

デジタル信号処理に関する学生実験テーマの開発

Development of themes on digital signal processing for student experiment

新田 陽一**

Yoichi NITTA

概要

電気情報応用実験 II(電気情報工学科 5 年生・3 単位・必修得科目)において実施する、デジタル信号処理関連の実験テーマ開発について紹介する。これは講義科目である信号処理(5 年生・2 単位・必修科目)と並行して実施し、その内容の理解を促進するためのものである。まず、平成 23 年度に開発した Microsoft Excel を利用する実験テーマにつき、その内容と要点を述べる。次に、平成 24 年度の補正予算：施設整備費補助金により導入されたデジタル信号処理実験システムを紹介し、これを利用した今後の実験テーマの展望について述べる。

1. はじめに

デジタル技術の発達とともに、信号処理は我々の身近な電子機器で日常的に行われるようになった。例えば、携帯音楽プレーヤにはユーザの好みに応じて音質を設定するイコライザ機能が搭載されており、設定ひとつで様々な音質を容易に選択し、楽しむことができる。また、液晶テレビはより薄く、フレームの細いデザインが好まれるようになり、スピーカの配置やキャビネット容積が制約されて、高音質再生が難しくなっている。そこで信号処理による補正を行い、クリアな音質を実現する工夫がなされている¹⁾。その他にも、デジタル系の信号処理は多岐にわたって応用されており、現代の電気・電子系の技術者が学ぶべき重要な要素といえる。

デジタル信号処理の基本動作は、処理目的に応じて設定された係数データのたたみ込み(積和演算)である。これらの特性をよく理解するためには、上記のような実際の処理を自ら設計・実施してみる必要がある。そこで本稿では、まず、信号処理を学ぶに際して、電気情報工学科で開発した実験テーマを紹介する。これはコストをかけずに個人で実施できるよう、表計算ソフトウェアの "Microsoft Excel" を利用している。次に、平成 24 年度の補正予算：施設整備費補助金により導入された「デジタル信号処理実験システム」を紹介し、これを利用した今後の実験テーマの展望について述べる。

2. 実験テーマ開発の経緯

電気情報工学科では、平成 16 年度の学科名の改称に伴ってカリキュラムを改訂し、筆者が担当する科目「信号処理：5 年生・2 単位」を開講した。この科目は信号処理の基礎知識を理解し、各種の特性解析や簡単な設計法を習得することを目標としている。しかし、フーリエ変換や z 変換など、数式を扱うことが多く、苦手意識を持つ学生が少なくない。特に離散系においては、現象自体がイメージしづらく、処理の仕組みや効果について理解が進まない傾向がある。

専門科目の理解を促進するためには、実験の並行実施が効果的であろう。しかし、改称当時の学科には適切な機器・設備がなかったことや、他の制御系などのテーマを実施していたことから、信号処理の実験テーマが設定できなかった。

平成 23 年度に電気情報応用実験 II(5 年生・3 単位)の担当教員を一部変更したのに伴い、実施テーマの見直しを行った。前述の理由から信号処理に関するテーマを設定することにしたが、予算措置の目処がなく、新たな機器・設備は導入できなかった。そこで表計算ソフトウェアである "Microsoft Excel" を利用し、シミュレーション的手法によって実施することとした。

その一方で、実験設備の予算要求を継続していたところ、平成 24 年度の補正予算：施設整備費補助金により導入されることとなった。

3. Microsoft Excel を利用した信号処理実験

"Microsoft Excel(以下、MS-Excel と記す)" は表計算

* 原稿受理 平成 25 年 10 月 25 日

** 電気情報工学科

ソフトウェアであるが、種々の解析機能を備えており、信号処理の実験にも適用できる。そして、この趣旨の解説書もいくつか出版されている^{[2][3][4]}。また、MS-Excelは校内設置、および個人所有のPCに広くインストールされているため、いつでも、どこでも容易に自習できることが利点にあげられる。

実験はPCの台数が揃っている図書館情報センター端末室で実施している。各学生が1台のPCを利用して全課題に個別に取り組み、完了した時点で指導教員の確認を受けることとした。自ら考え、実行することで、全員に同程度のスキルを身につけさせる狙いがある。

実験内容は、フーリエ解析、たたみ込み、窓関数、フィルタリングなど、デジタル信号処理の基本事項に関する項目を設定した。以下、それぞれについて実施内容とポイントを説明する。

3.1 ヒストグラム

白色雑音のようなランダム波形は正規分布に従うものが多い。ここではヒストグラム(振幅分布)を描いて、その特徴を確認してみる。

- (1) 「データ」「データ分析」メニューを開き、「乱数発生」を選択する。
- (2) パラメータとして「変数の数=1」「乱数の数=1100」「分布=正規」「平均=0」「標準偏差=5」「ランダムシード=班番号」「出力先=A1」として「OK」をクリックすると、A列に1100個の疑似乱数が生成される。
- (3) 発生した疑似乱数(A1:A1100)の平均値と標準偏差を算出する。

