

業務用高機能・高画質コンポジットデジタルVTR

Composite Digital VTR for Professional Use

業務用市場で広く普及すると考えられるD2規格に基づくコンポジットデジタルVTRを開発した。L, M, Sの3種類のカセットを使用し、最大208分の高画質、高音質の記録・再生が可能である。メカニズムの小形化、回路系の大幅なゲートアレー化によって19インチラック(7ユニット)にマウント可能な業界一のコンパクトサイズを実現した。

高速サーチ、ノイズレススロー、編集機能などの業務用VTRとして必要な機能はすべて備えており、操作性の改善、信頼性の向上とメンテナンス性の改善にも配慮している。本装置は放送業務用だけでなく、一般企業向けまで広範囲にわたる応用が期待できる。

樋口重光* *Shigemitsu Higuchi*
 賀来信行* *Nobuyuki Kaku*
 西村恵造* *Keizō Nishimura*
 小澤充雄** *Michio Ozawa*
 杉山 繁*** *Shigeru Sugiyama*

1 緒 言

業務用市場向けのタイプCと呼ばれるオープンリールVTRが開発されてから10年以上が経過した。最近の磁気記録技術、信号処理技術と半導体技術の飛躍的な進展を背景に、デジタル記録化の検討が行われ、上記従来VTRよりも少ないテープ消費量で高画質な画像の記録・再生が実現されることになった。

業界で標準化の進展しているデジタルVTRに、SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)のD1規格¹⁾とD2規格²⁾のVTRがある。D1規格はコンポーネント記録方式で、D2規格はコンポジット記録方式である。日立グループは、このうち従来システムとの整合性とコストパフォーマンスの高さから、当面D2規格のVTRを中心に普及すると考えて開発を行った。その結果、1988年の米国のNAB (National Association of Broadcasters)ショーでのプロトタイプ³⁾の発表に引き続き、1989年のNABショーで製品発表を行った。

今回、開発したD2デジタルVTR(型式VL-D500)はハイエンドの機種であり、放送業務用、プロダクション用から一般企業用まで広範囲に使用が可能である。

2 開発のねらい

VL-D500のフロントおよびリアの外観を図1、2に、また仕様を表1～3に示す。デジタル記録に伴う高画質・高音質の実現に加え、下記に述べる点に配慮して開発を行った。

(1) 番組の制作から送出まで、さらに車載用までの広い用途

をカバーすること。

L, M, Sの3種類のカセットに対応し、長時間記録(最大208分)を実現しながらメカニズムの小形化、回路の大幅なゲートアレー化により、サイズのコンパクト化、軽量化および低消費電力化を実現した。また、編集システム、送出システムなどの既存のシステムに容易に組み込めるよう互換に留意したインタフェースを備えた。さらに、将来の応用システムの広がり⁴⁾に配慮し、RS-232C、 GPIB (General Purpose Interface Bus)などの汎(はん)用のインタフェースを備えた。

(2) 業務用として必要な高機能化を実現すること。

長時間記録に伴い、高速で番組の頭出しを行う±60倍速の高速サーチ(カラー画像付き)、ムービングヘッドを用いたマイナス1倍速～プラス3倍速のノイズレススローモーション再生、番組時間の圧縮・伸長を容易に行えるバリエーブルプレイなどの機能を実現した。また、編集機能の充実などによって従来アナログVTRを超える高機能を実現した。

(3) 良好な操作性を実現すること。

マンマシンインタフェースをなすフロントパネルのデザインは重要である。フロントパネルは、従来のアナログVTRに慣れたユーザーにも使いやすいような設計とした。フロントパネル上には専用のレベルメータを備えるとともに、通常よく用いる操作ボタンはできるだけフロントパネル上に設定した。さらに、その他の多彩な設定項目については、階層化したメニュー方式のソフトキーによって対応した。メニューの設定はフロントパネルの表示器によって確認しながら行うこ

* 日立製作所 家電研究所 ** 日立製作所 ニューメディア事業部 *** 日立電子株式会社 映像事業部



図1 VL-D500の外観 L, M, Sカセット対応で最大208分の高画質、高音質の記録、再生が可能であり、ラックマウントが可能なコンパクトサイズを実現している。



図2 VL-D500のリアパネル 映像、音声のデジタルとアナログのインタフェースと周辺機との接続用のインタフェースを備え、システム化が容易である。

表1 一般仕様 VL-D500の一般仕様を示す。

記録フォーマット	SMPTE D-2フォーマット	
記録トラック	ヘリカルトラック (6トラック/フィールド)	デジタルビデオ, デジタルオーディオ 4チャンネル
	リニアトラック	アナログオーディオ 1トラック タイムコード 1トラック CTL 1トラック
カセット	L, M, Sサイズ 全カセット	
記録時間	208分(Lカセット) 94分(Mカセット) 32分(Sカセット)	
テープ	Maxell DL-208MDV/DM-94MDV/ DS-32MDVなど、またはメタル テープ(1,500 Oe)上記同等品	
サーボロック時間	1秒以内(スタンバイONから)	
ローディング・アンローディング時間	5秒以内	
シャトル速度	±60倍速(Max.)	
バリエブルスロー	-1~+3倍速	
バリエブルプレー速度	±20%	
編集精度	±0フレーム(タイムコード使用時)	
早送り, 巻き戻し時間	34秒以内(Sカセット) 96秒以内(Mカセット) 214秒以内(Lカセット)	
電源	電圧	AC90~135V
	周波数	50/60Hz
	消費電力	480W(Max.)
外形寸法(幅×奥行×高さ)	436×672×319(mm)	
質量	約49kg	
動作保証条件	温度	5~40℃
	湿度	10~90%(結露しないこと)

注: 略語説明 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)
CTL(Control)

とができ、同時にスーパーインポーズ機能により、モニタ上でも確認が行える。設定した内容は、不揮発性のRAMに記憶でき、用途別によるVTRの初期設定がワンタッチで行える。
(4) 信頼性の向上とメンテナンス性の向上を実現すること。

表2 映像系仕様 VL-D500の映像系仕様を示す。

項目	仕様	
サンプリング周波数	14.3 MHz	
量子化	8ビット I, Q軸直線量子化	
映像帯域	0~5.5 MHz ±0.5 dB, 6 MHz ₋₃ dB	
S/N比	54 dB	
D/G	2%以下	
D/P	1°以下	
Kファクタ	1%以下(2Tパルス)	
Y/Cディレイ	15 ns以下	
入力	アナログ	複合映像信号 1.0 V _{PP} 75 Ω
	デジタル	RP-125Xフォーマット
	リファレンス	複合映像信号(ブラックバースト), シンクおよびバースト 0.3 V _{PP} 75 Ω
出力	アナログ	複合映像信号 1.0 V _{PP} 75 Ω
	デジタル	RP-125Xフォーマット
	モニタ	1.0 V _{PP} 75 Ω

