

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. 4.0)

2021 年 3 月

本ガイドラインの位置付け

本ガイドラインは、自動車開発における自動車メーカーとサプライヤおよび自動車産業クラスターの各階層間でのモデルベースの利用にあたり、国内デファクトスタンダードとしてインターフェースを統一することで、自動車産業内でのモデル流通の拡大、モデルベースによる擦り合わせの質の向上、モデルベース開発における人材育成などを目的としている。

また、本ガイドラインに準拠する車両モデルを提供することで、本目的がより促進されることを期待するものである。

本ガイドラインのポイント

- ・ エネルギーを有するシステムとして定義する
- ・ エネルギーの流れの方向を定義する
- ・ サブシステム間の物理信号と向き、および単位を定義する
- ・ 加えて、ガイドラインに準拠する車両モデルを提供する

目次

本書の用語について	7
ガイドラインにおける基本原則について	8
第1章	8
1. ガイドラインでの前提	8
(1) 前提	8
(2) 規程項目	8
2. 基本原則.....	9
(1) 第一原則(プラントモデル間の変数).....	10
(2) 第二原則の説明(エネルギーの流れる方向)	12
(3) 第三原則の説明(変数の入出力の方向)	13
(4) 第四原則の説明(入出力の正負).....	14
(5) 第五原則の説明(単位と量記号).....	15
第2章 自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン事例.....	16
1. 性能における自動車システムでの事例について	16
(1) 燃費の事例について	16

第3章	自動車事例におけるサブシステム I/F(インターフェース)定義書.....	28
1.	サブシステム I/F 定義書の活用.....	28
2.	サブシステム I/F 定義書フォーマット説明.....	28
3.	サブシステム定義書事例(燃費の事例).....	29
(1)	エンジンモデル(機械系動力源モデル).....	29
(2)	フライホイールモデル.....	30
(3)	トランスミッションモデル.....	31
(4)	ディファレンシャルギアモデル.....	32
(5)	ドライブシャフトモデル.....	33
(6)	制動システムモデル.....	34
(7)	タイヤモデル.....	35
(8)	サスペンションモデル.....	36
(9)	Body 剛体運動・駆動系モデル.....	37
(10)	Body(空気抵抗など)モデル.....	38
(11)	オルタネータモデル.....	39
(12)	低圧充電システムモデル.....	40

(13)	スタータモデル	41
(14)	各電装システムモデル	42
(15)	電池温調システムモデル	43
(16)	電圧変換システムモデル	44
(17)	高圧充電システムモデル	45
(18)	電圧変換システム(昇圧)モデル	46
(19)	モータードライブシステムモデル	47
(20)	空調システムモデル	48
(21)	PT サーマルシステムモデル	49
(22)	パワエレ冷却システムモデル	50
(23)	ヒートシンクモデル	51
(24)	エンジンモデル (PT・サーマル)	52
(25)	トランスミッションモデル (PT・サーマル)	53
(26)	ディファレンシャルギアモデル (PT・サーマル)	54
(27)	高温冷却系モデル (PT・サーマル)	55
(28)	HVAC モデル (PT・サーマル)	56

<参考資料>..... 73

本書の用語について

①システム

自動車を構成する最上位の部品をシステムとする。

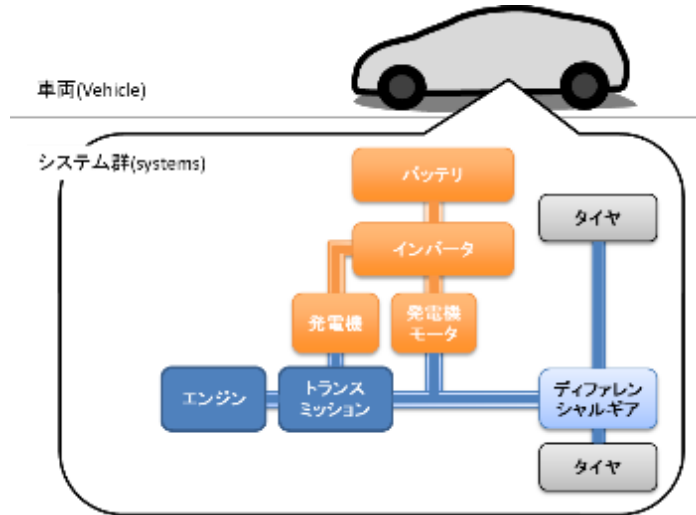


図 1 システムの用語定義

②プラント・制御

システム内は、大きく二つに分けることができる。機器をコントロールするものを制御とし、その制御対象をプラントとする。

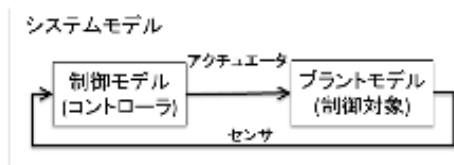


図 2 プラント・制御の位置づけ

③プラントモデル I/F (インターフェース) ガイドラインの範囲

システムにおけるプラントモデル間の I/F を今回の対象範囲とする。

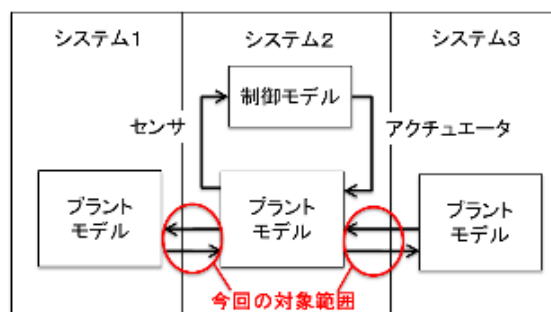


図 3 プラントモデル I/F ガイドライン範囲

第1章 ガイドラインにおける基本原則について

1. ガイドラインでの前提

(1) 前提

自動車開発において、システムのプラントモデルの接続では、運動・電気・熱などの様々な物理系を考えなくてはならない。

そこで、システムのプラント部の接続インターフェース(I/F)は、

エネルギーの流れで考えやすいこと

ただし、

- ・モデルが作成しやすいこと
- ・計算負荷が少ないこと
- ・モデル作成が実現可能であること

を考慮する。

(2) 規程項目

今回のガイドラインで規定するものは、プラントモデルにおける

- ①入出力変数の種類
- ②システム間のエネルギーの流れ
- ③入出力の向き
- ④スルー変数の正負
- ⑤単位、量記号

である。

2. 基本原則

プラント部の接続における基本原則を下記の様に設定する。

表 1 プラントモデル I/F ガイドライン基本原則

基本原則	
第一	プラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぐ。 また、アクロス変数とスルー変数の向きは互いに逆向きとする。
第二	エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向をエネルギーの正の向きとする。
第三	スルー量・アクロス量を蓄積する要素を基準として、全体の I/F を考える。
第四	スルー変数の正負は、エネルギーの正の流れの向きとスルー変数の入出力の向きが同じとき正とし、逆向きを負とする。
第五	入出力の単位は SI 単位系、SI 組立単位系を利用する。 量記号は、JIS 規格を使用する。

上記以外の場合は、理由も含めて明記する。(システム I / F 定義書活用)

(1) 第一原則(プラントモデル間の変数)

図 4 に示すようにプラントモデル間はアクロス変数とスルー変数でつなぎ、各信号の入出力方向は逆とする。

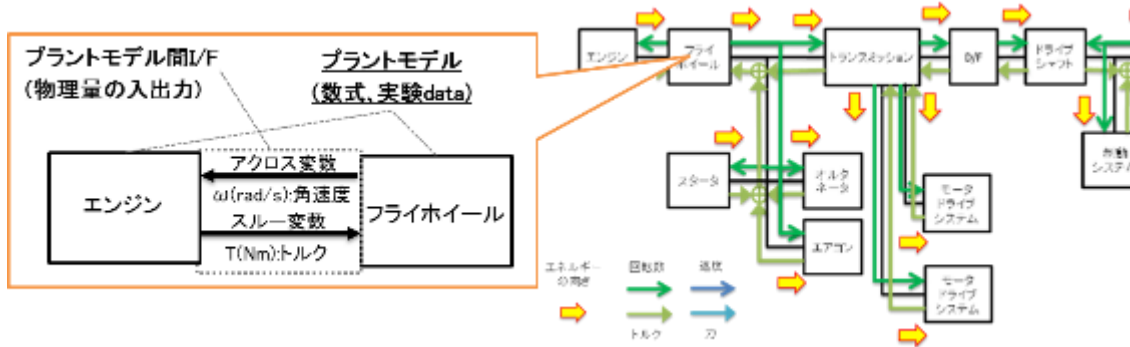


図 4 プラントモデルにおける入出力の方向

また、アクロス変数はエネルギーのポテンシャルの分かる物理変数、スルー変数はエネルギーの流れが分かる物理変数とし、基本的に次式が成立する。

$$\text{仕事率 (W)} = \text{アクロス変数} \times \text{スルー変数}$$

また、物理領域毎のアクロス変数、スルー変数を表 2 に記載する。

表 2 物理領域ごとのアクロス変数とスルー変数一覧

物理領域 Domain	アクロス変数 (横断変数)	スルー変数 (流動変数)
電気 Electrical	電位・電圧 (Voltage)	電流 (Current)
並進運動 Translational	速度 (Velocity)	力 (Force)
回転運動 Rotational	角速度 (Angular velocity)	トルク (Torque)
熱 Heat	温度 (Temperature)	熱流量 (Heat flow)
非圧縮流体※1 Incompressible flow	圧力 (Pressure)	体積流量 (Volume flow)
熱流体 Thermal fluid	温度 (Temperature)	エンタルピー流量 (Enthalpy flow)
	圧力 (Pressure)	質量流量 (Mass flow) 比エンタルピー※2 (Specific enthalpy)

表 2 に記載されていない他の物理領域は、今後の議論として決定する。

※1 熱を考慮しない非圧縮流体とする。

※2 比エンタルピーは、スルー変数ではないが、ツールによってエンタルピー流量のみだと計算時 0 割が発生することがある。様々なツールに対応するように、インターフェースとして記述する。ちなみに、

比エンタルピー(J/kg) = エンタルピー流量(J/s) / 質量流量(kg/s)
で計算することができる。質量流量が 0 の場合、0 割になるので注意が必要。

(2) 第二原則の説明(エネルギーの流れる方向)

エネルギーソースからエネルギーシンクへ流れる方向をエネルギーの正の向きとする。

下記に、自動車の機械系の事例を示す。

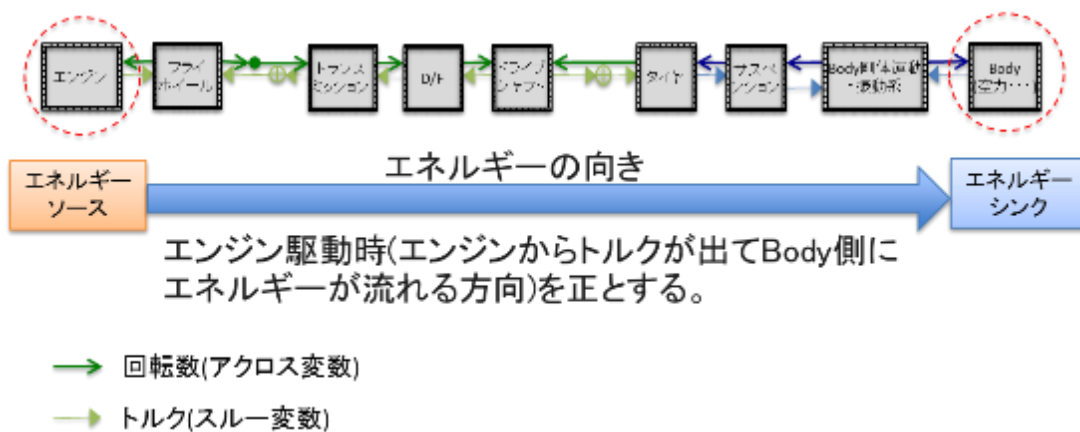


図 5 エネルギーの流れる方向

エネルギーソースとシンクの定義は、そのシステム全体を考えて設定する。燃費や動力性能を検討する自動車の運動系のプラントモデルにおいては、エンジンがエネルギーソースとなり、Body系がエネルギーシンクとなる。

(3) 第三原則の説明(変数の入出力の方向)

図 6 に示すモデルは、前後のモデルからスルー変数を受け取り、前後のモデルに対してアクロス変数を出力する。


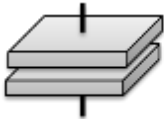

	運動		電気	熱
	慣性質量	慣性モーメント	コンデンサ	熱容量
エネルギーを蓄積するモデル (スルー量受け取り)				

図 6 エネルギー蓄積するモデル事例 (アクロス変数出力)

また、図 7 に示すモデルは、前後のモデルからアクロス変数を受け取り、前後のモデルに対してスルー変数を出力する。

	運動		電気	熱
	バネ	ねじりバネ	コイル	—
エネルギーを蓄積するモデル (アクロス量受け取り)				—

図 7 エネルギー蓄積するモデル事例 (スルー変数出力)

その他のモデルは、スルー変数・アクロス変数の信号の流れに従って決定する。

(4) 第四原則の説明(入出力の正負)

スルー変数の正負は、エネルギーの正の流れの向きとスルー変数の入出力の向きが同じとき、正とし、逆の時、負とする。(図 8 図 9)

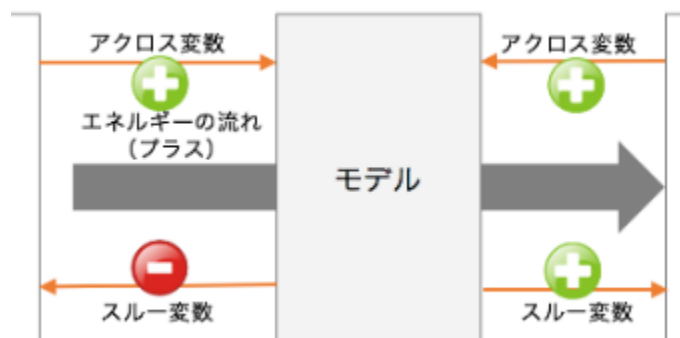


図 8 スルー変数が入力端子の信号の符号

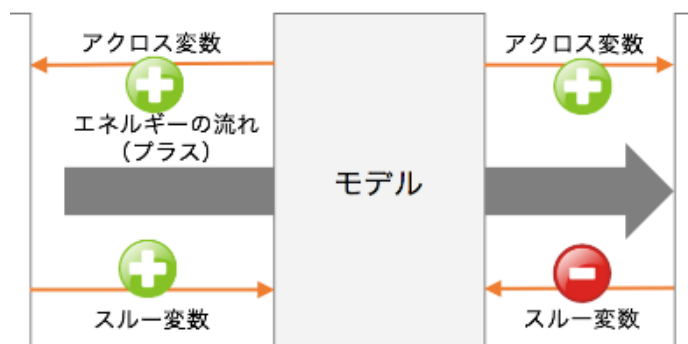


図 9 スルー変数が出力端子の信号の符号

(5) 第五原則の説明(単位と量記号)

各物理領域における単位・量記号の表記は表 3 とする。

表 3 アクロス変数スルー変数の単位

物理領域 Domain	アクロス変数 (横断変数)		スルー変数 (通過変数)			
		量記号	単位 UNIT		量記号	単位 UNIT
電気 Electrical	電位・電圧 (Voltage)	V	V	電流 (Current)	I	A
並進運動 Translational	速度 (Velocity)	V	m/s	力 (Force)	F	N
回転運動 Rotational	角速度 (Angular velocity)	ω	rad/s	トルク (Torque)	M, T	Nm
熱 Heat	温度 (Temperature)	T	K	熱流量 (Heat flow)	ϕ	W
非圧縮流体 Incompressible flow	圧力 (Pressure)	P	N/m ²	体積流量 (Volume flow)	qv	m ³ /s
熱流体 Thermal fluid	温度 (Temperature)	T	K	エンタルピー流量 (Enthalpy flow)	dH	W
	圧力 (Pressure)	P	N/m ²	質量流量 (Mass flow)	qm	kg/s
				比エンタルピー (Specific enthalpy)	h	J/kg

表 3 に記載されていない他の物理領域は、今後の議論とする。

第2章 自動車開発におけるプラントモデル I/F ガイドライン事例

1. 性能における自動車システムでの事例について

本ガイドラインは、自動車開発における自動車メーカーとサプライヤおよび自動車産業クラスターでの、自動車産業内でのモデル流通の拡大、モデルベースによる擦り合わせの質の向上、モデルベース開発における人材育成などを目的としている。そこで、この章ではより広い領域の事例を提示する。

