

特集：ベリサ

12

ハードディスク内蔵オーディオの開発 Development of the HDD Audio System

大 滝 喜 由^{*1} 平 野 拓 男^{*2} 細 谷 清
Kiyoshi Ohtaki Takuo Hirano Kiyoshi Hosotani

要 約

近年、デジタル放送に代表されるように様々なデジタル音楽コンテンツが身近となってきた。これらコンテンツの普及とともに一般ユーザが扱うデータ量も増加傾向にあり、ハードディスク(HDD)を用いたオーディオ・ビデオは現在普及期に入りつつある。2004年夏に発売したベリサではこのハードディスクを内蔵した純正カーオーディオ(商品名:ミュージックHDD)をライン設定として初めて市場導入した。このミュージックHDDでは3,000曲もの大量の音楽データを取り扱うため、目的の楽曲にたどり着くまでの検索が複雑になる懸念があった。また運転中という限られた時間内での録音も課題であった。そのためシンプルな操作で検索を完了できるヒューマン・マシン インターフェース(HMI)の開発と新たな録音方法の実現を開発の狙いとし取り組んだ。HMI実現にあたっては、アルバム単位の検索機能と曲単位のプレイリスト作成機能を設けた。録音方法としては運転中にCD1枚分の録音ができなかった場合のことを考慮してエンジンオフ後でも録音を完了する仕組みを新たに考えた。

一方、信頼性面においても耐温度、耐振動、電源変動・瞬断時など車載環境を考慮しHDDへの書き込みエラーを防ぐ対策を行った。

Summary

In recent years, an assortment of digital music contents is prevalent in the market as represented by the digital broadcasting. Accordingly, users have grown to deal with increasing amount of data, and HDD (Hard Disk Drive) equipped with Audio/Video is being pervasive. We marketed our HDD built-in brand-name Car-Audio (product name: Music HDD) for the first time in summer of 2004 timed to the launch of Verisa as the original equipment (OE). Since "Music HDD" has the storage capacity of 3,000 songs, there was a concern that users had difficulty retrieving songs they wanted to listen to. In addition, recordings needed to be completed while cars were being driven. So, our challenge was to develop "Human-Machine-Interface (HMI)" to enable drivers to retrieve songs with simpler operations, as well as to establish a new recording method. In the development of HMI, we set up functions to retrieve songs per album and to create the play-list per song. With regard to the recording method, we built a function to continue recordings even after the engine-off for fear that recordings can't be completed while cars are being driven.

On the reliability front, we built measures to prevent erroneous writings into HDD caused by temperature, vibration, power source fluctuation, and intermittent power loss.

*1, 2 電子開発部
Electrical & Electronics Development Dept.

1. はじめに

近年、各家庭に急速に高速インターネットが定着するとともに、デジタル放送が普及期に入り音楽コンテンツ配信サービス等が発達してきている。

ハードディスク（HDD）を使用したビデオ録画機などは2004年出荷台数を見ても前月比120%の伸びを維持するなど急速に市場に浸透している。このようなマーケットトレンドを背景としてiPOD等に代表されるポータブルHDDオーディオが大ヒットしている。これは大容量メディアに大量の音楽を録音して屋外で聞くという新たな生活スタイルが急速に浸透し始めていることを示している。

一方、カーナビゲーションにおいてもほぼ全てのメーカーがHDD内蔵タイプのナビゲーションを揃えカーナビゲーション出荷台数中25%の割合を占め現在も拡大の傾向にある。これはHDDナビゲーションの機能向上に加え、空いたディスクエリアにナビゲーション用データ以外の音楽データを記録して使用するミュージックサーバ機能が好評を博しているからと思われる。これら市場動向を鑑みHDDを内蔵した純正カーオーディオを日本のカーメカとして初めてマツダ純正オーディオラインアップとして開発し市場導入した。

