

[ 教育特集論文 ]

## 算数・数学教材の考察

挿図印刷物の作成について

越川 浩明\*

### A Study of School Mathematics Teaching Materials —Printed Matter with Geometric Figures—

Hiroaki KOSHIKAWA

The new course of study for schools was announced by the Ministry of Education in March 2008. In it, mathematical activities are given more emphasis than before. The polygon, regular polygon, scale drawing, and symmetrical figures have been revived in the elementary mathematics course. Therefore, teachers will need more illustrated print teaching materials from now on. TEX is a free software for drawing up documents that is used in the field of science and technology. We can draw beautiful documents by making use of TEX, but it is difficult to illustrate with beautiful figures. Professor S. Takato has developed the macro package KETpic, which generates TEX source codes for clear drawings with a CAS ( Computer Algebra System ) We ported it in Scilab, which is also free software. This is not a CAS but a powerful programming environ-

---

\* こしかわ・ひろあき：敬愛大学国際学部教授 トポロジー・数学教育

Professor, Faculty of International Studies, Keiai University; Topology, Mathematical Education.

ment for numerical computation and data analysis. In this paper we explain the difference between CAS and Scilab. We also refer to ways of using KETpic for Scilab and show some examples for printed teaching materials for plane geometry.

## 1. はじめに

平成 20 年 (2008 年) 3 月に告示された新学習指導要領 (参考文献 13) では、平成 10 年度からの目標になっていた算数的活動、数学的活動の一層の充実が強調された。小学校算数科では、「数と計算」, 「量と測定」, 「図形」, 「数量関係」の 4 領域ごとの内容に続けて、各学年において「算数的活動」の内容が示されている。これまでの学習指導要領では、「図形」の内容が平成 10 年度以前より著しく減少されていた。そのため、指導要領解説算数編 (文献 12) では図形の記述が文によるだけで図そのものがなかった。新しい解説書では算数的活動の重視とともに「図形」の内容が復活したことにより、図がかなり多く取り入れられている。

学校現場の教員もこれからは、図入りのプリント教材の作成が今までにまして必要になるかと思われる。現在はワープロソフトの発達で教材作成は容易になってきた。数式の多い数学の教材もきれいに出力できる。特に TEX という文書整形フリーソフトウェアは、数学関係の文書作成には秀逸である。これはスタンフォード大学の数学者 D. Knuth により作成され、改良を重ねて世界中で使われてきている。最初 UNIX で使われていたが、今では MacOS、Windows など自由に使える。現在では LATEX2 として、数学のみならず理科系や科学技術系の論文や報告書での標準的なソフトとなっている。人文社会学分野でも利用者が増えてきており、デスクトップ・パブリッシングの世界で広く使われている。

一般に図やグラフの取り入れには専用ソフトが必要となる。TEX でも正確できれいな図やグラフが描けるが、図の取り入れにはかなり工夫が必要である。そのためいろいろな取り組みがされてきた。Picture 環境による

作図法があるが、これは簡単な作図はできるもののコマンド入力に手間がかかる。曲線や曲面のグラフは数式処理システム CAS ( Computer Algebra System ) などで作図し、それを EPS ( Encapsulated PostScript ) ファイルに変換してから取り込むことが基本となっている。

しかしこれにも後述するように難があり、これらの複雑さを解決するために2年前に東邦大学の高遠節夫教授により、TEXでの作図支援のためのKETpicというマクロパッケージが開発された。これにより従来のEPSファイルへの変換をせず、CASの作る図を直接TEXファイルとして取り込むことができるようになった。複雑な関数のグラフも容易に正確に描くことができるので、大学の数学教育で使われはじめています。

義務教育の学校現場では、難しい関数グラフは扱わないが、多角形や円などを交えた図形の題材が多くある。これらの教材作成のためにKETpicの利用が一手段となり得る。上記のCASは高価な商用ソフトであるので、フリーソフトへのKETpicの移植がCASTEX 応用研究会で始められている。

本報告では、フランスの国立研究機関INRIA ( Institut Nationale de Recherch en Informatique et en Automatique ) により開発された無償の数値計算ソフト Scilab へのKETpicの移植を高遠氏と試み、現在までに可能となった作図機能のうち、平面図形に関していくつかの報告をする。ここではLATEX2を単にTEXと記述する。

