

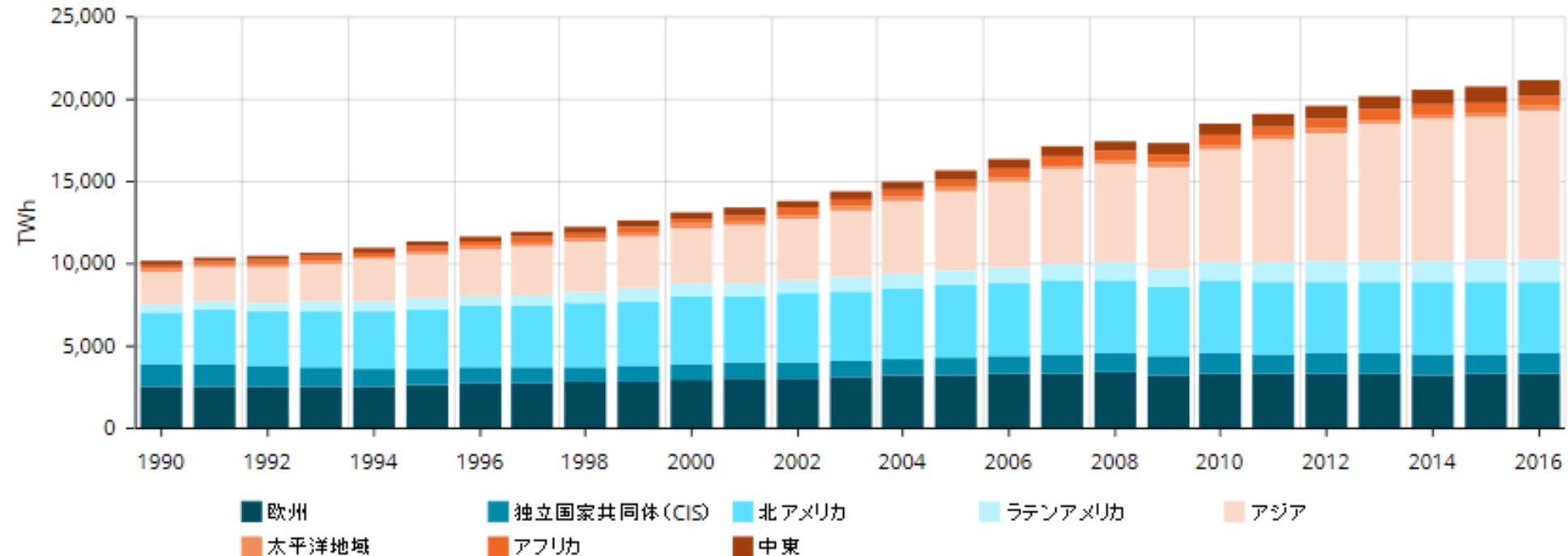
# 今からはじめるパワエレ&モーター開発における モデルベースデザイン

MathWorks Japan  
アプリケーションエンジニアリング部  
小林 昇洋



# パワエレデバイス及びモーターを含むシステムをとりまく環境

## 世界の電力消費量



引用元:<https://yearbook.enerdata.jp/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html>

- ✓ 省電力化のトレンドの中、電力消費は継続的に増加 2016年 5.2%
- ✓ コストの低下により、再生可能エネルギーの利用が急速に進行

# パワエデバイス及びモーターを含むシステムをとりまく環境

## 取り巻く環境の変化

Sector	Electricity consumption	% of all EMDS electricity
製造業	4 488 TWh/year	64%
商業	1 412 TWh/year	20%
住宅	948 TWh/year	13%
運輸・農業	260 TWh/year	3%

Source: IEA statistics, 2006 (national electricity demand); A+B International, 2009 (motors calculations).



省エネトップランナー制度対象品目	
● 電気自動車	● 変圧器
● エアコン	● ジェットエンジン
● 照明器具*	● 電子レンジ
● テレビ	● DVDレコーダー
● 複写機	● ルーティング機器
● 電子計算機	● スイッチング機器
● 磁気ディスク装置	● 複合機
● 産業用ロボット	● プリンター
● ビデオテープレコーダー	● 電気温水機器 (ヒートポンプ式給湯器)
● 電気冷蔵庫	● 交流電動機
● 電気冷凍庫	● 電球形LEDランプ
● ストープ	● 新素材
● ガス調理機器	● ゴシック
● ガス温水機器	● 複層ガラス
● 石油温水機器	● ショークース
● 電気圧搾	
● 白熱灯交換	

トップランナー制度対象品目

経済産業省資料抜粋

**by 2040, electric car batteries will draw 1,900 TWh/yr of electricity**  
*Bloomberg New Energy Finance*

2040年までに電気自動車による電力消費量は1,900TWh/yerまで上昇すると予測されている

急速に進む環境変化に早期に対応するためには**モデルベースデザインの適用は不可欠**

# 国内でご講演頂いた近年の事例



実践のためのMathWorks入門セッション

**MATLAB EXPO 2013** : モーターに特化し**4セッション**を通して適用ワークフローをご紹介

**MATLAB EXPO 2014** : パワエレに特化し**3セッション**を通して適用ワークフローをご紹介



# 世界中で多数の成功事例

**開発期間を大幅に短縮**

✓ **シミュレーションを用いた設計・検証技術**

✓ **コード生成機能を中心とした自動化技術**

## OMRON Develops Solar Inverter Control Algorithm for Anti-Islanding Control



Houses with solar power systems.

**Challenge**  
Develop a control system to ensure the safe operation of solar power generation systems during power outages.

**Solution**  
Use Model-Based Design with MATLAB and Simulink to model electrical power and control systems, run simulations, and analyze the systems' response to outages.

**Results**

- Integration testing time halved
- Data analysis completed four times faster
- Key test conditions simulated

## Weinmann Develops Life-Saving Ventilator Using Model-Based Design

**Challenge**  
Develop embedded control software for a ventilator used in hospitals.

**Solution**  
Use MATLAB and Simulink to model the ventilator's control system, run simulations, and generate code for the target processor.

## SAIC Motor Develops Embedded Control System for the Roewe 750 Hybrid Sedan Using Model-Based Design



The Roewe 750 hybrid sedan.

**Challenge**  
Develop the hybrid control unit for the Roewe 750 hybrid sedan.

**Solution**  
Use MATLAB, Simulink, and Embedded Coder to model the hybrid control system, run simulations, and generate code for the target processor.

“Three years ago, SAIC Motor did not notice developing control software. We used Design because it was an efficient method. This approach saved months of engineers' time.”

## Airbus Helicopters Accelerates Development of DO-178B Certified Software

**Challenge**  
Develop DO-178B certified helicopter flight software.

**Solution**  
Use Model-Based Design to model the system, run simulations, and generate code for the target processor.

**Results**

- 60% of code generated automatically

## Power Electronics Control Systems with Model-Based Design

**Challenge**  
Develop a power electronics control system for a distributed power storage system.

**Solution**  
Use Model-Based Design with MATLAB and Simulink to run simulations of power electronics, the electrical control system, and generate production code for the target processor.

**Results**

- Six months of development time saved
- Thousands of dollars in board spin costs saved
- System fully operational days after hardware becomes available

“With Model-Based Design we saw exactly how our controller would work with the hardware even while the hardware was being developed. After we had the hardware, refinements were easy because the simulations matched what we saw on the scope, and that gave us tremendous confidence in the design.”

David Erhart  
Stem

## ATB Technologies Cuts Battery Management Controller Development Time by 50% Using Code Generation for TI's C2000 MCU

**Challenge**  
Develop control software to maximize the efficiency and performance of a permanent magnet synchronous motor.

**Solution**  
Use MathWorks tools for Model-Based Design to model, simulate, and implement the control system on a target processor.

**Results**

- Development time cut in half
- Design reviews simplified
- Target verification and deployment accelerated

“MathWorks tools enabled us to verify the quality of our design at multiple stages of development, and to produce a high-quality component within a short time frame.”

Markus Schertler  
ATB Technologies

“Model-Based Design gave us increased visibility into the functional design of the system, which also completed requirements verification earlier than was previously possible and simulated multiple simultaneous component responses, so we know what will happen and have confidence that the control logic will manage it.”

Christopher Slack  
Airbus

“We modeled our entire system using simulations, so we know what will happen and have confidence that the control logic will manage it.”

Totterdell  
Stem Grid

# 本セッションの位置づけ

パワエレおよびモーターに関わる皆様へ

- ✓ モデルベースデザインの概念をデモンストレーションを交えてご紹介
- ✓ 最近のトレンドとMathWorks製品での対応状況をご紹介

## 本日の適用事例のご講演

E2 ムラタ流MBD：エネルギーマネジメントシステム向け組み込み開発の事例

株式会社村田製作所 馬 躍

E3 MATLAB製品を用いたリチウム・イオン電池の実践研究

立命館大学 福井 正博

E4 モデル予測制御を用いた蓄電池エネルギーマネジメント制御開発

パナソニック株式会社 加納 潤一 MathWorks Japan 赤阪 大介

E5 半導体メーカーが提供する高精度EVモーター制御Model-Based Design環境

ルネサスエレクトロニクス株式会社 野田 英行

# Agenda

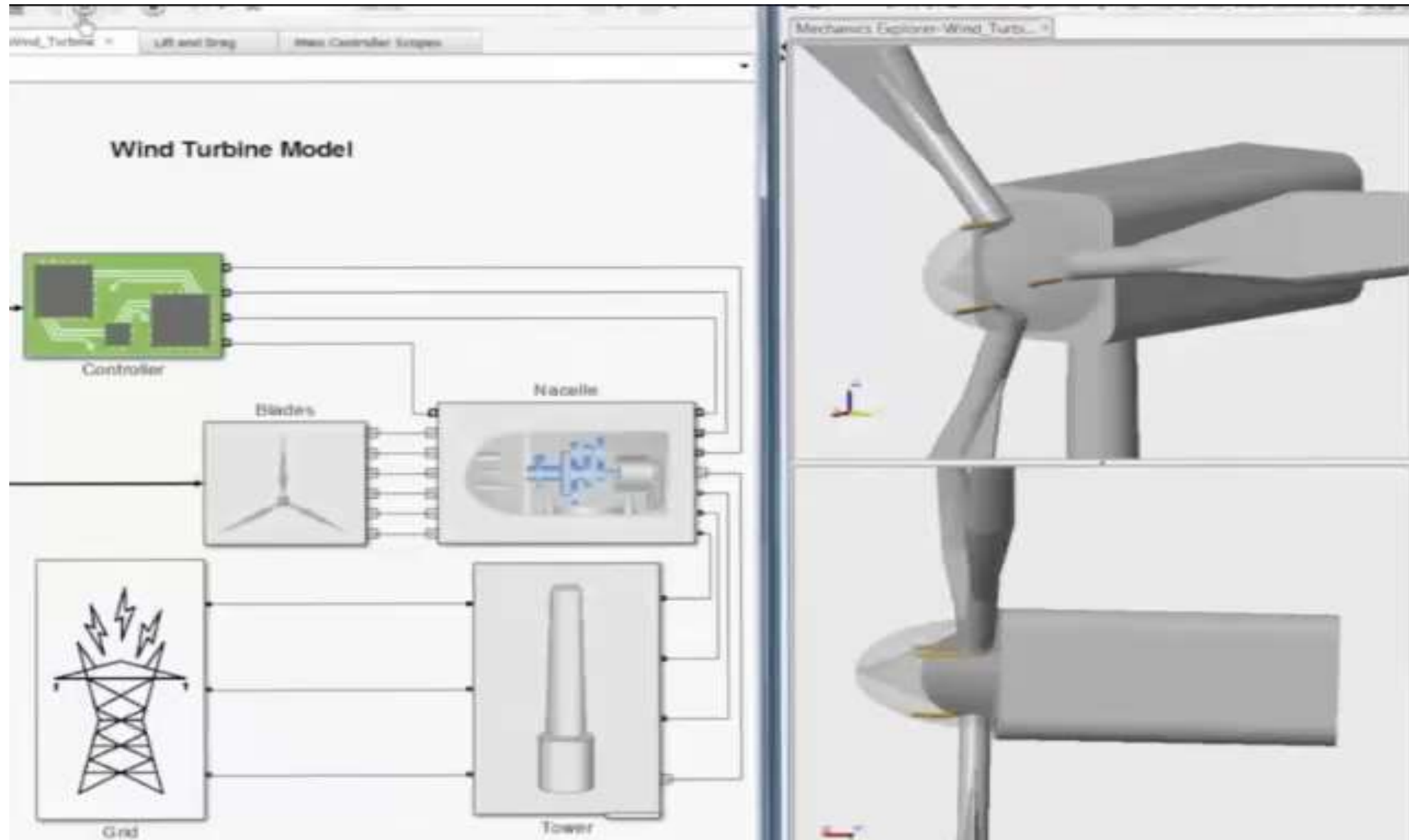
- ✓ MATLAB/Simulinkを使ったモデルベースデザインのワークフロー
- ✓ 例題を通じたモデルベースデザインの適用イメージと機能紹介
- ✓ パワエレ・モーター開発での近年のトレンドと最新機能