本システムを2004年夏に発売したベリーサ以降の新型車に順次搭載する予定で、以下にそのHDDオーディオ（商品名：ミュージックHDD）概要を紹介する。

2. ミュージックHDDの概要

2.1 開発の狙い

純正車載用オーディオとして顧客満足度の向上に結びつき、車載全体の商品力アップに貢献するため、以下の点に留意してミュージックHDDの開発を行った。

- (1) シンプルで運転操作を考慮した使いやすい操作性を持ちスマートにユーザのカーライフをサポートできるカーオーディオとする。
- (2) 市販モデルにはないマツダ純正オーディオ独自のHMI（Human-Machine Interface）を継承・発展させ、誰でも簡単に使えるカーオーディオとする。
- (3) 内機のハードウェアを共通化し、これまで車種ユニークであった仕様の差をソフトウェアで吸収できる構造として、ハードウェア・ソフトウェア品質の確保・開発工数及び部品種類数の大幅削減を行う。
- (4) 短期開発でリーズナブルな価格を実現する。

2.2 ミュージックHDDの特長

車載HDDオーディオとして必要とされる機能を抽出し、使用頻度や操作性寄与等に点数付けを行った後、真に必要とされる機能を中心に商品仕様を決めた。

主な特長を下記に挙げる。

- (1) 20GBのHDD採用
約3,000曲の音楽を録音・再生可能とする。
- (2) 簡単録音・簡単再生
運転操作を前提にした簡単録音/再生操作を実現。
ALL・CATEGORY・ARTIST・FAVORITEの多彩なモードを持つ。各モード内容は以下のとおりである。
ALL：録音した曲全体を録音順に再生する機能
CATEGORY：録音アルバム単位を4つのカテゴリ（整理箱に相当）に分類する機能
ARTIST：録音アルバム単位で同じアーティスト名のアルバムを録音順序に関係なく一つの括りとして選択・再生させることができる機能
FAVORITE：曲単位で自分の好みの楽曲を再生リスト化して再生することができる機能（4つまで作成可能）
- (3) アクセサリー電源オフ時録音機能
自動車を離れていてもCD1枚分の録音が可能である。
- (4) 操作ダイヤルと赤外線リモコンの両立
ロータリエンコーダによる快適な本体操作とリモコンによる全席操作を提供する。

2.3 ミュージックHDDの構成

Fig.1にベリーサでの装着例を示す。

- ①は他の機能と共通のオーディオモード操作ボタン、
- ②はCD（1枚）挿入口、
- ③は表示部、
- ④はMENUボタンとの組み合わせで各種設定操作を行うダイヤル、
- ⑤の部分にミュージックHDD固有の機能ボタンを集め、パネルと機能ボタンが分離可能な構造とし他グレードのオーディオパネルと共通化した。
ここにはCATEGORY、ARTIST、FAVORITE、REC、MENUボタンや赤外線受光部等を集めた。
⑥は赤外線リモコン。



Fig.1 Example of Attaching on VERISA

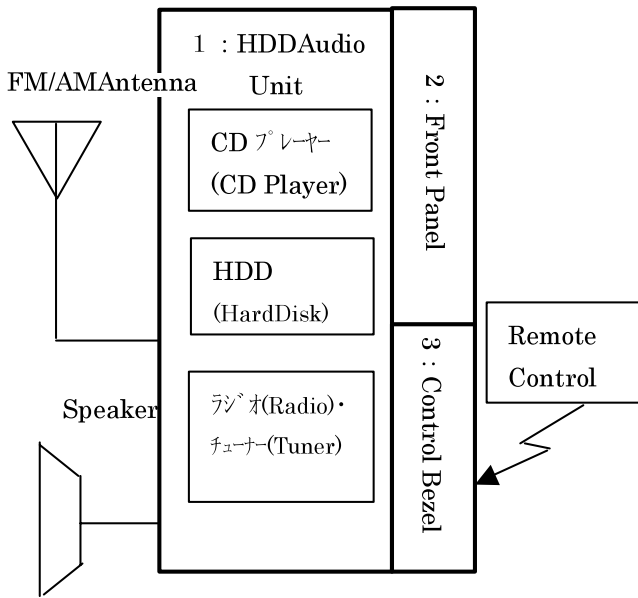


Fig.2 System Composition of Music HDD

Fig.2にミュージックHDDの構成を示す。

- 1: “ラジオ・CD・HDDを内蔵したHDD Audio Unit”,
- 2: “表示部と共通操作ボタンからなるフロントパネル”,
- 3: “HDD操作に特化した操作ボタン&リモコン受光部パッチ部”で構成される。

