

以下の見本は、文書のプリアンブルに`\usepackage{tmtmath}`を宣言して出力しました [補 1]。tmtmath.sty ファイルは、所定のディレクトリか文書と同じディレクトリに置いてください。オプションを指定しなくてもよい場合は `[]` は省けます。また、オプションは `[gR]` のように複数指定できます。`\unitcircle` は `pict2e` パッケージを利用して円を描いています。pict2e パッケージを利用しないと、円の直径が最大で 40pt にしかありません。もし、pict2e パッケージが利用できないなら、`\hyperoval (p.12)` を利用します。

### [drawpict 環境]

```
\begin{drawpict}[#1](#2,#3)(#4,#5)
  (ここに各種マクロ、命令を記述)
\end{drawpict}
```

横#2、縦#3 の描画環境を設定する。描画環境は中央に置かれる。( #4,#5 ) で左下隅の座標を指定。#1 はオプション。

(オプションは必ず指定)

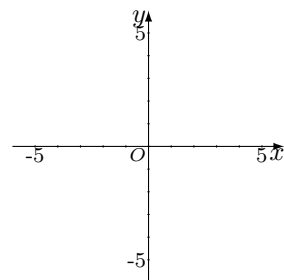
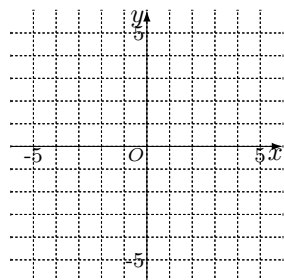
#1 → 描画単位を指定  
0.5cm, 2pt などすべての単位が使用可

### `\baseskip#1`

原点を描画単位の#1 ぶんだけ右へ移動させる。負の値も指定可。ひとつの環境に、複数の図を描くときに利用する。また、drawpict 環境では描画は常に中央に置かれるので、左右に寄せるときにも利用できる。

▽ひとつの環境に 2 つの座標軸を描画

```
\begin{drawpict}[.3cm](29, 12)(-6, -6)
  \coordinate[Rg](-6, 6)(-6, 6)
  \baseskip{17} % 原点を+17 移動 (この場合は左右の座標系の間が 5 空く)
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
\end{drawpict}
```



`\coordinate[#1](#2,#3)(#4,#5)` `\coordinate[op](x_l, x_r)(y_b, y_t)`

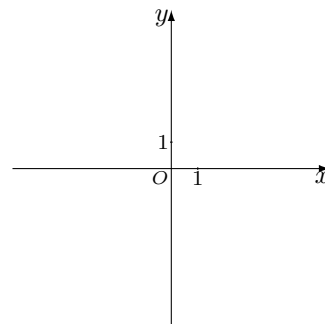
#2#3 間の横軸、#4#5 間の縦軸をもつ座標平面の描画。**#2~#5 は整数値で指定**。軸の両端には、軸目盛やグリッド線を描画しない。picture サイズと左下隅の座標は#2~#5 の値を参考にして、`\begin{drawpict}[#1](#3-#2, #5-#4)(#2, #4)` 程度に指定するとよい。#1 はオプション。

#2~#5 で指定した値は、実数・虚数目盛ではそのままの値で使用されるが、度・ラジアン目盛では、 $\theta$  軸においては  $30^\circ \cdot \frac{\pi}{6}$  刻み、 $y$  軸においては 0.5 刻み として使用される。

- オプションなし → 横軸、縦軸の描画 (規定値)  
 g → 規定値にグリッドを描画  
 A → 規定値に軸名称を追加 (目盛なし)  
     適宜、マクロ `\putones` ( $x, y$  軸に 1 の目盛を表示)、  
     `\putone` ( $x$  軸に 1 の目盛を表示) を併用するとよい  
 R | I | d | r → 実数 | 虚数 | 度 | ラジアン の軸名称と目盛を規定値に付加

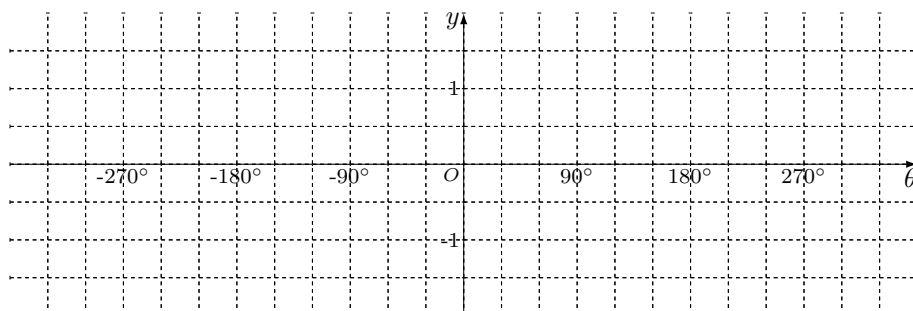
▽  $x$ - $y$  実数平面 (目盛なし) を  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲で描画 [補 2]

```
\begin{drawpict}[.35cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{12}
  \coordinate[A](-6, 6)(-6, 6)
  \putones
\end{drawpict}
```



▽  $\theta$ - $y$  座標平面 (目盛、グリッドあり) を  $-360^\circ < \theta < 360^\circ$ 、 $-2 < y < 2$  の範囲で描画 (すなわち  $-12 < \theta < 12$ 、 $-4 < y < 4$  の座標軸を使用する)

```
\begin{drawpict}[.5cm](24, 8)(-12, -4)
  \coordinate[dg](-12, 12)(-4, 4)
\end{drawpict}
```



`\locate[#1](#2,#3)` `\locate[op](x, y)`

座標 (#2, #3) の位置を黒丸か白丸で示す [補 3]。#1 はオプション。

(オプションは必ず指定)

b | w | B | W → 黒丸 (小) | 白丸 (小) | 黒丸 (大) | 白丸 (大)  
x → 交差破線を引く

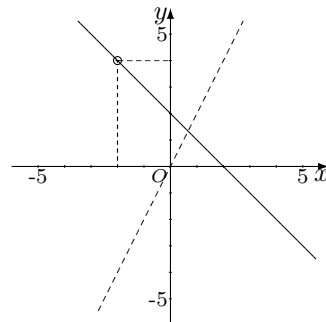
`\abline[#1,#2]#3(#4,#5)` `\abline[a, b]{op}(x_l, x_r)`

$y = ax + b$  のグラフを区間 (#4, #5) で描画 [補 4]。#1 =  $a$ , #2 =  $b$ , #3 はオプションで : のみ。

オプションなし → 直線を描画 (規定値)  
: → 直線を破線で描画 [補 5] (主に漸近線用)

▽直線  $y = -x + 2$  と破線  $y = 2x$  を  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.35cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip8
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \abline[-1, 2](-3.5, 5.5)
  \abline[2, 0]:(-2.75, 2.75)
  \locate[Wx](-2, 4) % 白丸と交差破線
\end{drawpict}
```

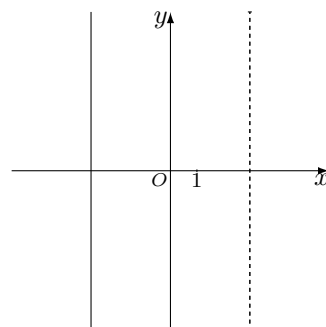


`\linexis#1#2(#3,#4)` `\linexis{a}{op}(y_b, y_t)`

直線  $x = a$  を  $y$  の区間 (#3, #4) で描画。#1 =  $a$ , #2 はオプションで : のみ。

▽  $x = -3$  と  $x = 3$  (破線) を  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.35cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip8
  \coordinate[A](-6, 6)(-6, 6)
  \putone
  \linexis{-3}(-6, 6)
  \linexis3:(-6, 6)
\end{drawpict}
```

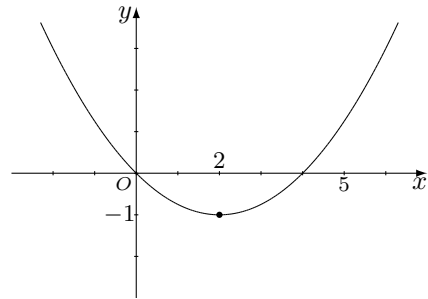


`\parabola[#1,#2,#3](#4,#5)` `\parabola[a, b, c](x_l, x_r)`

$y = ax^2 + bx + c$  のグラフを区間 (#4, #5) で描画 [補 6]。 #1 =  $a$ , #2 =  $b$ , #3 =  $c$ 。

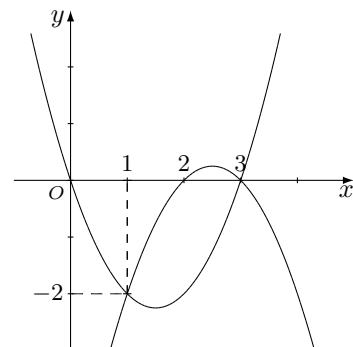
$\nabla y = \frac{1}{4}x^2 - x$  のグラフを  $-3 < x < 7$ ,  $-3 < y < 4$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.55cm](10, 7)(-3, -3)
  \baseskip8
  \coordinate[R](-3, 7)(-3, 4)
  \parabola[.25, -1, 0](-2.3, 6.3)
  \locate[b](2, -1)
  \apeex(2, .3){$2$}(-.4, -1){$-1$} % マクロ\apeex を利用
\end{drawpict}
```



$\nabla y = x^2 - 3x$  のグラフと  $y = -x^2 + 5x - 6$  で囲まれる図形を  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.75cm](6, 6)(-1, -3)
  \baseskip6
  \coordinate[R](-1, 5)(-3, 3)
  \parabola[1, -3, 0](-.7, 3.7)
  \parabola[-1, 5, -6](.7, 4.3)
  \locate[x](1, -2)
  \apeeex(1, .3){$1$}(2, .3){$2$}(3, .3){$3$} % マクロ\apeeex を利用
  \apex(-.4, -2){$-2$} % マクロ\apex を利用
\end{drawpict}
```

