

総説

印刷検査技術 —印刷監視を含めた検査機検証—

Printing Inspection Technology — Proof by Inspection Equipment Including Printing Monitor —

Hachirou SHIBATA*

*TOYO INK MFG. CO., LTD.

2-3-13, Kyobashi, Chuo-ku, Tokyo, 104-8377 JAPAN

柴田八郎*

1. はじめに

印刷紙面検査は、各印刷業界で十数年前より設置導入が始まり今日に至っている。印刷物は、多種多様なものが存在するが、その印刷品質の向上が最近特に求められている。勿論刷り物の用途の重要性、価値等によって求められる精度も大きく異なる。

その中でも弊社が主に取り組んでいる一般的に大量に印刷することを目的としたオフセット印刷の商業、新聞用の印刷紙面検査装置に関して、現状の機器性能と今後の開発により進化する方向性について探る。

2. 印刷紙面検査の開発経緯

印刷紙面検査については、各印刷業界で十数年前より導入が始まり今日に至っている。当初は、CCDカメラ（電荷結合素子）で取り込んだ白黒画像に対して、引き続き2枚の印刷物間の差分を演算し、これを2値画像化して相違点を判断するようなもの、もしくはディスクリートのフォトセンサー（フォトダイオード他）で受光したデータに対し、マイクロコンピュータによる画像処理を実施したタイプの物が一般的であった。前者は解像度が高く小さな汚れは検出できるが、濃度の低い汚れは検出できないという特性を持っており、後者は、濃度変化は検出できるが、小さな欠陥が検出できないという問題を持っていた。一方、食品包装材などに代表される軟包装印刷分野では、早期から、前者のCCDタイプの欠点検査装置が導入され業界で検査

機導入は標準となっている。

弊社は平成元年に新聞用紙面検査装置を開発し、その後オフセット印刷用の検査機を開発している。これは、新聞印刷業界でオフセット輪転機の普及が進むにつれて、従来の凸輪による凸版印刷では発生しなかった水枯れによる突発的な汚れや地汚れが問題になったことに起因している。

当初は、これらの装置の導入は出荷製品の品質管理が主目的であったが、実際のユーザにおいては、汚れの発生内容を見て輪転機の管理に使われることもあった。また、オフセット印刷では、紙面検査装置は非生産的なもので必須装置という市場の認識が無かった。それまで、紙面品質についてはオペレーターの抜き取り検査による管理であり、突発的な汚れに関しては全く管理されていなかった。しかしながら、昨今は、印刷業界が品質保証のため、紙面検査装置を導入するのは必須条件になりつつあり、検査装置抜き印刷機での生産はクライアントに受け入れられなくなりつつある。

昭和51年(1976年)東洋インキ製造(株)入社、当社のコンピューター関連会社に出向、印刷関連のコンピューターハード関係の業務に従事。平成4年(1992年)本社のオフセット関連機器のシステム開発部に転属。現在に至る。

柴田八郎



Profile

*東洋インキ製造(株)
(〒104-8377 東京都中央区京橋 2-3-13)

弊社でも、当初は白黒のディスクリートのフォトセンサーを用いた検査機であったが、カラー印刷に対して特定の色の差が検出できないなどの理由と、カラーセンサーの低価格化に伴い、カラー化を進め、また、精度の向上のため、CCDセンサー化を進め今日に至っている。

3. 紙面検査装置の技術動向と現状

オフセット印刷の欠点には、インキだれ、油だれ、水だれ、虫つき、紙の穴あき、紙すき斑、などの突発的なものと、地汚れ、パイリング、版磨耗、ヒッキ、インキ枯れ、インキ濃度変化（色調変化）などの経時的なものがある。

上記の欠陥のほとんどのものは、無地上では各メーカーとも十分に印刷業界の要求仕様を満足するレベルに到達している。しかしながら、絵柄上の欠陥については、満足するレベルのものは、現状では市場に存在していない。印刷業界の紙面検査の要求事項が、各メーカーの検査機の実力にすりかえられている感がある。

