

テープストレージ動向

- 2013年版 -

一般社団法人 電子情報技術産業協会
情報・産業社会システム部会
技術企画・標準委員会
テープストレージ専門委員会

本資料について

- テープストレージの啓蒙を目的に、2005年より当委員会が取り組んでいる活動の成果
- テープストレージを理解するための参考
 - 将来性のあるストレージであること
 - データの大容量化やバックアップ/アーカイブの重要性が高まっているIT市場背景で、テープストレージの存在意義が再認識されている

最新のテープテクノロジーをご理解いただくための参考となれば幸いです
資料としてご使用の際は、出典元(当委員会)を明記してください

目次

1. テープストレージの未来
2. テープの歴史と技術革新
3. 記憶容量向上の歴史
4. 転送速度
5. 信頼性を支える技術
6. 高記録密度を支えるサーバ技術
7. グリーンストレージ
8. WORM技術と暗号化技術
9. テープメディア製造技術
10. テープオートメーション

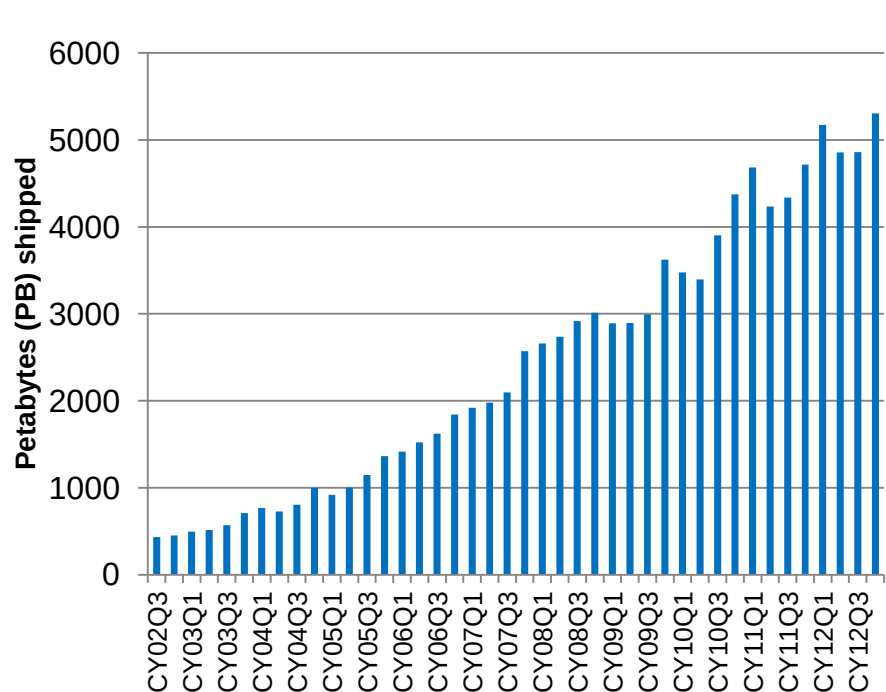
第1章 テープストレージの未来

01. テープストレージの未来

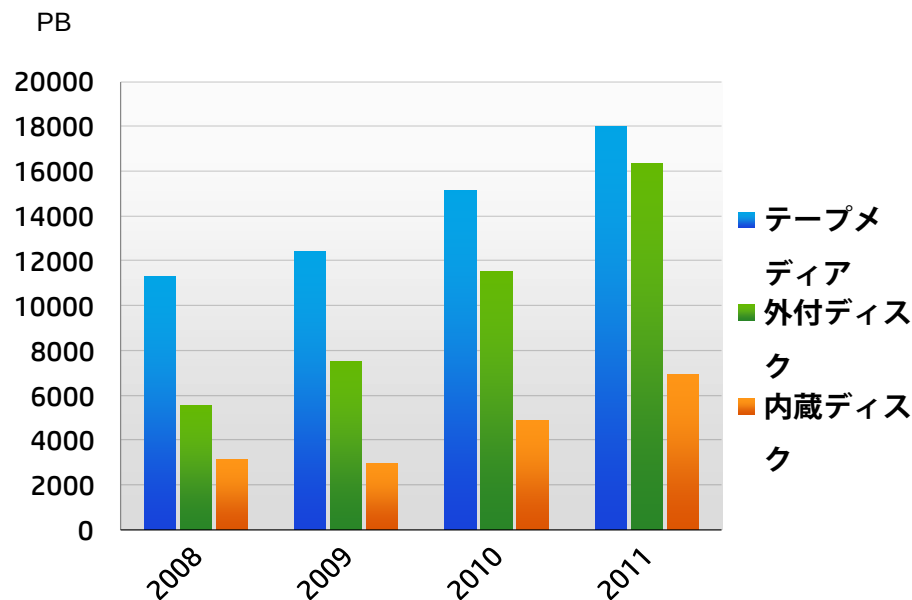
— 海外IT 業界データからテープストレージの将来を検証 —

2012年のテープメディアの出荷容量は20エクサバイトに達した

- ・ 前年度比成長率は12.5%
- ・ テープメディア出荷容量は継続して外付けディスク容量を上回っている



Source: IDC/Santa Clara Consulting Group (SCCG)



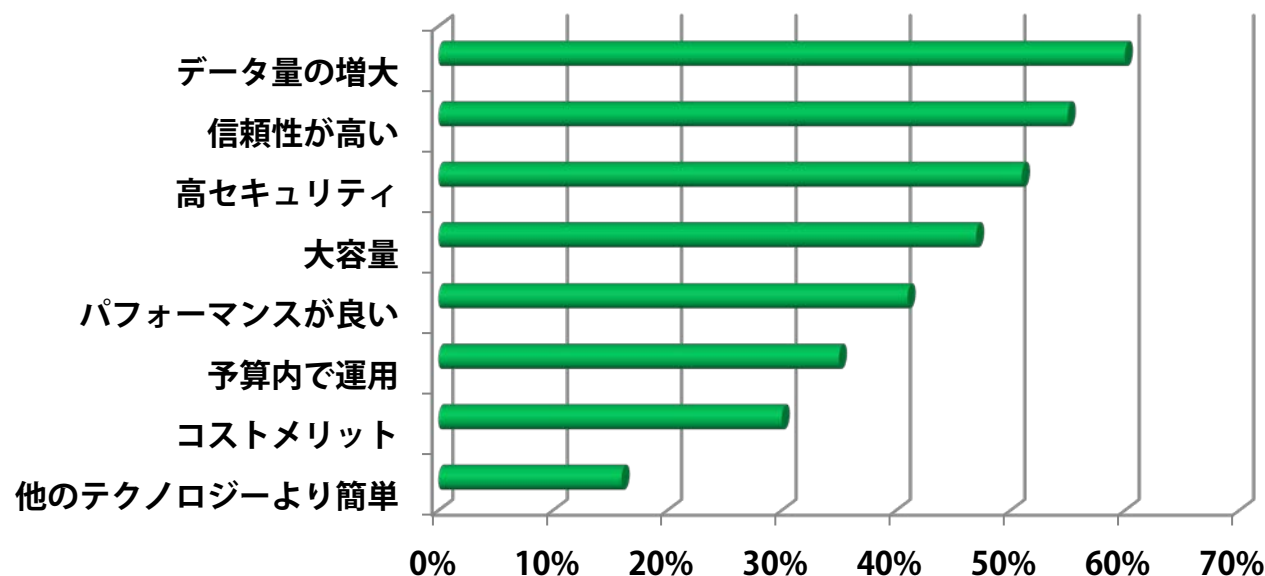
01. テープストレージの未来

ー海外IT 業界データからテープストレージの将来を検証ー

テープが増える理由は？

2012年にUSとカナダの企業を対象に実施されたStorage IT decision makers の調査結果によると、77%のユーザーがテープをバックアップ、アーカイブに使用しており、今後3～5年でテープの使用を継続、または拡大すると答えたユーザーは87%に達した。その理由として、データ量の増大に対応できること、信頼性の高さ、セキュリティの高さなどが挙げられている。

