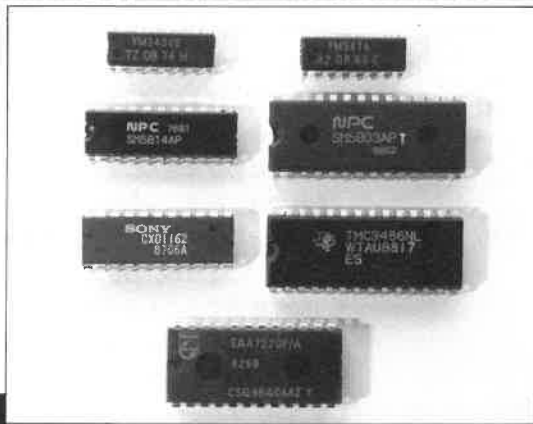


# デジタル・フィルタの音の違いをさぐる



デジタル・フィルタ

## DF 7種の比較

(前編)

別府俊幸

### プロローグ —架空の新製品情報—

199 \*年のオーディオショウでデビューした BEPPU AUDIO 社の新製品、CD-123456 は左右独立 24 ビット D/A、32 倍オーバーサンプリング・デジタル・フィルタを搭載した画期的なものだ。メーカーによると 24 ビット D/A によって初めてアナログを越える音質が得られたとの事だ。

ところで「CD に記録されている信号は 16 ビットなのに、なぜ 20 ビットとか 24 ビットとかの D/A が必要となるのか」と言う質問をよく受ける。これは 1, 2, 3, 4 とデジタル化されたデータを、演算によって 1, 1.5, 2, 2.5...、あるいは 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2, ... と増やし、より情報の多い、高密度の再生をするためである。16 ビットでは信号を  $2^{16} = 65536$  段階に分割しているが、24 ビットではこれが  $2^{24} = 16777216$  と増え、 $2^8$  (256) 倍も精度の高い再生が可能となる。

さてここまでは波形の、つまりは電圧の細かさである。一方、時間に付いては、サンプリング周波数 44.1 kHz が 32 倍オーバーサンプリングによって 1.4112 MHz になったと同等の細かさが得られる。この両者を考え合わせると本製品は 20 ビット 8 倍オーバーサンプリングの CD プレーヤーより

も  $16 \times 4 = 64$  倍も高精度な再生音を得られるわけである。本機の音が素晴らしいのもうなずけるものである。

### はじめに

現在のようなビット数競争、オーバーサンプリング・レート競争が続けば、やがてはプロローグのような製品が登場するかも知れません。CD プレーヤーの広告には、必ずと言って良いほど D/A コンバータの分解能と、デジタル・フィルタのオーバーサンプリング次数が、あたかも数字が多いほど良い音がするかのよう記載されています。しかしこれらの数字は本当に再生音の密度を上げ、良い音を生み出すのでしょうか。

アナログ・アンプの音が最大出力と周波数特性で決まらないように、CD プレーヤーの音も出力ビット数とオーバーサンプリングレートでは決まりませ

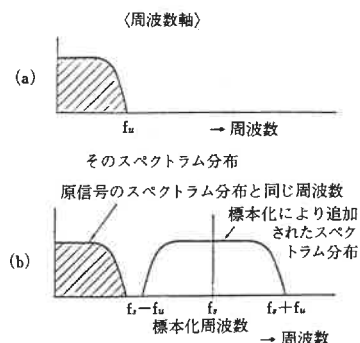
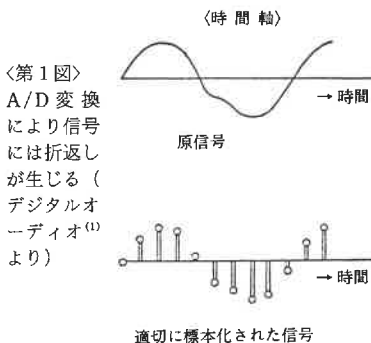
ん。これらの数字はデジタル・フィルタの特徴の一側面を表すものでしかありません。そしてデジタル・フィルタの音も、ビット数とオーバーサンプリングレートでは決まらないでしょう。

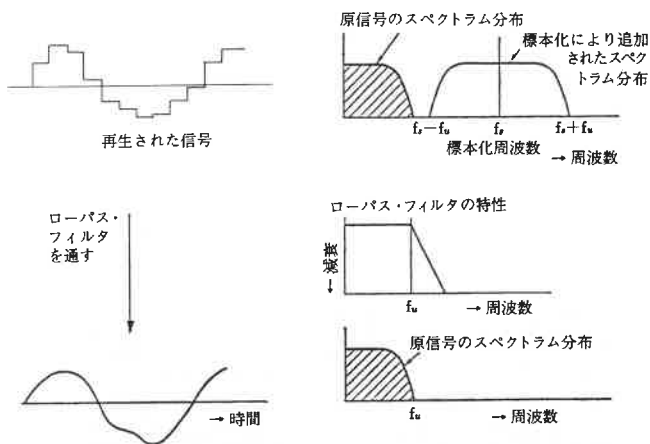
では、一体デジタル・フィルタとはどんなものなのでしょうか。「フィルタ」と言うぐらいですから、周波数特性を変更するものだろう位の事は解りますが、アナログのフィルタと比べて何が違うのでしょうか。オーバーサンプル数やビット数は何を意味しているのでしょうか。

今回はオーバーサンプリングレートについて考え、併せてデジタル・フィルタを比較検討します。

### なぜフィルタが必要か

最初になぜデジタル・フィルタ (DF) やアナログ・フィルタ (AF) が必要か (使われるか) を復習しましょう。





〈第2図〉アナログ・フィルタを通して折返しを除く(デジタルオーディオ①の図を改変)

A/D変換によって信号に帯域の折返しが起こることは先刻ご承知の通りです。第1図に示すように44.1kHzのサンプリング周波数では、原信号に0-20kHzの帯域しか含まれていないとしても、デジタル化されたパルス列には24.1-44.1kHz, 44.1-64.1kHz, 68.2-88.2kHz, …, と無限の折り返しが含まれます。もちろんこのパルス列をD/A変換すれば、アナログ信号はこれら全ての折返しを含むものになります。最終的に耳に届いて欲しいのは、一番下の「原帯域」だけですから、なんらかの方法で不要な帯域を減衰させなければなりません。