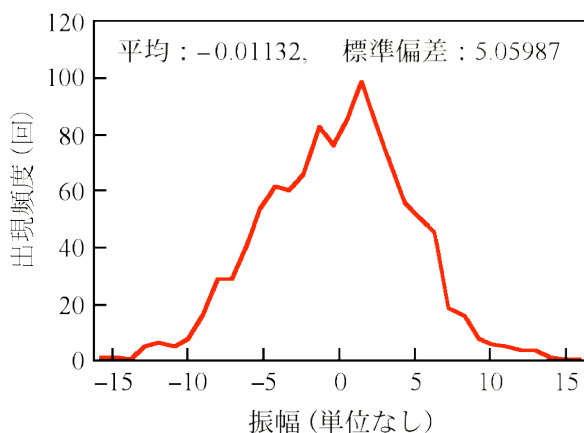


図 3.1 疑似乱数(白色雑音)のヒストグラム

- (4) 発生した疑似乱数(A1:A1100)のヒストグラムを描く。「データ分析」より「ヒストグラム」を選択し、「入力範囲=A1:A1100」「出力先=C1」を指定して「OK」をクリックすると、C列にヒストグラムの表が生成されるので、このグラフを描く。

この項目のポイントは、統計的手法による確率的現象の特徴表現を理解すること、および後述の実験項目で使う信号として白色雑音を生成しておくことである。図 3.1 に解析例を示すが、発生した疑似乱数の平均値や標準偏差は設定値と完全には一致せず、ヒストグラムも滑らかな正規分布にはならない。これは疑似乱数の発生方法の他、データ数の影響が考えられる。確率的現象を捉える場合、その結果が解析対象となるデータ数に依存することを理解してもらいたい。また、雑音の特徴を調べる手法として、他にどのようなものがあるか、調査・検討を期待するところである。

3.2 単純移動平均

単純移動平均は処理対象の前後のデータの平均値をとるもので、低域通過フィルタ(LPF)と同等の効果があり、信号の雑音除去が可能である。ここでは、「3.1 ヒストグラム」で作成した疑似乱数データを雑音とみなし、その低減効果を検証する。

- (1) 3.1 で作成した疑似乱数データを別のワークシートにコピーする。
- (2) 図 3.2 に示すように、5 点平均の場合、A1:A5 の 5 つのデータの平均値を処理データとして B3 に格納する。このとき、B1, B2 のデータは演算不能である。
- (3) 同様の処理を 1 点ずつずらしながらくり返す。たとえば、B4 には A2:A6 の平均データを入れる。
- (4) 平均点数を 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 と変えて、それぞれ

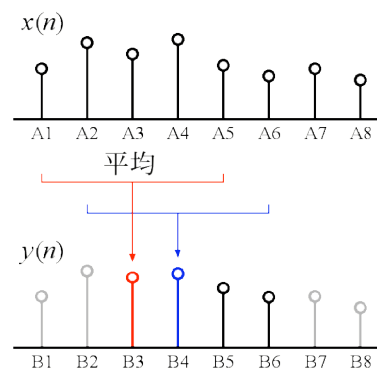


図 3.2 単純移動平均の概念

の場合の平均値と標準偏差を求める。

(5) 平均点数と平均値、および標準偏差の関係をグラフに描く。

この項目のポイントは、移動平均が LPF の機能を有しており雑音除去が可能であること、そして平均点数の増大によってその効果が高まる仕組みを理解することである。図 3.3 に解析例を示すが、信号のバラツキ、すなわち雑音の程度を表す標準偏差が、平滑化点数とともに減少していることがわかる。一般に、雑音が完全無相関であれば、分散が平滑化点数に反比例することが知られている。したがって、徐々に雑音除去の効果は飽和していく一方、波形自体にも歪みが生じるので、安易に平滑化点数を増やすのは一考を要する。

波形の歪みを避けるためには、平滑化係数に重みを設定した多項式適合法や、ピーク・ベースラインに応じて平滑化の程度を変える適応化平滑化法などが考えられているので^[5]、これらに関する調査・検討を期待するところである。

3.3 フーリエ解析

フーリエ解析は、代表的な周波数分析法として、今日でも広く用いられている。基本原理であるフーリエ変換は次式で表され、無周期の連続信号に適用する。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt \quad (3.1)$$

ここで、 $f(t)$ は変換対象の時間信号、 $F(\omega)$ は変換後の周波数信号である。現実には無限長・無限量データを扱うことができないため、これを有限・離散化した次式の離散フーリエ変換(DFT)、そしてこれを高速化した高速

フーリエ変換(FFT)が用いられる。

$$F(k) = \sum_{n=0}^{N-1} f(n) e^{-j2\pi kn/N} \quad (3.2)$$

この DFT の変換式において、 N は対象信号のデータ点数、 n, k はそれぞれ時間・周波数領域のデータ番号である。

DFT や FFT を実行すると、フーリエ変換を有限化・離散化したことで生じる様々な現象を見ることができる。ここでは MS-Excel のフーリエ解析ツール(FFT)を使用して、信号の周波数スペクトルを描いてみる。

- (1) 新規ワークシートを開き、A1:A1024 に 0~1023 の数値を代入する。
- (2) (1)で作成した数値を時間データ(1 周期: $T=1024$) とみなし、これを用いて B 列に以下の合成正弦波のデータを作成する。

$$f(t) = 30 \sin \frac{100\pi t}{T} + 20 \sin \frac{200\pi t}{T} + 10 \sin \frac{300\pi t}{T} \quad (3.3)$$

