

1Dシミュレーションによるシステム設計の事例紹介

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部（制御）

アプリケーションエンジニア

福井 慶一

アジェンダ

- 開発初期のシステム設計における1Dシミュレーションの有効性
- 1Dシミュレーションの適用事例

システムの複雑化に伴い、開発初期のシステム設計が重要となっています。

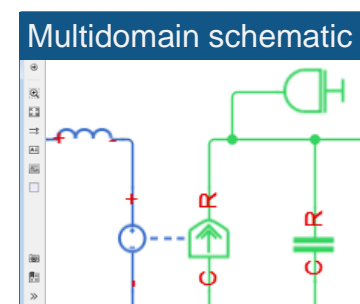
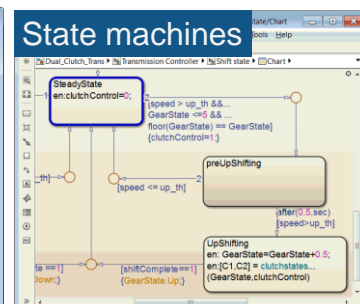
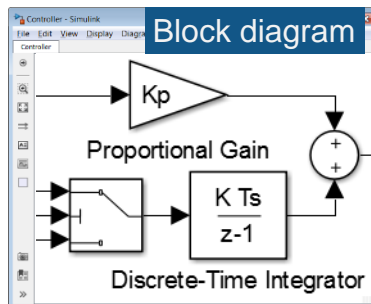
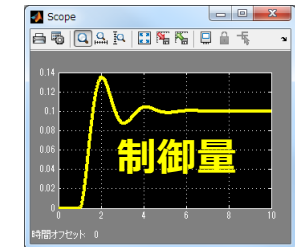
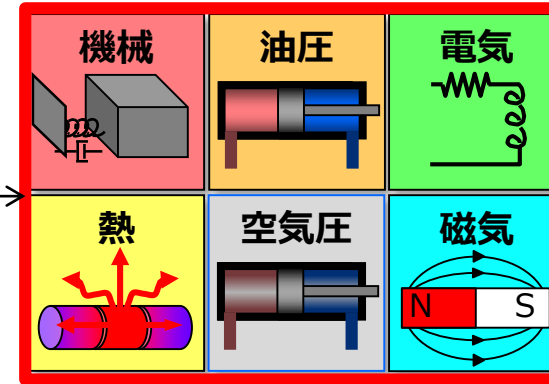
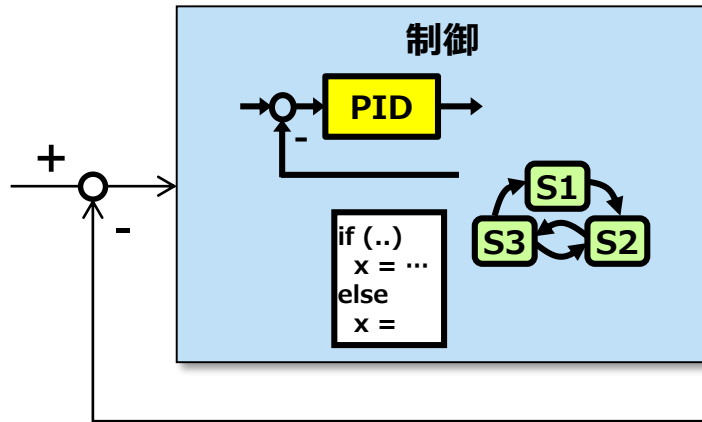
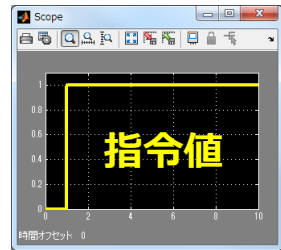
要求仕様



求められる「機能」を机上で試作・検証
システムレベルシミュレーション (MILS)

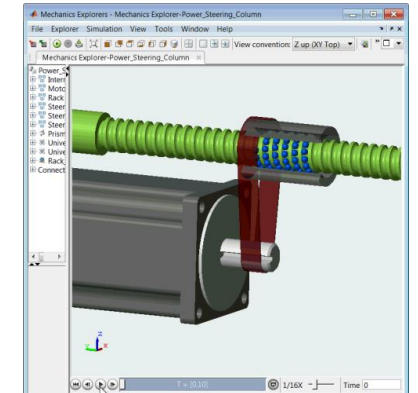
コントローラ
(制御・監視・診断)

プラント
(機械・電気・油圧 etc)



```

spring.ssc* x +
24
25 equations
26 v == x.der;
27 f == spr_rate * x;
28 end
29
Simscape model file Ln
    
```



