

動力伝達システムにおける  
プラントモデル I/F ガイドライン準拠  
デュアルクラッチ式トランスミッション  
第 3 階層プラントモデル解説書  
(ver.1.0)

## 改訂履歴

| Rev. | 日付         | 内容 | 会社名 | 承認者 |
|------|------------|----|-----|-----|
| -    | 2020/02/07 | 初版 |     |     |
|      |            |    |     |     |
|      |            |    |     |     |

# 目次

|   |    |
|---|----|
| 1. 概要 .....   | 5  |
| 1.1. モデルの目的 .....   | 5  |
| 1.2. モデルの前提・制約事項 .....  | 5  |
| 1.3. モデル化の範囲 .....  | 5  |
| 2. Modlica モデル .....  | 7  |
| 2.1. 動作・使用環境 .....  | 7  |
| 2.1. ファイル構成 .....   | 8  |
| 2.2. モデルの基本構造 .....   | 9  |
| 2.3. シミュレーション実行方法 .....   | 13 |
| 2.3.1. 車両シミュレーション実行 .....                                       | 13 |
| 2.3.2. 結果確認 .....   | 15 |
| 2.4. サブシステムレベル モデル構造と設定パラメータ仕様 .....                            | 17 |
| 2.4.1. 発進デバイス .....   | 17 |
| 2.4.2. 変速機構 .....   | 20 |
| 2.4.3. 終減速機 .....   | 25 |
| 2.4.4. ドライブシャフト .....   | 28 |
| 2.4.5. Gear_Synchro_Set_Upper (ギヤ・シンクロ・ニードル BRG のセット) .....     | 30 |
| 2.4.6. Gear_Synchro_Set_Lower (ギヤ・シンクロ・ニードル BRG・攪拌抵抗のセット) ..... | 32 |
| 2.5. 軸受荷重配分計算ブロック .....   | 34 |
| 2.5.1. 概要 .....   | 34 |
| 2.5.2. 軸受 A1A2 荷重配分計算ブロック .....                                 | 35 |
| 2.5.3. 軸受 T1T2 荷重配分計算ブロック .....                                 | 37 |
| 2.5.4. 軸受 T3T4 荷重配分計算ブロック .....                                 | 39 |
| 2.5.5. 軸受 T5T6 荷重配分計算ブロック .....                                 | 41 |
| 2.6. 第 3 階層モデル機能仕様 .....  | 43 |
| 2.6.1. 発進クラッチ .....   | 44 |
| 2.6.2. ギヤ .....   | 45 |
| 2.6.3. シンクロナイズ .....  | 48 |
| 2.6.4. オイルポンプ .....   | 50 |
| 2.6.5. シールリング .....   | 52 |
| 2.6.6. 攪拌抵抗 .....   | 53 |
| 2.6.7. 転がり軸受 .....  | 57 |
| 2.6.8. オイルシール .....   | 60 |
| 2.6.9. 電動アクチュエータ .....  | 61 |
| 2.6.10. 電動オイルポンプ .....  | 62 |
| 2.6.11. 内部シャフト .....  | 63 |
| 2.6.12. 内部イナーシャ .....   | 64 |
| 2.7. 構成要素モデル仕様 .....  | 65 |
| 2.7.1. CombiTable3D (3D テーブル) .....                             | 65 |
| 2.8. 解析実行環境で構築したモデル概要 .....                                     | 67 |
| 2.8.1. トランスミッション制御 .....  | 67 |
| 2.8.2. フライホイール .....  | 69 |
| 2.8.3. ドライバー .....  | 70 |
| 2.8.4. エンジン .....   | 71 |
| 2.8.5. エンジンアイドル制御 .....   | 72 |
| 2.8.6. タイヤ・走行抵抗 .....   | 73 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 2.8.7. 熱モデル .....                   | 74 |
| 2.8.8. 走行モード・環境条件.....              | 77 |
| 2.9. Modelica モデル共通仕様 .....         | 78 |
| 2.9.1. 特性マップ・テーブル設定.....            | 78 |
| 2.9.2. 1 次遅れ要素の使用 .....             | 79 |
| 3. Simulink モデル .....               | 80 |
| 3.1. 動作・使用環境.....                   | 80 |
| 3.2. ファイル構成 .....                   | 80 |
| 3.3. モデル構造 .....                    | 81 |
| 3.4. 使用方法.....                      | 82 |
| 3.4.1. シミュレーション実行.....              | 82 |
| 3.5. FMU の生成.....                   | 83 |
| 3.5.1. 生成する FMU の種類（タイプとビット数） ..... | 83 |
| 3.5.2. 表データファイルの取扱い.....            | 83 |
| 3.5.3. Simulink 上でのパラメータの設定 .....   | 83 |
| 4. 参考文献.....                        | 84 |

## 1. 概要

### 1.1. モデルの目的

本モデルは、動力伝達システムモデルの企業間での流通を促進するために「動力伝達システムにおけるプラントモデル I/F ガイドライン」(自動車用動力伝達技術研究組合(TRAMI)発行、以下「TRAMI ガイドライン」と表記)に準拠し、モデルを実際に実行することで、ガイドラインの理解向上を目的としている。経産省ガイドラインモデルへ結合することでモデル化した部品が車両性能に与える影響を検討可能とすることを目的としている。また、サブシステムモデルを自分のモデルと入れ替えて実行することで、モデル交換時のガイドライン事前チェッカーやトラブルの先出としての利用も期待する。

### 1.2. モデルの前提・制約事項

自動車の基礎知識のない方にも理解しやすくするために、動力伝達システムの機能や構造を抽象化している。物理領域は、運動(回転)系、熱系を範囲としている。※他の物理領域は今後の課題とする。

今回は 7 速デュアルクラッチ式トランスミッション(以下、「DCT」と表記)を想定したモデル化となっている。

- モデル作成ツールとして、プラントモデルは OpenModelica をベースに作成する。Matlab® Simulink® をベースに作成されている経産省 I/F ガイドライン準拠モデルへの組み込みは、作成したプラントモデルを Functional Mockup Unit(以下「FMU」と表記)に変換し行う。

### 1.3. モデル化の範囲

本解説書では第 3 階層 DCT プラントモデルとして作成した下記機能のモデル詳細について解説する。また、第 3 階層でモデル化した機能で構築されるトランスミッションサブシステムのモデル構造、車両走行解析実行環境としてモデル化した簡易車両・ドライバーモデル等の機能についても解説する。

#### 第 3 階層 DCT プラントモデルでモデル化した機能

- ・ 発進クラッチモデル
- ・ ギヤモデル
- ・ シンクロナイザモデル
- ・ オイルポンプモデル
- ・ シールリングモデル
- ・ 攪拌抵抗モデル
- ・ 転がり軸受モデル
- ・ オイルシールモデル
- ・ 内部シャフトモデル
- ・ 内部イナーシャモデル
- ・ 電動アクチュエータモデル
- ・ 電動オイルポンプモデル

#### 解析実行環境でモデル化した機能

- ・ トランスミッション制御
- ・ フライホイール

- ・ 簡易車両
- ・ ドライバー
- ・ エンジン/エンジンアイドル制御
- ・ 走行モード・環境条件

## 2. Modlica モデル

### 2.1. 動作・使用環境

本モデルは下記環境および条件にて動作を保証する。

〈OS 環境〉

|         |                 |
|---------|-----------------|
| OS      | Windows10 64bit |
| PC スペック | メモリ 8GB 以上      |

〈ツール環境〉

|          |                    |
|----------|--------------------|
| ツール名     | OpenModelica 64bit |
| ツールバージョン | v1.12.0            |

〈モデル計算条件〉

|        |  |
|--------|--|
| ソルバ    | dassl (default solver - BDF method - implicit) |
| 許容値    | 1e-6   |
| 最大積分次数 | 5  |

また、以下ツールでの動作を確認している。

MapleSim 2019.2、Dymola 2020x、Simulation X ver4.0

2.1. ファイル構成

Figure 1 に Modelica モデルのファイル構成を示す。


|   |                       |                       |
|---|-----------------------|-----------------------|
|  | TRAMI_L3_DCT          | Modelicaモデル最上位フォルダ    |
|  | TRAMI_L3_DCT.mo       | Modelicaモデル本体         |
|  | ModelicaInputData.txt | 走行パターン、温度境界条件 時系列データ  |
|  | Tables                | 各種特性値テーブル格納フォルダ       |
|  | library_etc           | 制御Cソースコード・パラメータ格納フォルダ |

Figure 1 Modelica モデルファイル構成

※OpenModelica モデル及び参照ファイルはスペース・非 ASCII 文字を含まないパスに保存すること。



## 2.2. モデルの基本構造

Figure 2 に簡易車両・ドライバーモデルを含む車両システムモデル概要を示す。

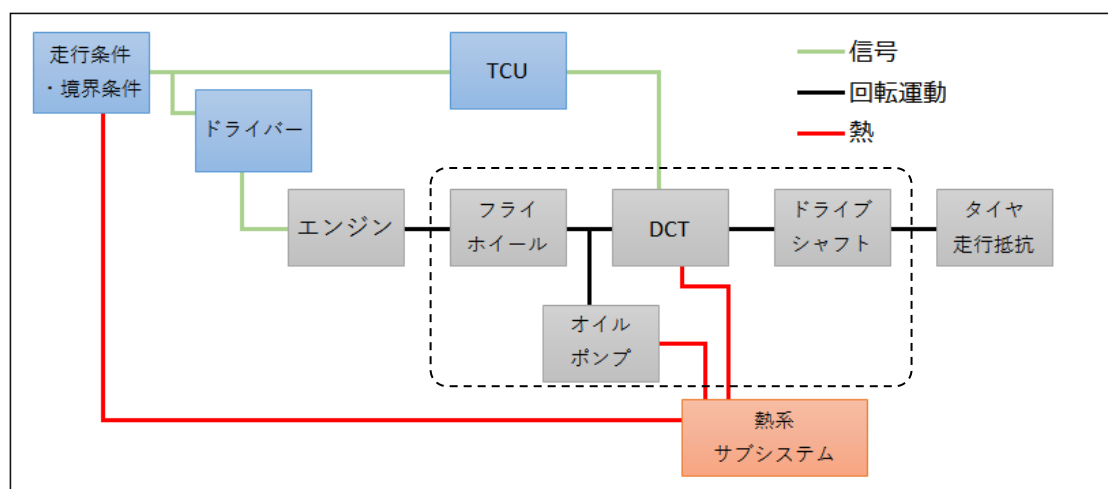


Figure 2 車両システムモデル概要

Figure 3 に車両システムモデル構造を示す。

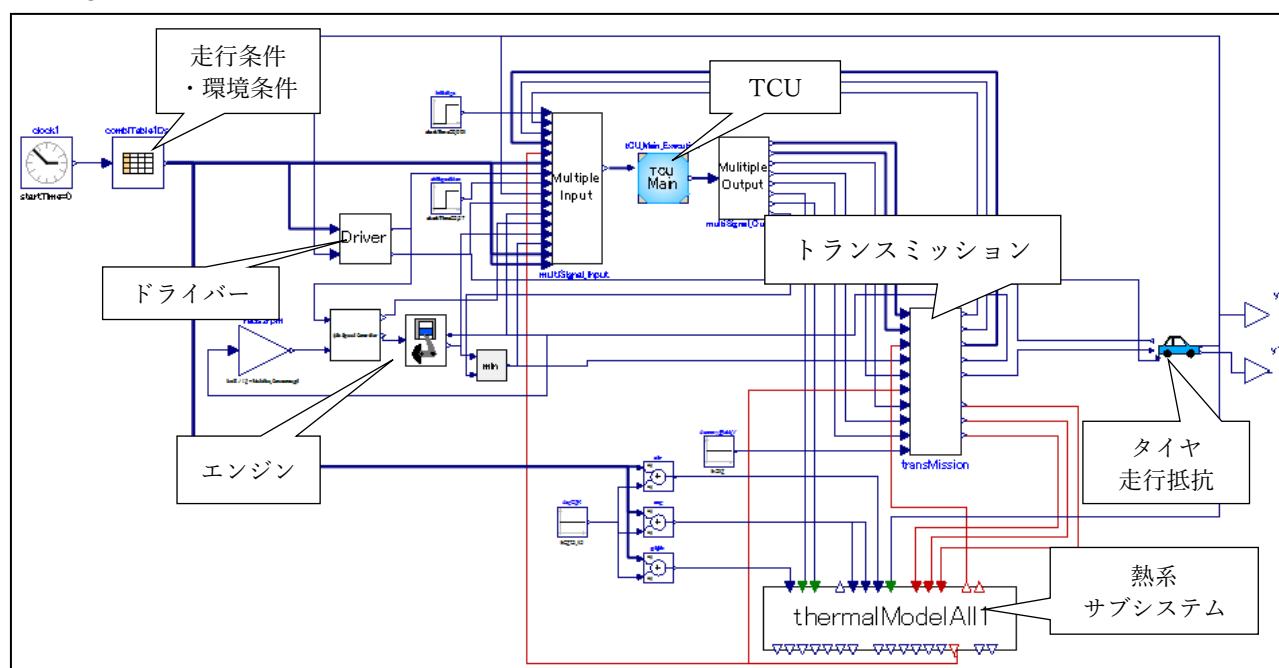


Figure 3 車両システムモデル (DCT\_VehicleSystemModel)

Figure 4 にトランスミッションモデル構造を示す。

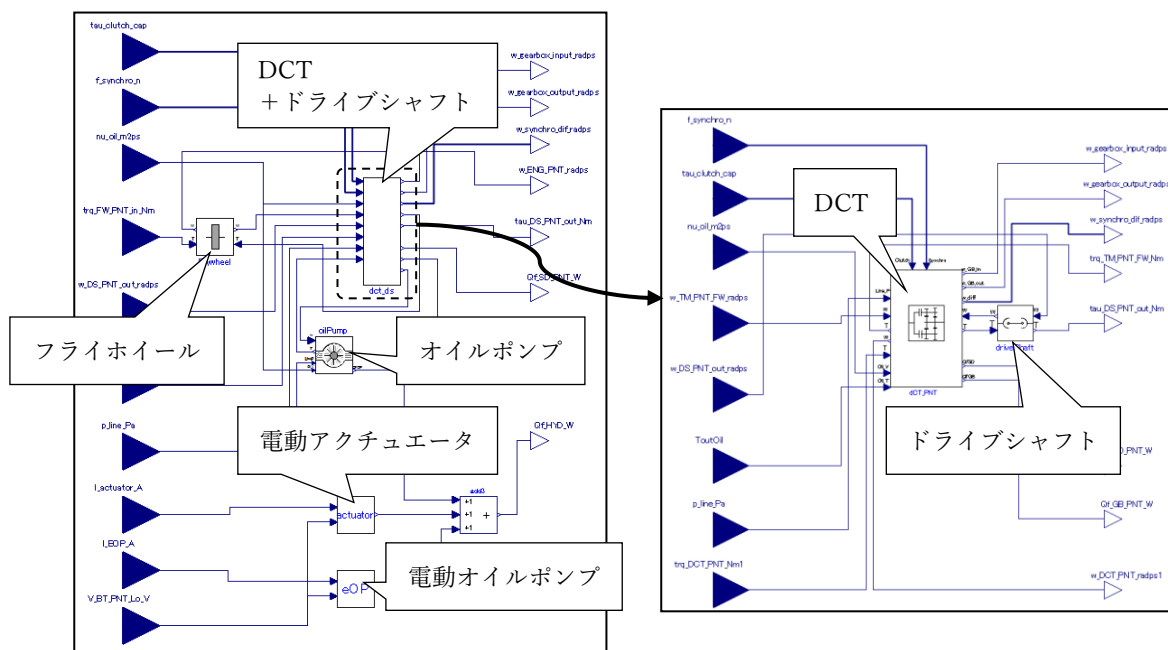


Figure 4 トランスミッションモデル構造

Figure 5 に第3階層 DCT、オイルポンプの構成・抵抗要素を示すスケルトン図を示す。

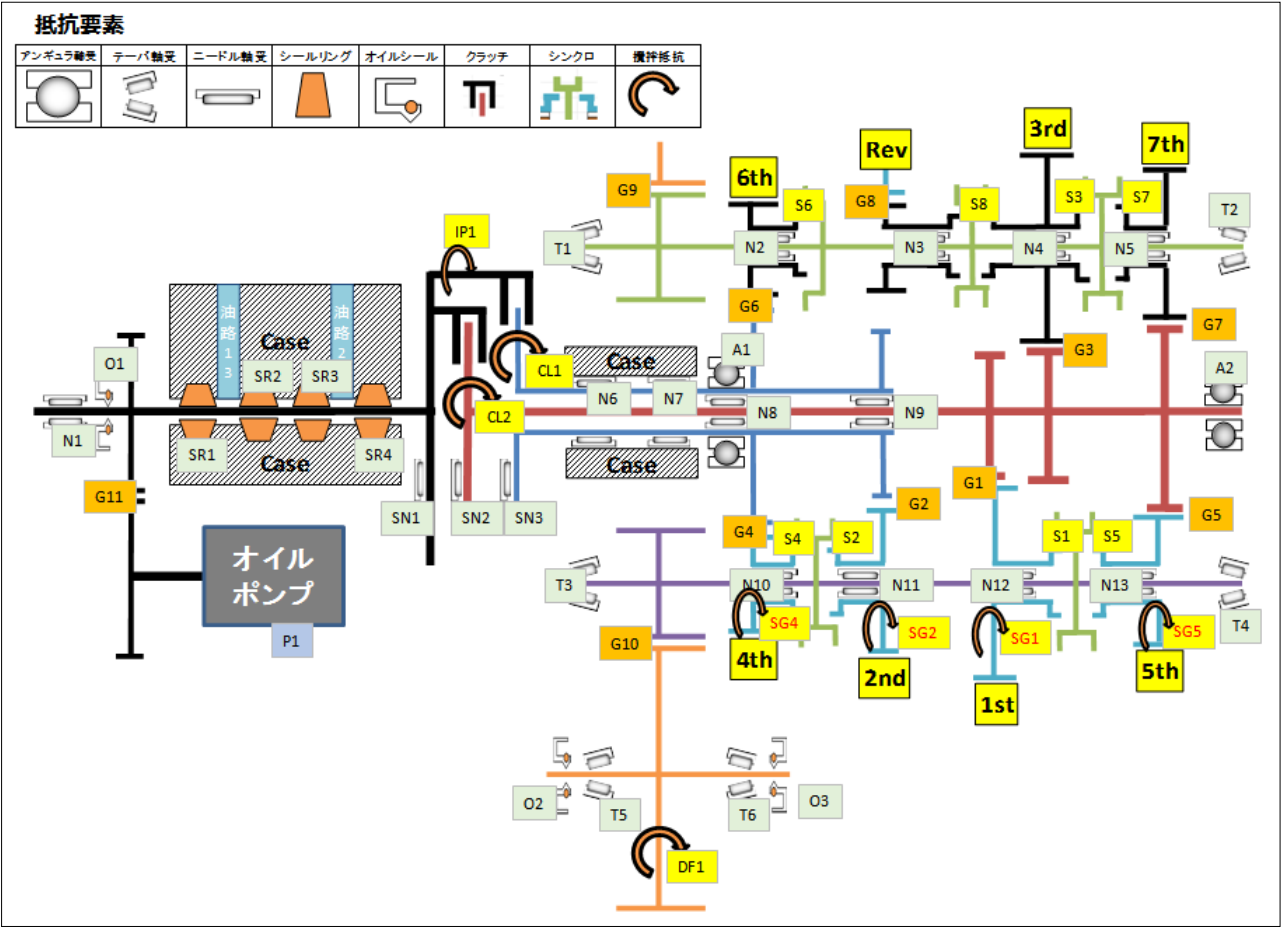


Figure 5 第3階層 DCT スケルトン図

Table 1 DCT 抵抗要素一覧にスケルトン図内に示した抵抗要素一覧を示す。  
各抵抗要素は損失テーブル(/Tables/\*.txt ファイル)により定義した損失トルクを発生する。

Table 1 DCT 抵抗要素一覧

| 抵 抗 要 素   |           |           |           |           |          |          |          |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| ニードルBrg1  | ニードルBrg2  | ニードルBrg3  | ニードルBrg4  | ニードルBrg5  | ニードルBrg6 | ニードルBrg7 | ニードルBrg8 |
| N1        | N2        | N3        | N4        | N5        | N6       | N7       | N8       |
| ニードルBrg9  | ニードルBrg10 | ニードルBrg11 | ニードルBrg12 | ニードルBrg13 |          |          |          |
| N9        | N10       | N11       | N12       | N13       |          |          |          |
| テーパBrg1   | テーパBrg2   | テーパBrg3   | テーパBrg4   | テーパBrg5   | テーパBrg6  |          |          |
| T1        | T2        | T3        | T4        | T5        | T6       |          |          |
| スラストBrg1  | スラストBrg2  | スラストBrg3  |           |           |          |          |          |
| SN1       | SN2       | SN3       |           |           |          |          |          |
| アングュラBrg1 | アングュラBrg2 |           |           |           |          |          |          |
| A1        | A2        |           |           |           |          |          |          |
| オイルシール1   | オイルシール2   | オイルシール3   |           |           |          |          |          |
| O1        | O2        | O3        |           |           |          |          |          |
| シールリング1   | シールリング2   | シールリング3   | シールリング4   |           |          |          |          |
| SR1       | SR2       | SR3       | SR4       |           |          |          |          |
| ギヤ噛合い1st  | ギヤ噛合い2nd  | ギヤ噛合い3rd  | ギヤ噛合い4th  | ギヤ噛合い5th  | ギヤ噛合い6th | ギヤ噛合い7th | ギヤ噛合いRev |
| G1        | G2        | G3        | G4        | G5        | G6       | G7       | G8       |
| ギヤ噛合いOut1 | ギヤ噛合いOut2 | ギヤ噛合いPump |           |           |          |          |          |
| G9        | G10       | G11       |           |           |          |          |          |
| オイルポンプ    |           |           |           |           |          |          |          |
| P1        |           |           |           |           |          |          |          |
| シンクロ1st   | シンクロ2nd   | シンクロ3rd   | シンクロ4th   | シンクロ5th   | シンクロ6th  | シンクロ7th  | シンクロRev  |
| S1        | S2        | S3        | S4        | S5        | S6       | S7       | S8       |
| デフ攪拌      | クラッチ攪拌1   | クラッチ攪拌2   | 入力軸攪拌     | 1速ギヤ攪拌    | 2速ギヤ攪拌   | 4速ギヤ攪拌   | 5速ギヤ攪拌   |
| DF1       | CL1       | CL2       | IP1       | SG1       | SG2      | SG4      | SG5      |

