



学生編集委員会 WGO では、学生が主体となって企画を立て、取材を行い、1月号と6月号の2回にわたる記事の執筆活動を行っています。今回は、新聞、雑誌、書籍などの印刷媒体を生み出す印刷機械にスポットをあて、印刷機械にまつわる話を紹介します。学生の視点から描いた本記事を通して、他分野の知見を少しでも増やしていただければ幸いです。

## はじめに

私たちは様々な印刷物に囲まれて生活しています。代表的な印刷物として新聞、雑誌、書籍などが挙げられます。皆さんはこれらの印刷物がどのようにして作り出されているかをご存知ですか。実は私たちの身の回りの印刷物の多くは水と油が反発するという性質を利用して作られています。印刷と一言でいっても、印刷する対象の材質や形状によって様々な種類があります。ここでは最も身近である紙への印刷に話を絞って、印刷方法や印刷機械について紹介します。

## いろいろな印刷方法<sup>1)</sup>

一般に、商用の印刷では版が用いられます。版とは印刷する絵柄が描かれた板です。版の表面にはインキがつく部分（画線部）とインキがつかない部分（非画線部）が作られており、画線部と非画線部は印刷する絵柄に対応しています。この版にインキをつけ、紙に転写することによって印刷したい柄を複製することができます。つまり、版は印刷物の母といえ、印刷において極めて重要な要素です。印刷に用いる版の種類により、印刷方式は4つに分けられます。4つの方式とは凸版印刷、凹版印刷、孔版印刷、平版印刷です。これらの4つの方式のしくみと特徴について簡単に紹介します（図1参照）。

凸版印刷は表面に凹凸のある版の突出した部分にインキを付けて紙に転写する方法です。凸版印刷の原点は活版印刷であり、シャープな文字を印刷することができます。これは、凸部についてインキが紙に押圧されるときに押し広げられるため、輪郭線にインキがたまり、中央部よりも一段濃い線が印刷されるためです。一方で、版の凸部の高さが一定であるため、写真などの連続階調表現はあまりきれいに再現することができません。現在、凸版印刷はほとんど使われていませんが、カサのある粗い面をもつ紙への印刷やダンボール紙への印字には用いられています。代表例として週刊漫画誌が挙げられます。

凹版印刷は表面に凹凸のある版のへこんだ部分にインキをつけ、インキを紙に転写する方法です。凹版印刷では階

調を凹部の深さで表現し、深さを無段階に調節できるため、非常になめらかに階調を表現することが可能です。また、凸版や平版に比べて紙に厚くインキをつけることができますので、迫力のある表現ができます。一方で、シャープさは劣るため、細かい文字や細い線などの再現には向きません。また、製版費用が高いという特徴があります。そうした理由から、品質の高いカラー写真を大量に印刷する場合に用いられます。

孔版印刷は版に孔が空いており、その孔を通してインキを転写する印刷方法です。ナイロンや金属線で編まれた布を枠に固定し、非画線部を型紙やレジストで被ったものを版として用います。この版からインキを押し出し、印刷します。紙以外に金属、プラスチック、布など様々なものに印刷できるのが本印刷方式の大きな特徴です。また、曲面にも印刷することができます。

平版印刷は凹凸がほとんどない版を用いて印刷を行います。平版の版には、油性のインキを付着させる親油性の面と水を保つ親水性の面があります。水がインキを反発するために画線部と非画線部に分けることができます。凹凸がほとんどない版と記述したのは版面に水が保たれるような微細な凹凸がついているためです。印刷の手順としては、まず印刷の前に版面を水で湿らせます。次に油性のインキをつけると、水と油が反発するので、画線部にのみインキ

