

上田 悦史
Y.Ueda

三浦 謙一
K.Miura

野口 国雄
K.Noguchi

デジタルビデオテープレコーダ(VTR)に代表されるように、VTR は高密度記録化の傾向がますます高まっている。この高密度記録を実現するために、VTR 機構系ではヘッドとテープのインタフェース技術、薄テープを安定に走行させるテープ走行系の技術開発が行われている。一方、計算機性能の向上および解析技術の進展に伴い、機構シミュレーション技術の適用範囲は大きな広がりを見せ、開発における必要不可欠な技術となっている。

ここでは、VTR 機構開発に固有なシミュレーション技術として、テープの挙動解析について述べる。

In the field of video cassette recorders (VCRs) there is a strong requirement for high-density recording to realize digital VCRs. We are developing technologies for the head-tape contact and for the stability of thin tape transport in VCR mechanical systems.

Moreover, due to the enhancement of computer capacities and the progress of analysis technology, the areas of application for mechanical simulation technologies are expanding. As a result, mechanical simulation technologies are becoming a key element of VCR development activities.

This paper reports on the application of a tape transport analysis system to the development of VCR mechanisms.

1 まえがき

磁気テープによる画像情報記録の高密度化は、記録信号の短波長化、狭トラック化、薄テープ化などの要素技術の開発により、10年で10倍になる傾向を維持している。現在、これらの技術をベースにしてデジタルVTR、高精細デジタルVTRの開発が進んでいる。

このような流れのなかで、VTR機構系では短波長信号を記録・再生するヘッドテープのインタフェース技術¹⁾、薄テープを安定に走行させ狭トラック記録を実現するテープ走行系技術の開発が行われている。これらの開発において、機構シミュレーション技術は必要不可欠な技術となっている。

ここでは、テープ走行系解析技術を中心にVTR開発における機構シミュレーション技術を紹介する。

2 テープ走行系の解析

2.1 テープ走行系

VTRでは、回転ヘッドを内蔵するシリンダにテープをらせん状にまきつけて記録再生を行うヘリカルスキャン方式が主に採用されている。このため、図1のように、テープをカセットからシリンダに案内するための複数のテープ案内ガイドが、幾何学的な条件に基づいて配置される。テープ走行系

の開発では、テープを傷めずに安定に走行させるためテープ案内ガイドの配置を適確に行う必要がある。さらに、テープ案内ガイドのもつ傾き誤差や位置誤差による影響を少なくするために、テープ走行系を構成する部品の誤差管理を適確に行う必要がある。

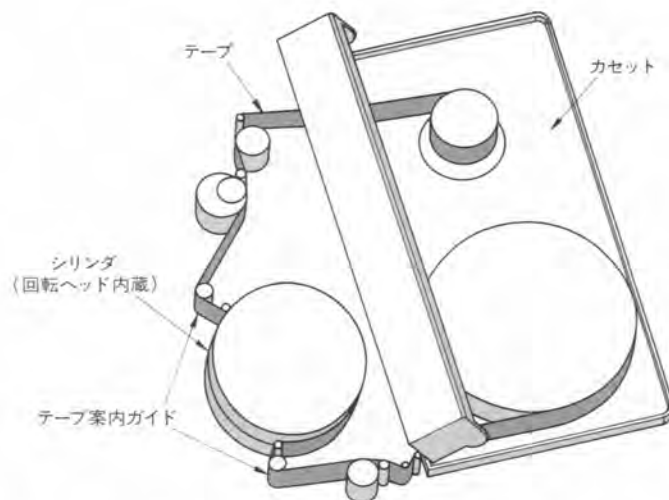


図1. VTRテープ走行系 磁気テープは、複数のテープ案内ガイドにより回転ヘッドを内蔵するシリンダにらせん状に巻き付けられる。
VCR tape transport mechanism