注: 略語説明 DG(Differential Gain)
DP(Differential Phase)

テープパスの検討、新しいテープローディング方法によるテープ保護、大幅なゲートアレー化による部品点数削減などによって業務用として十分な信頼性を確保した。

さらに、ヘッド交換が容易なシリンダ、自己診断機能の充実によって、メンテナンス性の向上を実現した。

3 メカニズムの構成³⁾

メカニズムの課題は、(1)必要なデジタルデータのエラーレートを確保するためのヘッドおよびドラム、(2)L, M, S3種のカセットをローディングするためのカセットローディングメカニズム、(3)テープトランスポートおよびテープパスで

表3 音声系仕様 VL-D500の音声系仕様を示す。

項目	仕様	
サンプリング周波数	48 kHz	
量子化	16ビット直線量子化	
帯域	20 Hz~20 kHz \pm 0.5 dB	
ダイナミックレンジ	90 dB以上	
入力	アナログ	最大+24 dBm(公称+4 dBm) 150 Ω /600 Ω /ハイインピーダンス切換
	デジタル	AES/EBUフォーマット
	キューライン入力	最大+24 dBm(公称+4 dBm) 150 Ω /600 Ω /ハイインピーダンス切換
	マイクロホン	最大-44 dBs(公称-60 dBs) ハイインピーダンス
出力	アナログ	最大+24 dBm(公称+4 dBm) ローインピーダンス
	デジタル	AES/EBUフォーマット
	キューライン出力	最大+18 dBm(公称+4 dBm) ローインピーダンス
	モニタ出力L/R	最大+18 dBm(公称+4 dBm) ローインピーダンス
	ヘッドホン	レベル可変 8 Ω

注：略語説明 AES/EBU(Audio Engineering Society/European Broadcasting Union)

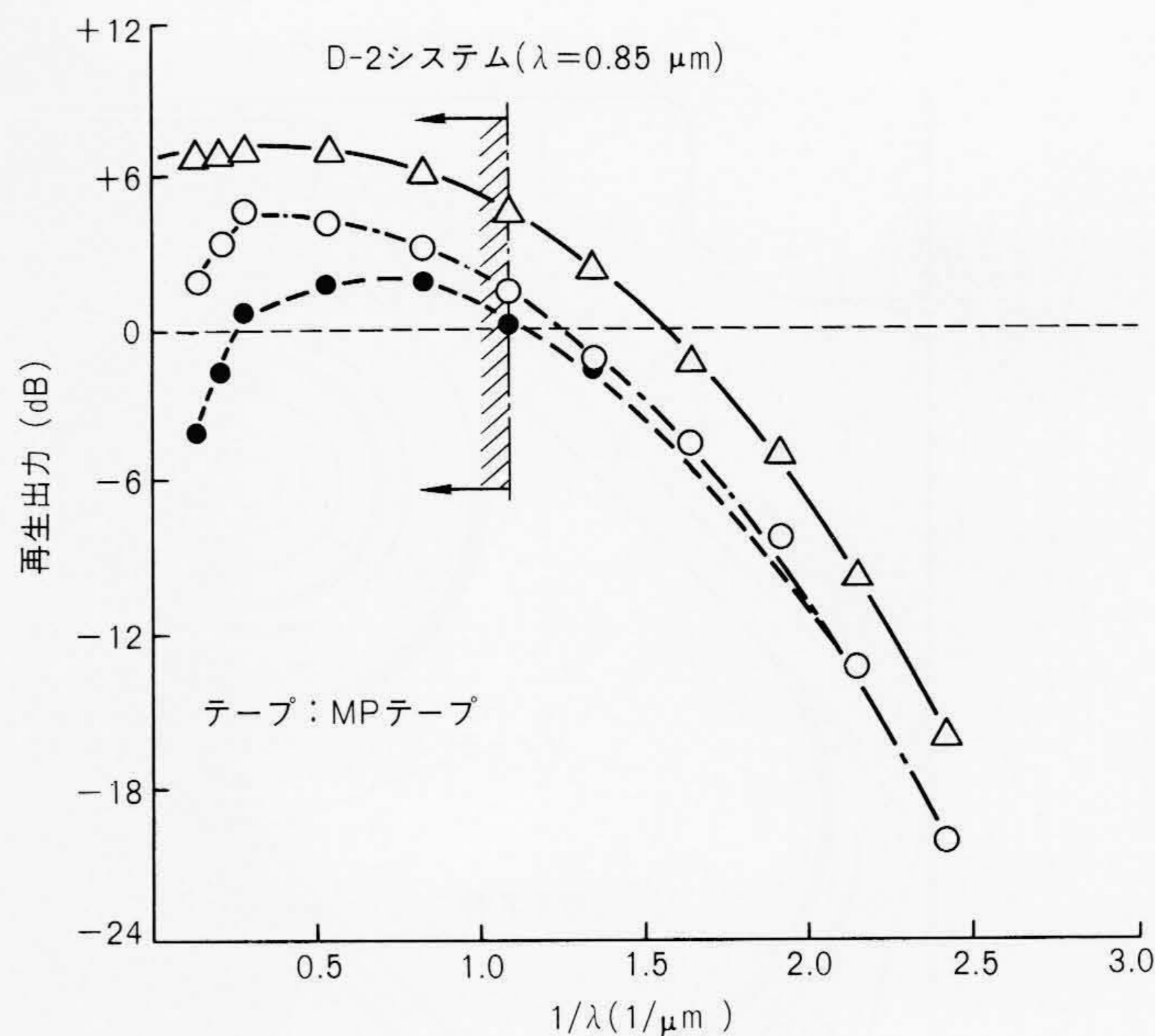
ある。

前述した開発のねらいを実現するために、以下に述べるような検討を行った。

3.1 ドラム

通常走行および高速走行状態で、ヘッドとテープは高速摺動(しゅう)動する。必要な再生信号のSN比を確保しながら、信頼性を保つ必要がある。そこで再生ヘッドは摩耗性、摺動性で実績のあるフェライトヘッドを採用し、記録ヘッドはメタルテープに対し記録特性に余裕のあるメタルヘッドを採用することにした。再生ヘッドのギャップ長は0.35 μ mとした。フェライトヘッドおよびメタルヘッドで記録した場合の再生出力の記録波長依存性を図3に示す。フェライトヘッドでも、ギャップ長を0.7 μ mとすることによって記録特性が改善されるが、ヘッドをメタル化にすることによってさらに改善され、エラーレートのマージンの増加が期待できる。メタルヘッドのギャップ長は、短波長領域と長波長領域の出力レベルの改善量のバランスを考慮して、0.5 μ mと決定した。その結果、テープヘッド系として図4に示す再生スペクトラムを得ることができ、システムとして十分なデータ信頼性を得ることができた。

