

高品質カセットデッキDK-82

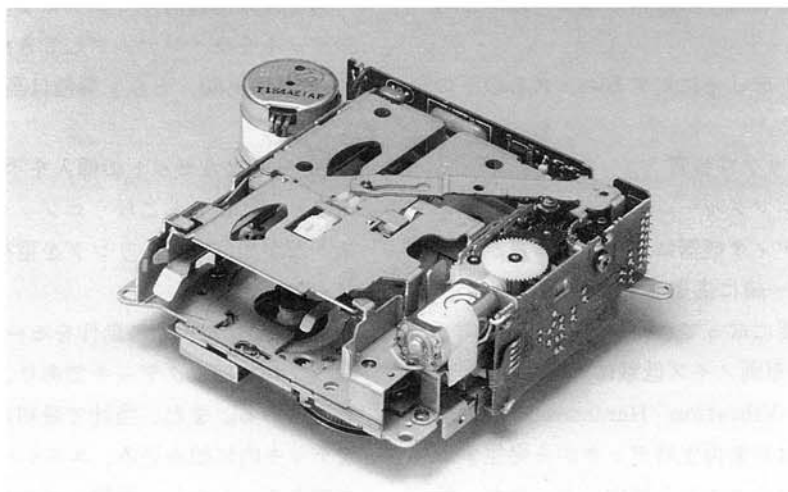
High Quality Tape Deck DK-82

横山義彦 *Yoshihiko Yokoyama*

小野俊彦 *Toshiyuki Ono*

新井健睦 *Kenboku Arai*

立花健司 *Kenji Tachibana*



要 旨

当社は、1968年以来、カー用カセットデッキの開発を行ってきた。この間、カー用純正オーディオとしての信頼性の追求を始め、様々な時代の要求を取り入れながら、数多くの新デッキの開発および改善を重ねてきた。

今回、当社ノウハウをベースに、音質向上、静音化、信頼性の向上などの高品質化をテーマに新デッキDK-82の開発を行なった。本稿ではDK-82に盛り込んだ技術について解説する。

Summary

Since 1968, Fujitsu Ten has been developing many tape decks for car use. Anticipating various demands of the time, such as seeking high reliability for the use of genuine car audio. We also have been make a best effort to improve tape deck quality.

Fujitsu Ten now introduce new tape deck "DK-82". We established the developing objectives of "high Quality", such as better sound quality, minimizing mechanical noise, improving reliability and so on.

This paper will show you the key points of design and technology.

1. はじめに

オーディオの新メディアとして登場したMD (Mini Disc)、DCC (Digital Compact Casset) はカーオーディオの分野でも普及が期待されるが、まだ販売台数は伸びていない。一方、CDは近年売上を伸ばしてはいるが、そのシェアは図-1に示すようにコンパクトカセットの25%程度しかなく、コンパクトカセットがカーオーディオメディアの主流であると言う状態はしばらく続くと考えられる。

その一方で、カセットデッキに対するニーズも以下のように変化してきている。

1) 音質の向上…よりクリアな音質

自動車は「動くリスニングルーム」としても位置づけられ、据え置き型オーディオ機器に劣らない音質が要求されている。特にCDと一緒に搭載される機会が多く、よりクリアな音質が必要になってきた。

2) メカノイズの低減…車両ノイズ低減に対応

車両のNVH (Noise, Vibration, Harshness) が急速に低減している。従来は音楽再生時デッキから発生するメカ音は車両ノイズにマスクされる傾向にあったが、最近の車両でははっきりと聞こえてしまう。よって車両品質に見合うメカノイズの低減が必要になってきた。

3) カセット挿入／排出フィーリングの向上

車室内操作フィーリングの向上に伴い、これらに見合った軽い操作フィーリングが要求されてきた。

4) 市場クレームの低減

信頼性については今まで以上のきびしいレベルが必要である。

5) コストパフォーマンスの向上

高級機、普及機を問わず、近年やや飽和傾向にあった市場価格が最近また低下してきており、コストパフォーマンスを更に高める必要がある。

このような時代の要請に応え、品質を高めるために、デッキの見直しが必要になった。

2. 開発のねらい

当社は高信頼性カセットデッキとして2機種のロジックデッキをラインナップしてきた。1機種は普及機向け中心のDK-80、もう1機種は高級機向け中心のDK-76である。

DK-80はカセットの挿入を手動、それ以外をモータドライブによりおこなうロジックデッキである。ローコストだが操作フィーリングを重視する時流にそぐわなくなってきた。