- (3) B1:B1024 のデータに対して「データ分析」の「フーリエ解析」を実行する。
- (4) 「入力範囲=B1:B1024」「出力先=C1」として「OK」をクリックすると、C 列に解析結果が表示される。
- (5) 解析結果の複素数の絶対値を求め、これをグラフに描く。

式(3.3)からわかるように、解析信号には 3 つの周波数成分が振幅比 3:2:1 の割合で含まれている。しかし、図 3.4 に示すように、スペクトルには 6 つのピークが左右対称に現れる。これは時間領域で離散化を行ったために、周波数領域で周期化が起こったことによる。周波数スペクトルが折り返す横軸中央部の周波数は「ナイキストの折り返し周波数」と呼ばれ、時間波形のサンプリング周波数の 1/2 に相当する。ここでは式(3.3)において具体的な時間スケールを設定していないので、解析可能な上限周波数であるナイキスト周波数も具体的には定まらない。しかし、3 つの周波数成分の相対的な位置関係から、これらの何倍に相当するか、考察することはできる。また、グラフからは確認することができないが、データ表をみると、スペクトルの値が存在するのはピーク位置

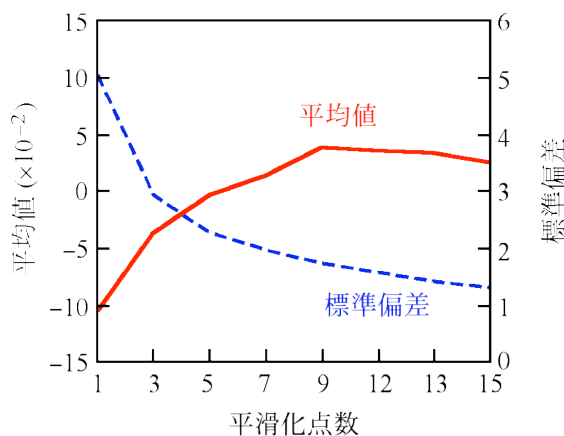


図 3.3 単純移動平均による雑音除去効果

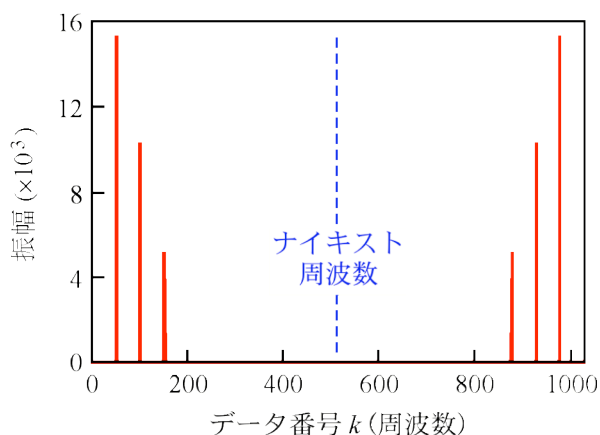


図 3.4 合成正弦波の周波数スペクトル

の 1 点だけであり、正弦波本来の周波数成分が正しく計算されていることがわかる。

一方、振幅に注目すると設定した比率に応じて、ピークの高さが変化している。こちらも表のデータを参照することになるが、「ピーク高 = 振幅 × データ点数の半分 (512)」となっていることがわかる。これらの結果は式(3.2)に照らした定量的考察を期待するところである。

3.4 窓関数

FFT は解析対象の有限長データが無限にくり返されているという前提で計算を行っている。したがって、データの始点と終点が同期していないと不連続波形となり、偽スペクトルが生じる。これはリーケージ誤差と呼ばれ、フーリエ変換を有限化したことによる影響のひとつである。図 3.5 に示すように、これを抑制するためには窓関数をかけ、有限長データの両端を "0" に漸近させる方法がとられている。ここでは、窓関数の効果を周波数スペクトルで確認してみる。

(1) 3.3 と同様にして、以下の合成正弦波のデータを作成する。

$$f(t) = 30 \sin \frac{100.5\pi t}{T} + 20 \sin \frac{200.5\pi t}{T} + 10 \sin \frac{300.5\pi t}{T} \quad (3.4)$$

