

## 11. テープオートメーション

テープドライブ、メディア技術の進化と共に、テープストレージのオートメーション化も大きく発展してきた。現在では複数のテープライブラリー装置で構成されるシステムで最大 10 万巻、搭載テープドライブ台数は 1~2 ドライブから最大数百ドライブを超えるものまで、いろいろなタイプのテープオートメーションが登場している。ここではテープストレージのオートメーション化を巡る歴史、そこに投入された技術と共に、テープオートメーションの重要性について説明していく。

### 11.1. テープストレージの歴史

テープストレージが最初に登場した時、テープ媒体をテープドライブにマウントするのは人手であった。ディスプレイに表示されるボリューム通番を頼りにオープンリールテープを棚から探してきて、指定されたテープドライブにセットするというものであった。やがて、テープ媒体の形態もオープンリールテープからテープカートリッジ（以下カートリッジ）に進化し、小型化・大容量化した。これに伴いテープの取り回しが格段に良くなり、複数のカートリッジをあらかじめ装置にセットしておく、セットした順番にテープカートリッジをテープドライブに自動でセットするスタックブルタイプの「オートローダーオープン」が登場した。

しかし、これも予め、読み取りたいデータが記録されたテープカートリッジを手でセットしなくてはならないものであった。その後、データ量も増えたことで、テープカートリッジの入れ替えを自動化する要求が広まり、これに対して生まれたのがテープライブラリー装置である。

テープライブラリー装置は、一台以上のテープドライブとカートリッジを収納する棚、そしてロボットを備えており、任意のカートリッジを任意のテープドライブにロードすることができる。

その後、テープドライブ、メディア（カートリッジ）技術の進化に伴い、現在では一台のテープライブラリー装置システムで数巻から最大 10 万巻のカートリッジ、搭載テープドライブ台数は、最大数百台を超えるものまで、いろいろなタイプのテープライブラリー装置が登場している。

## 11.2. 初期のテープオートメーション

[左 : IBM 3480、右 : StorageTek 4400(現 Oracle 社)]



図1. 初期のテープオートメーション

写真左はスタッカブルタイプのオートローダーを備えた IBM 3480 磁気テープサブシステム。今から 37 年以上前の 1984 年 3 月に発表された。一台のコントローラーに合計 8 台までのテープドライブを接続することができ、それぞれのテープドライブにつき 6 巻のカートリッジを自動でロード/アンロードすることができた。

写真右は、1987 年に出荷開始となった StorageTek 4400 (現 Oracle 社) テープライブラリー装置。1 台のテープライブラリー装置あたり最大 5970 巻のカートリッジ、最大 16 台のテープドライブを搭載できた。また、ロボットハンドは、テープライブラリー装置あたり 2 個の冗長構成で、カートリッジの交換性能は、1 時間あたり 160 回であった。また、テープライブラリー装置を最大 16 台連結した構成が可能であった。

## 11.3. テープオートメーションの必要性

テープストレージを取り巻く環境は、データの容量が少なくワークステーションやサーバーごとに直接接続されたテープドライブによるバックアップ運用で問題がない環境・時代から、データの容量が増加し、SAN/LAN 環境における複数サーバーから共有してアクセスする環境へと大きく変貌した。そこでは、ストレージの使用効率化、バックアップの統合化が進められ、管理・運用コストの削減や無人運用が求められる。各種のバックアップアプリケーションを併用して、スケジューリング、カートリッジの外部保管、集中管理が一般的となった現在、テープオートメーション市場が成長している。

テープオートメーションは、誤ったカートリッジの使用やバックアップのし忘れなどの人為的なミスからの回避、単純作業から解放など、運用の効率化に貢献している。

#### 11.4. 現在のテープオートメーションの基本構造

筐体内部に複数のカートリッジを格納し、カートリッジを自動で入れ替える機構を備えている。

主な構成要素を、以下に列記する。

- 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（別名セル）
- カートリッジをテープドライブとスロット間等で移動する、ロボット機構（カートリッジを掴むロボットハンドを含む）
- ロボット（ハンド）をコントロールする制御回路（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に使われる、メールスロット（別名 Import/Export スロット、I/O スロット、カートリッジ・アクセスポートなど）
- 装置の設定や状態を監視できる、監視・管理インターフェース（タッチパネルや PC などのブラウザを使用）

