

第2世代HDDカーナビゲーションシステムの開発

The Second-generation HDD Car Navigation System

竹内 吉和，安達 肇，松本 令司，天野 克巳

Yoshikazu Takeuchi, Hajime Adachi, Reiji Matsumoto, Katsumi Amano

要旨 第2世代のHDDカーナビゲーションシステムを開発し、HDDサイバーナビAVIC-ZH900MDを2004年6月に市場導入した。最高水準のカーナビゲーション機能と高度なAVを高次元に融合した2DIN一体型のナビオートサーバーである。リアルな3次元立体地図表示、フィーリングプレイ、ブロードバンド接続に代表される先進の機能を実現するプラットフォームを開発した。

Summary We developed the second-generation HDD navigation system and introduced the AVIC-ZH900MD to the market in June 2004. It is a navigation auto server of 2DIN all-in-one design that unites a high-level car navigation function and advanced AV in the higher dimension. We developed a car navigation platform that has the advanced functions such as a real 3-dimensional solid map display, mood-based music play function, and broadband connection.

キーワード : プラットフォーム，カーナビゲーション，ミュージックサーバー，3次元立体地図，ホームコース

1. まえがき

2001年にHDDカーナビゲーションシステム⁽¹⁾を初めて日本市場に導入した。高速アクセスと書換え可能というHDDの利点を生かした製品提案を行い、市場に大いに受け入れられた。当時初めて搭載したミュージックサーバー機能は、今ではほとんどのHDDカーナビゲーションシステムに搭載されることになった。

近年、PC(Personal Computer)の世界ではCD録音をより短時間で行うことへの価値が高まっている。加えてHDDの大容量化に伴い収録可能なコンテンツの量が年々増加しており、ユーザの管理を補助するエージェント機能や、ポータブル機器に代表される、場所を選ばずに利用できる

手段にも注目が集まってきている。一方で、よりリアルな地図表示を追及する製品も求められている。このような背景により、従来にない新しいプラットフォームを開発することになった。

本稿では、新規に開発した第2世代のHDDカーナビゲーションシステム⁽²⁾のプラットフォームを、地図描画、ミュージックサーバー、ネットワークの観点から紹介する。

2. 特徴

第2世代のHDDカーナビゲーションシステムでは、ナビゲーションの性能向上を図りながら、新しいAV機能や、車と家庭との連携の実現に向けた取り組みを行った。以下に、第2世代

HDD カーナビゲーションシステムのプラットフォームの特徴を示す。

- 1) CPU(32bit RISC, 400MHz 動作)を採用
- 2) OSにWindowsCEを採用
- 3) 30Gbyteの2.5インチHDDを搭載
- 4) 3次元立体地図(ソリッドシティマップ)
- 5) CDの4倍速録音・同時再生(ミュージックサーバー)
- 6) 楽曲特徴量の検出機能(フィーリングプレイ)
- 7) ホームユースの対応(ブレインユニット, リビングキット)
- 8) ブロードバンド・ネットワーク対応

3. システムの概要

図1に本プラットフォームの全体構成を示す。メインCPU, 音楽系のデータ処理を行うDSP(DSP1, DSP2), 各種周辺デバイスとのインターフェース回路を内蔵するASIC, メモリデバイス, 以上4つのブロックから構成される。この4つのブロックをカー・コンピュータ部と呼ぶ。外部記憶装置は, 地図データと音楽データを格納するHDDと, 補助記憶装置としてコンパクトフラッシュ(CF Card)の slots を搭載す

る。DVD/CDドライブは, DVDの映像再生と音楽CDの再生, CD-ROM(CD-R, -RW)からのデータ取得に用いられる。携帯電話機は, 音声通話のハンズフリー機能(エコーキャンセラ)と, USB Ver1.1接続でのデータ通信に用いられる。

