

テクノロジー最新情報シリーズ

— NEW GAME, NEW RULES —

# ゼタバイト時代を支える テープストレージ



今や、毎年ゼタバイト規模のストレージが必要とされる時代に突入し、デジタル化とともに最新のテープ技術の進歩も加速しています。ゼタバイト時代が到来し、膨大な記録容量に対する需要が高まったことで、エクサスケールのストレージが要件となりつつある企業数はますます増加しています。保存されるデータの60～80%はアクセス頻度が低く、アーカイブデータやコールドデータに分類可能なデータであり、これだけのデータをHDDで保管していれば、コストはたちまち桁違いに膨れ上がります。デジタルデータ向けの最新テープ技術が到来するとともに、テープはゼタバイト時代に向けて再構築されています。今こそテープに対する理解を改め、テープから得られる多くのメリットを活用する時です。

## 際限なく続くテープ技術の進歩

テープ産業が誕生して以来、テープの記録容量と処理速度は飛躍的に進歩してきました。業界で初めて成功したテープドライブは1952年に発売されたもので、その記録容量は丸形リール1巻あたり2MB、データレートは7,500bpsでした。最新のテープドライブの記録容量は20TB(1x1012)、データレートは400Mbpsです。テープの記録容量は1,000万倍、データレートは53,333倍も増加したことになります。一方、業界で初めて成功したディスクドライブは1956年に発売されたもので、その記録容量は5MB、データレートは10,000bpsでした。最新のディスクドライブの記録容量は20TB、最大データレートは260Mbpsです。ディスクドライブの記録容量は400万倍、データレートは26,000倍増加したことになります。このようにテープ技術は、安全にデータのバックアップを作成する必要性や、膨大な量のデータを無期限に保存する必要性に促され、絶えず進歩してきました。需要に追いつくことは、ストレージ業界全体が抱えている永遠の課題です。幸い、ゼタバイト時代のストレージ需要に応えるにとどまらず、その先の未来の需要も見据え、近年ではテープとディスクに加えて、フラッシュSSD(Solid State Disks)も使われるようになっていきます。それぞれの技術に固有の特性があり、これらすべての記録メディアがデータセンターのストレージ最適化に重要な役割を担っています。

## LTOテープのロードマップは第12世代まで進展

LTOコンソーシアムでは現在、第12世代までのLTOロードマップ(下図参照)を公開しています。約1年半～2年ごとに新世代のLTOが予定されており、1TBあたりの価格、記録容量、性能は、世代を経るごとに着実に向上しています。

最新世代であるLTO9のテープ技術では、LTO8カートリッジを50%上回る非圧縮時18TB(圧縮時45TB)の記録容量が実現し、ドライブの処理速度は最大400MB/sまで向上し、LTO9テープドライブ1台あたり最大1.44TB/hourの書き込みが可能となります。非圧縮時18TBのLTO9カートリッジとは、写真なら160万6,500枚、映画なら1万8,000本、音楽なら6,480,000曲を保存できる容量です。

解析されるよりもはるかに速いスピードでアーカイブデータが蓄積され続けている中、今回の進歩は今後のテープの進化に向けた

布石となることでしょう。新型コロナウイルス感染症のパンデミックの今は、まさに完全に分析されるまで何年も手付かずとなる医療データが生成されている状況です。そのため、現代のテープは、サイバー攻撃を防げる非常に安全なエアギャップ防御層を提供しながら、膨大な量のバックアップデータやアーカイブデータを保存できる、戦略的かつ低コストの主要ストレージソリューションとなっているのです。

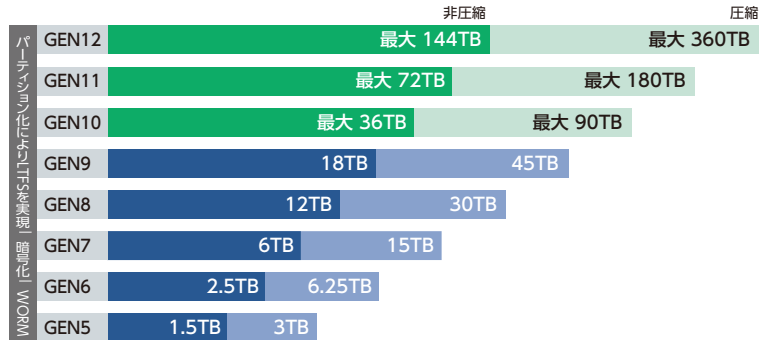
記録容量と処理速度だけでなく、ビットエラーレートも大幅に向上し、あらゆるストレージデバイスの中で最高の信頼性、30年以上のメディア寿命、そしてあらゆるストレージソリューションの中で最低の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量と総保有コスト(TCO)などの革新的な技術や機能性を実現してきたことで、テープ業界はその再編に成功しました。

