小山工業高等専門学校研究紀要
第　39　号（2007）11－18

表計算ソフトエクセルの基礎数学教育への活用方法の紹介

The introduction of the methods for computation of fundamental mathematics by Excel.

玉木　正一
Masakazu TAMAKI

1. 数学の書式

現在のような数学の式の書き方は、中世ヨーロッパに始まったと言われている。当時は商業簿記が急速に発展して、貸借表などの会計的な技術も発展した。等号の様に両辺のバランスを重視する行き方である。貸し方、借り方の２カ所ではあるが、データの連結が明示されている。それまでの、論理的な証明、推論とは違った、フィードバックの視点が確立されたのである。

エクセルでは、データの連結は縦横無尽で、初期の貸借表とは比較にならない。推論、観察の奥が深いのである。この奥の広さを、数学の抽象概念の心理的な理解に使っていく事は出来ない物であろうか。（概念の習得こそ教育の主要部分であり、いかに難しくともやり遂げねばならない。）

この為のエクセルの便利の良い使用方法がある。ここでいくつかを紹介していきたい。

２．分数計算、除法

普通の分数計算が出来ない大学生がいるそうである、彼らといえども電卓で四則計算が出来る。通分などデータの連結の処理が上手くできないのであろう。分数式になれば、文字式の係数も考えなければならない。エクセルで、分数式のデータの連結を計算してしまえば、この様な困難は大幅に減少する。人間の得意な事は、パターン認識である。機械には難しい、顔の表情を読み取ってしまう事は、元々人間に備わった能力である。機械にこれをアシストさせれば良い。

先ずは、組み立て除法で１次式の計算をする。

$$(x^4-2x^3-20x^2+23x+13)\div(x-5)$$
$$=x^3+3x^2-5x-2\ldots\ldots3$$

図１

授業で習うのは図１の形式であるが、これを係数だけ、書き出したのが、組み立て除法である。これを、エクセルで行うと、

AVERAGE ▼ × ✓ = +C4*A2

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	5		1	−2	−20	23	13
3				+C4*A2			
4			1				

図２

更に続けると

D3 ▼ = =+C4*A2

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2	5		1	−2	−20	23	13
3				5	15	−25	−10
4			1	3	−5	−2	3

図３

商の係数は最下段にあり１，３，－５，－２で余りは３である。この係数の裏に、隠れている文字式を認識する事、それが、抽象概念を習得する事になる。

これを続けるとテーラー展開となる。

1							
2	5		1	−2	−20	23	13
3				5	15	−25	−10
4			1	3	−5	−2	3
5				5	40	175	
6			1	8	35	173	

2	5		1	−2	−20	23	13
3				5	15	−25	−10
4			1	3	−5	−2	3
5				5	40	175	
6			1	8	35	173	
7				5	65		
8			1	13	100		
9				5			
10			1	18			

図４　図５

影の部分を繰り返し下に貼り付けて行くと、図５の最も下の段の結果を得る。
これは、

$$x^4-2x^3-20x^2+23x+13$$
$$=(x-5)^4+18(x-5)^3+100(x-5)^2+173(x-5)+3$$

図６

の様にテーラー展開されている。
　差分方程式でも同様の計算を行う。

$$\Delta x^{(3)}=(x+1)(x+1-1)(x+1-2)-x(x-1)(x-2)$$
$$=3x(x-1)=2x^{(2)}$$
$$n^2=n(n-1)+n \quad *$$
$$\sum_{x=1}^{n} x^2=\frac{1}{3}(n+1)n(n-1)+\frac{1}{2}(n+1)n$$
$$=\frac{1}{6}n(n+1)(2n+1)$$

図７

＊ 印の展開を利用して、和分公式を使う。

degree	2	1	0
	1	0	0
1		1	1
	1	1	1
2		2	
	1	3	

$$n^3=n^{(3)}+3n^{(2)}+n$$
$$=(n-0)(n-1)(n-2)+3(n-0)(n-1)+(n-0)$$
$$\sum_{x=1}^{n} x^3=\frac{1}{4}(n+1)(n-0)(n-1)(n-2)$$
$$+\frac{3}{3}(n+1)(n-0)(n-1)+\frac{1}{2}(n+1)n$$
$$=\frac{1}{4}n^4+\frac{1}{2}n^3+\frac{1}{4}n^2$$

