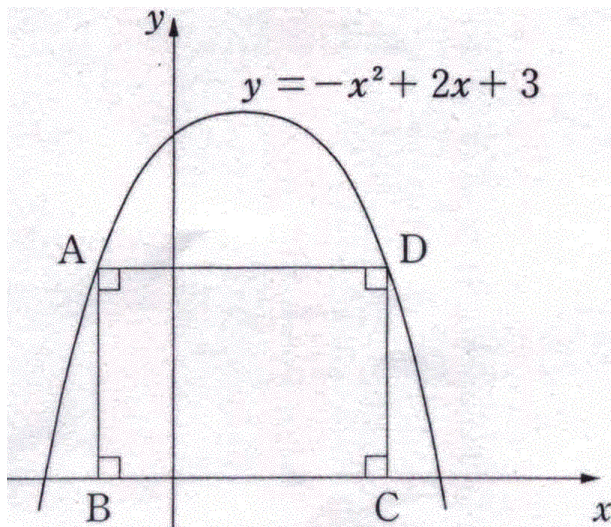


●大学受験数学のための
イラストレータ講座

ここでは数学の図の描き方を書きます。

サインカーブを描かせると、半円を連ねたようなものを書く生徒がいます。それを見た先生は、少し悲しくなる。下図を見てください。2004年武蔵大学の入試問題中に添えてあった図です。いや、図とは呼べない。

大学のとき、製図を持って教授のところに行くと「こんなものは製図じゃない。ポンチ絵だああ。こんな下手な絵を僕に見せるのかねえ～～」と文字通り叱咤されたことを思い出します。これでOKと言った出題の先生はどんな方なのでしょう。きっと優しい人に違いはない。2人の先生を足して2で割ってほしい。



えっ、どこか変かあ～？ という人は申し訳ないですが、出版に関しての訓練が足りません。この図は2次関数のグラフとしては失格です。雲形定規（古い）を用いて本当に手で描いたか、ベジェ曲線で描いたのかは不明ですが、2次関数はこんな形でなく、頂点における曲率をもっと大きい。子供の絵としてはよいですが、こんな絵は大学入試には恥ずかしい。

図はIllustrator, Mathematica, WinTpic (Windows版のみ), MathTypeなどで描いています。

Illustratorは円、直線などは描けますが、数学的な曲線を単体で描くのは難し

い。というよりも、数学的知識のないものもいい加減に書いた図ほど困ったものはありません。WinTpic は、2 次元のグラフまでなら、WinTpic で描けますが、3 次元は不可能です。

ステップは次のようになります。

- (1) 数学的な曲線を Mathematica または WinTpic で描く
- (2) 数式を貼り付ける場合は複雑なものは MathType で作る
- (3) 以上を Illustrator で開き直線や文字を加え仕上げる

(1)(2)は別項を見てください。数学の図は領域に網掛けをしたり斜線で塗ったり、場合によっては何種類もの斜線、ドットパターンを使ったりします。これらは標準では用意されていませんから作らないといけないのですが、パターンの作り方は少し応用レベルなので解説したくない。すでに作って「zukeimoto」にいらてあります。

Illustrator は大変敷居の高いソフトですが、適切な解説を読めば、学習参考書レベルの図ならマスターは難しくありません。

なお、素人にわかりやすい解説本の No1 は超図解シリーズです。私の解説の次にわかりやすい(^^).

Illustrator は現在のバージョンは CS とかいうのですが、立ち上がるのが遅い。しかし一度立ち上がれば処理速度は 10 などと大差がないようです。使っていないのでわかりませんが、以下は ver8, 10 で書いていますが、メニューなども CS と 10 は変わらないように見受けられました。大きく違うようならお知らせください。

(1) 環境設定

まず、同梱の「安田フォント」をフォントフォルダに入れてください。Mac の場合は、ユーザフォルダ（パソコン所有者の名前がついたフォルダ）の中のライブラリを表示（最新の OS では標準では表示されない。ユーザフォルダ内で、Option キーを押すとメニューの移動欄に表示される。あるいはメニューの「フォルダへ移動」で/Library または/ライブラリを入れてリターンキーを押す）し、入れます。Illustrator のアイコンを Dock（ソフトのアイコンが1列に並んでいる場所）の上に出しておきます。

Illustrator を立ち上げたら、メニューの Illustrator ～環境設定～一般（メニューは Win か Mac か、Ver によって違います）の「単位」タブで単位をポイントにします。「ガイド・グリッド」にして、スタイルを点線にします。「スマートガイド」でスナップの許容値を 1 ポイントにします。この数があまり大きいと図を思ったような位置に動かせなくなります。ヒント表示のチェックははずします。これがあると線の上にポインタを持って行くと「線だよ～」といちいち言うてくるのでうるさい。知つとるちゅうに。

（２） パレット

メニューのウインドウからツールなどにチェックを入れ、次のようなものが出るようにします。上の濃いグレーの部分をつかめば移動できますから、じゃまにならないように画面の周に移動します。「線」のパレットで破線などが出ていなければ右端の三角マークを押し、オプションの表示をします。




（３） テンプレートを開く

ファイル zukeimoto.eps を複製し、イラストレータ本体の中から開いてくだ

さい。

必ず複製して開いてください。元は残しておくのです。

記号類も正しく表示されて出てくるはずですが、ここに放物線もおいてあります。見えなければ、Ctrl + 1 (コントロールキーと1のキーを同時に押す。マックはコマンドキーと1です) で実寸表示されます。

ツールパレットの虫眼鏡  ツールをクリックし選んで、正方形の左上からドラッグを始め、正方形の右下で離すと、正方形が画面いっぱいに広がります。これが4.5センチ角の正方形で、この中に図を描いて TeX に取り込むと、印刷したときに3.5センチ角になります。図の大きさはきちんと決めて作らないといけません。そうしないと見栄えが悪いからです。某予備校の図の矢印を見ましょう。図によって大きさがまちまちです。これは何も考えないで図をえがき、入るように縮めたり伸ばしたりするからです。


ガイドは5ミリ方眼になっています。

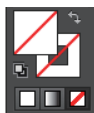
(a) 塗りと線

イラストレータの基本操作で重要なことをいくつか述べます。図形には「塗りと線」があり、今はどちらを選択しているのかを常に意識します。上で開いたファイルにおいて、マウスのポインタで正方形をコチッとクリックし、選んでみてください。ツールパレット下で、

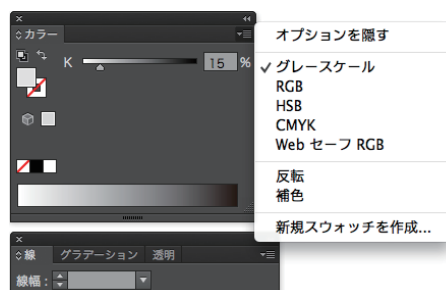


.....①

のようになります。赤い(上側の赤線)斜めの線が引かれている部分が「塗り」で図形の内部を表しています。現在はこれが透明です。右の黒くなっているものが「線」で図形の周を表します。この正方形を、線が透明で塗りが黒になるようにしてみましょう。「この正方形を選択したまま」まず線が前面に出て選ばれていますので、この段階で  の赤い斜線をポインタでコチッと押すと線が透明になります。次に①パレットの塗りのほうをコチッと押さえてください。



に変わります。塗りが前面にでて変更できるようになりました。ここで



のオプションのグレースケールを選んでください。受験ものでカラーの図を描くことはありません（2色刷り、3色刷りでも図自体は白黒で作ります）。そして%の前の欄に 15 とか入れて（必ず英数入力で）Enter キーを押します。これで塗りが 15 %になります。このときうまく反映しなければ、図形が選択されていないか、日本語入力で数値を入れているとかが原因です。

(b) 選択と解除

イラストレータの敷居の高さは他のソフトと比べて著しい操作性の違いにあります。たとえば文字ツール **T** を選んで文字を入力したとします。入力する場所をクリックし、入力します。

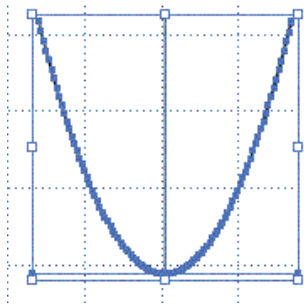
今ここに入力した②

次に再び文字ツールを選んで別の場所をクリックしそこに入力しましょう。安い簡易版のお絵かきソフトはこれで入力ができます。しかし、イラストレータは許してくれません。②を見ると「た」の後にカーソルキーが入っていて、ここが選択されています。選択を解除しないかぎり別の場所に入力はできないのです。Ctrl キーを押すとマウスのポインタが矢印のアイコンに変わりますから、それを押したまま何もないところをクリックします。すると、「た」の後のカーソルが消えます。これはペンツールで図形を描いていくときも同様です。ともかく、思ったような効果にならないとき、現在の選択が何か、そしてそれを解除する必要があるかないかを考えましょう。

(c) Mathematica の EPS ファイルを開く


では放物線の図を描いてみましょう。できあがりが一番下をご覧ください。放物線はこんな感じの尖り具合です。

Mathematica の EPS ファイルを開く (zukeimoto.eps にはこれがすでに入れています) と、



.....③

のように周に透明な枠が入っています。これがあつたほうがいいときと、邪魔なときがあります。いずれは削除しますが、当初は残しておきます。下でパスファインダーを掛けるとき、これがないと、うまく分割されないからです。

一番大きなツールパレットに、矢印の絵の選択ツール  があります。黒い選択ツールは、グループ化された全体を選択し、白い矢印 (ダイレクト選択ツール) は部分を選択します。黒い選択ツールで、グラフ全体を選択指定し、メニューの「編集〜カラーを編集〜グレースケールに変換」します。色のついたものをグレースケールに変換すると、黒線になりません。放物線をコチッとクリックしましょう。「線」のパレット




で線の幅を 0.8pt, 色を K100 % に設定します。「塗り」は透明 (赤い線) です。

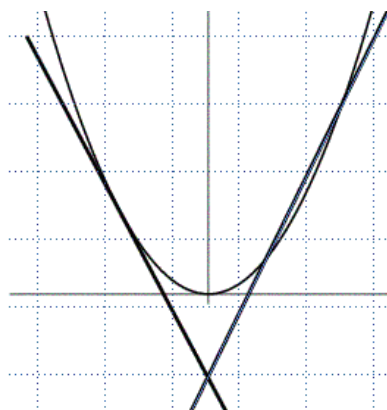
「線だから塗りはないに決まってるやろ」


と言わないように、イラストレータは線でも塗りがあるのです。そのため、うっかりすると、

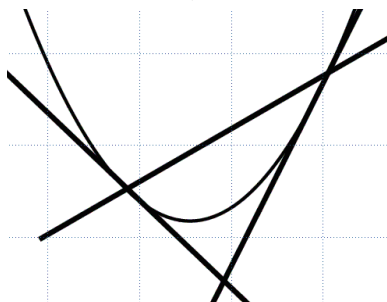
「線幅 0 ポイント, 塗り 100 %」でやってしまうことがあります。この場合、画面上は視認できますが、印刷すると極端に細い線になります。だから「線幅 0 ポイント, 塗り 100 %」というケアレスミスを避けるためには、線を描く前に、選択ツールで正しい線を選ぶことから始めるのです。本当に基礎だなあ。

線は曲線も直線も座標軸も一律にこの設定でけっこうです。太線にするときには、ハサミツールで切り、ダイレクト選択ツールで選んでから、線幅を 1.5pt にします。

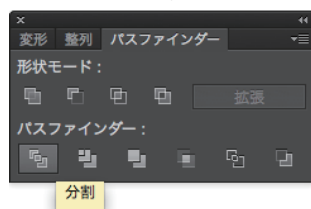
直線ツール  を選び、適当な位置からドラッグを始め、いい加減に離します。ここでは適当とは数学的な適当であり、「適するように当たるようにうまく」の意味で使っています。いいかげんというのは文字通りいいかげんです。もう 1 本書いて



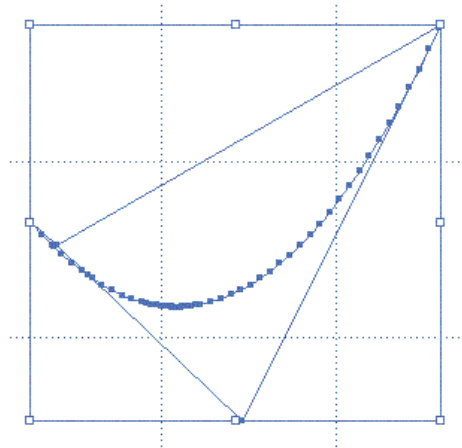
にします。位置が悪いですね。これは後で動かします。気にしないでさらにもう1
本書いてください。手のひらツールを選んで、画面を押し、これが中心にくる
ようにします。次に虫眼鏡ツールで④全体をドラッグし、これが画面いっぱいに広
がるようにしましょう。そして、ダイレクト選択ツール（白い矢印）で線分の端を
つかんで動かします。



放物線の弧と線分が重なるようにします。座標軸が邪魔なので、白い選択ツールで
選択しカットして消しました。黒い選択ツールでこの全体を選び、シフトキーと
Alt キーを押しながら、全体を重ならない位置まで右横方向にドラッグします。こ
れで、元の図形はそのままに、新しい位置（シフトキーを押していたので真横）に
コピーされました。このコピーされたものが選択されている状態で



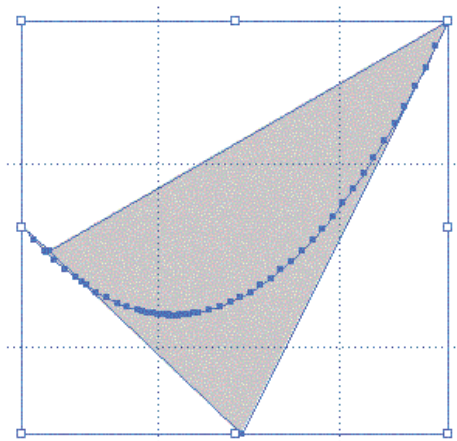
「パスファインダー」の左下「分割」を押します。すると



になります。こうならなかったら、弧と線分が重なっていなかったか、選択が解除されていたか、弧が何かのひょうしに切れて（今はありえない）しまっていたかです。この段階で、この図形の塗りと線を見ますと、両方とも透明で、塗りが選択された状態（左の赤線が前にきている）です。