これらのイノベーションの多くは、HDD業界で使われている技術を応用した結果であり、IBMのLTO (Linear Tape Open)やエンタープライズテープ製品の開発に利用されています。LTO7では、ドライブ内のデータ圧縮エンジンで使用する「履歴バッファ」のサイズを増やすことで、LTOドライブの圧縮比を前世代の2:1から2.5:1まで改善しました。

IBMのエンタープライズテープドライブ「TS1160」でも3:1という圧縮比を実現しています。

将来に向けてLTOのイノベーションと記録容量の限界を押し上げていくには、後世代のLTOカートリッジでも記録容量を増やせるように、現行のLTOの記録技術形式を転換する必要があります。そのため、LTO8の仕様では、2世代前ではなく、LTO7との後方互換性が確保されています。また、LTFs、RAIT、RAO、TAOS、スマートライブラリ、アクティブアーカイブなどの新機能も加わり、テープの主カラインアップはさらに強化されました。ゼタバイト時代、これらの機能は一層大きな意味を持つことになるでしょう。

■ LTO ULTRIUMのロードマップ ストレージニーズに対応



注：Generation 5の圧縮容量では、2:1圧縮を前提としています。Generation 6~12の圧縮容量では、2.5:1圧縮を前提としています(より大きい圧縮履歴/バッファで達成)。  
 出典：LTO Program。LTO Ultriumのロードマップは予告なしに変更される場合があります。また、目標のみを示しています。Linear Tape-Open、LTO、LTOロゴ、Ultrium、およびUltriumロゴはそれぞれ、Hewlett Packard Enterprise、IBM、およびQuantumの米国およびその他の国における登録商標です。

## Key Point

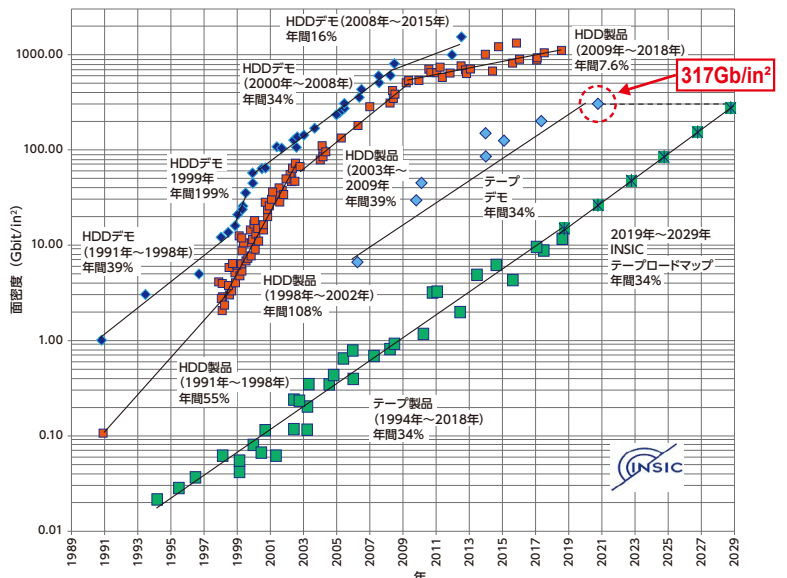
将来的なLTOテープシステムのロードマップは明確に定義されており、その実現可能性は高い。予測可能な未来のイノベーションを支えていると言えます。テープインフラへ安心して投資してよいでしょう。

## ストレージ容量増加の鍵となる面記録密度

面記録密度とは、データ記録メディアの一定の表面積に保存可能な情報量を意味します。HDDにおける1TBあたりの単価が安定的に下がってきたことは、概ねハードディスクの面記録密度が30年以上にわたり着実に向上してきた結果と言えるでしょう。

右のINSIC (Information Storage Industry Consortium)のグラフは、1989年以降の実績、また2029年までのテープの進化予測を示したものです。研究所でテープ技術が実証されていることは、特にゼタバイト時代のストレージ需要に対応していくにあたり、明るい展望を示しています。現世代のLTOやエンタープライズテープドライブは、最新のHDDよりも面記録密度が2桁ほど低くなっています。つまり、少なくとも今後12年間、現在の100倍までは今まで通りのスピードでテープの高密度化を見込めるということです。2015年4月、IBMと富士フイルムは、バリウムフェライト(BaFe)磁性体を用いて、面記録密度123Gb/in<sup>2</sup>、記録容量220TB(非圧縮時)のテープ技術を実証しました。2017年12月、IBMとSonyは、スパッタ技術を用いて面記録密度201Gb/in<sup>2</sup>、330TBのテープ技術を実証しました。

