

印刷 文化と文明とのかかわり

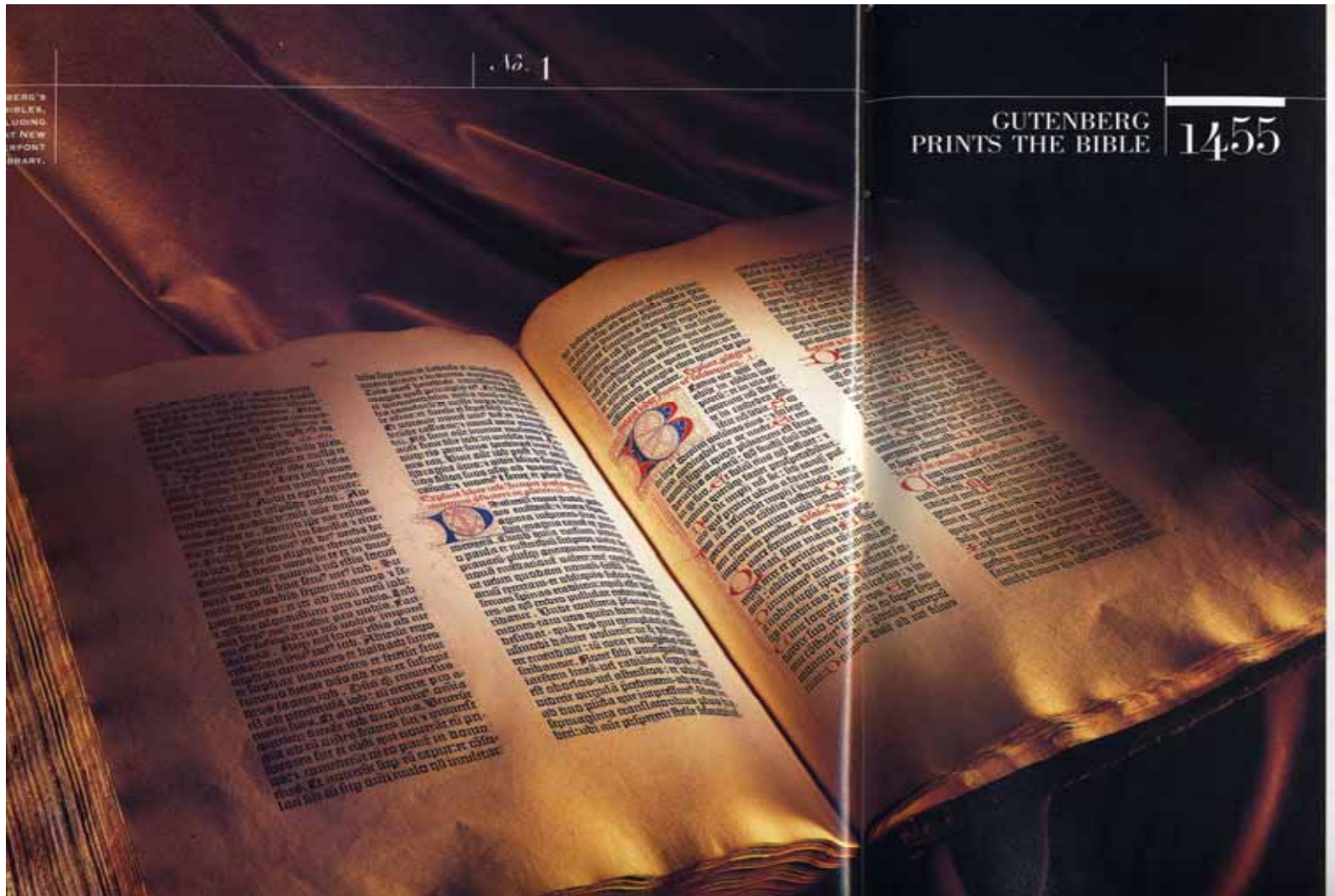
元凸版印刷株式会社 河野 通

本稿は同志社大学経済学部オープン講座「科学と技術」プレゼンテーション資料に口頭で話したことなどを含め若干加筆訂正したものである。なお、使用の画像は特に記載のもの以外は凸版印刷・印刷博物館提供による。しかし、著作権の問題については引用している画像、図などについて、インターネット上で公開する使用許可を得てはいないが、使用目的に鑑み、お許し願いたい。

プロローグ



特集「世界の100大発明・出来事」
1997年秋：英ライフ誌表紙



同ライフ誌での
1位は1455年のグーテンベルグによる活版印刷の発明
2位は1492年のコロンブスのアメリカ大陸到達
3位は1517年のルターの宗教改革

印刷文化論

- ゲーテンベルクの銀河系
- 日本の印刷文化
- Being Digital

印刷について3つに分けて話したい。

まずメディアの担い手である印刷が果たした文化的役割、それをヨーロッパ社会においてゲーテンベルク以降のいわゆるゲーテンベルク・ギャラクシーといわれる人類文明に果たした成果と影響をたどり、

ついで2番目に東洋では印刷はどのように展開し何をもたらしたのか、特に日本について明治期に活版印刷を受け入れるまでを振り返りたい。そして20世紀後半コンピュータの出現とともに再び変革した情報技術、すなわちデジタル技術により印刷および情報技術がどう変革しているかを述べる。

3番目に印刷産業の現状を特に日本について述べたい。

情報革命は4回あった

- 1 言葉の発明
- 2 文字の発明
- 3 活版印刷の発明
- 4 インターネットの発明

人間が他の動物と違うのは言葉によりお互いにコミュニケーション出来ることと言われる。それにより人類は獲得した情報を共有したり、交換することで改良したり、蓄積できるようになる。これが人類を他の動物より急速に発展させる原動力になったと考えられている。

言葉は13万年前に獲得したとされている。文字の使用は5000～6000年前にメソポタミアに始まるとされている。活版印刷は1450年ごろグーテンベルクによりマインツで始められた。

インターネットは1980年ごろTCP/IPというプロトコルを使用してワールドワイドのコンピューターネットワークを作ったのが始まり。ネットスケープやマイクロソフトによりブラウザが出来てWWWが急速に普及した。

文字の始まり



文字は5000～6000年前メソポタミアに発し、エジプト、中国、インドに伝播し、それぞれ独自の文字を生み出したと考えられている。メソポタミアのシュメール人たちは税金として取り立てたものの数量を記録するために粘土に刻んだ記号を発展させて楔形文字に至った。エジプトではヒエログリフという象形文字になり、中国では商の時代に甲骨文から漢字が発生した。インドでもほぼ同じ時代にインダス川流域で文字が発明されたが、いまだ解読されていないものがある。他にも文明の消滅とともに解読されていない文字文明が沢山ある。クレタ文字は長らく一部の支配者にのみ使用された。

文字で記録された書籍は書物のある所に出かけて見るか、それを写し取るしか広める方法はなく、知識は一部の人々の間でしか共有されなかった。東ローマ帝国の崩壊や十字軍によりイスラム文化や古代ギリシャ・ローマ文化に接したヨーロッパ社会はそれらの吸収を通して中世のローマカソリックに精神的に支配された時代からルネッサンスへと時代を変えてゆく。それとともに写本のみであった聖書などの書籍の需要は広い範囲に広がり始めた。まさに大量に、安価に、早く、書籍を求める機運が高まったのである。

グーテンベルクの銀河系

1 グーテンベルクは錬金術師だった

活字合金の秘密（固まると膨張する）

2 大印刷時代

25年でヨーロッパ中に 150年で世界中に

3 活版印刷のもたらしたものの（近代文明ここに始まる）

対数表がケプラーの法則をもたらした

・レコンキスタ、十字軍、オスマントルコによるビザンチン帝国の滅亡等により東西の文物、人の往来が盛んになり、文芸復興、ルネサンスの動きが起こる。15世紀はまさにこのような時代であった。十字軍のお陰でヨーロッパの交通は便利になり各地で巡礼の旅が盛んになる。これを目当てにお守りや記念のメダルを売る人が増え、そこから同じものを沢山作る需要が出てきた。

・ドイツのマインツの人、グーテンベルクはそんなメダルを作る職人の家に生まれた。まだ鉛などの卑金属から金を作り出す錬金術がもてはやされていた時代であった。彼はその家柄だった。これは活字を作るうえで大変重要な知識である。

・東洋の印刷と西洋の印刷との一番の違いはプレスと摺るとの差である。地中海世界では古くからオリーブ油をとるのにプレスを使う。またブドウも搾るのにプレスを使う。ヨーロッパでは書写材料として古くからベラム(羊皮紙)が使われてきた。しかし15世紀になると中国の製紙技術がようやく伝播し手に入り易くなった。印刷をめぐる周辺の状態は整ってきた。そして印刷が生まれ、急速に発展した。グーテンベルクは最初、免罪符を作っていたようだが、聖書のほうが需要が多く利益も多いと考えて、42行聖書の開発に取り掛かる。しかし、この新しい技術を作り出したグーテンベルクは聖書の完成を待たずに破産し、完成間近かの聖書や活字も工場も技術者もすべて取り上げられ、晩年は教会から年金を貰う身となったと伝えられる。そして彼から印刷技術を取り上げたフストは大成功を収めた。

写本 (15世紀 プラントゥン=モレトウス博物館)



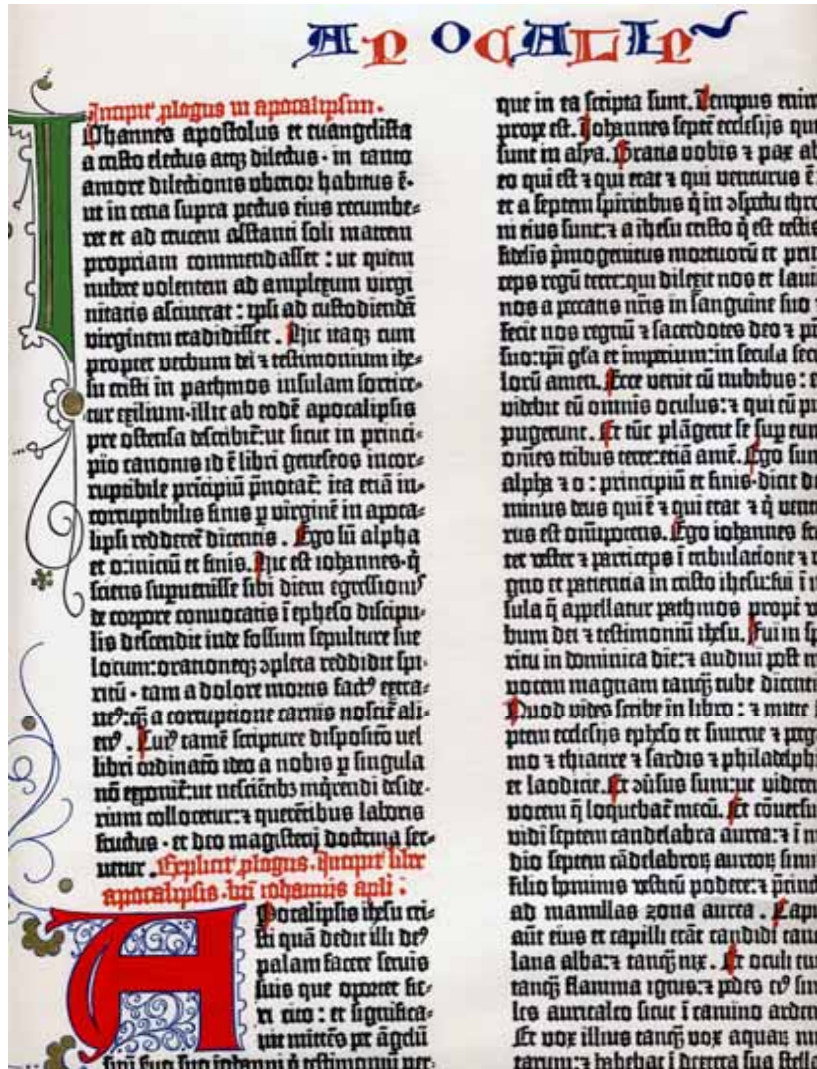
グーテンベルク時代の印刷機

プランタン = モレトウス博物館館蔵複製機



- 1 活字合金 固まると膨張する
- 2 プレス 両面使える
- 3 乾燥性インク
- 4 再使用可能 規格化 同じ鋳型 寸法の同一性 モジュール化

グーテンベルクの42行聖書



模倣から始まる。今で言うリバースエンジニアリングである。子供は最初はまねてものを覚える。

2002年、凸版印刷はバチカン教皇庁図書館の所有する42行聖書の完全デジタル化を行い「印刷博物館」で公開している。12ページの欠落部分は他の保有するものから補った。

大印刷時代

ベンチャービジネスのはじまり

- | | |
|----------------------------|--------|
| ・ 大航海時代 | 15~16c |
| ・ 宗教改革 マルチン・ルター 英国国教会 | 16c |
| ・ 天動説と地動説 コペルニクスとガリレオ | 17c |
| ・ 産業革命 | 18c |
| ・ 国民国家の成立 アメリカの独立宣言、フランス革命 | 18c |

・ グーテンベルグが1450年ごろ現在のマインツに印刷所を作り、42行聖書を印刷した後、印刷技術はヨーロッパ各地に急速に広まる。1480年には122の町に印刷所ができ、1500年には236の町に印刷所はできた。現代のIT時代のベンチャーブーム以上の起業家ブームが起こった。ちなみにベネチアだけで、1501年に150の印刷所が起業している。芸術家、僧侶、貴族、写字生、写本家たちがこぞって新しいビジネスに参入した。当時の高額所得者に印刷所経営者の名前が上がっている。

・ 1450年のマインツから始まって、印刷所は1460年にはストラスブルグ、1465年にケルンとローマ、1468年にパーゼル、1469年にヴェネチア、1473年にブタペスト、ブルッセル、リオン、バルセロナ、クラフク、1476年ロンドン、1539アメリカ、1591年日本と、150年足らずで世界中に広まった。

・ 15世紀末までに作られた書籍は、書誌学（書籍の成立・発展、印刷・製本・材質・形態などの研究）上では「インキュナビラ」と呼ばれている、グーテンベルグからの50年間に作られた印刷本、「インキュナビラ」は1500万部を超え、その前の1000年間に作られた書籍の数よりも何倍も多いと言われている。

・ そのころ探検ブームが起こり、1472年初めての世界地図がイタリアで出版された。その後、1492年のコロンブスのアメリカ大陸到達、1498年のバスコダガマがゴアに到着、1519年マゼラン世界周航などが相次いだ。これらの地理学上の新発見と世界の拡大は、印刷技術の発展と旅行記や地図の出版の影響によるところが大きいと言わざるをえない。

・ またラテン語ではなく各国の言語による聖書も出版された。1505年の英国国教会成立、1517年のマルチンルターによる宗教改革、それと1543年のコペルニクスの地動説、1609年のケプラーの法則発表、1687年のニュートン万有引力の法則など科学的知見の膨張と相まって、長い「中世暗黒時代」からヨーロッパは一気に開放された。

・ ワットの蒸気機関の発明などと相まって広範囲に影響を及ぼす産業革命が起こった。

・ 社会構造の変化は政治形態の変化につながる。1776年のアメリカ独立宣言、1789年のフランス革命と国民国家の成立、ロシア帝国の崩壊と社会主義の台頭という流れにつながった。

・ 情報インフラの進展が如何に社会に大きな影響をもたらすかを歴史は示している。コンピュータはアップルのスティーブ・ジョブによって一部の専門家から一般の人が使うパソコンという道具にされ、その基本動作ソフト、OSとしてマイクロソフトのビルゲイツによってウィンドウズをデファクトスタンダードに仕立てられ、それにインターネットという通信革命が加わっているのが現代である。

・ かつてアル・ゴアは「アメリカはグーテンベルグの二の舞は決してしない」と言った。日本はこの言葉の重大さを気づかなかった。インフラにカネを使えばという発想に固執し、世の中の仕組みは大きく変わる、大きく変えられるという視点に欠けていた。それで1990年代を日本は見失ったという見方もできなくはない。さらに大きな変化がこれから引き起こされる可能性が強い。

