

# 目次

## CADTOOLメカニカル 8

### 第1章 CADTOOLメカニカルの導入

1. インストーラの起動	1
2. セットアップ開始	2
3. アンインストールする場合	4
4. アンインストール後の処理	4

### 第2章 コマンドの起動

1. Aコード（オーソライゼーションコード）入力	5
2. ライブアップデート	5
3. コマンド選択メニュー	8
4. チュートリアル	9
5. バージョン情報／アップデート設定	10

### 第3章 基本操作

1. プルダウンメニューとアイコンボタン	11
2. データファイル入出力	11
3. 環境設定	14
4. 個別チュートリアル	18
5. 共通操作	18
6. プレビューと各種出力	18
7. 画面操作	25
8. ダイアログサイズ	27
9. スタートアップ	28
10. UNDO・REDO機能	28
11. 入力アシスタント機能	29
12. 計算メモリ機能	31

### 第4章 ばねの計算

1. 機能概要	33
2. 単位系／材料選択（ばねの計算共通）	33
3. 設計基準選択（圧縮コイルばね）	34
4. 設計データ入力（圧縮コイルばね）	36
5. 計算結果（圧縮コイルばね）	37
6. 設計基準選択（引張コイルばね）	38
7. 設計データ入力（引張コイルばね）	40
8. 計算結果（引張コイルばね）	41

9. 設計基準選択（ねじりコイルばね）	42
10. 設計データ入力（ねじりコイルばね）	43
11. 計算結果（ねじりコイルばね）	44
12. 要目表データ	44
13. ばねの材料データ	46
14. ばねの線径データ	47

**第5章 チェーンの計算**

1. 機能概要	48
2. 伝動条件	48
3. チェーン仕様	50
4. 従動側条件	50
5. チェーン張り条件	51
6. イメージ条件	53
7. データ入出力	54
8. CAD・DXF出力設定	54
9. チェーンデータ	55

**第6章 ベルト長さ計算**

1. 機能概要	57
2. 基本操作	57
3. プーリー移動	59
4. データ入出力	60
5. ベルトデータ	60

**第7章 リンク機構の計算**

1. 機能概要	62
2. D X F 設定データ作成	62
3. D X F 取込	64
4. 節点・軌跡条件	67
5. リンク構成条件	68
6. 駆動・実行条件	69
7. 表示条件設定	72
8. CAD・DXF出力設定	74
9. 計算エラーについて	76
10. リンクサンプルについて	82

**第 8 章 ねじの張力計算**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
- 2. 基本操作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89

**第 9 章 軸の応力計算**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
- 2. 作業補助設定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 91
- 3. 節点・支持条件／荷重条件・・・・・・・・・・・・ 92
- 4. 材質・軸径／断面性能表示・・・・・・・・・・・・ 98
- 5. 計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 100
- 6. 計算条件・単位設定・・・・・・・・・・・・・・・・ 102
- 7. イメージ表示条件・・・・・・・・・・・・・・・・ 104
- 8. データ入出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 105
- 9. 材質データについて・・・・・・・・・・・・・・・・ 106

**第 10 章 軸の動力計算**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 108
- 2. 基本操作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 108
- 3. データ入出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 111

**第 11 章  $GD^2$  の計算**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 113
- 2. 基本操作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 113
- 3. 部品の選定・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 114
- 4. データ入出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 117
- 5. 各種出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 119

**第 12 章 はめあい公差**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 120
- 2. 基本操作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 120
- 3. 便利な機能・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 121

**第 13 章 ベアリング寿命計算**

- 1. 機能概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122
- 2. 基本操作・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122
- 3. 計算結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 123

**第 1 4 章 平歯車の計算**

1. 機能概要	124
2. 基本操作	124
3. 歯数候補選択	127
4. 作図条件	128
5. 中心距離補正	129
6. CAD・DXF出力設定	130
7. 強度計算	131
8. データ入出力	133
9. 各種出力	133

**第 1 5 章 板カムの計算**

1. 機能概要	134
2. 計算条件設定（揺動従節および板カム共通）	134
3. 評価データ／出力条件（以下、板カム計算共通）	138
4. データ入出力	140
5. CAD・DXF出力設定	140
6. 各種出力	141
7. 直動従節	143
8. ラジアン形揺動従節	144
9. タンジェント形揺動従節	145
10. サイン形揺動従節	146
11. リンク形揺動従節	147
12. 任意カム曲線	148

**第 1 6 章 計算用データファイル管理**

1. 計算用データ	151
2. 起動時デフォルトデータ	153
3. データファイルの拡張子の関連づけ	155
4. デスクトップにアイコンを作成	155
5. コマンド起動メニューの情報ウィンドウの処理	156

## 第1章 CADTOOLメカニカルの導入

### 1. インストーラの起動

起動している他のアプリケーションがあればすべて終了してください。またセキュリティソフトが起動している場合は停止または終了しておいてください。次にマスターCD-ROMをドライブに挿入すると、インストール用メニューが自動起動します。インストールメニューが自動起動しない場合は、マイコンピュータ内のCD-ROMドライブをダブルクリックして下さい。



インストールメニューが上手く起動できない場合には、下記より直接セットアッププログラムを実行します。

[スタート] → [ファイル名を指定して実行] をクリックします。

[ファイル名を指定して実行] のウィンドウが表示されます。

[名前] 欄に以下のように入力し、[OK] をクリックします。

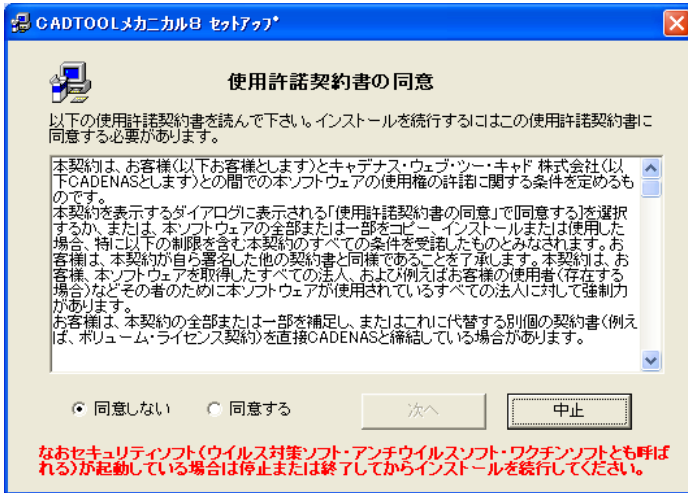
D : ¥ m e c h 8 ¥ s e t u p . e x e (CD-ROMのドライブがDドライブの場合)

なおエクスプローラを起動してCD-ROMのSetup.exeをダブルクリックしてもセットアッププログラムを起動することができます。

※CADTOOLをインストールする時は、必ず Administrator 権限 (コンピュータの管理者) でインストールを行ってください。またセキュリティソフトが起動している場合は停止させてからインストールを行ってください。

## 2. セットアップの開始

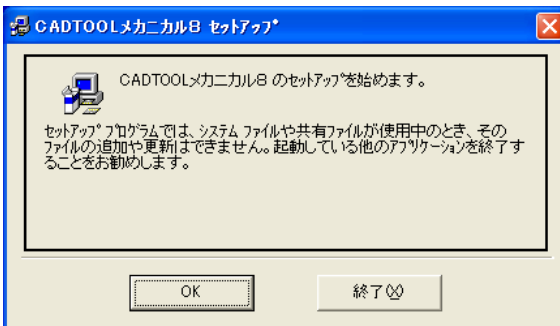
セットアッププログラムが起動すると初期化ファイルのコピーを行った後、ソフトウェア使用許諾契約書の画面が表示されます。



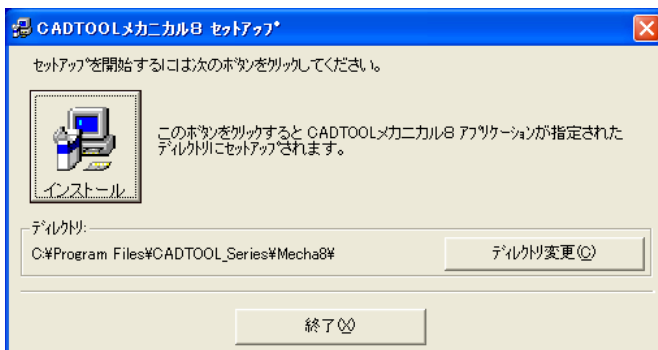
CADTOOLをインストールして使用するにはこの使用許諾契約書に同意する必要があります。スクロールして全ての文書に目を通して同意できる場合はオプションボタンの「同意する」をクリックすると「次へ」のボタンが押せるようになりますので次に進みますがこのダイアログ下段にも表示されているようにセキュリティソフトは必ず停止または終了してからインストールを続行してください。

同意できない場合は「中止」ボタンをクリックしてください。中止すると初期化ファイルが削除されセットアップは中止されます。

続いて「CADTOOLメカニカル8」セットアップ開始画面が表示されます。ここでも終了すると初期化ファイルが削除されセットアップは中止されます。

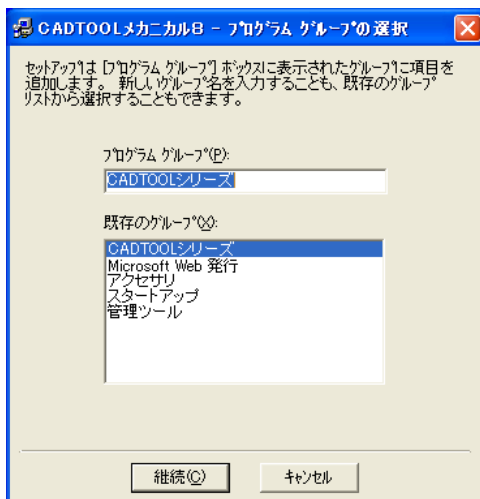


「OK」ボタンをクリックすると次の画面が表示されます。



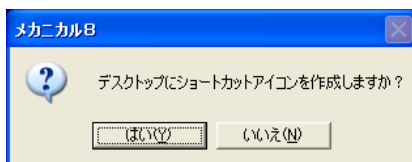
ここで左上の大きなボタンをクリックするとインストールが開始されます。インストール先のフォルダを変更したい場合は「フォルダ変更」ボタンをクリックして変更することができ、変更したフォルダがない場合は新規にフォルダが作成されます。ただしアンインストールする可能性があれば専用のフォルダにインストールするようにしてください。またルートフォルダにはインストールしないで必ずサブフォルダにインストールしてください。通常はこのままでかまいません。

次にプログラムグループを選択する画面が表示されます。



標準の設定では「CADTOOLシリーズ」というプログラムグループが作られそこに「メカニカル8」が追加されるようになっています。ここで「継続」ボタンをクリックするとプログラムのインストールが開始されます。

なお「メカニカル8」ではセットアップの最後に右に示すアイコン作成の問い合わせメッセージが表示されます。



ここで [はい] をクリックするとデスクトップにコマンド選択メニューのショートカットアイコンが作成され、セットアップが完了します。

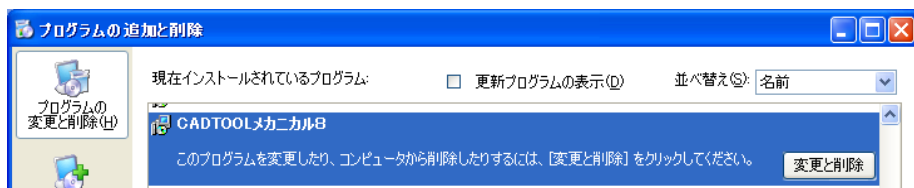
セットアップが完了すると [スタートメニュー] → [プログラム] に [CADTOOL シリーズ] グループが追加され、その中に [メカニカル8] ができます。

なおインストールが完了したら、停止または終了していたセキュリティソフトがあれば起動しておいてください。

## 3. アンインストールする場合

[CADTOOLメカニカル8] のアプリケーションが起動している場合はすべて 終了します。

[スタートメニュー] → [コントロールパネル] をクリックします。[コントロールパネル] のウィンドウが表示されますので [アプリケーションの追加と削除] のアイコンをクリックして次のウィンドウを表示します。



一覧から [CADTOOLメカニカル8] を選択して [変更と削除] ボタンをクリックするとアンインストールできます。

## 4. アンインストール後の処理

[CADTOOLメカニカル8] を実行するとインストールしたフォルダにデータファイルが作られますのでそのフォルダとデータファイルは自動で削除されません。

また [CADTOOLメカニカル8] ではOSがWindows 7またはWindows Vistaかユーザー権限が管理者以外の場合はユーザーフォルダの下に作業フォルダを作ってCAD作図用ドライブ、各種テンポラリーファイルの作成やサンプルデータフォルダやテンプレートフォルダ等をコピーして使うようにしています。標準では下記のパスが作業フォルダになります。

C:\Document and Settings¥\*\*\*\*¥Local Setting¥Application Data¥CADTOOL\_Series¥Mecha8

ここで\*\*\*\*の部分はログオンユーザー一名になりますのでユーザー毎に変わってきます。

インストールしたフォルダと作業フォルダに他のアプリケーションや必要なデータファイルが入っていない場合はアンインストール後にインストールフォルダと作業フォルダを削除してください。



## 第2章 コマンドの起動

### 1. Aコード（オーソライゼーションコード）入力

インストール直後に [スタートメニュー] → [プログラム] → [CADTOOLシリーズ] → [メカニカル8] をクリックして [CADTOOLメカニカル8] を起動すると次のAコード入力ウインドウが表示されます。

ここで同梱のユーザー登録用紙に記載されている [CADTOOLメカニカル8] のシリアル番号とAコードを入力欄に入力して [OK] ボタンをクリックするとそれらが適正なものであればAコードが登録されコマンド選択メニューが表示されます。不適正なものを入力した場合はメッセージが表示されますので再度入力してください。

Aコードが登録されると次回起動時からこのAコード入力ウインドウは表示されません。

Windows 7、Windows Vista、Windows Xp、Windows 2000 上でオーソライズを行ったユーザー権限以外で初めてCADTOOLをご使用の際に再度オーソライズを行う必要があります。また、Guest 権限でCADTOOLをご使用になる時はログイン毎にオーソライズを行う必要があります。

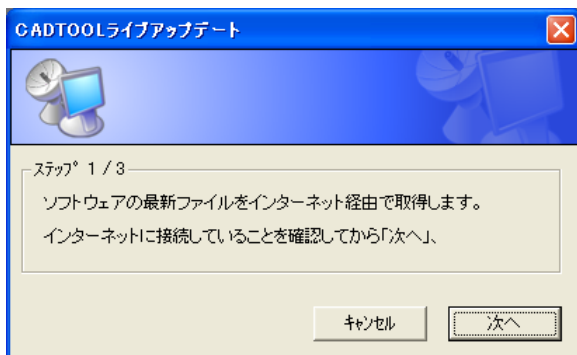
### 2. ライブアップデート

Aコード入力が完了すると初回起動時に次に示す [web2CADソフトウェアのライブアップデート] のウインドウが表示されます。また後で説明する [バージョン情報/アップデート設定] で手動アップデートを実行しても同じウインドウが表示されます。

ここで ライブアップデートを実行するとインターネット経由で最新のファイルを自動的にダウンロードして更新しますのでインターネットに接続されている場合はライブアップデートを実行することを推奨します。

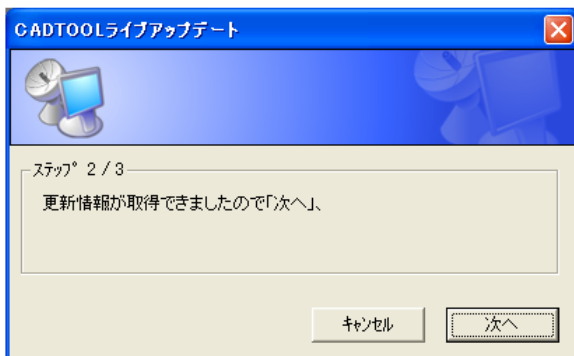
次にライブアップデートの流れを説明します。

「web2CADソフトウェアのライブアップデート」のウインドウで「OK」ボタンをクリックすると次に示すダイアログが表示されますのでメッセージにしたがってインターネットに接続されていることを確認して「次へ」ボタンをクリックします。



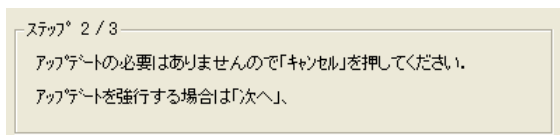
なおWindowsの「ユーザーアカウント制御」のダイアログが表示された場合は「許可」を選択するとこのダイアログが表示されます。

「次へ」ボタンをクリックすると続いてサーバーに最新アップデート版が公開されているかどうか更新情報を確認し、最新アップデート版が公開されている場合は次のダイアログが表示されます。

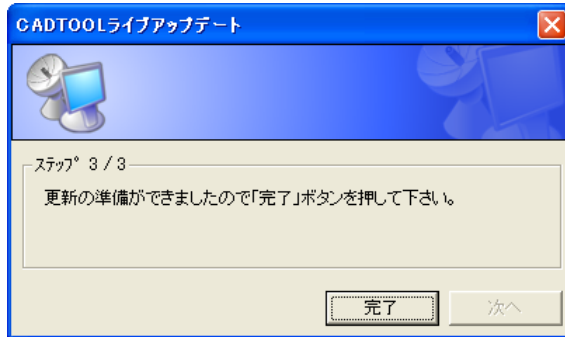


通常はここでも「次へ」ボタンをクリックしてライブアップデートを続けます。

お使いのものが最新版の場合は「ステップ2／3」の内容が次に示したのになります。



通常は [キャンセル] ボタンをクリックしてライブアップデートを終了しますがここで [次へ] ボタンをクリックするとライブアップデートを強行することができます。ここで [次へ] ボタンをクリックするとアップデートプログラムのダウンロードが開始されその進行状況が表示されます。ダウンロードが完了すると右に示すダイアログが表示されます



ここで [完了] ボタンをクリックするとアップデート作業は終了です。ダウンロードした更新ファイルが自動で展開されますのでそれが完了するまでお待ちください。

ライブアップデートを実行するとコマンド選択メニューは一旦終了しますのでアップデートが完了してから再度 [CADTOOLメカニカル8] を起動してください。パソコンを再起動する必要はありません。

[web2CADソフトウェアのライブアップデート] のウインドウで [キャンセル] ボタンをクリックするとライブアップデートを実行しないでコマンド選択メニューのウインドウが表示されますが後で説明する [バージョン情報／アップデート設定] で手動アップデートをしたり自動的にアップデートするように設定することもできます。

ライブアップデートを使用せずにアップデートを行う場合はインターネット (<http://product.web2cad.co.jp/>) の [サポート] ページからアップデート用のファイルをダウンロードしてWindowsエクスプローラなどを使ってアップデートすることができます。

CADTOOLをインストールしているコンピュータがインターネットに接続していない場合などはインターネットに接続しているコンピュータからアップデートファイルをダウンロードしてご利用ください。

また最新アップデートファイルの修正内容やダウンロードの方法なども [サポート] ページに記載してあります。

## 3. コマンド選択メニュー

「CADTOOLメカニカル8」を起動すると次のコマンド選択メニューのウィンドウが表示されます。



ここで実行したいコマンドの名称が表示してあるボタンをクリックするとそれぞれのコマンドのウィンドウが開きます。

“コマンド起動と同時にメニューを終了”がチェックされているとクリックしたコマンドの起動と同時にコマンド選択メニューは終了します。チェックしていない場合は、コマンド選択メニューは終了しませんので起動させたままコマンドの種類を変更して計算することもできますので使用方法に応じて選択してください。

“情報ウィンドウの表示(要インターネット接続)”のチェックボックスをチェックするとメニュー下部に情報ウィンドウが表示されます。インターネットに接続している場合は最新の情報が表示されるようになっていきますので定期的に確認してみてください。

コマンド選択メニューを終了する場合は右上の「×」ボタンをクリックします。

## 4. チュートリアル

コマンド選択メニューの「チュートリアルPDF」ボタンをクリックするとインターネットエクスプローラにチュートリアル起動画面が表示されます。またチュートリアルは pdf 形式なのでAdobe Readerが必要となります。Adobe Readerがインストールされていない場合は「[こちら](#)」をクリックして、Adobe Readerをダウンロードしてインストールしてください。



また「メカニカル8」ではチュートリアルだけでなくマニュアル冊子のPDF版やベテラン設計者から新人向けのノウハウや心得を寄稿していただいた寄稿集『新人機械設計者に伝えたいこと』も開くことができるようになっています。

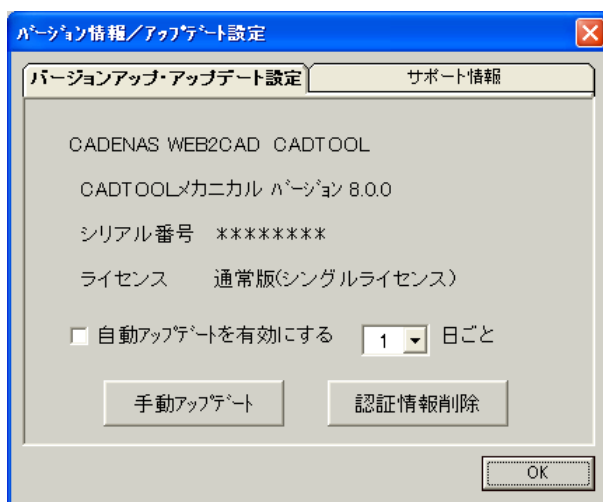
ここで各リンクをクリックするとインターネットエクスプローラのセキュリティ保護機能がポップアップすることがありますので、その場合はポップアップをクリックして“ブロックされているコンテンツを許可”をクリックしてください。

チュートリアルの内容は細かな機能説明は省いて実際の解析の流れを順序立てて解説していますので、先にチュートリアルを見ながら実際に一通り操作してみると基本的な機能が良く分かります。マニュアルはコマンドリファレンスの機能説明が主体になっていますのでチュートリアルを試した上で、マニュアルで細かい機能を確認していくと良いでしょう。

また「メカニカル8」ではコマンド毎の「個別チュートリアル」もありこちらにはそのコマンドが関係する機械要素についての基礎編とそのコマンドのマニュアル部分を抜粋した操作編があります。特に新人設計者は基礎編の用語をキーワードにネット等で検索してさらに深い知識を勉強してベテラン設計者に追いつけるよう頑張ってください。

### 5. バージョン情報／アップデート設定

「バージョン情報／アップデート設定」ボタンをクリックすると次に示すウインドウが表示され、CADTOOLのバージョンやシリアル番号を確認することができますのでサポートを受ける場合はこれらもお伝えください。



また「2. ライブアップデート」で説明したライブアップデートの設定もここで行います。“自動アップデートを有効にする”をチェックするとその右のリストボックスで選択した日ごとに起動時にライブアップデートウインドウが表示され、「手動アップデート」ボタンをクリックしてもライブアップデートウインドウが表示されライブアップデートを行うことができます。

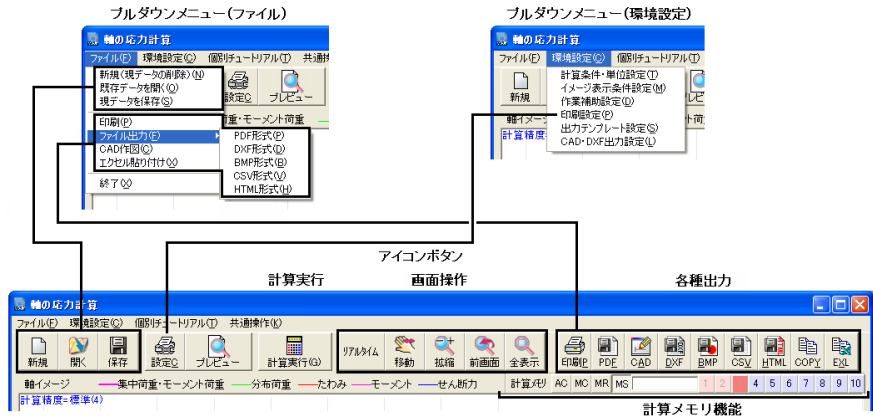
「認証情報削除」ボタンをクリックするとシリアル番号やAコード情報を削除することができます。ライセンスを変更するときなどに使用します。

さらに「サポート情報」タブを開くと発売元のキャデナス・ウェブ・ツー・キャド株式会社のホームページやCADTOOL／ISOTOOLの製品紹介のURL、サポートのメールアドレスなどが確認できます。

## 第3章 基本操作

### 1. プルダウンメニューとアイコンボタン

CADTOOLメカニカルの基本操作はプルダウンメニューとアイコンボタンから実行できるようになっています。次に軸の応力計算のプルダウンメニューとアイコンボタンを示します。



以下、軸の応力計算を基本に説明していきます。コマンドによってはこれらの機能の一部が無いものやこれら以外の機能があるものもありますがそれらについてはコマンド毎の説明を参照して下さい。

ファイル入出力、各種出力の機能についてはプルダウンメニューとアイコンボタンに同じ機能が割り付けられているので使いやすい方を使用してください。

またアイコンボタンの上にマウスを置いておくとボタンの機能説明がポップアップするようになっています。

コマンドの終了はプルダウンメニューの「[ファイル]」にある「[終了]」をクリックするかタイトルバー右の×ボタンをクリックします。「[ファイル]」>「[終了]」でコマンドを終了した場合はダイアログの位置や大きさ、データファイルのパスや環境設定の設定内容が起動時デフォルトデータとしてファイルに保存されるようになっていて、次回起動時に同じ設定内容を再現できるようになっています。さらに設定データも起動時デフォルトデータファイルに保存され、後で説明するスタートアップで「前回終了時の続きからスタート」をクリックすると前回終了時の続きから作業を開始することができます。タイトルバー右の×ボタンでコマンドを終了した場合はこれらの設定は保存されずに終了しますので注意して下さい。

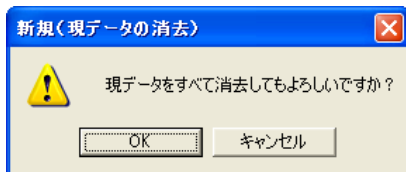
### 2. データファイル入出力



「[ファイル]」>「[新規（現データの削除）]」

このボタン（メニュー）をクリックすると入力したデータをすべて消去して最初からやり直すことができます。

各種の設定は途中でも自由に変更することができますが大きく変わるような場合は一旦データを消去して再入力したほうが速くデータ入力ができる場合がありますのでそのようなときに使ってください。このボタン（メニュー）をクリックすると次に示すメッセージが表示され、[OK] ボタンをクリックすると実際にデータが消去されます。

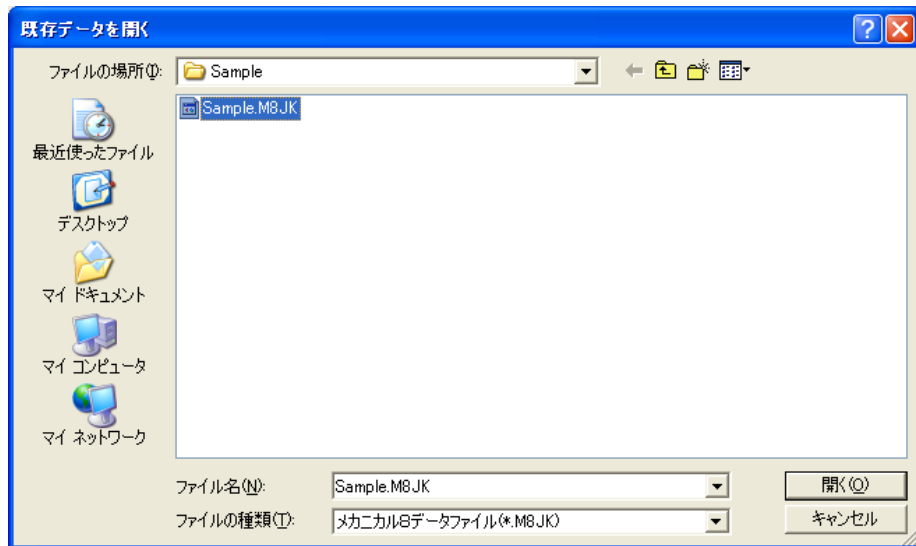


なお新規（現データの削除）を実行すると後で説明するUNDO・REDO機能の情報も消去されるようになっています。



### 【ファイル】 > 【既存データを開く】

このボタン（メニュー）をクリックするとファイル選択ダイアログが表示され過去に保存したデータを読み込んで使うことができます。ここではWindows標準のファイル選択ダイアログが開くようになっています。次に示すものはWindows Xpのファイル選択ダイアログになります。



お使いのWindowsのバージョンによりダイアログのデザインや操作が若干異なりますが操作についての詳細はWindowsのマニュアル等を参照して下さい。

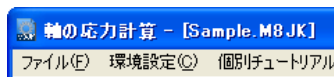
データファイルはそれぞれのコマンドで個別の拡張子が決まっています、選択したファイルの場所に該当するデータがある場合はファイルリストに表示されます。



〔CADTOOL メカニカル 8〕をインストールするとそのフォルダの下に¥Sampleというフォルダが作られサンプルデータが入っています。またデータファイル入出力や各種ファイル出力のデフォルトのパスもこのフォルダになっています。

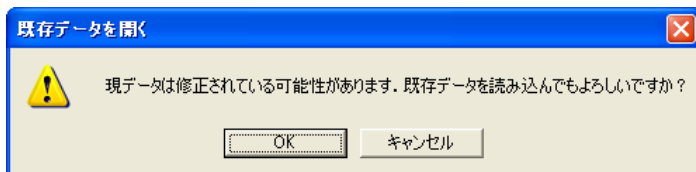
ここに示すものは軸の応力計算でサンプルファイルを選択した例です。表示されたファイルをクリックするとファイル名の欄にファイル名が表示されます。

既存データを読み込むと右に示すように読み込んだファイル名がタイトルバーに表示されると同時に設定データが表示されるようになっています。



サンプルデータなど設定が完了しているデータを読み込んだ場合で〔計算実行〕ボタンがあるコマンドではそのまま〔計算実行〕ボタンをクリックすると計算できるようになっています。〔計算実行〕ボタンのないコマンドではデータを読み込んだ時点で計算が自動実行され計算結果が表示されるようになっています。

データを編集している場合はファイル選択ダイアログが表示される前に次のメッセージが表示されここで〔OK〕ボタンをクリックするとファイル選択ダイアログが表示されるようになっています。



編集中的数据を取っておきたい場合は一旦ここでキャンセルして先にデータを保存しておいてから既存データを読み込んでください。

なお既存データを読み込んだ場合も後で説明するUNDO・REDO機能の情報が消去されるようになっています。



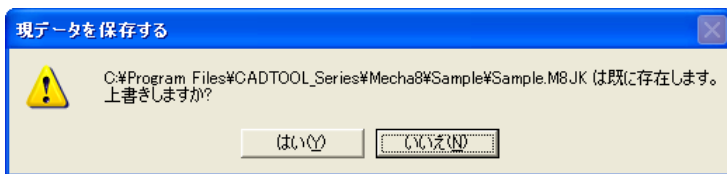
### 〔ファイル〕 > 〔現データの保存〕

このボタン（メニュー）をクリックすると現データ保存ダイアログが表示され現データをファイルに保存することができます。

保存の場合もWindows標準のファイル選択ダイアログを使い、基本的な操作は既存データを開く場合と同じです。また直前に読み込みや保存を行ったドライブとフォルダがデフォルトとして表示されるようになっています。さらに既存データを読み込んでいる場合はそのファイルがデフォルトで選択されるようになっています。

データを保存するときはファイル名入力欄にファイル名を入力します。このとき拡張子は実行中のコマンドに対応したものが自動的に付くので拡張子は不要です。

保存ボタンをクリックすると保存されますが既に同じ名前のファイル名がある場合は次のメッセージが表示され「はい」をクリックすると上書きされます。

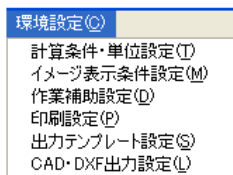


データを保存した場合もタイトルバーにファイル名が表示されます。また計算に関係する各種設定や出力時のタイトルやコメント等も同じデータファイルに保存されるようになっていきます。

また後で説明する各種ファイル出力でも拡張子やファイルの種類は異なるものの同じWindows標準のファイル選択ダイアログを使っており操作も同じになっています。

### 3. 環境設定

プルダウンメニューの「環境設定」の各メニューではそれぞれの設定ダイアログが表示され設定を行います。ここで右の上3つのメニューは軸の応力計算コマンドの固有のものになるのでここでは共通で使われることが多い下3つのメニューについて説明します。



#### 【環境設定】 > 【印刷設定】

これはコマンドボタンの「設定」ボタンを押した場合と同じで計算実行前は次に示す印刷設定ダイアログが表示され計算実行後はこのダイアログの右側に計算書のプレビューが表示されるようになっています。

ここではファイル名や日付を出力するかどうかや出力タイトル、出力コメントの出力設定、および計算書のイメージ設定、ページ設定、行を色分けするかどうか、計算書の各項目の出力位置などを設定した出力テンプレートの選択、複数ページの時に1枚に複数ページを印刷するかどうかの印刷レイアウト、使用するプリンタの情報とプリンタ設定が行えるようになっています。



ここの出力設定のファイル名・日付、出力タイトルや出力コメントはPDF出力、CSV出力、HTML出力にも反映されますので必要に応じてそれらを出力する前にここで設定しておいてください。

また前述のように計算実行後はプレビューも表示されここから印刷もできるようになっています。

#### 【環境設定】 > 【出力テンプレート設定】

これは印刷設定ダイアログの出力テンプレートにある「設定」ボタンを押したときと同じ出力テンプレート設定ダイアログが表示されます。

ここでは計算書の出力種類毎にタブで分けられていて各出力項目のカラム幅を指定していくことで、左詰で各出力項目の位置を決めています。計算書はA4を基本としていてカラム幅はmm単位の値となります。カラム幅の下には左端からの位置が表示されます。

各タブに“全て出力しない”のチェックボックスがある場合にそれをチェックするとそのタブの項目は出力されないようになっています。

出力テンプレート設定

タイトル

基本データ | 節点データ | 材料条件 | 軸径・断面性能 | 最大値 | たわみ・応力 | ねじり関係

☐ 全て出力しない

	総節点数	総重量	自重条件	Gv	計算精度
カラム幅	<input type="text" value="22"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="45"/>
位置	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="22"/>	<input type="text" value="67"/>	<input type="text" value="112"/>	<input type="text" value="157"/>

「設定を保存する」ボタンをクリックすると次に示すダイアログが表示されます。

テンプレートを保存する

ファイル名

タイトル

保存先は「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下に作られる¥Templateで固定ですのでドライブやフォルダの選択はありません。また拡張子も決まっております。

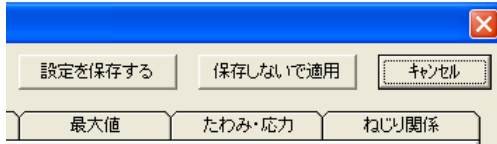
ベルトの長さ計算 : MS B  
 リンク機構の計算 : MS L  
 軸の応力計算 : MS J  
 軸の動力計算 : MS P  
 $GD^2$  の計算 : MS Q  
 平歯車の計算 : MS G  
 板カムの計算 : MS C (板カムコマンド共通)

になっています。

インストール時にはファイル名がDefault.\*\*\*のものがそれぞれコピーされていますが最低一つは出力テンプレートファイルが無いと出力できなくなるのでDefault.\*\*\*は削除しないで下さい。またこのダイアログでもファイル名がDefaultの場合は保存できませんので名前を変えて保存して下さい。またこのコメントが印刷設定の出力テンプレート選択時に表示されますのでどのような設定をしたのか分かりやすい名称を付けておくとう良いでしょう。

〔設定を読み込む〕 ボタンをクリックした場合も保存時と同様のダイアログが表示され、ファイルを選択してそのファイルの設定を編集することができます。

印刷設定ダイアログから出力テンプレートの〔設定〕 ボタンを押して出力テンプレート設定ダイアログを表示した場合は〔保存しないで適用〕 ボタンが表示され編集した設定で出力することができますが印刷設定ダイアログを閉じてしまうとその設定は残らないので常時使う設定は保存しておいてください。



なおCSV出力、HTML出力、エクセル貼り付けにはこの出力テンプレートの設定は反映されません。

またここで拡張子を紹介した以外のコマンドでは出力項目数が少ないのでテンプレートファイルを使わずに印刷設定のダイアログでカラム幅が設定できるようになっています。

### 〔環境設定〕 > 〔CAD・DXF出力設定〕

このメニューをクリックすると次に示すダイアログが表示されます。ここではCAD通信設定、レイヤ名、色番号を設定します。



- ・ **CAD通信設定**：コマンドメニューのCAD通信設定と同じ機能で、ここでコマンド起動中に作図先のCADを変更することができます。ただしコマンドメニュー起動中にここでCAD通信設定を変更してもコマンドメニューのCAD通信設定は変わらないので恒久的にCAD通信設定を設定したい場合はコマンドメニューのCAD通信設定を設定してください。

- ・**レイヤ名色番号**：CAD作図、DXF出力要素についてレイヤ名、色番号を設定することができます。なおCADによってレイヤ名と色番号の扱いが異なるのでそれぞれのCADのマニュアル等で確認してください。なおコマンドによっては作図要素を分けて個別にレイヤ名、色番号を設定できるようになっているものもあります。

## 4. 個別チュートリアル

プルダウンメニューの「個別チュートリアル」ではそのコマンドに関連した機械要素の基礎編とコマンドの操作をまとめたPDFファイルが表示されます。

## 5. 共通操作

プルダウンメニューの「共通操作」では全体のコマンドに共通の操作をまとめたPDFファイルが表示されます。

## 6. プレビューと各種出力



### 【環境設定】>【印刷設定】

計算実行後にこのボタンをクリックするかプルダウンメニューの「環境設定」から「印刷設定」をクリックすると次に示すダイアログが表示されます。

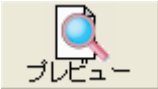


右側に表示されるプレビューは計算書やPDFの出力イメージでダイアログを大きくすると大きく表示することができます。またプレビュー上部のボタンで拡大して表示したり、ページを変えたりすることができます。

- **出力設定**：ファイル名+日付の出力設定や出力タイトル、出力コメントを入力します。
- **ページ設定**：フォントサイズや行間、各余白を設定します。行間は変な位置で改ページされるような場合の調整に使うと便利です。  
先の出力設定やこのページ設定を変更しても直ちにはプレビューには反映されません。これらの設定を変更すると「印刷実行」ボタンがグレイアウトして押せなくなり、グレイアウトしていた「プレビュー更新」ボタンが押せるようになりますので設定が完了したら「プレビュー更新」ボタンをクリックします。
- **イメージ設定**：イメージの「カラー」と「モノクロ」の色の切り換えとイメージの縮尺を選択します。カラーを選択している場合はメインのダイアログのイメージが拡縮や移動していてもそのまま計算書にBMP形式で出力され、モノクロを選択するとVer5と同様のシャープな線図でイメージの拡縮や移動に関係なく図形全体が自動で縮尺されて表示されます。
- **イメージ位置**：計算書のイメージの表示位置を中央か左寄せにすることができます。イメージが小さなもので計算結果の出力項目も少ない場合は左寄せにした方がイメージと計算結果を同時に確認しやすくなります。
- **行色分け**：節点数や要素数が多く計算結果の横の並びがわかりにくい場合には行色分け機能で一行毎に背景色を付けると横の並びが分かりやすくなります。これも自動でプレビューが更新されるようになっています。
- **出力テンプレート**：「環境設定」>「出力テンプレート設定」で説明した出力テンプレートの設定ファイルが複数ある場合はこのリストボックスで設定を切り換えてプレビューを自動で更新します。またここにある「設定」ボタンをクリックするとプルダウンメニューの「出力テンプレート設定」で説明した出力テンプレート設定ダイアログが表示されません。
- **「印刷レイアウト」**：計算書の2ページあるいは4ページで1枚に印刷したい場合に設定します。構造解析6の計算書はA4縦で出力することを基本にデザインしていますがA4以外の用紙でも印刷することができます。プリンタ設定の印刷の向きが縦の場合で、印刷レイアウトが「標準（1ページ/枚）」の場合ではA4縦のイメージが用紙に合わせてそのまま拡縮されて印刷されます。「4アップ（4ページ/枚）」が選択されている場合は計算書4ページ分が1枚の用紙に印刷され、印刷する順序により2つのボタンがあります。

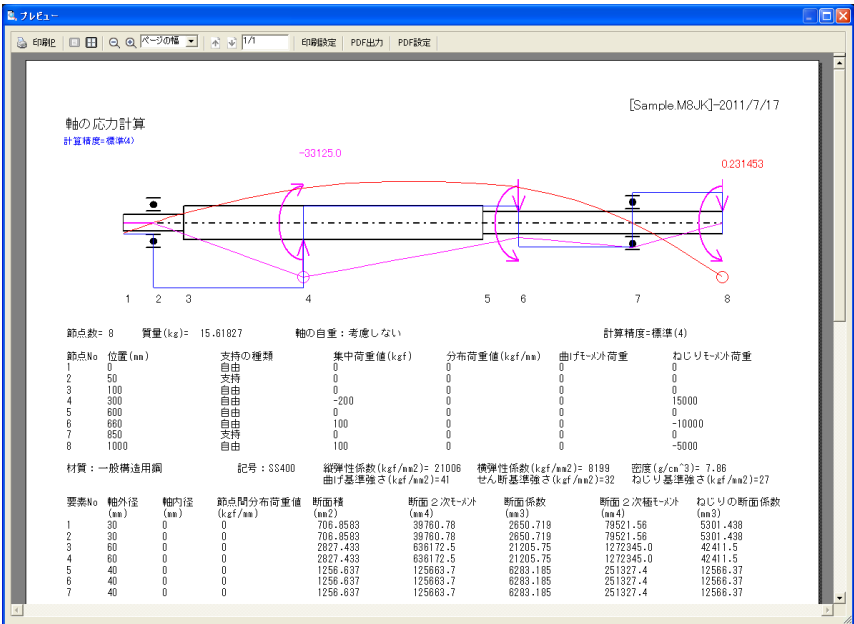
プリンタ設定で印刷の向きを横にすると印刷レイアウトで〔2アップ（2ページ／枚）〕が選択され、横に計算書が2ページ分並べて印刷されます。例えば用紙がA3横の場合はA4縦を横に2ページ分並べたように印刷されます。このように印刷レイアウト機能を使えばページ数の多い計算結果でも少ない枚数で印刷することができます。なおプリンタによってはプリンタドライバに機能を備えているものもありますので使いやすい方を使って下さい。

- ・ **プリンタ情報**：現在の出力先のプリンタの情報が表示されています。この〔プリンタ設定〕このボタンをクリックするとプリンタ名や用紙、印刷の向きを選択するダイアログが表示され、印刷条件を変更することができます。  
以上の設定が良ければ〔印刷実行〕ボタンをクリックして印刷を開始することができます。また〔フルプレビュー〕ボタンをクリックすると次で説明するプレビューだけのウィンドウ表示に切り換えることもできます。〔設定完了〕ボタンをクリックすると変更した設定を保存してダイアログを閉じます。ただし出力テンプレート設定を変更して〔保存しないで適用〕ボタンをクリックした場合はその設定は保存されませんので注意して下さい。



(フルプレビュー表示)

計算実行するとこのボタンが押せるようになり、このボタンをクリックすると次のようにダイアログ全体にプレビューが表示されます。





プレビューの表示条件は印刷設定で設定した条件となります。またダイアログ上部の「印刷設定」メニューをクリックすると印刷設定ダイアログに表示を切り換えることができます。

また左端の「印刷」メニューをクリックするとWindows標準の印刷設定ダイアログが表示されページや部数を指定して印刷ができるようになります。

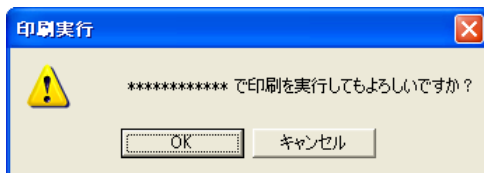
「PDF出力」メニューをクリックするとパスワード無しのPDF形式のファイルを出力し「PDF設定」メニューをクリックすると次で説明するPDF出力設定ダイアログに表示を切り換えることができます。

また計算結果のタブにある計算結果表示欄は表示スペースが限られていますが、このプレビュー画面はダイアログ右上の最大化ボタンで画面一杯に表示することもでき、マウスでドラッグしたりホイールマウスのホイールを回転させることで簡単にスクロールでき計算結果の確認にも利用できます。さらに業務内容に対応した計算結果確認用の出力テンプレートを設定しておくことでより分かりやすく計算結果の確認ができるようになるでしょう。フルプレビューを閉じる場合は右上の×ボタンをクリックします。



#### 【ファイル】 > 【計算書印刷】

このボタン（メニュー）をクリックすると次に示す印刷を実行するプリンタ名の確認メッセージ（\*\*\*\*\*はプリンタ名が表示される）を表示して「OK」ボタンをクリックすると規定の印刷設定で直ちに印刷が実行されます。



