



ビギナーのためのストレージ講座

JDSFエデュケーション部門

開催日時

2024年11月28日(木)15:40-16:25

- 本書で記載している製品名は、各社の商標です。

- 1. ストレージ概論
- 2. ストレージネットワークキングの基礎
- 3. テープストレージのテクノロジー
- 4. バックアップ・アーカイブ概論

■ 3. テープストレージのテクノロジー

- ◆ 3-1. テープストレージの概要
- ◆ 3-2. テープストレージの特徴と技術
- ◆ 3-3. テープストレージの活用方法
- ◆ 3-4. テープストレージの未来
- ◆ 3-5. まとめ

3-1

テープストレージの概要

3-1. テープストレージの概要

3-1-1. はじめに

テープストレージとは…

磁気テープメディアを使ってデータを記録・保管する
コンピュータ用ストレージの1つ。
大容量、低コスト、高い信頼性が特徴

テープストレージはよくこんな風に誤解されます

時代遅れ

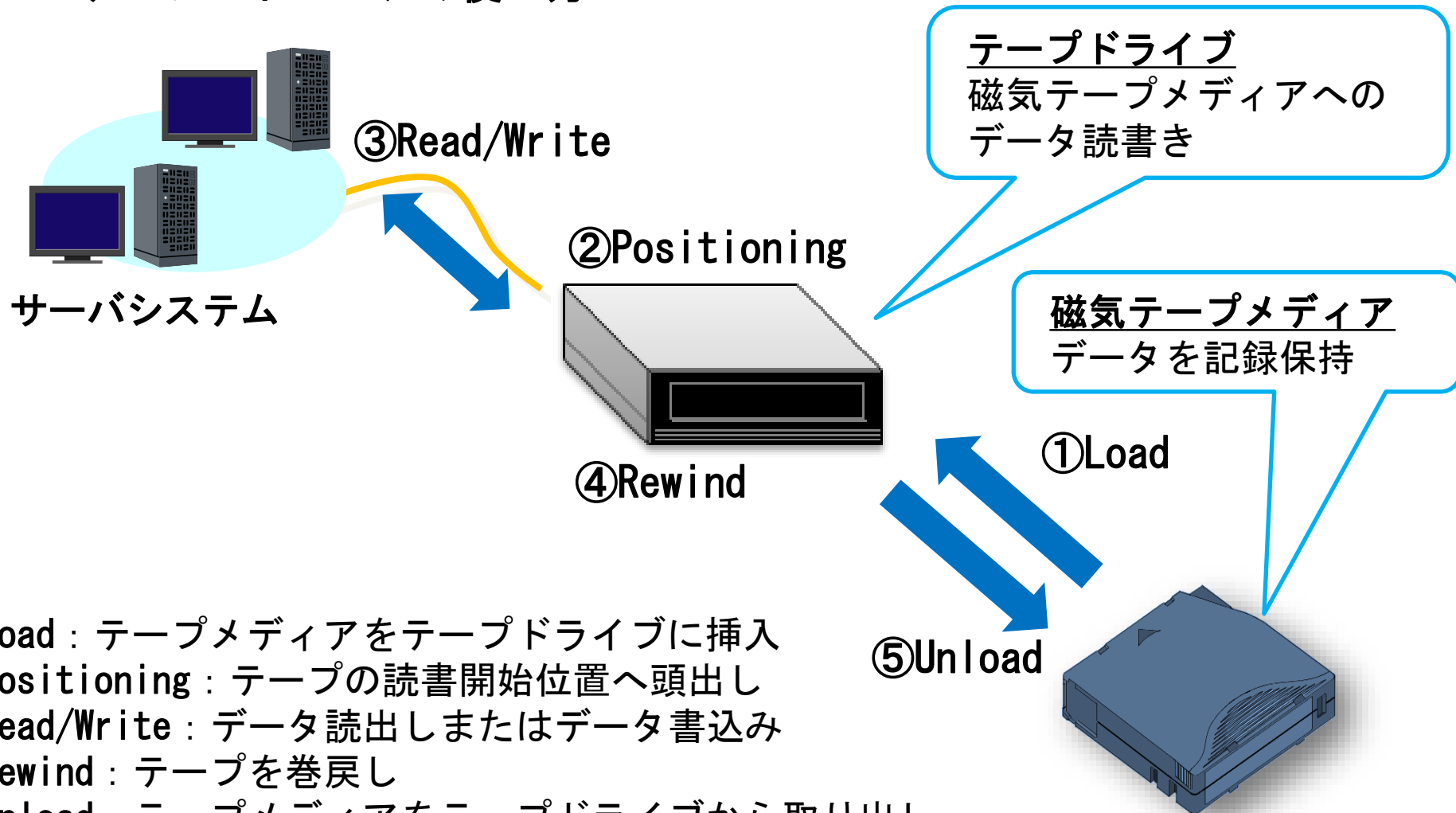
トラブルが多い

読み書きが遅い

近年、IoTの普及やAIの実用化といった変革の中、
テープストレージの価値が見直されています！

3-1. テープストレージの概要

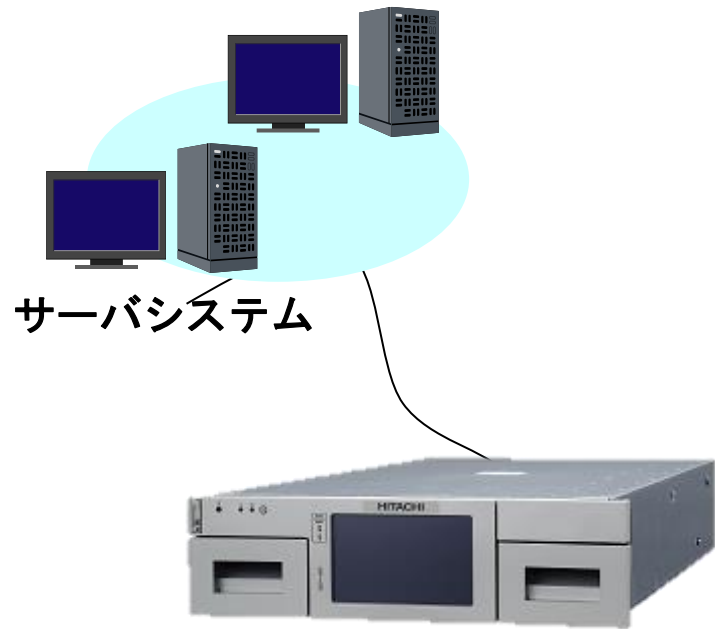
3-1-2 テープストレージの使い方



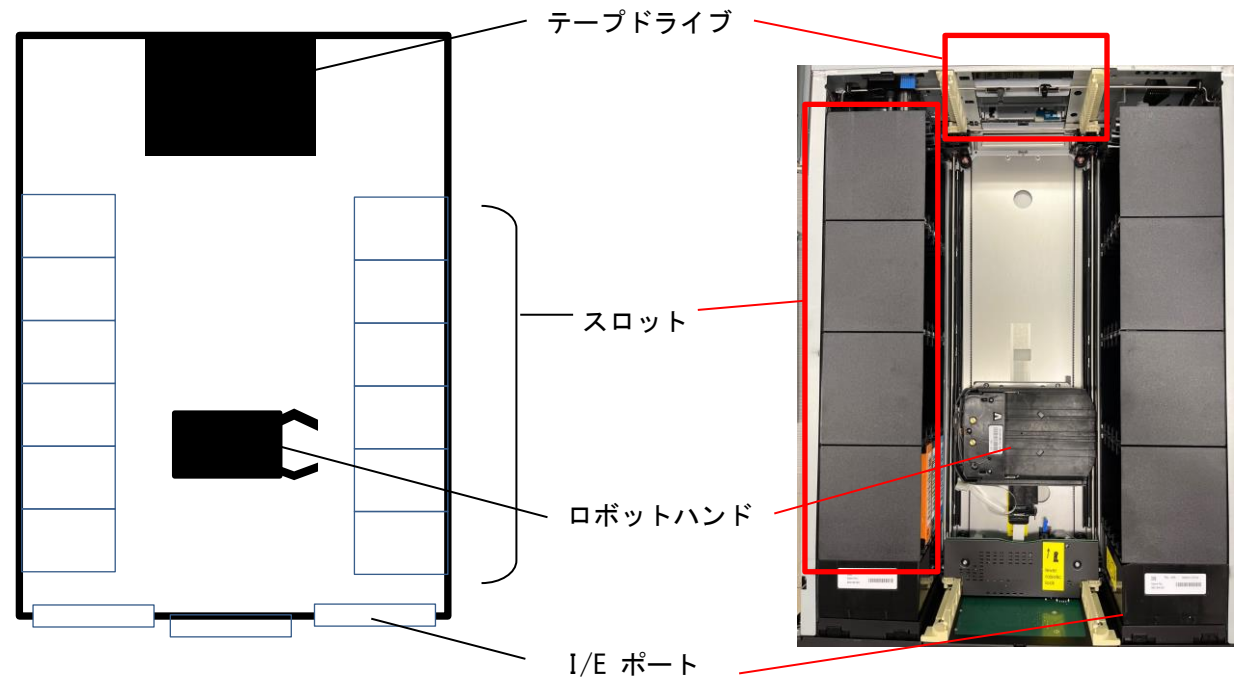
- ① Load : テープメディアをテープドライブに挿入
- ② Positioning : テープの読書開始位置へ頭出し
- ③ Read/Write : データ読出しまたはデータ書込み
- ④ Rewind : テープを巻戻し
- ⑤ Unload : テープメディアをテープドライブから取り出し

3-1. テープストレージの概要

3-1-3 テープオートメーション



テープオートメーション



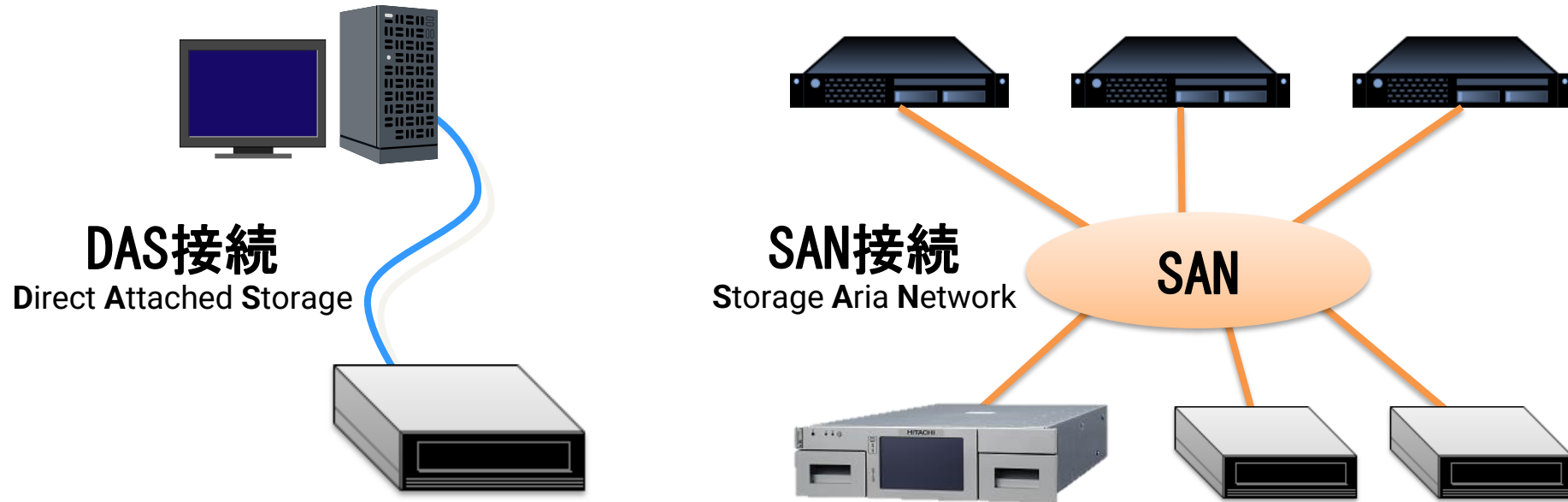
構成要素

- テープドライブ: データ読書きを行う
- スロット: 複数の磁気テープメディアを格納可能
- ロボットハンド: スロットからテープドライブへ磁気テープメディアを搬送
- I/Eポート: テープオートメーションのテープを出入れ

