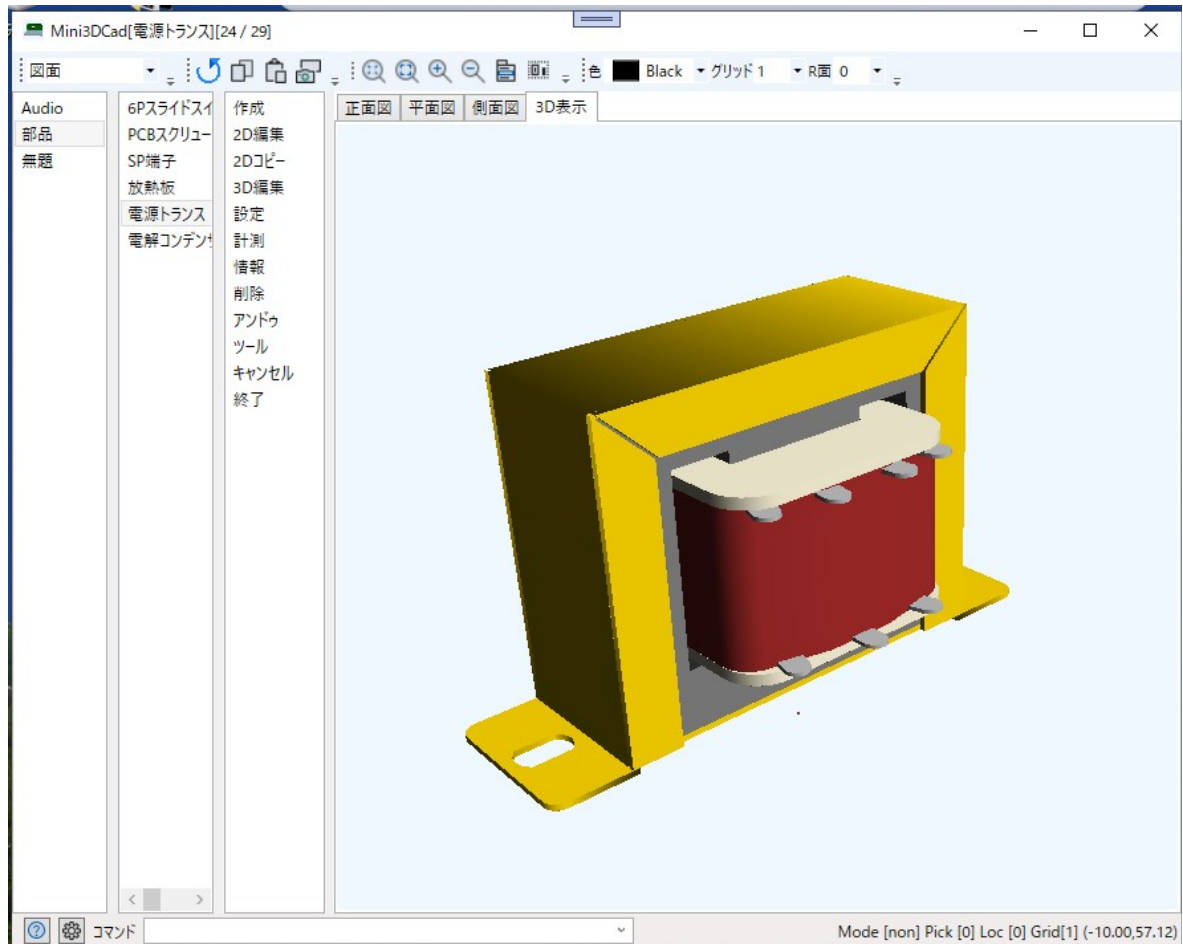


# Min3DCad

三面図をベースにサーフェスモデルで作成するシンプルな 3D CAD



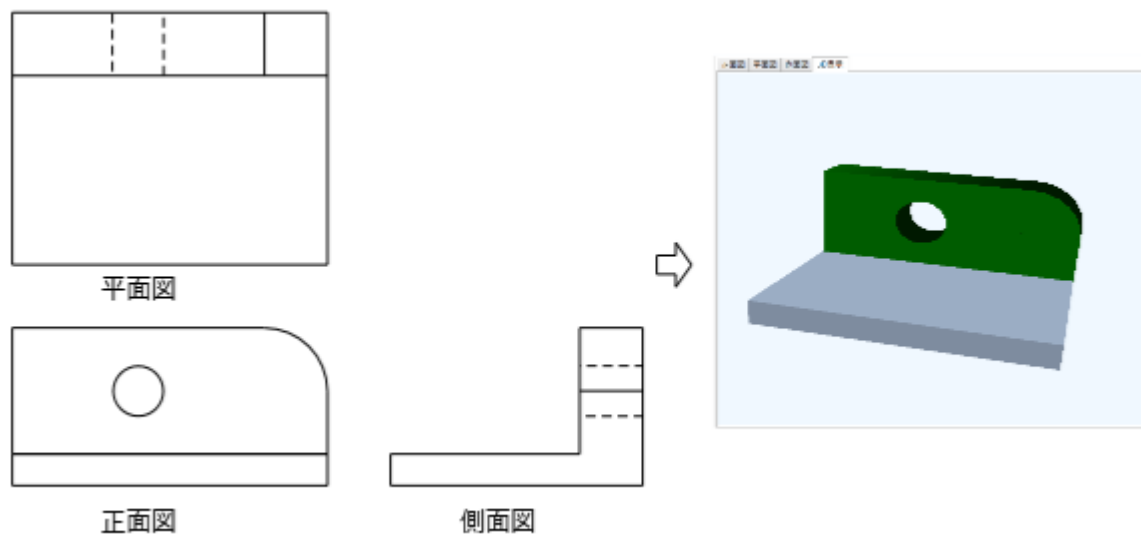
# 目次

1. 概要.....	4
3D データの作成方法.....	5
3D モデルの表現方法.....	6
2D から 3D モデルの変換.....	6
おもな機能.....	7
2. 画面の説明.....	10
3. コマンド.....	12
メインコマンド.....	12
サブコマンド.....	12
4. 表示機能.....	15
5. ファイル操作.....	16
6. キー操作.....	17
7. ロケイト・ピック操作.....	18
ピック.....	18
ロケイト.....	19
8. キー入力コマンド.....	20
9. 3D 編集.....	21
・押出.....	21
・ブレンド.....	22
・回転体.....	23
・掃引.....	24
・解除.....	24
10. 2D 作成・編集コマンド.....	25
10.1 作成.....	25
10.2 2D 編集.....	26
10.3 2D コピー.....	31
11. その他コマンド.....	32
11.1 設定.....	32
11.2 計測.....	32
11.3 情報.....	32
11.4 削除.....	32
11.5 アンドゥ.....	33
11.6 ツール.....	33
11.7 キャンセル.....	33

11.8 終了.....	33
11.9 システム設定.....	33
12. レイヤ機能.....	34
13. 数値計算機能.....	35
14. データ構造.....	38
14.1 幾何データ .....	38
14.2 図形の描画方法.....	40

## 1. 概要

2D の CAD 上で正面図、平面図、側面図を使って 3D データを作成する CAD。  
作成した 3D データはサーフェースデータとして表示することができる。

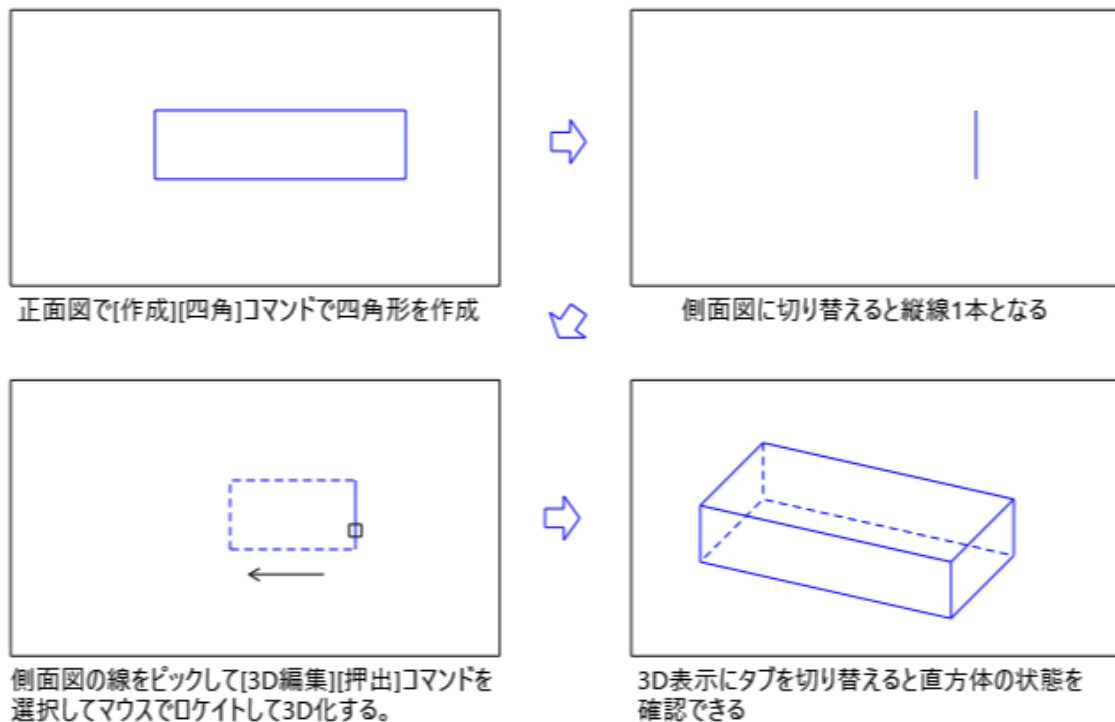


## 3D データの作成方法

3D データの作成は 2D の CAD 画面で外形線を作成し、そのデータに対して「押出」、「回転」や「掃引」などの 3D 化の操作を行って 3D データを作成する。

直方体を作成する操作例

- 1) [正面図]のタブを選択して[作成][四角]コマンドを選択して 2 点ロケイトして四角形を作成。
- 2) [側面図]のタブを選択すると 1 本の縦線が表示されているので、これをピックして[3D 編集][押出]コマンドを選択して 2 点ロケイトして直方体にする。
- 3) [平面図]でも四角形になっているのが核にでき、[3D 表示]のタブを選択すれば 3D の状態を確認することができる。
- 4) 作成した 3D データは[正面図]、[平面図]、[側面図]上で移動、回転などで再配置をすることができる。