317Gb/in<sup>2</sup>が実証されたことで、INSICテープロードマップの持続可能性を証明  
 今後12年間、年平均34%のスピードで面記録密度が向上する見込み



2020年12月、IBMと富士フイルムは、ストロンチウムフェライト(SrFe)という新たな磁性体を用いて、317Gb/in<sup>2</sup>という記録的な面記録密度を実証し、580TB/巻のテープカートリッジの可能性を示しました。

記録容量18TBのLTO9テープの面記録密度は12Gb/in<sup>2</sup>、18TBディスクドライブの面記録密度は1,022Gb/in<sup>2</sup>です。LTO9は18TBディスクドライブの85分の1の面記録密度で同等の記録容量を達成していることとなります。このことは、テープ開発に飛躍的な成長の余地が残されていることを意味します。

記録容量580TBのデータカートリッジには、積み上げれば世界一高い建造物であるブルジュ・ハリファ(2,722フィート)の高さを超える、DVD12万枚分のデータを保存することができます。580TBものデータが手のひらサイズのカートリッジに収まるのです。

TMR(トンネル磁気抵抗)ヘッドを採用した最新のエンタープライズテープドライブ「TS1160」では、非圧縮時20TB、圧縮時60TBという、ストレージメディアの中で最大の記録容量が実現されています。テープの面記録密度は現在、年率7.6%と予想されているHDDの面記録密度の増加率をはるかに上回る、年率34%というスピードで急劇に増加しています。

面記録密度の着実な増加が実証されていることから、テープは当面、費用面でHDDやその他の技術に勝る地位を維持できる見込みです。

テープドライブとメディアの仕様	販売開始年	記録容量(非圧縮)と圧縮率(X:Y)	データ転送速度(非圧縮)	ヘッド当たりのチャンネル数	トラック数	面密度
LTO6 MP & BaFe	2012年	2.5TB(2:1)	160 MB/sec	16	2,176	2.2 Gb/in <sup>2</sup>
LTO7 BaFe	2015年	6.0TB(2.5:1)	300MB/sec	32	3,584	4.3 Gb/in <sup>2</sup>
LTO8 BaFe	2019年	12.0TB(2.5:1)	360 MB/sec	32	6,656	8.6 Gb/in <sup>2</sup>
LTO9 BaFe	2020年	18.0TB(2.5:1)	400 MB/sec	32	8,960	12.0 Gb/in <sup>2</sup>
TS1140 BaFe	2011年	4.0TB(2.5:1)	250 MB/sec	32	2,560	3.2 Gb/in <sup>2</sup>
T10000D BaFe	2006年	8.5TB(2.5:1)	252 MB/sec	32	4,608	4.93 Gb/in <sup>2</sup>
TS1150 BaFe	2014年	10.0TB(2.5:1)	360 MB/sec	32	5,120	6.52 Gb/in <sup>2</sup>
TS1155 BaFe(TMR)	2017年	15.0TB(2.5:1)	360 MB/sec	32	7,680	9.78 Gb/in <sup>2</sup>
TS1160 BaFe(TMR)	2018年	20.0TB(3:1)	400 MB/sec	32	8,704	12.4 Gb/in <sup>2</sup>

## Key Point

テープ業界は、記録容量、転送速度、信頼性、メディアの寿命を向上してきた。これは今後何年にもわたってテープ技術の進歩が続くことを示している。

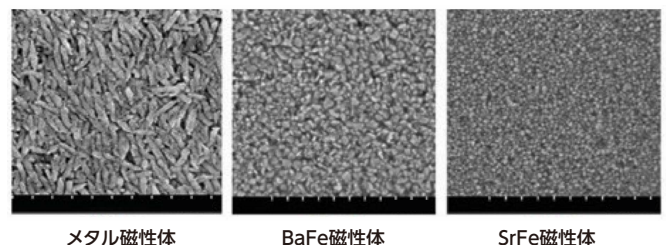
## LTOロードマップの先にあるペタバイト規模の大容量テープカートリッジ

富士フイルムは、現在LTO12(144TB)まで公開されているLTOロードマップの最大値をはるかに上回る、テープカートリッジ1巻あたり1PBの記録容量の可能性を示す、未来の磁性体の開発を進めています。富士フイルムが現在のテープの磁性層に使用しているのは、バリウムフェライト(BaFe)磁性体です。同社はこれに続き、さらに小さな(BaFeの60%以下)ナノ粒子からなるストロンチウムフェライト(SrFe)磁性体を使用した記録メディアを開発する見込みです。IBMと富士フイルムは、すでにSrFe磁性体を使用した1巻あたり580TB(非圧縮時)のテープを実証しています

