

# 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。

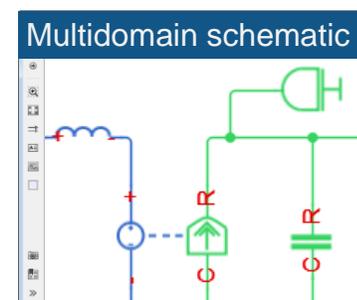
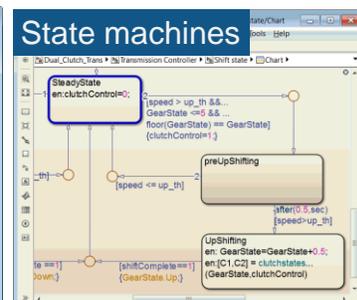
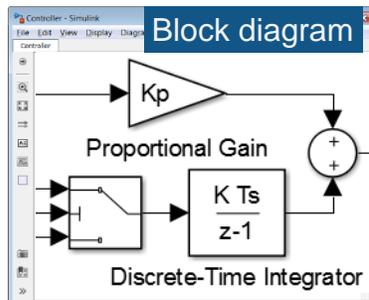
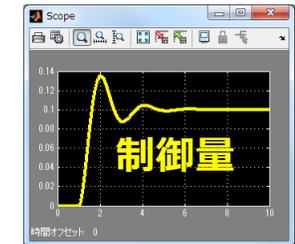
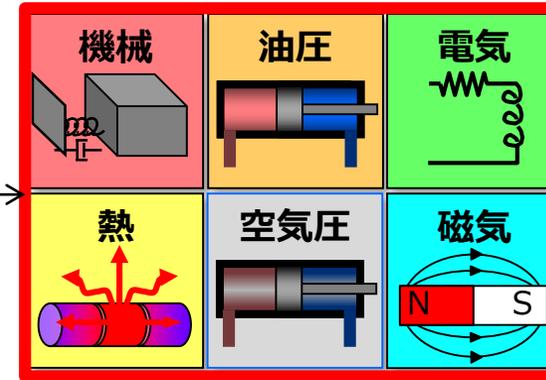
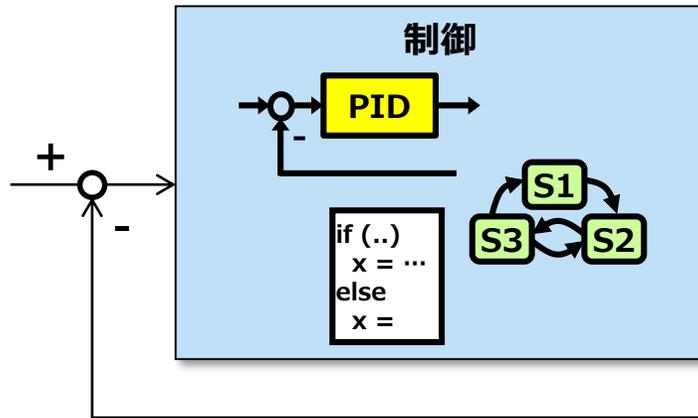
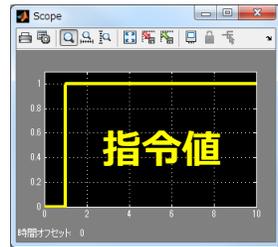
要求仕様



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)

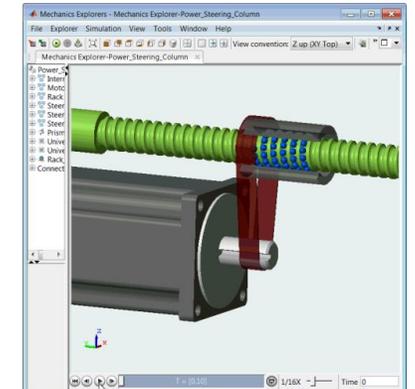
コントローラ  
(制御・監視・診断)

プラント  
(機械・電気・油圧 etc)



```

Editor - C:\Program Files\MATLAB\Code
spring.ssc* x +
24
25 equations
26 v == x.der;
27 f == spr_rate * x;
28 end
29
Simscape model file Ln
    
```