## 2. TEXの概観

TEXでの文書作成の基本的な流れは以下のとおりである。

### (1) TEXの基本形式

```
¥documentclass [ a4j,11pt ] jarticle }
```

    プリアンプル

```
¥begin{ document }
```

    本文の内容を記述

`\end{document}`

で文章を終了する。

- (2) ファイルをエディタで作成する。
- (3) 作成したファイルは拡張子を `tex` として保存する。
- (4) 保存したファイルを `latex` コマンドでコンパイルする。
- (5) コンパイルすると `dvi` ファイルができるのでそれを `dviout` コマンドで見る。
- (6) `dvi` ファイルを印刷する。

(1) の `a4j` は日本語で A4 用紙に出力、`11pt` は文字の大きさが 11 ポイント、`journal` は日本語の学会論文誌の形式であるということの意味する。英文の場合は `article` とする。ポイント数はいろいろの大きさが指定できる。文書形式もテクニカルレポートや 1 冊の本、手紙の形式等が指定できる。プリアンブルはユーザーの定義したコマンドや、ページのデザインの指定を書く。

文章は通常のように入力していく。数式の場合は例えば

$$\text{\$}\sum_{k=1}^n k^2 = \frac{1}{6} n(n+1)(2n+1)\text{\$}$$

と入力しコンパイルすることにより

$$\sum_{k=1}^n k^2 = \frac{1}{6} n(n+1)(2n+1)$$

が得られる。

TEX で図やグラフを表示するには現在までに

- (1) `picture` 環境で直接記述する方法
- (2) 数式処理ソフトで作成した図を `EPS` ファイルにして読み込む方法
- (3) CAD ソフトで作成した図を `Tpic special` 形式に変換して取り込む方法
- (4) 初等数学のためのマクロ集である `emathP` を使う方法
- (5) `WinTpic` (`Tpic special` を利用して図を視覚的に作成するソフト) を利用する方法

などがある。これらには一長一短があるが、次節で述べる `KETpic` の有用

性との比較のために特徴を簡単に記しておく。

(1)はTEX そのものに備わっている図形環境であり、座標を指定することにより簡単な線画、線分・長方形・円・楕円などが描ける。図形出力フォントの関係で繊細な図形や自由な線画は描くことが面倒である。斜線の傾きや、円の直径に限界がある。

(2)は正確なグラフや図が描けるが、TEX ファイルに取り込むときにEPS ファイルに変換しなければならないという手間がかかる。またEPS ファイルにしたときに容量が大きくなってしまう。

(3)CADソフトはマウスを使用することによって平面図形を簡単に描くことができる。図形はDXF ファイルとして保存されるので、これをTEX ファイルに取り込むためには、変換ソフトによりTpic special形式にすることが必要となる。

(4)は初等数学のためのTEX に図を取り込むためのフリーのマクロ集であり、コマンドを直接打ち込んでいくことにより図を作成するが、コマンドが複雑でありマクロ読み込みに時間がかかる。

(5)はWindows用のフリーソフトである。マウスで平面図形や関数グラフを描くことができる。Tpic special ファイルとして保存できるのでTEX 文書への取り込みは容易である。しかし図の修正に難があり、空間図形に対応していない。

(2) (3) (5)については文献5で試みた。(4)はKETpic が開発されるまでは、初等数学の図の作成によく用いられていた。KETpic は高遠氏が木更津高専在任中に、商用の数式処理ソフトMaple の数式処理機能を利用して正確な図を出力させるために開発したパッケージである。本稿ではフリーソフトScilabにKETpicを移植し、その結果どのような効果が得られたかを報告する。

### 3. Scilab の特徴とKETpic

理工学分野でのデータ解析やモデリング、シミュレーションなどをブ

プログラミングできる言語に MATLAB というソフトウェアがある。世界で広く使われている。データの基本構造はベクトルであり、データを行列演算で処理することがこのソフトの最大の特徴である。しかし、かなり高価なソフトである。Scilab はこのソフトの無償版であり世界的に評価が高いソフトウェアである。理工学分野のみならず社会現象から経済・金融、システム制御に用いられている。インターネットを通して配布されている。

