

# 赤外線イメージスキャナ

アイメジャー有限公司

一ノ瀬修一

## 1 . はじめに

赤外線イメージスキャナを開発し、製品化を行ったので報告する。そもそも「目に見えない像が見える」とは、どういった原理なのか。綺麗な画像、解析に耐えうる画像とはどういった画像なのか。そういった原理的な観点から、赤外線イメージスキャナの特長を説明する。また、従来の赤外線カメラとどこが違うのか。その長所や短所を解説する。

## 2 . ものが見える条件

光の無い暗闇では、私たちは何も見ることはできない。ものを見るためには、光が必要であり、また、その光を反射する物体と、物体からの反射光を結像する光学系であるレンズ、及び結像の強弱を信号に変換するセンサが必要である。肉眼でも物を見ている場合、次の要因が関係している。

- 1 . 光：太陽光、ランプ
- 2 . 物体：見る対象
- 3 . 結像系：水晶体
- 4 . 光信号変換：網膜、視神経及び脳内の画像認識能力。

以上の4つの要因は、ものが見えるための必要条件であり、十分条件ではない。カメレオンを例に出すまでもなく、「地」の色と同系色のものは見えない。もしくは見えにくい。何故か？それは「コントラスト」が無いためである。コントラストが有る像とは、見ようとする部分の信号と、無視したい部分の信号との間に差異がある状態を指す言葉である。ものが見えるためには、コントラストが必要である。

## 3 . ものが見やすい条件

既に得た画像であっても、後処理として画像処理を行えば、容易に画像のコントラストを上げることができる。しかし、後処理では乗り越えられない「ものが見やすさ」を制限する要因がある。それは、S/N比である。信号(Signal)には、必ずノイズ

(Noise)が乗る。もし像にコントラストがあったとしても、ノイズの値がコントラストの差異とほぼ等しい、もしくは更に大きいときは、像はノイズに埋もれてしまい識別は困難となる。コントラストを生む信号強度の差異、がノイズに埋もれていないこと。これが「ものが見やすい」条件である。

定量化指標として使用されるS/N比は、イメージスキャナにおいては、階調性と呼ばれている。例えば、イメージセンサの定格出力が1V、ノイズ成分が1mVとした時、このセンサのS/N比は、1000:1。1000階調となる。きれいな画像、解析に耐え得る画像とは、すなわちS/N比が高いこと、十分な階調性を有することが重要である。また、ノイズ(Noise)の絶対値は、測定した信号(Signal)の値が、有為であるか、有為でないかの判断基準となる。すなわちノイズ(Noise)の値は、信号(Signal)の値の信頼精度(誤差)を決める。例えば、2人の体重を比べるのに使用する体重計の最小目盛が1kgの時、500グラム程度の違いの議論は無意味である。

以上をまとめると、ものをくっきりと見分けるためには、1)コントラストがあること。2)コントラストがノイズに埋もれていないこと。の2点が重要である。

## 4 . ものを見る手法とものを無視する手法

いよいよこれで私たちは、ものが見える条件、ものが見やすい条件を手にした。では、実際に応用をして行こう。手法は、次の通りである。

- 1) 見ようとする部分の特性を知る
- 2) 無視したい部分の特性を知る
- 3) 見ようとする部分と無視したい部分を最も分け隔てる特性値を求める。
- 4) 求めた特性値を像の信号として使用する。

## 5 . 赤ペンと黒インキ

例えば今手元に、赤ペンで日付、出典新聞名、アンダーランなどの書き込みをしてしまった新聞記事が有る。図1 - a ) これら、赤ペンの落書きを消して、記事だけの最初のきれいな状態に戻したい。さあ、どうするか。通常は画像を取り込んだ後、赤ペンの部分だけを丁寧に消して行く。でも、記事と赤ペンが重なってしまった部分はとても大変である。また、背景が単純な白色でなく、図1 - a ) の様に新聞としてのテクスチャーを持つ場合、修正は困難を極める。この問題を解決するため、まず上述した手法から始めよう。

