

オンデマンド印刷 —デジタル化時代の印刷技術—

柳 謙一

三菱重工業(株) 広島研究所 所長*

Ken-ichi Yanagi

On-Demand Printing

—Printing Technology in the Digital Era—

1 はじめに

インターネットなど高度情報化社会が進展する中、印刷産業においても情報のデジタル化が急速に進んでおり、画像再現の一形態である印刷技術にも革新の波が押し寄せている。1445年頃グーテンベルグが鋳造鉛活字による活版印刷を発明して以来、写真製版と呼ばれるプロセスの台頭などを経て、エレクトロニクスとコンピュータによる自動化が進み、印刷技術はアートからサイエンスへと変化してきた。やがて衛星通信に利用する可視域レーザを使った製版技術が1970年代に発表されると、印刷技術はアナログの世界からデジタルの世界へと発展を遂げてきた。

最近では安価なパソコンが高性能化し、印刷上流の編集・製版工程におけるデジタル化が急速に普及し定着してきた。これらデジタル技術と市場ニーズの個別化・多様化から、“必要な印刷物を必要なときに、必要な部数だけ印刷する”という新たな印刷コンセプト、すなわち“オンデマンド印刷”が生まれ、印刷産業が今後も成長を続けるためのキーテクノロジーとして強い関心が寄せられている。

ここでは、オンデマンド印刷の代表である電子写真方式の印刷システムを例に、デジタル化時代の印刷技術について解説してみたい。

2 印刷のオンデマンド化

2.1 印刷での画像再現

印刷物をルーペなどで拡大すると、図1に示すようなインキの付着した小さなドットの集合体が観察される¹⁾。このドットは網点と呼ばれており、一つの網点の大きさは250 μm 以下であり、印刷ではこの網点の集合体で画像の形状、濃淡、色を再現している。図1のように濃度が濃くなるに従い、網点の大きさを増加させている。

2.2 印刷のオンデマンド化

現状、印刷物は図2に示すAの流れで製作されている。すなわち、注文主から受入れた原稿(写真のようなアナログ原稿、またはコンピュータ出力されたデジタル原稿)の内、アナログ原稿については、スキャナーによってデジタル化され、別途のデジタル原稿と共に集版機に入力される。

ここで印刷物全体の画像情報を全てデジタル化する。

次に、フィルム出力機では先程の網点で画像再現されたデジタルデータを作成し、そのデータにより露光し、フィルムを作る。次に、そのフィルムを版に重ね合わせて、露光することにより刷版を作り、これを印刷機に取り付けて印刷する。

しかし、現状の印刷の全工程では、次のような問題点が存在する。

- (1)一旦、完全デジタル化した画像情報を基にフィルム、刷版作成のアナログ的処理が途中に介在している。
- (2)フィルム、刷版作成は、印刷会社の製版部門で行われているが、そのために必要とされる印刷部数に関係なく、1部でも1万部でも2～3日間の工程が必要である。

