



2019/3/8

The Research association of Automotive Internal Combustion Engines

自動車用内燃機関技術研究組合 エンジンシステムにおける プラントモデルI/Fガイドライン

目次

1. 本ガイドラインの位置付け
 - 1.1. 本ガイドラインの位置付け
 - 1.2. モデルの階層について
 - 1.3. エンジンシステムにおけるサブシステムI/F(インターフェース)定義書について
2. エンジンシステムの第2階層モデルについて
 - 2.1. ガイドライン適用事例
 - 2.2. (第2階層)サブシステムI/F定義書
 - 2.2.a. 熱流体系モデル
 - 2.2.a1. 環境モデル
 - 2.2.a2. 絞りモデル
 - 2.2.a3. 吸気系・排気系モデル
 - 2.2.a4. シリンダモデル

1.本ガイドラインの位置付け

1.1 本ガイドラインの位置付け

本ガイドラインは、経済産業省が平成29年3月に公開した「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.1.0)」(以下「METIガイドライン」)にもとづき、自動車用内燃機関技術研究組合(AICE)が担当するエンジンシステムのプラントモデル I/F について定義したものである。

1.2. モデルの階層について

自動車のサブシステムの一つである動力発生システム(エンジン)の第2階層(サブシステムレベル)を対象とする。

準拠内容については、下記を参照

「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.1.0)」

<http://www.meti.go.jp/press/2016/03/20170331010/20170331010-1.pdf>

- ・ガイドラインの位置付け(目的)、ポイント ……P.2
- ・本書の用語 ……………P.5
- ・ガイドライン原則(前提、規定項目) ……P.6～P.12

本ガイドラインでは、

1.3.において

- ・モデル化を行う際の
 - I/Fとして使用する変数の区分における指針
 - モデル定義の仕方
 - 「サブシステムI/F定義書」の書き方

を説明する。

2以降で、この考え方を使ったモデル化事例を「サブシステムI/F定義書」事例とともに示す。

1.3. エンジンシステムにおけるサブシステムI/F定義書について

1.3.1. I/Fの種類

モデルのI/Fとして、サブシステムI/F定義書では表1に示す3つを定義する。

表1. I/Fの種類

	使用目的	スルー変数/アクロス変数	例
プラントモデルI/F	プラント間のエネルギー授受を示す。	必ず対で用いる。一方は入力変数で他方は出力変数とする。	質量流量と圧力 エンタルピー流量と温度
制御モデルI/F	ECU(Engine Control Unit)などの制御システムとの授受を示す。	特に区別しない。スルー変数とアクロス変数を対で用いる必要はない。	クランク角
外部情報I/F	エンジンモデル内のサブシステム間でサブシステムモデル計算上必要な情報。	他の変数も認める。	成分の質量分率