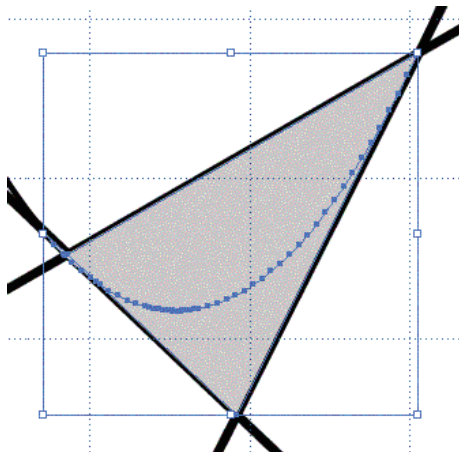


%欄に英数入力で 20 を入れ、Enter キーを押します。



になります。これを「網掛け 20 %」と言います。うまくいかなければ日本語入力になっているはずですが。

黒い選択ツールで、この図形全体をつかんで、シフトキーを押しながら真横に、元の位置に残っていたものに重ねます。「後で重ねることになる図形」を移動するときはシフトキーを押して移動すると左右（または上下）の位置合わせはしなくて済みます。

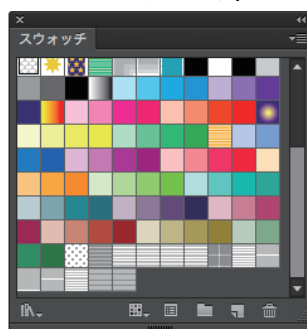



このままでは網掛けした図が前面にあるので線が欠けてしまいます。網掛け部分を下側にもっていきます。メニューの「オブジェクト〜重ね順〜最背面へ」を選びます。Ctrl + Shift + [を押してもよいが、こういうショートカットは覚えられません。せめてCtrl + B（バック、背面）、Ctrl + F（フロント、前面）とか、それらしいものを連想させるキーを割り付けないと、いつも押し間違えるので、Quickeys

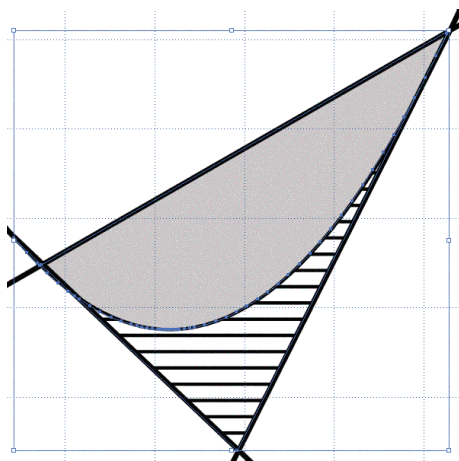
で割り当てることにしました。


このように、図を描くときは線の部分と網掛けを別々にします。もちろん簡単な図形なら1つで塗りも線もやってしまいましたが、少し込み入ってくると、融通がきかなくなるからです。

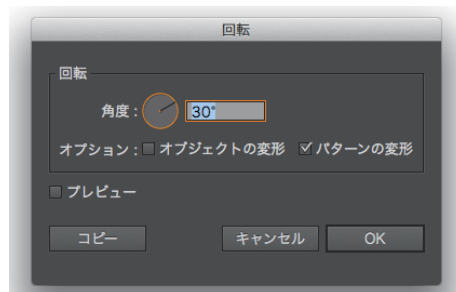
次に、この網掛けの放物線の弧よりも下側分を斜線にします。白い選択ツールでその下側内部をクリックし（下側だけの選択に変わるのが視認できます）次にスウォッチタブを選びます。



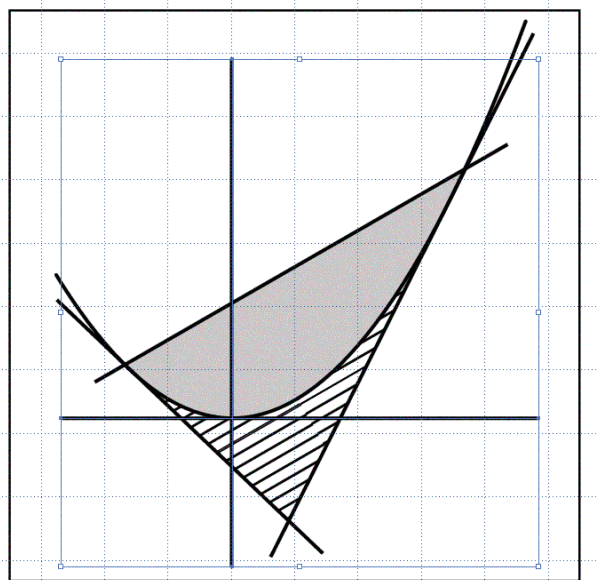
もし隠れているのなら右下角（↑ここ↑）をつかんで広げます。スウォッチ欄の一番下段右端の横縞線パレットを選んでください。



のようになり今のままでは横線ですから斜めにします。回転ツールをダブルクリックし



出てきた窓で、オブジェクトのチェックをはずし、パターンにチェックを入れ、角度を適当に（周の線の傾きに平行にならないように）英数入力で数値を入れます。今は30にします。OKを押すと、斜線ができます。この斜線パターンは標準ではありません。私が作って登録したものです。



4.5センチ角の正方形に適当に配置します。

枠内の直交する2直線は不要であれば削除してください。

図の透明な外枠を削除します。図は全体がグループ化されているので黒い選択ツールでは外枠を取ることはできません。白いダイレクト選択ツールをコチッと選び、透明な枠の近くからドラッグを始め、適当なところで離します。あるいは透明な枠があるあたりまでポインタをもっていくと、その上にのれば見えるようになります。そしてCtrl + X（コントロールキーとXのキーを押す）を2回続けて押

すと、はじめに枠の1辺が次に残りの3辺がカットされます。


ここまで完了したら、レイヤーメニューで「すべてのレイヤーを結合」に固定します。

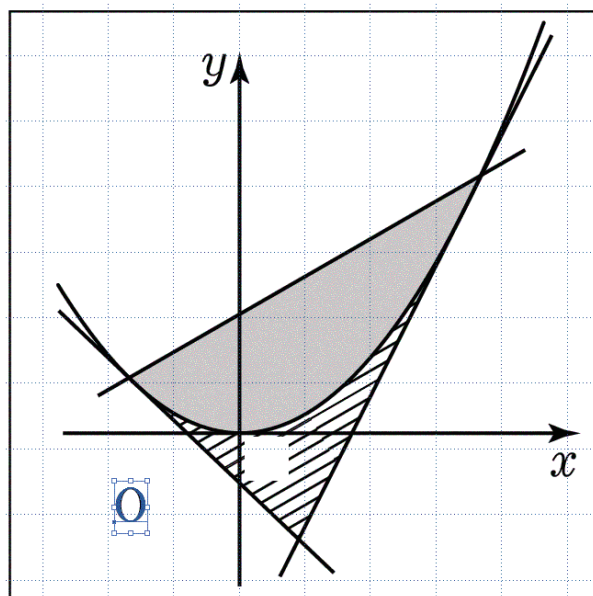
ダイレクト選択ツールで放物線の弧を選び線の太さなど適当に（適するように）決めます。主要な線の線幅は0.8pt, 引き出し線など補助的な線は0.5pt, 色は必ずK100 %です。

座標軸の先端に矢印をつけます。矢印の付け方は、Illustrator の version によって違います。CS6 なら、「線」のパレット内にあります。矢印のどちら側につけるかを考え、矢印の種類は「矢印 2」、線幅0.8pt の場合、倍率は65 %にします。CS5 ならメニューの「効果へスタイルズへ矢印をつける」です。

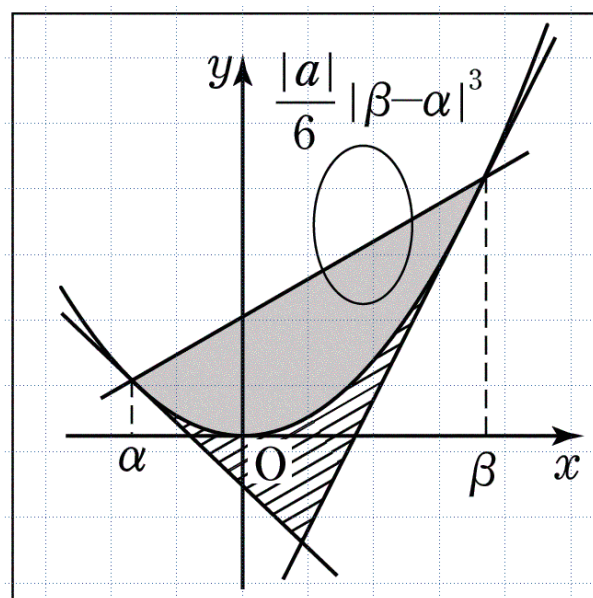


CS4, CS5 ならばイラストレータのプラグインで、矢印の形を変えたり、垂直マークを付け加えたもの yasudayajirusiCS4 があります。CS4, CS5 のイラストレータのプラグイン～ Illustrator フィルタ内に入れます。CS6 用は完成していません。

長方形ツール  を選び、どこかでシフトキーを押しながらドラッグして小さな正方形を描き、塗りを白 (0 %) 線を透明 (または白) にして、黒い選択ツールで持ってきて、原点の近くに置きます。「zukeimoto」には整形済みの文字や記号類がバラバラ並べてありますから、 x , y , O など並べます。フォントは斜体が ceolItalic, 立体が ceol Regular, ギリシア文字が Ceo Symbol, サイズは基本的に 10pt, 指数は 6pt です。



そしてOをつかんで斜線中央にある正方形の上に置くと、下に隠れてしまうので
(正方形を後で描いたから正方形が前面、文字が下側にある) Oを前面に出します.







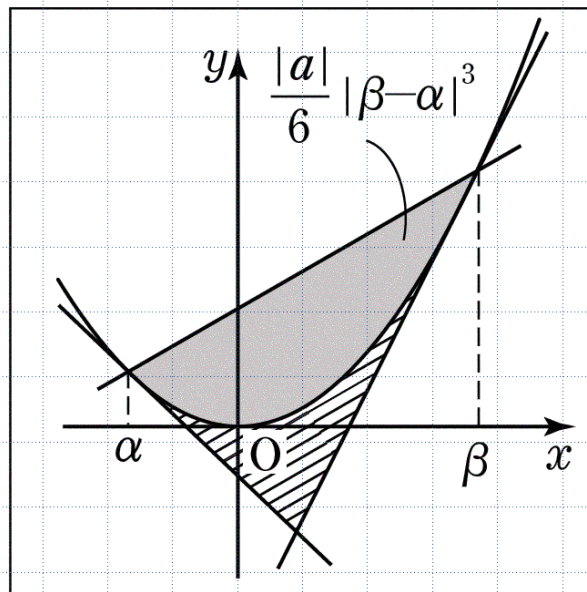
文字を配置し（本当にバラバラと適当に置く）、ここにはないものは文字ツールを選んで入力（小さい3はないですから、小さい2をドラッグし、3を入力します）。

破線（点線）がおいてありますからそれをクリックし、その仕様を受け継いでから（間隔が4ポイント線のあと、1.8ポイント空き）直線ツールで、シフトキーを押しながら垂直に描きます。

分数の罫線は線分で書きます。

数式に引き出し線を入れる場合は、CAD 円弧ツール  を使って線幅 0.5pt, 塗りなしの曲線で代用します。

あるいは長方形ツール  の右下の三角を押さえて出てくる円ツール  で楕円を描き、消しゴムツール  の右下で出てくるハサミツール  で楕円を切って、ダイレクト選択ツールで不要なところを選択し、Ctrl + X でカットします。



などとしします。ver10 だと、部分的な弧を描くツールが直線ツールを押さえてたどると出てきますが、こいつの自由度が低く、使えません。また、ペンツールでベジェ曲線を描くのは慣れが必要なので、今は書きません。

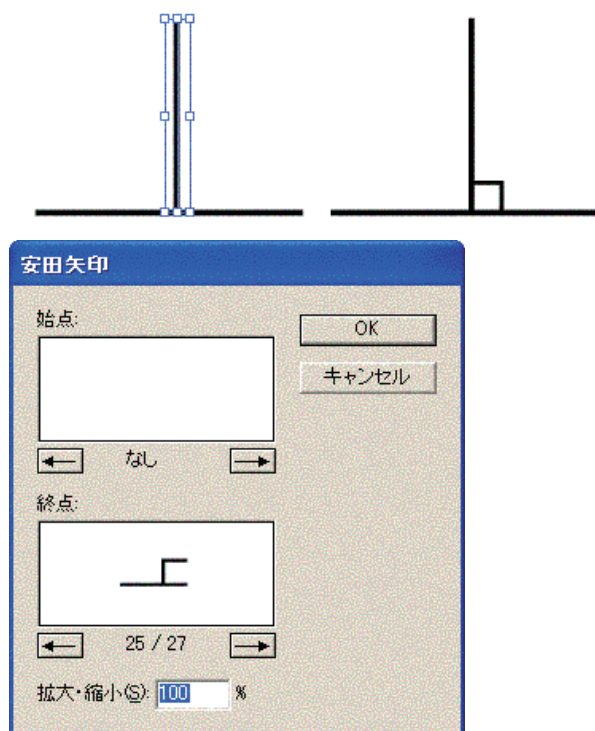
(d) 安田矢印フィルタ (Mac で CS5 までは対応)

図形の垂直マークは通常、小さな正方形を描き、回転ツールで位置合わせをし、不

要な2辺をカットして使いますが、大きさの調整、位置合わせに手間取ります。あまりに手間がかかるのでフィルターをつくりました。Macでイラストレータのバージョンが5以前の方は「安田矢印」をインストールして