本プラットフォームのOS(Operating System)は, 前プラットフォームのμITRONからWindowsCE(Ver 4.2)に変更されている。近年のソフトウェアの大規模化に伴い, 開発の効率化, 信頼性の向上, セキュリティの確保が求められている。WindowsCEは多彩なモジュールを有しており, 通信機能やマルチメディア機能などの新しい規格などにも早期かつ柔軟に対応することが可能となる。他にも世界の各拠点でのソフトウェア開発, PCを使用したソフトウェア開発への展開が容易となる。また, カーネル, ドライバ, アプリケーションが各々独立したメモリ空間を持つため, 他のプロセスからメモリを保護することができ, 開発の効率化を図ることができる。

次に主な回路ブロックの詳細を説明する。

3.1 CPU

CPUには32bit RISCマイコン(動作周波数400MHz)を採用した。カーナビゲーション向けに最適化されたCPUであり, カーナビゲーション

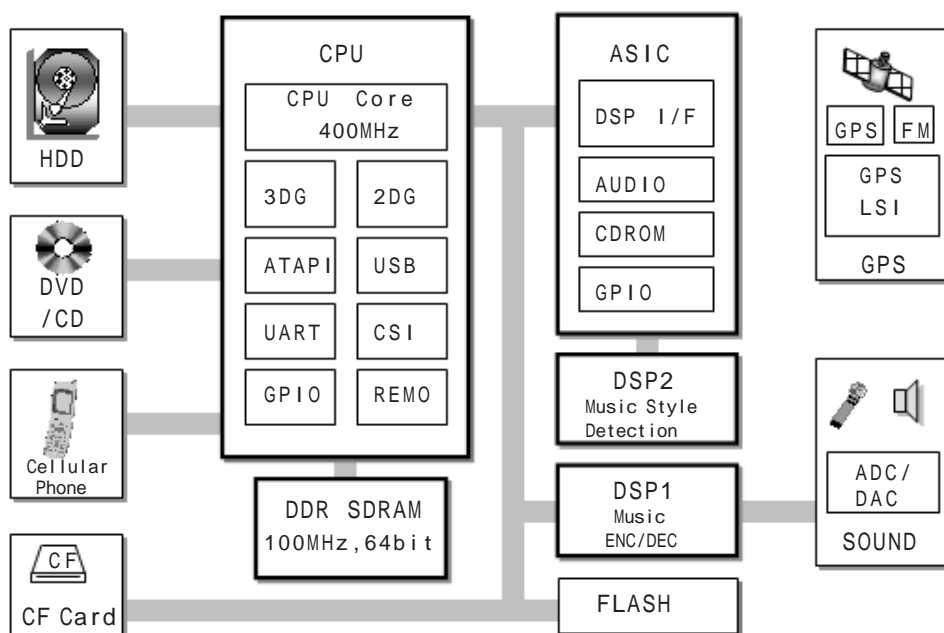


図1 プラットフォームの構成

ンシステムを構成するためのグラフィックプロセッサ、GPS、ATAPI、UART、USBなどの周辺機能と標準インターフェースのほとんどを1チップに内蔵している。これにより、CPUのメインメモリを各機能のワーキングメモリとしてシェアすることが可能となり、部品コストの削減と基板面積の縮小を実現することが出来た。

グラフィックスについては、ジオメトリ変換機能を持つ2Dグラフィックプロセッサと3Dグラフィックプロセッサを内蔵している。通常の間表示や鳥瞰図表示においては2Dグラフィックプロセッサを使用し、3次元のランドマークや都市のリアル表示などには3Dグラフィックプロセッサを使用している。ジオメトリ変換処理のハードウェア化やグラフィックプロセッサのCPU内蔵化は、高速のデータ転送やCPU負荷の軽減に貢献している。

