

東京国立近代美術館フィルムセンター
NFCシンポジウム
2017年1月26日(木)-27日(金)

第三部：『技術的課題の整理 ～映画とデジタルを技術的側面から眺めて～』

中西 智範
フィルムセンターBDC

はじめに

映画を“デジタル”という側面から眺めた場合、様々な技術要素が存在し、多くの課題を抱えています。

技術要素は、専門的な事項や用語を多く含んでおり、このことが各関係者間において共通的な話題として扱いつらくさせている要因と考えられます。

本セッションでは、独自の観点により単純化し分類、整理した『映画のデジタル技術マップ』をご紹介します。本シンポジウムにおける情報ツールとしてご活用いただけると幸いです。

※組織の戦略やビジネスモデル等を規定するものではありません

※技術の未来予測やロードマップなどの記載は含んでいません

『技術マップ』のイメージ

「技術マップ2015（コンテンツ分野）」 経済産業省 からの抜粋

http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2015fy/000279.pdf



コンテンツ技術	分野	現在	2020年	2025年
1. 創造・制作・入力				
1. 1 撮影・スキャン	①	CSやケーブルテレビでの4K試験放送が開始される。ウェアラブルカメラでも4Kによる撮影や240Pのハイスピード撮影が一般化。360度の全周球で動画撮影ができるカメラも一般化。VODは1秒間に1000個フレームという超高速撮影を可能にするカメラも開発された。物体の形状と硬さの両方を非接触で測定する技術が開発されている。	VODに続いて、4K、8Kの放送が本格的に普及し、市販のテレビで視聴可能となる。物体を認識して商品案内ができるようなカメラが開発される。8K×4K超高精細カラービデオカメラの普及。	8K放送に対応した8Kカメラによる撮影が一般化し、多視点撮影や360度撮影も高画質化。
	②	一般に、身体・物体にマーカ―を装着し、それを検出するトラッカーを組み合わせてキャプチャーする。顔の表情も精度高くキャプチャーできるようになった。光学・機械・磁気・ビザオなどによる方法がある。	キャプチャーしたデータから自然な動きに直す作業が大幅に減り、時間と費用がからなくなる。個人でも30カメラで手軽にできるようになる。	モーションキャプチャーが容易になり、世界的にデータの共有が進む。アニメ、CGだけでなく、エンターテインメントロボットにも応用される。
	③	個人が使用できる超小型商品化。ドローンで料理を運ぶレストランも登場。ただし現在のドローンは、飛行時間が短く、ノイズが大きい	飛行時間が長くなり、ノイズが少なくなる。配達・宅配への利用が進む。急患に対してAEDなど医療機器や薬を運ぶ用途にも利用される。	ロボット型。人型のドローンも。自家発電により飛行可能に。飛行時間も格段に長くなる。
1. 2 オーサリング	①	放送業界や映像制作に係る分野で活用できるクラウドサービスを経営とした映像制作支援ツールが開発され、実際の番組制作に利用されている。	全天球、360度映像の制作・最適化も容易になる。すべての情報・データをオブジェクトとして扱うだけでなく、エージェント指向技術でビッグデータの活用にも進み始める。	さまざまなモビリティから得られるビッグデータを利用して、プラットフォームを特定しないコンテンツのオーサリング、加工・変換・共有が可能となる。
1. 3 3DCG技術	①	2Dイラストを立体的に360度動かせる3D映像化する技術や、スマートフォンなどのカメラで360度撮影するだけで、3Dデータを簡単に短時間で作成できるアプリが登場。クルマの走行による道路など、現実空間の3Dデータ化が進捗する。	3DCGと3Dプリンターのデータの融合し、産業のあらゆる分野に活用分野が広がる。	VR/ARの発達を促すほか、医療・医学分野へも活用が進み、3Dスマートグラスやロボットハンドを使って手術や学習をすることが広がる。ARと組み合わせて、ウェアラブルへの利用も拡大する