また、ドラムではヘッド交換を容易にする構造を採用している。簡単な治具を使用し、上ドラムを交換する方法である。上ドラムと下ドラムを高精度のはめあいを行って、交換後のドラム調整を不要とした。そのため、上ドラムと下ドラムの基板を接続するためのコネクタを一種のガイドとしての役割を果たさせることにより、上記交換の精度の向上と作業性の改善を実現した。



注：記録ヘッド
● No.1 フェライトヘッド(ギャップ長 0.35 μ m)
○ No.2 フェライトヘッド(ギャップ長 0.70 μ m)
△ No.3 メタルヘッド (ギャップ長 0.50 μ m)
再生ヘッド
フェライトヘッド(ギャップ長 0.35 μ m)

図3 再生出力の記録波長依存性 記録ヘッドのメタル化により、32 MHz($\lambda = 0.85 \mu$ m)で対フェライトヘッド比+4 dBの再生出力を得た。

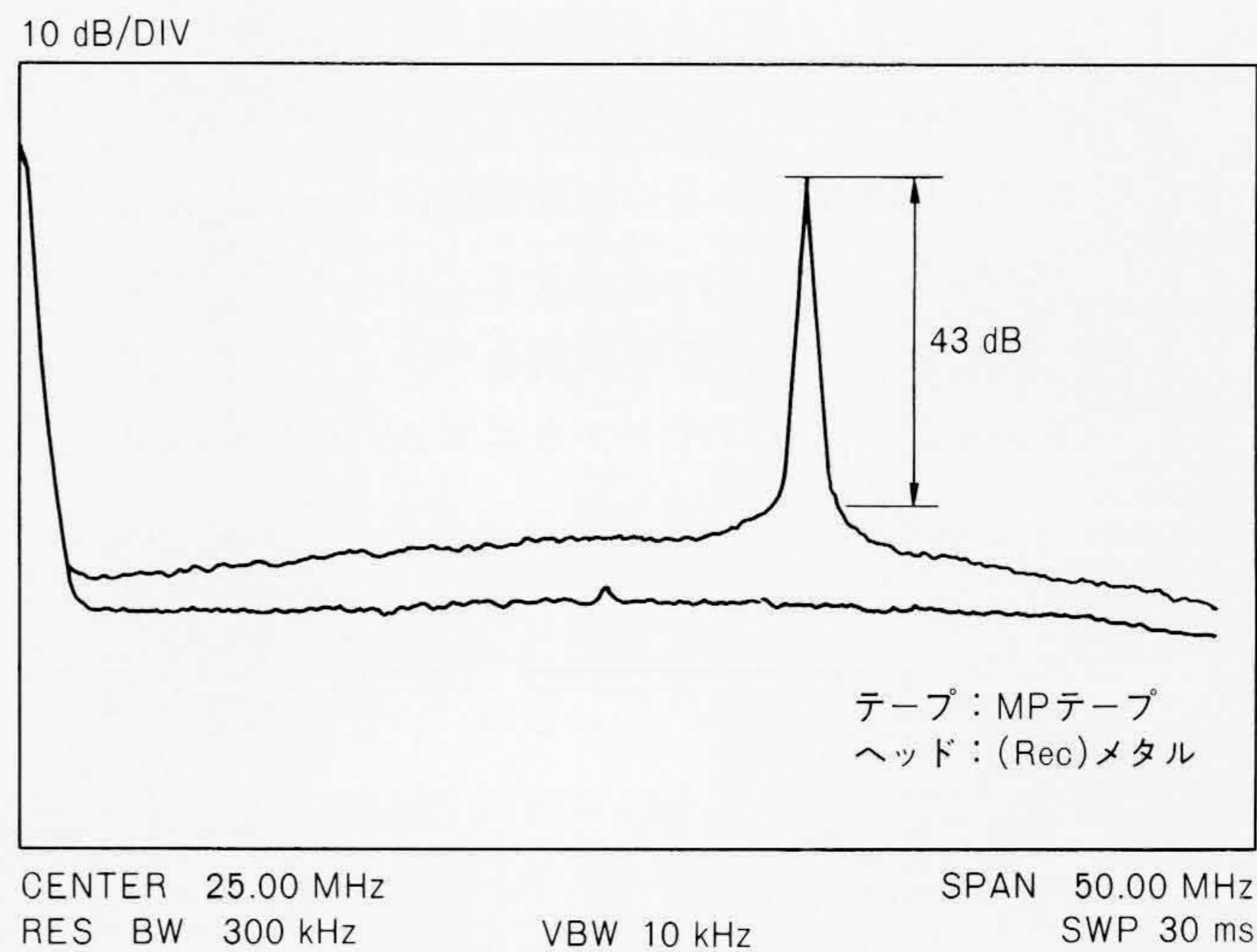


図4 再生スペクトラム 記録ヘッドにはメタルヘッドを、再生ヘッドにはフェライトヘッドを採用し、ギャップ長を最適化し、必要十分なSN比を得ている。

3.2 カセットローディング

L, M, Sの3種類のカセットに対応するためには、カセットサイズを検出し、それに応じてリール台を確実にシフトする必要がある。大きな課題は、中間位置のMカセットに対応するリール台の位置決め方法である。

