



映像データの取り扱いに関する技術セミナーに向けた、  
教材作成並びに講師派遣委託事業  
「映画・映像データの取り扱い、仕組みと実際」

平成 28 年 3 月 26 日

## 【目次】

1. はじめに.....	4
2. 基本概念.....	5
2.1. 保存の観点.....	5
2.2. データの継続保持.....	5
2.3. データの保存期間.....	5
2.4. データ読み出しの可否.....	5
2.5. データ読み出しに必要なもの.....	6
2.6. 共有するための仕組み.....	6
2.7. 保存の実施ならびに保存環境の導入タイミング.....	6
3. 映画・映像データの保存.....	7
3.1. 映像ファイル.....	7
3.1.1. 解像度.....	7
3.1.2. ビットレート.....	10
3.1.3. ビット深度.....	13
3.1.4. 色域.....	16
3.1.5. 色温度.....	18
3.1.6. 階調表現.....	20
3.1.7. デジタルビデオの色空間.....	25
3.1.8. インターレースとプログレッシブ.....	28
3.1.9. フレームレート.....	30
3.1.10. 圧縮と非圧縮.....	33
3.1.11. 記録情報の移行（マイグレーション）.....	34
3.1.12. データの整合性.....	35
3.1.13. 代表的なファイルフォーマットとコーデック.....	36
3.1.14. 代表的なメディア.....	44
3.2. 記録されているデータの読み取り.....	48
3.2.1. フィルム.....	48
3.2.2. ビデオテープ.....	67
3.2.3. ファイルとして保存されているメディア.....	73
3.3. コストと時間.....	76
3.3.1. 容量.....	77
3.3.2. コピー時間.....	77
3.3.3. デコードエンコード時間.....	78
3.3.4. 整合性チェック.....	78

3. 3. 5. QC .....	79
3. 3. 6. 準備 .....	79
3. 3. 7. 汎用性の低さ .....	80
4. ケーススタディ .....	81
4. 1. フィルムからのマイグレーション .....	81
4. 2. ビデオテープからのマイグレーション .....	84
引用文献 .....	87

## 1. はじめに

今教材は、東京国立近代美術館フィルムセンター デジタル映画保存・活用調査研究事業の「映像データの取り扱いに関する技術セミナーに向けた、教材作成および講師派遣委託事業」における「映画・映像データの取り扱い、仕組みと実際」の講義用にかかれたものである。また、その内容として、映画・映像データの保存に特化したものとし、対象者としては映像の保存・管理担当者ならびに関係者に向けたものとする。なお、この講義のセミナーにおいて実際の映像や画像を視聴しながら今テキストに明記されている内容をより理解できる構成としている。

今テキストによる学習機会を通じ、デジタル映像の取り扱いがその状況に応じて適した形で行えるようになり、結果貴重な映像データの保存に貢献できることを目指す。

## 2. 基本概念

映画・映像データの保存に関し、基本となる考え方について記述する。

### 2.1. 保存の観点

映画・映像データを保存するにあたり、データを入れておく物（メディア）が必要となる。現在、映画・映像データが保存されているメディアとしては、主にフィルム、VTRテープや LTO などの磁気テープ、BD や DVD などの光学メディア、HDD などの磁気ディスクがあげられる。歴史的には 1895 年にリュミエール兄弟によって発明された「シネマトグラフ」から始まった映画で活用されたフィルムがあり、その後 VTR テープ、DVD、BD という映画・映像に特化したメディアの流れがある。一方でコンピュータ技術からスタートした磁気ディスクは技術の進歩による大容量化に伴い映画・映像データにも使われるようになった経緯がある。[1]

そのため、保存と活用の用途が混同されがちであるが、保存を考えるにあたり、保存と活用をきちんと分けて考える必要がある。フィルムや VTR テープでは活用しながら結果的に保存が可能なメディアであったが、近年は結果的に保存の観点が少ないメディアの登場により、保存を意識する必要性が生じている。

特に近年、初めからデジタルデータで作成されたボーンデジタルのコンテンツが増えており、その制作において活用のみを念頭に置いたデータ保存がなされていることも少なくなく、より保存の観点を意識することが求められる。

### 2.2. データの継続保持

保存されているメディアに対して、正しく情報が保持され続けているかという確認が必要となる。物理的な劣化や破損、外部環境に依存する記録信号の減衰や消去などにより、データが失われてしまうことが起きえる。

このようなデータ損失に対するリスクへの対応策としては、温度湿度管理含めた各メディアに適した保存環境の整備とともに定期的なデータの読み出しチェックが有効である。

### 2.3. データの保存期間

同様に検討すべきはそのデータの保存期間についてである。上述のデータの継続保持に対するリスクにも関連するが、どのくらいの期間保持するのかによってメディアの選定に影響を与える。メディアによって適した保存環境が異なり、その環境構築にも関連するため、保存期間の設定は重要である。

### 2.4. データ読み出しの可否

メディアや保存環境、保存期間の設定とともに重要な事として、データの読み出しについて着目することである。いかに長期に保存するかという点のみに目が行きがちではある

が、いかに正しく読み出せるかが保存にとって大変重要である。一度正しく読み出すことができれば、現在普及しているメディアに保存しデータの継続性が確保されるが、何らかの理由によりデータを読み出せなくなった時点で、保存が結果的に行えなかったということになる。

そのためにも定期的なデータの読み出しチェックを行うことが望ましい。そのチェック方法として、計算的な整合性を確認するものや実際にデータを映像として目視確認する方法がある。その際、整合性の種類(例、MD5。詳細は3. 3. 4. 整合性のチェックを参照)の統一や3点チェックといった目視確認時のルールを決めての確認をすると各コンテンツの品質の差が生じづらくなる。

## 2.5. データ読み出しに必要なもの

読み出しに必要なものは、メディアの読み取り機(ドライブ)が筆頭として挙げられるが、その読み取り機に接続されるコンピュータならびにそのコンピュータを制御するオペレーションシステム(OS)、読み取り機とコンピュータを接続するインターフェースならびにそのケーブル、さらにはコンピュータが読み取り機を認識するためのドライバや読み取り機を制御するソフトウェアも対象となりシステムで考える必要がある。特にオペレーションシステムやドライバ、ソフトウェアは日々更新され、メーカーの意向により読み取り機が動作していた旧バージョンの提供が受けられないことも想定する必要がある。

## 2.6. 共有するための仕組み

共有するための仕組みを保存と併せて考えることで保存した映画・映像を再価値化できる可能性が広がる。他の組織や団体などと共有しやすくするためにメタデータを活用する方法がある。

メタデータを活用するにあたり、各メディアやフォーマットによって記録できるメタデータが異なるため、保存するメディアやフォーマットと合わせて検討することが望ましい。

## 2.7. 保存の実施ならびに保存環境の導入タイミング

技術の進歩により、さらに大容量化されたメディアが次々に市場投入されており、その保存の実施ならびに保存環境の導入タイミングについて判断が難しい。一般的に導入が遅いほど最新の技術の恩恵を受けることができる。しかしながら、保存の実施をする前に映画・映像データが読み出せない環境になってしまう可能性もある。だからといって、無計画に保存を実施すると足りない機能や行えない仕様に翻弄され、2度手間になることもある。そのため、そのタイミングの見極めが非常に困難になる。既に保存を行っている事例を参考にしながら、自分のケースに当てはめて最適化しつつ、計画的に進めることが望まれる。

### 3. 映画・映像データの保存

各メディアに格納されている映画・映像データの保存を検討するにあたり、関連する要素を項目ごとに明記する。

#### 3. 1. 映像ファイル

##### 3. 1. 1. 解像度

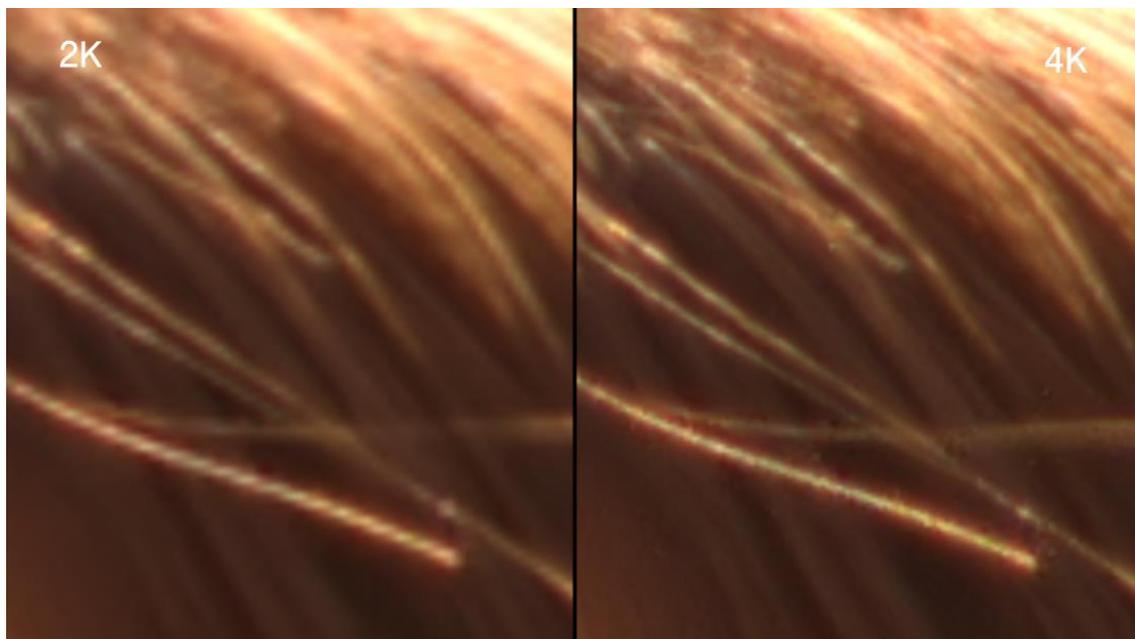
画像や映像の精細さを表し、解像度は「横×縦」のピクセルサイズとして1920x1080などと表記される。[2, p. 141] 画像や映像を構成する色情報の最小単位をピクセル（画素）と呼び、1920x1080の場合は横に1920ピクセル、縦に1080ピクセルを持つ画像や映像のことを意味する。

例えば、同じ画像のエリアを別解像度で表示した場合以下のような差が生じる。



画像 1 2K と 4K 解像度比較

髪の毛の箇所を拡大すると以下ようになる。2K は髪の毛の描写が階段状となっており、斜め線に対する表現に差があることがわかる。



画像 2 2K と 4K 解像度比較 (拡大)

解像度はその映像を表示するディスプレイ解像度に依存する。デスクトップ PC のディスプレイやノートパソコン、家電量販店などで販売されているテレビ、タブレットや携帯電話といったそれぞれのディスプレイ解像度があり、その表示ディスプレイを想定した映像が制作される。

近年、4K という解像度がよく聞かれるが、家電量販店などで販売されているテレビで表示可能な CS 放送 Channel 4K\*<sup>1</sup> と映画館のデジタルシネマでは解像度は異なる。前者は 3840x2160 ピクセルで 4K UHD や Ultra HD という名称で呼ばれる。後者は、デジタルシネマの標準化団体 DCI (Digital Cinema Initiatives) で策定されており、4096x2160 ピクセルとなっている。

---

\*<sup>1</sup> Channel 4K

2014 年 6 月 2 日に開局された 4K 専門の試験放送チャンネル。放送主体は次世代放送推進フォーラム (NexTV-F) で、124/128 度 CS デジタル放送で放送されている。なお、2016 年 3 月 21 日午後 10 時をもって終了するアナウンスがされている。

一般視聴者といったコンシューマーで見る機会のある代表的な解像度を以下に示す。なお、保存に関わる工程における解像度は3. 2. 1. フィルムにて後述する。

名称	横 [ピクセル]	縦 [ピクセル]	備考
SD	720	486	ITU-R BT. 601 (D-1 フォーマットとも呼ばれる)にて規定 [2, p. 238]
DVD	720	480	DVD Forum の DVD specification for read-only disc part3にて規定。左記以外では 720x576、704x480、704x576、352 x 480、352x576、352x240、352x288 も選択可能 [3, pp. VI5-40]
HD	1280	720	SMPTE 296Mにて規定 [4]
フル HD	1920	1080	SMPTE 274Mにて規定 [4]
Blu-ray Disc	1920	1080	Blu-ray Disc Association の system description blu-ray disc read-only format part3にて規定。左記以外では 1440x1080、1280x720、720x480、720x576 も選択可能 [5, pp. 1-26]
2K デジタルシネマ	2048	1080	Digital Cinema System Specificationにて規定 [6]
4K	3840	2160	SMPTE 2036にて規定 [7]
4K デジタルシネマ	4096	2160	Digital Cinema System Specificationにて規定 [6]
8K	7680	4320	SMPTE 2036にて規定 [7]

表 1 代表的な解像度

上記の SD 解像度 720x486 において、アスペクト比\*24:3 に正確になっていない。そのため、720x486 の画像を業務用モニターや家庭用テレビに表示した時に画面の縦横比が 4:3 になるよう、ピクセルの形は正方形ではなく、「高さ：幅」が「1:0.9」の縦長の長方形（非正方形ピクセル）になる。 [2, p. 238]

\*2アスペクト比

テレビ・パソコン・映画などの画面やスクリーンの縦横比のこと。SD テレビは 4:3(1.33:1)、ハイビジョンは 16:9 (1.78:1)。

また、代表的な解像度を以下に図示する。

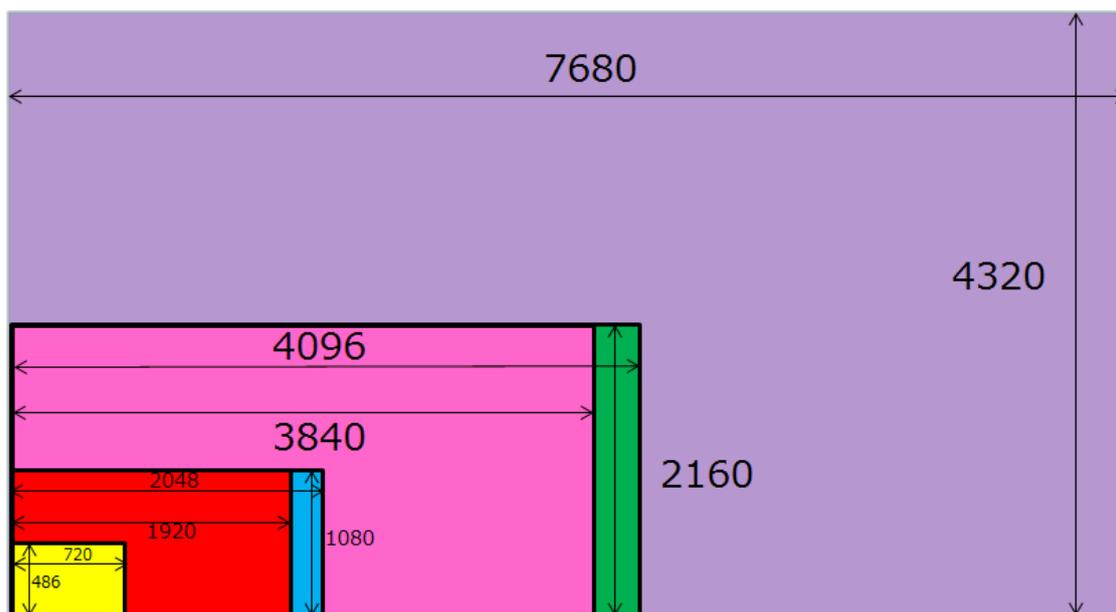


図 1 解像度例

### 3. 1. 2. ビットレート

単位時間あたりに何ビットのデータが処理あるいは送受信されるかを表す語。単位としては「ビット毎秒」(bps : bits per second)を使うのが一般的。圧縮された映像データや音声データが 1 秒あたりどのくらいの情報量で表現されているかを表し、通信回線が 1 秒間にどのくらいのデータを送受信できるかを表す際に用いる。 [8]

基本的に高解像度の画像は、高いビットレートを設定する必要がある、小さな画像ではビットレートが低めでも、あまり気にならない傾向がある。また、ファイルサイズを抑えるためには、解像度を低くするだけでなく、最適なビットレートを選択する必要がある。例えば、Web サイト内で小さなサイズで表示する場合などにおいて、高いビットレートを割り当てても、ファイルサイズが大きくなるだけで、画像の品質にそれほど変化は生じない。

また、必要十分なビットレートは画像の内容によっても違いがある。実際の多くの動画では、速い動きと遅い動き、空間周波数\*3が高いシーン、低いシーンが入り混じっており、絵柄、動きのスピード、画面サイズの要素が組み合わせられてはじめて「最適」なビットレートが割り出せる。高いビットレートを割り当ててしまえば、全シーンで綺麗な仕上がりになるが、データ量としては膨大になる。

\*3空間周波数

単位長さあたりの振動数を示し JIS では LP/mm (line pairs per mm) で表記される。1mm あたりに対する黒と白のペア数を意味する。多い方がより細かい表現となることを示す。cycle/mm と示されることもある。

そのため、動画のエンコード\*4には「可変ビットレート」という方式が用意されている。たとえば動きの少ないシーンの映像には低いビットレート、動きが激しく背景も細かい部分は高いビットレートのように、ソフトウェアがシーンの複雑さに応じて、ビットレートを割り当てる。なお、動画全体をスキャンして、シーンに応じた最適なビットレートを計算して割り当てるため、エンコードに時間はかかるが、画質が良くファイルサイズが小さいといった効果が得られる。この際、「ターゲットビットレート」と「最大ビットレート」を求められる場合がありソフトウェアによって指定することが可能。ターゲットビットレートは使用するビットレートの平均値を示す。また、「固定ビットレート」というビットレートを固定する方式がある。ファイルサイズが推測されるため、デコード\*5時の処理がよりシンプルで結果高速処理されるといったメリットがある。 [9]

実際の映像において、ターゲットビットレートを用いることでその映像の情報量に応じて最適化することができる。情報量の少ない「空」や「模様のない壁」のシーンのある実写映像やアニメーションではファイルサイズを小さくすることができ、「風にたなびく桜並木」や「さざなみ」といった情報量が大きいシーンではターゲットビットレートよりもやや大きなビットレートが割り当てられる。対して、固定ビットレートでは、その映像に応じた最適化が行うことができず、情報量が少ないシーンでより低いビットレートや情報量が多いシーンでより高いビットレートを割り当てることができない。しかしファイルサイズは固定されるため、容量の決まっているメディアに映像を保存する必要がある場合、管理しやすいというメリットがある。

---

\*4エンコード

あるデータを異なるデータ形式に変換すること。符号化とも呼ばれる。

\*5 デコード

エンコードされたデータを元のデータに戻すこと。復号化とも呼ばれる。

映画・画像で使用することがあるビットレート(1920x1080, 29.97fps)は以下のようになる。 [10], [11]

名称	カラーサンプリング形式 *6	ビットレート [Mb/s]
非圧縮 12bit 4:4:4	4:4:4	2237
ProRes 4444 XQ	4:4:4	495
ProRes 4444	4:4:4	330
非圧縮 12bit 4:2:2	4:2:2	1326
ProRes 422 HQ	4:2:2	220
ProRes 422	4:2:2	147
ProRes 422 LT	4:2:2	102
ProRes 422 Proxy	4:2:2	45
DNxHD 220	4:2:2	220
DNxHD 145	4:2:2	145
DNxHD 36	4:2:2	36
DVCPRO HD	4:2:2	100
HDCAM	3:1:1	135
HDCAM SR	4:2:2	440
Blu-ray	4:2:0	40

表 2 ビットレート例

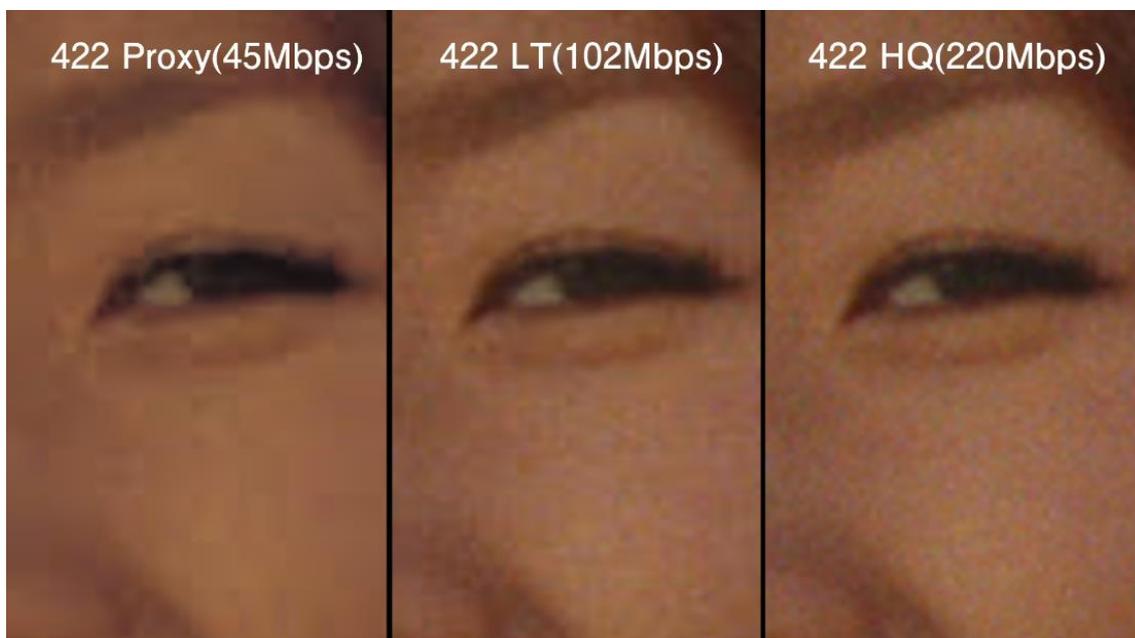
[5, pp. 1-26]

---

\*6カラーサンプリング形式

「3. 1. 2. 7. デジタルビデオの色空間」にて後述

また、ビットレートの画質に与える影響の例として、以下に ProRes におけるビットレートの比較を示す。



画像 3 ProRes でのビットレート比較

### 3. 1. 3. ビット深度

カラー画像をデジタル値で表すときは、RGB など一般的に 3 つの色に分けて表現する。各色の階調表現の細かさを示す値をビット深度という。例えば、8bit であれば、RGB それぞれを 8bit (0~255 までの 256 段階) の階調で表現することを示す。ビット深度と同じ意味で使われる言葉には、ビットデプス、ビット数、色深度などがある。

大きなビット深度のメリットとしては、高画質の画像を扱うことができ、バンディングのリスクが減る、より広いダイナミックレンジを扱えることがあげられる。 [2, p. 143]

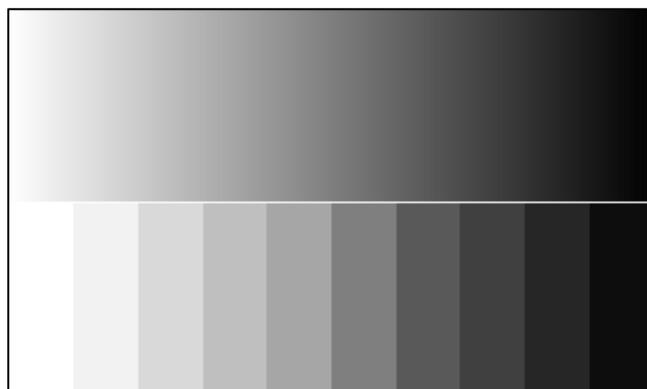


図 2 バンディング

バンディングが発生する根本の原因は、ビット深度が足りないことに依存する。画像処理を 8bit で行うと、原理的に避けられない計算誤差（量子化誤差と呼ばれる）が発生し、輝度\*7の差や色の差が生まれ、バンディングとして目に見えるようになる。

バンディングを防止できる方法は、10bit, 12bit, 16bit など、8bit 以上のビット深度を持つ多ビットの制作環境で画質処理を行い、その品質を維持したまま映像を伝送・表示することである。ビット処理であれば 8bit の場合より計算誤差（量子化誤差）が非常になくなるためバンディングは見えにくくなる。最終表示形式が 8bit であってもその直前までできる限り高いビット数で処理できればバンディングのリスクを抑えることができる。バンディング軽減の手法としてディザリングが良く使われる。画像に意図的にノイズ成分を足すことでディザ（少ない階調で疑似的な多階調に見せること）の効果を発生させ、バンディングを視覚上目立たなくさせる。また、フィルム映像に含まれるグレインと呼ばれる粒状性のノイズがあるが、グレインをあえて加えることでバンディングの予防効果が期待される。 [2, pp. 201-202, 207]

