

はじめに

■ 本書の内容

本書では、デジタル信号処理(離散時間信号処理)の数学的理論にはほとんど触れていません。

DSPのハードウェア的な特徴やアーキテクチャなどについてはひととおりの説明をしていますが、DSPのプログラミングにあたっては、細かいことは一切気にする必要はありません。単に高速のプロセッサとしてDSPを扱っていただいて結構です。本書で扱っている程度の音声処理プログラムなどでは、特別な最適化などを考慮しなくともC言語で書いたプログラムがそのままリアルタイムで動作します。

また、演算はすべて浮動小数点演算で行っていますので、固定小数点演算を気にする必要もありません。固定小数点演算、すなわち有限語長演算は離散時間信号処理(デジタル信号処理)の本質的な部分ではないので、初めからそれにとらわれないでください。

DSPのプログラム例として最初に取り上げているピッチ・シフトやヴィブラートなどは、教科書では取り上げられることのない一種のお遊びですが、DSPを用いたリアルタイム処理のデモとして面白いものだと思います。

アプリケーション・プログラムの例として、FFTを使っているものや解説に数式を用いているものもありますが、細かいことは気にせずに付属CD-ROMに収録したプログラムを動かしてみてください。数学的に単純な原理に基づいて、ちゃんと有用な処理を実現できることを試してから、理論の理解に取り組んでいただいて結構です。

本書は、月刊「トランジスタ技術」2002年10月号に掲載した特集記事を元に執筆したものです。トランジスタ技術誌では、Texas Instruments(TI)社のDSP評価キットC6711 DSKを題材として取り上げていましたが、本書ではその後に発売されたC6713 DSKに対応して内容を修正し、同誌の記事では紹介できなかった製作例をいくつか追加しています。また、説明が不十分だった点の補足や、修正も加えてあります。

トランジスタ技術誌に加筆した内容として、相関技法を用いたアプリケーション、ソフトウェア・モデムなどの紹介を含んでいますが、 z 変換やフーリエ変換についての数学的な込み入った話はありませんのでご安心ください。

すでにデジタル信号処理の基礎を学ばれた方にとっては、やさしすぎる内容だと思いますが、そのような方にとってもC6713 DSKの使いこなすとDSKのハードウェア拡張に関する章はきっと役に立つと思います。

本書を読んで、誰でもすぐに入手できるDSP評価ボードを使った信号処理の実例をお楽しみくだ

注：浮動小数点演算であっても仮数部の桁数(ビット幅)が有限である以上、厳密には有限語長演算の問題が存在する。しかし、本書で取り上げている程度の処理では、単精度浮動小数点演算での演算精度が問題となることはない。

さい。

■ DSPをPICマイコンやH8マイコンと同じ感覚で動かしてみてください

DSPの処理は、一定のサンプリング周期でA-D変換して取り込んだデータを加工し、同じサンプリング周期でD-A変換して出力するだけです。組み込み制御機器などで遭遇するような複雑な処理タイミングの問題は、デジタル信号処理には存在しません。

基本的にDSPの処理で重要なのは、サンプリング周期内に処理が終わるか終わらないかの一点のみです。しかも、最新のDSPの処理能力をもってすれば、本書で取り扱っている程度の簡単な「音声・オーディオ処理」で処理速度が追いつかない、などということはありません。

また、本書で取り上げているDSP評価ボードは浮動小数点DSPを搭載しているので、固定小数点演算(有限語長演算)についても気にする必要はありません^注。

パソコンのCコンパイラで作成した浮動小数点演算のシミュレーション・プログラムがそのままDSP評価ボードで動きます。例えば、アルゴリズムを確認するために自分の声を録音したデータ・ファイルを読み込んで、エコーやリバーブ、ピッチ・シフトといったエフェクトをかけた結果をファイルに出力するプログラムをCコンパイラで作成したとしましょう。

このプログラムは、パソコン用のプログラムのファイル入出力処理の部分をA-D、D-A入出力処理に置き換えるだけでDSPのリアルタイム処理プログラムになります。

PICマイコンやH8マイコンと比較してみても、DSPのほうがずっと簡単だとは思いませんか？音声処理などはC言語で思ったとおりにプログラミングすれば十分で、アセンブラによるプログラミング技法やプロセッサのアーキテクチャの詳細、I/Oポートの初期設定や制御の仕方などを学ぶ必要もないのです。

■ C6713 DSKとは

本書は、TI社のDSP評価キット C6713 DSKを題材にしています(DSKはDSP Starter Kitの略)。2006年5月時点でのTI正規特約店におけるC6713 DSKの推奨販売価格は52,290円(税込)です。

C6713 DSKの製品内容は、下記のとおりです。

● DSP評価ボード C6713 DSK

浮動小数点DSP TMS320C6713(動作クロック 225 MHz)およびサンプリング周波数最大96 kHzのステレオCODEC(A-D, D-A)搭載
パソコンとのインターフェースはUSB

● 5V出力ACアダプタ

DSKの電源(C6713 DSKはUSBバス・パワーでは動作しない)

● USB接続ケーブル

● コンパイラ・ツール

Cコンパイラ, アセンブラ, リンカ など

● 統合開発環境 CCS(Code Composer Studio)

