高圧縮音声向け高音質化ＤＳＰプロセッシング
「サウンドレトリバー」の開発

パイオニア株式会社
ホームエンタテインメントビジネスグループ　鈴木　四郎
モバイルエンタテインメントビジネスグループ　佐藤　伸一

はじめに

これまで民生用オーディオの分野では、めまぐるしくさまざまな種類の記録媒体を再生するソース機器が開発され、市場導入されてきた。アナログレコードの時代からさかのぼると、アナログテープ、コンパクト・ディスク(CD)、ディジタル・テープ(DAT)、ミニ・ディスク(MD)、DVD-Audio、スーパー・オーディオ CD(SACD)と続き、映像も扱う製品アイテムも含めると、DVD そして新世代再生機の HD-DVD、Blu-Ray と続いている。

そして、ここ数年で急激に普及してきたディジタルメモリーオーディオプレーヤー(DAP)や、昨今普及しつつある PC を中心にしたネットワークオーディオも音楽を楽しむ上で利用されている。

DAP に接続する機能やネットワークオーディオ機能を搭載して音楽を楽しめるアンプやスピーカー等の製品が市場に登場しているが、弊社においてもその様な機能を搭載した AV アンプ製品やオーディオシステム製品の開発に取り組んでいる。

音声圧縮技術を用いるこの両アイテムは、音質面での犠牲が少なからず伴うにもかかわらず、音質にこだわるオーディオファンの多くも、これらのアイテムの利便性に魅力を感じユーザーとなっている事は事実である。

これまで各種オーディオ機器開発において高音質化再生にこだわり続けてきた弊社は、音質にこだわるオーディオファンの為に、これらのアイテムにおいても高音質再生を提供する技術“弊社機能名称：サウンドレトリバー”の開発を行ってきた。

今回、その開発技術の一端についてご紹介する。

DAP の魅力と特徴

DAP の魅力は、Apple 社が開発した iPod に代表されるように、製品の中に組み込まれたメモリーデバイスに圧倒的に多い曲数を格納する事が出来る事、製品ボディが非常にコンパクトである事、そして簡単に何時でも楽しめる事等があげられる。

このアイテムが普及した技術的背景には、主に、メモリー開発の進歩による大容量メモリーの低価格化、音声データ圧縮技術の進歩、そして小型ボディながら多数の曲を簡単に操作可能な優れた UI(User Interface)の進化がある。

格納可能曲数は、音声データ圧縮技術でデータを縮小する時の圧縮率によって変わるが、音質とのトレードオフとなるのが特徴である。

ネットワークオーディオの魅力と特徴

ネットワークオーディオの魅力は、ネットワークオーディオ再生機能を搭載したオーディオ装置を使って、PC 内に膨大にストレージされた音楽をアクセスして楽しめる事、また、膨大な曲数を配信しているインターネットラジオにアクセスして音楽を楽しめる事があげられる。

なお、PC 経由で DAP へ曲を格納する仕組みになっている為、DAP ユーザーが PC 内に膨大な曲数を貯蓄しているケースが多く、ネットワークオーディオ再生機能が搭載されたオーディオ装置でも楽しみたいと思うユーザーも増える状況となっている。

ネットワークオーディオで楽しむ音楽データも DAP と同じく、ほとんどの場合、音声データが圧縮技術でデータを縮小されて扱われている。採用され

る圧縮率もケースバイケースでさまざまである。

サウンドレトリバー開発にあたり

前述した DAP やネットワークオーディオに一般に広く採用されている音声圧縮技術は MP3、WMA、MPEG-4_AAC に絞られる。いずれも、圧縮率を高め多くの曲を容量の小さいメモリーに格納する事を目的に開発された音声圧縮技術であり、音質面の犠牲が少ない事を特徴とする優れた技術である。なお、エンコード時にデータの圧縮の度合いを変える事が出来るが、圧縮率を高めれば高めるほど多くの曲を格納する事が可能であり、かつネット配信においてダウンロード時間が短縮するというメリットがある反面、音質面での劣化が増える。ちなみに、一般的には、128kbps の圧縮率が広く採用されているようである。