なぜテープを増やすか？



Source: Storage IT Decision Makers, June 2012

01. テープストレージの未来

— 海外IT 業界データからテープストレージの将来を検証 —

進化し続けるテープテクノロジー

LTO8までのロードマップ

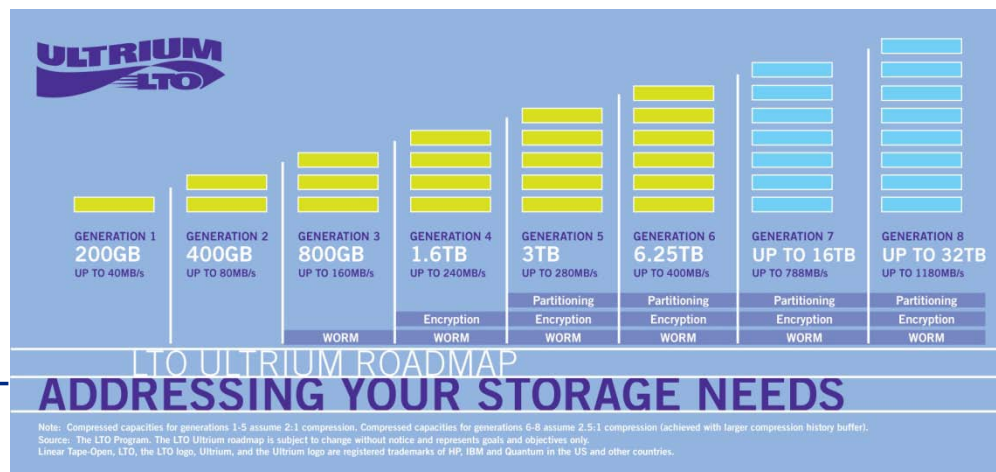
LTO5 : 3TB (圧縮)

LTO6 : 6.25TB (圧縮)

LTO7 : 16TB (圧縮)

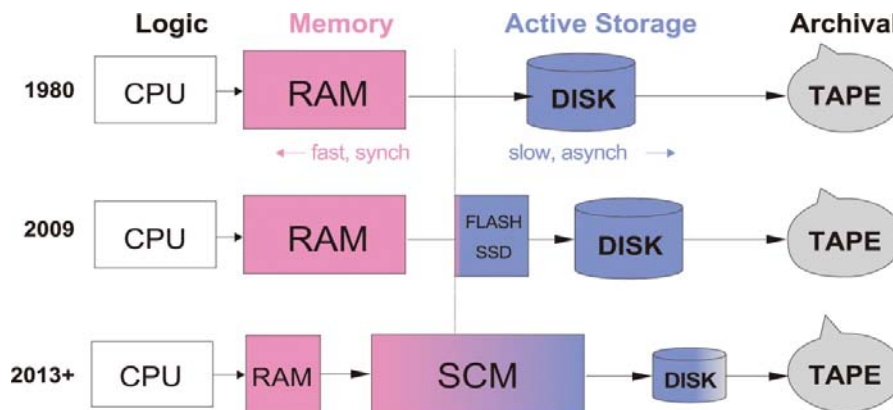
LTO8 : 32TB (圧縮)

*2012年11月現在のLTOコンソーシアムのロードマップより



<http://www.ultrium.com/technology/roadmap.html>

半導体メモリーの拡大
テープはアーカイブの分野で継続的に主流であり続ける



SNIA, Advanced Storage Industry Standards and Relationships for Enterprise and Cloud Computing. Data Storage Expo 2009

01. テープストレージの未来

ー海外IT 業界データからテープストレージの将来を検証ー

米国データセンター運用要件からテープストレージの将来を検証

データ保護に要求される重要な3つの要素

要素1: 低コストのストレージ

要素2: 複数階層のデータ保護

1. 複数階層でのデータ保護
2. 最低でも1つのオフラインコピーを作る
3. アクセスの無いデータの保護

要素3: 長期にわたるデータ保存性

すべてを満たすテープが将来も活用される

第2章 テープの歴史と技術革新

02. テープの歴史と技術革新

コンピュータのテープストレージの登場は、今から60年ほど前にさかのぼる。現在では、当時と比較すると容積比で600万倍以上のデータを人間の髪の毛の10分の1ほどの薄さの磁気テープに保存するまでテープストレージは進化したが、この世界初のコンピュータ用磁気テープは、その後続くデジタル記録用記録テープの基本的要素がすべて含まれていた。

ここでは、その時代の特徴的な製品を時系列に取り上げる

－ 1950年代<<テープの黎明期: ストレージの主役>>

- ✓ 1951年: UNIVAC(現Unisys)社から世界初の商用データ記録磁気テープ
- ✓ 1952年: IBM社は3M(現Imation)社が開発の磁気テープを使ったModel726テープユニットを発表
 - ・ 書き込まれたデータを直後に読み取って確認する、読取り・書込み一体型ヘッドや、NRZIレコーディング、CRC機能を初めて実装
 - ・ 現在の磁気テープでも一般的である下地層にPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムに記録層を塗布する構造を採用
- ✓ 1955年: IBM社Model727テープユニット

参考) 1956年IBM社から最初のハードディスクストレージのModel350ディスクストレージが登場したが、容量サイズと消費電力が実用的でないことから、1970年代までは一般には使われなかった。

02. テープの歴史と技術革新

- 1970年代<<すでに存在していたバーチャル・テープ・ストレージ>>
 - ✓ 1972年: 3M(現Imation)社とTandberg社が開発したQICフォーマットが登場
 - ✓ 1974年: IBM社テープ・ディスク・ハイブリッド製品3850MSS(Mass Storage System)を発表
 - ・ シリンダ状で容量100MBのカートリッジを7000個格納できるテープオートメーションとDASD(Direct Access Storage Devices)システムの組み合わせで、ディスクをキャッシュとして扱った
 - ・ 人手を必要とするテープの不便性の解消とディスクのランダムアクセス性を併せ持つ画期的なシステム
 - ・ 現在のバーチャル・テープ・ストレージの原型

注: バーチャル・テープ・ストレージは、ホストからの要求のキュー処理やエラー回復処理などの最先端技術があったが十分成熟しなかったこと、またDASDとテープさらにオートメーション機器一体型のシステムで高コストだったなどの理由で、市場を拡大するには至らず、早すぎたデビューであった

02. テープの歴史と技術革新

－ 1980年代<<テープ第1の危機 - 小型大容量化、ミッドレンジ製品の普及>>

背景): HDDの技術革新によりディスクストレージ市場が拡大、オンラインデータストレージが普及。テープは、データ保存(アーカイブ)、データ交換媒体としてのオフサイト使用に限定されていった。さらに光ディスクの登場によって、リムーバブルメディアとしてもテープの地位は低下した。

そのような状況の中でテープは、HDDに先駆けた薄膜ヘッドの採用、1/2インチシングルリール、ヘリカルスキャン等による高密度化と、テープライブラリによる大容量化、自動化を進めていった

✓ 1984年: IBM社のIBM3480 (200MB)

- ・ 世界初のAMR再生ヘッドやシングルリールのカートリッジテープ
- ・ 薄膜記録ヘッドはHDDが採用するよりも数年前であった

✓ 1984年: DEC(現HP)社のTK50 (94MB)

- ・ 1/2インチシングルリールカートリッジで、当時主流であったQICや8mmテープなどの2リールカートリッジから省スペースを実現

✓ 1987年: DEC (現HP)社のTK70 (294MB)

✓ 1987年: StorageTek(現Oracle)社のStorageTek4400ライブラリ

✓ 1980年代後半: Exabyte社の家庭用8mmビデオをもとにしたデータ記録用システム

- ・ 1巻当たり2.4GBという高性能から、1990年代前半まではオープンシステムのデファクトスタンダードの地位を確立

注: () 内は非圧縮時の容量

02. テープの歴史と技術革新

－ 1990年代<<第2の危機－テープライブラリとローエンドへの展開>>

背景): HDD の急激な大容量化、パーソナルコンピュータの普及によって、HDD市場がさらに拡大した。

それに対し、テープはエラー訂正コード(ECC)やPRML信号処理、ヘッド技術、ホストインターフェースなどのHDD技術を取り込み対応した。より大容量、高速化のためにテープライブラリを普及させ、さらにミッドレンジ・オープンシステムへの展開が進んだ。またDATやAITなどで、より低価格帯市場への普及も行った