Illustrator～プラグイン～Illustrator フィルタ

の中に入れてください。マック ver8, 10, Win8, 10 用があります。Win10 用は Illustrator CS でも使えました。マック 10 用はマック Illustrator CS でも大丈夫かもしれません。




線を引いて選択し、メニューのフィルタ～スタイル～安田矢印を選びます。出てきた窓で線の終点につけるか始点につけるかを選び、左右の矢印ボタンを押し、形を選びます。垂直マークは左向きの矢印ボタンを3, 4回押すと出てきます。verによって違う。%に数字を入れ(0.8ポイントの線なら70) OKを押します。

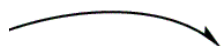
14番 → と15番 →→ は矢印ではなく、線分の平行を記述する平行マークです。平行な線分のマークを付けたい位置をハサミツールで切ります。



そして切った一方の端の線分を白いダイレクト選択ツールで選びます。上では下側の2本の線分を選びました。15番フィルタをかけると平行マークが付きます。

9, 10, 11番  は長さが等しいという記号で、これも線分を切って使います。

26, 27番は指示線に使います。狭いところも入っていけるようにと小さな半分の矢がついています。



(e) CADTools は便利

大学受験用の図ならベジェ曲線は不要で、実際ほとんど使いません。

CADTools というプラグインがあり、弧を描くためだけに買っています（買ったのはマック版だけ）が、素人のベジェ曲線より CADTools の弧の方が安定感があります。

CADTools はアプリクラフト

<http://www.applicraft.com>

で売っています。

イラストレータは30日限定のお試し版がアドビからダウンロードできます。予備校講師や学校の先生にはアカデミックディスカウントがあります。

(f) EPS ファイルを TeX に取り込む

図が完成したら、4.5センチ角の正方形の枠を選び、線を透明にします。次に、不要な文字などが周りに配置してありますので、それらをすべて削除します。Ctrl + A で全選択して、ゴミがないか見ましょう。どこかにクリックしただけのゴミが落ちているかもしれません。またカラーが掛かっていないか、確認してください。Command + A で全選択し「編集〜カラーを編集〜グレースケールに変換」します。

そして Ctrl + A で全選択してメニューの書式〜アウトラインを作成、あるいは Command+A, Command+shift+O で、文字を図形に変換します。こうすれば

文字化けすることがありません。ただし、アウトラインをとったあとは文字の修正ができなくなってしまうので、必ずアウトラインをとる前のファイルを保存しておいてください。

これで完成です。ファイルを別名で保存します。eps 形式、バージョンは CS5 です。eps ファイルの保存は拡張子.eps 形式です。イラストレータ形式.AI ではありませんので注意してください。今は 2014-toudai-ri-1-1.eps にしました。慣れると下の図は 1 枚で 20 分くらいです。

あなたの環境できれいに印刷できるかどうか不明です。必ず、印刷して出るかを実験してください。特にフォントが正しく印刷できず、白く抜けるか、置き換わる可能性があります。ゆめゆめ、どんどん作って最後に「おかしいぞ～～」なんてことにならないように。

さて TeX にとりこみましょう。

●あとで書く

警告！！ 下のファイルをいきなり落として開いて
「警告が出る」と言ってくる人が後を絶ちません。上の方で「数式フォントを入れな
いと文字化けする」と
警告しているはずで。

zukeimoto.eps forWin

zukeimoto.eps forMac

安田矢印 for Win

安田矢印 for Mac

●大学受験数学のための
WinTpic 講座

2次元のグラフや図を描くときには WinTpic というソフトを使います。円や四角形の図形ならいきなり Illustrator でも描けますが、関数のグラフは Illustrator では描けません。WinTpic で図の概形を描き、必要であれば Illustrator で補正していきます。

インストールの仕方

まずはフリーソフト WinTpic (ver 428B) をインストールします。最新版 (ver 429e) が出ていますが、まだ発表されたばかりでバグが残っているようなので一つ前のバージョンを使ってください。ソフトウェアはアオガエル工房

<http://aogaeru-lab.my.coocan.jp/>

からダウンロードできます。

WinTpic は TeX がインストールされていないと使えません。また、WinTpic をインストールしたあとでは TeX はうまくインストールされないので、WinTpic のまえに TeX をインストールしておくようにしてください。

TeX のインストールに関しては、あべのりさんのサイト

<http://www.math.sci.hokudai.ac.jp/abenori/soft/abtexinst.html>

および did2 さんのサイト

<http://did2memo.net/2012/04/23/easy-latex-install-windows-201204/>

がわかりやすいので参考にしてください。

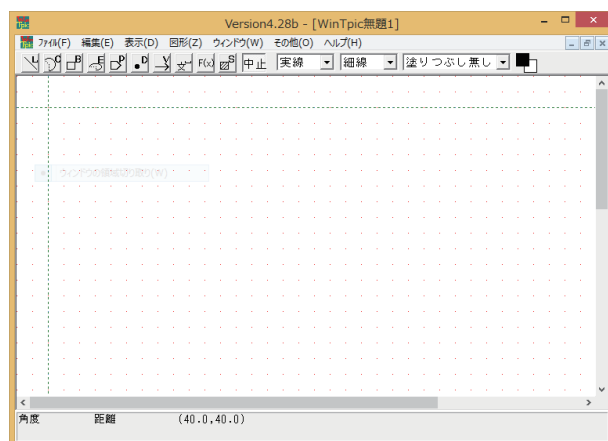
WinTpic の設定

まず使用環境の設定をしておきます。WinTpic を起動してみてください。アイコン

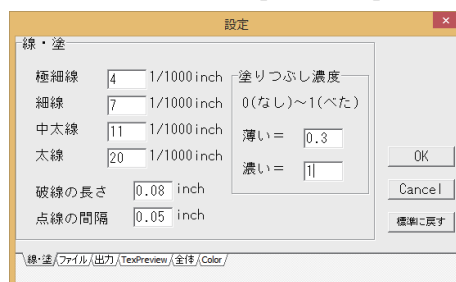


をダブルクリックすると次のような画面が現れます。

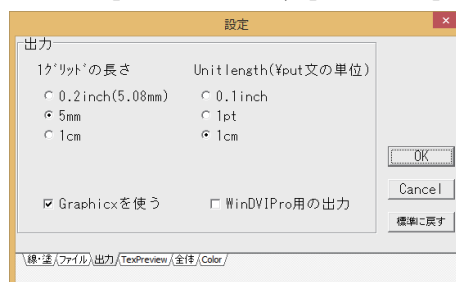
sakuzu : 2013/12/13 (19:20)



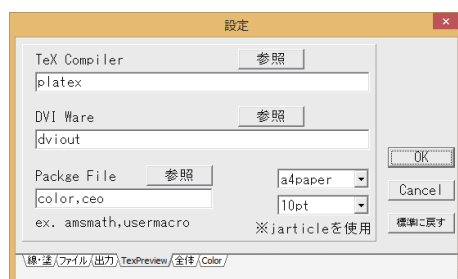
メニューバーの「その他」～「設定」を選ぶと次のようなウィンドウが開きます。



「線・塗」のタブで「細線」を8→7, 「中太線」を13→11に,
「破線の長さ」を0.07→0.08, 「点線の間隔」を0.045→0.05に変更してください。



「出力」タブで1グリッドの長さを5mmに, Unitlengthを1cmに変更してください。

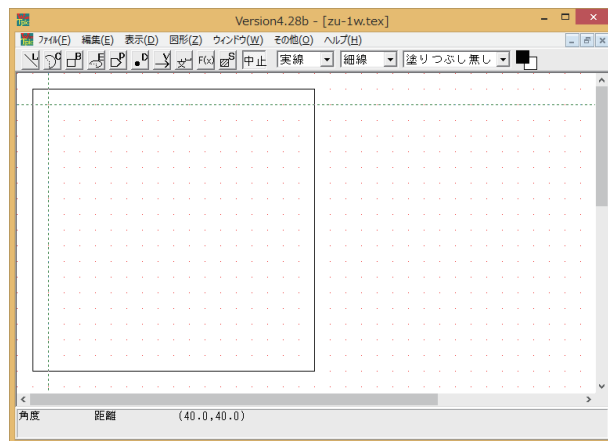


「TeX Preview」タブで、Packge Fileの欄にもともと書き込まれている「color」のあとにつづけて「,ceo」と入力してください。これでceoフォントを読み込みます。

図を描く

では試しに2次元の図を描いてみます。先ほどの画面は閉じて、「WinTpic 図形元 w.tex」というファイルを WinTpic のアイコンの上に落として開いてください。WinTpic のファイルは TeX と同じ.tex という拡張子なので、TeX でなく WinTpic で開きたいときはダブルクリックでなくアイコンの上に落とすか、あるいは WinTpic を起動してからメニューバーの「ファイル」～「ファイル Open」で開いてください。


忘れないうちにファイル名を付け変えておきます。メニューバーの「ファイル」～「名前変更」で適当な場所に、拡張子を.tex として適当なファイル名を付けて保存します。たとえば「zu-1w.tex」。WinTpic の拡張子は TeX の拡張子と同じで見分けがつかなくなってしまうので、WinTpic のファイルのときはファイル名の末尾に「w」を付けるようにしてください。

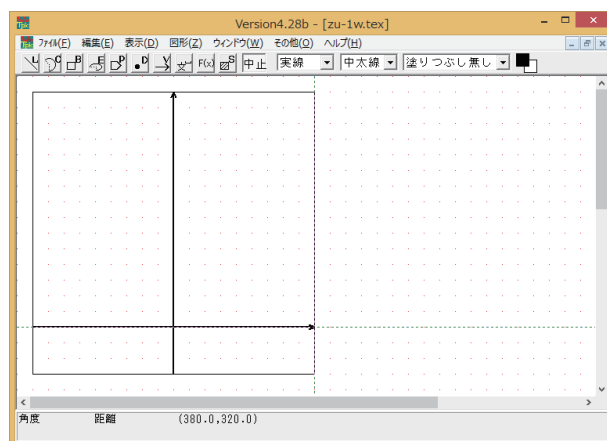


図形枠が用意されています。この図枠が標準で、TeX では 3.5cm 四方くらいで取り込んでいきます。これ以外の任意の大きさの図を描くときは自分で適当な四角を描いて使ってください。赤い点々はグリッドです。図枠は 18×18 グリッドとなっています。

はじめに座標軸を描きます。ウィンドウの上部のボタンが並んでいるところの右で「実線」「中太線」「塗りつぶし無し」と指定します。

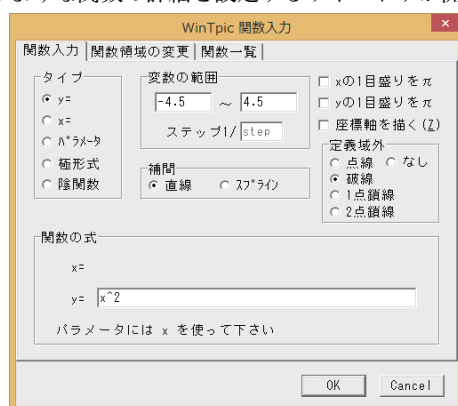


そして並んでいるなかの矢印ボタン  を押します。ウィンドウの下部にはそのツールの使い方が表示されるので、それを見ながらやるとよいです。まず y 軸の下端にするところでクリックします。クリックの代わりに Enter キーでもかまいません。次に y 軸の先端にあたる場所へポインタを移動して Shift キー + クリックします。マウスでポインタを移動するときは Ctrl キーを押しながらマウスを動かすと、グリッドごとにポインタが動くので便利です。これで y 軸が描けました。同様に x 軸を描きます。失敗してしまった場合は消去してやり直します。消去したい図形をクリックすると赤くなり選択状態になるので、Delete キー、またはメニューバーの「編集」～「選択図形削除」から消去します。



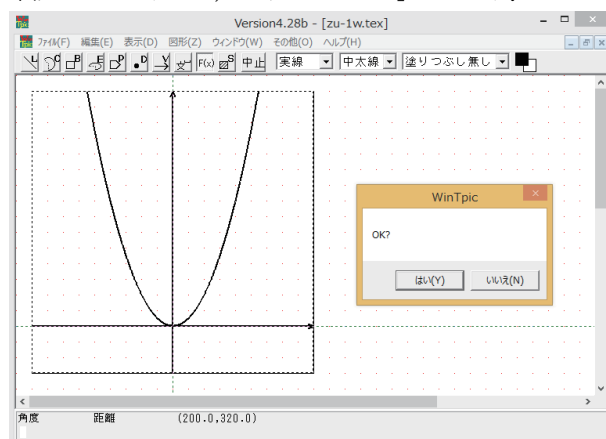
この座標平面に放物線を描いていきます。まず線の書式が先ほどと同じ「実線」「中太線」「塗りつぶし無し」になっていることを確認してください。一度設定したら変更するまで設定は保持されますが、何かの拍子に線の太さが変わってしまうこともあるのでその都度確認してください。基本的に曲線や直線は「中太線」で描いてください。補助的な線は「細線」で描いてください。

関数ボタン **F(x)** を押します。まず描画範囲を指定するため、描画範囲の左上端で一度クリックし右下端でもう一度クリックします。つづいて原点 (0, 0) の位置、点 (1, 0) の位置、点 (0, 1) の位置で次々にクリックして定めていきます。このときも Ctrl キーを押しながらだと動かしやすいです。この3点クリックが終わると、次のような関数の詳細を設定するウィンドウが開きます。




