

車載ハイビジョンAVシステム技術

井戸 純* 丸山清泰**
竹下伸夫** 矢次慶和**
松本壮一郎**

In-car High Definition AV System Technology

Jun Ido, Nobuo Takeshita, Soichiro Matsumoto, Kiyoyasu Maruyama, Yoshikazu Yaji

要 旨

近年、地上デジタルTV放送やブルーレイディスク (Blu-ray Disc^(注1): BD) など、高品質な映像 (以下“ハイビジョン映像”という。) を楽しむためのインフラ整備やメディアの普及が急速に進んでいる。家庭用途では薄型TVやBDレコーダ/プレーヤーなどの製品が浸透しており、車載用映像情報機器でも、今後ますます増加するこれらのハイビジョンコンテンツを車の中で安定して視聴できる環境を作り出すことが重要な課題である。

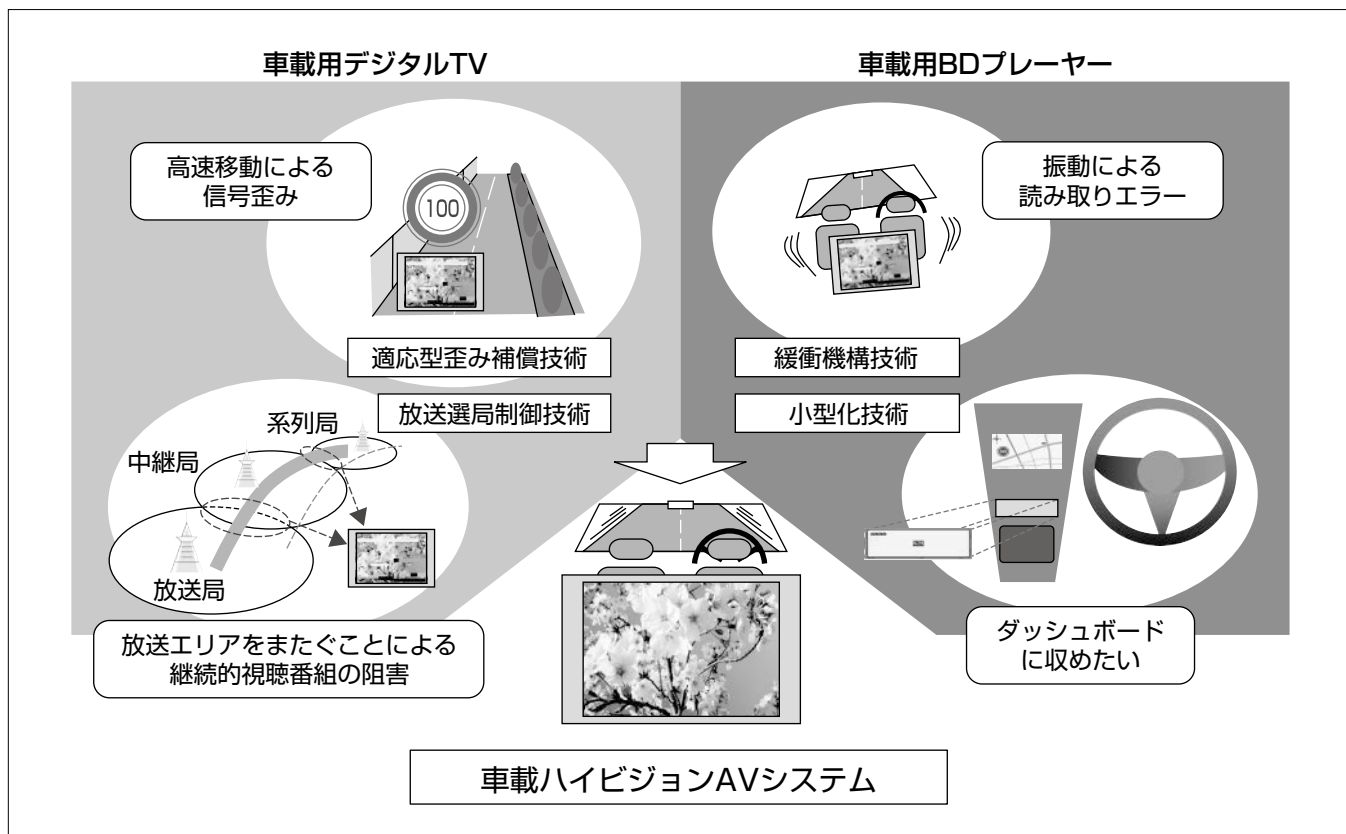
そこで今回、三菱電機は車載用デジタルTVと車載用BDプレーヤーを中心とする“車載ハイビジョンAV (Audio Visual) システム”を実現するための各種コア技術を開発した。