大航海時代の地図 (オルテリウスの世界図)



1570年オルテリウスは世界で初めて世界地図帳「世界の舞台」を出版した。ここに日本がはじめて地図上に登場する。この本はその後42年間に42版を数え、ラテン語をはじめヨーロッパ7ヶ国語で出版された。

多言語対訳聖書 (1514頃バチカン教皇庁図書館)



ヘブライ語、アラム語、ギリシャ語、ラテン語で書かれている。スペインで印刷された。

天正少年使節団が招来した活字印刷本(キリシタン版)



1590 5人の少年がローマに赴き法王に謁見し印刷機を持ち帰り日本語の活字を作り仮名漢字混じりとローマ字の本を出版した。それらは今でもローマのヴァチカン教皇庁図書館や天理大学などにある。彼らは独自に日本語の漢字と平仮名、ローマ字のアルファベットもつくり仮名混じり漢字及びローマ字の本を印刷した。38点ほどが今に残る。宣教師に日本の文化や風習知らせるためのものと、信者にキリストの教えを伝えるものとある。

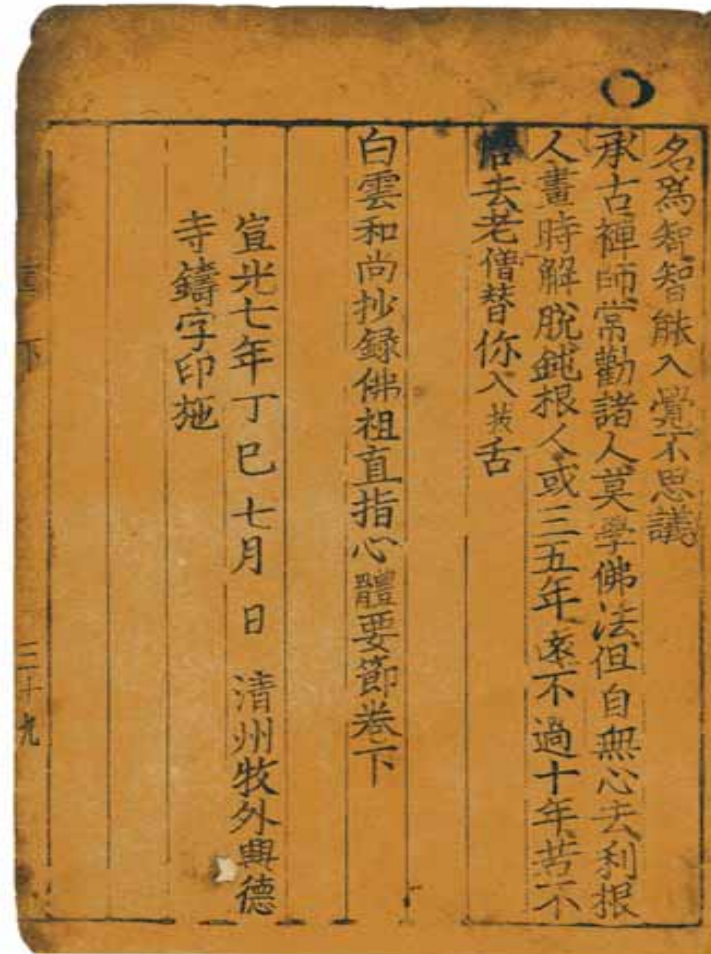
東洋の印刷文化

- **中国** 木版(整版)が主流
- **朝鮮** 銅活字による経文印刷
- **日本** 百万塔陀羅尼 現存する世界最古の記録

- ・紙は中国の蔡倫により102年頃に発明されたと言われる。以前は、絹とかボロをほぐして薄く平らにしてそれを書写に用いていた。それを改良したのが蔡倫らしい。紙の普及とともに護符(ごふ)などを木版(もくはん)で刷るようになる。中国では古くから石碑を作り文字を刻み、その拓本(拓本)を取って広めた。それが木版に文字を刻み、それ刷るということが行われた。
- ・続いて活字も11世紀始め、中国の畢昇が陶器活字、また王禎が木活字を作ったと伝えられる。朝鮮では高麗時代の1377年銅活字を鑄造し、「白雲和尚抄録佛祖直指心体要節」が印刷された。これは現存する世界最古の活字印刷物である。現在只一部がフランス国立図書館に保存されている。
- ・以後18世紀まで何度も主に銅活字が鑄造され、それを使って印刷された。
- ・なお、日本で一番古い(現存し、記録があるものとしては世界で一番古い)印刷物として有名なのは法隆寺などに伝わる「百万塔陀羅尼」である。称徳天皇が770年10大寺に10万部ずつ「陀羅尼経」を印刷して収めた。印刷方法には諸説があるが版木から判子のように押捺したと考えられている。チベットでは現在でも経筒に入れる経文を版木で摺っている。法隆寺のものだけでも数種類の印刷がある。

朝鮮の印刷銅活字による印刷

白雲和尚抄録佛祖直指心體要節 1337年



日本の印刷文化

中国、朝鮮からの渡来文化 と日本独自の発達

- ・日本には、仏教の来により経典の印刷が必要になり、まず中国の「版木」による印刷がもたらされた、その後は主に平安貴族による仏教の経典の印刷や、東大寺や興福寺のようなお寺を中心に「木版」による印刷が行われた。いわゆる「春日版」である。また鎌倉時代、鎌倉や京都の禅寺を中心に「五山版」が刊行された。戦国時代には大内や今川など戦国大名や堺などの都市でも経文だけでなく論語などの漢籍、医書や節用集という百科辞典のような「実用書」も出版された。
- ・16世紀キリスト教の普及のため宣教師のバリニアーノが天正少年使節団として知られる5人の使節をローマに送り（1582～1590年）その従者の1人コンスタンチノ・ドラードといわれる人物に印刷を学ばせ、帰国と同時に島原で印刷を始めた。ローマ字と漢字と平仮名しかも連綿体の平仮名の活字を作っている。キリシタン版として現存する印刷物は38種類に上る。キリシタン禁止令の中、短期間にこれだけの成果を上げているのは現代から考えても驚嘆に値する。
- ・1592年秀吉の朝鮮出兵により朝鮮の銅活字が日本にもたらされ朝廷に献上されたと考えられている。1593年後陽成天皇が「古文考経」の印刷を命じている。その後日本書紀や四書など所謂慶長勅版、また家康により伏見版が1599年開版。この文字は木活字で円光寺に現存する。（東西の印刷技術が混合する。）

百万塔陀羅尼(世界最古の印刷物)



「百万塔陀羅尼」は恵美押勝の乱の鎮圧を三宝に感謝して、770年に元興寺、大安寺、興福寺、薬師寺、東大寺、西大寺、法隆寺、四天王寺、弘福寺、崇福寺に10万本ずつ合計100万本の木製の塔を作りそのなかに陀羅尼経を摺って収めた。

法隆寺に残り、明治の廃佛棄釈のとき一部売りに出された。世界一古い印刷物として知られる。木版でハンコのようにインキをつけて押し付けたと考えられている。

大英博物館には敦煌で発見された886年印刷の金剛般若羅密経がある。

「百万塔陀羅尼」は凸版印刷も「印刷博物館」で常設展示されている。

家康は活字人間だった

駿河版活字による群書治要の出版



家康は1600年には伏見の円光寺で為政者の座右の書と言うべき「貞観政要」を、1616年には「群書治要」を出版させた。前者は「木活字」であるが、後者は「銅活字」で紀州徳川家に伝えられ重要文化財に指定され、現在は凸版印刷の「印刷博物館」に保存される。「銅活字」32000余本、「木活字」5800本程がある。この活字は朝鮮活字の系統と見られるが組版方法は全く異なりキリシタン版の影響も無視できないと考えられる。

天正少年使節団とキリシタン版 (バチカン教皇庁図書館蔵)



1590年帰国した「天正少年使節団」はグーテンベルク方式の活版印刷術と印刷機を持ち帰り、独自に作った漢字や平仮名連綿体の活字で、信者向けの書籍と、宣教師に日本のことを学ばせるための書籍の双方を作った。

38

1614年、彼らはマカオに追放されて、日本でのグーテンベルグ方式の印刷は一度、終わる。

409.

E S O P O G A X O
 gaino monogatari riacu.
 COREVO MAXIMO PLANVDE
 toyū fito Gregoho corobayori Latinni fon-
 yacu xerarexi mono nari.

EV R O P A no vchi Phrigiatoyū cunino Tro-
 ia toyū jōrino qinpenni Armoniato yū satoga
 vogiaru . Sono satoni nauoha Eſopoto yū-
 re , yguiō fuxiguina jintāiga vogiartaga, ſono jidai
 Europeanō tencani cono fitoni mafatte minicui mo-
 nomo vorinacattato qicoyeta . Mazzu cūbeua toga-
 ri, manacoua tçubō xicamo dete , fitomino ſaqiua
 ſairacani , riōno fōua tare , cubiua yugami, taq-
 ua ficā , yocobarini , xeuu ci gummi , ſaraua fare ,
 taredete , cotobaua domoride vogiatta . Corerano
 ſugata vomotte minicūicoto tenca buſōde attra goto
 qu, chiyeno taqeta monomo cono fitoni natabu co-
 toua vorinacatta .

Arutoqi xujin Eſopoga vyeuo vomouaruru yō-
 ua : cugaino ſabaqi, aruiua nai xōno tortatçucui na-
 doua icanimo niyōmajito miyureba, xemets nōnin
 no xolāuo naritomo ategauōzuto vomoi ſādame,
 D d s nō-

1953年印刷されたキリシタン版のイソップ物語である。
 キリギリスと蟻の話はここでは蝉と蟻になっている。



江戸時代の印刷文化（ 1 ）



平和の到来とともに江戸時代には出版印刷文化が花開いた。元禄期には光琳や角倉素庵らによる「嵯峨本」にみられるように洗練された本が作られるようになる。内容も和歌や物語など趣味的なものへと広がる。印刷は庶民にも親しみのあるものになった。今日の日本に見るあらゆるジャンルの出版物が出現した。初期の活字本から部数が増えるにつれて、木版による整版本へと変化した。初期コストはかかるが印刷が容易で再版しやすい。浮世絵のような画像の印刷、多色刷りも容易である。出版の中心も京都から大阪へさらに江戸へと移る。貸本屋の盛行が庶民への普及を助けた。

江戸時代の印刷文化（ 2 ）



1840年（天保11年）の三越チラシ、70万部が作成され、14万部が大坂中に配布された。この時代の日本の印刷物の特徴は豊富な図版と文字が自由に組み合わせられていることで、これは世界中に例がなく、現在でも日本の印刷の特徴になっている。1990年代に画像情報のデジタル化が大きな技術的問題となったが、その時、これはジャパンプロブレムと呼ばれた。

江戸時代の印刷文化（ 3 ）



活字印刷の再導入

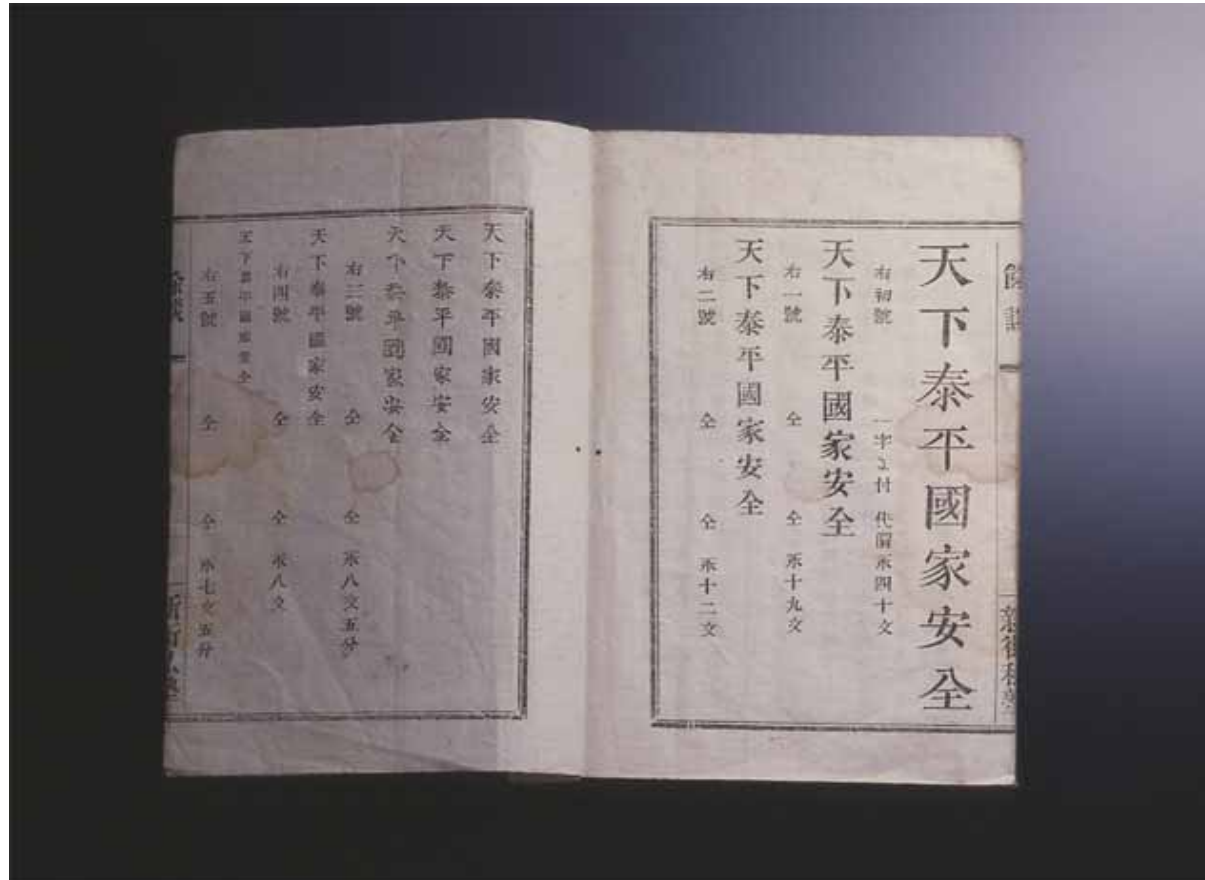
本木昌造の功績と幕末の開発競争



江戸期の大量に印刷物を作るには版木による整版のほうがむしろコストが安く納期に余裕があれば十分競争力があつた。越後屋（三越）は引き札（チラシ）など70万部も印刷し、当時の大阪の家庭に何回も配ったとの記録がある。しかし、小部数を急いで印刷したい。例えば翻訳ものの医学書とか塾の教科書など数十部は整版では時間と費用がかかる。そこで幕末には活字による印刷が再び模索される。

本木昌造（1824～1875）は長崎の通詞であつた。単なる通訳ではなく今なら貿易商社のような役割だつた。裕福で知識も豊富で、坂本竜馬や勝海舟も彼に航海術や造船や武器の作り方を習っている。ロシアの船が伊豆半島で座礁沈没したときには通訳と造船差配をして無事新しい船で彼らを国に帰している。そのため彼はロシア皇帝から後に金時計を貰っている。さらにシャンハイからアメリカ人宣教師のガンブルを招き漢字の活字の作り方も習う。1869年(明治2年)彼はそれを使い、すぐに活字を全国に売り出すと同時に印刷の注文も引き受ける。また新街私塾という学校も作り、理科系を中心にした教育にも乗り出す。彼の弟子の平野富治が品質管理と生産管理にあたり、大阪、東京に進出して明治維新に貢献した。新しい法律、制度、などあらゆる情報が早く安価に国中に浸透した。明治6年埼玉県は条例の布告をすべて活版印刷にした。それまでは版木を彫って印刷したので時間がかかつた。この時期には、他にも漢字の活字を作ろうとした人がかなりいる。大鳥圭介、島霞谷、木村嘉平などである。