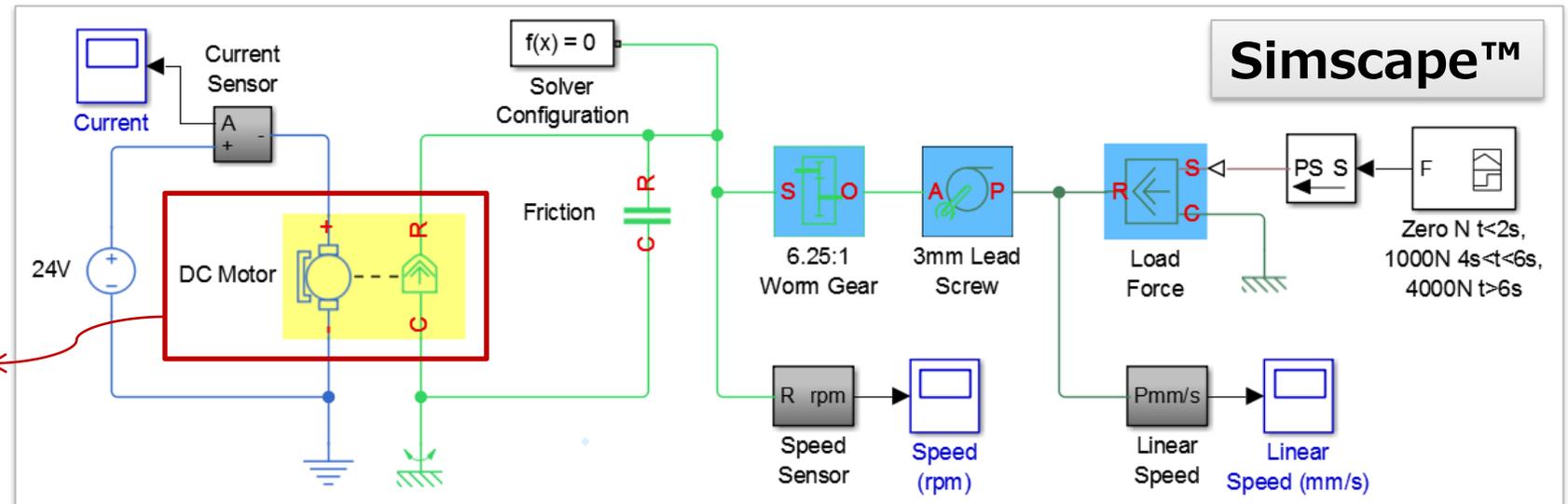
システム設計では、機能・性能の検討を1Dモデルを活用して行います。

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

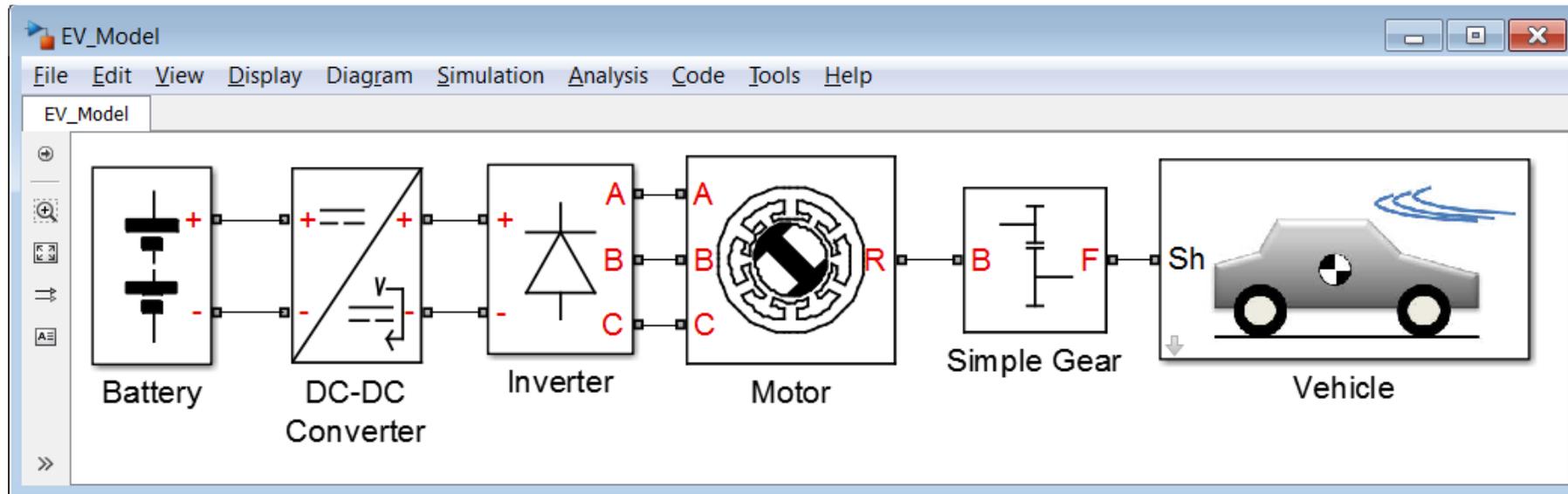
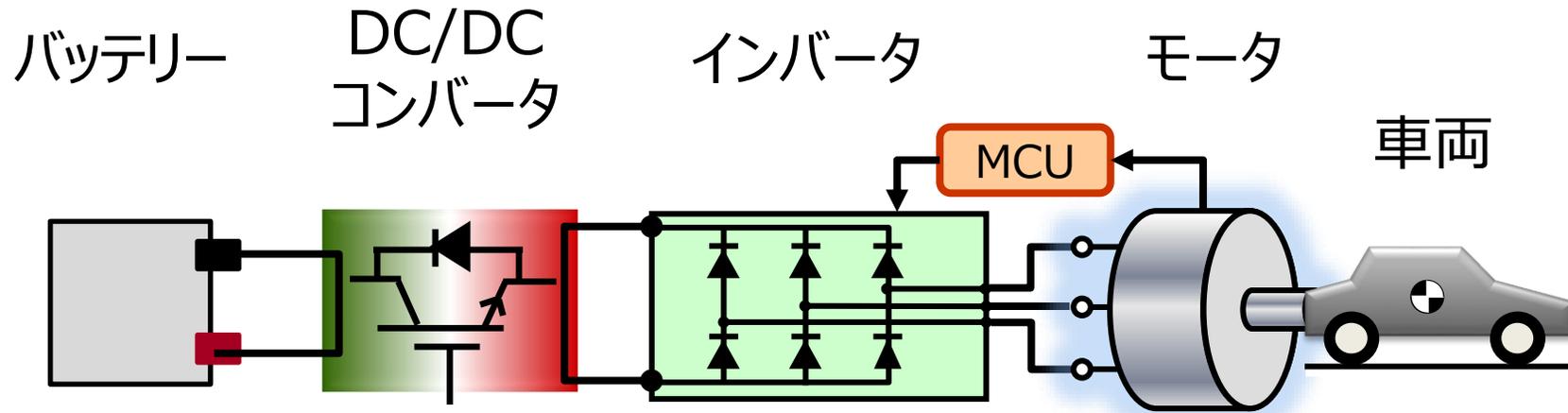
(例) DCモータ駆動システム

