

## チュートリアル

## シャフトシステム - スターター 3 速マニュアルギヤボックス

### 目次

|                         |   |
|-------------------------|---|
| 1.序文.....               | 2 |
| 1.1 チュートリアルの目的.....     | 2 |
| 1.2 前提条件.....           | 2 |
| 1.3 ソフトウェアのバージョン.....   | 2 |
| 1.4 注意事項.....           | 2 |
| 2.MESYS シャフトシステム.....   | 2 |
| 3.シャフトシステムプロジェクト.....   | 2 |
| 3.1 チュートリアルの内容.....     | 2 |
| 3.2 初期状況.....           | 2 |
| 3.2.1 要求事項.....         | 2 |
| 3.2.2 主要コンポーネントの定義..... | 3 |
| 4.モデル.....              | 3 |
| 4.1 概念.....             | 3 |
| 4.2 計算表現.....           | 3 |
| 4.2.1 形状.....           | 3 |
| 4.2.2 パラメータの概要.....     | 3 |
| 4.2.3 サポートと荷重.....      | 4 |
| 4.2.4 ギヤ接続.....         | 5 |
| 4.2.5 位置決め.....         | 5 |
| 4.3 コンフィギュレーション.....    | 6 |
| 4.3.1 一般.....           | 6 |
| 4.3.2 動作状態.....         | 6 |
| 4.3.3 荷重スペクトル.....      | 7 |
| 5.結果.....               | 8 |

## 1. 序文

### 1.1 チュートリアル の 目的

このチュートリアルでは、[MESYS Shaft Systems](#) の機能を紹介し、平行シャフトシステムの解析計算の概要を説明します。このチュートリアルでは、本ソフトウェアの基本的な使い方を理解し、演習の内容に沿ったトピックと設定のみを取り上げます。

### 1.2 前提条件

MESYS Shaft Systems は [MESYS Shaft Calculation](#) の拡張機能です。このチュートリアルを完了するには、チュートリアル「[Starter Basics for MESYS Rolling Bearing Calculation](#)」および「[Starter Basics for MESYS Shaft Calculation](#)」が完了している必要があります。ソフトウェアの使用に関してご不明な点がございましたら、[MESYS](#) までお問い合わせください。

### 1.3 ソフトウェアのバージョン

このチュートリアルは 11.02.2025 リリースの MESYS Shaft calculation version 12-2024 で作成されています。

### 1.4 注意事項

- ➡ 青い矢印は読者へのリクエストを示します。
- ➡ 緑の矢印は結論または効果を示します。

## 2 MESYS シャフトシステム

MESYS Shaft Systems の可能性を補足的にご理解いただくために、MESYS のウェブサイト([Shaft Systems](#) 専用アドレス)をぜひご覧ください。

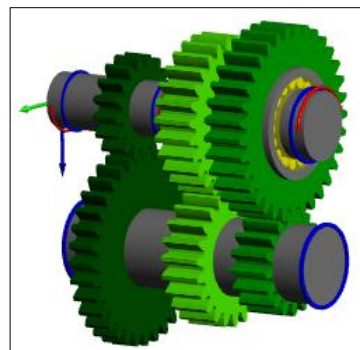
## 3. シャフトシステムプロジェクト

### 3.1 チュートリアル の 内容

このコンテンツは、平行シャフトトランスミッションのギヤチェンジをモデリングするためのガイドラインをユーザーに提供することを目的としています。

農業用固定式製粉システムの設計の一環として、12kW のディーゼルエンジンで駆動される 3 段ギヤボックスを実装します。提案された構成の機械的な適合性は、MESYS Shaft Calculation ソフトウェアを使用して評価されます。さらに、荷重スペクトルを用いて、各ギヤでの動作を負荷と寿命の観点から評価します。

図 1



### 3.2 初期状況

#### 3.2.1 要求事項

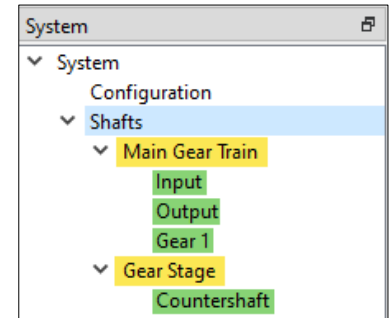
システムコンポーネントとのインターフェースにより、以下の要件を考慮しなければならない：

|         |                      |
|---------|----------------------|
| 入力速度：   | 2000 rpm             |
| エンジントルク | 約 50 Nm              |
| 出力回転数   | 530 / 870 / 2000 rpm |
| トルク出力   | 約 190 / 115 / 50 Nm  |

