

3. スキャナの最新技術

—ノ瀬修—

セイコーエプソン株式会社

スキャナは、今やきわめて身近な入力デバイスであるが、その基本原理はあまり知られていない。この記事では、まず基本原理を説明することで、スキャナの基本性能やカタログ値の意味などを理解する。また、スキャナの最新技術などに触れ、今後の方向を探る。

はじめに

パソコンを買った。インターネットにも接続してみた。カラープリンタも買って一応年賀状は作ってみた。さて次はと... パソコンの購入者に尋ねると、次に購入したい周辺機器として、イメージスキャナは常に上位を占めている。デジタルスチルカメラが普及してもなお、パソコンの販売数に応じてその市場は広がっている。「パソコンに画像を取り込みたい」。ではどんな方法があり、その多様な手段の中でイメージスキャナは何が得意で、どのような仕組みで取り込みが行われ、今何がホットな話題か、など概略を述べてみたい。

パソコン画面へ画像を入れたい ～画像をパソコンに取り込む方法～

コンピュータに画像を取り込む手段を列挙し、解像度、階調、インタフェース（以下I/F）といった視点で眺めてみる。

• マウス

Webページなどにはいかにもマウスで描いたマス

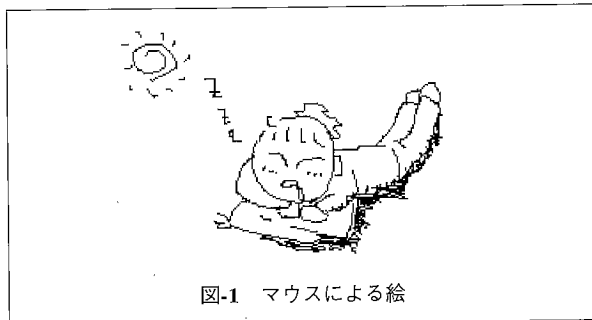


図-1 マウスによる絵

コット風のアイコンが多い（図-1）。フリーハンドの線画入力に適している。GUIベースOSの普及で、今やマウスはパソコンに標準で添付される入力装置であり、誰もが簡単な絵を書くツールとして使える。

• タブレット

ペン先による筆記感覚で線画を入力するツールがタブレットである。読み取り分解能は、代表的な製品で0.01mmである。

• ビデオカメラ

TV画像の信号はNTSC（ヨーロッパやアジアではSECAM, PAL）として標準化されたアナログ信号である。走査線数はフレーム画像で512本。アナログ信号をデジタル化することでパソコンのディスプレイでVGA（640×480画素）相当となる。AV（AudioVisual）機能を重視したパソコンの中には、ビデオ信号をパソコンに画像として取り込むI/Fを備えた機種もある。24bitフルカラー相当。

• デジタルスチルカメラ

普及型デジタルカメラの場合、RGB（またはCMY）フィルタをそのCCDセンサの上に個別に配置している。150万画素と言われているもので緑成分は75万画素あり、画素数は1024×768画素相当。階調は、フルカラー画像である。パソコンとのシリアル接続や、メモリーカード経由でデジタル画像データをパソコンへ転送可能。これについては、本特集の別記事でも取り上げているので、参照いただきたい。

• PhotoCD

手元にフィルムがあり、少々待つ時間があれば、誰でも容易に高画質画像を得られる方法である。通常のDPEショップにフィルムを持参すれば、金色に輝くCD-ROMにデジタル画像を入れて返してくれるスキャニング代行サービスである。ケーブルを接続したりする手間がなく、簡便に大容量の画像を扱える。画素数は、2048×3072画素。35mmフィルムのスキャニング解像度は2000dpiを超える。24bitフルカラー画像である。

• イメージスキャナ

普及型のスキャナとしては、大きく分けて3種類現

コラム：用途と市場

多くの人はスキャナをどのようなことに使っているのでしょうか。代表的な用途には次のようなものがある。

a) DTP: Desk Top Publishing～卓上出版～

WYSIWYGという言葉をご存じだろうか。“What You See Is What You Get.”の略。ディスプレイ上で、印刷物の最終レイアウトをシミュレート可能としたページレイアウトソフトの普及により生まれた新しい概念だった。容易に文字と画像を混在して扱えるようになり、イメージスキャナをはじめとする画像入力手段の普及を促した。

b) Webページ～自前の図書館～

インターネット技術の普及で、誰にでも自前の図書館を持てる環境が用意される。検索を専門とするWebページにゆけば、瞬時に関心のあるキーワードを持つWebページをリストアップしてくれる。DTPが紙出力を最終伝達媒体としていたのに対して、Webページはそこを見る人のディスプレイが最終伝達媒体である。また、デジタルデータは、「ワンソース・マルチユース」を可能にしている。Webページで使ったデータを書籍や雑誌として出版したり、CD-ROMにしまとめるという複合的な使い方が当たり前になっている。画面の中に画像を豊富にレイアウトするために、デジタルカメラやイメージスキャナが用いられている。

c) OCR～インクのシミを文字コードへ変換させる～

今どき文字は、ワープロやパソコン上で文字コードとして記号操作され生まれる。そしてプリンタや印刷機により紙に定着した瞬間、たんなるインクのシミに成り下がる。これを再度、加工、再利用可能な状態、つまり文字コードに戻すのがOCR（Optical Character Recognition：光学的文字認識）ソフトである。

d) 電子ファイリング～あらゆる情報を飲み込むデジタル化～

翻訳業などの専門家以外にも、画像ファイリング分野で、OCR機能が浸透し始めている。イントラネットの普及により、文書を紙で回覧するのではなく、電子ドキュメントとして、回覧、保存する「ファイリング」の動きが活発である。しかし、保存を行うたびに、その画像を検索するためのキーワードを入力させられるハメになる。近年、画像のスキャニングと同時に、OCRをかけ、対象画像を検索するためのキーワードとして自動登録する機能を持つ、画像データファイリングソフトが相次いで登場している。