ところで、同じ圧縮率を用いた場合でも用いる圧縮技術の種類によって、スペックや音色に少々ながら違いがあるが、興味深い事である。

圧縮音声の高音質化技術サウンドレトリバー開発にあたり、このような特徴を念頭におき開発コンセプトを策定した。

開発へのアプローチ

◇　目指す音

高音質化技術開発にあたり、まず「目指す音」とはどんなものにすべきかの定義を行う必要があった。

そこでまず、開発陣は高音質化した後の音のイメージを持つ事とした。その方法として、弊社内にて、圧縮された音の試聴評価を行った結果から導き出した。そしてそのイメージを「楽しい音」、「心地良い音」とした。これは、圧縮音声を聞いたときの感想の中に、元音源(CD)と比較して「物足りない。(聞いていて楽しく無い。)」「心地良く無い。」というものが多かったからだ。試聴評価には、各種圧縮技術、各種圧縮率を用いたが、いずれも評価の結果は同傾向であった。

ではどうしてそのように感じるのか、原因をブレイクダウンしてみた。試聴した時の感想を、具体的にどのような音に聞こえるのかという表現に変えて評価してみた。一番多く聞かれた意見は、「抑揚感が減ってしまう。」「音量感が減ってしまう。」「広がり感が減ってしまう。」というものだった。

このような調査から、高音質化処理後の目指す具体的な音として次の３項目に設定した。

List_1. サウンドレトリバーの目指す音:

１．抑揚感を取り戻した音。
２．音量感を取り戻した音。
３．広がり感を取り戻した音。

◇目指す音を実現する為のヒント

各種音声圧縮技術で共通している事は、人が同時に複数の音を聞く時に働くマスキング特性を利用してデータを間引くという原理を用いている事である。しかし、そのさじ加減は各種異なる。(図 1.2.)

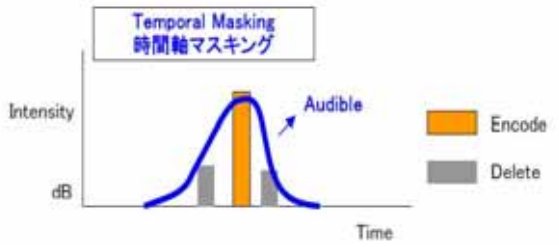

図 1.マスキング特性利用処理 1
(大きな音の近接周波数の小さな音、大きな音の直前直後の小さな音はある閾値以下を削除する。)

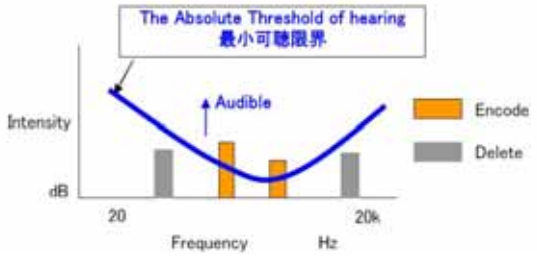

図 2. マスキング特性利用処理 2
(最小可聴限界以下の情報は削除する。)

これら圧縮時に実行されるマスキング特性利用処理は、データ量の削減に貢献するが、一方で音質へのマイナス影響が発生する。それら音質へ影響する部分とサウンドレトリバーの目指す音と関連する項目を考察してみると、結果は次の 2 点である。

List_2. マスキング特性利用処理の音質への影響:

1. マスキング特性利用 1 の影響（ 図 3）
   基音以外の音が削除されてしまう為、音楽のグルーブ感(リズムの**抑揚感**)が欠けてしまう。
2. マスキング特性利用 2 の影響（ 図 4）
   データ量が減るために、特に低域と高域の**音量感**に物足りなさを感じてしまう。

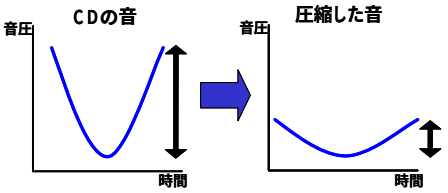

図 3. 特定周波数の短時間での音圧変化イメージ

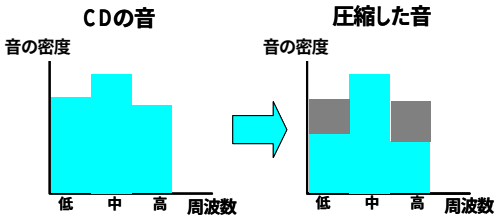

図 4. 周波数軸での音密度の変化イメージ

更にもう一点、圧縮音源作成時に圧縮方式によっては 16kHz 付近で高域をカットし、DAP 側で再生される圧縮音声の維持に努めている場合がある。

List_3. 音声圧縮音源作成時の処理の音質への影響:

- 音声圧縮時の影響（ 図 5）

高域の周波数帯域(特に 16kHz 以上)の信号成分の再現率が減ってしまう為、**広がり感**に物足りなさを感じてしまう。

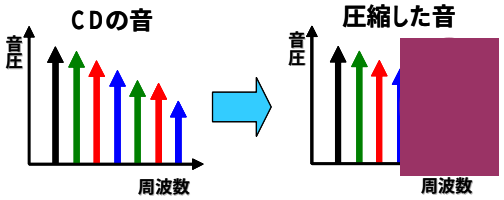

図 5. 高域周波数帯域成分の変化イメージ

◇ 開発のプロセス

そこで、「マスキング特性利用処理および音源作成時の音質への影響」３項目（1. 抑揚感、2. 音量感、3. 広がり感）を改善する事にフォーカスする事にした。

それらを実現する信号処理アルゴリズムの具体的な考案に取り掛かかる前に、開発のプロセスを決めた。まず 1.2.を改善する技術を開発し、次のステップで 3.を改善する技術を開発し、最後にそれらをマージさせるという方法をとる事とした。理由は、3. に関しての音質改善方法として、高周波信号成分(主に、16kHz 以上の成分)を再現させる事が最適と考えたが、圧縮方式によっては一般的な 128kbps の圧縮率で 20kHz まで再生する場合もある為、全てのケースにおいて大きい効果の期待が持てる 1.2. の改善から取り組む事とした。

要するに、開発ステップ 1.では元々再現される周波数帯域内で音質改善する技術を開発し、次のステップで高域周波数帯域拡張技術を開発しマージするという段取りである。

システム紹介

さて、今回開発した技術は、図 6 に示すように Audio DSP に独自開発プログラム(サウンドレトリバー・プロセッシング)がダウンロードされて実行される。

各種入力信号が最終的に LPCM 信号に変換されて Audio DSP に入力される。ネットワークオーディオは Ethernet 端子にて、DAP や USB メモリーに格納された音楽データは USB 端子 (図 7) にて、アナログ信号 (例えば、DAP のヘッドホンジャック

から出力される信号）はアナログ端子(図 7)にて、それぞれ製品内部に入力される。

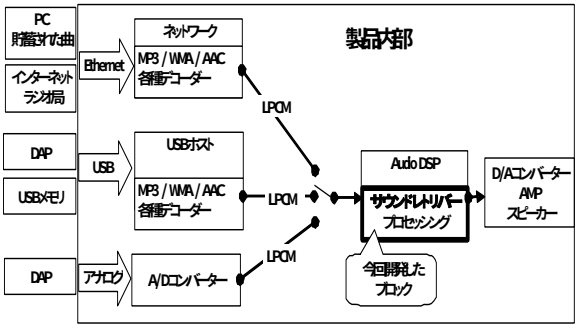

図 6. システムブロック図

図 7. USB 入力端子とアナログ入力端子
（フロントパネルに 2 つの端子が搭載された例）

DSP ファームウエアーのアルゴリズム

抑揚感を取り戻す処理 1.⇒ 音量感を取り戻す処理 2. ⇒ 広がり感を取り戻す処理 3. という順番で処理される。（ 図 8 ）なお、1.と 2.をマージしたバージョンをサウンドレトリバー、更に 3. をマージしたバージョンをアドバンスト・サウンドレトリバーと命名した。

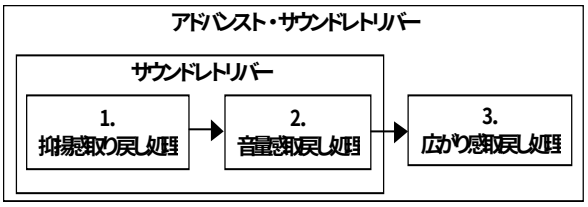

図 8. 全体アルゴリズムのシーケンス

1．抑揚感を取り戻す処理（ 図 9）

大きい音の直前直後に存在していたが減少してしまった音の補正として、非常に短い時間の前と後の仮想信号をディレイ処理と合成処理にて生成する。

2．音量感を取り戻す処理（ 図 10）

前処理 1.で生成した抑揚感復元信号は、マスキングカーブで削除され音量感が減少してしまった周波数帯域の中～低域中心に加えられ、高域には、音密度とのバランスを保つため位相(時間)を若干進めた信号のみが加えられる。

