

カセットデッキ “DK-46” 形的设计

Type “DK-46” Cassette Deck Design

増岡 淳⁽¹⁾ 伊藤 辰男⁽²⁾ 白神 正昭⁽³⁾
Jyun Masuoka Tatsuo Ito Masaaki Shiraga

要 旨

当社は、1968年、輸出向としてスタール式ワンウェイデッキを開発して以来、10数機種
の母体からなる数多くの車載用カセットデッキ機構を、製品化してきた。その中でDK-46
シリーズはカーオーディオに対するユーザニーズの多様化、高級化の要望に対応すべく開発
され、1981年に製品へ適用したフルロジックコントロールデッキである。

本機は、メカニズムに新方式を取り入れるとともに、動作の制御にデジタル技術を導
入し、操作性、性能の向上を図り、多機能化を実現した。また、メインコントローラとし
ては、4ビット1チップマイクロコンピュータ（以下マイコンと略称）を採用した。

本稿では、その概要と適用技術、デッキ制御などの要点について紹介する。

Since the development of a Staar system one-way cassette deck for export
in 1968, the company has commercialized a great number of cassette deck me-
chanism for automotive use which are based on ten or more types of key decks.

One of these cassette decks, DK-46 series was developed to meet users' re-
quirements for diversified and highly sophisticated car audio equipment, and it
was finally completed as a full logic control deck applicable to the products in
1981.

This deck adopted a new mechanism and a digital technology for the opera-
tional control to improve its operation and performance, thus achieving outstand-
ing multifunctional features.

Furthermore, 4-bit one-chip microcomputer was adopted for main controller.

This paper introduces the outline of this new deck, application technology,
system operation, etc.

(1), (3) 富士通テン株式会社技術部

(2) // 第二技術部

1. はじめに

近年のデジタル技術は半導体技術に支えられ日進月歩の発展を遂げている。これを応用した機器は産業用、民生用を問わず急速に普及してきた。

この電子技術と機械技術を有機的に結合したシステム、すなわちメカトロニクス応用機器はメカニクス、エレクトロニクス相互の特徴の相乗効果により、高精度化、小型化、効率向上、多機能化を可能にしている。

当社においても、市場ニーズの多様化、高級化などに対応すべく ECT（電子式自動変速装置）、EFI（電子式燃料噴射装置）、ETR（電子チューナ）をはじめとしてモータロニクス、オーディオ分野において数多くの製品にメカトロニクス技術が適用されている。カセットデッキにおいても例外ではなく、ノンリバースデッキからオート

リバースデッキ、さらにメカトロ技術を適用した高性能、多機能のフルロジックコントロールデッキへと急速に進展してきた。

このような背景のもとで、本機は1980年初頭から開発に着手し当社のマイコン制御デッキ機構（以下デッキと略称）の先駆となったものである。

2. 開発のねらい

本機は純正、市販、輸出向製品の各最上位機種に搭載するデッキとして位置づけられ、車載用オーディオ製品の要件として重要な

- 1) 全操作のフェザータッチ化による操作性向上
 - 2) 小型・軽量化
- を図るとともに高級機用デッキとして
- 3) 新機能付加による多機能化
 - 4) 基本性能の向上
- を達成することを目的とした。