本木昌造の活字見本



活字の規格化、品質管理の徹底、コストダウン、販売網の確立、印刷まで兼業（サービス）の徹底

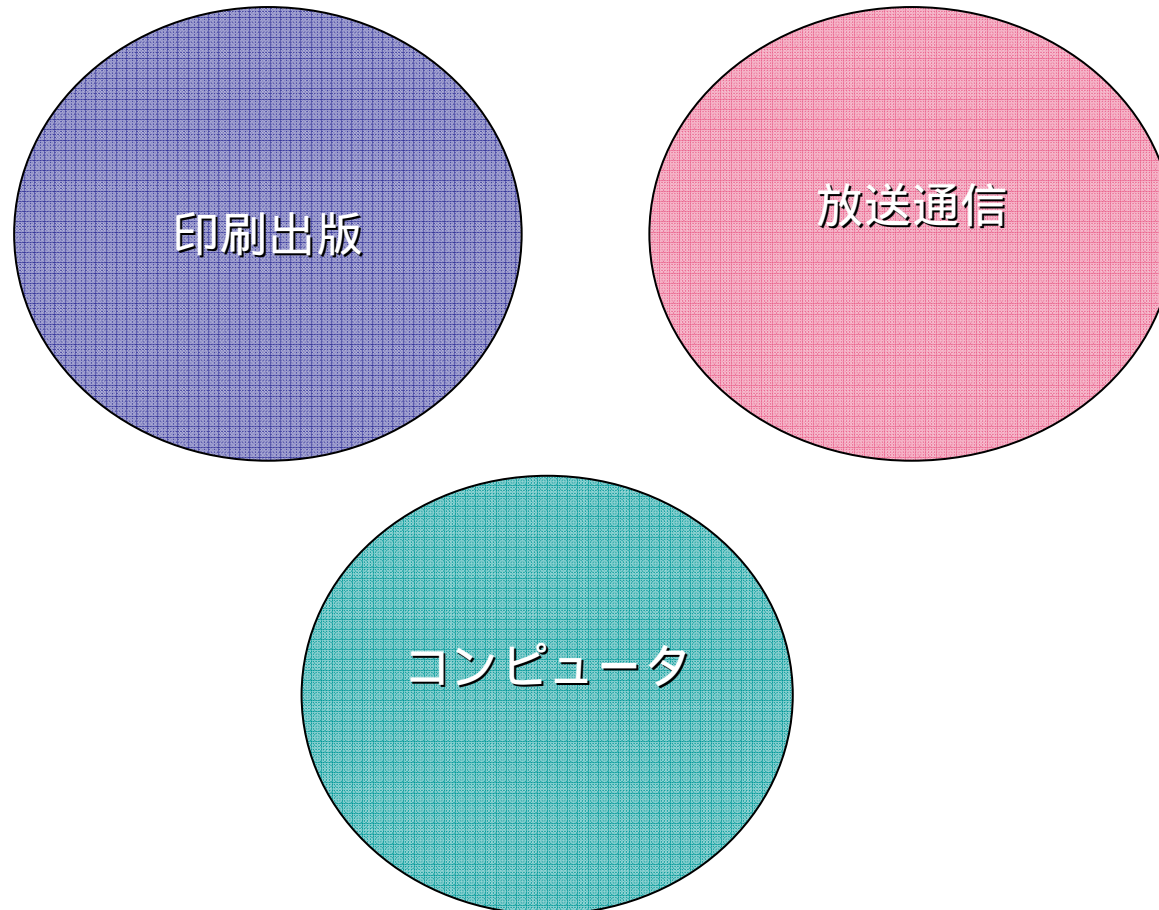
ゲーテンベルク銀河系の終焉

BEING DIGITAL

NICHOLAS NEGROPONTEの予言

1885年MITのメディアラボ所長のネグロポンテがコンピューターが放送通信と印刷出版を統合する時代が来る。そのときどう対応するかが問題と予言した。

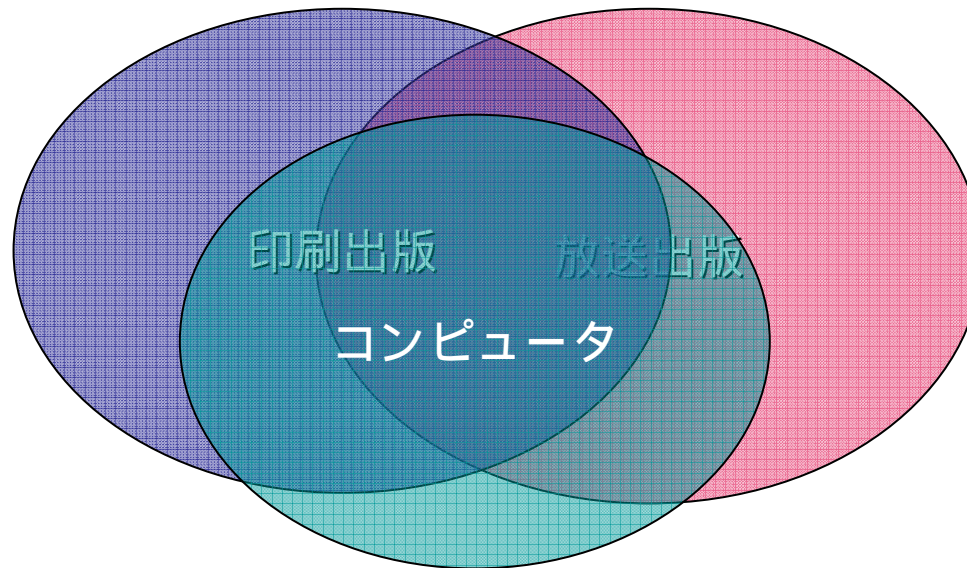
1978年



1977年アップル2発売

2000年

The change from atoms to bits is irrevocable and unstoppable



当初印刷のみであったメディアは20世紀に入るとともに、電子技術の発展につれて多様な様相を呈してくる。記録媒体伝達手段(通信)ともその変化を追ってみる。記録メディアとしては1877年エジソンによるレコードの発明、1895年ルイ・オーグストによる映画、1946年ソニーのテープレコーダー、カセットテープ、磁気ディスク、フロッピーディスク、CD、DVDなど。

通信でも1837年モールス 電信、1876年ベル 電話、1895年マルコーニ無線電信、1930年RCC、TV、インターネット(日本では1993年商用公開)など。

コンピュータは1945年エニアックが作られた。1959年はいじめてICが誕生してコンピューターは市場性をもった。IBMの時代である。1973年インテルが8ビットMPUを開発、1977年スチブ・ジョブス アップル2の発売、IBM PC、1981年 パーソナルコンピューター時代の到来、1983年アップルGUI開発、1984年Mac発売など。

そして1985年、ネグロポンテは21世紀をまさにメディアフュージョンの時代グーテンベルクギャラクシーの終焉と変革を予想し来るべき社会のメディアの在り方、コミュニケーションのあり方を研究すべく“Being Digital”を合言葉にメディアラボを設立し研究所を立ち上げた。

ホリエモンの挑戦

- 有線から無線へ
- 通信速度の向上
- 大容量記憶装置の低価格化
- ブログ時代（WEB 2.0 へ）

文語の時代から口語の時代へ

- 10年前には28Kb/sの通信速度が現在の光通信では100Mb/sが普通になり映画ですら送信可能になった。20年前には新聞1ページ送るのに3時間以上かかり新幹線でフィルムを運んだほうが早かった。携帯電話ですら150Mb/sの時代、15年前1テラの記憶装置が3億円した。いま10万円以下で手に入る。しかもポケットに入る大きさである。
- この流れの中で、結局、初めから金を目的にした人は最終的には失敗し、メディアフュージョンの技術開発に成功した人が結果として金持ちになっている。やはり最後のところで利益はプロセスの是非を判断する指標のようである。
- インターネットはWEB 2.0へと進化してきた。ウキペディアにみるように消費者（ユーザー）が開発生産に関わってくる時代になっている。開発生産者と消費者のコラボレーションで、アルビン・トフラー著「第三の波」（The Third Wave：1980年）の中に出てくる、producer(生産者)+consumer(消費者)=prosumer：「プロシューマー」という者が現実味を帯びてきている。トフラーは、自動化が進み、従来の消費者が自分で使うものを生産できるようになる、機械にデータをインプットして消費者は求める完成品を作り出すという像を描いたが、それに近づきつつある。
- もっとも「プロシューマー」という言葉は、最近では、生産者（Producer）や専門家（Professional）と消費者（Consumer）を合わせた造語と解釈されてもいるらしい。製品やサービスに対する知識や開発技術を持った消費者のことで、自らも開発生産活動に加わる、例えばオープンソースソフトウェアの開発者などが、その典型とされている。
- いずれにしても、新しい時代を切り開くためには、歴史観に裏打ちされた技術トレンドの転換点を見る感覚が不可欠である。しかし、それは「必要条件」であって「十分条件」ではない。「必要十分条件」を見極めることが、ますます転換期の人間には不可欠になっている。

印刷技術論

- **印刷とは**画像文字などの原稿から作った**印刷版**の画像部に**インキ**をつけて、原稿の情報を紙などに**転移させて**多数複製する技術
- **印刷の5要素**（原稿 版 インキ 紙 印刷機）
- **画像の製版**（石版（リトグラフ）写真製版）
パターンニングとスクリーニング（網掛け）
- **印刷の5方式**
平版 凸版 凹版 スクリーン 無版（インクジェット、レーザープリント）

印刷技術の話の前に原点から「印刷とは何か？」を考えてみたい。JIS Z 8123によれば、画像・文字などの原稿から作った印刷版の画像部に印刷インキをつけて、「原稿」の情報を紙などの上に転移させて、多数複製する技術の総称と定義されている。このキーワードは、版を作ること、それと多数複製である。そこでまず版はどうして作るか？版の元になる原稿はどんな要素からなるのか？ 大別すると「文字情報」と「画像情報」の2つである。

文字印刷

- 活字
- 写真植字
- C T S (Computer Type Setting)
- D T P (Desk Top Publishing)

・活字は発明された時から科学技術的に完成された域に達しているものであった。そのため500年もの間、その基本は変わることなく受け継がれた。当初から規格化、モジュール化、精密化が図られていたのである。なお、文字や記号の大きさは「ポイント」で表し、1/72インチが1ポイントで、通常「1ポ」と言われている。文字や記号の書体はフォントと言い、同一の書体で必要とされる文字や記号を用意したものを「フォントセット」という。

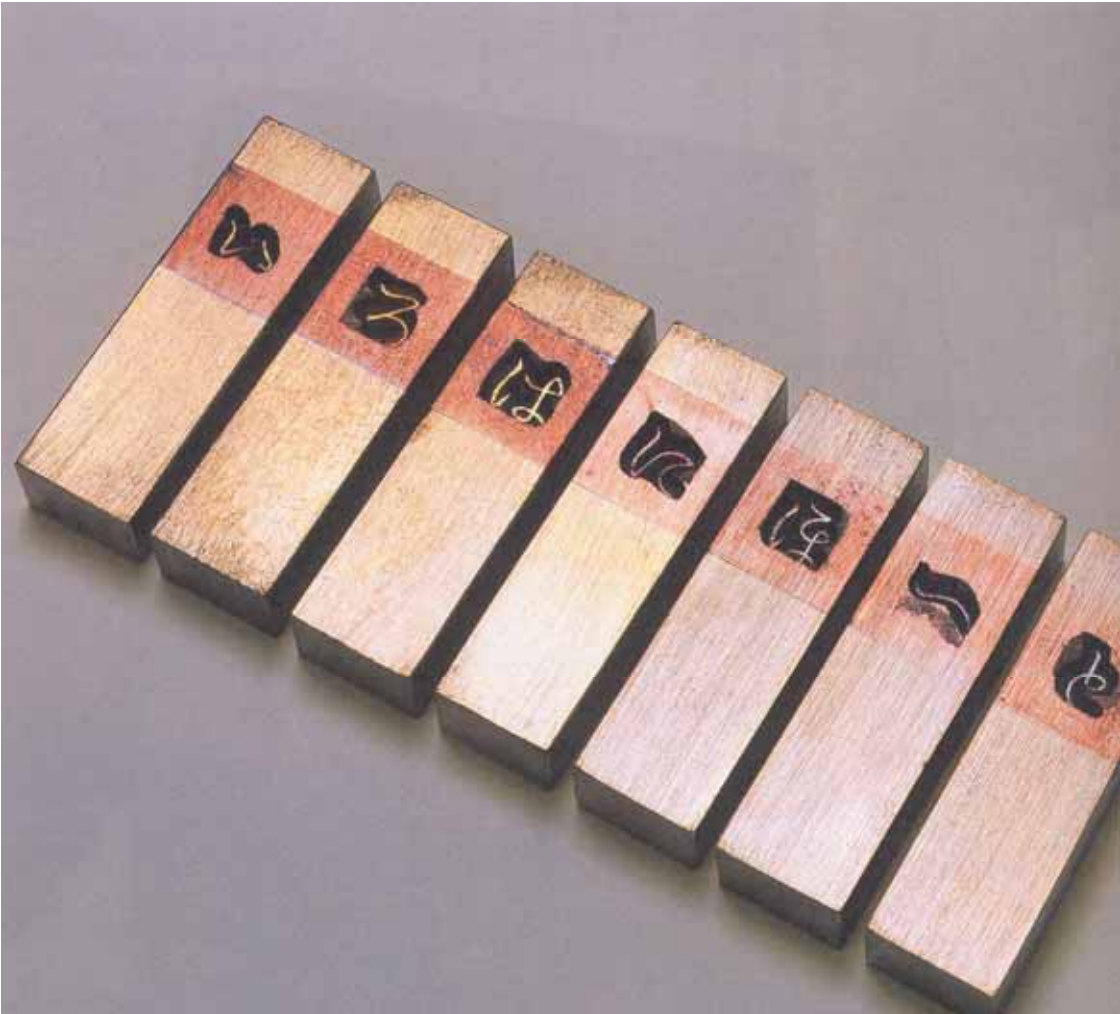
・戦後、日本で写真植字機というものが開発された。多数の文字がガラス板に描かれており、その中から必要な文字を一つ一つ選び出し、それをレンズ機構を通じて拡大縮小し、全体として出来上がる組版の姿を考えながら、フィルムの所定の位置に感光させて、それらから印刷用原板を作るという技術である。一つ一つ活字を拾い、ケースに並べ、それで組版を作るという方法に比べると、出来上がったフィルムの切り貼りなどに組版の改編集が出来る自由度があり、画期的であった。これが日本の印刷業界を席卷した時期があった。

・1970年代、凸版印刷と富士通により大型コンピュータを使って文字を組版する、いわゆるCTSが完成した。アルファベットは文字数が少ないのでコンピュータ処理が容易だが、人名、地名などをカバーしようとする日本語では6万字あまりが不可欠で、それらをすべてコンピュータで扱えるデジタルフォント化することは大変で困難を極めた。しかし、完成すると、その効果は大きく、以後、出稿と印刷との時間競争が命のような新聞社などを中心に、類似のシステムが相次いで導入されるようになった。

・その後登場したのがパソコンである。パソコン用組版ソフトが出現し、簡単に組版が出来るようになった。いわゆるDTPである。日本語の場合に入力方式が問題であったが、東芝により日本語の仮名漢字変換方式が考案され、それを契機に相次いでパソコン用日本語ワープロソフトが出現し、一気にパソコンでの日本語処理が進むことになった。デジタルフォントも、日本規格協会フォントセンターの平成明朝、平成ゴシックの発表を契機に、「日本語デジタル・フォントセット」価格が劇的に廉価になると同時に、様々な「日本語デジタル・フォントセント」が出現し、1990年代後半から一気にDTP化が進んだ。その「デジタル・フォント」も「ユニコード」という国際規格対応のものとなり、同一画面上で「文字化け」することなく、多国語が扱えるようになり、画像を含め、組版はパソコンによるDTPが普通になっている。

