



**Hewlett Packard**  
Enterprise

# ハイブリッドITの アーカイブデータを保管する 信頼性の高いテープメディア

HPE LTO Ultriumメディアブランドの仕様およびテストにより、最高水準の品質と信頼性を確保

# 目次

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 概要.....                               | 3 |
| HPE LTO Ultriumメディアブランドの仕様.....       | 3 |
| ハイブリッドITデータ保護の実環境でのテスト.....           | 3 |
| エラー率: ストレージ製品の品質を測る最終基準.....          | 4 |
| HPE LTO Ultriumメディアブランドの仕様のテスト詳細..... | 5 |
| 継続的な取り組み.....                         | 5 |
| Green Tapeテスト (GTT) .....             | 5 |
| Full Volume Life (FVL) テスト.....       | 6 |
| 異なる環境条件のもとでの厳格なテスト .....              | 6 |
| 落下耐久テスト.....                          | 6 |
| ロード/アンロード操作の徹底的なテスト .....             | 6 |
| 検索/巻き戻し/データ追加テスト .....                | 7 |
| 運送と保管テスト .....                        | 7 |
| デューティサイクルが高い場合のシューシャインテストの自動化.....    | 7 |
| アーカイブの安定性テスト.....                     | 8 |
| 優れた耐久性.....                           | 8 |
| LTO-1を使用したリアルタイムアーカイブ.....            | 8 |
| まとめ.....                              | 9 |

## 概要

IDCによると、世界のデータ規模は2025年までに163ゼタバイトまで増加すると予測されており、これは2016年に生成されたデータ、16.1 ZBの10倍です。<sup>1</sup> 一方で独自の調査<sup>2</sup>によると、プライマリあるいはセカンダリストレージを導入するよりも、テープストレージソリューションのフルロードコストのほうが極めて安価になります。ハイブリッドITのクラウドやスケールアウトオブジェクトストレージシステムは、特にデータの長期間バックアップにおいて、より多くのアーカイブオプションを提供しますが、通信コストを考慮した場合、アーカイブにクラウドだけを使用すると、コストが上昇します<sup>3</sup>。Solutions North Consulting<sup>4</sup>社が行った調査によると、ユーザーや管理者が一月に通信する、長期保管用のアーカイブされたセカンダリコピーデータは、平均で10～15%です。しかし、CSPが通常使用する段階的な価格モデルは、クラウドからのデータ取得コストが、ストレージのコストをすぐに追いつく可能性を意味します。

そのため、全データの80%が作成から90日を経過してもアクセスされないことを考えると、有用性がなくなったデータを、HPE Linear Tape Open (LTO) Ultrium テープのようなセキュアで、拡張性に優れたコスト効率の高いメディアへ移行することは理にかなっています。

さらに、テープはサイバー犯罪やランサムウェア攻撃への防御策として有効だと見直されつつあります。テープは、データに「エアロック」バリアを作成することで、信頼性のあるオフライン状態とオフプレミスのデータ保護とともにデータセンターのリスクを低減します。

最新の30TBのLTO-8テクノロジーを搭載したHPE LTO Ultriumソリューションは、プライマリストレージやコールドデータを長期保管するためにテープへのオフロードが可能です。これは、全体的なリスクを低減し、ダウンタイムや阻害要因に対して柔軟に対処できます。

## HPE LTO Ultrium メディアブランドの仕様

HPEはハイブリッドIT(従来型IT、プライベートクラウド、パブリッククラウド)向けに包括的なデータ保護ポートフォリオを提供しているため、現在および次世代のLTO Ultrium テープソリューションの要件を把握しています。特に、HPEは、アーカイブデータの長期保管において、さらに自然災害、ネットワークの停止や停電、人的ミス、悪意のある行為に対する最終安全策において、メディアの信頼性は重要だと理解しています。

こうしたことから、HPEはHPE LTO Ultrium カートリッジに独自の厳しい品質基準を課しています。LTOのロゴテストとは異なり、HPEブランドの仕様は、他のHPEのストレージソリューションを支える基礎となっている「実際に」自動化されたハイブリッドITインフラストラクチャで動作するテープの機能の指標となるものです。

ヒューレット・パッカード エンタープライズのブランドのLTO Ultrium カートリッジは、データのバックアップやアーカイブ、復元に際して、高い信頼性を提供するように設計、製造、テストされています。