リール台シフトメカニズムの全体図を図5に示す。駆動メ

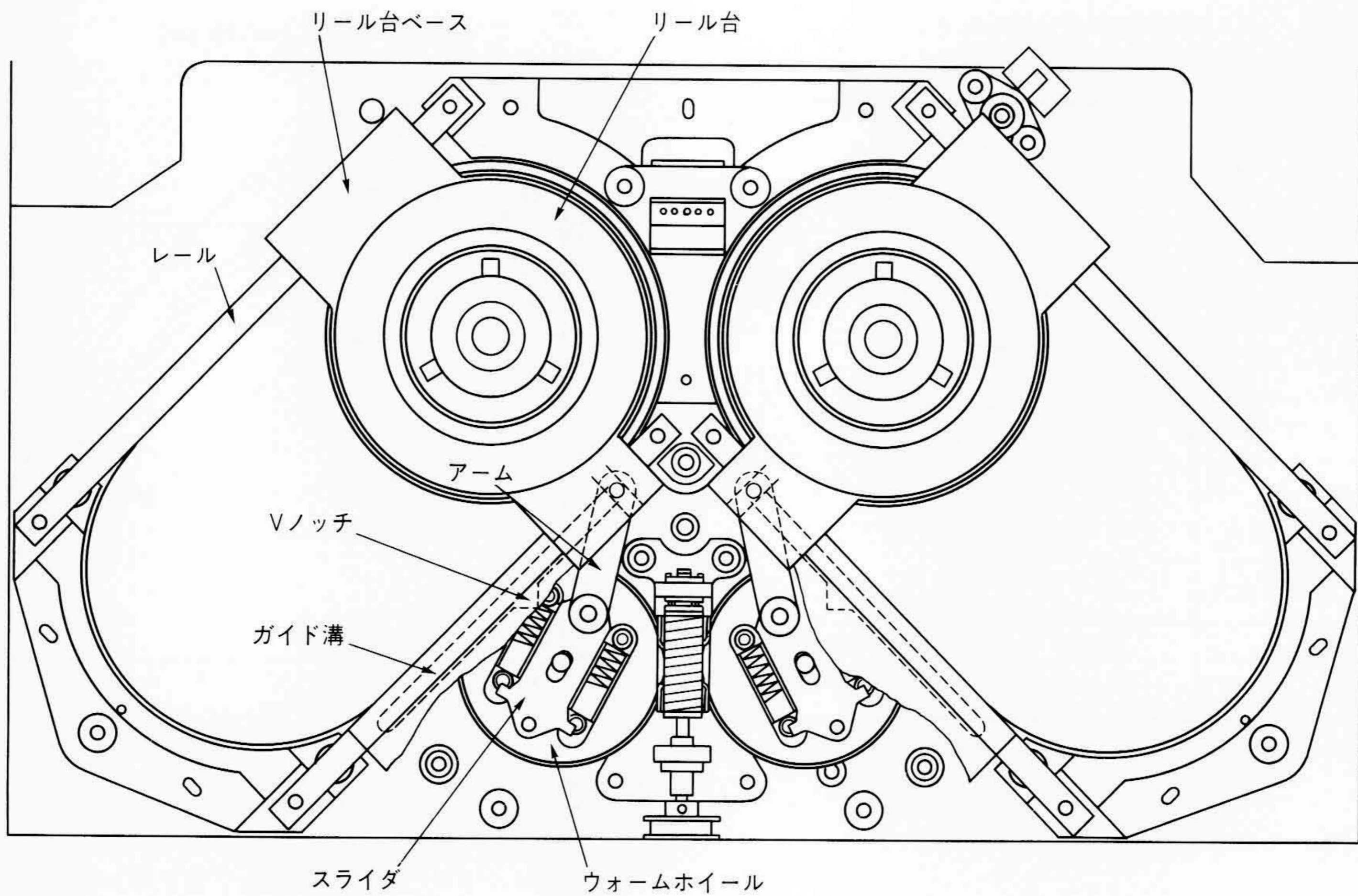


図5 リール台シフトメカニズム 駆動メカニズムは、アームとスライダによって簡潔に構成され、両リール台の移動軌跡の間の三角地帯にコンパクトに配置される。

カニズムは、両リール台の移動軌跡に挟まれる三角地帯にコンパクトに構成され、リール台の移動と位置決めを、一つの機構で連続して行うことに特徴がある。リール台はレールに沿ってリニアに移動する。その駆動機構はアームとスライダにより構成される。このアームがサイクロイド的な動作をするので、日立グループではこの機構をサイクロイドメカニズムと称している。サイクロイドメカニズムの動作を図6に示

す。Lポジション、Sポジションでは、アームとスライダは互いに伸びきった状態でトグル機構を構成し、リール台をA、C方向に圧着している。MポジションはVノッチによって位置決めされる。したがって、簡単な機構によって確実に三つのポジションをとるリール台シフト機構が実現できた。

3.3 テープトランスポートメカニズム

テープトランスポートメカニズムは、メカニズム全体の

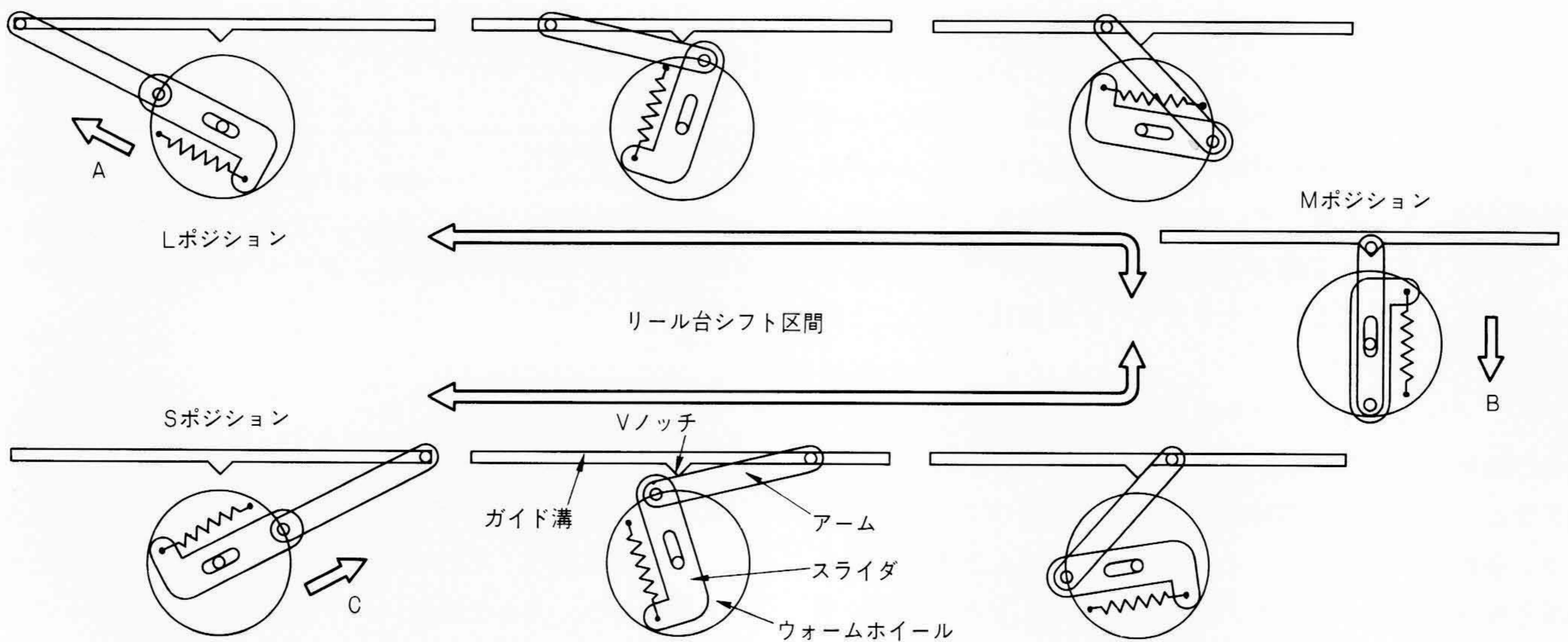


図6 サイクロイドメカ動作図 アームのサイクロイド的な動作により、Mポジションでの確実な位置決めと、LポジションおよびSポジションへの連続した移動を可能にしている。