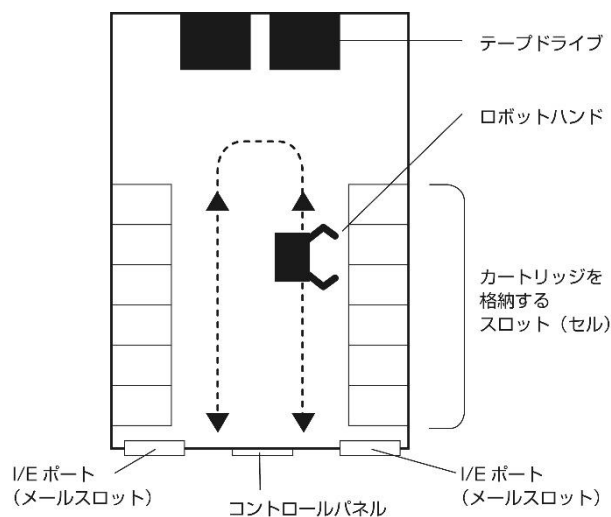


図2. テープオートメーションの構造

#### 11.5. テープオートメーションの分類

テープオートメーションを大きく分けると、過去、主流であったスタックブルタイプの「オートローダー」と、現在も使用されている「テープライブラリー装置」に分類される。一方、現在の「テープライブラリー装置」の中にも「オートローダー」という名称を使用するものがある。

現在のオートローダーは、比較的小型の装置で、収納できるカートリッジ数が 20 巻程度、搭載できるテープドライブ数が 1 台という装置である。使用環境は、小規模システムや部門のバックアップであり、複

雑な環境で使われることはほとんどない。

それに対してテープライブラリー装置は、複数台数のテープドライブの搭載が可能であり、収納巻数もかなり多くなり、10 数巻から数千巻を越える製品が存在する。大型のテープライブラリー装置は、SAN 環境内で複数サーバーからの共有やメインフレームとオープンシステムで共有されることも多い。

## 11.6. テープライブラリー装置の分類とテープライブラリー装置の拡張性

現在、各社から多くの種類が投入されているテープライブラリー装置がどのようなタイプに分けられるのかを考えてみる。

### 11.6.1. 設置形式による分類

最初は、設置場所や搭載の仕方から見た分類で、以下の 3 種類がある。

- ・ ラックマウント型 (19 インチラックに搭載)
- ・ フロアスタンド型 (床上に設置)
- ・ デスクトップ型 (デスクやテーブル上などに設置)

外見から、どのタイプであるか直ぐ判断がつくわかりやすい分類である。

### 11.6.2. 拡張方法による分類

続いて、拡張方法に視点を当てて分類してみる。

拡張方法は 2 つの方法に分類される。

まず一つは、テープドライブの搭載台数とスロットの最大数が 1 つの筐体で決まってしまうタイプである。このタイプは、物理的なスロットは最大数搭載されているが、最初に使用できるスロット数が少なく設定されている。スロット数を増やすには、ライセンスを別途購入して、設定でスロット数を増やす方法がとられている場合がほとんどである。このため、1 筐体内で決められた最大スロット数やテープドライブ数を超える拡張はできない。

もう一つは、必要なスロット数やテープドライブ数が 1 筐体の最大数を超えたとき、筐体を連結してテープドライブ台数やスロット数を増加させることが可能なタイプである。