活字と母型





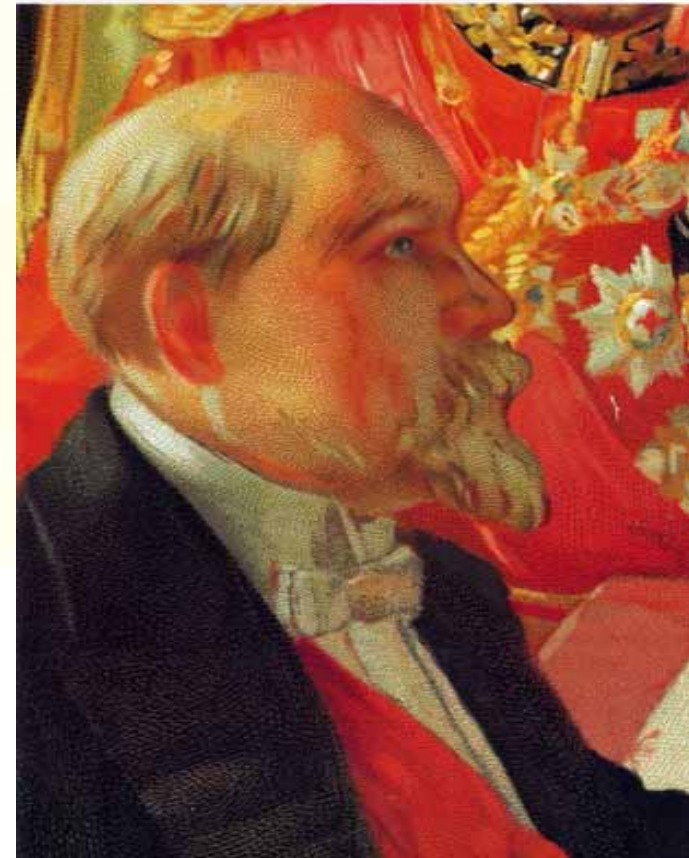
活字と活字棚



画像の製版(木版、銅板、石版)



コロム石板画版法



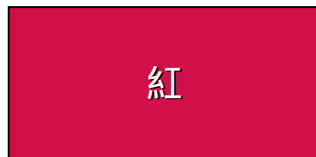
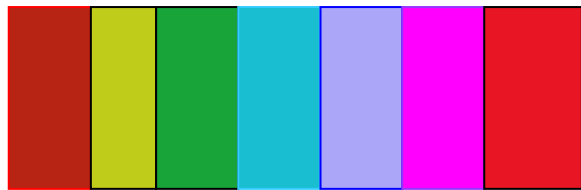
画像の印刷はどうしたのだろうか。活版印刷が発明されても、当初は挿絵などの画像は手書きで書き込まれていた。14世紀から15世紀には木版や銅板画が、活版印刷と絡めて、だんだん使用されるようになったが、大型のものや色数の多いもの、あるいは楽譜のような複雑なものには対応できなかった。

それには「色」の問題があった。やや堅苦しいが、近代的な印刷での「色」（エッチな意味ではない）の扱いについて理解する必要がある。

色とその再現方法 (色の理解のために)

- 色を印刷で再現するためには **色の三原色**

RGBとYMKK : ニュートンはリンゴと引力だけでない 虹は七色



加色混法と減色混法

R (赤) G (緑) B (青紫) 光の3原色

光は混ぜるとだんだん白色になる:加色混法

Y (黄) M (紅) C (藍) K (黒) 印刷の4原色

物の上につけた色は重ねると段々黒くなる:減色混法

「RGB」は、液晶ディスプレイ・液晶テレビ、プラズマテレビなどの基礎であり、「YMCK」は、印刷物のみならずインクジェット印刷機、カラーレーザーコピー機などの基礎になっている。

しかし、各色の発色に使われる物質の特性を踏まえて、いかに自然に見せるかが重要であり、そのため、それぞれの発光要素の特性を踏まえて、全体を色調整する、カラーマネジメント・システムというソフトウェア技術も生まれている。

セネフェルダー

半導体基本技術の生みの親



1771 ~ 1834年 Senefelder, Johann Nepomuk Franz Alois ドイツ

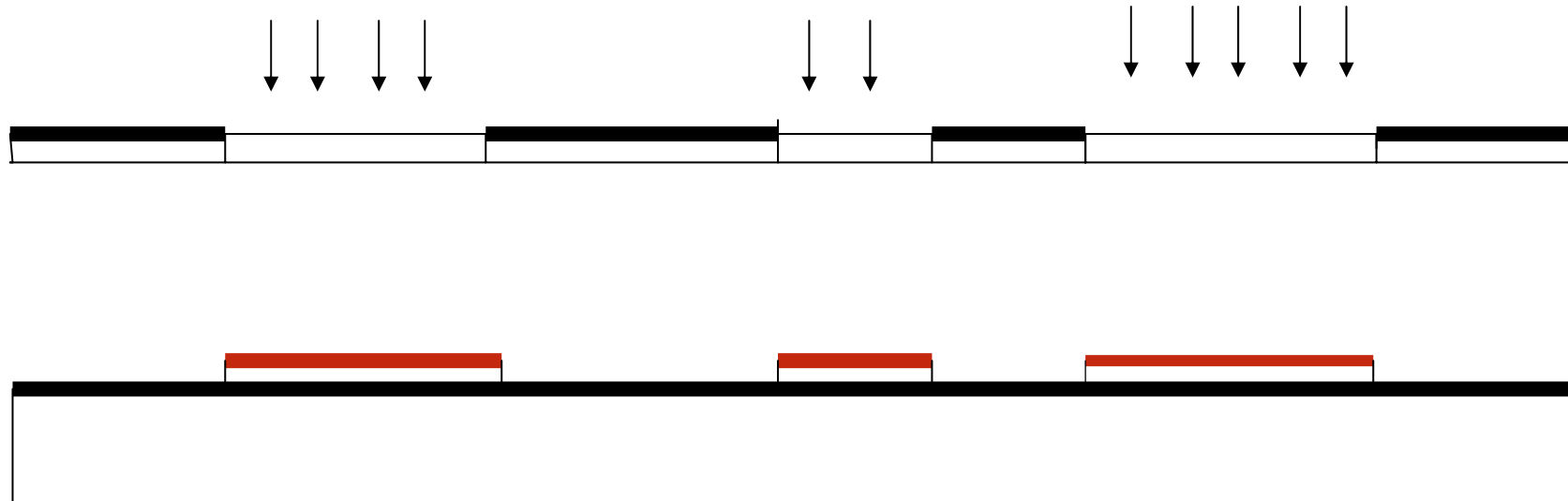
- 凸版 凸起している画線部にインキを着け、紙などに押圧してこれを移すもの。
- 凹版 全面にインキを塗り、次に凹部以外のインキを拭き取り、その上で紙などを押圧し、凹部のインキを紙に移し取るもの。いわゆるグラビアなど。
- 平板 平面上に画線部と非画線部とが形成されている刷版を用いる印刷法。基本的には、水と脂肪とが互いに反発する性質を利用し、非画線部は化学処理によって親水、画線部は親油性とし、版面に水とインキを交互に与えて印刷するもの。いわゆるオフセットと呼ばれるもの。現在、様々な印刷で使用されるようになっている。

1798年 この平板印刷を、セネフィルダーは27歳の時に発明した。そのきっかけは楽譜の印刷をいかに上手く行うかということであったという。

そして、その発明が、結果として、モーツァルトの活躍した時代にマッチし、新聞が普及した時代にも符合し、その背景と同時に変革の原動力にもなったイギリスから端を発した産業革命を背景に、発展し、その100年後の半導体時代でも大きな力を発揮することになったのである。

セネフェルダールの石版印刷

基材の表面をパターンニングして化学的に変化させ異なった2種以上の性質を持つ表面を作る



楽譜を何とか簡単に印刷できる方法を模索していたドイツ人アロイス・セネフェルダールは、たまたま石鹸で洗濯石に書いたメモを後で酸によって腐食して消そうとしたのだが、消えないで残り、メモを描いた部分は水をはじいて脂分を受け付けることに気がついた。そこで、まず全体を水で濡らしてから、油絵の絵具のような乾性の油性インキをつけると、インキは最初にメモを書いた部分のみに付いて、紙を載せて圧をかけると、その部分のインキのみが紙に写ることを発見した。酸で石を腐食する深さはほんの数ミクロンでよく殆ど平らである。この方法を石版印刷（リトグラフ）あるいは平版印刷という。1798年のことである。

この方式は大型、被写体の材質、色数など制約がすくなく、その延長線上で20世紀初頭にオフセット印刷方式が発明され、大量生産に向き、写真製版の発明でもあって印刷の主力になった。しかもこの技術は、物質の表面を化学的に処理・腐食することで精密なパターンを作るのに向いていることから、発明後200年あまり後のIT革命のテクノロジーの中核、フォトリトグラフィーにまで発展することになったのである。

調子の再現

写真術が出来るまで、それは芸術であった

コロム石板画版法



1909年、米国のウィリアム・ヒューブナーとブラインシュタインが写真製版法の特許を取得した。湿版写真を用い、感光した後、それをレタッチ（加筆修正）して版を作るというもので、発明者2人の名前の頭文字をとってHBプロセスと呼ばれる。それが日本に導入されたのは1919年（大正8年）で、以後、40年あまり印刷業界で使われることになった。

HBプロセスが採用されるまでは、すべて手作業で「網点」（濃淡を小さな点の大小などで表すもの）をリトグラフの版に描き、そうした版を何枚も使って重ね刷りすることによって完成させていた。日本には版画や染め物などの繊細な伝統技術があり、それが基礎にあったとは言っても、それはもはや天才的技法というより芸術であった。

以下に、明治末期の作品をいくつか紹介する。すべて手作業で、長いものは2カ月もかけて製作されたという。色数も浮世絵に見るように10色以上使うことも多かった。

（注）コロム石版というのはリトグラフの手法の一つで明治大正時代に用いられた。故野村広太郎氏「の日本石版版画の思い出」（私家版）によると、「コロムとはクロムのこと色点版ということである。石版に直接、油脂タイプの墨で、ペン先で濃淡を作りながら色版の合成色で原画を印刷的に再現する方法で、年期のかかる技術方法であった」と書かれている。

石版多色印刷 すべて手作業



石版多色印刷　すべて手作業



写真術の登場

網点による調子の再現



話は前後するが、HBプロセスという写真製版技術が1909年に特許を取得するはるか以前に写真術は発明されていた。

写真術の発展は1839年に仏のルイ・ジャック・マンデ・ダゲールによって発表された「銀板写真」によるところが多い。その10年以上に世界最初の写真が撮影されたというが、露光時間は数時間もかかり、とても実用化できるものではなく、それがダゲールの「銀板写真」によって露光時間は数分で済むことになり、実用化されることとなった。

と言っても湿版写真で感光度は低く、液体の薬剤を使用して撮影現場で乾板を作らなければならないというものだった。それでも見るものすべて見たままに写し取れるということで世界中に急速に普及した。日本でも幕末に下岡蓮杖などにより研究され撮影された写真が残っている。

この写真を印刷に使う試みがいろいろ行われ、以下の2方法が考え出された。

- ・連続的な色の濃淡（階調）などを、「網点」（小さな点の大小などで表すもの）で変えるインクの塗布される量を二次元の面積を基礎にする方法（1880年、米国のアイバス発明）
- ・版の彫りの深さで変えるインクの塗布される量を三次元の容積を基礎にする方法、グラビア法（1895年、英国のカール・クリック発明）

である。この2方法が基礎になり、それに前述の版のレタッチ（加筆修正）に絡むHBプロセスが加わって、印刷技術は飛躍的に向上することになった。

なお、1996年ライフ創刊60年を記念して60年間の表紙の中から選んだ400点をMITの開発したフォトモザイク・ソフトを使用して作られたのが、左掲の表紙である。網点で調子が再現できる一例である。

多色写真製版



ところで現在、普通に使われている多色写真製版が実用化するまでには、幾つかのステップが必要であった。代表的なものだけ上げても以下の通りである。

- ・ 1883年、3原色ですべての色が再現できることが判り、撮影時に3原色のフィルターを通して原稿を撮影し、それらの重ねることで元の色を再現する3色分解法が独のE・アルバートにより発明された。

- ・ 1909年、米国のウィリアム・ヒューブナーとブライン シュタインにより2人の名前の頭文字をとってHBプロセスと呼ばれる写真製版法が発明された。

- ・ 1950年頃、米国のタイムライフ社により電子的にフィルムを走査して色分解し、網ポジや網ネガとして出力するスキャナーが発明された。

- ・ 1963年、グラビヤや凸版も電子的に直接銅のシリンダーや板に彫刻して整版する機械（ヘリオクリシヨグラフ）が発明された。

- ・ 1979年、イスラエルのサイテックス社により、コンピュータによるデジタル画像処理時代の幕開けとなった、すべての画像データをデジタル処理するレスポンスシステムが発表された。

そして1990年以降、コンピュータの処理能力の向上、低価格化と相まって、DTP（Desk Top Publishing：パソコンなどを利用して、出版物の企画・デザイン・版下作業などを行うこと）により文字と画像データが同時に扱えるようになった。手作業時代の時代と比べて、文字・画像データの回転、移動、拡大縮小、切り抜き、合成が格段に容易になった。