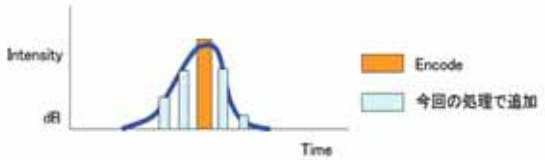

図 9. 抑揚感取り戻し処理

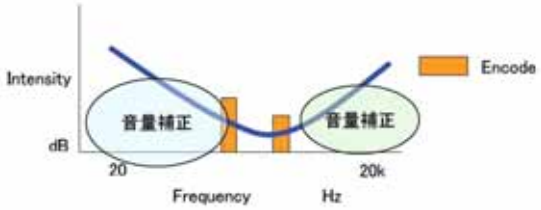

図 10. 音量感取り戻し処理

3　広がり感を取り戻す処理（ 図 11,12）

最後に、圧縮時に失われた高域周波数帯域（主に、16kHz 以上）信号の推定復元を行うことにより、広がり感を取り戻す。失われた高調波と残された基音とは調波構造の関係にある事を利用して、失われた高域周波数帯域の信号成分生成処理を行う。

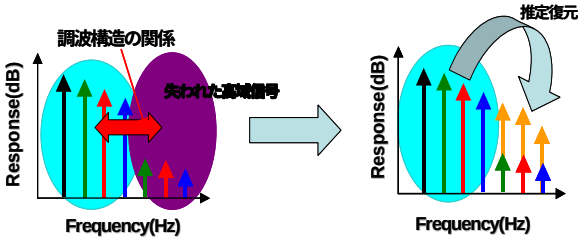

図 11. 広がり感取り戻し処理
（ 失われた高域周波数帯域の復元 ）

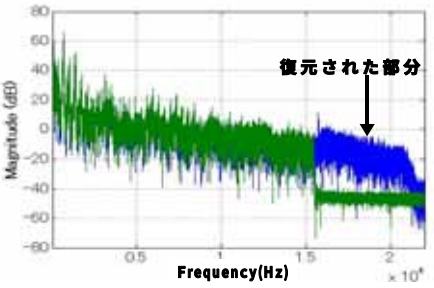

図 12. 高周波成分の信号復元前後の f 特

実際の製品搭載例の紹介

最初に開発したサウンドレトリバーは比較的小規模な DSP プログラムにて完成させることにより、パイオニアの2006年の各種AVアンプ(VSX-516等)及びAVシステム製品(X-MF7DV等)に搭載することが出来た。また、2006 年後半から 2007 年前半にかけて開発したアドバンスト・サウンドレトリバーは 2007 年の一部の AV 製品から搭載をはじめる予定である。

あとがき

パイオニアはこれまでオーディオ機器開発メーカーとして、その時代時代のオーディオ再生機器開発において、最適な高音質の実現に向けてこだわった独自開発をし続けてきた。

今回は、昨今普及している MP3, WMA, MPEG-4_AAC という音声フォーマットの音質に対しての取り組みであったが、今回の開発を通じて改めて感じたことは、高音質を追求するということは、楽しめる音、いつまでも聞いていたいと思う心地よい音を追求するという事に他ならないということである。

最近では圧縮音声でもＣＤ音質を超えるスペックを持つフォーマットも提案され実現化してきている。今後もさらに高品位の音質を見据えた開発を続けて行きたい。

筆者プロフィール

■ 鈴木　四郎（すずき しろう）

東京農工大学　電子工学科卒。
パイオニア(株)1984 年入社。
入社以来、ミニコン、カセットデッキ、MD、AV アンプと担当した全ての業務がオーディオ機器の設計･開発に従事、現在に至る。10 年程前からオーディオ DSP を用いたさまざまなデジタルプロセッシング技術の開発に携わってきたが、個人的に、この分野に非常に魅力を感じている。

■ 佐藤　伸一（さとう しんいち）

豊橋技術科学大学大学院　電気電子工学専攻終了。
パイオニア(株) 1984 年入社。
入社以来、カーオーディオ音場開発を担当、国内の自動車メーカー向け音場開発業務を経て、1998 年から 2003 年まで北米自動車メーカー対応のため現地駐在。帰任後はカーオーディオ音場・デジタルプロセッシング技術開発に従事、現在に至る。