DK-76はすべての動作をモータドライブによりおこなうフルロジックデッキであり、操作フィーリングを改善している。また、当社で最初にプリアンプ、制御回路をデッキ内に組み込み、ユニット化（後述）を行ったデッキである。しかし、品質レベルの向上やコストダウンの要求がより厳しくなってきた。

以上より、DK-82ではDK-80、DK-76の後継機という位置づけから、すべての動作をモータドライブでおこなうフルロジックデッキを基本とし、DK-76以上の高音質化、静音化、信頼性の向上、コストパフォーマンスの向上をねらいとして開発を行なった。今回は特に音質の向上、静音化、信頼性の向上を達成するための考え方や方策について述べる。

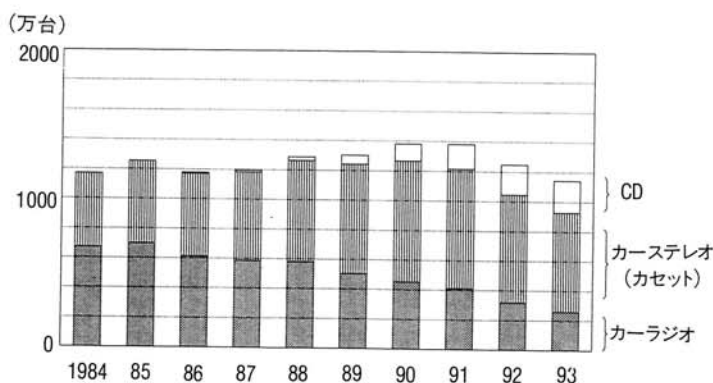
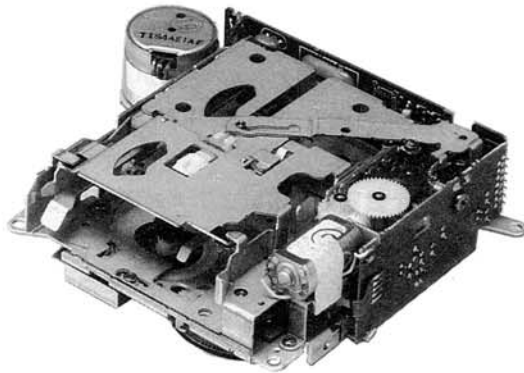


図-1 カーオーディオ国内出荷台数推移

Fig.1 Sales quantity of car audio in Japan

3. 設計の概念

DK-82は、図-2に示す通り、カセットデッキに要求される基本機能を網羅したデッキユニットである。このデッキの基本的な設計概念について以下に述べる。



<機能>

- パワーローディング/パワーイジェクト
- FF/REW
- 走行方向切換
- オートリバース
- 自動選曲
- リピート
- ブランクスキップ
- スキャン
- オートテープセレクト

図-2 DK-82の外観・機能

Fig.2 Outline drawing and function of DK-82

3. 1 ユニット化

図-3に示す通り、オーディオ回路と制御回路をデッキメカに組み込み、ユニット化した。プリアンプを組み込むことにより、ヘッドからの微弱信号を最短距離でプリアンプに入力し、ローインピーダンスで出力することができる。これによりデッキ外部からのノイズの影響を受けにくくした。また、制御回路を組み込むことで、異常を未然に防止するフェールプルーフ、異常が発生した時に被害を最小限に抑えるフェールセーフを自動的にユニット内で行うことができる。

このようなユニット化により、デッキユニットで十分な評価を行なうことができ、製品開発における設計、評価の負担を最小限に抑えることができる。

また製品側とのインターフェイスをできるだけ従来デッキのDK-76に合致させることにより新デッキへの切換を容易にした。

3. 2 オーディオ回路

オーディオ回路は、実使用状態でS/Nの改善を重点的に行った。カタログ等のオーディオ規格にはベンチデータが記載されている。しかし、ベンチでは高い性能を発揮しても、実際に自動車のコンソールへ取り付けると種々のノイズにより、S/Nが低下するが多い。よって本デッキでは車室内で実際に使用される状態での