今回作成した『技術マップ』とその『課題一覧表』は、

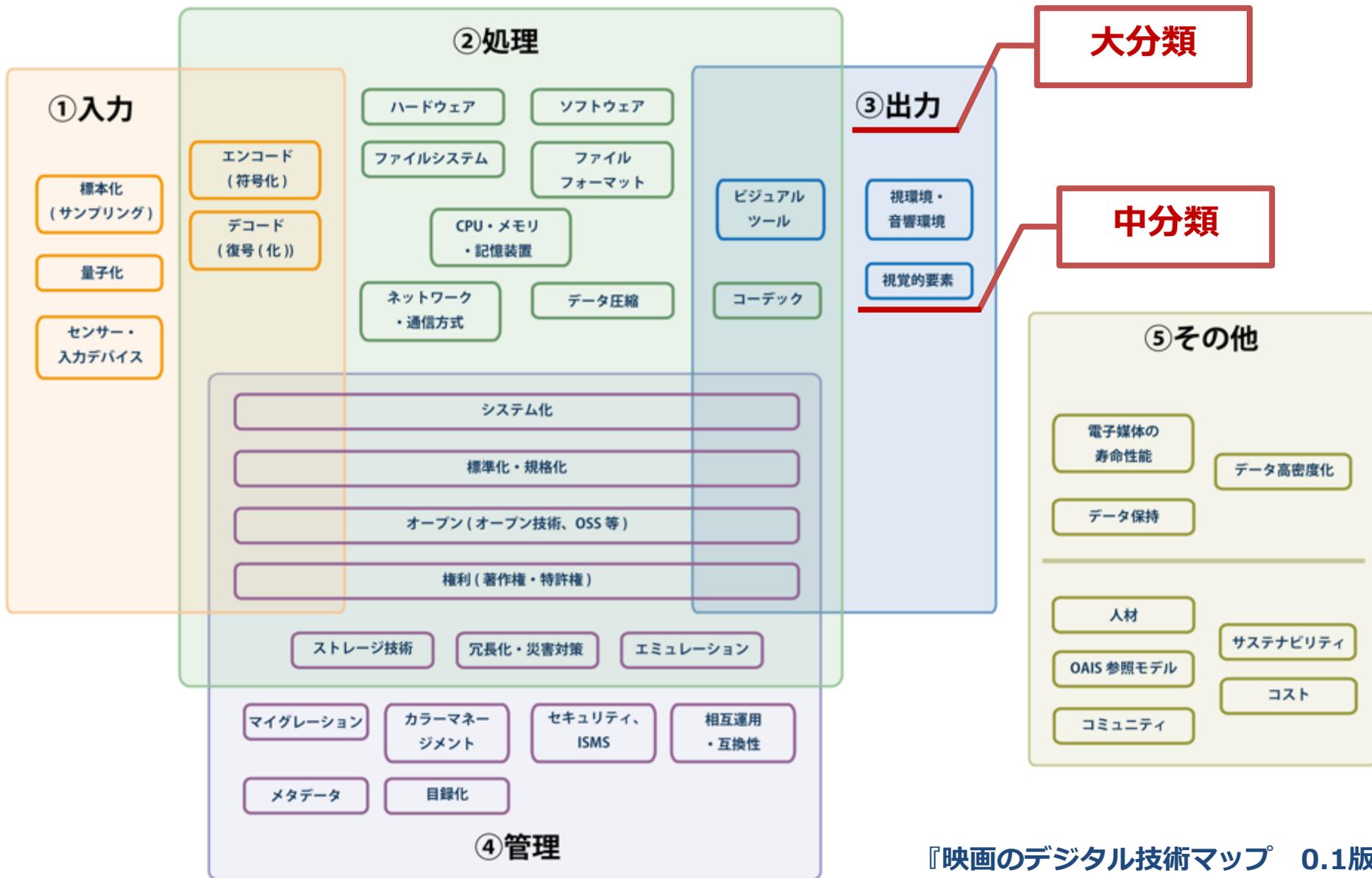
■情報を3レベルに整理

- 大分類 項目数：5
(①入力、②処理、③出力、④管理・システム化、⑤その他)
- 中分類 項目数：37
- 小分類 項目数：たくさん

■中分類と小分類の、分類ごとの概要を記す + 課題を明記

『技術マップ』及び『課題一覧表』は別紙として資料公開します。必要に応じてご参照ください。

『映画のデジタル技術マップ』

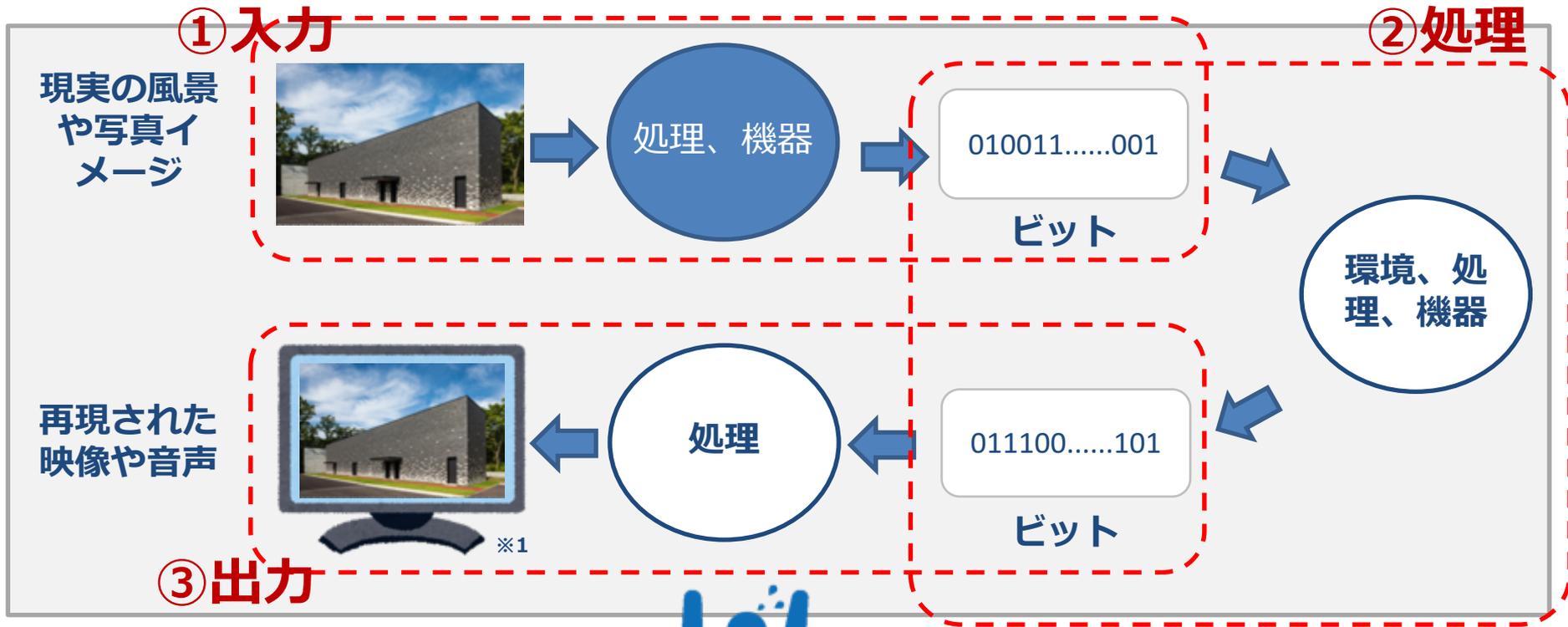


『映画のデジタル技術マップ』 0.1版』

BDC プロジェクト

『技術マップ』の、①から⑤の第分類イメージ

- ①入力：なんらかの処理や機器を経てビット情報を生成する
- ②処理：ある環境において、ビット情報を操作するという事
- ③出力：ビット情報を視覚・聴覚など、人が知覚できるように再現するという事



④管理・システム化



⑤その他



画像1) http://www.irasutoya.com/2013/02/blog-post_1857.html

目次

1. デジタル情報とは
2. デジタル情報の固定化
3. 「①入力」の観点から
4. 「②処理（データを扱うことや、環境を含む）」観点から
5. 「③出力」の観点から
6. 「④管理、システム化」の観点から
7. 「⑤その他」の観点から
8. まとめ

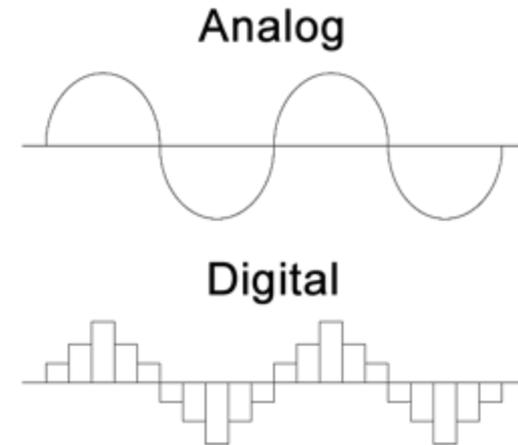
1. デジタル情報とは

1. デジタル情報とは

■ 「アナログ」と「デジタル」の違い

アナログ = 連続した情報

デジタル = 離散した情報、数値化されたもの
