レーザー解説

レーザーの製版への応用

広井得輔*・前田 潔**

Laser Application for Platemaking

Kokusuke HIROI*, Kiyoshi MAEDA**

1. まえがき

レーザーが開発される古い時代から、レーザーの走査による記録の可能性が提称されていたが、近年になり変調デバイスの開発も進み、レーザー走査による記録装置の開発が活発になってきている。この装置にレーザーを用いるメリットとしては種々あげられるが、すぐれたコヒーレント光源として微小面積にエネルギーを集中することができることであり、光変調器により高い周波数まで容易に変調が行えること、近年 He-Ne, Ar 等のガスレーザーの技術が進歩し、寿命が長くなり、又使用時間に於ける安定もよくなってきた。初期的コストは従来光源に比較し、高い点はまぬがれないが、寿命・取り換え、調整等からくる総合コスト面から考えれば経済比較が充分行える段階にきていると判断される。

レーザーの走査記録は波長、出力からのレーザーの撰択、記録材料、走査方式及び変調方式の4つの組み合わせから装置が作られる。装置としての一般的な機能としては Fig. 1 に示す通りで、原稿を光学的に読みとり、その信号を光変調器に入力してレーザー光を変調させ走査機を通して記録材料にエネルギーを投入する方法で

Fig. 1. Schematic diagram of laser recording system.

ある。

これらの応用として製版、ファクシミリ、等があり、新聞製版、新聞ファクシミリ、一般印刷等生活上身近な面でのレーザー応用が展開されている。筆者らは印刷製版に於ける電子色分解装置の光源としてのレーザー装置の開発に従事した関係上主として電子色分解装置を中心に製版関係に於けるレーザーについて説明を行う。

2. 電子色分解装置

電子色分解装置のレーザーを用いた基本構成¹⁾は Fig. 2 に示す。製版工程に使われているこの

* (株) レオ技研 (673 明石市和坂稲荷町55-1)

Laser and Electric Optics Co. (55-1, Wasaka-Inaricho, Akashi 673)

** 大日本スクリーン製造株式会社 (602 京都市上京区堀川通4丁目寺之内ビル)

Dainippon Screen MFG. Co. LTD. (4-chome, Horikawadori, Kamigyoku Kyoto 602)

Fig. 2. Schematic diagram of total system.

装置は透過原稿又は反射原稿から直接色修正された階調性のあるネガ、ポジを得る装置である。従来は記録用フィルムに入射する記録用光源は輝度も弱く一度連続階調のネガ、ポジを作り、後に説明を行う網点形成を別工程で行っていたが、レーザー光を採用することにより直接に網目スクリーンを記録フィルム上に密着させ、直接網点作りができるメリットが生じる。従って製版工程に於ける省力化が進められることになる。

装置の動作は透明なカラー原稿（不透明の場合反射光をとる）を入力部のドラム上にはりつけ、ハロゲン電球、キセノン放電等によりドラムの回転走査を行ってフィルタによる色分解を行う。この信号を光電子増倍管で電気信号に変換する。この信号から印刷に必要なイエロー、シアン、マゼンタ、ブラックの各インキ量を計算し、露光部に出力する。

色修正のためには次のマスキング方程式が使われる。

$$\begin{aligned} C &= a_{11}D_R + a_{12}D_G + a_{13}D_B \\ M &= a_{21}D_R + a_{22}D_G + a_{23}D_B \\ Y &= a_{31}D_R + a_{32}D_G + a_{33}D_B \end{aligned} \quad (1)$$

$a_{11}, a_{12}, \dots, a_{33}$ は3色のインキの色濃度に関する定数、 D_R, D_G, D_B は原稿の赤、緑、青の透過（又は反射）濃度、 C, M, Y はシアン、マゼンタ、イエローのインキ量である。これだけの色修正だけでは忠実な複製は不可能であって調子修正、

下色除去、ディテール強調、黒版信号等の計算を行う機能を同時に持たせている。これら色修正がなされた C, M, Y, B の信号は光変調駆動回路を通りレーザー光の強度変調を行う。この場合走査部のドラム上に巻きつけられた記録フィルム上に網目スクリーンを重ね、その上からレーザー光がドラム回転に従って走査することにより、原稿から色修正された B, M, Y, B の4色の各フィルム版ができる原理になっている。

ここではレーザー光の変調が重要な要素になってくる。光変調には

1. 電源電流変調を行う方式
2. ガルバミラーを用いる方式
3. 超音波による回折を用いる方式
4. 電気光学効果を用いる方式

等がある。このうち周波数的な面からみて3.

