

## 10 テープオートメーション

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。現在では複数のライブラリー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ライブラリーが登場している。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検討していく。

### 10.1 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、アプリケーションが必要とするテープ媒体をドライブにセッ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き、自動的に順番に使用する「オートローダーオプション」が登場。このオートローダーが進化しライブラリーに発展した。

ライブラリーは、複数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、ドライブ、メディア（カートリッジ）技術の進化に伴い、現在では一台のライブラリーシステムで最小数巻から最大 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ライブラリーが登場している。

また、近年は仮想テープライブラリー（VTL: Virtual Tape Library）の登場に伴い、テープオートメーションがその VTL の背後に長期データ保存用のストレージとして接続される構成も採用されている。

## 10.2 初期のテープオートメーション

[左 : IBM 3480、右 : StorageTek 4400]



写真左は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 25 年前の 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) ライブラリー。1 台のライブラリーあたり最大 5970 巻のカートリッジ、最大 16 台のドライブを搭載できた。また、ロボットハンドは、ライブラリーあたり 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、ライブラリーを最大 16 台連結した構成が可能であった。

## 10.3 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。

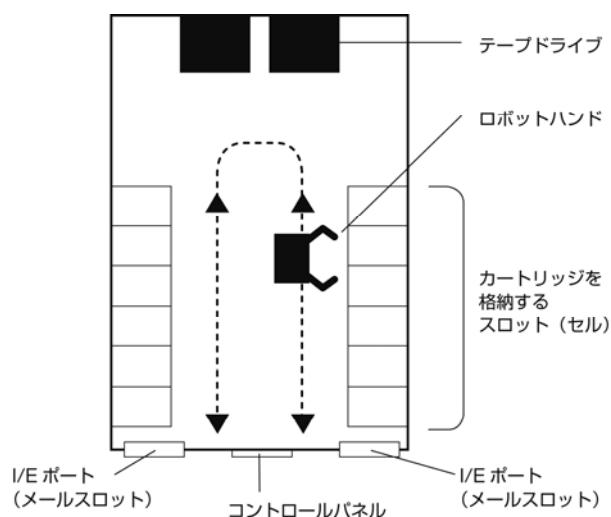
## 10.4 現在のテープオートメーションの基本構造

---

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）



### 10.5 テープオートメーションの分類

現在、製品の名称としてオートローダーとライブラリーが存在する。

オートローダーは、比較的小型の装置では収納できるカートリッジ数は多くとも 20 巻程度であり、搭載ドライブは 1 台というのが定義であった。この場合、ドライブはフルハイト（高さ）であることがほとんどだが、ドライブがハーフハイト（高さ）のタイプでは、フルハイトの半分の大きさ（高さ）であるため、ハーフハイトのドライブが 2 台搭載可能であり、その搭載がサポートされている時には、最大 2 台が搭載できることになる。現在では、オートローダー製品の定義としては、最大 2 台（ハーフハイトのドライブの場合）としてもよい。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。それに対してライブラリーは、複数台数のドライブ（フルハイトでも）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。大型のライブラリーは、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系システムで共有されることも多い。

## 10.6 ライブラリーの分類とライブラリーの拡張性

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

### 10.6.1 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。

### 10.6.2 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。

まず、ドライブ搭載台数とスロット数の拡張がライブラリー筐体内のみとなるものがある。このタイプではライブラリー筐体を越えた拡張はできない。

次に、拡張要求が筐体内部での拡張では済まなくなったとき、筐体を連結して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がある。このタイプには、筐体を水平方向に連結して拡張するタイプと垂直方向に連結して拡張するタイプがある。

OS/アプリケーションからは、複数のライブラリー筐体を連結した全体は、1 台のライブラリーシステムとして認識される。

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（PTP）という筐体間でカートリッジを受け渡す機構を使って各ライブラリー同士を連結し 1 台のライブラリーシステムとするタイプと、PTP を使わずに筐体を連結して 1 台のライブラリーシステムにするタイプがある。

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 台のライブラリーシステム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、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ライブラリー本体（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 台のライブラリーシステム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。