図８

各和分を合計すればよいのである。サマンドを階乗の差分に分解して、合計すればよい。

３．エクセルの入力

ここでエクセルのデータ入力法について見てみよう。エクセルは、連続した数値データの入力、修正に優れている。この点だけでも、専門の数式処理ソフトより実用的である。

２での最初の組み立て除法のデータは、マウスで入力領域を反転させておいて、白地の部分に入力し、リターンキーを押す。自動的に入力領域が移動する。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	5		1	−2	−20	23	13	
3				5	15	−25	−10	

図９

（ノートパソコンを利用している方には、別にテンキー又はフルサイズキーボードを使用することをお勧めする。）
作業もコピーが出来る、下のように

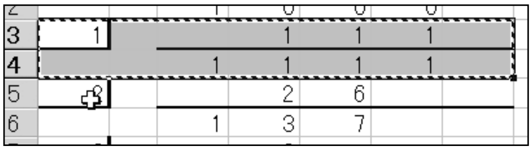

図１０

コピー部分を反転させて、Ctrl+Cでクリップボードに取り込む、ペーストの開始点（太十字のセル）をクリックして、Ctrl+Vでペーストする。
数値データをペーストするときには、右ボタンを押し、「形式を選択して貼り付け」の数値を選ぶ

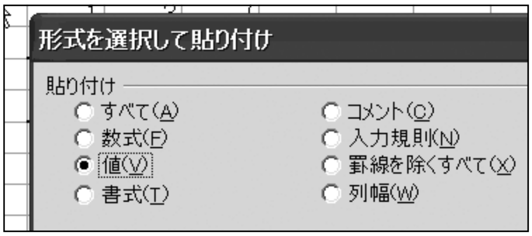

図１１

４．部分分数分解（分母が１次式の積の場合）

基礎数学でも現れ、分数式の積分でも使う重要な計算に、部分分数分解がある。
例えば次のような物である。

$$\frac{x^2+12x-61}{(x-3)(x-5)(x+1)}=\frac{a}{x-3}+\frac{b}{x+1}+\frac{c}{x-5}$$

両辺を$x-3$倍して、$x=3$を代入する。

$$\frac{x^2+12x-61}{(x-5)(x+1)}=a+\frac{b(x-3)}{x+1}+\frac{c(x-3)}{x-5}$$
$$\frac{x^2+12x-61}{(3-5)(3+1)}=\frac{-16}{-8}=2=a$$

図１２

左辺の分子のxへの代入が意外に大変であるが、組み立て除法の右端に現れる－16が結果になる。

2	3		1	12	-61	
3				3	45	
4			1	15	-16	

図１３

あとは３を、－１，５と替えて行くだけである。分母への代入も必要なことに注意する。

５．分母が一種類の１次式の累乗の場合

これは、２で述べたテーラー展開と同じであるが、書き順は前からになる。

$$\frac{x^3-3x^2-2x+7}{x^4-8x^3+24x^2-32x+16}$$

$$=\frac{1}{(x-2)}+\frac{3}{(x-2)^2}+\frac{-2}{(x-2)^3}+\frac{-1}{(x-2)^4}$$

2		1	-3	-2	7
			2	-2	-8
		1	-1	-4	-1
			2	2	
		1	1	-2	
			2		
		1	3		

図１４

左から、１，３、－２、－１が分子になる。

５．組み立て除法の拡張

多項式は、幾つかの１次式と２次式の積に分解できる。（代数学の基本定理）よって、組み立て除法には、２次式への拡張が必要になる。

その為にはモニックと言う概念が必要になる。

最高次の項の係数が１の多項式をモニックという。従来の組み立て除法もその一つである。分母がモニックでない場合は、最高次の係数で分母分子を割りモニックにすればよい。

$$\frac{x^3+5x^2-4x+1}{x^2+2x-1}=x+3....-9x+4$$

図１５

上の除法に対しては、分母の第２項以下の符号を反対にした係数（－２，１）を用いて組み立て除法を拡張する。下のようになる。

	A	B	C	D	E	F	G
1				1	5	-4	1
2	-2				-2	-6	
3		1				1	3
4				1	3	-9	4

図１６

斜めに係数ベクトルの倍数（－2,1）、（－6,3）が配置されていて、セルG2が削除されていることに注意して欲しい。余り（分子）は後の２セルの－９ｘ＋４となる。

$$\frac{x^4+5x^3-4x^2+x+3}{(x^2+2x-1)^2}=1+\frac{x-8}{x^2+2x-1}+\frac{22x-6}{(x^2+2x-1)^2}$$

