

# 5. アクティブコントロール技術を支えるDSP技術

(株)リデック 栗原和也

## ☆ アクティブコントローラの要, DSP

アクティブコントロールを実現する上で、入力センサ、コントローラ、制御アクチュエータの3つの要素が必要とされており、それぞれ重要な役割を担っている。入力センサにはマイクロホン、加速度センサが、制御アクチュエータにはラウドスピーカ、加振器などがよく用いられている。コントローラはアクティブコントロールの心臓部ともいべきもので各センサ信号の情報に基づき適切な制御信号を出力する電子回路である。このコントローラは制御にかかる一連の動作をリアルタイムで行う必要があり、処理の高速化が問われる。リアルタイムなアクティブコントロールを現実のものとしたのは、デジタル信号処理技術とそれを高速に実行するハードウェア、DSP (Digital Signal Processor) である。本稿ではリアルタイムデジタル信号処理には欠くことのできないDSPを通じてアクティブコントローラの仕組み、開発の経過を解説する。

## ☆ DSPについて

DSPの誕生から18年が経過し、これまでエレクトロニクス技術、特に集積回路技術は飛躍的な進歩を重ねてきた。デジタル信号処理技術は関数計算、直交関数展開、スペクトル計算、畳み込み演算などの基本計算によって発展し続け、DSPはこれら信号処理の要である積和演算を高速で実行できるよう開発された。その特質を汎用プロセッサ (MPU) と比べてみると、最近のMPUはマシンサイクルが年率50%以上で向上し、パソコンのマルチメディア化を推進している。MPUの信号処理スピードはDSPと差がないように思われがちだが、関数計算などの場合、データの取得A、データの取得B、積和演算、の繰り返しで、MPUは1データの取得A、Bに2マシンサイクル必要とし、積に1、和に1マシンサイクル合計4マシンサイクルが必要となる。これに対しDSPはこれら命令を1マシンサイクルで同時に実行できるようにハードウェアが構成されており、大ざっぱであるが、このMPUのマシンサイクルが200MHzとするならDSPは50MHzのものが等価といえる。このことは同時に消費電力の問題につながり、通常マシンサイクルの速いものは消費電力も大きくなるので、移動通信機、携帯端末など低消費電力を要求される信号処理機器にはよくDSPが用いられる。

	固定小数点DSP	浮動小数点DSP
価格	安価	高価
演算精度	16bitまたは24bit	32bit浮動小数点
スタンドアロン動作	可能	可能
消費電力	小	大
パッケージ	小	大
内部メモリ	大	小
その他	有限語長問題あり 信号処理用1チップ コンピュータ	試作、実験向き マルチチップによる 並列処理が可能

表-1 固定小数点DSPと浮動小数点DSPの比較

## ☆ DSPの選択

どのようなDSPがアクティブコントロール用に適しているかは、制御の方法、対象物などによっても違ってくるが、DSPはまず、固定小数点DSPと浮動小数点DSPの2つに大きく分類され表-1のような特徴を持つ。これからアクティブコントロール用と開発するのであれば浮動小数点DSPを用いる方が望ましい。これは有限語長問題 (アンダーフロー、オーバーフロー) の対策を考慮することなくプログラム開発できるからで、開発に要する時間の短縮、信号処理上の試行錯誤に対応しやすい。市販されている各社のDSPの特徴を表-2に示す。

会社名	TI	TI	MOTOROLA	MOTOROLA	ANALOG DEVICES
製品名	TMS320C25PHL	TMS320C50PQ	DSP56002	DSP56301	ADSP2101
命令実行時間	100nsec	35nsec	25nsec	12.5nsec	50nsec
演算精度	16bit	16bit	24bit	24bit	16bit
内部メモリ	ROM : 4Kワード RAM : 544ワード	ROM : 2Kワード RAM : 10Kワード	ROM : 256ワード×2 データRAM : 256ワード×2 プログラムRAM : 256ワード×2	データRAM : 4Kワード プログラムRAM : 4Kワード	データRAM : 1Kワード プログラムRAM : 2Kワード
タイマ/カウンタ	タイマあり	タイマあり	タイマなし	タイマあり	タイマあり
パッケージ	80ピンQFP	132ピンQFP	144ピンTQFP	208ピンTQFP	80ピンPQFP

