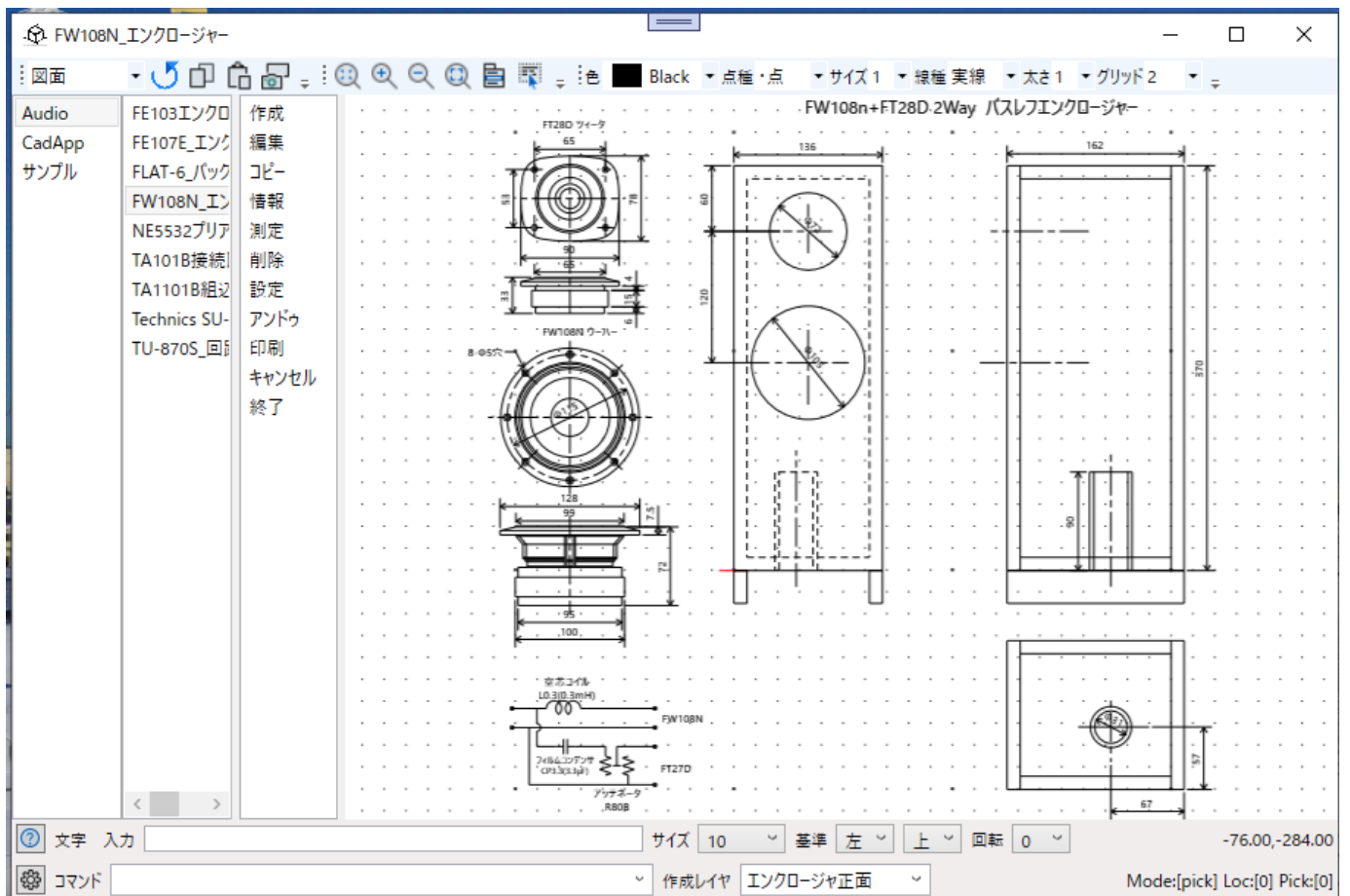


CadApp

CadApp はドキュメント作成ツールとしてノートで簡単な製図をするような感覚で使える2次元の機械系CADソフト。

データの管理が簡単でシンプルなコマンドで図面を作成する。
レイヤーやシンボルもサポートし、簡易な電子回路も描ける。



目次

1. おもな機能.....	4
2. 操作方法.....	5
2.1 画面説明.....	5
2.2 図面ファイル操作.....	7
2.3 表示操作.....	8
2.4 製図機能.....	9
2.4.1 作図コマンド選択とマウスによる作図方法.....	9
2.4.1.1 マウスに座標の指定方法.....	9
2.4.1.2 座標の指定方法の一覧.....	10
2.4.1.3 マウスによる要素ピック.....	11
2.4.1.4 レイヤー機能.....	12
2.4.2 作図コマンド.....	13
2.4.3 キー入力コマンド.....	18
2.4.4 キー操作.....	19
3. 図形要素.....	20
3.1 点要素.....	20
3.2 線分要素.....	20
3.3 円弧要素.....	20
3.4 楕円要素.....	21
3.5 ポリライン要素.....	21
3.6 ポリゴン要素.....	22
3.7 文字列要素.....	22
3.8 矢印要素.....	23
3.9 ラベル要素.....	23
3.10 直線寸法線.....	24
3.11 角度寸法線.....	25
3.12 直径寸法線.....	25
3.13 半径寸法線.....	25
3.14 シンボル.....	26
4. 作図事例.....	27
4.1 平行線の書き方.....	27
4.2 R面の作成方法.....	28
5. 幾何計算.....	29
5.1 楕円の幾何計算.....	29

5.1.1 点から楕円への垂点.....	29
5.1.2 楕円と円の交点.....	30
5.1.3 楕円と楕円との交点.....	31
5.1.4 キヤノニカル形式から陰関数への変換 (Canonical \rightarrow Implicit Function).....	32

1.おもな機能

- 1) 図面の管理が簡単にできるように大分類、分類、図面名と3段階にわけて管理する。
- 2) 作図操作は、画面左のリスビューでの機能の選択、ツールバーのアイコン選択、画面下のコマンドキー入力の3方式でおこなう。
- 3) 作図機能一覧

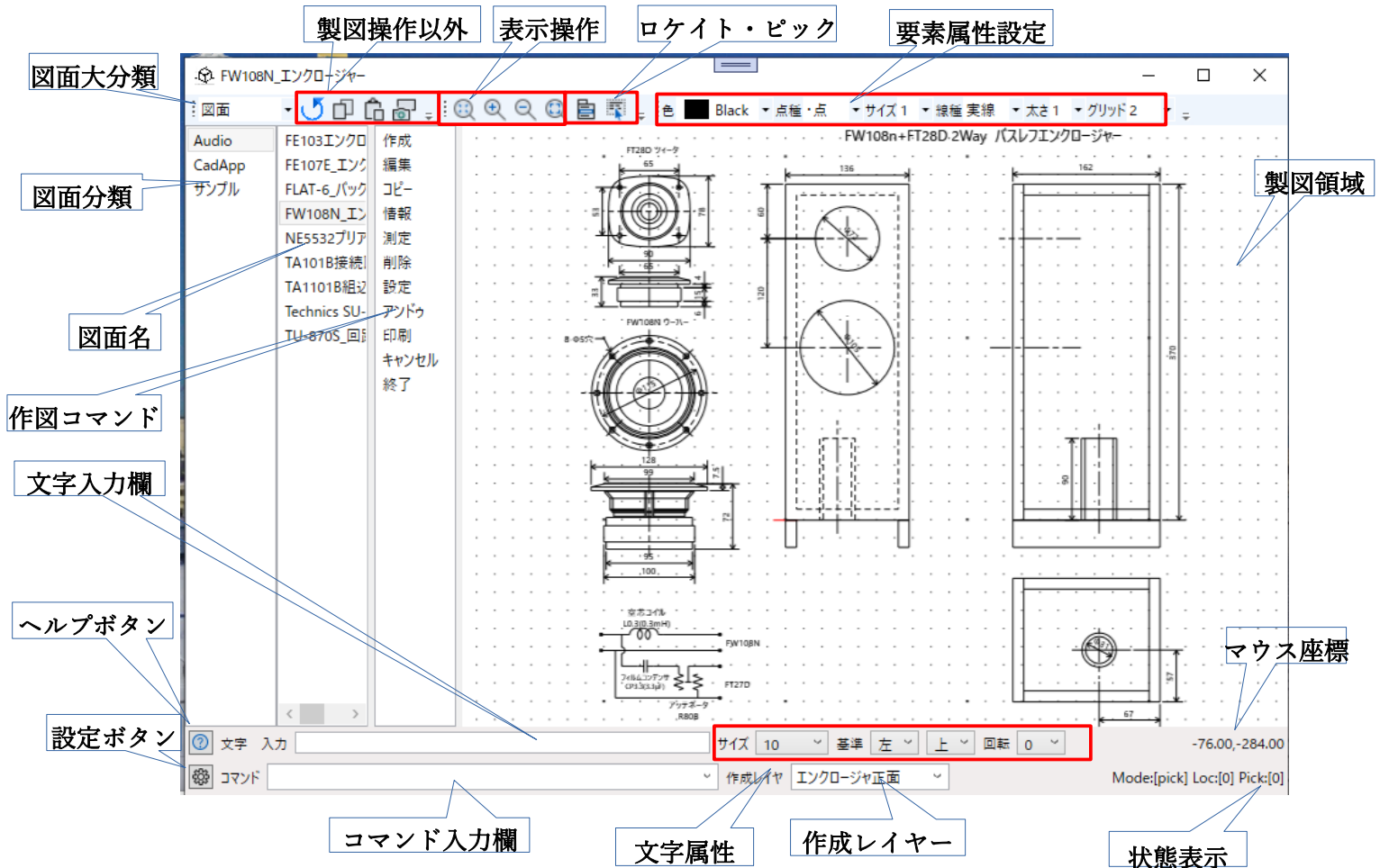
要素	点	線分	円弧	楕円	ポリライン	ポリゴン	文字列	矢印	ラベル	寸法線	シンボル
作成	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
移動(コピー)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
回転(コピー)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
反転(コピー)	○	○	○	○	○	○	×	○	×	×	○
トリム(コピー)	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×
分割	×	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
ストレッチ	×	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×
オフセット	○	○	○	○	○	○	×	×	×	×	×
分解	×	×	×	×	○	○	×	○	○	○	○
文字列変更	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○
半径変更	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×
属性変更	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
属性一括変更	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

