2 デジタルシネマを支える技術

2-1 上映プリントフィルムのエミュレーション

石井 亜土[†]

キーワード

カラーマネジメント, ソースマスタ, デジタルインタメディアイト, プリンティング濃度

1. ま え が き

劇映画の特殊視覚効果の方法論として1990年代半ばから普及したデジタル合成技術は、高性能なフィルムスキャナとフィルムレコーダに支えられてきた。近年では作品全編をフィルムスキャナでデジタル化するものも現われている。こうした高性能スキャナで取り込まれたデータはデジタルインタメディアイトと呼ばれ、ソースマスタとして、フィルム、デジタルプロジェクション、HD放映、DVDなどの様々な媒体への変換が可能である。ただしフィルムの色再現の仕組みは複雑であり、この変換にはカラーマネジメント技術が不可欠となる。

筆者らは、カラーマネジメント技術により、CRTモニタ上の色と階調を上映プリントフィルム上に、また、上映プリントフィルムの色と階調をデジタルプロジェクタ上に忠実に再現することに成功した。

2. 映画制作過程の変化と色再現の問題

撮影された35mmカメラネガの画像情報を不足なくデジタル化するには、水平方向に4,000画素程度の解像度と正確な濃度再現性をもったフィルムスキャナが必要であり、そのデータをフィルムに戻すには同様に高い解像度と正確な濃度再現性をもったフィルムレコーダが必要となる。1990年代半ば以降、コンピュータの画像処理・生成能力が飛躍的に向上したことも後押しとなり、フィルムをデジタル化したデータに、コンピュータで効果や合成処理を加えて再びフィルムに戻すということが映画制作の現場では一般的になっている。その過程で常に問題とされていたのが、デジタルデータをCRTモニタで表示できても、最終の画像は上映プリントフィルムを作ってみないとわからないということであった。制作者がコンピュータを使って作ったCRT上の好みの色も、それを上映フィルム上に再現するには、フィルムレコーダへの入力データを少しずつ補正するテストを繰り返す以外に手はなく、非常に長い時間を費やしていた。

[†]株式会社IMAGICA エンジニアリング・ソリューション部
 "Technologies for Digital Cinema : Emulation System for Theatrical Release Print" by Ado Ishii (Imagica Corp., Tokyo)

また、近年では従来の製品に比べ、より高いコントラスト比、より広い色再現範囲をもつSXGAクラスのデジタルプロジェクタが劇場に設置されるようになったが、色再現範囲が広がったことは歓迎される反面、プリントフィルムやCRTモニタの色再現域に含まれない色域も多いため、従来の色補正システムでは色補正に大変な手間と時間がかかることとなっている。

3. カラーマネジメントシステムの構築

筆者らは映画制作の方法を二つに大別してカラーマネジメントシステム (CMS) を構築してきた。一つはCRTモニタ上の画像をリファレンスとして上映プリントフィルムを作成するシステムである (図1)。CRTモニタの再現色と、フィルムレコーダの出力したネガフィルムを一定の方法で焼き付けて作ったプリントフィルムの再現色を実際に測定することでプロファイルを作成し、双方の色再現域を最適に接続するように3次元ルックアップテーブル (3-D LUT) を作成した。この場合、CRTモニタとプリントフィルムの色再現に違いがあり、プリントフィルムで再現できない色の再現法が問題となる。

筆者らは、色再現域外の色を再現域内部へマッピングするアルゴリズム (GMA) を検討した上で、当社現像所内で上映プリントフィルムの色管理を行うカラータイマーと呼ばれる担当者による評価実験を実施して、3-D LUTの最適化を図った。さらにシステムを運用するにあたって、フィルムレコーダの調整、ネガ現像、ネガ焼き付け、ポジ現像、

図1 カラーマネジメント技術の適用例 - 1 -

フィルムプロジェクタという各工程で厳密な管理を行って再現性を確保した。このシステムは現在、デジタルデータで作成された劇アニメーション映画のフィルムレコーディングに適用されている¹⁾。

