

6. 高記録密度を支えるサーボ技術

昨今、テラバイトを超える大容量データの確実な保管、そして高速なデータ転送が求められるテープストレージ。そこには高速・高密度でデータを書き込み、確実に読み取るための精密かつ高度な技術が投入されている。

この章では磁気ヘッドでの信頼性の高い読み書きを可能とするサーボ技術を中心に、テープストレージを支える高信頼性技術について解説する。

6.1. ヘッドの正確なトレースを実現するサーボ技術

テープのデータ記録面は、ユーザーのデータを記録する複数の「データバンド」と、ヘッドの位置調整に使用する「サーボバンド」により構成されている。ユーザーのデータは、「データトラック」として「データバンド」に書き込まれる。この「データトラック」は大容量化のため、高密度になっており、「サーボバンド」は、ヘッドがこの「データトラック」を正確に追従するために利用されている。

LTO Ultrium（以下：LTO）の記録面は、12.65mm幅のテープに4本のデータバンドを挟む形で5本のサーボバンドが配置されている。最新のLTO-10では、1本のデータバンドに3776本のデータトラック、合計で15104本ものデータトラックを持っている。テープ幅に対するデータトラック数の多さを考えると、1本のデータトラック幅は非常に狭いことがわかる。その幅はわずか0.8 μ mに過ぎない。この狭いトラック幅に高速かつ正確、そして高密度にデータを書き込むために必要なのが、磁気ヘッドの正確なトレースである。データの書き込みや読み取りの最中に、この狭いトラック幅からヘッドがわずかでもズレてしまうと、データエラーとなってしまう。

これを防止するため、各データバンドを挟む2本のサーボバンドを使って高精度に磁気ヘッドを位置付けし、データの書き込みや読み取りを実現している。（図1参照）

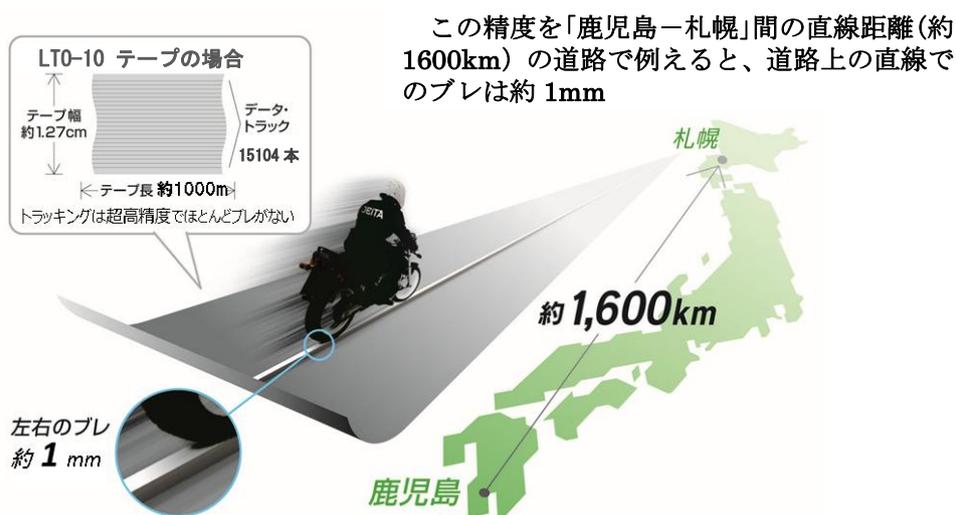


図1. 高精度のトラッキング

かつてテープストレージにサーボバンドが採用されていなかった時代には、テープドライブにてテープを初期化する際にサーボパターンを書いていた。しかし、書き込まれたサーボパターンの品質が良くないと、そのままトラッキング性能の低下につながる。これは特に、別のテープドライブで読み取りを行う際に大きな問題となっていた。

こうした点を解消するため、LTO ではテープメディアの製造時にテープメディアメーカーが事前にサーボパターンをサーボバンドへ書き込んでおり、使用中にサーボパターンの情報をテープドライブで変更、消去することはできない。このサーボパターンの情報は、永久磁石等の外部磁界でテープ上のデータを消去するバルク消去を行わない限り消すことはできないが、万が一でも消去させてしまうとそのテープは使用ができなくなる。

また、テープの長手方向は8つのロジカルポイント(LP)で7つのエリアに区分けされ、前述のようにテープの幅方向は5つのサーボバンドと、4つのデータバンドに分けられている。(図2参照)