: コンピュータでは情報を2進数 (0,1) で表現



- 情報が単純化 (0,1) されていることにより、
 - 情報の比較が行いやすい
 - : 情報の欠損を判別しやすい、変化を判別しやすい
 - : 複製が容易である
 - 自然界の情報のような、連続したアナログ情報の表現には適さない場合もある

※1

2. デジタル情報の固定化

2. デジタル情報の固定化

デジタル情報は、物理的なメディア（電子媒体）に記録される

ある映画コンテンツのデジタルデータ

010011.....001

例)



「磁気ディスク」
タイプ ※1



「磁気テープ」
タイプ ※2



「光ディスク」
タイプ ※3



「フラッシュメモリ」
タイプ ※4

- コンピュータにおいて、デジタル情報はデジタルデータとして扱われ、データの最小単位である「ビット(bit)」に分解され記録される
- メディア毎の性能や特徴の違いを把握する必要がある
- bit情報をメディアに正しく格納、取り出したり、伝送することがもとめられる

画像1) <https://ja.wikipedia.org/wiki/ハードディスクドライブ>

画像2) <http://www.oracle.com/jp/products/servers-storage/storage/tape-storage/ltc-ultrium-data-cartridge/overview/index.html>

画像3) <https://ja.wikipedia.org/wiki/光ディスク>

画像4) <https://www-ssl.intel.com/content/www/jp/ja/solid-state-drives/solid-state-drives-535-series.html>