絵柄上に発生する汚れ検出能力が満足できないのには次の2点の理由がある。

- 技術的要因：絵柄そのものが輪転機の挙動により動くことによって発生する変動と欠陥による変動成分を分離することが技術的に難しく、精度の高い同期信号（輪転機に取り付けられたロータリーエンコーダなどからの信号）を得て、紙面の動きに追従する絵柄の位置合わせ技術などを用いても十分でなく、高度な画像処理技術を用いなければ、この変動分の影響を受けずに欠陥だけを抽出することはできない。高速で印刷されるオフセット輪転機の画像に対して、このような処理は、装置のコストを極端に引き上げることになり、実用的で無かった。例えば、40MHz、4096画素 RGB 独立のセンサーを使った場合、毎秒 120MByte

のデータを処理する必要がある。紙面の挙動の影響を受けにくく、人間の目を感じる欠陥を人間に近いレベルで似合せた感度を持つ高度な画像処理を行うには、1画素の画像に対して数千ステップのプログラムを実行する必要がある。（弊社の研究段階のアルゴリズムで）これは、数百 GOPS (Giga Operations per Second) に及ぶ演算能力が必要なことを意味し、紙面検査装置の画像処理装置に必要な能力は、高性能パソコン 100 台分の処理能力にも相当し、これを実用的レベルで実現するためには、高度な画像処理ハードウェアの設計が必須といえる。近年のデジタル技術の急速な進歩により十分な精度をもった装置が誕生するのも時間の問題であると考えている。

- 視覚的要因：一般に検査機の感度は人間の視感度に一致しておらず、人間の目には明らかに不良品と思われる欠陥が機械の目でみると低いレベルの欠陥と判断されることがある。人間は、背景や、絵柄そのものの価値などを判断して欠陥の重要度を判断するが、機械にはそのようなことがなかなか出来ず、人間と異なった判断をすることになる。

視感度の問題については、センサーの感度特性とその処理ソフトウェアをより人間の視感度に併せる努力が必要であろう。また、絵柄の価値の判断については、人間の補助により、注目して検査を行う領域を選択できるようにするなどの処置が必要になると考える。

欠陥の検出方法は、各社それぞれ独自のものを採用しているが、基本的考えは、オペレータが良紙と判断したときの紙面をセンサーで読み取り、これを基準画像として装置内のメモリーに記憶し、これと検査中の画像との差分を演算して、この差分値のレベルにより欠陥の有無を判断している。その他、基準紙面を取り込まず、引き続き2紙面間の差分を計算することにより、突発的な汚れを検出する方法もある（図1）。

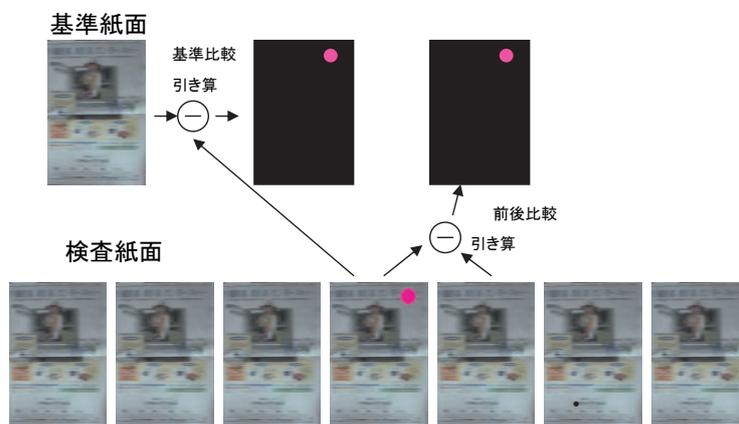


図1 基準比較方式と、前後紙面比較方式

前者は、経時的な印刷状態の変化を検出できるが、後者はこれが出来ない。しかし、後者は逆に、印刷状態の変動の影響を受けずに検査ができるため、検出精度を上げることが出来る。弊社では、これらの利点を生かすため、両者の検査方式を併用している。

実際には、センサーの感度補正技術、印刷機の種類、紙の伸縮、紙流れ等に追従するための位置補正技術、欠陥の大きさや種類毎に適正な感度が得られるように、各種の画像処理技術が採用されているが、この種の技術については、各社それぞれのノウハウがあり、それぞれの特徴を出しているところである。

