

デジタル カメラ

VS

フィルム カメラ

— デジタル写真システムの現状と将来 —

東京工芸大学芸術学部 大野 信 ohno@pht.t-kougei.ac.jp

最近の写真界の話題はデジタルスチルカメラ (DSC) の大商戦であり、2000年度のDSCの年間生産額がコンパクト型フィルムカメラのそれを凌駕したことである。DSCは、デジタル写真システムにおける画像取込み装置であって撮影画像の信号をデジタルデータとして処理しメモリする。この新システムは、写真の電子化を目指して20年程前に提案された電子スチール写真が発展したものであり、媒体の化学処理を省いて全プロセスを明室で進めることが可能となった。そして出力画像の画質は近年改善が急で、デジタル写真によるカラープリントは一般需要家に受け入れられ始めている。

本稿では、DSCとフィルムカメラが象徴する新しいデジタル写真と伝統的な銀塩写真システムの競争の状況と共栄の可能性を論ずる。

■ デジタル写真と写真の電子化

デジタル写真システムは過去20年間にわたって進められた写真の電子化の終点に当たる新システムである¹⁾。そこでデジタル写真を理解するためにまずこの電子化過程を紹介する。

写真の電子化は、関係者の永年の夢であった明るい部屋で化学処理なしに写真プリントを制作することを目標としていた。アイデアはまず特許に現れ、1970年代にはビデオカメラの亜流としてカセットテープにレンズを付けた装置の出願がなされた。次は、1980年代初頭のソニーによる具体提案であった。それはマビカカメラとマビグラフプリンタからなる電子スチル写真システムであった。図-1には新旧のマビカカメラの写真を示した。提案のカメラは一眼レフ型の商品のプロトタイプであったため、写真や家電等の業界に大波紋を巻き起こした^{2), 3)}。マビカカメラはMagnetic Video



右は1980年代半ばのアナログ機、左は1990年代半ばのデジタル機

図-1 新旧のマビカカメラ

Cameraの略であって、28万画素のMetal Oxide Semiconductor (MOS) 型光電素子 (イメージャ) と2インチの新しいビデオフロッピーディスクからなる初めての静止画電子カメラであった。さらに、当時は投機による銀価格の高騰もあったため、銀塩写真の将来への不安も重なってこの新システムの発表はセンセーショナルな話題となった。

この新システムの発表に触発され、1980年代半ばには主に我が国の企業間で電子スチルカメラとカラープリンタの大開発競争が展開された。このカメラはビデオカメラを基としたためにスチルビデオカメラ (SVC) と呼ばれ、プリンタもビデオ信号入力に対応したためにビデオプリンタとされた。そして1980年代末にはアナログのビデオ画面を1コマとどめる形式のマビカメラに連なる商品が10機種以上現れた。しかしながらそれらは価格と出力画像の画質の面から市場に受け入れられず、第一世代の電子スチルカメラであるSVCは商品的に失敗した。

その後1990年代初頭からSVCをデジタル化した試作品的なDSCが世界で初めて東芝と富士フイルムから発売された。一方海外では、プロフェッショナル用に2種類のDSCが市場に現れた。第1は欧米のベンチャー企業による写真スタジオ用カメラであり、科学計測用のCharge Coupled Device (CCD) からなるイメージャを大判フィルムカメラに組み合わせ、出力をすぐパソコンに取り込む形式の高価なカメラであった。第2はコダック社のDSCであり、ニコンの一眼レフフィルムカメラにCCDパックを組み合わせた形式のカメラが内外の新聞社に導入され、ソウル大会以降のオリンピックで大活躍した。