存する。フラットベッド型スキャナ、シートフェッド型スキャナ、フィルムスキャナと呼ばれている。

a) フラットベッド型スキャナ

原稿は、書籍、雑誌、新聞、写真、フィルムとおよそ人に読まれるため、見られるために用意された文書類をほぼカバーできる（図-2）。

b) シートフェッド型スキャナ

まさに、FAXの画像取り込み部のみを切り取ってしまった機構である。カラー画像の取り込みも可能。設置スペースは小さい。ただし、雑誌や書籍など厚手の書籍を取り込むことができない。

c) フィルムスキャナ

PhotoCDの短所は、リードタイムである。フィルムの現像が30分でできる時代に、仕上がりまでに数日ほど待たなければならない。そこで、フィルムスキャナの需要がある。解像度は2800dpi前後。

以上、イメージスキャナのI/Fは、パラレル、SCSIが一般的。I/Fについては後で詳細を述べる。

さて、スキャナを使うメリットであるが、主に下記3点である。

1) 忠実な色情報を得られる

本体に照明装置を内蔵し、かつ周辺光（部屋の照明など）の影響を受けないように設計されており、原稿

の持つ色や階調の情報を忠実に得ることが可能である。たとえば、光沢を持つ印画紙などをカメラで接写する場合、光源の正反射が映りこまないようにするために、照明のレイアウトに気をを使う。それに比べイメージスキャナは、照明系に関する知識は不要であり、扱いが容易。

2) 寸法情報を得られる

言い換えると、取り込み解像度を指定できることである。OCR（光学的文字認識）ソフトにて文字認識を行う場合、画像が粗くては、認識ができず、また細かすぎてもファイル容量が大きくなり処理が遅くなる。通常300dpi～400dpiが最適とされ、10ポイントの文字であれば、文字あたり1辺30から40のドットを文字認識に用いていることになる。イメージスキャナを使ったOCRソフトが普及している背景には、取り込み解像度を固定し、文字の大きさ情報を固定できる点が大きい。

3) 画素数が大きい

600dpi/A4の画像は、3672万画素となり、スキャナはデジタルカメラに対して、同一解像度で画像を得た場合、約50倍の面積を一度に得ることになる。これは、文字や図面などに特に有効である。

欠点は、取り込みの対象が、平面状のものに限定されることである。また、2次元画像を得るために副走査方向の機械的走査を要するため、動的な対象（腕時計の秒針など）を静止状態で取り込むことができない。

基本原理

～「綺麗で速くて小さいのください。」～

さて、イメージスキャナを買おうとした時、思いつくこれらの性能を決めている要因を詳細にみていこう。まず、「綺麗な画質」は次の3要因からなる。解像度、階調性、色再現性である。

■dpiって何？ ～解像度を決める要因～

スキャナのカタログには、必ず「解像度」という欄がある。解像力と聞くと最も身近な単位は、視力であろう。視力1.0は、1分（＝1度の六十分の一）の角度を分解する能力として定義される。この角度1分を、人間が原稿や写真などを見る一般的な距離、30cm先の長さに換算すると約87μmとなる。スキャナでは、一般に解像度を1インチあたりの画素数にて表記する。したがって、肉眼にとって必要な原稿の解像度は、291dpi以上ということになる。

印刷物などの解像度は、この肉眼の特性が反映されている。一般雑誌の印刷解像度は、国内の雑誌では350dpi相当（175lpi）の解像度を持つ。印画紙写真は、300dpi以上の解像度でプリントされている。普

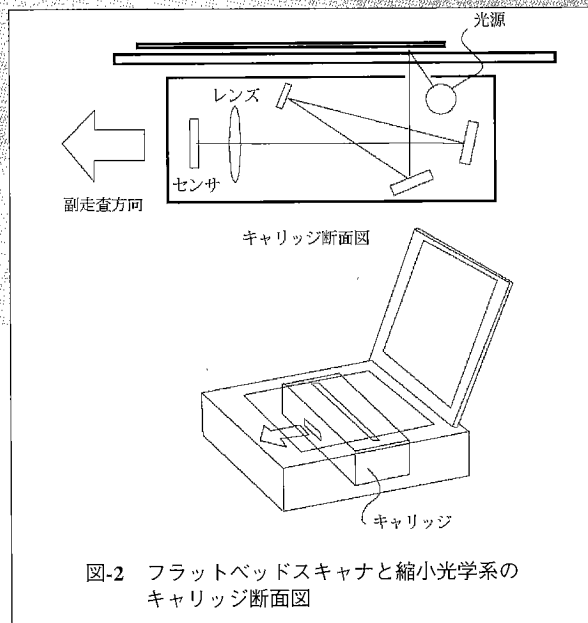


図-2 フラットベッドスキャナと縮小光学系のキャリッジ断面図

及型イメージスキャナの解像度が300dpi以上である理由はここからきている。

一方フィルムスキャナの場合は、2800dpiといった解像度が一般的である。この数値の違いは中間記録媒体としてのフィルムの特性に関係する。カメラレンズの場合、一般的に40～50本/mmの解像力を得られるように設計される。インチに換算すると、約1000～1270lpi、解像度では2000～2540dpiである。そのためフィルムスキャナの解像度は、それを上回る解像度を必要とする。