2. デジタル情報の固定化

■ 電子媒体の寿命性能

- 原則的性能：使用されている材料素材（マテリアル）の違いにより、bit保持期間に性能の違いがある
- 顕在的な寿命性能の違い：製造行程時の品質基準や、サンプル数
- 変性的な寿命性能低下の要因：化学的な性質の変化（例 酸化）、摩耗・衝撃・保管環境など使用状況に起因するもの

■ データ完全性

- デジタル情報の入出力（転送等含む）においてbit情報が一貫して正しく、欠損や不整合がないことが求められ、それを保証することを指す
- 誤り検出訂正：例 パリティチェック、CRC、チェックサム
- ハッシュ関数：例 MD5、SHA1
- WORM (Write Once Read Many)

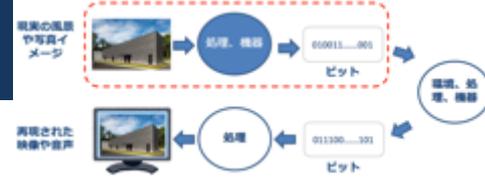
■ データ高密度化

- Bit情報自体は、物理的概念でないため電磁記録を高密度化することが可能
磁気テープのテープ厚削減、トラック密度の増加、単位記録密度の向上

3. 「①入力」の観点から



3. 「①入力」の観点から



■ エンコード（符号化）、デコード（復号（化））

- エンコード（符号化）はアナログ情報（信号）をある処理に基づいてデジタルデータに変換すること、あるいはデジタルデータを別の規則に則った異なるデジタルデータに変換、圧縮すること。デコード（復号（化））は主にその逆の処理を指す
- トランスコード：デジタル映像をアナログ信号にデコードせずデジタル信号のまま再エンコードする技術

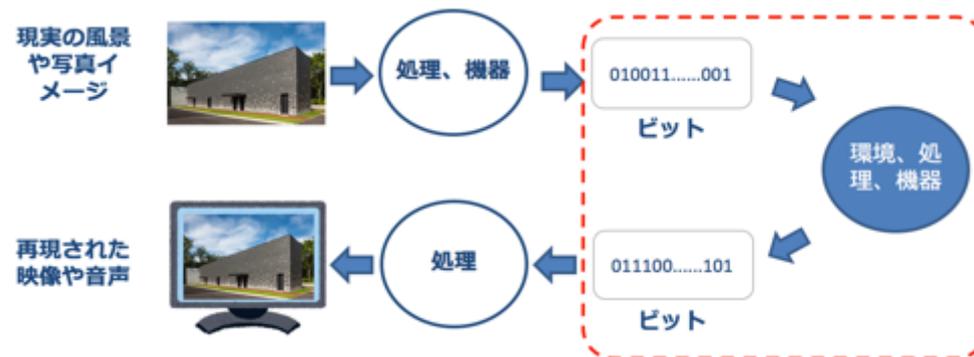
■ 標本化（サンプリング）/量子化（ビット数）

- 標本化は、アナログなど連続して変化している対象（あるいは信号）を一定の間隔で測定するプロセスを指す。例えば、紙焼き写真を水平・垂直方向に1/100間隔で色濃度を測ること
量子化は、アナログ情報を何段階で表現するかを定めた上でサンプリングした情報を整数値に置き換える処理：bit深度
- クロマ・サブサンプリング：色差の情報を間引いてサンプリングする方式を指す
例：4:4:4、4:2:2、4:2:0など

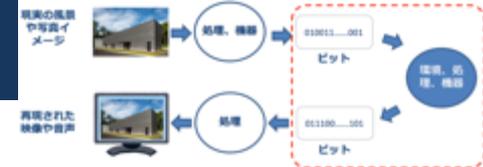
■ センサー、入力デバイス

- 自然界における風景などのイメージ情報や音声を記録するための機器、や物理的な映画フィルムのスキャニング機器等は、デジタル情報を生成する際の最も入口となるような要素である
- 撮像素子：CCDセンサー、CMOSイメージセンサーなど。光信号を受け、電磁的な信号に変換するための部分
- 光学レンズ：光学レンズの性能（分解能、色収差性能）は、生成される画像・映像のクオリティに直接影響を与える要素である

4. 「②処理」の観点から



4. 「②処理」の観点から 1/2



■ ハードウェア (HW)

- デジタルデータをあつかうために必要な物理的な実体をもつものをハードウェアと定義する。情報システムの文脈ではハードウェアの要素として設備、施設などを含まないことが多いが、しくみとしてのシステムで話される場合にはその限りでない。ハードウェア間をつなぐ接点部はインターフェース（例えばケーブル形状やその入出力規格など）を介する

■ ソフトウェア (SW)

- HW内に組み込まれており、処理や命令などの動作を行うための手続きを指し様々な行う実体を持たない要素を指す
- OS（オペレーティングシステム）：コンピュータが動作するための基本ソフトウェアであり、アプリケーションはOS上で画像処理などを行うための、ワープロや表計算などのソフトウェアをさす
- SDx：サーバー、ネットワーク等のあらゆるコンピュータシステムの物理資源をソフトウェアによりコントロール可能にすることを目指した技術。例 SDN、SDS