アマチュア向けのDSCは1993年頃より米国のアップル社と日本のカシオ社から数万円規模の商品が発売された。それらは、先のSVCの信号系をデジタル化したものであるが、出力をすぐにパソコンに取り込むことから、当時普及しはじめたパソコンの周辺機器として一般に受け入れられた。この段階以後のDSCの活発な商品化は読者が知るところであろう。近年は、出力画像の高精細化を目指したDSCイメージャの多画素数化競争が起こり、CCDは40万画素程度のVGA (Video Graphic Array) レベルから最近では600万画素クラスに至った。また同時に画像処理回路や画像データ圧縮技術とそれらを支える集積回路のLSI化技術、撮影データを記録するリムーバブルメモリデバイスの進歩によってDSCは著しく小型化が図られ、上記の高画素数イメージャを搭載し、フィルムカメラと変らぬ大きさの商品が市場に満ちている。

一方画像出力を担うカラープリンタは、DCSのような宇余曲折はなくほぼ順調に発達した。1982年のマビ

グラフプリンタの発表を契機に始まった開発競争は、1980年代前半にカラー化の兆しがあった事務文書用のカラーハードコピープリンタ技術を基とした。技術開発の課題はそれらからの出力画像の階調と色の再現性を向上してカラー写真プリントを出力させることであった。

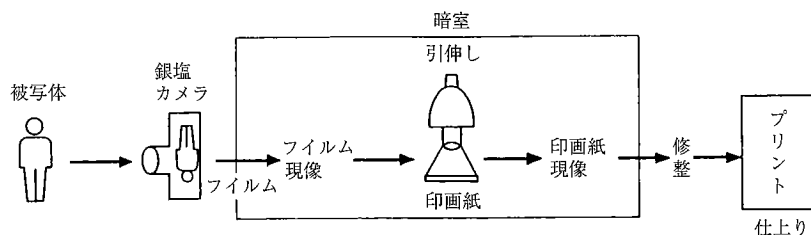
まず最初にこの課題をクリアしたのは昇華転写とも呼ばれたマビグラフプリンタに採用された色素熱転写方式であり、1990年代前半にはデジタル画像データからのカラー写真プリントの出力に成功した。この方式は現在も業務用の中、大判プリンタや、アマチュア用DCSと組み合わせる小判カラープリンタとして重用されている。これに続いてカラー写真プリント制作が可能になったプリンタは、Drop On Demand (DOD) 方式と呼ばれる小判インクジェットプリンタであり、キヤノンのバブルジェット方式とセイコーエプソンのマッハジェット方式によって1990年代後半にデジタル写真用のカラープリンタがフォトプリンタとして出現した。このDOD方式インクジェットプリンタは構造が単純で、低コスト化が容易なために非常に勢いで普及した。

したがって現在は、各種DSCと色素熱転写方式ないしインクジェット方式プリンタの組合せにより、新写真システム開発の夢であった明るい写真暗室は約20年の開発期間を経てアマチュアユーザのレベルにおいてもほぼ実現した。そしてデジタル写真システムの出力画像は、プロ作家においても数百万画素のイメージャを持つDSCと大判のインクジェットプリンタにより、作品とすることもできるようになった。ただしDSCもカラープリンタも、高精細のカラープリントを作り出すためには、機器の使用に習熟と高い技量が必要である。またアマチュアのレベルは千差万別であるが、小型DSCと小判プリンタの利用を習熟すれば写真として一応の満足が得られるカラー画像の出力が可能になっている。

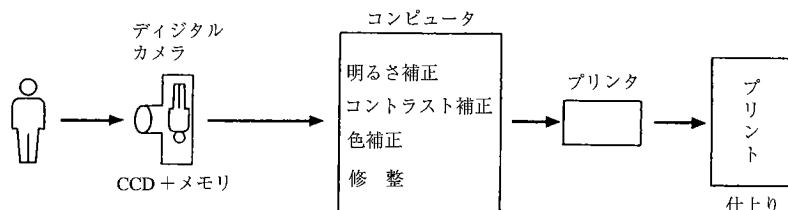
■ デジタル写真システムの特徴

デジタル写真システムには従来システムにない特徴があり、その有用性を考える時にはまずそれらの利点を理解しなければならない。

写真の電子化の発端にあたる電子スチル写真システムの発表時に、提案者は新システムの四大メリットを提唱した。それらは、SVCで撮影した被写体像は記録媒体を現像することなくすぐに出力画像にできるインスタント性、その出力画像をプリンタによるハードコピー記録でもディスプレイにおけるソフトコピー表示としても得られる両用性、画像の保存がSVCの記録メディアに磁気による非破壊記録であったために書き込みと消去の繰り返しが可能となる再使用性、カラー信号の処理と記録がコード化信号でなされるための写真伝送の容易性であ