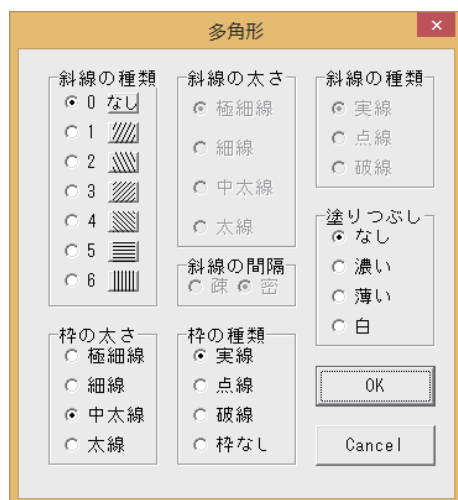
「関数入力」タブの「関数の式」 $y =$ のところに x^2 と入力します。数式は半角で入力します。数式の入力の仕方がわからないときは「関数一覧」タブを見る

と、使用できる関数の書き方が出ています。「変数の範囲」は、指定した描画範囲で自動的に値が入ってきますので、変更したいときだけ数値を変えます。入力を終えたらウィンドウ下方の「OK」ボタンを押します。すると曲線が描画され、「OK?」と確認してきますので、よければ「はい」とします。

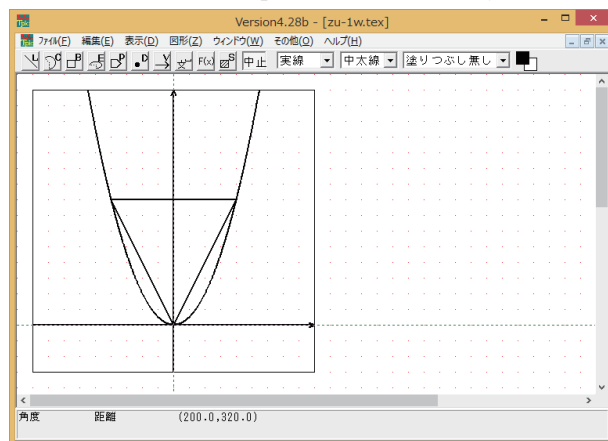



別のグラフを重ねて描くか聞いてくるので、描く場合は「はい」、いまは一旦終了するので「いいえ」にして曲線を確定します。

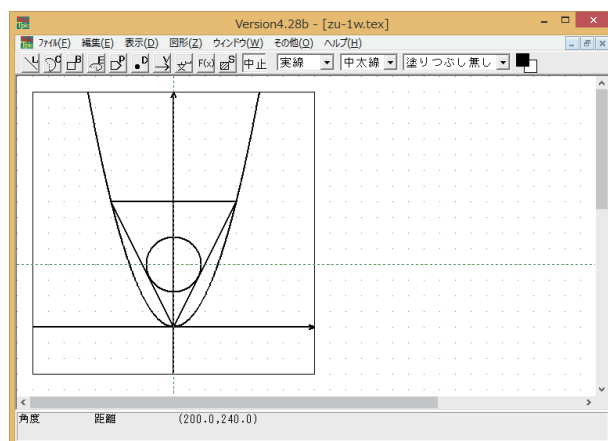
次に三角形を描き加えてみます。「中太線」です。多角形ボタン  を押して頂点を次々にクリックしていきます。最後の点つまり3点目は Shift+ クリックをします。1つの図形を描くなかで何回かクリックを求められる場合、通常はクリック、最終決定のクリックだけ Shift+ クリックです。



多角形の設定ウィンドウが開くので、斜線や塗りつぶしにしたいときはここで設定をします。斜線や塗りつぶしはあとで入れることもできるので、いまはそのまま「OK」で進みます。ただし、「斜線」については、あとから入れる場合、斜め45°の2種類と水平、垂直の計4タイプからしか選べないので、斜め60°の斜線を入れたいときはここで「斜線の種類」の1か2を選びます。




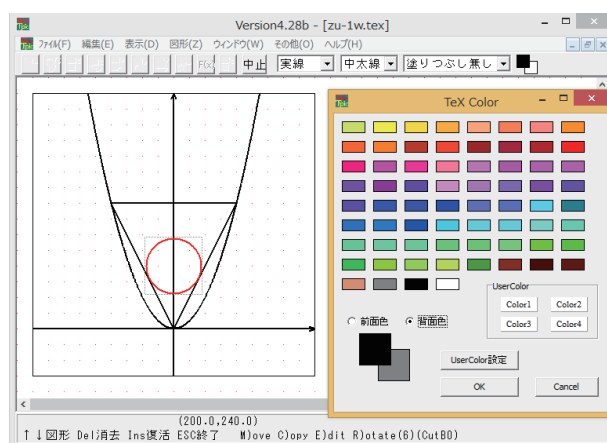
次にこの図に円を描き加えてみます。円ボタン  を押します。弧を描くときにもこのツールを使います。



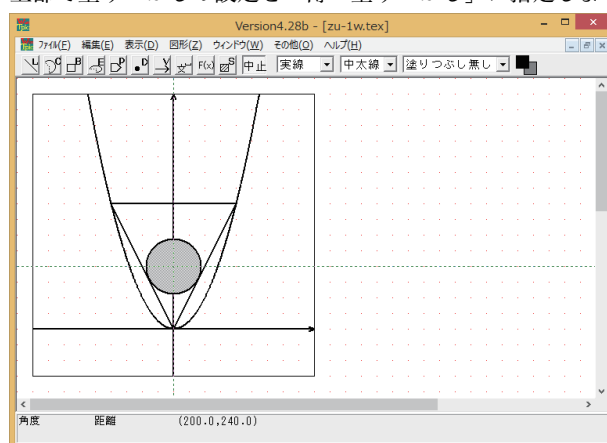
まず中心点をクリックします。次にマウスで半径を調整してちょうどいい大きさのところでクリックします。つづいて円周や弧の両端となる点を1点目クリック、左回りで1回転して2点目をクリックして、円または弧が決定します。さいごの2回のクリックはポイントが円周上でなくてもかまいません。中心角があっていれば大丈夫です。

この円の内部に網掛けを施します。まず円を選択します。1つの図形だけを選択状態にするには↑キーや↓キーでも行えます。

ウインドウ上部のボタンの並んでいるところの一番右端  を見て下さい。2枚の正方形の左上のほうがいま選択されている図形の外郭の色を表し、右下の正方形がその図形の背景の色を表しています。色を変更するにはこの正方形をクリックして「TeX Color」設定の窓を開きます。

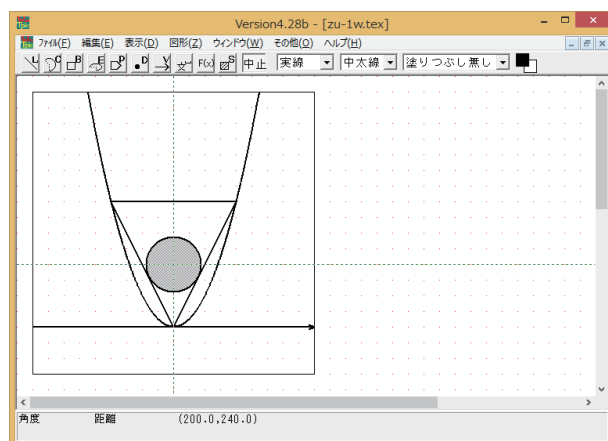


「背景色」のラジオボタンを押してカラーパレットの左から2列目一番下の「Gray」を選びます。「OK」で窓を閉じたら、円が赤く選択されている状態のままウィンドウ上部で塗りつぶしの設定を「薄い塗りつぶし」に指定します。

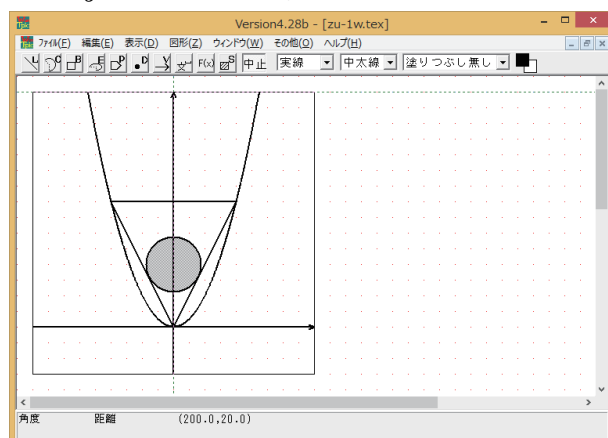



塗りつぶしの機能は、閉じた図形つまり、円・楕円・四角形・多角形に対してだけしか使えません。直線や曲線で囲まれた領域に対しては使えません。
 y 軸が円のうしろに隠れてしまったので、 y 軸をいったん削除し、

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

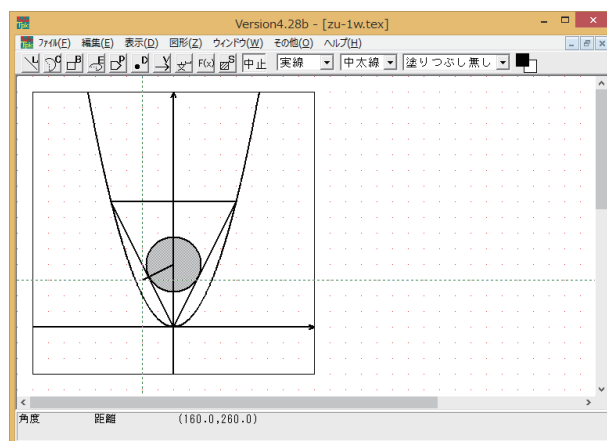


もう一度 y 軸を描き直します.




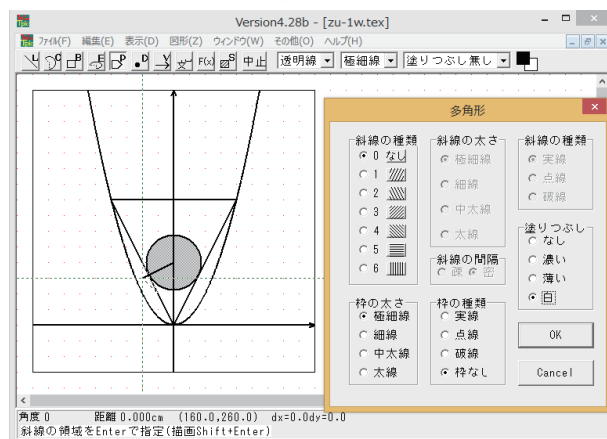
円の中心から接点への半径を直線で描きます. 直線ボタン  を押し, 直線の一方の端となる円の中心をクリックし, もう一方の端となるところで Shift+ クリックします.

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

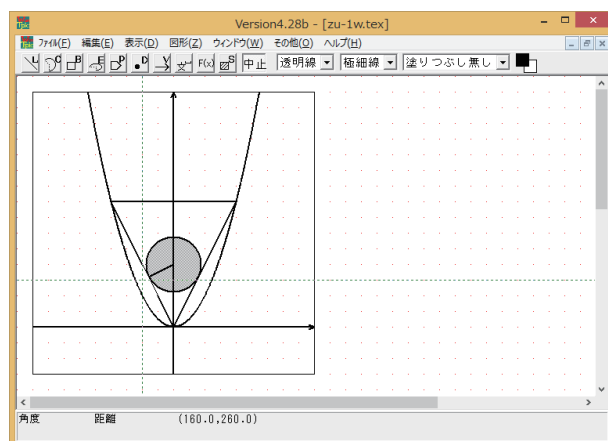


いま直線を長く引きすぎてしまいました。WinTpic は、最終決定の Shift+クリックをする前なら BackSpace キーで 1 つ前の段階に戻れますが、最終決定後は操作を戻せません。また WinTpic では消しゴム機能のツールがないので、直線全体を消し去る (Ctrl+Z) ことはできますが部分的に消すことはできません。

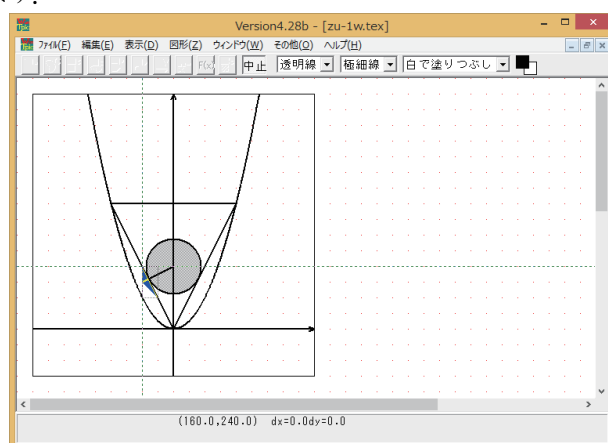
こういうときは奥の手を使います。「透明線」「極細線」「塗りつぶし無し」に設定して、多角形ツール  で消し去りたい部分を囲みます。いまは直線の突き出た部分を三角形で取り囲みました。



現れた「多角形」の設定ウィンドウで「枠なし」の塗りつぶし「白」を選び「OK」します。

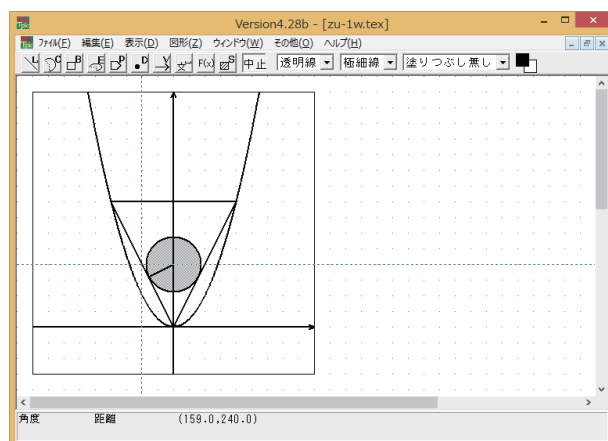


よく見ると塗りつぶし部分が直線の上に重なっているので、移動します。三角形の塗りつぶし部分を選択状態にし、M キーを押して移動状態にします。青色になります。

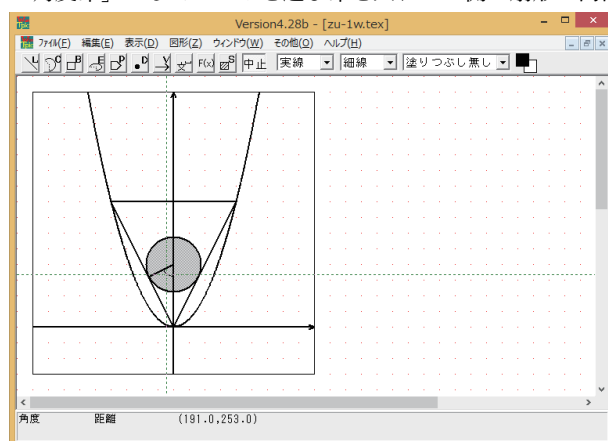



マウスは動かさずに、Shift キーを押しながら↑↓←→キーで微調整します。いまは直線から離したいので Shift+←キーを1回だけ押します。Enter キーで位置を決定します。

