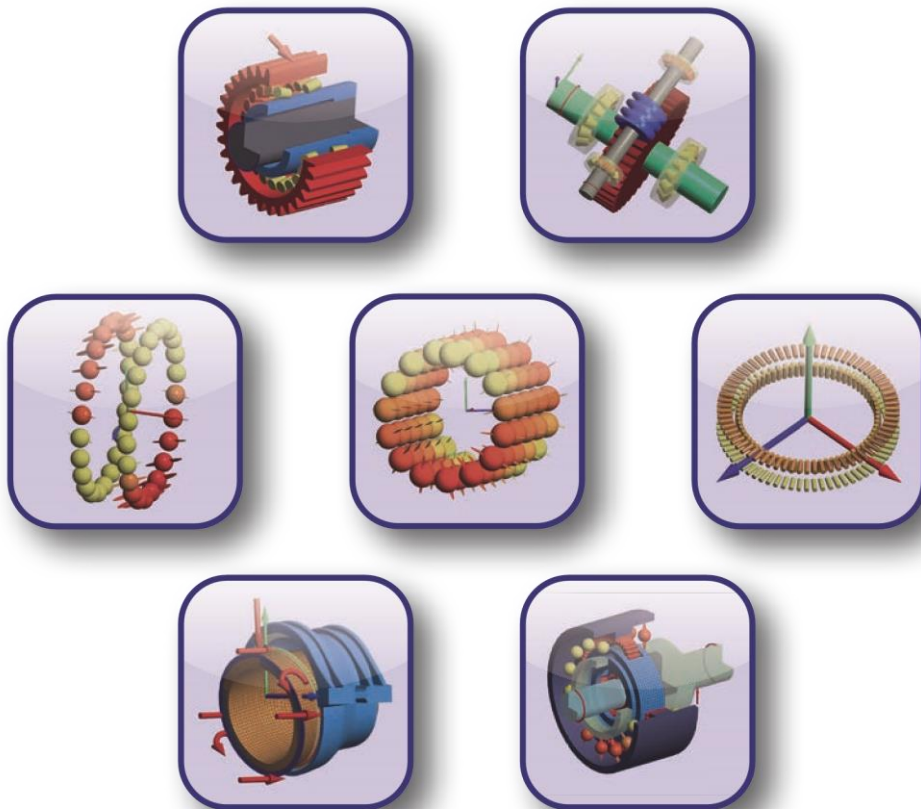


# MESYS

## Calculation software For mechanical engineering

機械設計者のための  
転がり軸受 設計計算ソフトウェア



# Calculation software for mechanical engineering

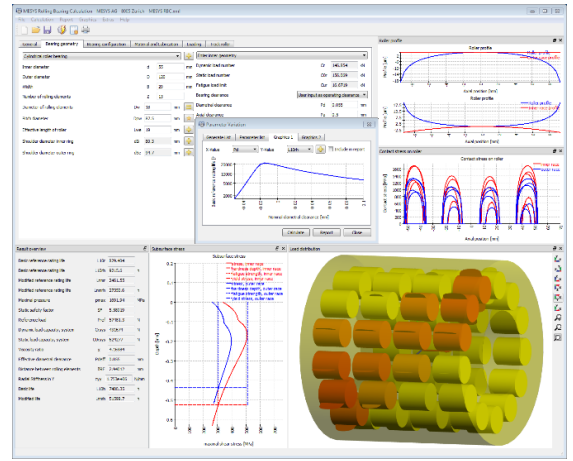
機械設計者のための設計計算ソフトウェア

チューリッヒ(スイス)にある MESYS AG 社は、機械設計者向けのパッケージソフトウェアの開発と客先向け専用ソフトウェアの開発、エンジニアリングサービスを提供しています。

## Roller bearing analysis

転がり軸受解析ソフトウェア

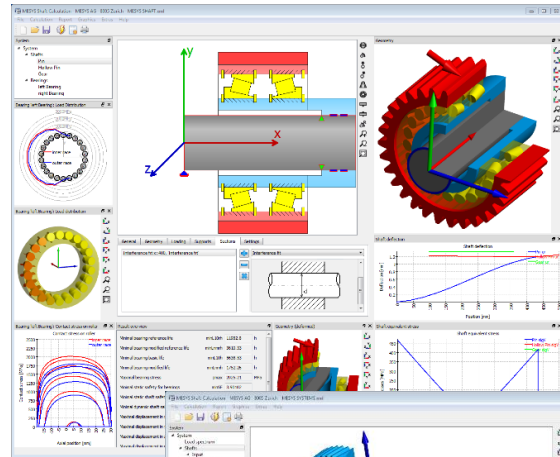
- 軸受内の荷重分布
- ISO / TS 16281 に準拠した寿命計算
- 内部すきま、傾き角、遠心力、荷重スペクトルの影響を考慮
- 外輪を弾性体として考慮したトラックローラーの計算
- 各種パラメータサーベイ機能



## Shaft analysis

シャフト解析ソフトウェア

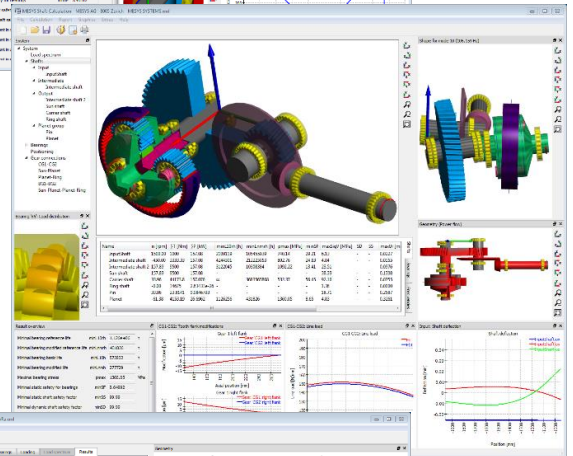
- 非線形な軸受剛性を考慮した、軸受とシャフトの統合解析
- 強度計算(DIN 743 に準拠)
- 固有振動数の計算
- 同軸シャフト
- 荷重スペクトル
- 各種パラメータサーベイ機能



## Shaft systems

シャフトシステム解析ソフトウェア

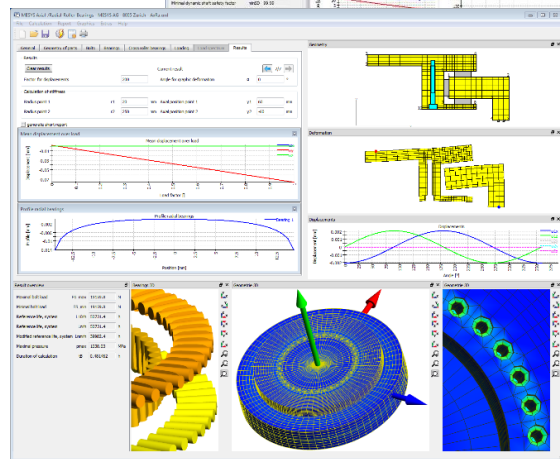
- 歯車対によるシャフトの組み合わせ
- 歯車計算ソフトウェアとのデータ変換
- 回転速度の計算
- システムレベルでの固有振動数の計算
- 荷重スペクトルとギヤシフト
- 3次元弾性体としてのハウジングおよび遊星キャリア



## Axial-radical cylindrical roller bearings

アキシャルラジアル円筒ころ軸受解析ソフトウェア

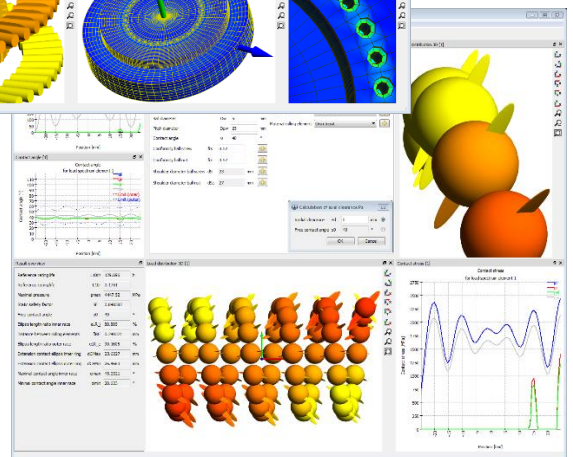
- 有限要素法をベースとした、スラストころ軸受解析ソフトウェア
- 軌道輪の変形を考慮



## Ball screws

ボールネジ解析ソフトウェア

- アキシャルおよびラジアル方向への荷重や傾斜モーメントに対するボールネジ荷重分布の計算
- ISO / TS 16281 に準拠した寿命計算
- シャフト解析との統合
- 各種パラメータサーベイ機能