		1	5	-4	1	3
-2			-2	-6	18	
	1			1	3	-9
		1	3	-9	22	-6
-2			-2			
	1			1		
		1	1	-8		

図１７

の様に、２次式累乗型の分母に対しても、部分分数分解が可能である。

６．山辺の方法への拡張

今までは多項式で割り算をしてきたが、演算子の１次式での除法を考えてみたい。これは、１階の定数係数線形微分方程式の特殊解を求めることと同じ事である。

$$(D+1)y=x^3+5x^2-4x+1$$

余関数　$y_0=c\,e^{-x}$

特殊解　$y_1=\frac{1}{1+D}(x^3+5x^2-4x+1)$

一般解　$y=y_0+y_1$

図１８

特殊解に使う組み立て除法は

	A	B	C	D	E	F
1	degree		3	2	1	0
2			1	5	-4	1
3	-1	D		=C4*A3*C1		
4			1			

図１９

の様に、degreeの行が付け加わる。この行の値もかけ算をする。４行目に計算結果が出る。

	A	B	C	D	E	F	G
1	degree		3	2	1	0	
2			1	5	−4	1	
3	−1	D		−3	−4	8	
4			1	2	−8	9	

$$y_1=x^3+2x^2-8x+9$$

図２０

これは、指数関数と多項式の積の積分にも利用できる。その例を上げてみよう。

$$\int(x^3+2x^2-3x+5)e^{-x}dx=\frac{1}{D}(x^3+2x^2-3x+5)e^{-x}$$

$$=e^{-x}\frac{1}{D-1}(x^3+2x^2-3x+5)=e^{-x}\frac{1}{1-D}(-x^3-2x^2+3x-5)$$

	A	B	C	D	E	F
1	degree		3	2	1	0
2			−1	−2	3	−5
3	1	D		−3	−10	−7
4			−1	−5	−7	−12

$$I=(-x^3-5x^2-7x-12)e^{-x}$$

図２１

これは、特殊解の解法と全く同じである。

２次以上の微分方程式に対しては、部分分数の方法と、２次式への拡張の方法と２種類ある。ここでは、部分分数分解を応用した方法を用いてみよう。エクセルも分数表示ができるので、今回は分数表示する。但し、帯分数であることを注意されたい。

$$(D+1)(D+2)y=3x^3+2x^2-5x+1$$

余関数　$y_0=c_1e^{-x}+c_2e^{-2x}$

特殊解　$y_1=\frac{1}{(D+1)(D+2)}(3x^3+2x^2-5x+1)$

$$=\left(\frac{1}{D+1}-\frac{1}{D+2}\right)(3x^3+2x^2-5x+1)$$

図２２

これは少々複雑になる。先ず分母を定数が１のDの１次式にする。

	A	B	C	D	E	F	G
1		1	D	3	2	1	0
2	分母	1	1	3	2	−5	1
3	α	−1	D	3	2	−5	1

図２３

「分母」というのは分母の係数、「α」は組み立て除法で使われるαである。全体を分数モードにして、表を２枚コピーする。コピーの仕方は、ctrlキーを押したままシートのタグをマウスでタグの外に移動するだけである。

	A	B	C	D	E	F	G
1		1	D	3	2	1	0
2	分母	1	1	3	2	−5	1
3	α	−1	D	3	2	−5	1
4					−9	14	−9
5	商			3	−7	9	−8

Sheet1 / Sheet1 (3) / Sheet1 (2) / Sheet2

図２４

一度成功すれば、二度目以降は容易である。このやり方には慣れて欲しい。

	A	B	C	D	E	F	G
1		2	D	3	2	1	0
2	分母	2	1	3	2	−5	1
3	α	− 1/2		1 1/2	1	−2 1/2	1/2
4					−2 1/4	1 1/4	5/8
5	商			1 1/2	−1 1/4	−1 1/4	1 1/8