(A) 銀塩写真



(B) デジタル写真

(大野 信, 甲田謙一, 内藤 明共著, 「デジタル写真入門」(コロナ社, 2000), p.18より引用)

図-2 2種の写真システムのブロック図

った。これらのメリットはSVCがDSCに代わっても引き継がれ、デジタル写真においては画像処理がきわめて容易となる特徴を加えた。この画像処理はコンピュータによるデジタルデータ処理であり、画像処理ソフトウェアの発達とともに画像の修正、修飾および合成などが容易に行える電子化の最大メリットを追加することになった。これらの特徴の中で最初に記したインスタント性は、通常のDSCには必ず液晶ディスプレイが付いていることから理解されよう。

一方デジタル写真は画像処理適性がきわめて高いため、写真の根本的な概念を変える可能性が高い。最大の問題点はメリットの裏返しでもあるが、画像処理による画像の変形がシステムへの入力像と出力像をまったく別物にすることであろう。特に日本ではPhotographyの導入時にそれを「真を写す：写真」と訳したことに端を発して、人々は写真画像は被写体像をそのまま写しているとはほぼ信仰的に受け取っている。ところがデジタル写真はその概念を簡単に崩してしまう。さらに外国でもデジタル写真プリントは裁判の証拠になり得ないとの噂が伝えられている。

次はデジタル写真のみならずデジタルデータ処理を施すすべての情報システムに共通であるが、画像データの記録にかかわる媒体およびフォーマットのシステム寿命の問題である。技術の進歩とともにデータの記憶メディアのデバイスの代わり現象が顕著である。これは単なる技術論ではなからうが、すでに写真画像データの保存に多大な問題を生じている。

■DSCとフィルムカメラの比較

デジタル写真システムと銀塩写真システムを双方の画像取込み装置であるカメラの観点から考える。図-2には2つの写真システムのブロック図を示し、表-1には2種のカメラにおけるイメージャとシステムの特徴を比較して示した⁴⁾。ここでは、先に記した本質的な相違を除くいくつかの課題に基づいてカメラを比較して2種の写真システムの今後の動向を探る。

カメラの分類

カメラの分類法はいくつか考えられるが、その機能、価格およびユーザ層の組合せが理解しやすい。図-3には2種のカメラの用途と価格帯を模式的に示した。

フィルムカメラは、レンズ付きフィルム、コンパクトカメラ、一眼レフ、大判カメラと分類され、対応するフィルムも35mm、60mm幅、10cm×12.5cm(4"×5")判等と多様である。さらに価格帯は数百円から数十万円台になり、ユーザはアマチュアからプロに至る。ただしこの場合に数十万円以上の高性能な高価格機の購買層には、プロに限らずハイエンドアマチュアと呼ばれる人々がいる。

一方DSCについては、カメラ機能と価格帯は上記と同様な分布があり、二、三十万画素のイメージャを持つ数千円の玩具機、同じく2、3万円の携帯電話併用機、数十万から数百万画素のイメージャを搭載して価格が数万円のコンパクト機、それから15万円以上に至るズーム付き高級機、数百万画素のイメージャを持つ40万から100万円に至る高機能機、200万円を超えるスタジオ機が市場にある。ただし現在のDSCでは、ビデオ機

