

チュートリアル

シャフト計算 スターターの基本 シンプルなシャフト

目次

1.ソフトウェアバージョン.....	2
2.MESYS シャフト計算パッケージ - 特長と機能.....	2
3.ソフトウェアマニュアル.....	2
3.1 F1 のマニュアル.....	2
3.2 PDF マニュアル.....	3
4.シャフト.....	3
4.1 シャフトの説明.....	3
4.1.1 ビームモデル.....	3
4.1.2 限界と仮定.....	3
4.1.3 オプション.....	3
4.2 シャフト・プロジェクト.....	3
4.2.1 シャフトの基本データ.....	3
4.2.2 シャフト入力値.....	4
4.2.3 空間における位置.....	6
5.荷重.....	7
5.1 一般.....	7
5.2 荷重ベクトル.....	7
6.サポート.....	9
6.1 一般.....	9
6.2 転がり軸受.....	9
6.2.1 転がり軸受の取り付け.....	9
6.2.2 転がり軸受の種類と呼称.....	10
6.2.3 軸受の位置決め.....	11
6.2.4 転がり軸受の条件.....	12
7.シャフトセクション.....	14
7.1 全般.....	14
7.2 シャフト強度.....	14
8.潤滑.....	15
9.インターフェイス.....	16
9.1 ベアリングとシャフト.....	16
9.2 形状.....	17
9.3 材料.....	17
9.4 温度.....	17
9.5 潤滑.....	17
10.計算ステップ.....	17
10.1 アクティベーション.....	17
10.2 結果.....	18
10.3 レポート.....	19
10.3.1 主要レポート.....	19
10.3.2 レポートオプション.....	20
10.3.3 レポート形式.....	20
10.3.4 結果テーブル.....	20
10.3.5 精度レポート.....	21
11.解析.....	22
11.1 下部の結果ウィンドウ(結果の概要).....	22
11.2 下部の結果ウィンドウ.....	22
11.3 グラフィック.....	23
11.4 荷重スペクトル.....	23
11.5 パラメーターバリエーション.....	24

1.ソフトウェアバージョン

このチュートリアルは、MESYS Shaft Calculation version 12-2024 (日付:2024 年 12 月 07 日)で作成されました。

2.MESYS シャフト計算パッケージ - 特長と機能

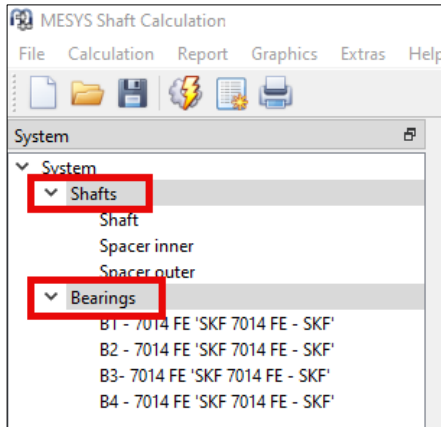


図 1

このソフトウェアの基本バージョンは、基本的に MESYS 転がり軸受計算を統合した MESYS シャフト計算ツールで構成されています(図 1 の例)。

MESYS Shaft Calculation の機能を実感し、ご検討いただくために、MESYS のホームページの[シャフト計算専用](#)ページをぜひご覧ください。

図 2 に従い、[Home/Downloads/Categories/Shfts](#) にあるシャフトに対応する記事もご覧ください:

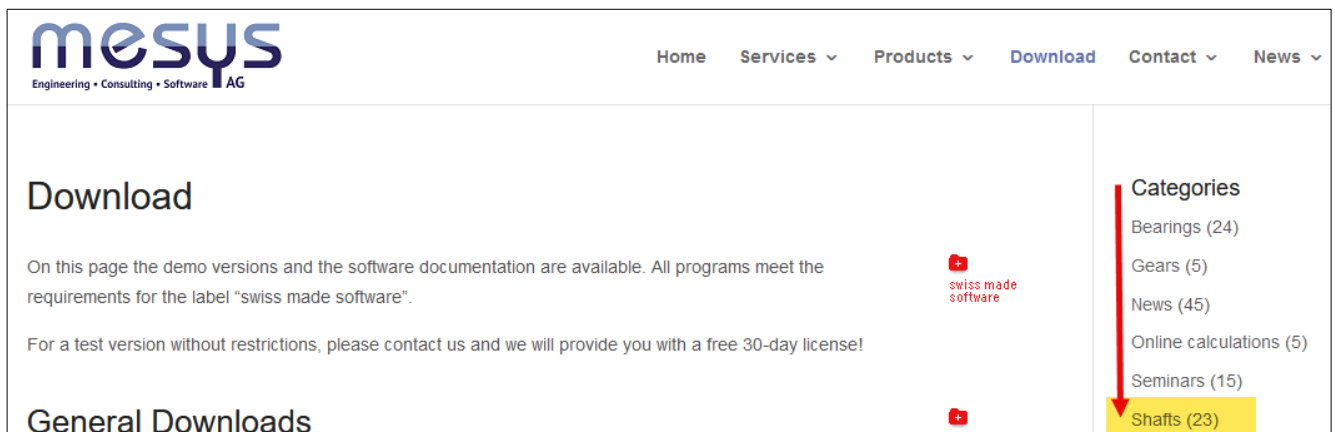


図 2

3.ソフトウェアマニュアル

3.1 F1 のマニュアル

ソフトウェア・マニュアルは、ユーザー・インターフェースから「ヘルプ」メニューの「マニュアル F1」で開くことで参照できます:

いつでも - キーボードの F1 から直接、特定の内容のソフトウェアマニュアルをローカルに開くことができます。

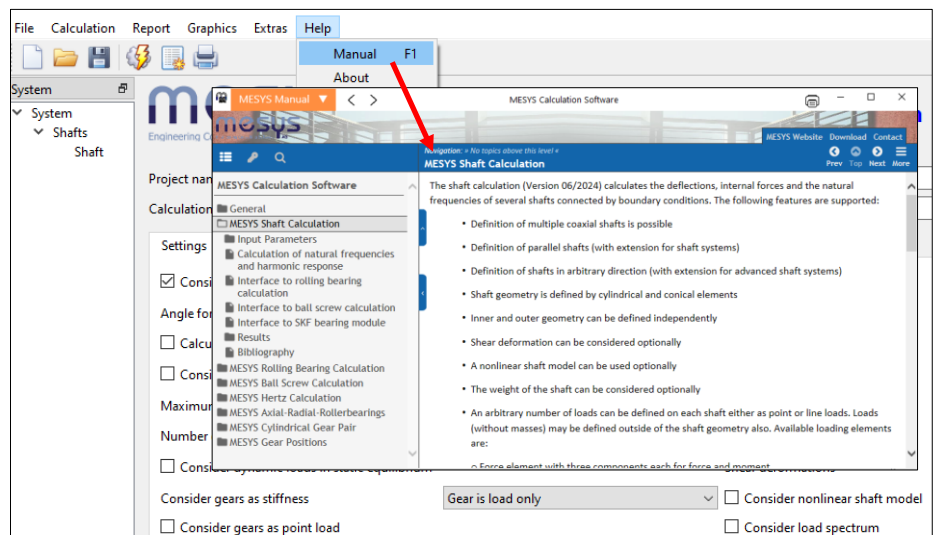


図 3

3.2 PDF マニュアル

ソフトウェア・マニュアルは、MESYS のインストール・ディレクトリ(図 4)に pdf ファイルとしてすべての言語で用意されています。

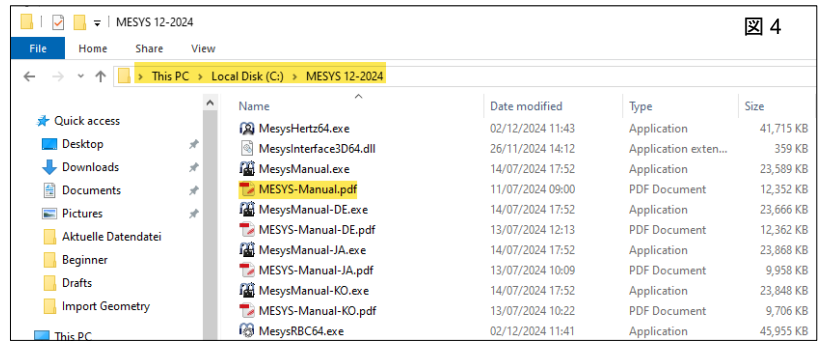


図 4

4. シャフト

4.1 シャフトの説明

4.1.1 ビームモデル

シャフト計算は、せん断変形と回転慣性の効果を考慮することで、古典的なオイラー・ベルヌーイ理論を改良したティモシェンコ・ビーム・モデルを使用します。

4.1.2 限界と仮定

ティモシェンコモデルはより現実的ですが、それでもシャフトの実際の挙動を単純化しています。例えば、局所的な応力集中や非線形材料特性のような 3 次元効果を考慮していないため、より複雑な FEM 解析が必要になります。

4.1.3 オプション

非線形シャフトモデルを考慮に入れることができます。非線形モデルは変形状態での荷重の平衡を計算します。詳細については、[マニュアルの 2.1.1.2.14 章](#)を参照してください。

4.2 シャフト・プロジェクト

4.2.1 シャフトの基本データ

MESYS のシャフト計算では、対応するシミュレーションを実行するために最低限の記述が必要です。順を追って説明します。

➡ MESYS シャフト計算を起動するか、「新規」アイコンまたは「ファイル」メニューから「新規」を選択して新規ファイルを開きます：

MESYS では、「システム」ツリーの「シャフト」にシャフトのプレースホルダーが標準で用意されています。このシャフトはメインウィンドウでさらに定義することができます。

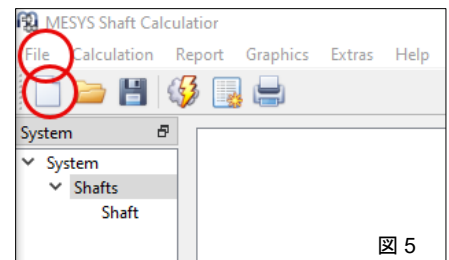


図 5

シャフト計算のプロジェクトは、「システム」の下に名前と説明を付けることができます。

➡ プロジェクトに例題の名前を割り当てます。

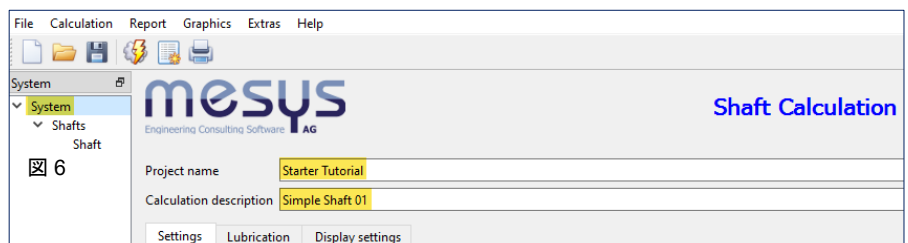


図 6

とりあえず、「システム」-ツリーで選択した、「システム」の内容、つまり「設定」、「潤滑油」、「画面設定」タブはそのままにしておきます。

4.2.2 シャフト入力値

以下の入力データでシャフトを定義します:

- 外側セグメントの長さ
- 中空シャフトのセグメントの長さ
- セグメントの直径
- 中空シャフトのセグメントの直径
- シャフトの材質

オプション:

- 外側セグメント全体の温度

本書の目的のために、図 7 に示すような水平スピンドル・シャフトの例を示します。

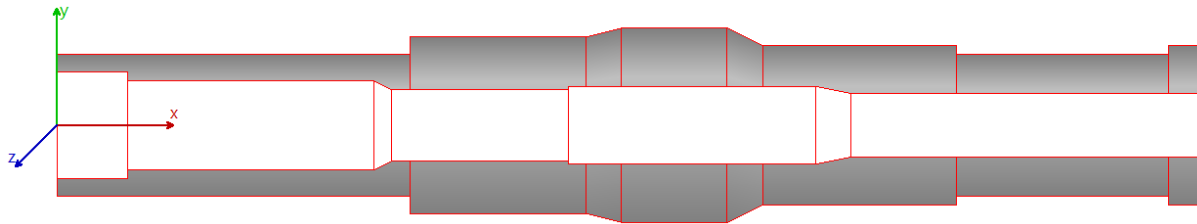


図 7

以下の手順に従ってください。

- ➡ 左側の「システム」ツリーで「シャフト」を選択し、メインウィンドウにシャフトの入力フィールドを表示します。「一般」タブから始めてください。
- ➡ 例えば、"Simple Shaft 01"のように、シャフトの名前を選んでください。
- ➡ 'rpm' ボックスにチェックを入れて、シャフトに回転数が入力できることを確認します。
- ➡ さらに、意図する回転数(ここでは 1000rpm とする)を入力してください。

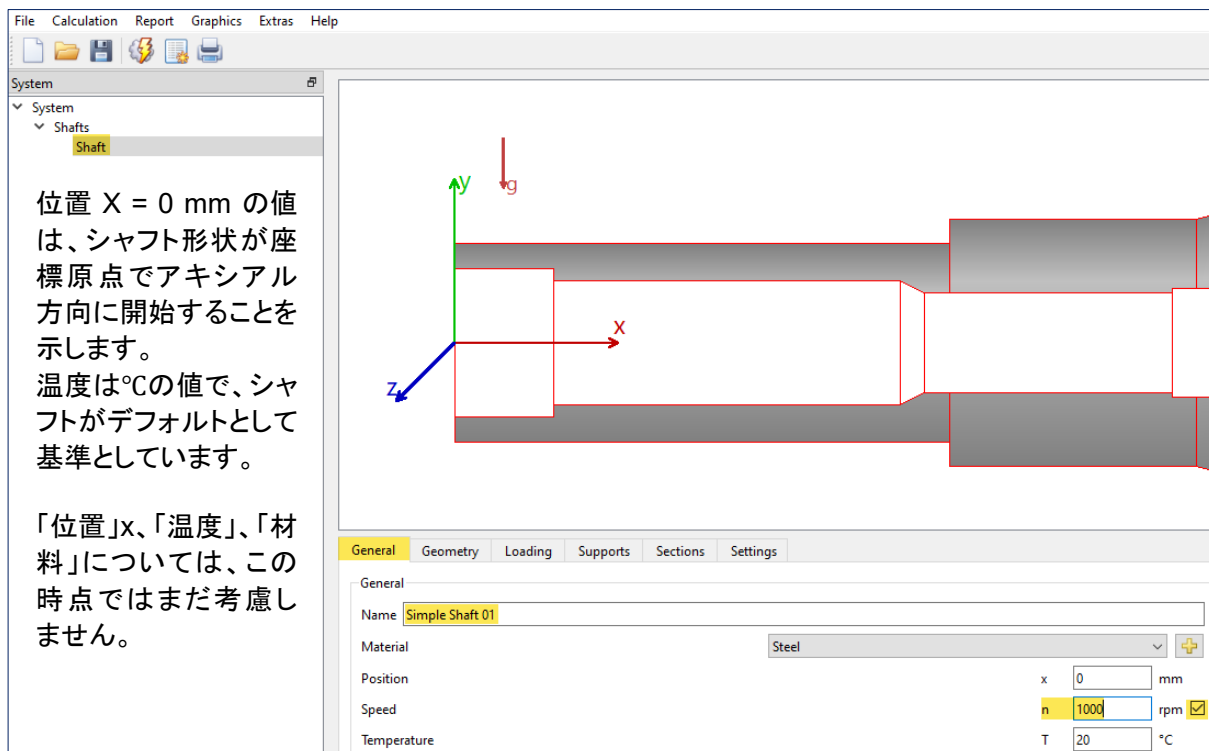
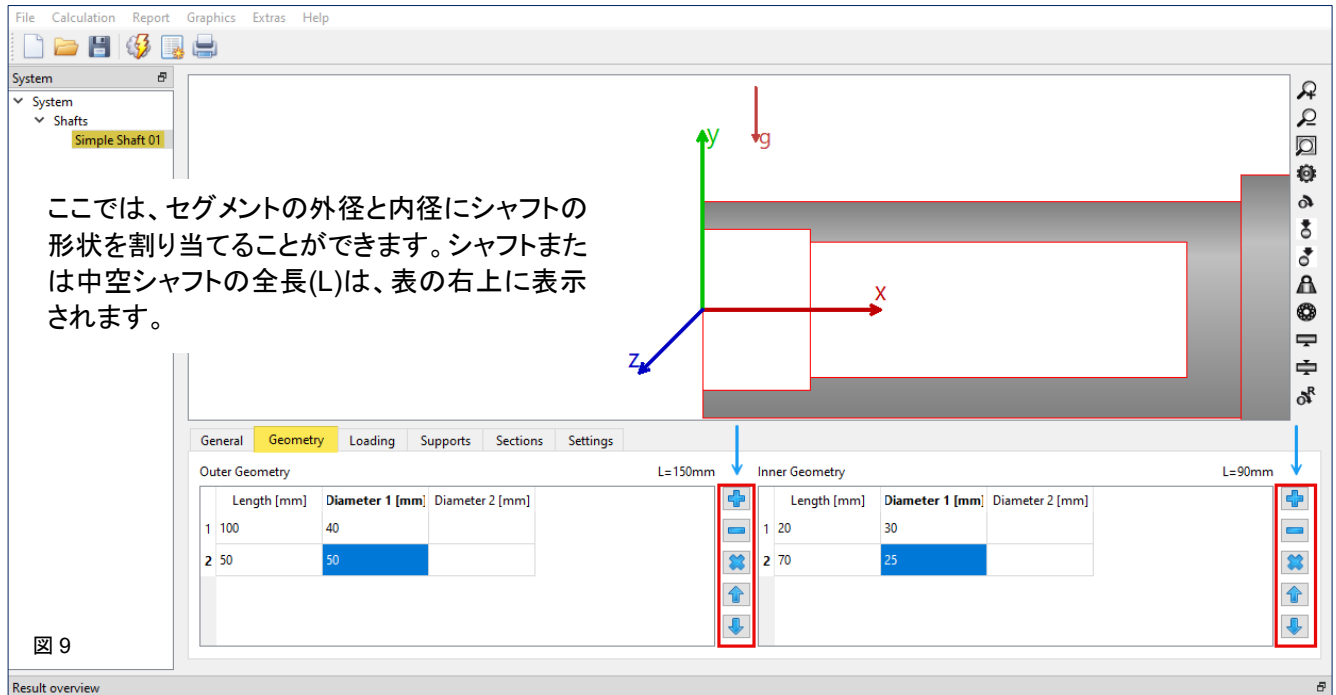