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



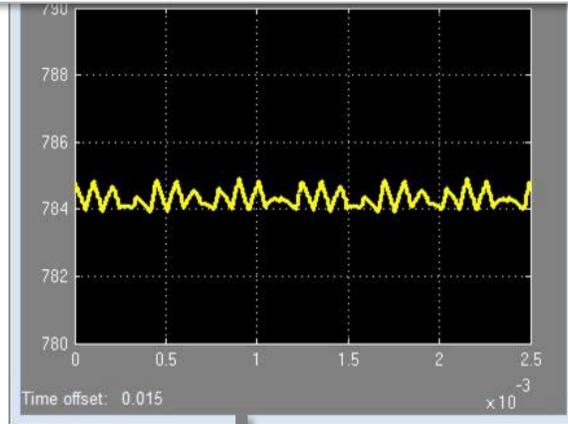
- 機械・電気・熱・流体などの複合領域の現象を表現しやすい
- 一般的に 3D に比べてシミュレーション負荷が小さい
- 詳細な形状・配置 (3D) 決定前の機能・性能検討が一つの使い所

# (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)

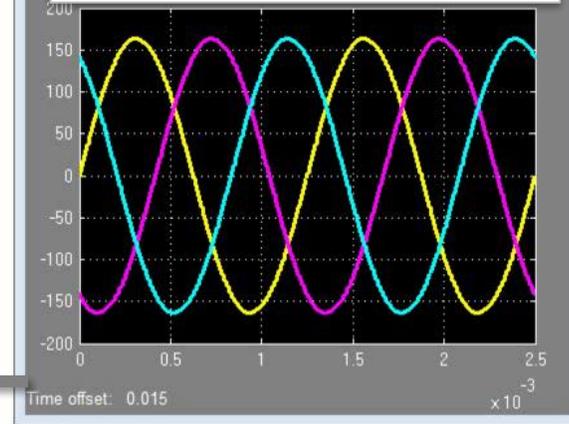