ダイナミックレンジは「最も明るい光と最も暗い光の比」を差し、ビット深度によって表現できる階調が異なる。ビット深度 8bit での現実的なダイナミックレンジは数百:1 で、10bit になると 2000:1 以上となる。ちなみに映画フィルムは 1000:1 以上のダイナミックレンジを持っており、デジタルシネマのプロジェクタは 2000:1 以上となっている。実際はこれらを超えるダイナミックレンジを情報量として持つことができるが、バンディングを伴う。なお、フィルムに関するダイナミックレンジについては 3. 2. 1. フィルムにて後述する。

また、最近自然界のあらゆる光の強弱をすべて表しつくすのに十分なダイナミックレンジを持つ HDR というデータ表現方式がある。テレビや映画で規定されている輝度は上限を設けているが、モニタやプロジェクタの技術向上によりその上限を超える明るさが表現可能となり、新たな映像表現方法として注目を集めている。現在、新作の映画作品の HDR 版の制作や過去上映した映画作品の HDR 化が行われ始めている。テレビ番組や Blu-ray（正確には次世代の 4K 対応 Ultra HD Blu-ray）のパッケージメディアでも HDR コンテンツ制作も始まっている。

8bit で表現できるハイライトでは 255 以上は不可能で、非常に暗い色はコントロールが困難であるが、HDR ではそのような制約がほとんどなくなる。なお、255 といった整数値ではなく浮動小数点\*8形式 ( $2.55 \times 10^2$ ) として取り扱う。これによって 10 桁～数十桁以上もの

---

\*7輝度

明るさの度合いを示す。単位は  $\text{cd}/\text{m}^2$  であるが 最近 nit と呼ばれることが増えている。

\*8浮動小数点

小数点の位置を固定せずに表現した数で、仮数 A、基数 B、指数 n を用いて  $A \times B^n$  のように表す。

ダイナミックレンジが表せることになる。 [2, pp. 196-197]

映画・映像データで使用される代表的なビット深度として、8bit、10bit、12bit、16bitがあり、画像フォーマットの多くは8bitであるが、8bitを超えるビット深度で記録できるフォーマットがある。

画像フォーマット	RGB ごとの最大ビット深度	備考
TIFF	16bit	HDR では 32bit にも対応
DPX/Cineon	DPX は 16bit Cineon は 10bit	明るさの対数値を数値として持つ
JPEG2000	16bit 以上	デジタルシネマは 12bit を使用
OpenEXR	16bit	HDR 画像として扱われる

表 3 多ビットに対応した画像フォーマットの例

また、ムービーコーデックのうち配信などに使われるビット深度は 8bit が多いが、16bit 以上のビット深度で記録できるものもある。

ムービーコーデック	RGB ごとの最大ビット深度
Apple ProRes 422/4444	10bit, 12bit, 16bit (4444 のみ)
Avid DNxHD 175x, 220x	10bit
Bluefish444 v210	10bit
QuickTime 非圧縮 4:2:2	10bit
TARGA Cine	16bit
Blackmagic	16bit

表 4 多ビットに対応したムービーコーデックの例

業務用ビデオ機材では 8bit にのみ対応しているが、10bit や 12bit を扱える機材も増えている。SDTV 用の業務用 VTR ではデジタルベータカムなどが 10bit で記録可能。HDTV では HD D-5, HDCAM-SR, DVCPRO P2HD (AVC-Intra コーデック) が 10bit 記録に対応している。高級機種の中には 12bit に対応するものもある。

業務用モニタの大半は、入力映像を 8bit 精度でしか表示できない (10bit で入力してもモニタ内部では 8bit とする)。10bit 精度で表示されるのは、ソニー製マスターモニタ BVM-L シリーズなどごく一部である。デジタルシネマ用プロジェクタは映像を 12bit 以上の精度で映写することができる。 [2, pp. 203, 241]

なお、16bit といった大きなビット深度に対応しているツールは少なく、表示ディスプレイや信号の伝送はサポートされておらず、ファイル自体が 16bit であっても表示すること

ができない。今後の技術革新とともに徐々に対応していくと思われるが、将来的な活用を想定した保存としては有効となる。

### 3. 1. 4. 色域

色空間\*<sup>9</sup>の中で実際に取り扱うことができる色の範囲のこと。カラーギャット、色再現域とも呼ばれる。モニタなどの表示デバイスは、加法混色（光の三原色）の原理でできているが、加法混色の色域は、xy 色度図\*<sup>10</sup>上では、三原色の色度点\*<sup>11</sup>を頂点にした三角形となり、この三角形の内部だけを表示することができる。また、三角形の外側の色はどんな画像データであっても表示することはできず、三原色の色度点は表示デバイスの構造によって決まる。例えば、モニタに採用されている液晶パネルや有機 EL パネル、プロジェクタ投影する DLP や DILA など各方式、加えてその制御方法によって異なる。なお、表示デバイスの色域が大きいくほど、より鮮やかな色を表示することができる。 [2, p. 182]

代表的な色域としては、

ITU-R BT. 709

正式な名前は Recommendation ITU-R BT. 709 で HDTV の国際規格。

1997 年 4 月の ITU-R SG11 会合で世界的に合意され、Rec. ITU-R BT. 709-3 Part II として規定された。 [12]

ITU-R BT. 2020

正式な名前は Recommendation ITU-R BT. 709 で 4K や 8K 含む超高精細（UHD）解像度の国際規格。

2011 年 9 月の ITU-R の会合で NHK が SHV（スーパーハイビジョン）のデモを行い、2012 年 4 月の ITU-R の会合で合意され、2012 年 8 月に発行された。 [13]

---

\*<sup>9</sup> 色空間(カラースペース)

色を数字の組み合わせで表す方法で、ある色を表す数値を「空間の座標」と考えると様々な色は「空間の中に広がっているもの」として考えられる。この色を表す空間のことを色空間いう。例 RGB, XYZ。

\*<sup>10</sup>xy 色度図

1931 年に国際照明委員会 CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) により策定された XYZ 表示系で色度座標となる x,y,z のうち x を横軸、y を縦軸にとった座標を図示したもの。x は  $X/(X+Y+Z)$ , y は  $Y/(X+Y+Z)$  で計算される。

\*<sup>11</sup> 色度点

xy 色度図で表示される座標点のこと。

### DCI P3

Digital Cinema Initiatives で定められたデジタルシネマの色域の要求仕様  
2011年4月に SMPTE RP 431-2:2011, “D-Cinema Quality – Reference Projector and Environment,” で策定された。 [14]

### ACES

映画芸術科学アカデミー (AMPAS, Academy of Motion Picture Arts and Sciences)  
が策定したデジタル映像制作における色管理・色再現方法の新しい業界標準規格。  
2015年1月に ACES 1.0 がリリースされた。

となり、これらの CIE1931 準拠の xy 座標値と色域を xy 色度図上で示すと以下のような  
る。

	ITU-R BT. 709		ITU-R BT. 2020		DCI P3		ACES	
	x	y	x	y	x	y	x	y
Red	0.640	0.330	0.70792	0.29203	0.680	0.320	0.7347	0.2653
Green	0.300	0.600	0.17024	0.79652	0.265	0.690	0.0000	1.0000
Blue	0.150	0.060	0.13137	0.04588	0.150	0.060	0.0001	-0.0770

表 5 各色域での xy 座標値

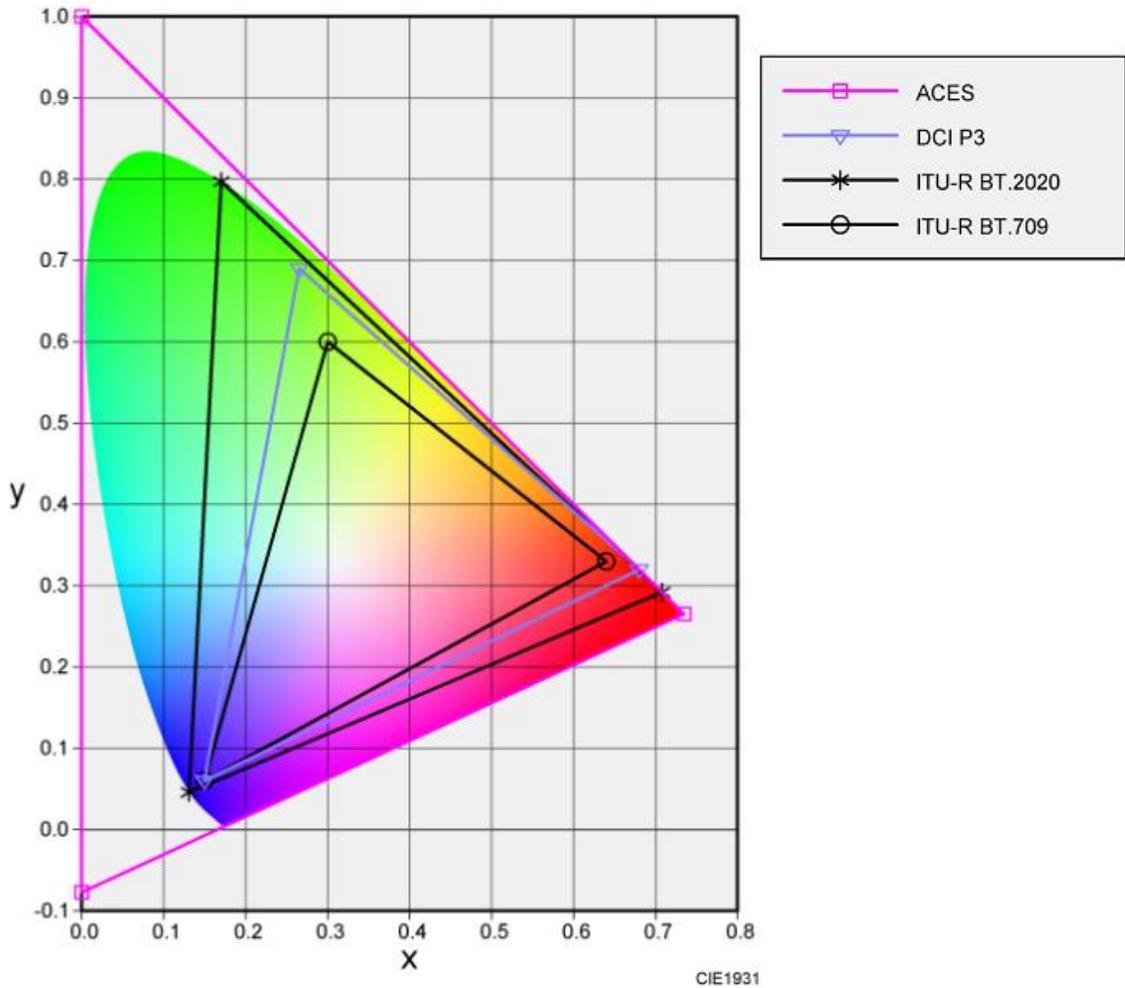


図 3 代表的な色域の xy 色度図

[15]

### 3. 1. 5. 色温度

光の色を表すのに使われる数値のことで、ディスプレイやカメラ、照明機器などの製品で色の基準とされる。単位は絶対温度のケルビン (K) で示す。低い値であれば、白色が赤みを帯び、高い値で白色が青みを帯びてくる。 [16]

晴れた屋外に降り注ぐ光には太陽光と青空の光が混じっており（これを昼光という）、色温度は約 6500K となる。また、白色点の指定の仕方として xy 色度座標の代わりに色温度が良く使われる。例えば、日本の SDTV テレビ放送では色温度を 9300K とするよう定められている。「色温度 9300K の画像」というような言い方をするときがあるが、これは「白色点が色温度 9300K になるよう調整されたモニタに表示した時に、正しいカラーバランスで見える画像」を意味する。同じ画像データを異なるモニタで同じ色合いで表示するには、それぞれのモニタの白色点（色温度）が同じであることが求められる。

白色点として、CIE（国際照明委員会）で定められた光の色（CIE 光源）が良く使われる。映像業界で使われる代表的な色温度と白色点の色度座標は次の通り。

色温度	白色点の xy 色度座標		CIE 光源名	備考
	x	Y		
9300K	0.283	0.297	D93 光源	日本の SDTV 放送の事実上の基準
6500K	0.313	0.329	D65 光源	HDTV 国際規格、欧州のテレビ放送など世界的に採用例が多い
6774K	0.310	0.316	C 光源	北米のテレビ放送
6300K	0.314	0.351	—	デジタルシネマ仕様で定められたデジタルシネマプロジェクタの色温度
5500K	0.332	0.347	D55 光源	IMAGICA のカラーマネジメントシステム Galette で指定される。フィルム映写機の色温度に近い。
5000K	0.346	0.359	D50 光源	日本の印刷業界における印刷物の観察用光源

表 6 映像業界で使われる色温度

なお、白色点（色温度）が異なるモニタに表示した時に同じ色合いになるようにするためには、その色温度に合わせて画像データのカラーバランスを変更する必要がある。これを色温度変換と呼ぶ。例えば、「6500K の画質基準で制作された映画作品の映像データを日本のテレビ放送向けに 9300K に変換する」などの例がある。正しい色温度変換のためには、RGB それぞれの成分の変化率を正確にもとめなければならない。色温度（白色点）、三原色の色度点と輝度値などの情報から、正確に計算する必要がある。[2, pp. 181, 228]

具体的にはカラーグレーディングツールなどを使い、希望する色温度を指定して出力することで作成することができるが、必要に応じその希望する色温度にモニタ環境を設定して目視による色の確認を行うことがある。

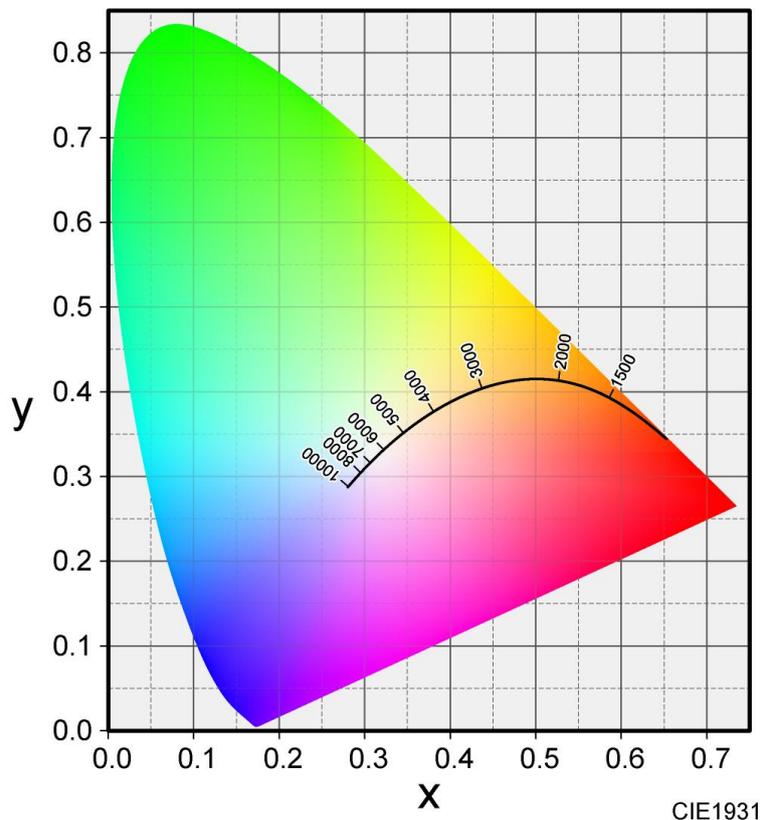


図 4 色温度の xy 色度図

### 3. 1. 6. 階調表現

ある強さの入力信号がどのような光の強さ（輝度）で表示されるかは画像の硬調・軟調など、画の調子（ルック）を左右する重要な要素となる。画像のガンマ（後述）が変わると、硬い調子の画面、あるいは軟らかい調子の画面になる。また、階調の特性を自由に変更するのは、ルックアップテーブル（LUT）（後述）という仕組みが使われる。ルックアップテーブルは入力した RGB 値に対して、別の RGB 値を出力するための対応表（テーブル）である。

また、階調の表現の1つとしてフィルムの濃度をデータで表現するために対数スケール（Log）（後述）が用いられる場合がある。 [2, pp. 151, 200]

### ガンマ

従来から広く使われてきた CRT（ブラウン管）は、入力信号と明るさ（輝度）が比例しない特性を持っている。例えば、RGB 値が 100 から 200 に変化した時、入力信号と明るさが比例する表示デバイスであれば明るさは 2 倍になる。しかし CRT は 2 倍にはならず、数倍以上明るくなる。このような表示デバイスの明るさが「入力に正比例しない特性」をガンマという数値で表す。ガンマは数学で言う「べき乗」の数値として表される。CRT ではこの数

値は 2.3～2.6 程度と言われており、TV や PC ディスプレイでは 2.2～2.4 程度、デジタルシネマでは 2.6 となっている。ガンマが 1 の時は「入力に正比例している」ということになる。我々が自分の目で風景を見る場合、見たものがそのまま見えるが、その状態がガンマ=1 にあたる。

入力信号と輝度が正比例しない特性をもった表示デバイスにそのまま画像信号を入力したのでは正しい明暗の階調を表現できない。そのため表示デバイスの「正比例しない特性」を打ち消すような処理を入力信号に加える。このことをガンマ補正と呼ぶ。数学的に言えば、「表示デバイスのガンマ値の逆変換」のべき乗処理をすることになる。

例えば、ガンマ 2.2 をもつモニタに対して、ガンマ 1.0 となるようなガンマ補正 ( $1/2.2$ ) を行う。図示すると以下のようなになる。

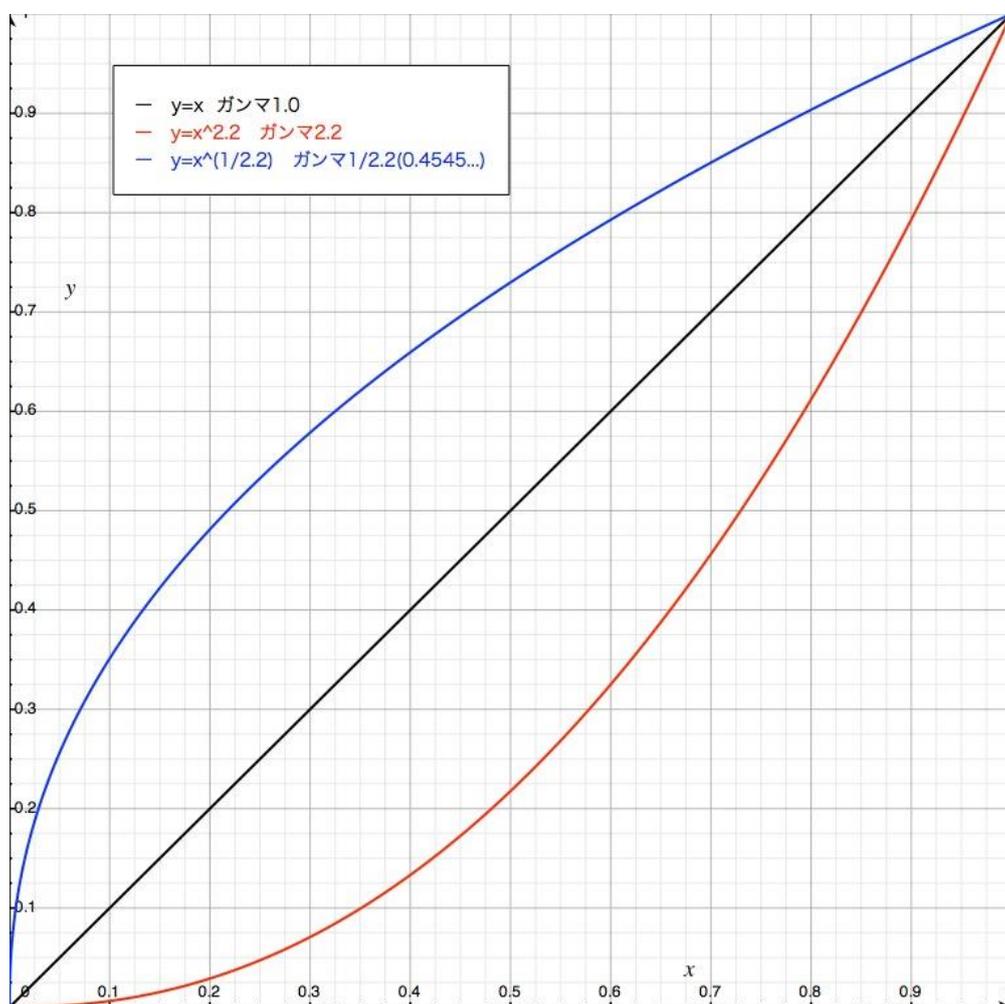


図 5 ガンマ補正

日本やアメリカの SDTV テレビ放送方式ではガンマは 2.2 と決められている。HDTV 規格でもガンマは 2.2 と決められている。これはガンマが 2.2 の表示デバイスで見たときに正しい階調で表示されるよう信号や画像データを作成する必要があることを示す。実際業務用

ビデオモニタはガンマが 2.2 になるように調整されている。

Windows ではガンマ値 2.2、Mac では伝統的に 1.8 とされているが、最終媒体がテレビである場合、画像処理作業に使用する各モニタはテレビ規格のガンマ値である 2.2 に統一することが合理的となる。 [2, p. 184]

### LUT (ルックアップテーブル)

階調の特性を変更する際に使われる入力と出力の関係が明記された表 (テーブル) のこと。入力の R, G, B の値に対し、出力の R, G, B の値が対応する。具体的には以下の図のように対応する。なお、ここでは 1 次元 LUT (1DLUT) を例にとったが、3 次元 LUT (3DLUT) も存在する。主に階調変換に対しては 1 次元 LUT が使われ、色域の変換には 3 次元 LUT が使われることが多い。 [2, p. 200]

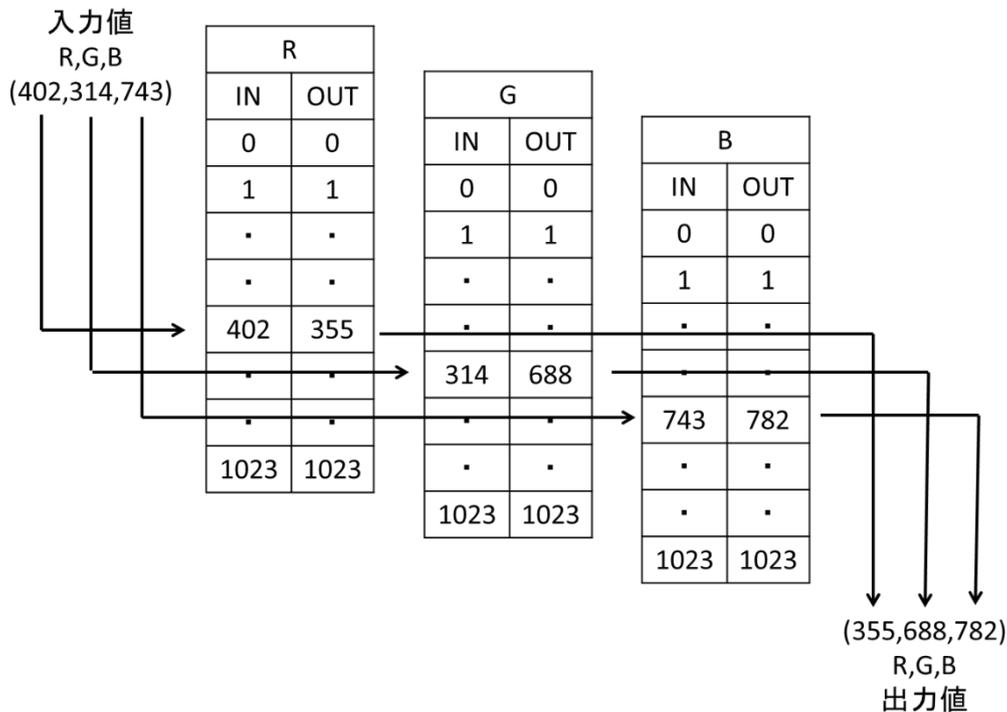


図 6 LUT の原理

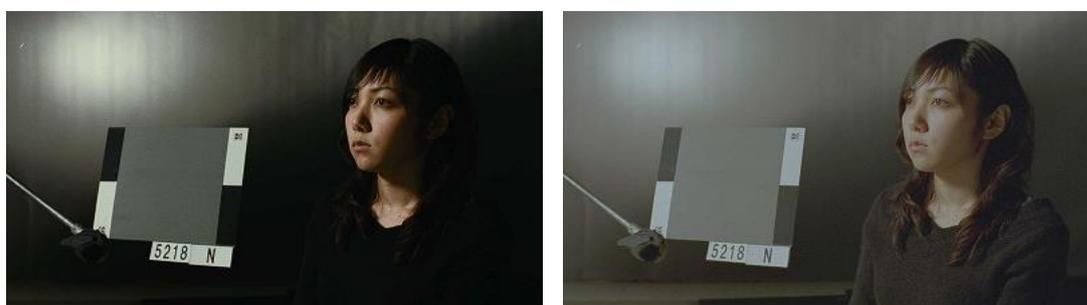
[2, p. 200]