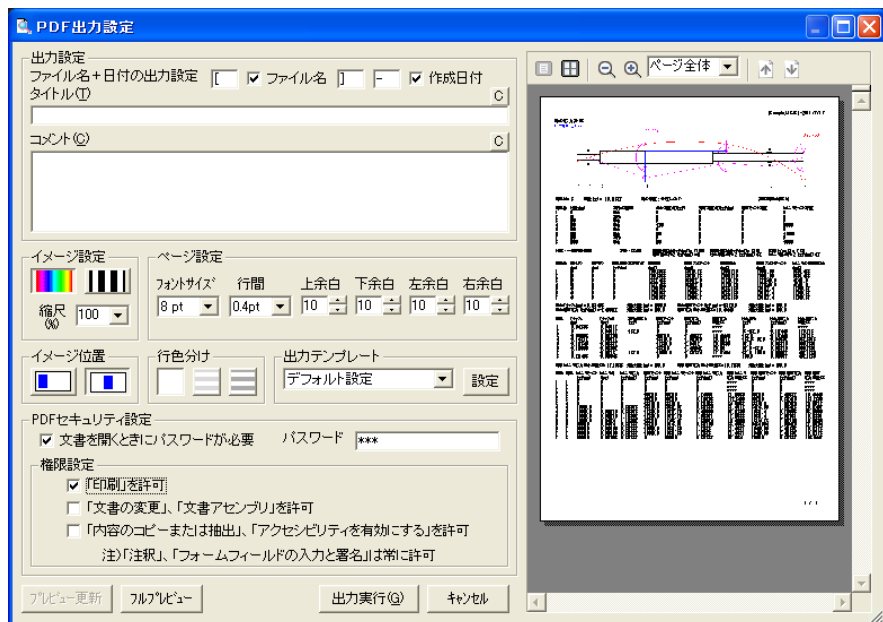
特に印刷設定を変更する必要のない場合はこの機能で計算書を素早く印刷することができます。



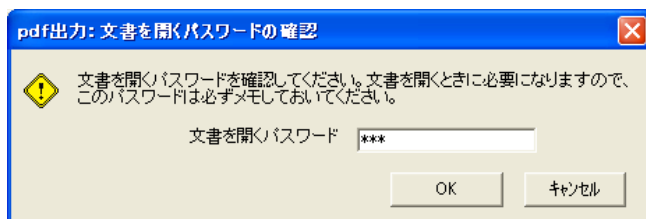
#### 【ファイル】 > 【ファイル出力】 > 【PDF形式】

この機能ではAdobe®PDF形式で計算書を出力することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると次に示すPDF出力設定ダイアログが表示されます。プレビューおよび左上半分は印刷設定ダイアログと同じものになっているので操作についてはそちらを参照して下さい。左下がPDFセキュリティ設定になっています。ここでPDFファイルにパスワードをかけるかどうかとパスワードをかけた場合の権限が選択できます。



“文書を開くときにパスワードが必要”をチェックした場合はパスワードを入力して下さい。入力したパスワードは\*\*\*で表示され、[出力実行] ボタンをクリックしたときに次に示すように再度パスワードの確認ダイアログが表示され、同じパスワードを入力しないと出力ができないようになっています。



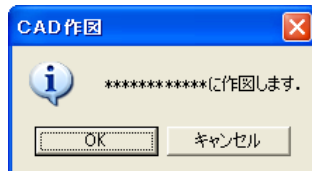
PDFセキュリティ設定をしないで[出力実行] ボタンをクリックしたときや右のダイアログでパスワードの再確認ができた場合は[現データの保存]と同じファイルの保存先、ファイル名を入力するファイルの保存ダイアログが表示されますので保存先を選択してファイル名を入力して出力を実行します。拡張子は自動的にPDFが付けられますので拡張子の入力はありません。



### 【ファイル】 > 【CAD 作図】

この機能では計算結果のイメージをCADで直接作図することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると右に示すメッセージが表示されてCAD通信設定で設定したCADの名称が\*\*\*\*\*に表示されます。またCAD通信設定が「使用しない」になっているとボタンやメニューが使えないようになっています。



ここで「OK」ボタンをクリックするとCADに作図します。各作図要素のレイヤ名、色番号はあらかじめ環境設定の「CAD・DXF出力設定」で設定しておいてください。

その後の操作はCADによって異なり、例えばAutoCADでは一旦作図された図形がマウスに付いてドラッグするので配置点を指示します。図脳2DCADでは先に配置点を指示するとその位置に作図するようになります。



### 【ファイル】 > 【ファイル出力】 > 【DXF形式】

この機能では計算結果のイメージをDXF形式の図形ファイルに出力することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると「現データ保存」と同じファイルの保存ダイアログが表示されますので、保存する場所を選択しファイル名を入力して「保存」ボタンをクリックするとDXFファイルが出力されます。

DXF形式とはCADのデータ交換用のフォーマットなのでCAD通信機能で作図できないCADに取り込みたい場合は一旦、DXFファイルに出力してから読み込んでください。各作図要素のレイヤ名、色番号はあらかじめ環境設定の「CAD・DXF出力設定」で設定しておいてください。



### 【ファイル】 > 【ファイル出力】 > 【BMP形式】

この機能では計算結果の表示されたイメージをBMPファイルに出力することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると「現データ保存」と同じファイルの保存ダイアログが表示されますので、保存する場所を選択しファイル名を入力して「保存」ボタンをクリックするとBMPファイルが出力されます。



### 【ファイル】 > 【ファイル出力】 > 【CSV形式】

この機能では計算結果の数値をCSV形式のテキストファイルに出力することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると「現データ保存」と同じファイルの保存ダイアログが表示されますので、保存する場所を選択しファイル名を入力して「保存」ボタンをクリックするとCSVファイルが出力されます。

CSV形式の出力でも計算書と同様にファイル名と作成日付、タイトル、コメントの出力ができるようになっていきますのであらかじめプルダウンメニューの[環境設定] > [印刷設定] か [設定] ボタンをクリックして印刷設定ダイアログを開きその出力設定で設定しておきます。

CSV形式とは表計算ソフトに対応したテキストファイル形式で上記のように自動的に区別されて読み込むことができる形式です。また表計算ソフトがなくてもメモ帳等のテキストエディタで開いて見ることもできます。

なおCSV出力は出力テンプレートの設定に関係なく全ての計算結果が出力されるようになっています。



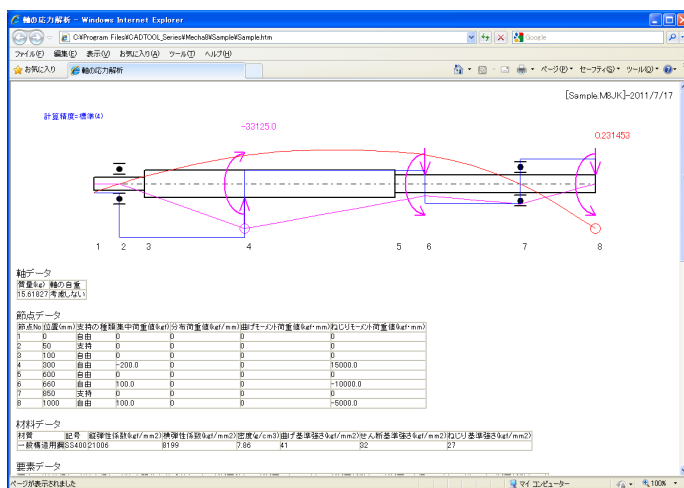
## [ファイル] > [ファイル出力] > [HTML形式]

この機能では計算結果のイメージと数値をHTML形式のファイルに出力することができます。

このボタン（メニュー）をクリックすると[現データ保存]と同じファイルの保存ダイアログが表示されますので、保存する場所を選択しファイル名を入力して[保存]ボタンをクリックするとHTMLファイルが出力されます。拡張子は自動的にHTMが付くようになっており、イメージ表示用に同名で拡張子がBMPの画像ファイルも出力されます。同名名前のBMPファイルがある場合は上書きされますので注意して下さい。

HTML形式の出力でもCSV形式の出力と同様にファイル名と作成日付、タイトル、コメントの出力ができるようになっていきますのであらかじめプルダウンメニューの[環境設定] > [印刷設定] か [設定] ボタンをクリックして印刷設定ダイアログを開きその出力設定で設定しておきます。

HTML形式とはウェブブラウザで読み込める形式で、次にインターネットエクスプローラで読み込んだ例を示します。



このように画像と計算結果をウェブブラウザの画面上で表示することができ、全体の大きさや文字の大きさなどはある程度ブラウザ側で変更できるので見やすいように表示できます。また最近のワープロソフトでは直接、読み込みもできるのでワープロの文書として管理することもできます。この際、画像のリンクを外して文書に保存するようにしておくくと管理が容易になります。ワードの場合は編集→リンクの設定→文書に図を保存をクリックします。

HTML出力で計算結果をHTML形式に変換するには [CADTOOL メカニカル 8] をインストールしたフォルダにコピーされる、\*\*\*\_HTML\_Set.txtと\*\*\*\_HTML\_Table.txtの2つのファイルを参照しながらキーワードの部分を計算結果に置き換えて変換していきます。（\*\*\*には各コマンド名から取った文字が入ります）

前者が全体のフォーマットを設定し後者は表のフォーマットを設定しています。HTMLの知識があれば特に難しいフォーマットではないのでこれらのファイルを編集して表示形式を変更することも可能です。それぞれのファイルにはコメントが入っていますのでそれらを参照しながら編集してみてください。



#### （コピー）

この機能では計算結果をクリップボードにコピーします。

どのようにコピーされるかはこのコピー内容が次で説明するエクセルに貼り付け機能で貼り付けられますのでそこで確認して下さい。



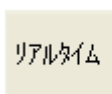
#### 【ファイル】 > 【エクセル貼り付け】

この機能では計算結果をクリップボードにコピーしてからエクセルを起動して貼り付けることができます。

CSV形式で出力してエクセルで読み込むのと同じことを簡単に行えます。既に起動しているエクセルがある場合でも新規にエクセルを起動するようになっています。

## 7. 画面操作

アイコンボタンとマウス操作によりイメージを移動したり拡大縮小したりすることができます。以下、その操作について説明します。



#### 移動・拡大縮小モード

アイコンボタンの [リアルタイム] あるいは [クリック] と表示されているボタンが移動・拡大縮小モードになります。このボタンはクリックする毎に表示が入れ替わるようになっており、選択したモードにより移動・拡大縮小の操作が異なります。



### 移動

イメージを移動したい場合は「移動」ボタンを押してからマウスをイメージの上  
に持っていきます。マウスアイコンが手の形に変わりますのでマウス左ボタンを  
押してマウスアイコンがグーになった状態でドラッグします。

リアルタイムモードの時はグーのマウスアイコンにイメージが付いて移動します。

クリックモードの時はマウス左ボタンを押した位置からラバーバンド（仮表示線）が表示さ  
れマウス左ボタンを離れた位置に移動します。



### 拡大縮小

イメージを拡大縮小したい場合は「拡大縮小」ボタンを押してからマウスをイメージの上  
に持っていきます。マウスアイコンがループの形に変わりますのでマウス左ボタ  
ンを押してドラッグします。

リアルタイムモードの時は上にドラッグするとリアルタイムでイメージが拡大され、下にド  
ラッグすると縮小します。

クリックモードの場合はマウス左ボタンを押した位置からラバーバンドの窓が表示され右に  
ドラッグしてマウス左ボタンを離すと窓の範囲がイメージ枠一杯に拡大され、左にドラッグ  
して離すとイメージ枠全体が窓の範囲に収まるように縮小されます。

リアルタイムモードはマウスの動きに対してリアルタイムでイメージが移動・拡大縮小するの  
で分かりやすいですが図形要素が多い場合やマシンの処理速度が遅い場合に動きが重たくなる  
場合があります。一方、クリックモードはマウス左ボタンを離れた時点で移動・拡大縮小の処理  
を行うのでスピーディに移動・拡大縮小ができますので使い勝手に合わせてモードを選んで使っ  
てください。

なおイメージ上でマウス右ボタンをクリックすると移動や拡大縮小ボタンが浮いて画面操作処理  
が終了します。



### 前画面

イメージの移動や拡大縮小を行うと薄く表示されて見えなかった「前画面」ボタンの  
アイコンが正常に表示されるようになります。このときに「前画面」ボタンをク  
リックすると移動・拡大縮小を行う一つ前の画面にイメージの状態を戻すことができ、最大で  
10操作前の画面に戻すことができます。



### 全表示

〔全表示〕ボタンをクリックすると移動・拡大をリセットしてデフォルトのイメージ表示に戻すことができます。

### ホイールマウスによる画面操作

前述の画面操作の他にホイールマウスを使っている場合はイメージの上にマウスを持っているホイールを回転させるとリアルタイムの拡大、ホイールボタンを押したままドラッグするとリアルタイムの移動を行うことができます。ただしOSやホイールマウスの設定、その他パソコン環境によっては正常に動作しないことも考えられるのでその場合は前述の画面操作を使って下さい。

## 8. ダイアログサイズ

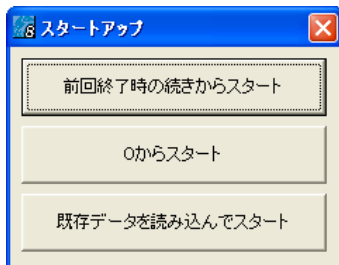
各コマンドのメインのダイアログは他のWindowsアプリケーションと同様にタイトルバー右のボタンで最大化、アイコン化できるようになっています。またダイアログ右下の角をマウスアイコンが斜め矢印になった状態でドラッグすると任意の大きさに大きくすることができます。

初回起動時には最小の画面サイズでダイアログが表示されますので必要に応じてダイアログ右下をドラッグして大きさを調整してください。メインのダイアログを大きくした場合はなるべくイメージ領域を大きく取れるようにイメージ領域も自動で広がります。ただしデータ入力参考図など大きさの変わらないものもあります。また初回起動時の大きさ以下にすることはできず、コマンド個別の説明では最小の大きさのダイアログを使っています。

ダイアログの大きさと表示位置はプルダウンメニューの〔ファイル〕＞〔終了〕でコマンドを終了したときにデータファイルに保存されるようになっており次回起動時には終了時と同じ位置、大きさと起動されるようになっています。

## 9. スタートアップ

“ねじの張力計算”や“はめあい公差”などのデータ入出力機能のないコマンド以外ではコマンド起動時に次に示すスタートアップダイアログが表示されます。



新規にデータを設定して計算したい場合はスタートアップで「0からスタート」をクリックします。この場合はデータ入出力の「新規（現データの削除）」を実行したときと同じく設定データがクリアされた状態でコマンドが起動します。

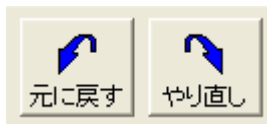
また前に説明したようにプルダウンメニューの「ファイル」>「終了」でコマンドを終了すると終了時の設定内容が保存され、スタートアップの「前回終了時の続きからスタート」ボタンが使えるようになり、前回終了時の続きから作業を進めることができます。

「既存データを読み込んでスタート」をクリックするとデータ入出力の「既存データを開く」とときと同じファイル選択ダイアログが表示され、ここで既存データを選択して開くと既存データを読み込んでコマンドが起動します。

右上の×ボタンをクリックするとコマンドを終了します。

## 10. UNDO・REDO機能

“はめあい公差”や“計算用データファイル管理”を除き配置場所は異なりますが右に示すボタンが付いています。



このボタンのあるコマンドで計算に関係する入力データを変更すると左の「元に戻す」ボタンが使えるようになりクリックするとその入力データが変更前に戻ります。この機能をUNDO（アンドゥ）と呼びます。またUNDOを実行すると右の「やり直し」ボタンが使えるようになりクリックするとUNDOで変更前に戻った入力データがUNDO実行前の状態に戻ります。これをREDO（リドゥ）と呼び、両方を合わせてUNDO・REDO機能と呼びます。この機能は計算条件の入力データの数値や条件選択等に有効な機能でそれ以外の表示条件や出力条件にはUNDO・REDO機能は有りません。



またUNDO・REDOの回数は無制限ですが前述の〔新規（現データの削除）〕〔既存データを開く〕を実行したとき、および単位系が選択できるコマンドで単位を切り換えたときにはUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされます。

なおUNDOはキーボードからCtrl+Z、REDOはCtrl+Yを入力しても実行できるようになっています。

## 1.1. 入力アシスタント機能

右に“軸の応力計算”の例を示しますが各コマンドの計算条件で数値の入力欄の右にある[>] ボタンの上にマウスを持っていくと“入力アシスタントを開きます”と表示されます。

節点 No	X座標 (mm)	支持の種類	集中荷重 (kgf)	分布荷重 (kgf/mm)
1	0	自由	0	0
2	50	支持	0	0
3	100	自由	0	0
4	300	自由	-200	0
5	600	自由	0	0

このボタンをクリックすると次に示す入力アシスタントのダイアログが表示され、ここでいろいろな方法で数値を編集して元の入力欄の数値に反映することができます。

**X座標 入力アシスタント (元の値= 50)**

基準値

50

1つだけ四則演算記号を入力でき、Enterキーで計算を実行します。

+ 1000 - + 1 -  
 + 100 - + 0.1 -  
 + 10 - + 0.01 -

元の値 クリア

丸め桁数 0.001

図面寸法から基準値取得

寸法取得CAD DXFVIEWER 要素指示 2点指示

取得情報

X寸法 実長  
Y寸法 角度

※[△]ボタンで所定の桁に丸めて基準値に反映

適用して戻る

キャンセル

DXFVIEWER起動

入力アシスタントのタイトルバーには項目名と元の値が表示され、マイナス値を受け付けられない項目の場合は右に示すように“マイナス不可”も表示されます。

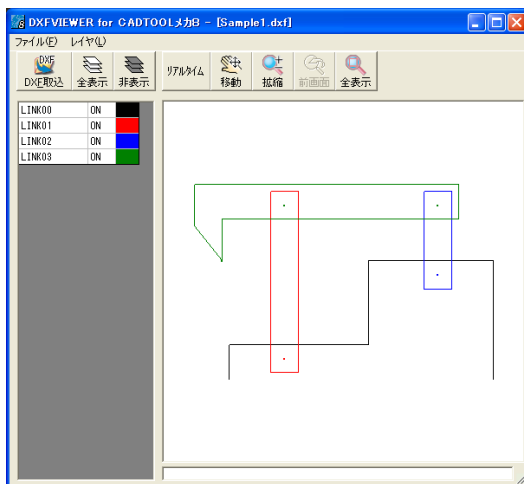
軸外径 入力アシスタント (元の値= 30) マイナス不可

入力アシスタントの基準値には元の値が表示されて、ここで直接数値を変更することができますが次に説明するような便利な機能があります。

- ・基準値入力欄で四則演算記号を入力して計算させることができます。使える四則演算記号は1つのみでEnterキーで計算を実行します。
- ・[+] [-] ボタンで間に表示されている数だけクリックする毎に基準値を増減することができます。[クリア] ボタンで基準値を0にすることができるのでこれらを組み合わせてマウス操作だけで希望の数値にすることもできます。また[元の値] ボタンでタイトルバーに表示されている元の値に戻りますので何度でもやり直しができます。
- ・丸め桁数を選択すると選択した桁数に元の値を丸めて基準値に表示します。また四則演算を行った場合も選択している丸め桁数に丸めて表示し、丸め桁数を変更するとそれに応じた丸めを行います。
- ・CAD図面を参照して図面から取得した寸法から基準値を設定することができます。図面からの寸法取得に対応しているCADはAutoCADと図脳2DCADで図面から寸法取得したい場合はそれらのCADを起動して参照したい図面を読み込んでおいて寸法取得CADで起動したCADを選択しておきます。それ以外のCADを使っている場合は寸法取得CADに[DXFVIEWER]を選択すると右側に[DXFVIEWER起動] ボタンが表示されるのでこのボタンをクリックしてDXFVIEWERを起動し参照したいDXFファイルを読み込んでおきます。右下にDXFVIEWERを起動し“リンク機構の計算”のSample1.DXFを読み込んだ例を示します。

なお既にDXFVIEWERを起動している場合は[DXFVIEWER起動] ボタンは表示されませんのでタクスポー等で状態を確認して必要な図面を読み込んでおいてください。

CADやDXFVIEWERの準備ができたら続いて入力アシスタントの[要素指示] か [2点指示] ボタンをクリックすると操作の手順を示すメッセージが表示されますのでそれに従って要素を指示したり2点を指示します。



正常に図形情報が取得されると右に示すように入力アシスタントの中の取得情報にX寸法、Y寸法、実長、角度が表示されますので、その中の基準値として使いたい数値の右にある「△」ボタンをクリックします。

図面寸法から基準値取得

寸法取得CAD DXFVIEWER 要素指示 2点指示

取得情報

X寸法	100	△	実長	118.819038	△
Y寸法	80	△	角度	80.983757	△

※[△]ボタンで所定の桁に丸めて基準値に反映

このボタンをクリックすると丸め桁数で選択している桁に丸めて基準値に反映するようになっています。なお図面寸法とは関係ない項目（荷重値等）の入力アシスタントにはこの機能は付いていません。

上記の操作で希望の基準値に編集できたら「適用して戻る」ボタンをクリックすると入力アシスタントを開いた項目の入力欄に編集した基準値が反映されるようになっています。また入力アシスタントを使って編集した数値もUNDO機能が使えますので「元に戻す」ボタンで編集前の数値に戻すことができます。

なお軸の応力計算のねじりモーメント荷重の入力アシスタントは独自の動力計算等独自の機能がついていますがそれについては軸の応力計算のところで説明します。

## 1 2. 計算メモリ機能

計算メモリ機能は電卓のメモリ機能と同様のイメージで設定内容を既存データとして保存することなく1～10までのボタンに設定内容をメモリしておき、そのボタンでメモリ内容を読み出すと同時に計算実行するのでボタン操作だけで簡単に計算結果の比較ができる機能になります。

ここで薄青の番号ボタンはメモリが空の状態を示し薄ピンクのボタンは既にデータが保存されている状態を示しています。

計算x/y	AC	MC	MR	MS	候補4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-------	----	----	----	----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

計算メモリに保存するときは「MS」ボタンが押された状態で必要に応じてコメントを入力して薄青の番号ボタンをクリックするとその番号に設定内容が保存されボタンは濃ピンクになります。次に「7」のボタンを押した例を示します。

計算x/y	AC	MC	MR	MS	候補4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-------	----	----	----	----	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

濃ピンクは現在の設定と保存内容が同じ状態（カレントの状態）を示しており、設定を変更すると薄ピンクに変わります。また [MS] ボタンが押されているときは薄青の番号ボタン以外は押せないようにになっています。

保存したものを呼び出すときは [MR] ボタンを押してピンクの番号ボタンをクリックすると直ちにその設定内容で計算が実行され計算結果が表示されます。次に 1 のボタンを押した例を示します。



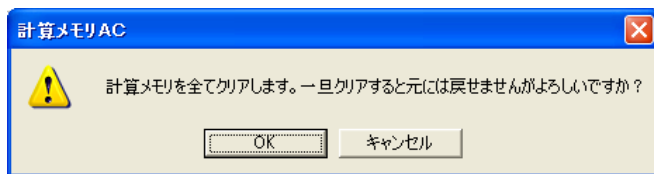
呼び出した直後は番号ボタンが濃ピンク（カレント）になりどれを呼び出しのか分かるようになっていきます。ここでも設定を変更すると薄ピンクに変わります。また [MR] ボタンが押されているときは薄青の番号ボタンは押せないようにになっています。

濃ピンク（カレント）になっている番号ボタンがある時だけ個別消去の [MC] ボタンが押せるようになり、[MC] ボタンをクリックすると濃ピンクのメモリが消去され濃青で表示されます。次の例は [MR] ボタンを押してから [3] のボタンをクリックしてメモリ内容を読み出して濃ピンクのカレントにしてから [MC] ボタンをクリックした例になります。



個別消去した [3] のボタンは濃青になってメモリは空になっているが現在の設定が元の [3] の設定内容であることを示しています。消したくないものを間違えて消してしまった場合は直ちに [MS] ボタンを押して保存すれば元に戻せます。また濃青の番号ボタンも設定を変更すると薄青に変わります。

全消去の [AC] ボタンをクリックすると次に示すメッセージが表示されて [OK] ボタンをクリックすると計算メモリを全て消去します。



このメッセージにもあるように全消去すると元に戻せませんので注意してください。なお計算メモリはコマンドを終了しても消えませんが、次回 [0 からスタート] して保存してある計算メモリを読み出して使うこともできます。

この計算メモリ機能は機械設計で多いトライアンドエラーで設計諸元を煮詰めていくときに結果を簡単に比較できる便利な機能ですが電卓と同様に消去すると元に戻せないのが必要に応じてデータファイルに保存しながら作業してください。

## 第4章 ばねの計算

### 1. 機能概要

ばねの計算では圧縮コイルばねと引張りコイルばね、ねじりコイルばねの三種類のコイルばねについて各種の設計条件でばねの計算を行うことができ、ばねのイメージも各種の条件で表示や出力することができます。

### 2. 単位系／材料選択（ばねの計算共通）

コマンド選択メニューでばねの名称を表示したボタンをクリックしスタートアップで「0 からスタート」をクリックすると次に示すダイアログが表示されます。

起動時は「単位系／材料選択」タブが開いています。

The screenshot shows the 'Spring Design' software interface. The 'Unit Selection / Material Selection' tab is active. The interface includes a table of materials, a graph of allowable stress vs. wire diameter, and various control buttons.

No.	記号	名称	用途
1	SUP11A	ばね鋼	汎用
2	SWB	硬鋼線B種	汎用
3	SWC	硬鋼線C種	汎用
4	SWPA	ピアノ線A種	汎用・耐疲労
5	SWPB	ピアノ線B種	汎用・耐疲労
6	SWOA	オイルテンパー線A種	汎用
7	SWOB	オイルテンパー線B種	汎用
8	SUSWPA	ステンレス鋼線1号	汎用・耐熱・耐食
9	SUSWPB	ステンレス鋼線2号	汎用・耐熱・耐食
10	SUSWPC	ステンレス鋼線析出硬化	汎用・耐熱・耐食
11	BeCuW	ベリリウム銅線	導電・非磁・耐食
12	PBW(2)	リン青銅線2種	導電・非磁・耐食
13	PBW(3)	リン青銅線3種	導電・非磁・耐食
14	NSWS	洋白線	導電・非磁・耐食
15	BsV	黄銅線	導電・非磁・耐食

The graph on the right shows the allowable stress (許容応力) in N/mm² on the y-axis (0 to 1400) versus the wire diameter (材料の線径) in mm on the x-axis (0.1 to 50). The graph is titled 'SWPA ピアノ線A種' and shows a red curve representing the allowable stress for this material type.

このタブではまず単位系を選択します。既に設計データを設定している場合に単位を切り換えると自動的に値が換算されて表示されるようになっています。また基本操作で説明したように単位を切り換えたときにはUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされますので計算途中で単位を切り換える場合は必要に応じて設定データを保存しておいてください。

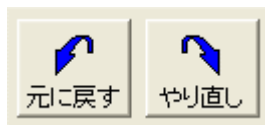
材料の選択は登録されている材料が一覧表に表示されますのでその中から使用する材料を選択します。

右側にはばね材の許容応力線図が表示され選択した材料が色を変えて太く表示されますので材料選択の参考にしてください。また一覧表下部のスクロールバーで右にスクロールすると横弾性係数、比重、適用範囲の最小線径と最大線径が確認できます。

また後で説明しますが材料データはデータファイルになっているので任意に追加したり編集することも可能です。ただし許容応力については文献の図表をもとに関連化していますので読み取り誤差を含んだ精度であると理解してください。

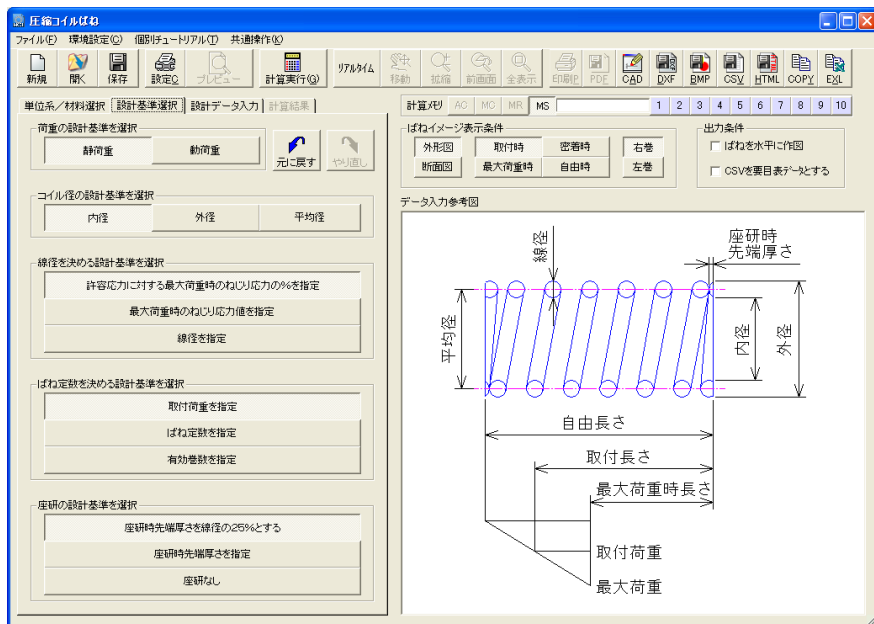
単位系や材料選択の選択ができれば「設計基準」タブを開いて設計基準条件を設定します。

なお材料の選択やタブの切替、設計データで入力した数値等では右に示すタブ右上にあるボタンでUNDO・REDO機能が使えるようになっています。UNDO・REDO機能についての詳細は第3章基本操作を参照してください。



## 3. 設計基準選択（圧縮コイルばね）

「設計基準選択」タブを開くと設計基準の選択ボタンが表示され右下にはデータ入力参考図が表示されます。設計基準は圧縮コイルばねと引張コイルばね、ねじりコイルばねで若干異なりますのでここでは圧縮コイルばねの場合を説明します。



選択する設計基準の内容について説明します。

① 荷重の設計基準：ばねにかかる荷重が静荷重か動荷重かを選択します。動荷重を選択した場合はねじり応力をワールの修正係数を用いて修正します。

② コイル径の設計基準：基準とするばねのコイル径を選択します。

③ 線径を決める設計基準：線径を決めるための条件を選択します。後で説明する「設計データ入力」のタブで「線径をデータファイルから選択」のチェックボックスの設定により動作が変わります。

「線径をデータファイルから選択」がチェックされている場合

- ・「許容応力に対する最大荷重時のねじり応力の%を指定」を選択すると最大荷重時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。
- ・「最大荷重時のねじり応力値を指定」を選択すると最大荷重時の応力が入力した応力値以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。
- ・「線径を指定」データファイルの線径がリストボックスに表示されますのでそこから選択します。

「線径をデータファイルから選択」がチェックされていない場合

- ・「許容応力に対する最大荷重時のねじり応力の%を指定」を選択すると最大荷重時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・「最大荷重時のねじり応力値を指定」を選択すると最大荷重時の応力が入力した応力値以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・「線径を指定」を選択すると線径を直接入力できます。

④ ばね定数を決める設計基準：ばね定数を決めるための基準を選択します。

- ・「取付荷重」を選択した場合は最大荷重条件（必須入力データ）と取付荷重の条件からばね定数が決まります。
- ・「ばね定数を指定」を選択するとばね定数を直接入力できます。
- ・「有効巻数を指定」を選択すると入力した有効巻数とコイル径、線径等の条件からばね定数が決まります。

⑤ 座研の設計基準：座研の処理を決めるための基準を選択します。

- ・「座研時先端厚さを線径の25%とする」を選択すると線径に応じて自動的に座研時先端厚さが決まります。通常はこれを選択します。
- ・「座研時先端厚さを指定」を選択すると座研時先端厚さが入力できるようになります。
- ・「座研なし」を選択すると座研の処理はしないようになります。

以上の5項目について設計基準を選択すると設計データの入力欄の項目名が選択した設計基準に対応したものになります。

選択した内容がよければ「設計データ入力」タブを開いて設計データを入力します。また必要に応じて「単位系／材料選択」タブを開いて単位系や材料を変更することもできます。

## 4. 設計データ入力（圧縮コイルばね）

「設計データ入力」タブを開くと選択した設計基準に対応したデータの入力欄が表示されます。設計データも圧縮コイルばねと引張コイルばねで若干異なりますのでここでは圧縮コイルばねの場合を説明します。

The screenshot shows the 'Design Data Input' window for a compression coil spring. The window has a title bar '圧縮コイルばね' and a menu bar with 'ファイル(F)', '環境設定(O)', '個別チュートリアル(O)', and '共通操作(C)'. Below the menu bar is a toolbar with icons for '新規', '開く', '保存', '設定(C)', 'プレビュー', '計算実行(E)', 'リファタイム', '移動', '拡張', '前面面', '全表示', '印刷(P)', 'PDE', 'CAD', 'DXF', 'BMP', 'CSV', 'HTML', 'COPY', and 'Exit'. The main area is divided into two tabs: '単位系／材料選択' and '設計データ入力'. The '設計データ入力' tab is active, showing input fields for various parameters. On the right, there is a 'ばねイメージ表示条件' section with buttons for '外形図', '断面図', '取付時', '最大荷重時', '密着時', '自由時', '右巻', and '左巻'. Below this is a 'データ入力参考図' (Data Input Reference Diagram) showing a cross-section of a compression coil spring with labeled dimensions: '平均径' (Average diameter), '座研時先端厚さ' (End thickness at seating), '外径' (Outer diameter), '内径' (Inner diameter), '自由長さ' (Free length), '取付長さ' (Mounting length), '最大荷重時長さ' (Length at maximum load), '取付荷重' (Mounting weight), and '最大荷重' (Maximum weight). The input fields on the left include: '内径(mm)' (20), '許容応力に対する最大荷重時のねじり応力値の％' (55), '取付荷重(N)' (50), '取付長さ(mm)' (55), '最大荷重(N)' (100), '最大荷重時長さ(mm)' (40), '座巻き数(片側)' (1), and '座研時先端厚さは線径の25%とする'. There are also checkboxes for '有効巻数0.5単位とする' and '線径をデータファイルより選択'.

「設計データ入力」タブでは入力欄の項目名に対応した数値を入力します。取付長さ、最大荷重および最大荷重時長さ、座巻数は設計基準に関係無く必須の入力項目となります。以下、必要な項目について説明します。

座巻数は通常1巻（片側）ですが1以外の巻数にした場合はばね計算（主に密着長さに影響）には反映しますが作図形状は入力した座巻数に関係無く1巻の形状で作図されます。座研の設計基準で「座研時先端厚さを指定」を選択すると座研時先端厚さの入力欄が表示されます。



〔有効巻数を 0.5 単位とする〕をチェックすると有効巻数が 0.5 単位となります。またこのチェックに関係無く作図形状は 0.5 単位となります。

〔線径をデータファイルより選択〕をチェックにより前述の〔線径を決める設計基準〕の動作が変わります。この線径データファイルについては後で説明します。

ここでは内径を 20 mm、許容応力に対する最大荷重時のねじり応力値の%を 55、取付荷重を 50 N、取付長さを 55 mm、最大荷重を 100 N、最大荷重時長さを 40 mm、座巻き数に 1 を入力します。設計データが入力できたら〔計算実行〕ボタンをクリックすると直ちに計算が行われ計算結果が表示されます。

なお各入力欄右の [X] ボタンをクリックすると入力アシスタントが開きいろいろな方法で数値を編集することができます。この入力アシスタントの操作については第 3 章基本操作を参照してください。

このデータは〔CADTOOLメカニカル 8〕をインストールしたフォルダの下の¥Sampleに Sample.M8S1 として入っています。なおばねの計算のデータファイルの拡張子は次のようになっています。

圧縮コイルばね : M8S1

引張コイルばね : M8S2

ねじりコイルばね : M8S3

## 5. 計算結果（圧縮コイルばね）

〔計算実行〕ボタンをクリックすると直ちにばね計算が行われ〔計算結果〕タブが開くとともにばねのイメージも表示され、グレーアウトしていた各種出力ボタンやプルダウンメニューが使えるようになります。また〔計算実行〕ボタンの表示が〔計算結果解説〕ボタンとなり計算結果に対応した〔GOOD〕〔!〕〔NG〕のアイコンが表示されます。

設計基準選択でばね定数を指定したり取付荷重を指定した場合でも有効巻数を 0.5 単位とするがチェックされていると最大荷重条件を基準に調整するのでばね定数や取付荷重が入力した値と一致しない場合があります。

座屈荷重に\*\*\*\*\*が表示されているときは両端固定の座屈荷重が十分大きく座屈は発生しないと考えられます。また密着荷重より大きい座屈荷重が表示されている場合も密着まで座屈しないと言えますが座屈はばねや取付の精度等に影響されやすいので注意が必要です。また座屈荷重の算出も文献の縦横比と座屈の生じるたわみ比との図を関数化して使用していますので読み取り誤差を含んだ精度となっています。

ばねイメージ表示条件の各ボタンや出力条件の“ばねを水平に作図”を選択するとばねのイメージ表示が直ちに更新され、このイメージと同じ形状が作図されるようになっています。

ここで[計算結果解説] ボタンをクリックすると右に示すような計算結果を解説するダイアログが表示され、計算結果に必要な項目は背景が黄（アイコンは[!]）、問題がある項目は背景が赤（アイコンは[NG]）で表示されます。

ただしあくまでも一般論ですので設計データ修正の参考程度に使用して最終的な判断は設計者自らの判断で行ってください。戻るボタンをクリックすると解説は閉じます。

単位系や材料、設計基準、設計データを変更して再計算したい場合はそれぞれのタブを開いて行います。データを変更すると設計基準を変更した場合は直前の計算結果の内容が設計データの入力欄に表示されますのでその値を参考に設計データが入力できるようになっています。

**計算結果解説**

ここでは一般論として計算結果を解説します。

最大荷重時のねじり応力が許容応力の80%以下なので問題ないと考えられます。

両端固定座屈荷重が十分大きいので密着まで座屈はしないといえます。

有効巻数は3巻以上が適当なので妥当な値といえます。

バネ指数は4から10が適当なので妥当な値といえます。

戻る

## 6. 設計基準選択（引張コイルばね）

引張コイルばねを起動して[設計基準選択] タブを開くと引張コイルばねの設計基準の選択ボタンが表示され右下にデータ入力参考図が表示されます。

選択する設計基準の内容について説明します。

- ① 荷重の設計基準：ばねにかかる荷重が静荷重か動荷重かを選択します。動荷重を選択した場合はねじり応力をワールの修正係数を用いて修正します。
- ② コイル径の設計基準：基準とするばねのコイル径を選択します。
- ③ 線径を決める設計基準：線径を決めるための条件を選択します。圧縮コイルばねと同様に[設計データ入力]のタブで[線径をデータファイルから選択]のチェックボックスの設定により動作が変わります。

〔線径をデータファイルから選択〕がチェックされている場合

- ・〔許容応力に対する使用時のねじり応力の%を指定〕を選択すると使用時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。なお使用時とは圧縮コイルばねの最大荷重時に相当するものです。
- ・〔使用時のねじり応力値を指定〕を選択すると使用時の応力が入力した応力値以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。
- ・〔線径を指定〕 データファイルの線径がリストボックスに表示されますのでそこから選択します。

〔線径をデータファイルから選択〕がチェックされていない場合

- ・〔許容応力に対する使用時のねじり応力の%を指定〕を選択すると使用時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・〔使用時のねじり応力値を指定〕を選択すると使用時の応力が入力した応力値以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・〔線径を指定〕を選択すると線径を直接入力できます。

④ ばね定数を決める設計基準：ばね定数を決めるための基準を選択します。

- ・〔取付荷重を指定〕を選択した場合は使用時荷重条件（必須入力データ）と取付荷重の条件からばね定数が決まります。
- ・〔ばね定数を指定〕を選択するとばね定数を直接入力できます。
- ・〔総巻数を指定〕を選択すると入力した総巻数とコイル径、線径等の条件からばね定数が決まります。
- ・〔初張力を指定〕を選択すると初張力を基準にばね定数が決まります。
- ・〔自由長さを指定〕を選択すると自由長さを基準にばね定数が決まります。
- ・ばね定数の値があまり重要でない場合は〔初張力を指定〕を選択して使用時荷重の20%くらいの初張力を与えて計算させると比較的バランスのよい設計ができますのでそれをベースとして設計データを修正していくとよいでしょう。

⑤ フックの種類：データ入力参考図を参照して使用するフックの種類を選択します。丸、逆丸の場合はコイル内径がフック長さとなり、半丸の場合は内径の半分、角、U、Vフックはフック長さを入力するようになります。

以上の5項目について設計基準を選択すると設計データの入力欄の項目名が選択した設計基準に対応したものになります。

選択した内容がよければ〔設計データ入力〕タブを開いて設計データを入力します。また必要に応じて〔単位系／材料選択〕タブを開いて単位系や材料を変更することもできます。

## 7. 設計データ入力（引張コイルばね）

「設計データ入力」タブをクリックすると選択した設計基準に対応したデータの入力欄が表示されます。

設計データ入力では入力欄の項目名に対応した数値を入力します。取付長さ、使用時荷重および使用時長さ、角、U、Vフックのフック長さは必須の入力項目となります。

ここでは内径を 12 mm、許容応力に対する使用時のねじり応力値の%を 64、初張力を 10 N、取付長さを 40 mm、使用時荷重を 50 N、使用時長さを 50 mm と入力します。続いてフックの向きによって「総巻数を\*.0 か \*.5 とする」か「総巻数を\*.25 か \*.75 とする」を選択します。

なお近年 JIS でフックの向きと巻数の関係が変更されています。メカニカル 5 以降は新しい JIS の向きをデフォルトとしていますが Ver 4 以前の向きで良い場合はばねイメージ表示条件の“フックの向きを旧 JIS とする”をチェックすると Ver 4 以前の向きになるようになっています。

設計データがよければ「計算実行」ボタンをクリックします。直ちに計算が行われ計算結果が表示されます。

なおこのデータは「CADTOOLメカニカル 8」をインストールしたフォルダの下の¥Sample にSample.M8S2として入っています。

## 8. 計算結果（引張コイルばね）

〔計算実行〕 ボタンをクリックすると直ちにばね計算が行われ〔計算結果〕 タブが開くとともにばねのイメージも表示され、グレイアウトしていた各種出力ボタンやプルダウンメニューが使えるようになります。また〔計算実行〕 ボタンの表示が〔計算結果解説〕 ボタンとなり計算結果に対応した〔GOOD〕 〔!〕 〔NG〕 のアイコンが表示されます。

初張力の推奨範囲は文献にある鋼ばねの図を関数化して使用していますので読み取り誤差を含んだ精度となっています。

ばねイメージ表示条件の各ボタンや出力条件の“ばねを垂直に作図”を選択するとばねのイメージ表示が直ちに變更され、このイメージと同じ形状が作図されるようになっています。単位系や材料、設計基準、設計データを変更して再計算したい場合はそれぞれのタブを開いて行います。データを変更すると設計基準を変更した場合は直前の計算結果の内容が設計データの入力欄に表示されますのでその値を参考に設計データが入力できるようになっています。

ここで〔計算結果解説〕 ボタンをクリックすると圧縮コイルばねと同様な計算結果を解説するダイアログが表示され、計算結果に必要な項目は背景が黄（アイコンは〔!〕）、問題がある項目は背景が赤（アイコンは〔NG〕）で表示されます。ただしあくまでも一般論ですので設計データ修正の参考程度に使用して最終的な判断は設計者自らの判断で行ってください。戻るボタンをクリックすると解説は閉じます。

### 9. 設計基準選択（ねじりコイルばね）

ねじりコイルばねを起動して「設計基準選択」タブを開くとねじりコイルばねの設計基準の選択ボタンが表示され右下にデータ入力参考図が表示されます。

選択する設計基準の内容について説明します。

①コイル径の設計基準：基準とするばねのコイル径を選択します。

②線径を決める設計基準：線径を決めるための条件を選択します。圧縮コイルばねと同様に「設計データ入力」のタブで「線径をデータファイルから選択」のチェックボックスの設定により動作が変わります。

「線径をデータファイルから選択」がチェックされている場合

- ・「許容応力に対する使用時のねじり応力の%を指定」を選択すると使用時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。
- ・「使用時のねじり応力値を指定」を選択すると使用時の応力が入力した応力値以下になるようにデータファイルから線径が選択されます。
- ・「線径を指定」データファイルの線径がリストボックスに表示されますのでそこから選択します。

「線径をデータファイルから選択」がチェックされていない場合

- ・「許容応力に対する使用時のねじり応力の%を指定」を選択すると使用時の応力が選択した材料の許容応力の入力した%以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・「使用時のねじり応力値を指定」を選択すると使用時の応力が入力した応力値以下になるように線径が0.01mm単位で決められます。
- ・「線径を指定」を選択すると線径を直接入力できます。