しかし本当に不要帯域をカットする必要があるのでしょうか。フィルタは必要ないとN氏は主張します。「人間の耳には20kHz以上は聞こえないのだから帯域外成分があっても問題はない。」

もっともな意見です。試してみると私にも17kHz以上は聞こえません。これに対してR氏は「ある種の信号は20kHz以上でも検知できる。」

と反論します。sin波でなくホワイトノイズのような信号では20kHz以上も検知されるとの実験もあるそうです。けれどもN氏はあっさり「そんな信号はレコードに入っていない。」と断定してしまいます。(R氏、一瞬絶句。)

では、人間には可聴帯域外は全く聞こえない、いえ、聞こえたとしても音楽を聴くには関係がないとして考えてみましょう。これらの耳に聞こえない成分は音質に悪影響を与えるでしょうか。R氏の主張はこうです。

「超高域のエネルギーはツイータを破壊するかもしれない。またF特が悪いアンプではTIMひずみとなって影響するに違いない。」

これに対してN氏は、「大体、フィルタを挿入すると音が悪くなる。デジタル・フィルタであろうとアナログ・フィルタであろうと、音楽信号を変形し、歪めてしまうのだから、音が悪くならない理由はない。」

R氏も一瞬たじろいでしまいました。が、ぐっと息を吸い込んで、「いや、折返しは元々は存在しない成分、つまりノイズだ。そしてノイズが加わると音楽信号は変形され、歪められてしまう。だから完全に切り除く方が良い音になる。」

さてさて、どちらの主張が本当なのでしょうか。

我々がDFあるいはAFを使用するのは、使わないよりも使った方が良いはずだ、折返し帯域は除去しなければならないのだ、と言う暗黙の了解があるからです。(我々はR氏に賛成の立場にいます)。さらにDFのオーバーサンプリングレートを云々するのは、DFがAFよりも優れていると言う認識に基づいていることになります。な

ぜなら、高いオーバーサンプルを用いることは、それだけ高い周波数まで、AFの代わりにDFで処理することになるからです。DFもAFも不要帯域を減衰させる手段である点に変わりはありません。マニア的立場から言えば、AFよりも音が良くなければDFを用いる価値はありません。

それでは、折返しを除去しなければならないとして、どの程度の減衰量が必要なのでしょう。DFでもAFでも100%除去することは不可能です。とすれば、必要なのは100dBでしょうか、それとも30dBもあれば十分でしょうか。デジタル・オーディオのDレンジから考えれば96dBでしょうか。読者諸兄はどの様にお考えでしょうか。

## アナログ・フィルタとデジタル・フィルタ

不要帯域を減衰させる(除去するのではなく、あくまでも減らすものである)1つの方法は、D/A変換された信号を高次のアナログ・フィルタに通すことです(第2図)。この方法は、

- (1) 20-24kHzの狭い帯域で大きな減衰量を確保するために、高次のアナログ・フィルタを必要とする。
  - (2) 高次のアナログ・フィルタは製作が難しい。
  - (3) 高価である。
  - (4) カットオフが信号帯域に近く、過渡特性の悪化、音質劣化を招く。
  - (5) アパーチャ効果による高域の減衰を避けられない。
- 等の弱点を抱えています。

これに対してDFを用いる(併用する場合)場合は、

- (1) 高次のデジタル・フィルタの生産は容易である。
- (2) AFと違い、素子の誤差による特性変化、経時変化がない。
- (3) (大量生産すれば)安価である。
- (4) 定遅延フィルタを採用すれば、過渡特性の悪化を避けられる。

(5) オーバーサンプリング技法によってアパーチャ効果による高域の減衰を回避できる。

など、AFの問題点をほとんど解決できると考えられます。

さらに第1世代のCDプレーヤで、DFを搭載した製品が高い評価を集めたことも、メーカー各社がこぞってDF競争に走った一因と思われます。

さて、本当にDFは利点ばかりあるのでしょうか。

### デジタル・フィルタとは

デジタル・フィルタは、アナログ回路のCR素子の代わりにデジタル的な演算によって通過周波数帯域を制限します。

さて、以下の例を考えてみましょう。第3図(a)の信号は、2つの周波数のサイン波を合成したものです。この波形を

$$y_4 = \frac{1}{5}(x_0 + x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

式を用いてでフィルタリングすると(b)となります。僅かに高周波成分の振幅が狭くなっています。さらに

$$y_{14} = \frac{1}{15}(x_0 + x_1 + \dots + x_{13} + x_{14})$$

式でフィルタリングした結果は(c)になります。明らかに高域成分が減衰しているのがわかります。

「何だこの式は、単なる平均ではないか」と思われたかもしれません。その通りです。ところがこれも立派なDFです。FIR型のローパス・フィルタは、基本的にはこのような移動平均演算です。