CPU内蔵のUSBインターフェースはVer1.1に準拠したホスト並びにファンクション・コントローラに対応している。USBの用途の1つには、FOMA、CDMA 1X WINに代表される第3世代携帯電話の高速通信がある。従来のPDC方式やcdmaOne方式の携帯電話のインターフェースは低速のシリアル通信を使用しているため、近年の高度化したアプリケーションでは種々の制限があった。それを解決するためにFOMA、CDMA 1X WINRでは電話機側の外部インターフェースにUSBが搭載されている。その他のUSBの用途としては、イーサネットを介したブロードバンド接続やPCへの接続がある。USBを採用することで将来的な機能拡張にも柔軟に対応することが可能となる。

3.2 DSP

第1世代プラットフォームはオーディオDSPを1個搭載しており、その処理能力の制限から録音と再生を選択実行する方式であった。本プラットフォームでは、CD録音の速度向上と新規の選曲機能搭載を目指して、次に説明する2個のDSP(DSP1、DSP2)による構成を採用した。

DSP1はハードワイヤード構成のATRAC3エン

コード、デコードLSIである。音楽CDのPCMデータを4倍速でATRAC3データにエンコードする処理と、HDDに蓄積されたATRAC3データを1倍速でデコードする処理を行う。このLSIはエンコード部とデコード部が内部的に独立な構成であるため、1チップで音楽の録音、再生の同時処理が可能となっている。

DSP2は汎用のオーディオDSPである。楽曲特性の検出処理に用いており、音楽CDの高速録音に同期してリアルタイムで演算処理が行われる。楽曲特性はフィーリングプレイ機能で使用されるパラメータである。プログラマブルな汎用DSPを使用しているため、将来の性能向上や機能拡張が可能である。またさまざまな圧縮オーディオへの対応も想定しており、ATRAC3以外に、例えば家庭のPCで録音されたMP3やWMAフォーマットにも対応可能である。

3.3 ASIC

本プラットフォーム用にASICの新規開発を行った。CPUとDSPのインターフェース部(DSP I/F)、ナビゲーション音源部(AUDIO)、CD-ROMデコーダ部(CDROM)、パラレルI/O部(GPIO)から構成される。

DSP I/F部は、音楽CDを高速録音する際のCPU負荷軽減を目的としたブロックである。音楽CDの録音が4倍速に高速化して、よりリアルタイム性の要求が厳しくなったため、CPUとDSP間のデータ転送を管理する機構をASICに搭載した。また、CDのサブコードを利用した曲間検出機能も新たに搭載している。

AUDIO部はカーナビゲーションの案内音声出力、PSG(Programmable Sound Generator)による指定音色の発生、音声認識用の音声入力処理するブロックであり、ADC/DAC ICのインターフェースを内蔵する。音声データのバッファリングや、複数音源のミキシング、アッテネート、フィルタ処理などをハードウェアで実現することによりCPU負荷を軽減している。

CDROM部は、DVD/CDドライブのシリアルデータ出力を入力して、CD-ROMのデコード処理や

エラー訂正処理などを行うブロックである。ATAPI インターフェースを持たないドライブに対応するものであり、最大 8 倍速までの転送レートに対応している。

3.4 メモリデバイス

本プラットフォームは、メインメモリ用として 128Mbyte の DDR-SDRAM メモリを搭載した。これは CPU の専用バス(64bit, 100MHz 動作)に直結されており、CPU とグラフィックプロセッサのメモリとして共用されている。システムのブートとデータバックアップには、32Mbyte の FLASH メモリを搭載している。

4. ホームユース

近年、ブロードバンドや無線 LAN に代表される家庭のネットワーク環境の整備が急速に進んできている。しかしながら、車の環境は依然として携帯電話経由が主流であり、通信速度やコスト面の課題が残されている。また、大量のデータを扱うサービスも徐々に普及してきており、車と家庭の情報利便性のギャップを埋めるような解決策が求められている。一方で、カー

ナビゲーション機能を自宅でも活用したいという潜在的なニーズもある。これらを解決する手段として、本プラットフォームではホームユースという新しいスタイルを提案している。