もう一つのシステムは、ネガフィルムのもっている色情報をリファレンスとして、上映プリントフィルムやデジタルプロジェクション用データを作るシステムである(図2)。このシステムの媒体になるのがプリンティング濃度²⁾というネガ濃度に準じた、10ビット対数RGBのコード体系である。特殊視覚効果のプロダクション工程で普及したこのコード体系は、1990年代初めに登場したイーストマンコダック社のフィルム入出力システム³⁾にちなみ、シネオンファイルと呼ばれている。プリンティング濃度とは、プリントフィルムから見たネガフィルムの濃度で、光学焼き付け機の光源とその帯域透過フィルタの分光特性、その光が透過するネガフィルムの分光透過特性、そしてポジフィルムの分光感度特性で決まる。原理的にはネガフィルムをスキャンして得たプリンティング濃度が再びネガフィルムに復元されれば、オリジナルのネガと等価なネガフィルムが得られる。

筆者らは、プリンティング濃度と上映プリントフィルムの色再現の関係を、フィルムレコーダの出力ネガを使って解析しプロファイルを作成した。一方で、デジタルプロジェクタの色再現に関しても測定を行ってプロファイルを作成し、二つのプロファイルからGMAを検討した上で3-D LUTを作成した。このCMSは、NTT未来ねっと研究所の800万画素(3,840×2,048画素)超高精細デジタルシネマ用プロジェクタのマスタデータ作成に適用された⁴⁾。さらに、このCMSはフィルムレコーディングの結果をエミュレーションすることを可能にするため、映画制作技術への応用が期待される。

4. デジタルインタメディアイト

光学焼き付け機を使った映画の伝統的な視覚効果や、配給用焼き増し原版の用途に中間(インタメディアイト)フィルムと呼ばれるフィルムが使われているが、この役割を果たすデジタルデータはデジタルインタメディアイトと呼ばれる。先に述べたように、ネガフィルムをプリンティング濃度に準じて10ビット深度以上でデジタル化した高解像度データは品質をほとんど劣化させないので、フィルムを頂点とした様々な出力媒体に画像変換可能なソースマスタとして利用が可能である。CMSはソースマスタ利用のための必須技術であり、CMSの普及とともにデジタルインタメディアイトをソースマスタとした、ワンソース・マルチユースの工程が一般化すると予想される。

5. む す び

将来普及する、より高解像度な表示デバイスにも対応できるソースマスタを得るために、フィルム撮影は選択されつづけるだろうと筆者は考える。今後の課題としては、デジタルインタメディアイトの基礎となっているプリンティング濃度の定義が挙げられる。実用的な推奨値はSMPTE RP-180として定義されているが、これまでのところこの定義に対する第三者による系統的な評価は公にされていない。そのため実際のプリンティング濃度のエンコードとしては、スキャナやレコーダの各メーカーの基準が慣用的に使われている。筆者らは、使用されているより多くの映画用フィルムの解析を進め、またビット深度を現行の10ビットより深め、さらに高品質なプリンティング濃度利用法を確立したいと考える。

(2002年9月24日受付)

〔文 献〕

- 1) A. Ishii: "Color Space Conversion with 3-D LUT for Laser Film Recorder", in Proc. of the 143rd SMPTE Technical Conf., pp. 166-178 (2001)
- 2) "Spectral Conditions Defining Printing Density in Motion-Picture Negative and Intermediate Films", SMPTE RP 180-1999, Recommended Practice (1999)
- 3) G. Kennel: "Digital Film Scanning and Recording: The Technology and Practice", SMPTE J., 103, pp.174-181 (Mar. 1994)
- 4) 藤井, 中村: "超高精細デジタルシネマとそのネットワーク配信", 映画テレビ技術, 599, pp.33-37 (July 2002)

石井 亜土 1987年、横浜国立大学工学部電気情報工学科卒業。同年、(株)IMAGICAに入社し、HDTVや高解像度フィルムスキャナの画像処理回路の設計に従事。現在、同社にて映画制作用フィルム入出力装置のためのカラーマネジメント技術の研究開発を担当。