S/Nに着目し、新開発のインナーシールドヘッド（後述）を採用して、車載条件下でのS/Nを確保した。

プリアンプは、ユニット化の部分で述べた通り、ノイズの影響を受けにくいレイアウトを採用すると共に、信号パターンの引きまわし、GND処理等に注意して開発を行った。

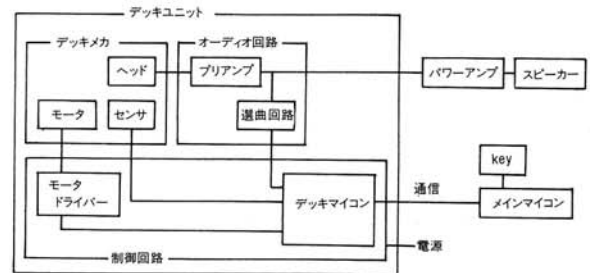


図-3 ブロックダイアグラム

Fig.3 Block diagram of tape deck unit

3. 3 テープ走行系

テープ走行系には実績のあるデュアルアジマス機構を採用した。オートリバースデッキでは、テープの走行方向によって微妙にテープの走行角度が変わってくる。これがアジマス損失を生み、高音域が低下する。デュアルアジマス機構はヘッドの角度を走行方向によって別々に調整することにより、テープに無理な力を加えることなく最適な調整ができる機構である。

また、振動が加わる車室内ではカセットハーフを確実に固定することが、実使用状態のワウフラッター性能を確保する重要なポイントである。本デッキではカセットハーフに上下だけでなく、左右からもバイアス力を加え、振動が加わっても走行系に影響が及ばないようにした。

車載用デッキは製品きょう体に入り、自動車のコンソールに取付けて使われる。よってコンソールやきょう体の寸法誤差に伴う歪、自動車が段差を乗り越える時に車体に生じる歪が、デッキシャーシを歪ませる応力となる。デッキシャーシが歪むとテープ走行系の精度を確保できないため高音質デッキには高い剛性が必要である。

本デッキでは、シャーシ厚を当社従来デッキ比で20%UPするとともに補強リブ、穴位置の見直しによりシャーシ剛性を約2倍にした。

3. 4 その他メカ構造

静かでフェールセーフに有利なメカとするため、プランジャレスの2モータ機構にした。すなわち、DCサーボモータでキャプスタンとリールのみを駆動し、もう1つのモータでメカモードの切換を行なうようにした。こ

のメカモード切換モータを回転させると、エジェクト状態→カセット装着状態→早送り状態→プレイ状態とメカモードが切り換わり、反転により逆の順にモードが切り換わる。

本構造を採用した理由を以下に述べる。

- ①プランジャを使用しないので、作動音を低減できる。
- ②プレイ中に高速回転するギア列がないので走行音を低減できる。
- ③DCサーボモータはキャプスタン・リールのみを駆動するため負荷が軽減された長寿命化が図れる。
- ④ヘッドの前進/後退とカセットの上昇/下降の動きがメカ的に結合したシーケンシャルなメカ動作により、カセット挿排不良を低減できる。
- ⑤メカ状態を検知するセンサがすべて破壊しても、エジェクト方向へモータを回転させることで、強制的にエジェクトさせることができる。
- ⑥メカ切換の動力は専用モータからギアで伝えられている。温度特性の大きなゴムベルトを使わずにすむため、従来デッキでは動作が不可能な低温下でもエジェクトできる。

4. 設計の要点 (特徴)

次に3項で述べた考え方や方策の中から特徴的な技術内容について述べる。

4. 1 静音化、音質の向上

4. 1. 1 静音化

音楽再生のメカノイズは、ギアの噛み合い音が主である。これに対応するため、3. 4項で述べたようにメカモードを専用モータで切り換え、DCサーボモータはキャプスタンとリールのみを駆動するようにした。これにより、音楽再生中に回転するギアの数 $1/3$ (DK-76比) になり大幅な静音化が実現できた。

一方メカモード切換時のメカノイズには、プランジャ作動時の“カチ” “パチ” という音や、レバーをバネ力で飛び込ませる時の“パチン” という音などがある。これもメカモード切換を専用モータで行なうことにより回避した。

4. 1. 2 インナーシールドヘッド

車室内では屋内と全く異なる特性がヘッドに対して要求される。その1つが外部磁気ノイズに対するシールド能力である。自動車にはワイヤーハーネスが走り、ここを電源系の大電流が流れている。もしリップル電流が残っていれば、ここから磁気ノイズが放出される。その周波

数はエンジン回転数に比例し、数kHzまでのびる。この磁気ノイズがヘッドに誘導することにより、アクセルをあおると“ヒューンヒューン” という音がスピーカから聞こえる。ホーム用で問題となる磁気ノイズはAC電源の50Hz/60Hzであるのに対し、カー用はその約100倍の周波数である。また、ヘッドの磁気ノイズに対する感度は、同じ磁束密度でもその周波数に比例する性質を持っている。そこでカー用ではノイズ周波数が高いためにホーム用の $1/100$ 程度の磁気ノイズでも問題になるのである。