ここでは単に平均を計算しているだけですが、所定の特性を得るためには各項に係数を掛け、重み付け平均演算を用います。例えば5点の最小二乗近

似フィルタでは、

$$y_4 = \frac{1}{35}((-3)x_0 + 12x_1 + 17x_2 + 12x_3 + (-3)x_4)$$

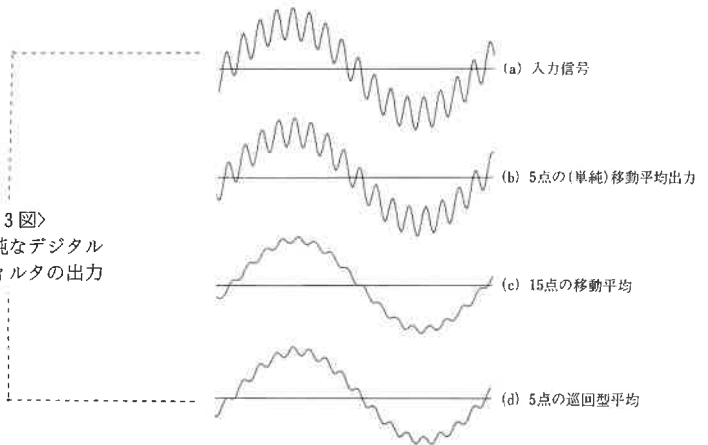
のようになります。この係数のグループをフィルタ係数と呼びます。

ここで各係数の和が1になっていることに注意してください。和が1よりも大きければフィルタはゲインを持ちます。逆に1よりも小さければ損失を持つこととなります。

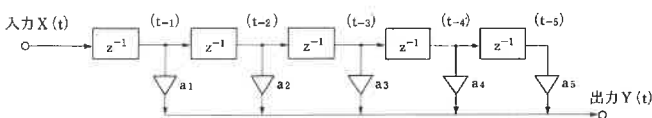
5点の平均フィルタを模式的に表わすと第4図(a)になります。 $Z^{-1}$ なんて気味の悪い記号がありますが、これはラッチ回路ですから、1周期前の値を保持します。 $Z^{-1}$ を2度通過すれば2周期前のサンプル値、を3回通れば3周期前の亡霊を表わします。第4図(a)では $Z^{-1}$ が5つもありますから、出力Yは5周期前の値と、4周期前の値と、3周期前の値と、2周期前の値、そして1周期前の値の5つから計算されることになります。このようにループを持たないフィルタをFIR(Finite Impulse Response)、有限長インパルス応答フィルタと呼びます。

これに対してループを持つフィルタもあります。第4図(b)に示した無限長インパルス応答(IIR: Infinite Impulse Response)フィルタがそうです。式で表わすと

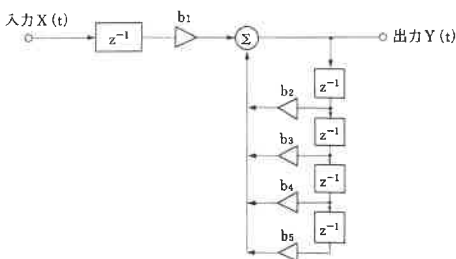
$$y_4 = \frac{1}{5}(x_4 + y_3 + y_2 + y_1 + y_0)$$



〈第3図〉  
単純なデジタル  
フィルタの出力

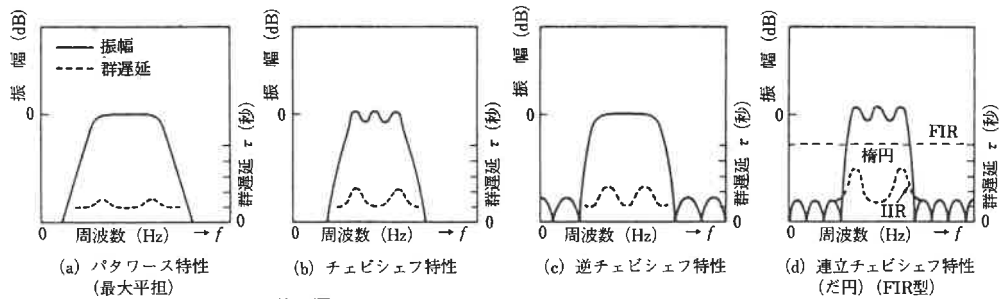


(a) FIR (非巡回型) フィルタ  
 $z^{-1}$ はラッチで、1サンプル前の値を保持する  
 $a_1 \sim a_5$ は係数、本文中の例では係数は全て0.2



(b) IIR (非巡回型) フィルタ

〈第4図〉  
FIRフィルタとIIR  
フィルタ



〈第5図〉  
デジタル・フィルタの振幅特性 (バンドパス) 文献(2)より

となります。ループを持つと言うことは過去の出力を遅らせて再び入力に使用する事です。そう言えば、アナログにもフィード・バックなる出力を入力に戻す技法がありました。

第4図(b)のブロックでは、無限という名前に関わらず、4周期前の出力までしか計算に用いられていないように思えますが、この4周期前の出力はそれ以前の4周期の出力を含んでいますから、結局無限回前の出力までも含むこととなります。(実際にはどこかで0になってしまいます。)お気づきの方もあってでしょうが、IIRフィルタの係数を指数的に減衰させるとアナログ・フィルタに似てきます。

5点の単純IIR出力を第3図(d)に示します。第3図の(b)と(d)を比較しておわりの様と同じ次数でありながら、IIRフィルタはFIRフィルタよりも大きな減衰量を得ています。一般にIIRフィルタはFIRよりも少ない次数で希望特性を実現できます。反面ループを持ちますから、発振などの心配もあります。

デジタル・フィルタもアナログフィルタと同様にパワース、ベッセル、チェビシェフ等の特性を実現することが可能です(第5図)。IIRフィルタではアナログと同様、周波数特性の変更は遅延時間(位相)の変化を招きますが、FIRでは定遅延(直線位相)特性を構成することが可能です。

定遅延とは馴染みのない言葉かとも思います。アナログ・フィルタでは、周波数特性を変化させることともなると位相特性も変化します。位相が変化すれば、遅延は位相を周波数で微分

したものですから、周波数によって変わってきます。ところがFIRフィルタでは周波数に関係なく、位相遅れが一定の特性を実現できます(第5図(d)の点線)。

CDプレーヤに搭載されたDFには大部分、連立チェビシェフ特性の定遅延フィルタが採用されています。(昔なじみのパワースではありません)。定遅延(連立チェビシェフ)特性が用いられる理由は、(1)高い減衰量を狭い帯域で得ることができ、(2)群遅延ひずみを発生しないの2点だと思います。

群遅延ひずみを発生しないと言ってもピンと来ない方のために例を挙げますと、2wayのスピーカで、ウーファがトゥイータよりも前に出ている製品を見たことがあると思います。マニアであれば、ネットワークで周波数分割をすると高い方の位相が進み、低い方が遅れるため、空間で位相を合わせるためにこのような形になっていると、既に御存知でしょう。そうです。もしネットワークで周波数による位相変化がなければ、つまりネットワークでの遅延が一定であれば、高域成分と低域成分は同時にスピーカから放出されるはずですが、したがって同一平面に2つのスピーカを配置しても一向に構わないはずですが、これが遅延が一定の状態です。