多色写真製版



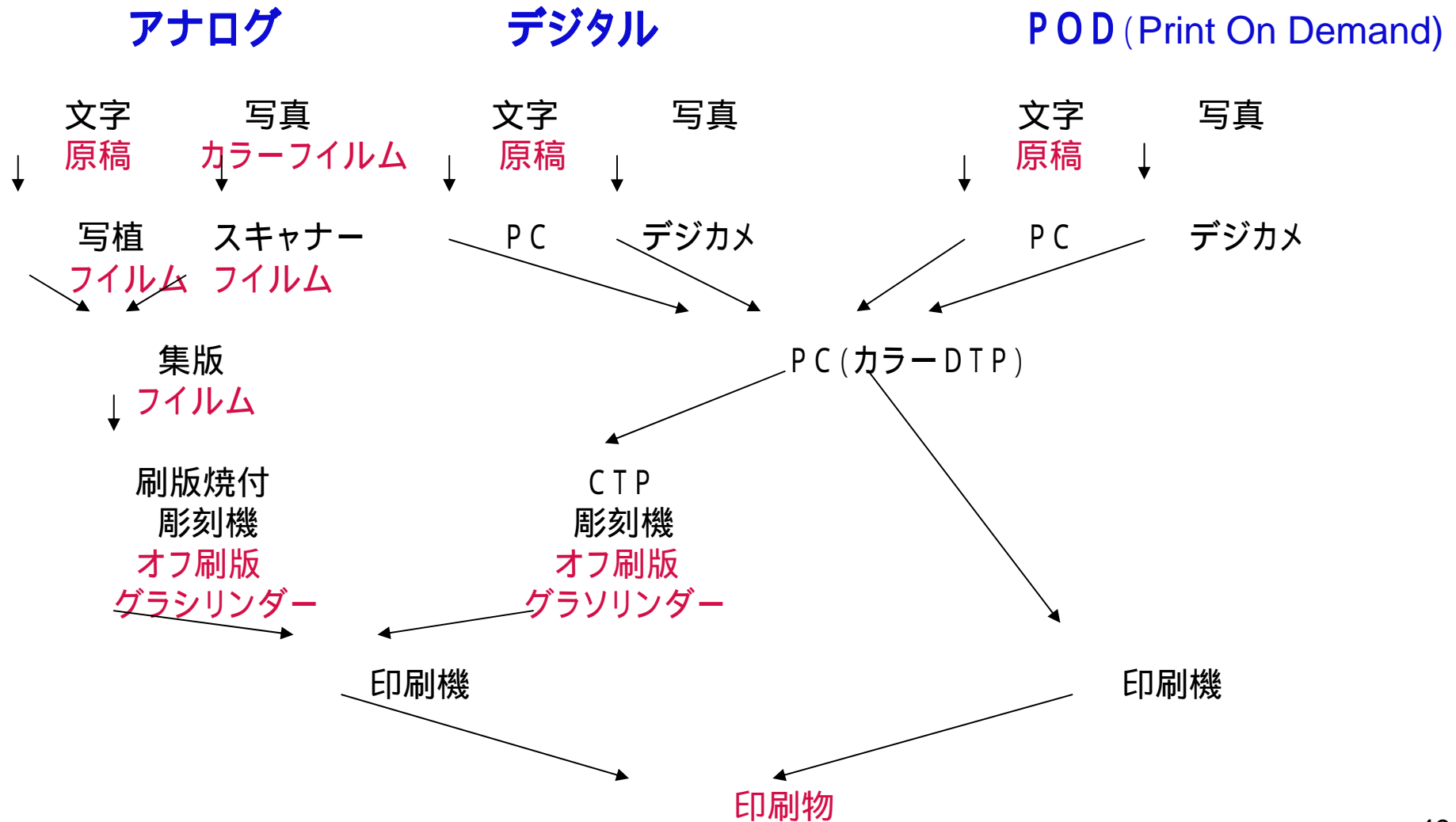
コンピュータ（デジタル技術）のできるようになったこと

合成 回転・移動 拡大・縮小 ブラシ効果



デジタル化で変わったこと

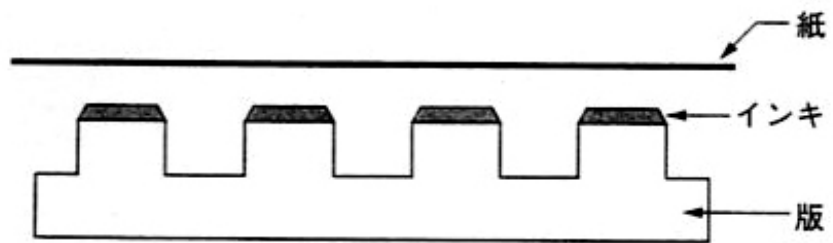
FILMLESS



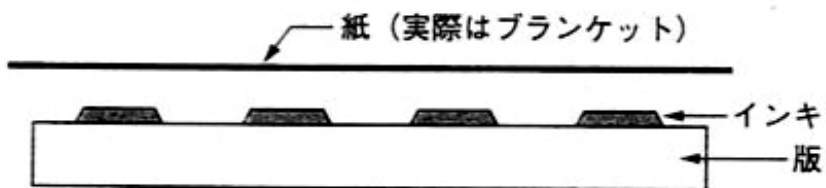
インキを紙に移すには

印刷の5方式

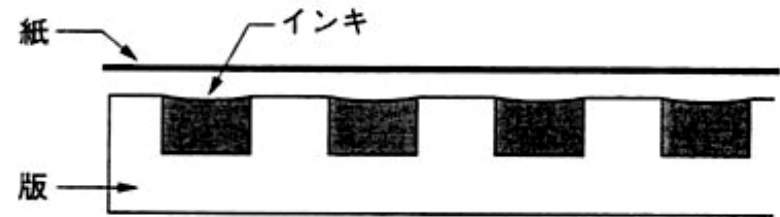
- 1 凸版 (フレキソ、活版)
- 2 平版 (オフセット、リトグラフ)
- 3 凹版 (グラビア、エッチング)
- 4 スクリーン (シルク)
- 5 インクジェット レーザープリント



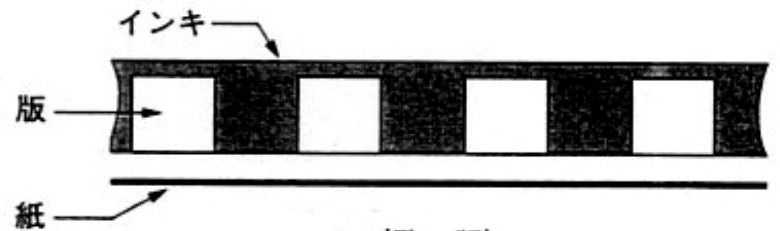
〈凸版〉



〈平版〉

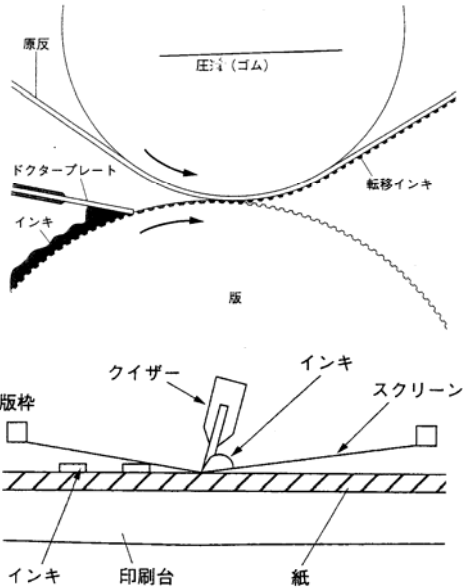
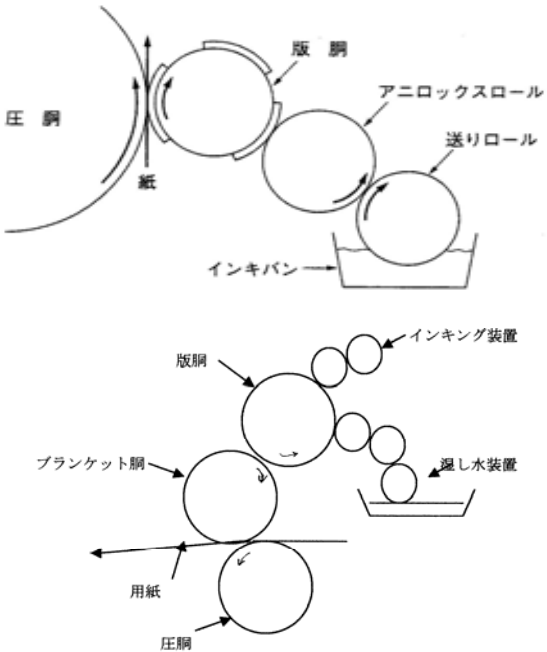


〈凹版〉



〈孔版〉

4 版式のメカニズム



DTP (Desk Top Publishing)で作成された画像や文字データはデジタルデータで共通のフォーマット(PS : postscript)で各種の出力機により印刷用の刷版に出力される。オフセット (平版) ではCTP (Computer To Plate)というデジタルダイレクトプリセッター (製版機) レーザ光で感光材の塗布されたアルミ版に直接、文字や画像データを描き、それを現像処理して刷版とする。これはフレキソ (凸版) にも利用されている。グラビヤ (凹版) でも従来の写真製版を使って腐食して刷版を作るアナログ的方法是姿を消し、ダイヤモンド針によって直接、網点をシリンダーに彫刻する電子彫刻機 (ヘリオ) か、感光材の塗布されたシリンダーに直接、レーザー光で網点を描き、それを現像処理するレーザー腐食機を使用するように変化している。

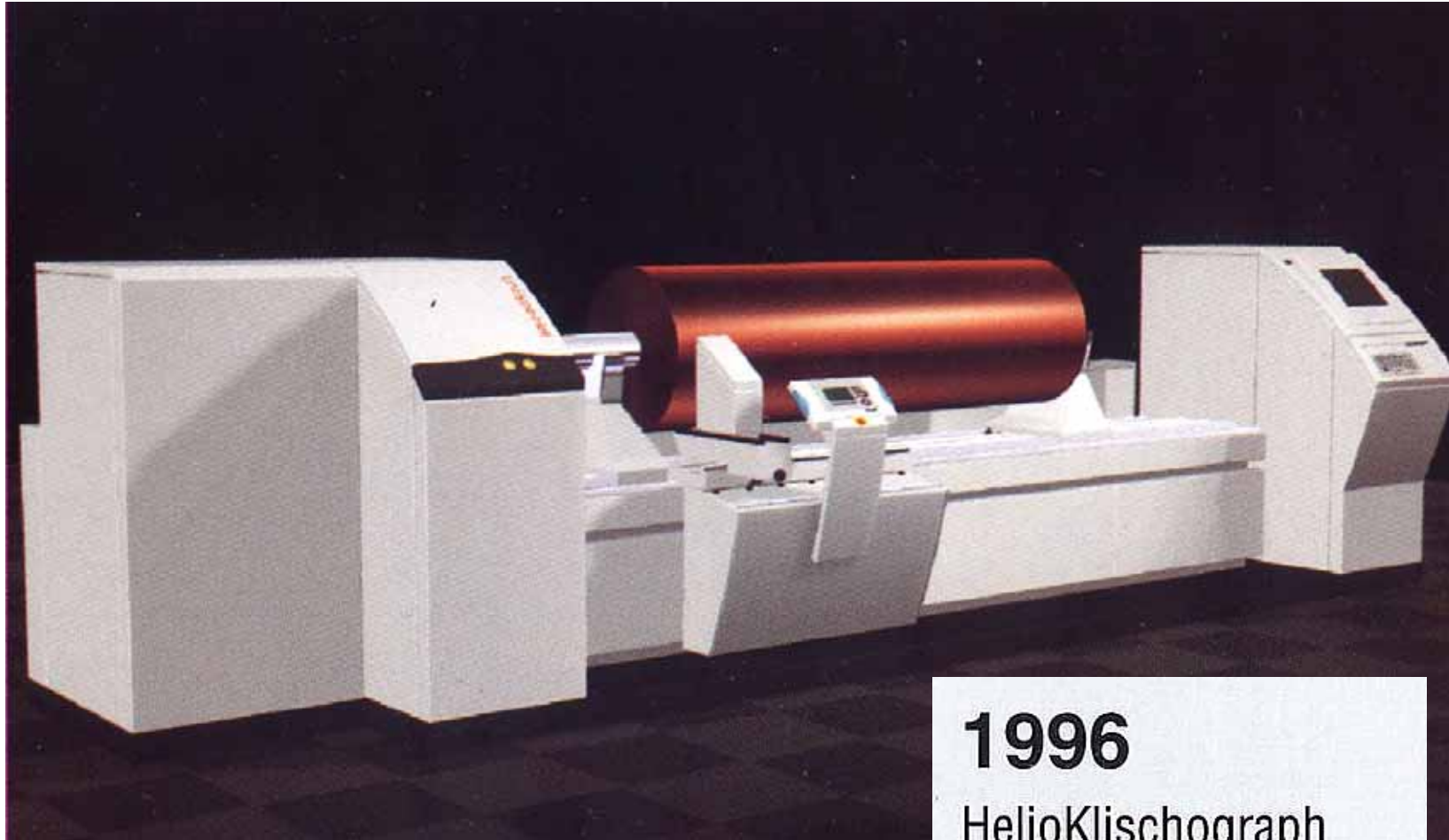
なお、感光材にレーザー光で直接、描画する方法は印刷以外にも、プリント基板など電子部品の製造など広く使用されている。

スクリーン印刷の刷版は繊維や金属のスクリーンに感光材レジストを塗布し、フィルムの版を密着露光し、現像して作成している。

またインクジェットは刷版を作らないので印刷といえるか微妙であるが、多数複製の手段になりつつある。文字、画像の処理作成編集などすべて印刷と共通した技術で、ただ目に見える刷版がないだけである。

電子彫刻グラビヤ製版機

ヘリオクリショグラフ



1996

HelioKlischograph

K 405 - the output unit

インキを版に、紙に移すには印刷機

- 印刷機に必要な機能

- 1 給紙部
- 2 インキング部
- 3 版取り付け部（版胴）
- 4 印圧部（圧胴）
- 5 乾燥部
- 6 排紙部

- 圧をかける方法

平圧 ネジから梃子へ
円圧
輪転

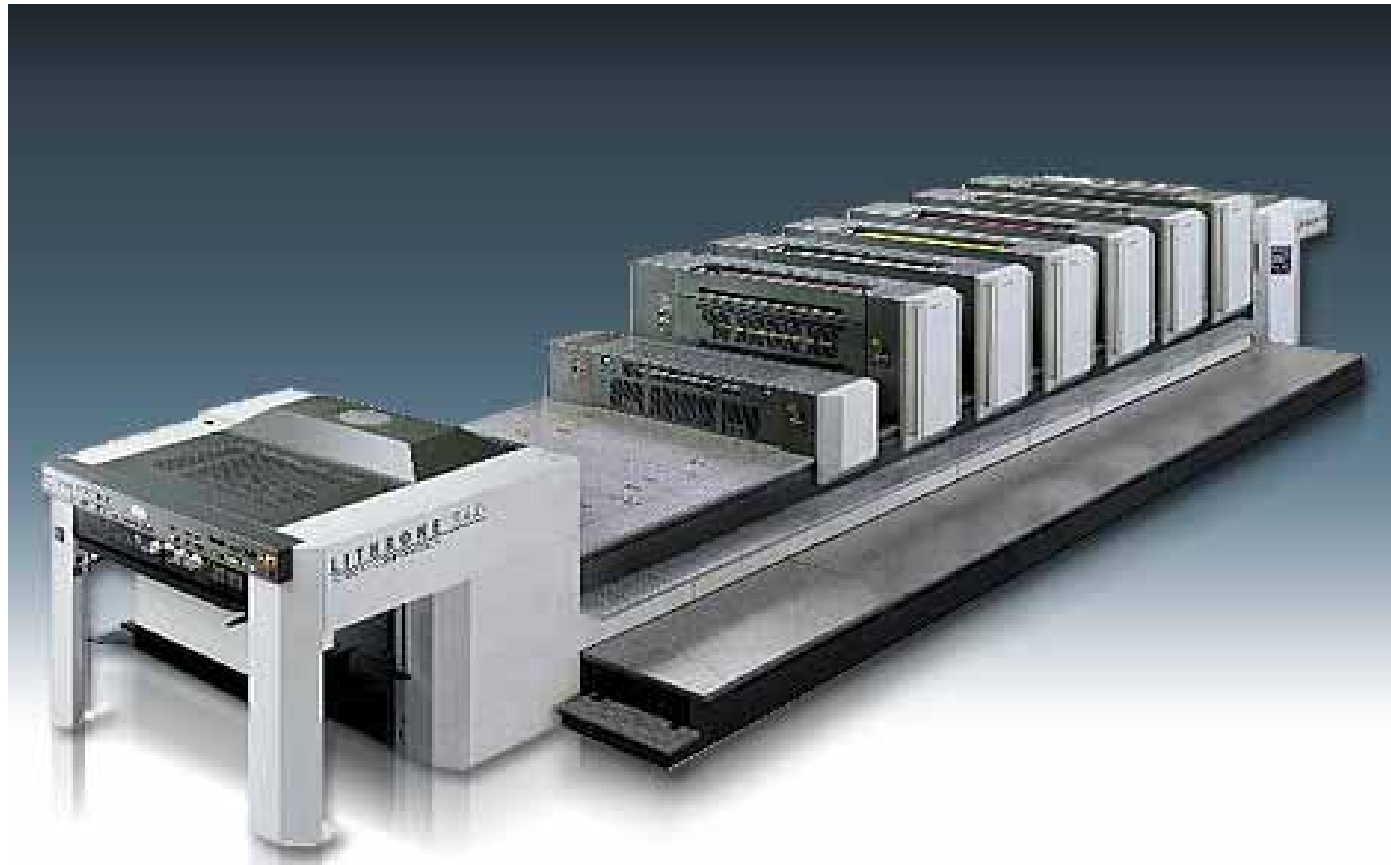
グーテンベルクが印刷機を発明して以降、約350年間、それと同じ原理のネジ方式で圧を加える方法が用いられていたが、1800年、英国のスタンホープより梃子式のスタンホーププレスという総鉄製のプレスが発明された。これは印刷の産業革命と言われるぐらいに大きな変革であった。まさに英国で産業革命が進行している中で、それに続いて、英国にいた独のフリードリッヒ・ケーニッヒとフリードリッヒ・バウアー（K&B兄弟）により1812年、蒸気機関を使った動力式の円圧印刷機が発明された。従来の手動式に比べて5倍以上の早さでの大量印刷が可能になり、早速、タイムズ紙で採用され、大量印刷の時代が幕開けすることになった。

初期の印刷機 (スタンホープ)



世界中に40台しか残っていない。日本に7台ある。印刷博物館に所蔵されている。

オフセット枚葉印刷機 (小森コーポレーション)



オフセット輪転印刷機 (小森コーポレーション)



グラビヤ輪転印刷機 (Cerutti社)