図 8

- ➡ 「システム」ツリーで「シャフト」を選択し、メインウィンドウにシャフトの入力フィールドを表示します。「形状」タブに進みます。



右側の青いコントロールキーは、行の追加、ソート、削除に使用でき、にてテーブル全体を削除することもできます。

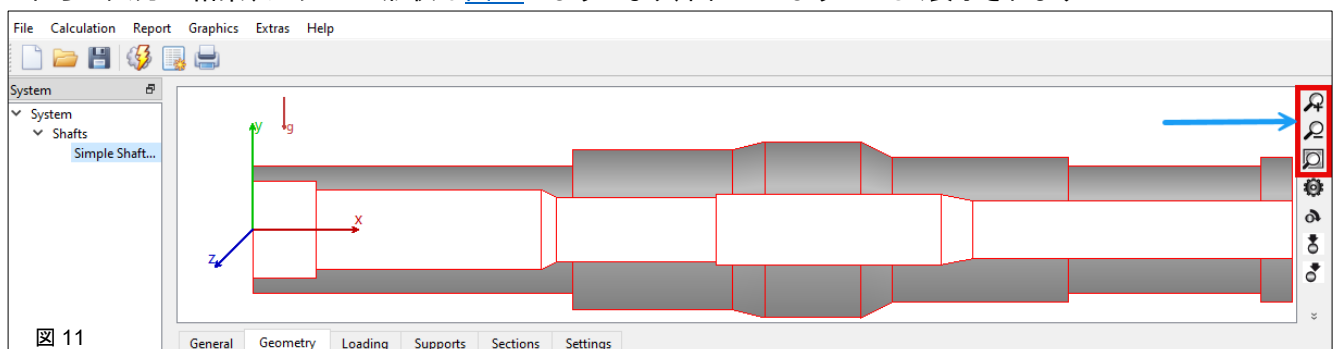
例のウェーブ形状は、[図 7](#) と以下のようにになるはずです：

	Length [mm]	Diameter 1 [mm]	Diameter 2 [mm]
1	100	40	
2	50	50	
3	10	50	55
4	30	55	
5	10	55	45
6	55	45	
7	60	40	
8	10	45	

	Length [mm]	Diameter 1 [mm]	Diameter 2 [mm]
1	20	30	
2	70	25	
3	5	25	20
4	50	20	
5	70	22	
6	10	22	18
7	100	18	

図 10

これらの入力の結果、シャフトの形状は[図 7](#) のようになり、[図 11](#) のように正しく表示されます：

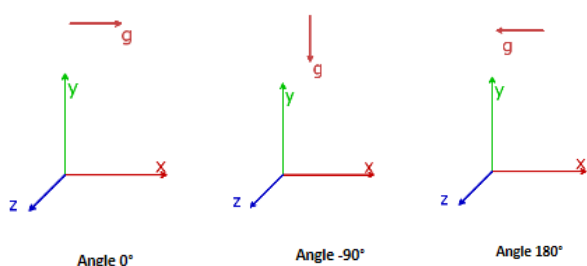
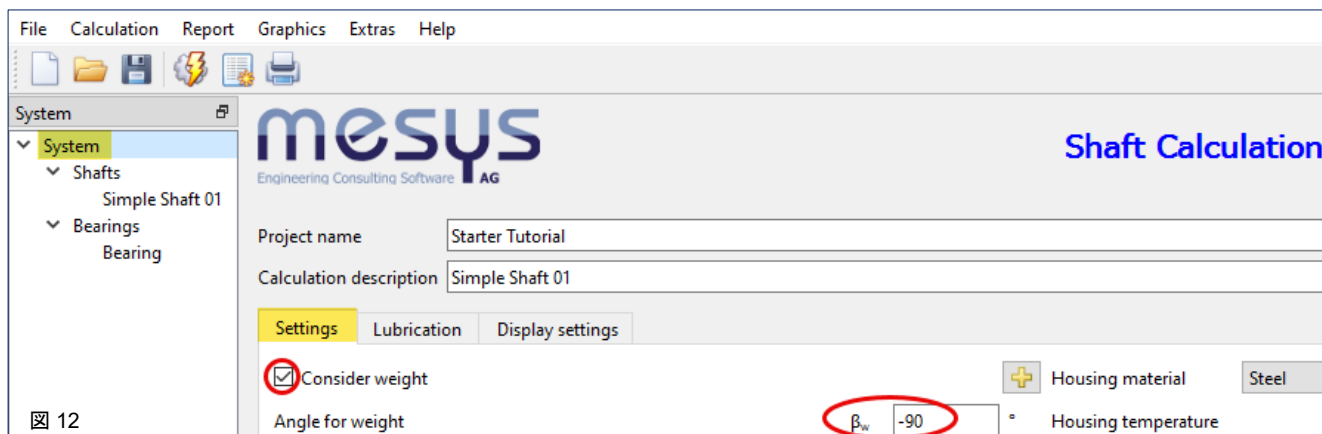


グラフィカルウィンドウの右側には「拡大鏡」があり、シャフトの表示を調整することができます。その他のボタンにより、カップリング、ギヤ、サポート、転がり軸受などのコンポーネントをこのグラフィック環境に追加することができます。

4.2.3 空間における位置

入力をする前に、空間における位置を定義しなければなりません。これによって、対応する重みの力も構成に反映されます。

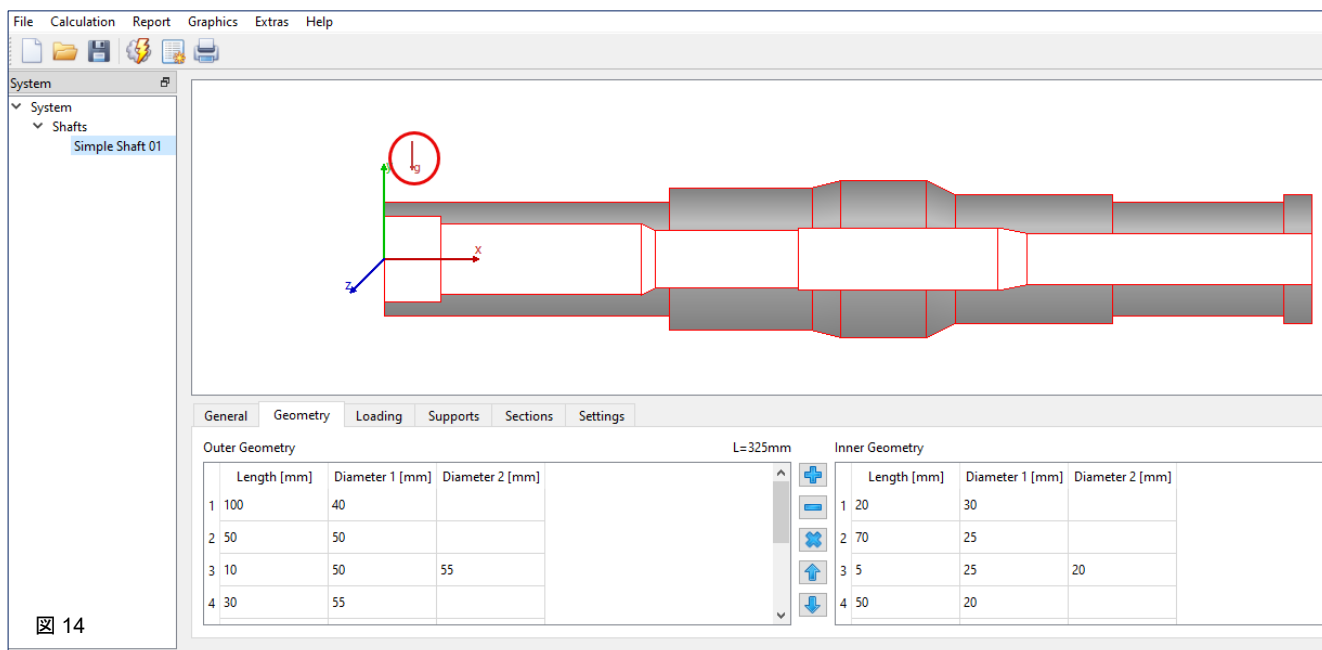
→ 左側のツリーで「システム」を選択すると、「設定」タブに入力フィールドが表示されます。ここで空間内の位置をシャフトに割り当て、重力の考慮にチェックを入れ、その方向(β_w)を定義します。



角度は x-y 平面、z 軸周りの回転で定義されます。値がゼロの場合は、シャフトの軸方向に重力がかかります。重力の方向は、シャフトの図に矢印で示され、荷重スペクトルの中で変化させることができます。

