

Ms-Officeによる数式の可視化と工学部向けコンピュタリテラシーに関する考察

當金 一郎*

A study of making numerical formula visibility using MS-Office and education on computer literacy for the department of engineering science

Ichiro Tokin

As progression of information technology in recent society, it become necessary for all workers, not only office clerks also engineers, to possess "Information Utilizing Capability", consist of "Information Retrieval Capacity", "Communicative Competence", and "Information Processing Faculty". "Information Retrieval Capacity" is straightforwardly the capability that search and obtain his needed information and knowledge using Inter-net(World Wide Web, Gopher etc.), and "Communicative Competence" is to communicate with other people by E-mail. And "Information Processing Faculty" is to take possession of useful information by analyzing accumulated data. So that the theory on Database and Statistics are lectured generally for students at the department of economics or the department of commercial science of university. However, especially for engineers or students of the department of technology, more important and interesting thing about information processing are how to make numerical formula and phenomena of engineering science visibility, and to make plans and draft shapes efficiently, easily, and beautifully. For example, CAD, Computer Aided Design, is indispensable subject for all developments of technology, Architecture, Machinery engineering, Electronic engineering etc.. On the other hand, these software for CAD, or analyzing phenomena, or programming language are not so cheap, that up to this day the education of these software are provided by using Main-Frame Computer, and Engineering-Work-Station, and Desk-Top Personal Computer within the building of university. Because of discount of personal computers and diffusion of "mobile computer" recently, however, it become able to educate those things by using each student's computer, and necessary to do under his circumstances for getting skillful on those theories and techniques. One way for these situations is to use Free-Software. But there are not so many useful one for those purposes. The other way is using Pre-install Software of these computers. This paper describes methods on using MS-Office for making several numerical formulas of engineering science visibility and effects for lectures of computer literacy in this year.

1. はじめに

本学（第一工業大学）では本年度（平成11年度）よりノートパソコンを学生全員に配布してコンピュタリテラシー教育を実施することとなり、電源コンセン

トおよび情報コンセントを196設置した教室が準備され、学科毎に分かれて1年間の通年講義が行われた。

コンピュタリテラシーとは「情報活用能力」の事であり、理系・文系に関係なく社会人として必須の教養として身につけておかなければいけない「一般情報処理能力」を指すが、特に工学系においては「情報の

* 電子工学科

収集・解析」と共に、「設計・製図」を効率的に行う、あるいは数式等で表現された事象や現象を可視化するツールとしてコンピュータを利用する能力が求められる。

これまで本学に入学してくる学生のパーソナルコンピュータ(PC)所持率は、電子工学科で概ね40%未満であり(表1)、最近のPCそのものの価格の下落、自作パソコンのブームおよび商用インターネットの普及等の原因で年々その率が上がって来てはいるがまだ全員が所有している状態には至っていなかった。

従ってこれまで学生に対しては、デスクトップパソコンを設置した教室を用意して、「電子計算機通論」をはじめとする諸処の講義においてこれを用いて情報処理教育を行っていた。

このデスクトップパソコンを用いた教育の利点は、教育に必要なソフトウェアを台数分用意するだけで良いことであり、同じPCを用いて複数人の教育が行える点である。

一方欠点としては、学生が常時PCを利用する環境にない為、十分なスキルが身に付くまでPCを使わせられないということであった。

実際に電子工学科では2年生時に1年間コンピュータ言語(Fortran, C言語)の講義を実施しているにもかかわらず、4年次でプログラミングのある程度のレベルで行える学生は数%にすぎなかった。

一方今回1年生全員に配布したノートパソコンでは、学生全員に同じソフトウェアを強制時に用意させる必要はあるが、十分なスキルを身につけて社会に送り出す教育が実施できる可能性がある。

学生全員に同じソフトウェアを用意させる一つの手段としてはフリーのソフトウェアを利用することがあり、現状では表2のようなソフトウェアが教育用で利用できる。

もう一つの手段として考えられるのがPCにプリインストールされているソフトウェアを有効利用することであり、現在学生に配布されているノートパソコンにはこの目的でMS-OfficeとOutlook Expressがバンドルされている。

このうちMs-Officeに含まれるExcelとPowerpointは潜在能力が高く、効果的に活用することで、工学上で出現するさまざまな現象を比較的簡単にかつ動的に表現する事ができる。

これらの物理現象は通常数式(微分方程式、複素関数、ベクトル方程式等)で表現されるが、これを理解

Table 1 本学電子工学科におけるパーソナルコンピュータの所持率(2年次)