## 3D モデルの表現方法

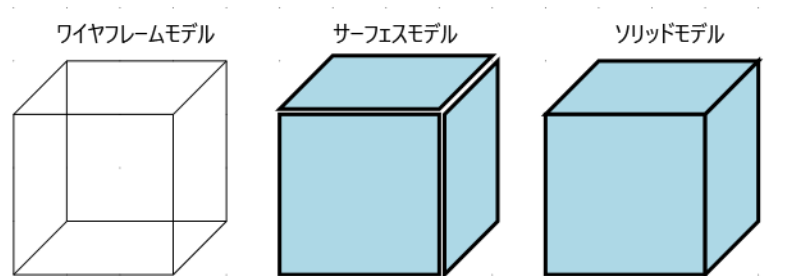
3D モデルの表現方法には「ワイヤフレーム」「サーフェス」「ソリッド」の3つの方法がある。

ワイヤフレームモデルは内部や面がなく境界線のみで表示。

サーフェスモデルは面の集合で内部が空洞になっている。

ソリッドモデルは内部が詰まった状態を表したモデル。

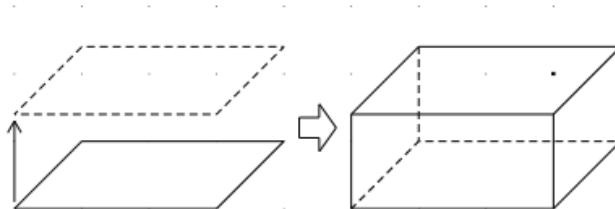
本CADではサーフェスモデルを採用している。(ワイヤフレーム表示もサポート)



## 2D から 3D モデルの変換

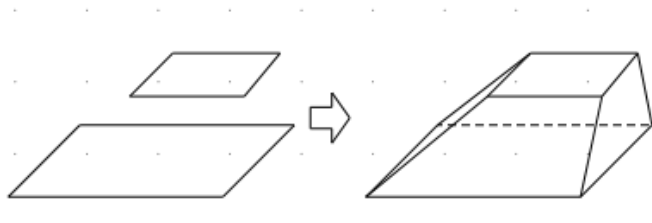
### ・押出

長方形や円等のスケッチ断面を描き、その形状に厚みをつけることで立体形状を作成



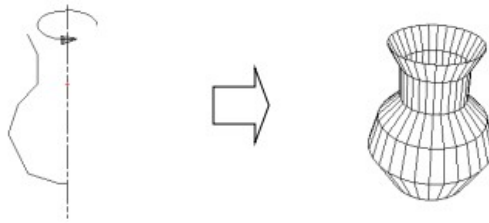
### ・ブレンド

2つ以上の断面を繋ぎ合わせることで立体を作成



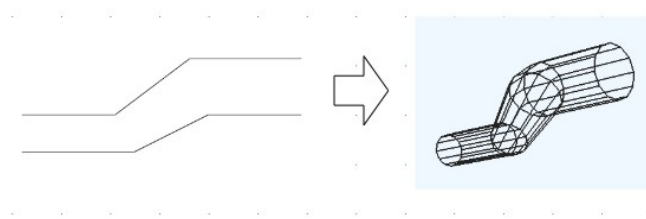
### ・回転体

長方形や円等のスケッチ断面を描き、その形状を回転させることで立体形状を作成



### ・掃引(スweep)

長さ方向の軌道に沿ってスケッチ断面を押し出して作成します。パイプなど滑らかに断面が繋がる形状を作成



## おもな機能

表示機能

- ・正面図
- ・平面図
- ・側面図
- ・3D 表示(サーフェース表示/ワイヤーフレーム表示)

2D での作成要素

- ・点要素
- ・線分要素
- ・円・円弧要素
- ・ポリライン(折線)要素
- ・ポリゴン(多角形)要素 (3D では面表示)
- ・座標指定(自動ロケイト、要素選択メニュー空の指定、ロケイトメニュー空の指定)

3D 化機能

- ・押出
- ・ブレンド(断面結合)
- ・回転体
- ・掃引(スweep)

2D での編集機能

- ・移動
- ・回転
- ・オフセット
- ・反転
- ・トリム
- ・ストレッチ
- ・拡大縮小
- ・分解
- ・分割
- ・R 面
- ・接続
- ・属性変更
- ・要素認識機能(マウス右クリック、要素選択メニュー、アンピック、領域ピック)

#### 要素の属性

- ・名称
- ・線分の色(2D 表示での色)
- ・線種(2D 表示での線種)
- ・面の色(3D 表示での色)
- ・両面表示(現状は無効)
- ・3D 表示の有無
- ・逆順(面の向き)
- ・分割角度(円弧からポリラインへの変換の時の多角形化の角度)
- ・レイヤー名(複数レイヤ指定可)

#### レイヤ機能

- ・最大 64 レイヤーまで名称設定(最大レイヤ数の変更は内部的には可能)
- ・1 要素に複数レイヤ設定可能
- ・レイヤーごとに表示/非表示を設定(レイヤーが設定されていない要素は常時表示)

#### キー入力によるコマンド実行

#### 数値計算機能(入力欄に記述可能)

#### データ管理

- ・大分類、分類、データファイルの 3 層構造管理
- ・データの追加、削除、名称変更
- ・分類や大分類間でのデータの移動やコピー

#### その他

- ・要素のカット&ペースト
- ・計測(2D 表示での距離と角度)
- ・要素情報表示
- ・画面コピー



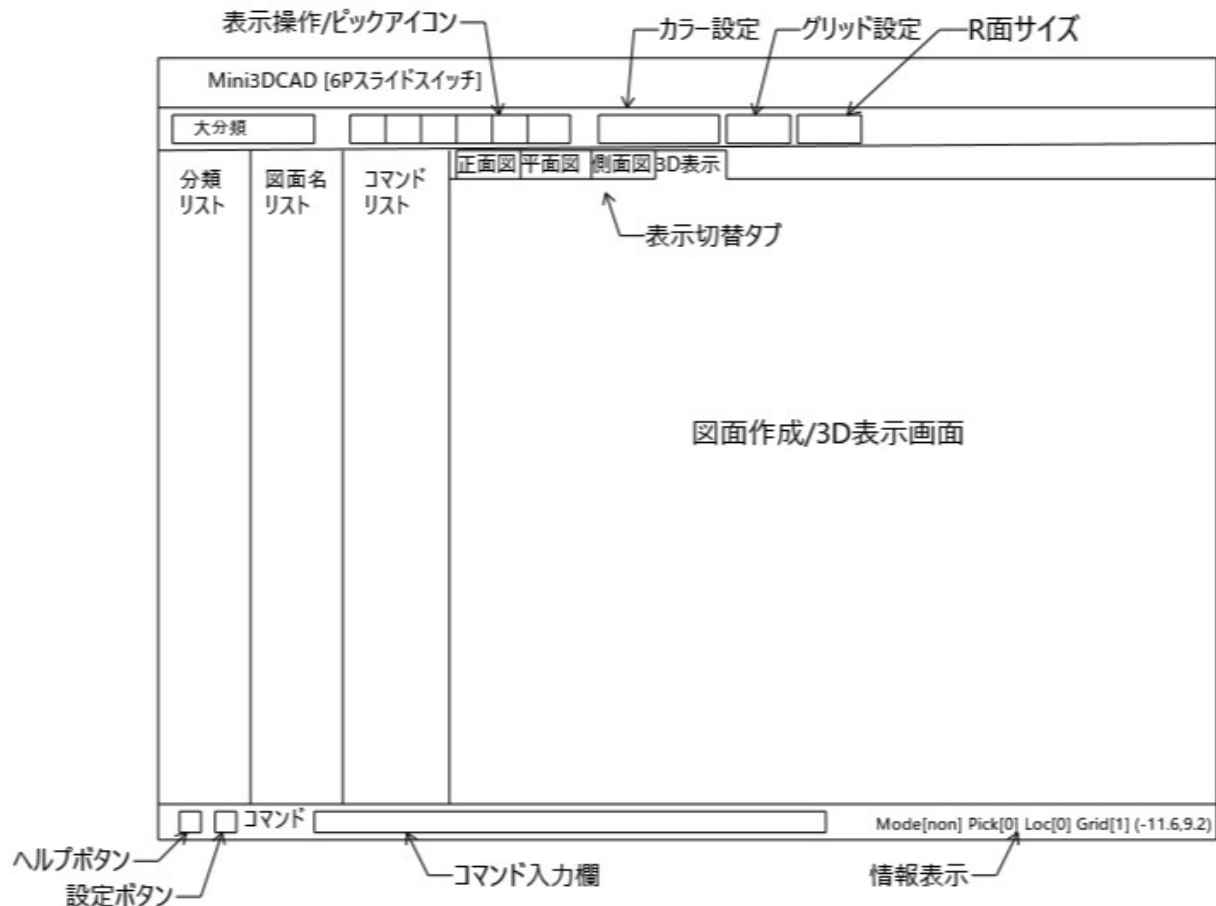
- ・システム設定
- ・データ保存フォルダの設定
- ・データバックアップ機能

## 2. 画面の説明

画面の構成は中央の左側に図面ファイルのリストと操作コマンドリストがあり、右側にデータを作成するための2D画面(正面図、平面図、側面図)と3D表示をタブで切り替える画面がある。

上部のツールバーには操作アイコンがあり、下部のステータスバーにはコマンド入力欄とマウス位置などの情報表示欄がある。

コマンドと図面作成画面でマウスやキー操作でデータを作成し、3D表示タブで三次元表示し確認する。



### ・図面作成/3D 表示画面

タブによって[正面図]、[平面図]、[側面図]、[3D 表示]を切り替えて使用する。

[正面図]、[平面図]、[側面図]の2D 編集画面でマウス操作をしデータを作成して[3D 表示]で三次元データを確認する。

### ・コマンドリスト

メインコマンドとサブコマンドからなっていてコマンドを選択してデータの作成や編集を行う。作成コマンドの場合はコマンドを選択してからマウスのロケイトで位置を指定して行うが編集の場合は先に要素をピックしてからコマンドを実行する。

### ・大分類

図面ファイルの最上位の分類でコンボボックスで切り替える。コンテキストメニューで追加、名前の変更、削除ができる。

### ・分類リスト

図面ファイルの分類でリストの選択で切り替える。コンテキストメニューで追加、名前の変更、削除、コピー、移動ができる。

- ・図面名リスト

図面ファイルの分類でリストの選択で切り替える。コンテキストメニューで追加、名前の変更、削除、コピー、移動ができる。

- ・表示操作/ピックアイコン

表示操作として「領域拡大」「拡大」「縮小」「全体表示」と「ロケイトメニュー表示」、「領域ピック」が行える。

- ・カラー設定

作成要素は選択されている色で作成される。なお色の設定は2D表示と3D表示を別々に設定できる。2Dと3Dで別の色を設定する場合には[2D編集]の[属性変更]であこなう。

