

# “DIATONE SOUND.NAVI” の高音質技術

寺本浩平\*  
橋本和彦\*

High Fidelity Sound Technology for "DIATONE SOUND.NAVI"

Kohei Teramoto, Kazuhiko Hashimoto

## 要 旨

カーナビゲーション市場は近年、ナビゲーション機能のコモディティ化と低価格化が進み、新しい価値提案による市場喚起が望まれている。一方でカーナビゲーションに内蔵されている各種機能の中で最も使用されているのは音楽再生機能で、実にナビゲーション機能以上に使用時間が長い。そこで、車室内での音質と音場の再生に徹底的にこだわり、ハイエンドカーオーディオ以上の音質と調整機能をカーナビゲーションに搭載したのがオーディオナビゲーションシステム“DIATONE SOUND.NAVI”である。三菱電機は2006年以来、国内車載機器市販市場にDIATONEブランドの高級スピーカーと、当社デジタルオーディオ技術の粋を集めた、デジタルプロセスセンター“DA-PX1”を投入した。全ての製品が権威ある賞を獲得し、高級市販市場ではDIATONEのブランドイメージも定着している。そこ

で、DA-PX1で培った高音質技術と設計思想を惜しみなくカーナビゲーションの中に盛り込んだのが、DIATONE SOUND.NAVIである。DIATONE SOUND.NAVIはカーオーディオ業界最高位の賞であるオートサウンドグランプリ・ゴールドエンアワードを獲得し、発売後も今までのカーナビゲーションの音とは次元が違うと各方面から高い評価を得ている。

本稿では、DIATONE SOUND.NAVIに搭載した多くの高音質技術について、(1)デジタル音源から余すことなく情報を引き出す“音源の正確な再現技術”，(2)音質劣化の元凶である“デジタルノイズの阻止技術”，(3)いびつな空間でしかも左右に偏った聴取位置の車空間で高音質を得る“音質・音場補正技術”の3つの観点から述べる。



## “DIATONE SOUND.NAVI” とサウンド調整画面

DIATONE SOUND.NAVIは、特許技術を含む多くの高音質技術を投入し、従来のナビゲーションとは次元の違うハイエンドホームオーディオに匹敵する高音質を実現した。また、車室に合わせた詳細なサウンド調整によって、フロントガラスに音像が広がり、まるで目の前で演奏しているかのような立体的でリアルな音を再生する。

## 1. ま え が き

DIATONE SOUND.NAVIは従来市場に出回っている“高音質ナビゲーション”とは異なり、ハイエンドカーオーディオの音質・技術・機能をカーナビゲーションで実現するという、新しいカテゴリーを目指した製品である。今後カーナビゲーションはますますコモディティ化と価格下落が進むと予想される。さらにナビゲーション機能そのものがスマートフォンにとって代わられる可能性すら出てきており、ナビゲーション機能以外で付加価値が付いて他社と差別化できる技術の柱が必要である。一方、現在カーナビゲーションの中で最も使用されている機能は音楽再生であり、今後いかなる形態の変化があろうとも、カーマルチメディアから“音”がなくなることはない。このため“音”で他社を圧倒する市場ポジションの確保を目指したのが、DIATONE SOUND.NAVIである。その技術のベースとして当社は、業界最高峰音質と評価されているデジタルプロセスセンターDA-PX1(図1)<sup>(1)</sup>を既に発売し、様々な独自技術と高音質達成のためのノウハウを確立している。DIATONE SOUND.NAVIはこの当社の高音質技術を惜しみなく投入することで、従来のカーナビゲーションの次元を超えた高音質を実現した。

カーナビゲーションの中で高音質を達成するには、大きく3つの課題を解決する必要がある。第一にCD、USB(Universal Serial Bus)、iPod<sup>(®)</sup>等からの音源をできる限り正確に、情報を失わずに再現することである。第二にカーナビゲーション内部の様々な回路が発する、音質に悪影響を与えるデジタルノイズの影響から回避することである。第三に車内はいびつな空間であり、しかも左右非対称なりスニングポイントで聴くため、高音質を得るためには適切な音質・音場補正が不可欠となることである。