ソフトウェアは、32 ビット、64 ビットのウィンドウズ、及び MacOS で利用できます。ユーザーインターフェイスとレポートは、様々な言語に切り替えて利用でき、英語の他に日本語、ドイツ語、フランス語、スペイン語、韓国語、中国語に対応しています。

# Bearing calculation according to ISO/TS 16281

## ISO/TS 16281 による軸受計算

ISO / TS 16281(2008)による軸受寿命計算は、標準化された最新の軸受の寿命計算です。軸受寿命は、各々の転動体における荷重分布を使って計算され、特別な外力の影響のみならず、傾斜モーメントや内部すきま、予圧の影響も考慮できます。

5つの自由度に対して、荷重または変位、回転のいずれかを指定できます。ISO 281による基本的な計算によって、寿命に対する潤滑油の影響を考慮することができます。

### The software is considering the following effects:

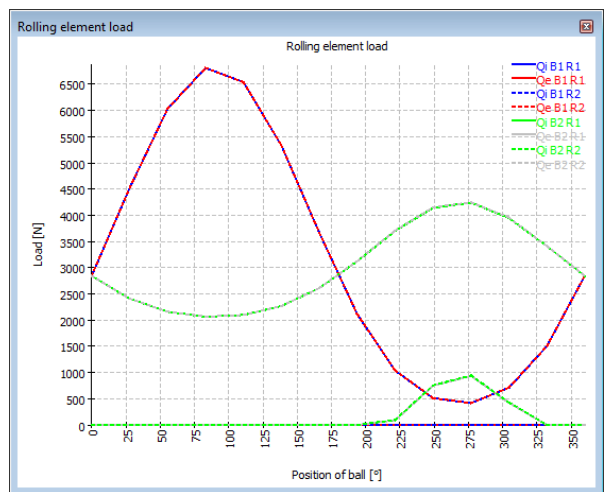
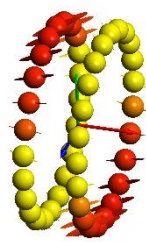
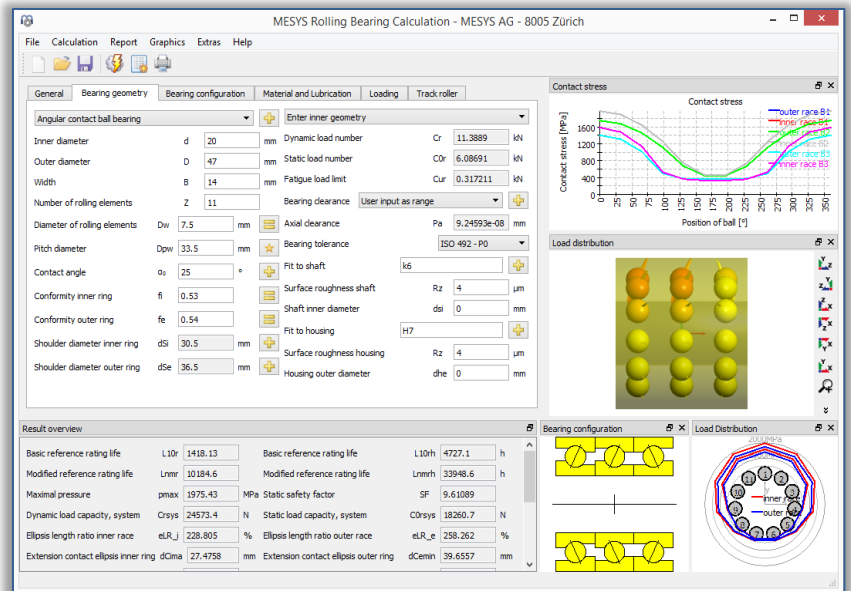
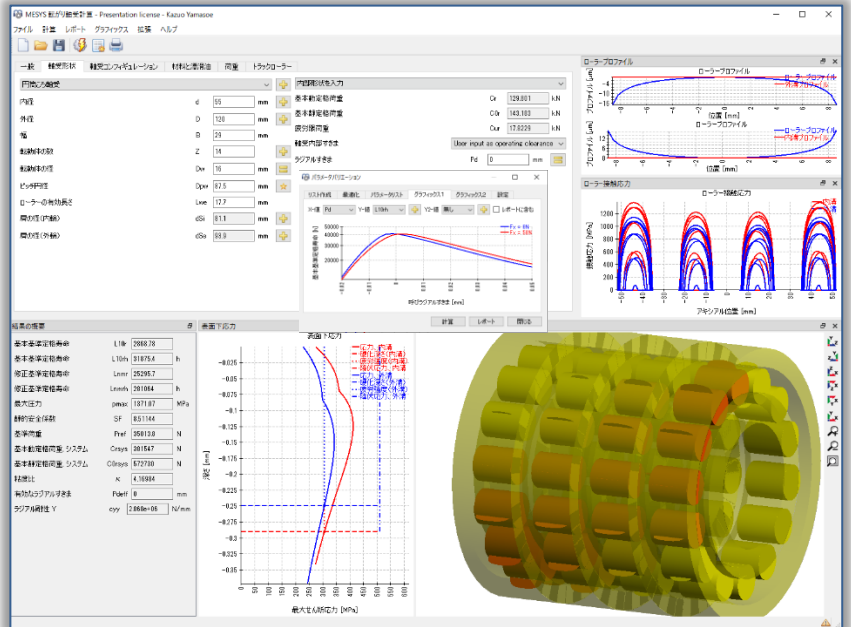
ソフトウェアは、以下の影響を考慮します。

- 軸受の内部すきま
- 熱による内部すきまへの影響
- はめあいによる内部すきまへの影響
- ローラープロファイル
- 遠心力による荷重
- 硬さの低下による寿命低下
- 潤滑剤および潤滑剤の膜厚
- 荷重スペクトル
- 複数の軸受セット
- ハイブリッド、セラミック軸受
- 信頼性
- トラックローラーにおける外輪の弾性変形(拡張モジュール)

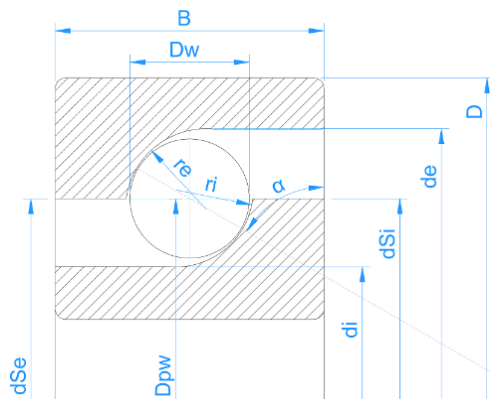
### As results you will get

結果として、

- 軸受内部の荷重分布
- ヘルツの接触応力
- 必要な硬さの深さを知るための、表面下の応力分布
- 玉軸受の荷重依存による摩擦モーメント
- 荷重時の接触角
- 軸受の変位と傾き
- 最小の膜厚
- スピン/ロール比
- 圧力楕円の範囲
- 軸受セットの荷重分布



転動体の荷重分布



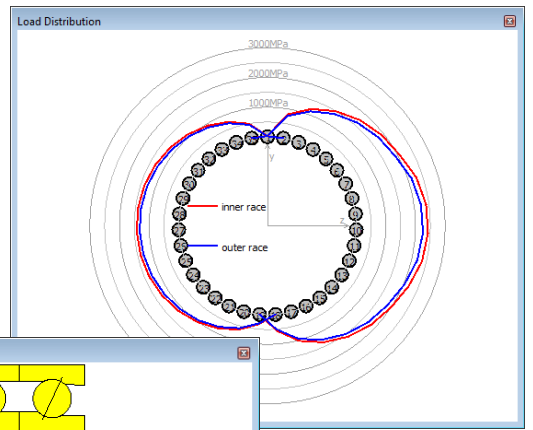
# Typical applications

代表的なアプリケーション

## Single bearing under tilting moment

傾斜モーメント下での単一の軸受

一般的な軸受において、傾斜モーメントは無視されていますが、トラックローラーや旋回ベアリングにおいては傾斜モーメントは、主な荷重となります。円筒ころ軸受において、荷重分布や寿命に対する傾きの影響を確認することができます。