- ・グリッド設定

2D表示でのグリッドの間隔を設定する。マウスによるロケイトの位置はこのグリッドにまるめられる。なおグリッドの表示/非表示は[Ctrl + F1]で切り替える。

- ・R面取り(フィレット)の半径設定

ポリラインおよびポリゴンの頂点のR面取りをする時の半径を設定する。

- ・コマンド入力欄

データの作成を数値入力で行いたときにここにコマンドを入力して行う。例えば「line x10y5,x20y10」のように座標をコマンドと座標して[Enter]キーを押すと実行される。座標の指定がx○y○だけの場合は選択表示されている2D画面上の縦横の座標で作成されるがx○y○z○までしてすると画面の種類に関係なく3次元の座標でデータを作成する。

- ・情報表示

画面の右下に表示される情報で[モード][ピック数][ロケイト数][グリッドサイズ][マウスの座標]が表示れる。

- ・設定ボタン

システムの設定値がダイアログで表示され変更することができる。項目はデータ作成時の円の分割角度とデータの保存フォルダ。

- ・ヘルプボタン

ヘルプファイル(マニュアル)を開く

### 3. コマンド

図形データの作成はコマンドリストからコマンドを選択して[正面図][平面図][側面図]の2D画面上でマウスを操作して作成する。

コマンドリストはメインコマンドとサブコマンドの2階層からなり、コマンドを選択した後にロケイトをするものと先に要素をピックした後にコマンドを選択するものがある。

#### メインコマンド

- ・作成  
点、線分、折れ線などの要素を作成するコマンド。
- ・2D 編集  
選択した要素を移動、回転などの編集や属性の変更を行うコマンド。
- ・2D コピー  
選択した要素をコピーして移動や回転などの編集を行うコマンド。
- ・3D 編集  
作成した多角形などのもとに押出や回転、掃引などによって3D化するコマンド。
- ・設定  
作成図面の各種設定をおこなう。
- ・計測  
要素間の距離や角度または座標上の距離や角度を測定する
- ・情報  
選択した要素の属性などの情報を表示。
- ・削除  
選択した要素を削除する。
- ・アンドゥ  
ひとつ前の状態に戻す。
- ・ツール  
作図機能以外の機能
- ・キャンセル  
ピックやロケイト、コマンドなどすべてクリアする。
- ・終了  
データをファイルに保存してアプリを終了する。

#### サブコマンド

- ・作成
  - 点           ロケイトした位置に点要素を作成。
  - 線分       2点ロケイトした位置に線分要素を作成。
  - 円          1点目に中心点、2点目で半径を指定して作成。
  - 円弧       1点目と2点目で円弧の端点を指定し3点目で円弧の膨らみの大きさを設定して作成。
  - 四角       対角点の2点を指定して四角形を作成、作成した四角形はポリゴン要素でできている。
  - ポリライン   複数点ロケイトして折れ線要素を作成、ロケイトの終了は要素のない場所でマウスの右ボタンを押す。

ポリゴン 複数点ロケイトしてポリゴン(多角形)を作成、要素のない場所でマウスの右ボタンを押すとロケイトを終了する。作成した 3D 表示では平面として表示される。

#### ・ 2D 編集 (3D 化した要素を除く)

移動 選択した要素を 2 点ロケイトして要素を移動する。

回転 選択した要素を 1 点目を中心にして 2 点目から 3 点目に要素を回転する。

オフセット 選択した要素を 2 点ロケイトして要素を平行移動させる。

反転 選択した要素を 2 点ロケイトした点を結ぶ線分を基準に反転移動させる。

トリム 選択した要素で線分、円弧、折れ線のみ 2 点ロケイトした位置で長さを再設定する。

ストレッチ 選択した要素の端点または頂点を移動する

拡大縮小 選択した要素を指定点を起点に拡大縮小する

分解 ポリラインやポリゴン要素を線分や円弧に変換する

分割 選択した要素で線分、円弧、折れ線はロケイトした位置を基準に 2 つの要素に分ける。ポリゴンの場合はロケイトした位置で切断して折れ線に変換する。

R 面 ポリラインやポリゴン要素の頂点の R 面(フィレット)処理をする

接続 選択した 2 要素(線分、円弧、折れ線)を接続して一つの折れ線要素に変換する。選択した要素が 1 要素(円弧、折れ線)の場合は端点同士を接続してポリゴン要素に変換する。

属性変更 選択した要素に対してダイアログを表示して色や線種などの属性を変更する

一括属性変更 選択した複数の要素に対してダイアログを表示し、チェックを入れた項目のみまとめて属性を変更する

#### ・ 2D コピー (3D 化した要素を除く)

移動 選択した要素をコピーしコピーした要素を 2 点ロケイトで移動する

回転 選択した要素をコピーしコピーした要素をロケイトの 1 点目を中心にして 2 点目から 3 点目に要素を回転する。

オフセット 選択した要素をコピーしコピーした要素を 2 点ロケイトして要素を平行移動させる。

反転 選択した要素をコピーしコピーした要素を 2 点ロケイトした点を結ぶ線分を基準に反転移動させる。

トリム 選択した要素をコピーしコピーした要素で線分、円弧、折れ線のみ 2 点ロケイトした位置で長さを再設定する。

拡大縮小 選択した要素をコピーしそのコピーした要素で指定点を起点に拡大縮小する

要素コピー 選択した要素をクリップボードにコピーする

要素貼付け クリップボードにコピーされた要素を貼り付ける

#### ・ 3D 編集

押出 線分、折れ線またはポリゴンを作成した面とは別の面で選択し、[押出]コマンドを選択して 2 点ロケイトすることでロケイトした方向に引き延ばして 3D 化する。線分の場合は単なる平面となる。ポリゴンの場合は両端が塞がれた形となる。

ブレンド 2 つの断面形状を結合して 3D 形状を作成する。

回転体 回転の中心線となる線分と外形線となる折れ線を選択してこのコマンドを選択すると外形線なる要素を線分を中心一周まわした形状を作成する。

掃引 2 本の折れ線に沿って円を掃引して 3D データを作成するので 2 本の折れ線を選択してこのコマンドを実行する。選択する折れ線は折れ点が必要である必要がある。

解除 押出、回転体、掃引でできた要素をピックしてこのコマンドを実行することにより、3D 化する前の状態に戻る。

#### ・ 設定

図面コメント 作成している図面に対してのコメントを設定する

表示レイヤ レイヤ管理のダイアログを表示しレイヤの追加、削除、名称変更、表示レイヤを設定する。

・計測

距離 ロケイトした2点間の距離を求める

角度 1点目を中心に2点目と3点目の角度を求める

距離・角度 選択した要素同士の距離や角度を求める

・情報 選択した要素の属性などの情報を表示する。

・削除 選択した要素を削除する。

・アンドゥ ひとつ前の操作状態にする。

・ツール

画面コピー 作図領域の画面をクリップボードにコピーする

画面保存 クリップボードの画像データをファイルに保存する

イメージトリミング ダイアログにクリップボードの画像を表示して画像のサイズ変更やトリミングをおこなう

・キャンセル ピックやロケイト、コマンドなどをキャンセルする。

・終了 データを保存してアプリを終了する。

## 4. 表示機能

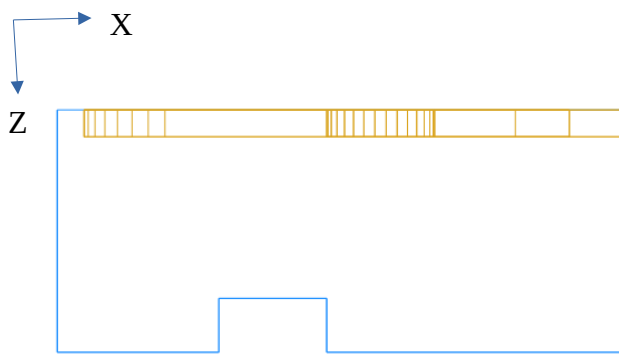
要素データの表示は2D表示と3D表示に分かれる。

2D表示は正面図(XY平面)、平面図(X-Z平面)、側面図(-ZY平面)に分かれデータの作成はこの2D表示でおこない、それでできた要素データを3D表示で立体として表示する。

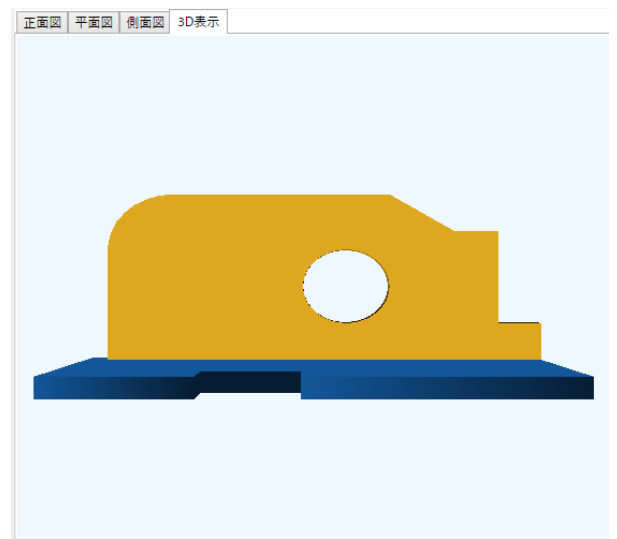
それぞれの表示画面は画面上部のタブによって切り替えられる。

各画面の座標は下記ようになる。

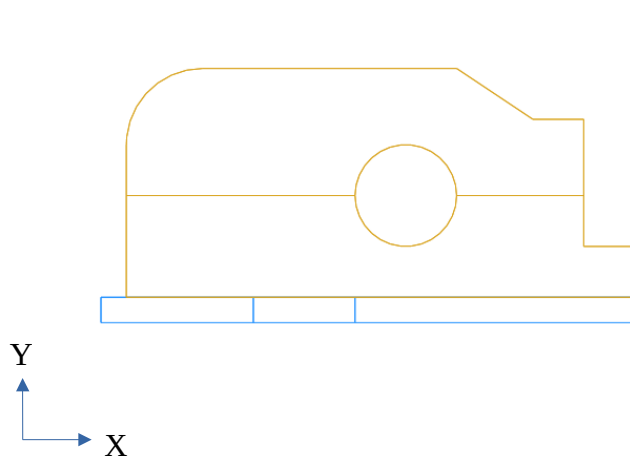
コマンドをキー入力するときにXYの2次元で座標を指定する場合は正面図、平面図、側面図とも画面に対して正面図と同じくX軸Y軸として指定されるがXYZで入力すると画面とは関係なく実際のXYZ座標で値が設定される。