図 2 は、ホームユースの概念を示したものである。HDD とカー・コンピュータ部(前章の 4 つの回路ブロックと CF スロット)はブレインユニットと呼ぶ小型の筐体に格納されており、図のようにカーナビゲーションシステム本体から機構的に取り外し可能な構造を持つ。このブレインユニットは、家庭向けに用意された「リビングキット」に装着することで、車と家庭での連携手段(媒体)となる。

リビングキットは、カーナビゲーションの機能を家庭で利用するためのインターフェース機器である。これには、ブレインユニットを装着するためのスロットの他に、音声の入出力端子、映像出力端子、USB 端子などが装備されており、家庭のテレビやステレオに接続可能である。通信機能にはイーサネット・アダプタをサポートしており、USB 経由(USB-LAN)あるいはコンパクトフラッシュ経由(CF-LAN)でイン



図 2 ホームユース

ターネットに接続可能である。

リビングキットを単独で使用する場合には、地図、渋滞予測、ドライブプランなどのナビゲーション機能と、ミュージックサーバーに代表されるAV機能を家庭で楽しむことが可能になる。天気予報やCDタイトルの情報取得なども、家庭のブロードバンド経路が使えるので飛躍的に利便性が向上する。また、地図データやソフトウェアのアップデートサービスについても、今後適用を検討して行く方向である。

一方、リビングキットをPCに接続して使用する場合には、例えば携帯音楽プレーヤのように、PC上で録音された音楽データをミュージックサーバーへ取り込むことが可能となる。その他に、メールやスケジュールの管理など、PCとの連携による新たな価値を創出できるようになる。

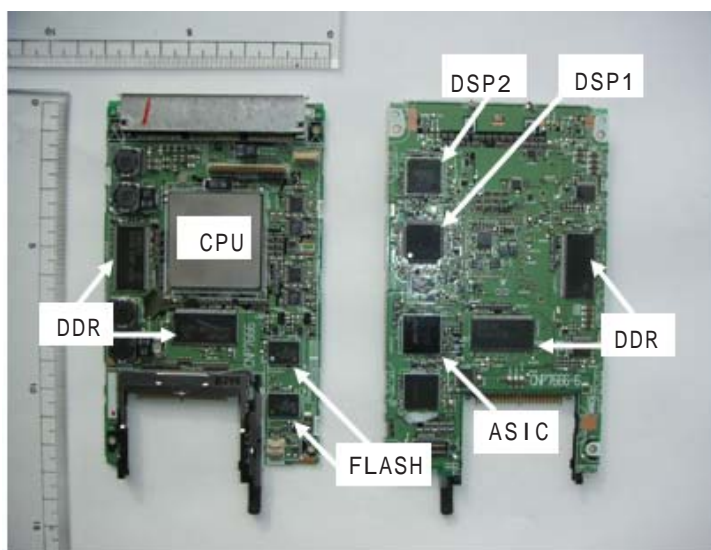
図3はブレインユニットの内部構造を示したものである。2.5インチのHDDとカー・コンピュータ部の基板(125mm×76mm, 8層のBuild Up PCB)が約140mm×85mm×20mmの筐体に実装されている。ブレインユニットは、前述のようにカーナビゲーション機能を車以外でも積極的に活用するための製品概念である。そのた

め、筐体にはユーザによる脱着が容易となる形状を採用している。車から取り外し可能なナビゲーション製品はこれまでも提案されているが、車での取り付けや筐体のサイズ、結線などユーザの利便性に課題が残されていた。ブレインユニットは小型でかつ結線の脱着を全く必要としないので、本体からの取り外しがスムーズで運搬性が良いものとなっている。

5. 地図描画

近年、カーナビゲーションシステムの地図表示は、より一層のリアリティが求められている。これに伴い、3D描画の重要性はさらに高まっており、グラフィックプロセッサにはPC、ゲーム専用機などと同程度の表現能力が要求されている。