イメージャ特性比較	DSC	フィルムカメラ
代表的な素子	CCD (光半導体)	フィルム (ハロゲン銀粒子)
光応答性	連続, 可逆	On/Off, 非可逆
情報キャリア	電子	原子
素子サイズ分布	光ダイオード窓一定	広い粒状分布
素子配列	アレー状, 整列	ランダム配列
単位となる素子サイズ	9 μ m角	10 μ m ϕ
階調表示	8bit (256段)	連続
ノイズ	ショット, 暗電流アンブノイズ	ランダムノイズ, 不整信号によるカブリ
システム比較	DSC	フィルムカメラ
色再現	RGB マイクロフィルタ	多層によるRGB完全分離分離
Artifact欠陥	センサとフィルタによる折り返し歪	埃, かき傷
画像保存	データファイル (不可視)	フィルム中の物質像 (可視)

表-1 DSCとフィルムカメラのイメージャとシステムの比較

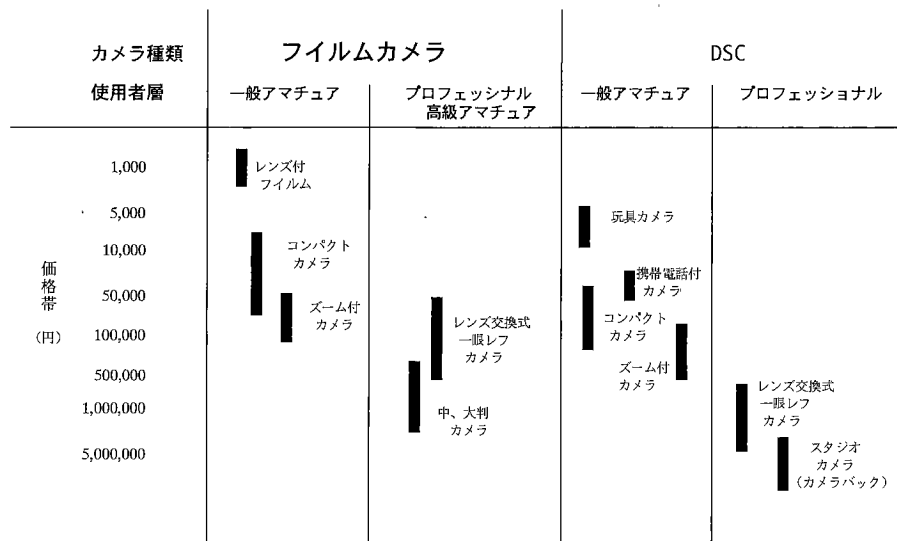


図-3 各種フィルムカメラとDSCの用途と価格帯

材の場合と同様にアマチュア機とプロの業務用機は明らかに分かれており、数十万円以上の高性能機器をアマチュアが購入する例は稀なようである。

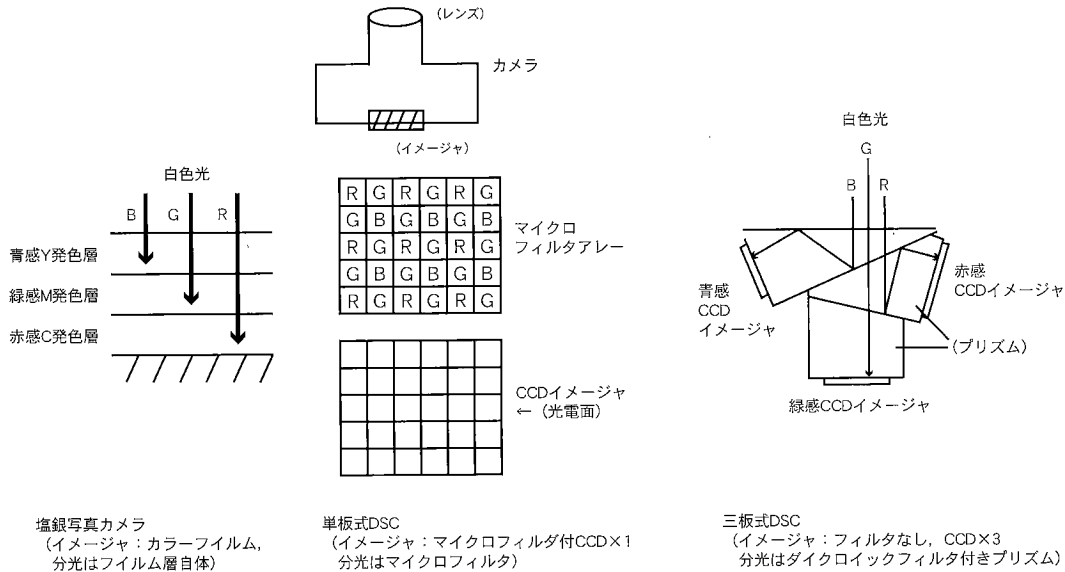
カメラの機能比較

いずれの形式によるカメラにおいても、まず被写体の光で表される情報を精密なレンズで暗黒中にあるイメージャに結像させる。イメージャにおいてその光像を写真システムに必要な情報キャリアに変換する点では2つのカメラは同等な機能を持っている。DSCでは光はCCD等により電気信号に可逆的に変換され、フィルムカメラではフィルム中で銀からなる物質像が非可逆的に形成される。感光以降のプロセスでは両者の情報伝達の形態はまったく異なり、前者ではイメージャと

別なメモリデバイス中に離散的なデータの羅列として記憶され、後者では現像処理されたフィルム中に物質からなる可視の画像パターンが記録される。この相違は重大であり、どちらの形式が長期間の保存に適するか議論が続いている。もちろん読み出しのRetrieval適性は前者であるが、システム寿命を避ける点からはフィルム媒体に記録した視覚パターンによる保存形式を持つ後者であろう。