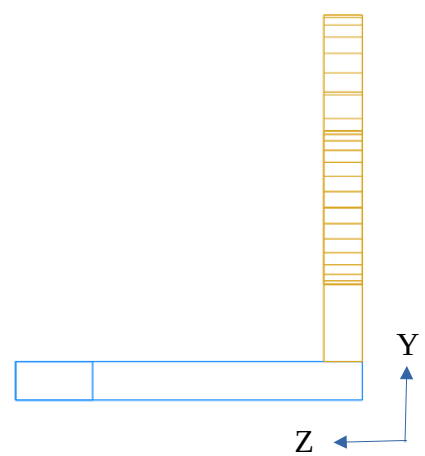
平面図



3D 表示



正面図



側面図

## 5. ファイル操作

図面データは大分類、分類、図面名の3階層で管理している。実際のデータの保存も同じ階層のフォルダを作って保存している。

データの保存場所はソフトをインストールしたフォルダの元に保管されているが、システム設定でフォルダの場所を変更できる。

- ・大分類

大分類は上部ツールバーの左のコンボボックスにあり、ここで選択して切り替える。コンボボックスの上でマウスの右ボタンを押すとコンテキストメニューが表示され、「追加」、「名前の変更」、「削除」が選択できる。

- ・分類

分類は1番左のリストボックスで大分類と同じくマウスの右ボタンでコンテキストメニューが表示される。コンテキストメニューには「追加」、「名前の変更」、「削除」、「コピー」、「移動」が選択できる。「コピー」、「移動」は別の大分類へのコピーまたは移動をおこなう。

- ・図面

図面は左から2番目のリストボックスでマウスの右ボタンでコンテキストメニューが表示される。コンテキストメニューには「追加」、「名前の変更」、「削除」、「コピー」、「移動」、「プロパティ」が選択できる。



## 6. キー操作

2D 表示(正面図、平面図、側面図)と 3D 表示で利用できるキーの種類が異なるが次のとおりである。

### ・ 2D 表示

F1	再表示
F2	領域拡大
F3	全体表示
F4	拡大表示
F5	縮小表示
F7	領域ピック
Apps(右 Win キー)	ロケイトメニュー
ESC	キャンセル
Back	ロケイト点を一つ戻す
Ctrl + F1	グリッド On/Off
Ctrl + Left	左視点移動
Ctrl + Right	右視点移動
Ctrl + Up	上視点移動
Ctrl + Down	下視点移動
Ctrl + PageUp	拡大
Ctrl + PageDown	縮小
Ctrl + s	ファイル保存
Ctrl + z	アンドゥ

### ・ 3D 表示

Left	Y 軸で回転
Right	Y 軸で回転
Up	X 軸で回転
Down	X 軸で回転
PageUp	Z 軸で回転
PageDown	Z 軸で回転
End	縮小
Shift + End	拡大
Ctrl + End	回転を初期化
Ctrl + Left	左に移動
Ctrl + Right	右に移動
Ctrl + Up	上に移動
Ctrl + Down	下に移動
Ctrl + PageUp	前に移動
Ctrl + PageDown	後に移動

## 7. ロケイト・ピック操作

コマンドの実行は先に編集などをおこなう要素を選択(ピック)してからコマンドを選択し必要に応じて座標位置指定(ロケイト)をおこなうが、その時のピックやロケイトのほうほうが幾つかある。

### ピック

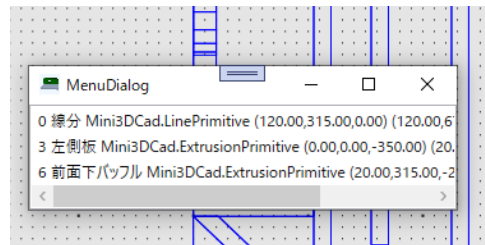
- ・個別ピック

通常の要素選択(ピック)はロケイトモード以外の時にマウスで右ボタンを押した時にマウス矢印の先端 10 ドット四方の範囲にはいる要素を選択する。選択した要素に対してコマンド処理をおこなう。

ピックの方法としてはその他にも幾つか方法がある。

- ・ピック選択

ピック位置で要素が重なっている場合、該当する要素をリスト表示してその中から選択する。要素のリスト表示には要素名称や座標が表示されるのであらかじめ要素に分類しやすい名称をつけておくと選択しやすい。



- ・領域ピック

ツールバーのアイコンか F7 キーを押すとマウスの 2 点ロケイトで矩形領域を指定できその領域にはいる要素をまとめてピックする。

- ・アンピック

一度ピックした要素を再度個別ピックをおこなうとその要素の認識を解除する。

## ロケイト

- ・通常ロケイト (マウス左ボタン)

マウスの左ボタンを押してする座標の指定方法でその時のマウスカーソルの先端が座標位置となるが、グリッドを表示している場合にはグリッドの位置に丸められる。グリッドの表示は **Shift+F1** キーによって表示/非表示が切り替えられ、グリッドのサイズは上部ツールバーのコンボボックスで変更できる。

- ・自動ロケイト (マウス右ボタン)

要素上の座標を指定したい場合にロケイトモードでマウス右ボタンを押すとその近傍の座標 (端点、中点、1/4 点、交点) でもっとも近い座標を取得する。

- ・ピックでメニュー選択 ( **Ctrl** + マウス右ボタン)

要素上で **Ctrl** キーを押しながらマウスの右ボタンを押すとメニュー( 端点・中間点, 3 分割点, 4 分割点, 5 分割点, 6 分割点, 8 分割点, 垂点, 中心点, 頂点, 交点) が表示されそれを選択して座標位置を決める。この中で[垂点]はその前の座標点からピックした要素の垂点を座標位置にする。[中心点]は円の中心、円以外の場合は要素の平均座標位置となる。[頂点]は円の場合のみで円弧の端点または円の **0° 90° 180° 270°** の座標位置の近傍点となる。

- ・メニュー選択 (Apps キー (右 Win キー) またはツールバーのアイコン)

ロケイトモードでマウスの状態に関係なく表示するメニュー選択で座標を数値入力する。[座標入力]を選択した場合は絶対座標を X 値と Y 値をカンマ区切りで入力する。[相対座標]では直前に指定した座標に対しての相対座標値を指定することができる。またオフセットコマンドをしていた場合にはオフセット方向を決めるロケイトを行った後に[平行距離]を選択するとオフセット量を数値で入力できる。円を作成する場合には中心点を指定した後に[半径]を選択して数値入力をおこなう。編集の回転コマンドでは回転中心を指定した後に[回転角]を選択して回転角度(deg)を入力する。数値入力欄では数式を入れて計算させることもできる。

## 8. キー入力コマンド

数値で指定して図形を作成する場合には画面下のコマンド入力欄に文字列を入力して **Enter** キーを押すことでコマンドの実行ができる。

例えば「line x0y0,x100y200」と入力して **Enter** キーを押す。

この場合、画面が正面図、平面図、側面図にかかわらず、画面を **XY** 座標としてデータを作成する。

そのため前後方向は常と 0 で正面図であれば **Z** 座標、平面図あれば **Y** 座標、側面図であれば **X** 座標が 0 となる。

3 次元座標でデータを作成する場合はどの画面であっても **z** の値も入力する。

例えば「line x0y0z10,x100y200z100」のようにする。(現在 3 次元座標は point と line のみ)

### コマンド

point	点要素の作成 point x100y100
line	線分要素の作成 line x10y10, x100y100
rect	四角形の作成(ポリゴン要素) rect x10y10, x200y100
arc	3 点の座標を指定して円弧を作成(始点、中間点、終点の順序) arc x30y20, x60y30, x50y40
circle	中心座標と半径を決める座標を指定して円を作成 circle x10y20, x30y20 or circle x10y20, r20 (半径 20 の円)
polyline	複数の座標を指定して折れ線を作成 polyline x10y10, x20y10, x20y20, x10y20, x10y30
polygon	複数の座標を指定して多角形を作成 polygon x10y10, x20y10, x20y20, x10y20

### 対応パラメータ

x○y○	2D 絶対座標
dx○, dy○	2D 相対座標
x○y○z○	3D 絶対座標
dx○dy○dz○	3D 相対座標
p○	要素番号
r○	半径
sa○	開始角
ea○	終了角
“○○”	

### 文字列

○○	数値(IsDigit, -)
----	----------------

## 9.3 D編集

2D 画面で作成したデータを 3D 化する方法として「押出」「ブレンド」「回転体」「掃引」がある。

### ・押出

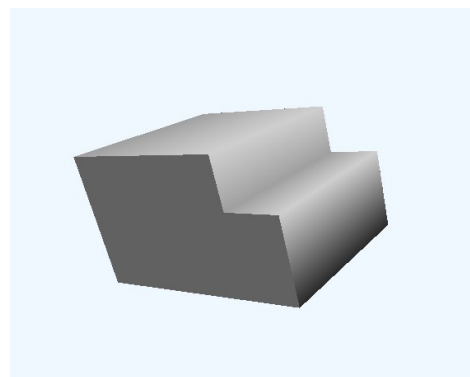
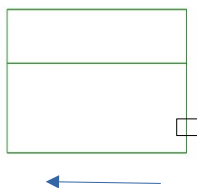
押出はある面で作成した折線またはポリゴン(多角形)を別の面でピックして[3D 編集][押出]で立体化させる。



正面図で多角形を作成



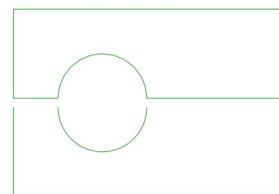
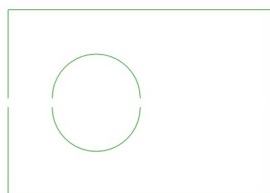
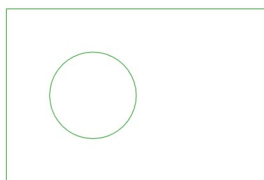
側面図で確認