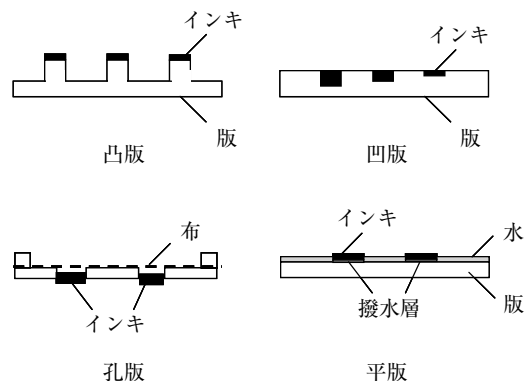


図1 各印刷方法

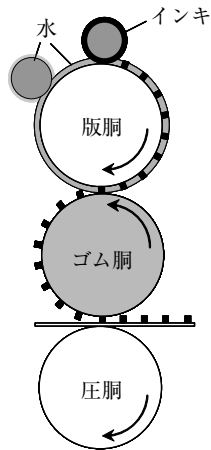


図2 オフセット印刷

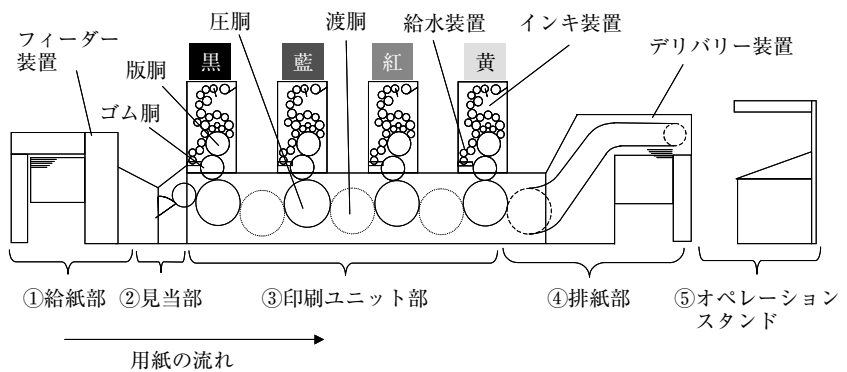


図3 オフセット印刷機械

がつきます。このインキを紙に転写することで印刷ができます。平版印刷では色の濃淡は細かい点（網点）の集まりで表現されるため、文字・写真の再現性に優れています。また、製版コストが安いことから、ポスター、カタログ、新聞、雑誌、書籍などに幅広く用いられています。

以上のように、印刷方式によって特徴や得意分野が違うことがわかります。

### 水と油の反発を利用するオフセット印刷

前節で平板印刷について記述しましたが、ここでは平板印刷の一種であるオフセット印刷について説明します。オフセット印刷は版面のインキを一度ゴム胴に移し(オフ)、ゴム胴に付着したインキを紙に転写する(セット)印刷方式です(図2参照)。この印刷方式は、平版を用いるために細かい網点による印刷が可能であり、なめらかに文字や写真を印刷することができます。同じ版を複数枚作ることが容易であること、印刷スピードが速いことが利点として挙げられます。また、ゴム胴を介して、紙にインキを移すことから、版面の模様は実際の印刷物と同一であることもオフセット印刷の特徴的な点です。ポスター、カレンダー、書籍や雑誌などに幅広く用いられ、印刷といえばオフセット印刷のことを示すほど現在の印刷物の主流を占める印刷方式です。

### オフセット印刷機

図3がオフセット印刷機械の模式図です。印刷機の中では、①給紙部で用紙を1枚ずつ送り出し、②見当部で用紙の整列と異常を検査、③印刷ユニット部で用紙にインキを刷り、最後に④排紙部で印刷した用紙の回収を行います。以下に、それぞれの役割を説明していきます。

#### ① 給紙部

給紙部では、積み上げられた用紙を1枚1枚、印刷ユニット部に供給します。その方法は、まず、用紙の縦と横からエアを吹付け、積み上げられている用紙の上位5~10枚程度に隙間を持たせます。用紙がばらけたと同時に、上部から吸口で吸上げると、1枚の用紙が吸上げられ、吸上げられ