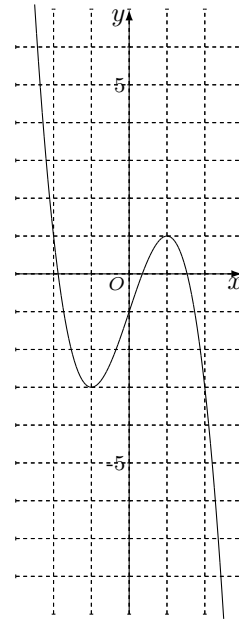


`\cubecurve[#1,#2,#3,#4](#5,#6)` `\cubecurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`

$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$  のグラフを区間 (#5, #6) で描画。 #1 = a, #2 = b, #3 = c, #4 = d。

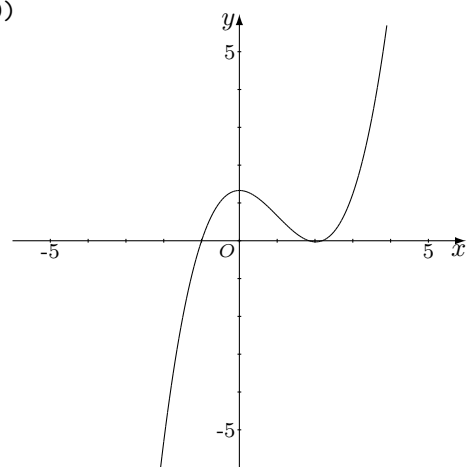
$\nabla y = -x^3 + 3x - 1$  のグラフを  $-3 < x < 3$ 、 $-9 < y < 7$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.5cm](6, 16)(-3, -9)
  \baseskip8
  \coordinate[Rg](-3, 3)(-9, 7)
  \cubecurve[-1, 0, 3, -1](-2.5, 2.5)
\end{drawpict}
```



$\nabla y = \frac{1}{3}x^3 - x^2 + \frac{4}{3}$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.5cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip7
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \cubecurve[.33, -1, 0, 1.33](-2.1, 3.9)
\end{drawpict}
```

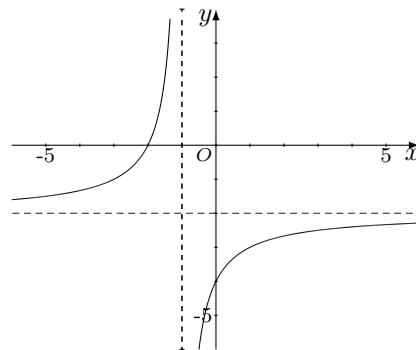


`\fraccurve[#1,#2,#3,#4](#5,#6)` `\fraccurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`

$y = \frac{a}{bx+c} + d$  のグラフを区間 (#5, #6) で描画。#1 = a, #2 = b, #3 = c, #4 = d。漸近線に対する  $x$  の値、すなわち  $-\frac{c}{b}$  が区間 (#5, #6) に含まれてはいけない。

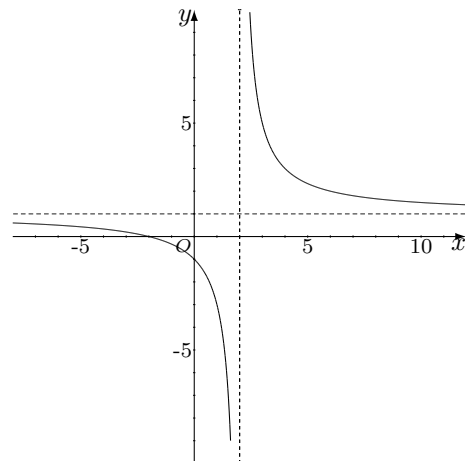
$\nabla y = \frac{-2}{x+1} - 2$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 4$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
( $x = -1$  が漸近線なので、その前後でグラフを分割)

```
\begin{drawpict}[.45cm](12, 10)(-6, -6)
  \baseskip9
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 4)
  \fraccurve[-2, 1, 1, -2](-6, -1.35)
  \fraccurve[-2, 1, 1, -2](-.5, 6)
  \abline[0, -2]:(-6, 6) % 漸近線
  \linexis{-1}:(-6, 4) % 漸近線
\end{drawpict}
```



$\nabla y = \frac{x+2}{x-2}$  のグラフを  $-8 < x < 12$ 、 $-10 < y < 10$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
( $y = \frac{4}{x-2} + 1$  として描画。 $x = 2$  が漸近線なので、その前後でグラフを分割)

```
\begin{drawpict}[.3cm](20, 20)(-8, -10)
  \baseskip{13}
  \coordinate[R](-8, 12)(-10, 10)
  \fraccurve[4, 1, -2, 1](-8, 1.6)
  \fraccurve[4, 1, -2, 1](2.45, 12)
  \abline[0, 1]:(-8, 12) % 漸近線
  \linexis2:(-10, 10) % 漸近線
\end{drawpict}
```

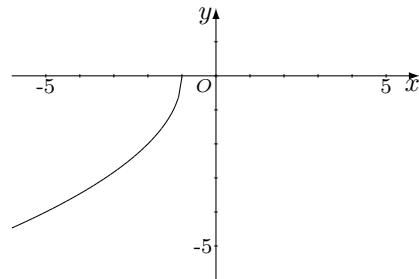


`\sqrtcurve[#1,#2,#3,#4](#5,#6)` `\sqrtcurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`

$y = a\sqrt{bx+c}+d$  のグラフを区間 (#5, #6) で描画。#1 =  $a$ , #2 =  $b$ , #3 =  $c$ , #4 =  $d$ 。根号内を負にする  $x$  の値が区間 (#5, #6) に含まれてはいけない。

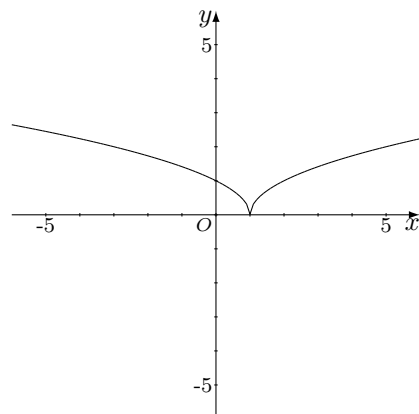
$\nabla y = -2\sqrt{-x-1}$  のグラフを  $-6 < x < -1$ 、 $-6 < y < 2$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画

```
\begin{drawpict}[.45cm](12, 8)(-6, -6)
  \baseskip9
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 2)
  \sqrtcurve[-2, -1, -1, 0](-6, -1)
\end{drawpict}
```



$\nabla y = \sqrt{|x-1|}$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
( $y = \sqrt{-x+1}$  ( $-6 < x < 1$ ) と  $y = \sqrt{x-1}$  ( $1 < x < 6$ ) を描画)

```
\begin{drawpict}[.45cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip9
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \sqrtcurve[1, -1, 1, 0](-6, 1)
  \sqrtcurve[1, 1, -1, 0](1, 6)
\end{drawpict}
```

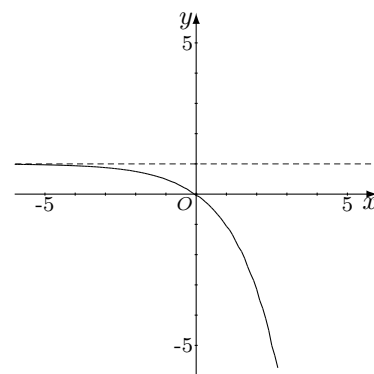


`\expcurve#1[#2,#3,#4,#5](#6,#7)` `\expcurve{op}[a, b (底), c, d](x_l, x_r)`

$y = a \cdot b^{cx} + d$  のグラフを区間  $(#6, #7)$  で描画。#2 =  $a$ , #3 =  $b$ , #4 =  $c$ , #5 =  $d$ 。#1 はオプションで、対数関数を描画するとき - にする。

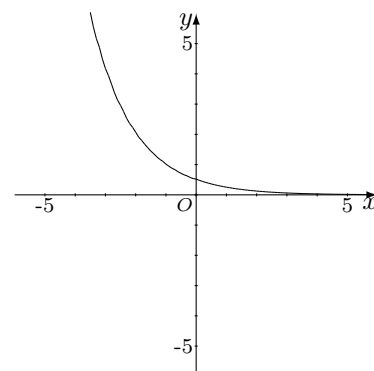
▽  $y = -2^x + 1$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \expcurve[-1, 2, 1, 1](-6, 2.7)
  \abline[0, 1]:(-6, 6) % 漸近線
\end{drawpict}
```



▽  $y = 2^{-x-1}$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
 (  $y = \frac{1}{2} \cdot 2^{-x}$  として描画 )

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \expcurve[.5, 2, -1, 0](-3.5, 6)
\end{drawpict}
```



`\expcurve-[#2,#3,#4,#5](#6,#7)` `\expcurve-[a, b (底), c, d](x_l, x_r)`

$y = a \cdot b^{cx} + d$  の逆関数のグラフ (対数関数) を区間 (#6, #7) で描画<sup>1</sup>。区間 (#6, #7) には指数関数の区間を用いる。#1 は -。#2 = a, #3 = b, #4 = c, #5 = d。