## Sets of angular contact bearing

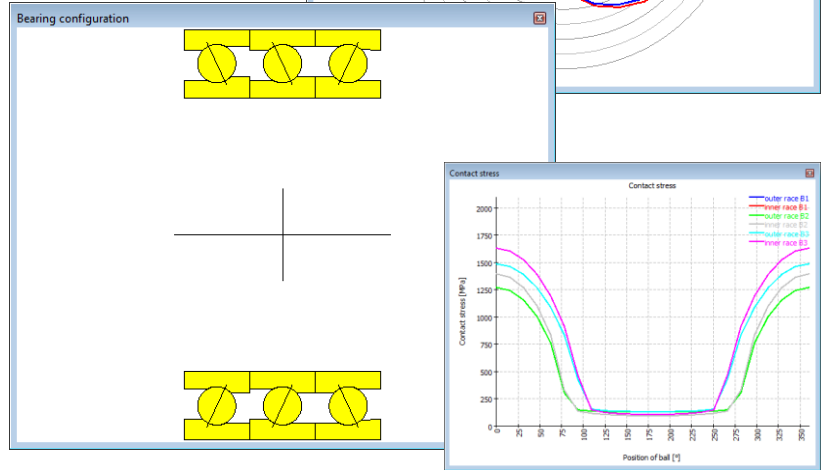
アンギュラ玉軸受のセット

アンギュラ玉軸受は、しばしばセットで利用されますが、各々の軸受間の荷重分布を評価することは、簡単ではありません。

ソフトウェアを使用すると、予圧がかかった軸受セットの依存関係下において、各々の軸受における荷重分布、寿命、剛性を計算することができます。

予圧は、各軸受に個別に設定することができます。

これにより、ユーザーは予圧が十分な大きさか、軸受は各荷重ケースにおいて負荷を受けるかどうかをチェックできます。



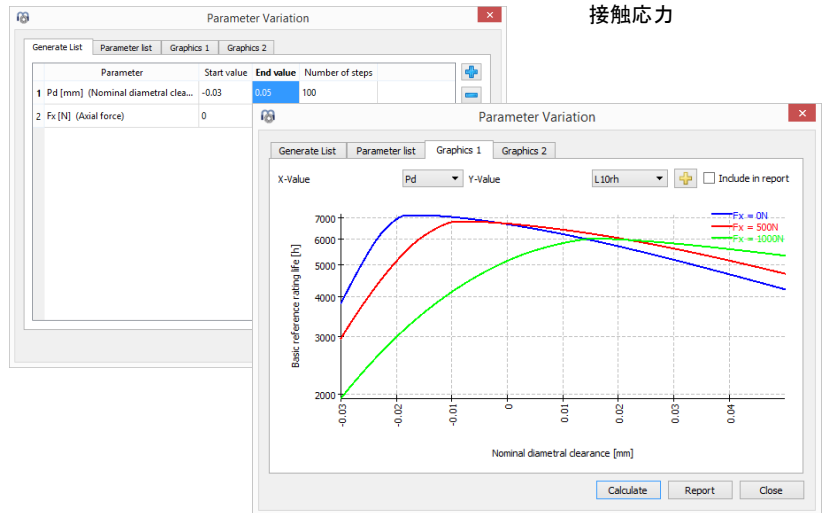
## Influence of clearance and pretension

内部すきまと予圧の影響

軸受寿命と荷重分布に対する、軸受の内部すきまと予圧の影響について評価することができます。

はめあい、熱、遠心力の影響、及びオプションとして弾性膨張による内部すきまの変化は、運転すきまとして設定できます。

パラメータサーベイを利用することにより、軸受の寿命と圧力に対する内部すきまの影響を、明確に表現することができます。



接触応力

内部すきまと寿命

## High speed

高速回転

ほとんどの場合、軸受内輪は外輪よりも高い負荷を受けます。高速になると、遠心力により負荷が変化します。接触角についても同様に変化します。

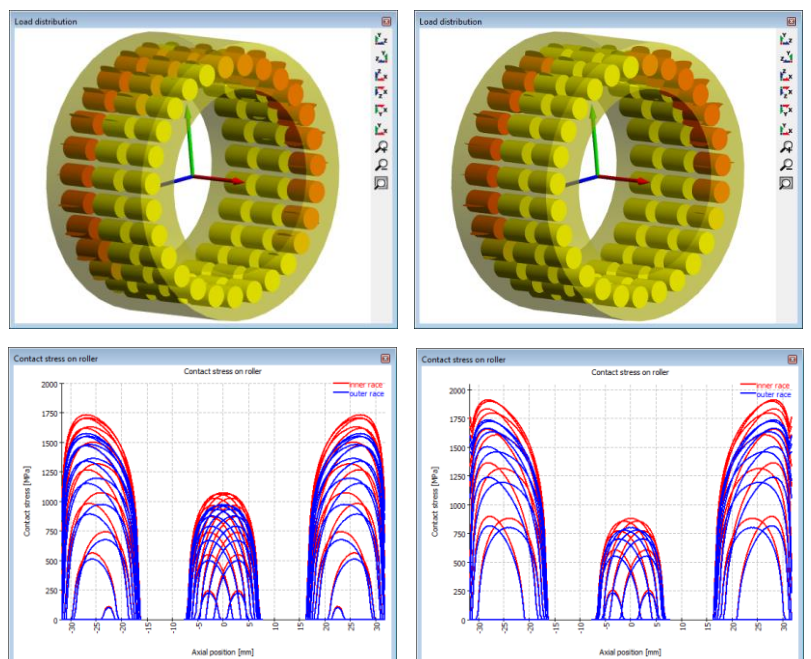
## Support of a plant gear using several cylindrical roller bearings

複数の円筒ころ軸受を使った遊星歯車の保持

遊星歯車装置の遊星歯車は、複数の円筒ころ軸受で保持されています。はすば歯車を使用すると、ラジアル荷重に加えて傾斜モーメントを発生します。この傾斜モーメントは、軸受セットにて保持されなければなりません。

軸受の内部すきまは、歯車の接触にとって最小でなければならない傾き角と、傾きを避けなければならない軸受内の荷重分布に、影響します。

これは、異なる内部すきまの3組の円筒ころ軸受における荷重分布の例を表しています。



内部すきまの違いによる荷重分布/接触応力

# Specialties for track rollers

## トラックローラー用の特別機能

外輪がハウジングによってサポートされている軸受とは対照的に、トラックローラーにはそのようなサポートはありません。荷重は、外側のリング上の点にかかります。これにより外輪が変形してしまうので、通常より外輪が強くなっているわけです。

トラックローラー向けに拡張された転がり軸受解析ソフトウェアは、外輪形状の定義とラジアル方向とアキシャル方向の荷重を外輪上のいくつかの場所で定義することができます。荷重分布は、外輪の弾性変形を考慮して、計算されます。

複数列の軸受がサポートされています。現在のバージョンでは、外輪を弾性体として考慮でき、ラジアルの深溝玉軸受、アンギュラ玉軸受、4点接触玉軸受、円筒ころ軸受に対応しています。

The screenshot shows the 'Track roller' configuration window. It includes a table for defining the outer ring geometry and various input fields for material and loading parameters.

Axial [mm]	Radial [mm]	Radius [mm]
1	0	23
2	2	23.5
3	9	27
4	10.5	27
5	10.5	19
6	8.3	19
7	1.3	17.8
8	0	17.8

Additional parameters shown include:
 

- Second momentum axial direction  $I_{aa}$ : 469.906 mm<sup>4</sup>
- Second momentum radial direction  $I_{rr}$ : 5223.34 mm<sup>4</sup>
- Second momentum tangent direction  $I_{tt}$ : 5693.25 mm<sup>4</sup>
- Center of gravity, axial  $s_a$ : 0 mm
- Center of gravity, radial  $s_r$ : 22.4033 mm
- Cross section  $A$ : 117.499 mm<sup>2</sup>

## Effective load capacities

### 有効な許容荷重

トラックローラー用のカタログでは、様々な荷重分布を考慮して、しばしば小さな有効な許容荷重が提示されています。それらは、最大許容のラジアル荷重値を加えて、計算されます。