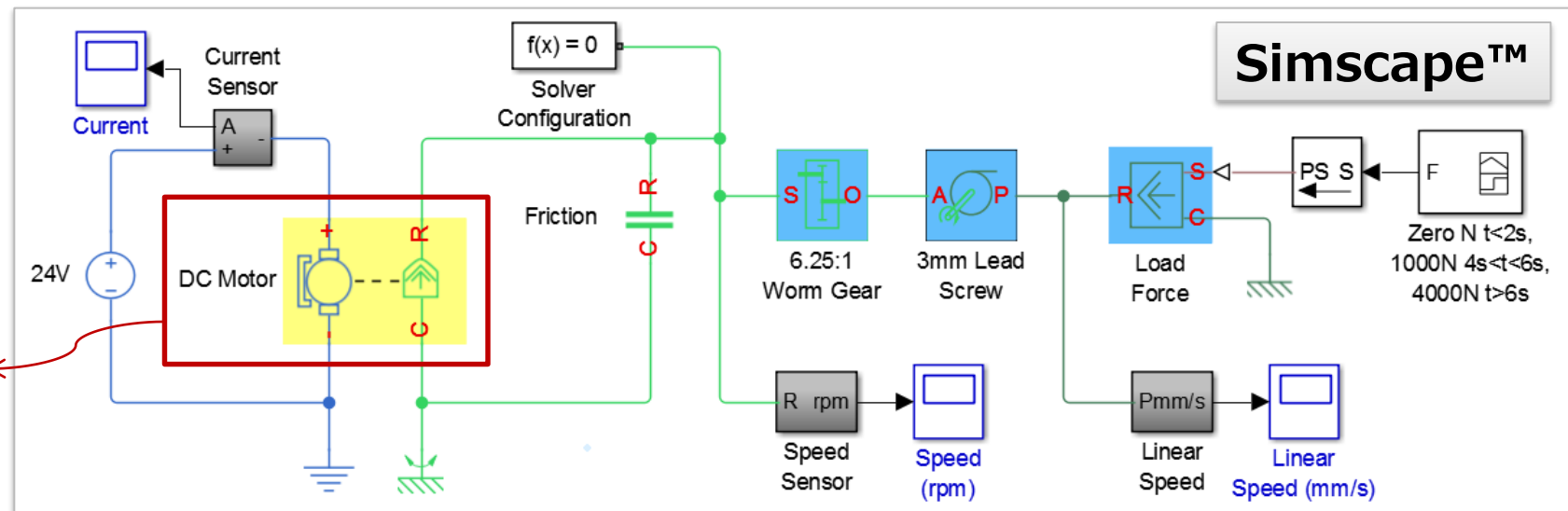
システム設計では、機能・性能の検討を1Dモデルを活用して行います。

ここで言う1Dモデルとは、単純に空間的な1次元の意味ではなく・・・

物事の「本質」を的確にとらえ、「機能」を見通しのよい形式でシンプルに表現すること

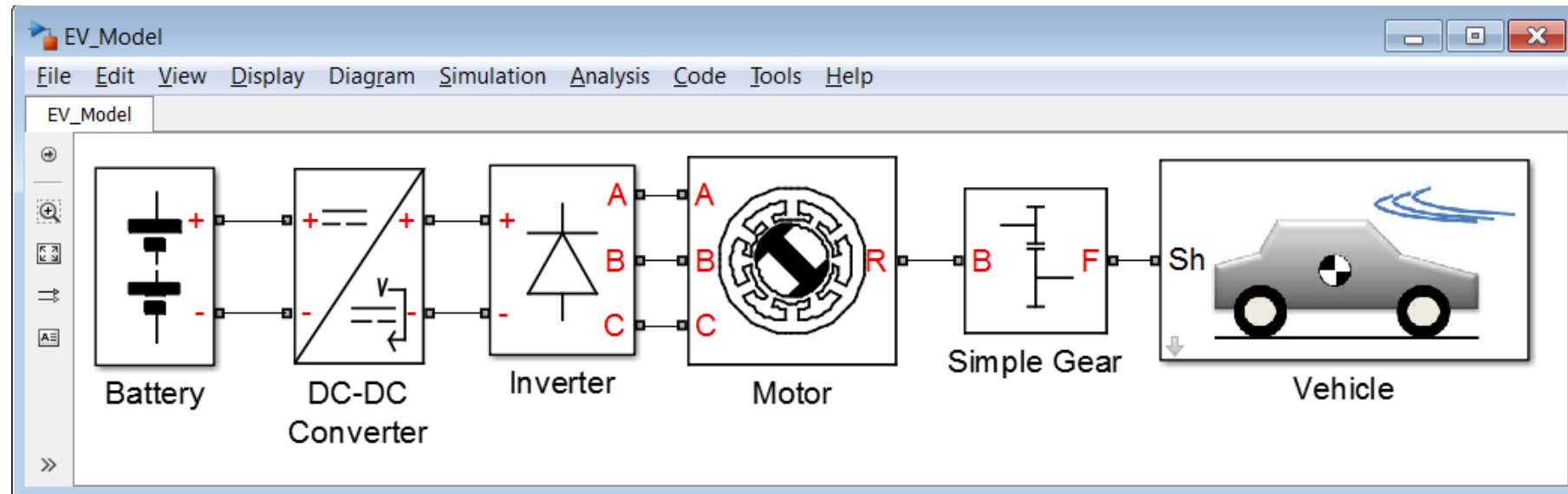
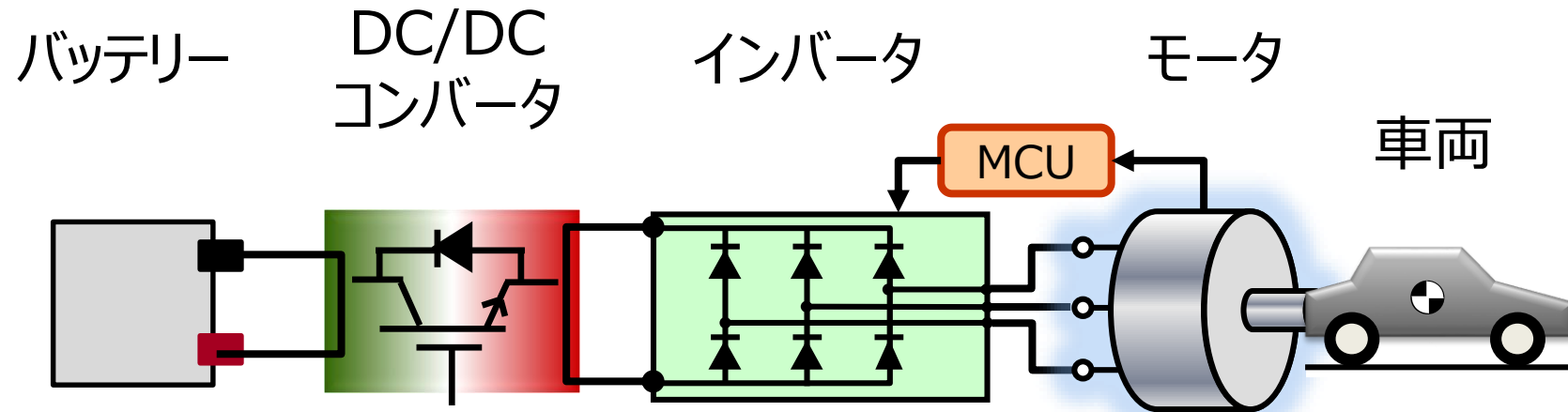
(例) DCモータ駆動システム