### 対数スケール

ネガフィルムの特徴として対数反応がある。光に対して一律な反応を示すわけではなく、露光量が少ない部分ではフィルム濃度の増加量が鈍化しているが、露光量が増えるにつれてフィルム濃度が高くなり、一定の露光量からはその増加量が鈍化するという傾向を持つ。また、人間の目の特性として、微光を明るく調整し、薄暗くても見えるようにすると

いった、生きていくために必要な機能を持つ。微量の光に非常に敏感に反応し、輝度が上がると感度が鈍くなるという対数反応に近い形を持つ。そのため、ネガフィルムをデジタルデータに変換したときに、対数的なスケールで行うことが適していると言える。なお、他のフォーマットへの変換やモニタに表示させる際には、LUT を使い線形スケールに直す必要がある。[17]

対数スケールのことをログ (Log) と示し、線形スケールのことをリニア (Linear) と示す。ログあるいはリニアとして映像・画像フォーマットが保存されていることがあり、特にログにおいて、白っぽく見える特徴があり、本来の意図した映像となっていないため、注意が必要となる。なお、ログからリニアに変換する際には1次元LUTを用いることが多い。



リニア

ログ

画像 4 リニアとログのサンプル

実際の作業において、リニアでは暗部の情報量がないが、ログでは存在するケースがあり、その例を以下示す。



リニア

ログ

画像 5 リニアとログ比較



リニア

ログ

画像 6 リニアとログ比較 (見やすいように画像強調)

細部の表現において、ログの方がより細かく表現されていることがわかる。木々（緑丸の箇所）、堤防壁（青丸の箇所）、水に映るマンション（赤丸の箇所）。

### 3. 1. 7. デジタルビデオの色空間

デジタルビデオ信号の世界では、画像データはコンピュータ・CGの世界（RGBデータ）とは違った独自のやり方で取り扱われる。例えば、輝度信号と色差信号、4:2:2といったカラーサンプリング方式、明るさの範囲や色の表現できる範囲が決められているなど、コンピュータ画像にはない概念があり、これらはしばしば「ビデオの色空間」と呼ばれる。

#### YCbCr 色空間

デジタルビデオの世界では色を表す3つの数字をそのまま伝送する方式をコンポーネント方式と呼ぶが、R, G, BよりもY, Cb, Crと言う形式が主流でYCbCr色空間と呼ばれる。Yは輝度信号を示し、Cb, Crは色差信号を示す。

#### 色差信号

ビデオ技術の世界において、RGBデータとして作られた映像をR, G, Bの3本に分けて伝送するのではなく、R, G, Bの各信号を変換して作られる「輝度信号と2本の色差信号」として伝送する。映像の明るさの情報は輝度信号で伝送され、映像の色あいや色の鮮やかさの情報は2本の色差信号で伝送される。

コンピュータで作ったRGBの画像データをノンリニア編集機やディスクレコーダシステム、デジタルVTRなどのデジタルビデオ機器に持ち込むには、RGBデータからYCbCr空間への変換が必要になる。SDTVとHDTVとではYCbCr色空間への変換式が少し異なる。

#### SDTVの色空間変換

RGBデータからSDTVのYCbCrデータへの変換式は国際規格ITU-R BT. 601で定められている。ITU-R BT. 601規格ではRGBのそれぞれの量がアナログ量で0~1の間の値をとるとき、アナログYPbPr信号に変換するための式は次のようになる（アナログ量の時はPbとPrと表記する）。

$$Y \text{ (アナログ)} = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$Pb \text{ (アナログ)} = -0.169R - 0.331G + 0.500B$$

$$Pr \text{ (アナログ)} = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

CGの世界では、RGB値での0がアナログ値0、255の時のアナログ量に1に相当する

(ビット深度 8 の場合)。RGB が 0~1 の間でどのような値になっても、Y は 0~1、Pb, Pr は -0.5~+0.5 の間に収まるようになっている。

YPbPr から RGB に変換する場合の式は次のようになる。

$$\begin{aligned}R &= Y + 1.402Pr \\G &= Y - 0.344Pb - 0.741Pr \\B &= Y + 1.772Pb\end{aligned}$$

アナログ量の YPbPr の数値は次の式によってデジタル値に直す。ビット深度として 8bit と 10bit が使われる。

8bit のとき

$$\begin{aligned}Y \text{ (8bit デジタル)} &= 219Y \text{ (アナログ)} + 16 \\Cb \text{ (8bit デジタル)} &= 224Pb \text{ (アナログ)} + 128 \\Cr \text{ (8bit デジタル)} &= 224Pr \text{ (アナログ)} + 128\end{aligned}$$

10bit のとき

$$\begin{aligned}Y \text{ (10bit デジタル)} &= 876Y \text{ (アナログ)} + 64 \\Cb \text{ (10bit デジタル)} &= 896Pb \text{ (アナログ)} + 512 \\Cr \text{ (10bit デジタル)} &= 896Pr \text{ (アナログ)} + 512\end{aligned}$$

8bit では Y の変化は 16~235 の数値に割り当てられ、Pb と Pr はそれぞれ Cb と Cr の 128 ± 112 に割り当てられる。10bit では Y の変化は 64~940 に割り当てられ、Pb と Pr はそれぞれ Cb と Cr の 512 ± 448 に割り当てられる。

### HDTV の色空間変換

RGB データから SDTV の YCbCr データへの変換式は国際規格 ITU-R BT. 709 で定められている。ITU-R BT. 601 規格では RGB のそれぞれの量がアナログ量で 0~1 の間の値をとるとき、アナログ YPbPr 信号に変換するための式は次のようになる (アナログ量の時は Pb と Pr と表記する)。RGB が 0~1 の間でどのような値であっても、Y は 0~1、Pb, Pr は -0.5~+0.5 の間に収まるようになっている。

$$\begin{aligned}Y \text{ (アナログ)} &= 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \\Pb \text{ (アナログ)} &= -0.146R - 0.3854G + 0.500B \\Pr \text{ (アナログ)} &= 0.500R - 0.4542G - 0.0458B\end{aligned}$$

YPbPr から RGB に変換する場合の式は次のようになる。

$$R = Y + 1.575Pr$$

$$G = Y - 0.187Pb - 0.468Pr$$

$$B = Y + 1.856Pb$$

アナログ量の YPbPr の数値は次の式によってデジタル値に直す。ビット深度として 8bit と 10bit が使われる。

8bit のとき

$$Y \text{ (8bit デジタル)} = 219Y \text{ (アナログ)} + 16$$

$$Cb \text{ (8bit デジタル)} = 224Pb \text{ (アナログ)} + 128$$

$$Cr \text{ (8bit デジタル)} = 224Pr \text{ (アナログ)} + 128$$

10bit のとき

$$Y \text{ (10bit デジタル)} = 876Y \text{ (アナログ)} + 64$$

$$Cb \text{ (10bit デジタル)} = 896Pb \text{ (アナログ)} + 512$$

$$Cr \text{ (10bit デジタル)} = 896Pr \text{ (アナログ)} + 512$$

8bit では Y の変化は  $16 \sim 235$  の数値に割り当てられ、Pb と Pr はそれぞれ Cb と Cr の  $128 \pm 112$  に割り当てられる。10bit では Y の変化は  $64 \sim 940$  に割り当てられ、Pb と Pr はそれぞれ Cb と Cr の  $512 \pm 448$  に割り当てられる。

### カラーサンプリング方式

デジタルビデオの世界では、色差信号の間引きがよく行われる。これは、人間の視覚が色の細かい変化に対して鈍感であるという特性を利用してデータ量を削減する工夫となる。

#### 4:2:2

YCbCr 信号のうち、色差信号 (Cb と Cr) のピクセルは横方向に半分に間引かれるのが一般的となる。このような方式を 4:2:2 (または 4:2:2 色空間) と呼ぶ。業務用デジタル VTR や業務用ディスクレコーダシステムの大半は 4:2:2 で記録・再生を行う。SDI ケーブルや HD-SDI ケーブルに流れる信号も 4:2:2 となる。4:2:2 では同じピクセルサイズの非圧縮 RGB 画像と比べてデータ量が  $2/3$  となる。

#### 4:4:4

色差信号を間引かない規格もあり、4:2:2 に対して 4:4:4 と呼ばれる。色情報の解像度が低下しないので、4:2:2 よりも高画質となる。SDTV では 4:4:4 規格をサポートする機材があまりなく、ハイエンドのテレビ装置やカラーコレクション装置、HDCAM-SR VTR、一部の業務用ディスクレコーダシステム、業務用モニタ、デジタルシネマ用プロジェクタなどがある。

色差信号を間引く考え方は、業務用ビデオの世界ではなく、家庭用の DV 規格、JPEG、MPEG、QuickTime をはじめとするコンピュータ用画像フォーマットなど、多くの規格で取り入れられている。家庭用 DV 規格では 4:1:1 という間引きをする。これは横に並ぶピクセル 4 つに対して、色差信号を 1 ピクセルずつしか割り当てない方法となる。間引かない場合 (4:4:4) に比べ、データ量は 1/2 になる。

JPEG や MPEG などの画像フォーマットでは、4:2:0 と呼ばれる間引き方をする。縦横 2 ピクセルずつ、計 4 つのピクセルに対して、色差信号を 1 ピクセルずつしか割り当てない方法で、間引かない場合 (4:4:4) に比べ、データ量は 1/2 となる。

4:2:0 方式は、MPEG 技術に基づく DVD やデジタル放送、Blu-ray Disc (BD) などに広く使われている。[2, pp. 237, 239, 241]

それぞれの方式を図示すると以下のようになる。(白丸を Y、青丸を Cb、赤丸を Cr)

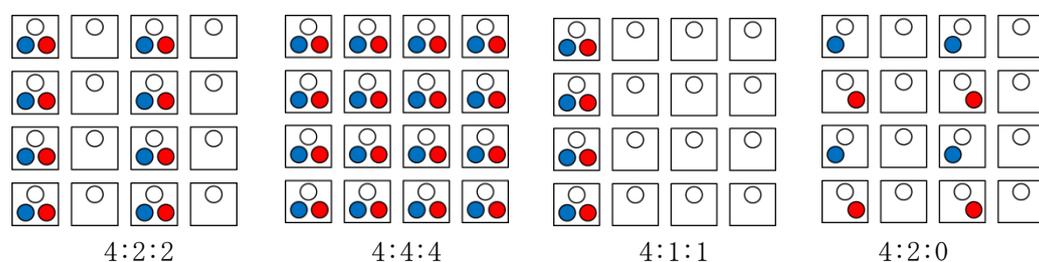


図 7 カラーサンプリング方式比較

### 3. 1. 8. インターレースとプログレッシブ

映像は多数のフレームから構成されており、1 枚のフレームは多数の走査線に分けて伝送され、その方法にはインターレース方式とプログレッシブ方式がある。インターレースは「i」、プログレッシブは「p」と表記される。

#### インターレース

インターレース方式では、1 枚のフレームは奇数番目の走査線だけからなる画像と、偶数番目の走査線だけからなる画像に分けて伝送される。その分かれた 2 枚の画像を「フィールド」と呼ぶ。

毎秒 30 フレームのビデオ映像では、2 枚のフィールドは 1/60 秒ずらして画面に映し出され（毎秒 60 フィールド）、視覚の残像効果によって 1 枚のフレームとして見える。

インターレース方式は、限られた電波帯域で実質的に 2 倍のフレームレートを実現し、画面のちらつきを減らし、より速い動きを表現できるようにするために考案された。

先に映し出されるフィールドを「フィールド 1(F1)」、遅れて映し出されるフィールドを「フィールド 2(F2)」と呼ぶ。

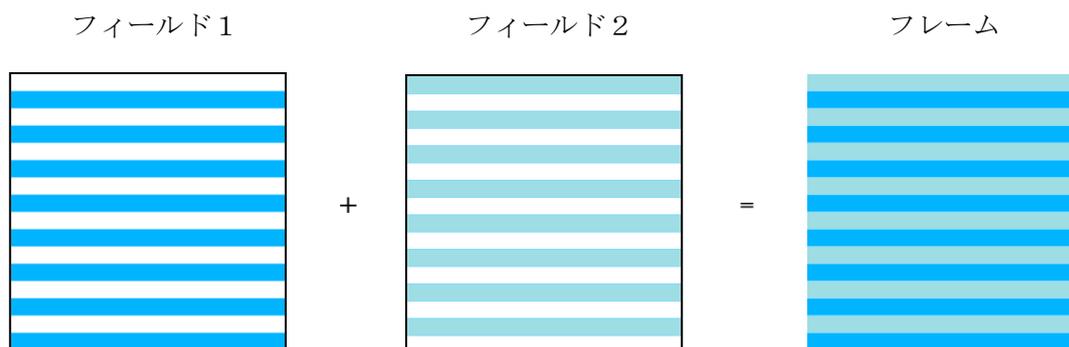


図 8 インターレース方式

フィールドの優先順位の問題はしばしば画面上の問題を引き起こす。仮にフィールドの順序が逆になると、映像が不自然にちらつき正常な視聴ができなくなる。また、編集した映像を 1 枚の画像ファイルとして取り出した際、異なる画像のフィールドが混じり走査線が互い違いに「くし」のようになった画像になることがある。この現象をコーミングと呼ぶ。

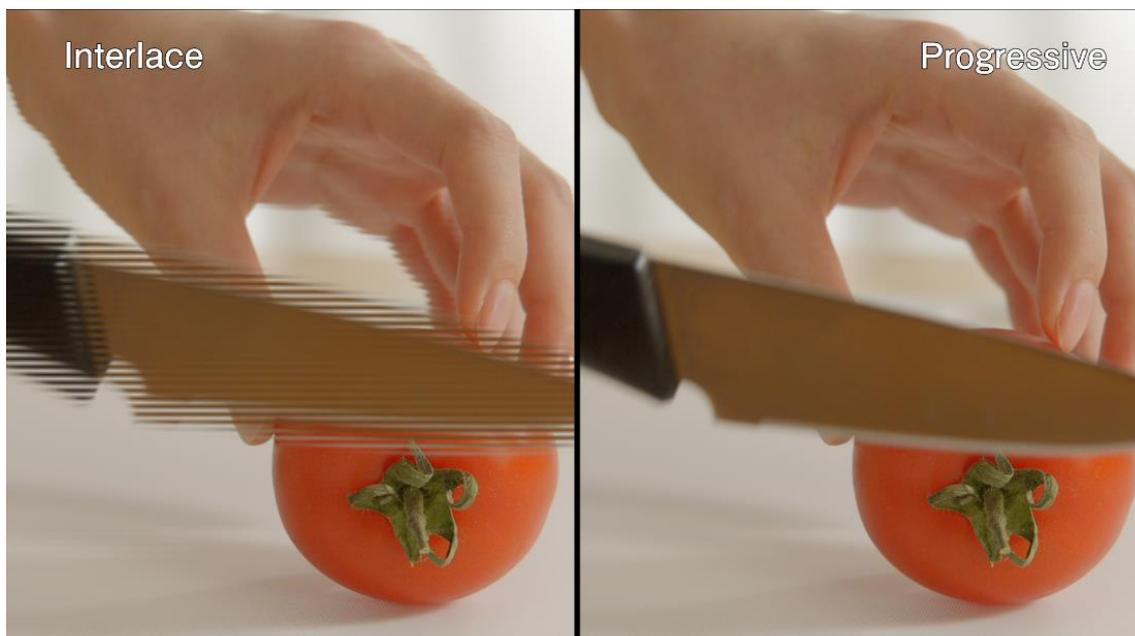
### プログレッシブ

プログレッシブ方式では、1 枚のフレームの画像は一番上の走査線から順番に伝送される。フィールドの概念はないのでフィールドの順番の問題に悩まされることはない。

プログレッシブの映像を見るにはプログレッシブに対応したモニタが必要となる。パソコンのモニタはプログレッシブで表示されるが、ビデオ映像規格ではプログレッシブは少数派である。インターレース信号をプログレッシブ信号に変えるには i/p 変換という処理が必要になる。

例えば、毎秒 60 フィールド(60i)の映像は、i/p 変換によって毎秒 60 フレーム(60p)の映像になる。これにより映像のちらつきが減りより見やすくなる。画質を落とさずに i/p 変換するには高度な技術が必要となる。 [2, pp. 232, 267]

インターレースで生じるコーミングとプログレッシブとの比較を以下に示す。



画像 7 インターレースとプログレッシブ

このようにインターレースではフィールドながらもコマ数は増え滑らかな動きを表現できるが、解像度としてはフィールドであるために低くなる。対してプログレッシブでは 1 画像なため解像度は高くなるが、コマ数が少なくなるので間引かれたような動きとなることが特徴となる。

### 3. 1. 9. フレームレート

フレームレートとは、動画の再生などの品質に関する指標で、画面のコマ（フレーム）が新しく書き換えられる頻度を示す値のことである。

フレームレートの単位は「fps」（frame per second）で、1 秒間にどれだけのフレームが更新されるか、という値で表される。フレームレートの値が高いほど、多くのフレームを用いて動画が再生されていることになり、画面表示が滑らかになる。 [18]

SDTV (NTSC 方式) では、毎秒 30 フレームの画像を画面に映し出している。厳密には、0.1% 遅い「毎秒 29.97 フレーム (59.94 フィールド)」が正しいフレームレートとなる。

HDTV では、多様なフレームレートに加え、走査線数、走査方式があり、以下のような表記方法で統一されている。

XXX / YYYz

XXX: 走査線数

YYY: フレームレート

Z: 走査方式 (小文字)

走査線数は映像を映し出すための実効的な本数で表されるのが普通で、HDTV では 1080 と 720 が使われ、SDTV では慣習的に 480 と書き表される。

フレームレートでは、インターレース方式ではフィールド周波数で表され、プログレッシブ方式ではフレーム周波数で表される。日本で使われる主な数字は、23.976、29.97、59.94 となる。ヨーロッパなどでは 25、50 が使われる。

日本でよく使われる方式は以下の通り。

方式	備考
HDTV 1080/59.94i	日本で最も多く使われる HDTV 方式で、現在の地上デジタル放送や BS デジタル方式もこの方式で放送されている。
HDTV 1080/59.94p	HDTV 方式の中で最も高画質だが、限られた用途でしか使われない。高級な家庭用テレビ、AV 機器、ゲーム機の中にはこの方式に対応したものがある。
HDTV 1080/23.976p	映像制作の業務用として作られた方式。この形式で放送されることはなく、家庭用テレビ、AV 機器、ゲーム機の中にはこの方式に対応したものがある。
HDTV 720/59.94p	放送用として唯一のプログレッシブ方式だが、この方式での放送はほとんど行われてはいない。高級なプレイヤーの中にはこの方式に対応したものがある。
HDTV 720/23.976p	1080/23.976p のように業務用途で使われると予想される。
SDTV 480/59.94i	通常の SDTV テレビ放送 (NTSC) や SDTV のビデオ信号の形式。
SDTV 480/59.94p	一部の家庭用 DVD プレーヤーなどはこの形式で出力する機能がある。業務用途ではほとんど使われない。

表 7 日本でよく使われる方式

フレームレートの数字は、言い換えや省略されることがある。言い方が混在しているため注意が必要となる。

#### フレームレートの言い換えの例

1080/23.976p → 1080/24p  
1080/23.976p → 1080/23.98p  
1080/23.976p → 1080/23p

1080/59.94p → 1080/60p

1080/59.94i → 1080/60i  
1080/59.94i → 1080/59i

720/59.94p → 720/60p  
720/59.94p → 720/59p

#### フレームレートの省略の例

1080/59.94i → 1080i  
1080/59.94p → 1080p  
1080/23.976p → 1080p

720/59.94p → 720p  
720/23.976p → 720p

480/59.94i → 480i  
480/59.94p → 480p

[2, p. 232.233]

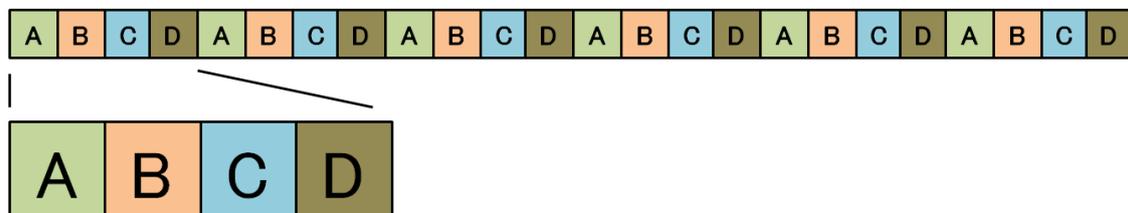
#### フレームレート変換

映画やアニメーションの多くは毎秒 24 フレームで制作される。しかし日本で家庭に届けられる映像信号は毎秒 24 フレームではない。日本のテレビ方式は、60i 方式（毎秒 30 フレーム、毎秒 60 フィールドのインターレース）が大半で、SDTV は 100%この方式(480/60i)で、HDTV もほとんどが 60i 方式（1080/60i）となる。

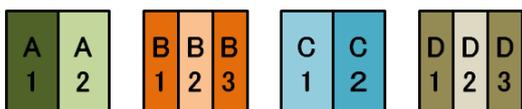
そのため、毎秒 24 フレームの映像を 60i 方式の映像に変換しなければならない。そのために使用する方法として「2-3 プルダウン」がある。 [2, p. 245]

### 2-3 プルダウンの原理

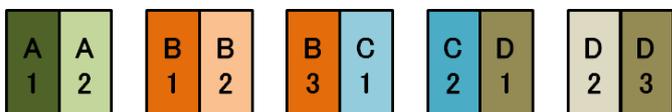
24 フレームから 30 フレームを作成する場合において、24 フレームの動画を ABCD の4枚のフレームの繰り返し (ABCD の4フレーム を6回繰り返しで計24フレーム) と考える。



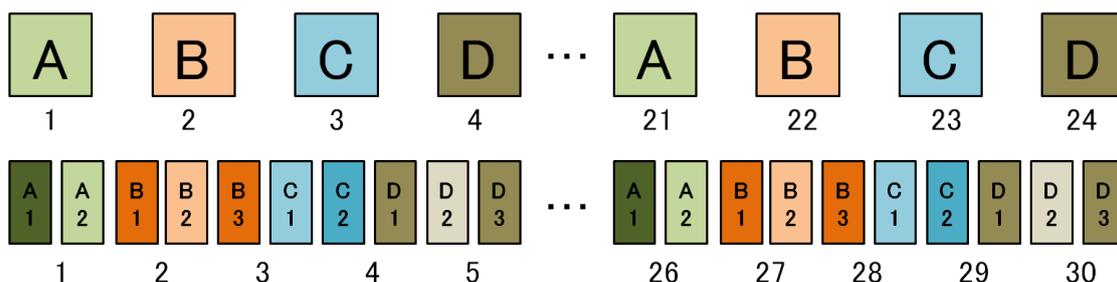
まず、1フレーム目 (A) を A1・A2 の2枚に分ける。次に、2フレーム目 (B) を B1・B2・B3 の3枚に分ける。同じように、3フレーム目 (C) は C1・C2 の2枚に、4フレーム目 (D) は D1・D2・D3 の3枚に分ける。



この分けられたフィールドを頭から順に、2枚1組で組み合わせていく。そうすることで、フレームの数が4から5に増加する。



これを24フレーム分繰り返すことで30フレームを得ることができる。



[19]

### 3. 1. 10. 圧縮と非圧縮

映像ならびに画像、音声ファイルはその用途によって圧縮される。圧縮には、非可逆圧縮と可逆圧縮に分けられる。また、圧縮を行わない非圧縮も存在する。

可逆圧縮とは、デコードすれば、完全にもとのデータに戻すことができる (=劣化が生じない) 圧縮方式のこと。非可逆圧縮とは、デコードしても、もとのデータに戻すことが

できない（＝劣化が生じる）圧縮方式のことを言う。

可逆圧縮が、「数学的な方法でデータをまとめて」ファイルサイズを小さくしている。対して、非可逆圧縮は「人に感知されにくい部分（データ）を実際に削って」ファイルサイズを小さくしている。可逆圧縮はデータが劣化しないため、「ロスレス（Lossless）圧縮」とも呼ばれている。同様に、非可逆圧縮は「ロッキー（lossy）圧縮」とも言う。