この方法で消すことが無理な場合は、そのまま放っておいてください。あとで Illustrator で修正しましょう。

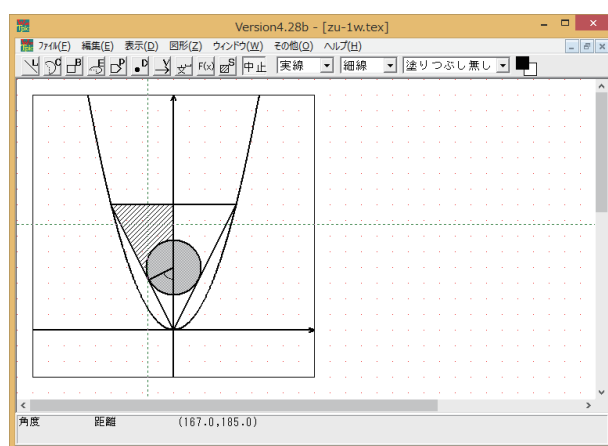




中心角を入れます。「実線」「細線」「塗りつぶし無し」で、メニューバーの「図形」～「角度印」から Middle を選び印を入れたい側の扇形の内部でクリックします。

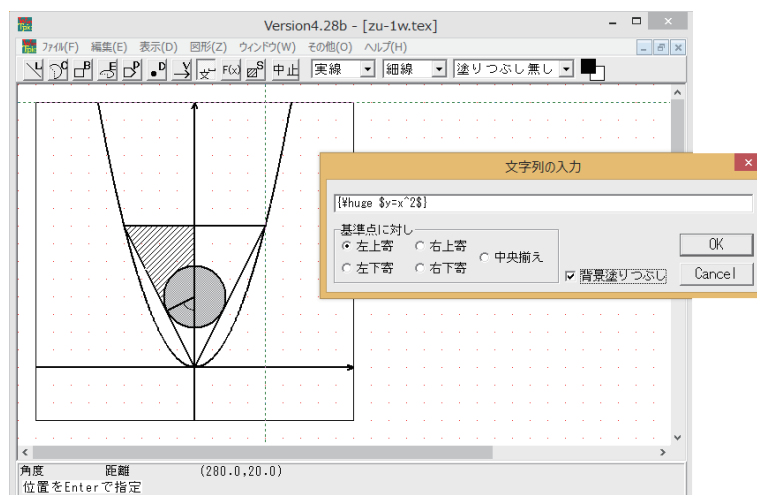


領域に斜線を入れます。斜線は、閉じた図形のみならず直線や曲線で囲まれた領域にも入れられます。斜線ボタン  を押して、斜線を入れたい領域をクリックすると設定の窓が現れるので、「極細線」「密」「実線」に指定します。

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

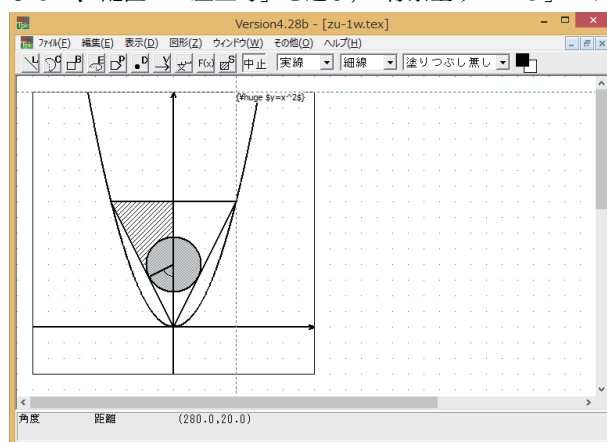


文字列を加えていきます。まず塗りつぶしの背景色を白 にしておいてください。文字列ボタン を押し、文字列を配置したい位置でクリックします。現れた入力窓に文字列を入力します。



この入力は、TeX のコマンドで入力できます。

ただし、環境 `\begin{ } \dots \end{ }` は書きません。文字サイズは標準で huge, やや小さめの場合は LARGE にしてください。いま `{\huge $y=x^2$}` と書き入れました。配置は「左上寄」を選び、「背景塗りつぶし」にチェックを入れました。



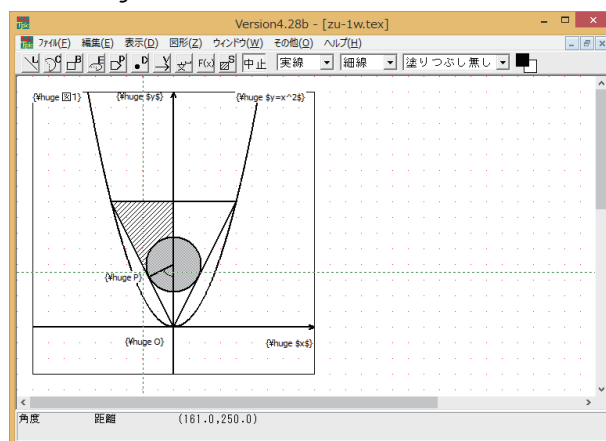
同様に、図 1, 原点の O, 点 P, 軸の x , y を加えます。O, x , y は軸に接触しないよう少し離れた位置におきます。O は原点の位置から半グリッド四方ほど離れた点に右上寄で入れました。位置の微調整はあとでも行えます。

`{\huge 図 1}` 左上寄 背景塗りつぶし
`{\huge O}` 右上寄 背景塗りつぶししない
`{\huge x}` 右上寄 背景塗りつぶししない

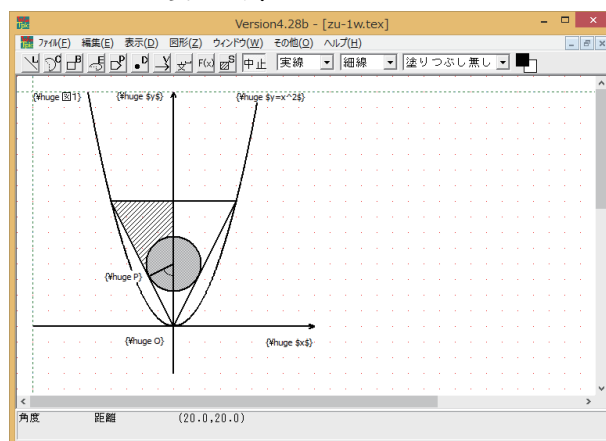
sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

{¥huge \$y\$} 右上寄 背景塗りつぶししない

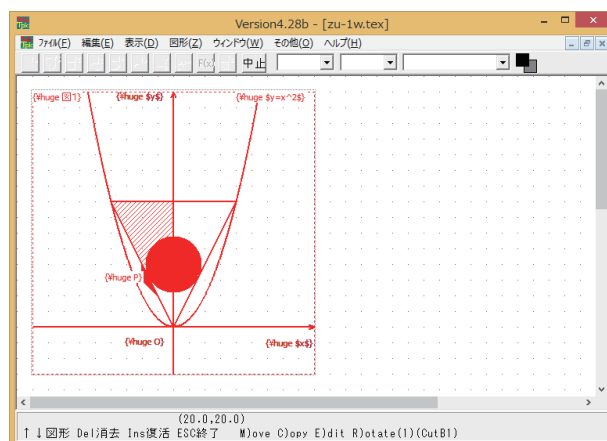
{¥huge P} 右上寄 背景塗りつぶし



図が描き終わり, このまま完了する場合は「(A)TeX への取り込み」へ, Illustratorで加工する場合は「(B) イラストレータでの加工」へ進みます. いずれの場合もそのまゝに, 描いた図形の保存手続きをします. まず, 外側の図枠を選択し設定を透明線に変えます.



次に図をすべて選択状態にして, メニューバーの「編集」～「Pack」で1つの図としてパッキングします.



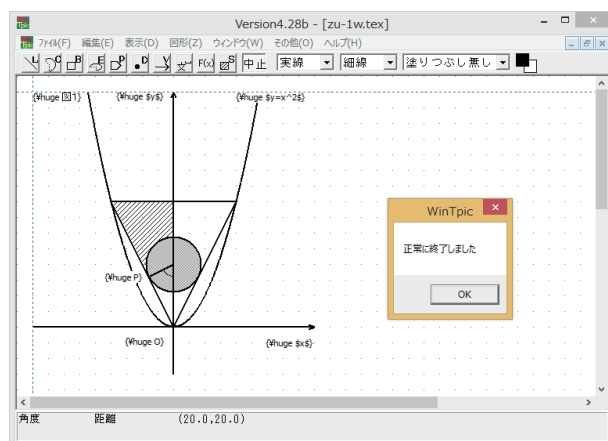
選択状態を解除し、ファイルを保存します。

あとで図を修正したくなった場合はこのファイル「zu-1w.tex」を WinTpic で開き、図形全体を選択状態にして「Unpack」すれば再び編集が可能になります。文字列を修正する場合は文字列を選択して、メニューバーの「編集」～「再編集」を選べば再び入力窓が開きます。

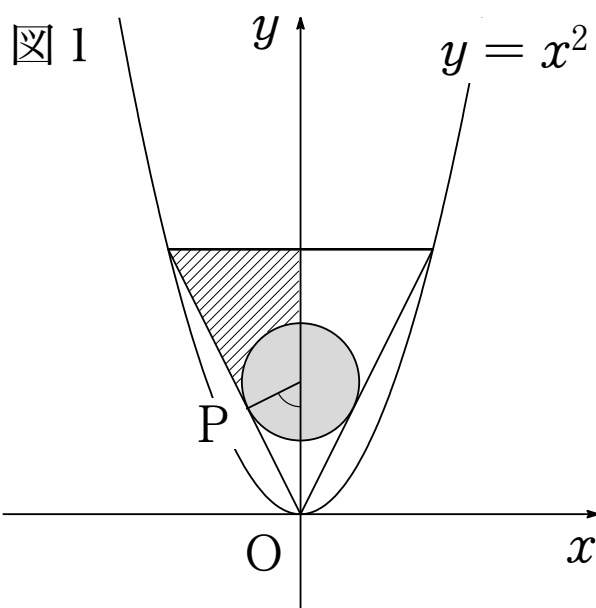
最後にメニューバーの「ファイル」～「他形式出力」から「PDF と EPS の出力」を選びます。



という窓が現れますが、いまは TeX のソースで「papersize」云々を書き足してはいないので、気にせず「OK」とします。処理が無事済むと次のような窓が開くので、「OK」とします。



先ほどの「zu-1w.tex」と同じフォルダに「zu-1w.eps」と「zu-1w.pdf」という2つのファイルが出来ているはずなので確認してみてください。



(A)TeX への取り込み

TeX のソースファイルで EPS ファイル取り込みのコマンドを記述します。

```
¥includegraphics[width=3.5cm]{zu-1w.eps}
```

出力する図の大きさ 3.5cm とファイル名 zu-1w は適宜変更します。

もし、PDF ファイルはきちんと描画されているが EPS ファイルのほうは文字が欠けたりしてちゃんと描画されてない、という場合は

```
¥includegraphics[width=3.5cm,bb=0 0 260 260,clip]{zu-1w.pdf}
```

で、EPS でなく PDF ファイルを取り込んでください。「260 260」のところにバウンディングボックスのサイズ、つまり PDF ファイルの「ヨコ タテ」サイズがピクセルで入ります。「WinTpic 図形元 w.eps」の標準図枠で作った図はヨコ 260(ピクセル)× タテ 260(ピクセル)なので「260 260」となります。任意の大きさで作った図はこのサイズが変わってくるので、数値を調べて書き入れます。

この数値を調べる方法は、次のようになります。やや面倒です。

コマンドプロンプトを起動します。「スタート」メニューの「プログラム」～「コマンドプロンプト」です。

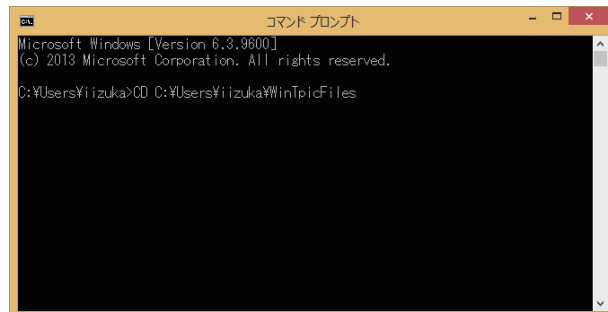


PDF ファイルのあるディレクトリ（フォルダの場所です）へ移動します。いま「zu-1w.pdf」は C ドライブの下の Users¥iizuka¥WinTpicFiles フォルダの中にあるので、コマンドプロンプトの画面で

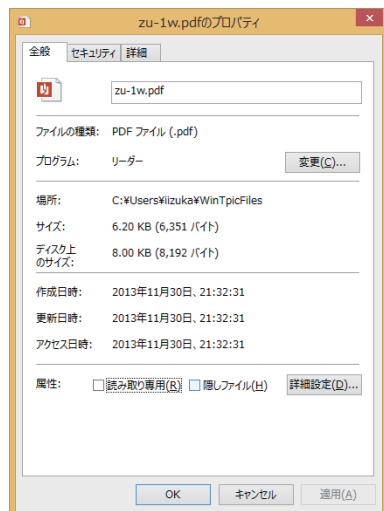
```
CD C:¥Users¥iizuka¥WinTpicFiles
```

と入力し Enter します。

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)



