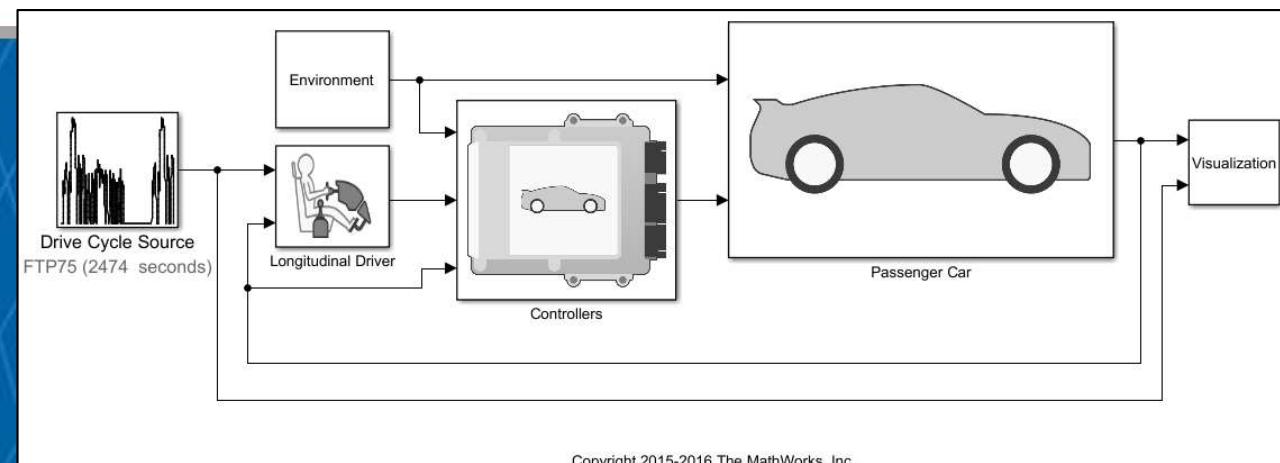
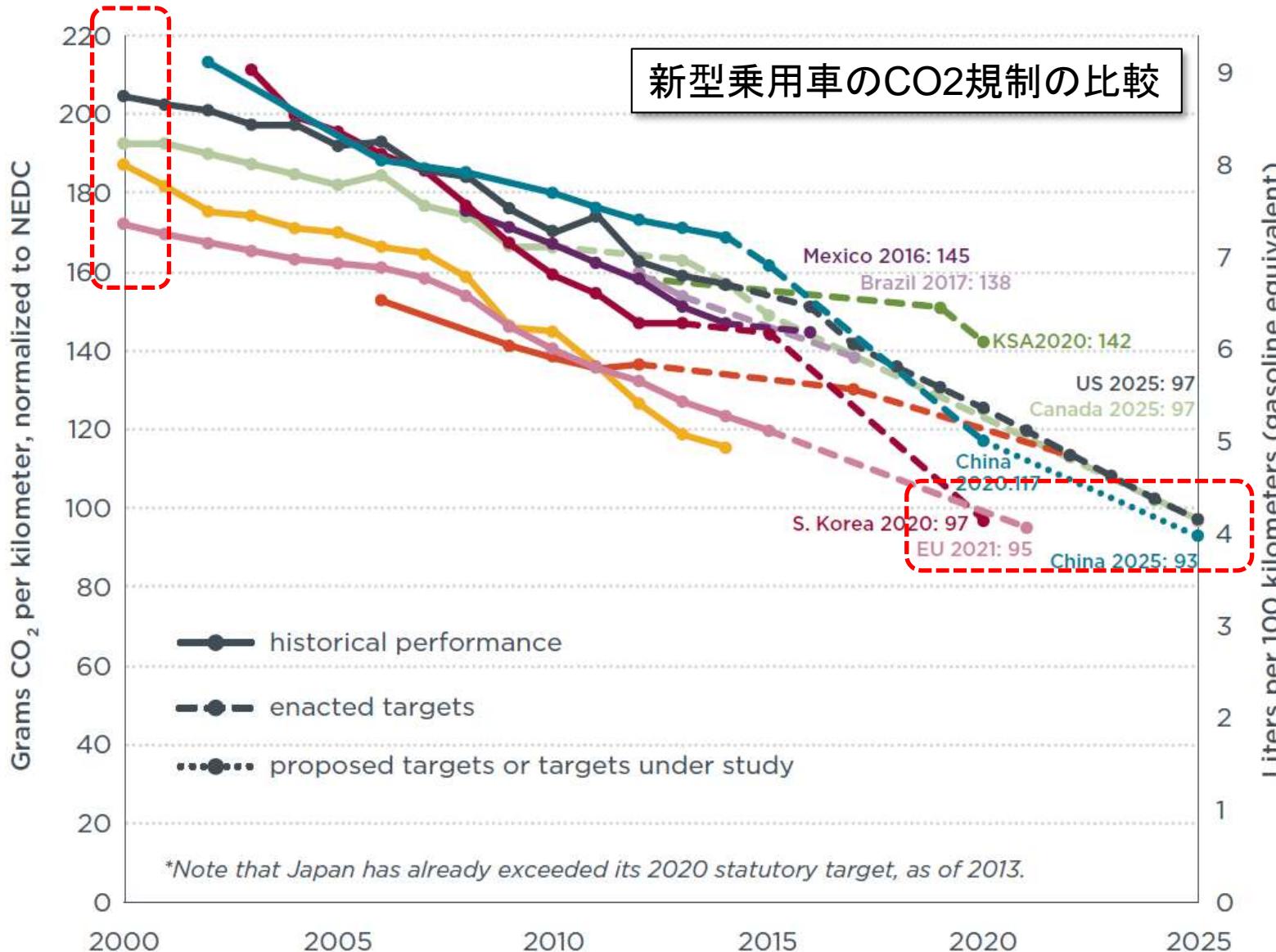