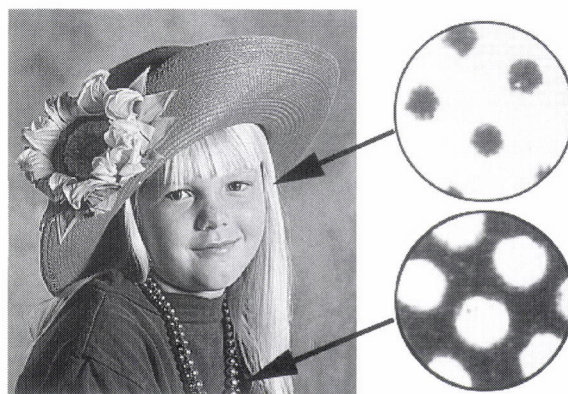


図1 印刷での画像再現

*1998年4月現在 九州大学工学部教授

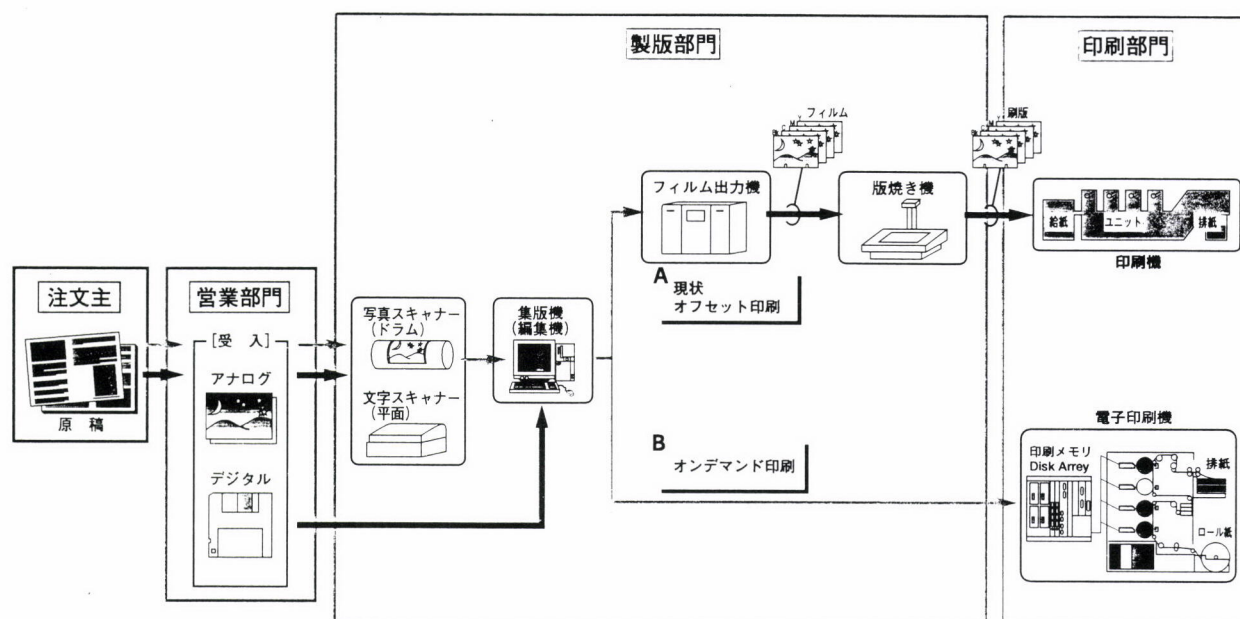


図2 印刷工程

このような現状の印刷技術に対し、完全デジタル化した画像情報から直に印刷用紙に画像を形成し、“必要な印刷物を必要な時に、必要な部数だけ印刷する”電子写真方式のオンデマンド印刷（図2のBの流れ）が数年前から実用化され始めている。

2.3 オンデマンド印刷の特徴²⁾

(1) 小部数対応

オンデマンド印刷は、刷版が無く、フィルムや刷版の製作工程、コストが不要なことから1部でも1万部でも1部当たりの印刷単価は変化しない。このことから刷版を必要とする現状の印刷が不得手な小部数がオンデマンド印刷向きである。

(2) 短納期(即時性)

絵柄の内容が変わる毎に刷版を作成する必要があることからいつでも必要な時に印刷できる。また、1枚1枚異なった絵柄を順次に印刷することも可能である。これによりダイレクトメールの宛名書きに代表される1枚毎に可変データを印刷する、いわゆるパーソナリゼーションが可能となる。これは、オンデマンド印刷の大きな利点となっている。

(3) 印刷形態の多様化

現状の印刷会社での印刷形態の他に、情報のネットワークを利用して、注文主のところで印刷したり、近くのプリントショップで印刷する形態も可能である。つまり、印刷物の製作が印刷会社に留まらず、広範囲の場所で実施され、まさに“必要な部数だけ、必要な場所で”印刷することが可能である。

2.4 オンデマンド印刷の利用分野

オンデマンド印刷の利用分野を表1に示す。各分野共にオンデマンド印刷を受け入れるための条件(画像データのデジタル化の進展、必要部数、画質、印刷速度など)があり、現在、その条件が最も整っているのはドキュメント印刷分野である。ここでは、仕様変更の度に改訂される取扱説明書やマニュアルが主要な対象となる。

表1 オンデマンド印刷の利用分野

分 野	印 刷 物
ドキュメント印刷	マニュアル、取扱説明書、社内報、会社案内、報告書
商業印刷	カタログ、チラシ、パンフレット、POP（店頭広告）、DM
出版	文庫本、教材、同人誌、自費出版、人名録
新聞	超分散印刷、タウン誌
その他	イベント（結婚式、学会他）の印刷物