2種のカメラの特徴をまず多様な被写体に対する対応性の点で比較する。フィルムカメラは、フォーマットの異なるカメラの選択により撮影フィルムサイズの変更が容易である、これは出力画像の精細性を律する有用な性能である。しかしながら現在のDSCではこのサイズ選択は容易ではない。

被写体の色彩をカメラに取り入れる機能は、写真がす



B: 青色光, G: 緑色光, R: 赤色光, M: マゼンダ, C: シアン, Y: イエロー

図-4 フィルムカメラとDSCにおける被写体光の分光

べてカラー画像として表現される現在は非常に重要である。ここでも2種のカメラでは決定的な相違がある。画像装置の色の問題はまず3原色の色情報をいかにしてシステムに取り込むかであって分光と呼ばれる。図-4には、2種のカメラのイメージャにおける代表的な分光方式を示した。

フィルムカメラの場合には全面的にカラーフィルムの構造に依存する。フィルムに入射した光は3層の感色層でRGBの3原色に分光され、現像後に各層中に補色であるYMCの色素を生成させる。この場合にはフィルタの構造による固定パターンノイズのような弊害はまったくない。一方DSCではTVカメラに倣ってRGB原色を個別に取り込む3枚のイメージャを備えた三板式カメラも一部で存在した。しかし現在はコスト、カメラ構造、対応するレンズ等の面から1枚のイメージャの感光窓にマイクロカラーフィルタをモザイク状に張り付けた構造からなる単板式カメラが主体である。この単板カメラの場合に、CCDの光電窓4個を1組として各窓に緑(G)フィルタ2個、赤(R)、青(B)各1個を装着する。個々の窓には1色のフィルタしか装着されないで、そこからは1色分の色信号しか発生しない。残りの2色分の信号は周辺の同色フィルタを装着した窓からの信号の相関によって計算されて作られる。この方法は内挿と呼ばれる基本的な画像処理である。内挿法では分光性能と、それによるカラーの再現性および色解像度が三板カメラの場合よりも劣るので、業務用TVカメラでは採用されない。したがってこの経験が将来のDSCに及ぶ可能性が強い。