元に戻すことができるなら、可逆な方法で圧縮した方が良いように思えるが、可逆圧縮には以下のようなデメリットがある。

- ・非可逆圧縮に比べ、圧縮率が低いことがある。
- ・デコード時、CPU に負荷がかかり、結果処理時間がかかる。

圧縮自体を行わない非圧縮も存在し、映像制作といった繰り返しエンコードする必要があるポストプロダクションなどでの処理において、使用されることが多い。つまりは、自分の環境、用途や目的に応じて圧縮方法を使い分ける必要がある。[20]

圧縮と非圧縮において、圧縮ではその処理を行うためのデコードならびにエンコードの時間がかかるがファイル容量は減る傾向がある。対して非圧縮はデコードならびにエンコード時間はそれほどかからないが容量が大きくなる傾向がある。実際には容量が大きいためデコードならびにエンコードの計算処理時間はかからないものの、容量が大きいためその容量に対する処理時間がかかっている。

各映像コーデックや画像・音声フォーマットによって圧縮や非圧縮の対応が異なる。以下代表的な分類を示す。

名称	分類	対応形式
DPX	画像フォーマット	非圧縮のみ
TIFF	画像フォーマット	圧縮ならびに非圧縮
JPEG2000	画像フォーマット	圧縮のみ
OpenEXR	画像フォーマット	圧縮ならびに非圧縮
ProRes	映像コーデック	圧縮のみ
DNxHD	映像コーデック	圧縮のみ
WAV	音声フォーマット	圧縮ならびに非圧縮

表 8 圧縮非圧縮の分類例

### 3. 1. 1.1. 記録情報の移行（マイグレーション）

マイグレーションとは、あるメディアに保存されているファイルや情報を別の保存メディアに移すことを指す。実際、メディア供給会社の製造やサポート停止、保存メディアの寿命、保存メディアのドライブやインターフェースの更新などにより新たな保存メディア

へデータを移す必要が発生している。

マイグレーションを行うことでその保存されているファイルや情報をより長く保存することができるようになるが、いくつか考慮すべき点がある。1つ目は実施するタイミングである。保存メディア供給会社による製品の製造やサポート終了のスケジュールに合わせて計画的に行うことが理想である。2つ目は予算で、スケジュールは外部要因により決められてしまうため、予算を組むにあたり自組織内の都合で決めづらいという側面がある。3つ目はマイグレーション時に発生するデータ管理方法の更新である。より大容量の保存メディアへのマイグレーションを実施するケースが多いと思われるが、マイグレーション元のメディアの個数とマイグレーション先の個数が一致しないため、データベースの内容を更新する必要がある。個数が減ることで保管スペースも縮小できるというメリットもあるが、その保管されている場所の情報も更新する必要がある。4つ目はマイグレーションを実施する際のデータ破損や欠損のリスクである。データを確実に新たな別の保存メディアに移行させるためには Verify と呼ばれる整合性の確認が必須であり、整合性確認なしでの単純なコピー作業では正しく移行できないことが発生している。基本、元のデータをそのままマイグレーション先に完全複製するが、同時にメタデータの更新の機会でもある。その時々で必要なメタデータは変化していくが、そのメタデータの追記更新もマイグレーションと併せて行うことでより利用しやすい情報を維持することが可能となる。

### 3. 1. 1 2. データの整合性

ハッシュ関数には、同じ入力値からは必ず同じ値が得られる一方、少しでも異なる入力値からはまったく違う値が得られるという特徴がある。この特徴を生かし、データの伝送や複製を行う際に、入力側と出力側でハッシュ値を求め一致すれば、途中で改ざんや欠落などが起こっていないことを確認することができる。また、暗号や認証、デジタル署名などの要素技術として様々な場面で利用されている。 [21]

よく使われているものに MD5、SHA-1、SHA-2 などがある。MD5 (Message Digest Algorithm 5) は 1991 年に開発された。インターネットを介したファイルの配布時に、破損や改ざんがないかの確認のためによく用いられる。128 ビット数を持つ。

SHA (Secure Hash Algorithm) は NIST\*<sup>12</sup>により米国政府標準として採用されており、大きく SHA-1 と SHA-2 に分かれる。SHA-1 は 1995 年に改訂され、SSL や PGP など様々な暗号技術で利用されている。160 ビット数を持つ。SHA-2 は 2000 年代前半に開発された数種のアルゴリズムのファミリー名称で、具体的なハッシュ関数としては出力されるビット数等の違いで SHA-224、SHA-256、SHA-384、SHA-512 の 4 種類がある。(例、SHA-224 では 224 ビット数となる。) [22]

---

\*12 NIST

米国の国立標準技術研究所 (National Institute of Standards and Technology) のことで、科学技術分野における計測と標準に関する研究を行う、米国商務省配下の技術部門であり非行政機関。

以下、同一ファイルにおけるハッシュ値の例を示す。

MD5	7215fb7650e658d032002e667c6aa0b5
SHA-1	77ef07d49a920dd25849e5b8120e8dda9733d283
SHA-256	6ab737e3a895c1141b5ddb9433a37a8f71ad8ea462157371ec4a9d5b9f7dec0c

表 9 ハッシュ値の例

### 3. 1. 13. 代表的なファイルフォーマットとコーデック

映画・映像データの保存ならびにマイグレーションに使用される代表的なファイルフォーマットならびにコーデックを明記する。なお、種別として「コーデック」、「コンテナ」、「画像フォーマット」「音声フォーマット」としている。

#### フォーマットとコーデック

コーデックとは、あるデータを別の形式のデータに変換するための、ソフトウェアやハードウェアのしくみのこと。動画ファイルに含まれている、動画データ、音声データはすべてではないが圧縮されており、その圧縮ならびに伸張するプログラムをコーデックという。あるデータを異なるデータ形式に変換することをエンコードと呼ぶ。また、エンコードされたデータを元のデータ形式に戻すことをデコードと呼ぶ。コーデックには、エンコーダとデコーダのどちらか一方、または両方が含まれる。

なお、あるコーデック形式でエンコードされたデータは、ファイルフォーマットという「入れ物」に格納され、動画ファイルとなる。コンテナフォーマットとも呼ばれる。[2, p. 146], [23]

名称	種別	概要
MXF	コンテナ	Material eXchange Format の略称で、映像・音声を機器間やシステム間でやりとりする際のデータの持ち方を規定した規格である。業務用映像ファイルフォーマットの標準として策定されているため、カメラやビデオレコーダだけでなく、素材から送 出に至るまでの幅広い用途で活用されている。例えば、VTR 規格 (XDCAM, DVCPRO P2 など) で採用されており、ノンリニア編集機やカラーグレーディングソフトでも対応製品が増えている。また、デジタルシネマでは映画館の配給データ (DCP <sup>*13</sup> ) として MXF フォーマットが採用されている。 [2, p. 244], [24]
QuickTime	コンテナ	Apple 社が開発したフォーマットで、非圧縮または可逆圧縮のコーデックと組み合わせて、高画質の映像素材を運ぶことも可能。映像制作現場で素材運搬用として使われている。 QuickTime ファイルは映像や音声だけではなく、テキストや MIDI データなど様々な種類のデータを扱うことができ、対応するコーデックが複数ある。ムービー再生には QuickTime Player が推奨される、また家庭用マルチメディアプレイヤーで QuickTime 対応の製品が出てきている。拡張子は、「.mov」または、「.qt」。 [2, p. 149]
AVI	コンテナ	Microsoft 社が開発したフォーマットで、非圧縮または可逆圧縮のコーデックがあり、高画質の素材運搬も可能。AVI フォーマットには、対応するコーデックが複数ある。ムービー再生ソフトは、Windows Media Player が推奨されるが、AVI フォーマットに対応した再生ソフトは他にも多数ある。また家庭用マルチメディアプレイヤーで再生可能。 [2, p. 149]
MPEG-2 TS	コンテナ	MPEG-2 のデータを格納あるいは送受信するためのデータ形式の一つで、映像、音声、静止画、文字など様々な形式のデータをまとめて一つの流れとして扱うことができる。 MPEG2 TS は 188 バイトの固定長の「トランスポートパケット」(transport packet)あるいは「TS パケット」と呼ばれるデータが連続したものとなっている。先頭部分がデータの種類を表す

\*13 DCP (Digital Cinema Package : デジタルシネマパッケージ)

各映画館でデジタル上映できる形態に映像をパッケージングしたもの。KDM (Key Delivery Message) と呼ばれる各映画館と上映期間が指定された鍵データによる暗号解読されて上映される。コーデックとしては JPEG2000 を採用。

		<p>情報で、続く後半部分がデータ本体となっている。デジタル放送などでは様々な種類のデータを格納したパケットが混在した状態で次々に送信されており、テレビ受像機などが受け取ったデータを種類別にまとめて元の状態に組み立て、映像を表示し音声を流す。</p> <p>日本の地上デジタル放送や BS デジタル放送を含む各国のデジタル放送規格で送信形式の一つとして採用されているほか、映像の録画装置やBlu-ray Disc などでも記録形式の一つとして採用されている。コンピュータでファイルとして保存・再生する場合には「.ts」「.m2t」「.m2ts」などの拡張子が用いられることが多い。 [25]</p>
ProRes	コーデック	<p>Apple 社が開発した映像コーデックで、Final Cut Pro (Final Cut Studio) のためのコーデックとして提供されている。SDTV 並みのファイルサイズながら、非圧縮 HDTV に近い画質を実現するなど、省データ量高画質をセールスポイントとしている。 [2, p. 151]</p> <p>映像制作においては、オフライン編集やオンライン編集、カラーグレーディングに用いられ、実績も多くスタンダードのコーデックとなっている。また、市場動向に合わせ、4K ならびにハイフレームレートにも対応している。</p>
XAVC	コーデック	<p>Sony の独自フォーマットで 4K 撮影カメラの PMW-F55 や PMW-F5 で採用された。4K(4096x2160)60 フレーム/秒までサポート。NexTV-F (次世代放送推進フォーラム) への Channel 4K 用の納品として指定されている。コンテナは MXF。</p> <p>より高い圧縮の XAVC-S も存在するが、圧縮方式が異なる。(XAVC は MPEG-4 AVC/H. 264、XAVC-S は MP4)。 [26] [27]</p>
MPEG-2 Video	コーデック	<p>ISO(国際標準化機構)/IEC(国際電気標準会議) JTC1 "Information Technology Standards" の SC29 "Coding of audio, picture, multimedia and hypermedia information" のワーキンググループ Moving Picture Experts Group (MPEG) が規定した規格の一つで、ISO/IEC 13818 及び、ITU-T(国際電気通信連合 電気通信標準化部門)の H. 262 として標準化されている。ビットレートは、動画と音声を合せて約 4Mbps~15Mbps で S-VHS ビデオと同程度の画質。高精細度テレビジョン信号では約 20Mbps~60Mbps。DVD ビデオから、標準画質テレビジョン放送、高精細度テレビジョン放送まで、広く使われている。 [28]</p>

H. 264	コーデック	<p>MPEG-4 国際規格の広範な技術の 1 つで、ITU-T*<sup>14</sup>による名称が「H. 264」、ISO/IEC による正式な名称が「MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding (AVC)」となっていることから、一般には、「H. 264/MPEG-4 AVC」、「H. 264/AVC」、「H. 264」、「MPEG-4 AVC」、「AVC」など様々な名称で呼ばれている。</p> <p>H. 264 のコーデックは AVI, QuickTime, MP4 などのファイルで利用できる。H. 264 のコーデックは、従来の映像圧縮技術をはるかにしのぐ圧縮性能を達成しているが、ソフトウェアでの圧縮処理は非常に複雑で時間がかかる。</p> <p>H. 264 は、携帯電話、ワンセグ、Blu-ray Disc、QuickTime、iPod、PSP (プレイステーションポータブル) などに幅広く採用されている。 [2, p. 150]</p>
H. 265	コーデック	<p>次世代コーデックの 1 つで、「HEVC」とも呼ばれる。HEVC は、高効率ビデオコーディングを意味する High Efficiency Video Coding の略。</p> <p>現在、よく利用されるコーデック「H. 264/MPEG-4 AVC」の後継規格として、国際標準化機構 ISO/IEC の MPEG と、国際電気通信連合の部門の 1 つで通信分野の標準策定を担当する電気通信標準化部門「ITU-T」の VCEG によるビデオコーディングの共同研究開発チーム (JCT-VC) によって提案され、2013 年 1 月には、ITU-T が標準「ISO/IEC 23008-2」として承認しました。ITU では、この「H. 265 HEVC」が“次の 10 年をサポートする規格”だとしている。</p> <p>H. 265 HEVC は、MPEG-2 と比べて約 4 倍、H. 264/AVC と比較しても約 2 倍の圧縮性能を有するとされている。「H. 265 HEVC」と「H. 264/AVC」の 2 つの規格の間にある技術的な差異としては、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ブロックサイズの拡大</li> <li>・画面内予測の改善</li> <li>・動画画質のさらなる改善</li> </ul> <p>の 3 つが挙げられる。</p> <p>また「H265 HEVC」は、フル HD、4K、8K スーパーハイビジョンなど高解像度な映像だけでなく携帯端末向けの映像配信での利用も想定されている。NTT ドコモでは「H265 HEVC」の復号ソ</p>

\*<sup>14</sup> ITU-T

国連の専門機関の 1 つで、技術の標準化を行うための組織。

		<p>フトウェアのライセンス提供を行っている。</p> <p>通信事業者にとっては、従来よりも伝送帯域の効率的な利用、急増する動画トラフィックの緩和につながる。一方、ユーザーにとっては、再生までの待ち時間短縮や、動画途切れの頻度軽減などより快適な動画視聴につながる技術規格である。NTT ドコモでは、復号ソフトを国内外のベンダーやソフトウェア開発会社にライセンス提供することで、HEVC の導入を促進させたい考えがある。 [29]</p>
AVC-Ultra	コーデック	<p>2011年にパナソニックが開発した、マスタリング用の高画質映像から、ネットワークを介した WEB ブラウジングまで幅広い用途に使用できる MPEG-4 AVC/H. 264 ベースのプロ用ビデオ圧縮コーデック。同社が 2007 年に開発したコーデック「AVC-Intra」を拡張。“次世代マスタリング高画質”を実現するという「AVC-Intra class 4:4:4」と「AVC-Intra class 200」、より高圧縮/高コストパフォーマンスの映像制作を実現する「AVC-LongG(ロングジー)」、低ビットレートでも高画質化できる H. 264 ベースのプロキシ映像「AVC-Proxy」を加え、新たに体系化したものを「AVC-ULTRA」としている。 [30]</p>
DNxHD	コーデック	<p>Avid 社が開発し、今日のポストプロダクションやニュース制作環境において普通に行われる、複雑なコンポジット作業や中間ファイル生成などのノンリニア編集環境に最適になるように設計されているコーデックで、8-bit、10-bit の種別やビットレートは自由に選択することができ、通常のカメラコーデックよりも効率的に品質を維持することが可能。 [31]</p>
Motion JPEG	コーデック	<p>M-JPEG 或いは MJPEG に略称され、マルチメディア PC アプリケーションに対し、開発されたフォーマットである。M-JPEG にあるデジタルビデオシーケンスのビデオフレームとインターレースフィールドは別々に JPEG イメージに圧縮される。今日、Motion JPEG はデジタルカメラ、IP カメラ、ウェブカメラなどのビデオキャプチャデバイスとノンリニアビデオ編集システムによく利用される。M-JPEG は Safari、Google Chrome と Mozilla Firefox などのブラウザと QuickTime Player と PlayStation でサポートされている。 [32]</p>
DPX	画像フォーマット	<p>Digital moving-Picture eXchange の略で、映画のポストプロダクション内でのワークフローにおいて使われることが多いフォーマット。フィルムスキャンやフィルムレコーディングとい</p>

		<p>ったフィルムとのインターフェースとして、またグレーディングする際や劇映画のマスターファイル納品として使われる。ネガフィルムで表現できる発色と階調をデジタルデータで再現するために作られており、グレーディングといった色調整においてフィルム映像をデータの的にコントロールするうえで都合が良い。非圧縮でもある DPX は、制作の過程で繰り返し書き換えられても劣化しないため、映画の DI<sup>*15</sup>工程を扱うポストプロダクション会社や実写映画の VFX 会社など、映画業界にとって不可欠のフォーマットとなっている。 [2, p. 151]</p>
JPEG	画像フォーマット	<p>JPEG 規格を作った国際団体 Joint Photographic Experts Group<sup>*16</sup>の略で、カラー静止画像を対象とした国際標準の圧縮符号化技術で作成された画像ファイル形式を指す。広く普及しており、ほとんどの画像処理ソフトや画像閲覧ソフトで扱うことが可能。JPEG 圧縮方式によって生成された画像ファイルにつけられる拡張子は*.jpg が多く使用されるが、*.jpeg が使われる場合もある。ビット深度は最大 8bit (24bit カラー)。</p> <p>ファイル形式には、Baseline JPEG と呼ばれる通常の JPEG ファイル形式の他に、Interlace GIF と同様な効果がある Progressive JPEG ファイル形式がある。さらにデジタルカメラ市場では、JPEG 圧縮形式に様々なオプション機能を追加し拡張した Exif(Exchangeable image file format)がある。Exif は、富士フィルムが開発した画像ファイル形式で、JEIDA(日本電子工業振興協会)が策定し、カメラ情報・写真撮影時の情報・サムネイル画像を格納することが出来るファイル形式になる。</p> <p>その他、動画ファイル形式には JPEG 圧縮方式を利用し、従来の差分画像方式と異なる方式で保存/再生することが出来る Motion JPEG 形式がある。</p> <p>JPEG 圧縮の基本構成はデータを切り捨て元の画像情報を完全には復元できなくなる非可逆圧縮(Lossy Compression、別名：ロッキー圧縮)を使用するのが一般的だが、可逆圧縮形式(lossless compression、別名：ロスレス圧縮)の JPEG-LS とい</p>

\*<sup>15</sup> DI (Digital Intermediate : デジタルインターメディアイト)

映画のための高画質デジタルマスタリングを行う工程で、従来のフィルムで行っていたネガ編集やタイミングといった調整作業をデジタルデータとして処理する工程のこと。

\*<sup>16</sup> Joint Photographic Experts Group

ISO IEC/JTC1/SC/WG1 と ITU-T SG 8 CCIC の共同グループとして 1986 年に設立された。

		う形式もサポートしている。しかし特許などの関係で、可逆圧縮方式は詳細な画像情報を必要とする医療分野などを除いてほとんど利用されていない。 [2, p. 151], [33]
JPEG2000	画像フォーマット	JPEG を発展させた仕様で、JPEG よりも画質および圧縮率の向上が図られたフォーマットになっている。また、JPEG で見られたノイズについても異なる圧縮技術を使うことで解消されている。JPEG2000 では、圧縮された状態でさらに内部的に圧縮したデータを抽出することが可能なため、一つの画像データから、携帯電話向けなどのコンパクトな画像から通常のサイズ、さらに印刷用の高解像度画像まで、様々な解像度の画像を得ることが出来る。また、JPEG は多少のデータの損失を許容することで劇的な圧縮率を達成したが、JPEG2000 ではまったく損失のない可逆圧縮も選択することが可能になった。 しかし、JPEG ほど汎用性は高くなく、専用のソフトによるエンコードやデコードを行う必要がある。 [33]
TIFF	画像フォーマット	Tagged Image File Format の略で、当時 Aldus 社（のちに Adobe Systems に買収された）と Microsoft 社によって開発された画像データのフォーマット。1 枚の画像データを、解像度や色数、符号化方式の異なるいろいろな形式で一つのファイルにまとめて格納できるため、比較的アプリケーションソフトに依存しない画像フォーマット。 [34]
OpenEXR	画像フォーマット	OpenEXR とは、Industrial Light & Magic (ILM) が開発した、HDR のファイル形式。拡張子は「.exr」。OpenEXR の利点としては、32bit 浮動小数点とともに 16bit 浮動小数点のサポートしたこと、rle, gzip, piz の三種類の圧縮をサポートしている事などが挙げられ、その柔軟性と拡張性により、HDR 画像ファイルでの標準となっている。 2013 年のバージョン 2.0 時点で『Prometheus』や『The Hobbit』、『The Avengers』といった映画作品でも使用されており、以来 ILM のメインのイメージ ファイル形式となっており、ハリウッド映画を中心に活用されている。 また、米国・映画芸術科学アカデミー (AMPAS, Academy of Motion Picture Arts and Sciences) が策定したデジタル映像制作における色管理・色再現方法の新しい業界標準規格「ACES」にてファイル互換性がある。 [35]
RAW	画像フォーマット	カメラに搭載されている、CCD や CMOS などの撮像センサーから

	フォーマット	<p>の出力信号を、” RAW (「生」または「未加工」) ”に近い状態で保存したファイル形式のこと。そのファイル自体では画像ファイル形式となっておらず、デジタル現像処理を行うことで、画像や映像として見ることができる。</p> <p>なお、各カメラメーカーならびに各カメラ製品に RAW ファイルは異なっており固有のものである。そのため、デジタル現像するツールはそれぞれの RAW ファイルに対応している必要がある。上位機種で RAW 出力が可能であることが多いが、すべてのカメラで RAW 出力可能ではない。 [36]</p>
WAV	音声フォーマット	<p>Windows 標準の音声ファイルの形式。「WAVE 形式」などとも呼ばれる。音声信号をデジタルデータに変換したものを記録するための保存形式などを規定している。圧縮(符号化)方式については規定しておらず、任意のものを利用することができる。デフォルトでは PCM(無圧縮)方式や ADPCM 方式などの圧縮方式に対応している。Microsoft 社や他社が提供する「CODEC」と呼ばれるソフトウェアを追加することにより、MPEG-1 Audio Layer III 方式(MP3)や、Indeo Audio 形式などの様々な圧縮方式を利用することができるようになる。 [37]</p>
BWF	音声フォーマット	<p>Broadcast Wave Format の略で、放送局や業務用途での利用を想定し、EBU (ヨーロッパ放送連合) が制定したオーディオ・データの交換用標準ファイル・フォーマット。Windows の WAV フォーマットをベースにして、データ形式やファイル形式、各種属性などを明確にドキュメント化し、コンピュータや機器によらず、相互にデータを交換できるように決められている。また、日本国内で業務上必要となる機能拡張を行った BWF と上位互換性を持っている BWF-J (Broadcast Wave Format - Japan) も存在する。 [38]</p>
MP3	音声フォーマット	<p>正式名称は、MPEG Audio Layer-3 で、1998 年以降から普及した音声コーデック。非常に圧縮率が高いため、データ容量を抑えることができ、人間の聴覚心理を利用した圧縮をするため、音質的な劣化を感じるものが少なくなるよう設計されている。 [39]</p>
AAC	音声フォーマット	<p>Advanced Audio Coding の略で、MP3 を超える高音質・高圧縮を目指して標準化された形式。iPod やウォークマンなどの携帯音楽プレイヤー、プレイステーション・DS などのゲーム機、携帯電話など多くの機器やソフトウェアが再生に対応。 [39]</p>

表 10 代表的なファイルフォーマットとコーデック

3. 1. 1 4. 代表的なメディア

映画・映像データの保存ならびにマイグレーションに使用される代表的なメディアの種類を明記する。

名称	概要
外付けハードディスク	非常に大きな容量を持ち、かつ性能進化のスピードが速く、同じ価格で買える容量は増加している。また高いデータ転送能力を持ち、しかもほとんどのパソコンが持っている USB などのインターフェースで容易に接続することができる。しかし、精密機械であるため、衝撃で故障しデータが一挙に失われるリスクがある。輸送の際は充填材で十分にくるむなど細心の注意を払う必要がある。 [2, p. 155]
RAID	「レイド」と発音され、複数のハードディスクをまとめて1つのディスクとして使う方式。単独のハードディスクでは得られない信頼性・耐故障性・大容量・読み書き性能を持っている。大容量・高信頼性のファイルサーバを構築するには欠かせない技術で、手軽に利用できる市販の RAID 製品が増えている。RAID 装置も中身はハードディスクであるため、運搬の際は外付けハードディスクと同様に最新の注意が必要となる。 [2, p. 155]
CD-R	CD-ROM ドライブをはじめとする対応ドライブで読み出すことができる互換性の高さをもち、またメディア価格が安価であるため広く普及している。1回だけ書き込み可能という性質から、アーカイブメディアとしても大量に使用されてきた。 [2, p. 155] データの大容量化に伴い、1つの CD-R では入りきらないファイルサイズによる複数の CD-R にまたがる管理による煩雑さは増すため、より大容量のメディアに移行している。
DVD	DVD 系の記録メディアは利用が増えているが、多くの規格が乱立している。DVD-RAM, DVD-R, DVD+R, DVD-RW, DVD+RW, DVD-R DL, DVD+R DL があり、1度だけ記録できる R と、約 1000 回書き込みや書き換えが可能な RW、およそ 10 万回の書き換えが可能な RAM、記録層を 2 つ持つ DL に区分される。記憶容量としては、片面 1 層で 4.7GB、片面 2 層で 8.5GB、両面 1 層 (DVD-RAM) で 9.4GB となる。現在どの規格にも対応したドライブ製品が販売されているが、その品質はメーカーや品種によって様々である。非常に安いメディアの中には、書き込みに失敗し正しい保存ができないケースや、読み出し中にエラーが起きるなど問題が報告されている。確実な記録や読み出しが求められる場合やアーカイブとしての長期安定保存が必要な場合には、コストよりも信頼性を重視する必要がある。 [2, p. 156] [40]