OS/アプリケーションからは、複数のテープライブラリー装置の筐体を連結した状態で、1 台のテープライブラリー装置として認識される。

前述の設置形式による分類からすると、水平方向への連結拡張はフロアスタンド型に多く見られ、垂直方向への連結拡張はラックマウント型に多く見られる。

水平ならびに垂直方向への筐体連結の方法をもう少し詳しく見ると、パススルーポート (以降 PTP) と

いう筐体間でカートリッジを受け渡しする機構を使って各テープライブラリー装置同士を連結し 1 台のテープライブラリー装置とするタイプと、PTP を使わずに筐体を連結してロボットが筐体間を移動できるようにすることで、1 台のテープライブラリー装置とするタイプがある。

PTP を使って連結するタイプでは、ロボットやロボットコントローラーが各筐体に存在するため、この 1 台のテープライブラリー装置内にはロボットやロボットコントローラーが複数存在している。

それに対して、PTP を使わない拡張タイプでは、テープドライブ増加やスロット拡張だけに特化した筐体（拡張モジュールなどの名称）をコントローラーやロボットなどの基本要素を持つテープライブラリー装置本体（ベースモジュールなどの名称）に追加していく。このタイプでは、1 台のテープライブラリー装置内のコントローラーやロボットなどの基本要素はベースモジュールに存在するだけになる。

### 11.6.3. テープライブラリー装置の拡張方法による分類

拡張範囲	筐体連結方向	連結手法
筐体内+筐体連結	水平	拡張モジュールを追加
		PTP でテープライブラリー装置同士を結合
	垂直	拡張モジュールを追加
		PTP でテープライブラリー装置同士を結合
筐体内のみ		

表1. 拡張方法による分類

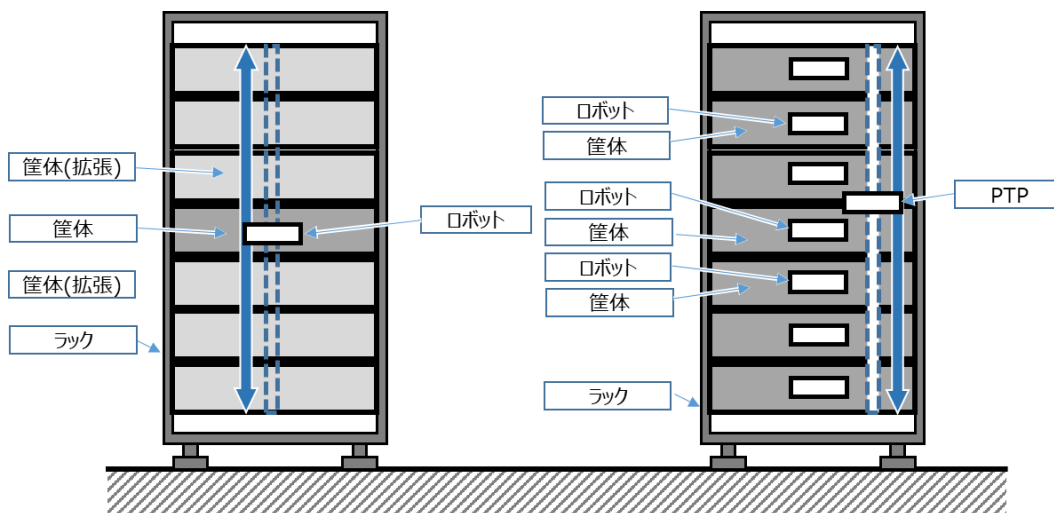


図3. 例) テープライブラリー装置の拡張(垂直方向)

### 11.7. ロボット (ハンド)

カートリッジを搬送するロボットのハンドには、カートリッジを上下もしくは左右から掴むタイプ、またはカートリッジに付いている凹みに爪を引っ掛けて取ってくるタイプなどがある。特にカートリッジを高速に搬送するロボットの場合はカートリッジを確実に保持することが求められる。

### 11.8. バーコードとバーコードリーダーについて

カートリッジにはボリューム番号をバーコードとして印刷したラベルを貼り付けることが可能になっており、ロボットハンドに搭載されているカメラまたはバーコードリーダーでこのバーコードを読み取ることができるものもある。これによりマウントするカートリッジが正しいボリュームであることを確認することが可能になり、間違ったボリュームをマウントすることがなくなる。