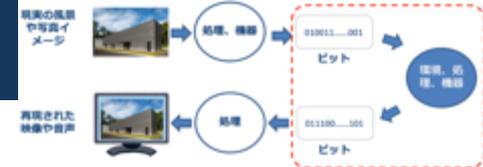
■ ファイルシステム

- 画像データなどのコンピュータ上のファイルを、保存媒体に格納する方式や機能を指す。例：NTFS、FAT32、ext4、UDFなど

■ CPU・メモリ・記憶装置

- CPU、主記憶装置（キャッシュメモリ）、補助記憶装置（HDDなど）
- コンピュータでは、大きくこの3つで処理・記憶を行う。映像データを扱う場合「ビデオカード：コンピュータなどで映像を信号として出入力する機能を、拡張ボードとして機器独立させたもの」が重要な要素となることが多い

4. 「②処理」の観点から 2/2



■ ファイルフォーマット(ファイル形式)

- 動画データをはじめとする各種デジタルデータをコンピュータ上などで、保存媒体にファイルとしてどのような形式や順序で記録するかを定義したもの。

例 RAWデータ

■ データ圧縮

- あるデータをそのデータの実質的な性質を保ったまま、データ量を減らした別のデータに変換すること。非圧縮という選択の他に、可逆圧縮と、非可逆圧縮がある。可逆圧縮は、圧縮前と圧縮・展開の処理を経たデータが完全に等しくなる方式のことを指し、非可逆圧縮は前者に対しデータが完全に一致しない方式を指す。映像に関する圧縮の方式は、単一のフレームで完結する圧縮と、複数フレーム間で圧縮する（映像の動きなどをもとにする場合など）形式がある。

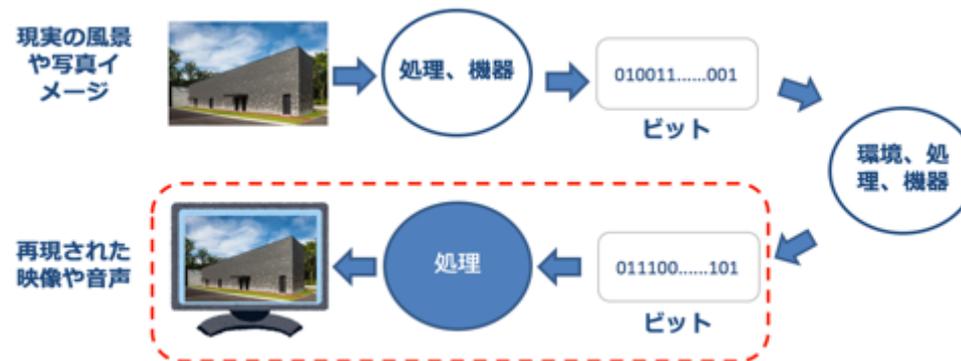
■ コーデック

- 動画ファイルや音声ファイルの圧縮/解凍（エンコードやデコードを含む）に必要なプログラムの総称。コンピュータ上で動画や音声を再生するためには、そのファイルに再生対応しているソフトウェアの他に、各種動画・音声に対応したコーデックが必要になる。

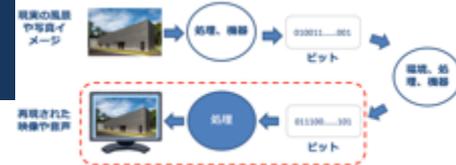
■ ネットワーク・通信方式

- 「ネットワーク」のコンピュータにおける定義は、複数のコンピュータを接続する技術を指す。
- ネットワークの通信速度については、映像データの伝送や複製処理における要求を明らかにし、性能要求を定めることが必要。

5. 「③出力」の観点から



5. 「③出力」の観点から



■ 視環境・音響環境

- 映像データを再現する環境全般（プロジェクタ、モニタなどの機器が中心となる）を指す。機器によって色再現可能な能力が違うことを認識の上、映像ファイルに埋め込まれたカラープロファイル（Rec.709、DCIなど）を正しく管理し、適用しなければ意図した正しい色再現ができない。
- パネル性能
- 色空間（カラースペース）
- 色域
- 輝度
- コントラスト
- サブタイトル

■ ビジュアルツール

- 制作過程などで必要に応じて導入可能な制作機器や情報機器。例えば、ポストプロダクション工程のカラーコレクション作業時等において、画像データの画面の明るさや色成分のばらつきや濃度などを視覚的に把握するための装置やツールを指します。
例 波形モニタ、ベクトルスコープなど

■ 視覚的要素

- 解像度
- アスペクト比（画面アスペクト比）
- フレームレート
- HDR（High dynamic range）
- カラーモデル（リニア、Log）
- ガンマ(OETF、EOTF)
- タイムコード

