

やる夫で信号処理は学べるか

— 東北大学機械知能・航空工学科における信号処理教育とウェブ教材 —

SIGNAL PROCESSING EDUCATION AND ONLINE MATERIALS IN DEPARTMENT OF MECHANICAL AND AEROSPACE ENGINEERING, TOHOKU UNIVERSITY

鏡慎吾¹

Shingo Kagami

東北大学 大学院情報科学研究科¹

Graduate School of Information Sciences, Tohoku University

1 はじめに

電気系、情報系の学科はもちろんのこと、他の理工系学科においても、デジタル信号処理を学ぶことの意義は大きい。実用的な観点での理由としては、あらゆる分野における計測装置・制御装置のデジタル化が進んでいることによる重要性の高まりが挙げられる。一方、フーリエ解析・ラプラス解析に代表される古典的な物理数学・工業数学の理解を深める上でもデジタル信号処理は格好の科目である。

本稿では、非電気系学科におけるデジタル信号処理教育の事例として、筆者が担当する東北大学工学部機械知能・航空工学科の講義「信号処理工学」について報告する。また、その補足資料としてウェブ上で公開している入門教材 [1] とその効果についても紹介する。

2 学科の構成と信号処理講義の位置づけ

機械知能・航空工学科は、機械システムデザイン、ナノメカニクス、航空宇宙、バイオロボットシステム、量子サイエンス、エネルギー環境に留学生向け完全英語コースの国際機械工学を加えた 7 コースから構成され¹、1 学年に約 250 名が在籍している。国際機械工学コース以外の学生は、第 5 セメスター (3 年前期) 開始時に各コースのいずれかに所属し、同時に研究室へも配属される。

デジタル信号処理を講義する科目が開講されたのは比較的最近のことである。2003 年度以降の入学者に対する 7 セメスター (4 年前期) の選択科目として「知能情報システム工学」が設けられ、筆者を含む 2 名の教員により 2006 年度から開講された。2009 年度より筆者 1 名でセメスターを通じて講義している。2011 年度入学者からは科目名が「信号処理工学」に変更され、2014 年度から現在までその科目名で開講されている。

7 セメスターという開講時期は、講義をする立場からすると扱いが難しい。多くの学生は卒業に必要な選択科目単位数のほとんどを 6 セメスターまでに修得し終えている。大多数の学生は大学院への進学を希望しているが、7 セメスターは大学院入学試験の直前の時期に当たる。このような事情も手伝ってか、受講人数は 20 名弱と少なく、最終的に期末試験を受けて単位を修得する学生は、年度によっては 10 名を割る。

¹2016 年 4 月より、機械システム、ファインメカニクス、航空宇宙、ロボティクス、量子サイエンス、エネルギー環境、機械・医工学、国際機械工学の 8 コースへの改組を予定している。

3 講義内容

前節で述べたような事情を考慮し、本講義では、デジタル信号処理の理論や技術自体を学ぶことよりも、デジタル信号処理という題材を通じて、フーリエ・ラプラス解析、線形システム論、制御理論といった機械系の学生にとって既習で馴染み深く、かつ大学院入試の準備にも直結する科目を新たな視点から見つめ直し、理解を深めることに主眼を置いている。内容は以下の通りである。

- (1) 序論
- (2) フーリエ級数、フーリエ変換
- (3) 離散時間フーリエ変換
- (4) 離散フーリエ変換、高速フーリエ変換
- (5) フーリエ変換の性質
- (6) 標本化定理とスペクトル解析
- (7) デジタルフィルタの基礎
- (8) ラプラス変換
- (9) z 変換
- (10) デジタルフィルタの解析
- (11) デジタルフィルタの設計

基本的には指定教科書 [2] に沿っているが、フーリエ級数、フーリエ変換、ラプラス変換などの復習を途中で挿入し、連続時間と離散時間の対比、時間と周波数の双対関係を強調しながら講義を進めている。

講義は基本的に板書で行っているが、スペクトルの視覚化や MATLAB によるフィルタ設計の実演、既習事項の復習など、一部の回ではプロジェクトも用いている。評価は期末試験により行う。

4 ウェブ教材

以上のような工夫を行ってきた結果、教科書とは異なる構成・内容の部分が徐々に増えていくようになり、独自テキストとしてまとめる必要性を感じるようになった。講義では PowerPoint 資料を印刷して配布していたが、スライド形式では伝えられる情報量に限界がある。

一方、ウェブ上では 2007 年頃から「やる夫で学ぶ…」などと題されたチュートリアルコンテンツが現われ始め、注目を集めていた。やる夫 (やるお) とは巨大掲示板 2ちゃんねる上で自然発生的に用いられるようになったアスキーアートのキャラクターであり、これを主要な登場人物とする会話形式あるいはストーリー仕立ての連続投稿を「やる夫スレ」²、それらを総称して「やる夫シリー

²「スレ」は thread の略で、掲示板板上の特定のトピックについて

ズ」などと呼ぶ。歴史、社会、法律、科学技術から、ゲーム等のサブカルチャに関するものまで、膨大な数の作品が、多くの場合は匿名の著者により公開されている。

その体裁を借りつつ、しかし中身は至って本格的なテキストになっている教材があれば、学生の興味を惹きつつ高度な教育ができるのではないかと考えた。生徒役であるやる夫と教師役のキャラクタとの会話形式で、講義では時間制約から説明し切れないところを丁寧に説明することとした。「やる夫シリーズ」と違ってアスキーアートによる挿絵は無いが、各キャラクタの性格や口調など、雰囲気はできるだけ再現するよう努めた。執筆は主として2011年度の講義の進行に合わせて行い、講義が終了する8月に一通りの内容が揃った。