### 3.2.2 主要コンポーネントの定義

これは MESYS Shaft Systems モジュール内のギヤシフト挙動のモデリングに焦点を絞った検討であるため、必要な転がり軸受などの支持要素は抽象化され、一般的に「サポート」として表現されます。以下の内容では、ハウジングやシンクロナイザハブまたはスリーブの詳細な機構はモデル化されず、温度や材料特性のような条件依存の影響も考慮されません。

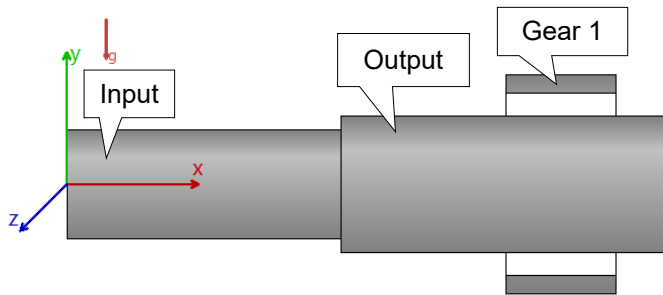
ギヤボックスは 2 つの「グループ」で構成され、それぞれに必要なシャフトが含まれます。作成するモデルには多数の要素が含まれるため、分かりやすくするために実用的な呼称と略称を定義します (表 2)。



| 名称              |              | 外形 [mm] |    | 内部形状 [mm] |    | X における位置 [mm] | 回転数 [rpm] |
|-----------------|--------------|---------|----|-----------|----|---------------|-----------|
| グループ            | シャフト         | 長さ      | 直径 | 長さ        | 直径 |               |           |
| Main Gear Train | Input        | 50      | 20 | –         | –  | 0             | 2000      |
|                 | Output       | 60      | 25 | –         | –  | 50            | –         |
|                 | Gear 1       | 20      | 40 | 20        | 33 | 80            | –         |
| Gear Stage      | Countershaft | 100     | 28 | –         | –  | 0             | –         |

表 1

Main Gear Train :



Gear Stage : Countershaft



図 3

## 4. モデル

### 4.1 概念

図 3 は、理想化されたモデルが、変速プロセスを表現するための 2 つの可能なアプローチを説明するためのものであることを示唆しています。1 速に適用されるアプローチでは、シンクロナイザハブを用いてより現実的な表現を行い、もう 1 つの 2 速に適用されるアプローチでは、ギヤコネクションを作動または停止させることによってさらに簡略化した方法を用います。詳細に入る前に、以下のセクションで説明するように、形状、荷重、および境界条件を用いてモデルを設定します。

### 4.2 計算表現

#### 4.2.1 形状

➡ ファイルを作成し、プロジェクト名を割り当て、表 1 を使用して目的のグループとその シャフト形状を作成してください。

#### 4.2.2 パラメータの概要

両グループのモデルの「サポート」と「荷重」に必要な設定を以下の表にまとめました。

| Main Gear Train | タイプ  | 要素               | 名称   | X での位置 [mm] | パラメータ (標準値からの偏差)                   |
|-----------------|------|------------------|------|-------------|------------------------------------|
| Input           | サポート | サポート             | INS1 | 7           | –                                  |
|                 |      | サポート             | INS2 | 45          | –                                  |
|                 |      | リアクショントルク用カップリング | INRT | 48.5        | b=3mm                              |
|                 |      | 一般的な拘束           | SS3  | 50          | 「Output」に接続する : x 方向の変位と回転は「固定」です。 |

