

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)

改訂履歴

Rev.	日付	内容	会社名	承認者
--	2019/02/8	初版		

目次

1. 概要.....	7
1.1. TRAMI ガイドライン準拠モデルの目的.....	7
1.2. TRAMI ガイドライン準拠モデルの前提・制約事項.....	7
1.3. TRAMI ガイドライン準拠モデル一覧.....	7
2. ファイル構成・使用環境.....	8
2.1. プラントモデルファイル構成・使用環境.....	8
2.2. 制御モデル動作環境.....	9
2.3. 単位系.....	10
3. 第2階層モデルの解説.....	11
3.1. 運動系モデル.....	11
3.1.1. 発進デバイス (Components.Mechanical.StartingDevices.StartingDevices)	11
3.1.1.1 概要.....	11
3.1.1.2 ダイアグラム.....	12
3.1.1.3 入出力仕様.....	12
3.1.1.4 パラメータ仕様.....	13
3.1.1.5 その他の情報.....	13
3.1.2. 変速機構 (Components.Mechanical.GearBoxes.GearBox)	14
3.1.2.1 概要.....	14
3.1.2.2 ダイアグラム.....	14
3.1.2.3 入出力仕様.....	15
3.1.2.4 パラメータ仕様.....	15
3.1.2.5 その他の情報.....	15
3.1.3. 終減速機(Components.Mechanical.FinalDrive).....	17
3.1.3.1 概要.....	17
3.1.3.2 ダイアグラム.....	17
3.1.3.3 入出力仕様.....	17
3.1.3.4 パラメータ仕様.....	17
3.1.3.5 その他の情報.....	17
3.1.4. ドライブシャフト(Components.Mechanical.DriveShaft)	18
3.1.4.1 概要.....	18
3.1.4.2 ダイアグラム.....	18
3.1.4.3 入出力仕様.....	18
3.1.4.4 パラメータ仕様.....	18
3.1.4.5 その他の情報.....	18
3.1.5. オイルポンプ(Components.Mechanical.ControlSystems.OilPump).....	19
3.1.5.1 概要.....	19
3.1.5.2 ダイアグラム.....	19
3.1.5.3 入出力仕様.....	19
3.1.5.4 パラメータ仕様.....	20
3.1.5.5 その他の情報.....	20
3.1.6. 電動オイルポンプ(Components.Mechanical.ControlSystems.ElOilPump).....	21
3.1.6.1 概要.....	21
3.1.6.2 ダイアグラム.....	21
3.1.6.3 入出力仕様.....	21
3.1.6.4 パラメータ仕様.....	21
3.1.6.5 その他の情報.....	21
3.1.7. 電動アクチュエータ(Components.Electrical.Actuator).....	22

3.1.7.1 概要	22
3.1.7.2 ダイアグラム	22
3.1.7.3 入出力仕様	22
3.1.7.4 パラメータ仕様	22
3.1.7.5 その他の情報	22
3.1.8. 運動系統合モデル(Examples.IntegratedModels.WholeMechSystem)	23
3.1.8.1 概要	23
3.1.8.2 ダイアグラム	23
3.1.8.3 入出力仕様	24
3.1.8.4 パラメータ仕様	25
3.1.8.5 その他の情報	25
3.2. 熱系モデル	26
3.2.1. 発進デバイス熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.StartDevice)	26
3.2.1.1 概要	26
3.2.1.2 ダイアグラム	26
3.2.1.3 入出力仕様	27
3.2.1.4 パラメータ仕様	27
3.2.1.5 その他の情報	27
3.2.2. 変速機構熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.Gear)	28
3.2.2.1 概要	28
3.2.2.2 ダイアグラム	28
3.2.2.3 入出力仕様	28
3.2.2.4 パラメータ仕様	28
3.2.2.5 その他の情報	28
3.2.3. ケース・ハウジング熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.CaseHousing)	29
3.2.3.1 概要	29
3.2.3.2 ダイアグラム	29
3.2.3.3 入出力仕様	30
3.2.3.4 パラメータ仕様	30
3.2.3.5 その他の情報	30
3.2.4. オイル熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.Oil)	31
3.2.4.1 概要	31
3.2.4.2 ダイアグラム	31
3.2.4.3 入出力仕様	32
3.2.4.4 パラメータ仕様	32
3.2.4.5 その他の情報	32
3.2.5. オイルクーラ熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.OilCooler)	33
3.2.5.1 概要	33
3.2.5.2 ダイアグラム	33
3.2.5.3 入出力仕様	33
3.2.5.4 パラメータ仕様	34
3.2.5.5 その他の情報	34
3.2.6. 熱系統合モデルの機能仕様(Examples.IntegratedModels.ThermalModelAll)	35
3.2.6.1 概要	35
3.2.6.2 ダイアグラム	35
3.2.6.3 入出力仕様	36
3.2.6.4 パラメータ仕様	37
3.2.6.5 その他の情報	37
3.3. プラントモデル テーブルデータファイルの説明	38

3.3.1. テーブルデータファイル形式.....	38
3.3.2. 基本的な 2 次元テーブルの形式.....	38
3.3.3. 本モデルで使用する 3 次元テーブルファイルの形式.....	38
3.3.4. 本モデルで使用する整数切り替え付のファイル.....	38
3.4. 制御モデル.....	39
3.4.1. 制御モデルの機能仕様.....	39
3.4.1.1 概要.....	39
3.4.1.2 ダイアグラム.....	39
3.4.1.3 入出力仕様.....	40
3.4.1.4 パラメータ仕様.....	41
3.4.1.5 その他の情報.....	41
3.4.2. クラッチ制御.....	42
3.4.2.1 概要.....	42
3.4.2.2 ダイアグラム.....	42
3.4.2.3 入出力仕様.....	43
3.4.2.4 パラメータ仕様.....	43
3.4.2.5 その他の情報.....	43
3.4.3. 変速制御.....	44
3.4.3.1 概要.....	44
3.4.3.2 ダイアグラム.....	44
3.4.3.3 入出力仕様.....	44
3.4.3.4 パラメータ仕様.....	45
3.4.3.5 その他の情報.....	45
3.4.4. 電動アクチュエータ制御.....	46
3.4.4.1 概要.....	46
3.4.4.2 ダイアグラム.....	46
3.4.4.3 入出力仕様.....	46
3.4.4.4 パラメータ仕様.....	46
3.4.4.5 その他の情報.....	46
3.4.5. ライン圧制御.....	47
3.4.5.1 概要.....	47
3.4.5.2 ダイアグラム.....	47
3.4.5.3 入出力仕様.....	47
3.4.5.4 パラメータ仕様.....	47
3.4.5.5 その他の情報.....	47
3.4.6. オイルクーラ制御.....	48
3.4.6.1 概要.....	48
3.4.6.2 ダイアグラム.....	48
3.4.6.3 入出力仕様.....	48
3.4.6.4 パラメータ仕様.....	48
3.4.6.5 その他の情報.....	48
3.4.7. 電動オイルポンプ制御.....	49
3.4.7.1 概要.....	49
3.4.7.2 モデルダイアグラム.....	49
3.4.7.3 入出力仕様.....	49
3.4.7.4 パラメータ仕様.....	49
3.4.7.5 その他の情報.....	49
4. プラントモデルの実行.....	50
4.1. TRAMI パッケージ内モデルとモデルの実行.....	50

4.2. SampleCar の実行	50
4.3. その他のモデルのモデル構築と実行例	51
4.4. ファイル名の付け方と形式	51
5. 経産省ガイドラインモデルへの結合	52
5.1. 動作・使用環境	52
5.1.1. 動作環境	52
5.1.2. 使用環境	53
5.2. METI モデルとの結合モデル準備	54
5.2.1. DCT 制御モデル(DCT_CNT)	54
5.2.2. TM プラント 運動系モデル(TM_PNT)	54
5.2.2.1 ダイアグラム	54
5.2.2.2 フライホイールモデルの変更	55
5.2.2.3 入出力仕様	56
5.2.2.4 パラメータ仕様	57
5.2.3. TM プラント 熱系モデル(TM_Thermal)	58
5.2.3.1 ダイアグラム	58
5.2.3.2 エンジン熱モデル、外気熱モデル、PT サーマルシステム熱モデルの簡易モデル	59
5.2.3.3 入出力仕様	60
5.2.3.4 パラメータ仕様	61
5.3. METI モデルとの結合	62
5.3.1. TM 関連モデルの変更	62
5.4. TM 関連以外のモデルの改造	63
5.4.1. 第 1 階層	63
5.4.2. Driver モデル	63
5.4.3. ENG_CNT モデル	63
5.5. FMU の生成	64
5.5.1. 生成する FMU の種類 (タイプとビット数)	64
5.5.2. 表データファイルの取扱い	64
5.5.3. 生成時パラメータの選択	64
5.5.4. Simulink 上でのパラメータの設定	64
5.5.5. ツール依存の注意点	64
6. 結合モデルの実行方法	65
6.1. シミュレーション実行	65
6.1.1. MATLAB を起動する	65
6.1.2. 初期設定	65
6.1.3. シミュレーションを開始する	65
7. 参考文献	66

1. 概要

1.1. TRAMI ガイドライン準拠モデルの目的

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、モデルを実際に行うことで、ガイドラインの理解向上を目的としている。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ンスラブルの先出としての利用も期待する。

1.2. TRAMI ガイドライン準拠モデルの前提・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。モデル作成ツールは、プラントモデルは Modelica 標準ライブラリ(以下、「MSL」と表記)を利用できるツールを、制御モデルは Matlab® Simulink®をベースに作成する。

1.3. TRAMI ガイドライン準拠モデル一覧

2018年度は以下のTRAMIガイドライン準拠モデルを作成した。

●プラント(MSL)

運動系モデル

- ・発進デバイス(クラッチ)
- ・変速機構(7速DCT)
- ・終減速機
- ・ドライブシャフト
- ・オイルポンプ
- ・電動オイルポンプ
- ・電動アクチュエータ

熱系モデル

- ・発進デバイス熱モデル
- ・変速機構熱モデル
- ・ケース・ハウジング熱モデル
- ・オイル熱モデル
- ・オイルクーラ熱モデル

●制御モデル(Simulink)

- ・DCT制御

2. ファイル構成・使用環境

TRAMI ガイドライン準拠モデルではプラント部のみの実行に Modelica 環境を利用する。プラントと制御を組み合わせたモデルの実行には、Modelica ツールで作成する FMU (Functional Mockup Unit) を Simulink へ取り込み Simulink 環境を利用して行う。以下にファイル構成および動作環境を示す。
(「4.プラントモデルの実行」に関連情報を記載する。)

2.1. プラントモデルファイル構成・使用環境

MSL 3.2.2 が動作する環境

<TRAMI.zip に含まれるフォルダ構成>

No.	フォルダ名	説明
1	TRAMI	最上位フォルダ
2	TRAMI¥L3	第 2 階層サブパッケージ
3	TRAMI¥L4	第 3 階層サブパッケージ
4	TRAMI¥Utilities	第 2・3 階層共通ユーティリティサブパッケージ
5	TRAMI¥Resources	サンプル表データ保管フォルダ

TRAMI 以下の全体を以下 TRAMI パッケージと呼ぶ。

<モデル使用環境>

使用可能ツール	MSL 3.2.2 が使用できる Modelica ツール
形式	Modelica 書式テキストファイル

2.2. 制御モデル動作環境

<ファイル構成>

No	ファイル名	説明
1	TRAMI_DCT_vehicle_ver01_R2018b.slx	DCT 制御モデルは、[Vehicle]内サブシステム[DCT_CNT]
2	init_setting_TRAMI.m	初期設定用スクリプト 諸元データ設定、パス設定を実施
3	(サブフォルダ)param	パラメータデータ格納フォルダ

<モデル使用環境>

ツール名	MATLAB/Simulink
ツールバージョン	R2018b (64bit)
形式	.slx

<モデル計算条件>

ソルバタイプ	固定ステップ ode8 (Dormand-Prince)
サンプリングタイム	0.001[s]
DCT 制御モデル サンプリングタイム	0.01[s]
最大ステップサイズ	-
最小ステップサイズ	-
許容誤差	-

2.3. 単位系

TRAMI ガイドライン準拠モデルで扱う変数・変量の単位は原則 SI 単位とする。
 但し、外部設定によるパラメータについてはその限りとしなが、モデルで計算を行う際は SI 単位に変換して使用する。準拠モデルでは、モデル内部では補助単位系を使用して利用することも可能としている。

以下にモデルで使用する単位系一覧を示す。

SI 基本単位

基本量	名称	記号	モデル内での アルファベット表記案
長さ	メートル	m	m
質量	キログラム	kg	kg
時間	秒	s	s
電流	アンペア	A	A
熱力学温度	ケルビン	K	K

SI 組立単位

量	単位	単位記号	モデル内での アルファベット表記案
速度	メートル毎秒	m/s	mps
体積	立方メートル	m ³	m3
周波数	ヘルツ	Hz	Hz
力	ニュートン	N	N
圧力、応力	パスカル	Pa	Pa
エネルギー	ジュール	J	J
仕事量、熱量			
仕事率、電力、熱流量	ワット	W	W
電圧、電位	ボルト	V	V
セルシウス温度	セルシウス度	°C	dC(=degree Celsius)
力のモーメント	ニュートンメートル	Nm	Nm
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	radps
熱容量	ジュール毎ケルビン	J/K	JpK
熱抵抗	ケルビン毎ワット	K/W	KpW
動粘度	平方メートル毎秒	m ² /s	m2ps
慣性モーメント	キログラム平方メートル	kg・m ²	kgm2

3. 第2階層モデルの解説

2.1.で記述したように、TRAMI パッケージは第 2 階層 (TRAMI.L3) と第 3 階層 (TRAMI.L4) を含む (ただし第 3 階層は今回はリリースしていないため空となっている)。3.1.及び 3.2.では TRAMI.L3 に含まれる各モデルについて説明する。なおモデル名を Modelica の表記で用いられる階層 (サブパッケージ) を '.' (ドット) でつなぐ表記法を用いるが、ここでは共通部分 (TRAMI.L3.) を省略する。
また、3.3 では Simulink モデルである制御モデルについて説明する。

3.1. 運動系モデル

TRAMI ガイドライン準拠モデル第 2 階層モデルの機能仕様を記述する。
全体モデル概要及び構成は、TRAMI ガイドラインの図 6. 第 2 階層事例 (回転運動系) を参照のこと。

3.1.1. 発進デバイス (Components.Mechanical.StartingDevices.StartingDevices)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、発進デバイスモデルの機能仕様を記述する。

3.1.1.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の DCT 湿式クラッチのモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
エンジンの動力のトランスミッションへ伝達と損失による発熱量を計算するモデル
- ③ モデル化した機能
エンジンからトランスミッションへの動力の伝達機能
クラッチすべりによる発熱量計算機能

3.1.1.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

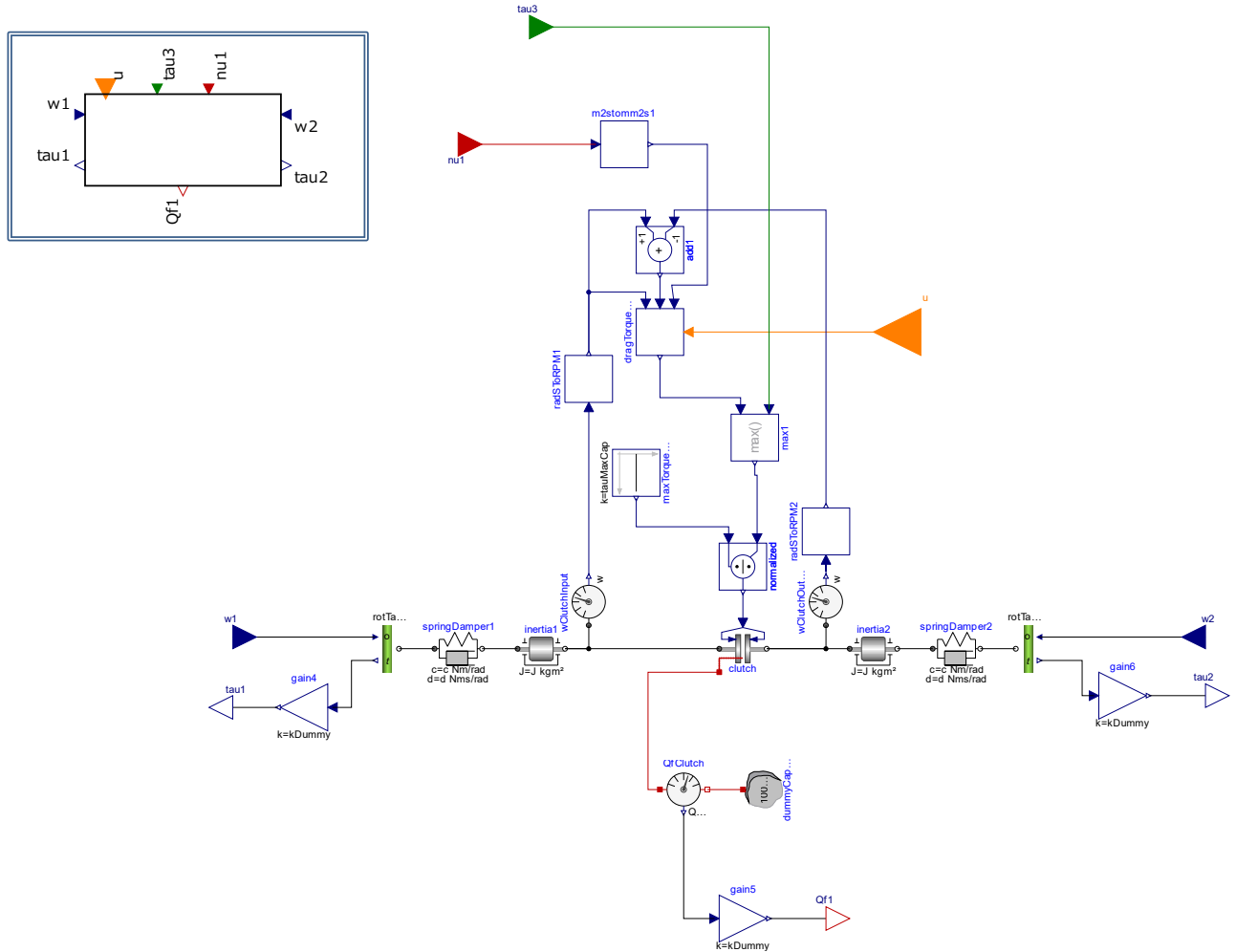


図 3.1.1.2. 発進デバイスモデルダイアグラム

3.1.1.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w1	rad/s	—	フライホイール側の回転数
w2	rad/s	—	変速機構側の回転数
nu1	m2/s	—	オイル動粘度
tau3	Nm	0 以上	指示トルク容量 (制御信号)
u	-	[0 2]	クラッチ選択信号 (制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
tau1	Nm	—	フライホイール側へのトルク
tau2	Nm	—	変速機構側へのトルク
Qf1	W	—	発進デバイス(熱モデル)への熱流量