- ・見ようとする部分 = 新聞文字
- ・無視したい部分 = 赤ペン、及び紙。

赤ペンとは、図2に示すとおり次に述べる分光特性を持つ。即ち、400-600nm(青~緑)の分光反射率は殆ど0%に近く、600nmを超えるあたりで反射率は100%に近づく。新聞文字に使用する黒インキは、(図示しないが)全ての可視光領域において、分光反射率は0%に近い。媒体となる紙は全域で反射率が高い(~100%)。よって、「赤ペンを消す=媒体となる紙に対するコントラストを無くす」ためには、600nmを超える領域の光で取り込みを行えば良い。その結果、黒インキに対して高いコントラストを維持できると同時に、赤インキは媒体となる紙とのコントラストを無くし、埋没する。このことをドロップアウト(drop out color)と呼び、消えた色の事をドロップアウトカラーと呼ぶ。

図1 - b ) は、赤色をドロップアウトカラーに設定した画像である。赤いペンで書いた情報のみが奇麗に消えているしていることがお分かりになるだろう。

ちなみに現在流通しているカラーイメージスキャナによって、赤色をドロップアウトする具体的な方法は次の通りである。

- (1) 24ビットフルカラーで取り込む。
- (2) 画像処理アプリケーションソフト(Adobe Photoshopなど)により、「赤チャンネル」のみの画像を取り出す。(COPYする)
- (3) 白黒データとして保存しなおす。(PASTEする)

## 6 . 黒ボールペンと黒インキ

それでは、次に赤いペンではなくて、黒ボールペンの場合はどうだろうか。これも、赤ペンの時と同様に手法に沿って考察する。



図1 - a ) 赤ペンで書き込みをした新聞記事を通常のイメージスキャナで取り込んだ例。日本経済新聞2000-10-17 より。



図1 - b ) 赤ペンで書き込みをした新聞記事を赤色をドロップアウトカラーにして取り込んだ例。日本経済新聞2000-10-17 より。

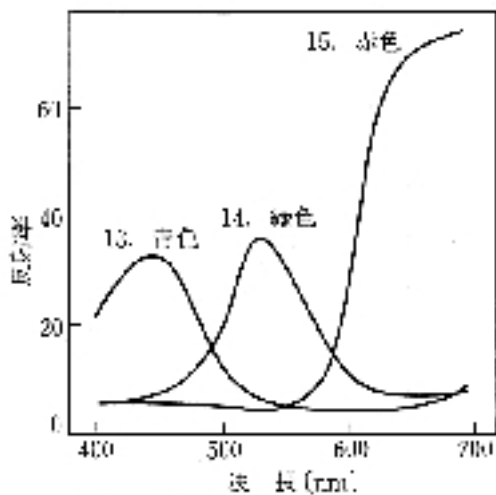
- ・見ようとする部分 = 新聞文字
- ・無視したい部分 = 黒ボールペン、紙

黒ボールペンの分光反射率特性を図3に示す。これを見ると近赤外線領域( $>780\text{nm}$ )において反射率は100%に近づくことが解る。つまり黒ボールペンの色は、近赤外線領域にて「ドロップアウトカラー」となる。

黒ボールペンにて書き込みした書籍を通常のイメージスキャナで取り込んだ画像を図4 - a)に示す。また、同じ書籍を赤外線イメージスキャナで取り込んだ画像を、図4 - b)に示す。黒ボールペンで書き込みしたサイドラインが見事に消えていることが解るだろう。

## 7. 染料と墨

カラー液晶表示装置などの色フィルターにも使われる染料の分光特性を図5に示す。これを見てお分かりのように、近赤外線領域において、染料はその透過率は100%に近い。つまり、無色透明である。すなわち、紙や布の地(反射率~100%)に対して、染料は、コントラストが無くなる。