# パワートレインのモデリングを強力にサポート ～Powertrain Blockset™の紹介～

MathWorks Japan  
アプリケーションエンジニアリング部  
宮川 浩 ([hiroshi.miyagawa@mathworks.co.jp](mailto:hiroshi.miyagawa@mathworks.co.jp))



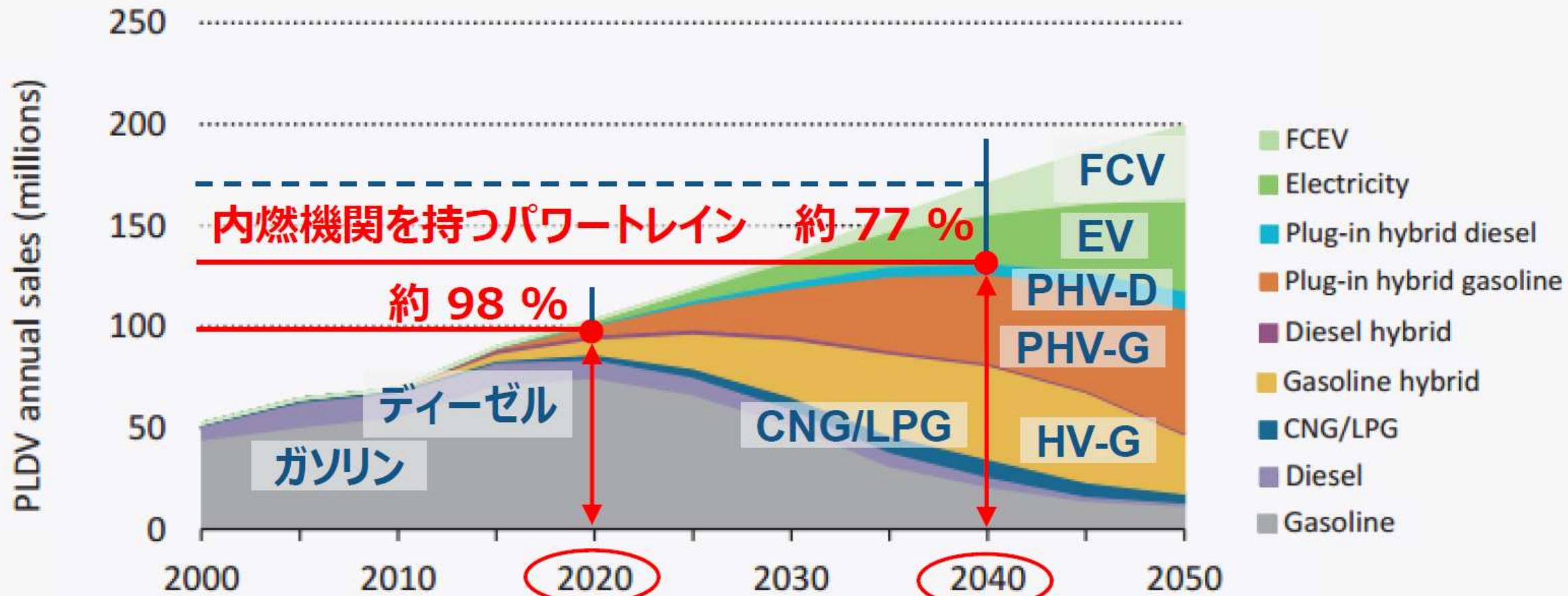
# CO2規制の国際的動向



一番厳しい規制のEUの規制値に、世界的に向かっている！

# パワートレインは多様化する一方で、内燃機関の重要性は今後も続く

- 自動車台数は今後も増加、多くの割合は内燃機関を使用