CD 以下が「zu-1w.pdf」のあるディレクトリまでのパスです。このパスがわからないときはファイル「zu-1w.pdf」のアイコンを右クリックしてファイルのプロパティを開けば「場所」のところに表示されているはずです。



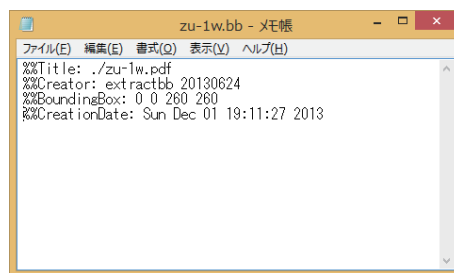
そしてコマンドプロンプトで
ebb zu-1w.pdf
と入力し Enter します。



すると「zu-1w.pdf」と同じフォルダに「zu-1w.bb」というファイルが生成されます。これをアプリケーションの「メモ帳」などで開くと、3行目あたりに

%%BoundingBox: 0 0 260 260

の記述があります。この00のあとの2つの数値がそのPDFのパウンディングボックスのサイズ（ヨコ タテ）になります。



ところで、「PDF と EPS の出力」は成功したが実際ファイルを開いて確認してみるとPDFの画像もEPSの画像も文字が欠けたりしてきちんと描画されていないといった場合は、「(B) イラストレータでの加工」を行ってください。

(B) イラストレータでの加工

さらにIllustratorで図を加工していきます。EPSファイル「zu-1w.eps」をIllustratorで開き、図全体を選択してコピーし、EPSファイル「zukeimoto.eps」を開いてそこへ貼り付けます。貼り付けた図は50%くらいに縮小します。文字列の書体を変更してください。

WinTpicは図形の回転が不得意なので、回転はIllustratorで行ってください。その他諸々修繕して仕上げてください。詳しくは別項「イラストレータ講座」を見てください。

さいごに

WinTpic はときどき動きがおかしくなります。そういうときは、何度かやってみる、保存して開き直してみる、すこし待ってみる、などしてみてください。バックアップファイル（拡張子が .bak のファイル）が定期的に自動生成・更新されるので、取り返しのつかない事態に陥った場合にはこれを WinTpic で開いてみてください。

●大学受験数学のための
Mathematica 講座

【使い方】

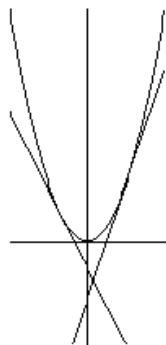
私にとって一番重要な使い道はグラフをかき、それをイラストレータにとりこんで加工することです。なお、Mathematica はパレットから選ぶ方法もありますが、Mathematica のバージョンが違うファイルをもらうとうまく動かなかったりしますので、私はすべてコマンドで打ち込んでいきます。大学受験数学で必要なコマンドは多くはありません。

（１）平面グラフを描く

```
f[t_,u_] :=Plot[{x^2,2t x-t^2,2u x-u^2},
{x,-3,3},PlotPoints->100,
PlotRange->{{-3,3},{-4,9}},
AspectRatio->Automatic,Ticks->None];
```

として「シフトキーとエンターキー」を押す（これを以下「エンターする」と表現します）と、何も起きません。当たり前です。これは曲線 $y = x^2$ と、 $x = t$ における接線、 $x = u$ における接線を描く関数を定義しただけで、接点を与える t, u を具体的に指定しないと描きません。矢印はマイナスと不等号で打ち込むと自動で変換します。

```
g = f[-1,1.5]
としてエンターすると、
```

を描きます。イラストレータの項では放物線に後で接線を描き加えましたが、本当はそういうことをせず、ここではすべての曲線を描いておきます。接点の座標を与える t , u を変数にしたのは見栄えのよいところを試行錯誤するためです。ここで基本の説明をしていると図のファイルから離れてしまうので、先にイラストレータ用のファイルの作り方を書きます。

(2) イラストレータ用の図のファイルを作る

イラストレータを使うつもりがない人はここを読みとばしてください。イラストレータを使うつもりの方はここを読む前に、先にイラストレータの項を見てください。

グラフがうまく表示できたら Mathematica のファイルを保存します。2014-東大-1.nb のように、日本語で名前を付けることができます。次に eps ファイルの書き出しをします。方法は 2 つありますが、Mac 版の Mathematica の version9 はどちらの方法でもうまくいかないという、呆れたバグがあります。バグレポートを出してあり、Wolfram も確認していますが、いまだにバグフィックス版を出していません。Windows 版はバージョンアップをしていないので、どうなっているか、不明です。Mac 版の場合は、version7 以前で行ってください。表示されたグラフをマウスでコチッと選択し、メニューから、ファイル～選択範囲の形式保存を選び、フォーマットを eps にして、名前を適当につけて、保存ボタンを押します。もう 1 つの方法は、コマンドライン

```
Export[FileNameJoin[{NotebookDirectory[], "g.eps"}], g]
```

で export する方法です。ver7 はこの方法はバグだそうです。ですから ver7 以前で、「選択範囲の形式保存」で行ってください。

Windows 版でも同じです。今は zu と名をつけ OK を押すと



ができます。Mathematica も MathType も上のようなアイコンの eps ファイルを作り出します。

できたファイルを、ダブルクリックするとイラストレータが立ち上がってきます。eps ファイルを開いてグラフをコピーし、イラストレータの zukeimoto.eps へ貼り付け、加工します。イラストレータのファイルはきちんと名前をつけ保存します。

ついでに MathType の eps のことも書いておきます。MathType の eps の場合も上と同様の扱いになります。

開いた式はグループ化されています。最初に文字の大きさをあわせるために 83 %縮小をかけます。MathType は 12 ポイントで式をつくり、イラストレータの式は少し小さめ 10 ポイントで式をつくるからです。ここは環境に合わせ適宜変更してください。

式はグループ化されていますので、少し詰めたり変形するときは白いダイレクト選択ツールで選択移動します。うまく選択できないときはグループ化を解除して、邪魔なものを背面におくとかして選択しやすくします。しかし、式として移動することを考え再びグループ化をしておくといよいでしょう。

$$y = \sqrt[k]{x+1}$$

MathType の Mac バージョン 3.5 ~ 3.7 の eps ファイルは上のように式全体に透明な枠がついていますのでダイレクト選択ツールで枠をとり、ルートはマスクがかけてあるので、マスクをとります（このままだとルートの線が細すぎる）。上図はそのマスクを選択した段階です。この状態で Delete キーを押せばマスクがとれ、かくれていた線が現れます。5 より前の Mac バージョンではルートを線だけで描いています。MathType の ver5 ではルートを塗りと線で図形描画し、マスクはかけていません。

(3) 平面グラフ続き

ここで基本に戻ってコマンドの説明をします。

(a) 関数の定義のしかた

`g[a_,b_,c_,d_] :=`

は 4 変数の関数を定義しています。関数の定義では、アンダースコアも忘れずに

(バーでなくスコアと読みます) 入れてください.

(b) 積の書き方

`tu` と書くと Mathematica はなにか文字の連なりと理解します. 積を表すときは `t*u` とアスタリスクを間にはさむか, `t u` と半角の空白を入れます. ただし `2t` のようなときは空けなくても大丈夫なようです.

(c) グラフの範囲指定などオプション

グラフィックスでは曲線はかけませんので, 変域を分割し線分で描きます. 放っておくと 15 分割で荒いので, 100 分割しています. `Ticks` は座標軸の目盛りで, これがあると販売用の図にはとても使えないのでなくします. `PlotRange->{{ , },{ , }}` は, 放っておくといいかげんなところでグラフを描きますので, きちんと範囲指定をしてやります. `{ , }` の左が小さい数, 右が大きい数です. 逆にするとエラーになります. `{{ , },{ , }}` の最初が x の範囲, 後が y の範囲です. `{x,a,b}` で x の範囲を指定していても勝手な判断で一部を省略します. `PlotRange->All` で全範囲を表示すると書いた解説本もありますがそれは間違いです.

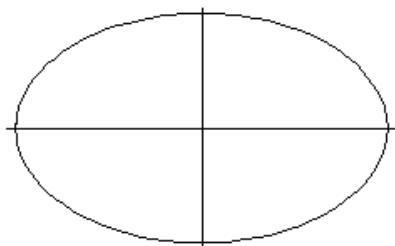
`PlotRange->{{ , },{ , }}`

でしか, きちんと表示しませんので, 必ずこれをいれましょう.

また `AspectRatio->Automatic` というのは上下左右の比を正しくしろということです. 最近のバージョンは標準で Automatic になっていて

```
ParametricPlot[{Cos[t],Sin[t]},{t,0,2Pi},
PlotPoints->100,Ticks->None]
```

としてエンター (パソコンによっては shift キーとリターンキーを押す) をすると円が描かれますが, 古いバージョンによっては



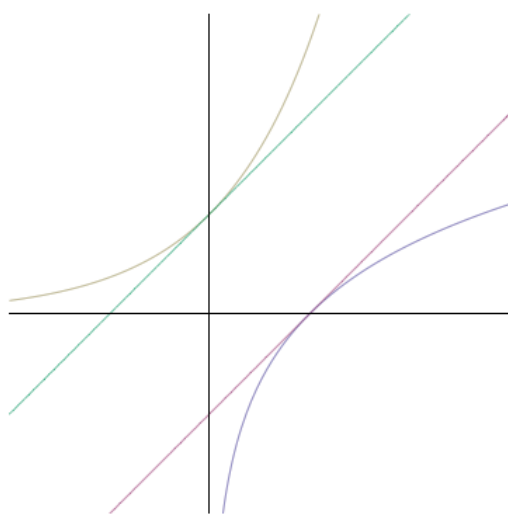
になって出てきます. 標準で黄金比にしてあるようです.

`AspectRatio->Automatic` を入れると正しくなります.

いくつかのグラフを（異なる `AspectRatio` で）別々に作っておいて，後で `Show[g1,g2]` で合体表示するときには，正しい図にならない場合がありますので注意しましょう．

(d) 定義域について

```
Plot[{Log[x], x-1, Exp[x], x+1},
  {x, -2, 3}, PlotPoints -> 100,
  PlotRange -> {{-2, 3}, {-2, 3}},
  AspectRatio -> Automatic, Ticks -> None]
```



$\log x$ は負の x では定義されませんが気にせず x の範囲を指定してグラフを描いてかまいません．

(e) Table と Release

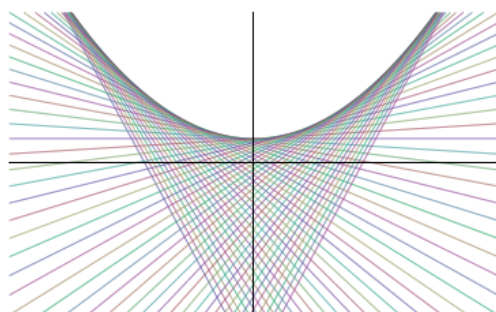
2004 年名大後期に次の問題があります．

実数 a に対して，点 $(a, 1)$ を通り傾きが a の直線と曲線 $y = |x^2 - 4|$ との交点の個数を求めよ．

$a(x - a) + 1$ の a を -3 から 3 まで 0.1 刻みで用意し (Table, 表にする) これをあらかじめ関数として準備しそれを一度に解放し (Release) プロットしました．

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

```
g1 = Plot[Release[Table[a (x - a) + 1, {a, -3, 3, 0.1}]],  
  {x, -6, 6}, PlotPoints -> 100,  
  PlotRange -> {{-6, 6}, {-6, 6}}, Ticks -> None]
```



放物線に接して動くことがわかるので包絡線を求めれば早いとわかります。解答は

【解答】 直線 $l_a: y = a(x-a)+1$ と曲線

$C: y = |x^2 - 4|$ の位置関係を考えるが、その前に l_a の通過範囲を調べ、 l_a に安定感をもたせる。

$$y = -a^2 + ax + 1 = -\left(a - \frac{x}{2}\right)^2 + \frac{x^2}{4} + 1 \leq \frac{x^2}{4} + 1$$

であるから l_a は $y \leq \frac{x^2}{4} + 1$ を動く。また $y = \frac{x^2}{4} + 1$ と l_a を連立させると

$$\frac{x^2}{4} + 1 = -a^2 + ax + 1 \quad \therefore \quad \left(\frac{x}{2} - a\right)^2 = 0$$

となるので $x = 2a$ で接する。

$a > 0$ で l_a が $(-2, 0)$ を通るとき、 $a(-2-a)+1=0$

$$a^2 + 2a - 1 = 0 \quad \therefore \quad a = -1 + \sqrt{2}$$

$a > 0$ で l_a が $(2, 0)$ を通るとき、 $a(2-a)+1=0$

$$a^2 - 2a - 1 = 0 \quad \therefore \quad a = 1 + \sqrt{2}$$

このときの傾きは $y = x^2 - 4$ の $x = 2$ における接線の傾き 4 よりも小さいことに注意する。後は左右対称性に

注意し、実際に曲線 $y = \frac{x^2}{4} + 1$ の接線を動かしながら見ていく。 l_a は $a = 0$ のときは水平で、 C と 4 交点をもつ。

a を大きくしていくと $(-2, 0)$ を通る

($a = \sqrt{2} - 1$) 直前まで 4 交点で $(-2, 0)$ を通るとき

に 3 交点、その直後から 2 交点、それがしばらく続き、

$(2, 0)$ を通る ($a = \sqrt{2} + 1$) ときに 1 交点、それ以後

は交点はない。

求める個数は

$$|a| < \sqrt{2} - 1$$

のとき 4,

$$|a| = \sqrt{2} - 1$$

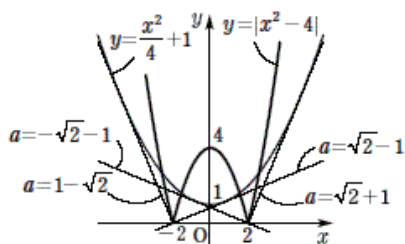
のとき 3,

$$\sqrt{2} - 1 < |a| < \sqrt{2} + 1 \text{ のとき } 2,$$

$$|a| = \sqrt{2} + 1 \text{ のとき } 1, \quad |a| > \sqrt{2} + 1 \text{ のとき } 0$$

です。

(2) 空間図形を描く



座標空間において、点 $C(0, 0, 1)$ を中心、半径 1 の球面 $S: x^2 + y^2 + (z-1)^2 = 1$ を考える。点 C と S 上の点 $P(x_1, y_1, z_1)$ (ただし $z_1 \neq 1$) を通る直線が xy 平面と交わる点を $Q(u, v, 0)$ とする。