操作パネルと内機Audio Unitインターフェースについては各車種で共通とし、内機とパネルを分離できるモジュール構造としている。また、この構造はマツダ車全て共通となっており、今後ベリサだけでなく他車種へもミュージックHDDを展開することが容易となる。

3. ミュージックHDDオーディオの開発

3.1 ミュージックHDDのハードウェア

(1) システム構成

ハードウェア構成をFig.3に示す。

HDD Audio Unitは音量調整やLCD表示制御、チューナ制御など従来のカーオーディオを拡張したラジオチューナ部と、主にCDとHDDを制御するデジタル部とから構成される。メイン部は、両ブロック間を接続しているUART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) を用いたコマンド通信によってデジタル部を制御する。

デジタル部の内部制御は、低コスト実現のために、DSP (Digital Signal Processor) 以外の一般的に使用する周辺回路素子を使用せず処理を行うこととした。DSPにはMP3エンコーダ/デコーダが内蔵されている。

CD音源をHDDに録音する際には、CD-ROMドライブより読み出した音声信号を、リアルタイムでMP3圧縮を行いながらHDDに暗号化し記録している。

HDDを再生する場合はHDDより読み出した暗号化MP3ファイルを復号した後、伸張してDAC (Digital Analog

Converter) に出力している。

(2) 電源瞬断対策

HDDからの、読み出しや書き込みの動作中に、エンジンスタート等による電源瞬断が発生すると、ヘッドが退避位置に強制移動される。これによる、アクセス中のファイル処理の異常中断を防ぐため、電源バックアップ用コンデンサを追加し、瞬断発生後もデジタル基板内部で退避処理に必要な電源が保持されるようにした。また、セクタ書き込みに必要な時間を基に、電源瞬断が発生した後も書き込み中のセクタ単位で正常に書き込みが完了できることも配慮し電圧保持時間を設定した。

(3) ノイズ対策

DSP及びIDE (Integrated Drive Electronics) バス周辺からの不要輻射、あるいはDC-DCコンバータのスイッチングノイズがチューナのAM帯域に及ぼす影響を最小限に抑えるため、ノイズ対策には細心の注意を払った。特にデジタル部の基板は電源層とGround層を挟んだ4層基板を使い、アドレスバスやデータバスなどの配線経路が最短となるような部品レイアウトとし、回路ブロックごとの電源フィルタ設置、モータ系Groundの独立化など、パターン設計を最適化した。

基板内にはノイズ対策部品も数多く使用し、CD-ROMへ接続するFFC (Flexible Flat Cable) はシールドタイプとして輻射するノイズを抑えた。

また、CD/HDD動作時以外はDSPを停止するようにしている。

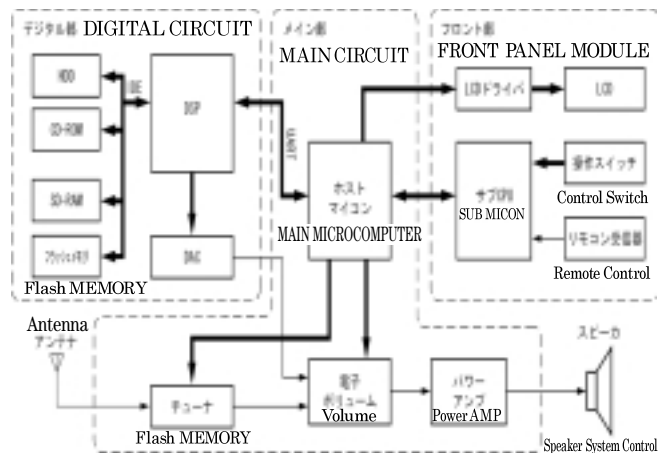


Fig.3 Hardware Structure of Music HDD

3.2 ミュージックHDDのソフトウェア

(1) ソフトウェア構成

ソフトウェア構成をFig.4に示す。

ホストマイコンのソフトウェアは、オーディオ部品全体を管理するシステム管理部と、状態モード管理を行うホストマイコンアプリケーション部、アクセサリ電源/バッテリー電源の電源瞬断を監視する電源監視部、及び各デバイス