Figure 6 に DCT プラントモデル構造を示す。

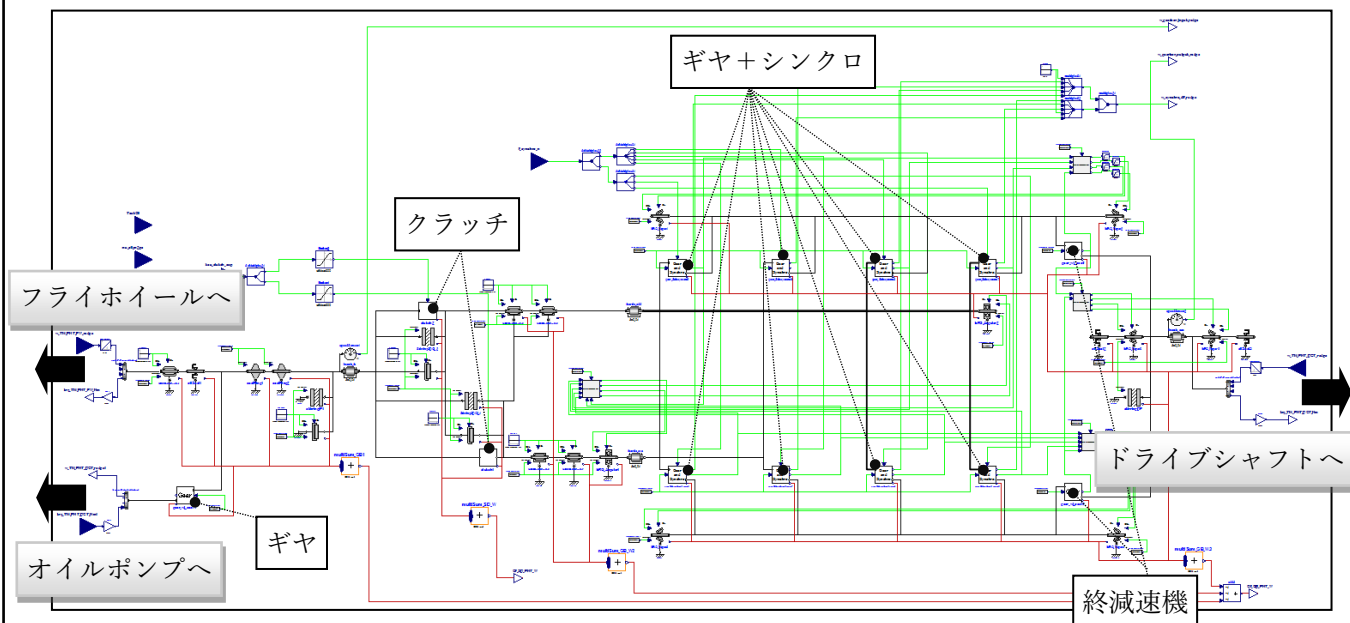


Figure 6 DCT プラントモデル構造と主要構成要素

## 2.3. シミュレーション実行方法

車両走行シミュレーションの実行を以下に示す。

### 2.3.1. 車両シミュレーション実行

#### 2.3.1.1. Modelica モデルのオープン

Modelica モデルファイル TRAMI\_L3\_DCT.mo を OpenModelica で開く。

※OpenModelica モデル及び参照ファイルはスペース・非 ASCII 文字を含まないパスに保存すること。

シミュレーションモデル“DCT\_VehicleSystemModel”をダブルクリックで開き、OpenModelica ダイアグラムビューに展開する。

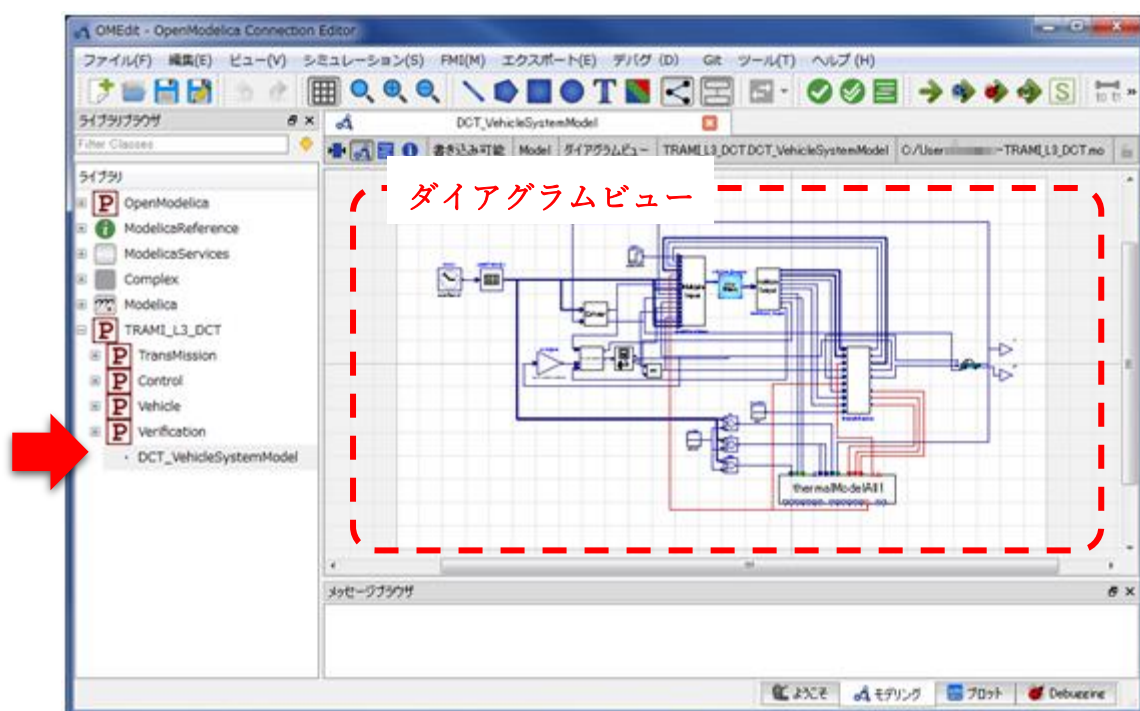


Figure 7 シミュレーションモデルのオープン

#### 2.3.1.2. シミュレーションのセットアップ・実行

シミュレーションのセットアップボタンを押し、セットアップウインドウを立ち上げる。



Figure 8 シミュレーションセットアップ

開始時間：0secs、終了時間：1800secs(WLTC モードの場合)、間隔：0.1secs、積分手法：dassl、許容値：1e-6 に設定する。

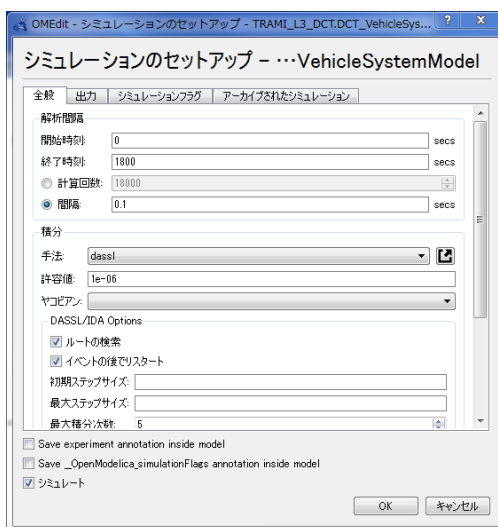


Figure 9 シミュレーションセットアップ (1)

出力タブを選択し、等間隔の時間グリッドにのみチェックを入れる。

結果を CSV 形式で出力したい場合は、出力書式で csv を選択する。

OK を押しシミュレーションを開始する。

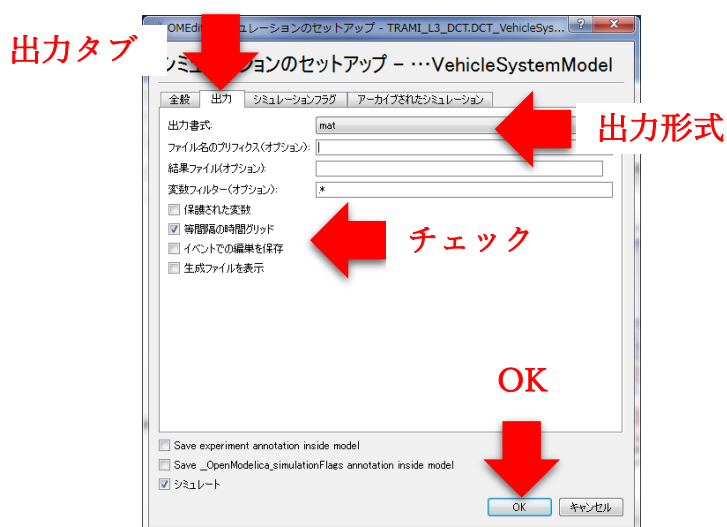


Figure 10 シミュレーションセットアップ (2)

### 2.3.2. 結果確認

シミュレーションが完了するとプロットウィンドウに切り替わる。結果を表示したい変数のチェックボックスにチェックを入れることで結果がプロット表示される。

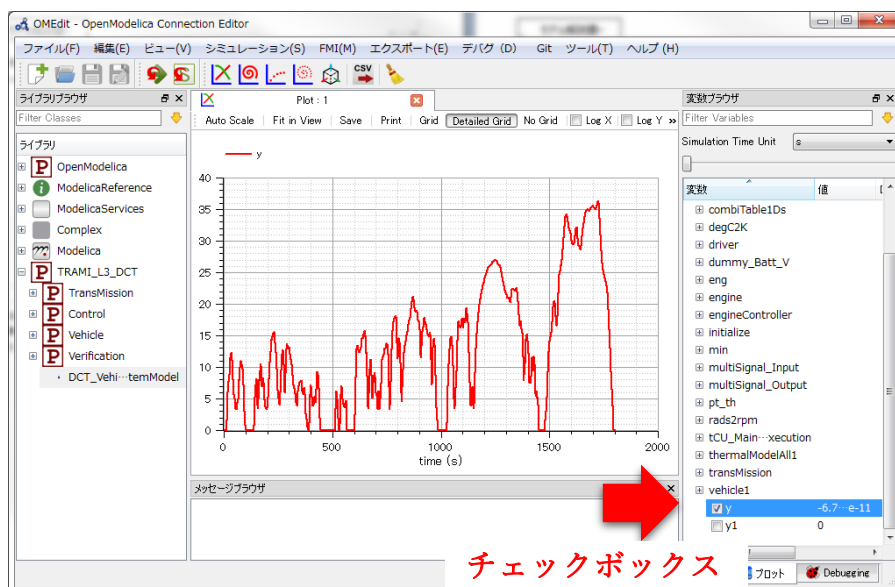


Figure 11 シミュレーション結果確認

出力結果はツール - オプションから作業ディレクトリに指定されたフォルダに保存される。

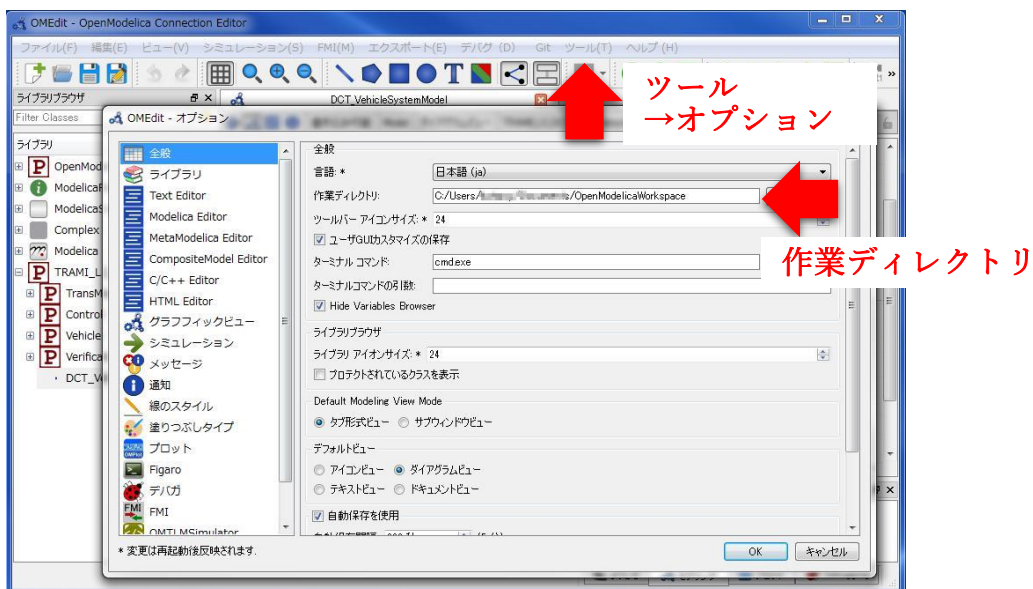


Figure 12 結果ファイルの保存場所設定

## 2.3.2.1. 特性・変数の結果選択方法 / csv 出力時のラベル名

Modelica モデルは階層構造を持ち、計算結果も階層構造に沿った形式で保存される。例えば車両システムモデルのドライバーモデルに入力される目標车速の結果は、「実行モデル名－driver1－Target\_Speed」の階層に保存されている。

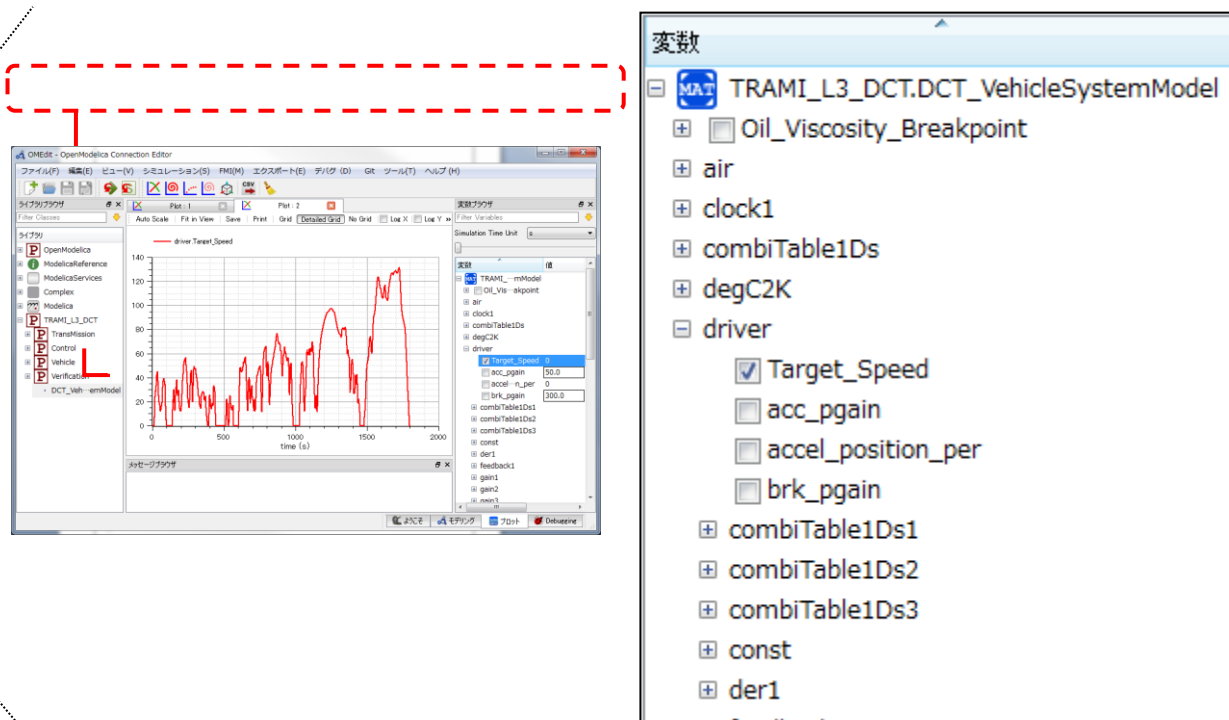


Figure 13 変数ブラウザでの特性・変数選択

csv ファイルに結果出力した際の特性・変数のラベルは、階層構造をドット(.)で表現したラベル名「driver1.Target\_Speed」で保存される。



## 2.4. サブシステムレベル モデル構造と設定パラメータ仕様

以下にトランスミッションのサブシステムレベルのモデルが第3階層部品レベルのモデルでどのように構成されているかのモデル構造を示す。また、モデル可読性のため複数部品を組み合わせたブロックの構成について示す。

### 2.4.1. 発進デバイス

#### 2.4.1.1. 概要

ここではFigure 14に示すスケルトン図の赤破線内の部品を発進デバイスとして便宜的に定義し解説する。なお、発熱要素としての発進デバイスは、同図赤実線内のクラッチ攪拌とスラストベ어링の発熱のみを扱うため注意のこと。

以下に発進デバイスの機能を示す。

#### ① 回転系の機能

- ・ 差回転、締結状態に応じた伝達トルクを算出・発進デバイスの損失を算出
- ・ 軸受け等の損失トルクを算出

#### ② 熱系の機能

- ・ 発進デバイス発熱量を算出
- ・ 軸受け等の発熱量を算出(変速機構の発熱量の一部と合算する)

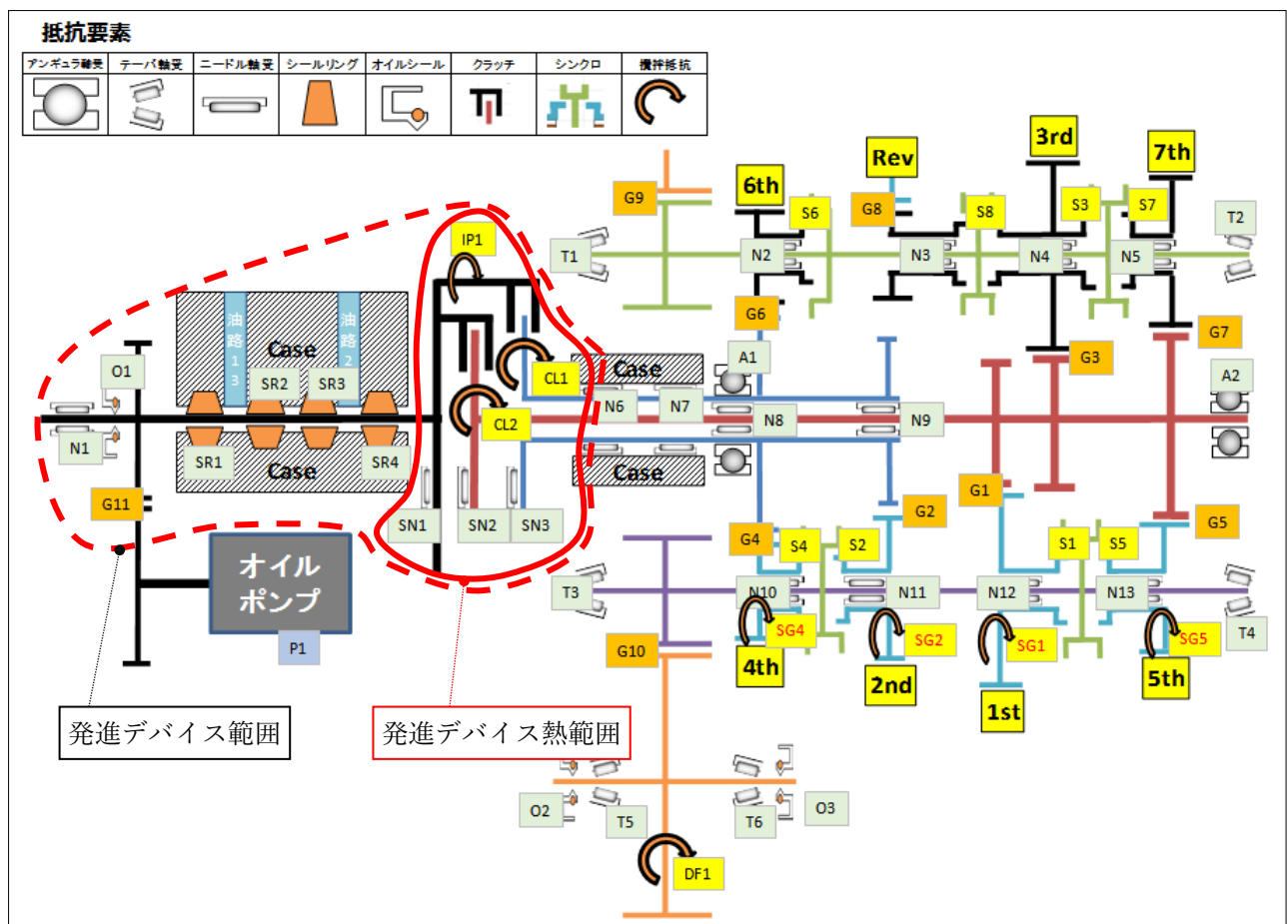


Figure 14 発進デバイス範囲

2.4.1.2. ダイアグラム

Figure 15 に発進デバイスのダイアグラムを示す。

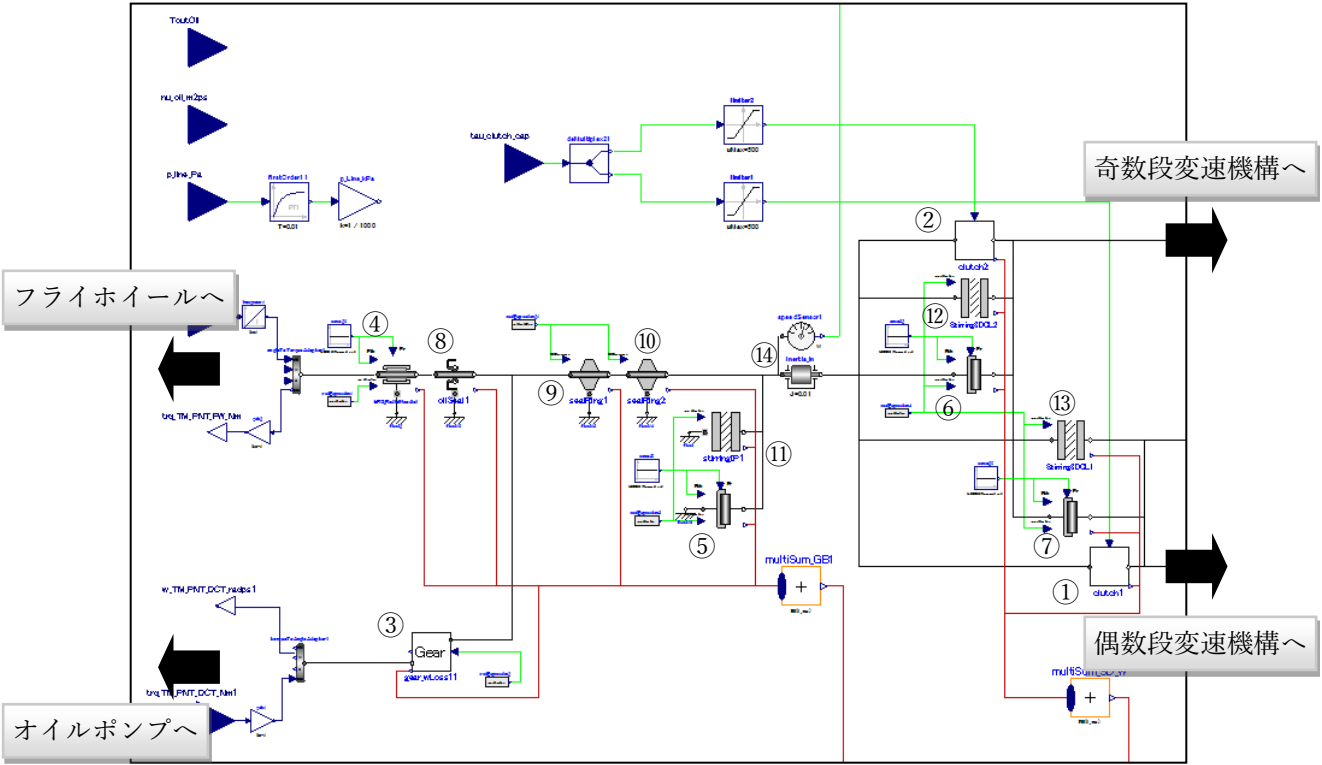


Figure 15 発進デバイスダイアグラム

2.4.1.3. 入出力仕様

以下に発進デバイスの入出力仕様を示す。

| 入力                  |       |       |                            |
|---------------------|-------|-------|----------------------------|
| 名称                  | 単位    | 範囲    | 説明                         |
| tau_clutch_cap      | Nm    | [0 1] | クラッチのトルク容量指示信号 (制御モデル I/F) |
| trq_TM_PNT_DCT_Nm1  | Nm    | -     | オイルポンプ側からのトルク              |
| w_TM_PNT_FW_radps   | rad/s | -     | フライホイール側からの回転数             |
| nu_oil_m2ps         | m2/s  | -     | オイル動粘度 (外部情報 I/F)          |
| p_line_Pa           | Pa    | -     | ライン圧 (制御モデル I/F)           |
| 出力                  |       |       |                            |
| 名称                  | 単位    | 範囲    | 説明                         |
| trq_TM_PNT_FW_Nm    | Nm    | -     | フライホイール側へのトルク              |
| w_TM_PNT_DCT_radps1 | rad/s | -     | オイルポンプ側への回転数               |
| Qf_SD_PNT_W         | W     | -     | 発進デバイス(熱モデル)への熱流量          |

