

第3回数学教育セミナー  
「TeXによる教材開発」

教材作成における  
MePoTeXの利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeXとは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

第3回数学教育セミナー「TeXによる教材開発」

# 教材作成における MePoTeX の利用

梅野善雄

元一関工業高等専門学校

March 6, 2021

# 目次

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- 1 はじめに
- 2 MePoTeXとは？
- 3 平面図形
- 4 空間図形
- 5 まとめ
- 6 補遺

# 自己紹介

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- 一関高専で数学教員を定年退職。今年度で非常勤も終了。
- TeX との出会いは MS-DOS 時代から。  
ニフティの TeX フォーラムで情報収集。
- 図形は主に「emath」を利用し、空間図形は「gnuplot」  
で作成。
- `includegraphics` で取り込んで Ghostscript で処理。
- 昨年 10 月に PC の SSD がクラッシュして、TeX 環境を再  
構築。
- DVIOUT で画像が表示されない！
- そのエラーからの回復を図る中で、  
もはや、時代は PDF 出力で、EPS に直す必要もない …。
- その中で、Ghostscript を経由しない EPS の存在を知り、
- Metafont から派生した MetaPost や MePoTeX を知る。

# MetaPost

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- Metafont ではフォントの形状を3次のベジエー曲線を利用して描画.
- MetaPost は, その処理を図版生成で利用. J.D.Hobby 氏により作成.
- EPS, PNG, SVG 形式のファイルを出力できる.
- EPS ファイルは, Ghostscript を経由しなくても TeX で処理可能. Purified EPS. そのことを示すため, 拡張子は「MPS」を使用.
- MetaPost での実際の処理は,
  - ▶ MetaPost のコードを記述したソースファイルを作成.
  - ▶ DOS モードで MetaPost により MPS ファイルを出力.
  - ▶ TeX のソースファイルで `\includegraphics` で読み込む.
- MePoTeX は「みなも」氏により作成され, TeX の処理の中で, MetaPost の呼び出し, MPS ファイルの生成, そして図版の組み込みを行うマクロパッケージである.

# MePoTeX の利用

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeX に よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeX の  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- `\usepackage{mepotex}`により MePoTeX を組み込む.

```
\documentclass{jsarticle}
\usepackage[dvipdfmx]{graphicx}
\usepackage{mepotex}
\begin{document}
...
\end{document}
```

- `\begin{MPpic} ... \end{MPpic}`で, MePoTeX のマクロを利用. MetaPost のコードは, MPpic 環境の内部で `\sendMP{ ... }`として, 中括弧内に記述.
- MetaPost を簡潔に利用できるように, 多数のマクロが用意されている,

# MePoTeX の出力サンプル (1) —マニュアルからの転載—

## 第3回数学教育セミナー 「TeXによる教材開発」

教材作成における  
MePoTeX の  
利用

梅野善雄

はじめに

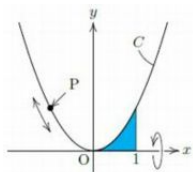
MePoTeX  
とは？

平面図形

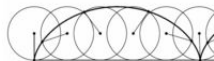
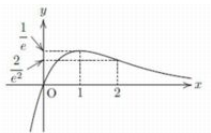
空間図形

まとめ

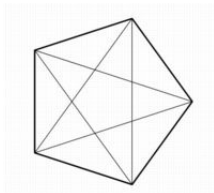
補遺



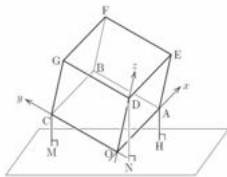
多彩な矢印



曲線を指定したマクロ



多角形マクロ



空間座標を射影



フラクタルマクロ

# MePoTeX の出力サンプル (2) —マニュアルからの転載—

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeX の  
利用

梅野善雄

はじめに

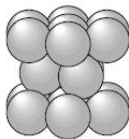
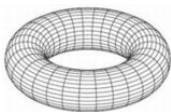
MePoTeX  
とは？

平面図形

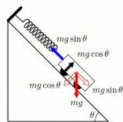
空間図形

まとめ

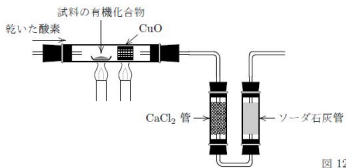
補遺



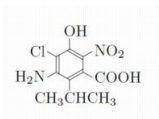
それぞれについてマクロあり



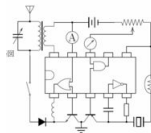
物理部品マクロ



部品マクロ



構造式マクロ



電気部品マクロ

# MePoTeX のマクロ

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeX に よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeX の  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