2.2 テープ走行系の解析手法²⁾

テープ走行系においてテープ案内ガイドが理想状態で配置された場合、テープ内の応力分布は均一である。しかし、実際のVTRではテープの走行安定性を確保するために、テープ走行系中の一部のテープ案内ガイドにフランジを設けてテープ幅方向の規制を加える。また、前述のようにテープ走行系を構成する各テープ案内ガイドの傾きおよび位置誤差により、テープ内の応力分布は不均一となる。この不均一な応力分布は、一面ではテープの走行安定性に寄与するが、その反面でテープダメージの原因ともなる。したがって、テープ走行系の開発では、テープ走行系の応力分布を適確に評価することが重要である。また、テープ走行系を最適化するためには、テープ案内ガイドの配置や誤差など多くのパラメータを検討する必要がある。

したがって、テープ走行系の解析は、テープ走行系開発段階でテープ内の応力分布評価やパラメータサーベイにより最適化を行う重要な計算機シミュレーション技術と位置付けることができる。

テープ走行系の解析では、テープを薄肉シェルとする有限要素法の構造解析手法を用いる。さらに計算過程では、テープの曲げ剛性が非常に小さいことによる大変形の影響と、テープの案内ガイドとの接触とそれによる走行中の摩擦の影響を考慮する必要がある。前者を幾何非線形、後者を境界非線形と呼ぶ。

開発したテープ走行系解析手法を図2に示す。テープ案内ガイドの配置情報から解析用のデータを作成する。解析は、幾何非線形の収束計算と境界非線形の収束計算を交互に実行する収束ループによって行う。幾何非線形の収束計算には汎用非線形構造解析プログラムを利用する。汎用非線形構造解析ソフトウェアではテープ走行中の摩擦が表現できないこと、およびテープの接触問題では収束が困難なことから、境界非線形の収束計算には独自のプログラムを作成した。

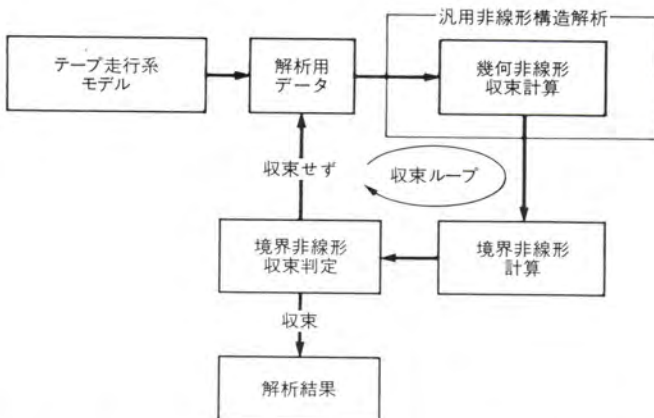


図2. テープ走行系解析手法 テープ走行系の解析は、幾何非線形と境界非線形の収束計算を、収束ループにより行われる。

Tape transport analysis system

2.3 テープ走行系解析システム

テープ走行系解析システムは、走行系を構成するテープ案内ガイドの配置、位置誤差をパラメータとして解析を行う。解析結果は、走行系の力学的な釣合状態の考察を容易にするため、それぞれのテープ案内ガイドへ作用する力、テープの変動、テープ内の応力分布の形で出力される。