センサ上に原稿画像を結像する方式には、縮小光学系と等倍光学系がある。図-2は、縮小光学系の模式図である。等倍光学系については、後に述べる。

光源には、線状の光源を用いる。原稿の取り込み1行分に相当する像をレンズを用いてCCDセンサ上に結像する。CCDセンサは光量積分型のセンサであり、通常数ミリ秒の光蓄積を行っている。

CCDセンサ内部での電荷の移動は下記の通り。フォトダイオードは光を照射されると電荷を発生する光電変換素子である。300dpi A4のスキャナで、約2700画素のフォトダイオードが並ぶ。1画素の寸法は、1辺が6～12μmの正方である。

a) これら複数のフォトダイオードで発生した電荷は定期的にリセットされ(図-3中TG)隣接するCCDシフトレジスタに一斉にバケツのように吐き出される。

CCDシフトレジスタもフォトダイオードと同じ数だけ電荷を受け取るバケツになっている。

b) CCDシフトレジスタは、転送パルス(図-3中φ1, φ2)を受け取ると、配列方向に電荷を順送りする。そして、一番端の画素から、順次1画素分ずつの電荷を吐き出す。

c) 電荷は、電圧に変換され、さらにA/D変換を通じてデジタルデータになる。

d) b, cが画素数分繰り返される。以上がCCDシフトレジスタ1列分の情報を吐き出すまでの基本周期で

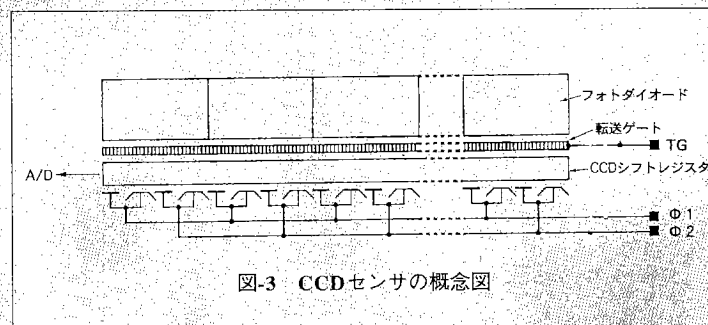


図-3 CCDセンサの概念図

ある。

e) 次にCCDセンサの配列と直角な方向に解像度と同じ量だけ機械的に相対移動する。300dpiの場合、 $25.4\text{mm}/300=85\mu\text{m}$ である。

f) a～eが画像全域に渡って繰り返され、はじめて2次元の全画像を得ることができる。

ここで、CCDセンサの配列方向(これをスキャナでは、主走査方向と呼ぶ)の解像度はレンズの解像力とCCDセンサの画素密度で決まる。CCDセンサの移動方向(副走査方向と呼ぶ)の解像度は、これに加えて、機械的な移動精度も影響する。

しばしば、スキャナのカatalogにて、解像度の欄にたとえば「300×600dpi」という表現を見かける。この意味は、レンズやCCDセンサ画素サイズの光学系設計としては、300dpiとして設計され、副走査方向へのメカニカルステップは倍の精度で制御していることを意味する。具体的には、上述eの副走査方法の変位量を半分にすることにより、解像度を上げることが可能となる。ただし、CCDセンサ画素は300dpiとして設計されているため、真の600dpiスキャナに比べると解像力は劣る。

■12bit入力って何? ～滑らかさを決める要因～

フィルムスキャナを中心に「12bit入力!」という唄い文句がCatalogに目につく。さて、この数値は画質に何をもたらすのか。12bitとは、4096階調を意味する。階調性とは、明暗の分解能である。すなわち、基準となる最大の明るさ(たとえば原稿の白の部分)に対して、1/4096の暗さをデータとして取り込む能力を意味している。

肉眼は、RGB3つのカラー情報と同時に各色について階調情報を得ているとされている。一般画像では32階調(5bit)を超えるあたりから、滑らかな連続的に階調を持つ画像として人の肉眼には見える。5bit程度で肉眼をごまかせるのであれば、8bit(256階調)もあれば必要十分ではないか? これが誰でも持つ素朴な疑問である。

CCDセンサは、入射光量に比例する電荷を蓄積する。すなわち、原稿の反射率(透過率)とフォトダイオードでの発生電荷量は比例する。印画紙の高濃度のプリントでは、OD(Optical Density)値にして2.0以上。ポジフィルムに至っては、OD値3.0を超える。OD 3.0の濃度を読み取るためには、最低でも10bit