当社は実環境、さらにヒューレット・パッカード エンタープライズと他社のデバイスの両方を利用して、ドライブの精査を継続的に行い、広範な工程内QAパラメトリックテストを補助します。このようにして、デバイスやデューティサイクル、環境をどのように組み合わせても高い性能を発揮するようにします。

ヒューレット・パッカード エンタープライズは、LTO Ultrium ストレージ製品における業界リードのサプライヤーであると同時に、ドライブメーカーでもあります。そのため、お客様のカートリッジ利用方法に応じて様々な事例に対応することが可能です。

このホワイトペーパーの目的はメディアテストの詳細の説明と、継続的な品質への取り組みによって、HPE LTO Ultrium ストレージ製品が、ビジネスデータの安全を確保する上で最適であることを実証することです。

## ハイブリッドITデータ保護の実環境でのテスト ヒューレット・パッカード エンタープライズとLTOロゴ(業界規格)

重要な点は、LTO Ultrium ストレージ製品に対してヒューレット・パッカード エンタープライズが実環境で行うテストプログラムが、単にUltriumフォーマット仕様の適合を確認するラボテストをはるかに超えたレベルだということです。

LTOフォーマット要件は重要ではありますが、その範囲や目的はしばしば誤解されています。LTOフォーマットは品質規格ではありません。LTO Ultrium カートリッジの機能を指定するにすぎません。すべての新しいカートリッジが、あらゆる新しいドライブにおいて動作することを保証するためのものです。

しかし、LTO Ultrium ストレージ製品のためのHPEブランド仕様の本来の目的は、一貫した品質基準です。

<sup>1</sup> 『Data Age 2025』ホワイトペーパー、IDC、2017年(Seagateより委託)。1ZB = 1兆GB。

<sup>2</sup> <http://bit.ly/2zFX0Te>

<sup>3&4</sup> <https://www.lto.org/resources/tcotool/>

HPEの厳格なチャーターは、製造工程のもっとも重要な可変パラメーターを測定します。ロゴテストと比べて、HPEのチャーターでは、異なる環境条件およびロードやアンロードのような重要な部分においては、いっそう厳しく管理された仕様があります。HPEは、多様な仕様に加え、定期的かつ継続的に施行される Full Volume Life や「Green Tape」テスト (GTT) などの厳格なプロセステストを行なっています。これらのすべてによって、様々なアプリケーションや環境におけるテープドライブやメディアのパフォーマンスを高い精度で測定できます。

結論として、テープカートリッジ テストの最良の方法は、エンドユーザーによるバックアップや復元と同様の作業を、テープドライブ、もっと厳密に言うと、何千ものテープドライブで実施することです。ヒューレット・パッカード エンタープライズは、すべての主流テープテクノロジー向けハードウェアおよびストレージメーカーの業界リーダーとして、起こり得る限りのさまざまな負荷を与えた環境でテープバックアップ ソリューションの性能を精査する、包括的な研究開発および製造プログラムを確立しています。

将来は見通せないものですが、包括的かつきめ細かい HPE LTO Ultrium テープカートリッジのテストは、いずれのブランドのハードウェアを所有している場合でも、HPE のテープに記録されているデータの安全性について強い確信を持てるようになります。

## エラー率：ストレージ製品の品質を測る最終基準

LTO Ultrium データカートリッジの高い信頼性を確保するための HPE のアプローチとは？

HPE では、テクノロジーのエラー率や容量、転送速度などの極めて包括的な調査によって、高い信頼性を確保します。

ビットエラー率 (BER) は、お客様のテープドライブとデータカートリッジの相互動作性の確認には極めて重要な指標で、書き込み (バックアップ) プロセスと読み出し (復元) プロセスの信頼性、さらに各プロセスの「差異 (エラー率)」を示します。