(a) 各社固定小数点DSPの仕様

会社名	TI	TI	MOTOROLA	ANALOG DEVICES	ANALOG DEVICES
製品名	TMS320C31PQL	TMS320C40	DSP96002	ADSP21020	ADSP21060
命令実行時間	50nsec	33nsec	50nsec	30nsec	25nsec
演算精度	32bit浮動小数点	32bit浮動小数点	32bit浮動小数点	32bit浮動小数点	32bit浮動小数点
内部メモリ	RAM : 2Kワード	ROM : 4Kワード RAM : 2Kワード	ROM : 2Kワード データRAM : 2Kワード プログラムRAM : 1Kワード	内部はプログラム キャッシュのみ	最大128Kワード トータルメモリ
タイマ/カウンタ	タイマあり	タイマあり	タイマなし	タイマあり	タイマあり
パッケージ	132ピンQFP	325ピンPGA	223ピンPGA	223ピンPGA	240ピンPQFP

(b) 各社浮動小数点DSPの仕様

表-2 各社DSPの仕様

Active-3	仕様・性能	Active-5
TMS320C50 (80MHz)	DSP	TMS320C3 (60MHz) 32bit浮動小数点
8Kワード	DSP内部メモリ	2Kワード
なし	外部メモリ	SRAM (15nsec) 128Kワード
12bit逐次比較型AD 14bit DA 1ch	AD・DA	12bit逐次比較型AD 2ch 14bit DA 1ch 16bit ΔΣ方式CODEC AD 2ch DA 2ch
入力 8bit 出力 8bit	Digital I/O	入出力切替え 16bitパラレル (内8bitはLEDに使用)
バターワース型ローパスフィルタ 4次, 8次切替え	アンチエイリアシング フィルタ	バターワース型ローパスフィルタ 2次, 4次, 8次切替え
あり	マイクプリアンプ	なし
あり (最大出力 25W)	パワーアンプ	なし
サンプリング周波数 = 6kHz ADF = 1024tap C = 512tap * 開発言語: アセンブラ	Filter-x LMSアル ゴリズムによる Case1-1-1 ANC ソフトの性能	サンプリング周波数 = 5.3kHz ADF = 512tap C = 256tap * 開発言語: C言語

表-3 アクティブコントローラの比較

## ☆ システムの開発

アクティブコントロールに適したDSPシステム（以下コントローラ）の開発を考えた場合まず、入力センサからの情報を取り込むA/Dコンバータまたはデジタル入力部などがあり、複数のセンサからの情報を入力する場合コントローラへのデータは同時性があるように注意する必要がある。次にサンプリング周波数、分解能、入力ゲイン、ローパスフィルタなどのアナログ部のパラメータを決めなければならないが試作、実験用はこれらパラメータが容易に可変できることが望ましい。演算部は処理スピードも重要だが、各入力信号をDSP内で処理するプログラムメモリ、データの格納メモリ、処理中に使用するワークメモリなど、信号処理が複雑になればなるほど、使用するメモリの量も増える。DSPの内部メモリの量はこのように消費され、メモリ不足はソフトウェア開発のアキレス腱になることが多い。この内部メモリが不足した場合を考えて外部メモリを置くが、これにはNO WaitでDSPからアクセスできる高速RAM (SRAM) が必要である。出力部は入力部と同様に各パラメータがありこれらも容易に可変できることが望まし