(1) 燃費の事例について

図 10 にシリーズ・パラレルハイブリッド車を対象事例として燃費を想定した時のガイドラインを適用した結果を示す。

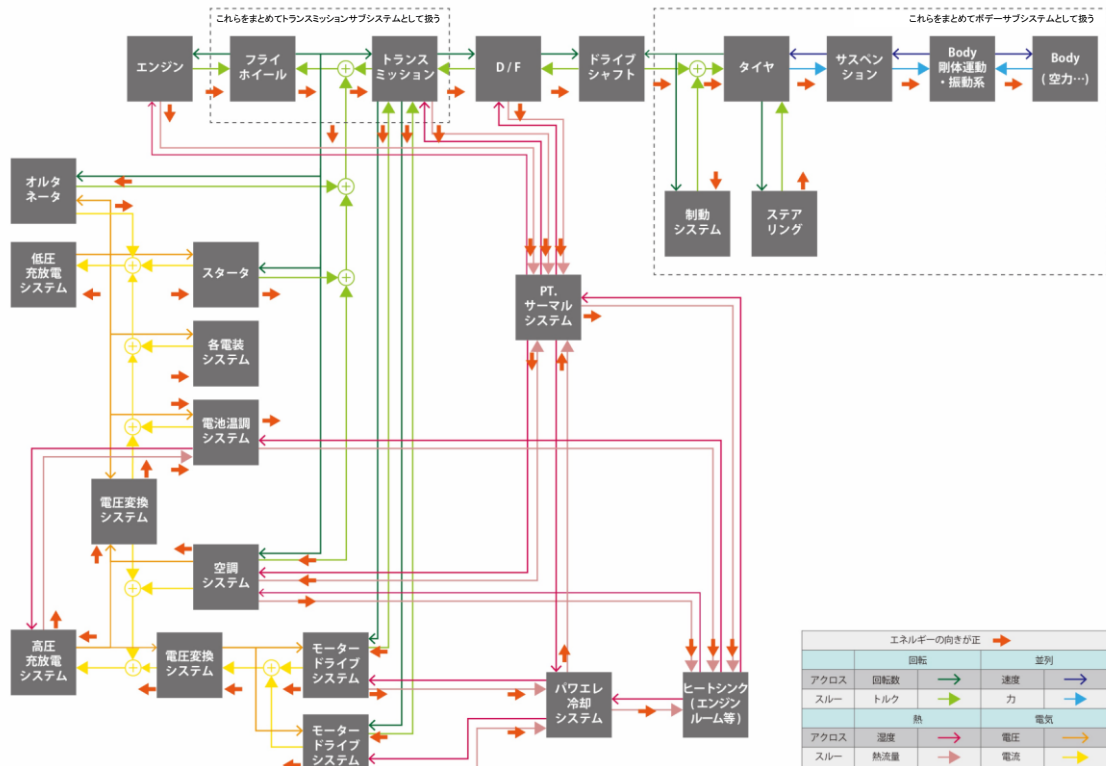


図 10 シリーズ・パラレルハイブリッド車でのガイドライン全体

①運動系について

エンジンで発生したエネルギーによりタイヤが回転するので、エンジンをエネルギーソース、車両側をエネルギーシンクとし、エネルギーの流れを決定する。(図 11、黄色矢印参照)

スルー変数の方向については、フライホイールにおいて、第三基本原則に準じて図 11 の左右方向のシステムからスルー変数が入力され、アクロス変数は左右方向のシステムへ出力される。ドライブシャフトも、第三基本原則に準じて図 11 の左右方向のシステムからアクロス変数が入力され、スルー変数は左右方向のシステムにスルー変数が出力される。その他のシステムは、これらのシステムの流れに従って決定した。アクロス変数は第一基本原則に従いスルー変数の逆方向の向きに接続する。これらの説明をまとめて示したものが図 11 である。

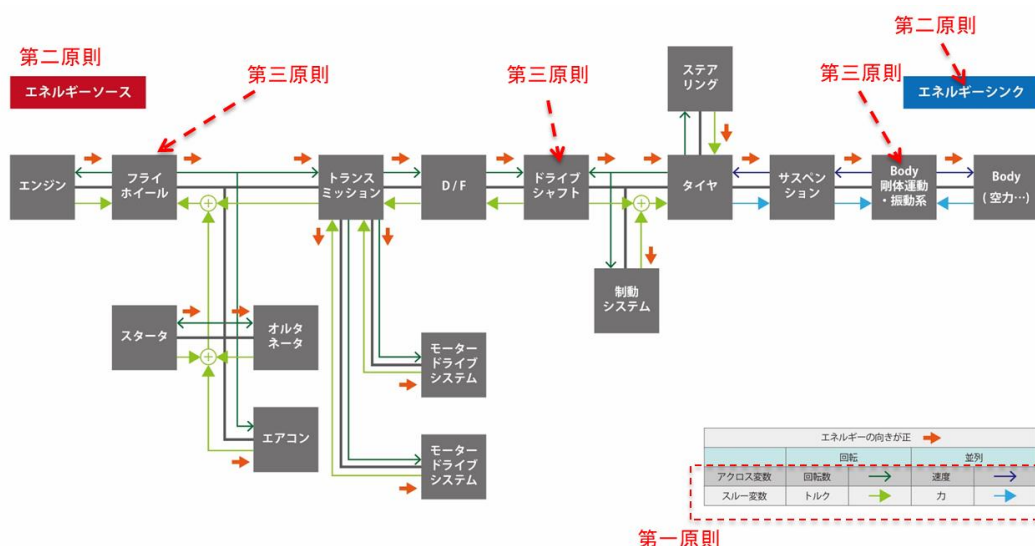


図 11 運動系のシステムにおける入出力の事例

i. フライホイール

フライホイールは、トランスミッションの形式 (MT, AT, CVT, HEV...) によって、フライホイールを管理するシステムが変わる。(MT の場合は、エンジンであるが、それ以外はトランスミッション側になることが多い)

今回のガイドラインとしては、フライホイールを単独のモデルとして扱い I/F を決定している。

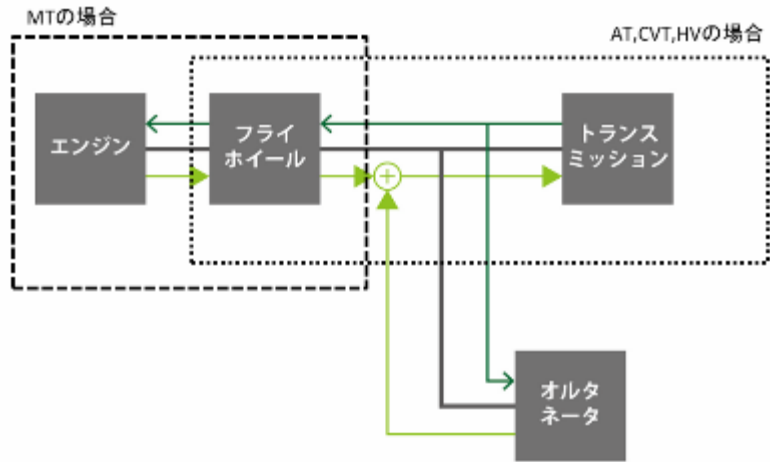


図 12 フライホイール事例

②電気系について

電気系は、発電機などの電気エネルギーを生成するシステムをエネルギーソースとし、電気エネルギーを消費する部品をエネルギーシンクとして、I/F を決定する。ここでは、モータドライブシステムである2つのMGがエネルギーソースとなり、スタータ、各電装システムは電気を消費する部品である為、エネルギーシンクとなる。オルタネータはMG同様電気エネルギーを生成する部品である為、エネルギーソースとして扱う。これらの説明をまとめて示したものが図13である。

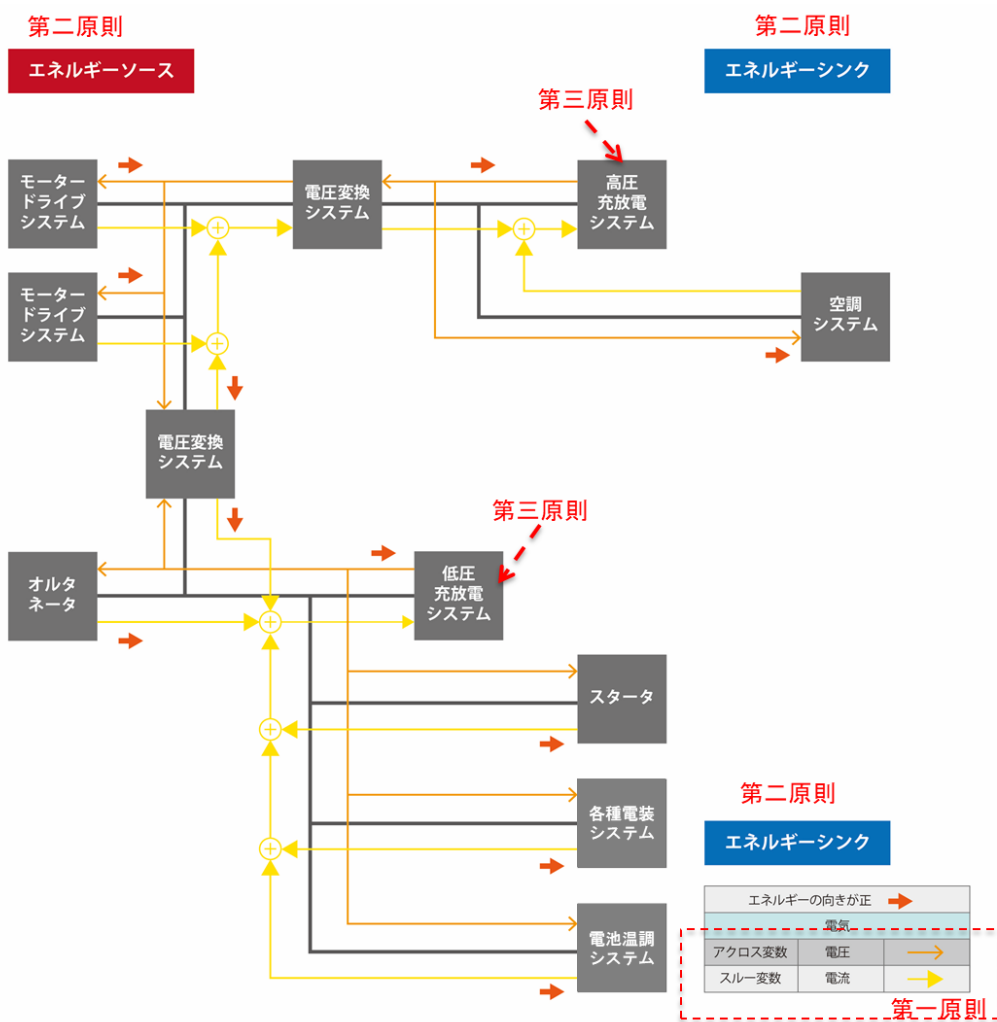


図 13 電気系のシステムにおける入出力の事例

③熱系について

熱系については、運動系や電気系の各システムが熱源と考え、これらをエネルギーソースとし、エンジンルーム等のヒートシンクをエネルギーシンクと定義する。実際の物理現象もエネルギーソースから PT・サーマルシステムを介してエネルギーシンクへ熱が伝熱する。これらの説明をまとめて示したものが図 14 である。