- ：サポート
△：サポート予定
×

- 4) 表示機能は拡大縮小、画面スクロールでマウスとキー操作でおこなう
- 5) 作図操作はマウスの位置指定でおこなう。位置の指定方法としてはグリッド、数値入力、要素位置(端点、分割点など)、メニュー選択

2.操作方法

2.1 画面説明



図面管理

図面大分類	図面ファイルを管理するためのコンボボックス
図面分類	図面ファイルを管理するためのリストボックス
図面名	図面名のリストボックス
作図コマンド	描画領域に図面を書くためのコマンドリストボックス

上部ツールバー

製図操作以外	アンドウ、コピー、ペースト、画面コピー
表示操作	領域拡大、拡大、縮小、全体表示
ロケイト・ピック	ロケイトメニュー、領域ピック
要素属性設定	色、点種、点サイズ、線種、線の太さ、グリッドサイズ

下部ステータスバー上段

ヘルプボタン	ヘルプファイルの表示
文字入力欄	文字列とラベル用の文字入力欄
文字属性	文字列、ラベルの文字属性(サイズ、水平垂直アライメント、回転角)、寸法線の文字サイズ
マウス座標	マウスの座標位置を表示

下部ステータスバー下段

設定ボタン	システム設定、データバックアップ、シンボルバックアップ、バックアップ管理
コマンド欄	キー入力操作で製図をおこなうためのコマンド入力欄
作成レイヤ	作成する要素のレイヤ選択、新規レイヤー設定
状態表示	モード状態、ピック数、ロケイト数の表示

2.2 図面ファイル操作

図面ファイルは、特定のフォルダに大分類、分類、図面ファイルと3段階で管理する。

図面のフォルダもシステム設定で切り替えることができる。

図面ファイルの追加や削除などは、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を出して選択して行う。

同様に分類や大分類もリストボックスやコンボボックスでマウスの右ボタンでコンテキストメニューを出して操作する。

図面データは編集する図面を切り替えるたびに保存されるのでファイル保存は意識しなくてよい。

・図面ファイルのコンテキストメニュー

追加: 図面名を入力して新規の図面を追加

名前の変更: 図面名称を変更する

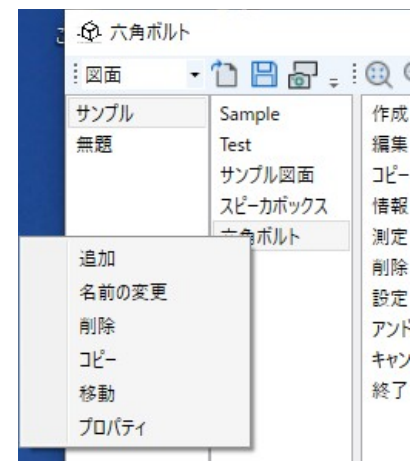
削除: 図面をファイルごと削除する

コピー: -他の分類にコピーする

移動: 他の分類に移動する

インポート: DXF ファイルを読み込む

プロパティ: 図面ファイルに関する情報を表示



・分類のコンテキストメニュー

追加: 分類名を入力して新規の分類を追加

名前の変更: 分類名を変更する

削除: 分類を削除する、分類の下すべての図面ファイルも削除する

コピー: -他の大分類にコピーする

移動: 他の大分類に移動する

・大分類のコンテキストメニュー

追加: 大分類名を入力して新規の分類を追加

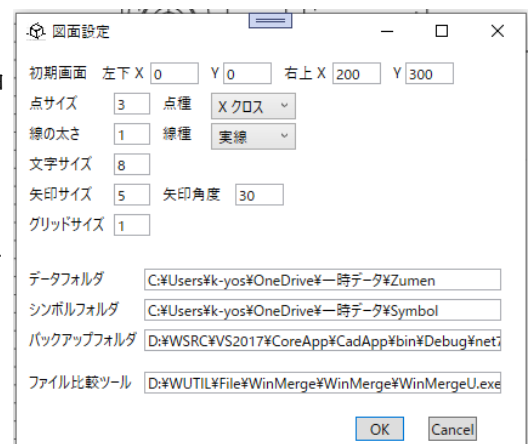
名前の変更: 大分類名を変更する

削除: 大分類を削除する、大分類の下すべての図面ファイルも削除する

・図面フォルダの設定

図面フォルダの設定は画面左下のシステム設定ボタンを押して表示されたメニューから「システム設定」を選択すると初期設定のダイアログを開く。

ダイアログの中のデータフォルダの欄にパスを入力する。テキストボックスをダブルクリックするとフォルダの選択ダイアログで選択することもできる。



システム設定ダイアログ

2.3 表示操作

図面データの表示操作は、ツールバーのアイコンからの拡大、縮小、マウス操作による画面スクロールと拡大縮小、キー操作によるものがある。

- ・ ツールバー

ツールバーで赤線で囲まれた虫眼鏡の形状をしたのが表示操作アイコンで左から領域拡大、拡大表示、縮小表示、全体表示をおこなう。



- ・ マウス操作

画面スクロール : Ctrl キーを押しながら、マウスの左ボタンを押して動かす。

拡大縮小 : マウスホイールを回しておこなう

- ・ キー操作

F1 キー	再表示
F2 キー	領域拡大(マウスで拡大領域を指定)
F3 キー	全体表示
F4 キー	拡大表示
F5 キー	縮小表示
F6 キー	全幅表示
F7 キー	領域ピック(マウスで指定した領域の要素をピックする)
F8 キー	ロケイトメニュー
Ctrl + 左矢印	左側にスクロール
Ctrl + 右矢印	右側にスクロール
Ctrl + 上矢印	上側にスクロール
Ctrl + 下矢印	下側にスクロール
Ctrl + PageUp	拡大表示
Ctrl + PageDown	縮小表示
Ctrl + F1	グリッドの表示切替

- ・ ショートカットキー

Ctrl + A ~ Z には任意にコマンドを割り当てることができる。

コマンドの割り当ては ShortCut.csv に記述する。

初期値としていかが割り当てられている。

"Key","Command"

"A","createLine"

"Q","createText"

"S","save"

"Z","undo"

2.4 製図機能

基本的な作図方法は、画面左の作図コマンドを選択してマウスで座標を指定するか、画面下部のコマンド入力欄にコマンドと座標をキー入力する方法がある。

2.4.1 作図コマンド選択とマウスによる作図方法

2.4.1.1 マウスに座標の指定方法

① 作図領域の位置

作成コマンドを選択し後にマウスの左ボタンを位置を指定(グリッドが表示されていればあればグリッドに丸められる)

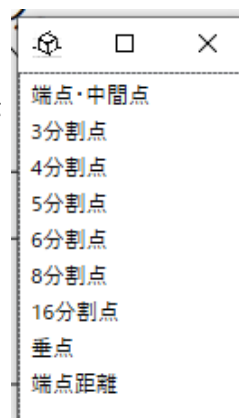
② 図形要素上の位置

図形要素の上にマウスカーソルをおいてマウスの右ボタンを押すと選択された要素を4分割した点(円の場合は8分割点)に一番近い点を座標として指定される。2要素が交差している場合にはその交点が先に指定される。

③ メニュー選択による位置指定(Ctrl + マウス右ボタン)

図形要素上でCtrlキーを押した右ボタンを押すと位置の指定方法を選択することができる。選択した要素が円弧であれば中心点がメニューに追加され、2要素選択された場合には交点もメニューに追加される。

ここで垂点はマウス位置の要素上の座標、端点距離はマウス位置に近い端点から指定された距離の要素上の座標がロケイト点になる。



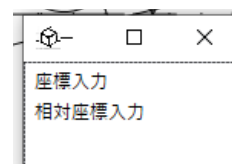
④ 数値入力による位置指定(Windows メニューキー)

座標をマウスでなく数値入力したい場合は、画面上のツールバーのメニュー表示ボタンかキーボードのメニューキーを押すと選択メニューが表示され、選択する数値入力ダイアログが表示され数値で座標が指定できる。

座標入力：座標を数値でxy座標を直接入力(xxx,yyyy)

相対座標入力：前回の座標位置に対しての相対位置を入力(xxx,yyyy)

半径：接円の作成時に円の半径を入力

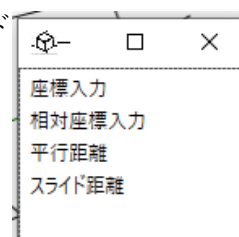


編集コマンドの移動やオフセット、回転での座標指定の場合は平行距離、スライド距離、回転角が入力できる。

平行距離：選択した要素を平行移動するときの距離(移動、オフセット)

スライド距離：選択した要素の延長方向移動するときの距離(移動)

回転角：回転中心を指定した後に回転角度(deg)を指定する



2.4.1.2 座標の指定方法の一覧

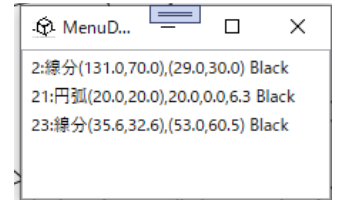
操作方法	マウス 左ボタン	マウス 右ボタン	Ctrl + マウス右ボタン	メニューボタン, メニューキー
操作内容		ピックして自動判定 (ロケイト点近い点)	ピックしてメニュー 選択、数値入力	メニュー選択 数値入力
フリー、グリッド	○			
端点		○		
4 分割点(中間点を含む)		○		
テキスト頂点		○		
交点(2 要素選択)		○	○	
端点・中間点			○	
3,4,5,6,8,16 分割点			○	
垂点			○	
接点(円弧、楕円)			○	
中心点(円弧、楕円、シンボル)			○	
頂点(円弧、楕円)			○	
端点距離(数値入力)			○	
絶対座標(数値入力)				○
相対座標(数値入力)				○
平行距離(数値入力)				○
スライド距離(数値入力)				○
半径(数値入力)				○
回転角(数値入力,degree)				○