カーナビゲーションシステムにおける地図描画は、HDDやDVD-ROMに格納されているベクトル地図データをもとに作成する。ベクトル地図データは座標点数、描画オブジェクト数が非常に多く、汎用の3Dグラフィックプロセッサでは性能が十分に生かせない傾向がある。また、従来のカーナビゲーションシステムでは高負荷な地図描画を効率よく実現することができる特



- ・125mm × 76mm
- ・8layer Build Up PCB

図3 ブレインユニット

化されたグラフィックプロセッサを使用してきたが、3D 描画における処理能力と表現能力に課題があった。

また、カーナビゲーションシステムに搭載されるグラフィックプロセッサは、カーナビゲーション特有のさまざまな要求を満たさなければならない。広範囲にわたる温度での動作、発熱の制限やコストの問題があり、さらに、他のリアルタイム性の高い機能との並列動作の必要性から、CPU 負荷を抑えることも重要である。

このような条件下において、要求される地図表示を実現するのに十分な処理性能、表現能力を確保しなければならない。

本プラットフォームでは従来とは大きく異なるグラフィックアーキテクチャを採用している。図4にこのアーキテクチャの構成を示す。互いに独立に動作する2D、3Dの2つのグラフィックプロセッサを並列に搭載している。

2Dグラフィックプロセッサは、画面を構成する一連の描画コマンドを保存しておき、一括実行するディスプレイリスト機能を搭載している。カーナビゲーションの地図表示では、道路など、サイズの小さな描画オブジェクトが非常に多く、ディスプレイリスト機能を用いない場合にはCPU負荷が重くなってしまう。しかしながら、時間的に隣接する描画内容は共通の描画対象から構成されている部分が多いので、描画内容をディスプレイリストとして保存し、再利用することでCPU負荷を軽減し、全体としての

描画性能を向上させることが可能である。また、カーナビゲーション特有の表現である、凹形状を含む多角形描画、太線、破線などを実現する機能や、ジオメトリ変換機能(陰面消去機能は含まない)を持っているので、通常の2次元的地図だけでなく、鳥瞰図の描画にも使用している。

3Dグラフィックプロセッサは、PCなどで使用されるものに近い機能を持っており、頂点フォグ、バンプマッピング、アルファテストなど多彩な表現が可能である。運転者の視点からの風景を模擬した表示や、鳥瞰図におけるビルなどに使用している。ディスプレイリスト機能はないが、従来よりも飛躍的に高い3D描画性能を持っている。

これらの性質の異なる2つのグラフィックプロセッサの長所を生かし、描画結果を合成して表示画面を作成することにより、カーナビゲーション特有の要求を満たしながら、多彩な地図表示を行うことが可能となった。

次に、本プラットフォームで新たに実現したリアルな地図表現(ソリッドシティマップ)について説明する。ソリッドシティマップは、運転者の視点から見た実際の街の風景をリアルに再現し、地面の起伏とそれに付随する道路の高さ、傾斜を表現して視認性を高めたものである。図5にソリッドシティマップの表示例を示す。

ソリッドシティマップでは、CGやシミュレーションなど、多目的用途に作成された3次元立体地図情報(MAPCUBE)を使用している⁽³⁾。3次元立体地図情報は、主要な建築物の形状データ、ビルの高さデータと地盤面の起伏データ、それぞれのテクスチャデータ、並びに2次元のベクトル地図データから構成されている。主要な建築物の形状データは細部の形状まで再現した3Dモデリングデータである。ビルの高さデータと地盤面の起伏データは、飛行機からのレーザ測量により測定されたものであり、誤差15cm以内の精度の高いデータである。テクスチャデータは、実際に撮影された写真から作成

