

写真資料のデジタル化について (1)

宮原 健吾

1. はじめに

写真は埋蔵文化財調査の記録保存のために欠かせない記録方法であり、その記録は恒久的に保存されることが要求されている。しかし現実には不注意による事故や、フィルムの化学変化から起こる変退色・劣化から記録を守ることは不可能である。こうした問題を解決する方法の1つに、フィルムに記録されている情報を高精度にエンコーディング（符号化）して、CD-ROMなどの適当なメディア（媒体）に保存することが考えられる。さらに、そうして保存された写真が数多く蓄積されればデータベースとして活用範囲が広がるとともに、デジタル化された写真は数学的に扱うことが容易なので、画像に適切な処理を施して、従来のアナログ的手法では到底考え付かなかったような情報をフィルムから取り出すことも可能になる。ここでは、そのような大きな可能性を持つ「写真資料のデジタル化」について考察をしていきたい。

2. 写真資料のデジタル化とは？

ここで言う「写真資料のデジタル化」とは、「写真資料の保存を目的として、現像済みのフィルムをスキャナーで赤(Red)・緑(Green)・青(Blue)の3版(RGB)に分解し、MO（光磁気ディスク）やCD-ROMなどのメディアに記号（デジタル画像）として記録すること」である。したがって、通常のフィルムを用いないデジタルカメラによる画像の取得などは対象にしない。また、「フィルム」は特に断らない限り、カラーフィルム（ネガ・ポジ）の事であり、対象とする写真はあくまでも、「埋蔵文化財調査の記録保存のために発掘調査現場で撮影される記録写真」のことである。

3. なぜ写真資料をデジタル化する必要があるのか？

撮影後のフィルムの現像処理は「ハロゲン化銀の還元作用」という化学変化を利用しているため、フィルムの色素安定性は撮影・現像された時点より、温度、相対湿度、光の照射などによって影響を受ける。それらは一般に暗退色性と光退色性に区別される。光退色性の問題については、フィルムをスライドプロジェクターなどの光源や紫外線を含んだ太陽光にさらさなければある程度防げるが、暗退色性の場合には、時間が経過するだけで変退色（化学変化）は進行する。これは「ハロゲン化銀を用いた写真乳剤技術」に画像を記録している以上、避けられないことである。しかし、フィルムに記録されている画像をスキャナーなどを使って電気的な信号に変換し、さらに、エンコーディングして、MOやCD-ROMなどのメディアに記録保存すれば、「画像の変退色」という問題からは半永久的に解放される。

写真資料のデジタル化について

また、最近のデジタル補正技術の発達に伴って、フィルムに写っている画像に対して、フィルムの特性情報（特性曲線、感度特性、発色特性）や撮影情報（撮影機材、光源、絞り、シャッター速度、撮影距離）などに基づいて画像を補正し、本来の被写体の姿を忠実に再現したり、画像処理技術を用いフィルムに内包されている様々な情報を可視化し、容易に「写真判読」することも可能になってきている。

4. デジタル画像の特長について

デジタル化された画像には以下のような特長がある。

1. 保存性が良い。

デジタル化された画像は経年変化がないので、半永久的保存が可能である。

2. 複製による資料の劣化がない。

最初のデータ精度が永久に維持できる。

3. 機械可読である。

大量のデータを機械で一括処理・管理できる。

4. 資料の利用が容易。

デジタル化することによって、検索や画像処理、ネットワークを使つての転送が可能になる。

5. 収納や運搬が容易である。

分散して保管することが容易なので、災害などに対して危険を分散できる。

5. どのようにして写真資料をデジタル化するのか？

豊富な情報量をもつ写真（フィルム）をデジタル化する際、その品質は高度な要求に応える「デジタル写真原版」としての精度を持つことが要求される。それと同時に、大量の画像をデジタル化する必要もあるので、「生産性が高く、コストが低い」ことも要求される。また、将来にわたり入力されたデータが陳腐化しないようなメディアとデータフォーマットを採用していることも重要なポイントである。