# 風力発電システム



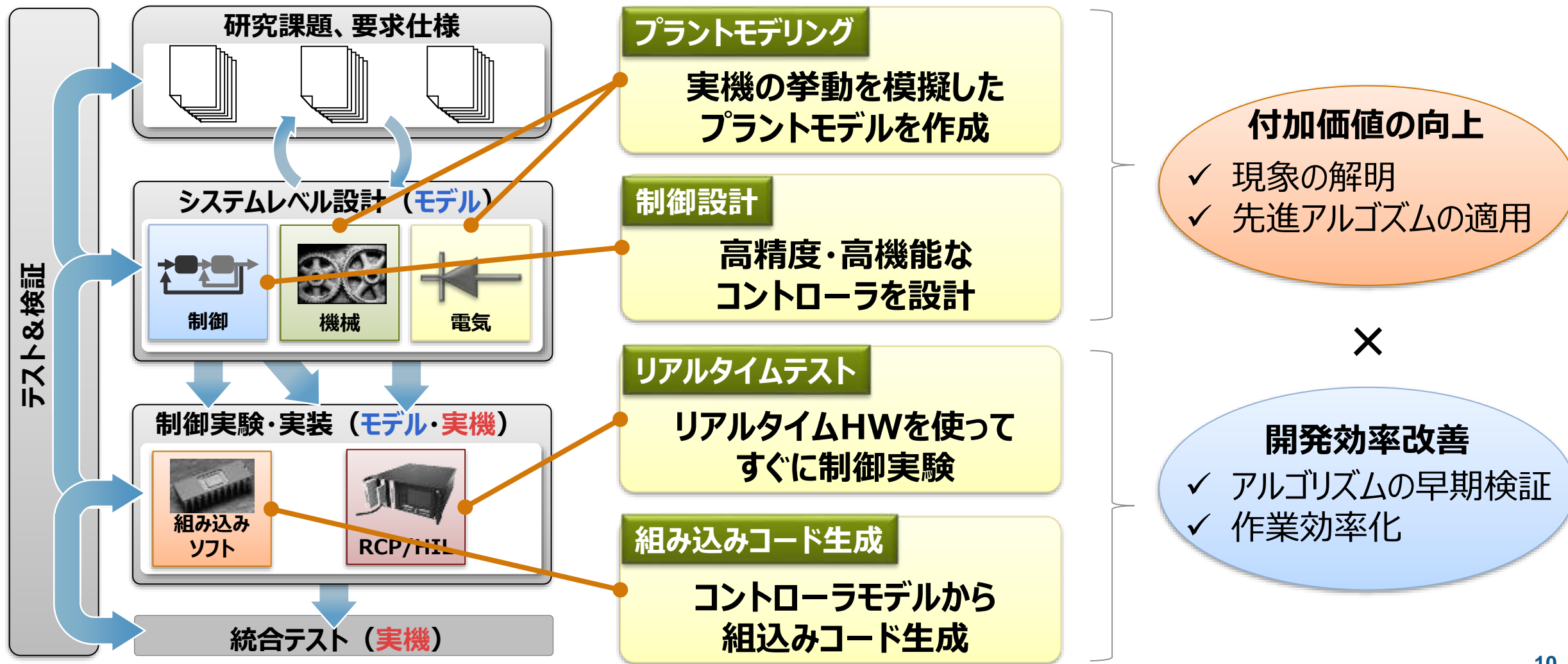


# 風力発電システム 制御試験から実装まで

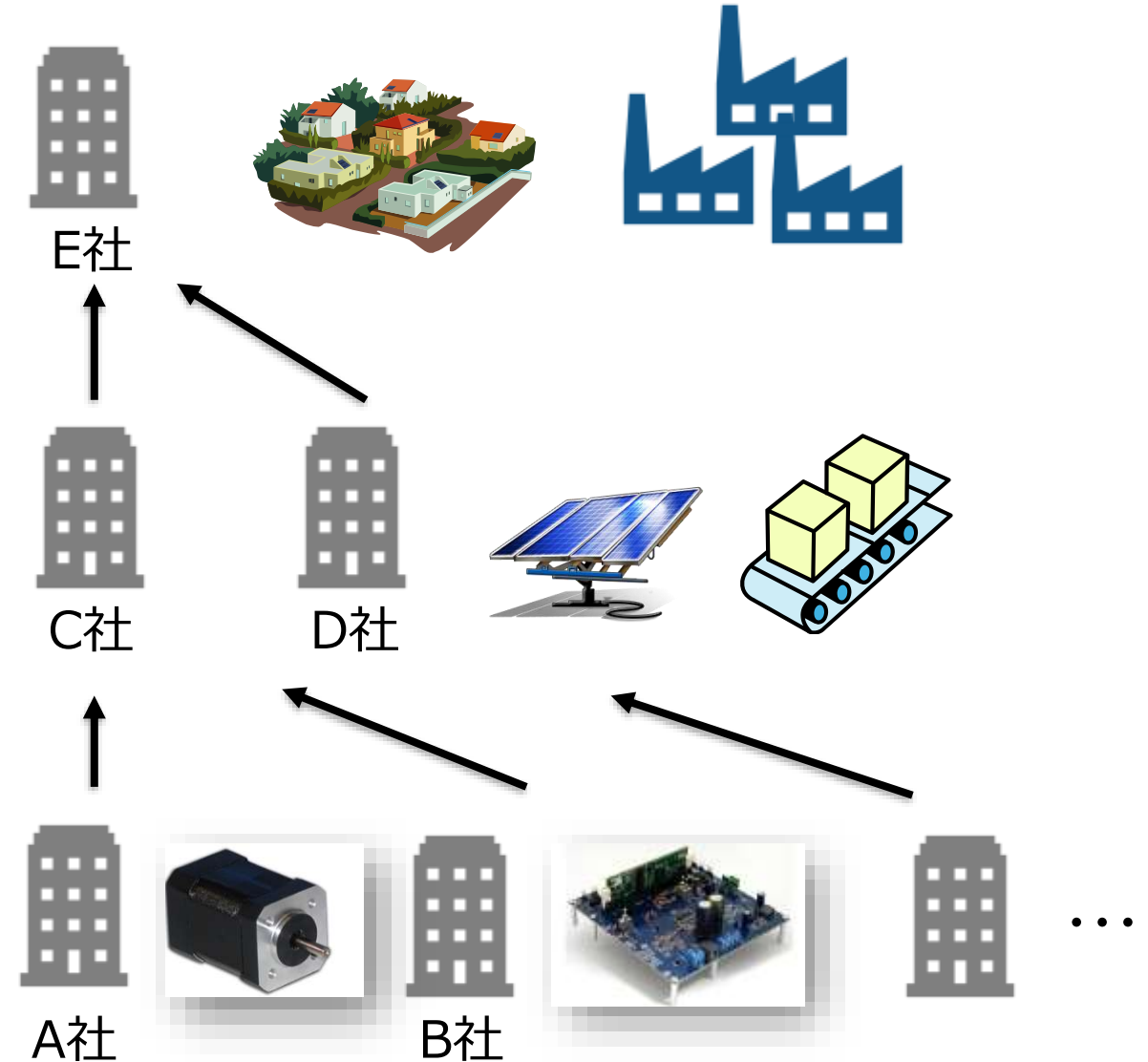
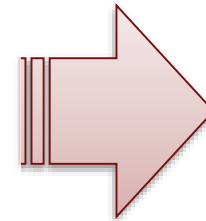
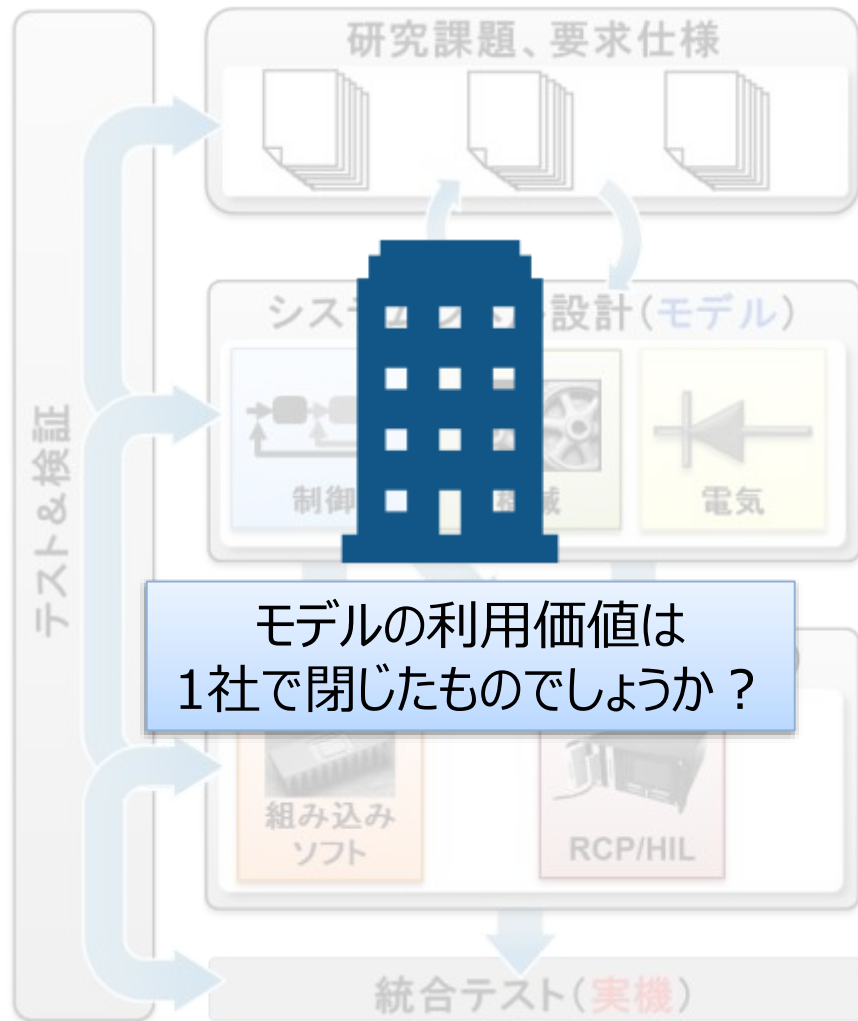


# モデルベースデザイン (MBD) が課題解決に貢献します

## モデル活用で開発前倒し&修正ループ高速化



# モデルは企業間連携でも重要な役割を担います



# Agenda

- ✓ MATLAB/Simulinkを使ったモデルベースデザインのワークフロー
- ✓ 例題を通じたモデルベースデザインの適用イメージと機能紹介
- ✓ パワエレ・モーター開発での適用事例と近年のトレンド

