になるが、カラー印画紙のラチチュードはかなり小さいので、一枚一枚のネガについて、その撮影者の再現したい部分の重要度により最適露光量を与える部分の透過光束が決まる。この透過光束を L_{opt} で表し最適透過光束と呼ぶことにする。この時の露光時間 t は

$$L_{opt} \cdot t = E_{opt} \quad (5)$$

によって与えられる。さて L_{opt} はどんな値になるか？ 一般に写真を撮影する場合には撮影者は何らかの主要被写体 (主題) を意図して撮影する。この主題の濃度が最適となれば写真再現は良く行なわれたと考えられるから主題の透過光束を E_{opt} に露光すればよい。すなわち主題の透過光束 $L_s = L_{opt}$ となる。そこで主題のパタン認識は機械に行なわせてその透過光束を最適にすればよい。

しかし写真のネガ群は全く異なったパタンを持っており、一枚一枚についておのおのの主題を機械に認識させることは不可能なことである。ところが、カラー写真中の主題のパタンはかなりの有意性をもったものであることが予想される。そこでカラー写真ネガの主題パタンの統計的性質を捕え、その特徴を利用して主題認識を統計的に行ない、焼付における露光量決定を行なおうとするものである。

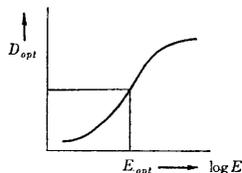
(1) 処理方法 一枚一枚のネガについて最適透過光束 $L_{opt}(J)$ (J はネガを表わす Suffix) が与えられたとする。写真パタンの情報を得るためネガ面を N 分割して考える。それぞれの分割セクションの透過光束を L_i ($i=1, 2, \dots, N$) とし、 L_i を関数 F により処理して与えられた等価光束を L_E とすると

$$F(L_1, L_2, \dots, L_N) = L_E \quad (6)$$

ここで、 $L_E = L_{opt}$ となるように処理関数 F を求めればよい。

すべてのネガについて $L_E = L_{opt}$ を満足する処理関数 F をユニークに決定することは不可能であるから、統計的に L_E が L_{opt} に最も近くなるような関数を求める。

現場のカラープリントの仕上り濃度の検査においては一枚のネガの焼上りプリントの濃度と標準プリントの濃度を比べ、その偏差がある許容値をこした場合にはそのプ



図・4

プリントをチェックする方法をとっている。偏差許容値はネガの図柄によって異なるが、焼付露光時間に換算して大体 15% から 20% である。

あるネガ J についてデータ処理により得られた等価的透過光束 $L_E(J)$ により露光量決定をしたとすれば、

$$L_E \cdot t_E = E_{opt} \quad (7)$$

最適透過光束 $L_{opt}(J)$ により最適露光をしたとすれば

$$L_{opt} \cdot t_0 = E_{opt} \quad (8)$$

$L_E(J)$ と $L_{opt}(J)$ の偏差を

$$DEV(J) = \frac{|L_E(J) - L_{opt}(J)|}{L_{opt}(J)} \quad (9)$$

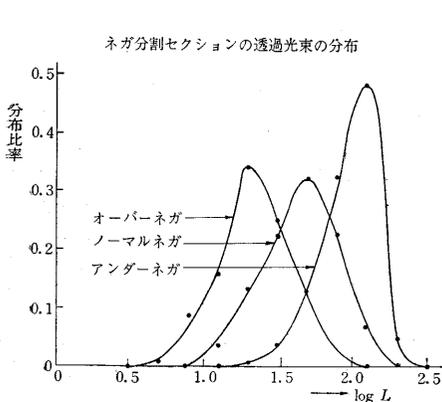
とすれば、 $DEV(J)$ は L_E の L_{opt} にたいするずれを表わしており $DEV(J)$ から次の評価をした。

- $DEV(J) \leq 0.1$ なら評価は Excellent
- $0.10 < DEV(J) \leq 0.15$ なら評価は Good
- $0.15 < DEV(J) \leq 0.2$ なら評価は Fair
- $0.20 < DEV(J)$ なら評価は Poor

処理関数 F を決定したとき Excellent, Good, Fair, Poor のネガの全ネガに対する比率を e, g, f, p とすれば検査の許容偏差値を 10% としたとき検査を通る印画紙の収率は e , 15% としたときの収率は $e+g$, 20% なら $e+g+f$ となる。偏差許容値を定めた時の収率により処理関数の良否を評価した。

次にサンプルとして 35 mm 用さくらカラーネガ $N 50 630$ 枚を無作為抽出し、これを撮影露光量の適正, 過度, 不足によりノーマル, オーバー, アンダーの各ネガに分類した。ノーマルネガは全体の 80% 近くを占め非常に多いので、ノーマルネガを重点的に扱った。