1.3.2. サブシステムI/F定義書の書式

サブシステム名

エンジンモデル


サブシステムI/F定義書	サブシステム名 = シリンダ																												
<p style="margin: 0;">I/Fと機能を記載</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">モデル機能概要</p>  <p style="margin: 5px 0 0 20px;">○ 機能概要 の熱流体系の機能 ・吸気流量・エネルギー、排気流量・ エネルギーを算出 ◎ 回転系の機能 ・エンジントルクを算出 ◎ その他 ・燃料消費率・消費量の算出</p> </div>																													
<p style="margin: 0;">プラントモデル 入力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">入力 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> </thead> <tbody> <tr> <td>圧力P1</td> <td>Pa</td> <td>-</td> <td>吸気系の圧力</td> </tr> <tr> <td>温度T1</td> <td>K</td> <td>-</td> <td>吸気系の温度</td> </tr> <tr> <td>圧力P2</td> <td>Pa</td> <td>-</td> <td>排気系の圧力</td> </tr> <tr> <td>温度T2</td> <td>K</td> <td>-</td> <td>排気系の温度</td> </tr> <tr> <td>回転数$\omega 1$</td> <td>rad/s</td> <td>-</td> <td>エンジン回転数</td> </tr> </tbody> </table>		入力 プラントモデルI/F				名称	単位	極性向き	説明	圧力P1	Pa	-	吸気系の圧力	温度T1	K	-	吸気系の温度	圧力P2	Pa	-	排気系の圧力	温度T2	K	-	排気系の温度	回転数 $\omega 1$	rad/s	-	エンジン回転数
入力 プラントモデルI/F																													
名称	単位	極性向き	説明																										
圧力P1	Pa	-	吸気系の圧力																										
温度T1	K	-	吸気系の温度																										
圧力P2	Pa	-	排気系の圧力																										
温度T2	K	-	排気系の温度																										
回転数 $\omega 1$	rad/s	-	エンジン回転数																										
<p style="margin: 0;">制御モデル 入力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">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> </thead> <tbody> <tr> <td>クランク角$\theta 1$</td> <td>rad</td> <td>-</td> <td>エンジンのクランク角</td> </tr> </tbody> </table>		制御モデルI/F				名称	単位	範囲	説明	クランク角 $\theta 1$	rad	-	エンジンのクランク角																
制御モデルI/F																													
名称	単位	範囲	説明																										
クランク角 $\theta 1$	rad	-	エンジンのクランク角																										
<p style="margin: 0;">外部情報 入力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">外部情報I/F</th> </tr> <tr> <th>名称</th> <th>単位</th> <th>範囲</th> <th>説明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>質量分率X1</td> <td>kg/kg</td> <td>-</td> <td>吸気系の各成分の質量分率</td> </tr> <tr> <td>質量分率X2</td> <td>kg/kg</td> <td>-</td> <td>排気系の各成分の質量分率</td> </tr> </tbody> </table>		外部情報I/F				名称	単位	範囲	説明	質量分率X1	kg/kg	-	吸気系の各成分の質量分率	質量分率X2	kg/kg	-	排気系の各成分の質量分率												
外部情報I/F																													
名称	単位	範囲	説明																										
質量分率X1	kg/kg	-	吸気系の各成分の質量分率																										
質量分率X2	kg/kg	-	排気系の各成分の質量分率																										
<p style="margin: 0;">プラントモデル 出力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">出力 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> </thead> <tbody> <tr> <td>エンタルピー流量dH1</td> <td>W</td> <td>出力側が正</td> <td>吸気系へのエンタルピー流量</td> </tr> <tr> <td>トータル質量流量dm1</td> <td>kg</td> <td>出力側が正</td> <td>吸気系への各成分質量流量の合計</td> </tr> <tr> <td>エンタルピー流量dH2</td> <td>W</td> <td>出力側が正</td> <td>排気系へのエンタルピー流量</td> </tr> <tr> <td>トータル質量流量dm2</td> <td>kg</td> <td>出力側が正</td> <td>排気系への各成分質量流量の合計</td> </tr> <tr> <td>トルクT1</td> <td>Nm</td> <td>出力側が正</td> <td>エンジントルク</td> </tr> </tbody> </table>		出力 プラントモデルI/F				名称	単位	極性向き	説明	エンタルピー流量dH1	W	出力側が正	吸気系へのエンタルピー流量	トータル質量流量dm1	kg	出力側が正	吸気系への各成分質量流量の合計	エンタルピー流量dH2	W	出力側が正	排気系へのエンタルピー流量	トータル質量流量dm2	kg	出力側が正	排気系への各成分質量流量の合計	トルクT1	Nm	出力側が正	エンジントルク
