

# 応用数学授業における, ICT 活用の実践 \*

堀内 泰輔\*\*

## Practice of ICT Equipment and Software in the Subject of Applied Mathematics

HORIUCHI Taisuke

In this article, we introduce some ICT practical use examples that can apply to a subject of applied mathematics. At first, we introduce the use of liquid crystal pen tablet. This sponsors a handwriting function with a pen in slide show of tasteless PowerPoint. Next, the use of remarkable numerical formula processing software is introduced. We introduce "Maxima" of free software and perform suggestion as an assistance tool of a calculation exercise of a student in scenes such as a definite integral, Laplace conversion, and partial fraction development. In addition, a graphical technique by Excel and a voice synthesis language by "PureData" are introduced. This makes full use of a pronunciation function and an FFT operation function.

**キーワード:** 応用数学, ラプラス変換, フーリエ変換, 液晶ペンタブレット, Maxima, Puredata

### 1. ま え が き

PC やインターネットなどの ICT 技術の発展に伴って, あらゆる教育機関において, ICT 活用教育が叫ばれるようになって久しい. 高専においても, 情報処理教育以外の科目において本格的な ICT 活用がなされるようになってきている.

しかし, 数学関連の授業にあっては, ICT 活用が教育に有効なことはわかっていても, 実際には限られた授業時間内での実践は困難なのが実情であろう. そこで, 筆者は昨年度より, 従来の情報処理教育に加え, 上級学生向けの応用数学関連の授業を担当することになったのを機に, いくつかの ICT 活用の試行を開始した.

本論では, 応用数学の授業に適用可能ないくつかの ICT 活用事例を紹介する. 第一は液晶ペンタブレットの利用であり, 無味乾燥なパワーポイントのスライドショーにペンによる手書き機能を提供する. 第二は進展が著しい数式処理ソフトの利用であり, フリーの Maxima を紹介し, 定積分, ラプラス変換, 部分分数展開などの場面で学生の計算練習の補助ツールとしての提案を行っている. 他に, Excel のグラフ化機能や PureData という音声合成言語の発声・FFT 演算機

能を駆使した, 波形の可視化や可聴化のための紹介を行う. これらの手法を紹介するとともに簡単な評価を行う.

### 2. ICT 活用の目的について

筆者が担当する科目名は「フーリエ解析」と称し, 4年生向けにラプラス変換, フーリエ級数, フーリエ変換を教授するものである.

これらの内容の教授目的は, 大きく分けて2つに大別される.

- (1) 変換公式の誘導や証明
- (2) 変換公式を用いた, 計算練習

このうち(1)は, 従来の板書による講義に加えて, パワーポイントを用いて誘導・証明の流れをつかみやすくすることが考えられる.

ただし, スクリーンを見せるだけのパワーポイント利用だけでは, 学生の睡眠を誘引する引き金となるため, 手を動かさせる工夫や, インパクトのある画面展開が必要となる. このようなことから, 本校では情報教育センターが中心となり, パワーポイントのスライドに手書きが可能な, 液晶タブレットを試行的に導入したため, これを用いることとした. これについては, 3. で述べる.

一方の(2)については, 学生がノートでしっかり問題

\* 2006年8月22日 第26回高等専門学校情報処理研究発表にて一部を発表

\*\* 一般科准教授

原稿受付 2007年5月21日

を解くことが求められる。しかし、このレベルの数学になると、1問を解くのにかなりのステップを要し、途中で計算ミスをおかすとなかなか正解に到達できず、計算ミスを見つけることに大量の時間を要してしまうことは大きなロスである。

そこで、コンピュータの高速化に伴って進展してきた数式処理システムを計算に援用することを考えた。これを用いれば、任意のステップでの計算の正当性を効率的にチェックできる。これについては、4. で述べる。

### 3. 液晶ペンタブレットの利用

液晶ペンタブレットとは、専用のペンを用いることで液晶画面から直接入力することができる、タッチパネル液晶モニター的一种である。授業で利用したのは、Wacom の DTU-710 (図1) であり、SXGA (1280×1024 ドット) 対応のフルカラー表示の 17 型 TFT 液晶ディスプレイである。これには、パワーポイントのスライドショーに特化した手書き機能のほか、スクリーンをデジタル黒板として利用できる手書き板書機能なども付属ソフトとして実現している。

