

レーザー露光用写真感光材料のセンシトメトリ評価

Sensitometry Evaluation of Photographic Films for Laser Printing

大石 篤* 澤住 庸生* 北村 光晴*
Ohishi, Atsushi Sawazumi, Tsuneo Kitamura, Mitsuharu

Sensitometry of photographic films used for laser printing is greatly different from that by conventional exposure because of the very short time scanning exposure with high-intensity. Moreover, the picture quality such as sharpness relates to sensitometry, and depends on the exposure situation of the printer. In order to evaluate these matters, we developed a laser sensitometer of scanning beam type which realizes variable exposure situations. The exposure quantity of three lasers can be modulated by 12 bits by 1% reproducibility. As a result, an accurate evaluation of sensitometry and an analysis of the influence to the picture quality became possible.

1 はじめに

画像のデジタル化の進展とともに、デジタル画像情報を豊富な階調表現や高解像性等、高画質で再現できるデジタル出力用途の銀塩感光材料が伸長している。この種の画像は主にレーザーの走査露光により形成されるがその露光条件は高照度短時間での走査露光で、Table 1 に示すように、従来の一括露光での露光条件とはおおきく異なる。一般に銀塩感光材料のセンシトメトリは露光条件に依存する。たとえば Fig.1 に示すように露光時間が短くなると感度が低くなる。加えてレーザー走査露光においては、ビーム径等がセンシトメトリに影響し、またセンシトメトリが濃度ムラや鮮鋭性等の画質にも影響を及ぼす。

従って、レーザー感光材料の画質向上においてセンシトメトリの正確な評価とその画質形成への影響把握が重要となる。今回我々はこのような評価分析が可能なレーザー走査露光型の感光計を開発したのでその内容を報告する。

Table 1 Comparison of exposure situation

	exposure method	exposure time	range of exposure Wavelength
laser film	laser beam scanning	0.1 usec	narrow
conventional film	lamp and optical filter	>10 usec	broad

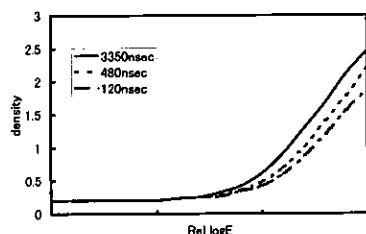


Fig. 1 Characteristic curves of various exposure duration

* 感材生産本部 技術センター開発グループ

2 センシトメトリ評価の必要要件

レーザー走査露光においては主に以下の露光条件がセンシトメトリに影響を及ぼす。

- (1) 露光レーザーの波長
- (2) 露光レーザービームの径
- (3) 露光レーザービームの走査線の重なり度
- (4) 露光レーザービームの走査速度

レーザープリンタの露光条件は各プリンタによりまちまちであるが、このような露光条件を感光材料が使用されるレーザープリンタの露光条件となるよう可変制御し、かつ安定的に評価する必要がある。また上記露光条件の変化がセンシトメトリにどう影響するかは機器との適合性を評価する上で重要なポイントとなる。

3 感光計の開発

3.1 基本仕様

前記必要要件および各種プリンタの露光条件をもとに下記に示す可変機能を設定した。

- (1) レーザ波長 633nm、670nm、780nm可変
- (2) ビーム走査速度 167～660m/s 可変
- (3) フィルム移動速度 20～84mm/s 可変

また感度評価で重要な露光量設定性能については、その分解能は写真の中間調が十分評価できるよう 12bit とし、また安定性はガンマ 2 程度のフィルムの感度評価に必要な再現性レベルを考慮し 1% 程度を目標とした。露光パターンはセンシトメトリが評価できるパターンとセンシトメトリや露光条件が画質にどう影響するかが評価できる画質パターンを設定可能とした。

3.2 構成

目的とする評価を実現するために Fig.2 のような構成の感光計を開発した。露光されるフィルムサンプルはス

テッピングモータで駆動ロールを駆動することで搬送される。このステップモータの回転数を制御することで、フィルム の搬送速度を可変可能としている。ステッピングモータは回転ムラが課題であるがフライホイールやモータ制御条件を最適化し前記可変範囲で搬送ムラによる濃度ムラを視認レベル以下とした。また光学系には3種のレーザがセットされ、露光するレーザビームを選択可能としている。選択されたレーザビームはポリゴンにより走査され搬送中のフィルムに照射し露光する。ここでビームの走査速度はポリゴンの回転数を制御することで、可変可能としている。また露光中のレーザの光量は、評価に必要な露光パターンに応じて変調されている。