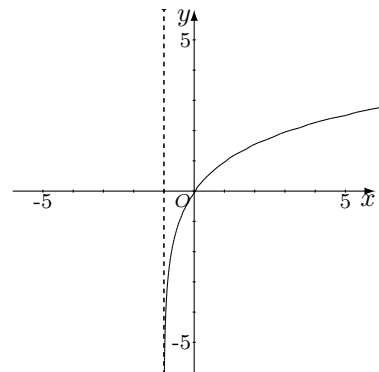
対数関数  $y = p \log_q(rx + s) + t$ 、区間  $(\alpha, \beta)$  は、その逆関数

$$y = a \cdot b^{cx} + d、区間 (x_l, x_r)$$

をもとにして、係数と区間を与える。

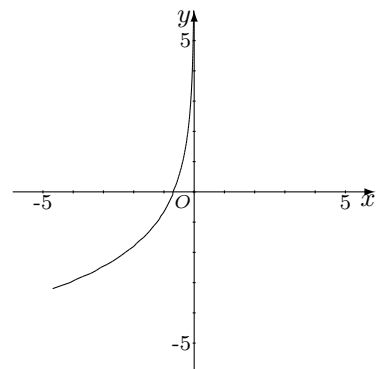
$\nabla y = \log_2(x+1)$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
(逆関数は  $y = 2^x - 1$  だから、区間を  $(-6, 2.8)$  程度にすればちょうど収まる)

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \expcurve-[1, 2, 1, -1](-6, 2.8)
  \linexis{-1}:(-6, 6) % 漸近線
\end{drawpict}
```



$\nabla y = \log_{\frac{1}{2}}(-3x) + 1$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
(逆関数は  $y = -\frac{2}{3} \left(\frac{1}{2}\right)^x$  だから、区間を  $(-3.2, 6)$  程度にすればちょうど収まる)

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \expcurve-[-.67, .5, 1, 0](-3.2, 6)
\end{drawpict}
```



<sup>1</sup>対数値を求める近似式は計算精度が落ちやすいため、指数計算で対数関数を描画している。

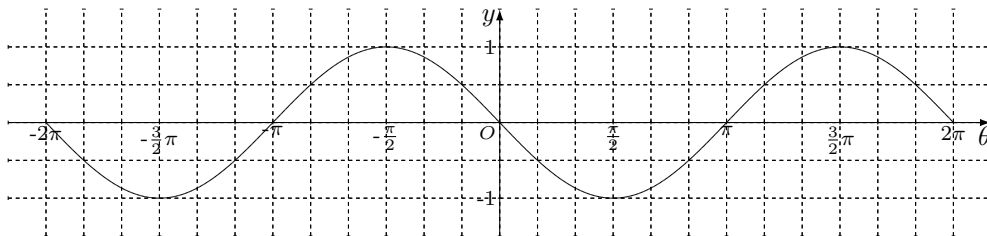
`\sindegree[#1,#2,#3,#4](#5,#6)`  $\sindegree[a, b$  (指定値),  $c^\circ$  (位相),  $d](x_l^\circ, x_r^\circ)$

$y = a \sin(bx + c) + d$  のグラフを区間 (#5, #6) で描画。#1 =  $a$ , #2 =  $b$ , #3 =  $c$ , #4 =  $d$ 。#3, #5, #6 は度数の整数値で指定。#2 は 1, 2, 3, 4, 0.5, 0.33, 0.25 のみに対応 [補 7]。なお、 $\cos$  のグラフもこれで描画する。

$\nabla y = \sin(-\theta)$  のグラフを  $-\frac{13}{6}\pi < \theta < \frac{13}{6}\pi$ ,  $-1.5 < y < 1.5$  の範囲の  $\theta$ - $y$  座標平面に描画；座標軸は  $-13 < \theta < 13$ ,  $-3 < y < 3$  を使用

( $b$  の値に  $-1$  は指定できないので  $y = -\sin \theta$  として描画する)

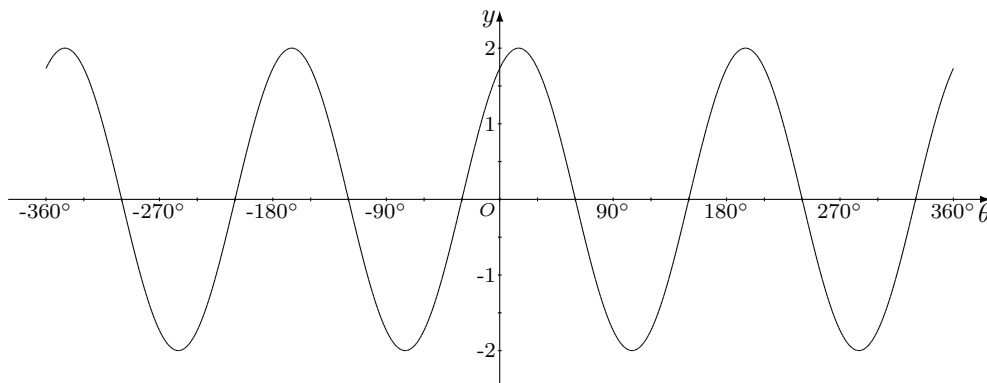
```
\begin{drawpict}[.5cm](26, 6)(-13, -3)
\coordinate[rg](-13, 13)(-3, 3)
\sindegree[-1, 1, 0, 0](-360, 360)
\end{drawpict}
```



$\nabla y = 2 \cos(2\theta - 30^\circ)$  のグラフを  $-390^\circ < \theta < 390^\circ$ ,  $-2.5 < y < 2.5$  の範囲の  $\theta$ - $y$  座標平面に描画；座標軸は  $-13 < \theta < 13$ ,  $-5 < y < 5$  を使用

(この場合は、 $y = 2 \sin(2\theta + 60^\circ)$  として描画する)

```
\begin{drawpict}[.5cm](26, 10)(-13, -5)
\coordinate[d](-13, 13)(-5, 5)
\sindegree[2, 2, 60, 0](-360, 360) % cos(x) は sin(x+90) として描画
\end{drawpict}
```

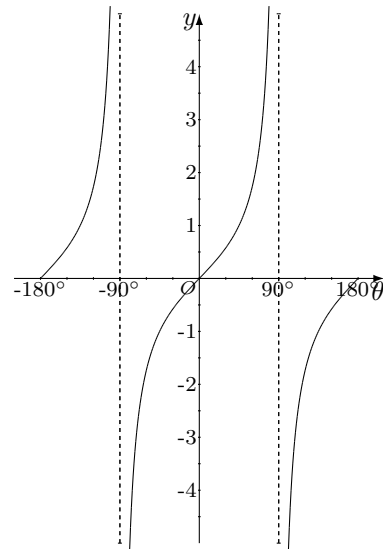


`\tandegree[#1,#2,#3,#4](#5,#6)`  $\tandegree[a, b \text{ (指定値)}, c^\circ \text{ (位相)}, d](x_l^\circ, x_r^\circ)$

$y = a \tan(bx + c) + d$  のグラフを区間 (#5, #6) で描画。#1 =  $a$ , #2 =  $b$ , #3 =  $c$ , #4 =  $d$ 。#3, #5, #6 は度数の整数値で指定。#2 は 1, 2, 3, 4, 0.5, 0.33, 0.25 のみに対応 [補 7]。

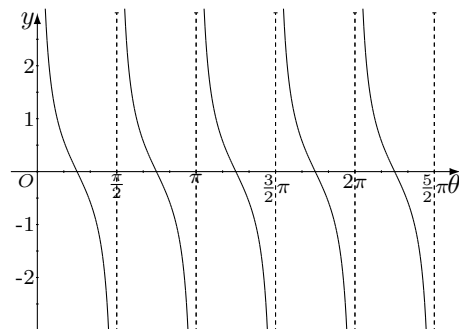
$\nabla y = \tan \theta$  のグラフを  $-210^\circ < \theta < 210^\circ$ 、 $-5 < y < 5$  の範囲の  $\theta$ - $y$  座標平面に描画  
( $\theta = -90^\circ$ 、 $\theta = 90^\circ$  が漸近線なので、その前後でグラフを分割)

```
\begin{drawpict}[.35cm](14, 20)(-7, -10)
\baseskip{11}
\coordinate[d](-7, 7)(-10, 10)
\tandegree[1, 1, 0, 0](-180, -101)
\tandegree[1, 1, 0, 0](-79, 79)
\tandegree[1, 1, 0, 0](101, 180)
\linexis{-3}:(-10, 10) % 漸近線
\linexis3:(-10, 10) % 漸近線
\end{drawpict}
```



$\nabla y = -\tan\left(2\theta - \frac{\pi}{2}\right)$  のグラフを  $-\frac{\pi}{6} < \theta < \frac{16}{6}\pi$ 、 $-3 < y < 3$  の範囲の  $\theta$ - $y$  座標平面に描画  
( $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$  のグラフと漸近線を、\baseskip を利用して...)

```
\begin{drawpict}[.35cm](17, 12)(-1, -6)
\baseskip{11}
\coordinate[r](-1, 16)(-6, 6)
\newcount\drawtimes % repeat までが繰り返しのマクロ
\drawtimes=5
\loop
\tandegree[-1, 2, -90, 0](9, 81)
\linexis3:(-6, 6)%^2
\baseskip3
\advance\drawtimes by-1
\ifnum\drawtimes>0
\repeat
\end{drawpict}
```



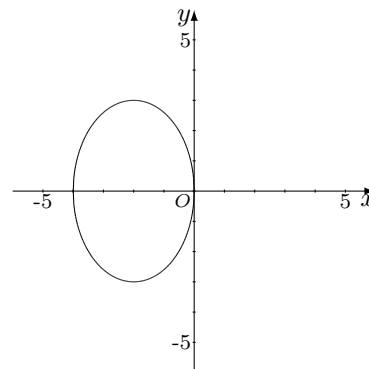
<sup>2</sup>%は空白を入れないために必要。

`\hyperoval#1[#2,#3,#4,#5](#6,#7)` `\hyperoval{opなし/+/-}[a, b, C, D](x_l, x_r)`

2次曲線  $\frac{(x-a)^2}{C} + \frac{(y-b)^2}{D} = 1$  のグラフを区間 (#6, #7) で描画。#1 は (opなし)/+/- のいずれか。#2 = a, #3 = b, #4 = C, #5 = D。C, D > 0 ならば **楕円** で、とくに C = D の場合は半径  $\sqrt{C}$  の円になる。また、CD < 0 ならば、 $\frac{(x-a)^2}{C} - \frac{(y-b)^2}{D} = 1$  もしくは  $\frac{(x-a)^2}{C} - \frac{(y-b)^2}{D} = -1$  の **双曲線** になる。オプションがない場合は、区間 (#6, #7) における完全なグラフを、+ の場合は  $y > 0$  の部分のグラフを、- の場合は  $y < 0$  の部分のグラフを描画する [補 8]。