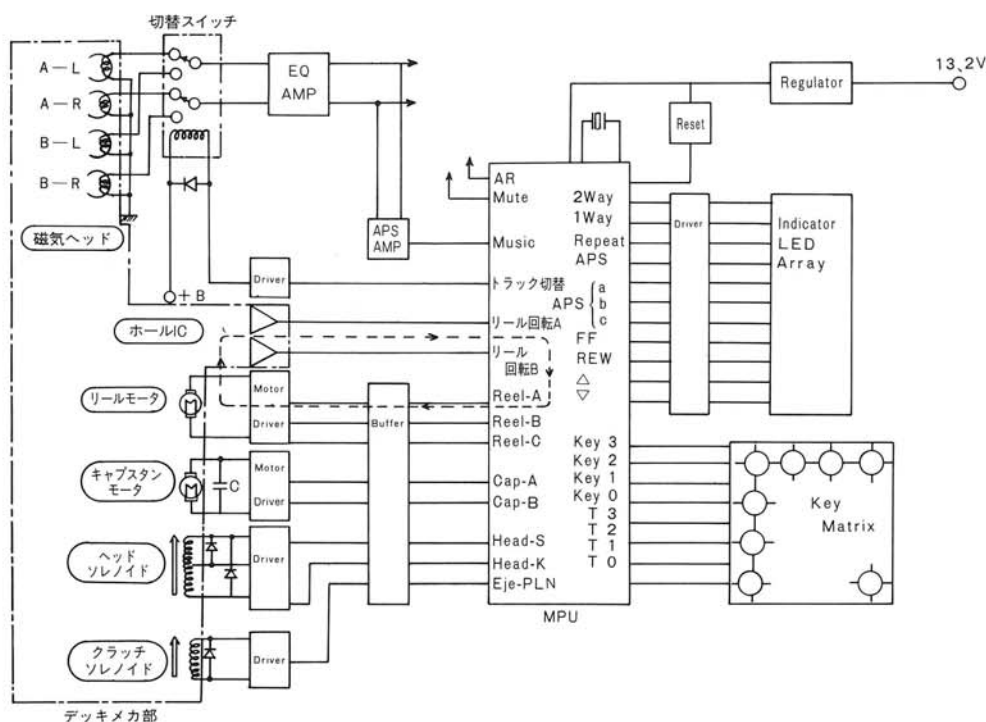


図-1 システムブロック図

Fig. 1 System block diagram

表-1 主 要 機 能

機 能		動 作 内 容
基 本	FF REW PROGRAM STOP/EJECT	PLAY方向に対して早送り PLAY方向に対して巻戻し PLAY方向の切替(A面⇄B面) FF/REW時はPLAYに、PLAY時はEJECT
選 曲	APS REPEAT	プレー中の曲に対し、前後7曲の飛越し選曲 プレー中の曲を最大7回繰返し再生
EJECT	AUTO 1WAY 2WAY	アクセサリ・キーOFFにより自動的にEJECT 片方向再生後、自動的にEJECT 往復再生後、自動的にEJECT
保 護	巻込み検知 たるみ除去 挿排出異常検知	リール回転の異常を検出してPLAY方向反転 テープのたるみをローディング完了後除去 3回連続して挿入排出動作を行っても正常に装着、排出されない時はスタンバイ状態となる
そ の 他	パワーローディング 終端検知 ディマ リモコン機能	モータ駆動によるカセットの装着、排出 テープの終端を検知しオートリバース インジケータの昼夜間における調光 FF、REW、PROGRAM、STOP/EJECT各操作

3. デッキシステムの概要

システムの設計に際しては、システムの機能、仕様を検討し、システムアーキテクチャでハードウェア（メカと電気回路）とソフトウェア（プログラム）の得手、不得手を十分に検討し、これに従ってシステムを構成するコンポーネントを決定した。

本システムにおいては小型・軽量化、信頼性および経済効果から部品点数を少なくすること、低消費電力化および多機能化などを考え、主要コンポーネントとして、コントローラに4ビット1チップマイコンを使用した。図-1にシステムブロック図、表-1に主要機能を示す。この表に記したように本機は基本機能の他にも選曲、保護機能など多くの新機能を備えている。

3.1 デッキメカ部の構成

デッキメカ部の構成は、カセットの装着排出を

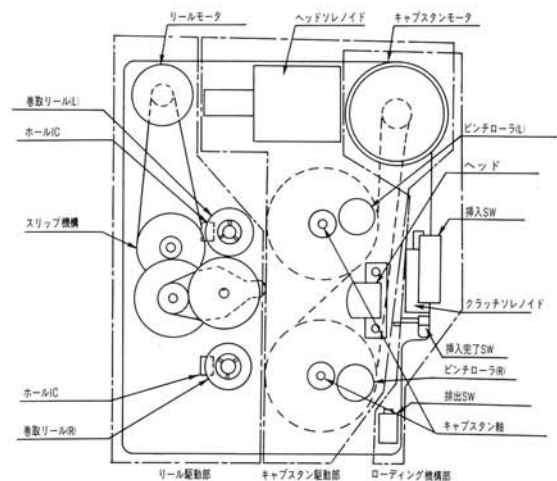


図-2 デッキメカ配置図

Fig. 2 Deck mechanism layout

行うローディング機構部、テープの定速走行を行うキャプスタン駆動部、テープの巻取りを行うリール駆動部の3つに大別され、図-2に示す配置とした。その主要構成部品を表-2に示す。また主要諸元について表-3に示す。

表-2 デッキメカ部主要構成部品

機 構	主 要 構 成 部 品		
	駆 動 源	制 御 用 セ ン サ	そ の 他
ローディング機構部	キャプスタンモータ(兼用) エジェクトソレノイド	挿入スイッチ 挿入完了スイッチ 排出スイッチ	減速ギヤ タイミングベルト クラッチギヤなど
キャプスタン駆動部	キャプスタンモータ ヘッドソレノイド	磁気ヘッド	キャプスタン軸 ベルト ピンチローラなど
リール駆動部	リールモータ	ホールIC (L、R)	リール ベルト スリップ機構など

表-3 デッキ諸元

	項 目	内 容
定 格	デ ッ キ 種 類	縦挿入オートリバースデッキ
	操 作	フェザータッチ操作
	外 形 寸 法	98.5W×32H×126D
	重 量	520g
	再 生 方 式	4トラック 2チャンネル
	使 用 テ ー プ	フィリップス規格コンパクトカセット テープ厚 10~20 μ m
	テ ー プ 速 度	4.76cm/s
性 能	電 源 電 圧	DC13.2V
	ワウ・フラッタ	WRMS 0.1% (JIS) 以下
	周波数特性	1 kHz: 0 dB, 12.5 kHz: $\begin{smallmatrix} +0 \\ -4 \end{smallmatrix}$ dB
	巻取トルク	46~74g $\cdot$ cm
	FF/REWトルク	55g $\cdot$ cm以上
	テープ駆動力	80g以上
	FF/REW時間	80秒 (C-60)

3.2 制御部の構成

制御部は4ビットマイコンMB8841を中心に、モータ、ソレノイド、インジケータの各ドライバとキーマトリクスおよび各種のセンサなどで構成した。

本機の制御部は開ループ系と閉ループ系に大別できる。多くは開ループであるが図-1の破線の矢印部はリールの回転をホールICで検知し、マイコンで処理し、リールモータを制御する非線形閉ループとして構成した。これにより本機は曲の頭

出し機能などを高精度に実現している。

4. デッキメカ設計の要点

4.1 操作性

車載用として最も重要視されるのが操作性である。本機は

- 1) キャプスタンモータによるカセット挿入、排出
- 2) ソレノイドによるヘッド台駆動
- 3) リールモータによるリール駆動および回転方

向の切換

などにより、全操作のフェザータッチ化を実現している。当然のことながらリモートコントロールも可能である。詳細についてはデッキ制御の項に記述する。

4. 2 性 能

デッキとして取り上げる性能のうち、音響面に直接関係のある性能としては、以下の2項が重要である。

4. 2. 1 ワウ・フラッタ特性

リールの駆動に専用モータを使用し、キャプスタン駆動系と分離する方式を採用した。これにより、キャプスタン回転に対する外乱要因である巻取トルク変動の影響を排除するとともに、キャプスタン駆動モータの負荷軽減を図り、ワウ・フラッタ特性を向上させた。