# 例題：モーター制御システム



**課題**：低コストで省エネを実現する  
モーター制御システムを構成したい

**対策**：コントローラの低コスト化に  
つながる矩形波通電および類似  
簡易制御技術の採用

**STEP1:モーターモデルの構築**

**STEP2:コントローラモデルの構築**

**STEP3:解析及び制御の最適化**

- ✓ 制御閾値の最適化
- ✓ トルクリップルの影響の考慮

**STEP4:コード生成・実装**



# 例題：モーター制御システム



**課題**：低コストで省エネを実現する  
モーター制御システムを構成したい

**対策**：コントローラの低コスト化に  
つながる矩形波通電および類似  
簡易制御技術の採用

**STEP1:モーターモデルの構築**

**STEP2:コントローラモデルの構築**

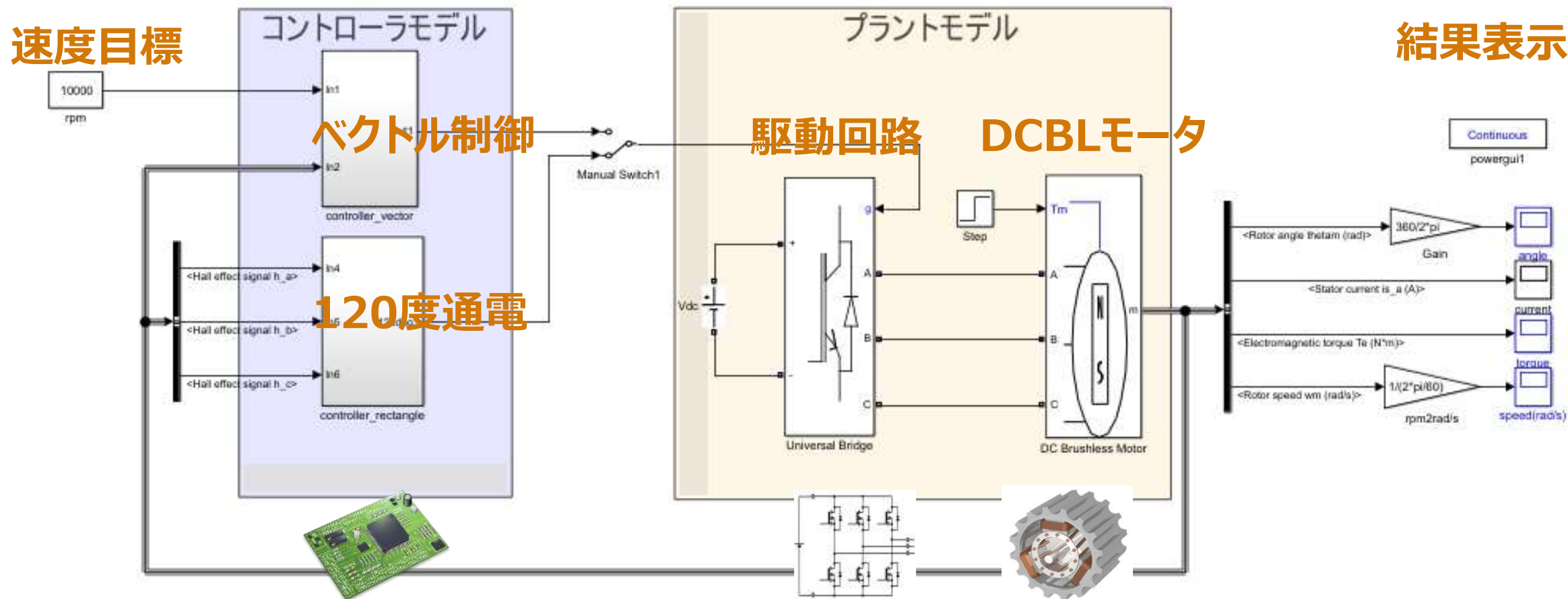
**STEP3:トレードオフの解析**

- ✓ 損失影響の考慮
- ✓ トルクリップルの影響の考慮

**STEP4:コード生成・実装**

# モーター制御モデル全体図

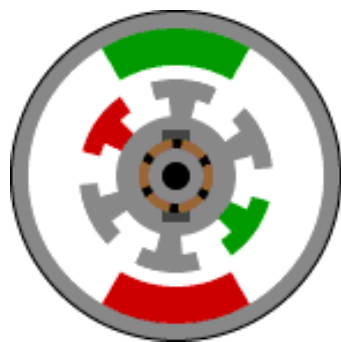
グラフィカルなモデリング環境で直感的に機能が把握できます



# STEP1-1 : モータのモデリング

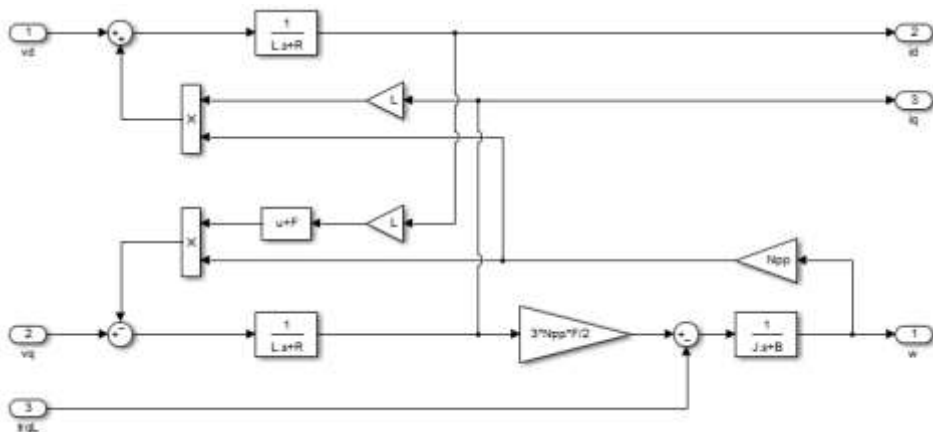
## 様々なモータを表現できます

ブロック線図モデリング環境



Simulink®

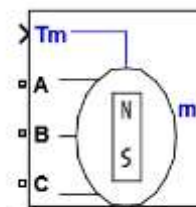
伝達関数を用いたdq軸モデル例



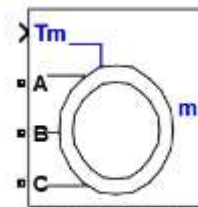
物理モデリング環境



Simscape Power Systems™

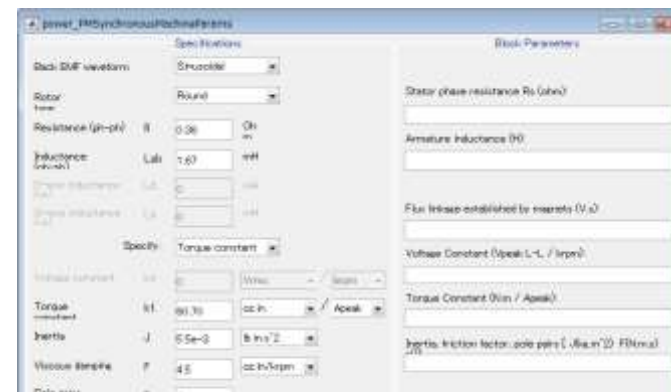


同期モータ



誘導モータ

理想モータモデルブロックを提供



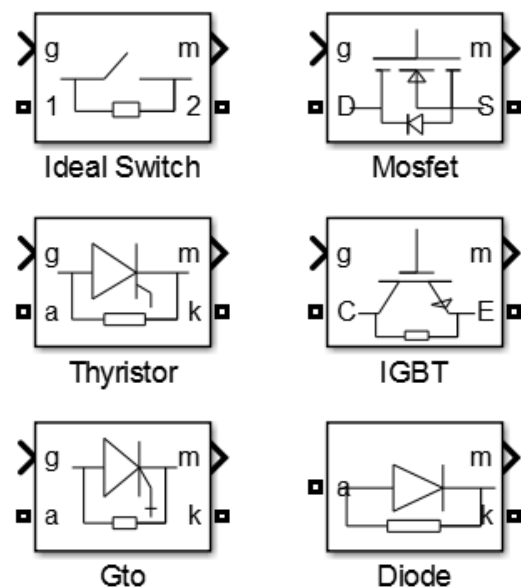
モータ仕様を設定してすぐに利用できます

# STEP1-2 : 駆動回路のモデリング

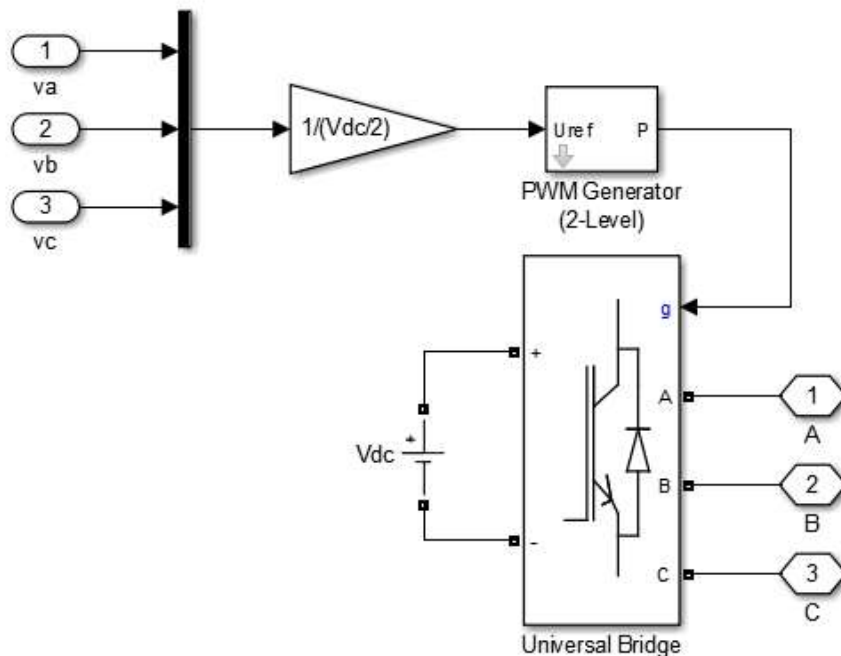
## 様々なパワエレ回路を表現できます

電気系/半導体素子ライブラリ

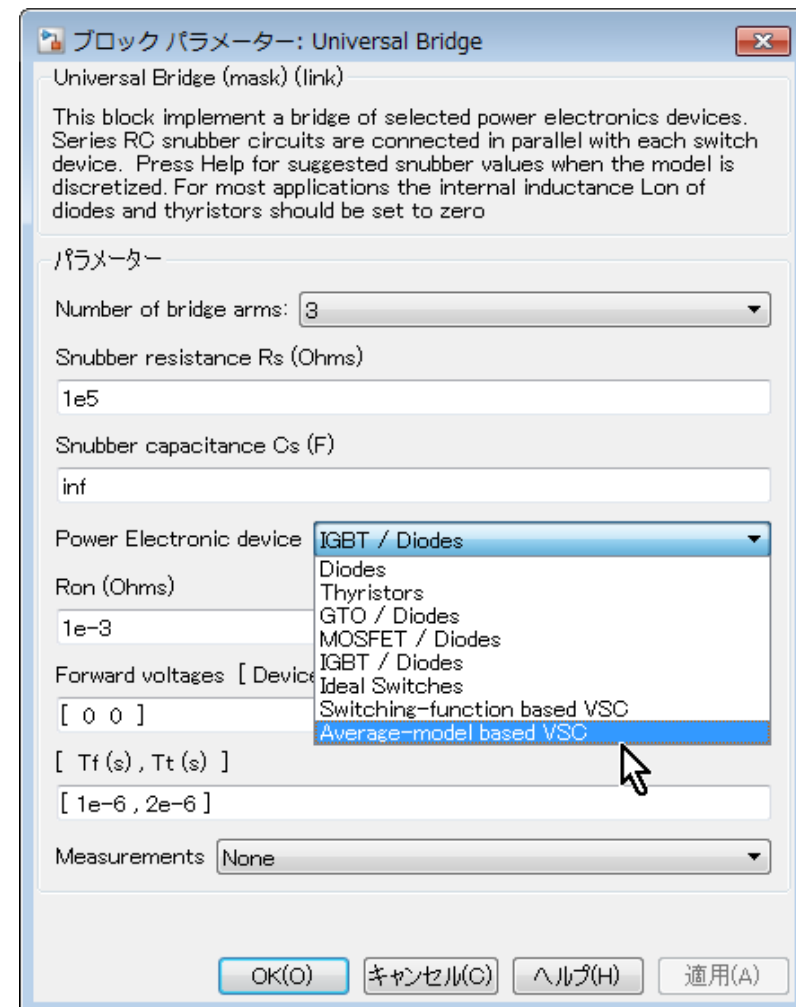
Simscape Power Systems™



半導体素子ブロックを提供

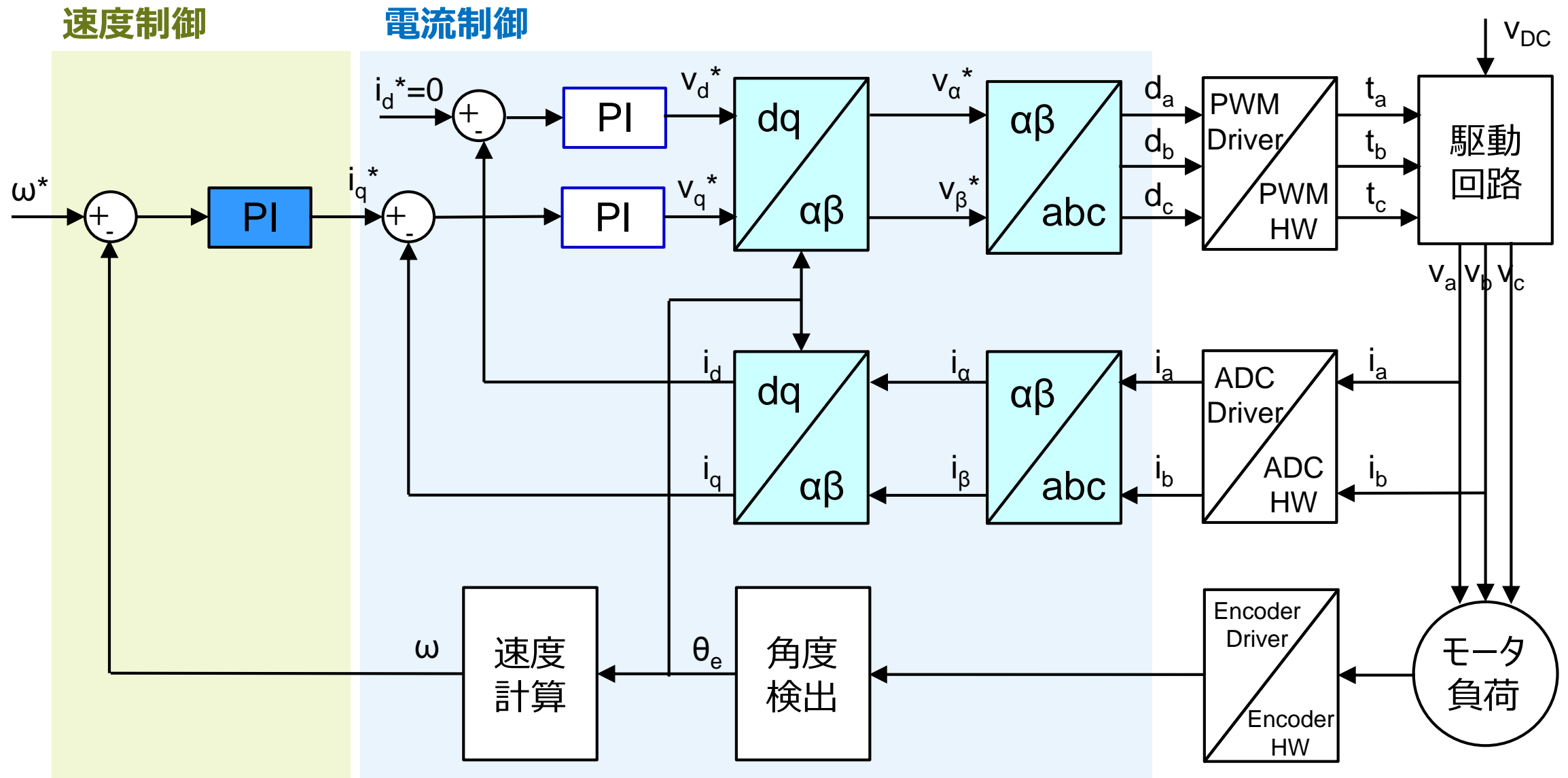


3相インバータモデル例



計算を高速化する  
平均電圧モードを提供  
(機械系挙動の確認に便利)<sub>17</sub>

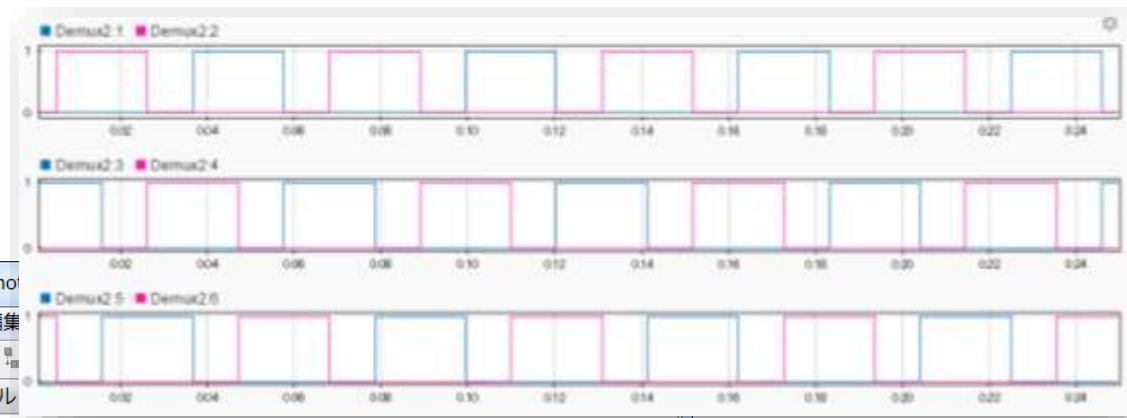
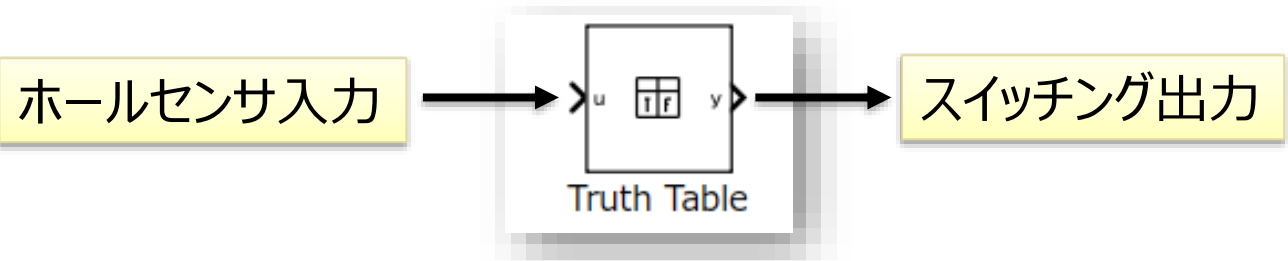
# STEP2:コントローラモデルの構築(ベクトル制御)





# STEP2:コントローラモデルの構築(矩形波通電)

## StateflowのTruthTableブロックを使って直感的に矩形波通電をモデリング



Block: motor\_comparing/Subsystem/deg120\_or\_deg180/...

ファイル 編集 設定 追加 ヘルプ

条件テーブル アクションテーブル

	説明	条件	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
1	U_input	h_u	F	T	T	T	F	F	T	F
2	V_input	h_v	F	F	F	T	T	T	T	F
3	W_input	h_w	T	T	F	F	F	T	T	F
		アクション: アクション テーブルから行を指定	1	2	3	4	5	6	1	1

Block: mo

ファイル 編集

条件テーブル

#	説明	アクション
1	_CCW1	Up = 0;Um = 0;Vp = 0;Vm = 1;Wp = 1;Wm = 0;
2	_CCW2	Up = 1;Um = 0;Vp = 0;Vm = 1;Wp = 0;Wm = 0;
3	_CCW3	Up = 1;Um = 0;Vp = 0;Vm = 0;Wp = 0;Wm = 1;
4	_CCW4	Up = 0;Um = 0;Vp = 1;Vm = 0;Wp = 0;Wm = 1;
5	_CCW5	Up = 0;Um = 1;Vp = 1;Vm = 0;Wp = 0;Wm = 0;
6	_CCW6	Up = 0;Um = 1;Vp = 0;Vm = 0;Wp = 1;Wm = 0;

真理値の判定に応じたアクションを設定

# Tips : プラントおよびコントローラパラメータのチューニング

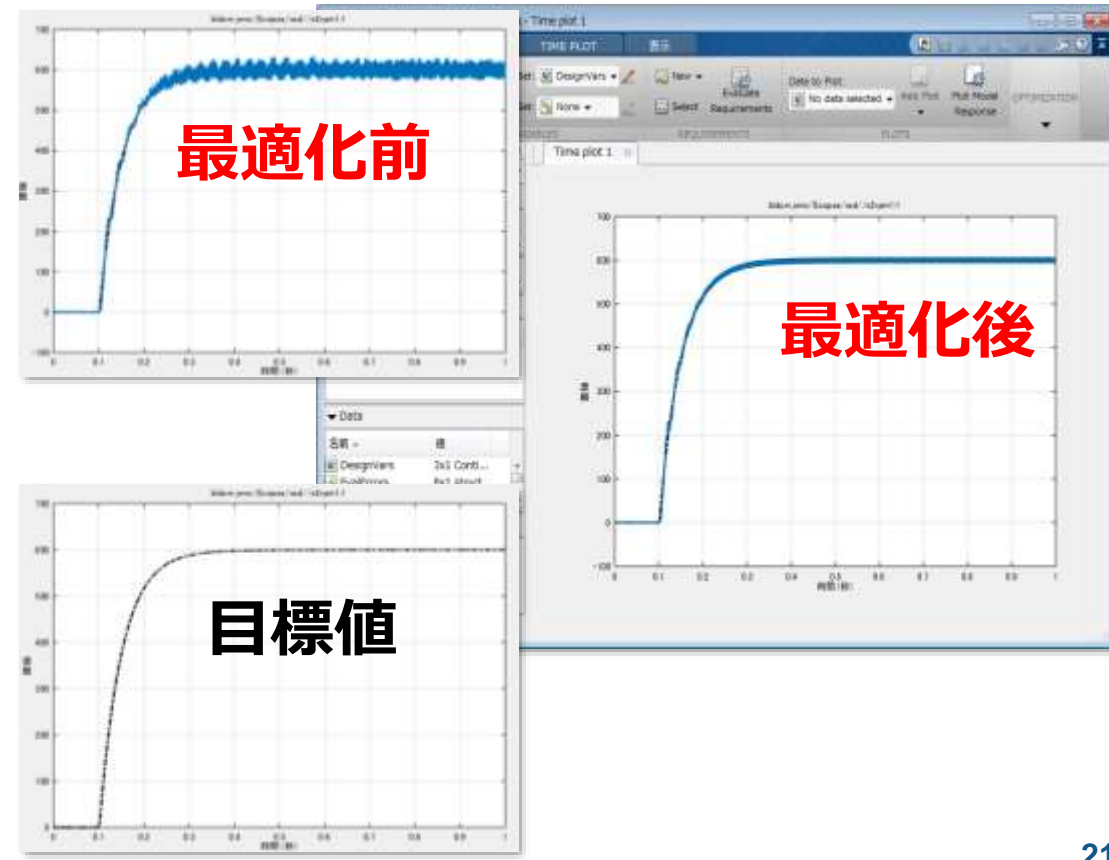
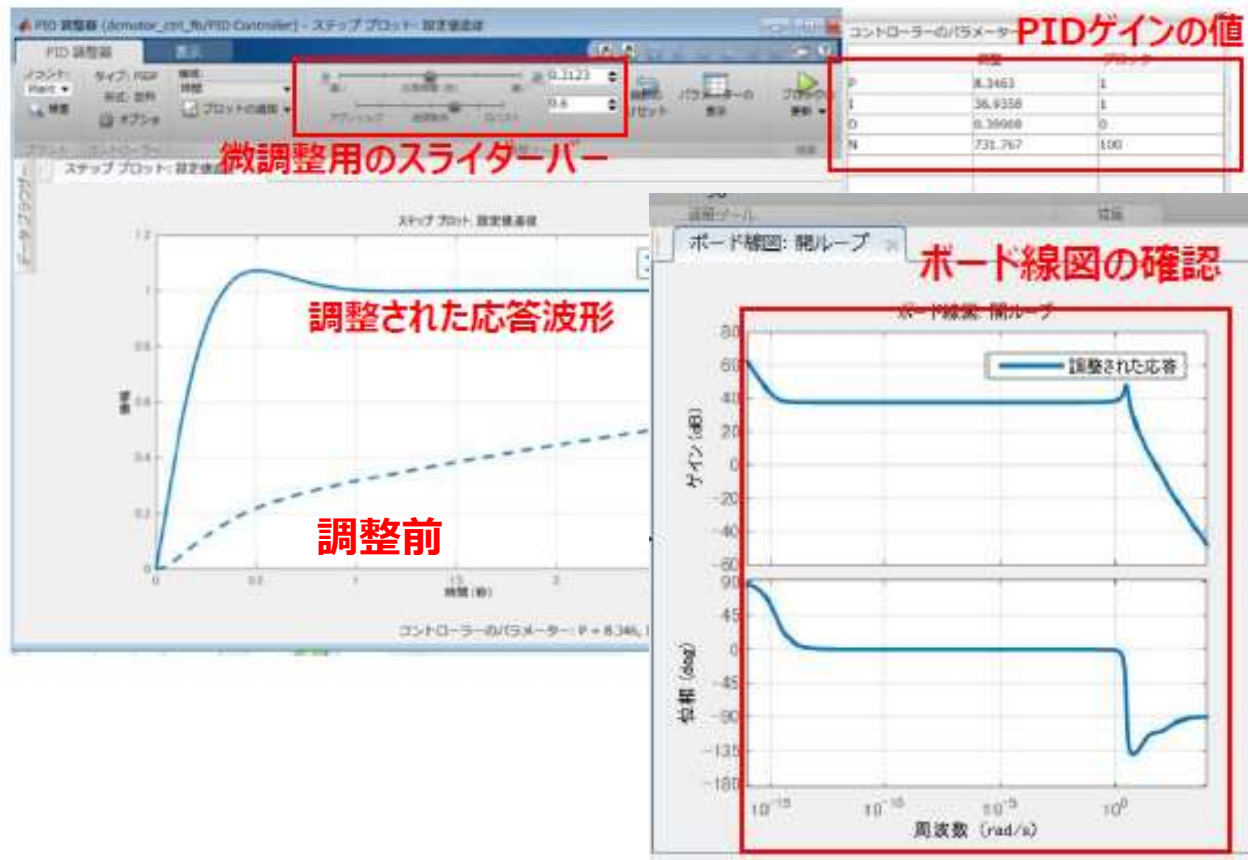
## プラントモデリングの高精度化およびコントローラの自動チューニング