Maple 用の KETpic コマンドを Scilab 用に移植するために Scilab の特徴を述べておく必要がある。Scilab には C 言語などのプログラム言語で見られるような、処理を繰り返すための for 文や while 文、分岐処理のための if 文、iff-else、iff-elseif-else 文や switch/select 文、break 文、continue 文が用意されている。組み込み関数の他に、ユーザーが独自の関数を作ることができる。その際、組み込み関数はすべて小文字から始まるので、ユーザー関数は大文字で始めるのが慣例である。Scilab のプログラミングの特徴は、不定個数の入力引数をもつ関数 varargin である。これは便利である。また関数の定義形式がやや Maple と似ている。ファイルにデータを書き込む方法は組み込み関数 mopen でファイルを開き、mclose でファイルを閉じる。plot2d でプロットデータの作成ができる。mfprintf によりコードの書き出しができる。

Scilab のデータの基本構造が行列であるということから、これまでの CAS がない次の 2 つの問題が生じてきた。

- (1) 数リスト、文字列、行列が混ざった混合リストが扱えない。
- (2) 関数そのものを引数にできない。

(1) は KETpic を Scilab に移植する際の最大の問題であった。通常の数式処理ソフトでは、例えば Maple で、数字 1 と文字 a を

```
L:=[1,a]
```

と入力することによって数字と文字のリストを作ることができるが、Scilab ではエラーになる。これを解決するために混合リストの処理のできる Mix コマンドを作成した。このコマンドを用いれば

```
L = Mix(1,'a')
```

として混合リストができる。これに関連するコマンド群の作成によって後に示す図2や図6のような図が得られる。

(2) Maple ではプロットデータを、例えば

```
g = plot( sin(x), x = - 2*Pi..2*Pi )
```

とすると sin 曲線が描ける。Scilab では関数そのものを引数にできないが、幸いなことに文字列をコマンドとして実行するという特有なコマンド `evstr`、`execstr` をもっている。これらの利用で KETpic のコマンド `Plotdata` を作成し、関数のグラフが描けるようになった。上記は Scilab では

```
G = Plotdata( 'sin(x)', x = [ - 2*%pi, 2*%pi ] )
```

とすればよい。文字列をシングルコートで囲むのが Scilab の流儀である。図4に `Plotdata` の例を示した。

Scilab ではベクトル処理をすることから直線図形のコマンドが作り易い。平面上の点 A の座標を  $[ a_1, a_2 ]$  としたとき、これは1行2列の行列であり位置ベクトルの成分となる。従って2点  $A( a_1, a_2 )$   $B( b_1, b_2 )$  を結ぶ線分を  $t(1-t)$  に分ける点 P の座標はベクトル表示で、

$$P = (1-t)A + tB$$

で求められる。

3点 A、B、C の座標が与えられた三角形の面積 S は行列式で計算することができるので、

$$S = \text{de}([ B - A; C - A ]) * 0.5$$

で求められる。ここに  $[ B - A; C - A ]$  は2行2列の行列を表す。

ベクトル AB の大きさは  $\text{norm}( B - A )$  で求められる。ABC の五心については全てベクトルで求められるので次のように関数を定義することができる。

### 三角形の五心のコマンド

ABC の頂点 A、B、C を位置ベクトルとすると五心の位置ベクトルは次のようになる。

(1) Barycenter (重心)  $G = 1/3(A + B + C)$

(2) Incenter (内心)

$$I = (1 / (\text{norm}(C - B) + \text{norm}(A - C) + \text{norm}(B - A))) \times (\text{norm}(C - B) \times A + \text{norm}(A - C) \times B + \text{norm}(B - A) \times C)$$

(3) Circumcenter (外心)

$$O = (1 / 4 \det([B - A; C - A])) \times (\text{norm}(C - B) \times (\text{norm}(A - C) \times \text{norm}(B - A) - \text{norm}(C - B) \times \text{norm}(A - C)) \times A + \text{norm}(A - C) \times (\text{norm}(B - A) \times \text{norm}(C - B) - \text{norm}(A - C) \times \text{norm}(B - A)) \times B + \text{norm}(B - A) \times (\text{norm}(C - B) \times \text{norm}(A - C) - \text{norm}(B - A) \times \text{norm}(C - B)) \times C)$$