③ばね定数を決める設計基準：ばね定数を決めるための基準を選択します。

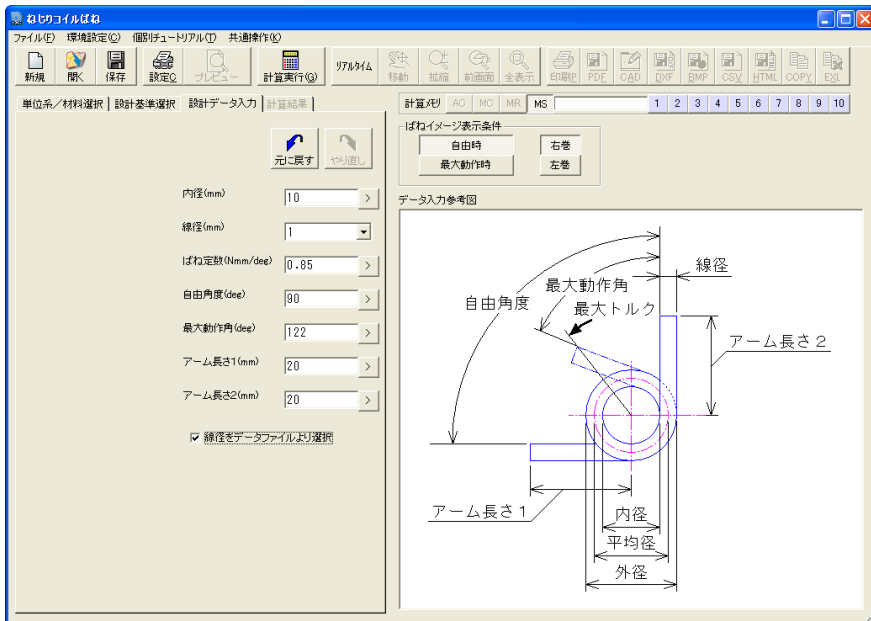
- ・「最大トルクを指定」を選択した場合は最大トルクと最大作動角からばね定数が決まります。
- ・「ばね定数を指定」を選択するとばね定数を直接入力できます。
- ・「巻数を指定」を選択すると入力した巻数とコイル径、線径等の条件からばね定数が決まります。

以上の3項目について設計基準を選択すると設計データの入力欄の項目名が選択した設計基準に対応したものになります。

選択した内容がよければ「設計データ入力」タブを開いて設計データを入力します。また必要に応じて「単位系／材料選択」タブを開いて単位系や材料を変更することもできます。

## 10. 設計データ入力（ねじりコイルばね）

「設計データ入力」タブをクリックすると選択した設計基準に対応したデータの入力欄が表示されます。



設計データ入力では入力欄の項目名に対応した数値を入力します。自由角度、最大作動角、アーム長さ 1、2 は必須の入力項目となります。

ここでは内径を 10 mm、線径を 1 mm、ばね定数を 0.85 Nmm/deg、自由角度は左水平を 0° として時計方向に設定するので垂直方向として 90° とし、最大作動角を 122°、アーム長さ 1 と 2 を 20 mm と入力します。

設計データがよければ「計算実行」ボタンをクリックします。直ちに計算が行われ計算結果が表示されます。

なおこのデータは「CADTOOLメカニカル 8」をインストールしたフォルダの下の¥Sample フォルダに Sample.M8S3 として入っています。

### 1 1. 計算結果（ねじりコイルばね）

〔計算実行〕ボタンをクリックすると直ちにばね計算が行われ〔計算結果〕タブが開くとともにばねのイメージも表示され、グレースアウトしていた各種出力ボタンやプルダウンメニューが使えるようになります。また〔計算実行〕ボタンの表示が〔計算結果解説〕ボタンとなり計算結果に対応した〔GOOD〕〔!〕〔NG〕のアイコンが表示されます。

ばねイメージ表示条件の各ボタンを選択するとばねのイメージ表示が直ちに變更され、このイメージと同じ形状が作図されるようになっています。

またねじりコイルばねでは推定寿命回数が求められますがこれは自由時から最大動作角までの片振り時の推定寿命回数となっています。これはばねの文献にある疲れ強さ線図から片振りの条件を抜き出して開数化して求めていますので線図の読み取り誤差、開数化による誤差を含んでいます。また寿命回数は環境条件でも大きく変わってくるので最終的な判断は設計者自らが判断して下さい。この例では10万回以下となっていて静荷重としては十分な寿命があると推定されますが動荷重の場合は注意が必要なレベルなので〔計算結果解説〕ボタンには注意アイコンの〔!〕が表示されています。

ここで〔計算結果解説〕ボタンをクリックすると圧縮コイルばねと同様な計算結果を解説するダイアログが表示され、計算結果に注意が必要な項目は背景が黄（アイコンは〔!〕）、問題がある項目は背景が赤（アイコンは〔NG〕）で表示されます。ただしあくまでも一般論ですので設計データ修正の参考程度に使用して最終的な判断は設計者自らの判断で行ってください。戻るボタンをクリックすると解説は閉じます。

単位系や材料、設計基準、設計データを変更して再計算したい場合はそれぞれのタブを開いて行います。データを変更すると設計基準を変更した場合は直前の計算結果の内容が設計データの入力欄に表示されますのでその値を参考に設計データが入力できるようになっています。

### 1 2. 要目表データ

各種出力の基本的な操作については第3章の共通操作を参照して下さい。ここではばねの計算固有の操作について説明します。

圧縮コイルばねと引張コイルばねの出力条件にある〔要目表データとする〕がチェックされていると一般的な要目表で使用するデータを横並びの形式にして出力します。

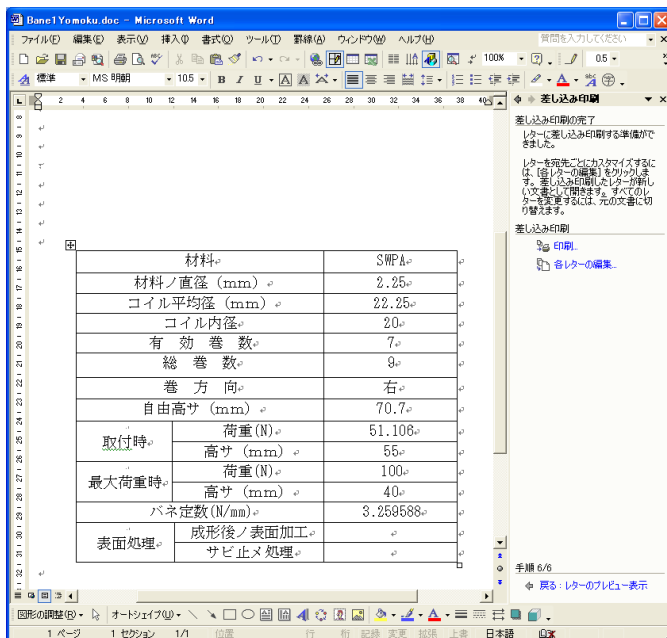


要目表データの使い方のサンプルとして [CADTOOLメカニカル8] をインストールしたフォルダの下に ¥Sample フォルダに Word で使える要目表のサンプルがあります。ここでは Word2002 の例を示します。

使い方としては圧縮コイルばねは Bane1Yomoku.doc、引張コイルばねは Bane2Yomoku.doc を開きます。続いて次の手順でクリックしていきます。

[ツール] → [はがきと差し込み印刷] → [差し込み印刷ウィザード] → [レターを選択：次へ] → [現在の文書を使用：次へ] → [既存のリストを使用：参照] → [データファイルの選択：CSVを選択 (¥Sampleの圧縮コイルばねは Bane1Yomoku.CSV、引張コイルばねは Bane2Yomoku.CSV かユーザーが作成した要目表データファイルを指定) して開く：次へ] → [レターの作成：次へ] → [レターのプレビュー：次へ] → [差し込み印刷の完了]

以上の操作で下に示すように計算結果を元にした要目表ができますので、これらのサンプルを参考にしてさらにばねのイメージ等を挿入してオリジナルの要目表を作ることも可能です。

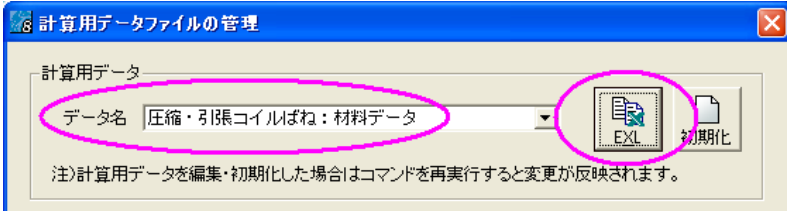


なお差し込み印刷の詳細についてはソフトの種類、バージョン等によって異なりますのでワープロソフトのマニュアル等を参照してください。またねじりコイルばねにはこの機能はありません。

### 13. ばねの材料データ

ばねの材料データは「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダにあるMat\_Bane.CSVを読み込んで表示されます。ねじりコイルばねではMat\_Bane3.CSVになっています。

メカニカル8では[計算用データファイルの管理]を使って材料データや寸法データ等の計算用データファイルを簡単に開いて確認することができます。



[計算用データファイルの管理] コマンドを起動してデータ名にばねの計算の材料データを選択し[E X L]ボタンをクリックします。これらのファイルはCSV形式のテキストファイルとなっており拡張子CSVに関連づけられたソフトが起動してデータファイルを読み込んで開きます。次に多くのパソコンで拡張子CSVに関連づけられている表計算ソフトのExcelで表示した例を示します。

Microsoft Excel - MAT_BANE.CSV													
質問を入力してください													
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(Q) ウインドウ(W) ヘルプ(H)													
[保存] [印刷] [コピー] [貼り付け] [削除] [元に戻す] [やり直し] [ズーム] 100% [表示] [印刷] [印刷範囲] [印刷範囲設定] [印刷範囲解除]													
A1 記号													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	記号	名称	用途	G(kgf/mm <sup>2</sup> )	E比重(g/cm <sup>3</sup> )	最小線径φ	最大線径φ	K4	K3	K2	K1	K0	
2	SUP11A	ばね鋼	汎用	8000	7.85	6	50	0	0	0	0	74.5	
3	SWB	硬鋼線B種	汎用	8000	7.85	0.1	10	0.007182	-0.22145	2.594724	-15.2009	99.13627	
4	SWC	硬鋼線C種	汎用	8000	7.85	0.1	10	0.010512	-0.29299	3.138328	-17.2966	112.904	
5	SWPA	ピアノ線A種	汎用・耐疲	8000	7.85	0.1	10	0.004385	-0.17568	2.511799	-16.5683	118.8155	
6	SWPB	ピアノ線B種	汎用・耐疲	8000	7.85	0.1	6	-0.03688	0.473125	-1.09498	-8.95091	123.7931	
7	SWOA	オイルテン	汎用	8000	7.85	2	12	-0.0026	0.053241	-0.04514	-5.43122	99.66667	
8	SWOB	オイルテン	汎用	8000	7.85	2	10	-0.00237	0.020518	0.689867	-1.08509	114.8482	
9	SUSWPA	ステンレス	汎用・耐熱	7000	8.02	0.1	8	-0.00914	0.117116	-0.01742	-6.09391	71.81037	
10	SUSWPB	ステンレス	汎用・耐熱	7000	8.02	0.1	10	0.013092	-0.33803	3.274459	-17.4696	97.41076	
11	SUSWPC	ステンレス	汎用・耐熱	7500	8.02	0.1	6	0.030313	-0.54137	4.201739	-17.9104	102.8453	
12	BeCuW	ベリリウム	導電・非磁	4500	8.6	0.4	3	0.23094	-1.30042	1.391475	-0.78926	50.25416	
13	PBW(2)	リン青銅線	導電・非磁	4300	8.8	0.1	5	-0.02926	0.340751	-1.38953	-0.41824	34.53542	
14	PBW(3)	リン青銅線	導電・非磁	4300	8.8	0.1	5	-0.00876	0.172496	-1.06981	-0.57412	40.54596	
15	NSWS	洋白線	導電・非磁	4000	8.7	0.1	5	0.006753	-0.02701	-0.34197	-0.76967	31.55338	
16	BsW	黄銅線	導電・非磁	4000	8.5	0.1	5	-0.02105	0.264273	-1.15825	0.056187	24.28798	
17													
MAT_BANE/													
コマンド													
NUM													

記号から最大線径までが材料条件設定の一覧表に表示されます。ねじりコイルばねでは横弾性係数Gではなく縦弾性係数Eとなっています。続くK4~K0は線径をX、許容応力をYとしたときのXの4次式で近似した係数となっています。この係数を求めるにはExcelのグラフ機能を使うと便利です。

これと同じ形式で材料データを追加することによりユーザー独自の材料を追加することも可能で現状のデータを修正することもできます。

単位系の切替はプログラム側で行っていますので弾性係数、許容応力は工学単位で設定してください。

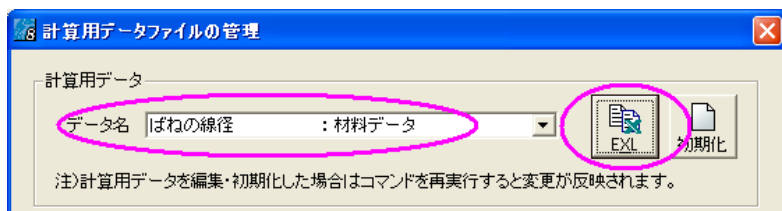
またCSV形式のテキストファイルなのでメモ帳等のテキストエディタでも編集できますがカンマの位置がずれたりすると正常に読み込めなくなりプログラムが起動しなくなることもあるので必ずバックアップを取ってから修正してください。

なお計算用データファイルが編集ミス等で壊れた場合は前述の「[計算用データファイルの管理]」コマンドで初期化することができるようになっています。詳しくは「[計算用データファイルの管理]」コマンドの説明を参照して下さい

## 1 4. ばねの線径データ

ばねの線径データは「CADTOOLメカニカル 8」をインストールしたフォルダにある Senkei\_Bane.CSVを読み込んで使用します。

ばねの線径データも[計算用データファイルの管理]を使って確認することができます。



ばねの線径データをExcelで表示した例を右に示します。

1行目がコメント行で2行目以降が線径データとなっています。これと同じ形式で線径を追加したり不要な線径を削除したりすることによりユーザー独自の線径データファイル設定することができます。

なお線径データファイルはばねの計算共通の設定になりますので編集するときは注意してください。

	A1	線径(mm)
1	線径(mm)	
2	0.02	
3	0.03	
4	0.04	
5	0.05	
6	0.06	
7	0.07	
8	0.08	
9	0.09	
10	0.1	
11	0.12	
12	0.14	
13	0.15	
14	0.16	

## 第5章 チェーン計算

### 1. 機能概要

チェーンの計算では伝動条件を元にチェーンの推奨呼び番号が求められ、スプロケットの歯数と軸間距離からチェーンのリンク数を求めることができます。

また従動側スプロケットを移動したり、テンショナーを使ってチェーンを張ることができ、その様子をイメージで確認することができます。さらにイメージには個別のリンクを表示することができその形状をCAD出力やDXF出力することもできます。

### 2. 伝動条件

コマンド選択メニューで「チェーンの計算」ボタンをクリックしてスタートアップで「0からスタート」をクリックすると下に示すダイアログが表示され「伝動条件／チェーン仕様」タブが開いています。

チェーンの計算

ファイル(F) 環境設定(O) 個別チェーンリアルタイム 共通操作(C)

新規 開く 保存 設定 プレビュー リアルタイム 移動 拡張 動画面 全表示 印刷(P) PDF CAD DXF BMP CSV HTML COPY EOL

伝動条件/チェーン仕様 | 伝動側条件/チェーン係り条件 | 計算実行 AG MG MR MS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

伝動条件

原動機の種類 [ ]

使用機構 [ ]

使用係数 $k_1$  [ ]

伝動動力 $P(kW)$  [ ] 補正動力 $P(kW)$  [ ]

回転数 $N(rpm)$  [ ] 駆動側歯数 $T_1$  [ ]

チェーン列数 [ ] 多列係数 $k_t$  [ ]

最小安全率 [ ] 推奨呼び番号 [ ]

チェーン仕様

呼び番号 [ ]

ピッチ $p(mm)$  [ ]

破断荷重 $F_b(kN)$  [ ]

疲れ強度 $F_t(kN)$  [ ]

チェーン速度 $V(m/min)$  [ ]

チェーン荷重 $F_c(kN)$  [ ]

安全率 $S_f$  [ ]

最大動力伝達回転数 $(rpm)$  [ ]

イメージ条件

☐ リンク形状を表示

リンク位置移動 [ ]

網間距離 $(\pm 0.5)$  [ ]

伝動条件が分かっている場合は伝動条件からチェーンの推奨呼び番号を求めることができます。この伝動計算は必須ではありませんがチェーンの呼び番号選定の参考になりますのでなるべく実施した方が良いでしょう。

伝動条件では右に示すように原動機の種類と使用機械を選択します。これにより使用係数  $k_1$  が決まります。

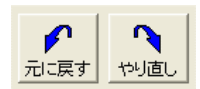
伝動条件	
原動機の種類	電動機またはタービン
使用機械	
使用係数 $k_1$	平滑な伝動 多少の衝撃を伴う伝動 大きな衝撃を伴う伝動
伝達動力 $P(kW)$	

使用係数とは使用状況によって伝達動力を補正し安全なチェーンを選択できるようにするもので、詳細については別途参考書等を参照してください。

次に伝達動力を入力します。伝達動力を入力すると使用係数を使って補正動力が計算され表示されます。続いて駆動軸の回転数を入力し、駆動側スプロケット歯数を選択します。駆動側歯数は 11 T ~ 33 T となっています。この範囲は良くあるローラーチェーン選定表を元にしてあります。

チェーン列数を選択すると多列係数  $k_t$  が表示されます。多列係数はチェーンの伝動能力が列数倍にならないのでその補正として用いられるものです。ただし呼び番号の 41 は単列だけなので列数を 2 以上にしていると呼び番号の 41 は推奨呼び番号には選定されません。

なお伝動条件やタブの切替、後で説明する従動側条件では右に示すタブ右上にあるボタンで UNDO・REDO 機能が使えるようになっています。UNDO・REDO 機能についての詳細は第 3 章基本操作を参照してください。



最後に最小安全率を入力すると推奨呼び番号が表示されます。この最小安全率はチェーンの疲れ限度に対するチェーン荷重の安全率となります。この推奨呼び番号はあくまでも一般的な使用条件によるもので最終的な選定には装置の用途や運転状況等を考慮して設計者が判断してください。また低速伝動の場合や急激な起動や制動等がかかる場合などは選定方法が異なりますので参考書等を参照して選定してください。

右に伝動条件を入力した例を示します。

あらかじめ使用するチェーンの呼び番号が分かっている場合は伝動条件の検討は飛ばしてもかまいませんがチェーン長さ計算等に必要な駆動側歯数  $T_1$  は選定しておいてください。なお駆動側歯数は一般には 17 以上とし、なるべく奇数を選択するのが良好な能力が得られ良いとされています。

伝動条件	
原動機の種類	電動機またはタービン
使用機械	多少の衝撃を伴う伝動
使用係数 $k_1$	1.3
伝達動力 $P(kW)$	5
補正動力 $P(kW)$	6.5
回転数 $N(rpm)$	800
駆動側歯数 $T_1$	25
チェーン列数	3
多列係数 $k_t$	2.5
最小安全率	3
推奨呼び番号	40

### 3. チェーン仕様

伝動条件と同じく〔伝動条件／チェーン仕様〕タブのチェーン仕様で実際に計算したいチェーンの呼び番号を選択します。

2の伝動条件の検討を実施している場合はその推奨呼び番号を選択すれば良いと考えられますが、ここではその他の使用条件等を考慮して設計者が自由に呼び番号が選択できるようになっています。

右に呼び番号を選択したものを示します。伝動条件の検討をしていない場合はチェーン速度、チェーン荷重、安全率は表示されません。



チェーン仕様	
呼び番号	40
ピッチ $p$ (mm)	12.7
破断荷重 $F_b$ (kN)	13.8
疲れ限度 $F_t$ (kN)	1.9
チェーン速度 $V$ (m/min)	254.0
チェーン荷重 $F_c$ (kN)	0.614
安全率 $S_f$	3.084
最大動力伝達回転数 $n$ (rpm)	1800

### 4. 従動側条件

駆動側歯数 $T_1$ とチェーンの呼び番号が決まったら〔従動側条件／チェーン張り条件〕のタブを開いて従動側条件を設定します。

従動側条件では歯数 $T_2$ を選択し、駆動軸に対する従動軸の水平、垂直の軸間寸法を入力するとイメージにスプロケットのピッチラインを示す円が表示されます。

なお軸間寸法の入力欄右の〔>〕ボタンをクリックすると入力アシスタントが開き、CAD図面から軸間寸法を取得することもできます。入力アシスタントの操作については第3章基本操作を参照してください。

伝動条件／チェーン仕様	従動側条件／チェーン張り条件
<div style="text-align: right;">   </div>	
<div> <div>従動側条件</div> <div> <div>歯数<math>T_2</math></div> <div>45</div> <div>(<math>T_1 = 25</math>)</div> </div> <div> <div>水平軸間寸法(mm)</div> <div>200</div> <div>&gt;</div> </div> <div> <div>垂直軸間寸法(mm)</div> <div>100</div> <div>&gt;</div> </div> </div>	

従動側歯数は駆動側歯数に対して減速比1～10の範囲の歯数になります。減速比については通常は5くらい、最大でも7程度までが良いとされていますのでこの範囲になっています。また従動側条件を設定すると従動側条件の下にあるチェーン張り条件に基本リンク数、緩み長が表示されます。

基本リンク数とは現状の軸位置と歯数により決まる最小のリンク数となります。

緩み長さとは現状の軸位置でのピッチライ  
インの長さに対して基本リンク数のチェ  
ーン長の長さがどの程度長いかを示してい  
ます。

また基本リンク数が奇数の場合は基本諸  
元の最下部に“オフセットリンク必要”  
と表示されます。

基本諸元	
総リンク数	71
チェーン長	801.7
軸間距離	223.8068
減速比	1.8
PCD1	101.3299
OD1	108.1509
BD1	93.3799
PCD2	182.062
OD2	189.2385
BD2	174.112
オフセットリンク必要	

## 5. チェーン張り条件

同じく「従動側条件／チェーン張り条件」のタブにあるチェーン張り条件では従動軸を移動  
したりテンショナーを使ってチェーンを張ることができます。

ここではまず追加リンク数を選択します。追加リンク数とは基本リ  
ンク数に追加するリンクの数でオフセットリンクを使わないように  
するとか、テンショナーの位置を調整するために用います。ここで  
は基本リンク数が71なのでオフセットリンクを使わないために追  
加リンクを1とします。追加リンクを選択すると緩み長さも変更さ  
れます。

チェーン張り条件	
基本リンク数	71
追加リンク数	1
緩み長さ	1
張りタイプ	2

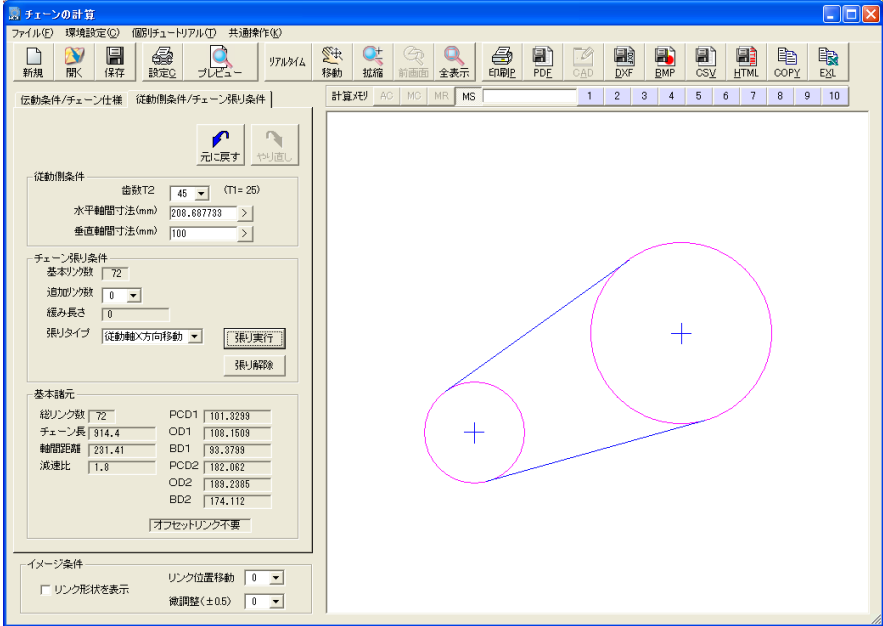
次にリストボックスからチェーン張りの方法を選択しま  
す。従動軸を移動させてチェーンを張りたい場合は「従動  
軸X方向移動」か「従動軸Y方向移動」を選択します。こ  
の条件でチェーン張りを実行した場合は4の従動軸条件  
で入力した軸間寸法が変化します。

軸間寸法を変えたくない場合はテンショナーを使います。  
テンショナーには逆転テンショナーと正転テンショナー  
がありチェーンを張る方向が異なります。

チェーン張り条件	
基本リンク数	71
追加リンク数	1
緩み長さ	15.3579
張りタイプ	従動軸X方向移動
基本諸元	総リンク数 71 チェーン長 801.7 軸間距離 223.8068 減速比 1.8 PCD1 101.3299 OD1 108.1509 BD1 93.3799 PCD2 182.062 OD2 189.2385 BD2 174.112 オフセットリンク必要

またテンショナーの大きさは\*\*Tと歯数で示したものと\*\*Rとして半径を示したものが  
あります。歯数のものでは歯数とチェーンの呼び番号からピッチ円半径を求め、半径を示し  
たものはその半径に内プレート高さの半分を加えたものをピッチ円半径としています。また  
テンショナーの位置は自動的にたるみ側チェーンの中央に設定されるので任意の位置にす  
ることはできません。

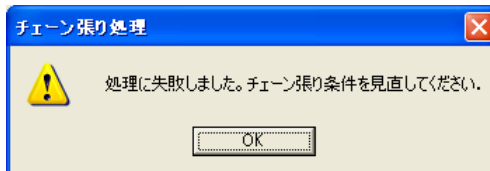
次にチェーン張り方法に「従動軸X方向移動」を選択して「実行」ボタンをクリックした例  
を示します。



チェーン張りを実行した時点でチェーンのピッチラインも表示されます。またこの例では従動側条件の水平軸間寸法が当初の200より長くなったのが分かります。

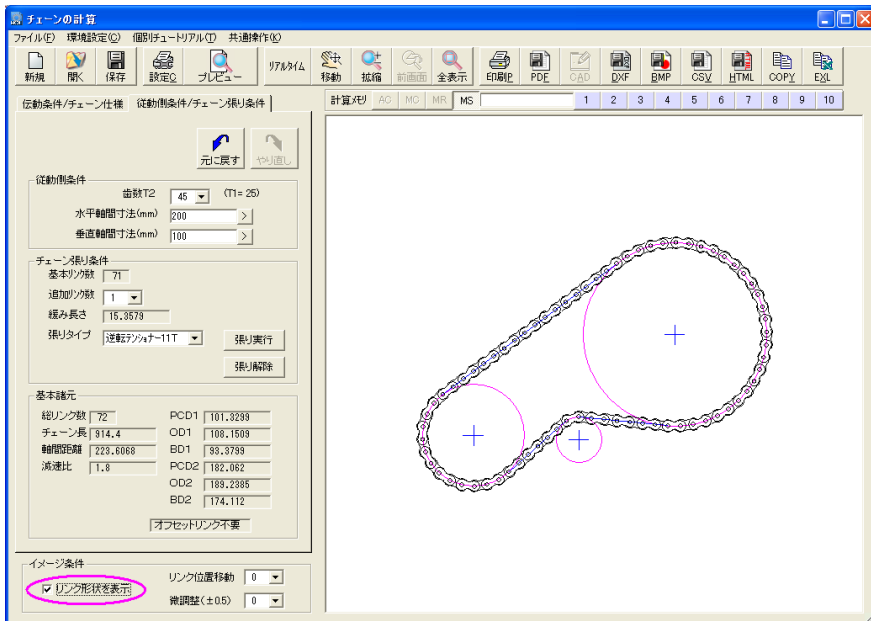
またチェーン張り実行直後に「解除」ボタンをクリックすると前の状態に戻せますのでいろいろと条件を変えてチェーン張りを実行してみてください。

チェーン張り方法にテンショナーを使った場合に選択したテンショナーのピッチ円半径が過大な条件ではチェーン張り計算が成立しない場合がありますその時は次のメッセージが表示されますのでチェーン張り条件を見直してください。



次には「逆転テンショナー11T」でチェーン張りを実行した例を示します。また後で説明するイメージ条件の“リンク形状を表示”をチェックしてリンクのイメージも表示しています。





チェーン張りが正常に実行できるとその下にある基本諸元にチェーン長や軸間距離などが表示されます。また記号の意味は下記のようにっており、添字の1は駆動側スプロケット、2は従動側スプロケットの諸元となります。

PCD：ピッチ円直径

OD：外径

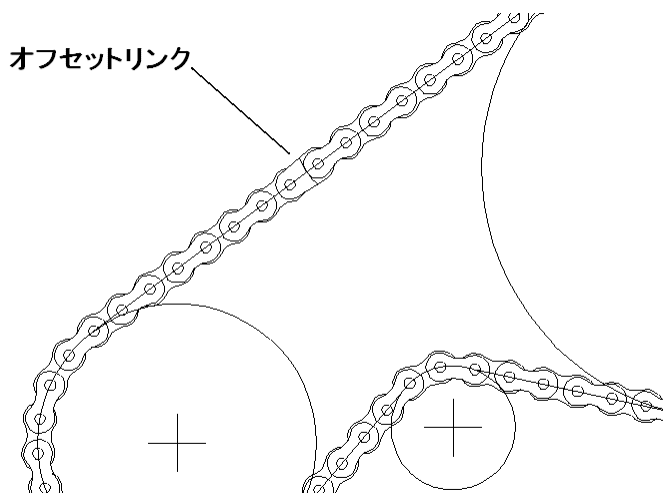
BD：歯底円直径

## 6. イメージ条件

前述のようにイメージ条件の“リンク形状を表示”をチェックするとチェーン張りが実行されたときにイメージにリンクの形状を表示します。またCAD作図やDXF出力にも反映しますので必要に応じて選択してください。

リンク位置移動と微調整はリンク形状のイメージをずらす機能です。総リンク数が偶数の場合はリンク位置移動では0か1しか選択できませんが奇数の場合はオフセットリンクの位置を動かすため0から最大は総リンク数まで選択できます。

次にオフセットリンクを使ったイメージを示しますがオフセットリンクのデフォルトの位置は駆動側の巻き込み開始点（反時計まわりとして）になり、次の例では8コマ移動しています。



微調整は±0.5コマの範囲でリンクの位置を動かすことができます。

## 7. データ入出力

チェーンの計算では設定データファイルの拡張子はM8CHとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8CHが付きますので拡張子の入力是不要です。またばねの計算と同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample.M8CHが入っています。

その他のデータ入出力の操作については第3章基本操作を参照して下さい。

## 8. CAD・DXF出力設定

プルダウンメニューの「環境設定」 > 「CAD・DXF出力設定」をクリックすると次に示すダイアログが表示されます。

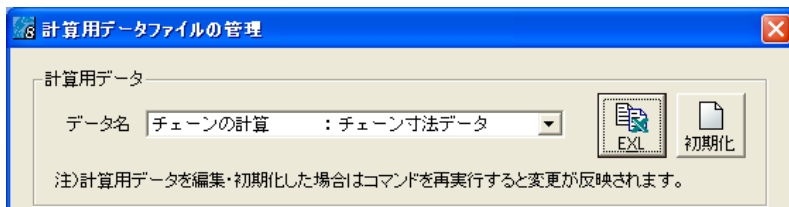
チェーンの計算ではCAD作図とDXF出力でピッチラインとリンク形状のレイヤ名、色番号を設定できるようになっています。レイヤ分けや色分けして出力したい場合はここで設定します。



その他の各種出力の操作、環境設定については第3章基本操作を参照して下さい。

## 9. チェーンデータ

チェーンの計算で使用するチェーンデータのデータファイルはインストールしたフォルダにCSV形式でコピーされています。チェーン寸法データファイルはChain.CSV というファイル名となっています。ばねの計算と同様に[計算用データファイルの管理]を使ってこのデータファイルを開いて確認してみます。



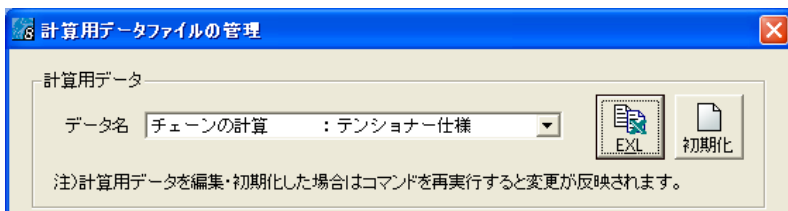
次に多くのパソコンにインストールされている表計算ソフトのExcelで表示した例を示します。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	呼び番号	ピッチ	ローラ外径	内リンク内径	内リンク外径	外リンク内径	外リンク外径	プッシュ内径	ピン長さ	ピンbc部長	内プレート?外プレート?	オフセット	
		p	d1	d1	t2	t3	d2	d3	b4	bc	h2	h3	ll
1	JSB1801												
2	25	6.35	3.3	3.1	4.8	4.86	2.31	2.33	9.1	4.8	6.1	5.3	
3	35	9.525	5.08	4.68	7.47	7.52	3.59	3.61	13.2	8.6	9.1	7.8	
4	41	12.7	7.77	6.25	9.06	9.12	3.59	3.61	14	9	9.9	8.5	
5	40	12.7	7.95	7.65	11.18	11.23	3.97	4	17.8	10.6	12.1	10.5	
6	50	15.875	10.16	9.4	13.84	13.89	5.09	5.12	21.8	12.1	15.1	13.1	
7	60	19.05	11.91	12.57	17.75	17.81	5.96	5.99	26.9	16.2	19.1	15.7	
8	80	25.4	15.88	15.75	22.61	22.66	7.94	7.97	33.5	20	24.2	20.9	
9	100	31.75	19.05	18.9	27.46	27.51	9.54	9.57	41.1	24.1	30.2	26.1	
10	120	38.1	22.23	25.22	35.46	35.51	11.11	11.15	50.8	29.2	36.2	31.3	
11	140	44.45	25.4	25.22	37.19	37.24	12.71	12.75	54.9	32.2	42.3	36.5	
12	160	50.8	28.58	31.55	45.21	45.26	14.29	14.33	65.5	37.3	48.3	41.7	
13	200	63.5	39.69	37.85	54.89	54.94	19.85	19.89	80.3	48.5	60.4	52.1	
14	240	76.2	47.63	47.35	67.82	67.87	23.81	23.85	95.5	55.8	72.4	62.5	

1行目と2行目は項目名と記号となっており、実際には読み飛ばされます。

新しいチェーンの呼び番号を登録したい場合はこのファイルの後ろに追加してチェーンの計算を再起動すれば使えるようになります。また値を修正したり不必要な呼び番号を削除することもできます。

またテンショナー用としてChain\_T.CSVというデータファイルを使っています。このデータも[計算用データファイルの管理]コマンドで開いてみましょう。



このデータを表計算ソフトのExcelで表示した例を右に示します。テンショナーデータは“歯数+T”か“半径+R”で設定します。また逆転テンショナーと正転テンショナーには同じものが使われるのでデータとしてはこのように共通になっています。このデータファイルを編集することでテンショナーの種類や仕様を変更することができます。

これらのCSVファイルはメモ帳や他のテキストエディタでも編集は可能ですがCSV形式はカンマで区切られていますので一行のカンマの数が合わないとうまくデータが読み込めなくなり起動時にエラーが発生します。テキストエディタで編集する場合はカンマとピリオドを間違えないように注意して行ってください。また必ずバックアップを取ってから編集してください。

	チェーン	歯数
1	テンショナー	歯数T or 半径R
2	9T	
3	11T	
4	13T	
5	15T	
6	18T	
7	60R	
8	120R	
9	180R	
10	360R	
11		

なおばねの計算でも説明しましたが計算用データファイルが編集ミス等で壊れて不具合が出た場合は[計算用データファイルの管理] コマンドで初期化することができるようになっています。詳しくは[計算用データファイルの管理] コマンドの説明を参照して下さい

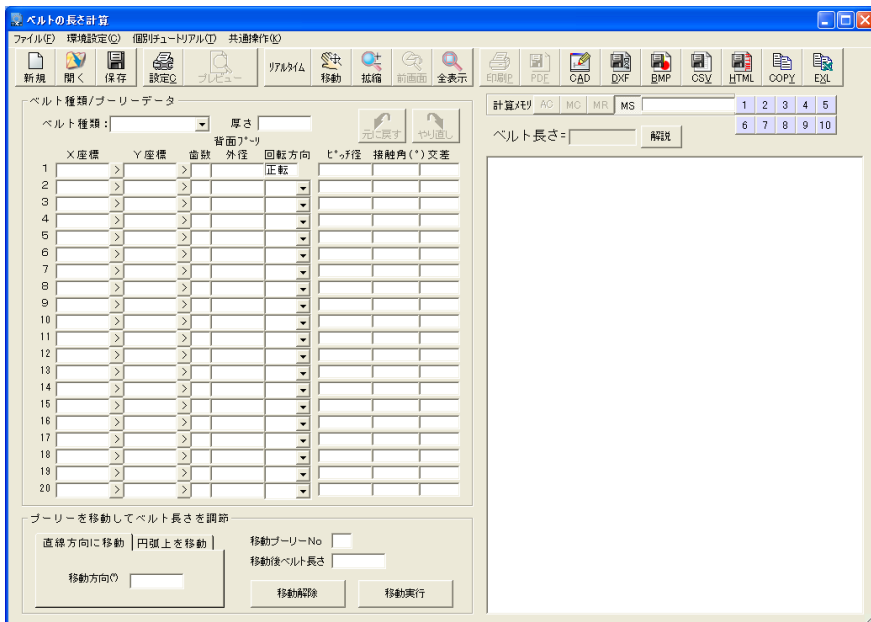
## 第6章 ベルトの長さ計算

### 1. 機能概要

ベルトの長さ計算では平ベルトとタイミングベルトについてプーリーデータを入力することでベルトの長さを求めることができます。また任意のプーリーを移動して所定のベルト長さに合わせることもできるようになっています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「ベルトの長さ計算」ボタンをクリックしてスタートアップの「0 からスタート」をクリックすると次のダイアログが表示されます。

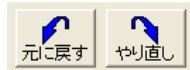


ここでは「ベルト種類／プーリーデータ」フレームの基本的な操作を説明します。

- ・タイミングベルト（歯付きベルト）の種類を選択します。平ベルトを選択した場合はベルトの厚さの入力欄が表示されますので厚さを入力します。
- ・続いてプーリー軸の座標をNo.1から順に時計回りで入力していきます。No.1は必須ですがそれ以外は間が抜けていてもかまいません。なお座標入力欄右の「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが開き、CAD図面からプーリー座標を取得することもできます。入力アシスタントの操作については第3章基本操作を参照してください。

- ・平ベルト以外では歯数を入力します。
- ・平ベルト以外で歯数を0とした場合は背面プーリー（テンショナー）としての扱いになりますのでさらに背面プーリー外径を入力します。歯数が入力されている場合は背面プーリー外径は入力できません。
- ・平ベルトの場合は平プーリー外径となりますのでプーリー外径を入力します。
- ・No.1プーリーの回転方向を正転として回転方向を選択します。ここで無効を選択すると、そのプーリーは無かったものとして扱われますので諸元を変えて計算したいプーリーがある場合に、あらかじめそれらのプーリーのデータを入力しておいてここで切り替えて比較するような使い方もできます。
- ・[解説] ボタンをクリックするとこのコマンドの使い方などの解説ダイアログが表示されます。

なおベルト種類、プーリー座標、歯数等は右に示すボタンでUNDO・REDO機能が使えるようになっていきます。UNDO・REDO機能についての詳細は第3章基本操作を参照してください。



プーリーデータを入力していくとピッチラインがイメージ表示されていきます。次にプーリーデータを入力した例を示します。

**ベルトの長さ計算**

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(T) 共通操作(O)

新規 開く 保存 設定 プレビュー リアルタイム 移動 拡張 前面面 全表示 印刷 PDE CAD DXF BMP CSV HTML COPY EXL

計算/実行 AC MC MR MS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

ベルト種類/プーリーデータ

ベルト種類: B M

元に戻す やり直し

	X座標	Y座標	歯数	背面プーリー 外径	回転方向	ピッチ径	接触角(°) 交差
1	0	>0	>24		正転	88.137	175.78 無
2	-85	>180	>48		正転	76.384	120.78 無
3	85	>180	>48		正転	76.384	150.78 無
4	10	>70	>0	40	逆転	42.330	87.348 無
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

ベルト長さ= 817.34 解説

プーリーを移動してベルト長さ調節

直線方向に移動 | 円弧上を移動 | 移動プーリーNo. | 移動後ベルト長さ

移動方向(°) | 移動解除 | 移動実行

またイメージ表示枠の上にベルト長さが表示されます。通常は半端な長さとなるのでこれをタイミングベルトの標準的な長さに合わせるためにプーリーを移動させます。

次のプーリーを移動させる方法を説明します。

### 3. プーリー移動

プーリーの移動は「プーリーを移動してベルト長さを調節」フレームで操作します。

移動プーリーNoを入力してフォーカスを移動するかリターンするとイメージのプーリー番号が赤くなり、移動後ベルト長さの入力欄の右にそのプーリーを除いたときのベルト長が表示されます。

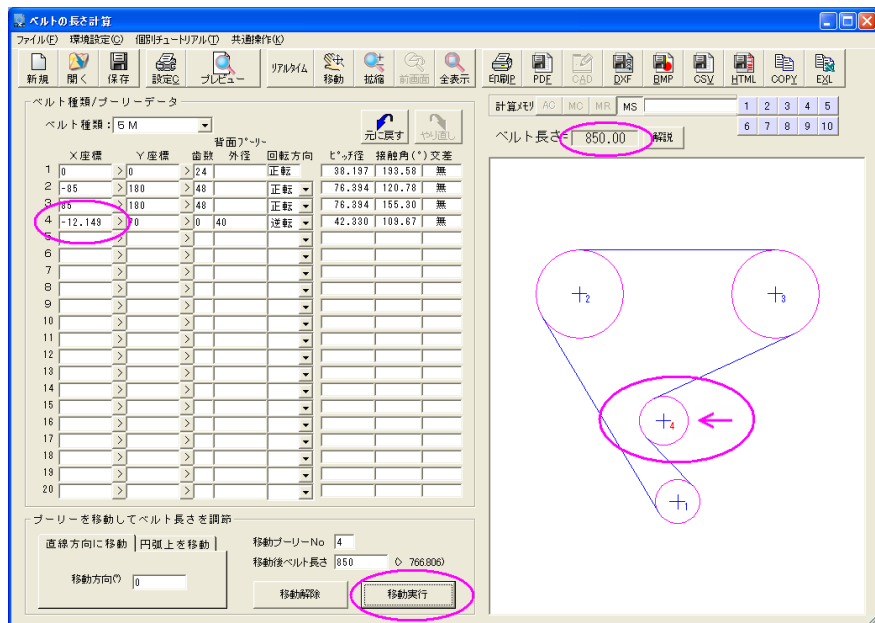
続いてその長さより大きいで移動後のベルト長さを入力します。移動方法としては移動プーリーの現在の座標を基準として直線方向に移動する場合と、基準点と回転半径から円弧上を移動する場合の2種類が選択できます。

直線方向に移動する場合は「直線方向に移動」のタブを開いて右水平を $0^\circ$ として反時計方向の角度を入力します。円弧上を移動する場合は「円弧上を移動」のタブを開いて回転半径と中心座標を入力しますが、その円弧の位置が移動プーリーとかけ離れている場合は上手く移動できない場合があります。

これらのプーリーの移動条件を設定して「移動実行」ボタンをクリックすると移動条件に問題がなければ入力したベルト長さになるようにプーリーが移動し、プーリー座標が更新されるとともにイメージでの位置も移動します。また移動直後であれば「移動解除」ボタンで元の位置に戻すことができます。

次にプーリーNo.4をベルト長さが850mmになるように水平方向に移動した例を示します。

プーリーNo.4のX座標を見ると初期値の10から-12.149に移動していることが分かります。またイメージ上に表示されるベルト長さも850になっています。



## 4. データ入出力

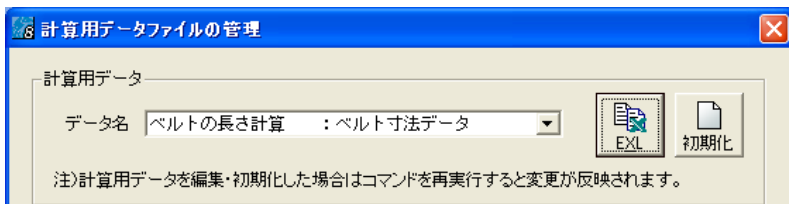
ベルトの長さ計算では設定データファイルの拡張子はM8BLとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8BLが付きますので拡張子の入力是不要です。またばねの計算と同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample.M8BLが入っています。

その他のデータ入出力の操作や各種出力については第3章基本操作を参照して下さい。

## 5. ベルトデータ

ベルトの長さ計算で使用するタイミングベルトのデータファイルはインストールしたフォルダにBelt.CSVというファイル名でCSV形式でコピーされています。

ばねの計算と同様に「計算用データファイルの管理」を使ってこのデータファイルを開いて確認してみます。





データ名を選択して「E X L」ボタンをクリックすると拡張子CSVに関連づけられた表計算ソフトが起動してデータが表示されます。

右に多くのパソコンにインストールされている表計算ソフトのExcelで表示した例を示します。

1行目と2行目は項目名と記号となっており、実際には読み飛ばされます。

ここで補正値は背面プーリーとして使用するときのピッチ径の補正値で背面プーリーのプーリー径にこの補正値を足したものがピッチ径となります。

なおV e r 5以前のコマンドではこのデータはプログラムの中で設定されていて変更はできなかったのですがメカニカル7から外部ファイル形式としてユーザーが自由に編集できるようになりました。

