

## Excel をプラットフォームとする問題解決のための デザイン能力の育成と実践

吉村 忠与志<sup>\*1</sup>、青山 義弘<sup>2</sup>

福井工業高等専門学校<sup>1</sup> 物質工学科、<sup>2</sup> 電子情報工学科

(〒916-8507 鯖江市下司町 16-1)

\*tadayosi@fukui-nct.ac.jp

Developing the design stage in problem solving using Excel as a platform

Tadayosi YOSHIMURA<sup>\*1</sup>, Yoshihiro AOYAMA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Chemistry and Biology Engineering,

<sup>2</sup>Department of Electronics and Information Engineering,

Fukui National College of Technology

(Geshi-cho, Sabae, Fukui 916-8507, Japan)

(Received November 22, 2005; Accepted December 12, 2005)

### Abstract

A critical element in university education is the ability to problem solve. When presented a given problem, the student should first arrange the content required to solve the problem in a design stage and then analyze and solve the problem. To develop the design stage of problem solving, we examined an educational method using Excel as a platform. The design ability of students was examined in a process where they were required to arrange and solve a problem on an Excel worksheet. The results of testing and a questionnaire indicated that the students successfully acquired design ability in problem solving.

Keywords: Design Ability, Problem Solving, Using Excel as a Platform, JABEE Aims, Using a Excel Worksheet

#### 1. JABEE の目指す基準

高等教育プログラムの学習教育目標に「デザイン能力」の育成を掲げる教育機関が多い。それは教育の ISO である JABEE 認定を受けようとする機関での目標では必須アイテムである。技術者教育におけるデザイン教育はものづくりというエンジ

ニアリングデザイン教育そのものであり、デザイン能力には想像力、問題設定力、創造力、各専門での総合応用能力、地球的視点からの問題を認識し、生じる条件下での解を見出す能力、想像したものをプレゼンテーションする能力、物事に対して協働し、チームワークを発揮できる能力、継続

して計画・実践できる能力などが挙げられている [1]。

デザイン能力は技術者教育の成果として求められる能力のすべてに関わっているが、これらの能力のうち、最小限どの程度の能力を身につけさせるかについて設定プログラムを JABEE では評価している [1]。

## 2. ものづくり教育の実践

技術者教育を担う高等教育機関、特に高等専門学校では、ほとんどすべての学校においてものづくりを教育の柱としている。すなわち、エンジニアデザイン能力の育成に対して、自然科学の分野ごとの問題の設定・創造・認識・解決できるための基礎・応用能力を身につけさせるべく、教育実践を行っている。我が福井高専では、2005年5月に「工学(融合複合・新領域)」分野別要件を満たし、JABEE 認定を受けた。その中で、福井高専本科は機械工学科、電気電子工学科、電子情報工学科、物質工学科、環境都市工学科の5学科の上位に、専攻科2専攻、生産システム工学科と環境システム工学科を位置づけておりその4年間をもって、「環境生産システム工学」が JABEE 認定プログラムとなっている。

そのような訳で、分野別要件として、基礎工学と専門工学を掲げている。特に、デザイン能力の育成においては、デザイン工学、ものづくり情報工学、創造デザイン演習など関連科目を設定し、受講させている。さらに、これらの科目の上位に特別研究の成果を問い、学生のデザイン能力のアウトカムズをチェックしている。「工学(融合複合・新領域)」分野を設定したために、本科での各専門分野と専攻科での複合された工学分野が融合し、総合的な工学分野での技術者教育が実践できていると自負している [2]。

## 3. Excel をプラットフォームとするデザイン能力の育成

筆者(吉村)は物質工学科で基礎科目として物理化学と情報化学を教授している。それらは化学一般の最も基礎となる必須科目であり、JABEE 認定プログラムの中では数学、自然科学、情報科学の学習と専門分野の学習の2つの部門でその学習を保証している。このような基礎科目の教授において基礎となる知識の獲得が学習達成目標となっているように見受けられる。当然、基礎知識の獲得が最大の教育成果ではあるが、学習レベルの問題解決においてもデザイン能力の育成が可能であることを検討することにした。その最も適した教材が表計算ソフト Excel である。Excel は現情報社会の三種の神器とも言われ、技術者教育では必須アイテムでもある。Excel は図表を作成するための必需ソフトとして情報処理に必要であり、カリキュラムでその演習を重要視されている。