- ・絶対座標、相対座標：カンマ(,)区切りで X 座標と Y 座標を入力
- ・数値入力：数値以外にも計算式が使える(例: 30*6, sqrt(5)など)
- ・メニューキー：キーボードの右側 Windows キー(メニューキー)
- ・ポリライン、ポリゴン、コピー移動・回転は複数ロケイトできるが終了(確定)させる時は、要素のない位置でマウスの右ボタンを押す。
- ・頂点：円弧と楕円で 0°、90°、180°、270°での円周上の座標と始点と終点を示す
- ・コピーの移動と回転コマンドを選択した場合に平行距離と回転角の数値入力でカンマ区切りで回数を指定できる。

2.4.1.3 マウスによる要素ピック

図形の移動や回転などの編集コマンドは先に編集する図形要素をピックしてから編集コマンドを選択して移動位置を指定する。

- ・右ボタンピック 要素上にマウスカーソルをおいて右ボタンを押すとピックされ赤色に変わる。
2要素以上認識した場合には要素の選択メニューが標示される。



- ・Ctrl + 右ボタンピック(アンピック) コントロールキーを押した状態で一度ピックした要素を再度ピックするとピックが解除される。
- ・領域ピック ツールバーの領域ピックボタンまたは F7 キーを押すしてから、マウスの左ボタンで指定した領域の中の要素をまとめてピックする。
- ・ダブルクリック 要素上でマウスのダブルクリックをした場合、テキスト上であれば文字列の変更、それ以外は属性変更のダイアログが表示される。文字列変更でキャンセルをした場合には属性変更のダイアログが表示される。

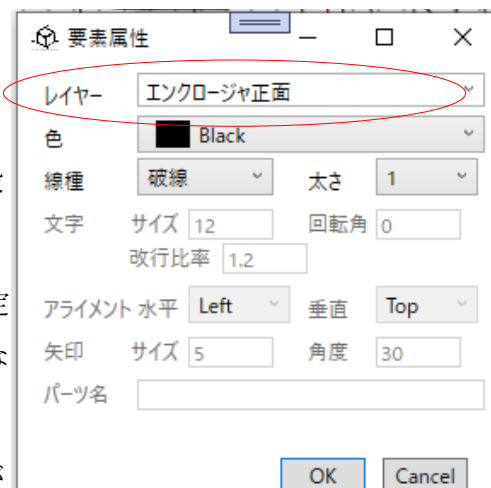
2.4.1.4 レイヤー機能

各要素は最大 64 種類まで属性としてレイヤー名が設定でき、レイヤー名ごとに表示/非表示をおこなうことができる。

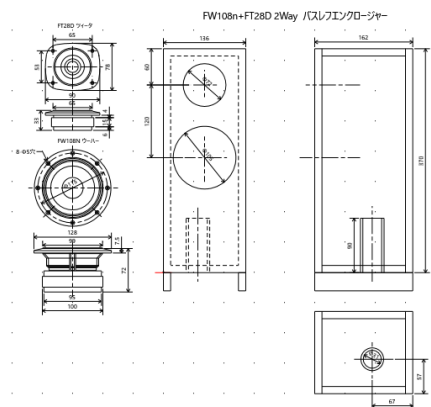
[設定]コマンドでレイヤーの設定、要素属性でレイヤー名の設定、変更をおこなう。

作成レイヤーは画面下部のコンボボックスでも設定でき、設定後に作成された要素は要素のレイヤー名が作成レイヤーとおなじになる。

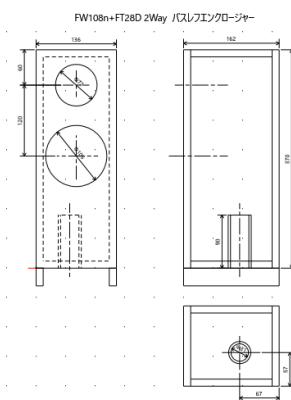
「1 レイヤー表示」にチェックを入れると作成レイヤーのみが表示レイヤーとなり、作成レイヤーの変更でページをめくるように表示レイヤーをかえることができる。



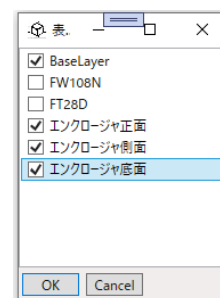
要素属性設定ダイアログ



全レイヤー表示



選択レイヤー表示



表示レイヤー設定

- | | |
|----------------|--|
| [設定][作成レイヤー] | 作成レイヤーの設定ダイアログが表示され、作成レイヤーの変更または新規設定する。 |
| [設定][表示レイヤー] | 表示レイヤーの設定ダイアログが常時表示され、都度表示レイヤーを変更することができる。 |
| [設定][全レイヤー表示] | すべてのレイヤーを表示し、1 レイヤー表示を解除する |
| [設定][1 レイヤー表示] | 作成レイヤーのみを表示し、他のレイヤーを非表示にする |
| [設定][レイヤー名変更] | レイヤー名変更ダイアログを表示し、変更前の対象レイヤー名の要素のレイヤー名をすべて変更する。 |

2.4.2 作図コマンド

作図コマンドは大きく次の4つのパターンで実行される。

1) コマンド選択 → 座標指定

線分や円弧などの要素作成で、線分や円弧など座標の数が決まっているものは指定分の座標をロケイトした後にコマンドが実行される。

ポリラインやポリゴンなど座標数が決まっていないものはマウスの左ボタンで座標を指定した後にマウスの右ボタンを押すと座標が確定してコマンドが実行される。

2) 要素ピック → コマンド選択 → 座標指定

移動や回転などの編集コマンドと寸法線はコマンドの対象要素を選択してからコマンドを選択し移動距離などを座標で指定する。

移動の場合は座標指定の1点目と2点目の移動量が各要素の移動量となり、回転の場合は1点目が回転の中心、2点目が角度の移動量になるなど、コマンドによって異なる。

コピーの移動と回転は2点目以降も指定でき複数の要素をコピーすることができる。この場合も座標指定の終了はマウスの右ボタンでおこなう。

3) 要素ピック → コマンド選択

情報表示や削除などは、要素を選択してコマンドを選択するとすぐにコマンドが実行される。

4) コマンド選択

設定、アンドゥ、キャンセル、終了などはコマンドを選択するとすぐにコマンドが実行される。

メインコマンド

作成 : 線分や円弧などの作成する

編集 : ピックした要素を移動や回転などの編集をおこなう

コピー : ピックした要素をコピーしてその要素の移動や回転などをおこなう

情報 : ピックした要素の情報を表示する

測定 : ピックした2つの要素の距離または角度、ロケイトした点間の距離や角度を測定

削除 : ピックした要素を削除する

設定 : 図面の属性、レイヤーの設定、シンボルの登録をおこなう

アンドゥ : 要素の作成または編集をおこなうひとつ前の状態に戻す

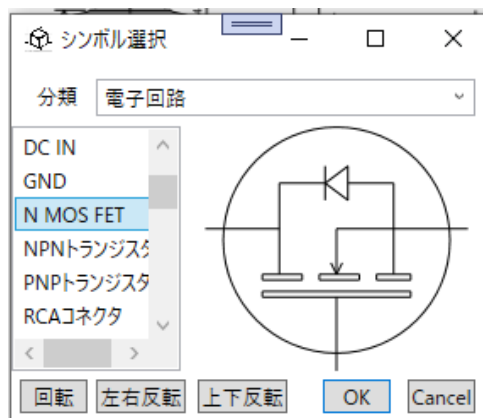
キャンセル : ピックした要素をクリアする

終了 : アプリケーションを終了する

作成コマンド

作成コマンドはコマンドを選択した後に位置をロケイトすることでおこなうが、寸法線、角度・直径・半径寸法線は先に測定対象をピックしたのち、コマンドを選択してロケイトする。

点	マウスでロケイトした位置に点を作成
線分	マウスでロケイトした位置に線分を作成
水平垂直線分	マウスのロケイトで水平線と垂直線をポリラインで連続作成、最初の点から2点目の方向で水平か垂直かを決め3点目で長さを確定し、以後は交互に水平線と垂直線を作成する。
四角	マウスでロケイトした対角位置にポリゴンで四角形を作成
ポリライン	マウスでロケイトした位置に折れ線を作成(位置指定の終了は要素ない場所でマウスの右ボタンを押す)
ポリゴン	マウスでロケイトした位置に閉領域を作成(位置指定の終了は要素ない場所でマウスの右ボタンを押す)
円弧	円弧の端点と中間点の3点を指定して円弧を作成
円	中心点と半径を決める座標を指定して円を作成
接円	ピックした2要素(線分またはポリライン、ポリゴン)に接する円を作成
楕円	2点の四角領域に入る楕円を作成する
文字列	画面下部の文字入力欄の文字をマウスでロケイトした位置に作成 文字入力欄で Ctrl + Enter を押すと文字列編集のダイアログが表示され複数行入力ができる
矢印	マウスでロケイトした位置に矢印を作成(矢印は1点目にロケイトした位置)
ラベル	マウスでロケイトした位置に矢印を作成しその後ろに文字入力欄の文字をつける
シンボル	シンボル登録されたデータを「シンボル選択ダイアログ」から選択して配置
位置寸法線	1点目と2点目の位置に対して直線寸法線を作成、3点目の位置で水平か垂直か平行かを判断する
直線寸法線	先にピックした2要素の端点に対して直線寸法線を作成、位置寸法線と同様に3点目で寸法線のタイプが変わる
角度寸法線	ピックした2要素(線分またはポリライン、ポリゴン)から角度寸法線を作成
直径寸法線	ピックした円弧に対して直径寸法線を作成
半径寸法線	ピックした円弧に対して半径寸法線を作成
戻る	ロケイトピックをクリアしてメインコマンドに戻る