出力 プラントモデルI/F																													
名称	単位	極性向き	説明																										
エンタルピー流量dH1	W	出力側が正	吸気系へのエンタルピー流量																										
トータル質量流量dm1	kg	出力側が正	吸気系への各成分質量流量の合計																										
エンタルピー流量dH2	W	出力側が正	排気系へのエンタルピー流量																										
トータル質量流量dm2	kg	出力側が正	排気系への各成分質量流量の合計																										
トルクT1	Nm	出力側が正	エンジントルク																										
<p style="margin: 0;">制御モデル 出力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">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> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </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																										
<p style="margin: 0;">外部情報 出力I/F</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">外部情報I/F</th> </tr> <tr> <th>名称</th> <th>単位</th> <th>範囲</th> <th>説明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>各成分質量流量dmX1</td> <td>kg/s</td> <td>出力側が正</td> <td>吸気系への各成分質量流量</td> </tr> <tr> <td>各成分質量流量dmX2</td> <td>kg/s</td> <td>出力側が正</td> <td>排気系への各成分質量流量</td> </tr> </tbody> </table>		外部情報I/F				名称	単位	範囲	説明	各成分質量流量dmX1	kg/s	出力側が正	吸気系への各成分質量流量	各成分質量流量dmX2	kg/s	出力側が正	排気系への各成分質量流量												
外部情報I/F																													
名称	単位	範囲	説明																										
各成分質量流量dmX1	kg/s	出力側が正	吸気系への各成分質量流量																										
各成分質量流量dmX2	kg/s	出力側が正	排気系への各成分質量流量																										
<p style="margin: 0;">エネルギーの 向き</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="3" style="text-align: center;">エネルギーの向き</th> </tr> <tr> <th>名称</th> <th>エネルギー正の向き</th> <th>説明</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>流体E1</td> <td>モデルへ入力</td> <td>吸排気系からモデルへの流体エネルギー</td> </tr> <tr> <td>流体E2</td> <td>モデルから出力</td> <td>モデルから吸排気系への流体エネルギー</td> </tr> <tr> <td>回転E1</td> <td>モデルへ入力</td> <td>モデルからフライホイールへの回転エネルギー</td> </tr> </tbody> </table>		エネルギーの向き			名称	エネルギー正の向き	説明	流体E1	モデルへ入力	吸排気系からモデルへの流体エネルギー	流体E2	モデルから出力	モデルから吸排気系への流体エネルギー	回転E1	モデルへ入力	モデルからフライホイールへの回転エネルギー													
エネルギーの向き																													
名称	エネルギー正の向き	説明																											
流体E1	モデルへ入力	吸排気系からモデルへの流体エネルギー																											
流体E2	モデルから出力	モデルから吸排気系への流体エネルギー																											
回転E1	モデルへ入力	モデルからフライホイールへの回転エネルギー																											
<p style="margin: 0;">ガイドラインの原則と異なる場合の注記等を記入</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="height: 40px;"> </td> </tr> </tbody> </table>		備考																											
備考																													
<p style="margin: 0;">改定履歴</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ver</th> <th>内容</th> <th>会社名</th> <th>作成者</th> <th>日付</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>初版</td> <td>AICE</td> <td> </td> <td>2019/3/8</td> </tr> </tbody> </table>		ver	内容	会社名	作成者	日付	01	初版	AICE		2019/3/8																		
ver	内容	会社名	作成者	日付																									
01	初版	AICE		2019/3/8																									