図２５

分母の定数を２にしたので、分母分子が２で割られ、計算は表のようになる。シート1(3)を開き、最後にシート間の引き算を対応するセルに対して行うと、下段に特殊解を得る。

特殊解　$y_1=\frac{1}{(D+1)(D+2)}(3x^3+2x^2-5x+1)$

$$=\left(\frac{1}{D+1}-\frac{1}{D+2}\right)(3x^3+2x^2-5x+1)$$

$$=\frac{3}{2}x^3-\frac{23}{4}x^2+\frac{41}{4}x-\frac{73}{8}$$

	A	B	C	D	E	F	G
2	分母	1	1	3	2	−5	1
3	α	−1		3	2	−5	1
4					−4 1/2	11 1/2	−10 1/4
5	商	特殊解		1 1/2	−5 3/4	10 1/4	−9 1/8

Sheet1 / Sheet1 (3) / Sheet1 (2) / Sheet2

図２６

部分分数分解法で解くにはシートの串刺し計算が必要になる。

拡張した山辺の方法を、５で行ったように分母をDの２次式まで拡張すれば、そのままで解を得るが計算は横方向ににかなり長くなる。

７．エクセルの本来の使い方、統計への応用

大日本図書「確率統計」にある、殆ど全ての問題、例題は挿入→関数、又はツールバーの関数ウィザードより引き出す→統計関数を呼び出す→マウスで、対象となるデータ領域をクリックする→解を得る。但し、Averageなどで、統計学の正規の用語のMean　Valueを表していたり、習慣的な用法を用いているので注意する必要がある。

例を上げてみよう。「確率統計」P69　問３では

問3　次の表は,10名の学生に数学のテストを2回実施した結果の成績である。1回目の得点Xと2回目の得点Yの相関係数を求めよ。

学生番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1回目	47	77	96	43	71	90	55	64	60	80
2回目	30	100	57	48	85	95	53	69	58	75

図２７

相関係数を計算するウィザードを引き出して、クリックする。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
4		学生番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5		1回目	47	77	96	43	71	90	55	64	60	80
6		2回目	30	100	57	48	85	95	53	69	58	75
7												
8		相関係数	=	C5:L5)								

CORREL

配列1　C5:L5　= {47,77,9

配列2　= 配列

図２８

学生番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1回目	47	77	96	43	71	90	55	64	60	80
2回目	30	100	57	48	85	95	53	69	58	75
相関係数	=	0.65007								

図２９

とセルに0.650071568759793を得る。

これを電卓で計算すると入力ミス、エラー表示、など相当のストレスが伴う。

エクセルでも少々工夫が必要な問題に２次元の独立性の検定がある。同じく「確率統計」p123の例題２を見てみる。

[例題2]　200人の有権者を任意抽出して,A党，B党，C党の支持者を調べたら,表のようになった。40歳未満と40歳以上とで政党の支持率に違いがあるといってよいか。

	A党	B党	C党	計
40歳未満	40	36	20	96
40歳以上	59	26	19	104
計	99	62	39	200

図３０

これは全く同じ表を３枚作り、２枚目は期待度数表、３枚目は統計量

$$T=\Sigma\frac{(実測度数-期待度数)^2}{期待度数}$$ を計算する

のに用いる。表の作成には、Crtl+マウスボタンでシートタグをドラッグ、デッドコピーを行う。

	A	B	C	D	E
1		A党	B党	C党	計
2	40歳未満	40	36	20	96
3	40歳以上	59	26	19	104
4	計	99	62	39	200

/Sheet2 /Sheet2 (2) \Sheet2 (3) /Sheet

図３１

２枚目を期待度数表、３枚目を、変量T計算のサマンド（被和数）の表にする。

	A	B	C	D	E
1	期待度数	A党	B党	C党	計
2	40歳未満	47.52	29.76	18.72	96
3	40歳以上	51.48	32.24	20.28	104
4	計	99	62	39	200