### Simulink Control Design™

PIDコントローラの自動チューニング

### Simulink Design Optimization™

パラメータ自動調節による応答最適化



# 例題：モーター制御システム



**課題**：低コストで省エネを実現する  
モーター制御システムを構成したい

**対策**：コントローラの低コスト化に  
つながる、矩形波通電および類似  
簡易制御技術の採用

**STEP1:モーターモデルの構築**

**STEP2:コントローラモデルの構築**

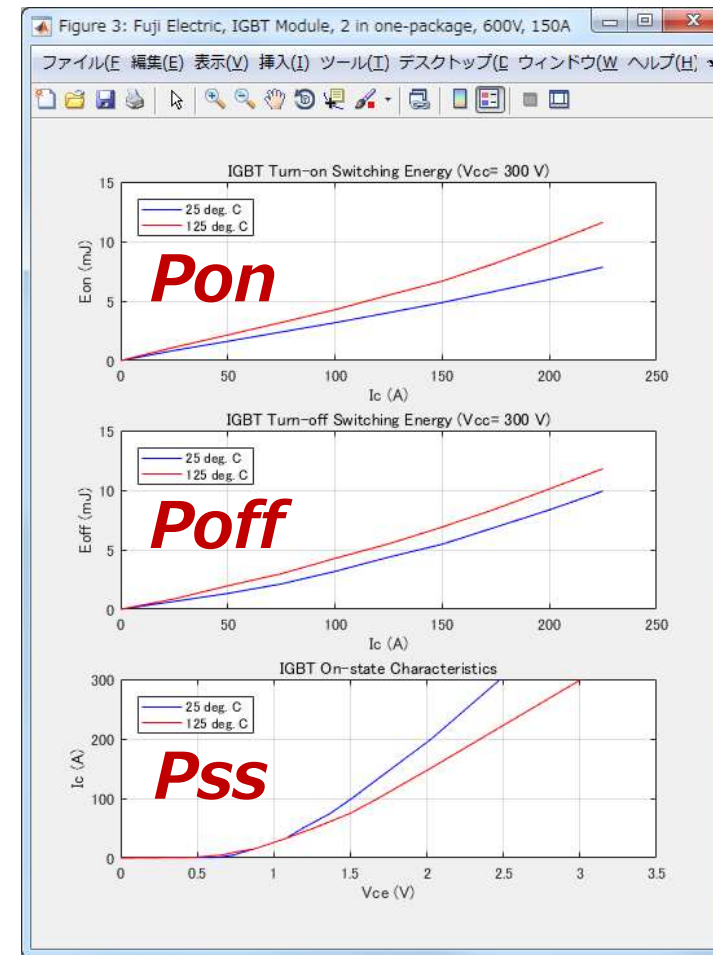
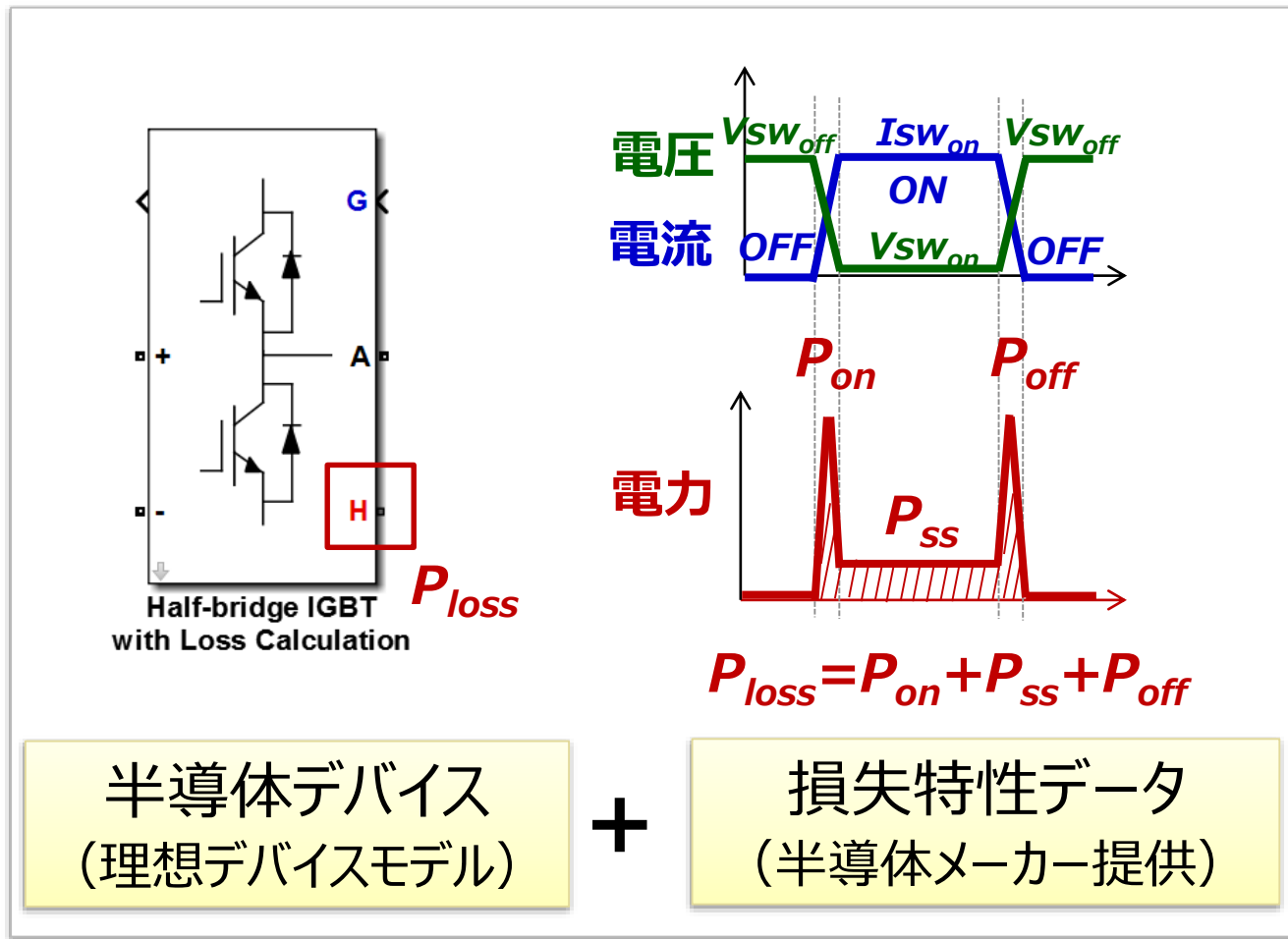
**STEP3:トレードオフの解析**

- ✓ 損失影響の考慮
- ✓ トルクリップルの影響の考慮

**STEP4:コード生成・実装**

# STEP3-1 : トレードオフの解析

## 半導体デバイスの電力損失



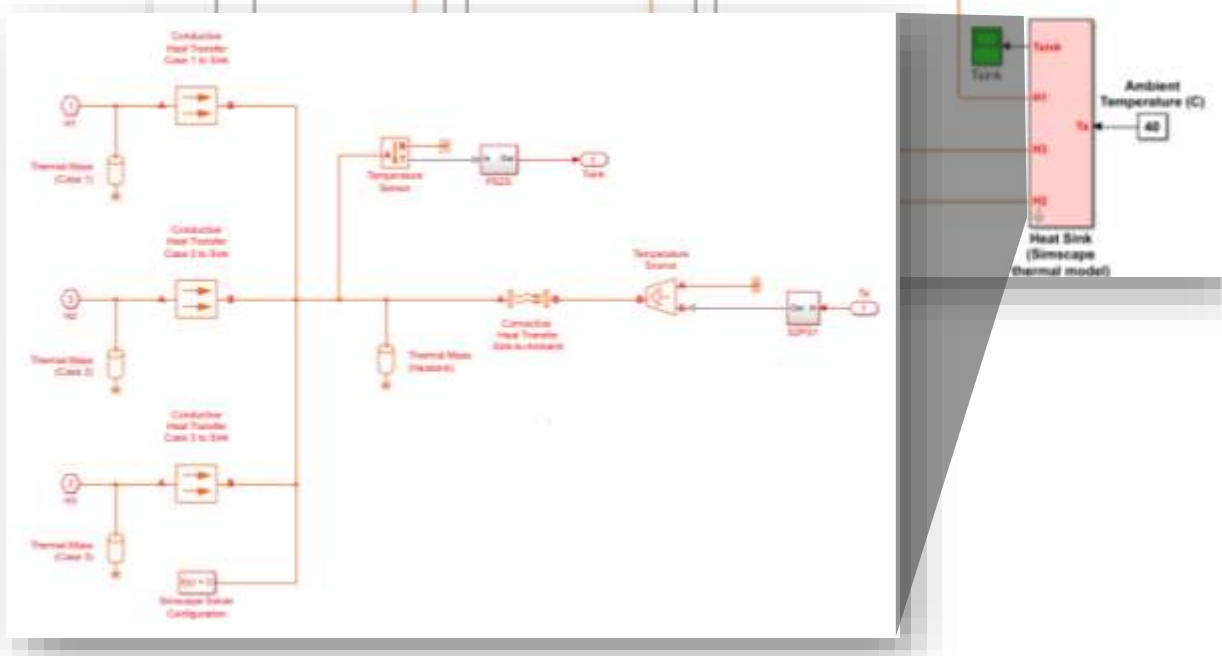
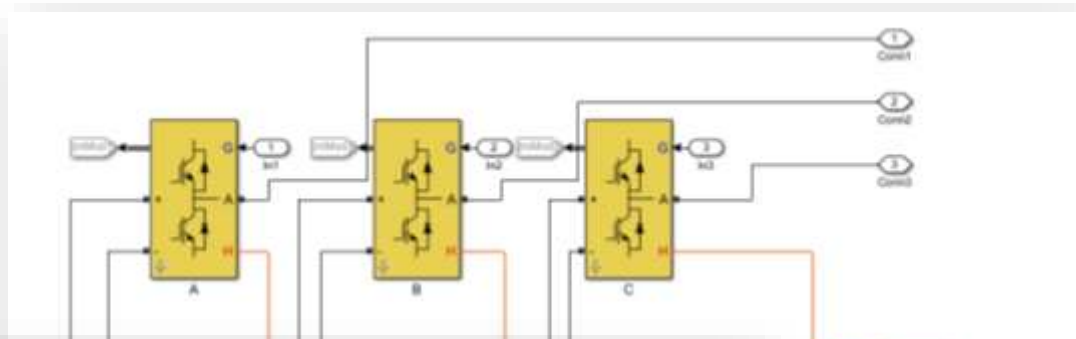
ターンオン時の  
エネルギー損失特性  
 $P_{on}[W]$