これらの3つの観点から、DIATONE SOUND.NAVIの高音質技術について述べる。

(注1) iPodは、Apple Inc. の登録商標である。

## 2. 音源の正確な再現

### 2.1 32ビットD/Aコンバータ

デジタルオーディオの再生で最も音質に影響を与えるの



図1. デジタルプロセスセンターDA-PX1

はデジタル信号をアナログに変換するD/A(Digital/Analog)変換部である。DIATONE SOUND.NAVIでは現在主流の24ビットより256倍高精度な32ビットD/Aコンバータを採用した。2013年3月現在ハイエンド製品も含めてカーオーディオ製品で32ビットD/Aコンバータは唯一DIATONEのみが採用している。

今回採用した32ビットD/AコンバータはTIパルブラウン社のPCM5102である。このD/Aコンバータは図2に示すように、従来型D/Aコンバータに比較して、可聴帯域外の量子化雑音が少ないことから、ジッター(時間揺らぎ)やデジタルノイズの影響を受けにくい特長がある。またリニアリティについても図3に示すように、-150dBの極少レベルの信号まで確保されており、従来の24ビットD/Aコンバータとは明らかな優位性が認められる。

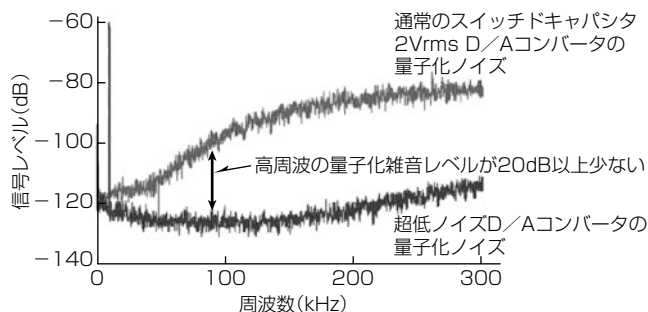
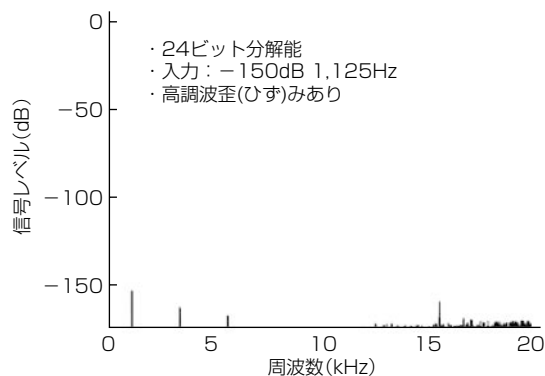
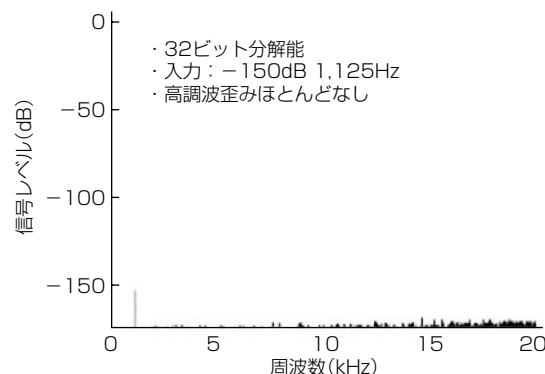