た用紙の下に2枚止め板ばねという“へら”のようなものを差し込み、完全に1枚を分離します。積載された用紙を1枚ずつ分離する部分を特にサッカー部(Sucker)と呼びます。分離された用紙はフィーダー装置によって見当部に送られます。

#### ② 見当部

見当部では、用紙の位置決めと異常検知を行います。位置決めは基本的にストッパーによって行われます。進行方向は前当て、横方向は横針と呼ばれるストッパーを用います。

異常用紙の検知は2枚差し(用紙が同時に2枚流れる)、用紙の位置・姿勢などがあり、さらに用紙だけでなく異物a混入なども検知します。今回は特に2枚差し検知について説明します。2枚差し検出は、大きく分けて機械式、光学式および超音波式の3つがあります。機械式は、用紙が通過するローラと下面の隙間を一定間隔にしておき、過剰な枚数の用紙が入ると、ローラが変位することで検知します。ローラ変位が機械テコ式に増幅され、増幅側で検知することで感度を高めています。この方法は安価でよく用いられていますが、調整が難しく、誤検出が多い手法です。光学式や超音波式は、光や超音波が用紙を伝播した時の物理的な変化量を検出することで、異常を検知します。これらの方法は高い検知精度を持っています。しかし、光学式は透過率によって使用できる用紙に制限が生じてしまいます。

用紙の位置決め・異常検知が終わった後、前当ては退き、スインググリッパという爪が用紙を掴み、印刷胴の回転速度まで加速し、用紙は印刷ユニット部に送られます。

#### ③ 印刷ユニット部

印刷ユニット部では印刷機械の核である印刷をします。印刷ユニットは図3に示すように、インキ装置、給水装置、版胴、ゴム胴、渡胴および圧胴から構成されます。用紙は、圧胴と渡胴を渡り排紙部まで送られます。インキ装置と給水装置から供給されるインキと水(湿り水)が版に乗せられ、それらがゴム胴を介して圧胴を通過する用紙に乗ります。

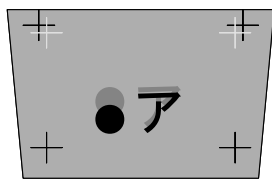
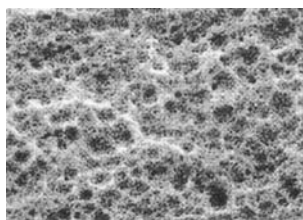


図4 トンボ

図5 アルミ版表面の拡大図<sup>2)</sup>

### —版胴と版—

版胴には、印刷の柄を決定する版を取り付けます。この版は各色用に4枚作成され、各版胴に取り付けられますが、版の取り付け如何によって各色間に印刷のずれが生じてしまいます。そこで、丸ピンによって版の位置決めをしています。丸ピンとは版胴についている2本のピンに、版にあるU字カットをはめ込む機構です。このピンは数十ミクロンオーダで調整されます。版を取り付けるシリンダ自体はミクロンオーダで調整され、この調整は通常はオペレーションスタンドからソフトウェアを通して行うことができますが、この調整確認はテスト印刷でしか行えません。そこで、色むら（濃度）を確認するために、インクを用紙一面に塗る“ベタ塗り”や、4色間の印刷位置の調整を行うために“トンボ”が用いられます。

色むらは、用紙にベタ塗りをして全体の色を目視確認または測定器を用いて測定することで検査されます。トンボとは、印刷の4つ角に位置する線幅数十ミクロンの十字模様です。4つ角に設けられたトンボの各色の相対的なズレをルーペで確認し（図4参照）、ズレがある場合はシリンダ調整により修正します。こういった印刷位置ズレの原因の一つに、用紙の膨張があります。オフセット印刷は湿り水を用いていますが、用紙の湿り水の吸い込みや、湿度環境の変化による膨張が印刷誤差を誘起します。このため、印刷機周辺の湿度環境を制御することは非常に重要です。

