



## Getting a Nice Vacuum Tube Sound out of Digital Compression

### MP3 (and All “Lossy” Digital Compression) Sound Enhancement and Restoration

---

BBE MP (Minimized Polynomial Non-Linear Saturation 最少多項式非線形飽和) プロセスはデジタル圧縮によって失われた高調波を修復、補償する事により、MP3 等のデジタル圧縮され劣化した音声の音質を改善します。BBE MP は最適量の奇数次高調波を元の音から作り出し、位相補正を行った後原音に加えてやる事により、音のあたたかみ、やわらかさ、ディーテール、ニュアンス等を効果的に再現します。

---

#### 1. 広い用途

CDプレーヤ、MP3プレーヤ、MDプレーヤ、ヘッドフォンステレオ、ミニコンポ、ポータブルステレオ、カーステレオ、TV、サテライトラジオ、デジタルラジオ、インターネットラジオ、etc.

#### 2. 対応技術

すべてのデジタル圧縮 (Lossy Compression) オーディオ及び CD (PCM)に対応

CD (PCM), MPEG オーディオ (MP1, MP2, MP3), MPEG4オーディオ、etc.

#### 3. 改善

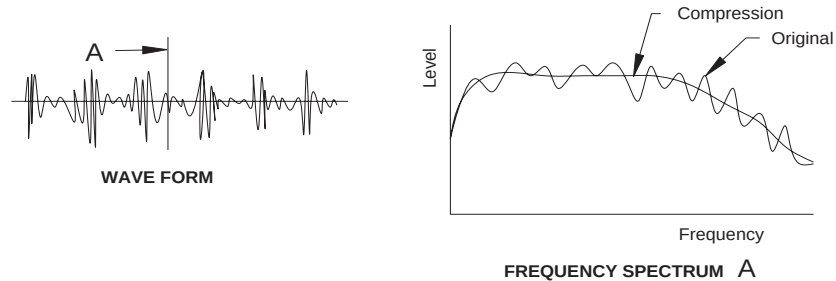
- 圧縮で失われた高調波の修復
- 高調波の位相補償
- 圧縮で失われたステレオイメージの修復
- 音楽に含まれるデリケートなディーテールの復元
- 圧縮で失われた音の柔らかさの復元

#### 4. ソリューション

デジタルのみ、プロセスはきわめてシンプル (他社プロセスの 1/10 – 1/100)

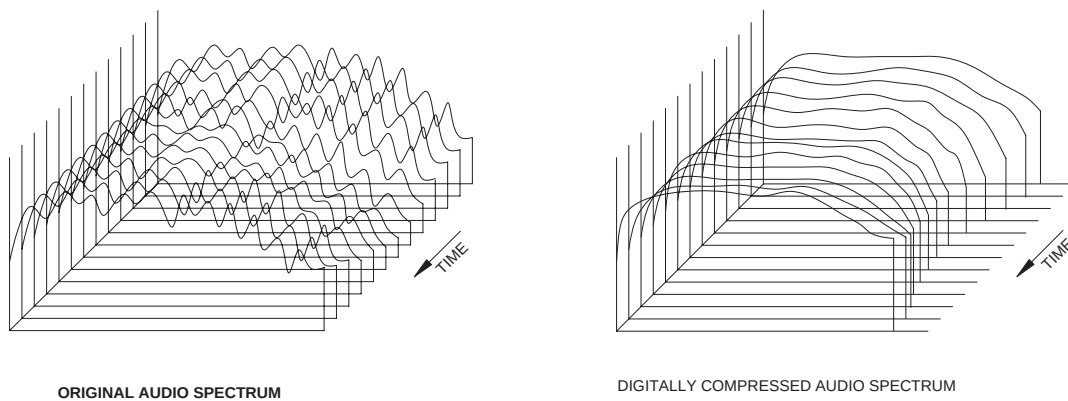
# デジタル圧縮と BBE MP プロセス

## デジタル圧縮



デジタル圧縮は冗長性のある情報を極力取り除いて行くのが基本です。それには色々なテクニックが使われますが、何れの場合も作業は周波数ドメインで行われます。左上はスコープで見たときの原音の波形です。「A」点でサンプルされたスペクトルは右上の「Original」と書かれたカーブのようになります。この作業をサンプリングといいます。サンプルされたスペクトルは大変複雑な形をしています。しかし、これを単純化し、情報量を大幅に減らして「Compression」と記された様なスムーズなカーブに変換しても、音そのものには大して影響しないと言われています。これがデジタル圧縮の一例です。