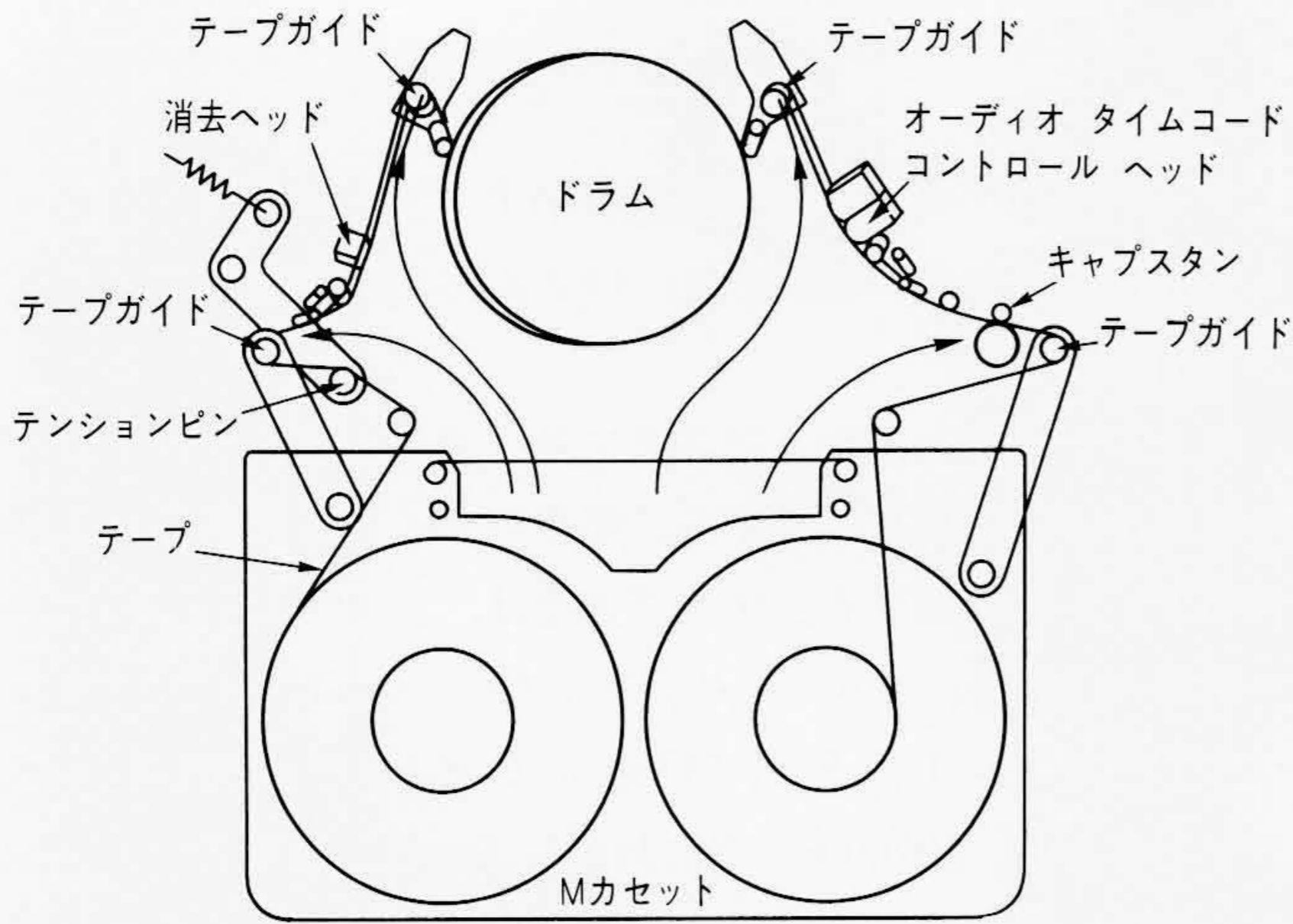


図7 テープトランスポートメカニズム Mスレディングを基本とするダブルMスレディングを開発し、高信頼性とコンパクト・高速ローディングを実現した。

性能・機能・大きさに影響を与え、メカニズムの基礎を決定する項目である。そのため、(1)高信頼性を実現するローディング機構部品の簡素化、(2)メカニズムのコンパクト化とローディングの迅速化を実現するショートストロークローディング、(3)正逆転高速サーチを実現するテープパスのバランス、が重要と考えた。その結果、図7に示すMスレディングを基本とするダブルMスレディングを開発した。ほぼMサイズカセットの横幅でメカニズムを構成することができた。

さらに日立グループは、テープローディングについても下記のように改良を加えた。

高速でテープをローディングするとき、各テープガイド

あるいはドラムのリードで発生しやすいテープのエッジのきずつきの防止策である。そのため、テープガイドを案内するガイド板を立体的に構成し、テープガイドの高さと傾斜が逐次変化しながらローディングを行う斜めローディング方式を採用した。ローディング時の細いテープテンションの制御とあいまって、高速でかつ信頼性の高いテープローディングが実現できた。