3 電子印刷とキーテクノロジー

3.1 電子印刷システム

オンデマンド印刷に適用できる記録技術³⁾としては、インキジェット、熱転写、電子写真などの方式があげられる。それらの比較表を表2に示す。

インキジェット方式は印刷面の巾方向に高精細なピッチで全面にヘッドを並べる技術が確立すれば高速・高画質化が期待できる。現状は単一ヘッドを採用しており安価であるが、印刷速度は遅く、画質も画素径が大きく劣る。また熱転写方式は高画質な印刷が可能であるが、印刷速度に制限がある。一方、電子写真方式は前記2者に比べ記録速度が早く、記録エネルギーも少なく済むことから印刷の高速化が期待できる。また湿式トナーの場合、トナー粒子の小径化が可能で、オフセット印刷相当の高画質化も期待できる。オンデマンド印刷の必要条件である高速・高画質を同時に達成可能な記録方式としてはインキジェット・電子写真の2方式が考えられるが、現状では早期実現が可能な電子写真方式が先行して開発されている。

表2 記録技術比較表

記録技術	記録速度 (dot/s)	記録エネルギー (J/cm ²)	記録最小画素径 (μm)	記録階調再現量 (量/dot)	発色材料最小サイズ (μm)
インキジェット方式	10 ⁴ ~10 ⁶	0.1~0.2	50~150	1	<0.1
熱転写方式	10 ⁴ ~10 ⁶	1.5~2.0	30~50 7~10	256	<0.1
電子写真方式 (乾式トナー)	10 ⁶ ~10 ⁸	0.5~1×10 ⁻⁶	25~60	64 ^(注)	6~12
電子写真方式 (湿式トナー)	10 ⁶ ~10 ⁸	0.5~1×10 ⁻⁶	1~4	64 ^(注)	0.1~2

(注) 現状では実績はないが原理的には可能。

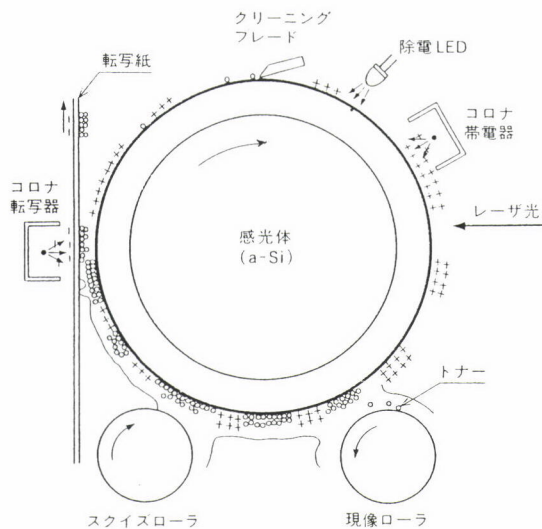


図3 電子写真印刷プロセス

電子写真方式(湿式)の画像形成原理の一例を図3に示す。

まず、コロナ帯電器で感光体表面を均一に帯電する。次に、画像部にレーザー光を当て光の当たった部分の帯電電荷を除去し、画像部以外の所(非画像部)に電荷を残した静電潜像を形成する。現像ローラで供給される液体トナー中の着色微粒子(トナー)は、静電潜像及び現像電圧と同極性の電荷を帯びている。現像ローラ電圧を画像部の電位より高く、かつ非画像部の電位より低い電圧に設定することにより、トナーが電気泳動し、感光体の光を当てた部分に付着して可視像(トナー像)となる。次に、スクイズローラで感光体上に形成されたトナー像の余分な液を除去する。記録紙をこのトナー像に重ね、記録紙の裏側からコロナ転写器でトナーと逆極性の電荷を記録紙に与え、静電力によりトナー像を記録紙に転写する。転写されたトナー像は、定着器(図示していない)によって熱を加え、記録紙に融着させて永久像とする。一方、転写されずに感光体ドラム上に残ったトナーはブレードで除去し、残留した潜像電荷は除電LEDの光によって除去される。この帯電から除電に至る一連のプロセスを繰返すことにより連続的に画像形成を行う。ここで用いられる感光体には、アモルファスシリコン感光体やOPCと呼ばれる有機感光体が使われる。

なおイメージの書き込みはレーザー光以外にもLEDアレイでも可能である。またトナーはコピー機に用いられている粉体トナーを採用する場合もある。さらに紙への転写は直接感光体から紙へ転写する方式以外に、中間体へ一旦転写し、その後紙へ転写するオフセット方式も実用化されている。