カーオーディオ機器では磁気ノイズ対策としてヘッドの外側にシールド板を取り付けるのが一般的である (図-4)。しかし、外側にシールドを施すことでヘッドの外形が大きくなり、再生時にヘッドとカセットハーフ間のクリアランスが少なくなる。すなわち、図-5に示す通りカセットハーフの寸法にばらつきがあるため、ヘッドがカセットハーフと干渉して再生不能になる、もしくはヘッドがカセットから引き抜けずエジェクト不良になる可能性があり好ましくない。そこで、ヘッド外形を大きくせず外部磁気ノイズに対するシールド能力を向上させるため、ヘッド内部にシールドを組み込んだ、業界初のインナーシールドヘッドをメーカ (キャノン電子株式会社) と共同開発した。

インナーシールドヘッドにより、従来の外部シールドヘッドと同等のシールド能力を確保でき (図-6)、規格外のカセットのプレイアビリティと車載実使用時のS/N向上を同時に実現できた。

4. 2 信頼性の向上

4. 2. 1 ヘッド汚れの対応

一般にコンパクトカセットの磁気テープは、カセットハーフに内蔵されているパッドでヘッドに押しつけられて走行している。ヘッド表面はなめらかに仕上げてある

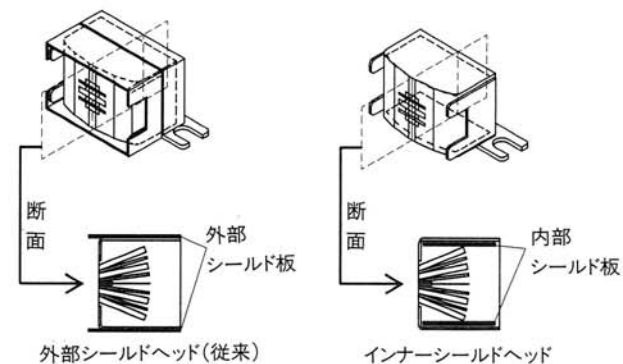


図-4 ヘッド外觀比較

Fig. 4 Comparison of magnetic head appearance

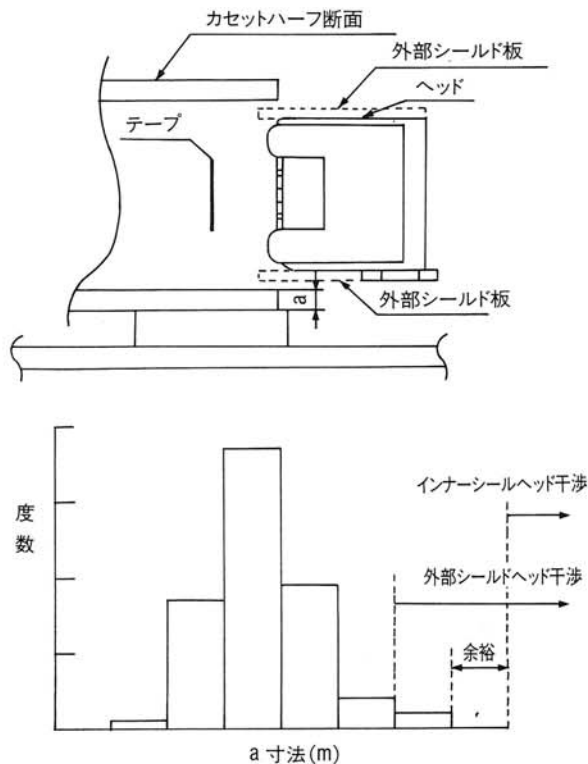


図-5 市場カセットハーフの寸法ばらつきとヘッドクリアランス

Fig.5 Dimensional distribution of Compact Cassette Case in field and clearance between magnetic head and Cassette.