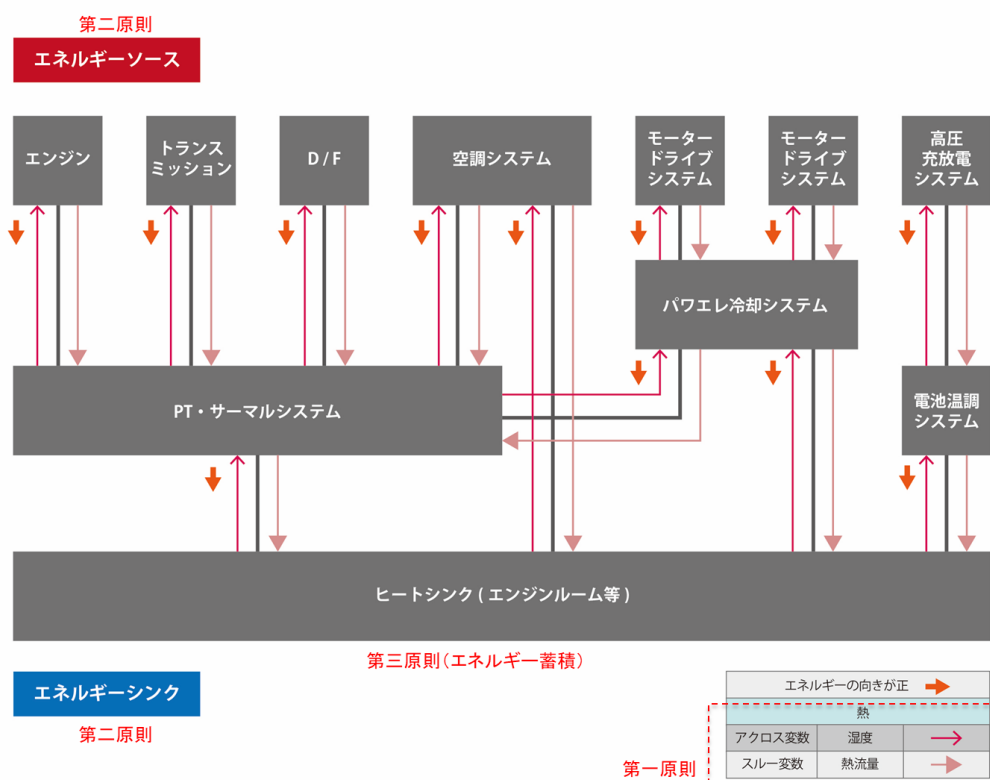


図 14 熱系のシステムにおける入出力事例

また、図 14 の PT サーマルシステム内の事例として、エンジンやトランスミッション・冷却系システムの事例を

図 15 で表現する。

ちなみに熱モデルの流通の注意として、システム間の熱抵抗部分は、システム間にまたがるため、どのシステムがその役目を持つかを定める必要がある。

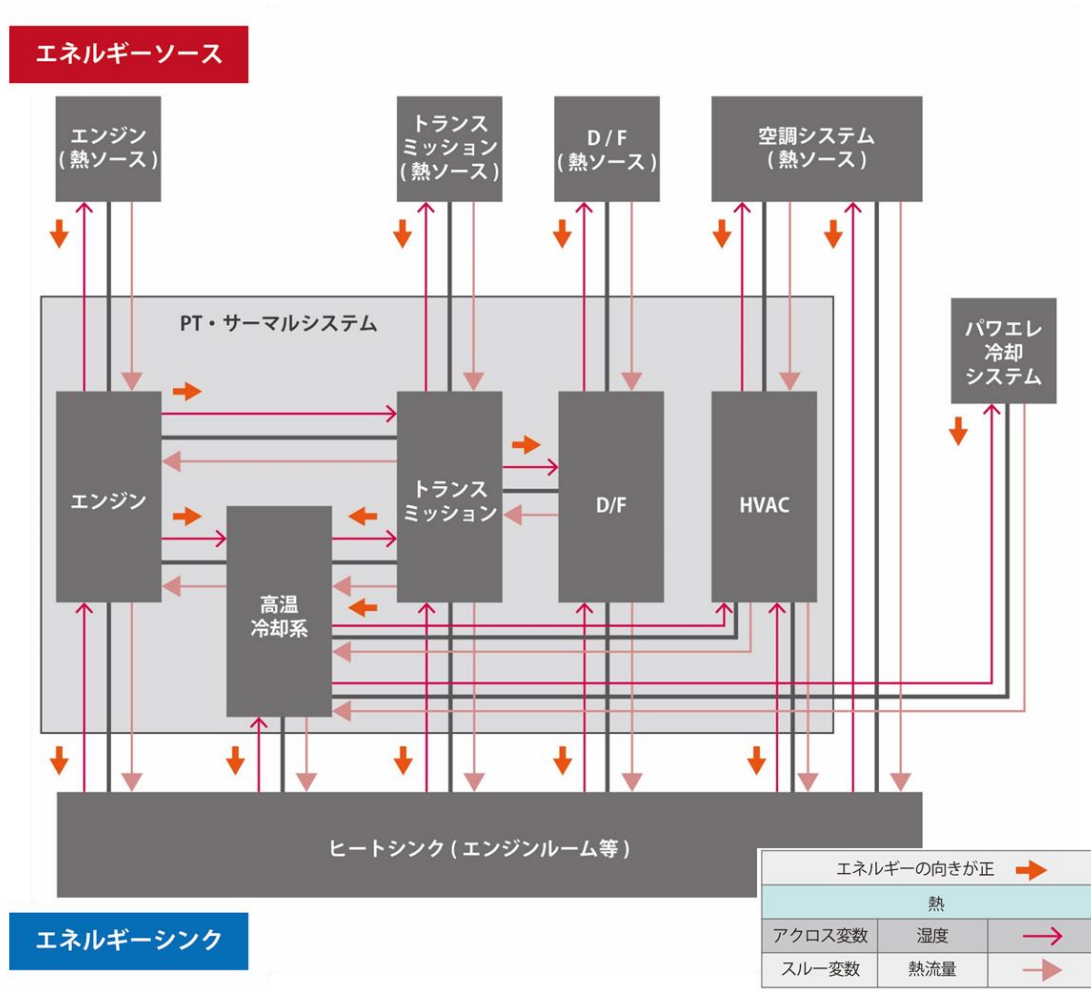


図 15 PT サーマルシステム内の入出力の事例

(2) 運動性能の事例について

自動車の運動性能を考える場合、車両の重心やステアリング、タイヤの特性等を考えることが必要で、操縦安定性能の評価として定常円旋回試験¹等を行うことがある。

今回は、定常円旋回試験を事例として、ガイドラインを提供した結果をエラー！参照元が見つかりません。に示す。

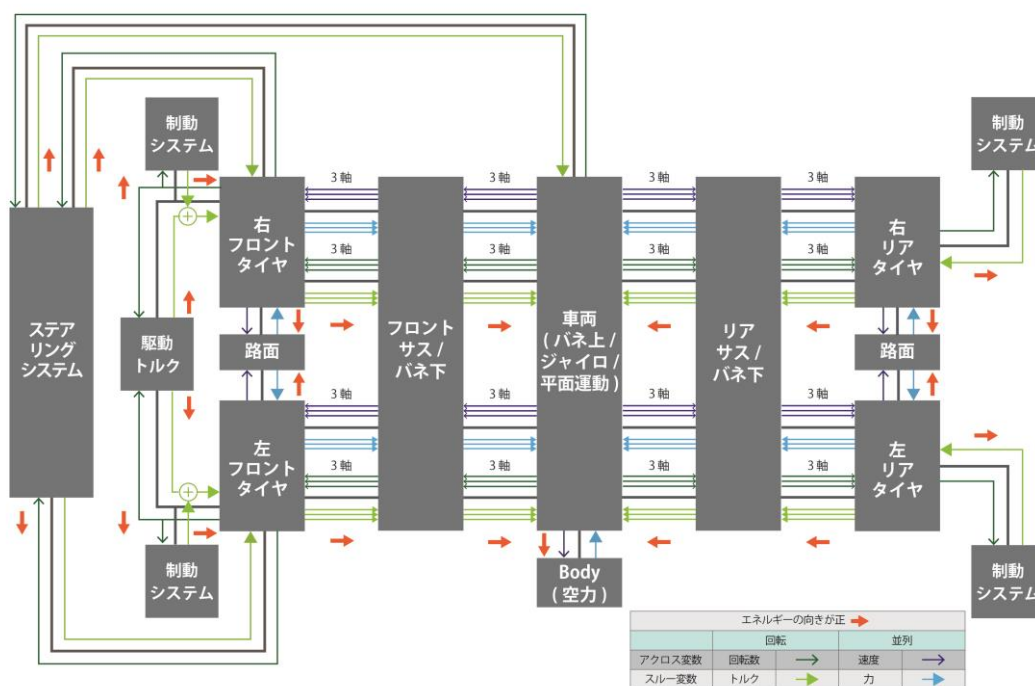


図 16 運動性能での入出力事例

¹ 定常円旋回については、JIS D 1070、または、ISO 4138 を参照

また、運動性能でのモデル流通の場合、アクロス量(速度や回転数)については、どの方向が正なのかの不整合が起こりやすい。下記に、モデル化プロセスにおける国際標準の座標系での事例を提示する。



①モデル作成

今回の事例の JIS D 1070 定常円旋回での事例を下記に示す。(ISO4138 の内容と同等)

A) 車両固定座標系

定常円旋回の運動では、『自動車固定座標系(intermediate axis system)で表現され、(JIS D 1070 より)』ISO 8855 で規定されている。並進方向の座標系として、前方 x 、左方 y 、上方 z 方向が正である。また、回転方向はそれぞれ、前方 x の右ねじ方向 ϕ R_o 、左方 y の右ねじ方向 θ 上方 z の右ネジ方向 ψ Yaw の方向を正とする。

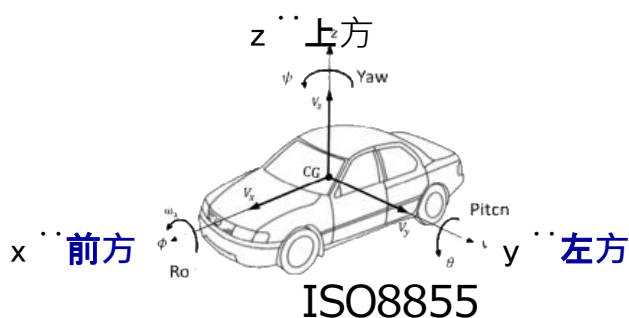


図 ISO8855 における座標系

B) 車両固定座標の原点

車両の原点について、試験内容によって異なるため、明確に規定しない。ただ、本定常円旋回試験法 JIS D 1070 では、原点も規定されているため、今回でのガイドラインの準拠モデルについての参考に本章では紹介する。『その原点は、自動車の縦中心面内の軸距離中央で、高さは空車重量状態の重心の高さに固定され、積載条件によって変化しないこととする。』とあり、本ガイドライン準拠モデルでは、それに準拠する。(JIS D 0102 (または、ISO612)を参照)

C) 絶対位置の座標系と原点について

自動車の移動位置について、絶対位置での座標の設定も必要である。座標系の向きの規定については、ISO8855の座標系を採用し、原点については、任意設定とする。

②パラメータ設定

A) 車両設計図面からのパラメータ算出時の車両標系について

モデル作成後、運動性能における車両の寸法パラメータを算出する場合、車両の設計図面を用いる場合がある。車両の寸法を規定する座標系は、JIS D 0030自動車の3次元座標方式（ISO 4131参照）で定められている。上記の運動時のISO8855の座標系と正の方向は異なる。

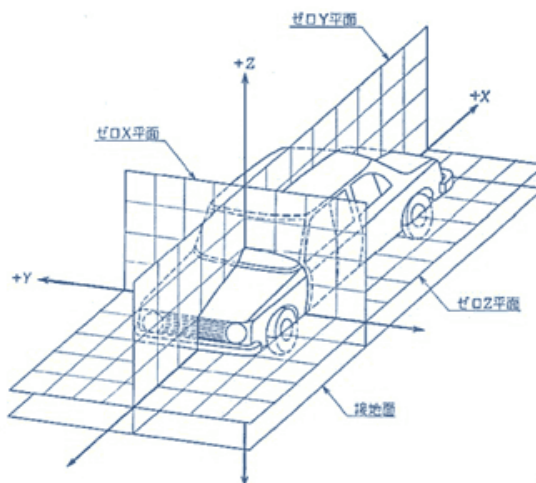


図 ISO4131 寸法設定時の座標系

ここでは、モデル作成と寸法からパラメータを算出する側、それぞれについては、規定がある。今後のモデル流通を考慮した場合、それぞれがうまく接合するプロセスを提示する。

③パラメータ設定座標系から運動モデル座標系へのプロセス

上記、①と②より、パラメータ設定時の座標系とモデルでの運動計算時の座標系が異なることがあるため、ここでは、パラメータ設定時の座標系とモデル作成時の座標系での座標軸が異なる場合は、軸変換を行って修正するプロセスを提唱する。

		A) パラメータ設定	B) パラメータ→モデル	C) 運動計算
①絶対座標系	原点			ユーザー設定
	軸の正方向			ISO8855
②車両固定座標系	原点	ユーザー設定	パラメータとモデルの座標軸が違う場合、自動変換 ISO4131 → ISO8855 $\begin{matrix} x & \text{後方} \\ y & \text{右方} \\ z & \text{上方} \end{matrix} \xrightarrow{\text{変換}} \begin{matrix} x & \text{前方} \\ y & \text{左方} \\ z & \text{上方} \end{matrix}$	ユーザー設定 (ただし、定常円旋回試験法では、原点は、自動車の縦中心面内の軸距離中央で、高さは空車重量状態の重心の高さに固定) ISO8855
	軸の正方向	ISO4131 or ISO8855 $\begin{matrix} x & \text{後方} \\ y & \text{右方} \\ z & \text{上方} \end{matrix}$ or $\begin{matrix} x & \text{前方} \\ y & \text{左方} \\ z & \text{上方} \end{matrix}$		$\begin{matrix} x & \text{前方} \\ y & \text{左方} \\ z & \text{上方} \end{matrix}$

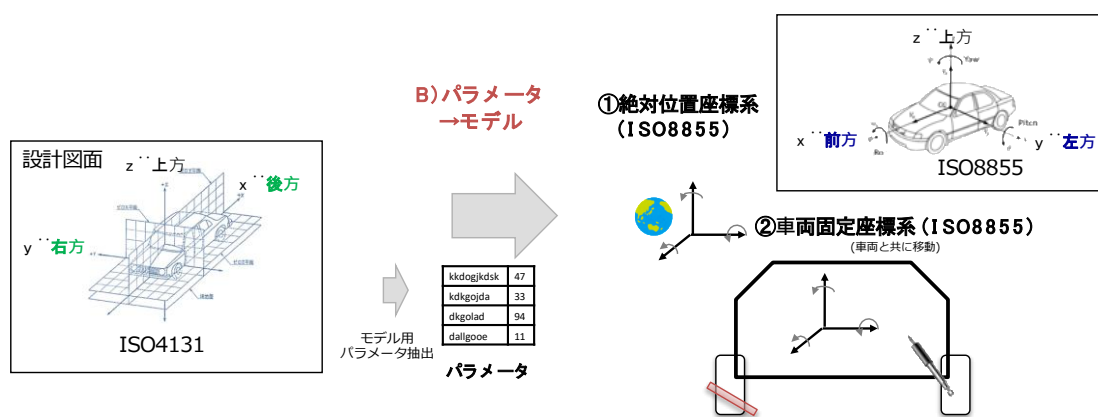


図 モデルへのパラメータ設定プロセス

車両固定座標系における軸変換は、原点の平行移動、座標系の回転変換によって実現が可能である。

④ サブシステム定義書における車両の座標系の明記について

運動性能などの座標系の軸の方向性が必要な場合において、サブシステム定義書の備考欄に前提にしている車両モデルの車両固定座標系を明記するようにコメントを入れることで、モデルがどのような座標系を前提にしたものかが分かり、パラメータの設定が容易になる。

(3) 車両振動の事例について

自動車の振動問題 (NVH) を考える場合、パワートレイン振動系 (こもり音など)、車両振動系等の性能がある。

今回は、乗心地を考えた低周波領域での車両振動系の事例として一定速での乗り心地を考えた車両振動系での低周波 (30Hz 以下) NVH を事例としてガイドラインを適用した結果をエラー! 参照元が見つかりません。に示す。

エラー! 参照元が見つかりません。のガイドラインの前提は、定常速度で走った場合で、前輪・後輪とも左右輪同じ路面からの路面入力的前提での乗り心地の検証を想定している。