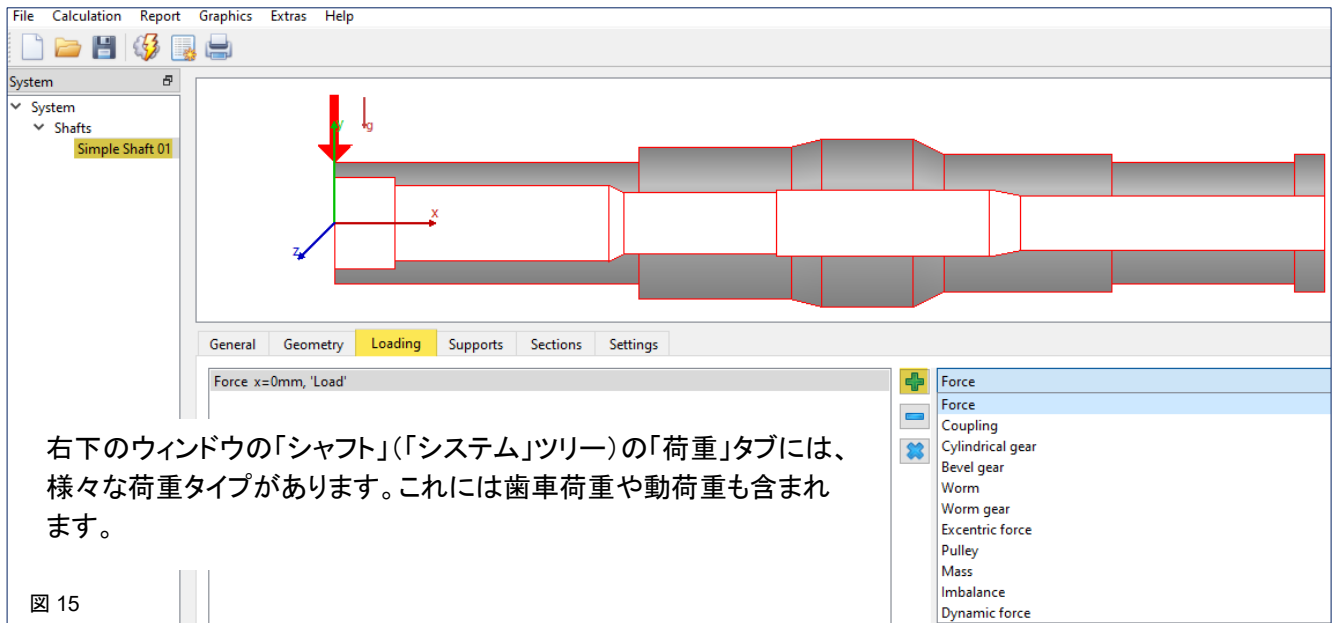
図 13

β_w に -90° を入力すると、グラフィックウィンドウに次のような矢印の方向が表示されます：



5. 荷重

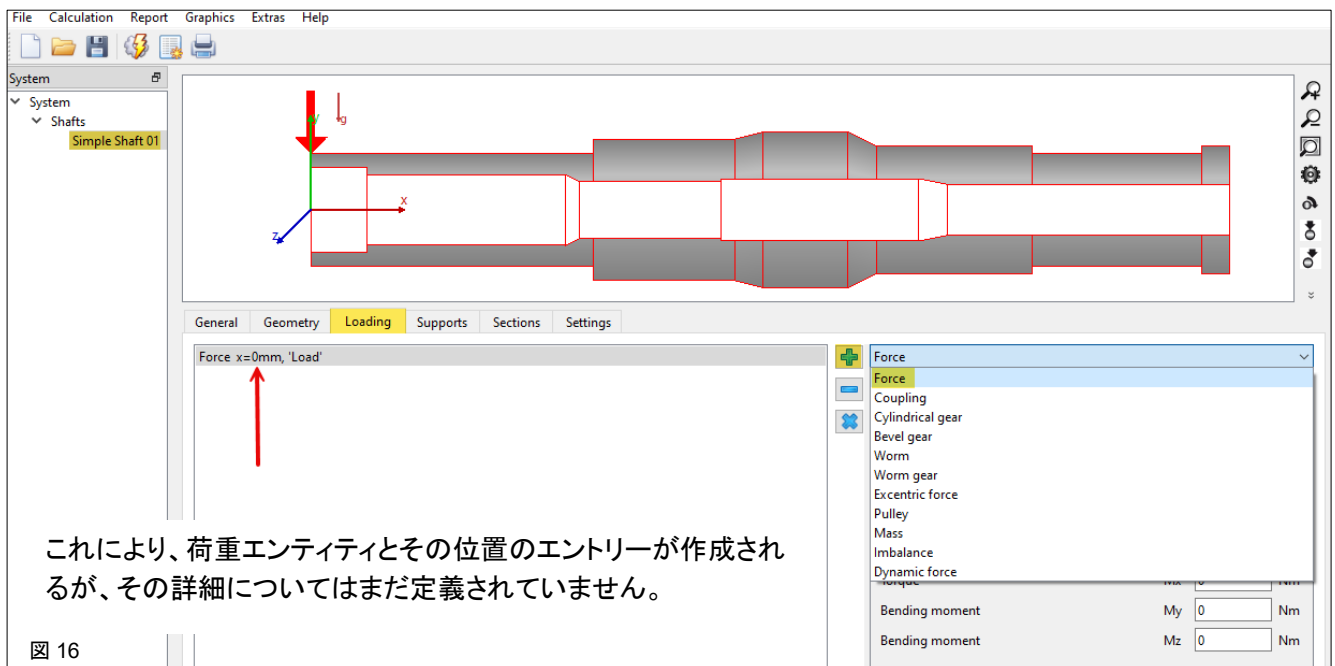
5.1 一般

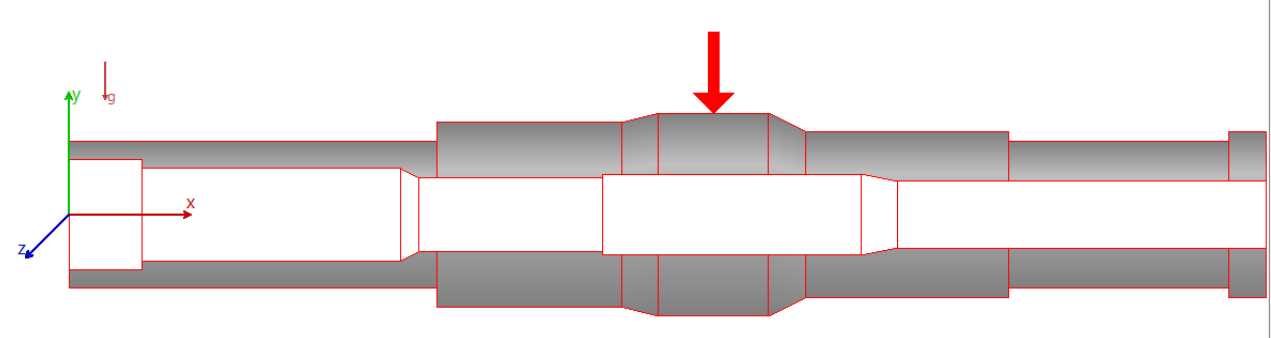


5.2 荷重ベクトル

汎用の荷重を割り当てるには、以下のようにします：

➡ " + " で荷重を割り当て、右側のドロップダウンでタイプを選択します。





General Geometry **Loading** Supports Sections Settings

Force x=175mm, 'Radial 1'

荷重ベクトルはメインウィンドウの右下で定義できます。シャフトにラジアル成分とアキシャル成分を次のように負荷してみましょう。

➡ 順番通りに荷重を入力します。

図 17

Force	
Name	Radial 1
Position	x 175 mm
Width	b 0 mm
Axial Force	Fx 0 N
Radial Force	Fy -2000 N
Radial Force	Fz 0 N
Torque	Mx 0 Nm
Bending moment	My 0 Nm
Bending moment	Mz 0 Nm

General Geometry Loading **Supports** Sections Settings

Force x=175mm, 'Radial 1'

Force x=220mm, 'Radial 2'

Force x=0mm, 'Axial'

Force x=175mm, 'Radial 1'

Force x=220mm, 'Radial 2'

図 18

Force	
Name	Radial 2
Position	x 220 mm
Width	b 20 mm
Axial Force	Fx 0 N
Radial Force	Fy 0 N
Radial Force	Fz 150 N
Torque	Mx 0 Nm
Bending moment	My 0 Nm
Bending moment	Mz 0 Nm

Force	
Name	Axial
Position	x 0 mm
Width	b 0 mm
Axial Force	Fx 75 N
Radial Force	Fy 0 N
Radial Force	Fz 0 N
Torque	Mx 0 Nm
Bending moment	My 0 Nm
Bending moment	Mz 0 Nm

シャフトは次の図 19 のように見えるはずです：

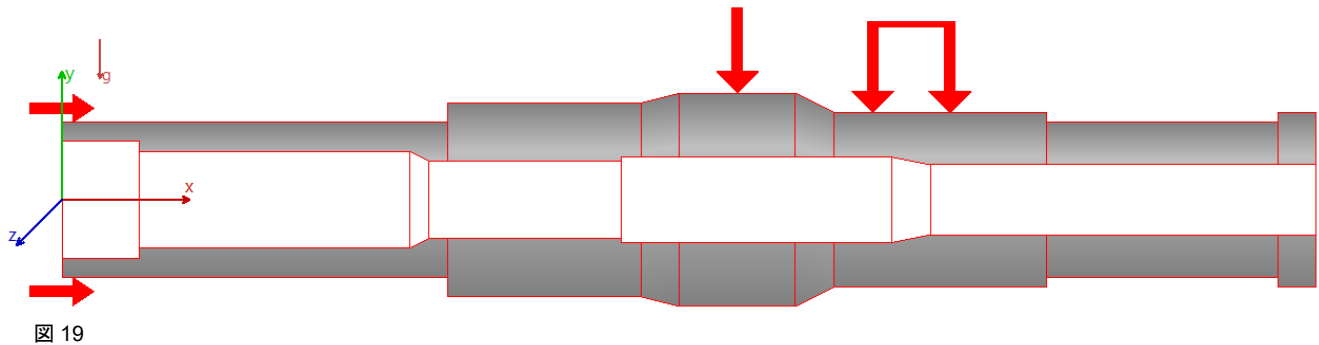


図 19

システムツリーで「シャフト」を選択すると、荷重ベクトルの表示を 3D に切り替えることもできます：

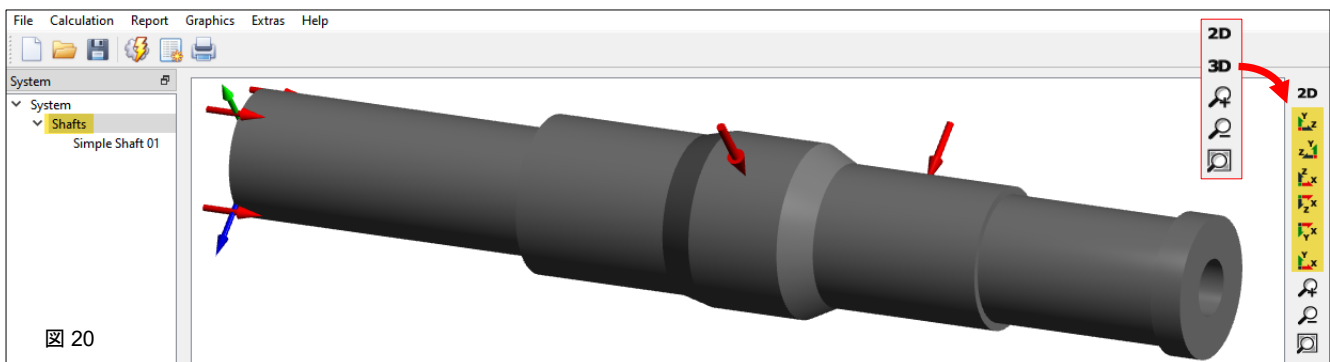


図 20

6. サポート

6.1 一般

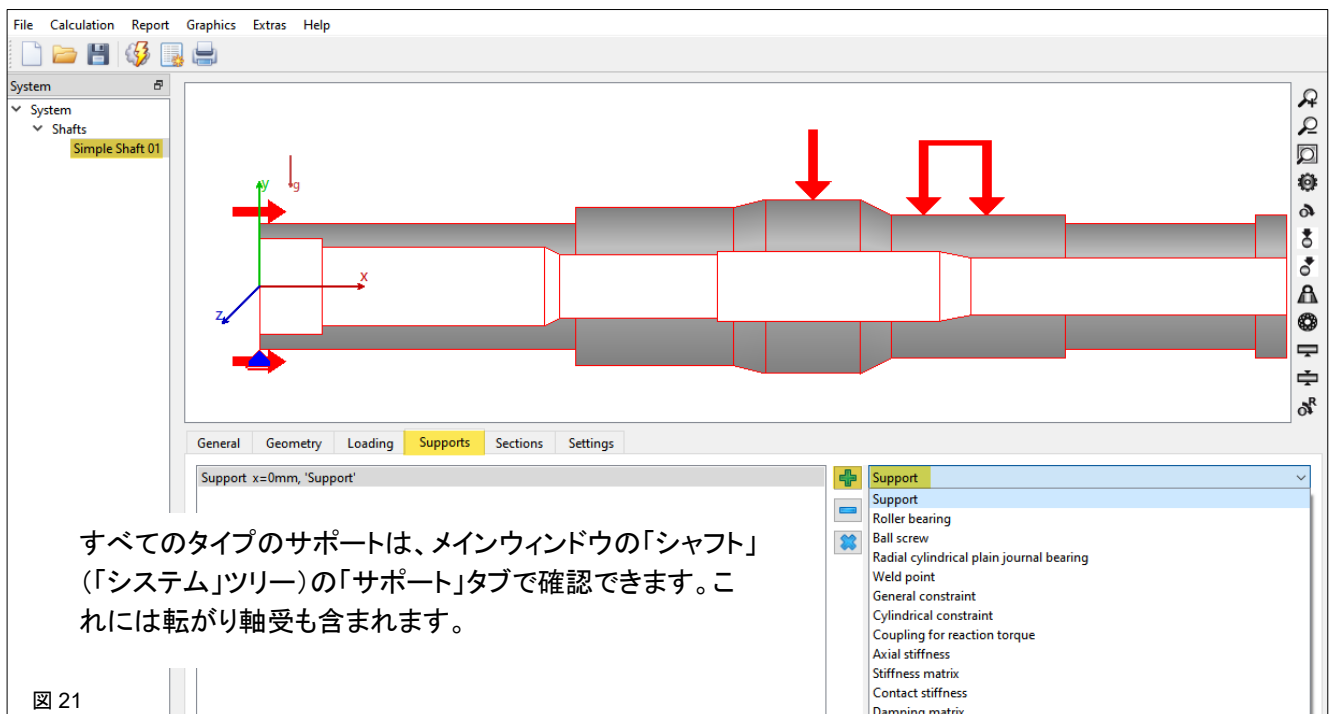


図 21

6.2 転がり軸受

6.2.1 転がり軸受の取り付け

サポートタイプ(この場合は転がり軸受)を割り当てると、MESYS はデフォルトで深溝玉軸受を配置します。

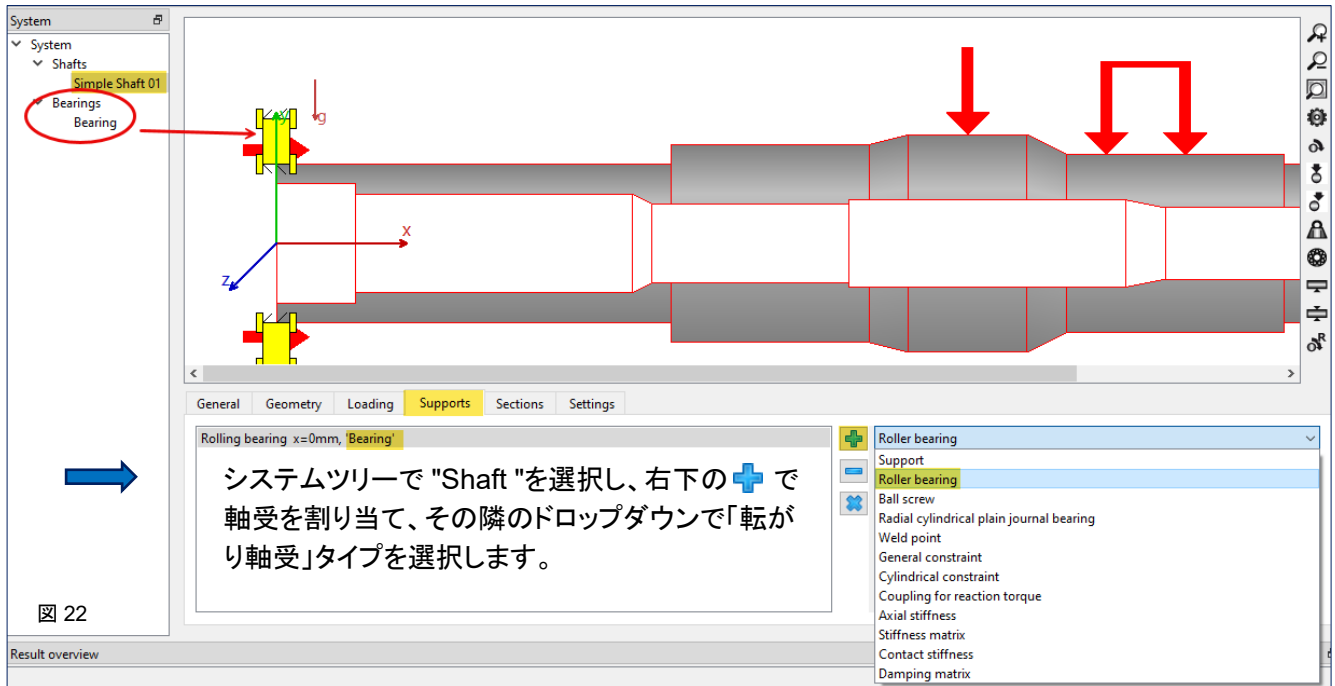


図 22

6.2.2 転がり軸受の種類と呼称

この転がり軸受の挿入は、シミュレーションの内容に次のような影響を与えます：

- 「システム」ツリーにグループ「軸受」を作成します。
- 「サポート」タブの「軸受」エントリー
- 転がり軸受のアクシシャル位置 $x = 0$ への配置

転がり軸受が割り当てられると、MESYS 転がり軸受計算へのインターフェースが「アクティブ」になります。転がり軸受を選択したり、すべての特性を定義するには、システムツリーで「軸受」を選択します。

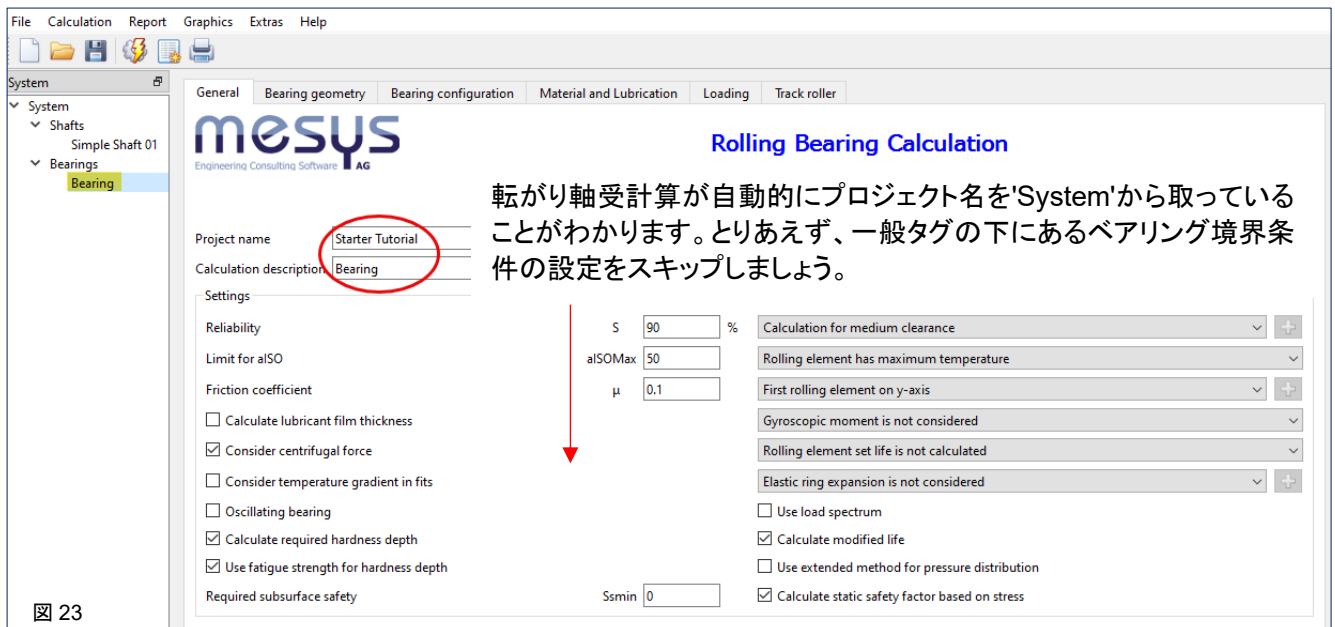


図 23

→ システム/軸受に進み、タグ「軸受形状」を開きます。左側のドロップダウンメニューから、「深溝玉軸受」を選択します。

図 24

転がり軸受の設計(内部形状)は、左の軸受タイプ選択ドロップダウンの下を図 25 に示されており、手動で入力することができます。しかし、この時点では、すでに定義されている転がり軸受をデータベースから選択します。