現時点でそれらの要求を満たしている方法の1つとして、コダック社のPhoto-CDによる写真資料のデジタル化がある。

6. Photo-CDについて

Photo-CDは、一般家庭で写真をテレビ画面上で再現する為にコダック社とフィリップス社が共同で開発した新しい写真システムであり、銀塩写真の高画質とデジタル画像処理システムの簡便さを融合させたものである。Photo-CDの詳しい解説は他にゆずるとして、Photo-CDが非常にユニークなのは、画像をエンコーディングする方式として、「Photo-YCC」と呼ばれるフォーマットを採用していることと、より忠実度の高い画像を得るために、「シーンバランス・アルゴリズム」が導入されていることである。通常、画像を記号化する方式としてよく使われるのは、

「RGB」方式である。この方式では本来画像の持っている「色情報」を単にRGBのフィルターで3版分解された「濃度情報」に変換するだけである。RGBの濃度特性はスキャナーやカラープリンター、印刷機などの各入出力機器によってまちまち (Device Depend) なので、相互に情報を変換するのが非常に困難である。これに比べ、「Photo-YCC」の場合は、精密に調整された入力機器 (スキャナー) からのRGBデータをCCIR勧告601-1に準拠した標準的な色空間に投影するために、入出力機器に依存しない形式 (Device Independent) での色情報の保存が可能になっている。また、個々のフィルムや光源の特性を補正し、画像本来の姿を再現するために導入されている「シーンバランス・アルゴリズム」により、メーカーや種類の違うフィルムで撮影された画像を同一レベルで比較することが可能となっている。

7. Device Independentの重要性

スキャナーで入力された画像を、コンピュータの画面、ビデオ装置、印刷機などの異なった媒体で出力する際に一番困るのは、それぞれの出力媒体がすべて異なった色再現領域 (特性) と解像度を持つことである。つまり、それぞれの媒体で最適な再現をするには、入力の際に出力媒体の特性を考慮する必要がある。また、同じ画像を異なった機器及び媒体で出力するには、出力機器・媒体それぞれについて別個に画像を入力する必要がある。つまり、Aという印刷会社が使っている印刷システム (印刷機、インキ、印刷用紙など) に最適化して入力された画像を、Bという会社の異なった印刷システムに持って行っても最適な状態では使えないし、通常のNTSCのビデオ出力用に最適化された画像では、高精細印刷に使えないわけである。これは画像入力のコスト、あるいは、入力された画像データの将来性についてはなはだ不都合なことである。しかし、Photo-CDで使われているようなDevice Independentな色空間に投影された画像データなら、入出力機器及び媒体についての特性データをカラーlookupアップテーブルとして用意するだけで、様々な異なる出力プラットフォームに対応できる。さらに、将来新しい出力媒体が開発されても対応が可能で、過去に入力された画像データは無駄にはならない。ただし、画像データを正確にDevice Independentな色空間に投影するには、以下の条件が満たされていなければならない。

- ・ 入出力機器のカラーキャリブレーションが正確に調整されていること。
- ・ 入力対象となるフィルムの特性情報が分かっていること。
- ・ 撮影時に適正に露光されていること。
- ・ フィルムがメーカーの指定通り正確に現像されていること。

8. デジタル化の品質

写真をデジタル化する際、最終画像の品質に最も影響するのは、「オリジナルフィルムの画質」である。フィルムの現像処理がフィルムメーカーの指定通りの品質管理の元で正確に行われていることは当然だが、撮影者が撮影時にフィルムに対して適正な露光を与えていることも非常に重要である。

特に、撮影環境と使用目的に最適な特性を持つフィルムを使うことは、撮影条件が悪くかつ再撮影ができないことの多い埋蔵文化財調査の記録写真では非常に重要なことである。

9. どんなフィルムが記録写真に適しているのか？

画像情報を保存するフィルムを大別すると、被写体の色を補色（陰画）で表現するネガフィルムとそのま（陽画）に表現するポジ（リバーサル）フィルムの2種類に分類できる。以下に簡単に特徴をあげてみる。

ネガフィルム

- ・ラチチュード（許容範囲）が広い。
- ・コントラストが低い（軟調）。
- ・色の再現は最終出力時（プリント）に行う。
- ・主にカラープリント用として使われる。