カメラの感度についても、フィルムの選択によって対応が可能なフィルムカメラはDSCの性能を凌駕する。このほか現在のDSCでは、光電変換におけるダイナミックレンジの狭さ、電池寿命、高画素数のイメージャやリムーバルメモリの高コスト、圧縮伸張処理による出力画像の画質劣化、DSCの色や階調再現性の問題など枚挙に暇がない。しかしこれらの性能の向上はDSC自身の技術と、それにとどまらずに一般の電子技術の発達の成果を流用することで時間とともに解決されるはずである。またデジタル写真システムでは、ユーザの下においてDSC、パソコンにおけるモニタおよびプリンタと色にかかわる装置が連結して使われる。DSCで撮影した被写体の像をカラー出力する際には、共通の表色尺度が必要になる。このためにColor Managementの考え方が提案されて、色のばらつきが最小になるような試みも実用化されはじめています。

■ハイブリッド写真方式—デジタル写真におけるフィルム、印画紙の利用—

銀塩写真は150年強の歴史を持っているのに対し、デジタル写真は20年弱の歴史を持つにすぎない。その成果として銀塩写真の出力画像の画質はもうすでに完成の域にあり、フィルム感度の幅も種々の感光デバイスの中で最高であろう。印画紙についても我々の好みの色を再現できる上にそれによるカラープリントの生産性はサービス判で毎時最大10万枚に近づいている。欠点は煩雑な湿式処理である。したがってそれをブラ

ックボックスに閉じ込められるシステムとすると、デジタル写真システムでもそれを導入して優れた画像を生産性高く出力できる。

両者を混合した写真をハイブリッド写真システムと呼ぶ。画像入力と画像出力プロセスに銀塩写真を組み込んだものを各々川上側のハイブリッド、川下側のハイブリッド写真システムとする。

川上側は、写真撮影に機能選択制の高いフィルムカメラを用い、現像処理後のフィルム画像をスキャナによってデジタル画像データに変換してコンピュータに導入し、画像処理を行う。画像処理は本来のデジタル写真の場合と同等であるが、フィルムの選択により、画像データのサイズを容易に選択できる点が有用である。当初は、高画素数のDSCイメージャを搭載した業務用DSCが高価で入手しにくいため代替方策と考えられていたが、現在ではその固有な有用性が珍重されるようになった。

一方川下側のハイブリッド写真は、印画紙を用いたカラープリンタの生産性の高さと、完成されたプリントメディアであるカラー印画紙を用いてデジタル写真のプリント処理業を確立するものである。需要者は印画紙のカラー写真プリントに慣れており、0円プリントに代表されるプリントサービスの安さを体感している。したがって環境問題を生じやすい写真現像も特定の管理下に閉じ込められれば、この印画紙の有用性は無視できない。そこでデジタルDPEと呼ばれるDSC撮影画像のプリントサービス業へ川下側のハイブリッド写真方式の導入が図られている。

■DSCの広がりシステムの応用性

DSCは典型的なデジタル写真端末であるとはいえ汎用性が高く、被写体像を電子過程で写す写真以外の応用をも拡大するキーデバイスになっている。

DSCの実用化は高価な機器がプロ用スタジオカメラやオリンピック報道用カメラから始まったことはすでに記した。これらの分野での応用は想像以上に早く進み銀塩写真システムをほぼ駆逐した。その理由は2つあり、まず第1の先駆的な写真応用は、出力する写真画像が印刷産業と密着していることによる。印刷産業における製版過程へのデジタルイメージングの導入は全世界的に1980年代末にはほぼ終了し、産業の効率化に大きく寄与した。さらに当時のDSCは室内使用専門で、外での使用となるフィールド使用特性をまったく備えていなかった。したがって高価な多画素CCDを用い、現在では必須条件となっているコンパクト化を図ることもなく、大柄なDSCであった。そしてこのカメラとパソコンや大判カラープリンタと結合して大判のデ