車載用デジタルTVでは、ハイビジョン放送を安定受信するため、高速走行時の受信性能を向上させる適応型歪

(注1) Blu-ray Discは、Blu-ray Disc Associationの登録商標である。

(ひず)み補償技術を開発し、許容限界車速を1.3~1.5倍 (当社従来比) に高めることができたことを確認した。また、放送エリアをまたがって走行した場合でも番組を継続して視聴するための放送選局制御技術を確認し、ソフトウェアで実現した。

一方、車載用BDプレーヤーでは、車の振動に対する耐性を強化して安定した映像再生を実現する緩衝機構技術、信号再生部の小型化技術及び映像信号処理部の基板小型実装技術を開発した。さらに、BDだけではなく、DVD (Digital Versatile Disc) やCDなど複数のメディアフォーマットを再生するソフトウェア技術を開発し、車のダッシュボードの規格である1DIN (Deutsche Industrie Normen) サイズ (高さ50mm×幅178mm) に格納可能な試作機を実現した。



“車載ハイビジョンAVシステム”を実現する各種コア技術

車載用デジタルTVでは、高速走行時の受信性能を向上させる適応型歪み補償技術、放送エリアをまたいだ場合に継続的に番組を視聴するための放送選局制御技術が必要である。また、車載用BDプレーヤーでは、振動による読み取りエラーを低減する緩衝機構技術、ダッシュボードに収めるための小型化実装技術が必要であり、これらの要素技術を確認することで“車載ハイビジョンAVシステム”を実現することが可能となる。

1. ま え が き

地上デジタル放送対応TVやBDなど、高精細な映像コンテンツを視聴できる家庭用AV機器や記録媒体が急速に普及しつつある。地上デジタル放送受信機器は、2011年7月のアナログTV放送終了やエコポイント制度の導入を背景に2009年度の年間出荷台数が2,400万台を越え、2008年度の約1.5倍、累計7,363万台に達している⁽¹⁾。また、国内のBDタイトル数は2008年夏以降急激に増加し、2009年10月に累計1,500以上に達しており⁽²⁾、ハイビジョン映像を楽しむためのインフラが着実に整備されつつある。

一方、車載用映像情報機器でも、車載モニタの大画面化や後部座席でAVを観賞するシステムの普及に見られるように、ハイビジョン映像を安定して視聴できるカーマルチメディアに対する期待が高まっており、これを実現するための要素技術の確立が急務となっている。

そこで当社では、地上デジタル放送やBDの高精細な映像コンテンツを車内で楽しむための“車載用ハイビジョンAVシステム”実現に向け、地上デジタルTVの車載向け移動受信技術及び1DINサイズ(高さ50mm×幅178mm)車載用BDプレーヤー(試作機)を開発した。

本稿では、それらの要素技術のうち、車載用デジタルTVの適応型歪み補償技術及び放送選局制御技術、車載用BDプレーヤーの信号再生部の小型化技術、緩衝機構技術、映像信号処理部の小型化技術について述べる。

2. 車載用デジタルTV

2.1 ハイビジョン対応適応型歪み補償技術

我が国の地上デジタル放送方式(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial: ISDB-T)は、受信形態に合わせて1チャンネルあたり最大3種類の放送を同時に送信できるBST-OFDM(Band Segmented Transmission-Orthogonal Frequency Division Multiplexing)が採用されており、現在、固定受信機向けハイビジョン放送と移動体端末向けのワンセグ放送による2階層伝送が主に運用されている。このうち、ワンセグ放送は、所要C/N(Carrier to Noise Power Ratio)が小さい伝送パラメータを使用することで移動受信環境での安定受信を可能とする反面、伝送可能な情報レートが低いため高精細な映像を楽しむことができない。したがって、車載用ハイビジョンAVシステムを実現するには、所要C/Nが高い固定受信機向けの放送を安定受信するための技術が必要である。

車は、地形や建物に反射した多数の電波によって生じる多重波伝搬路を移動するため、車載用デジタルTVはフェージングの影響を受けた放送波を受信する。したがって、受信性能は固定受信機に比べて劣化しやすく、その劣化量は車の移動速度が速いほど大きくなる。そこで、高速移動