次に実験過程として、ネガ面の分割数を縦 4 等分, 横 6 等分して 24 分割した。この各部分からの透過光束の測定には引伸機を使用し、ネガ像を太陽電池上に投影、電池の大きさを一分割部に等しくし、これをスライドして測定した。光電変換装置には、コーニング社製 Blue-Green Filter 4-97 と早川電気製 SPD 530 を組合せ、分光感度を視感度に合わせた。なお以後のデータ処理に用いた数



図・5

0	0.5	2.2	2.2	0.5	0
0.3	7.2	29.1	29.1	7.2	0.3
0.1	2.2	8.3	8.3	2.2	0.1
0	0	0	0	0	0

大線内
分布比率 94.7%
面積比率 25.0%

図・6 主題分布比率% <左右平均>

値は、太陽電池の出力電圧 $\times 10^{-2} \text{mV}$ をそのまま表わしたもので、この数値を L とすると、ネガの透過度は $4.2 \times 10^{-3} L$, 光束は $7.1 \times 10^{-5} L (\text{lm})$, 照度は $3.8 \times 10^{-1} L (\text{lx})$ となる。

(2) 最適透過光束の決定 前出の(2), (5)式から

$$L_{ao} \cdot t = K \cdot E_0 = K \cdot E_{opt}$$

$$L_{opt} \cdot t = E_{opt}$$

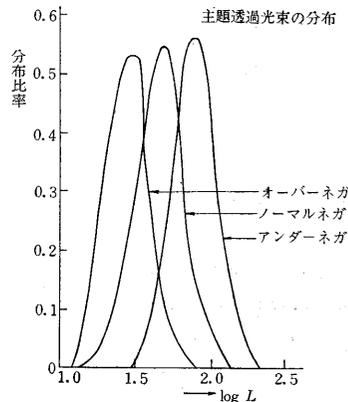
であるから、 $L_{opt} = L_{ao}/K$ (10)

そこで各分割セクションの透過光束 L_i の平均値 L_{ao} の測定と、プリントマンの集団判定による補正係数 K から最適透過光束 L_{opt} を決定した。

(3) 主題パタンの特徴 主題の特徴を調べるに当り“主題”として何をを選ぶかが問題になるが、プリントマンが焼付する時には、人物の顔が最もよく再現されるように露光を行なう。実際に調べた 479 枚のネガの内、人物を含む写真が全体の 83.5% をも占めていていかにカラー写真に人物写真が多いかがわかる。そこで主題を人物の顔の部分とし、主題の透過光束と主題の画面中の位置の分布を調べてみた。図・5 はサンプルしたノーマル, オーバー, アンダーの各ネガについて人物の顔の部分の光束を測定した結果と、分割セクションの透過光束の分布を示す。

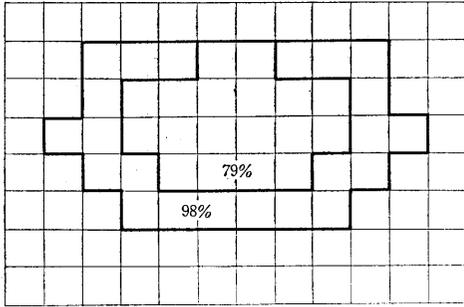
図・6 に画面を 24 分割した場合の主題の位置の分布比率を、図・7 に 24 分割をさらに 4 分割した場合の分布集中度を示す。

(4) 統計的処理 前述の調査から主題パタンの統計的



性質として、主題の透過光束は比較的狭い範囲に分布している。主題は大部分画面の中央に分布しているということがわかった。

そこで、画面各セクションの透過光束のうち主題の分布している範囲を重要視するか画面の中央付近を重視すれば主題を捕えうるであろう。そこで処理関数 $F(L_1, L_2 \dots L_{24})$ を透過光束 L と分割セクションの位置 i に関する重みづけ



外側太線内 分布 98%、面積 36%
内側太線内 分布 79%、面積 18%

図・7 主題の分布集中度

平均とし、重み関数 $W(L, i)$ を L に関して主題の分布している範囲を大きくし、 i に関し画面の中央のセクションに対して大きくする。このとき等価的透過光束 L_E は

$$L_E = \frac{\sum_{i=1}^{24} W(L, i) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(L, i)} \quad (11)$$

まず $W(L, i)$ の関数形を定め、そのパラメータを変えた時の DEV を求め、偏差許容値を 15%、20% とした場合のネガの収率計算から最適重み関数を決定する。パラメータ変動による収率の計算は OKITAC 5090 により行なった。平均透過光束 L_{av} による現在の露光方式を行なった場合の収率を比較のために示すと表・1 のようになる。

表・1

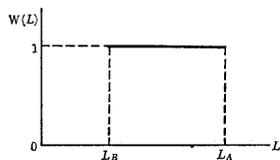
	偏差許容値	
	15%	20%
ノーマルネガ	41%	58%
オーバーネガ	42%	67%
アンダーネガ	30%	37%