# (例) 電気自動車のシミュレーション (車両走行時の電気系の振舞いを確認)

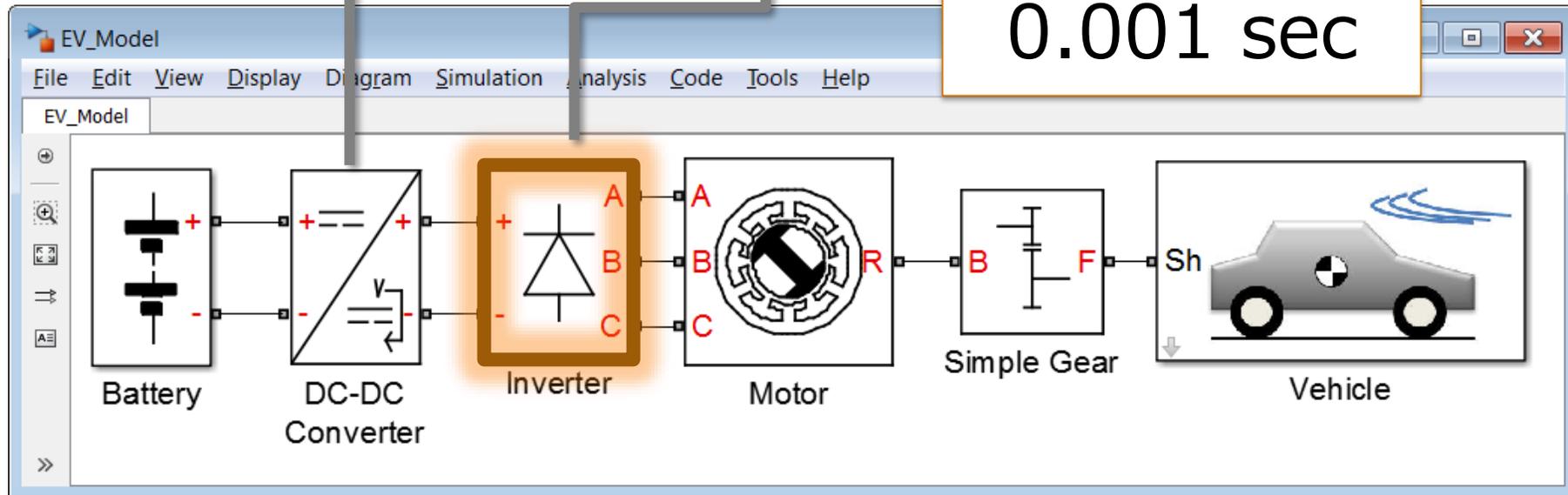
DC/DCコンバータの出力電圧



インバータの出力電流



0.001 sec



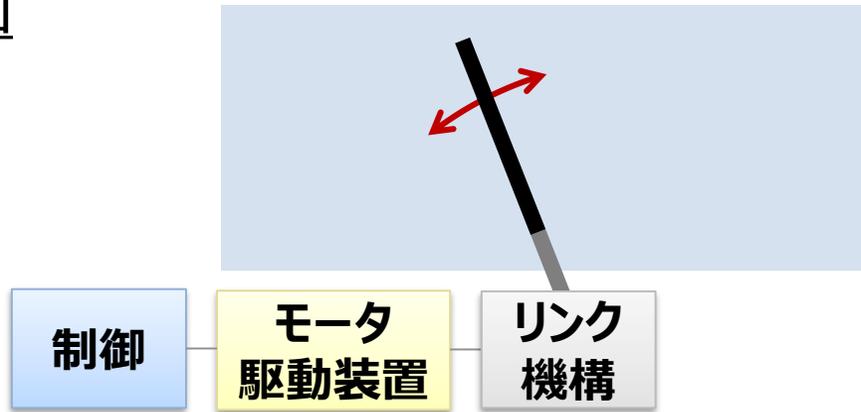
# アジェンダ

- 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