- ✓ 1993年: IBM社のIBM3495テープライブラリ
- ✓ 1994年: Exabyte社の8mmテープ(7GB)
 - : Quantum社のDLT4000(20GB)
 - : ソニー社とHP社から、音楽用DAT(Digital Audio Tape)ベースのDDS
 - : IBM社のミッドレンジ・オープンシステムライブラリ3494
- ✓ 1996年: Exabyte社のmammoth(20GB)
 - : ソニー社のAIT-1(25GB)
- ✓ 1998年: IBM社のIBM3590E(40GB)
 - : Quantum社のDLT8000(40GB)
- ✓ 1999年: Exabyte社のmammoth2(60GB)

注: () 内は非圧縮時の容量

02. テープの歴史と技術革新

- 2000年代<<LTO規格の登場>>

ライブラリーによる大規模ストレージ管理が広がったが、それまでのテープフォーマットでは、容量と転送速度において技術の限界があった。ミッドレンジ・リニアテープの世界では、業界共通オープンフォーマットを確立しようという動きが起こり、HP社、IBM社、Seagate社（現Quantum社）が共同で開発したオープン規格のLTOが登場した

- ✓ 2000年：第一世代のLTO(100GB)
- ✓ 2002年：第二世代のLTO(200GB)
 - ✓ 参考 2003年：IBM社の3592(300GB)*
- ✓ 2004年：第三世代のLTO(400GB)
 - ✓ 参考 2005年：StorageTek社（現Oracle社）のT10000(500GB)*
- ✓ 2006年：第四世代のLTO(800GB)
- ✓ 2010年：第五世代のLTO(1500GB)
 - ✓ 参考 2011年：Oracle社のT10000C(5000GB)*
 - ✓ 参考 2011年：IBM社の3592(4000GB)*
- ✓ 2012年：第六世代のLTO(2500GB)

注：（ ）内は非圧縮時の容量

*：参考- エンタープライズテープ

テープストレージは誕生以来HDDを初めとする競合製品との市場争いで浮き沈みがあったが、保管の容易性と体積あたりの容量の大きさによる低コストという特性は変わらない。2012年に出荷された第六世代LTOは2.5TBの容量を持つ。長期アーカイブや大量のデータを扱うクラウド・コンピューティングにおいて、大容量テープストレージは引き続き大きな活用の可能性を持っている

第3章 記憶容量向上の歴史

03. 記憶容量向上の歴史

テープ記憶容量

テープ記憶容量増加の変遷

- 商用のデータ記録用テープ装置が出現してから60年近くが経過
- 容積あたりの記憶容量は右肩上がりで増加(右図)

磁気テープの容量は、以下の計算式で決まる。

テープの記憶容量 = テープの表面積 × 面記録密度

ここで、

テープの表面積 = テープ幅 × テープ長

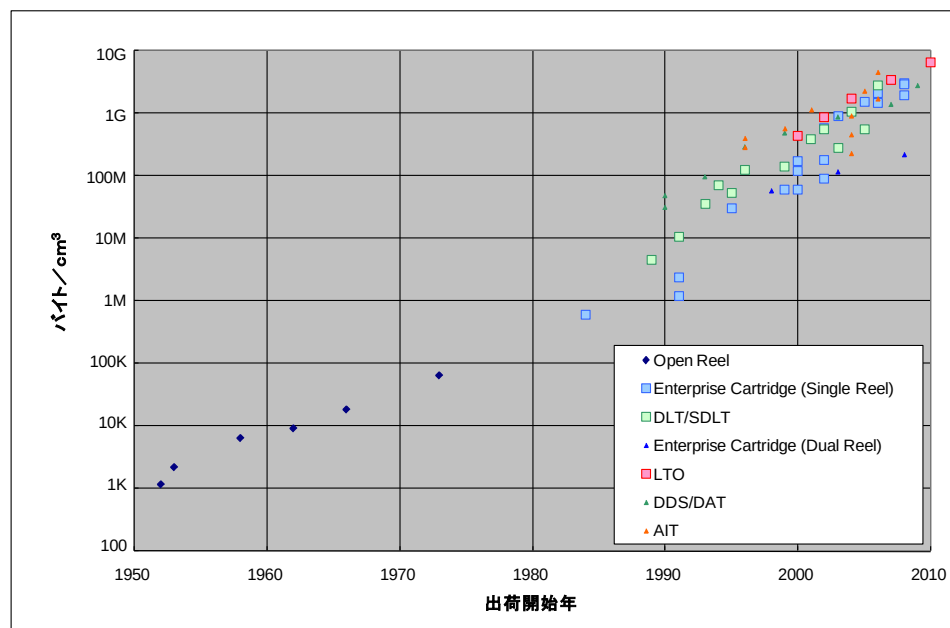
面記録密度 = トラック密度 × 線記録密度

となる。また、

トラック密度: 単位長あたりのトラック本数

線記録密度: 単位長あたりのビット数

を意味する



テープカートリッジの容量(1cm³)あたりのバイト数(データ非圧縮時)

上記から、テープの記憶容量を増加する方法としては、大きく分けると次の3種類となる

- ✓ テープ厚の削減によるテープ長の増加*
- ✓ トラック密度の増加
- ✓ 線記録密度の増加

* テープ幅は、規格上、あまり変えることはしない

03. 記憶容量向上の歴史

テープ厚の削減によるテープ長の増加

テープは媒体を薄くすることで記録面積を増やせる

－ こんなに薄く強いテープのベースフィルム

- ✓ 現在のテープのベースフィルムの素材は、PET、PEN、またはPAのいずれか
 - ・ 引っ張った時に伸びにくい、高温・高湿に耐え水分を吸収しにくい、表面を滑らかに加工しやすい、などの特性をもつ
 - ・ 12.7mm幅6um厚のフィルムを想定して計算すると20kg以上を支えられる

－ 磁性層（テープの厚みのもう一つの要素）

- ✓ 磁性層をベースフィルム上に形成する方法には、磁性体を接着・粘着性のある物質と混ぜ合わせてベースフィルムに塗布する方法（塗布）と、磁性体を気化させてベースフィルムに付着させる方法（蒸着）の2種類
- ✓ 磁性体の改良や製造工程の改良により、磁性層の厚みもどんどん薄くなってきている

直径の決まった円板の面積が増やせないディスクに対し、テープは媒体を薄くすることで記録面積を増やせる

03. 記憶容量向上の歴史

トラック密度の増加

幅13mmに2176トラックの驚異。サーボで正確にトラックを追従

- 1mmあたり170本以上のトラック！

※LTO 6の例 詳細は、第6章を参照のこと

- トラック密度を増加させるための、記録トラックの幅を狭くする技術
 - ✓ 書込み用ヘッド、読取り用ヘッドの幅を狭くする
 - ✓ テープ、ヘッド、ヘッドを支持している機構、テープの走行路などの寸法精度（製造精度、組立精度）を上げる
 - ✓ ヘッドとテープ（あるいはトラック）の位置関係を制御するためのサーボ方式の改良

03. 記憶容量向上の歴史

線記録密度の増加

面記録密度は2桁アップの余地もある

- － 線記録密度を増加するには
 - ✓ 記録単位に相当する磁区*の大きさ(長さ)を小さく(短く)する
 - ✓ 磁性体の粒を小さくすることに加え、高い周波数で記録を行う
 - ✓ 小さい磁区から読み取るため、以下の研究開発が行われている
 - ・ 記録ヘッドが作り出す磁界の大きさを小さくするために、(記録のための)漏れ磁界を作り出すギャップを小さくする
 - ・ 小さい磁性体、薄い磁性層からの微小な磁気の変化を読み出すための読取り用ヘッドの感度を上げる
 - ・ 小さい磁界で確実に書込み・読取りを行うために、磁性面の平滑度を上げて、ヘッドと磁性面の距離を微小・一定に保つ
- － 線記録密度とトラック密度の増加のためのヘッドの小型化の技術
 - ✓ 書込み用ヘッドには半導体の製造プロセスと同様なプロセスで製造される、薄膜ヘッドが使われている
 - ✓ 読取り用ヘッドはMR素子を利用した薄膜ヘッドが利用されている