変速機構側への回転運動伝達は I/F で分割していないため、ここでは入出力として記載してしない。

## 2.4.1.4. 構成要素

発進デバイスを構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| 発進デバイス構成クラス      |              |        |   |
|------------------|--------------|--------|---|
| クラス名             | 部品名          | 説明章    | 機能  |
| BRG_Angular      | アンギュラ BRG    | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| BRG_RadialNeedle | ニードル BRG     | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| BRG_ThrustNeedle | スラスト BRG     | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを軸間に付与                                       |
| Clutch           | 発進クラッチ       | 2.6.1  | トルク容量信号に応じたトルクを伝達   |
| Gear_wLoss       | ギヤ<br>(損失考慮) | 2.6.2  | ギヤ入力トルク・回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与<br>ギヤ入力トルクにより決定するギヤ軸へ与えるスラスト荷重・ラジアル荷重・モーメントを出力 |
| Inertia          | 内部イナーシャ      | 2.6.12 | 慣性項の算出  |
| OilSeal          | オイルシール       | 2.6.8  | 回転数によるテーブルで決定する損失トルクを付与   |
| SealRing         | シールリング       | 2.6.5  | 油圧・回転数によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| Stirring         | 攪拌抵抗         | 2.6.6  | 回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |

## 2.4.1.5. パラメータ仕様

以下に発進デバイスの構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| No | 変数名                       | 設定ファイル・値                     | 単位   | 説明                    |
|----|---------------------------|------------------------------|------|-----------------------|
| ①  | clutch1                   | -                            | -    | 偶数段ギヤへのトルク伝達接続クラッチ    |
| ②  | clutch2                   | -                            | -    | 奇数段ギヤへのトルク伝達接続クラッチ    |
| ③  | gear_wLoss11              | 1                            | -    | ギヤ 11 ギヤ比             |
|    |                           | G11.txt                      | -    | ギヤ 11 損失テーブルファイル      |
|    |                           | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | ギヤ 11 のオイル動粘度ブレイクポイント |
|    |                           | G11K.txt                     | -    | ギヤ 11 分力テーブルファイル      |
| ④  | bRG_RadialNeedle1         | N1.txt                       | -    | ニードル Brg1 損失テーブルファイル  |
| ⑤  | bRG_ThrustNeedle1         | SN1.txt                      | -    | スラスト BRG1 損失テーブルファイル  |
| ⑥  | bRG_ThrustNeedle_Support2 | SN2.txt                      | -    | スラスト BRG2 損失テーブルファイル  |
| ⑦  | bRG_ThrustNeedle_Support3 | SN3.txt                      | -    | スラスト BRG3 損失テーブルファイル  |
| ⑧  | oilSeal1                  | OS.txt                       | -    | オイルシール 1 損失テーブルファイル   |
| ⑨  | sealRing1                 | SR.txt                       | -    | シールリング 1 損失テーブルファイル   |
| ⑩  | sealRing2                 | SR.txt                       | -    | シールリング 2 損失テーブルファイル   |
| ⑪  | stirringIP1               | IP1.txt                      | -    | 攪拌抵抗 IP1 損失テーブルファイル   |
| ⑫  | stirring_SupportCL1       | K1.txt                       | -    | 攪拌抵抗 CL1 損失テーブルファイル   |
| ⑬  | stirring_SupportCL2       | K2.txt                       | -    | 攪拌抵抗 CL2 損失テーブルファイル   |
| ⑭  | inertia_in                | 0.01                         | kgm2 | DCT 入力軸イナーシャ          |

2.4.2. 変速機構

2.4.2.1. 概要

ここでは Figure 16 に示すスケルトン図の赤破線内の部品を変速機構として便宜的に定義し解説する。  
以下に変速機構の機能を示す。

① 回転系の機能

- ・ 変速比に応じた伝達トルクや回転数を算出
- ・ 変速機構の損失を算出
- ・ 変速機構の慣性項を算出

② 熱系の機能

- ・ 変速機構の発熱量を算出

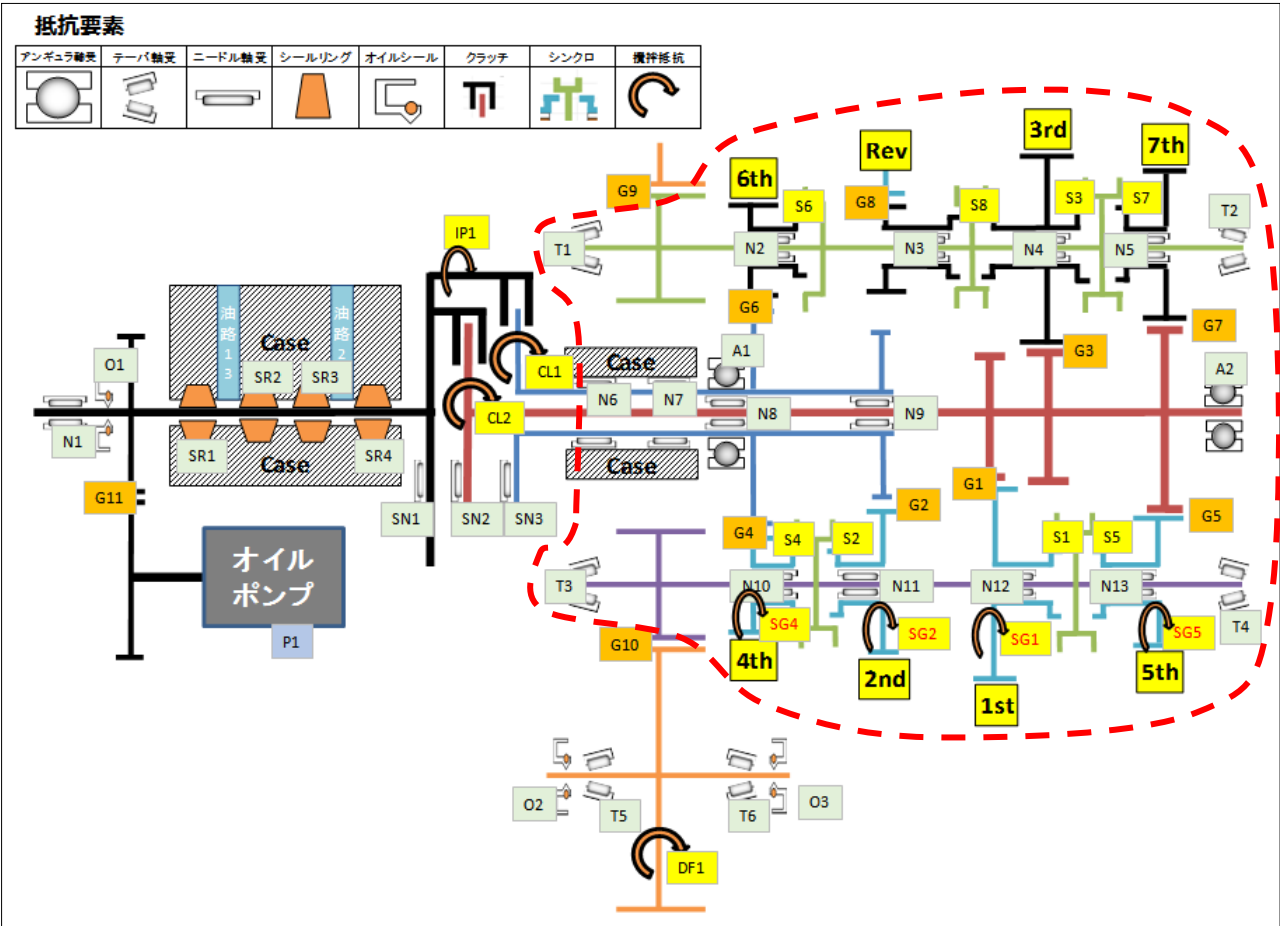


Figure 16 変速機構範囲

2.4.2.2. ダイアグラム

Figure 17 に変速機構モデルのダイアグラムを示す。

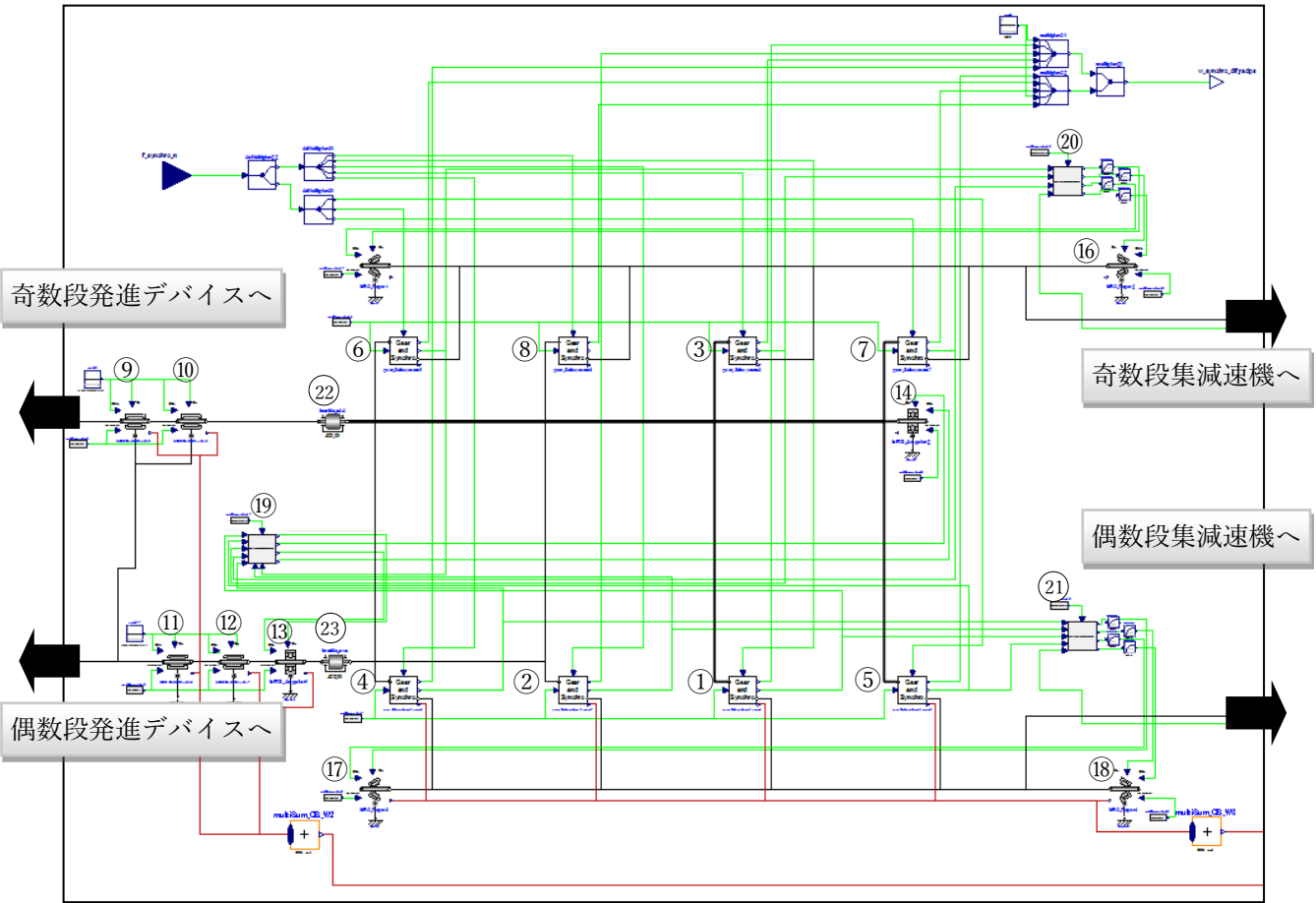


Figure 17 変速機構ダイアグラム

2.4.2.3. 入出力仕様

以下に変速機構モデルの入出力仕様を示す。

| 入力                  |       |    |                     |
|---------------------|-------|----|---------------------|
| 名称                  | 単位    | 範囲 | 説明                  |
| f_synchro_n         | N     | -  | シンクロ操作力 (制御モデル I/F) |
| nu_oil_m2ps         | m2/s  | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F)   |
| 出力                  |       |    |                     |
| 名称                  | 単位    | 範囲 | 説明                  |
| w_synchro_dif_radps | rad/s | -  | シンクロ差回転 (制御モデル I/F) |
| Qf_GB_PNT_W         | W     | -  | 変速機構(熱モデル)への熱流量     |

発進デバイス・終減速機への回転運動伝達は I/F で分割していないため、ここでは入出力としては記載していない。

## 2.4.2.4. 構成要素

変速機構を構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| 変速機構構成クラス                  |                        |        |  |
|----------------------------|------------------------|--------|--|
| クラス名                       | 部品名                    | 説明章    | 機能   |
| BRG_Angular                | アンギュラ BRG              | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与 |
| BRG_Taper                  | テーパBRG                 | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与 |
| Gear_Synchro_Set_Upper     | ギヤ・シンクロセット             | 2.4.5  | ギヤ・シンクロ・ニードル BRG 要素を組み合わせたクラス                |
| Gear_Synchro_Set_Lower     | ギヤ・シンクロセット<br>(攪拌損失あり) | 2.4.6  | ギヤ・シンクロ・ニードル BRG・攪拌損失要素を組み合わせたクラス            |
| Inertia                    | 内部イナーシャ                | 2.6.12 | 慣性項の算出                                       |
| Brg_Load_Distribution_A1A2 | 軸受 A1A2 荷重配分<br>計算ブロック | 2.5.2  | 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出                            |
| Brg_Load_Distribution_T1T2 | 軸受 T1T2 荷重配分<br>計算ブロック | 2.5.3  | 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出                            |
| Brg_Load_Distribution_T3T4 | 軸受 T3T4 荷重配分<br>計算ブロック | 2.5.4  | 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出                            |

## 2.4.2.5. パラメータ仕様

以下に変速機構の構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| No | 変数名                     | 設定ファイル・値                 | 単位   | 説明                     |
|----|-------------------------|--------------------------|------|------------------------|
| ①  | gear_Synchro_Set_Lower1 | 54/14                    | -    | 1 速ギヤ減速比               |
|    |                         | G1.txt                   | -    | 1 速ギヤ 損失テーブルファイル       |
|    |                         | N12.txt                  | -    | 1 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル |
|    |                         | S1.txt                   | -    | 1 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル   |
|    |                         | SG1.txt                  | -    | 1 速ギヤ 攪拌抵抗テーブルファイル     |
|    |                         | Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | 1 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント   |
|    |                         | G1K.txt                  | -    | 1 速ギヤ 分力テーブルファイル       |
| ②  | gear_Synchro_Set_Lower2 | 51/21                    | -    | 2 速ギヤ減速比               |
|    |                         | G2.txt                   | -    | 2 速ギヤ 損失テーブルファイル       |
|    |                         | N11.txt                  | -    | 2 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル |
|    |                         | S2.txt                   | -    | 2 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル   |
|    |                         | SG2.txt                  | -    | 2 速ギヤ 攪拌抵抗テーブルファイル     |
|    |                         | Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | 2 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント   |
|    |                         | G2K.txt                  | -    | 2 速ギヤ 分力テーブルファイル       |
| ③  | gear_Synchro_Set_Upper3 | 61/21                    | -    | 3 速ギヤ減速比               |
|    |                         | G3.txt                   | -    | 3 速ギヤ 損失テーブルファイル       |
|    |                         | N4.txt                   | -    | 3 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル |
|    |                         | S3.txt                   | -    | 3 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル   |
|    |                         | Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | 3 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント   |
|    |                         | G3K.txt                  | -    | 3 速ギヤ 分力テーブルファイル       |
| ④  | gear_Synchro_Set_Lower4 | 44/37                    | -    | 4 速ギヤ減速比               |
|    |                         | G4.txt                   | -    | 4 速ギヤ 損失テーブルファイル       |

|   |                         |                              |      |                          |
|---|-------------------------|------------------------------|------|--------------------------|
|   |                         | N10.txt                      | -    | 4 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル   |
|   |                         | S4.txt                       | -    | 4 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル     |
|   |                         | SG4.txt                      | -    | 4 速ギヤ 攪拌抵抗テーブルファイル       |
|   |                         | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | 4 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント     |
|   |                         | G4K.txt                      | -    | 4 速ギヤ 分力テーブルファイル         |
| ⑤ | gear_Synchro_Set_Lower5 | 41/47                        | -    | 5 速ギヤ減速比                 |
|   |                         | G5.txt                       | -    | 5 速ギヤ 損失テーブルファイル         |
|   |                         | N13.txt                      | -    | 5 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル   |
|   |                         | S5.txt                       | -    | 5 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル     |
|   |                         | SG5.txt                      | -    | 5 速ギヤ 攪拌抵抗テーブルファイル       |
|   |                         | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | 5 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント     |
|   |                         | G5K.txt                      | -    | 5 速ギヤ 分力テーブルファイル         |
| ⑥ | gear_Synchro_Set_Upper6 | 43/37                        | -    | 6 速ギヤ減速比                 |
|   |                         | G6.txt                       | -    | 6 速ギヤ 損失テーブルファイル         |
|   |                         | N2.txt                       | -    | 6 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル   |
|   |                         | S6.txt                       | -    | 6 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル     |
|   |                         | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | 6 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント     |
|   |                         | G6K.txt                      | -    | 6 速ギヤ 分力テーブルファイル         |
|   |                         |                              |      |                          |
| ⑦ | gear_Synchro_Set_Upper7 | 44/47                        | -    | 7 速ギヤ減速比                 |
|   |                         | G7.txt                       | -    | 7 速ギヤ 損失テーブルファイル         |
|   |                         | N5.txt                       | -    | 7 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル   |
|   |                         | S7.txt                       | -    | 7 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル     |
|   |                         | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | 7 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント     |
|   |                         | G7K.txt                      | -    | 7 速ギヤ 分力テーブルファイル         |
|   |                         |                              |      |                          |
| ⑧ | gear_Synchro_Set_Upper8 | -189/61                      | -    | Rev 速ギヤ減速比               |
|   |                         | Grev.txt                     | -    | Rev 速ギヤ 損失テーブルファイル       |
|   |                         | N3.txt                       | -    | Rev 速ドリブンギヤ軸受 損失テーブルファイル |
|   |                         | S8.txt                       | -    | Rev 速ギヤシンクロ 損失テーブルファイル   |
|   |                         | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | Rev 速ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント   |
|   |                         | GrevK.txt                    | -    | Rev 速ギヤ 分力テーブルファイル       |
|   |                         |                              |      |                          |
| ⑨ | bRG_RadialNeedle6       | N6.txt                       | -    | ニードル軸受 6 損失テーブルファイル      |
| ⑩ | bRG_RadialNeedle7       | N7.txt                       | -    | ニードル軸受 7 損失テーブルファイル      |
| ⑪ | bRG_RadialNeedle8       | N8.txt                       | -    | ニードル軸受 8 損失テーブルファイル      |
| ⑫ | bRG_RadialNeedle9       | N9.txt                       | -    | ニードル軸受 9 損失テーブルファイル      |
| ⑬ | bRG_Angular1            | A1.txt                       | -    | アンギュラ軸受 1 損失テーブルファイル     |
| ⑭ | bRG_Angular2            | A2.txt                       | -    | アンギュラ軸受 2 損失テーブルファイル     |
| ⑮ | bRG_Taper1              | T1.txt                       | -    | テーパ軸受 1 損失テーブルファイル       |
| ⑯ | bRG_Taper2              | T2.txt                       | -    | テーパ軸受 2 損失テーブルファイル       |
| ⑰ | bRG_Taper3              | T3.txt                       | -    | テーパ軸受 3 損失テーブルファイル       |
| ⑱ | bRG_Taper4              | T4.txt                       | -    | テーパ軸受 4 損失テーブルファイル       |

|   |                          |             |      |                   |
|---|--------------------------|-------------|------|-------------------|
| ⑲ | bRG_LoadDistributionA1A2 | (2.5.2 に記載) | -    | 各ギヤ荷重から軸受荷重を計算・出力 |
| ⑳ | bRG_LoadDistributionT1T2 | (2.5.3 に記載) | -    | 各ギヤ荷重から軸受荷重を計算・出力 |
| ㉑ | bRG_LoadDistributionT3T4 | (2.5.4 に記載) | -    | 各ギヤ荷重から軸受荷重を計算・出力 |
| ㉒ | inertia_odd              | 0.1         | kgm2 | 奇数段軸イナーシャ         |
| ㉓ | inertia_eve              | 0.1         | kgm2 | 偶数段軸イナーシャ         |



