

デジタル信号処理学習支援システムの開発

西日本旅客鉄道株式会社 吹田総合車両所 川瀬貴大

豊橋技術科学大学 工学部 電気・電子情報工学課程 木下凌哉

和歌山大学 システム工学部 我妻亮太郎 明石工業高等専門学校 電気情報工学科 堀 桂太郎

1. はじめに

現代は、デジタル時代であり、アナログ回路で構成されていた多くの工業製品がデジタル回路に置き換わっている。例えば、かつてのラジオや無線通信機は、トランジスタやダイオードなどの電子部品で構成されたアナログ回路であり、ラジオ少年とよばれた中学生や高校生らの愛好家が、より高性能な回路方式にステップアップしながら製作することで、電子技術を習得することができた。しかし、近年では、ラジオなどにもデジタル信号処理技術が導入されると同時に、電子部品は大規模なデジタル集積回路 (FPGA) に置き換わっている。これにより、工学系の学生であっても、デジタル方式のラジオの回路を理解して自作することが極めて困難になっている。このため、工業高校や高専の学生が、デジタル信号処理について学ぶ際に有効な教材を開発することが必要だと考えた。本報告では、学生らが興味を持って学べる教材として開発したデジタルフィルタ¹⁾学習用シミュレータ及び、デジタル復調処理学習システムの概要などについて報告する。

2. デジタルフィルタ学習用シミュレータ

信号処理において特に重要な機能であるアクティブフィルタの動作を視覚的に確認しながら学習できるシミュレータ教材を開発した。この教材は、表計算ソフト Excel 上で動作する。

2.1 アナログフィルタ オペアンプを用いた基本的なアナログフィルタをシミュレーションする機能である (図1)。学習者は、画面上に表示されたフィルタ回路の抵抗やコンデンサの値を設定して実行することで、回路の周波数特性グラフを確認できる。

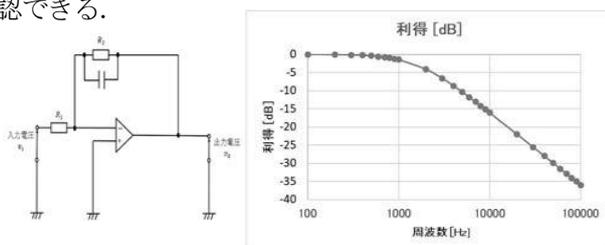


図1 アナログフィルタのシミュレーション例

2.2 デジタルフィルタ デジタル信号処理による FIR フィルタをシミュレーションする機能である (図2)。学習者は、カットオフ周波数とサンプリング周波数を設定して実行することで、タップ数を変化した場合の周波数特性グラフを確認できる。

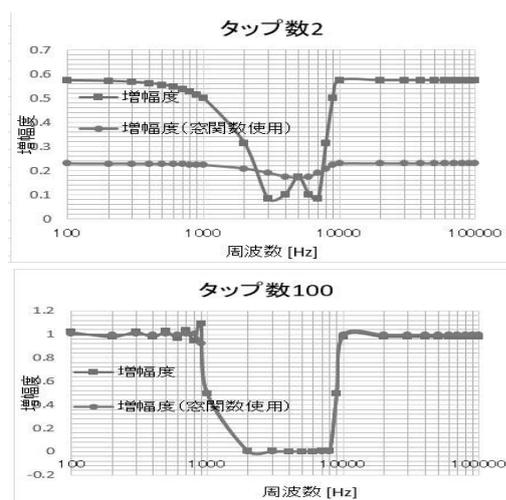


図2 デジタルフィルタのシミュレーション例

2.3 シミュレータの評価

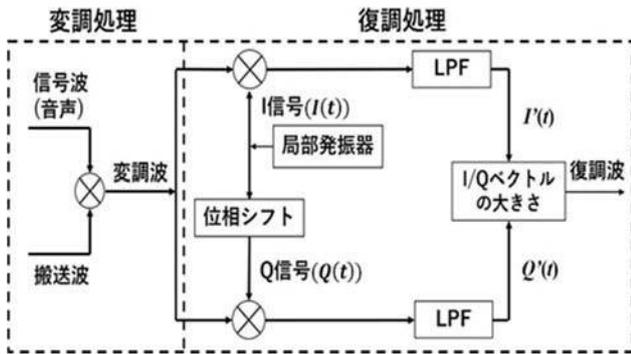
本シミュレータを高専電気情報工学科5年生の学生10名に使用してもらった。アナログフィルタについては、学生全員が講義で学んだため、基礎知識を有している。使用後には、大半の学生から「アナログフィルタとデジタルフィルタを比較しながら学ぶことができ、デジタルフィルタではタップ数とサンプリング周波数が重要な要素であることが学べた」という感想を得た。