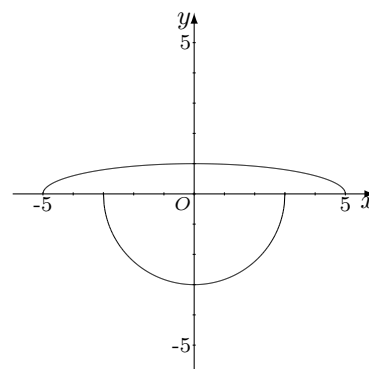
$\nabla \frac{(x+2)^2}{4} + \frac{y^2}{9} = 1$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
(グラフは  $-4 \leq x \leq 0$  の範囲に描画されるので、これを区間に使用する)

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
\baselap{10}
\coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
\hyperoval[-2, 0, 4, 9](-4, 0)
\end{drawpict}
```



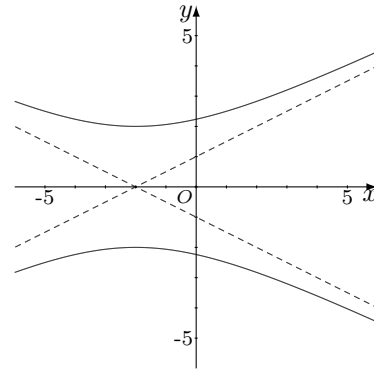
$\nabla \frac{x^2}{25} + y^2 = 1$  のグラフの上半分と円  $x^2 + y^2 = 9$  の下半分のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
(円は  $\frac{x^2}{9} + \frac{y^2}{9} = 1$  と見る)

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
\baselap{10}
\coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
\hyperoval+[0, 0, 25, 1](-5, 5)
\hyperoval-[0, 0, 9, 9](-3, 3)
\end{drawpict}
```



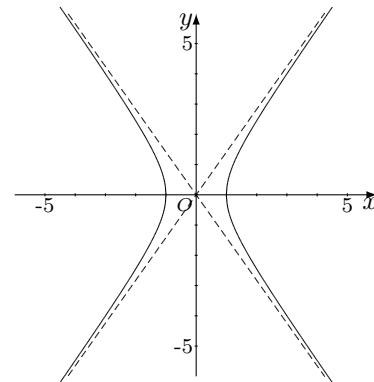
$\nabla \frac{(x+2)^2}{16} - \frac{y^2}{4} = -1$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
 (  $-\frac{(x+2)^2}{16} + \frac{y^2}{4} = 1$  と見る )

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \hyperoval[-2, 0, -16, 4](-6, 6)
  \abline[.5, 1]:(-6, 6) % 漸近線
  \abline[-.5, -1]:(-6, 6) % 漸近線
\end{drawpict}
```



$\nabla x^2 - \frac{y^2}{2} = 1$  のグラフを  $-6 < x < 6$ 、 $-6 < y < 6$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画  
 ( $-1 < x < 1$  には双曲線がないので、その前後でグラフを分割)

```
\begin{drawpict}[.4cm](12, 12)(-6, -6)
  \baseskip{10}
  \coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
  \hyperoval[0, 0, 1, -2](-4.5, -1)
  \hyperoval[0, 0, 1, -2](1, 4.5)
  \abline[1.414, 0]:(-4.25, 4.25) % 漸近線
  \abline[-1.414, 0]:(-4.25, 4.25) % 漸近線
\end{drawpict}
```



`\Taylor[#1,#2,#3,#4,#5,#6](#7,#8)`    `\Taylor[a, b, c, d, e, f](x_l, x_r)`

$x = 0$  のまわりのテイラー級数 (6 項分)  $f(x) = a + bx + c\frac{x^2}{2!} + d\frac{x^3}{3!} + e\frac{x^4}{4!} + f\frac{x^5}{5!}$  のグラフを区間 (#7, #8) で描画。#1 =  $a = f(0)$ , #2 =  $b = f'(0)$ , #3 =  $c = f''(0)$ , #4 =  $d = f'''(0)$ , #5 =  $e = f^{(4)}(0)$ , #6 =  $f = f^{(5)}(0)$ 。5 次以下の整式のグラフを描くときに利用する。多くの関数がテイラー展開できるが、精度の点で  $-2 < x < 2$  程度の範囲で利用するのが無難である。

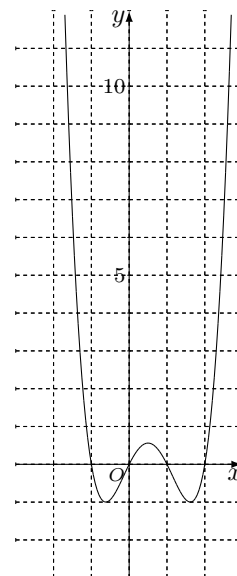
$y = x^4 - 2x^3 - x^2 + 2x$  については、

$$\begin{array}{ll} y = x^4 - 2x^3 - x^2 + 2x & \text{より } f(0) = 0 \\ y' = 4x^3 - 6x^2 - 2x + 2 & \text{より } f'(0) = 2 \\ y'' = 12x^2 - 12x - 2 & \text{より } f''(0) = -2 \\ y''' = 24x - 12 & \text{より } f'''(0) = -12 \\ y^{(4)} = 24 & \text{より } f^{(4)}(0) = 24 \\ y^{(5)} = 0 & \text{より } f^{(5)}(0) = 0 \end{array}$$

であることを用いて描画する。

$\nabla y = x^4 - 2x^3 - x^2 + 2x$  のグラフを  $-3 < x < 3$ 、 $-3 < y < 12$  の範囲の  $x$ - $y$  実数平面に描画

```
\begin{drawpict}[.5cm] (6, 15) (-3, -3)
  \baseskip8
  \coordinate[Rg] (-3, 3) (-3, 12)
  \Taylor[0, 2, -2, -12, 24, 0] (-1.7, 2.7)
\end{drawpict}
```



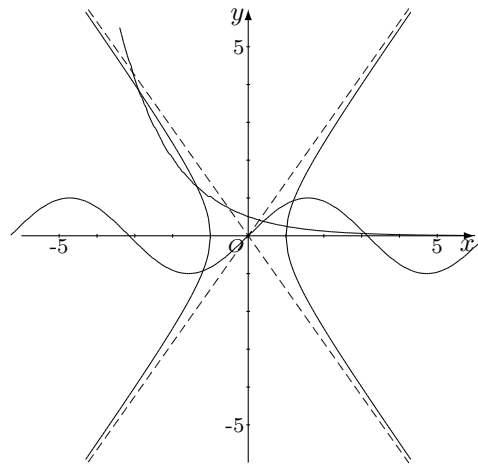
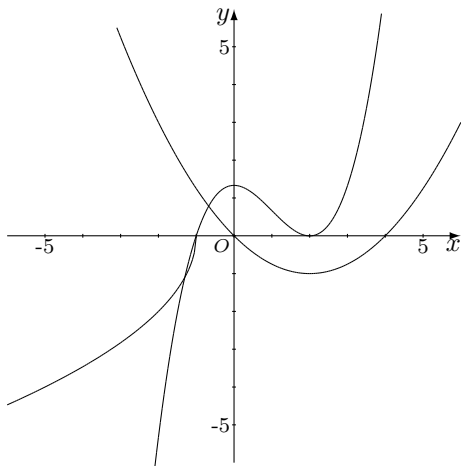
```
\easyfx[#1]#2(#3,#4) \easyfx[関数式]{op}(x_l, x_r)
```

逆ポーランド記法で記述した#1のグラフを区間(#3,#4)で描画。#2はオプションで:のみ。  
 ⇒「合成関数のグラフを描画するためのマクロ見本/簡易マニュアル」(pdfファイル)の appendix A3を参照のこと。

▽前出のいくつかの関数を  $x$ - $y$  座標平面に描画

```
\begin{drawpict}[.5cm](26, 12)(-6, -6)
\coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
\easyfx[ {.25}xx**x- ](-3.1, 6) %左: y=(1/4)x^2-x
\easyfx[ {.333}xxx**xx*-[1.333]+ ](-2.1, 3.9) %左: y=(1/3)x^3-x^2+(4/3)
\easyfx[ {-2}{-1}x*1-r* ](-6, -1) %左: y=-2sqrt(-x-1)