3-1. テープストレージの概要

3-1-4 テープストレージ接続インターフェース

現在テープストレージの接続インターフェースはFC(Fibre Channel)またはSAS(Serial Attached SCSI)が主流です(USB接続で使用できるものも販売されています)



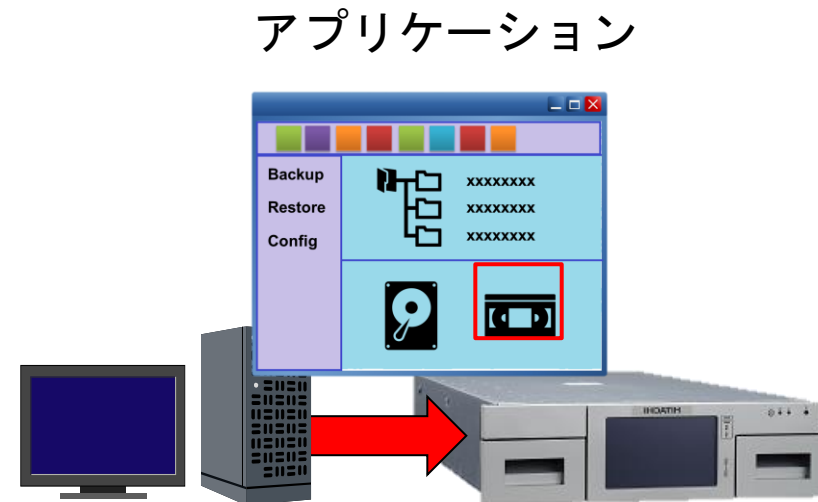
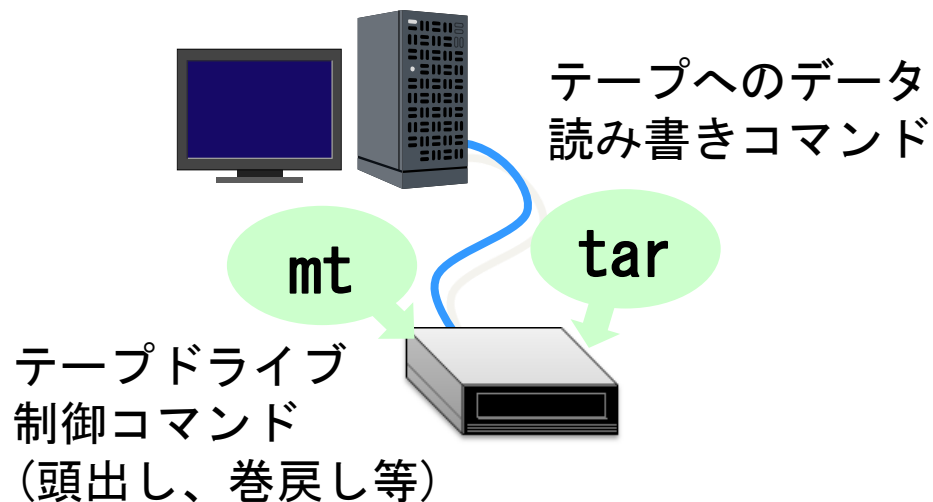
接続形態はDAS接続またはSAN接続(FC-SAN)

詳しくはストレージネットワークングの基礎で！

3-1. テープストレージの概要

3-1-5 他のストレージとの違い

- ディレクトリ構造のファイルシステムを持たず
OSから直接テープの中身が見えない状態で使われてきました
(※新技術“LTFS”でファイルシステムを持つことも可能になりました)
- データ読み書きはテープ操作のOSコマンドやアプリケーションを通して行われます



3-2

テープストレージの特徴と技術

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-1 大容量記録メディア

手のひらサイズのテープ1本に**数TB～数十TB**のデータを記録可能

- 市場に流通する主な磁気テープメディアと容量

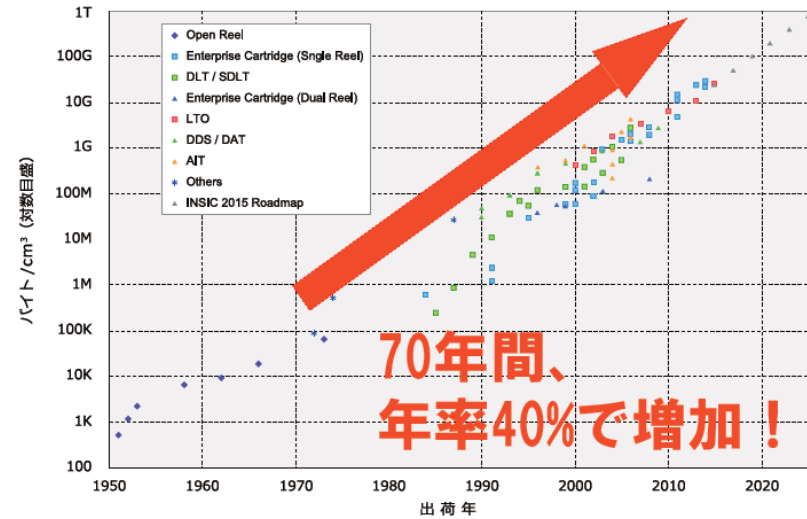
項目	LTO	エンタープライズテープ TS1100シリーズ
外観		
ベンダ	複数ベンダ (標準規格)	IBM社
非圧縮 記録容量	18TB (LTO-9)	50TB (TS1170)

※テープドライブに実装されたデータ圧縮機能でさらなる大容量保管も可

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-1 大容量記録メディア - 大容量を実現する技術

商用のテープストレージが
出現してから約70年
単位容積あたりの記憶容量は
右肩上がりで増加しています



70年間、
年率40%で増加！

(出展: JEITAテープストレージ専門委員会)

- 磁気テープメディア容量と向上のポイント

磁気テープ記憶容量



テープの表面積



面記録密度

テープの表面積

テープを長くすることで表面積を拡大

面記録密度

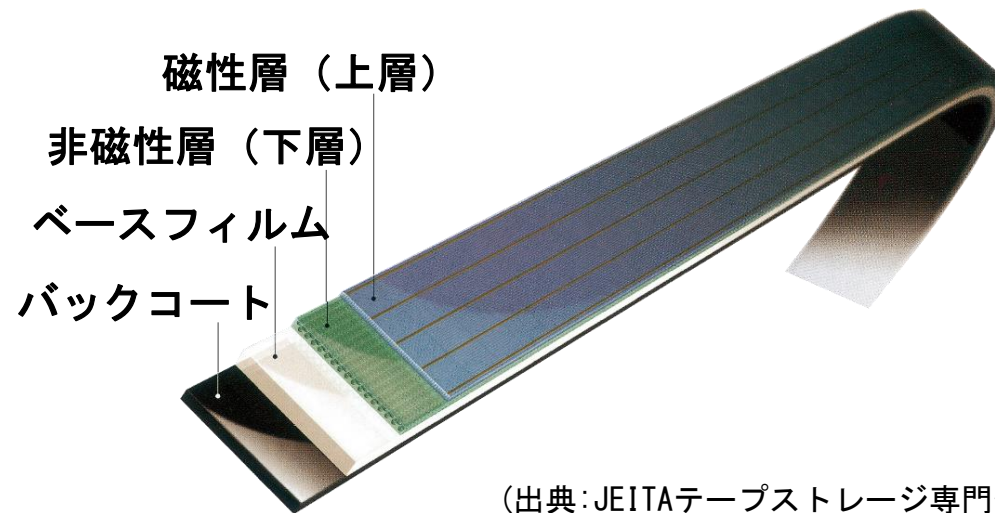
テープドライブ 磁気ヘッドの高精度化と
優れた磁性体の開発で記録密度を向上

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-1 大容量記録メディア - 大容量を実現する技術

テープを長く

- ※ 直径の決まった円板の面積が増やせないハードディスクに対し、テープは媒体を薄くすることで体積あたりの長さを長くでき記録面積を増やすことが可能



(出典: JEITAテープストレージ専門委員会)

- **ベースフィルム**

テープ厚の70~80%を占める領域。現在の技術では約 $5\mu\text{m}$ 程度。強度を保ちつつより薄くする素材の研究が進められています

- **磁性層**

磁性体の改良や製造技術の向上により磁性層の厚みも薄くなってきています

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-1 大容量記録メディア - 大容量を実現する技術

磁気ヘッドの高精度化

- ・サーボ技術

テープ製造時にテープへ記録されたサーボバンドを使い、極めて正確な磁気ヘッドの位置調整を実現。

幅1.27cmのテープに8,960本という高密度データトラックを脱線せず正確にトラッキングしてデータを書き込みます。

- ・ヘッド素子

数年ほど前から、テープドライブ磁気ヘッド部にTMR素子が採用されはじめ記録密度はさらに向上しています。

HDDには2007年頃から使用されている技術であり、テープにはまだまだ伸びしろがあるということです。



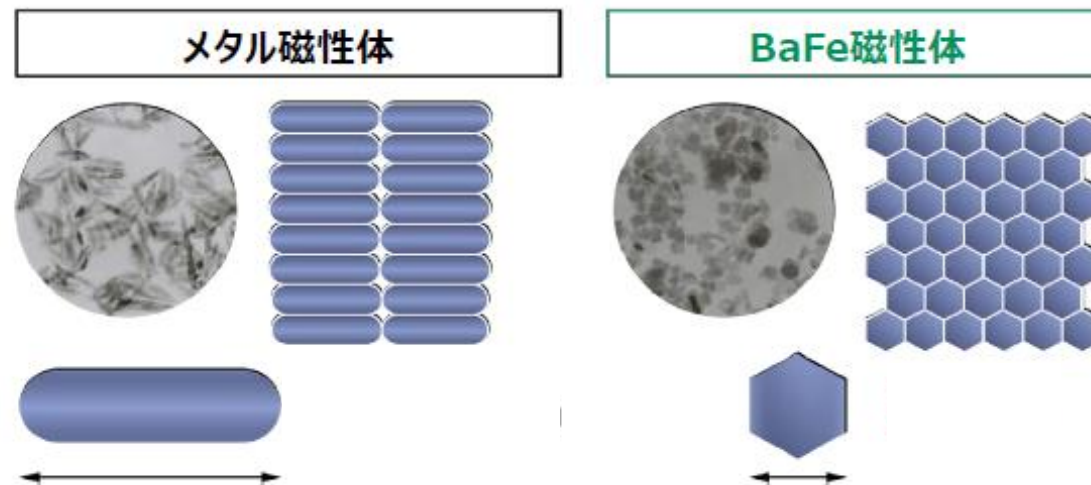
3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-1 大容量記録メディア - 大容量を実現する技術