MePoTeX を組み込むと、下記のマクロが自動的に読み込まれる。

- MePoTeX.mp : 描画・塗りつぶし等に関するマクロ 57 個.
- mptMath.mp : 関数・図形・統計等の数学マクロ 71 個.
- mptPhys.mp : 物理関係のマクロ 29 個.
- mptChem.mp : 化学関係のマクロ 17 個.
- mpt3D.mp : 立体表現に関する基礎マクロ 48 個.
- mptParts.mp : 模式図の部品に関するマクロ 17 個.
- mpt3Dex.mp : 立体図の部品に関するマクロ 59 個.
- elementary.mp : LOGO 風の動作を実現するマクロ 34 個.



# MetaPost と MePoTeX のソースコード

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeX の  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- TeXWiki の MetaPost で解説されている  
「ハートマーク」.

```
prologues := 3;
beginfig(1);
pickup pencircle scaled 2;
draw (0,40)..(10,50)..(20,40)..(8,20)..(0,0);
draw currentpicture xscaled -1;
endfig; end
```



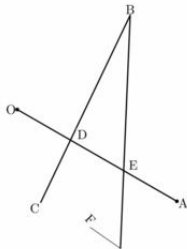
- MePoTeX のコード.

```
\begin{MPpic}<1cm>(1|1,2)
\sendMP{path hrt; z0=origin; z1=(0,h);
hrt=(0,40)..(10,50)..(20,40)..(8,20)..(0,0);
xdraw(2pt) hrt;
xdraw(2pt) hrt reflectedabout (z0,z1);}
\end{MPpic}
```

# 連立1次方程式の解法

点の間に成り立つ連立方程式を与えると、その解として表される点を利用できる。

```
\begin{MPpic}<1cm>(4,2|2)
\mptPoint{z.O}[O][r](3pt){origin}
\mptPoint{z.A}[A][tl]<0mm,1mm>(3pt){5w*dir-30}
\mptPoint{z.B}[B][b]{4w*dir40}
\sendMP{2*z.O+z.A=2*z.C+z.B=3*z.D;
        z.B+2*z.F=z.O+2*z.A=3*z.E;
        xdraw(1pt) z.O--z.A;xdraw(1pt) z.B--z.C;
        xdraw(1pt) z.B--z.F;}
(中略)
\mptLabel{z.E}[bl]<1mm,0mm>{E}
\mptLabel{z.F}[br]
[dist=10mm*dir145,angle=-45]{F}
\end{MPpic}
```



# 多彩なオプション指定

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- 「`xdraw() z1--z2;`」は線分, 「`xdraw() z1..z2;`」は曲線.
- `xdraw( )` の括弧内で多彩な指定ができる.
  - ▶ 「`2pt`」などとすると, 線の太さを指定できる.
  - ▶ 「`hasen()`, `tensen()`」などで破線や点線の指定ができる.
  - ▶ 「`red, blue`」などで, 色のしつがができる.
  - ▶ 「`"-->"`」により, 先端に矢印をつけることができる.  
"`<-->`", "`|-->`", "`|--*`" など多数の記号がある.
- `\mptLabel{ 配置点 }[位置][key=値] <補正> { 文字列 }`  
「`key`」では多数のオプション指定ができる.
  - ▶ 「`dist`」で配置点からの距離, 「`angle`」は配置文字列の角度.
  - ▶ 「`arrowtype`」「`arrowlength`」「`arrowangle`」などで, 先端の矢印の記号, やじりの長さや角度を指定できる.
  - ▶ 「`linecolor`」「`linetype`」で, 線の色や線種を指定できる.