4 回路系の構成

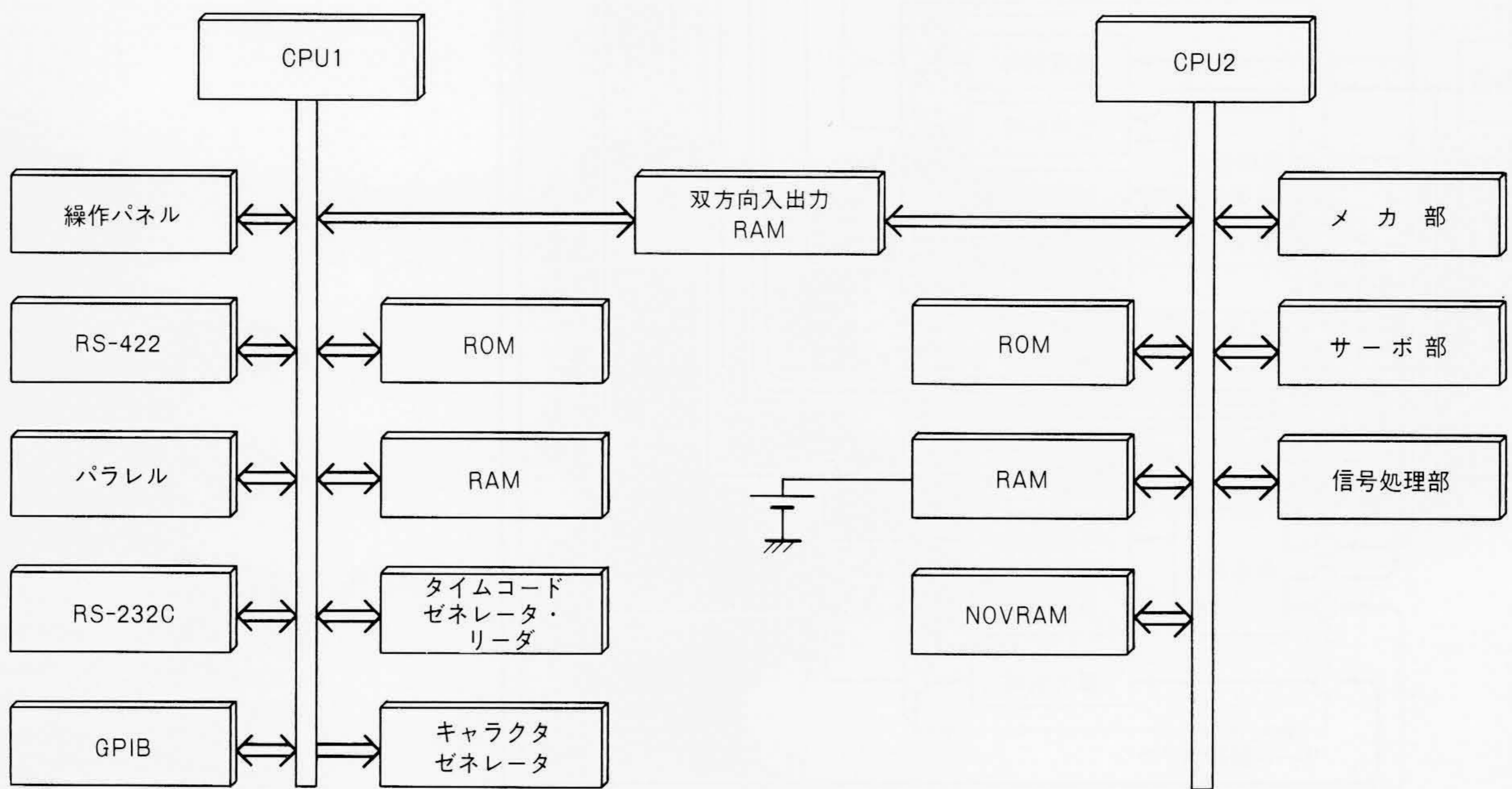
回路系は、(1)周辺装置と同期をとりながらVTR全体の制御を行うシステムコントロール部、(2)テープ走行を制御するサーボ部、(3)ムービングヘッドを制御しノイズレススローを実現するムービングヘッドコントロール部、(4)リニアトラックの信号処理を行うリニアオーディオ部、(5)デジタルデータの記録・再生を行うデータ記録再生部、(6)デジタルデータのエラー訂正などを行うデジタル信号処理部、などで構成している。

本章では、システムコントロール部、サーボ部およびデジタル信号処理部の構成と、さらに特徴ある機能としてバリエーションプレイ機能および自己診断機能について述べる。

4.1 システムコントロール部

システムコントロール部の構成を図8に示す。システムコントロール部は、二つの16ビットCPUを中心に構成する。CPU1は、操作パネル、編集機、その他の周辺機器との通信を主に処理し、CPU2はCPU1からの指令に基づき、VTRの各部をコントロールする。

外部とのインターフェースは、操作パネル、編集機のための



注：略語説明 GPIB(General Purpose Interface Bus), NOVAM(不揮発性RAM)

図8 システムコントロール部の構成 二つの16ビットCPUを中心に構成し、周辺機との通信を行うとともにVTR全体を制御する。

RS-422シリアルインタフェースと50ピンのパラレルインタフェースに加え、パーソナルコンピュータ(以下、パソコンと略す。), エンジニアリングワークステーションからのコントロールを意図し、RS-232C, GPIBを備えている。またRS-232Cは、電話回線を利用するリモート診断機能にも使用する。

それぞれのCPUは128 kバイトのROMを持ち、メニュー方式、自己診断のためのプログラムを持っている。また、CPU1とCPU2は、コモンRAMによって有機的に結合し、それぞれ助け合ってシステムを円滑に動作させる。