各ユニット/部品を
 ・「物理方程式」
 ・「測定データによる近似式」
 で表現



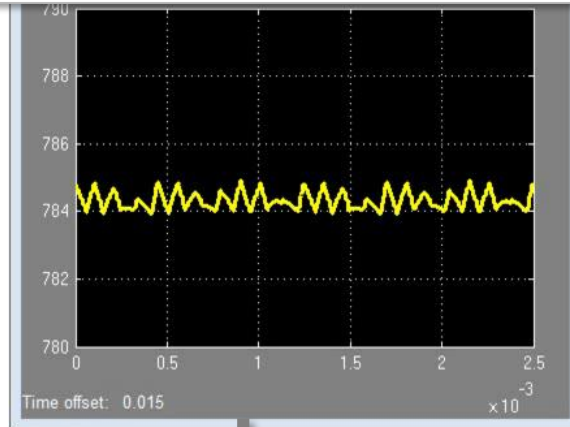
- 機械・電気・熱・流体などの複合領域の現象を表現しやすい
- 一般的に 3D に比べてシミュレーション負荷が小さい
- 詳細な形状・配置 (3D) 決定前の機能・性能検討が一つの使い所

(例) 電気自動車の1Dモデル (制御・電気・機械系の振る舞いを考慮)

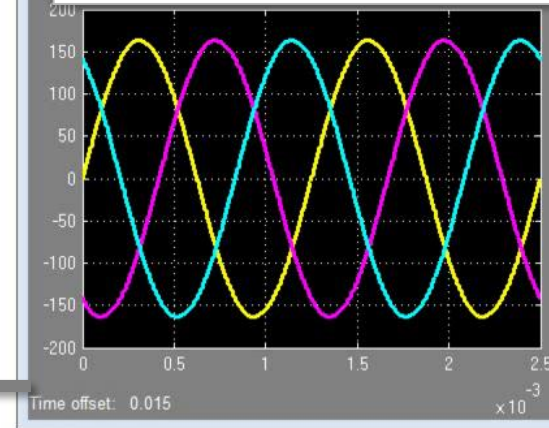


(例) 電気自動車のシミュレーション (車両走行時の電気系の振舞いを確認)

