

服部永雄 鈴木栄康 及川靖広 山崎芳男 (早大理工)

## 1. まえがき

量子化雑音のスペクトルを何らかの方法で高域に集中させる高速 1bit 信号処理を提案してきた。<sup>1)</sup> 高速 1bit 信号処理はアナログデジタル変換段においてマルチビットでは避けられない相対誤差が存在せず単調性が保証されるという大きな特長を持っている。デジタル段ではれっきとしたデジタル信号でありながらアナログ信号のスペクトルがそのまま保存されている。フィルタだけでアナログ信号に戻すことが可能であり原理的に DA 変換器を必要としない。またシリアル伝送時にすべてのビットの重みが等しいので語という単位が無く、誤りのある伝送路を用いても語同期の必要が無く誤りに強いという特長を持つ。

量子化雑音の制御には一般に線形予測や  $\Sigma\Delta$  変調が用いられているが、アナログ素子で実現できるとは限らず、必ずしもそのまま AD 変換器が実現できるわけではない。また標本化周波数などパラメータを変えるとアナログ素子 CR の値をその都度変更する必要がある。一方デジタル段ではリミットサイクル等の対策としてディザや係数変動が要求される。

今回は図 - 1 に示すようにアナログ段では高安定かつ簡単な回路で実現できる 2 次 ~ 3 次の低次  $\Sigma\Delta$  変調器で行い、デジタル信号処理を用いてパラメータの適用変動を含む自由度の高い高速 1 bit AD 変換の構成についてシミュレーション及びハードウェアにより実験を行った。

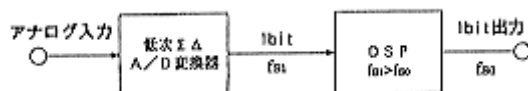


図 - 1 構成

2. アナログ  $\Sigma\Delta$  変調

図 - 2 に  $n$  次の  $\Sigma\Delta$  変調器を示す。 $n$  次の  $\Sigma\Delta$  変調において量子化雑音  $N_q$  が量子化器に独立に加わるものと仮定すると、その量子化出力は

$$Y_n = X + (1+z^{-1})^n N_q \quad (1)$$

となるが 1bit で安定に動作するのは 2 次までであり 3 次以上の  $\Sigma\Delta$  変調は不安定となる。3 次については伝達関数の極、零点を制御することにより、また高次のものについては図 - 2 に示すように積分器を従属接続しそれぞれに重み付けして加算することなどにより安定な動作は得られる。<sup>2)</sup> また部分帰還により量子化雑音のスペクトルに零点を移動することができるが、量子化雑音の分布は必ずしも (1) 式に従うものではない。

図 - 4 に 2 次および 3 次の積分器多段縦続接続 AD 変換器の出力スペクトルを示す。今回はアナログ段では絶対安定な 2 次あるいは 3 次の  $\Sigma\Delta$  変調を 2 次については 12MHz 程度、3 次については 9MHz の標本化周波数で用いることとした。

3. デジタル  $\Sigma\Delta$  変調

デジタル段では前述のアナログ出力から現実的な標本化周波数の 1bit 信号を得るとともにディザを加えたり、リミットサイクルに対する対策を施す。図 - 5 に飯塚が提案した 1bit 動作可能な高次  $\Sigma\Delta$  変調の構成を示す。<sup>3)</sup>

図 - 6 にこの方式による 4, 6, 8 次と縦続接続 7 次  $\Sigma\Delta$  変調器のスペクトルを示す。 $k$  の値を常に変動させることによりリミットサイクルを避けることができる。<sup>4)</sup> 図 - 7 に前述のアナログ  $\Sigma\Delta$  変調とこのデジタル処理を組み合わせた構成のスペクトルを示す。

\*Construction of high speed 1 bit A/D converter by low order analog sigma-delta modulation with digital signal processing on 1 bit high speed A/D converter. By Hisao Hattori, Shigeyasu Suzuki, Yasuhiro Oikawa, Yoshio Yamasaki (Waseda University).