図2. 量子化雑音周波数特性の比較



(a) 24ビットD/Aコンバータ



(b) 32ビットD/Aコンバータ

図3. -150dB入力時、高調波スペクトラム比較

2.2 40ビット演算コアDSP

車室内で高音質を得るには、様々な音質補正が必要だが、この部分はDSP(Digital Signal Processor)によるデジタル信号処理によって実現される。具体的には加減乗算演算を繰り返して目的の特性を作り出すが、問題は信号を演算して加工することで、情報そのものは必ず劣化を伴うことである。信号ラインや乗算器のデータ幅は有限ビット数なので、演算を行うことで必ずビット幅に収まりきれないことに起因する丸め誤差を生じ、これが累積されることで大きな音質劣化を引き起こす。特に、周波数特性の補正には少ない規模で低域まで容易に周波数特性が変えられるIIR(巡回型)フィルタ(図4)が多く用いられるが、低域での演算回数は数千回以上に及び、音質に与える影響は極めて大きい。また音量調整を行うと、1/100程度まで音量を絞るので、これによって約7ビットのビット欠落を生じる。一方で、従来のカーナビゲーションに内蔵のDSPの演算精度はほとんど24ビットと少ない。またハイエンドカーオーディオでも32ビットが主流である。

DIATONE SOUND.NAVIでは特に音質に影響を与える乗算回路に40ビットの高精度演算コアを搭載した。これは24ビット演算に対して65,536倍、32ビット演算に対しても256倍の高精度を達成でき、演算による音質劣化を極少に抑えた。

2.3 D/Aマスタークロック方式

D/Aコンバータで32ビットを達成したとしても、デジタル信号の再生には、同時に正確なクロック精度が不可欠である。クロックがジッターを含むと、図5に示すように、D/Aコンバータとしては無歪みであったとしても、波形

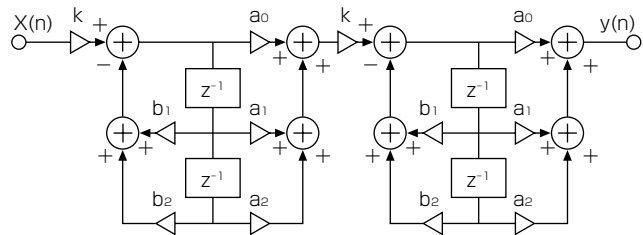


図4. IIRフィルタ

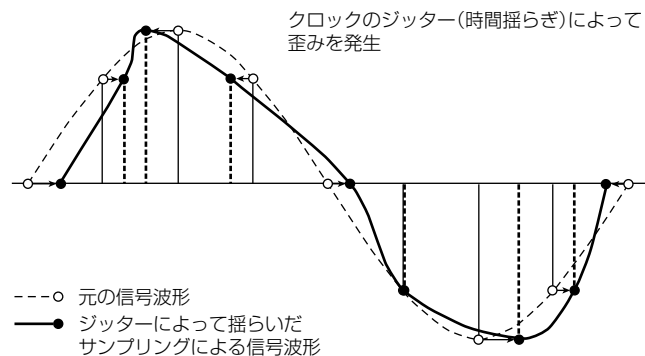


図5. ジッターによる音声歪み

が崩れて歪みを発生する。このクロック精度を徹底的に高めるには、クロック回路とD/Aコンバータのグランド間ノイズを減らすために、D/Aコンバータから最短距離にクロック基準となる水晶発振器によるマスタークロックを配置し、D/Aコンバータ以外の全てのオーディオ機器にこのマスタークロックを基準としたスレーブ動作をさせることが最良の方法であり、この考え方の徹底を図った。

3. デジタルノイズ混入の阻止

カーナビゲーションは高度に集積化が進んだデジタル機器である。オーディオ系以外のナビゲーション機能部やモニタ部や地上デジタルテレビチューナーからは、音質劣化の元凶であるすさまじいレベルのデジタルノイズが放出されており、この環境下での高音質達成は容易なことではない。これらデジタルノイズを“出さない対策”と“受けない対策”の両面からデジタル&アナログ回路技術、伝送技術、実装技術を駆使して対応し、従来のカーナビゲーションの次元を超えた高音質の実現に成功した。

3.1 アイソレーテッド・シャーシコンストラクション

“ノイズを出さない対策”としては各基板間を独立シャーシで遮断して、ノイズの流入を阻止するアイソレーテッド・シャーシコンストラクションを採用した。基板単位で独立シャーシによる分離構造を実現し、シャーシに流れる電流どうしの干渉まで防ぎ、さらに、各回路内では電流ループを最小化し、オーディオ系へのノイズ混入を徹底排除した(図6)。