4が変調方式として、この装置に適しており、我々がここで電気光学効果を用いた光変調方式をこの装置に適用して検討を行った。

2.2 変調方式

電気光学効果を示す代表的な結晶に LiNbO_3 、 LiTaO_3 があるが LiNbO_3 はオプティカルダメソジによる特性の劣下があり、 LiTaO_3 はオプティカルダメッジが小さく光変調器に適している。本装置では LiTaO_3 を採用し温度変化を小さくするためにFig. 3に示すように温度補償型を用い、結晶軸を $\pi/2$ 回転した構成にして温度変化による変調強度の変動を少なくするようにしている。

入射光と垂直な偏光をもつ透過成分の強度²⁾は一般に知られているように

Fig. 3. Setup of light modulator.

$$I = I_0 \sin^2(\theta/\pi) \quad (2)$$

$$\theta = (2\pi/\lambda)(n_0 - n_e)L + (2\pi/\lambda)(n_1 - n_2)EL \quad (3)$$

I_0 : 入力強度, L : 結晶の長さ

E : 電界の強さ

θ が 2π の整数倍のとき光出力は零, π の整数倍のとき最大の光出力となる。 θ は電界に応じ

て変化し光出力強度が変化する。 EL 積は半波長電界距離積と呼ばれる。 LiTaO_3 では $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ のとき, この値は 2700V となる。(3)の第一項の自然復屈折の項は温度に対し敏感でバイアス点の変動となり LiTaO_3 の場合 $(n_0 - n_e)L$ の温度変化は単位長当り $4.7 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$ である。このままではきびしい温度制御が必要となるため

Fig. 4. Modulation output vs. applied voltage, where temperature is parameter.

Fig. 3 の配置にして複屈折の項をキャンセルするようにしている。

半波長電圧は長さ方向に長くとり厚みを薄くした方が低くなり、高周波までドライブするのが容易となる。

以上の設計にもとづいた実際温度をパラメータとした透過強度の特性は Fig. 4 に示すように若干の変化がみられる。半波長電圧は一定であるが、光強度最低点が少しずれることがわかるさらに光強度が温度上昇とともに大きくなっている。画像記録ではもれの光でも露光に影響があり、もれ光を最小にするためバイヤス点の設定が必要である。以下に述べる駆動方式においてもれ光が最小となる点に動作バイヤスをもってくるようにしている。

Fig. 5. Schematic diagram of pulse width modulation system.

Fig. 6. Principle of pulse width modulation circuit.

2.3 駆動方式

電気光学効果を利用した変調器において変調光は入力信号の $\sin$ の自乗に比例するため入力信号と光出力信号に直線関係はなくなる。

この間に直線関係を持たせる方式として

- (1) パルス幅変調方式
- (2) アナログフィードバック方式

がある。

パルス幅変調方式は入力信号の電圧をパルス幅に変換し、ピーク値は同じでパルス幅の異なる光にして画像の記録を行うものである。パルス幅変調方式の系統図は Fig. 5 に、その原理図は Fig. 6 に示す。

サンプリング周期は 2 MHz で行った。この折の駆動パルスの立上り、立下りはともに 7 n sec であった。パルス幅可変範囲は 10 n sec ~ 480 n sec になっている。

Fig. 7 に変調駆動回路と結晶の接続を示す。駆動回路のアースはフローティングとし、バイヤス回路により DC 的に浮いている。結晶はバイヤス電圧で露光の最小点を設定できる。

Fig. 8 に駆動回路の直線性を示す。

次にアナログフィードバック方式の結果を説明する。この方式は光出力の一部を入力にフィードバックして光入力信号と光出力信号との直線関係を得ようとするものである。この方式は周波数帯域を広げるためにスリユーレートの高い OP アンプを使用している。OP アンプにおいてはサミングポイントが零 V になるように OP アンプの出力が決定されるので、入力信号とフィードバック量との間に誤差があると、それを

Fig. 7. Connection of PWM circuit and electro-optic crystal.