オフセット輪転機では、印刷速度が非常に速いため、これらの画像処理を通常のコンピュータで処理するには荷が重すぎ、一般的には、専用のハードウェア演算基板を用いた処理を行っている。

現存の検査装置のセンサータイプには次ようなものがある。

1) ディスクリートタイプ

- フォトトランジスタ、フォトダイオードを並べたもの。(弊社 Toyoassistant-FX 等) 主に新聞紙面検査装置用として用いられる。小型軽量であり紙面に接近して取り付けることが出来る。
- 安価であるが、画素が荒いため、細かい欠陥を検出する能力には劣る。

2) CCD ラインセンサータイプ

- CCD (電荷結合素子) を用いたタイプで商業印刷向けでは、現在ではほとんどがこのタイプとなっている。
- CCD 素子は集積回路上にフォトダイオードを多数形成したもので、レンズでこのデバイス上に集光した光を電荷に変換し、これを順次転送することにより外部に画像信号を取り出せるようにしたものである。
- CCD には1次元タイプ(ラインセンサー)と2次元タイプ(エリアセンサー)があり、後者はデジカメ、ムービーカメラなどに用いられているものである。印刷検査用としては前者のラインタイプを用いるが、印刷用紙幅全体を見るためにはレンズを紙面からかなり離れた位置(1~2m)に設置する必要がある。印刷機の構成によっては設置スペース上の問題が発生することがある。また、カメラと紙面の間がかなり離れているため、この間に何かが通過したときに誤検知となることもある。特に照明系に輝度の高い蛍光灯を使用している場合には、虫が蛍光灯に集まり誤検知になり問題になることもあると聞いて

いる。

弊社ではこのようなことを考慮して、比較的小さな筐体内(断面30cm角程度)に、カメラと光源を一体化し、紙面から数cmの近距離に設置可能としたセンサーユニットを開発している。(Toyoassistant-CX II, III) これにより設置場所の制限についてはかなり緩和できている。

光源については、現在では蛍光灯光源を用いたものとLED照明を用いたものがある。

前者は高輝度で安価であるが、寿命が短く、温度変化、経時変化等の問題がある。

後者は、寿命が非常に長く、電子制御回路と併用することにより外的要因に左右されない安定した輝度を長期にわたって確保できる。

表1に、これらの特徴について示す。

表1

センサー	ディスクリートタイプ	CCD ラインセンサータイプ	
照明	LED	蛍光灯	LED
形状	小型、近接設置	遠距離設置	遠距離、近距離設置
画素	荒い	緻密	緻密
光源安定性	高い	低い	高い
光源寿命	長い(数万時間以上)	短い(3000時間程度)	長い(数万時間以上)
価格	安い	高い	高い(光源分は左記より高い)
分野	新聞印刷用	商業印刷他	商業印刷他

色数については、初期はモノクロから始まり、2色化、3色化(RGB)と進み、現在これに赤外光を加え4色化に進みつつある。赤外光を導入することにより、墨インキを明確に分離でき、色の変化をさらに的確に検出することができるようになる。

分解能的には、各社とも同様なレベルで、縦方向については1mm前後となっている。CCD デバイスは、現在40MHzタイプが主流でありそれ以上のものは、特殊なものとして光源も大幅に強力なものとする必要があるため実用的でない。現状市販されているCCD ラインセンサーはスキャナー用がほとんどで、素子数が大きくなる傾向にあり、短幅のセンサーは少なくなっている。また、速度は40MHz止まりであり、そこで停滞している。これが各社の検査装置のボトルネックとなっている。(過去数年)また、スキャン速度を上げると、蓄積時間が短くなり、光量が不足して正常な画像化が出来なくなる。

例えば 12m/秒 (A 横全判で 1200RPM 相当) の輪転機で 4096 画素の CCD では縦方向で約 1.2mm の分解能しか得ることができない。これ以上の速度を達成するためには、特殊 CCD ラインセンサー (マルチタップ型)、TDI (Time Delayed Integration) センサー等を使う必要があり、これらは特殊産業機器用であって、コストが非常に高い。このため、CCD 素子を用いている現状では、大きなブレイクスルーが無い限り、検査装置の解像度については、画期的向上は望めないと考えている。