許容荷重の計算のためには、転がり要素の位置を考慮するのが重要であり、最大許容のラジアル荷重を計算するためには、2つの転がり要素間を考慮する必要があります。

## Geometry und loading

### 形状と荷重

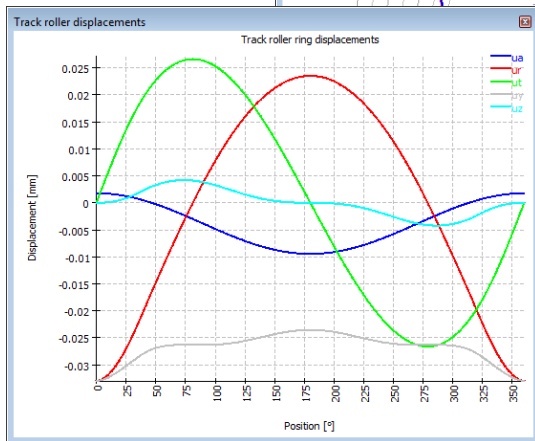
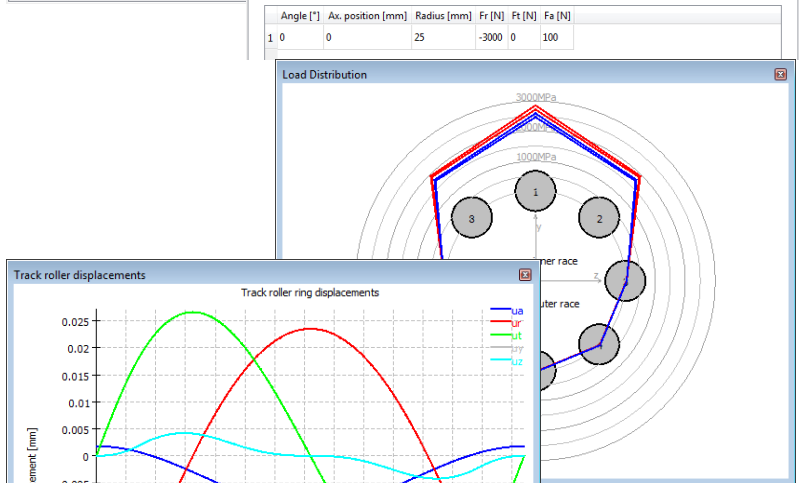
外輪形状は、多角形といくつかの半径で定義されます。また、非対称の断面が可能です。2次モーメントと重心位置は計算されますが、それらはユーザが直接入力することもできます。

外輪の荷重は、いくつかの場所に設定できます。唯一の制限はベアリングのトルクがゼロであることです。

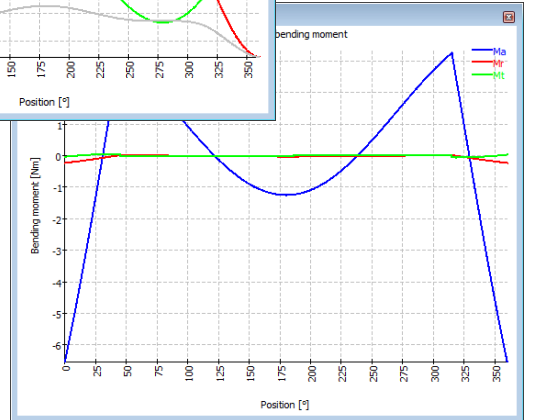
## Results

### 結果

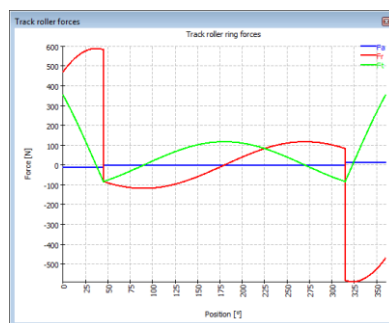
結果として、剛体の軸受と同様の計算が行われます。さらに、トラックローラの場合、有効な許容荷重、許容ラジアル荷重、外輪の応力、外輪の変形も同様に得られます。



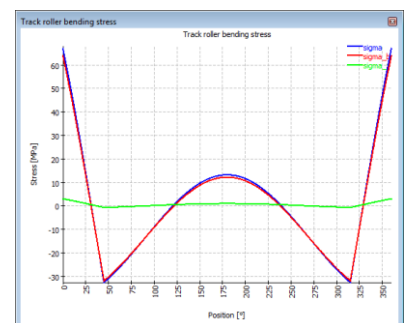
変位図



曲げモーメント図



せん断力図



曲げ応力図

# MESYS Shaft calculation

MESYS シャフト計算

シャフト計算ソフトウェアは、DIN 743 に準拠して変位、力、強度を計算、連携するいくつかの同軸シャフトにおける軸受寿命の計算が可能になります。ISO / TS 16281 に準拠した MESYS 転がり軸受計算がソフトウェアに含まれており、転がり軸受の非線形剛性が考慮されます。

非線形の転がり軸受剛性によって、2 つ以上の転がり軸受を持つシャフトは、結果として転がり軸受の荷重分布が正確に求められます。軸受の予圧を考慮することができます。アンギュラ玉軸受の組み合わせは、軸受セットとして簡単に考慮することができます。

シャフト形状は、内部及び外部形状を任意の数の円柱要素と円錐要素を使って定義することができます。形状入力はテーブル形式を使用して行われます。

荷重は、中心力または偏心力として、または歯車のような複雑な荷重要素として指定できます。

境界条件は、固定拘束、ばね、オフセット付きの拘束、すきまと剛性、または転がり軸受です。

荷重と拘束の数に制限はありません。また、ハウジングの剛性も考慮に入れることができます。結合された剛性マトリックスとして、またはハウジングの CAD インポートによって可能です。

いくつかの同軸シャフトは、転がり軸受または一般的なサポートによって接続、定義されます。せん断および軸方向の変形を考慮し、非線形シャフトモデルをオプションとして使用することもできます。

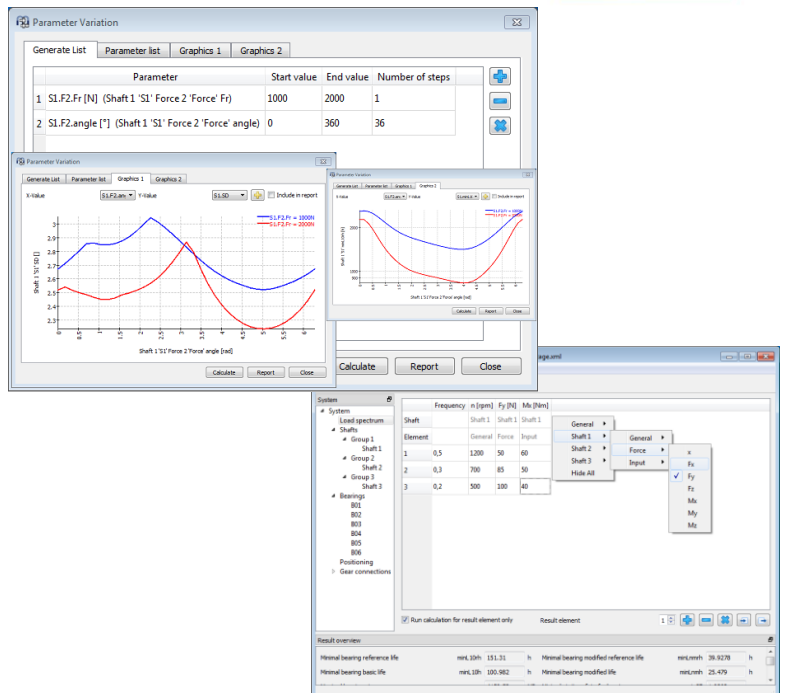
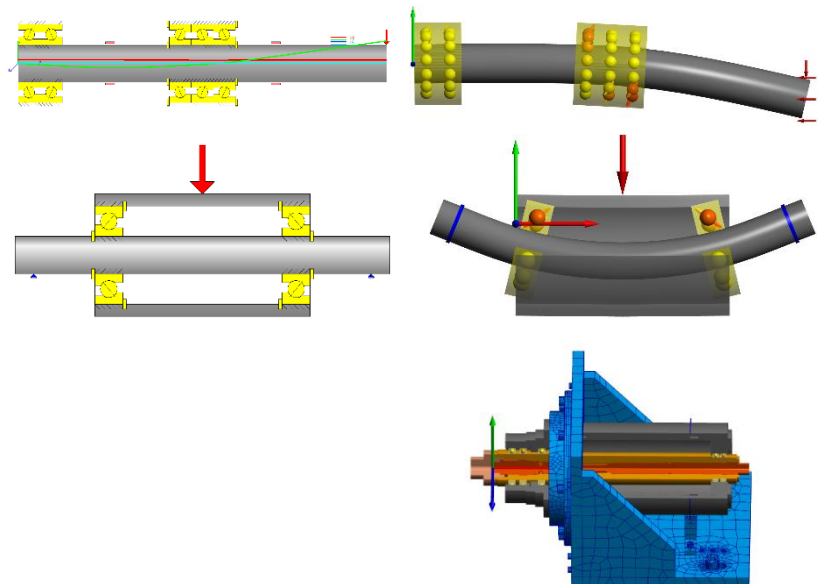
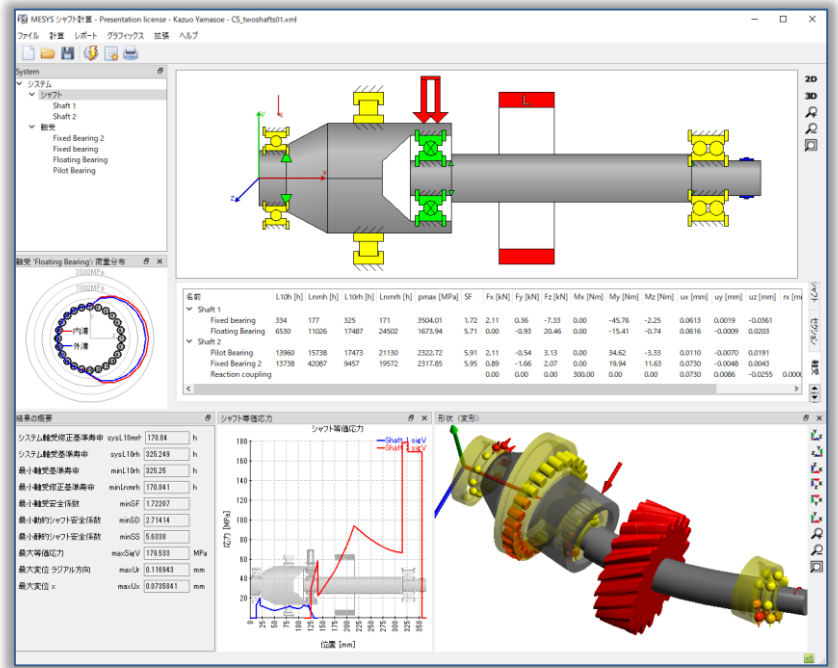
パラメータサーベイは、あらかじめ選択されたパラメータの自動評価と、対応する結果のグラフ表示を可能にします。