優れた磁性体の開発

現在、テープに使用される磁性体はバリウムフェライト (BaFe) が主流。
 2012年頃から実用化されたこの磁性体は、小さくしてもデータを保持する力が劣化しにくく、テープの高密度・高容量化を実現しました。
 酸化物で化学的に安定なため、長期保管(※)にも優れます。

※) 少なくとも50年以上磁気的性能の劣化がないことをJEITAにて検証済み



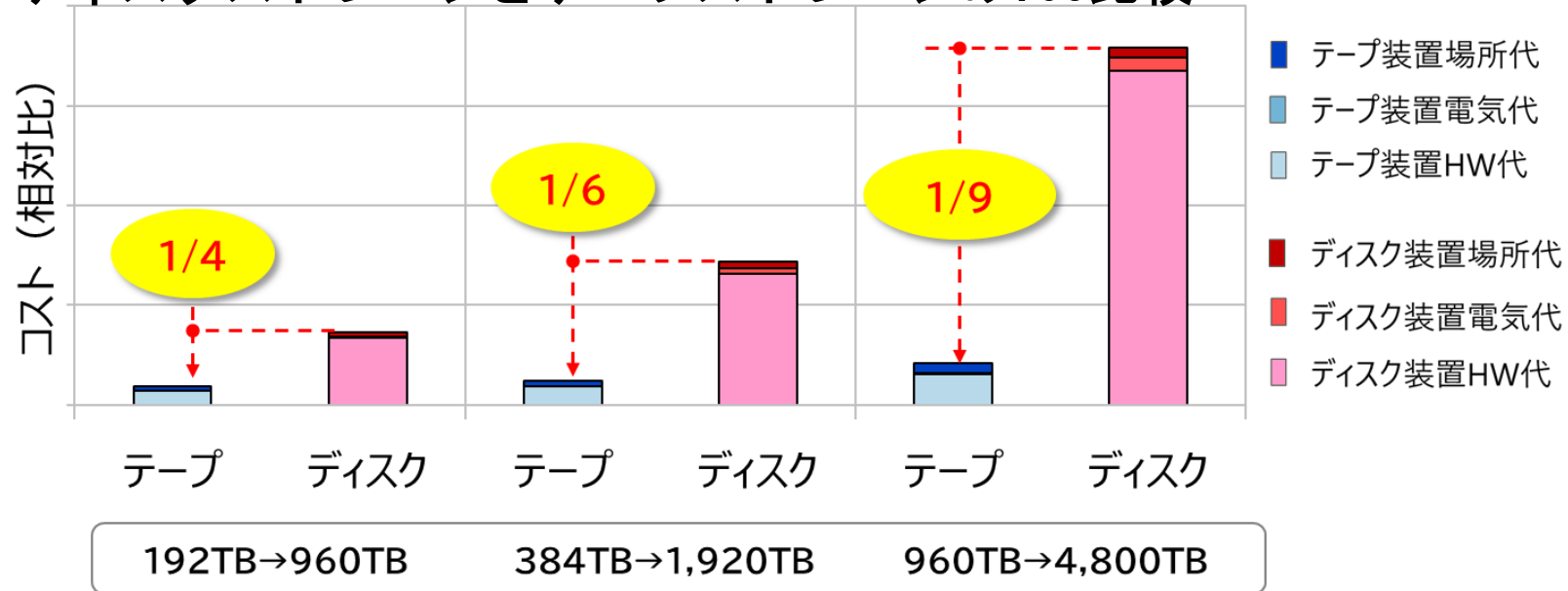
(出典: JEITAテープストレージ専門委員会)

さらなる大容量化に向け、今も次世代磁性体の研究が進められています

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-2 低コスト

ディスクストレージとテープストレージのTCO比較



5年間の容量増加量

(出典: JEITAテープストレージ専門委員会)

※テープ装置 : 80巻テープライブラリー、LTO-8ドライブ搭載(非圧縮12TB)

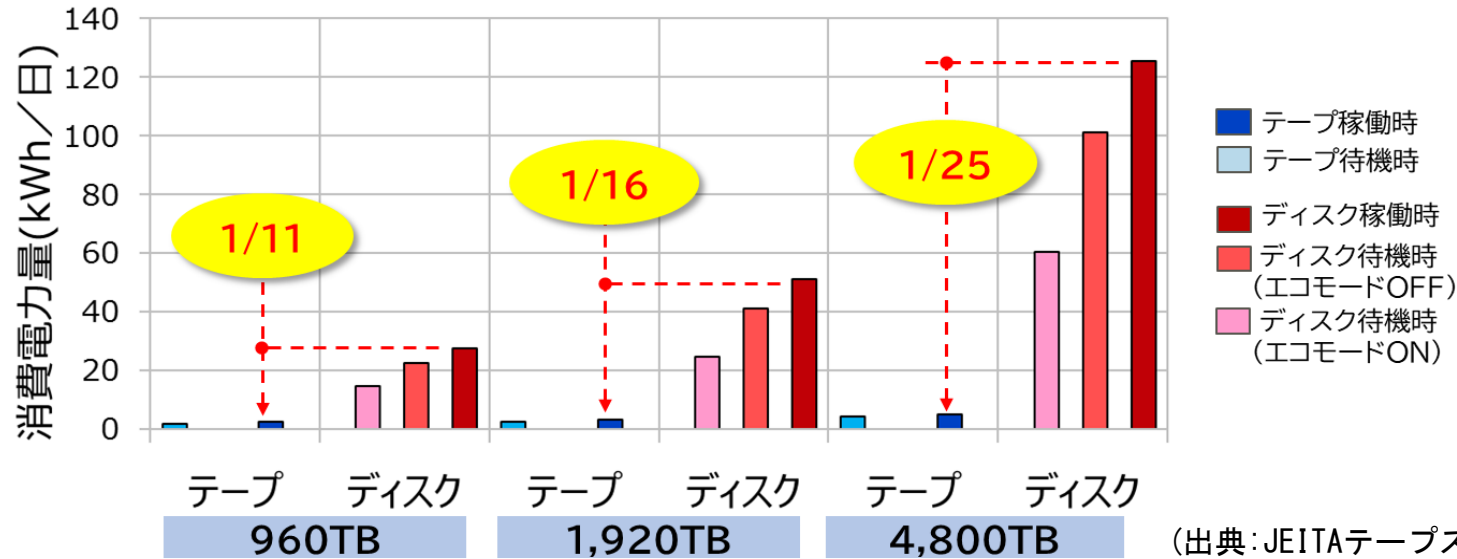
※ディスク製品: RAID6 構成、高密度実装タイプ、エコモード、Near Line 18TB HDD

装置だけでなく電気代、場所代といった
ランニングコストも低くなります

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-2 低コスト

保管時に通電しないため消費電力は極めて低く
電気代や空調・電源設備費を安価にすることが可能です



<ul style="list-style-type: none"> ・テープ：約2.4万円 ・ディスク：約27万円 	<ul style="list-style-type: none"> ・テープ：約 3万円 ・ディスク：約49万円 	<ul style="list-style-type: none"> ・テープ：約 4.7万円 ・ディスク：約121万円
--	---	--

1年間の電気料金
(稼働時)

※テープ装置：80巻テープライブラリー、LTO-8ドライブ搭載(非圧縮12TB)
 ※ディスク製品：RAID6 構成、高密度実装タイプ、エコモード、Near Line 18TB HDD

CO₂排出量削減の点でも効果大です

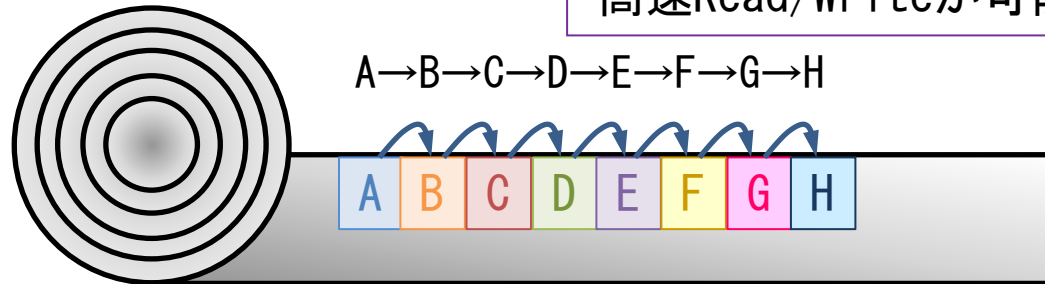
3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-3 Read/Write速度

磁気テープの読み書き速度は速いのか？遅いのか？
使用条件によるとというのが正しい答えです。

シーケンシャルアクセス

先頭方向から連続的に読み書きする場合
高速Read/Writeが可能(非圧縮 最大400MB/s(*1))