要素をピックして [3D 編集 ][ 押出 ] を選択し  
左にマウスで 2 点ロケイトして 3D 化する

### 中抜き図形の場合

中抜きのデータの場合は内側の要素が外側の要素で覆われてしまうのでこのような場合は要素を分割して中抜きにならないようにして使用する



四角形と円を作成

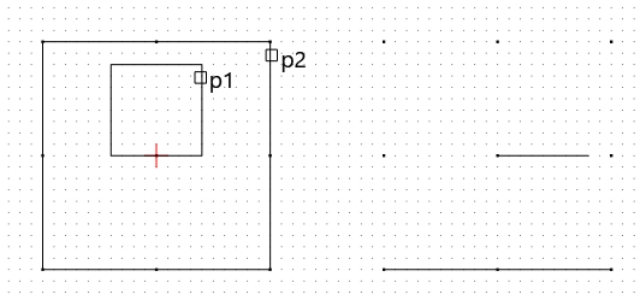
四角形をピックして [2D 編集 ][ 分割 ] を選択して分割

分割した 2 要素を [2D 編集 ][ 接続 ] を選択して接続、閉領域にする時には 1 要素のみでコマンドを実行

## ・ブレンダー

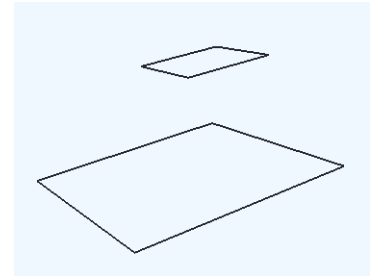
ブレンダーは2つの断面形状(ポリゴン)を結合して立体要素を作成する方法。

下図で p1 と p2 で要素(ポリゴン)をピックアップした後に[3D 編集][ブレンダー]を選択すると p1 と p2 の近傍頂点を基準にして頂点同士をつなぎ合わせて作成する。

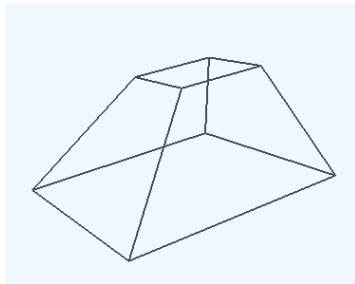


平面図

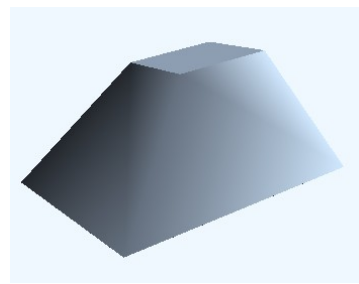
側面図



立体図 (ワイヤフレーム)



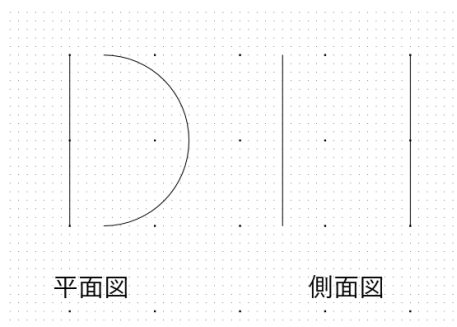
ブレンダー実行後 (ワイヤフレーム)



サーフェース表示

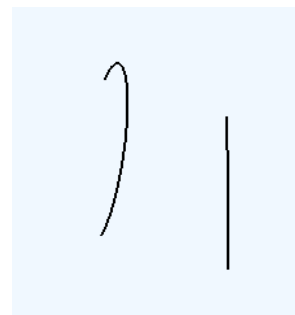
※ブレンダーする断面形状は必ずしも平行である必要はないが頂点数は同じである必要がある。

ブレンダーの対象にポリライン(線分、円弧を含む)でおこなった場合には曲面を作成することができる。

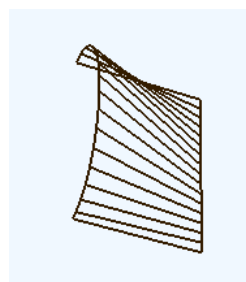


平面図

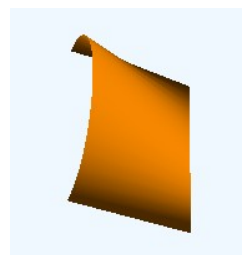
側面図



立体図 (ワイヤフレーム)



ブレンダー実行後 (ワイヤフレーム)

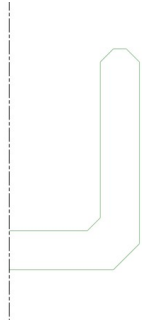


サーフェース表示

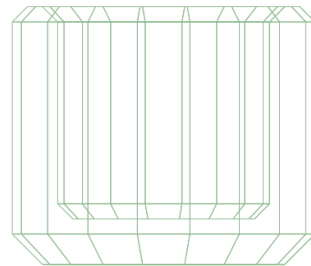
## ・回転体

円柱とかコップのような物を作成する時に使用するもので2D画面で中心線(線分)と外形線(折線)を作成し、中心線と外形線をピックして[3D編集][回転体]のコマンドを実行することで作成する。

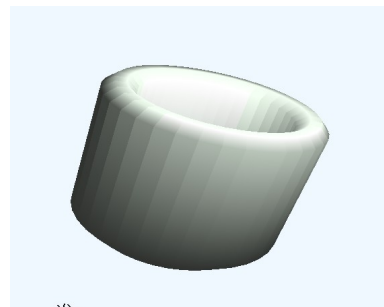
作成した3Dデータは裏表の関係で全体的に暗くなる場合があるがその場合には2D画面で要素を選択し[2D編集][属性変更]を選択してダイアログを出し[逆順]を選択すると表示の状態が変わるのでよい方を選択する。



正面図で中心線(線分)と外形線(折線)を作成



中心線と外形線をピックして[3D編集][回転体]を実行

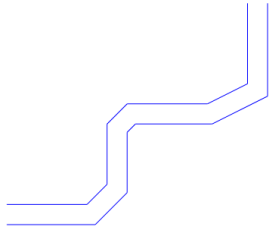


3D表示

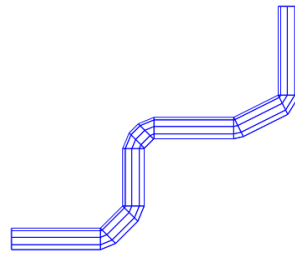
## ・ 掃引

掃引は2つの折れ線を軌道にして円を掃引してできる3次元図形。

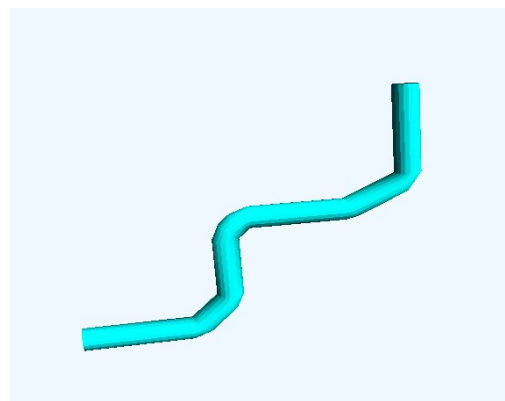
2つの折れ線は必ずしも平行である必要はないが折れ点の数が同じで互いに交差してないことが必要である。



正面図で折線で外形線を作成



外形線2本を選択し[3D編集][掃引]を実行



3D表示

## ・ 解除

解除は3D化する前の状態にするコマンドで「押出」要素であれば外形線となるポリゴンや折れ線に「回転体」であれば中心線と外形線に「掃引」で軌道となる折れ線に戻す。

形状変更などを行うときに使用する。



## 10. 2D 作成・編集コマンド

3D モデルを作るための 2D 画面上で作成するコマンド。

2D 画面で作成したデータを[3D 編集][押出]/[回転体]/[掃引]で 3D 化する。

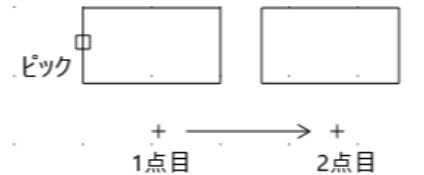
### 10.1 作成

要素作成のコマンド

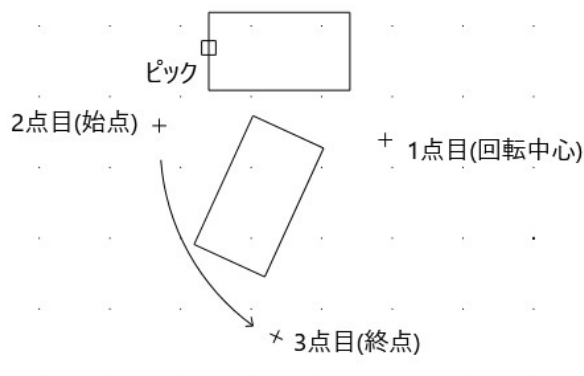
- ・点 [作成][点]コマンドを選択し、ロケイトした座標に点を作成する。
- ・線分 [作成][線分]コマンドを選択し、2 点の座標をロケイトして線分を作成する。
- ・円 [作成][円]コマンドを選択し、最初に中心点の座標とロケイトしてから半径を指定する位置にロケイトして作成する。
- ・円弧 [作成][円弧]コマンドを選択し、まず始点と終点の座標を指定してから中間点の座標を指定して作成する。中間座標で円弧の膨らみを決定する。
- ・四角 [作成][四角]コマンドを選択し、対角点の 2 点の座標を指定して作成する。データはポリゴン要素で作成される。
- ・ポリライン [作成][ポリライン]コマンドを選択し、複数の座標点をロケイトして折れ線を作成する。座標点の確定は要素のない位置でマウスの右ボタンを押す
- ・ポリゴン [作成][ポリゴン]コマンドを選択し、複数の座標点を指定して折れ線を作成、座標点の確定は要素のない位置でマウスの右ボタンを押す。作成された要素は閉領域で 3D 表示では平面として表示される。

## 10.2 2D 編集

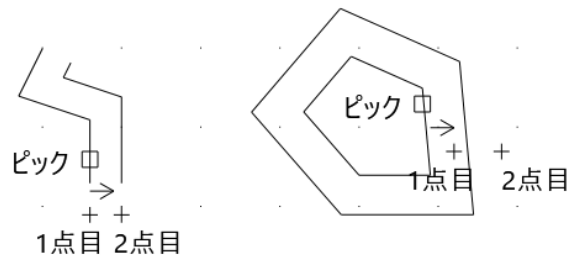
- ・移動 要素をピックしてから[2D 編集][移動]コマンドを選択し、2点ロケイトして1点目から2点目の距離を移動する。



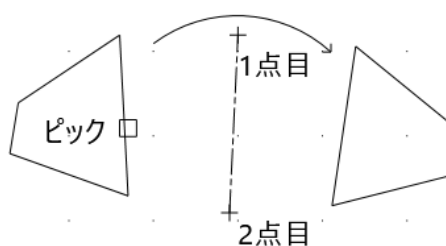
- ・回転 要素をピックしてから[2D 編集][回転]コマンドを選択し、最初に回転の中心位置をロケイトして2点目から3点目にロケイトした角度分を回転させる。



- ・オフセット オフセットは線分、円弧、折線やポリゴンを平行移動させるコマンドで、最初要素をピックして[2D 編集][オフセット]コマンドを選択し1点目と2点目で平行移動の距離を設定する。線分の場合は単なる平行移動ですが、円弧の場合は半径が変わる。