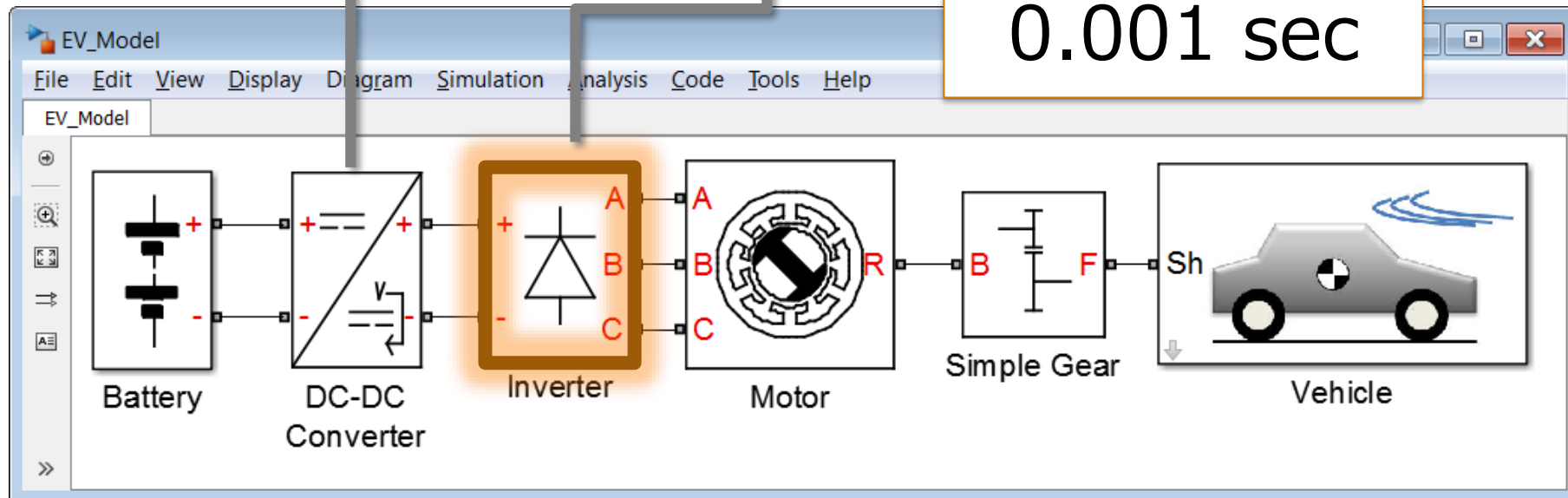
DC/DCコンバータの出力電圧



インバータの出力電流



0.001 sec



アジェンダ

- 開発初期のシステム設計における1Dシミュレーションの有効性
- 1Dシミュレーションの適用事例

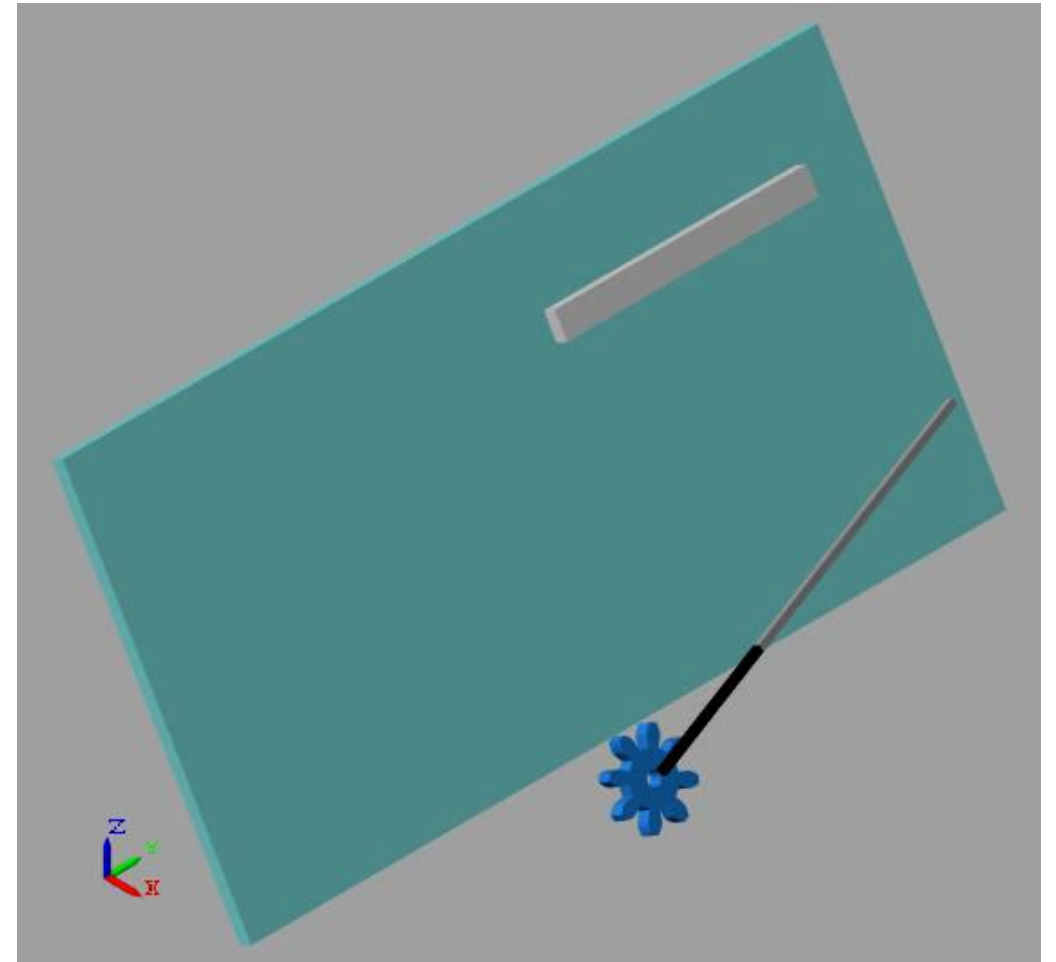
(例.1) ワイパーの仕様設計

システム統合時の動作をシミュレーションし、開発初期の仕様設計の精度向上。

模式図



モデル・シミュレーション



課題

- 簡易的な数式を使った手計算ベースの開発では、システムの機能、統合時の動作の理解が難しい。