ポジフィルム

- ・ラチチュードが狭い。
- ・コントラストが高い（硬調）。
- ・色の再現性は撮影時に依存する。
- ・主にスライド映写・印刷用として使われる。

両者の主な特性の違いは画像の最終出力形態からくるものである。ネガフィルムは最終的にプリント時に画像を完成させるので、その際に色補正がしやすいようにラチチュードを広く、コントラストを低く設定してある。これに対してポジフィルムは、それ自身がスライド上映や印刷原稿などの最終画像として使用されることが多く、フィルムに十分な調子再現特性を持たせるために階調特性を高コントラストに設定してあり、結果としてラチチュードが非常に狭くなっている。一般にネガフィルムのラチチュードは、 -2EV (Exposure Value) $\sim +3\text{EV}$ 、ポジフィルムは、 $-1\text{EV} \sim +0.5\text{EV}$ とされている。つまり、ネガフィルムの方が露出不備による撮影の失敗は圧倒的に少ないわけである。ちなみに、シャッタースピードと絞りの組み合わせがたった1つしかない「レンズ付きフィルム」でも「それなりの写真」が写せるのは、ネガフィルムの広大なラチチュードを利用しているからである。また、ネガフィルムはポジフィルムと比べて光源の色温度に対するラチチュードも広いので、LB (Light Balancing) フィルター、CC (Color Compensating) フィルターなどの知識が無くとも通常の撮影ができる。こうしたことから、ラチチュードの広いネガフィルムは、次のような環境で撮影されることの多い埋蔵文化財調査の記録写真には適していると言える。

- ・被写体の明暗部の輝度比（コントラスト）が高くなる屋外撮影が多い。
- ・高度な撮影技術を持たない者が逆光、悪天候などの悪条件の元で撮影することが多い。
- ・撮影時に深い被写界深度が要求される。

・被写体の再撮影が不可能な場合が多い。

同時にデジタル化の側面からネガフィルムの特性を見てみると、ラチチュードの広いネガフィルムは記録されている光量域がポジフィルムより広く、かつ、コントラストが低いのでデジタル化（スキャナー入力）の際に、結果としてより多くの情報を取り込める。また、最近の印刷技術及び画像処理技術の発達はめざましく、非線形なフィルム特性を考慮した補正技術を用いることにより、画質を損なうことなく陰画（ネガ）から陽画（ポジ）への反転が可能になっている。これらのことから、「ネガフィルムはデジタル時代に真価を発揮するフィルム」という言い方もできる。

一般に「ネガフィルム＝アマチュア／画質が低い」という迷信があるようだが、現在、ネガフィルムはプロフェッショナルの世界でも幅広く使われており、特に新聞写真などの報道写真や事故現場における証拠写真には、ほぼ100パーセント、ネガフィルムが使われている。つまり、以前は画像の最終出力形態やその当時の印刷技術に左右されて使用するフィルムを選んでいただけだが、これからは被写体の種類、撮影環境、画像の最終用途を念頭に置いて使用するフィルムを選ぶべきであろう。

10. フィルムのテストについて

ネガフィルムとポジフィルムを同一条件でデジタル化して特性を比較してみた。使用した試料はコダック社より発売されているグレースケール「Q-13」で、光源の色温度及び透過光の測定には（株）ミノルタの色彩色差計「CS-100」を使用した。計測に使用した光源は（株）堀内カラーより発売されている「イルミックスI型」で、色彩色差計を用いて光源の色温度を計測した結果、4852Kだった。また、このテストで使用したフィルムは以下のとおりである。