\baseskip{14}
\coordinate[R](-6, 6)(-6, 6)
\easyfx[ {-1}x*1-2l*e ](-3.4, 6) %右: y=2^(-x-1)[補9]
\easyfx[ xs ](-6.28, 6.28) %右: y=sin(x)[補10]
\easyfx[ 2xx**2-r ](-4.3, -1)\easyfx[ 2xx**2-r ](1, 4.3) %右: x^2-(y^2)/2=1
\easyfx[ {-1}2xx**2-r* ](-4.3, -1)\easyfx[ {-1}2xx**2-r* ](1, 4.3)[補11]
\easyfx[ {1.414}x* ](-4.25, 4.25) %漸近線
\easyfx[ {-1.414}x* ](-4.25, 4.25)
\end{drawpict}
```



`\unitcircle[#1]`    `\unitcircle[op]`

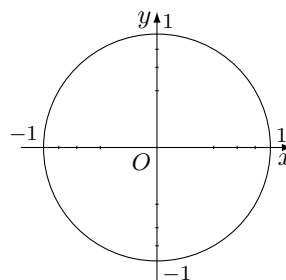
三角関数で利用する単位円を描画。軸には  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  の倍数角に対応する目盛を記入（数値は未記入）。#1 はオプション。

オプションなし →  $x$  軸、 $y$  軸、原点  $O$ 、単位円の描画（規定値）

t → 規定値に tan 用目盛を記入

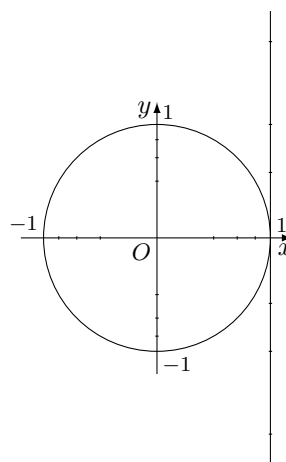
▽単位円を  $-1.2 < x < 1.2$ 、 $-1.2 < y < 1.2$  の範囲の  $x$ - $y$  座標平面に描画

```
\begin{drawpict}[1.5cm](2.4, 2.4)(-1.2, -1.2)
  \baseskip3
  \unitcircle
\end{drawpict}
```



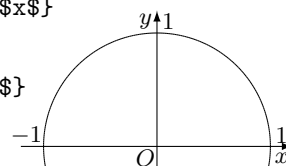
▽単位円と tan 用目盛の描画

```
\begin{drawpict}[1.5cm](2.4, 4.0)(-1.2, -2.0)
  \baseskip3
  \unitcircle[t]
\end{drawpict}
```



▽単位円を上半分だけ描画（`\unitcircle` を使わない）

```
\begin{drawpict}[1.5cm](2.4, 1.4)(-1.2, -.2)
  \baseskip3
  \put(-1.2, 0){\vector(1,0){2.4}}
  \apeeex(-1.15, .1){$-1$}(1.1, .1){$1$}(1.1, -.1){$x$}
  \put(0, -.2){\vector(0,1){1.4}}
  \apeeex(-.1, -.1){$0$}(.1, 1.1){$1$}(-.1, 1.1){$y$}
  \arcdegree(0, 0, 1)(-10, 190)
\end{drawpict}
```



`\rangeline(#1,#2)#3`    `\rangeline(l, r){ax}`

$l$  から  $r$  までの数直線。  $ax$  は数直線の名称 (不要なら `{}`)。

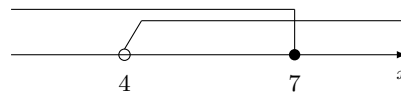
`\brange#1(#2,#3)#4`    `\brange{n}(s, e){v}`

`\wrangle#1(#2,#3)#4`    `\wrangle{n}(s, e){v}`

閉区間 (黒丸) または开区間 (白丸) から伸びる線分。  $n$  は 0, 1, 2, 3, 4 のいずれかで、数直線からの高さがそれぞれ 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4 となっている。  $s$  は始点となる丸の位置を、  $e$  は終点にあたる位置を表す。  $v$  は丸位置の値 (不要なら `{}`)。

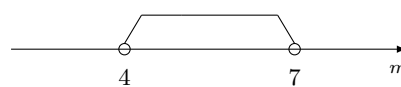
▽  $x > 4$ 、  $x \leq 7$  の範囲を  $2 < x < 9$  の範囲の数直線に描画

```
\begin{drawpict}[.75cm] (7, 2)(2, 0)
  \baseskip4
  \rangeline(2, 9){$x$}
  \wrangle0(4, 9){$4$}
  \brange1(7, 2){$7$}
\end{drawpict}
```



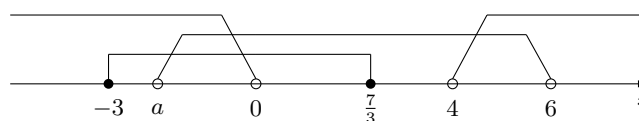
▽  $4 < m < 7$  の範囲を  $2 < m < 9$  の範囲の数直線に描画

```
\begin{drawpict}[.75cm] (7, 2)(2, 0)
  \baseskip4
  \rangeline(2, 9){$m$}
  \wrangle0(4, 5){$4$}
  \wrangle0(7, 5){$7$}
\end{drawpict}
```



▽  $-3 \leq x \leq \frac{7}{3}$ 、  $a < x < 6$ 、  $x < 0$ 、  $4 < x$  の範囲を  $-5 < x < 8$  の範囲の数直線に描画