また、システムの普及のためには、解析用のデータ作成を行う前処理部、解析結果の評価を行う後処理部を充実させ、多くの設計技術者が容易に利用できることが重要である。

図3に後処理部として作成した解析結果表示プログラムの表示例を示す。また、図4にVHS方式テープ走行系のテープ案内ガイドの位置誤差による応力分布の一例を示す。

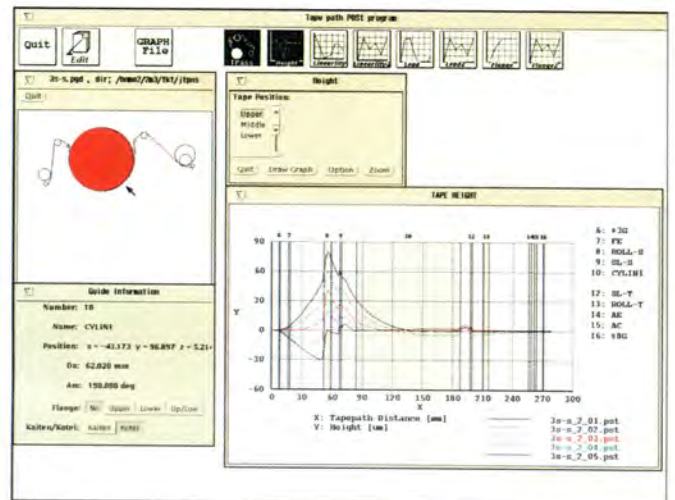


図3. テープ走行系解析結果表示 テープ走行系解析システムによる解析結果は、専用の解析結果表示プログラムにより設計者に理解しやすい形で表示される。

Display of results of tape transport analysis

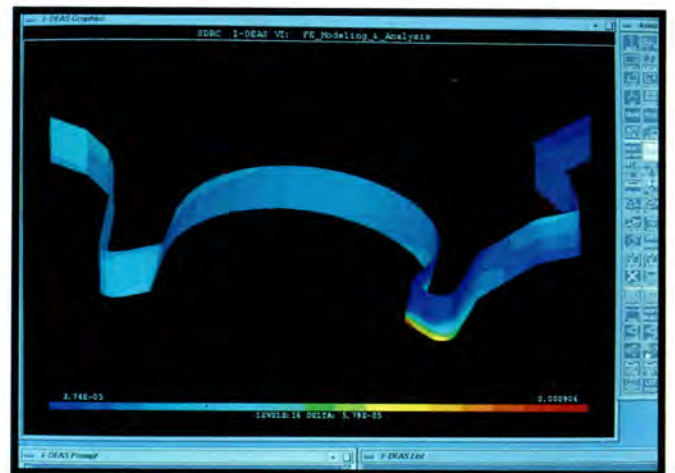


図4. テープの応力分布表示 テープにかかる応力分布の表示例。青色から赤色になるに従って応力が高いことを示している。

Contour display of stress distribution on tape

2.4 テープ走行系解析の効果

テープ走行系解析を VTR 機構開発に導入することにより、次の効果を得ることができる。

- (1) 複数の設計案の性能評価を同時に行い、比較検討のうえで最適な設計案を選択する。
- (2) 各テープ案内ガイドの配置、位置誤差がテープ走行系へ与える影響を定量的に評価し、テープ走行系の最適化を図る。
- (3) 実験による確認部分の多くを解析システムで代行することにより、開発の期間短縮を図る。
- (4) 実験では、評価が困難なテープ内の応力分布状態を定量的に解析することにより、詳細なテープ走行系の評価検討手段を提供する。

3 テープローディング機構の解析

3.1 テープローディング機構

多くの VTR では、カセット内のリールに巻かれている磁気テープを可動式のテープ案内ガイドによって引き出して所定のテープ走行系を構成する機構を搭載している。このテープ引出し動作をテープローディングと呼ぶ。

図 5 に、テープローディング機構の一例として VHS 方式 VTR の M 方式テープローディング動作を模式的に示す。

ローディング動作中、テープ案内ガイドの位置は時々刻々と変化し、テープは幅方向に大きく変動する可能性がある。テープ案内ガイドの一部には、テープ安定走行を確保する目的で規制フランジが設けられている。これによりテープの幅方向の変動が規制を受け、テープを傷つける可能性がある。したがって、VTR 機構ではローディング機構の設計には十分な注意が必要である。