(2) (1) の波形に次式で示されるハニング窓をかけたデータを作成する。

$$w(t) = 0.5 - 0.5 \cos \frac{2\pi t}{T} \quad (3.5)$$

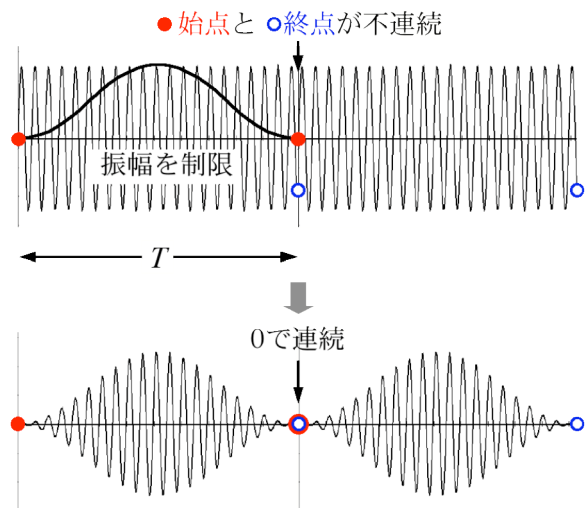


図 3.5 窓関数の適用

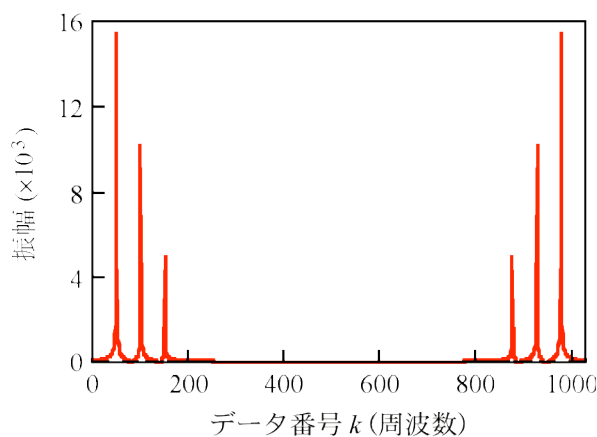
(3) 窓かけ前後の波形をフーリエ解析して、スペクトルを描く。

式(3.4)では、周期 T に対して小数の周波数比率を設定することにより、波形の始点と終点の振幅を不一致にしている。図 3.6 に解析結果の例を示すが、(a) 窓関数をかけない場合、ピークの下部に広がりが生じている。正弦波は単一の周波数成分しか持たないので、本来であれば図 3.4 のように、シャープな線スペクトルになるはずである。一方、(b) 窓関数をかけた場合は、この偽スペクトル成分が抑制され、線スペクトルに近づいている。このように、窓関数を用いることで、リーケージ誤差は低減することができる。

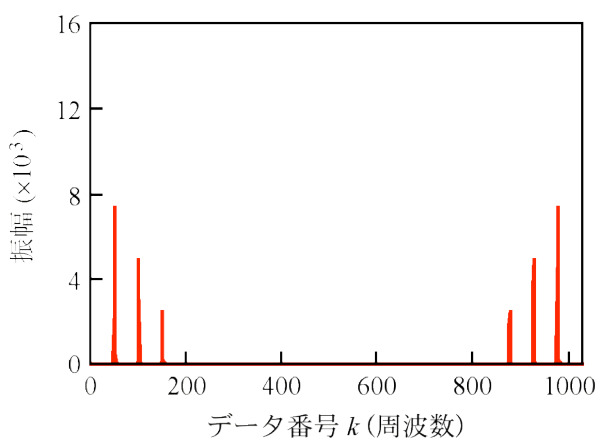
ところが、振幅に注目すると、窓関数をかけた場合はピーク値が減少している。これは窓関数によって時間信号の振幅が低減された結果、信号のエネルギーが低下したためである。しかし、窓関数の種類によるエネルギーの低下率は既知であり、実際の FFT アナライザでは、これに応じた補正が行われている。

ここではハニング窓を用いたが、他にも様々な窓関数が考案されている。それぞれの特徴や用途などについて、調査・検討を期待するところである。

また、FFT アナライザで単発パルスを観測する場合など、観測期間の端部にのみ波形が存在するケースがある。このとき窓関数を使用していると、S/N 比が低下したり、極端な場合はスペクトルが観測されなくなる。このように、窓関数は解析対象や目的に応じて適切なものを選択する必要があることも、覚えておきたい知識である。



(a) 窓関数なし (矩形窓)



(b) ハニング窓を適用

図 3.6 窓関数の適用によるスペクトルの違い

3.5 ボックス関数の解析

ボックス関数(単発パルス)のフーリエ変換は sinc 関数となる。これらは、理想フィルタの特性や信号の有限化(矩形窓かけ)の影響を考える際に適用され、重要な関数である。そこで、振幅 1, パルス幅 B の単位ボックス関数 $f_B(t)$ のスペクトルを求め、パルス幅と sinc 関数の振幅・周期の関係を調べてみる。なお、この変換対は次式で表される。

$$f_B(t) \Leftrightarrow F(\omega) = B \operatorname{sinc} \frac{B\omega}{2} = B \frac{\sin(B\omega/2)}{B\omega/2} \quad (3.6)$$

- (1) 新規ワークシートを開き、A1:A1024 に全て 0 を代入しておく。
- (2) A1 の値を 1 (パルス幅 $B=1$ 点) とし、フーリエ解析

を行ってスペクトルを描く。

- (3) 同様にパルス幅を 5, 10, 15, 20 点として、そのスペクトルを描く。

図 3.7 に解析結果の例を示す。(a) パルス幅 $B=1$ の場合は、デルタ関数と等価であるから、 $F(\omega)=1$ となる。これ以外の場合 (b), (c) は、スペクトルは sinc 関数の様相を呈すが、複素数の絶対値をグラフに表しているため全て正の値であり、周期的なピークが現れる。式 (3.6) からわかるように、この周期はパルス幅 B に依存する。一方、振幅に注目すると、その最大値はパルス幅 B に比例して増大する。 $\operatorname{sinc}(0)=1$ であることを考えると、こちらも式 (3.6) で説明できるので、定量的考察を期待するところである。