BD (Blu-ray Disc)	<p>CD や DVD の赤い色のレーザー波長よりも短波長の青紫色のレーザーを使用することで高密度化を実現し、DVD の 4.7GB に比べて約 5 倍にあたる 25GB (BD-R 片面) での記録が可能。</p> <p>BD-R, BD-R LTH Type, BD-R DL, BD-R XL, BD-RE, BD-RE DL, BD-RE XL があり、1 度だけ記録できる R と書き換え可能な RE、記録層を 2 つ持つ DL、3 つ持つ XL に区分される。記憶容量としては、片面 1 層で 25GB、片面 2 層で 50GB、片面 3 層で 100GB となる。ちなみに片面 4 層 128GB も規格は策定されているが製品化されていない。 [2, p. 156], [40], [41]</p> <p>また、BD を 12 枚格納するカートリッジを用いた Sony のオプティカルディスクアーカイブやパナソニックのデータアーカイバーといった製品もある。</p>
テープ	<p>コンピュータ用の記録テープは大容量データを記録でき、信頼性も高いことがメリット。より大容量を実現するために複数のテープカートリッジとドライブを備え、全自動でテープを入れ替えられるテープライブラリと呼ばれるシステムもある。しかしハードディスクが劇的に高性能化・低価格化したこと、テープドライブやライブラリシステムが高価であること、規格が頻繁に変わることなどからデータ運搬用としてあまり使われなくなっている。ただしその大容量・安全・長期保存といった促成を生かし、ファイルサーバのバックアップやアーカイブ用途で使われている。 [2, p. 157]</p> <p>過去、DLT や AIT、DAT など普及したメディアもあったが、現在 LTO とエンタープライズ向けの IBM359x/TS11xx、Oracle T10000x がある。LTO はオープン規格となっており、LT010 (第 10 世代) までのロードマップが公表されている。 [42]</p>
USB フラッシュメモリ・外付け SSD	<p>USB フラッシュメモリや外付け SSD は電源を切ってもデータが消えないフラッシュメモリ (半導体メモリの一種) を使った記憶メディアを指す。ハードディスクのような機械部分を持たないため、衝撃にもある程度耐えられ、安心して持ち運びできる。また、ハードディスクと同等以上に高速な読み書きができる製品もある。しかし 1GB あたりのコストが他のメディアと比較して高く、データのアーカイブ用途には向かない。 [2, p. 157]</p>
業務用 VTR	<p>家庭用 VTR とは異なる特性を持つ高信頼性の VTR で映像制作では不可欠の機材となっており、その特徴としては、高画質、高信頼性で耐久性・メンテナンスに優れる。様々な業務用映像信号や多チャンネル音声信号を記録再生可能。タイムコード*<sup>17</sup>を記録再生できる。1 フレーム単位の正確な編集</p>

\*<sup>17</sup>タイムコード

映像のフレームごとにつけられた絶対時間のことで、映像の時間軸上の位置を正確に指し示すことができる。

	<p>ができる。多様な調整機能や設定機能を持つ。専用のオプション機器に寄り機能拡張を持つなどがある。業務用 VTR には様々な方式があるが、異なる方式の間には互換性がほとんどない。</p> <p>SDTV 用 VTR としては、ベータカム SP、D-1、D-2、デジタルベータカム、DVCAM、DVCPRO、DVCPRO 50、DVCPRO P2、MPEG IMX、ベータカム SX、XDCAM、D-3、D-5、D-9 などがある。また、HDTV 用 VTR としては、HDCAM、HDCAM-SR、HD D-5、DVCPRO HD、DVCPRO P2HD、XDCAM HD、XDCAM HD422、XDCAM EX、HDV、AVCHD、GF などがある。メディア形状としてはテープ、光ディスク、メモリーカードといった区分が存在する。 [2, p. 255]</p>
フィルム	<p>映画の発明以来、種々のフォーマットの映画が開発され、一般に使用されているフィルムの幅は、70mm（撮影ネガは 65mm）、35mm、16mm、8mm（スーパー 8 とレギュラー 8）に分けることができる。（しかしヨーロッパでは 9.5mm、中国では 17.5mm や 8.75mm という例外も存在していた。）それぞれにカラーとモノクロ、撮影用ネガと映写用ポジがあり、ほかに撮影またはネガ複製用の反転現像フィルムやフィルムレコーディングに適したフィルムなどがある。また、フィルム走行速度は 70・35・16mm の場合、毎秒 24 コマと規格に定められている。</p> <p>フィルムベースは化学的に安定していること、写真的に不活性であること、湿気、水分や現像処理薬以外に対して反応しないこと、寸度安定性を持つこと、ひずみを生じないことなどが要求される。</p> <p>支持体であるフィルムベースは大別して、アセテートベースとポリエステルベース（ポリエチレンテレフタレートベースや PET と呼ばれる）の 2 種がある。 [43, pp. 11, 31, 32]</p> <p>トリアセテートフィルムにおいて、高温多湿の環境にてビネガーシンドロームと呼ばれる加水分解を引き起こし、フィルムの収縮や乳剤とベースの剥離、カラーの褪色などを生じることが知られており、低温低湿の保存環境が重要となる。</p> <p>映画フィルムのメーカーは、アメリカのイーストマン・コダック社、日本の富士フィルム、ベルギーのアグファ・ゲバルト社なども映画フィルムを供給していたが、現在主にイーストマン・コダック社が供給元となっている。</p> <p>追加記述については、3. 1. 3. 1 フィルムを参照。</p>

表 11 代表的なメディアの種類

また、以下アーカイブに関連するキーワードについて明記する。

## 保存管理方法

メディアによっては保存環境や保存状態を推奨しているものもある。

例えば磁気テープは、温度 15 ～25℃、湿度 40 ～60 %RH の条件下での保存が推奨されている。また、長期保存によりテープに部分的な変形が発生し、再生画像に影響を与える場合があるため、事前にテープの巻きの状態を確認し、乱巻きや大きな段付きが見られる場合には、VTR などテープの状態を整えた上で保存する。なお、万が一のテープ同士の貼り付きを予防するため、数年に一度は保存しているテープの風通しのためにテープ早送り・巻き戻しを行うとよいとされている。 [44]

また、フィルムについて、東京国立近代美術館フィルムセンターの専用保存庫では、温度 2～10℃ (±2℃)、相対湿度 35～40% (±5%) の環境下で保管されている。 [45]

## オプティカル・アーカイブ・グループ (OPARG)

光ディスクアーカイブにおける高信頼記録可能かつ長期保存性の実現のため、パイオニアと三菱化学メディアが「オプティカル・アーカイブ・グループ (OPARG)」を構築し、高品質光ディスク (BD-R 及び DVD-R) と記録用ドライブ、ディスク検査関連機器などを統合したデジタルアーカイブの枠組みを提供している。

業務用光ディスク分野における、メディア、ドライブを製造するメーカー間で協業体制を組み信頼性の高いデータの記録保存を実現し、専用メディアと専用ドライブの組み合わせを提供。システムソリューションメーカーとの連携強化し公的機関による製品認証の取得や国際標準規格及び JIS 規格準拠としている。 [46]

## M-DISC

Millenniata が開発した新タイプの光学メディアで、光・熱・湿度などによる経年劣化に強く長期保存に適した特徴がある。

基板にポリカーボネートを用いている点は従来の DVD などのメディアと同じだが、有機色素による記録層と反射層を持たないのが特徴。DVD-R などでは記録面の有機色素にレーザーを照射することで記録ピットを作成しているが、M-DISC では「記録層に物理的な変更を加える事でピットを作成する。従来の光学メディアへの記録時より 5 倍強力なエネルギーを用いて、恒久的な“彫刻”を施すので、温度や湿度、日光の影響を受けないとしている。DVD-R(4.7GB)とBD-Rがある。 [47], [48]



ナル画ネガ原版から複製したインターネガフィルム\*<sup>18</sup>で焼き増しが行われることは少なかった。(図9左下にある「複製作業」の工程を参照)

オリジナル画原版の使用について後述するフィルムベース素材の劣化、再編集などの必要に迫られた場合にのみ、複製された原版が使われていた。なお、16mmのネガフィルムで撮影された作品も35mmと類似したワークフローとなる。

スーパー16mmのフォーマットで撮影し、35mmにブローアップする場合は、

- ①スーパー16mmのネガから直接35mmプリントにするケース
- ②スーパー16mmのネガから35mmのインターポジを起し35mmのインターネガから35mmプリントするケース

と大きく2種類に分かれる。

量産化を目的としない場合はリバーサルフィルムで撮影されている。報道目的では16mm、自主制作やホームムービーなどでは8mmが主で、最終的には編集済か未編集のポジ像のオリジナルが1点のみしかない。現像後のフィルムの特徴として、未露光部分が反転現像処理によって黒くなるため、画以外のエッジ、パーフォレーションの間までもが黒化していることがあげられる。

### フィルムベース

フィルムは製造年代によってベース(支持体)の素材が変化している。自然発火する危険性の高いナイトレート、その後改良され不燃化されたアセテート、そしてさらに強靱で保存性の高いポリエステルがある。オリジナル画原版や未編集の撮影素材として残っているネガフィルムとしては前記のナイトレートとアセテートの二種類がある。

ナイトレート素材は白黒の35mmネガ、ポジフィルム\*<sup>19</sup>、カラーネガ、ポジには存在しない。また8mm, 16mmについてもナイトレートは存在しない。[49]ナイトレートと見分けるために後に生産されるようになったアセテートはフィルムのエッジに“SAFTY”の印字がある。現在残っているフィルムの多くはナイトレートフィルムからアセテートのインターポジ、インターネガを作成して不燃化されたアセテートフィルムであるが、長期間の保存によって加水分解が進み、酸っぱい臭気を生じさせるという弱点がある。この現象はビネガーシンドロームと呼ばれている。

現在でもナイトレートフィルムが発見されることがある。ナイトレートはアセテートの

---

\*<sup>18</sup> インターネガフィルム

日本国内においてはインターポジをマスターポジ、インターネガをデュープネガと呼ぶことが一般的である。

\*<sup>19</sup> ナイトレート素材のポジフィルム

染色、調色されたナイトレートの白黒ポジフィルムはカラーフィルムに分類されている。

ように酢酸臭を生じさせないが、温度によって自然発火するおそれもあるため消防法第5類1種危険物に指定されている。通常10kg以下であれば所轄消防署の許可を受けた上で少量危険物として保管できる。[50]

#### フィルムベース素材による分類

ベース素材	白黒ネガ	白黒ポジ	カラーネガ	カラーポジ
ナイトレート	あり	あり	無し	無し
アセテート	あり	あり	あり	あり
ポリエステル	あり(ラボ用フィルムのみ)	あり	あり	あり

表 12 分類例

#### フィルムの劣化状態

フィルムの支持体、塗布された乳剤層は保存環境によって化学変化を起こす。極度の乾燥状態では、フィルムが波打った状態となり、支持しているベース面から乳剤面が剥離し、多湿な環境では湿り気を帯びてベースと乳剤面が固着、溶解するといったケースがある。



画像 8 溶解



画像 9 乳剤剥離



画像 10 縮み・変形

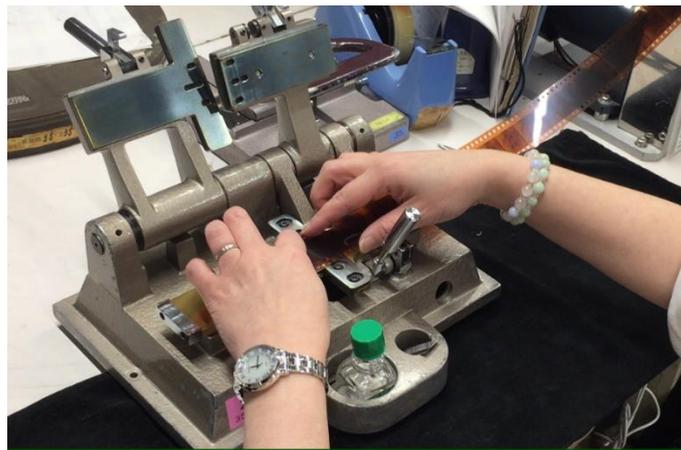
また加水分解をはじめとした経年劣化によるフィルムの変形は、上映、スキャニング、テレシネに不具合を生じさせる原因となる。いずれもフィルムの劣化による現象であり、フィルムの状態によって、その後フィルムをスキャナー、テレシネ機などにかけてられるか判断が必要になる。

#### 一般的な 35mm ネガ原版の準備作業

日本国内では、ラッシュプリントの編集結果に合わせてカメラネガを切り、フィルムセメントによって接着して完成したオリジナル画ネガ原版から上映用プリントが量産されてきた。

編集されたオリジナル画ネガ原版はカット毎につなぎ目があり、現像所ではプリントの焼き増しの際には、つなぎ目で剥がれないか、手作業による接合部のチェックを行っている。これはスキャニングやテレシネの前工程としても同様であり、このつなぎ目のチェックは世界で一つしかない原版を取り扱う現像所において最も基本的な作業となっている。

つなぎ目の強度が不足となる場合のみ、テープによる補強を行う。



画像 11 ネガつなぎ目チェック

オリジナルネガ画ネガ原版のエッジ部分にはノッチと呼ばれる切込みが入っているものがある。(画像 12) この切込みは、フィルムの複製を行う際、プリンターに、カットの変わ

り目を知らせるための手法として長らく用いられていた。1980年代には廃止されたが、スキャンニングの際にノッチを埋めないままにすると、映像が揺れる原因になってしまうため、現在ではテープで埋めてから行っている。



画像 12 ノッチ（青く囲った箇所）

フィルム表面に付着したゴミは、二種類のクリーナーによって除去される。一つは、Particle Transfer Roller を多連式にした画像 13 ドライクリーナー(画像 13)である。これは作業時の巻き返しに用いられ粘着性のある素材で作られたローラーをフィルムに押し当てることで付着した軽度のゴミを除去する。もう一つは有機溶剤を用いた画像 14 ウェットクリーナー(画像 14)で、表面に付着した軽いゴミはもちろん油脂類の除去に効果が高い。

また映写に使用され、油まみれになったプリントに対しては手作業で油脂類、汚れを拭き取るといった場合もある。

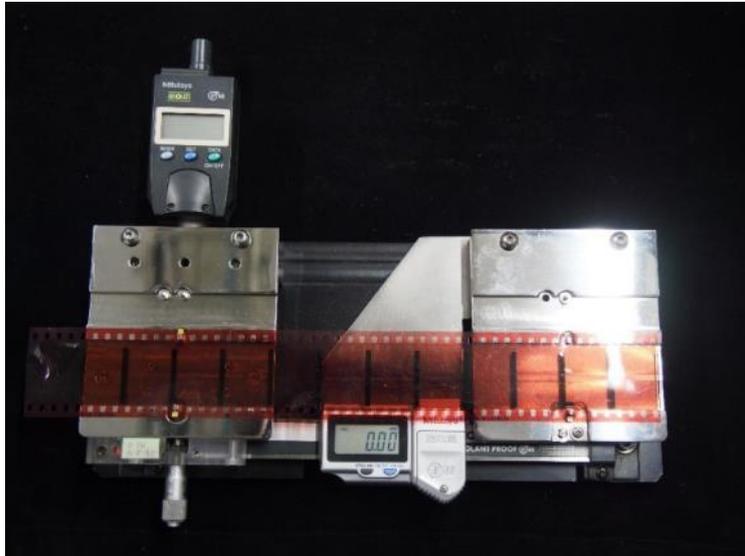


画像 13 ドライクリーナー



画像 14 ウェットクリーナー

古いフィルムでは収縮も問題となる。強い収縮を生じているフィルムを機械にかけられるか判断する画像 15 ピッチ測定器(画像 15)によって計測している。測定器上に配置されているのが 35mm ネガフィルムで、その上が 16mm フィルムを計測する部分になっている



画像 15 ピッチ測定器

### スキヤニング

1993 年 Kodak は Cineon System を発表しサービスを開始した。これはスキヤニング、フィルムレコーダーを含んだソフトウェアとワークステーションであった。[51, p. 16] この時に採用されたのが Cineon というファイルフォーマットである。Cineon はスキヤニングされたフィルムの情報を 10 bit ログのデジタルデータとするもので、Kodak が Cineon System から撤退後、後発メーカーで開発されたスキヤナーにおいても、この Cineon の定義に基づいて開発されているものが多い。

### フィルムサイズによる解像度選定

Cineon System が発表された時にフィルムスキヤニングの解像度も定義された。

35mm 画ネガフィルムのサウンドトラック含んだ横方向(下図 A) 24.92mm を 2048 に分割し、1pixel=12 $\mu$ m (1 $\mu$ m = マイクロメートル =  $10^{-6}$ メートル)として規定した。

縦方向(下図 B)は 18.86mm( $\pm 0.5$ )で 1556pixel である。2K 解像度でのフィルムのフルサイズイメージとは 2048 $\times$ 1556 となっている。[52, p. 108]

4K のスキヤニングでは、この解像度が 2K 1pixel=12 $\mu$ m から 1/2 の 1pixel=6 $\mu$ m となり、結果として 2 倍の解像度となっている。[53]

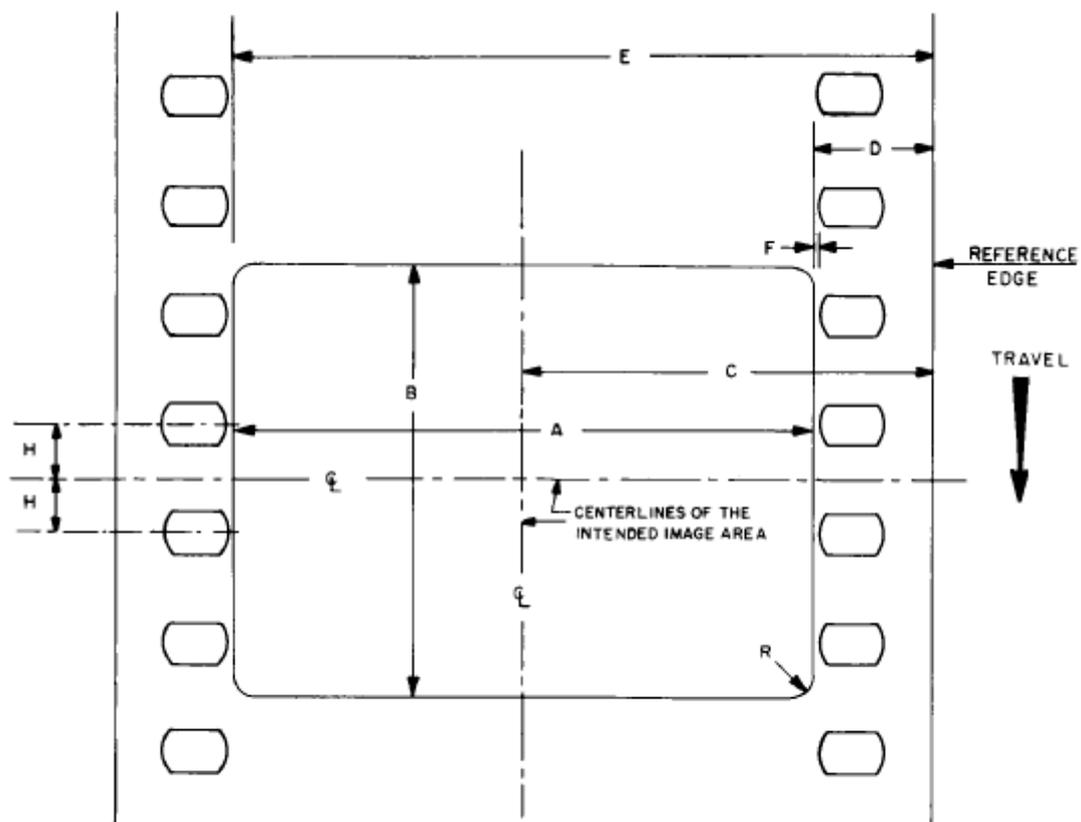


Figure 2 – Style C camera aperture image area

Dimensions	Inches		Millimeters	
A	0.981	nom	24.92	nom
B	0.735 ± 0.002		18.67 ± 0.05	
C	0.688 ± 0.002		17.48 ± 0.05	
D	0.198	max	5.03	max
E	1.179	min	29.95	min
F	0.009	nom	0.23	nom
H	0.093 ± 0.002		2.36 ± 0.05	
R	0.03	max	0.8	max

図 10 35mm フルフレームの寸法図

35mm ネガの有効画素を以下の表で示す。

	解像度 2K	解像度 4K
Full Frame (Aperture)	2048 x 1556	4096 x 3112
Cinema Scope (2.35)	1828 x 1556	3656 x 3112
Academy (1:1.37)	1828 x 1332	3656 x 2664
Vista Vision (8P)	2048 x 3072	4096 x 6144

表 13 35mm ネガ有効画素

古いフィルムからスキャニングする際の解像度は、Full Frame より外側のパーフォレーションの一部を含む広い範囲をも捉えるオーバースキャンを用いる場合もある。

これはフィルムにある情報を余すこと無く捉えると言う意味のみならず、その後のデジタル画像修復においてフレームの中でスタビライズ処理により、パーフォレーションでスタビライズする方が撮影の際に意図した揺れを反映させ易いという側面がある。

2K Full Frame のうち、サウンドトラックは水平方向が 220pixel 分で、その分を差し引いた 1828pixel がトーキーで上映されるネガフィルムの水平方向の解像度となる。

垂直方向の解像度は

$1828 \div (\text{各サイズのアスペクト比}) = \text{垂直方向の解像度}$

として算出できる。2K Academy サイズ(1:1.37)は 1828x1332, アメリカンビスタサイズ(1:1.85)の解像度は 1828x988 となる。 [54, p. 180]

## 上映時の範囲

スキャニングされたネガ画像は、そのまま上映される範囲ではない。フィルム撮影・上映では撮影時には上映時よりも広い範囲で撮影し、上映マスクで隠すという手法がとられている。これと同様のことがスキャニングされた画像に対しても考慮されなくてはならない。

図 11 ネガフィルムと上映の有効範囲は、Academy, ヨーロピアンビスタ, アメリカンビスタのネガ上での有効範囲(青)と上映時の範囲(赤)を表している。前述したサイズはネガ有効範囲の95.5%が上映範囲となる。 [55, p. 21] [56]



図 11 ネガフィルムと上映の有効範囲

シネマスコープサイズの説明のため図 12 SMPTE RP40 映写チャートを図示する。

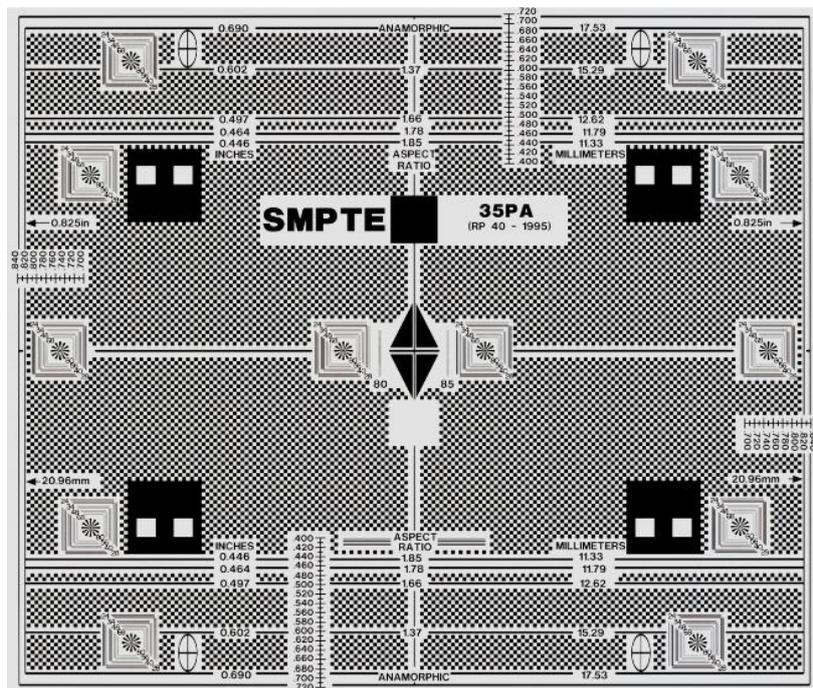


図 12 SMPTE RP40 映写チャート

シネマスコープサイズのスキヤニング時の 2K 解像度は 1828x1556 である。シネマスコープサイズは上映時にアナモフィックレンズによって水平方向を 2 倍に拡大する\*20ので、

$$1828 \times 2 = 3656$$

となり、横÷縦では  $3656 \div 1556 = 2.3496143 \dots$  となる。

シネマスコープサイズのアスペクト比について書かれているもので、1:2.35 となっているのをよく見かけるが、1:2.35 はネガの比率(1:1.1748)を単純に水平方向へ 2 倍しただけで上映時の比率ではない。