(4) Orthocenter (垂心)

$$H = A + B + C - 2O$$

(5) Excenter (傍心) A に対する傍心

$$IA = (1 / (-\text{norm}(C - B) + \text{norm}(A - C) + \text{norm}(B - A))) \times (-\text{norm}(C - B) \times A + \text{norm}(A - C) \times B + \text{norm}(B - A) \times C)$$

これらを利用した図を図7、図8に示した。

## 4. KETpic for Scilab の使用方法

Scilab を起動するとコマンド・ウィンドウが開く。KETpic のコマンドファイルのライブラリを読み込み、Scilab の Editor 画面を開き、プログラムはこの画面で作成する。

### 文章に図を取り込む手順

- (a) KETpic コマンドで図のデータを作成する。
- (b) 画面で図を確認する。必要ならば修正する。
- (c) Tpic special のデータに書き出す。それを例えば zu.tex というファイル名で保存する。
- (d) このファイルを作成目的の文章、例えば report.tex に
$$\text{\input{ zu }}$$
で取り込む。ただし、プリアンブルに

`¥newlength{ ¥Width }`

`¥newlength{ ¥Height }`

`¥newlength{ ¥Depth }`

を記述しておく。

(e) latex でコンパイルすることによって図が取り込まれた文章がで  
き上がる。

例えば図1は面積が与えられた  $ABC$  があり、辺  $BC$ 、辺  $CA$  をそれぞ  
れ  $1:2$  に分割した点を  $D$ 、 $E$  とし、線分  $AD$  を  $1:2$  に分割した点を  $F$  と  
するとき  $DEF$  の面積を求めよ、という2008年度(2007年7月)の千葉県  
の小学校教員採用試験の問題である(文献14)。この図を文章に取り込もう  
とする場合、Scilabのエディタに次のコマンドを入力し保存しておく。//  
以降はコメントである。

```
Setwindow([ - 4,4 ] [ - 0.5,3 ]); //図の枠の大きさを決める。
```

```
A = [ - 2,2.5 ] //頂点の座標を指定する。
```

```
B = [ - 3,0 ]
```

```
C = [ 3,0 ]
```

```
D = Divide( B,C,1/3 ) //辺 BC を 1 : 2 に分割する点を  
求める。
```

```
E = Divide( C,A,1/3 )
```

```
F = Divide( A,D,1/3 )
```

```
L1 = Listplot( A,B,C,A ) // ABC を描く。
```

```
L2 = Listplot( A,D ) //点 A と D を結ぶ。
```

```
L3 = Listplot( D,E )
```

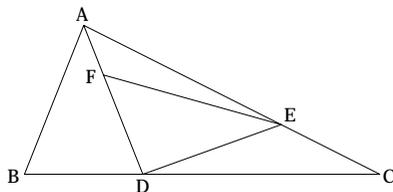


図 1

```

L4 = Listplot( E, F )
Windisp( L1, L2, L3, L4 )           //画面で図を確認する。
Openfile( 'kiyouzu-1.tex' )        //書き出し用ファイルを kiyouzu-1.
                                   tex という名で開く。
Beginpicture( '1cm' )              //picture 環境を始める。
Drwline( L1, L2, L3, L4 )          //実線で図を描く。
Letter( A, 'n1.5e-3', 'A', 'B', 'w', 'B', 'C', 'e', 'C' )
                                   //点 A の位置の方向 n1.5e-3 に文字
                                   A など文字列の書き入れ。ewsn + -
                                   で位置を調節する。

Letter( D, 's1.5', 'D', 'E', 'en1', 'E', 'F', 'w1.5', 'F' )
Endpicture( 0 )                    //picture 環境を終える(0は座標軸を
                                   書かない、1で書く)
Closefile( )                       //書き出し用ファイルを閉じる。

```

Scilabの実行コマンドによりこのファイルを実行すると、Tpic specialのデータが書き込まれた kiyouzu-1.tex というファイルができて上がる。これを作成中の TEX 文章に取り込み、コンパイルすればよい。Openfile 以前は Scilab の内部でのデータの処理である。Openfile 以降が印刷画面に出力される。実線を描くには Drwline、破線を描くには Dashline コマンドを用いる。Letter コマンドで文字列を出力する。