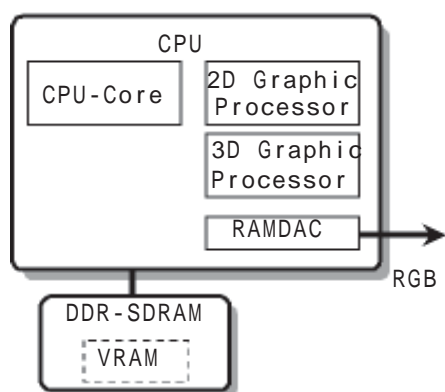


図4 グラフィックアーキテクチャ

されている。単純な形状の道路や主要でない建築物などについては、2次元のベクトル地図データを補助的に使用することによりデータサイズを削減している。

図6はソリッドシティマップのデータ変換の過程を示したものである。カーナビゲーションの限られたリソース(データサイズ, CPU処理能力, 描画性能)でソリッドシティマップを実現するため、膨大な3次元立体地図情報を予めカーナビゲーションに最適な形式に加工, 圧縮して, HDDに格納している。そのデータから自車周辺の領域を抽出して, リアルタイムに描画を行っている。

なお, 表示可能エリアは, 全国の都市高速

(名古屋高速一宮線, 阪神高速垂水線を除く)と, 東京都23区および全国政令指定都市(静岡市を除く)の一般道中心部である。

6. ミュージックサーバー

カーナビゲーションの高機能化に伴い, ナビゲーションとオーディオ機能の融合が進んでいる。それを実現する機能であるミュージックサーバー(以下, MSV)は, HDDカーナビゲーションに初めて搭載されて以来, 着実に進化を続けている。

表1にMSVの仕様の変遷を示す。2001年に開発した第1世代MSVは, CDを聴きながらMP3の録音を行うことをコンセプトにしており, 1つ



図5 ソリッドシティマップ表示例

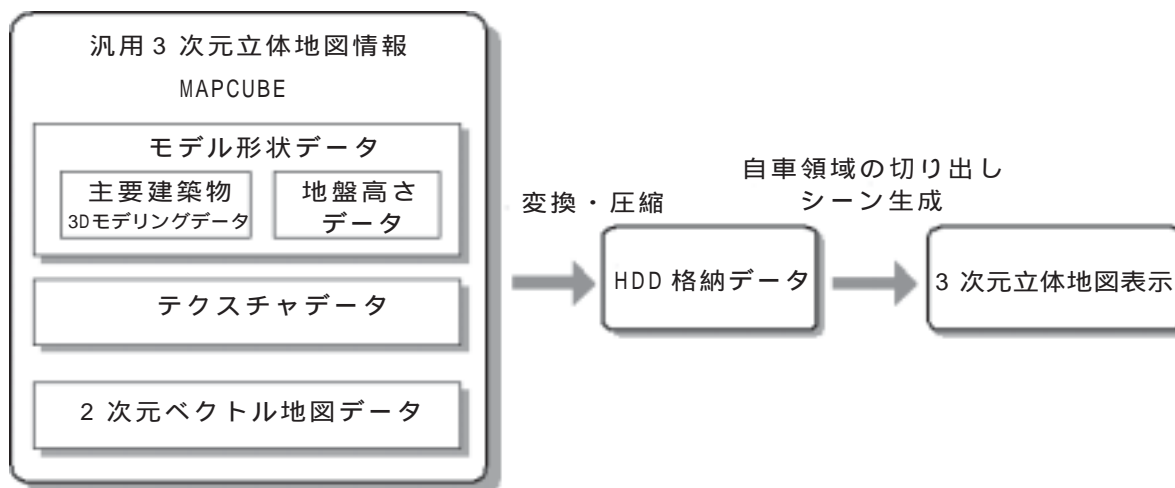


図6 ソリッドシティマップのデータ変換

表 1 MSV 仕様の変遷

発売年	MSV	録音速度	圧縮方式	録音可能曲数
2001年	第1世代	1倍速(常時)	MP3	CD 約20枚分
2003年	第2世代	2倍速(常時)	ATRAC3	CD 約150枚分
2004年	第3世代	4倍速(常時)	ATRAC3	CD 約200枚分