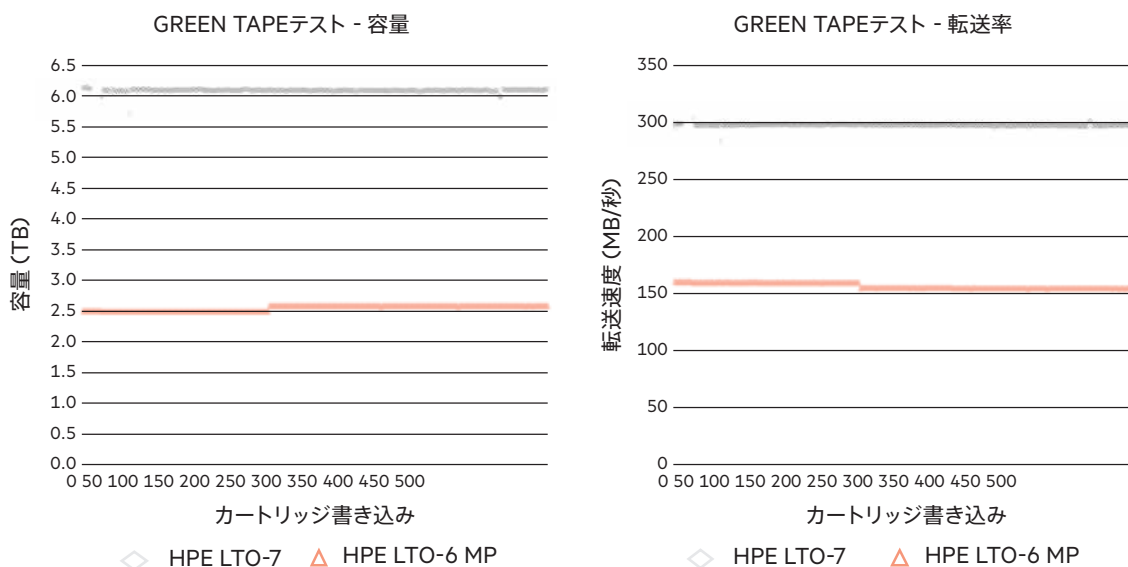
BER が高いということは、バックアップ操作あるいは復元操作が低速であるか、障害が起きている可能性があります。一方で、BER が常に低いということは、優れたパフォーマンスで最適なデータ転送プロセスが行われているということです。

BER が高くなる要因は、製造不良、テープエッジの損傷、またはテープヘッドに異物があるなど、様々ですが、これはつまり、原因に関わらず、テープにデータを正常に書き込み、検証するために何度も同じことを繰り返すことになり、ドライブ経由のテープ使用量が増加して、総体的容量が減少し、最悪の場合、データ破損あるいはバックアップの失敗につながります。

使用容量と転送速度は、テープが正常に動作しない場合に、お客様自身で確認できる実環境での評価基準です。容量の減少は、同量のデータをバックアップする場合、より多くのテープが必要になることを意味しています。転送速度の低速化は、長時間のバックアップ、あるいはバックアップウィンドウの超過を意味し、業務への支障や中断につながる可能性があります。

どちらの場合でも、パフォーマンスにおけるわずかな支障から発生する隠れたコストが、すぐに大きな出費となる可能性を秘めています。

例として、HPE LTO-7 ドライブの Green Tape テストを実施中に使用された、複数の LTO-6 MP と LTO-7 カートリッジの容量や転送速度の変化を以下の 2 つの図表に示しています。これらの例では、HPE ブランドの LTO メディアのエラー率は非常に低いことが幸いして、すべてのカートリッジが本来のパフォーマンスを発揮しています。



## HPE LTO Ultriumメディアブランドの仕様のテスト詳細

ヒューレット・パッカード エンタープライズは、研究開発の初期段階からデータカートリッジ品質に関わります。HPEは業界リーダーのメーカーと協力して、物理的な特徴（例：テープの厚さ）や記録密度（例：ビットやインチの数値）、信号のパフォーマンス（例：エラー率）など、ドライブの記録メディアのパラメーターを具体的に規定します。

HPEのブランド適格性プログラムは、お客様やエンドユーザーにおける一般的な4つの懸念事項に対処します。

### 復元

テープからデータの復元が必要なときに、すぐにデータを復元可能か？

### アーカイブ寿命

テープはデータ保持の規則や企業規定に対応し、それを上回ることができるか？

### 互換性

「…との互換性があるか？」だけでなく、「メーカーに関わらず、既存のテープデバイスで期待するレベルの動作をするか？」

### 通常運用でのエクスペリエンス

負荷の高い過酷な使用に耐えられるか？

## 継続的な取り組み

現在のLTO仕様では、最初のLTO-1からLTO-8フォーマット準拠テスト（12ヵ月ごとに再評価を実施）において、テストに必要なカートリッジ数が限られているのに対し、ヒューレット・パッカード エンタープライズでは、少なくとも2つの別々の製造バッチから最低でも500個のデータカートリッジを調達し、テストします。