ユーザーがテープをドライブに挿入すると、まずCM(Cartridge Memory)のデータが読み込まれ、ユーザーデータ領域の開始点まで送られる。従来、一般的な磁気テープドライブでは、カートリッジロード後にテープ先端のディレクトリ情報を繰り返し読みに行くため、テープ先端部の負荷が多くなっていた。CMは非接触タイプのICメモリーで、このメモリーにディレクトリ情報を書き込むことでテープ先端部への負荷を軽減すると共に、信頼性の向上に貢献している。尚、このCMの情報と同じデータ(Format Identification Dataset(FID))はテープ上にも書かれるため、CMが故障した場合でもカートリッジからデータは読み出せるようになっている。

テープがLP1に達すると、正しいデータトラックエリア上にヘッドを合わせるために、サーボヘッドがサーボバンドを検出してヘッドを適切な位置に移動する。それ以降は、テープが取り出されるまで、テープドライブはサーボヘッドで、サーボバンドに追従していく。

これにより、LP3からLP4の間に書き込まれたユーザーデータにヘッドを正確に位置付けしている。このサーボシステムは、単にヘッド位置を正確にトラッキングするだけではなく、テープ速度および位置情報、さらにはメディアの製造情報もわかるようになっているという優れたものである。位置情報はサーボパターン内に埋め込まれており、LPOS(Longitudinal Position)と呼ばれる位置情報を検出することで測定している。