3.2 メモリコレクター方式

“ノイズを出さない対策”を徹底的に施しても、CDやUSB音源のデジタル信号をD/Aコンバータまで伝送する間に、ジッターやデジタルノイズのある程度の混入は免れない。一方で、D/Aコンバータの直近に配置したマスタークロックと、CDなど音源の送出系とは非同期で、双方のクロックには若干のズレがあるため、通常は送出系からPLL(Phase Locked Loop)などを用いてクロックを抽出する動作を行っている。しかし、この抽出した信号には原理的にジッターが混入せざるを得ない。そこで、“受けない

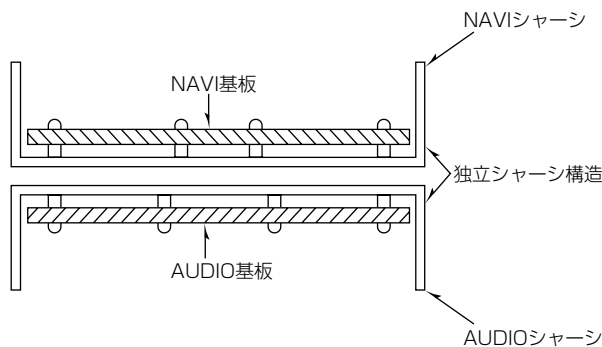


図6. アイソレーテッド・シャーシコンストラクション

対策”としてデジタル信号を一度大容量のメモリに記憶させ、D/Aコンバータ直近のクリーンなマスタークロックでメモリからデータを取り出すのが、メモリコレクターである。これによって、デジタル音源からメモリに入力される汚れたクロックの影響を受けずに、しかもデータは一切加工されることなく、正確なクロック間隔にデータを作り直すことができる(図7)。

### 3.3 ピュアデジタルアイソレータを搭載

D/Aコンバータに入力されるデジタル音声信号は、D/Aの前段回路とD/Aまでのプリントパターン内を伝送する間に、多少なりともジッターやデジタルノイズが混入する。これをD/Aコンバータに入力する直前にマスタークロックに同期の取れたピュアな信号に変換するのがピュアデジタルアイソレータである。図8に示すように、この回路を通過させることで、ピュアなマスタークロックと同期の取れたデジタル音声信号にたたきなおされ、デジタルノイズやジッターを取り除くことができる。

### 3.4 独立ローカル電源方式の採用

電源を介して混入するデジタルノイズの影響を阻止するため、2個のD/Aコンバータの各々に、しかも前段ロジック部とD/A変換部を独立させ、計4つの電源を配置し、電源を経由しての信号干渉を徹底的に排除した。電源と回路の距離が離れると、どうしても電源と回路のグラウンド間のノイズの影響を免れず、回路にクリーンな電源を供給できない。そのため、音質に最も影響を与えるD/Aコンバータの電源は、D/Aコンバータのグラウンドを基準として電圧を発生し、しかも各回路間の電源干渉も防止する、独立ローカル電源方式を採用した。