* 磁場の方向が揃っている区域

03. 記憶容量向上の歴史

テープリールとテープカートリッジ規格の変遷

6年後には1巻32TB(圧縮)も。まだまだ伸びる記録容量

	オープンリール (セルフローディングカートリッジ)	カートリッジMT (18トラック)	LTO 6
外形寸法(cm)	φ 27.44 × 2.858	12.5 × 10.9 × 2.45	10.2 × 10.54 × 2.15
体積(cm ³)	2152(直方体として計算)	334	231
テープ幅(cm)	1.27	1.27	1.27
テープ長(m)	732	165	846
テープ厚(μm)	48	25～33	6
トラック数	9	18	2176
線密度(bits/mm)	246	1029	15143
容量(MB、非圧縮)	4.8	200	2500000
出荷開始時期	1953年 (セルフローディングカートリッジは後年になってから)	1984年	2012年

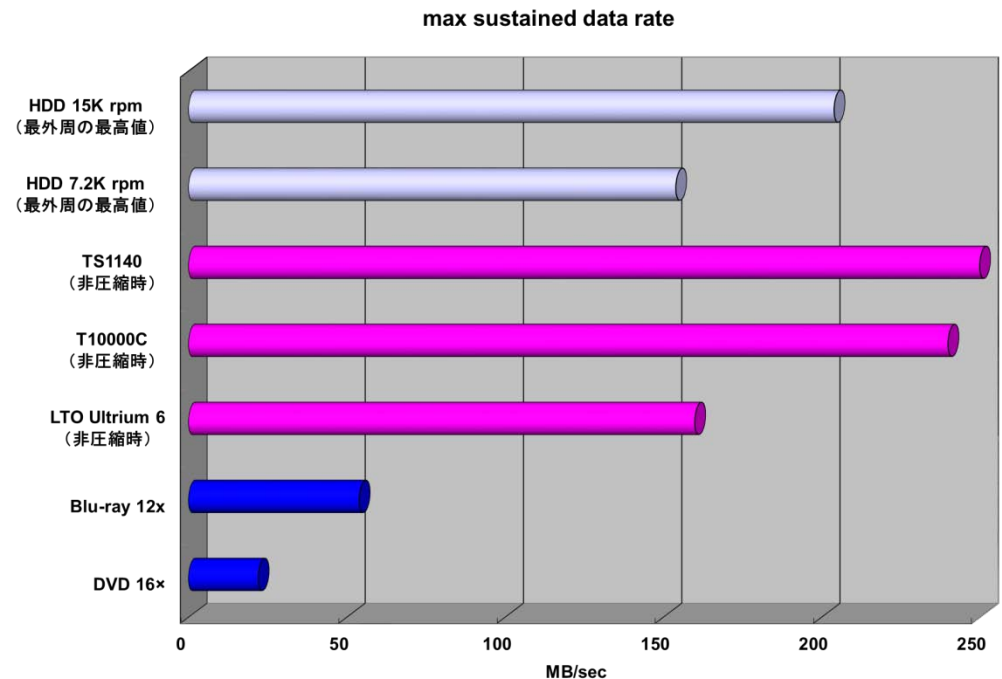
第4章 転送速度

04. 転送速度

各種ドライブとの比較

• 各種ドライブの転送レート比較

- ハードディスクドライブ(HDD)の最外周の最高値よりもテープドライブの非圧縮時の転送速度が上回っている
- テープドライブは光ディスクよりも高速



2013年7月現在

04. 転送速度

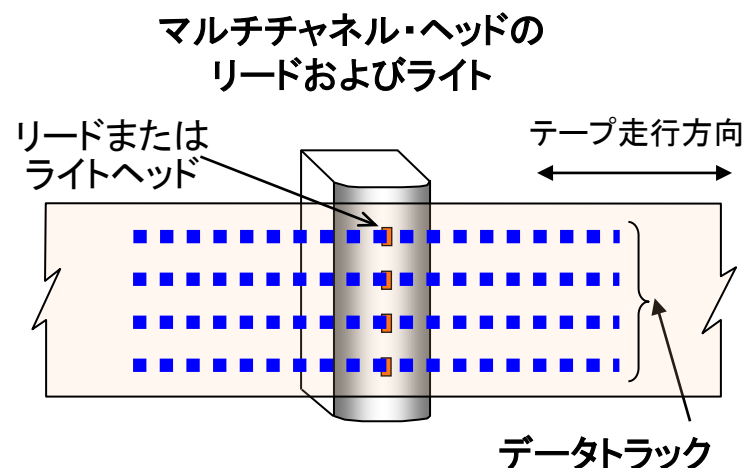
マルチチャネル・ヘッド

• マルチチャネル・ヘッドによる転送速度の高速化

- LTOなどが採用しているリニア・サーペンタイン方式のデータ転送速度は下記式の積に比例

テープ走行速度 × 線記録密度 × ヘッドチャネル数

- ヘッドチャネル数を増やすことによりデータ転送速度を向上できる
- 例: LTO 1~2は8チャネル、LTO 3以降は16チャネルとなっている



4チャネルの例:
4トラック同時のリード及びライト

第5章 信頼性を支える技術

05. 信頼性を支える技術

Read While Write機能

ドライブから取り出して持ち運んだり、長期間保管するような使い方を前提とし、データを間違いなく記録・再生するというユーザーの期待に応えるための様々な機能をもつ

－ LTOにおけるデータ書き込み時のRead While Write機能

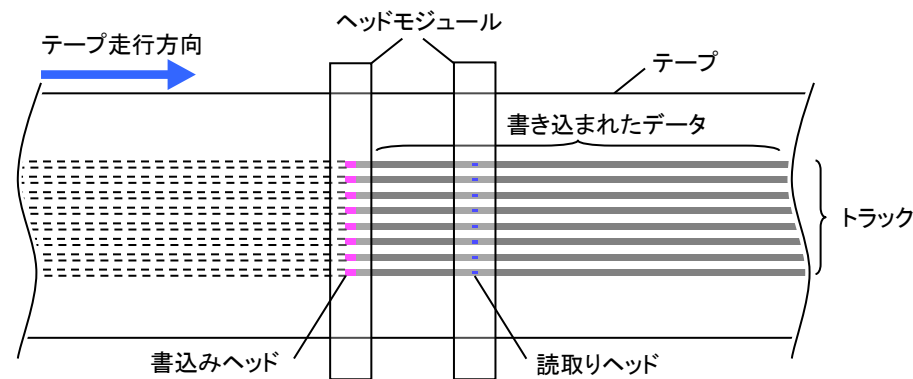
- ✓ データを書き込む時には、ユーザーデータがテープメディアに確実に間違いなく書き込まれていることが最も重要

- ・ テープにデータを書き込んだ直後に今書いたデータがテープから読み直せるかどうかを確認

書き込みヘッドと読取りヘッドで実現

- ・ 読み取りが失敗した場合、書き込みに何らかの問題があったと判断し、そのデータをもう一度書き直す

Rewrite機能と呼ぶ



05. 信頼性を支える技術

Read While Write機能(続き)

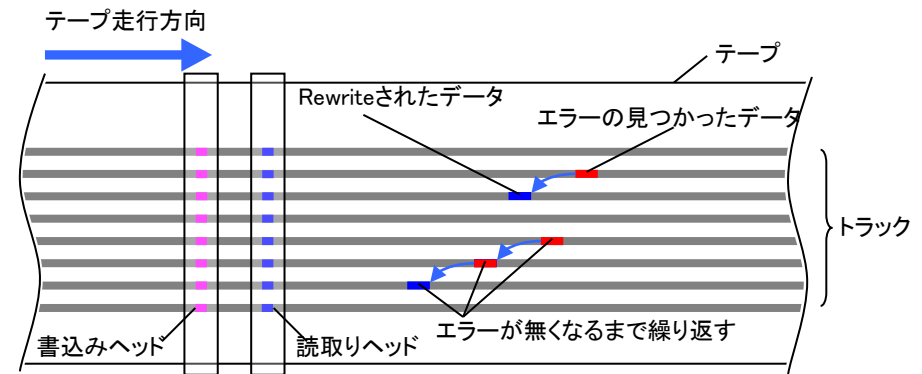
– データ書き込み時のRead While Write機能(続き)

✓ Rewrite時のイメージ

LTOテープドライブは同時に書き込むトラック数と同じ数のヘッドの対を備え、並列にデータを書き込むことで、高速な書き込み速度を実現している。この複数のヘッドを持つという特徴を最大限に生かしている

