

# Simcenter Flomaster

## FMUのインポート機能とエクスポート機能

### 1. Functional Mock-up Interface (FMI)

Functional Mock-up Interface (FMI)は、さまざまな動的シミュレーションツールの間でシミュレーションモデルを相互利用するための規格です。現在使用されている規格は FMI1.0 と FMI2.0 がありますが互換性はありません。FMIでは、シミュレーションモデルとソルバー機能を分けて考えます。ユーザーから見た利用方法は、あるツールで作成したシミュレーションモデルを Functional Mock-up Unit (FMU) と呼ばれるファイルとしてエクスポートし、他のツールのシミュレーションモデルにインポートして使用します。FMUがシミュレーションモデルのみを含む場合をモデル交換 (model exchange)、FMUがシミュレーションモデルとソルバー機能を含む場合を協調シミュレーション (co-simulation) と呼びます。

Simcenter Flomaster には、従来から、FMI1.0 for model exchange のエクスポート機能と FMI2.0 for co-simulation のエクスポート機能があり、V2019.2 から FMI2.0 for model exchange のインポート機能が追加されました。ここでは後者の2つの機能について紹介します。

### 2. FMI2.0 for Model Exchange のインポート機能

図1は、上流にある1つのタンクに接続された2本の流路のモデルです。上の流路のバルブの開度を10秒から14秒の間に1.0から0.1まで変化させる場合を考えます。図1では、下の流路のバルブ開度を、Modelica で作成した PI制御モデルを使って作った FMU をインポートして制御します。この制御を行わない場合は、図2(a) に示したように上の流路の流量が減少すると下の流路の流量が増大します。図2 (b)は図1のようにFMUを用いたPI制御を行った場合の結果です。流量の変動が抑制されました。(c)は、比較のために Flomasterに内蔵された PID コンポーネントを用いて制御した場合を示しました。t=0の流量が異なりますが、これは初期定常解析時も Flomaster のPIDコンポーネントが動作するためだと考えられます。このように FMUのインポート機能を用いることによって、様々な機能を持つコンポーネントを作成して、Flomasterのネットワークモデルで使用することができます。FMUをインポートしたコンポーネントは Flomasterのネットワーク内ではコントローラとして活用することができます。このモデルでは FMU の生成に OpenModelica Windows 用32bit版を使用しました。

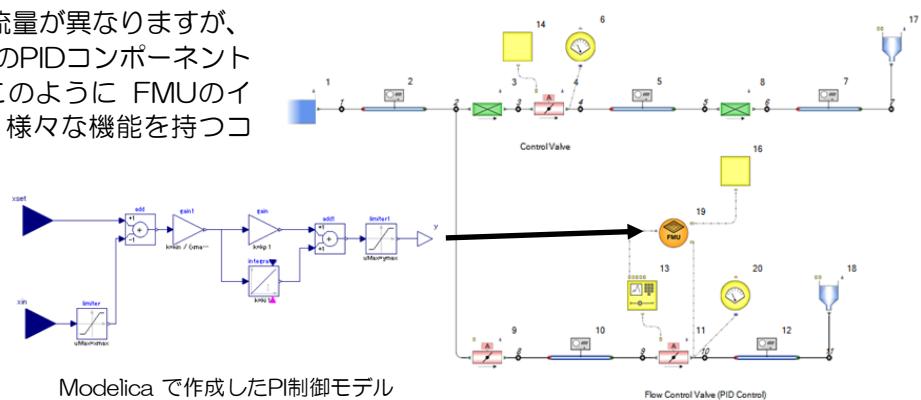
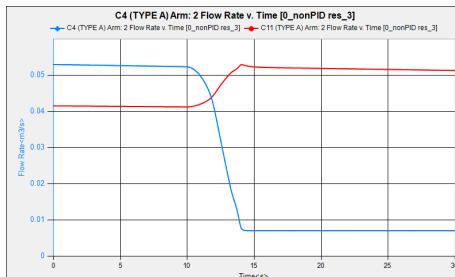
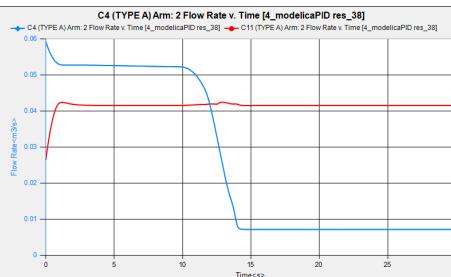