	調査数	所持数	所持率
平成8年度	182	25	13.7%
平成9年度	264	42	15.9%
平成10年度	105	41	39.0%

Table 2 代表的フリーソフト

言語ソフトウェア	GNU gcc (C言語)
CADソフト	JW-CAD
文書整形システム	LaTeX

するにはかなりの数学的素養を必要とし、限られた講義時間の中では十分理解させることが困難な場合が多い。

また、数式で表現された現象は、時間的な変動がどうか、パラメータの違いにより挙動はどう変わるのか、それは連続的なものなのかあるいは特異点が存在して突然状況が変わるのかは体感しにくい。

テキストも含めて講義では簡単なかつほんの一部の現象を紹介しているにすぎず、次元数、パラメータ数も低い場合がほとんどである。

企業等で実際の事象を解析する場合においてグラフィックスが頻繁に用いられているが、現象の理解においては大学での教育においても同じであり、できる限り目に見える形で学生に提供する必要がある。

しかし企業等で用いられるのと同様にこれを行おうとすると、プログラミング言語を用いてこれを描かせなくてはならず、言語自体の習得の他に画面の座標系の定義やコンピュータグラフィックの知識が必要になる。

プログラミングのスキルを向上させるのは通常の講義だけでは難しいことを考えあわせても全員にこれを期待するのは困難である。

また Mathematica 等の数式作成ツールを使う場合は言語自体の習得、CGの知識等は必要とされないが、ツール自体が高価であり、またツールの習得にプログラミング言語ほどではないにせよ若干のスキルが必要とされる。

一方これに対して Excel を用いた場合は値の変動が目に見え、何よりバグ等を発生することの心配がない。

従って今後さまざまな講義において学生全員にノートパソコンを持参させ、直接的に数式を提供しその挙

動を学生自身に確認させることで、その理解を深めさせることが可能になると考えられる。

本年度これらのツールを用いた教材を作成し、またそれらを用いた教育を行ってその表現力に関する効果を実証したので、以下これについて報告する。

2. Excel を用いた助変数表現式の可視化

通常、 $x = x(t)$ 、 $y = y(t)$ 等で表現される助変数表示は

① x, y の変動が単純な関係式で $y = f(x)$ として表現できない場合の支配方程式 $F(x, y) = 0$ の挙動

② z 平面から w 平面への等角写像

$$w = f(z) = u(x, y) + iv(x, y)$$

等における (x, y) の挙動に対する (u, v) の挙動等で用いられる。

例えば①の例として電子工学で現れるリサージュ法での交流波形の解析が、②の例としては航空工学における「ジューコフスキーの翼」の解析等が挙げられる。

(図1, 図2)

これらの数式を Excel を用いて可視化することの一番の merit は学生が自分でパラメータを調整しながら、式の持つ意味を体感できることであり、また部分的なグラフ化を行うことにより、特に工学上頻繁に登場する時間 t の関数で、その動きを動的に捉えられる事である。

特に複素関数は一般的に $2 \times 2 = 4$ 次元であるため、 z 平面での (x, y) の振る舞いと w 平面での (u, v) との対応が見えにくい側面があるが、この方法によりこれがイメージできるようになることが期待される。

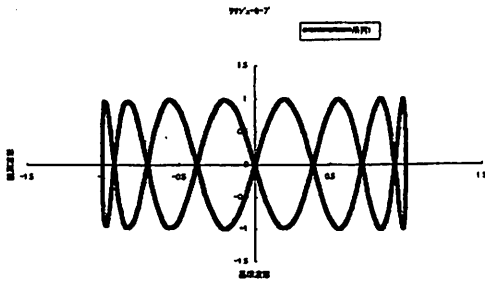
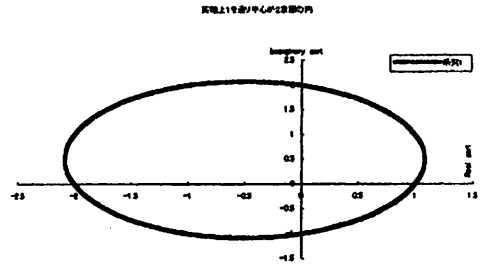
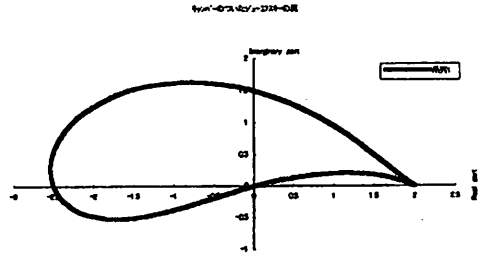