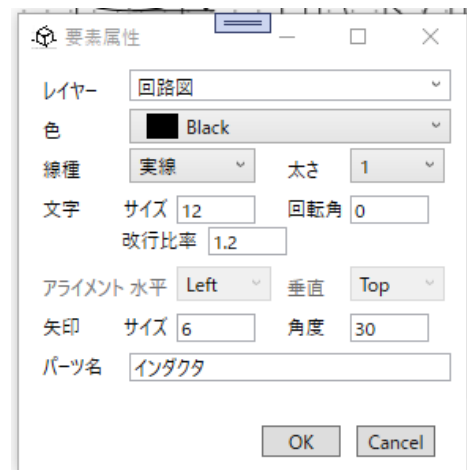


シンボル選択ダイアログ

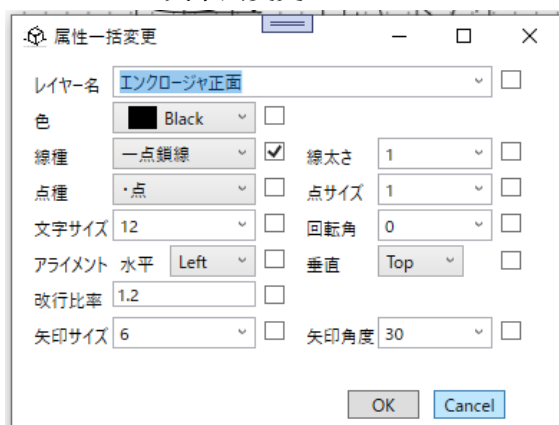
編集コマンド

編集コマンドは先に変種死体要素をピックしてからコマンドを選択する、コマンドの種類によってロケイト位置を指定する

移動	ピックした要素をロケイトの1点目から2点目に移動する
回転	ピックした要素をロケイトの1点目を中心に2点目の角度で回転する
反転	ピックした要素をロケイトの1点目と2点目を線分と仮定して反転する
拡大縮小	ピックした要素をロケイトの1点目を基準に2点目との3点目の比率で拡大縮小する
トリム	ピックした要素をロケイトの1点目と2点目の垂点でトリミングする
分割	ピックした要素をロケイトした位置で2つの要素に分割する(線分、円弧、ポリライン、ポリゴン)(ポリゴンはロケイト点で切断し、ポリラインに変換する)
ストレッチ	ピックした要素でピックした位置に近い端点の位置を移動する。各寸法線の場合は寸法値の位置を移動させる。
オフセット	ピックした要素を要素に平行に移動させる(線分、円弧、ポリライン、ポリゴン)
シンボル変換	ピックした要素を名前を付けて一つの要素(シンボル)にする
分解	要素を線分、円弧、文字列に分解する(ポリライン、ポリゴン、矢印、ラベル、各寸法線)
文字列変更	ピックした要素の文字列の内容を変更する(文字列、ラベル)
半径変更	ピックした要素の半径を変更する(円・円弧)
属性変更	ピックした要素の属性(色、線種、太さ、文字サイズなど)を1要素ずつ変更する
属性一括変更	指定の属性のみピックした要素に対してまとめて変更する
戻る	メインコマンドに戻る



属性変更



属性一括変更

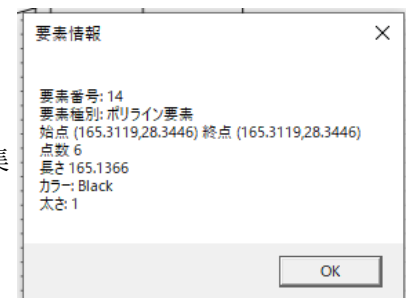
コピーコマンド

選択した要素をコピーし、コピーした要素の移動、回転などをおこなう。操作は編集コマンドと同じ。

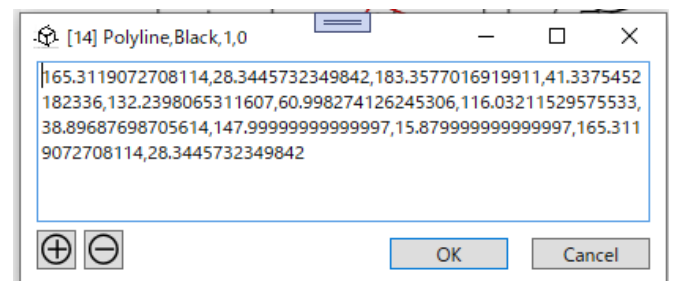
移動	ピックした要素をロケイトの1点目から2点目に移動する
回転	ピックした要素をロケイトの1点目を中心に2点目の角度で回転する
反転	ピックした要素をロケイトの1点目と2点目を線分と仮定して反転する
拡大縮小	ピックした要素をロケイトの1点目を基準に2点目との3点目の比率で拡大縮小する
トリム	ピックした要素をロケイトの1点目と2点目の垂点でトリミングする
オフセット	ピックした要素を要素に平行に移動させる(線分、円弧、ポリライン、ポリゴン)
要素コピー	ピックした要素をクリップボードにデータコピーする
要素貼付け	クリップボードにコピーされたデータを指定位置に貼り付ける
画面コピー	作図領域をクリップボードにイメージコピーする
画面保存	作図領域をイメージでファイルに保存する
戻る	メインコマンドに戻る

情報コマンド

要素	ピックした要素の要素情報を表示
要素データ	ピックした要素のデータをテキストボックスに表示して編集も可能(編集結果についてはエラーチェックされない)
図面コメント	図面に対するコメントの入力と表示(自由記述)
戻る	メインコマンドに戻る



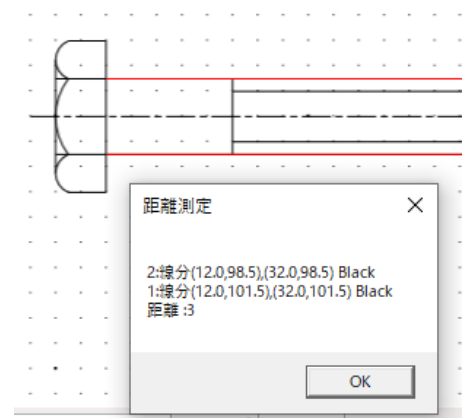
要素情報



要素データ

測定コマンド

距離・角度	ピックした2要素間の距離または角度を求める
距離	ロケイトした2点間の距離を求める
角度	ロケイトした2点目を中心点として1点目と2点目の角度を求める
戻る	メインコマンドに戻る

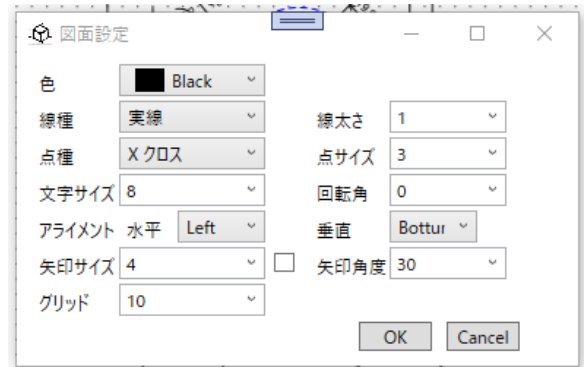


削除コマンド

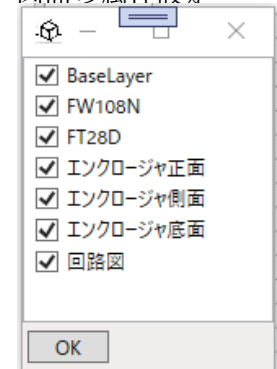
ピックした要素を削除する

設定コマンド

図面設定	図面の属性を設定する
作成レイヤー	作成するレイヤーの設定
表示レイヤー	表示レイヤーの選択ダイアログが常時表示され、表示するレイヤーを都度変更する
全レイヤー表示	全レイヤーを表示する
1レイヤー表示	作成レイヤーのみを表示レイヤーにする
レイヤー名変更	選択されたレイヤー名を別のレイヤー名に変更する
シンボル登録	ピックしたシンボルをシンボル一覧に登録する
シンボル管理	登録されたシンボルデータの一覧を編集する
戻る	メインコマンドに戻る



図面の属性設定



表示レイヤー設定

アンドゥコマンド

図面の状態をコマンドを実行する前の状態に戻す。図面を開きなおすとそれまでのアンドゥ情報はクリアされるのでそれ以前へのアンドゥできなくなる。

キャンセルコマンド

ピックやロケイトの情報をクリアする。

終了コマンド

アプリケーションを終了する

2.4.3 キー入力コマンド

マウスでリストボックスのコマンドを選択する方法以外にコマンド入力欄からコマンドと座標を数値入力しておこなう方法がある。

コマンドとパラメータはスペースまたはカンマで区切る。

点の作成	point x0y0
線分の作成	line x0y0,x10y10
四角の作成	rect x0y0,x10y10
ポリラインの作成	polyline x0y0,x10y10,x20y0,x30y10
ポリゴンの作成	polygon x0y0,x10y0,x10y10,x0y10
円弧の作成	arc x0y0,r10,sa0,ea180
円の作成	circle x0y0,r10
文字列の作成	text "TEXT",x0y0
要素の移動	translate p2,x10y10,x20y10
要素の回転	rotate p2,x10y10,x20y10
要素の反転	mirror p2,x10y10,x20y10
要素のトリム	trim p2,x10y10,x20y10
要素のストレッチ	(stretch)
要素のコピー	(copy)
色の設定	color "Red"
線種の設定	linetype 1
線の太さの設定	thickness 3