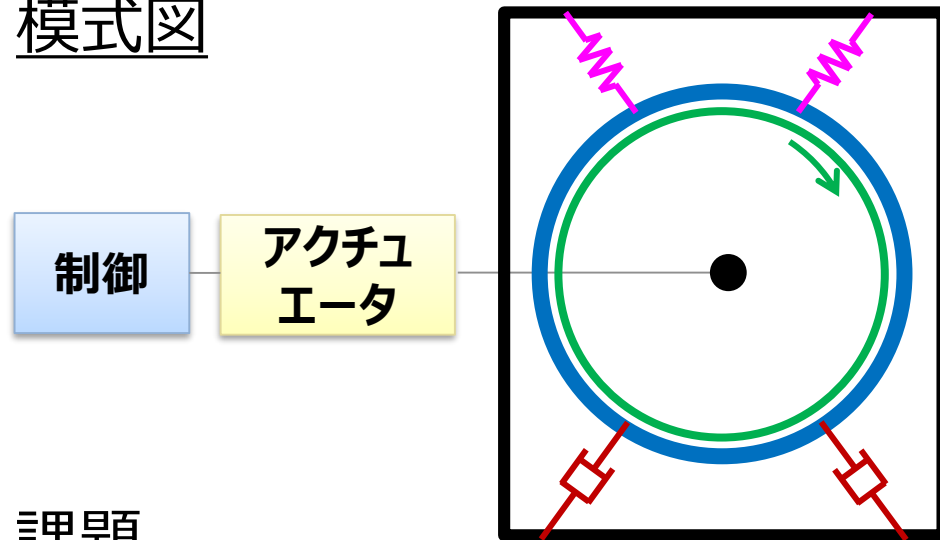
ソリューション

- 電気・機械の1Dモデル化により、システムの機能と統合時の動作（過渡応答）を見える化。

(例.2) 回転体の振動抑制

SW/HW面での振動抑制の効果をシミュレーションし、実機検証の回数を削減。

模式図



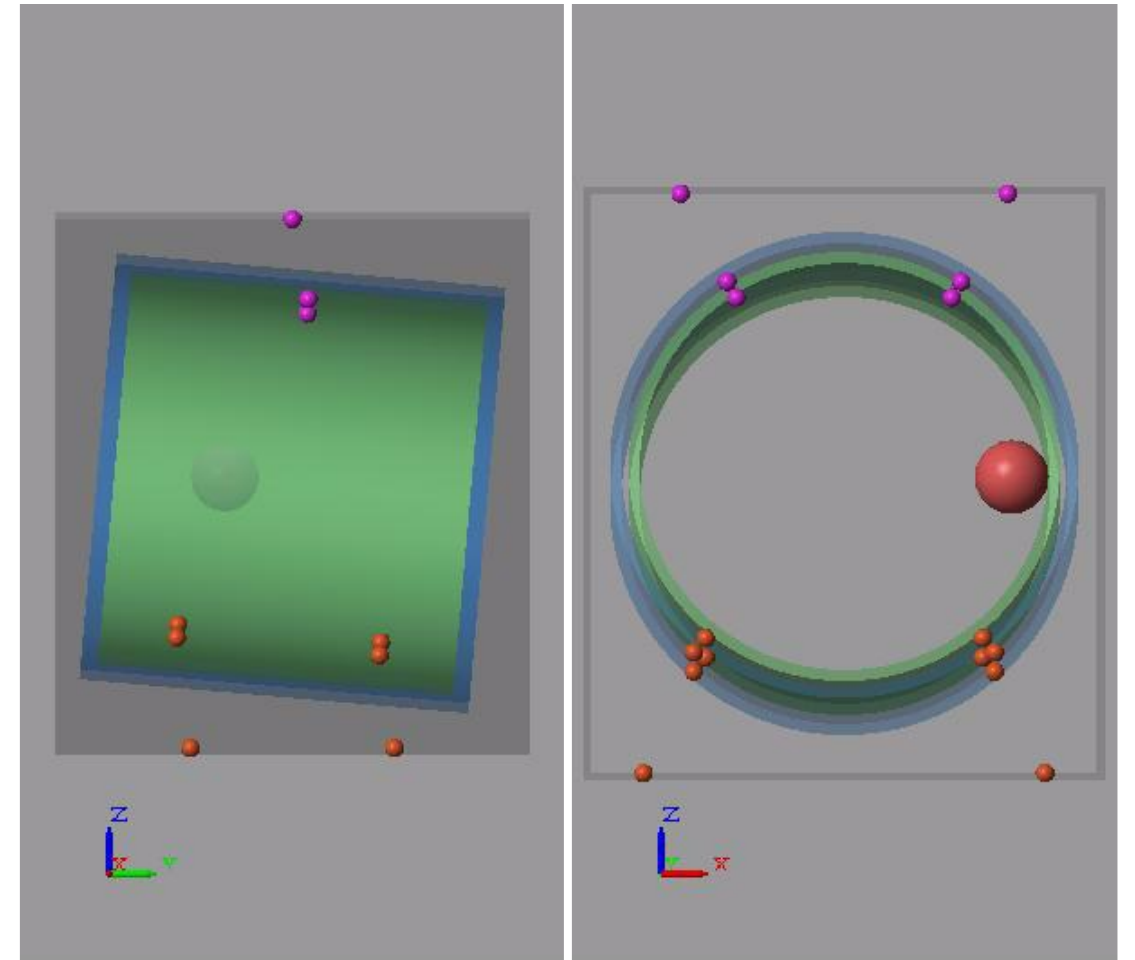
課題

- 考案したSW/HW面での振動抑制対策の効果を、全て実機検証するのは時間・コストがかかる。

ソリューション

- 機械の1Dモデル化により、SW/HW面での振動抑制対策の効果を机上検証。

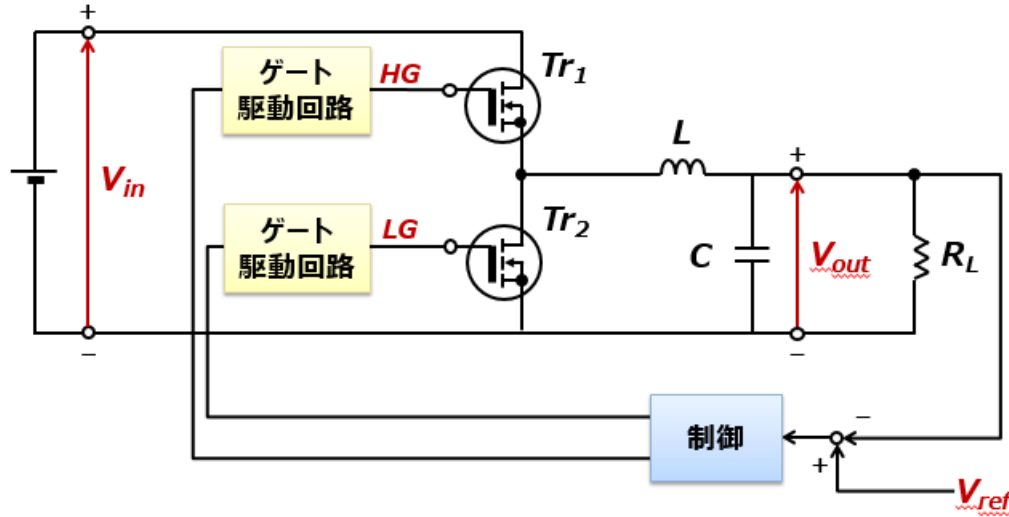