- いずれかのトラックでデータの読み取りができなかった場合、そのデータを書き損じたヘッドとは別のヘッドで改めて書き込む
- Rewriteでも「Read While Write」は機能するので、読み取りができなかった場合には、さらにRewriteを繰り返す

LTOテープドライブでは、書き込みヘッドを次々と切り替えることで、たとえトラックの一本が書き込みできない状況にあったとしても、効率よくRewriteを実行し、容量やパフォーマンスへの影響を出来る限り小さくしている

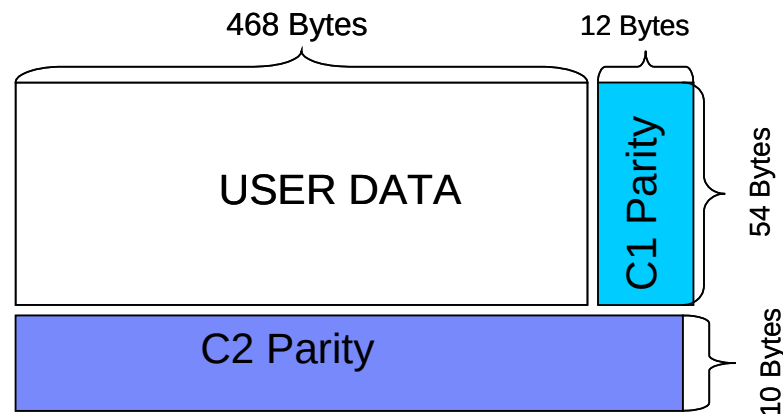


05. 信頼性を支える技術

データ読取り時の技術(ECCの強力なエラー訂正能力)

データ読取り時の技術(ECCの強力なエラー訂正能力)

- ✓ 前述のような技術を使って確実にテープメディアに書き込むことができたユーザーデータは、磁気信号として記録した瞬間から、寸分違わず全くそのままの状態記録磁気信号を維持し続けることは物理的に不可能
 - 記録された磁気信号の読み取りが困難になることが十分にあり得る
- ✓ そのような場合でも、記録したデータを正確に読み取るための機能の一つがECC(Error Correction Code: 誤り訂正符号)
 - LTOのECCには非常に強力なエラー訂正能力がある。理論的には、書き込まれているデータの15%が正しく読み取れなくなっても、データを訂正して再生する能力がある
 - ユーザーデータに加えて、ユーザーデータから計算したパリティ(Parity)と呼ばれる計算値を使って訂正を行う
 - ユーザーデータを横468バイト、縦54バイトの形に並べて、その横一列のデータから計算したC1パリティと、縦一列から計算したC2パリティの2種類のパリティを使用する
 - 縦・横それぞれの列の中で複数個のデータが読み取り出来なくても、同じ列の読み取り可能なデータから計算することで、読み取れなかったデータを算出(再生)することができる



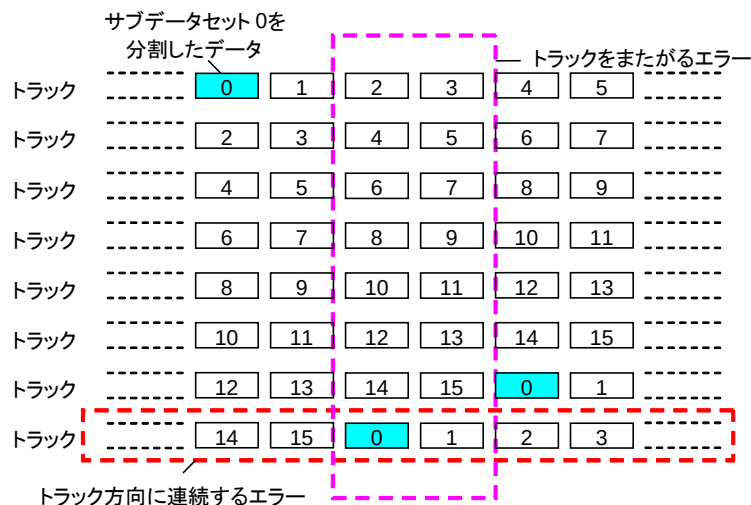
補足: パリティを含めたデータのひとかたまりを、サブデータセットと呼ぶ

05. 信頼性を支える技術

データ読取り時の技術(ECCを補うインターリーブ)

データ読取り時の技術(ECCを補うインターリーブ)

- ✓ ECCで訂正できるバイト数は、サブデータセットの縦・横それぞれの列の中で上限がある
 - 読み取りできないデータが複数の列に散らばっている場合には、それぞれの列でECCを使って読めなかったデータを算出することができるが、同じ数の読取りエラーが全て同じ列で発生してしまった場合には、ECCで算出できる限度を超えてしまい、結果的にデータは読み取れなくなってしまう
 - 物理的なダメージによりテープメディアに小さな傷がついてしまった場合を考えると、傷の周辺に記録されているデータにエラーが集中してしまい、LTOの強力なECCでも訂正できないことが考えられる
- ✓ テープドライブはこのサブデータセットのデータを一箇所にまとめて記録するのではなく、テープメディア上を縦横両方向に広く分散させて書き込みを行う
 - 物理的なダメージによる読取りエラーの発生率を低減させるインターリーブという手法を用いる
 - (右図の例) 小さな四角形がサブデータセットを分割した一つのパーツである。ここでは0から15の番号をつけた16個のサブデータセットを細かいパーツに分割したうえで、分散させて記録している様子を示す
 - 横方向(トラック方向)に傷がついても、縦方向に傷がついても、同じサブデータセットのパーツができるだけ含まれないようにしている
 - さらに、傷ついてしまったパーツについては先述の強力なECCで読めなくなったデータを算出することで、結果としてデータ全体を見た場合の読取りエラーに対する信頼性を向上させている



数字 サブデータセットを分割したデータ
数字 = サブデータセット番号

第6章 高記録密度を支えるサーボ技術

06. 高記録密度を支えるサーボ技術

ヘッドの正確なトレースを実現するサーボ技術

- 事前に記録されたサーボバンドパターンにより高精度なトラッキングが可能
- LTO 6のトラッキング精度の比喻
 - ✓ 精度を「鹿児島－札幌」間の直線距離(1600km)の道路で例えると、道路上の直線でのブレは、約5mm