大野：色印工の基礎(1987)pp-170  
図2 赤色の分光反射率特性

図7を見て頂きたい。上が通常の銀塩式カメラを使って4枚の位牌を撮影した画像(a)、下は同じ位牌を赤外線イメージスキャナを使って取り込んだ画像(b)である。上の画像にて文字が隠れる原因は、まだ未解明であるが、位牌が線香により燻されたために、黒ずんだものと推測している。植物性の燻製であれば、可視光では光を吸収するものの、赤外光では透過するものと推測される。墨は可視光においても、近赤外線においても一様に光を吸収する。そのため、近赤外線においては、燻製を透けて、奥の墨によるコントラストが現れていると考えられる。

## 8. 赤外線イメージスキャナ

さてここで、実際の赤外線いめーじすきゃなの開発、設計について説明する。従来のイメージスキャナをベースに、近赤外線を発する光源を内蔵する。センサは既存のセンサを流用する。一般的なCCDリニアイメージセンサの分光感度を図6に示す。肉眼の分光感度域は、380~780nmと考えられているから、780nm~1100nmの「赤外線」領域の光は、イメージスキャナとしては不要光となる。通常はこの領域の光は、色再現性劣化やコントラスト低下を惹き起こすため、センサにたどりつかないように分光

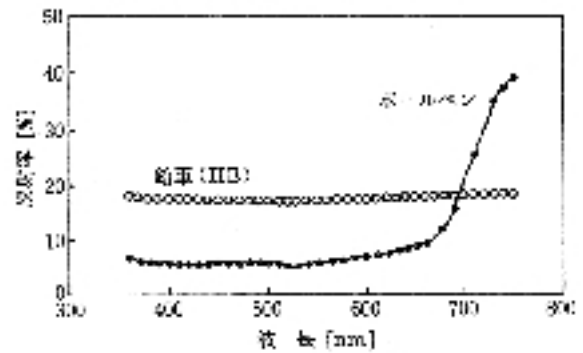


図3 黒ボールペンと鉛筆の分光反射率特性

学的に遮断する。今回、イメージスキャナを構成する光学要素部品において、近赤外線(中心波長：=850nm)を発するLEDを利用し、センサの近赤外線感度領域を使うことで、赤外線イメージスキャナを構成することに成功した。

## 9. イメージスキャナ型の長所

従来から有るカメラ型の画像入力装置に対するイメージスキャナ型の長所をまとめると次の5点に集約される。

- 1) テカリを排した光源を内蔵した接写専用暗箱である。照明装置のレイアウトを気にする必要が無い。
- 2) A4サイズのデジタイザである。定規など、モノサシと一緒に映し込む必要がない。寸法校正用の解像度情報が画像ファイル保存時に自動的に組み込まれる。
- 3) A4サイズの反射率測定器である。グレースケールを映し込む必要がない。所定の条件で取り込みを行うと、反射率に相当する値に換算可能。
- 4) 画素数が圧倒的に多い。A4サイズにて3千6百万画素以上。
- 5) デジタル画像入力装置である。USBインターフェースを備え、パーソナルコンピュータと整合す

図4は通常の書籍でもあり、すべての文字が鮮明に写し出されている。その一方で、異なったタイプの紙やインクの色が写り込んでしまっている。これは、通常の書籍の撮影時に、紙の色やインクの色が写り込んでしまっている。これは、通常の書籍の撮影時に、紙の色やインクの色が写り込んでしまっている。これは、通常の書籍の撮影時に、紙の色やインクの色が写り込んでしまっている。

a) b)

図4 黒ボールペンにて書き込みした書籍を通常のイメージスキャナで取り込んだ画像(a)、赤外線イメージスキャナで取り込んだ画像(b)