3.6 たたみ込み

式 (3.7) に示すように、信号処理システムの出力 $y(t)$ は、システムの特関数(インパルス応答) $h(t)$ と入力信号 $x(t)$ のたたみ込みで与えられる。実際のシステムは過去の状態にのみ依存する因果性を有するものがほとんどであるから、積分範囲は応答開始から現在の時刻 t まででよい。

$$\begin{aligned} y(t) &= \int_{-\infty}^t h(\tau) x(t-\tau) d\tau \\ &= \int_{-\infty}^t x(\tau) h(t-\tau) d\tau \end{aligned} \quad (3.7)$$

ここで注意しなければならないのは、インパルス応答 $h(t)$ は時刻 t が進むにつれて、過去の応答を表していることである。したがって、たたみ込み演算をする場合、 $h(t)$ の波形を時間的に(左右)反転してかけ合わせなければならない。このあたりの理屈は式からイメージしにくく、学生の理解が進まない事項のひとつである。

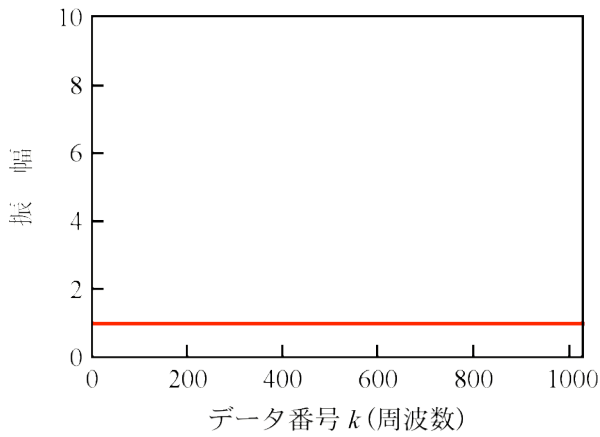
そこで、代表的な 1 次遅れ系である RC-LPF のインディシャル応答を調べてみる。この応答波形は充電波形として電気系の学生ならばよく知っているので、比較的取り組み易いと考えられる。

- (1) 新規ワークシートを開き、A1:A30 に 0~29 の数値を代入し、時間データとする。
- (2) B1:B30 に全て 1 を代入し、入力データとする。
- (3) C1:C10 に次式で表される RC-LPF ($RC=1$) のインパルス応答を計算する。

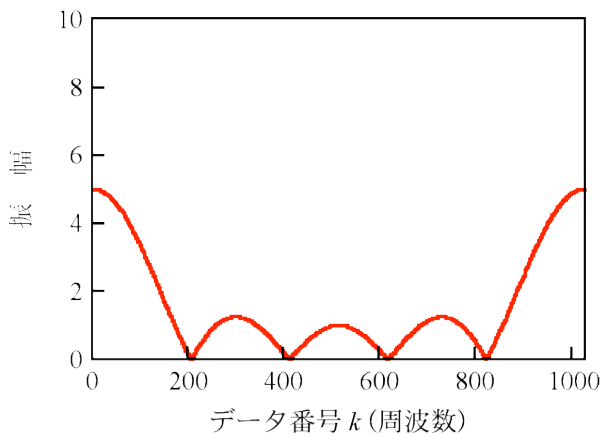
$$h(n) = e^{-An} \quad (An : A \text{列のデータ}) \quad (3.8)$$

(4) C1:C10の合計を求め、これでC1:C10のデータを割って、正規化した応答係数をD1:D10に求める。

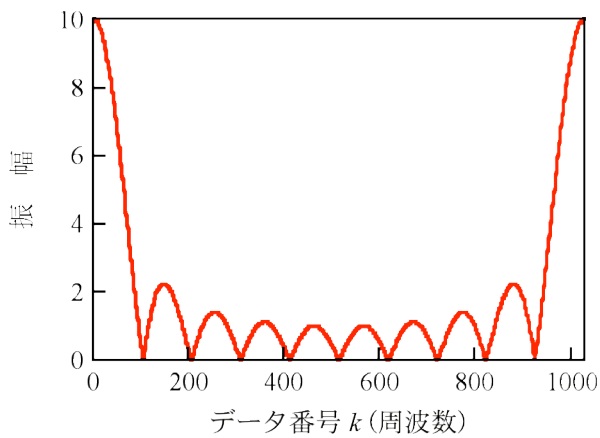
(5) B列とD列のデータのたたみ込みを計算し、結果



(a) パルス幅 $B=1$ (δ 関数)



(b) パルス幅 $B=5$



(c) パルス幅 $B=10$

図 3.7 ボックス関数のスペクトル

をE列に代入する。⇒ 係数の反転に注意

(6) E列のデータをグラフに描く。

図 3.8 に解析結果の例を示す。前述のように、(5)のたたみ込みの積和演算において、インパルス応答の係数を時間的に反転しないと正しい結果が得られない。このように、たたみ込みの実際を体験することにより演算のイメージが掴め、理解が促進されると考えられる。

関連事項として、時間領域におけるたたみ込みは、周波数領域においては単純積となる。4年次の制御工学でも習うことから、学生はこの性質をよく知っている。そこで、RC-LPFの周波数スペクトルと入出信号のスペクトルとの関係を具体的に検証するなど、考察を深めてもらいたい。