パラメータ

x○y○	絶対座標
dx○dy○	相対座標
r○	円の半径
sa○	円弧の始角
ea○	円弧の終角
“○”	文字列
p○	要素番号
○	数値

2.4.4 キー操作

いくつかの操作機能はショートカットキーでもおこなうことができる。

F1 キー	再表示
F2 キー	領域指定拡大表示
F3 キー	全体表示
F4 キー	拡大表示
F5 キー	縮小表示
F6 キー	全幅表示
F7 キー	領域を指定して要素をピック
F8 キー	ロケイトメニュー表示
F11 キー	文字列入力欄にフォーカスを移動する
F12 キー	コマンド入力欄にフォーカスを移動する
ESC キー	コマンドなどをキャンセルする
BS キー	ロケイト点を一つキャンセルする
Ctrl + F1	グリッドの表示切替
Ctrl + 左矢印	左側にスクロール
Ctrl + 右矢印	右側にスクロール
Ctrl + 上矢印	上側にスクロール
Ctrl + 下矢印	下側にスクロール
Ctrl + a	線分作成(暫定、カスタマイズ可)
Ctrl + q	文字列作成(暫定、カスタマイズ可)
Ctrl + s	データ保存(暫定、カスタマイズ可)
Ctrl + z	アンドゥ(暫定、カスタマイズ可)
Return(Enter)キー	キーコマンドの実行
右 Windows(メニュー)キー	ロケイトのメニュー表示

3. 図形要素

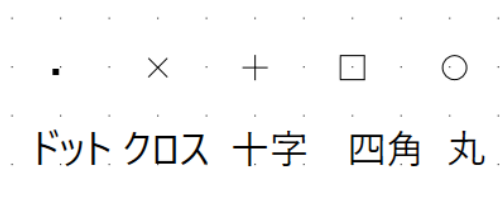
図形要素は、点、線分、円弧、文字列、ポリライン、ポリゴン、矢印、ラベル、直線寸法線、角度寸法線、直径寸法線、半径寸法線からなる。

矢印、ラベル、各種寸法線は線分、円弧、文字を組み合わせた要素(Parts 要素)で線分やもじれつなどの基本要素に分解することもできる。

3.1 点要素

点要素は、点(ドット)、クロス、十字、四角、丸の5種類が使用できる。大きさもそれぞれに設定することができる。

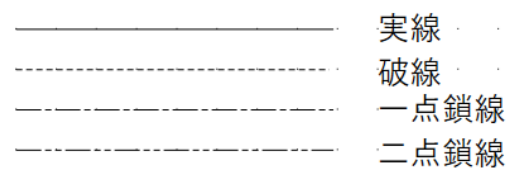
テンの大きさは画面スケールに関係なく一定の大きさになる



3.2 線分要素

線分要素は線種として実線、破線、一点鎖線、二点鎖線の4種類がある。

この線種は、円弧やポリラインなど点と文字列要素以外にも摘要できる。



線分の作成は、線分の端点を指定して行う。作成後に端点の位置を変更するにはストレッチコマンド、長さを変更する場合にはトリムコマンドをしようする。

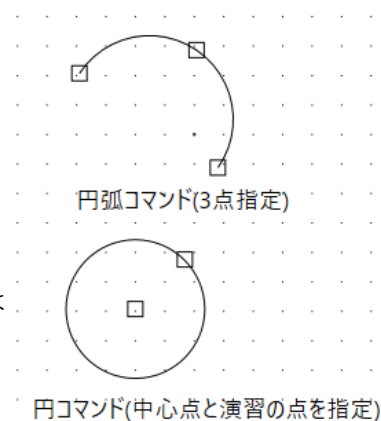
3.3 円弧要素

円弧要素は中心点と半径、始角、終角で設定される。

円弧コマンドで作成する場合には、円周上の三点を指定して作成する。

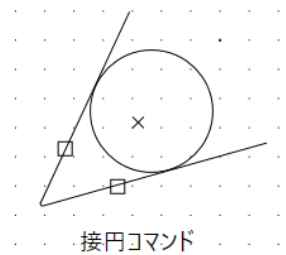
円コマンドの場合は中心点と円周上の位置を指定して作成する。

始角、終角を変更する場合は編集のトリムコマンド、半径を帰る場合にはオフセットコマンドが使える。



ストレッチコマンドを使うとピック下位置によって半径をかえたり、始角または終角をへんこうすることができる。

接円は2つの要素(線分またはポリライン、ポリゴンを)を選択して接円コマンドを選択してロケイトする。最後のロケイトの代わりに キーボードのメニューキーでメニューの中から「半径」を選択しすうち入力することもできる。

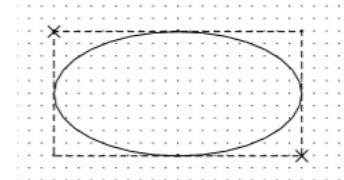


3.4 楕円要素

楕円は長径と短径も開始角、終了角、回転角からデータを構成している。

楕円の作成は四角形の両端点をロケイトして作成する。

作成した楕円にたいしては、移動やトリムなどの編集コマンドが使えて必要な形に変形させる。



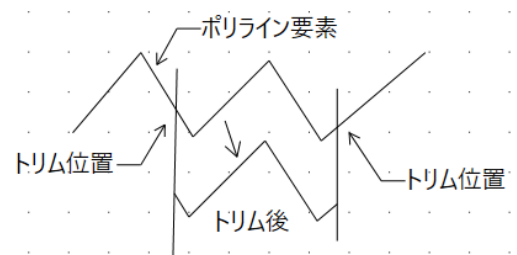
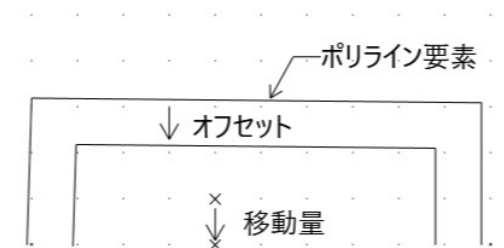
3.5 ポリライン要素

ポリライン要素は複数の線分を結合した要素で移動や回転などを一括して扱える。

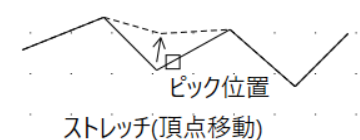
ポリラインに対して(コピー)オフセットコマンドを使うとポリラインの内側または外側に等間隔の線を作成することができる。

操作方法是ポリラインをピックした後にコマンドでコピー オフセットを選択して一点目のロケイトでオフセットの方向を決め、2点目のロケイトでオフセットの移動量を決める。

ポリラインのトリムはロケイトした位置に最も近い線分に対して行われる。



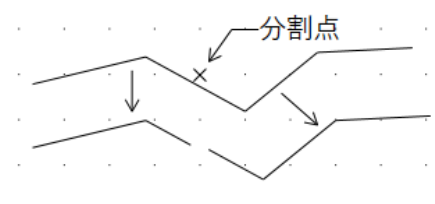
ポリラインの中の一か所の頂点を移動するときはストレッチコマンドを使用する。要素を選択した時のピック位置に最も近い頂点が対象となる。



要素を分割するときは分割コマンドを使用する。

ロケイトした点に最も近い線分に対して垂点が分割点となる。

正常に分割されたかはピックして色が変わるのでそれで確認する。



3.6 ポリゴン要素

ポケモン要素はポリライン要素を閉ループにしたものである。

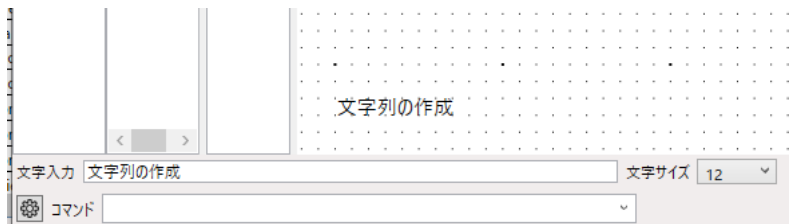
四角コマンドもポリゴンで作成する。

編集機能はポリラインと同じであるがトリムコマンドは使用できない。

ポリゴンをトリムするときには一度分割コマンドでポリラインに変換してからおこなう。

3.7 文字列要素

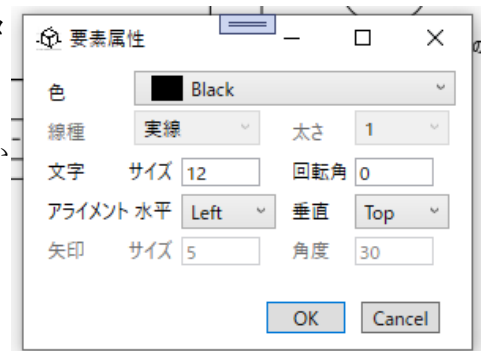
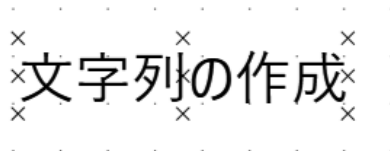
文字列は画面下部の文字入力欄に入力した文字を作成の文字列コマンドで作成する。文字の大きさやアライメント(基準位置)は文字入力欄の右側のサイズと基準で設定できる。