※1枚60分換算

のオーディオDSPでシステムを実現していた。その2年後には、圧縮方式を処理負荷が軽いATRAC3へ変更、2倍速対応CDドライブの搭載により、基本的なプラットフォームの変更を行わずに2倍速録音機能を実現した(第2世代MSV)。ただし、録音中はCDが2倍速で再生されることから、録音中の楽曲をモニタリングできないという制約があった。本プラットフォームに搭載されている第3世代MSVは、録音速度を第2世代の2倍である4倍速まで高め、さらに4倍速録音中の楽曲再生(録音中の楽曲のモニタリング、もしくは録音済みの楽曲の再生)に対応した。またHDD容量もさらに増加しており、約200枚のCDが録音可能となった。

第3世代MSVの開発では、録音速度の向上だけでなく、「第1世代、第2世代MSVで実現できなかった機能を実現する」、「新たな価値観を創出するような機能を開発する」という2つのテーマを掲げて、ユーザから見た使い心地と満足度の向上を目指した。

第1世代、第2世代MSVの主な課題としては、ノンストップCDを録音すると曲間で音切れが生じる、録音中に録音済の楽曲が再生できない、があった。ノンストップCDとは、曲間に無音がなく音楽が連続的に記録されているCDのことであり、ライブ録音などで利用例が多い。

ノンストップCDに対応するためには、プラットフォームに曲間を含めて正確に録音する機能と、再生時にはHDDに記録された各楽曲ファイルを連続的に再生する機能が必要となる。また、車載機器の性格上、録音中の電源遮

断や音とびなどの対策も必須となる。第3世代MSVでは、これらの課題を解決するために、ASICに曲間検出機能を搭載して録音系の改善を行うと共に、再生系についてもソフトウェア構造の大幅な見直しを行っている。これにより、HDDに録音済のノンストップCDの各楽曲ファイルについてもCDを聴いているのと同じ聴き心地が実現できるようになった。

一方、4倍速録音中の楽曲再生機能(同時再生機能)を実現するためには、ハードウェアの対応が必要である。本プラットフォームでは、録再の同時実行が可能なATRAC3-LSIを搭載している。これにより、第1、第2世代の共通課題であった録音中における録音済楽曲の再生や、第2世代の課題であった録音中の楽曲のモニタリングが可能となった。また、1曲目の録音開始直後から通常速度によるモニタリング動作を実現するために、ソフトウェア構造についても見直しを行っている。

以上のMSVの改善に加えて、第3世代MSVでは新たな価値観を創出する機能の開発にも取り組んでいる。従来のプレイリスト再生(CDアルバム単位、オリジナル選曲など)に加えて、フィーリングプレイ、ダイジェストスキャンという新たな楽曲再生機能を提案している。これらは楽曲特徴量と呼ばれる属性データを楽曲から抽出することで実現している。

図7にCD録音時の信号の流れを示す。図のように、CDから出力される4倍速のPCMデータは、ATRAC3-LSIとDSPの両方に入力される。そしてATRAC3の圧縮処理、楽曲特徴量抽出処理がそれぞれ行われる。これらの処理結果は互い

に関連付けが行われた後、HDD に蓄積される。

図 8 に音楽再生時の信号の流れを示す。HDD に蓄えられている圧縮楽曲データは、圧縮フォーマット毎に異なる再生経路でデコード処理が行われる。ATRAC3 データは ATRAC3-LSI へ、MP3、WMA データは ASIC 経由で DSP に転送される。DSP ではプログラムを入れ替えることによりさまざまな圧縮フォーマットに対応可能である。

以上、第 3 世代 MSV の開発では、性能、並びに品質の向上を目指しながら、新しい音楽プレーヤとしての価値を創造する取り組みを行った。

7. まとめ

第 2 世代の HDD カーナビゲーションプラットフォームでは、車と家庭の双方でナビゲーションを楽しむ新しい環境を提案した。特に家庭におけるブロードバンド環境を使用したインターネット接続を実現し、車内には複数の通信カードのサポートも行った。今後、USB ファンク