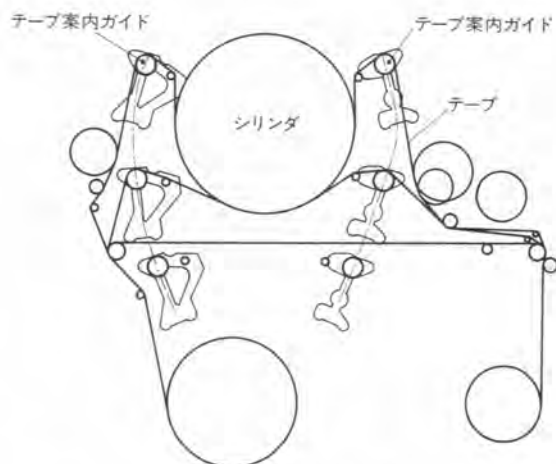


図 5. テープローディング動作 VHS 方式の M ローディング動作を示す。カセット内のテープは、テープ案内ガイドにより引き出され、所定のテープ走行系を構成する。

Schematic view of VCR tape loading mechanism

3.2 テープローディング解析

テープローディング解析は、このテープローディング動作中のテープの変動を解析し、ローディング機構設計を支援することを目的としている。ローディング動作中、各テープ案内ガイドの位置が大きく変化するために、2章で述べたテープ走行系解析技術で採用した有限要素法による構造解析手法の適用は困難であり、別の観点からの手法が必要である。したがって、この解析ではテープを一本の糸として取り扱う幾何学解析に基づく手法を採用している。

図 6 にテープローディング解析の構成を示す。ここで、テープ高さ変動算出部は、ローディング動作の任意のタイミングでのテープ案内ガイドでのテープ高さ変動量を算出する。また、最適化指標算出部は、与えられたローディング機構に対してテープ高さ変動量を最小化するための指標を設計者に提示する。設計者は、この指標を基にローディング機構を修正し、最適なテープローディング機構の設計を行う。

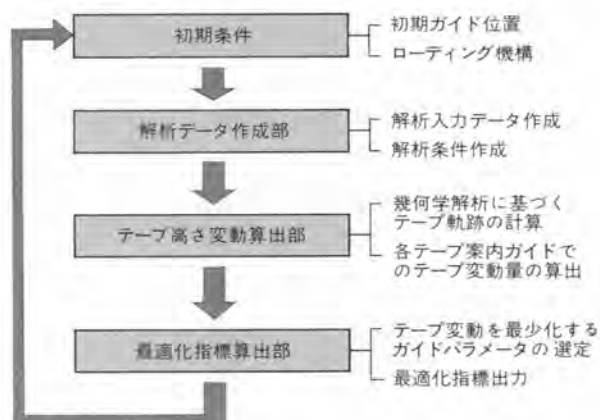


図 6. テープローディング解析の構成 テープローディング解析は、解析データ作成部、テープ高さ変動算出部、最適化指標算出部から構成される。

Structure of tape loading analysis system

3.3 テープローディング解析例

テープローディング解析を適用して、M 方式テープローディング機構を採用した VTR 試作機のテープローディング機構の最適化を行った事例を示す。

図 7 に、テープローディング動作中の各テープ案内ガイドでのテープ高さ変動の変化を示す。図において、S リールはカセット供給側のリール、T リールは巻取側のリールである。また、横軸はローディング動作の経過を表す。テープはローディング動作中、各ガイドにおいて上下に高さ変動をおこし、特にローディング終了前で大きく変化している。これは、シリンダへのテープの巻き付き角が増加するにつれて、シリンダ周辺のテープが上下に大きく変動するためである。テープローディング解析の最適化指標算出機能を用いて