モデル・シミュレーション



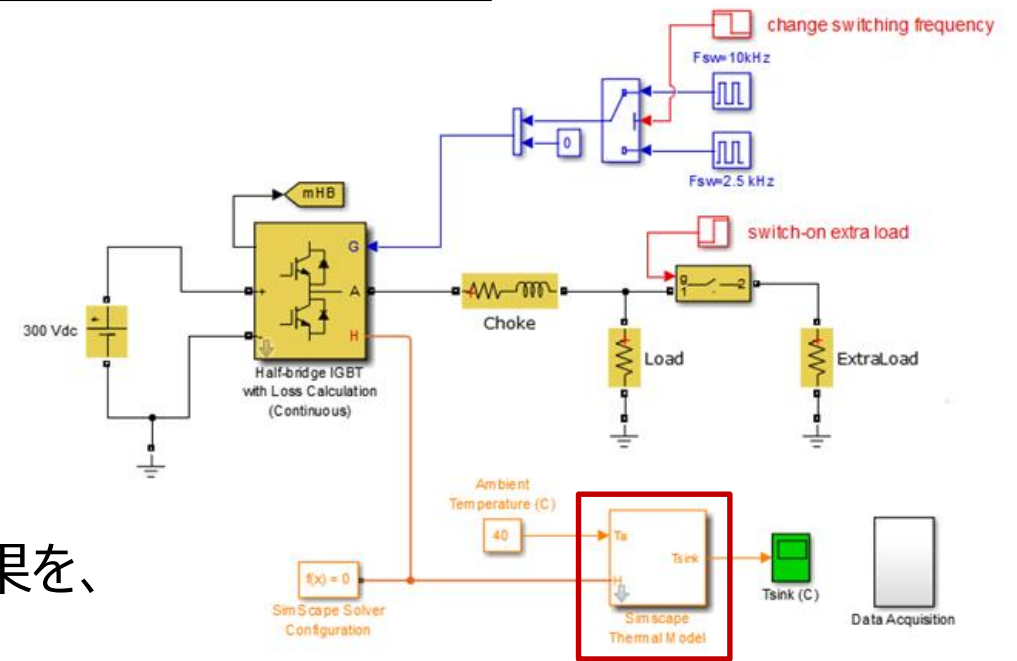
(例.3) パワエレ装置の設計

電力損失・熱も考慮した制御方法の効果を実シミュレーションし、設計作業を加速。

模式図



モデル・シミュレーション



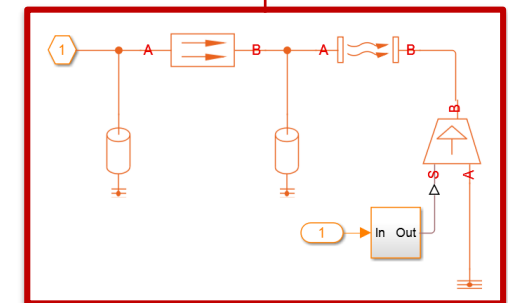
課題

- 電力損失・熱を低減するために考案した制御方法の効果を実機ベースで検証している時間・コストがかかる。

ソリューション

- 電気・熱の1Dモデル化により、電力損失・熱を低減する制御方法の効果を実机上検証。

熱回路モデル