ション・コントローラを使用して、USB 機器や PC への接続を実現して行く予定である。従来のカーナビゲーションの枠にとらわれることなく、お客様の満足が得られる製品の開発を進めてゆく所存である。

8. 謝辞

本開発にあたり、協力をいただいた社内関連部署の関係各位に感謝します。

参考文献

- (1) Koichi Nagaki, Hitoshi Ando, Keiichi Yamauchi, "HDD NAVIGATION SYSTEM" IEEE International conference on Consumer Electronics, Jun 2002.
- (2) Tsuyoshi Sato, Hajime Adachi, Yoshiya Nonaka, Koichi Nagaki, "The Second-generation HDD Car Navigation System" IEEE International conference on Consumer Electronics, Jan 2005.
- (3) URL: <http://www.mapcube.jp/>

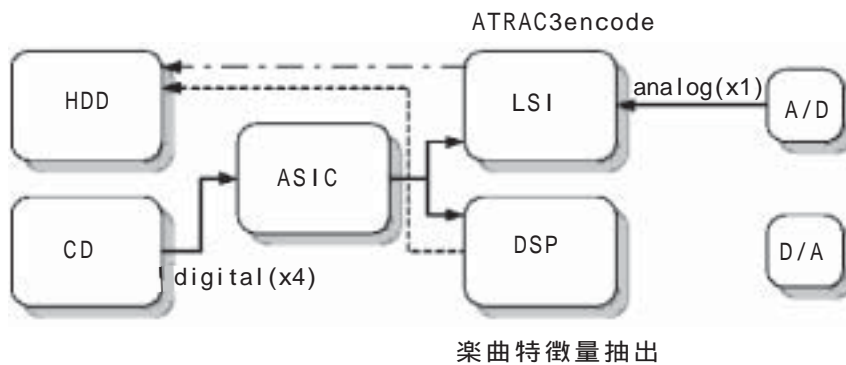


図 7 CD 録音時の信号の流れ

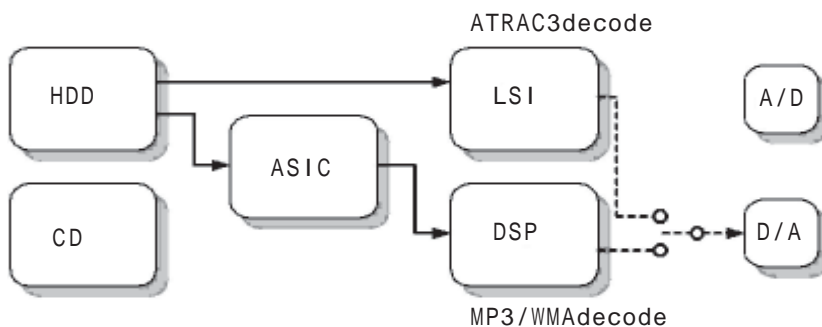


図 8 音楽再生時の信号の流れ

(注)Windows CEは、米国Microsoft Corporation、
ATRAC3はソニー株式会社、FOMAは、株式会社
NTTドコモ、WINは、KDDI株式会社、MAPCUBE
は、インクリメント株式会社、株式会社キャド
センター、株式会社パスコ、のそれぞれ各社の
商標または登録商標です。

筆 者 紹 介

竹 内 吉 和 (たけうち よしかず)

技術開発本部 モバイルシステム開発セ
ンター。カーナビゲーション・プラット
フォームの開発に従事。

安 達 肇 (あだち はじめ)

技術開発本部 モバイルシステム開発セ
ンター。カーナビゲーション・グラフィック
関連技術の開発に従事。

松 本 令 司 (まつもと れいじ)

技術開発本部 モバイルシステム開発セ
ンター。カーナビゲーション・グラフィック
関連技術の開発に従事。

天 野 克 巳 (あまの かつみ)

技術開発本部 モバイルシステム開発セ
ンター。カーナビゲーション・オーディオ関
連技術の開発に従事。