## 4. 適切な音質・音場補正

ホームオーディオとは異なり、車室内ではスピーカーの設置場所も様々な制約を受ける。通常低音用スピーカーは

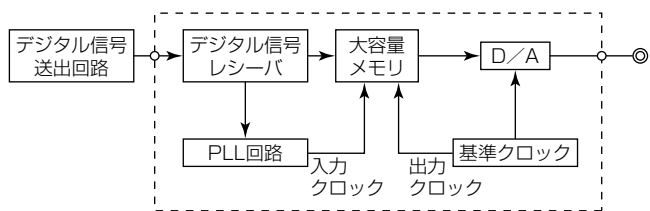


図7. メモリコレクター方式

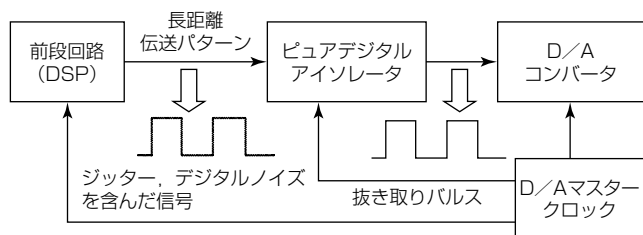


図8. ピュアデジタルアイソレータ

ドアの下の方に横向きに設置される。高音用スピーカーの設置場所は、ダッシュボード上(上向き)やドアの窓のコーナー等となる。さらに聴取位置は左右に偏ったシート位置となる。このような環境下での高音質の実現には、詳細な周波数特性補正や時間軸補正が不可欠である。

### 4.1 31バンドグラフィックイコライザ

ハイエンドカーオーディオに匹敵するフロント31バンド、リア10バンドの左右独立グラフィックイコライザを装備し、詳細な周波数特性補正を実現した。ゲインステップは0.5dBと細かく、また左右共通と左右独立の双方の調整を可能とし、調整性を大幅に改善した(図9)。

### 4.2 マルチウェイ・タイムアライメント

車室内では通常リスナーと各スピーカーユニットの距離が異なるため、同時にスピーカーユニットから出た音波が耳に到達したときには時間の不揃(ふぞろ)いを生じてしまう。この状態で音を聴くと、あたかも音像のピントがボケたように音像定位が定まらない不自然な音に聞こえる。そこで、各スピーカーユニットの音が出る時間をあらかじめずらしておき、リスナーの耳に同時に音波を到達させるのが、タイムアライメントである。ただし、従来のタイムアライメント技術では、スピーカーユニットごとにパワーアンプが必要なため、システム規模が大きくなることが不可避であった(図10)。

今回搭載したマルチウェイ・タイムアライメントは当社の独自技術で、スピーカーネットワークを使用したパッシブシステムでもスピーカーごとに独立にタイムアライメント調整が可能となる。これによって、最大3Wayシステムまでチャンネル当たり1台のパワーアンプで各スピーカー独立のタイムアライメントを実現した。原図を図11に示す。

入力信号(A)をFIR型の急峻(きゅうしゅん)な肩特性のハイパスフィルタを通過させ高域成分(B)を抽出する。入力信号(A)から高域成分(B)を引き算した成分(A-B)は、低域成分に相当する。ここで得られた高域成分(B)と低域成分(A-B)を加算すると、 $B + (A - B) = A$  となって元の入力信号(A)に戻る。また高域成分(B)と低域成分(A-B)とは互いに排他的関係となっている。ここで高域用のスピー



図9. グラフィックイコライザ調整画面

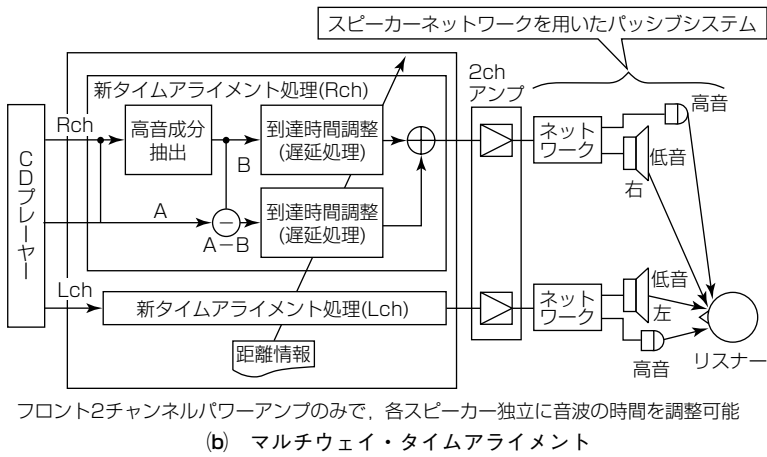
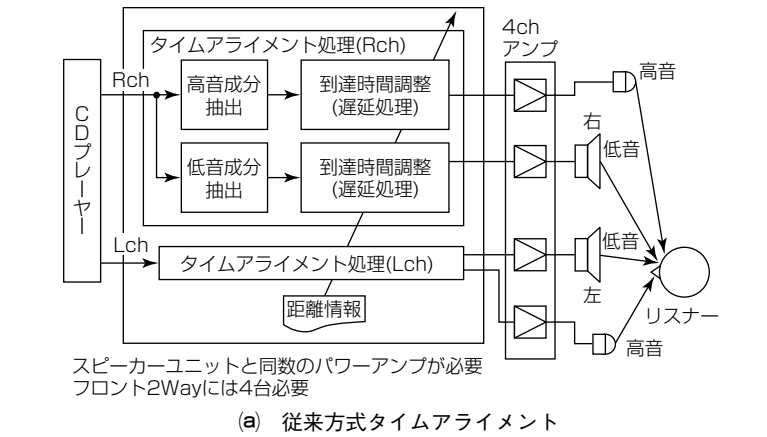


