

DSPにまつわる いろいろな話



西谷 隆夫

本章の筆者は、世界初のDSP(Digital Signal Processor)の開発者である。デジタル信号処理は現在のエレクトロニクスの基礎技術となっているが、かつては日本がこの分野をリードしていた。本章では、なぜデジタル信号処理がエレクトロニクスの基礎技術となっているのか、基本的な考え方と応用を示し、さらに今後どのように発展していくのかについて考察する。
(編集部)

デジタル・フィルタが誕生したのは、今から50年前のことです。1960年代に、コンピュータに取り込んだ音声信号にフィルタをかけるところから発展してきました。

デジタル・フィルタがデジタル信号処理として活躍し始めたのは、LSI化されたプロセッサであるDSP(Digital Signal Processor)が誕生した30年前ごろからです。そして現在は、デジタル・メディアの圧縮技術として、広く使われるようになってきました。

本章では、デジタル信号処理とDSPの歴史を振り返り、DSPの今後の成長への期待を込めて未来を推測してみたいと思います。

CELP(Code Excited Linear Prediction)音声圧縮技術やデジタル・カメラ用JPEG(Joint Photographic Experts Group)静止画圧縮技術が詰め込まれた携帯電話があります。電車の中ではiPodなどのオーディオ・プレーヤを見かけます。

これらは、デジタル信号処理技術であるAAC(Advanced Audio Coding)やオーディオ圧縮であるMP3(MPEG Audio Layer-3)を使っています。

また、運動会ではHDTVハンディ・ビデオ・カメラのオンパレードです。ビデオ・カメラは、動画データの圧縮符号化方式の一つであるH.264圧縮がベースになっています。

これらは、デジタル信号処理による予測・推定・変換・量子化などの技術を結集したものです。セキュリティの分野の監視用途や自動車の自動走行補佐システムなどに活用されつつあります。

1 デジタル信号処理って何?

● 意外と身近なデジタル信号処理

デジタル信号処理は、音声やオーディオ、ビデオの圧縮技術として、身近なところで使用されています(図1、表1)。

大型液晶ディスプレイに映し出される映像は、動画圧縮の標準規格であるMPEG-2で圧縮された地上デジタル放送HDTV(High Definition Television)です。ポケットには、

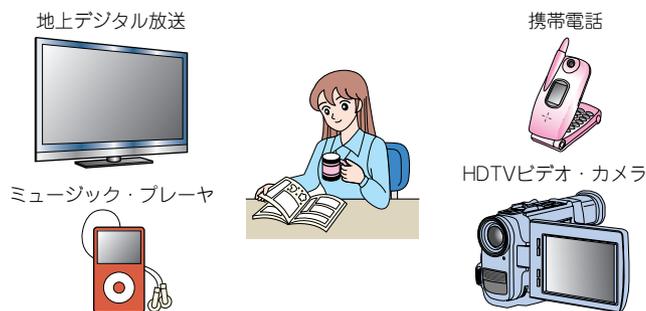


図1 DSPがあるところには圧縮技術がある

表1 各種機器の標準化速度

機 器	標準化速度
	HDTV: 180M画素/秒 SDTV: 30M画素/秒
	音声: 8K標本/秒
	オーディオ: 96K標本/秒 (ステレオ)

● デジタル信号処理が広く使われる理由

デジタル信号処理が、広範囲に利用されるようになってきたのには理由があります。

微積分方程式で記述されたシステムを標準化(サンプリング)^{注1}し、信号の微分を傾き(差分)で近似することで、差分方程式に書き直したからです。

微積分方程式を解くには計算が複雑になり、気合を入れなければいけない人も多いと思います。しかし、デジタル表現された標本点間の差分表現では「な～んだ、乗算と加算にレジスタがあるだけじゃないか」と思いませんか？この取りつきやすさが、デジタル信号処理技術を推進させました。