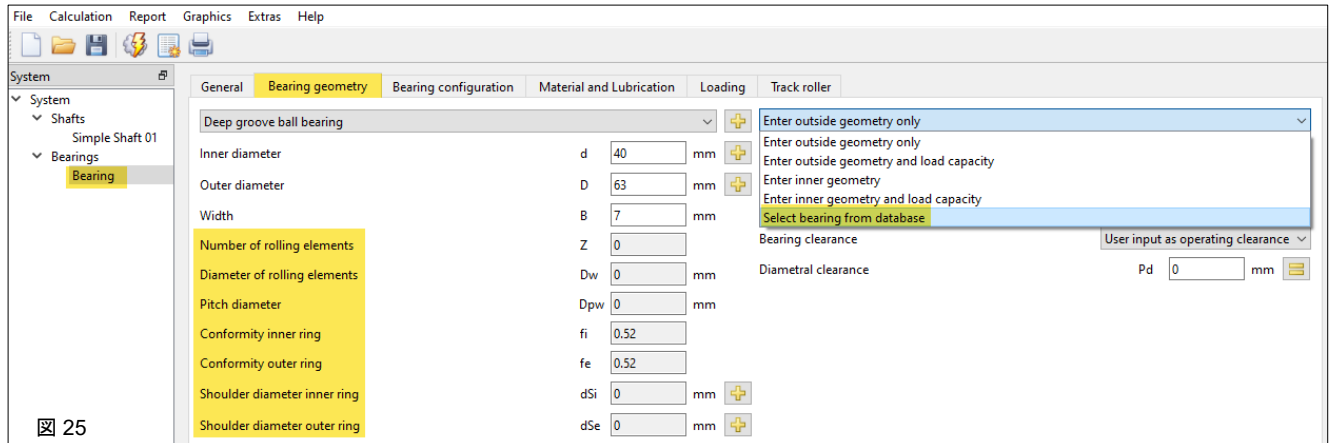
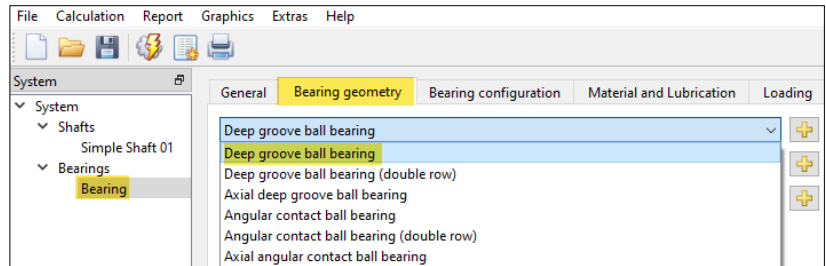


図 25

→ 右側のドロップダウンで「データベースから軸受を選択」を選択し、左側で内径と外径 $d = 40$ と $D = 80$ mm をフィルタリングすると、図 26 に示すように、「汎用」6208 深溝玉軸受が見つかります。

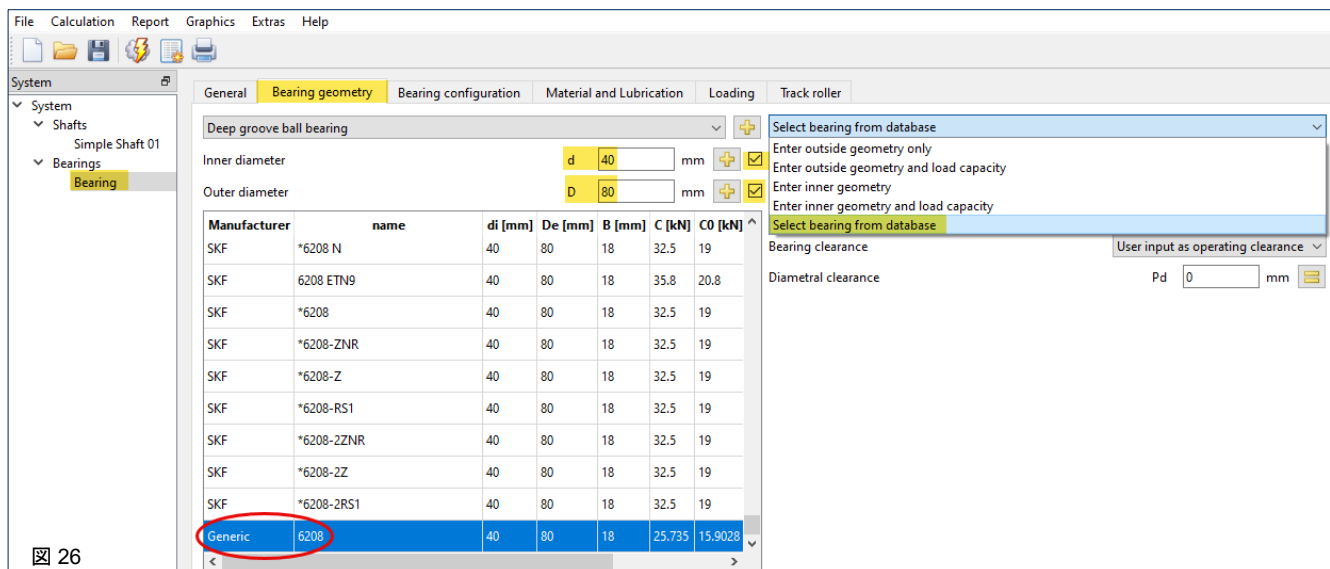


図 26

6.2.3 軸受の位置決め

転がり軸受の位置決めは、X 軸上の位置を数値入力することによって行うことができます。これは、右下のウィンドウで「システム」/「Simple Shaft 01」/「サポート」に戻るか、Shift+マウスの左ボタンを組み合わせ、軸受のグラフィック表示をスライドさせることによって行うことができます。

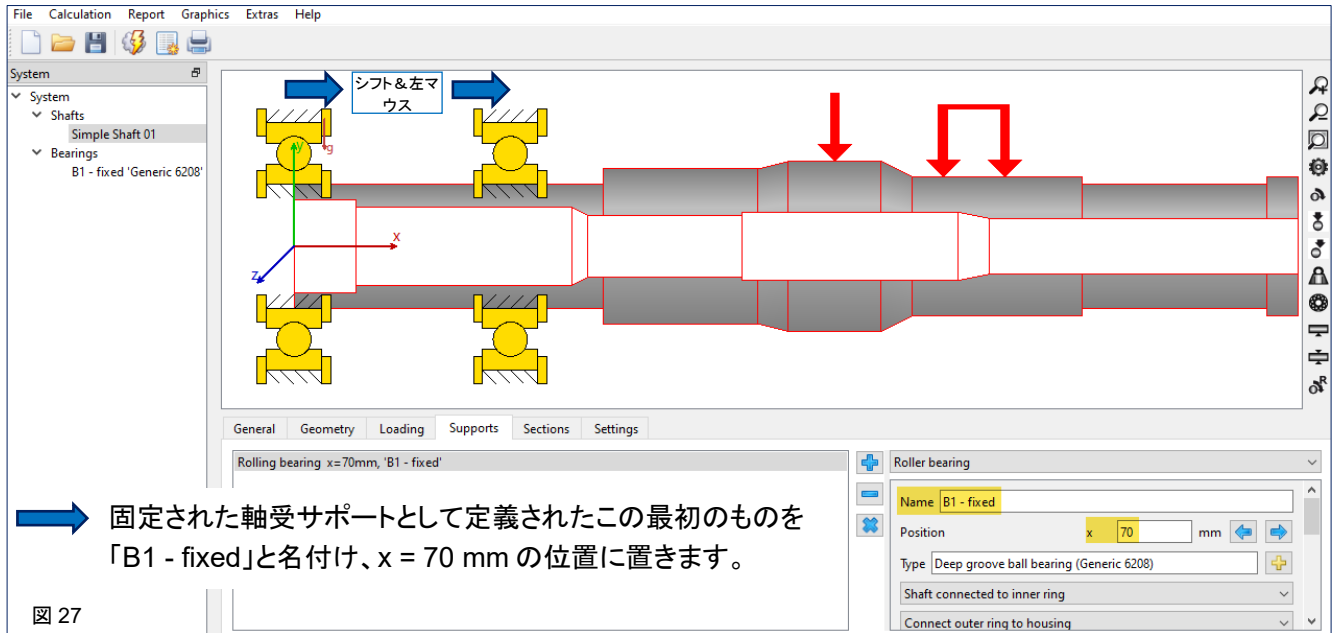


図 28 に示す青色の「+」ボタンを押して、2 つ目の軸受を追加します。このボタンを押すと、上記の軸受のコピーが作成されます。フローティング軸受として設計する転がり軸受の名前を「B2 - floating」とします。

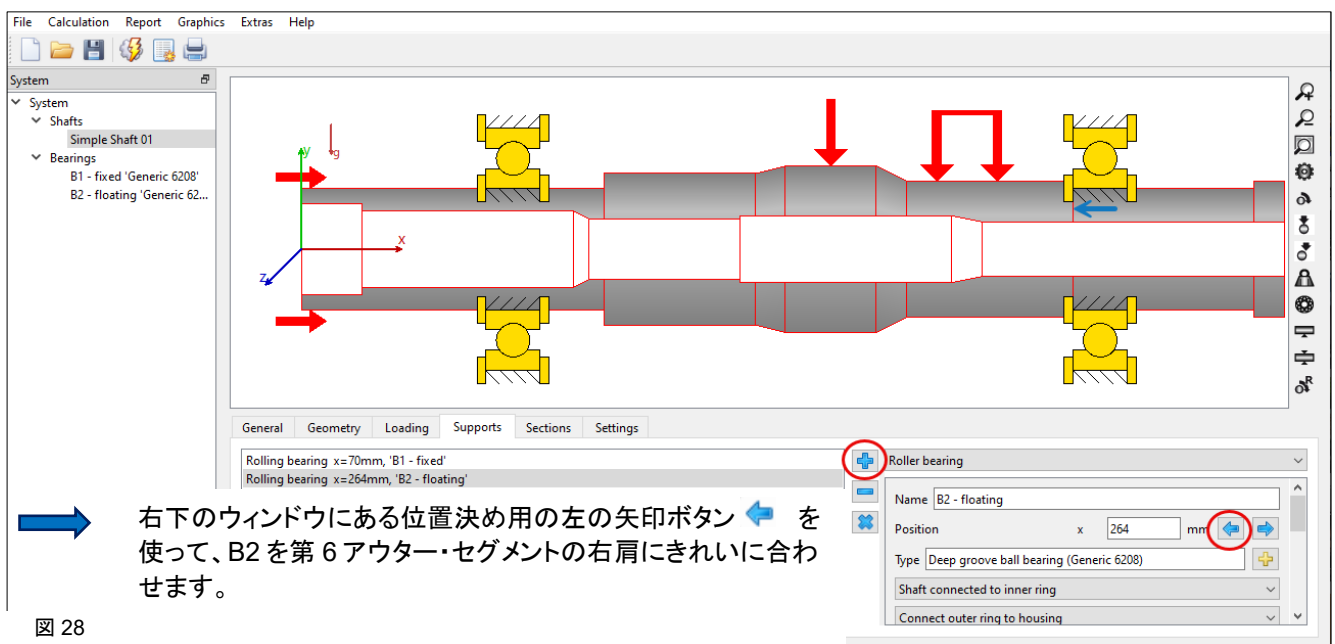
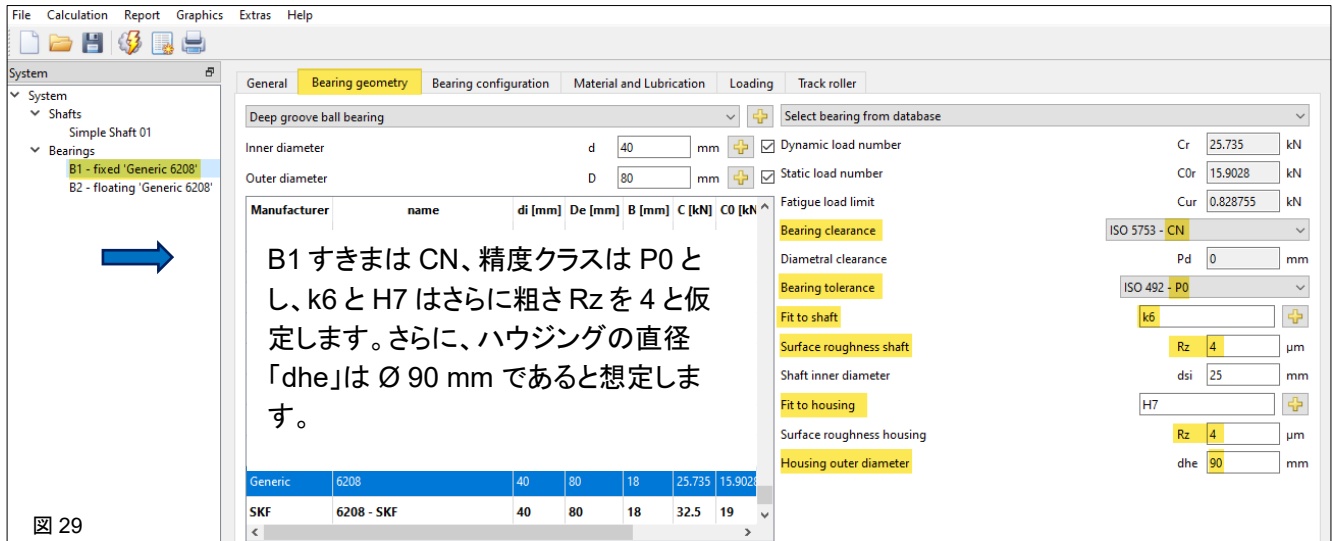


図 28

6.2.4 転がり軸受の条件

次に、転がり軸受の動作条件を設定します。このチュートリアル の範囲内で大まかに評価すると、必要な自由度、はめあい、ベアリングシートの特性、精度クラスなどが考えられます。

そこで、「システム」/「軸受」の「軸受形状」タブに戻り(図 29)、転がり軸受の基本情報を入力してみましょう。当分は、まず条件として軸受すきま(CN)のみを扱うことにしましょう。



上記の転がり軸受の編集ウィンドウ(図 29)は、「システム / シャフト / Shaft」の「サポート」タブ(図 30)にある  -ボタンをクリックするか、グラフィック出力(図 32)上で直接マウスの右ボタンをクリックし、コンテキストメニューを使用して開くこともできます。