2.4.3. 終減速機

2.4.3.1. 概要

ここでは Figure 18 に示すスケルトン図の赤破線内の部品を終減速機として便宜的に定義し解説する。  
以下に終減速機の機能を示す。

① 回転系の機能

- ・ 変速比に応じた伝達トルクや回転数を算出
- ・ 終減速機の損失を算出

② 熱系の機能

- ・ 終減速機発熱量を算出

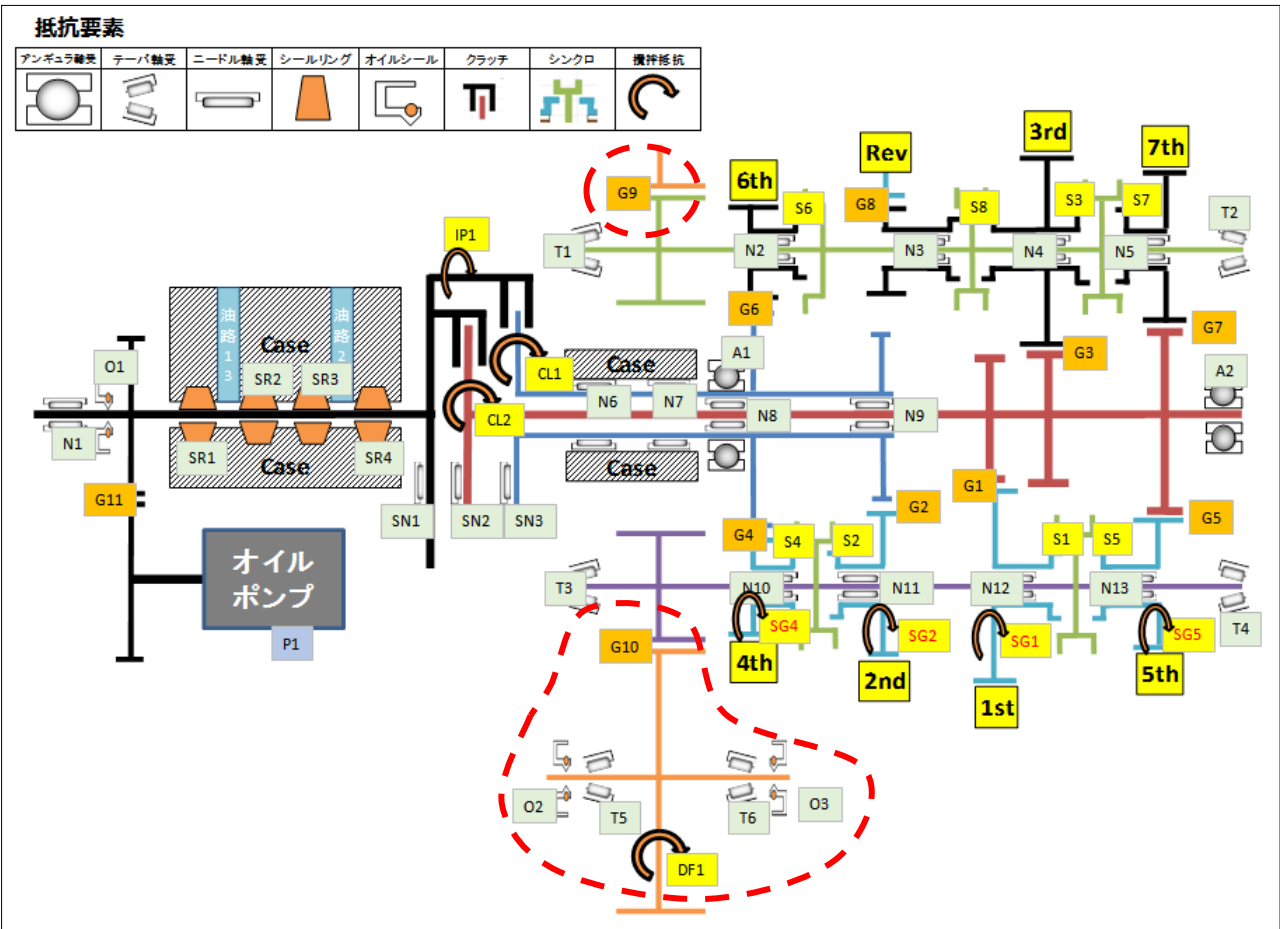


Figure 18 終減速機範囲

## 2.4.3.2. ダイアグラム

以下に終減速機モデルのダイアグラムを示す。

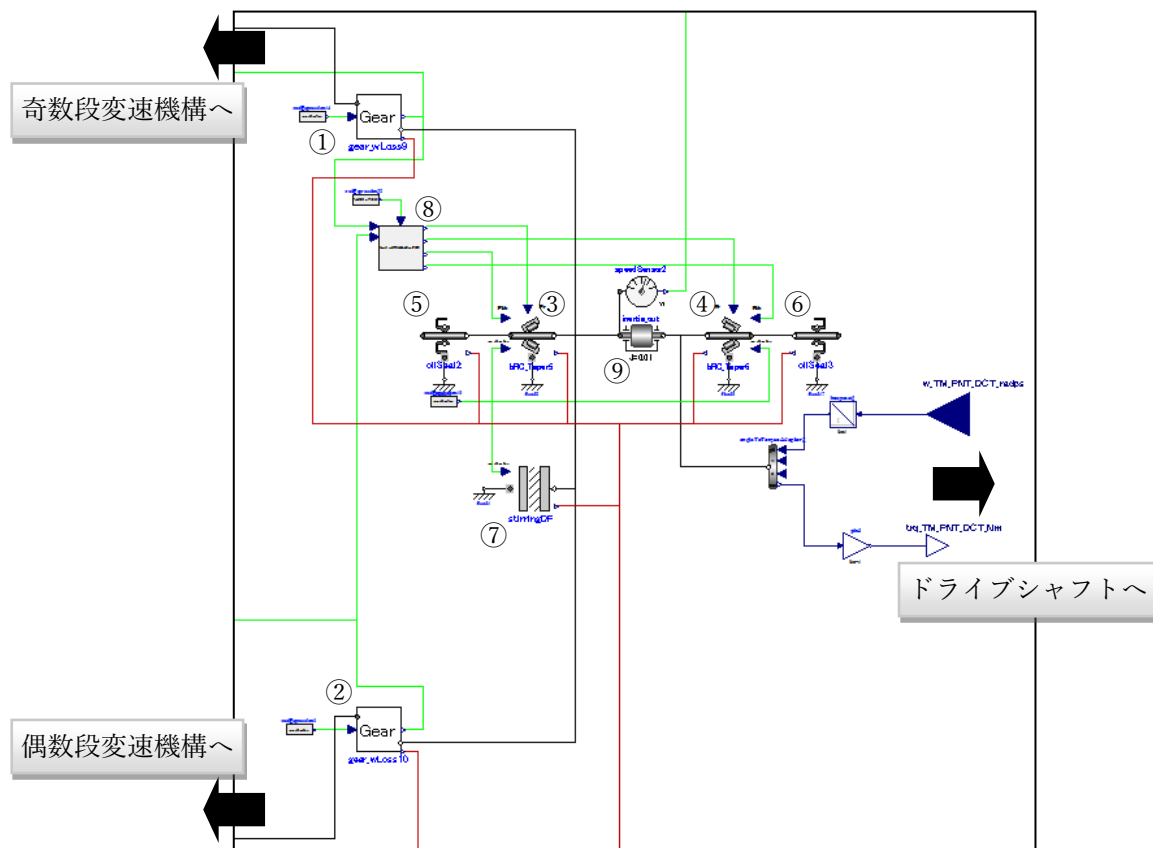


Figure 19 終減速機ダイアグラム

## 2.4.3.3. 入出力仕様

以下に終減速機モデルの入出力仕様を示す。

| 入力                 |       |    |                   |
|--------------------|-------|----|-------------------|
| 名称                 | 単位    | 範囲 | 説明                |
| w_TM_PNT_DCT_radps | rad/s | -  | ドライブシャフトからの回転数    |
| ToutOil            | K     | -  | オイル温度             |
| nu_oil_m2ps        | m2/s  | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| 出力                 |       |    |                   |
| 名称                 | 単位    | 範囲 | 説明                |
| trq_TM_PNT_DCT_Nm  | Nm    | -  | ドライブシャフトへのトルク     |

変速機構側への回転運動伝達は I/F で分割していないため、ここでは入出力として記載してしない。

また、終減速機部で発生した熱流量は変速機構熱モデルへの熱流量：Qf\_GB\_PNT\_W に合算する。

## 2.4.3.4. 構成要素

終減速機を構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| 変速機構構成クラス                  |                    |        |   |
|----------------------------|--------------------|--------|---|
| クラス名                       | 部品名                | 説明章    | 機能  |
| BRG_Taper                  | テーパ-BRG            | 2.6.7  | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| Gear_wLoss                 | ギヤ(損失考慮)           | 2.6.2  | ギヤ入力トルク・回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与<br>ギヤ入力トルクにより決定するギヤ軸へ与えるスラスト荷重・ラジアル荷重・モーメントを出力 |
| Inertia                    | 内部イナーシャ            | 2.6.12 | 慣性項の算出  |
| OilSeal                    | オイルシール             | 2.6.8  | 回転数によるテーブルで決定する損失トルクを付与   |
| Stirring                   | 攪拌損失               | 2.6.6  | 回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| Brg_Load_Distribution_T5T6 | 軸受 T5T6 荷重配分計算ブロック | 2.5.5  | 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出   |

## 2.4.3.5. パラメータ仕様

以下に終減速機の構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| No | 変数名                      | 設定ファイル・値                 | 単位   | 説明                    |
|----|--------------------------|--------------------------|------|-----------------------|
| ①  | gear_wLoss9              | 62/26                    | -    | ギヤ 9 ギヤ比              |
|    |                          | G9txt                    | -    | ギヤ 9 損失テーブルファイル       |
|    |                          | Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | ギヤ 9 のオイル動粘度ブレイクポイント  |
|    |                          | G9.txt                   | -    | ギヤ 9 分力テーブルファイル       |
| ②  | gear_wLoss10             | 62/15                    | -    | ギヤ 10 ギヤ比             |
|    |                          | G9txt                    | -    | ギヤ 10 損失テーブルファイル      |
|    |                          | Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | ギヤ 10 のオイル動粘度ブレイクポイント |
|    |                          | G9.txt                   | -    | ギヤ 10 分力テーブルファイル      |
| ③  | bRG_Taper5               | T5.txt                   | -    | ギヤ 11 損失テーブルファイル      |
| ④  | bRG_Taper6               | T6.txt                   | -    | ギヤ 11 分力テーブルファイル      |
| ⑤  | oilSeal2                 | OS.txt                   | -    | オイルシール 2 損失テーブルファイル   |
| ⑥  | oilSeal3                 | OS.txt                   | -    | オイルシール 3 損失テーブルファイル   |
| ⑦  | stirringDF               | DF1.txt                  | -    | デフ攪拌 損失テーブルファイル       |
| ⑧  | bRG_LoadDistributionT5T6 | (2.5.5 に記載)              | -    | 各ギヤ荷重から軸受荷重を計算・出力     |
| ⑨  | inertia_out              | 0.01                     | kgm2 | DCT 出力軸イナーシャ          |

## 2.4.4. ドライブシャフト

### 2.4.4.1. 概要

以下にドライブシャフトの機能を示す。

#### ①回転系の機能

- ・ 慣性項の算出
- ・ バネ・ダンパ項の算出

### 2.4.4.2. ダイアグラム

以下にドライブシャフトのダイアグラムを示す。

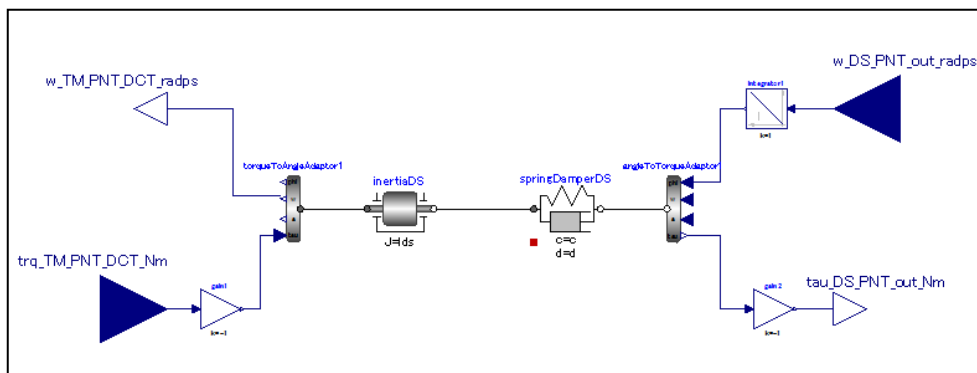


Figure 20 ドライブシャフトダイアグラム

### 2.4.4.3. 入出力仕様

以下にドライブシャフトの入出力仕様を示す。

| 入力                 |       |    |            |
|--------------------|-------|----|------------|
| 名称                 | 単位    | 範囲 | 説明         |
| trq_TM_PNT_DCT_Nm  | Nm    | -  | DCT からのトルク |
| w_DS_PNT_out_radps | radps | -  | タイヤからの回転数  |
| 出力                 |       |    |            |
| 名称                 | 単位    | 範囲 | 説明         |
| tau_DS_PNT_out_Nm  | Nm    | -  | タイヤへのトルク   |
| w_TM_PNT_DCT_radps | radps | -  | DCT への回転数  |

### 2.4.4.4. 構成要素

ドライブシャフトを構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| 発進デバイス構成クラス  |         |        |            |
|--------------|---------|--------|------------|
| クラス名         | 部品名     | 説明章    | 機能         |
| Inertia      | 内部イナーシャ | 2.6.12 | 慣性項の算出     |
| SpringDamper | 内部シャフト  | 2.6.11 | バネ・ダンパ項の算出 |

2.4.4.5. パラメータ仕様

以下にドライブシャフトのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名 | 設定ファイル・値 | 単位      | 説明           |
|-----|----------|---------|--------------|
| Jds | 0.01     | kgm2    | イナーシャ        |
| c   | 1e4      | Nm/rad  | ドライブシャフト剛性   |
| d   | 1e3      | Nms/rad | ドライブシャフト減衰係数 |

## 2.4.5. Gear\_Synchro\_Set\_Upper (ギヤ・シンクロ・ニードル BRG のセット)

### 2.4.5.1. 概要

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Upper の機能を示す。

#### ①回転系の機能

- ・ ギヤ比に応じた伝達トルクや回転数を算出
- ・ ギヤの損失を算出
- ・ 同期所受胎に応じた伝達トルクを算出
- ・ シンクロナイザの損失を算出
- ・ 転がり軸受の損失を算出

#### ②熱系の機能

- ・ ギヤ・シンクロナイザ・転がり軸受の発熱量を算出

### 2.4.5.2. ダイアグラム

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Upper のダイアグラムを示す。

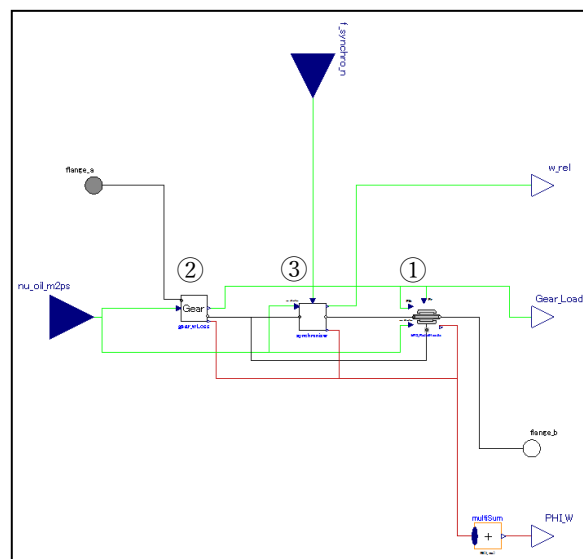


Figure 21 Gear\_Synchro\_Set\_Upper ダイアグラム

### 2.4.5.3. 入出力仕様

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Upper の入出力仕様を示す。

| 入力          |       |    |                          |
|-------------|-------|----|--------------------------|
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                       |
| f_synchro_n | N     | -  | シンクロ操作力 (制御モデル I/F)      |
| nu_oil_m2ps | m2/s  | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F)        |
| 出力          |       |    |                          |
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                       |
| Gear_Load   | N,N,N |    | ギヤ分力 <1x3> (外部情報 I/F)    |
| PHI_W       | W     | -  | ギヤ・シンクロ・転がり軸受から熱モデルへの熱流量 |
| w_rel       | rad/s | -  | シンクロ差回転数 (制御モデル I/F)     |

## 2.4.5.4. 構成要素

Gear\_Synchro\_Set\_Upper を構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| Gear_SubSystem 構成クラス |              |       |   |
|----------------------|--------------|-------|---|
| クラス名                 | 部品名          | 説明章   | 機能  |
| BRG_RadialNeedle     | ニードル BRG     | 2.6.7 | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| Gear_wLoss           | ギヤ<br>(損失考慮) | 2.6.2 | ギヤ入力トルク・回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与<br>ギヤ入力トルクにより決定するギヤ軸へ与えるスラスト荷重・ラジアル荷重・モーメントを出力 |
| Synchronizer         | シンクロナイザ      | 2.6.8 | シンクロ操作力に応じたトルクの伝達<br>回転数・差回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定するロストルクの付与                              |

## 2.4.5.5. パラメータ仕様

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Upper の構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| No | 変数名              | 設定ファイル・値                  | 単位   | 説明                             |
|----|------------------|---------------------------|------|--------------------------------|
| ①  | bRG_RadialNeedle | BRG_Friction_Filename     | -    | 軸受損失テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
| ②  | gear_wLoss       | Gear_Ratio                | -    | ギヤ比(上位モデル値の継承)                 |
|    |                  | Gear_Friction_Filename    | -    | ギヤ損失テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
|    |                  | Oil_Viscosity_Breakpoint  | m2/s | オイル動粘度ブレイクポイント(上位モデル値の継承)      |
|    |                  | Gear_K_Filename           | -    | ギヤ分力テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
| ③  | synchronizer     | SynchronizerLoss_Filename | -    | シンクロ損失テーブルファイル名<br>(上位モデル値の継承) |
|    |                  | Oil_Viscosity_Breakpoint  | m2/s | オイル動粘度ブレイクポイント(上位モデル値の継承)      |
|    |                  | 5                         | Nm/N | シンクロ操作力から伝達トルクへの変換ゲイン          |

#### 2.4.6. Gear\_Synchro\_Set\_Lower (ギヤ・シンクロ・ニードル BRG・攪拌抵抗のセット)

### 2.4.6.1. 概要

以下に Gear Synchro Set Lower の機能を示す。

### ①回転系の機能

- ・ ギヤ比に応じた伝達トルクや回転数を算出
- ・ ギヤの損失を算出
- ・ 同期所受胎に応じた伝達トルクを算出
- ・ シンクロナイザの損失を算出
- ・ 転がり軸受の損失を算出
- ・ 攪拌抵抗の損失トルクを算出

## ②熱系の機能

- ・ ギヤ・シンクロナイザ・転がり軸受・攪拌抵抗の発熱量を算出

#### 2.4.6.2. ダイアグラム

以下に Gear Synchro Set Lower のダイアグラムを示す。

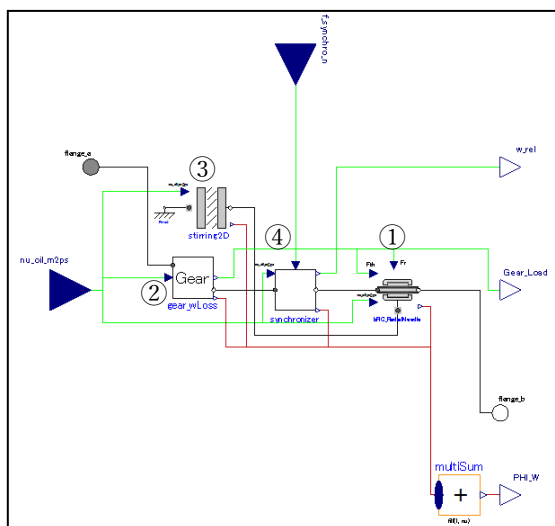


Figure 22 Gear Synchro Set Lower ダイアグラム

#### 2.4.6.3. 入出力仕様

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Lower の入出力仕様を示す。

| 入力          |       |    |  |
|-------------|-------|----|--|
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                                     |
| f_synchro_n | N     | -  | シンクロ操作力（制御モデル I/F）                     |
| nu_oil_m2ps | m2/s  | -  | オイル動粘度（外部情報 I/F）                       |
| 出力          |       |    |  |
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                                     |
| Gear_Load   | N,N,N | -  | ギヤ分力 <1x3>（外部情報 I/F）                   |
| PHI_W       | W     | -  | ギヤ・シンクロ・転がり軸受から熱モデルへの熱流量<br>(外部情報 I/F) |
| w_rel       | rad/s | -  | シンクロ差回転数（制御モデル I/F）                    |



## 2.4.6.4. 構成要素

Gear\_Synchro\_Set\_Lower を構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| Gear_SubSystem_Lower 構成クラス |              |       |   |
|----------------------------|--------------|-------|---|
| クラス名                       | 部品名          | 説明章   | 機能  |
| BRG_RadialNeedle           | ニードル BRG     | 2.6.7 | オイル動粘度・回転数、ラジアル荷重・スラスト荷重によるテーブルで決定する損失トルクの付与  |
| Gear_wLoss                 | ギヤ<br>(損失考慮) | 2.6.2 | ギヤ入力トルク・回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与<br>ギヤ入力トルクにより決定するギヤ軸へ与えるスラスト荷重・ラジアル荷重・モーメントを出力 |
| Stirring2D                 | 攪拌抵抗         | 2.6.6 | 回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定する損失トルクを付与  |
| Synchronizer               | シンクロナイザ      | 2.6.8 | シンクロ操作力に応じたトルクを伝達する。<br>回転数・差回転数・オイル動粘度によるテーブルで決定するロストルクの付与                           |

## 2.4.6.5. パラメータ仕様

以下に Gear\_Synchro\_Set\_Lower の構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| No | 変数名              | 設定ファイル・値                     | 単位   | 説明                             |
|----|------------------|------------------------------|------|--------------------------------|
| ①  | bRG_RadialNeedle | BRG_Friction_Filename        | -    | 軸受損失テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
| ②  | gear_wLoss       | Gear_Ratio                   | -    | ギヤ比(上位モデル値の継承)                 |
|    |                  | Gear_Friction_Filename       | -    | ギヤ損失テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
|    |                  | Oil_Viscosity_Breakpoint     | m2/s | オイル動粘度ブレイクポイント(上位モデル値の継承)      |
|    |                  | Gear_K_Filename              | -    | ギヤ分力テーブルファイル名(上位モデル値の継承)       |
| ③  | stirring2D       | Stirring_Resistance_Filename | -    | 攪拌抵抗損失テーブルファイル名<br>(上位モデル値の継承) |
| ④  | synchronizer     | SynchronizerLoss_Filename    | -    | シンクロ損失テーブルファイル名<br>(上位モデル値の継承) |
|    |                  | Oil_Viscosity_Breakpoint     | m2/s | オイル動粘度ブレイクポイント(上位モデル値の継承)      |
|    |                  | 5                            | Nm/N | シンクロ操作力から伝達トルクへの変換ゲイン          |

## 2.5. 軸受荷重配分計算ブロック

以下に DCT モデル内で使用している、ギヤシャフト支持軸受に掛かる荷重を各ギヤ荷重から計算する軸受荷重配分計算ブロックについて解説する。

### 2.5.1. 概要

DCT モデルは内部に軸受荷重配分計算ブロックを持つ。これはギヤの外部情報 I/F 出力である  $F_r$ 、 $F_a$ 、 $F_t$  からギヤシャフトを支持する各軸受に掛かる  $F_r$ 、 $F_{th}$  を算出するブロックである。算出した荷重は軸受の外部情報 I/F 入力として軸受に入力される。Figure 23 に入出力概構成を示す。



Figure 23 軸受荷重配分計算入出力構成

荷重計算に用いるパラメータ  $\alpha$  (alpha) : ラジアル荷重配分率 の定義を Figure 24 に示す。

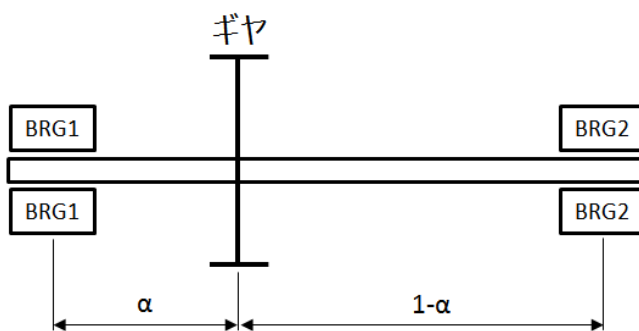


Figure 24 ラジアル荷重配分率  $\alpha$

## 2.5.2. 軸受 A1A2 荷重配分計算ブロック

### 2.5.2.1. 概要

以下に軸受 A1A2 荷重配分計算ブロックの機能を示す。

- ・ 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出

各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出

### 2.5.2.2. ダイアグラム

以下に攪軸受 A1A2 荷重配分計算ブロックのダイアグラムを示す。内部は数式処理のため入出力ポートのみである。

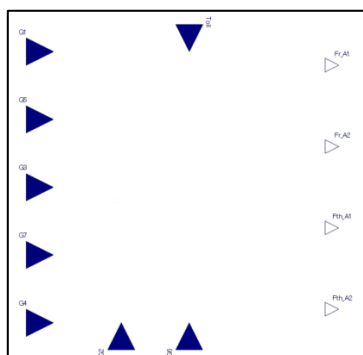


Figure 25 軸受 A1A2 荷重配分計算ブロックダイアグラム

### 2.5.2.3. 入出力仕様

以下に軸受 A1A2 荷重配分計算ブロックの入出力仕様を示す。

| 入力     |         |    |  |
|--------|---------|----|--|
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明                                       |
| T_Oil  | ℃       | -  | オイル温度                                    |
| G1     | N, N, N | -  | ギヤ 1 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G2     | N, N, N | -  | ギヤ 2 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G3     | N, N, N | -  | ギヤ 3 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G4     | N, N, N | -  | ギヤ 4 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G5     | N, N, N | -  | ギヤ 5 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G6     | N, N, N | -  | ギヤ 6 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G7     | N, N, N | -  | ギヤ 7 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| 出力     |         |    |  |
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明                                       |
| Fr_A1  | N       | -  | 軸受 A1 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fr_A2  | N       | -  | 軸受 A2 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fth_A1 | N       | -  | 軸受 A1 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fth_A2 | N       | -  | 軸受 A2 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                  |