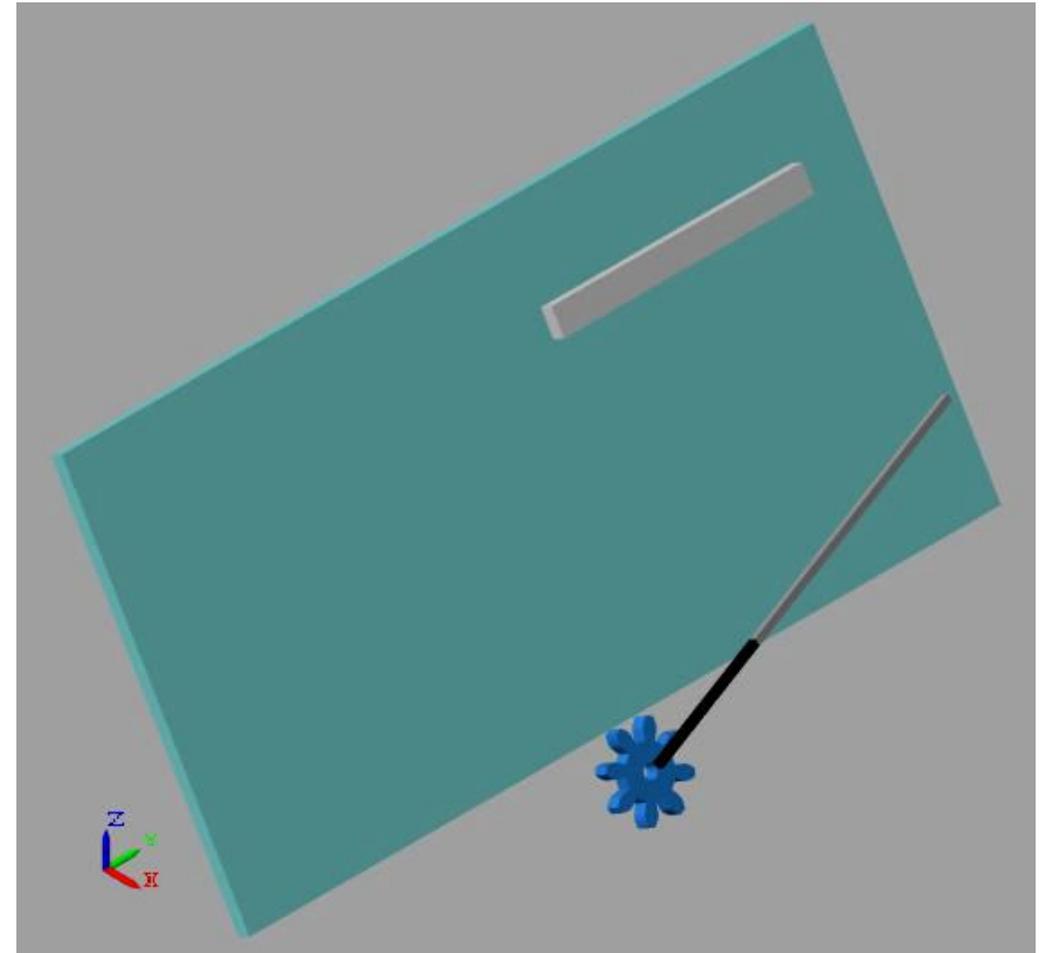
## (例.1) ワイパーの仕様設計

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。

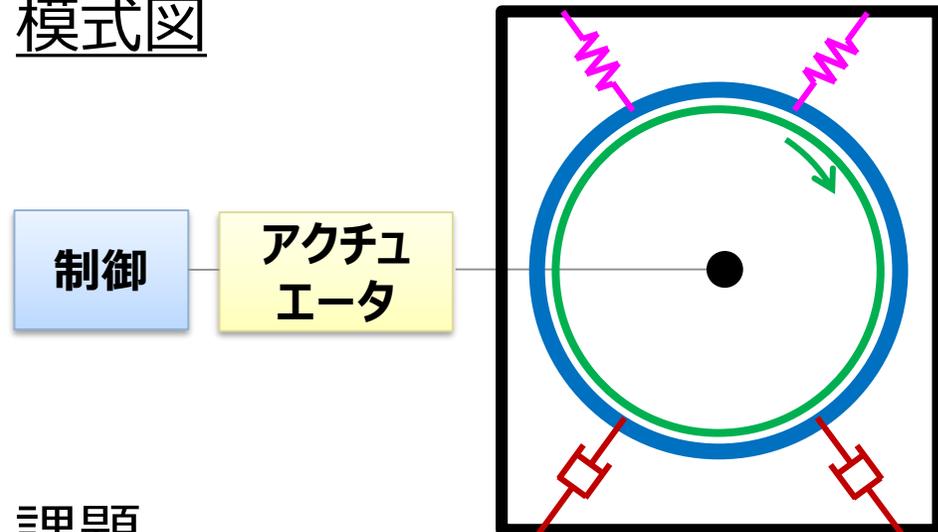
### ソリューション

- 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