また、カートリッジの入庫時や、大量のカートリッジを一括でテープライブラリー装置に登録する場合には、バーコードがないと 1 巻 1 巻をテープドライブに搬送し、各カートリッジのボリューム番号を付与する必要があり、大変時間を要する作業になる。このため、バーコードをカートリッジに貼付し、ロボットに読ませることにより、新たにテープライブラリー装置に登録されるカートリッジを自動的に且つ早く認識させることが可能となる。

### 11.9. ロボットの冗長性

複数のロボットを搭載した大型のテープライブラリー装置がある。制御回路からロボットにいたるまで、全て二重化し、片方のロボットが故障しても業務を継続できるようにしている。また、故障したロボットを活性交換（ホットスワップ）できるようになっている機種もあり、RAS (Reliability、Availability、Serviceability) の向上を計っている。

### 11.10. 論理ライブラリー (論理分割・Logical Library・パーティショニング)

1 台のテープライブラリー装置を論理的に複数台のテープライブラリー装置に見せる機能のことで、パーティショニングとも呼ばれる。たとえば物理的には 100 巻/4 ドライブの装置を 50 巻/2 ドライブの装置 2 台に設定し、それぞれを別々のバックアップサーバー (たとえば Windows と Linux) に接続することができる。それぞれの OS/バックアップアプリケーションからは 50 巻/2 ドライブ専用のテープライブラリー装置が接続されているように見え、OS/バックアップアプリケーションごとに独立した運用を保つことができる。実際の利用としては、1 台のテープライブラリー装置を実運用業務の通常のバックアップで使い、開発環境ではテストを進めるということができる。この機能の実装には、外部の専用の制御装置で行う方式とテープライブラリー装置そのもので行う方式がある。

論理ライブラリーは、物理的には 1 台のテープライブラリー装置で、カートリッジやテープドライブ以

外のロボットは共有して使用するため、メンテナンス費用などのコスト面で有利となる。

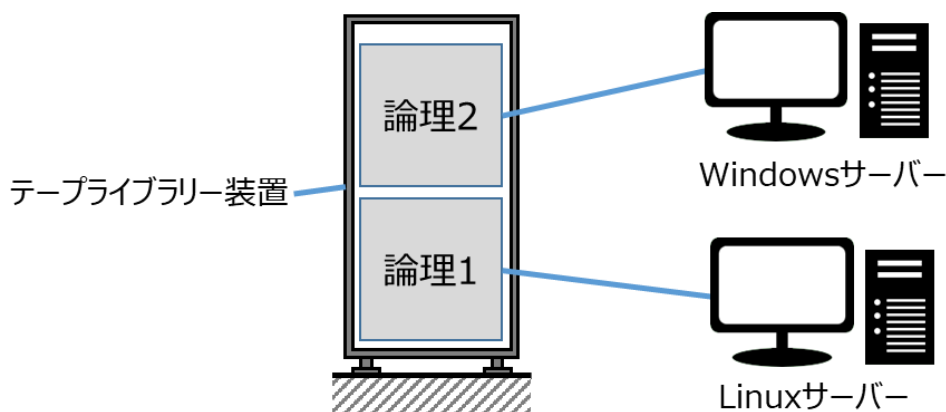


図4. 論理ライブラリー

### 11.11. 監視および管理機能

規模の大きい IT 機器を持っている企業などでは、データセンターを各地域などの要件によって、システム管理者から離れた場所に設置される場合がある。例えば、米国ではデータセンターは電気料金の安い地域に建てられることが多く、地震の多い日本では、地盤が頑丈な土地を選んで建てられることが多い。

また、システム管理者と同じ場所にセンターがあったとしても、データ量の増大などから、大量の IT 機器を導入している施設は、大型化しておりシステム管理者がすべての機器の監視や管理を見てまわるには、労働力のいる作業になってしまう。