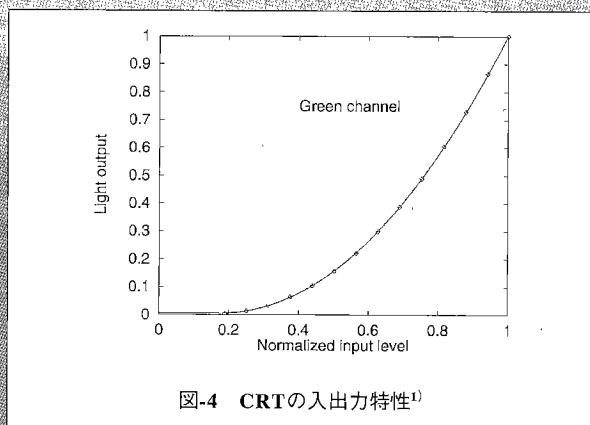


図-4 CRTの入出力特性¹⁾

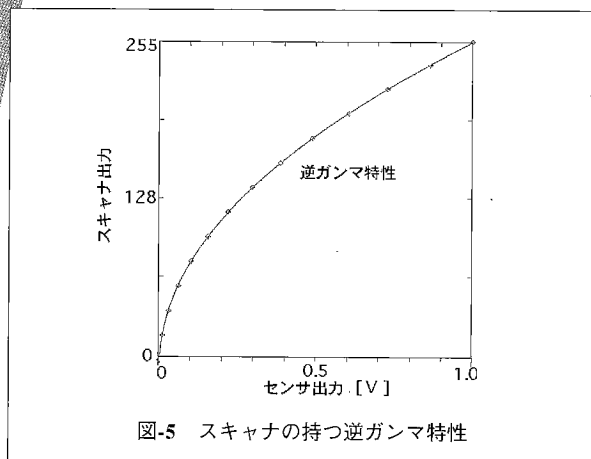


図-5 スキャナの持つ逆ガンマ特性

(1024階調)の階調分解能を必要とする。したがってフィルムスキャナは最低でも10bit以上が欲しい。

ところがここでさらに素朴な疑問が出る。世に、12bit/色データを扱えるアプリケーションは少ない。まして印刷できるものなどほとんどない。ディスプレイカードも1色あたり256ステップ(24bit/画素)である。こんな環境で、12bitなんて本当に意味があるのだろうか。

スキャナは、反射率、透過率に比例した値として画像のデジタルデータを生成するが、CRTディスプレイは入力信号に対して比例的に明るさを変える特性を持ち合わせていない。たとえば、フルレンジの信号のちょうど半分の入力信号値を入れても、CRT管面上で、フルレンジの時の光強度の半分の輝度とはならず、かなり暗くなる。この入出力特性を一般的にガンマ特性と呼ぶ。

CRTのガンマ特性を示したものが図-4である。

このような特性を持つCRTディスプレイに正しく表示するためには、スキャナから生成したデータに対して逆ガンマをかけて出力する必要がある(図-5)。目的は、原稿の反射率をCRT上の見えとして再現するためである。取込系、表示系を合わせシステム全体として「リニアリティ」を確保しようとする考え方である。逆ガンマのカーブは、暗部を急激に明るくする特性である。

もし、スキャナから、ガンマ1.0(つまり原稿反射率に比例した値)で出力し、アプリケーションへ渡し

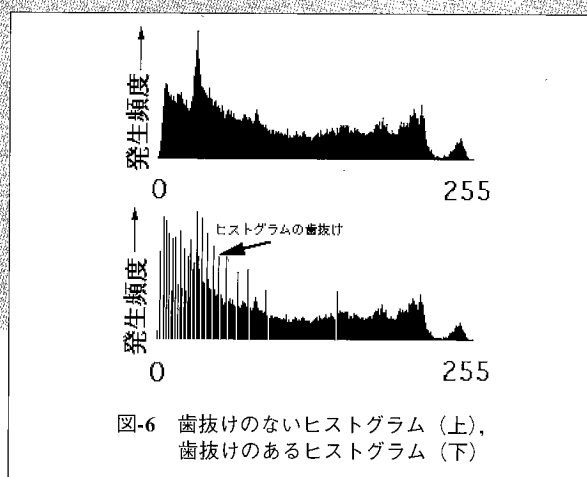


図-6 歯抜けのないヒストグラム(上)、
歯抜けのあるヒストグラム(下)

た後にソフトウェア的に逆ガンマをかけた場合、階調の飛びが発生することとなる。画像のヒストグラムを作成するとちょうど歯が欠けたように見えるため、「ヒストグラムの歯抜け」とも呼ぶ(図-6)。

歯抜けがひどいとCRT上で表示した画像は肉眼の階調分解能力を下回り、滑らかな画像が得られなくなる。

以上の不具合を回避するために、スキャナ内部で8bit以上の階調情報を持ち、CRTの逆ガンマをスキャナ内部にてかけることにより、ヒストグラムの詰まった8bitデータを生成し、パソコンに手渡すデータとする、という方法がとられている。

■色再現性～同じ色を伝える～

カラー情報は、人の肉眼にR, G, Bの3つの独立した感覚があるとモデル化されていることに由来する²⁾。以下、分光特性の観点から各構成デバイスを見る。

・ランプ

現状の蛍光灯ランプは、CRTと同様RGBの3種類の蛍光体を混合して作られる。代表的な分光スペクトルを図-7に示す。緑色や赤色の領域はスパイク状となっている。理想的には可視域全域に渡って一様なスペクトル強度を有する連続光であることが望ましい。

・カラーフィルタ

カラーCCDセンサは、3本の同一シリコンセンサの上にR, G, Bの色フィルタを載せることにより構成される。このカラーフィルタの分光特性が、CCDセンサの生出力の色情報を決める。代表的な分光スペクトルを図-8に示す。

・センサ

光電変換素子の素材はシリコン(Si)であり最長の感受波長は1100nmである。代表的なシリコンフォトダイオードセンサの分光感度を図-9に示す。赤外成分を有するキセノン蛍光灯ランプを用いる場合は、赤外線カットフィルタなどを用いる必要がある。