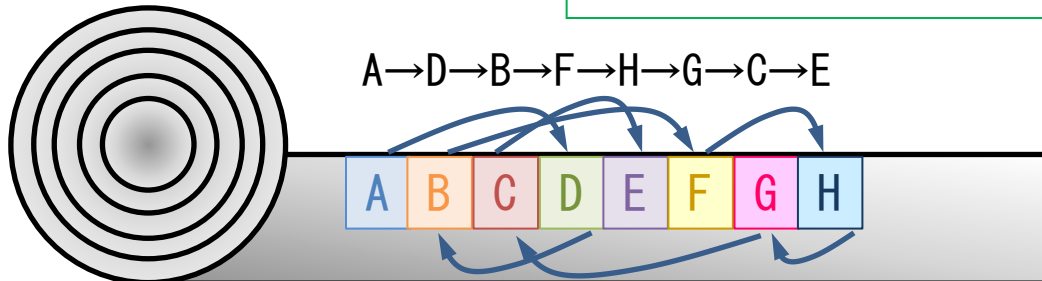


(*1) LTO-9の場合

動画等の大型ファイル読書きや
バックアップなどに適します

ランダムアクセス

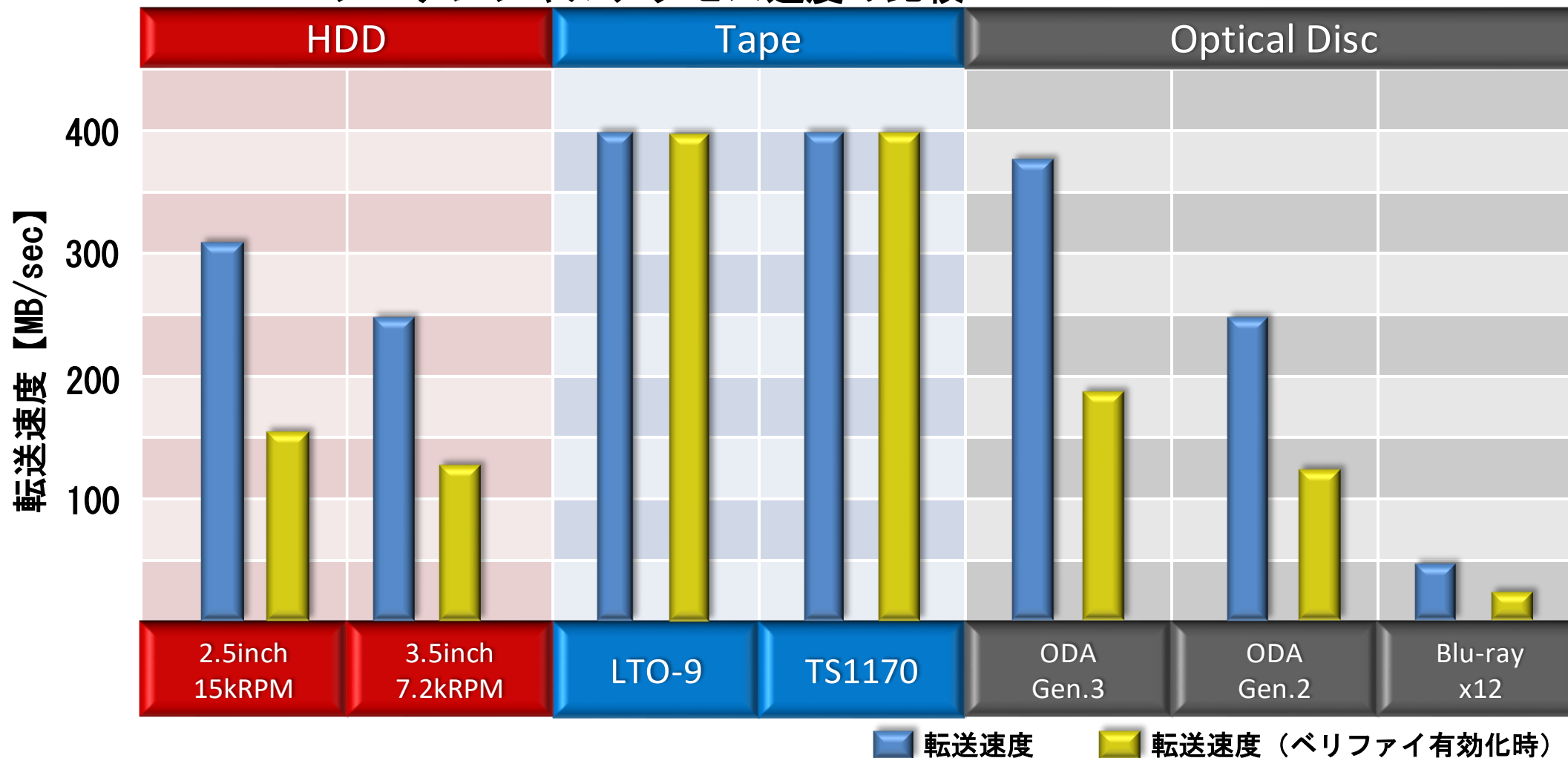
テープ上のデータを無作為に読み出す場合は、
頭出し処理が頻発しアクセス時間がかかる



3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-3 Read/Write速度

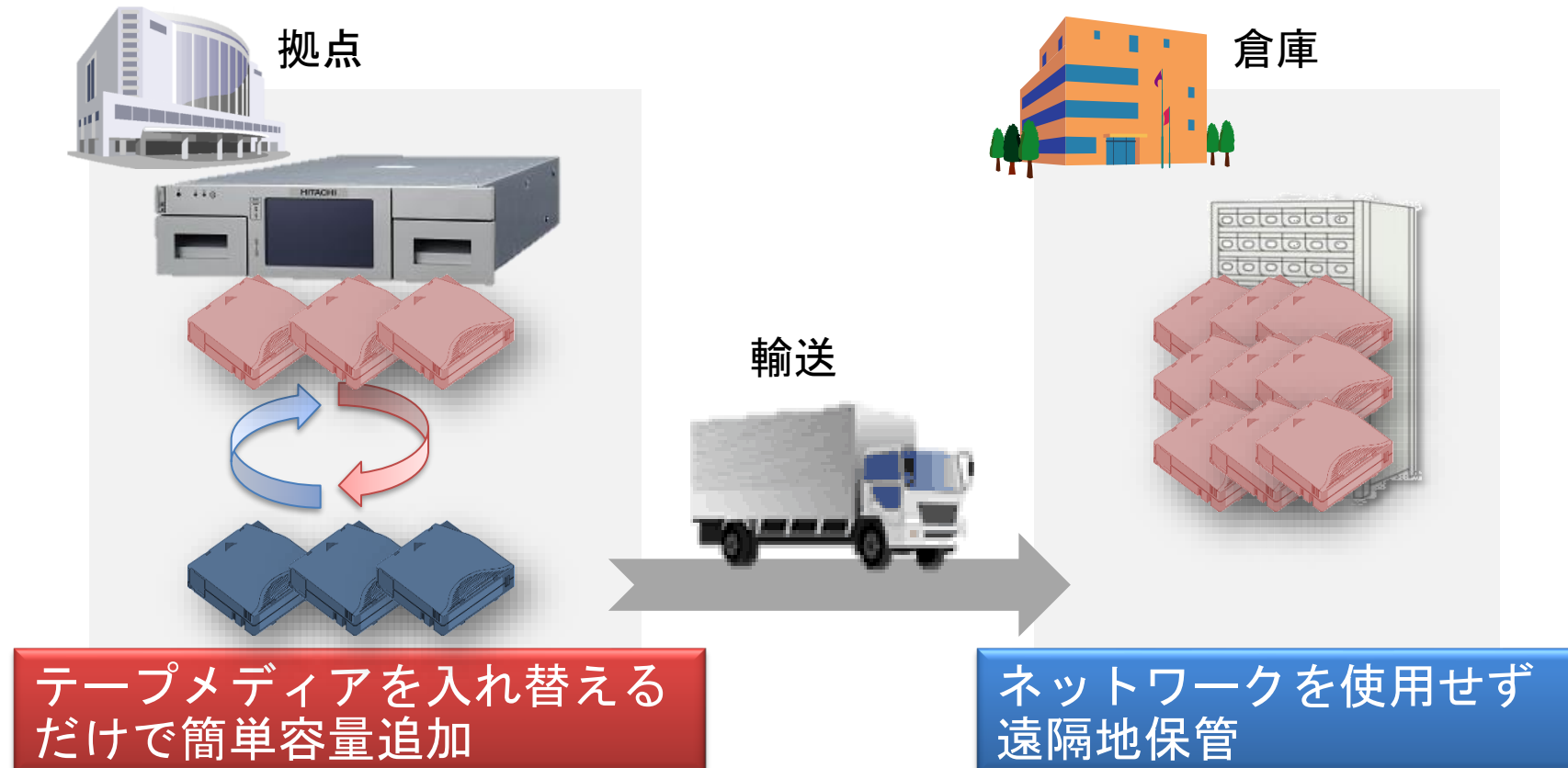
シーケンシャルアクセス速度の比較



3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-4 可搬性

装置から取り出してオフライン保管可能
データ大容量化への対応や災害対策を簡単に実現できます



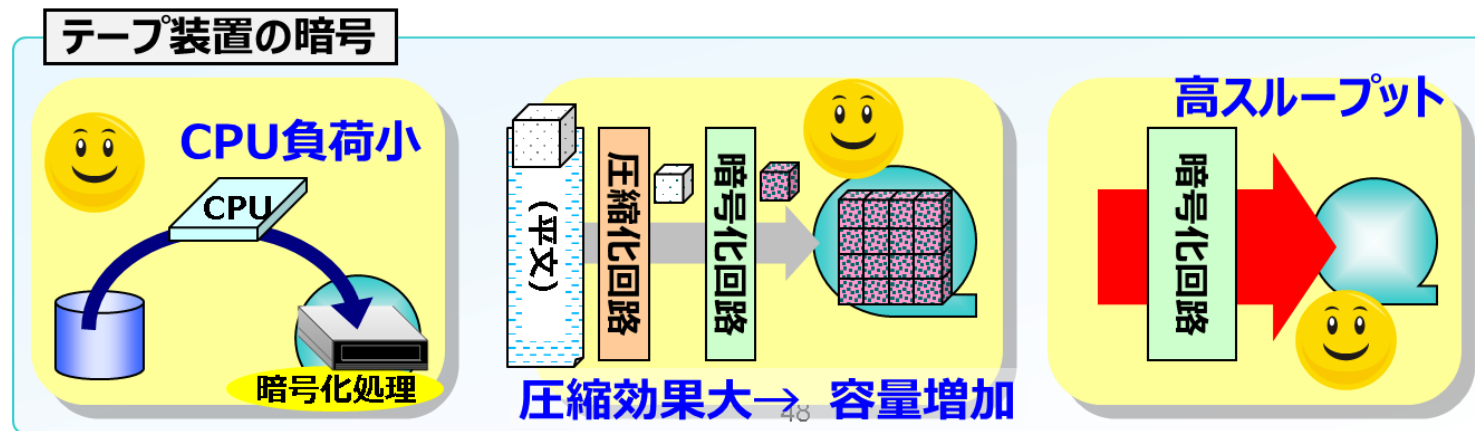
3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-4 可搬性 - 可搬媒体を守る技術

万一の盗難や紛失、不正な書換えからデータを守るため、テープストレージには暗号化機能やWORMテープメディアが用意されています。

暗号化機能

テープドライブに実装された暗号化機能でデータを暗号化できます。



WORMテープメディア

一度書き込まれたデータを編集・改ざん・消去ができない状態で保管するメディアです。(WORMはWrite Once Read Manyの略)

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-5 高信頼性

テープはメディア1本あたりに多くのデータを保持し遠隔地への輸送や倉庫での保管といった使われ方を実現するため多くの“**信頼性を支える技術**”が適用されています

データ書込みを支える技術

確実な書込みを実現するRead While WriteとRewrite

データ読出しを支える技術

2種のパリティ計算による強力なエラー訂正機能

テープの破損を防ぐ技術

テープへの負荷を軽減しテープメディア自体の破損を防ぐ技術

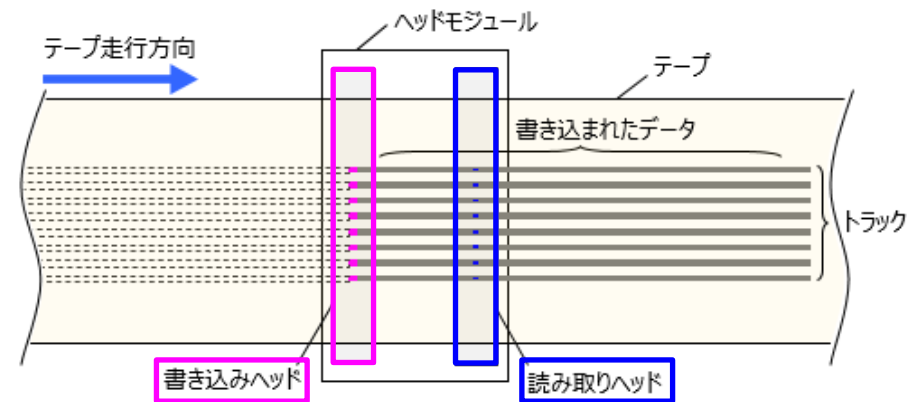
3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-5 高信頼性 - 信頼性を支える技術