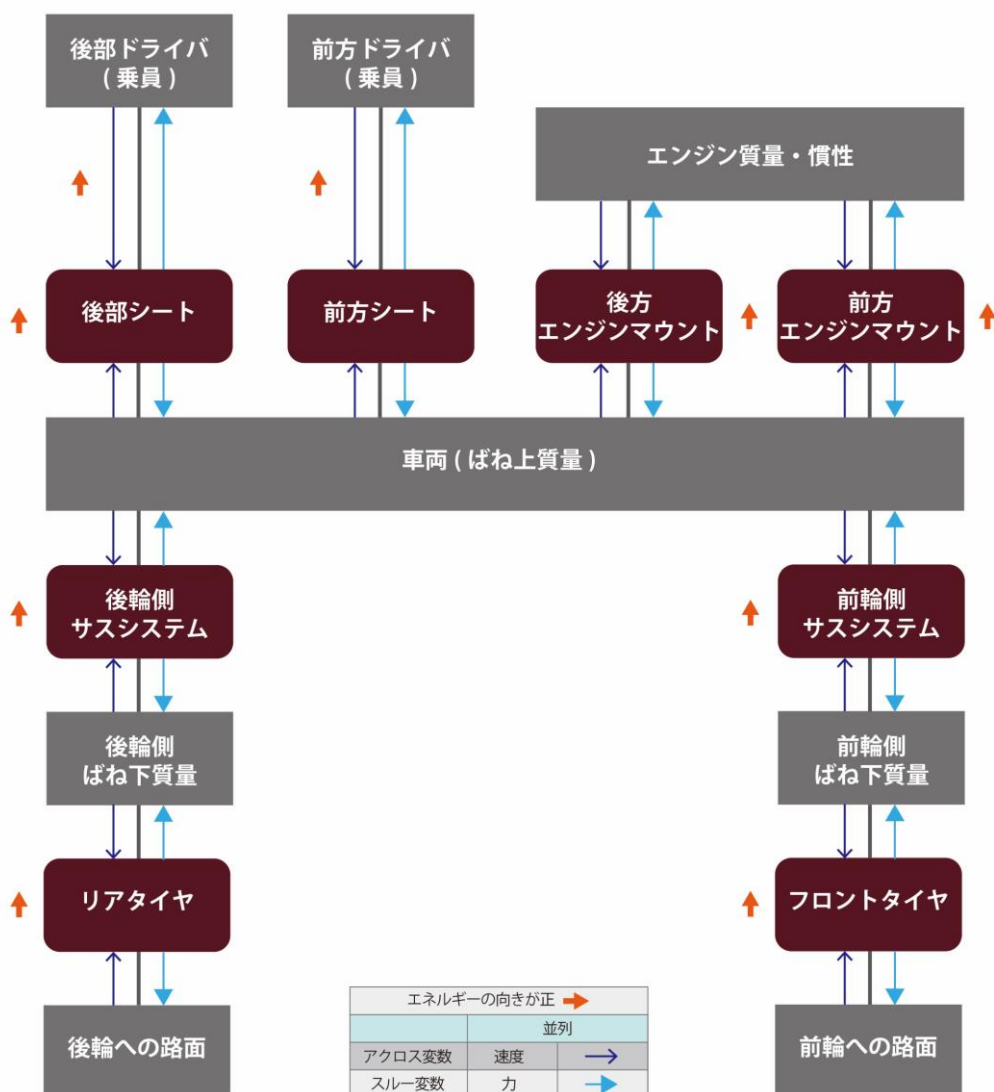


図 17 乗心地での車両振動系での NVH ガイドライン事例

(4) 電気自動車での事例について

電気自動車での冷暖房時の航続距離や外部充電器からの充電時の温度管理での検討での事例としてのガイドラインを下記図 18 に記す。

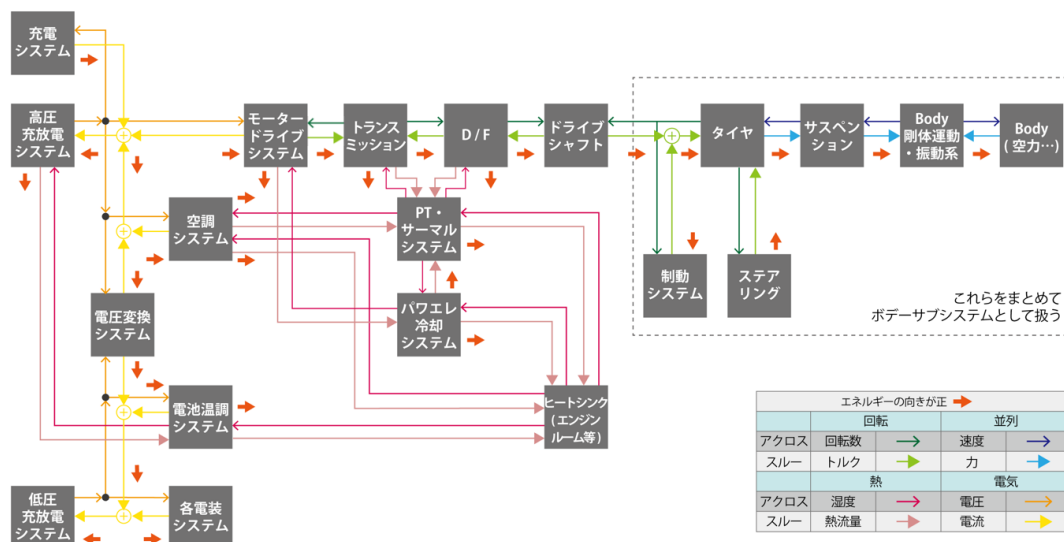


図 18 電気自動車での航続距離検討やガイドライン事例

また、上記の事例から熱領域を抜き出したものを下記図 19 に記す。

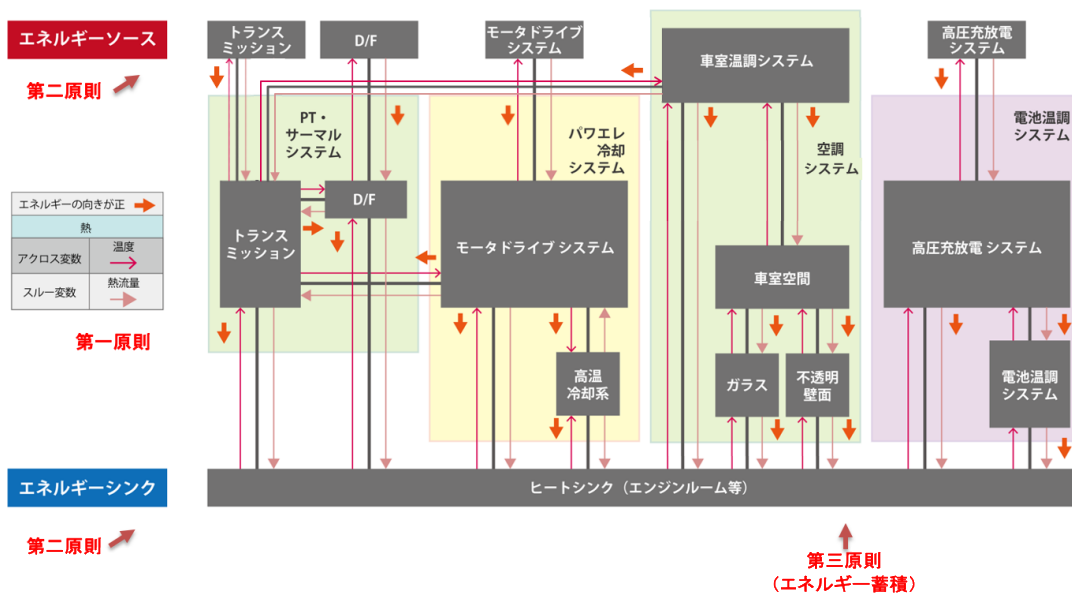


図 19 各サーマルシステム内のガイドライン事例

第3章 自動車事例におけるサブシステム I/F(インターフェース)定義書

1. サブシステム I/F 定義書の活用

モデルの流通を行うときには、サブシステム I/F 定義書を用いて、I/F を確認する。

この定義書を使い、モデル流通時に制御モデルなど I/F やモニターなどを記載する I/F 定義書として活用できる。

2. サブシステム I/F 定義書フォーマット説明

サブシステム I/F 定義書の内容を図 20 に記す。

	サブシステム I/F 定義書	サブシステム名 = エンジン																				
サブシステム名	モデル機能概要																					
I/Fと機能を記載																						
	○機能概要 ①回転系の機能 エンジン軸トルクの算出 ②熱 エンジン熱流量算出 ③その他 燃料消費率・消費量の算出																					
	機能概要を記載																					
	入力																					
プラントモデル 入力I/F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="4">プラントモデル I/F</th></tr> <tr><th>名称</th><th>単位</th><th>極性向き</th><th>説明</th></tr> <tr><td>回転数ω</td><td>rad/s</td><td>—</td><td>エンジン回転数</td></tr> <tr><td>温度T</td><td>K</td><td>—</td><td>エンジン冷却水温度</td></tr> </table>		プラントモデル I/F				名称	単位	極性向き	説明	回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数	温度 T	K	—	エンジン冷却水温度				
プラントモデル I/F																						
名称	単位	極性向き	説明																			
回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数																			
温度 T	K	—	エンジン冷却水温度																			
制御入力I/F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="4">制御モデル I/F</th></tr> <tr><th>名称</th><th>単位</th><th>範囲</th><th>説明</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>		制御モデル I/F				名称	単位	範囲	説明												
制御モデル I/F																						
名称	単位	範囲	説明																			
プラントモデル 出力I/F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="4">出力</th></tr> <tr><th colspan="4">プラントモデル I/F</th></tr> <tr><th>名称</th><th>単位</th><th>極性向き</th><th>説明</th></tr> <tr><td>トルクT</td><td>Nm</td><td>出力側が正</td><td>エンジン軸トルク</td></tr> <tr><td>熱流量ϕ</td><td>W</td><td>出力側が正</td><td>エンジン冷却水熱流量</td></tr> </table>		出力				プラントモデル I/F				名称	単位	極性向き	説明	トルク T	Nm	出力側が正	エンジン軸トルク	熱流量 ϕ	W	出力側が正	エンジン冷却水熱流量
出力																						
プラントモデル I/F																						
名称	単位	極性向き	説明																			
トルク T	Nm	出力側が正	エンジン軸トルク																			
熱流量 ϕ	W	出力側が正	エンジン冷却水熱流量																			
制御出力I/F	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="4">制御モデル I/F</th></tr> <tr><th>名称</th><th>単位</th><th>範囲</th><th>説明</th></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table>		制御モデル I/F				名称	単位	範囲	説明												
制御モデル I/F																						
名称	単位	範囲	説明																			
エネルギーの向き	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="4">エネルギーの向き</th></tr> <tr><th colspan="4">エネルギー正の向き</th></tr> <tr><th>名称</th><th>出力</th><th>説明</th><th> </th></tr> <tr><td>回転E</td><td>出力</td><td>エンジン回転</td><td> </td></tr> <tr><td>熱E</td><td>出力</td><td>エンジン冷却水</td><td> </td></tr> </table>		エネルギーの向き				エネルギー正の向き				名称	出力	説明		回転E	出力	エンジン回転		熱E	出力	エンジン冷却水	
エネルギーの向き																						
エネルギー正の向き																						
名称	出力	説明																				
回転E	出力	エンジン回転																				
熱E	出力	エンジン冷却水																				
履歴	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th colspan="5">備考</th></tr> <tr><td colspan="5">*MTの場合、エンジン-TM間のフライホイールを取り込んでも良い。</td></tr> </table>		備考					*MTの場合、エンジン-TM間のフライホイールを取り込んでも良い。														
備考																						
*MTの場合、エンジン-TM間のフライホイールを取り込んでも良い。																						
	備考欄 ガイドラインの原則と違う場合、理由と内容を明記																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr><th>ver</th><th>内容</th><th>会社名</th><th>作成者</th><th>日付</th></tr> <tr><td>01</td><td>初版</td><td>AZAPA</td><td>市原純一</td><td>2017/3/15</td></tr> </table>		ver	内容	会社名	作成者	日付	01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15										
ver	内容	会社名	作成者	日付																		
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15																		

図 20 サブシステム I/F 定義書事例

下記に、初版版のサブシステム I/F 定義書の事例を記す。

3. サブシステム定義書事例(燃費の事例)

(1) エンジンモデル (機械系動力源モデル)

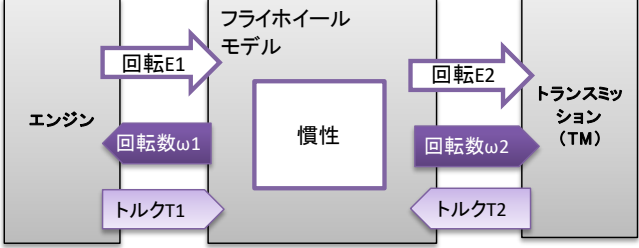
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = エンジン
--------------	----------------

モデル機能概要			
			<p>○機能概要</p> <p>①回転系の機能 エンジン軸トルクの算出</p> <p>②熱 エンジン熱流量算出</p> <p>③その他 燃料消費率・消費量の算出</p>
入力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数
温度T	K	—	エンジン冷却水温度
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
出力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	エンジン軸トルク
熱流量 Φ	W	出力側が正	エンジン冷却水熱流量
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転E	出力		エンジン回転
熱E	出力		エンジン冷却水
備考			
・MTの場合、エンジン—TM間のフライホイールを取り込んでも良い。			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(2) フライホイールモデル

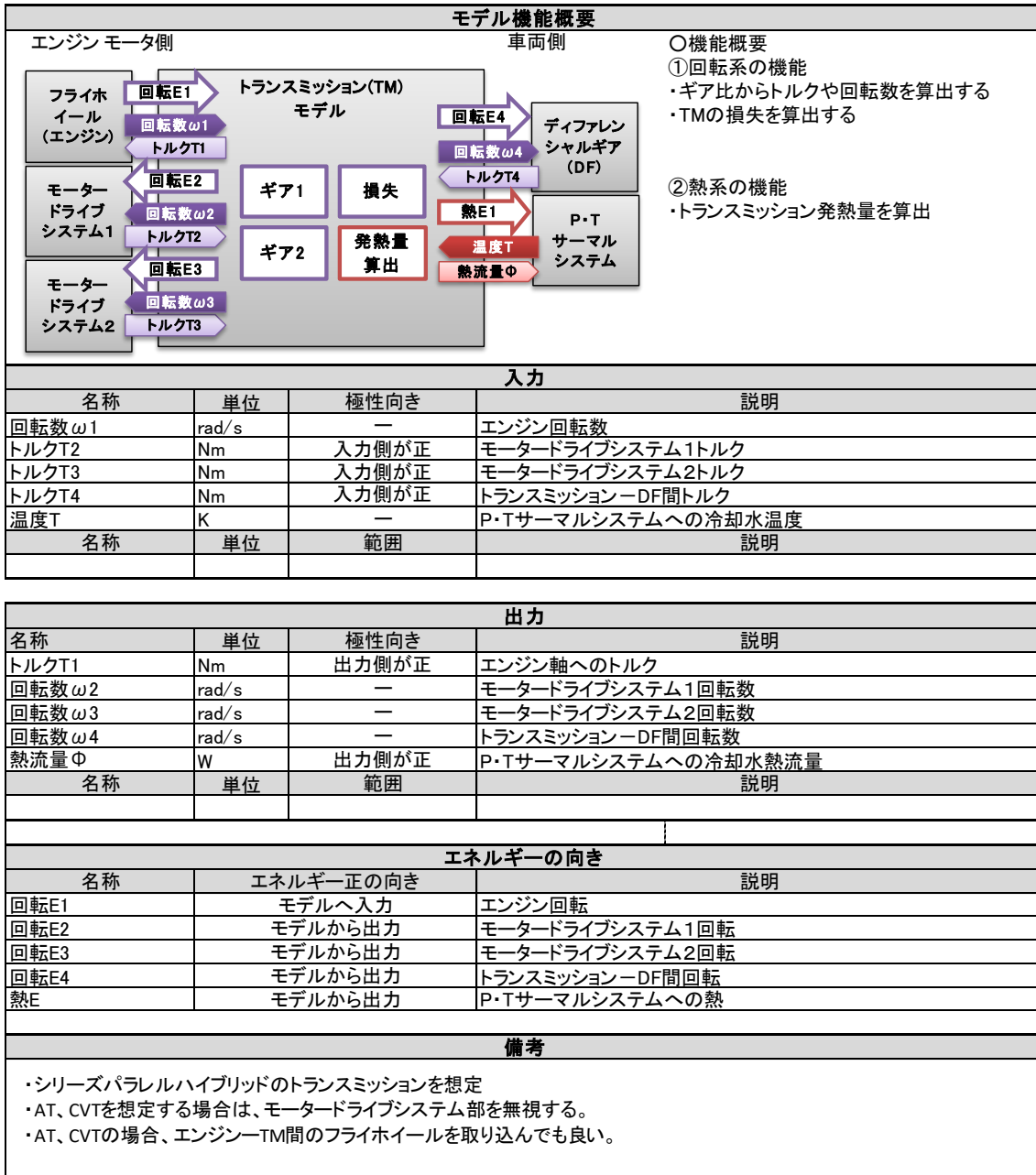
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = フライホイール
--------------	-------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①回転の機能 慣性項の算出
入力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	入力側が正	エンジン軸トルク
トルクT2	Nm	入力側が正	トランスミッション側からのエンジントルク
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω_1	rad/s	—	エンジン回転数
回転数 ω_2	rad/s	—	エンジン回転数
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転E1	入力		エンジンからのエネルギー
回転E2	出力		TMへのエネルギー
備考			
<ul style="list-style-type: none"> ・MTの場合、フライホイールをエンジンへ取り込んでも良い。 ・AT、CVTの場合、フライホイールをTMへ取り込んでも良い。 			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(3) トランスミッションモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = トランスミッション
--------------	---------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω_1	rad/s	—	エンジン回転数
トルクT2	Nm	入力側が正	モータードライブシステム1トルク
トルクT3	Nm	入力側が正	モータードライブシステム2トルク
トルクT4	Nm	入力側が正	トランスミッション-DF間トルク
温度T	K	—	P・Tサーマルシステムへの冷却水温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	出力側が正	エンジン軸へのトルク
回転数 ω_2	rad/s	—	モータードライブシステム1回転数
回転数 ω_3	rad/s	—	モータードライブシステム2回転数
回転数 ω_4	rad/s	—	トランスミッション-DF間回転数
熱流量 Φ	W	出力側が正	P・Tサーマルシステムへの冷却水熱流量
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
回転E1	モデルへ入力	エンジン回転
回転E2	モデルから出力	モータードライブシステム1回転
回転E3	モデルから出力	モータードライブシステム2回転
回転E4	モデルから出力	トランスミッション-DF間回転
熱E	モデルから出力	P・Tサーマルシステムへの熱

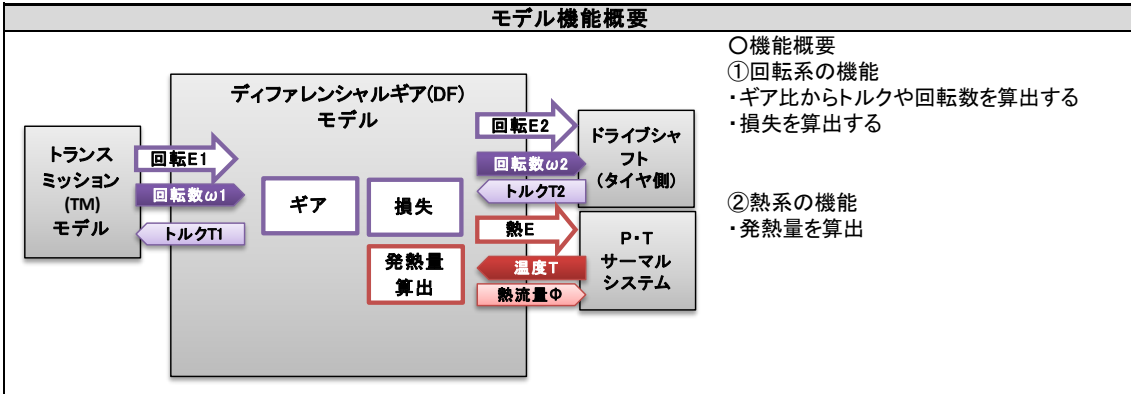
備考

- ・シリーズパラレルハイブリッドのトランスミッションを想定
- ・AT、CVTを想定する場合は、モータードライブシステム部を無視する。
- ・AT、CVTの場合、エンジン-TM間のフライホイールを取り込んでも良い。

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(4) ディファレンシャルギアモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = ディファレンシャルギア
--------------	-----------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 $\omega 1$	rad/s	—	TM-DF間 回転数
トルク $T 2$	Nm	入力側が正	タイヤ側へのトルク
温度 T	K	—	P-Tサーマルシステムへの冷却水温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルク $T 1$	Nm	出力側が正	TM側のトルク
回転数 $\omega 2$	rad/s	—	DF-タイヤ間 回転数
熱流量 Φ	W	出力側が正	P-Tサーマルシステムへの冷却水熱流量
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転 $E 1$	モデルへ入力		TM側の回転
回転 $E 2$	モデルから出力		タイヤ側への1回転
熱 E	モデルから出力		P-Tサーマルシステムへの熱

