デジタル画像の保存性

Keepability of Digital Picture

鈴木 喜久*

1. はじめに

情報処理技術の発達に伴い、写真の画質に劣らないようなコンピュータ・グラフィックスが得られるようになってきた。用いるプリンタもドット・プリンタ、レーザ・プリンタ、インク・ジェット・プリンタと多岐にわたっている。ドット・プリンタはドット、すなわち針の細さと強度の関係で、それほど細い針で強度のあるものを作るのは困難なので、解像力に限界があった。レーザ・プリンタの出現によって解像力は飛躍的に向上したが、構造的に複雑で高価であること、消費電力が大きいことなどで、利用範囲は限られていた。しかし、インク・ジェット・プリンタの出現で、画質も良く低価格となったので、広く普及することとなった。ただ、インク・ジェット・プリンタの場合、インクが染料で耐光性がなく、その保存性は10年程度と考えられている。白黒写真が100年の実績をもつのに、デジタル画像の経年変化が悪く、問題となっている^{1),2)}。

この問題について調査検討した結果をここにまとめた。

2. 視覚からの要求

人間の目の視覚特性については、普通の人の場合で1500 dpiで2階調、または、600 dpiで9階調ということがわかっている³⁾。そして、インク・ジェット・プリンタで、1200 dpiのように高密度のものが販売されるよ

うになってきたので、ほぼ満足なものが得られるようになったといえる。しかし、まだ学会発表でこのようなことが話題となる状態で、まだ、その保存性については解決策が見いだされていない段階のようである。

3. 印刷画像の現状

印刷画像の保存性に関する要因としては、着色剤の保存性と基体としての紙の保存性と付着力の信頼性の3要因である。

3.1 付着力について

付着力の問題はトナーを使用するもので、静電気で作成するだけでなく、その後の定着作業として加熱しているが、これが紙質の問題でそれほど高温にできないことに問題が残っている。

3.2 基体の保存性

紙の保存性は、その基本的原料であるパルプそのものについては、古墳から出てくる文書が何千年の保存性があることを実証している。問題は表面処理その他の加工をすることで、インクがにじまないようにということでマットコート紙が出てきている。普通紙のインク吸収量が、10ナノリットル/mm²に対し、これは約2倍吸収できる³⁾。このような表面処理剤の経年変化については、まだ十分なデータはないようである。

3.3 着色剤について

* Yoshihisa Suzuki

東京工芸大学 情報・人間科学研究室 / Information・Human Science Lab., Tokyo Institute of Polytechnics.

着色剤としてはトナーには顔料が、またインクには染料が用いられているが、基体や付着力について問題が残っているが心配があるという訳ではないのに対し、染料については耐光性が明白に問題があるのが現状である。

化学製品の特性はその物質に大きく影響を受けるが、その詳細はそれぞれの企業秘密ということで知ることができないのが通常である。ユーザの立場としては、せいぜい分析したり、特性を調査して、メーカーと特性向上の話し合いをする程度しかできないが、組成については一切情報を得ることができない。

以前、筆者はコンピュータ用磁気テープの信頼性について、そのメーカーと数年に渡って交渉し、特性の向上をお願いしたことがあったが、この時も組成については一切聞き出すことはできなかった。トナーやインクについてもどのメーカーのどの商品が良いということは調査できるが、それは何故かということになると組成がわからないので一歩も踏み出すことはできない。この点は厚膜印刷のペーストについても全く同様である。このような現状を記しても意味がないので、トナーやインクの材料となっている染料とか顔料について、その安全性と関係があると思われることを記しておく。

4. 染料と顔料について

まず顔料であるが、本来、水や油に溶けない、物質そのものの色を用いている。たとえば、墨であるが、カーボンブラックを接着剤である「にかわ」で固めたものなので、日光にさらしても、空気にあてても、常温では変化することなく何百年も前の文書が残っている。そこで問題なのは、むしろ基体としての紙の信頼性であり、昔の和紙の方が信頼性が良いようである。

一方、染料というのは繊維を染めて色を出すものであり、昔からのものとしては「藍」が良く知られている。ただ最近、多数の色が有機染料として合成されているが、元々合成されたものであるから分解もしやすいわけで、その保存性には問題があるのはやむを得ない。また、これは元々液体であることが多く、乾燥して目詰まりを起こす心配がないのでバブルジェットインクに使用されるようになってきた。

この目詰まりという意味では、インクには染料を使用しなければならないが、静電氣的付着力を使うトナーの場合には、粒子としての構造をもつので、いかに粒子を小さくできるかが問題であった。通常6ミクロン程度であるが、超音波を利用して一桁小さい粒径のものができるようになったことが報告されている⁴⁾。