	A	B	C
1	ベルトデータ		
2	呼び	ピッチ(mm)	補正値(mm)
3	MXL	2.032	0.75
4	109	2.111	0.75
5	181	2.822	0.75
6	50	3.175	1.532
7	XL	5.08	1.532
8	L	9.525	2.288
9	H	12.7	1.936
10	XH	22.225	7.36
11	XXH	31.75	8.38
12	1.5M	1.5	0.8
13	2M	2	0.752
14	3M	3	1.7
15	5M	5	2.33
16	8M	8	3.838
17	14M	14	5.21
18			

このCSVファイルはメモ帳や他のテキストエディタでも編集は可能ですがCSV形式はカンマで区切られていますので一行のカンマの数が合わないとうまくデータが読み込めなくなり起動時にエラーが発生します。テキストエディタで編集する場合はカンマとピリオドを間違えないように注意して行ってください。また必ずバックアップを取ってから編集してください。

なおばねの計算でも説明しましたが計算用データファイルが編集ミス等で壊れて不具合が出た場合は「計算用データファイルの管理」コマンドで初期化することができるようになっています。詳しくは「計算用データファイルの管理」コマンドの説明を参照して下さい

## 第7章 リンク機構の計算

### 1. 機能概要

リンク機構の計算ではリンクの条件を設定したD X F 設定データを読み込んで一つあるいは複数のリンクに回転あるいは伸縮の駆動条件を設定してリンク機構をイメージ上で動かすことができます。また動かしたリンクイメージをC A Dに取り込んで部品の干渉チェック等に使うこともできます。

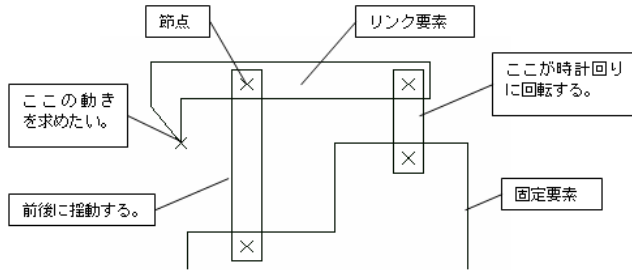
### 2. DXF設定データ作成

リンク機構の計算では節点座標やリンク機構の構成情報、作図要素などをDXFファイルから取り込むようになっています。したがってDXFファイル出力のできるCADを使ってまずDXF設定データを作成する必要があります。

DXF設定データに必要な仕様は以下のようになっています。

- ① リンク要素（リンクの棒に相当）毎に必ずレイヤ（画層ともいう）を変えます。複数のリンク要素を1つのレイヤに作図してはいけません。逆に1つのリンク要素を複数のレイヤに作図することは可能です。使用できるレイヤの数は最大21までです。
- ② リンク要素を作図したレイヤにはそのリンク要素のすべての節点（ピン接合される個所）に点か、点が作成できないCADの場合は節点位置を中心とした任意の半径（小さめの方が分かりやすい）の円を作図します。複数のレイヤに作図されたリンク要素で2つ以上の同じ座標の節点がある場合は同一のリンク要素として処理します。また座標計算は節点を基準に行われますので軌跡や速度ベクトル、加速度ベクトルを表示したい場所にも点か円を作図して節点としておきます。
- ③ 表示や作図する図形はレイヤ単位で処理されます。したがって油圧シリンダ等はシリンダ側とプランジャ側にレイヤを分けて作図し両端の取り付け位置に節点の点か円をそれぞれ作図しておきます。後で説明する移動基準節点をそれぞれの部品が取り付けられている節点を選択することで実際にプランジャが出入りするように表示や作図することが可能となります。

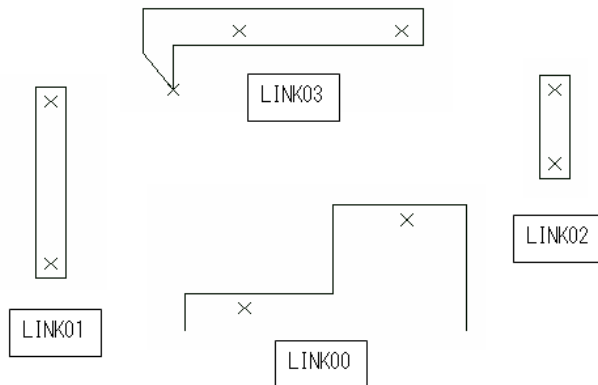
次に示すリンク機構のDXF設定データを作ってみます。これはフィルム送り機構等にみられる爪の部分をなるべく水平に動かしたいときに用いられるリンク機構です。



まずリンク要素としては固定要素を含めて4つありますからそのレイヤを作成します。CADによってはあらかじめレイヤが用意されていて名前を変更できないものもありますが、その場合はどのレイヤにどの要素を作図するか決めておく必要があります。

ここではLINK00という名前のレイヤに固定要素、以下LINK01、LINK02、LINK03というレイヤを作ります。これらのレイヤ名は後で取り込む時のデフォルトの名称となっていますが自由に変更することもできます。また固定要素以外はどのリンク要素をどのレイヤに作図してもかまいません。

次にそれぞれのレイヤに作図した図形を示します。



ここで×は節点を示しています。すべてのレイヤを表示させたときにはピン接合に相当する節点がそれぞれ重なるように点を作図するか、点が作図できないCADでは同じ節点位置を中心とした同心円になっていなければなりません。

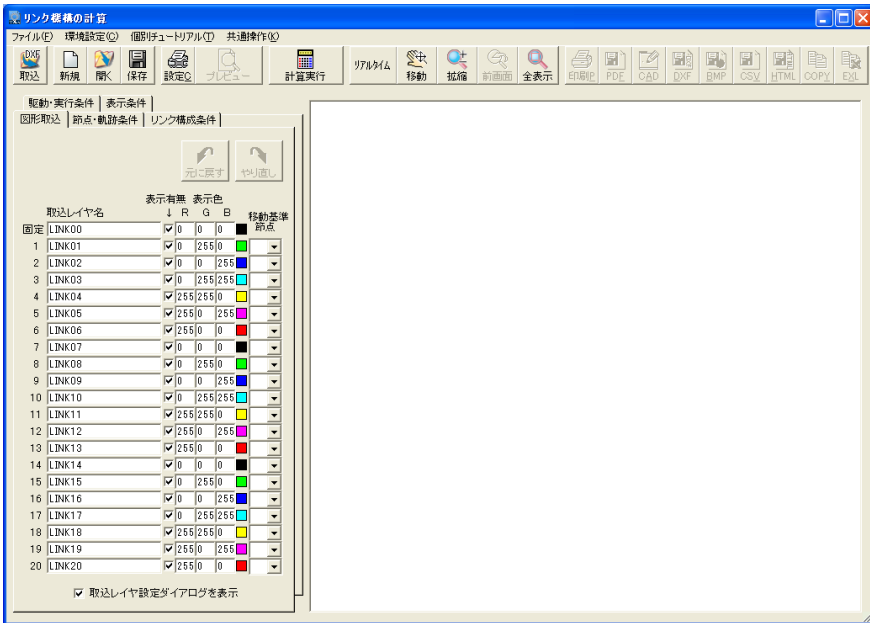
座標上の誤差は0.0001mm以内でないと同一の節点と見なしませんので注意してください。また取り込み可能な図形は通常要素の線分、円、円弧、点だけでそれぞれ最大3000要素まで取り込めます。AutoCADのポリラインや複合図形等の図形要素は取り込めませんので注意してください。

なおリンク形状を示す作図図形は必須ではありませんのでリンク要素が構成できれば節点だけでもかまいません。また作図要素の数が増えると表示等に時間がかかるようになるのであまり細かい図柄は除いた方がいいと思います。

このデータは[CADTOOLメカニカル8]をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにSample1.DXFとして入っていますのでDXFファイルの読込ができるCADで読み込んで確認してみるとよくわかると思います。点が作図できないCAD用のサンプルとして点の代わりに円を使ったものがSample1C.DXFとして入っています。

## 3. DXF取込

コマンド選択メニューから[リンク機構の計算]を起動してスタートアップの[0からスタート]をクリックすると次のダイアログが表示されます。



新規に計算する場合は[図形取込]タブが開いているので次の順序でDXF設定データを取り込みます。

- ①取込レイヤ名を設定します。デフォルトはLINK00からLINK20までとなっていますがレイヤ名が異なる場合はあらかじめこの取込レイヤ名を設定しておきます。

詳細は後で説明しますがこのタブの最下部にある“取込レイヤ設定ダイアログを表示”をチェックしておくことで読み込んだ DXFファイルから先にレイヤ名だけを取り出して取込レイヤ名をリストボックスから選択して設定することもできます。

この設定は計算を実行したりプルダウンメニューの[ファイル] > [終了]のタイミングでデータファイルに書き込まれ、次のデフォルトとなるようになっていきます。なお取込レイヤ名を変更するときは重複した名称にならないように注意してください。

②次にアイコンボタンの[取込]かプルダウンメニューの[ファイル] > [DXF設定データを開く]をクリックします。Windows標準のファイル選択ダイアログが表示されますので取り込みたいDXFファイルを選択します。スタートアップで[DXF設定データを読み込んでスタート]をクリックしたときも同じダイアログが開きます。

このファイル選択ダイアログでファイルを選択して[開く]ボタンをクリックするとDXFファイルから図形情報を取り込みリンク要素や作図要素を構成して表示します。

“取込レイヤ設定ダイアログを表示”をチェックしておくことで右に示す取込レイヤ設定ダイアログが表示されます。

ここのリストボックスには取り込んだDXFファイルにあるレイヤ名が表示されますので固定レイヤから順に選択していきます。

選択が完了したリストボックスはグレーアウトして変更できなくなり、未選択のレイヤが次のリストボックスで選択できるようになります。

これにより取込レイヤ名の設定ができていなくても取り込んだDXFファイルのレイヤ名から設定できますが、どのレイヤが固定レイヤになるとかリンク要素のあるレイヤはどれかなどはあらかじめ把握しておかないと正確に選択ができませんので注意して下さい。

**取込レイヤ設定**

固定レイヤから順に選択して下さい。

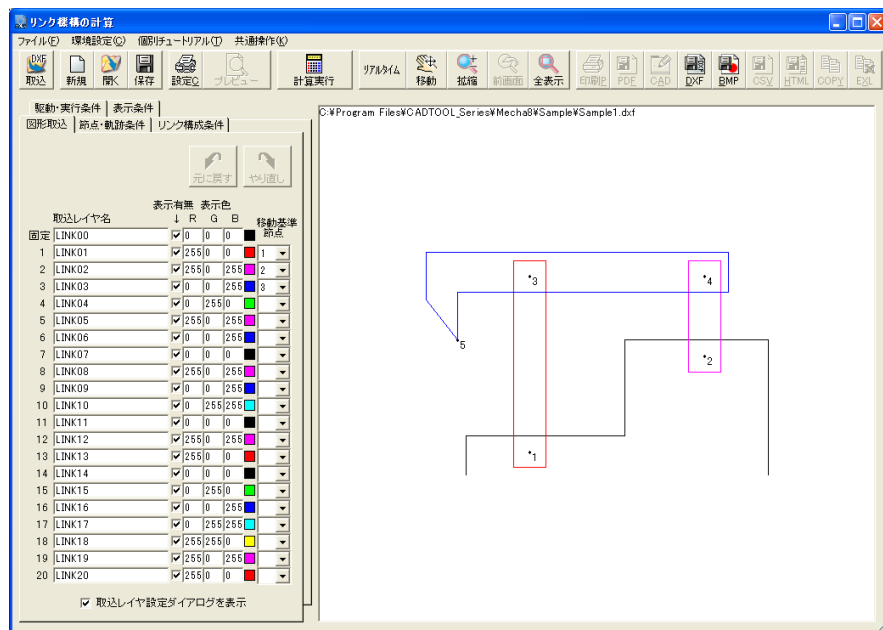
固定	取込レイヤ
1	LINK00
2	LINK01
3	LINK02
4	LINK03
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	

確定  
キャンセル  
再選択

リンクと関係ないレイヤは未選択でもかまいません。また選択を間違えた場合は「再選択」ボタンをクリックすると最初の固定レイヤから選択をやり直すことができます。

選択が完了したら「確定」ボタンをクリックすると選択内容を取込レイヤ名に反映してDXFファイルから図形を取り込みます。ここで「キャンセル」するとデフォルトの取込レイヤ名で図形を取り込むようになっています。

次にSample1.dxfを読み込んだ例を示します。



DXF設定データを取り込むと節点番号も自動的に付番されるようになっています。このとき節点1は動かない点である必要があるので固定要素以外に節点1がある場合はDXF設定データが取込レイヤ名を確認してやり直してください。

ここで節点番号の付番方法について説明します。節点番号の付番方法はまず固定要素の取込レイヤから節点図形（点あるいは円）を作図した順に1番から付番され、続いて取込レイヤ名の順でそのレイヤ名の先に作図した節点図形から順につけられていきます。

すでに節点番号が付番されている節点と同じ座標（距離が0.0001mm以内）にある節点図形は節点としては無視されていきます。また節点番号1はすべての節点の座標計算の基準となりますので前述のように必ず固定要素になければなりません。

引き続き「図形取込」タブの設定について説明をします。

③表示有無のチェックを外すとその取込レイヤ名から取り込んだ図形が非表示となります。  
取り込んだ図形が合っているかどうかや計算実行後の確認等で不要な図形を非表示にしたときに使います。

④表示色のR、G、Bで右側のイメージに表示するときの色を設定します。DXFデータの色と関係はなくあくまでもイメージ表示上の設定です。ここを変更すると入力欄の右の四角の色が設定した色に変わります。

⑤移動基準節点はどの節点を基準に作図要素を移動させていくかの基準となります。この例のように伸縮する要素のない場合や後で説明する“拘束を解除する節点”を使っていない場合は特に意味はありません。前述の油圧シリンダのように伸縮するリンク要素の特定の節点の動きに応じて作図要素を移動させたい場合に使ったり、移動基準点が“拘束を解除する節点”になっている場合はここで変更します。

この例ではこの時点で駆動・実行条件以外の設定が自動で行われるので駆動・実行条件へ進んでもかまいませんが、ここでは節点・軌跡条件、リンク構成条件と順に説明していきます。  
では次に「節点・軌跡条件」タブを開き節点・軌跡条件の入力欄を表示させます。

## 4. 節点・軌跡条件

「節点・軌跡条件」タブを開くと節点座標の編集欄と軌跡を設定するチェックボックスが表示されます。

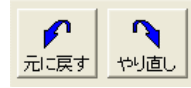
設定方法は次の手順で行います。

①各節点のX、Y座標が表示されます。

通常は変更する必要はありませんが部分的に節点の位置をずらしてみても動きの変化等を見たいときにDXF設定データから変更しなくてもこの編集欄で節点の座標を変更することができるようにしています。なお節点の追加はできませんので追加したい場合はDXF設定データに点データを追加して再度取り込みを行う必要があります。

駆動・実行条件		表示条件	
図形取込		節点・軌跡条件	
番号切替 <div>&lt; &gt;</div>		<div>元に戻す</div> <div>やり直し</div>	
No	X 座標	Y 座標	軌跡
1	115 >	25 >	<input type="checkbox"/>
2	225 >	85 >	<input type="checkbox"/>
3	115 >	135 >	<input type="checkbox"/>
4	225 >	135 >	<input type="checkbox"/>
5	70 >	95 >	<input type="checkbox"/>

また座標編集欄右の [ ] ボタンをクリックすると入力アシスタントが開き、CAD図面から座標を取得することもでき、右に示す表示条件以外のタブの右上にあるボタンでUNDO・REDO機能が使えるようになっています。入力アシスタントの操作およびUNDO・REDO機能についての詳細は第3章基本操作を参照してください。



② 軌跡のチェックボックスでは軌跡を表示させたい節点番号をチェックします。速度ベクトルや加速度ベクトルの表示もこれがチェックされているものだけが対象となります

続いて [リンク構成条件] タブを開いてリンク要素の構成を確認します。

## 5. リンク構成条件

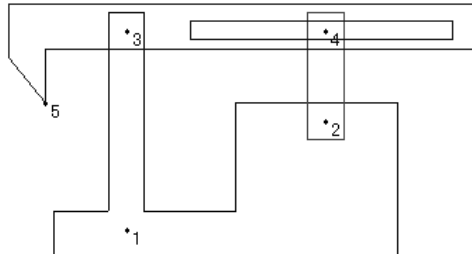
[リンク構成条件] タブを開くとリンク要素の構成条件が表示されます。

ここでは“1つのリンク要素に含まれる節点番号”が表示されていますので取り込んだDXF設定データが正しいかどうかの確認ができます。

特に後述する過拘束エラーや拘束不足エラーが出たときはここで各リンク要素に正しい節点番号が表示されているか確認してください。

駆動・実行条件   表示条件	
図形取込   節点・軌跡条件   リンク構成条件	
	<div> </div>
	<div> <div>1つのリンク要素に含まれる節点番号</div> <div>拘束を解除する節点</div> </div>
固定	1, 2
1	1, 3
2	2, 4
3	3, 4, 5

“拘束を解除する節点”はこの例では入力しませんたとえば右に示すような節点1－2－3を固定として節点3－4－5の爪のあるリンクの節点4の所を長穴として節点2－4のピンが長穴を滑り全体が揺動するようなリンクの場合には節点4の拘束を解除してやらないと過拘束エラーが出て動作しません。これについての詳細は後で説明します。



次に [駆動・実行条件] タブを開いて駆動・実行条件を設定します。



## 6. 駆動・実行条件

〔駆動・実行条件〕タブを開く駆動・実行条件を設定する入力欄が表示されます。

駆動条件、実行条件の入力、設定方法を次に示します。

- ① 駆動条件は最大500条件まで設定できますが入力欄が10しかないので〔番号切替〕ボタンで切り替えて入力します。

この〔番号切替〕ボタンで切り替える毎にタイトルをつけることができますので、たとえば複数の油圧シリンダがある場合にシリンダ単位にタイトルをつけて駆動条件を設定するとわかりやすくなります。必要なければタイトルは未入力でもかまいません。

- ② リンクの計算はステップを単位として座標計算が行われますので、まず駆動力を働かせる開始ステップと終了ステップを設定します。

終了ステップを開始ステップより小さくすることはできません。また実際には、計算はステップ1から行われるので開始ステップは0でも1でも同じです。

次に駆動の種類を“回転”か“伸縮”のどちらかを選択します。この場合は“回転”を選択します。

次に駆動する節点を2つ選択します。この場合は節点2と4になります。

駆動量は回転の場合はdegで反時計方向が+、伸縮の場合はmmで伸びる方向が+となっていて1ステップで駆動する量を設定しますので開始、終了ステップと考え合わせて設定します。

ステップ入力			駆動節点選択			駆動量
No	開始	終了	種類	1	2	
1	0	0	なし	0	0	0
2	0	0	なし	0	0	0
3	0	0	なし	0	0	0
4	0	0	なし	0	0	0
5	0	0	なし	0	0	0
6	0	0	なし	0	0	0
7	0	0	なし	0	0	0
8	0	0	なし	0	0	0
9	0	0	なし	0	0	0
10	0	0	なし	0	0	0

ここでは開始ステップを1、終了ステップを18とし時計方向にまわすため駆動量を-20として1回転させてみます。終了ステップを360として駆動量を-1とすれば1度ごとの動きをみることができます。ただしあまり細かくすると実行時間がかかりますので注意してください。

また複数の駆動条件も設定でき、開始、終了ステップをラップさせることも可能です。ラップしている場合は両方の駆動量を合わせたものがそのステップの駆動量となります。

なお駆動量入力欄右の「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが開きますので図面から総駆動量を取得してから四則演算機能を使ってステップ数で割って1ステップの駆動量を求めるようなことも電卓を使わずにできるようになっています。

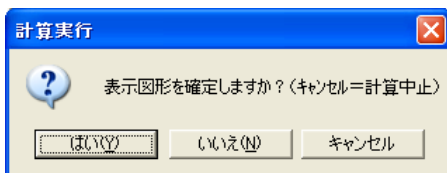
- ③ [駆動条件全消去] ボタンをクリックすると設定してある駆動条件がすべて消去されます。複雑な駆動条件を変更するような場合は一旦消去してから入れなおしたほうが確実にできる場合がありますのでそのようなときに使用します。

また[駆動条件のみ読込] ボタンをクリックすると既存データの読み込みと同じ操作で既存データから駆動条件のみを読み込むことができます。

- ④ 作図モードを[仮表示] にするとステップ毎に直前の図形をクリアしながら表示しますので実際に動いているように見えます。また作図モードを[確定] にするとステップ毎に図形を確定して表示しますので干渉チェック等に使えます。

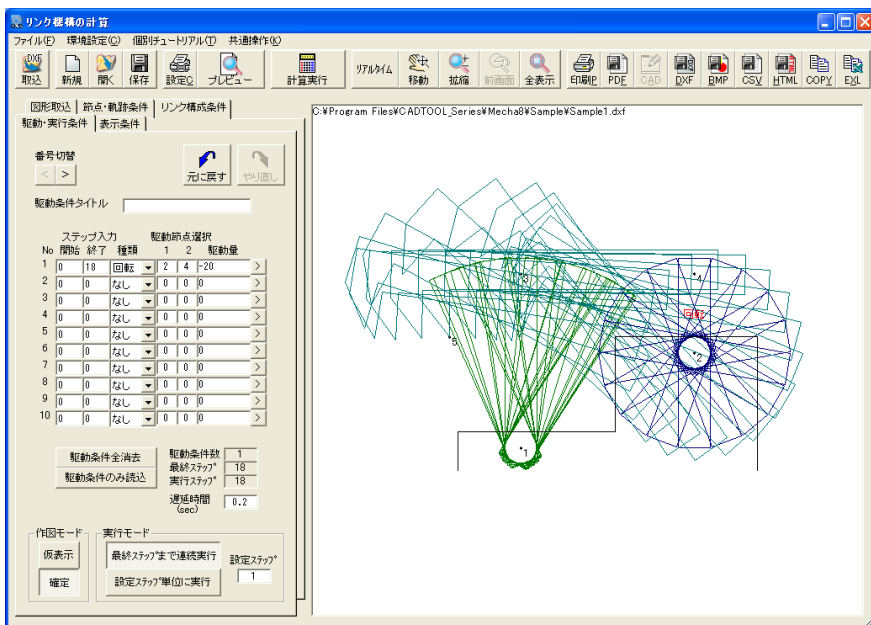
いずれの場合でも軌跡や速度ベクトル、加速度ベクトルは作図モードに関係なく確定されますがこれらは後で説明する表示条件で表示の切り換えが可能です。

- ⑤ 実行モードを[最終ステップまで連続実行] とすると最終ステップまで連続的に実行されます。作図モードを[仮表示] とし実行モードを[設定ステップ単位に実行] としておくとその下にある設定ステップ毎に右に示すメッセージボックスが表示されます。



ここで[はい] とするとそのときの図形が確定し[いいえ] とすると確定しないで次の設定ステップまで進みます。また[キャンセル] すれば計算を中止することができます。作図モードが[確定] の場合は設定ステップ毎に図形を確定しながら連続して計算が実行されメッセージボックスは表示されません。

- ⑥ “遅延時間”は仮表示での動きなどをゆっくり見たい場合や実際の動作時間に合わせて動かしたいときなどに使用します。単位は秒で各ステップ間に設定した秒数だけ遅延させます。ただし座標計算や表示の時間はリンク要素や作図要素の数、CPUのスピード等に関係します。
- ⑦ 駆動条件、実行条件が設定できたら[計算実行]ボタンをクリックして計算を実行します。ここでは作図モードを「確定」、実行モードを「最終ステップまで連続実行」にして実行してみます。その結果を下に示します。



また計算実行中は「計算実行」ボタンの表示が「計算中止」になっていますのでこの状態でクリックすると計算を中止することができます。

作図モードや実行モード、設定ステップ、遅延時間などをいろいろと変更してみてどのように表示されるのか試してみてください。

次に「表示条件」タブを開いて表示条件を変更してみます。

## 7. 表示条件

「表示条件」タブを開くと表示条件の設定が行えます。

以下、表示条件について説明します。

- ・「初期状態表示」：初期形状のみを表示したい場合にクリックします。

- ・「計算結果再表示」：計算実行した後で初期形状を表示したりズーム等を行って計算結果の図形が消えている場合にクリックすると計算結果が再表示されます。計算実行前や駆動条件等計算結果に影響する項目を変更すると文字が薄くなつてクリックできないようになります。

- ・表示フォントサイズ：パス・ファイル名や節点番号等の文字のサイズを設定します。数値を大きくすると文字も大きくなります。

- ・節点番号の表示：チェックすると節点番号が表示されます。

- ・パス・ファイル名の表示：チェックすると取り込んだDXF設定データのパスとファイル名をイメージ上部に表示します。

- ・軌跡の表示：チェックすると軌跡を表示します。ただし節点・軌跡条件で表示する節点がチェックされていないとこがチェックされていても軌跡は表示しません。なお軌跡、速度ベクトル、加速度ベクトルデータは計算実行時に取得しているので、この時点で軌跡や速度ベクトル、加速度ベクトルを表示したい節点を節点・軌跡条件に戻ってチェックすれば再実行することなく直ちに表示されるようになっています。

- ・駆動種類の表示：チェックすると駆動条件で設定されている2節点の間に伸縮あるいは回転の駆動種類の文字が表示されます。

図形取込 | 節点・軌跡条件 | リンク構成条件 |

駆動・実行条件 | 表示条件 |

初期形状表示 | 計算結果再表示 |

表示フォントサイズ

☒ 節点番号の表示

☒ パス・ファイル名の表示

☒ 駆動種類の表示

☒ 軌跡の表示
 軌跡レイヤ名

☒ 速度ベクトルの表示
 速度レイヤ名

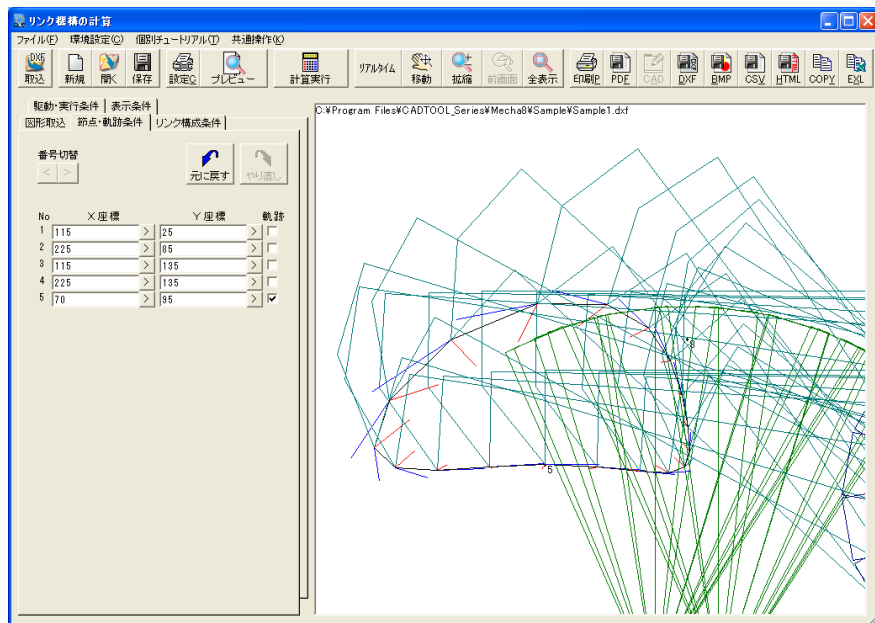
☒ 加速度ベクトルの表示
 加速度レイヤ名

1ステップに相当する時間  (sec)

- ・ 軌跡レイヤ名：計算結果をDXFファイルに出力する場合の軌跡を作図するレイヤ名となります。
- ・ 軌跡のR、G、B：軌跡を表示する表示色を設定します。
- ・ 速度ベクトルの表示：チェックすると速度ベクトルが表示されます。
- ・ 速度レイヤ名：計算結果をDXFファイルに出力する場合の速度ベクトルを作図するレイヤ名となります。
- ・ 速度のR、G、B：速度ベクトルを表示する表示色を設定します。
- ・ 加速度ベクトルの表示：チェックすると加速度ベクトルが表示されます。
- ・ 加速度レイヤ名：計算結果をDXFファイルに出力する場合の加速度ベクトルを作図するレイヤ名となります。
- ・ 加速度のR、G、B：加速度ベクトルを表示する表示色を設定します。
- ・ 1 ステップに相当する時間：速度ベクトルや加速度ベクトルを計算するための基準となる1ステップの時間を設定します。これにより速度ベクトルの長さが $\text{mm}/\text{sec}$ 、加速度ベクトルの長さが $\text{mm}/\text{sec}^2$ に相当しますので計算結果をDXFファイルに出力してからCADで実測すれば速度や加速度を求めることができます。

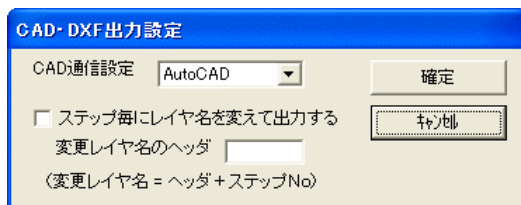
なお回転方向が反転する場合や伸縮駆動条件が切り替わる時のような変位が不連続となる場合は瞬間的に行われるとすると加速度が無限大になるのでこの1ステップに相当する時間内に等加速度で行われると仮定して加速度を求めています。

次に節点・軌跡条件で節点5の軌跡をチェックして、さらに軌跡を中心に拡大した例を示します。速度ベクトル、加速度ベクトルも表示するようにしています。イメージの拡大・移動の操作方法については第3章基本操作を参照して下さい。



## 8. CAD・DXF出力設定

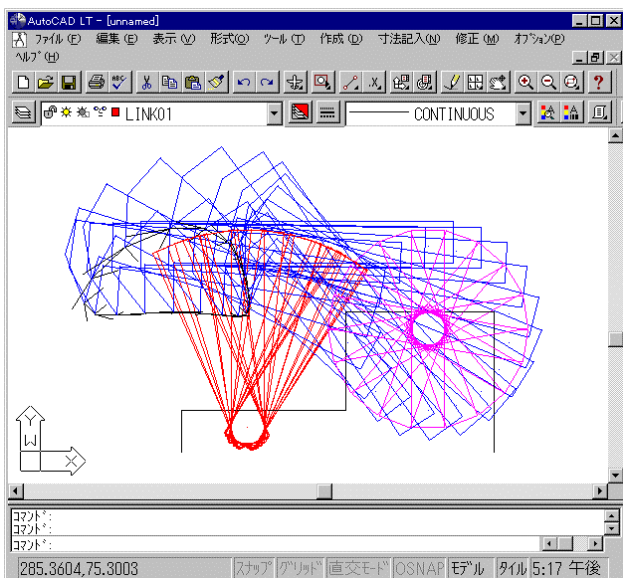
プルダウンメニューの「環境設定」>「CAD・DXF出力設定」をクリックすると次のダイアログが表示されます。



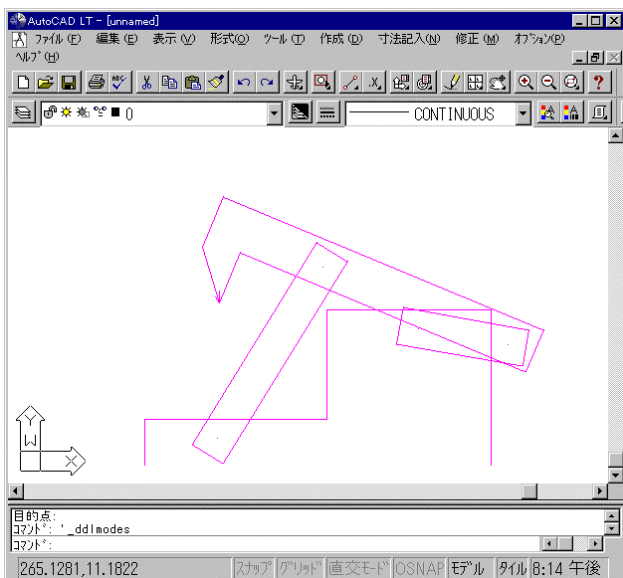
リンク機構の計算のCAD作図・DXF出力では計算実行後の図形も基本的にはそれぞれのリンク要素の取込レイヤと同じレイヤに出力されますが、ここで“ステップ毎にレイヤ名を変えて出力する”をチェックすると取り込んだレイヤには関係なくステップ毎に1つのレイヤに出力することができます。

このときのレイヤの名前はレイヤヘッダ+ステップNoとなり、最大ステップ数の桁数に合わせてステップNoの前に0が付加されます。レイヤヘッダを“LL”とし最大ステップ数が360のときにステップ1のデータはレイヤ“LL001”として出力されます。

Sample1の実行例をAutoCAD LTに作図したものを次に示します。



また次のものはステップ毎にレイヤを変えてステップ5を表示したものです。



さらに“ステップ毎にレイヤ名を変えて出力する”がチェックされているとステップ毎に1から7の色番号が順に要素の色として使われます。それ以外の場合の要素の色やレイヤの色情報、線種情報は含まれませんので必要に応じてCAD側で設定してください。その他の各種出力については第3章基本操作を参照して下さい。

## 9. 計算エラーについて

リンク機構の計算ではリンクの構成や駆動条件によって座標計算時にエラーが発生することがあります。ここではそのエラーについて説明します。

### ・過拘束エラー

Sample1の例で駆動条件に右に示すように節点1ー3を回転駆動する条件を追加して実行してみます。

ステップ入力			駆動節点選択			
No	開始	終了	種類	1	2	駆動量
1	0	18	回転	2	4	-20
2	0	0	回転	1	3	0
3	0	0	なし	0	0	0
4	0	0		0	0	0

[計算実行] ボタンをクリックすると直ちに次のダイアログが表示されます。

過拘束エラー解説

エラーが発生した三角の節点番号 1 : 3 : 4

過拘束エラーを生じたので実行が中止されました。以下の説明を参考に条件を見直してください。

リンクの計算は3つの節点から構成される三角形を一般的な二辺夾角や三辺既知等の公式を用いて解きながら順次、三角形の節点を変更してすべての節点の座標が決まるまで行われます。この三角形の計算のときに必要以上に条件が設定されていると三角形の解が求められず過拘束エラーとなります。

条件を見直す参考として、たとえば四つ棒リンクで2箇所を回転させようとしたときに発生しますので駆動条件の駆動の種類が間違っていないかどうか。シリンダー等を使った場合の三つ棒リンクで回転駆動させていないかどうかのポイントになります。

駆動の種類をすべて伸縮にしても過拘束エラーが出る場合はももとの形状の問題があると考えられますのでDXFの取込図形をチェックしてください。

確認

駆動条件2では開始、終了ステップと駆動量がありませんが駆動の種類と節点を選択した時点で駆動される節点として処理されます。したがって四つ棒リンクの異なる二つのリンクを回転させようとしていますからリンクに無理な状態が発生して節点番号1 : 3 : 4の三角形の計算で過拘束エラーが発生しています。

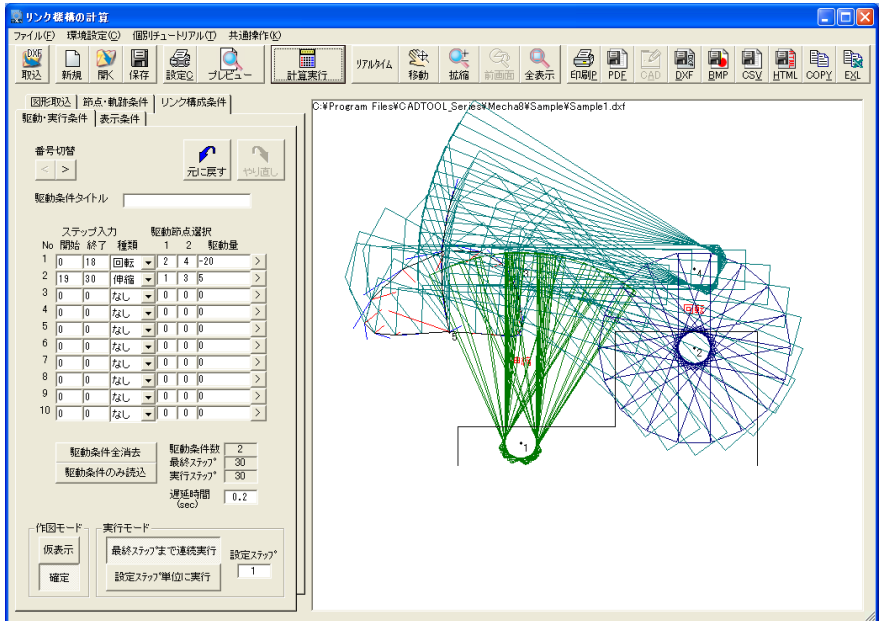


ここで節点1－3の駆動の種類を伸縮としてやるとエラーは発生しません。

試しに右の駆動条件に変更して実行してみます。

ここでは節点2－4が1回転した後に節点1－3が伸びるように設定してみます。その計算結果を次に示します。

ステップ入力			駆動節点選択			
No	開始	終了	種類	1	2	駆動量
1	0	18	回転	2	4	-20
2	18	30	伸縮	1	3	5
3	0	0	なし	0	0	0
4	0	0	なし	0	0	0



エラーとは直接関係ありませんがこのようにリンク機構解析では複数の駆動条件を組み合わせで実行することもできます。

### ・拘束不足エラー

次にSample1の例で駆動条件に節点2－4を伸縮駆動するように変更してみます。

これで「計算実行」ボタンをクリックすると次のダイアログが表示されます。

ステップ入力				駆動節点選択		
No	開始	終了	種類	1	2	駆動量
1	0	18	伸縮	2	4	-20
2	0	0	なし	0	0	0
3	0	0	なし	0	0	0

## 拘束不足エラー解説

拘束不足エラーを生じたので実行が中止されました。以下の説明を参考に条件を見直してください。

リンクの計算は3つの節点から構成される三角形を一般的な二辺夾角や三辺既知等の公式を用いて解きながら順次、三角形の節点を変更してすべての節点の座標が決まるまで行われます。この三角形の解くための条件が不足すると三角形の解が求められず拘束不足エラーとなります。

条件を見直す参考として、たとえば四つ棒リンクで伸縮のみの駆動をさせようとしたときに発生しますので駆動条件の駆動の種類が間違っていないかどうかポイントになります。逆にダミーの回転駆動(駆動量を0とする)を設定して回避する方法もあります。

また本リンク計算の仕様上、固定要素の節点1から順次三角形の計算をしていきますので固定要素から離れた節点間や中間に別のリンク要素が入っているような節点間で伸縮駆動させる場合は実際にはリンクとして成立していても駆動節点を含んだ三角形の計算に入る前に拘束不足エラーが発生する場合があります。このような場合は実際の駆動節点にこだわらずに結果として揺動するリンク等を回転駆動して回避してください。

確認

この場合は四つ棒リンクの1つを伸縮しようとしているだけなのでリンクとしてはフニャフニャな形の定まらない状態となり拘束不足エラーとなります。

ここで先ほどとは逆に節点1-3に回転駆動条件をあたえると節点3が決まるので拘束不足エラーは解消します。節点2-4の駆動量を2にして実行してみた結果を次に示します。

**リンク機構の計算**

ファイル(F) 環境設定(O) 個別チュートリアル(I) 共通操作(C)

取得 新規 開く 保存 設定 プレビュー 計算実行 リアルタイム 移動 拡張 前面面 全表示 印刷 PDE CAD DXF BMP CSV HTML COPY E&L

図形取込 | 節点・軌跡条件 | リンク構成条件 | 駆動・実行条件 | 表示条件 |

番号切替 < > 元に戻す やり直し

駆動条件タイトル

No	開始	終了	種類	駆動節点選択		駆動量
				1	2	
1	0	18	伸縮	2	4	2
2	0	0	回転	1	3	0
3	0	0	なし	0	0	0
4	0	0	なし	0	0	0
5	0	0	なし	0	0	0
6	0	0	なし	0	0	0
7	0	0	なし	0	0	0
8	0	0	なし	0	0	0
9	0	0	なし	0	0	0
10	0	0	なし	0	0	0

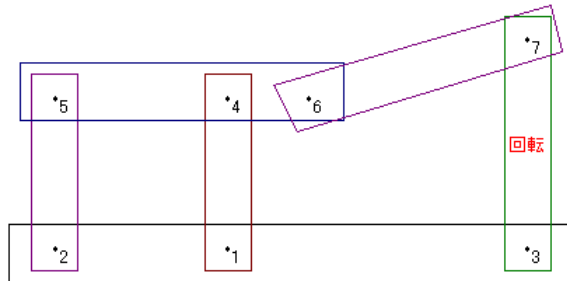
駆動条件全消去 駆動条件数 2  
 駆動条件のみ読込 最終スタック 18  
 実行スタック 18  
 減速時間 (sec) 0.2

作図モード 実行モード  
 仮表示 最終スタックまで連続実行 設定スタック 1  
 確定 設定スタック単位に実行

C:\Program Files\WCADTOOL\_Series\Mecha8\Sample\Sample1.dxf

以上のような過拘束エラーや拘束不足エラーはリンクの構造や駆動の方法を考えれば直感的に理解できるものと思います。

しかしながら拘束不足エラーの中には駆動条件を含めてリンクとして成立するにもかかわらずプログラムの仕様として発生する場合があります。たとえば下に示すようなリンク機構で節点 3－7 を回転駆動しようとしたとき、リンク機構としては成立していますが拘束不足エラーが発生します。



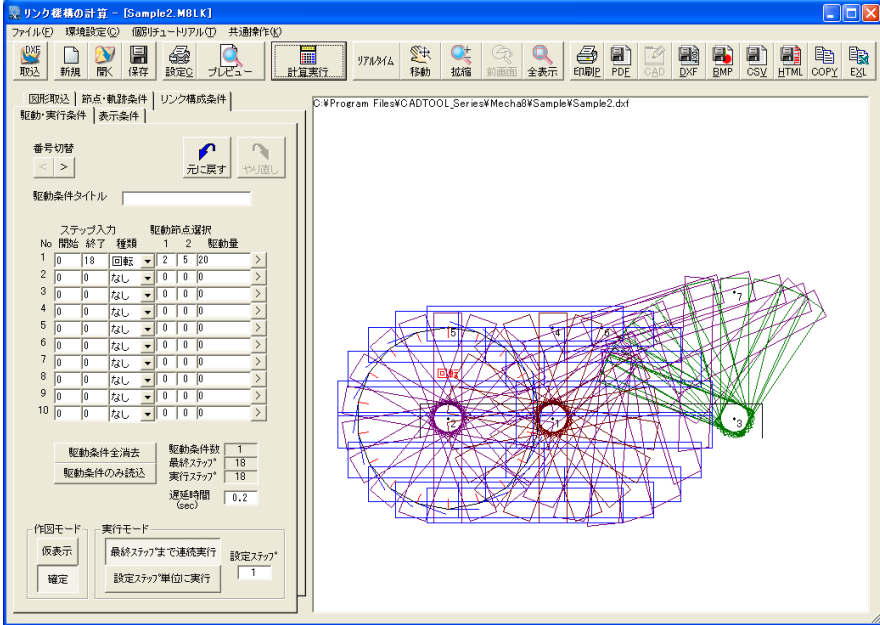
この例はDXF設定データおよび既存データファイルとしてSample2.DXFとSample2.M8LKに入っています。

リンクの節点座標の計算方法は節点番号の小さいものから3つを取り出して三角形を構成し一般的な公式により解を求めていきます。これをすべての三角形の状態が決まるまで順に実行しています。

しかしながらこの例では、節点 1－3－7 は駆動条件で決まりますが節点 6 は節点 7 の位置と左側の 1－2－4－5 の四つ棒リンクとの相互関係で決まってくるので順に解いていくことができません。拘束不足エラーが発生します。

この場合の解決策として節点 2－5 のリンクと節点 1－4 のリンクの長さ同じなら、節点 1－4 のリンクを右に平行移動して節点 4 と 6 を同じ点とすれば右側のリンクも通常の四つ棒リンクとなりエラーは回避できます。ただしこの方法は節点 2－5 のリンクと節点 1－4 のリンクが同じ長さの場合に限られます。この例はSample2\_M1.DXFとして入っています。

もう1つの方法として駆動節点を 3－7 から 1－4 か 2－5 に変更すれば左側の四つ棒リンクから計算していきますので節点 6 の位置が決まり、節点 3－7 のリンクも順に決まっていきますので次に示すようにエラーは発生しないで計算できるようになります。



このような方法では駆動するリンクが実際と異なりますがリンクの構造自体は変えないので干渉チェック等に使う場合は問題ないと思います。

以上のように座標計算方法の仕様による拘束不足エラーが発生した場合は“節点番号の小さいものから順に三角形を解いていく”という流れを考えて駆動条件を変更したり、リンクの構成を見直して対策してください。