備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(5) ドライブシャフトモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = ドライブシャフト
--------------	--------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①回転の機能 バネ・ダンパ項の算出
入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 $\omega 1$	rad/s	—	ドライブシャフト回転数
回転数 $\omega 2$	rad/s	—	ドライブシャフト回転数
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	出力側が正	ディファレンシャル側トルク
トルクT2	Nm	出力側が正	タイヤ側トルク
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転E1	入力		ディファレンシャル側エネルギー
回転E2	出力		タイヤ側ディファレンシャル側エネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(6) 制動システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 制動システム
--------------	------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①回転系の機能 ・制動トルク算出
入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	タイヤ回転数
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	TM側のトルク
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
回転E	モデルへ入力	制動システムエネルギー	
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(7) タイヤモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = タイヤ
--------------	---------------

モデル機能概要

○機能概要
慣性算出
回転-並進変換
損失の算出

入力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	入力側が正	タイヤトルク
速度v	m/s	-	タイヤ並進速度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数ω	rad/s	-	タイヤ回転数
力F	N	出力側が正	タイヤ駆動力
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
回転E	入力	ドライブシャフト側からのエネルギー
並進E	出力	車両側へのエネルギー

備考

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(8) サスペンションモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = サスペンション
--------------	-------------------

モデル機能概要			
<p>The diagram shows a central box labeled 'サスペンションモデル' (Suspension Model) containing 'バネ' (Spring), 'ダンパ' (Damper), and '慣性' (Inertia). To its left is a box labeled 'タイヤ' (Tire) and to its right is a box labeled '剛体運動' (Rigid Body Motion). Arrows indicate the following interactions: <ul style="list-style-type: none"> From Tire to Suspension: 回転E1 (Rotation E1) and 速度v1 (Velocity v1). From Suspension to Tire: カF1 (Force F1). From Suspension to Rigid Body: 回転E2 (Rotation E2) and 速度v2 (Velocity v2). From Rigid Body to Suspension: カF2 (Force F2). </p>			<p>○機能概要 バネ・ダンパ・慣性項の算出</p>
入力			
名称	単位	極性向き	説明
カF1	N	入力側が正	タイヤからの力
速度v2	m/s	-	車両速度
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	-	サスペンションの並進速度
カF2	N	出力側が正	車両からの力
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
並進E1	入力		タイヤからのエネルギー
並進E2	出力		剛体運動へのエネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(9) Body 剛体運動・駆動系モデル

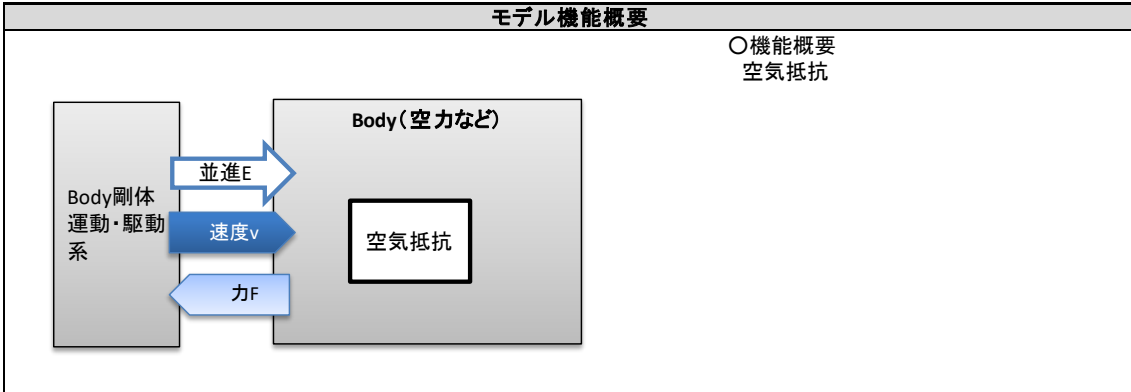
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = Body剛体運動・駆動系
--------------	------------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 慣性算出
入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	入力側が正	サスペンションからの力
力F2	N	入力側が正	Body損失
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	-	車両速度
速度v2	m/s	-	車両速度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
並進E1	入力		サスペンションからのエネルギー
並進E2	出力		Bodyへのエネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(10) Body（空気抵抗など）モデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = Body
--------------	----------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v	m/s	—	車両速度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
力F	N	出力側が正	Body損失
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
並進E2	入力	Bodyへのエネルギー

備考				

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(11) オルタネータモデル

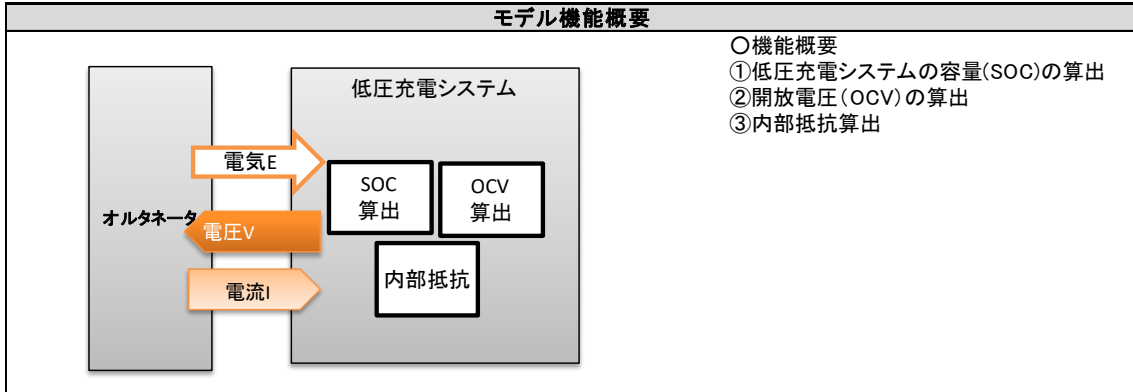
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = オルタネータ
--------------	------------------

モデル機能概要			
			<p>○機能概要</p> <p>①発電効率の算出</p> <p>②最大電流算出</p> <p>③プーリー比変換</p> <p>④慣性</p>
入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数
電圧V	V	—	オルタネータ電圧
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	エンジン軸オルタネータトルク
電流I	A	出力側が正	オルタネータ発電電流
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転E	入力		エンジンからのエネルギー
電気E	出力		オルタネータからのエネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(12) 低圧充電システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 低圧充電システム
--------------	--------------------



入力

名称	単位	極性向き	説明
電流I	A	入力側が正	低圧充電システム電流(充電側が正)
名称	単位	範囲	説明

出力

名称	単位	極性向き	説明
電圧V	V	—	低圧充電システム電圧
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
電気E	入力	低圧充電システムへのエネルギー

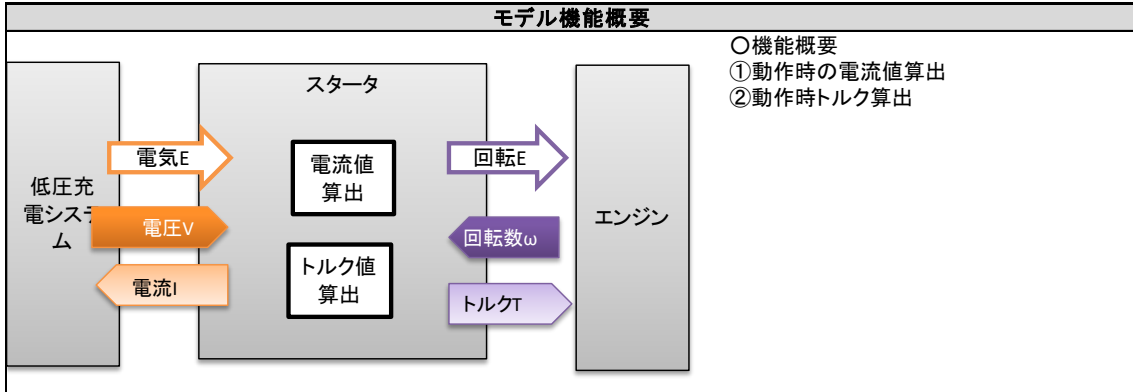
備考

備考				
----	--	--	--	--

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(13) スタータモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = スタータ
--------------	----------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
電圧V	V	—	低圧充電システム電圧
回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
電流I	A	出力側が正	スタータ電流値
トルクT	Nm	出力側が正	スタータトルク
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
電気E	入力	スタータ電気のエネルギー
回転E	出力	スタータ駆動のエネルギー

備考	

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(14) 各電装システムモデル

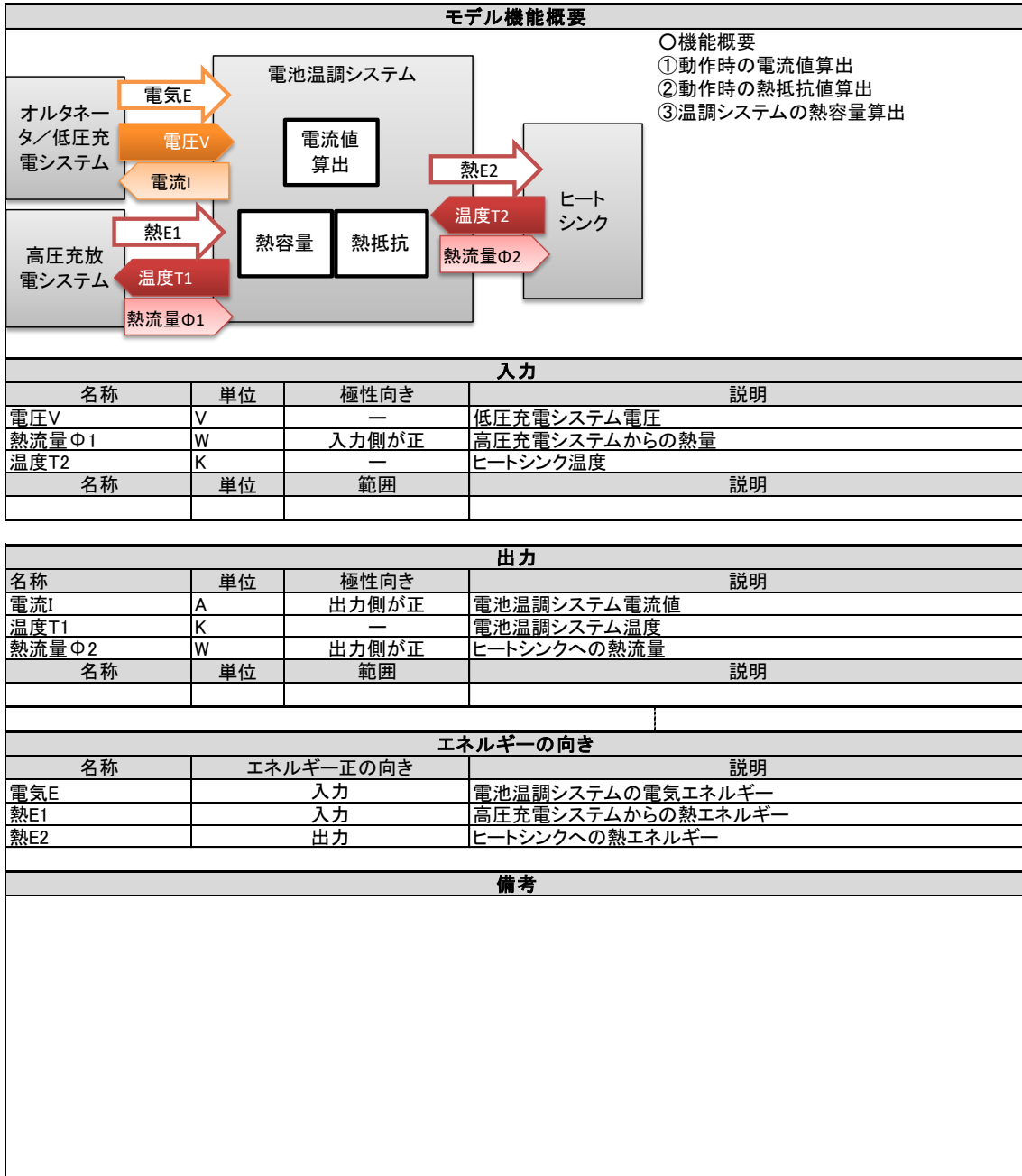
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 各電装システム
--------------	-------------------

モデル機能概要			
		○機能概要 ①動作時の電流値算出	
入力			
名称	単位	極性向き	説明
電圧V	V	—	低圧充電システム電圧
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
電流I	A	出力側が正	各電装システム電流値
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
電気E	入力		各電装システムのエネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(15) 電池温調システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 電池温調システム
--------------	--------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
電圧V	V	—	低圧充電システム電圧
熱流量Φ1	W	入力側が正	高圧充電システムからの熱量
温度T2	K	—	ヒートシンク温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
電流I	A	出力側が正	電池温調システム電流値
温度T1	K	—	電池温調システム温度
熱流量Φ2	W	出力側が正	ヒートシンクへの熱流量
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
電気E	入力	電池温調システムの電気エネルギー
熱E1	入力	高圧充電システムからの熱エネルギー
熱E2	出力	ヒートシンクへの熱エネルギー

備考				

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(16) 電圧変換システムモデル

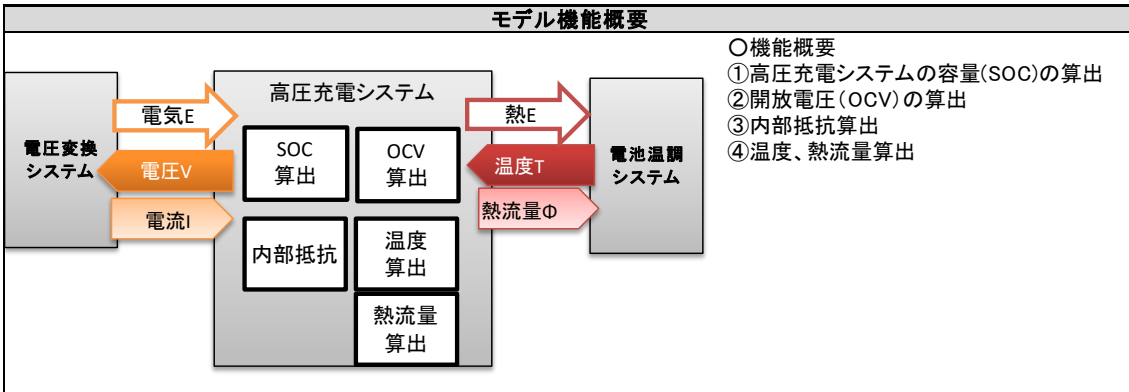
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 電圧変換システム
--------------	--------------------

モデル機能概要			
			<p>○機能概要 ①電圧変換機能 ②電流値算出(高圧側、低圧側)</p>
入力			
名称	単位	極性向き	説明
電圧V1	V	—	高圧充電システム電圧
電圧V2	V	—	低圧充電システム電圧
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
電流I1	A	出力側が正	高圧充電システム電流値
電流I2	A	出力側が正	低圧充電システム電流値
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
電気E1	入力		高圧充電システムの電気エネルギー
電気E2	出力		低圧充電システムの電気エネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(17) 高圧充電システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 高圧充電システム
--------------	--------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
電流I	A	入力側が正	高圧充電システム電流(充電側が正)
温度T	K	—	温調システム温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
電圧V	V	—	高圧充電システム電圧
熱流量	W	出力側が正	高圧充電システム熱流量
名称	単位	範囲	説明