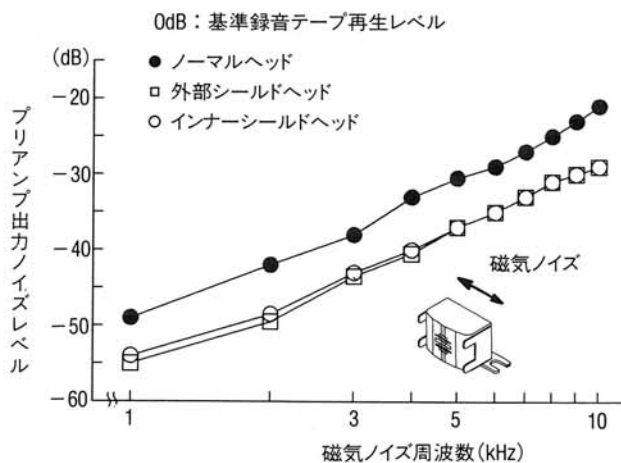


図-6 磁気ノイズレベル比較

Fig. 6 Comparison of magnetic noise level

が、一度固着物が付着すると、この固着物(汚れの種)がテープの磁性体を引っかかり磁性粉を発生させ、急激にヘッドを汚す。そして、ヘッドのギャップ付近に汚れが付着すると、スペーシングロスにより再生信号の高域が出な

い、信号そのものが出ないという状態になる。最近ではヘッド汚れが市場クレームの最大の要因となっている。

図-7はヘッド汚れ試験途中のヘッド拡大写真である。汚れはコアではなく、樹脂部から付着しているのがわかる。DK-82には、テープがパッドで押しつけられている面圧の高いエリアに、樹脂が露出しない構造のヘッドを採用し、汚れの種がヘッドに付着する可能性を少なくした。

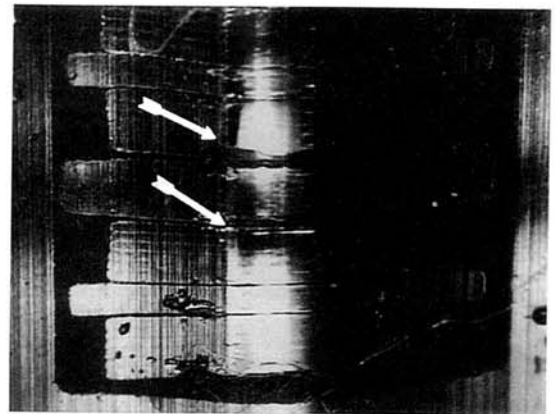


図-7 65°C、175時間連続走行後のヘッド汚れ

Fig.7 Comparison of head contamination after heat run 175H, at 65°C

4. 2. 2 規格外カセットへの対応

国内では少ないが、海外ではカセットハーフのガイド穴・ガイド穴のピッチ・そり・ねじれなど、コンパクトカセットの規格寸法を外れた、いわゆる規格外カセットが市場で使用されている(図-8)。規格外カセットをどこまで正常に再生出来るか、あるいは排出できるかも品質向上の重要なポイントであり、次の対策を行なった。