話を戻します。デジタル・オーディオではどうしても可聴帯域の近傍(20kHzの近く)で急峻なフィルタリングが必要となります。そしてカットオフ周辺での位相変化が大きければ、可聴帯域の音にも影響があるでしょう。この「位相変化を抑え、音質を劣化させ

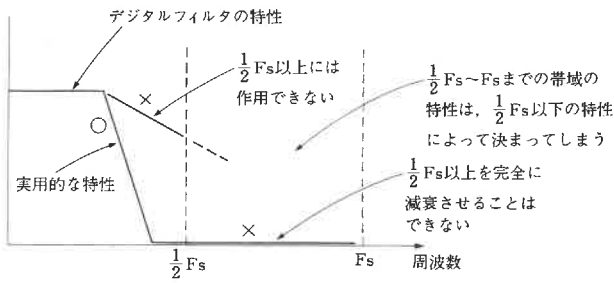
ない」点が定遅延デジタル・フィルタの優れた点であり、アナログ・フィルタよりもデジタル・フィルタが優れているとする論拠の1つでもあります。(後で述べますように、私はこの説には疑問を持っています)。

最後に用語説明です。DFの次数は、幾つのサンプル点を計算に用いるかを表わします。第4図の例では5点を用いますから5次のフィルタとなります。もし120点を計算に使用すれば120次のフィルタとなります。DFの次数はアナログ・フィルタの次数とは意味合が違いますので注意してください。また、オーバーサンプリングの回数とも違うものです。念のため。

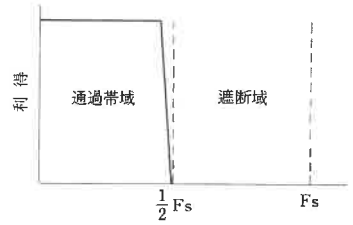
## オーバーサンプリングについて

しかし残念なことに、DFもまたサンプリング定理の支配下にあります。サンプリング周波数の1/2まで、44.1kHzでは22kHz以下の帯域しか扱うことはできません。(第6図)。折返しが存在する帯域は1/2Fs以上ですから、これを除くためには、なんらかの方法でサンプリング周波数を高くしなければなりません。

インターポレーション(補間)は、元々のサンプルとサンプルの間に、新たに計算によってサンプルを作り出す技法で、見かけ上のサンプリング周波数を2倍(3,4,...倍)とします。たとえばサンプルとサンプルの間に1つ点を追加すれば、見かけ上は88.2kHzのサンプリングになりますから、44.1kHzまでの帯域のフィルタリングが可能になります。(第7図(b))。こ



〈第6図〉  
デジタル・フィルタが有効なのは  $1/2 F_s$  まで



〈第9図〉2倍オーバーサンプルに使用するフィルタ特性

れによって 24 k~44 kHz に存在する第一の折返しを減衰させることが可能になります。これが2倍オーバーサンプリングです。

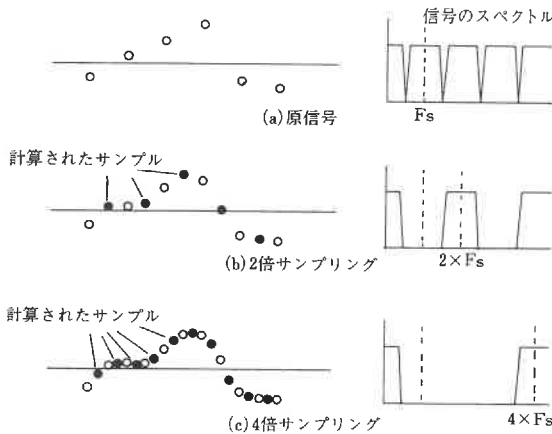
2倍サンプリング出力をもう一度2倍することで、4倍サンプリングを得ることができます。(第7図(c))。4倍の場合は原信号にいきなり3点を付け加えても可能ですが、2倍フィルタを縦列接続して構成する方法が係数感度

同じになります。(詳しくは参考文献<sup>3,4)</sup>をご覧ください。)

次にこのサンプル列を第9図の遮断特性を持ったDFに通せば、第8図(c)のサンプル列になります。第9図のフィルタはローパス特性ですから、これは第8図(b)のパルス列をスムー

ジングする事にも相当します。このようにオーバーサンプリング・フィルタは補間を伴ったローパス・フィルタです。

第8図(b)に示しましたように、新たなサンプル点を計算する際には、0のサンプルを導入しています。直観的



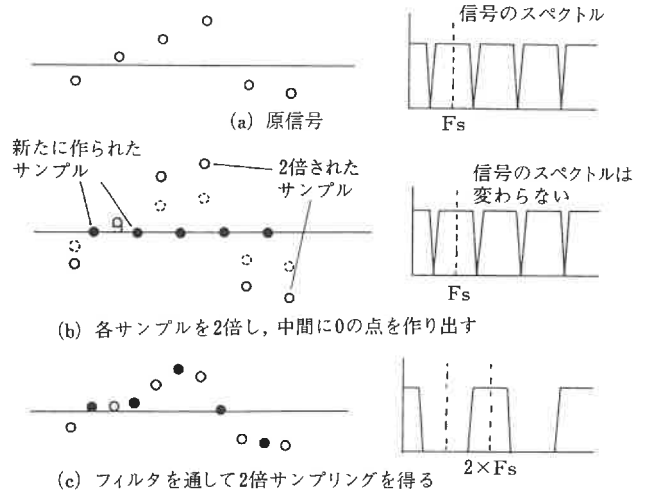
〈第7図〉オーバーサンプリングによる信号の変化

を下げられるなど利点があり、一般的です。

しかしオーバーサンプリングも魔法の杖ではありません。第7図を見る限りでは、オーバーサンプリングによって失われた点が忠実に再現され、折返し雑音が完全に除去されるように思えますが、実はそうではありません。