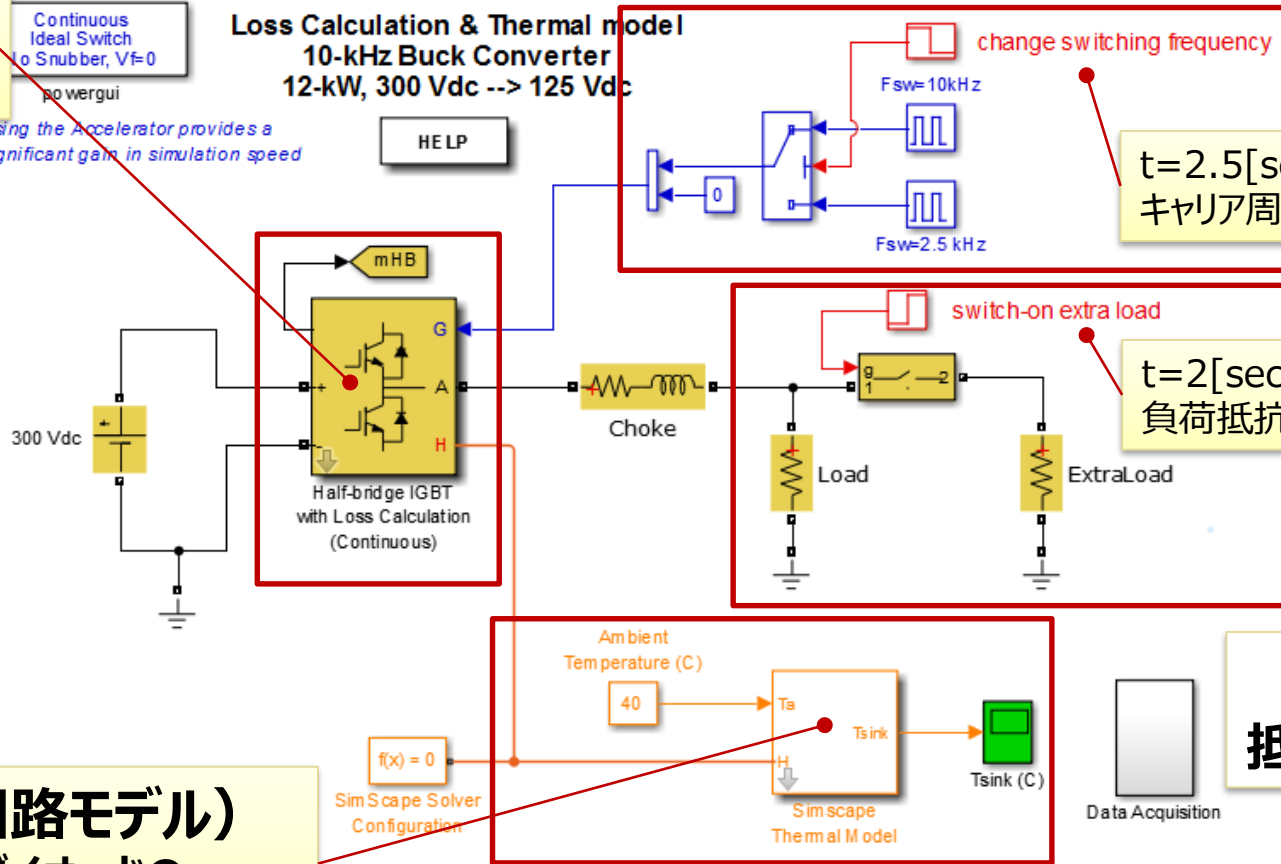
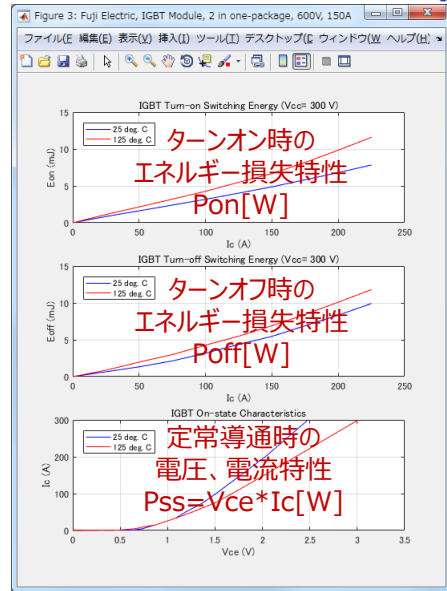


(例) 降圧コンバータのIGBT・ダイオードの電力損失・温度変化を計算

IGBTモジュール
(IGBT+ダイオード)

損失特性データ
(半導体メーカー提供)

キャリア周波数の変更
10[kHz]→2.5[kHz]



t=2.5[sec]になると、Switchブロックを使い、キャリア周波数を10[kHz]から2.5[kHz]に変更する。

t=2[sec]になると、Ideal Switchブロックを使い、負荷抵抗を並列に追加で接続する。(ExtraLoad)