(1) u と v をそれぞれ x_1, y_1, z_1 で表せ。

(2) 点 P が S 上の $z < 1$ の部分を動くとき、点 Q は xy 平面全体を動くことを証明せよ。

3 点 P が S 上の $z < 1$ かつ $x = a$ (a は $0 < a < 1$ をみたす定数) の部分を動くとき、点 Q が描く図形の方程式を求めよ。(2004 名大・後期)

解答 (1) P には $x_1^2 + y_1^2 + (z_1 - 1)^2 = 1$ ……①

という関係式が成り立つから Q を用いて P を表す。

$\vec{CP} = t\vec{CQ}$ とおけて

$$(x_1, y_1, z_1 - 1) = t(u, v, -1)$$

$$x_1 = tu, y_1 = tv, z_1 - 1 = -t \text{ ……②}$$

t を消去する。 $t = 1 - z_1$ を $x_1 = tu, y_1 = tv$ に代入し

$$x_1 = (1 - z_1)u, y_1 = (1 - z_1)v$$

$z_1 \neq 1$ より

$$u = \frac{x_1}{1 - z_1}, v = \frac{y_1}{1 - z_1}$$

(2) ②の $x_1 = tu$,

$$y_1 = tv, z_1 = 1 - t$$

を①に代入し

$$(tu)^2 + (tv)^2 + (-t)^2 = 1$$

$$t^2(u^2 + v^2 + 1) = 1$$

$$t = 1 - z_1 > 0 \text{ なので } t = \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2 + 1}}$$

$$x_1 = \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2 + 1}}, y_1 = \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2 + 1}}$$

$$z_1 = 1 - \frac{1}{\sqrt{u^2 + v^2 + 1}}$$

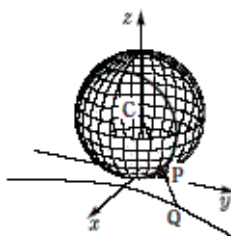
よって、任意の $Q(u, v, 0)$ に対して、それに応じて定まる P が存在するから Q は xy 平面全体を動くことができる。

$$(3) x_1 = \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2 + 1}} = a \text{ のときであり、} u > 0 \text{ の}$$

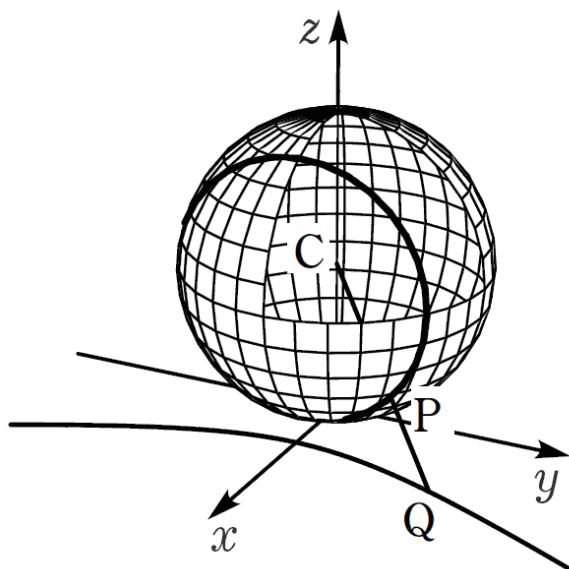
$$\text{もとで 2 乗し } \left(\frac{1}{a^2} - 1\right)u^2 - v^2 = 1$$

求める軌跡は双曲線の右半分

$$\left(\frac{1}{a^2} - 1\right)x^2 - y^2 = 1, x > 0, z = 0$$



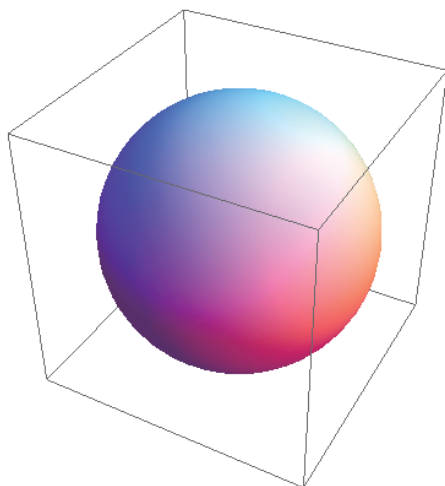
という問題があります。え，小さすぎて読めんぞって？
そんなのはいいの，今は図の描き方です，大きくすると下図です。



Mathematica は標準で球をつくることができます． $(0, 0, 1)$ を中心，半径 1 の球なら次のようにします．

```
g1 = Graphics3D[Sphere[{0, 0, 1}, 1]]
```

下の球を描きます．以下エンターは面倒なので省略します．



を描きます。今は何もオプションをいれてないので、`Boxed->True` になっており、周りに箱がつきます。下では `Boxed->False` にして箱を取ります。また光の濃淡で色がついてきます。このまま白黒印刷をするとグレースケールに変換されるのですが、図はいつも白黒でつくるので、下では `Lighting->{White}` にして色をとります。

さらに

```
g2 = Graphics3D[Translate[g1,{0,0,1}]]
```

で、同じ絵を描きます。g1 をベクトル $\{0,0,1\}$ だけ平行移動 (Translate) しているのです。Graphics3D オブジェクトと呼ばれるものはこのように名前をつけておいて変換することができます。

中心が原点でない球は平行移動をしないとできません。続けてかくなら

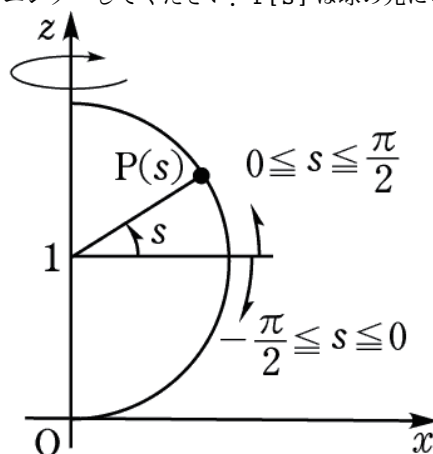
```
Graphics3D[Translate[Sphere[{1,32,32}],{0,0,1}]]
```

です。しかし、名大の図だと中心から直線を出すので、窓を空けておきたい。こういうのは標準では困ります。

ParametricPlot3D でやります。

```
P[s_]:= {Cos[s],0,1+Sin[s]};
Q[s_]:= {1/2,0.85,0};
R[s_]:= {0.577/Cos[s],Tan[s],0};
U[t_]:= {{Cos[t],-Sin[t],0}, {Sin[t],Cos[t],0},{0,0,1}};
```

$V[t_]:= \{\{\text{Cos}[t], 0, -\text{Sin}[t]\}, \{0, 1, 0\}, \{\text{Sin}[t], 0, \text{Cos}[t]\}\};$
 $W[t_]:= \{\{1, 0, 0\}, \{0, \text{Cos}[t], -\text{Sin}[t]\}, \{0, \text{Sin}[t], \text{Cos}[t]\}\};$
 でエンターしてください. $P[s]$ は球の元になる xz 平面の円周上の点です.

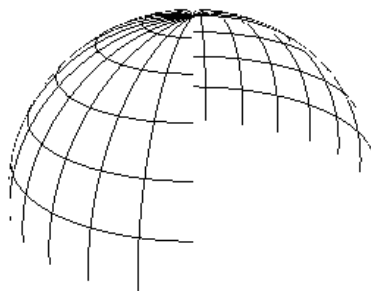


円周率は Pi で表します. 大文字から始まります. 大文字小文字の区別がありますので注意してください. $P[s]$ の上半分, s が $0 \leq s \leq \text{Pi}/2$ の間を z 軸の周りに t が $\text{Pi}/2 \leq t \leq 2 \text{Pi}$ の範囲で回転させます. この段階で頭の中に空間的なイメージを作らないとプログラムはできません.

```

In[15]= gl = ParametricPlot3D[Evaluate[U[t].P[s]],
                               {s, 0, Pi/2}, {t, Pi/2, 2 Pi},
                               Axes -> None, Boxed -> False, Lighting -> {White},
                               Mesh -> {5, 18}, ViewPoint -> {2, 0, 0.8}]
  
```

Out[15]=



ここでコマンドの説明をします.

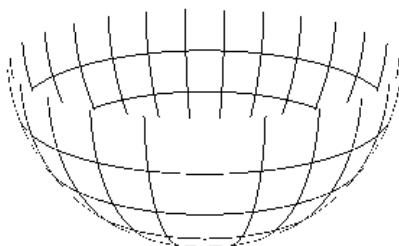
$U[t_]:= \{\{\text{Cos}[t], -\text{Sin}[t], 0\}, \{\text{Sin}[t], \text{Cos}[t], 0\}, \{0, 0, 1\}\};$
 は z 軸まわりの回転の行列です.

$U[t].P[s]$ と間にピリオドをいれたら行列のかけ算です.

ただし, 単に $U[t].P[s]$ としても, エラーになります. この計算を **Evaluate** しないと (評価する, つまり計算の実行をする) いけないのです. これはベクトルの $f(t)(a,b,c) + g(t)(d,e,f)$ という式の積と和の形で書く場合も同じです. 逆に言えば, 複雑な計算も式や行列のままで放っておいて, **Evaluate** で計算させればよいのです.

ViewPoint は視点ですが, 実際の座標ではなく, 図全体が入るボックスの最大辺の長さを 1 としたときの座標です. 同様に下半分をつくり

```
g2 = ParametricPlot3D[Evaluate[U[t].P[s]],
  {s, -Pi/2, 0}, {t, 0, 2 Pi},
  Axes -> None, Boxed -> False, Lighting -> {White},
  Mesh -> {5, 24}, ViewPoint -> {2, 0, 0.8}]
```



```
Show[g1,g2,PlotRange->{{-1.1,1.1},{-1.1,1.1},{-0.1,2.1}}];
```

とすると合体して表示してくれます.

```
Q[s_]:= {1/2,0.85,0};
```

というのは平面 $x = 1/2$ と球面の交線上の 1 点を下に 1 だけ平行移動したものです. この場合は定点なので $[s_]$ は不要ですが, 用意しておいたものをいじって利用しているので, あっても困らないものはいじらないのです. これを x 軸の周りに回転して空間の円を作ります. あとで上に 1 だけ平行移動して戻します. 点 P, Q というのは問題文とは一致しませんので関連づけしないでください. そんなのいちいち問題に合わせてはいられません.

Mathematica がつける座標軸は適度な長さになりません. 短すぎたり長すぎたりです. 気に入らないので, 私は空間の図を描かせるときはほとんど **Axes->None** にします. **Axes** は座標軸です.

```
g3=ParametricPlot3D[Evaluate[{0.05,0,1}+W[t].Q[s]],
```

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

```
{t,0,2Pi},PlotPoints->100,  
Axes->None,Boxed->False,  
Lighting->{White},ViewPoint->{2,0,0.8}];
```

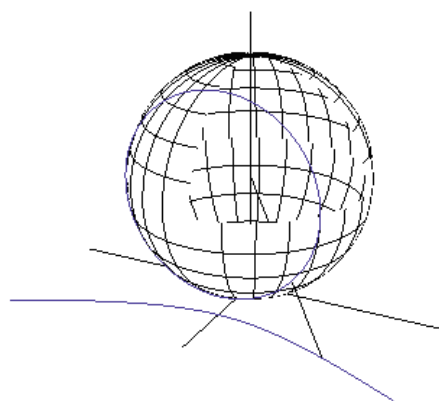
で円を描きます。ParametricPlot3D は曲面を描くときと、空間曲線を描くときに使います。平行移動量は $\{0,0,1\}$ でないのか？　なんで 0.05 があるねんと思うでしょう。実は球面が正確な球面でなく、四角形で覆っているため、少し前に出してやらないと埋もれてしまうのです。これは試行錯誤で数値を決めますが、大体、ほんのちょっとです。

設問(3)の曲線も描きます。この場合は手で問題を解き、答えを出してから三角関数表示します。ルートだと目があらくなるので、できるだけ三角関数表示します。刻みの打ち方は曲面のときとは違い PlotPoints->100 で 100 分割します。それが

```
g4=ParametricPlot3D[R[s],  
{s,-0.48Pi,0.48Pi},PlotPoints->100,  
Axes->None,Boxed->False,Lighting->{White},  
ViewPoint->{2,0,0.8}];
```

です。そしてこれらを合体させます。

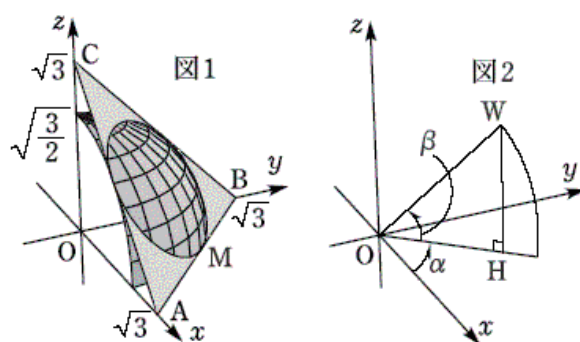
```
Show[g1, g2, g3, g4, Graphics3D[Line[{{0, 0, 1}, {0.816, 1, 0}}]],
Graphics3D[Line[{{-1.5, 0, 0}, {1.5, 0, 0}}]],
Graphics3D[Line[{{0, -2, 0}, {0, 2, 0}}]],
Graphics3D[Line[{{0, 0, 0}, {0, 0, 2.5}}]],
PlotRange -> {{-1.1, 1.1}, {-1.6, 1.6}, {-0.1, 2.3}},
ViewPoint -> {2, 1, 0.8}]
```



`Graphics3D[Line[{{0,0,1},{0.816,1,0}}]]`

は自分で描いている座標軸です。これも `Graphics3D` で囲みます。括弧の数に注意してください。この座標を変え、図版にしたときに適当なものにします。それと、視点が近すぎると z 軸が斜めに見えたりして、日本の図の理念に合わないので、適度に離す方がいいでしょう。

(3) 空間の円とポリゴン



2003 年の昭和大学・医の問題に出てきた図 1 の書き方を示します.