3.1.1.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fAdaptor	1000	Hz	回転入力アダプターカットオフフラグ(変更不可)
fileName1	lossClutchDrag0.txt	-	クラッチドラッグトルクテーブルのテーブルデータファイル名
tableName1	lossClutchDrag	-	クラッチドラッグトルクテーブルのテーブル名
nu1	<1x5>	mm ² /s	クラッチドラッグトルクテーブルの z 軸値(動粘度)
tauMaxCap1	350	Nm	最大トルク容量
J1	0.01	kgm ²	イナーシャ
wIn0	0	rad/s	インプット側イナーシャ速度初期値
wOut0	0	rad/s	アウトプット側イナーシャ速度初期値
c1	4000	Nm/rad	バネ定数
d1	18	Nms/rad	ダンバ減衰係数
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.1.5 その他の情報

クラッチドラッグトルクはテーブルデータファイル、lossClutchDrag0.txt~lossClutchDrag2.txt の 3 ファイルより読みこまれる。

各ファイルの選択条件は、0:ニュートラル、1:R 及び奇数段、2:偶数段。

以下に、各ファイル内テーブルの変数と出力の仕様を示す。

変数	単位	備考
エンジン回転数	rpm	縦軸
差回転数	rpm	横軸、Eng 回転数 - タービン回転数
オイル動粘度	mm ² /s	z 軸
クラッチドラッグトルク	Nm	出力

出力 Qf1 発進デバイス(熱モデル)への熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.1.2. 変速機構 (Components.Mechanical.GearBoxes.GearBox)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、変速機構モデルの機能仕様を記述する

3.1.2.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の DCT 変速機構のモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
変速機能、トランスミッションイナーシャと損失による発熱量を計算するモデル
- ③ モデル化した機能
DCT による変速機能
トランスミッションのイナーシャ
トルクに依存した損失と回転、油圧に依存した損失による発熱量計算機能

3.1.2.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

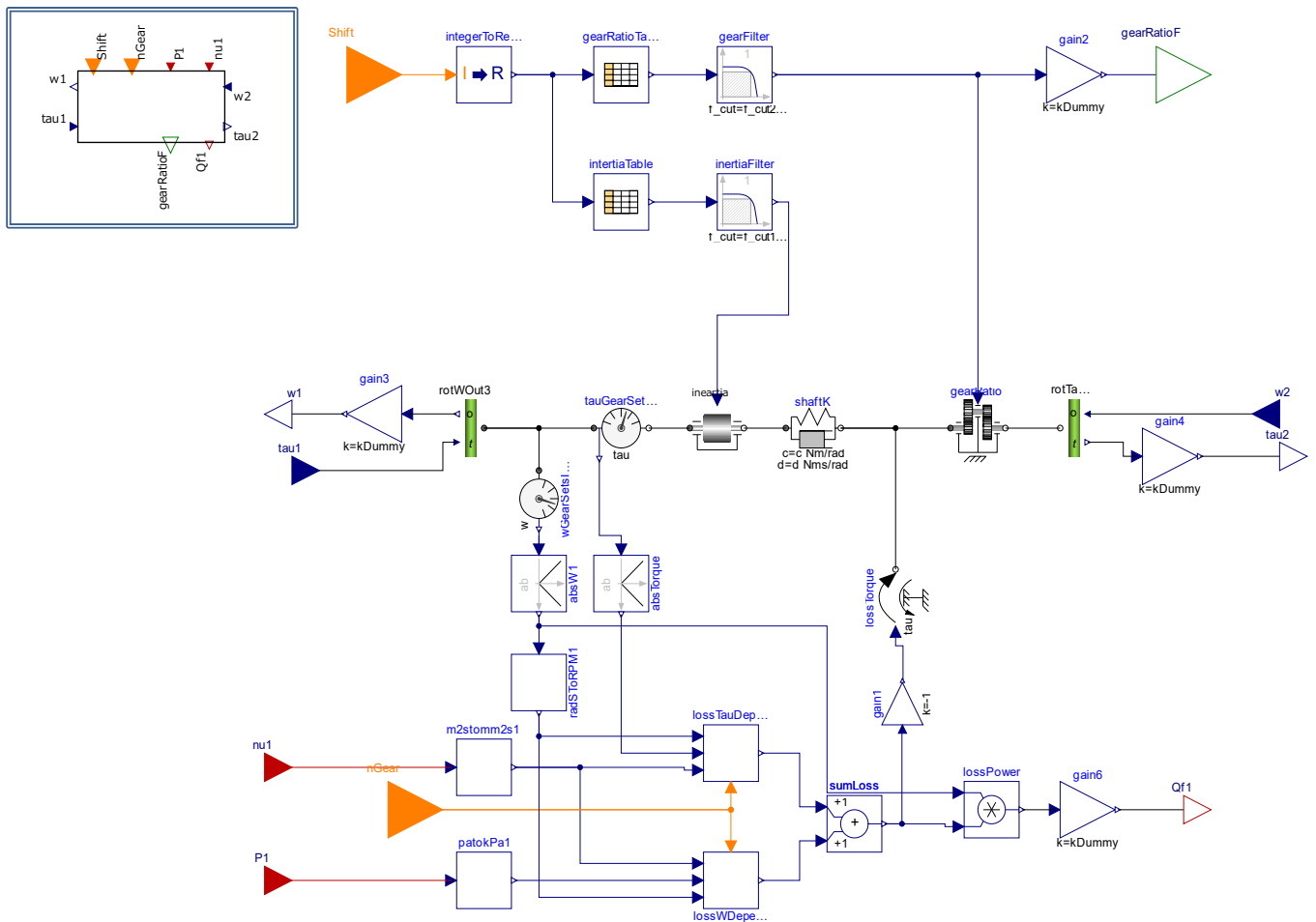


図 3.1.2.2. 変速機構モデルダイアグラム

3.1.2.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w2	rad/s	—	終減速機側の回転数
tau1	Nm	—	発進デバイス側からのトルク
nu1	mm ² /s	—	オイル動粘度
Shift	-	[-1 7]	ギヤ段 (制御信号)
nGear	-	[1 21]	損失ファイル No. (制御信号)
P1	Pa	—	ライン圧制御信号 (制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
w1	rad/s	—	変速機構側の回転数
tau2	Nm	—	終減速機側へのトルク
Qf1	W	—	変速機構 (熱モデル) への熱流量
gearRatioF	-	—	DCT ギヤレシオ

3.1.2.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fAdaptor	1000	Hz	回転入力アダプターカットオフフラグ (変更不可)
fileName1	lossTorque1.txt	-	トルクに依存した損失トルクテーブルのテーブルデータファイル名
tableName1	lossTorque	-	トルクに依存した損失テーブルのテーブル名
fileName2	lossRevolution1.txt	-	回転、油圧に依存した損失トルクテーブルのテーブルデータファイル名
tableName2	lossRevolution	-	回転、油圧に依存した損失トルクテーブルのテーブル名
nGears	<1x21>	-	損失ファイル No. (File No.)
c	350	Nm/rad	バネ定数
d	0.34	Nms/rad	ダンパ減衰係数
table1	<9x2>	-	ギヤ段xギヤレシオ テーブル
table2	<9x2>	-	ギヤ段xイナーシャ テーブル
w0	0	rad/s	イナーシャ速度初期値
nu	<1x5>	mm ² /s	損失ファイルの z 軸値 (動粘度値)
f_cut1	1	Hz	inertiaFilter Cut-off 周波数
f_cut2	1	Hz	gearFilter Cut-off 周波数
kDummy1	1	-	ダミーゲイン (変更不可)

3.1.2.5 その他の情報

トルクに依存した損失トルクはテーブルデータファイル、lossTorque1.txt~lossTorque21.txt の 21 ファイルより読みこまれる。

各ファイルの選択条件は下方の「シフト-待機ギヤ段-損失ファイル No. 対応表」を参照のこと。

以下に、各ファイル内テーブルの変数と出力の仕様を示す。

変数	単位	備考
タービン回転数	rpm	縦軸
タービントルク	Nm	横軸
オイル動粘度	mm ² /s	z 軸
トルクに依存した損失トルク	Nm	出力

回転、油圧に依存した損失トルクはテーブルデータファイル、lossRevolution1.txt～lossRevolution21.txt の 21 ファイルより読みこまれる。

各ファイルの選択条件は下方の「シフト-待機ギヤ段-損失ファイル No. 対応表」を参照のこと。

以下に、各ファイル内テーブルの変数と出力の仕様を示す。

変数	単位	備考
タービン回転数	rpm	縦軸
ライン圧	kPa	横軸
オイル動粘度	mm ² /s	z 軸
回転、油圧に依存した損失トルク	Nm	出力

シフト-待機ギヤ段-損失ファイル No. 対応表

		待機ギヤ段								
		N	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th
シフト	R	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	N	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	1st	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	2nd	3	5	3	4	3	3	3	3	3
	3rd	6	6	8	6	7	6	6	6	6
	4th	9	9	9	11	9	10	9	9	9
	5th	12	12	12	12	14	12	13	12	12
	6th	15	15	15	15	15	17	15	16	15
7th	18	18	18	18	18	18	20	18	19	

出力 Qf1 変速機構(熱モデル)への熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なる。

3.1.3. 終減速機(Components.Mechanical.FinalDrive)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、終減速機モデルの機能仕様を記述する

3.1.3.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の終減速機のモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
減速機能のモデル
- ③ モデル化した機能
減速機能

3.1.3.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

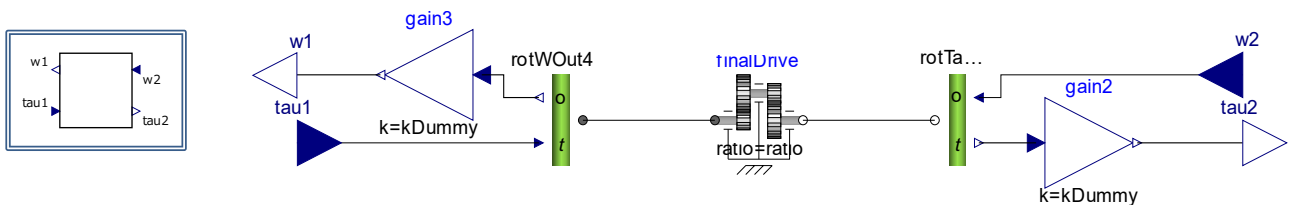


図 3.1.3.2. 終減速機モデルダイアグラム

3.1.3.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w2	rad/s	—	ドライブシャフト側の回転数
tau1	Nm	—	変速機構側からのトルク
出力			
名称	単位	範囲	説明
w1	rad/s	—	終減速機側の回転数
tau2	Nm	—	ドライブシャフト側へのトルク

3.1.3.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fAdaptor	1000	Hz	回転入力アダプターカットオフフラグ(変更不可)
ratio	4.300	-	ファイナルレシオ
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.3.5 その他の情報

なし

3.1.4. ドライブシャフト(Components.Mechanical.DriveShaft)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、ドライブシャフトモデルの機能仕様を記述する

3.1.4.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用のドライブシャフトモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
動力伝達のモデル
- ③ モデル化した機能
ドライブシャフトのイナーシャ
バネ・ダンパー機能

3.1.4.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

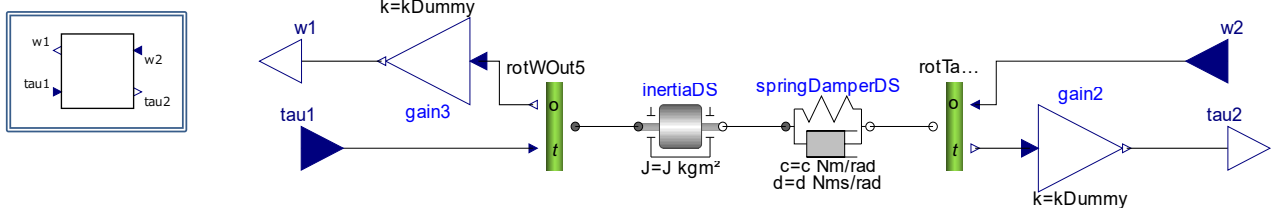


図 3.1.4.2. ドライブシャフトモデルダイアグラム

3.1.4.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w2	rad/s	—	タイヤ側の回転数
tau1	Nm	—	終減速機側からのトルク
出力			
名称	単位	範囲	説明
w1	rad/s	—	ドライブシャフト側の回転数
tau2	Nm	—	タイヤ側へのトルク

3.1.4.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fAdaptor	1000	Hz	回転入力アダプターカットオフフラグ(変更不可)
J	0.1	kgm2	イナーシャ
w0	0	rad/s	イナーシャ速度初期値
c	10000	Nm/rad	バネ定数
d	0.063	Nms/rad	ダンパ減衰係数
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.4.5 その他の情報

なし

3.1.5. オイルポンプ(Components.Mechanical.ControlSystems.OilPump)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、オイルポンプモデルの機能仕様を記述する

3.1.5.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用のオイルポンプモデルである。
- ② モデル化の範囲・抽象度
オイルポンプによる損失トルクと発熱量を計算するモデル
- ③ モデル化した機能
回転数、動粘度、ライン圧から損失トルクの計算機能
損失トルクによる発熱量計算機能

3.1.5.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

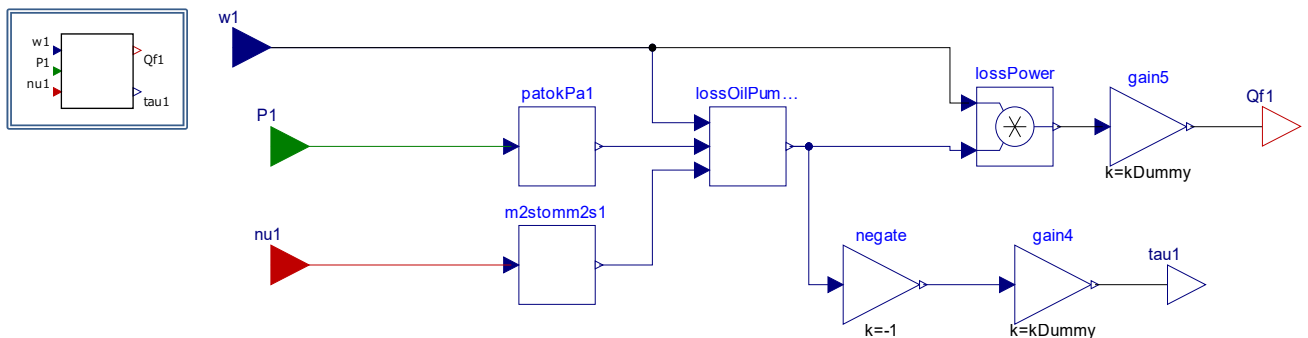


図 3.1.5.2. オイルポンプモデルダイアグラム

3.1.5.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w1	rad/s	—	駆動軸側の回転数
P1	Pa	—	ライン圧制御信号 (制御信号)
nu1	m2/s	—	オイル動粘度
出力			
名称	単位	範囲	説明
tau1	Nm	—	駆動軸側へのトルク
Qf1	W	—	オイル(熱モデル)への熱流量

3.1.5.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fileName1	lossOilPump1.txt	-	オイルポンプ損失トルクテーブルのファイル名
tableName1	lossOilPump	-	オイルポンプ損失トルクテーブルのテーブル名
nu1	<1x5>	mm ² /s	オイルポンプ損失トルクテーブルの z 軸値(動粘度)
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.5.5 その他の情報

オイルポンプ損失トルクはテーブルデータファイル、lossOilPump1.txt より読みこまれる。

以下に、ファイル内テーブルの変数と出力の仕様を示す。

変数	単位	備考
エンジン回転数	rpm	縦軸
ライン圧	kPa	横軸
動粘度	mm ² /s	z 軸
オイルポンプ損失トルク	Nm	出力

出力 Qf1 オイル(熱モデル)への熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.1.6. 電動オイルポンプ(Components.Mechanical.ControlSystems.ElOilPump)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、電動オイルポンプモデルの機能仕様を記述する

3.1.6.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の電動オイルポンプモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
電動オイルポンプの発熱量を計算するモデル
- ③ モデル化した機能
制御電流と供給電圧よりモータの発熱量を計算する機能

3.1.6.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

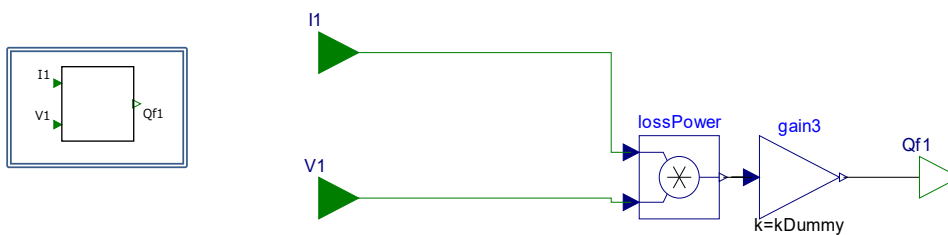


図 3.1.6.2. 電動オイルポンプモデルダイアグラム

3.1.6.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
I1	A	—	電動オイルポンプ制御電流(制御信号)
V1	V	—	電動オイルポンプ供給電圧(制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	オイル(熱モデル)への熱流量

3.1.6.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.6.5 その他の情報

出力 Qf1 オイル(熱モデル)への熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.1.7. 電動アクチュエータ(Components.Electrical.Actuator)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、電動アクチュエータモデルの機能仕様を記述する

