

【ノート】

【令和元年度 先端技術活用推進事業(FS)】

## 県内企業のモノづくりにおけるモデルベース開発の活用可能性調査

佐藤 裕高

機械電子情報技術部

モノづくりにおいて生産性向上を実現する開発手法としてモデルベース開発(MBD)が注目されている。そこで、県内企業のモノづくり支援を目的として、MBD、特にその設計段階で行われる1D-CAEの活用可能性調査を行った。

1D-CAEとして、複合物理モデリング言語Modelicaに基づいて作成した製品の1Dモデルに対して挙動シミュレーションが行われる。1D-CAEによって設計工程の時点でその設計が要求仕様を満たすことの確認や設計不具合検証が可能となり、試作評価工程で不具合が見つかった場合の設計段階への手戻りを削減することができる。

キーワード:モデルベース開発(MBD), 1D-CAE, Modelica, 物理モデリングツール

### 1 緒言

近年、モノづくり、例えば開発するシステムの制御対象(部品)や制御装置・制御ソフトウェアが高度化・複雑化する中で、開発企業にとっては開発製品の信頼性確保と国際競争に伴う開発スピードアップ・効率化の両立が課題となっている。この課題解決のために、自動車業界ではモデルベース開発(MBD)手法を積極的に取り入れており<sup>1)</sup>、経済産業省はMBDの推進を重点施策として位置づけている<sup>2)</sup>。しかしながら、MBDは自動車業界以外ではそれほど知られていない開発手法であるため、多くの県内企業にとってはMBDに取り組みづらいと考えられる。そこで、県内企業のモノづくり支援を目的としてMBD、特にその設計工程で行われる1D-CAEについて調査を行った。

### 2 モデルベース開発(MBD)

図1に一般的な製品開発工程(V字プロセス)を示す。ここで、V字の左側が設計工程、右側が試作評価工程にあたり、設計工程の上流から下流へ向かって設計を進めていき、設計成果物が完成してから製品試作を行ってその評価工程を下流から上流へ向かって進めることで製品が完成する。しかしながらこのような開発工程の場合、設計の妥当性は試作評価工程で初めて確認ができるものなので、例えば開発工程の最後のシステム検証工程で不具合が見つかり、それがシステム設計に起因するものであった場合は、システム設計工程に戻っ

て設計をやり直し、再度システム検証工程へ進むためにはその間にある設計と評価もやり直さなければならなくなる。これは製品開発において大きな手戻りとなり、開発の納期やコストに多大な影響を及ぼすことになる。

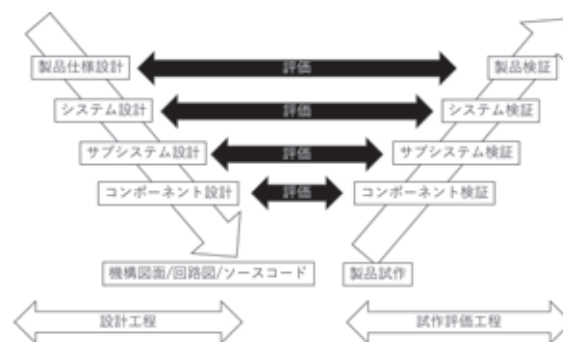


図1 一般的な製品開発工程(V字プロセス)

このような問題の解決策としてMBDが活用できる。MBDは開発しようとする製品をモデル化し、そのモデルに基づいたCAEを開発工程の各段階(設計・試作・検証)における主軸として利用する開発手法である。例えば、設計工程の各段階では、設計内容を反映したモデルを用いたコンピュータシミュレーションを行って設計内容の妥当性を検証する。これによって設計工程の時点で設計に瑕疵が無いかが分かるため、前述した手戻りの発生を抑え、結果として製品試作回数や評価時間の削減、そして全体的な開発効率の向上が期待できる。

一方、MBDには開発の各段階に応じてツール(モデリング用、自動ソースコード生成用、プロトタイピング用、

自動テスト用など)が必要となるが、現状では高額なツールが多く、開発の全工程を一度にMBDに置き換えるのは難しい面がある。そこで、高額なツールを揃えなくともある程度のレベルのMBDに取り組むことができる1D-CAEに注目した。

### 3 1D-CAE

高性能なコンピュータの普及に伴い、製品の詳細な機構・形状の設計/検証を目的とした3Dモデルによるシミュレーション(3D-CAE/CAD)が行われているようになってきているが、MBDでは3D-CAEの前段階として、設計した製品が要求仕様を満足することの検証や、最適な設計パラメータ探索などのために1Dモデルによる挙動シミュレーション(1D-CAE)が行われる。

製品の材質・形状・構造などを規定した3Dモデルと異なり、1Dモデルは物理現象を微分方程式で記述した集中定数系のモデルである。また、3D-CAEは電磁界、熱、流体、機械など単一の物理領域のシミュレーションが主である一方、1D-CAEは複合領域(例えば機械-電気系)のシミュレーションができることが特徴として挙げられる。