- OEM各社はコンセプト・想定ターゲットに応じて最適なパワートレインを選択

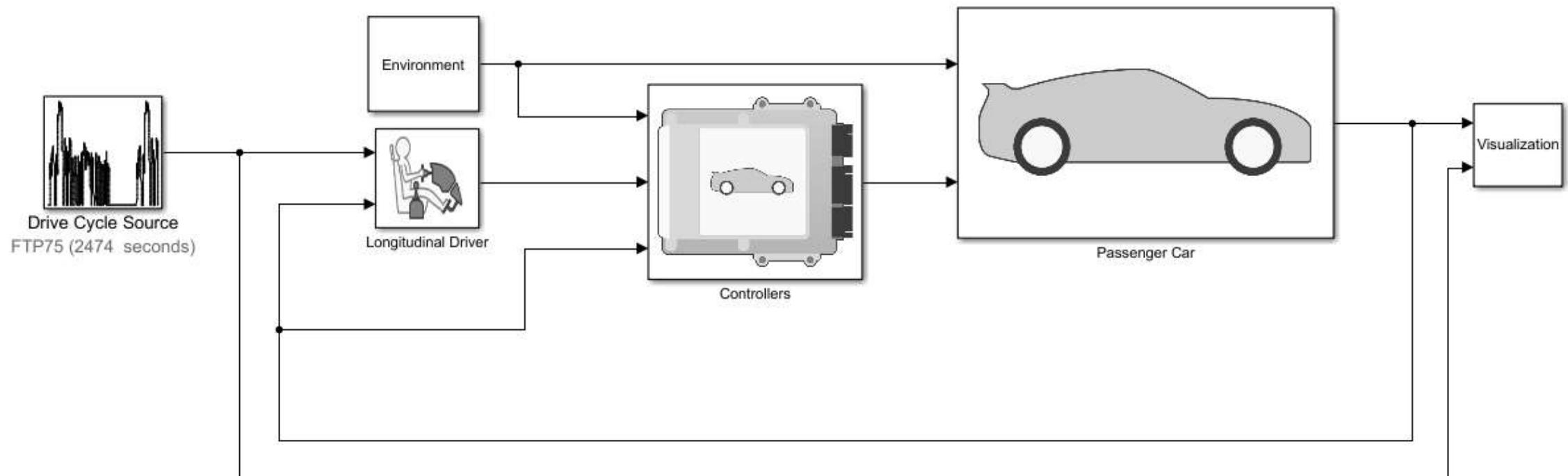


# パワートレイン開発の課題

- **厳しい燃費規制に対応必至**
  - 従来の燃焼エンジンからフルバッテリのモータまで、様々な推進アーキテクチャの組み合わせ
- **高度なパワートレイン制御が必要**
  - システム性能を最大限に引き出すための、より高度な制御アルゴリズム
- **モデルベースデザインによる制御ロジック開発で問題となるのは**
  - コントローラモデルのテストに適したプラントモデルを有していないケースが多い
  - 結果として、多くの検証を実車テスト（Rapid Control Prototyping）に依存