データ書込みを支える技術

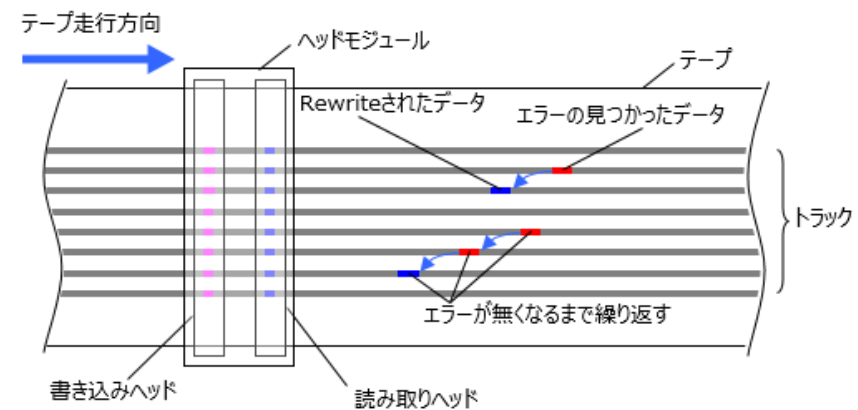
Read While Write機能

- 書込みヘッドでのデータ書込み直後に読取りヘッドでデータが読み出せることを確認
- 読み取りが失敗した場合は Rewriteを実施



Rewrite機能

- Read While Writeで読み取り失敗したデータを別の書込みヘッドで改めて書き込む
- RewriteはRead While Writeでエラーがなくなるまで繰り返す



3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-5 高信頼性 - 信頼性を支える技術

データ読出しを支える技術

ECC(Error Correction Code)機能

ユーザデータから算出した2種類のパリティを
 ユーザデータとあわせてテープに書き込んでおく

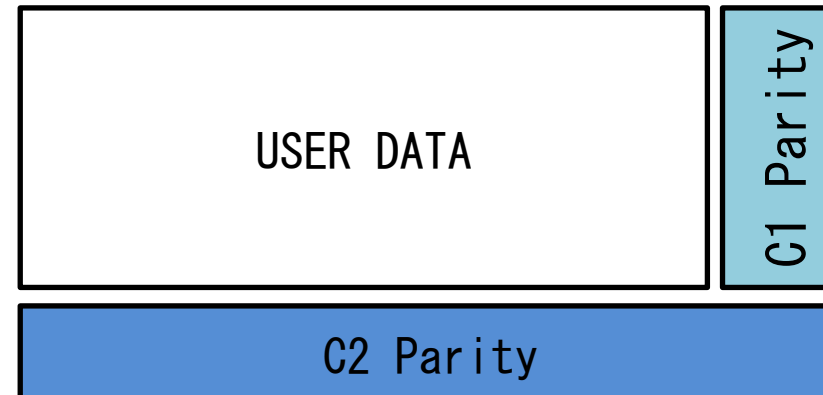
- 横方向のデータ配列から計算したC1パリティ
- 縦方向のデータ配列から計算したC2パリティ

ユーザデータの一部が読み取れなかった場合は
 パリティと残りのユーザデータを使い読取り不可データを再生

約15%(*1)のデータ破損が
 あったとしても
 正しいデータを再生できる
強力なエラー訂正機能

(*1) LT01時の数値

テープに書き込まれるデータイメージ



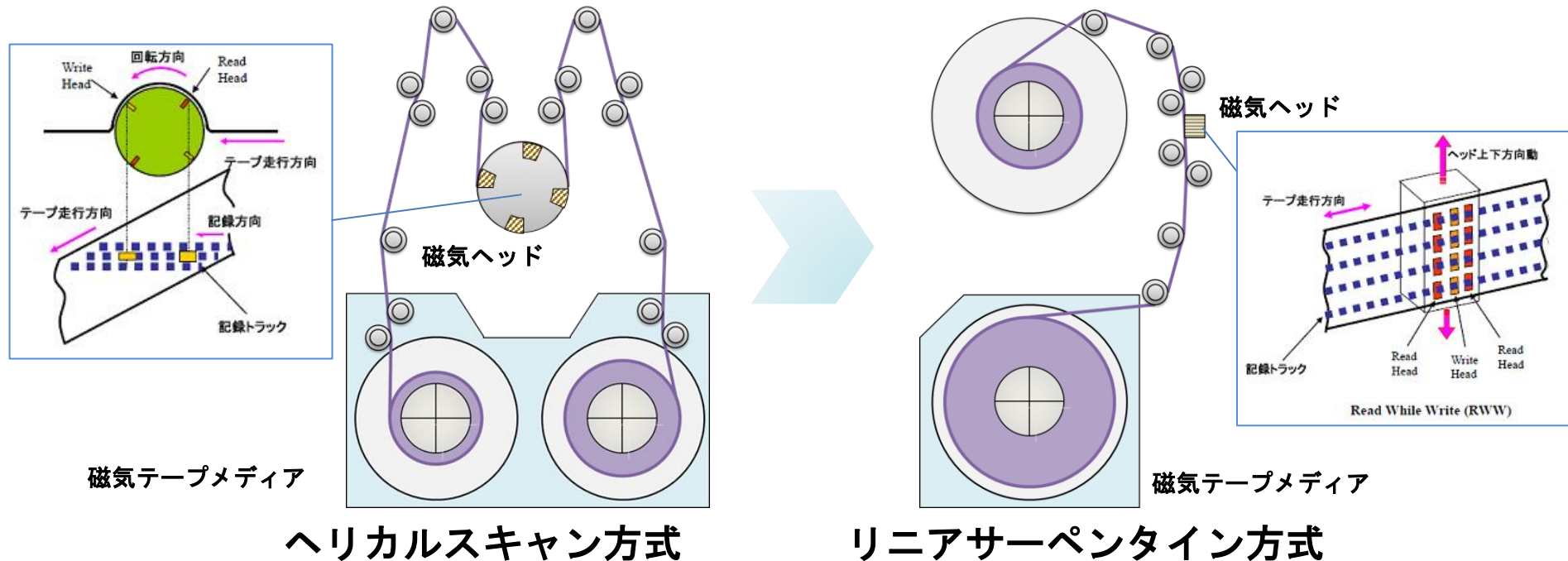
(出典: JEITAテープストレージ専門委員会)

3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-5 高信頼性 - 信頼性を支える技術

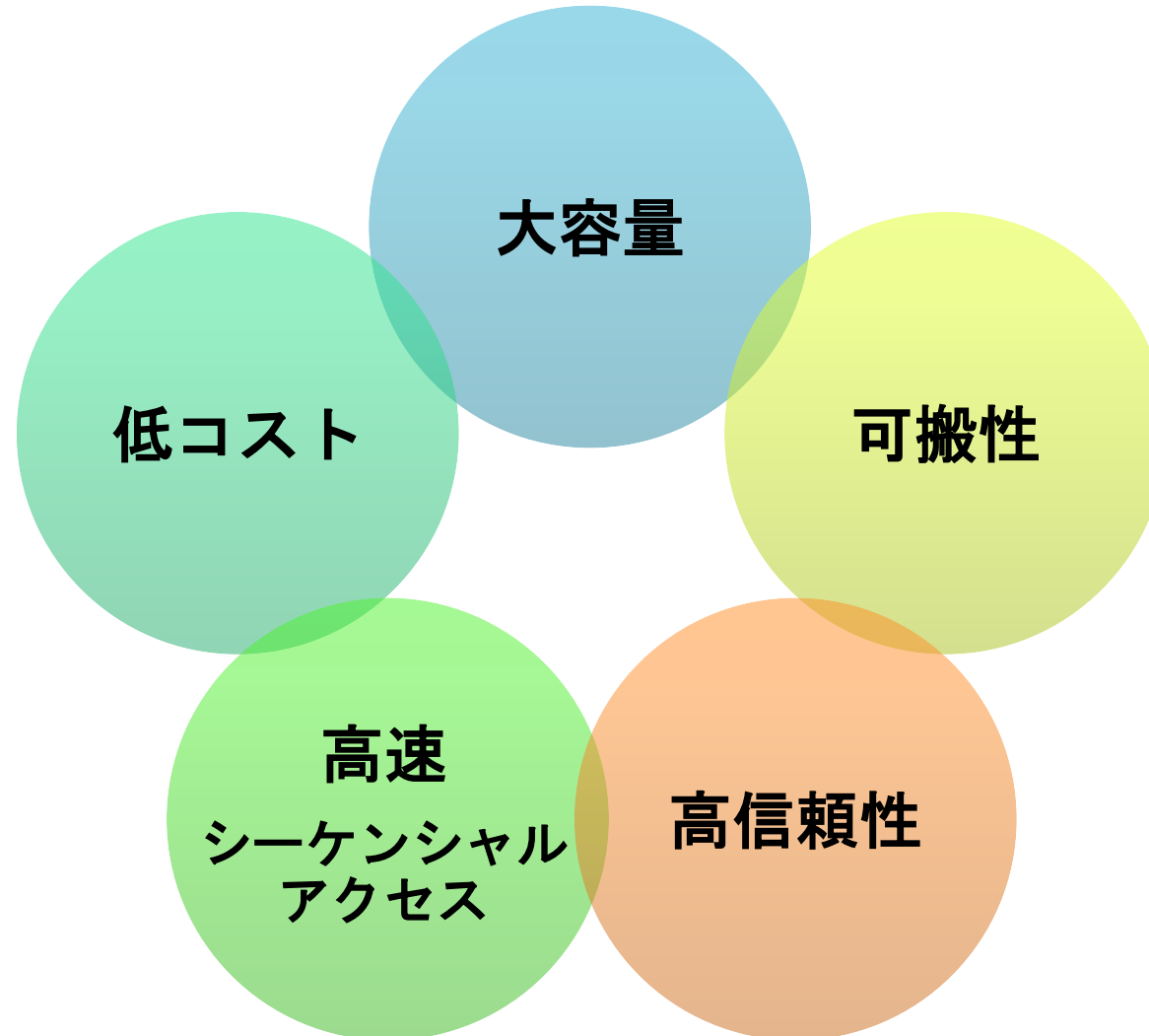
テープの破損を防ぐ技術

- 劣化しない潤滑剤などの材料開発によりテープの粘着を回避
- テープのブレを無理に押さえ込まず磁気ヘッドが追従するサーボ技術
- データの流れにあわせてテープ走行スピードを調節する機能
- よりテープ経路がシンプルなリニアサーペンタイン方式