(4)-1 ノーマルネガ

透過光束に関する重みづけとして、重み関数を $W(L)$ とすると

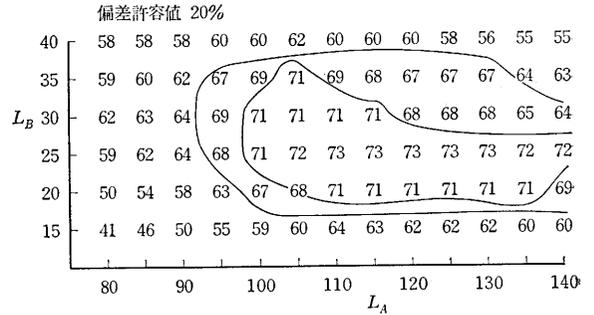
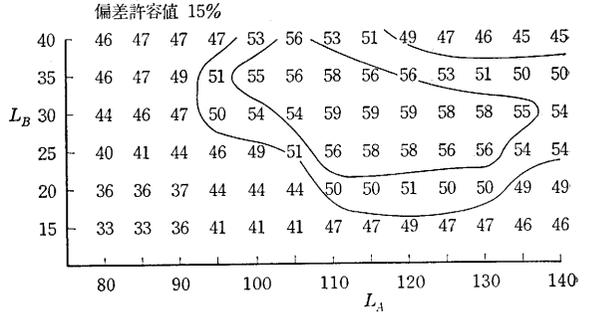
$$L_E = \frac{\sum_{i=1}^{24} W(L) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(L)} \quad (12)$$

$W(L)$ は主題の透過光束の分布する $L=20 \sim 100$ の範囲で大きな値をとることが望ましい。そこで最もラフな処理として次の形の重み関数を仮定した。(図・8)



図・8

$$\begin{aligned} 0 \leq L < L_B \text{ において} & \quad W(L) = 0 \\ L_B \leq L < L_A \text{ において} & \quad W(L) = 1 \end{aligned}$$

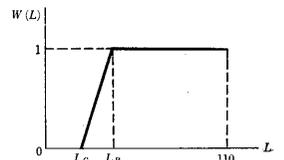


図・9

$L_A \leq L$ において

$$W(L) = 0$$

この形を I-A1 形とする。パラメータ L_A は 80 からきざみ 5 で 140 まで L_B は 15 からきざみ 5 で



図・10

40 まで変化させた。 L_B を縦軸に L_A を横軸にとり偏差許容値を 15%、20% にした場合の収率の等高線的表示を図・9 に示す。 $L_A=110, L_B=25$ 付近に最大値があり、その収率はそれぞれ 59%、73% である。

この結果上限スレシヨルド L_A の変動はあまり収率に影響しないので図・10 のような関数形 (I-A2 形) により L_B, L_C をパラメータとして処理したが、収率はあまり改善されず、それぞれ 65%、74% どまりであった。(図・11)

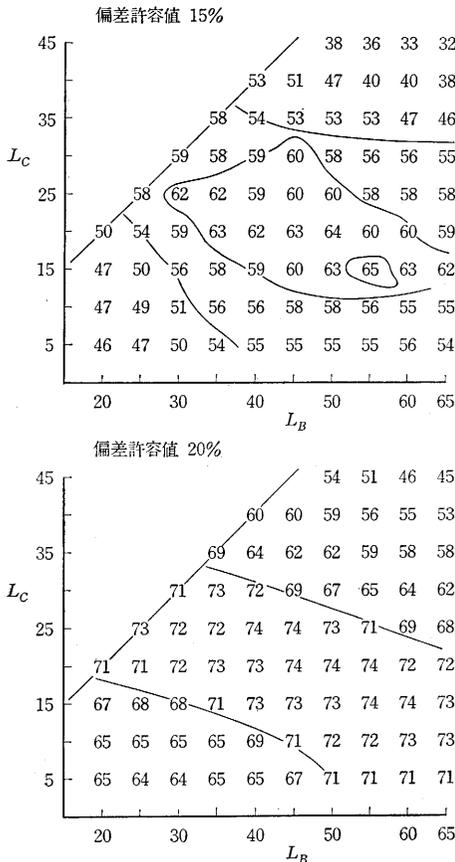
次に位置の重みづけとして、分割セクション i の重み関数を $W(i)$ とすると、

$$L_E = \frac{\sum_{i=1}^{24} W(i) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(i)} \quad (13)$$

位置に関する最適な重み関数を求めるにあたり次の仮定をおいた。主題の分布の多いセクションほど大きな重みをつける。重みづけは画面に対して左右対称とする。

図・6 に見るように主題は 12 コマに多く分布し、周辺の 12 コマの分布は少ない。そこで周辺 12 セクションの重み関数 $W(i)$ を 1.0 とし、真中の 12 セクションの重み関数を図・12 のようにきめた。ただし $N_1 \geq N_2 \geq N_3 \geq N_4 \geq N_5 \geq N_6$ 。