本授業においては、単にパワーポイントのスライドを見せるだけでなく、部分的に空欄を設け、その箇所に手書きで数式や値を書き込むと同時に、学生には、予め配布した紙資料に埋めながら進ませるようにした。

### 4. 数式処理システムの現状と選定

著名な数式処理システムの歴史を表1に示す。従来は有償で高額だったシステム（たとえば、Mathematica や Maple）も、無償で高度な計算まで可能なものが多く作成され、インターネットによって流布されるよう

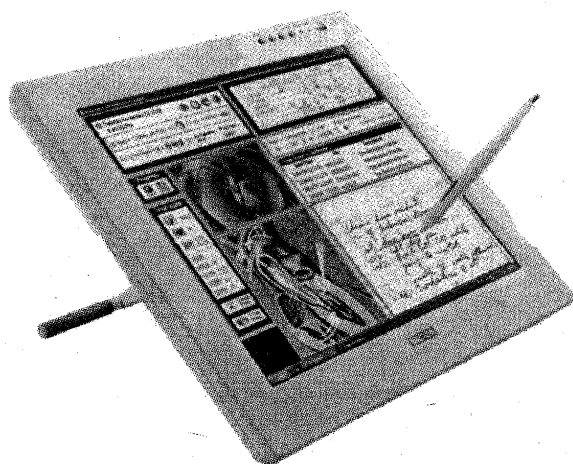


図1 液晶タブレット

になった。今回はこれらの中から、MuPAD と Maxima をその候補に挙げた。

前者の MuPAD は、記号演算および数値計算を行うオープンな統合環境を持つ数式処理システムであり、有償であるものの、教育目的であれば無償に使える light 版を筆者も愛用してきた。機能的には、ラプラス変換はないものの、フーリエ級数・変換が計算可能である。しかし、無償版が、昨年秋から消滅し、学生の利用は困難な状況となった。

次に検討したのは、Maxima である。これは、MIT によって開発された Macsyma を元に、GPL の下に配

表1 数式処理システムの歴史

システム名	年	開発者	国	開発場所
REDUCE	1966	A. Hearn	アメリカ	スタンフォード大学
CAMEL	1968	D. Barton	イギリス	ケンブリッジ大学
MACSYMA	1969	J. Moses 他	アメリカ	MIT Laboratory for Computer Science
Maxima	1970年代	W.F.Schelter	アメリカ	MIT の Macsyma system
SCRATCHPAD	1971	J. Griesmer	アメリカ	IBM
muMATH	1979	D. Stromyer	アメリカ	ハワイ大学 A.Rich
Maple	1980	S.Watt	カナダ	Waterloo Maple Inc.
SMP	1981	S. Wolfram	アメリカ	カリフォルニア工科大学
MathCad	1984		アメリカ	MathSoft Inc.
MATLAB	1984	Moler	アメリカ	MathWorks
Octave				MATLAB のクローン
Scilab			フランス	Inria 研究所
Mathematica	1987	S. Wolfram 他	アメリカ	イリノイ大学
LISP-STAT	1989	Luke Tierney	アメリカ	ミネソタ大学 統計学部
MuPAD	1989	Prof.B. Fuchssteiner	ドイツ	the University of Paderborn
Derive		David Stoutemyer	ハワイ	Soft Warehouse 社
Risa/Asir	1989	竹島卓ほか	日本	富士通研究所
Cinderella		Prof. Ulrich Kortenkamp	ドイツ	JAVA で記述された二次元幾何学ソフト

布されるフリーソフトウェアの数式処理系であり、ほとんどの OS で利用できる。そしてこちらは、ラプラス変換が可能であり、フーリエ関連機能も部分的に利用可能になっている。