■mS/lineって何? ～速さを決める要因～

作業効率を決める取り込み速度は、雑誌評価などでも必ずチェックされる項目だ。だがカタログを見ても

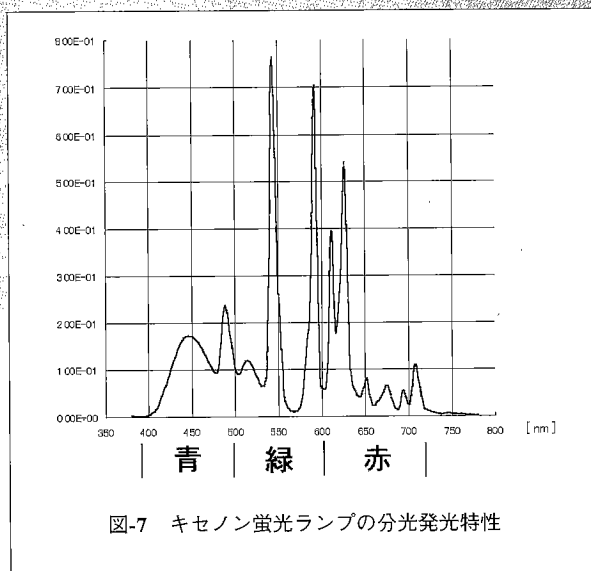


図-7 キセノン蛍光ランプの分光発光特性

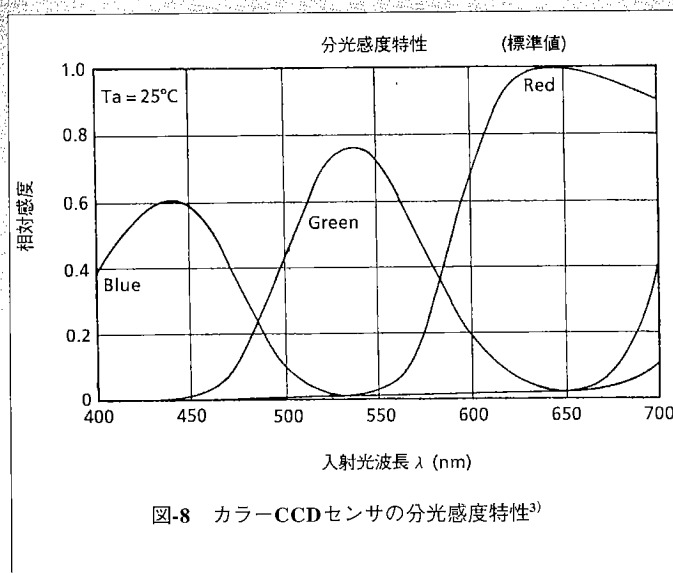


図-8 カラーCCDセンサの分光感度特性³⁾

A4, 300dpiフルカラーを取り込むのにどのくらい時間がかかるのか書いていない場合もある。そのような時でも必ず書かれている速度に関連する数値が、この[mS/line]である。これは、「dpiって何?」で述べたd)「CCDシフトレジスタ1列分の情報を吐き出すまでの基本周期」に相当する。

また、この時間はCCDセンサ上のフォトダイオードに光を当てる露光時間に相当するため、「蓄積時間」とも呼ばれる。この、蓄積時間に、副走査の取り込みライン数を掛けた時間が原理的な取り込み時間となるわけである。たとえば、6[mS/line]であれば、300dpi, A4サイズの取り込み速度は、12[inch] × 300[dpi] × 6[mS/line] = 21.6[Sec.]となる。したがって、取り込み解像度が低ければ、同じ範囲の画像を取り込む場合でも、副走査方向の走査回数が減り取り込み速度は速くなる。むやみに解像度を上げないことが、取り込み時間を短くするコツの1つである。

取り込み速度には、いかに速くCCDセンサに光を蓄積させるか(下記a~c)、CCDセンサに照射された光を効率よく電気信号に変換するか(下記d)、いかに速く信号を読み出すか(下記、e~g)という大きく分けて3つの要因がある。ただし、要因f, gは、測定環境条件により異なるために、スキャナメーカーは、a~eだけで決まる[mS/line]を使っているのが現状である。

- a) 光源光量。
- b) レンズ倍率, 口径比(F値), レンズ透過率。
- c) 原稿台ガラスの透過率, 折り返しミラーなどの反射率。
- d) CCDセンサ感度 (CCDガラス, カラーフィルタ透過率, CCDセンサ光電変換効率)。
- e) CCDセンサ転送クロック。
- f) I/F転送速度。
- g) パソコン側搭載メモリ, ハードディスクの空き容量や書き込み速度。

ところで、取り込み速度と階調性は常に商品設計の

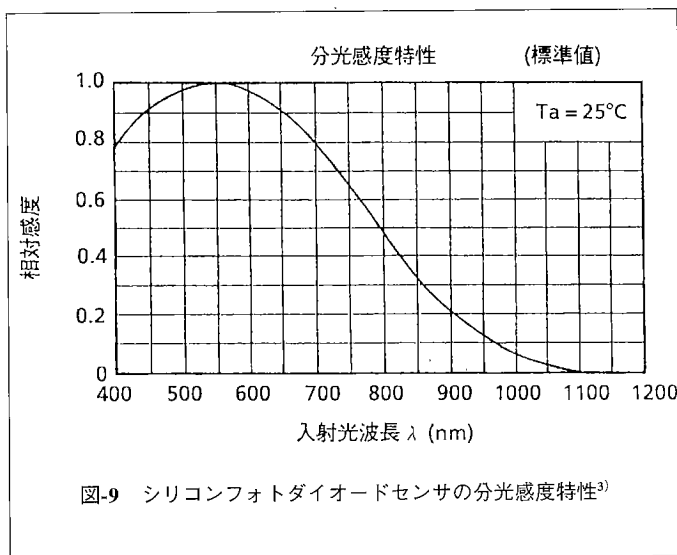


図-9 シリコンフォトダイオードセンサの分光感度特性³⁾

段階で天秤にかけられる。階調性は、フォトダイオードへの蓄積光量(絶対光子数)に依存する。そのため、ノイズのレベルを決めると必然的に蓄積時間が決まり、取り込み速度が決まる。