N_i' の値を 1.0 からきざみ 3.0 で 10.0 まで変えて計



図・11

1.0	N_5	N_4	N_4	N_5	1.0
1.0	N_5	N_1	N_1	N_5	1.0
1.0	N_5	N_2	N_2	N_5	1.0
1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

図・12

算した結果を表2に示す。表・2 Iは偏差許容値15%としたときの収率の大きさの順にならべたものである。 N_1, N_2, N_3 の値を大きくすることにより収率は増す。ことに N_1, N_2 の値はかなり収率に影響を与える。一方 N_4 以上の値を大きくしても収率の改善はあまりみられない。そこで表・2 Iを N_1, N_2 の値で分類したのが表・2 IIである。総合的に見ると位置にかんする重みづけは透過光束に関する重みづけほどには収率の改善に役立っていない。(この形をI-B形とする)

さらに透過光束と位置に関する重みづけとして両関数の積をとった。このとき

$$L_E = \frac{\sum_{i=1}^{24} W(L) \cdot W(i) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(L) \cdot W(i)} \quad (14)$$

前の結果から

$W(i)$ として、 N_4

$= N_5 = N_6 = 1$ とし

N_1 は7.0からきざ

み3.0で10.0まで、

N_2 は4.0からきざ

み3.0で N_1 まで、

N_3 は1.0からきざ

み3.0で N_2 まで

とし、 $W(L)$ はI-

A1形とし L_A は

100からきざみ5

で125まで、 L_B は

15からきざみ5で

35までとして、 N_1

N_2, N_3, L_A, L_B の

五つのパラメータ

を変えて最適重み

関数を求めた。収

率の面では光束に

たいする重みづけ

だけのときに比べ

それほど改善され

ていないが、パラ

メータ変動に対す

る収率の変動は小

さくなっている。

(4)-2 オーバ

ーネガ

これについては

ネガの特性曲線か

ら考えて、ノーマ

ルネガと同様I-A

1形のような透過

光束に関する重み

づけを行なってみ

た。 L_A は35から

きざみ5で70まで

L_B は10からきざ

み2で20まで計算

結果を図・13に示

す。

(4)-3 アンダ

ーネガ

ネガとしてはコントラストが小さく、プリントマンの

判定による補正係数は $K=0.75$ を中心としてバラツキ

が少なくほとんど $K \leq 1.0$ である。重み関数をI-A1形と

すると収率はほぼノーマルネガと同程度になるようにパ

表・2

I

N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	15% 収率	20% 収率
7	7	1	1	1	1	53	64
10	10	1	1	1	1	51	67
10	7	1	1	1	1	49	65
10	7	4	1	1	1	49	63
10	10	4	1	1	1	49	67
4	4	1	1	1	1	47	60
7	7	4	1	1	1	47	63
7	7	7	1	1	1	47	64
10	10	7	1	1	1	47	67
7	4	4	1	1	1	46	63
10	10	10	1	1	1	46	64
7	4	1	1	1	1	45	63
10	4	1	1	1	1	45	64
10	7	7	1	1	1	45	64
10	10	10	4	1	1	45	63
10	4	4	1	1	1	44	64

II

$N_1=10, N_2=10$

N_1	N_2	N_3	N_4	15% 収率	20% 収率
10	10	1	1	51	67
10	10	4	1	49	67
10	10	7	1	47	67
10	10	10	1	46	64
10	10	10	4	45	63

$N_1=10, N_2=7$

10	7	1	1	49	65
10	7	4	1	49	63
10	7	7	1	45	64

$N_1=10, N_2=4$

10	4	1	1	45	64
10	4	4	1	44	64

$N_1=7, N_2=7$

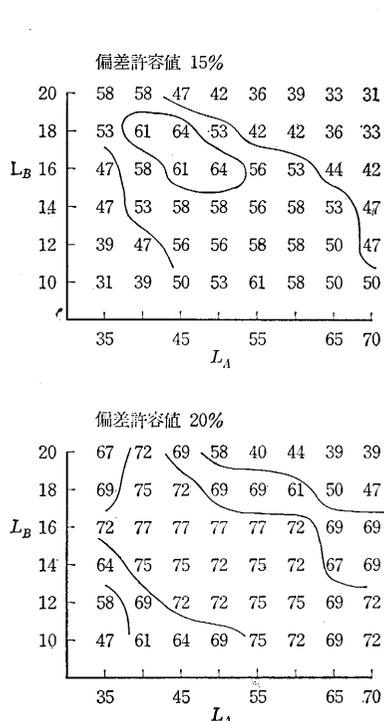
7	7	1	1	53	64
7	7	4	1	47	63
7	7	7	1	47	64