4. 2. 2 周波数特性

両キャプスタン軸の垂直度向上のため、軸受ハウジング径を拡大し、量産時の精度安定を図った。これにより、L/R各走行間でのテープの軌道ずれを防ぎ、ヘッドとの角度ずれによる損失を最小限におさえた。図-3にヘッド角度と角度ずれ損失の関係を示す。この図に示すようにテープに対するヘッドの微小な角度ずれがその特性に大きな影響を与えるため、デッキのなかで最も精度を要求される箇所の一つである。

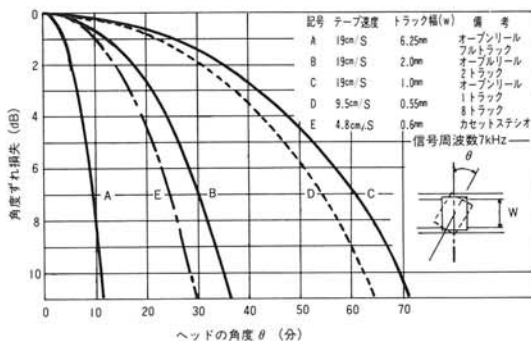


図-3 角度ずれ損失

Fig. 3 Angle deviation loss

4. 3 小型・軽量化

小型、軽量化については以下の4項の実施により、従来機と比較し重量、体積ともに20%の抵減を図ることが出来た。

1) メカ構成の簡素化

4. 2. 1 項で前述した駆動機構の採用により、プログラム切換機構に専用ソレノイドなどの駆動部品が不要となり、構造の簡素化が図れた。また、カセットの挿入排出の駆動にキャプスタンモータを兼用することにより、ローディング専用モータを設けることなく、パワーローディングを実現した。

2) ステンレス鋼板の採用による薄形化

従来、板バネ以外の部品ではほとんど使用されなかったステンレス鋼板を板金部品の半数に採用した。これにより強度確保しながら板厚を薄くしデッキ全体の薄形化を図った。

3) フライホイールの薄形化

従来、フライホイールの肉厚は4mm前後が一般的であったが、部品加工精度の点からほぼ限界である2.7mmまで縮少した。

4) 樹脂成形部品の広範囲な採用

ギヤ、プーリに関しては従来から樹脂化されているが、本機ではさらにレバー、ホルダ、スパーサなど10数点にも採用し、軽量化を図った。

5. デッキ制御

本デッキがマイコンによりどのように動作しているかについて説明する。

5. 1 マイコン入力

入力は、4×4のキーマトリクスおよびリール回転検知からの各信号である。キーマトリクスの信号読込みは概念図(図-4)のように、タイミング信号T₀~T₃の“L”によって縦ラインが選択される。キーがONされていると“L”が横ラインのK₀~K₃に読込まれRAMに書込まれる。こ

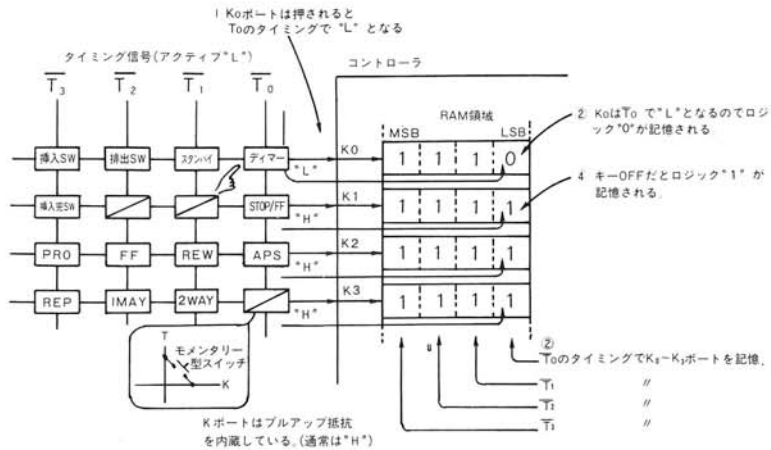


図-4 キー読み概念図

Fig. 4 Key matrix

のように順次縦ラインをスキニングして、キーの状態を読み、マイコンはRAMのデータを判断して各処理を実行する。

なお、キーのチャタリングによる誤動作防止は、チャタリング消滅後の安定領域を読み取るようにソフトウェア処理(時間制御)を行っている。また、複数のキーの同時押しや連続押しに対しては優先順位の設定などのソフトウェア処理にて、システムの誤動作を防止している。