### 5. Maxima の授業への適用

授業の最初に行うラプラス変換では、問題のパターンは以下のように類別される。

- (1) 定義による定積分
- (2) 公式を用いたラプラス変換
- (3) 公式を用いた逆ラプラス変換
- (4) ラプラス変換を用いた常微分方程式の解法

このうち、(1)ではMaximaでの定積分機能を解説し、手計算の結果を照合させた。また、(2)と(3)では、それぞれ、laplace と ilt という専用の変換関数が用意されているので、問題の答え合せや、教科書には出てこない関数のラプラス変換を行わせてラプラス変換のイメージをより鮮明なものにできるよう配慮した。さらに、(3)や(4)では計算量の多い部分分数展開が必要となるが、Maximaには専用の partfrac 関数があるので、これを答え合せ用に使用させた。

以上の Maxima の利用例を図 2 に示す。

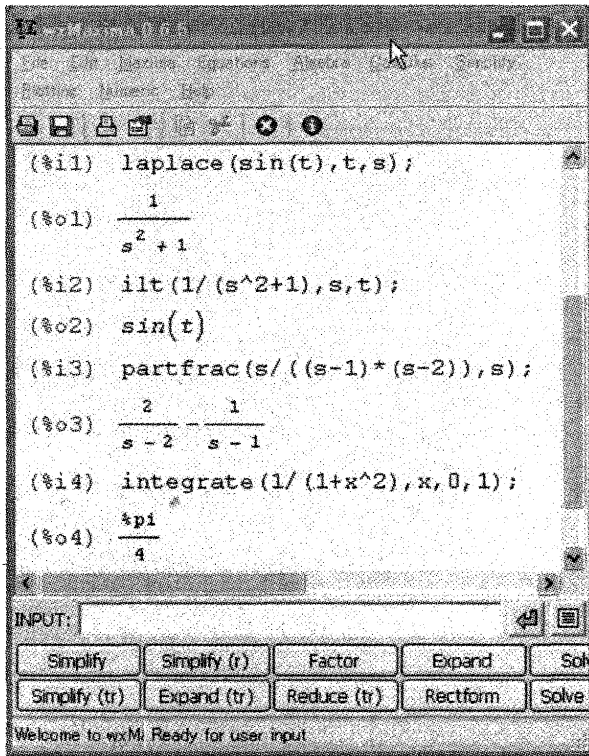


図 2 Maxima の利用例

### 6. フーリエ級数の可視化と可聴化 (PureData)

ラプラス変換やフーリエ変換などの変換操作では、結果をグラフ化してもあまり意味がない。これに対して、フーリエ級数ではその性質上、グラフ化は非常に有効であり、手計算で求めた級数のグラフを作成することで、極めてビジュアルな理解が得られる。

本授業では、このような可視化を Excel を用いて行うこととした。任意のプログラミング言語で行うことも可能だが、関数や項数のリアルタイムな指定が柔軟にでき、学生の Excel との親しみやすさもあり、必要にして十分と思われる。