3.1.7.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の電動アクチュエータモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
電動アクチュエータの発熱量を計算するモデル
- ③ モデル化した機能
制御電流と供給電圧より電動アクチュエータの発熱量を計算する機能

3.1.7.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

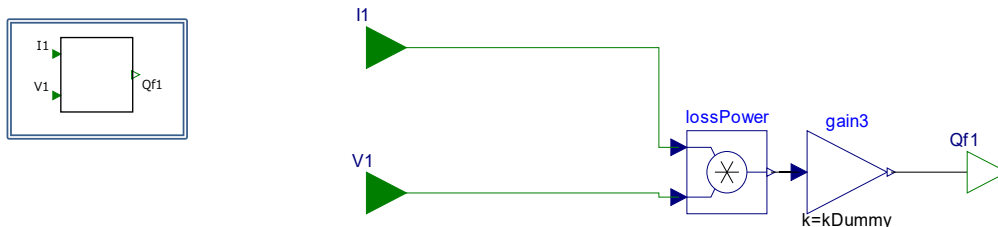


図 3.1.7.2. 電動アクチュエータモデルダイアグラム

3.1.7.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
I1	A	—	電動アクチュエータ制御電流(制御信号)
V1	V	—	電動アクチュエータ供給電圧(制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	オイル(熱モデル)への熱流量

3.1.7.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.7.5 その他の情報

出力 Qf1 オイル(熱モデル)への熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.1.8. 運動系統合モデル(Examples.IntegratedModels.WholeMechSystem)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、運動系統合モデルの機能仕様を記述する。

3.1.8.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
燃費性能評価用の運動系モデル(発進デバイス、変速機構、終減速機、ドライブシャフト、オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータ)を統合したモデルである。
- ② モデル化の範囲・抽象度
動力伝達、変速機構と発熱量の計算
- ③ モデル化した機能
発進デバイス機能
変速機構機能
終減速機機能
ドライブシャフト機能
オイルポンプ機能
電動オイルポンプ機能
電動アクチュエータ機能

3.1.8.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

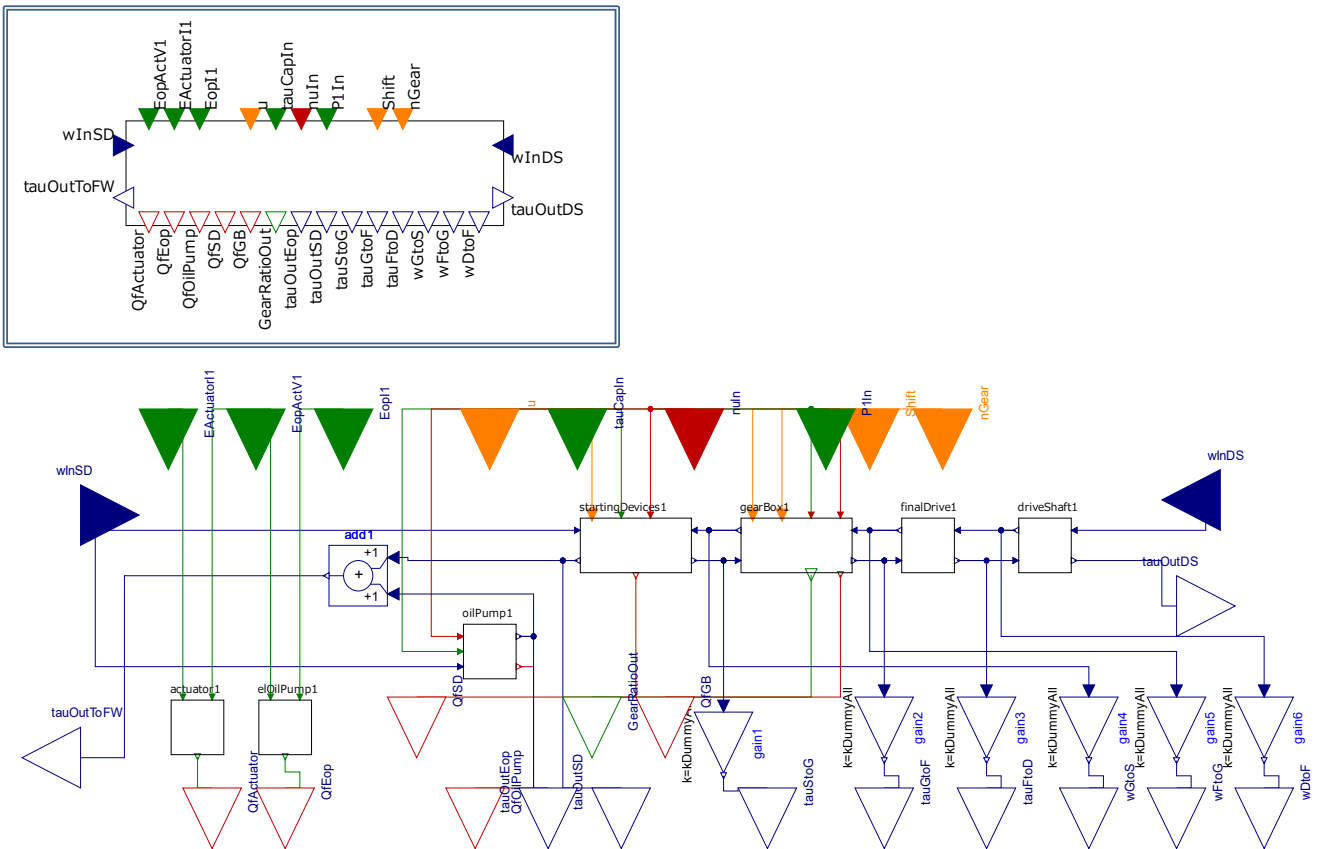


図 3.1.8.2. 運動系統合モデルダイアグラム

3.1.8.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
wInSD	rad/s	—	フライホイール側の回転数
wInDS	rad/s	—	タイヤ側の回転数
nuIn	m ² /s	—	オイル動粘度
tauCapIn	Nm	0 以上	指示トルク容量 (制御信号)
nGear	-	[1 21]	損失ファイル No. (制御信号)
Shift	-	[-1 7]	ギヤ段 (制御信号)
u	-	[0 2]	クラッチ選択信号 (制御信号)
P1In	Pa	—	ライン圧制御信号 (制御信号)
EopActV1	V	—	電動アクチュエータ供給電圧 (制御信号)
EopI1	A	—	電動オイルポンプ制御電流 (制御信号)
Eactuator1	A	—	電動アクチュエータ制御電流 (制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
tauOutToFW	Nm	—	フライホイール側へのトルク (オイルポンプ損失含む)
tauOutDS	Nm	—	ドライブシャフトからタイヤ側へのトルク
tauOutSD	Nm	—	発進デバイスからフライホイール側へのトルク (オイルポンプ損失含まず)
tauStoG	Nm	—	発進デバイスから変速機構側へのトルク
tauGtoF	Nm	—	変速機構から終減速機側へのトルク
tauFtoD	Nm	—	終減速機からドライブシャフト側へのトルク
tauOutEop	Nm	—	オイルポンプから駆動軸側へのトルク
wGtoS	rad/s	—	変速機構から発進デバイス側への回転数
wFtoG	rad/s	—	終減速機から変速機構側への回転数
wDtoF	rad/s	—	ドライブシャフトから終減速機側への回転数
GearRatioOut	-	—	DCT ギヤレシオ
QfSD	W	—	発進デバイスから発進デバイス (熱モデル) への熱流量
QfGB	W	—	変速機構から変速機構 (熱モデル) への熱流量
QfOilPump	W	—	オイルポンプからオイル (熱モデル) への熱流量
QfEop	W	—	電動オイルポンプからオイル (熱モデル) への熱流量
QfActuator	W	—	電動アクチュエータからオイル (熱モデル) への熱流量

3.1.8.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fAdaptor	1000	Hz	回転入力アダプターカットオフフラグ(変更不可)
fileName1	lossClutchDrag0.txt	-	クラッチドラッグトルクテーブルのファイル名
tableName1	lossClutchDrag	-	クラッチドラッグトルクテーブルのテーブル名
nu1	<1x5>	mm ² /s	クラッチドラッグトルクテーブルの z 軸値(動粘度)
tauMaxCap1	350	Nm	最大トルク容量
J1	0.01	kgm ²	発進デバイスイナーシャ
wIn0	0	rad/s	発進デバイスインプット側イナーシャ速度初期値
wOut0	0	rad/s	発進デバイスアウトプット側イナーシャ速度初期値
c1	4000	Nm/rad	発進デバイスバネ定数
d1	0.34	Nms/rad	発進デバイスダンパ減衰係数
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)
fileName2	lossTorque1.txt	-	トルクに依存した損失テーブルのテーブルデータファイル名
tableName2	lossTorque	-	トルクに依存した損失テーブルのテーブル名
fileName3	lossRevolution1.txt	-	回転、油圧に依存した損失トルクテーブルのテーブルデータファイル名
tableName3	lossRevolution	-	回転、油圧に依存した損失トルクテーブルのテーブル名
nGears	<1x21>	-	損失ファイル No.(File No.)
c2	350	Nm/rad	変速機構バネ定数
d2	0.34	Nms/rad	変速機構ダンパ減衰係数
table1	<9x2>	-	ギヤ段xギヤレシオ テーブル
table2	<9x2>	-	ギヤ段xイナーシャ テーブル
w0	0	rad/s	変速機構イナーシャ速度初期値
nu2	<1x5>	mm ² /s	損失テーブルの z 軸値(動粘度値)
f_cut1	1	Hz	inertiaFilter Cut-off 周波数
f_cut2	1	Hz	gearFilter Cut-off 周波数
kDummy2	1	-	ダミーゲイン(変更不可)
ratio1	4.300	-	ファイナルレシオ
kDummy3	1	-	ダミーゲイン(変更不可)
J2	0.1	kgm ²	ドライブシャフトイナーシャ
w1	0	rad/s	ドライブシャフトイナーシャ速度初期値
c3	10000	Nm/rad	ドライブシャフトバネ定数
d3	0.063	Nms/rad	ドライブシャフトダンパ減衰係数
kDummy4	1	-	ダミーゲイン(変更不可)
fileName4	lossOilPump1.txt	-	オイルポンプ損失トルクテーブルのファイル名
tableName4	lossOilPump	-	オイルポンプ損失トルクテーブルのテーブル名
kDummyAll	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.1.8.5 その他の情報

本システムは中に含むサブシステムが使用するテーブルデータファイルを必要とする。詳しくは 3.1.1.5、3.1.2.5、3.1.5.5 その他の情報を参照のこと。

出力 QfSD、QfGB、QfOilPump、QfEop、QfActuator の熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.2. 熱系モデル

TRAMI ガイドライン準拠モデル第 2 階層モデルの機能仕様を記述する。
 全体モデル概要及び構成は、TRAMI ガイドラインの図 7. 第 2 階層事例(熱系)を参照のこと。

3.2.1. 発進デバイス熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.StartDevice)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、発進デバイス熱モデルの機能仕様を記述する。

3.2.1.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
 発進デバイスの温度を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
 熱容量とエンジン熱モデルとの熱抵抗から発進デバイスの温度を算出するモデル
- ③ モデル化した機能
 熱流量を入力し温度を出力する機能
 温度を入力し熱流量を出力する機能

3.2.1.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

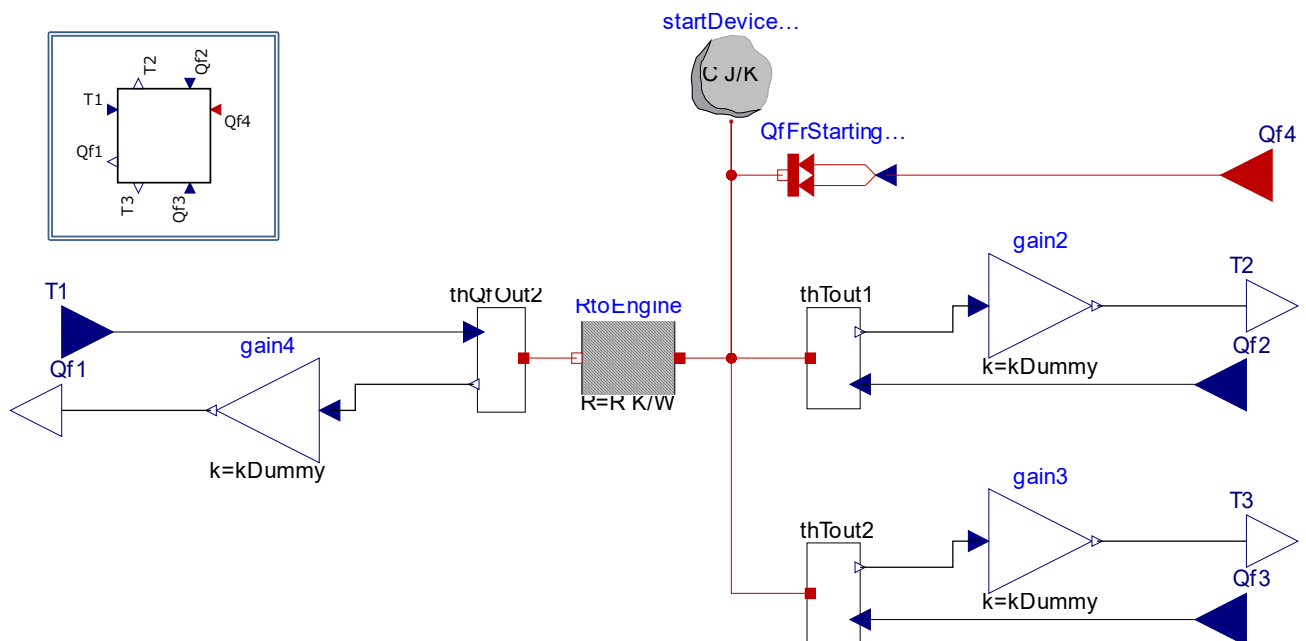


図 3.2.1.2. 発進デバイス熱モデルダイアグラム

3.2.1.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T1	K	—	エンジン(熱モデル)側の温度
Qf2	W	—	ケース・ハウジング(熱モデル)側からの熱流量
Qf3	W	—	オイル(熱モデル)側からの熱流量
Qf4	W	—	発進デバイスモデルからの発熱量
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	エンジン(熱モデル)側への熱流量
T2	K	—	発進デバイス(熱モデル)側の温度
T3	K	—	発進デバイス(熱モデル)側の温度

3.2.1.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
c	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
R	0.000084	K/W	発進デバイスとエンジン熱モデルとの熱抵抗
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.2.1.5 その他の情報

入力 Qf4 発進デバイスからの熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/Fとして定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/Fとして扱っているため、コネクタ色が異なっている。サブシステム I/F 定義書に定義している出力変数 T4(スルー変数 Qf4 に対応するアクロス変数)は、本モデル構成では外部と接続する必要が無いため省略した。

3.2.2. 変速機構熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.Gear)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、変速機構熱モデルの機能仕様を記述する

3.2.2.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
変速機構の温度を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
熱容量から変速機構の温度を算出するモデル
- ③ モデル化した機能
熱流量を入力し温度を出力する機能

3.2.2.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

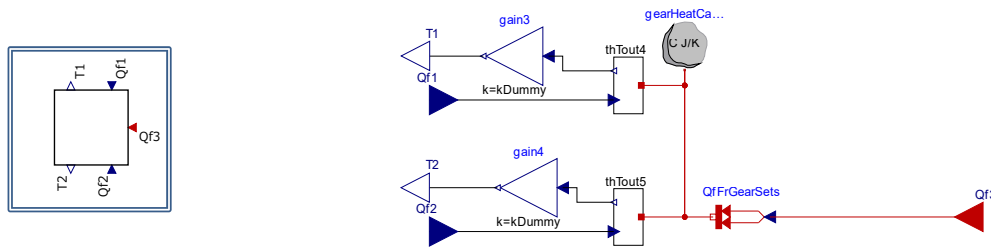


図 3.2.2.2. 変速機構熱モデルダイアグラム

3.2.2.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	ケース・ハウジング(熱モデル)側からの熱流量
Qf2	W	—	オイル(熱モデル)側からの熱流量
Qf3	W	—	変速機構からの熱流量
出力			
名称	単位	範囲	説明
T1	K	—	変速機構(熱モデル)側の温度
T2	K	—	変速機構(熱モデル)側の温度

3.2.2.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
c	12000	J/K	変速機構熱容量
T0	25	°C	変速機構初期温度
kDummy	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.2.2.5 その他の情報

入力 Qf3 変速機構からの熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。サブシステム I/F 定義書に定義している出力変数 T3(スルー変数 Qf3 に対応するアクロス変数)は、本モデル構成では外部と接続する必要が無いため省略した。

3.2.3. ケース・ハウジング熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.CaseHousing)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、ケース・ハウジング熱モデルの機能仕様を記述する

3.2.3.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
トランスミッションのケース・ハウジングの温度を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
熱容量とエンジン熱モデル、発進デバイス熱モデル、変速機構熱モデル、オイル熱モデルおよび外気熱モデルとの温度と熱抵抗からケース・ハウジングの温度を算出するモデル
- ③ モデル化した機能
温度を入力し熱流量を出力する機能