$N_1=7, N_2=4$

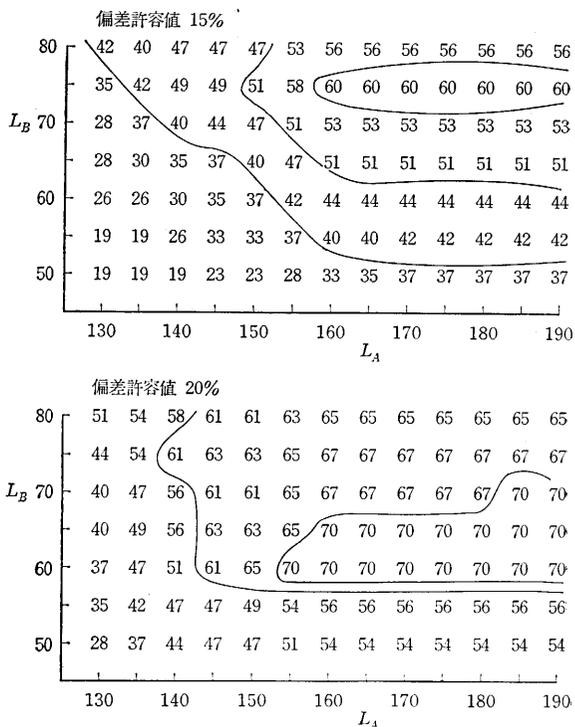
7	4	1	1	45	63
7	4	4	1	46	63

$N_1=4, N_2=4$

4	4	1	1	47	60
---	---	---	---	----	----



図・13



図・14

表・3

ノーマルネガ			
	重み関数	偏差許容値15%	偏差許容値20%
I-A 1	$W(L)$	59	73
I-A 2	$W'(L)$	64	74
I-B	$W(i)$	53	67
I-C	$W(L, i)$	63	74
AVR	1	41	58

オーバーネガ			
	重み関数	偏差許容値15%	偏差許容値20%
I-A 1	$W(L)$	64	77
AVR	1	42	67

アンダーネガ			
	重み関数	偏差許容値15%	偏差許容値20%
I-A 1	$W(L)$	61	70
AVR	1	30	37

ラメータを定められるが(図・14), アンダーネガの場合には特性曲線脚部の影響が強く関数形を変えると収率が非常に向上する。

(5) 結果の検討 重み関数の処理の結果をまとめると表・3のようになる。ここで AVR は L_{av} による場合である。ノーマルネガについて位置の重みを加えても収率としてはあまり改善されていないが、パラメータの変動

に対する収率の変化は少なくなる。位置の重みを加えても収率が改善されない理由として、主題が周辺にあるネガについては L_E と L_{opt} の偏差が大きくなること、主題の透過光束が L_A より大きい L_B より小さい場合には位置の重みづけは意味を失う、画面中央に大きな重みをつけることにより平均透過光束の情報が小さくなる etc. が考えられるが、評価方法が適当なためにはっきりしたことはわからない。

そこでミクロの吟味として、各ネガの L_E が L_{opt} にどの程度近づくかを知るため、ノーマルネガについて透過光束にかんする重みづけ $W(L)$ をしたとき、透過光束と位置の重みづけ $W(L, i)$ をした場合について、各ネガの $L_E(J)$ と $L_{opt}(J)$, $DEV(J)$ を求めて、これを各ネガのパターンと比較対照してみた。 $W(L)$ の重みづけ処理において $L_A=115$, $L_B=25$ としたとき、78 枚のネガのうち、重みをかけないときに比べて改善されているものが75枚、改善されていないものはわずか3枚にすぎなかった。このことから透過光束の重みづけの妥当性がまずわかった。次に $W(L)$ と $W(L, i)$ の重みづけを比較すると、 $W(L, i)$ では $W(L)$ で $DEV(J)$ の大きかったものの改善度が大きく、全ネガについての $DEV(J)$ の平均値もかなり小さくなっている。このことは後述の実験の吟味でははっきりと出て来る。したがって実用面からは有効である。

また、 $W(L, i)$ の処理によってパラメータ全部をどの

ように変えても、 $DEV[J] \leq 0.2$ とならないネガが12枚もあった。これは全数の 15% を占め、これが収率向上をはばむ最大の原因となっている。そこでこれらのネガについてパターンを調べて見ると、

(1) 分割数が不十分なため主題が分割セクションに比べかなり小さいか、主題が各セクションの境界にあった。

(2) 主題がすでに特にアンダー、あるいはオーバーに露光されているため L_S が L_A と L_B との間に入らない。

この2つの原因のうち(1)が主因である。では分割数をどの程度細かくすればよいであろうか。108枚のネガについて人物の顔の部分の大きさを調べ、その面積を同じ面積の正方形におきかえると、この正方形の面積の平均は現行の24分割の1セクションの約6分の1倍であった。したがって主題を完全に捕えるには24分割では大きすぎる。しかし6倍すれば144にもなり膨大な処理を要し現実性がない。そこで画面中央部の分割を細くし、周辺部の分割を大きくする方法が良いと思われる。