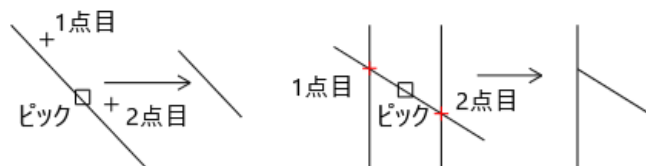


- ・反転 反転は2点で指定した線分に対して対称移動させるコマンドで要素をピックして[2D 編集][反転]コマンドを選択し反転の基準となる線の始点と終点を選択して反転させる。



・トリム

トリムはピックした要素を指定した2点で長さを変更することで線分、円弧、折線で使用できる。ポリゴンの場合は一度分割コマンドで折線に変換して行う。操作はトリムする要素をピックして[2D編集][トリム]コマンドを選択し2点ロケイトして行う。ロケイトするときにマウスの右ボタンで交点部をロケイトすれば自動ロケイトで交点位置を指定することができる。

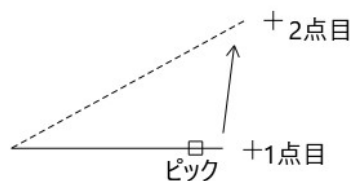


・ストレッチ

ストレッチはピックした要素の端点または頂点を移動して形状を変える。移動したい端点または頂点近くをピックして[2D編集][ストレッチ]コマンドを選択して2点ロケイトする。

線分

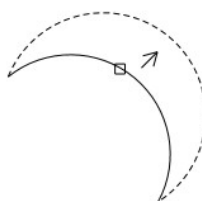
ピックした近くの端点を移動させる



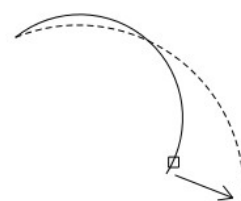
円弧

円弧の場合は3点円弧の3点を移動する点とみて中間点近くをピックした場合は始終点は移動せず中間点のみを移動してできる3点円弧を作成する。

始点近くをピックした場合には終点と中間点は移動せずに始点のみを移動してできる



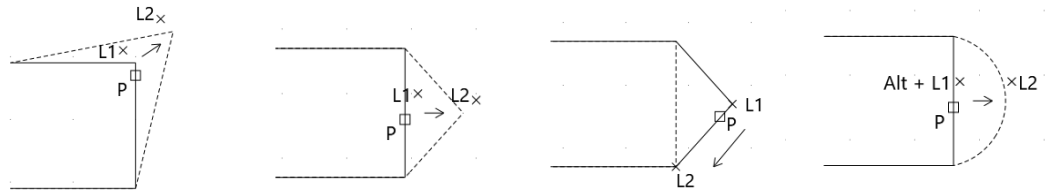
中間点の移動



始点の移動

## ポリライン、ポリゴン

ポリラインとポリゴンは頂点(折れ点)を移動したい場合は頂点近くをピックしてストレッチコマンドを選択して2点ロケイトして行う。頂点を追加する場合には頂点と頂点の間部分をピックして行う。この時Altキーを押しながらロケイトすると円弧に変換することができる。頂点を削除するときは削除したい頂点近くでピックして頂点を次の頂点または手前の頂点と重ねると削除することができる(ロケイトするときに右ボタンでロケイトすると頂点位置を取得できる)



頂点の移動

頂点の追加

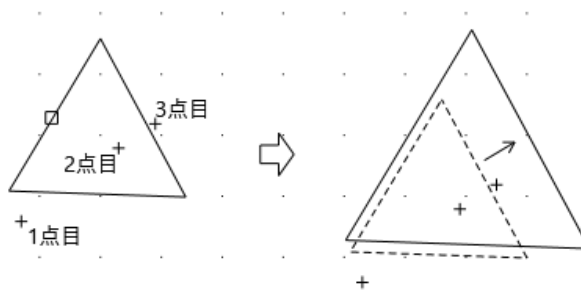
頂点の削除

円弧に変換

## 3D要素(押出、ブレンド、回転、掃引)

3D要素をストレッチする場合は一度要素をピックして[2D編集][属性変更]を選択して「外枠表示」にチェックを入れると3D要素のもととなるアウトラインを表示に変わるのでそのアウトラインに対してストレッチコマンドを実行して変形させることができる。変形後は再度「外枠表示」にチェックを外す。

- ・拡大縮小 拡大縮小は要素をピックして[2D編集][拡大縮小]コマンドを選択し1点目に拡大縮小の基準点を指定し2点目と3点目で拡大率を設定する。



- ・分解 ポリラインまたはポリゴン要素を線分要素に分解する

- ・分割 要素の分割は要素をピックして[2D編集][分割]コマンドを選択し分割したい位置でロケイトする。ロケイトした位置の垂点で2つの要素に分割される。円の場合は作成時点で0°のところで切れているので一か所ロケイトするだけで2つの要素に分割される。

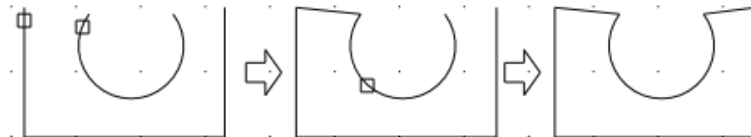


・ R 面

ポリラインまたはポリゴンの頂点を画面右上の R 面で設定されているサイズに対して R 面（フィレット）を作成する

・ 接続

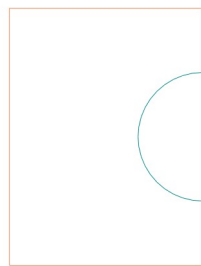
接続は 2 つの要素をつないで 1 つの要素にするコマンドで 2 つの要素をピックして[2D 編集][接続]コマンドを選択して実行する。ピックした位置に近い端点同士を接続する。折線を閉ループ(ポリゴン)にする場合は閉ループにする要素を選択して[2D 編集][接続]コマンドを選択すると要素の端点同士を接続する。



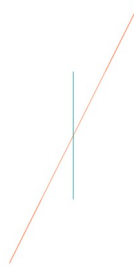
**接続する要素が同一平面上にない場合**

接続する要素が同一平面上にない場合は先にピックした要素の平面に後からピックした要素を投影して接続する。

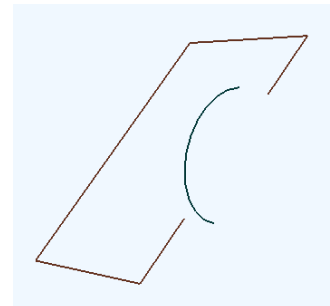
接続前



平面図

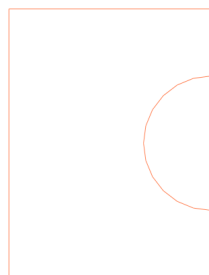


側面図

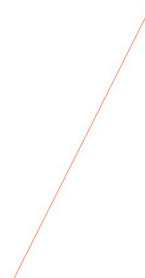


3D 表示

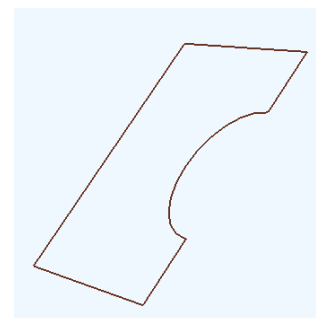
接続後



平面図

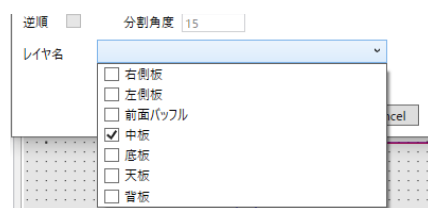
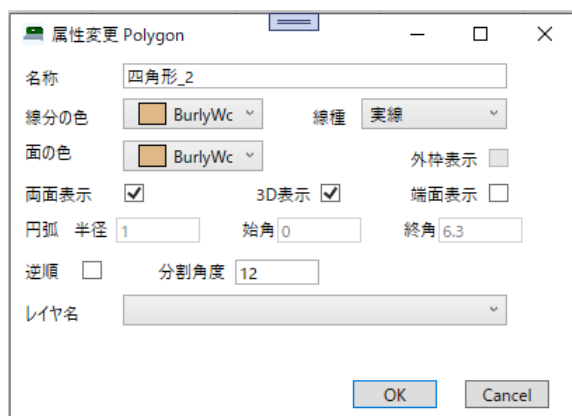


側面図

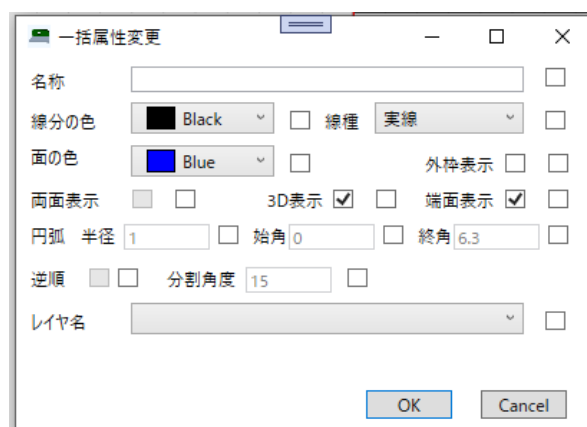


3D 表示

- ・属性変更 要素の属性を変更するときは要素をピックして[2D 編集][接続]コマンドを実行する。ダイアログを表示して各項目を変更することができる。  
属性の項目  
 名称 要素につける名称(任意)複数ピックした時の識別に使える  
 線分の色 2D 表示の時の線分の色  
 線種 2D 表示の時の線種  
 面の色(透明) 3D 表示の時の面の色  
 外枠表示 3D 要素(押出、ブレンド、回転体、掃引)を元のアウトラインデータで表示、そのアウトラインデータは 2D 編集で変更できる  
 両面表示 今は無効  
 3D 表示 3D 表示の有無  
 円弧(半径、始角、終角) 円弧のみの属性、回転体や掃引時は始角、終角のみ有効  
 逆順 面の端点が時計回りか反時計回りかで光の反射が異なるのでその端点の順番を入れ替える  
 分割角度 円を表示するときに多角形に変換しているがその時の分割角度、数値を小さくすると滑らかになるがその分も表示や処理に時間がかかる。回転体や掃引でも有効。  
 レイヤ名 図面に設定したレイヤ名の選択で複数のレイヤ名が選択できる。レイヤごとの表示非表示に対応する。この項目をダブルクリックすると新規レイヤ名の入力を行うことができる



- ・一括属性変更 複数の要素の属性を一括して変更する。内容は属性変更ダイアログと同じだが各項目  
 各項目 の右にあるチェックボックスにチェックが入っている項目だけが反映される。