|                   | 荷重   | カップリング      | Input  | 2.5         | b=5 mm, T=50 Nm                                                 |
|-------------------|------|-------------|--------|-------------|-----------------------------------------------------------------|
|                   |      | 円筒歯車        | INGW0  | 30          | b=10 mm, z=17, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |
| Output drive      | サポート | サポート        | OTS1   | 2           | -                                                               |
|                   |      | サポート        | OTS2   | 55          | -                                                               |
|                   |      | 転がり軸受       | OTRB   | 40          | 一般的なニードル軸受 K 25x33x20; 外輪 (OR)は「1 <sup>st</sup> Gear」に接続されています。 |
|                   |      | 反トルク用カップリング | Output | 58.5        | b=3 mm                                                          |
| 1st gear          | 荷重   | 円筒歯車        | OTGW2  | 15          | b=15 mm, z=27, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |
|                   | サポート | 一般的な拘束      | SS1    | 0           | 「Output」に接続する: x 方向の変位と回転は「固定」                                  |
|                   | 荷重   | 円筒歯車        | G1GW1  | 10          | b=15 mm, z=33, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |
| Group Translation | タイプ  | 要素          | 名称     | X での位置 [mm] | パラメータ(標準値からの偏差)                                                 |
| Countershaft      | サポート | サポート        | CSS1   | 0           | -                                                               |
|                   |      | サポート        | CSS2   | 100         | -                                                               |
|                   | 荷重   | 円筒歯車        | CSGW0  | 20          | b=10 mm, z=33, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |
|                   |      | 円筒歯車        | CSGW2  | 55          | b=15 mm, z=23, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |
|                   |      | 円筒歯車        | CSGW1  | 80          | b=15 mm, z=17, mn=2, $\alpha=20^\circ$                          |

表 2

### 凡例

|             |                   |                                 |
|-------------|-------------------|---------------------------------|
| INS1 /2     | シャフトサポート:         | インพุットシャフト、サポート、ナンバリング          |
| INRT        | リアクショントルク用カップリング: | インพุットシャフト、リアクショントルク            |
| SS3         | トランスミッションの接続:     | シンクロナイゼースリーブ 3 速歯車              |
| INGW0       | 円筒歯車:             | 入力シャフト、ギアホイール、トルクソースから          |
| OTS1 /2     | シャフトサポート:         | 出力シャフト、サポート、ナンバリング              |
| OTRB        | 転がり軸受:            | 出力シャフト、転がり軸受                    |
| OTGW2       | 円筒歯車:             | 出力シャフト、ギアホイール、第 2 歯車            |
| SS1         | トランスミッションの接続:     | シンクロナイゼースリーブ 1 速歯車              |
| G1GW1       | 円筒歯車:             | 1 速歯車、シンクロナイゼースリーブギヤ 1 上のギアホイール |
| CSS1 /2     | シャフトサポート:         | カウンタシャフト、サポート、ナンバリング            |
| CSGW0 /1 /2 | 円筒歯車:             | カウンタシャフト、ギアホイール、ナンバリング          |

➡ 表 2 のサポートと荷重を対応するコンポーネントに割り当ててください。

➡ 入力速度が 2000 rpm の場合、4.2.2 節に記載された部品を使用すると、出力速度は 530.73 / 877.67 / 2000 rpm となります。これはセクション 3.2.1 で指定された要件を満たします

### 4.2.3 サポートと荷重

サポートと荷重を実施した後、シャフトは以下のようにします:

Main gear Train:

Gear Stage:

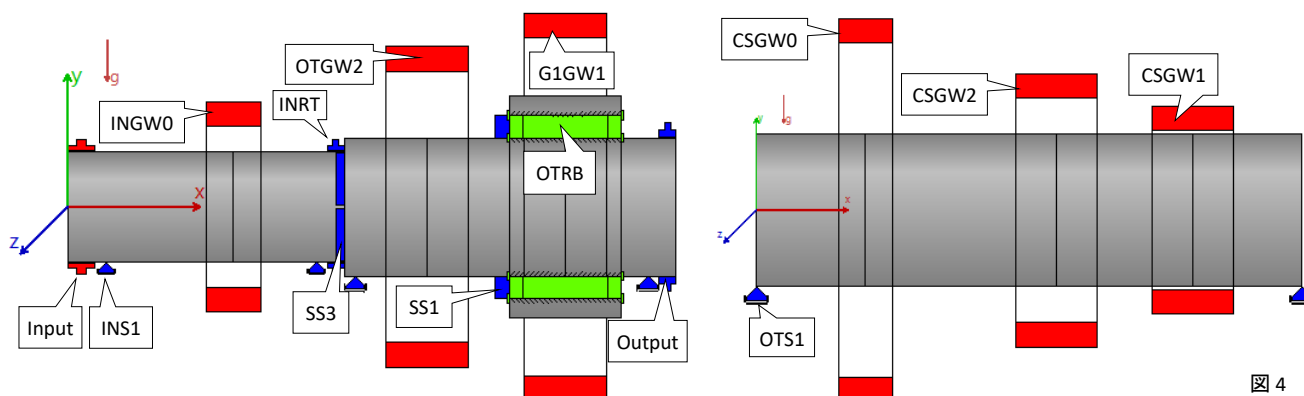
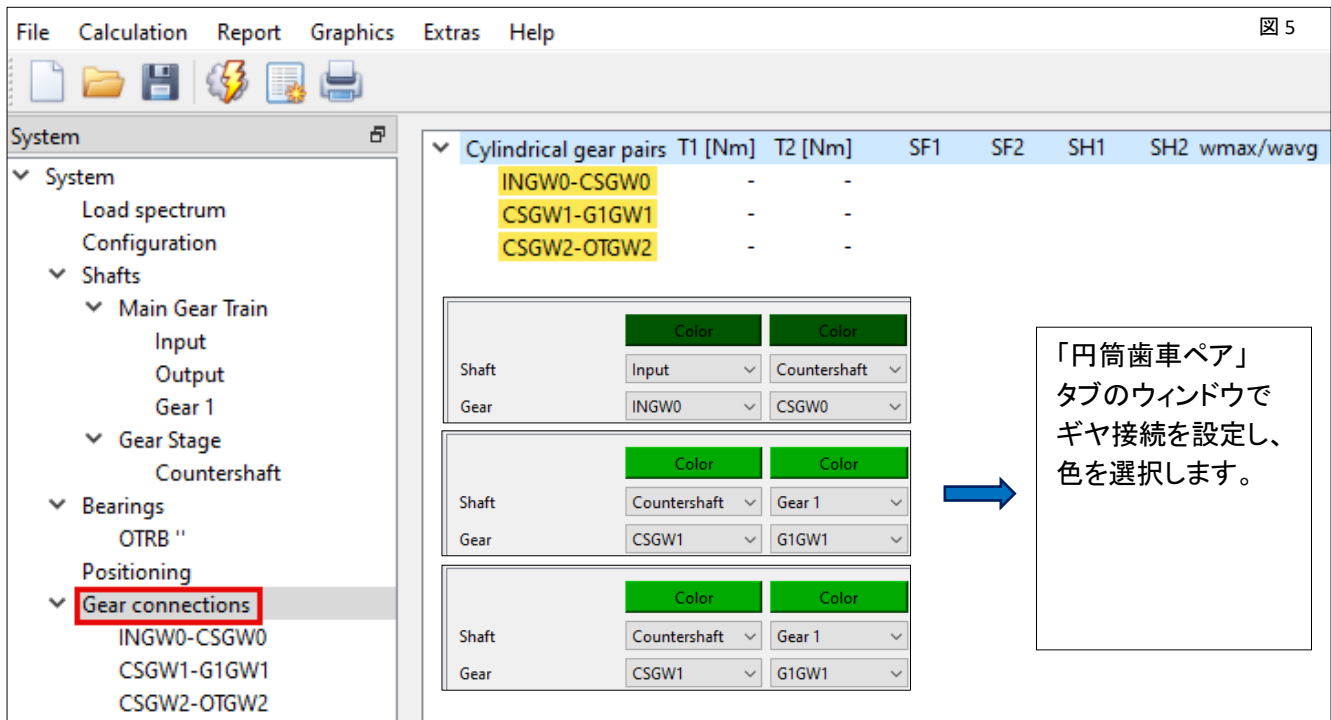