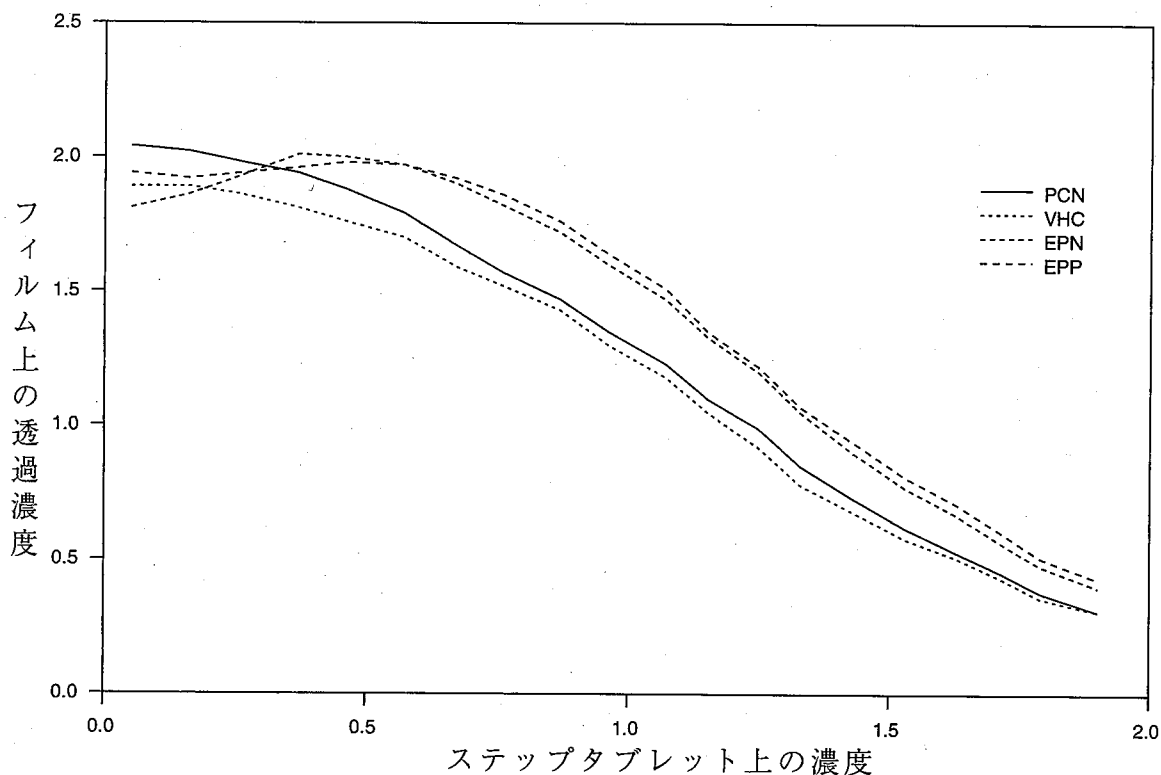
1. PCN Gold Professional Film(PCG)
2. Vericolor HC Professional Film(VHC)
3. Ektachrome100 Professional Film(EPN)
4. Ektachrome100 Plus Professional Film(EPP)

ちなみに1、2がネガフィルム、3、4がポジフィルムである。

全ての試料は光源に同一ストロボを用い適正露出で「Q-13」を撮影後、コダック社指定の現像処理（1と2はC-41、3と4はE-6）を施した後、同社の「PIW4200 System」を用いPro Photo-CDの64Baseでデジタル化され、最終的に同社の「Premier Image Enhancement System」により8x10のポジフィルムに出力されたものをステップタブレットとして使用した。

測定方法はまず、色彩色差計を三脚で固定し、光源上に何も置かずに色温度とCIE 1931 XYZ表色系(JIS Z 8701)における輝度(Y)を測定し、Yを透過率100%として初期化し、測定を始めた。試料の測定法は単純で、光源上にポジフィルムを置き、透過光を色彩色差計で計測するだけである。したがって、計測値は全て透過率で表現されることになる。1つの試料の測定が終わるともう一度色温度と輝度を計測し、初期値と相違無いことを確認して次の試料の測定に移り、全

図1 各フィルムの特性曲線



ての試料を測定後、透過率 (T) を次式により透過濃度 (Dt) に変換した。

$$\text{透過濃度 (Dt)} \quad Dt = \log(1/T)$$

なお試料で使用了コダック社のグレースケール「Q-13」はマクベス社の濃度計「TR-924」で反射濃度を計測し、その結果得られた計測データを横軸に使用した。

図1が一連の計測によって求められたそれぞれのフィルムの特性曲線である。2つのネガフィルムの方がポジフィルムと比較して、直線部分が広いのとシャドウ部において安定した調子再現ができているのが分かる。