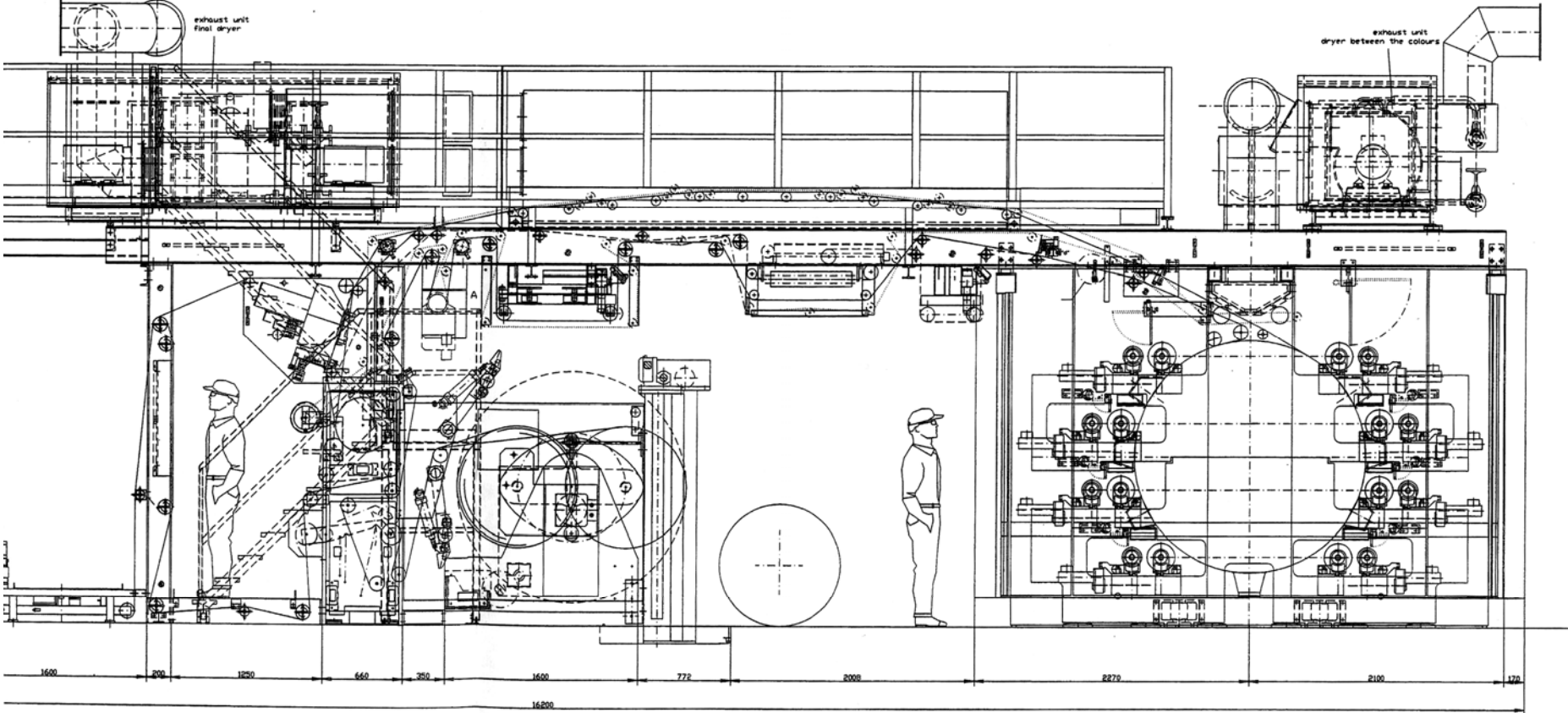


9. General view of a rotogravure printing press mod. Rotomec 3000-3R.
10. Drying chamber.
The opening of the hoods is towards the transmission side and allows easy web introduction and easy nozzles and roller cleaning.
11. Supply and intake air knives.

9. Vista generale di una rotativa rotocalco modello Rotomec 3000-3R.
10. Camera d'asciugamento.
L'apertura laterale delle cappe consente un'agevole introduzione del nastro ed una facile pulizia delle soffiere e dei rulli.
11. Soffiere di mandata ed aspirazione.



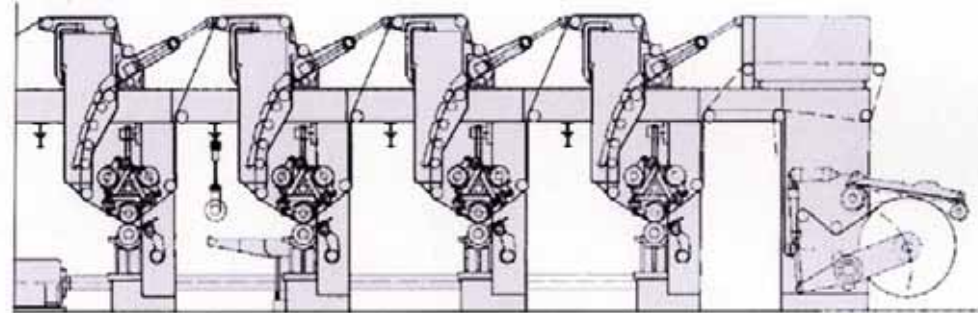
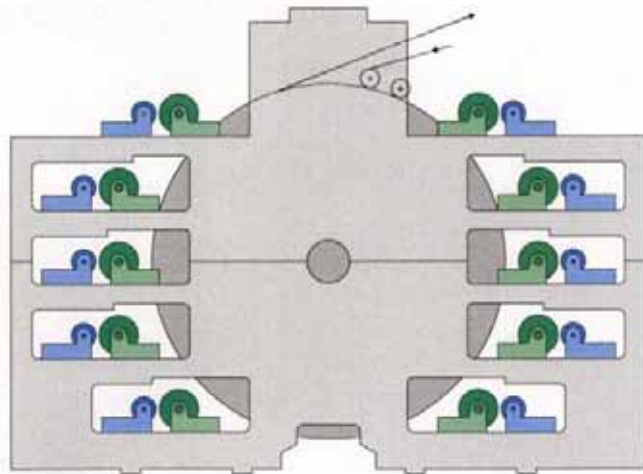
フレキソ印刷機 (Fischer & Krecke社)



- C.I.の設計コンセプト、及び、AC servo drive技術

- 右のインライン型のコンセプトと比較すると、C.I. 設計は、高い印刷見当とウェブの高いガイド機能を引き出せます。

C.I.上での見当精度は、 ± 0.05 mm以内です。

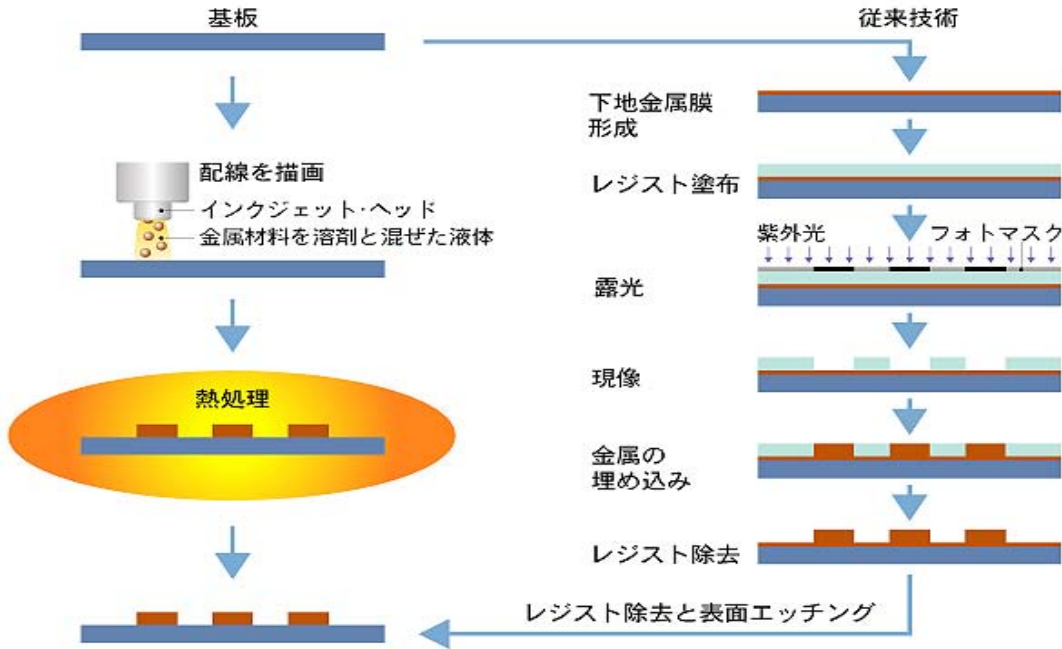


スクリーン印刷機 (ニューロング精密工業)



印刷技術の電子技術分野への展開 フォトリソグラフィ技術

半導体素子など電子部品製造技術でもの中核となっている



印刷技術の電子技術分野への展開 カラー液晶ディスプレイ用 CF (Color Filter)の工程図

【基本プロセス】

- フォトリソ法

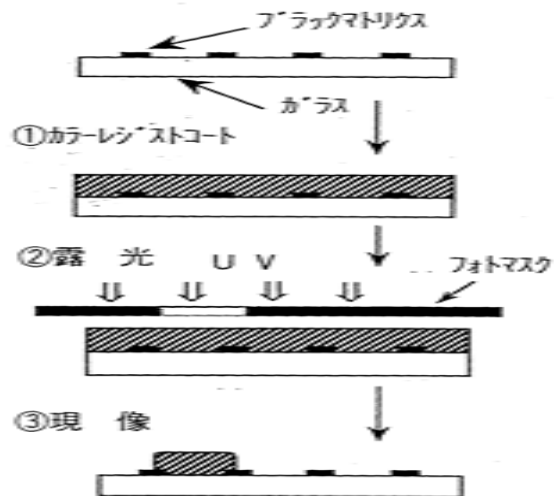
【特徴】

- 色特性 (高コントラスト)

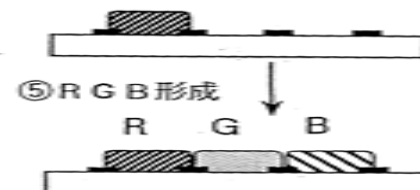
【課題】

- 装置が高価
- 材料 (レジスト) のロスが多い

【プロセス概要】



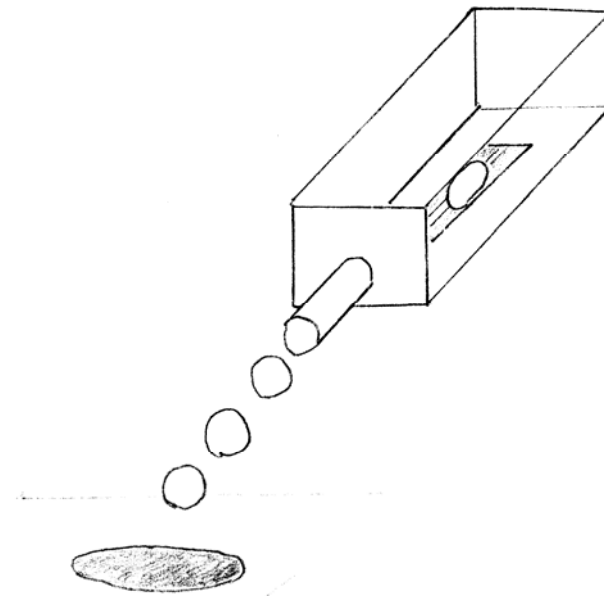
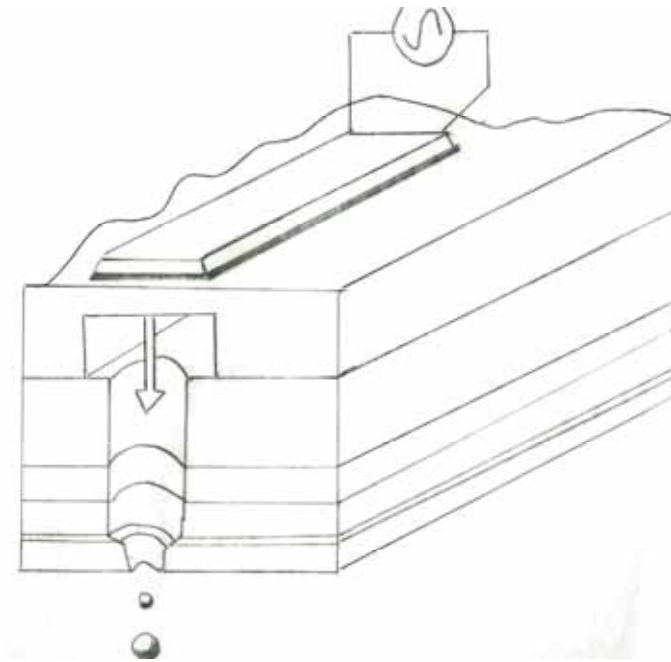
④ 熱硬化 (230℃) ①~④繰り返し



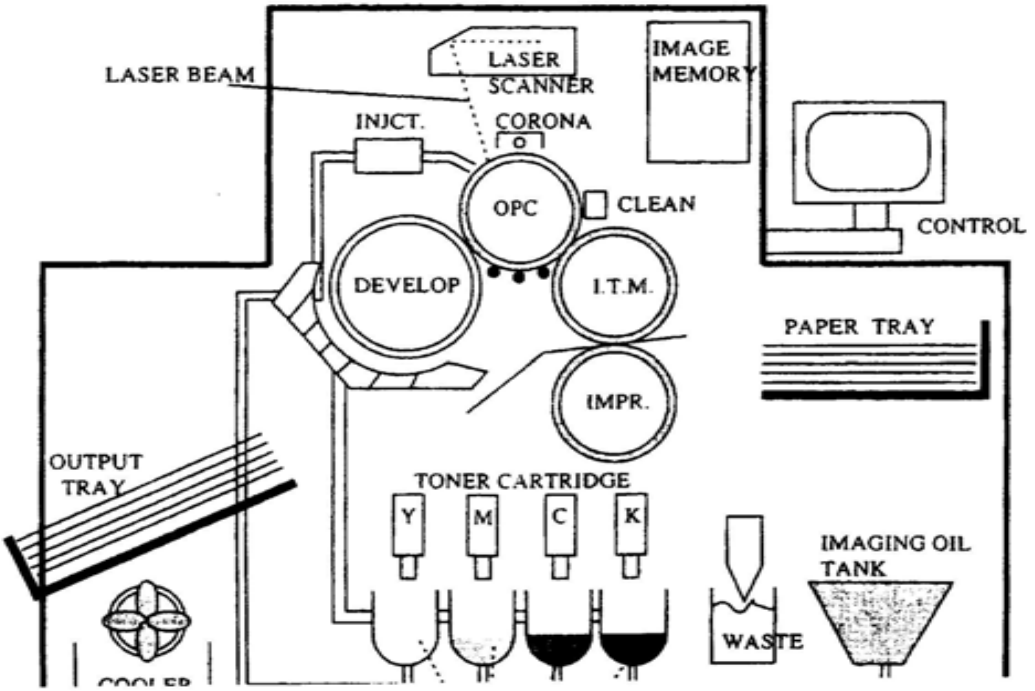
印刷技術の多品種少量生産への対応

P O D (Print On Demand)