富士フイルムは1PBテープカートリッジの開発に向け、さらに粒径の小さなナノ粒子からなるイプシロン酸化鉄( $\epsilon$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)を用いた先進技術を開発中です。

今後12年以上にわたり、テープの面記録密度はこれまで通りのスピードで進歩し続け、体積と非圧縮時容量の面におけるテープ技術の優位性は維持されることでしょう。

■ メタル磁性体、BaFe磁性体、SrFe磁性体の粒子比較



## テープストレージの信頼性は最も高い

デジタルストレージでは信頼性が極めて重要です。お客様からは長年、テープの不具合は主にメディアや取り扱い上の不備が原因で発生すると指摘されてきましたが、現在ではその懸念が払拭されています。HDDの信頼性に対する懸念は、RAIDなどの各種レプリケーションをベースとした高可用性機能によって軽減されました。一方、テープの信頼性に対する懸念は、複数のコピーを作成することで軽減されています。粒子の種類にかかわらず、「テープ上に2つのコピーを作成すること」は、HDDにおけるデータのミラーリング(RAID 1)に匹敵する対策と考えることができます。具体的な仕組みとしては、テープでは事前に特別なサーボトラックを書き込むことで、テープドライブのヘッドが常にテープ上のデータトラックを追従し、データを正確に読み書きできるようになって



います。旧式のリニアテープ製品では、サーボトラックがテープメディアの端に位置していたため、カートリッジを落とした際に損傷してしまうこと少なくありませんでした。2000年以降のエンタープライズドライブやLTOドライブでは、記録メディア(のデータバンド間)に事前書き込まれるサーボトラックを結合することで、この問題が解消されています。

テープの読み取り時にはヘッドで約15km/hの速度のストリーミングが行われますが、新しいサーボ技術では、DNA分子幅の約1.5倍という精度でテープヘッドの位置決めをすることができます。

信頼性を向上させるため、LTOドライブでは、エラー検出コードが以前のRLL (Run Length Limited) 方式からPRML (Partial Response Maximum Likelihood) 方式に切り替えられました。PRMLは最も効果的なエラー検出方式であり、現代のディスクドライブで幅広く取り入れられています。

脆弱なアナログの読み出し信号からデータを復元することで、著しく高い記録密度を実現するだけでなく、テープでディスクを上回る信頼性を可能にするものです。長年、ストレージデバイスの信頼性を測る指標としてMTBF (Mean Time Between Failure: 平均故障時間) が用いられてきましたが、現在ではBER (Bit Error Rate: ビットエラーレート) が事実上の信頼性を測る標準となりました。今やLTOテープ製品やエンタープライズテープ製品の信頼性は、どのようなHDDよりも高くなっています。時代は変わったのです。

ストレージデバイスの信頼性評価	BER (ビットレート) エラー発生前のビットレート
エンタープライズテープ (TS1160)	1×10E <sup>20</sup> ビット
エンタープライズテープ/LTOテープ (TS1155, LTO7~9)	1×10E <sup>19</sup> ビット
エンタープライズSSD (NAND)	1×10E <sup>18</sup> ビット
LTO5, 6	1×10E <sup>17</sup> ビット
エンタープライズHDD (FC/SAS)	1×10E <sup>16</sup> ビット
エンタープライズHDD (SATA)	1×10E <sup>15</sup> ビット
デスクトップ/コンシューマー (SATA)	1×10E <sup>14</sup> ビット