## ・実行中に発生するエラー

過拘束エラーや拘束不足エラーは計算を実行すると直ちに発生しますが計算実行中にリンクが動かない状態となり発生するエラーもあります。

Sample 1 の例で駆動節点を 2－4 から 1－3 に変更して駆動量を－5 にして実行してみると途中で実行した後右に示す“実行中のエラー”ダイアログが表示されます。

**実行中のエラー**

これ以上リンクが動かない状態となり、エラーが発生しました。

計算ステップ= 7

発生した三角の節点番号    2    :    3    :    4

エラー処理を選択してください。

実行中止

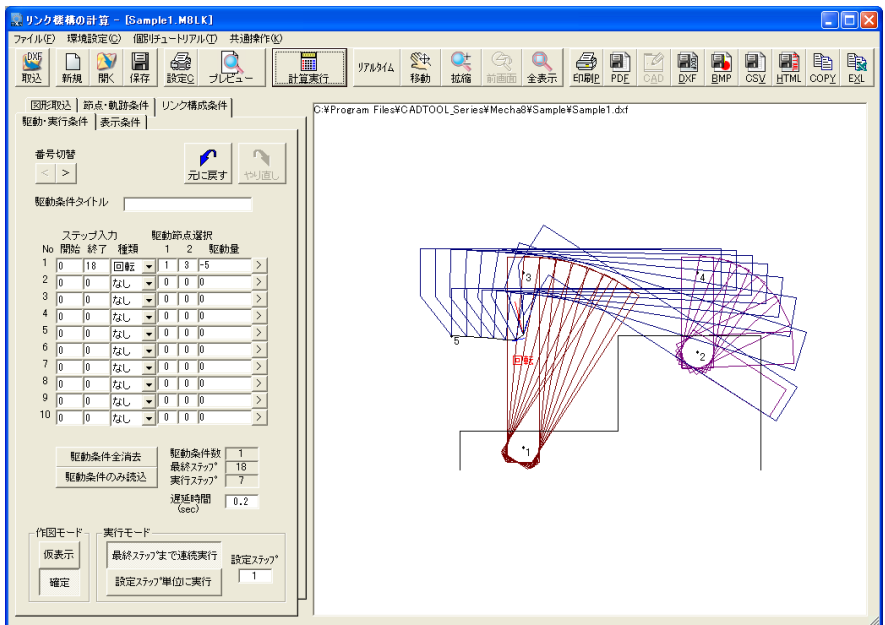
限界まで実行

このダイアログに表示されている情報から計算ステップ7で、節点2-3-4で構成される三角形でこれ以上動かなくなっていることがわかります。つまり節点2-4のリンクが回りきってしまうので節点1-3のリンクを計算ステップ7の駆動量だけ回転させることができない状態となっています。

この種のエラーは回転だけでなく伸縮駆動でも同様に発生します。

このエラーが発生したときは「実行中止」か「限界まで実行」の処理が選択できます。「実行中止」ボタンをクリックするとこの時点で計算は中止されますが「限界まで実行」ボタンをクリックすると駆動量を減らしていったエラーの発生しないギリギリのところまで動かすことができます。ただしこの場合は駆動量を減らしながらの繰り返し計算で限界を求めており幾何学的に求められる限界とは若干誤差が発生します。

次に限界まで実行した例を示しますが節点2, 3, 4が直線上に並んでおりこれ以上節点1-3のリンクを回転させることができないことがわかんと思います。



以上のようにリンク機構解析では過拘束エラー、拘束不足エラー、実行中のエラーの3種類のエラーが発生する場合があります。これらのエラーが発生した場合はここで説明した内容を参考にして駆動条件やリンクの構成を見直してください。

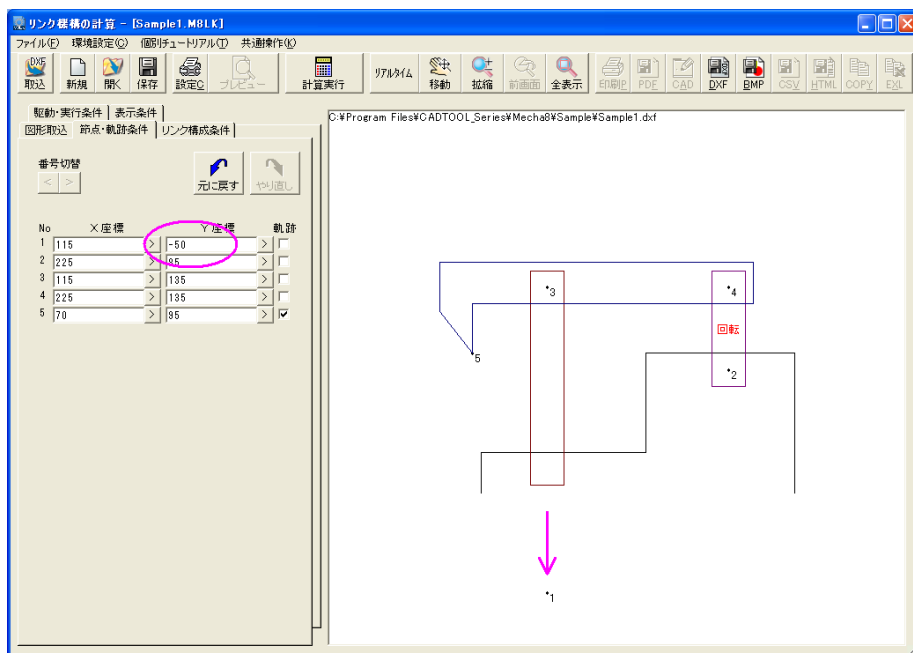
## 10. リンクサンプルについて

リンク機構の計算の設定データファイルの拡張子はM8LKとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8LKが付きますので拡張子の入力是不要です。その他のデータ入出力については第3章基本操作を参照して下さい。

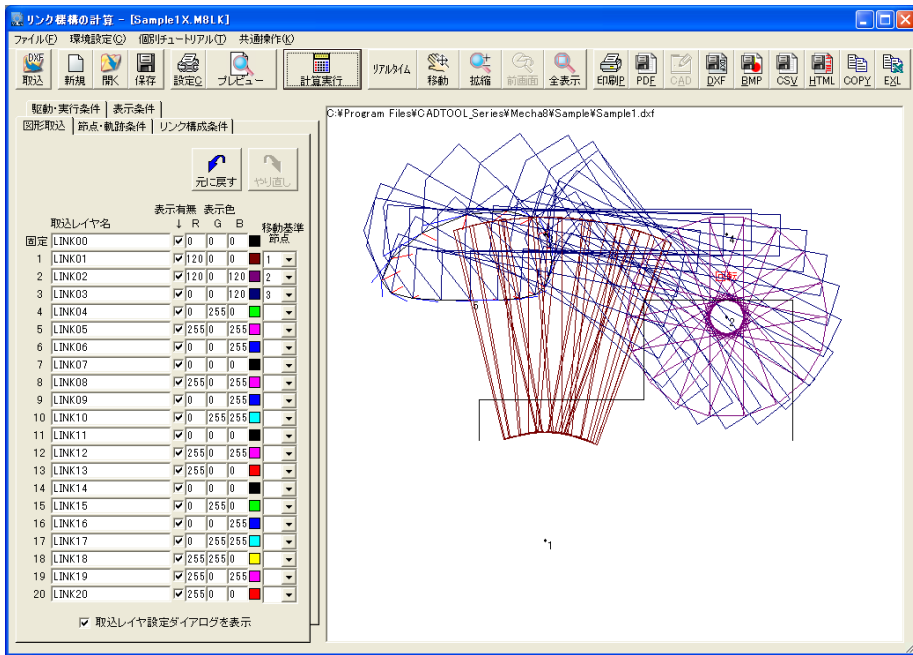
リンク機構の計算ではDXF設定データの作成や各種条件設定の参考になるようなサンプルデータが[CADTOOLメカニカル8]をインストールしたフォルダの下の¥Sampleフォルダにコピーされます。いずれもDXF設定データとリンク機構解析から保存したデータファイルがありますので必要に応じてDXF読込機能のあるCADで表示してみたりリンク機構解析で読み込んでみて確認してみてください。以下、サンプルデータの内容について説明します。

### ・Sample1

このマニュアルで操作を説明に使っているものでフィルム送り機構等にもちいられるものです。ここでこの応用事例として節点・軌跡条件で節点1の座標を変更してみましょう。節点1のY座標を25から-50にしてみます。変更すると節点1の位置が下へずれます。



この条件で実行してみた結果を次に示しますが節点5の軌跡が変化していることがわかります。この例はデータファイルSample1X.M8LKとして保存してあります。



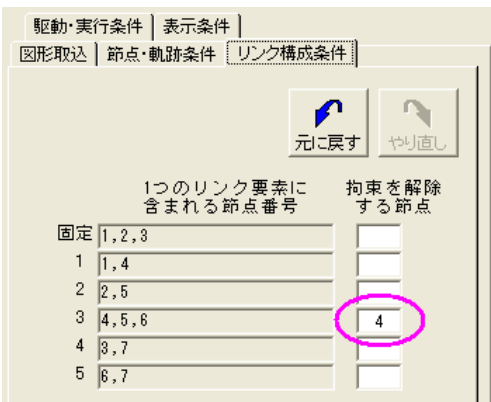
## ・ Sample2

プログラムの仕様による拘束不足エラーの説明に使用したものです。

応用例として節点 1 - 4 のリンクを回転駆動条件に設定して固定し、[リンク構成条件] で節点 4 - 5 - 6 のリンクで節点 4 の拘束を解除して節点 4 を基準に節点 4 - 5 - 6 のリンクが滑るように設定してみます。

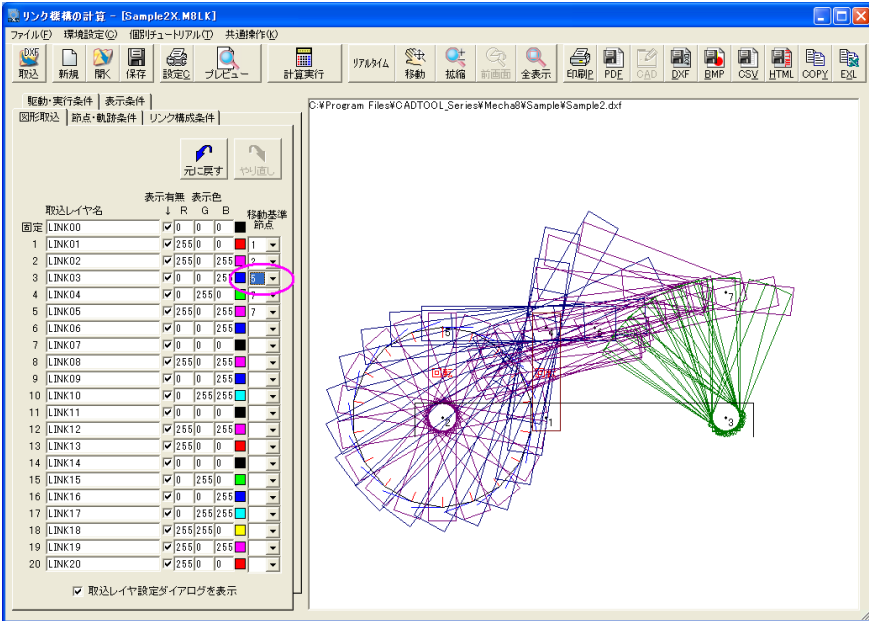
[リンク構成条件] で拘束を解除した点は同じリンク要素の中で先に位置が確定した節点の方向に移動します。

この例では節点 2 - 5 を駆動していますので駆動条件から位置の決まる節点 5 の方向を基準に滑るように移動することができるようになります。



また節点4-5-6のリンクの作図要素が節点5を基準に移動するようにDXF取込のデータ入力欄で移動基準節点を4から5に変更しています。

この条件で節点2-5を回転駆動で1回転した例を次に示します。

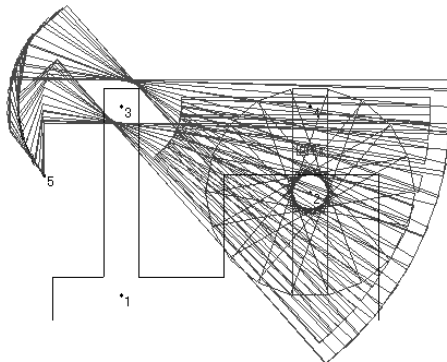


このように節点4-5-6のリンクが節点4を基準に滑るように動くのがわかると思います。  
このデータはSample2X.M8LKとして保存しています。

## ・Sample3

これは“拘束を解除する節点”の説明図に使用していたものです。

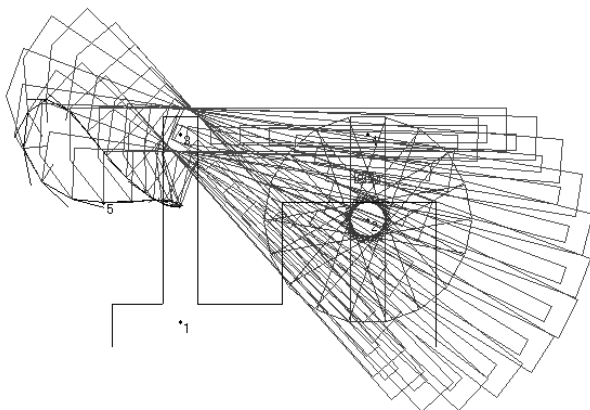
節点3-4-5のリンクの節点4が節点3の方向に滑るようになるので長穴をピンが滑る様子を再現できます。





応用例として [リンク構成条件] で拘束を解除する節点を 4 から 3 に変更して節点 3 - 4 - 5 のリンクの移動基準点を 3 から 4 に変更してみます。

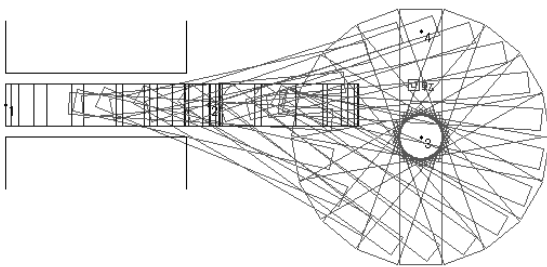
今度は節点 3 - 4 - 5 のリンクの節点 3 のところが長穴になって固定要素の節点 3 にピンがあるように動くのがわかると思います。この例は Sample3X.M8LK として保存しています。



#### • Sample 4

これはオフセットのあるクランク機構です。

この場合も [リンク構成条件] で固定要素の節点 2 を拘束解除していますが、固定要素で拘束を解除した節点は必ず節点 1 の方向に滑るように移動するようになるという性質がありそれを利用しています。

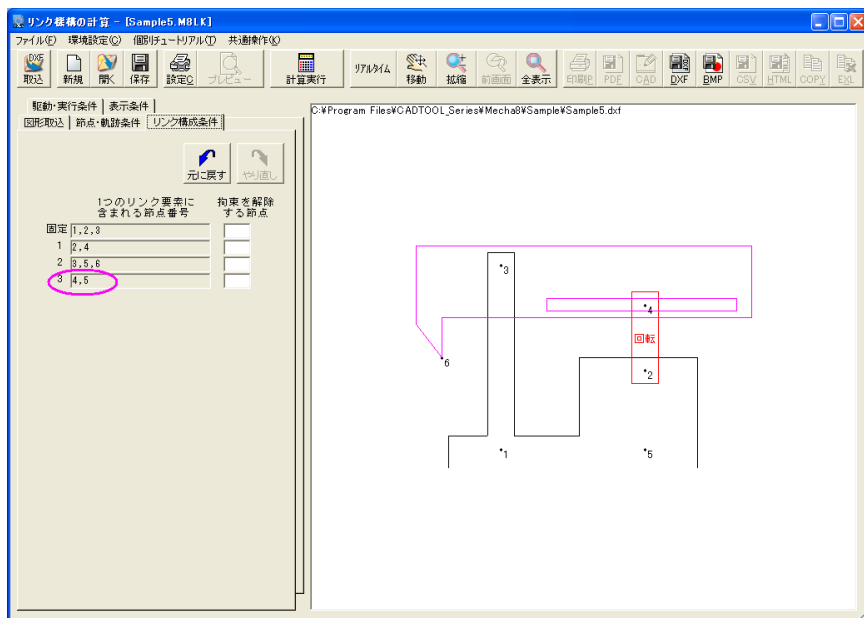


Smple2,3,4では主に“拘束を解除する節点”の使い方を説明しています。この使い方を理解すると応用できるリンク機構の範囲が広がりますので実際に実行してみて学習してみてください。

## ・ Sample 5

今までの“拘束を解除する節点”を使う場合は特定の節点方向に滑るように移動しましたが任意の方向に滑るようにはできません。ここでは仮想リンクを用いて擬似的に任意の方向へ滑るリンク機構を説明します。

次に示すようにSample3のようなリンクで長穴の方向に節点がない場合は“拘束を解除する節点”を使用することはできません。そこで、この例では本来、爪のあるリンクに含まれるべき節点4を外して代わりに節点5を節点4の下方に設定します。そして節点4－5で実際にはない仮想リンクを構成します。このようにリンクを構成すると爪のあるリンクを基準に考えると節点4は節点5を中心に円弧上を移動するようになります。



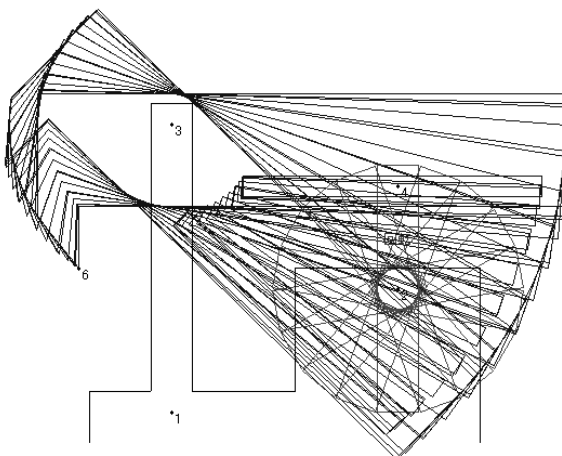
このままでは誤差が大きいのので節点・軌跡条件で節点5のY座標を変更して節点4－5の仮想リンクを十分長くします。

こうすることにより長穴の誤差に換算して±0.1mm程度で右下に示すようにあたかも節点4は爪のあるリンクの長穴を滑るように直線的に動くようになります。

No	X座標	Y座標	軌跡
1	115	25	<input type="checkbox"/>
2	225	85	<input type="checkbox"/>
3	115	185	<input type="checkbox"/>
4	225	135	<input type="checkbox"/>
5	225	-10000	<input type="checkbox"/>
6	70	35	<input type="checkbox"/>

必要ならY座標を変更して  
節点4－5の仮想リンクを  
さらに長くすることにより  
精度を向上させることがで  
きます。

またこの仮想リンクを短くすれば節点5を円弧の中心とする円弧状の溝を滑るようなリンク機構も簡単に作れます。

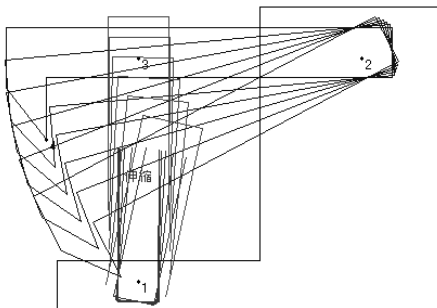


- **Sample 6**

これは油圧シリンダを使ったようなものです。

リンクの構成としては特に難しいものではありませんが油圧シリンダに相当する節点 1 ～ 3 のリンクをレイヤLINK01とLINK02に分けて作図し下側の作図要素（LINK01）の移動基準点を 1 とし上側の作図要素（LINK02）の移動基準点を 3 とすることで油圧シリンダが実際に伸縮するように表示されます。

移動基準点は同じレイヤの中で先に作図された点がデフォルトとなりますのでDXF設定データを作成するときにこれを考慮して作図するといいますがDXF取込のデータ入力欄でも簡単に変更できます。



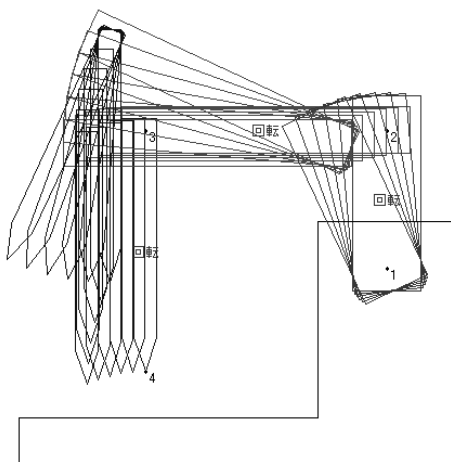
## ・ Sample 7

これはリンク機構解析の特殊な使い方方でロボットアーム等の動きを表現したものです。

各アームは独立していてリンクになっていませんが駆動条件でそれぞれのアームに相当するリンク要素を回転駆動してやれば節点の座標が確定するのでエラーを起こすことなく動かすことができます。

駆動量のないアームはそれが取りついている節点を基準に平行移動しますのでいっしょに回転させたい場合は同じ開始、終了ステップで同じ駆動量を与える必要があります。

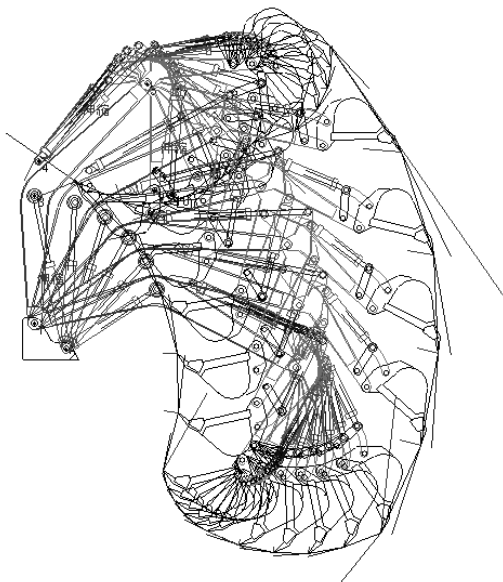
あらかじめ各アームの可動角度がわかっているならばアームの動作範囲のチェック等にも使えると思います。



## ・ Sample 8

これはパワーショベルのサンプルです。3つのシリンダを最初は個別に最後は同時に駆動して元の位置に戻しています。

このように大きなものでもCADで原寸のDXF設定データを作成してリンク機構解析で取り込み、計算した後にDXFファイル出力やCAD作図でCADに取り込めば原寸での干渉チェック等が行えますので、CADをさらに有効に利用できるようになります。



## 第8章 ねじ張力計算

### 1. 機能概要

ねじの張力計算では許容引張り応力とねじの接触面圧力を設定し、ねじの呼びから引張り荷重を求めたり、引張り荷重からねじの呼びを求めることができます。またねじの最小ねじ山数や最小ねじ込み高さも求められます。参考データとしてねじの外径、谷の径、ピッチも表示されるようになっています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「ねじ張力計算」ボタンをクリックして起動すると次のダイアログが表示されます。ここでは基本的な操作を説明します。

ねじの張力計算

ファイル(F) 環境設定(S) 印刷プレビュー(P) 共通操作(O)

設定(Q) プレビュー 印刷(P) PDF CSV COPY EXL

単位系選択: SI単位 工学単位

ねじの種類: 並目 細目

元に戻す やり直し

ねじの接触面圧力			
ボルト	ナット	締付け用ねじ q (N/mm <sup>2</sup> )	移動用ねじ q (N/mm <sup>2</sup> )
軟鋼	軟鋼	30	10
硬鋼	軟鋼	40	13
硬鋼	硬鋼	40	13
硬鋼	鋳鉄	15	5

引張り力のみを受ける場合

$$\text{引張り荷重 } W = \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot \sigma$$

$$\text{最小ねじ山数 } n = \frac{W}{q \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)}$$

$$\text{最小ねじ込み長さ } H = n \cdot P$$

引張り荷重とねじりモーメントを受ける場合は許容応力をσの75%とし上式を適用する。

ねじ山の山はねじ山の曲げ、せん断およびねじ山の接触面圧力を考えて求めるが、その中でねじ山の接触面圧力によるものが最も山数が多くなるので、安全な値としてこれを採用している。

入力条件

ねじの呼び 引張り荷重

☐ 引張り荷重とねじりモーメントを受ける

入力データ

ねじの呼び

許容引張り応力 σ (N/mm<sup>2</sup>)

ねじの接触面圧力 q (N/mm<sup>2</sup>)

データを入力するここに計算結果が表示されます。

ねじの種類

並目 細目

ここでねじの種類を選択します。メートル並目かメートル細目が選択できます。

入力条件

ねじの呼び 引張り荷重

☒ 引張り荷重とねじりモーメントを受ける

ここで入力条件を選択します。ねじの呼びから引張り荷重を求めるか引張り荷重から必要なねじの呼びを求めるかを選択します。

また引張り荷重とねじりモーメントをうける場合はここのチェックボックスをチェックします。これをチェックするとダイアログの左下で解説しているように許容応力を75%として計算するようになります。

入力データ

ねじの呼び

許容引張り応力  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>)  >

ねじの接触面圧力  $q$  (N/mm<sup>2</sup>)  >

ここで入力条件に対応した入力データを入力します。

ねじの呼びの場合はリストボックスから選択します。データを選択、入力すると直ちに計算が実行され計算結果が表示されます。

許容引張り応力は材質や使用状況によって大きく変わります。また接触面圧力についても用途や材質の組み合わせによって変わります。これらの数値については左の表を参考に設計者自身が使用状況などを考慮して決めて下さい。

単位系選択

☐ SI単位 ☐ 工学単位

単位系はS I 単位と工学単位が選択できます。

なお単位系とねじの種類を変更したときはUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされます。UNDO・REDO機能については第3章基本操作を参照してください。

次にデータを入力して計算結果が表示された例を示します。

ねじの張力計算

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(H) 共通操作(A)

設定(C) プレビュー 印刷(P) PDF CSV COPY EXL

単位系選択 ☐ SI単位 ☐ 工学単位

ねじの種類 ☐ 並目 ☐ 細目

元に戻す やり直し

入力条件

ねじの呼び

☒ 引張り荷重とねじのモーメントを受ける

入力データ

ねじの呼び

許容引張り応力  $\sigma$  (N/mm<sup>2</sup>)  >

ねじの接触面圧力  $q$  (N/mm<sup>2</sup>)  >

ねじの接触面圧力

ボルト	ナット	締付け用ねじ $q$ (N/mm <sup>2</sup> )	移動用ねじ $q$ (N/mm <sup>2</sup> )
軟鋼	軟鋼	30	10
硬鋼	軟鋼	40	13
硬鋼	硬鋼	40	13
硬鋼	鋳鉄	15	5

引張り力のみを受ける場合

$$\text{引張り荷重 } W = \frac{\pi}{4} d_1^2 \cdot \sigma$$

$$\text{最小ねじ山数 } n = \frac{W}{q \cdot \frac{\pi}{4} (d^2 - d_1^2)}$$

$$\text{最小ねじ込み長さ } H = n \cdot P$$

引張り荷重とねじのモーメントを受ける場合は許容応力を  $\sigma$  の 75% とし上式を適用する。

ねじのねじ山曲げ、せん断およびねじ山の接触面圧力によるものが最も山数が多くなるので、安全な値としてこれを採用している。

計算結果

引張り荷重  $W$  (N)

ねじの最小ねじ山数  $n$

ねじの最小ねじ込み高さ  $H$  (mm)

参考データ

ねじの外径  $d$  (mm)

ねじの谷の径  $d_1$  (mm)

ねじのピッチ  $P$  (mm)

また計算が実行されるとプレビューや各種出力のアイコンボタンやプルダウンメニューが使えるようになります。ただし形状イメージはありませんのでBMP出力はありません。

これらの出力操作については第3章基本操作を参照して下さい。

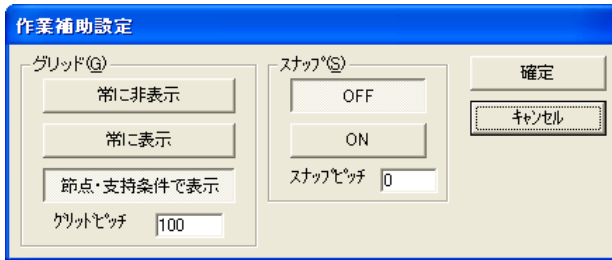
## 第9章 軸の応力計算

### 1. 機能概要

軸の応力計算では中空を含む任意の段付き軸を支持し、集中荷重や分布荷重、曲げモーメント荷重やねじりモーメント荷重などをかけて軸のたわみや曲げ応力、ねじり応力等を求めることができます。また曲げとねじりを合成した相当曲げ応力や相当ねじり応力等も求められます。

### 2. 作業補助設定

コマンド選択メニューで「軸の応力計算」を起動してスタートアップの「作業補助設定からスタート」をクリックすると次に示す作業補助設定ダイアログが表示されます。その他のスタートアップの機能は第3章基本操作を参照して下さい。



作業補助設定では主にマウスを使ってイメージ上で節点条件を設定する場合の条件を設定します。またこの設定はプルダウンメニューの「環境設定」>「作業補助設定」でも変更できます。

#### ・グリッド

グリッドは軸イメージに下のグリッドピッチで指定した間隔で薄く縦線を表示します。表示条件は3種類選択できます。グリッドを使用したいときは「常に表示」か「節点・支持条件で表示」を選択し、グリッドピッチを入力します。

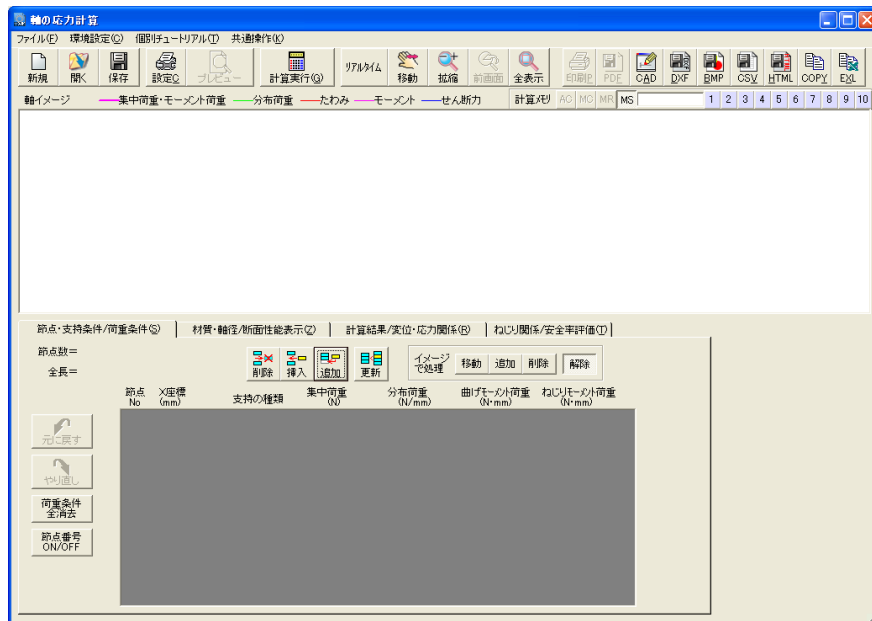
「節点・支持条件で表示」を選択すると節点・支持条件の設定のときだけグリッドが表示されます。またあまり細かいグリッドは表示できませんので注意してください。

#### ・スナップ

スナップはマウスで節点の位置を取得あるいは移動するときにスナップピッチで指定した長さの倍数に位置が丸められ、半端な値にならないようになっています。スナップ機能を使用するときは「ON」を選択してスナップピッチを入力します。グリッドピッチ、スナップピッチはmm単位になっています。「確定」ボタンをクリックするところで設定した内容で3. 節点・支持条件／荷重条件の設定に進みます。

### 3. 節点・支持条件／荷重条件

スタートアップで「0からスタート」をクリックするか作業補助設定ダイアログで「確定」すると次のダイアログが表示されます。



起動直後はタブが「節点・支持条件／荷重条件」となっています。以下、このタブにあるボタンの説明をします。



「追加」ボタンをクリックするとデータ表示欄にデータ入力ボックスが表示されるのでそこでデータを入力していきます。またこのデータ入力ボックスでは節点・支持条件だけでなく荷重条件も同時に入力していくことができます。



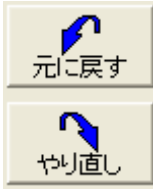
「挿入」ボタンは既にデータが設定されている場合にデータ表示欄をクリックしてデータ入力ボックスを表示させ、その前の節点との中間の位置に新たにデータを挿入します。一方「追加」ボタンではデータの末尾に行を増やしてデータを追加していきます。

どちらの場合もデータ入力ボックスが表示されている場合は荷重条件を含めてその設定内容がデフォルトとなりますので使い方によっては効率良くデータを設定していくことができます。





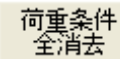
データ入力ボックスが表示されている時に [削除] ボタンをクリックするとその行のデータを削除します。



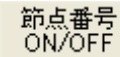
[元に戻す] [やり直し] ボタンは他のコマンドと同じUNDO・REDO機能で、削除を行った後は削除した行をまとめて元に戻すことができますが元に戻した行の [やり直し] はできませんので必要な場合は再度削除を実行してください。



軸の応力計算では節点番号は左から右に順番に付けられる必要があります。[追加] や [挿入] で順番がずれたときに [更新] ボタンをクリックするとX座標の昇順でデータを並べ替えます。



[荷重条件全消去] ボタンをクリックすると確認メッセージが出て [OK] ボタンをクリックすると荷重条件を全て消去します。



[節点番号ON/OFF] ボタンをクリックするとイメージの節点番号の表示・非表示を切り替えることができます。

これはプルダウンメニューの [環境設定] > [イメージ表示条件設定] にある“節点番号表示”のチェックボックスをクリックするのと同じことになります。



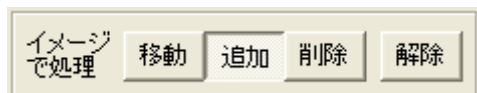
マウスを使ってイメージ上で節点を移動したい場合は [移動] ボタンを押してからマウスを節点の位置（上下方向はどこでもかまいません。通常は節点番号を指示すると良い）に持っていきマウス左ボタンを押します。

節点の位置がヒットできた場合はデータ表示欄にデータ入力ボックスが表示されます。そのままマウス左ボタンを押したままドラッグするとリアルタイムでその位置がデータ入力ボックスに表示されますので希望の位置でマウス左ボタンを離します。

この時、作業補助設定でスナップが [ON] になっていてスナップピッチが入力されていると位置の表示がそのスナップピッチの倍数になるように丸められます。作業補助設定を変更したい場合はプルダウンメニューの [環境設定] > [作業補助設定] をクリックします。

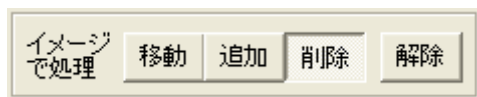
作業補助設定についての説明は1. 作業補助設定を参照してください。またグリッドも粗めに表示しておくとおおよその位置が分かって便利です。

また節点の移動は移動する左右の節点を越えて移動できます。この場合、移動直後は節点番号の並びが入れ替わっていますが、右端の〔解除〕ボタンをクリックするかタブを切り替えると左から順の番号に付け替えられるようになっています。そのため設計上、着目していた節点の前後で節点を移動した場合、着目していた節点の番号が変わってしまうこともあるので注意してください。



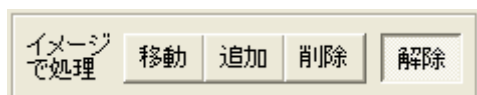
マウスを使ってイメージ上で節点を追加したい場合は〔追加〕ボタンを押してから節点を追加したい位置にマウスを持っています。この時、マウスアイコンの下に現在の位置がポップアップして表示されます。

またスナップ機能を設定している場合はその位置も丸められた数値となります。希望する位置が決まったらマウス左ボタンをクリックするとその位置に節点が追加されデータ表示欄にもその行にデータ入力ボックスが表示されます。節点が追加されると直ちに節点番号が左から順に付け直されますので移動と同様に着目している節点がある場合は注意が必要です。



マウスを使ってイメージ上で節点を削除したい場合は〔削除〕ボタンを押してから削除したい節点の位置でマウス左ボタンをクリックするとその節点が削除されます。

込み入ったところで作業する場合は第3章基本操作で説明した画面操作でイメージを拡大して節点の表示を隣の節点と十分離してから作業すると良いでしょう。節点が削除されると直ちに節点番号が左から順に付け直されます。また〔削除〕と同様にここで削除したデータも〔元に戻す〕ボタンで元に戻すことができます。



イメージでの処理を解除する場合は〔解除〕ボタンを押します。

隣の節点を越えて節点を移動した場合はこの時点で節点番号が左から順に付け直されます。

### ・X座標の入力



ではこの〔追加〕ボタンをクリックしてデータ入力ボックスを表示させX座標を入力していきます。

最初のデータ入力ボックスのX座標は0となっていますので、そのまま〔追加〕ボタンをクリックして次の行にデータ入力ボックスを進めX座標に50と入力します。

再度「追加」ボタンをクリックしてX座標を順次1000まで入力していきます。

また各データ入力ボックス右の「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが開きいろいろな方法で数値を編集することができます。この入力アシスタントの操作については第3章基本操作を参照してください。

節点・支持条件/荷重条件(⑤) | 材質・軸径/断面性能表示(②) | 計算結果/変位・応力関係(⑥) | ねじり関係/安全率評価(⑦)

節点数=8  
 全長=1000

削除 挿入 追加 更新

イメージで処理 移動 追加 削除 解除

元に戻す  
 やり直し  
 荷重条件全消去  
 節点番号ON/OFF

節点 No	X座標 (mm)	支持の種類	集中荷重 (N)	分布荷重 (N/mm)	曲げモーメント荷重 (N・mm)	ねじりモーメント荷重 (N・mm)
1	0	自由	0	0	0	0
2	50	自由	0	0	0	0
3	100	自由	0	0	0	0
4	300	自由	0	0	0	0
5	600	自由	0	0	0	0
6	660	自由	0	0	0	0
7	850	自由	0	0	0	0
8	1000	自由	0	0	0	0

なおX座標はマイナス値も入力できますので図面の寸法等を基準に入力していくことができます。またこのタブの左上に表示される節点数と全長は座標データを入力すると自動で更新されていきます。

### ・支持の種類の設定

次に支持の種類を設定します。データ表示欄の支持の種類の列をクリックするとそこにデータ入力ボックスが表示されます。支持の種類はリストボックスで選択しますので▼ボタンをクリックして支持の種類を選択します。

節点・支持条件/荷重条件(⑤) | 材質・軸径/断面性能表示(②) | 計算結果/変位・応力関係(⑥) | ねじり関係/安全率評価(⑦)

節点数=8  
 全長=1000

削除 挿入 追加 更新

イメージで処理 移動 追加 削除 解除

元に戻す  
 やり直し  
 荷重条件全消去  
 節点番号ON/OFF

節点 No	X座標 (mm)	支持の種類	集中荷重 (N)	分布荷重 (N/mm)	曲げモーメント荷重 (N・mm)	ねじりモーメント荷重 (N・mm)
1	0	自由	0	0	0	0
2	50	自由	0	0	0	0
3	100	自由	0	0	0	0
4	300	自由	0	0	0	0
5	600	自由	0	0	0	0
6	660	自由	0	0	0	0
7	850	自由	0	0	0	0
8	1000	自由	0	0	0	0

ここでは節点2にと節点7を「支持」を設定します。支持の種類を選択するとそれに対応した支持イメージが表示されます。

軸の応力計算では支持の種類は「自由」「支持」の2種類で右端の節点のみさらに「固定」が選択できます。

支持の種類というのはあくまでも外部からどのように支持されるかということになります。支持の種類が「自由」となっていれば外部からその節点は拘束されないことを示し、「固定」ではたわみ方向だけでなくたわみ角やねじりも拘束されます。「支持」ではたわみ方向は拘束されますがたわみ角や軸の回転は拘束されません。

## ・荷重条件の設定

ここのデータ入力ボックスで集中荷重、分布荷重、曲げモーメント荷重、ねじりモーメント荷重の設定ができます。なお節点間等分布荷重は「材質・軸径／断面性能表示」のタブで設定します。荷重条件の設定方法は設定したい節点のデータ表示欄をクリックしてデータ入力ボックスを表示してそこで入力します。

節点・支持条件/荷重条件(5) | 材質・軸径/断面性能表示(2) | 計算結果/変位・応力関係(R) | ねじり関係/安全率評価(7)

節点数=8  
全長=1000

削除 挿入 追加 更新 イメージで処理 移動 追加 削除 再選択

節点 No	X座標 (mm)	支持の種類	集中荷重 (N)	分布荷重 (N/mm)	曲げモーメント荷重 (N・mm)	ねじりモーメント荷重 (N・mm)
1	0	自由	0	0	0	0
2	50	支持	0	0	0	0
3	100	自由	0	0	0	0
4	300	自由	-2000	0	0	150000
5	800	自由	0	0	0	0
6	860	自由	1000	0	0	-100000
7	850	支持	0	0	0	0
8	1000	自由	1000	0	0	-50000

元に戻す やり直し 荷重条件 全消去 節点番号 ON/OFF

集中荷重、分布荷重は下向きを+とし、曲げモーメント荷重では反時計回りが+となります。

分布荷重は節点間で作用させますので隣り合う節点間に分布荷重値を入力します。隣の節点の分布荷重が0の場合はその節点間には分布荷重が働きませんので三角分布荷重をかけたときは0以外の小さな値を入力してください。

逆に連続した節点の中間部に分布荷重をかけたくない場合は中間部にもダミーの節点を設けて分布荷重を0にします。節点間に等分布荷重をかける場合は隣り合う節点間に同じ荷重を入れても良いですが後で説明する節点間等分布荷重を使用すると便利です。

ねじりモーメント荷重（軸を回転させる荷重）は右端の節点の支持条件が固定でない場合はすべてのねじりモーメント荷重の合計が0になる必要があります。右端の節点の支持条件が固定の場合は右端の節点で残りのねじりモーメント荷重が調整されるので合計が0になっていなくてもかまいません。

荷重が入力されるとそれに応じた図形がイメージ表示されます。ここで分布荷重については荷重の大きさに応じて矢印の長さが変化しますがその他の荷重については荷重値に関係なく同じ大きさで表示されますので位置と荷重方向のチェックを行います。

ここでねじりモーメント荷重のデータ入力ボックス右にある [X] ボタンをクリックすると次に示すねじりモーメント荷重専用の入力アシスタントが開きます。

**ねじりモーメント荷重(N・mm) 入力アシスタント (元の値= 0)**

基準値  
0  
1つだけ四則演算記号を入力でき、Enterキーで計算を実行します。

+	1000	-	+	1	-
+	100	-	+	0.1	-
+	10	-	+	0.01	-

元の値    クリア    丸め桁数 0.001

動力計算  
伝達動力(kW)    回転数(rpm)    ねじりモーメント荷重 (N・mm)  
5    1200    89788.73581844    △

※[△]ボタンで所定の桁に丸めて基準値に反映

適用して戻る  
キャンセル

相殺ねじりモーメント荷重  
-50000  
相殺ねじりモーメント荷重を適用して戻る

このねじりモーメント荷重専用入力アシスタントの動力計算のフレームで伝達動力と回転数を入力するとねじりモーメント荷重を計算して入力欄の右側に表示します。さらにその右にある [△] ボタンをクリックすると選択している丸め桁数で基準値に数値が反映しますのでそれを使う場合は「適用して戻る」をクリックするとねじりモーメント荷重の入力ボックスにその数値が適用されます。

また固定の支持条件が無い場合は前述のようにすべてのねじりモーメント荷重の合計が0になる必要がありますが、ねじりモーメント荷重専用入力アシスタントでは開いた節点以外のねじりモーメント荷重を合計し、それと相殺するねじりモーメントがダイアログ右下に表示されその下のボタンで適用できるので、3つ以上のねじりモーメント荷重を設定する場合は最後にこの相殺ねじりモーメント荷重を使って合計を0にすれば簡単に設定できます。

節点・支持条件／荷重条件が良ければ「材質・軸径／断面性能表示」のタブをクリックします。

## 4. 材質・軸径／断面性能表示

「材質・軸径／断面性能表示」のタブをクリックすると右に示す材質の選択欄と材料の断面性能表示欄、材料番号・節点間等分布荷重のデータ表示欄が表示されます。

### ・材質の選択

材質のリストボックスには一般的な材質が出てきますが特殊なものは「任意」を選択して縦弾性係数、横弾性係数、密度、各基準強さの欄で入力します。計算結果にはこの基準強さを基にした各応力の安全率や、密度と軸の断面積、長さから求めた軸の重量も表示されます。

節点・支持条件/荷重条件(B)		材質・軸径/断面性能表示(B)		計算結果/変位・応力関係(B)		ねじり関係/安全率評価(D)	
<div> <div>元に戻す</div> <div> <div>材質</div> <div> <div>一般構造用圧延鋼1種</div> <div>一般構造用圧延鋼2種</div> <div>一般構造用圧延鋼3種</div> <div>冷間圧延鋼板</div> <div>一般構造用炭素鋼4種(焼きならし)</div> <div>一般構造用炭素鋼5種(焼きならし)</div> <div>クロム鋼5種(焼入焼戻し)</div> <div>クロム鋼5種(焼入焼戻し)</div> </div> </div> </div>		<div> <div>縦弾性係数</div> <div>206000</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>横弾性係数</div> <div>80400</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>密度</div> <div>7.86</div> <div>g/cm<sup>3</sup></div> </div>		<div> <div>曲げ基準強さ</div> <div>333</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>せん断基準強さ</div> <div>259</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>ねじり基準強さ</div> <div>222</div> <div>N/mm2</div> </div>		<div> <div>節点間等分布荷重</div> <div>(N/mm)</div> </div>	
<div> <div>断面積(mm<sup>2</sup>)</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>断面係数(mm<sup>3</sup>)</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>ねじりの断面係数(mm<sup>3</sup>)</div> <div>0</div> </div>			
<div> <div>8</div> <div>4</div> <div>0</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> <div>0</div> </div>	