結果は、結果の概要、転がり軸受結果の追加テーブル表示と、いくつかのグラフィックス、およびグラフィックスを含む PDF レポートで提供されます。

## Load spectrum

### 荷重スペクトル

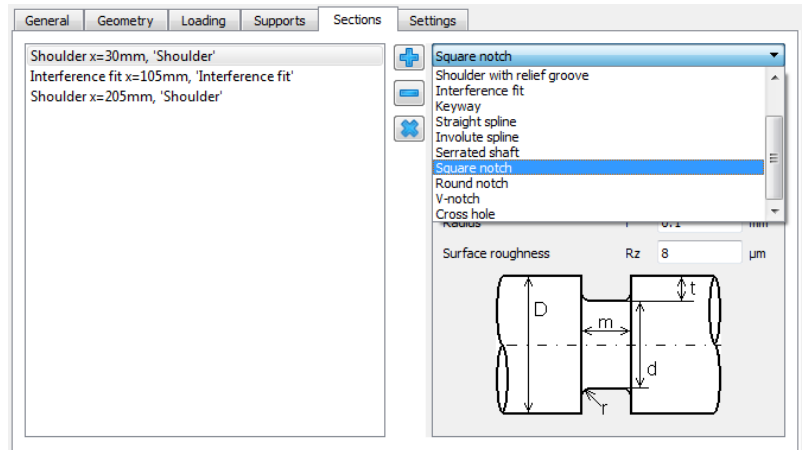
荷重スペクトルを使用して計算を実行できます。荷重スペクトルの要素は、荷重要素、速度、および温度から選択できます。さらに、荷重スペクトル全体に属する単一のケースを独立して実行することもできます。



## Strength calculation

### 強度計算

シャフトの強度計算は、DIN 743(2012)に従って行うことができます。標準の切り欠き部の係数は、ソフトウェア内で選択されます。荷重スペクトルによる計算では、各荷重に対する無限寿命の計算を実行するか、または DIN 743 part4 に従って等価の大きさを持つ計算を実行することができます。



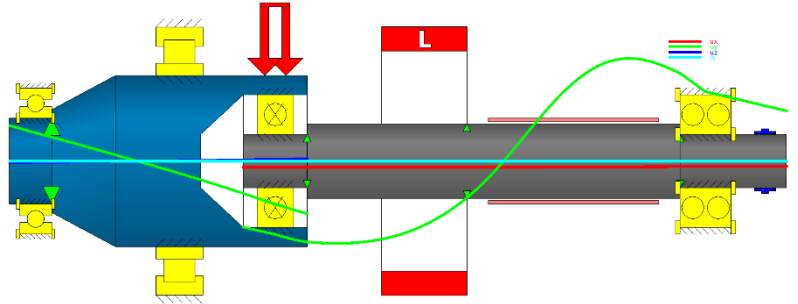
## National frequencies and model shapes

### 固有振動数とモード形状

固有振動数は、曲げ、軸、ねじりのモードを考慮して計算されます。

これらのモードは、軸受の剛性によって、曲げモード(青色)を伴ったアキシャルモード(赤色)のように、カップリングすることができます。

各々の軸ごとに追加の質量を定義することができます。ジャイロ効果を考慮することができ、キャンベル線図の表示もソフトウェアに含まれています。2次元表示に加えて、3次元でのアニメーションも可能です。



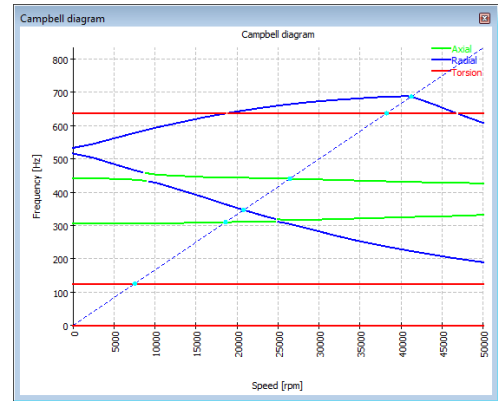
## Campbell Diagram and harmonic response

### キャンベル線図と周波数応答

固有振動数の速度依存性は、キャンベル線図で表示することができます。判りやすいように、軸方向、ねじり、曲げモードを色分けして表示します。

クリティカルな周波数は、追加のレポートとして表示されています。

周期的な荷重や不釣り合いな変位に対する周波数応答が計算され、速度または時間に対して表示されます。



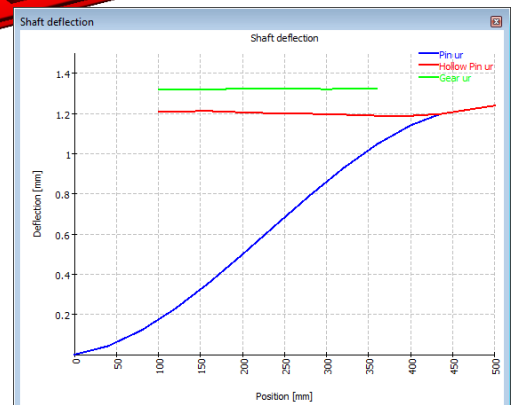
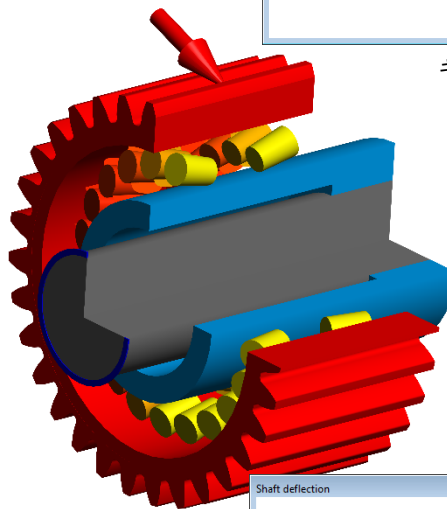
キャンベル線図

## Planetary gear on a flex pin

### フレキシブルピンの遊星歯車

いくつかの同軸のシャフトの使用例として、フレキシブルピンを用いた遊星歯車の支持があります。ピンは、左側の遊星キャリアに固定されています。このピンには、円すいころ軸受を備えた遊星歯車と接続された中空軸があります。変位に関するグラフでは、ギヤは水平のままであり、機構によって水平に移動するだけです。

遠心力により、両方の軸受は均一の荷重を受けます。軸受の接触角によって、アキシャル方向荷重が生じます。



# MESYS Shaft systems calculation

MESYS シャフトシステムの計算

シャフト計算モジュールは、シャフトシステムの計算に拡張することができます。円筒形の歯車によって連結された平行軸に限定されたバージョンと、遊星歯車セット、ベベルギヤまたはウォームギヤによって任意の方向が連結されたシャフトシステムのバージョンが可能です。

シャフトの回転速度は、組み合わせに基づいて計算されます。荷重スペクトルを使用した計算では、入力値を定義するだけで済み、すべての内部の力および回転速度が計算されます。変速ギヤボックスは、ソフトウェア内のいわゆる“コンフィギュレーション(構成)”によって考慮されます。

次の結果が得られます。

- シャフトの回転数
- 歯車対のトルク
- DIN 743 によるシャフト強度の安全係数
- 歯車の安全係数(オプションプログラムによって計算)
- ISO/TS 16281 および ISO 281 による転がり軸受寿命
- 各シャフトの弾性曲線と荷重線図