## 10.3 2D コピー

2D コピーはピックした要素をコピーしてそのコピーした要素に対して編集を行う。  
機能的には[2D 編集]のコマンドと同じ

- ・移動
- ・回転
- ・オフセット
- ・反転
- ・トリム
- ・拡大縮小
- ・要素コピー            選択した要素をクリップボードにコピーする
- ・要素貼付け            クリップボードにコピーされた要素を貼り付ける

## 11. その他コマンド

### 11.1 設定

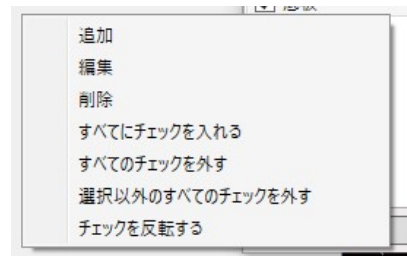
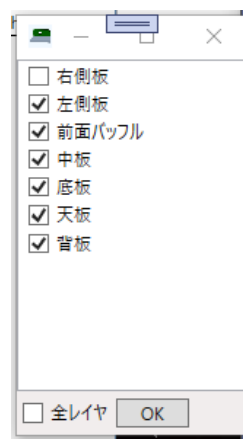
- ・表示レイヤ

図面ごとにレイヤの設定ができ、その管理するダイアログを表示する。レイヤは要素ごとに設定でき、2D 編集や 3D 表示でレイヤごとに表示非表示を設定できる。

2D 編集では編集に使用しない要素を非表示にして編集しやすくし、3D 表示では外側の要素を非表示にすることにより内部の状態を見ることができる。ダイアログは常時表示ができるので編集しながら要素の表示非表示を切り替えられる。

なおレイヤが設定されていない要素は非表示にすることはできない。

レイヤの追加・削除・編集(名称変更)はマウスの右ボタンによるコンテキストメニューから項目を選択して行う。



### 11.2 計測

- ・距離
- ・角度
- ・距離・角度

コマンド選択後に 2 点ロケイトしてその距離を測定する

コマンド選択後に 3 点ロケイトして 3 点目を中心とした角度を測定する

### 11.3 情報

- ・情報

要素の属性情報を表示するもので要素をピックアップした後メインコマンドの[情報]を選択して表示する。

### 11.4 削除

- ・削除

要素の削除を行うもので要素をピックアップした後メインコマンドの[削除]を選択する。



## 11.5 アンドゥ

- ・ アンドゥ                      一つ前の操作状態に戻す。ただしアンドゥの取り消し(リドゥ)はできない。

## 11.6 ツール

- ・ 画面コピー                      2D の編集領域や 3D 表示の領域をビットマップイメージでクリップボードにコピーする。
- ・ 画面保存                      2D の編集領域や 3D 表示の領域をビットマップイメージでファイルに保存する。
- ・ イメージトリミング              ダイアログを表示してクリップボードにイメージデータのサイズ変更やトリミングをおこなう。

## 11.7 キャンセル

- ・ キャンセル                      操作途中の状態をキャンセルする。ピックやロケイトもキャンセルされる。

## 11.8 終了

- ・ 終了                      編集している図面を保存して、アプリを終了する。

## 11.9 システム設定

## 12. レイヤ機能

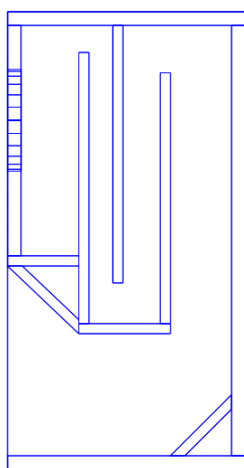
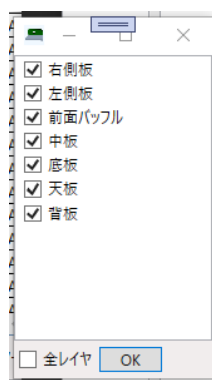
レイヤは各要素ごとに表示/非表示を管理する機能で最大 64 レイヤ(内部的には変更可能)まで名称をつけて設定できる。

一つの要素には複数のレイヤが設定できその中に一つでも表示レイヤがある場合にはその要素は表示される。

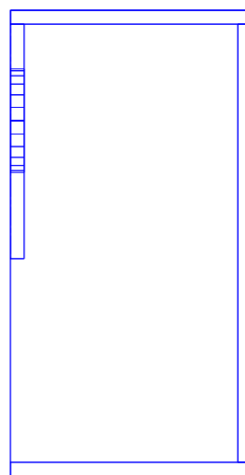
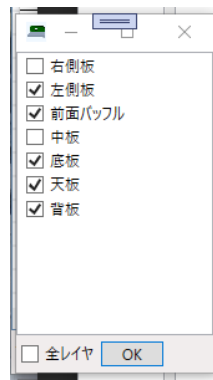
レイヤが一つも設定されていない要素は常に表示される。

レイヤの設定は[設定][表示レイヤー]コマンドを実行すると表示レイヤーダイアログが表示されレイヤの処理をおこなうことができる。

ダイアログ上でチェックボックスで表示設定をおこない、マウスの右ボタンをコンテキストメニューで「追加」「編集」「削除」をおこなう。

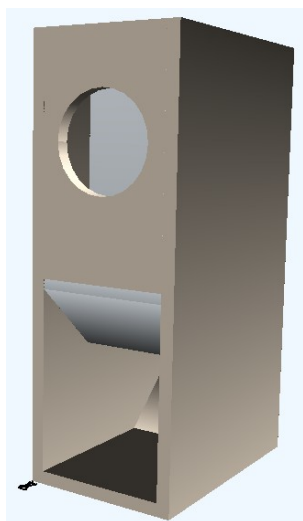


全レイヤ表示

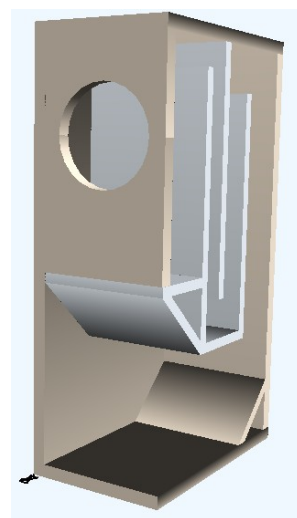
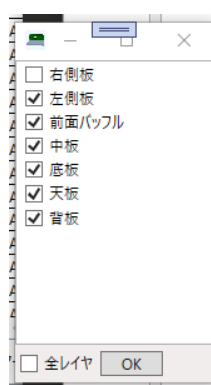


右側板と中板を非表示

2D の表示画面で一部のレイヤを非表示にすることによって編集操作がしやすくなる。



全レイヤ表示



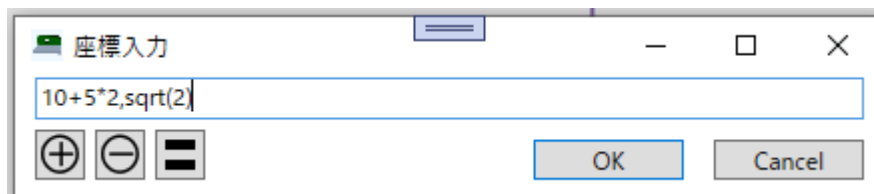
右側板を非表示

3D 表示では内部の状態を確認できる。

## 13. 数値計算機能

座標点を数値入力するダイアログやキー入力コマンドでは数式を入れて計算させることができる。

例: 座標入力ダイアログ



と入力すると(20,1.41)の座標が指定される。

これはキー入力コマンドでも同様のことができる。

line x10+2y2\*3,x10+2+5y2\*6

とコマンドを入力すると (12,6,0)-(17,12,0)の線分が作成される。

### 使用できる演算子や関数

二項演算子 + (加算), - (減算), \* (乗算), / (除算), % (剰余), ^ (べき乗/累乗)

優先順位 () > 関数 > ^ > \*, /, % > +, -

定数 PI (円周率), E (自然対数の底)

### 特殊な引数(関数内のみで使用可)

- 1.[#] 前回の計算結果(予約のみ)
- 2.[@] sum/product/repeat で使用する繰り返し値
- 3.[%] repeat 関数内で使用され値 reapeat 関数の結果の値

### 関数

1. RAD(x) 度をラジアンに変換
2. DEG(x) ラジアンを度に変換
3. mod(x,y) 剰余(割算の余り)
4. pow(x,y) べき乗(累乗)
5. sqrt(x) 平方根

#### ・三角関数

1. sin(x) 正弦
2. cos(x) 余弦
3. tan(x) 正接
4. asin(x) 逆正接
5. acos(x) 逆余弦
6. atan(x) 逆正接
7. atan2(x,y) 逆正接
8. sinh(x) 双曲線正弦
9. cosh(x) 双曲線余弦
10. tanh(x) 双曲線正接

11. asinh(x) 逆双曲線正弦
12. acosh(x) 逆双曲線余弦
13. atanh(x) 逆双曲線正接

・指数、対数関数

1. exp(x) e のべき乗(累乗)
2. ln(x) e を底とする自然対数
3. log(x) 10 を底とする対数
4. log(x,y) x を底とする y の対数

・数値調整関数

1. abs(x) 絶対値
2. ceil(x) 切上げ(x 以上で最小の整数値)
3. floor(x) 切捨て(小数点以下の数の内最大の整数値)
4. round(x) 四捨五入(もっとも近い整数値)
5. trunc(x) 浮動小数点の整数部

・判定関数

1. sign(x) 符号示す値(1/0/-1)
2. equals(x,y) 等価判定  $x==y$  1,  $x!=y$  0  $\Rightarrow \Rightarrow$
3. lt(x,y) 大小判定(less than)  $x > y$  1,  $\Rightarrow$  以外は 0
4. gt(x,y) 大小判定(greater than)  $x < y$  1,  $\Rightarrow$  以外は 0
5. compare(x,y) 大小判定  $x > y$  1,  $x==y$  0,  $x < y$  -1  $\Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow$
6. max(x,y) 大きい方
7. min(x,y) 小さい方

・組合せ、順列関数

1. combi(n,r) 組合せの数(nCr) Combination  

$$nCr = (n \cdot n-1 \cdot n-2 \cdot \dots \cdot n-r+1) / (r \cdot r-1 \cdot r-2 \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1)$$

$$= n! / (n-r)! \cdot r!$$

$$= nPr / r!$$
異なる n 個の中から r 個を選んだ時の組合せの数(順番は問わない)
2. permu(n,r) 順列の数(nPr) Permutation  

$$nPr = n \cdot n-1 \cdot n-2 \cdot \dots \cdot n-r+1$$

$$= n! / (n-r)!$$
異なる n 個のものから r 個を選ぶ場合の「並べ方」の数

・特殊関数

1. fact(x) 階乗 factorial  

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$$
2. fib(x) フィボナッチ数列 Fibonacci sequence  

$$F0 = 0$$

$$F1 = 1$$

$$Fn+2 = Fn + Fn+1 \quad (n \geq 0)$$
  - ・レオナルド・フィボナッチが考案した問題
  - 1 つがいの兎は、産まれて 2 か月後から毎月 1 つがいくつの兎を産む。
  - 兎が死ぬことはない。
  - この条件の下で、産まれたばかりの 1 つがいの兎は 1 年の間に何つがいの