## 2.5.2.4. パラメータ仕様

以下に軸受 A1A2 荷重配分計算ブロックのパラメータ値を示す。

| 変数名     | 設定値      | 単位   | 説明  |
|---------|----------|------|---|
| a_A1    | -63.387  | N/°C | 軸受 A1 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_A1 \cdot T\_Oil + b\_A1$ ) |
| a_A2    | -67.387  | N/°C | 軸受 A2 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_A2 \cdot T\_Oil + b\_A2$ ) |
| b_A1    | 6414.4   | N    | 軸受 A1 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_A1 \cdot T\_Oil + b\_A1$ ) |
| b_A2    | 6414.4   | N    | 軸受 A2 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_A2 \cdot T\_Oil + b\_A2$ ) |
| alpha_1 | 0.519446 | -    | ギヤ 1 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_2 | 0.38679  | -    | ギヤ 2 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_3 | 0.647886 | -    | ギヤ 3 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_4 | 0.112772 | -    | ギヤ 4 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_5 | 0.910071 | -    | ギヤ 5 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_6 | 0.112772 | -    | ギヤ 6 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_7 | 0.910071 | -    | ギヤ 7 のラジアル荷重配分率   |
| beta_1  | 1        | -    | ギヤ 1 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_2  | 1        | -    | ギヤ 2 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_3  | 1        | -    | ギヤ 3 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_4  | 1        | -    | ギヤ 4 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_5  | 1        | -    | ギヤ 5 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_6  | 1        | -    | ギヤ 6 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_7  | 1        | -    | ギヤ 7 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| gamma_1 | 0.106329 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_2 | 0.150633 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_3 | 0.134242 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_4 | 0.235912 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_5 | 0.275835 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_6 | 0.242434 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gamma_7 | 0.270731 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| omega   | 1.494189 | rad  | A1A2 で支持するシャフトと、隣接する 2 本のシャフトの成す角                               |
| Y_1     | 0.76     |      | 軸受 A1 のアキシャル係数  |
| Y_2     | 0.76     |      | 軸受 A2 のアキシャル係数  |

### 2.5.3. 軸受 T1T2 荷重配分計算ブロック

#### 2.5.3.1. 概要

以下に軸受 T1T2 荷重配分計算ブロックの機能を示す。

- ・ 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出

#### 2.5.3.2. ダイアグラム

以下に攪軸受 T1T2 荷重配分計算ブロックのダイアグラムを示す。内部は数式処理のため入出力ポートのみである。

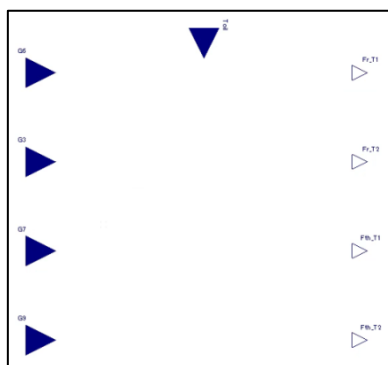


Figure 26 軸受 T1T2 荷重配分計算ブロックダイアグラム

#### 2.5.3.3. 入出力仕様

以下に軸受 T1T2 荷重配分計算ブロックの入出力仕様を示す。

| 入力     |         |    |  |
|--------|---------|----|--|
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明                                       |
| T_Oil  | ℃       | -  | オイル温度                                    |
| G3     | N, N, N | -  | ギヤ 3 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G6     | N, N, N | -  | ギヤ 6 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G7     | N, N, N | -  | ギヤ 7 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| G9     | N, N, N | -  | ギヤ 9 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| 出力     |         |    |  |
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明                                       |
| Fr_T1  | N       | -  | 軸受 T1 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fr_T2  | N       | -  | 軸受 T2 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fth_T1 | N       | -  | 軸受 T1 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                  |
| Fth_T2 | N       | -  | 軸受 T2 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                  |

## 2.5.3.4. パラメータ仕様

以下に軸受 T1T2 荷重配分計算ブロックのパラメータ値を示す。

| 変数名      | 設定値      | 単位   | 説明  |
|----------|----------|------|---|
| a_T1     | -73.806  | N/°C | 軸受 T1 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T1 * T\_Oil + b\_T1$ ) |
| a_T2     | -73.806  | N/°C | 軸受 T2 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T2 * T\_Oil + b\_T2$ ) |
| b_T1     | 9809.4   | N    | 軸受 T1 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T1 * T\_Oil + b\_T1$ ) |
| b_T2     | 9809.4   | N    | 軸受 T2 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T2 * T\_Oil + b\_T2$ ) |
| alpha_3  | 0.699082 | -    | ギヤ 3 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_6  | 0.264989 | -    | ギヤ 6 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_7  | 0.93717  | -    | ギヤ 7 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_9  | 0.131987 | -    | ギヤ 9 のラジアル荷重配分率   |
| beta_3   | -1       | -    | ギヤ 3 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_6   | -1       | -    | ギヤ 6 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_7   | -1       | -    | ギヤ 7 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_9   | -1       | -    | ギヤ 9 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| gammpa_3 | -0.32864 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gammpa_6 | -0.23746 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gammpa_7 | -0.21361 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gammpa_9 | 0.197163 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| omega    | 1.781791 | rad  | T1T2 で支持するシャフトと、隣接する 2 本のシャフトの成す角                           |
| Y_1      | 1.594    | -    | 軸受 T1 のアキシャル係数  |
| Y_2      | 1.597    | -    | 軸受 T2 のアキシャル係数  |

## 2.5.4. 軸受 T3T4 荷重配分計算ブロック

### 2.5.4.1. 概要

以下に軸受 T3T4 荷重配分計算ブロックの機能を示す。

- ・ 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出

### 2.5.4.2. ダイアグラム

以下に攪軸受 T3T4 荷重配分計算ブロックのダイアグラムを示す。内部は数式処理のため入出力ポートのみである。

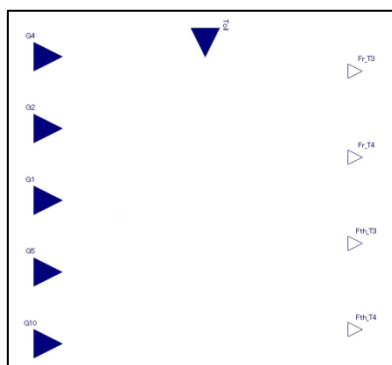


Figure 27 軸受 T3T4 荷重配分計算ブロックダイアグラム

### 2.5.4.3. 入出力仕様

以下に軸受 T3T4 荷重配分計算ブロックの入出力仕様を示す。

| 入力     |         |    |   |
|--------|---------|----|---|
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明  |
| T_Oil  | ℃       | -  | オイル温度                                     |
| G1     | N, N, N | -  | ギヤ 1 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F)  |
| G2     | N, N, N | -  | ギヤ 2 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F)  |
| G4     | N, N, N | -  | ギヤ 4 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F)  |
| G5     | N, N, N | -  | ギヤ 5 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F)  |
| G10    | N, N, N | -  | ギヤ 10 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| 出力     |         |    |   |
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明  |
| Fr_T3  | N       | -  | 軸受 T3 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fr_T4  | N       | -  | 軸受 T4 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fth_T3 | N       | -  | 軸受 T3 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fth_T4 | N       | -  | 軸受 T4 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                   |

## 2.5.4.4. パラメータ仕様

以下に軸受 T3T4 荷重配分計算ブロックのパラメータ値を示す。

| 変数名       | 設定値      | 単位   | 説明  |
|-----------|----------|------|---|
| a_T3      | -79.911  | N/°C | 軸受 T3 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T3 * T\_Oil + b\_T3$ ) |
| a_T4      | -79.911  | N/°C | 軸受 T4 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T4 * T\_Oil + b\_T4$ ) |
| b_T3      | 8598.2   | N    | 軸受 T3 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T3 * T\_Oil + b\_T3$ ) |
| b_T4      | 8598.2   | N    | 軸受 T4 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T4 * T\_Oil + b\_T4$ ) |
| alpha_1   | 0.551844 | -    | ギヤ 1 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_2   | 0.462589 | -    | ギヤ 2 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_4   | 0.235838 | -    | ギヤ 4 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_5   | 0.861545 | -    | ギヤ 5 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_10  | 0.127132 | -    | ギヤ 10 のラジアル荷重配分率  |
| beta_1    | -1       | -    | ギヤ 1 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_2    | -1       | -    | ギヤ 2 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_4    | -1       | -    | ギヤ 4 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_5    | -1       | -    | ギヤ 5 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                          |
| beta_10   | -1       | -    | ギヤ 10 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                         |
| gampma_1  | -0.31962 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gampma_2  | -0.28509 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gampma_4  | -0.21863 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gampma_5  | -0.18752 | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gampma_10 | 0.1063   | -    | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| omega     | 2.026709 | rad  | T3T4 で支持するシャフトと、隣接する 2 本のシャフトの成す角                           |
| Y_3       | 1.711    | -    | 軸受 T3 のアキシャル係数  |
| Y_4       | 1.599    | -    | 軸受 T4 のアキシャル係数  |



## 2.5.5. 軸受 T5T6 荷重配分計算ブロック

### 2.5.5.1. 概要

以下に軸受 T5T6 荷重配分計算ブロックの機能を示す。

- ・ 各ギヤ分力から各軸受荷重配分を算出

### 2.5.5.2. ダイアグラム

以下に攪軸受 T5T6 荷重配分計算ブロックのダイアグラムを示す。内部は数式処理のため入出力ポートのみである。

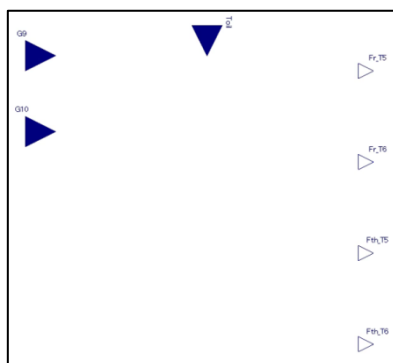


Figure 28 軸受 T5T6 荷重配分計算ブロックダイアグラム

### 2.5.5.3. 入出力仕様

以下に軸受 T5T6 荷重配分計算ブロックの入出力仕様を示す。

| 入力     |         |    |   |
|--------|---------|----|---|
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明  |
| T_Oil  | °C      | -  | オイル温度                                     |
| G9     | N, N, N | -  | ギヤ 9 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F)  |
| G10    | N, N, N | -  | ギヤ 10 ラジアル・スラスト・接線方向荷重<1x3><br>(外部情報 I/F) |
| 出力     |         |    |   |
| 名称     | 単位      | 範囲 | 説明  |
| Fr_T5  | N       | -  | 軸受 T5 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fr_T6  | N       | -  | 軸受 T6 ラジアル荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fth_T5 | N       | -  | 軸受 T5 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                   |
| Fth_T6 | N       | -  | 軸受 T6 スラスト荷重 (外部情報 I/F)                   |

### 2.5.5.4. 構成要素

以下に軸受 T5T6 荷重配分計算ブロックのパラメータ値を示す。

| 変数名  | 設定値     | 単位   | 説明  |
|------|---------|------|---|
| a_T5 | -52.914 | N/°C | 軸受 T5 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T5 * T\_Oil + b\_T5$ ) |
| a_T6 | -52.914 | N/°C | 軸受 T6 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T6 * T\_Oil + b\_T6$ ) |
| b_T5 | 5114.9  | N    | 軸受 T5 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式: $a\_T5 * T\_Oil + b\_T5$ ) |

|           |          |     |   |
|-----------|----------|-----|---|
| b_T6      | 5114.9   | N   | 軸受 T6 のプリロード算出用の定数<br>(プリロード算出式： $a\_T6 \cdot T\_Oil + b\_T6$ ) |
| alpha_9   | 0.373351 | -   | ギヤ 9 のラジアル荷重配分率   |
| alpha_10  | 0.373351 | -   | ギヤ 10 のラジアル荷重配分率  |
| beta_9    | 1        | -   | ギヤ 1 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| beta_10   | 1        | -   | ギヤ 1 のスラスト荷重の正負<br>(エンジンから離れる方向を正)                              |
| gampma_9  | -0.80829 | -   | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| gampma_10 | -0.8169  | -   | ドリブン側ギヤ径とベアリングスパンの比   |
| omega     | 0.980542 | rad | T5T6 で支持するシャフトと、隣接する 2 本のシャフト<br>の成す角                           |
| Y_5       | 1.418    | -   | 軸受 T5 のアキシャル係数  |
| Y_6       | 1.418    | -   | 軸受 T6 のアキシャル係数  |

## 2.6. 第3階層モデル機能仕様

以下に、第3階層モデル機能仕様について解説する。第3階層モデルでは Modelica の非因果回転ドメイン接続で運動モデルを構築している。因果接続とする場合は、Figure 30・ Figure 31 に示す様にアダプターを設け、回転数・トルクを分離した接続とする。

本解説書では、第3階層要素の回転ドメイン接続を、「入出力」として解説する。



Figure 29 Modelica 回転ドメイン非因果接続

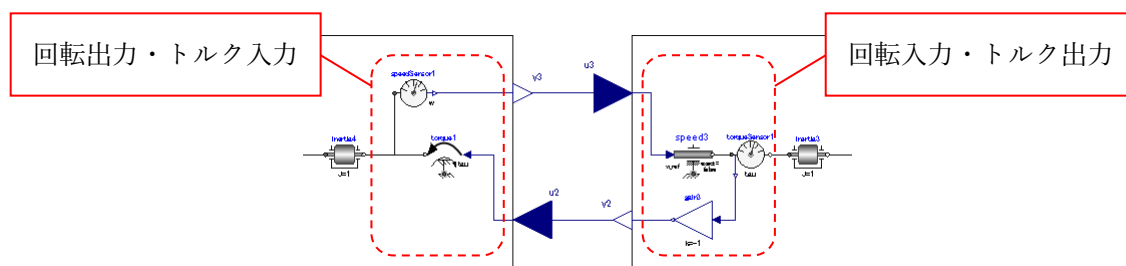


Figure 30 因果接続(1)

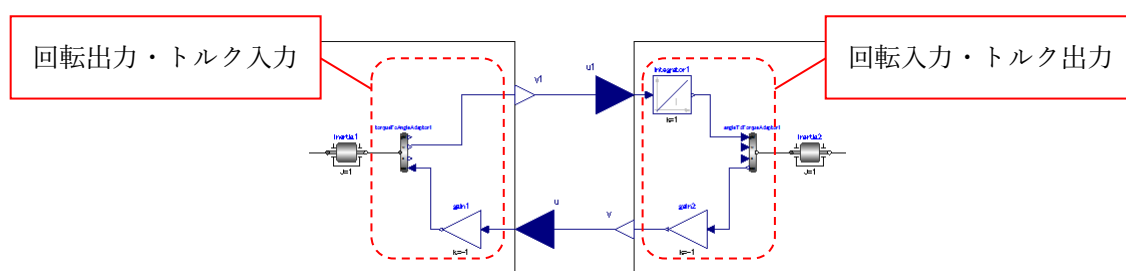


Figure 31 因果接続(2)

## 2.6.1. 発進クラッチ

### 2.6.1.1. 概要

以下に発進クラッチの機能を示す。

#### ①回転系の機能

- ・ 締結状態に応じた伝達トルクを算出

#### ②熱系の機能

- ・ クラッチの熱量を算出

### 2.6.1.2. ダイアグラム

以下に発進クラッチのダイアグラムを示す。

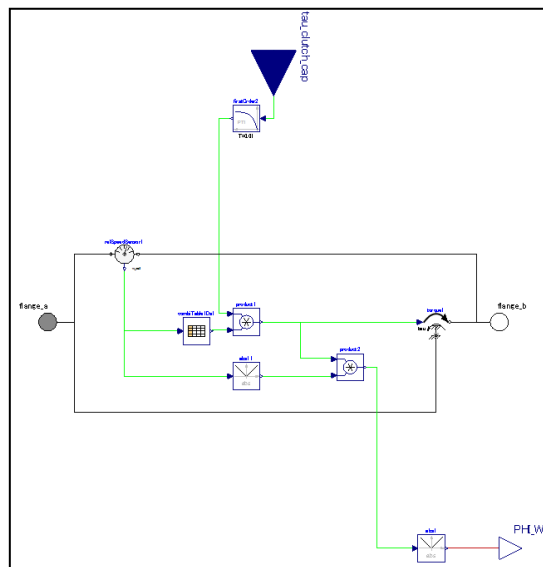


Figure 32 発進クラッチダイアグラム

### 2.6.1.3. 入出力仕様

以下に発進クラッチの入出力仕様を示す。

| 入出力            |           |    |                         |
|----------------|-----------|----|-------------------------|
| 名称             | 単位        | 範囲 | 説明                      |
| flange_a       | Nm, rad/s | -  | ソースへの回転運動伝達             |
| flange_b       | Nm, rad/s | -  | 変速機構への回転運動伝達            |
| 入力             |           |    |                         |
| 名称             | 単位        | 範囲 | 説明                      |
| tau_clutch_cap | Nm        | -  | 各クラッチのトルク容量 (制御モデル I/F) |
| 出力             |           |    |                         |
| 名称             | 単位        | 範囲 | 説明                      |
| PHI_W          | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量           |

2.6.2. ギヤ

2.6.2.1. 概要

以下にギヤの機能を示す。

①回転系の機能

- ・ ギヤ比に応じた伝達トルクや回転数を算出
- ・ ギヤの損失を算出

②熱系の機能

- ・ ギヤの発熱量を算出

2.6.2.2. ダイアグラム

以下にギヤのダイアグラムを示す。

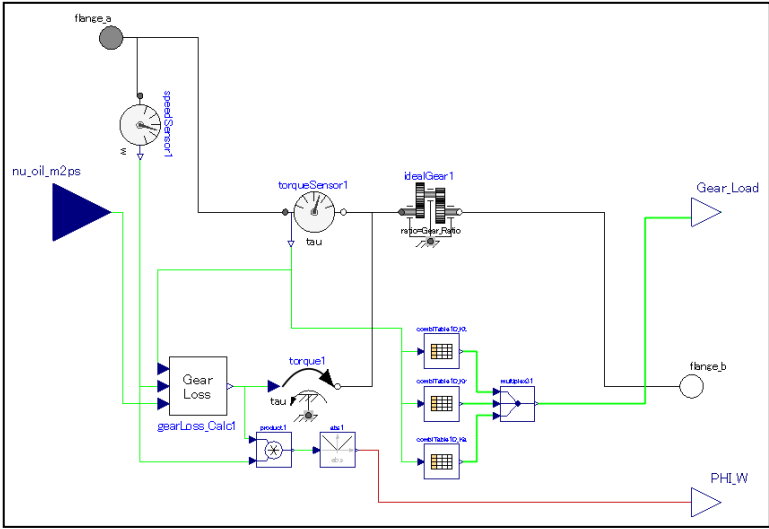


Figure 33 ギヤダイアグラム

2.6.2.3. 入出力仕様

以下にギヤの入出力仕様を示す。

| 入出力         |           |    |                   |
|-------------|-----------|----|-------------------|
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| flange_a    | Nm, rad/s | -  | ソースへの回転運動伝達       |
| flange_b    | Nm, rad/s | -  | シンクへの回転運動伝達       |
| 入力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| nu_oil_m2ps | m2/s      | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| 出力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| PHI_W       | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量     |

2.6.2.4. 構成要素

ギヤを構成するクラスを以下に示す。クラスの解説はクラス説明章を、Modelica Standard Library(以下MSL)はMSL ドキュメントを参照のこと。

| 変速機構構成クラス     |            |         |                         |
|---------------|------------|---------|-------------------------|
| クラス名          | 部品名        | 説明章     | 機能                      |
| GearLoss_Calc | ギヤ損失計算ブロック | 2.6.2.6 | トルク・回転数・オイル動粘度によるギヤ損失算出 |
| IdealGear     | ギヤ(損失なし)   | MSL     | 設定したギヤ比で回転運動を伝達         |

2.6.2.5. パラメータ仕様

以下にギヤの構成オブジェクトとパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名                      | 単位   | 説明                |
|--------------------------|------|-------------------|
| Gear_Ratio               | -    | ギヤ比               |
| Gear_Friction_Filename   | -    | ギヤ 損失テーブルファイル名    |
| Oil_Viscosity_Breakpoint | m2/s | ギヤのオイル動粘度ブレイクポイント |
| Gear_K_Filename          | -    | ギヤ分力テーブルファイル名     |

### 2.6.2.6. GearLoss\_Calc(ギヤ損失計算ブロック)

#### 2.6.2.6.1. 概要

以下に GearLoss\_Calc の機能を示す。

- ・ トルク・回転数・オイル動粘度によるギヤ損失算出

#### 2.6.2.6.2. ダイアグラム

以下に GearLoss\_Calc のダイアグラムを示す。

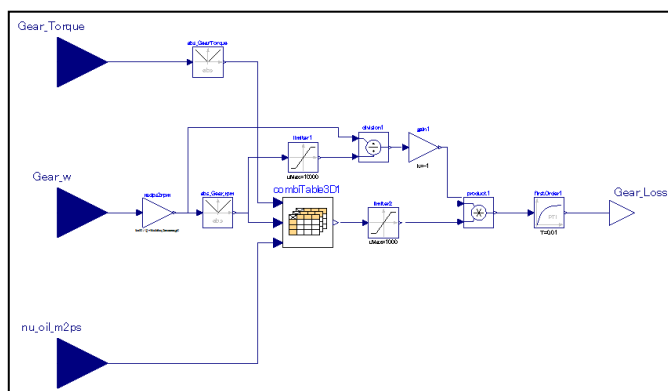


Figure 34 GearLoss\_Calc ダイアグラム

#### 2.6.2.6.3. 入出力仕様

以下に GearLoss\_Calc の入出力仕様を示す。

| 入力          |       |    |                   |
|-------------|-------|----|-------------------|
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                |
| Gear_Torque | Nm    | -  | ギヤ入力トルク           |
| Gear_w      | rad/s | -  | ギヤ入力回転数           |
| nu_oil_m2ps | m2/s  | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| 出力          |       |    |                   |
| 名称          | 単位    | 範囲 | 説明                |
| Gear_Loss   | Nm    | -  | ギヤ損失トルク           |

#### 2.6.2.6.4. 構成要素

GearLoss\_Calc を構成するクラスを以下に示す。クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| Gear_wLoss 構成クラス |                      |       |                              |
|------------------|----------------------|-------|------------------------------|
| クラス名             | 部品名                  | 説明章   | 機能                           |
| CombiTable3D     | 3D テーブル(カスタムコンポーネント) | 2.7.1 | 3次元入力に対し指定されたテーブルファイルから出力を算出 |

#### 2.6.2.6.5. パラメータ仕様

以下に GearLoss\_Calc のパラメータを示す。

| 変数名                      | 単位 | 説明             |
|--------------------------|----|----------------|
| Gear_Friction_Filename   | -  | ギヤ損失テーブルファイル   |
| Oil_Viscosity_Breakpoint | -  | オイル動粘度ブレークポイント |