3.7 FIR フィルタ

科目「信号処理」の最終目標がデジタルフィルタ(以下、DF)を理解し、簡単な設計ができるようになることである。DF の実際は本稿の冒頭で述べたように積和演算であるが、たたみ込む係数によって特性は様々に変化する。このあたりが DF の面白い所であり、一方、理解しにくいところでもある。そこで、まず係数によるフィルタ効果の違いを実感させるため、3.6 で時間応答を調べた RC-LPF を模擬した DF 演算を行ってみる。なお、DF にはインパルス応答が有限となる FIR (Finite Impulse Response) フィルタと、無限となる IIR (Infinite Impulse Response) フィルタがある。IIR はフィードバックループを構成することで無限の応答を持ち、少ない次数でも効果的な処理が可能である。しかし、これを Excel のワークシートでシミュレートするのは手間がかかるので、ここで適用するのは FIR とした。

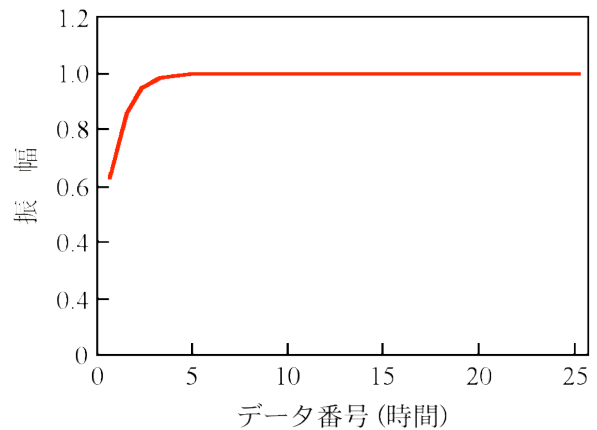


図 3.8 RC-LPFのインディシャル応答

(1) 3.1 で作成した疑似乱数データ A1:A1024 に対し、
表 3.1 に示す 10 次 FIR フィルタの係数をたたみ込む。

(2) フィルタ演算前後のスペクトルを求める。

(3) 比較のため、11 点の単純移動平均処理を行い、そのスペクトルを求める。単純移動平均は均一な係数をもつフィルタに相当する。

なお、表 3.1 のフィルタ係数は RC-LPF を模擬したものであるが、移動平均法と比較するため、 $n=5$ を中心に前後で対称となるように設定している。

図 3.9 に解析結果の例を示す。まず、フィルタ処理を行う前の原信号のスペクトルは、雑音なのでかなりのバラツキがあるが、平均すると振幅は 120 程度の一定値となっている。全帯域の周波数成分を均一に有することが白色雑音の特徴であるが、疑似乱数においても同様の傾向が認められる。

(a) FIR フィルタの処理結果は、もともと RC-LPF を模擬していることや、DF 次数が 10 次と低いために遮断周波数が明確でないが、高域成分がカットされており、LPF の働きが確認できる。3.3 で述べたように、スペクトルの折り返しが生じているので、横軸の中央部分が最高周波数であり、左半分が本来の周波数成分である。

(b) 単純移動平均の場合も高域成分は減衰しているが、完全に遮断できていないわけではなく、LPF として十分に機能していない。このように、遮断領域でリップルが残るのが単純移動平均の特徴であるが、これは 3.5 で述べたボックス関数のフーリエ変換対が sinc 関数となることを考えれば理解できる。つまり、時間領域でのたたみ込み演算は周波数領域において単純積になるが、白色雑音の平坦スペクトルとボックス関数の sinc 関数スペクトルをかけ合わせた結果となっているわけである。

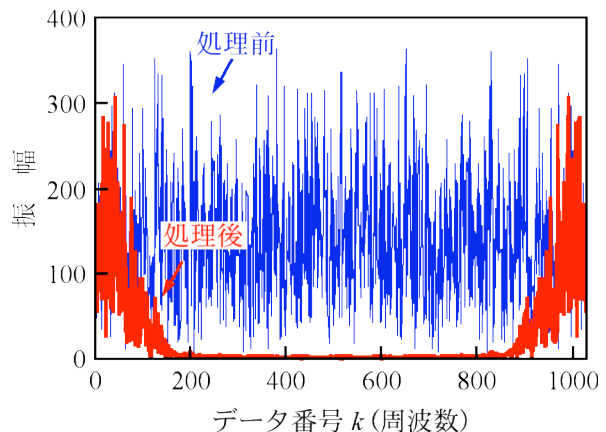
ここでは IIR フィルタに関する実験は行っていないが、低次でより理想的な処理ができる利点がある反面、安定性を考えなければならない欠点もある。FIR と比較することにより、両者の特徴について理解を深めるよう、調査・検討を期待するところである。

4. デジタル信号処理実験システムの導入

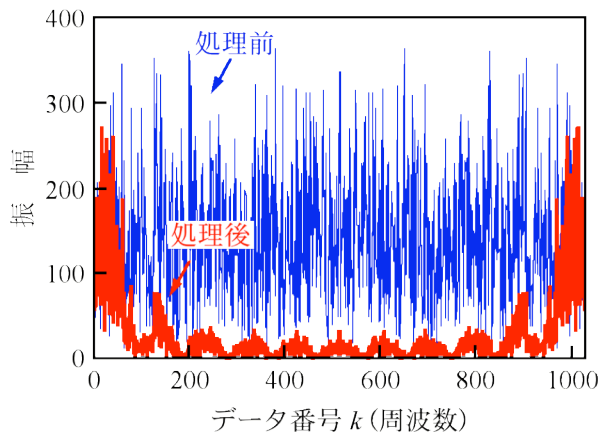
これまで紹介してきた MS-Excel による信号処理実験は、言わばシミュレーションである。実際の信号処理ではアナログ信号をデジタル量に変換する際の問題点や、雑音の影響など、理想とは異なる状況が多々存在する。この観点からは、やはり実機による実験実習が望まれる。