06.高記録密度を支えるサーボ技術

それだけでは無い事前記録サーボバンドパターンのメリット

1. ヘッド位置の検出
2. テープ速度の測定
3. 製造情報などをエンコードして書き込める

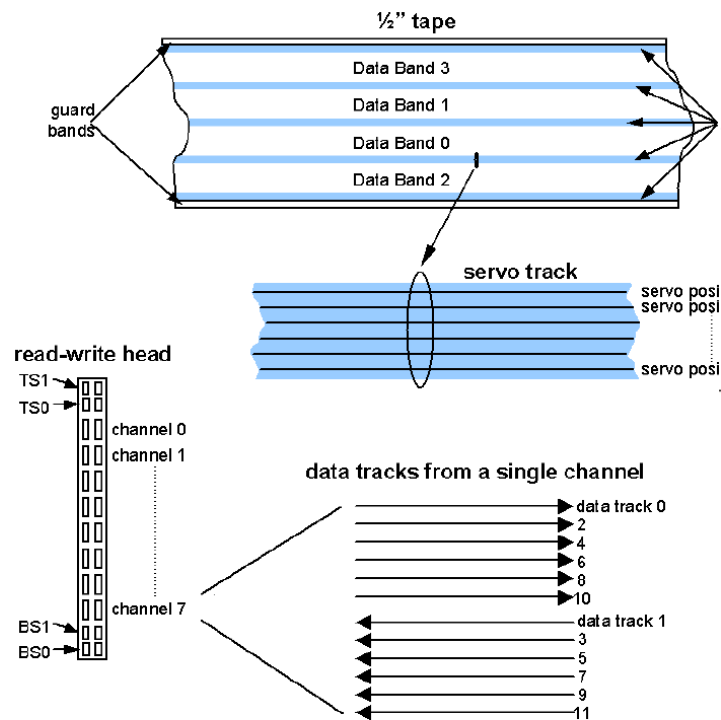


Figure 9: data and servo layout on tape

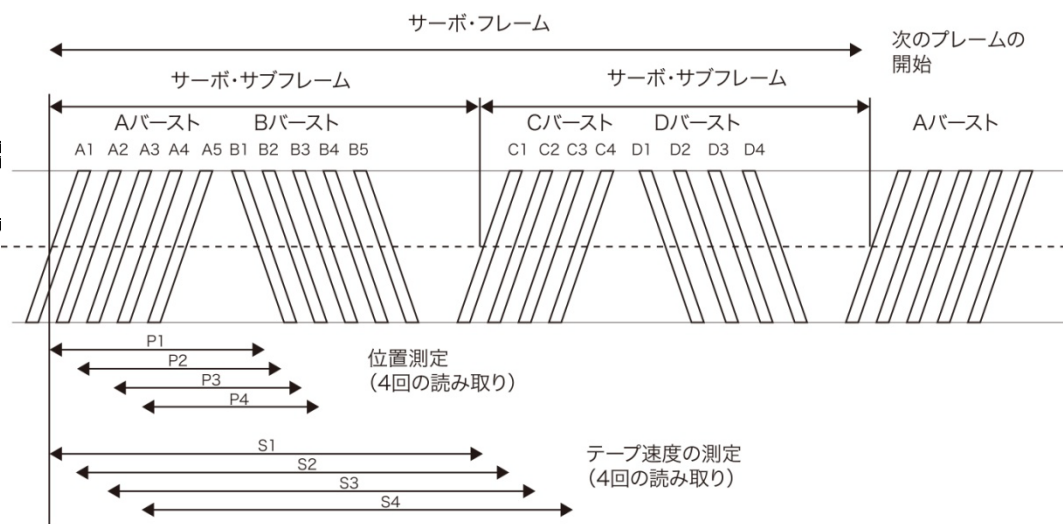


図6 LTO Ultrium フォーマットのサーボ・バンドの詳細

第7章 グリーンストレージ

07. グリーンストレージ

- ストレージにおけるCO₂排出量削減の必要性
 - ー ITシステムのデータ量は拡大の一途
 - ー ストレージのCO₂排出量も拡大
- CO₂排出量をテープとディスクで比較
 - ー 想定システムはメールアーカイブ
 - ー サーバ、空調等は含まず
 - ー データ保存は5年間、6年目で廃棄
 - ー 1日あたり9.5GBのデータ量

前提条件

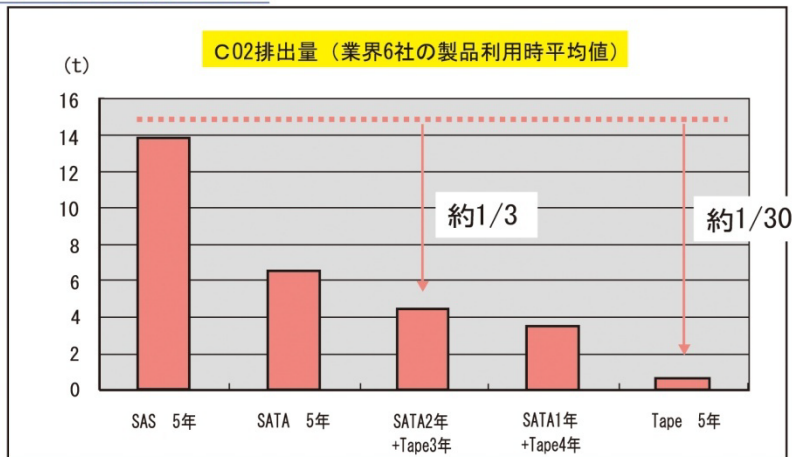
- ◆用途・規模
 - 想定システム : メールアーカイブ
 - ユーザー数 : 1,000名
 - 平均メールサイズ : 100KB
 - メール数/人日 : 100通
 - メール保存期間 : 5年
- ◆ストレージ量
 - 1日あたり必要容量 : 9.5GB
 - (3.4TB/年で5年間分保有。合計17TB)
- ◆ストレージ移動時間(アーカイブ)
 - ディスク(D2D) : 1.0h
 - LTO 4(D2T) : 1.0h
- ◆その他
 - ・アーカイブ用ストレージの電力のみ比較(サーバー、空調等を含まず)
 - ・年毎の新規データ量は増減なしと仮定
 - ・6年以前のデータは廃棄し、ストレージ総容量は、17TBとする。

07. グリーンストレージ

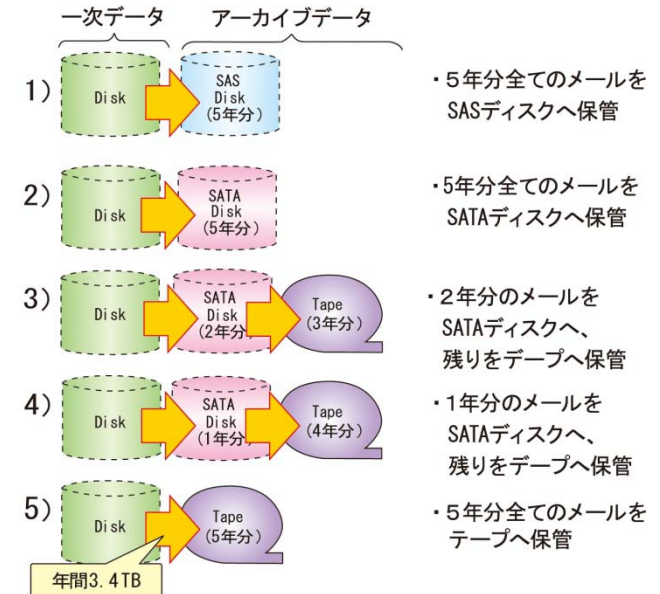
• メールアーカイブの運用方法

- 1次データはディスクに保存
- アーカイブデータは「ディスクのみ」と「ディスクとテープの併用」と「テープのみ」で条件分け

テープストレージを利用することによって、CO₂年間排出量を1/3～1/30程度に削減



比較する運用方法



- CO₂排出量削減効果
テープを使用すると、SASディスクのみの場合と比較して、**1/3～1/30** となる

第8章 WORM技術と暗号化技術

08. WORM技術と暗号化技術

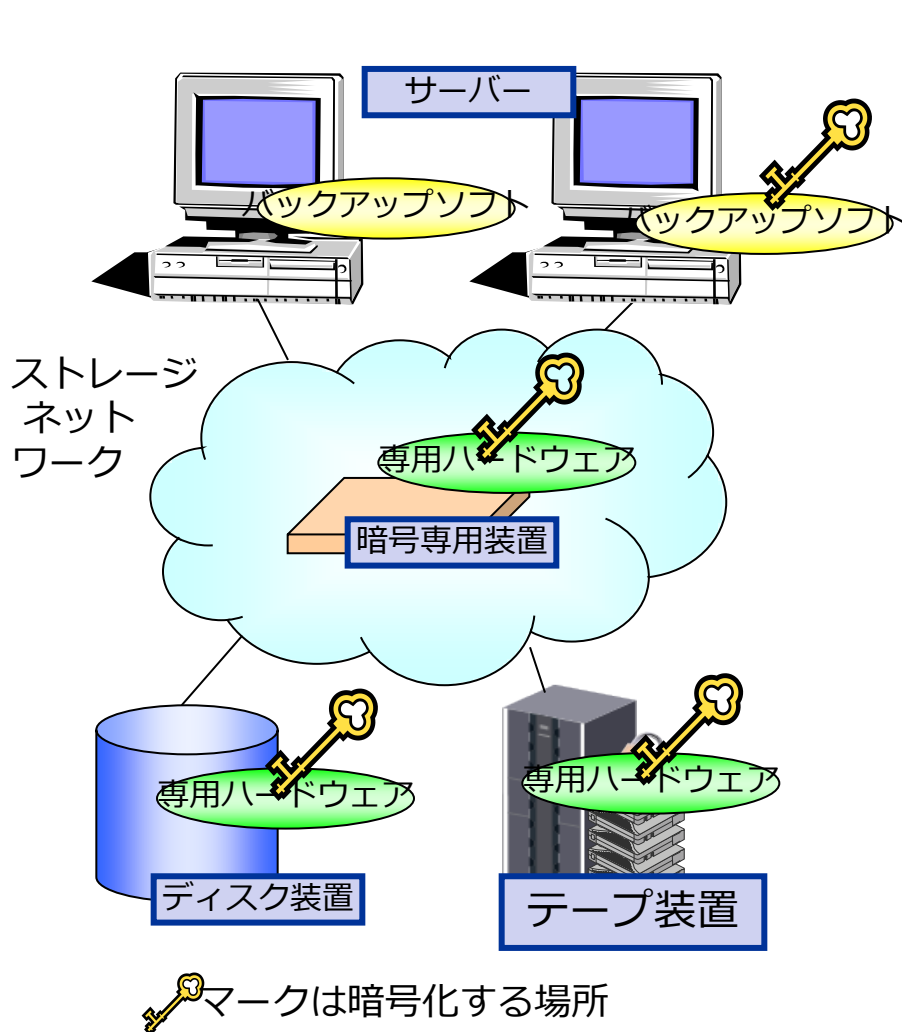
- WORM(**W**rite **O**nce, **R**ead **M**any)とは
一度書き込まれたデータを編集、改ざん、消去ができない形態で保管するための技術。LTO規格では、LTO 3以降からWORMをサポート。
- WORMの実現方法(LTO規格の場合)
WORMテープは、カートリッジに内蔵されている半導体メモリー(Cartridge Memory: CM) およびテープ表面上のサーボコードにWORMであることが記録されている。
これらの情報はテープの製造時にだけ書き込まれ、書き換えはできない。したがって、データは改ざんできない。

