

SA-9-4

量子化雑音のスペクトルに着目した
高速1ビット符号化と信号処理

High speed 1 bit coding and signal processing of wide band
acoustic signal considering spectrum of quantization noise

山崎芳男

Yoshio Yamasaki

早大理工研

Waseda University

1. まえがき 広帯域音響信号の情報源符号化は32~42kHzで標本化, 12~20bitで一様量子化されている。高能率符号化の出発点もこの情報源符号におかれている場合が多い。

一般に標本化周波数が帯域を決め量子化ビット数がダイナミックレンジを決定すると据えられがちであるが, 実は両者は密接に関連している。ここでは量子化雑音のスペクトル分布を人間の聴覚特性を考慮しながら広域に集中される1bit高速標本化による符号化と信号処理について述べる。

2. 量子化雑音のスペクトル制御 図-1に代表的な符号化・信号処理の構成を, 図-2にその量子化雑音のスペクトルを示す。信号の振幅が大きい場合, あるいは量子化幅の整数倍に一様分布する確立変数がディザとして重畳・減算されている場合には量子化雑音は入力信号と無相関な白色性の雑音となり, 標本化周波数の1/2の帯域内の電力は量子化幅を Δ とすると $\Delta^2/12$ となる。¹⁾

標本化周波数を高くすれば信号帯域内の量子化雑音は相対的に減少する。原理的には1bit量子化でも100dB以上のダイナミックレンジを確保す

ることも可能であるが, 標本化周波数は3GHzにも達し不可能である。

図-1(c)(d)に示すように量子化器を帰還ループの中に設け $H(s)$, $H(z)$ を適当に選ぶことにより量子化雑音スペクトルの制御が可能である。

$H(s)$ として2次~5次の積分特性を選ぶと量子化雑音に高域上がりの微分特性を与えるデジタルオーディオで最近広く使われている $\Sigma\Delta$ 変調方式となる。²⁾ 図-3に0~4次の1bit $\Sigma\Delta$ 変調の量子化雑音のスペクトル分布を, 図-4に最大振幅の正弦波と量子化雑音との電力比 SN_q 比を対数周波数軸でデシベル表示したものである。次数を上げると雑音の総電力は増すが 標本化周波数の1/6を境に低周波数領域の分布は減少する。20kHzの帯域で100dBのSN比を確保するには1次で112MHz, 2次で6.7MHz, 3次で2MHz, 4次で1.1MHz, 5次では713kHzの標本化周波数を必要とする。5次の $\Sigma\Delta$ 変調では48kHz, 16bit以下のビットレートで実現出来ることを示している。

通常 $\Sigma\Delta$ 変調の後にLPFで帯域制限を行い通常の48kHz, 16bit系等へ変換しているが, 提案する方式ではLPFを使わずそのまま変調出力信