ジタル写真カラープリントを出力していた。つまり贅沢なシステム構成をとって銀塩写真のプリントと同等な画像を出力した。したがって印刷と密接な関係にある商業写真家や新聞社の写真担当者はDSCのメリットを承知で、高価なものではあったが積極的にそれを導入した。

第2の応用は、パソコンの周辺機器となって画像取込みに使われた。1990年代前半に出現したDSCのイメージャはVGAクラスであるために処理がデジタル化したとはいえ、それ以前のSVCの性能と大差なく一般的な写真カメラたり得なかった。この場合にカラー写真プリントとして出力すると、写真らしい画像のサイズは名刺の半分以下ほどになり、当時ブームとなった「プリント倶楽部」の画像に相当した。しかし小型DSCの普及は著しく、パソコンへの画像取込み装置として重用され、出力画像はコンピュータディスプレイにソフトコピーとして表示され、電子メール等への対応も図られた。

その後はイメージャの多画素競争が始まり、最近のDSCはデジタル写真カメラとしてカラープリント出力も行われるようになった。アマチュアの写真制作におけるプリントサイズは、最大でA4(写真出力サイズで六切り相当)判ほどであって手に持って鑑賞される。この手持ちサイズの場合には、200～300万画素からなるイメージャを持つDSCによればほぼ満足できるデジタル写真としてのカラープリントが制作されることが主観ならびに客観評価として確かめられている⁵⁾。

第3の応用は、玩具的および電子メールでの利用を目指したものである。双方ともVGAレベル以下の画素数からなるイメージャを用いており、低価格化が図られて上記のパソコン周辺機器としてはより低位のレベルの利用目的のために重用されている。出力画像は、DSC自体の液晶モニタに表示したり、直接電子メール送信に利用される。これはすでにデジタル写真応用のレベルから外れたもので、完全な電子画像情報の取込み機器である。

■まとめ—将来の写真システム—

本稿ではDSCを中心にデジタル写真システムの動向を述べ、それがユーザにも写真システムとして認知されたことを記した。昨2000年のアマチュア向けのデジタル写真対応と考えられる200万画素以上のDSCは日本国内で概算650.8万台(日本写真機工業会)、フォトプリンタの代表例であるエプソンの小判インクジェットプリンタは同じく350万台出荷された(セイコーエプソン社広報室)と伝えられている。DSC生産は日本を主体に台湾で行われ、国内19社の総出荷量は同年で1,082万台、エプソンのプリンタは同じく1,600万台とされており、

大半は輸出されている。

一方従来の銀塩写真システムにおけるカラーフィルム等の材料出荷の統計などからアマチュア用銀塩写真にはまだ明確な減少傾向はみられない。カラーフィルムの国内出荷量は35mm判の24枚撮り換算で約4.6億本、そのうち16%程度がレンズ付きフィルムとされている⁶⁾。これらのフィルムは大部分ネガティブフィルムであろう。したがって撮影されたフィルムはほぼすべてカラー印画紙にプリントされると考えられる。また2000年度の実績は、前年の98%程度とされるが、それは景気低迷によるものでデジタル写真の影響ではないと見積もられている。最初に記したDSCの出荷額がコンパクトフィルムカメラのそれを抜いたとの統計には、6,000万個にもなるOne-way Cameraと呼ばれるレンズ付きフィルムは含まれない。これらの結果から、現在はDSCやデジタルプリンタを用いるデジタル写真システムが従来からの銀塩写真に多大な影響を与えているとの証拠を探するのは容易ではない。

ただし業務用としては、デジタル写真が先にも触れた印刷に関連する商業写真、新聞報道写真の分野には率先して採用された。それらに引き続くように警察の鑑識写真、免許証、パスポートの制作、工事現場写真にも早い時期に導入されている。これらはデジタル写真の即時性、データファイルとの相性の良さなど利用者がそのメリットを十分に認識したものは銀塩写真システムの応用から素早く転換している。証明書写真制作や顕微鏡写真などの科学写真も次の転換候補であろう。このようにデジタル写真導入により利益が得られることが明らかなプロフェッショナル写真分野は、数字には表れないがその導入によるシステム変更が迅速に行われている。