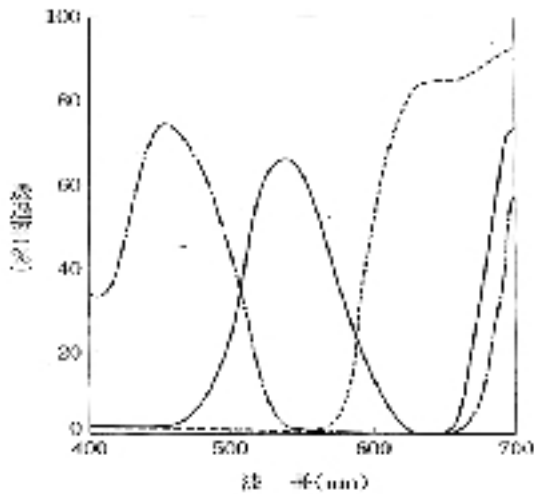


図5 液晶カラーフィルタ(染料系)の分光特性

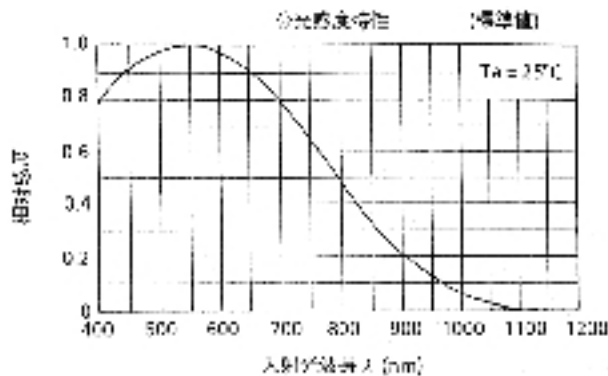


図6 CCDリニアイメージセンサの分光感度

る。保存した画像ファイルはそのまま、Webサイトへ掲載、サーバーへデータ保存、CD-ROMメディア等に複製し、安全に保存管理できる。

## 10. イメージスキャナ型の短所

### a) リアルタイム性が無い

スキャニング時間がかかるため、どうしてもリアルタイム(実時間)での解析的な使い方には向かない。しかし実際に解析作業を行う時には、注目に値するものが見えた時に、そのものをよりくっきりと見るために、カメラ型であってもコントラスト、倍率などを調整するのが常である。使用するパーソナルコンピュータの処理能力やメモリ、ハードディスクを初めとするストレージの大容量化、高速化により、現在デジタル画像にさえなっていれば、自在に画像処理を行うことで対象とする「注目に値するもの」のコントラストを上げることができる。倍率は、事前にイメージスキャナの最大解像度でスキャンを行っておき、デジタル画像を保存し、後から任意に表示倍率を変えながら観察・解析する、という新しい作業方法が成立する。つまり、従来であれば研究者が1人で、装置を独占して行う作業に対して、次のような新しい作業方法(work flow)を提案できる。

- ・従来の方法：研究者が装置を操作。操作する時間と解析する時間は渾然一体。
- ・新しい方法：支援スタッフが装置を操作。最大解像度にて、資料をスキャン。保存。研究者は、必要に応じて、デジタル画像を解析。解析資料のある場所に、解析を行う人物が物理的に移動しなくても、解析による知見を得ることができる。即ち、新しい作業方法は、資料の遠隔解析を可能にする。これは、通信回線の大容量化により、遠隔医療技術が発達する根拠と全く同じメリットを生むはずである。

### b) 被写体の大きさに制限がある

カメラ型の場合、被写体までの距離や、レンズの交換、ズーム変更などにより、どんな被写体サイズにも対応できる。その点、イメージスキャナは、原稿台の大きさに最大サイズが制限される(例えば、A4サイズ)。ただし、複数回に分けて、分割取り込