ところで、筆者らは Excel をプラットフォームとする創造教育を実践してきた [3, 4]。これらの報告では、OS システムが古くなり、お蔵入りしてしまった N88BASIC プログラムをスキャナーで読み込み、僅かな修正による BASIC プログラムを Excel/VBE 画面に貼り付けるだけでプログラムが稼動することを発見した [3]。お蔵入りしてできないと諦めていたプログラムを生かすことにより、BASIC プログラミングでしかできなかったアイデアを生かすことができ、学生における創造教育を実践したことがある。

この考え方を受けて、利用が手軽で身近になった Excel をプラットフォームとする情報処理能力を生かして、科学計算問題の解決のためのデザイン能力を育成することを検討した [5]。まず、筆者が担当する物理化学という科目でのデザイン能力の育成を計ることにした。

Excel をプラットフォームとするということは、

まず解くべき問題を整理する、すなわち、設定された問題の内容を Excel ワークシートに設定し、どのような計算法を取るかを設計する。次に、問題となる数値パラメータ(データ)をワークシートに入力・格納する。問題を解くべく、数学的な処理、すなわち、ワーク関数等で数式を設定する。これはまさにプログラミングである。最後に、計算された数値をどのように出力するかを決めて、誰が見てもわかり易いように整理する。これが一連の問題解決のための流れであり、全体的な進行においてそれぞれにデザイン能力が育成される。

#### 4. プラットフォームの利用事例

まず簡単な例題でのプラットフォーム利用を検証する。本課題では、厳選した例題をたくさん用意して、教育実践に当たっているが、本報告ではその一部を紹介し、実践の一端を例題としてあげ検証する。

##### 例題 1 プラットフォーム

いまコップの中に、水が 90g 入っています。このとき、水分子は何 mol ですか。さらに、分子として何個存在することになりますか。ただし、アボガドロ数は  $6.02 \times 10^{23}$  個です。

この問題は、身近な水についての量的な関係を問う例題で、モルの概念を考えさせている。この問題内容を Excel ワークシートに設定すると、図 1 のようになる。プラットフォームとしての設定は、水の分子量とアボガドロ数をワークシート上に記述し、問題の水の質量を 90g と入力する。モル数を求めるには、水の質量を分子量でわればよいので、セル B7 に数式を設定する。「=B6/B3」を入力し実行すればモル数は「=B4\*B7」の数式で求められる。

この例題の計算は難しいものではないので、

Excel ワークシートを用いるまでもないと考えられるかもしれないが、この第一段階のワークシートへのデータ設定を行うことで問題の解決方法が明らかになってくる。図 1 のように例題 1 について問題解決のために必要なものを整理し、ワークシート上に記述して、計算結果を見やすくするようなワークシート(プラットフォーム)を設定できることがデザイン能力の一つと言える。ここまで設定できれば、Excel 数式を設定し、図 2 のような計算を実施するだけである。この例題の解は分子数が  $3.01 \times 10^{24}$  個となる。

	A	B	C
1	例題(プラットフォーム)		
2			
3	水の分子量	18	
4	アボガドロ数	6.02E+23	
5			
6	水	90 g	
7			mol
8			個

図 1 例題(プラットフォーム)のワークシート設定

B8		fx =B4*B7	
	A	B	C
1	例題(プラットフォーム)		
2			
3	水の分子量	18	
4	アボガドロ数	6.02E+23	
5			
6	水	90 g	
7		5.0	mol
8		3.01 E+24	個

図 2 水の分子数の計算

##### 例題 2 連立方程式の解法

赤外吸収スペクトルを用いて、3 成分混合溶液の各成分の濃度を求めなさい。ただし、その時の各溶液の吸光度は下表のようです。

#	波長 (μm)	モル吸光度 (L/mol)			混合溶液の吸光度 E
		成分 a <sub>1</sub>	成分 a <sub>2</sub>	成分 a <sub>3</sub>	
1	12.23	0.526	0.0167	0.0100	0.0120
2	12.77	0.0323	0.0333	0.346	0.1233
3	13.45	0.0265	0.414	0.0244	0.0230

3つの成分が混合した溶液の赤外吸収スペクトルを調べることによってそれぞれの吸光度の差から混合成分の濃度が求められることは問題の定理として、ここでは Excel をプラットフォームとしてこの問題を如何に解決するかを取り扱うものとする。