Listplot コマンドを用いればいろいろな多角形が作図できる。例えば図2は正六角形 ABCDEF の対角線を6本引き、正六角形 GHIJKL を作り、さらにその対角線を6本引き、小さな正六角形 PQRSTU を作ったとき、正六角形 PQRSTU と正六角形 ABCDEF の面積の比を求めよ、という2008年度の東京都の小学校教員採用試験の問題の図である(文献14)。

この図の作成の場合、線分  $L1 = AC$  と  $L2 = BF$  などの交点の座標を求める必要がある。

例えば G の場合は

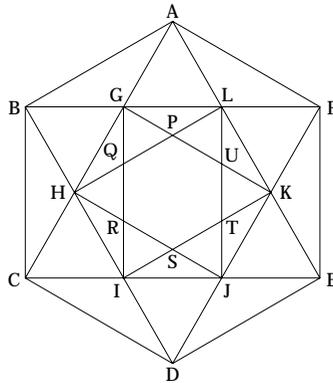


図 2

$G = \text{Mixop}(1, \text{Intersectcrvs}(L1, L2))$

により G の交点を求める。Intersectcrvs は一般の 2 曲線の交点を求めるコマンドである。ただし Scilab は行列計算をするため交点を 1 行 2 列のデータとして出力するので混合リストの処理が必要となり、Mixop コマンドで G の座標を取り出す。

単に正多角形を作図するだけならば、コマンド Polygon(N, R) (N に 3 以上の自然数、R は中心からの距離) を次のプログラムで作成しておけば、例えば

$\text{Polygon}(5, 2)$

のコマンドで図 3 のように正五角形が描ける。

```
function Out = Polygon(N, R)
```

```
  PL = [ ]
```

```
  for I = 0:N
```

```
    if N = 4
```

```
      Tmp = [ R*cos( 2*%pi*I/N + %pi/2 ) R*sin( 2*%pi*I/N + %pi/2 ) ]
```

```
      PL = [ PL, Tmp ]
```

```
    else
```

```
      Tmp = [ R*cos( 2*%pi*I/N + %pi/4 ) R*sin( 2*%pi*I/N + %pi/4 ) ]
```

```
      PL = [ PL, Tmp ]
```

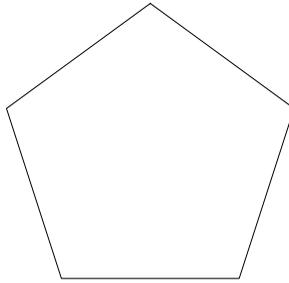


図 3

```

end
end
Out = Listplot( PL )
endfunction

```

図 4 は福島県の 2008 年度小学校教員採用試験問題の図である (文献 14)。

```
G1 = Plotdata( 'x^2/2', 'x', 'N = 100' )
```

```
G2 = Plotdata( ' - x/2 + 3', 'x', 'N = 2' )
```

で放物線と直線を描かせている。N はプロットする点の個数である。コンピュータで曲線を描くときは非常に近接した点を線分で結んで描く。デフォルトでは N = 50 であるが、きれいに出力するためにこの例では N = 100

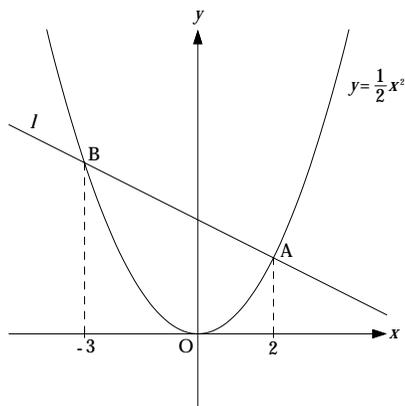


図 4

にしてある。直線の場合は2点間を結ぶだけであるからNの数を2にしておけば十分である。座標軸に矢印をつけるコマンドは

```
Setax('a')
```

である。座標の数はHtickmark([2,0], '2', B, [-3,0])のようにして付ける。破線はDashlineコマンドを用いる。座標軸に自動的に目盛りをつけるコマンドは横軸がHtickmark、縦軸がVtickmarkである。数式ラベルはExprコマンドで出力する。