■コンパクト～大きさを決める要因～

画質、性能と価格が同じなら、小さいのに越したことはない。コンパクトなスキャナを求めて新規デバイスの開発が盛んである。以下に主に大きさに関連するデバイス技術を述べる。

・光源

スキャナ光源として蛍光ランプが主流である。近年、液晶バックライト技術の発展によりきわめて細く、また全長も短い冷陰極タイプの蛍光ランプが量産されスキャナにも搭載されるようになった。さらに、電極部長さによる無駄をなくするため電極部でランプ管を屈曲させたランプを搭載したスキャナも登場している。冷陰極ランプの管径は細いもので3mmをきっている。

・光学系

先に紹介した光学系(図-2)は、縮小光学系と呼ばれる。たとえば、1画素あたり8 μ mのCCDセンサを使って600dpiのスキヤナを構成した場合、縮小倍率は、5.3倍である。レンズの取差を避けるためには、原稿とセンサの距離をあまり近づけられない。35mmフィルム用カメラの標準レンズ並みに画角を46度とした時、原稿-センサ間の距離(光路長と呼ぶ)は30cm程度となる。この長さをスキヤナの内部で移動するキャリッジと呼ばれる光学ユニットの中に折り畳まなければならない。通常複数枚のミラーで折り畳みを行うが、それでもコンパクトにすることは困難である。そこで以下の2つの方法が考えられている。

a) ミラー移動方式

レンズ、CCDセンサを固定し、筐体の中を光源とミラーのみが移動する光学系である。感光ドラムを持つ複写機では主流の構造である。スキヤナにこれを用いると、レンズ、CCDセンサを固定できるため、倍率可変機構やピント合わせ機構などを組み込みつつもコンパクトに構成可能となる。

b) 密着センサ(CIS: Contact Image Sensor)

取り込み寸法と同じ長さのセンサを用い、等倍結像の特殊なレンズを使う。これにより、原稿からセンサまでの距離は数cmで結像する光学系を実現できる。近年300dpi、600dpiの密着型カラーセンサの量産技術が確立し、2万円をきるフラットベッド型スキヤナが相次いでいるが、コンパクトな薄型のスキヤナはすべてこの方式のものである。

ただし、腕時計など凹凸のある立体物を取り込むとガラスから浮いた場所はピントがボケてしまう欠点がある。

・他

かつて入門機としてハンディースキヤナが普及していた。副走査の移動を手動で行うものである。フラットベッド型スキヤナの低価格化により姿を消しつつあるが、ノートパソコン市場を狙って、極端に小型なハンディースキヤナが登場している。幅183mm、奥行き17.6mm、高さ14.7mm、重さ約80グラムというコンパクトさである。

最新技術

ホットな話題を4点ほど取り上げる。

■カラーマネジメントの標準化～Color Sync, ICM～

画像データがデジタル化され、ネットワーク環境下で扱われるようになった結果、オープンアーキテクチャでの色再現技術が必要となった。RGBという同一のソースデータを異なる機器に表示、印刷する時、ディスプレイ、出力機器に依存しない色一致の

技術である。これらの概念はDevice Independent Colorと呼ばれる。すなわち、入力装置であるスキヤナ、出力装置であるディスプレイ、プリンタなど機種に依存せず、同じ色を再現するための概念である。Device Independent Colorは、色再現も含む見えの一致＝Color WYSIWYGのための技術である。

さて、この技術のベースには、色は数値で表現可能であることが前提となる。色の定量化方法は、XYZ表色系が使われる。XYZという絶対色を中間データとして扱い、入出力デバイスごとの方言(色情報)をそれぞれ独自のプロファイル(デバイスの色再現特性を記述したデータファイル)を経て変換する。

MacintoshではColorSync[☆]、WindowsではICMというカラーマネジメントが標準となり、また、使用するプロファイルもICC(International Color Consortium)[★]形式として定義され、共用が可能となった。画像編集ソフトも、これらICCプロファイルに正式対応しつつある。

■フィルム上のキズを取り除く技術

1998年春、フィルム上のキズやチリを取り除くフィルムスキヤナが発売された。赤外線光源を用いて、フィルムに付いたキズやゴミの画像のみを別途取り込み、RGBのゴミ付きの画像からソフトウェアを用いて自動で差し引かれる。従来、このゴミを取り除く作業は、根気のいる作業で大変だった。このゴミ除去技術は、自動でかつ高速にスキャン画像上のゴミを取り除くことが可能である。

■インタフェースの動向

大容量の画像データを転送するスキヤナには、SCSIが主に用いられている。ただ、Windows系のパソコンでは、SCSIは標準搭載されておらず、新たにSCSIボードを買い足す必要がある。このため、昨今、プリンタポートを利用したいわゆるセントロニクス規格の延長であるIEEE1284(4つある通信モードの内、ECPモードやEPPモードが使われている)対応のスキヤナが急速に普及している。ただしこれも、転送速度が遅いことや接続時の障害の恐れがあり、将来的には、USBへ移行してゆくものと思われる。

また、ここにて、SCSIを周辺機器接続の標準インタフェースとしてきたアップルコンピュータも次世代の高速シリアルインタフェース、IEEE1394への切り替えを表明している。今後、スピードが要求されるハイエンドスキヤナでは、注目されるI/Fになると予想される。