その他のLTO認定メディアはHPEのドライブと他社ドライブを交換しても使用可能であることが保証されていますが、LTOロゴは、最低限の一貫した品質水準を保証するものではありません。

## Green Tapeテスト (GTT)

ヒューレット・パッカード エンタープライズが他の企業と異なる点は、Green Tapeテスト (GTT) を重視していることにあります。アーカイブ作業などのバックアップや復元操作を行う場合に、毎回、新しいカートリッジを使用するお客様が増え続けていますが、これをサポートするのがこの特殊なテストです。

ヒューレット・パッカード エンタープライズは製造施設で毎月、HPE LTO UltriumカートリッジのGreen Tapeテストを実施し、その後の手順をさらにHPEの研究所で行っています。テストカバレッジを完璧に確保し、またドライブ設計の違いによってHPEのテープのパフォーマンスに影響が出ていないことを確認するために、このテストにはHPEと他社の両方のドライブを使用します。ユーザーが使用している容量や転送速度などの鍵となる指標をテスト中に常に監視し、高いパフォーマンスを確実に維持できることを確認します。

HPEがメディアの品質を保ち、アーカイブにおけるテープの役割の進化に注力する中、定期的なGTTの実施は重要であることから、これらの指標は進化し続けています。たとえば、GTTは、発売前のLTO-7の研究開発期間中のテストにおいて極めて重要です。

- 1000個以上のLTO-7カートリッジにGTTを実施
- 7億5000万メートル（46万2000マイル）以上のLTO-7テープを引き出す

HPEのエンジニアが広範なテストを実施し、LTO-8を開発している間、同様のアプローチが適用されました。

- 1000個以上のLTO-8カートリッジをテスト (GTTを含む)
- 12億5000万メートル（77万6000マイル）以上のLTO-8テープを引き出す

さらにこれは、これまでのHPE LTO Ultriumストレージ製品に対する現行の品質管理手法にさらに追加する形になっています。毎月、生産現場から直接調達した複数のカートリッジを対象に、HPEと他社の両方のドライブで、一連のGreen Tapeテストを実施します。

2016年の初めから、8500以上のカートリッジをHPEの厳格なGTTプロトコルでテストしました。約9億5000万メートル（59万302マイル）のメディアを引き出しました。約5500万ギガバイトのデータを書き込みました。これらの継続的なテストは、お客様のテープメディアへの信頼性を最大化するために行っています。



## Full Volume Life (FVL) テスト

このテストでは、単一のカートリッジを使用して複数回のフルボリューム書き込み/読み出し操作を実施し、容量損失や高いエラー率による劣化は許されません。FVLは、バックアップや復元に、毎回同一のカートリッジを使用する場合、ヒューレット・パッカード エンタープライズが製品のパフォーマンスの持続性を検証するために使用するものです。

## 異なる環境条件のもとでの厳格なテスト

1件以上のテスト条件のもと、単一ドライブで単一データカートリッジのみを使用する限定された組み合わせに対し、ヒューレット・パッカード エンタープライズは、以下のすべての条件において複数ドライブで複数のテープ間のすべての組み合わせを実施してストレージ製品ごとに徹底して確認します。

- 摂氏10度 (華氏50度)、相対湿度 80%、低温、湿潤
- 摂氏10度 (華氏50度)、相対湿度 20%、低温、乾燥
- 摂氏40度 (華氏104度)、相対湿度 20%、高温、乾燥
- 摂氏40度 (華氏104度)、相対湿度 35%、高温、常温
- 摂氏29度 (華氏84度)、相対湿度 80%、高温、湿潤

フルボリューム書き込みおよび読み出し操作では、エラー率は、HPEのエンジニアが決定した厳しいパフォーマンスレベルに納まる必要があります。各環境において、データは24時間継続的に書き込み、および読み出されます。お客様にとってのメリットは、ドライブやカートリッジが、単にITデータセンターのような管理された環境だけでなく、あらゆる条件下で継続的な使用に耐えるだけの十分な堅牢さがあることです。HPEの環境条件テストは、単一データカートリッジで実施するカスタマイズされた限定的なテストではなく、様々なドライブや数種類のカートリッジを使用し、その結果での完全な一貫性を確認することでパフォーマンスを多角的に検証します。

