

高速 1bit 方式について

早稲田大学理工学総合研究センター 山崎芳男

今回の録音は現在広く使われている音響信号の符号化方法44.1 ~ 48kHz 標本化と16 ~ 20bit 量子化とは概念を異にする高速1bit 符号化方式で行なった。

時間に伴い振幅が連続して変化する信号をデジタル化するには、時間方向の離散化を行なう標本化と振幅方向の離散化を行なう標本化の操作が必要である。このうち標本化については標本化定理を満足しているすなわち信号の帯域幅が標本化周波数(標本間隔の逆数)の1/2以下である限り信号の情報は失われないが、量子化に伴う量子化雑音は不可避である。

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捉えられがちであり、標本化周波数と量子化ビット数は密接な関係を持っており個々に論じられるものではない。

量子化マップに比較して入力信号の振幅が大きい場合あるいは適確なディザ処理が行われている場合には量子化雑音は入力信号と無相関な標本化周波数の1/2の帯域に一樣に分布する電力の周波数成分の平坦な白色性の雑音となる。従って標本化周波数を高くすれば信号帯域内の量子化雑音は減少し、原理的には1ビット量子化で20kHz帯域で100dBのダイナミックレンジを確保することも可能である。しかしこの場合標本化周波数は3GHz、1bitであるから伝送容量は毎秒3ギガすなわち30億ビットにも達してしまい実現不可能である。

我々は十数年来、標本化周波数と量子化ビット数の組み合わせの選択が困難であるのならば、いっその片方の極限である高速標本化1ビット量子化で信号の情報量と人間の聴覚特性に見合った符号化方式が可能なのではないかと様々な検討を加えてきた。1974年には高次差分PCMにより標本化周波数が1/6以下のダイナミックレンジを拡大することが可能であることを明らかにし(テレビジョン学会, 録画研資, 11 - 2, 1975. 3), 1979年には量子化器を帰還ループの中に設けその順方向伝送特性 $H(s)$ と帰還特性 $H(z)$ を適当に選び、量子化雑音のスペクトルを制御することにより広帯域音響信号を扱う1ビット符号化が可能であることを明らかにした。

この方式で符号化された1ビット信号は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、通常のシステムで復調に必要なマルチビットのDA変換器は不要であり、原信号の帯域の成分がそのまま復調アナログ信号となる。現行の48kHz 標本化16bit 量子化と等しい伝送容量である768kHz 標本化1ビット量子化で直流から20kHzにわたり100dBのダイナミックレンジを確保したうえ100kHz程度までの信号の伝送が可能である。我々の研究室では1985年来この方式によってマルチチャンネル録音用ハードウェアを数台試作し音響計測やスタジオ録音等実用に供している。

今回の録音にはSONY業務用マルチチャンネルレコーダ3324を早大で改造した高速1 bit マルチチャンネルデジタル録音機と、シャープ(株)AV音響開発研究所でAlesis Adat を改造した高速1ビット2チャンネル録音機を使用した。

CDへのカッティングは現行の44.1kHz標本化,16bit量子化に変換しなければならない。そこで特別に設計したデジタルフィルタを用いてこの方式の特長である直線性の良さと低域の広いダイナミックレンジを確保した。