Fig. 8. Linearity of pulse width modulation.

Fig. 9. Simple monochrome duplicate system.

なくす方向に働くことになる。従ってOPアンプの出力信号とは異った波形になるが、出力光は入力信号と同じ波形になる。この方式はパルス幅変調と比して簡単な回路でできるため有利である。

一方光変調器のバイアス点を決める方式としてはここでは直流バイアス電圧を変化させながら光出力が最小になる場所の電圧にクランプする方式を取り、オートバイアス回路を作っている。この動作は光出力を微分し、その微分係数が一から十に変化するところでコンパレータが働き直流モーターをストップさせる。それと同時に直流バイアス電圧もその時の電圧でクランプするようになっている。

2.4 網点の形成

新聞印刷における写真は色分解による1組の白黒によって原稿から直接に作られたものと考えてよい、凸版印刷及び平版印刷に用いる簡単な白黒印刷の方法はFig. 9²⁾に示す通りである。この方法は3工程からなり第1に一般に製版カメラで網スクリーンを通して原稿から網ネガチプをつくり、第2にこゝから感光性にした金版板に密着焼きつけて印刷版を作る、第3工程で印刷機でもって白黒の複製を作るのである

Fig. 10. Principle of dot pattern generation with contact screen.

画の明るい部分、暗い部分にインキ量を変えるのは網スクリーンを通した網点の大きさの変化によるものである。したがって網点構造というものが印刷において重要な要素になる。色印刷は原稿のもつ C, M, Y, B の各濃度の網版を作りこれを合成するものである。一般には色分解した各色版のフィルムを Fig. 9 に示すような工程でもって刷版を作るが、レーザーを光源に使用することにより、従来の光源にくらべ、記録媒体への入射エネルギーが約数百倍になる、このため、記録フィルムにスクリーンを密着させて網点を直接形成することが可能となる。

Fig. 10 はこの原理を示すものである。Fig. 2 の検光子から出てくる変調された光は原稿の画像としての連続調の光信号であり、これが網点形成のために網点スクリーンに入射される。これは連続的な光画像の強度変化を周期的な山の高さの分布に変換する。この網点スクリーンは記録用シリンダーにまきつけてあり一般と分けてダイレクトスクリーン方式とよばれている。網点スクリーン面は 2 次元の核子模様があり面積格子は中心が透過率が下る形になっている。一種の空間変調器と考えられる。従って光学像の強さに応じて網点スクリーンを通して記録されたフィルムは現像された結果、明るいところには大きな黒点、暗いところでは小さな黒点が対応してあらわれる。この方法によりつくられた網点の模様を Fig. 11 に示す。又 Fig. 12 に網点入りの解像チャートを示す。

Fig. 11. Profile dot pattern.

Fig. 12. Test chart.

以上が電気光学効果による変調方式を用いた画像形成の一例である。この場合先に述べた如く若干のもれ光があり、消光比としては 100 : 1 程度が限度である。一方超音波変調方式を用いることによっても同じような画像形成が行われている。消光比は電気光学効果に比し 1000 : 1 とすぐれている。結晶の品質的な面からみれば超音波変調方式の方が変調素子として特性が整いやすく製作が容易である。従ってコストも低くなる温度的には安定で駆動装置が簡単になる。我々が使用したレーザー管は小出力の He-Ne レーザーである。

2.5 ドットゼネレータ方式

これまで述べてきた方式は網点スクリーンを用いて網点を作る方式であったが、レーザーを利用することにより網点をレーザーのスキニングに於て直接作る方法の検討が行われ、その試作機が現われている。⁴⁾ Fig. 13 にその概要図を示す。このレーザーの部分 Fig. 15 に示す。この網点の作る方法は Fig. 14 に於ける光学的なメカニックによっている。レーザー光はアパーチャーにより方形の光イメージを作り、網点の大きさをきめるウィズミラーに入る。このウィズミラーはあらかじめ設計された網点形成ロジックによる電気信号に応じて、きわめて精密に回転するようになっている。そしてその反射光は固定されたナイフエッジミラーの方向に進む。ウィズミラーの回転によってはナイフエッジミラーにあらず、ポジションミラーに反射光はとどかない。このため網点は全く形

Fig.13. Outline of compudot system.

Fig.14. Laser modulator.