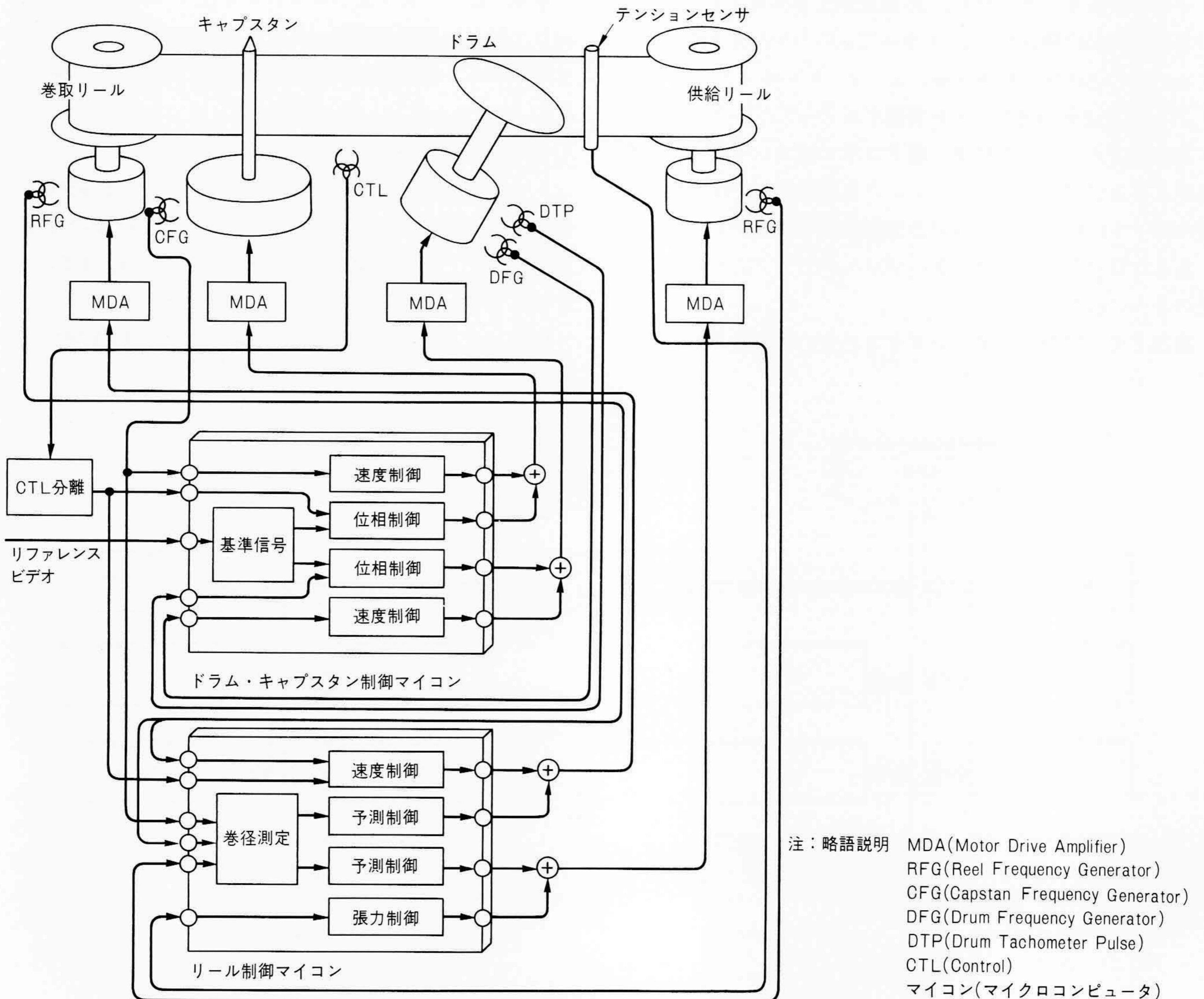
CPU2には2 kバイトのNOVRAM(不揮発性RAM)が接続され、VTRの動作モードを5種類記憶することができる。記憶できる項目は、メニュー設定の全項目、各部の調整データなどで、VTRをいろいろな用途に使う場合に、簡単に用途ごとの設定が切り替えられるようにしている。なお、パワーオン直後は、バックアップされたRAMによってパワーオフ直前

の状態に設定される。

4.2 サーボ部

サーボ部のブロック図を図9に示す。サーボ専用の8ビットマイコンを中心に構成され、ほとんどの制御はソフトウェアで行っている。

第1のマイコンはキャプスタンモータおよびドラムモータの速度および位相を制御する。第2のマイコンは供給および巻取りリールを制御する。テープ速度は、システムコントロール部からの指令により、バリエブルスロー(-1~+3倍速), バリエブルプレイ(0.8~1.2倍速), シャトル(±60倍速)モードなどを含め、約700モードに対応している。第2のマイコンは、両リールのテープ巻径変化を逐次演算計測し、最適なテンション制御を行い、さらに両リールの慣性モーメントを逐次演算処理することにより、加速および減速の時間の管理を行っている。特に、テンションに関しては、動作モードによ



注：略語説明 MDA(Motor Drive Amplifier)
 RFG(Reel Frequency Generator)
 CFG(Capstan Frequency Generator)
 DFG(Drum Frequency Generator)
 DTP(Drum Tachometer Pulse)
 CTL(Control)
 マイコン(マイクロコンピュータ)

図9 サーボ部の構成 二つのサーボ専用8ビットマイクロコンピュータによって構成され、複雑な制御をほとんどソフトウェアによって行っている。

って細かく制御することで、ヘッド当接の劣化、リール巻きむらの発生を防止している。

さらに、サーボ部では、テープ速度とドラム回転速度でテープ・ヘッド相対速度変化を常に計算処理し、再生データのクロック抽出回路へ補償データを提供し、可変速再生時のエラーレートの増加を防止している。

また、各センサ出力の故障診断機能も持ち、テープの損傷防止を最優先とした多数の異常処理モードを持っている。

4.3 デジタル信号処理部

デジタル信号処理部は、デジタルVTRに固有の部分で、大量データの高速な処理が要求される。高画質、高音質、高機能化を実現するためには、複雑な処理を行う必要があり、回路規模は回路系全体の半分以上を占める。そこで、回路規模の減少、消費電力の減少、そして部品点数の削減による信頼性の向上を目的として、大規模なゲートアレー化を行っている。デジタル信号処理部のブロック図とゲートアレーの採用状況を図10に示す。アナログの信号処理部分とメモリを除いた主要な部分がゲートアレー化され、上記した回路規模、消費電力および部品点数の削減を実現している。

また、再生系ではエラーの修正方法に特徴がある。エラー訂正能力を超えるエラーが発生した場合には、まず同一フィールド内データから訂正不能なデータの内挿値を求める。その場合、複数の内挿アルゴリズムを用意しておき、前もってシミュレーションで求めておいた画質劣化の少ないアルゴリズムから順に用いて、適応的に内挿を行う方法をとっている。同一フィールド内で内挿が不可能なエラーの場合、前フィールドのデータを用いて修正を行う。このようにして、画質劣化の少ない修正を可能にしている。

なお、シャトル再生時、バリエブルプレイ時のように、データ転送レートが変化する場合があるので、再生系は十分なタイミングマージンがあるような設計を行っている。

4.4 バリエブルプレイ機能

バリエブルプレイ機能は、テープの再生時間を0.1%刻みで±20%範囲にわたって微調整する機能である。簡易な番組再生時間の調整に使用される。本機の方式は、現行アナログVTRで使用されているピッチコントローラを使用することを前提としたものであり、現行アナログVTRと同様な効果を新しい方式によって実現したものである。