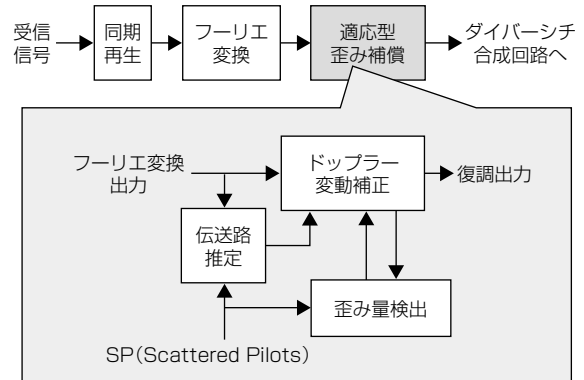


図1. 適応型歪み補償技術の機能ブロック図

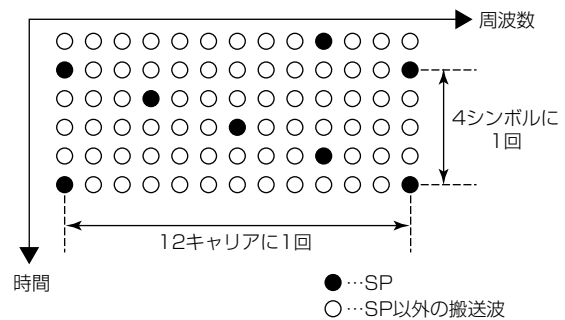


図2. ISDB-TにおけるSP配置

時の受信性能を向上させる適応型歪み補償技術を開発した(図1)。

ISDB-Tでは、図2に示すとおり、副搬送波の周波数方向に12キャリアに1回、時間方向に4シンボルに1回の割合でSP(Scattered Pilots)が挿入されており、受信側ではこれらをもとに伝送路特性を推定して受信信号を復調する。しかし、高速走行時は、時間方向のSP挿入間隔に対して伝送路特性の時間変動周期が短くなるため伝送路推定誤差が増大し、受信性能が著しく劣化する。適応型歪み補償技術は、SPをもとに復調信号に残留した歪みを検出し適応的に補正する技術であり、許容限界車速を1.3~1.5倍(当社従来比)に高めることができることを試作受信機で確認した。

2.2 放送選局制御技術

車が放送エリアをまたがって移動するときに同一の番組を継続的に視聴できるようにすることは車載用デジタルTVの課題である。これを解決するために、ユーザーが選局操作することなく自動的に同一番組を放送している他の局にシームレスに切り替える放送選局制御技術を開発した。

受信電波が弱くなり番組の視聴が困難になる放送のサービスエリア境界付近で、受信状態が良い同一サービスを見つけた手段として有効な機能が系列局サーチである。系列局サーチ機能は、放送波に重畳されている放送局情報を抽出して中継局と系列局をデータベース化し、①中継局、②系列局、③全チャンネルを総当たりの順に候補となる送信所の物理チャンネルをサーチして切り替える放送局を決定する。放送番組を継続的に提示する別の手段として、ハイ

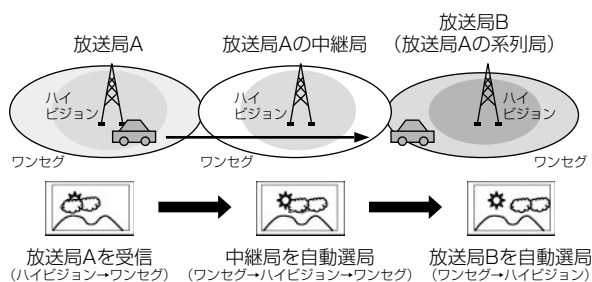


図3. 自動選局例

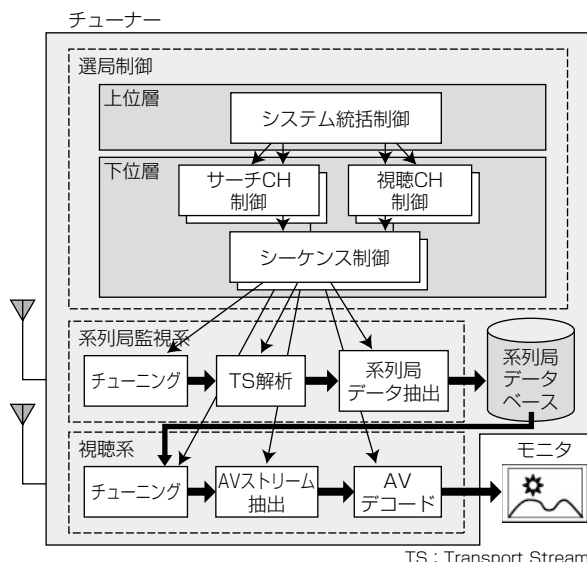


図4. 選局制御ソフトウェアの構成

ビジョン放送に比べて受信可能エリアが広いワンセグ放送への自動切替え機能がある。これは、多くの放送局がハイビジョン放送とワンセグ放送で同じ番組を放送している現状では有効な機能であり、ワンセグ放送を同時デコードしておくことでシームレスに切り替えることができる。これら2つの機能を組み合わせることによって図3のような自動選局が実現でき、長距離ドライブでもユーザーに操作させることなく同じ番組を提供し続けることが可能になる。