→開発期間・コストへの大きな影響

# Demo – HEVシステムレベルモデル



# アジェンダ

- Powertrain Blocksetが提供するソリューション
- Powertrain Blocksetの機能
- リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例
- Powertrain Blocksetのユースケース
- まとめ

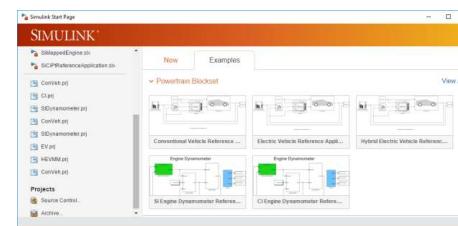
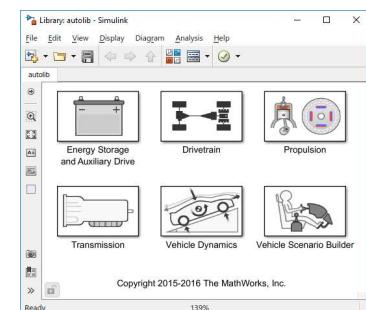
# アジェンダ

- **Powertrain Blocksetが提供するソリューション**
- Powertrain Blocksetの機能
- リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例
- Powertrain Blocksetのユースケース
- まとめ

# MathWorks が「Powertrain Blockset」により提供するソリューション

*Lower the barrier to entry*

- ・ ユーザーが必要なパワートレインモデル構築のためのスタートポイントを提供
- ・ オープンでコンフィグ可能なモデル – 詳細説明ドキュメントが付属
- ・ 精度とスピードがバランスしたモデル – HILSへの実装も可能