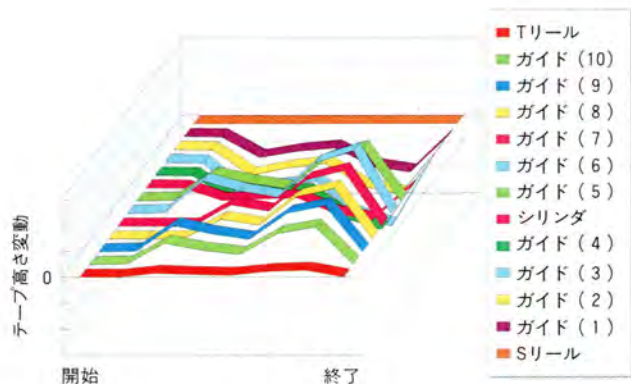


図7. テープの高さ変動 テープの高さ変動は、ローディング動作に応じてそれぞれのテープ案内ガイドに対して計算される。

Displacement of tape height in tape loading

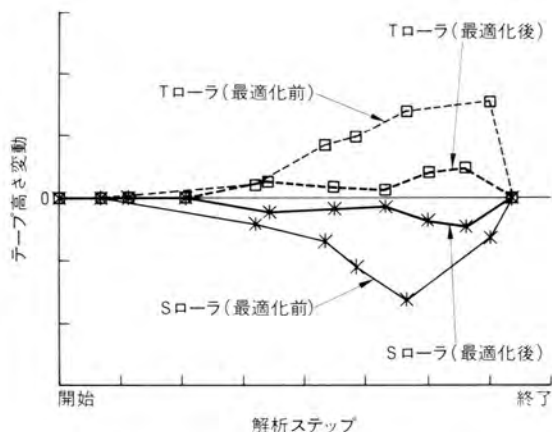


図8. ローディング機構の最適化 Sローラはシリンダ直前のガイド、Tローラはシリンダ直後のテープ案内ガイドで、それぞれ最適化によりテープ高さ変動が縮小している。

Optimization of tape loading mechanism

テープローディング機構の最適化を行った結果を図8に示す。図は、シリンダ直前・直後のテープ案内ガイドでのテープ高さ変動のようすを示している。設計原案では、ローディング動作の終了直前にテープが大きく変動し、テープを傷つける可能性が高いことを示している。最適化指標に基づいて再設計を実施した結果、テープの変動幅が格段に縮小することができた。この事例では、さらに最適化を行ったデータに基づいて実験機を作成し、検証を実施した結果、良好なテープローディング機構が設計されていることを確認した。

3.4 テープローディング解析の効果

テープローディング解析をVTR機構開発に導入することにより、次の効果を得ることができる。

- (1) 実験では把握が困難なテープローディング動作中のテープの挙動を解析することにより、テープローディング機構の評価手段を提供する。
- (2) 詳細な機構設計の事前段階で、テープローディング機構の設計指標を提示する。
- (3) 最適化指標算出により、テープローディング機構の設計最適化を図る。

4 あとがき

シミュレーション技術の適用範囲は、計算機性能の向上、解析技術の進展に伴い、ますます広がっている。しかしながら、汎用の解析技術だけではまだ限界がある。したがって、製品開発に沿った固有の技術開発がきわめて重要である。

ここでは、VTR機構開発に固有なシミュレーション技術として、当社で開発したテープ走行系解析技術とテープローディング解析技術について概要と解析事例を紹介した。

VTRの高密度記録化を実現するために、機構開発技術の蓄積と高度化が今後ますます必要になる。今後もシミュレーション技術の適用範囲の拡大につとめ、当社のVTR開発へ寄与していきたいと考えている。

文献

- (1) 伊藤 淳, 他: VTRにおけるテープ浮上現象のシミュレーション, テレビジョン学会技術報告, 15, p.75 (1991)
- (2) M. Uchiyama, et al: A Study on Stability of VCR Tape Transport, IEEE on Consumer Electronics, 39, 3, pp.313-319(1993)



上田 悦史 Yoshifumi Ueda

1980年入社。デジタル情報記録機器の開発に従事。現在、マルチメディア技術研究所開発第二部課長。
Multimedia Engineering Lab.



三浦 謙一 Ken'ichi Miura

1970年入社。情報システムの開発に従事。現在、マルチメディア技術研究所企画・管理部課長。
Multimedia Engineering Lab.



野口 国雄 Kunio Noguchi

1982年入社。デジタル情報記録機器の開発に従事。現在、マルチメディア技術研究所開発第二部主務。
Multimedia Engineering Lab.