トナーとしては熱加塑性樹脂で包んだ形になるので、

着色剤は顔料でよく、その保存性は良い。しかし、ここでは紙への付着性の問題があり、その意味での保存性に問題がある。

5. トナーの材料

化学製品の組成については何もわからないと記したが、次のようなことは発表されている⁵⁾。

カラートナーの着色剤の材料例

イエロー系:ベンジジン系, モノアゾ系, ジスアゾ系

マゼンタ系:アセトラキノン系, 燐タングステンモリブデン酸レーキ顔料

シアン系:銅フタロシアン系

バインダーの必要特性と材料例

帯電性:均一なこと, 電気抵抗が高いこと。

定着性:熱と圧力でトナーを溶融させて紙に固着させているが、適切な温度が要求される。

材料例:スチレンアクリル系共重合体, ポリエステル樹脂

6. インクの材料

トナーでは黒色用にカーボンブラックがあり、保存性も優れているが、インクでは目詰まりがあるのでカーボンブラックは使用できず、アゾ系ブラック染料が用いられていたが、Fig.1に示すように直射日光に対しては僅か数日で色変化が認められる。もちろん改良されているが十分ではない。

カラー用インクの材料例

イエロー系:ピリドン系染料

マゼンタ系:サンテン系染料, モノアゾ系染料

シアン系:ペリレン系, フタロシアニン系染料

なお、紙に「にじみ」を起こさないようにするためには表面張力が必要であり、分散性との調整が必要となる。水の表面張力 70 mN/m 以上は必要である。

Fig.1 Degradation by UV exposure.

7. デジタル画像の芸術性

写真は1枚のネガから何枚でもポジを作成することが可能であり、デジタル画像も一つのプロッピー（記録媒体）から何回でもプリントアウトができる点、非常に類似している。ただ、写真については、ポジの作成時点で、ソラリゼーションとか覆い焼きとかのような特殊加工ができるので、その特殊加工をされた画像は世の中に1枚しか存在しないことになる。

手彫の印鑑は世界に一つしかないということで、印鑑として認められるが、機械彫の印鑑は同じものが作成できるので印鑑として認められないことと同様な考え方である。

芸術品は世界に一つと云うことに価値があり、反対に工業製品は完全に類似のものを複数作成できることに特徴がある。この中間のものとして、写真とか版画とかが位置付けられることになるが、この見方では、デジタル画像は工業製品であって、芸術品とはいえないことになるかも知れない。

8. デジタル画像の保存について（デジタル画像は物でなく情報である）

8.1 染料から顔料へ

デジタル画像をインク・ジェット・プリンタで打ち出したものは、インクに染料を用いているので、前述のように、その保存性は10年程度と考えられている。したがって、その保存性の実績が100年以上ある白黒写真に比較して、致命的な欠陥として問題になっている。

写真には色々な用途があり、証明用の写真が数年で消えてしまうようなことでは困るので、そのような場合に、いくら画質が良いものができても、インク・ジェット・プリンタで打ち出したものを証明用の写真にすることができないのは当然であり、その信頼性が問題になる訳である。

しかし、このインク・ジェット・プリンタで打ち出したものを保存するのではなく、さらに、これをトナー型の複写機で複写すれば、トナーは顔料で作成されているので、長期の保存性があると期待できる。もっとも、複写機で作成されたものも消えてしまうことがあるので、染料、顔料ということ以外に、コピーしたものの保存性を追求するのは有意義である。ところで、複写の段階で特殊加工を追加することを考案すれば、そのようにして得られた画像は、世界に一つということになるので、芸術品と呼ばれるものにふさわしいものとなる一つの条件が

達成されたことになる。

8.2 記録媒体による保存

デジタル画像はフロッピーのような記録媒体に保存しておいて、必要な時に何時でも画像として再現できる。これも一つの画像の保存方法と見なすことができる。そして、この保存性については、すなわち、磁気テープによる記録の信頼性については、カラー写真と同程度の実績が認められているし、理論的にも長期の保存性を期待して良いように思われる。

物質の変化と関係があるものとして温度があるが、たとえば、陶磁器のように高温で処理されたものは長期の保存に耐えるわけで、たとえば遺跡から発掘されたものがしばしば色調まで残している。磁気記録の場合、使用される磁性体のキュリー一点が200℃程度であることに着目すれば、保管方法が適当であれば、相当な長期保存に耐えるものと期待できる。

8.3 画像プログラムの保存

デジタル画像というものは、画像作成の規則に従って、一つ一つの画素に対して、0か1かを記録したプログラムであって、画像として再現されたものを保存しなくてもプログラムが残っていれば、何時でも原画像を再現できる。このようなプログラムの保存性ということになると、これは人類と共に残るもので、人類が絶滅するようなことがなければ保存されるものと考えられる。写真の保存期間の実績が100年程度であるが、プログラムでの保存という意味では、デジタル画像の保存期間は永遠と考えて良いほど長期間のものとなる。

9. 画像の再生について

画像が情報であるということになると、その保存についても絵そのものでなく、適当な時期に再生して、情報を永久に残すことを考える必要が出てくる。これは伊勢神宮が20年ごとに遷宮を行うことで、その姿を永久に残す企画をしたことと同じ考え方である。

画像を再生する方法としてはアナログ型とデジタル型とあり、それぞれビデオとコンピュータ・グラフィックスで代表されるが、プリントアウトにより再生されるのはもちろんコンピュータ・グラフィックスである。

再生能力をアナログ型とデジタル型で比較してみた結果を記しておく。

9.1 アナログ画像の再生能力

テレビ放送をビデオにとり、その画像を再生したもの

Original

Fifth dubbing

Eleventh dubbing

Fig.2 Degradation of analog picture.