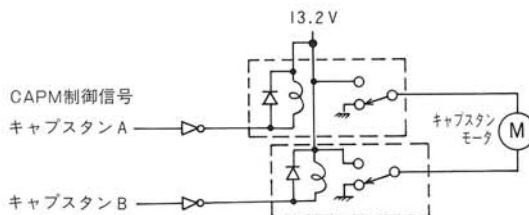


図-5 キャプスタンモータ制御回路

Fig. 5 Capstan motor control circuit

リール回転A、B信号(図-1)は、リールの下に設けた磁石の回転による磁界の変化(N/S)をホールICでパルスに変換して得られる。この

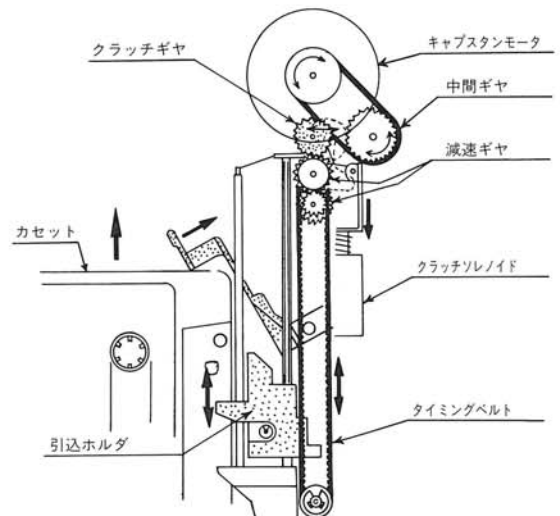


図-6 ローディング動作

Fig. 6 Cassette loading mechanism

表-4 キャプスタンモータ制御出力

デッキ動作状態 キャプスタン 制御入力信号	挿入、PLAY、FF REW	排 出	停止・スタンバイ
A	H	L	L
B	L	H	L

信号はテープの走行状態をチェックする唯一の信号源であり、マイコン内で各種の処理を施し、後述する機能をソフトウェア処理上で派生させてい

る。

曲間検知信号はテープの録音部分と無録音部分をパルスに変換し、飛越し選曲やリピートなどの機能に利用している。

5.2 マイコン出力

出力はモータ、ソレノイド、トラック切換、およびミュート信号と各種インジケータ用の信号である。これらの信号によりデッキの動作、表示を正確に制御している。

1) キャプスタンモータ駆動

キャプスタンモータはキャプスタン軸の駆動とカセットテープの挿入、排出をするローディング機構の駆動をソレノイドによりクラッチギヤをON/OFFし各機構を動作させている。

駆動回路を図-5に示し、動作真理値を表-4に示す。またデッキメカのローディング動作を図-6に示す。例えば、キャプスタン制御入力信号Aが“H”時キャプスタンモータは、カセットを挿入（ローディング）しクラッチギヤをOFFすることにより、PLAY（FF/REW）モードになる。

2) リールモータ駆動

リールモータはPLAY、FF/REWモードでテープ走行方向およびリール回転速度の切換えを行うため正逆回転、速度の可変を図-7の回路にて表-5の真理値に従って制御されている。リールモータ駆動系を図-8に示す。ここで、リール制御入力信号AとBはリールの回転方向を決め、リール制御入力信号Cは、リール回転の速度を可変

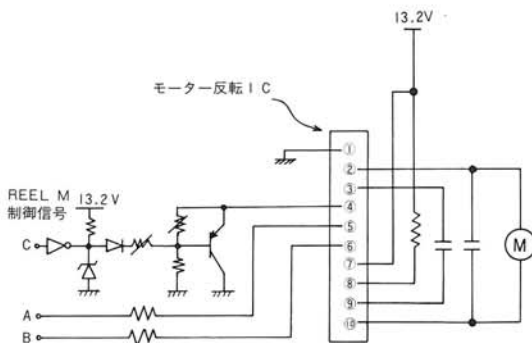


図-7 リールモータ制御回路

Fig. 7 Reel motor control circuit

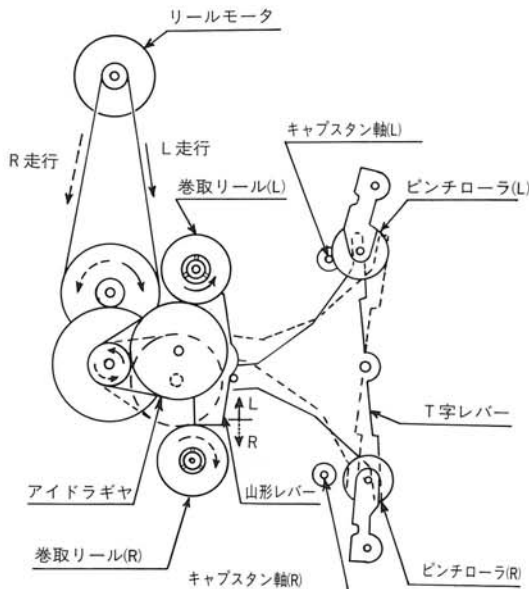


図-8 リールモータ駆動系

Fig. 8 Reel motor drive system

表-5 リールモータ制御出力

リールモータ動作状態 リール制御入力信号	PLAY L 方向	PLAY R 方向	高 L 方 速 向	高 R 方 速 向	停 止
A	H	L	H	L	L
B	L	H	L	H	L
C	H	H	L	L	H

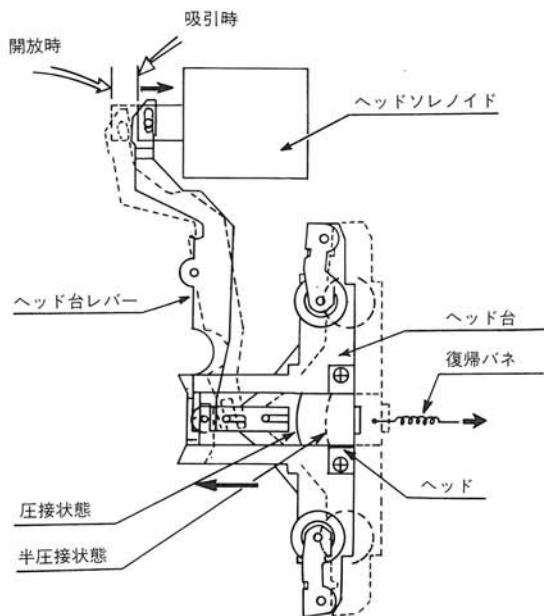


図-9 磁気ヘッド台駆動

Fig. 9 Magnetic playback head drive

している。

3) 磁気ヘッド台駆動

磁気ヘッド台はローディング機構により磁気ヘッドとテープ面に半圧接状態にされ、その状態からさらにソレノイドによってテープ面に圧接 (PLAY時)、半圧接 (FF/REW時、およびPRO切換時) の制御をする。このソレノイドは大きな力を必要とするため大電流が流れ、消費電力、発熱が大きくなる。このためソレノイド駆動は吸引後電流を下げて保持することで低電力化を図っている。磁気ヘッド駆動を図-9に示す。