### ・軸径の設定

軸径は節点間で設定します。設定したい行をクリックしてデータ入力ボックスを表示してそこで軸外径と中空の場合は軸内径を入力します。

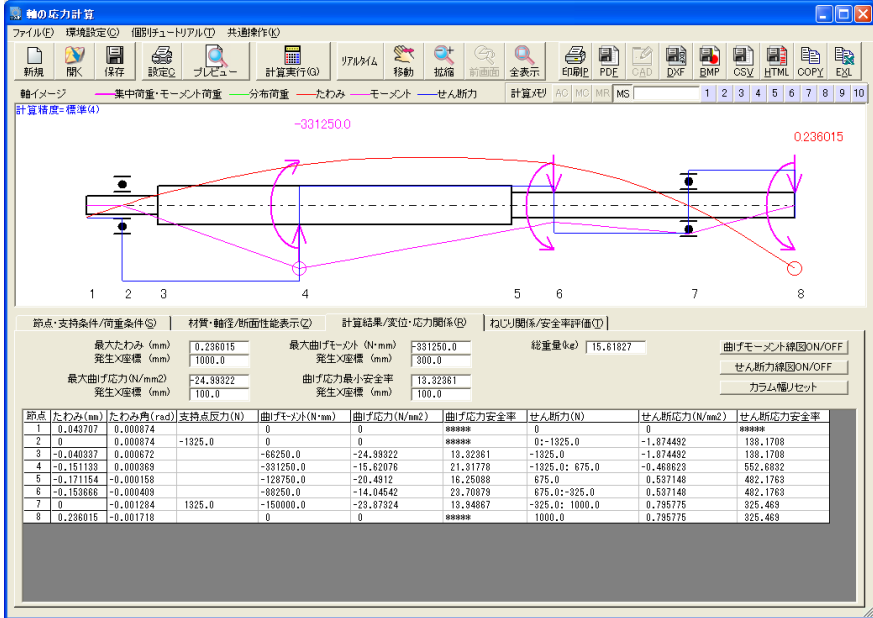
軸径を入力すると直ちにイメージに反映され、断面積などの代表的な断面性能が計算され表示されます。

節点・支持条件/荷重条件(B)		材質・軸径/断面性能表示(B)		計算結果/変位・応力関係(B)		ねじり関係/安全率評価(D)	
<div> <div>元に戻す</div> <div> <div>材質</div> <div>一般構造用圧延鋼1種</div> <div>記号</div> <div>SS330</div> </div> </div>		<div> <div>縦弾性係数</div> <div>206000</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>横弾性係数</div> <div>80400</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>密度</div> <div>7.86</div> <div>g/cm<sup>3</sup></div> </div>		<div> <div>曲げ基準強さ</div> <div>333</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>せん断基準強さ</div> <div>259</div> <div>N/mm2</div> </div> <div> <div>ねじり基準強さ</div> <div>222</div> <div>N/mm2</div> </div>		<div> <div>節点間等分布荷重</div> <div>(N/mm)</div> </div>	
<div> <div>断面積(mm<sup>2</sup>)</div> <div>706.8583</div> </div>		<div> <div>断面係数(mm<sup>3</sup>)</div> <div>2650.719</div> </div>		<div> <div>ねじりの断面係数(mm<sup>3</sup>)</div> <div>5301.438</div> </div>			
<div> <div>1</div> <div>2</div> <div>30</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>706.8583</div> <div>2650.719</div> <div>5301.438</div> </div>		<div> <div>706.8583</div> <div>2650.719</div> <div>5301.438</div> </div>			
<div> <div>2</div> <div>3</div> <div>30</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>706.8583</div> <div>2650.719</div> <div>5301.438</div> </div>		<div> <div>706.8583</div> <div>2650.719</div> <div>5301.438</div> </div>			
<div> <div>3</div> <div>4</div> <div>60</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>2827.433</div> <div>21205.75</div> <div>42411.5</div> </div>		<div> <div>2827.433</div> <div>21205.75</div> <div>42411.5</div> </div>			
<div> <div>4</div> <div>5</div> <div>60</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>2827.433</div> <div>21205.75</div> <div>42411.5</div> </div>		<div> <div>2827.433</div> <div>21205.75</div> <div>42411.5</div> </div>			
<div> <div>5</div> <div>6</div> <div>40</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>			
<div> <div>6</div> <div>7</div> <div>40</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>			
<div> <div>7</div> <div>8</div> <div>40</div> <div>0</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>		<div> <div>1256.637</div> <div>6283.185</div> <div>12566.37</div> </div>			



## 5. 計算結果

「計算実行」ボタンをクリックすると計算が実行され軸のイメージにたわみとモーメント、せん断力が表示されます。また「計算結果／変位・応力関係」タブが開き各節点での変位や応力の計算値が表示されます。



以下に変位・応力関係の計算結果についての説明をします。

- ・最大たわみと最大曲げモーメントはその値と発生位置がそれぞれの表示欄に表示されると共にイメージの中に丸印が表示されその値も表示されます。
- ・最大曲げ応力と曲げ応力最小安全率もその値と発生位置がそれぞれの表示欄に表示されます。
- ・軸の総重量も表示されます。
- ・節点単位の表示欄はダイアログの大きさに応じて大きくなりますが全ての結果は表示できませんので横にスクロールして確認して下さい。節点数が多い場合は縦にもスクロールして確認して下さい。なおカラム幅はマウスで変更できますので不要な計算結果のカラム幅を小さくして重要な計算結果を見やすくすることもできます。



変更したカラム幅はプルダウンメニューの [ファイル] > [終了] でコマンドを終了すると保存され次回起動したときも変更した幅で表示されるようになっています。

- ・せん断力は節点で不連続に変化する場合があります。その場合はせん断力の欄に2つの値が表示されます。
- ・断面性能が異なる材料を使っている場合は材料が変わる節点で同じ曲げモーメントでも曲げ応力が異なります。その場合は絶対値で大きいほうを表示するようになっています。
- ・ [曲げモーメント線図ON/OFF] ボタンをクリックするとイメージ中の曲げモーメント線図の表示のON/OFFができます。
- ・ [せん断力線図ON/OFF] ボタンをクリックするとイメージ中のせん断力線図の表示のON/OFFができます。
- ・ [カラム幅リセット] ボタンをクリックすると変更したカラム幅をデフォルトの幅に戻すこともできます。

[ねじり関係/安全率評価] のタブを開くとねじり関係の計算結果や安全率の評価を確認できます。

節点・支持条件/荷重条件		材質・軸径/断面性能表示		計算結果/変位・応力関係		ねじり関係/安全率評価			
相当ねじり応力最小安全率 発生×座標 (mm)		14.11252 600.0		安全率評価 <div>Good</div>		一般線によるコメント 相当ねじり応力最小安全率、相当曲げ応力最小安全率が共に1.2を越えているので荷重荷重にも耐えられると考えられます。			
相当曲げ応力最小安全率 発生×座標 (mm)		12.81937 600.0				カラム幅リセット			
要素	節点	ねじりモーメント(N・mm)	ねじり角(rad)	ねじり応力(N/mm <sup>2</sup> )	曲げモーメント(N・mm)	相当ねじりモーメント(N・mm)	相当ねじり応力(N/mm <sup>2</sup> )	相当ねじり応力安全率	相当曲げ
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
2	3	0	0	0	-86250.0	86250.0	12.48681	17.76482	86250.0
3	3	0	0	0	-86250.0	86250.0	1.562078	142.1185	86250.0
3	4	0	0	0	-331250.0	331250.0	7.810381	28.42371	331250.0
4	4	150000.0	0	3.536777	-331250.0	331250.0	8.575847	25.3927	347409
4	5	150000.0	0.00044	3.536777	-128750.0	137877.3	4.868951	47.82877	163214
5	5	150000.0	0.00044	11.93882	-128750.0	137877.3	15.73071	14.11252	163214
5	6	150000.0	0.00085	11.93882	-86250.0	174034.7	13.84824	16.02878	131142
6	6	50000.0	0.00085	3.378874	-86250.0	101430.1	8.07155	27.50401	34640
6	7	50000.0	0.001355	3.378874	-150000.0	158113.3	12.5823	17.84833	154056
7	7	50000.0	0.001355	3.378874	-150000.0	158113.3	12.5823	17.84833	154056

以下にねじり関係の計算結果についての説明をします。

- ・ねじりと曲げが同時にかかる場合は延性材料の場合は相当ねじりモーメント、脆性材料の場合は相当曲げモーメントで評価します。一般に軸には延性材料が使われる場合が多いので相当ねじりモーメントおよび相当ねじり応力で評価するのがよいでしょう。

- ・ここにはそれぞれの基準強さから求めた相当ねじり応力最小安全率と相当曲げ応力最小安全率の値と発生位置がそれぞれの表示欄に表示されると共に、安全率評価を[GOOD][!] [NG] のアイコンで示し、安全率をベースとした一般論によるコメントも表示されます。

なお段差部の応力集中についてはスミRの影響が大きく自動で判断するのは困難なので、応力の計算値には応力集中は考慮されていません。設計者自身の判断で応力集中を考慮して最終的な評価を行ってください。

- ・要素単位の表示欄は両端の節点の状態を表示します。この表示欄もダイアログの大きさに応じて大きくなりますが全ての結果は表示できませんので横にスクロールして確認して下さい。要素数が多い場合は縦にもスクロールして確認して下さい。
- ・要素単位の表示欄も節点単位の表示欄と同様にカラム幅の変更や[カラム幅リセット]ボタンによるリセットが可能です。

この計算例では曲げだけで考えると節点3が最も応力が高く、相当ねじり応力では節点5が最も高い値を示しています。ただし節点3や節点5のような段差がある場所では応力集中を生じて実際にはさらに数倍の応力となる場合がありますが前述のように本計算では応力集中は考慮されていませんので注意してください。

データを変更する場合は[節点・支持条件/荷重条件]や[材質・軸径/断面性能表示]タブを開いて必要なデータを変更します。入力データを変更したり後で説明する計算精度や単位系を変更すると計算結果がクリアされますので再度[計算実行]ボタンをクリックして計算して下さい。

## 6. 計算条件・単位設定

プルダウンメニューで[環境設定] > [計算条件・単位設定]をクリックすると次のダイアログが表示され、ここで計算精度、自重条件、単位系の選択を行います。

計算条件・単位設定

計算精度(S)	自重条件(J)	単位系選択(T)	
標準 精度係数 4	<input type="checkbox"/> 部材の自重を考慮 重力加速度 (G) 1	SI単位 工学単位	確定 キャンセル

まず計算精度について説明します。

**FEM解析**（有限要素法）はある構造物をいくつかの要素に分けて計算する方法で軸の応力計算もこの方法を用いています。**FEM解析**の特徴として細かく区分すればするほど精度が向上しますが計算時間も多くなります。

軸の応力計算では分布荷重の扱いやたわみが節点間で最大となる場合を考慮して入力された節点間を内部的にさらに区分して計算しています。この区分数を計算精度の選択で切り替えていて、区分数は低：2、標準：4、高：8となっています。

また任意を選択すると区分数を入力できるようになります。したがって区分数を大きくして精度を上げると最大たわみの発生位置等の精度を高めることができますが計算時間がかかるようになります。

概略、区分数が倍になると計算時間は8倍程度増加します。また分布荷重の扱いや最大たわみの発生位置以外の計算結果についての誤差は低でも数%程度と予測されるのでむやみに精度をあげて計算する必要はないと考えられます。

区分数と同様に入力した節点数が多いと時間がかかるので通常は、計算精度は標準とし節点数が20を超えるようなときには逆に低で計算してみて必要に応じて高を使って計算するような方法をとると良いでしょう。実際の計算時間はCPUの能力によって異なりますので一概に言えませんが、例としてPentium4 2.4GHz（Xp）での計算時間を示しますのでこれを参考にして計算精度を選択してみてください。

計算精度と計算時間の関係 （単位 秒）

節点数	精度：低	精度：標準	精度：高
60	1	11	98

自重条件で“軸の自重を考慮”がチェックされていると、選択した材質の密度と断面積から軸の質量を求め、ここで設定した重力加速度から自重に相当する荷重を求めて分布荷重として計算条件に自動的に加えられます。また計算実行後に軸の質量がイメージ左上に表示されるようになっています。

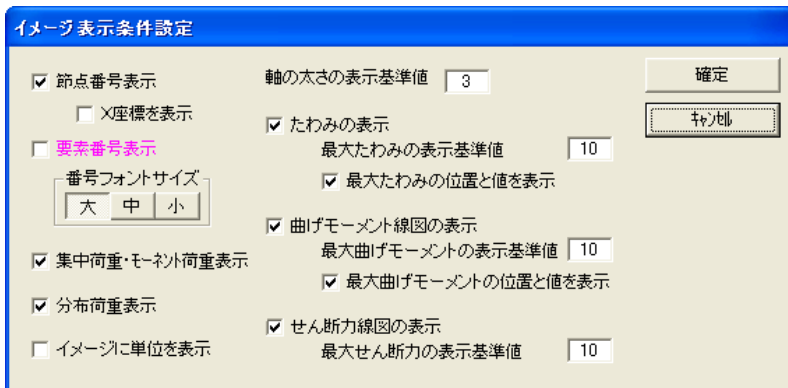
単位系選択では〔S I単位〕と〔工学単位〕の選択ができます。

計算実行後に計算精度や単位系選択、自重条件等を変更すると計算結果はクリアされますので再度、計算を実行してください。

また第3章基本操作で説明したように単位を切り換えたときにはUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされます。

### 7. イメージ表示条件

プルダウンメニューで[環境設定] > [イメージ表示条件] をクリックすると次のダイアログが表示され、ここでイメージの表示条件が設定できます。



The dialog box titled "イメージ表示条件設定" (Image Display Settings) contains the following options and controls:

- ☒ 節点番号表示 (Node Number Display)
- ☐ X座標を表示 (Display X-coordinate)
- ☐ 要素番号表示 (Element Number Display)
- ☒ たわみの表示 (Display Deflection)
- ☒ 最大たわみの表示基準値 (Maximum Deflection Display Reference Value) set to 10
- ☒ 最大たわみの位置と値を表示 (Display Maximum Deflection Position and Value)
- 番号フォントサイズ (Number Font Size) with buttons: 大 (Large), 中 (Medium), 小 (Small)
- ☒ 曲げモーメント線図の表示 (Display Bending Moment Diagram)
- ☒ 最大曲げモーメントの表示基準値 (Maximum Bending Moment Display Reference Value) set to 10
- ☒ 最大曲げモーメントの位置と値を表示 (Display Maximum Bending Moment Position and Value)
- ☒ 集中荷重・モーメント荷重表示 (Display Point Load/Moment Load)
- ☒ せん断力線図の表示 (Display Shear Force Diagram)
- ☒ 最大せん断力の表示基準値 (Maximum Shear Force Display Reference Value) set to 10
- ☐ 分布荷重表示 (Display Distributed Load)
- ☐ イメージに単位を表示 (Display Unit in Image)
- ☒ 軸の太さの表示基準値 (Display Shaft Thickness Reference Value) set to 3

Buttons: 確定 (OK), キャンセル (Cancel)

以下、表示条件について説明します。

- ・ **節点番号表示** : チェックするとイメージ下部に節点番号が表示されます。これは[節点・支持条件/荷重条件]タブにある[節点番号ON/OFF]ボタンでも切り換えできます。
- ・ **要素番号表示** : チェックすると節点間に要素番号が表示されます。
- ・ **番号フォントサイズ** : イメージ中の数字のフォントサイズが変更できます。
- ・ **集中荷重・モーメント荷重の表示** : チェックすると集中荷重・モーメント荷重のイメージが表示されます。
- ・ **分布荷重の表示** : チェックすると分布荷重のイメージが表示されます。
- ・ **イメージに単位を表示** : チェックするとイメージ中に表示される最大たわみと最大曲げモーメントの値に単位が表示されます。
- ・ **軸の太さの表示基準値** : 軸は軸径に応じて相対的に太さを表現していますがその基準となる値を設定します。小さくすると軸イメージが細くなります。

- ・ **たわみの表示**：チェックするとたわんだ軸のイメージが表示されます。
- ・ **最大たわみの表示基準値**：数値を小さくするとたわみも小さく表示されます。
- ・ **最大たわみの位置と値を表示**：チェックすると最大たわみの位置に○を表示してその上にたわみ量を表示します。
- ・ **曲げモーメント線図の表示**：チェックすると曲げモーメント線図が表示されます。これは「計算結果／変位・応力関係」のタブにある「曲げモーメント線図ON／OFF」ボタンでも切り換えできます。
- ・ **最大モーメントの表示基準値**：数値を小さくすると曲げモーメント線図も小さく表示されます。
- ・ **最大モーメントの位置と値を表示**：チェックすると最大曲げモーメントの位置に○を表示してその上に曲げモーメント量を表示します。
- ・ **せん断力線図の表示**：チェックするとせん断力線図が表示されます。これは「計算結果／変位・応力関係」のタブにある「せん断力線図ON／OFF」ボタンでも切り換えできます。
- ・ **最大せん断力の表示基準値**：数値を小さくするとせん断力のイメージも小さく表示されます。

イメージ表示条件は計算結果に影響するものではありませんので計算後でも設定を変更して「確定」すれば直ちに設定内容が反映し計算結果はクリアされません。

その他の環境設定で「作業補助設定」はこの章の 1、その他は第 3 章基本操作を参照して下さい。

## 8. データ入出力

軸の応力計算では設定データファイルの拡張子はM8JKとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8JKが付きますので拡張子の入力是不要です。また他のコマンドと同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample.M8JKが入っています。

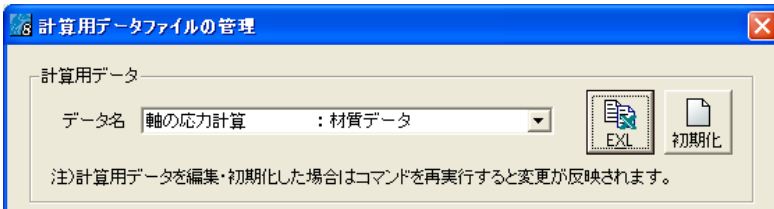
その他のデータ入出力、各種出力、画面操作等については第 3 章基本操作を参照して下さい。

## 9. 材質データについて

軸の応力解析では材質のデータを標準で備えておりインストールしたフォルダにCSV形式でコピーされています。

材質のデータファイルはMat\_Jiku.CSVというファイル名となっており [計算用データファイルの管理]を使って簡単に開いて確認することができます。

[計算用データファイルの管理] コマンドを起動して次に示すように軸の応力計算の材質データを選択し[E X L]ボタンをクリックすると拡張子CSVに関連づけられたソフトが起動してデータファイルを読み込んで開きます。



次に多くのパソコンで拡張子CSVに関連づけられている表計算ソフトのExcelで表示した例を示します。

Microsoft Excel - MAT_JIKU.CSV										
A36										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	名称	記号	縦弾性係数E(N/mm <sup>2</sup> )	横弾性係数G(N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	密度(ρ/cm <sup>3</sup> )	曲げ基準強さ	せん断基準強さ	ねじり基準強さ	n
2	一般構造用圧延鋼1種	SS330	206000	80400	0.3	7.86	333	259	222	
3	一般構造用圧延鋼2種	SS400	206000	80400	0.3	7.86	402	312	268	
4	一般構造用圧延鋼3種	SS490	206000	80400	0.3	7.86	490	381	326	
5	冷間圧延鋼板	SPCC	206000	80400	0.3	7.86	275	214	183	
6	機械構造用炭素鋼4種(焼きならし)	S25C	206000	80400	0.3	7.86	441	343	294	
7	機械構造用炭素鋼6種(焼きならし)	S45C	206000	80400	0.3	7.86	569	442	379	
8	クロム鋼2種(焼入焼もどし)	SCr430	206000	80400	0.3	7.86	785	610	523	
9	クロム鋼6種(焼入焼もどし)	SCr445	206000	80400	0.3	7.86	981	762	653	
10	ニッケルクロム鋼1種(焼入焼もどし)	SNC236	206000	80400	0.3	7.86	735	571	490	
11	ニッケルクロム鋼3種(焼入焼もどし)	SNC836	206000	80400	0.3	7.86	932	724	621	
12	ニッケルモリブデン鋼1種(焼入焼もどし)	SCM432	206000	80400	0.3	7.86	883	686	588	
13	クロムモリブデン鋼6種(焼入焼もどし)	SCM445	206000	80400	0.3	7.86	1030	800	686	
14	ステンレス鋼27種	SUS304	206000	80400	0.3	7.86	510	396	340	
15	ステンレス鋼32種	SUS316	206000	80400	0.3	7.86	481	373	320	
16	炭素鋼線鋼1種	SC360	206000	80400	0.3	7.96	363	282	242	
17	炭素鋼線鋼4種	SC480	206000	80400	0.3	7.96	481	374	320	
18	炭素鋼線鋼1種	SP340	206000	80400	0.3	7.96	343	267	228	
19	炭素鋼線鋼6種	SP590	206000	80400	0.3	7.96	588	457	392	
20	一般構造用鋼	SS400	206000	80400	0.3	7.86	402	312	268	
21	機械構造用鋼	SC25C	206000	80400	0.3	7.86	440	342	293	
22	ねずみ錆鉄1種	FC100	98000	34300	0.3	7.3	98	76	65	
23	ねずみ錆鉄3種	FC200	98000	34300	0.3	7.3	167	130	111	
24	ねずみ錆鉄6種	FC350	98000	34300	0.3	7.3	314	240	209	
25	アルミニウム1種(軟質)	Al100-O	69000	26500	0.33	2.7	88	68	59	
26	アルミニウム1種(硬質)	Al100-H	69000	26500	0.33	2.7	127	99	85	
27	ジュラルミン1種(軟質)	A2017-O	72000	27000	0.33	2.7	226	176	151	
28	ジュラルミン1種(焼入)	A2017-T4	72000	27000	0.33	2.7	402	312	268	
29	銅合金普通級1種(硬質)	CuP1-H	123000	46100	0.33	8.65	255	198	170	
30	黄銅合金普通級1種(硬質)	BeP1-H	98000	38200	0.33	8.65	412	320	274	
31										
32										

1行目は項目名となっており、実際には読み飛ばされます。新しい材質を登録したい場合はこのファイルの後ろに追加して軸の応力解析を再起動すれば使えるようになります。また値を修正したり不必要な材質を削除することもできます。

さらに新規にデータを設定するときは2行目の材質がデフォルトとなっているのでデフォルトの材質を変更したい場合はその材質を2行目に移動させると変更できます。

標準の材質データでは各基準強さは引張り強さを1として曲げ：せん断：ねじりの強さの比が1：0.778：0.667の比率を使って求めたものです。この比率は「JISにもとづく機械設計製図便覧（理工学社）」に出ている軟鋼の許容応力の比率を使っています。

各応力の安全率はこれら基準強さを応力で割ったものになっていて現状に対して何倍の荷重に耐えられるかの目安になります。

ただし安全率が1以上なら安全というわけではなく、例えば軟鋼の場合には静荷重では3、片振り繰り返し荷重で5、交番荷重で8、衝撃荷重では1.2以上というように使われかたで必要な安全率は大きく変わってきます。

「ねじり関係／安全率評価」のタブで表示される安全率評価アイコンや一般論によるコメントもこの軟鋼の例を使っています。

なお何度も繰り返しますが軸の段差がある場所では応力集中を生じて実際にはさらに数倍の応力となる場合がありますが前述のように本計算では応力集中は考慮されていません。またその応力から求められる安全率や安全率の評価にも応力集中の影響は考慮されていないことになりますので最終的な判断は設計者自らが段差部のスミRや使用条件等を総合的に考えて判断して下さい。

また材質データはCSV形式のテキストファイルなのでメモ帳等のテキストエディタでも編集できますがカンマの位置がずれたりすると正常に読み込めなくなりプログラムが起動しなくなることもあるので必ずバックアップを取ってから修正してください。

なお計算用データファイルが編集ミス等で壊れた場合は前述の「計算用データファイルの管理」コマンドで初期化することができるようになっています。詳しくは「計算用データファイルの管理」コマンドの説明を参照して下さい

## 第10章 軸の動力計算

### 1. 機能概要

軸の動力計算ではモーター等で駆動される制御軸と制御軸に対してある減速比で連動する8軸までの従動軸、及びある速度で動く4つの直動部について、各軸の負荷トルクや直動部の負荷抵抗から制御軸での必要な動力を求めることができます。

また各軸の $GD^2$ （ジーディースクエア）や直動部の質量を制御軸に換算して等価総 $GD^2$ を求めることができます。さらにその等価総 $GD^2$ を利用して起動、制動、変速時の制御トルクと制御時間も求めることができます。

単位系を切り替えることで工学単位での $GD^2$ 代わりにSI単位の慣性モーメントIで入力・表示することができます。なおダイアログでの $GD^2$ の表記は小さい上付きの2が使えないので計算式で二乗の意味を持つ“^2”を使って $GD^2$ と表示しています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「軸の動力計算」を起動してスタートアップで「0からスタート」ボタンをクリックすると次のダイアログが表示されます。

**軸の動力計算**

ファイル(F) 環境設定(O) 個別チャートリアル(T) 共通操作(C)

新規 開く 保存 設定 プレビュー 元に戻す やり直し

印刷(P) PDF CSV HTML COPY EXE

計算メモリ AO MO MR MS

計算結果

動力・制御関係  
 定格動力(kW) 変速後回転数  
 変速後動力(kW) 起動時 制動時 変速時  
 制御トルク(kgf·m) 制御時間(sec) 最大動力(kW)

制御軸データ  
 等価総 $GD^2$  等価総負荷トルク 制御時回転数(回) 起動時 制動時 変速時

従動軸データ  
 制御軸換算値 制御時回転数(回)  
 等価 $GD^2$  等価負荷トルク 起動時 制動時 変速時

直動部データ  
 制御軸換算値 制御時移動距離(m)  
 等価 $GD^2$  等価負荷トルク 起動時 制動時 変速時

設定  
 単位系 制御方法  
 $GD^2$ (工学) 制御トルク  
 SI単位 制御時間

制御データ(制御軸基準)  
 起動時平均トルク 制動時平均トルク 変速時平均トルク 変速後回転数



ここで基本的な操作を説明しますが、ダイアログ左半分が計算条件の入力欄で右半分は計算結果が表示されるようになっています。

以下、左上の入力欄から順に説明していきます。なお数値の入力欄の右にある [ > ] ボタンをクリックすると入力アシスタントが開きます。また入力データを変更すると UNDO・REDO 機能が使えるようになります。これらの機能については第 3 章基本操作を参照してください。

- ・ **計算タイトル** : 計算内容のタイトルを入力します。空欄でもかまいませんがデータファイルにも保存されるので例えば計算対象の装置名や計算条件等を入れておくと良いでしょう。
- ・ **制御軸** : 制御軸では名称、定格回転数、 $GD^2$ 、負荷トルクを入力します。名称は空欄でもかまいません。定格回転数は動力計算の基本となるので必ず入力してください。

定格回転数と負荷トルクを入力すると直ちに動力が計算され、その結果が表示されます。

- ・ **従動軸** : 制御軸と同様に名称、回転数、 $GD^2$ 、負荷トルクを入力します。回転数は制御軸が定格回転のときの回転数を入力してください。

ここでも負荷トルクを入力すると直ちに動力計算が行われ、また  $GD^2$  を入力すると右の従動軸データの表示欄に制御軸に換算した等価  $GD^2$  や等価負荷トルクが表示されるとともに制御軸データの等価総  $GD^2$  や等価総負荷トルクに加算されます。

- ・ **直動部** : ここでは名称、速度、重量、負荷抵抗を入力します。速度は制御軸が定格回転のときの速度を入力します。重量は直動するもの全てを合計したものになりますが、直動部は最大で 4 つ入力できるので装置とワーク等で分けて入力しても良いでしょう。

速度、重量、負荷抵抗が入力されると従動軸と同様に制御軸に換算した等価  $GD^2$ 、等価負荷トルクが計算され制御軸の等価総  $GD^2$ 、等価総負荷トルクに加算されます。

次に従動軸、直動部にそれぞれ1個データを入力したものを示します。

軸の動力計算

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(T) 共通操作(O)

新規 開く 保存 設定 プレビュー 元に戻す やり直し 印刷 PDE CSV HTML COPY EXL

計算タイトル

制御軸 名称 定格回転数 (rpm) GD<sup>2</sup> (kgf・m<sup>2</sup>) 負荷トルク (kgf・m)

モーター 1000 1

従動軸

名称	回転数	GD <sup>2</sup>	負荷トルク
1 コンベア軸	500	1	1
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

直動部

名称	速度 (m/s)	重量 (kgf)	負荷抵抗 (kgf)
1 ワーク	1	500	10
2			
3			
4			

設定

単位系 GD<sup>2</sup>(C) 単位 I (SI) 単位

制御方法 制御トルク 制御時間

制御データ(制御軸基準)

起動時平均トルク 制動時平均トルク 変速時平均トルク 変速後回転数

計算実行 AC MC MR MS

計算結果

動力・制御関係

定格動力 (kW) 1.638491 定格回転数 (rpm) 1000

変速後動力 (kW) 変速後回転数

制御トルク (kgf・m) 起動時 制動時 変速時

制御時間 (sec) 最大動力 (kW) 0 0

制御軸データ

等価GD<sup>2</sup> 等価総負荷トルク 起動時 制動時 変速時

0.432378 1.595493

従動軸データ

制御軸換算値 制御時回転数(回)

等価GD<sup>2</sup> 等価負荷トルク 起動時 制動時 変速時

1 0.25 0.5

2 3 4 5 6 7 8

直動部データ

制御軸換算値 制御時移動距離(m)

等価GD<sup>2</sup> 等価負荷トルク 起動時 制動時 変速時

1 0.182378 0.035493

2 3 4

- ・設定：左下の設定では単位系と制御方法を選択できます。単位系は下記の表のようになっています。なお単位を切り換えたときにはUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされます。

	慣性量の名称	慣性量の単位	トルク	負荷抵抗
工学単位	GD <sup>2</sup>	kgf・m <sup>2</sup>	kgf・m	kgf
SI単位	慣性モーメント I	kg・m <sup>2</sup>	N・m	N

制御方法の選択で制御トルクを選択すると設定の右にある制御データの入力欄が起動時、制動時、変速時の平均トルクとなり、等価総GD<sup>2</sup>から制御時間がもとめられるようになり、制御時間を選択すると制御データの入力欄はそれぞれの時間となり、制御時間から制御トルクが求められるようになります。

- ・**制御データ**：選択した制御方法に合わせて制御トルクか制御時間を入力します。変速時の検討を行いたい場合は変速後回転数も入力します。

これらの値を入力した時点で計算が成立する場合は右側の計算結果の起動時、制動時、変速時の表示欄に計算結果が表示されます。逆に等価総負荷トルクより起動トルクが小さいとか変速後回転数が定格回転数と同じか空欄のような場合は制御計算が成立しませんので計算結果も空欄となります。

以下、制御について説明します。

起動時の起動平均トルクと起動時間とは制御軸が停止した状態から定格回転数まで回転をあげるときの平均トルクとそれにかかる時間で、制動時は逆に定格回転数から制御軸が停止するまでの平均トルクと時間になります。

また変速時とは制御軸の定格回転数から制御データで入力されている変速後回転数まで変速するときの平均トルクと時間になります。

制御トルクと制御時間は相対する関係にあり制御時間を短くするには大きな制御トルクが必要となり、小さな制御トルクでは制御時間が長くなります。起動時の計算結果は使用するモーター等の選定の参考となり、制動時は制動装置の選定の参考となります。変速時の計算結果は増速か減速によりモーターか減速機の選定の参考となります。

なおVer8より制御時の最大動力も求められるようになりました。この最大動力を求める回転数は制御時の最大の回転数を使います。起動時は起動トルクと起動後の定格回転数から最大動力を求め、制動時も制動トルクと制動前の定格回転数から最大動力を求めています。変速時は変速トルクと変速前後の回転数の高い方を使って最大動力を求めます。

### 3. データ入出力

軸の動力計算では設定データファイルの拡張子はM8PWとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8PWが付きますので拡張子の入力是不要です。また他のコマンドと同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample1. M8PW が入っています。

次にサンプルデータを読み込んだものを示します。データが読み込まれると直ちに計算が行われて計算結果が表示されます。

**軸の動力計算 - [Sample1.MBPW]**

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(T) 共通操作(O)

新規 開く 保存 設定(Q) プレビュー 元に戻す やり直し

印刷(P) PDF CSV HTML COPY EQL

計算メモリ AC MC MR MS

計算タイトルライン1自動 \* 装置

**制動軸**

名称	定格回転数 (rpm)	GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	負荷トルク (kgf・m)
MOTER	800	0.08	0.032

**従動軸**

名称	回転数	GD <sup>2</sup>	負荷トルク
1 GEAR-1	800	0.081	0
2 GEAR-2	250	1.424	0.08
3 GEAR-3	250	0.011	0
4 GEAR-4	100	0.612	0.016
5 PINION	100	0.068	0
6			
7			
8			

**直動部**

名称	速度 (m/s)	重量 (kgf)	負荷抵抗 (kgf)
1 TABLE	1	200	10.0
2 WORK	1	120	0
3			
4			

**設定**

単位系: GD<sup>2</sup>(工学) I (SI単位)

制御方法: 制御トルク 制御時間

制御データ(制御軸基準)

項目	値
起動時平均トルク	0.5
制動時平均トルク	0.3
変速時平均トルク	0.5
変速後回転数	1600

**計算結果**

動力・制御関係

項目	値	項目	値
定格動力 (kW)	0.141404	定格回転数 (rpm)	800
変速後動力 (kW)	0.282808	変速後回転数	1600

項目	起動時	制動時	変速時
制御トルク (kgf・m)	0.5	0.3	0.5
制御時間 (sec)	3.219	2.295	3.219
最大動力 (kW)	0.411	0.246	0.822

**制御軸データ**

項目	等価GD <sup>2</sup>	等価総負荷トルク	起動時	制動時	変速時
等価GD <sup>2</sup>	0.49414	0.172118	21.457	14.302	64.372

**従動軸データ**

項目	等価GD <sup>2</sup>	等価負荷トルク	起動時	制動時	変速時
1	0.081	0	21.457	14.302	64.372
2	0.139063	0.01875	6.705	4.657	20.116
3	0.001074	0	6.705	4.657	20.116
4	0.009563	0.002	2.682	1.863	8.047
5	0.001063	0	2.682	1.863	8.047
6					
7					
8					

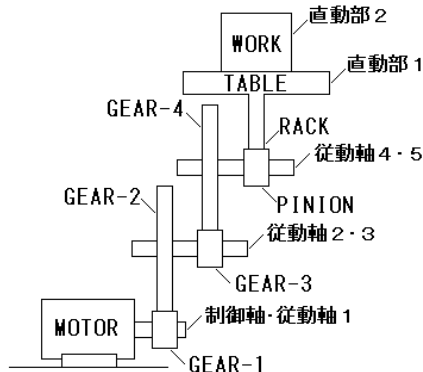
**直動部データ**

項目	等価GD <sup>2</sup>	等価負荷トルク	起動時	制動時	変速時
1	0.113966	0.113966	1.609	1.118	4.828
2	0.068392	0	1.609	1.118	4.828
3					
4					

このサンプルデータのモデルイメージを右に示しますがモーター軸から歯車で2段に減速されたピニオンがテーブルのラックとかみ合いテーブルと上に乗ったワークが直動するようなものを想定しています。

減速軸の負荷トルクは従動軸2と従動軸4で設定しています。

なお軸の動力計算ではデータを入力すると直ちに計算結果が更新されるようになっていて「計算実行」ボタンはありません。計算結果のイメージもありませんのでCAD作図、DXF出力や画面操作関係のアイコンボタンはありません。その他のデータ入出力の操作や計算メモリ機能の使い方等については第3章基本操作を参照して下さい。



## 第11章 GD<sup>2</sup>の計算

### 1. 機能概要

GD<sup>2</sup>（ジーデースクエア）の計算では一つの軸で回転する装置を円柱や角柱等の基本形状の部品の組み合わせに分解し、それぞれの個別の部品のGD<sup>2</sup>を求めて合計することにより装置全体のGD<sup>2</sup>を求めるもので、計算結果は軸の動力計算で使用することができます。

なおダイアログでのGD<sup>2</sup>の表記は小さい上付きの2が使えないので計算式で二乗の意味を持つ“^2”を使ってGD^2と表示しています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで[GD^2の計算]を起動してスタートアップで[0からスタート]ボタンをクリックすると次のダイアログが表示されます。ここでは基本的な操作を説明します。

計算タイトル

積算結果

総GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	総慣性モーメント I (kg・m <sup>2</sup> )	総容積 (cm <sup>3</sup> )	総質量 (kg)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

部品データ

部品名称		形状タイプ・寸法・材質・密度					GD <sup>2</sup> ・I・容積・質量(合算データ)		個数	選定
形状タイプ	L1	L2	L3	L4	L5	材質	密度			
1										選定
2										選定
3										選定
4										選定
5										選定
6										選定
7										選定
8										選定
9										選定
10										選定
11										選定
12										選定
13										選定
14										選定
15										選定
16										選定
17										選定
18										選定
19										選定
20										選定

このダイアログは計算タイトルを除き入力データや計算結果の表示のみで、データの入力は右端の[選定]ボタンをクリックして行います。個別の部品の数は最大20となります。また一つの部品についてのデータ数が多いためタブで表示を切り替えるようになっています。

ここでは計算タイトルを入力します。空欄でもかまいませんがデータファイルにも保存されるので計算対象の装置名や計算条件等を入れておくとい良いでしょう。

空いている行の右端にある「選定」ボタンをクリックするとその行にデータを入力することができます。また既にデータが入力されている行の「選定」ボタンをクリックすると入力されていたデータを編集したり削除することができます。

なおこのダイアログにある「元に戻す」「やり直し」のUNDO・REDO機能ではタイトルの編集だけでなく「選定」ボタンをクリックして編集や削除した部品データも元に戻せるようになっています。UNDO・REDO機能については第3章基本操作を参照してください。

## 3. 部品の選定

1行目の右端にある「選定」ボタンをクリックすると次に示す個別部品のデータ入力ダイアログが表示されます。

個別部品 (No=1) の選定

設定C プレビュー 元に戻す やり直し 印刷P PDE CSV HTML COPY EXL 削除(E) 選定確定(S)

角柱 台形 三角柱  
円柱1 円柱2 円筒 円錐台

部品名称

個数 肉抜き部には-を付ける

形状寸法  
L1 0 >  
L2 0 >  
L3 0 >

単体データ  
GD<sup>2</sup>(kgf・m<sup>2</sup>)  
I (kg・m<sup>2</sup>)  
容積(cm<sup>3</sup>)  
質量(kg)

材質  
密度(g/cm<sup>3</sup>)

合算データ  
GD<sup>2</sup>(kgf・m<sup>2</sup>)  
I (kg・m<sup>2</sup>)  
容積(cm<sup>3</sup>)  
質量(kg)

ここではまず左のタブで参考図を参照して部品の形状を選択します。

参考図では回転軸に対して部品の位置がオフセットした状態で表示されていますがオフセットは必須ではありません。形状を選択したら部品名称を入力します。これも必須ではありませんが入れた方が分かりやすくなります。

形状寸法は参考図を参照して入力してください。形状寸法入力欄の右にある [ > ] ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。

また各入力データについてはUNDO・REDO機能が使えますが左の参考図をタブを切り換えるとUNDO・REDO用に保存している情報はクリアされます。入力アシスタントやUNDO・REDO機能については第3章基本操作を参照してください。

材質を選択すると密度が表示されます。任意の密度を使いたい場合は材質に任意を選択すると入力できるようになります。またこの材質は「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダにあるGD2\_MAT.CSVというファイルを読み込んで表示しています。

ここで密度は文献により微妙に数値が違っているものがあるので気になるものがあればこのファイルの値を編集してください。また材質の追加や削除もできますので必要に応じて編集して使ってください。

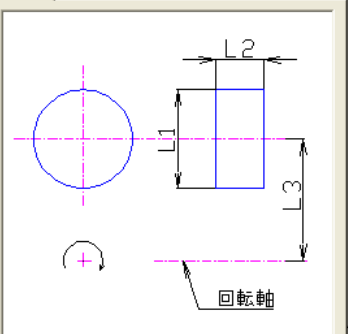
形状寸法と密度が入ると単体データが計算されて表示されます。さらに個数を入力すると個数分を合算したデータが表示されます。

次にデータを入力したものを示します。

**個別部品(No=1)の選定**

設定Q プレビュー 元に戻す やり直し 印刷 PDF CSV HTML COPY EXL 削除(E) 選定確定(S)

角柱 | 台形 | 三角柱 |  
円柱1 | 円柱2 | 円筒 | 円錐台 |



部品名称  
マニュアルサンプル

形状寸法  
L1 100 >  
L2 50 >  
L3 0 >

材質  
軟鋼  
密度(g/cm³) 7.86

個数  
10 肉抜き部にはーを付ける

単体データ  
GD<sup>2</sup>(kgf・m<sup>2</sup>) 0.015433074  
I (kg・m<sup>2</sup>) 0.003858268  
容積(cm³) 392.6991  
質量(kg) 3.086615

合算データ  
GD<sup>2</sup>(kgf・m<sup>2</sup>) 0.154330739  
I (kg・m<sup>2</sup>) 0.038582685  
容積(cm³) 3926.991  
質量(kg) 30.86615

合算データが表示されると「個別データ出力」と「選定確定」ボタンが使えるようになります。「個別データ出力」は第3章基本操作で説明したものと基本的に同じなのでそちらを参照してください。

部品の選定をキャンセルしたい場合はダイアログ右上の×ボタンをクリックして下さい。

ここで「選定確定」ボタンをクリックすると個別部品のデータ入力ダイアログが閉じて次に示すようにメインのダイアログに選定したデータが表示されます。

計算タイトル

積算結果

総GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	総慣性モーメント I (kg・m <sup>2</sup> )	総容積(cm <sup>3</sup> )	総質量(kg)
0.154330739	0.038582685	3926.991	30.86615

部品データ

No.	部品名称	形状タイプ	形状タイプ・寸法・材質・密度					GD <sup>2</sup> ・I・容積・質量(合算データ)					材質	密度	個数		
			L1	L2	L3	L4	L5	GD <sup>2</sup>	I	容積	質量						
1	マニュアルサンプル	円柱1	100	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	鉄鋼	7.88	10	選定
2																	選定
3																	選定

タブを切り替えてGD<sup>2</sup>等のデータを表示してみます。

計算タイトル

積算結果

総GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	総慣性モーメント I (kg・m <sup>2</sup> )	総容積(cm <sup>3</sup> )	総質量(kg)
0.154330739	0.038582685	3926.991	30.86615

部品データ

No.	部品名称	形状タイプ・寸法・材質・密度				GD <sup>2</sup> ・I・容積・質量(合算データ)				個数	
		GD <sup>2</sup>	I	容積	質量						
1	マニュアルサンプル	0.154330739	0.038582685	3926.991	30.86615	10	選定				
2							選定				
3							選定				

このようにして個々の部品のデータを入力していき装置全体のGD<sup>2</sup>を求めます。



## 4. データ入出力

GD<sup>2</sup>の計算では設定データファイルの拡張子はM8GDとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8GDが付きますので拡張子の入力是不要です。また他のコマンドと同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample1. M8GDが入っています。

次にサンプルデータを読み込んだものを示します。

GD<sup>2</sup>の計算 - [Sample1. M8GD]

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(T) 共通操作(K)

新規 開く 保存 設定 プレビュー 元に戻す やり直し 印刷 PDE CSV HTML COPY EXL

計算タイトル インデックステーブル

積算結果

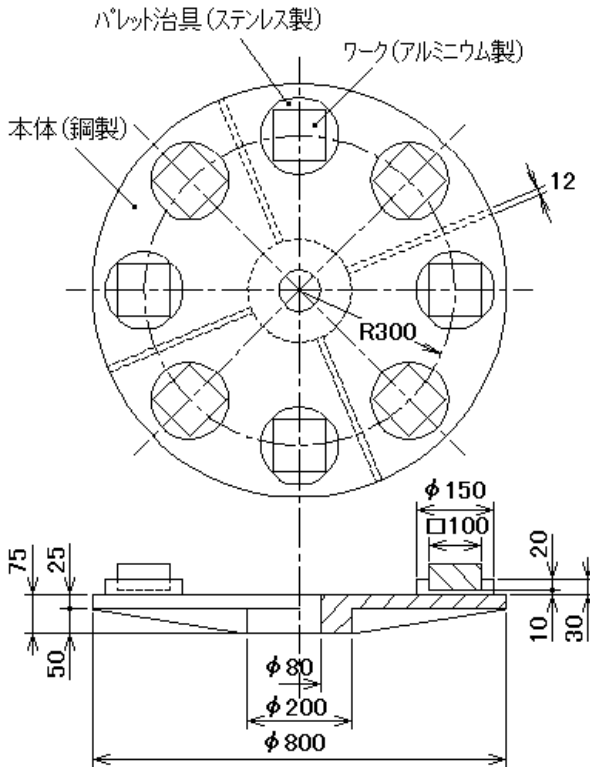
総GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	総慣性モーメント I (kg・m <sup>2</sup> )	総容積(cm <sup>3</sup> )	総質量(kg)
44.07843	11.01861	20781.32	142.544