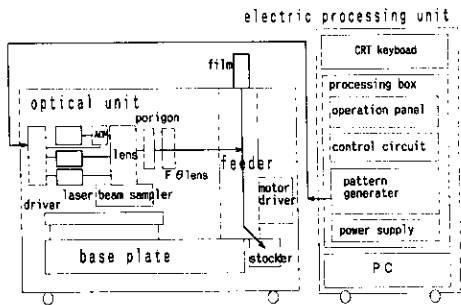


Fig. 2 Schematic diagram of laser sensitometer

となり 100 倍の効果が認められた。

半導体レーザの場合は直接変調が可能であるが、広いダイナミックレンジで変調するためには発振しきい値以下の発光量も活用する必要がある。ところが半導体レーザは発振しきい値を境に微分量子効率が大きく変化するので、一般的な負帰還による変調回路では発光レンジ全域で良好な変調応答性が確保できない。我々は今回、負帰還ループの一部を2重ループとしレーザの微分量子効率の変化を負帰還ループ内で補償する変調回路を開発した。Fig.4 に周波数特性を示す。高速変調が必要な画質評価用の露光パターンも正確に露光できる良好な応答性が得られた。これらの開発によりガスレーザ、半導体レーザとも 12 bit 分解能での光量設定が可能となった。

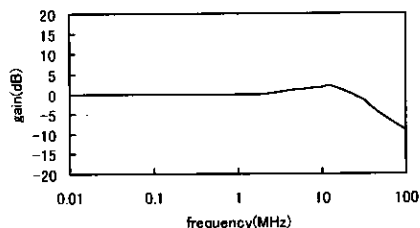


Fig. 4 Frequency characteristics of light modulation of laser diode

3. 3 露光性能に関わる技術

感光計としては、広いダイナミックレンジで高分解能でかつ安定な露光量の設定が必要となる。これにたいして正確にレーザ光量を変調する技術と光量設定を安定化する校正技術を開発した。

(1) 光量変調

HeNe レーザのようなガスレーザの場合は音響光学素子 (AOM) を使用して光量変調することが一般的であるが、変調のダイナミックレンジは AOM の消光比の制約を受ける。感光計としては特に光量ゼロ設定で漏れ露光量が生じてしまうことがかぶり濃度の評価等で問題となる。今回 Fig.3 のような構成で消光比の改善を実現した。AOM から出射される変調光を第一スリットで回折しその 0 次回折光のみを第二スリットで取り出す。これにより AOM での 0 次回折光のもれ込みは第二スリット開口部以外の部分に導かれ、消光比が改善する。実際に AOM 単体では 800 : 1 であった消光比が本構成により 80000 : 1

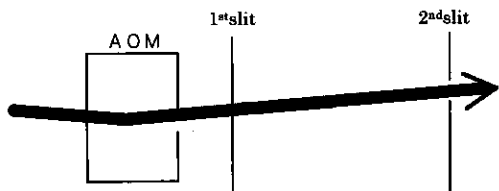


Fig. 3 Scheme for improvement of extinction ratio

(2) 光量校正

設定した光量は実際にはレーザ光源やそのドライバーのドリフトや光学素子の経時変化により変動する。感度評価の再現性を向上するためには、校正が必要となる。今回開発した校正手段の構成を Fig.5 に示す。レー

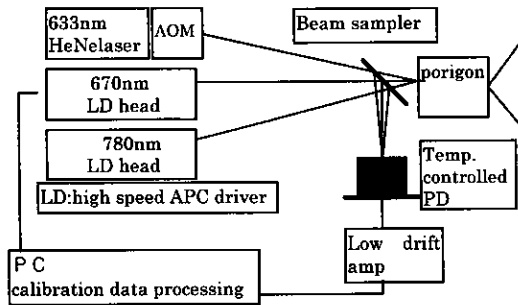


Fig. 5 Configuration of calibration technique

ザ光の一部をビームサンプラでとりだし、温度制御したフォトダイオードと低ドリフトアンプで光電変換し、パソコンに取り込む構成で、露光時に光量設定値に対する実露光量を自動測定し、同一の設定値に対しては露光量が毎回一定になるよう自動校正している。ここで安定的なビームサンプルが性能上ポイントとなる。ビームサンプラ表裏面の反射光の干渉状態がビームの角度ドリフトや半導体レーザの波長変動により変化し

誤差が生じる。また半導体レーザーでは偏光状態が変化し(しきい値以下ではランダム偏光となる)サンプル誤差となる。これらを考慮しビームサンプラを構成した(Fig.6)。干渉誤差の対策としてはサンプラをウェッジ角を設けたものとし、表裏反射ビームを空間的に分離し、不要ビームを遮光することで干渉をおこさないようにした。また偏光状態の変化にたいしては反射率がほとんど変わらないような入射角条件(5度)を設定した。これにより複数波長のビームが共通で使える正確なビームサンプラが実現できた。本校正手段の性能評価結果をFig.7に示す。これはサンプル出力を露光光量で規格化したもので、校正機会毎また光量に変化しても一定であることが望ましい。図中の下のグラフはビームサンプラを平行平板で構成したときの半導体レーザーの波長変動による干渉誤差を含んだものである。上記対策により本校正手段による校正の再現性能は0.1% p-p程度が得られた。また露光中のレーザーの変動をFig.8に示す。両者を加えたトータルの露光量安定性は1% p-p程度で目標レベルを達成した。