### 2.6.3. シンクロナイザ

#### 2.6.3.1. 概要

以下にシンクロナイザの機能を示す。

##### ①回転系の機能

- ・ 同期状態に応じた伝達トルクを算出
- ・ シンクロナイザの損失を算出

##### ②熱系の機能

- ・ シンクロナイザの発熱量を算出

#### 2.6.3.2. ダイアグラム

以下にシンクロナイザのダイアグラムを示す。

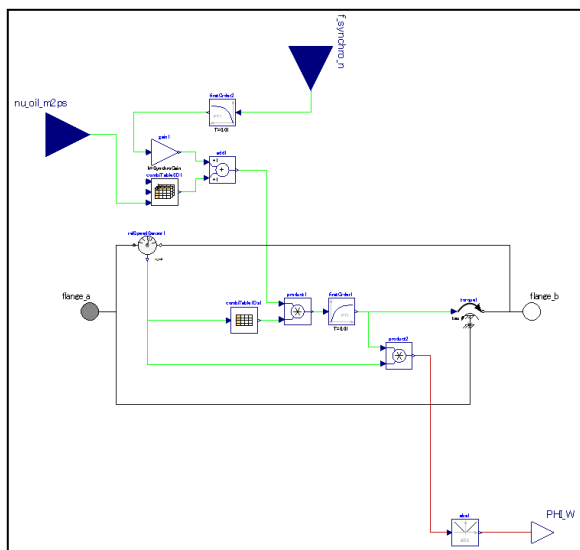


Figure 35 シンクロナイザダイアグラム

#### 2.6.3.3. 入出力仕様

以下にシンクロナイザの入出力仕様を示す。

| 入出力         |           |    |                     |
|-------------|-----------|----|---------------------|
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                  |
| flange_a    | Nm, rad/s | -  | 接続軸への回転運動の伝達        |
| flange_b    | Nm, rad/s | -  | 接続軸への回転運動の伝達        |
| 入力          |           |    |                     |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                  |
| f_synchro_n | N         | -  | シンクロ操作力 (制御モデル I/F) |
| 出力          |           |    |                     |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                  |
| PHI_W       | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量       |



2.6.3.4. 構成要素

シンクロナイザを構成するクラスを以下に示す。クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| Gear_wLoss 構成クラス |                          |       |                                     |
|------------------|--------------------------|-------|-------------------------------------|
| クラス名             | 部品名                      | 説明章   | 機能                                  |
| CombiTable3D     | 3D テーブル(カスタム<br>コンポーネント) | 2.7.1 | 3 次元入力に対し指定されたテーブルファイルから出力を算出<br>する |

2.6.4. オイルポンプ

2.6.4.1. 概要

以下にオイルポンプの機能を示す。

①回転系の機能

- ・ オイルポンプの駆動トルクを算出

②熱系の機能

- ・ オイルポンプの発熱量を算出

2.6.4.2. ダイアグラム

以下にオイルポンプモデルのダイアグラムを示す。

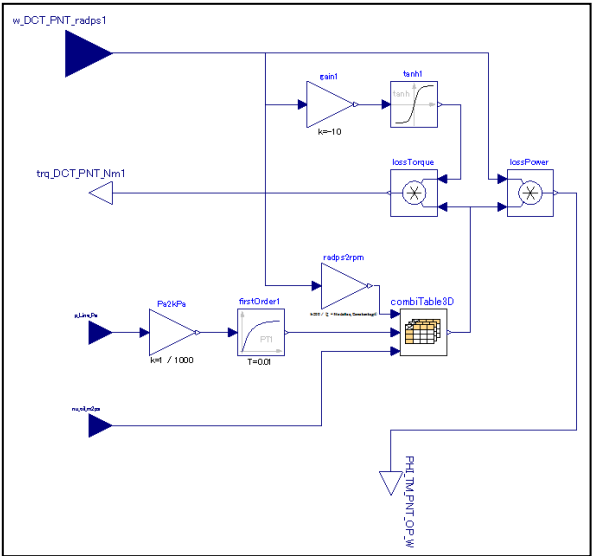


Figure 36 オイルポンプダイアグラム

2.6.4.3. 入出力仕様

以下にオイルポンプモデルの入出力仕様を示す。

| 入力               |       |    |                   |
|------------------|-------|----|-------------------|
| 名称               | 単位    | 範囲 | 説明                |
| w_DCT_PNT_radps1 | rad/s | -  | DCT からの回転数        |
| nu_oil_m2ps      | m2/s  | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| p_Line_Pa        | Pa    | -  | ライン圧 (制御モデル I/F)  |
| 出力               |       |    |                   |
| 名称               | 単位    | 範囲 | 説明                |
| trq_DCT_PNT_Nm1  | Nm    | -  | DCT へのトルク         |
| PHI_TM_PNT_OP_W  | W     | -  | オイルポンプから熱モデルへの熱流量 |

2.6.4.4. 構成要素

オイルポンプを構成するクラスを以下に示す。クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| 変速機構構成クラス    |                      |       |                              |
|--------------|----------------------|-------|------------------------------|
| クラス名         | 部品名                  | 説明章   | 機能                           |
| CombiTable3D | 3D テーブル(カスタムコンポーネント) | 2.7.1 | 3次元入力に対し指定されたテーブルファイルから出力を算出 |

2.6.4.5. パラメータ仕様

以下にオイルポンプのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名                          | 設定ファイル・値                     | 単位   | 説明                    |
|------------------------------|------------------------------|------|-----------------------|
| Oil_Pump_Loss_Table_Filename | OP.txt                       | -    | オイルポンプ 損失テーブルファイル     |
| Oil_Viscosity_Breakpoint     | Oil_Viscosity<br>_Breakpoint | m2/s | オイルポンプのオイル動粘度ブレークポイント |

2.6.5. シールリング

2.6.5.1. 概要

以下にシールリングの機能を示す。

①回転系の機能

- ・ シールリングの損失を算出

②熱系の機能

- ・ シールリングの発熱量を算出

2.6.5.2.

2.6.5.3. ダイアグラム

以下にシールリングのダイアグラムを示す。

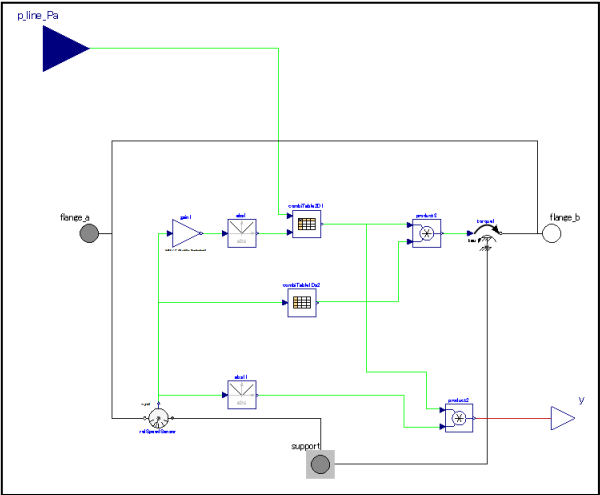


Figure 37 シールリングダイアグラム

2.6.5.4. 入出力仕様

以下にシールリングの入出力仕様を示す。

| 入出力                   |           |    |                  |
|-----------------------|-----------|----|------------------|
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明               |
| flange_a・flange_b(共通) | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達   |
| support               | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達   |
| 入力                    |           |    |                  |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明               |
| p_line_Pa             | Pa        | -  | ライン圧 (制御モデル I/F) |
| 出力                    |           |    |                  |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明               |
| PHI_W                 | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量    |

2.6.5.5. パラメータ仕様

以下にシールリングのパラメータを示す。

| 変数名                        | 単位 | 説明               |
|----------------------------|----|------------------|
| SealRing_friction_filename | -  | シールリング損失テーブルファイル |

## 2.6.6. 攪拌抵抗

攪拌抵抗の損失トルクを決めるマップは 2D マップと 3D マップの場合があり、モデルは 2 種類設けている。

### 2.6.6.1. 攪拌抵抗(2D)

#### 2.6.6.1.1. 概要

以下に攪拌抵抗(2D)の機能を示す。

##### ①回転系の機能

- ・ 攪拌抵抗の損失トルクを算出

##### ②熱系の機能

- ・ 攪拌抵抗の発熱量を算出

#### 2.6.6.1.2. ダイアグラム

以下に攪拌抵抗(2D)のダイアグラムを示す。

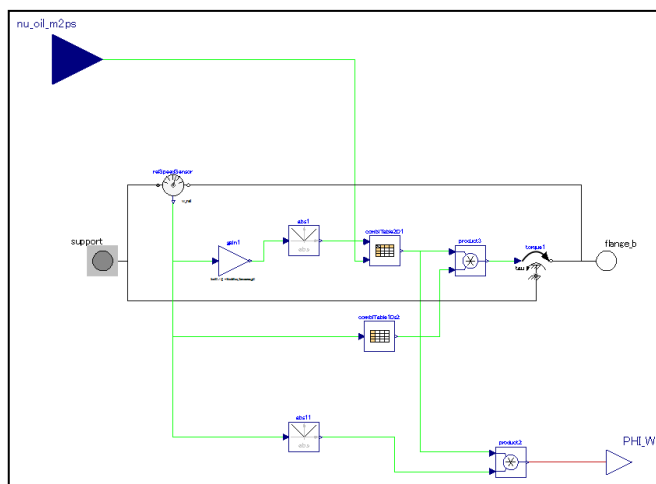


Figure 38 攪拌抵抗(2D)ダイアグラム

### 2.6.6.2. 入出力仕様

以下に攪拌抵抗(2D)の入出力仕様を示す。

| 入出力         |           |    |                   |
|-------------|-----------|----|-------------------|
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| flange_b    | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達    |
| support     | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達    |
| 入力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| nu_oil_m2ps | m2/s      | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| 出力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| PHI_W       | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量     |

## 2.6.6.3. パラメータ仕様

以下に攪拌抵抗(2D)のパラメータを示す。

| 変数名                          | 単位 | 説明             |
|------------------------------|----|----------------|
| Stirring_Resistance_Filename | -  | 攪拌抵抗損失テーブルファイル |

2.6.6.4. 攪拌抵抗(3D)

2.6.6.4.1. 概要

以下に攪拌抵抗(3D)の機能を示す。

- ①回転系の機能
  - ・ 攪拌抵抗の損失トルクを算出
- ②熱系の機能
  - ・ 攪拌抵抗の発熱量を算出

2.6.6.4.2. ダイアグラム

以下に攪拌抵抗(3D)のダイアグラムを示す。

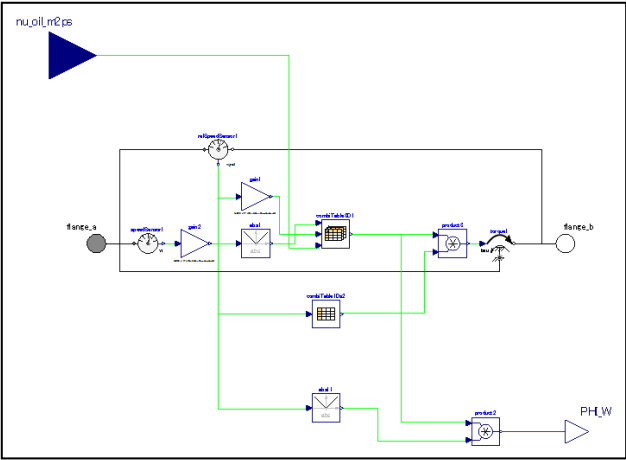


Figure 39 攪拌抵抗(3D)ダイアグラム

2.6.6.5. 入出力仕様

以下に攪拌抵抗(3D)の入出力仕様を示す。

| 入出力         |           |    |                   |
|-------------|-----------|----|-------------------|
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| flange_b    | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達    |
| support     | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達    |
| 入力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| nu_oil_m2ps | m2/s      | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F) |
| 出力          |           |    |                   |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                |
| PHI_W       | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量     |

2.6.6.6. 構成要素

攪拌抵抗(3D)を構成するクラスを以下に示す。各クラスの解説はクラス説明章を参照のこと。

| Gear_SubSystem_Lower 構成クラス |                          |       |                              |
|----------------------------|--------------------------|-------|------------------------------|
| クラス名                       | 部品名                      | 説明章   | 機能                           |
| CombiTable3D               | 3D テーブル(カスタム<br>コンポーネント) | 2.7.1 | 3次元入力に対し指定されたテーブルファイルから出力を算出 |

2.6.6.7. パラメータ仕様

以下に攪拌抵抗(3D)のパラメータを示す。

| 変数名                          | 単位 | 説明             |
|------------------------------|----|----------------|
| Stirring_Resistance_Filename | -  | 攪拌抵抗損失テーブルファイル |



## 2.6.7. 転がり軸受

転がり軸受は、その種類によらず機能は同一である。スラスト BRG は、回転軸の物理配置が異なるため、回転入出力ポートの配置が異なるモデルを設けている。また、ラジアル BRG・テーパBRG・アンギュラ BRG は形状の違いからアイコン違いのモデルを設けているが、中身は全く同じものである。

### 2.6.7.1. BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper、BRG\_Angular

#### 2.6.7.1.1. 概要

以下に BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper、BRG\_Angular の機能を示す。

##### ①回転系の機能

- ・ 転がり軸受の損失を算出

##### ②熱系の機能

- ・ 転がり軸受の発熱量を算出

#### 2.6.7.1.2. ダイアグラム

以下に BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper、BRG\_Angular のダイアグラムを示す。

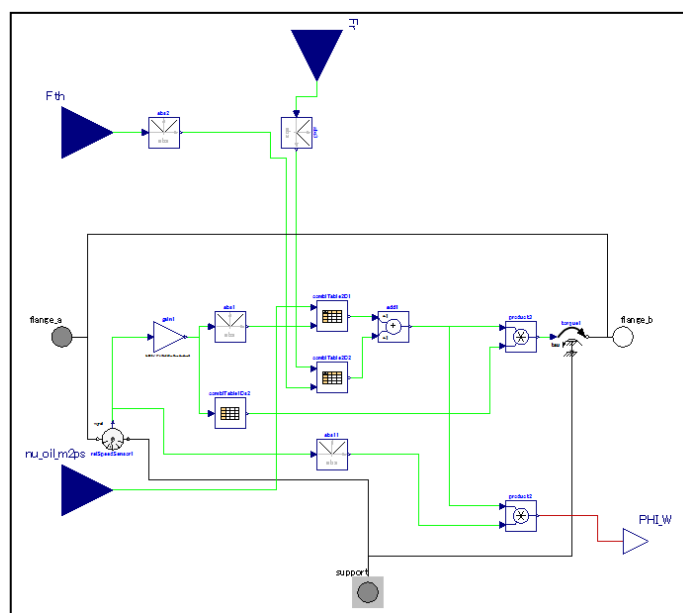


Figure 40 BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper、BRG\_Angular ダイアグラム

## 2.6.7.1.3. 入出力仕様

以下に BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper 、BRG\_Angular の入出力仕様を示す。

| 入出力                   |           |    |                          |
|-----------------------|-----------|----|--------------------------|
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| flange_a・flange_b(共通) | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達           |
| support               | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達           |
| 入力                    |           |    |                          |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| Fr                    | N         | -  | 軸受にかかるラジアル荷重 (外部情報 I/F)  |
| Fth                   | N         |    | 軸受にかかるアキシアル荷重 (外部情報 I/F) |
| nu_oil_m2ps           | m2/s      | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F)        |
| 出力                    |           |    |                          |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| PHI_W                 | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量            |

## 2.6.7.2. パラメータ仕様

以下に BRG\_RadialNeedle、BRG\_Taper 、BRG\_Angular のパラメータを示す。

| 変数名                   | 単位 | 説明           |
|-----------------------|----|--------------|
| BRG_Friction_Filename | -  | 軸受損失テーブルファイル |

## 2.6.7.3. BRG\_ThrustNeedle

## 2.6.7.3.1. 概要

以下に BRG\_ThrustNeedle の機能を示す。

## ①回転系の機能

- ・ 転がり軸受の損失を算出

## ②熱系の機能

- ・ 転がり軸受の発熱量を算出

## 2.6.7.3.2. ダイアグラム

以下に BRG\_ThrustNeedle のダイアグラムを示す。

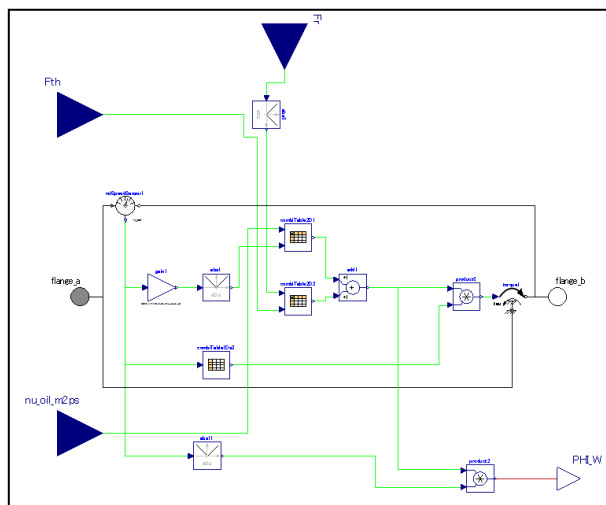


Figure 41 BRG\_ThrustNeedle ダイアグラム

## 2.6.7.3.3. 入出力仕様

以下に BRG\_ThrustNeedle の入出力仕様を示す。

| 入出力         |           |    |                          |
|-------------|-----------|----|--------------------------|
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| flange_a    | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達           |
| flange_b    | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達           |
| 入力          |           |    |                          |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| Fr          | N         | -  | 軸受にかかるラジアル荷重 (外部情報 I/F)  |
| Fth         | N         | -  | 軸受にかかるアキシャル荷重 (外部情報 I/F) |
| nu_oil_m2ps | m2/s      | -  | オイル動粘度 (外部情報 I/F)        |
| 出力          |           |    |                          |
| 名称          | 単位        | 範囲 | 説明                       |
| PHI_W       | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量            |

## 2.6.7.4. パラメータ仕様

以下に BRG\_ThrustNeedle のパラメータを示す。

| 変数名                   | 単位 | 説明           |
|-----------------------|----|--------------|
| BRG_Friction_Filename | -  | 軸受損失テーブルファイル |

## 2.6.8. オイルシール

### 2.6.8.1. 概要

以下にオイルシールの機能を示す。

#### ①回転系の機能

- ・ オイルシールの損失を算出

#### ②熱系の機能

- ・ オイルシールの発熱量を算出

### 2.6.8.2. ダイアグラム

以下にオイルシールのダイアグラムを示す。

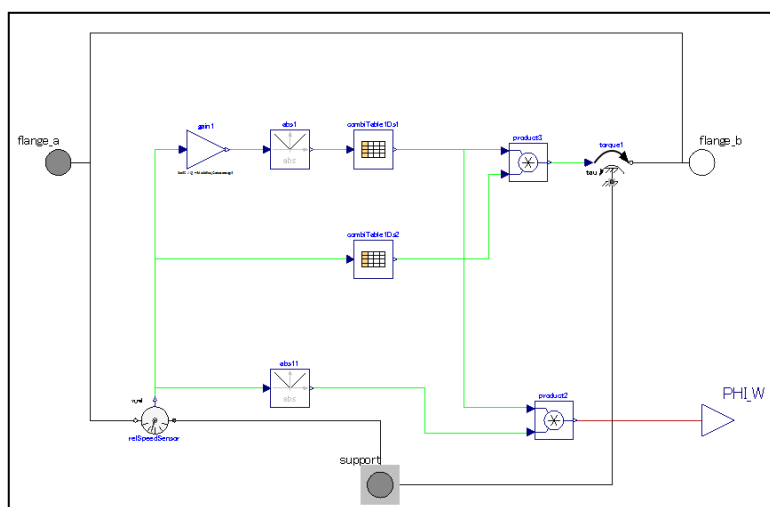


Figure 42 オイルシールダイアグラム

### 2.6.8.3. 入出力仕様

以下にオイルシールの入出力仕様を示す。

| 入出力                   |           |    |                |
|-----------------------|-----------|----|----------------|
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明             |
| flange_a・flange_b(共通) | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達 |
| support               | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達 |
| 入力                    |           |    |                |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明             |
| -                     | -         | -  | -              |
| 出力                    |           |    |                |
| 名称                    | 単位        | 範囲 | 説明             |
| PHI_W                 | W         | -  | 外部(熱モデル)への熱流量  |

### 2.6.8.4. パラメータ仕様

以下にオイルシールのパラメータを示す。

| 変数名                       | 単位 | 説明               |
|---------------------------|----|------------------|
| OilSeal_friction_filename | -  | オイルシール損失テーブルファイル |

2.6.9. 電動アクチュエータ

2.6.9.1. 概要

以下に電動アクチュエータの機能を示す。

① 熱系の機能

- ・ アクチュエータの発熱量を算出

2.6.9.2. ダイアグラム

以下に電動アクチュエータのダイアグラムを示す。

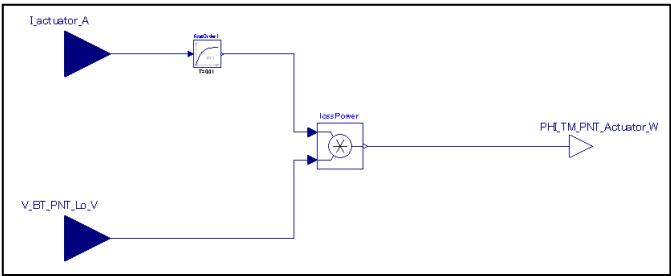


Figure 43 電動アクチュエータダイアグラム

2.6.9.3. 入出力仕様

以下に電動アクチュエータの入出力仕様を示す。

| 入力                    |    |    |               |
|-----------------------|----|----|---------------|
| 名称                    | 単位 | 範囲 | 説明            |
| I_actuator_A          | A  | -  | 電動アクチュエータ制御電流 |
| V_BT_PNT_Lo_V         | V  | -  | 電動アクチュエータ供給電圧 |
| 出力                    |    |    |               |
| 名称                    | 単位 | 範囲 | 説明            |
| PHI_TM_PNT_Actuator_W | W  | -  | 熱モデルへの熱流量     |

2.6.10. 電動オイルポンプ

2.6.10.1. 概要

以下に電動オイルポンプの機能を示す。

① 熱系の機能

- ・ 電動オイルポンプの発熱量を算出

2.6.10.2. ダイアグラム

以下に電動オイルポンプのダイアグラムを示す。

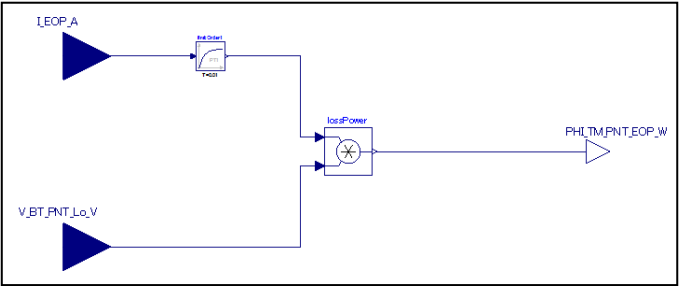


Figure 44 電動オイルポンプダイアグラム

2.6.10.3. 入出力仕様

以下に電動オイルポンプの入出力仕様を示す。

| 入力               |    |    |              |
|------------------|----|----|--------------|
| 名称               | 単位 | 範囲 | 説明           |
| I_EOP_A          | A  | -  | 電動オイルポンプ制御電流 |
| V_BT_PNT_Lo_V    | V  | -  | 電動オイルポンプ供給電圧 |
| 出力               |    |    |              |
| 名称               | 単位 | 範囲 | 説明           |
| PHI_TM_PNT_EOP_W | W  | -  | 熱モデルへの熱流量    |