A点で行われたサンプリングと同じ作業を次々に時間ドメインで行っていくと、下図左の様なスペクトル・ヒストグラムが得られます。



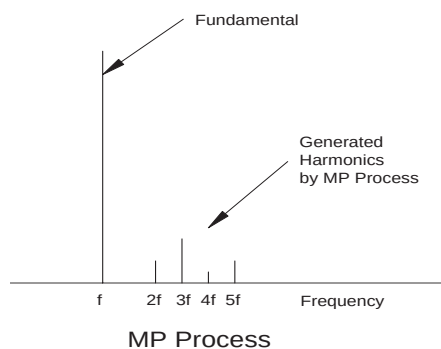
デジタル圧縮は周波数ドメインの他に、時間ドメインでも行われます。両ドメインでの圧縮プロセス後は、スペクトルデータは上図右のようにさらに単純化されます。（注：この図は理解しやすくするために実際以上に単純化してあります。）この様に大量の情報が除かれ失われてしまうと、二度と波形の再現は出来ません。（これがこの種のデジタル圧縮が「Lossy Compression」と呼ばれている理由です。）しかも多くの場合 MP3 は CD よりも低いサンプリング周波数を使います。その為、ある周波数（サンプリング周波数の半分）以上ではデータが全く消えてしまいます。上図右で高い周波数の情報がなくなっているのが分かります。しかもこの上限の周波数は周波数スペクトルの内容によっては、さらに下がってしまうこともあります。

この様なデータから音楽を再生しますと、ピアノはピアノ、トランペットはトランペットとして聞こえますが、ディテール、ニュアンス、音楽性の失われた、つまらない音になっています。

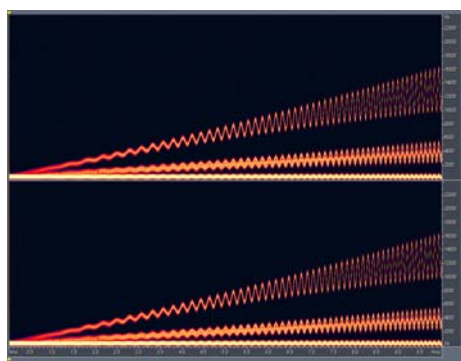
BBE は再生された 波形に少しでも高調波が残っていればそれを見つけ出し増幅し時間補正を行う事により、音を補修します。しかし、高調波が完全に失われてしまった場合にはそれを作り出してやるしかありません。

## MP プロセス

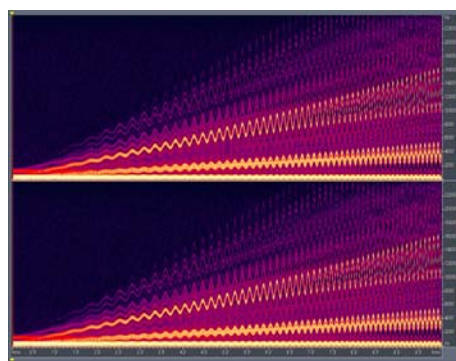
MP (Minimized Polynomial Non-Linear Saturation, 最少多項式非線形飽和) プロセスは、奇数次 (3 次, 5 次,...) 高調波 (図中「Generated Harmonics by MP Process」) を基本波 (図中「Fundamental」) から効率良く作り出します。奇数次高調波は元の音に加えられると音をブライトでシャープにする傾向が有ります。その量を加減する事により、最も音の明瞭度が得られる最適点を見出すことが出来ます。



下図は実際の BBE MP の実際の動作をテスト信号を使って示したものです。左側の写真はマルチ・モジュレーション・スイープテスト信号です。それぞれのスイープ信号はウォブルトーンとも呼ばれます。横軸は時間 (0-10 Sec)、縦軸は周波数 (0-24 KHz) です。右側はこのテスト信号に BBE MP プロセスを加えたものです。複数の高調波が発生し、高い周波数までカバーしているのが分かります。