系列局サーチは候補となる複数の局を順番にサーチするため時間を要するという問題がある。4本のアンテナとチューナーを搭載したモデルでは、任意のチューナーで受信を行いながら、残りのチューナーで受信可能局の監視を行うことでサーチ待ち時間をなくす機能を実現した。この機能を実現するために、2系統の放送チャンネルの独立制御を可能とするデジタルTV選局制御ソフトウェアを開発した。放送受信システム全体の統括制御を担う上位層と、個々の放送信号の受信制御を行う下位層で構成され、下位層の制御ロジックを必要な数だけ複製することで放送信号数の増減に対応できる構造としている（図4）。

3. 車載用BDプレーヤー

3.1 ディスクの高密度化と信号再生部の小型化

BDはDVDやCDと同じ直径12cmの光ディスクであり、1層あたりの記録容量は25GBであり、DVD(4.7GB)と比



図5. 車載用BDプレーヤーの試作機

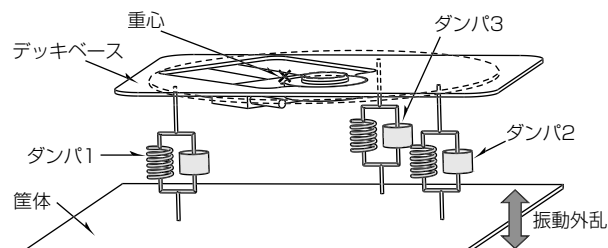


図6. BDプレーヤー再生部の概念モデル

較して約5倍強の大容量情報が記録可能である。BDでは半導体レーザーの波長をDVD用の650nm（赤色）から405nm（青紫色）に短波長化するとともに、対物レンズの開口数をDVD用の0.6から0.85に上げ、集光スポットを微小化することによって高密度化を実現している⁽³⁾。今回、このようなBDを車載環境でも再生でき、車のダッシュボードの規格である1DINサイズに格納可能な車載用BDプレーヤーを開発した（図5）。

信号再生部は、高精度シミュレーションによって機構部品の小型化・最適配置を行い、さらに、ディスクをローディングする小型の搬送機構を新規に開発することでディスク信号再生部の容積を従来の家庭用BDレコーダ／プレーヤーの約3分の1に小型化した（当社比）。

3.2 緩衝機構技術

車載用プレーヤーでは、走行振動が再生部に加わるため、信号読み取り制御（Focusing, Tracking制御）に偏差が発生する。BDでは、Focusing制御の許容偏差量がDVDの約1/4であるため、ダッシュボード内にほぼ水平に設置された再生部への上下方向の走行振動に対して十分考慮した設計が必要となる。この振動対策として、図6に示すような筐体（きょうたい）とデッキベース間に設けられた複数のダンパ群からなる緩衝機構が広く実用化されている。この方式は、デッキベース質量とダンパ群とからなる共振系を構成し、共振周波数より高い帯域の振動の伝達を抑制する機能を持つ。しかしながら、機構配置制約によって、ダンパ群の荷重配分を均等にできないため、各ダンパをすべて同一とした場合、振動に対するデッキベースの挙動が不均一になり姿勢が乱れ、不要な振動成分が発生する問題があった。

この問題に対し、緩衝機構を詳細にモデル化した機構解析によって、各々のダンパ特性の最適化を行った。

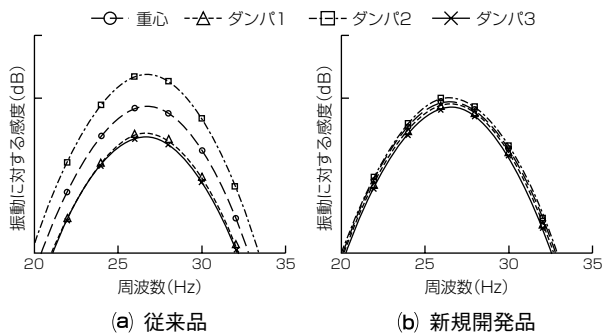


図 7. 緩衝機構の改善例

図 7 に、緩衝機構を改善した結果を示す。この図は、振動外乱に対する各ダンパ群支持点の感度の周波数特性であり、(a)はダンパ群特性を同一にした従来品、(b)は新規開発品の特性である。従来は、デッキベースの各点の感度が異なり暴れていたが、新規開発品では姿勢変動がない、安定な挙動を実現している。