図 4

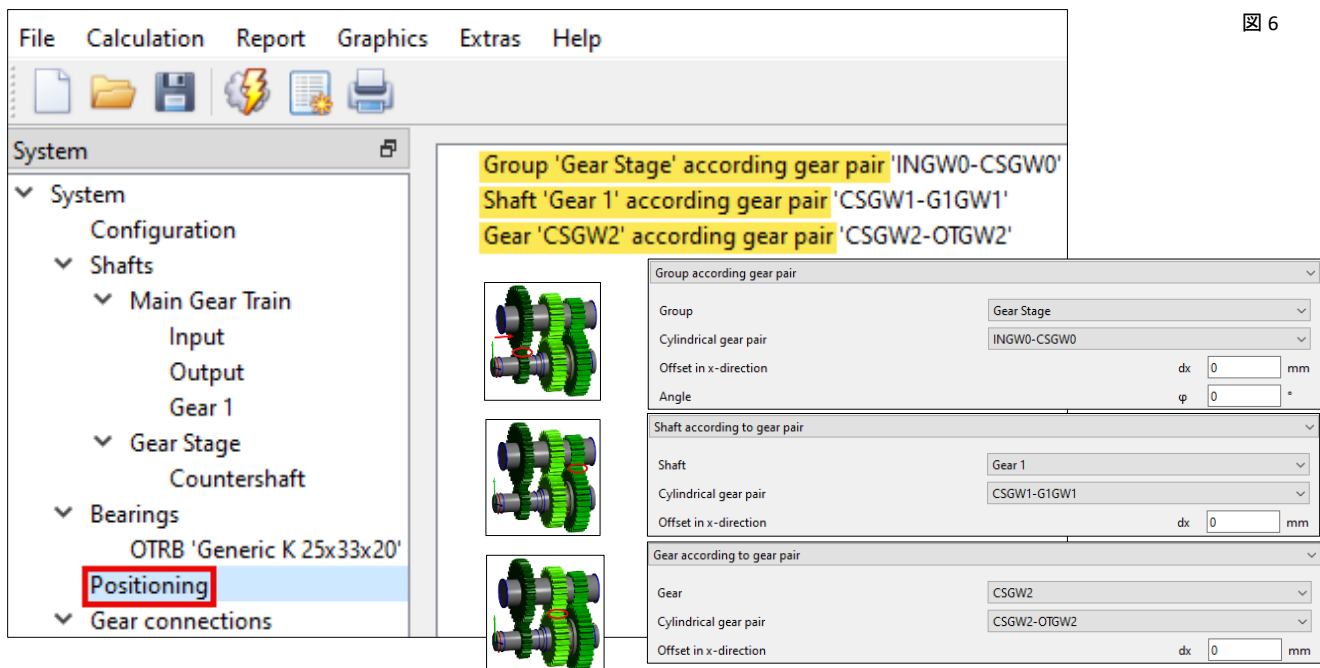
#### 4.2.4 ギヤ接続

次のステップでは、ギヤペアの定義が必要です。このダイアログは、システムツリーの「歯車接続」からアクセスすることができ、対応するペアリングを設定する必要があります。



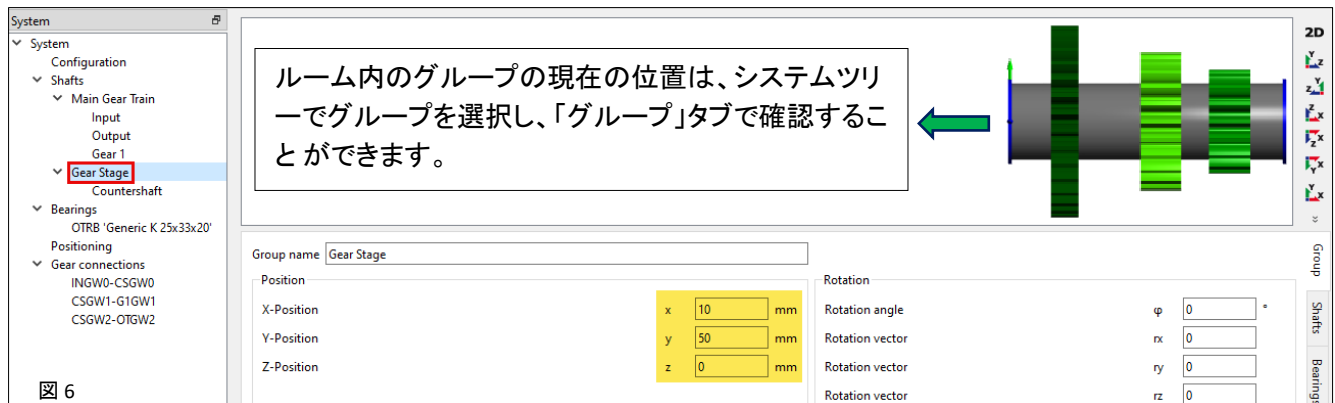
#### 4.2.5 位置決め

グループまたはシャフトは、定義されたギヤ接続に基づいて相対的に整列する必要があります。次のプロセスでは、全ての歯車かみ合いは数学的に関連付けられます。「位置決め」ウィンドウは、システムツリーからアクセスできます(図 6 参照)。位置決めは、歯車間の関係やグループ間の関係など、様々な基準を用いて行うことができます。