最後に、今までは L_E と L_{opt} の偏差の評価を数式的に取扱い、許容偏差値を固定して収率を算出してきた。しかし実際には各ネガのパターンにより許容偏差値が異なるため正しい評価とはいえない。そこで実際的评价方法として、計算結果に基づいて実焼をしでき上った印画をプリントマンに検査してもらった。ノーマルネガ78枚について重み関数 $W(L)$ のパラメータは $L_A=115$, $L_B=25$, 重み関数 $W(L, i)$ のパラメータは $N_1=7$, $N_2=7$, $N_3=1$, $L_A=115$, $L_B=25$ として計算した場合である。

検査結果が表・4である。表中の評価記号は、A: 最上の仕上り, B: 普通の仕上り, C: 仕上りは良くないが検査は通る, D: 仕上り悪く不合格, A' は AB の中間, B' は BC の中間, C' は CD の中間である。

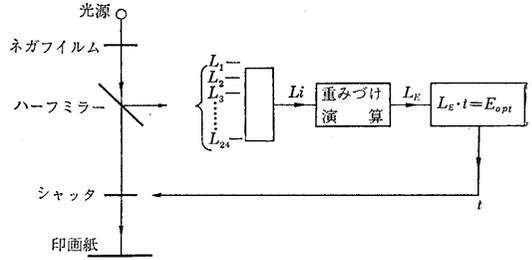
表・4

I プリントマン検査による収率

評価	A	A'	B	B'	C	C'	D
ネガ枚数	22	1	23	2	12	5	13
比率(%)	28	1	30	3	15	6	17
累積比率	28	29	59	62	77	83	100
ネガ枚数	24	3	24	3	14	5	5
比率(%)	31	4	31	4	18	6	6
累積比率	31	35	66	70	88	94	100

II 計算による収率

評価	EXCELLENT	GOOD	FAIR	POOR
ネガ枚数	28	16	13	21
比率(%)	36	21	16	27
累積比率	36	57	73	100
ネガ枚数	33	16	8	21
比率(%)	42	21	10	27
累積比率	42	63	73	100



図・15

注目すべき点は $W(L, i)$ をかけると検査を通る印画が大幅に増え、 C' をとも検査を通るものとすれば最大収率は94%にもなる。この原因は $DEV[J]$ の大きなもの改善によるものと思われる。

4. 装置の試作

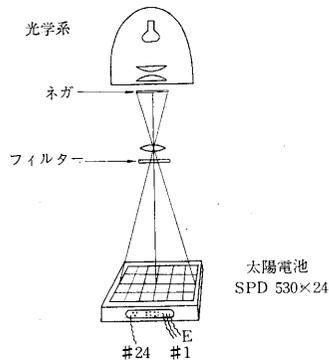
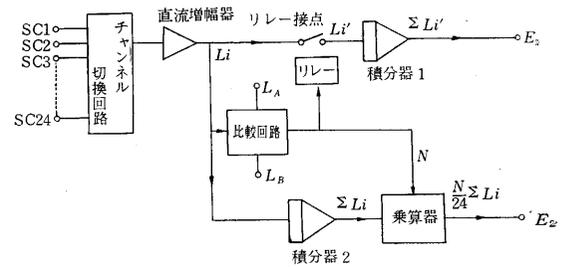
前節の方式により露光決定を行なうとすれば装置のブロック図は図・15 のようになる。

ネガフィルムの透過光束の一部はハーフミラーにより分路され光電変換素子により、各分割セクションの透過光束 L_i に相当する電気信号に変換されて、重みづけ演算装置により L_E が演算され $L_E \cdot t = E_{opt}$ となるようにシャッターを開き時間 t を決定する。