6. 「④管理、システム化」の観点から

6. 「④管理、システム化」の観点から

一連のしくみ・機能を継続して利用していくためには



- 効率化や自動化などの必要性を考慮した、体系的な管理が必要
- 長期にわたりデジタルデータの完全性・可用性を高める対策が必要
- システム間、組織間などの相互連携を考慮した対策が必要



■ システム化

- コンピュータ等の電算機システムのみを指すにとどまらず、各種データの管理や、保存のための業務の仕組みなど全般を指す。

■ ストレージ技術

- 近年ひとびとがあつかうデジタル情報の増大に伴い、記録媒体を中心とするストレージシステムは、データ管理を行う機能として重要な役割を占めているといえ、技術革新に伴い様々な仕組みや製品、サービスなどが出てきている状況である。
- ハードウェア側の制御：ソフトウェア側の要素としては、ソフトウェアRAID、重複排除、分散ファイルシステム、階層化ストレージ（HSM）、クラウドストレージ等が挙げられる。
- 拡張性：
- アクセス速度：
- SDS(Soft Defined Storage)：

■ 標準化・規格化

- プロプライエタリ
- 用語集

■ オープン(OSS、オープンデータ等)

- あるものごとに対し、開いた・見通しの良い状態であることを指す。情報分野では特定の企業や技術に依存する状態（ベンダーロックインは後述）からの脱却を目的に様々な範囲で『オープン』への考えが浸透している。
- OSS、オープンデータ、オープンシステム、ベンダーロックイン



■ マイグレーション

- ハードウェアやソフトウェアの環境の変化によりファイルが技術的に読めなくなってしまう前に、フォーマットを変換したり別の記録媒体へ移行したりする方法の総体を指します。

■ エミュレーション

- ある情報に対して旧式化した再生環境を、ソフトウェアや機械的な仕組みを用いて模擬的に再現することを指します。
- ソフトウェアエミュレーション
- Encapsulation(カプセル化)

■ 冗長化・バックアップ・災害対策

- デジタルデータの長期保存のためにデジタルデータそのものやシステム、インフラ（設備）などに対し、その消失や故障、利用継続性（可用性）などに備えた対策等を指す。

■ 情報セキュリティ

- 情報資産の紛失や流出といった脅威から守るための、対策技術や組織の対応方針、管理のしくみなどを範囲とする。
- ISMS（情報セキュリティマネジメントシステム）
- 暗号化・復号化：共通鍵暗号、公開鍵暗号、KDM Key(Key Delivery Message key)など
- ネットワークセキュリティ
- 不正利用の防止：DRM(Digital Rights Management)などの技術を活用、不正利用の検出
- 証跡管理、証拠管理



■ メタデータ

- メタデータは「データに対するデータ」というような、デジタルコンテンツの付与記述全般をさす呼称である。諸説あるが記述メタと管理メタ（技術メタ等を含む）に分類されると捉えることもできる。Web技術との関係も密接となっており、アクセス性や検索性、機械可読性等が重要視されるとともに、デジタルデータの長期保存の観点からも、コンテンツの所在や詳細を示すための情報なども含め重要な要素であると言える。
- ID、識別子(identifier) - インデックス
- DB(データベース) - データモデル
- XML - RDA
- FRBR、FRAD、FRSAD、FRBR-LRM
- RDF - OWL
- Open data - Linked Data

■ 相互運用・互換性

■ 権利(著作権、特許権)