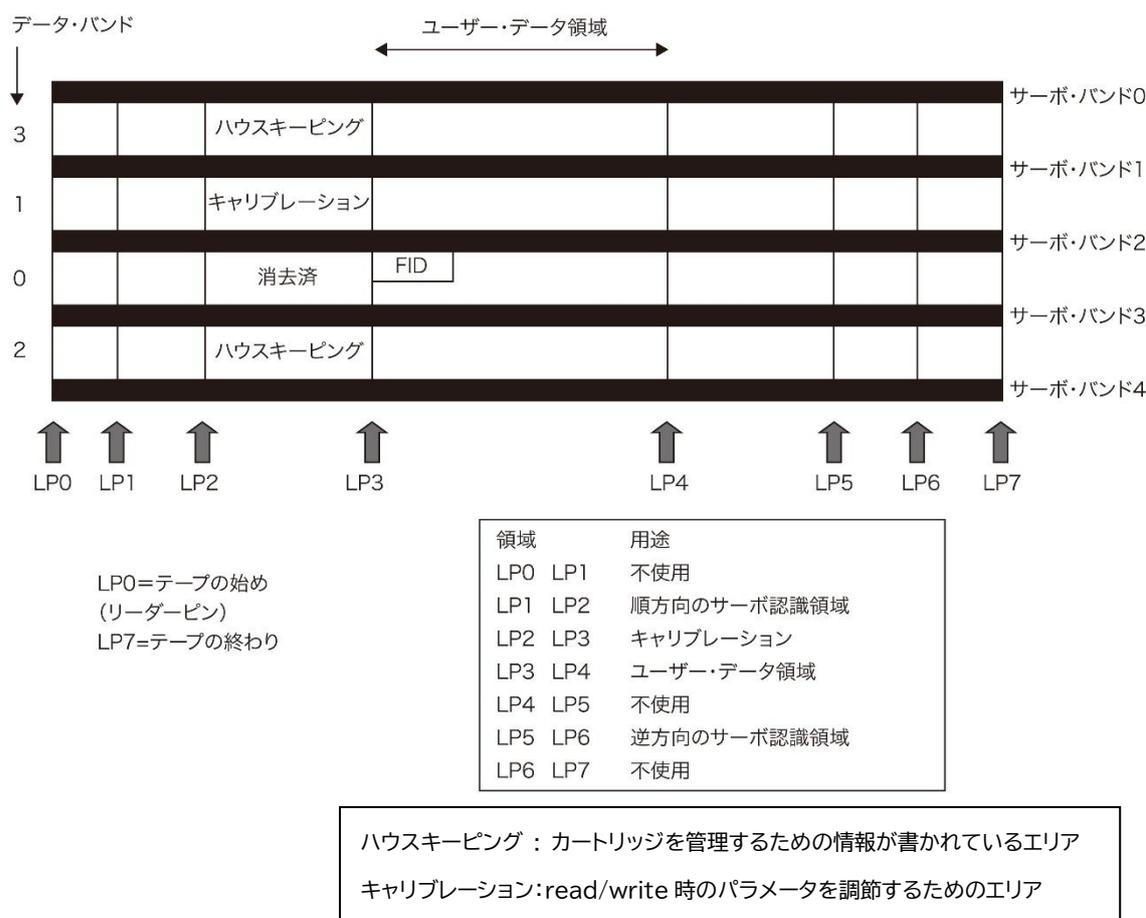


図2. LTO Ultrium フォーマット・テープの構成のイメージ

LTO では、リニア記録方式（データトラックをテープの走行方向と平行な方向に設けて記録する方式）を採用している。LTO テープの4本のデータバンドには、テープの上から3、1、0、2と番号が付けられていて、番号順に一つ一つデータが埋められていく。（図3参照）ヘッドは書き込み中または読み取り中のデータバンドの両側にある2本のサーボバンドにまたがっている。データの書き込みは、BOT (Beginning Of Tape) から EOT (End Of Tape) へ向かって32トラックの書き込みを同時に行う(LTO-7~LTO-10)。これが1本の前進パスとなり、ラップという単位で呼んでいる。データトラックは前進/後進（順方向/逆方向）パスとして書かれており、1本のデータバンドには118本(LTO-10)のラップがある。EOTに到達すると、次に後進パスへ書き込むために、ヘッドの位置を、同じデータバンド内の新しいトラックに調整するため垂直方向に移動する。記録ヘッドを正しい位置に調整して次のトラックをEOTからBOTへ記録していく。これを繰り返すことで、1本のテープに大容量のデータが記録可能となる。

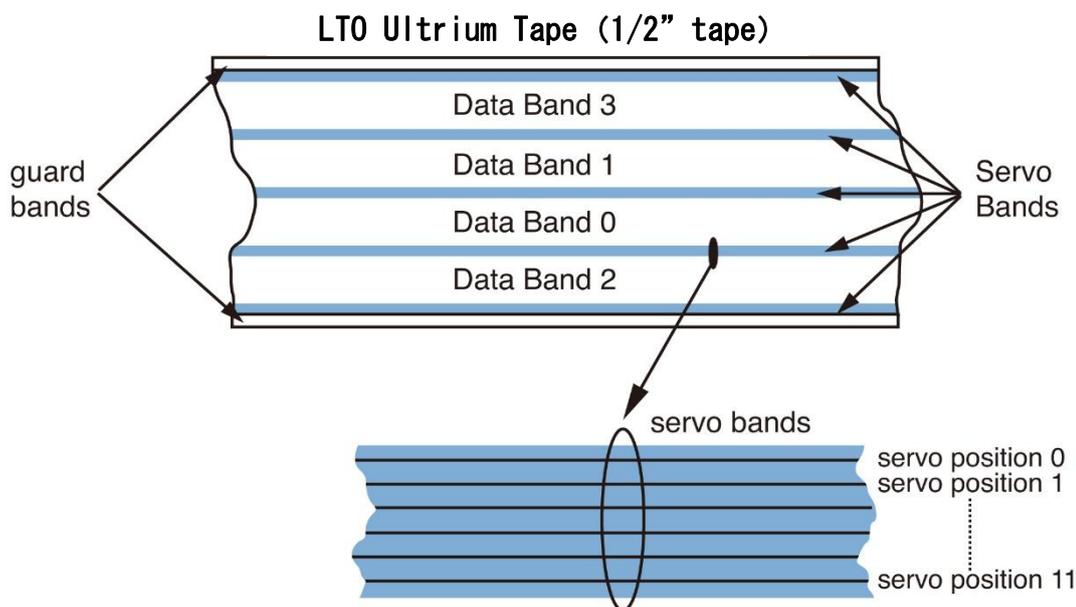


図3. データ/サーボバンドレイアウトのイメージ

6.2. ヘッド位置やテープ速度の測定など位置の情報を提供

各サーボバンドは、磁気ストライプの配列から構成される。サーボバンドはヘッドエレメントよりも幅が非常に広がっている。これらは、18本のストライプを5本と4本のセットにして5544の配列で並べたフレームに配置され、サーボフレームを識別するために使用される。

また、サーボバンドはテープ速度、ヘッドの縦方向の位置を取得するための情報を提供する。テープ速度は、4つのタイミング信号 (A1-C1、A2-C2、A3-C3、A4-C4) 間の時間から計算される。ヘッド位置は、前述の時間および、別の4つのタイミング信号 (A1-B1、A2-B2、A3-B3、A4-B4) 間の時間から計算される (図4参照)。データトラックの上下にあるサーボバンド上には、常に2つのサーボヘッドが位置しており、これらサーボヘッドからの信号を利用し信頼性を高めている。サーボバンドを識別するために、対になるサーボバーストは、互いに長手方向に位置をずらしている (図5参照)。データバンドをはさんだ上下2つのサーボヘッドから入力される信号の相対的なオフセットから、どのデータバンド上にヘッドが位置しているかを識別することができる。