ターンオフ時の  
エネルギー損失特性  
 $P_{off}[W]$

定常導通時の  
電圧、電流特性  
 $P_{ss} = V_{ce} * I_c [W]$

# STEP3-1 : トレードオフの解析

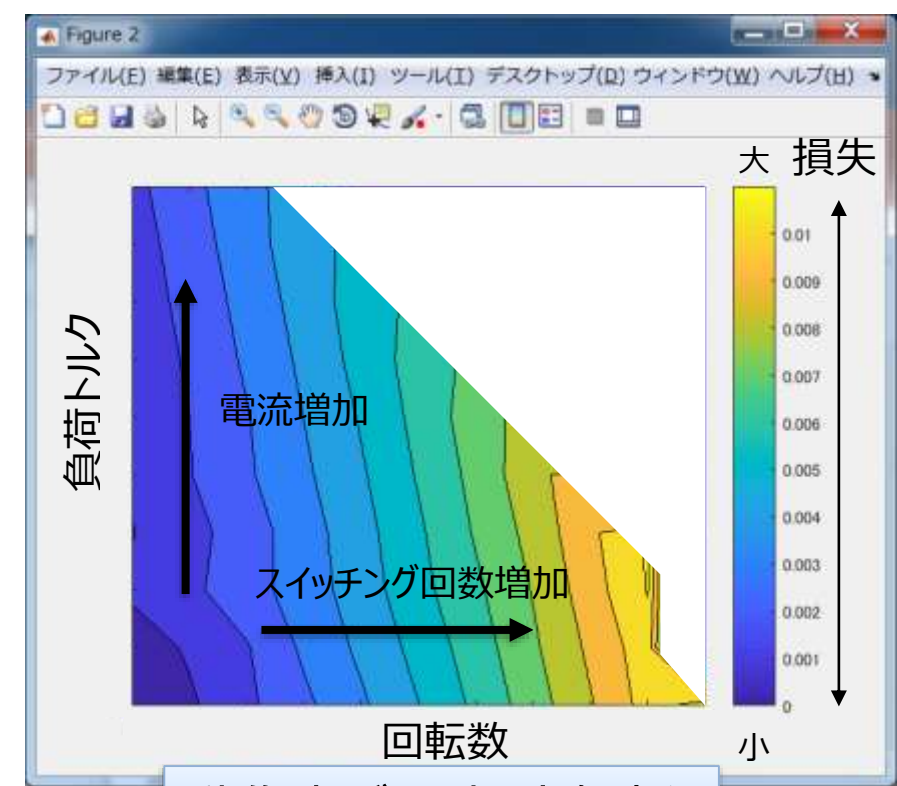
## スイッチング損失の解析



動的な温度変化を含めた損失のモデリング



時系列解析

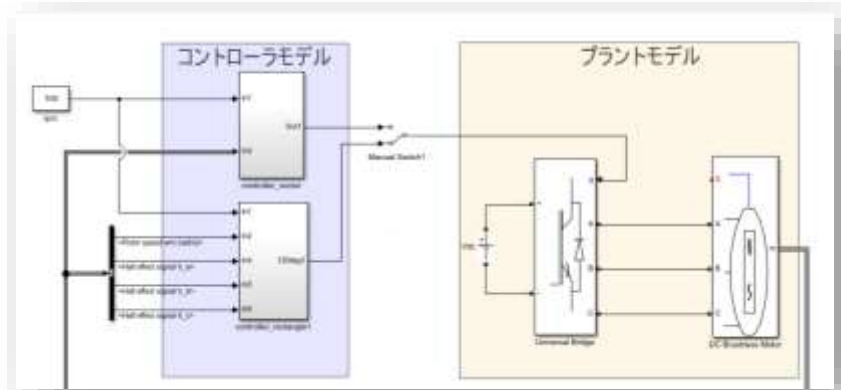


動作点ごとの損失解析

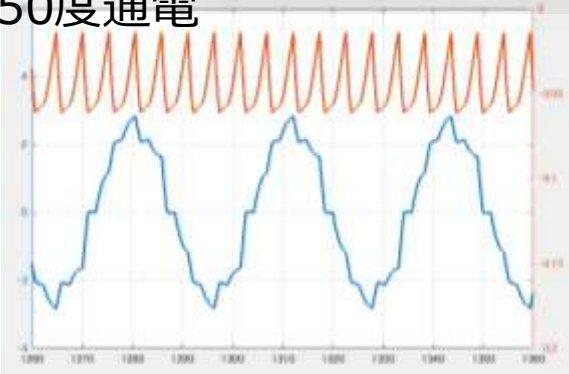


# STEP3-2 : トレードオフの解析

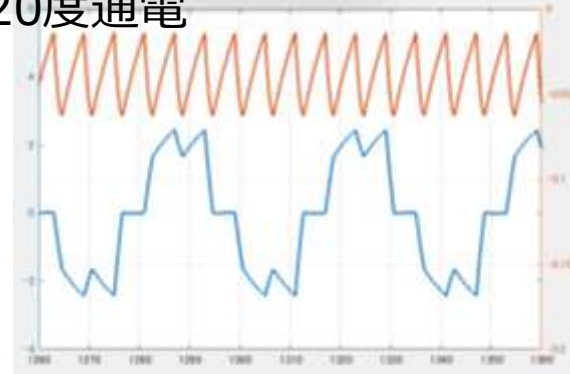
## トルクリプルの解析



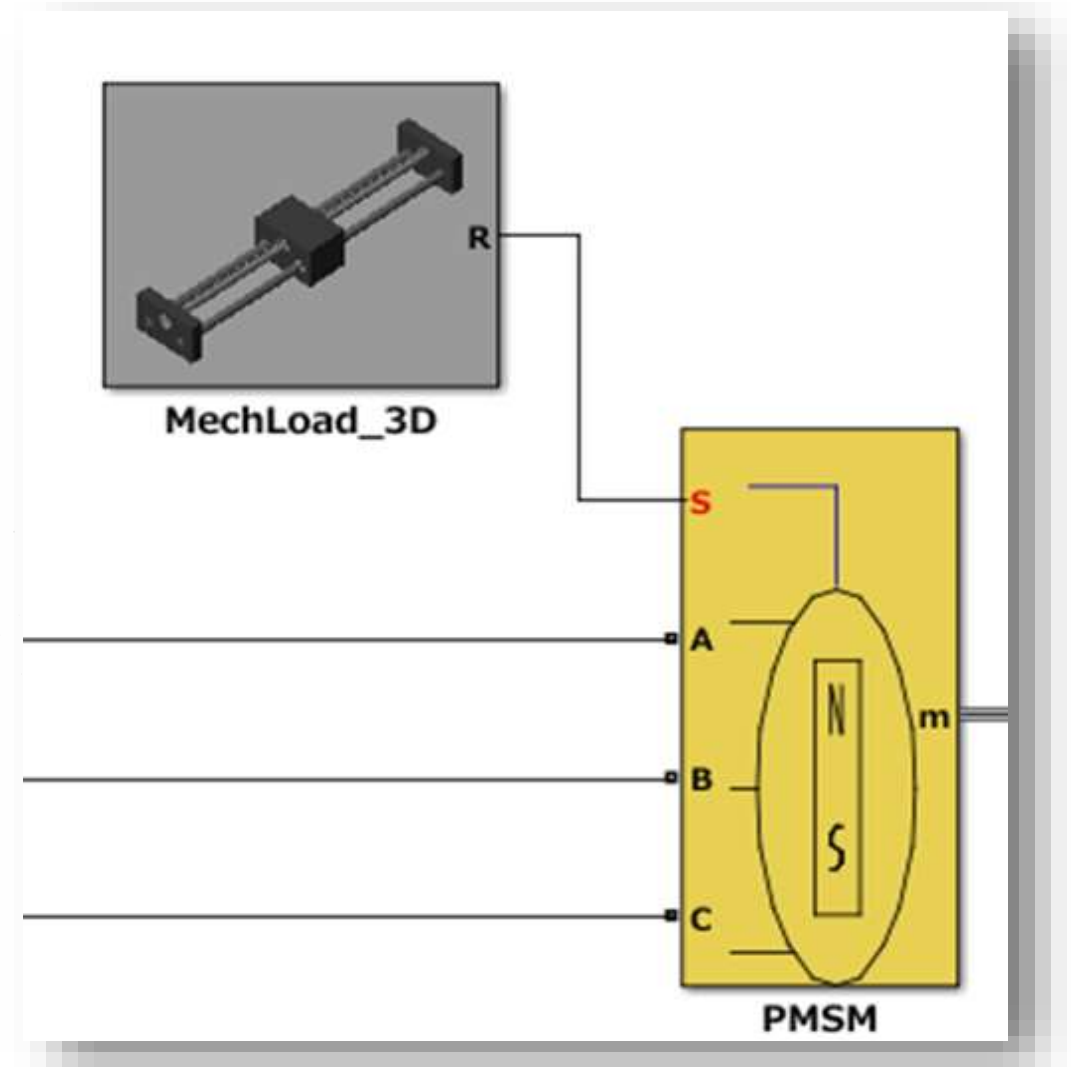
150度通電



120度通電



モーター単体でのトルクの解析では影響が判断できない



システム全体でのトレードオフ解析が有効です

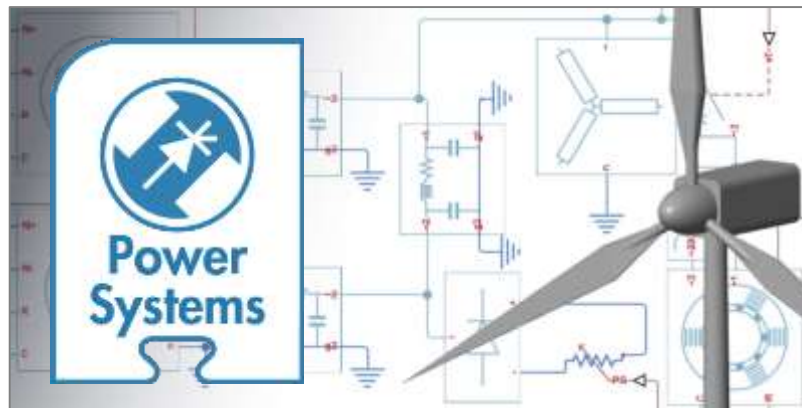
# プラントモデリング支援ツール

## Simscapeをプラットフォームとした物理モデリング環境

マルチドメイン



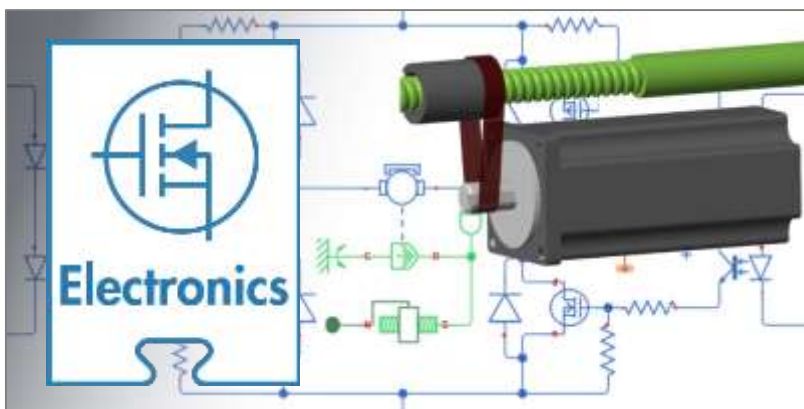
パワエレ/電力系統



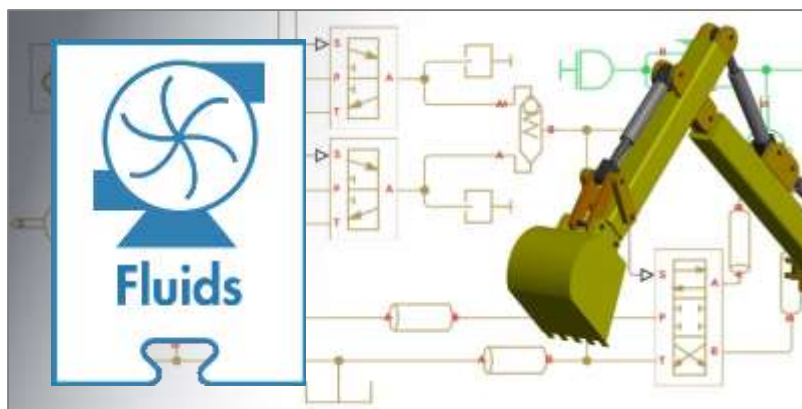
動力伝達 (駆動系)



電子回路 (アナログ/デジタル/センサ)



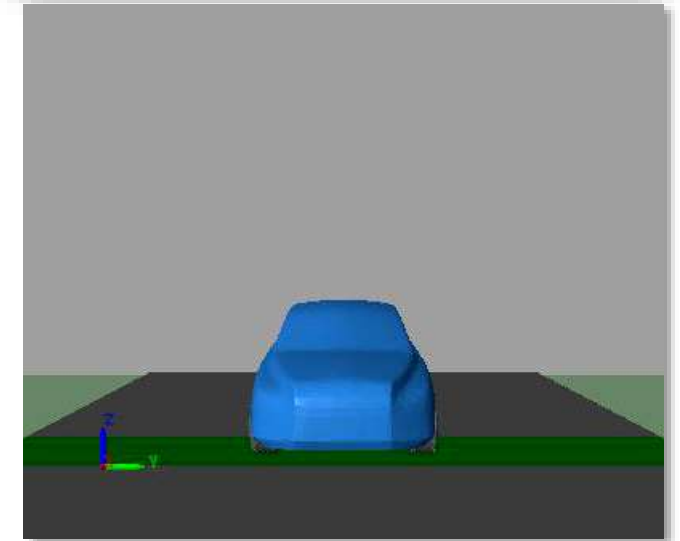
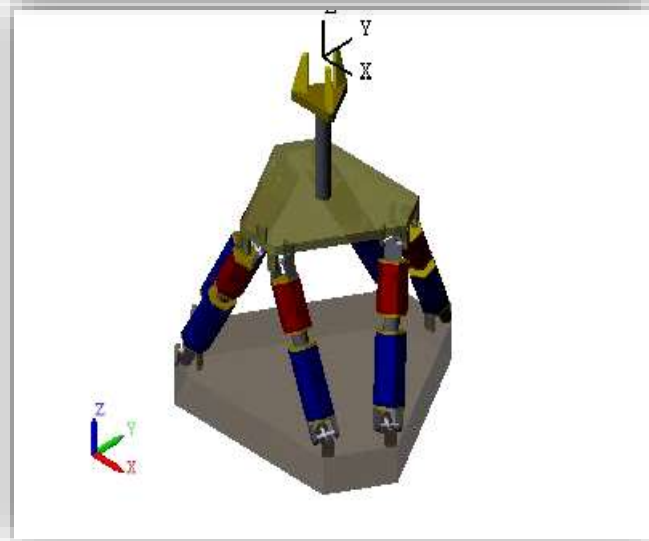
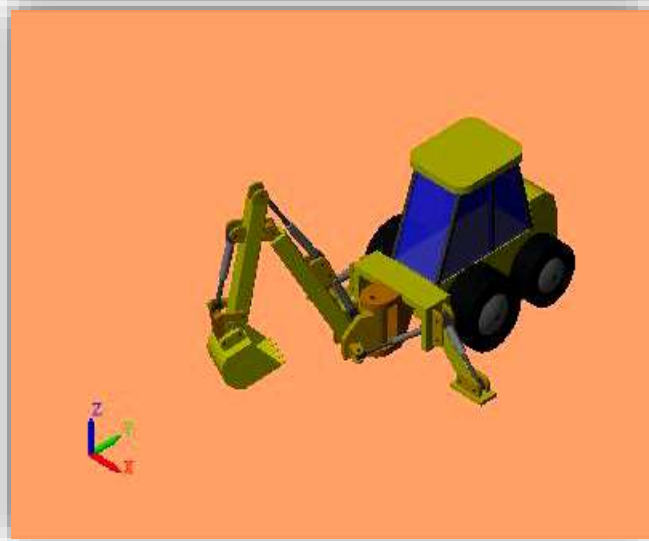
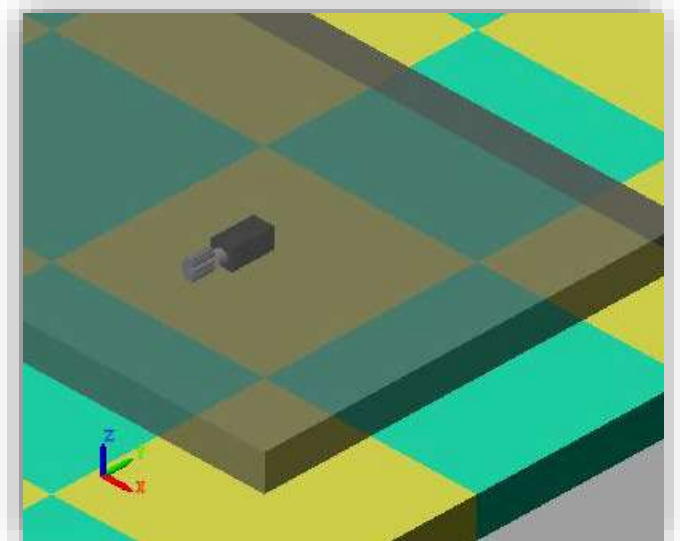
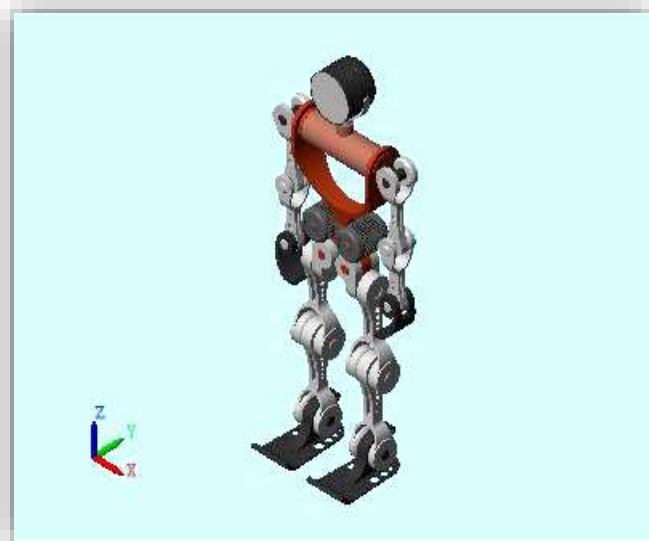
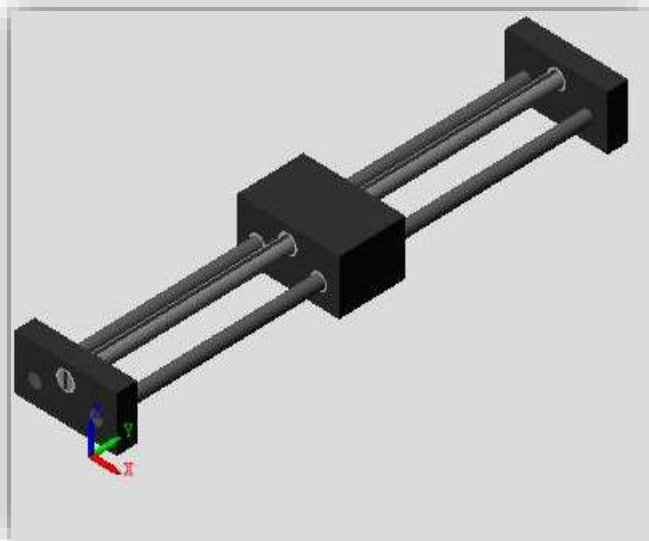
熱流体 (油圧回路)



機構 (マルチボディ系)