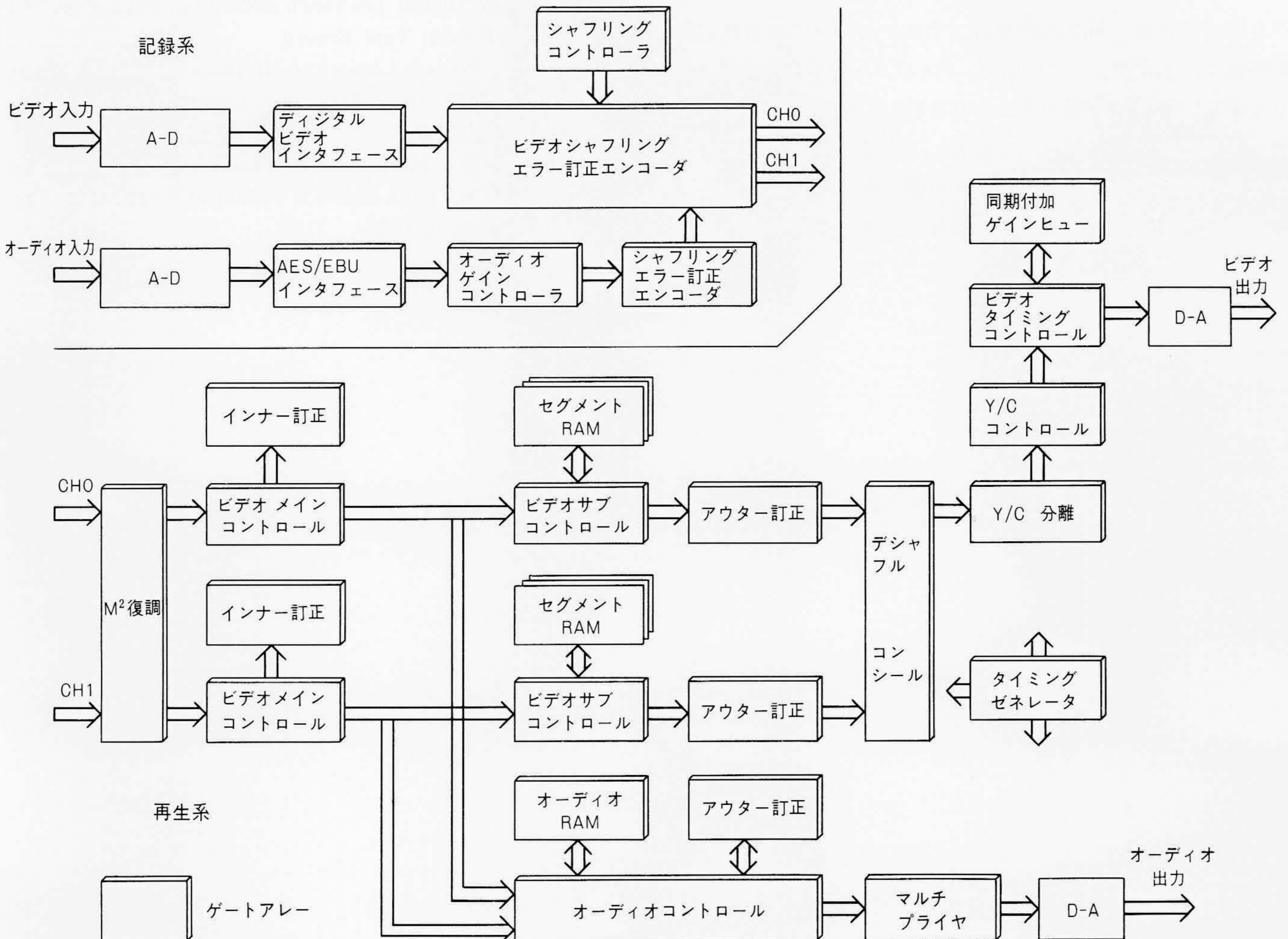


図10 デジタル信号処理部の構成 主要部分のゲートアレー化が行われ、回路規模、消費電力の低減を実現している。

本機のバリアブルプレイシステムでは、再生時間の圧縮・伸長のために、テープを n 倍速($0.8 \leq n \leq 1.2$)で走行させるとともに、ドラムも n 倍速で回転させる。ヘッドは常に記録トラックをトレースするので、記録データは映像も音声もすべて正しく読み出される。映像はフィールドメモリを用いて、フィールド単位で間引き、挿入を行う。音声は、テープ速度に応じてD-A変換器の変換レートを変化させて出力する。

本方式の課題は、データ転送レートが大幅に変化することであり、(1)クロック抽出回路のPLL(Phase Locked Loop)の中心周波数を転送レートに従い変化させ、データストロブ回路のストロブタイミングを変え、エラーレートの劣化を防止し、(2)前述したように信号処理回路のタイミングマージンを考慮すること、によって動作の安定化を実現した。

4.5 自己診断機能

自己診断機能は、システムの信頼性の向上、メンテナンスの簡素化、故障からの速やかな復帰などのためにきわめて重要な機能である。本機の自己診断機能は、大きく三つの段階に分けられる。第1の段階は、パワーオン時の自己診断で、各センサ、電源電圧などのチェックを行う。第2の段階は、動作中の自己診断で、各センサ、電源電圧などの異常に加え、エラーレート、サーボ、入出力信号、操作方法などのチェックを行っている。第3の段階は、テストモードによる自己診断機能で、上記チェックに加え、デジタル信号をE-E系で送りながら、信号処理系のチェックを行い、故障箇所を特定する。大規模なゲートアレーの採用と、E-Eパスの適用により、かなりの確率で故障部品の特定が可能となっている。

また、VTR内部の状態の情報はRS-232C経由で外部へ取り

出すことができるため、パソコンを用いた詳細な故障診断、電話回線を用いたリモート故障診断も可能な構成となっている。

5 結 言

放送業務用から一般企業向けまで使用できるハイエンドのD2デジタルVTRを開発した。本機の特長は、デジタル記録に伴う高画質・高音質と、L、M、Sサイズカセット対応の長時間記録およびメカニズム、回路系の小形化によるコンパクトサイズである。インタフェースも種々用意するとともに、従来システムとの互換性を重視した設計となっているので、いろいろなシステムでの使用が可能である。

デジタルVTRは、画質や音質の飛躍的な向上とあいまって、取り扱いの容易さ、過酷な使用条件に対する適応性の高さから、アナログVTRからのリプレイスが予想以上の速さで進展すると思われる。

参考文献

- 1) SMPTE244 : Proposed American National Standard for Component Digital Television Recording 19mm Type D-1 Cassette Format Tape Record
- 2) SMPTE : Proposed American National Standard for Composite Digital Video Recording 19mm Type D-2 : Doc. V16.87(1987)
- 3) Kaku, et al. : Mechanical Considerations for Composite Digital VCR, 130th SMPTE Technical Conference, Preprint No.130-19(1988)