3-2. テープストレージの特徴と技術

3-2-6 テープストレージの特徴まとめ



3-3

テープストレージの活用方法

3-3. テープストレージの活用方法

3-3-1 バックアップへの活用

従来よりテープストレージはバックアップに活用されてきました。

バックアップとは

- ・ 不測の事態に備え、大切なデータの複製を作成しておくこと
- ・ 不測の事態とは…



ヒューマンエラー



サイバーアタック



ハードウェア障害



災害・テロ



コストはかけたくない

➤ テープは大容量・低コスト

速やかにバックアップしたい

➤ バックアップならデータをまとめ書き
高速シーケンシャルアクセス可能

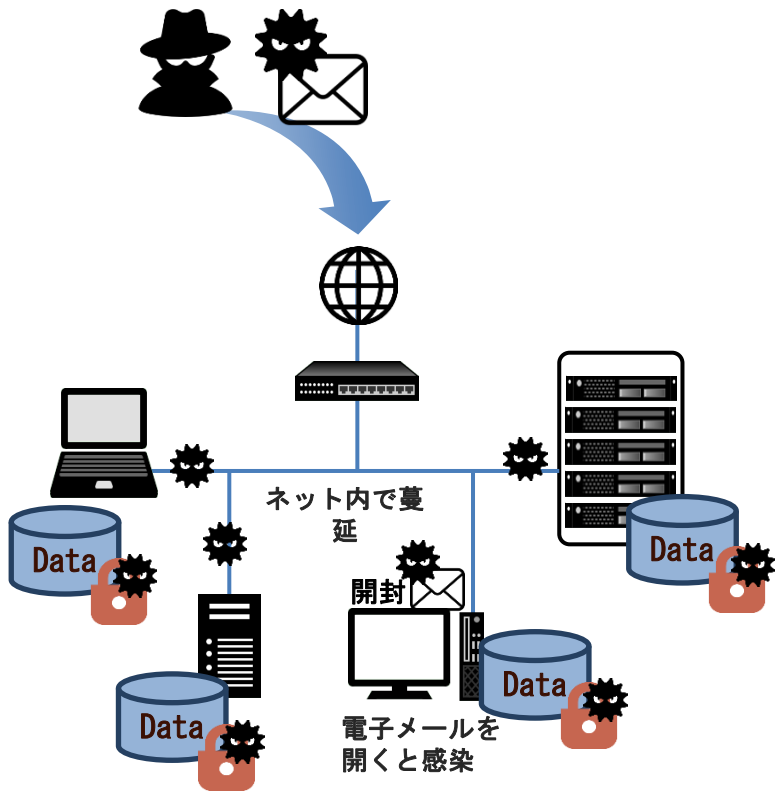
様々な脅威の対策をしたい

➤ 遠隔地搬送で災害対策
➤ システムから切り離す高セキュリティ

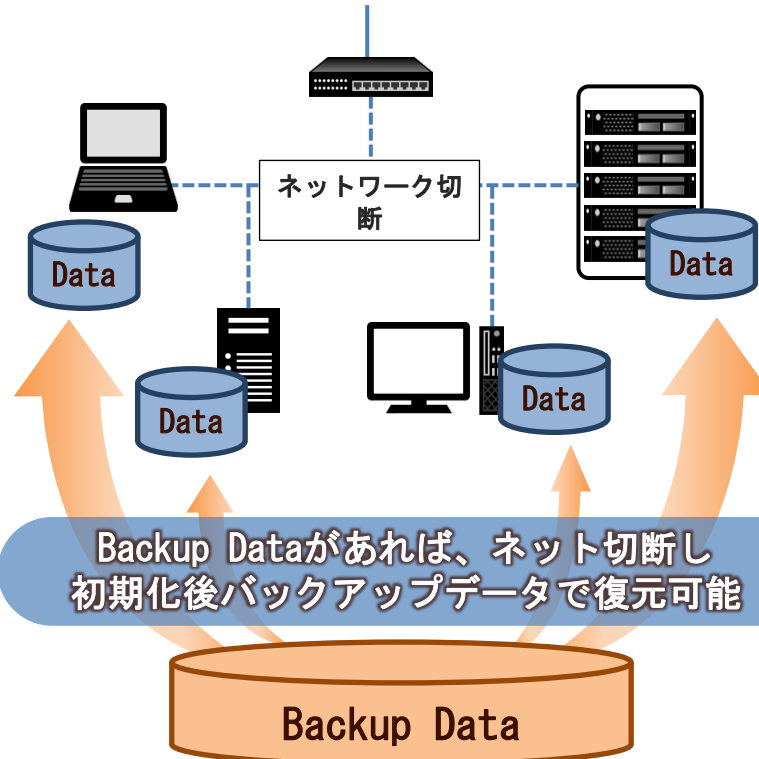
3-3. テープストレージの活用方法

3-3-1 バックアップへの活用 ランサムウェアにバックアップが重要な理由

ランサムウェアはネットワーク接続内で蔓延し不正暗号化していきます



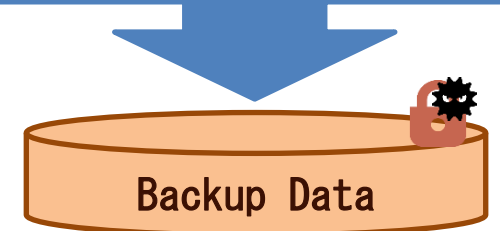
万一感染してしまった場合の復旧方法



◆ 落とし穴 ◆

Backup Dataがネットワーク上から見える場所にある場合、バックアップデータも汚染され暗号化されてしまいます。

Backup Dataはオンラインから切り離された場所で(=エアギャップを作って)管理することが重要となります。



現在のランサムウェアはバックアップソフト(システム)を最初に狙うのも多く、感染していないデータを確認する仕組みが重要

3-3. テープストレージの活用方法

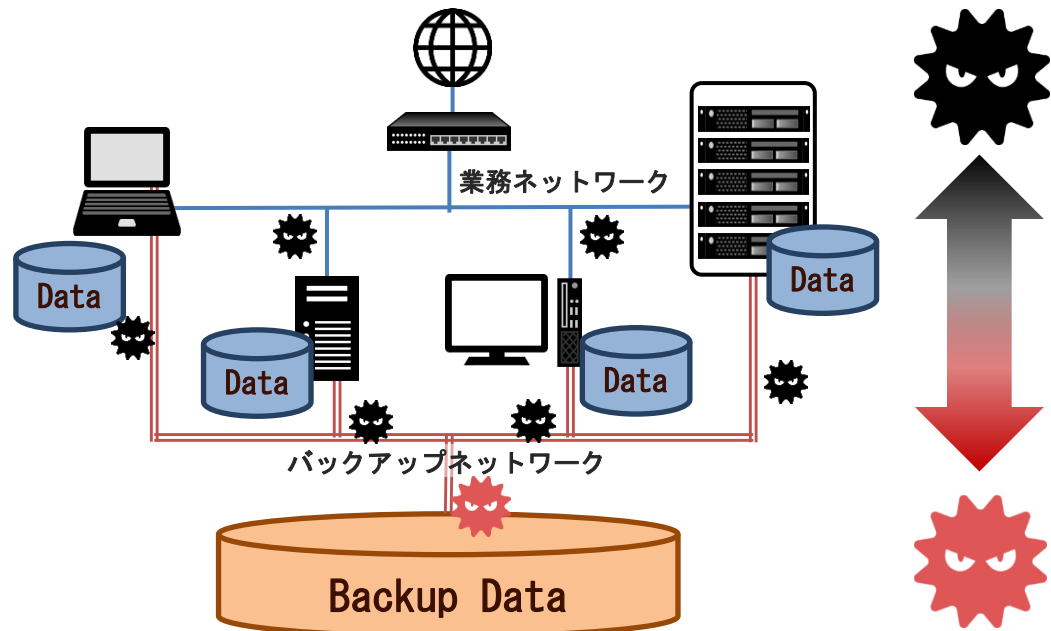
3-3-1 バックアップへの活用

エアギャップとはダイレクトにアクセス可能なオンラインデータと、アクセスに一手間必要なオフラインデータの「狭間」のこと

ネットワークから切り離して保管」とは「=エアギャップ」を作って保管するということ

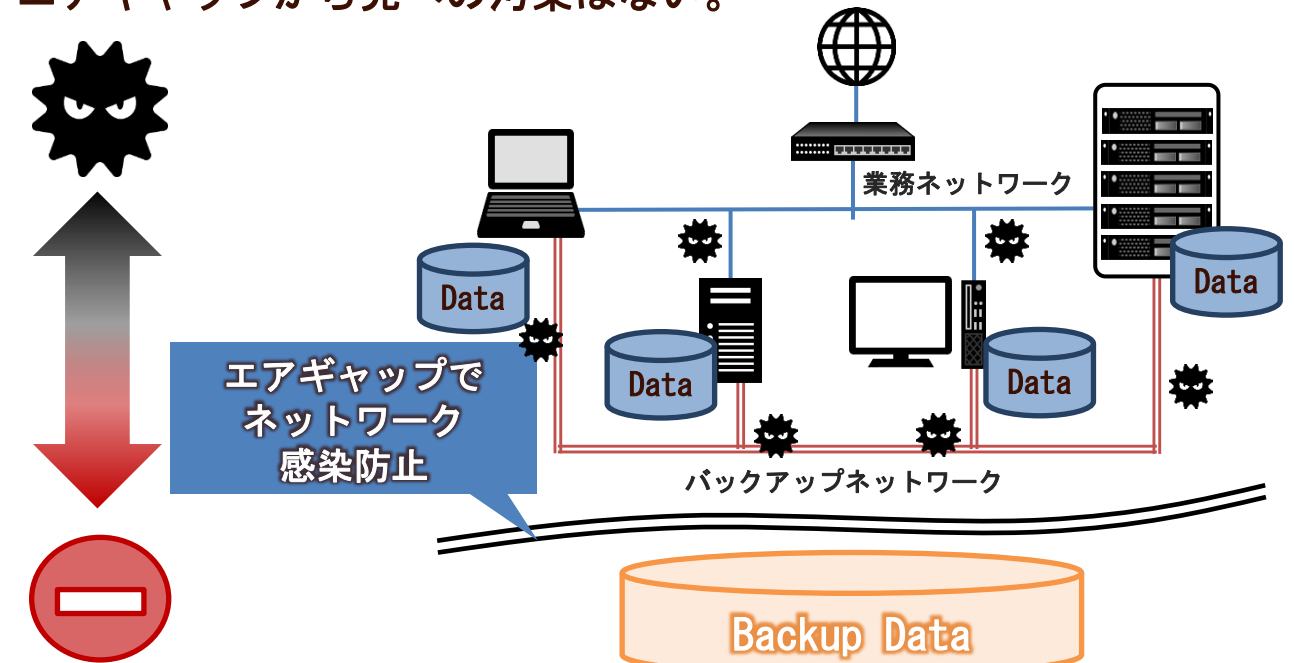
オンラインデータ

ネットワークが隔離されていても、サーバ/PCを介してネットワーク内で蔓延。



オンラインデータ ⇄ エアギャップ ⇄ オフラインデータ

万一ネットワーク上にウイルスなどの攻撃・侵入があっても、エアギャップから先への汚染はない。



3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用

近年、ビッグデータ社会における様々なニーズを受けて
テープストレージを使った**アーカイブ**が注目されています。

アーカイブとは