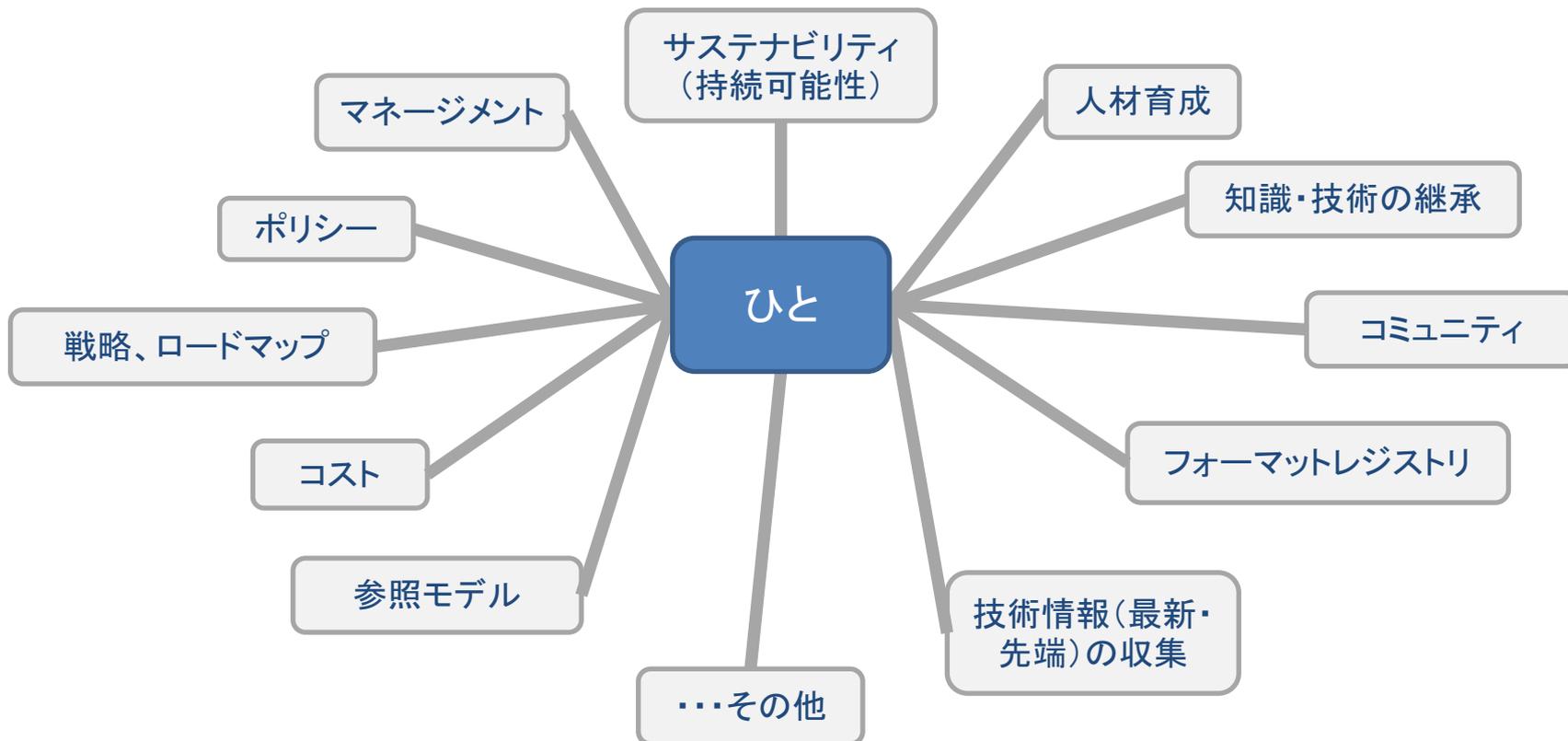
■ カラーマネージメント

- 同一の画像・映像データでも、視聴環境の性能および設定の違いにより、明るさ・コントラストなどの要素は異なる表示や挙動となる場合がある。これらの差異や挙動について、環境の違いによらずできる限り統一した結果が得られるよう管理を行う手法を指す。
- LUT
- カラープロファイル

7. 「⑤その他」の観点では

7. 「⑤その他」の観点から

その他として取り上げられる要素、または映像特有の要素について
(技術以外の要素も多く含んでいます)



➤ **ひと(組織を含む) を中心とした要素を考慮することが重要である**

7. 「⑤その他」の観点から



■ 人材

- 人材育成 - 世代の変化 - リーダーシップ

■ コミュニティ

■ 参照モデル

- システム工学とソフトウェア工学における何かの基本的目標やアイデアを包含し、様々な目的で一つの参照として見ることができる、何らかのモデルである。
- **OAIS参照モデル**：情報の長期保存システムの構築に対して有力なモデルとされ、国際標準規格化されている。長期保存システムにおいて、ひとの関わる運用部分や、保存計画のマネジメント、データの受入や管理、保存、アクセスといった組織の持つべき機能などが定義されています。
- TDR(Trustworthy Digital Repository)
- 技術参照モデル(Technical Reference Model)

■ サステナビリティ

- 電子媒体の寿命性能向上や、長期保存を考慮したファイルフォーマットの標準化・規格化などの具体的な対策などをはじめとし、いかに長期的・継続的・発展的にデジタルデータを含めた保存システムを維持するかというような課題に対し必要な原則的な性質を指すものと言えるであろう。

■ コスト

- 所有するデータ量の増加傾向や、データ管理に必要な装置・インフラ・電力等に関わる購入・維持コスト、人的リソースにかかるコスト（給料、サービス保守料など）など様々なコストが必要となるとともに、そのコストについての計画的な財政管理が必要。

8. まとめ

8. まとめ

■ ツールとしての活用

組織内・関係者間で共有し、共通の物差しで捉えることが重要。情報共有ツールとして参照されたい。

- 情報を可視化できることがポイント
- 「技術は常に変化していく」ことを念頭に、継続的な技術情報のフォローアップ、内容更新、課題再整理を継続していくこと
- 関係者間でできる限り共通の用語を用いるとともに、課題意識を可視化して共有できること（できれば、映画『用語集』が望まれる）

■ 頼るは人間力

技術革新により様々な変化（よいもわるいも）が起こったけれど、人が生み出した『技術』を真に有効活用していくのも人間力

- 組織的に対応していくことが重要
- 『映画』そのものを熟知した者と、技術的な立場の者の協力関係が重要
- 関係者で技術について問題意識を共有することが重要

■ 課題

- 現2017年2月時点では、「技術マップ」及び「技術マップ 課題一覧」を0.1版として公開する。現時点で個々の課題（技術マップ課題表にて記載）は十分にまとめきれていない部分もある、引き続き整理を進めたい。だが、運用を行うことで網羅的に完成させることが現実的であろう