インクジェット技術



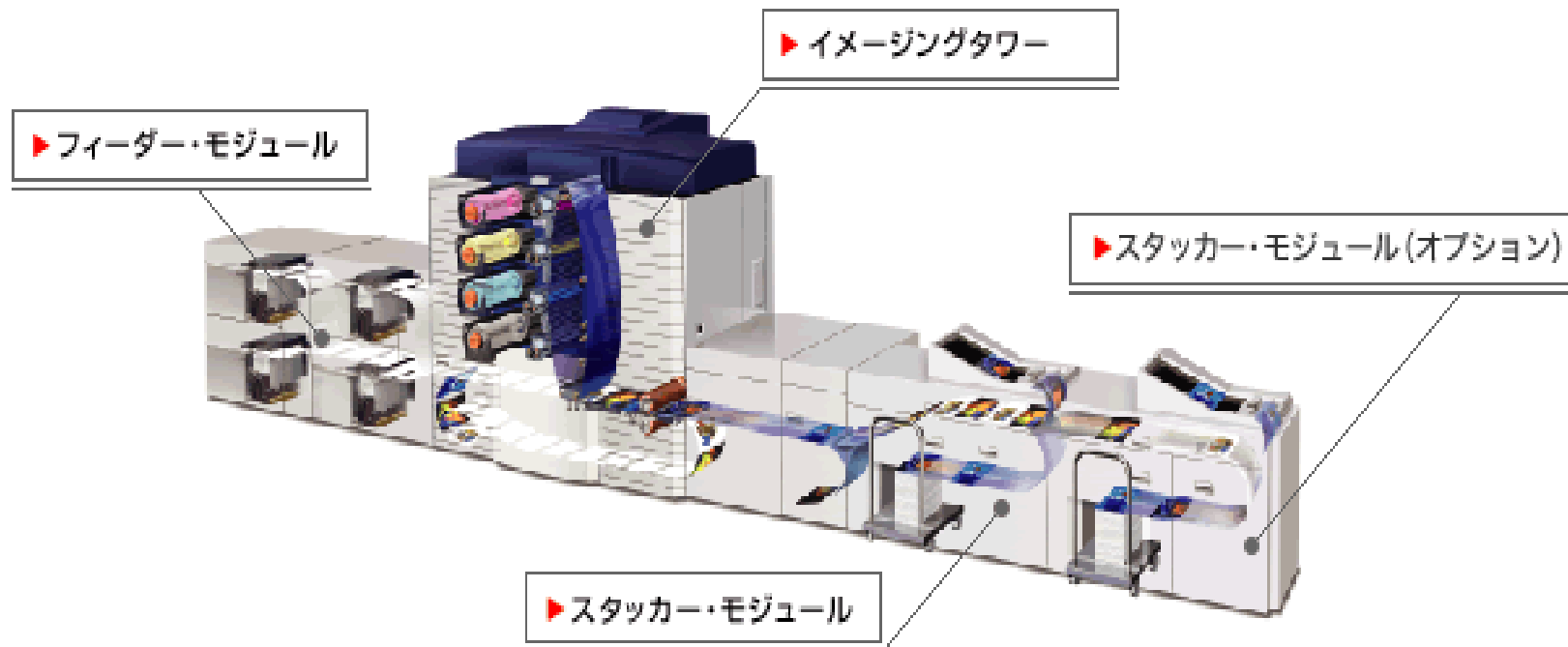
印刷技術の多品種少量生産への対応 P O D (Print On Demand) (Eprint)



印刷技術の多品種変量生産への対応

P O D (Print On Demand)

(XeroX社 Docu Tech)



印刷インキ・関連技術の多様化

- 印刷インキの要素材料

顔料（色彩をもち，水その他の溶剤に溶けない微粉末。塗料・化粧品・着色料に用いる。チタン白・ベンガラ・クロムイエローなどの無機顔料とレーキ顔料などの有機顔料がある。）

染料（色をもつ有機化合物で，水や有機溶媒に溶かして，繊維製品や皮革・紙などを染色する物質。）

填料（紙の平滑度・白色度・印刷適性などを高めるためにパルプに添加する無機顔料）

ベヒクル（ビヒクル：vehicle：着色剤。塗料・印刷インクなどの成分の一で、各成分を均質に分散展開させて物体の表面に固着させるための媒体。乾性油・樹脂・溶剤など）

乾性油（空気にふれると酸化されてかわき，固まる性質をもつ油）

- 溶剤 水 アルコール 炭化水素系有機溶剤

- 添加剤 硬化剤 分散剤 安定剤 柔軟剤

- 乾燥方式 浸透・蒸発・加熱・冷却・酸化重合・反応硬化・

UV（紫外線）硬化・EB（電子ビーム硬化）

印刷技術の4大構成要素

- 1 . P A T T E R N I N G
- 2 . C O A T I N G
- 3 . L A M I N A T I N G
- 4 . C O L O R M A N A G E M E N T

物理 化学 電子科学の境界領域技術

カラーマネジメントとは、情報を入出力する装置・機器（モニター、プリンター、デジタルカメラ、スキャナーなど）によって表現される色が左右されてしまう状態を補正し、同一データであれば同一の色が再現されるよう調整すること。

版式毎の特徴と応用

版式	インキタイプ	インキ厚 (ミクロン)	応用
平板 (オフセット・リトグラフ)	粘性	2 ~ 5	文字、写真、粗面、曲面
凸版 (フレキソ・活版)	液状	2 ~ 10	軟質素材、粗面
凹版 (エッチング)	粘性	10 ~ 100	厚膜、精密
(グラビア)	液状	5 ~ 30	写真、多様な素材
スクリーン	粘性	30 ~ 100	厚膜、多様な素材、曲面
インクジェット	液状	1 ~ 20	写真、精密画像

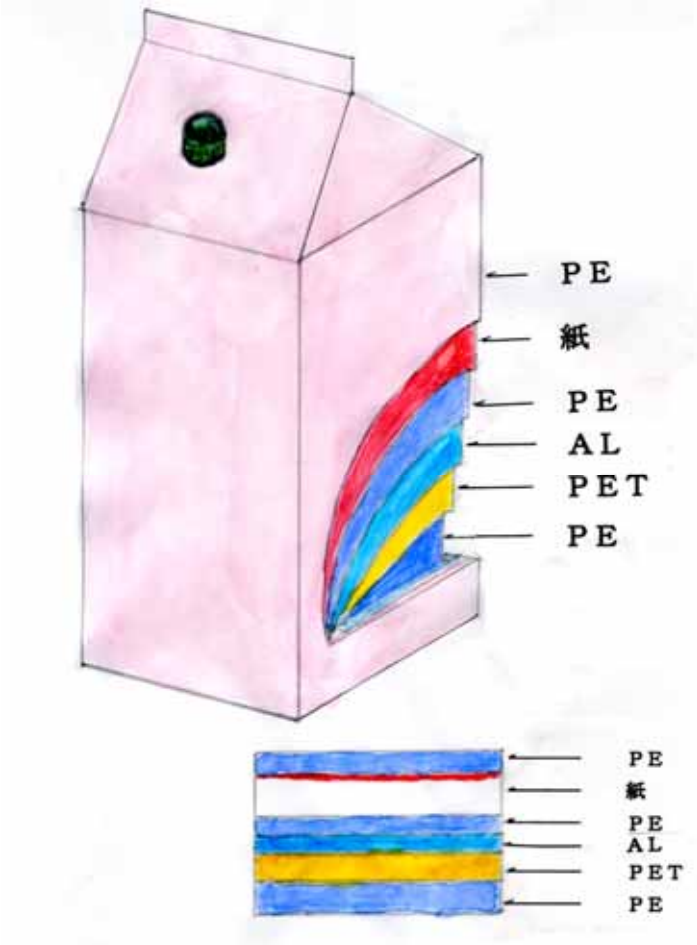
印刷技術の応用で開拓された新分野 一升瓶から紙容器へ

● 特徴

- 1 割れにくい
- 2 小さい 容積半分
- 3 軽い 重量半分
- 4 味が変わりにくい 安心
- 5 奇麗 自由にデザインできる



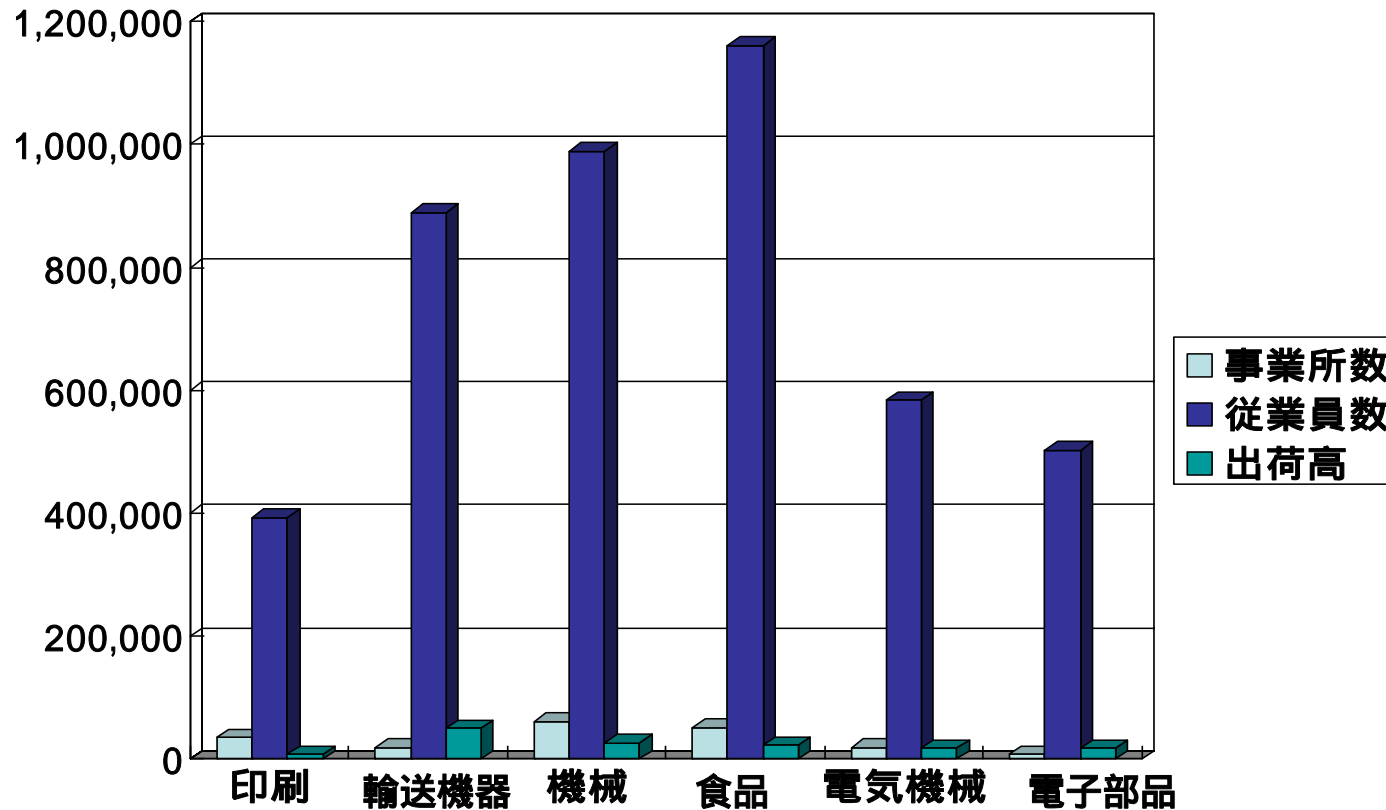
紙容器の材料の構成



印刷産業論

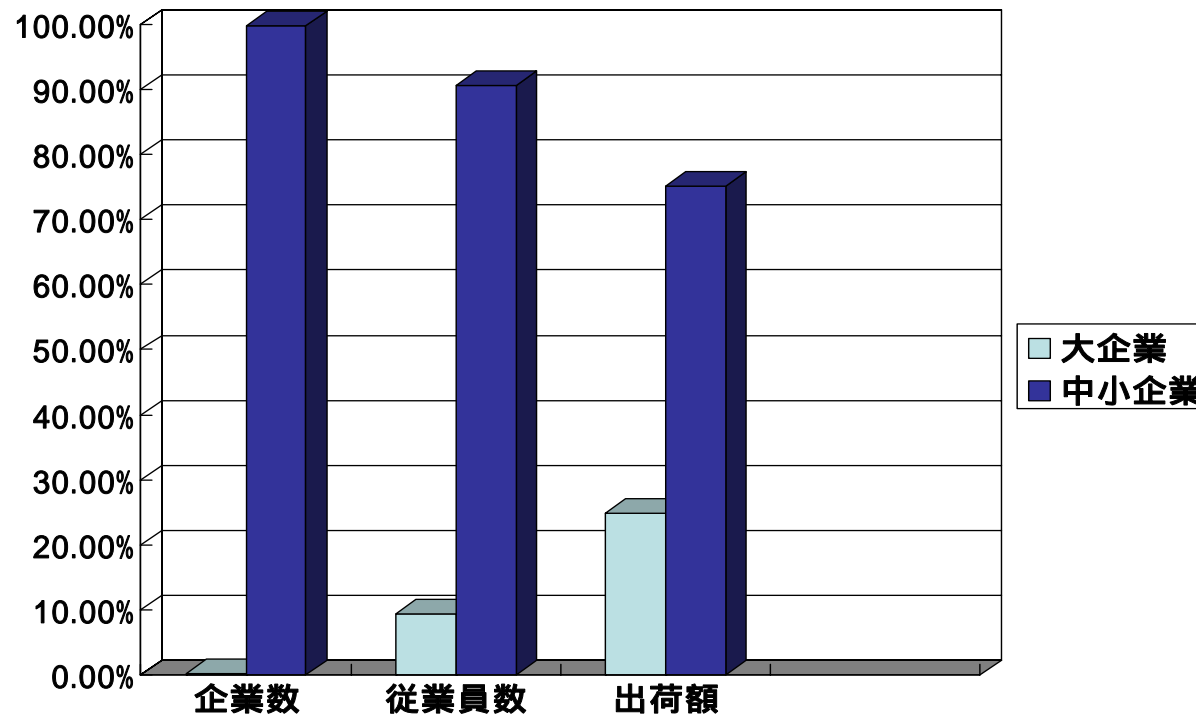
- 受注型産業（産業が出来たときから Market In）
- 多種大量生産型産業
- 日本では少数の大企業 vs Many中小企業
- 内需型産業

印刷産業が日本の製造業に占める規模 (平成15年工業統計表による)



従業員の最も多いのは食品116万人、印刷産業は機械、輸送機器、電気機械、電子部品に次ぐ規模で39万人である。

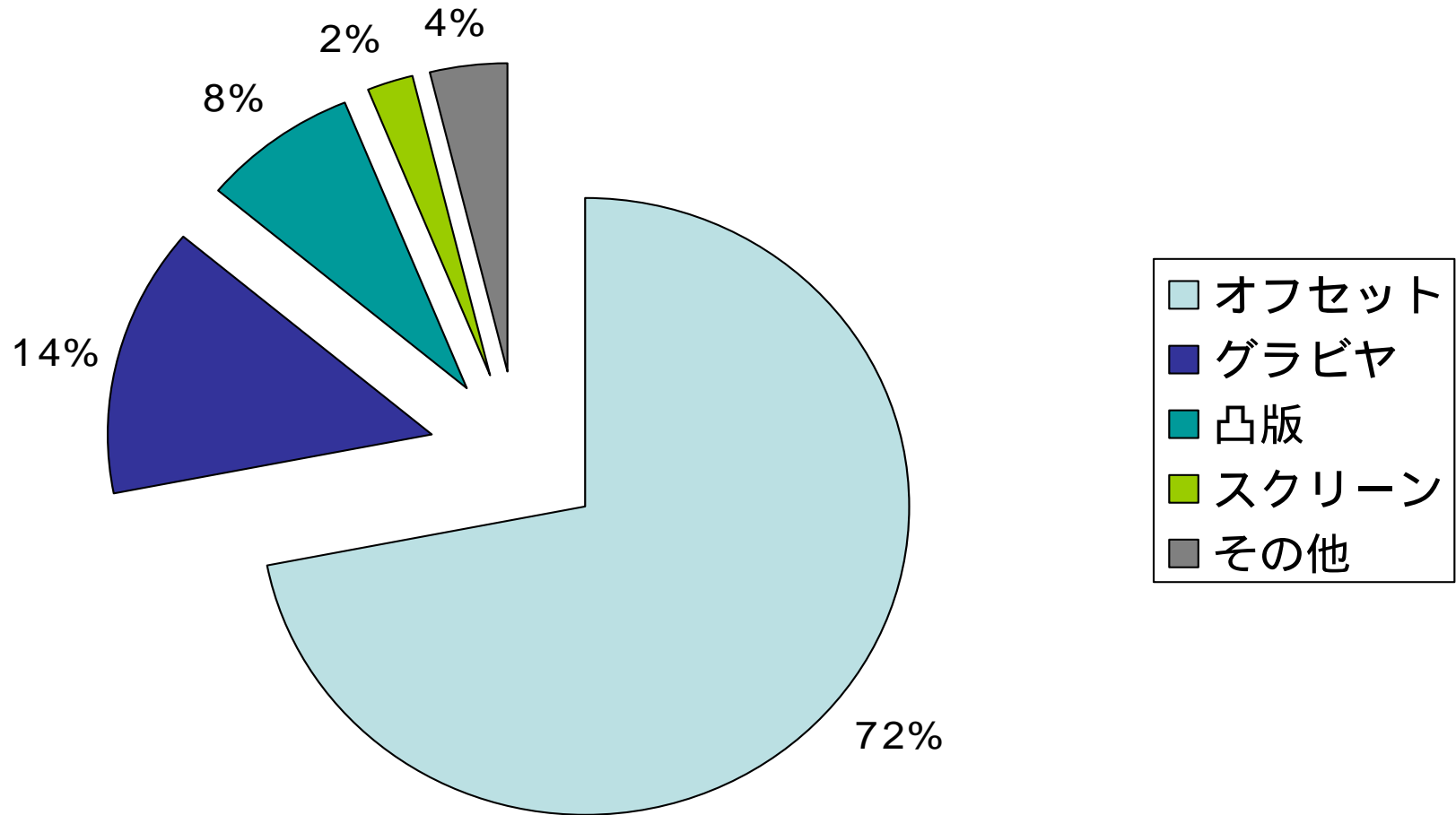
印刷産業の規模別構成比（平成15年工業統計表による）



企業数（事業数）ではわずか0.2%、従業員数でも9.4%の大企業が出荷額の24.5%の出荷額を占めている。特に2大企業、凸版印刷、大日本印刷が飛び抜けている。上場企業は29社あるが、1000億以上の売り上げ会社は4社しかない。