● 各種ツール類, サンプル・プログラム など

TI社からは、別のDSPを搭載した各種のDSK (C5416 DSK, C5510 DSK, C6416 DSK など) が販売されていますが、C6713 DSKは浮動小数点DSPを搭載したもっとも扱いやすいものです。固定小数点演算(有限語長演算)の問題を意識することなく、気楽にC言語でプログラムを作成することができます。

ボード上にはハードウェア拡張用のコネクタが実装されているので、自分で子ボードを作成して各種のペリフェラルを接続することも可能です。

本書で紹介したDSKのハードウェア拡張例はいずれも簡単なものですが、自分でDSKの子ボードを製作する際の参考になるとと思います。本書の製作例のように市販のDSK用プロトタイプ・ボード(ブレッドボード)を上手に利用すれば、基板の製作に手間をかけずに済みます。

DSK用の子ボードを製作するには、TI社の英文ドキュメントを熟読する必要がありますが、本書で紹介している製作例を参考にいただければ、TI社のドキュメントを理解するのに苦勞することはないと思います。

残念ながら、DSKに搭載されているA-D, D-Aは直流信号を扱うことができません。計測、制御などに利用するために直流を扱えるA-D, D-Aを増設する場合、製作例のようにシリアル・インターフェースのLSIを使えば、ごく少数のピン(配線)でDSPとの接続が可能です。

A-D, D-Aの制御やデータ転送のソフト処理もむずかしく考える必要はありません。シリアル・インターフェースのA-D, D-Aの接続には、本来はDSPの同期シリアル・ポートを使うべきなのですが、製作例のようにA-D, D-AをI/Oポートに接続してソフトウェア制御でポートを叩くプログラムを書いても十分に実用的な処理が可能です。学校の実験、実習などのためにA-D, D-Aを増設される場合には、このような簡単な方法がよいでしょう。

■ C6713 DSKをお持ちの方へ

C6713 DSKは、素晴らしい処理能力を持ったたいへん扱いやすい評価キットです。DSPの開発に取りかかるために、あるいはDSPの勉強のために会社や学校でDSKを購入されたところも多いと思います。しかし、メーカーはあくまでも製品開発にたずさわるエンジニアの評価用としてDSKを販売しているので、初心者や学生向けのいたれりつくせりのマニュアルやサンプル・プログラムは添付されていません。DSK添付のサンプル・プログラムの多くは、付属の開発環境の高度な機能をデモンストレーションするためのものです。そのため、DSKを購入したものの、詳しい使い方を学ぶのに苦勞されている方や、DSPのアプリケーション開発は非常にむずかしいものだと思い込んでいる方が意外と多いようです。そのような方は、本書の付属CD-ROMに収録したサンプル・プログラムを雛型として自分でプログラムを作成するときに利用してください。すべての問題が解決します。

本書は、要点を簡潔にまとめたC6713 DSKの使用説明書、およびハードウェア拡張工作のマニュアルとしてお使いいただけるとと思います。ページ数の制約もあるので、本書のC6713 DSK、およびDSK搭載のDSP TMS320C6713に関する記述は、すべてを網羅した自己完結的なものではありません。しかしながら、TI社から提供されている膨大な英文ドキュメントの中から、DSKを使いこなす

ための情報を拾い出すのに苦労されている方にとってはお役に立つはずです。

■ これからDSPを使い始めようという方、まだDSKをお持ちでない方へ

本書はTI社のDSP評価キット C6713 DSKを題材にしていますが、簡易な手法によるデジタル・フィルタ(FIRフィルタ)の設計プログラムやDSP評価キット用のプログラムの一部をパソコン用に移植したものをCD-ROMに収録しています。

パソコンではリアルタイム処理はできませんが、サウンド・ボードで録音した音声や音楽などを対象とした実験が可能です。プログラムは、いずれもGUIを使わないコマンドラインで動くものなので、Windows以外のプラットフォームへの移植も容易です。

パソコンのサウンド・ボードは同時録音再生が可能ですから、Windowsのプログラミングに習熟した方ならばリアルタイム処理プログラムを作成することも可能でしょう。ただし、Windows上で動くプログラムはどうしても大きな処理遅延(数百ms程度)があるので、本格的なリアルタイム処理とは言えないかもしれませんが、それでも面白い実験ができるはずです。

■ 学校の指導者の方へ

本書では数学的に厳密な解説は抜きで、簡単な信号処理アプリケーションの例を紹介しています。例えば、ランダム・ノイズ(不規則信号)の性質などに関しては意識して厳密な扱いを避けています。一方で、講義時間の制約などから、高専や大学の学部レベルのデジタル信号処理の授業では学ぶ機会のないトピックも、詳しい理論的な説明抜きで取り上げています(相関処理、クロス・スペクトル分析、ヒルベルト変換器を用いた包絡線検波・包絡線抽出、ソフトウェア・モデムなど)。

指導者の方が本書の数学的厳密性を欠いた記述を補っていただければ、これらの実験例、製作例は、高専や大学の学生の実験実習にそのまま取り入れていただける「面白さ」を持っていると自負しています。

本書で紹介している実験例、製作例をさらに発展させてデジタル信号処理の学習指導に役立てていただければ幸いです。

2006年7月 山口 晶大