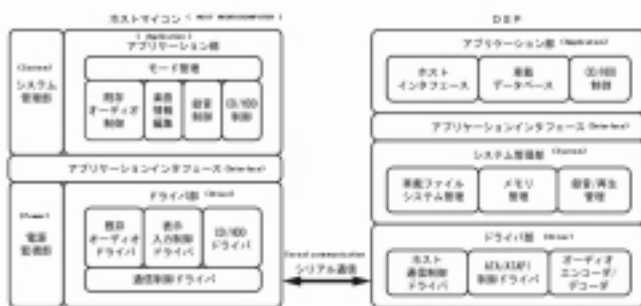


Fig.4 Software Structure of Music HDD

制御を行うドライバ部で構成されている。

次に音楽データ処理などを行うデジタル部のDSPソフトウェアについて解説する。

DSPのアプリケーション部は、ホストマイコンとのインターフェース、HDDに書き込まれた音楽ファイルと楽曲情報などの車載データベースの管理を行う。またCD/HDD制御も行う。システム管理部は車載ファイルシステムを利用してファイルの読み書きを行う。またメモリバッファを最適化するメモリ管理やCD/HDDの録音再生の管理を行う。ドライバ部はホストマイコン通信、CD/HDDとのATA/ATAPI通信、そしてオーディオデータのエンコード/デコードなどを行う。

(2) 電源瞬断対策

エンジンスタート時等、書き込み中に電源瞬断が発生しデータ管理ファイルが破壊された場合は、破壊されたセクタ以降のファイルやディレクトリが読み書きできなくなる可能性がある。

一般にファイルシステムの信頼性向上のため、パソコンではext3、JFSなどのジャーナリングファイルシステムが開発されているが、処理負荷が重く、そのままでは車載機器には適さない。このため、我々はファイルシステムに影響のある領域を更新する場合にのみ、更新内容のバックアップ履歴を記録した。ファイルシステム更新中に電源瞬断が発生した場合は、次に起動処理する時にジャーナルデータを電源瞬断前の状態に自動で修復を行う処理を行っている。このように本ファイルシステムは、管理領域のバックアップを作成しておき、いずれかが破損していても他方にアクセスすることで常時安定した動作が可能になるようにした。

次に、上記の管理領域のバックアップ保存ファイルシステム自身を更新する時に電源瞬断があった場合の対策を考える。

ファイルを管理するデータベース(DB)を更新する時に電源が瞬断した場合、DBの更新処理が中断されるため、DBのファイルが正常に更新処理されない状態となり、DB

内の楽曲リストと実際の楽曲ファイルが不整合となるケースが考えられる。そのため、DBなどのシステムファイルを多重化するとともに処理内容を記録しておくことで、電源瞬断時にファイル更新処理が中断された時でも次回起動時に復活処理を行えるようにした。

(3) 振動対策

パソコンなど据付使用を前提としたHDDに比べ車載環境は振動を受ける環境条件が厳しくなる。振動対策はHDDでは最も大きな課題である。それに対しHDDを振動に強くするためにトラックの記録密度を低く設定するなどハード使用面での対策を実施した。

(4) 温度保護

HDDは磁気記録メディアであり、高温環境下において長時間使用することは磁気データの損失などの危険性を伴い、低温環境下においてはデータを読み出すことはできない場合が生じる。そこで本システムでは、HDDに内蔵している温度センサを利用して動作環境の温度管理を行うこととした。

低温時、高温時にはホストマイコンがユーザに注意を促すメッセージを表示した後、HDDの動作を停止する。その後エアコンや換気などにより温度が使用適用範囲内に復帰した場合に停止を解除する仕様とした。

また、高温への対策として、電動ファンをHDD後方に配置するとともに、温度情報のフィードバックの結果によりファン制御を行うこととした。

3.3 HDD部の機構

走行中の振動からHDDを保護するため、HDDはシャーシとの共振を抑えて強固に固定し、HDDに接続するケーブルはフローティング構造として他からの構造的なストレスがかからない構造とした。