3.2.3.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

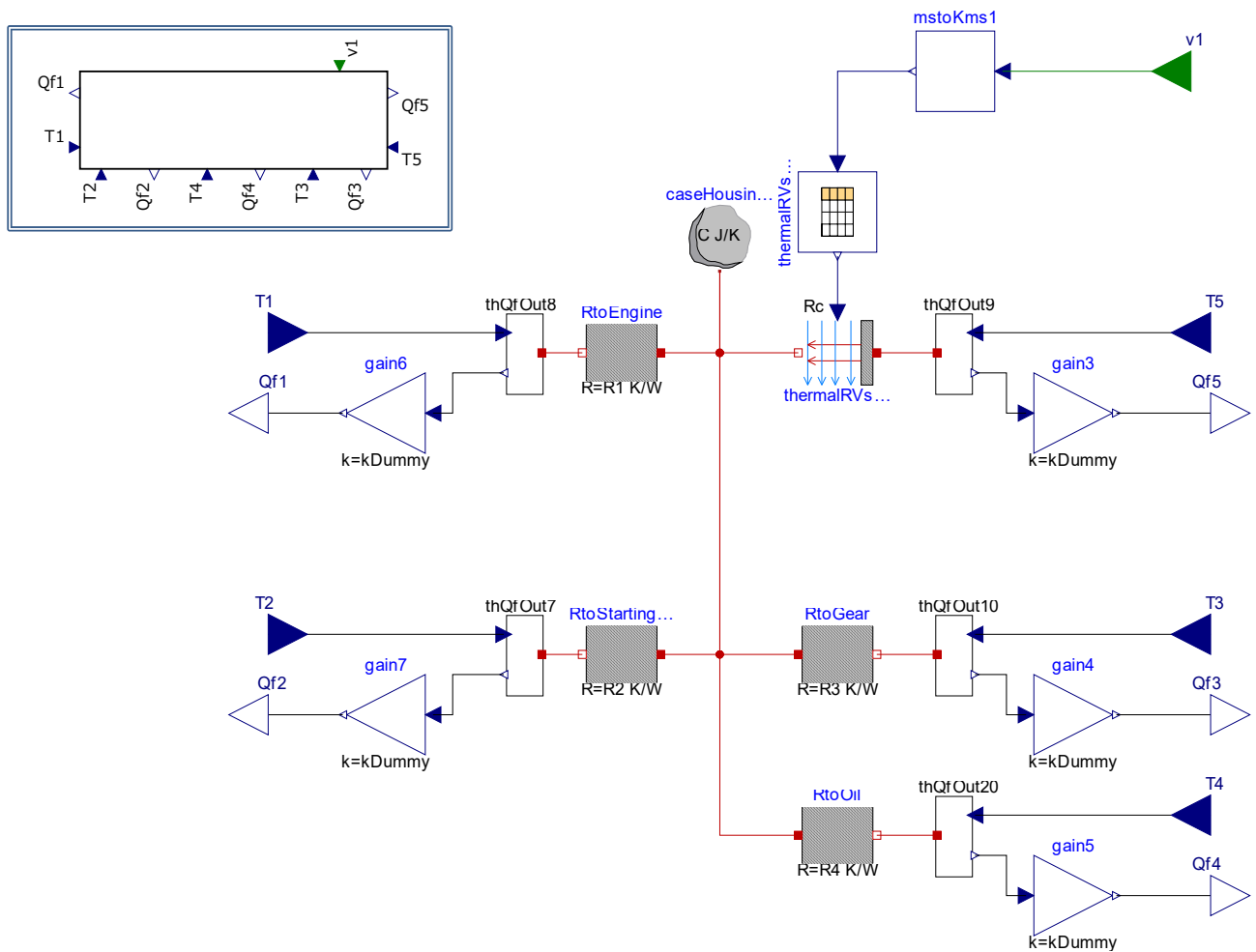


図 3.2.3.2. ケース・ハウジング熱モデルダイアグラム

3.2.3.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T1	K	—	エンジン(熱モデル)側の温度
T2	K	—	発進デバイス(熱モデル)側の温度
T3	K	—	変速機構(熱モデル)側の温度
T4	K	—	オイル(熱モデル)側の温度
T5	K	—	外気(熱モデル)側の温度
v1	m/s	—	車両モデルからの車速
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	エンジン(熱モデル)側への熱流量
Qf2	W	—	発進デバイス(熱モデル)側への熱流量
Qf3	W	—	変速機構(熱モデル)側への熱流量
Qf4	W	—	オイル(熱モデル)側への熱流量
Qf5	W	—	外気(熱モデル)側への熱流量

3.2.3.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
c1	18000	J/K	ケース・ハウジング熱容量
T0	25	°C	ケース・ハウジング初期温度
R1	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
R2	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
R3	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
R4	0.000088	K/W	ケース・ハウジングとオイル熱モデルとの熱抵抗
table	<17x2>	-	車速 × 外気熱モデル熱抵抗テーブル
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.2.3.5 その他の情報

外気熱モデルとの熱抵抗は、車速[km/h]-熱抵抗[K/W]のテーブルとしてパラメータ table に入力する。

3.2.4. オイル熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.Oil)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、オイル熱モデルの機能仕様を記述する

3.2.4.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
トランスミッションオイルの温度を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
熱容量と発進デバイス熱モデルおよび変速機構熱モデルとの熱抵抗からオイルの温度を算出するモデル。
- ③ モデル化した機能
熱流量を入力し温度を出力する機能
温度を入力し熱流量を出力する機能

3.2.4.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

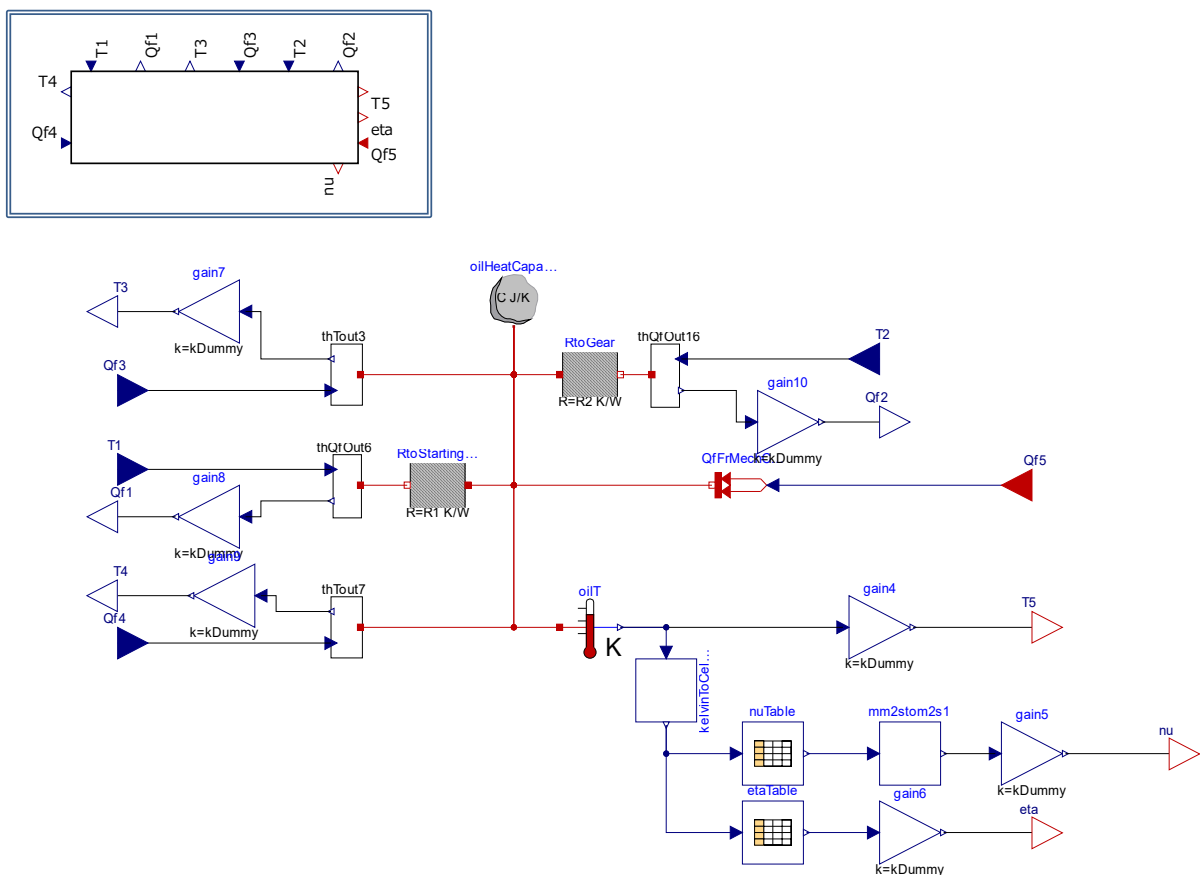


図 3.2.4.2. オイル熱モデルダイアグラム

3.2.4.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T1	K	—	発進デバイス(熱モデル)側の温度
T2	K	—	変速機構(熱モデル)側の温度
Qf3	W	—	ケース・ハウジング(熱モデル)側からの熱流量
Qf4	W	—	オイルクーラ(熱モデル)側からの熱流量
Qf5	W	—	オイルポンプ、電動アクチュエータおよび電動オイルポンプからの熱流量
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	発進デバイス(熱モデル)側への熱流量
Qf2	W	—	変速機構(熱モデル)側への熱流量
T3	K	—	オイル(熱モデル)側の温度
T4	K	—	オイル(熱モデル)側の温度
T5	K	—	制御モデルへのオイル(熱モデル)温度
nu	m ² /s	—	運動エネルギーモデルへのオイル(熱モデル)動粘度
eta	Pa.s	—	運動エネルギーモデルへのオイル(熱モデル)絶対粘度

3.2.4.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
T0	25	°C	オイル初期温度
c	3000	J/K	オイル熱容量
R1	0.00085	K/W	オイルと発進デバイス熱モデルとの熱抵抗
R2	0.00087	K/W	オイルと変速機構熱モデルとの熱抵抗
Nutable	<8x2>	-	オイル温度から動粘度への換算テーブル
EtaTable	<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)

3.2.4.5 その他の情報

オイル温度から動粘度への換算テーブルは、オイル温度[°C] x 動粘度[mm²/s]のテーブルとしてパラメータ Nutable に入力する。

オイル温度から絶対粘度への換算テーブルは、オイル温度[°C] x 絶対粘度[Pa.s]のテーブルとしてパラメータ EtaTable に入力する。なお、現在は仮値が入力されている。

入力 Qf5 オイルポンプ、電動アクチュエータおよび電動オイルポンプからの熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.2.5. オイルクーラ熱モデルの機能仕様(Components.Thermal.OilCooler)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、オイルクーラ熱モデルの機能仕様を記述する

3.2.5.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
オイルクーラの熱交換性能を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
熱交換性能を算出するモデル
- ③ モデル化した機能
LLC 流量とオイル流量から熱交換性能を出力する機能

3.2.5.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

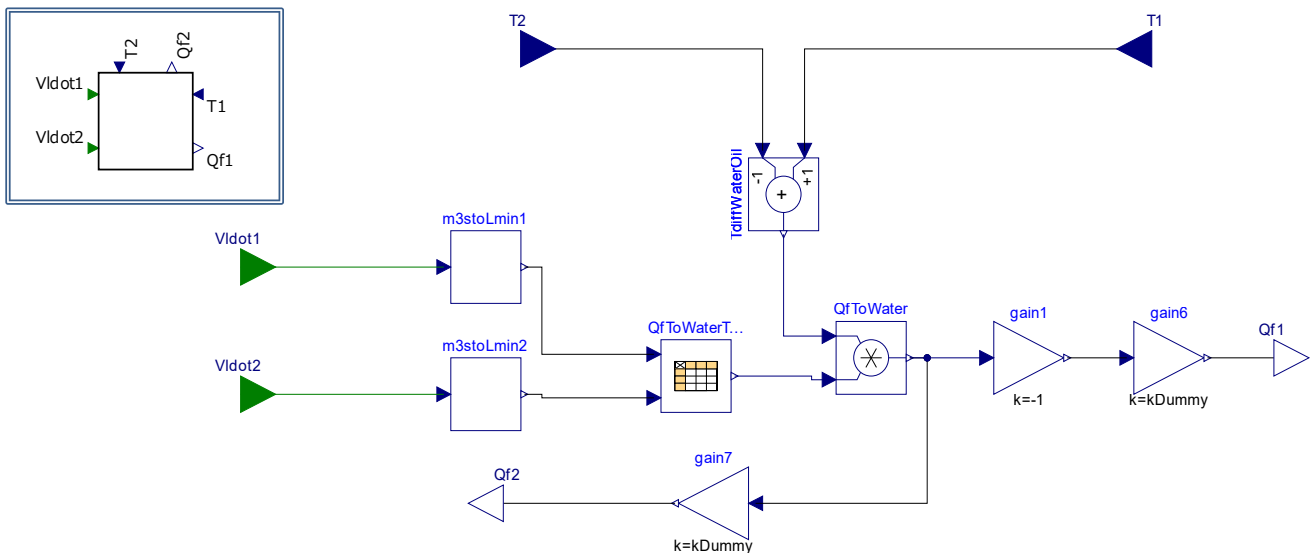


図 3.2.5.2. オイルクーラ熱モデルダイアグラム

3.2.5.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T1	K	—	オイル(熱モデル)側の温度
T2	K	—	PT サーマルシステム側の温度
VIdot1	m3/s	—	オイル流量(制御信号)
VIdot2	m3/s	—	LLC 流量(制御信号)
出力			
名称	単位	範囲	説明
Qf1	W	—	オイル(熱モデル)側への熱流量
Qf2	W	—	PT サーマルシステム側への熱流量

3.2.5.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
fileName	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
tableName	thResitanceOilColler1	-	オイルクーラ熱交換性能テーブルのテーブル名
kDummy1	1	-	ダミーゲイン(変更不可)

3.2.5.5 その他の情報

オイルクーラ熱交換性能はテーブルデータファイル、thResitanceOilColler1.txt より読みこまれる。

以下に、ファイル内テーブルの変数と出力の仕様を示す。

変数	単位	備考
オイル流量	L/min	縦軸
LLC 流量	L/min	横軸
放熱量	W/°C	出力

3.2.6. 熱系統合モデルの機能仕様(Examples.IntegratedModels.ThermalModelAll)

TRAMI ガイドライン準拠モデル、熱系統合モデルの機能仕様を記述する

3.2.6.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
トランスミッションシステムの温度を算出するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
エンジン、トランスミッションからの熱流量と外気、PT サーマルシステムへの放熱量からトランスミッション各部の温度を算出するモデル。
- ③ モデル化した機能
熱流量を入力し温度を出力する機能
温度を入力し熱流量を出力する機能

3.2.6.2 ダイアグラム

以下に本モデルのダイアグラムを示す。

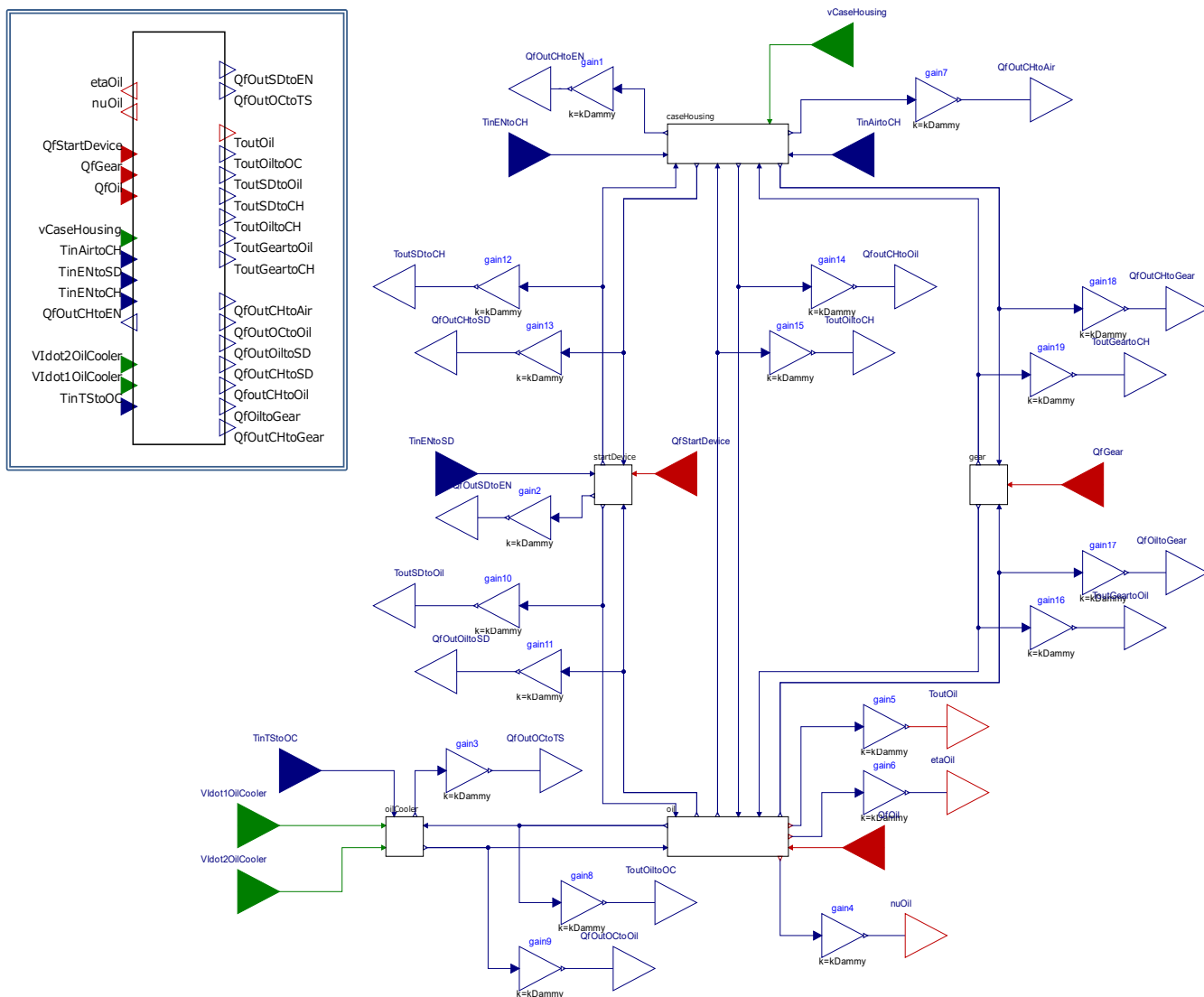


図 3.2.6.2. 熱系統合モデルダイアグラム

3.2.6.3 入出力仕様

以下に本システム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	—	オイルポンプ、電動アクチュエータおよび電動オイルポンプからの熱流量
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
VIdot1OilCooler	m ³ /s	—	オイル流量(制御信号)
VIdot2OilCooler	m ³ /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
etaOil	Pa.s	—	運動エネルギーモデルへのオイル(熱モデル)絶対粘度
nuOil	m ² /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
ToutGeartoOil	K	—	変速機構(熱モデル)側の温度
ToutGeartoCH	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
QfOutCHtoSD	W	—	ケース・ハウジング(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