3.2 レーザによる光書き込み技術

イメージを光で書き込む方式⁴⁾としては表3に示すようにLEDアレイ方式、液晶シャッター方式、レーザー走査方式等があるが、高解像度・高速化には一般にレーザー走査方式が適しており、ここでは半導体レーザーが使用される。

解像度800dpi 100線 64階調の印刷をするときは、図4に示すように1 inch当り800個あるドットのうち、8個×8個のドットで1つの網点を形成し、約32μm²の領域をレーザービームでオン・オフし、画像を形成していく。

レーザービームを幅方向に一次元走査するためにはポリゴンミラー(6~8面体)が使用され、高速回転させる必要がある。このポリゴンミラーは高速になるほどモータ軸受け等の耐久性、ミラー変形からくるビームのゆがみによる精度のバラツキが問題となるため、高速化には限界がある。そのため一般に、光源をマルチ化し、複数のレーザースポットを同時に書き込める様工夫している。

表3 光書込み技術の比較

	LED方式	液晶シャッタ方式	レーザ走査方式
構成図			
長所	・高速変調が可能 ・駆動電圧が低い ・構成が簡単	・短波長化が可能 ・構成が簡単	・高速変調が可能 ・回折限界に近い高解像化が可能
短所	・各素子の光量ばらつきがある ・実装密度で高解像化に限界	・コントラストが低い ・変調周波数が低い	・短波長化できない ・可動部があり装置が大きくなる

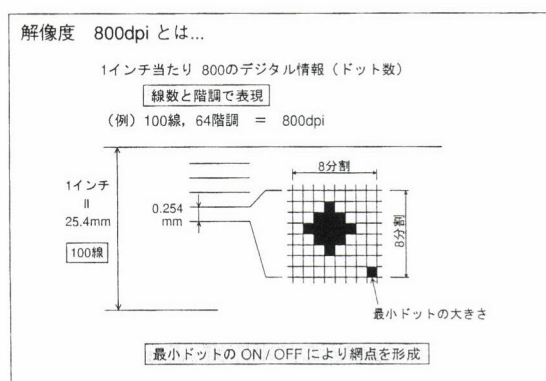


図4 800dpi、100線、64階調の網点

3.3 液体トナー

電子印刷で用いられるトナーは粉体トナーと液体トナーに大別される。粉体トナーはレーザプリンタ・コピー機等で広範囲に使用されておりデジタル印刷の主流となっている。しかしながら粒径が $10\mu\text{m}$ 以上と大きいため、高画質化には不向きである。一方、液体トナーは粒径が小さくできるため高画質化に対応可能であり、今後の主流となっていくと考えられる。

液体トナーは、着色剤である顔料をポリマーで被覆したマイクロカプセル⁴⁾をトナー粒子として、その表面に帯電剤、分散剤を吸着させ、非極性有機溶媒中に分散させたものである。図5にトナーの構造モデルを示す。

また、構成材料としての非極性溶媒は、感光面上に形成された静電潜像が乱れないように、低誘電率のイソパラフィン系溶媒が用いられている。

着色剤としては、一般に印刷インキ等に用いられている顔料が使用可能である。

ポリマーは、①画像を紙面上にしっかりと定着させる、②トナーに電荷を付与させる、③分散媒中にトナー粒子を分散安定化させる、という働きを担うため、分子骨格として、

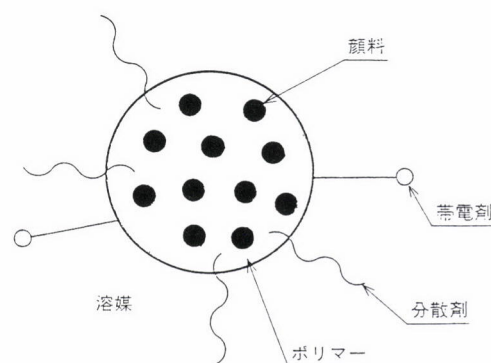


図5 液体トナーの構造モデル

分散媒に溶媒和する部分と溶媒和しにくい部分及び顔料、帯電剤、分散剤との親和性を高めるため極性基を有する部分を持っているのが理想的である。例としてはエチレン・酢酸ビニル系共重合体がある。