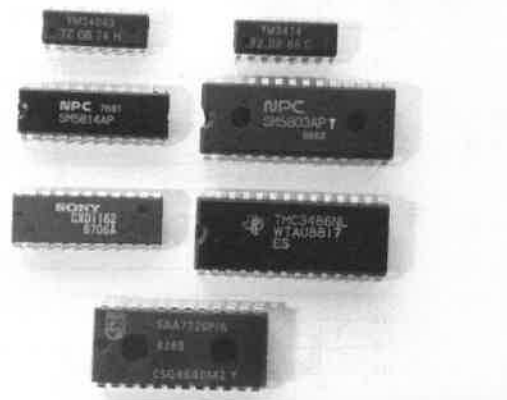
補間の方法を考えてみましょう。

まずサンプル点の中間に0のサンプル点を作り、と同時に各々のサンプルの値を2倍します。(第8図(b))。数学的な証明は省きますが、0のサンプル点を与える前(第8図(a))と後(b)のサンプル列の持つ周波数スペクトルは



〈第8図〉2倍オーバーサンプリングのしくみ

〈第10図〉  
使用したデジタル・フィルタ

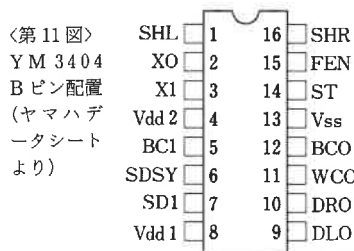


にはこんな面倒なことをしなくても、1つ前のサンプル値をそのまま用いるとか、前後2点の平均値を用いれば計算が楽になりそうですが、前者はサンプル/ホールドを用いるアナログ回路と同様の演算を施すことになり、平たく言えばアパーチャ効果による高域劣化を招き、後者はある種のフィルタ演算となり周波数特性を乱すこととなります。以上説明してきましたように、技術的にはオーバーサンプルには数多くの利点があります。しかし技術的利点か必ずしも良い音に結びつくとは限りません。

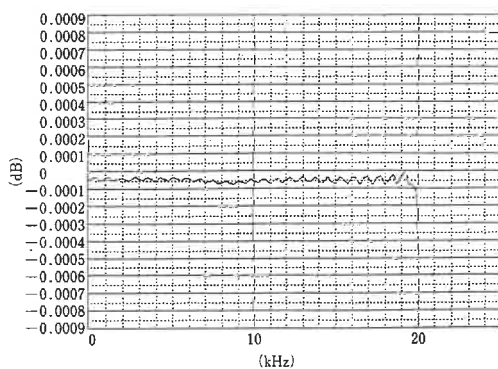
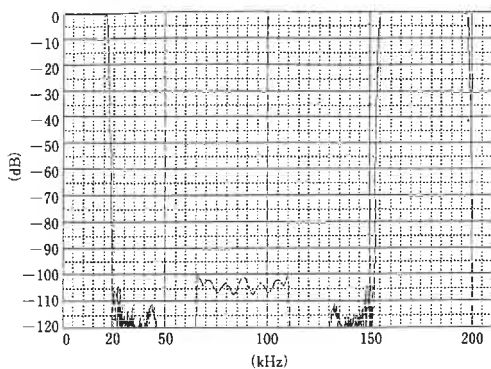
最後に、多くの方が誤解されているようですが、オーバーサンプルを使用しても、元の信号を復活させるわけではありません。オーバーサンプルされた信号と2倍のサンプリングレートでA/Dされた信号とは本質的に異なります。そして2倍された信号は、1倍の信号に含まれる情報を、増やすものではありません。

## デジタル・フィルタの比較

デジタル・フィルタ (DF) を交換して試したいと思いついた理由の1つは、DFはそれぞれ個有の音を持つはずだと思ったからです。一般にDFの銘柄



〈第12,13図〉  
YM 3404 B 遮断特性とリップル特性 (ヤマハデータシートより)



品名	Fs	データ長	減衰量	リップル	乗算器	フィルタ次数
YM3404B (YAMAHA)	4	18	99dB	1*10 <sup>-4</sup>	19*18bit	1st: 225 (FIR) 2nd: 41 (FIR)
YM3414 (YAMAHA)	8	18	100dB	1*10 <sup>-4</sup>	19*18bit	1st: 225 (FIR) 2nd: 41 (FIR) 3rd: 21 (FIR)
SM5814AP (NPC)	4	18* (16)	70dB	1*10 <sup>-3</sup>	16*18bit	1st: 105 (FIR) 2nd: 21 (FIR)
SM5803AP (NPC)	8/4	20/18/16	70dB	5*10 <sup>-5</sup>	20*22bit	1st: 153 (FIR) 2nd: 29 (FIR) 3rd: 17 (FIR)
SAA7220 (Philips)	4	16	55dB**	1.0**	16*12**	120****
CXD1162P (SONY)	4	16	80*** 65***	1*10 <sup>-3</sup> 4*10 <sup>-3</sup>		1st: 83 (FIR) 2nd: 21 (FIR)
TMC3486 (TI)	8/4	18/16	120dB	1*10 <sup>-5</sup>		1+2+3: 293 (FIR)

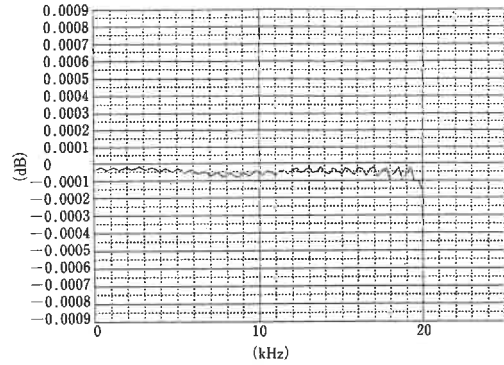
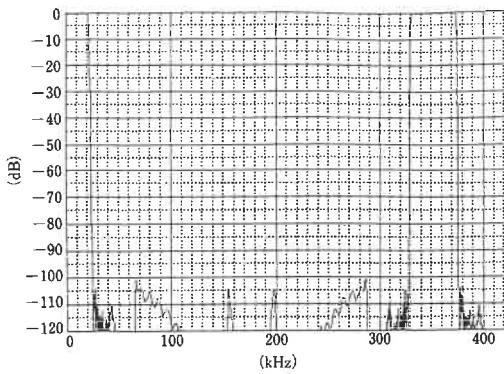
- \*: 1DAC時のみ18bit出力, 2DACでは16bit出力
- \*\* : SAA7220はメーカー発表値ではなく、特性図から読みとった値
- \*\*\* : 内部ROMにより切り替え可能
- \*\*\*\* : 1段構成か2段構成になっているかわからない  
ただし、減衰量はメーカーにより基準が異なるため、一概に比較できない