# 平面の基本図形

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

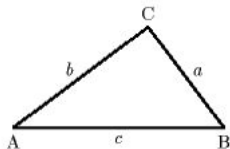
空間図形

まとめ

補遺

3辺の比を指定した三角形. 2辺挟角や2内角. 4辺の比を指定した内接四角形や正多角形マクロもある.

```
\begin{MPpic}
% 3辺が3:4:5の三角形を定義
\sendMP{
\SetTriangle(z.A, z.B, z.C)(3,4,5);}
% 2点を定義。もう1点は自動決定。
\mptPoint{z.A}[A][t]<0mm,-1mm>{\origin}
\mptPoint{z.B}[B][t]<0mm,-1mm>{(4w,0)}
\mptPoint{z.C}[C][b]<0mm,1mm>{z.C}
% 点のラベル (省略)
% 三角形を描画
\sendMP{
  xdraw(1pt) z.A--z.B--z.C--cycle;}
\end{MPpic}}
```



# 平面図形の変形

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

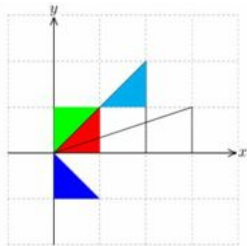
平面図形

空間図形

まとめ

補遺

```
\begin{MPpic}<1cm>(4|1,3|2)
% 格子と軸を描画
(中略)
\sendMP{
  path fig;
  z0=origin; z1=(w,h);
  fig=(0,0)--(w,0)
    --(w,h)--cycle;
  xfill(red) fig;
% いろいろな変形
  xfill(green)
    fig reflectedabout (z0,z1);
  xfill(blue) fig rotated -90;
  xdraw() fig xscaled 3;
  xdraw() fig scaled 2;
  xfill(Cyan) fig shifted z1;}
\end{MPpic}
```



# 平面グラフ

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

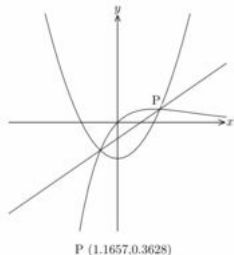
空間図形

まとめ

補遺

下記では、 $y = xe^{-x}$ ,  $y = x^2 - 1$  のグラフの交点を通る直線を描いている。超越方程式の解が求められている。

```
\begin{MPpic}<1cm>(3|3,3|3)
% グラフの描画
\sendMP{path gra,grb;
  gra=kansu(t*exp(-t))(-2,4,40);
  grb=kansu(t*t-1)(-3,3,40);
  xdraw() ClipPATH(gra);
  xdraw() ClipPATH(grb);
  z.A=InSecPoint(t*t-1)(t*exp(-t))(-3,
  z.B=InSecPoint(t*t-1)(t*exp(-t))(0,3
  xdraw() ExtLine(z.A,z.B);}
  SavePointName(z.B);}
\mptLabel{z.B}[b]<-1mm,1mm>{P}
\mptLabel{(-w,-3.5h)}{P \UseNumeric{z.B}}
\end{MPpic}
```



# パラパラ漫画

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

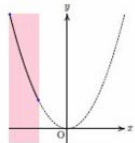
空間図形

まとめ

補遺

「MPpara」環境を利用すると、パラパラ漫画風のPDFを生成することもできる。下記は、MePoTeXにある例である。放物線の左端の桃色の長方形が20頁かけて右側に動いていく。

```
\mptparapara{20}
\begin{MPpic}<10mm>(2|2,4.4|0.5)(0,0)
\mptgetkoma{n}
\sendMP{numeric a; a:=(n/20)[-2,1];}
\sendMP{xfill(hsb(0.95,0.2,1))
(a*w,-0.5h)--(a*w,4h)--((a+1)*w,4h)
--((a+1)*w,-0.5h)--cycle;}
\sendMP{
xdraw(0.4pt,hasen())kansu(t*t)(-2,2,100);
xdraw(1pt)kansu(t*t)(a,a+1,25);
for xx=a,a+1:
xtanten((xx*w,xx*xx*h))(1.5pt,blue);
endfor}
\end{MPpic}
```



# 空間座標

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

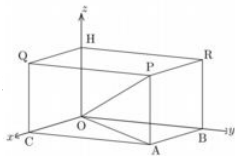
空間図形

まとめ

補遺

空間座標  $(x, y, z)$  を射影 (proj) して利用する。円柱座標は「rdh(r,t,h)」。視点のデフォルトは「SetProjDir(10,30);」

```
\begin{MPpic}<1cm>(4,4)
% 座標軸と頂点
\mptXTaxis|0w==4w>[r]<1mm,0mm>{\$x\$}
\mptYTaxis|0w==5w>[r]<1mm,0mm>{\$y\$}
\mptZTaxis|0w==3w>[b]<1mm,0mm>{\$z\$}
\mptPoint{z.0}[0][t]<0mm,-1mm>{proj(0,0,0)}
\mptPoint{z.P}[P][b]<0mm,1mm>{proj(3w,4w,2w)}
(中略)
% 直方体の描画
\sendMP{xdraw() z.0--z.P--z.A--cycle
xdraw() z.P--z.Q--z.H--z.R--cycle;
xdraw() z.A--z.B--z.R;
xdraw() z.A--z.C--z.Q;}
\end{MPpic}
```