11. これからの記録写真に必要なこと

大切なことは、我々が埋蔵文化財調査の記録写真に対して何を求めるかである。単に一時的なメモの代わりや、印刷原稿が良いと考えるのなら現在のままの記録方法でもよいが、写真を恒久的な記録として保存・蓄積したり、属性情報を用い画像を検索して複数の画像を比較検討したり、画像を拡大して画像処理を施し、細部を観察・研究しようとするのなら写真資料のデジタル化は必至である。そのためにもフィルムの中にある様々な情報をデジタル化し、それを取り出し「写真判読」を容易にするための記録装置 (カメラ、感材) と記録方法 (撮影方法) の研究・開発の進展が期待される。それには、

- ・グレースケールやカラーチャートを評価基準試料として被写体と一緒に写し込む。
- ・被写体の大きさが分かるスケールを被写体と一緒に写し込む。
- ・撮影情報・環境を正確に記録する。

- ・フィルムの平面性を現在よりも高くする。
- ・信頼できるラボによる正確な現像処理。
- ・撮影対象物に最適な撮影機材の選択。

などが考えられる。

記録写真としては至極当然のことだが、撮影者は写真に芸術性を持たせようとして記録の忠実さを損なわないようにしなければならない。対象物を引き立てようとして過度な表現方法を探り、余分な脚色を付け加えるのは極力慎むべきであろう。なぜなら、記録写真では客観的かつシンプルな事実の記録こそが資料的価値を持つからである。また、情報管理の観点から見て、最低限の属性情報（撮影者、撮影日時、撮影場所、撮影情報、対象物の内容など）が欠けている写真はどんなに「よく撮れている写真」であっても、資料的には「無価値」として評価すべきであろう。

最近GPS（汎地球測位システム[Global Positioning System]）機能を搭載したカメラも開発された。まだ一般に普及しているわけではないが、このようなカメラで撮影した画像には撮影者、撮影日時、経緯度、標高、カメラの方向などの属性情報が画像と同時に記録される。そうなれば記録写真としての資料的価値は飛躍的に向上することだろう。

12. おわりに

これから業務として写真に係わる者は、今までのように「写真を写す」ということから、写真を用いて対象物の形状や色調・色彩を計測・記録・管理し、その情報を最終的に印刷などの様々な媒体に忠実に再現するために必要な総合的能力(Total Image Management)を持つことが非常に重要になってくると思われる。また、同時に今まで非常に主観的・経験的に表現されていた画像情報（色調、色彩、形状など）をできるだけ一般化し、定量的に評価する仕組みを作ることが今後ますます必要になってくるのではないだろうか。

この原稿を書くに当たって、同僚の村井伸也氏、(財)大阪市文化財協会 高井健司氏、(株)日本コダック 大上富浩氏、岡松英二氏、(株)ミノルタカメラ 小笠原努氏、(株)堀内カラー 川瀬敏雄氏、奥村泰之氏、(株)イメージソリューションズ 中川博之氏にお世話になりました。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 日本コダック「写真大百科辞典」 講談社 1981年。
- (2) 伊東 晋「画像情報処理の基礎」 東京理科大学出版会 1986年。
- (3) 日本コダック「A Planning Guide for Developers」 Eastman Kodak 1991年。
- (4) 上野千鶴子他「写真用語事典」 日本カメラ社 1991年。
- (5) 田中益男「写真の科学」 共立出版 1992年。
- (6) マイケル・キーラン「プロのためのカラーDTP」 HTC 1993年。
- (7) 日本コダック「フォトCDオフィシャルガイドブック」 BNN 1995年。
- (8) 高井健司「Photo-CDの利用と実際」 埋文写真研究Vol.6 1995年。

研究紀要 第2号

発行日 1996年2月29日

編集発行 財団法人 京都市埋蔵文化財研究所

住所 〒602 京都市上京区今出川大宮東入
元伊佐町 TEL (075) 415 - 0521

印刷 日本写真印刷株式会社