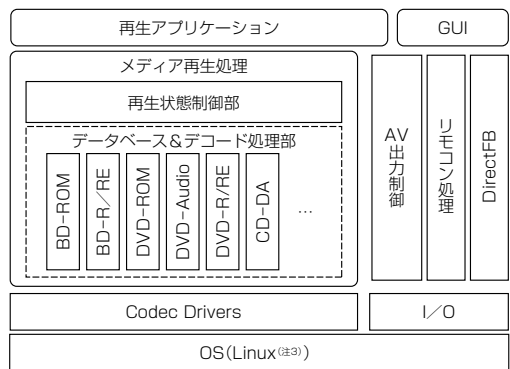
この試作機は、BD/DVD/CDの3種類のディスクに対応した小型光ピックアップを搭載しており、BD系はBD-ROM/R/RE、DVD系はDVD-ROM/R/RW、CD系はCD-ROM/R/RWに対応している。

BDの場合、ディスクの情報記録面に照射されるレーザー光の波長が短い、対物レンズの開口数が大きいためといった理由から、大きな球面収差が発生する。そこで、球面収差をなくすために、先に述べたBDにおける再生波形を基にコリメータレンズの位置を最適化する。これによって、BDの再生性能を向上させ、温度変化の激しい車載環境下でも安定した再生を行うことができる。

3.3 映像信号処理部の小型化

BD-ROMから読み出されたビットストリームを映像信号に変換するのが映像信号処理部である。映像信号処理部では、ハイビジョン映像/HD(High Definition)オーディオのデコード処理、BD用Java^(注2)の実行処理、及び高解像度グラフィックス処理など、DVDに比べ高いパフォーマンスが必要とされている。これらの処理には映像音声デコーダや高速なCPU(Central Processing Unit)を内蔵する高性能SoC(System on Chip)と、高速かつ広帯域な大容量メモリが必要である。特にBDでは、2つのH.264映像を重ねて表示する場合や、複雑なJavaコンテンツを実行している場合などに、瞬間的に発生する電流供給不足や、SoCが発生する熱が問題となっている。さらに、カーオーディオの一般的なサイズである1DIN内に収める必要がある。よって、基板設計で、①高速メモリアクセス実現のための等長配線、インピーダンスコントロール、②安定的な電源供給、③量産化を想定した8層基板での実現、④SoCの放熱対策に留意した設計を行った。特に、限られた基板層構成と実装面積制約の中で、電源パターンのクリアランスを確

(注2) Javaは、Sun Microsystem, Inc. の登録商標である。



(注3) Linuxは、Linus Torvalds氏の登録商標である。

GUI : Graphical User Interface
CD-DA : Compact Disc Digital Audio

図 8. ソフトウェア構造

保するとともに、電源供給源の見直しを実施することで小型化を達成した。さらに基板配線解析を用いて、メモリへアクセスする信号波形の品質の確保を図った。

今回開発した車載BDプレーヤー向けソフトウェア構造を図 8 に示す。車載BDプレーヤーでは、BD-ROMだけでなく、BD-R/REや各種DVD/CDなど多彩なメディアフォーマットの再生が必要とされている。多くのメディアフォーマットの再生要件に対して、開発工数と実装の効率化を行うために、ソフトウェア設計の前段階で機能分析を実施した。これによって、メディアフォーマット単位で異なるデータベース及びデコード処理部と、複数メディアフォーマットで共用する再生状態制御部に分けてソフトウェアを実装する方式を採った。これによって設計及びデバッグ期間の短縮化を実現することができた。

4. む す び

車載用映像情報機器は、電波環境の変化や車の走行速度の変動、外形寸法の制約や劣悪な動作環境(温度、振動)など、車特有の厳しい条件下での安定動作が要求される。本稿で取り上げた各要素技術は、これらの課題を克服するための主要技術であり、計算機シミュレーション、試作機開発などによってその有効性を確認した。

参 考 文 献

- (1) 社電子情報技術産業協会 統計情報：2010年3月地上デジタルテレビ放送受信機国内出荷実績
<http://www.jeita.or.jp/japanese/stat/digital/2010/03.html>
- (2) Blu-ray Disc Association：ブルーレイディスクアソシエーション ニュースレター、13、2009年11月
<http://www.blu-raydisc.com/assets/Downloadablefile/200911-BDA-13-final-16824.pdf>
- (3) 小川博司、ほか：図解 ブルーレイディスク読本、オーム社(2006)