### 3. むすび

本稿では2次あるいは3次のディスクリートアナログ素子で構成した標準化周波数 8MHz で動作する  $\Sigma\Delta$  変調器とデジタル信号処理により高速 1bit 変換器を構成した。アナログの積分回路にはあえて演算増幅器を使用しないで FET を電流出力で使用しコンデンサを用いて無帰還型の外部パラメータに依存しない次定数無限大の積分を実現した。またデジタル DSP では適応処理と高次の  $\Sigma\Delta$  変調, パラメータの連続特性に変動を

与えることによる特性の改善, 安定性の向上, 適応処理というそれぞれ得意な分野を担わせることにより実用性の高い AD 変換器を実現することができた。

#### 文献

- 1) 山崎, 太田, 西川, 野間, 名越 " 広帯域音響信号の高速標準化 1bit 処理 " 信学技報, EA93-102(1994.3)
- 2) 飯塚, 名越, 野間, 山崎, 西川 " 高速 1bit 符号化の量子化雑音のスペクトル分布とその制御 " 音講論集 533-534(1994.3)
- 3) 飯塚 " 高速 1bit 符号化における伝達関数の適応制御に関する研究 " 千葉工業大学卒業論文・山崎研究室卒業論文集 (1994.3)
- 4) 西川明成, 太田弘毅, 山崎芳男, 名越英之, 野間政利, " 高速 1bit 信号処理における伝達特性の制御, " 音講論集 623-624(1994.10)

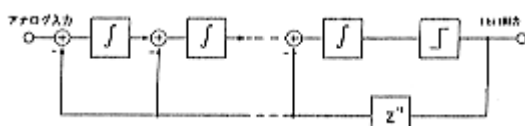


図-2 n 次  $\Sigma\Delta$  変調器

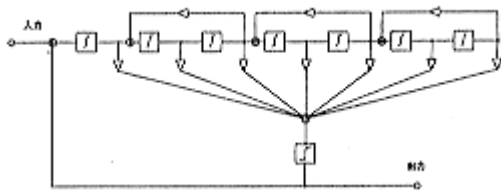


図-3 積分器縦続積分型  $\Sigma\Delta$  変調器

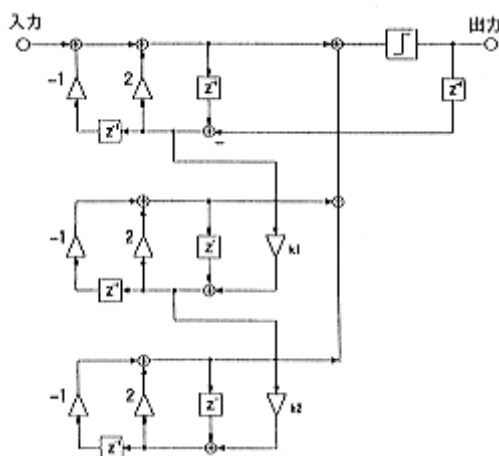


図-5 飯塚による単一量子化器  $\Sigma\Delta$  変調器

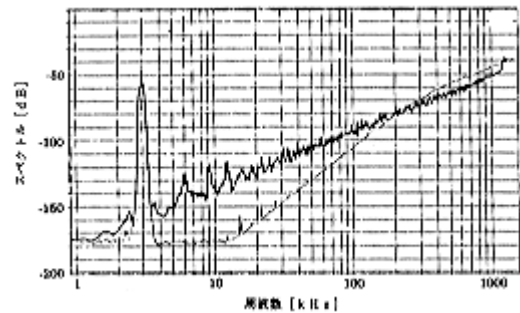


図-4 2次および3次のスペクトル

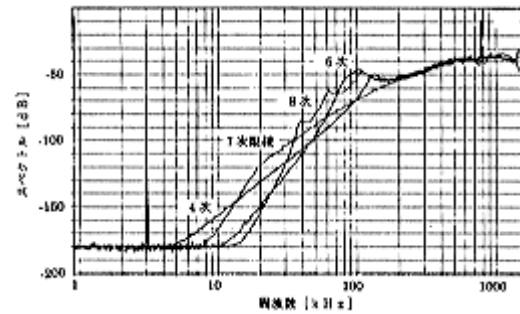


図-6 飯塚の構成によるデジタル  $\Sigma\Delta$  変調のスペクトル

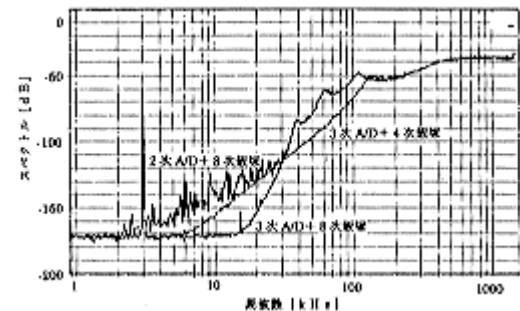


図-7 組み合わせた A/D 変換器のスペクトル