このような状況において、システム管理者が遠隔で集中して監視、管理できるように、サーバーと同じように、ほとんどのテープライブラリー装置は Web ブラウザー等を使ってネットワーク経由で装置の状態を監視したり、操作したりすることができる。エラー発生時のメールでの通報、装置内に蓄積されたログ情報の収集ができる製品もある。

### 11.12. 暗号鍵管理

第 4 世代の LTO Ultrium (以下 : LTO) からはテープドライブに暗号化機能がサポートされた。可搬性に優れたテープにとって、カートリッジ運搬中の盗難や紛失などで、大事なデータがとられてしまう恐れがあり、この機能はまさに市場から求められた機能といえる。

この暗号化機能は、テープドライブに暗号鍵を渡すことで、テープドライブがデータを暗号化してテープに書き込んだり、暗号化したデータを復元して読み取りしたりすることができる仕組みになっている。

テープドライブに暗号鍵を渡す方法は大きく二つの方法がある。一つはテープライブラリー装置がカートリッジテープの書き込み、読み取り時に自動的にテープドライブに渡す方法。この場合、テープライブラリー装置内に、暗号鍵情報を管理する機能を持っている。

もう一つの方法は、上位のソフトウェアで暗号鍵を渡す方法である。この場合は、管理しているソフト

ウェアが入っているサーバーから暗号鍵がテープドライブに送られる仕組みになっている。このようなソフトウェアの使用は、複数サイト間での鍵情報の共有等の機能があり、大規模な鍵管理システムの構築、運用で使用される。

LTO 以外でも各ベンダーの最新テープドライブでは暗号化の機能がデフォルトで搭載されているものが殆どになってきており、テープの世界では暗号化が標準になってきている。

テープライブラリー装置には、ユーザー環境に合わせて暗号化機能の運用ポリシーを変更・設定できる装置がある。例えば、カートリッジ毎やカートリッジグループ毎に異なる暗号鍵を使用することも可能である。このため、テープドライブの暗号化機能に対応していない既存のバックアップソフトウェアを変更せずに、テープライブラリー装置がテープドライブの暗号化機能を利用可能にすることもできる。この際、テープライブラリー装置が暗号鍵サーバーと通信して必要な暗号鍵をテープドライブに渡すため、既存のバックアップソフトウェアを変更しなくてもデータの暗号化が可能となる。

### 11.13. ケーブル給電／レール給電

ロボットは上下左右に動作する。この動作に必要なモーターや制御回路がロボットに搭載されており、ここに電力を供給する必要がある。多くのテープライブラリー装置ではケーブルで給電しているが、中には電車のようにパンタグラフのような給電を行っている装置もある。ケーブル給電は確実だが、前記したように、筐体を増設して拡張するテープライブラリー装置の場合、ケーブルの余長処理や拡張した装置にあったケーブルの交換が必要になってくる。レール給電は、ケーブルの余長処理が必要にないことや、ケーブル分のスペースが効率化できる反面、ブラシ摩耗やゴミによる瞬断を考慮した仕組みが必要になる。

このように、テープライブラリー装置にはさまざまな技術が使用されている。

### 11.14. コントロール（ロボット）パスとテープドライブパス

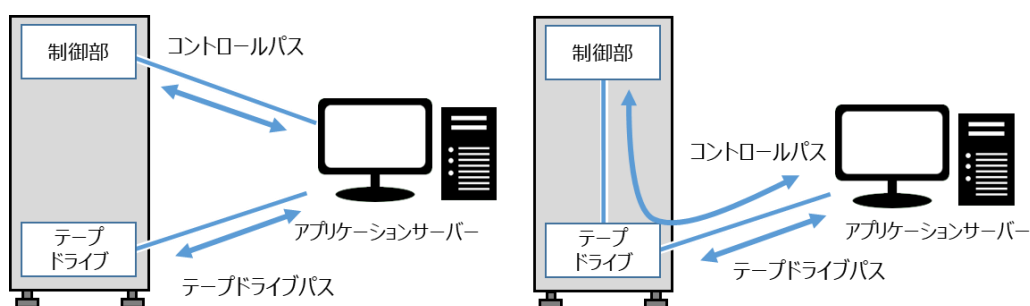


図5. テープライブラリー装置のパス

テープライブラリー装置の一般的な動作は、サーバーのアプリケーションが要求したカートリッジを指示したテープドライブに運び、アプリケーションの指示によってデータを書き込んだり読み込んだりするものである。これら動作は、OS のコマンドで行うことも可能である。