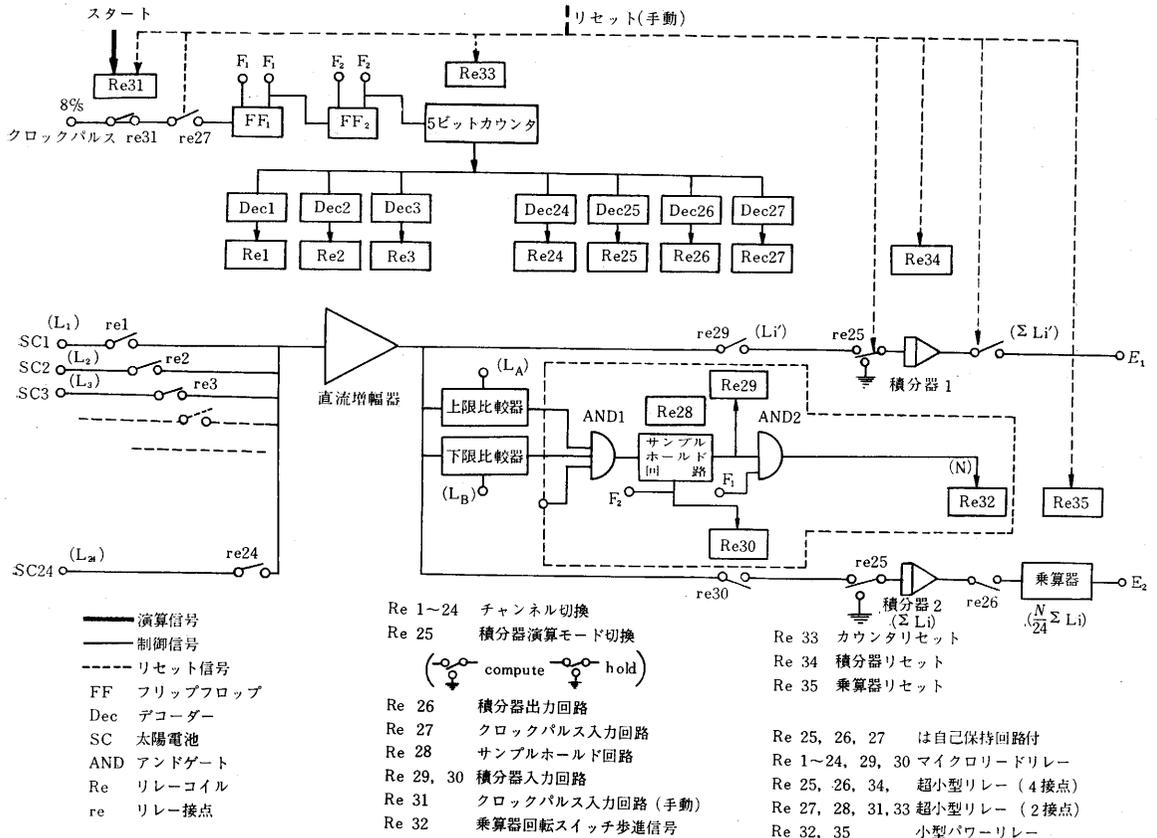
これは現在のプリンター L_{av} 信号を L_E 信号に変えただけであるから要は

$$L_E = \frac{\sum_{i=1}^{24} W(L, i) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(L, i)}$$

なる演算装置を製作すればよい。



図・16



図・17

演算装置はアナログ方式とデジタル方式が考えられるが L_E の演算が簡単な代数計算であるからデジタル方式が適していると思われる。

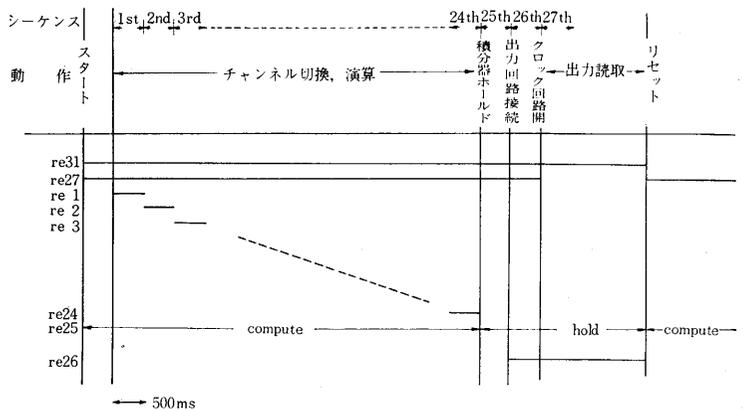
第一歩として、露光量の補正の係数 K の自動表示装置を試作した。重み関数は I-A1 の透過光束に関する重みづけとし、方式は時分割アナログ方式である。図・16に装置の原理と光学系を示す。

補正係数 K は

$$K = \frac{L_{av}}{L_{opt}} = \frac{\sum_{i=1}^{24} L_i}{24} \bigg/ \frac{\sum_{i=1}^{24} W(L) \cdot L_i}{\sum_{i=1}^{24} W(L)} \quad (15)$$

$W(L)$ は $L=L_A, L_B$ をスレッシュロルドとして1または0の2値をとるから、24分割セクションの透過光束 L_i のうち $L_B \leq L_i \leq L_A$ なるものを $L'_i (i=1, 2, \dots, N, N \leq 24)$ とすると

$$K = \frac{\sum_{i=1}^{24} L_i}{24} \bigg/ \frac{\sum_{i=1}^N L'_i}{N} = \frac{N}{24} \frac{\sum_{i=1}^{24} L_i}{\sum_{i=1}^N L'_i} \quad (16)$$



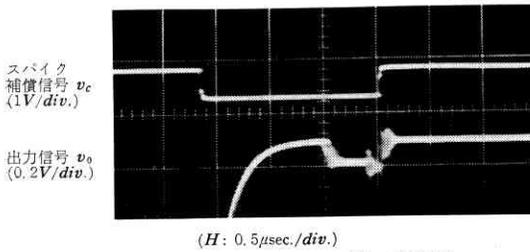
図・18

原理 光源から光を受けたネガはレンズにより 24 個の太陽電池上に投影され、太陽電池 SC 1~24 はネガ面分割セクションの透過光束 L_i に比例した出力電流を与える。