Fig 1 リサージュカーブ ($n_y/n_x=8$ $\theta=\pi/4$)



z 平面上の中心を第2象限に取った単位円



w 平面上ののキャンバーのついたジューコフスキーの翼

Fig 2 等角写像 $\zeta = z + 1/z$

3. 2変数関数の表現

2変数関数としては例えば

① 1次元波動方程式 $\nu^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ の解

$$u = A \sin(\omega t \pm kx) + B \cos(\omega t \pm kx) \quad (\text{図3})$$

② 鞍点を生じさせる関数

$$z = x^3 - 3xy^2 \quad (\text{猿の腰掛け}) \quad (\text{図4})$$

等がある。

Excel でこれを描かせる場合、データを算出する数式を相当するすべてのセル上に配置しなければならないが、図5に示した様に絶対番地と相対番地を組み合わせることで表現して、その後には式をコピーする事で比較的簡単にデータが作成できる。

具体的な x, t の変動に対する u 値が直接求められると同時に、この場合の merit は描かせたグラフを自由な角度から眺められることである。

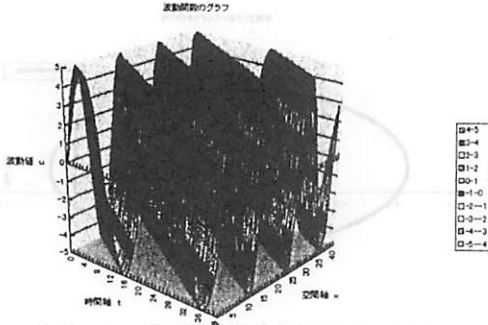


Fig. 3 $u = A\sin(\omega t \pm kx) + B\cos(\omega t \pm kx)$

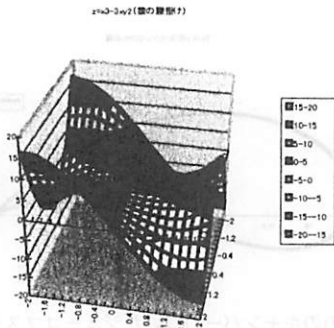


Fig. 4 $z = x^3 - 3xy^2$

	x_0	x_1
T0	$\sin(\omega * t_0 \pm k * x_0)$	$\sin(\omega * t_0 \pm k * x_1)$
T1	↓	↓
T2		

※ x : 空間軸 t : 時間軸

Fig. 5 2次元空間での式のコピー

①の方程式は電子工学における電信電話方程式の特別な場合として得られるが、通常の式を示すだけに比べて空間的な振動が時間と共に伝わっていく様子がイメージできる。

また特に②のような鞍点をもつ関数は非線形計画法を用いて問題を解く場合によく登場するが、局所解と最適解の意味を学生に知らしめる意味で効果大きい。

また特異点等で激しく変動する関数の観察にもこれは有効であると思われる。

4. 偏微分方程式の挙動観察

微分方程式、特に2階偏微分方程式は工学全般で頻繁に登場するが、これを可視化してその挙動を観察する場合、一般的に差分法、有限要素法、境界要素法等の数値解析手法を用いてプログラミングを行わなければならないが、通常の講義の中でこれらの1つ1つを示すのは容易ではない。

特に時間 t での変動を伴うような例においては顕著である。

一方、Excel は基本的に各シートが2次元平面を実現しているうえ、シートを重ね合わせる事で時間的な変動を扱うことが可能になる。

また、微分方程式を実際に解く場合には初期条件と境界条件を規定して数値的に解くことが一般的であるが、Excel を用いることでその状態を明確に捉えさせる事が可能になる。

なおこの際解法は差分法の陽解法を用いることになり、解の不安定性が発生する可能性が大きいですが、教育的な観点からは初期状態から微小時間の変動を追求することにより「数式の持つ意味」を伝えることが重要であるといえる。

差分法の陰解法、あるいはFEM、BEMを用いることも当然可能であるが、これにはVBAを使用せねばならず、基本的にプログラミングを行わせる事と同様になる。

より厳密な解、あるいは長時間の解析を行う場合は当然安定性のある解法を用いなければならないが、それを行わせるのは時間をかけた講義が行える状況、たとえば卒業研究等で実施する事が良いと考える。