- ① リールキャップの小型化
- ② ガイドピン径の小型化
- ③ カセットハーフ水平落下機構

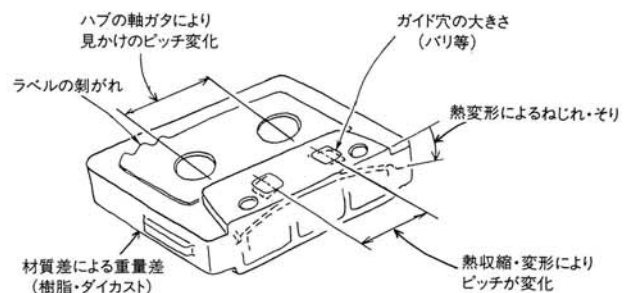


図-8 規格外カセットハーフ

Fig.8 Out-of-spec compact cassette case

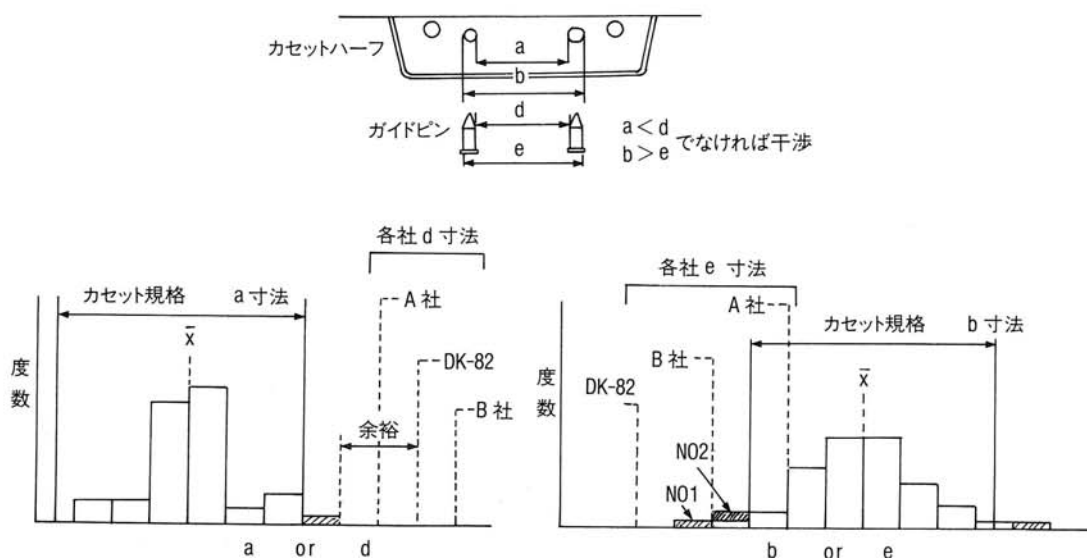


図-9 ガイドピン径小型化による効果
Fig.9 Reducing guide-shaft diameter

カセットデッキは押し込まれたカセットハーフを引き込み、次に落下させ、ガイドピンを基準にリール台に装着する。リールキャップが大きいと装着不能になりやすいのはもちろんであるが、カセットハーフのガイド穴やそのピッチがずれていても、ガイド穴がガイドピンに入らず装着不能となる。実際の寸法関係はリール部よりガイド穴部のほうがきびしいのである。よってガイドピンを細くし、カセットハーフを水平に落下させることで、ガイド穴にガイドピンを入りやすくした。ガイドピンを細くすることによりカセットにがたつきが生じるため、3. 3項で述べたようにバイアス力をかけ、振動時のワウフラッタの劣化を防止している。

図-9は市場のカセットについてガイド穴の内々寸法aと外々寸法bのばらつきをとり、他社とDK-82の装着可能な許容寸法を記入したものである。この中からNo.1、No.2の規格外カセットを実際に挿入したところ、DK-82では正常に動作したのに対し、B社、C社のデッキでは装着不良が発生し、プレイ不可能となった。

また、カセットハーフに貼られているラベルがはがれた場合、挿排不良が発生することがある。これに対し、本デッキではカセットが挿入されるエレベータのラベルエリアの部分に逃げを設け対策した。

4. 2. 3 マグネット式スリップ機構

スリップ機構はすべりながらトルクを伝達するクラッチでプレイ中のテープの巻取り、FF/REW中のテープ終端でのテープ切れの防止のために必要な機構である。このトルクが高いと、ワウフラッタの悪化や、テープダ

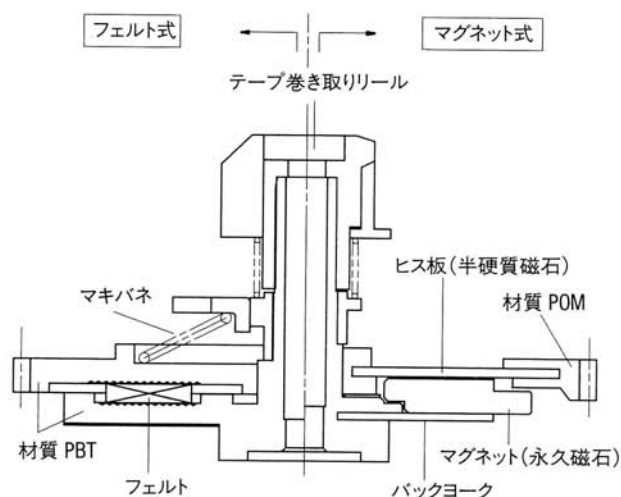


図-10 スリップ機構の構造比較
Fig.10 Comparison of slip-mechanism structure

メージが発生し、低いとテープ巻き込みの発生や、保護機能がはたらき勝手に走行方向が切換わったりエジェクトしたりする。

従来のスリップ機構（フェルト式）とマグネット式スリップ機構の構造比較を図-10に示す。フェルト式スリップ機構はフェルトを樹脂で挟み、バネで圧接し、フェルトと樹脂の摩擦抵抗によりトルクを発生する構造である。そのため、次のような問題がある。