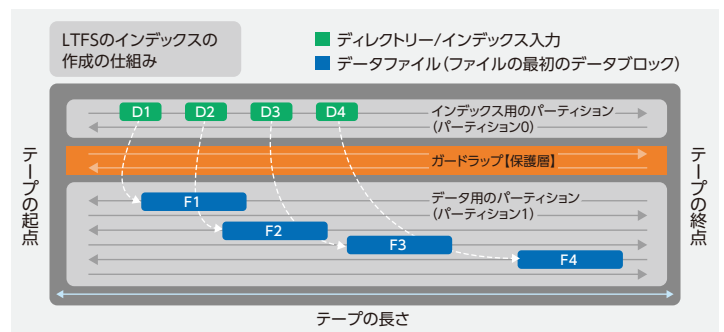
出典：ベンダー公開のBER

### Key Point

テープの信頼性は、あらゆるデータストレージの中で最も高い。将来的には、さらなるBERの向上が予想されている。

## LTFSによる、ファイル、オブジェクト、アーカイブデータへのアクセスの高速化

IBMが開発し、2010年のLTO5からサポートされているリニアテープファイルシステム (LTFS) は、複雑で使いにくいというテープストレージのイメージを払拭し、テープにおけるアーカイブデータアクセスとアーカイブ保存を簡素化および高速化する手段を提供しました。LTFSに搭載されるテープパーティション機能を利用し、一方の区画にインデックスを、もう一方の区画にコンテンツを格納することで、テープの自己記述が可能になったのです。カートリッジが装填されると、そのメタデータがサーバーメモリでキャッシュされます。メタデータにおけるディレクトリツリー構造を閲覧する、ドラッグ&ドロップでファイル名を検索するといった操作は、サーバーメモリ内で高速実行され、テープを物理的に移動する必要はありません。また、LTFSにより、オブジェクトストレージのアーカイブデータの読み取りもかなり簡素化されます。多くの企業が実装していることに証明されるように、LTFSは勢いを増し続けています。LTOテープがメディア&エンターテインメント業界のファイル共有およびアーカイブ分野で事実上の標準となれたのは、主にLTFSの力によるものなのです。



### Key Point

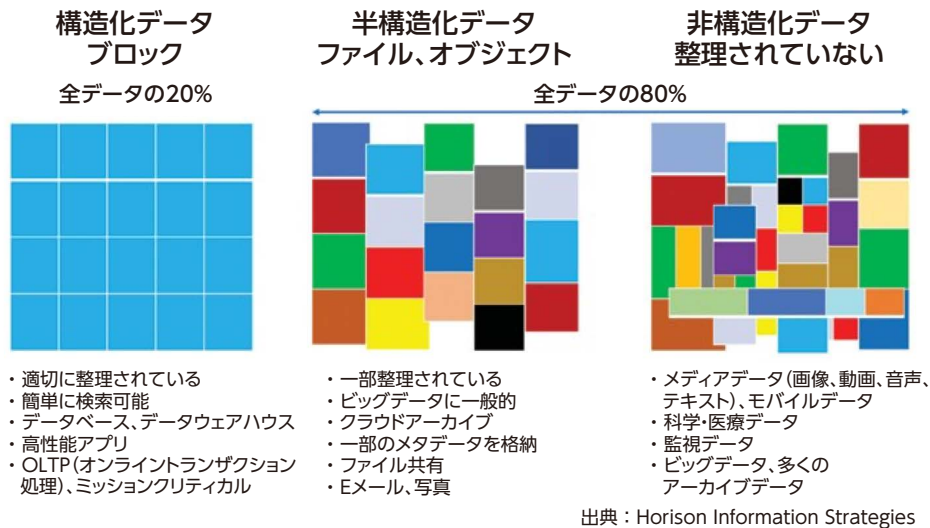
LTFSの分割管理機能やその将来的な改善により、テープにおけるデータアクセス性はさらに向上し、この機能を利用しようとする独立系ソフトウェアベンダーは増えるだろう。

## オブジェクトストレージとテープを併用し、急激に高まるアーカイブ需要に対応する

データを効果的に分類するため、データの形式を理解することがますます重要になっています。ブロックストレージは、データを均等に分け、任意の方法で整理し、主にデータベースに保存します。ファイルストレージは、ツリー構造に整理されたファイルとしてデータを保存します。オブジェクトストレージは、データを管理し、関連するメタデータをひもづけます。オブジェクトストレージは、

ストレージのパフォーマンスを最適化し、拡張機能を強化する必要性、またデータ分析をサポートするために膨大な量の非構造化（整理されていない）データにメタデータをひもづける必要性から発展したものです。半構造化データや非構造化データは、全保存データの約80%を占めています。

オブジェクトストレージ要件が、各ネームスペースにつき数百ペタバイトという規模まで急激に拡大する可能性があるため、半構造化データや非構造化データの増大は、データセンターがストレージに関して抱えている最大の課題の1つとなっています。オブジェクトストレージは、従来のファイルストレージやブロックストレージの増加率を上回る、年間30%以上のスピードで増えています。クラウドのストレージとしても選ばれるようになっており、この傾向は今後も続くことが予想されます。最新LTOテープや3592エンタープライズテープを使用したソフトウェア定義のオブジェクトストレージソリューションが登場したことで、HDDやフラッシュ技術をベースとした従来のファイルストレージシステムやブロックストレージシステムよりも、テープストレージは経済的なソリューションとなったのです。



## テープエアギャップが提供するセキュリティとサイバー犯罪防衛

テープ技術にはエアギャップを伴うデータストレージという固有の性質が備わっていることから、テープへのデータ保存が再び注目されることとなりました。「テープエアギャップ」とは、システム外に置かれたテープカートリッジに保存されるデータが電子的に接続されていない状態を意味し、そこに保存されるデータはマルウェア攻撃から守られます。