図1. 書式と記入項目

1.3.3. 記入方法

モデル機能概要

- ・原則、左側にソースモデル、中央に対象モデル、右側にシンクモデルを配置する
 接続されるサブシステムの数が多く記載できない場合は反対側への記載も可とする

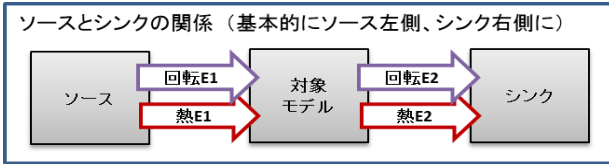


図2. 概要図内の配置

- ・ソース/シンクモデルはモデルを特定できる場合はその名称、できない場合はソース/シンクとする
- ・対象モデル内には右側の機能概要と相関を持った項目を記入する。枠の色は、関連エネルギーと合わせる。
- ・機能概要は回転系、並進系、熱系、電気系に分け、「△△△を算出」と記入する。

プラントモデルI/F

名称	第5原則に従い種別名称のみを記載し、各シート内で種別毎に連番を付与する。 (例: 可 トルク、回転数 不可 エンジントルク、エンジン回転数)
単位	第5原則に従いSI単位系を用いる。べき数は上付文字は使用せずに“m2”と表記する。単位の区切りは“.”(ピリオド)と“/”(スラッシュ)を使用する。例“m2/s” “Pa.s”
極性向き	エネルギー向きに対する正負を記載する。スルー変数は図3に従って記載。アクロス変数は向き不要のため‘-’を記載。
説明	スルー変数 「(入力元側名)からの」、または「(出力先側名)への」種別名を記載する。 アクロス変数 「(入力元側名)の」、または「(出力先側名)の」種別名を記載する。

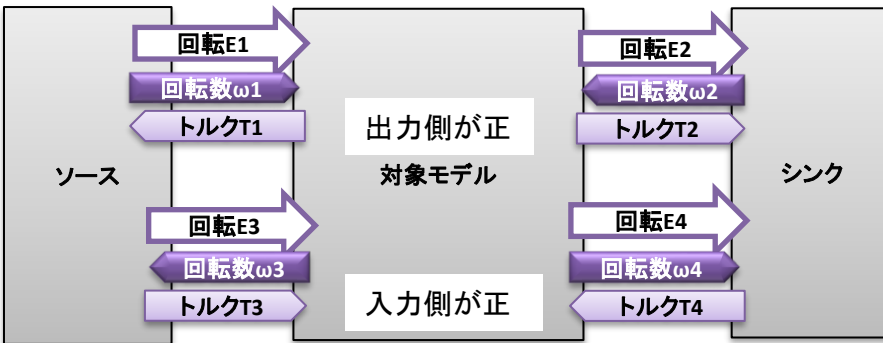


図3. 変数の極性向き

制御モデルI/F、外部情報I/F

名称	物理量が分かるように記入。記号、番号を付ける。各シート内で種別毎に連番を付与する。
単位	SI単位を使用する。SI単位系を用いる。べき数は上付文字は使用せずに“m2”と表記する。単位の区切りは“.”(ピリオド)と“/”(スラッシュ)を使用する。例“m2/s” “Pa.s”
範囲	可能な限り記入する。
説明	物理量等の内容を記入する。

記入例

名称	単位	範囲	説明
動粘度ν1	m2/s	—	オイル動粘度
トルクT1	N.m	—	TM制御モデルからのトルク
回転数ω1	rad/s	—	TM制御モデルへの回転数
熱流量Φ1	W	—	発進デバイス(熱モデル)への熱流量
温度T1	K	—	オイル温度
変速段n1(or 変速比r1)	—	—	変速機構への指示変速段(or 変速比)
油圧P1	MPa	—	変速機構への指示油圧(ライン圧)
車速V1	m/s	—	車両モデルからの車速
流量VIDot1	m3/s	正の値	オイル流量
温度T2	K	'100以上	LLC温度

エネルギーの向き

名称	エネルギー名称を記入。記号、番号を付ける。各シート内で連番を付与する。
エネルギー正の向き	入力エネルギーは「モデルへの入力」、出力エネルギーは「モデルから出力」と記載する。
説明欄	ソース側からの入力エネルギーは「(ソース名)からモデルへの入力」と記載する。 シンク側への出力エネルギーは「モデルから(シンク名)への出力」と記載する。 記入例 入力: 変速機構からモデルへの回転エネルギー 出力: モデルからオイルへの熱エネルギー