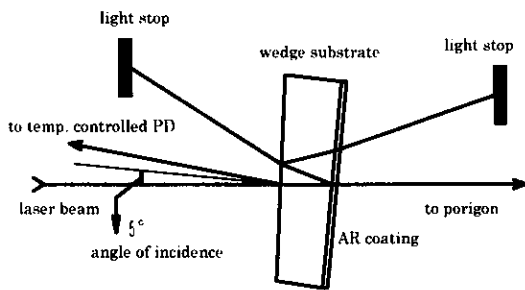


Fig. 6 Scheme of beam sampler

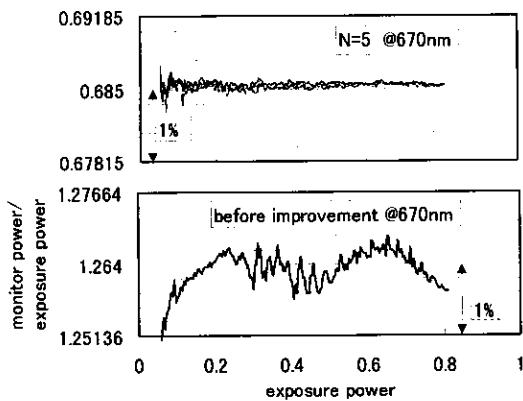


Fig. 7 Reproducibility of calibration

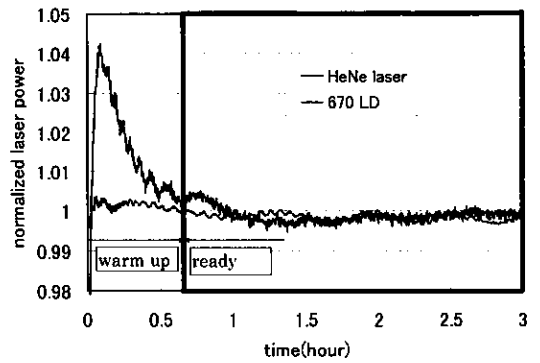


Fig. 8 Stability of power

3.4 センシトメトリ評価性能

本感光計をレーザーイメージャーLi7¹⁾の露光条件で露光した場合の評価再現性をFig.9に示す。5回の評価での各濃度での濃度ばらつきは0.04以下でセンシトメトリ評価に必要な再現性を確保できた。

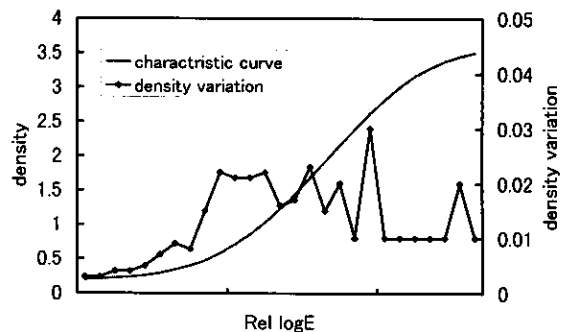


Fig. 9 Reproducibility of characteristics curve

4 画質設計への応用

4.1 画質の形成因子

レーザー感光材料では特に書き込み系の条件が大きく画質に影響する。モノクロ感光材料の場合、重要な画質は細線のキレや濃度ムラなどであるが、これらの画質は以下のように露光条件とセンシトメトリなどの感光材料の特性のかけあわせで形成される。

- 画質 = 露光条件 × 感光材料特性
- 鮮鋭性、
 - 濃度ムラ等
 - ビーム径
 - 走査ピッチ等
 - 特性曲線
 - 多重露光効果等

従って、露光条件、感光材料特性を十分把握した画質設計が両者の最適マッチングのために重要となる。

4.2 濃度ムラの低減化

濃度ムラの原因はレーザービームの露光位置の変動や露光量のばらつき等書き込み系によるものが多い。しかしこの書き込み系が同一状態でも多重露光効果等の感光材料の特性や走査ピッチ等の露光条件によりムラの見え方が変化する。²⁾我々はすでに濃度ムラを定量評価分析する装置を開発³⁾したが、たとえば本感光計で多重露光効

果を把握し、その感光材料に対して濃度ムラ評価装置でムラを分析すると、感光材料の特性がムラへおよぼす影響が把握可能で濃度ムラ低減化に関する画質設計の自由度を広げることができる。