この例題は、3つの吸光度データから成り立つ、下記の3元連立方程式より問題を解くことにする。

$$\begin{cases} a_{11}C_1 + a_{12}C_2 + a_{13}C_3 = E_1 \\ a_{21}C_1 + a_{22}C_2 + a_{23}C_3 = E_2 \\ a_{31}C_1 + a_{32}C_3 + a_{33}C_3 = E_3 \end{cases}$$

方程式も3元連立になると手計算も面倒であり、Excel ワークシート上で、ワーク関数を利用して解くと手軽で便利である。まず、ワークシート上には例題の吸光度データを設定して図3のようにする。



図3 データの設定

連立方程式の解法には逆行列が必要なのでセル D10 以下に数値配列(C5:C7)を逆行列ワーク関数 MINVERSE により算出すると、図4のようになる。3つの成分の濃度を計算することになり、計算結果を出力するためにセル B10:B12 に対してC列に濃度の単位(mol/L)をつける。先の求めた逆行列に混合溶液の吸光度 E の数列をマトリックスで掛け合わせれば連立方程式は解かれる。マトリックスの掛け算は MMULT 関数を用いる。計算過程を図5に示す。計算結果を図6に示す。

例題の解答は、3つの成分濃度が 0.0151(mol/L), 0.0339(mol/L), 0.3517(mol/L)となった。

A	B	C	D	E	F
1	赤外吸収スペクトルを用いて、3成分混合溶液の各成分の濃度				
2					
3	#	波長 (μm)	モル吸光度 (L/mol)		混合溶液 の吸光度E
4			成分a <sub>1</sub>	成分a <sub>2</sub>	成分a <sub>3</sub>
5	1	12.23	0.526	0.0167	0.01
6	2	12.77	0.0323	0.0333	0.346
7	3	13.45	0.0265	0.414	0.0244
8		成分	逆行列		
10	C <sub>1</sub>	(mol/L)	1.907886	-0.05	-0.07294
11	C <sub>2</sub>	(mol/L)	-0.11226	-0.16837	2.43353
12	C <sub>3</sub>	(mol/L)	-0.1673	2.911045	-0.2274

図4 3つの成分の濃度を出力するセルの確保



図5 マトリックスの掛け算

この例題では、連立方程式の行列同士の計算に Excel 装備のワーク関数を利用することができ、計算結果の出力表示においてもデザイン能力の育成に重要なポイントが含まれている。図 6 の中に表示されている例題の吸光度データ表はワードで記述したものをワークシートに貼り付けただけのものである。

#	波長 (nm)	セル吸光度 $\epsilon/\text{mol}$	混合溶液の吸光度 E		
			成分 <sub>1</sub>	成分 <sub>2</sub>	成分 <sub>3</sub>
1	12.23	0.026	0.0167	0.01	0.012
2	12.77	0.023	0.0333	0.346	0.1233
3	13.45	0.025	0.414	0.0344	0.023

  

成分	濃行列			
C <sub>1</sub>	0.0151 (mol/L)	1.907886	-0.05	-0.07294
C <sub>2</sub>	0.0338 (mol/L)	-0.11226	-0.16837	2.43353
C <sub>3</sub>	0.3517 (mol/L)	-0.1673	2.911045	-0.2274

図 6 例題の解答画面

例題 3 分子式の表現  
 窒素酸化物  $\text{N}_x\text{O}_y$  の 6 種の気体について温度 300.2K、圧力  $9.95 \times 10^4\text{Pa}$  で測定したところ、下表のような体積を得ました。それぞれの化合物の分子量と分子式を求めなさい。

質量 (g)	体積 (m <sup>3</sup> )	窒素含有率
0.910	0.753e-3	0.467
0.950	0.538e-3	0.636
0.955	0.516e-3	0.304
0.921	0.301e-3	0.368
0.955	0.258e-3	0.304
0.930	0.215e-3	0.259

6 種の気体を理想気体とすると  $n=(PV)/(RT)$  により、質量(g)から分子量を求めることができる。化合物の窒素含有率から式量が求められる。例題 3 で与えられる数値データを図 7 のように設定する。