## 落下耐久テスト

LTOフォーマット仕様では、カートリッジの落下テスト要件はありません。しかし、ヒューレット・パッカード エンタープライズのテストでは、HPEブランドのLTO Ultriumデータカートリッジの最低水準の耐久性を評価し、コンクリートの床の上に0.75メートル (2.46フィート) の高さから落下した場合に、データカートリッジに復元不可能な損傷が起こらないことを検証します。この要件は、20個のデータカートリッジを連続して落下させ、その上面および下面、端部が床に衝突した場合を想定しています。別のテストでは、この要件は、データカートリッジが偶発的に、ライブラリケースあるいはパッケージ構成の中で落下した場合を想定しています。

これによって証明されるメリットは、データカートリッジが、継続的な使用や運送 (たとえば、オフサイトのストレージソリューションへの運送) に耐える十分な堅牢さがあり、損傷したりデータ損失が起こらないことです。

## ロード/アンロード操作の徹底的なテスト

LTO Ultriumフォーマット仕様では、ロードまたはアンロードに関する要件はありません。しかし、この分野のLTOテクノロジー開発をリードしてきたヒューレット・パッカード エンタープライズは、ロード/アンロード操作の中核であるリーダーピン アセンブリの信頼性を向上させる様々なフォーマット変更も提案してきました。

このテストでは、ロード、リーダーピン アセンブリ (LPA) の取り込み、(2、3メートルのテープを巻き取りリールに) 巻き付け、巻き取り、LPAを取り外してアンロードするという自動サイクルを使用します。各サイクルは、最低でも2万回繰り返されます。

ハイブリッドIT環境においては、HPE LTO Ultriumドライブの大部分がHPE StoreEver MSL、T950、Tfinityなどの自動化システムに統合されます。そのため、HPEブランド データカートリッジのロード/アンロードのパフォーマンスは、水平状態だけでなく、ドライブを計3つの異なる状態 (水平、テープパスを上面、テープパスを下面) にして評価します。これは、実環境でドライブやテープが実際に使用される状況を再現しています。

HPEのロード/アンロードテストのメリットは、カートリッジ リーダーの仕組みが、想定される用途を確実に果たすだけの十分な堅牢さがあり、故障してドライブに損害を与えたり、中断を引き起こさないことが確認できることです。また、その結果、バックアップを繰り返す必要がなくなり、ドライブを修理するためにダウンタイムが生じてコストがかかることもありません。さらに、(たとえカートリッジが何千回ものロード操作を処理した後であっても) カートリッジがドライブに正常にロードされ、カートリッジの不適切な取り付けで、さらなるダウンタイムを引き起こすリスクはありません。

## 検索/巻き戻し/データ追加テスト

このテストでは、非常に厳しい環境（摂氏29度（華氏84度）、相対湿度80%）において、繰り返しストレス（ファイルの検索、データの復元および追加操作）に耐え得るテープの能力を測定します。このメリットは、データカートリッジが日々、過酷な環境でも動作し、バックアップや復元の失敗件数が削減され、ネットワークの中断リスクが最小化されることです。

## 運送と保管テスト

このテストには、単一のデータカートリッジと単一のドライブを使用します。

ヒューレット・パッカード エンタープライズの評価プランは、HPEブランドのLTO Ultriumストレージ製品が繰り返し運送および使用できることを保証します。このテストは、以下の環境下の環境検査室において複数のカートリッジを使用して実施されま

- テストデータカートリッジを2日間、摂氏10度（華氏50度）、相対湿度10%の環境で保存
- テストデータカートリッジを2日間、摂氏49度（華氏120度）、相対湿度15%の環境で保存
- テストデータカートリッジを2日間、摂氏29度（華氏84度）、相対湿度80%の環境で保存