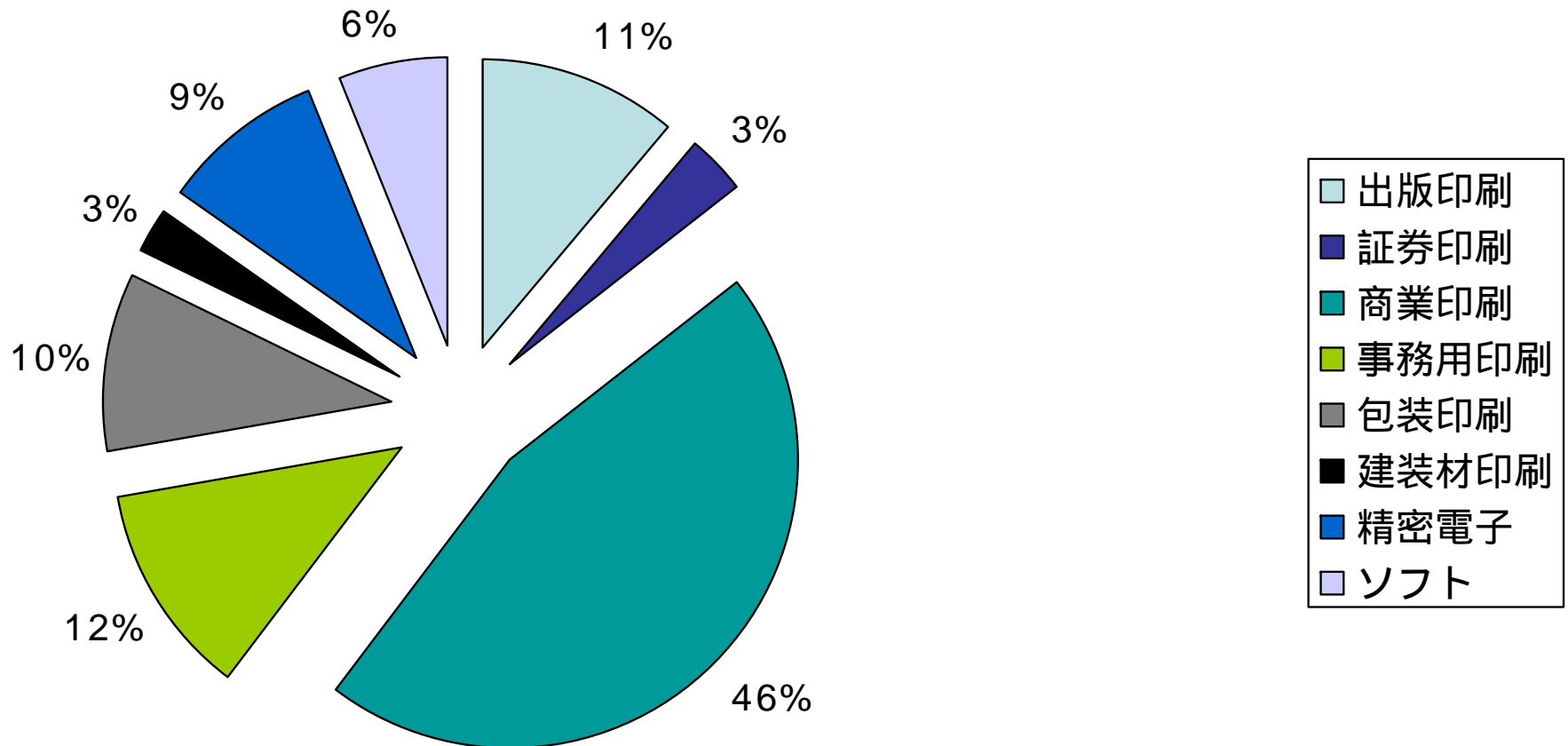
なお、2005年の推計では印刷産業の出荷額は合計で8兆8520億円、従業員数は393221人、事業所数は34940事業所で、1991年から2003年の間に、特に1996年から製版業界（プリプレス）はデジタル化の波に洗われ、出荷額は30%減、事業所数は実に47%減となった。米国で1990年代初めに起こった変化が日本にも及んでいる。

印刷方式別生産高 (2005年 印産連資料)



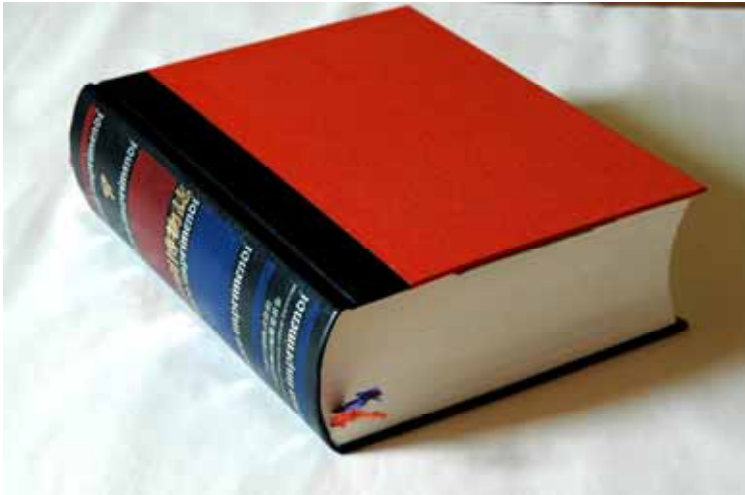
印刷産業の製品別構成比

(金額ベース 印産連「日本の印刷産業将来市場規模予測2010年」より2005年推定値)



(注) ソフトサービスには、デザイン、企画などのほかITネットワーク事業などが含まれている。

出版印刷と製本方式



上製本 一般に「かがり綴(と)じ」、「無線綴(と)じ」、「網代(あじろ)綴じ」などの方法により、厚い板紙の表紙などを一緒にして行う製本方式。

「かがり綴じ」(折り終わった印刷物—「折丁」(おりちょう)—を順番に揃えて、つまり「丁合」(ちょうあい)し、その背の部分に糸を通し、辞典などページが多く、厚みがあるものを頑丈に綴じる製本方式)

「無線綴じ」(丁合した後、その背の部分を糊が付きやすい形に切り落とし、機械で背に凹凸をつけ糊を付けて頑丈に綴じる製本方式)

「網代綴じ」(「無線綴じ」の改良型で、本の背の部分に切れ目を入れ、そこから糊を浸透させる。取説書やマニュアル、文庫、新書、雑誌、電話帳などに使用されている製本方式)

並製本 一般に書物を針金や糸を用いて綴じる製本方式が使われている。「中綴じ」と「平綴じ」とが使われている。
平綴じ(針金や糸を通すため、余白が必要で、和本などによく見られる製本方式)
中綴じ(背の中央に針金や糸を通して綴じるもので、週刊誌や情報誌などによく見られる製本方式)

商業印刷



証券印刷

Security と Traceability





包装印刷

内容物保存性と機械特性



建装材印刷

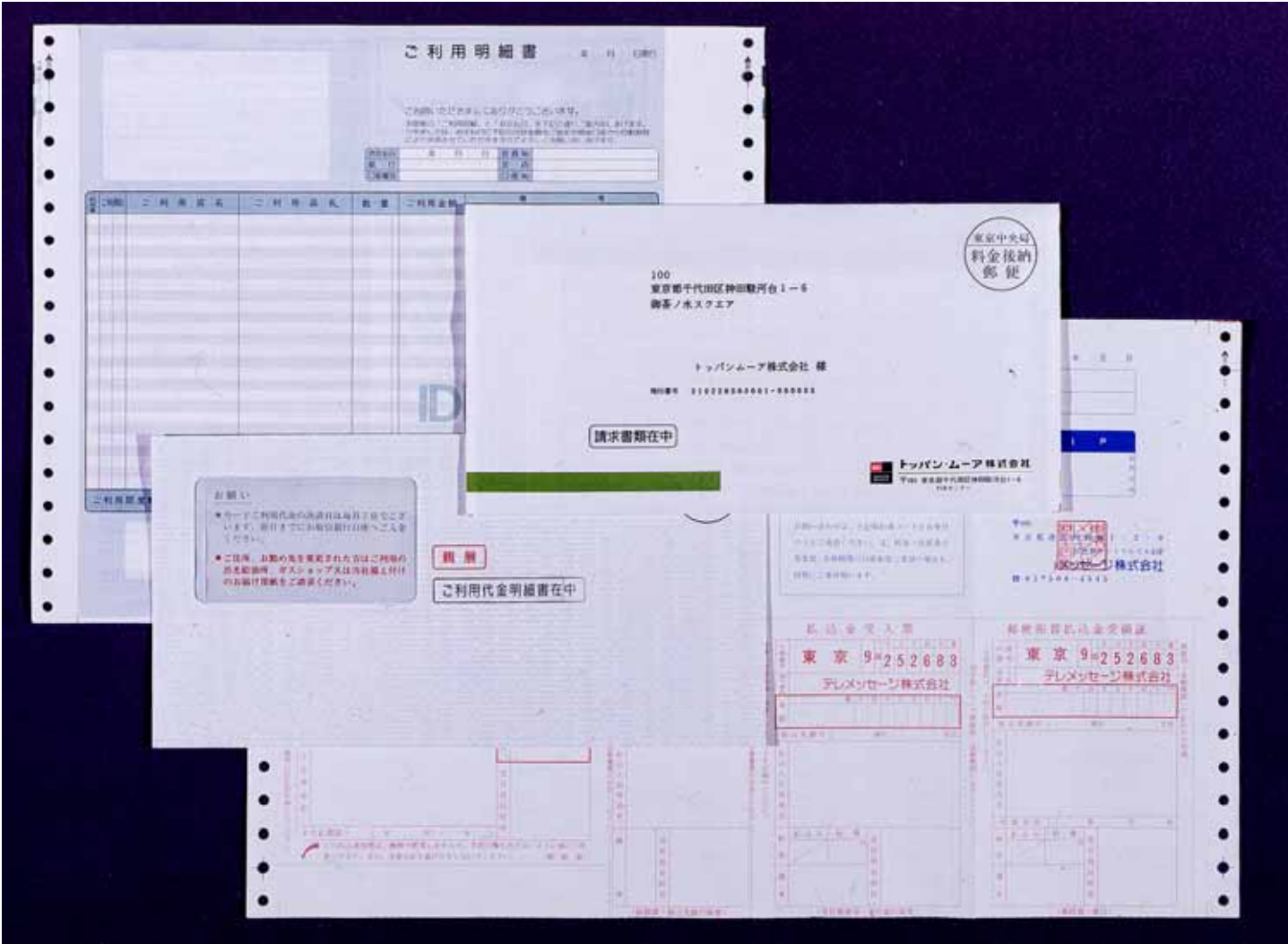
耐候性と均一性 多層コーティング



建築の内装や外装材、家具の表面装飾や金属材料の装飾、またコーティング技術を応用してプリクラ写真のインクリボンや転写紙も広く電気部品などの成型品の印刷に使用されている。

事務用印刷

機械適性

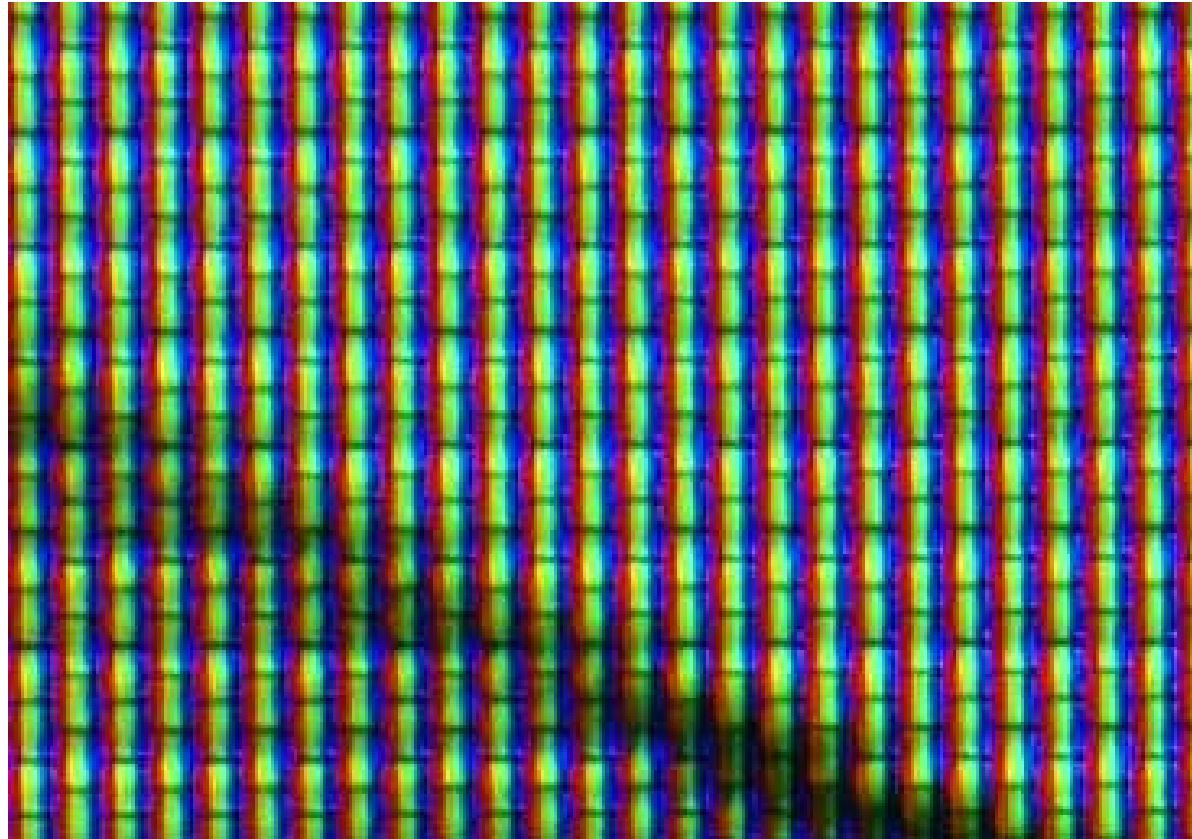


電子部品

精密パターンニング



液晶テレビに使用されているカラーフィルター(拡大図)



おわりに

- 最古で最新の産業
- IT、エレクトロニクスやバイオまで
- ハードとソフト 2次産業と3次産業の両方