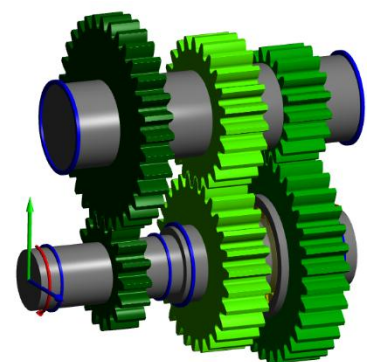


→ 図 6 に示すようにポジショニングを割り当てます。

→ この時点で、モデルの基本設定は完了です。



→ 図 7 に示すように、ギヤボックスシステムが傾斜した ZX 平面に表示されるはずですが。



## 4.3 コンフィギュレーション

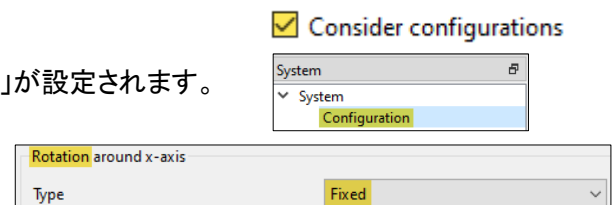
### 4.3.1 一般

以下の章では、様々な動作状態のギヤボックスを個別に分析するオプションを使用します。この機能は MESYS Shaft Systems の「コンフィギュレーションを考慮」オプションで利用でき、グループで作業している場合はすぐに利用できます。

→ 「システム/設定」でこの機能を有効にします。

→ これにより、システムツリーの「コンフィギュレーション」が設定されます。

→ 「コンフィギュレーション」の条件は、相対的な「一般拘束」(Supports)にねじり(回転)が設定されている場合にのみ利用可能であることに注意してください。



### 4.3.2 動作状態

特定の要素を有効または無効にすることで、シミュレーション内で考慮または無視されるべき条件を表現することを目的としています。このアプローチにより、ギヤボックスの様々ななかみ合い状態の解析が可能になります。

→ システムツリーで「コンフィギュレーション」エントリーを選択し、'+ 'を使用して以下の行に対応する名前を割り当てます：

|   | Name    | INRT                                | SS3                                 | SS1                                 | CSGW2-OTGW2                         | Output                              |
|---|---------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1. Gang | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 2 | 2. Gang | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 3 | 3. Gang | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 4 | Neutral | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |

図 9

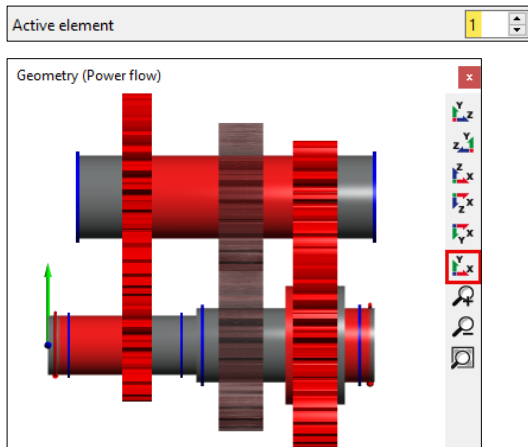
→ 「コンフィギュレーション」ウィンドウの下部にあるドロップダウンメニューを使用して、詳細解析のために「アクティブ要素」を介して必要な状態を選択します。

→ 4.1 章で述べたように、ここから 2 つのスイッチング原理を認識することができます。

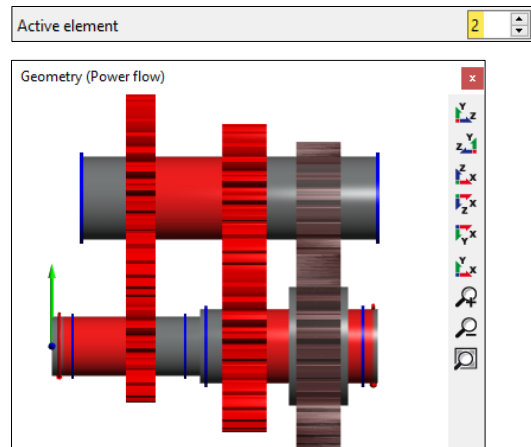
- 第 1 速 変速原理は、SS1 シフトスリーブのアクティブ化による。
- 第 2 速 変速原理は、ギヤペア CSGW2-OTGW2 のアクティブ化です。