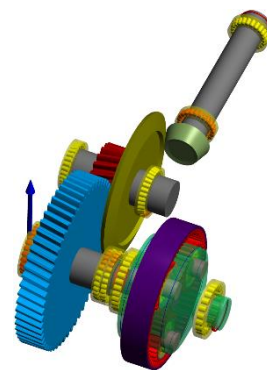
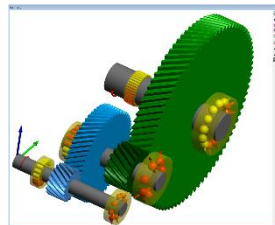
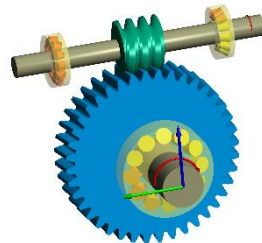
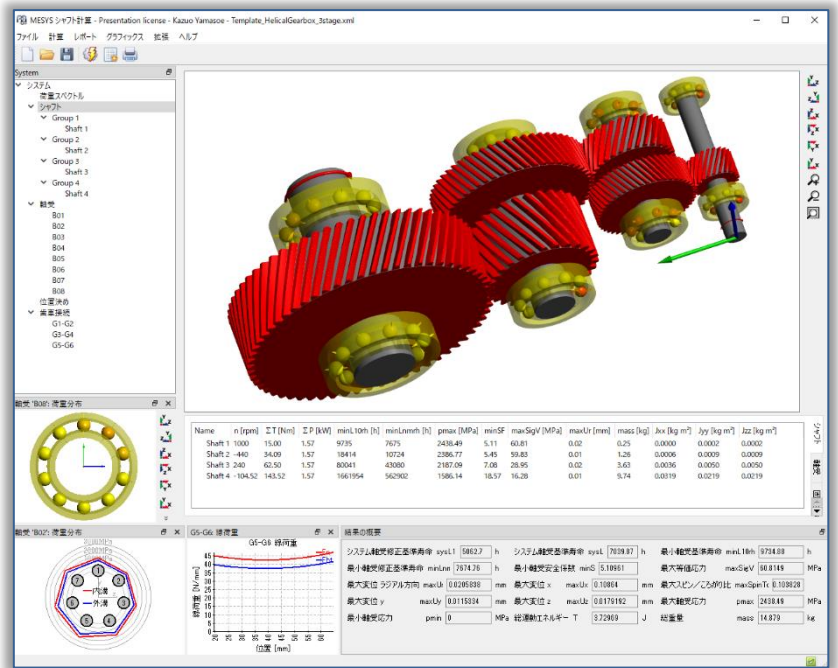
## Coupling by gears

歯車対による組み合わせ

既存のシャフトメニューの下にある荷重要素の入力画面における歯車の入力値の他に、歯車対に関する追加のデータフィールドが歯車のコネクションのページにあります。

円筒形の歯車は、事前設定されたかみ合い剛性を有する線荷重として考慮することができます。ソフトウェアによって得られた歯幅に沿った荷重分布は、必要とされる歯面の修正に役立ちます。

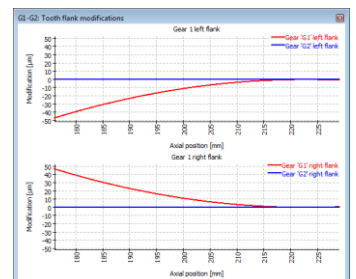
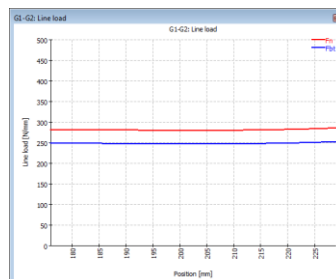
歯車データは、歯車計算プログラムとデータ交換することができます。安全係数は各計算中にバックグラウンドで更新され、結果の概要に表示されます。歯車計算プログラムとのインターフェースは、シャフトシステム計算からアクセスが可能で、すべての関連する情報は、シャフトシステム計算データとともに保存されます。



	Color	Color	
Shaft	Input	Intermediate	
Gear	G1	G2	
Position	202,5	135,5	mm
Number of teeth	15	26	
Width	53	53	mm
Profile shift coefficient	-0,0403	-0,0403	
Normal module	mn	6	mm
Normal pressure angle	$\alpha_n$	20	°
Helix angle	$\beta$	30	°
Helix direction	Helix left hand	Helix right hand	
Center distance	a	141.54	mm
Circumferential backlash	j <sub>t</sub>	0.1	mm
Gear mesh stiffness	$c_v$	20	N/mm/μm
Calculation	TBK 2014		
Tooth flank modifications			

	Gear 1 right flank [mm]	Gear 2 right flank [mm]
Flank line crowning C <sub>β</sub>	0,015	0
Flank line slope modification CH <sub>β</sub>	-0,046	
Flank line end relief amount I C <sub>β1</sub>	0	0
Flank line end relief length I L <sub>Cβ1</sub>	0	0
Flank line end relief amount II C <sub>β1</sub>	0	0
Flank line end relief length II L <sub>Cβ1</sub>	0	0

Symmetric modifications for gear 1  
 Symmetric modifications for gear 2





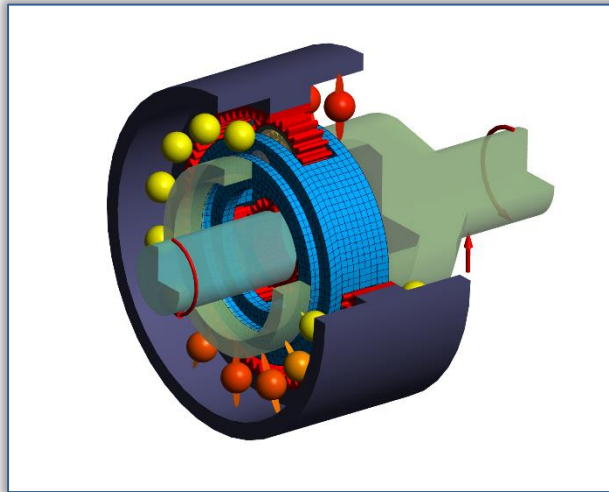
## Planetary stages

### 遊星ステージ

惑星ステージのすべての遊星が計算に考慮されます。したがって、太陽歯車は惑星歯車の中心に置くことができます。

遊星歯車間で配分する荷重は、荷重、変形およびかみ合い剛性から発生します。

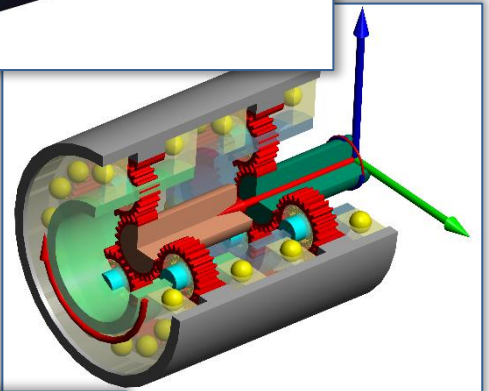
遊星キャリアは、パラメータ入力または CAD インポートによって定義される3次元弾性部品として考慮されます。



## Positioning

### 位置決め

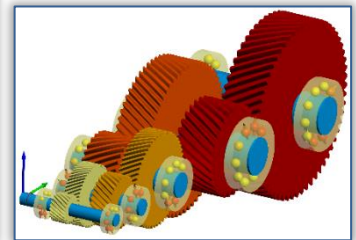
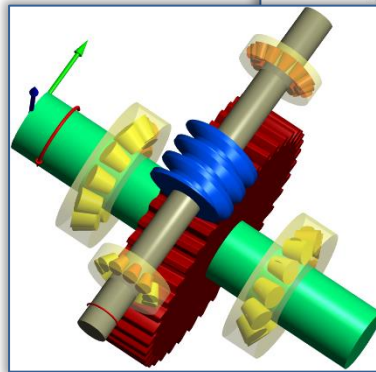
グループ、シャフト、歯車の位置決めに対して、異なる条件を定義することができます。これにより、シャフトは、歯車のデータに従って、適切な距離に自動的に位置決めすることができます。



## Configurations

### コンフィギュレーション(構成)

いわゆる“コンフィギュレーション(構成)”により、ユーザは事前に定義された連結条件をアクティブおよび非アクティブにすることができます。このオプションを使用すると、ギヤボックスのギヤシフトをシミュレーション、考慮することができます。作成された各構成は、あたかも荷重ケースであるかのように、荷重スペクトル内で選択することができます。