図10. マルチウェイ・タイムアライメント

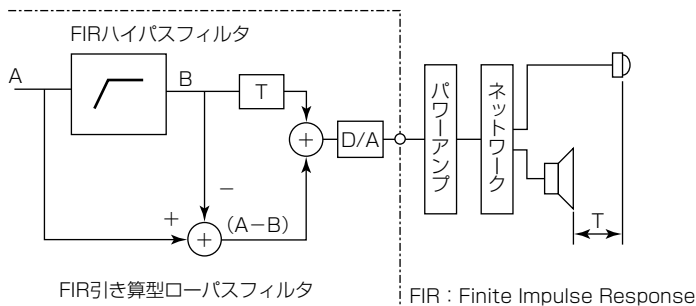


図11. マルチウェイ・タイムアライメントの原理

カーからの音波の方がリスナーに近く、T秒だけ低域用スピーカーに比較して速く届くとする。この場合は高域成分(B)をT秒だけ遅らせた後に、低域成分(A-B)と加算する。この信号をパワーアンプで増幅した後にパッシブネットワークを介して低域成分と高域成分に再度分け、それぞれの信号でスピーカーユニットを駆動する。これによってフロント2Wayの純正スピーカーシステムの場合でも配線はそのままに、カーナビゲーションを交換するだけで、左右の高音と低音のスピーカーごとに独立して到達時間を自由に調整することが可能となった。



図12. クロスオーバー・ネットワークの調整画面

### 4.3 最大4Wayクロスオーバー・ネットワーク

複数のスピーカーを組み合わせて全音域をカバーする、様々なマルチウェイ・スピーカーに対応したデジタルクロスオーバー・ネットワークを搭載、最大3Way+サブウーファの4Wayシステムまで対応した。またマルチウェイ・タイムアライメントと連動した、帯域分割調整と0.2dB/stepの詳細なゲイン調整も装備した。さらに、フロント用とリア用の計4台のパワーアンプをフロント用の高音と低音に振り分けた本格マルチシステムにも対応させ、ハイエンドカーオーディオ以上の幅広いシステムへの適用を実現した(図12)。

## 5. む す び

カーオーディオ市場は、カーナビゲーションがダッシュボード内の特等席を占拠したことから、オーディオヘッドユニットの置場を失って、衰退しつつあった。今回のカーナビゲーションの中にハイエンドカーオーディオを搭載してしまう、オーディオナビゲーションシステムの登場はカーオーディオの適用範囲を大幅に広げるとともに、コモディティ化が進むカーナビゲーションに新たな活路を見出す可能性もある。また、純正スピーカーのままカーナビゲーションを変えるだけで手軽にハイエンドの高音質が得られるため、市場での評価は日に日に高まっている。今後、カーマルチメディアシステムがいかように変化しても“音”は決してなくならないため、DIATONE SOUND.NAVIの高音質技術は事業戦略上も大きな武器となり得るであろう。

## 参考文献

- (1) 寺本浩平, ほか: デジタルプロセスセンター“DA-PX1”の高音質化技術, 三菱電機技報, 84, No.9, 503~506 (2010)