文字列を回転させる場合には作成した後に編集の回転コマンドで回転させるか編集の属性変更コマンドで回転させる。

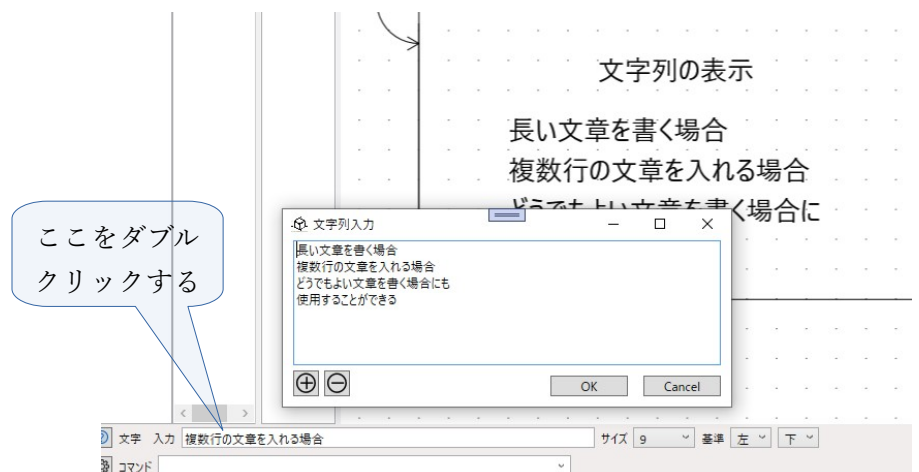
属性変更を使うと文字列の回転だけではなく、文字サイズやアライメントの変更もおこなえる。

文字列をマウスの右ボタンでロケイトすると文字の周囲と中心の9か所がロケイト点の対象となる。



属性変更ダイアログ

複数行の文章や長い文章を入力する場合には、文字列入力欄の上でマウスのダブルクリックをおこなうと文字列入力ダイアログが表示されるので、ダイアログを適当な大きさに変更して入力する。



3.8 矢印要素

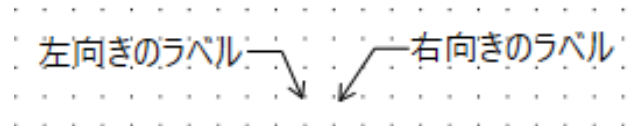
矢印は作成の矢印コマンドで始点と終点の2点を指定して作成する。

矢印のサイズは通常文字サイズの1/2で矢印角度は30°に設定されているが、個別の属性変更でも変更することができる。

3.9 ラベル要素

ラベル要素は矢印の後ろに文字列をつなげたもので、始点に対する終点の位置で文字列の向きが決まる。

ラベルの矢印の位置や文字の位置は[編集][ストレッチ]コマンドで個々に移動できる。



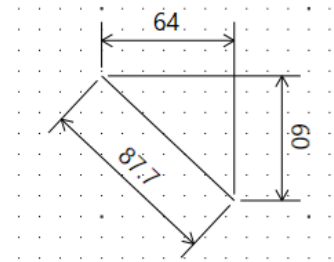
文字位置を変更する場合には文字の部分をピックアップして[編集][ストレッチ]コマンドを選択して2点ロケイトして移動する。ピックアップ位置が矢印の先端であれば矢印の先端を折れ点であれば折れ点を移動する。

ラベルの文字列は[編集][文字列変更]コマンドで内容を変更でき、複数行の表示もできる。

3.10 直線寸法線

直線寸法線は作成の位置寸法線コマンドか寸法線コマンドで作成する。

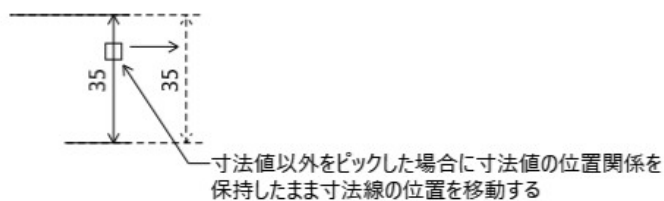
位置寸法線の場合はロケイトした2点の距離を要素の端点の距離を測定する場合には先に要素をピックしてから作成の寸法線コマンドを選択し、寸法の位置をロケイトする。



最後の寸法の位置を決めるロケイトの位置によって水平寸法か垂直寸法か平行寸法かが決まる。

寸法値の位置を変更する場合には[編集][ストレッチ]コマンドで動かすことができる。

寸法値をピックした場合は寸法値の位置を自由に変更できるがそれ以外をピックした場合は寸法線と寸法値の位置関係を保持して寸法線の位置を変更する。



寸法値は[編集][文字列変更]で文字列として変更できるが、変更後に戻すことはできないので、数値に戻したい場合には再作成する必要がある。

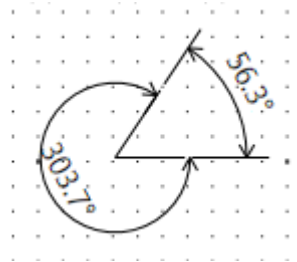
3.11 角度寸法線

角度寸法線は2つの要素の角度を測定する。

まず先に測定の対象となる要素をピックして作成の角度寸法線コマンドを選択し、寸法値の位置を決めるロケイトをする。

対象要素のピック順を変えると測定 of 角度が変わる。

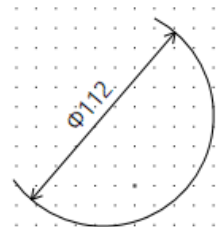
寸法線の位置変更や寸法値の文字列変更は直線寸法と同様におこなうことができる



3.12 直径寸法線

直径寸法線は先対象となる円または円弧をピックしてから作成の直径寸法線コマンドを選択して寸法の位置をロケイトする。

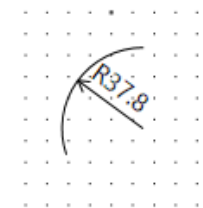
寸法線の位置変更や寸法値の文字列変更は直線寸法と同様におこなうことができる



3.13 半径寸法線

半径寸法線は先対象となる円または円弧をピックしてから作成の半径寸法線コマンドを選択して寸法の位置をロケイトする。

寸法線の位置変更や寸法値の文字列変更は直線寸法と同様におこなうことができる



3.14 シンボル

シンボルは、線分、円弧、文字列をまとめて一つの要素にしてもので、一覧に登録することができる。

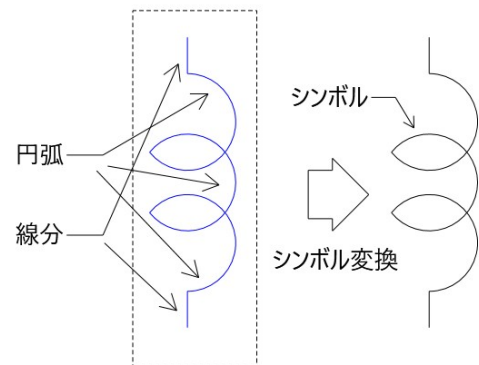
一覧に登録されたシンボルは[作成][シンボル]コマンドでシンボルを選択して一つの要素として配置できる。

シンボル化した要素は一つの要素として編集することができる。

シンボル化した要素は矢印、ラベル、寸法線と同じく **Parts** 要素となり、ユーザーが作成した **Parts** 要素はパーツ名称の先頭に“__”がついて区別される。

シンボルの作成

シンボルの作成は、まずシンボル形状を線分、円弧、文字列で作成、それらの要素をピックして[編集][シンボル変換]を選択するとシンボル名を入力するダイアログが表示され、シンボル名を入力するとシンボル(Parts 要素)に変換される。

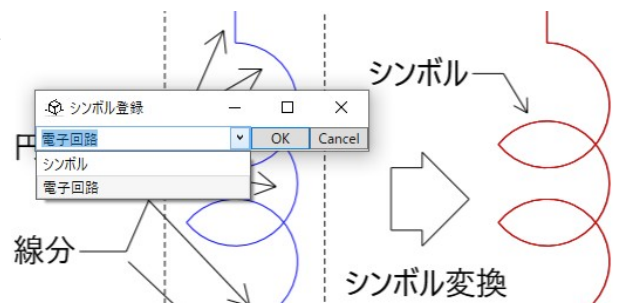


シンボル変換

シンボルの登録

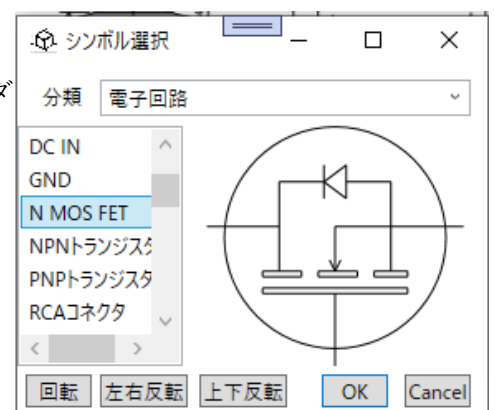
作成したシンボルは、ピックして[設定][シンボル登録]を選択すると、登録する分類名の入力/選択のダイアログが表示されるので分類名を記入して登録する。

既に同じ名前のシンボルが登録されている場合には上書きされる。



シンボルの配置

登録したシンボルは[作成][シンボル]を選択するとシンボル一覧のダイアログが表示され、上部の分類を選択して一覧の中からシンボルを選択して **OK** ボタンを押すかシンボル名をダブルクリックするとシンボルがドラッグ表示されるので適当な位置に配置する。



シンボル選択ダイアログ

4. 作図事例

4.1 平行線の書き方

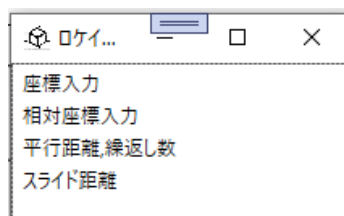
平行線の作成は製図の中でよく使う操作で基準線に対して平行線を引いてから、トリム操作で端点位置を決めていく方法がよく使われる。

平行線を書くにはまず基準となる要素をピックして[コピー][移動]コマンドを選択し、一点目のロケイト点を基準に2点目、3点目と1点目との相対距離で要素をコピーする。

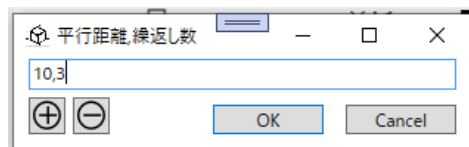
等間隔でコピーしたい場合にはグリッドを表示しておこなう。

他の要素位置を基準とするときは要素の上で右ボタンを押してロケイトするその要素の端点や中間点、交点などを自動判別して位置を決めることができる。

等間隔で何本も平行線を引く場合にはコピーの方向を決めるロケイトをした後に、キーボードの右側 Windows キー(メニューキー)を押して[平行距離]を選択し、距離とコピー回数をカンマ区切りで入力しておこなう。