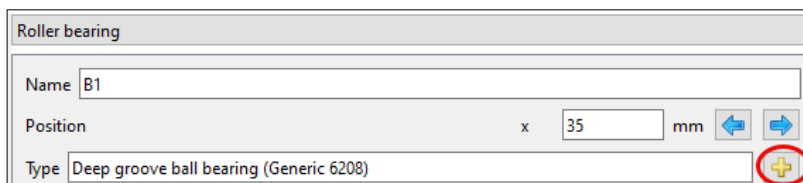


図 30

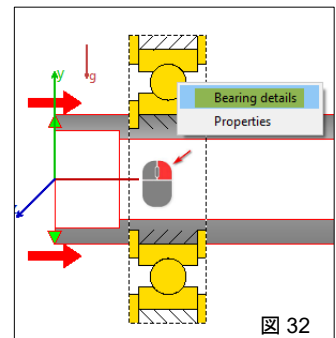


図 32

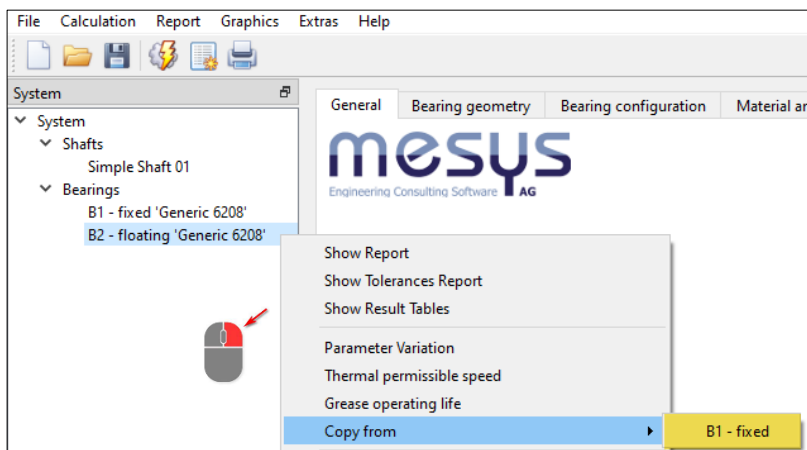


図 31



B2 に B1 と同じ設定を入力するか、図 32 に示すように、すでに構成されている B1 の設定を採用することを選択します。

B2 については、最終的には、支持方向に関して異なる設定が必要です。非固定軸受けは軸方向の力を吸収せず、軸方向に解放する必要があります。これを行うには、[図 28](#) に示すように、B2 の「サポート」タブの「システム/ Simple Shaft 01」に戻ります。

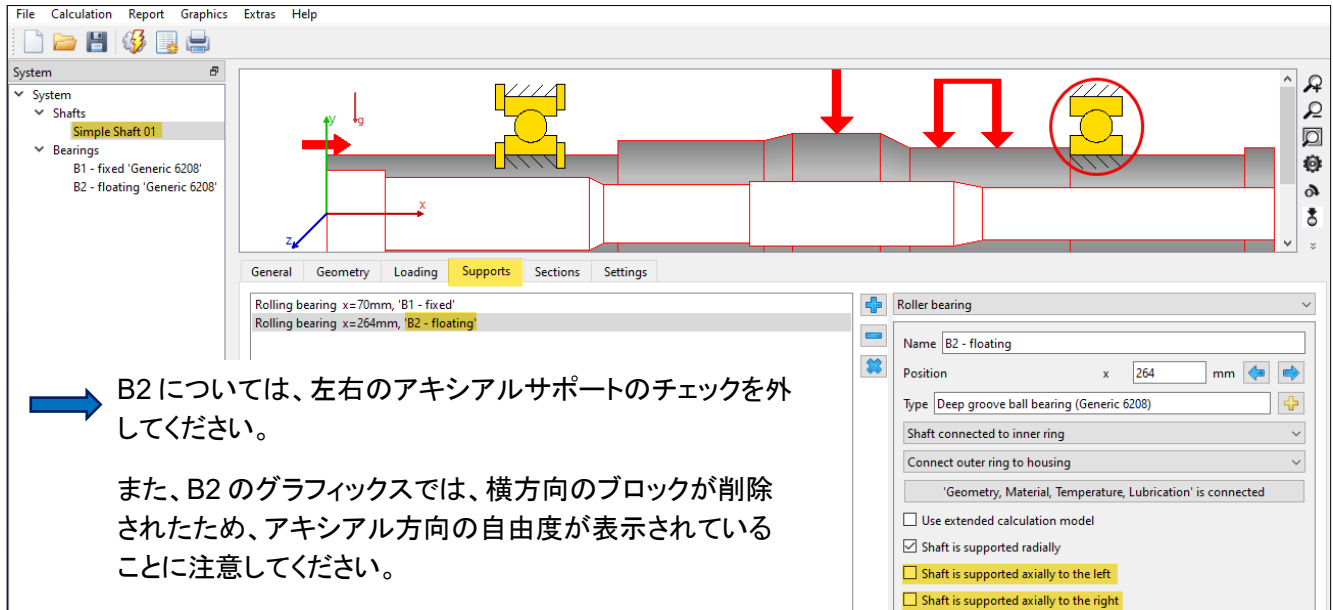


図 32

7. シャフトセクション

7.1 全般

シャフトの適切な計算のためには、応力集中、荷重の種類と大きさ、必要な安全係数を考慮する必要があります。この目的のために、本ソフトウェアは「セクション」タブで各シャフトに異なるノッチケースを定義するオプションを提供しています。

7.2 シャフト強度

注: この分析には DIN 743 の拡張が必要です。

シャフトの強度計算方法は、右側の「設定」タブにある「システム」で選択できます。現在は DIN 743 (2012) が使用可能です。無限寿命または有限寿命を考慮して計算するかどうかを選択できます。有限寿命の場合、サイクル数は「必要寿命」H の入力を使用して計算されます。

セクションの詳細については、2.1.1.2.11 章の [ソフトウェアマニュアル](#) の内容を参照してください。

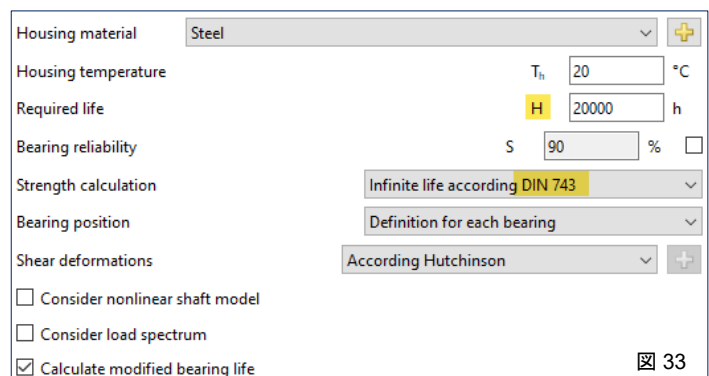


図 33

この例では、直径が大きく変化する点に重点を置いて解析を行います。そのため、右図に示すように、「Simple Shaft 01」に定義されたポイント、つまり 6 番目の外側セグメントの右肩に「セクション」を設定します。

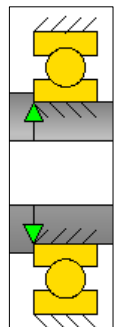


図 34

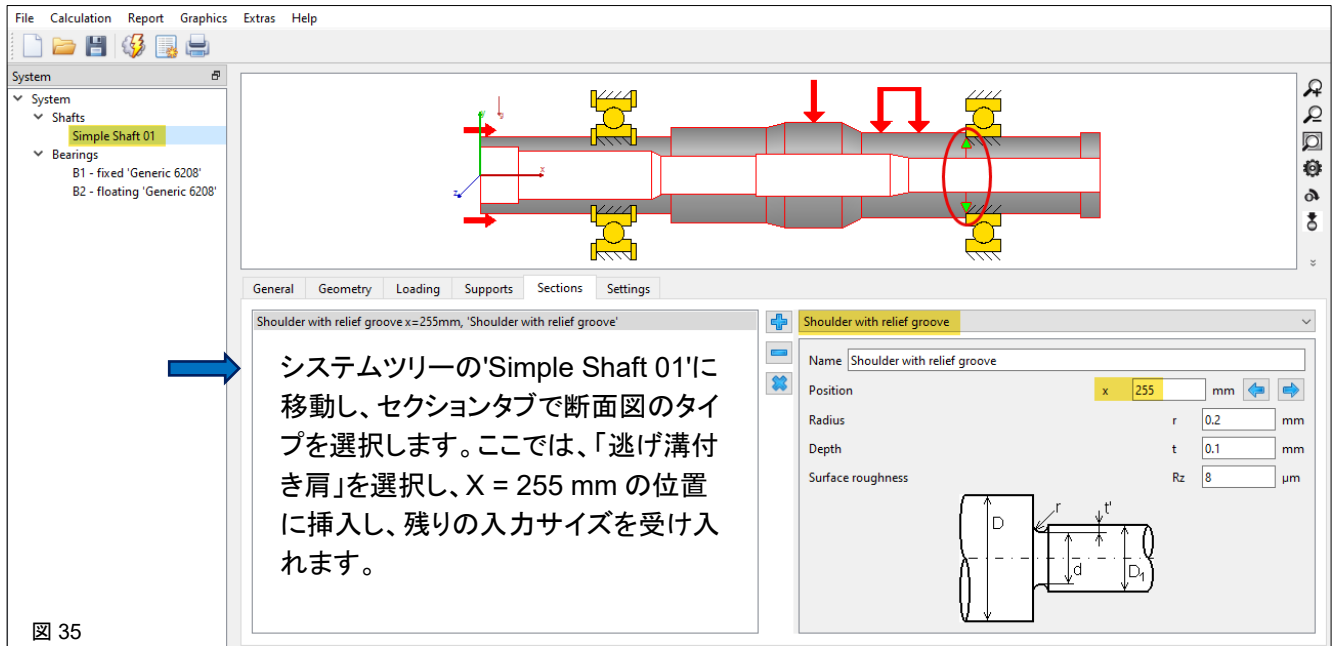


図 35

強度計算には明確な材料定義が必要なので、データベースから選択します(図 36)。

したがって、「システム/シャフト/ Simple Shaft 01」に進み、「一般」タブでシャフトに 42CrMo4 という材質を仮定として割り当てます。

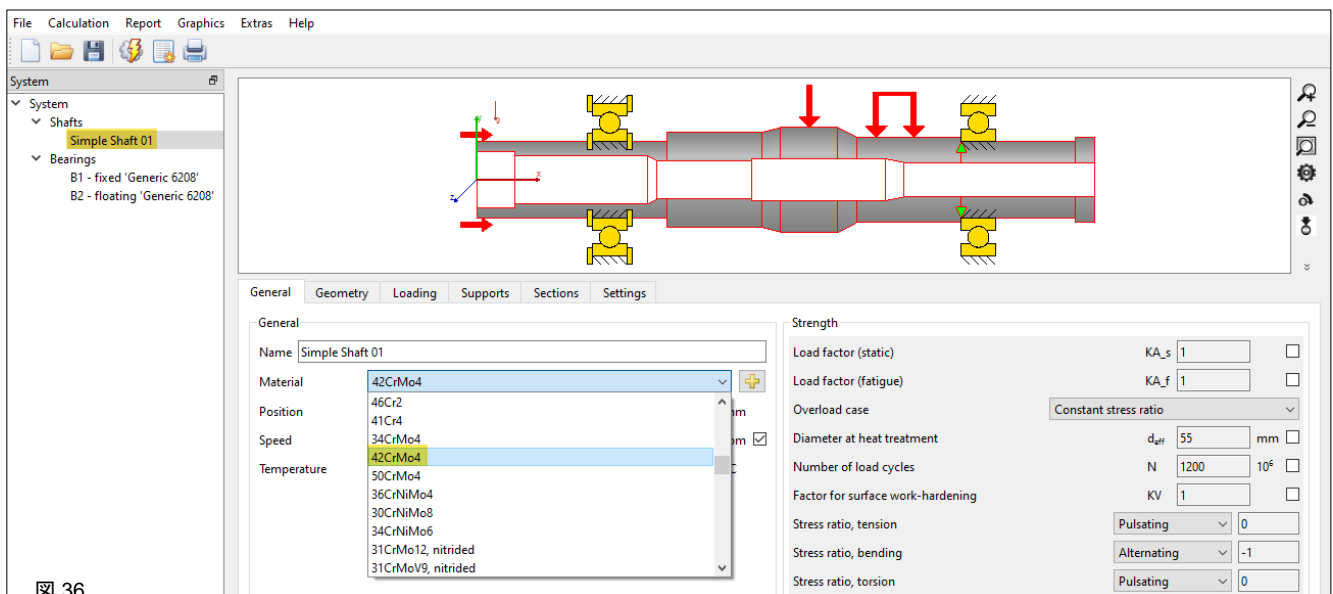
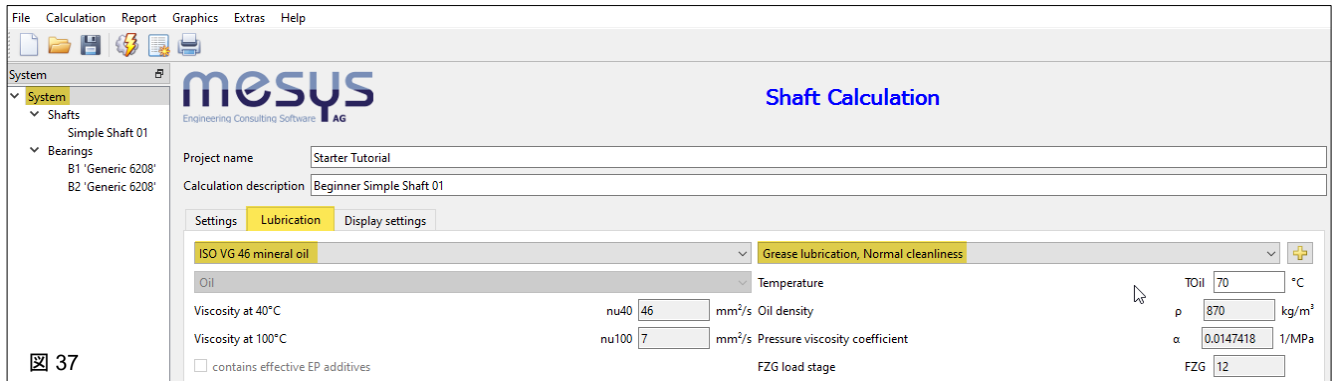


図 36

8. 潤滑

ここでは、シールドされた DGBB を扱い、ISO VG 46 鉱油クラスの標準潤滑油を装着していると仮定します。さらに、アプリケーションは通常の汚染下で実行する必要があります。

通常の清浄度の下での潤滑グリースとして、ISO VG 46 鉱油を選択します。



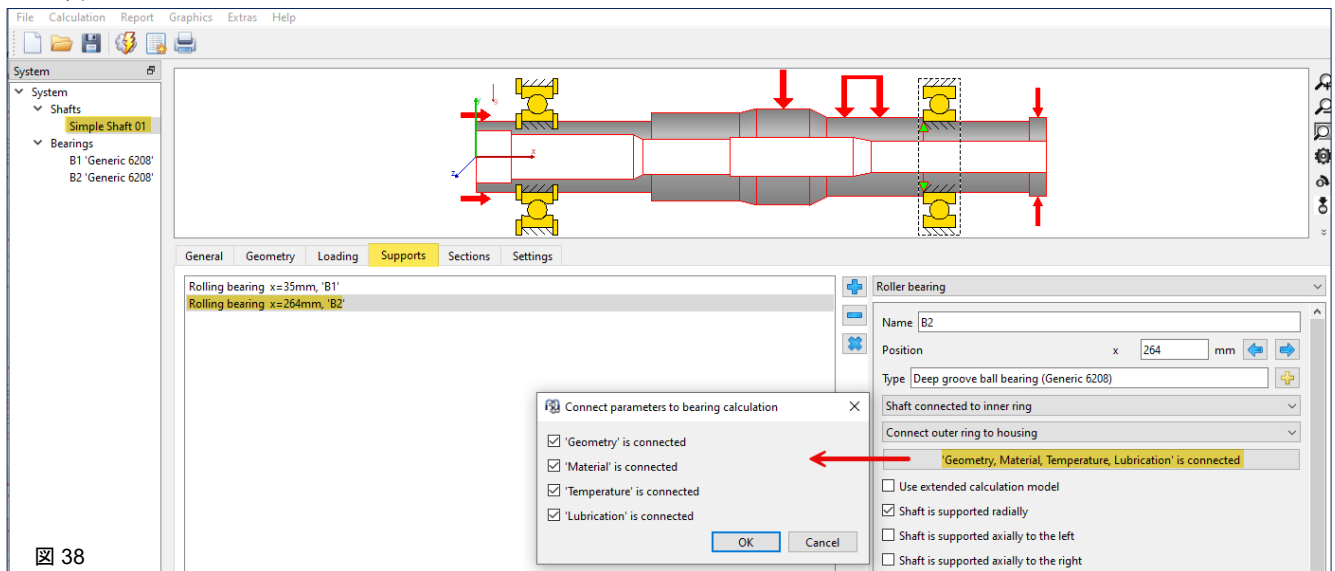
深溝玉軸受のような量産品でシリーズから逸脱した潤滑グリースの選定は、コスト面で現実的でないことがほとんどです。ISO VG 値による基準粘度と使用粘度の比較を推奨します。ただし、通常の粘度基準に加えて、量産品に使用されるグリースは、潤滑油の量、潤滑油の変位スペース、有効な接触応力または摩擦、したがって接触時の潜在的な有効温度の観点からも、その適合性を評価する必要があります。