兎になるか？

3. gcd(x,y)      最大公約数 greatest common divisor

ユークリッドの互除法で求められる

4. lcm(x,y)      最小公倍数 Least Common Multiple

$$\text{lcm}(x,y) = x \cdot y / \text{gcd}(x,y)$$

#### ・級数計算関数

1. sum(f([@]),n,k)      級数の和 計算式 f([@]) に n から k まで入れた合計

f([@]) : 数式、[@] には n から k までの値が入る

$$\text{sum}(f([@]),n,k) = f(n) + f(n+1) \cdot \cdot \cdot f(k)$$

$$f([@]) = 2 * [@], n = 1, k = 5 \text{ とすると}$$

$$\text{sum}(2*[@],1,5) = 2*1+2*2+2*3+2*4+2*5 = 30$$

2. product(f([@]),n,k)

級数の積 計算式 f([@]) に n から k までを入れた積

f([@]) : 数式、[@] には n から k までの値が入る

$$\text{product}(f([@]),n,k) = f(n) * f(n+1) \cdot \cdot \cdot f(k)$$

$$f([@]) = 2 + [@], n = 1, k = 3 \text{ とすると}$$

$$\text{product}(2+[@],1,3) = (2+1)*(2+2)*(2+3) = 60$$

3. repeat(f([@],[%]),i,n,k)

計算式 f([@],[%]) を n から k まで入れて繰返して計算する。

f([@],[%]) : 数式、[@] : n から k までの値、[%] : 前回の計算の結果

i : [%] の初期値、n,k : 繰返しの開始値と終了値(増分は 1)

[%] = f([@],[%]) を n から k まで繰返した結果が出力される。

例 : 元本 1 万円を年利 2% で 5 年預けた場合の金額

repeat([%]\*1.02,10000,1,5)

$$\Rightarrow (((10000*1.02)*1.02)*1.02)*1.02 = 11040.808$$

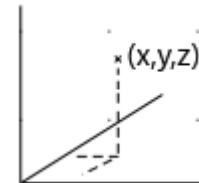
## 14. データ構造

### 14.1 幾何データ

点や線などの幾何データの構造は点と線分を除いては純粋な3次元データではなく、3次元データの中の2次元平面に描写した形で表されている

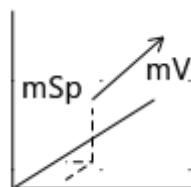
#### Point3D

double x, y, z



#### Line3D

Point3D mSp      始点  
Point3D mV      線分のベクトル



#### 3D 線分に対する垂点

ベクトルの直交  $PC \cdot V = 0$

$$PC = p - (tc \cdot V + x0)$$

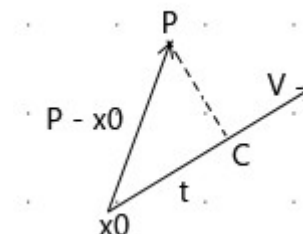
$$(p - tc \cdot V - x0) \cdot V = 0$$

$$tc \cdot V^2 = p \cdot V - x0 \cdot V$$

$$tc = 1 / V^2 \cdot V \cdot (p - x0)$$

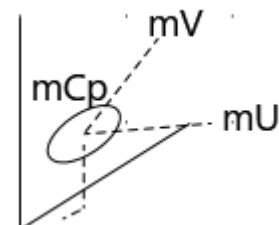
プログラムでは

$$u = mSp \rightarrow p, t = v \cdot u / |v|^2$$



#### Arc3D

Point3D mCp      平面座標中心  
Point3D mU      平面座標 X 軸の向き  
Point3D mV      平面座標 Y 軸向き (U に対して垂直)  
double mR      円の半径  
double mSa      開始角  
double mEa      終了角



平面の座標を 3D 座標に変換

$$P(u,v) = c + u \cdot x + v \cdot y$$

### 3D 座標から平面座標に変換

3D 座標  $P(x,y,z)$  2D 座標  $Q((s,t))$  2D 平面  $U(x,y,z)$   $V(x,y,z)$

2D 座標から 3D 座標を求める

$$x = s * U_x + t * V_x$$

$$y = s * U_y + t * V_y$$

$$z = s * U_z + t * V_z$$

これを逆変換して求める

$$a = U_y * V_x - U_x * V_y$$

$$b = U_z * V_y - U_y * V_z$$

$$c = U_x * V_z - U_z * V_x$$

$a \neq 0$  の時

$$Q_s = (P_y * V_x - P_x * V_y) / a$$

$$Q_t = (P_x * U_y - P_y * U_x) / a$$

$b \neq 0$  の時

$$Q_s = (P_z * V_y - P_x * V_z) / b$$

$$Q_t = (P_y * U_z - P_z * U_y) / b$$

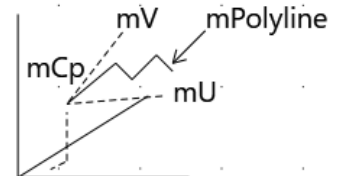
$c \neq 0$  の時

$$Q_s = (P_x * V_z - P_z * V_x) / c$$

$$Q_t = (P_z * U_x - P_x * U_z) / c$$

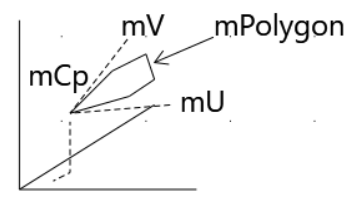
### Polyline3D

Point3D mCp	平面座標中心
Point3D mU	平面座標 X 軸の向き
Point3D mV	平面座標 Y 軸向き(U に対して垂直)
List<PointD> mPolyline	座標点リスト(2D 座標)



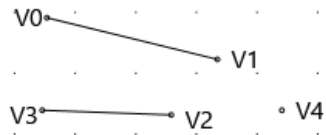
### Polygon3D

Point3D mCp	平面座標中心
Point3D mU	平面座標 X 軸の向き
Point3D mV	平面座標 Y 軸向き(U に対して垂直)
List<PointD> mPolygon	座標点リスト(2D 座標)

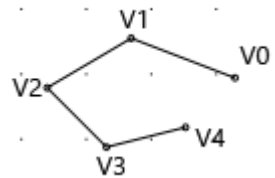


## 14.2 図形の描画方法

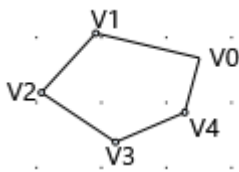
3D 表示には OpenGL を用いて表示している。その時の座標データの受け渡し形式を示す。  
LINES, LINE\_STRIP, LINE\_LOOP は WireFrame、それ以外は Surface 表示となる。  
(当初はこの部分も自前で作ってみたが性能が低すぎて断念)



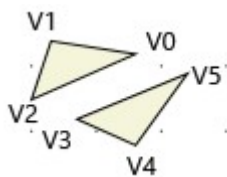
LINES



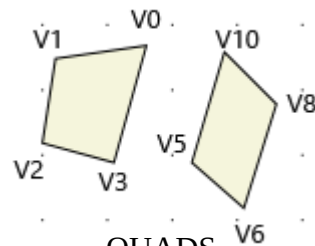
LINE\_STRIP



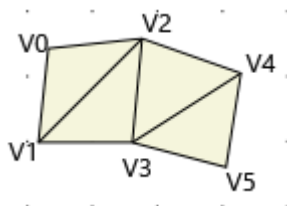
LINE\_LOOP



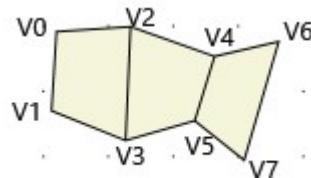
TRIANGLES



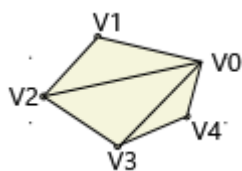
QUADS



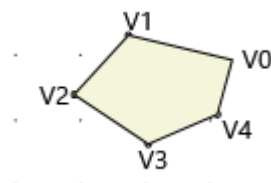
TRIANGLE\_STRIP



QUAD\_STRIP



TRIANGLE\_FAN

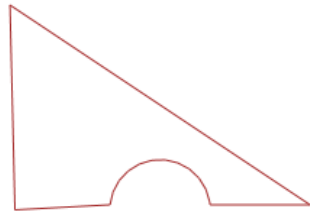


POLYGON

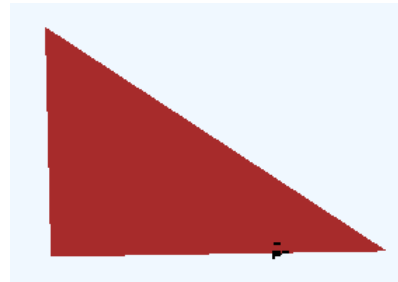


## POLYGON の問題点

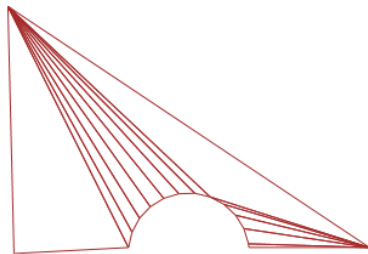
OpenGL の場合 POLYGON の表示は凹型図形に対応していないので多角形の表示では複数の三角形に分割して表示する。



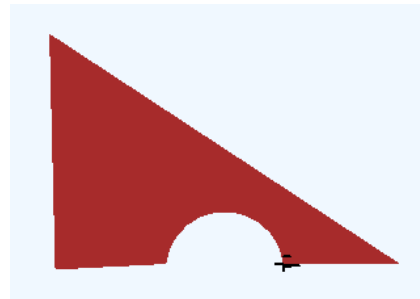
元の多角形図形



OpenGL で表示



多角形を三角形で分割



OpenGL で表示

## POLYGON を三角形分割する手順(内部処理)

- ① 座標点を反時計回りにする
- ② 最初の座標点と次とその次の座標点で三角形を作成
- ③ できた三角形内に多角形の座標点があったり線分の交差があった場合には座標点を先に進める
- ④ 三角形内に座標点がなく線分の交差もないときはその三角形を登録し中点座標を多角形の座標から削除して②に戻る。
- ⑤ ②～④を座標点数が3になるまで繰り返す。