それでは、どのようにサーバーのアプリケーションまたは OS から指示を受けて動作しているのかを説明していく。

まず、テープライブラリー装置には、コマンドのやり取りやデータを送受信するために 2 つのパスを持っている。一つはロボットをコントロールしたり、ステータスを確認したりするためのコントロールパス。もう一つは、テープドライブを制御したり、データを送受信したりするためのテープドライブパスの 2 つがある。

以上から、テープライブラリー装置には 2 つのパスが必要であるということになる。テープライブラリー装置には、この 2 つのパスをそれぞれ独立させて、専用パスとして設けているものもあれば、テープドライブのパスを使い、コントロールパスをそこで共有させているものもある。この場合、テープドライブを経由してテープライブラリー装置の制御部に指示が行く仕組みになっている。

### 11.15. 仮想テープライブラリーとテープオートメーション

テープストレージはコストとしては非常に高い優位性を持っているが、データアクセスに関してはハイレイテンシーな製品である。ハイレイテンシーとは、データの書き込み、読み取り要求がでてから、実際にデータが書き込み、読み取りされるまでに時間がかかることを言う。テープストレージはデータの書き込み、読み取り時にテープドライブに対して、テープの入れ替え動作が入るため、どうしても数分掛かってしまう。

データ量が増加し、バックアップ時間の短縮など、データのアクセス時間向上に対する要件がどうしても生まれてくる。これに対して、登場したのが仮想テープライブラリーである。

この仮想テープライブラリーは、バックアップソフトウェアなどの上位アプリケーションにはテープストレージとしてエミュレーションして、あたかもテープストレージを使用しているかのように見せている。

データの書き込み、読み取りは、実際はテープではなく、ハードディスクを使用しているため、データアクセススピードはテープストレージと比較しても数段早く処理ができる。

また、ディスクを使うメリットとしては、仮想的なテープドライブ数を増やすことが可能なため、並列にデータアクセスが可能であり、さらに早いアクセスができることが特長である。

仮想テープライブラリーには、すべてディスクで構成されているものもあるが、コスト観点でディスク装置とテープライブラリー装置を組み合わせたものもある。この場合、ディスクシステムでデータの保存や、複数ボリュームをスタッキングしてから、テープライブラリー装置にデータを書き込む「階層制御」機能を持っている。

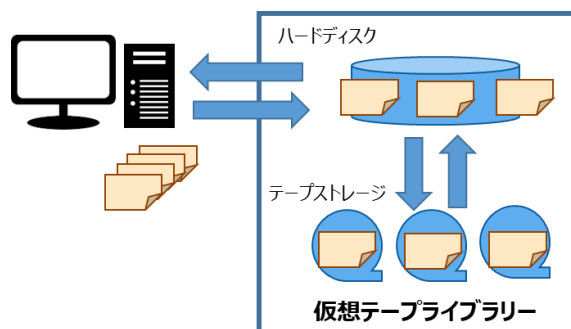


図6. 仮想テープライブラリー(概略図)

### 11.16. テープオートメーションの重要性

今後のデータ量の増加やデータの長期保存の義務化、また環境問題への対応が重要となる中で、グリーンストレージでもあるテープストレージへの期待が高まっている。大容量化やテープライブラリー装置、テープドライブの省電力化等、テープオートメーションの分野でも、今後の技術革新が期待される。

このようにディスクシステム、仮想テープライブラリーとの組み合わせの中で、テープオートメーションの重要性はますます高まっている。