## 5. その他の例

### 例1) 2辺と挟角が与えられた三角形の作図 (図5)

AB = 3, BC = 5, B = 60°の三角形

```
B = [-3, -1] C = [2, -1]
```

```
A = B + 3*[cos(%pi/3), sin(%pi/3)]
```

```
L = Listplot(A, B, C, A)
```

```
Angle = Anglemark(C, B, A)
```

```
Letter(B, 'e10n3', '60YDeg')
```

点AはBから3離れて線分BCから60°の位置に取る。角度はBの位置から10ポイント右寄り、3ポイント上の位置に調節して記入ができる。

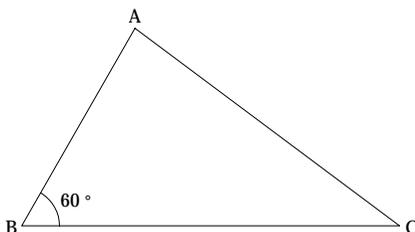


図 5

## 例2) 斜線の入った図 (図6)

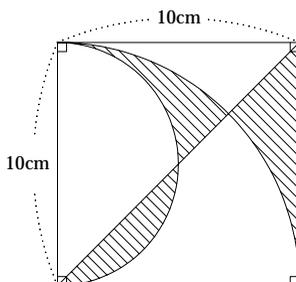


図 6

```
A = [ - 2, 2 ] B = [ - 2, - 2 ] C = [ 2, - 2 ] D = [ 2, 2 ]
```

```
F1 = Listplot( A, B, C, D, A )
```

```
F2 = Circledata( [ - 2, 0 ] 2, 'R = [ - %pi/2, %pi/2 ] )
```

```
F3 = Listplot( B, D )
```

```
F4 = Circledata( [ - 2, - 2 ] 4, 'R = [ 0, %pi/2 ] )
```

```
F5 = Hatchdata( Mix( 'iio', 'ioii', 'iooo' ), Mix( F1 ) . . .  
Mix( F2, 'w' ) Mix( F4, 's' ) Mix( F3, 'n' ) - 45 )
```

円は Circledata (中心、半径、'角度の範囲Rまたは点の個数') で描く。斜線は Hatchdata コマンドを用いる。パターンと一致する領域を斜線塗りする。i は内部、o は外部を表す。- 45 は斜線の傾きで初期値は 45 である。斜線の幅も変えることができる。初期値は 1 である。ここで記述は省略したが破線弧での長さの記述や直角は Bowdata、Bowname、Dottedline、Paramark コマンドを用いる。なおこの図は斜線部の面積を求めよという 2008 年度愛媛県小学校教員採用試験の問題である (文献 14)。

次の 2 つの図 (図 7、8) は中学校・高校の題材である。

### 例3) 三角形の内心と内接円 (図7)

$$A = [2, 4] \quad B = [-3, -1] \quad C = [3, -1]$$

$$D = \text{ToubunTaiten}(A, B, C)$$

$$E = \text{ToubunTaiten}(B, C, A)$$

$$F = \text{ToubunTaiten}(C, A, B)$$

$$I = \text{Incenter}(A, B, C)$$

$$L1 = \text{Listplot}(A, B, C, A)$$

$$L2 = \text{Listplot}(A, D)$$

$$L3 = \text{Listplot}(B, E)$$

$$L4 = \text{Listplot}(C, F)$$

$$S = \text{Area}(A, B, C)$$

$$s = \text{SSSsum}(A, B, C)$$

$$r = S/s;$$

$$C1 = \text{Circledata}(I, r)$$

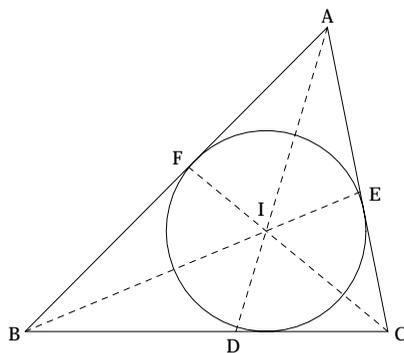
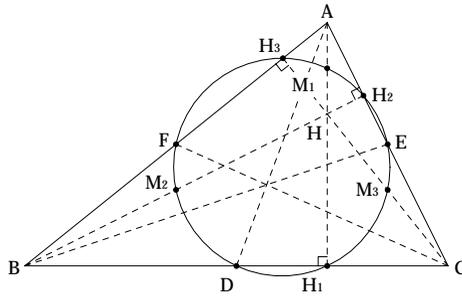