4 オンデマンド印刷の将来像

4.1 21世紀の市場予測

21世紀に向けて、コミュニケーションメディアの拡大とともに印刷技術のデジタル化がますます進展していくであろう。DTP(Desktop Publishing)システムで編集された印刷物用データは、ネットワークでやり取りしやすいサイズに圧縮(1/10 ~1/50)し、インターネットなどを通してユーザに届けるネットワークパブリッシングの新しいスタイルが始まろうとしている。

情報メディアの多様化により印刷産業の出荷額は年々増加し、現在の約10兆円から2000年には12兆円、2010年では15兆円の市場規模になると予想されている⁵⁾。図6には各印刷分野での市場規模の予測を示している。このうちオンデマンド印刷に代表される電子型媒体の印刷市場規模は2000年で約5000億円、2010年で約2兆円に拡大していくものと予想される。

4.2 技術課題と将来像

将来のオンデマンド印刷のキーワードとしては国際規格、デジタルパブリッシング、地球環境問題等がある。

印刷分野では、編集などの印刷上流から印刷、製本に至る後工程までデータを共有化する目的で、ドイツのハイデルベルグ社が提唱したCIP-3 (Cooperation for Integration of Prepress, Press and Postpress) と呼ぶデータフォーマットの国際規格を作る動きがある。現在は、このCIP-3に世界中の有力メーカ(日本では小森コーポレー

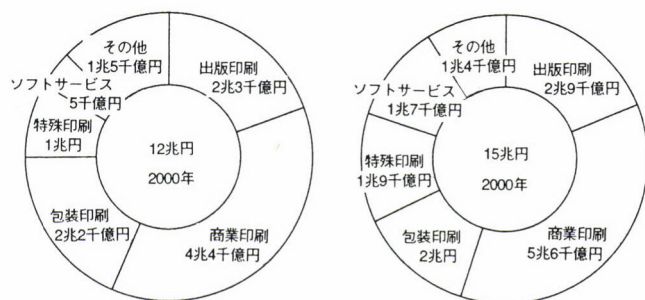


図6 21世紀の印刷産業の市場動向

ション、三菱重工業などが参画)が入り、規格の統一活動を行っており、21世紀に向けてのオンデマンド印刷のスタンダードになっていくであろう。

DTPで編集された数百ページの印刷物の情報をネットワークメディアを介して高速、高解像度で印刷する時代がそこまでやってきた。いま、A4カラー1000ページ、印刷速度毎秒10枚、解像度はオフセット印刷並みの2400dpiで印刷するにはメモリー容量2200Gbyte、レーザ出力2650Mbyte/sの高出力システムが必要となる。これを実現するため、高度なデータ圧縮、伸長技術に加え、高速・大容量・低コストな半導体メモリーの開発が期待される。

また、トナーはカラーコピー機の画質の急速な向上に見られるように、ますます小粒径のものたとえば1 μ m程度のものが使われるであろう。そのため、乾式のトナーではハンドリングが難しくなり、粉塵対策が必要になる。

一方、液体トナーは非極性の性質をもつ有機溶媒を使うため、定着時に多量の溶媒が蒸発する。この蒸発溶媒の排

出規制の強化に対応するため、溶媒再利用を狙った完全クローズドシステムが必要になってこよう。

5 おわりに

以上、情報のデジタル化時代を迎えて、“いつでも、必要なときに、必要な部数だけ印刷する”オンデマンド印刷技術の現状と将来展望について述べてきた。このようにオンデマンド印刷は印刷の未来形を先取りしたものであるが、取扱い説明書や社内報等のドキュメント印刷分野では既に、実用化も始まっている。今後さらに、チラシ、POP(店頭広告)、パンフレット等の商業印刷分野あるいは文庫本、人名録等の出版分野へと、その利用分野は拡大していくものと思われる。

参考文献

- 1) 池田弘昭，他：三菱重工技報，34（1997）2，77.
- 2) 島田仁章：オンデマンドカラー印刷の新しい展開，シンポジウム「ネットワーク社会とハードコピー」論文集，電子写真学会，（1996），14.
- 3) 田阪範文，他：三菱重工技報，34（1997）2，73.
- 4) 須田康晴，他：ポリマーマイクロカプセルの粒径制御技術，コロイドおよび界面化学討論会要旨集，日本化学会他，（1995），186.
- 5) 平成7年度印刷産業におけるマルチメディアの影響と展望に関する調査研究，（社）印刷産業連合会，

（1998年1月8日受付）