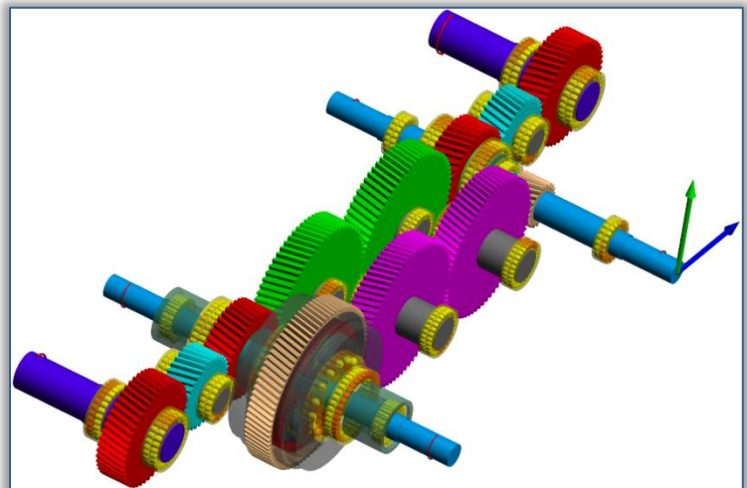


## Natural frequencies on system level

### システムレベルの固有振動数

固有振動数は、システムレベルでも計算されます。歯車対は、軸方向、ねじりおよび曲げモードの結合をもたらします。モード形状は、3次元ビューでアニメーションすることができます。

3次元弾性ハウジングは、縮退されたモーダルモデルによって考慮することができます。



## Results

### 結果

結果はさまざまなレベルで表示されます。

システムとして、シャフト強度や歯車の最小安全係数、または最小寿命などの結果が得られます。さらに、各軸受、グループ、シャフト、および様々な角度からの結果の概要が表示されます。

シャフトシステムのレポートのほかに、主要な軸受と歯車の計算結果を含む表形式のレポートや、完全なレポート形式のアウトプットも可能です。完全なレポートには、各軸受と各歯車対の詳細な結果が含まれています。

Name	L10h [h]	Ln10h [h]	L10rh [h]	Ln10rh [h]	pmax [MPa]	SF	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Mx [Nm]	My [Nm]	Mz [Nm]
Input												
Fixed 1	1664	12975	2348	22787	2661,51	3,93	-7	-3,45012	-4,56675	0	70,9758	-49,3255
Floating 1	12624	79769	39675	198610	1834,38	4,75	0	-1,6019	-7,59944	0	-4,0218	1,17074
Intermediate												
Fixed 2	64329	926288	178172	971834	1629,59	6,03	-5,13333	-2,21418	15,2794	0	-0,599061	-0,0869705
Floating 2	6089	22275	13192	37225	2284,5	3,07	0	-1,72013	17,9024	0	21,53	2,55805
Output												
Reaction coupling							0	0	0	1892,8	0	0
Fixed 3	21825	413128	24981	526299	2217,92	6,79	12,1333	-0,215938	-5,19207	0	-51,8783	9,76645
Floating 3	10259	36975	28221	91044	2122,66	3,55	0	8,86665	-15,8235	0	-11,6149	-4,68101

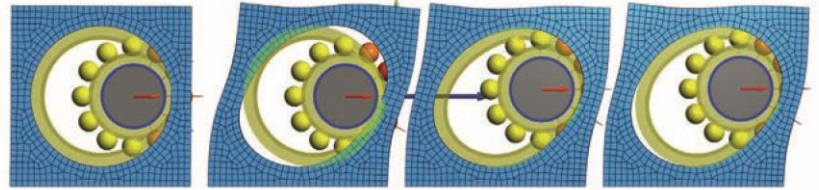
  

Result overview											
Minimal bearing reference life minLU	2347.67	h	Minimal bearing modified reference life minLU	22787.4	h	Minimal bearing basic life minL10h	1664.21	h			
Minimal bearing modified life minLrv	12975.2	h	Maximal bearing stress pmax	2661.51	MPa	Minimal static safety for bearings minS	3.06575				
Minimal static shaft safety factor minS	9.50499		Minimal dynamic shaft safety factor minS	1.8109		Minimal root safety for gears minGee	6.73548				
Minimal flank safety for gears minGes	1.31998		Maximal displacement in x maxLx	0.295108	mm	Maximal displacement in y maxLy	0.0295775	mm			

# FEA-based 3D-elastic parts

## FEAベースの3次元弾性

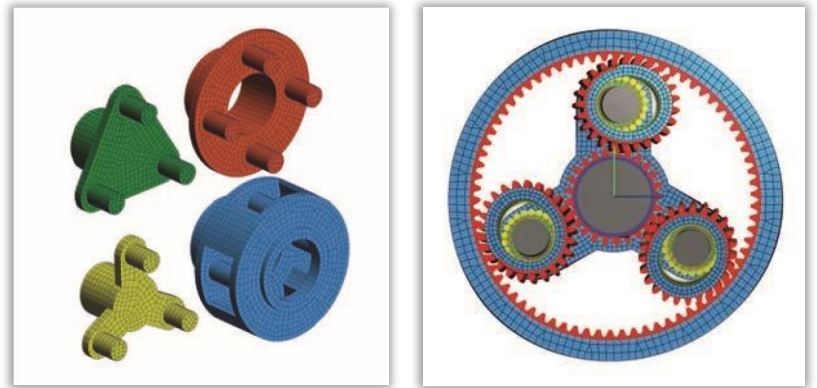
シャフトおよびシャフトシステムの計算により、FEA ベースの 3D 弾性部品を統合して、変形をより正確に考慮することができます。シャフトと遊星キャリアは、パラメトリックに定義ができ、シャフト、キャリア、およびハウジングに対しては、STEP ファイルのインポートが可能です。メッシュ生成と静的縮退およびオプションでモーダル縮退が、ソフトウェア内で実行されます。



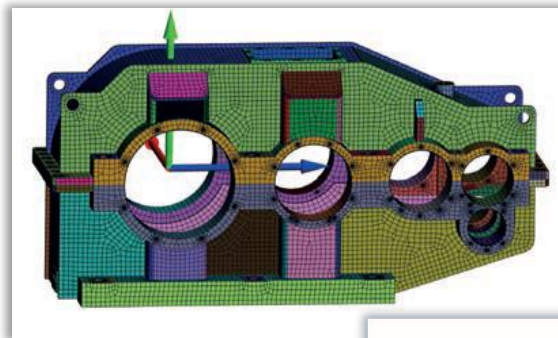
縮退においては、いくつかのオプションがサポートされています：

中央ノードにおいて剛体、中央ノードでの平均化、接触の有無による弾性ベアリング外輪と弾性歯車。

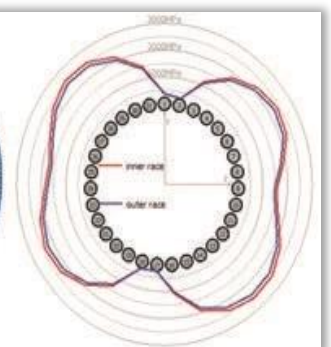
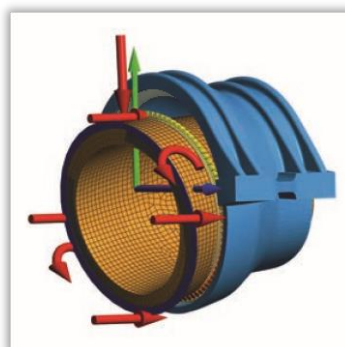
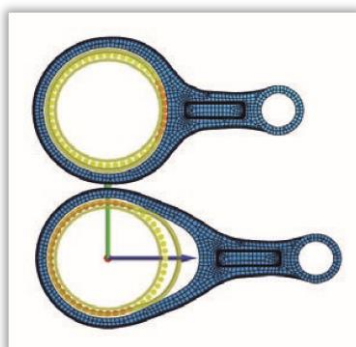
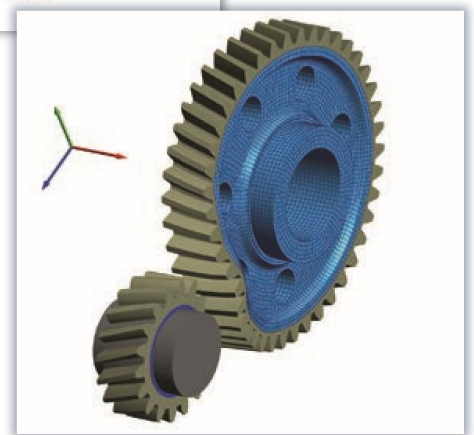
遊星キャリアの弾性変形を考慮することができます。いくつかのパラメータで定義できます。遊星歯車の場合、弾性軸受外輪とともに弾性歯車本体を考慮することができます。



ベアリング外輪の弾性変形は、非常に非対称なハウジングや大きなベアリングにとって重要です。オプションで、ベアリング外輪と部品間の接触を考慮することができます。そして、接触モデル内でかみ合いは考慮されます。