- ・ 保管したい・しなければならないデータ (原本) を長期間保管していくこと
- ・ たとえばこのようなデータ…



機密情報



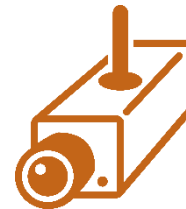
カルテ



映画・TV番組



研究・観測データ



監視データ



ファイル



多くのデータを保管したい

いつ使うかわからないが
長く取っておきたい

データを確実に保管したい

- テープは大容量
- ランニングコストが低いテープは長期間データを取っておくのに最適
- データ書込み・読出しにおける高い信頼性

3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用

様々な業界で消せない・消したくないデータが増加

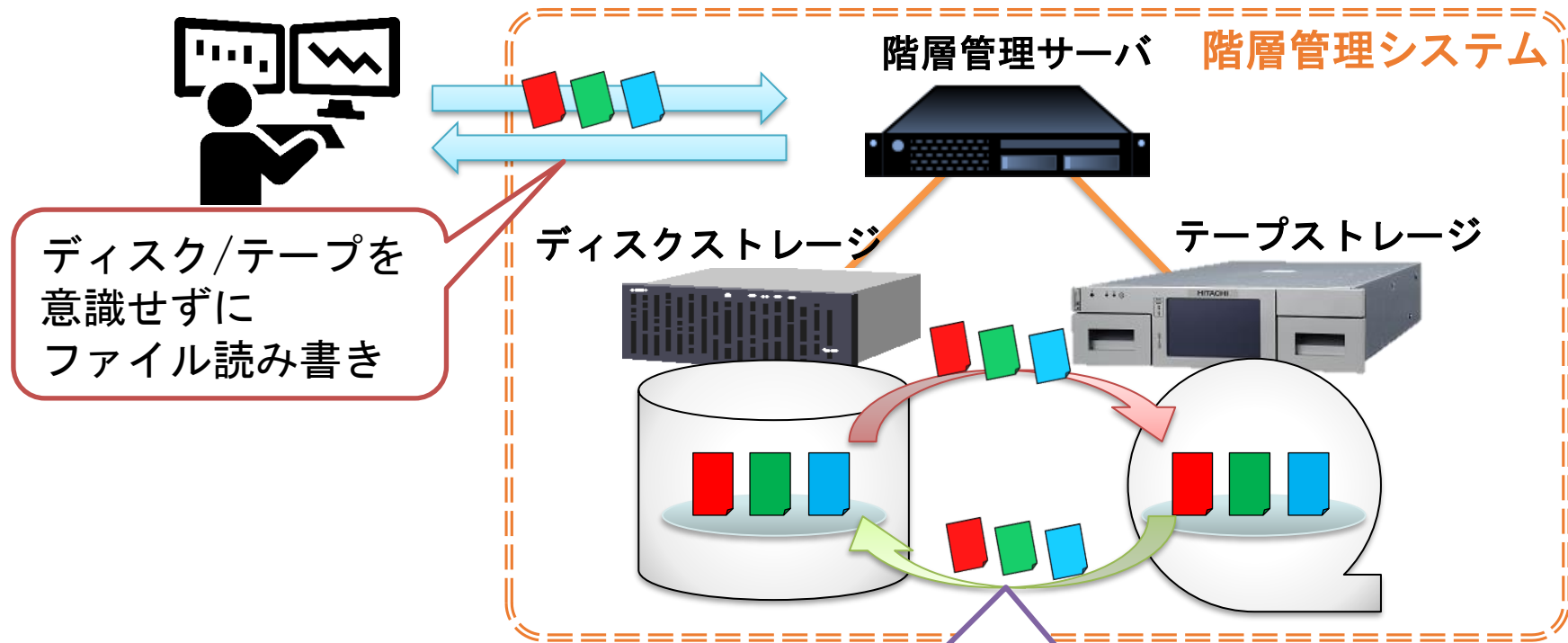


3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用

ディスクとテープのメリットを組合わせた階層管理

次々と生成される大容量データをコストを抑えて残し続けることができます



アクセス頻度やファイルサイズ等に基づきファイルを相互移動。
頻繁に使うものはディスクに、あまり使わなくなったものはテープに。

3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用 - LTFS

長期保管に向く磁気テープをもっと簡単に活用したい

- ベンダやアプリケーションを選ばない標準的な保管形式
- よりアクセスしやすい保管方法
- 可搬性を生かし大容量データのデータ交換・データ移動に活用
- 専門知識を持たない利用者でも簡単に使える操作性



テープの活用方法



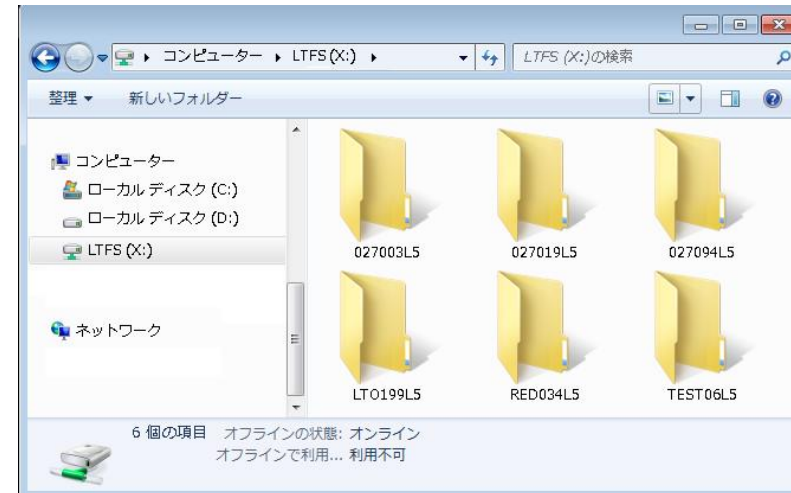
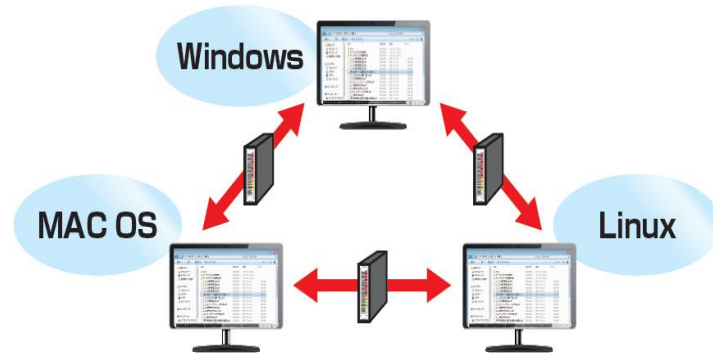
があります。

3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用 - LTFS



- Windows、Linux、Mac等のOSからテープへ直接アクセス可能！
ドラッグアンドドロップで読み書きができます
- フォーマットはISO/IEC 20919:2016として国際規格化済！
他のLTFS環境とデータ交換ができます

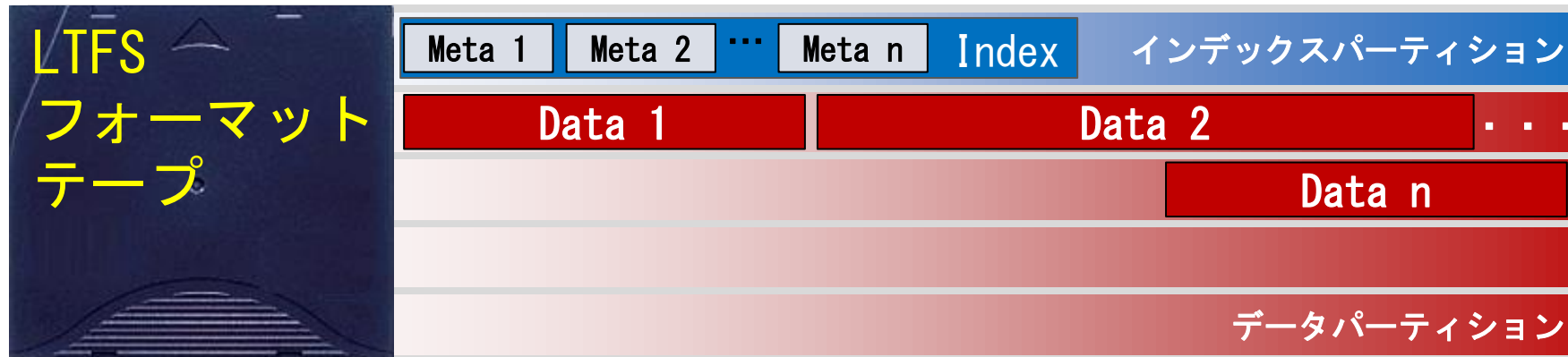
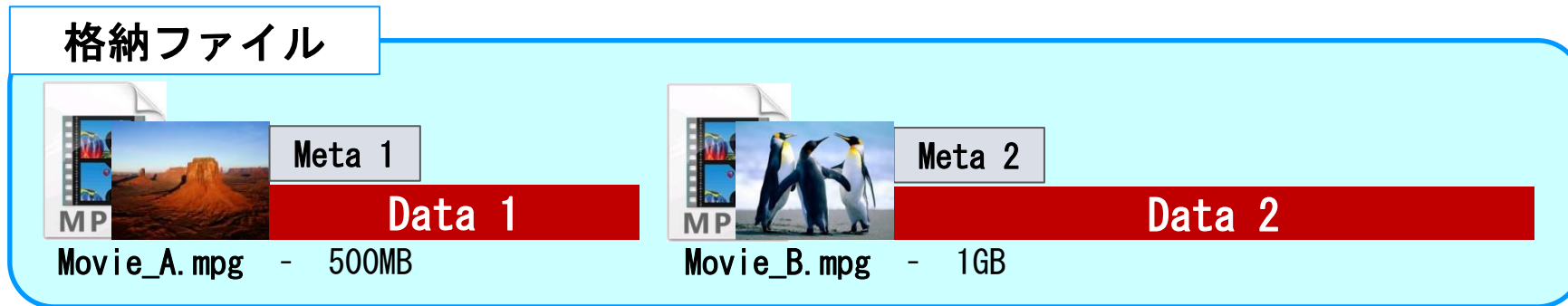


3-3. テープストレージの活用方法

3-3-2 アーカイブへの活用 - LTFS

LTFSフォーマットを実現する技術

- LT0-5からサポートされたパーティション（論理分割）機能を使用
- インデックス領域とデータ領域に分けてデータを書き込むことでテープ上にファイルシステムを構成