分子量を求め、それぞれに対する窒素含有率から窒素と酸素の分子内比率を図 8 のように設定する。

	化合物1	化合物2	化合物3	化合物4	化合物5	化合物6
質量 (g)	0.91	0.95	0.955	0.921	0.955	0.93
体積 (m <sup>3</sup> )	7.53E-04	5.38E-04	5.16E-04	3.01E-04	2.58E-04	2.15E-04
窒素含有率	0.467	0.636	0.304	0.368	0.304	0.259

図 7 例題 3 のデータフォーマット

	化合物1	化合物2	化合物3	化合物4	化合物5	化合物6
分子量	30.31	44.29	46.42	76.76	82.05	189.50
N	1	2	1	2	2	2
O	1	1	2	2	4	5

図 8 窒素含有率から窒素と酸素の分子内比率の設定

	化合物1	化合物2	化合物3	化合物4	化合物5	化合物6
分子式	N2O	NO2	N2O2	N2O3	N2O4	N2O5

図 9 分子式の表示

分子内比率は整数比となるため、ワーク関数 INT を利用する。さらに、分子式の表示は、窒素原子にその比率、そして酸素原子にその比率を続けて表示するにはワーク関数 CONCATENATE を用いる。例題 3 の解答としては図 9 で完成である。

### 5. Excel/VBA の活用

Excel では多変数のデータを取り扱うことができるが、散布図としてプロットしようとする 2 次元での散布しかできない。そのために、多変数データを取り扱う作業をするときは他のデータ処理ソフトを利用することが多い。それは Excel で

はできないと諦めての行動である。そのような方は Excel だけでできるとも考えないであろう。そこで、Excel を利用する上でさらに機能を付加するために VBA を利用できるように学生に教授し、必要な機能は自分の能力で開発することを指導している。多変量データの 3 次元表示としてステレオペア散布図によるパターン認識の視覚化では報告済み[6]である。

VBA は VisualBasic 文法をベースとしているためにユーザにとってプログラミングという面で敷居が高くそこに踏み込めない方が多い[7, 8]。筆者らは、Basic 文法に慣れ親しんでおり、利用することに問題はないが、プログラミング言語として初めて VisualBasic に触れるものにとってはたいへん高い敷居と感じられている。しかし、Excel でも合計  はアイコンメニューにもあり、物事を繰り返したり、ある条件下で作業を中止するという処理は Basic 文法の奔りとして素人でも理解できる。そこで、VisualBasic の基本的なアイテムを 5 つに限定して VBA の利用法を教授している[5]。その 5 つとは、つぎの最少事項である。

- 変数の理解...配列宣言 Dim ステートメント
- 比較判別分岐...If 条件式 Then 実行文 1 Else 実行文 2 EndIf
- 繰り返し処理...For 実行文 Next
- ユーザ定義関数...ワーク関数にないものを作成
- サブプロシージャ...Sub プロシージャを定義したプログラム

例題 4 二次方程式の根  
二次方程式の根を求めるプログラミングをしなさい。  
 $ax^2 + bx + c = 0 \quad (a \neq 0)$

二次方程式の係数から判別式を計算してワーク

シート上に表示すると図 10 のようになる。

この例題では、判別式から正、0、負の条件式による判別分岐を行うことが課題である。先の課題としては、変数の理解として、係数に対する数値を配列で読み込み、その後の判別式から判別して実根、重根、虚根を計算することである。これらの計算は Excel 数式バーでのワーク関数を駆使しても計算ができるが、ここでは VBA での事例を示す。VBA での Sub プロシージャの記述法は省略する。例題に必要なマクロ記述を図 11 に示す。

	A	B	C
1	二次方程式の根		
2	$ax^2 + bx + c = 0 \quad (a \neq 0)$		
3			
4	a=	1	
5	b=	1	
6	c=	1	
7	D=	$=B5^2-4*B4*B6$	
8	実根x1=		
9	実根x2=		
10	重根x=		
11	虚根=		