### 10.6.3 ライブラリー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 でライブラリー同士を結合
	垂直	拡張モジュールを追加
		PTP でライブラリー同士を結合
筐体内のみ		

## 10.7 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。

## 10.8 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、カートリッジの入出庫時や、大量のカートリッジを一括でライブラリーに登録する場合には、バーコードをロボットに読ませることにより、新たにライブラリーに登録されるカートリッジを自動的に認識させることが可能となる。

## 10.9 ロボットの冗長性

複数のロボットを搭載した大型の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。

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

1 台のライブラリーを論理的に複数台のライブラリー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 ドライブ専用のライブラリー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 台のライブラリー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ライブラリー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 台のため、メンテナンスやコスト面で有利となる。

## 10.11 監視および管理機能

米国では電気料金の安い場所に建てられることが多いデータセンターだが、地震の多い日本ではこれまで、地盤が頑丈な土地を選んで建てられることが多かった。また、データ量の増大に伴う機器数の増加、IT 機器の高密度化と重量の増加、消費電力／発熱量の増加に伴う冷却の強化などから、施設も大型化してきている。

サーバーがネットワーク経由で遠くから操作できるのと同じように、ほとんどのライブラリー装置も遠隔地からインターネット経由で Web ブラウザー等を使って装置の状態を監視したり、操作することができ、通常は無人でも問題はない。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、ファームウェアのアップデートができる製品もある。ただし、サーバーや RAID 装置と同様に、保守交換作業（ドライブやカートリッジの交換）は人手で行う必要がある。

## 10.12 暗号鍵管理

第 4 世代の LTO Ultrium（以下：LTO）からは暗号化機能がサポートされた。これはドラ

イブに暗号化鍵を渡すことで、テープドライブでデータを暗号化してカートリッジに書き込むというものである。当然、この暗号化鍵がなければテープ上のデータを復号できない。この鍵を管理する機能を持ったライブラリー装置がある。

暗号鍵管理には、ドライブとネットワーク接続されたサーバーとソフトウェアを組み合わせで行うものもある。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。

また、近年他ベンダーやバックアップソフトウェアと鍵情報を交換する API の標準化の検討も始まっている。

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。

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化鍵を使用することも可能である。また、暗号化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、ライブラリー装置が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、ライブラリー装置が暗号化鍵サーバーと通信して必要な暗号化鍵を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。

### 10.13 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、ケーブルの余長処理や断線対策が必要となる。レール給電は邪魔になるケーブルが無い分スッキリするものの、ブラシ摩耗やゴミによる瞬断への対策が必要となる。

### 10.14 コントロール（ロボット）パスとドライブパス

テープオートメーションを実現するには、サーバー（OS／アプリケーション）が要求するカートリッジと、アプリケーションに割り当てられたドライブをライブラリーに伝えてロボットをコントロールする必要がある。アプリケーションからの制御情報をもとに、ライブラリーは必要なカートリッジを適切なドライブにマウントする動作が可能となる。そのためには、OS／アプリケーションとライブラリー間に、この制御信号を送受するための接続が必要となる。ライブラリーの種類によって、この制御信号の送受信用に OS／アプリケーションとドライブ間のデータ転送用のパスを共用するものと、別の専用パスを設置するものがある。つまり、制御信号の送受には、データと制御信号をライブラリー搭載のテープ

---



ドライブを経由し内部で分離して制御回路と交信するものと、はじめから制御信号を別にして制御回路に接続して交信するものがある。

### 10.15 仮想テープライブラリーとテープオートメーション

近年、テープストレージにカートリッジやテープドライブをディスクシステムでエミュレーションする”仮想テープライブラリー”が登場してきた。ディスクシステム内でのテープデータの保存や、複数ボリュームをスタッキングしての実カートリッジへの書き込み等で、実テープドライブの削減や、実カートリッジの削減が可能となる。この”仮想テープライブラリー”のバックエンドとして、テープオートメーションが接続される構成も存在する。

### 10.16 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。大容量化やライブラリー、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。