4.3 細線のキレの評価

写真感材は豊富な中間階調が特徴であることはすでに述べたが、文字や図形や網点等の画像表現ではエッジのキレがよいことが求められる。中間階調と細線のキレの相反する両方を求められるレーザーイメージャー画像ではエッジのキレは感材特性とビーム径、形状、走査ピッチの組み合わせに依存し微妙なマッチング設計となる。

Fig.10 は本感光計で細線のキレに関するマッチング性能を評価した例である。背景濃度を変化させた白細線を感光計で露光し、各細線のもっとも濃度の低い値を前述の濃度ムラ評価装置で定量評価した。各露光条件で各特性のフィルムがどのようなキレを示すかが把握でき適切な組み合わせの選択が可能である。

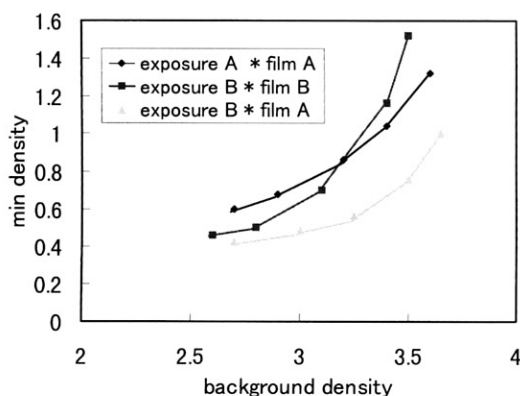


Fig. 10 Sharpness of various exposure situation and film

5 技術の展開

写真感材としてデジタル時代に対応するためにはデジタル画像の露光が必須の要請である。主体はレーザー露光でありレーザーと感光材料のインターフェース技術がデジタル時代の感光材料の評価における基本技術と考えられる。我々はその技術要素としてレーザービームの計測と制御が重要であろうと考えている。レーザービームの計測とは光量、ビーム径、波長等のレーザーパラメータ計測やレーザービームの位置計測であり、制御とはこれら計測結果をもとに計測対象をアクティブにあるいはパッシブに制御することである。ここでレーザービームの位置制御の例を示す。レーザー露光での感光評価に関わるものとして前述のレーザーイメージャーのほか、イメージセッター用の写真感光材料の網点の感光特性評価があるが、これに対しては微小な露光ビームの正確な位置決めが網点の形成再現性、ひいては網%の再現性につながり評価上重要なポイントとなる。Photo 1 はドラム回転方式で露光した露光ドットを示すが、ドラム回転方向及びその直角方向で

ドットの並びの誤差（ジッター）は1 μm 以内であり正確な網評価を行う基盤となっている。これらのレーザービーム計測制御技術のニーズを写真感材との関連において整理したものを Table 2 に示す。超高画質が可能な写真感材のポテンシャルを生かすためには、レーザーの性能も通常の普通紙レーザープリンタのそれより一段上のものが必要である。感度評価では絶対光量測定⁴⁾が望ましいし、ビーム径なども画像形成中の走査状態での測定が必要となる。これらの技術要素が画質形成における画像機器と写真フィルムの関わりを分析する基盤であり、オリジナルな画像システムの創出につながるものと考えている。

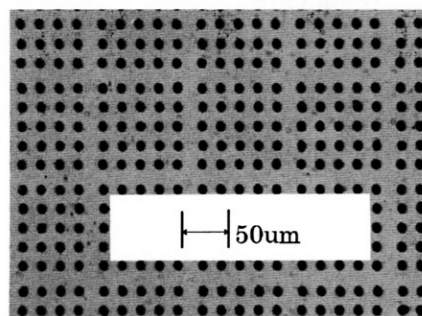


Photo 1 Dot alignment in case of drum scanning exposure

Table 2 Measurement and control technology of laser beam expected for photographic imaging

desirable spec of photographic image	beam parameter	expected measurement and control technology
reproducibility of density $\Delta D < 0.01$	beam power	sub-% measurement > absolute calibration
density uniformity $\Delta D < 0.004$	wavelength	wave length tuning
resolution 300 dpi~4000 dpi	beam width	measurement of scanning beam
	beam position	sub-micron detection and control

6 まとめ

レーザー露光用写真感光材料のセンチメートルの評価において各種露光条件で安定的に評価できる装置を開発した。この装置は感度評価に加え、レーザー画像での機器、材料のマッチングも評価分析可能でトータルな画質設計に応用していけるものとする。

●参考文献

- 1) 半田英幸, 梅田敏和 : Konica Tech. Rep., 8, 73 (1995)
- 2) 特開平 7-234371
- 3) 大石篤, 大野浩一, 前田元治 : Konica. Tech. Rep., 7, 46 (1994)
- 4) 興味深い方法としてたとえば以下のようなものがある
J. G. Rarity, K.D.Ridley, P. R. Tapster : Appl. Opt., 26 (21), 4616 (1987) A. N. Penin, A. V. Sergienko : Appl. Opt., 30 (25), 4616 (1991)