# 空間の基本図形

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

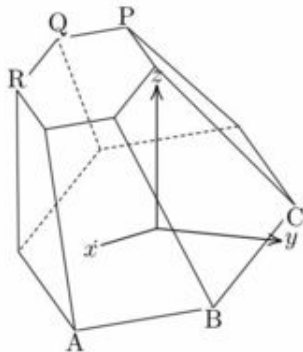
空間図形

まとめ

補遺

円錐・角錐や円錐台・角錐台を描画して自由に回転することができる。下図は、角錐台を  $y$  軸の周りに  $-30$  度回転したもの。

```
\begin{MPpic}<5mm>(4|4,4|1)
\sendMP{
  SetProjDir(20,40)(blue);
  SetPolyFrame;
  z0=(0,0);
  mptColumnCone(z0)
  ((4w,2w),6h,6)(-30,0);}
\mptLabel{z0b0}[t]{A}
\mptLabel{z0b1}[t]{B}
\mptLabel{z0b2}[t]{C}
\mptLabel{z0t3}[b]{P}
  (中略)
\mptZTaxis|==4w>{\$z\$}
\end{MPpic}
```



# 曲面

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

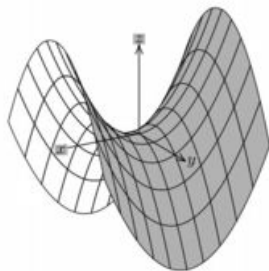
空間図形

まとめ

補遺

下図は  $z = x^2 - y^2$  のグラフ。「kansuQ」もあるが、下記では媒介変数版の「drawsurface」を利用した。独立変数は  $s, t$  を使用する。「blue=(0,0,1)」は、色の指定ではなく、 $z$  軸方向を上方向として描画することを指定している。

```
\begin{MPpic}<.5cm>(4|4,4|4)
\sendMP{
  setunitlength(w,w,0.3w);
  SetProjDir(20,60)(blue);
  SetPolyBoth;
  background:=0.7*white;
  drawSurface(s,t,s*s-t*t)
    (-4,4,10)(-4,4,10);}
\mptXTaxis|0w==4w><1mm,0mm>{\$x\$}
\mptYTaxis|0w==4w><1mm,0mm>{\$y\$}
\mptZTaxis|0w==4w><0mm,1mm>{\$z\$}
\end{MPpic}
```



# 教材作成での「MePoTeX」の利用

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

- あまり利用されているように思えなかったが…
  - ▶ MePoTeX パッケージをインストールするだけで MetaPost を簡単に利用でき、MPS ファイルを生成できる。
  - ▶ 点を、連立方程式の解として定義できる。
  - ▶ 基本図形が容易に作成でき、変形も容易にできる。
  - ▶ 整関数でなくてもグラフの交点を求めることができる。
  - ▶ アフライン変換やパラパラ漫画の機能もある。
  - ▶ 「emath」のノリで立体図形や曲面まで描画できる。
  - ▶ もっと利用されて良いのではないか？  
これまで利用されてこないのは、なぜなのか？
- 改善希望点としては…
  - ▶ MPpic 環境があるごとに、多数の mps, sft, sav ファイルが生成される。ファイルの整理機能があるとよい。
- 「MePoTeX」の作者である「みなも」氏には、多大の経緯を表します。

## 第3回数 学教育セ ミナー 「TeXに よる教材 開発」

教材作成にお  
ける  
MePoTeXの  
利用

梅野善雄

はじめに

MePoTeX  
とは？

平面図形

空間図形

まとめ

補遺

もともとはグラフ電卓絡みで開設したWebサイトであるが、数学関係のページが増えてきて、現在は下記のようなページで構成される。関心を持たれた方はご笑覧いただきたい。

- グラフ電卓に関する解説.
- いろいろなリンク集.  
(数学学習, ベキ分布等).
- Maximaに関する解説.
- Rに関する解説.
- TeXに関する情報.
- emathに関する解説.
- gnuplotに関する解説.
- MePoTeXに関する解説.

<http://yunavi.la.cocacn.jp/mepotex.html>