アナログの世界では微積分で記述された処理も、デジタル信号処理の世界では加減算と乗算およびメモリに置き換えられ、簡単にフィルタ演算ができます。

つまり、フィルタ演算を加減乗除による実現への道筋を明確にできたことと、それをLSIに集積する技術の進歩がデジタル処理の発展につながりました。

● デジタル信号処理は加減乗算に置き換わる

デジタル・フィルタの基本である微分方程式を差分方程式に書き直してみましょう。

図2(a)は、抵抗RとコンデンサCで構成された積分フィルタです。入出力信号の電圧関係式は、式(1)のような微分方程式になります。このフィルタの等価デジタル・フィルタは図2(b)になります。

$$V_{in}(t) = RC \frac{d}{dt} V_{out}(t) + V_{out}(t) \dots\dots\dots (1)$$

図2(b)の三角形は、乗算器を表します。四角いブロックDはレジスタとかメモリの記憶素子で、1時刻前の値を保持します。

微分方程式は、電圧の時刻nTと(n-1)Tの値で表現します[式(2)]。元の微分方程式は、その下に示す差分方程式になります[式(3)]。アナログの世界では微積分で記述された処理も、デジタル信号処理では加減乗算に置き換わります。

$$\frac{d}{dt} V_{out}(t) \rightarrow \frac{V_{out}(nT) - V_{out}((n-1)T)}{T} \dots\dots\dots (2)$$

$$V_{out}(nT) = \frac{T}{T+RC} V_{in}(nT) + \frac{RC}{T+RC} V_{out}((n-1)T) \dots\dots (3)$$

2 デジタル信号処理の応用

● デジタルでしかできない応用技術

図3は、デジタル信号処理を扱う分野の発展を示したものです。当初の信号処理は、音声信号などにフィルタ操作を施すだけの単純なもので、アナログ・フィルタが主流でした。アナログ・フィルタは小型で良い特性を出し、電力を必要としません。そのため、単純なフィルタの世界では、電力を必要とするデジタル・フィルタに勝ち目はありませんでした。

デジタル信号処理が活気を帯びてきたのは、予測・推定・変換という応用技術が見えてきた1980年ごろからで

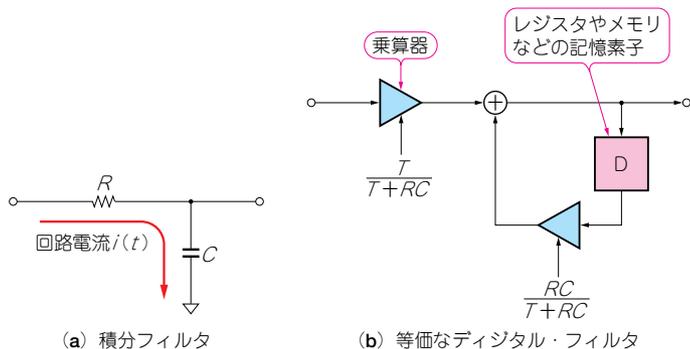


図2 デジタル・フィルタの基本

注1：標準化(サンプリング, sampling)とは、音声のように時間的に連続した信号を一定の間隔において測定することにより、離散的な(連続でない)データとして収集すること。標準化定理によると、元信号に含まれる最大周波数の2倍以上の周波数で標準化すれば、元信号に完全に復元できることが知られている。

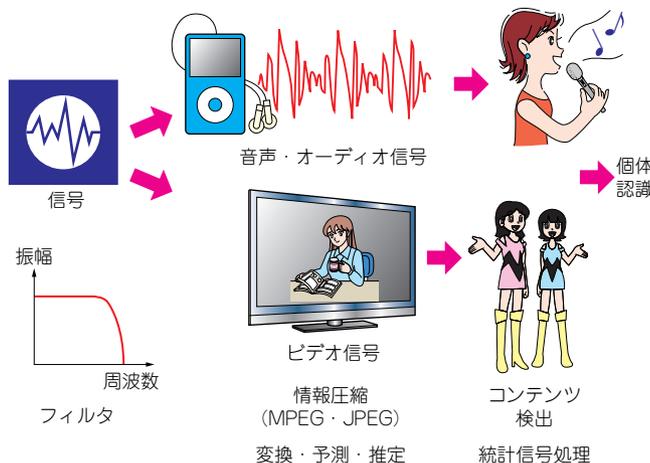


図3 信号処理の発展の道のり