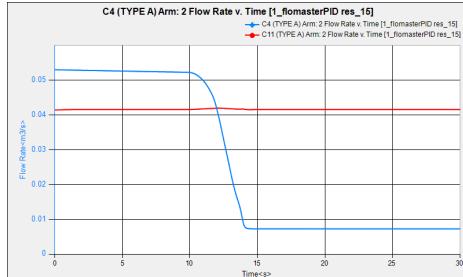
図1. FMUをインポートしたモデル



(a)流量を制御しない場合



(b)FMUを用いてPI制御した場合



(c)Flomaster のPIDコンポーネント  
を用いた場合

図2 上下の流路の流量 青：上の流量、赤：下の流路

### 3. FMU2.0 for Co-Simulation のエクスポート機能

図3は、Simcenter Flomaster に付属する Sample Systems に含まれる FMU for co-simulation 機能のサンプルモデルです。エクスポート機能を使用するためには、Co-Simulation Input と Co-Simulation Output というコンポーネントを使用して、外部のツールと交換する変数の値を設定する必要があります。このモデルでは Co-Simulation Input で外部ツールからポンプの回転数を受け取り、Co-Simulation Output で外部ツールに質量流量を送ります。このモデルをエクスポートして作成した FMU は、FMU2.0 for Co-Simulation のインポート機能を有するツールで読み込んで利用することができます。図4は、このモデルを Flomaster でエクスポートし、Dymola のモデルにインポートしたものです。Dymola でこのモデルを実行すると、Flomaster が自動的に実行され、Flomaster と Dymola の間で変数の交換がなされます。このモデルはデータ交換が正常に行われるか検証するためのもので、Flomaster モデルのポンプの回転数を  $52.36 \pm 23$  rad/s の範囲で正弦波的に変化させ、このときの流量を出力として得ます。図5(a) (b) は、それぞれ Dymola と Flomaster のシミュレーション結果です。データ交換が正常に行われています。

図6は、圧縮性流体が満たされたパイプラインが破断した場合の流量変動を解析する Flomaster のモデルです。下流のバルブ開度を外部ツールから受け取り、パイプの質量流量を外部ツールに送ります。このモデルを FMU としてエクスポートし、図7 の Dymola のモデルにインポートします。Dymola の ramp コンポーネントで 0.01 秒間にバルブ開度を 0 から 1 に変化させます。図8 は解析結果の質量流量の変化です。Euler 法ではコミュニケーションステップ（変数を交換する時間間隔）は固定タイムステップと一致します。可変タイムステップソルバーである Dassl の場合は変数ブラウザの fmi\_NumberOfSteps を編集することによってコミュニケーションステップを変えることができます。

### 4.まとめ

FMU のインポート機能とエクスポート機能を使用して他のツールと連携することにより、Flomaster のモデル化の範囲が大幅に改善されます。弊社および開発元はさらに利便性を向上させてまいります