4) クラッチギヤ駆動

このクラッチギヤは前述のキャプスタンモータによってキャプスタン軸駆動とローディング機構駆動の切換を行っている。

5) トラック切替

本デッキは、オートリバースであり、テープ終端での自動反転再生、あるいはプログラム切換操作されたとき、L走行再生とR走行再生をトレ

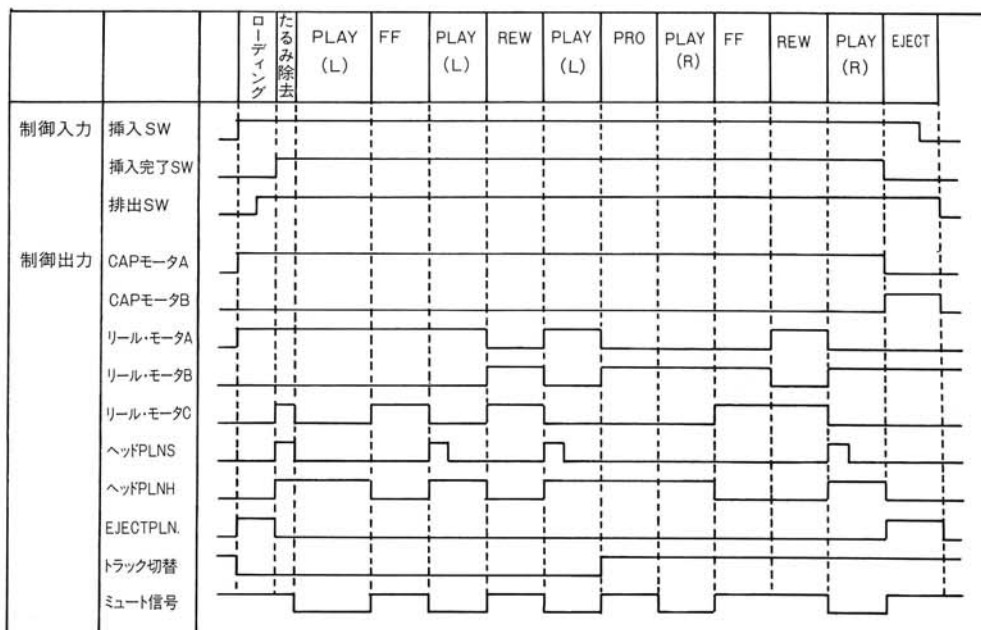


図-10 入出力タイミングチャート

Fig. 10 Input/output timing chart

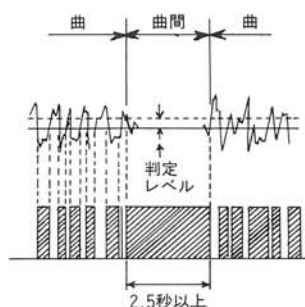


図-11 曲間検知方法

Fig. 11 Detecting method of program interval.

スするサウンドトラックの切換を行う。

6) ミューティング信号

ミューティング信号は先のキーマトリクスのいずれかのキーをONにしたとき、メカ的、電気的な過渡期において発生する不快な音声出力を除去するための信号である。

7) インジケータ

表示内容は各モードの動作状態をドットあるいはセグメント（APSの例）で表示している。車載用の場合、夜間走行での表示のまぶしさを配慮してディマ（減光）機能を付加した。

ディマは自動車の車幅灯と連動して50%と100%のデューティ切換による平均輝度を減ずる方法である。

以上の入力/出力の関係を図-10のタイミングチャートに示す。

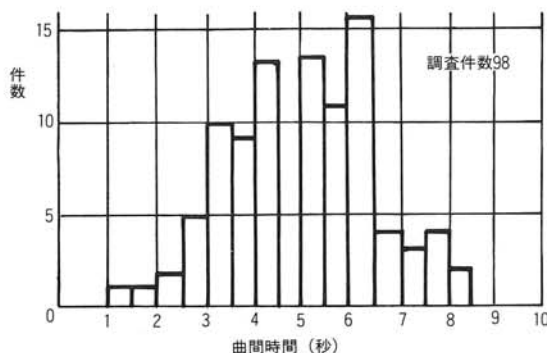


図-12 市販ミュージックテープの曲間時間

Fig. 12 Program interval of commercial music tape

5.3 ソフトウェア

本デッキの各種機能を十分に発揮させるため、マイコンのソフトウェアを開発し、カスタマイコンを完成させた。このマイコンを応用することにより、カセットデッキは前項で述べたように各種の機能が付加され、精度、操作性の向上などが図れた。

以下にこれらの機能の内、特長的なものについて述べる。

1) APS (Automatic Program Selector)

APSは曲の頭出し機能のことである。本システムは現在プレー中の曲に対して前後7曲の飛越し選曲が可能である。APSは、図-11のように曲と曲の間、すなわち無録音部分を検出して、目的の曲を頭切れなく再生しようとするものである。しかし、曲によっては、短時間の無録音部分もあり、判断時間の設定が困難である。本システムでは図-12に示す市販ミュージックテープ群の曲間時間やピアノシモ時間などのバラツキ測定の結果、無録音部分が再生時間にして、2.5秒を曲の終わりと判断することにした。