3.2.6.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
c1	4000	J/K	発進デバイス熱容量
T0	25	℃	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	℃	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	℃	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	℃	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

3.2.6.5 その他の情報

本システムは中に含むサブシステムが使用するテーブルデータファイルを必要とする。詳しくは 3.2.5.5 その他の情報 を参照のこと。

入力 QfStartDevice、QfGear、QfOil の熱流量は TRAMI ガイドライン(サブシステム I/F 定義書)ではプラントモデル I/F として定義しているが、本準拠モデルでは外部情報 I/F として扱っているため、コネクタ色が異なっている。

3.3. プラントモデル テーブルデータファイルの説明

運動系 発進デバイスモデル、変速機構モデル、オイルポンプモデル及び、熱系 オイルクーラ熱モデルで使用されるテーブルデータファイルについての説明を記述する。

3.3.1. テーブルデータファイル形式

1つのテキストファイル内に、2次元テーブルを複数持つことで3次元テーブルを表現している。ギヤ段のような整数を用いて3次元テーブルを切り替える場合にはテキストファイルを複数持たせることで対応する。以下順に説明を行う

3.3.2. 基本的な2次元テーブルの形式

ファイル内容	説明
#1	データ先頭に#1をつける
double TableName(m,n)	double は必須。TableName は任意の名称、m、n はテーブルの実サイズ+1(項目分)
AAA, Y1, Y2, Y3,...,Yn-1	AAA は読み飛ばすが任意の文字列が必要。Y1,..Yn-1 は第2入力(u2)に対応する値。
X1, Value11, Value12,...,Value1n-1	Value には出力される値を設定
X2, Value21, Value22,...,Value2n-1	X1...Xm-1 は第1入力(u1)に対応する値
(略)	区切りは,(カンマ)を用い整形のためにタブ、スペースを使用することが可能。
Xm-1, Vm-11, , Vm-1n-2	

※補間の注意点

線形補間のみに対応している。外挿部は単純に外挿補間されてしまうので、十分に範囲を設定すること。

3.3.3. 本モデルで使用する3次元テーブルファイルの形式

上記の基本的な2次元テーブルを1つのファイル内に複数並べて記述する。

ファイル内容	説明
#1	データ先頭に#1をつける
double TableName1(m,n)	テーブル名は最後に1から連番を必ずつける
略	読み込むテーブルの数は、Modelica または Simulink
double TableName2(m,n)	モデルの「FileName」「TableName」の次に設定する配列の成分の数だけ必要。配列の値は第3入力に対応する値となる。
略(繰り返す)	
double TableNameL(m,n)	
略	

ファイル名は任意。ただし拡張子は txt か csv が好ましい。

3.3.4. 本モデルで使用する整数切り替え付のファイル

上記の「3次元テーブルの形式」に則り、ファイルを作成する。ただしファイル名の命名規則として FileNameK.txt(もしくは csv)として、Kの部分はもっとも若い数とする。通常は1からの連番。0(Neutral)、-1(Reverse)も設定上は可能。

入力される値分のファイルが必要となる。

3.4. 制御モデル

3.4.1. 制御モデルの機能仕様

TRAMI ガイドライン準拠モデル、7 速 DCT 制御モデルの機能仕様を記述する

3.4.1.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT を制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
動力伝達機能、変速機能と DCT 補器類の制御をするモデル
- ③ モデル化した機能
 - Ⓐ クラッチ制御機能
 - Ⓑ 変速制御機能
 - Ⓒ 電動アクチュエータ制御機能
 - Ⓓ ライン圧制御機能
 - Ⓔ オイルクーラ制御機能
 - Ⓕ 電動オイルポンプ制御機能

3.4.1.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

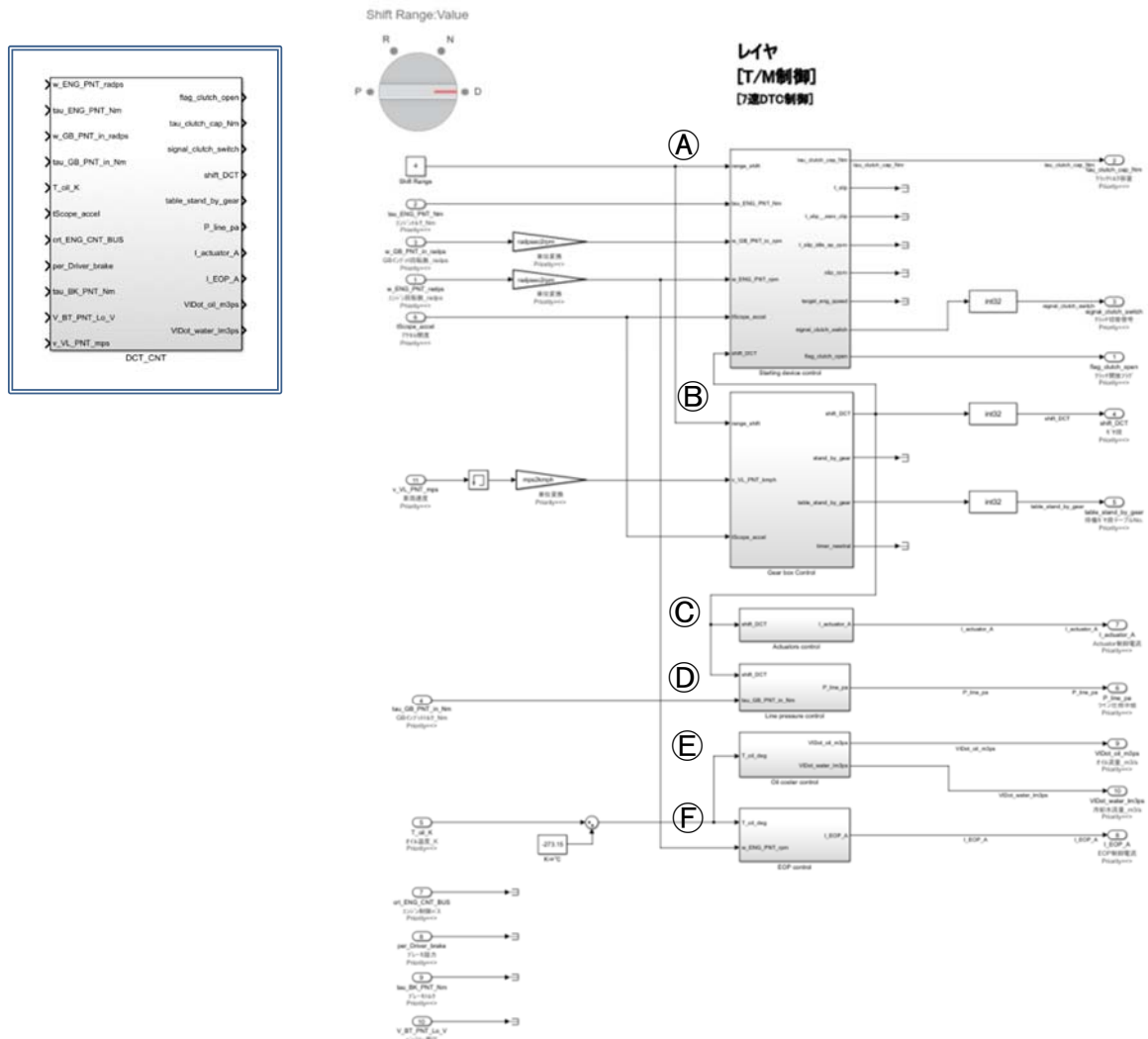


図 3.4.1.2. DCT 制御モデルダイアグラム

3.4.1.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
w_ENG_PNT_radps	rad/s	—	エンジン回転数
tau_ENG_PNT_Nm	Nm	—	エンジントルク
w_GB_PNT_in_radps	rad/s	—	変速機入力回転
tau_GB_PNT_in_Nm	Nm	—	変速機構入力トルク
T_oil_K	K	—	TM オイル温度
tScope_accel	%	[0 100]	アクセル開度
crt_ENG_CNT_BUS	-	—	エンジン制御信号 BUS(未使用)
per_Driver_brake	%	[0 100]	ブレーキ信号(未使用)
tau_BK_PNT_Nm	Nm	—	ブレーキトルク(未使用)
V_BT_PNT_Lo_V	V	—	バッテリー電圧(未使用)
v_VL_PNT_mps	m/s	0 以上	車両速度
出力			
名称	単位	範囲	説明
flag_clutch_open	-	[0 1]	クラッチ解放フラグ
tau_clutch_cap_Nm	Nm	0 以上	クラッチトルク容量信号(to 発進デバイスモデル)
signal_clutch_switch	-	[0 2]	クラッチ切替信号(to 発進デバイスモデル)
shift_DCT	-	[-1 7]	ギヤ段信号(to 変速機構モデル)
table_stand_by_gear	-	[1 21]	待機ギヤ段損失テーブル選択信号(to 変速機構モデル)
P_line_Pa	Pa	0 以上	ライン圧制御信号(to 変速機構モデル)
I_actuator_A	A	0 以上	電動アクチュエータ制御電流(to 電動アクチュエータモデル)
I_EOP_A	A	0 以上	電動オイルポンプ電流(to 電動オイルポンプモデル)
VIDot_oil_m3ps	m3/s	0 以上	オイル流量制御信号(to オイルクーラ熱モデル)
VIDot_water_m3ps	m3/s	0 以上	LLC 流量制御信号(to オイルクーラ熱モデル)

3.4.1.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
radpsec2rpm	3.6	-	m/s ⇒ km/h
K2degC	25	-	K ⇒ °C
radpsec2rpm	9.55	-	rad/s ⇒ rpm
DCT_CNT_sampling_time	0.01	s	DCT 制御サンプリング時間
sampling_time	0.001	s	モデルサンプリング時間
DCT_CNT_clutch_slip_rpm_map_y_tau_Nm	<1x9>	Nm	クラッチスリップ回転マップ y-エンジントルク
DCT_CNT_clutch_slip_rpm_map_x_rot_rpm	<1x9>	rpm	クラッチスリップ回転マップ x-タービン回転
DCT_CNT_clutch_slip_map_**_rpm	<9x9>	rpm	クラッチスリップ回転マップ
DCT_CNT_min_clutch_cap_Nm	20	Nm	クリープトルク
DCT_CNT_gain_clutch_cap	0.1	-	クラッチトルク容量制御値(P ゲイン値)
ENG_CNT_IdleSpeed_Const	650	rpm	目標エンジンアイドル回転
DCT_CNT_shift_map_**_x_throttle_per	<1x12>	%	変速線マップ x-アクセル開度
DCT_CNT_shift_map_**_v_kph	<1x12>	km/h	変速線マップ 車速
DCT_CNT_standby_map_**_x_throttle_per	<1x12>	%	待機ギヤ段変速線マップ x-アクセル開度
DCT_CNT_standby_map_**_v_kph	<1x12>	km/h	待機ギヤ段変速線マップ 車速
DCT_CNT_set_time_map_x_sb_gear	<1x9>	-	待機ギヤ段 Neutral 移行タイマーマップ x-ギヤ段
DCT_CNT_set_time_map_t_s	<1x9>	s	待機ギヤ段 Neutral 移行タイマーマップ
DCT_CNT_timmer_acc_per	-1	%	タイマー禁止アクセル開度
DCT_CNT_loss_torque_map_y_shift	<1x9>	-	待機ギヤ段損失マップ選択マップ y-シフトギヤ段
DCT_CNT_loss_torque_map_x_SB_gear	<1x9>	-	待機ギヤ段損失マップ選択マップ x-待機ギヤ段
DCT_CNT_loss_torque_map	<9x9>	-	待機ギヤ段損失マップ選択
DCT_CNT_ACT_current_map_x_shift	<1x9>	-	電動アクチュエータ制御電流マップ x-ギヤ段
DCT_CNT_ACT_current_map_current_A	<1x9>	A	電動アクチュエータ制御電流マップ
DCT_CNT_line_pressure_map_y_tau_Nm	<1x8>	Nm	ライン圧制御信号マップ y-タービントルク
DCT_CNT_line_pressure_map_x_shift	<1x9>	-	ライン圧制御信号マップ x-ギヤ段
DCT_CNT_line_pressure_map_P_kPa	<8x9>	kPa	ライン圧制御信号マップ
DCT_CNT_flow_rate_map_x_T_deg	<1x8>	°C	流量制御信号マップ x-オイル温度
DCT_CNT_flow_rate_map_oil_lpm	<1x8>	L/min	オイル流量制御信号マップ
DCT_CNT_flow_rate_map_water_lpm	<1x8>	L/min	LLC 流量制御信号マップ
DCT_CNT_EOP_current_map_y_T_deg	<1x5>	°C	電動オイルポンプ制御電流値マップ y-オイル温度
DCT_CNT_EOP_current_map_x_rot_rpm	<1x5>	rpm	電動オイルポンプ制御電流値マップ x-エンジン回転
DCT_CNT_EOP_current_map_current_A	<5x5>	A	電動オイルポンプ制御電流値マップ

3.4.1.5 その他の情報

制御モデルで使用する、パラメータ、マップ値は param フォルダ内の DCT_CNT_parameters.xlsx に記載されている。

以下に各制御機能の詳細を記述する。

3.4.2. クラッチ制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルのクラッチ制御機能仕様を記述する

3.4.2.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT のクラッチを制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
クラッチのトルク容量の計算と、奇数段/偶数段クラッチの切り替え制御をするモデル
- ③ モデル化した機能
エンジントルクと車速より目標スリップ回転の設定機能
目標スリップ回転と実スリップ回転からトルク容量計算機能
ギヤ段信号よりクラッチの切り替え信号出力機能

3.4.2.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

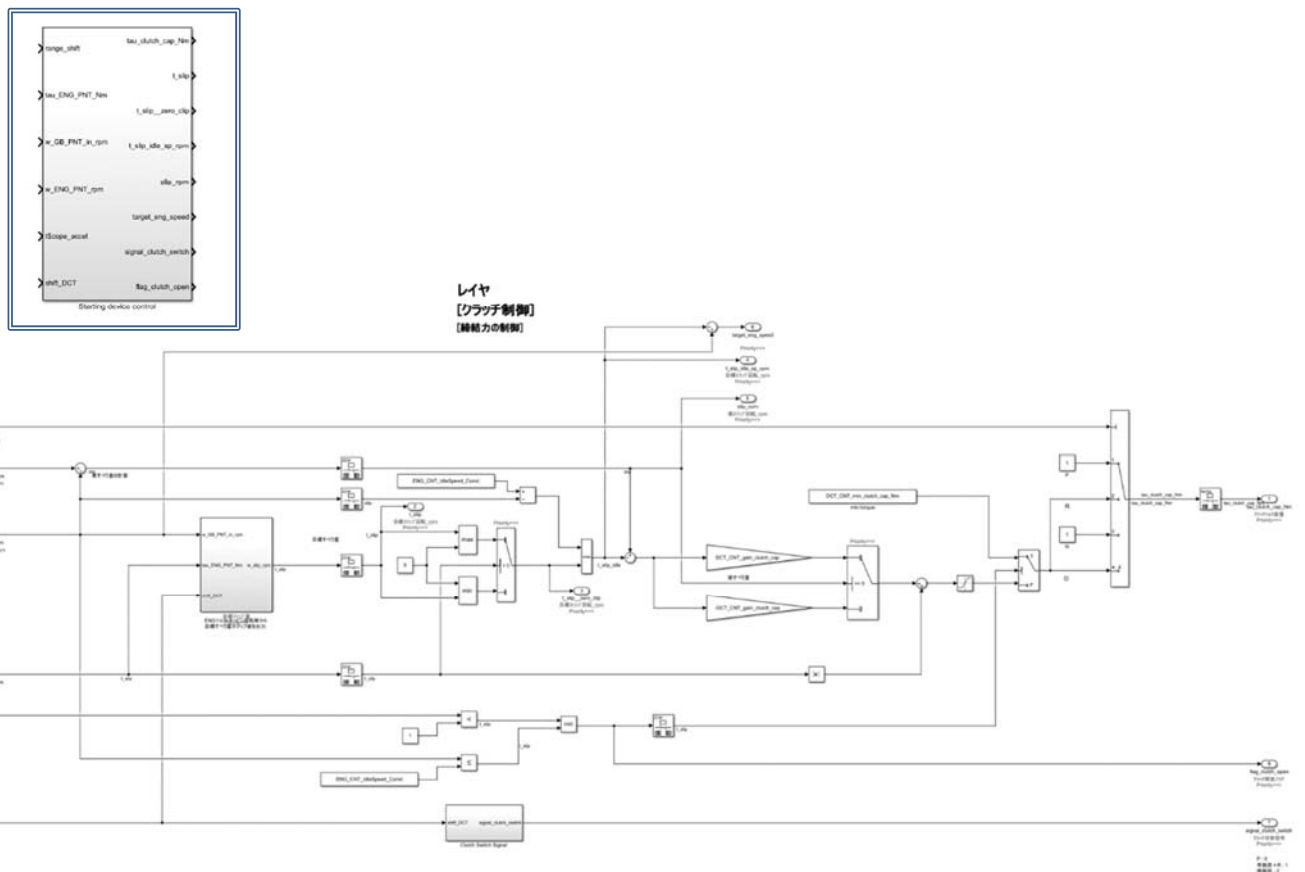


図 3.4.2.2. クラッチ制御モデルダイアグラム

3.4.2.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
range_shift	-	[1 4]	シフトレンジ信号(P: 1,R:2,N:3,D:4)
tau_ENG_PNT_Nm	Nm	—	エンジントルク
w_GB_PNT_in_rpm	rpm	—	変速機入力回転
w_ENG_PNT_in_rpm	rpm	—	エンジン回転
tScope_accel	%	[0 100]	アクセル開度
shift_DCT	-	[-1 7]	変速段信号(P:0,R:-1,N:0,1st~7th:1~7)
出力			
名称	単位	範囲	説明
tau_clutch_cap_Nm	Nm	0 以上	クラッチトルク容量信号(to 発進デバイスモデル)
t_slip	rpm	—	目標スリップ回転数
t_slip_zero_clip	rpm	—	目標スリップ回転数
t_slip_idle_sp_rpm	rpm	—	目標スリップ回転数
slip_rpm	rpm	—	実スリップ回転数
target_eng_speed	rpm	—	目標エンジン回転数
signal_clutch_switch	-	[0 2]	クラッチ切替信号(to 発進デバイスモデル)
flag_clutch_open	-	[0 1]	クラッチ解放フラグ