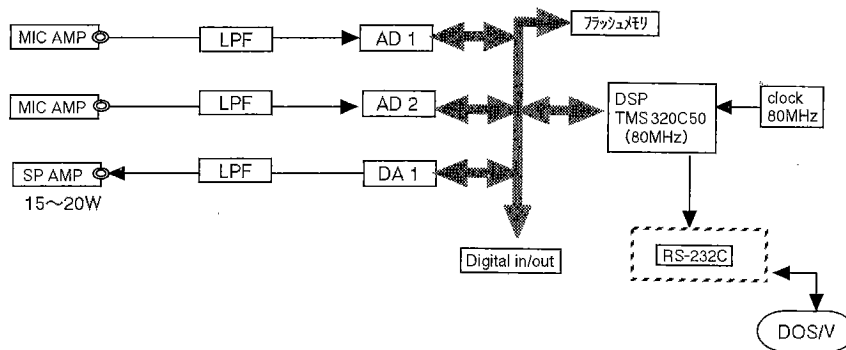


図-1 Active-3 ブロック図

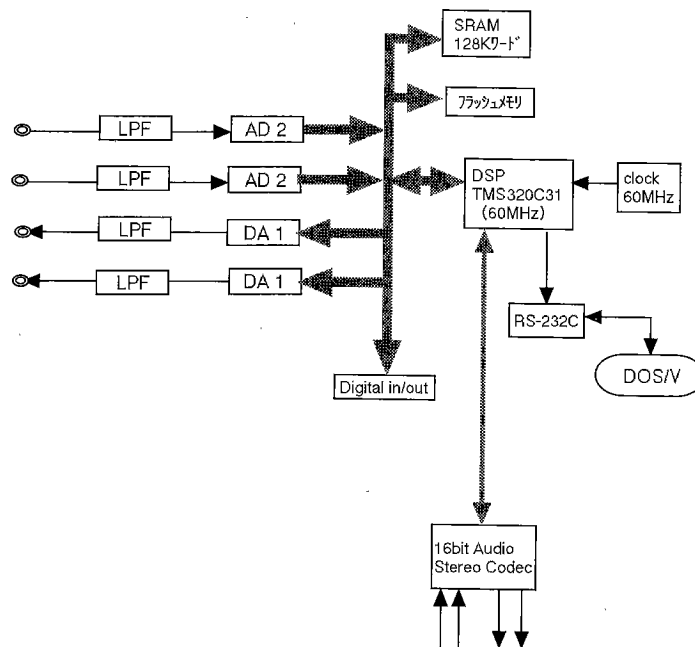


図-2 Active-5 ブロック図

い。また、制御出力にはよくラウドスピーカが用いられるがスピーカのパワーアンプまでをコントローラに内蔵するときは、消費電力の関係から電源への検討が必要である。このような過程をへて開発したアクティブコントローラ、Active-3 (図-1) および Active-5 (図-2) について、各社の性能比較 (表-3) およびブロック図にて示す。

### ☆ これからのアクティブコントローラ

DSPの特徴からコントローラの開発トピックスまでを解説したが、これからの汎用アクティブコントローラと

しては、進歩するさまざまなデジタル信号処理アルゴリズムをリアルタイムに対応できるDSPを用い、プログラム開発時間の短縮、各種I/Oのサポート、入出力の多チャンネル化に対応できることが必要と思われる。

#### 参考文献

- 1) DSPハンドブック: 日本テキサス・インスツルメンツ (株) (1995).
- 2) 栗原: アクティブノイズコントロールにおけるDSP開発の変遷, 日本騒音制御工学会, Vol.20, No.6 (Dec. 1996).
- 3) 黒田一郎, 撫原恒平: DSPと汎用プロセッサの最近の動向, 電子情報通信学会誌, Vol.81, No.6, 585-588 (1998).
- 4) 山内寛紀, 高橋淳一: 音声・音響DSPの現状, 日本音響学会誌, Vol.50, No.5, pp.398-406 (1994).
- 5) 尾知 博: デジタル信号処理における有限ビット演算の影響, 電子情報通信学会誌, Vol.78, No.8, pp.768-777 (1995).
- 6) 浜田晴夫: 音響システムにおけるデジタル処理の基礎と応用, STEP協議会セミナー教材 (Mar. 1997).

(平成10年10月1日受付)