3-3. テープストレージの活用方法

3-3-3 アーカイブへの活用 - JIS規格化



JIS Z 6019:2018 磁気テープによるデジタル情報の 長期保存方法

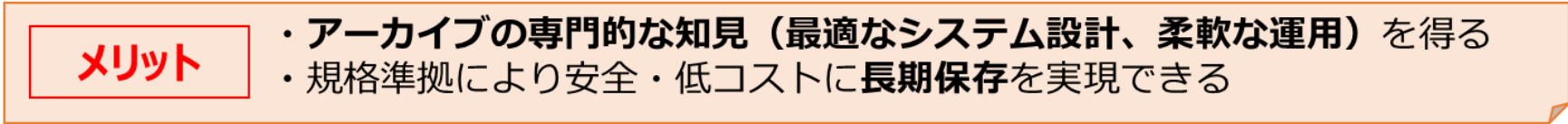
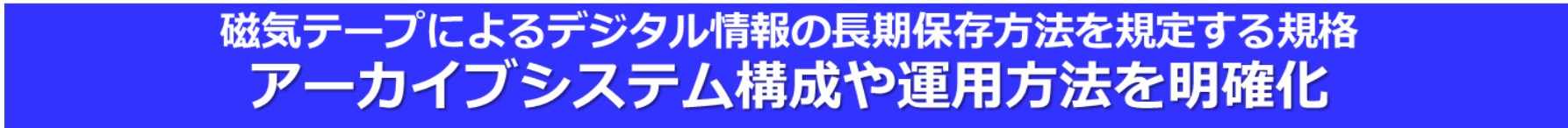
平成30年1月22日制定

品質が安定し、保管寿命も長く、可換記録媒体である磁気テープを用い、ファイル単位でデジタルデータを長期保存する方法を定めたものが日本産業規格 JIS Z 6019 である。

ビッグデータ利活用時代における 磁気テープによるデータの長期保存
~JIS Z 6019 (磁気テープによるデジタル情報の長期保存方法) とは~ :
https://home.jeita.or.jp/upload_file/20191003093802_uSWUfqoj1n.pdf

3-3. テープストレージの活用方法

3-3-3 アーカイブへの活用 - JIS規格化



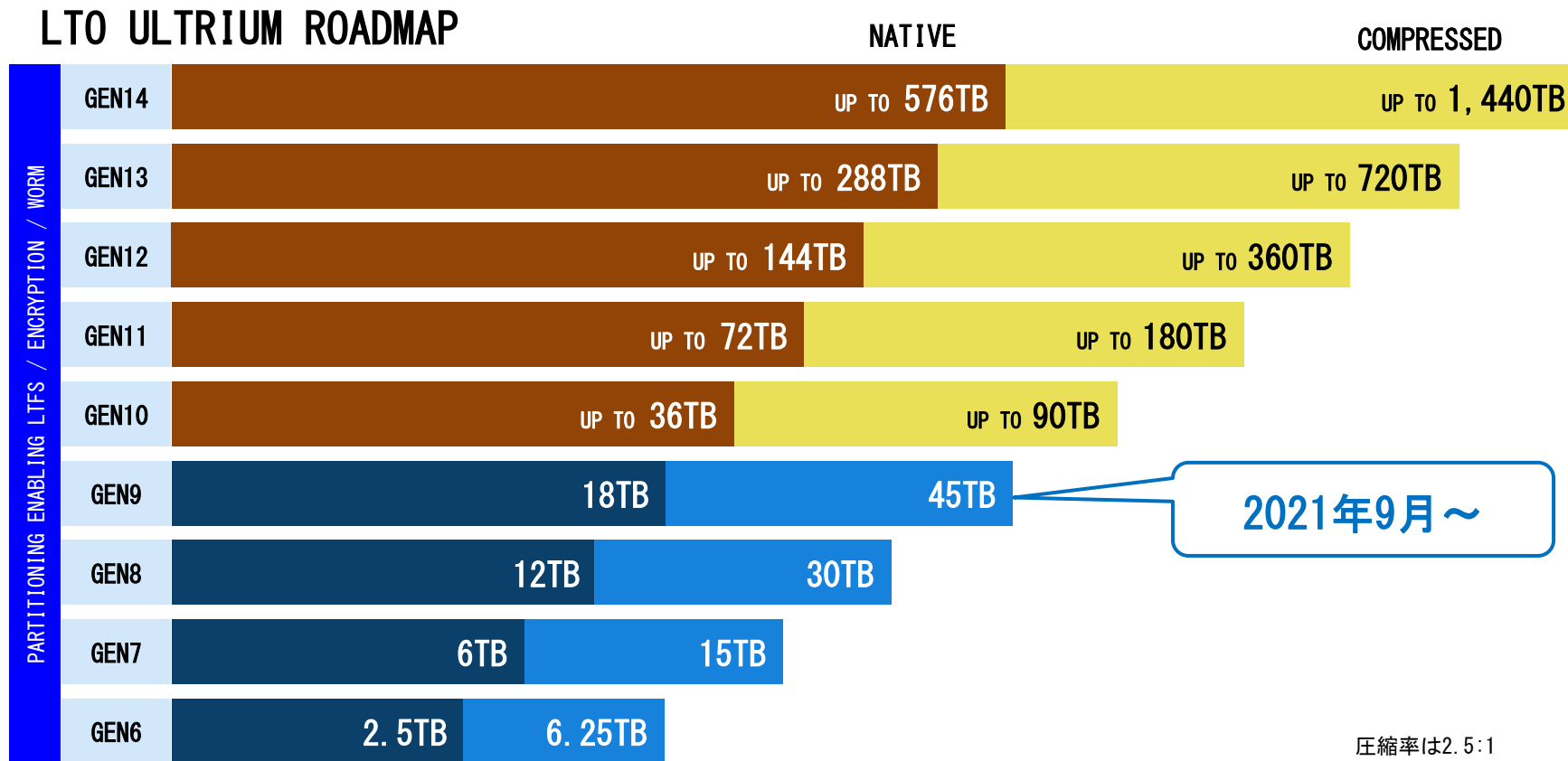
3-4

テープストレージの未来

3-4. テープストレージの未来

3-4-1 テープストレージの将来性

標準規格 LT0のロードマップ



※ URL: <https://www.lto.org/roadmap/>を参考にJEITAで作成

3-4. テープストレージの未来

3-4-1 テープストレージの将来性

- 2017年8月2日
 SONYとIBMが面記録密度201Gbit/inch²を達成したテープストレージ技術を開発
 従来比20倍の密度により1巻あたり**330TB相当**の大容量記録を実現
- 2020年12月16日
 富士フイルムは「ストロンチウムフェライト (SrFe) 磁性体」を新たに採用し、磁気テープの実走行試験をIBM Researchと共同で行い塗布型磁気テープにおいて世界最高の面記録密317Gbit/inch²でのデータ記録・再生を実証
 ※1巻あたり**580TB相当**磁気テープの高容量化技術を開発

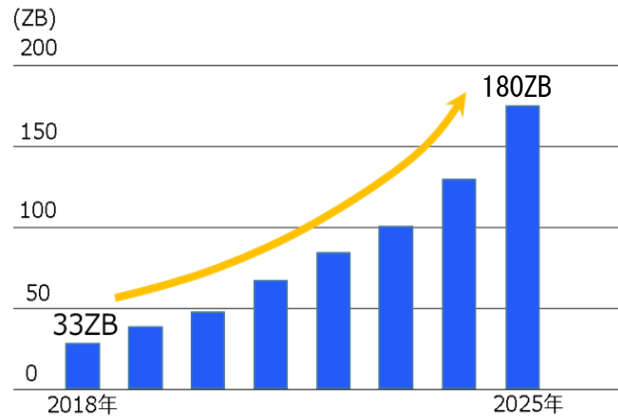
**テープストレージはこれからも
進化を続けていきます！**

3-4. テープストレージの未来

3-4-2 テープストレージの必要性

爆発的なデータ増加

2025年に全世界で流通するデータ量



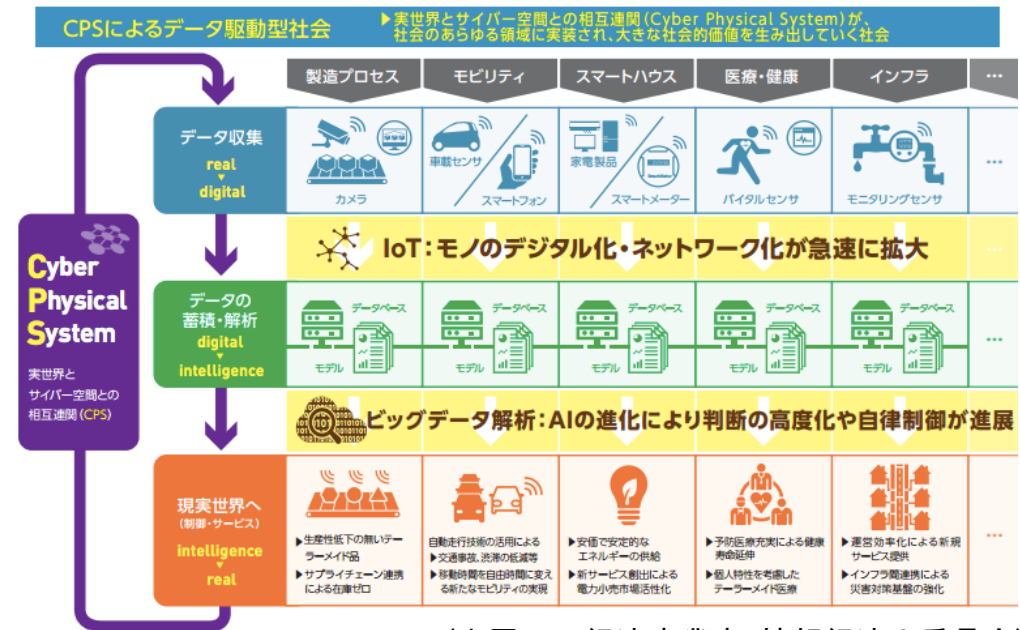
約180ゼタバイト

(出展元: IDC Data Age 2025: The Evolution of Data to Life-Critical) (グラフはJEITAで作成)

データ駆動型社会

データを戦略的に利活用する時代の到来

社会全体がCPSにより変革される「データ駆動型社会」



(出展元: 経済産業省 情報経済小委員会)

**テープストレージ活躍の場は
今後ますます拡大していきます！**

3-5

まとめ

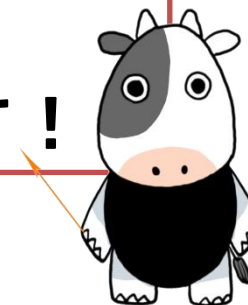
テープストレージは古くて新しいストレージです

大容量、低コスト、高信頼性などが強みです

バックアップやアーカイブに適します

これからの時代、ますます活躍します

テープストレージの特徴を理解し、
強みを活かした使い方をすることが大切です！



さらに詳しいテープの情報を知りたい方は
ぜひこちらをご覧ください

[JEITAテープストレージ専門委員会]

https://home.jeita.or.jp/standardization/committee/tape_storage.html



[JEITAテープストレージ専門委員会 YouTube]



JEITAテープストレージ専門委員会

@jeita3043