4. 紙面検査装置の今後の展開について

コンピューター機器と画像処理技術の活気的な進歩があり、印刷現場には必要不可欠な装置となっている。また、ユーザ側の検査装置に求める性能は、過去とは全く異なるハイレベル仕様と付加価値的な機能追加を求める状況にある。

- 1) カラー印刷に関するフルカラー対応は必須 (黄, 紅, 藍, 墨の 4 色分解能)。
- 2) 絵柄上の微少な変化を検知し、人間の感覚に近い検知性能を求める。
- 3) 色調の変化を検知し、自動インキコントロールを求める。

上記のニーズは、限りなく人間の目の判断と同レベルの能力と、不良紙、良紙の識別判断能力も要求するものである。人工知能的考え方が無い限り、人間が何らかの操作をしなければならない。例えば、化粧品広告で美人の顔の上に付いた微少な汚れ、人間の顔色、新車の広告の微妙な色合いの表現などの高級印刷物では特にオペレーターの意味で操作する必要がある。この操作は、印刷現場のオペレーターの技能に委ねられている。

しかし、現状の紙面検査装置は、オペレーターのアシスタント的な役割から不可能といわれていた自動化運転のための省力化機器としての立場を期待されている状況である。

現実には印刷紙面検査装置においては、欠陥検出に加えて、色管理を自動的に行うカラーコントロールシステム (CCS or CMS) の導入が始まっている。商業用オフセット輪転機では、QTI 社、GMI 社などの装置は米国では相当普及しており、日本でも導入が始まっている。新聞業界においても三菱重工業が色管理システムを発表している。

弊社においても、色調監視装置として、欠陥検査を行いながら、インキ濃度の変化を監視する装置を開発しており、この信号を輪転機へフィードバックすることにより、印刷

色を一定に保つ管理システムへの発展を計画中である。

上記の商業用自動カラーコントロールシステムはカラーチャートを紙面の一部に印刷し黄, 紅, 藍, 墨のバタ (最近では網点部分もあり) 部の濃度を測定し輪転機をコントロールしている。一方、新聞印刷では、カラーチャートを紙面上に印刷することは原則的に許されないため、紙面の絵柄を 4 色分解してカラーコントロールしなければならない。この方法は現在印刷検査装置メーカーの主要課題である。

カラーチャートの無い状態で、印刷機のインキをコントロールするためには従来の紙面検査装置の基準画像とその後印刷された紙面との比較である相対濃度では、活用できないため上位のデジタル画像データ (CTP データ等) に上記の監視された相対濃度を考慮した絶対値に限りなく近い絶対濃度に換算しインキコントロールのベースデータとする必要がある。プロセス 4 色インキの各色のインキキ単位またはその近隣の画線比率を認識した濃度の濃淡変動信号に対し、紙面濃度変動時間の追従性が各色の濃度域によってどのように変動するかという制御データを確立しなければならない。

この全紙面画像をデジタル画像データと比較する方式は、印刷機毎の特性を無くすることへの応用も可能であると考ええる。

5. 最後に

現状、紙面検査装置の市場は需要が増加し、特に商業用の市場では多数のメーカーが参画してきており、価格の過当競争に入っているため高性能・低価格の時代に突入した。しかし、刷り上る印刷物に対して、目の部分ともいえるセンサーをもっている検査装置には、印刷物のいろいろな印刷制御を求める期待はさらに高まっている。

現状では、印刷検査装置は品質管理装置が主たる役割であるが、今後は非生産装置の位置付けから高性能化、高付加価値化することにより自動運転可能となる装置に進化しようとし、省人化装置に大きく変貌しようとしている。特に品質管理に関しては、近年 ISO 取得企業をアピールしクライアントへ信頼感を与え、業務受注のアドバンテージを得る企業が増えているなかで、最も大きな役割を果たすのが印刷紙面検査であると考ええる。

印刷検査装置が単なる品質管理装置から輪転機制御の一端を担い、省人化につながる中枢の装置へ変貌しようとしている過渡期にきている。今後の展開には大いに期待できるものがある。