図 10 二次方程式の根

この例題の記述では出力セルのクリアなどの説明については省略する。ワークシート上とのデータのやり取りには Cells 関数を用いる。このマクロプログラムを実行すると、虚根の時、図 12(a)で、2 実根の時、図 12(b)である。

```
Public Sub kon()
    ' 係数 a, b, c, D の読み込み
    Dim abcD(4)
    For i = 1 To 4
        abcD(i) = Cells(3 + i, 2)
    Next i
    ' 出力セルのクリア
    For i = 1 To 4
        Cells(7 + i, 2) = ""
    Next i
    ' 根の計算と出力
```

```

If abcD(4) > 0 Then
    Cells(8, 2) = (-abcD(2) + Sqr(abcD(4))) /
2 / abcD(1)
    Cells(9, 2) = (-abcD(2) - Sqr(abcD(4))) /
2 / abcD(1)
Elseif abcD(4) = 0 Then
    Cells(10, 2) = -abcD(2) / 2 / abcD(1)
Else
    Cells(11, 2) = "解なし"
End If
End Sub

```

図 11 二次方程式の根を求めるマクロ記述

	A	B	C
1	二次方程式の根		
2	$ax^2 + bx + c = 0 \quad (a \neq 0)$		
3			
4	a=	1	
5	b=	1	
6	c=	1	
7	D=	-3	
8	実根x1=		
9	実根x2=		
10	重根x=		
11	虚根=	解なし	

(a) 虚根で解なし

	A	B	C
1	二次方程式の根		
2	$ax^2 + bx + c = 0 \quad (a \neq 0)$		
3			
4	a=	1	
5	b=	7	
6	c=	1	
7	D=	45	
8	実根x1=	-0.1459	
9	実根x2=	-6.8541	
10	重根x=		
11	虚根=		

(b) 2つの実根

図 12 二次方程式の根を求めるワークシート画面

例題 5 直線回帰式  
 メタン系炭化水素  $C_nH_{2n+2}$  のモル燃焼熱 Hc と炭素数 n との関係式  $Hc = a + b \times n$  を求めなさい。ただし、Hc と n の間には下表のような測定値があります。

n	Hc
1	212.8
2	372.8
3	530.6
4	687.4
5	845.0
6	995.1
7	1151
8	1307
9	1464
10	1620

データ n を x、Hc を y として Excel では回帰分析を行うと関係式の係数 a, b が求められる。係数 a は INTERCEPT、b は SLOPE というワーク関数で直ちに求められるが、ここではあえて直線回帰分析の計算方法を理解する上で、VBA によるプログラミングに拘ってみる。この例題では、Excel 統計機能にあるものに対して VBA プログラミングの初歩としては明解な問題と位置づけている。

直線回帰分析では、変数  $(x_i, y_i | i=1 \sim n)$  に対して回帰係数は次の式から求められる。

$$b = (\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n) / (\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n)$$

$$a = (\sum y_i - b \sum x_i) / n$$

$$r = (\sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i / n) / \sqrt{(\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2 / n)(\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2 / n)}$$

各変数での合計 は繰り返し処理 For ~ Next ステートメントで記述すると、この計算のマクロ記述は図 13 のようなプログラムとなる。

```

Public Sub Isq()
' 直線回帰式 y = a + bx
n = 10
Dim x(10), y(10)
For i = 1 To n
    x(i) = Cells(2 + i, 2)
    y(i) = Cells(2 + i, 3)
Next i
' 計算と出力

```

```

GoSub lsq
Cells(14, 3) = a
Cells(14, 5) = b
Cells(15, 3) = r
End
' 最小2乗法サブルーチン
lsq:
For i = 1 To n
    sx = sx + x(i)
    sy = sy + y(i)
    xx = xx + x(i) * x(i)
    xy = xy + x(i) * y(i)
    yy = yy + y(i) * y(i)
Next i
b = (xy - sx * sy / n) / (xx - sx * sx / n)
a = (sy - b * sx) / n
r = (xy - sx * sy / n) / Sqr((xx - sx * sx / n) * (yy - sy * sy / n))
Return
End Sub
    
```

図 13 最小二乗法による直線回帰分析プログラム

ワークシート上とのデータのやり取りには Cells 関数があたり、図 13 にあわせたデータフォーマットにすると、図 14 のようになる。

	A	B	C	D	E	F
1	直線回帰式					
2		n (x)	Hc (y)			
3		1	212.8			
4		2	372.8			
5		3	530.6			
6		4	687.4			
7		5	845.0			
8		6	985.1			
9		7	1151			
10		8	1307			
11		9	1464			
12		10	1620			
13						
14		Hc =		+		Xn
15		r =				