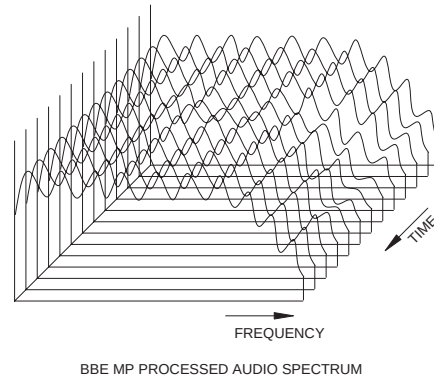


Test Signal



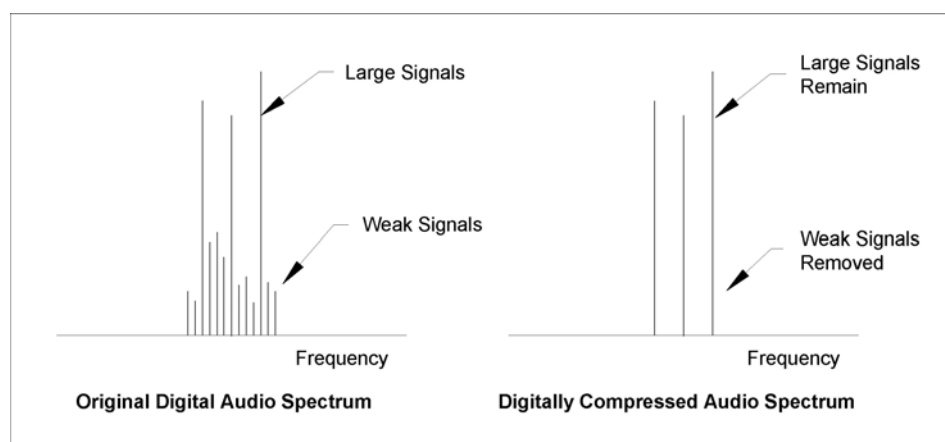
BBE MP Processed

MP プロセスは低音から高音までの全オーディオ帯域を、特定の帯域をブーストしたりする事なく、均一にカバーしています。従って MP プロセスをかけても、音のキャラクターはオリジナルのままに保たれます。発生した高調波を加算したあとのスペクトル ヒストグラムは下図のようになります。

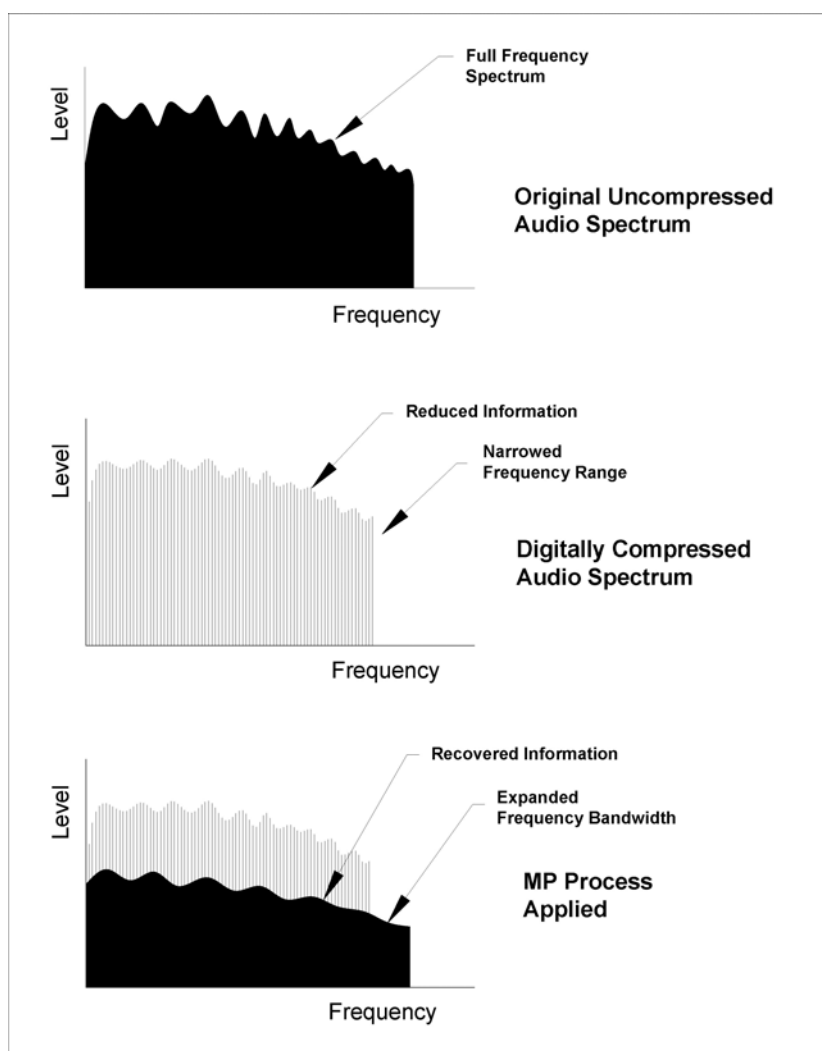


このヒストグラムは必ずしもオリジナルとは同一ではありませんが、少なくとも同じような傾向にあり、音質も似通っています。結果的にオリジナルに極めて近くなるといって良いでしょう。