負荷の変動
抵抗負荷：大→抵抗負荷：小

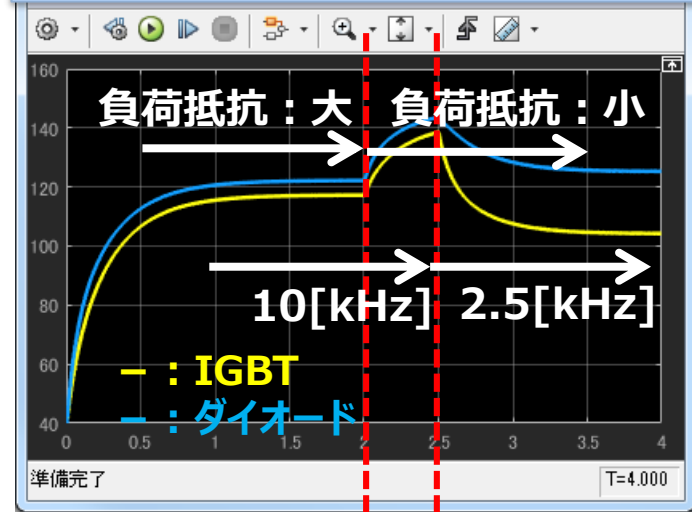
ヒートシンク (熱回路モデル)
一般的に、IGBT、ダイオードの許容最大温度は150℃以下

シミュレーション結果

IGBT, ダイオード
のジャンクション温度
 $T_{th(j)} [^{\circ}\text{C}]$

IGBT, ダイオード
の全損失
 $P_{all} [W]$

OKのケース ○ 社製のIGBTモジュール



NGのケース □ 社製のIGBTモジュール

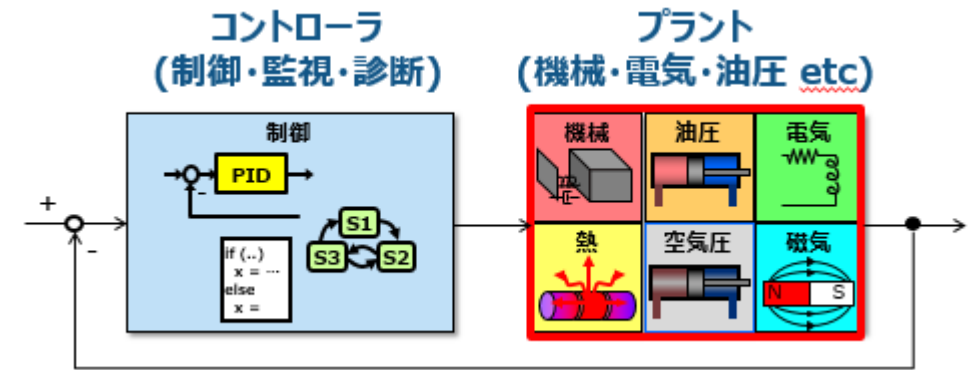


まとめ

システム設計に 1D シミュレーションを活用しませんか？

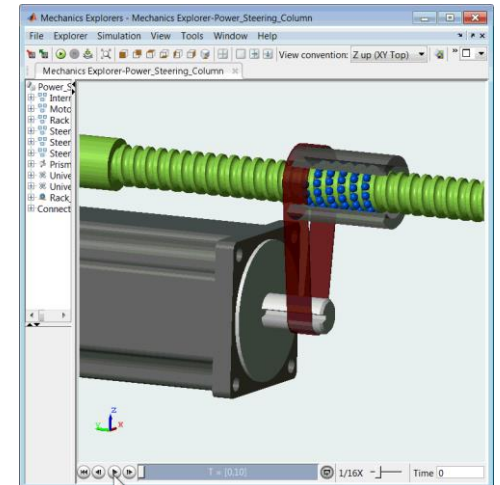
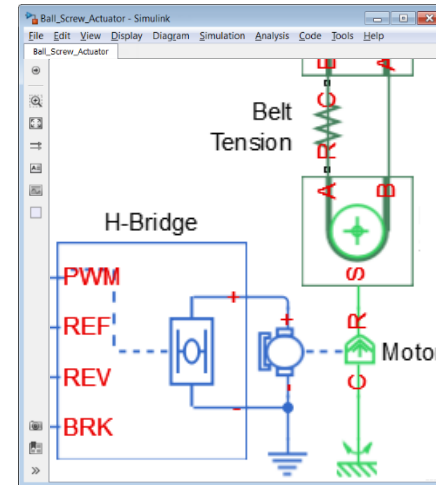
1. システム設計の重要性

製品に要求される機能や性能を起点とし、開発上流からシステム全体でモノづくりを進め、真のフロントローディングを実現。



2. 1Dシミュレーションの必要性

仮想環境でモノを動かし、システム設計のアウトプット(要求仕様、システム機能・性能)に明確な根拠や当りを付ける。





Accelerating the pace of engineering and science

© 2016 The MathWorks, Inc. MATLAB and Simulink are registered trademarks of The MathWorks, Inc. See www.mathworks.com/trademarks for a list of additional trademarks. Other product or brand names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.