成しない。一方ウィズミラーがナイフエッジミラーに反射する角度に回転すると、ポジションミラーにアパーチャー像のイメージが反射される。この場合ウィズミラーの回転位置によってアパーチャー幅から像が消えるまでのいろいろのドットの大きさが電氣的にコントロールされる仕組みになっている。

こうした光学的メカニズムでのドット発生と平行して超音波の回折を用いる方式が検討されており、Fig. 15にドットパターン作成の要因図を示す。ここでは網点ドットの作成方法として(a)図に超音波回折像を回転スキヤニング方

向と垂直に光点として記録し、周波数による変調によって光点数を変化させ図素パターンを作る方法と(b)図にレーザー光と各光点に分歧し、分歧した光を光変調器を通し、変調器とスイッチングする方法で、ドットパターンを作る方法を示している。Fig. 16では(a)に各%に於けるパターン像を示し、(b)に於いて図素の50%の模様を示している。(c)はスイッチングのやり方によってはランダムに図素自体をドット化することができることを示している。ランダムなドットパターンは、スキヤニング線と網点位置に於ける規則性からくるモワレ問題をさけ得る可能性

Fig. 15. Dot generator modulation system.

Fig. 16. Models of dot pattern expression1.

があることが考えられる。ただこれらの光点により作られるドット自体は非常に小さく、1インチに数100線のドットパターンラインが抽かれ、更にその成因となるドットが小さくなるためインキとの関係等の問題が残ってくる。しかし、直接製版へ進む一つの方向としては指針に富んだものと考えられる。

3. その他の画像成形

これ迄述べてきた記録方式は主として銀塩フィルムを用いたものである。今後、紫外線レーザーが実用化される時点になれば、更に感光性樹脂等が用いられ直接刷版を形成する段階に進むものと思われる。一方感光性材料を記録手段に用いる技術とは別に古くから熱加工の手段を用いての画像印刷の研究が進められているので紹介しておく。

ベルテレフォンの研究所では1971年にマイラーにBiの薄膜を蒸着し、Arレーザー光をその上に回転ミラーにて走査集光し、画像信号を溶融石英を用いた変調器により、Arレーザー光を変調してマイクロフィルムに記録画を作る技術を発表した。⁵⁾ その構成図をFig. 17に示す。こうした加工技術を応用して新聞等の刷版作成器が、アメリカで開発され、我が国にも近く輸入されようとしている。⁶⁾ この構成図をFig. 18に示す。この方式はHe-Neガスレーザーによって原稿の読み取りを行い、この信号により、Arレーザー及びCO₂レーザーで加工し、新聞刷版を作るものである。刷版である記録板としては、0.01インチ厚のアルミニウム板の上に0.02インチ厚のプラチチック板を張り合せ、その上に銅の薄膜をつけたものである。まずHe-Neレーザーによって原稿上をスキャンさせた

Fig.17. System setup for recording video information by laser machining.

信号をフォトマルに受け、アナログ信号をデジタルに変換して、Ar レーザーの変調器に伝えられる。Ar レーザーはこの信号に従って、Cu 層を加工して行く、この速さは新聞紙大で約2分程度といわれている。そしてその後をCO₂によってプラスチック層を据り下げて、版を作るようになっていく。勿論この場合写真等ハーフトーンが必要な場合、別途の工程が必要となる。

4. むすび

印刷に対するレーザーの応用を電子色分解装置を中心に述べてきたが、レーザーの出現により直接に印刷製版の作成の可能性が大きくなってきた。印刷には原稿を単に忠実に再現するだけでなく、人間の感覚線上にある芸術の世界に

Fig. 18. Schematic diagram of press plate-making.

も範囲がのびているため、製版製作上、色々解決しなければならない面があるが、コンピューターとレーザー技術が結びついて次のステップは編集室で印刷工程をコントロールし編集室内に於けるプログラムだけで印刷が自動的に行われる時代が来るものと思われる。

参考文献

- 1) 山崎ら; 光学 10 302 (1973).
- 2) 末田; 生産と技術
- 3) ジョン A. C. エール; カラーレプロダクションの理論
- 4) 板倉; 印刷雑誌 59 No. 7 3 (1976).
- 5) D. Maydan; BSTJ 50 1661 (1971).
- 6) Laser Graphic Systems Co., カタログ