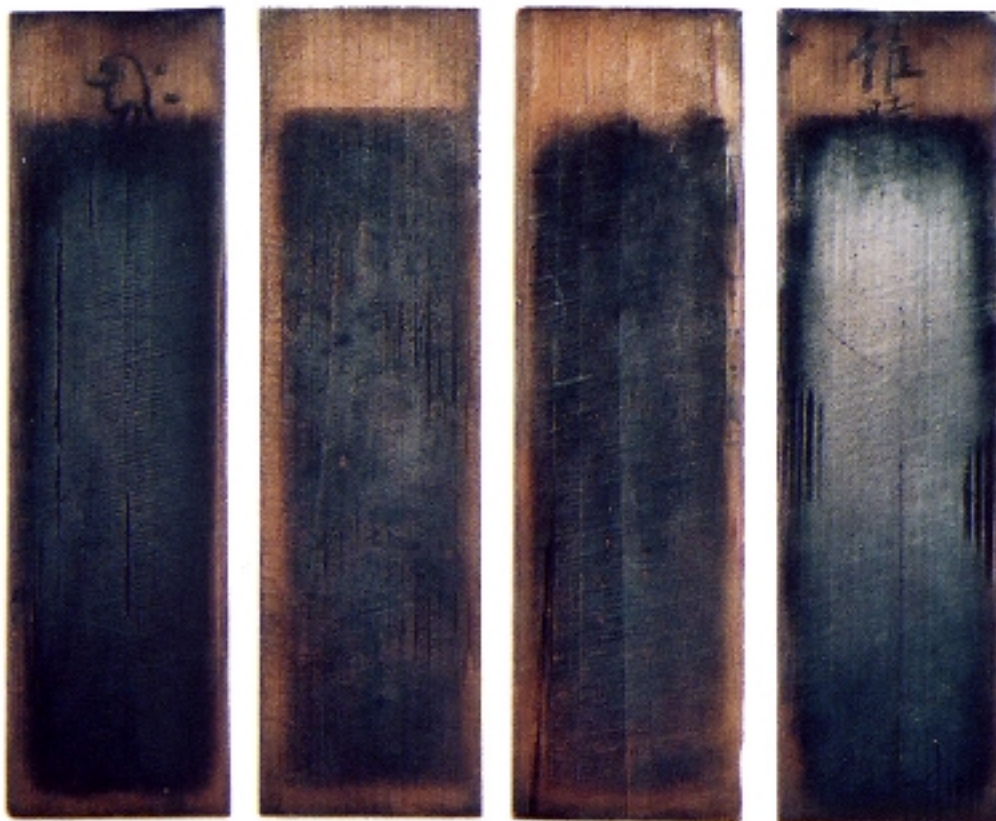


図7 - a ) 通常の銀塩式カメラを使って撮影した位牌の画像

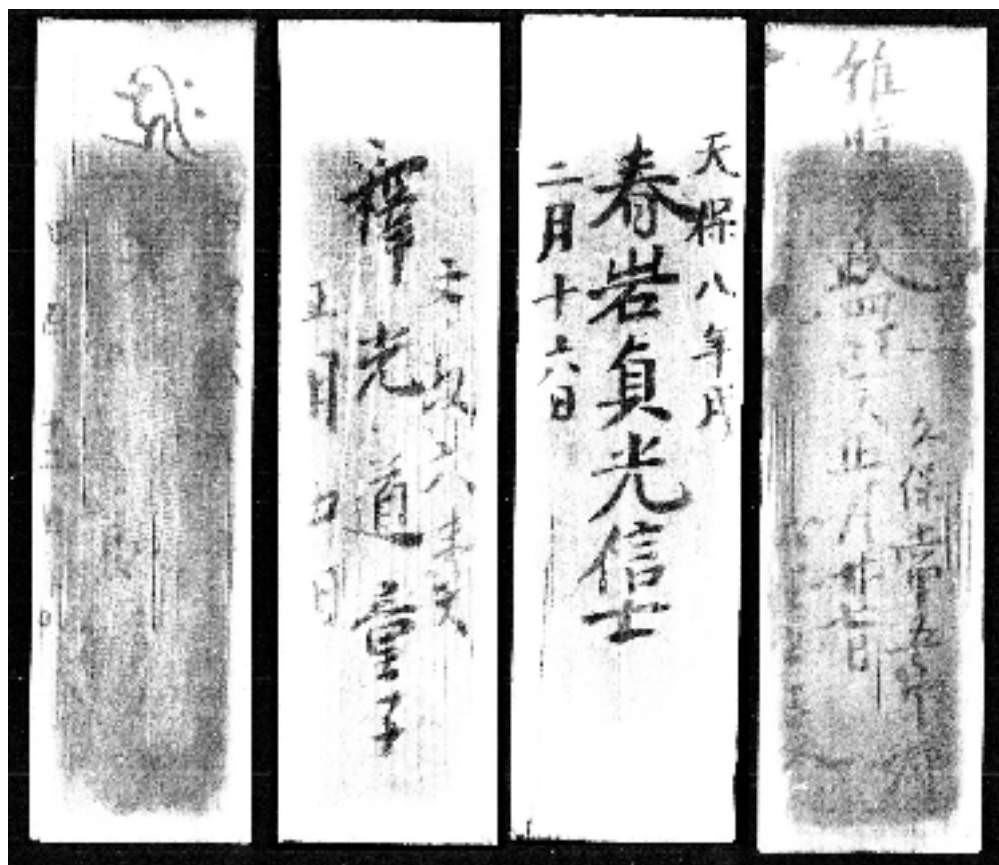


図7 - b ) 赤外線イメージスキャナを用いて取り込みを行った位牌の画像



## 一ノ瀬：O plus E,vo.22,No.12,pp1563-1567(1999)

みを行い、後で、画像を繋ぎ合わせる(スティッチング)ことで、最大寸法を超える被写体をスキャンすることも可能である。実際、分割取り込みをする時には、同じことをカメラ型で行うよりも、イメージスキャナの方が、明らかに長所がある。イメージスキャナ型は「デジタイザ」であるため、画像歪みが非常に少ない。このため周辺部分を繋ぎ合わせる時、その寸法整合性が良い。更にイメージスキャナ型は、「反射率測定器」であるため、原稿の反射率を忠実に反映する。このため周辺部分を繋ぎ合わせる時、濃淡の整合性が良い。繋ぎ合わせたときに濃度段差が出にくい。

以上の理由から、分割取り込みをした画像を繋ぎ合わせる(スティッチング)作業が非常に楽である。

## 11.さいごに

今後も引き続き、イメージスキャナを核としたハードウェアの開発を行いたいと考えている。赤外線イメージスキャナは、赤外線を照射しその反射光を(赤外線)センサにて像を得た。他に、紫外線イメージスキャナや、蛍光イメージスキャナ、さらには、マルチスペクトルイメージスキャナ等も考えられ、言わば机上のリモートセンシングマシンとして、発展させたいと願っている。