9. インターフェイス

9.1 ベアリングとシャフト

転がり軸受計算をシャフト計算のプラグインとして考える場合、相対的な主インターフェイスが定義されると仮定することができます。以下の図 38 に表示されているように、'System'/'Shafts'/'...B1 または B2 の下にパラメータの標準的な接続があります：

図 37



次に、プログラム・インターフェイス上でこれらのインターフェイスを見つけて比較してみましょう。上の図 38 の 4 つのチェックボックスすべてにチェックが入っている場合、このステップは必要ありません（デフォルト）！

9.2 形状

System

- System
 - Shfts
 - Simple Shaft 01
 - Bearings
 - B1 'Generic 6208'
 - B2 'Generic 6208'

General Bearing geometry Bearing configuration Material and Lubrication Loading Track roller

Deep groove ball bearing

Inner diameter d 40 mm

Outer diameter D 80 mm

Manufacturer	name	di [mm]	De [mm]	B [mm]	C [kN]	C0 [kN]
Generic	6208	40	80	18	25.735	15.9028
Generic	6207	35	72	17	22.5206	13.5357
Generic	62/32	32	65	17	17.6079	10.4249
Generic	6206	30	62	16	17.6031	10.2484
Generic	62/28	28	58	16	14.6793	8.09764
Generic	6205	25	52	15	12.6793	7.12723

Dynamic load number Cr 25.735 kN

Static load number C0r 15.9028 kN

Fatigue load limit Cur 0.828755 kN

ISO 5753 - C3

ISO 492 - P0

Shaft inner diameter dsi 25 mm

形状はつながっている

9.3 材料

System

- System
 - Shfts
 - Simple Shaft 01
 - Bearings
 - B1 'Generic 6208'
 - B2 'Generic 6208'

General Bearing geometry Bearing configuration Material and Lubrication Loading Track roller

Material

Surface hardness inner race 58 HRC

Core strength inner race MPa

Hardness depth inner race mm

Surface roughness inner race Rq 0.114068 µm

Surface roughness roller Rq 0.114068 µm

Material inner race Steel

Material shaft 42CrMo4

Material housing Steel

Surface hardness outer race 58 HRC

Core strength outer race Rm 1200 MPa

Hardness depth outer race hde 0.232719 mm

Surface roughness outer race Rq 0.114068 µm

Material rolling element Steel

Material outer race Steel

材料はつながっている

9.4 温度

System

- System
 - Shfts
 - Simple Shaft 01
 - Bearings
 - B1 'Generic 6208'
 - B2 'Generic 6208'

General Bearing geometry Bearing configuration Material and Lubrication Loading Track roller

Axial load Fx 75 N

Radial load Fy -780.906 N

Radial load Fz 28.5454 N

Moment My 0.0683181 Nm

Moment Mz 1.9241 Nm

Speed inner ring 1500 rpm

Speed outer ring 0 rpm

Temperature inner ring Ti 25 °C

Temperature outer ring Te 20 °C

ux 0.0409269 mm

uy -0.0149256 mm

uz 0.000490082 mm

ry -0.0106767 mrad

rz -0.152308 mrad

温度が接続されている

9.5 潤滑

System

- System
 - Shfts
 - Simple Shaft 01
 - Bearings
 - B1 'Generic 6208'
 - B2 'Generic 6208'

General Bearing geometry Bearing configuration Material and Lubrication Loading Track roller

Material

Surface hardness inner race 58 HRC

Core strength inner race Rm 1200 MPa

Hardness depth inner race hdi 0.244707 mm

Surface roughness inner race Rq 0.114068 µm

Surface roughness roller Rq 0.114068 µm

Material inner race Steel

Material shaft 42CrMo4

Material housing Steel

Lubrication

ISO VG 46 mineral oil

Grease lubrication, Normal cleanliness

Viscosity at 40°C nu40 46 mm²/s

Temperature TOil 70 °C

潤滑油が接続されている

10. 計算ステップ

10.1 アクティベーション

上記のすべての点と経路を入力し設定すると、シャフトモデルは 1st 計算ステップを開始する準備が整います。

システム / シャフトを選択すると、結果の概要が表示され、右下の端にある縦のタブを使ってトピック別に見ることができます：

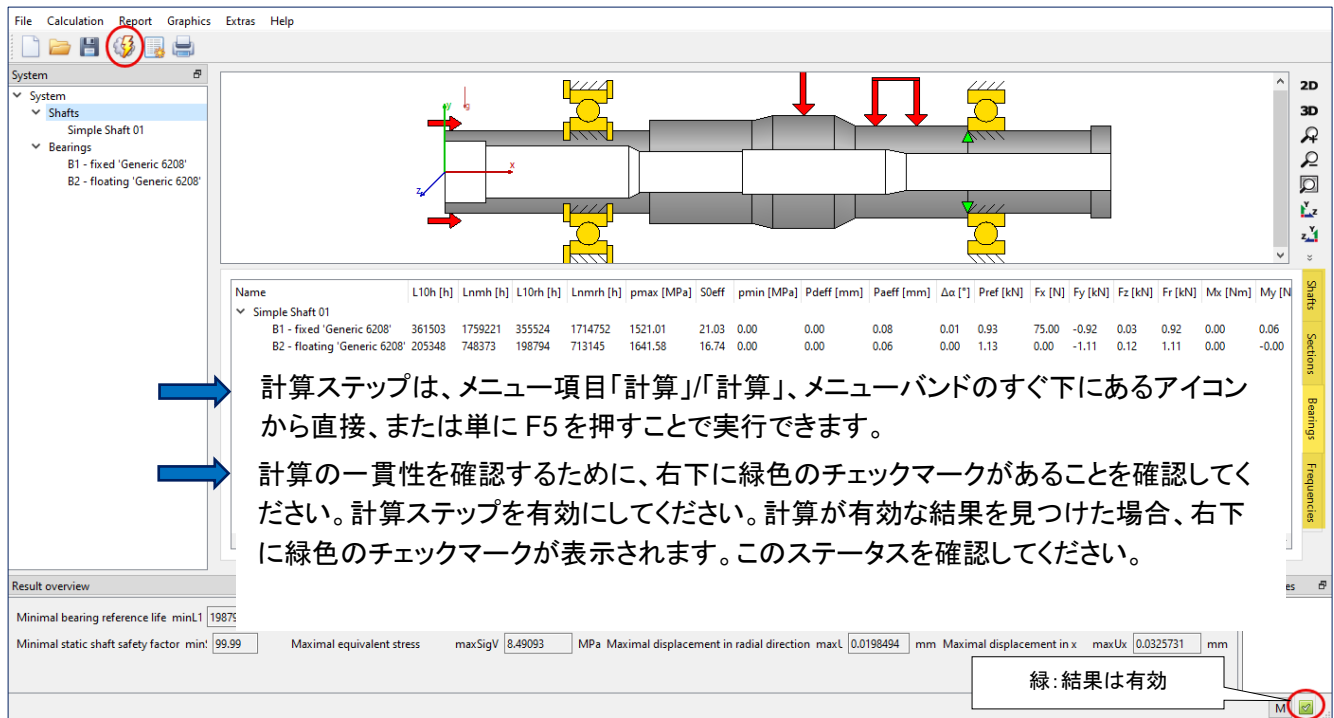


図 43

10.2 結果

結果はさまざまな出力で利用できます。ユーザーインターフェースの下部にあるデフォルトの結果概要(図 43)、軸受力と固有振動数の概要、いくつかのグラフィック、編集可能なレポートがあります。

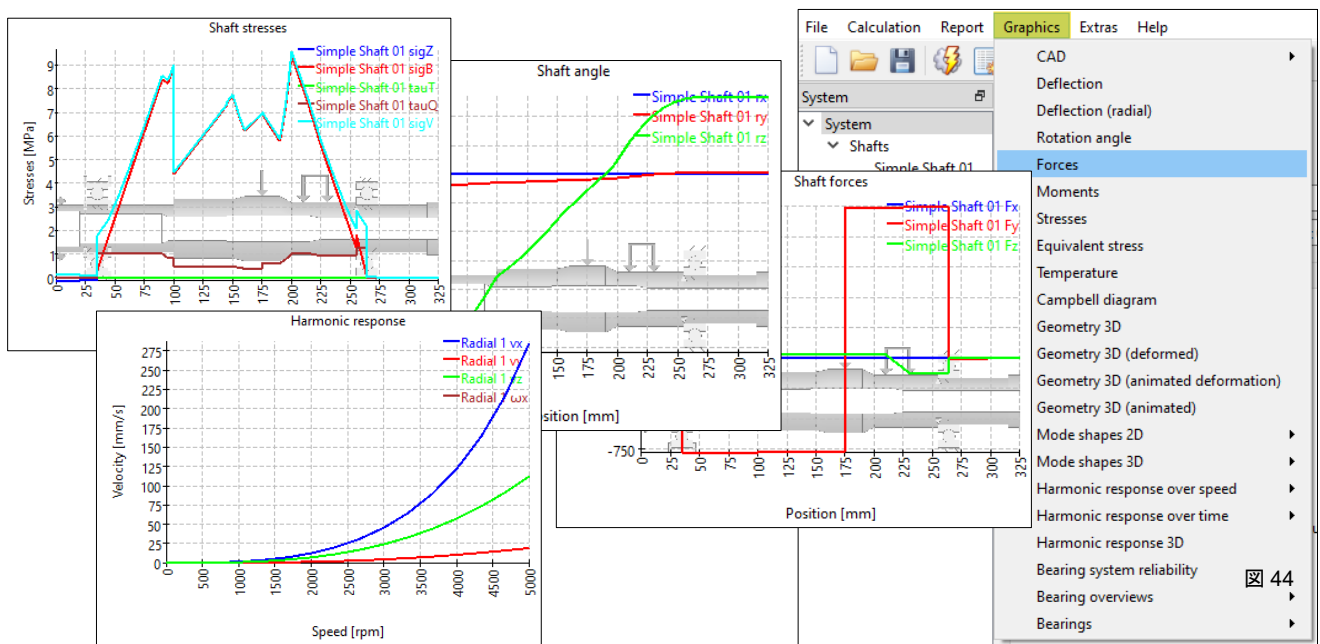


図 44

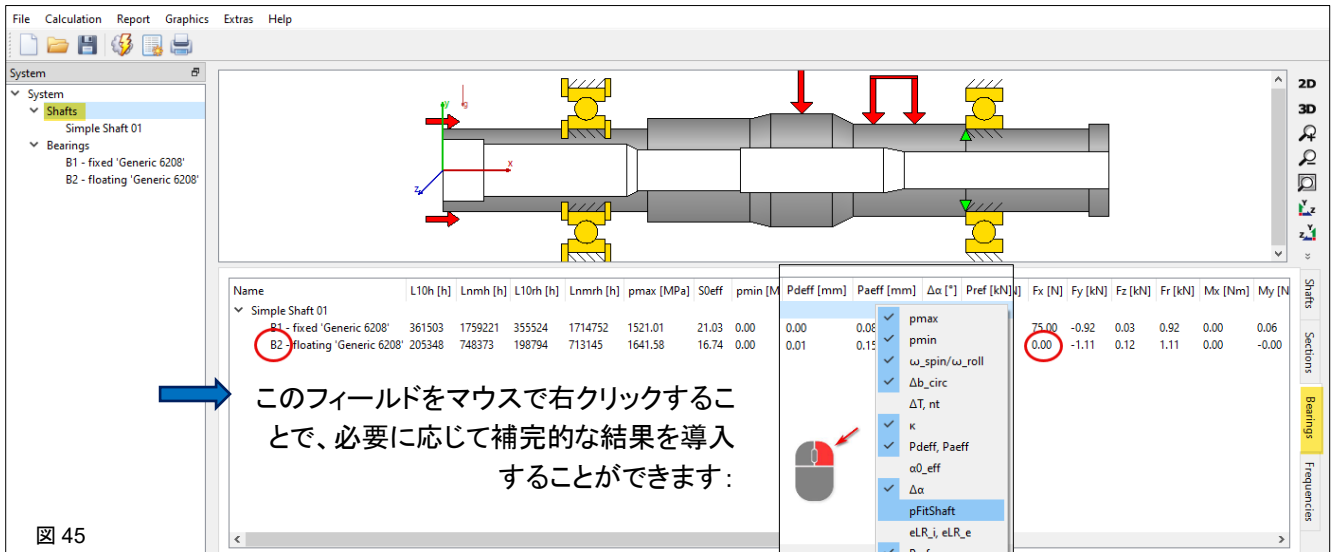


図 45

例えば、 $F_x = 0$ の軸受 B2 が完全にアキシャル方向に無荷重であることから、非位置決め軸受機能が正しく動作していることがわかります (図 45)。

→ 図 46 に示すように、他の結果と追加タブも見てください:

Name	n [rpm]	ΣT [Nm]	ΣP [kW]	minL10h [h]	minLn10h [h]	pmax [MPa]	minS0eff	maxSigV [MPa]	SD	SS	maxUr [mm]	mass [kg]	centerMass [mm]	Jxx [kg m ²]	Jyy [kg m ²]	Jzz [kg m ²]
Welle	1000	-	-	198794	713143	1641.58	16.74	8.49	69.44	99.99	0.02	3.09	172.97	0.0010	0.0212	0.0212

Name	Type	x [mm]	SD	SS	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	rx [mrad]	ry [mrad]	rz [°]
Simple Shaft 01			69.44	99.99												
Shoulder with relief groove	Shoulder with relief groove	255	69.44	99.99	0.000	1.102	-0.116	0.000	1.051	9.761	0.0325	-0.0155	0.0016	0.0000	0.0002	0.2585

Number	f [Hz]	f [1/min]	D [-]	Type
1	20.0296	1201.77	0.0419399	Torsional 'Simple Shaft 01'
2	143.163	8589.79	0.218533	Axial 'Simple Shaft 01'
3	1047.83	62869.6	0.0666211	Radial 'Simple Shaft 01'
4	1264.28	75856.7	0.0856523	Radial 'Simple Shaft 01'
5	1309.46	78567.7	0.0578778	Radial 'Simple Shaft 01'
6	1591.64	95498.3	0.0782232	Radial 'Simple Shaft 01'
7	2473.5	148410	0.059286	Radial 'Simple Shaft 01'
8	2517.23	151034	0.0644119	Radial 'Simple Shaft 01'
9	5110.1	306606	0.0978351	Radial 'Simple Shaft 01'
10	5153.55	309213	0.100553	Radial 'Simple Shaft 01'