もう一つのデジタル圧縮は、信号の強さを見ながら弱い信号を捨て去る方法です。下図の左はオリジナルのスペクトルの一部で、強い信号と弱い信号が混在しています。このように強い信号に隠れて弱い信号が存在する場合、弱い信号は強い信号にマスクされて聞こえにくくなります。どうせ聞こえないのであれば捨ててしまおうと言うのがデジタル圧縮です。その様な判断から弱い信号を全て捨ててしまったのが右の図です。明らかに情報量が減ってデジタル圧縮の目的は達成しています。しかしこの様にして捨てられた微弱な信号の多くは高調波です。高調波は音の特徴を伝える重要な役割を持っています。このように高調波情報が捨てられてしまうと音質の劣化は免れません。特にディーテールやニュアンスが失われてしまいます。

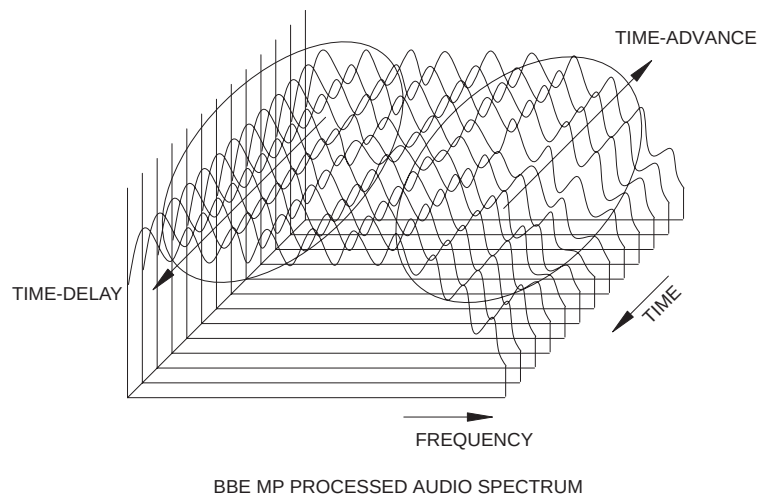


MP プロセスは、取り除かれてしまった高調波を残された情報から再度作り出します。下図の上の図はデジタル圧縮前のスペクトルです。全周波数帯域に渡って情報が記録されています。真ん中の図はデジタル圧縮後のスペクトルで多くの情報が間引きされ隙間が出来ています。また、周波数レンジも狭くなっています。一番下の図は MP プロセスによって発生した高調波を圧縮後の信号に加算したもので、かなりの情報が復元されており、いったん狭められた周波数帯域もサンプリング周波数の半分まで拡張されています。



## BBE MP プロセス

BBE プロセスは MP プロセスの前段に入り、周波数に比例した位相進みと若干のブーストを加えます。MP プロセスは全オーディオ帯域で均一に高調波を発生します。BBE プロセスされた音声信号は高い周波数ほど位相が進んでいるので、MP プロセスで発生した高調波も、高い周波数から発生したものは低い周波数からのものに比べて時間的に進んでいます。これは脳の分析能力を助け、音を聞きやすくするので、加える高調波の量を最小限にする事が出来ます。[音響心理学では、高調波の位相を進め自然界で発生する音の波形に近づけると脳の分析能力を助ける事実が知られています。]