/Sheet2 \Sheet2 (2) /Sheet2 (3) /Sh

	A	B	C	D	E
1	sumand	A党	B党	C党	計
2	40歳未満	1.19	1.3084	0.0875	96
3	40歳以上	1.0985	1.2077	0.0808	104
4	計	99	62	39	200
5					
6	T	=	4.972965643		

/Sheet2 /Sheet2 (2) \Sheet2 (3) /Sh

図３２

クリックとΣボタンを用いて計算でき、独立性の検定を短時間の作業で行うことが出来る。また、表の規模に関係しない。

８．関数論、微分積分学のグラフの作成

「Ｅｘｃｅｌでやさしく学ぶ微分積分」（室 淳子、石村　貞夫著）では、エクセルで数学のグラフを描く際は散布図の使用を勧めている。

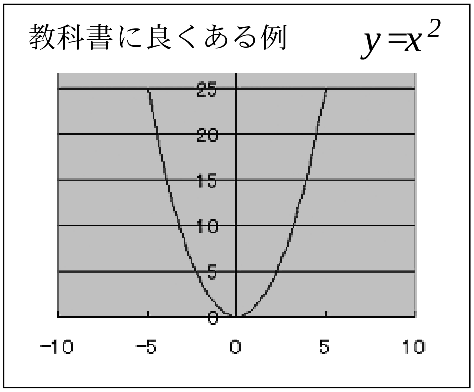

図３３

-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
25	16	9	4	1	0	1	4	9	16	25

対応表からグラフを作成すると、図３３のようになる。数学のグラフとしても見苦しくはない。
更に差分の表を作りグラフにすると

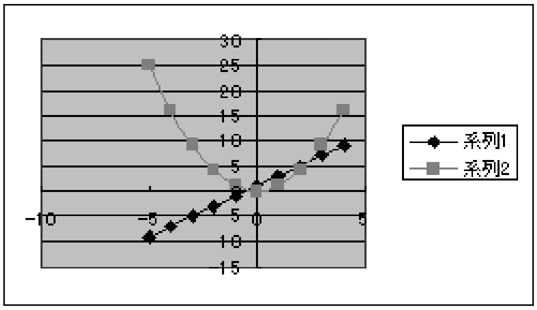

図３４

となり、微分（差分）がとなる様子が視覚的にも実現できる。勿論数式処理ソフトでも実現は容易であるが、表から概形を描くという意味がなくなる。
積分を和分で近似すると、グラフは

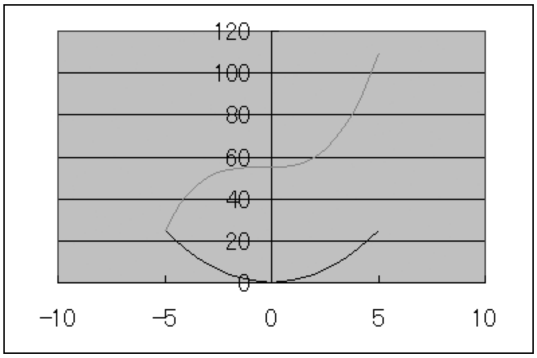

図３５

朧気ながら、不定積分$y=\frac{1}{3}x^{3}+c$の形が見えてくる。平行移動等は、数値表を見るだけでは感覚的な理解は難しい。この様なグラフの割付を自働作成してくれることは有り難い。

９．線形代数学・ベクトルの作図

多くの教科書に、ベクトルを作図せよと言う問題が出ている。果たして、作図する用紙の事を考えているのであろうか疑問に思うことも多い。
エクセルの場合、上記の散布図を使うと容易にベクトルの軸の部分は何本でも作成できる。流石に矢印の先端までは上手く作図できないが、想像力で補って欲しい。
問題　次の位置ベクトルを作図しなさい。
　　　（２，３）、（－２，１）、（２，－２）
などでは、原点（０，０）を加えてグラフにすると下のようになる。