部品データ

	部品名称	形状タイプ・寸法・材質・密度 GD <sup>2</sup> ・I・容積・質量(含算データ)				個数	
		GD <sup>2</sup> (kg・m <sup>2</sup> )	I (kg・m <sup>2</sup> )	容積(cm <sup>3</sup> )	質量(kg)		
1	テーブル本体	81.6083837	7.901733842	12568.37	88.77167	1	選定
2	テーブルボス部	0.246929103	0.061732296	1570.796	12.34646	1	選定
3	シャフト穴	-0.003482081	-0.00237052	-376.9911	-2.36315	-1	選定
4	リブ	0.503463821	0.127365855	360	2.8236	4	選定
5	パレット治具	12.37578197	3.033845492	4241.15	33.33544	8	選定
6	パレット治具ワーク取付穴	-4.6112	-1.1528	-1600	-12.576	-8	選定
7	ワーク	8.98	0.99	4000	10.8	8	選定
8							選定
9							選定
10							選定
11							選定
12							選定
13							選定
14							選定
15							選定
16							選定
17							選定
18							選定
19							選定
20							選定

その他のデータ入出力の操作については第3章基本操作を参照して下さい。

このサンプルデータは次に示すインデックステーブル本体とワーク、及びワーク取り付け用のパレット治具のGD<sup>2</sup>を求めたものです。



この図とサンプルデータの形状及び寸法を見比べてみればどのように部品化しているのかが分かると思います。

リップの部分には台形を使っていますがこの例のように三角形でも台形で計算できるようになっています。

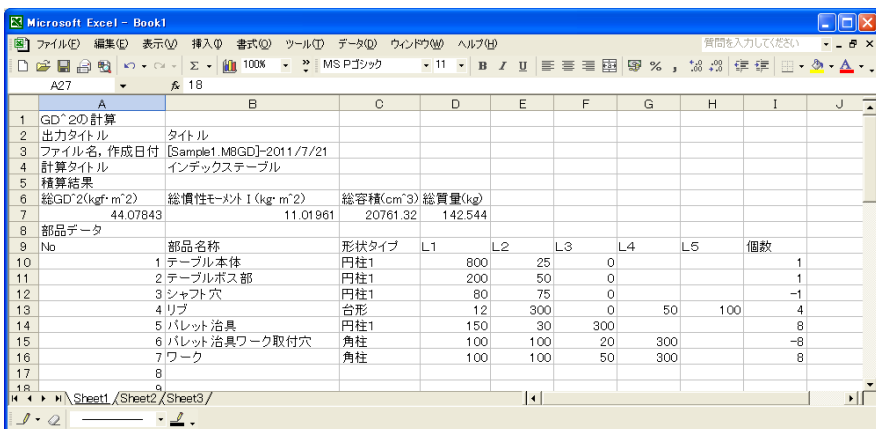
サンプルデータで個数にマイナスが付いているものがありますがこれは計算から除く部分と言うことでシャフト穴やパレット治具のワークが収まる穴の部分になっています。

シャフト穴の部分は後から除くのではなく円筒を使って最初から穴の空いた形状を使うこともできます。このように同じものでもいろいろな組み合わせがありますので、分かりやすくやりやすい組み合わせを考えてください。

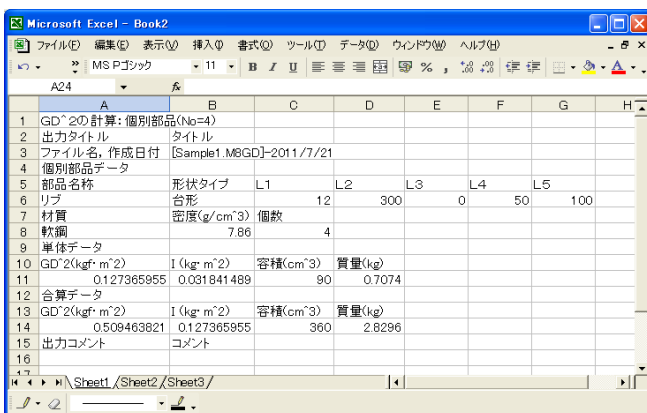
## 5. 各種出力

G D<sup>2</sup> の計算ではメインのダイアログと個別部品選択ダイアログにそれぞれ出力ボタンがあり出力される結果が異なります。

例としてメインのダイアログで「エクセル貼り付け」したものを次に、リブの所の N o 4 の部品の個別データを同様に「エクセル貼り付け」したものをその下に示します。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	GD <sup>2</sup> の計算									
2	出力タイトル	タイトル								
3	ファイル名, 作成日付	[Sample1.MBGD]-2011/7/21								
4	計算タイトル	インデックステーブル								
5	積算結果									
6	総GD <sup>2</sup> (kgf・m <sup>2</sup> )	総慣性モメント I (kg・m <sup>2</sup> )	総容積(cm <sup>3</sup> )	総質量(kg)						
7	44.07843	11.01961	20761.32	142.544						
8	部品データ									
9	No	部品名称	形状タイプ	L1	L2	L3	L4	L5	個数	
10	1	テーブル本体	円柱1	800	25	0			1	
11	2	テーブルボス 部	円柱1	200	50	0			1	
12	3	シャフト穴	円柱1	80	75	0			-1	
13	4	リブ	台形	12	300	0	50	100	4	
14	5	バレット 治具	円柱1	150	30	300			8	
15	6	バレット 治具ワーク取付穴	角柱	100	100	20	300		-8	
16	7	ワーク	角柱	100	100	50	300		8	
17	8									
18	9									



	A	B	C	D	E	F	G	H
1	GD <sup>2</sup> の計算: 個別部品(No=4)							
2	出力タイトル	タイトル						
3	ファイル名, 作成日付	[Sample1.MBGD]-2011/7/21						
4	個別部品データ							
5	部品名称	形状タイプ	L1	L2	L3	L4	L5	
6	リブ	台形	12	300	0	50	100	
7	材質	密度(g/cm <sup>3</sup> )	個数					
8	軟鋼	7.86	4					
9	単体データ							
10	GD <sup>2</sup> (kgf・m <sup>2</sup> )	I (kg・m <sup>2</sup> )	容積(cm <sup>3</sup> )	質量(kg)				
11	0.127365955	0.031841489	90	0.7074				
12	合算データ							
13	GD <sup>2</sup> (kgf・m <sup>2</sup> )	I (kg・m <sup>2</sup> )	容積(cm <sup>3</sup> )	質量(kg)				
14	0.509463821	0.127365955	360	2.8296				
15	出力コメント	コメント						
16								
17								

「エクセル貼り付け」以外にも出力される結果が異なりますのでプレビュー画面で確認してみるなど第3章基本操作を参照しながら各種出力を試してみてください。

なおG D<sup>2</sup> の計算では計算結果のイメージはありませんのでCAD作図、DXF出力や画面操作関係のアイコンボタンはありません。

## 第12章 はめあい公差

### 1. 機能概要

はめあい公差では基準寸法と軸側、穴側の公差域クラスを選択することで寸法許容差や実寸法、はめあいの種類等の数値が表示されます。また寸法差がイメージ表示されるので視覚的にも分かりやすく公差が選択できるようになっています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「はめあい公差」ボタンをクリックして起動すると次のダイアログが表示されます。

ここでは基本的な操作を説明します。

- ・ 基準寸法を入力します。基準寸法は最大 500 mm までとなっていますが公差域クラスによっては公差データの無いものもあります。

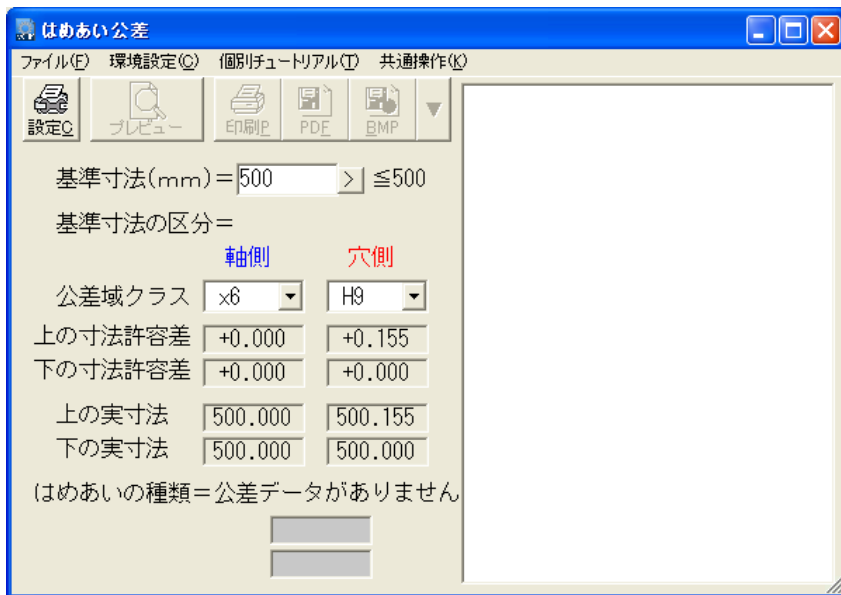
基準寸法を入力するとその下に基準寸法の区分も表示されます。

なお基準寸法入力欄右にある「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。入力アシスタントについては第3章基本操作を参照してください。

- ・公差域クラスを軸側、穴側のリストボックスから選択します。

公差域クラスを選択するとその下に各種の表現ではめあい公差が表示され、右側に寸法許容差の領域がイメージでも表示されます。

公差データがない場合は次に示すようにはめあいの種類に“公差データがありません”と表示され、イメージにも何も表示さないようになっています。



### 3. 便利な機能

便利な機能としてマウスカーソルを軸側、穴側の公差域クラスのリストボックスに近づけると、自動的に公差域クラスのリストボックスにフォーカス移るのでカーソルキーやホイールマウスのホイールを回して公差域クラスを変更することができます。

また公差域クラスを変更するとイメージも直ちに更新されるのではめあい公差の選択が分かりやすく行えます。

## 第13章 ベアリング寿命計算

### 1. 機能概要

ベアリング寿命計算では玉軸受ところ軸受について動等価荷重と回転数を設定し、基本定格荷重から寿命時間と寿命係数、寿命時間から基本定格荷重と寿命係数、寿命係数から基本定格荷重と寿命時間を求めることができます。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「ベアリング寿命計算」ボタンをクリックして起動すると次のダイアログが表示されます。

**ベアリングの寿命計算**

ファイル(F) 環境設定(C) 個別チュートリアル(R) 共通操作(A)

用途別寿命係数と寿命時間(100万回転)		
使用機械	寿命係数 fh	寿命時間 Lh (h)
常時回転の必要のない器具装置。たとえばドア開閉装置。	1	500
短時間または間断的に使用される機械で、万一事故により運転が停止しても他に影響がないもの。たとえばコンドミニアム、工場クレーン、一般手動機械、家庭器具など。	2~2.5	4000~8000
連続的に運転されないが運転時には確実性の必要な機械。たとえば流し作業のコンベア装置、エレベーター、一般荷役クレーン、使用頻度の低い工作機械など。	2.5~3	8000~14000
1日8時間運転されるが常時フルに運転されない機械。たとえば工場発電機、一般歯車機械など。	3~3.5	14000~20000
1日8時間フルに運転される機械。たとえば機械工場における一般機械、常時運転のクレーン、送風機など。	3.5~4	20000~30000
24時間連続運転機械。たとえばセパレータ、コンプレッサ、ポンプ、圧延機、工場発電機など。	4.5~5	50000~60000
24時間連続運転され事故による停止を絶対に許されない機械。たとえば製紙機械、発電所、鉱山排水ポンプ、市街地水道設備など。	6~7	100000~200000

寿命係数と寿命時間(100万回転)の計算式

$$f_h = \left( \frac{33.3}{n} \right)^{\frac{1}{p}} \cdot \frac{C}{P} \quad L_h = 500 \cdot f_h^p$$

単位系選択

☐ SI単位 ☐ 工学単位

軸受の種類

☐ 玉軸受 (p=3) ☐ ころ軸受 (p=10/3)

入力条件

☐ 定格荷重 ☐ 寿命時間 ☐ 寿命係数

入力データ

基本動定格荷重 C (N)  >

動等価荷重 P (N)  >

回転数 N (rpm)  >

データを入力するとここに計算結果が表示されます。

ここでは基本的な操作を説明します。

- ・軸受の種類を選択します。玉軸受ところ軸受が選択でき、これにより寿命計算で使用する係数が異なります。
- ・入力条件を選択します。ここで選択したものが入力データとなり入力欄に表示され残りのものが計算結果として表示されるようになります。

- ・入力条件に対応した入力データを入力します。データを入力すると直ちに計算が実行され計算結果が表示されます。

また入力欄右にある [ > ] ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され多様な入力が可能になっています。

- ・単位系は S I 単位と工学単位が選択できます。単位を切り換えたときには UNDO・REDO 用に保存している情報はクリアされます。

なお入力アシスタントや UNDO・REDO 機能については第 3 章基本操作を参照してください。

### 3. 計算結果

次にデータを入力して計算結果が表示された例を示します。

軸受の種類	
玉軸受 (p=3)	ころ軸受 (p=10/3)

入力条件	
定格荷重	寿命時間      寿命係数

入力データ	
基本動定格荷重 C (N)	21800 >
動等価荷重 P (N)	2000 >
回転数 N (rpm)	750 >

計算結果	
寿命時間 Lh (h)	29660
寿命係数 fh	3.9

また計算が実行されると各種出力のアイコンボタンやプルダウンメニューが使えるようになります。

基本動定格荷重については軸受メーカーのカatalogに记载されていますのでそれを参照してください。

動等価荷重は実際にうけている荷重と同じ影響を軸受の寿命に与えるような仮想のラジアル荷重を意味しています。軸受がスラスト荷重も受けているような場合はその影響も加味する必要があります。

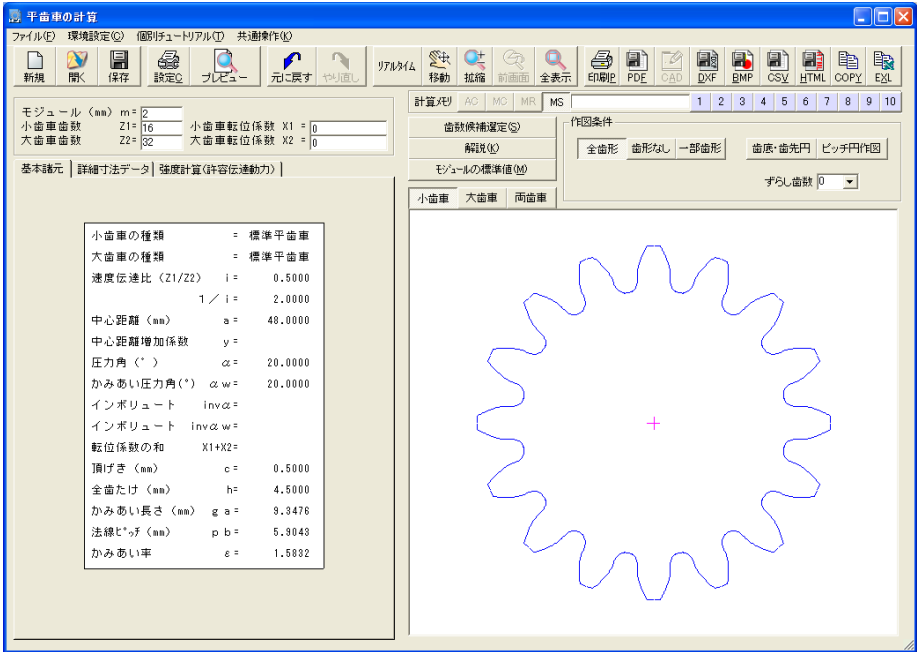
## 第14章 平歯車の計算

### 1. 機能概要

平歯車の計算ではモジュールと大小歯車の歯数を入力して標準歯車の基本諸元や詳細寸法および強度計算ができるようになっており、転位係数を入力すると転位歯車の計算もできます。また歯車のイメージもいろいろな作図条件で表示でき出力もできるようになっています。

### 2. 基本操作

コマンド選択メニューで「平歯車の計算」を起動してスタートアップで「0からスタート」をクリックすると次のダイアログが表示されます。



ここでは基本的な操作を説明します。

モジュール (mm)	m =	2
小歯車歯数	Z1 =	16
大歯車歯数	Z2 =	32

モジュールと大小歯車の歯数を入力すると直ちに計算が行われ、計算結果が表示されるとともに歯車イメージが表示されます。

上の例はモジュールに2、小歯車歯数に16、大歯車歯数に32を入力したものです



## 基本諸元 | 詳細寸法データ

寸法関係の計算結果は上の「基本諸元」タブと「詳細寸法データ」タブで表示されます。

右に「詳細寸法データ」タブを開いたものを示します。

基本諸元   詳細寸法データ   強度計算(許容伝達動力)		小歯車	大歯車
基準ピッチ円直径 (mm)	d1, d2	32.0000	64.0000
基準円直径 (mm)	db1, db2	30.0702	60.1403
かみあいピッチ円直径 (mm)	dw1, dw2		
歯末のたけ (mm)	ha1, ha2	2.0000	2.0000
歯先円直径 (mm)	ds1, ds2	36.0000	68.0000
歯底円直径 (mm)	df1, df2	27.0000	59.0000
円弧歯厚 (mm)	s1, s2	3.1418	3.1418
ピッチ円歯厚角の1/2 (°)	$\theta 1, \theta 2$	5.6250	2.8125
弦歯厚 (mm)	sb1, sb2	3.1365	3.1403
ワリハ歯たけ (mm)	hb1, hb2	2.0770	2.0385
歯先円弧歯厚 (mm)	sa1, sa2	1.3314	1.4861
またぎ歯数	zm1, zm2	2	4
またぎ歯厚 (mm)	sm1, sm2	9.3048	21.5613
理想的なピッチ径 (mm)	dp1, dp2	3.4787	3.4068
オーバーピッチ寸法 (mm)	dn1, dn2	36.8291	68.6505
切下げ限界転位係数	xu1, xu2	0.0642	-0.8718
切下げの有無		有り	無し
歯先尖りの有無		無し	無し
転位量 (mm)	xm1, xm2		
理想値に戻す		オーバーピッチ修正値	
		3.4787	3.4068

小歯車転位係数 X1 = 0  
大歯車転位係数 X2 = 0

転位歯車を計算する場合はそれぞれの転位係数を入力します。この場合も計算結果は直ちに更新されます。

小歯車 大歯車 両歯車

歯車イメージはイメージ左上のボタンで選択されている歯車のイメージを表示します。

「両歯車」を選択すると大小歯車がかみ合った状態のイメージを表示できます。

- ・作図条件ではCADやDXF出力するときの条件を設定します。またこの内容にしたがってイメージも変更されます。作図条件の詳細は後で説明します。

理想値に戻す    オーバーピッチ修正値    3.4787    3.4068

オーバーピン径は理想的なものが表示されますが修正

値を入力するとそのオーバーピン径でオーバーピン寸法が再計算されます。

理想値に戻したい場合は「理想値に戻す」ボタンをクリックして下さい。なおオーバーピン入力欄右にある「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。入力アシスタントについては第3章基本操作を参照してください。

解説(K)

「解説」ボタンをクリックすると次に示す解説ダイアログが表示されます。解説ダイアログでは平歯車の寸法計算の基本的な操作や計算条件が解説されています。

解説

平歯車寸法計算では、モジュールと歯数を入力すると直ちに計算を実行し、計算結果を表示するとともに歯車形状をイメージ表示します。数値を変更しても直ちに再計算されます。

圧力角は  $20^\circ$  です。

転位計算では、頂けきを  $0.25m$  に保つ考えに基づいています。転位係数を  $0$  とした場合、標準歯車として計算されます。

歯形を作成する基準ラックの歯先の丸みは、 $0.375m$  としています。

中心距離と速度伝達比から歯数を求めたい場合は、[歯数候補選定] ボタンを押してください。

[歯数候補選定] では、モジュールと中心距離、速度伝達比から歯数を計算しますが、条件によっては必ずしも入力した速度伝達比と同じにはなりませんので、それに近い歯数の組合せの候補が表示されます。

標準歯車においても、中心距離は必ずしも入力した値と同じにはなりませんので、表示された中心距離を参考に選択してください。

転位歯車では、入力した値が中心距離となります。

転位歯車を選択した場合には、転位係数の和が表示されますので、一方の転位係数を入力して配分を決めます。このとき、切り下げ限界転位係数を表示しますので参考にしてください。

歯数候補の番号を選択して確定すると、そのデータに基づいて寸法計算を行います。

寸法計算後でも[歯数候補選定]は実行でき、このときは寸法計算の値を基に歯数の候補選定をしますので、中心距離や速度伝達比を若干変更したい場合に便利です。

戻る

モジュールの標準値(m)

[モジュールの標準値] のボタンをクリックすると次に示すモジュールの標準値が表示されます。

モジュールの標準値 単位: mm					
第 1 系列	第 2 系列	第 3 系列	第 1 系列	第 2 系列	第 3 系列
0.1				3.5	3.75
0.2	0.15		4	4.5	
0.3	0.25		5	5.5	
0.4	0.35		6		6.5
0.5	0.45			7	
0.6	0.55		8	9	
		0.65	10		
	0.7			11	
	0.75		12		
0.8				14	
	0.9		16		
1				18	
1.25			20		
1.5				22	
	1.75		25	28	
2					
2.5	2.25		32	36	
	2.75		40		
3				45	
		3.25	50		

(注) 第 1 系列を優先的に、必要に応じ第 2 系列、第 3 系列の順に選ぶ。

戻る

モジュールの標準値はモジュールを決定するときの参考にしてください。モジュールの選択にあたっては第 1 系列を優先的に選択し、必要に応じて第 2 系列、第 3 系列の順に選択してください。

## 歯数候補選定

〔歯数候補選択〕ボタンをクリックすると歯数候補を選択するダイアログが表示され、モジュール、中心距離、速度伝達比から歯数の組み合わせを容易に選択できます。以下の機能については次に詳しく説明します。

### 3. 歯数候補選択

〔歯数候補選択〕ボタンをクリックすると次に示すダイアログが表示され、ここでモジュール、中心距離、速度伝達比を入力すると標準歯車と転位歯車でそれぞれ5種類の歯数の組み合わせの候補が表示されます。

**歯数候補選択**

モジュール〈mm〉  $m =$

中心距離〈mm〉  $a =$

速度伝達比  $i =$

標準歯車	小歯車歯数	大歯車歯数	速度伝達比	中心距離〈mm〉
1	<input type="text" value="18"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="48.0"/>
2	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="0.454545"/>	<input type="text" value="48.0"/>
3	<input type="text" value="17"/>	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="0.548387"/>	<input type="text" value="48.0"/>
4	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="0.516129"/>	<input type="text" value="47.0"/>
5	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="0.484848"/>	<input type="text" value="49.0"/>

転位歯車	小歯車歯数	大歯車歯数	速度伝達比	転位係数の和
1	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="32"/>	<input type="text" value="0.5"/>	<input type="text" value="0.0"/>
2	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="0.484848"/>	<input type="text" value="-0.458318"/>
3	<input type="text" value="16"/>	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="0.516129"/>	<input type="text" value="0.537474"/>
4	<input type="text" value="15"/>	<input type="text" value="31"/>	<input type="text" value="0.488871"/>	<input type="text" value="1.143871"/>
5	<input type="text" value="17"/>	<input type="text" value="33"/>	<input type="text" value="0.515152"/>	<input type="text" value="-0.819977"/>

**転位歯車条件**

どちらか一方の転位係数を入力 切下げ限界転位係数

小歯車転位係数  $X1 =$

大歯車転位係数  $X2 =$

標準歯車では中心距離は歯数で決まるので全ての候補が入力した中心距離と一致するわけではありません。

転位歯車では転位係数で中心距離を調節できるので全ての組み合わせで中心距離は入力した値となります。その代わりに転位係数の和が表示されます。

ここで転位歯車の候補の番号を選択すると転位歯車条件の入力欄が表示されますのでここでどちらかの転位係数を入力します。フォースが移るかリターンするともう一方の転位係数が求められ表示されます。右側には切下げ限界転位係数が表示されているのでこれ以上の転位係数にすれば切下げが発生することはありません。

標準歯車の候補を選択、あるいは転位歯車の候補を選択して「確定」ボタンをクリックするとその内容で寸法計算が行われ、計算結果の表示とイメージが更新されます。

寸法計算が実行された後に「歯数候補選択」ボタンをクリックするとモジュールと中心距離、速度伝達比はそのときの計算結果の内容となります。

歯数候補選択は現行の中心距離で速度伝達比を少し変更したいとか、速度伝達比はあまり変えないで中心距離を少し変えたいというような時に便利な機能です。

なお中心距離入力欄右にある「>」ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。入力アシスタントについては第3章基本操作を参照してください。

## 4. 作図条件

CAD作図やDXF出力で出力される歯車形状は作図条件によって設定されます。

歯形は実際にはインボリュート曲線になりますがここでの形状は歯元から歯先までを50の単線で表現しています。したがって一つの歯で100要素となり歯数の多い歯車を作図条件の「全歯形」で全て作図すると要素数が非常に多くなりますので注意してください。

作図条件で「一部歯形」を選択すると3歯しか作図しないようになり、「歯形なし」では歯形を全く作図しません。また「歯底・歯先円」や「ピッチ円」を選択するとそれらの円を作図することができます。

「ピッチ円」を選択したときは基準ピッチ円と転位歯車の場合はさらにかみあいピッチ円を作図します。ずらし歯数を選択すると歯車を最大2歯までずらすことができます。「両歯車」を選択してかみ合った状態を微少に回転させることができます。

上記の作図条件については歯車イメージに直ちに反映されるので作図前に形状を確認してください。

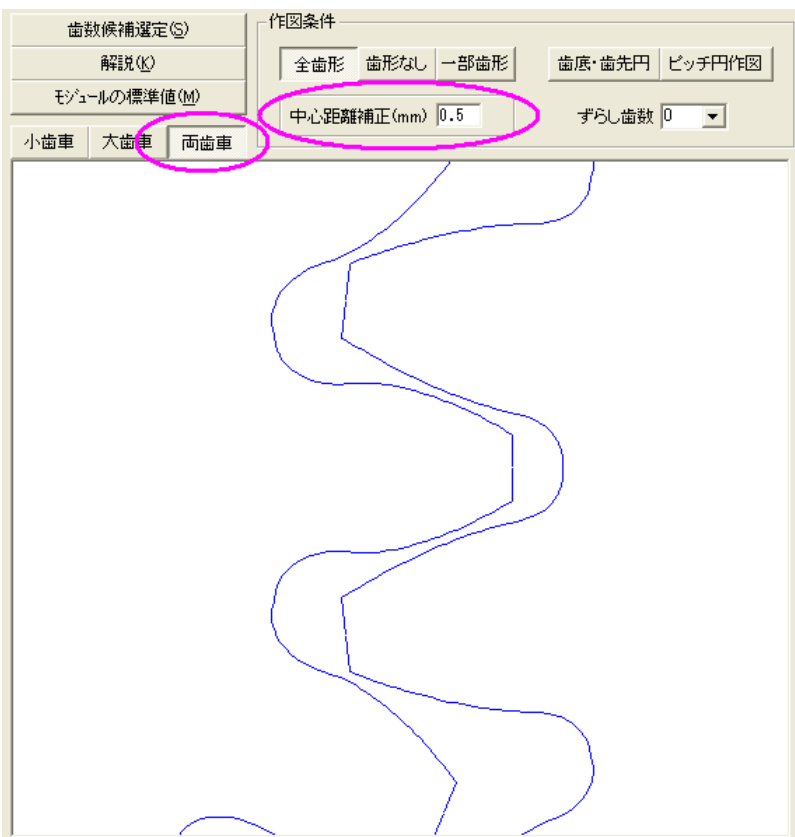
## 5. 中心距離補正

イメージ上の歯車選択ボタンで「両歯車」を選択すると大小歯車がかみ合ったイメージが表示されるとともに「中心距離補正」の入力欄が表示されます。この補正值に値を入力するとその値だけ中心距離を伸ばして大小歯車を表示することができます。

正規の位置から中心距離を補正して伸ばすとかみ合っていた歯車にバックラッシを与えることができます。補正值とバックラッシの関係は

$$\text{円周方向バックラッシ} \approx \text{補正值} \times 2 \tan \alpha$$

となっています。次に補正值を0.5としてかみ合った部分を拡大した例を示します。これからも歯車同士にすきまが生じているのが分かります。



この中心距離補正機能はイメージおよびCAD作図、DXF出力において有効となるもので、この機能を使ってバックラッシを付けた歯車を設計する場合は設計上の中心距離を補正值だけ短くして設計しておく必要があります。

なおバックラッシと補正值の関係は歯数やモジュールも影響するので実際のバックラッシがどの程度なのかはCADに作図して測定するなどして確かめて下さい。

またこのような状態でずらし歯数を変更するとかみ合った状態で歯車が回転する様子がよく分かります。なお歯車にバックラッシをつけるには歯車の歯厚を小さくする方法もありますがこの方法には対応しておりません。

## 6. CAD・DXF出力設定

プルダウンメニューの「環境設定」>「CAD・DXF出力設定」をクリックすると次のダイアログが表示されます。

CAD通信設定	
CAD通信設定	AutoCAD
確定	
キャンセル	
出力レイヤ・色設定	
レイヤ名	色番号
歯車外形	
歯底・歯先・ピッチ円	
かみ合いピッチ円	

平歯車の計算ではCAD作図とDXF出力で歯形外径、歯底・歯先・ピッチ円、かみ合いピッチ円の3種類の図形でそれぞれレイヤ名、色番号を設定できるようになっています。レイヤ分けや色分けして出力したい場合はここで設定します。

その他の各種出力の操作、環境設定については第3章基本操作を参照して下さい。

## 7. 強度計算

[強度計算 (許容伝達動力)] のタブでは許容伝達動力として歯車の強度計算ができるようになっています。以下、強度計算の基本的な操作を説明します。

- ・小・大歯車の歯幅を入力し、歯面逃がし (エンド・リリーフ) がある場合は片側の寸法を入力します。
- ・小歯車の回転数を入力します。
- ・強度計算の材質は金属の場合とナイロンとでタブで切り換えます。
- ・金属の場合は小歯車、大歯車それぞれ材質を選択します。

選択方法はそれぞれの材質が表示されている行をクリックすると次に示す材質選択ダイアログが表示されます。

基本諸元		詳細寸法データ		強度計算(許容伝達動力)	
小歯車	歯幅 [20] >	歯面逃がし [0] >	回転数 [500]		
大歯車	(mm) [20] >	(片側mm) [0] >	(rpm) [250]		
材質: 金属   ナイロン MC 901					
		材料名			
小歯車	機械構造用合金鋼浸炭焼入れ(浸炭深さ深い一例)				
大歯車	機械構造用合金鋼浸炭焼入れ(浸炭深さ深い一例)				
		かみ合い回数 [1000万回以上] > 荷重方向 [一定] > 原動機側からの衝撃 [均一負荷] > 被動機側からの衝撃 [均一負荷] > 歯車精度等級(歯形) [非修正4] > 潤滑油動粘度(cSt; 50°C) [100*] > 歯面の平均粗さ(μm) [12] > 歯車の支持方法 [両側支持: 両軸受に对称] > 曲げ破壊安全率Sf [1.2] > 歯面損傷安全率Sh [1.15] >			
		許容伝達動力   歯元曲げ強度計算詳細データ   歯面強度計算詳細データ			
		曲げ強さによる許容伝達動力 <i>Q</i> <sub>W</sub> [6.066802] > 歯面強度による許容伝達動力 <i>Q</i> <sub>W</sub> [2.207757] >			

### 小歯車材質選択

	材料名	記号	硬さ(HB)
87	機械構造用炭素鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	S43C~S48C	240
88	機械構造用炭素鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	S43C~S48C	250
89	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SCM440	240
90	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SCM440	250
91	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SCM440	260
92	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SNC836・SCM435・SCM440・SNCM439	270
93	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SNC836・SCM435・SCM440・SNCM439	280
94	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SNC836・SCM435・SCM440・SNCM439	290
95	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SMn433・SNC836・SCM435・SNCM439	300
96	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SNC836・SCM435・SNCM439	310
97	機械構造用合金鋼焼入れ焼戻し後高周波焼入れ(歯面は不完全)	SNC836・SCM435	320
98	機械構造用炭素鋼浸炭焼入れ(一例)	S15C	140
99	機械構造用合金鋼浸炭焼入れ(浸炭深さ深い一例)	SCM415・SCM420・SNC420・SNC815・SNCM420	220
100	機械構造用合金鋼浸炭焼入れ(浸炭深さ深い一例)	SCM415・SCM420・SNC420・SNC815・SNCM420	320
101	窒化鋼(一例)	SACM645	220

確定

キャンセル

材質選択ダイアログには材質の一覧表が表示されていますが一度に全ての情報は表示できないので横にスクロールして物性を確認して下さい。標準では約101種類の材質が登録されています。

この材質データのファイル名はMat\_Gear.CSVで[CADTOOLメカニカル8]をインストールしたフォルダにCSV形式で入っています。他のコマンドと同様に[計算用データファイルの管理]コマンドでこの材質データを表示することができます。

ここで歯車に使用する材質を選択して[確定]ボタンをクリックするとその内容が反映します。

なお歯幅と歯面逃がしの入力欄右にある[>]ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。また強度計算条件を含めてUNDO・REDO機能が使えるようになっています。入力アシスタントやUNDO・REDO機能についての詳細は第3章基本操作を参照してください。

その他、かみ合い回数や荷重方向等の条件を選択し、安全率を入力すると下部の[許容伝達動力]のタブに“曲げ強さによる許容伝達動力”と“歯面強度による許容伝達動力”が表示されます。

ここでの歯車の強度計算は協育歯車工業㈱のカタログKG801と小原歯車工業㈱のカタログKHK3009に掲載されている手計算による強度計算の手順を使って、係数の読み取りが必要な図表は関数化するなどして組み込んだもので、計算の流れや係数の名称等はこれらの参考文献を参照して下さい。[歯面曲げ強度計算詳細データ][歯面強度計算詳細データ]のタブを開くと手計算で強度計算を行うときの各種係数を確認することができます。

材質のタブを[ナイロンMC901]とするとナイロンの場合の強度計算ができます。この場合は潤滑条件と周囲温度を選択します。

ナイロンの場合の強度計算は“曲げ強さによる許容伝達動力”のみになり、金属と同じく上記参考文献の手計算の手法を組み込んでおり、各種係数も一緒に表示されています。

材質:金属

ナイロン MC 901

潤滑条件

無潤滑

周囲温度(℃)

80

許容曲げ応力 $\sigma_b$ (MPa)

8.851

周速度 $V$ (m/s)

0.837758

速度係数 $f$

1

	小歯車	大歯車
有効歯幅 $b$ (mm)	20	20
歯形係数 $y$	0.503	0.617
許容円周力 $F_t$ (N)	178.0821	218.4427

曲げ強さによる許容伝達動力 $Q_kW$

0.14319



なお参考文献の図表を関数化するにあたって図表から代表的な値を読み取って関数化していますので図表の読み取り誤差および関数化による誤差が発生します。

強度的に限界設計をされる場合は上記参考文献等を参照して手計算でも確認して設計者自らが強度の判断して下さい

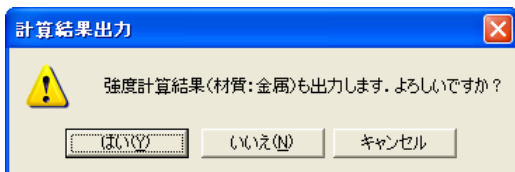
## 8. データ入出力

平歯車の計算では設定データファイルの拡張子はM8GRとなっています。データを保存するときは自動的に拡張子M8GRが付きますので拡張子の入力是不要です。また他のコマンドと同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥SampleフォルダにサンプルデータSample. M8GR が入っています。

その他のデータ入出力の操作については第3章基本操作を参照して下さい。

## 9. 各種出力

平歯車の計算では「強度計算（許容伝達動力）」のタブが開いているときCAD作図、DXF出力、BMP出力以外の各種出力を実行すると次のメッセージが表示されます。



ここで「はい」をクリックすると強度計算結果も出力され、「いいえ」をクリックすると基本諸元と寸法関係のデータのみ出力されます。「キャンセル」をクリックすると出力処理自体が中止されます。

その他の各種出力や画面操作については第3章基本操作を参照して下さい。

## 第15章 板カムの計算

### 1. 機能概要

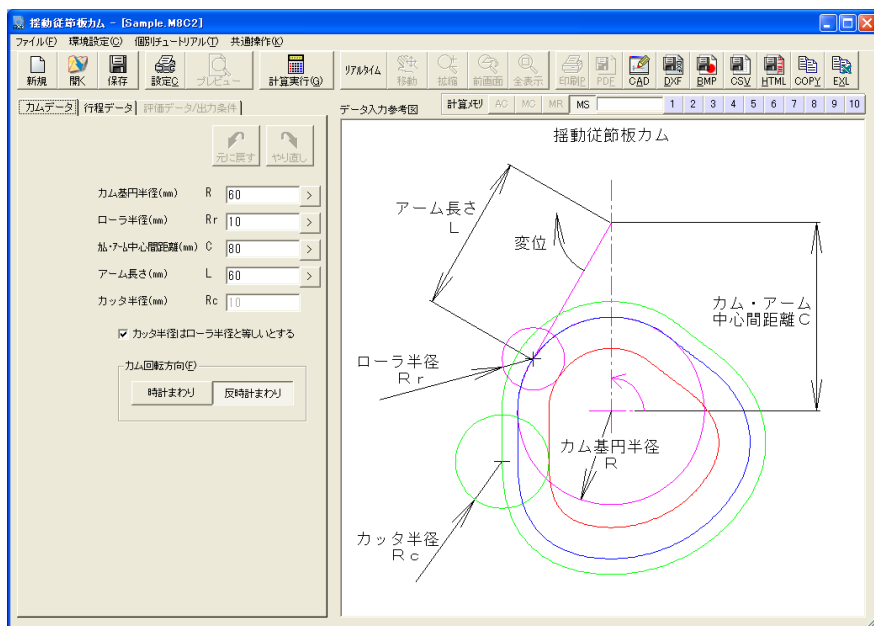
板カムの計算では6種類の板カムについて各寸法や行程データを設定してカムの輪郭を計算してイメージ表示すること、CADに取り込んでカムの製作図にすることもできます。また輪郭データをテキストデータとして出力することもできます。さらに任意カム曲線コマンドではユニバーサルカム曲線を使ってさまざまなカム曲線を設定でき板カムの計算に取り込んで使うことができるようになっています。

### 2. 計算条件設定（揺動従節および板カム計算共通）

コマンド選択メニューで板カムの計算の名称を表示したボタンをクリックします。ここでは説明のためサンプルデータを読み込んでおきます。

スタートアップで「既存データを読み込んでスタート」をクリックして¥SampleフォルダのSample.M8C2を選択して開くと次に示すダイアログが表示されます。

基本的な操作は同じなのでここでは揺動従節板カムをもとに説明し、異なる点を後で説明していきます。なお揺動従節板カムとはアームの先にローラが付いていてカムの動きによってアームが揺動するタイプで変位の単位はdegとなります。



以下に [カムデータ] タブの設定についての説明をします。

カム基円半径(mm) R  >

カム基円半径 : カム曲線の基準となる位置でのカム中心からローラ中心までの距離を入力します。

ローラ半径(mm) Rr  >

ローラ半径を入力します。0 にすると尖端での計算が可能です。

カム・アーム中心間距離(mm) C  >

カムの回転軸中心とアームの回転軸中心距離を入力します。

アーム長さ(mm) L  >

アームの長さを入力します。

カッタ半径(mm) Rc

☒ カッタ半径はローラ半径と等しいとする

ローラ半径と異なるカッタ半径で加工したい場合は“カッタ半径はローラ半径と等しいとする”のチェックを外してから入力します。

これがチェックされているとカッタ半径は入力できないようになり常にローラ半径と同じとなります。またカッタ中心軌跡はローラ中心軌跡となるのでカム形状イメージ図にも表示されず作図もできないようになります。

カム回転方向(F)

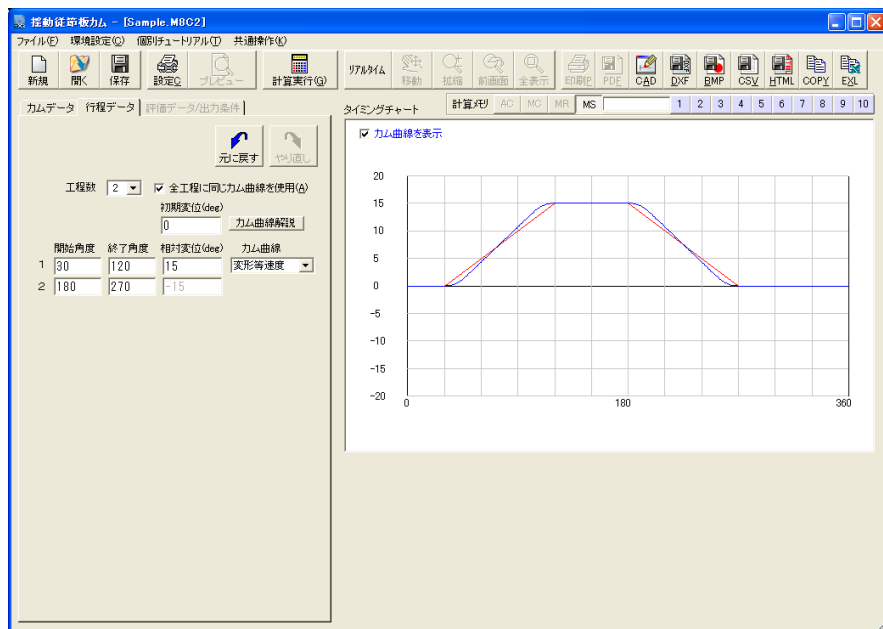
ローラの位置はカム・アーム中心に対して左側に固定されているので時計まわりのときが向い側となり反時計まわりのときが逃げ側となります。

通常は上り行程で圧力角の小さくなる逃げ側を採用する

るのがよいとされています。

なおカムデータ入力欄右にある [ > ] ボタンをクリックすると入力アシスタントが表示され図面から寸法を取得するなど多様な入力が可能になっています。また次の工程データを含めて UNDO・REDO機能が使えるようになっています。入力アシスタントや UNDO・REDO機能についての詳細は第 3 章基本操作を参照してください。

次に [行程データ] タブについて説明します。



工程数

まず行程数をリストボックスから選択します。行程とはカム曲線の一つの upper or lower position showing the minimum 2 strokes to a maximum 16 strokes can be selected.