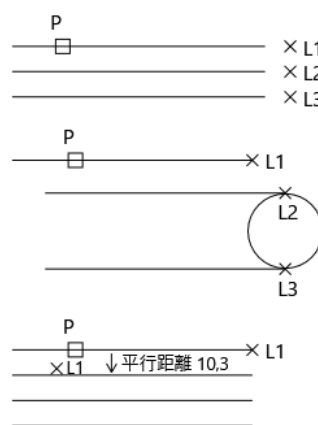


ロケイトメニュー



距離と回数の入力

平行線の書き方



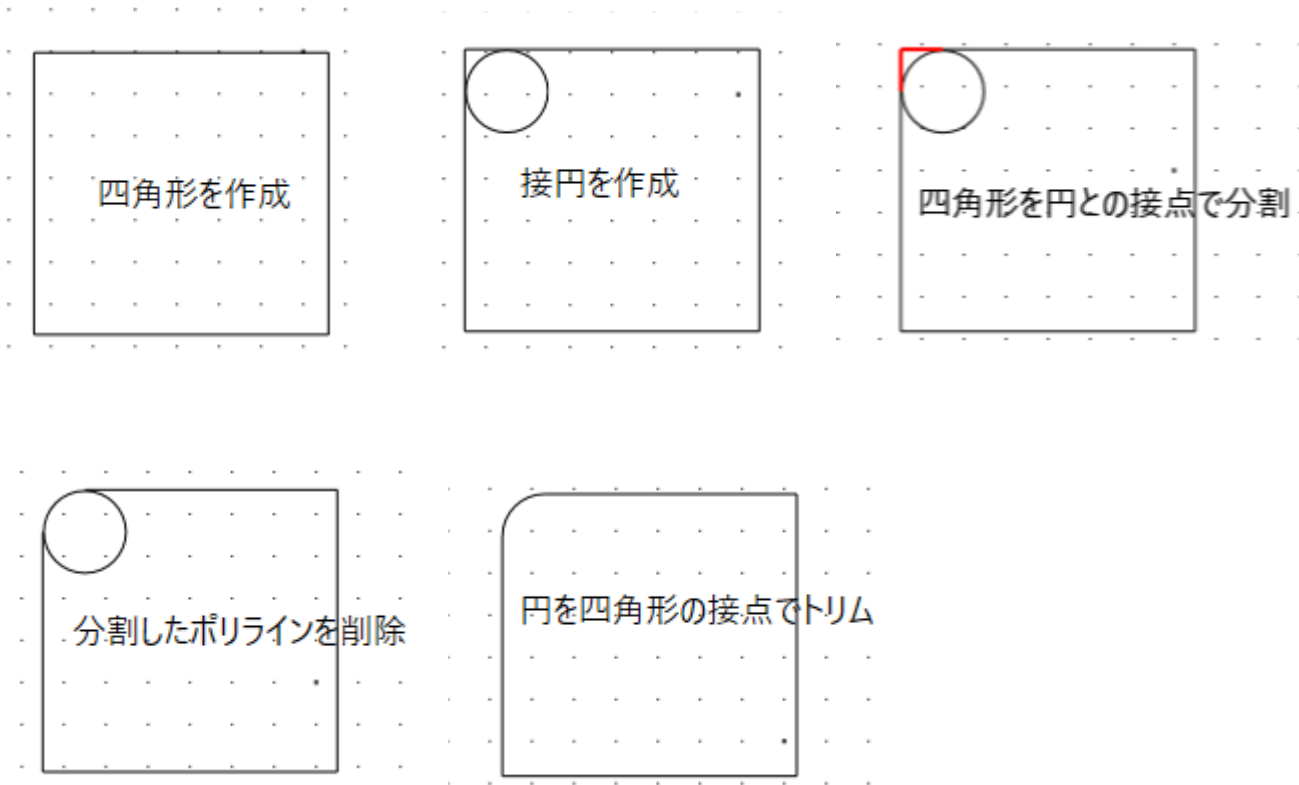
■グリッドを基準にコピー
基準となる線分をピックし[コピー][移動]を選択してグリッド上の点をロケイトして位置決めし、最後に要素のないところで右ボタンを押して確定する

■他の要素を基準にコピー
元となる線分をピックし[コピー][移動]を選択して右ボタンで元要素の端点をロケイトした後に基準となる要素の端点を右ボタンでロケイトして位置決めし、最後に要素のないところで右ボタンを押して確定する

■移動距離と回数を指定してコピー
元となる線分をピックし[コピー][移動]を選択した後にコピーの方向を決めるロケイトをした後にキーボードの右側のWindowsキーを押してメニューをだし、[平行距離]を選択して移動距離とコピー回数を指定して実行する

4.2 R 面の作成方法

下図は R 面を作成する時の手順を示したもので、接点で要素を分割して不要な部粉を削除して R 面を作成する。



5. 幾何計算

5.1 楕円の幾何計算

楕円の交点や領域などを求める幾何計算をおこなう場合、楕円の回転角を 0 にし、中心点を原点になるように座標変換してから求める。

多くの場合は短軸方向をスケール変換して円として、計算することができる。

円で代用できないケースとして、点から楕円の垂点があり、これは楕円と垂線の方程式から求める。

5.1.1 点から楕円への垂点

$$\text{定点} \quad p(x_1, y_1) \quad (1)$$

$$\text{楕円} \quad q(x, y) = (a \cos(t), b \sin(t)) \quad (2)$$

$$\text{接線の傾き} \quad q'(x', y') = (-a \sin(t), b \cos(t)) = (-(a/b) y, (b/a) x) \quad (3)$$

$$\text{垂線の傾き} \quad (q - p) \cdot q' = 0 \quad \text{直交条件} \quad (4)$$

$$\text{以上から} \quad (x - x_1, y - y_1) \cdot (-(a/b) y, (b/a) x) = 0 \quad (5)$$

$$-(a/b) x y - (a/b) x_1 y + (b/a) x y - (b/a) y_1 x = 0$$

$$(b^2 - a^2) x y - b^2 y_1 x + a^2 x_1 y = 0 \quad (6)$$

$$b^2 x^2 - a^2 y^2 = a^2 b^2 \quad (7)$$

$$(6) \text{から} \quad x = (a^2 x_1 y) / (-(b^2 - a^2) y + b^2 y_1) = k_3 y / (k_1 y + k_2) \quad (8)$$

$$(8) \text{を}(7) \text{に代入} \quad b^2 (k_3 y)^2 + a^2 y^2 (k_1 y + k_2)^2 - a^2 b^2 (k_1 y + k_2)^2 = 0 \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & b^2 k_3^2 y^2 + a^2 k_1^2 y^4 + 2 a^2 k_1 k_2 y^3 + a^2 k_2^2 y^2 \\ & - a^2 b^2 k_1^2 y^2 - 2 a^2 b^2 k_1 k_2 y - a^2 b^2 k_2^2 = 0 \\ & a^2 k_1^2 y^4 + 2 a^2 k_1 k_2 y^3 + (a^2 k_2^2 + b^2 k_3^2 - a^2 b^2 k_1^2) y^2 \\ & - 2 a^2 b^2 k_1 k_2 y - a^2 b^2 k_2^2 = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

(10)を y について解き、求まった y を(8)に代入して x をもとめる。

(10)は 4 次方程式なので、フェラリの公式を用いて解を求める

(8)において $k_1 y + k_2 = 0$ の時は x は求められないので (7)で x を求める

5.1.2 楕円と円の交点

$$\text{円の方程式} \quad (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (1)$$

$$\text{楕円の方程式} \quad x^2 + \alpha y^2 = \beta \quad (\text{但し } \alpha = a^2 / b^2, \beta = a^2) \quad (2)$$

$$(1) \text{より} \quad x^2 - 2x_0 x + x_0^2 + y^2 - 2y_0 y + y_0^2 - r^2 = 0$$

$$(2) \quad x^2 + \alpha y^2 - \beta = 0$$

$$(1) - (2) \quad -2x_0 x + x_0^2 + y^2 - \alpha y^2 - 2y_0 y + y_0^2 - r^2 + \beta = 0$$

$$-2x_0 x + y^2 - \alpha y^2 - 2y_0 y + x_0^2 + y_0^2 - r^2 + \beta = 0$$

$$-2x_0 x + (1 - \alpha)y^2 - 2y_0 y + (x_0^2 + y_0^2) - (r^2 - \beta) = 0$$

$$x_0 x = 1/2 ((1 - \alpha)y^2 - 2y_0 y + (x_0^2 + y_0^2) - (r^2 - \beta))$$

$$= k_1 y^2 + k_2 y + k_3 \quad (3)$$

(x_0 が 0 の場合、(3)の2次方程式の解が求まる)

$$(3) \text{の係数} \quad k_1 = 1/2 (1 - \alpha) = 1/2 (1 - a^2 / b^2)$$

$$k_2 = -y_0$$

$$k_3 = 1/2 ((x_0^2 + y_0^2) - (r^2 - \beta))$$

$$(2) \text{に } x_0^2 \text{ を掛け} \quad x_0^2 x^2 + \alpha x_0^2 y^2 - x_0^2 \beta = 0 \quad (4)$$

$$(4) \text{に } (3) \text{を代入} \quad (k_1 y^2 + k_2 y + k_3)^2 + \alpha x_0^2 y^2 - x_0^2 \beta = 0$$

$$k_1^2 y^4 + k_2^2 y^2 + k_3^2 + 2k_1 k_2 y^3 + 2k_2 k_3 y + 2k_1 k_3 y^2 + \alpha x_0^2 y^2 - x_0^2 \beta = 0$$

$$k_1^2 y^4 + 2k_1 k_2 y^3 + (k_2^2 + 2k_1 k_3 + \alpha x_0^2) y^2 + 2k_2 k_3 y + k_3^2 - x_0^2 \beta = 0 \quad (5)$$