→ XY 平面上のパワーフローに固有の 3D 形状を表示するには、Graphics メニューを使用します。

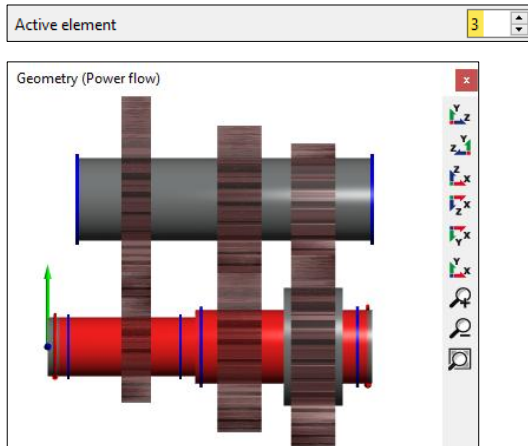
### 1 速ギヤ



### 2 速ギヤ



### 3 速ギヤ(ダイレクト)



### ニュートラル

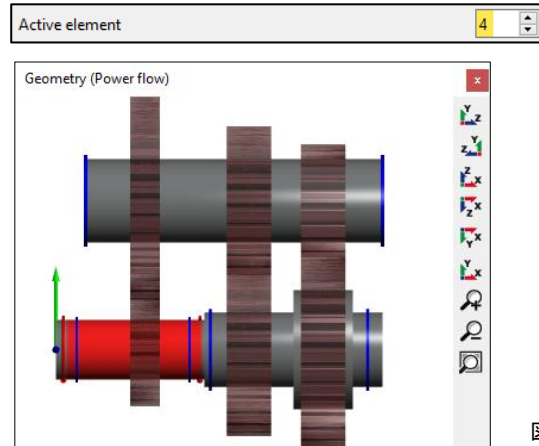
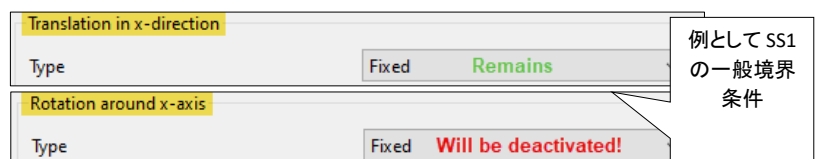


図 10

→ オプション「ねじり拘束のみを考慮」が有効な場合、拘束のフラグをクリアにし、特定の「一般拘束」のねじり拘束だけが無効になり、他の全ての方向の拘束は影響を受けません。

☒ Consider torsional constraint only

写真 11



例として SS1  
の一般境界  
条件

### 4.3.3 荷重スペクトル

歯車の様々な停止時間(ここでは状態と呼ぶ)の時間成分を含み、耐用年数解析を実行するために使用する場合、システム/設定で対応するアクティベーションを行った後、通常通り設定することができます。コンフィギュレーションは、コンテキストメニュー(図 12)に表示され、適宜選択することができます。

→ 荷重スペクトルをアクティブにし、図 12 に示すように要素を入力します。

☒ Consider load spectrum

| System                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |  | Frequency | Configuration |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-----------|---------------|
| <div> <div>System</div> <div> <div>Load spectrum</div> <div>Configuration</div> <div> <div>Shafts</div> <div> <div>Main Gear Train</div> <div> <div>Input</div> <div>Output</div> <div>Gear 1</div> </div> <div> <div>Gear Stage</div> <div>Countershaft</div> </div> </div> <div>Bearings</div> </div> </div> </div> |  |  | Shaft     |               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  | Element   |               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  | 1         | 0.25 1. Gang  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  | 2         | 0.35 2. Gang  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |  | 3         | 0.4 3. Gang   |

General

Input

Countershaft

Output

Gear 1

Show All

Hide All

Comment

Frequency

TOil

THousing

$\beta_w$

ax

ay

az

Configuration

## 5.結果

もちろん、MESYS Shaft Calculation および [MESYS Cylindrical Gear Pairs](#) モジュールで提供される一般的な結果ビュー（一般的な結果概要、ギヤ接続結果、動作条件や寿命などの軸受結果、および利用可能なすべてのレポートなど）にアクセスできます。

MESYS のチュートリアルがお客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、ご不明な点がございましたら、[info@mesys.ch](mailto:info@mesys.ch) までご連絡ください。