- ①環境変化（温度、湿度）によるトルク変動が大きい。
- ②接触面のなじみによるトルク変化が大きく、組立初期から安定するまでのエージングが必要。

マグネット式スリップ機構ではマグネットの磁力が半硬質磁石板（ヒス板）に作用するヒステリシストルクに

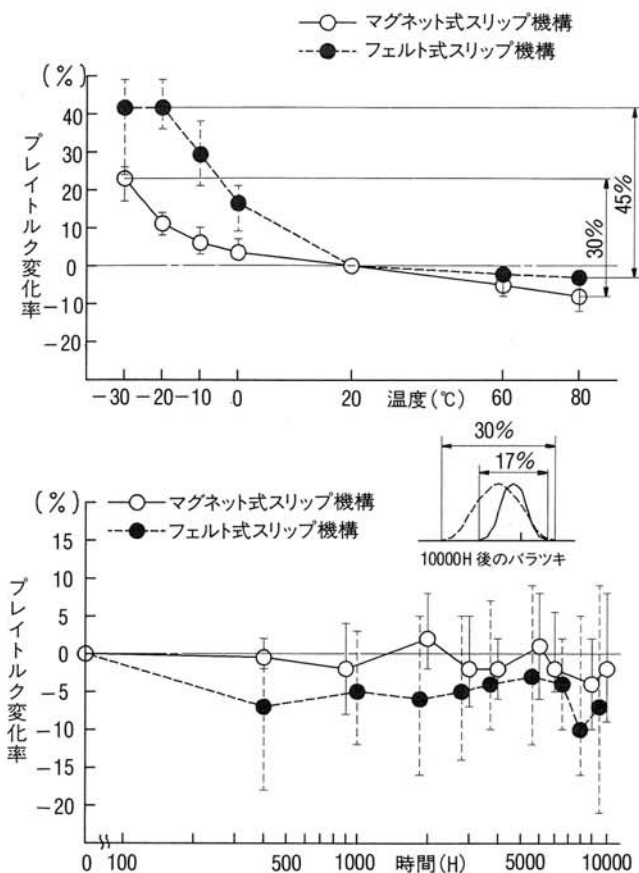


図-11 スリプトルクの温度依存と経時変化

Fig.11 Temperature dependent and time drift of take-up torque

よりスリプトルクを発生するため、図-11のように温度変化や経時変化によるトルクのばらつきを小さくすることができる。そのため、温度や湿度の変化が大きい車載環境でも、長期に渡り安定して性能を維持することができる。

4. 2. 4 テープ巻込検知

テープがキャプスタンやピンチローラに巻き付いてしまう事故がごくまれに発生する。これにはテープがたるみ静電気などで巻込むものと、テープに付着した粘着物(ジュース等)が原因となって巻き込むものがある。前者は停止時のテープたるみを防止するリールロックや、約1秒REWを行なうたるみ除去によりある程度防止できるが、後者を防ぐのは困難である。

DK-82ではリールの回転方向をマイコンで監視し、両方のリールが共にテープが引き出される方向へ回転すると、巻き込みが発生したと判断する機能を付加した。この時、まず走行方向を切換え、巻きみかけたテープを反対側に引っ張り正常に戻す。それでも巻き込みが続くようだとテープスタックを防ぐためにトラブルスタンバイ

(停止)になるようにした。

4. 2. 5 その他

その他の信頼性向上対策を以下に記す。

①エレベータ上バイアス機構

- ・無理なカセット挿入に対してカセット挿排機構の変形を防ぐ

②ワイヤレス化

- ・接触不良の低減

③密閉、微小電流対応スイッチ

- ・未再現不良の低減

④ウォッチドックタイマ

- ・マイコンに異常が発生した時、自動的にリセットをかけ、カセットをエジェクトさせる。

⑤過電流制限回路

- ・デッキ内部で回路ショートが発生した時の過電流抑制

⑥テープたるみ除去の充実

- ・カセット挿入後のたるみ除去に、たるみがなくなるのを確認する機能を追加
- ・FF/REW状態からエジェクトする時のたるみ除去を追加

5. ま と め

5. 1 オーディオ性能

オーディオ性能はカーオーディオだけでなくホーム用ハイエンドクラスのカセットデッキとも比較を行った(表-1にベンチデータを示す)。当社デッキはデッキ単体の平均値データであり、他社デッキは市販品1台をサンプリングし、製品状態で測定したデータである。ワウフラッタ以外はカー用、ホーム用のハイエンドクラスに近い性能が得られており特にS/Nはねらい通りの高いレベルに到達した。

5. 2 操作フィーリング

フィーリング評価結果を表-1に示す。一般的に挿入力は軽く、動作時間は短い方が好まれる。メカノイズは定量評価が困難なので、パネラーによる感性評価を行った。その結果軽くスムーズな動作、音楽再生中の静かさ、および挿入音においてトップレベルと評価された。