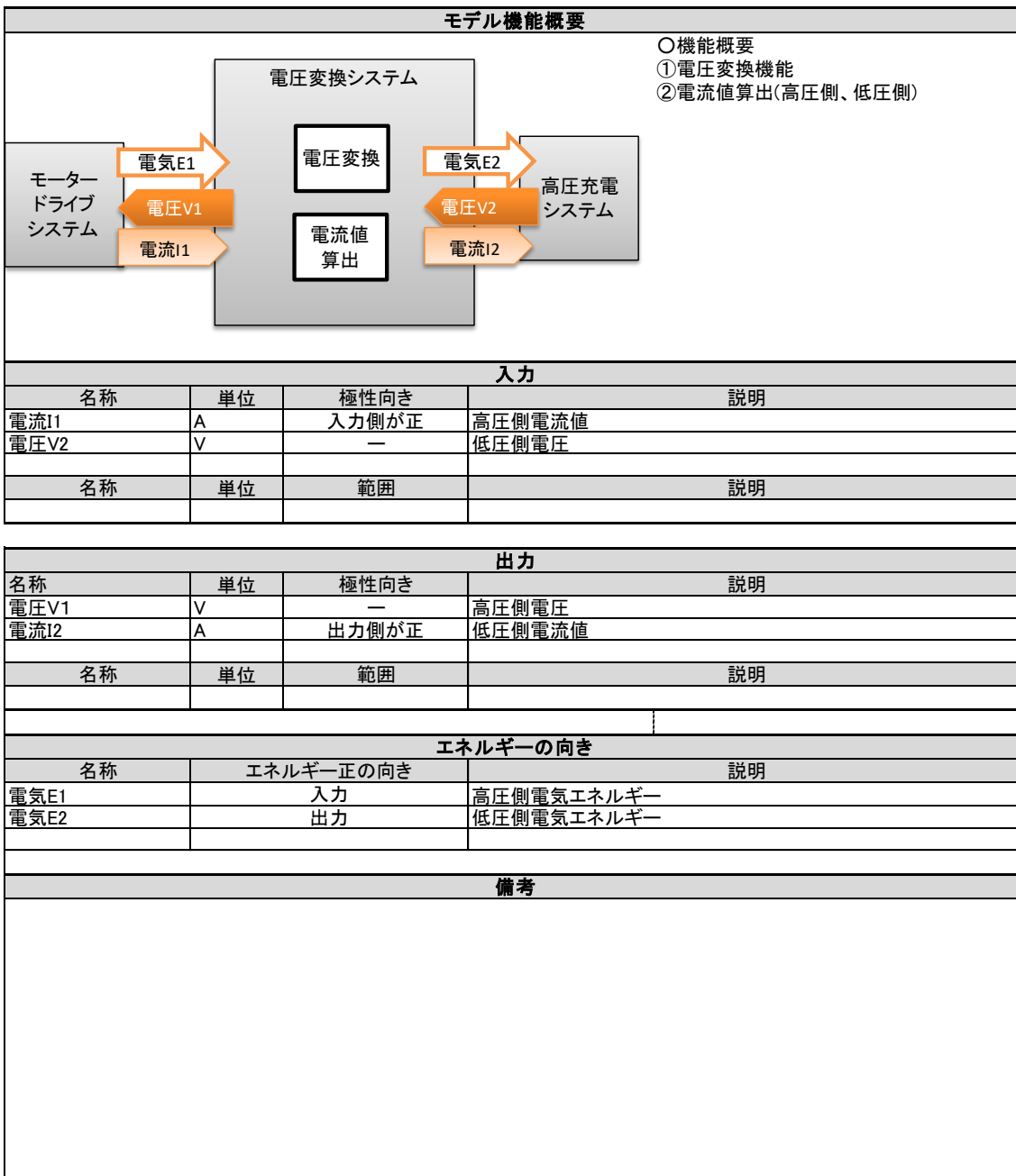
エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
電気E	入力	高圧充電システムの電気エネルギー
熱E	出力	高圧充電システムの熱エネルギー

備考	

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(18) 電圧変換システム(昇圧)モデル

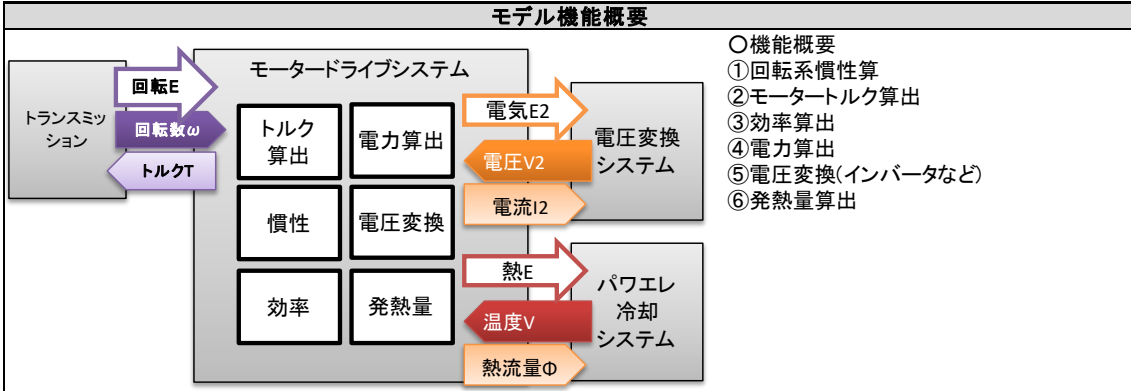
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 電圧変換システム(昇圧)
--------------	------------------------



ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(19) モータードライブシステムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = モータードライブシステム
--------------	------------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	モータードライブシステム回転数
電圧V	V	—	モータードライブシステム入力電圧
温度T	K	—	冷却水温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	モータードライブシステムトルク(力行側が正)
電流I	A	出力側が正	モータードライブシステム入力電流(発電側が正)
熱流量 Φ	W	出力側が正	冷却水への熱流量(発熱側が正)
名称	単位	範囲	説明

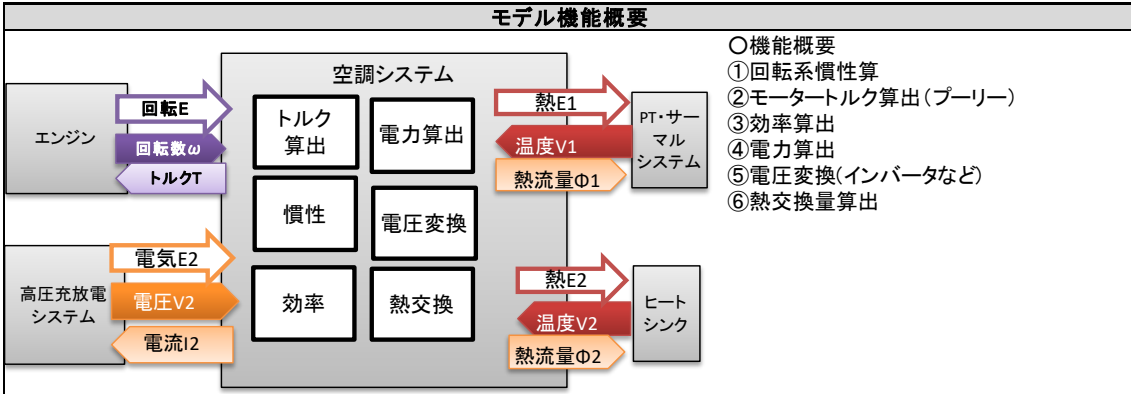
エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
回転E	入力	モータードライブシステム回転エネルギー
電気E	出力	モータードライブシステム電気エネルギー
熱E	出力	モータードライブシステム熱エネルギー

備考				

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(20) 空調システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 空調システム
--------------	------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	エンジン回転数
電圧V	V	—	高圧充放電システム電圧
温度T1	K	—	冷却水温度
温度T2	K	—	ヒートシンク温度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	出力側が正	エンジンへの空調システムトルク(回される方が負)
電流I	A	出力側が正	空調システム必要電流量(消費は負)
熱流量 $\Phi 1$	W	出力側が正	冷却水への熱流量(放熱が正)
熱流量 $\Phi 2$	W	出力側が正	ヒートシンクへの熱流量(放熱が正)
名称	単位	範囲	説明

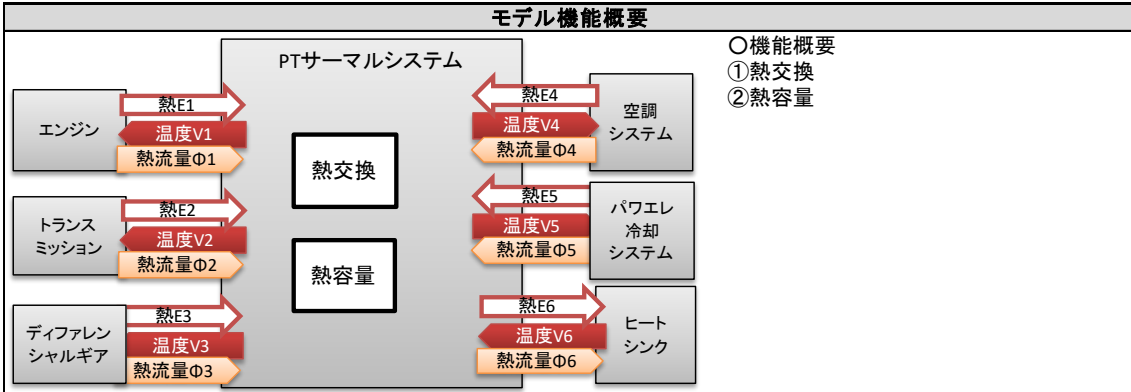
エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
回転E	入力	空調システム回転エネルギー
電気E	入力	空調システム電気エネルギー
熱E1	出力	空調システムPTへの熱エネルギー
熱E2	出力	空調システムヒートシンクへの熱エネルギー

備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(21) PT サーマルシステムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = PTサーマルシステム
--------------	----------------------



入力

名称	単位	極性向き	説明
熱流量 Φ1	W	入力側が正	エンジンからの熱流量
熱流量 Φ2	W	入力側が正	トランスミッションからの熱流量
熱流量 Φ3	W	入力側が正	ディファレンシャルギアからの熱流量
熱流量 Φ4	W	入力側が正	空調システムからの熱流量
熱流量 Φ5	W	入力側が正	パワエレ冷却システムからの熱流量
温度 T6	K	—	ヒートシンク温度
名称	単位	範囲	説明

出力

名称	単位	極性向き	説明
温度 T1	K	—	PT・サーマルシステム温度
温度 T2	K	—	PT・サーマルシステム温度
温度 T3	K	—	PT・サーマルシステム温度
温度 T4	K	—	PT・サーマルシステム温度
温度 T5	K	—	PT・サーマルシステム温度
熱流量 Φ6	W	出力側が正	ヒートシンクへの熱流量(放熱が正)
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
熱E1	入力	エンジンからのエネルギー
熱E2	入力	トランスミッションからのエネルギー
熱E3	入力	ディファレンシャルギアからのエネルギー
熱E4	入力	空調システムからのエネルギー
熱E5	入力	パワエレ冷却システムからのエネルギー
熱E6	出力	ヒートシンクへの熱エネルギー

備考

--

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(22) パワエレ冷却システムモデル

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = パワエレ冷却システム
--------------	----------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①熱交換 ②熱容量
入力			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	入力側が正	モータードライブシステム1からの熱流量
熱流量Φ2	W	入力側が正	モータードライブシステム2からの熱流量
温度T3	K	—	PT・サーマルシステム温度
温度T4	K	—	ヒートシンク温度
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	—	パワエレ冷却システム温度
温度T2	K	—	パワエレ冷却システム温度
熱流量Φ3	W	出力側が正	PT・サーマルシステムへの熱流量(放熱が正)
熱流量Φ4	W	出力側が正	ヒートシンクへの熱流量(放熱が正)
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
熱E1	入力		モータードライブシステム1からのエネルギー
熱E2	入力		モータードライブシステム2からのエネルギー
熱E3	出力		PT・サーマルシステムへのエネルギー
熱E4	出力		ヒートシンクへの熱エネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(23) ヒートシンクモデル

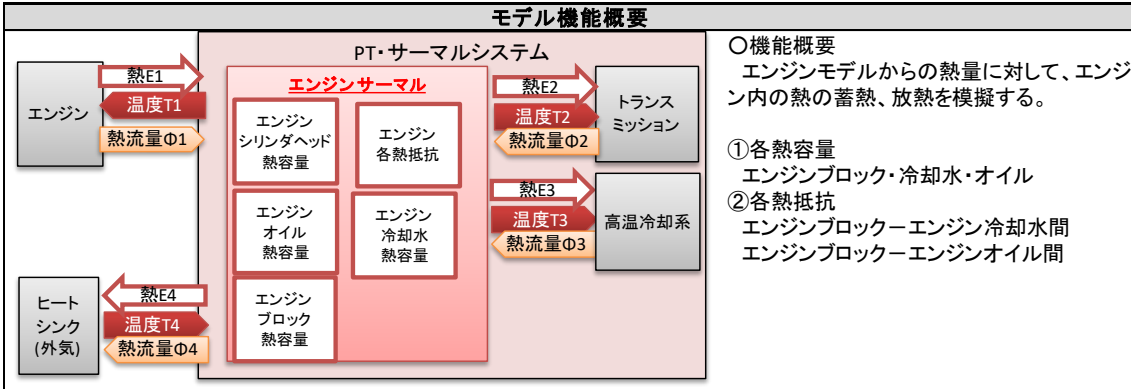
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = ヒートシンク
--------------	------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①熱交換 ②熱容量
入力			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	入力側が正	PT・サーマルシステムからの熱流量(受熱が正)
熱流量Φ2	W	入力側が正	パワエレ冷却システムからの熱流量(受熱が正)
熱流量Φ3	W	入力側が正	空調システムからの熱流量(受熱が正)
熱流量Φ4	W	入力側が正	電池温調システムからの熱流量(受熱が正)
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	—	ヒートシンク温度
温度T2	K	—	ヒートシンク温度
温度T3	K	—	ヒートシンク温度
温度T4	K	—	ヒートシンク温度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
熱E1	入力		PT・サーマルシステムからのエネルギー
熱E2	入力		パワエレ冷却システムからのエネルギー
熱E3	入力		空調システムからのエネルギー
熱E4	入力		電池温調システムからのエネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2017/3/15

(24) エンジンモデル (PT・サーマル)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= エンジン(PT・サーマル)
--------------	------------------------



入力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	エネルギー流入が正	エンジン熱源からエンジンサーマル側への熱流量
熱流量Φ2	W	エネルギー流入が正	エンジンサーマルからトランスミッションへの熱流量
熱流量Φ3	W	エネルギー流入が正	エンジンサーマルから高温冷却系への熱流量
温度T4	K	—	エンジンブロック温度

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

出力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	—	エンジンシリンダヘッド温度
温度T2	K	—	エンジンサーマルからトランスミッションへの温度
温度T3	K	—	エンジン冷却水温度
熱流量Φ4	W	エネルギー流出が正	エンジンブロックからヒートシンクへの熱流量

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
熱E1	入力	エンジン熱源からのエネルギー
熱E2	出力	エンジンサーマルからトランスミッションへの熱エネルギー
熱E3	出力	エンジンサーマルから高温冷却系への熱エネルギー
熱E4	出力	エンジンサーマルからヒートシンクへの熱エネルギー

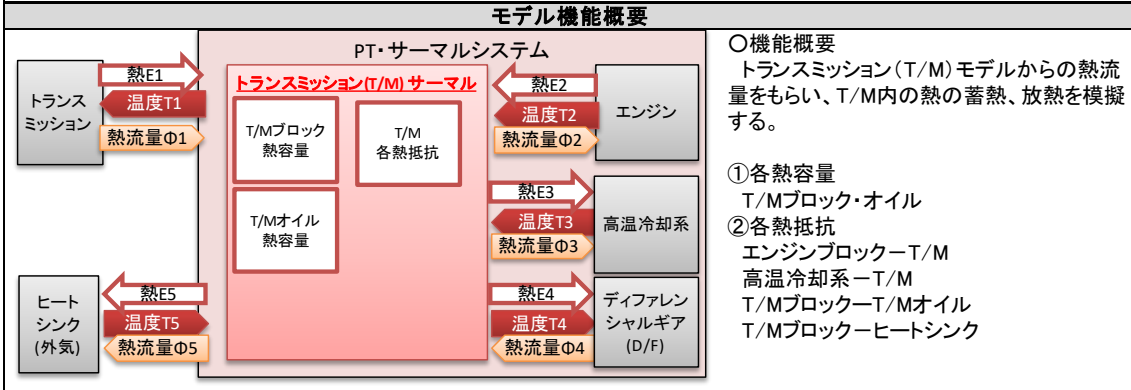
備考

ヒートシンク(外気)へのエネルギーのI/Fは、一つとしているが、検証内容に合わせて、複数持たせることがある。

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8
02	誤記修正	AZAPA	市原純一	2019/11/13

(25) トランスミッションモデル (PT・サーマル)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = トランスミッション(PT・サーマル)
--------------	------------------------------



入力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	エネルギー流入が正	T/M熱源からT/Mサーマルへの熱流量
温度T2	K	-	エンジンサーマルからT/Mサーマルへの温度
温度T3	K	-	高温冷却系からT/Mサーマルへの温度
熱流量Φ4	W	エネルギー流入が正	T/MサーマルからD/Fサーマルへの熱流量
温度T5	K	-	ヒートシンク温度

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

出力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	-	T/Mオイル温度
熱流量Φ2	W	エネルギー流出が正	エンジンサーマルからT/Mサーマルへの熱流量
熱流量Φ3	W	エネルギー流出が正	高温冷却系からT/Mサーマルへの熱流量
温度T4	K	-	T/Mブロック温度
熱流量Φ5	W	エネルギー流出が正	ヒートシンクへの熱流量