注: 周波数の検討が選択されている場合、コンテンツはここに表示されます。

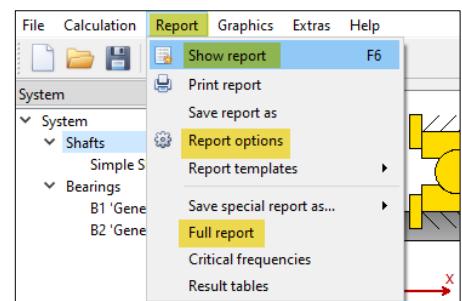
図 46

10.3 レポート

10.3.1 主要レポート

ツールバーボタンまたはメニューのレポート/レポート表示を使用すると、軸計算のレポートが生成されます。また、レポート/全レポートを使用すると、シャフト計算の結果と軸受計算の完全なレポートが生成されます。

図 47



10.3.2 レポートオプション

「レポート」/「オプション」メニューでは、レポートの内容を設定することができます。含まれるグラフィックを選択することができ、レポートのいくつかのセクションは、興味のない場合は破棄することができます。すべての表パラメーターの凡例をレポートに表示することができます。

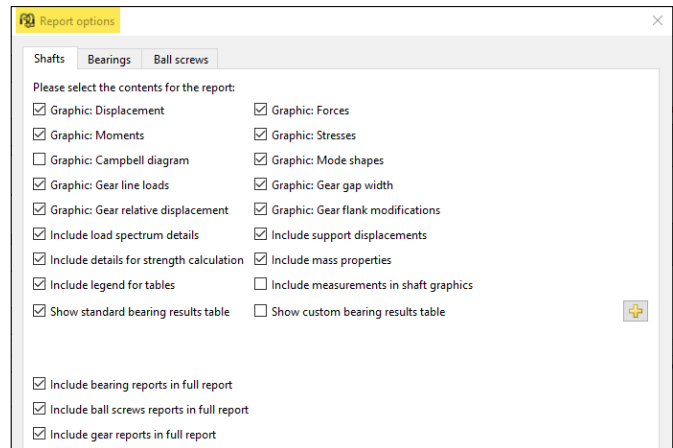


図 48

10.3.3 レポート形式

レポートは.docx 形式などで保存でき、さらに加工が可能です

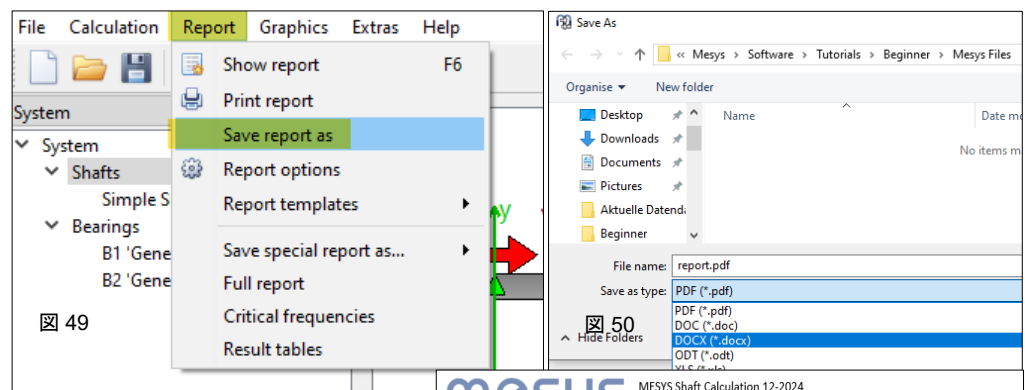


図 49

図 50

レポートのロゴは

「mesys.ini」で設定できます。INI ファイルによる設定を参照してください。この詳細については、[マニュアルの 3.5.2.2 節](#)を参照してください。

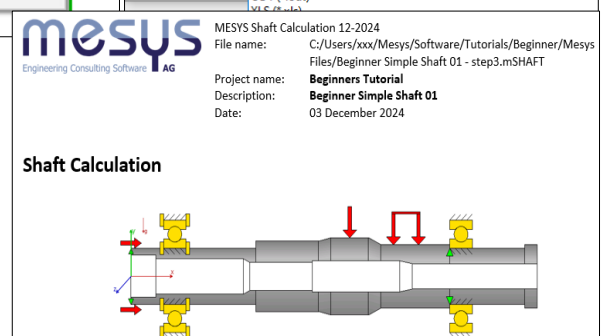


図 51

10.3.4 結果テーブル

	ux [μm]	uy [μm]	uz [μm]	ry [mrad]	rz [mrad]		Fx [N]	Fy [N]	Fz [N]	My [Nm]	Mz [Nm]
1 Bearing stiffness matrices											
2 B1 - fest (Generic 6208)											
3											
4	Fx [N]	3.32011	-9.36438	0.13058	2.37464	79.1575	ux [μm]	4.99918	0.0244	0.00815	-5.45274
5	Fy [N]	-9.36498	116.4	-1.45514	-2.04036	-226.458	uy [μm]	0.02488	0.01113	0.0004	-0.112
6	Fz [N]	0.1306	-1.45514	71.6892	145.094	2.04036	uz [μm]	0.00812	0.0004	0.0204	-3.13602
7	My [Nm]	0.00241	-0.00208	0.14736	0.94654	0.04104	ry [mrad]	-0.00554	-0.00011	-0.00319	1.55081
8	Mz [Nm]	0.08036	-0.23009	0.00208	0.04104	2.04061	rz [mrad]	-0.19395	0.0003	-0.00023	0.17411
9	B2 - lose (Generic 6208)										
10											
11	Fx [N]	2.94889	0.00433	-0.00935	7.57775	72.356	ux [μm]	6.87217	-0.00184	-0.00058	-23.4483
12	Fy [N]	0.00433	123.931	-4.60453	0.12204	-0.99832	uy [μm]	-0.00236	0.00809	0.0005	0.00774
	Fz [N]						uz [μm]				0.09363

図 52

メニュー「レポート」/「結果テーブル」では、マトリックスによって結果データを出力することができます(図 52)。

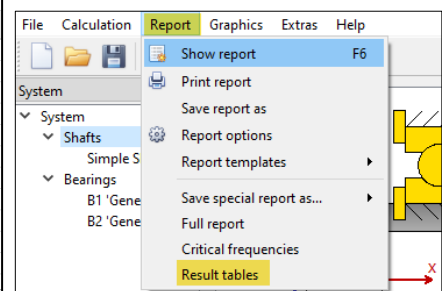


図 53

システムツリーで軸受を右クリックすることで、軸受の詳細結果を示すマトリックスによる結果表を開くことができます(図 54)。

LoadCase	Bearing	Row	Ball	ψ [°]	Q_i [N]	Q_e [N]	F_c [N]	M_g [Nm]	p_i [MPa]	p_e [MPa]	p_{iTrunc} [N]	p_{eTrunc} [N]
1	1	1	1	1	0	0	0.308294	0.308294	0	115.7739	0	115.7739
2	1	1	1	2	40	0	0.308203	0.308203	0	115.7625	0	115.7625
3	1	1	1	3	80	0	0.308023	0.308023	0	115.74	0	115.74
4	1	1	1	4	120	229.7891	230.097	0.307909	0	1244.395	1050.17	1244.395
5	1	1	1	5	160	527.5244	527.8323	0.307867	0	1641.582	1385.015	1641.582
6	1	1	1	6	200	465.6562	465.9641	0.307875	0	1574.721	1328.638	1574.721
7	1	1	1	7	240	119.9481	120.256	0.30793	0	1001.95	845.9113	1001.95
8	1	1	1	8	280	0	0.308069	0.308069	0	115.7458	0	115.7458
9	1	1	1	9	320	0	0.308234	0.308234	0	115.7664	0	115.7664

図 54

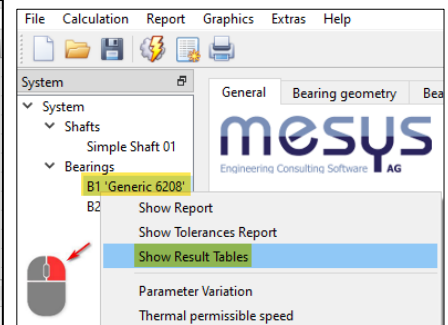


図 55

10.3.5 精度レポート

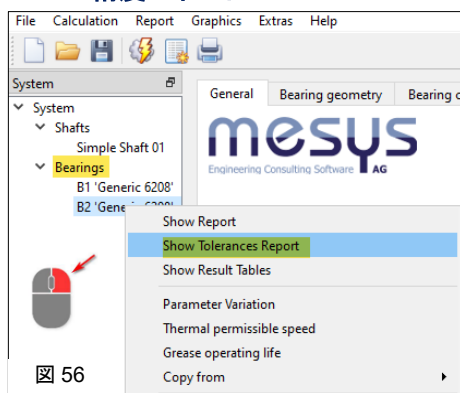


図 56

さて、この練習の実践的な内容に戻ろう。問題は、私たちが選んだ適合が、意図したスピードと温度に対して正しいものかどうかを理解することです。

公差の特別レポートは、'B1'または'B2'を右クリックして作成することができます(図 56)。転がり軸受の公差、ラジアルまたはアキシャルすきまが、'System'/'Shafts'/'Bearing'/'B1'または'B2'の'Bearing geometry'(図 29 参照)タブに割り当てられている場合、軸受座の圧力と干渉、およびその結果としての最小、平均、最大、および確率の軸受すきまを出力することができます。「フルレポート」(図 47)を印刷する場合は、上記の情報が既に含まれています。

それでは、ISO 公差等級 6/7(図 29 参照)、遠心力、温度を考慮した上で、軸受シートでの干渉の様子と、B1に残された残留すきまを見てみましょう:

➡ B1 の精度レポートを印刷する。

表 1

Properties for different clearance		Minimum	Minimum probable	Mean value	Maximum probable	Maximum	Unit
Nominal diametral clearance	P_d	6.00	7.99	13.00	18.01	20.00	μm
Tolerance shaft	Δd_s	18.00	15.71	10.00	4.29	2.00	μm
Tolerance bearing inner ring	Δd_i	-12.00	-10.29	-6.00	-1.71	0.00	μm
Interference inner ring	i_w	28.40	24.40	14.40	4.40	0.40	μm
Effective interference inner ring	i_{w_iop}	28.39	24.39	14.39	4.39	0.39	μm
Pressure inner ring	p_{Fit_i}	20.14	17.30	10.20	3.11	0.28	MPa
Tangential stress inner ring	σ_{gt_i}	101.64	87.33	51.55	15.77	1.46	MPa
Mounting force inner ring ($\mu\text{fit}=0.1$)	F_{fit_i}	4556.3	3913.7	2308.2	704.3	63.1	N
Tolerance bearing outer ring	ΔD	0.00	-1.56	-6.50	-11.44	-13.00	μm
Tolerance housing	ΔD_h	0.00	3.59	15.00	26.41	30.00	μm
Interference outer ring	i_{w_e}	-1.60	-6.75	-23.10	-39.45	-44.60	μm
Effective interference outer ring	i_{w_eop}	-1.60	-6.75	-23.10	-39.45	-44.60	μm
Pressure outer ring	p_{Fit_e}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MPa
Tangential stress outer ring	σ_{gt_e}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	MPa
Mounting force outer ring ($\mu\text{fit}=0.1$)	F_{fit_e}	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N
Change of diametral clearance	ΔP_d	-19.24	-13.66	-9.76	-5.86	-0.28	μm
Effective diametral clearance	P_{deff}	-13.24	-5.67	3.24	12.15	19.72	μm
Effective axial clearance	P_{aeff}	-	-	75.80	146.46	186.23	μm
Effective free contact angle	α_{0eff}	0.00	0.00	4.89	9.48	12.09	°

表 1 を見ると、「有効はめ合い内輪」の内輪でののはめ合いは、最悪のケース（最大）でもまだプラスであることがわかります。一方、残留ラジアルすきまは、最小確率でもはや十分ではありません！
また、回転負荷で回転する内輪は、おそらく 20°C より高い温度になることも考慮しなければなりません。

→ シャフトの温度を 25°C に変更します。

→ 両軸受のラジアルすきまをクラス C3 に変更します。

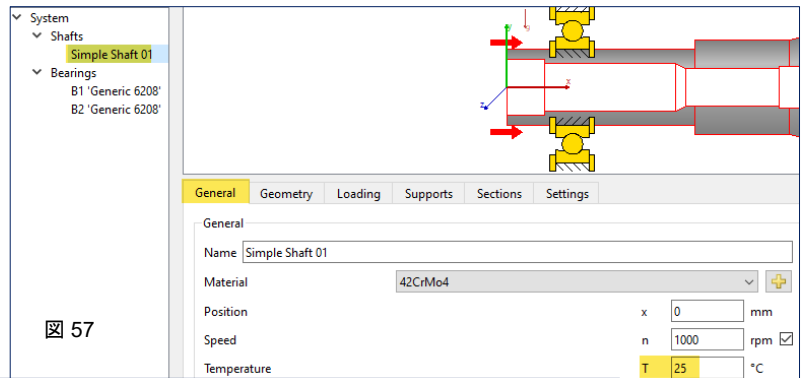


図 57

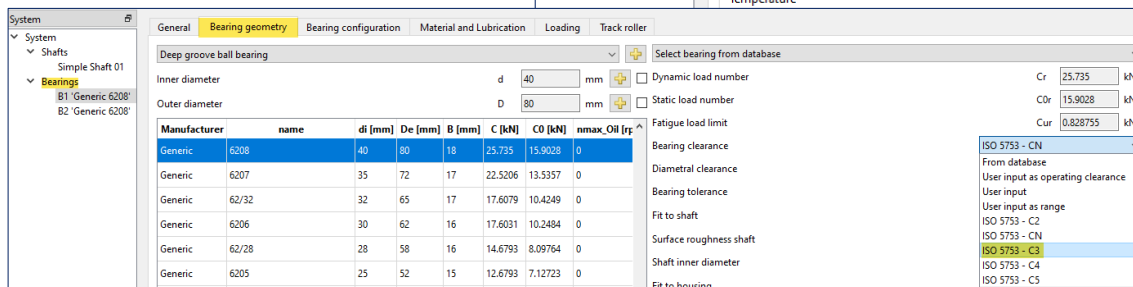


図 58

→ 公差レポートを再度実行します

表 2

Properties for different clearance		Minimum	Minimum probable	Mean value	Maximum probable	Maximum	Unit
Effective diametral clearance	Pdeff	-8.33	0.34	10.15	19.96	28.64	μm
Effective axial clearance	Paeff	-	24.61	133.94	187.32	223.82	μm

表 2 から、内部すきま C3 がラジアル予圧を防止できることがわかります。しかし、温度勾配は通常正確にはわかりません、このすきまの設計は実際にもう一度確認する必要があることに注意すべきです。

11. 解析

11.1 下部の結果ウィンドウ（結果の概要）

図 59

Result overview															
Minimal bearing reference life minL10h		174263	h	Minimal bearing modified reference life minLnmrh		586842	h	Minimal static safety for bearings (ISO 17956) minS0eff		15.7913	Minimal dynamic shaft safety factor minSD		69.4045		
Minimal static shaft safety factor minSS		99.99		Maximal equivalent stress maxSigV		8.49414	MPa	Maximal displacement in radial direction maxUr		0.0239788	mm	Maximal displacement in x maxUx		0.0486353	mm

上記のツールチップウィンドウには、最小修正基準寿命、構造安全係数、等価応力、シャフトの変形からのアキシャル方向およびラジアル方向の最大変位など、シミュレーションの重要な結果が表示されます。