がFig.2の「初代」としたものであり、画像の劣化はほとんど見られない。しかし、さらにそのビデオからダビングを繰り返して5代目になったものでは、画像が崩れて、再生できたとはいえない画像になっている。

さらに、ダビングを繰り返して、11代目になったものではカラーは消えて白黒となり、画像の崩れも激しく、何を撮影したものか全然わからないほどになっている(標準速)。

9.2 デジタル画像の再生能力

Original

Hundredth copy

Fig.3 Reproducibility of digital picture.

次に、デジタル画像の場合を示す。マウスで書いた絵をプリントし(初代)、その絵をフロッピーに保存する。これを呼び出した画像をプリントし2代目とする。さらにこの絵をフロッピーに保存する。こうして、百代目まで繰り返した結果がFig.3である。初代のものとの変化は認められない。2枚の図は同じものを2枚プリントしたもののように見えるが、初代の絵と、百回呼び出し保存を繰り返した百代目の絵である。

アナログ画像でダビングを繰り返すと、僅か11代目で完全につぶれてしまうのに、コンピュータによるデジタル画像では、百代目になっても問題なく再現されているわけで、デジタル画像がいかにノイズに強いかが明瞭に示されている。

デジタル画像の再現性が良好なことは、このような実験事実を示すまでもなく、当然のことと思われるが、むしろ、ビデオを繰り返しダビングした場合の劣化がこれほどひどいことは、予想を上回ることであった。なお、その劣化の程度はビデオのメーカーにより若干の差異があるが、数代の差でしかない。

10. 結 言

デジタル画像をバブルジェット・プリンタで出力したものは、画質は良くなったが、染料を使用している関係で耐光性はなく、保存に注意を払っても数年の保存性しか期待できない。しかし、これをカラープリンタで複

写したものを、またはレーザー・プリンタで出力したものは、顔料が使用されているので、数十年の保存性があり、パスポート程度の保存性が要求されるものに使用することが可能である。

さらに、写真では写真そのものを保存する必要があるが、デジタル画像というものは物ではなく、情報と見なすことができるもので、それがプログラムにより再現されるものであることを考慮すれば、デジタル画像の情報の保存性は人類と共に永遠に近いものとなる。その一例として、デジタル画像の情報の再現性がアナログ画像より格段に優れている事実を示した。

デジタル画像で、その再現性に問題があるとすれば、ビット落ちまたはビットの湧出であるが、画像では少しのビット落ちを見分ける手段もないのが現状である。大型コンピュータではパリティやECCを用いて、ビット落ちにも注意を払っているが、百代程度の画像の再現には（1代10年として1000年の保存）、その注意も不要

であり、パソコンで十分である。

文 献

- 1) 藤井悦男:フルカラーハードコピーの堅牢性(日本写真学会編:写真の保存・展示・修復, 1956-5), pp. 165-179.
- 2) 石井鐵太:デジタル系カラープリントの現状と今後への期待, 画像保存セミナー, pp. 55-60 (平成8年12月)
- 3) 太田徳也:インクジェット技術における高画質技術の動向 [電子写真学会年次大会論文集, p. 10 (1997-7)]
- 4) 平川弘幸, 村田雄司:超音波霧化を利用した超微細ドライトナーの生成と帯電特性 [電子写真学会年次大会論文集, pp. 49-52 (1997-7)]

【執筆者紹介】

鈴木喜久 (すずき よしひさ)

1951年, 東京大学卒業。同年, 日立製作所入社, 電子部品の開発研究に従事。1988年, 東京都立科学技術大学教授。1994年, 東京工芸大学教授。工学博士。電子情報通信学会, 電子写真学会その他の会員。

小冊子「今後の実装技術のあり方をシステム設計者に聞く」

本誌でご報告いたしました「今後の実装技術のあり方をシステム設計者に聞く」の詳細(アンケート回答者のコメントを含め)を小冊子にまとめました。

ご希望の方は事務局までファクシミリでお申込みください。

〔 A4版 30ページ
頒布価格 1,000円(送料込み) 〕

お申込み・お問合せは **SHM** 事務局までファクシミリでご連絡ください。
FAX 番号 : 03-5802-5367