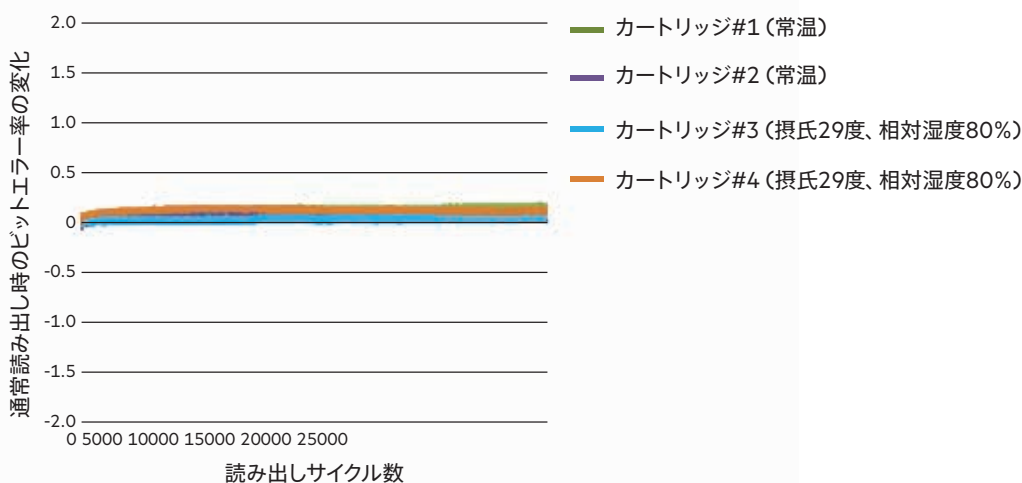
カートリッジを環境検査室に入れる前に、フルボリューム書き込み操作を実施します。保管後にフルボリューム読み出し操作を実施します。

## デューティサイクルが高い場合のシューシャインテストの自動化

LTO準拠手順にはシューシャインテストに関する記載はありません。HPEのテスト手順では、テープの短い部分への過度なリポジショニング、あるいはエラーリカバリをシミュレートし、メディアがテープヘッドの通過の繰り返しに耐え得るかを測定します。

データはテープの短い部分に書き込まれます。テープを巻き戻し、データを読み出し、エラー率を確認します。この「巻き戻し - 読み出し - エラー率確認」手順は、最大で2万回繰り返され、テスト完了後にパフォーマンスの低下がない必要があります。

このメリットは、テープの短い部分だけでも、テープが過酷な使用に耐え得ることです。これは、ライブラリを使用し、特定のアプリケーション用にテープに名前を付けて使用したり、データを書き込む時に毎回テープの同じ部分を使用したりするお客様にとっては、重要になります。



# アーカイブの安定性テスト

テープをアーカイブに保管し、法務責任者または営業担当者、パブリッシャー、ニュースルームから、今から10年後にそのデータの提供を依頼された場合、それが新規作成同様、完全に良好な状態で保管されている確証はどの程度になるかということです。

ハイブリッドITインフラストラクチャのアーカイブ ストレージテクノロジーすべてにおける主要目的は、最終的にはこの点になります。

過酷な条件の下で実施するテープのテストにより、HPEのデータカートリッジが少なくとも30年間の保証期間中、破損しないことを自信を持って言えます。

## 優れた耐久性

LTO Ultriumのような粒子状のメディアには、磁粉を適所にとどめ、基板に接着させるためのバインダーシステムが組み込まれています。初期のバインダーシステムは加水分解により故障することがありました（たとえば、バインダーが水分を吸収し、その結果劣化し、残骸となる可能性があります）。しかし、HPE MPやBaFeのメディア製品が現在使用している高度なバインダーシステムは、湿度が高い状態に非常に強く、バインダーの加水分解はもはや大きなリスクとはなりません。

信号の劣化は、テープのアーカイブ特性に影響を与えうる別の要因です。これまでのところ、信号の劣化は磁粉の酸化が原因で起こるものでした（たとえば、化学反応によって1つ1つの粒子の磁気的な強さが弱まり、その結果、読み込み信号の強さが弱まりました）。

しかし近年、金属粒子テクノロジーが進歩し、すべてのHPE LTO Ultriumテープが非常に効果的な「アーマーコーティング」を採用しています。このパッシベーション層が、その名の通り、磁粉を取り巻いて保護し、酸化プロセスを完全に失くすことに成功しています。その結果、たとえ長い期間保管しても、読み込み（復元）プロセス中に大きな信号の劣化は起こりません。後発のバリウムフェライト粒子はもともと安定性が高い酸化物であるため、パッシベーション層は必要ありません。また、HPE LTO Ultriumデータカートリッジは、保磁力の高い粒子を利用しているため、このメディアは他の磁場の影響をこれまで以上に受けにくくなっています（これによって、データの完全性や復元の信頼性を常に保証しています）。