3.4.2.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_sampling_time	0.01	s	DCT 制御サンプリング時間
sampling_time	0.001	s	モデルサンプリング時間
DCT_CNT_clutch_slip_rpm_map_y_tau_Nm	<1x9>	Nm	クラッチスリップ回転マップ y-エンジントルク
DCT_CNT_clutch_slip_rpm_map_x_rot_rpm	<1x9>	rpm	クラッチスリップ回転マップ x-タービン回転
DCT_CNT_clutch_slip_map_**_rpm	<9x9>	rpm	クラッチスリップ回転マップ
DCT_CNT_min_clutch_cap_Nm	20	Nm	クリーブトルク
DCT_CNT_gain_clutch_cap	0.1	-	クラッチトルク容量制御値(P ゲイン値)
ENG_CNT_IdleSpeed_Const	650	rpm	目標エンジンアイドル回転

3.4.2.5 その他の情報

なし

3.4.3. 変速制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルの変速制御機能仕様を記述する

3.4.3.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT の変速を制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
ギヤ段と待機ギヤ段の変速制御をするモデル
- ③ モデル化した機能
変速マップに従いギヤ段選定機能
変速マップに従い待機ギヤ段選定機能

3.4.3.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

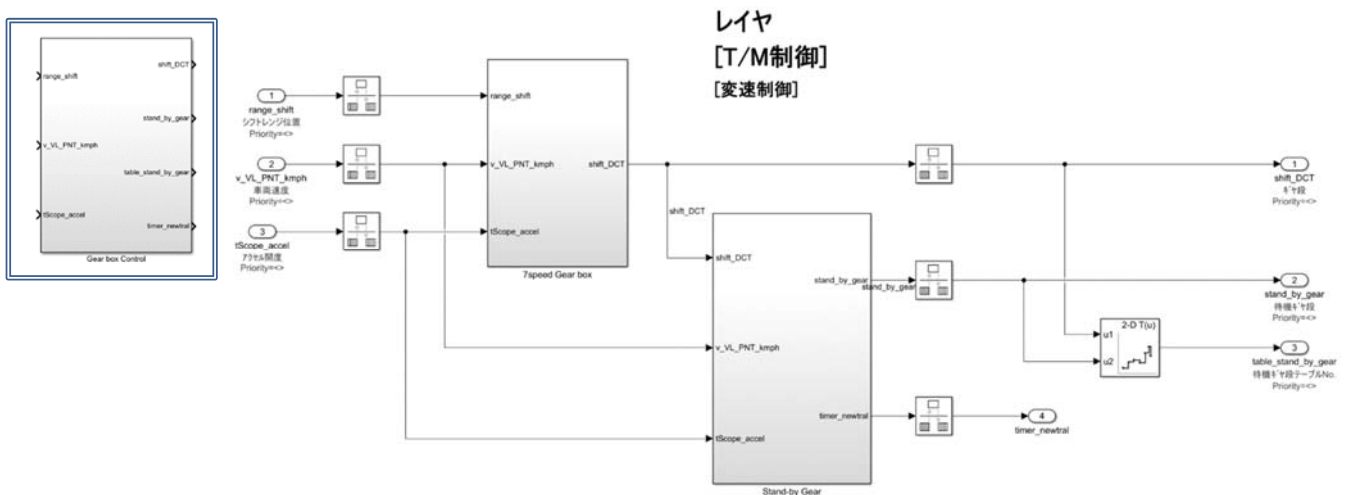


図 3.4.3.2. 変速制御モデルダイアグラム

3.4.3.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
range_shift	-	[1 4]	シフトレンジ信号(P: 1,R: 2,N: 3,D: 4)
v_VL_PNT_kmph	Nm	—	エンジントルク
tScope_accel	%	[0 100]	アクセル開度
出力			
名称	単位	範囲	説明
shift_DCT	-	[-1 7]	変速段信号(P: 0,R: -1,N: 0,1st~ 7th: 1~7)
stand_by_gear	-	[0 8]	待機ギヤ段
table_stand_by_gear	-	[1 21]	待機ギヤ段損失テーブル選択信号
timer_neutral	ms	—	待機ギヤ段タイマー値

3.4.3.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_sampling_time	0.01	s	DCT 制御サンプリング時間
sampling_time	0.001	s	モデルサンプリング時間
DCT_CNT_shift_map_**_x_throttle_per	<1x12>	%	変速線マップ x-アクセル開度
DCT_CNT_shift_map_**_v_kph	<1x12>	km/h	変速線マップ 車速
DCT_CNT_standby_map_**_x_throttle_per	<1x12>	%	待機ギヤ段変速線マップ x-アクセル開度
DCT_CNT_standby_map_**_v_kph	<1x12>	km/h	待機ギヤ段変速線マップ 車速
DCT_CNT_set_time_map_x_sb_gear	<1x9>	-	待機ギヤ段 Neutral 移行タイマーマップ x-ギヤ段
DCT_CNT_set_time_map_t_s	<1x9>	s	待機ギヤ段 Neutral 移行タイマーマップ
DCT_CNT_timmer_acc_per	-1	%	タイマー禁止アクセル開度
DCT_CNT_loss_torque_map_y_shift	<1x9>	-	待機ギヤ段損失テーブル選択マップ y-シフトギヤ段
DCT_CNT_loss_torque_map_x_SB_gear	<1x9>	-	待機ギヤ段損失テーブル選択マップ x-待機ギヤ段
DCT_CNT_loss_torque_map	<9x9>	-	待機ギヤ段損失テーブル選択マップ

3.4.3.5 その他の情報

なし

3.4.4. 電動アクチュエータ制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルの電動アクチュエータ制御機能仕様を記述する

3.4.4.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT の電動アクチュエータを制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
電動アクチュエータへ作動電流を出力するモデル
- ③ モデル化した機能
ギヤ段毎の作動電流出力機能

3.4.4.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。



図 3.4.4.2. 電動アクチュエータ制御モデルダイアグラム

3.4.4.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
shift_DCT	-	[-1 7]	変速段信号(P:0,R:-1,N:0,1st~7th:1~7)
出力			
名称	単位	範囲	説明
I_actuator_A	A	0 以上	電動アクチュエータ制御電流

3.4.4.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_ACT_current_map_x_shift	<1x9>	-	電動アクチュエータ制御電流マップ x-ギヤ段
DCT_CNT_ACT_current_map_current_A	<1x9>	A	電動アクチュエータ制御電流マップ

3.4.4.5 その他の情報

なし

3.4.5. ライン圧制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルのライン圧制御機能仕様を記述する

3.4.5.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT のライン圧を制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
ライン圧制御値を出力するモデル
- ③ モデル化した機能
ギヤ段とタービントルクよりライン圧制御値を算出機能

3.4.5.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

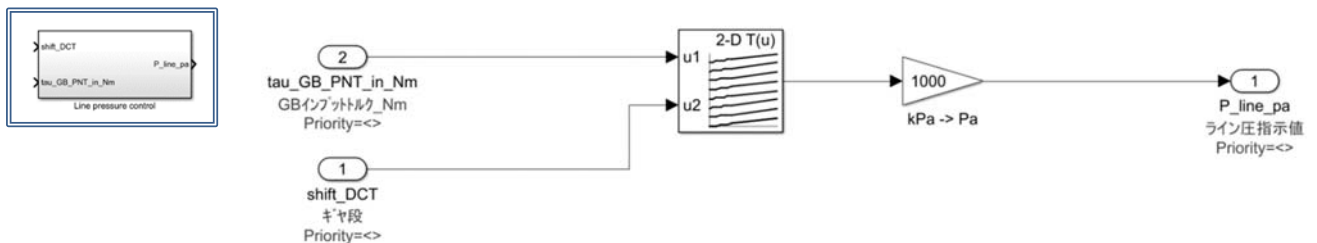


図 3.4.5.2. ライン圧制御モデルダイアグラム

3.4.5.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
shift_DCT	-	[-1 7]	変速段信号(P:0,R:-1,N:0,1st~7th:1~7)
tau_GB_PNT_in_Nm	Nm	—	変速機構入力トルク
出力			
名称	単位	範囲	説明
P_line_Pa	Pa	0 以上	ライン圧制御信号

3.4.5.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_line_pressure_map_y_tau_Nm	<1x8>	Nm	ライン圧制御信号マップ y-タービントルク
DCT_CNT_line_pressure_map_x_shift	<1x9>	-	ライン圧制御信号マップ x-ギヤ段
DCT_CNT_line_pressure_map_P_kPa	<8x9>	kPa	ライン圧制御信号マップ

3.4.5.5 その他の情報

なし

3.4.6. オイルクーラ制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルのオイルクーラ制御機能仕様を記述する。

3.4.6.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT のオイルクーラ放熱量を制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
LLC 流量とオイル流量指示値を出力するモデル
- ③ モデル化した機能
オイル温度より LLC 流量指示値の算出機能
オイル温度よりオイル流量指示値の算出機能

3.4.6.2 ダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

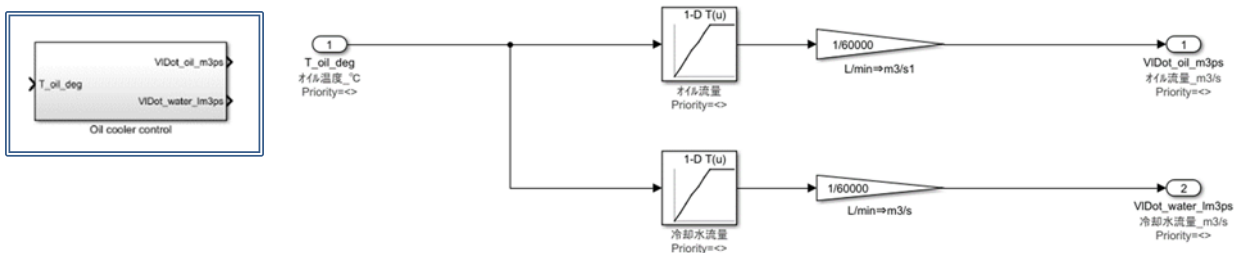


図 3.4.6.2. オイルクーラ制御モデルダイアグラム

3.4.6.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T_oil_deg	℃	0 以上	TM オイル温度
出力			
名称	単位	範囲	説明
VIDot_oil_m3ps	m3/s	0 以上	オイル流量制御信号
VIDot_water_m3ps	m3/s	0 以上	LLC 流量制御信号

3.4.6.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_flow_rate_map_x_T_deg	<1x8>	℃	流量制御信号マップ x-オイル温度
DCT_CNT_flow_rate_map_oil_lpm	<1x8>	L/min	オイル流量制御信号マップ
DCT_CNT_flow_rate_map_water_lpm	<1x8>	L/min	LLC 流量制御信号マップ

3.4.6.5 その他の情報

なし。

3.4.7. 電動オイルポンプ制御

TRAMI ガイドライン準拠モデル、DCT 制御モデルの電動オイルポンプ制御機能仕様を記述する。

3.4.7.1 概要

以下に本システムの概要を示す。

- ① モデル化対象
DCT の電動オイルポンプを制御するモデルである
- ② モデル化の範囲・抽象度
電動オイルポンプの制御電流を出力するモデル
- ③ モデル化した機能
エンジン回転とオイル温度より制御電流値を算出機能

3.4.7.2 モデルダイアグラム

以下に本システムのダイアグラムを示す。

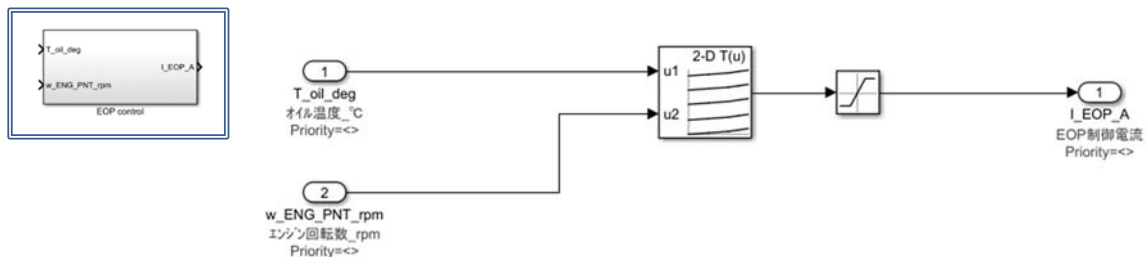


図 3.4.7.2. 電動オイルポンプ制御モデルダイアグラム

3.4.7.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
T_oil_deg	°C	0 以上	TM オイル温度
w_ENG_PNT_rpm	rpm	-	エンジン回転数
出力			
名称	単位	範囲	説明
I_EOP_A	A	0 以上	電動オイルポンプ電流

3.4.7.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
DCT_CNT_EOP_current_map_y_T_deg	<1x5>	°C	電動オイルポンプ制御電流値マップ y-オイル温度
DCT_CNT_EOP_current_map_x_rot_rpm	<1x5>	rpm	電動オイルポンプ制御電流値マップ x-エンジン回転
DCT_CNT_EOP_current_map_current_A	<5x5>	A	電動オイルポンプ制御電流値マップ

3.4.7.5 その他の情報

なし

4. プラントモデルの実行

4.1. TRAMI パッケージ内モデルとモデルの実行

TRAMI パッケージ(ライブラリ)内には表 4.1 に示すモデルが使用可能な状態で格納されている。単独で実行可能なモデルは 1 の SampleCar のみで、他のモデルは入力コネクタに信号を入力する必要がある。

表 4.1 部品モデルと実行、表ファイルの必要性

	名称 (TRAMI.L3.は省略)	複合 単品	単独実行	表ファイル
1	Examples.Vehicles.SampleCar	複合	可	必要
2	Examples.IntegratedModels.WholeMechSystem	複合	不可	必要
3	Examples.IntegratedModels.ThermalModelAll	複合	不可	必要
4	Components.Mechanical.StartingDevices.StartingDevices 等価モデル Components.Mechanical.StartingDevices.Clutch	単品	不可	必要
5	Components.Mechanical.GearBoxes.GearBox 等価モデル Components.Mechanical.GearBoxes.GearBox	単品	不可	必要
6	Components.Mechanical.ControlSystems.OilPump	単品	不可	必要
7	Components.Mechanical.ControlSystems.EIOilPump 等価モデル Components.Electrical.EIOilPump	単品	不可	
8	Components.Mechanical.FinalDrive	単品	不可	
9	Components.Mechanical.DriveShaft	単品	不可	
10	Components.Thermal.StartDevice	単品	不可	
11	Components.Thermal.Gear	単品	不可	
12	Components.Thermal.CaseHousing	単品	不可	
13	Components.Thermal.OilCooler	単品	不可	必要
14	Components.Thermal.Oil	単品	不可	
15	Components.Electrical.Actuator	単品	不可	

4.2. SampleCar の実行

Modelica ツール上でモデルを開き、解析時間を設定して実行する。初期設定では、解析時間が 20s で設定されている。なおこのモデルは全体動作を確認するためのもので必要に応じて入力信号を変更する必要がある。初期速度は 0 で固定されている。

4.3. その他のモデルのモデル構築と実行例

Components.Mechanical.GearBoxes.GearBox を例に説明する。

Modelica ツール上に新規のモデルを定義する。対象となるモデルを部品として取り出す。図 4.1.3 に示すように必要な入力信号を接続する。

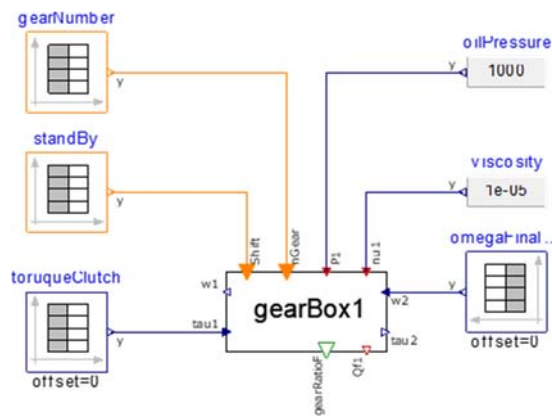


図 4.3 実行のための接続例

表 4.2 の「表ファイル」欄に「必要」と示したモデルは、表形式データを外部ファイルから読み込む。このため該当のファイルを所定のフォルダに置く必要がある。デフォルト状態で必要とされるファイルと、その格納先フォルダ、ファイル名を表 4.2 に示す。フォルダ名とファイル名は変更可能であり、各モデルでファイル名をフルパスで設定を行う。複数ファイルが必要なものは、代表するファイル名だけを指定する。

3.に記載の各モデルの「その他の情報」を参照のこと。

表 4.2 外部ファイルと使用モデルの対応

種類	代表ファイル名 (必要数)	使用モデル
引き摺りトルク	lossClutchDrag0.txt (0,1,2 の 3 ファイル必要)	StartingDevices WholeMechSystem
回転依存損失トルク	lossRevolution1.txt (1~21 の 21 ファイル必要)	GearBox WholeMechSystem
トルク依存損失トルク	lossTorque1.txt (1~21 の 21 ファイル必要)	GearBox WholeMechSystem
オイルポンプ損失	lossOilPump1.txt	OilPump WholeMechSystem
オイルクーラ熱抵抗	thResistanceOilCooler1.txt	OilCooler ThermalModelAll
	全ファイル	SampleCar

サンプルのデータファイルは TRAMI パッケージの中の「Resources」に含まれる。

4.4. ファイル名の付け方と形式

ファイル名は任意であるが同じ種類のファイルは同じ名前でも始まり、ファイル名末尾の数字を一連の数字として与える必要がある。

- 例 lossRevolution1.txt
- lossRevolution2.txt
- lossRevolution3.txt
- ・・・lossRevolution21.txt

5. 経産省ガイドラインモデルへの結合

TRAMI ガイドライン準拠モデルを経産省ガイドライン準拠モデル(以下、METI モデル)へ結合し(以下、結合モデル)車両としての燃費シミュレーションを行う際の改造点を記載する。