また、前述したシネマスコープサイズ以外のようにネガの有効範囲の均等に 95.5%切り取られた範囲が、上映時の有効範囲という形式にもなっていない。

シネスコの映写範囲は、上下左右が均等に切られているわけではなく、上下が左右よりもわずかに多くマスクによって切られる仕様になっている。

先ほどと同様の計算を SMPTE RP40 映写チャート上に描かれた寸法で確認してみると、横

\*20

シネマスコープサイズを水平方向に 2 倍に伸ばし適切な状態にしたものを「フラット」と表現する。[75, p. 308]

寸法(mm) x2 で

$$20.96(\text{mm}) \times 2 = 41.92(\text{mm})$$

縦寸法 17.53(mm) なので

$$41.92 \div 17.53 = 2.39132 \dots$$

となり、シネスコの上映時の比率は 1:2.39 であることがわかる。文献によっては 1:2.40 となっているものもある。

### Cineon 10bit ログの定義

Cineon では

- ・ネガ濃度を 10bit のコード値(Code Value)で表現
- ・Log
- ・フルレンジ 2.048D (0.002D / 1digit) (後述)
- ・D-min は 95(後述)

といった特徴がある。

ネガフィルムに撮影された画像は現像された後、画像の濃淡となって記録されている。ネガフィルムは未露光部分では透明に近く、感光する光量が増大するにつれて黒くなっていく。スキャナーではネガフィルムから透過した光を CCD や CMOS に代表されるイメージセンサーによって光量の変化として読み取り、デジタルデータに変換させている。

ネガ濃度と 10bit log のコード値の相互変換には以下のような計算式を用いている

$$\begin{aligned} 10\text{bit log コード値} &= 95 + 500 \times \text{ベース上の濃度} \\ \text{ベース上の濃度} &= (10\text{bit log コード値} - 95) / 500 \end{aligned}$$

[57, p. 19]

ネガフィルムの露光に対しての濃度変化を読み取る表として特性曲線が用いられてきた。特性曲線ではネガの透明な部分を D-Min(Density Minimum)として最も濃度の高い部分(黒)を D-Max (Density Maximum)としている。これらの数値は 10bit log データでは、95 ~ 1023 とされている。 [57, p. 17]

0 ~ 1023 のコード値で表現できるネガ濃度の最大幅をフルレンジと言う。

Cineon では、コード値 1 で表現できるネガ濃度の変化量が 0.002 と設定されているため、ネガ濃度のフルレンジは 2.048 である。

図 13 リニアとログの入出力は、横軸をリニアデータのコード値 (8 bit)、縦軸を Cineon ログのコード値 (10 bit) で入出力を表している。この入出力プロセスに対して、仮に 8 bit の CG データが入力された場合、コード値「0 (8 bit)」が「95 (10 bit)」に、「255 (8 bit)」が「685 (10 bit)」に変換されることになる。Cineon フォーマットにおいては、前者をリファレンスブラック、後者をリファレンスホワイトと呼ぶ。スキャニングを行う際、キャリブレーションのため D-min をリファレンスブラックに揃える処理を行っているため、通常 0 から 95 のコード値にはデータが存在しないことがわかる。しかし、デジタルカラーグレーディングで画像の明るさを変化させた場合には、このリファレンスブラック以下にデータが埋め込まれる可能性がある。また、リファレンスホワイトのコード値より上の値には、300 階調ほどの有余があるため、この部分を用いることによってリファレンスホワイト以上のハイダイナミックレンジを保持することが可能となる。 [58, pp. 132-133]

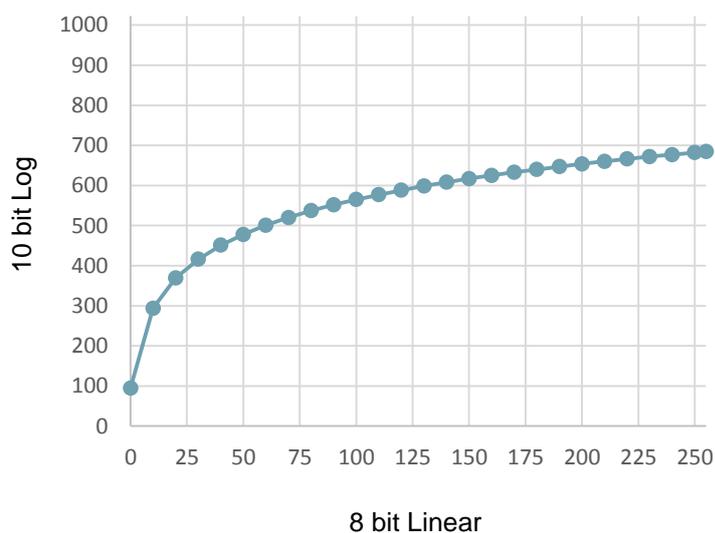


図 13 リニアとログの入出力

## スキャナーのスペック一覧

スキャナーには機種によって様々な特徴があるが、比較を容易にするために今回取り上げたスキャナーの特徴を表 14 として示した。

どういったフォーマットのフィルムに対応しているか、どういった解像度・フィルム濃度に対応できるか、スキャナーのスピード、安全性、オプション装備の有無は、用いられるフィルムの状態とスキャニングに要する時間、分量、コストなどを鑑みて選択する必要がある。

機種	ARRI Scan (ARRI)	Imager XE (IMAGICA)	Scanity HDR (DFT)	Golden Eye (Digital Vision)	Director (Lasergraphics)	Cintel Scanner (BMD)
センサー	CMOS	CCD	CCD	CCD	CCD	CCD
対応フィルムフォーマット	16mm,35mm 2~4perf	16mm,35mm 2~8perf (65mm)	16mm,35mm 2~8perf	8mm~ 70mm	16mm,35mm 2~4perf	16mm,35mm 2~4perf
35mm 最大対応解像度	5460x4150 (0.25~ 1.3fps)	4096x3112	4300x3956	明記なし	明記なし	4096x3072
Scanning Speed@4K Full(4096x3112)	1~2fps	1.5fps	15fps	11fps	3fps	24fps (3840x2880)
Scanning Speed@2K Full(2048x1556)	3fps	3.5fps	25fps	24fps	明記なし	明記なし
光源	LED	クセノン	LED	LED	LED	LED
メーカー保証収縮率	3%	明記なし	明記なし	明記なし	5.5%	2%
Density	2.046	1.98	2.5	明記なし	4.0(tripleflash)	1.0
Wetgate option	○	×	○	×	×	×
Sound	×	×	○(Option)	○(Option)	○(Option)	○(Option)

表 14 スキャナーのスペック一覧

## レジストレーション・ピンの有無

レジストレーション・ピンは、フィルムのパーフォレーション(送り穴)にピンを刺すことによってフィルムのコマの位置を正確に規定する役割があり、撮影用カメラでは、クロウ・ピンでフィルムを送り、レジストレーション・ピンで位置決めするという間欠走行の連続によってフィルムのコマ送りを制御している。オプチカルプリンター、スキャナーにおいても同様の機構が取り入れられている。

レジストレーション・ピンを採用しているスキャナーのメリットとして、フィルムをパーフォレーションによって完全に位置決めすることができるため、画像の揺れが非常に少ないことがあげられる。一方デメリットは、製造・撮影・現像が新しい未編集のネガでは問題無いが、編集され、つなぎ目のあるオリジナル画ネガ原版やフィルムが古く保存状態によって収縮が進行している場合ではパーフォレーションを損傷させてしまう恐れがある

ことである。そのため編集済のオリジナル画原版は、そのままではスキヤニングできず、インターポジを複製して、つなぎ目やパーフォレーションの収縮による影響を受けないようにする必要がある。

レジストレーション・ピンがないスキヤナーでは、フィルムのリファレンス・エッジ(サウンド・トラック側)やパーフォレーションを基準として、センサーによって画の位置を検出し、スキヤニングを行っている。

こうしたスキヤナーでは画像の揺れが停止することはないが、画像処理・修復のソフトウェアの向上により、スキヤニング後の画像のフレームラインやマスク、パーフォレーションの位置を検出させることによって、画像を停止させることができるようになっている。

また収縮率の高いフィルムについても安全に走行させることが出来、オリジナル画ネガ原版からのスキヤニングも可能となっている。

## ウェット/ドライ

ネガフィルムの表面についたキズは白い線となってプリントに現れる。上映されたプリントで黒く見える線の多くはプリント表面についたキズだが、白いものはネガフィルムの表面にあるもので、通常のプリント方式では、この白いキズを消すことはできない。このような問題を解決できるのがウェット方式である。

フィルムをプリントする際に有機溶剤を満たしたゲートや、ゲート直前で有機溶剤を塗布することによって、ネガフィルムの表面にあるキズに浸透して目立たなくすることができる。こうした機構を持たない機材はウェット方式に対してドライ方式と呼ばれている。

ウェット方式のプリンターはTV放送用のテレシネに用いるプリントやオリジナルネガ原版からインターポジを取る時や、連続したキズがある古い原版からプリントする場合などに効果を発揮している。

同様の方式はオプチカルプリンターを改造して作られた間欠走行のテレシネ機などでも存在していたが、連続走行方式のテレシネ機ではウェット方式の機種は皆無だった。採用されなかった理由はテレシネ作業が単純な連続走行をしているわけではなく、カラーコレクション中に再生、停止、巻き戻しなどの動作を繰り返し行うからである。

スキヤナーにおいても、ドライ方式が大半を占めているが、「ARRI スキャン」や「Scanity」にはオプションとしてウェットゲートが用意されるようになった。これはスキヤニングの作業自体が、テレシネの様にフィルムを前後に頻繁に動かすわけではなく、基本的に一方通行になっているためである。

IMAGICA ウェストの「CineVivo」はオプチカルプリンターを改造したスキヤナーであるため、ウェットゲートを装備し、連続的に収録し、収録後カラーコレクションを行う。

有機溶剤の取り扱いについては、厚生労働省、労働基準監督署の管理下にあり、作業主任者の設置、毎月の排気装置の点検の義務、作業環境測定、健康診断など厳しく決められている。 [59]

## 間欠駆動型(ピン・レジストレーション)



ARRISCAN  
(ARRI)

特徴:世界的に最も使われているスキャナー

間欠駆動方式(レジストレーション・ピン)  
16mm, Super16mm, 35mm(2~4perf)  
2K 3fps / 4K 1~2fps  
対応収縮率 3%



IMAGER XE  
ADVANCED PLUS  
(IMAGICA)

特徴:IMAGICA製。最大65mm 15Pにも対応(Fotokemにて現在でも稼働している)

間欠駆動方式(レジストレーション・ピン)  
16mm, Super16mm, 35mm(2~8perf), 65mm(15P)  
2K 3.5fps / 4K 1.5fps  
対応収縮率 明記なし

[60] [61]

## 連続走行型



SCANITY  
(DFT)

特徴:テレシネ機 Spirit Data Cineの流れをくむ高速スキャナー。オーバースキャンモードではパーフォレーションの一部を含んだ4300x3956の解像度でスキャンング出来る。

連続走行方式(キャプスタン)  
16mm, Super16mm, 35mm(2~8perf)  
2K 25fps / 4K 15fps  
対応収縮率 明記なし



GoldenEye  
(Digital Vision)

特徴:8mm~70mmの幅広いフィルムに対応。

連続走行方式(キャプスタン)  
8mm~70mm  
2K 24fps / 4K 11fps  
対応収縮率 明記なし

[62]

## 特徴的なスキャナー



The Director  
(Lasergraphics)

特徴:トリプルフラッシュにより、これまで難しいとされていたプリントのスキャンが可能。

連続走行方式  
16mm, Super16mm, 35mm(2~4perf)  
4K 3fps  
対応収縮率 5.5%



Cintel Film Scanner  
(Blackmagic design)

特徴:非常に廉価なスキャナー

連続走行方式  
16mm, Super16mm, 35mm(2~4perf)  
4K(UHD) 24fps  
対応収縮率 2%



CineVivo  
(IMAGICA ウェスト)

特徴:オブカルプリンターから改造されたスキャナー。ウェットゲートを装備し傷を軽減できる。

間欠駆動方式  
16mm, Super16mm, 35mm(3~4perf)  
4K(4096x2160) 24fps  
対応収縮率 明記なし

[63] [64]

## テレシネ機の現状

テレシネとはフィルムをビデオ信号に変換することである。図 14 に示したように走行方式と解像度に違いがあり、スキヤニングでは 2K 以上の解像度をデジタルデータで保持出来るが、テレシネでは HD(1920x1080) が上限となっている。



図 14 テレシネとスキヤニングの比較

連続走行方式の「C-Reality」(Cintel 社)、「Spirit Data Cine」(Thomson 社)、間欠駆動方式の「VIALTA」(Sony) などあり、用途によって使い分けられていた。未編集のオリジナルカメラネガフィルム、プリントフィルム、ローコントラストポジフィルム、インターポジフィルム、インターネガフィルムをかけ光量調節を行い、連続的に走行させながらテープに収録を行う。

光学サウンドトラックがあれば同時に収録も可能である。Blackmagic design 社「Hyper Deck Studio」を接続することで映像・音声信号を ProRes422HQ のファイルとして出力することもできる。

プリントのみしか素材が無く、予算が無いケースでは、今でも音声を同時に収録可能な利便性のためスキヤニングよりもテレシネが選択されることが多い。

HD テレシネ機は導入から 10 年以上経って老朽化が進んでいる。

これまでフィルムで撮影されていた CM、映画などは HD 以上の解像度を持つデジタルシネマカメラで撮影されるようになり、制作環境もテープメディアを介したワークフローからファイルベースのワークフローに変化している。また 4K 市場の高まりによってフィルム作品を HD テレシネするという需要も低下しているため、今後はスキヤニングの方向へ収束していくものと考えられる。

代表的なテレシネ機



VIALTA (Sony)

間欠駆動方式

[65]



Spirit Data Cine (Thomson)

連続走行方式



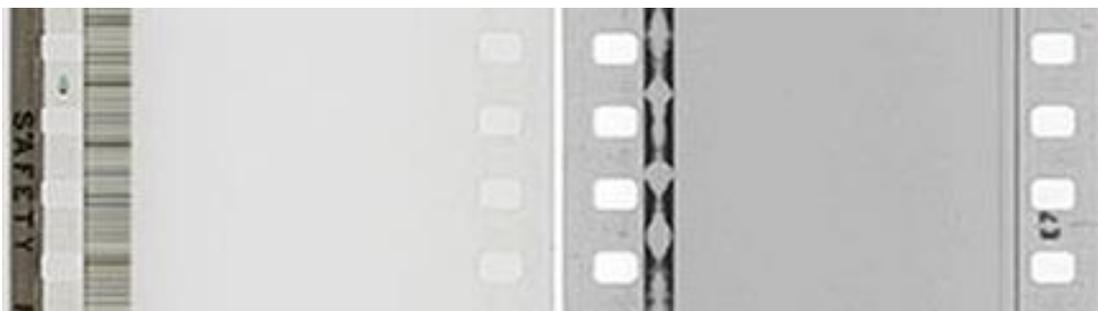
C-Realty (Cintel)

連続走行方式

[66]

## サウンドネガフィルム

映画に用いられるサウンドネガフィルムに焼き付けられたアナログサウンドトラックは、デンシティタイプ(可変濃淡型)とエリアタイプ(可変面積型)に大別される。



デンシティタイプ

エリアタイプ

画像 16 デンシティタイプとエリアタイプ[67]

サウンドネガフィルムは、画ネガフィルムと同様、年代によってナイトレート、アセテート、ポリエステルがある。

ナイトレートの危険性については、既に述べたが、アセテート素材のサウンドネガフィルムは、同一保存していた場合でも画ネガフィルムよりもビネガーシンドロームの進行が早いことがある。これは一部映画会社が採用している一つの缶に画ネガと音ネガを同梱して保管している場合に観察された例で、音ネガのビネガーシンドロームの進行とともに発生するガスによって、同梱した画ネガ側の方も進行が促進されている状態となっていた。

## サウンドトラックの読み取り

サウンドネガフィルムは、プリントした際に最適になるように設定されるため、ネガそのものを読み取っても良好な音にならない。そのため多くの場合プリントフィルムからテレシネ機、もしくは映写機で再生して音声データを取り出すことが一般的である。

また、デジタル処理のためにスキャナーによる音声データをキャプチャすることもある。代表的なサウンドスキャナーとして Sondor があるが、サウンドエリアを画像として読み取り、その画像を処理することによりデータ化している。



画像 17 Sondor のサウンドスキャナー-altra

なお、サウンドスキャナー専用機ではなく、画のスキャナーにオプションとしてサウンドスキャン機能を有する機器もあり、DFT の Scanity、Blackmagic Design の Cintel Film Scanner、Laser graphics の ScanStation などで対応している。

### 3. 2. 2. ビデオテープ

ビデオテープの再生に関連する内容を以下に記す。

#### 再生時に気を付ける点

ビデオテープはフィルムと同様に、保存状態や取り扱いによって、様々なダメージを受けている可能性があり、単純な年数のみで判断することはできない。

Video Tape Recorder (VTR) に挿入する前に最低限のチェックを行う必要がある。

さもないと、貴重なビデオテープだけでなく VTR 側を破損させてしまう場合もある。

ケースに歪や打痕などがある場合、内部に多大な影響があるものと想像できる。ビデオカセットのシェルの破損は、見ただけで明らかに分かる場合もあるが、微妙な歪など、水平なテーブルに置いて初めて違和感がある程度のももある。これは、日中の自動車の中やロケ時の直射日光下などに放置された結果、熱による変形があった場合などに起こる。

ビデオテープ表面やシェルの窓面より行えるチェックとしては、テープのたるみ、カビ、結露などがあげられる。



画像 18 カビが発生したビデオテープ

落下などの衝撃でリールが割れたり、内部構造物やガイド類が折れたり、その他様々な要因で、異物（砂や小石、カセットのラベルシールなど）が混入する場合がある。それらの場合、カセットテープ本体を軽く振ると、内部から壊れた部品が動く異音がある。

ビデオテープの材料そのものの劣化について、カセット型のテープの場合はオープンリール型に比べ確認が難しい。表面の磁性体をはがれおち（粉落ち）、磁性層の成分の劣化、テープそのものの硬化や収縮・変形などがある。カセットリッド（側面のふた）を、開けて確認することになるが、リッドやリール回転のロック機構の適切な解除や丁寧な取り扱いが要求されるため、技術を持った者が行うことが望ましい。

上記のような現象が確認できる場合は、貴重なテープそのもののダメージを悪化させるだけでなく、VTRの故障につながるため、むやみに再生することをしない。

このようなテープを誤ってVTRに挿入し再生した場合の問題点は以下の様に考えられる。

- ・再生される映像、音声信号の問題・・・ドロップアウトの増加、エラーレートの増加、映像・音声ノイズの混入、等。
- ・カセットテープの損傷・・・ヘッドやガイド類に貼りつきや巻きつきによる、しわ・折れ・クラッシュ・切断の発生、異物がVTR側のテープ接触面に付着し、テープの他の部分に傷を入れてしまう、等。
- ・VTRの故障・・・ヘッド詰まり（ヘッドクログ）、ヘッド欠け、ヘッドやガイドテープ接触面の汚れ、等。

ヘッド詰まりや各部の汚れなどは、適切なクリーニングを行う事で解決できるが、ヘッド欠けについては、ヘッドの部品交換が必要となり、出費のみならず、古い機材では、部

品が手に入らない状況も有り得る。この状況は、以降の作業とのバランスを考慮することがある。例えば、DAT デッキは部品・メーカー保守ともに終了しているが、DAT テープのマイグレーションのために、再生可能な中古機にて可能な限り再生し、故障や部品の寿命を全うすれば、別の中古機に入れ替える。

このようなチェックを経て、再生された映像は、ダメージやコストを抑える観点から、必要最小限の走行回数にてコピーやデジタル化を行う。

VTR はテープ走行時間に応じてアライメントを調整・定期メンテナンスを行い、摩耗した部品などを定期的に交換するなどの管理を行う。

定期点検やメンテナンスを行わない場合、ドロップアウトやエラーレートの増加、映像・音声ノイズの発生だけでなく、テープそのものに物理的なシワを発生させる場合もある。これらトラブルを未然に防ぐためにも走行時間の管理とメンテナンスは不可欠である。



画像 19 VTR の内部

クリーニングテープの使用について「ヘッドが摩耗して寿命が短くなるため、なるべく使用しない方が良い」という誤った認識をしている方も少なくない。SONY によれば、その研磨量はわずかであり、適正に使用する分には、誤差程度であるとのことである。上記のようなテープダメージのリスク、熟練者を必要とするアルコールで手拭きする面倒さや不慮の事故の危険性を考えるとクリーニングテープを使用する方が良いと考える。 [68]



画像 20 クリーニングテープとクリーニング液

### ビデオテープの保存について

以下、注意点を明記する。

- 温度 15 度～25 度 湿度 40%～60%RH  
磁気テープの材料であるプラスチックやゴムなどは熱と水分によって劣化する。  
劣化のもっとも遅い環境にて保存する。
- 埃・塵などの無いクリーンな場所  
埃が内部に入り込むと無用なノイズやテープダメージの要因になる。
- 専用のケースに入れ、立てて保管すること。  
横置きを長時間続けるとテープそのものの自重によってストレスがかかる。  
倒れて破損しないような工夫が必要。
- 磁気を発生させるものを近くに置かない  
磁気記録を守るため。

- ・数年には一度はおだやかな早送り・巻き戻しを行い、密着したテープ同士の貼りつきを防止する

通称「風通し」と言う。テープの巻きむらを正す効果もあり、編集後のテープなどは、編集作業中に何度も部分的な走行を行って、巻きが一定では無い場合が多いため、長期保存前に行った方が良い。

- ・保管時は、巻頭まで巻き戻す  
巻頭まで巻き返さずに放置するとテープ途中の映像信号が記録されている部分に埃が付着しやすくドロップアウトが増加する。同様に、テープ切断や部分的な伸縮・変形が起こる場合もある。テープ頭であれば、映像信号が記録されていないので、そのような被害が無い。 [44]

以下、代表的な VTR デッキを以下に記す。

解像度	記録	名称	開発メーカー	備考 1	備考 2
HDVTR	デジタル	HDCAM SR	SONY	1/2.7 圧縮	その他 HQ/SQ/4:4:4 の記録モード あり
		HDCAM	SONY	1/7 圧縮	4:2:2 コン ポーネント信 号
		HD-D5	Panasonic	1/4 圧縮	4:2:2 コン ポーネント信 号
		DVCPRO HD	Panasonic	1/6.7 圧縮	4:2:2 コン ポーネント信 号
		1inch	SONY	非圧縮	4:2:2 コン ポーネント信 号

解像度	記録	名称	開発メーカー	備考 1	備考 2
SDVTR	デジタル	D-1	SONY	非圧縮	4:2:2 コンポーネント信号
		D-2	SONY、AMPEX	非圧縮	コンポジット信号
		D-3	Panasonic	非圧縮	コンポジット信号
		Digital Betacam	SONY	1/2 圧縮	4:2:2 コンポーネント信号
		DVCPRO (50)	Panasonic	1/5、(1/3.3) 圧縮	4:1:1(4:2:2) コンポーネント信号
		DVCAM	SONY	1/5 圧縮	4:1:1 コンポーネント信号
		miniDV		民生用	4:1:1 コンポーネント信号
		Digital8	SONY	民生用	4:1:1 コンポーネント信号
	アナログ	Betacam, SP	SONY		コンポーネント信号記録
		M, M2	Panasonic		コンポーネント信号記録
		3/4inch (Uマチック)	SONY		コンポジット信号記録
		1inch (TypeC)	SONY	オープンリール	コンポジット信号記録
		Hi8、8mmVideo	SONY	民生用	
		S-VHS, VHS	日本ビクター	民生用	YC 分離記録
		Betamax	SONY	民生用	YC 分離記録