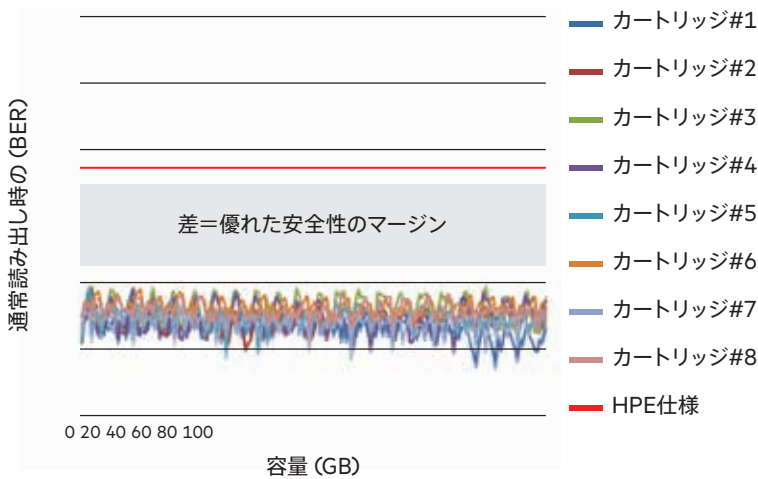
磁性が著しく損なわれると、SNR信号が劣化し、BERが高くなります。そうすると、最終的にデータバックアップの完全性が損なわれる可能性があります。そのためアーカイブでは、テープが粒子の酸化とバインダーの加水分解の両方の影響に抵抗できるように設計することが不可欠です。実際のアーカイブを実証するには、加速劣化テストを実施する必要があります。このテストによって、時間の経過とともにどのように磁性が弱くなるのか、加水分解が起こる可能性が高いのかが分かります。

## LTO-1を使用したリアルタイム アーカイブ

LTOテクノロジーが成熟したことを考慮すれば、実験室の加速テストだけに頼るのではなく、リアルタイム アーカイブのパフォーマンスに焦点を置くことが今なら可能です。LTOテクノロジーの初期から、HPEは、アーカイブ ストレージに保管されてきた8個のHP LTO-1カートリッジのパフォーマンスを追跡しました。これらのカートリッジはすべて、2003年6月に製造されたものであり、2003年7月にHP LTO-1ドライブを利用して、最大容量（100GB）のデータのバックアップを実施しました。

カートリッジは14年間、推奨されたアーカイブ条件下で保管され、それらのテープに記録されているオリジナルデータは、HP LTO-2ドライブを使用して最近復元されました。そして、次のページにあるように圧倒的な結果を収めました。





## まとめ

企業のお客様は通常、社内に数十あるいは数百のテープドライブを保有していますが、HPEがテストで使用しているデバイスの数には満たないでしょう。HPEでは、高度なエンドユーザーもはるかに超え、ルメディア製造工程、さらには、生産と資材への精通を必要とする複雑な多段工程を科学的にあらゆる面から検査するリソースと専門知識を有しています。

HPEがこれまで収集した具体的なデータ例には、サーボの品質やエラー率というパフォーマンスに加え、テープが擦り切れる特性などもあります。このどれも製造ラインやデータセンターでは直接見えません。

HPEは意見に耳を傾けるだけでなく、何十万ものHPEのテープを利用しているお客様事例から学んでいます。当社の製品の機能の多くは、お客様のフィードバックの直接的な結果です。たとえば、プリラベル付きのメディアや帯電防止シエル、ドライブの損傷を防ぐために設計が改善されたリーダーピン、衝撃に強い堅牢なカートリッジ、間違ったメディアをドライブにロードしないようにするために導入された様々な色のカートリッジなどがあります。結論として、テープドライブは、データカートリッジの品質を検査する上で最適なものです。

お客様のデータは唯一無二であり、お客様のビジネスのDNAです。HPEでは、お客様がリスクを抑え、コストを削減し、増加するデータの管理の支援に尽力しています。HPE LTO Ultriumテープにデータを預けた際には、まるでご自身の手中に保管しているかのような安心をお届けします。

詳細情報  
[hpe.com/storage/storagemedia](http://hpe.com/storage/storagemedia)

メールニュース配信登録

  
**Hewlett Packard**  
 Enterprise

© Copyright 2012–2017, 2018. Hewlett Packard Enterprise Development, L.P. 本書の内容は、将来予告なく変更されることがあります。HPE製品およびサービスに対する保証については、当該製品およびサービスの保証規定書に記載されています。本書のいかなる内容も、新たな保証を追加するものではありません。HPEは、本書中の技術的あるいは校正上の誤り、脱字に対して、責任を負いかねますのでご了承ください。

a00039947jpn, 2018年2月, Rev. 4