〈第1表〉使用したデジタル・フィルタの特徴 (入手順)

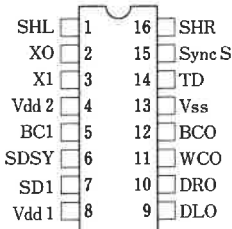
は、D/Aの銘柄ほどにはアピールされていません(私の記事にも「PCM 56 P」使用とD/Aの銘柄だけがタイトルに乗ってました)。そして、DFの名前が広告に出ているとしても「左右独立DF」とか「Aバージョン」とか全く音には関係無さそうな文字が踊っており、巷ではDFによって音が変わるなどは噂されていないようです。しかし、私はDFによって大きく音

が変化するはずだと判断しました。なぜなら、同じオーバーサンプル数のDFであっても内部の構成、アキュムレータの桁数、計算の方式、周波数特性、その他によって異なった数値列を出力するからです。もちろん、D/Aに入力される数値が1つでも違えば再生される音も変わります。

2つめの理由は、高次のDFが万能のように言われていますが、DFによ



〈第15,16図〉  
YM 3414 遮断特性とリップル特性 (ヤマハデータシートより)



〈第14図〉  
YM 3414  
ピン配置  
(ヤマハデータシートより)

っても固有の音があるという仮定に立てば、DFにも音質劣化があることになりすから、DFの音がアナログ・フィルタ(AF)よりも良い保証はどこにもない事に気がつくはず。一般に高次のAFは特性的にも音質的にも問題があるとされています。そして減衰量の大きな、遮断特性の急峻なAFを製作することが困難なことも事実です。しかしDFは、本当にAFよりも良い音がするのでしょうか。高次のDFはAFと異なり、音質を劣化させないのでしょうか。本当に8倍オーバーサンプリングは8次のAFよりも優れているのでしょうか。

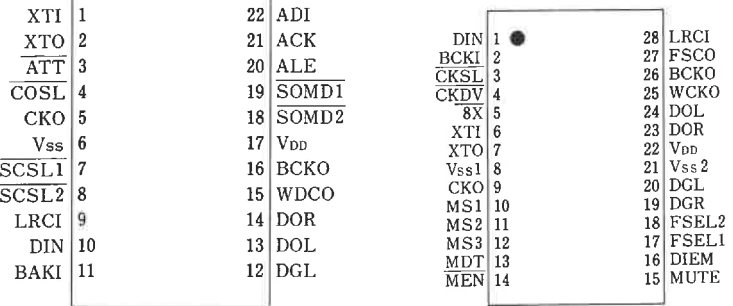
一方、DFを考えてみましても、8倍オーバーサンプリングは、2倍よりも良い音がするのでしょうか。アナログ的感覚から言えば、フィルタの段数が多いほど(オーバーサンプルの次数が高いほど)、音が悪くなると考える方が自然ではないでしょうか。

さらに、DFに用いられている定遅延フィルタは本当に音が良いのかという疑問も残されています。DFに定遅延フィルタが用いられる理由は前述した通り、急峻な遮断特性が実現できる

ことと群遅延ひずみを生じないことです。そして群遅延ひずみは音質に有害であるとされているのですが、誰かパタワース・フィルタやチェビシェフ・フィルタと聴き比べた人がいるのでしょうか。群遅延というファクタは、それだけで音質を決定するほど大きなものなのでしょうか。(しかるに私としては、今の処どちらが優れているとの証拠も持っていないと言うのが事実です。近い将来、私が定遅延フィルタが最も良いと主張する可能性を否定するものではありません)。

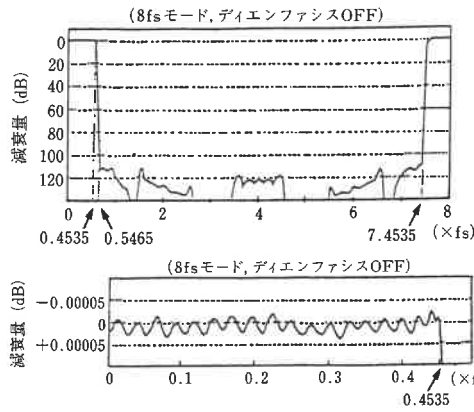
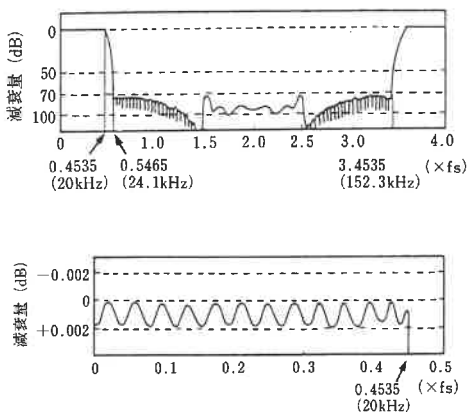
3番目は、これが最も大きな理由で

22ピンDIP



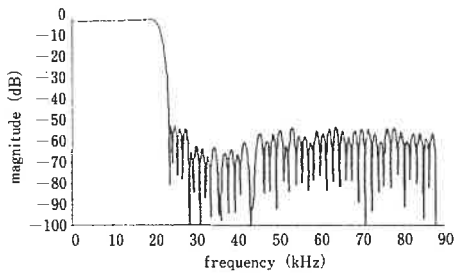
〈第17図〉SM 5814 ピン配置 (NPC データシートより)