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
熱E1	入力	T/M熱源からT/Mサーマルへの熱エネルギー
熱E2	入力	エンジンサーマルからT/Mサーマルへの熱エネルギー
熱E3	出力	高温冷却系からT/Mサーマルへの熱エネルギー
熱E4	出力	T/MサーマルからD/Fサーマルへの熱エネルギー
熱E5	出力	ヒートシンクへの熱エネルギー

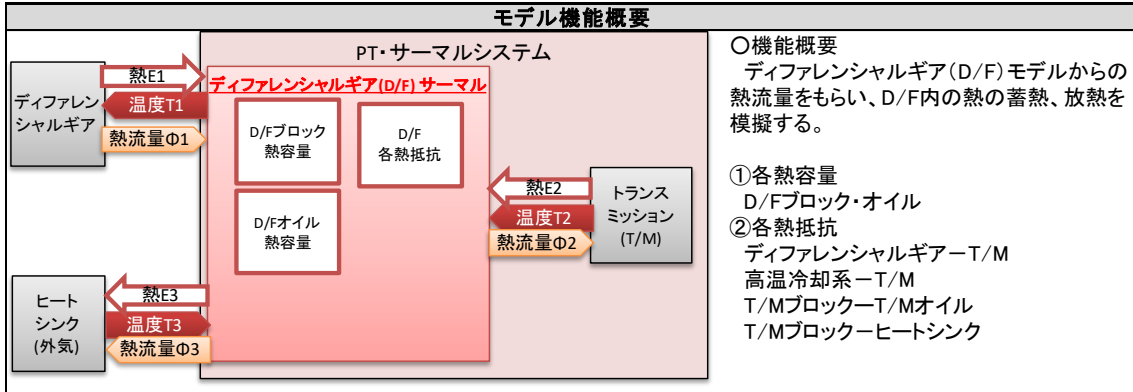
備考

ヒートシンク(外気)へのエネルギーのI/Fは、一つとしているが、検証内容に合わせて、複数持たせることがある。

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8
02	誤記修正	AZAPA	市原純一	2019/11/13

(26) ディファレンシャルギアモデル (PT・サーマル)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= ディファレンシャルギア(PT・サーマル)
--------------	-------------------------------



入力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	エネルギー流入が正	D/F熱源からD/Fサーマルへの熱流量
温度T2	K	—	D/Fブロック温度
温度T3	K	—	ヒートシンク温度

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

出力

プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	—	D/Fオイル温度
熱流量Φ2	W	エネルギー流出が正	D/FサーマルからT/Mサーマルへの熱流量
熱流量Φ3	W	エネルギー流出が正	ヒートシンクへの熱流量

制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
熱E1	入力	D/F熱源からD/Fサーマルへの熱エネルギー
熱E2	入力	T/MサーマルからD/Fサーマルへの熱エネルギー
熱E3	出力	ヒートシンクへの熱エネルギー

備考

ヒートシンク(外気)へのエネルギーのI/Fは、一つとしているが、検証内容に合わせて、複数持たせることがある。

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8
02	誤記修正	AZAPA	市原純一	2019/11/13

(27) 高温冷却系モデル (PT・サーマル)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 高温冷却系(PT・サーマル)
--------------	--------------------------

モデル機能概要			
<p>PT・サーマルシステム</p> <p>高温冷却系</p> <p>エンジン</p> <p>トランスミッション (T/M)</p> <p>HVAC</p> <p>高温冷却系 各熱抵抗</p> <p>冷却水 熱容量</p> <p>パワエレ冷却システム</p> <p>ヒートシンク</p>		<p>○機能概要</p> <p>パワートレイン(PT)の各システムの高温時の冷却をする機能</p> <p>各システムとの熱のやり取りをする機能</p> <p>①各熱容量</p> <p>冷却水熱容量</p> <p>②各熱抵抗</p> <p>エンジン冷却用熱抵抗(サーモスタット)</p> <p>ヒートシンク側との熱抵抗(冷却ファン)</p>	
入力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
温度T1	K	-	エンジン冷却水温度
熱流量Φ2	W	エネルギー流入が正	T/Mサーマルから高温冷却系への熱量
熱流量Φ3	W	エネルギー流入が正	HVACサーマル高温冷却性への温度
熱流量Φ4	W	エネルギー流入が正	パワエレ冷却系から高温冷却系への熱流量
温度T5	K	-	ヒートシンク温度
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
出力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
熱流量Φ1	W	エネルギー流出が正	エンジンサーマルから高温冷却系への熱量
温度T2	K	-	T/Mサーマルからの温度
温度T3	K	-	HVACサーマルからの温度
温度T4	K	-	パワエレ冷却系からの温度
熱流量Φ5	W	エネルギー流出が正	ヒートシンクへの熱流量
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
熱E1	入力	エンジンサーマルから高温冷却系への熱エネルギー	
熱E2	入力	T/Mサーマルから高温冷却系への熱エネルギー	
熱E3	入力	HVACサーマルから高温冷却系への熱エネルギー	
熱E4	入力	パワエレ冷却系から高温冷却系への熱エネルギー	
熱E5	出力	ヒートシンクへの熱エネルギー	
備考			
ヒートシンク(外気)へのエネルギーのI/Fは、一つとしているが、検証内容に合わせて、複数持たせることがある。			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8

(28) HVAC モデル (PT・サーマル)

サブシステムI/F定義書		サブシステム名 = HVAC(PT・サーマル)		
モデル機能概要				
<p>The diagram illustrates the HVAC Thermal System (PT・サーマルシステム) as a central red box. It contains two sub-components: 'HVAC 冷却系 熱容量' (HVAC Cooling System Thermal Capacity) and 'HVAC 各熱抵抗' (HVAC Individual Thermal Resistances). To the left, the '空調システム' (Air Conditioning System) is connected to the HVAC Thermal System via heat flow $E1$ (into) and temperature $T1$ (from). To the right, the '高温冷却系' (High Temperature Cooling System) is connected via heat flow $E2$ (into) and temperature $T2$ (from). To the bottom left, the 'ヒートシンク (外気)' (Heat Sink (Outdoor Air)) is connected via heat flow $E3$ (into) and temperature $T3$ (from). Heat flows are labeled as $\Phi1$, $\Phi2$, and $\Phi3$ respectively.</p>		<p>○機能概要 空調システムモデルからの熱流量をもらい、HVACサーマル内で、熱交換を行う</p> <p>①各熱容量 HVAC冷却系熱容量</p> <p>②各熱抵抗 空調システム-HVACサーマル 高温冷却系-HVACサーマル HVACサーマル-ヒートシンク(外気)</p>		
入力				
プラントモデルI/F				
名称	単位	極性向き	説明	
熱流量 $\Phi1$	W	エネルギー流入が正	空調システムからHVACサーマルへの熱流量	
温度 $T2$	K	-	HVACサーマルから高温冷却系への温度	
温度 $T3$	K	-	ヒートシンク温度	
制御モデルI/F				
名称	単位	範囲	説明	
出力				
プラントモデルI/F				
名称	単位	極性向き	説明	
温度 $T1$	K	-	HVACサーマルの温度	
熱流量 $\Phi2$	W	エネルギー流出が正	HVACサーマルから高温冷却系への熱流量	
熱流量 $\Phi3$	W	エネルギー流出が正	HVACサーマルからヒートシンクへの熱流量	
制御モデルI/F				
名称	単位	範囲	説明	
エネルギーの向き				
名称	エネルギー正の向き	説明		
熱 $E1$	入力	空調システムからHVACサーマルへの熱エネルギー		
熱 $E2$	出力	HVACサーマルから高温冷却系への熱エネルギー		
熱 $E3$	出力	HVACサーマルからヒートシンクへの熱エネルギー		
備考				
ヒートシンク(外気)へのエネルギーのI/Fは、一つとしているが、検証内容に合わせて、複数持たせることがある。				
ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8

4. サブシステム定義書事例(運動性能の事例)

(1) ステアリングシステムモデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = ステアリング(運動性能)
--------------	------------------------

モデル機能概要			
<p>The diagram shows a central 'Steering System' block containing 'Steering Assist' and 'Torque Distribution'. It has three outputs: 'Rotation E1' to the 'Vehicle Model', 'Rotation E2' to the 'Right Front Tire Model', and 'Rotation E3' to the 'Left Front Tire Model'. Correspondingly, it receives 'Torque T1', 'Torque T2', and 'Torque T3' as inputs. The vehicle model also outputs 'Rotation ω1' back to the steering system.</p>		<p>○機能概要 ハンドル部 トルクアシスト(モータ部) パネ・ダンパー部 トルク分配</p>	
入力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω_1	rad/s	—	ステアリングシステムから車両への回転数
トルクT2	Nm	エネルギー流入が正	ステアリングからフロント右タイヤへのトルク
トルクT3	Nm	エネルギー流入が正	ステアリングからフロント左タイヤへのトルク
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
出力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	エネルギー流出が正	ステアリングシステムから車両モデルへの反力トルク
回転数 ω_2	rad/s	—	フロント右タイヤからステアリングへのスリップ角の回転数
回転数 ω_3	rad/s	—	フロント左タイヤからステアリングへのスリップ角の回転数
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
回転E1	出力		ステアリングシステムから車両への回転エネルギー
回転E2	出力		ステアリングからフロント右タイヤへの回転エネルギー
回転E3	出力		ステアリングからフロント左タイヤへの回転エネルギー
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8

(2) 駆動トルクモデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 駆動トルク(運動性能)
--------------	-----------------------

モデル機能概要			
		<p>○機能概要 ディファレンシャルギア(D/F)モデルからのトルクをタイヤへ伝える</p> <p>①トルク発生源 ②トルク分配</p>	
入力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 $\omega 1$	rad/sec	-	右タイヤの回転数
回転数 $\omega 2$	rad/sec	-	左タイヤの回転数
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
出力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	エネルギー流出が正	右タイヤへの駆動トルク
トルクT2	Nm	エネルギー流出が正	左タイヤへの駆動トルク
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
運動E1	出力	駆動トルクから右タイヤへのエネルギー	
運動E2	出力	駆動トルクから左タイヤへのエネルギー	
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8

(3) タイヤモデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = タイヤ(運動性能)
--------------	---------------------

モデル機能概要

○機能概要
 慣性算出
 回転-並進変換
 転がり損失の算出
 コーナーリングフォースの算出

入力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT1	Nm	エネルギー流入が正	駆動トルクからの入力トルク
速度v1*	m/s	-	タイヤ-サスペンション間のバネ下xyz速度
回転数ω2#	rad/sec	-	タイヤ-サスペンション間のバネ下roll pitch yaw角速度
速度v2*	m/s	-	タイヤx,y,z速度
回転数ω3	rad/s	-	ステアリングからタイヤへのスリップ角の回転数
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数ω1	rad/s	-	タイヤ回転数
力F1*	N	エネルギー流出が正	サスペンションへのx,y,zの三軸力
トルクT2#	Nm	エネルギー流出が正	サスペンションへのroll pitch yawの三軸トルク
力F2*	N	エネルギー流出が正	タイヤx,y,z軸抵抗力
トルクT3	Nm	エネルギー流出が正	ステアリングシステムからのスリップ角の入力トルク
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
回転E1	入力	駆動トルクからの入力回転エネルギー
並進E1*	出力	サスペンションへの並進x,y,z出力エネルギー
回転E2#	出力	サスペンションへの回転roll pitch yaw出力エネルギー
並進E2*	出力	路面へのエネルギー
回転E3	入力	ステアリングシステムからの入力回転エネルギー

備考

・速度v1*,v2*,力F1*,F2*,並進E1*,E2*の*は、x,y,zの3入出力を1つで表現しており、例えば、v1*の場合は、v1x,v1y,v1zのそれぞれ3出力を表現する

・回転数ω2#,トルクT2#,回転E2#の#は、roll, pitch, yawの3入出力を1つで表現しており、例えば、ω1#の場合は、ω2roll, ω2pitch, ω2yawのそれぞれ3入出力を表現する

右フロントタイヤ事例

エネルギーの向きが正			
変数	回転	並列	
アクロス変数	回転数	→	速度
スルー変数	トルク	→	力

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15

(4) 制動システムモデル(運動性能)

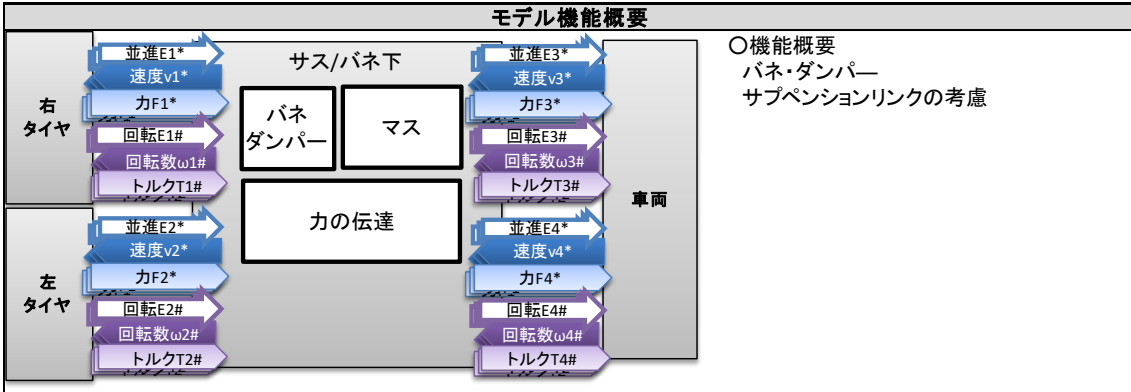
サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 制動システム(運動性能)
--------------	------------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 ①回転系の機能 ・制動トルク算出
入力			
名称	単位	極性向き	説明
回転数 ω	rad/s	—	タイヤ回転数
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
トルクT	Nm	エネルギー流出が正	TM側のトルク
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
回転E	モデルへ入力	制動システムエネルギー	
備考			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/8

(5) サス/バネ下モデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = サス/バネ下(運動性能)
--------------	------------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1*,F2*	N	エネルギー流入が正	タイヤからサスペンションへのx,y,z三軸力
トルクT1#,T2#	Nm	エネルギー流入が正	タイヤからサスペンションへのroll pitch yawの三軸トルク
速度v3*,v4*	m/s	-	車両のx,y,z方向の速度
回転数ω3#,ω4#	rad/sec	-	車両のroll pitch yaw方向の速度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1*,v2*	m/s	-	タイヤサスペンション間のバネ下xyz速度
回転数ω1#,ω2#	rad/sec	-	タイヤサスペンション間のバネ下roll pitch yaw角速度
力F3*,F4*	N	エネルギー流出が正	サスペンションから車両へのx,y,z三軸力
トルクT3#,T4#	Nm	エネルギー流出が正	サスペンションから車両へのroll pitch yawの三軸トルク
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
並進E1*,E2*	入力	タイヤからサスペンションへの並進エネルギー
回転E1#,E2#	入力	タイヤからサスペンションへの回転エネルギー
並進E3*,E4*	出力	サスペンションから車両への並進エネルギー
回転E3#,E4#	出力	サスペンションから車両への回転エネルギー

備考

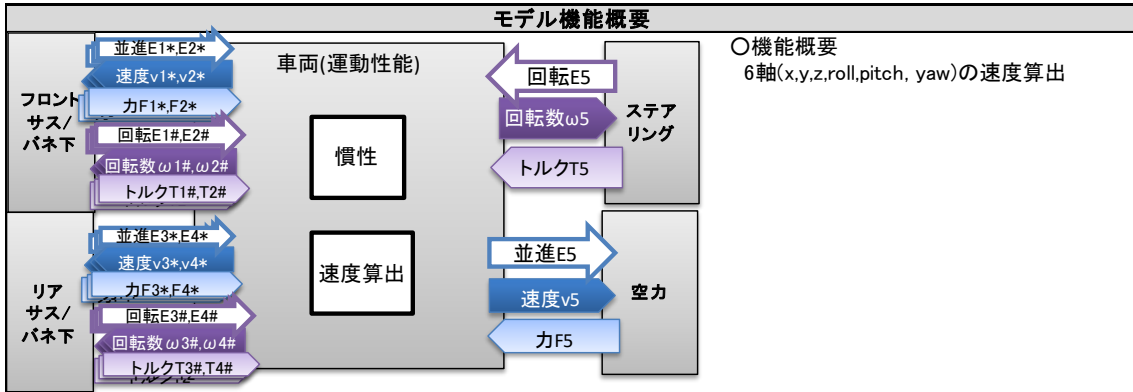
・速度v1*~v4*,力F1*~F4*,並進E1*~E4*の*は、**フロントサス事例**
x,y,zの3入出力を1つで表現しており、
例えば、v1*の場合は、v1x,v1y,v1zのそれぞれ3出力を表現する