さらに、ネットワーク環境下でスキヤナを使う動きも盛んである。TCP/IPやIPX/SPX、NETBEUIなど

[☆] <http://colorsync.apple.com/>

[★] <http://www.color.org/>

のプロトコルに対応して、スキャナを直接ネットワーク接続し共用する、大規模オフィスでの利用が始まっている。

■TWAIN～APIの標準化～

TWAINは、アプリケーションとスキャナドライバとの間を取り持つAPIであり、図-10の構造となっている⁶⁾。

ここで、“Data Source Manager”は、TWAIN協議会³⁾で制定され公開、配布されており、“Data Source”は、スキャナメーカーから供給される。一般に、「TWAINドライバ」と呼ばれるソフトはこのData Sourceに対応する。

TWAIN以前、アプリケーションソフト側は、メーカーごとに異なるスキャナ制御コマンドを発行していた。結果、もしスキャナ側で新たな機能を追加してもアプリケーション側でその機能をサポートするまで、ユーザは実質的に使えなかった。

ユーザインタフェースを含め⁴⁾、ドライバ側の機能はメーカーが提供することとなり、スキャナメーカーにとっては、新規機能の搭載が自在となった。また、アプリケーションソフトにとっては、製品やメーカーごとの個別プログラミングから解放され、TWAINに準拠したコマンドをTWAIN Data Source Managerとやりとりするだけで、TWAIN対応のスキャナドライバすべてを制御可能となる。

今後の方向と課題

スキャナの課題や今後の方向について述べてみたい。

■解像度、階調性の向上

高解像度化を律している要因の1つは、CCDセンサの総画素数である。300dpi A4サイズで2700画素の

CCDセンサを使っている。昨年、800dpi/A3のスキャナが市場に登場したが、総画素数は1万画素を超える。8 μ mピッチのセンサであり、CCDセンサの全長は8cmにもなる。デジタルカメラでは、画素サイズをより細かくして、高解像度化を果たしている。しかし、画素サイズを小さくすることは階調性を犠牲にすることとなる。すなわちノイズが増加する。

ノイズは、一般に、アンプノイズ、暗電流ノイズ、光ショットノイズ、などからなり⁴⁾、主要因は光ショットノイズである。これを減らすためには、光子の絶対数を増やしても飽和しない構成のCCDセンサが要求される。すなわち、ある程度の画素面積が必要となる。現在100万円を超えるハイエンドスキャナには、40万電子で飽和するCCDセンサが使われており⁵⁾、取り込み限界濃度をポジフィルムのそれに近づける努力が続いている。

■寸法精度、大型化

スキャナは高精細なデジタイザであり、単に画像をCRT上に「転写」するだけでなく、被写体の位置測定を補助するツールとなる可能性を持っている。紙に記録される情報は、文字情報以外に図面や地図などがある。現在普及しているフラットベッドスキャナの寸法精度は1%前後である。特にレンズの収差が影響する主走査方向の歪みが大きい。CAD図面などの取り込みのためには、寸法精度を上げることが課題である。

■周辺機器からツールへ

スキャナとデジタルカメラは、OSから見てプリンタ同様に標準装置となる方向である。たとえば、ユーザがスキャナに用意されたボタンを押すとプリンタへのコピーが始まる、といった機能を持ったスキャナも登場している。今後、FAX機能、カラーコピー機能、ファイリングサーバへの直接入力機能、電子メールへの簡易的な画像添付機能など、使い勝手を向上させる動きが活発になるであろう。

参考文献

- 1) IEC Project Team 61966: Colour Measurement and Management in Multimedia Systems and Equipment— Part 3: Equipment Using Cathode Ray Tubes, 100/66/CD, IEC Central Office (1998). (同プロジェクトの活動に関しては、<http://www.map.chiba-u.ac.jp/IEC/100/PT61966/>を参照)。
- 2) 応用物理学会光学懇話会編、色の性質と技術、朝倉書店 (1986)。
- 3) 東芝CCDリニアイメージセンサTCDシリーズデータブック、株式会社東芝 (1993)。
- 4) 山口 健: 2/3から1/2インチへ開発の中心が移った個体撮像素子、日経マイクロデバイス、1986年6月号。
- 5) Kodak KLI-8013 Series Linear CCD Image Sensor Performance Specification, Eastman Kodak Company (1996)。
- 6) TWAIN Working Group: TWAIN Version 1.6 Specification (1996)。

(平成10年7月1日受付)

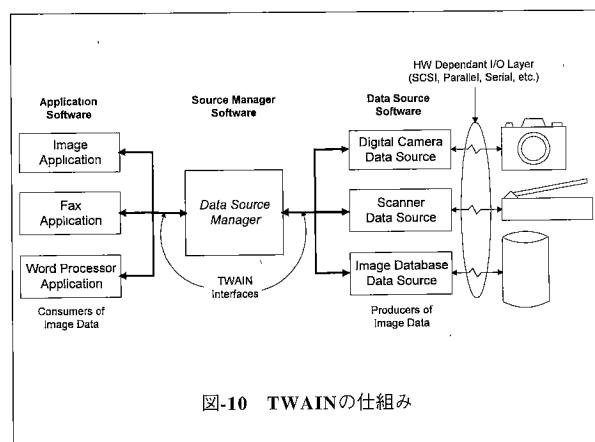


図-10 TWAINの仕組み

³⁾ <http://www.twain.org>

⁴⁾ アプリケーション側にて独自のユーザインタフェースを用意し、スキャナメーカーが提供するスキャナドライバユーザインタフェースを表示せず、そのスキャナコマンド発行機能のみをバックグラウンドで使うモードもTWAINの規格として用意されている。