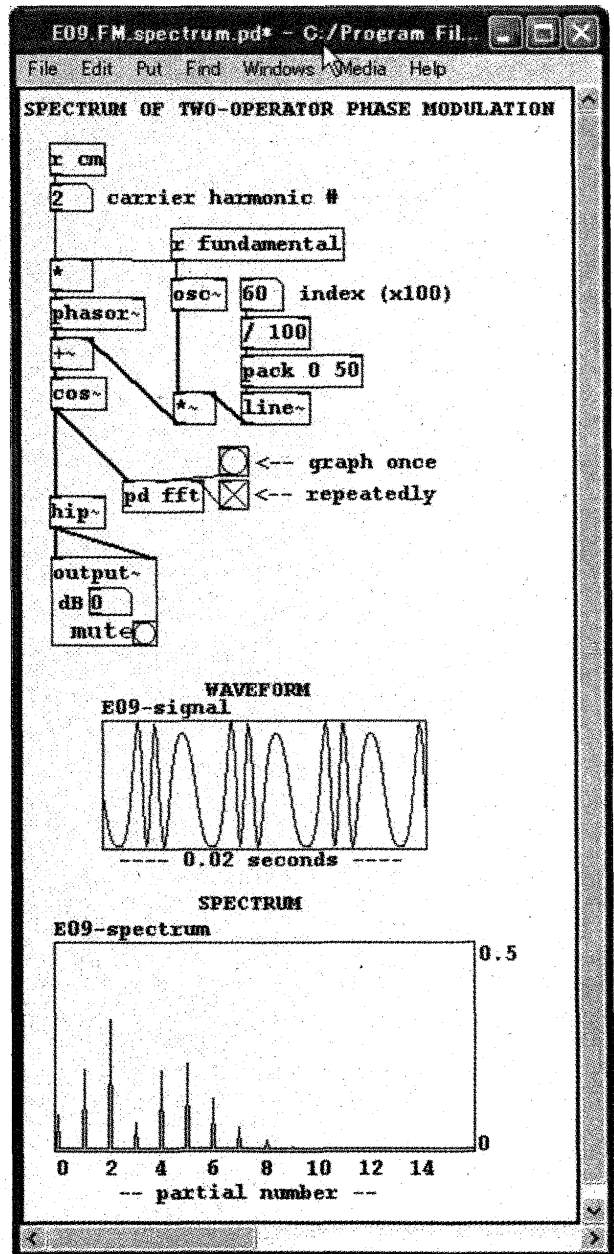


図 3 PureData のプログラム例

さらに、原関数とフーリエ級数の波形を見るのみならず、音として実際に聞いてみることも非常に有益と思われる。これにも、wav ファイルとしてファイル出力するための API が公開されているので、Excel でも可能であるが、音声・楽音合成・出力に特化した専用言語を用いることでより柔軟となる。このようなものとしては、市販品では Max, フリーソフトでは PureData が著名である。図 3 には PureData を用いて、リアルタイムに入力可能な任意の原波形を聞きながら、FFT 変換したグラフを画面表示するプログラムを示す。

## 7. 授業への適用と評価

以上紹介したものについて、授業で試行した。本授業では毎回 A4 レポート用紙 1～4 枚程度の分量の問題を解かせ提出させているが、感想の記述を義務付けた。

今回の試行は、教える側からすると、できるだけ効率的、効果的に教科書内容（本文や例題）を教授し、空いた時間で学生のノートへの問題練習を意図したものであったが、意外にも、これらの試行内容を良しとしない感想が目立った。比較的多かった感想を以下に羅列する。

- ・ 液晶タブレットのスクリーンが黒板に比べて狭いので、すぐに消されることが多く、ノートが取れない。
- ・ 穴埋め方式のパワーポイント授業では数学は理解できない。やはり、板書が良い。
- ・ Maxima は面白いが、数学の授業内で行うことには抵抗がある。その分、演習時間が減るから。

但し、後半に行ったフーリエ級数/変換でのフリーソフトの活用（Excel によるグラフ化、Puredata による発音と FFT 分析、3 次元グラフ化ソフトによる偏微分方程式の解の可視化など）については、単に黒板に書く以上の効果が得られるため、学生の評価は高かった。

## 8. おわりに

今回の試行の感想そのものからすると、「数学の授業にはやはり黒板への板書が一番。」という結論となるが、伝統的な数学の授業に学生は長い間慣らされてきた結果、突然の授業スタイル変更についていけない、という構図も考えられる。

筆者の専門は情報処理教育であり、数学の担当教員ではないことを逆に利用しての今回の試行となったが、長い目で見れば数学という科目でも有効な ICT 活用は十分にできる余地があると思われる。

「数学の授業が楽しい。」という、これまであまり聞かれなかった学生の反応が現実のものとなるよう、新たな試行錯誤を続けていきたい。

## 参考文献

- 1) 井川俊彦：「連載 数学ソフトを使おう」, 数学セミナー, 日本評論社, (2005.9-10, 2006.2-3)
- 2) 中川義行：「Maxima 入門ノート」,  
<http://www.eonet.ne.jp/~kyo-ju/maxima.pdf>
- 3) Miller Puckette：「Theory and Techniques of Electronic Music」, <http://crca.ucsd.edu/~msp/techniques.htm>
- 4) Wacom(株)：「wacom | 液晶ペンタブレット | DTU-710」,  
<http://tablet.wacom.co.jp/products/cintiq/dtu710>