# モーターなどのアクチュエータを含むシステムのモデリング例



# 例題：モーター制御システム



**課題**：低コストで省エネを実現する  
モーター制御システムを構成したい

**対策**：コントローラの低コスト化に  
つながる、矩形波通電および類似  
簡易制御技術の採用

**STEP1:モーターモデルの構築**

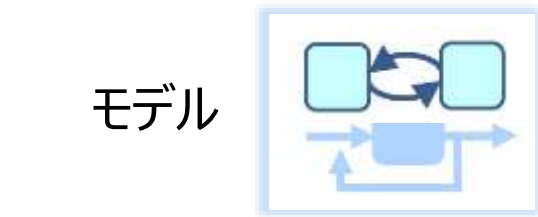
**STEP2:コントローラモデルの構築**

**STEP3:トレードオフの解析**

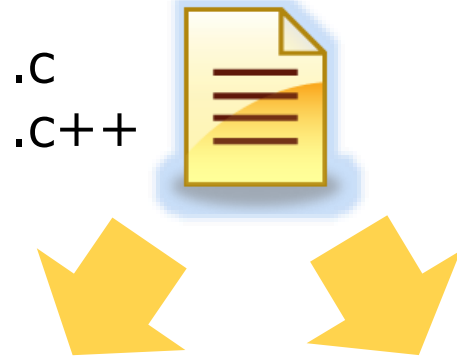
- ✓ 損失影響の考慮
- ✓ トルクリプルの影響の考慮

**STEP4:コード生成・実装**

# STEP4 : アルゴリズムを実装



- **Simulink<sup>®</sup> / Stateflow<sup>®</sup>**
  - モデル作成・シミュレーション基本環境
- **Fixed-Point Designer<sup>™</sup>**
  - 固定小数点設定



- **Embedded Coder<sup>®</sup>**
  - モデルから効率性・可読性に優れたC/C++コードを自動生成

※ライセンス上、MATLAB Coder, Simulink Coderも必要



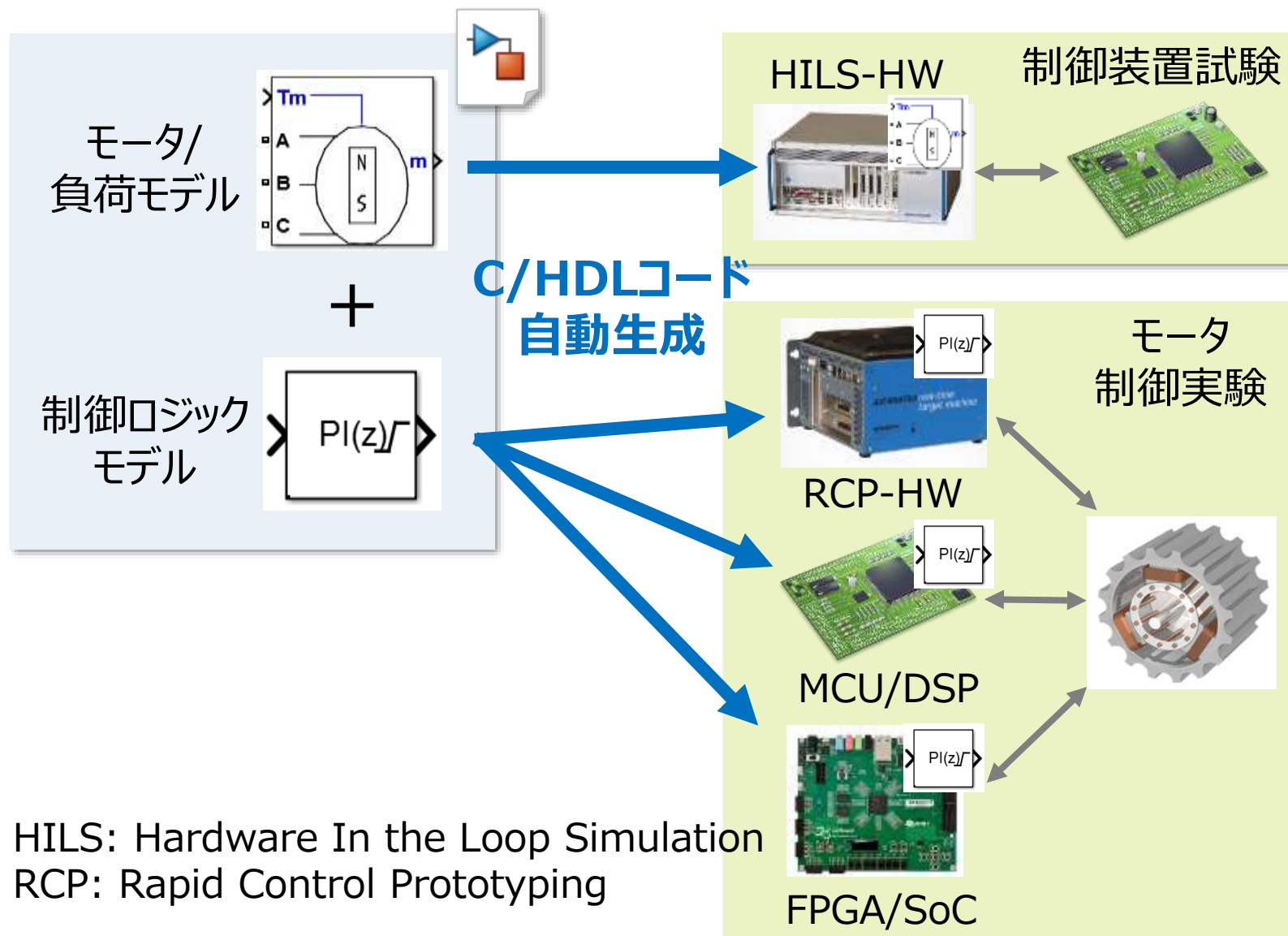
組み込み  
量産ソフト開発



組み込み制御装置を用いた制御実験 (on target RCP)



# モデルを実装・試験にまで活用できます



HILS: Hardware In the Loop Simulation  
RCP: Rapid Control Prototyping



モータ・負荷挙動を  
模擬した試験環境構築



用途に合わせて様々な  
デバイスで制御実験可能

# Cコード自動生成→MCU/DSPへ実装・評価

## マイコンを用いた実験/量産ソフト開発に対応

**Embedded Coder® :**  
量産/組み込みCコード生成

- 量産/組み込みに適した可読性/効率性
- 固定小数点演算コード生成に対応  
Fixed-Point Designer™が必要

Simulinkモデル



Serial  
over USB



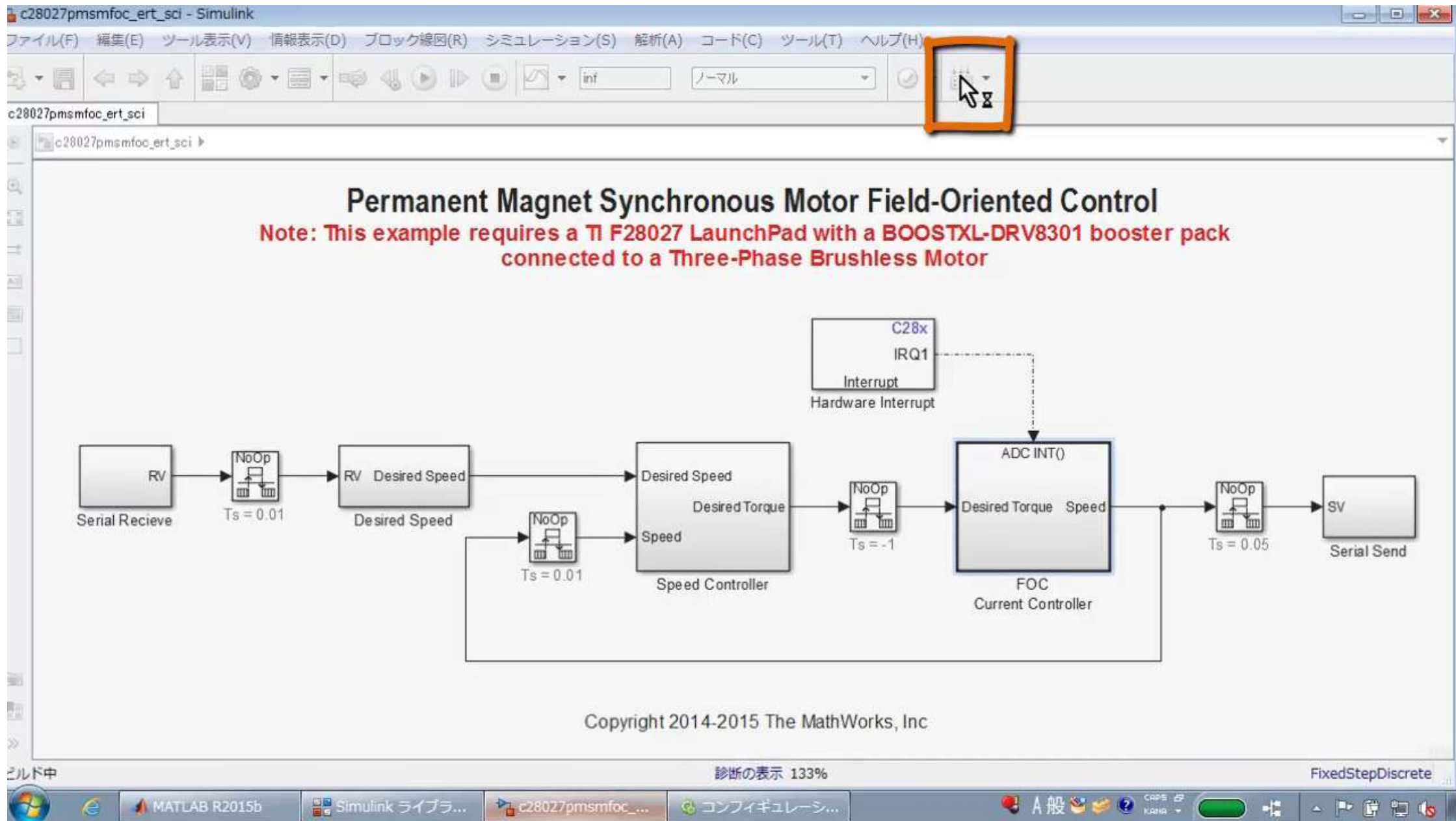
MCU検証キット/エミュレータ



入出力  
アナログ/  
デジタル/  
PWM等



# モーター制御の実装例：TI社 C2000 F28027プロセッサへの実装

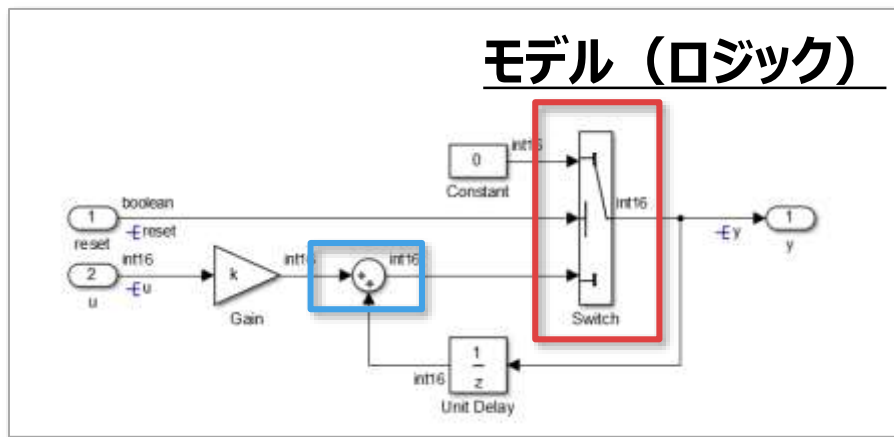


# 制御モデルからのCコード自動生成

## ソフト開発効率化、属人ミス削減に有効

展示ブースでもご紹介

量産/組み込みに適した可読性・効率性



コード生成

```
boolean_T reset;
const volatile int8_T k = 2;

void rst_cntr_step(void)
{
    if (reset) {
        y = 0;
    } else {
        y += (int16_T)(k * u);
    }
}
```



- Embedded Coder<sup>®</sup> :  
量産/組み込みコード自動生成

ソフト仕様

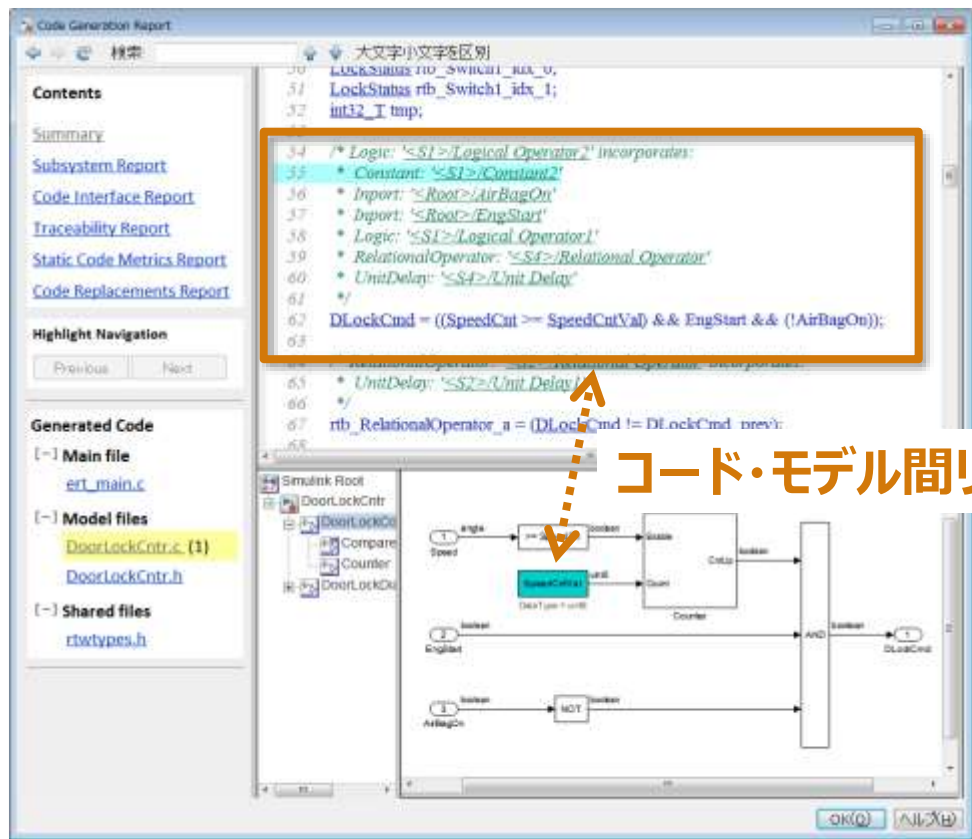
- 関数
  - 名前、引数
- 変数/定数属性
  - 名前、記憶クラス、データ型
- コード書式



# モデル生成コードレビュー

モデル⇔コードのトレーサビリティ確保

コード統計で簡単な性能見積もりが可能



コード・モデル間リンク

コード生成レポート

Number of .c files : 1  
 Number of .h files : 2  
 Lines of code : 182  
 Lines : 488

[ - ] File details

File Name	Lines of Code	Lines	Generated On
DoorLockCtr.c	84	223	08/13/2015 11:02 AM
rtwtypes.h	58	132	08/11/2015 8:23 PM
DoorLockCtr.h	40	133	08/13/2015 11:02 AM

## 2. Global Variables [hide]

Global variables defined in the generated code.