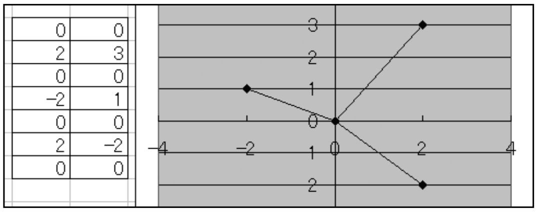

図３６

左側の位置ベクトルデータを線分表示してくれる。データを変化させると線分も変更される。矢印との対応が理解しやすく、面白い。勿論このデータ列に一次変換を施すことも可能である。それには行列の乗法の計算が必要になる。

１０．行列の乗法、逆行列、行列式

エクセルでは、行列の計算を関数を用いて計算する。キー入力する上での注意が幾つか必要になる。例として３×３行列の逆行列の入力についてみてみよう。

図３７

左上点線で囲まれた行列の逆行列を右上黒く塗りつぶされた部分に表示するのだが、そのままOKボタンやレリターンキーを押してしまうと白く表示されているセルだけに値が入る。全体に出力するには、Ctrl+shiftキーを押したままOKボタンを押す。（リターンキーは押さない）分数表示にしておけば、通常見る形になる。

5	1	-3	23/128	11/128	- 9/128
2	2	3	- 11/128	17/128	21/128
1	5	-4	- 1/16	3/16	- 1/16

図３８

右側の塗りつぶされた部分に逆行列が表示される。行列の積も関数ウィザードを使って、Mmultiを呼び出し、同様に使う。配列ウィンドウが２カ所出るが上の段が左側の行列で、下の段が右側の行列である。２×２行列について例を見よう。

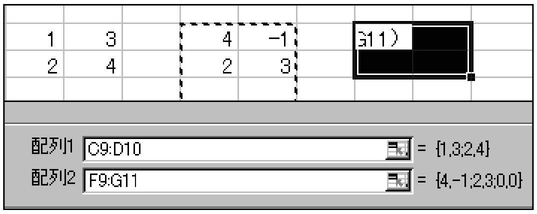

図３９

1	3		4	−1	10	8
2	4		2	3	16	10

図４０

逆行列を作成する問題では、計算課程を効率よく出力することが重要になる。
例として、行基本変換を使って逆行列を求めてみよう。
大日本図書「線形代数（新井一道他著）」p78に次のような例題がある。

［例題３］ 行列 $A=\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 1 & 1 & -1 \\ -5 & 5 & 2 \end{pmatrix}$ の逆行列を求めよ．

図４１

この本では、右側に単位行列を加えた拡大行列に対して、行基本変換を行う。前半が単位行列になるよう操作する。その結果、右半分に逆行列が出力される。教科書の行基本変換はやや直感的似すぎる。これをエクセルで行うと、操作の流れに論理性が出てくる。
操作の基本思想は行列を左側から掛けると、その名の通り、左半分、“行”をコントロールすることになる。右から掛けると、右半分の“列”をコントロールすることになる。結果の拡大行列にさらに左から行基本変形の行列を掛ければよい。

1	0	0	1	4	2	1	0	0
−2	1	0	2	1	3	0	1	0
−4	0	1	4	2	2	0	0	1

図４２

左の行列は単位行列の第一列の、１，０，０を拡大行列の第一列１２４の（対角成分以外の）成分を反対符号にした、行基本変形の行列である。

1	4/7	0	1	4	2	1	0	0
0	− 1/7	0	0	−7	−1	−2	1	0
0	−2	1	0	−14	−6	−4	0	1
1	0	0.35	1	0	1.4	−0	0.6	0
0	1	0	0	1	0.1	0.3	−0	0
0	0	−0.25	0	0	−4	0	−2	1

図４３

上段の行基本変形の行列、4/7,−1/7,−2は拡大行列の２列目を対角化するための列である。下の行列の第３列は拡大行列の第３列を整頓するための列である。結果は次のようになる。

1	0	0.029	−0	−0	0.4		−0.1	−0.1	0.35
0	1	0	0.3	−0	0		0.29	−0.2	0.04
0	0	1	0	0.5	−0		0	0.5	−0.3