HDDシステムやSSDシステムは24時間365日オンラインで稼働しているため、常にサイバー攻撃に脆弱です。世界では、ハッカーがセキュリティの弱点を悪用して組織のデータを人質に取り、時には数千万ドルにも上る身代金を要求する事件が多発しています。

2021年には、コロナル・パイプライン社(440万ドル)、JBS Foods社(1,100万ドル)などの大手組織に対するランサムウェア攻撃がニュースの見出しを飾り、その勢いは衰える兆しがありません。参入障壁が極めて低いため、被害額の高騰が予測される中、あらゆる業界でサイバー攻撃が増えることが予想されています。

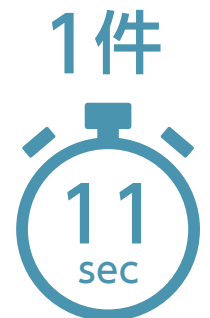
Cybersecurity Venturesは、マルウェアの中でランサムウェアや関連する攻撃の割合が増えており、2031年には2秒ごとに新たな攻撃が発生し、世界のランサムウェアの被害額が年間約2,650億ドルに到達すると予想しています。この数字は、今後10年間の被害額が前年比30%で増えることを前提に算出されたものです。

データエアギャップは、オンプレミスまたはクラウドにかかわらず、アーカイブ、バックアップ、リカバリー戦略に不可欠な要素であり、テープが現代のバックアップ戦略における重要要素となっているのも、これが理由です。

ハッカーにネットワークに侵入されることは、もはや「仮定」ではなく、「時間」の問題なのです。

### ■ 世界のランサムウェア被害額

2015年：	3億2,500万ドル
2017年：	50億ドル
2021年：	200億ドル
2024年：	420億ドル
2026年：	715億ドル
2028年：	1,570億ドル
2031年：	2,650億ドル



2021年、ランサムウェアは11秒に1件のペースで企業、消費者、またはデバイスを攻撃しています。この数字は、2031年には2秒に1件となる見込みです。

## テープの性能が向上し、アクセス時間と処理速度が大幅アップ

HPSS(High Performance Storage System: 高性能ストレージシステム)で使えるRAIT(Redundant Arrays of Inexpensive Tape)という技術があります。複数のテープドライブの処理能力を集約し、データ転送レート(処理速度)を大幅に向上させることができます。

HDD向けのRAIDのように、RAITも平行に装填された複数のテープでデータの読み書きを行うほか、テープを等分し、データを再構成します。RAITによってデータ転送レートが大幅に上がるため、HPC、ハイパースケールデータセンター、クラウドサービスプロバイダー、エンタープライズ市場で重要な地位を獲得しています。RAIL(Redundant Arrays of Independent Libraries)は、地理的な分散が見込まれている技術です。RAITと同様、複数のテープカートリッジにデータをストライピングしますが、RAILでは複数のライブラリに分散させます。データセンターの完全停止や自然災害の発生に備え、地理的なレジリエンスと可用性が強化されます。地理的に分散させながら、さらに高い可用性のアーカイブを実現することができます。

テープ業界は、2つの機能を使ってテープにおけるファイルアクセス時間を向上させる取り組みを集中的に行っています。

エンタープライズテープ向けのRAO(Recommended Access Order)機能と LTOテープ向けのTAOS(Time-based Access Order System) 機能です。これらの機能は、カートリッジ内のファイルを最適な順序で並べ、ファイルへのアクセス時間を最大50%短縮しながら、テープの物理的な移動と磨耗を大幅に軽減することができます。テープの容量が増え、カートリッジ内でファイルに同時アクセスされる確率が上がるほどに重要な機能となります。これらの機能を補完するため、ロボットテープライブラリのスマート性やスピードが強化され、ロボットが最短の時間と移動距離でテープカートリッジの場所を見つけられるようになったほか、ライブラリの信頼性が上がるというメリットも加わりました。

### Key Point

テープ技術により、データの起点への素早いアクセス、総合データ転送速度の大幅強化、ロボットアームの移動を最小化するインテリジェントなライブラリが実現した。

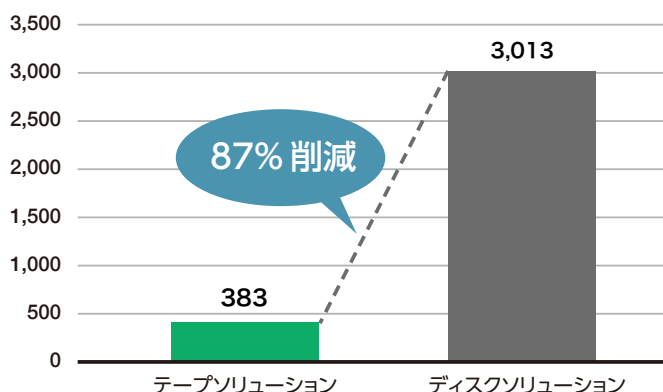
## データセンターの排熱：テープはエネルギー消費量を削減する

過去12年間で計算処理やデータ利用は劇的に増加し、企業やハイパースケールデータセンターがサーバーの冷却と稼働に努める中、エネルギー消費量が爆発的に増加しています。