Global Variable	Size (bytes)	Reads / Writes	Reads / Writes in a Function
DLockDiag	4	4	3
(+) DoorLockCtr_DW	2	8	8
DLockCmd	1	5	5
DLockCmd_prev	1	2	2
DiagCnt	1	5	5
SpeedCnt	1	4	4
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>28</b>	

コード統計情報  
 行数/グローバル変数/  
 ローカル変数スタックサイズ等

- Embedded Coder® : コード生成レポート
- Simulink Report Generator™ : モデルビュー作成

※ Simulink Report Generatorがない場合はモデルと直接リンク

# Agenda

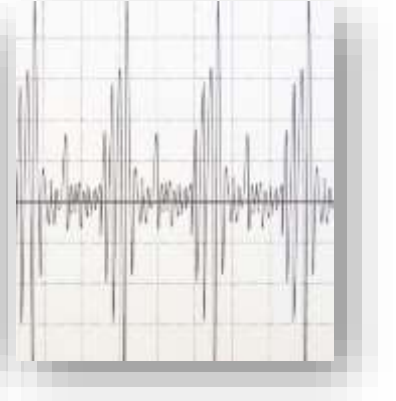
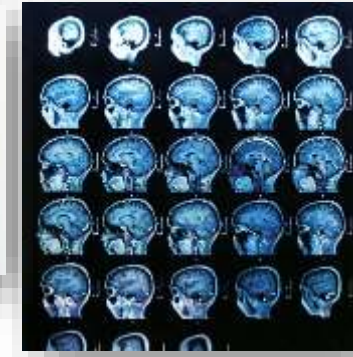
- ✓ MATLAB/Simulinkを使ったモデルベースデザインのワークフロー
- ✓ 例題を通じたモデルベースデザインの適用イメージと機能紹介
- ✓ パワエレ・モーター開発での近年のトレンドと最新機能



# 近年のトレンドとMathWorks製品

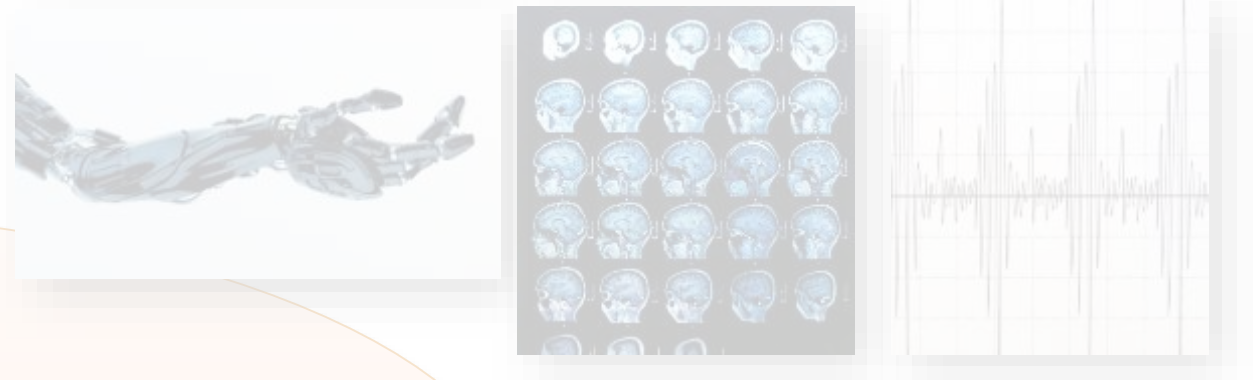
**大きな技術トレンド**  
IoT・AI・故障予知

**継続的な従来トレンド**  
再生可能エネルギーの利用促進  
電動化



# 近年のトレンドとMathWorks製品

## 1) 高速処理への需要の拡大



大きな技術トレンド

IoT・AI・故障予知

## 2) 磁気分布特性の見直しを伴うモーターの開発

継続的な従来トレンド

再生可能エネルギーの利用促進

電動化

## 3) IoTのエッジデバイスとしての役割



# 1) 高速処理への需要の拡大

## 注目が集まるさまざまな高速処理

【レポート】  
AlteraのFPGAから「Intel FPGA」へ - Intelの変革を加速させるFPGAという存在

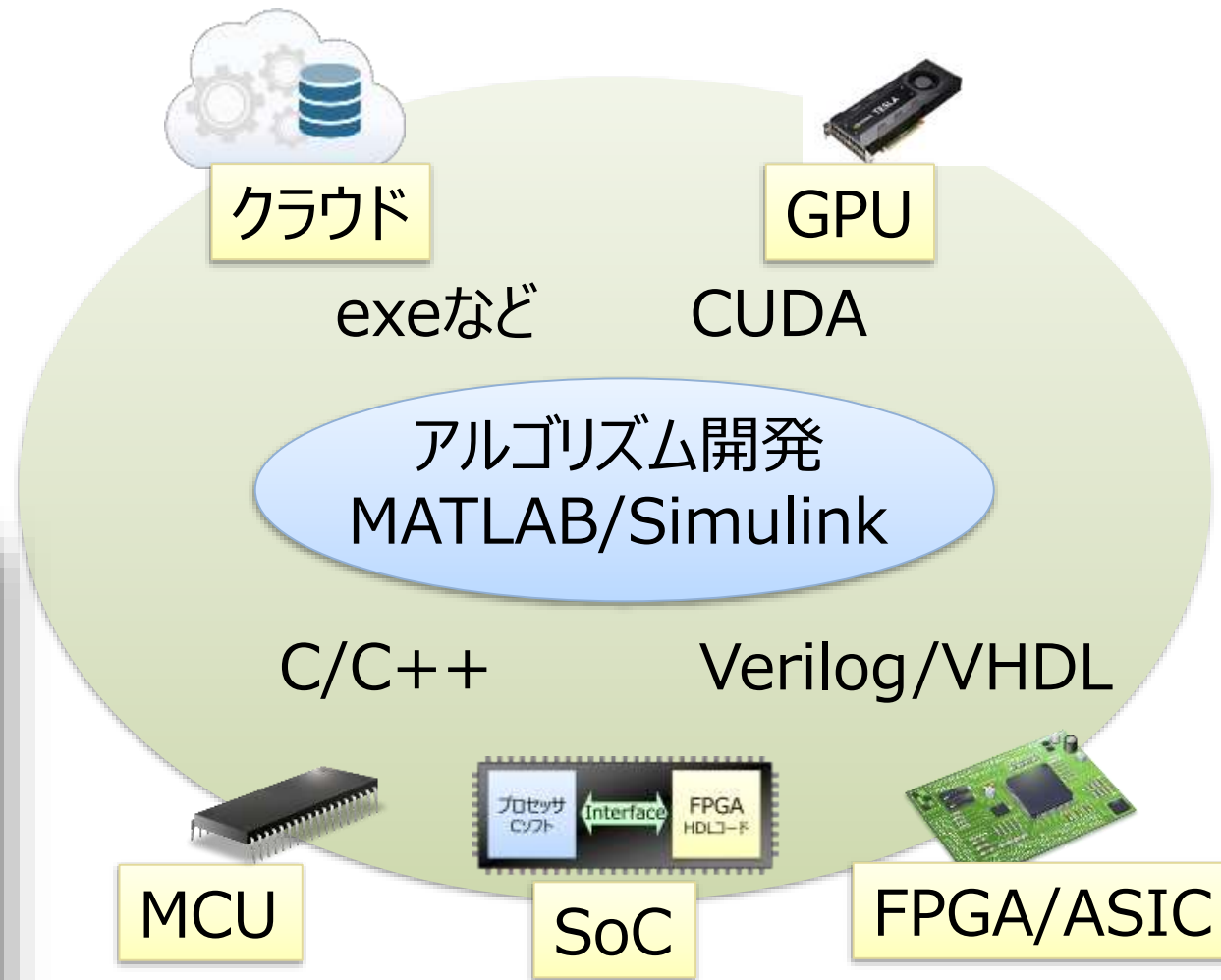
MATLAB EXPO 2015

高速演算を可能とするFPGAシミュレータと  
HDL Coder活用事例

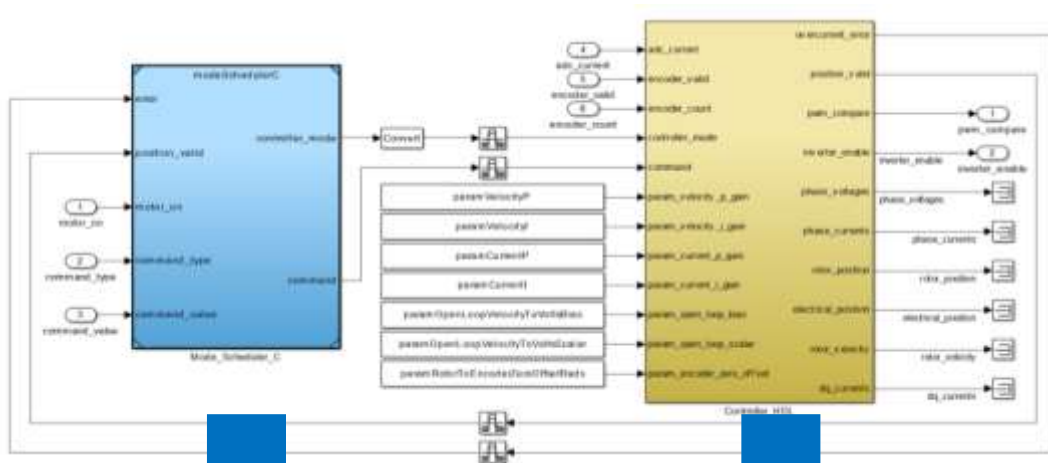
2015年10月16日  
トヨタテクニカルディベロップメント(株)  
Toyota Technical Development Corporation  
第1計測制御事業部 シミュレーション要素開発室  
高木 俊一

デジタル制御電源製品開発に向けた  
モデルベース開発環境構築  
Building a Model-Based Development Environment for Digital Controlled Power Supplies

2014年10月29日(水)  
株式会社富士通研究所  
佐々木智文 米澤遊



# MathWorksが提供するFPGA/Socへの実装ソリューション

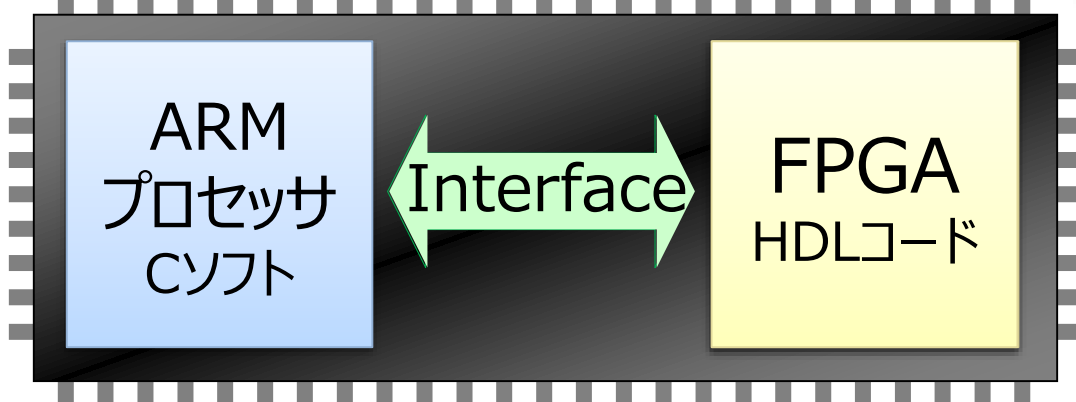


- VHDL/Verilog HDLコード生成
- ZYLINX Zynq, Altera SoCや各種FPGAボードに対応

**HDL Coder™ :**  
HDLコード生成

**Embedded Coder® :**  
組み込みCコード生成

**FPGAを用いた高速制御ニーズに対応**



# Zynqへの実装ワークフロー

**Cコード生成  
とビルド**

シミュレーションが開始するまで利用可能なデータはありません。

```

コマンド履歴
%-- 2013/10/15 15:24
%-- 2013/10/15 15:49
    imaqtool
%-- 2013/10/15 22:40
%-- 2013/10/16 8:39
%-- 2013/10/16 14:09
%-- 2013/10/16 14:27
    run('C:\MATLAB\work\
    cld
    zynq.util.insertKernel
    imaqtool
    run('C:\MATLAB\work
  
```

```

In C:\MATLAB\R2013b\toolbox\simulink\simulink\
In C:\MATLAB\R2013b\toolbox\simulink\simulink\
Custom Config Callback for Model gm_ctrldrHdIP
BlackBox Files: 1) C:\MATLAB\SupportPackages\
Device tree is up-to-date
mwipcore kernel module is already loaded.
fx
  
```



## 2)磁気分布特性の見直しを伴うモーターの開発

### 更なる省エネ要望により磁気分布の見直しは継続的な課題

#### 1 アキシアルギャップモータの開発

- 各種磁性材料の特徴比較
- モータ形状による得失比較
- 高効率アキシアルギャップモータの開発

榎本 裕治 (株)日立製作所 研究開発グループ 制御イノベーション

#### 2 磁束集中によるIPMモータの磁束密度向上技術の開発

- PMモータの性能向上には、磁気装荷増大が必須である
- マグネットの磁束集中配置によりギャップ磁束密度が増大
- 鉄損の低域が重要な課題となる

野中 剛 (株)安川電機 技術開発本部 開発研究所 モータ・アクチュエータ

#### 3 3次元折り曲げ鉄心を用いたPMモータの特性

- 3次元折り曲げ鉄心を用いたトルク密度向上に関する検討
- うず電流損解析を用いた損失の分析
- 試作機を用いた実機検証

吉川 祐一 パナソニック(株) AIS社メカトロニクス事業部 モータ

c: 森永 茂樹 アイダエンジニアリング(株) 理事 開発本部 技術研

#### 1 センサレスし易いモータ設計

- 磁気飽和が位置推定に与える影響
- 運転範囲拡大設計
- 位置センサレス指向設計のポイント

加納 善明 大同大学 電気電子工学科 准教授

#### 2 簡易型低速センサレスの実用化技術

- 磁気飽和特性を利用した低速センサレスの原理
- 自動車補機モータ、白物家電への応用例
- 適用モータの拡大技術

岩路 善尚 (株)日立製作所 研究開発グループ 制御イノベーションセンタ モータシステム研究部 主管研究員

#### 3 簡素化・静音化を極めた自動車用センサレス制御

- 電動化する自動車に必要な、静粛・簡素なモータドライブ技術
- 騒音を従来比1/10に可能なゼロ速静音センサレス制御
- 低コストが要求される補機モータの簡素正弦波センサレス制御

青木 康明 (株)デンソー スマートモータ革新部 担当課長

c: 藤網 雅己 (株)デンソー 研究開発2部 担当部長 技師

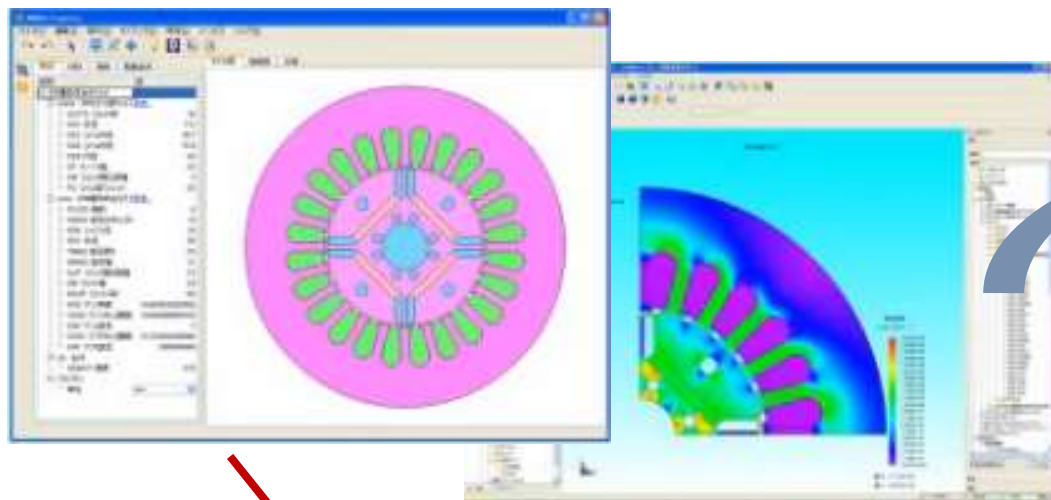


## 2)磁気分布特性の見直しを伴うモーターの開発

磁気分布特性に注目した位置センサレス制御などメカと制御の協調設計

高精度モーターモデル構築のアプローチ

JMAGからの高精度モデルの生成



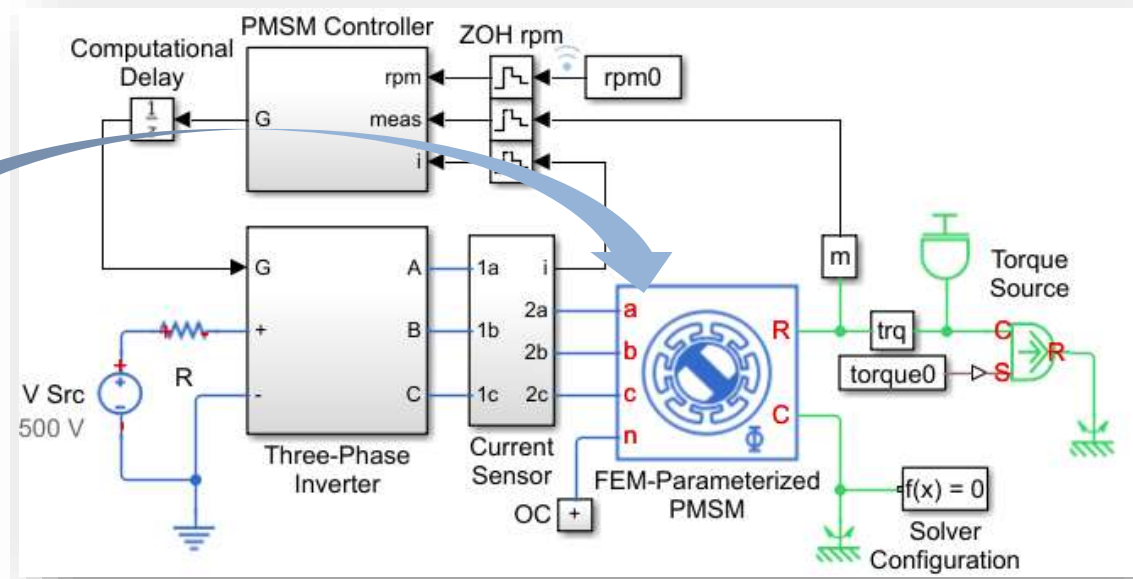
JMAG-RT

> Tm	is_abc
> switch signal A	is_qd
> switch signal B	vs_qd
> switch signal C	wm
> Coil Temp	thetam
> Magnet Temp	Te
▫ A	Fabc
▫ B	LdLq
▫ C	Eddy Loss
	Hysteresis Loss