表 3.1 10 次 FIR フィルタの係数

| 番号 n | 係数 $h(n)$ | 番号 n | 係数 $h(n)$ |
|--------|------------|--------|------------|
| 0 | 0.01559873 | 6 | 0.15383315 |
| 1 | 0.04338915 | 7 | 0.12254179 |
| 2 | 0.08183931 | 8 | 0.08183931 |
| 3 | 0.12254179 | 9 | 0.04338915 |
| 4 | 0.15383315 | 10 | 0.01559873 |
| 5 | 0.16559574 | | |



(a) FIR フィルタ



(b) 単純移動平均

図 3.9 LPF 処理した白色雑音のスペクトル

幸い、平成 24 年度の補正予算：施設整備費補助金により、「デジタル信号処理実験システム」を導入することができたので、それを本章で紹介する。現時点では設備が納入されたばかりなので、具体的な実験内容は立案できていないが、最後に今後の構想を述べておきたい。

4.1 実験設備の構成と仕様

本システムは中核となる「信号処理部」と、付帯設備である「マイクロホン移動装置」で構成されている。

4.1.1 信号処理部

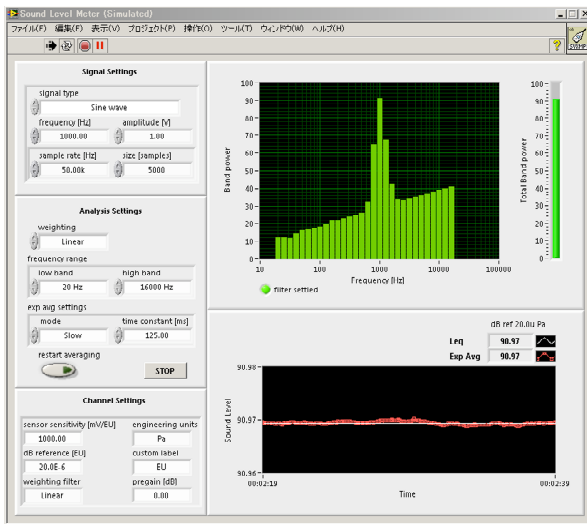
信号処理部は National Instruments 社のシステム開発ソフトウェア”LabVIEW”, 信号入出力モジュール・シャーシ”CompactDAQ”, およびそのアナログ I/O モジュールから構成される。

図 4.1(a)に示すように、LabVIEW は各種の制御器・表示器などがパーツにまとめられており、これをフロントパネルと呼ばれるウィンドウ上に配置して実行画面を作成する。まるで実際の計測器をデザインするように、波形表示画面やスイッチ・ダイヤル類を並べていく。こ

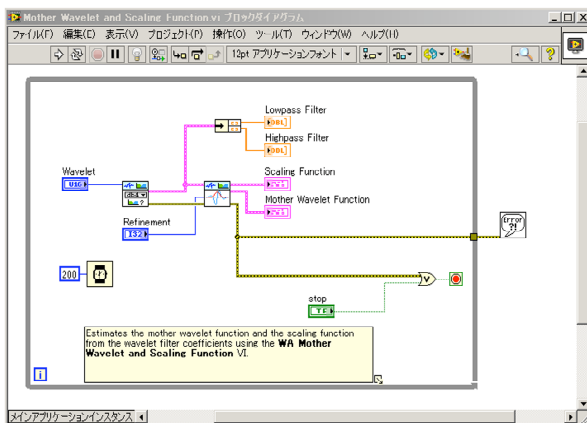
れらを統合して目的の機能を実現するには、同図(b)に示すブロックダイアグラムと呼ばれるもう一つのウィンドウ上でプログラミングを行う。プログラミングと言っても、一般にイメージされるソースコードを記述するのではない。やはり各種の機能がパーツ(オブジェクト)としてまとめられているので、これをウィンドウ上に配置し、信号の流れに従って結線していく。このグラフィカルなプログラミング環境が LabVIEW 最大の特徴であり、文字通りブロックダイアグラムを描いていけばよい。フロントパネルの制御器・表示器は、ブロックダイアグラムの入出力部と関連付けられ、両者が一体となってひとつのアプリケーションが構築される。なお、LabVIEW にはいくつかのバージョン・ライセンス形態があるが、今回導入したのは教育用学科ライセンスであり、提供される大半の機能が利用できる。また、学科内でのインストールも無制限に可能である。

LabVIEW は PC 内に構築された仮想計測器のようなもので、実際の信号の入出力には計測ハードウェアが必要である。NI 社からは数種類のシリーズが提供されているが、今後の拡張性を考慮して CompactDAQ を選定した。これは図 4.2 に示すように、4 つのスロットを備えており、ここに各種の I/O モジュールを差し込んでシステムを構成する。シャーシと PC は USB-I/F で接続される。モジュールは最も基本的なアナログ入力 NI9215 とアナログ出力 NI9263 とした。いずれも 4ch. の端子を備え、分解能は 16bit, サンプリング(A/D)およびアップデータ(D/A)レートは 100kS/sec, 最大電圧範囲は $\pm 10V$ である。