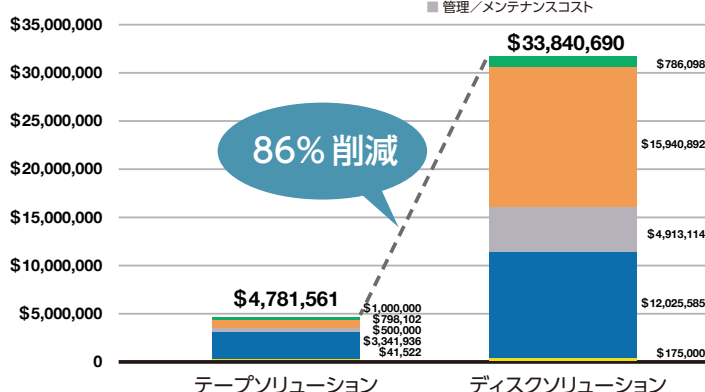
データセンターと情報技術は、現在の世界の電力消費の約3%を占めており、2030年には8%まで急増することが予想されています。今では多くのデータセンター管理者が、「使われていないデータにエネルギーを消費しない」という共通の目標を掲げています。テープは他の記録メディアよりも、1TBあたりのコスト、総所有コスト(TCO)、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量が低いため、長期的かつ安全なデータ保持のための最も費用対効果の高いストレージ技術としての地位を確立しています。HDDと比較した場合、テープのCO<sub>2</sub>排出量とTCOは、それぞれ87%、86%と少なくなっています(下図参照)。

また、テープでは、ドライブを足さずに容量を増やすことができます。HDDの場合、容量を増やすたびにドライブを追加する必要が

■ CO<sub>2</sub>(単位:トン)



■ 10年間のTCO



出典: Brad Johns Consulting (年平均成長率35%の場合における10PBあたりの10年間のデータ)

あり、より多くのエネルギーと冷却が必要になります。過去12年間でデータセンターから排出される膨大な熱量が気候に影響するほどのレベルとなる中、テープとクラウドコンピューティングは持続可能なオペレーションの点で最も大きな進歩を遂げました。Brad Johns Consultingによるホワイトペーパー「Improving Information Technology Sustainability with Modern Tape Storage」によると、原材料から廃棄までのライフサイクル全体で比較した場合、テープのCO<sub>2</sub>排出量はHDDよりも95%低くなります。

ビジネス界は、サステナビリティの課題に向き合っています。米国商工会議所によると、現在「S&P500」構成企業の90%以上がサステナビリティレポートを発行しています。

多くのデータセンター、特にハイパースケールの電力消費は限界に達しており、企業は水冷却ラックや屋外・移動式冷却装置などの新しい冷却技術を模索するか、場合によってはデータセンターの増設を余儀なくされています。データセンターの増設は最後の手段であり、非常に高額なコストも必要になるため、エネルギー消費量は常に効率的に管理しなければなりません。

データセンターのエネルギー消費量を削減するためのベストプラクティスとして、エネルギーを最も消費するサーバーとディスクストレージに注目することが推奨されます。テープカートリッジはほとんどの時間、ライブラリスロットや棚に置かれており、テープドライブに装填されない限り、エネルギーを消費することはないため、データセンターにとってはCO<sub>2</sub>排出量や環境全般への影響を大幅に削減できる絶好の機会です。コールドデータをHDDから最新のテープストレージに移動するメリットを過小評価してはいけません。

## Key Point

総保有コストと二酸化炭素の排出量の面で、テープはディスクに圧勝。アクセス頻度の少ないアーカイブデータをディスクからテープストレージに移動し、サーバーを仮想化することは、データセンターが最も大幅にエネルギー消費量を減らせる手段である。