5. 3 品質向上方策の比較

主要品質向上方策の比較を表-2に示す。本デッキでは従来デッキ、他社デッキに比べ、よりこまかな品質上の対策を行っており、ユーザーの満足度を高める配慮を行なった。

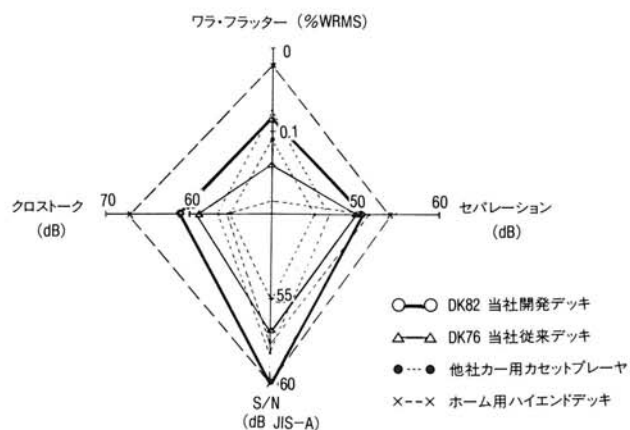


図-12 オーディオ性能比較

Fig.12 Comparison of Audio performance

表-1 感性評価結果

デ ッ キ		カ ー 用						備 考
		当 社			他 社			
		DK-82	DK-76	DK-80	A社	B社	C社	
カセット挿入力		○	△	△	×	△	○	○ 軽い △ 中 × 重い
動作時間	カセット挿入 ～演奏開始	○	△	○	○	○	○	
	プログラム切換	○	○	△	△	△	△	
メカノイズ	走行音	○	△	○	○	○	△	
	挿排音	○	△	△	○	△	△	

表-2 品質向上方策の比較

デ ッ キ			カ ー 用					備 考	
			当 社			他 社			
			DK-82	DK-76	DK-80	A社	B社		C社
音 質 向 上	ヘッドシールド能力		○	△	△	△	△	○	× シールドなし △ 部分外部 シールド ○ 外部シールド or インナーシールド ○対応 ×非対応
	プリアンプ組込み		○	○	×	○	×	○	
	カセット横バイアス		○	○	×	×	×	○	
静 音 化	モーターのみによる メカ切換		○	×	×	○	×	×	
信 頼 性	ヘッド 汚れ	樹脂部削減	○	×	×	×	○	×	
	規格外カセットの プレイアビリティ向上	ガイドピン 小型化	○	○	○	○	○	○	
		水平落下	○	○	×	○	×	○	
		ラベルエリア の逃げ	○	○	△	○	△	○	
向 上	スリップ機構 (トルクの安定化)		○ マグネット式	△ フェルト式	△ フェルト式	△ フェルト式	△ フェルト式	△ フェルト式	
	テープ巻込防止	たるみ除去	○	○	○	×	○	×	
		リールロック	○	○	×	×	○	×	
		巻込検知	○	×	×	×	×	×	

6. お わ り に

以上、今回開発したカセットデッキDK-82の開発概要について述べた。本デッキは過去に開発したデッキの集大成という位置づけから、企画／開発／量産開始へと万全を期すとともに、性能、品質面を改善するために種々の技術を導入した。静かでフェールセーフ的に有利なメカ構造をベースに、インナーシールドヘッドによる実使用状態でのS/N改善や、マグネット式スリップ機構で初期特性の長期維持を実現するなど、従来よりも一段高い品質を備えることができた。

なお、本デッキの開発にあたり、御協力と御指導を賜りました関係者各位に深く感謝の意を表します。

筆者紹介



横山 義彦 (ヨコヤマ ヨシヒコ)

1984年に入社。DAT開発の後、カセットデッキの開発に従事。現在第一精機技術部第13技術課に在籍



新井 健睦 (アライ ケンボク)

1981年入社。以来カーオーディオのソフトウェア開発に従事。現在、第二精機技術部第23技術課に在籍。

参考文献

- 1) 天谷ほか：技術のあゆみ，富士通テン技報Vol, 11, No.1 (1993)
- 2) 日本電子機械工業会：民生用電子機器データ集 (1994)
- 3) 高畑ほか：フルロジックデッキ“DK-76” 富士通テン技報、Vol, 8, No.2 (1990)



小野 俊幸 (オノ トシユキ)

1983年富士通テン入社、以来カセットデッキ開発、設計改善に従事。現在第一精機技術部第13技術課に在籍



立花 健司 (タチバナ ケンジ)

1972年入社。以来カーオーディオの開発に従事。現在AVC本部第一精機技術部部長代理。