```
\begin{drawpict}[.65cm] (13, 2)(-5, 0)
  \rangeline(-5, 8){$x$}
  \brange0(-3, 0){$-3$} \brange0(2.333, 0){$\frac{7}{3}$}
  \wrangle2(-2, 0){$a$} \wrangle2(6, 0){$6$}
  \wrangle4(0, -5){$0$} \wrangle4(4, 8){$4$}
\end{drawpict}
```



$$\boxed{\backslash\text{siide}(\#1,\#2)(\#3,\#4)} \quad \backslash\text{siide}(l_x, l_y)(r_x, r_y)$$

$$\boxed{\backslash\text{vsiide}(\#1,\#2)(\#3,\#4)} \quad \backslash\text{vsiide}(l_x, l_y)(r_x, r_y)$$

$$\boxed{\backslash\text{siiide}(\#1,\#2)(\#3,\#4)(\#5,\#6)} \quad \backslash\text{siiide}(l_x, l_y)(p_x, p_y)(r_x, r_y)$$

$$\boxed{\backslash\text{siiiide}(\#1,\#2)(\#3,\#4)(\#5,\#6)(\#7,\#8)} \quad \backslash\text{siiiide}(l_x, l_y)(p_x, p_y)(q_x, q_y)(r_x, r_y)$$

[i の数が頂点の数を示している] 開いた連鎖線分、すなわち頂点 (#1, #2) から頂点 (#m, #n) までを順に線分で結ぶ。 $\backslash\text{vsiide}$  のみ、(#1, #2) から (#3, #4) は向かうベクトルになる [補 12]。

$$\boxed{\backslash\text{poooly}(\#1,\#2)(\#3,\#4)(\#5,\#6)} \quad \backslash\text{poooly}(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)$$

$$\boxed{\backslash\text{pooooly}(\#1,\#2)(\#3,\#4)(\#5,\#6)(\#7,\#8)} \quad \backslash\text{pooooly}(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)(x_4, y_4)$$

[o の数が頂点の数を示している] 閉じた連鎖線分、すなわち頂点 (#1, #2) から頂点 (#m, #n) までを順に結んで三角形と四角形を描画。五角形以上の多角形は  $\backslash\text{siide}$ ,  $\backslash\text{siiide}$ ,  $\backslash\text{siiiide}$  を組み合わせて描画する。

$$\boxed{\backslash\text{apex}(\#1,\#2)\#3} \quad \backslash\text{apex}(x_1, y_1)X$$

$$\boxed{\backslash\text{apeex}(\#1,\#2)\#3(\#4,\#5)\#6} \quad \backslash\text{apeex}(x_1, y_1)X(x_2, y_2)Y$$

$$\boxed{\backslash\text{apeeex}(\#1,\#2)\#3(\#4,\#5)\#6(\#7,\#8)\#9} \quad \backslash\text{apeeex}(x_1, y_1)X(x_2, y_2)Y(x_3, y_3)Z$$

[e の数が頂点の数を示している] 各頂点 (#m, #n) の位置に名称 #3, #6, #9 を  $\backslash\text{small}$  サイズの文字で表示。違う文字サイズを指定するとそれが有効になる。5 つ以上の名称を表示するときは  $\backslash\text{apex}$ ,  $\backslash\text{apeex}$ ,  $\backslash\text{apeeex}$  を組み合わせて表示する。

$$\boxed{\backslash\text{arcdegree}(\#1,\#2,\#3)(\#4,\#5)} \quad \backslash\text{arcdegree}(c, d, r)(\alpha^\circ, \beta^\circ)$$

中心 (#1, #2)、半径 #3 の弧を、角 (#4, #5) の範囲で描画。#1 = c, #2 = d, #3 = r。#4 =  $\alpha$ , #5 =  $\beta$  は整数度を指定し、負の値や 360 より大きい値も使える。ただし、必ず  $\alpha < \beta$  とする。

$$\boxed{\backslash\text{slur}\#1(\#2,\#3)(\#4,\#5)\#6} \quad \backslash\text{slur}\{+/-\}(x_1, y_1)(x_2, y_2)X$$

2 点 (#2, #3), (#4, #5) をスラー線で結び、値 #6 を  $\backslash\text{small}$  サイズの文字で表示。違う文字サイズを指定するとそれが有効になる。#1 = (+ or -)。 $\backslash\text{slur}+$  は  $(x_1, y_1)$  から  $(x_2, y_2)$  へ向けて引かれた線分の右側に、 $\backslash\text{slur}-$  は  $(x_1, y_1)$  から  $(x_2, y_2)$  へ向けて引かれた線分の左側に、山が出るスラー線になる。値 #6 の位置は固定されているが、 $\backslash\text{makebox}(0, 0)[\text{rtb}]{X}$  の書式を合わせると、多少の調整は可能 [補 13]。オプションを指定しないとスラー線が引かれませんが、値は 2 点 (#2, #3), (#4, #5) の中央に置かれる。

$\boxed{\backslash\text{symbol}[\#1](\#2,\#3)(\#4,\#5)\#6}$   $\backslash\text{symbol}[op](x, y)(a, b)d$

図形の角や辺などに示す記号類。#1 はオプション。

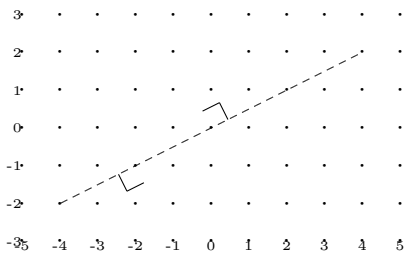
(オプションは必ず指定)

r | e/E | p/P → 直角記号 | 等辺記号 (単線/複線) | 平行記号 (単線/複線)

[op = r] **直角記号** 点 (#2, #3) を基点として、傾き  $\frac{\#5}{\#4}$  の方向に、長さ #6 進んだ点から、反時計回りに直角記号を描画する (下図参照)。#2 = x, #3 = y, #4 = a, #5 = b, #6 = d は、すべて実数値を指定できるが、**数値は 10 程度以下とする** (傾きが  $\frac{61}{37}$  のようなときは  $\frac{6.1}{3.7}$  と考えるか、 $\frac{1.64}{1}$  と考えるとよい)。

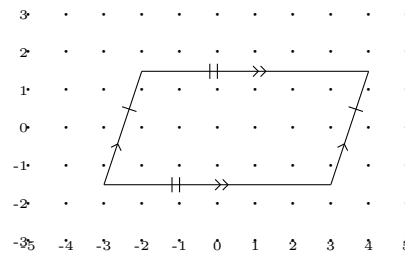
[op = e/E] **等辺記号** 点 (#2, #3) を基点として、傾き  $\frac{\#5}{\#4}$  の方向に垂直な、長さ #6 の 2 倍の線を描画する (下図参照)。#2 = x, #3 = y, #4 = a, #5 = b, #6 = d は、すべて実数値を指定できるが、数値は 10 程度以下とする。複線の場合は、傾き  $\frac{\#5}{\#4}$  の方向に、長さ #6 進んだ位置に 2 本めが描かれる。

[op = p/P] **平行記号** 点 (#2, #3) を基点として、傾き  $\frac{\#5}{\#4}$  の方向に矢の先が向く、長さ #6 の矢印を描画する (下図参照)。#2 = x, #3 = y, #4 = a, #5 = b, #6 = d は、すべて実数値を指定できるが、数値は 10 程度以下とする。複線の場合は、傾き  $\frac{\#5}{\#4}$  の方向に、長さ #6 進んだ位置に 2 本めが描かれる。



(左)  $\backslash\text{symbol}[r](-2,-1)(-2,-1)\{.5\}$

(右)  $\backslash\text{symbol}[r](0,0)(2,1)\{.5\}$



(左辺上)  $\backslash\text{symbol}[e](-2.33, .5)(1, 3)\{.2\}$

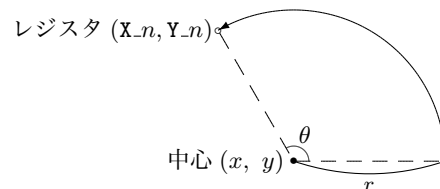
(左辺下)  $\backslash\text{symbol}[p](-2.66, -.5)(1, 3)\{.2\}$

(上辺左)  $\backslash\text{symbol}[E](0, 1.5)(-1, 0)\{.2\}$

(上辺右)  $\backslash\text{symbol}[P](1, 1.5)(1, 0)\{.2\}$

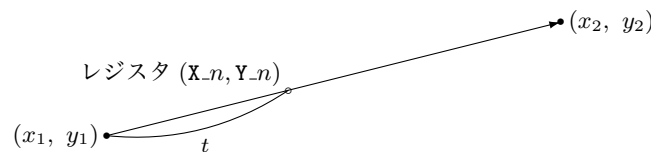
**\ORBIT{#1}{#2,#3,#4}#5**    \ORBIT{n}(x, y, r)\theta

$n$  は 1, 2, 3 のいずれかを必ず指定。点 (#2, #3) を中心とし、半径 #4 の動径を角  $\theta$  だけ回転した点の座標を計算し、その値をレジスタに保持する。値は  $n$  番目のレジスタ ( $\backslash X_n$  と  $\backslash Y_n$ ) に保持され、次に同じ  $n$  の値で \ORBIT、\DIVIDE、\XPOINT が実行されるまで保たれる。 $\theta$  は  $-360^\circ < \theta < 360^\circ$  の範囲で指定。



**\DIVIDE{#1}{#2,#3}{#4,#5}#6**    \DIVIDE{n}(x\_1, y\_1)(x\_2, y\_2)t

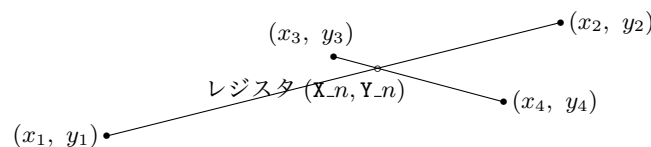
$n$  は 1, 2, 3 のいずれかを必ず指定。線分 (#2, #3)-(#4, #5) を  $t : (1 - t)$  に内分または外分する点の座標を計算し、その値をレジスタに保持する。値は  $n$  番目のレジスタ ( $\backslash X_n$  と  $\backslash Y_n$ ) に保持され、次に同じ  $n$  の値の \ORBIT、\DIVIDE、\XPOINT が実行されるまで保たれる。 $0 < t < 1$  のとき内分点、 $t < 0$ ,  $1 < t$  のとき外分点となる。



**\XPOINT{#1}{#2,#3}{#4,#5}{#6,#7}{#8,#9}**

\XPOINT{n}(x\_1, y\_1)(x\_2, y\_2)(x\_3, y\_3)(x\_4, y\_4)

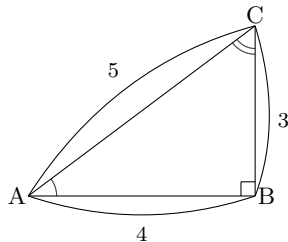
$n$  は 1, 2, 3 のいずれかを必ず指定。線分 (#2, #3)-(#4, #5) と線分 (#6, #7)-(#8, #9) の交点の座標を計算し、その値をレジスタに保持する。値は  $n$  番目のレジスタ ( $\backslash X_n$  と  $\backslash Y_n$ ) に保持され、次に同じ  $n$  の値の \ORBIT、\DIVIDE、\XPOINT が実行されるまで保たれる。線分が交わっていない場合は、線分の延長が交わる点の座標となる。



(描画単位は cm, pt など何でも可)

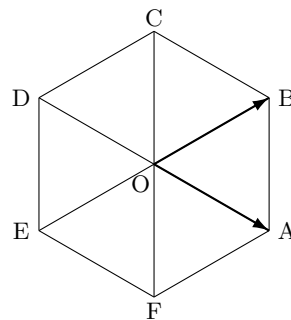
▽図形の描画 1 (直角三角形にまつわる様々な表示)

```
\begin{drawpict}[.75cm](4, 4)
  \poooly(0, 0)(4, 0)(4, 3) % 直角三角形
  \apeeex(-0.2, 0)A(4.2, 0)B(4, 3.2)C % 頂点
  \slur+(0, 0)(4, 0){$4$}
  \slur+(4, 0)(4, 3){$3$}
  \slur+(4, 3)(0, 0){\makebox(0, 0)[t]{$5$}}
  \arcdegree(0, 0, 0.5)(0, 37) % 角 A
  \symbol[r](4, 0)(0, 1){.25} % 角 B
  \arcdegree(4, 3, 0.5)(-143, -90) \arcdegree(4, 3, 0.4)(-143, -90) % 角 C
\end{drawpict}
```



▽図形の描画 2 (正六角形とベクトル)

```
\begin{drawpict}[.5pt](200, 200)(-100, -100)
  \baseskip{250}
  \siiide(0, -100)(86.6, -50)(86.6, 50)(0, 100) % 正六角形
  \siiide(0, 100)(-86.6, 50)(-86.6, -50)(0, -100)
  \apeeex(100, -50)A(100, 50)B(0, 110)C
  \apeeex(-100, 50)D(-100, -50)E(0, -110)F
  \siide(0, -100)(0, 100)
  \siide(86.6, -50)(-86.6, 50)
  \siide(86.6, 50)(-86.6, -50)
  \apex(-10, -15)O
  \thicklines
  \vsiide(0, 0)(86.6, -50)
  \vsiide(0, 0)(86.6, 50)
\end{drawpict}
```

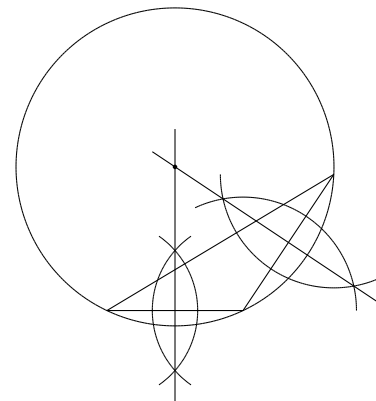


## ▽図形の描画 3 (外接円の作図)

```

\begin{drawpict}[.6cm](6, 6)(-3, -3)
  \baseskip8
  \poooly(-2, -2)(1, -2)(3, 1) % 三角形
  \arcdegree(-2, -2, 2)(-55, 55) \arcdegree(1, -2, 2)(125, 235) % 作図線
  \arcdegree(1, -2, 2.5)(0, 115) \arcdegree(3, 1, 2.5)(180, 295)
  \linexis{-0.5}(-4, 2) % 垂直二等分線
  % ↓辺の中点から双方向に垂線を引けば余計な計算を減らせる
  \put(2, -0.5){\line(-3, 2){3}} \put(2, -0.5){\line(3, -2){2}}
  \put(-0.5, 1.166){\circle*{.1}}
  \arcdegree(-0.5, 1.166, 3.504)(0, 360) % 外接円
\end{drawpict}

```

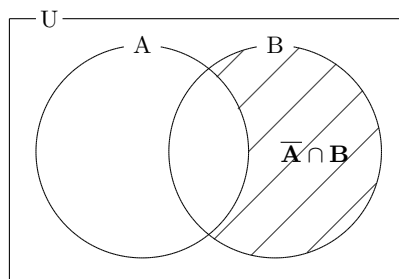


## ▽図形の描画 4 (集合とベン図)