表 15 代表的な VTR デッキ [69] [2]

### 3. 2. 3. ファイルとして保存されているメディア

ファイルのデータの読み取りに関連する内容を以下に記す。

#### 読み取り時に気を付ける点

古いメディアを再生し、次なるフォーマットへ移行させるマイグレーション作業を行うにあたり注意すべきポイントをあげる。

古いメディアの場合はドライブなど読み取り装置が存在しない場合がある。メディアは現存していても、きちんとオーバーホールされ正常動作するドライブが存在しない場合が多々ある。中古機材を収集し状態の良いものを仕立てた上で作業を開始するなどの準備が必要となる。例として、DTF(42GByte)、DTF2(200GByte) (データレコーダー)、DAT (PCM 音声・Data)、JAZ (1GByte)、ZIP (100-750MByte) (ともに IOMEGA 社) など。 [70]



画像 21 JAZ



画像 22 DTF



画像 23 左から EXABYTE , DLT , DDS , EXABYTE

フォーマットの名称は継承されるが、互換の世代の制限には注意が必要である。例えば LTO においては2世代前までを読み取ることが可能である。[71]



画像 24 LTO 4 メディアとドライブ

データテープメディアそのものの特徴は、ビデオテープと同様である。異なる点は、ビデオテープは読み取りエラーが生じノイズが発生した場合でも、映像として取り出すことが出来れば、映像の特徴を活かしたアルゴリズムによって、そのノイズを目立たなくすることも可能であり、その後の修復プロセスにつなげられることが多い。一方、データテープの場合は、映像の特徴を活かした読み取り機能が無く、読み取りエラーの復元・修復が困難である。また、データテープが途中までしか読めない、まったく読めないなどの現象もある。[72]

ドライブそのものだけでなく、ドライブとコンピュータ本体を接続するインターフェースの規格も日々更新されており、古い規格は切り捨てられることもある。例えば、D-Sub25Pin の SCSI など代表されるパラレル伝送など。

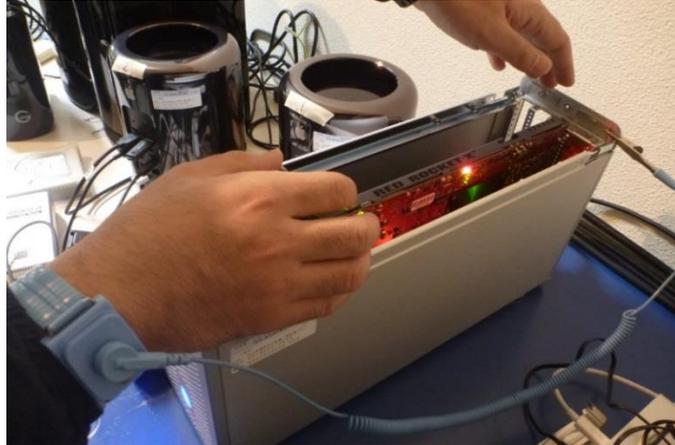


画像 25 古いインターフェースの例 (D-Sub25pin)

半導体メモリは静電気に弱く、内部の記録が消えてしまうことがある。保管、取り扱い、カードリーダーなどへの装てん時などの人体と触れる際、また、PC 本体へ接続し通電される際には注意が必要となる。人体からの静電気や機材間の電位差などが原因で故障することが考えられる。特に静電気が発生しやすい乾燥した冬場は、適度な加湿など環境面に気をつけ、静電気防止リストバンドや帯電防止シートなど、静電気を防止する対策を施す必要がある。 [73]



画像 26 半導体メモリ



画像 27 静電気防止リストバンド

光ディスクは記録・再生時に記録面と再生機材とは非接触であるため、繰り返し再生などによる摩耗が起きない。誤り訂正やピックアップの追従性能の向上による対応はあるものの、記録面の傷、ディスク自体の反りなどの物理変化により、読み取り困難になる場合がある。DVD-R・BD-R は、記録層に使われている素材が、紫外線などの影響による劣化で、読み取りができなくなる可能性がある。XDCAM（プロフェッショナルディスク）は、シェルによって、埃・傷などの影響から記録面を保護している。 [74]



画像 28 XDCAM

### 3. 3. コストと時間

実際に映画・映像データの保存を検討する際に、避けられないこととして、コストと時間があげられる。

コストについては、保存するメディアの価格だけではなく、メディアへのデータ書き込みや読み込みにかかるコスト、保存する環境に対する倉庫代や電気代、温度湿度の管理に

関するコストなど様々あげられる。特にメディアによってはそのメディアの販売停止や製品サポート停止といった外部要因によって決められてしまうことがあり、予算を急ぎよ計上する必要があるなど、突発的なことも起きえる。

また、コストに比例して時間もかかる。映像の再生時間で済むケースもあるが、後述する大容量化やフォーマットの多様化により、より複雑な演算処理を伴うため、時間がかかる傾向にある。特に、大量のコンテンツがある場合、上述したメディアの販売停止や製品サポート停止に合わせてどのくらいの時間でマイグレーション作業を終了させるかというスケジュールを組む必要も出てくる。

### 3. 3. 1. 容量

放送における SDTV から地デジの HDTV、最近増加している 4K に至るまで、解像度が増加している。また、フレームレートもインターレースからプログレッシブ化とともに増えている。結果、より高精細な映像として視聴することができるが、容量としても増加している。今後 8K やさらなるハイフレームレート化も想定されさらに増加傾向にある。

また、1つの用途、例えば映画用のコンテンツを放送やパッケージメディアや配信といった様々な形態で活用することがあるが、それぞれの形態で異なるファイルフォーマットを持つこととなるため、すべての形態で保存することで、容量は増加する結果となる。

### 3. 3. 2. コピー時間

データを保存するにあたりコピー（複製）作業を伴うことが多いが、そのコピーに費やす時間はその映像の再生時間以下で済むケースは少ない。IT 技術の進歩により高速処理されているものの、実際は上述のように大容量化が並行して進んでいるため、実際の再生時間よりも時間はかかる傾向にある。

一般的に用いられている HDD においては、その HDD 単体の回転数や単数の HDD か複数の RAID 構成により異なる。また、PC を介してコピーすることが多いが、インターフェース（例、USB、eSATA\*<sup>21</sup>、Thunderbolt\*<sup>22</sup>など）やその PC が認識するファイルシステム\*<sup>23</sup>によってもそのコピー時間は異なる。

---

#### \*<sup>21</sup> eSATA

パソコンのインターフェース規格であるシリアル ATA(SATA)の一種で外付け式のハードディスクを接続するための規格。

#### \*<sup>22</sup> Thunderbolt

Intel が開発した高速データ転送技術の名称で、データ転送とフル HD 映像の入出力が可能。Apple の製品（Mac Pro、MacBook Pro など）で搭載されているが、Windows 製品も出始めている。

#### \*<sup>23</sup>ファイルシステム

OS の持つ機能の一つとして提供され、OS ごとに異なるファイルシステムを用いている。Mac OS では HFS (HFS+) が、Windows では FAT や VFAT、FAT32 などが、Windows NT では NTFS が主に用いられている。また、CD-ROM や DVD などは独自のファイルシステムをもっている。

### 3. 3. 3. デコードエンコード時間

ファイルを読み取る際（デコード）と書き出す際（エンコード）の時間が増加傾向にある。演算処理速度は増加しているが、より高圧縮するフォーマットが増えており、特に 4K といった解像度が高いケースで顕著であるが、デコードやエンコードの時間が映像の再生する時間よりも長くなる傾向がある。

### 3. 3. 4. 整合性チェック

上述のコピー時間には実際に加算されない工程として、データがきちんとコピーされているかどうかを確認する Verify と呼ばれる作業が必要となる。特にそのデータが唯一無二の場合、Verify 作業は必須である。その理由としては、コピーすることによるデータ破損や欠損のリスクがあり、時にコピー先のファイルサイズが異なるケースやノイズ（ノイズサンプルを以下掲載）が混入してしまうケースが実際発生している。

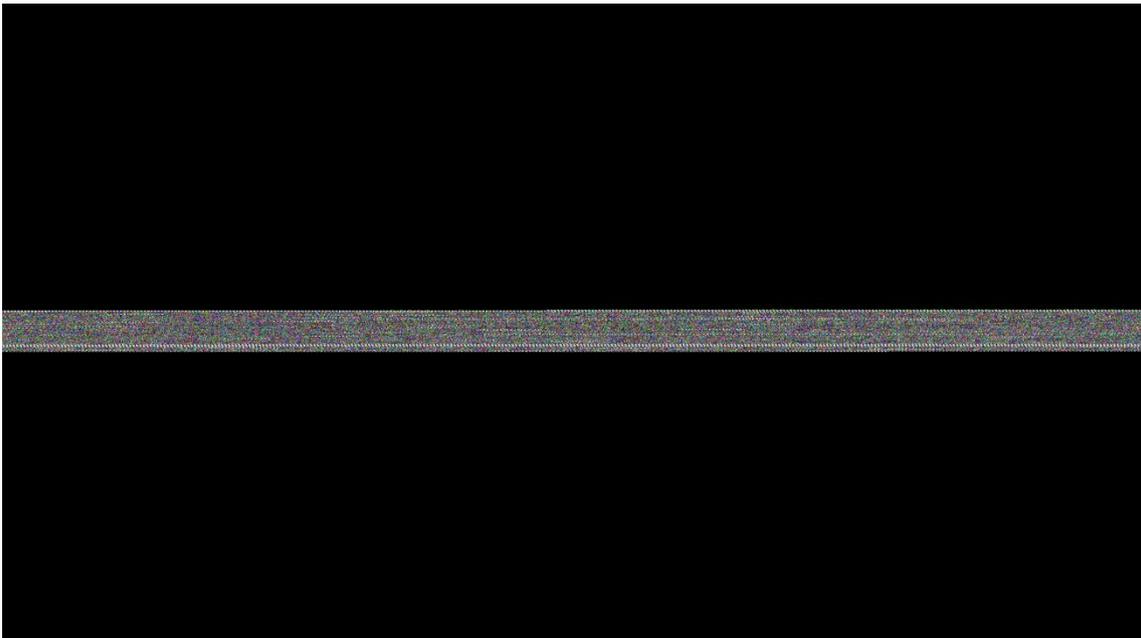


図 15 ノイズサンプル 1



図 16 ノイズサンプル 2

### 3. 3. 5. QC

上述のようなノイズを検出する手段として、QC ツールを活用することがある。Interra Systems の Baton や Tektronix の Cerify、Vidcheck の Vidchecker、Digimetrics の Aurora、ニコンシステムの VQ-FB10 などの市販ツールがあり、各社特徴があるがノイズ検出のためのパラメータや種別などを設定し検出することができる。しかしながら実際はこれらのツールでも 100%ノイズを検出することは難しく、人間の目視による QC が適宜行われている。特に、演出意図に沿ったシーンや雨のシーンなどでは QC ツールでの判断が難しく目視に頼ることになる。最初から最後まで全て目視検査で行うこともあれば、3 点チェックという先頭と中間と最後のみをチェックする場合など、いくつかの目視 QC パターンが存在する。

目視において、モニタリング環境は重要で、モニタのキャリブレーションを実施することで日々同じ条件で見られるようにする対策や波形モニタといったモニタリングを補助するツールを活用しながら総合的に QC することが求められている。

QC ツールでは 1 コマにだけ発生する全画面黒の画像（黒コマ）といった目視では見逃ししやすいノイズのみを検出し、残りは目視による QC といった使い分けが有効となる。

### 3. 3. 6. 準備

メディアを受け取る際の準備についても工数が発生する。例えば、コンピュータウイルスに対し、HDD でのデータ受け取り時にチェックを行いウイルスが混入していないかを確認することを常に行う。LTO や業務用 VTR においては、テープヘッドのクリーニングを行い、正しくデータが読み取れるように最適な状態を保つ。フィルムにおいては、フィルム自体

の検査や検査時に見つかった破損個所に対する物理的な修復、スキヤニング前のフィルムクリーニングといった準備作業が発生する。

### 3. 3. 7. 汎用性の低さ

各メーカーの意向や市場状況などで過去メディアは移り変わり、普及しなくなってしまったメディアが存在する。

例、フロッピーディスク、ZIP、JAZ、Clik!、PD、UDO、DLT、MO、HD-DVD、DAT、DDS、AIT、EXABYTE、1 インチアナログ VTR、D1、D2、D3、D5、 $\beta$  CAM、

Digital  $\beta$  CAM、DVCAM、DVCPRO、HD DVD など

一部互換性を持たせた LTO などのメディアもあるが、互換性のないメディアも存在している。

また、メディア自体ではなく、メディアのドライブ（録再機）の販売終了に伴い、結果としてメディアが使用できないといった事象も発生している。

メディアやドライブだけではなく、メディアに保存されるファイルそのものにも普及しなくなったものが存在する。ファイルそのものは存在していても、読み書きできるツールがサポートしなくなる、あるいは新しく開発されたソフトウェアでサポートされなくなることにより、結果としてそのファイル自体の活用が付加となる。

例 .sgi, .tga, .cin, .wtv, .evo など

## 4. ケーススタディ

### 4. 1. フィルムからのマイグレーション

フィルムの内容確認から最終的に DVD 作成を行う場合のワークフロー

#### 【作業内容】

- ・発注者 ○○町立 映像資料科
- ・中身不明の 2 缶(恐らく 35mm)から内容確認を経て、最終的に DVD を作成すること。

#### ケース A

35mm プリントフィルムから DVD 化

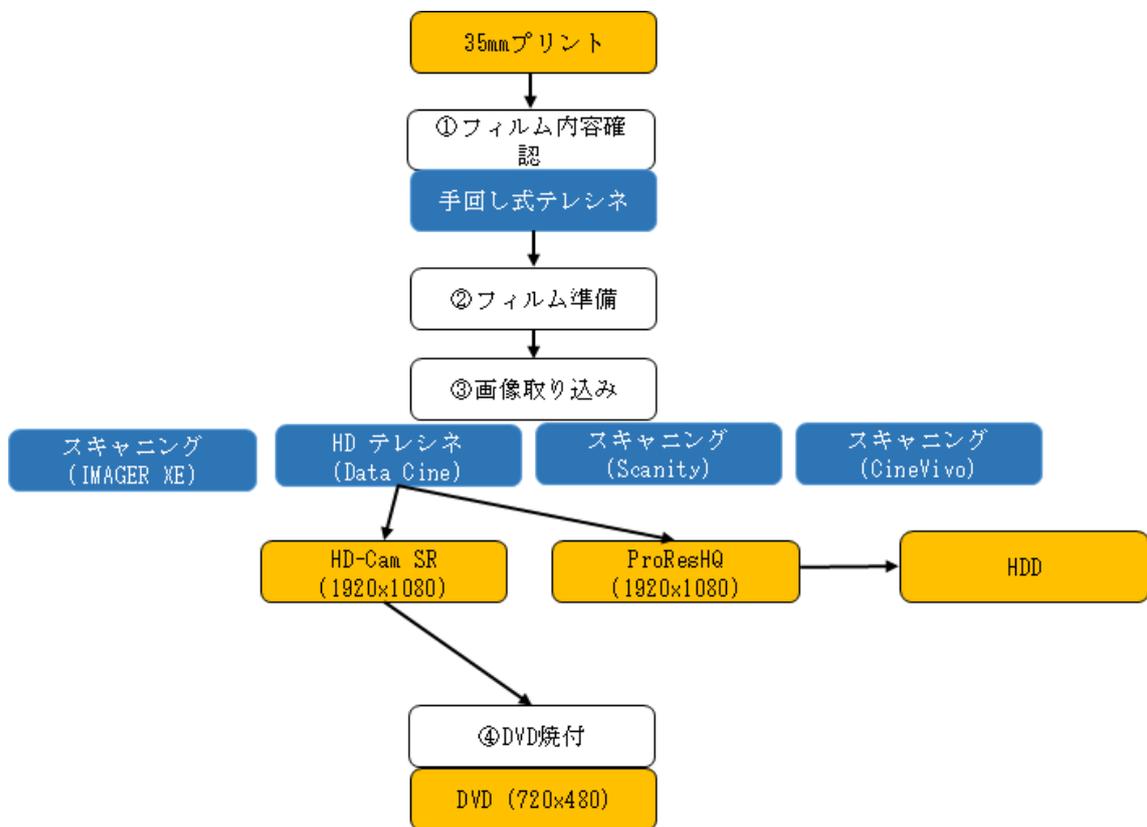
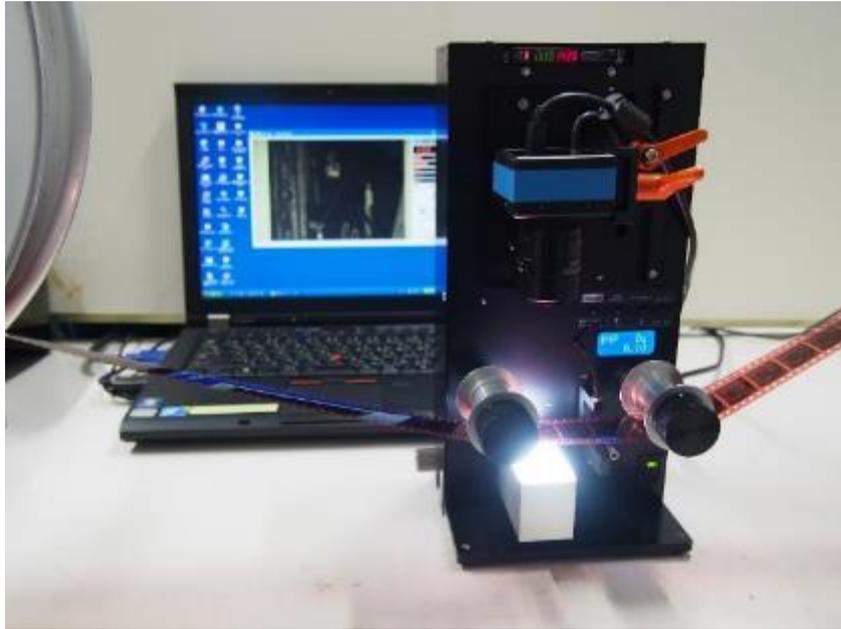


図 17 35mm プリントフィルムの際のワークフロー

①フィルム内容確認は IMAGICA では「手回し式テレシネ」という簡易検査器を用いることが多い。



画像 29 手回し式テレシネ

この際に

・題名 / フィルム種別 / サイズ / 取り込んだ画像(jpeg)  
などを調査。

その結果

・35mm カラープリントフィルム / シネスコサイズ / サウンドトラック:エリアタイプ / 製作会社〇〇 / 〇〇トンネル開通式典  
であることが判明した。

発注者である〇〇町立 映像資料科からは、貴重な資料であることが判明し、デジタル化の実施が決定、サウンドトラックがあるため、③の画像取り込みの手段としては最も簡易的な HD テレシネを進めることになった。

HD テレシネの際には

- ・HD-cam SR
- ・ProRes 422 HQ(QuickTime)による収録

が選択できるが ProRes 422 HQ は簡易にパソコンで再生できるので ProRes 422 HQ で収録することになった。

最終的に ProRes 422 HQ を収録した HDD と、HD-CamSR から収録した DVD を納品した。

成果物としては

- 1.HDD ProRes 422 HQ を収録
- 2.DVD

となった。

## ケース B

35mm ネガフィルムから DVD 化

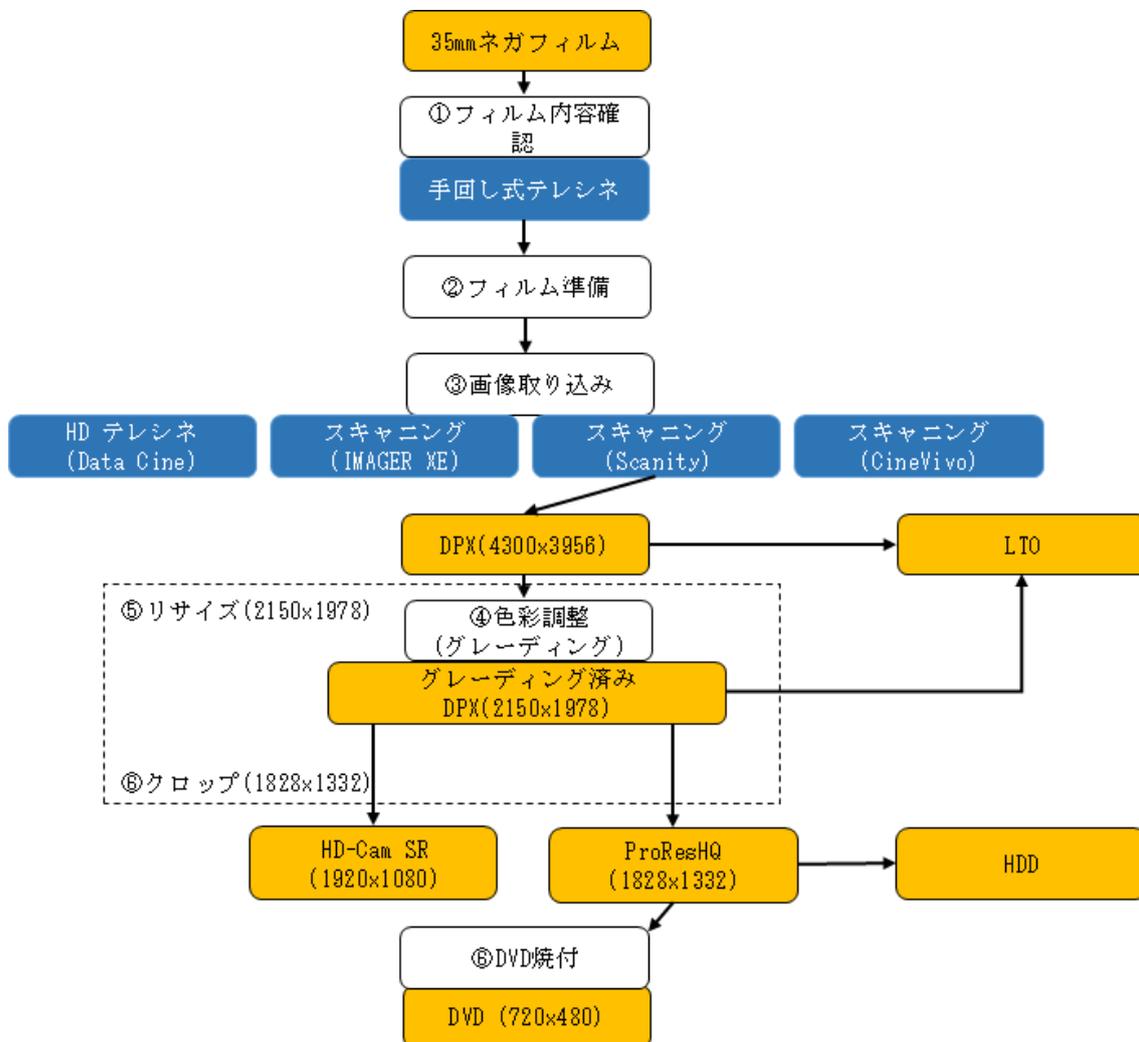


図 18 35mm ネガフィルムの場合のワークフロー

①フィルム内容確認の際は、ケース A と同様、手回し式テレシネという簡易検査機を用いた。その結果

- ・ 35mm 白黒ネガフィルム(アセテート) / アカデミーサイズ / 画完成原版 / 製作会社〇〇 / 〇〇寺 秘仏開帳

であることが判明した。

発注者である〇〇町立 映像資料科からは、「〇〇寺の秘仏開帳は 300 年に一回しかない非常に貴重な行事であることから引き続き作業を進めて欲しい」と依頼があった。

③の画像取り込みの手段としては

- ・ 完成原版でつなぎ目があること

・ネガフィルムの収縮率が高いこと  
などの報告が②のフィルム準備からあったため、原版の保存とデジタル化に最も適切な Scanity を提案し選択された。

スキャニングの解像度は

- ・非常に貴重な原版と思われること
- ・度重なるスキャニングを行わないため

Scanity 最大の 4300x3956 を選択した。DPX で収録された log データのままでは適切なコントラストではないため④の色彩調整であるグレーディングを行うことになった。この際、日本国内のモニタで視聴することが目的になるので Recommendation ITU-R BT.709 の 9300K にてグレーディングを行うことになった。(3. 1. 4. 色域を参照)