・回転数ω1#~ω4#,トルクT1#~T4#,回転E1#~E4#の#は、
roll, pitch, yawの3入出力を1つで表現しており、
例えば、ω1#の場合は、ω2roll,ω2pitch,ω2yawのそれぞれ3入出力を表現する

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15

(6) 車両モデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 車両(運動性能)
--------------	--------------------



入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1*,F2*	N	エネルギー流入が正	フロントサスペンションから車両へのx,y,z三軸力
トルクT1#,T2#	Nm	エネルギー流入が正	フロントサスペンションから車両へのroll pitch yawの三軸トルク
力F3*,F4*	N	エネルギー流入が正	リアサスペンションから車両へのx,y,z三軸力
トルクT3#,T4#	Nm	エネルギー流入が正	リアサスペンションから車両へのroll pitch yawの三軸トルク
トルクT5	Nm	エネルギー流入が正	ステアリングから車両への反カトルク
力F5	N	エネルギー流入が正	空気抵抗力
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1*,v2*	m/s	-	フロントサス側の車両のx,y,z方向の速度
回転数ω1#,ω2#	rad/sec	-	フロントサス側の車両のroll pitch yaw方向の速度
速度v3*,v4*	m/s	-	リアサス側の車両のx,y,z方向の速度
回転数ω3#,ω4#	rad/sec	-	リアサス側の車両のroll pitch yaw方向の速度
回転数ω5	rad/sec	-	ステアリングから車両への回転速度
速度v5	m/s	-	車両速度
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
並進E1*,E2*	入力	左右フロントサスペンションから車両への並進エネルギー
回転E1#,E2#	入力	左右フロントサスペンションから車両への回転エネルギー
並進E3*,E4*	入力	左右リアサスペンションから車両への並進エネルギー
回転E3#,E4#	入力	左右リアサスペンションから車両への回転エネルギー
回転E5	入力	ステアリングから車両への回転エネルギー
並進E5	出力	空力への並進エネルギー

備考

・速度v1*~v4*,力F1*~F4*,並進E1*~E4*の*は、x,y,zの3入出力を1つで表現しており、例えば、v1*の場合は、v1x,v1y,v1zのそれぞれ3出力を表現する

・回転数ω1#~ω4#,トルクT1#~T4#,回転E1#~E4#の#は、roll, pitch, yawの3入出力を1つで表現しており、例えば、ω1#の場合は、ω2roll,ω2pitch,ω2yawのそれぞれ3入出力を表現する

エネルギーの向きが正			
アクロス変数	回転数	速度	並列
スルー変数	トルク	力	

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15

(7) 路面モデル(運動性能)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 路面(運動性能)
--------------	--------------------

モデル機能概要			
		○機能概要 平面運動(位置算出)算出	
入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1*	N	エネルギー流入が正	タイヤx,y,z軸抵抗力
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1*	m/s	-	タイヤx,y,z速度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
並進E1*	入力		路面へのエネルギー
備考			
・速度v1*,力F1*,並進E1*の*は、 x,y,zの3入出力を1つで表現しており、 例えば、v1*の場合は、v1x,v1y,v1zのそれぞれ3出力を表現する			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15

5. サブシステム定義書事例(車両振動の事例)

(1) タイヤモデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書		サブシステム名 = タイヤ(車両振動)		
モデル機能概要				
				<p>○機能概要 路面とバネ下間の上下振動の伝達 バネ成分</p>
入力				
名称	単位	極性向き	説明	
速度v1	m/s	—	路面の上下の変化速度	
速度v2	m/s	—	ばね下とタイヤ間の速度	
名称	単位	範囲	説明	
出力				
名称	単位	極性向き	説明	
力F1	N	エネルギー流出が正	タイヤから路面への力	
力F2	N	エネルギー流出が正	ばね下とタイヤ間の力	
名称	単位	範囲	説明	
エネルギーの向き				
名称	エネルギー 正の向き	説明		
並進E1	入力	路面からタイヤへの並進エネルギー		
並進E2	出力	タイヤからばね下への並進エネルギー		
備考				
<p>※ 定常速度での乗り心地を想定 前方・後方、同じインターフェースとする。</p>				
ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(2) バネ下モデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = バネ下(車両振動)
--------------	---------------------

モデル機能概要			
			○機能概要 バネ下の慣性質量
入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流入が正	サスシステムとばね下間の力
力F2	N	エネルギー流入が正	ばね下とタイヤ間の力
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	—	ばね下とサスシステム間の速度
速度v2	m/s	—	ばね下とタイヤ間の速度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
並進E1	入力		タイヤからばね下への並進エネルギー
並進E2	出力		ばね下からサスシステムへの並進エネルギー
備考			
※ 定常速度での乗り心地を想定 前方・後方、同じインターフェースとする。			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(3) サスシステムモデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= サスシステム(車両振動)
--------------	-----------------------

モデル機能概要			
			<p>○機能概要 バネ下とバネ上間の振動の伝達</p>
入力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	—	バネ下の上下速度
速度v2	m/s	—	サスシステムとバネ上間の速度
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流出が正	バネ下とサスシステム間への力
力F2	N	エネルギー流出が正	サスシステムとタイヤ間の力
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
並進E1	入力	バネ下からサスシステムへの並進エネルギー	
並進E2	出力	サスシステムからバネ上への並進エネルギー	
備考			
<p>※ 定常速度での乗り心地を想定 前方・後方、同じインターフェースとする。</p>			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(4) 車両(バネ上質量) モデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= 車両(バネ上質量)(車両振動)
--------------	--------------------------

モデル機能概要			
<p>前方サスシステム 並進E1 力F1 前方エンジンマウント 並進E3 力F3 前方シート 並進E5 力F5</p> <p>バネ上質量 慣性</p> <p>後方サスシステム 並進E2 力F2 後方エンジンマウント 並進E4 力F4 後方シート 並進E6 力F6</p>		<p>○機能概要 バネ上の慣性質量</p>	
入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流入が正	前方サスシステムとバネ上間の力
力F2	N	エネルギー流入が正	後方サスシステムとバネ上間の力
力F3	N	エネルギー流入が正	前方エンジンマウントとバネ上間の力
力F4	N	エネルギー流入が正	後方エンジンマウントとバネ上間の力
力F5	N	エネルギー流入が正	前方シートとバネ上間の力
力F6	N	エネルギー流入が正	後方シートとバネ上間の力
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	—	前方サスシステムとバネ上間の速度
速度v2	m/s	—	後方サスシステムとバネ上間の速度
速度v3	m/s	—	前方エンジンマウントとバネ上間の速度
速度v4	m/s	—	後方エンジンマウントとバネ上間の速度
速度v5	m/s	—	前方シートとバネ上間の速度
速度v6	m/s	—	後方シートとバネ上間の速度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き	説明	
並進E1	入力	前方サスシステムとバネ上間のエネルギー	
並進E2	入力	後方サスシステムとバネ上間のエネルギー	
並進E3	出力	前方エンジンマウントとバネ上間のエネルギー	
並進E4	出力	後方エンジンマウントとバネ上間のエネルギー	
並進E5	出力	前方シートとバネ上間のエネルギー	
並進E6	出力	後方シートとバネ上間のエネルギー	
備考			
※ 定常速度での乗り心地を想定			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16
	誤記修正(バネ下→バネ上)	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(5) エンジンマウントモデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = エンジンマウント(車両振動)
--------------	--------------------------

モデル機能概要

並進E1, 並進E2, 力F1, 力F2

○機能概要
車両(ばね上質量)とエンジン間の振動の伝達

入力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	—	車両ばね上質量とエンジンマウント間の上下速度
速度v2	m/s	—	エンジンマウントとエンジン間の上下速度
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流出が正	車両ばね上質量とエンジンマウント間の力
力F2	N	エネルギー流出が正	エンジンマウントとエンジン間の力
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
並進E1	入力	車両ばね上質量とエンジンマウント間のエネルギー
並進E2	出力	エンジンマウントとエンジン間のエネルギー

備考

※ 定常速度での乗り心地を想定

ガイドライン図参考

エネルギーの向きが正 →	
並列	→
アクロス変数	速度 →
スルー変数	力 →

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(6) エンジン慣性モデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= エンジン慣性(車両振動)
--------------	-----------------------

モデル機能概要

エンジン慣性

慣性

前方エンジンマウント: 並進E1, 力F1

後方エンジンマウント: 並進E2, 力F2

○機能概要
エンジンの慣性質量

入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流入が正	前方エンジンマウントとエンジン慣性間の力
力F2	N	エネルギー流入が正	後方エンジンマウントとエンジン慣性間の力
名称	単位	範囲	説明

出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	-	前方エンジンマウントとエンジン慣性間の速度
速度v2	m/s	-	後方エンジンマウントとエンジン慣性間の速度
名称	単位	範囲	説明

エネルギーの向き		
名称	エネルギー正の向き	説明
並進E1	入力	前方エンジンマウントとエンジン慣性間のエネルギー
並進E2	入力	後方エンジンマウントとエンジン慣性間のエネルギー

備考

※ 定常速度での乗り心地を想定

ガイドライン図参考

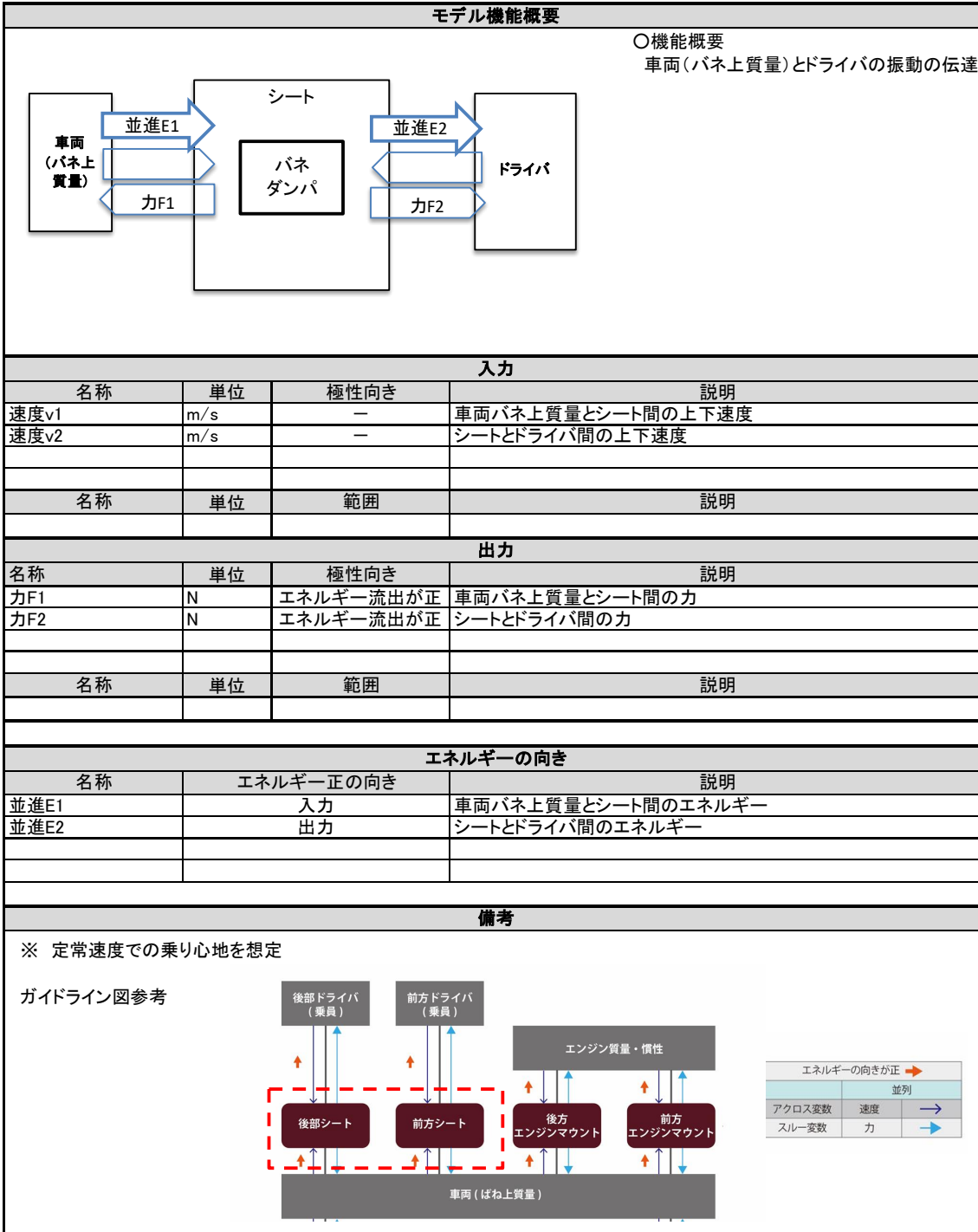
後部ドライバ(乗員) ↔ 前方ドライバ(乗員) ↔ エンジン質量・慣性 ↔ 後部シート ↔ 前方シート ↔ 後方エンジンマウント ↔ 前方エンジンマウント ↔ 車両(ばね上質量)

エネルギーの向きが正 →	
並列	→
アクロス変数	速度
スルー変数	力

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(7) シートモデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= シート(車両振動)
--------------	--------------------



ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(8) ドライバモデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名= ドライバ(車両振動)
--------------	---------------------

モデル機能概要

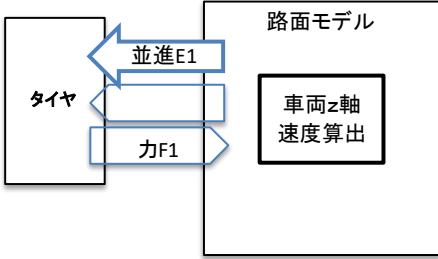
○機能概要
ドライバの慣性質量

入力										
名称	単位	極性向き	説明							
力F1	N	エネルギー流入が正	シートとドライバ間の力							
名称	単位	範囲	説明							
出力										
名称	単位	極性向き	説明							
速度v1	m/s	—	シートとドライバ間の速度							
名称	単位	範囲	説明							
エネルギーの向き										
名称	エネルギー正の向き	説明								
並進E1	入力	シートとドライバ間のエネルギー								
備考										
<p>※ 定常速度での乗り心地を想定</p> <p>ガイドライン図参考</p> <div style="margin-top: 10px;"> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">エネルギーの向きが正 →</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">並列</td> <td style="text-align: center;">→</td> </tr> <tr> <td>アクロス変数</td> <td>速度</td> </tr> <tr> <td>スレー変数</td> <td>力</td> </tr> </table> </div>			エネルギーの向きが正 →		並列	→	アクロス変数	速度	スレー変数	力
エネルギーの向きが正 →										
並列	→									
アクロス変数	速度									
スレー変数	力									

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

(9) 路面モデル(車両振動)

サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = 路面(車両振動)
--------------	--------------------

モデル機能概要			
		○機能概要 タイヤへの路面の上下振動の伝達	
入力			
名称	単位	極性向き	説明
力F1	N	エネルギー流入が正	タイヤから路面への力
名称	単位	範囲	説明
出力			
名称	単位	極性向き	説明
速度v1	m/s	—	路面の上下の変化速度
名称	単位	範囲	説明
エネルギーの向き			
名称	エネルギー正の向き		説明
並進E1	出力		路面からタイヤへの並進エネルギー
備考			
※ 定常速度での乗り心地を想定			

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AZAPA	市原純一	2019/3/15
02	機能部を備考欄に移動	AZAPA	市原純一	2020/3/16

〈参考資料〉

資料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

<http://tech.jsae.or.jp/katsudou/view.aspx?id=1410>

2015年3月

公益社団法人 自動車技術会 共同研究センター
国際標準記述によるモデル開発・流通検討委員会
モデル接続技術検討WG メンバー一同

ver	内容	日付
01	初版	2017/3/15
02	PT・サーマルシステムのガイドラインを追加 運動性能の事例のガイドラインを追加 車両振動の事例のガイドラインを追加 用語変更:サブシステムをシステムに変更	2019/3/15
02-01	運動性能の事例のガイドラインの一時退避 車両振動の事例のガイドラインの一時退避	2019/11/13
03	誤記修正 暫定版で非圧縮流体・熱流体を追加 電気自動車の電費のガイドライン追加	2019/11/13 2020/03/23 2020/03/18
04	運動性能の座標系についてのガイドラインを追加 第一原則、第三原則の非圧流体・熱流体の事例を設定 図 10 誤記修正	2021/03/15