(5)を y について解き、(3)から x を求める

$$4 \text{ 次方程式の係数} \quad a = k_1^2$$

$$b = 2k_1 k_2$$

$$c = k_2^2 + 2k_1 k_3 + \alpha x_0^2$$

$$d = 2k_2 k_3$$

$$e = k_3^2 - x_0^2 \beta$$

5.1.3 楕円と楕円との交点

$$\text{楕円 1} \quad a_1 x^2 + a_2 y^2 + a_3 = 0 \quad (1)$$

$$\text{楕円 2} \quad b_1 x^2 + b_2 y^2 + b_3 x y + b_4 x + b_5 y + b_6 = 0 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} k &= b_1 / a_1, \quad c_1 = b_1, \quad c_2 = a_2 k, \quad c_3 = a_3 k \text{ として (1) を変形} \\ b_1 / k x^2 + c_2 / k y^2 + c_3 / k &= 0 \\ b_1 x^2 + c_2 y^2 + c_3 &= 0 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} (3) - (2) \quad & (c_2 - b_2) y^2 - b_3 x y - b_4 x - b_5 y + c_3 - b_6 = 0 \\ & b_3 x y + b_4 x = (c_2 - b_2) y^2 - b_5 y + c_3 - b_6 \\ & (b_3 y + b_4) x = (c_2 - b_2) y^2 - b_5 y + c_3 - b_6 \\ & x = ((c_2 - b_2) y^2 - b_5 y + c_3 - b_6) / (b_3 y + b_4) \\ & = (d_1 y^2 + d_2 y + d_3) / (g_1 y + g_2) \end{aligned} \quad (4)$$

$$d_1 = c_2 - b_2, \quad d_2 = -b_5, \quad d_3 = c_3 - b_6, \quad g_1 = b_3, \quad g_2 = b_4$$

$$(4) \text{ を (1) に代入 } a_1 (d_1 y^2 + d_2 y + d_3)^2 / (g_1 y + g_2)^2 + a_2 y + a_3 = 0$$

$$\begin{aligned} (g_1 y + g_2)^2 \text{ 割る } & a_1 (d_1^2 y^4 + d_2^2 y^2 + d_3^2 + 2 d_1 d_2 y^3 + 2 d_1 d_3 y^2 + 2 d_2 d_3 y) \\ & + a_2 y^2 (g_1 y + g_2)^2 \\ & + a_3 (g_1 y + g_2)^2 = 0 \\ & a_1 d_1^2 y^4 + 2 a_1 d_1 d_2 y^3 + (a_1 d_2^2 + 2 a_1 d_1 d_3) y^2 + 2 a_1 d_2 d_3 y + a_1 d_3^2 \\ & + a_2 g_1^2 y^4 + 2 a_2 g_1 g_2 y^3 + a_2 g_2^2 y^2 \\ & + a_3 g_1^2 y^2 + 2 a_3 g_1 g_2 y + a_3 g_2^2 = 0 \\ & a_1 d_1^2 y^4 + a_2 g_1^2 y^4 + 2 a_1 d_1 d_2 y^3 + 2 a_2 g_1 g_2 y^3 \\ & + (a_1 d_2^2 + 2 a_1 d_1 d_3) y^2 + a_2 g_2^2 y^2 + a_3 g_1^2 y^2 \\ & + 2 a_1 d_2 d_3 y + 2 a_3 g_1 g_2 y + a_1 d_3^2 + a_3 g_2^2 = 0 \\ & (a_1 d_1^2 + a_2 g_1^2) y^4 + 2 (a_1 d_1 d_2 + a_2 g_1 g_2) y^3 \\ & + (a_1 d_2^2 + 2 a_1 d_1 d_3 + a_2 g_2^2 + a_3 g_1^2) y^2 \\ & + 2 (a_1 d_2 d_3 + a_3 g_1 g_2) y + a_1 d_3^2 + a_3 g_2^2 = 0 \end{aligned} \quad (5)$$

(5) を y について解く

$$\begin{aligned} a &= a_1 d_1^2 + a_2 g_1^2 \\ b &= 2 (a_1 d_1 d_2 + a_2 g_1 g_2) \\ c &= (a_1 d_2^2 + 2 a_1 d_1 d_3 + a_2 g_2^2 + a_3 g_1^2) \\ d &= 2 (a_1 d_2 d_3 + a_3 g_1 g_2) \\ e &= a_1 d_3^2 + a_3 g_2^2 \end{aligned}$$

(4) で x を求める

5.1.4 キャノニカル形式から陰関数への変換 (Canonical → Implicit Function)

CadApp の楕円は Canonical 形式(中心座標、長径、短径、回転角)であるが、交点や接点を求める場合には方程式を解いて求めているので、これを陰関数($a x^2 + b y^2 + c x y + d x + e y + f = 0$)に変換する必要があり、下記はその変換係数の求め方である。

$$((x - x_0) \cos(\theta) + (y - y_0) \sin(\theta))^2 / a^2 + (-(x - x_0) \sin(\theta) + (y - y_0) \cos(\theta))^2 / b^2 = 1$$

x_0, y_0 : 楕円の中心座標 θ : 回転角 a : 長径 b : 短径

$$((x - x_0)^2 \cos^2(\theta) + 2 (x - x_0) \cos(\theta) (y - y_0) \sin(\theta) + (y - y_0)^2 \sin^2(\theta)) / a^2 + ((x - x_0)^2 \sin^2(\theta) - 2 (x - x_0) \sin(\theta) (y - y_0) \cos(\theta) + (y - y_0)^2 \cos^2(\theta)) / b^2 = 1$$

$$((x^2 - 2 x_0 x + x_0^2) \cos^2(\theta) + 2 (x y - x_0 y - y_0 x + x_0 y_0) \cos(\theta) \sin(\theta) + (y^2 - 2 y_0 y + y_0^2) \sin^2(\theta)) / a^2 + ((x^2 - 2 x_0 x + x_0^2) \sin^2(\theta) - 2 (x y - x_0 y - y_0 x + x_0 y_0) \cos(\theta) \sin(\theta) + (y^2 - 2 y_0 y + y_0^2) \cos^2(\theta)) / b^2 = 1$$

$$\begin{aligned} & \cos^2(\theta) / a^2 x^2 - 2 x_0 \cos^2(\theta) / a^2 x + x_0^2 / a^2 \cos^2(\theta) \\ & + 2 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 x y - 2 x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 y - 2 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 x + 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 \\ & + \sin^2(\theta) / a^2 y^2 - 2 y_0 \sin^2(\theta) / a^2 y + y_0^2 \sin^2(\theta) / a^2 \\ & + \sin^2(\theta) / b^2 x^2 - 2 x_0 \sin^2(\theta) / b^2 x + x_0^2 \sin^2(\theta) / b^2 \\ & - 2 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 x y + 2 x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 y + 2 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 x - 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 \\ & + \cos^2(\theta) / b^2 y^2 - 2 y_0 \cos^2(\theta) / b^2 y + y_0^2 \cos^2(\theta) / b^2 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \cos^2(\theta) / a^2 x^2 + \sin^2(\theta) / b^2 x^2 \\ & + 2 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 x y - 2 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 x y \\ & + \sin^2(\theta) / a^2 y^2 + \cos^2(\theta) / b^2 y^2 \\ & - 2 x_0 \cos^2(\theta) / a^2 x - 2 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 x - 2 x_0 \sin^2(\theta) / b^2 x + 2 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 x \\ & - 2 x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 y - 2 y_0 \sin^2(\theta) / a^2 y + 2 x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 y - 2 y_0 \cos^2(\theta) / b^2 y \\ & + x_0^2 \cos^2(\theta) / a^2 + 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / a^2 + y_0^2 \sin^2(\theta) / a^2 \\ & + x_0^2 \sin^2(\theta) / b^2 - 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) / b^2 + y_0^2 \cos^2(\theta) / b^2 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & (\cos^2(\theta) / a^2 + \sin^2(\theta) / b^2) x^2 \\ & - 2 \cos(\theta) \sin(\theta) (1 / a^2 + 1 / b^2) x y \\ & + (\sin^2(\theta) / a^2 + \cos^2(\theta) / b^2) y^2 \\ & - 2 ((x_0 \cos^2(\theta) + y_0 \cos(\theta) \sin(\theta)) / a^2 + (x_0 \sin^2(\theta) - y_0 \cos(\theta) \sin(\theta)) / b^2) x \\ & - 2 ((x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0 \sin^2(\theta)) / a^2 - (x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) - y_0 \cos^2(\theta)) / b^2) y \\ & + (x_0^2 \cos^2(\theta) + 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0^2 \sin^2(\theta)) / a^2 \\ & + (x_0^2 \sin^2(\theta) - 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0^2 \cos^2(\theta)) / b^2 = 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \cos^2(\theta) / a^2 + \sin^2(\theta) / b^2 \\ b &= \sin^2(\theta) / a^2 + \cos^2(\theta) / b^2 \\ c &= 2 \cos(\theta) \sin(\theta) (1 / a^2 - 1 / b^2) \\ d &= -2 ((x_0 \cos^2(\theta) + y_0 \cos(\theta) \sin(\theta)) / a^2 + (x_0 \sin^2(\theta) - y_0 \cos(\theta) \sin(\theta)) / b^2) \\ e &= -2 ((x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0 \sin^2(\theta)) / a^2 - (x_0 \cos(\theta) \sin(\theta) - y_0 \cos^2(\theta)) / b^2) \\ f &= (x_0^2 \cos^2(\theta) + 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0^2 \sin^2(\theta)) / a^2 \\ &+ (x_0^2 \sin^2(\theta) - 2 x_0 y_0 \cos(\theta) \sin(\theta) + y_0^2 \cos^2(\theta)) / b^2 - 1 \end{aligned}$$

$$a x^2 + b y^2 + c x y + d x + e y + f = 0$$