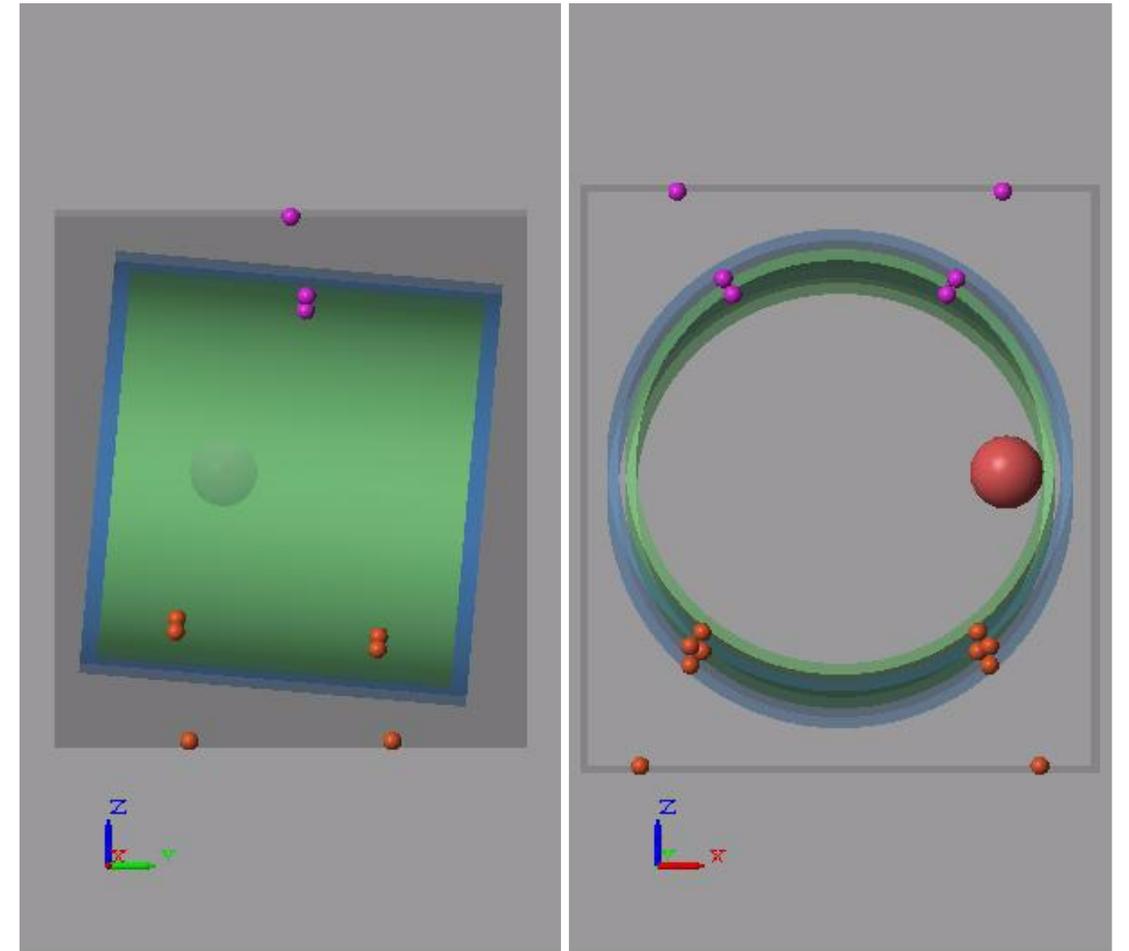
### 課題

- 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。

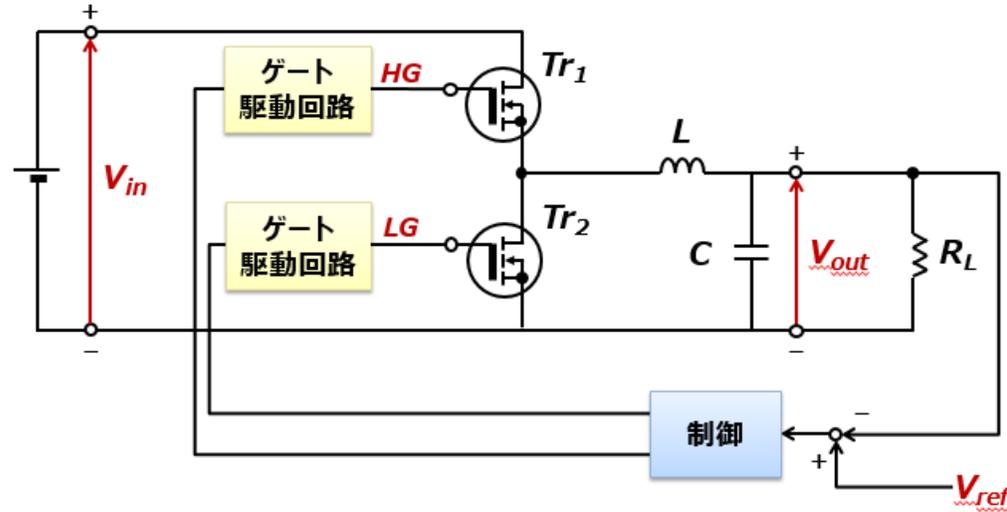
### モデル・シミュレーション



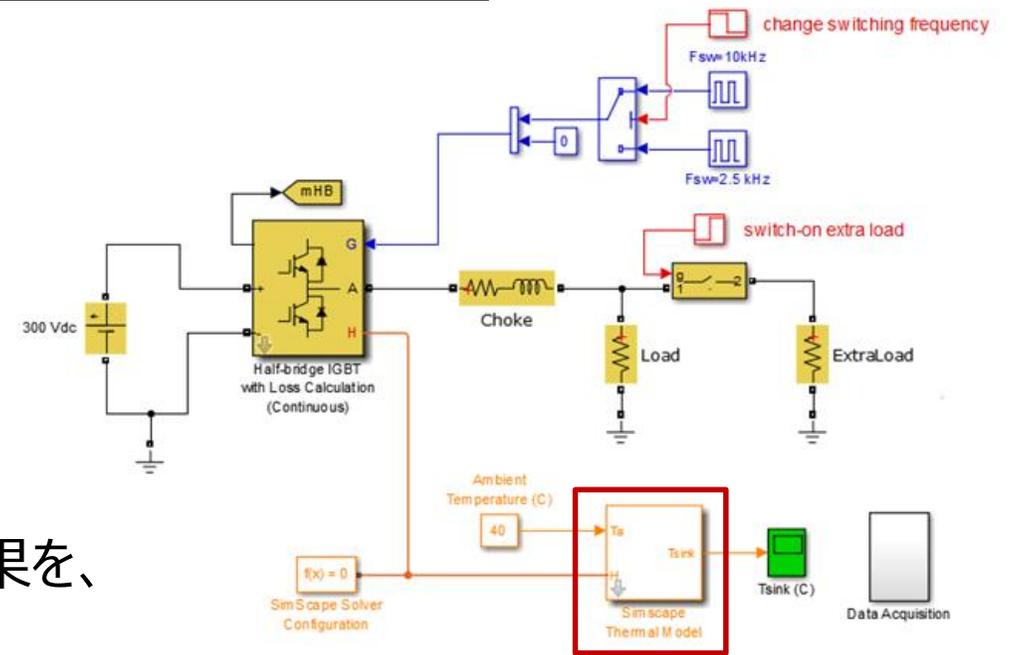
# (例.3) パワエレ装置の設計

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