図 14 直線回帰分析のデータ設定

図 13 のプログラムを実行すると、セル C14 に切片 a、セル E14 に傾き b、セル C15 に相関係数 r が算出される。この例題を通して、直線回帰分析のアルゴリズムを理解すると共に、VisualBasic の利用を実体験させた。

Excel 学習過程において VBA の利用を教授すると、表計算機能を超えた、新しいアイデアでのプラットフォームを学生が個々に見つけるようである。まさにデザイン能力の育成にマッチしている。

## 6. 問題解決のための科学計算

これまでの Excel をプラットフォームとする教育実践の成果として、文献 5 に示す「問題解決のための科学計算入門」なる単行本を刊行した(図 15)。この本の主旨は、上記の教育方針に基づいて科学問題の解決を行う上で、計算の流れが追試できるように工夫されており、Excel ワークシート上で多彩にプログラミングするデザイン力を涵養するものである。



図 15 単行本「問題解決のための科学計算入門」

本の構成は、例題を 133 に厳選し、12 章立ての章末に演習問題を配置し、例題と演習問題すべて

を実践できるように CD を付録して演習の実践でのデザイン手法をカバーできるようにした。この本は一般ユーザ向けなのでこの報告の主旨に賛同される方は一読されたい。

## 7. 受講生からの意見と考察

受講した学生からの意見をまとめると、つぎのような長所を指摘するものがあった。

Excel ワークシートが問題解決のプラットフォームになることを知り、その上でのデザイン力が身に付いた。

ワーク関数や数式を多用するような問題解決において、Excel は有用な処理機能をもっていることを発見した。

たくさんのデータから統計処理して問題解決するのに Excel は大変便利であり、実験データの処理にはその能力を活かしている。例題の演習を通して、ワークシート上に必要なデータを集めて整理することが学べて、その流れの中で問題の解を発見することができ、感激した。

VisualBasic の文法を熟知せずに Excel/VBA を利用することができ、簡単なプログラムなら作成することができ、これからも問題解決に利用していきたい。

今は例題を通しての Excel/VBA による問題解決方法を学んだが、そのような問題に遭遇した時はこの方法を活かす実力をつけておきたい。

自学自習には筆者の教科書は役に立った。

この演習が高専本科での受講であったこともあり、つぎのようなネガティブな意見もあった。

VisualBasic 言語によるプログラミングの演習時間が少ないので、たくさん時間をかけてほしかった。

受講するだけでは余りデザイン力が付かな

かったので、復習して勉強しようと思う。

Basic 文法を熟知しようとは思わないが、他人からもらった VBA プログラムは利用できるようにしたい。

Excel は今後も利用するので、受講し理解した範囲で使っていきたい。

以上が受講生からの意見である。学生の Excel/VBA 利用による問題解決のモチベーションを維持させることも重要なことである。

本研究は学生が問題に遭遇した時、どのような解決方法をとるかという選択の中で、Excel をプラットフォームとするデザイン能力を身につけることが如何に重要であるかを論じた。Excel をただの表計算機能だけに利用するのではなく、そのワークシートをプラットフォームとして問題を解決できる能力の育成が大切である。

### 参考文献

- 1) 日本技術者教育認定機構、「点検・審査の手順と方法」(2005年1月20日基準委員会改訂) <http://www.jabee.org/>
- 2) 福井高専 JABEE 認定プログラム「環境生産システム工学」<http://www.fukui-nct.ac.jp/>
- 3) Tadayosi Yoshimura, Yoshihiro Aoyama, Tatsuaki Nishimiya, "Reuse method of the BASIC Program via Excel/VBA and the ingenious education of the creative idea", J. Comput. Chem., Jpn., vol.1, No.2, pp.59-64 (2002).
- 4) 吉村忠与志、青山義弘、「技術者のための Excel 活用研究」、トランジスタ技術スペシャル、No.78, CQ 出版(2002).
- 5) 吉村忠与志、厳選 Excel で解く問題解決のための科学計算入門、技術評論社(2005).
- 6) 吉村忠与志、青山義弘、上嶋晃智、「複合センサ

- システムにおけるパターン認識の視覚化」, J. Comput. Chem., Jpn., vol.2, No.1, pp.1-6 (2000).
- 7) 森口繁一、Excel/Basic 基礎指南、日本規格協会 (2003).
- 8) 吉村忠与志、上嶋晃智、コンピュータ化学、サイエンスハウス(2003).