第20図〉SM 5803 AP ピン配置 (NPC データシートより)

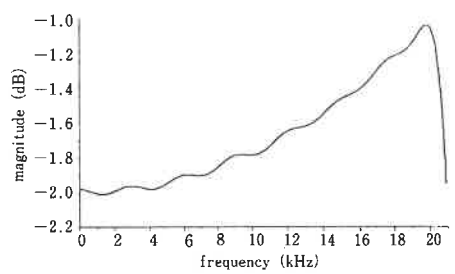


〈第18,19図〉  
SM 5814 周波数特性と通過域特性 (AP/AS)

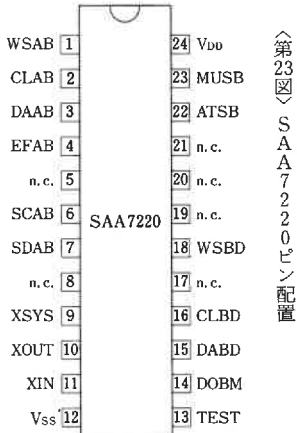
〈第21,22図〉  
SM 5803 A 周波数特性と通過帯域特性



〈第24図〉  
SAA 7220の遮断特性 (フィリップス・データブックより)



〈第25図〉  
SAA 7220の通過帯域特性 (同データブックより)



〈第23図〉  
SAA 7220ピン配置

すが、ただ単に、どのDFが一番良いか自分で聴いて比べたいのであります。もちろんデジタル・プロセッサの再生音は、DFだけでは決まりません。D/Aやフィルタやその他数多くの、未知のものも含めてのパラメータによって変化するでしょう。しかし、個々のパーツの音を確認、自分が意図する音にもって行くことこそ自作の醍醐味です。DFの音も、抵抗の音を比較するように1つずつ交換して試し、最善の物を選択したい。これが第3の理由です。

そしてもう1点、何がDFの音に大きな影響を与えるかを探ってみたいと考えました。しかしこれはまだ手探りの状態で、何も判断できる材料を持ってはいません。

### 使用するデジタルフィルタ

今回使用するDFはヤマハYM 3404 B, YM 3414, 日本プレシジョン・サーキット (NPC) SM 5814 AP, SM 5803 APT, フィリップス SAA 7220, ソニー CXD 1162 P, テキサス・インスツルメンツ (TI) TMC 3486 NL の7種です (第10図)。特徴を第1表にまとめます。

今回用意したDFは、出力データ長は16 bit, 18 bit, 20 bitと多様ですが、オーバーサンプリング次数は4倍ないし8倍となっています。実は、テストを思い立った時点 (1988年秋) では「アナログフィルタがきつくなるから、最低4倍サンプルは欲しい」と考えていました。つまり、その時点ではAFよりもDFの方が優れているだろ

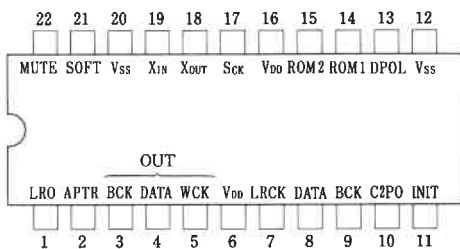
うと考えていた訳でして、そのため各社のカタログより4倍以上のオーバーサンプリングDFを探し、入手しようと画策したからです。

ヤマハ YM 3404 Bは同社の最高級CDプレーヤ、CDX-10000にも使用されているDFで、4倍オーバーサンプリング、18ビット出力を持っています<sup>5)</sup>。YM 3404 Bのピン配置を第11図に、遮断特性、通過帯域リップル特性を第12,13図に示します。

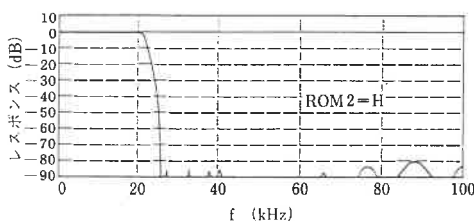
YM 3414は同じくヤマハのDFで、こちらは8倍オーバーサンプリング出力となっています。データシートによるとYM 3404と同等の4倍サンプリングフィルタに、さらに1段2倍サンプリング・フィルタを追加した構造となっています。ピン配置を第14図に、特性を第15,16図に示します<sup>6)</sup>。ピン配置を見ればわかりますようにYM 3404 Bとピンコンパチブルです。

NPCのSM 5814 APの外形を第17図、遮断特性、リップル特性を第18,19図に示します<sup>7)</sup>。NPC社は精力的にDFのラインナップを揃え、カタログには10数種ありますが、機能とパッケージの関係から選びました。

NPCのSM 5803 APの外形を第20図、特性を第21,22図に示します<sup>8)</sup>。A社、D社の20ビット8倍オーバーサンプリングCDに採用されているDFで、デジタル・アッテネーション、ミューティング、デジタル・ディエン

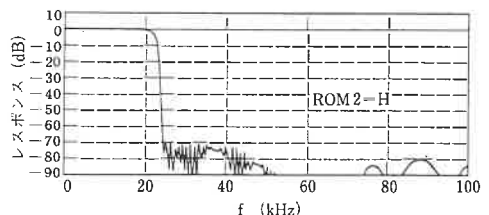


〈第26図〉  
CXD 1126  
Pピン配置

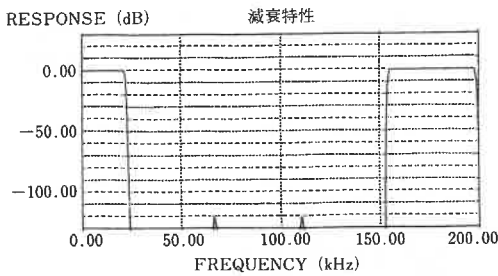


〈第27図〉  
CXD 1162 P周波数特性 (ROM 1 = "L", ROM 2 = "H")