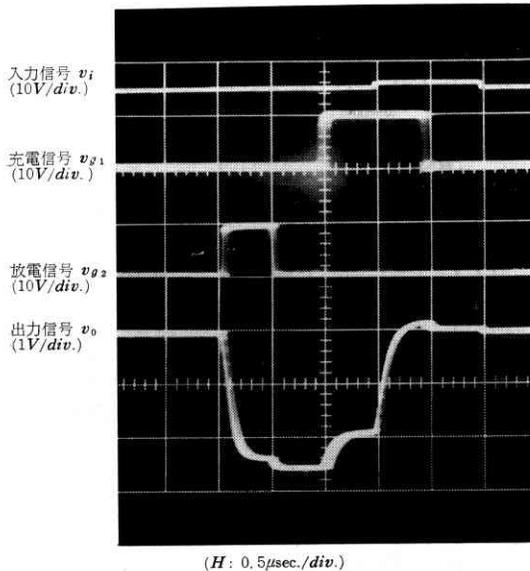
出力電流は負荷抵抗により電圧に変換され、チャンネル切換回路により、時分割で直流増幅器の入力電圧となる。

直流増幅器の出力 L_i は

(p.27へつづく)



図・5 出力の立ち上り波形 ($C=250PF$, $C_c=20PF$)
—スパイク補償あり—



図・6 出力の立ち上りおよび降下波形 ($C=250PF$)
—残留電圧補償あり ($V_{ss}=0.6V$)—

4 的になり、充電時に約 70mV 程度保持電圧が落ちている。図・5 は入力信号と同位相の補償信号を加えた場合の出力波形で、 V_a にはほぼ等しい電圧を保持できる。

また、図・6 に示すように V_{ss} として 600mV 程度の電圧を用いることにより、降下時間 T_2 は T_1 と同程度に減少でき、しかも残留電圧は完全に補償できる。

電圧保持回路としての直線性は約 6V まで良好である一方、約 2V の直流レベルシフトがあり、場合によってはその補償が必要となる。

4. 結 言

MOS 型 FET を用いた電圧保持回路について、保持容量からみた並列合成抵抗がふつうのトランジスタによる回路より 2 桁程度以上大きく、保持時間を十分長くとり得ること、ソース・ホロウの使用により良好な直線性が得られること、内部電極間容量に基づく充放電パルスの漏れ、および残留電圧の影響が簡単に補償できること、また FET の ON 抵抗がかなり大きいため充放電時間が長くなるが、保持容量を小さくすることにより 1μsec. 程度に減少させ得ることがわかった。

したがって、この MOS 型 FET を用いた電圧保持回路は簡単な回路構成にもかかわらず、従来のふつうのトランジスタを用いた回路よりもすぐれている。

終りに、実験に協力された千葉工大植田武保君に謝意を表す。
(1966年6月11日受理)

文 献

- "Field-effect transistors" Electronics, 37,30(1964-11), 37, 31(1964-12), 37, 32(1964-12)

(p. 18 よりつづく)
比較回路により L_A, L_B との比較をし、 $L_B \leq L \leq L_A$ ならばリレーを駆動してリレー接点を閉じ L_i' となる。 L_i' は積分器 1 により時間積分され $\sum L_i' = E_1$ となる。

一方比較回路の出力信号により乗算器の乗数は $N/24$ に設定される。積分器 2 の出力 $\sum L_i$ は乗算器により $N/24$ 倍され $N/24 \sum L_i = E_2$ となる。 E_1, E_2 を読取れば

$$K = \frac{N}{24} \frac{\sum L_i}{\sum L_i'} = \frac{E_2}{E_1} \quad (17)$$

が補正係数である。

ブロック図およびシーケンスチャート 図・17 にブロック図、図・18 にシーケンスチャートを示す。全体は 27 シーケンスからなり、シーケンス 1~24 で 24 個の太陽電池出力のチャンネル切換および演算を行ない、シーケンス 25 で積分器をホールドし、シーケンス 26 で積分器

出力回路を閉じ出力電圧 E_1, E_2 をメータ表示する。シーケンス 27 はクロックパルス入力回路を開くためのものである。

試験成績 ノーマルネガ 78 枚について計算機の計算による補正係数 K' と本装置の表示した補正係数を比較した。演算部本体の誤差は約 2% 程度であった。

5. 結 論

本研究により写真パタンの情報を統計的に処理することにより、写真の主要被写体に対し最適露光を行なうことが実用的段階で可能であることがわかった。また本研究では濃度補正を扱ったが、色再現(色補正)の問題を同時に取入れることが今後の課題である。

おわりに有益な助言をいただいた沢井教授、山口助教、授ならびに沢井研究室の方々に厚くお礼申し上げます。

(1966年6月13日受理)