2.6.11. 内部シャフト

2.6.11.1. 概要

以下に内部シャフトの機能を示す。

① 熱系の機能

- ・ バネ・ダンパ項の算出

本モデルは MSL の SpringDamper をそのまま使用している。詳細は MSL ドキュメントを参照のこと。

2.6.11.2. ダイアグラム

以下に内部シャフトのダイアグラムを示す。

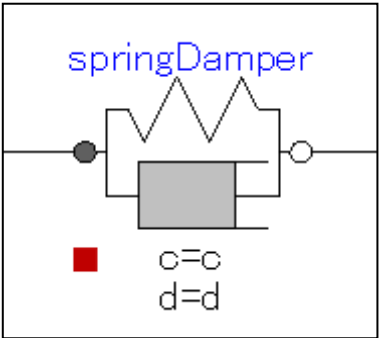


Figure 45 内部シャフトダイアグラム

2.6.11.3. 入出力仕様

以下に内部シャフトの入出力仕様を示す。

| 入出力      |           |    |                |
|----------|-----------|----|----------------|
| 名称       | 単位        | 範囲 | 説明             |
| flange_a | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達 |
| flange_b | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達 |

2.6.11.4. パラメータ仕様

以下に内部シャフトのパラメータを示す。(MSL パラメータより内部シャフトとしての主要パラメータを抜粋)

| 変数名 | 単位      | 説明         |
|-----|---------|------------|
| c   | Nm/rad  | 内部シャフト剛性   |
| d   | Nms/rad | 内部シャフト減衰係数 |

2.6.12. 内部イナーシャ

2.6.12.1. 概要

以下に内部イナーシャの機能を示す。

① 熱系の機能

- ・ 慣性項の算出

本モデルは MSL の Inertia をそのまま使用している。詳細は MSL ドキュメントを参照のこと。

2.6.12.2. ダイアグラム

以下に内部イナーシャのダイアグラムを示す。

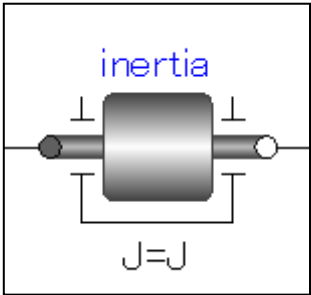


Figure 46 内部イナーシャダイアグラム

2.6.12.3. 入出力仕様

以下に内部イナーシャの入出力仕様を示す。

| 入出力      |           |    |                |
|----------|-----------|----|----------------|
| 名称       | 単位        | 範囲 | 説明             |
| flange_a | Nm, rad/s | -  | ソース 1 への回転運動伝達 |
| flange_b | Nm, rad/s | -  | ソース 2 への回転運動伝達 |

2.6.12.4. パラメータ仕様

以下に内部イナーシャのパラメータを示す。(MSL パラメータより内部イナーシャとしての主要パラメータを抜粋)

| 変数名 | 単位     | 説明          |
|-----|--------|-------------|
| J   | Nm/rad | 内部シャフトイナーシャ |



## 2.7. 構成要素モデル仕様

以下では第3階層モデルを構成する要素モデルについて解説する。

### 2.7.1. CombiTable3D (3D テーブル)

#### 2.7.1.1. 概要

以下に CombiTable3D の機能を示す。

- ・ 3 入力に対し、設定した 3 次元テーブル線形補間値を出力

#### 2.7.1.2. ダイアグラム

以下に CombiTable3D のダイアグラムを示す。

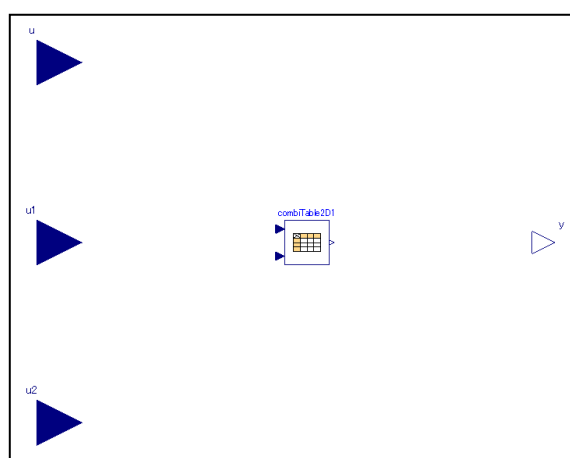


Figure 47 CombiTable3D ダイアグラム

#### 2.7.1.3. 入出力仕様

以下に CombiTable3D の入出力仕様を示す。

| 入力 |    |    |        |
|----|----|----|--------|
| 名称 | 単位 | 範囲 | 説明     |
| u  | -  | -  | 第1軸入力  |
| u1 | -  | -  | 第2軸入力  |
| u2 | -  | -  | 第3軸入力  |
| 出力 |    |    |        |
| 名称 | 単位 | 範囲 | 説明     |
| y  | -  | -  | テーブル出力 |

#### 2.7.1.1. パラメータ仕様

以下に CombiTable3D のパラメータを示す

| 変数名           | 単位 | 説明                          |
|---------------|----|-----------------------------|
| filename      | -  | 3D テーブルを設定するファイル名           |
| z_ax          | -  | z 軸に設定するブレイクポイント            |
| noExtrapolate | -  | z 軸の外挿有無 (true:外挿無し)        |
| nz            | -  | z 軸のブレイクポイント数 (z_ax から自動取得) |

2.7.1.2. 設定方法

CombiTable3D テーブル記述のルールを以下に示す。

- ・ 最初に#1 を記述。
- ・ データ型、テーブル名、テーブルサイズを記述。テーブル名は tab1、tab2、・・・tab(n) とすること。
- ・ データマトリクスを記述。
- ・ テーブルの数 tab(n) と z 軸ブレイクポイントの数 nz は同じにすること。

Figure 48 CombiTable3D テーブル記述例に<3x4x3>のテーブルファイルの例を示す。z\_ax = {5e-6, 15e-6, 30e-6}とした場合、tab1 テーブルが z = 5e-6、tab2 テーブルが z = 15e-6、・・・となる。

ここで、入力 u=100、u1=1000、u2=10e-6 に対する出力は、0.2 と 0.3 の線形補間値 0.25 となる。

|                  |     |      |      |           |
|------------------|-----|------|------|-----------|
| #1               |     |      |      |           |
| double tab1(3,4) |     |      |      |           |
| 0                | 0   | 1000 | 2000 | } z=5e-6  |
| 100              | 0.1 | 0.2  | 0.3  |           |
| 200              | 0.2 | 0.3  | 0.4  |           |
| double tab2(3,4) |     |      |      |           |
| 0                | 0   | 1000 | 2000 | } z=15e-6 |
| 100              | 0.2 | 0.3  | 0.4  |           |
| 200              | 0.3 | 0.4  | 0.5  |           |
| double tab3(3,4) |     |      |      |           |
| 0                | 0   | 1000 | 2000 | } z=30e-6 |
| 100              | 0.4 | 0.5  | 0.6  |           |
| 200              | 0.6 | 0.7  | 0.8  |           |

Figure 48 CombiTable3D テーブル記述例

## 2.8. 解析実行環境で構築したモデル概要

第3階層 DCT プラントモデル化範囲外で、車両システム解析実行環境として構築したモデル仕様を以下に示す。

### 2.8.1. トランスミッション制御

#### 2.8.1.1. 概要

制御 C ソースコードを読み込み、入力に対する DCT 制御出力を算出する。読み込む C ソースは下記 3 ファイル。

/library\_etc/TCU\_Main\_AT\_DCT.c

/library\_etc/TRAMI\_Standare\_AT\_Strategy\_v183.c

/library\_etc/TRAMI\_Standare\_AT\_StrategyData\_v182\_dct\_d04.c

#### 2.8.1.2. ダイアグラム

以下にトランスミッション制御のダイアグラムを示す。内部は C ソース読み込み処理のため入出力ポートのみである。

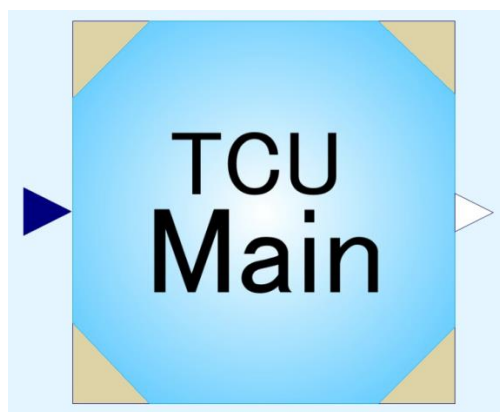


Figure 49 トランスミッション制御ダイアグラム

## 2.8.1.3. 入出力仕様

以下にトランスミッション制御の入出力仕様を示す。入力 は 25 要素、出力 は 33 要素の配列である。  
各入出力は別紙「C 言語ソース解説書」4.1.1. TCU\_Main 関数に示す各引数である。

| 入力                         |       |         |                                 |
|----------------------------|-------|---------|---------------------------------|
| 名称                         | 単位    | 範囲      | 説明                              |
| flag_initialize            | -     | [0 1]   | イニシャライズ要求                       |
| w_gearbox_input_radps      | rad/s | -       | Gearbox input speed             |
| w_gearbox_output_radps     | rad/s | -       | Gearbox output speed            |
| w_synchro_dif_radps        | rad/s | -       | 各シンクロ差回転数 <1x10>                |
| t_trans_fluid_k            | K     | -       | トランスミッション油温                     |
| t_engine_water_k           | K     | -       | Eng.冷却水温                        |
| accel_position_per         | %     | [0 100] | アクセル開度                          |
| trans_shifter_position     | -     | [-1 1]  | シフター位置 (Rev = -1; N = 0; D = 1) |
| v_vehicle_mps              | m/s   | -       | 車速                              |
| tau_brake                  | Nm    | -       | ブレーキトルク                         |
| w_engine_radps             | rad/s | -       | Engine 回転数                      |
| w_engine_idle_radps        | rad/s | -       | Engine アイドルトルク                  |
| tau_engine_target          | Nm    | -       | Engine 目標トルク                    |
| tau_engine                 | Nm    | -       | Engine トルク                      |
| tau_engine_min_pos         | Nm    | -       | Eng.出力可能最小トルク                   |
| tau_engine_max_pos         | Nm    | -       | Eng.出力可能最大トルク                   |
| 出力                         |       |         |                                 |
| 名称                         | 単位    | 範囲      | 説明                              |
| tau_clutch_cap             | Nm    | -       | 各クラッチのトルク容量 <1x11>              |
| f_synchro_n                | N     | -       | シンクロの操作力 <1x11>                 |
| p_line_pa                  | Pa    | -       | ライン圧                            |
| i_actuator_ampere          | A     | -       | アクチュエータ電流                       |
| i_eop_ampere               | A     | -       | 電動オイルポンプ電流                      |
| qv_cooler_trans_fluid_m3ps | m3/s  | -       | クーラーの ATF 流量                    |
| qv_cooler_eng_water_m3ps   | m3/s  | -       | クーラーの冷却水流量                      |
| tau_engine_max_req         | Nm    | -       | エンジントルクリダクション要求                 |
| tau_engine_min_req         | Nm    | -       | エンジントルクアップ要求                    |
| w_engine_target_radps      | rad/s | -       | エンジン回転要求値                       |
| tau_trans_input            | Nm    | -       | トランスミッション入力軸トルク                 |
| trans_gear_ratio           | -     | -       | ギヤ比                             |
| flag_trans_lock_up         | -     | [0 1]   | ロックアップ判定                        |

制御 C ソースの変更方法を別紙「OpenModelica 変更手順書.xlsx」に示す。

## 2.8.2. フライホイール

### 2.8.2.1. 概要

以下にフライホイールの機能を示す。

- ・ フライホイールの慣性項を算出

### 2.8.2.2. ダイアグラム

以下にフライホイールモデルのダイアグラムを示す。

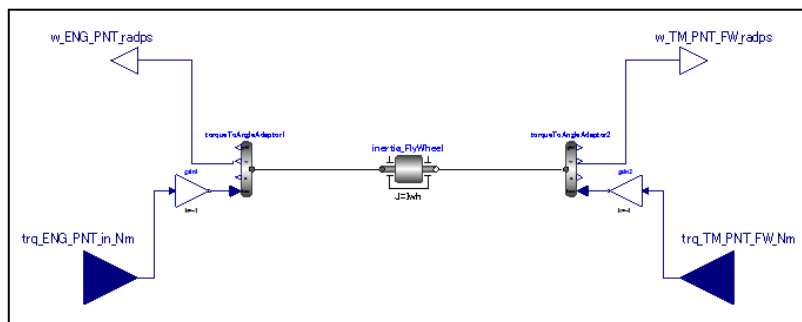


Figure 50 フライホイールダイアグラム

### 2.8.2.3. 入出力仕様

以下にフライホイールモデルの入出力仕様を示す。

| 入力                |       |    |             |
|-------------------|-------|----|-------------|
| 名称                | 単位    | 範囲 | 説明          |
| trq_ENG_PNT_in_Nm | Nm    | -  | エンジン側からのトルク |
| trq_TM_PNT_FW_Nm  | Nm    | -  | DCT 側からのトルク |
| 出力                |       |    |             |
| 名称                | 単位    | 範囲 | 説明          |
| w_ENG_PNT_radps   | rad/s | -  | エンジン側への回転数  |
| w_TM_PNT_FW_radps | rad/s | -  | DCT 側への回転数  |

### 2.8.2.4. パラメータ仕様

以下にフライホイールのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名 | 設定ファイル・値 | 単位 | 説明           |
|-----|----------|----|--------------|
| Jfw | 0.4      | -  | フライホイールイナーシャ |

2.8.3. ドライバー

2.8.3.1. 概要

以下にドライバーの機能を示す。

- ・ 目標速度に追従するアクセル開度・ブレーキトルクの算出

2.8.3.2. ダイアグラム

以下にドライバーモデルのダイアグラムを示す。

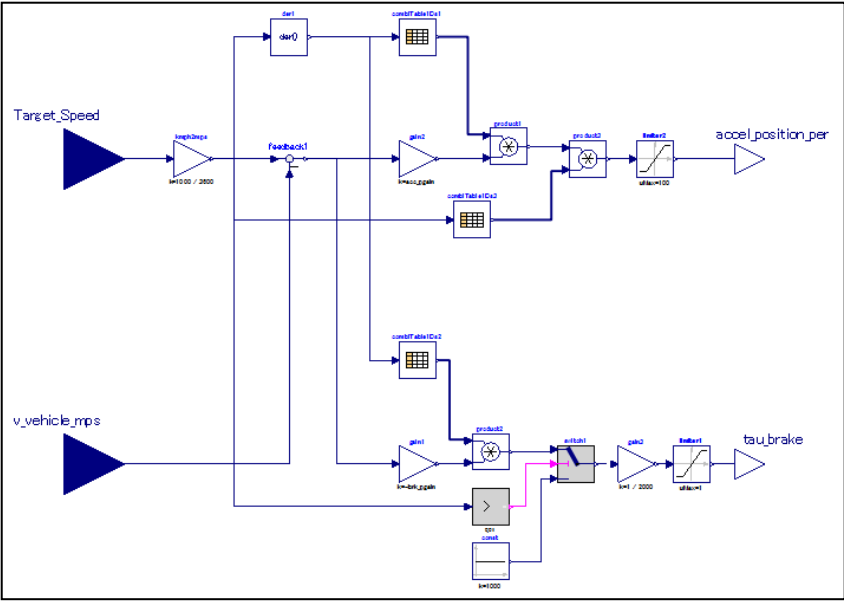


Figure 51 ドライバーダイアグラム

2.8.3.3. 入出力仕様

以下にドライバーモデルの入出力仕様を示す。

| 入力                 |        |         |                                    |
|--------------------|--------|---------|------------------------------------|
| 名称                 | 単位     | 範囲      | 説明                                 |
| Target_Speed       | km/h   | —       | 目標車両速度                             |
| v_vehicle_mps      | m/s    | -       | 車両速度                               |
| 出力                 |        |         |                                    |
| 名称                 | 単位     | 範囲      | 説明                                 |
| accel_position_per | %      | [0 100] | アクセル開度                             |
| tau_brake          | 2e3 Nm | [0 1]   | 正規化ブレーキトルク(1 出力時に 2000Nm のブレーキトルク) |

2.8.3.4. パラメータ仕様

以下にドライバーモデルのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名       | 設定ファイル・値 | 単位 | 説明            |
|-----------|----------|----|---------------|
| acc_pgain | 50       | -  | アクセル開度の比例ゲイン  |
| brk_pgain | 300      | -  | ブレーキトルクの比例ゲイン |

2.8.4. エンジン

2.8.4.1. 概要

以下にエンジンの機能を示す。

- ・ アクセル開度と回転速度からエンジントルクを出力する機能

2.8.4.2. ダイアグラム

以下にエンジンモデルのダイアグラムを示す。

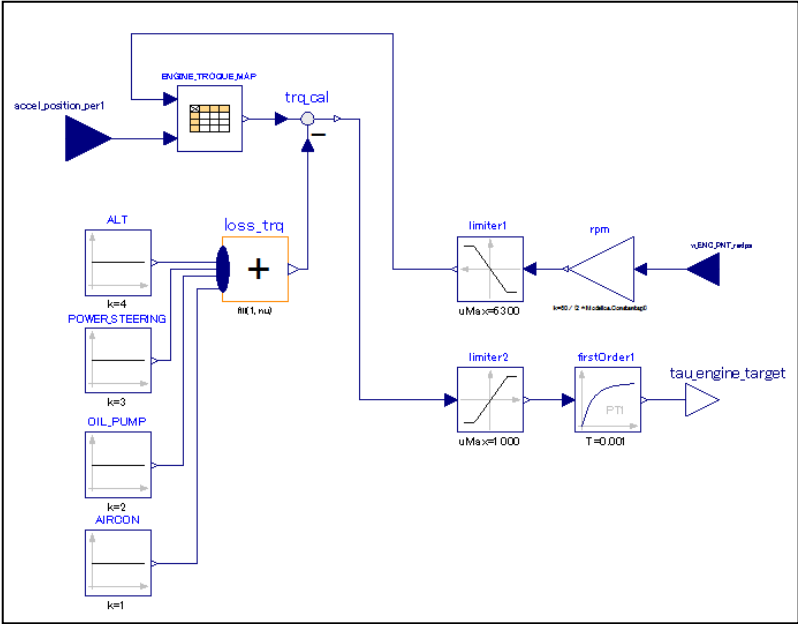


Figure 52 エンジンダイアグラム

2.8.4.3. 入出力仕様

以下にエンジンの入出力仕様を示す。

| 入力                  |       |         |             |
|---------------------|-------|---------|-------------|
| 名称                  | 単位    | 範囲      | 説明          |
| accel_position_per1 | %     | [0 100] | アクセル開度      |
| w_ENG_PNT_radps     | rad/s | -       | フライホイール回転速度 |
| 出力                  |       |         |             |
| 名称                  | 単位    | 範囲      | 説明          |
| tau_engine_target   | Nm    | -       | エンジントルク     |

2.8.4.4. パラメータ仕様

以下にエンジンのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名              | 設定ファイル・値           | 単位 | 説明               |
|------------------|--------------------|----|------------------|
| Engine_Trq_Map   | ENGINE_TRQ_MAP.txt | -  | エンジントルクテーブルファイル名 |
| Engine_Trq_Table | ENGINE_TRQ_MAP     | -  | 参照テーブル名          |

2.8.5. エンジンアイドル制御

2.8.5.1. 概要

以下にエンジンアイドル制御の機能を示す。

- ・ エンジン回転速度をアイドル回転数以上に維持する機能

2.8.5.2. ダイアグラム

以下にエンジンアイドル制御のダイアグラムを示す。

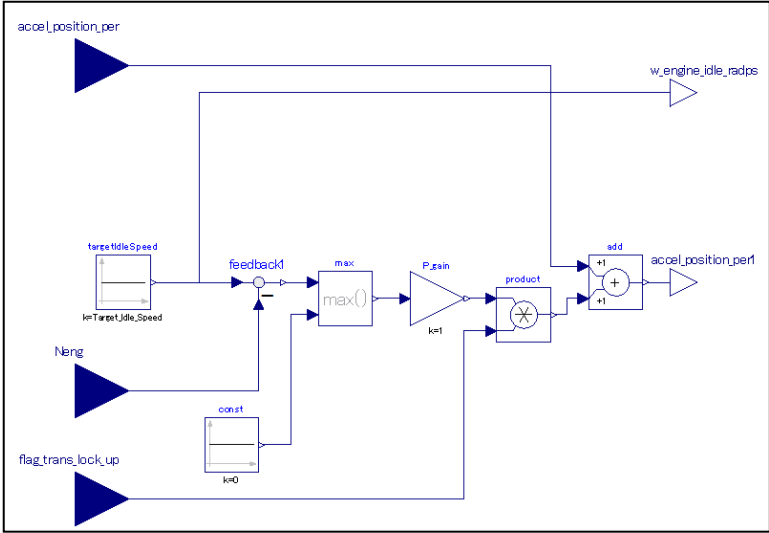


Figure 53 エンジンアイドル制御ダイアグラム

2.8.5.3. 入出力仕様

以下にエンジンアイドル制御の入出力仕様を示す。

| 入力                  |     |         |                      |
|---------------------|-----|---------|----------------------|
| 名称                  | 単位  | 範囲      | 説明                   |
| accel_position_per  | %   | [0 100] | ドライバーモデルからのアクセル開度指示値 |
| flag_trans_lock_up  | -   | [0 1]   | トランスミッションロックアップフラグ   |
| Neng                | rpm | -       | エンジン回転数              |
| 出力                  |     |         |                      |
| 名称                  | 単位  | 範囲      | 説明                   |
| w_engine_idle_radps | rpm | -       | 目標アイドル回転数            |
| accel_position_per1 | %   | [0 100] | アクセル開度指示値            |

2.8.5.4. パラメータ仕様

以下にエンジンアイドル制御モデルのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名               | 設定ファイル・値 | 単位  | 説明        |
|-------------------|----------|-----|-----------|
| Target_Idle_Speed | 650      | rpm | 目標アイドル回転数 |



## 2.8.6. タイヤ・走行抵抗

### 2.8.6.1. 概要

以下にタイヤ・走行抵抗の機能を示す。

- ・ 車両慣性・走行抵抗と入力トルクから車両速度を算出

### 2.8.6.2. ダイアグラム

以下にタイヤ・走行抵抗モデルのダイアグラムを示す。

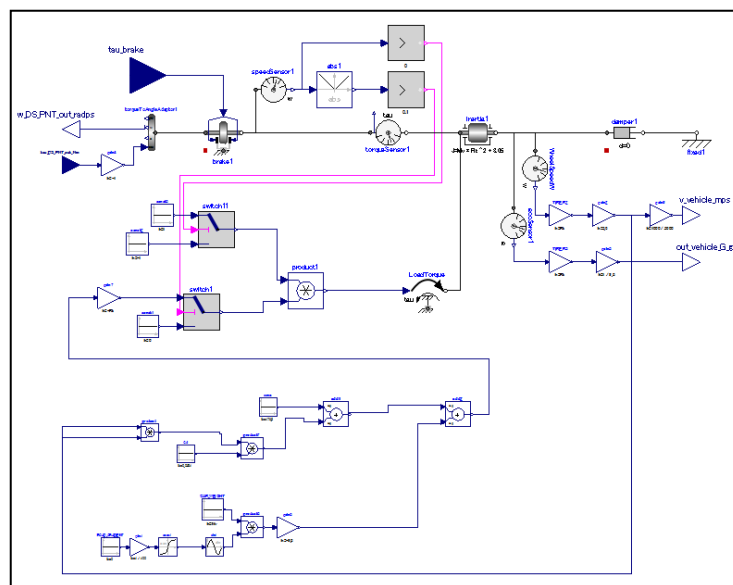


Figure 54 タイヤ・走行抵抗ダイアグラム

### 2.8.6.3. 入出力仕様

以下にタイヤ・走行抵抗モデルの入出力仕様を示す。

| 入力                 |        |       |                |
|--------------------|--------|-------|----------------|
| 名称                 | 単位     | 範囲    | 説明             |
| tau_DS_PNT_out_Nm  | Nm     | -     | ドライブシャフトからのトルク |
| tau_brake          | 2e3 Nm | [0 1] | 正規化ブレーキトルク指示値  |
| 出力                 |        |       |                |
| 名称                 | 単位     | 範囲    | 説明             |
| w_DS_PNT_out_radps | rad/s  | -     | ドライブシャフトへの回転数  |
| v_vehicle_mps      | m/s    | -     | 車両速度           |
| out_vehicle_G_g    | G      | -     | 車両加速度          |