学生実験において各人が個別に実験を行えるように、これらのハードウェアは 6 台分を導入した。



(a) フロントパネル



(b) ブロックダイアグラム

図 4.1 NI LabVIEW のプログラミング画面の例

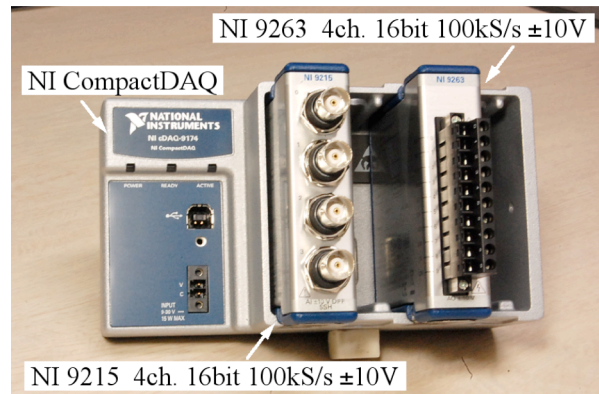


図 4.2 計測ハードウェア

4.1.2 マイクロホン移動装置

信号処理の応用分野は多岐にわたるが、冒頭に述べたAV 機器などのように、音響分野は最も身近な適用例と言えよう。そこで本システムでは、音響分野での計測を睨み、付帯設備としてマイクロホン移動装置、日東紡音響エンジニアリング(株)製 MT-3000 TYPE3 を既設の防音室内に設置した。

図 4.3 にその外観を示す。本装置は約 W1,500×H1,400×D1,200 mm の三次元可動範囲を有し、停止精度は±1mm である。動作はPC ソフトウェアによる自動制御、およびリモコンによる手動操作が行える。また、音響計測専用で設計されており、停止時にモータへの通電を遮断して動作音を防止する機能や、高価な計測用マイクロホンを破損しないよう障害物の迂回経路設定機能などを備えている。

4.2 導入設備を用いた学生実験の展望

本システムは平成 25 年 10 月に納入されたばかりであり、具体的な実験内容は立案できていないが、来年度に向けて以下のような利用を考えている。

まず、これまで行ってきた MS-Excel によるシミュレーションを実機に置き換える。LabVIEW にはデジタルフィルタ設計ツールキットや上級信号処理ツールキットなどのパッケージが含まれており、音響信号を対象として実験することで、これらの信号処理の効果を体験させる。一方、信号処理の基礎原理を理解するためには MS-Excel による演習も有効であろう。レポートの課題演習のツールとして、引き続き活用を考えていきたい。

次に、マイクロホン移動装置は音響インテンシティや、音響パワーレベルなど、音響分野における応用計測に活用する。これらは信号処理の応用例として、学生の知識と経験の幅を広げることになると考えている。

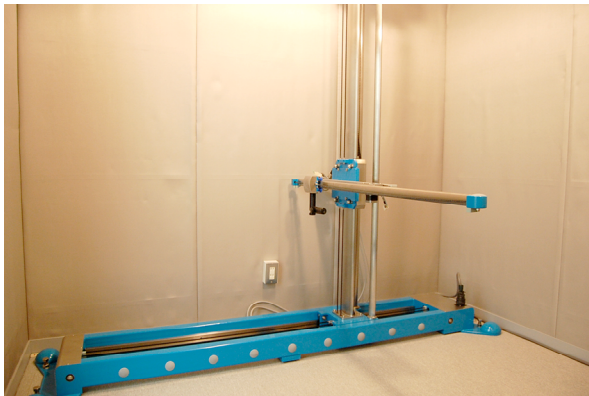


図 4.3 マイクロホン移動装置

5. あとがき

本稿では、電気情報工学科 5 年生の電気情報応用実験 II における、信号処理に関する実験テーマの開発について述べた。平成 23 年度から実施している MS-Excel を用いたシミュレーションは、個人で手軽に取り組める内容であるので、自習用教材として今後も活用を考えていく。

次に平成 24 年度の補正予算：施設整備費補助金により導入された「デジタル信号処理実験システム」について、その概要を紹介した。今後は、このシステムを中心とする実験テーマを開発し、より実際的な信号処理の知識の習得と経験の場を学生に提供したい。

謝 辞

「デジタル信号処理実験システム」の導入に際しては、仕様策定や付帯工事計画を始め、諸手続きにおいて多数の教職員の方にご尽力いただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

文 献

- [1] 「液晶テレビ用スピーカの音質補正技術」, 東芝レビュー, Vol.68, No.5 (2013)
- [2] 深山幸徳・深山覚・深山里, 「Excel で学ぶデジタル信号処理の基礎」, コロナ社 (2013)
- [3] 渋谷道雄・渡辺八一, 「Excel で学ぶ信号解析と数値シミュレーション」, オーム社 (2001)
- [4] 並木秀明, 「Excel ではじめるデジタル信号処理」, 技術評論社 (2000)
- [5] 例えば, 南茂夫・河田聡, 「科学計測のためのデータ処理入門」, p.157, CQ 出版社 (2002)