2. エンジンシステムの第2階層モデルについて

1.2.で説明したように第2階層は対象とするシステムのサブシステムレベルとして定義を行う。2.1.では事例を通じてどのように定義を行っていくかを説明し、2.2.で第2階層の「サブシステムI/F定義書」の定義事例を示す。

2.1. ガイドライン適用事例

図4にエンジンシステムを対象として、第2階層のガイドラインを適用した事例を示す。

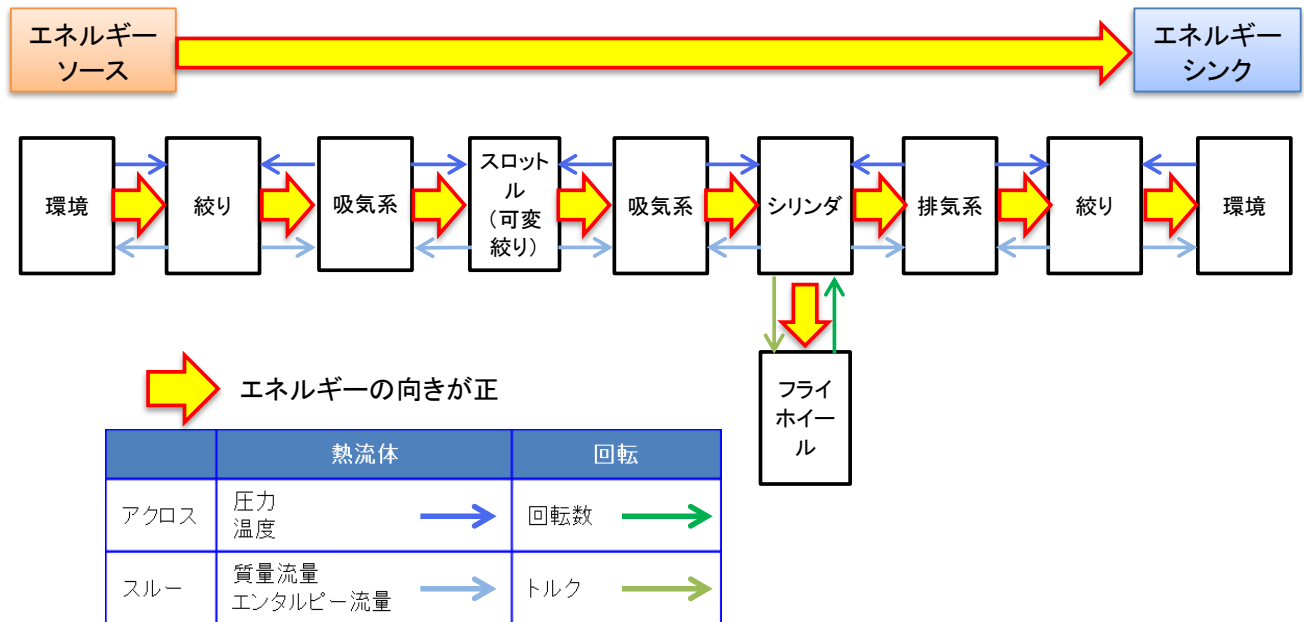


図4. 第2階層事例(熱流体系)

全体のエネルギーフローはガイドラインに沿って、ソースを吸気系境界(環境)、シンクを排気側境界(環境)とする(図4)。この事例では熱流体系サブシステムにおいてサブシステム定義書で定義している環境、絞り(固定、可変)、吸気系・排気系、シリンダを用いて構成している。また運動系サブシステムとして、シリンダからフライホイールに接続した例を示している。、フライホイール以降は、発進デバイス等へ繋げていく構成となる。