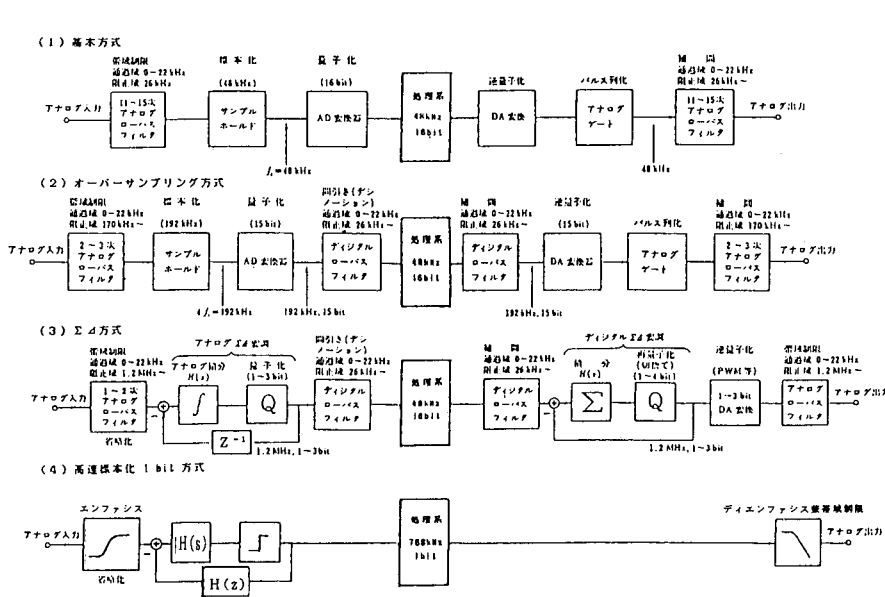


図-1 各種の符号化・処理方式

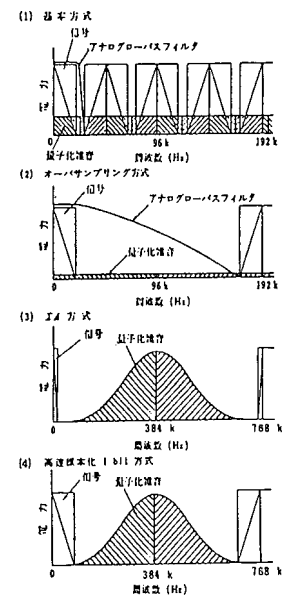


図-2 量子化雑音スペクトル

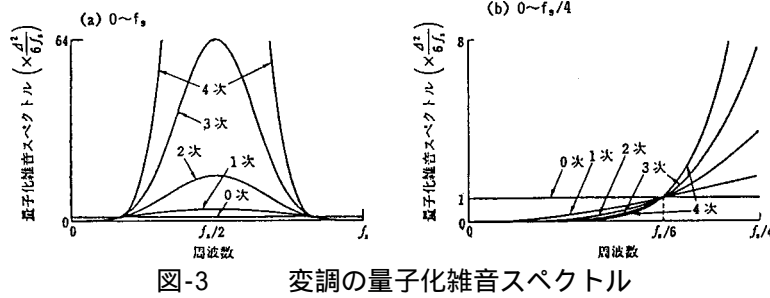


図-3 変調の量子化雑音スペクトル

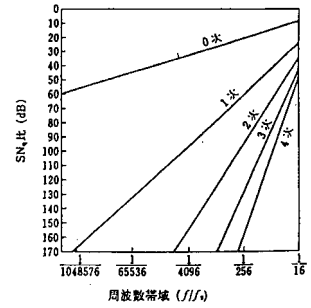


図-4 周波数帯域と比

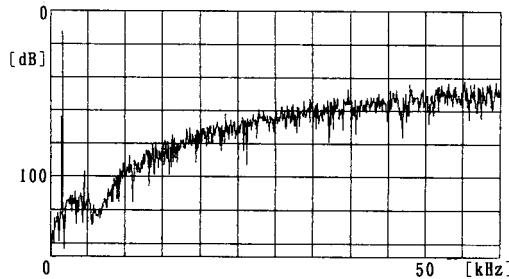
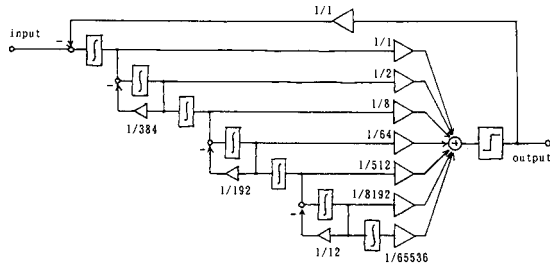


図-5 聴覚特性を考慮した7次符号化器

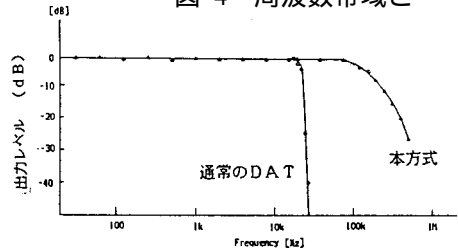


図-6 768kHz 1bit 周波数伝送特性

号を扱おうというものである。デジタル信号でありながら入力信号のスペクトルがそのまま存在するので、いわゆるDA変換は不要で帯域制限を施すだけでアナログ信号に復元可能である。

さらに $H(s)$, $H(z)$ と適当に選ぶことにより人間の聴覚特性を考慮した量子化雑音スペクトルを得ることもできる。図-5に7次符号化器の構成とそのスペクトルを示す。

図-6に $150\mu s$ と $1.5\mu s$ のエンファシスと $150\mu s$ のディエンファシスを兼ねたローパスフィルタで復調する本方式による768kHz標本化、1bit量子化の周波数伝送特性を示す。

3. 信号処理系への導入 本方式は通常の広帯域音響信号を扱う同じ伝送容量で低域のダイナミックレンジは十分確保したうえ高域の信号まで記録可能であり、著者らは音響計測・DATのAD/DA変段あるいは非難誘導信号のROMへの書き込み等に使用している。³⁾

デジタル信号処理において乗算は大きな負担である。もちろん標本化周波数が高い分だけ演算項数は増すが、この方式では乗算は大幅に簡略化

できる。特にアナログ信号との乗算は単なるゲート回路で構成できるので能動制御の適応フィルタリングに使用している。また特に僅かな遅延が問題となる音場の能動制御分野ではこの点からも本方式は有利である。

4. むすび 以上、量子化雑音のスペクトル分布に着目した1bit信号処理について述べた。著者らはこの方式を各種の録音や音響計測に既に数年使用してきている。この方式は原理的には語同期を必要としないので誤りにも強い等の特徴を持つ。しかしこれだけ普及した現行のCDやDATへ導入するのは研究・業務用はともかく各家庭用については混乱を招く恐れがあるので避けるべきであろう。

一方、最近聴覚特性を利用した各種の高効率符号化が提案されているが、少なくともその出発点を現行のCD、DATレベルにおくには若干疑問がある。伝送容量は節約するが質はより高いものを目指してもよいのではないか。

今後、さらに聴覚特性を考慮した、場合によっては適用制御も導入した、量子化雑音の最適化を検討していきたい。

文献

- (1)山崎；広帯域音響信号の量子化への大振幅ディザの適用，”音響学会誌 39, 452-462(1983)。
- (2)山崎；AD/DA変換器とデジタルフィルタ，”音響学会誌 46, 251-257(1990)。
- (3)山崎，白石，前田，“量子化雑音のスペクトルに着目した1bit音響信号処理，”音講論集，451-452(1990.9)。