一方アマチュア層に普及したDSCやデジタルカラープリンタは、上記の銀塩写真材料統計の面からみると、写真制作に利用されていないのであろうか。それらが新しい電子画像システムを切り開くキーデバイスであることはすでに記した。しかしインクジェットプリンタ用のフォトペーパーと呼ばれる写真出力に対応するプリントメディアの市況が活発であり、それを用いた写真制作がなされていないとは考えにくい。その中で唯一デジタル写真の明らかな影響は、DPEを扱うラボの関係者によると写真年賀状の減少と伝えられている。これを裏付ける報道として、最近の新聞は2002年向けに総務省はインクジェット年賀葉書を11億枚も発行する予定であると伝えている。

したがって、目下のデジタル写真は新しい明るい写真暗室式の趣味を容易にすることで実質的に写真人口を増やしている可能性が高い。さらなる発展は、プリント制作を趣味から現行の日常生活に密着したもの

とするためには、ユーザが自家処理ではなくプリントサービス業の普及によって特段の努力なしにプリントを得られるようにすることが重要である。業界でも準備が進んでおり、間もなくe-businessをも含むサービスの展開が活発化しよう。ただし問題点として、国内19社に及ぶメーカーがDSCに多様なリムーバブルメモリを採用していることが挙げられる。目下「デジタルキオスク」というセルフサービス型のプリンタが試験的に写真店等の店頭で置かれている。それらは、かつて大流行した「プリント倶楽部」の端末機から顧客自身の持ち込むファイルによるプリントが続々と出力されるものと理解されたい。現在の機器の前面には7、8個の異なるメモリファイルの媒体の差し込み口が設けられている。媒体の統一と標準化が要望されているが、目下は大商戦のまっただ中であって混乱状態にあり、今後のプリントサービス業の発展が阻害される可能性が高い。

ただし別な見方をすると、DSCは従来の写真とは異なる電子画像情報を楽しむ趣味等の応用やそれに連なるマーケットを開発してきた可能性も高い。それらは、撮影画像を液晶モニタ等のソフトコピーとして楽しんだり、電子メール等の画像通信による情報伝達ツールへの適応であろう。

最近のこれらの動向から何うと一般の写真分野においては、音響の場合にレコード盤がCDに短時間で完全に置き換わったようなドラスティックな変化は考えにくい。当面は両システムの併存であろう。ただし次第にデジタル写真が優勢になると考えられるが、変化を推し進める要因には今後のIT社会で一般大衆がDSCを用いて電子画像を個々に発信する気運の高まりと、先にも記したデジタルプリントサービス業の充実が考えられる。ただし、デジタル写真の即時性もハードコピーについてはプリンタなどが揃わないと実現しないが、単葉の写真を制作するならば銀塩のインスタントフィルムは廉価な専用カメラのみでほぼ即時に写真を制作できる。これは現行システムの利点であって、デジタル写真への転換を抑制する要因ともなる。

本稿は誌面の制約もあり、意を尽くせなかった部分も多い。デジタル写真にさらなる興味をお持ちの読者は参考文献をご覧ください^{7), 8)}。

参考文献

- 1) 大野 信: 日写誌, 58 (2) 376 (1995).
- 2) Kihara, N. et al.: IEEE Trans., CE-28 (1) 325 (1982).
- 3) Masuda, S. et al.: ibid CE-28 (1) 226 (1982).
- 4) Rogers, J.: IS&T Reporter 15 (5) 1 (2000).
- 5) Ohno, S. et al: J. IS&T 43 (1) 51 (2000).
- 6) 杉本安弘: 写真工業, 56 (6) 96 (2001).
- 7) 大野 信他: デジタル写真入門, コロナ社 (2000).
- 8) 日本写真学会編: ファインイメージングとデジタル写真, コロナ社 (2001).

(平成13年5月29日受付)