所感

技術は細分化され複雑さはあるものの、個人的には整理してみて「スッキリ」した気持ちに。立場の違う方がみると「こんなに情報量が多いのか、、」と途方に暮れるのが本心かも、、

- TRAC Version1.0 Feb.2007
http://www.crl.edu/sites/default/files/d6/attachments/pages/trac_0.pdf
- Sustainability of Digital Formats Planning for Library of Congress Collections
<http://www.digitalpreservation.gov/formats/index.shtml>
- SNIA 100 YEAR ARCHIVE TASK FORCE Overview September, 2006
http://www.snia.org/sites/default/files/100-Yr-Archive-Task-Force-Overview_20060927.pdf
- Long Term Preservation of Digital Content
<http://globalforum.items-int.com/gf/gf-content/uploads/2014/04/GF04 - Session 2 - Alfredo Ronchi2.pdf>
- 技術マップ2015(コンテンツ分野)/経済産業省 商務情報政策局文化情報関連産業課(メディア・コンテンツ課)
http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/contents/downloadfiles/1507map.pdf
- 震災関連デジタルアーカイブ構築・運用のためのガイドライン(2013年3月)
http://www.soumu.go.jp/menu_seisaku/ictseisaku/ictriyu/02ryutsu02_03000114.html
- 国立国会図書館デジタル資料長期保存基本計画
<http://www.ndl.go.jp/jp/aboutus/dlib/preservation/pdf/basicplan2016.pdf>
- NARA Electronic Records Archives(ERA)
<https://www.archives.gov/records-mgmt/era>
- 画像のデジタル化
http://www.clg.niigata-u.ac.jp/~medimg/practice_medical_imaging/imgproc_scion/1sampling/index.htm
- オペレーティング・システム
<https://ja.wikipedia.org/wiki/オペレーティングシステム>
- スタジオ技術者のためのデジタル映像圧縮の基礎 ピーター・サイムス著、宇野潤三訳/兼六館出版株式会社
- ポストプロダクションワークフロー Fix It In Post日本語版/著Jack James 翻訳株式会社Bスプラウト 発行株式会社ボーンデジタル
- トランスコード
<https://ja.wikipedia.org/wiki/トランスコード>
- デジタルビデオ入門
https://www.adobe.com/jp/motion/pdfs/DV_Primer.pdf
- 「4:4:4と4:2:0」映像情報メディア学会誌 Vol. 62
<https://www.ite.or.jp/contents/keywords/FILE-20120103130828.pdf>
- キタミ式イラストIT塾 ITパスポート 平成27年度CBT対応/著者きたみりゅうじ 発行株式会社技術評論社
- VIDEO-ITを取り巻く市場と技術 第1回 ファイルフォーマットとは？
http://www.mpeg.co.jp/libraries/video_it/video_01.html
- MPEG4入門 改訂版/著者瀧本住人

- ・IT用語辞典e-Words ビットレート【bit rate】
<http://e-words.jp/w/ビットレート.html>
- ・SDx
ITロードマップ2015年度版/著者 野村総合研究所基盤ソリューション企画部
- ・データ圧縮
<https://ja.wikipedia.org/wiki/データ圧縮>
<https://ja.wikipedia.org/wiki/可逆圧縮>
<https://ja.wikipedia.org/wiki/非可逆圧縮>
- ・圧縮ロス (Compression loss)
スタジオ技術者のためのデジタル映像圧縮の基礎/著ピーター・サイムス 兼六館出版株式会社発行
- ・ストレージ技術、ストレージネットワーク、ストレージシステム
ストレージ技術-クラウドとビッグデータの時代-/編著者 喜連川優
- ・ストレージエリアネットワーク
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ストレージエリアネットワーク>
- ・音響映像設備マニュアル 2015年改訂版/ 発行所 株式会社リットーミュージック
- ・ベンダーロックイン
<https://ja.wikipedia.org/wiki/ベンダーロックイン>
- ・マイグレーション、エミュレーション
- ウェブアーカイブのしくみ
<http://warp.da.ndl.go.jp/contents/recommend/mechanism/mechanism08.html>
- ・データモデル
<https://ja.wikipedia.org/wiki/データモデル>
- ・LUTとは
http://fujifilm.jp/business/broadcastcinema/solution/color_management/is-mini/promotion/lut/index.html
- ・参照モデル
<https://ja.wikipedia.org/wiki/参照モデル>
- ・技術参照モデル(Technical Reference Model)
<http://www.hitachi.co.jp/Div/jkk/glossary/0547.html>
- ・誤り検出訂正
<https://ja.wikipedia.org/wiki/誤り検出訂正>
- ・ECC
<http://www.almedio.co.jp/archive/columns/detail/capacity-of-bdr/>