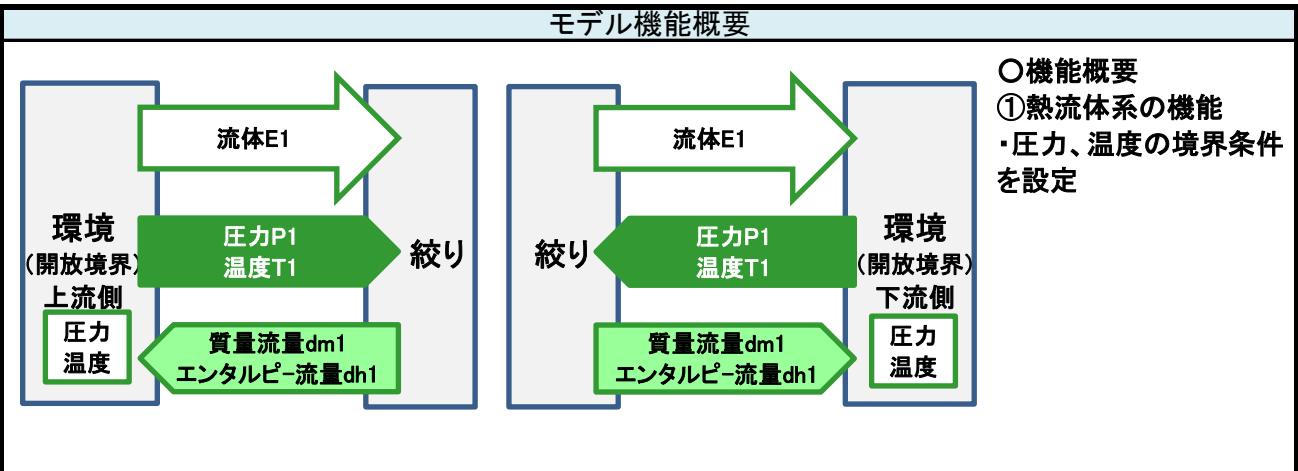
2.2 (第2階層)サブシステム定義書

2.2.a.熱流体系モデル

2.2.a1. 環境モデル

エンジンモデル

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



入力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
エンタルピー-流量dH1	W	入力側が正	絞りからのエンタルピー-流量
トータル質量流量dm1	kg	入力側が正	絞りからの各成分質量流量の合計
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
外部情報I/F			
名称	単位	範囲	説明
各成分質量流量dmXi1	kg/s	入力側が正	絞りからの各成分質量流量

出力			
プラントモデルI/F			
名称	単位	極性向き	説明
圧力P1	Pa	-	境界の圧力
温度T1	K	-	境界の温度
制御モデルI/F			
名称	単位	範囲	説明
外部情報I/F			
名称	単位	範囲	説明
質量分率Xi1	kg/kg	-	境界の各成分の質量分率

エネルギーの向き		
名称	エネルギー-正の向き	説明
流体E1	上流境界:モデルから出力 下流境界:モデルへ入力	上流境界:モデルから絞りへの流体エネルギー 下流境界:絞りからモデルへの流体エネルギー

備考				

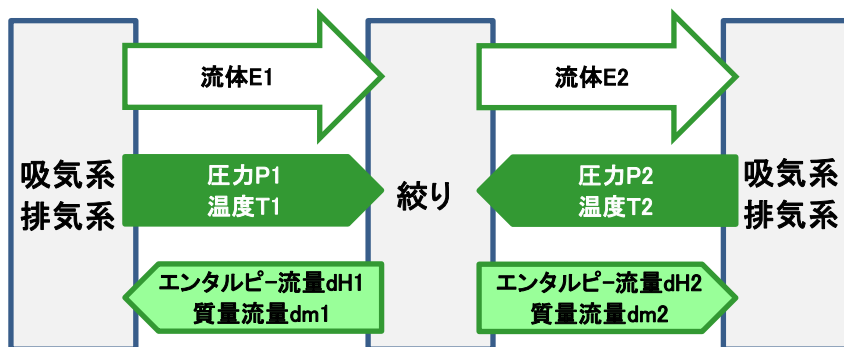
ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AICE	土屋 賢次	2019/3/8