テープの早送りまたは巻戻しにおいて再生時間2.5秒（無録音部）相当の時間は、リールに巻取っているテープの量によって変化する。すなわち、巻取るに従ってリール径は大きくなり磁気ヘッドを通過するテープ速度は速くなる。巻取りリールの径は巻始めと巻終りで約2倍の差がある。このためFF/REWモード時のテープ速度を計算し、再生時間2.5秒に相当するFF/REW時間を演算しなければならない。計算式、および計算結果を以下に示す。

〔計 算 式〕

・ F 、 T について

$$F = 1/4 N'_{FF} \quad (4 \text{ パルス/リール1回転}).$$

(1)

$$\begin{aligned}
 T &= k/V_{FF} \\
 &= (k/V_{PLAY}) \times (V_{PLAY}/V_{FF}) \\
 &= t \times N'_{PLAY}/N'_{FF}.
 \end{aligned} \quad (2)$$

○ N'_{PLAY} と n の関係

$$\begin{aligned}
 N'_{PLAY} &= V_{PLAY}/2\pi r \\
 &= V_{PLAY}/2\pi (R_2 - \alpha n').
 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 L &= \sum_{i=1}^n 2\pi \{R_1 + (i-1)\alpha\} \\
 &= 2\pi \{R_1 n + n(n-1)\alpha/2\}.
 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
 L' &= \sum_{i=1}^{n'} 2\pi (R_2 - i\alpha) \\
 &= 2\pi \{R_2 n' - n'(n'+1)\alpha/2\}.
 \end{aligned} \quad (5)$$

$L = L'$ より

$$\begin{aligned}
 n' &= [-\alpha + 2R_2 - \sqrt{(\alpha - 2R_2)^2 - 4\alpha n}] \\
 &\quad \{2R_1 + \alpha(n-1)\} / 2\alpha.
 \end{aligned} \quad (6)$$

(3) と (6) により N'_{PLAY} と n の関係が求まる。

○ N'_{FF} と n の関係

$$\begin{aligned}
 N'_{FF} &= V_{FF}/2\pi r \\
 &= V_{FF}/2\pi (R_2 - \alpha n').
 \end{aligned} \quad (7)$$

$$V_{FF} = 2\pi (R_1 + \alpha n) N_{FF}. \quad (8)$$

(7) と (8) より

$$\begin{aligned}
 N'_{FF} &= 2\pi (R_1 + \alpha n) N_{FF} / 2\pi (R_2 - \alpha n') \\
 &= (R_1 + \alpha n) N_{FF} / (R_2 - \alpha n').
 \end{aligned} \quad (9)$$

(9) と (6) より N'_{FF} と n の関係が求まる。

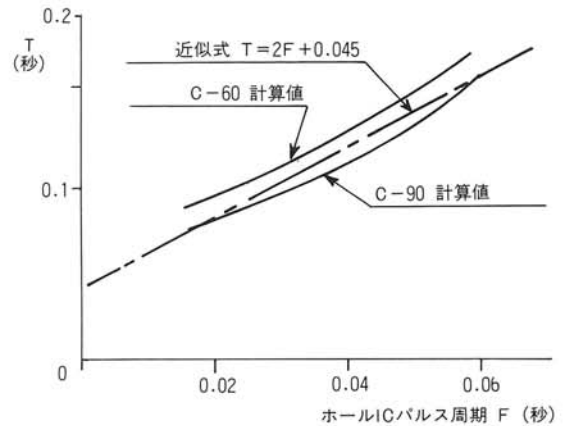


図-13 再生時の2.5秒に相当するFF/REW時間

Fig. 13 FF/REW time corresponding to 2.5 seconds during playback

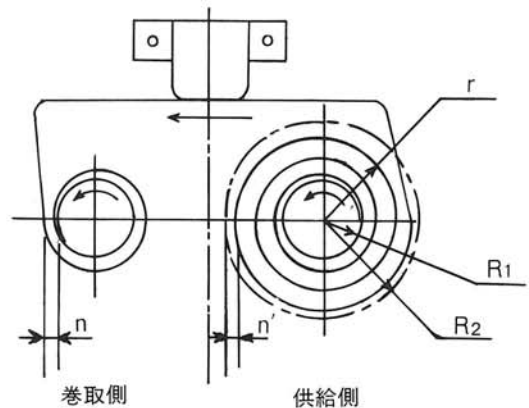


図-14 計算式参考図

Fig. 14 Calculation reference drawing

表-6 テープによる各数値

項 目 \ テープ	C-60	C-90	備 考
R_1 (mm)	10.75	10.75	特殊なテープを除き一定
R_2 (mm)	25	26	C 46 : 22.5 C 120 : 25
α (mm)	0.018	0.012	C 46 : 0.018 C 120 : 0.009
N_{FF} (Hz)	10	10	デッキメカにより一定
t (s)	2.5	2.5	一定 (設定値)
N_{max}	770	1130	C - 46 : 640 C - 120 : 1540
V_{PLAY} (mm/s)	47.6	47.6	一定 (規格値)

C-60とC-90テープについての数値を表-6に示す。計算結果を実際に適用した換算式とともに図-13に示す。また、計算式参考図を図-14に示す。

F : ホールICパルス周期 (s)

N_{FF} : FF時巻取りリール回転数/秒 (Hz)

N'_{FF} : FF時供給リール回転数/秒 (Hz)

N_{PLAY} : PLAY時の供給リール回転数/秒 (Hz)

t : PLAY時曲間判定時間 (s)

T : t に相当するFF時間 (s)

L : テープ巻取長 (mm)

L' : テープ巻取られ長 (mm)

k : PLAY時 t で送られるテープ長 (mm)

V_{PLAY} : PLAY時のテープ速度 (mm/s)

V_{FF} : FF時のテープ速度 (mm/s)

n : 巻取側テープ巻数

n' : 供給側テープ巻取られ数

α : テープ厚 (mm)

r : 供給側テープ巻き半径 (mm)