### 2.8.6.4. パラメータ仕様

以下に車両モデルのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名    | 設定ファイル・値 | 単位                               | 説明   |
|--------|----------|----------------------------------|--|
| Mv     | 1471.5   | kg                               | 車両重量   |
| Rt     | 0.31     | m                                | タイヤ半径  |
| Coef_A | 179.5    | N                                | 転がり抵抗  |
| Coef_C | 0.0351   | Nh <sup>2</sup> /km <sup>2</sup> | 空気抵抗の係数 ( $1/2 \cdot \rho \cdot C_d \cdot A$ ) |



## 2.8.7.3. 入出力仕様

以下に熱モデルの入出力仕様を示す。

| 入力               |       |    |                                       |
|------------------|-------|----|---------------------------------------|
| 名称               | 単位    | 範囲 | 説明                                    |
| QfStartDevice    | W     | —  | 発進デバイスからの熱流量                          |
| QfGear           | W     | —  | 変速機構からの熱流量                            |
| QfOil            | W     | —  | からの熱流量                                |
| vCaseHousing     | m/s   | —  | 車両モデルからの車速                            |
| TinAirtoCH       | K     | —  | トランスミッション雰囲気温度                        |
| TinENtoSD        | K     | —  | エンジン（熱モデル）側の温度                        |
| TinENGtoCH       | K     | —  | エンジン（熱モデル）側の温度                        |
| VIidot1OilCooler | m3/s  | —  | オイル流量（制御信号）                           |
| VIidot2OilCooler | m3/s  | —  | LLC 流量（制御信号）                          |
| TinTStoOC        | K     | —  | PT サーマルシステム側の温度                       |
| 出力               |       |    |                                       |
| 名称               | 単位    | 範囲 | 説明                                    |
| rhoOil           | kg/m3 | —  | 運動エネルギーモデルへのオイル（熱モデル）密度               |
| nuOil            | m2/s  | —  | 運動エネルギーモデルへのオイル（熱モデル）動粘度              |
| QfOutCHtoEN      | W     | —  | ケース・ハウジング（熱モデル）からエンジン（熱モデル）への熱流量      |
| QfOutSDtoEN      | W     | —  | 発進デバイス（熱モデル）からエンジン（熱モデル）への熱流量         |
| QfOutOCtoTS      | W     | —  | オイルクーラ（熱モデル）から PT サーマルシステム（熱モデル）への熱流量 |
| ToutOil          | K     | —  | オイル温度                                 |
| ToutOiltoOC      | K     | —  | オイル（熱モデル）側の温度                         |
| ToutSDtoOil      | K     | —  | 発進デバイス（熱モデル）側の温度                      |
| ToutSDtoCH       | K     | —  | 発進デバイス（熱モデル）側の温度                      |
| ToutOiltoCH      | K     | —  | オイル（熱モデル）側の温度                         |
| ToutGearthtoOil  | K     | —  | 変速機構（熱モデル）側の温度                        |
| ToutGearthtoCH   | K     | —  | 変速機構（熱モデル）側の温度                        |
| QfoutCHtoAir     | W     | —  | ケース・ハウジング（熱モデル）から外気への熱流量              |
| QfOutOCtoOil     | W     | —  | オイルクーラ（熱モデル）からオイル（熱モデル）への熱流量          |
| QfOutOiltoSD     | W     | —  | オイル（熱モデル）から発進デバイス（熱モデル）への熱流量          |
| QfoutCHtoOil     | W     | —  | ケース・ハウジング（熱モデル）からオイル（熱モデル）への熱流量       |
| QfOiltoGear      | W     | —  | オイル（熱モデル）から変速機構（熱モデル）への熱流量            |
| QfOutCHtoGear    | W     | —  | ケース・ハウジング（熱モデル）から変速機構（熱モデル）への熱流量      |

## 2.8.7.4. パラメータ仕様

以下に熱モデルのパラメータ設定ファイル・値を示す。

| 変数名        | 設定ファイル・値                  | 単位  | 説明                           |
|------------|---------------------------|-----|------------------------------|
| c1         | 4000                      | J/K | 発進デバイス熱容量                    |
| T0         | 25                        | °C  | 発進デバイス初期温度                   |
| R1         | 0.000084                  | K/W | 発進デバイスとエンジン熱モデルとの熱抵抗         |
| T1         | 25                        | °C  | ケース・ハウジング初期温度                |
| R2         | 0.000082                  | K/W | ケース・ハウジングとエンジン熱モデルとの熱抵抗      |
| R3         | 0.000083                  | K/W | ケース・ハウジングと発進デバイス熱モデルとの熱抵抗    |
| R4         | 0.000086                  | K/W | ケース・ハウジングと変速機構熱モデルとの熱抵抗      |
| R5         | 0.00088                   | K/W | ケース・ハウジングとオイル熱モデルとの熱抵抗       |
| table1     | <17x2>                    | -   | 車速 x 外気熱モデル熱抵抗テーブル           |
| c3         | 12000                     | J/K | 変速機構熱容量                      |
| T2         | 25                        | °C  | 変速機構初期温度                     |
| fileName1  | thResitanceOilColler1.txt | -   | オイルクーラ熱交換性能テーブルのテーブルデータファイル名 |
| tableName1 | thResitanceOilColler1     | -   | オイルクーラ熱交換性能テーブルのテーブル名        |
| T3         | 25                        | °C  | オイル初期温度                      |
| c4         | 3000                      | J/K | オイル熱容量                       |
| R6         | 0.00085                   | K/W | オイルと発進デバイス熱モデルとの熱抵抗          |
| R7         | 0.00087                   | K/W | オイルと変速機構熱モデルとの熱抵抗            |
| Nutable1   | <8x2>                     | -   | オイル温度から動粘度への換算テーブル           |
| EtaTable1  | <8x2>                     | -   | オイル温度から絶対粘度への換算テーブル          |
| kDummy     | 1                         | -   | ダミーゲイン（変更不可）                 |
| c2         | 18000                     | J/K | ケース・ハウジング熱容量                 |

## 2.8.8. 走行モード・環境条件

本モデルでは WLTC・JC08 などの走行モードの目標車速、また、走行時の外気温・エンジン水温等、外部環境条件を時系列のテーブルデータ(ModelicaInputData.txt)として設定している。

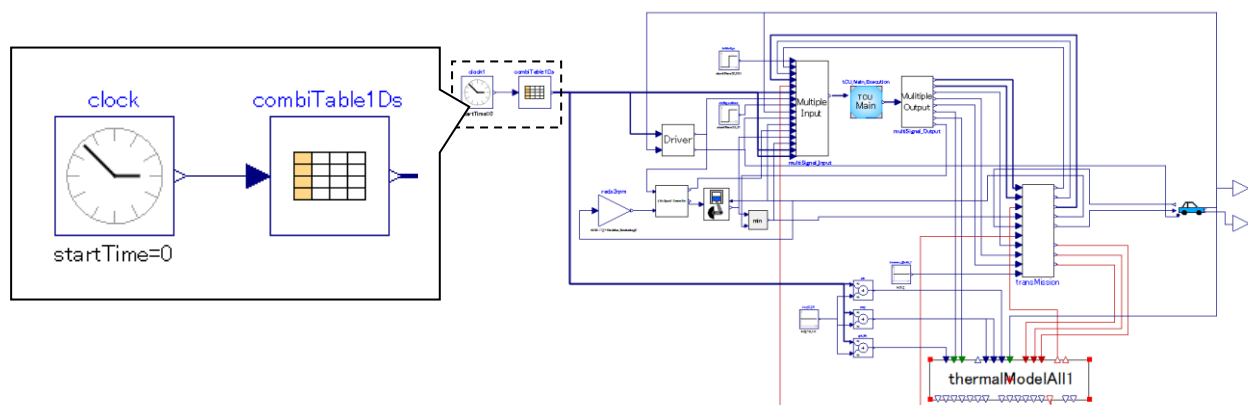


Figure 56 走行モード・環境条件設定ブロック

テーブルデータの配列は下記の通り。

- ・ 時間
- ・ 目標車速
- ・ エンジン出力可能最小トルク
- ・ エンジン出力可能最大トルク
- ・ 外気温
- ・ エンジン温
- ・ エンジン冷却水温

## 2.9. Modelica モデル共通仕様

### 2.9.1. 特性マップ・テーブル設定

以下に Modelica モデルにおける特性マップの設定について示す。

- ・特性マップは最初に「#1」を、その後データ型、テーブル名、データサイズ(Row, Column)、データマトリクスを記述する。
- ・データマトリクスの 1 列目 2 行目以降が入力 u1、1 行目 2 列目以降が入力 u2 の参照軸となる。
- ・データマトリクス内では線形補完を行う。
- ・入力値が参照軸の範囲を超える、または下回る場合、テーブル要素は最後の 2 点データを用いた線形外挿を行う。このため、外挿を行わせたくない場合は、データマトリクスの外側に外端データをコピーした一回り大きなデータマトリクスを作成する。
- ・データマトリクス列間の区切りにはタブを用いること。(,(コンマ)は使用できないツールがあるため)
- ・1 行 1 列目は任意の値とできる。ここでは 0(ゼロ)とする。
- ・最初の「#1」以外の#は以降から改行まではコメント文となる。

Figure 57 マップファイルの記述例に特性マップファイルの記述例を示す。

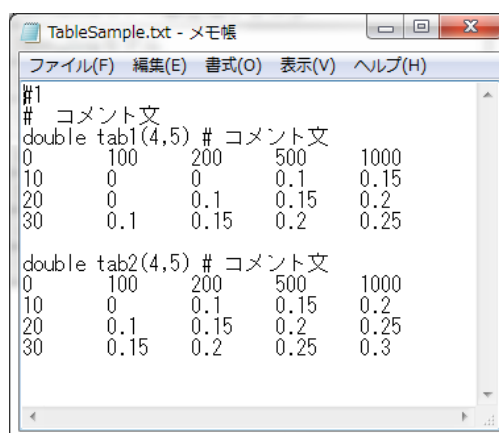


Figure 57 マップファイルの記述例

### 2.9.2.1 次遅れ要素の使用

本モデルでは、制御信号など離散値を物理入力として使用する場合に計算を安定化させるため 1 次遅れ要素を使用している。

3. Simulink モデル

本モデルは Modelica で構築した第 3 階層 DCT プラントモデルから FMU を生成し、平成 30 年度公開の TRAMI ガイドライン準拠 Simulink モデルに組み込んだモデルである。また、制御モデルについては、有段変速機汎用制御モデルを組み込んでいる。

3.1. 動作・使用環境

本モデルは下記環境および条件にて動作を保証する。

〈OS 環境〉

|         |                 |
|---------|-----------------|
| OS      | Windows10 64bit |
| PC スペック | メモリ 8GB 以上      |

〈ツール環境〉

|          |                  |
|----------|------------------|
| ツール名     | MATLAB/Simulink® |
| ツールバージョン | 2018b(64bit)     |

〈モデル計算条件〉

|           |                             |
|-----------|-----------------------------|
| ソルバ       | 固定ステップ ode8(Dormand-Prince) |
| サンプリングタイム | 0.001[s]                    |

3.2. ファイル構成

以下に Simulink モデルのファイル構成を示す。

|   |                                    |                    |
|---|------------------------------------|--------------------|
|  | TRAMI_DCT_Simulink                 | Simulinkモデル最上位フォルダ |
|  | TRAMI_DCT_vehicle_ver01_R2018b.slx | Simulinkモデル        |
|  | init_setting_TRAMI.m               | 初期設定用スクリプト         |
|  | DATA                               | FMUパラメータデータ格納フォルダ  |
|  | FMU                                | FMU格納フォルダ          |
|  | lib                                | ライブラリ格納フォルダ        |
|  | param                              | パラメータデータ格納フォルダ     |
|  | picture                            | ブロック画像データ格納フォルダ    |

Figure 58 Simulink モデルファイル構成



### 3.3. モデル構造

平成 30 年度公開 TRAMI ガイドライン準拠 Simulink モデル「TM\_CNT」と「TM\_PNT」を、それぞれ有段変速機汎用制御モデル、第 3 階層 DCT プラント FMU モデルと組み替えている。組み替え部以外の経産省ガイドライン準拠モデルからの変更点は平成 30 年度公開の「動力伝達システムにおけるプラントも出る I/F ガイドライン準拠モデル解説書」、「5.4.TM 関連以外のモデルの改造」を参照のこと。

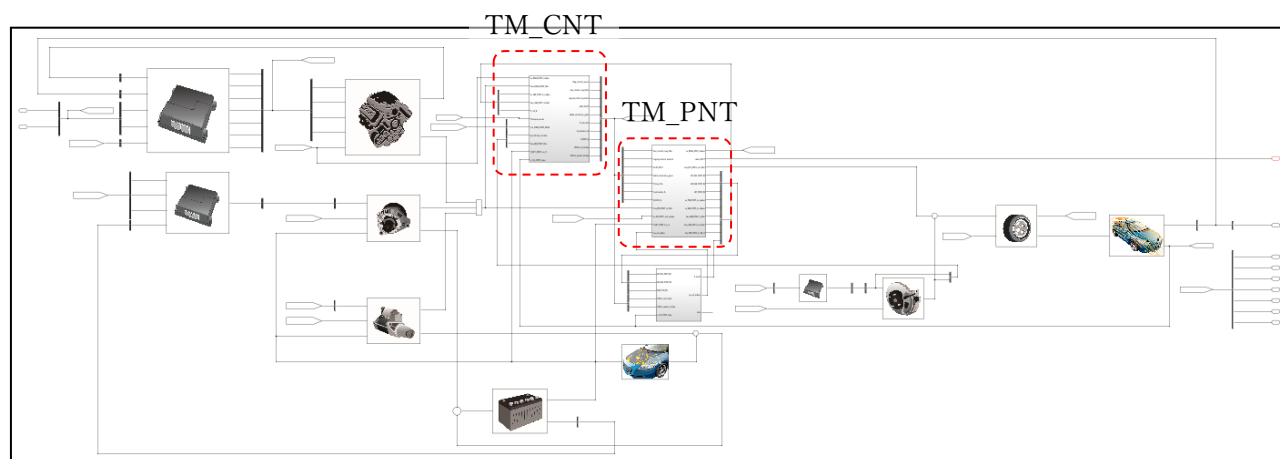


Figure 59 TRAMI ガイドライン準拠 Simulink モデル(平成 30 年度公開版)

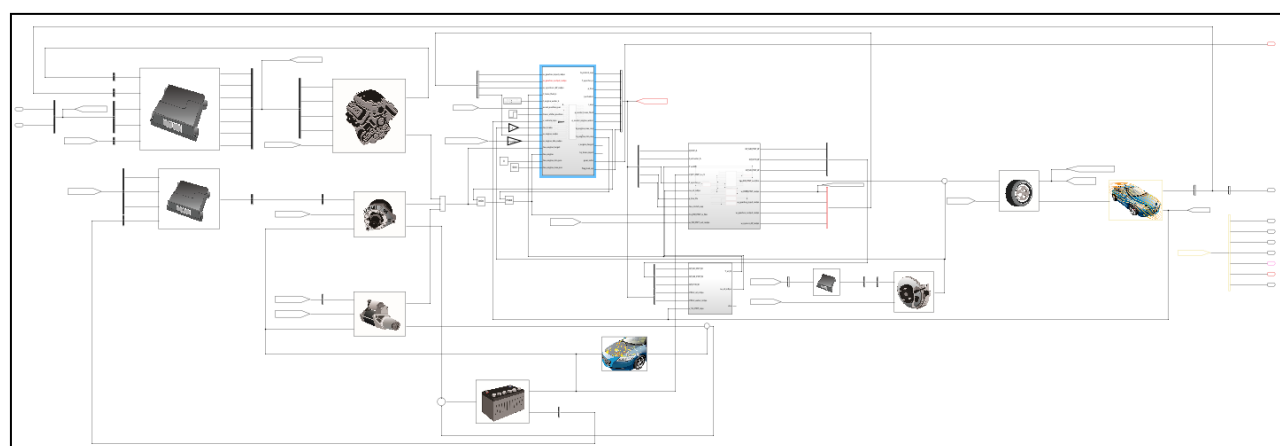


Figure 60 TM プラント・制御組み替え後

### 3.4. 使用方法

#### 3.4.1. シミュレーション実行

##### 3.4.1.1. Matlab の起動・初期設定

Matlab2018b を起動、init\_setting\_TRAMI.m を実行し、パスの設定・諸元設定・シミュレーションモデルの立ち上げを行う。

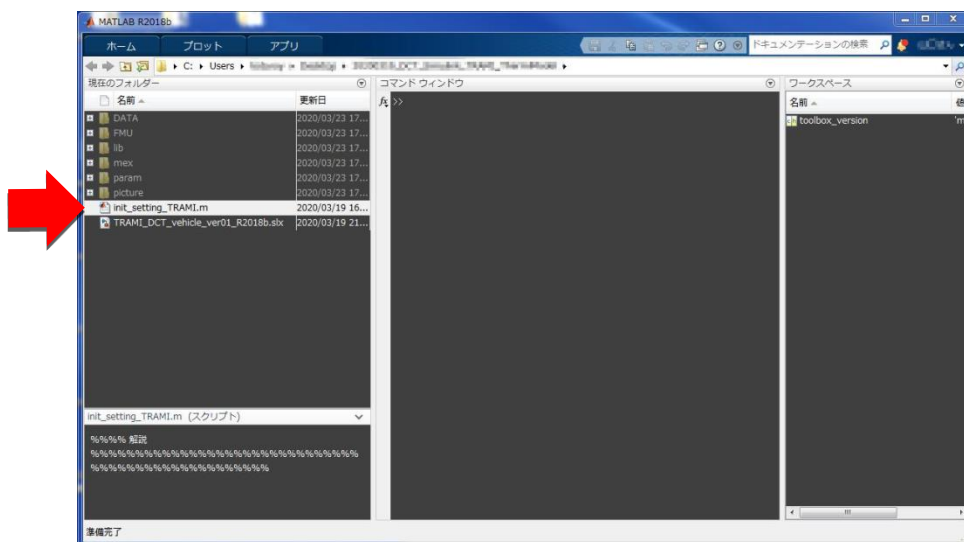


Figure 61 Simulink モデルの立ち上げ

##### 3.4.1.2. シミュレーションの開始

シミュレーションの実行ボタンを押しシミュレーションを開始する。

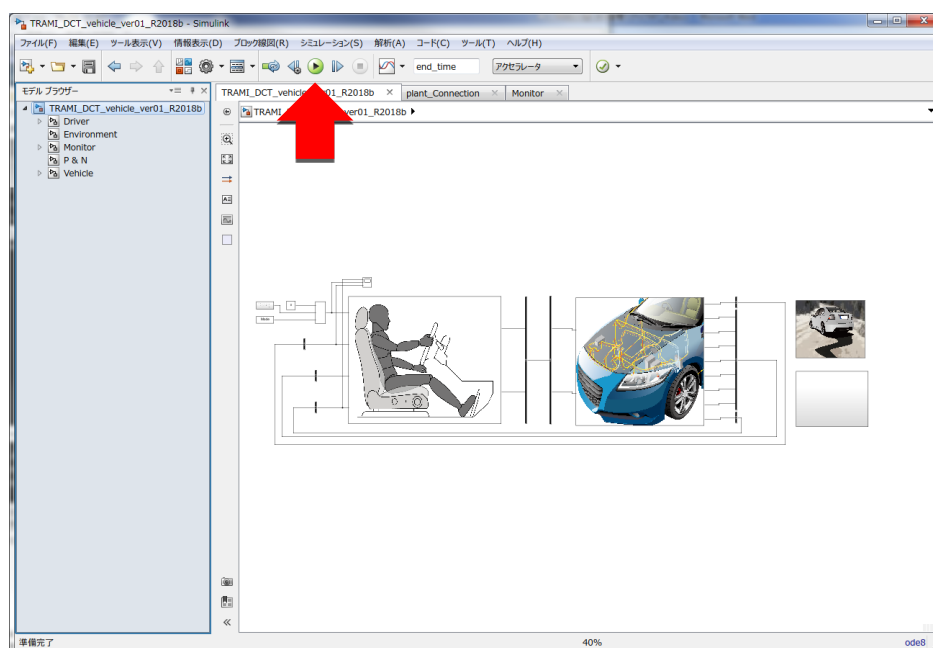


Figure 62 Simulink モデルの実行

### 3.5. FMU の生成

提供しているFMU はModelica ツールで作成されたWindowsOS の64bit 版である。次のような場合にFMU を再生成する必要がある。

- ・異なるOS 上で実行するとき
- ・モデルを変更するとき
- ・パラメータ、出力を変更する場合
- ・配列サイズを変更する場合

#### 3.5.1. 生成する FMU の種類（タイプとビット数）

FMU はFMI 規格 ver2.0 に基づくFMU である。

生成手順は使用するModelica ツールにより異なる。生成するFMU はFMU を実行するSimulink と同じOS、ビット数でなければならない。またソルバーを組み込んだCS（Co-Simulation）タイプであることが必要である。今回提供しているFMU はMapleSimにより組込ソルバーにCK45を使用してFMUを生成している。

OpenModelicaからCSタイプのFMU生成は、現状ではソルバーとしてForward Eulerのみをサポートであり、本モデルをOpenModelicaからFMU生成しMETIモデルに組み込み解析を行うことは出来ない。

#### 3.5.2. 表データファイルの取扱い

第3階層DCTのFMUは表データをFMU内に全て取り込んでいる。ただし、第2階層熱モデルFMUは表データ「thResistanceOilColler1.txt」を参照している。

#### 3.5.3. Simulink 上でのパラメータの設定

生成したFMU は生成時点で設定されるパラメータがデフォルト値となる。このデフォルト値は生成後書き換えることはできない。デフォルト値を変更するには新たにFMU を生成する必要がある。

また、Simulink モデルでFMU のパラメータを変更した場合、変更されたパラメータはSimulink モデル上に保存されるため保存している場合のみその値が適用される。保存していない場合はデフォルト値が使用される。また、一度Simulink モデル上で変更しても新たなSimulink モデルにFMU を読み込んだ場合も、デフォルト値が使用される。

本モデルのモデル化および解析に Modelica 言語を用いている。別途作成の汎用制御モデル、簡易車両モデル・ドライバーモデルと組み合わせることで車両走行解析を行うことができる。また Modelica で作成した本プラントモデルを FMU（Functional Mockup Unit）にエクスポートし Simulink に取り込むことで Simulink 上での解析を行うことも可能としている。

#### 4. 参考文献

[1] “自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン(ver.2.0)”

出展元：<https://epc.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/IFguidelinever2.0.pdf>

[2] “動力伝達システムにおけるプラントモデル I/F ガイドライン”

出展元：[https://epc.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/TRAMI\\_IFguideline\\_ver.1.0.1.pdf](https://epc.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/TRAMI_IFguideline_ver.1.0.1.pdf)

[3] “動力伝達システムにおけるプラントモデル I/F ガイドライン準拠モデル解説書(ver.1.0)”

出展元：[https://epc.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/TRAMI\\_IFguideline\\_manual\\_ver.1.0.1.pdf](https://epc.or.jp/wp-content/uploads/2019/03/TRAMI_IFguideline_manual_ver.1.0.1.pdf)