図 7

ToubunTaiten は頂角を 2 等分して対辺に結ぶ線分を作成するコマンドである。Area (A, B, C) で ABC の面積を求め、SSSsum (A, B, C) で三辺の和を求めている。C1 が内心 I を中心とした内接円である。

### 例4) 九点円 (図8)

ABC の各頂点から対辺に下ろした垂線の足  $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、三辺 BC、CA、AB の中点 D、E、F、各頂点と垂心を結ぶ線分の中点  $M_1$ 、 $M_2$ 、 $M_3$  の 9 つの点は同一円周上にある。この円を九点円という。DEF の外心 O を求めることによって Circledata (O, r) で九点円が描ける。Footperpen は垂線の足を求めるコマンドである。ある点からある線分に垂線を下ろす、あるいは与えられた線分の 1 点からその線分に垂線を立てる、というコマンドもベクトルの性質を使って作成することができる。なお図 8 では Shade コマンドを用いて  $M_1$  の位置を空白に塗りつぶしてから文字を記入した。



☒ 8

$A = [ 1, 2 ]$   $B = [ - 4, - 2 ]$   $C = [ 3, - 2 ]$

$L0 = \text{Listplot}( A, B, C, A )$

$D = \text{Divide}( B, C, 1/2 )$

$E = \text{Divide}( C, A, 1/2 )$

$F = \text{Divide}( A, B, 1/2 )$

$O = \text{Circumcenter}( D, E, F )$

$r = \text{norm}( O - D )$

$C1 = \text{Circledata}( O, r )$

$H1 = \text{Footperpen}( A, B, C )$

$H2 = \text{Footperpen}( B, C, A )$

$H3 = \text{Footperpen}( C, A, B )$

$L1 = \text{Listplot}( A, H1 )$

$L2 = \text{Listplot}( B, H2 )$

$L3 = \text{Listplot}( C, H3 )$

$L4 = \text{Listplot}( A, D )$

$L5 = \text{Listplot}( B, E )$

$L6 = \text{Listplot}( C, F )$

## 例5) エンブレム (図9)

算数的活動の指導に現場の教員はいろいろな教材を工夫する必要がある。図9は2008年8月23日に大阪教育大附属池田小学校で開催された、関西算数授業研究会の公開研究会で扱われたエンブレムを用いての対称図形の指導の図である。KETpicを用いると例えば次のような記述で出力することができる。ここでは、ひし形を作りそれをRotatedataコマンドで1点のまわりに回転して作成している。対称軸を見つけてReflectdataコマンドにより線対称で作成することもできる。

```
A=[ - 2,sqrt(3)] B=[ - 3,0] C=[ - 1,0] D =[ 0,sqrt(3)]
```

```
L = Listplot( A,B,C,D, A )
```

```
F1 = Rotatedata( L, 2*%pi/3, D )
```

```
F2 = Rotatedata( L, - 2*%pi/3, D )
```

```
Openfile( 'kiyouzu-9.tex' )
```

```
Beginpicture( '0.8cm' )
```

```
Drwline( L, F1, F2 )
```

```
Shade( L, 0.3 ) ; Shade( F1, 0.3 ) ; Shade( F2, 0.3 )
```

```
Endpicture( 0 )
```

```
Closefile( )
```

図の塗りつぶしはShadeコマンドを用いる。0~1で濃度を調節することができる。

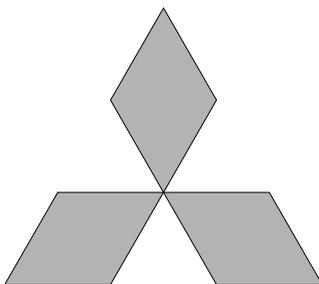


図9

## 例6) うろこ模様 ( 図 10 )

図 10 は平行移動のコマンド Translatedata を用いて 2 つの正三角形、

```
L1 = Listplot( A, B, C, A ) L2 = Listplot( A, C, D, A )
```

