

# CD収録時に失われた超高域成分の復元を試みた 「帯域拡張技術」の変遷

柴崎 功 SHIBAZAKI Isao

CDには22.05kHz以上の音楽信号は入っていない。これがアナログソースに対する大きなハンディキャップであり、デジタル臭さの一因だとも言われている。そこでCDの信号に超音波成分を人工的に付加して、このハンディキャップを克服しようという「帯域拡張」の技術が相次いで開発された。今回はその歴史を振り返ってみよう。

## アナログはなぜ心地よいのか？

1990年代になるとCDがオーディオのメインソースになったが、CDの音に抵抗を感じるリスナーは少なくなかった。では、アナログの音はなぜ心地よいのだろうか？

レコードや磁気テープなどのアナログソースが、CDやDATなどのデジタルソースと大きく異なる点は2つある。それは意図的な帯域制限をしてない点と、再生系で超音波ノイズを発生するという点である。

デジタルソースの場合は、折り返しノイズを防ぐために、録音時にサンプリング周波数の1/2以上の成分をカットする必要があるが、アナログソースの場合は帯域を制限する必然性が特にないので自然減衰に任せており、20kHz以上の成分が含まれているソフトが多い。

CDは「人間の可聴帯域上限は20kHzなので、それ以上の成分は必要ない」という発想のもとに開発されたので、サンプリング周波数が44.1kHzに選ばれ、22.05kHz以上の信号は原理的に記録できない。

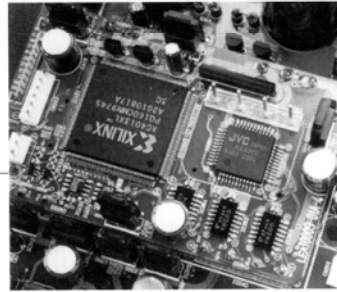
超音波成分に関しては、テープ

の場合は再生磁気ヘッドのヒステリシスノイズ（略称ヒスノイズ）があるし、レコードの場合はレコード針が盤を擦る際に発生するスタイラスノイズ（摺動ノイズ）があり、どちらも20kHz以上の広帯域にわたって分布している。

ところで、「可聴帯域成分しかないオーディオソースに可聴帯域成分とある種の相関を持つ超音波成分を付加すると、リスナーの基幹脳ネットワーク（脳幹/視床/視床下部など）を活性化し、脳の深部の血流が増大してα波を増強させ、音がより快適に知覚される」というハイパーソニック効果が、国際科学振興財団の大橋力氏らの研究で実証されている。

スタイラスノイズの場合、ノイズレベルはレコード針と盤との接触圧に比例するので、大信号時はスタイラスノイズが増え、小信号時は減少する。だからスタイラスノイズの超音波成分は、可聴帯域成分と相関のあるレベル変化をし、ハイパーソニック効果を生み出す可能性が十分に考えられる。

このように、アナログソースには20kHz以上の周波数成分が記録でき、再生時には自動的に超音



シールドケースを取り外した、ビクターXL-Z999EXのエクステンドK2プロセッシング回路。左の大きなICが帯域拡張処理を行うゼイリンクスFPGA

波ノイズが付加されるという特徴があるので、この超音波ノイズによるハイパーソニック効果で心地よく感じるのではないかと推測できる。

## アナログ処理による帯域拡張

CDの帯域拡張装置を日本で最初に商品化したのはフィデリックスで、1994年11月に発売された写真1のハーモネーター（Harmometer）という愛称の適応型超音波ノイズ付加装置SH-20Kがその草分けだ。本機はデジタルソースとプリアンプ間に挿入して使用する。

CDには22.05kHz以上は記録できないため、-20dBのピンクノイズを記録したテストCD（デンオンCOCO-75085）を再生すると、出力信号スペクトラムは写真2の左側のように、21kHzから上がストーンと落ちてしまう。それに対して、CDプレーヤーにSH-20Kを追加してエフェクトレベルを3に設定すると、超音波ピンクノイズが付加されるため、写真2の右側のようにスペクトラム分布が可聴帯域成分とレベル的にスムーズにつながり、ノイズ成分は120



[写真1] ハーモネーターという愛称が付けられた、フィデリックスの適応型超音波ノイズ付加装置SH-20K（1994年11月発売、税別92,000円）

kHzまで及んでいる。

フィデリックスでは、ハーモネーターの開発時に生の音楽信号に含まれる超音波成分（20k~数十kHz）の正体を調べてみたそうだ。すると20kHz以上の倍音（高調波）を出す楽器は、チェンバロやチター（Zither）など、ごくごく一部の楽器しかないことが判明した。

バイオリンは20kHz以上の倍音が出そうだが、実測すると20kHz以上の成分は弓が弦を擦って出す摺動ノイズばかりで、弦の倍音成分はほとんどないそうだ。シンバルの場合は複雑な分割振動をする不規則波なので、基音と倍音に区別することはできないし、管楽器は吹き込む息の空気ノイズが主体で、20kHz以上の成分は倍音よりもランダムノイズの方が支配的。だから楽器から出る20kHz以上の成分は、ごくごく一部の楽器以外はランダムノイズであり、CD制作時に失われた高域成分を超音波ノイズで補填するという考えは理にかなっているのである。

SH-20Kは図1の構成で、入力信号はまずボルテージフォロワーでインピーダンス変換される。そして入力信号の中から6kHz以上の成分を検出し、そのレベルに応じて20kHz以上の超音波ランダムノイズを原信号に適量ブレンド