#### 3.1 Modelica

1D-CAEのために、多様な物理領域(電気、機械、熱、流体など)の複合モデリングおよびシミュレーションが可能なモデリング(プログラミング)言語Modelicaが策定されている<sup>3),4),5)</sup>。また、Modelicaは物理系以外にも制御系や状態遷移機械のモデリングにも対応している。

#### 3.2 物理モデリングツール

現在、Modelicaに準拠した物理モデリングと1D-CAEが可能な商用ツールが数多く出されている。商用ツールはツール開発ベンダーによるサポートやそのツールで使用可能な各種物理分野のモデルライブラリが充実しているが、その価格は特に中小企業にとっては決して安くはない。他方、無償配布されているModelica準拠の物理モデリングツールも存在する。ほとんどの物理モデリングツールではModelicaのソースコードを書くことなく、物理コンポーネント同士を結線してモデルを組み上げていくグラフィカルなモデリングを行うことができる。

無償配布のツールは商用ツールに比べて、ベンダーサポートが無い、使いたい分野のライブラリに乏しい可

能性がある、などのデメリットがあるが、無償のモデルライブラリもある程度揃っているので、無償ツールで物理モデリングやModelicaの基礎を学びながら1D-CAE及びMBDの理解を深めていき、その有用性と限界を見極めてから商用ツールを使って実開発に活用する、といった取り組み方が考えられる。

代表的な無償配布されているModelica準拠の物理モデリングツールとしてOpenModelicaがある<sup>6)</sup>。OpenModelicaを用いた場合の機械系、電気系の1Dモデル例をそれぞれ図2と図3に示す。また、図4に電気系と機械系の複合モデルとして電気自動車の1Dモデル、図5にそのモデルの挙動シミュレーション結果の一部を示す。なお、これらのモデルはOpenModelicaのモデルライブラリとして利用可能である。



図2 機械系の物理モデリング例(RollingWheel)

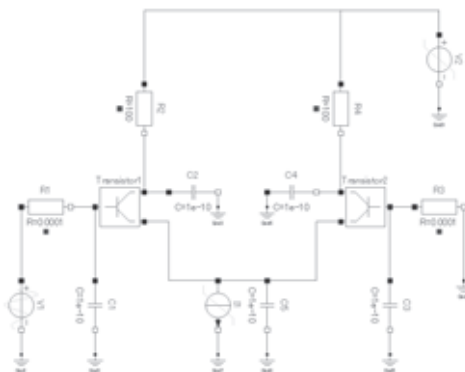


図3 電気系の物理モデリング例(Difference Amplifier)

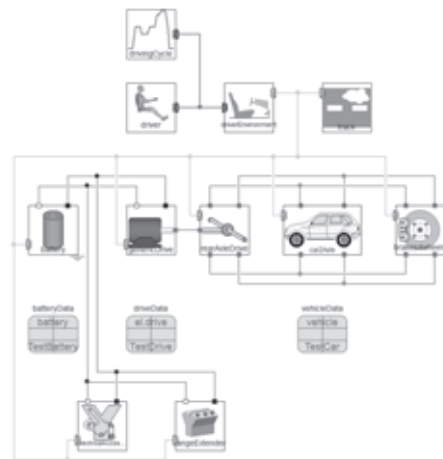


図4 マルチドメインのモデリング例  
(電気自動車の電気-機械系複合モデル)

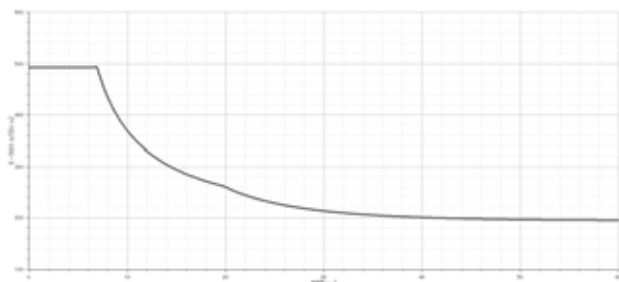


図5 シミュレーション結果(モータートルク特性)

#### 4 結言

県内企業のモノづくり支援を目的としてMBD, 特にその設計工程で行われる1D-CAEについて調査を行った。当センターでは引き続き, Modelica準拠の物理モデリングツール, 特にOpenModelicaを用いた1D-CAEの活用とノウハウの蓄積に取り組んでいく予定である。

#### 参考文献

- 1) Japan MBD Automotive Advisory Board (JMAAB). <http://jmaab.mathworks.jp>, (参照2020-05-01)
- 2) “自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会”. 経済産業省. 2019-09-11. [https://www.meti.go.jp/policy/mono\\_info\\_service/mono/automobile/mbd/mbd.html](https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/automobile/mbd/mbd.html), (参照 2020-05-01)
- 3) Modelica Association. <https://www.modelica.org>, (参照 2020-05-01)
- 4) Fritzson, Peter 著. 大嶋明 監訳. 広野友英 訳. Modelica によるシステムシミュレーション入門. TechShare, 2015, 198p.
- 5) 平野豊 著. Modelicaによるモデルベースシステム開発入門. TechShare, 2017, 188p.
- 6) Open Source Modelica Consortium (OSMC). <https://openmodelica.org>, (参照 2020-05-01)