```

\begin{drawpict}[1pt](150, 100)
  \siiide(0, 0)(150, 0)(150, 100)(20, 100)
  \siiide(0, 0)(0, 100)(10, 100)
  \arcdegree(50, 50, 40)(100, 440)
  \arcdegree(100, 50, 40)(100, 440)
  \apeeex(15, 100)U(50, 90)A(100, 90)B
  \NEobliqs{0}(78, 88)(86, 109)(90, 123)(77, 133) % マクロ\NEobliqs を利用3
  \NEobliqs{-80}(91, 139)(112, 138)(0, 0)(0, 0)
  \apex(115, 50){\bf$\overline{\text{A}}\cap\text{B}$}
\end{drawpict}

```



<sup>3</sup>appendix B を参照のこと。

▽図形の描画5 ( $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{4}, \dots$  の作図)

```

\begin{drawpict}[.5cm](4, 2)(0, 0)
  \poooly(1, 0)(0, 0)(0, 1) \symbol[r](0, 0)(1,0){.1}
  \apeeex(.5, 0){$1$}(-.1, .5){$1$}(.5, .5){$\sqrt{2}$}

  \ORBIT1(0, 1, 1){45} % 次の頂点 (\X_2, \Y_2) 計算
  \poooly(1, 0)(\X_1, \Y_1)(\X_2, \Y_2) \symbol[r](0, 1)(1,-1){.1}
  \DIVIDE2(1, 0)(\X_1, \Y_1){.5} \apex(\X_2, \Y_2){$\sqrt{3}$}

  \ORBIT2(\X_1, \Y_1, 1){10} % 次の頂点 (\X_3, \Y_3) 計算
  \poooly(1, 0)(\X_1, \Y_1)(\X_2, \Y_2) \symbol[r](\X_1, \Y_1)(1,-5.6){.1}
  \DIVIDE3(1, 0)(\X_2, \Y_2){.5} \apex(\X_3, \Y_3){$\sqrt{4}$}

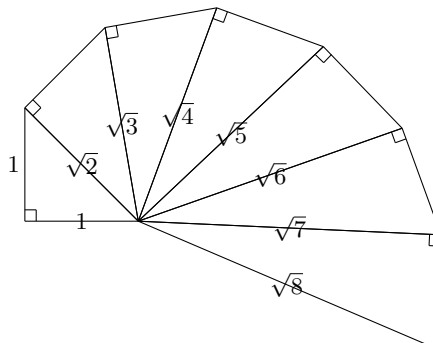
  \ORBIT3(\X_2, \Y_2, 1){-20} % 次の頂点 (\X_1, \Y_1) 計算
  \poooly(1, 0)(\X_2, \Y_2)(\X_3, \Y_3) \symbol[r](\X_2, \Y_2)(-1,-2.7){.1}
  \DIVIDE1(1, 0)(\X_3, \Y_3){.5} \apex(\X_1, \Y_1){$\sqrt{5}$}

  \ORBIT1(\X_3, \Y_3, 1){-46}
  \poooly(1, 0)(\X_3, \Y_3)(\X_1, \Y_1) \symbol[r](\X_3, \Y_3)(-.96,-1){.1}
  \DIVIDE2(1, 0)(\X_1, \Y_1){.5} \apex(\X_2, \Y_2){$\sqrt{6}$}

  \ORBIT2(\X_1, \Y_1, 1){-70}
  \poooly(1, 0)(\X_1, \Y_1)(\X_2, \Y_2) \symbol[r](\X_1, \Y_1)(-1,-.36){.1}
  \DIVIDE3(1, 0)(\X_2, \Y_2){.5} \apex(\X_3, \Y_3){$\sqrt{7}$}

  \ORBIT3(\X_2, \Y_2, 1){-93}
  \poooly(1, 0)(\X_2, \Y_2)(\X_3, \Y_3) \symbol[r](\X_2, \Y_2)(-1,.05){.1}
  \DIVIDE1(1, 0)(\X_3, \Y_3){.5} \apex(\X_1, \Y_1){$\sqrt{8}$}
\end{drawpict}

```



[補 1] これは“関数グラフ自動作成マクロ”ではなく、あらかじめグラフの形状や定義域・値域が分かっているグラフを、適切に描画するためのマクロである。したがって、定義域・値域を事前に把握、もしくは計算した上で利用しないと正しい描画ができない。基本的に、横軸 (10~20) × 縦軸 (10~20) 程度の幅でグラフを描き、それが数 cm~10cm 程度四方の大きさに収まることを想定している。描画は私が定義した drawpict 環境で行っているが、標準の picture 環境で行っても何ら問題ない。

また、マクロが正常に機能しないときは、tmtmath.sty で定義した名前 (“\def\xxxx{” の “xxxx”) や変数が他のマクロのものと衝突している可能性がある。適切な変更をしてから利用してもらいたい。

[補 2] このマニュアルでは、図を左右にずらして表示するために \baseskip を使っているが、他にも図を持ち上げるためにマクロ \picturelift も利用した。定義は以下のとおり。

```
\def\picturelift#1{
  \newcount\i \i=#1
  \loop \ifnum \i>0
    \vspace{-\baselineskip}
    \advance\i by-1
  \repeat}
```

[補 3] 黒丸、白丸は基本的に小さいものを使うことを想定している。 \circle で描いているので、図の縮尺に応じて丸の大きさが変わる。そのため、図が小さくなると丸も小さくなり判別に苦慮することがある。大きい丸はそのために用意したものである。丸の大きさ—黒丸の方が存在感が大きいため、白丸より若干小さくしている—が気に入らなければ tmtmath.sty ファイルを変更してもらいたい。

[補 4]  $y$  座標の計算に用いた式は以下のとおり。

\abline	$y = ax + b$
\parabola	$y = (ax + b)x + c$
\cubecurve	$y = ((ax + b)x + c)x + d$
\fraccurve	$y = \frac{a}{bx + c} + d$
\sqrtcurve	$y = a\sqrt{bx + c} + d$
\expcurve	近似式 $\log_e x \approx 512 \cdot \frac{\sqrt[256]{x} - 1}{\sqrt[256]{x} + 1}$ 、 $e^x \approx \left(\frac{x + 512}{x - 512}\right)^{256}$ により $x^y$ を計算
	参考:「電卓に強くなる」気賀康夫著 (講談社ブルーバックス) 1977 年
\sindegree	有効桁数 4 の三角関数表 (0° → 360°) から読み取り
\tandegree	有効桁数 4 の三角関数表 (0° → 180°) から読み取り
\hyperoval	$y = \pm \sqrt{D \left(1 - \frac{(x - a)^2}{C}\right)} + b$
\Taylor	$y = a + x(b + x(c + x(d + x(e + xf))))$
\unitcircle	\circle による描画

[補 5] 破線を引くオプションは 1 次関数だけで使えることになっているが、実際は他の関数でも使える。グラフを破線で描画するには、1 次関数同様、係数の [...] と描画範囲の (...) の間に: を入れればよい。変化量が大きく変化する区間では、破線の間隔が少々乱れたり、描画に時間がかかったりと難点が多いが、ぎりぎり実用になると思われる。

- [補 6] 各曲線は微小区間を`\qbezier`による直線で描いている。`tmtmath.sty` ファイルにおいて、各関数で定義する`\@steps=0.1\p@`で区間幅を決めている。精度を変更する場合は、代入する値を変更してもらいたい。
- [補 7] `\sindegree`、`\tandegree` で指定する#2の値は指定値が決められているが、`tmtmath.sty` に記述されている`\def\tobasedeg#1{...}`内に、必要な指定値に関する1文を追加すれば、指定値を増やすことができる。  
 例えば、#2に $\frac{5}{3}$ を使いたければ  
`\ifdim\@b=1.6\p@\multiply\bdeg5\divide\bdeg3\fi`  
 を追加すればよい。
- [補 8] `\hyperoval` で縦長の楕円や双曲線を描画すると、区間の両端でグラフが描かれないことがある。誤差によるものと思われる。必要なら`\qbezier`などでつなぐか、ほんのわずか—たとえば(0.00 何とか)ほど—描画区間を広く取ると、うまく線がつながる場合が多い。
- [補 9] `\easyfx` では  $y = e^x$  は定義してあるが、 $y = a^x$  は定義していない。そこで、 $A = e^{\log_e A}$  であることを利用して、 $2^{-x-1} = e^{\log_e 2^{-x-1}} = e^{(-x-1)\log_e 2}$  にした上で、 $y = e^{(-x-1)\log_e 2}$  を描画している。この例では  $\log_e 2$  を関数式の中で計算させているが、計算量軽減のためには  $\log_e 2 \approx 0.6931$  を使う方がよい。
- [補 10] `\easyfx` では三角関数に与える変数は実数、すなわちラジアンを単位としている。描画範囲が  $-360^\circ < x < 360^\circ$  ならば、それは  $-6.28 < x < 6.28$  で与えなければならない。
- [補 11] 楕円や双曲線などは、 $y$  の関数式に直す必要がある。 $x^2 - \frac{y^2}{2} = 1$  は  $y = \pm\sqrt{2x^2 - 2}$  であるから、実際にグラフを描画する際は、 $y = \sqrt{2x^2 - 2}$  と  $y = -\sqrt{2x^2 - 2}$  に分けなくてはならない。
- [補 12] `\siide(#1,#2)(#3,#4)` 以下のマクロは、図形を描画するためのものである。出来はそれほどよくないので、多角形、円・弧、角の描画と頂点や辺の長さ等の表示が多少楽になる程度である。`\apex(#1,#2)#3` は座標と頂点名の位置が逆かもしれないが、このほうが `apex` を `put` に置き換えやすい。  
 また、これらのマクロでは破線や点線が描画できない。図形の描画でどうしても点線や破線を使うなら、図形の描画単位を `pt` でなく `cm` にすれば、1次関数の式などを使って破線が描ける。もし、描画単位が `pt` であれば、`\qbezier[n](.,.)(.,.)(.,.)` の `n` に点の個数を指定することで点線になる。  
`\vsiide` が描く矢印は、`\vector` の引数として  $-999$  から  $999$  を使うので `pict2e` パッケージを必要とする。
- [補 13] スラー線のふくらみと値を表示する位置は、マクロ中の`\dimendiv(\strip@pt\dimen@, 3)`で決めている。3を小さくすればふくらみが増し、大きくすればふくらみは減る。この位置は、線分の中点から垂直方向へ、中点までの長さの1/3のところである。
- [補 14] ここの3つのマクロは、計算した値をレジスタに保持するだけで何も出力しないため、他のマクロと区別しやすいようにマクロ名を大文字にしている。マニュアル中では値を保持するレジスタは $X_n, Y_n$ であると説明したが、実際は $\@Xa, \@Ya, \dots, \@Xc, \@Yc$ に保持される。

$\backslash X_n, Y_n$  は保持した値を取り出すマクロで、 $\backslash @Xa$  が  $\backslash X_1$  に、 $\backslash @Ya$  が  $\backslash Y_1$  に、...  $\backslash @Xc$  が  $\backslash X_3$  に、 $\backslash @Yc$  が  $\backslash Y_3$  に対応している。必要なら  $\backslash @Xd, \backslash @Yd$  等を用意して、 $\backslash ifcase$  文に追加するとよい。また、大文字が煩わしいと思えば小文字にしてもかまわない。

マクロを使う上での注意点は、 $\backslash XPOINTn$  は大きな値を指定するとオーバーフローを起こすことである。座標や関数グラフの描画に付随して使う場合は、おそらく  $\pm 10$  程度の値で済むため大丈夫であろうが、図形描画で  $pt$  を単位として使う場合は、40 程度の値を超えるとよくない。そのため  $\backslash XPOINTn$  を使うときは、描画サイズをあまり大きくしないで、 $\backslash unitlength$  で図形の大きさを調整するとよい。できれば、 $cm$  などを単位にするのがよい。

- [補 15] 格子点が表示できれば位置を確認しながら作図できると思い、 $\backslash dotsgrid\#1(\#2,\#3)(\#4,\#5)$  を用意した。 $\#1$  間隔の格子点を、左下の座標  $(\#2,\#3)$  以上、右上の座標  $(\#4,\#5)$  未満の矩形範囲に表示する。**整数値しか指定できない**ので、右上の座標  $(x, y)$  まで格子点を表示させるには  $(\#4,\#5)$  に  $(x+1, y+1)$  を指定する。作図が終われば  $\backslash dotsgrid$  は削除すればよい。