これは球面の第 1 オクタント部分 (全体の $1/8$) を平面で切った図です. 方法は次の手順です.

- (a) 今度は球は回転を使わずオイラー角を使って描きます.
- (b) 三角形 ABC はポリゴンで描きます.
- (c) 球面と三角形の交線の境界が明瞭に出ませんので, 交線の円をパラメータ表示します.
- (d) 今度はあえて陰影をつけるため **Lighting->Automatic** にします.

(a) オイラー角というのは図 2 のように xy 平面上で x 軸から回転した角と, そこから z 軸に向けて回転した角と, O との距離 r で座標を記述する方法で

$OW = r$ とすると $W(x, y, z)$ は

$$z = WH = r \sin \beta$$

$$OH = OW \cos \beta = r \cos \beta$$

$$x = OH \cos \alpha = r \cos \beta \cos \alpha$$

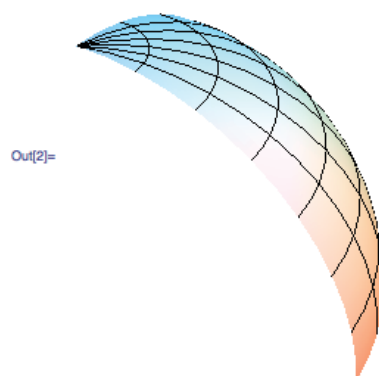
$$y = OH \sin \alpha = r \cos \beta \sin \alpha$$

になります.

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

```
In[1]:= r = N[Sqrt[3 / 2]]
Out[1]= 1.22474

In[2]:= g1 = ParametricPlot3D[
  {r Cos[s] Cos[t], r Cos[s] Sin[t], r Sin[s]},
  {s, 0, Pi / 2}, {t, 0, Pi / 2},
  Axes -> None, Boxed -> False, Mesh -> 6]
```



です。私は変数はほとんど s , t , u ですませています。図2のオイラー角 α が上のコードでは t に、 β が s になっています。

(c) 球面と三角形の交線の境界が明瞭に出ませんので、交線の円をパラメータ表示します。円の中心 D は

$\text{Sqrt}[3]\{1/3, 1/3, 1/3\}$

です。 M の座標は $\text{Sqrt}[3]\{1/2, 1/2, 0\}$ で、

ベクトル $\vec{DF} = \text{ベクトル } \vec{MD}$ は

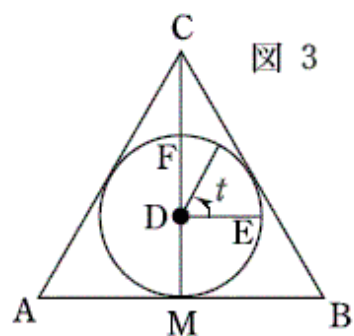
$(\text{Sqrt}[3]/6)\{-1, -1, 2\}$

です。そしてこれと長さが等しく AB に平行な

ベクトル DE が $(1/2)\{-1, 1, 0\}$

です。これらに $\cos t$ と $\sin t$ をかけて空間の円周上の点をパラメータ表示します。何度も $\cos t$, $\sin t$ を書くと目がちらちらしますので、前にかけておいて Evaluate します。

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)



```
In[4]:= g2 = ParametricPlot3D[
  Evaluate[Sqrt[3] {1/3, 1/3, 1/3} +
    (1/2) Cos[t] {-1, 1, 0} +
    (Sqrt[3]/6) Sin[t] {-1, -1, 2}], {t, 0, 2 Pi},
  PlotPoints -> 100, Axes -> None, Boxed -> False];
```

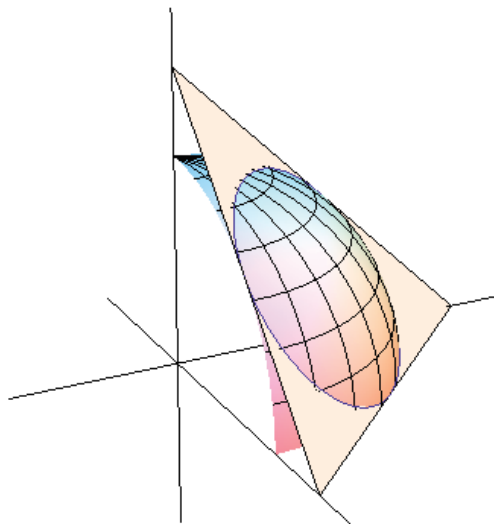
で、円を描きます。

三角形 ABC の（枠だけでない内部のつまった）板をポリゴンで作ります。

sakuzu : 2013/12/13 (19:20)

```
In[5]:= Show[g1, g2,  
Graphics3D[  
  Polygon[{{Sqrt[3], 0, 0}, {0, Sqrt[3], 0},  
    {0, 0, Sqrt[3]}}]],  
Graphics3D[  
  Line[{{2.2, 0, 0}, {-1, 0, 0}}]],  
Graphics3D[  
  Line[{{0, 2.2, 0}, {0, -1, 0}}]],  
Graphics3D[  
  Line[{{0, 0, 2.2}, {0, 0, -1}}]],  
Boxed -> False, PlotRange -> {{-1, 2}, {-1, 2}, {-1, 2}},  
ViewPoint -> {4, -2, 2}]
```

Out[5]=



この図を選んで,

「ファイル～選択範囲の形式保存～EPS」

でEPSにします. イラストレータで開いたら色つきの図を選択し


「編集～カラーを編集～グレースケールに変換」

を選びますと色が消えます.

●大学受験数学のための
イラストレータ講座・
ペンツールでベジェ曲線を使う

やはりベジェ曲線をさけることはできないので、その話を書いておきたいと思います。

(1) ペンツールで線分を描く

「zukeimoto」を複製して開き（線幅 0 塗り 100 というケアレスミスをしないうちに）おいてある幅 0.8 の線をクリックすると、その仕様を受け継ぐことができます。ツールパレット  ペンツールを選択し、コチコチコチと 4 カ所クリック（出発点が終了点）すると三角形になります。



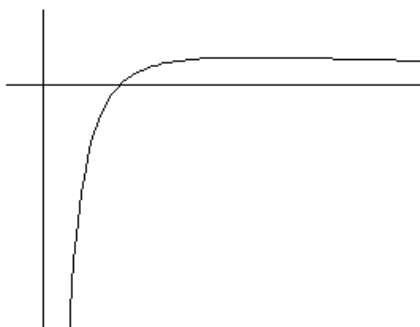
（ベジェ曲線は熟練が必要なので、それをさけるために）たとえば、描く図形の下絵があるならば、その下絵を大きくしてペンツールでコチコチとやっていくとそれらしくなります。大学受験の数学の図は印刷あがりかせいぜい 3 センチ角、大きくても 5 センチ角です。ならば、線のなめらか度はなんとでもごまかせます。

あるいはどうしてもなめらかでなければならない図は、折れ線で描いた後でそれを選択したまま、メニューの「効果〜スタイライズ〜角を丸くする」を選び適当に数値をいれてみれば、なめらかになります。しかし・・・ごまかしきれない場合もあります。

(2) グラフは特徴を誇張する

$$\frac{\log x}{x}$$

のグラフを描いてみましょう。正しいグラフは



です。すると、出版社によってはクレームがきます。

「先生、ちゃんとかいてくださいよ」

「馬鹿者、これが正しいグラフだ」

「ダメです。本当に正しくかいてください」

どうもこの場合は

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\log x}{x} = 0$$

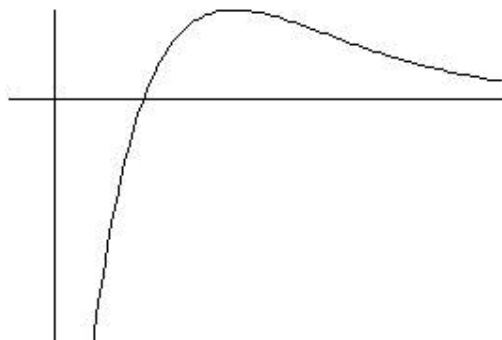
という性質を誇張しなければならないらしい。実際には値が0.2になるのは $x = 12$

であり、0.1になるのは実に $x = 35$ である。容易には x 軸に近づかないのだ。

「悠長なのはだめ、さっさと x 軸に近づけ」

と要求される。そういうときは

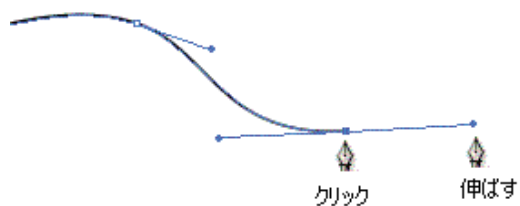
```
Plot[{(x - 1) Exp[-x + 2]},  
      {x, .1, 5}, PlotPoints -> 100,  
      PlotRange -> {{-0.5, 5}, {-3, 1}},  
      AspectRatio -> Automatic, Ticks -> None];
```



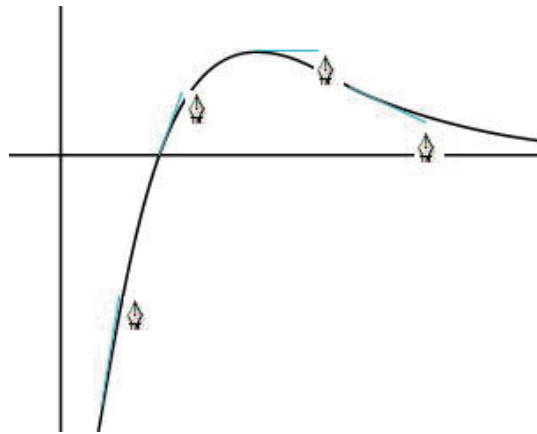
のグラフでもかいて、それらしくしておく。すると
 「感心、感心、安田もまじめにグラフを描くようになった」
 という訳である。この式は $\log x = t - 1$ と変換して、分母などを微調整する。要するに、 x が大きくなるスピードを 1 ランク上げればよい。

こういう式がすぐに見つかからないようなら、ペンツールで描く。

(3) 覚悟を決め、ペンツールで曲線を描く
 ペンツールを選択し



のようにクリックしてその方向へ伸ばし、クリックして伸ばしを繰り返します。このようにして描く曲線がベジェ曲線です。伸ばす長さは描く曲線の $1/3$ くらいと書かれています。私のような素人はなかなかうまくはいきません。でも慣れれば

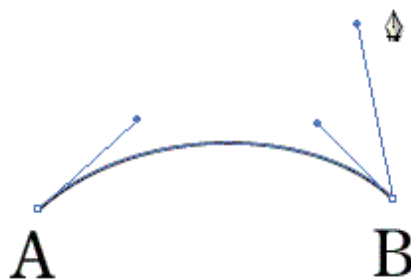


のくらは書けるようになります。

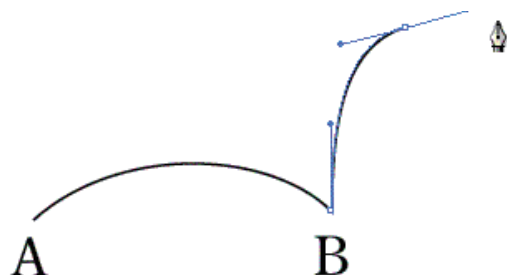
形がうまくいかなかった、失敗したというときも気にしないで続けます。とりあえず全体を描き、白いダイレクト選択ツールにして、部分部分を選んで変形していきます。実は上の図もそれをやった後で、一発で決めたわけではありません。しかし変形すればするほどバランスが悪くなることも少なくありません。久しぶりにペンツールを使ったなあ(^o^)

私は記号を作るときしかベジェ曲線を使いません。大数の図は1ヶ月の演習で多いときは30個近い図を描きます。急いで大量の図を描くときは、使ってイライラするより使わないですむ方法を考えます。ベジェ曲線なんか使ってはいられません。

接線方向のベクトルの向きを変えたいとき

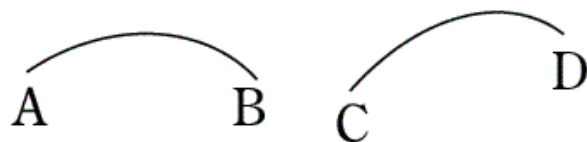


上図の場合ですと、Bの位置でAltキー（マックならオプションキー）を押すと方向点を切り替えることができ、接線方向でない方向に引くことができます。これは慣れが必要ですから緊急性のないときに練習しておきましょう。



(4) 選択と解除

下図の弧 AB を描いたあと、弧 CD を描きたいとします。B の後すぐに C をコチットすると BC 間も結ばれてしまいます。これは B 点を選択されているため、この選択を解除しないといけません。Ctrl キー（マックならコマンドキー）を押すと選択ツールに変わりますので、何もないところをコチットとクリックし、B の選択を解除し、Ctrl キーを離せばペンツールに戻りますので、C をコチットと続けます。



この「選択と解除」を最初に解説本に書いたのは私（アジソンウェスレイから出した本）であり、それほど、このことはプロを目指す人には当たり前なようです。この事実は解説本を選ぶ目安になります。本屋で、ペンツールの解説でこのことが書いてあるかを見ればよろしい。あれば、かゆいところに手が届く本のはずです。