スキャニングされたデータの解像度は 4300x3956 から 2K(2150x1978)へリサイズした。グレーディング後のデータは DPX(2150x1978)となり、アカデミーサイズの解像度は 1828x1332 である。通常はグレーディングの前後工程にデジタル修復作業があり、その際に行われることが多い。しかし今回は状態確認が優先なのでグレーディング後に画像の切り出し(クロップ)を行い 1828x1332 とした。

さらに ProRes 422 HQ を変換し DVD に収録して納品した。

成果物としては

1. HDD ProRes 422 HQ (1828x1332)
2. LTO スキャニングされた DPX(4300x3656) グレーディング済 DPX(1828x1332)
3. DVD

となった。

#### 4. 2. ビデオテープからのマイグレーション

ビデオテープからのマイグレーションの場合、素材となるビデオのフォーマットと収録するビデオ(ファイル)フォーマットの整合性が重要である。ビデオのフォーマットは、以下の要素で構成されている。

- ・アナログ/デジタル
- ・解像度(SD/HD/4K)
- ・コンポジット/コンポーネント
- ・フレーム周波数(FPS)
- ・インターレース/プログレッシブ

マイグレーションの際、素材のフォーマットと収録フォーマットが異なる際はコンバー

ト（変換）が必要となる。コンバートはオリジナルの持っている情報を変換する為、多少の影響を及ぼし、その影響量は使用するコンバーター（機材）やソフトによって異なる。後述する SONY HDW-M2000 のように VTR にコンバーターが内蔵されている機材や複数のコンバートを同時に処理できる機材もある。

コンバートの技術は日々進歩しているため、現在必要なコンバート（変換）と将来で良いコンバート（変換）を分けて考えること提案する場合もある。

なお、VTR にコンバーターが内蔵されているケースや複数のコンバートを一緒に処理できるケースもあり、クォリティとコストのバランスを考えて検討する必要がある。

### ケース A

Batacam から HDcam にマイグレーションする場合（全てのコンバーターを分ける）

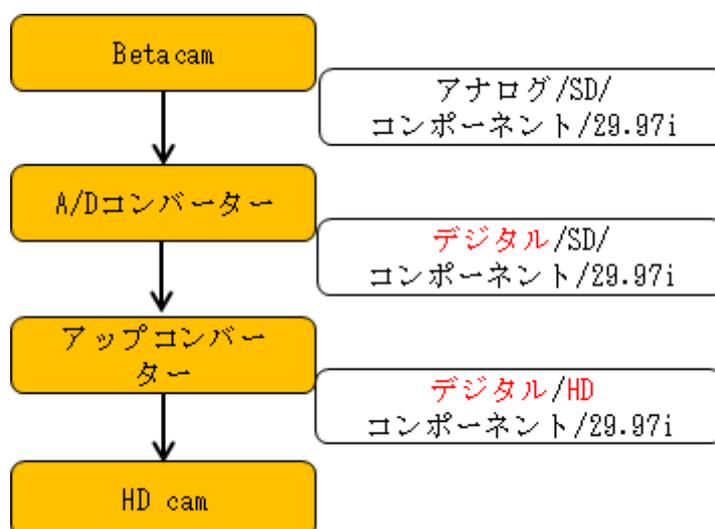


図 19 ケース A のワークフロー

### ケース B

Batacam から HDcam にマイグレーションする場合（VTR の機能を使用）

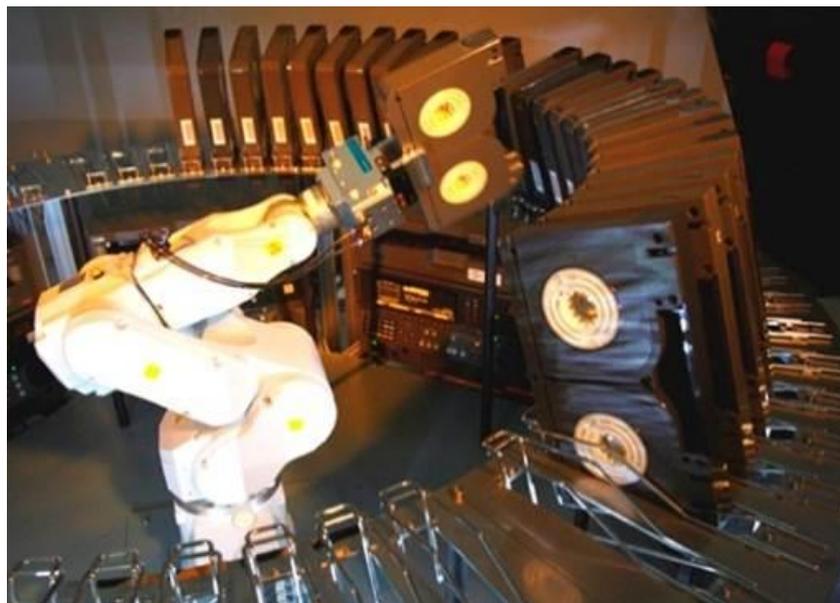
※Sony HDW-M2000 を再生 VTR に使用



図 20 ケース B のワークフロー

ケース A よりケース B の方が使用機材が少ないためコストは減少するが、ケース A の方がコンバーターの種類を選択できる為クォリティは上がる可能性がある。アップコンバーターの画質が良くないので、容量の増加も考慮して一時的に SD のファイルまでとし、HD が必要となった所でアップコンバートを検討するといった場合もある。

また、作業本数も検討材料の 1 つで、同じ種類の VTR を大量にマイグレーションする際には以下のような自動処理できる装置を活用することが有効となる。



画像 30 ロボットによる自動化

## 引用文献

- [1] 橋本 慶隆, “映像記録メディアの変遷-アナログからデジタルへ-,” 尚美学園大学 芸術情報学部紀要, 第 5, pp. 29-44, 2004.
- [2] デジタルアニメ制作技術研究会・東京工科大学 片柳研究所 クリエイティブ・ラボ, プロフェッショナルのためのデジタルアニメマニュアル, 2009.
- [3] 株式会社東芝 DVD 事業部 DVD 推進グループ, DVD Specifications for Read-Only Disc Part3 Video Specifications Version 1.1 (邦訳) , 1998.
- [4] 宇野潤三, SMPTE デジタル規格集 2, 兼六館出版, 1999.
- [5] Blu-ray Disc Association, System Description Blu-ray Disc Read-Only Format part3 Audio Visual Basic Specifications Version 2.5 for 2D, 2011.
- [6] Digital Cinema Initiatives, LLC, “Digital Cinema System Specification Version 1.2 with Errata as of 30 August 2012 Incorporated,” 10 10 2012. [オンライン]. Available: [http://dcimovies.com/specification/DCI\\_DCSS\\_v12\\_with\\_errata\\_2012-1010.pdf](http://dcimovies.com/specification/DCI_DCSS_v12_with_errata_2012-1010.pdf). [アクセス日: 5 2 2016].
- [7] SMPTE, “Initial Report of the UHDTV,” 2013. [オンライン]. Available: <http://origin.library.constantcontact.com/download/get/file/1109962569416-535/Initial+Report+of+the+UHDTV+Ecosystem+Study+Group+Final+v1.pdf>. [アクセス日: 5 2 2016].
- [8] Incept Inc., “IT 用語辞典 e-Word ビットレート 【 bit rate 】,” [オンライン]. Available: <http://e-words.jp/w/E38393E38383E38388E383ACE383BCE38388.html>. [アクセス日: 11 1 2016].
- [9] 鹿野宏, “第 10 回 ビットレートを制するものは動画出力を制する!,” 13 10 2013. [オンライン]. Available: <http://shuffle.genkosha.com/products/dslr/nofear/8416.html>. [アクセス日: 11 1 2016].
- [10] Apple Inc., “Apple ProRes ホワイトペーパー,” 6 2014. [オンライン]. Available: [https://www.apple.com/support/assets/docs/products/finalcutpro/Apple\\_ProRes\\_June\\_2014\\_loc\\_ja\\_JP.pdf](https://www.apple.com/support/assets/docs/products/finalcutpro/Apple_ProRes_June_2014_loc_ja_JP.pdf). [アクセス日: 24 1 2016].
- [11] Avid Technology, Inc., “Avid DNxHD Technology,” 2006. [オンライン]. Available: [http://www.avid.com/static/resources/jp/documents/datasheets/avid\\_dnxhd\\_wp\\_j.pdf](http://www.avid.com/static/resources/jp/documents/datasheets/avid_dnxhd_wp_j.pdf). [アクセス日: 24 1 2016].

- [12] 社団法人電波産業会, “1 1 2 5/6 0 高精細度テレビジョン方式 標準規格 BTA S-001C 1.0 版,” 7 2009. [オンライン]. Available: [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/2-BTA\\_S-001\\_C1\\_0.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/2-BTA_S-001_C1_0.pdf). [アクセス日: 7 2 2016].
- [13] 西田幸博, “<http://www.nhk.or.jp/strl/publica/rd/rd137/PDF/P10-19.pdf>,” *NHK 技研 R&D*, pp. 10-19, 2013.1.
- [14] 一般社団法人電波産業会, “超高精細度テレビジョン番組制作用ディスプレイの色域包含率計算法 技術資料 ARIB TR-B36 1.0 版,” 3 12 2015. [オンライン]. Available: [http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/4-TR-B36v1\\_0.pdf](http://www.arib.or.jp/english/html/overview/doc/4-TR-B36v1_0.pdf). [アクセス日: 7 2 2016].
- [15] K. Jansen, “The Pointer's Gamut,” 19 2 2014. [オンライン]. Available: [http://www.tftcentral.co.uk/articles/content/pointers\\_gamut.htm](http://www.tftcentral.co.uk/articles/content/pointers_gamut.htm). [アクセス日: 24 1 2016].
- [16] EIZO Corporation, “第 5 回 同じ色のハズが設定 1 つで大違い——液晶ディスプレイの「色温度」を究める,” [オンライン]. Available: [http://www.eizo.co.jp/eizolibrary/other/itmedia02\\_05/](http://www.eizo.co.jp/eizolibrary/other/itmedia02_05/). [アクセス日: 14 2 2016].
- [17] ComperK, “映画の VFX 制作で使用する DPX 画像ファイルは何が優れているのか?,” 11 2 2015. [オンライン]. Available: <http://compojigoku.blog.fc2.com/blog-entry-22.html>. [アクセス日: 17 1 2016].
- [18] Weblio, Inc., “IT 用語辞典バイナリ フレームレート,” 2012. [オンライン]. Available: <http://www.sophia-it.com/content/%E3%83%95%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%83%88>. [アクセス日: 30 1 2016].
- [19] Born Digital, INC., “連載 吉祥寺トロン奮戦記 Vol.18 : バンカーの仕事～実写ドラマ編～,” 12 7 2012. [オンライン]. Available: <http://cgworld.jp/regular/vol18-2.html>. [アクセス日: 30 1 2016].
- [20] U.G, “可逆圧縮・不可逆圧縮とは?,” [オンライン]. Available: <http://www.gigafree.net/faq/word/reversible.html>. [アクセス日: 28 2 2015].
- [21] Incept Inc., “IT 用語辞典 e-Words,” 16 2 2014. [オンライン]. Available: <http://e-words.jp/w/%E3%83%8F%E3%83%83%E3%82%B7%E3%83%A5%E9%96%A2%E6%95%B0.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [22] サイファー・テック株式会社, “技術情報 MD5 と SHA,” 2016. [オンライン]. Available: [http://www.cyphertec.co.jp/techno/t\\_hashkind.html](http://www.cyphertec.co.jp/techno/t_hashkind.html). [アクセス日: 31 1 2016].

- [23] 野村望, “動画ファイル,” 12 9 2012. [オンライン]. Available:  
[http://www.asahi-net.or.jp/~mf4n-nmr/movie\\_file.html](http://www.asahi-net.or.jp/~mf4n-nmr/movie_file.html). [アクセス日: 13 2 2016].
- [24] “ワークフローのカギを握る MXF 01-ワークフロー構築前に知っておきたい MXF  
の基礎知識,” [オンライン]. Available:  
<http://www.pronews.jp/special/0902041101.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [25] Incept Inc., “IT 用語辞典 e-Word MPEG2 TS 【 MPEG-2 Transport Stream 】  
MPEG-2 トランスポートストリーム / TS,” 27 9 2011. [オンライン]. Available:  
[http://e-words.jp/w/MPEG2\\_TS.html](http://e-words.jp/w/MPEG2_TS.html). [アクセス日: 31 1 2016].
- [26] ソニービジネスソリューション, “業務用から民生用まで拡張性ある 4K/HD 高画質ビ  
デオフォーマット「XAVC™」を開発,” 2016. [オンライン]. Available:  
<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/201211/12-164/>. [アクセス日: 11 2 2016].
- [27] 4K ファイルフォーマット, “4K 映像編集用ノンリニア編集機 Comstation X,” 2016.  
[オンライン]. Available:  
<http://comstation.jp/information/4k-%E3%83%95%E3%82%A1%E3%82%A4%E3%83%AB%E3%83%95%E3%82%A9%E3%83%BC%E3%83%9E%E3%83%83%E3%83%88/>. [アクセス日: 11 2 2016].
- [28] KURE, “MPEG-2 (H.262) 動画コーデック,” 9 10 2011. [オンライン]. Available:  
<http://www.douga-soft.com/elementary/elem01002.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [29] ケータイ Watch, “第 610 回:H.265 HEVC とは,” 23 4 2013. [オンライン]. Available:  
[http://k-tai.impress.co.jp/docs/column/keyword/20130423\\_597038.html](http://k-tai.impress.co.jp/docs/column/keyword/20130423_597038.html). [アクセス  
日: 31 1 2016].
- [30] AV Watch, “パナソニック、業務用の新映像コーデック「AVC-ULTRA」,” 8 11 2011.  
[オンライン]. Available:  
[http://av.watch.impress.co.jp/docs/news/20111108\\_489337.html](http://av.watch.impress.co.jp/docs/news/20111108_489337.html). [アクセス日: 31 1  
2016].
- [31] Avid Technology, “Avid DNxHD Technology,” 2006. [オンライン]. Available:  
[http://www.avid.com/static/resources/jp/documents/datasheets/avid\\_dnxhd\\_wp\\_j.pdf](http://www.avid.com/static/resources/jp/documents/datasheets/avid_dnxhd_wp_j.pdf)  
f. [アクセス日: 31 1 2016].
- [32] iReal Blu-ray Player, “Motion JPEG,” [オンライン]. Available:  
<http://jp.blurayplayermac.com/knowledge-base/mjpeg.htm>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [33] sc.u.packet-workz.co.jp, “画像フォーマット書,” [オンライン]. Available:  
<http://sc.u.packet-workz.co.jp/archive/graphic/GraphicFormat.pdf>. [アクセス日: 31  
1 2016].
- [34] Incept Inc., “IT 用語辞典 e-Word TIFF 【 Tagged Image File Format 】,” [オン

- ライン]. Available: <http://e-words.jp/w/TIFF.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [35] <http://wiki.blender.org/>, “OpenEXR,” [オンライン]. Available: [http://wiki.blender.org/index.php/Doc:JA/2.6/Manual/Data\\_System/Files/Formats/OpenEXR](http://wiki.blender.org/index.php/Doc:JA/2.6/Manual/Data_System/Files/Formats/OpenEXR). [アクセス日: 31 1 2016].
- [36] Adobe Systems, “Adobe Photoshop Magazine / RAW 現像とは?,” [オンライン]. Available: <http://www.adobe.com/jp/jos/photoshopmagazine/about/raw.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [37] Incerpt Inc, “IT 用語辞典 e-Word WAV 【 WAV フォーマット 】 .wav ファイル / WAVE ファイル,” [オンライン]. Available: <http://e-words.jp/w/WAV.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [38] Digital Advantage Corp., “BWF (Broadcast Wave Format) 【ビー・ダブリュ・エフ】,” 21 4 2004. [オンライン]. Available: <http://www.atmarket.co.jp/icd/root/71/51087271.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [39] パソコン実践講座 -道すがら講堂-, “動画・音声の規格について ~コーデック・コンテンツ~, ” 9 5 2014. [オンライン]. Available: [http://michisugara.jp/archives/2011/video\\_and\\_audio.html](http://michisugara.jp/archives/2011/video_and_audio.html). [アクセス日: 31 1 2016].
- [40] JEITA PC 事業委員会 PC ユーザサポート専門委員会, “CD/DVD/Blu-ray Disc Q&A 集 (Q1~Q10), ” 30 11 2011. [オンライン]. Available: <http://home.jeita.or.jp/cgi-bin/page/detail.cgi?n=233&ca=14>. [アクセス日: 31 1 2015].
- [41] Sony Corporation, Sony Marketing (Japan) Inc., “ブルーレイディスクのしくみ,” [オンライン]. Available: <http://www.sony.jp/bd/about/technology/index.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [42] JEITA, “各種テープ規格のロードマップ,” 2 2014. [オンライン]. Available: [http://www.jeita.or.jp/cgi-bin/home\\_tech\\_std/pdf?seq=446&url=http%3A%2F%2Fhome%2Ejeita%2Eor%2Ejp%2Fupload\\_file%2F20140207144516\\_a3UMHJgrXu%2Epdf&name=%8BZ%95W%2D%83e%81%5B%83v%83X%83g%83%8C%81%5B%83W%2Droadmap\\_201402%2Epdf](http://www.jeita.or.jp/cgi-bin/home_tech_std/pdf?seq=446&url=http%3A%2F%2Fhome%2Ejeita%2Eor%2Ejp%2Fupload_file%2F20140207144516_a3UMHJgrXu%2Epdf&name=%8BZ%95W%2D%83e%81%5B%83v%83X%83g%83%8C%81%5B%83W%2Droadmap_201402%2Epdf). [アクセス日: 2 2 2016].
- [43] 日本大学芸術学部映画学科 白井茂・山本豊孝・八木信忠・広沢文則 共著, 映画撮影技術ハンドブック, 写真工業出版社, 1978.
- [44] Sony Businee Solution Corporation, “テープの保存,” 2016. [オンライン]. Available: <https://www.sony.jp/products/Professional/ProMedia/tec/tec0302.html>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [45] The National Museum of Modern Art, Tokyo., “収集・保存・復元,” 5 12 2012. [オ

- ンライン]. Available: <http://www.momat.go.jp/fc/aboutnfc/preservation/>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [46] PIONEER and MKM, “OPARG の世界へようこそ!,” 2016. [オンライン]. Available: <http://www.oparg.info/>. [アクセス日: 31 1 2015].
- [47] M-Disc, “What is M-DISC?,” [オンライン]. Available: <http://www.mdisc.com/>. [アクセス日: 31 1 2016].
- [48] Impress Corporation., “超高耐久 DVD メディア「M-DISC」対応ドライブが初登場,” 16 11 2011. [オンライン]. Available: [http://akiba-pc.watch.impress.co.jp/hotline/20111119/etc\\_lg.html](http://akiba-pc.watch.impress.co.jp/hotline/20111119/etc_lg.html). [アクセス日: 31 1 2016].
- [49] 映画保存協会, “NFPP 文書館・図書館・博物館のためのフィルム保存入門 日本語版 第二章,” [オンライン]. Available: <http://filmpres.org/preservation/translation03/>. [アクセス日: 15 2 2016].
- [50] Yasui Style, “フィルムセンター相模原映画保存棟Ⅲに重要文化財フィルムを保管,” 24 2 2015. [オンライン]. Available: <http://www.yasui-archi.co.jp/ys-today/20150225.html>. [アクセス日: 15 2 2016].
- [51] Kodak Essetial reference guide, KODAK Educational Products.
- [52] J. Vince, Handbook of Computer Animation, Springer Science & Business Media, 2012 年 12 月 6 日.
- [53] SMPTE, “SMPTE 59-1998 for Motion-Picture Film (35-mm) Camera Aperture Images and Usage,” 2003.
- [54] 一般社団法人 日本映画テレビ技術協会, PROFESSIONAL CINE&TV TECHNICAL MANUAL, 一般社団法人 日本映画テレビ技術協会, 2015/2016.
- [55] 東京工科大学 片柳研究所 クリエイティブラボ, プロフェッショナルのためのデジタルアニメマニュアル 2006-2007, 東京工科大学 片柳研究所 クリエイティブラボ, 2007.
- [56] SMPTE, “SMPTE 195-2000” .
- [57] ハラルド・ブレンデル , デジタル・インターメディアイトハンドブック, ナックイメージテクノロジー, 2005.
- [58] CG WORLD, Digital Video for VFX, 2014 年 9 月.
- [59] 中央労働災害防止協会, 有機溶剤 作業主任者テスト, 中央労働災害防止協会, 平成 26 年 10 月 10 日.
- [60] “株式会社 ナックイメージテクノロジー ARRI ARRISCAN | フィルムレコーダ

- ー,” [オンライン]. Available: <https://www.nacinc.jp/creative/arri-arriscan/>. [アクセス日: 17 2 2017].
- [61] cpn\_admin, “creativeplanetnetwork.com,” 14 2 2012. [オンライン]. Available: <http://www.creativeplanetnetwork.com/news/news-articles/fotokem-buys-2nd-imagica-film-scanner2/410792>. [アクセス日: 22 2 2016].
- [62] Servicios Corporativos SLAM, “Golden Eye Film Scanner,” [オンライン]. Available: [http://www.corpslam.com/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=63&Itemid=&lang=en](http://www.corpslam.com/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=63&Itemid=&lang=en). [アクセス日: 12 2 2016].
- [63] Lasergraphics, Inc., “The Director,” 2013, [オンライン]. Available: <http://www.lasergraphics.com/director-features.html>. [アクセス日: 12 2 2016].
- [64] Blackmagic Design Pty. Ltd, “Blackmagic Cintel Film Scanner,” [オンライン]. Available: <https://www.blackmagicdesign.com/jp/products/cintel>. [アクセス日: 12 2 2016].
- [65] “Cine Libre Curso de Guión del Lic. Fernando José Cots,” [オンライン]. Available: [http://cinelibre.blogspot.jp/2006\\_07\\_01\\_archive.html](http://cinelibre.blogspot.jp/2006_07_01_archive.html). [アクセス日: 17 2 2016].
- [66] “Artisan 16/35mm film scanning,” [オンライン]. Available: <http://www.artisan-video.eu/16-35-mm-filmsscanning>. [アクセス日: 17 2 2016].
- [67] The U.S. National Archives and Records Administration, “Preserving Motion Picture Film,” [オンライン]. Available: <https://www.archives.gov/preservation/formats/motion-picture-film-important-characteristics.html>. [アクセス日: 12 2 2016].
- [68] Pro-Media, SONY, “放送・業務用レコーディングメディア 技術情報,” [オンライン]. Available: <https://www.sony.jp/products/Professional/ProMedia/tec/tec0101.html>. [アクセス日: 17 02 2016].
- [69] 一般社団法人 日本ポストプロダクション協会, 著: *ポストプロダクション技術マニュアル*, 2015, pp. 56-57.
- [70] SONY, “Strage Solutions,” [オンライン]. Available: [http://www.sony.jp/products/Professional/DataArchive/products/df/gy-8240uwd\\_fc/](http://www.sony.jp/products/Professional/DataArchive/products/df/gy-8240uwd_fc/). [アクセス日: 17 2 2016].
- [71] IBM, “IBM Knowledge Center,” [オンライン]. Available: [http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/STQRQ9/com.ibm.storage.ts4500.doc/ipg\\_3584\\_meudrca.html?lang=ja](http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/STQRQ9/com.ibm.storage.ts4500.doc/ipg_3584_meudrca.html?lang=ja). [アクセス日: 17 2 2016].
- [72] IBM, “IBM knowledge Center,” [オンライン]. Available:

[http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/STQRQ9/com.ibm.storage.ts4500.doc/opg\\_3584\\_xtault.html?lang=ja](http://www-01.ibm.com/support/knowledgecenter/STQRQ9/com.ibm.storage.ts4500.doc/opg_3584_xtault.html?lang=ja). [アクセス日: 17 2 2016].

[73] TOSHIBA 半導体&ストレージ製品, “信頼性情報 ESD による破壊の予防,” [オンライン]. Available:

<http://toshiba.semicon-storage.com/jp/design-support/reliability/eosesd/measure02.html>. [アクセス日: 17 2 2016].

[74] SONY Pro-Media, “放送・業務用レコーディングメディア 商品情報 Professional Disc,” [オンライン]. Available:

<https://www.sony.jp/products/Professional/ProMedia/goo/pfd23.html>. [アクセス日: 17 2 2016].

[75] ノードベースのデジタルコンポジット, 株式会社 ボーンデジタル, 2012.

以上。