〈第28図〉  
CXD 1162 P遮断特性 (ROM 1 = "L", ROM 2 = "H")

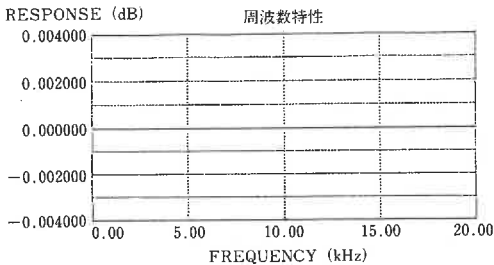
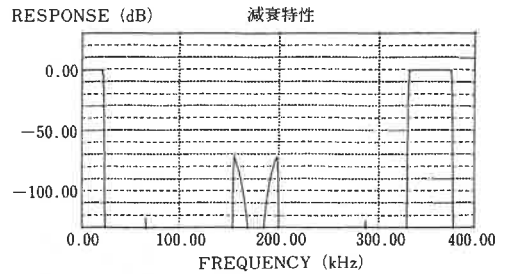






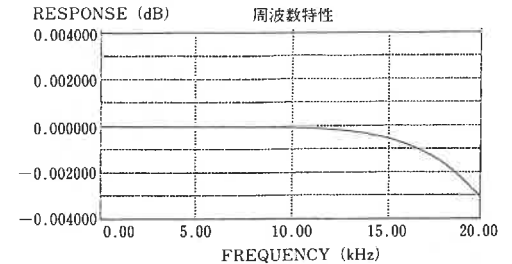
〈第 30 図〉  
TMC 3486 NL 周  
波数特性 (4 倍)

〈第 32 図〉  
TMC 3486 NL 周  
波数特性 (8 倍)



〈第 31 図〉  
TMC 3486 NL 遮  
断特性 (4 倍)

〈第 33 図〉  
TMC 3486 NL 遮  
断特性 (8 倍)



ファシス、ジッターフリーなど多彩な機能を持った石です。同社の 4 番バッテリーに違いないとサンプルを入手しました。私がおちゃおちゃ書くよりも、開発者による報告(本誌 88 年 10 月)<sup>9)</sup>のほうが参考になるに違いありません。SM 5803 AP は 4 倍での使用も可能ですが、周辺回路が面倒になりますので、8 倍のみをノイズ・シェーピングを使用した状態でテストしました。

フィリップス SAA 7220 はフィリップス/マランツ社の最高級から最安価機種のほか、内外の多くの CD プレーヤーに採用されている DF です。日本製 DF と比較するとスペック的には見劣りしますが、再生音には定評のあるチップです。ピン配置を第 23 図に、遮断特性、リップル特性を第 24, 25 図に示します<sup>10)</sup>。

ソニー CXD 1162 P は同社の中高級 CD プレーヤーに採用されている 4 倍オーバーサンプリング DF です。83 次と 21 次の FIR フィルタで構成されていますが、面白いことに各々の ROM の係数をスイッチにより切り替えることができます。ですから 4 通りの遮断特性、つまりは 4 通りの音質を切り替えることが可能となっています。ピン接続を第 26 図に、遮断特性の例を第 27, 28 図に示します<sup>11)</sup>。

ソニーの最高級機種 DAS-R 1 に

は 8 倍、18 bit 出力の CXD 1144 AP が使用されているのですが、残念ながらこのチップは外部に販売しないとのことで(88 年 9 月時点)入手不能でした。ところが、TI 社の TMC 3486 の資料を検討していると、CXD 1144 と極めてよく似ていることに気がつきました。はっきり言ってしまいますと、内部ブロックは同じ原因から作製されているようで、ピン配置も 1 つを除いて同じ(これは 3486 のバージョンアップのためと思われる)、遮断特性も瓜 2 つ、またソニーと TI がオーディオ用 DF を共同開発したことが伝えられていましたから、これらの 2 つは同じ石であると結論しました。TMC 3486 のピン配置、遮断特性、リップル特性を第 29~33 図に示します<sup>12)</sup>。8 倍/4 倍オーバーサンプリング切り替え、18/16 bit データ切り替え、2 種類のデータフォーマットに対応とユニークな機能を持った石です。

DAS-R 1 は CXD 1144 AP の 18 bit 出力にノイズシェーパを併用し、16 bit D/A と組み合わせて使用しているのですが、ノイズシェーパ LSI CXD-1329 については資料も入手できず、今回は 16 bit 出力での使用としています。(つづく)

#### 〔参考文献〕

- 1) 土井利忠、伊賀章、デジタルオーディオ、ラジオ技術社

TEST	1	28	MODE0
TEST	2	27	MODE1
TEST	3	26	APT/WS
MUTE	4	25	LRCKO
SOFT	5	24	BCKO
SYNCF	6	23	DATAL
INIT ↑	7	22	GND
V <sub>DD</sub>	8	21	GND
XIN	9	20	DATAR
BCKI	10	19	LE/WS
DATAI	11	18	TEST
LRCKI	12	17	FORMAT
INT <sub>16/18</sub>	13	16	TEST
DPOL	14	15	OUT <sub>16/18</sub>

〈第 29 図〉 TMC 3486 NL ピン配置

- 2) 尾知博、山根大作、デジタル・フィルタの最適設計法、インターフェース '88(3)、234-269
- 3) 尾知博、山里政樹、マルチレート・デジタル・フィルタの原理と応用、インターフェース '88(6)、239-252
- 4) 湯川彰、オーバーサンプリング方式の A-D/D-A 変換技術(4)、日経エレクトロニクス 458、223-231、(1988)
- 5) YM 3404 B データシート、ヤマハ
- 6) YM 3414 データシート、ヤマハ
- 7) SM 5814 データシート、NPC
- 8) SM 5803 APT データシート、NPC
- 9) 竹田稔ほか、設計者が語るマルチファンクション 8 fs 20 bit デジフィルの特徴、ラ技 1988-10、54-57
- 10) SAA 7220 Data sheet, Philips
- 11) CXD 1162 P データシート、SONY
- 12) TMC 3486 NL データシート、日本 TI