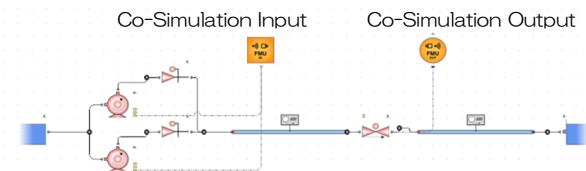


図3. FMUとしてエクスポートする Flomaster モデル

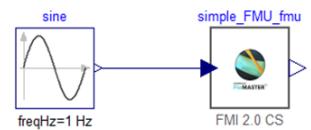


図4. Dymola による Co-Simulation モデル

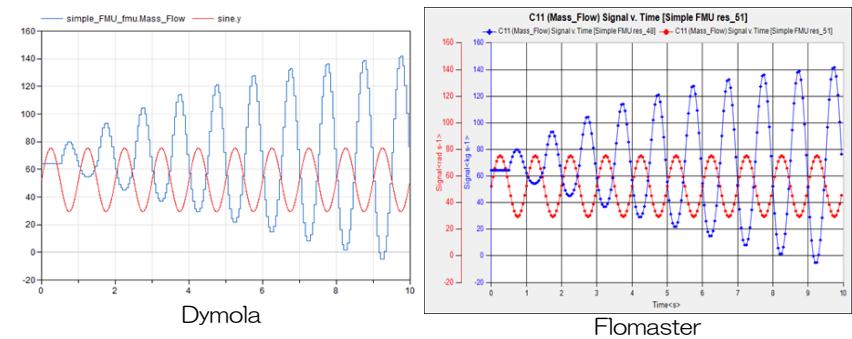


図5. シミュレーション結果 赤：ポンプ回転数 青：質量流量

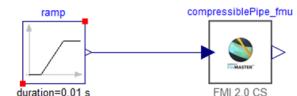
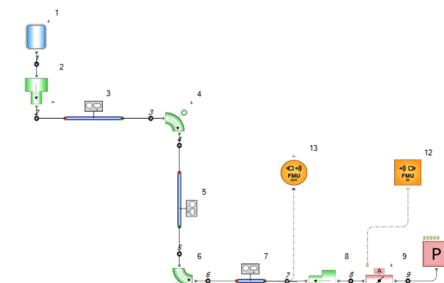


図7. Dymola による Co-Simulation モデル

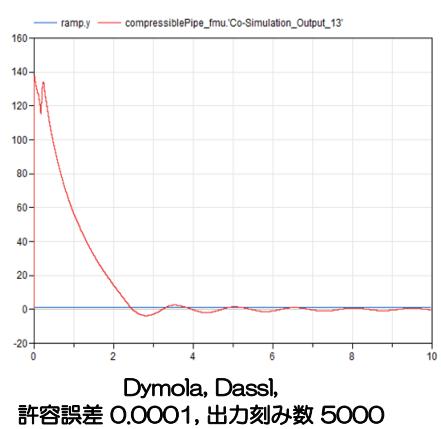
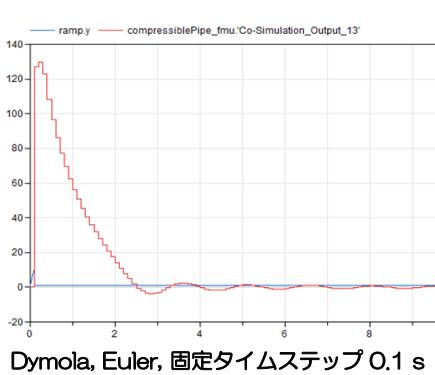
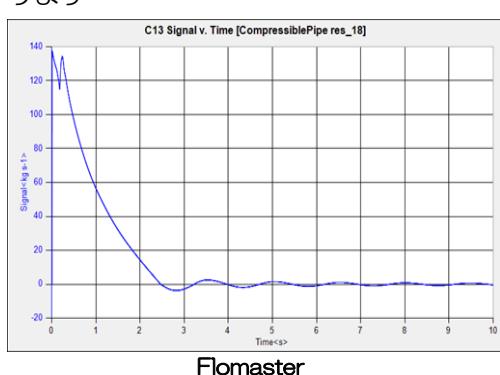


図8. シミュレーション結果の流量

伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 科学システム本部 CAEソリューション営業部

【東京】 東京都品川区大崎1-2-2 アートヴィレッジ大崎セントラルタワー  
TEL:03-6420-2530/FAX:03-3494-1940  
【名古屋】 愛知県名古屋市西区名駅2-27-8 名古屋プライムセントラルタワー  
TEL:052-588-4140/FAX:052-551-0302  
【大阪】 大阪府大阪市北区梅田3-1-3 ノースゲートビルディング

【E-mail】 flowmaster@ctc-g.co.jp  
【URL】 http://www.engineering-eye.com/  
http://www.ctc-g.co.jp/

**engineering-eye**  
シミュレーションで見えてくる

Flomasterロゴマーク、その他製品名や呼称などの固有名詞は各社の商標または登録商標です。