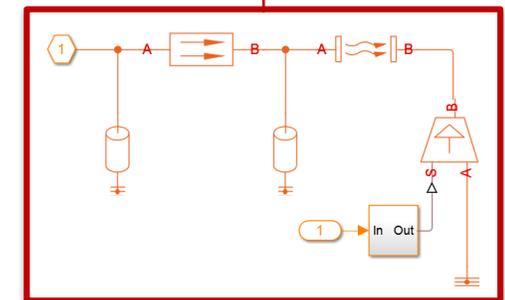
## 課題

- 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て時間・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。

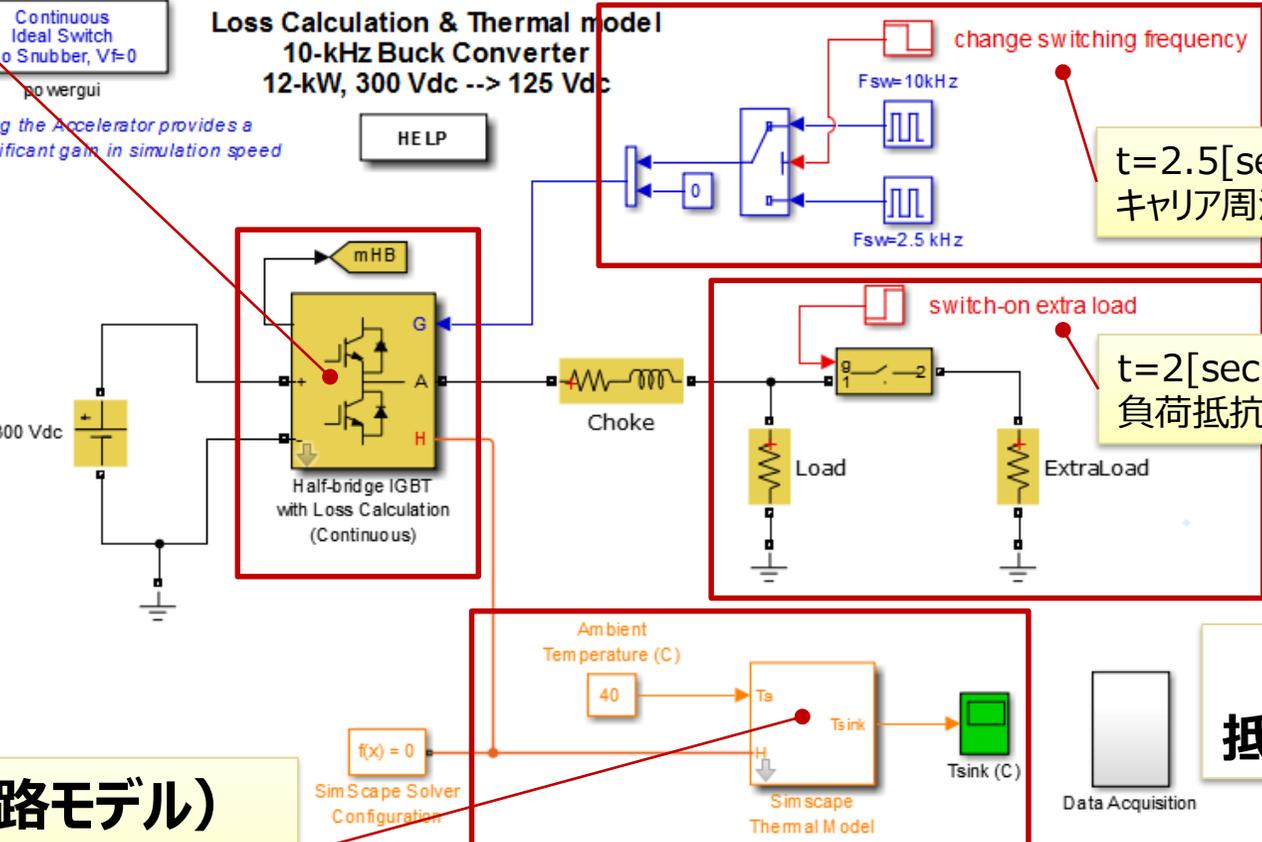
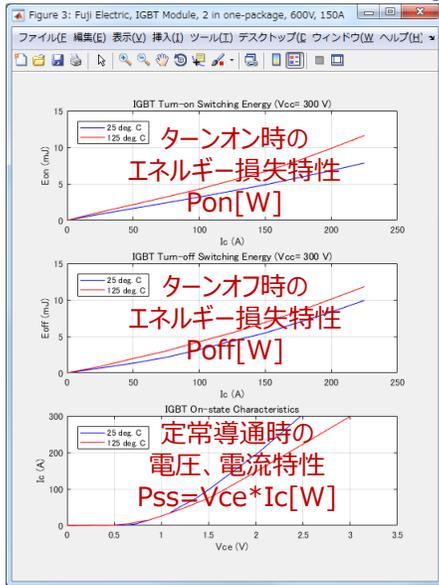
熱回路モデル