3. デジタル復調処理学習システム

デジタルラジオ受信機におけるデジタル信号処理で重要な学習項目は、主に直交復調で用いられる I/Q 信号²⁾とデジタルフィルタである。本学習システムでは特に I/Q 信号の位相差が 90° (直交)であることの重要性について視覚的に学習できることを目的とした。

3.1 学習システムのブロックダイアグラム

図3に、学習システムのブロックダイアグラムを示す。この教材は、グラフカル言語 LabVIEW³⁾を用いて開発した。直交復調では、I/Q信号を用い図3 学習システムのブロックダイアグラムで変調波から信号波を取り出す。変調方式は、基本として重要な振幅変調 (AM) を扱った。



3. 2 学習システムによる学習

図4に、学習システムの操作画面例を示す。画面は、①の搬送波などのパラメータを設定する部分と②③の波形表示部から構成されている。また、初心者が学習しやすいように、④に処理に関する図や数式を交えた説明を表示している。

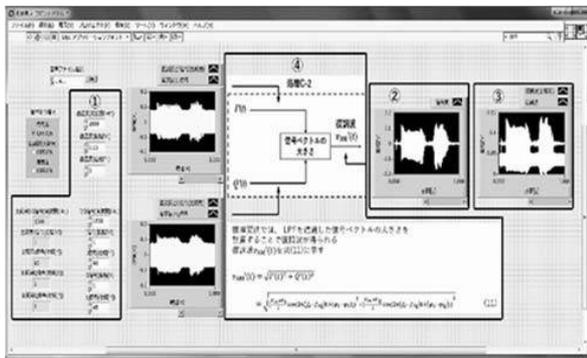


図4 操作画面例

変調処理では、信号波としての音声ファイルと搬送波のパラメータを設定することで、振幅変調波を生成する。表示される波形より、正しく変調波が生成されたかどうかを確認できる。また、復調処理では、生成するI/Q信号の位相を学習者が設定する。同時に振幅1V、周波数1500Hz、位相差 90° のI/Q信号も自動的に生成される。この自動的に生成される正しいI/Q信号と、学習者が設定したI/Q信号が復調処理に与える影響を比較できる。さらに、位相差を 90° に固定し、振幅と周波数を変化させた場合は、正しく復調できることが確認できる。これらの復調処理の様子は、表示波形に加えて音声でも確認できる。

図5に、復調処理の実行結果例を示す。②は信号波、③-Aは位相差が 90° の正しいI/Q信号による復調波、③-Bは学習者が設定した位相差（この例は 90° 以外）のI/Q信号による復調波である。

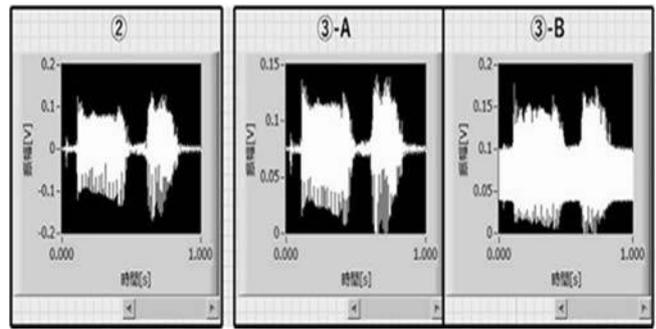


図5 復調処理の実行結果例

3. 3 学習システムの評価

本学習システムを高専電気情報工学科5年生の学生9名に使用してもらった。学生はデジタル信号処理についての知識がない初心者である。そこで、学習項目や操作手順が記載されている学習マニュアルを作成し、これに沿って操作してもらった。使用後には、以下の感想を得た。

- ・信号波や復調波の波形を表示するだけでなく、変調後や復調後の音声信号が再生できておもしろかった。(9名)
- ・復調におけるI/Q信号の位相差の重要性を理解できた。(8名)
- ・振幅変調の実験に、役立ちそう。(4名)
- ・式だけを示すのではなく、実際に数値を代入した結果を示してほしい。(3名)
- ・信号波に「こんにちは」という音声を用いたが、他の音声でも復調できるかを見てみたい。できるならより面白いと思う。(2名)
- ・4年次の振幅変調の実験の疑問が晴れた。(1名)

4. まとめ 学習者が興味を持って学べる教材として、デジタルフィルタ学習用シミュレータ及び、デジタル復調処理学習システムを開発した。試用してもらった結果、教材として有効であることを概ね確認できた。今後は、学習項目を増やし、デジタル信号処理を統合的に学べる教材としたい。

・謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会(JSPS)科学研究費助成事業 基盤研究(C)課題番号17K01058の助成を受けたものである。

・参考文献

- 1) 中村尚五：ビギナーズ デジタルフィルタ，東京電機大学出版局(1989)
- 2) 石井 聡：無線通信とデジタル変復調技術，CQ出版社(2010)
- 3) Robert H. Bishop, 「LabVIEWTM2010 プログラミングガイド」，アスキー・メディアネットワークス(2011)