反響は大きく、同年10月頃からTwitter等のSNSで爆発的に言及されるようになり、2014年7月時点で1533ツイート³、2015年12月時点で1192はてなブックマークを数えている。Googleで「信号処理」を検索すると、2016年1月時点でWikipediaに次いで2番目に表示されており、実際、ページビューのリファラの3割弱がGoogle検索である。月間のページビューは3万から8万ビュー程度の間で推移しており、9月のような長期休暇期間は少なく、期末試験の時期は多い。

SNSにおけるコメントを見ると、多くは本教材の奇異な体裁にのみ着目しているように見え、言及数やページビュー数のみをもって直ちに教育効果を押し量ることはできない。一方で、よく読んだ上で内容を好意的に評価していると思われる読者も少なからず存在する。その多くは理工系の現役学生であるようだが、社会人や、コンピュータ音楽の愛好家(あるいはプロの方)からの反響も大きい。

ネガティブなコメントとして多いのは難易度の高さを指摘する声である。そもそもの対象読者が東北大学の4年生であるため、数学等についての基礎学力の要求が高めに設定されていることは否めない。後の章に進むにしたがって難易度や進行速度が上がることも多数の読者から指摘されている。より発展的な内容を扱う章である以上しかたない面もあるが、基本的には筆者の力不足による。また、このような奇異な体裁や口調のテキストを嫌う人も多いはずであり潜在的読者を失っている面がある一方、逆に「アスキーアートが無いならやる夫を登場させる意味がない」といった声もあり、幅広い読者層の期待に応えることの難しさを感じている。

ウェブ教材への注目が講義の受講者増加にもつながることを少し期待したが、その効果は皆無であった。体感的にはむしろ減っている。ウェブに全講義内容を公開してしまったことにより、受講の動機をさらに失わせてしまったのではないかと懸念される。

5 わかりやすい解説を目指して

講義や教材執筆にあたって意識的に心掛けたことは、新しい概念や定義の導入時に、その必要性を丁寧に説明の一連の投稿がまとまったものを指す。

³Twitterはツイート数の表示を2015年11月に廃止しており、現在までの正確なツイート数は不明である。

することである。説明を簡潔かつ厳密にしようと思うと、「このような定義を導入する」→「するとこのような性質が導かれる」→「このように応用できる」という順序で論ずるのが効率的である。しかし効率性と読者にとってのわかりやすさは必ずしも一致しない。特に応用指向の読者にとっては「このような応用がしたい」→「よってこのような性質を持つツールが必要である」→「このように定義するとそれが満たされる」という逆向きのプロットが理解の助けになることも多い。

具体例を挙げると、多くの教科書ではたたみこみをまず定義し、変数置換によりたたみこみ定理を証明する。その後、それらの線形システム論への応用が述べられる。しかしたたみこみの定義は一見複雑であり、その意味をつかみ損ねる初学者は多い。筆者の講義と教材では、まず線形時不変システムの入出力関係を記述するものとしてたたみこみを導入し、周波数応答の概念を用いてたたみこみ定理を説明している。

このようなプロットの逆転は、必ずしも簡単には行えない。先の説明に出てきた矢印(→)が必要十分条件とは限らないからである。著者から見てこれが簡単に行えないということは、読者にとっても理解しにくい箇所であることを示唆する。

例えばラプラス変換は、多くの教科書では、フーリエ変換が収束しない関数への適用を可能とするための拡張として定義され、その性質が定理として証明された後、微分方程式論や線形システム論への応用が述べられる。ところが、なぜそのような応用が可能になったのかは今ひとつわかりにくい。その最大の原因は、「適用できる関数のクラスを拡大したこと」が、微分方程式論・線形システム論への応用を可能とした本質的な要因ではない点にあると考える。しかし、この点をクリアに説明する逆転プロットを提示するのは筆者には難しかった。

代わりに、定石通りに定義・性質から議論を始めつつ、なぜ線形システムの解析にそのような定義が必要だったのかを段々と解き明かしていく構成を取った。ウェブ教材ではその間、生徒役のやる夫は随所で「わからない」とぼやき続けている。これにより読者に「今はまだわからなくて大丈夫」というメッセージを送り続け、肝心の説明にたどりつく前に脱落することを防ぐよう努めた。

同様に、典型的な誤解の例示や、素朴な疑問と解決の提示など、会話形式であることが役立つ局面は多い。

6 おわりに

筆者が担当する信号処理講義とウェブ教材について紹介した。会話形式の教材は、冗長さという大きなデメリットがある反面、うまく活用すれば読者の理解の助けになる。その試みがうまくいっているかどうか、是非ウェブ教材をご覧頂き意見交換させて頂ければ幸いです。

参考文献

- [1] 鏡 慎吾: やる夫で学ぶデジタル信号処理, 東北大学講義補足資料, <http://www.ic.is.tohoku.ac.jp/~swk/lecture/yaruodsp/main.html>. (as of 2016/01/06)
- [2] 樋口 龍雄, 川又 政征: MATLAB 対応 デジタル信号処理, 森北出版, 2015.