(例) 2次元拡散方程式 $\frac{\partial u}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$

$0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq t \leq \infty \quad \kappa = 0.07$

を

(初期条件) $u(x, y, 0) = 0$

(境界条件) $u(0, y, t) = 0, u(1, y, t) = 0$

$u(x, 0, t) = 0, u(x, 1, t) = 4x(1-x)$

で解く。

刻み幅 $\Delta x = 0.1, \Delta y = 0.1$ として、発散を押える為の Δt の条件は

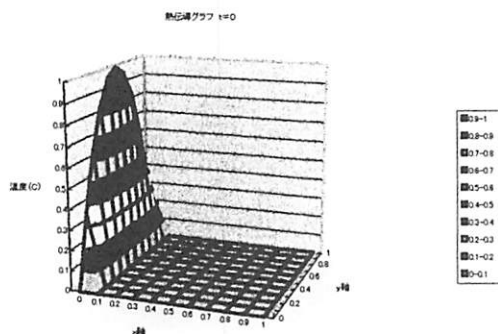
$$\Delta t \leq 1/2 \times \left[\kappa \times \left\{ \frac{1}{(\Delta x)^2} + \frac{1}{(\Delta y)^2} \right\} \right]^{-1}$$

である。

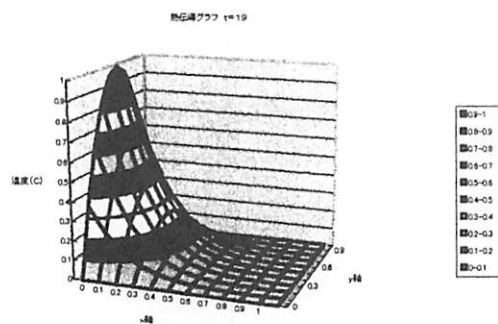
上記の条件では $\Delta t \leq 0.357142$ となり、例えば $\Delta t = 0.3$ としてシミュレーションを実行すれば安定する。

シートは1枚が256×65536の大きさであり、また搭載しているメモリの容量にもよるが、最大で256枚のシートが使用できる。

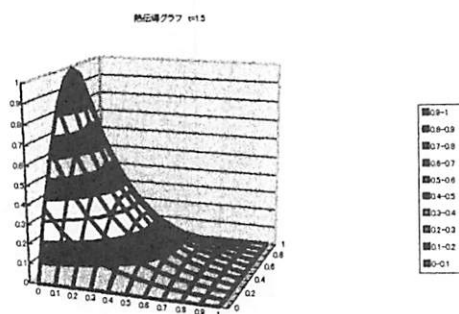
前記条件でこの資源を考えれば1枚のシートを1演



(1) $t = 0.0$



(2) $t = 6.0$



(3) $t = 15.0$

Fig. 6 $\frac{\partial u}{\partial t} = \kappa \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right)$ の解

算時間で使用したとしても、 $255 \times 0.3 = 76.5$ 秒のシミュレーションが実行できる。

これをごく一般的な差分方程式を用いて解いた結果を図6に示す。

またこれらを描かせたグラフをPowerpointのスライドの上に重ねていくことによりその変動を動画として観察することができる。

Powerpointはプレゼンテーションツールであるが、その上にはパソコンで扱うことのできるほとんどのコンテンツを載せることができ、またこれを動的に処理できるため、教育で用いる効果は大きいといえ、今後の各授業での利用が期待される。

5. あとがき

本論文では今年度1年間に実施したコンピュータリテラシー教育の内容を中心に、今後の本学でのコンピュータ利用に関する提言を行った。

今後、本学も含めて教育内容はますます「高度」であつ「現実に即した内容」を「わかりやすく」「実践力として身につけることが可能な形で」提供することが大学に求められてくると思われる。

また同時にいかにコンピュータを利用した教育が行えるかも問われてきている。

その際にはこれまでとは異なる形態での対応が必要になってくることが考えられ、本論文がその際の幾分かの助けとなれば幸いである。

参考文献

- 1) 社情報処理学会：大学等における一般情報処理教育の在り方に関する調査研究（平成4年度報告）
- 2) Robert T. Jones; 翼理論, 日刊工業新聞社 pp17～25
- 3) 河村哲也; 応用偏微分方程式, 共立出版, pp77～95
- 4) 富山薫順 他; 現代工学のための波動方程式の解き方, 現代工学社, pp114～117