R_1 : テープ巻き最小半径 (mm)

R_2 : テープ巻き最大半径 (mm)

2) リピート

リピート機能は本質的にはAPS機能から派生

してできたものである。すなわち、再生状態において、2.5秒以上の無録音時間を検知して1曲REW方向のAPSを実施することにより録音の最初の部分から正確にリピートすることが出来る。

3) 巻取り不良防止 (巻込み防止)

ホールICからのパルス列を利用して、テープ走行の異常を検知する保護機能を設定した。

これは何らかの原因によりキャプスタン軸にテープが巻込まれ、動作しなくなる異常である。この異常検知の方法として、巻取側リールの回転により発生するパルス列の周期を計測する。前の周期と新しい周期の差が一定値以上になったとき、異常と判断し、テープを逆転することにより、巻込みあるいは、異常過負荷を防止している。

4) たるみ除去

カセットテープの挿入 (装着) 時に巻取り側のテープに図-15のようにたるみが生じていると、再生直後にテープ走行が安定せず、音質がそこなわれたり極端な場合はテープ巻込をおこす。これを防止するのがたるみ除去である。方法はカセットテープの挿入 (装着) 直後に巻取側のリールを瞬間的に高速回転させ、たるみを除去する。

なお、プログラム全体のフロー・チャートを図

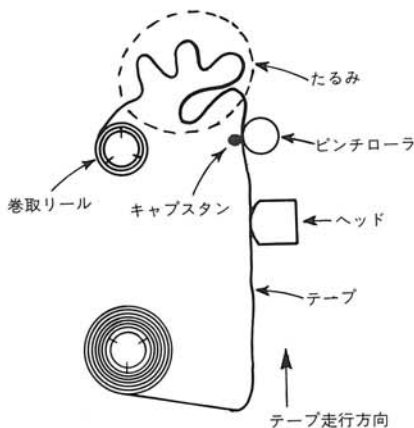


図-15 たるみ除去

Fig. 15 Sagging elimination

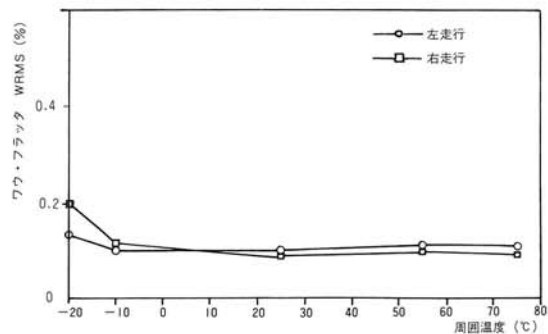


図-17 温度-ワウ・フラッタ特性

Fig. 17 Temperature vs wow•flutter characteristics

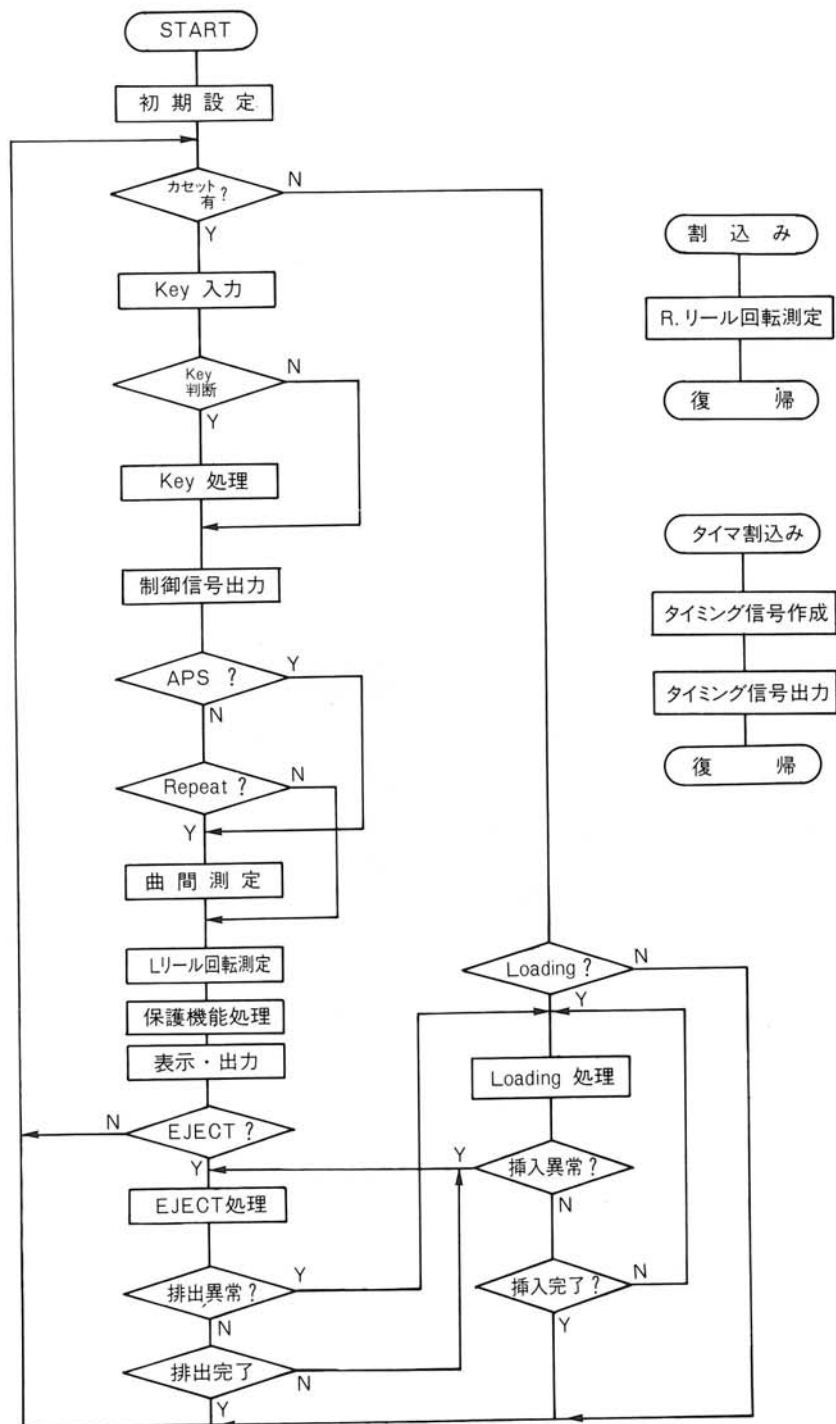


図-16 プログラム・フローチャート

Fig. 16 Program flow chart

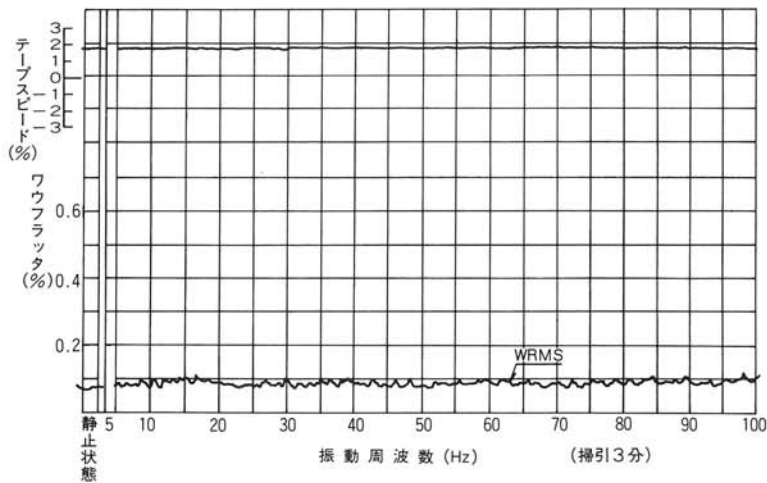


図-18 振動一ワウ・フラッタ特性

Fig. 18 Vibration vs wow•flutter characteristics

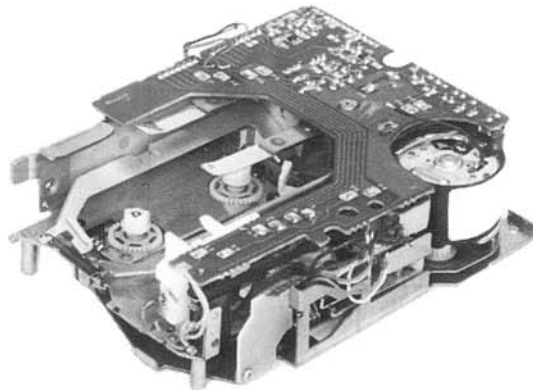


図-19 デッキ外観図

Fig. 19 Cassette deck mechanism DK-46 outline drawing

-16に示す。

6. 信頼性評価