```
\begin{drawpict}[.75cm](4, 4)
```

```
\baseskip7
```

```
\dotsgrid1(-1, -1)(5, 5)
```

```
\poooly(0, 0)(4, 0)(4, 3)
```

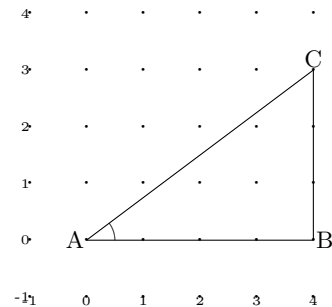
% 点名称の位置↓を決める目安などに便利だろう

```
\apeeex(-0.2, 0)A(4.2, 0)B(4, 3.2)C
```

% 角を表示する弧の半径↓を決める目安などに便利だろう

```
\arcdegree(0, 0, 0.5)(0, 37)
```

```
\end{drawpict}
```



- [補 16]  $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$  では“改行”は“ひとつの空白”に等しい。 $tmtmath.sty$  を記述するに当たっては、見やすさを優先して至る所に改行を入れている。そのため、不必要な空白が出力されることがあるが、通常、図やグラフを描画する際には問題となることはないだろう。もし、図やグラフの描画で予期しないズレが生じたら、不必要な空白が出力されたことを疑ってよい。なぜなら、 $tmtmath.sty$  は完璧に空白を制御できていないからである。ほとんどの空白は、行末に  $\%$  を入れることで出力されなくなるが、場合によっては  $tmtmath.sty$  のどこかの行末に  $\%$  を加える必要があるかもしれない。稀なことかもしれないが、必要ならそうしてもらいたい。

- [補 17] 関数の引数などは忘れやすいので、忘備用に  $\backslash man$  マクロを組み入れてある。 $\backslash man$  と書いて処理すれば、簡易マニュアルとして次ページの記述が表示される。

---

`\baseskip{x}`  
`\coordinate[op](x_l, x_r)(y_b, y_t)`

`\putone, \putones`  
`\locate[op](x, y)`

---

`\abline[a, b]{op}(x_l, x_r)`  
`\linexis{a}{op}(y_b, y_t)`  
`\parabola[a, b, c](x_l, x_r)`  
`\cubecurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`  
`\fraccurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`  
`\sqrtcurve[a, b, c, d](x_l, x_r)`  
`\expcurve{op}[a, b, c, d](x_l, x_r)`

`\sindegree[a, b, c, d](x_l, x_r)`

`\tandegree[a, b, c, d](x_l, x_r)`

`\hyperoval{op}[a, b, C, D](x_l, x_r)`

`\Taylor[a, b, c, d, e, f](x_l, x_r)`

`\easyfx[RPN]{op}(x_l, x_r)`

---

`\unitcircle[op]`  
`\rangeline(l, r){ax}`  
`\brange{n}(s, e){v}`  
`\wrange{n}(s, e){v}`

---

`\siiide(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)`  
`\vsiide(x_s, y_s)(x_e, y_e)`  
`\poooly(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)`  
`\apeeex(x_1, y_1)X(x_2, y_2)Y(x_3, y_3)Z`  
`\arcdegree(c, d, r)(\alpha, \beta)`  
`\slur{op}(x_1, y_1)(x_2, y_2)X`

`\symbol[op](x, y)(a, b)d`

`\dotsgrid{d}(x_1, y_1)(x_2, y_2)`

---

`\ORBIT{n}(x, y, r)\theta`

`\DIVIDE{n}(x_1, y_1)(x_2, y_2)t`

`\XPOINT{n}(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)(x_4, y_4)`

$x$  だけ右へ移動 (負の値なら左)

op  $\rightarrow$  (A, R, I, d, r)+(g)

op  $\rightarrow$  d or r では  $1x = 30^\circ, 1y = 0.5$

1 目盛表示

op  $\rightarrow$  (b, w, B, W)+(x)

$y = ax + b$  (op  $\rightarrow$  : で破線)

$x = a$  (op  $\rightarrow$  : で破線)

$y = ax^2 + bx + c$

$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$

$y = \frac{a}{bx + c} + d$

$y = a\sqrt{bx + c} + d$

$y = a \cdot b^{cx} + d$  (指数および対数関数)

op  $\rightarrow$  - で  $y = a \cdot b^{cx} + d$  [ $x_l, x_r$ ] の逆関数

$y = a \sin(bx + c) + d$ ;  $c, x_l, x_r$  は整数度

$b \rightarrow (1, 2, 3, 4, 0.5, 0.33, 0.25)$

$y = a \tan(bx + c) + d$ ;  $c, x_l, x_r$  は整数度

$b \rightarrow (1, 2, 3, 4, 0.5, 0.33, 0.25)$

$\frac{(x-a)^2}{C} + \frac{(y-b)^2}{D} = 1$

op  $\rightarrow$  (なし) or + or -

$C, D > 0 \rightarrow$  楕円;  $C * D < 0 \rightarrow$  双曲線

$y = a + bx + c\frac{x^2}{2!} + d\frac{x^3}{3!} + e\frac{x^4}{4!} + f\frac{x^5}{5!}$

$a = f(0), b = f'(0), c = f''(0), \dots, f = f^{(5)}(0)$

$y =$  [RPN で記述した関数] (op  $\rightarrow$  : で破線)

op  $\rightarrow$  t

$l$  から  $r$  までの数直線;  $ax \rightarrow$  数直線の名称

始点  $s$  (黒丸) から  $e$  まで伸びる数直線線分

$n \rightarrow 0, 1, 2, 3, 4$ ;  $v \rightarrow$  丸位置の値

同上 (白丸)

連鎖線分の描画 (他に `\siide`, `\siiide`)

2 点間の線分ベクトルの描画

三角形の描画 (四角形は `\poooly`)

頂点 X, Y, Z の表示 (他に `\apeex`, `\apeex`)

中心  $(c, d)$ 、半径  $r$ 、整数度  $[\alpha^\circ, \beta^\circ]$  の弧 ( $\alpha < \beta$ )

2 点間にスラー線を引き X を表示

op  $\rightarrow$  + or -

基点  $(x, y)$ 、傾き  $\frac{b}{a}$  方向、線長  $d$  の記号類

op  $\rightarrow$  r (直角) or e/E (等辺) or p/P (平行)

$d$  間隔の格子点を左下座標-右上座標まで描画

1 点からの半径  $r$ 、角  $\theta$  の点 (`\X.n`, `\Y.n`) を計算

$n \rightarrow 1$  or  $2$  or  $3$

2 点間の  $t$ :  $(1-t)$  分点 (`\X.n`, `\Y.n`) を計算

$n \rightarrow 1$  or  $2$  or  $3$

2 線分の交点 (`\X.n`, `\Y.n`) を計算

$n \rightarrow 1$  or  $2$  or  $3$