## ■ テープとディスクの機能比較

機能	テープ	ディスク
TCO	アーカイブ用途において、テープはディスクよりも5~8倍有利	TCOが大幅に高く、変換やアップグレードの頻度が高い
メディアの寿命	新しいすべてのエンタープライズメディアおよびLTOメディアで、50年以上磁気的特性に劣化がないため、アーカイブ要件でテープが有利	ほとんどのHDDは4~5年でアップグレードや交換が必要だが、テープドライブでは一般に7~8年程度
信頼性	テープのBER(ビットエラー率)は $1 \times 10^{-9}$ 、ディスクのBERは $1 \times 10^{-6}$	ディスクのBERは後れをとっており、テープほど短期間で改善されていない
非アクティブなデータでの消費電力ゼロ	可能。このことが、多くのデータセンターの目標になりつつある「使われないデータに電力を消費するべきではない」	ディスクでは、ほぼ不可能。「スピニングアップ、スピニングダウン」のディスクでは可能(注:アレイでデータストライピングを実行する場合、通常、スピニングダウン機能が無効化)
最高レベルのセキュリティー暗号化、WORM	暗号化とWORMは、すべてのLTOテープおよびエンタープライズテープで使用可能。テープの「エアギャップ」によってハッキングを防止	使用可能になりつつあるが、人気のディスク製品、PC、個人用アプライアンスでは、ほとんど使用されていない
大容量化のスピード	ロードマップでは、当面ディスクよりもテープが優位。580TB/巻相当の容量が実証済み	ロードマップでは、しばらくはディスク容量がテープに遅れをとると予想されており、容量増大のスピードは低下
記録容量の拡張	テープでは、カートリッジを追加することで拡張可能	ディスクでは、ドライブを追加することで拡張可能
データアクセス時間	LTF5、アクティブアーカイブ、TAOS、およびRAOにより、テープアクセス時間が短縮	初期アクセスとランダムアクセスでは、ディスク(ミリ秒単位)はテープ(秒単位)よりも大幅に高速
データ転送速度	TS1160の場合、400MB/sec、LTO8の場合、360MB/sec。RAITでは、データ速度が数倍向上	一般的なHDDの場合、約160~220 MB/sec
可搬性 — ディザスタリカバリ目的での、電力ありと電力なしでのメディアの移動	可能。テープメディアは完全に取り外し可能であり、データセンターの電力が無くても容易に移送可能	ディスクでは、物理的な取り外しや安全な移送は難しい
クラウドストレージ	テープによって、クラウドのセキュリティーが向上し、アーカイブストレージのコストが低減	クラウドデータセンターとHDSCデータセンターが増加するにつれて、HDDはますます高コスト

## Key Point

ストレージ管理者は、高パフォーマンスのアプリケーションにはSSDで、アーカイブにはテープで対応するという、ストレージインフラの最適化を目指しています。



## まとめ

新型コロナウイルス感染症のパンデミックは現在も続いており、今後の行く末が不明な状況ですが、デジタルデータの保存環境は継続的なイノベーションを迫られる中、拡大を続けており、新たなチャンスの流れが目の前にあります。このことはテープ業界にとって明かです。多種多様な技術改良が着実に達成されてきた結果、テープは今後待ち受ける大容量アーカイブデータの課題に対して、最も費用対効果の高いストレージソリューションの地位を維持しています。現在、データセンターのストレージ技術は、SSD、HDD、テープの3つの技術からなる階層構造となっており、各種ストレージを理想的な形で実装することで、それぞれの強みが生かされます。しかし、今日の現代型データセンターでテープが果たす役割は急速に拡大しています。多くの新規アプリケーション、ワークロード、そしてほとんどの大規模データセンターでデータの爆発的な増加が続いていることから、テープはますます勢いを増すことが予想されます。これまでの進歩の結果、現代のテープ技術は、現在利用可能なデータセンターストレージソリューションの中で最も信頼性、エネルギー効率、費用対効果の高いものとなりました。テープのロードマップは、このテープ技術のイノベーションが今後もしばらく安定的に続くことを示しています。新たなルールの下、新たな競争が始まりました。

Horison Information Strategiesは、現在および将来のストレージテクノロジーに関するエグゼクティブブリーフィング、市場戦略開発、ホワイトペーパー、調査レポートを専門とする、データストレージ業界アナリスト兼コンサルティング会社です。Horisonは、エンドユーザー、ストレージ業界のプロバイダー、スタートアップベンチャー企業にとって大きな課題となっている新興のデータストレージの傾向と成長機会をお伝えしています。

© Horison Information, Boulder, CO. All rights reserved.

\*本資料は2021年にHorison Information Strategiesが英文で発表した資料を翻訳したものであり内容は当時の情報に基づいて作成しています。

**FUJIFILM**

富士フイルム株式会社

記録メディア事業部 〒107-0052 東京都港区赤坂9-7-3 TEL.03-6271-2084 FAX.03-6271-2185

[\[データアーカイブソリューション dternity\] の情報はこちら](#)