版胴、ゴム胴、圧胴、およびその他の部位は連動しており、精度よく印刷するためには、各回転の位相が揃っている必要があります。その駆動系に関しては、ヘリカルギアを用いた伝達機構が用いられています。一般にギアにはバックラッシュなどの遊びが発生しますが、この影響を抑えるために、ヘリカルギアや一方向回転などによって対策が施されており、位相ズレは調整によりほぼ完全に取り除くことができます。

印刷において重要な役割を果たす版は、その材料にアルミニウムが多く用いられます。その理由は、表面処理（研磨、陽極酸化）されたアルミ表面（図5参照）は塗膜のつきや保水性が良く、耐刷力が高いためです。画線部は親油性を持たせるため、高分子系の感光剤をレーザー重合させて塗膜を作ります。

### —インキ装置—

一般的に用いられるインキはKCMYの4種類で、

Black（黒）、Cyan（藍）、Magenta（紅）およびYellow（黄）です。一般的な印刷順序は黒、藍、紅、黄です。

インキはインキ装置の最上位のインキつぼから供給され、インキ渡しを経て、数種類のローラをたどった後、版胴に渡されます。複数のローラを用いるのは、インキを練るため、つまりインキを均一に供給するためです。各ローラはバネまたはネジによって位置決めされており、その調整によって、色むらなどを防止しています。

印刷時に問題となるのは、インキが用紙に乗らない（トラッピング不良）、または用紙にすでに乗っているインキがゴム胴側に取り残されてしまうこと（逆トラッピング）です。これらの現象を予防するには、先刷りインキと後刷りインキの粘度、膜厚を適切に設定しなければなりません。膜厚は一般的に1 $\mu$ m程度で良好な印刷が得られ、一例として黒（0.95 $\mu$ m）、藍（0.80 $\mu$ m）、紅（0.85 $\mu$ m）、黄（0.95 $\mu$ m）のようにサブミクロン単位で調整されます。黒を除き、先刷りインキよりも後刷りインキの方の膜厚が大きくなるように設定します。インキの粘性はタック値とも呼ばれ、添加剤によって比較的高い自由度で設定が可能です。タック値とは正確には、インキを引きちぎる時インキ内部に発生する抵抗のことです。このタック値も、後刷りインキの方が大きくなるように設定します（ただし黒は除く）。

逆トラッピングが引き起こす問題は、先刷りと後刷りインキが混ざってしまうことです。すでに刷られたインキはゴム胴に逆トラッピングされ、その付着した先刷りのインキが版をたどってインキローラ、インキつぼまで廻り、後刷りのインキの色と混ざってしまい、その結果、後刷りインキの色が変化してしまいます（図6、図7参照）。

### ④ 排紙部

排紙部では、印刷された用紙を回収し、積み上げます。用紙は圧胴から排紙胴に渡され、デリバリ装置を経て、積み上げられていきます。この時、まだ用紙に乗っているインキは乾いていません。そのため、用紙を積み上げると乾いていないインキが他の用紙についてしまいます。これを防ぐため、デリバリ部で用紙の表面にデンプンなどのパウダーをスプレーし、膜を作ります。または、熱乾燥やUVランプによって硬化させるという処理が施される場合もあります。

### ✂ 家庭用インクジェット印刷機との比較 ✂

多くの出版物に用いられているオフセット印刷機ですが、1台の価格や整備を考えると、個人で所有するのは非常に困難です。それに対し、個人用の印刷機として一般的に用いられているものとして、インクジェット印刷機が挙げられます。インクジェット印刷機は、近年のデジタルカメラの普及とともに、フォトプリンタとしての性能も向上しています。その結果、最近のインクジェット印刷機ならば、速く大量に印刷するという面でもオフセット印刷機に