のデータを次のプログラムで移動させたものである。

```
for J = 0:3
```

```
    L3 = Translatedata( L1, 0.5*J, 0.5*sqr( 3 )*J )
```

```
    for I = 0:3 - J
```

```
        Tmp1 = Translatedata( L3, I, 0 )
```

```
        Drwline( Tmp1 )
```

```
        for K = 0:2
```

```
            L4 = Translatedata( L2, 0.5*K, 0.5*sqr( 3 )*K )
```

```
            for L = 0:2 - K
```

```
                Tmp2 = Translatedata( L4, L, 0 )
```

```
                Drwline( Tmp2 )
```

```
                Shade( Tmp2, 0.5 )
```

```
            end;
```

```
        end;
```

```
    end;
```

```
end;
```

Shade( Tmp2, 0.5 ) で塗りつぶした正三角形を出力している。

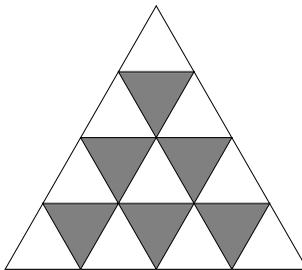


図 10

## 6. 今後の課題

数式や図形が含まれた文章作成はなかなか困難である。この研究ノートはTEXでの作図支援を試みたものである。義務教育の段階では図形をきれいに正確に書き示すことは重要なことである。指導案や練習問題などの算数・数学教材の作図にTEXはあまり使われないようであるが、前任大学で算数専攻以外の小学校教員希望者に情報処理の授業でTEXを取り入れたところ、きれいに数式や図が印刷できることに興味を持つ学生が多かった。いったん正確な図をコンピュータで作成しておけばいろいろな授業の場面で利用できるであろう。例えば、算数的活動で正多角形を切り抜いての利用や、敷き詰め問題、タングラムの作成などいろいろある。また教材の図を作成する過程で授業の展開の仕方のアイデアも浮かぶ。Scilab + KETpicのソフトをより使いやすいようにコマンドを簡易化し、さらに空間図形や算数・数学以外の教材作成でも使えるような自由画の作成も容易にできるようにすることが今後の課題である。

〔謝辞〕

本稿の執筆にあたって東邦大学の高遠節夫教授に多くのご助言と一方ならぬご指導をいただいた。ここに感謝の意を表する。

（参考文献）

1. 奥村晴彦『改定第3版LATEX2 美文書作成入門』、技術評論社、1997年。
2. 上坂吉則『MATLAB + Scilab プログラミング事典』、ソフトバンククリエイティブ株式会社、2007年。
3. 上坂吉則『MATLAB プログラミング入門』、牧野書店、2000年。
4. 櫻井鉄也『MATLAB/Scilabで理解する数値計算』、東京大学出版会、2003年。
5. 鈴木祥介・越川浩明「LATEXの文書に図を入れる試み」『東北科学技術短期大学紀要』、Vol. 2、1995年、15ページ。
6. 高遠節夫「MapleによるTEX描画コード生成」、第2回数学教育講演会、木更津高専、2005年。
7. 高遠節夫「和算に現れる三角形問題の数式処理による解法について」『日本数学教育学会誌』、Vol. 80、No. 11、1998年、23-28ページ。
8. 高遠節夫・越川浩明「KETpicの移植について - CASとScilabの距離」、日本

- 数式処理学会での報告、城西大学、2008年6月。
9. 高橋正明『モノグラフ ベクトル』、第3版、科学新興社、1966年。
  10. 山下哲・関口昌由・高遠節夫「MapleによるKETpicプログラミングの概要」  
『木更津工業高等専門学校紀要』、第40号、2007年、63-72ページ。
  11. 千葉大学情報処理教育研究会編『キャンパス情報リテラシー』、第4版、昭晃堂、2002年。
  12. 文部省『小学校学習指導要領解説算数編』、東洋館出版社、1999年。
  13. 文部科学省『小学校学習指導要領解説算数編』、東洋館出版社、2008年。
  14. 時事通信社内外教育研究会編『教員採用試験小学校全科の過去問2008』、時事通信社、2008年。