08. WORM技術と暗号化技術

- WORMの応用分野
 - 一般企業
 - 財務データ、研究・開発データ、取引情報、eメールなど
 - 製薬産業
 - 医薬認定記録
 - 証券仲買人/ディーラー
 - 金融取引
 - 法律
 - 必要書類
 - 政府機関
 - 必要書類

08. WORM技術と暗号化技術

・ 暗号化技術の実装場所と特徴



サーバー

暗号のJOB管理が容易であるが、サーバーのCPUに負荷を与え、処理能力はサーバーの性能に依存

暗号専用装置

高価な専用装置の追加導入が必要で、転送性能にも影響

ディスク装置

ディスクで暗号化したデータのままだではテープ装置にバックアップが出来ない
(サーバー読み取り時、復号しないとサーバー側でデータを認識しない)
(他にも、長期保管や消費電力の観点で不利)

テープ装置

標準機能として実装されている専用ハードウェアを利用するため高速かつ安価

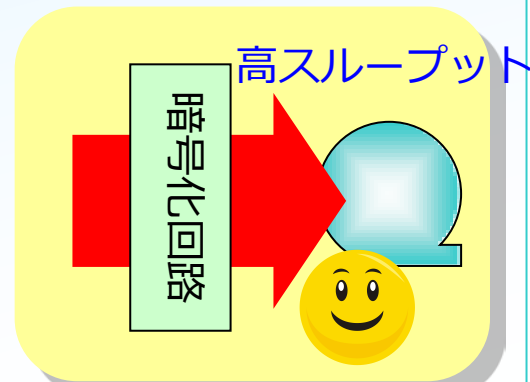
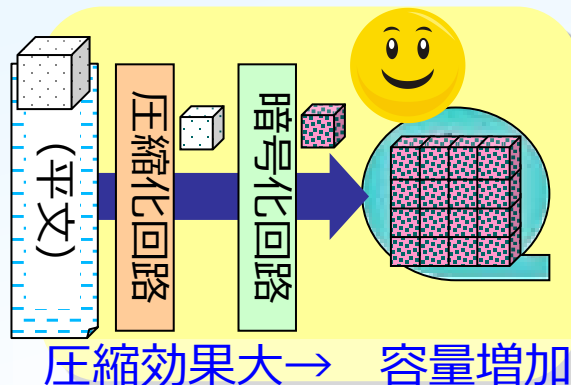
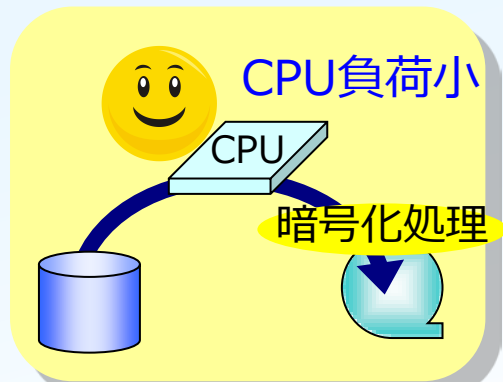
暗号化前にデータ圧縮が可能なので圧縮効率が低下しない

08. WORM技術と暗号化技術

・ テープドライブでの暗号化処理の優位性

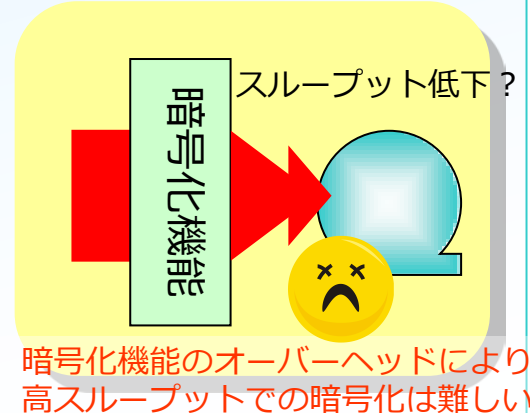
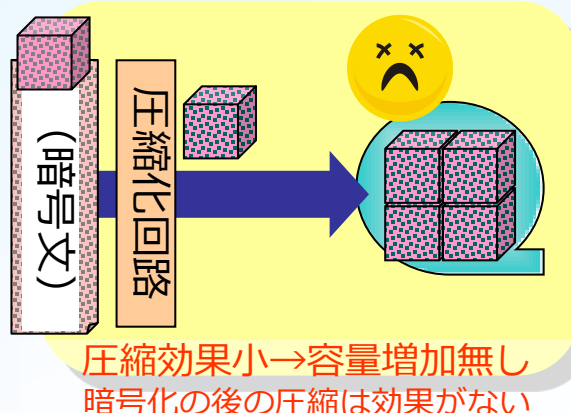
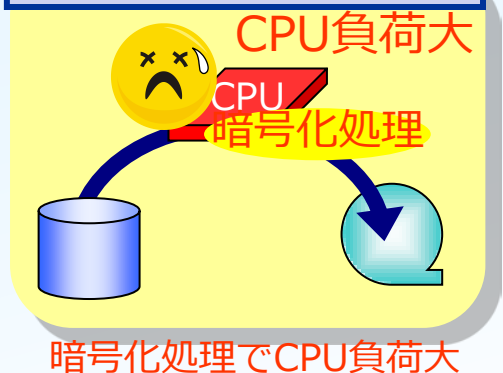
テープ装置*の暗号

* LTO規格では、LTO 4以降から暗号化をサポート。



テープ装置以外の暗号

バックアップソフトによる暗号



第9章 テープメディア製造技術

09. テープメディア製造技術

構造と素材

－ 磁気テープの構造と素材

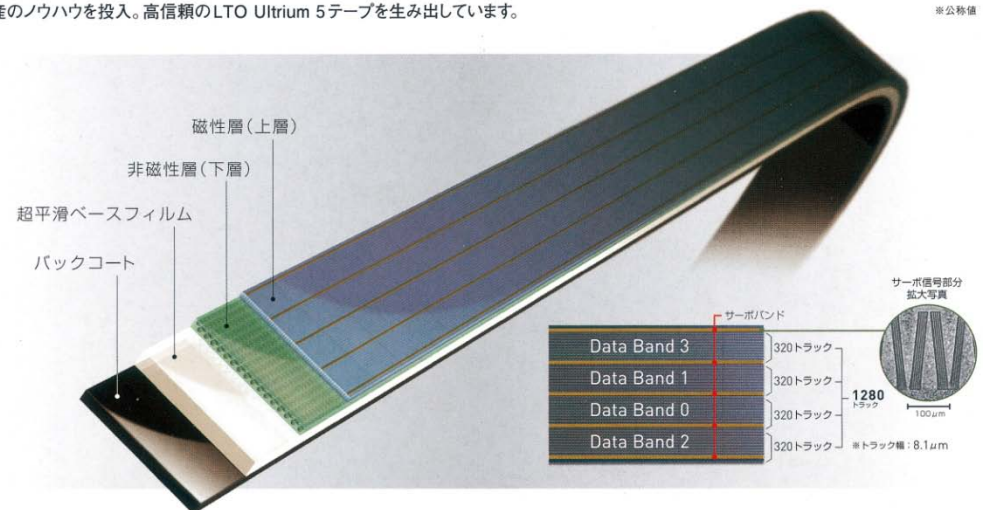
- ✓ 現在、テープメディアのベースフィルムの素材として用いられているのは、PET(ポリエチレンテレフタレート)、PEN(ポリエチレンナフタレート)、PA(ポリアミド)のいずれか