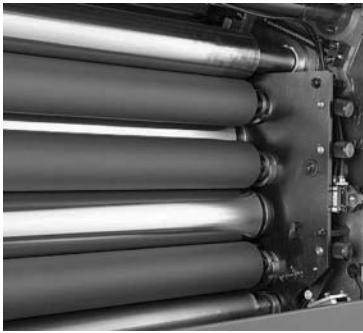


図6 インキローラ



図7 版胴とゴム胴

対抗できるのではないかと思います、今回、わかりやすい項目で比較してみることにしました。

比較項目としては、それぞれの製品のカタログ値を参考に、印刷速度、色数、電力、スペースについて比較を行いました。インクジェットについては大手3社の印刷機のカタログ値を用い、オフセット印刷機については、小森コーポレーションのオフセット枚葉印刷機(タイトル背景参照)のカタログ値を用いました。

結果を表1に示します。それぞれの項目を見ると、速度、消費電力、スペースについては、予想通りオフセット印刷機が非常に大きい値になっており、業務用、個人用の差がはっきりと出ています。色数については、5色や6色のものも存在するものの、日本では4色が主流であるオフセット印刷機に対して、インクジェット印刷機は4~10色と多くの色を使っています。ここからは、最近の個人用プリンタが非常に凝ったものになっていることがわかります。

また、解像度については、版を使用するオフセットと、ドットで表現するインクジェットでは、単純に比較はできませんでしたが、画質としてはオフセット印刷にインクジェット印刷が追いついていけると言えます。

ここで、オフセット印刷機1台が、インクジェット印刷機何台分に当たるかを考えてみると、標準的なテキスト印刷ならば、単純に比較すれば10台程度で同じ速度が得られることとなります。これは電力やスペースを考えると、驚きの結果と思えますが、最高画質の写真印刷モードでの

表1 オフセット印刷機とインクジェットの性能比較

項目	オフセット (A4 枚葉時)	インクジェット (A4 一般機種)	
		テキスト	写真 (最高精度)
速度 (枚/分)	267	26	0.4
色数	4~6	4~10	
消費電力 (W)	50 k	26	
スペース (m <sup>3</sup> )	44	0.045	

速度で比較すると約700台に当たることから、今回の限定した条件においては、電力、スペースの観点で、どちらかが圧倒的に優位ということはいえないようです。A4印刷の場合、インクジェットがやや有利のようにも見えます。

しかし、オフセット印刷機は、印刷速度が用紙サイズや図柄にほとんど依存せず、裁断によって部数を2倍、4倍に増やすことが可能なため、用紙サイズを拡大することで更なる生産性の向上が図れます。また、インクジェット印刷機での印刷の手間(用紙送り、インク交換)も考えると、速く、大量に印刷することにおいては、インクジェット印刷機でオフセット印刷機に対抗することは、まだやはり難しいようです。更なる技術の進歩に期待しましょう。

### おわりに

オフセット印刷の原理や印刷機械について紹介しましたが、身の回りの印刷物を作り出す印刷機の構成や仕組みについてお分かり頂けたでしょうか。オフセット印刷により多くの印刷物が作られ、私達を楽しませてくれています。この記事を読んで、身近な印刷物がより身近に感じられるようになっていただければと思います。

最後になりましたが、取材および資料の提供にご協力下さった(株)小森コーポレーション営業技術部中村裕一様には大変お世話になりました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 尾崎公治, 根岸和広: 印刷の最新常識, 日本実業出版社, (2003) 24-31.
- 2) オフセット印刷技術—作業手順と知識—, オフセット印刷技術協会, (2005) 185.

会誌編集委員 WG0 メンバー (平成 18 年度)

秋元俊成 (東洋大 D2), 長谷亜蘭 (千葉大 D1), 横田諭 (横国大 M2), 道畑正岐 (大阪大 M2), 丸山裕 (埼玉大 M1), 小島彰 (農工大 M1), 飯田文明 (東京大 B4)