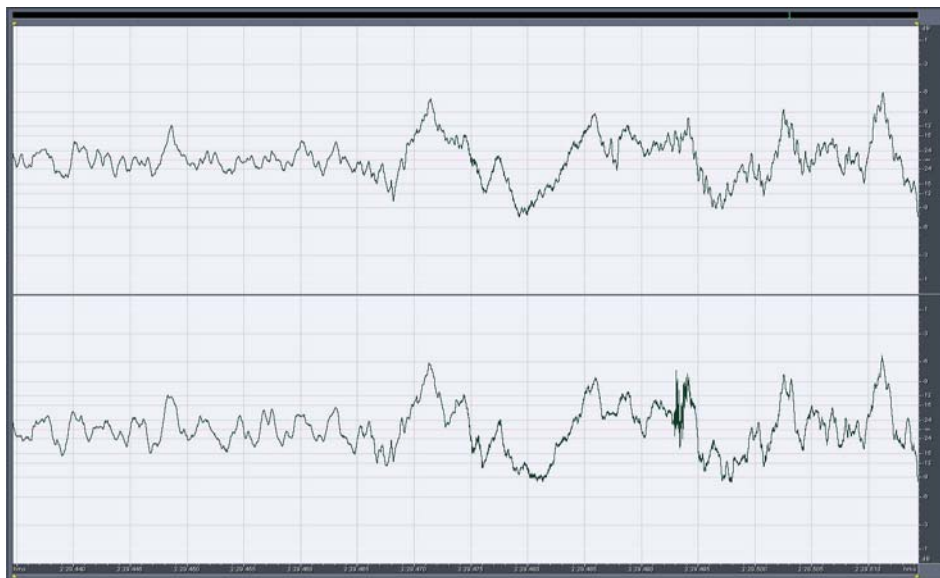


MP プロセスは BBE プロセスされた信号から高調波を作りますので、周波数が高いほど高調波の発生比率が高くなります。これはデジタル圧縮の傾向と丁度逆の関係になり、BBE のブースト量を調整することにより、最適量の高調波を得る事ができます。この様にしてプロセスされた音は若干高域が勝ち気味になりますが、BBE プロセスの低域を適量ブーストする事によって全体のバランスを取ります。特にこの低域の基本波から出てくる高調波は中低域を充実させ、しっかりした音の土台を作ります。

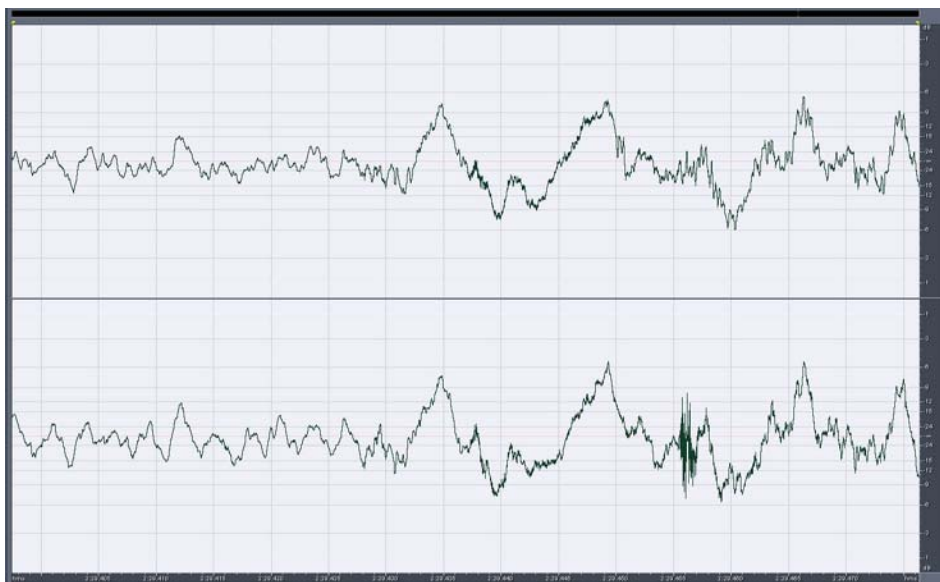
BBE と MP プロセスを組み合わせた BBE MP プロセスはデジタル圧縮で損なわれた音質を、明瞭且つ温かみのある、充実した音に作り直してくれます。

## オーディオ CD の音質改善

BBE MP はデジタル圧縮オーディオだけでなく、通常の CD の音質改善にも効果的です。このページの波形はエミルー・ハリスの「I Still Miss Someone」の一部を拡大したものです。上の写真はオリジナルの CD の波形。下の写真はそれを BBE MP プロセスした波形です。細かい高調波が加えられているのが分かります。



Emmylou Harris "I Still Miss Someone" Original CD



Emmylou Harris "I Still Miss Someone" BBE MP Processed

BBE Sound, Inc. June 3, 2006

[www.bbesound.com](http://www.bbesound.com)

© 2006 BBE Sound Inc. All rights reserved.