2.2.a2. 絞りモデル
エンジンモデル

サブシステムI/F定義書

サブシステム名 = 絞り

モデル機能概要



○機能概要

- ①熱流体系の機能
・絞りを通過する質量流量とエンタルピー流量を算出

入力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
圧力P1	Pa	—	上流側の圧力
温度T1	K	—	上流側の温度
圧力P2	Pa	—	下流側の圧力
温度T2	K	—	下流側の温度

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
質量分率Xi1	kg/kg	—	上流側の各成分の質量分率
質量分率Xi2	kg/kg	—	下流側の各成分の質量分率

出力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
エンタルピー流量dH1	W	出力側が正	上流側へのエンタルピー流量
トータル質量流量dm1	kg	出力側が正	上流側への各成分質量流量の合計
エンタルピー流量dH2	W	出力側が正	下流側へのエンタルピー流量
トータル質量流量dm2	kg	出力側が正	下流側への各成分質量流量の合計

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
各成分質量流量dmXi1	kg/s	出力側が正	上流側への各成分質量流量
各成分質量流量dmXi2	kg/s	出力側が正	下流側への各成分質量流量

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
流体E1	モデルへ入力	吸排気系からモデルへの流体エネルギー
流体E2	モデルから出力	モデルから吸排気系への流体エネルギー

備考

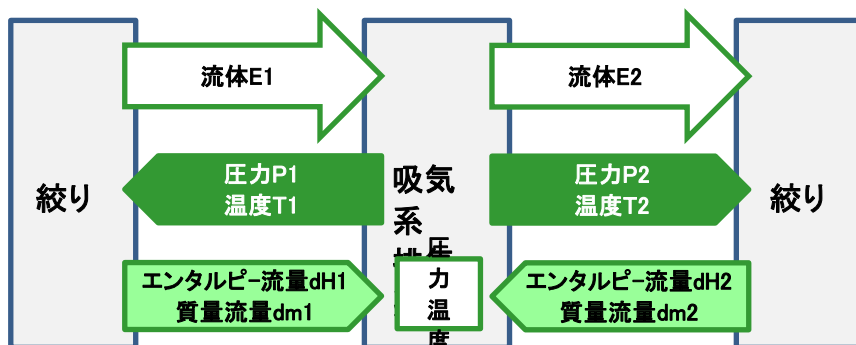
ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AICE	土屋 賢次	2019/3/8

2.2.a3. 吸気系・排気系モデル
エンジンモデル

サブシステムI/F定義書

サブシステム名 = 吸気系・排気系

モデル機能概要



- 機能概要
①熱流体系の機能
・吸排気系の圧力・温度を算出

入力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
エンタルピー流量dH1	W	入力側が正	上流側からのエンタルピー流量
トータル質量流量dm1	kg	入力側が正	上流側からの各成分質量流量の合計
エンタルピー流量dH2	W	入力側が正	下流側からのエンタルピー流量
トータル質量流量dm2	kg	入力側が正	下流側からの各成分質量流量の合計

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
各成分質量流量dmXi1	kg/s	入力側が正	上流側からの各成分質量流量
各成分質量流量dmXi2	kg/s	入力側が正	下流側からの各成分質量流量

出力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
圧力P1	Pa	—	吸気系・排気系の圧力
温度T1	K	—	吸気系・排気系の温度
圧力P2	Pa	—	吸気系・排気系の圧力
温度T2	K	—	吸気系・排気系の温度

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
質量分率Xi1	kg/kg	—	吸気系・排気系の各成分の質量分率
質量分率Xi2	kg/kg	—	吸気系・排気系の各成分の質量分率

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
流体E1	モデルへ入力	絞リからモデルへの流体エネルギー
流体E2	モデルから出力	モデルから絞リへの流体エネルギー