また、用途に応じた計測や、解析を中心とする安価なソフトウェア群を提供していきたいと考えている。本稿をご覧になり、新しい用途や提案があれば、ぜひ著者までコンタクトを願いたい。

今回、貴重な位牌の画像を提供して頂いた広島県の甲山町教育委員会の林光輝様、広島県甲山町の坂本弘様、新市町歴史民族資料館の尾多賀晴悟様、ならびに(株)埋蔵文化財サポートシステムの武広正純氏、有限会社ダットの小川紋弘氏に感謝します。また、赤外線イメージスキャナの開発と用途に貴重なアドバイスを頂いた財団法人京都市埋蔵文化財研究所の宮原健吾氏に心から感謝致します。

## 引用文献

- 1) 大田：色彩工学の基礎 ,p-130(1997)
- 2) 東京大学出版会：色彩科学ハンドブック ,p-766 (1998)
- 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 ,p-329(1993)
- 4) 一ノ瀬、宮原：赤外線イメージスキャナの開発 , 画像ラボ ,vo.11,no.5,pp7-12(1999)

## 【著者紹介】

一ノ瀬 修一

(1959年生・埼玉県出身)

アイメジャー有限公司 代表取締役

〒399-0023 長野県松本市内田 2941-4

TEL:0263-85-0051

FAX:0263-85-0052

E-Mail:info@imeasure.co.jp

URL: <http://www.imeasure.co.jp/>

## <主なる業務歴および資格>

1985年、筑波大学理工学研究科物質工学修士課程了。

同年、エプソン株式会社へ入社。

1986、カラーイメージスキャナの設計、要素開発に従事。

1999年、セイコーエプソン株式会社退社。

同年、アイメジャー有限公司を設立。