- ✓ テープの基本構造は、ベースフィルム上にデータを記録する磁性層とで構成される
- ✓ さらに巻き乱れの防止や良好な走行耐久性を保つと共に、帯電防止や搬送性のためにバックコート層が加えられている

LTO Ultrium 5テープには、12.65mm 幅のテープに1280本のデータトラックがあり、そのトラック幅は、わずか $8.1\mu\text{m}$ 。[※]

この狭トラックに高速で正確にデータを書き込み、また読み出すために、TDK Life on Record LTOはナノレベルの精密なテープテクノロジーと生産のノウハウを投入。高信頼のLTO Ultrium 5テープを生み出しています。

※公称値

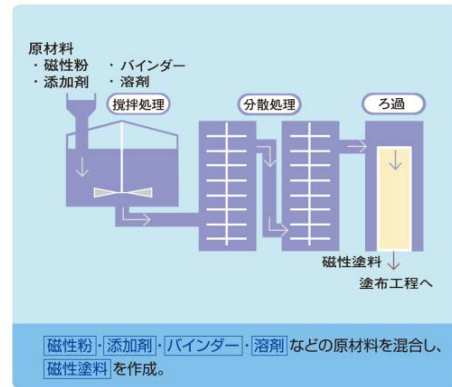


09. テープメディア製造技術 製造工程

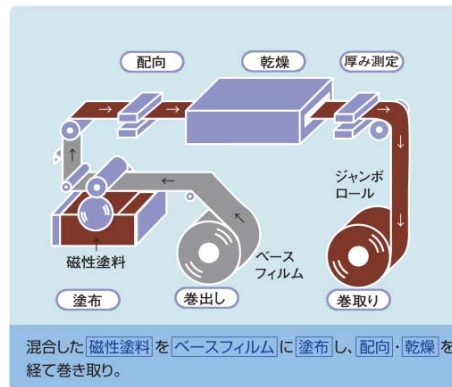
－ 磁気テープの製造工程

✓ 混合、塗布、カレンダー、裁断

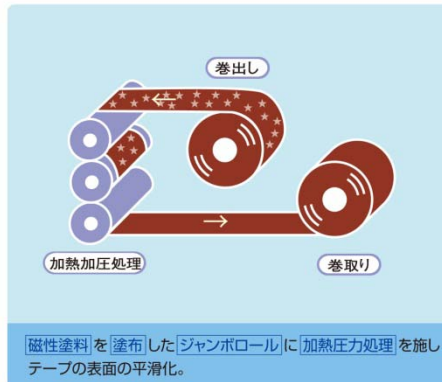
混合工程



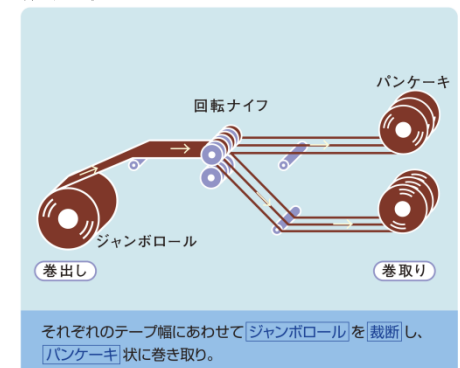
塗布工程



カレンダー工程



裁断工程

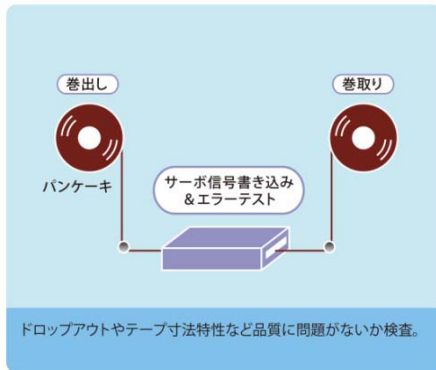


09. テープメディア製造技術 製造工程(続)

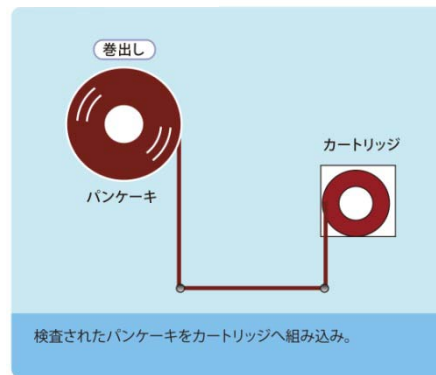
－ 磁気テープの製造工程(続)

✓パンケーキ検査、組み込み、完成品検査、製品出荷

パンケーキ検査工程



組み込み工程



製品出荷工程



特記: LTOテープの製造において

- ヘッドがテープの所定の位置に所定の精度で追従していることを確認するために不可欠なサーボ信号を書き込まなければならない
- 書き込み後に、サーボ信号が適正に記録されているか否かのベリファイ(確認)を行う必要がある

完成品検査

第10章 テープオートメーション

10. テープオートメーション

- テープオートメーションの必要性
 - データの大容量化やバックアップの統合化
 - 管理・運用のコストの削減

上記のニーズに以下の機能で対応

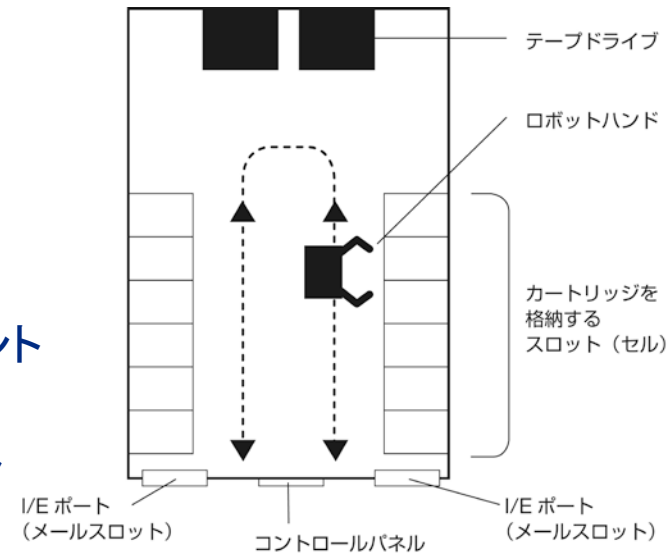
- 無人運用（カートリッジ交換など）
- バックアップアプリケーションとの親和性
- 複数サーバーからのアクセスが可能
- 集中管理

10. テープオートメーション

• テープオートメーションの基本構造

主要な構成要素

- データのリード・ライトを行うテープドライブ
- カートリッジを並べて格納するスロット(またはセル)
- ドライブとスロット間などでカートリッジを搬送するロボット機構(カートリッジを掴むハンドを含む)
- ロボット(ハンド)をコントロールする回路(ロボットコントローラー)
- サーバー等からのデータ入出力をつかさどるI/Oインターフェース
- カートリッジの出し入れ専用のメールスロット(または Import/Exportスロットなどの別名)



• テープライブラリーの拡張性

- 搭載ドライブ台数の増設やカートリッジ格納スロット数の拡張が可能で、パフォーマンス向上や容量増設が容易

注: テープオートメーションとしては、テープライブラリーとオートローダーの製品がある。オートローダーは最大収納カートリッジ巻数が20巻程度と比較的小型の装置でテープドライブ1台を搭載する(メーカーによってはハーフハイトドライブ2台)。テープライブラリーはドライブを2台以上を搭載でき、最大収納カートリッジ巻数は20巻程度から数千巻を超える製品が存在する。

JEITAテープストレージ専門委員会