記載項目以外については、“自動車開発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)”参照のこと。

[1]“経産省ガイドライン準拠モデル”

出典元: <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010.html>

[2] “自動車開発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)”

出典元: <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010-3.pdf>

5.1. 動作・使用環境

5.1.1. 動作環境

結合モデルは下記の環境および条件にて動作を保証する。

<ファイル構成>

7+5FMU モデル

No.	ファイル名	説明
1	TRAMI_DCT_vehicle_ver01_2018b.slx	結合モデル/燃費シミュレーター本体
2	METI_Lib_vehicle_model.slx *	METI ライブラリ
3	init_setting_TRAMI.m *	初期設定用スクリプト Simulink 諸元データ設定、パス設定を実施
4	StartingDevices.fmu	発進デバイスモデル FMU
5	GearBox.fmu	変速機構モデル FMU
4	FinalDrive.fmu	終減速機モデル FMU
5	DriveShaft.fmu	ドライブシャフトモデル FMU
6	OilPump.fmu	オイルポンプモデル FMU
7	EIOilPump.fmu	電動オイルポンプモデル FMU
8	Actuator.fmu	電動アクチュエータモデル FMU
9	StartDeviceThermal.fmu	発進デバイス熱モデル FMU
10	GearThermal.fmu	変速機構熱モデル FMU
11	CaseHousingThermal.fmu	ケース・ハウジング熱モデル FMU
12	OilThermal.fmu	オイル熱モデル FMU
13	OilCoolerThermal.fmu	オイルクーラ熱モデル FMU
14	(サブフォルダ)param *	Simulink 諸元データ格納フォルダ
15	(サブフォルダ)picture *	ブロック画像データ格納フォルダ
16	(サブフォルダ)DATA *	FMU パラメータデータ格納フォルダ

統合 FMU モデル

No.	ファイル名	説明
1	TRAMI_DCT_vehicle_ver01_R2018b.slx	結合モデル/燃費シミュレーター本体
2	METI_Lib_vehicle_model.slx *	METI ライブラリ
3	init_setting_TRAMI.m *	初期設定用スクリプト Simulink 諸元データ設定、バス設定を実施
4	WholeMechSystemCSf1000.fmu	統合機構モデル FMU
5	ThermalModelAll_CS.fmu	統合熱モデル FMU
6	(サブフォルダ)param *	Simulink 諸元データ格納フォルダ(TRAMI 配布のものに置き換え)
7	(サブフォルダ)picture *	ブロック画像データ格納フォルダ
8	(サブフォルダ)DATA *	FMU パラメータデータ格納フォルダ

‘*’については 7+5FMU モデル、統合 FMU モデル共通

<モデル使用環境>

ツール名	MATLAB/Simulink
ツールバージョン	R2018b (64bit)
形式	.slx

<モデル計算条件>

ソルバタイプ	固定ステップ ode8 (Dormand-Prince)
サンプリングタイム	0.001[s]
DCT 制御モデル サンプリングタイム	0.01[s]
最小ステップサイズ	-
許容誤差	-

5.1.2. 使用環境

変更なし

5.2. METI モデルとの結合モデル準備

METI モデルへ結合する、DCT 制御モデル、TM プラントモデル、TM 熱モデルの 3 モデルについて説明を記述する。

5.2.1. DCT 制御モデル(DCT_CNT)

3.3 制御モデルで説明したモデルを使用する。

5.2.2. TM プラント 運動系モデル(TM_PNT)

フライホイール、発進デバイス、変速機構、終減速機、ドライブシャフト、オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータの機能をまとめて 1 モデルとする。

フライホイールについては、METI モデルを一部改造して使用する。

発進デバイス、変速機構、終減速機、ドライブシャフト、オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータについては、3.2 運動系モデルで説明した MSL モデルから FMU を生成し使用する。

なお、FMU はすべて Co-simulation タイプで生成している。

5.2.2.1 ダイアグラム

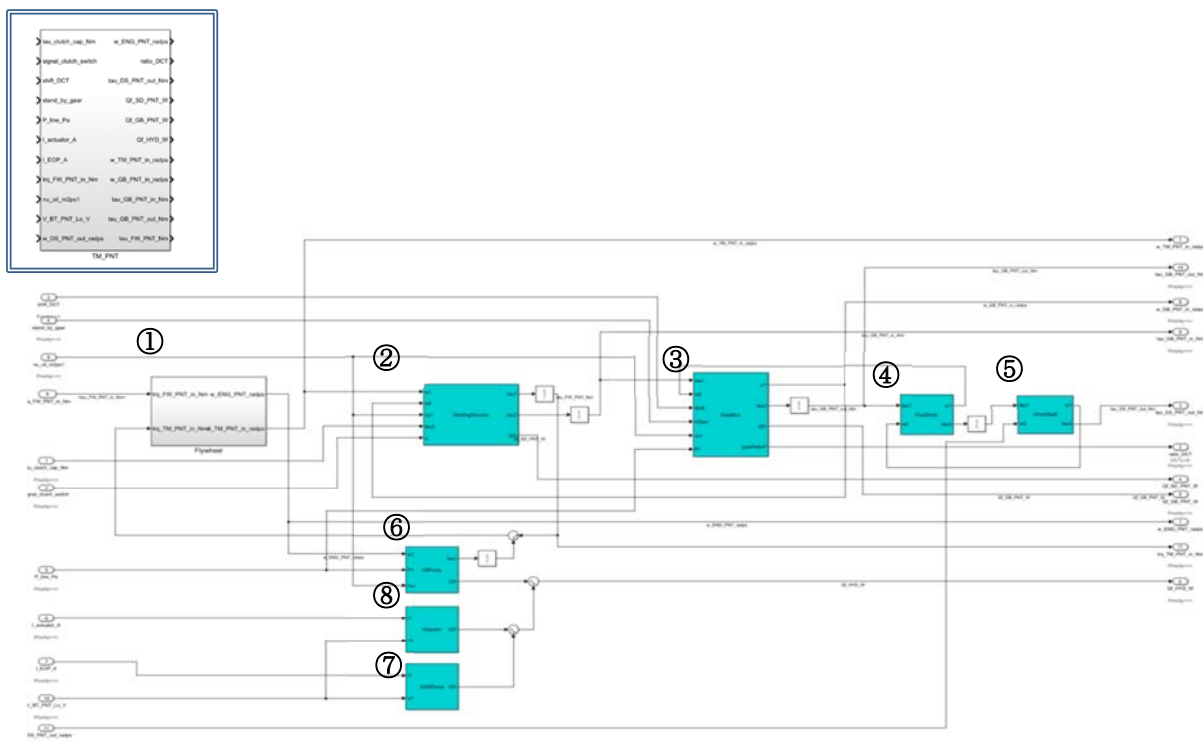


図 5.2.2.1-1. 運動系モデルモデルダイアグラム (7FMU)

	機能	FMU 名
①	フライホイール	METI モデル改造
②	発進デバイス	StartingDevices.fmu
③	変速機構	GearBox.fmu
④	終減速機	FinalDrive.fmu
⑤	ドライブシャフト	DriveShaft.fmu
⑥	オイルポンプ	OilPump.fmu
⑦	電動オイルポンプ	ElOilPump.fmu
⑧	電動アクチュエータ	Actuator.fmu

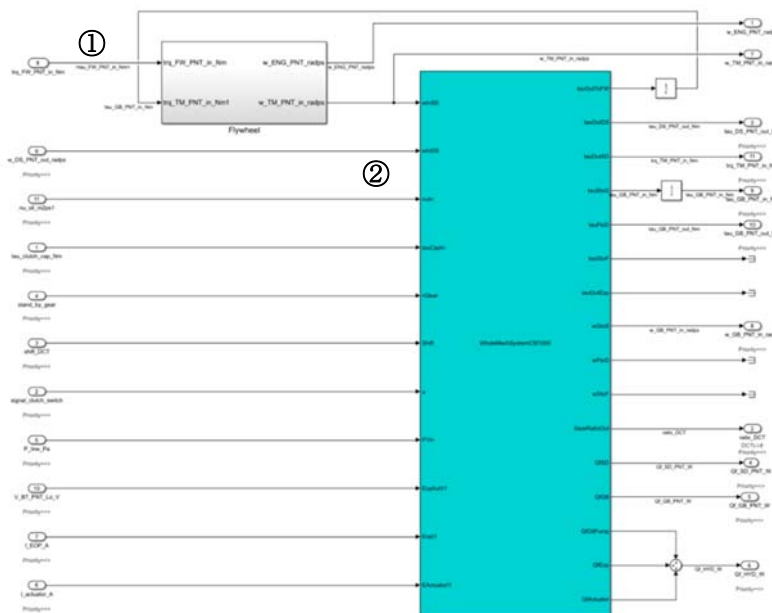
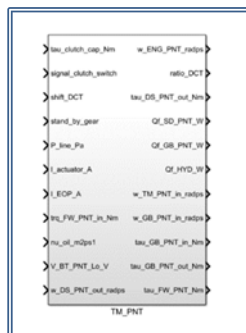


図 5.2.2.1-2. 運動系モデルモデルダイアグラム (統合 FMU)

	機能	FMU 名
①	フライホイール	METI モデル改造
②	発進デバイス、変速機構、終減速機、ドライブシャフト、オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータ	WholeMechSystemCSf1000.fmu

5.2.2.2 フライホイールモデルの変更

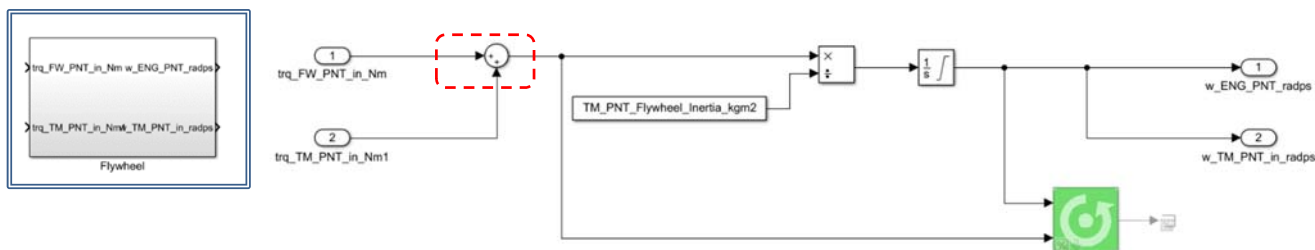


図 5.2.2.2. フライホイールモデルモデルダイアグラム

SUM ブロックの符号を“+-”から“++”に変更した。

5.2.2.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
tau_clutch_cap_Nm	Nm	0 以上	クラッチトルク容量信号
signal_clutch_switch	-	[0 2]	クラッチ切替信号
shift_DCT	-	[-1 7]	ギヤ段信号
table_stand_by_gear	-	[1 21]	待機ギヤ段損失テーブル選択信号
P_line_Pa	Pa	0 以上	ライン圧制御信号
I_actuator_A	A	0 以上	電動アクチュエータ制御電流
I_EOP_A	A	0 以上	電動オイルポンプ電流
trq_FW_PNT_in_Nm	Nm	—	エンジントルク
w_DS_PNT_out_radps	rad/s	—	タイヤ回転数
V_BT_PNT_Lo_V	V	—	バッテリー電圧
nu_oil_m2ps	m2/s	—	オイル動粘度
出力			
名称	単位	範囲	説明
w_ENG_PNT_radps	rad/s	—	エンジン回転数
ratio_DCT	-	—	DCT ギヤ比
tau_DS_PNT_out_Nm	Nm	—	ドライブシャフトからタイヤ側へのトルク
Qf_SD_PNT_W	W	—	発進デバイスからの熱流量
Qf_GB_PNT_W	W	—	変速機構からの熱流量
Qf_HYD_W	W	—	オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータからの熱流量
w_TM_PNT_in_radps	rad/s	—	フライホイール回転数
w_GB_PNT_in_radps	rad/s	—	変速機構から発進デバイス側への回転数
tau_GB_PNT_in_Nm	Nm	—	発進デバイスから変速機構側へのトルク
tau_GB_PNT_out_Nm	Nm	—	変速機構から終減速機側へのトルク
tau_FW_PNT_Nm	Nm	—	発進デバイスからフライホイール側へのトルク(オイルポンプ損失含まず)

5.2.2.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
TM_PNT_Flywheel_Inertia_kgm2	0.094	kgm2	フライホイールイナーシャ

その他、FMU の変数は、3.1 運動系モデル参照

但し、次の変数はデフォルト値から以下表にある結合モデルにカスタマイズされた値に変更されている。

従って、他のモデルで本 FMU を使用の場合はデフォルト値に戻るので注意のこと。

詳しくは、5.5.4 Simulink 上でのパラメータの設定 を参照。

変数名	設定値	単位	説明
table1	表 5.1 参照	-	ギヤ段xギヤレシオ テーブル
table2	表 5.2 参照	-	ギヤ段xイナーシャ テーブル
ratio1	4.133	-	ファイナルレシオ

表 5.1 table1

ギヤ段	R	N	1	2	3	4	5	6	7
ギヤレシオ	3.0987	3.857	2.429	1.6764	1.189	0.872	0.67055	0.54013	3.0987

表 5.2 table2

ギヤ段	R	N	1	2	3	4	5	6	7
イナーシャ	0.0029	0.001	0.0029	0.0035	0.0047	0.0068	0.01	0.016	0.024

5.2.3. TM プラント 熱系モデル(TM_Thermal)

発進デバイス熱モデル、変速機構熱モデル、ケース・ハウジング熱モデル、オイル熱モデル、オイルクーラ熱モデルの機能をまとめて1モデルとする。

各熱モデルは 3.3 熱系モデルで説明した MSL モデルから FMU を生成し使用する。

なお、FMU はすべて Co-simulation タイプで生成している。

今回はエンジン熱モデル、外気熱モデル、PT サーマルシステム熱モデルが用意されていないので簡易モデルを Simulink で作成し接続する。

5.2.3.1 ダイアグラム

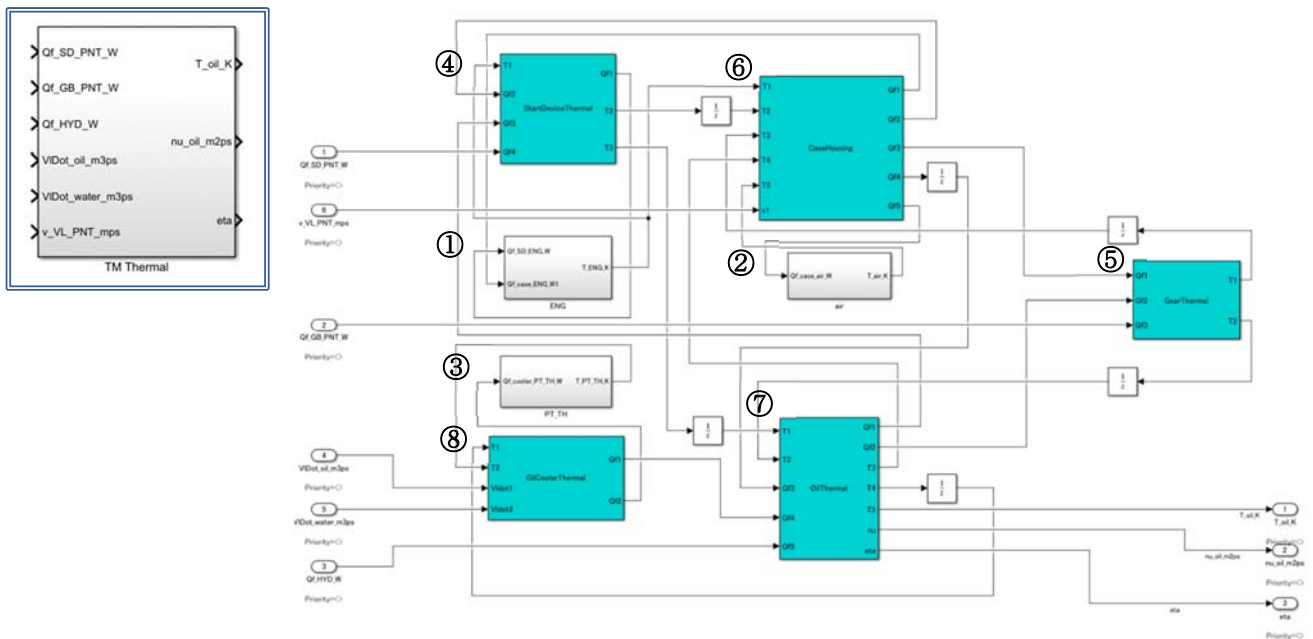


図 5.2.3.1-1. 運動系モデルモデルダイアグラム (5FMU)

	機能	FMU 名
①	エンジン熱モデル	Simulink 簡易モデル
②	外気熱モデル	Simulink 簡易モデル
③	PT サーマルシステム熱モデル	Simulink 簡易モデル
④	発進デバイス熱モデル	StartDeviceThermal.fmu
⑤	変速機構熱モデル	GearThermal.fmu
⑥	ケース・ハウジング熱モデル	CaseHousingThermal.fmu
⑦	オイル熱モデル	OilThermal.fmu
⑧	オイルクーラ熱モデル	OilCoolerThermal.fmu