選択した行程数に応じた行程入力欄がその下に表示されるようになっています。

☒ 全工程に同じカム曲線を使用(A)

“全工程に同じカム曲線を使用”がチェックされているとカム曲線の選択欄は最初の行程のみ表示されそこで選択したカム曲線がすべての行程に適用されます。

またこのチェックを外すと各行程にカム曲線の選択欄が表示されそれぞれの行程に異なるカム曲線を適用することができるようになります。

初期変位(deg)

初期変位がある場合はその値を入力します。単位は選択した板カムの種類によって deg と mm があります。

カム曲線解説

[カム曲線解説] ボタンをクリックすると次に示す標準で設定されているカム曲線の解説ダイアログが表示されます。

**カム曲線解説**

カム曲線名称	最大速度 $V_m$	最大加速度 $A_m$	最大躍動 $J_m$	特徴
等速度	1.00	$\infty$	$\infty$	始端から終端までが同一速度を持つ。行程のタイミングがわかりやすいが、始終端において加速度、速度が不連続になり大きな衝撃を生じ高速では使用できない。
等加速度	2.00	$\pm 4.00$	$\infty$	加速度の値が最小であるが、加速度が不連続であり、同じ不連続である単弦曲線より特性が劣るので今日ではほとんど用いられない。
単弦	1.57	$\pm 4.93$	$+\infty$ $-15.5$	始終端において加速度が不連続になるため高速では使用できないが、低速用としては $V_m$ やトルクが小さいので標準的に用いてよいとされる。
サイクロイド	2.00	$\pm 6.28$	$\pm 39.5$	バステホルンの正弦曲線と呼ばれることもある。高速で軽荷重に直し、振動に優れた特性があるが $A_m$ が大きい欠点があり、 $V_m$ やトルクも大きい。
変形台形	2.00	$\pm 4.89$	$\pm 61.4$	サイクロイド曲線の加速度の山を低くするために考案された曲線で、従来のサイクロイド曲線に代わって用いられてきている。 $A_m$ が小さいので高速軽荷重に適している。
変形正弦	1.76	$\pm 5.53$	$+69.5$ $-23.2$	重荷重のために $V_m$ の値を低くするように考案された曲線で、バランスが良く真荷の性質が未知の場合にも適している。標準曲線として推奨されている。
変形等速度	1.28	$\pm 8.01$	$+201.4$ $-67.1$	緩衝曲線付きの等速度曲線であるが $A_m$ や $J_m$ が大きく同様に高速には適さない。等速部分が必要な場合や始端に $V_m$ を小さくしたいときに用いる。計算には緩衝区間を全行程の1/4とする標準的な値を採用している。

参考文献：自動機械機構学 牧野 洋 著 日刊工業新聞社発行 1976-1991

戻る

	開始角度	終了角度	相対変位(deg)
1	30	120	15
2	180	270	-15

各行程単位に開始角度、終了角度を入力します。行程間の角度のラップはできませんので開始角度は必ず直前の行程の終了角度以上とし、同じ行程では終了角度を開始角度より大きい値とします。

相対変位は行程単位の変位で上りが+となります。すべての行程の相対変位の合計は0にならなければなりません。開始角度、終了角度、相対変位を入力すると右のイメージ表示枠にタイミングチャートがリアルタイムに表示されます。

カム曲線

変形等速度

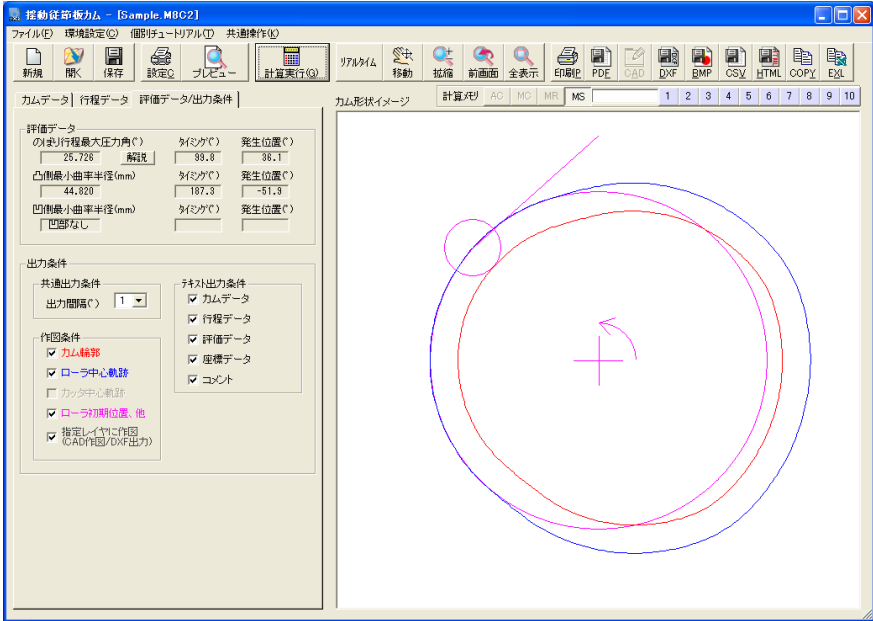
カム曲線をリストボックスから選択します。選択できるカム曲線は標準で設定されている上記7種類と後で説明する任意カム曲線設定で設定されているものになります。

カム曲線について詳しくなければ性状が良い変形正弦か変形台形を選択するとよいでしょう。イメージ表示枠上にある“カム曲線を表示”をチェックするとタイミングチャート上に選択したカム曲線の種類に応じたカム曲線が表示されます。

カムデータ、行程データが設定できたら「計算実行」ボタンをクリックして計算を実行させます。

### 3. 評価データ／出力条件（以下、板カム計算共通）

「計算実行」ボタンをクリックするとカム形状イメージ図が表示されカム輪郭やローラ中心軌跡等が表示され「評価データ／出力条件」タブが開きます。



次にこのタブについて説明します。

- ・カム形状イメージ図には実際に計算されたカムの輪郭、ローラ中心軌跡、ローラ初期位置やアーム、回転方向などが自動的に縮尺されて表示されます。また画面操作機能によりイメージの拡大・移動が可能です。画面操作については第3章基本操作を参照して下さい。
- ・切り下げが発生した場合はその情報も評価データ欄に表示されます。
- ・評価データの解説ボタンをクリックすると次に示す解説ダイアログが表示されます。

## 評価項目解説

ここでは一般論として評価項目について解説する。  
各項目のタイミングはタイミングチャート上での発生タイミングを示し、発生位置はカム中心から右水平を0° 反時計まわりを+としたときの角度でカム上の発生している位置を示している。

- ・ 圧力角は従節の動きの方向とカムの押し進める方向のなす角度で、この値が大きいと従節をこじめる力が大きくなるので小さいほど良い。  
一般に圧力角の限界値は直動従節で30°、揺動従節で45°といわれているが従節側の構造等によって限界値は異なる。本計算では特に問題となりやすいのばり行程での最大圧力角を表示するようにしているため、くんだり行程でもっと大きな圧力角が発生している可能性があり、くんだり行程の圧力角の影響が大きい場合は注意が必要である。  
圧力角を小さくするにはカム径を大きくするのが基本であるがのばり行程の圧力角については直動従節の場合はオフセット（本計算では反時計まわりのときに+）をとったり、揺動従節の場合はカムの進行方向に対し従節の支点が後ろにくる逃げ側の配置にするのも有効である。
- ・ 凸側最小曲率半径はローラ中心での曲率半径を示しこの値がローラ半径より小さい場合は切下げが発生する。ヘルツ応力を考慮するとローラ半径の2倍以上の曲率半径が望ましいとされる。
- ・ 凹側最小曲率半径はカム輪郭での曲率半径を示しカット半径がローラ半径より大きいときにカット半径よりこの値が小さいと切下げが発生する。なお本計算ではローラ中心からカム輪郭を求めているのでローラの浮上りの問題は発生しない。  
いずれにしても切下げが発生すると正確な運動は期待できないので曲率半径を大きくしなければならぬ。曲率半径を大きくするには行程の割付角度を大きくしたりカム径を大きくするのが有効である。

参考文献：自動機械機構学 牧野 洋 著 日刊工業新聞社発行 1976-1991

戻る

解説で説明している内容は板カムの種類に関係なく同じ内容となっています。また計算結果を反映したものではありません。

基本的には参考文献の内容を要約したものとになっていますので必要に応じて参考文献を参照してください。

- ・ 共通出力条件の出力間隔は作図やテキスト出力の際にカム輪郭等のデータの出力間隔となります。0.1から10まで選択できますがあまり細かくすると作図やテキスト出力に時間がかかるようになります。

ただし内部の計算はこの条件に関係なく0.1度単位で計算しています。なおこの出力間隔はカム曲線の角度を基準としていますのでカム輪郭等の分割角度とは必ずしも一致するものではありません。

- ・ 作図条件ではCAD作図、DXF出力で出力したい図形要素をあらかじめチェックしておきます。
- ・ テキスト出力条件では計算書やCSV形式で出力したい項目をあらかじめ選択しておきます。

## 4. データ入出力

板カムの計算で揺動従節のデータファイルの拡張子はC O 2 となっていて、それぞれの板カムコマンドで個別の拡張子となっています。データを保存するときは自動的に拡張子が付きますので拡張子の入力是不要です。また前述のように「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥Sampleフォルダにそれぞれのサンプルデータが入っています。その他のデータ入出力の操作については第3章基本操作を参照して下さい。

## 5. CAD・DXF出力設定

プルダウンメニューの「環境設定」>「CAD・DXF出力設定」をクリックすると次のダイアログが表示されます。

レイヤ名	色番号
カム輪郭	1
ローラ中心軌跡	5
カッタ中心軌跡	3
ローラ初期位置、他	6

レイヤ名	色番号
目盛り	7
行程	1
カム曲線	5

板カムの計算ではCAD作図とDXF出力で図形要素を4種類に分けてそれぞれレイヤ名、色番号を設定できるようになっています。レイヤ分けや色分けして出力したい場合はここで設定します。

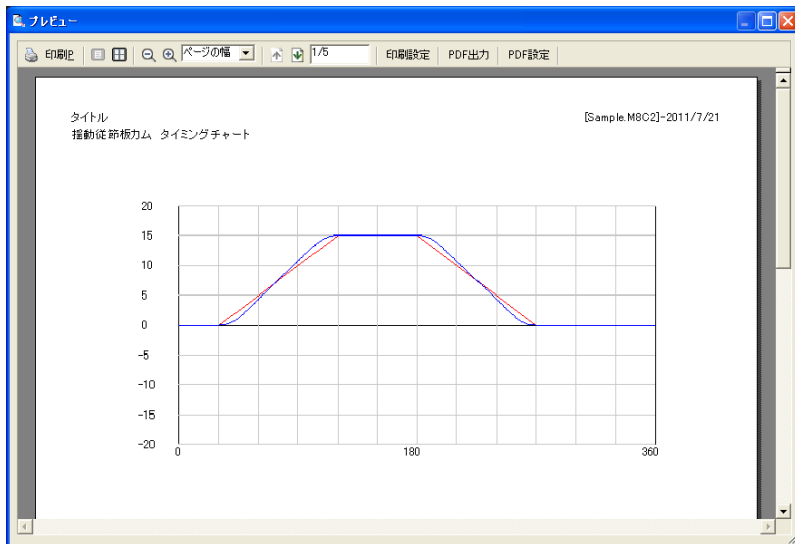
タイミングチャート作図条件ではタイミングチャートの幅や高さ文字高さと図形要素のレイヤ名、色番号が設定できます。

その他の環境設定については第3章基本操作を参照して下さい。



## 6. 各種出力

〔行程データ〕タブが開いた状態で各種出力ボタンをクリックするとタイミングチャートを出力することができます。次にタイミングチャートをプレビューしたものを示します。



またカム形状およびタイミングチャートとも印刷設定のイメージ設定でカラーを選択するとダイアログでイメージ表示されているものがそのままビットマップ表示され、モノクロを選択すると自動で縮尺されたベクトル図が表示されるようになっています。

なお前述のようにカム形状を作図するときは〔評価データ／出力条件〕タブの出力条件で作図したいものをあらかじめ選択しておきます。また計算書に印刷されるイメージではイメージ設定がモノクロの場合にこの設定が反映されますので注意して下さい。

計算結果も〔評価データ／出力条件〕タブのテキスト出力条件で出力したい項目をあらかじめ選択しておきます。これらの出力条件によって計算書に何が出力されるのかはプレビューで確認してください。

次にCSV形式で出力したものを示します。CSV形式とはデータをカンマで区切り文字列を“”でくくったテキスト形式で多くの表計算ソフトが対応おり、表計算ソフトがインストールされているパソコンではエクスプローラで出力したファイルをダブルクリックすると自動的に表示されるようになっている場合が多いと思います。

また基本的にはテキストファイルなのでメモ帳等のテキストエディタでも読み込むことができます。次のものはメモ帳で読み込んだ例になります。

"カムの種類","揺動従節板カム"	——自動で入力されます
"出力タイトル","タイトル"	——3の各種出力設定のタイトル欄で入力したもの
"ファイル名,作成日付","[Sample.C02]-2003/8/27"	
"ファイルコメント","揺動従節板カムサンプルデータ ㉔4"	
"カムの種類","揺動従節板カム"	
"カムデータ"	——以下カムデータをチェックした場合に出力
"カム基円半径(mm)",40	
"ローラ半径(mm)",10	
"カム中心間距離(mm)",80	
"アーム長さ(mm)",60	
"カッタ半径(mm)",10	
"カム回転方向","反時計まわり"	
"行程データ"	——以下行程データをチェックした場合に出力
"行程数",2	
"初期変位",0	
"行程 No","開始角度","終了角度","相対変位","カム曲線"	
1,30,120,15,"サイクロイド"	
2,180,270,-15,"サイクロイド"	
"評価データ"	——以下評価データをチェックした場合に出力
"のぼり行程最大圧力角(°)",18.496	
"発生位置(°)",78.3	
"凸側最小曲率半径(mm)",31.409	
"凹側最小曲率半径(mm)",95.1	
"発生位置(°)",43.5	
"凹側最小曲率半径(mm)","凹部なし"	
"座標データ"	——以下座標データをチェックした場合に出力
"B","角度変位(deg)","カム輪郭距離R","角度 B","ローラ中心軌跡距離 R r","角度 B r","カッタ中心軌跡 R c",	
"角度 B c","圧力角","カム輪郭曲率","ローラ中心曲率"	
0,0,30,136.568,40,136.568,40,136.568,-14.477,30,40	
1,0,30,135.568,40,135.568,40,135.568,-14.477,30,40	
2,0,30,134.568,40,134.568,40,134.568,-14.477,30,40	
3,0,30,133.568,40,133.568,40,133.568,-14.477,30,40	
以下共通出力設定の出力間隔で360度まで出力される。この場合は1度ごと。	
358,0,30,138.568,40,138.568,40,138.568,-14.477,30,40	
359,0,30,137.568,40,137.568,40,137.568,-14.477,30,40	
360,0,30,136.568,40,136.568,40,136.568,-14.477,30,40	
"出力コメント","コメント"	——3の各種出力設定のコメント欄に入力したもの

その他の各種出力の操作については第3章基本操作を参照して下さい。

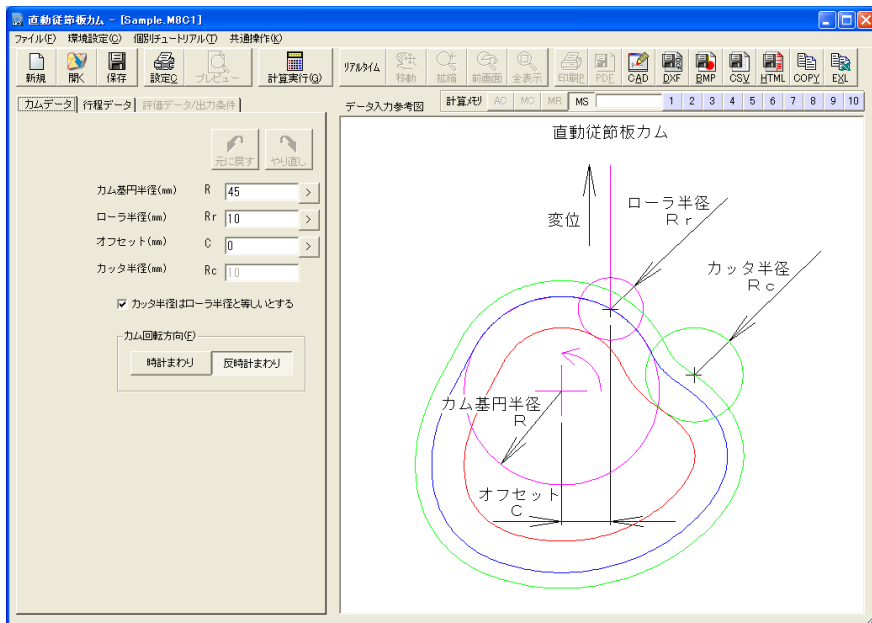
次に揺動従節以外の板カムの計算コマンドについて説明します。

## 7. 直動従節

直動従節はローラが直線的に動作するもので変位の単位はmmとなります。

本計算ではオフセットを設けることができ、解説にあるように反時計まわりで+のオフセット（参考図のようなオフセット）をつけると上り行程での圧力角を小さくすることができます。

データファイルの拡張子はM8C1となります。



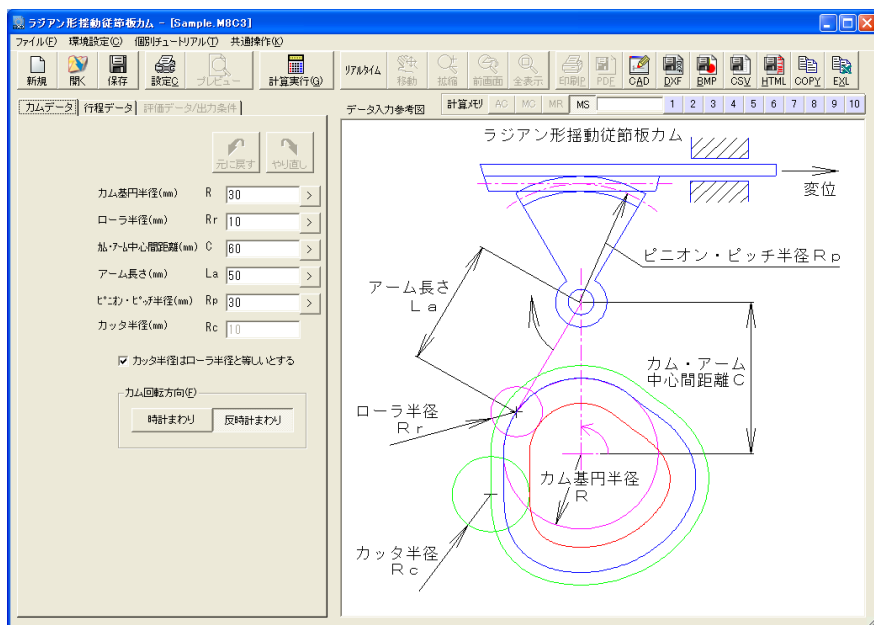
## 8. ラジアン形揺動従節

ラジアン形揺動従節は、ローラはアームに付いていて揺動運動しますがラックアンドピニオンで最終的に直線運動に変換されるタイプです。変位の単位はmmとなります。

タンジェント形、サイン形、リンク形を含めて最終的な変位の方向は自由に設定できるので作図形状は揺動従節と同じものになっています。

ラジアン形ではピッチ半径によって同じカム・アームの構成でも変位を大きくしたり小さくしたりするのが特徴です。

データファイルの拡張子はM8C3となります。



## 9. タンジェント形揺動従節

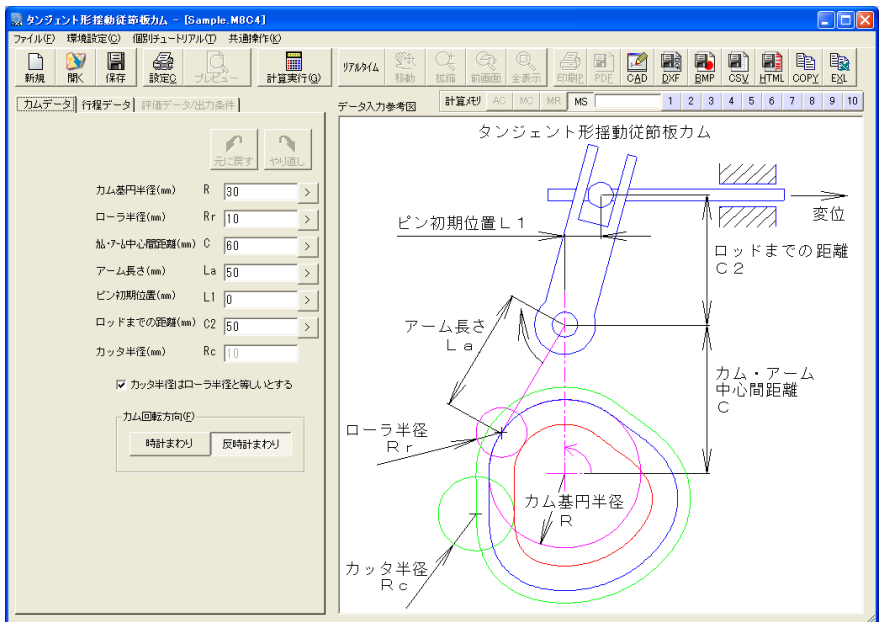
タンジェント形揺動従節もローラはアームに付いていて揺動運動しますが出力端のロッド側にピンがついていてアーム側の溝をずべることで最終的に直線運動に変換されるタイプです。変位の単位はmmとなります。

タンジェント形、サイン形、リンク形ではアームの揺動角度に対し変位が一律にはなりませんので本計算では出力端の変位が指定されたカム曲線になるようにカムの形状を求めるシシス過程によるカム計算を行っています。

タンジェント形ではアームの揺動に対し変位の割合が大きくなるので荷重が小さく変位が大きいつきに使用するとよいでしょう。

データファイルの拡張子はM8C4となります。

なおピン初期位置L1とロッドまでの距離C2は変位の方向が基準となっていますので変位の方向が傾いている場合は注意してください。



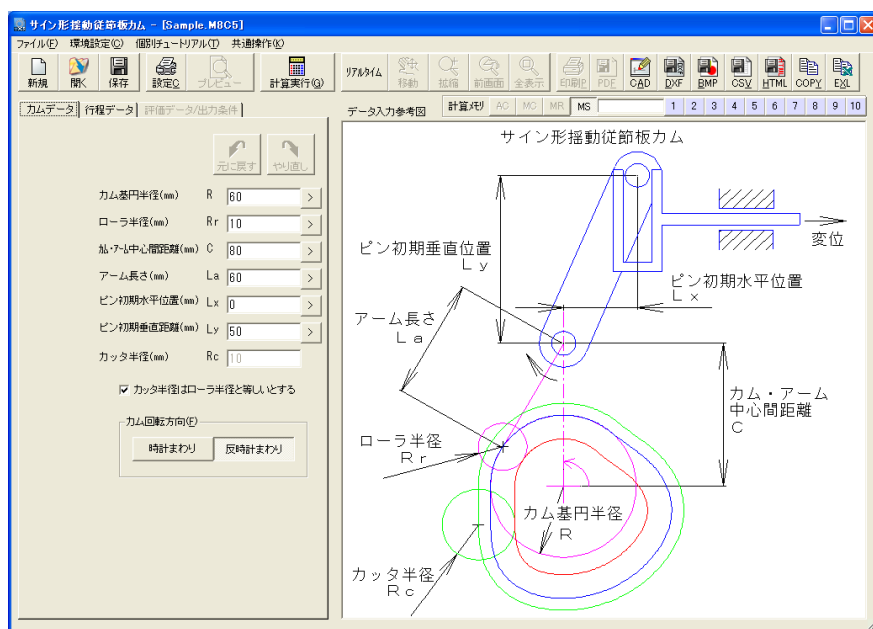
## 10. サイン形揺動従節

サイン形揺動従節もローラはアームに付いていて揺動運動しますが出力端のロッド側に溝がついていてアーム側のピンがずべることで最終的に直線運動に変換されるタイプです。変位の単位はmmとなります。

サイン形ではアームの揺動に対し変位の割合が小さくなるので荷重が大きく変位が小さいときに使用するとよいでしょう。

データファイルの拡張子はM8C5となります。

なおピン初期位置 $L_x$ 、 $L_y$ は変位の方向が基準となっていますので変位の方向が傾いている場合は注意してください。



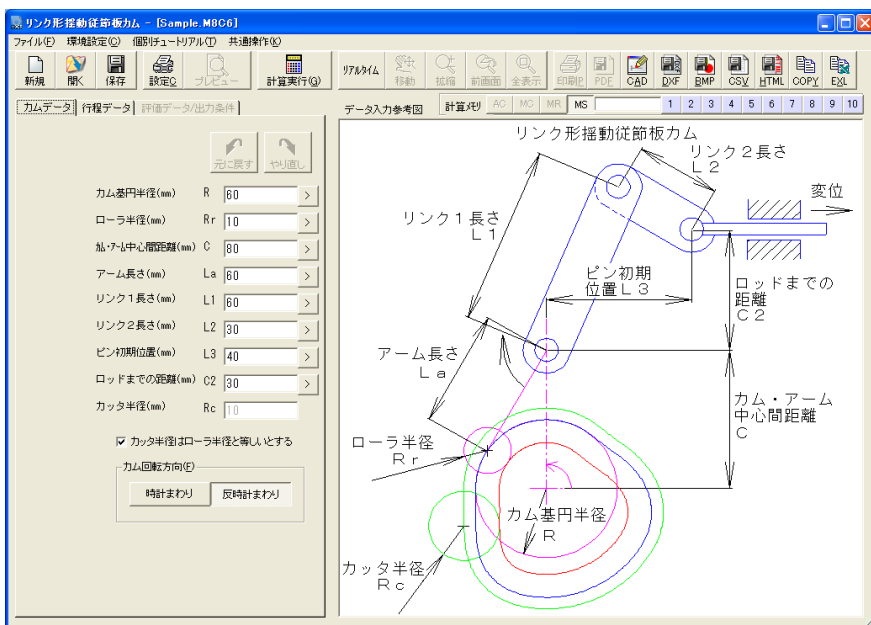
## 11. リンク形揺動従節

リンク形揺動従節もローラはアームに付いていて揺動運動しますがリンク機構により最終的に直線運動に変換されるタイプです。変位の単位はmmとなります。

リンク形ではリンクの構成により変位の割合を自由に設定できますがどのような割合にするのかは事前にチェックしておく必要があります。

データファイルの拡張子はM8C6となります。

なおピン初期位置L3とロッドまでの距離C2は変位方向が基準となっていますので変位方向が傾いている場合は注意してください。

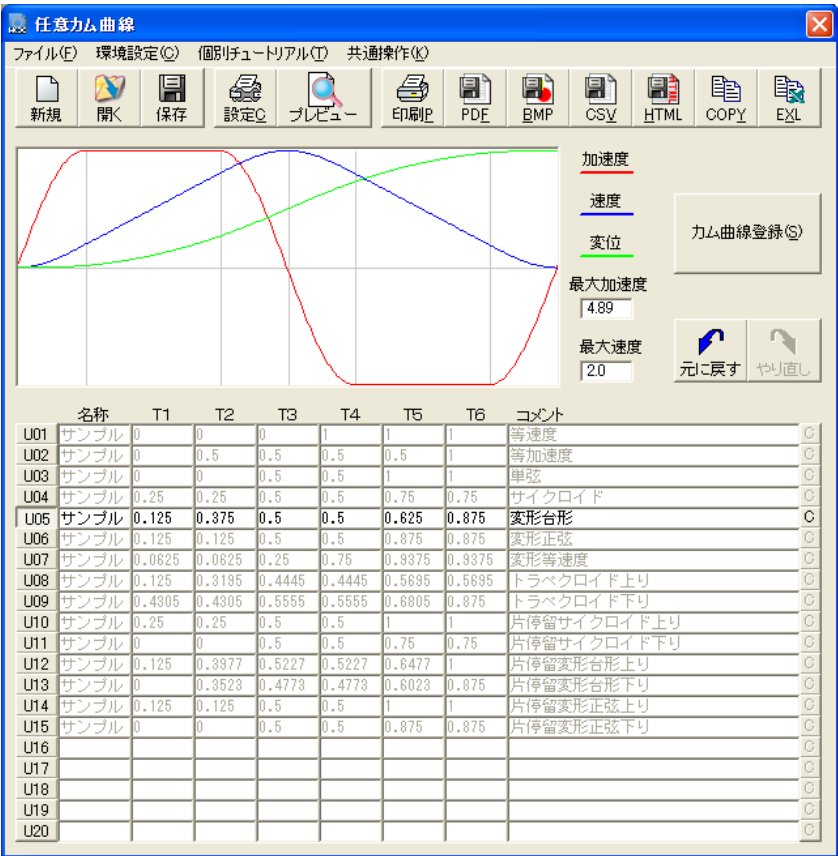
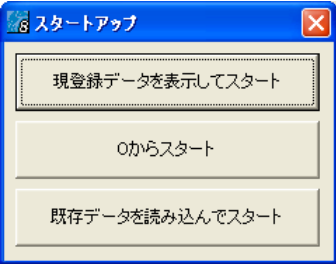


1 2. 任意カム曲線

板カム計算で使用できるカム曲線は標準では7種類ですがさらに最大20種類の任意のカム曲線を設定して使用することができます。

「任意カム曲線」ボタンをクリックすると右に示すスタートアップが表示されます。ここでは「現登録データを表示してスタート」をクリックしてします。

すると登録データファイルを読み込んで次に示すダイアログに登録内容が表示されます。インストール直後はサンプルデータとして15種類のカム曲線が登録されています。





ここで左端にある [U 0 1] ～ [U 2 0] のいずれかのボタンを押すとその行が編集可能になり、カム曲線が成立している場合はそのイメージが表示されます。

またデータ編集や右の [C] ボタンでデータを削除した場合はUNDO・REDO機能が使えるようになっています。UNDO・REDO機能についての詳細は第3章基本操作を参照してください

ここでは [U 0 5] のボタンを押して変形台形のカム曲線を表示してみます。イメージのところに加速度、速度、変位が表示され最大加速度と最大速度が表示されます。

ここで設定できるカム曲線はユニバーサルカム曲線と呼ばれるものでT 1 ～T 6 までの6つのパラメータを  $0 \leq T 1 \leq T 2 \leq T 3 \leq T 4 \leq T 5 \leq T 6 \leq 1$  の条件の範囲で設定したもので、

T 1 : 最大加速度領域の開始時間

T 2 : 最大加速度領域の終了時間

T 3 : 0 加速度領域の開始時間

T 4 : 0 加速度領域の終了時間

T 5 : マイナス加速度の最大加速度領域の開始時間

T 6 : マイナス加速度の最大加速度領域の終了時間

となっています。

このT 1 ～T 6 までの数値を設定することで各種のカム曲線が実現できますが、任意のカム曲線の設計には十分なカム曲線の知識がないと難しいです。

一方でこのサンプル以外にもT 1 ～T 6 の数値が既知のカム曲線も文献等に出ていますので、それらを使う場合はその数値を用いることで板カム計算のカム曲線として使用することができます。

なおユニバーサルカム曲線は三角関数系の曲線を組み合わせたものになり、トロコイド曲線のような特殊な曲線には対応しておりません。

ここで [カム曲線登録] ボタンを押すと確認メッセージが表示され [OK] すると板カム計算用のカム曲線として登録され、板カム計算でできるようになります。この際、今まで使用していたカム曲線データは上書きされてしまいますので必要に応じて任意カム曲線のデータファイルに保存しておいてください。

この任意カム曲線で登録したカム曲線は右に示すように板カム計算のカム曲線選択リストボックスで「U\*\*\*+名称」で表示されるようになっていきますので実際の使用においてはもっと分かりやすい名称にすると良いでしょう。

	開始角度	終了角度	相対変位(mm)	カム曲線
1	30	120	20	変形等速度 U01サンプル U02サンプル U03サンプル U04サンプル U05サンプル U06サンプル U07サンプル
2	180	270	-20	

また選択後にマウスをカム曲線のリストボックスの上に持っていくと右に示すようにコメントの内容が表示されるようになっていきます。

カム曲線  
U05サンプル  
変形台形

任意カム曲線コマンドでは板カム計算用の登録データとは別に任意カム曲線用のデータファイルが使えるようになっており拡張子はM8CCとなっています。また他のコマンドと同様に「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥Sampleフォルダにデフォルトの登録データと同じものがサンプルデータSample.M8CCとして入っています。

また各種出力で計算書印刷、PDF出力、HTML出力では選択した一つのカム曲線について出力され、CSV出力、クリップコピー、エクセル貼り付けでは全ての設定データが出力されるようになっていきます。その他のデータ入出力の操作や各種出力、については第3章基本操作を参照して下さい。

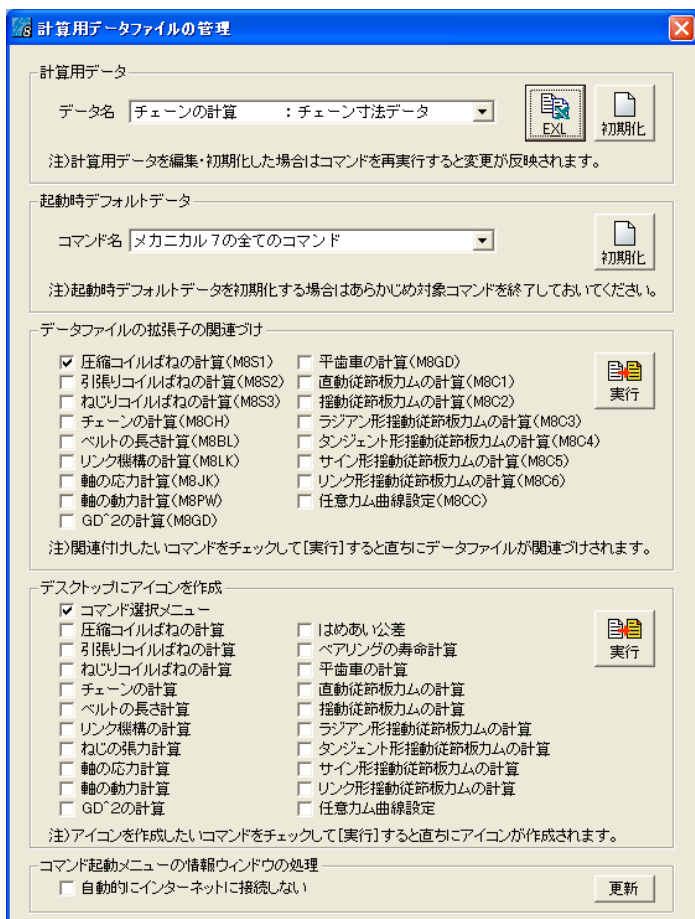
## 第16章 計算用データファイルの管理

### 1. 計算用データ

CADTOOLメカニカルは技術計算ソフトなので計算の基礎となるデータをデータファイルに持たせています。

デフォルトでは標準的なデータになっていますが内容を確認したい場合はこのコマンドで簡単にエクセル等の表計算ソフトで開くことができます。

コマンド選択メニューから[計算用データファイルの管理]をクリックすると次のダイアログが開きます。またこのダイアログを閉じる時は右上の [×] ボタンをクリックします。



ここで計算用データのリストボックスから開いてみたいデータファイルを選択します。一つのコマンドでも複数の計算用データファイルがあるものや逆に計算用データファイルのないものもありますので “:” で区切られた左側のコマンド名と右側のデータファイルのコメントを確認して選択します。

試しに「チェーン計算:チェーン寸法データ」を選択して [E X L] ボタンをクリックします。多くのパソコンではエクセルが起動すると思いますが拡張子のCSVに関連づけられたソフトが起動してCSV形式のデータファイルが開きます。

Microsoft Excel - CHAIN.CSV												
ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 挿入(I) 書式(O) ツール(T) データ(D) ウンドゥ(U) ヘルプ(H) 質問を入力してください												
標準 MS Pゴシック 11 B U I E F G H I J K L M												
A1	JISB1801											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	JISB1801	ピッチ	ローラ外径	内リンク内径	内リンク外径	外リンク内径	外リンク外径	プッシュピン長さ	ピンbc	部長内プレート厚	外プレート厚	オフセット
2	呼び番号	p	dt	bt	h2	h3	d2	d3	h4	bc	h2	lt
3	25	6.35	3.3	3.1	4.8	4.86	2.31	2.33	9.1	4.8	6.1	5.3
4	35	9.525	5.08	4.68	7.47	7.52	3.59	3.61	13.2	8.6	9.1	7.8
5	41	12.7	7.77	6.25	9.06	9.12	3.59	3.61	14	9	9.9	8.5
6	40	12.7	7.95	7.85	11.18	11.23	3.97	4	17.8	10.6	12.1	10.5
7	50	15.875	10.16	9.4	13.84	13.89	5.09	5.12	21.8	12.1	15.1	13.1
8	60	19.05	11.91	12.57	17.75	17.81	5.96	5.99	26.9	16.2	18.1	15.7
9	80	25.4	15.88	15.75	22.61	22.66	7.94	7.97	33.5	20	24.2	20.9
10	100	31.75	19.05	18.9	27.46	27.51	9.54	9.57	41.1	24.1	30.2	26.1
11	120	38.1	22.23	25.22	35.46	35.51	11.11	11.15	50.8	29.2	36.2	31.3
12	140	44.45	25.4	25.22	37.19	37.24	12.71	12.75	54.9	32.2	42.3	36.5
13	160	50.8	28.58	31.55	45.21	45.26	14.29	14.33	65.5	37.3	48.3	41.7
14	200	63.5	39.69	37.85	54.89	54.94	19.85	19.89	80.3	48.5	60.4	52.1
15	240	76.2	47.63	47.35	67.82	67.87	23.81	23.85	95.5	55.8	72.4	62.5
16												
17												
18												
\\CHAIN\												

各データファイルの仕様にしたがってデータを追加・編集することもできます。編集が完了したらCSV形式で上書き保存すれば次回のコマンド起動時から編集内容が反映します。ただし編集ミスや不用意にカンマ ( , ) を使うとデータが正常に読み込めなくなりコマンドが起動しなくなることもあります。

その場合は初期化したい計算用データファイルを選択して [初期化] ボタンをクリックするとインストール直後のデータに戻ります。

リストボックスに表示されるコマンド名: コメントと実際の計算用データのCSVファイル名を次に示します。

ベルトの長さ計算	: ベルト寸法データ	BELT.CSV
チェーンの計算	: チェーン寸法データ	CHAIN.CSV
チェーンの計算	: テンションナー仕様	CHAIN_T.CSV
GD ^ 2 の計算	: 材質データ	GD2_MAT.CSV
はめあい公差	: 穴の公差域クラス	KOUSA_A.CSV
はめあい公差	: 軸の公差域クラス	KOUSA_J.CSV
圧縮・引張りコイルばね	: 材料データ	MAT_BANE.CSV

ねじりコイルばね	: 材料データ	MAT_BANE3.CSV
ばねの線径	: 材料データ	SENKEI_BANE.CSV
平歯車の計算	: 強度計算用材料データ	MAT_GEAR.CSV
軸の応力計算	: 材質データ	MAT_JIKU.CSV
ねじの張力計算	: 並目ねじ寸法データ	NEJI_NAMI.CSV
ねじの張力計算	: 細目ねじ寸法データ	NEJI_HOSO.CSV

インストール直後はこれらの計算用データファイルは「CADTOOLメカニカル8」をインストールしたフォルダの下の¥Defaultにコピーされコマンド選択メニューの初回起動時にインストールしたフォルダにコピーされます。

「[E X L]」ボタンをクリックして表示されるデータはインストールしたフォルダにコピーされているもので、「[初期化]」ボタンをクリックすると¥DefaultにあるCSVファイルをインストールしたフォルダに上書きコピーしてインストール直後のデータに戻すようになっています。

「[初期化]」した場合の元になる計算用データを編集したい場合は¥Defaultにあるデータファイルを編集してください。

これらのCSVファイルはメモ帳や他のテキストエディタでも編集は可能ですがCSV形式はカンマで区切られていますので一行のカンマの数が合わないとうまくデータが読み込めなくなり起動時にエラーが発生することがありますのでカンマとピリオドを間違えないように注意して行ってください。

また¥Defaultにあるデータファイルを編集する場合は必ずバックアップを取ってから編集してください。

## 2. 起動時デフォルトデータ

CADTOOLメカニカルのコマンドはプルダウンメニューの「[ファイル]」>「[終了]」でコマンドを終了するとダイアログの設定内容やダイアログの表示位置、大きさ等をデフォルトデータファイルに保存してコマンドを終了し、次回起動時に終了した状態を再現できるようになっています。

コマンド起動時には自動的にこのファイルを読み込みますので万一このデフォルトデータファイルが壊れてしまうとエラーが発生して起動できなくなる場合があります。

このファイルはインストール時には作成されずコマンド終了時に自動的に作成されるので起動時の不具合が発生したら削除してしまえば良いのですが多くのファイルから目的のファイルを探し出して削除するのも面倒ですし、間違えて必要なファイルを削除してしまう可能性もあります。

そこで「[計算用データファイルの管理]」の起動時デフォルトデータで削除したいコマンドを選択して「[初期化]」ボタンをクリックするとそのコマンドの起動時デフォルトデータを削除することができます。

また「メカニカル8の全てのコマンド」を選択して「[初期化]」ボタンをクリックすると次に示すメッセージが表示されます。

ここで「[OK]」ボタンをクリックすると全てのコマンドの起動時デフォルトデータを一括して削除することもできます。

起動時デフォルトデータは拡張子がMNUになっています。次に各コマンドと起動時デフォルトデータファイルを示します。

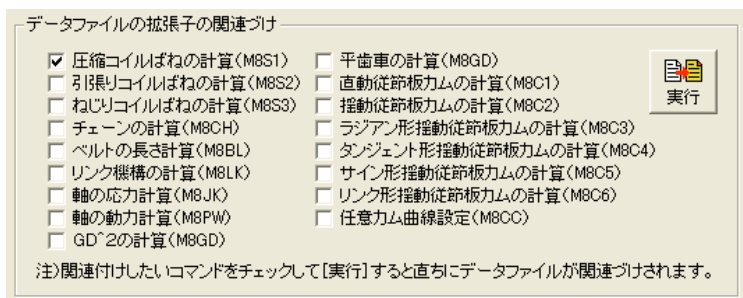
ばねの計算(圧縮コイルばね)	MEC8_BANE1.MNU
ばねの計算(引張コイルばね)	MEC8_BANE2.MNU
ばねの計算(ねじりコイルばね)	MEC8_BANE3.MNU
チェーンの計算	MEC8_CHAIN.MNU
ベルトの長さ計算	MEC8_BELT.MNU
リンク機構の計算	MEC8_LINK.MNU
ねじの張力計算	MEC8_BOLT.MNU
軸の応力計算	MEC8_JIKU.MNU
軸の動力計算	MEC8_POWER.MNU
$GD^2$ の計算	MEC8_GD2.MNU
はめあい公差	MEC8_HAMEAI.MNU
ベアリングの寿命計算	MEC8_BEARING.MNU
平歯車の計算	MEC8_GEAR.MNU
板カムの計算(直動従節)	MEC8_CAM01.MNU
板カムの計算(揺動従節)	MEC8_CAM02.MNU
板カムの計算(ラジアン形揺動従節)	MEC8_CAM03.MNU
板カムの計算(タンジェント形揺動従節)	MEC8_CAM04.MNU
板カムの計算(サイン形揺動従節)	MEC8_CAM05.MNU
板カムの計算(リンク形揺動従節)	MEC8_CAM06.MNU
板カムの計算(任意カム曲線設定)	MEC8_CamCurve.MNU

また同じファイル名で拡張子がEXEのものがそれぞれのコマンドの実行ファイルになっています。使用頻度の高いコマンドは実行ファイルのショートカットアイコンをデスクトップに作っておくと便利です。この方法については後で説明します。

### 3. データファイルの拡張子の関連づけ

〔CADTOOLメカニカル8〕ではデータファイルの拡張子とコマンドを関連づけることができ、データファイルをエクスプローラ等でダブルクリックするとそのデータに関連づけられたコマンドが起動してデータも自動的に読み込まれるようになります。

データファイルの拡張子の関連づけを行いたい場合は対象とするコマンドにチェックを付けてから〔実行〕ボタンをクリックします。逆に関連づけを解除したい場合はチェックを外してから〔実行〕ボタンをクリックします。

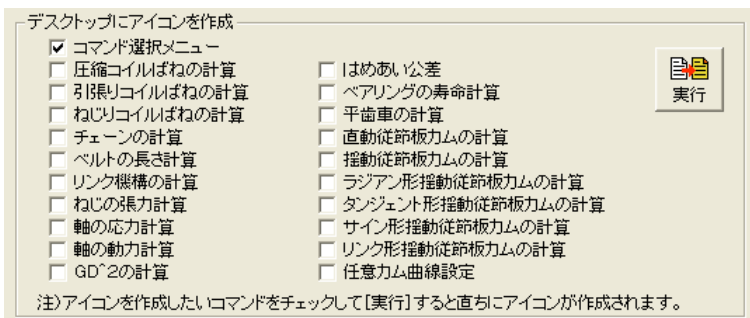


関連づけを行うとデータファイルのアイコンが各コマンドのアイコンに変更されますが環境によってはパソコンを再起動しないと反映しないこともありますので注意してください。

### 4. デスクトップにアイコンを作成

〔CADTOOLメカニカル8〕ではインストールの最後にコマンド選択メニューのみデスクトップにショートカットアイコン（以下、単にアイコンと表記）を作成できましたが、その他のコマンドも使用頻度が高いと思われるものについてはデスクトップにアイコンを作れるようにしています。

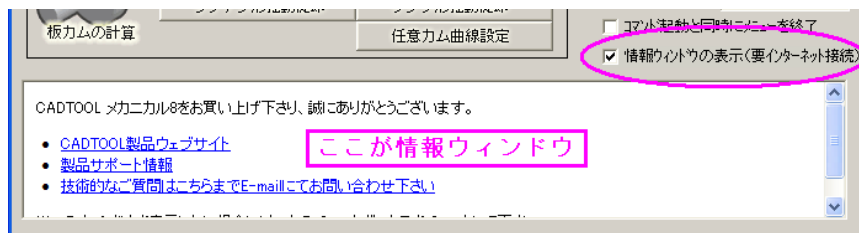
デスクトップにアイコンを作成したい場合は対象とするコマンドにチェックを付けてから〔実行〕ボタンをクリックします。逆にアイコンを削除したい場合はチェックを外してから〔実行〕ボタンをクリックします。



既に作成されているアイコンについては起動時にチェックが付いていますがアイコン作成後にアイコンの名称を変更するとデータファイル管理で作成したアイコンかどうか認識ができませんのでチェックが付きません。またこの機能で削除もできなくなります。必要に応じて手動で削除してください。

## 5. コマンド起動メニューの情報ウィンドウの処理

「CADTOOLメカニカル8」ではコマンド選択メニューの“情報ウィンドウの表示（インターネット接続）”のチェックボックスをチェックすると次に示すようにダイアログ下部に情報ウィンドウを表示することができます。



このチェックを外すと情報ウィンドウは隠れますが起動時にはインターネット接続を実行しています。環境によりインターネット接続時にパスワード認証等が必要な場合があると鬱陶しい場合がありますのでその時は次のチェックボックスをチェックして「更新」ボタンをクリックすると自動でインターネットに接続しないようになります