11.2 下部の結果ウィンドウ

Name	L10h [h]	Lnmrh [h]	pmax [MPa]	S0eff	pmin [MPa]	Pdeff [μm]	Paeff [mm]	Δa [°]	Pref [kN]	Fx [N]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fr [kN]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]	Mr [Nm]	ux [mm]	uy [mm]	uz [mm]	ur [mm]	rx [mrad]	ry [mrad]	rz [mrad]	rr [°]
Simple Shaft 01																									
B1 - fixed 'Generic 6208'	306782	1368890	1552.84		19.76	0.00	10.15	0.13	0.01	0.97	75.00	-0.92	0.03	0.92	0.00	0.07	1.93	1.93	0.0340	-0.0167	0.0005	0.0167	-0.0098	-0.0938	0.3244
B2 - floating 'Generic 6208'	174263	586842	1673.77		15.79	0.00	9.01	0.13	0.00	1.18	0.00	-1.11	0.12	1.11	0.00	-0.00	0.01	0.01	-0.0019	-0.0188	0.0017	0.0189	-0.0001	0.0764	0.2626

図 60

- > -ヘルツ圧 (pmax) の値は妥当なレベルです。
- > -有効平均ラジアルすきま (Pdeff) は正の値を持つ。
- > -傾き (rr) は、メーカーが指定する許容値の範囲内です。
- > -修正基準定格寿命 (Lnmr) は特に快適なレベルにある。

11.3 グラフィック

多数のシャフトと軸受のパラメータをグラフィカルに表示し、アプリケーションを詳細に分析することができます。

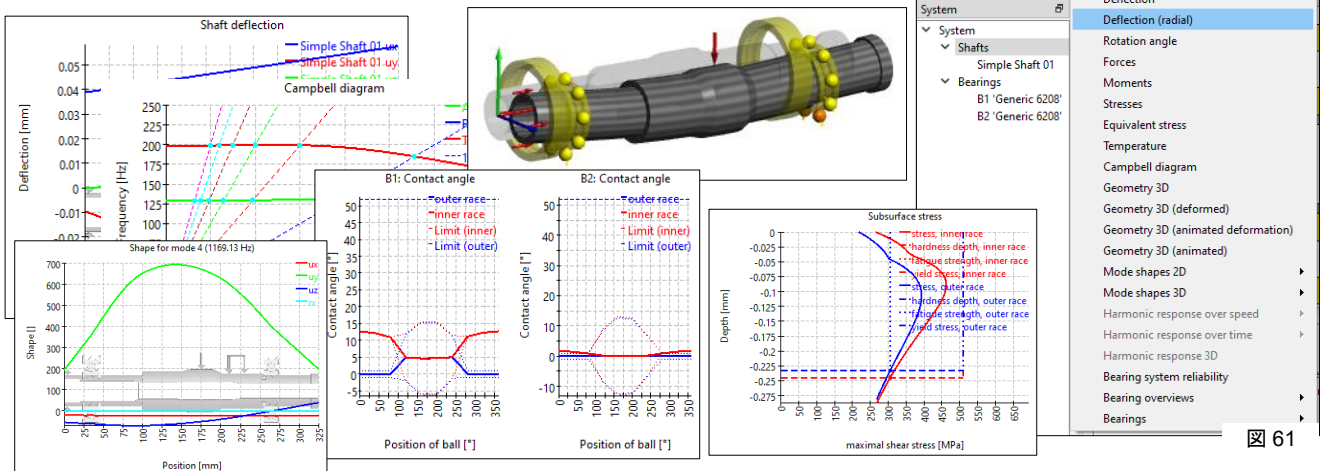


図 61

11.4 荷重スペクトル

アプリケーションの挙動を分析するもう一つの方法は、異なる条件または荷重状態を考慮することです。そのような条件下での荷重スペクトルを用いて作業します。

システムページで荷重スペクトル計算のフラグが設定されている場合、システムツリーに荷重スペクトルと題された項目が追加表示されます。

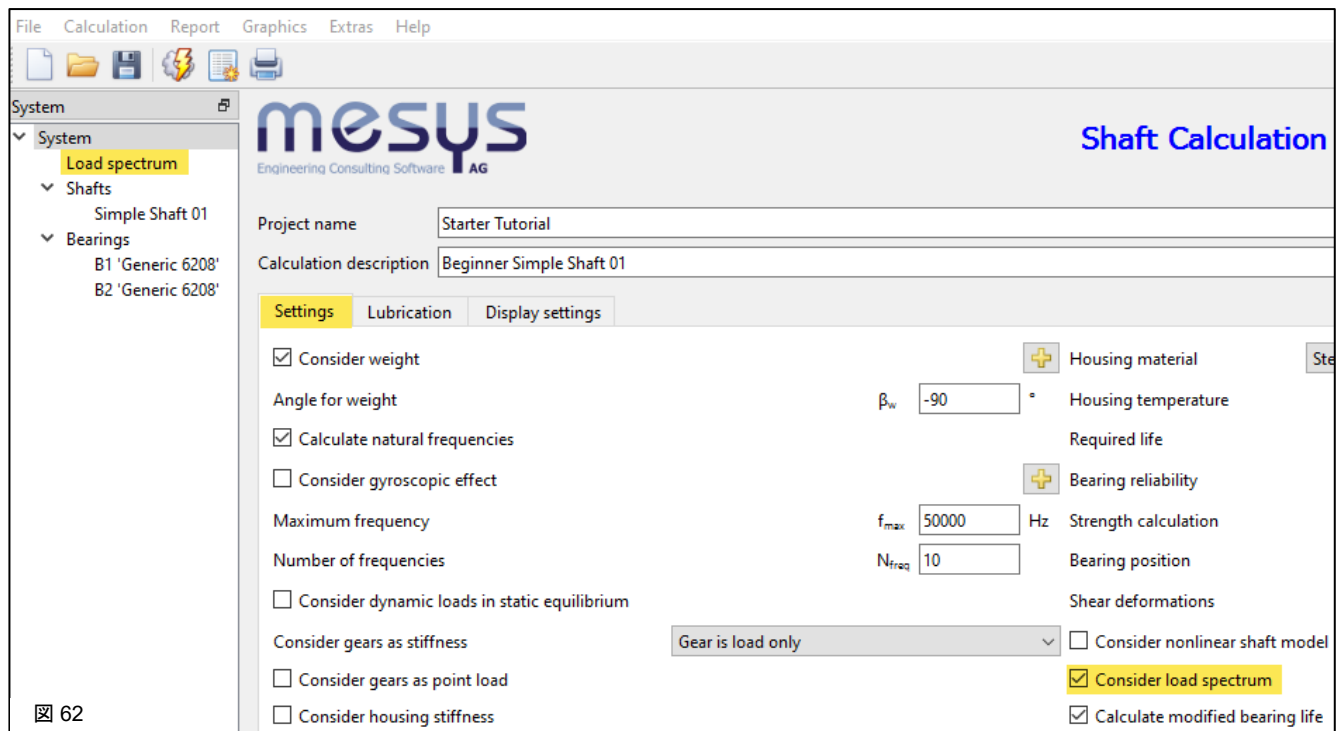


図 62

➡ 対応するフィールドで荷重スペクトラムモードを有効にします。

この設定では、以下の図 63 に示すように、コンテキストメニューから変数パラメータをテーブルにロードし、値を割り当てることができます：

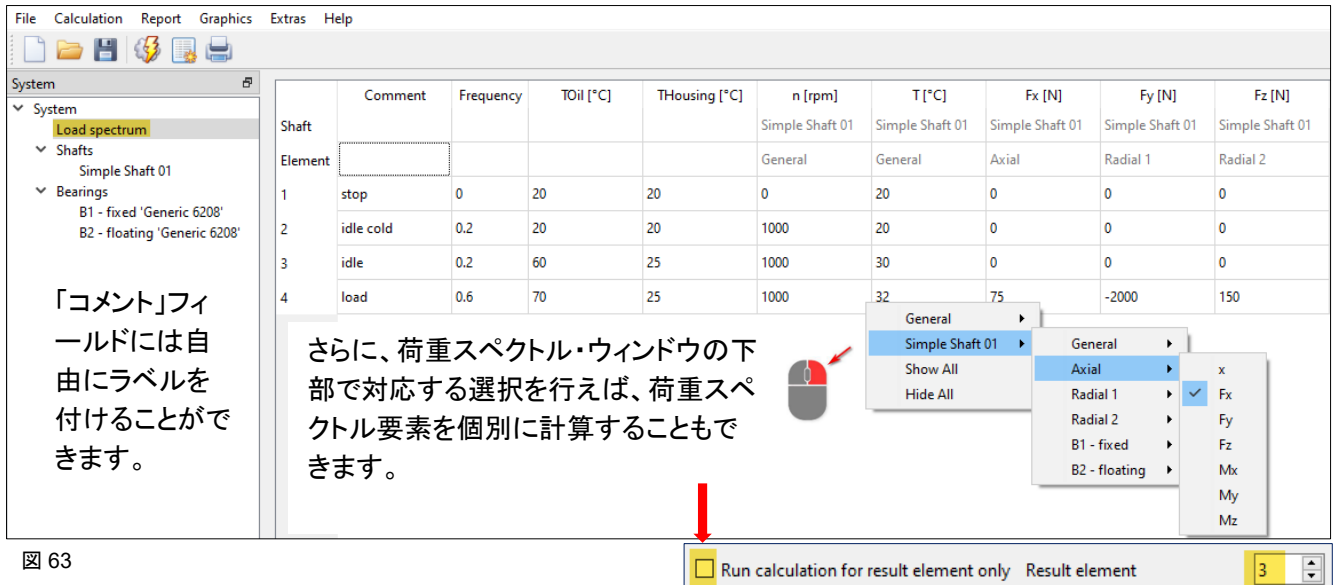


図 63

- ➡ 図 63 の内容に従って荷重スペクトルを入力する。
- ➡ 対応するボタンを使ってシャフトを計算する。
- ➡ 下の結果ウィンドウで結果を評価する。
- ➡ 荷重スペクトルモードを解除する。



Consider load spectrum

11.5 パラメーターバリエーション

メニュー「計算」/「パラメータバリエーション」を使用すると、パラメータバリエーション用のダイアログが表示されます。このダイアログを使用すると、表やグラフィックでパラメータを調べることができます。典型的なアプリケーションは、例えばすきまに対する寿命、荷重に対する変位、あるいは温度に対するすきまの可視化です。オプションでパラメータの最大、最小の最適化も可能です。パラメータバリエーションに関する一般的な情報は、[マニュアルの 1.6 節](#)に記載されています。

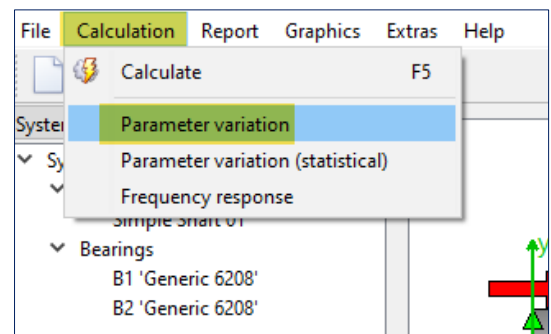
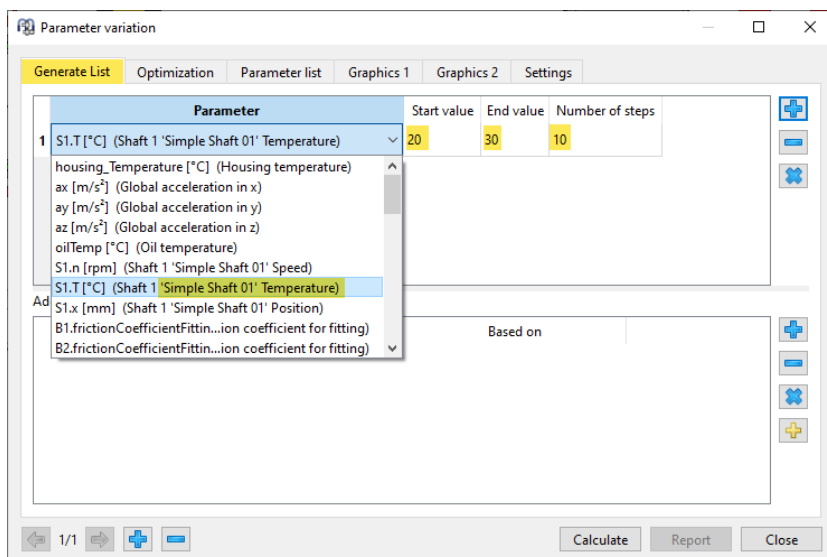
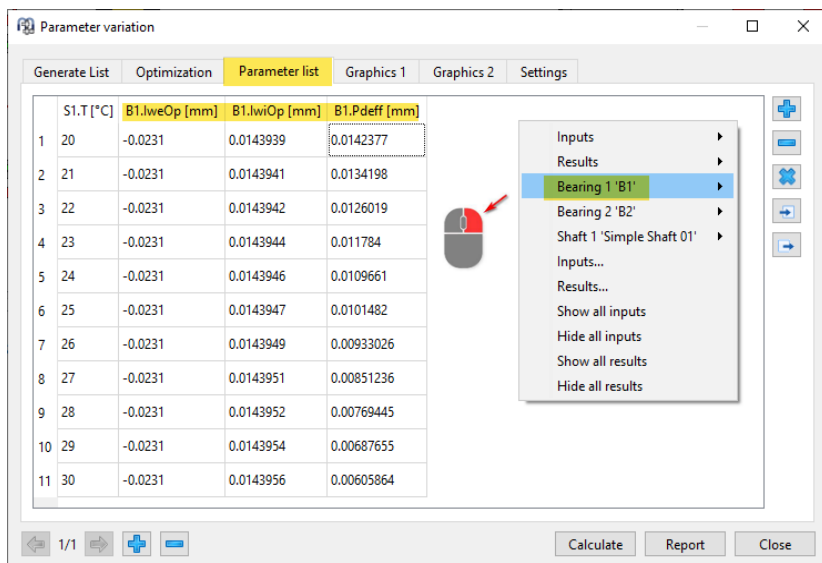


図 64



「リスト作成」では、1つ以上のパラメータを設定できます。これらは「追加ルール」で補足できます。

図 65

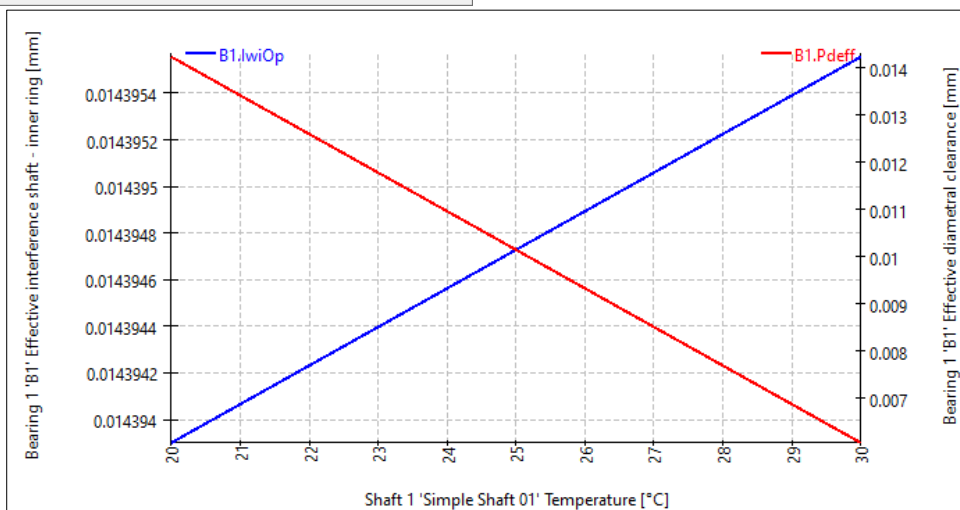


「パラメータ リスト」タブでは、指定されたパラメータ化に基づいて必要なパラメータ結果をコンテキスト メニューから選択できるようになりました。

図 66

ラジアルすきまと有効平均はめ合い/内輪を解析するためのシャフト温度のパラメータ化。

図 67



➡ 上記のパラメータ調査を行います。

MESYS のチュートリアルが、皆様にとって有益でためになる経験となることを願っております。ご質問、ご提案、お問い合わせがございましたら、info@mesys.ch ご連絡ください。