# (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**

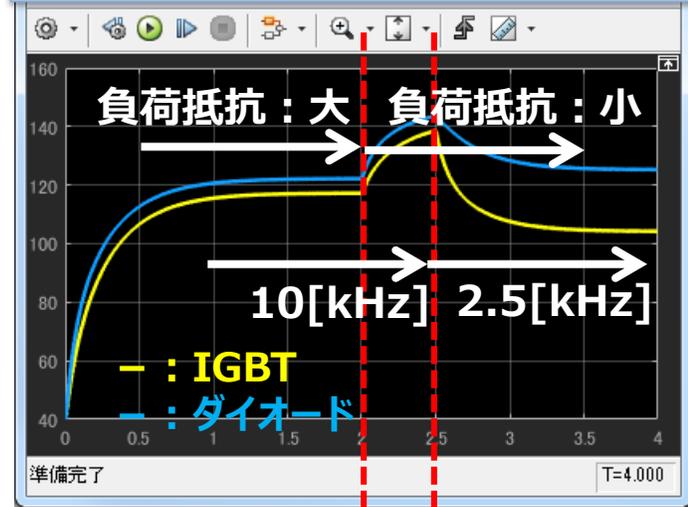
**ヒートシンク (熱回路モデル)**  
 一般的に、IGBT、ダイオードの許容最大温度は150℃以下

# 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

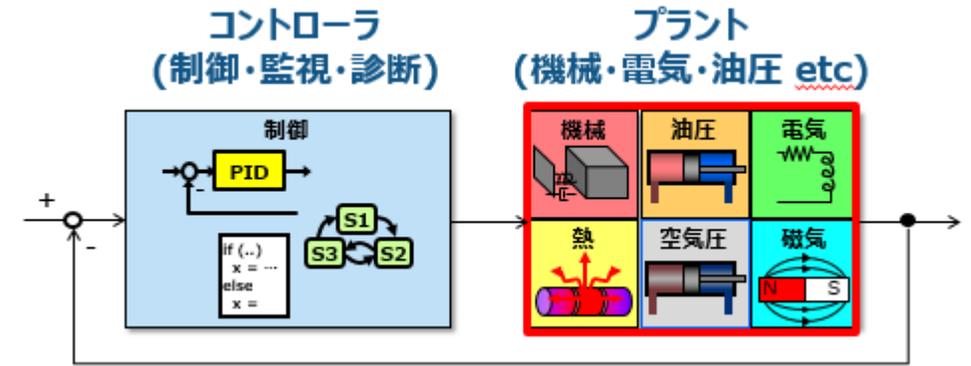


# まとめ

## システム設計に 1D シミュレーションを活用しませんか？

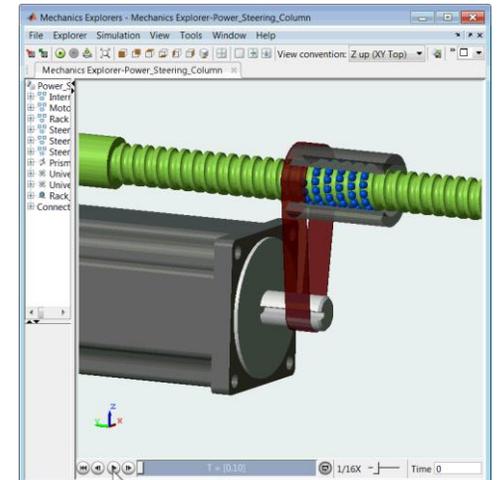
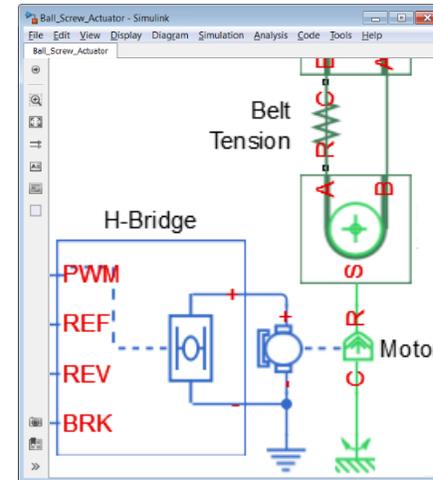
### 1. システム設計の重要性

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](http://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.