車載用カセットデッキとしての信頼性試験項目は数多くあるが、代表的なものとして「温度一ワウ・フラッタ試験」、「振動一ワウ・フラッタ試験」がある。これらの試験は、環境温度の変化、外部振動に対する性能安定度の評価に重要である。本機の試験結果例を図-17、図-18に示すが、いずれも安定した性能を確保している。

このような環境試験のほかにも各種の耐久試

験、実車試験などを繰返し行い、その解析、従来機種との比較検討を経て量産化された。図-19に本機の外観図、図-20に本機を搭載した製品、QD-270の外観図を示す。

7. むすび

以上述べたように、メカニズムに新方式を取入れ性能向上を図るとともに、制御部とのトータルシステムとして必要な機能のうちいくつかをソフトウェア処理することにより、メカ部（電気回路部を含む）構成の簡素化が図れ小型化が可能とな



図-20 セット外觀図

Fig. 20 Cassette player QD-270 outline drawing

った。また、高精度の曲の頭出し、巻込検知に代表される従来のデッキでは成し得なかった新機能をデジタル制御技術の適用によって付加することができ当初の開発目的を達成することができた。そして開発後3年を経過し、その間いくつかの改良がほどこされ、現在も最上位機種に採用され生産されている。

今後カーオーディオをとりまく環境はより一層のニーズの多様化、競争の激化、目覚ましい技術革新と非常に急テンポでの変化が予想され、ますます市場動向に適合した優れた製品が要求されるのであろう。

車載用カセットデッキについても近い将来、従来のアナログ録再機からデジタル信号処理を適用したDAT（デジタルオーディオテープ）またデジタルメモリなど、応用分野も広がり今以上に高性能化が要求されると予想される。

今後はDK-46の開発により得られた技術の蓄

積、展開、さらに新技術の導入を図り、前述の要求に対応できるデッキをタイムリーに開発していく方針である。

参考文献

- 1) トヨタ自動車：「メカトロの知識」、トヨタ技術会（1984）。
- 2) 津野尾忠昭：「テープレコーダ」、日刊工業新聞社（1976）。
- 3) 加銅鉄平ほか：「現代オーディオ技術」、オーム社（1976）。
- 4) 富士通：マイクロ・コンピュータ・ファミリ（4ビット編）（1979）。
- 5) 横井与次郎：「C-MOSデジタル回路マニュアル」、ラジオ技術社（1975）。
- 6) 「メカトロニクスのノイズ対策」、トランジスタ技術、第20巻、8号（1983）。