図４４

左側が行基本変換の結果で右が逆行列である。この結果も領域のコピーを繰り返すことと、列の成分の変更することが出来て容易に得られた。

１１．固有値、固有ベクトル、対角化

行列の固有値、固有ベクトルの問題は適当に行列を作成して、固有方程式を作成するところまでは順調に進むが、その解や、固有ベクトルとなると、複雑な値になり、適当な教材とはならない。そこで、固有値、固有ベクトルを決定して、対角化行列、逆行列を用意して、教材となる行列を作る。

$$A=\begin{pmatrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{pmatrix} \qquad T=\begin{pmatrix} 3 & 2 & 0 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

$$T^{-1}=\begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{8} & -\frac{3}{4} & \frac{3}{8} \\ -\frac{1}{8} & -\frac{1}{4} & \frac{5}{8} \end{pmatrix} \qquad TAT^{-1}=\begin{pmatrix} \frac{9}{4} & -\frac{3}{2} & \frac{3}{4} \\ \frac{1}{4} & \frac{7}{2} & -\frac{9}{4} \\ \frac{3}{4} & \frac{3}{2} & -\frac{7}{4} \end{pmatrix}$$

図４５

結果の行列が分数式を含むときは、分母の最小公倍数をAに掛けておけばよい。

１２．関数の数値計算、ホーナーの方法

マクローリン展開への数値の代入により三角関数指数関数などの値を求めることができるが、実際には累乗計算が大変で、目の前での（黒板、ＯＨＰへの投影）計算表示の実演はほとんど行われて

いない。

ここではエクセルを使い、代入計算をしてみよう。

テーラー展開はa_n=$f^{(n)}(0)$を用いて下のように書ける

$$f(x)=a_0+\frac{a_1}{1!}x+\frac{a_3}{3!}x^3+\frac{a_4}{4!}x^4+\frac{a_5}{5!}x^5+\frac{a_6}{6!}x^6+\frac{a_7}{7!}x^7$$

$$=a_0+\frac{x}{1}\left(a_1+\frac{x}{2}\left(a_2+\frac{x}{3}\left(a_3+\frac{x}{4}\left(a_4+\frac{x}{5}\left(a_5+\frac{x}{6}\left(a_6+\frac{x}{7}(a_7)\right)\right)\right)\right)\right)\right)$$

図４６

従って後ろの括弧から代入していけばよい。

例として

sin(0.5)=0.479425538604203 01

を計算してみよう。

	D^n(sin(x))	0.5
	x=0	
9	1	0.05555556
8	0	0.00347222
7	-1	-0.0711806
6	0	-0.0059317
5	1	0.09940683
4	0	0.01242585
3	-1	-0.1645957
2	0	-0.0411489
1	1	0.47942554
0	0	0.47942554

図４７

左２列は最初に作成するときは昇順であるが代入直前に、降順に並べ替えた。

exp(1)=2.7182818284590451

	D^n(exp(x))	1
	x=0	
9	1	0.11111111
8	1	0.13888889
7	1	0.16269841
6	1	0.19378307
5	1	0.23875661
4	1	0.30968915
3	1	0.43656305
2	1	0.71828153
1	1	1.71828153
0	1	2.71828153

図４８

最下段では７桁まで一致している。

このような関数はエクセルに組み込まれているので、実用に供するには、この様な代入の作業は必要ないが、教材作成の立場で見るとき、興味深い物である。

この他、FFT（高速フーリエ変換）、ガウス・ルジャンドル積分による数値計算などは有用であり、有名であるが、教材作成の立場を逸脱している。

１３．まとめ

１で述べたように数学のリテラシーは長い時間を掛けて発展してきた。その間、数学は唯一の科学の言語であった。科学者の選抜にも使われて来た。しかし、近年コンピュータ言語も同様の論理性をもち、数学が唯一の表現手段とは言えなくなって来ている。指数や、関数の累乗、根号等はプログラム言語の方が優れている。ｘ＾２などの記法の方が、あちらこちら動き回る数学の表記より、論理的にも優れている。矛盾を含んだ自然言語から出発した数学よりも、表から出発した、エクセルの方が、パターン認識に優れ、正確な判定を出しやすい。数学は、この明解であると言う点を取り入れていかなければならないであろう。

参考文献

「確率統計」田河生長、玉木正一他　大日本図書

「新訂線形代数」新井一道著　　　　大日本図書

「Ｅｘｃｅｌでやさしく学ぶ微分積分」

室 淳子、石村 貞夫著

東京図書