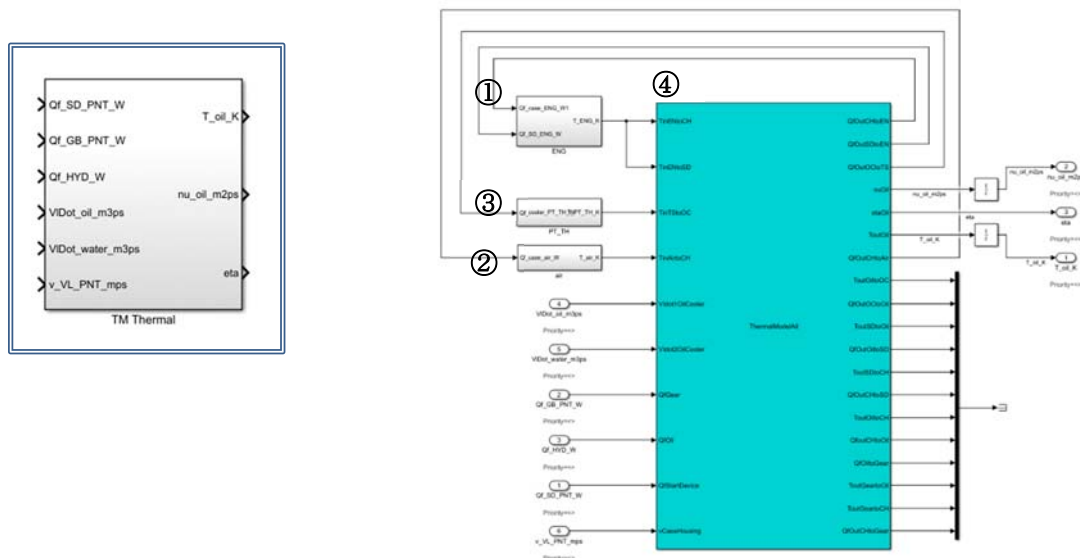
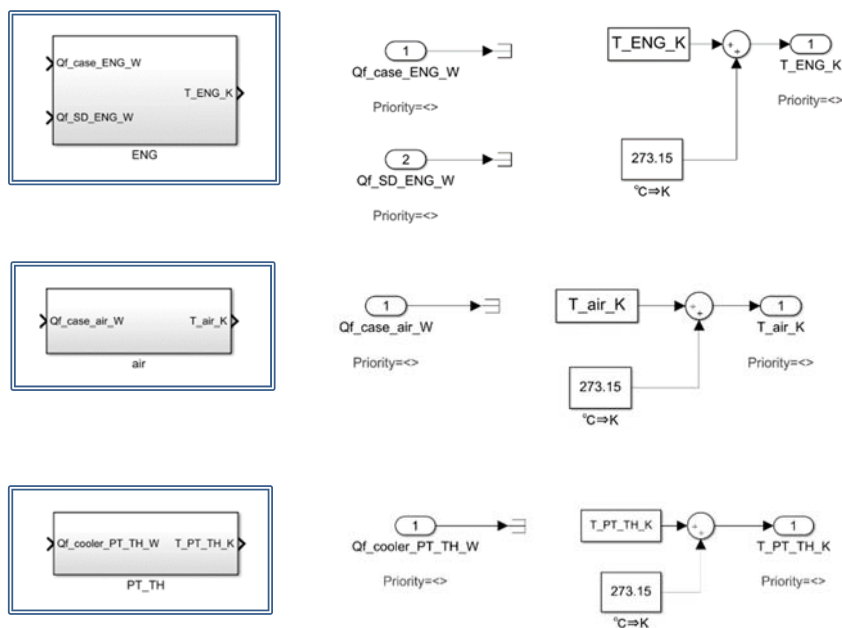


図 5.2.3.1-2. 熱系モデルモデルダイアグラム(統合 FMU)

機能	FMU 名
① エンジン熱モデル	Simulink 簡易モデル
② 外気熱モデル	Simulink 簡易モデル
③ PT サーマル熱モデル	Simulink 簡易モデル
④ 発進デバイス熱モデル、変速機構熱モデル、ケース・ハウジング熱モデル、オイル熱モデル、オイルクーラ熱モデル	ThermalModelAll_CS.fmu

5.2.3.2 エンジン熱モデル、外気熱モデル、PT サーマルシステム熱モデルの簡易モデル



時系列で温度を出力し熱流量を吸収する簡易モデルを作成した。

5.2.3.3 入出力仕様

以下に本システムの入出力仕様を示す。

入力			
名称	単位	範囲	説明
Qf_SD_PNT_W	W	—	発進デバイスからの熱流量
Qf_GB_PNT_W	W	—	変速機構からの熱流量
Qf_HYD_W	W	—	オイルポンプ、電動オイルポンプ、電動アクチュエータからの熱流量
VIDot_oil_m3ps	m3/s	0 以上	オイル流量制御信号
VIDot_water_m3ps	m3/s	0 以上	LLC 流量制御信号
v_VL_PNT_mps	m/s	0 以上	車両速度
出力			
名称	単位	範囲	説明
T_oil_K	K	—	オイル温度
nu_oil_m2ps	m2/s	—	オイル動粘度
eta	Pa.s	—	オイル絶対粘度

5.2.3.4 パラメータ仕様

以下に本システムのパラメータ仕様を示す。

変数名	設定値	単位	説明
T_ENG_K	<18001x2>	℃	エンジン温度テーブル
T_air_K	<18001x2>	℃	外気温度テーブル
T_PT_TH_K	<18001x2>	℃	LLC 温度テーブル

その他、FMU の変数は、3.2 熱系モデル参照。

但し、次の変数はデフォルト値から以下表にある結合モデルにカスタマイズされた値に変更されている。

従って、他のモデルで本 FMU を使用の場合はデフォルト値に戻るのに注意のこと。

詳しくは、5.5.4 Simulink 上でのパラメータの設定 を参照。

変数名	設定値	単位	説明
c1	43000	J/K	発進デバイス熱容量
T0	301.55	K	発進デバイス初期温度 (Simulink 上ではケルビン[K]で扱う)
R1	100	K/W	発進デバイスとエンジン熱モデルとの熱抵抗
T1	301.55	K	ケース・ハウジング初期温度 (Simulink 上ではケルビン[K]で扱う)
R2	0.13	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	100	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	100	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	0.0057	K/W	ケース・ハウジングとオイル熱モデルとの熱抵抗
table1	表 5.3 参照	-	車速 x 外気熱モデル熱抵抗テーブル
c3	17000	J/K	変速機構熱容量
T2	301.55	K	変速機構初期温度 (Simulink 上ではケルビン[K]で扱う)
T3	301.55	K	オイル初期温度 (Simulink 上ではケルビン[K]で扱う)
c4	9400	J/K	オイル熱容量
R6	0.00073	K/W	オイルと発進デバイス熱モデルとの熱抵抗
R7	0.047	K/W	オイルと変速機構熱モデルとの熱抵抗
c2	29000	J/K	ケース・ハウジング熱容量

表 5.3 table1

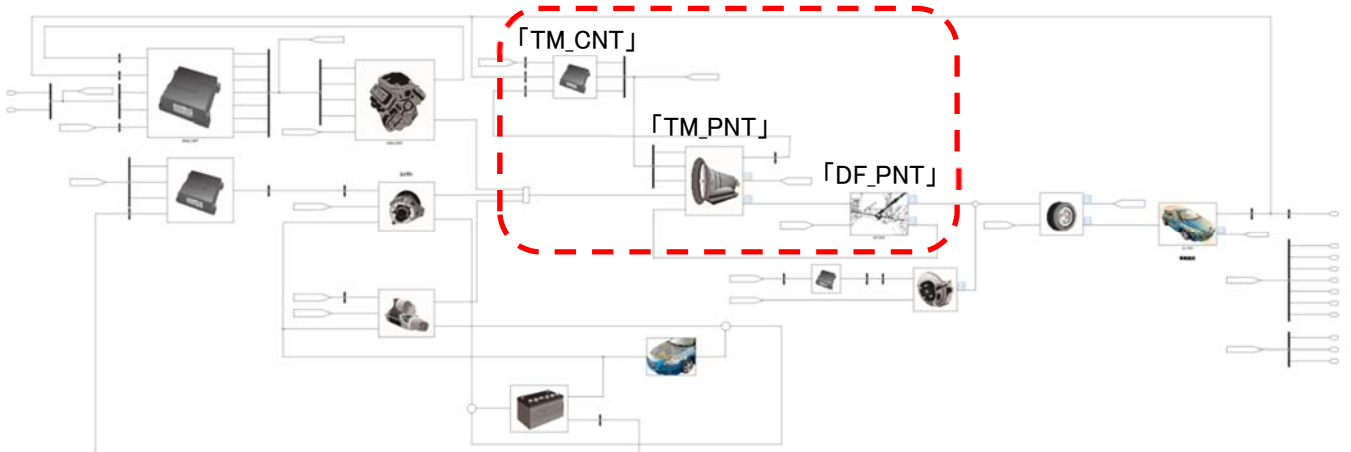
車速(km/h)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
熱抵抗(K/W)	0.022	0.021	0.021	0.020	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015
車速(km/h)	90	100	110	120	130	140	150	160	-
熱抵抗(K/W)	0.014	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.010	-

5.3. METIモデルとの結合

5.3.1. TM 関連モデルの変更

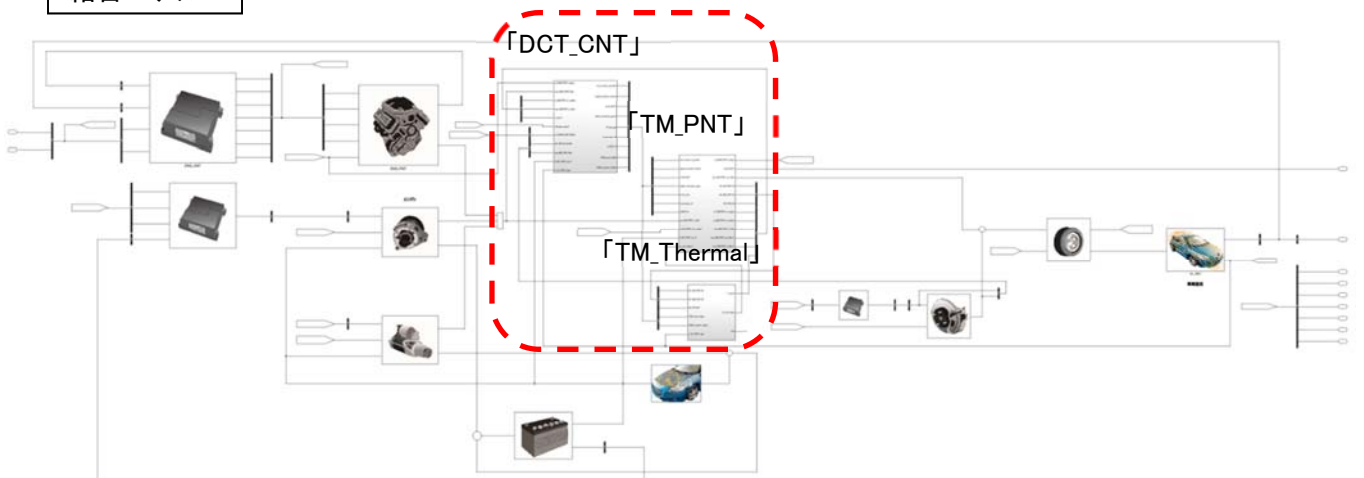
経産省ガイドライン準拠モデル「Vehicle」モデル内の「TM_CNT」、「TM_PNT」と「DF_PNT」モデルを削除する。

METIモデル



変わって 5.2 結合モデルで説明した、「DCT_CNT」、「TM_PNT」と「TM_Thermal」モデルを設置する。

結合モデル

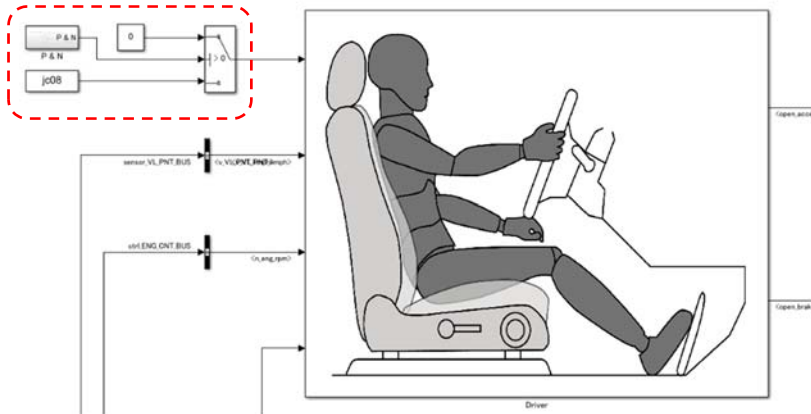


5.4. TM 関連以外のモデルの改造

TRAMI ガイドライン準拠モデルの結合に際し行った T/M 関連以外のモデルの改造点を記述する。

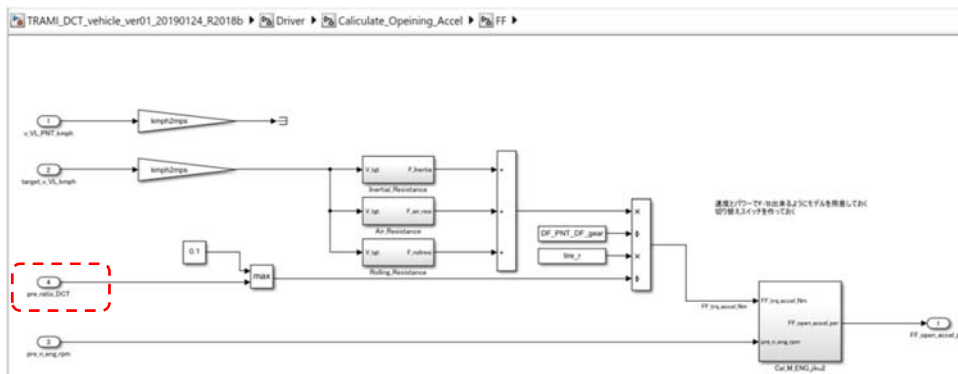
5.4.1. 第 1 階層

パーキング、ニュートラル レンジの目標車速 0km/h 規制制御を追加した。



5.4.2. Driver モデル

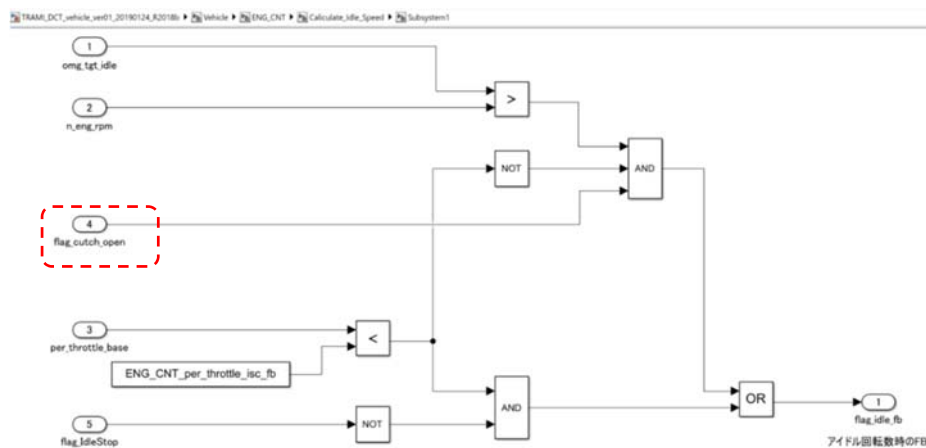
[Driver]-[Calculate_Opening_Accel]-[FF]



入力“pre_ratio_CVT”を TM_PNT モデルの出力する”pre_ratio_DCT“に変更した。

5.4.3. ENG_CNT モデル

[Vehicle]-[ENG_CNT]-[Calculate_idle_speed]-[subsystem1]



入力“flag_Lockup”を DCT_CNT モデルの出力する” flag_cutch_open“に変更した。

5.5. 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
- ・FMU で設定できるパラメータ、出力を増やす場合
- ・配列サイズを変更する場合

5.5.1. 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。例えば OpenModelica では「FMI→FMU 書き出し」で開いているモデルを FMU 化することができる。他の一般商用ツールでは FMU 生成のためのライセンスが必要である。

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 では組込ソルバーとして CVODE を使用している。

5.5.2. 表データファイルの取扱い

FMU 内に表データは FMU 内に全て取り込まれるわけではない。このため、実行時には FMU のパラメータの一つであるファイル名で指定するパスにコピーする必要がある。

5.5.3. 生成時パラメータの選択

提供している Simulink モデルでは、"." (ドット) で構成される名称のコネクタを利用することができない。FMU 生成時にパラメータを選択するツールでは kDummy (または kDammy) という名称で設定されているパラメータを選択することで "." 表記を回避できる場合がある。

5.5.4. 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。

5.5.5. ツール依存の注意点

次の Modelica ツール、バージョンで各モデルの FMU 生成可能 (及び SampleCar の解析実行可能) が確認されている。

Dymola 2019FD01、SimulationX 3.9.4、OpenModelica 1.13.1

6. 結合モデルの実行方法

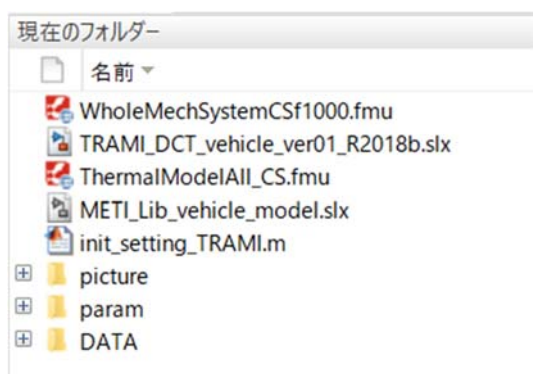
6.1. シミュレーション実行

6.1.1. MATLAB を起動する

MATLAB R2018b を起動する。

6.1.2. 初期設定

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。
この時、現在のフォルダは以下のような構成としておくこと。構成を変更すると参照ファイルが読み込まれずエラーとなる場合がある。



6.1.3. シミュレーションを開始する

Simulink 上のシミュレーション実行ボタンを押すとシミュレーションが開始される。
この時、現在のフォルダは、シミュレーションモデルのある階層にしておくこと。他の階層では FMU が読み込まれずエラーとなる場合がある。

7. 参考文献

[1] “非因果モデリングツールを用いた FMI モデル接続ガイドライン Ver.1.0”

[2] “*PLANT MODELING GUIDELINES USING MATLAB® and Simulink® Version 2.1 Japan MATLAB Automotive Board (JMAAB) 2008 年 12 月 2 日*”

出典元: http://jmaab.mathworks.jp/doc/plantmodeling_sg/PMSG_english_v2.1.pdf

[3] “自動車開発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)”

出典元: <http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010-3.pdf>

[4] “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”

[5] “Functional Mock-up Interface for Model Exchange and Co-Simulation”

出典元:

https://svn.modelica.org/fmi/branches/public/specifications/v2.0/FMI_for_ModelExchange_and_CoSimulation_v2.0.pdf