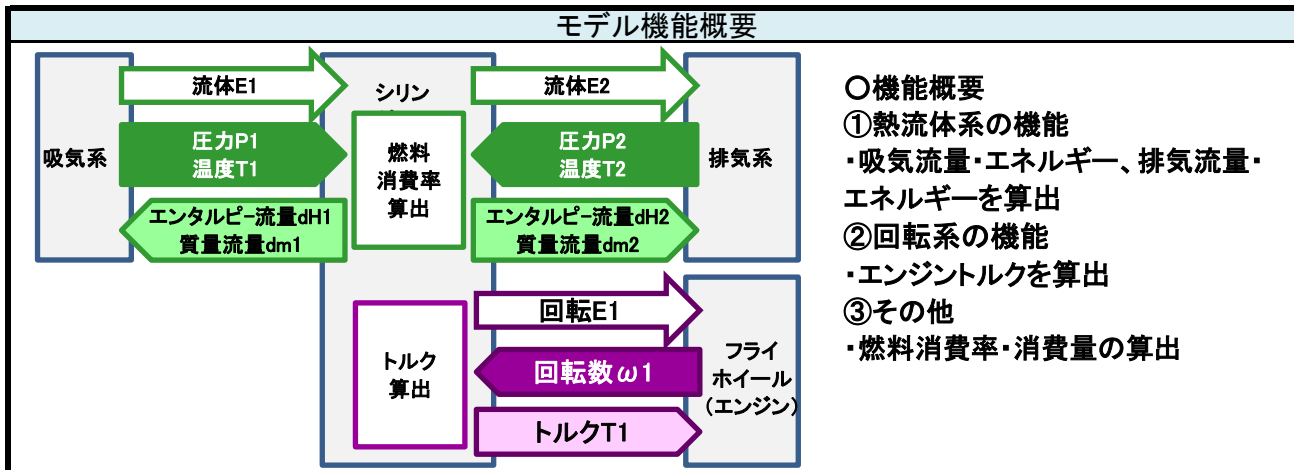
備考

ver	内容	会社名	作成者	日付
01	初版	AICE	土屋 賢次	2019/3/8

2.2.a4. シリンダモデル
エンジンモデル

サブシステムI/F定義書

サブシステム名 = シリンダ



入力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
圧力P1	Pa	—	吸気系の圧力
温度T1	K	—	吸気系の温度
圧力P2	Pa	—	排気系の圧力
温度T2	K	—	排気系の温度
回転数 $\omega 1$	rad/s	—	エンジン回転数

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明
クランク角 $\theta 1$	rad	—	エンジンのクランク角

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
質量分率 X_{i1}	kg/kg	—	吸気系の各成分の質量分率
質量分率 X_{i2}	kg/kg	—	排気系の各成分の質量分率

出力

プラントモデルI/F

名称	単位	極性向き	説明
エンタルピー-流量dH1	W	出力側が正	吸気系へのエンタルピー-流量
トータル質量流量dm1	kg	出力側が正	吸気系への各成分質量流量の合計
エンタルピー-流量dH2	W	出力側が正	排気系へのエンタルピー-流量
トータル質量流量dm2	kg	出力側が正	排気系への各成分質量流量の合計
トルクT1	Nm	出力側が正	エンジントルク

制御モデルI/F

名称	単位	範囲	説明
----	----	----	----

外部情報I/F

名称	単位	範囲	説明
各成分質量流量 dm_{Xi1}	kg/s	出力側が正	吸気系への各成分質量流量
各成分質量流量 dm_{Xi2}	kg/s	出力側が正	排気系への各成分質量流量

エネルギーの向き

名称	エネルギー正の向き	説明
流体E1	モデルへ入力	吸排気系からモデルへの流体エネルギー
流体E2	モデルから出力	モデルから吸排気系への流体エネルギー
回転E1	モデルへ入力	モデルからフライホイール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	AICE	土屋 賢次	2019/3/8