また、構造的ノイズ対策として、Fig.5に示すようにノイズ源であるデジタル基板全体を独立したシャーシにてシールドする構造とした。

3.4 HMI

HMIについてもマツダ純正オーディオの思想を受け継いでおり市販オーディオにはない使いやすさを実現している。

市販のHDDオーディオを分析するとボタンの大きさや、目的の曲にたどり着くまでのプロセスについて、運転しながらの操作という観点では非常に多くの問題点があることが分かった。この問題点を克服するためにまず、純正オーディオとして運転に支障をきたさない操作で目的曲にたどり着けること、また、各操作ボタンを大きくとり一目で目的の認識ができる構造とすることを主眼に開発を進めた。

走行中の操作頻度及び操作のしやすさを加算して全体の機能を整理した。その結果、ダイレクトボタン操作とロータリエンコーダメニュー操作の2つの方式に割り振った。タイトル付け等複雑な操作は全てMENUモードの中に入れ、走行中は安全上操作を制限している。

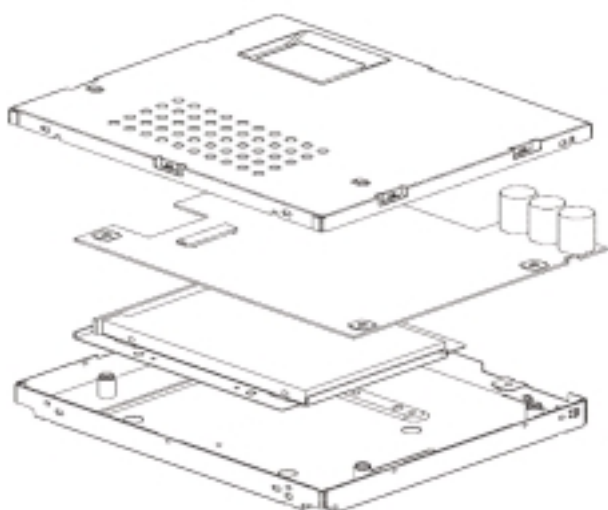


Fig.5 Shield for Digital Block

一回の録音を一単位とし、1枚のCDアルバムとして定義した。このことにより録音した順にCDチェンジャ操作と同じ方法でアルバムチェンジができる操作方式とし、従来のオーディオ操作に慣れた人にも使いやすくなるよう配慮した。

大量録音した際のデメリットともなる検索の難しさを克服するためカテゴリ別検索機能、アーティスト別検索機能、曲単位でお気に入りプレイリストを作成できる機能を装備した。

また、運転中録音する場合は交通情報など他のモードに移りたい場合でも録音動作に拘束され操作できない。そのため操作自由度に制限をかけてしまうことから、車輛を使用しない時間帯を利用した録音システムを導入した。これは駐車してアクセサリ電源をオフにして施錠した状態でも録音できるようにする方法で、バッテリー上がりの懸念を検証した上で導入した自動車メーカーオリジナルの機能といえる。

また、赤外線リモコンを標準装備し、全席からのオーディオ操作を実現した。更にアーティスト名等の文字入力もこのリモコンを使用することで簡単に行える。

4. おわりに

HDDを搭載する純正オーディオを国内の自動車メーカーとして初めて開発し市場投入した。

開発にあたってはHDDの強みをいかに強化するか、弱点をいかにカバーするかに腐心した。結果エンジンオフ後の録音機能、電源変動・瞬断対応等新しい技術アイデアを導入し、従来にない自動車メーカー純正ならではのオーディオを生み出すことができたと自負している。

また、HDDの特徴を生かした例としてベリーサ販売初

期の音楽プリインストール企画など販売面においてもお客様の購買意欲を訴求する新しいビジネスモデルのアイデアも実現した。

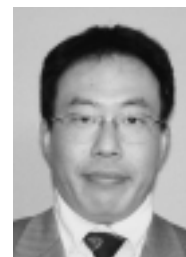
今後も様々な新しい技術を使ったオーディオが提案されると予想できるが、今回の経験を踏まえ、車載のあるべき姿を追求した新商品を開発していきたい。

最後に、本オーディオ開発にあたり、多大なご協力を頂いたSANYO Automeia Sdn. Bhd.殿、三洋電機(株)殿、松下電器産業(株)殿をはじめ関係各位に深く感謝の意を表す。

著者



大滝喜由



平野拓男