重量と温度の影響が考慮されます。回転部品の場合、オプションで遠心膨張を考慮することができます。メッシュ化は、線形または二次の形状関数を備えた六面体または四面体要素を使用して実行できます。



# Bearing calculation for axial-radial roller bearings

アキシアルラジアルころ軸受の計算

アキシアルラジアル円筒ころ軸受の計算ソフトウェアは、有限要素法によって軸受軌道輪の変形を考慮します。回転対称の構成部品の幾何学的形状は、ユーザーが多角形によって定義することができます。任意の数の円筒ころを定義することが可能です。

以下の転がり軸受タイプがサポートされています。

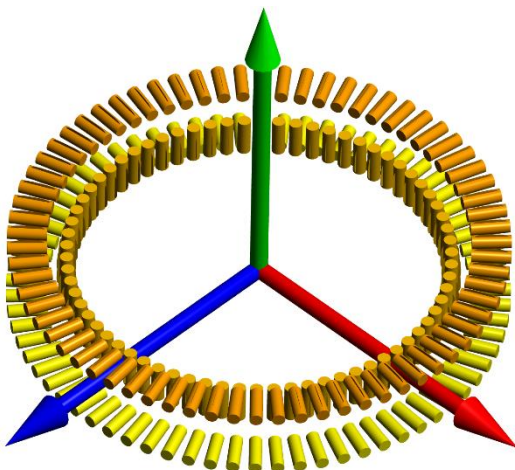
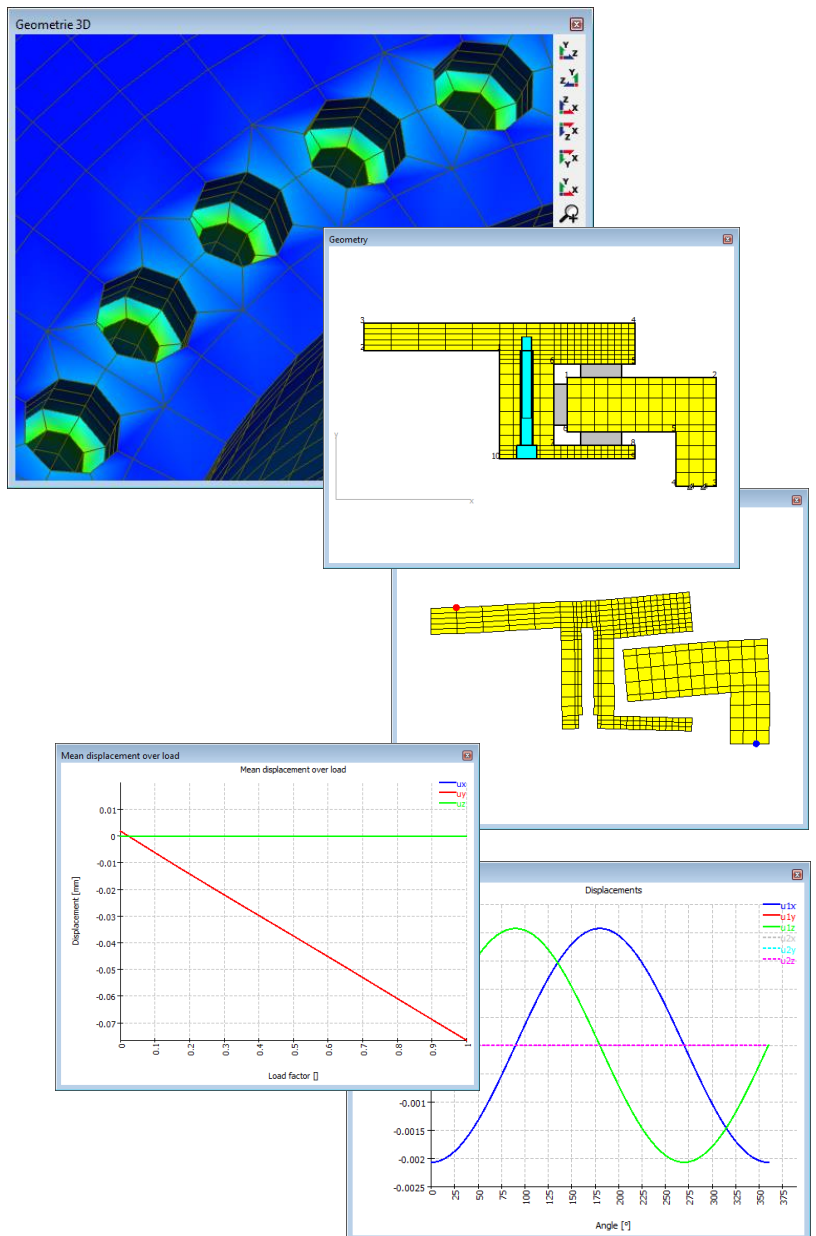
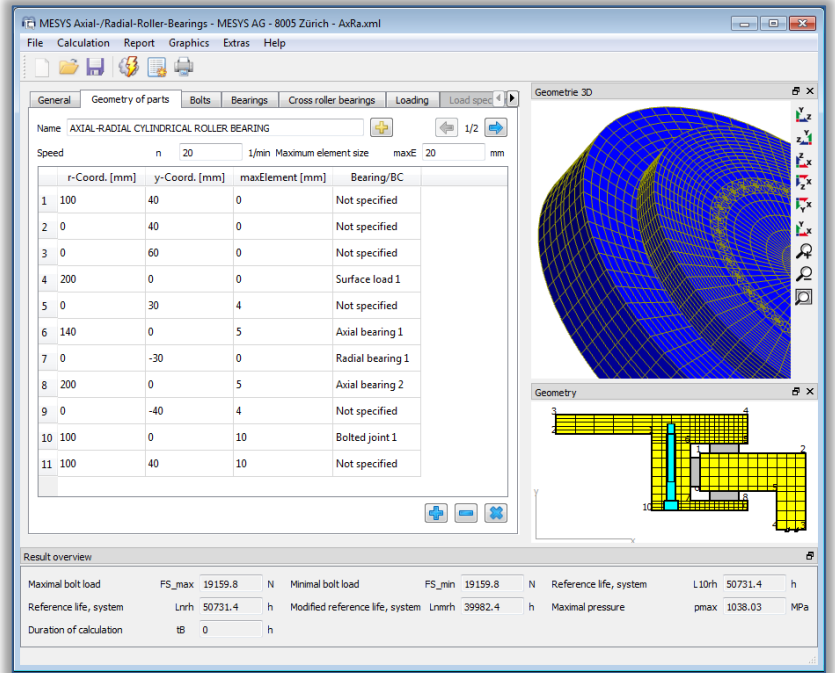
- アキシアルラジアル円筒ころ軸受
- ラジアル円筒ころ軸受
- クロスローラーベアリング
- アンギュラーローラーベアリング

さらに、1つまたは複数のボルト締結部におけるボルトの予圧が考慮されます。

荷重は、サーフェス上または任意の点で定義できます。剛性の定義のために、荷重が変化する一連の計算と荷重スペクトルの計算が可能です。

複数のグラフィックスとPDFレポートを使用して、次のような結果が得られます。

- ローラーの長さに沿ったローラーへの荷重分布とローラー間の負荷分担
- ISO/TS 16281 に準拠した、各ベアリング列およびシステムの寿命計算および修正寿命計算
- 変形と剛性は、2つの適切な任意のポイントによって定義されます
- ボルトの最大荷重と最小荷重
- 選択された角度に従って軸断面の3D または2D ビューの誇張された変形のグラフィックス表示



# Calculation for ball screws

## ボールねじの計算

ほとんどの場合、ボールネジの荷重は純粋にアキシャル方向です。このため、ISO 3408-5による寿命はアキシャル荷重のみを考慮したものです。

このソフトウェアは、アキシャル方向およびラジアル方向荷重、および傾斜モーメントの結果として、ボールねじ内の荷重分布を計算します。ヘルツの圧力理論に基づいて、ボールの接触剛性を考慮して、剛体ねじ軸と剛体ナットを仮定して荷重分布を計算します。ソフトウェアオプション“構成”の機能を使って、予圧が掛かったナットを計算することが可能です。軌道は、ゴシックアーチまたは完全な半径として設計することができます。

寿命は ISO/TS 16281 と同様に荷重分布から計算されます。荷重容量は、ISO 3408-5、または ISO 281/ISO 76 と類似の方法で計算することができます。

パラメータサーベイは、入力値のバリエーションと組合せを自動的に行い、結果のグラフ表示を可能にします。

ボールねじの計算は、シャフト計算とインテグレーションして利用することもできます。

次の結果が得られます。

- ISO / TS 16281 による寿命計算
- 転がり要素間の荷重分布
- 反力/モーメントと変位/回転
- 各接触の接触圧力
- ボールの軸方向の位置に応じた接触角
- 静的安全係数