JMAG\_RT\_pmsm

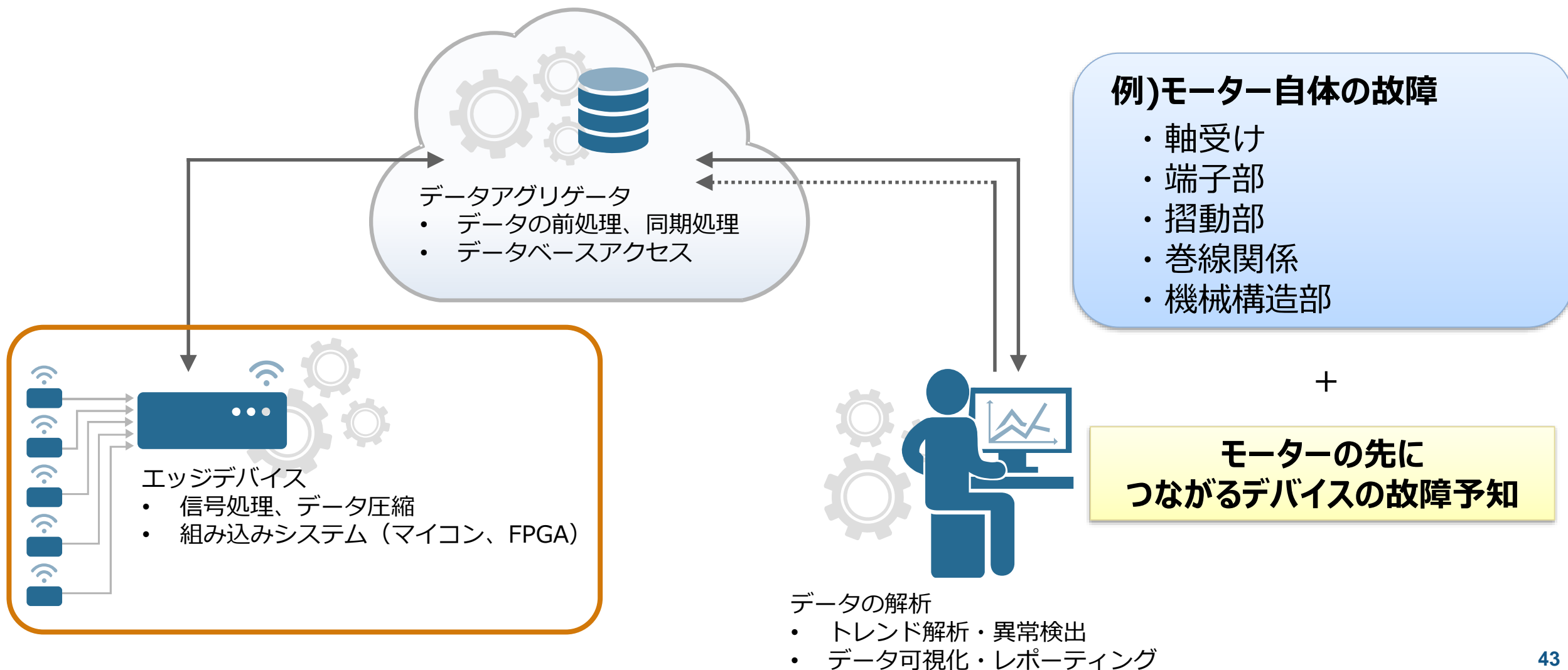
磁気分布特性を考慮したPMSMモデル

Simscape Electronics™



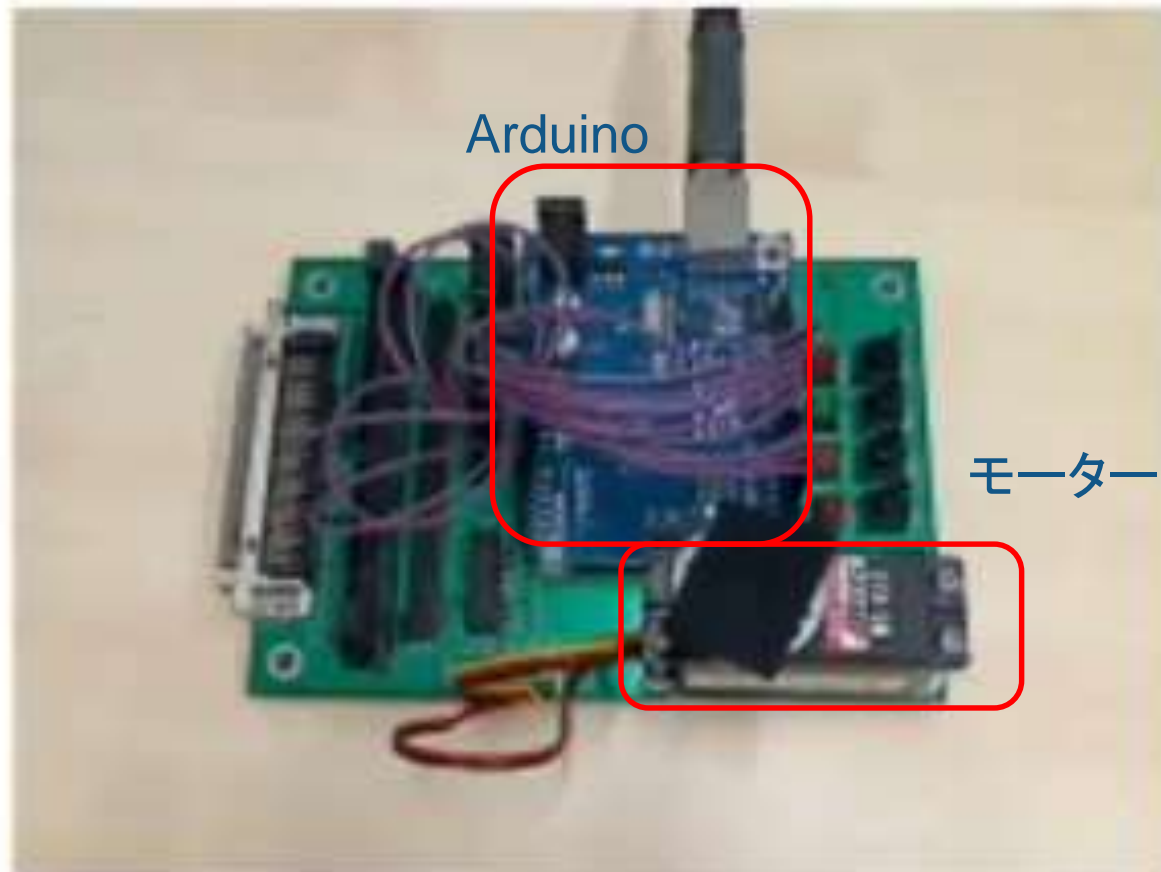
### 3)IoTのエッジデバイスとしての役割

最新アルゴリズムに基づくモデルを使用した故障予知とともに従来手法も再注目

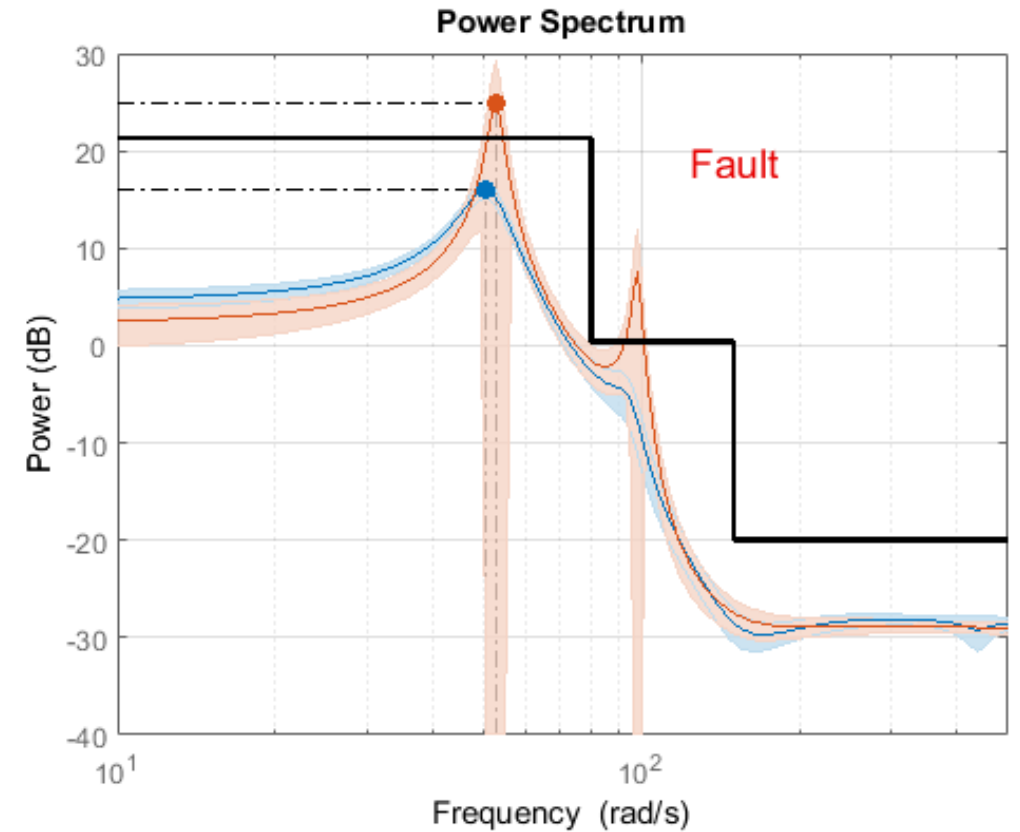


### 3) システム同定のアプローチを故障検出や特徴抽出への活用

System Identification Toolbox™



状態推定技術を用いた故障検出



時系列の特徴抽出技術としての利用

# まとめ

## OMRON Develops Solar Inverter Control Algorithm for Anti-Islanding Control



Houses with solar power systems.

**Challenge**  
Develop a control system to ensure the safe operation of solar power generation systems during power outages

**Solution**  
Use Model-Based Design with MATLAB and Simulink to model electrical power and control systems, run simulations, and analyze the systems' response to outages

**Results**

- Integration testing time halved
- Data analysis completed four times faster
- Key test conditions simulated

"An important benefit of Model-Based Design at OMRON is that it enables target teams of design engineers to work together to develop advanced products using plant and

## Develops Electric Auxiliary Transmission Design

rate an automotive auxiliary sensor...  
nk Real-Time to validate tem identification and

## Weinmann Develops Life-Saving Ventilator Using Model-Based Design

**Challenge**  
Develop embedded and hospital tra

**Solution**  
Use MATLAB a model and simu code, and strea

**Results**

- Dozens of c
- 60% of cort

## SAIC Motor Develops Embedded Control System for the Roewe 750 Hybrid Sedan Using Model-Based Design



The Roewe 750 hybrid sedan.

**Challenge**  
Develop the hybrid control unit for the Roewe 750 hybrid sedan

**Solution**  
Use MATLAB, Simulink, and Embedded Coder to model

"Three years ago, SAIC Motor did not notice developing control software. We used Design because of an efficient method. This approach of engineers to

## Airbus Helicopters Accelerates Development of DO-178B Certified Software with Model-Based Design



**Solution**  
Speed the development, validation, and verification of DO-178B certified helicopter flight software

## Stem Accelerates Development of Power Electronics Control Systems with Model-Based Design



A commercial installation of Stem's PowerStore energy system.

**Solution**  
Accelerate development and certification of a power electronics control system for a distributed power storage system

## ATB Technologies Cuts Electric Controller Development Time by 50% Using Code Generation for TI's C2000 MCU



**Results**

- Development time cut in half
- Design reviews simplified
- Target verification and deployment accelerated

"MathWorks tools enabled us to verify the quality of our design at multiple stages of development, and to produce a high-quality component within a short time frame."

Markus Schertler  
ATB Technologies

Model-Based Design gave us increased visibility into the functional design of the system, also completed requirements validation earlier than was previously possible and simulated multiple simultaneous component responses, so we know what will happen and have confidence that control logic will manage it."

Christopher Slack  
Airbus

**Results**

- Six months of development time saved
- Thousands of dollars in board spin costs saved
- System fully operational days after hardware becomes available

"The hardware simulations were easy because the simulations matched what we saw on the scope, and that gave us tremendous confidence in the design."

David Erhart  
Stem

# ✓ シミュレーションを用いた設計・検証技術

# ✓ コード生成機能を中心とした自動化技術

急速に進む環境変化に早期に対応するためにはモデルベースデザインの適用は不可欠

# MathWorksが提供するスタートアップ環境

## サンプルモデルの提供

### Simscape Electronics

- ✓ ステッピングモーター
- ✓ DCMotor
- ✓ PMSM
- ✓ 磁気分布考慮のモーター

⇒<https://jp.mathworks.com/help/physmod/elec/examples.html>

### Simscape Power Systems

- ✓ PMSM
- ✓ 誘導モーター
- ✓ JMAG連携

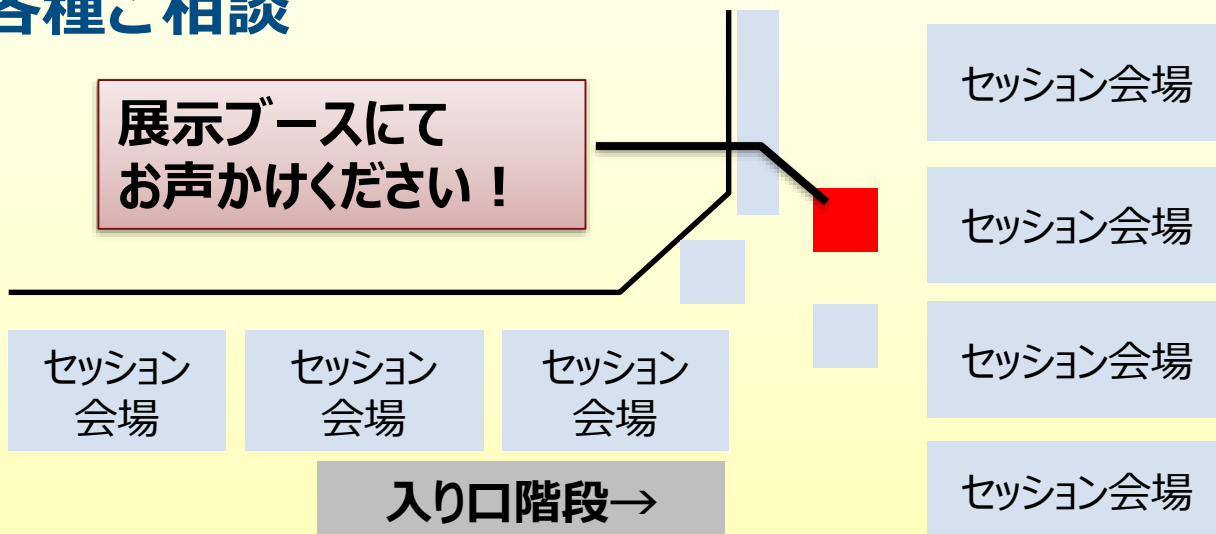
⇒<https://jp.mathworks.com/help/physmod/sps/examples.html>

## Speedgoatとセットのモータースターターキット



## 各種ご相談

展示ブースにて  
お声かけください！





# MathWorksが提供する有償トレーニングおよびコンサルティング

## トレーニング

- ✓ Simscape Power Systems のトレーニング
- ✓ モーターのベクトル制御における制御理論入門
- ✓ Speedgoatを用いたRCP及びHILS適用トレーニング



## コンサルティングおよび書籍・パートナーのご紹介







Accelerating the pace of engineering and science

© 2017 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.