▼収差

1つの点から発してレンズに入射する多くの光線が、レンズを通過後に理想的には再び一点に集中するところが、ある拡がりをもって像面上に散らばってしまう現象。球面収差、コマ収差、非点収差、像面湾曲、ディストーション、色収差などがある。(第1, 3編)

▼標準反射率

色の濃淡(色調、英語ではtoneという)に関して、淡い部分(ハイライト)と濃い部分(シャドウ)のほぼ中間濃度に近い、18%の拡散反射率。この拡散反射率18%の灰色無光沢な反射板を、標準反射板あるいは18%グレー反射板と呼び、ビデオ撮影時などに被写体の位置において、平均的な露出を決定するのに用いる。(第1編)

▼分光特性

光に関する量を波長(または周波数)の関数として表したもの。第1編の解説では、フィルタの透過率を波長の関数として比較した場合、補色系フィルタは透過率分布の重なりが大きいために各色に関する強度を分離する能力が低くなることを指して、分光特性が悪い、といっている。(第1, 3編)

▼フラッシュメモリ

電氣的にデータの消去や書き込みができるEEPROM(Electrically Erasable Programmable ROM)の一種で、一回の消去単位を大きくすることにより大容量化を達成したことが特徴。消去/書き込みは、読み出しに比べて遅く、また、回数に上限(数十万~百万回)があるが、ハードディスクより、小型で、振動にも強いので、比較的小容量の携帯型情報記憶デバイスに向いている。(第1編)

▼輝度信号と色差信号

輝度信号とは画像の明るさを表す信号で、Y信号ともいう。カラーテレビでは輝度信号が画像の形や輪郭、階調を表し、色信号がこれに着色するという仕組みとなっている。日本の現行のテレビ方式では、色の三原色R, G, Bとの関係は、 $Y \approx 0.30R + 0.59G + 0.11B$ と決められている。

カラー画像の伝送、記録には、R, B信号とY信号との差信号であるR-Y信号、B-Y信号とこのY信号の3つの信号とを用いることが多い。このR-Y信号、B-Y信号は、色差信号と呼ばれ、画像の色を表すものとなる。(第1, 2編)

▼空間周波数

音のように時間によって変化する信号は、いろいろな周波数の波の集まりとして表すことができる。これと同様に、画像のように位置によって変化する信号も、いろいろな周波数の信号の集まりとして表すことができる。この時の周波数は、時間ではなく位置に関するものとなるため、空間周波数と呼ばれ、画像の細かさを表すこととなる。(第2編)

▼偽信号

画像の高周波部分(輪郭部や細かい絵柄の部分)などにありもしない色信号や輝度信号が現れる現象。CCDが画素ごとに被写体からの光をサンプリングしていることにより発生する。特に、単板方式の場合には隣接する複

数の画素間の信号を演算して色信号を得ているため、演算に用いる複数の画素間に相関がないと、本来は存在しない偽の色信号が発生してしまう。(第2編)

▼光学LPF

入射光の空間高周波数成分を光学的に除去するLow Pass Filterのことで、上記の偽信号を抑圧するために使用される。水晶の複屈折を利用したものが多く使用されている。(第2編)

▼内挿補間

本来ない画素の信号を近傍の画素の信号から演算により求めることで、隣接する2画素からのみ求める1次線形内挿方式と3つ以上の画素から求める高次内挿方式がある。(第2編)

▼フレーム/フィールド

現行のテレビは、画面の上から下まで1本おきに水平走査を行って1枚の画面を構成した後、次に前回飛ばした個所を走査する飛越し走査(インタレース走査)を行っている。この1回の飛越し走査で構成された画面をフィールド、2回の飛越し走査で得られる画面(全体が走査された画面)をフレームと呼ぶ。(第2編)

▼dpi, ppiとlpi

dpiは、Dot Per Inchの略。1インチ(25.4mm)あたりのドット数を意味し、印刷に使われるスキャナやプリンタの解像度を表す単位としてよく用いられる。スキャナは画素(pixel)を得る装置であることから、ppi(Pixel Per Inch)を単位に用いる場合もある。

lpiは、Line Per Inchの略。1インチあたりの線数を意味する。1本の線を分解するためには、2倍の画素を必要とするため、一般的に線数[lpi]に対して、2倍の解像度[dpi]を必要とする。(第3編)

▼OD値

光学的濃度(Optical Density)の略。OD = $-\log$ (透過率)または、OD = $-\log$ (反射率)。OD = 2.0にて1/100、OD = 3.0にて1/1000の反射率(または透過率)を意味する。(第3編)

▼ガンマ特性

CRT(Cathode Ray Tube)は一種の3極管タイプの真空管である。制御電極への信号電圧と蛍光体を光らせる電流量とを、両軸を対数でグラフ化すると一般的に直線に乗る。こうした特性のことをガンマ特性と呼び、この対数座標でのグラフの傾きをガンマ値と呼ぶ。市販CRTのガンマ値は、通常1.5~2.8。(第3編)

▼XYZ表色系

色を物理量で表現する方法の1つ。1931年にCIE(国際照明委員会)により策定された。光エネルギーに対する線形性が維持された表色系であり、特にY値の軸は肉目の視感度と一致する。肉目の色差に近いL*a*b*表色系は、このXYZ表色系から算出される。(第3編)

[本特集解説記事執筆者]