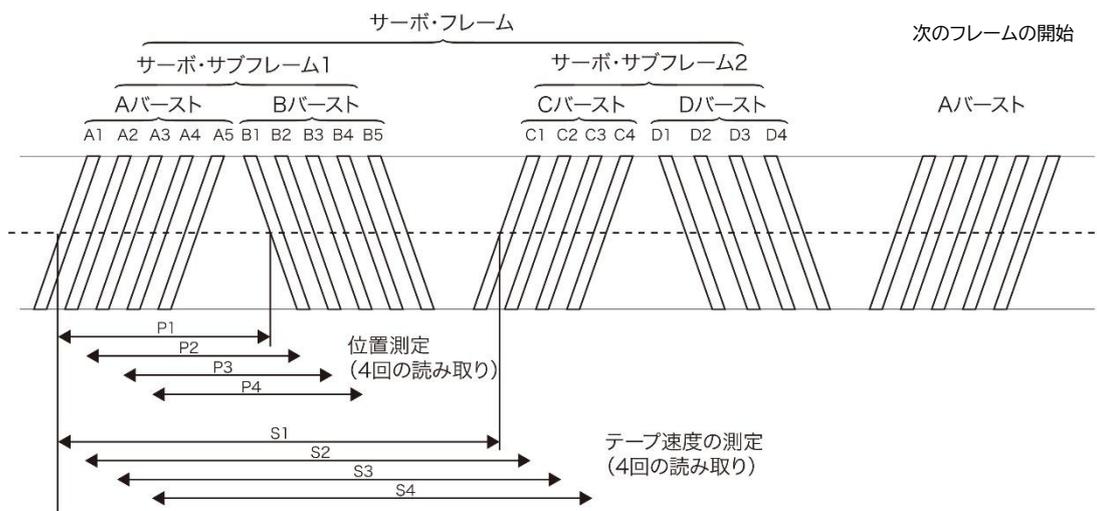


図4. LTO Ultrium フォーマットのサーボバンドの詳細

磁気ストライプは、LPOS を特定するためにも使用される。これは、A および B のサーボサブフレームにおける 2 番目と 4 番目のストライプの位置を変えることによって行われる。A と B の両方のサブフレームがこれを行うので、相対的なタイミングは変更されず、ヘッド位置と速度測定は影響を受けない。

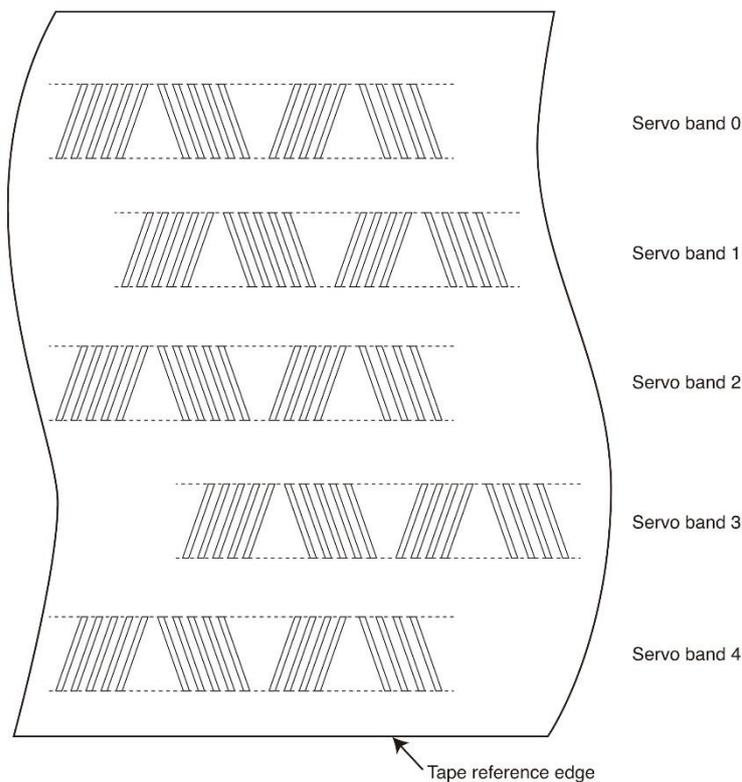


図5. サーボバンドロケーション

LPOS 情報は、テープ製造時のサーボトラックが書き込まれる時に書き込まれる。テープカートリッジが最初に挿入された時に、LP1～6 の LPOS 情報が CM に書き込まれ、これにより、これ以降カートリッジを挿入するたびに、BOT (LP3) の位置を特定できるようになる。