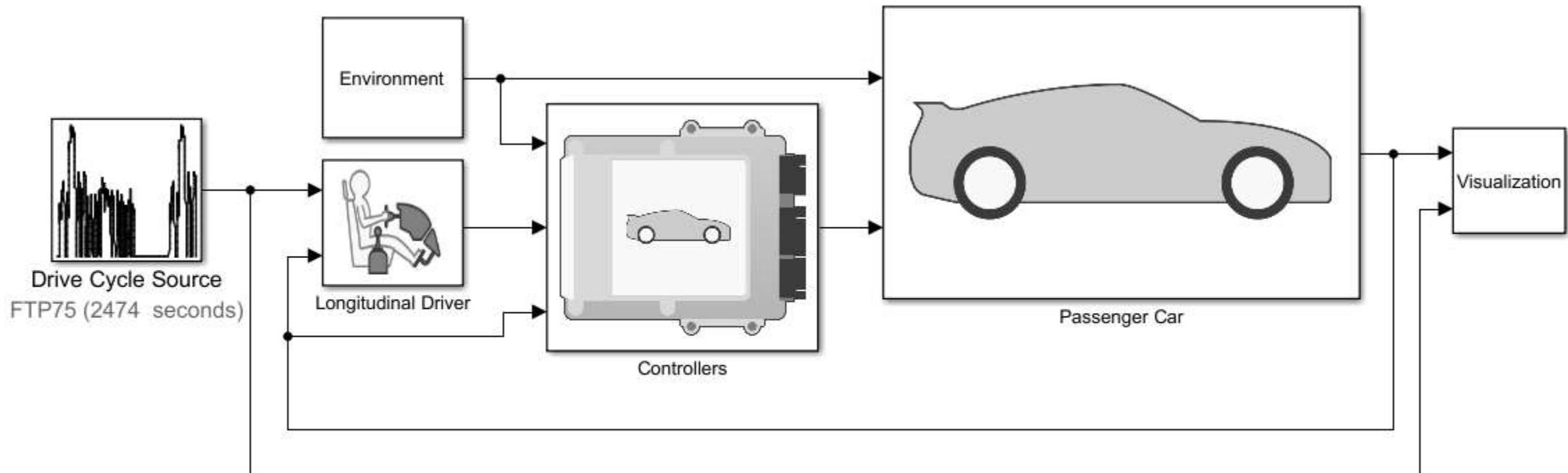


# Powertrain Blockset

新製品：R2016bにてリリース

前提製品：必須：MATLAB®/Simulink®

ゴール：高速な演算に対応したプリビルト、カスタマイズ可能、かつ適切な精度のモデルの提供



# Powertrain Blockset デザインコンセプト

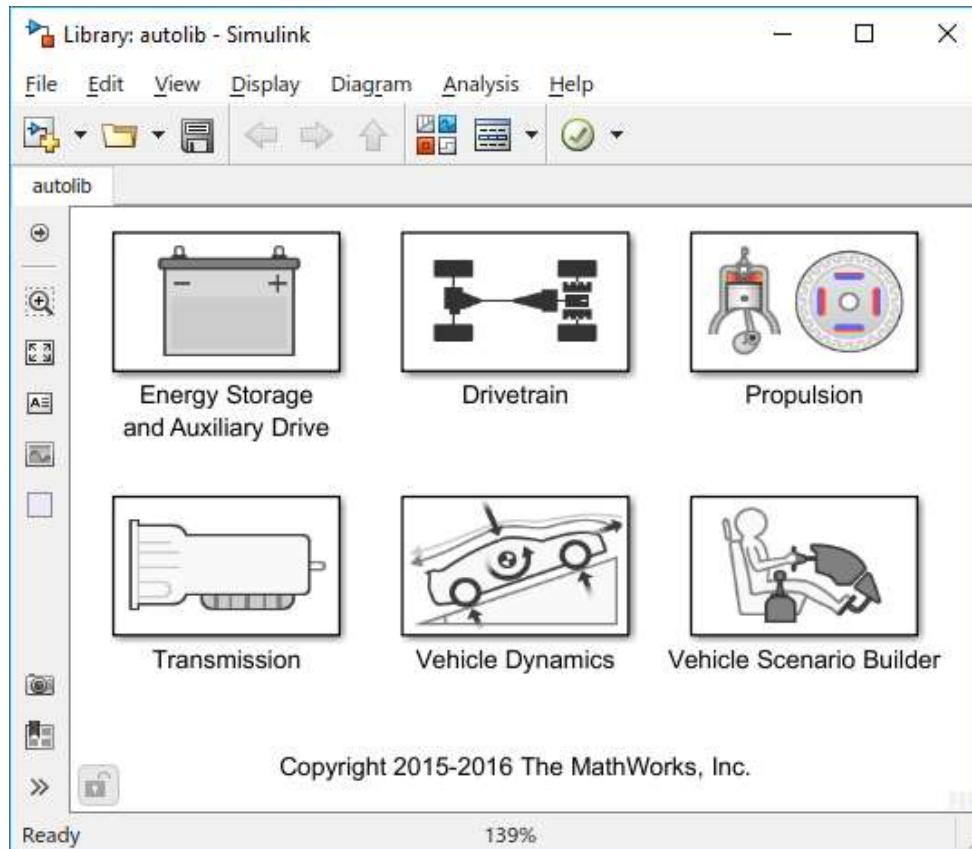
- **計算精度と計算スピードのバランス**
  - 詳細な物理表現を含むモデル（ターボ過給、マニホールド吸排気、ドライブラインダイナミクス）
  - 実時間を上回る実行スピード
- **オープンかつコンフィグ可能なサブシステムを提供**
  - ユーザ独自のデータでのパラメータを設定
  - ユーザのニーズに応じたサブシステムのカスタマイズ
  - ビルトインのサブシステム全体を置き換え可能
    - Simulink®ベースのカスタムのサブシステム
    - Simscape™ベースのカスタムのサブシステム
    - その他のモデリングツール（例：S-Function経由の接続 等）

# アジェンダ

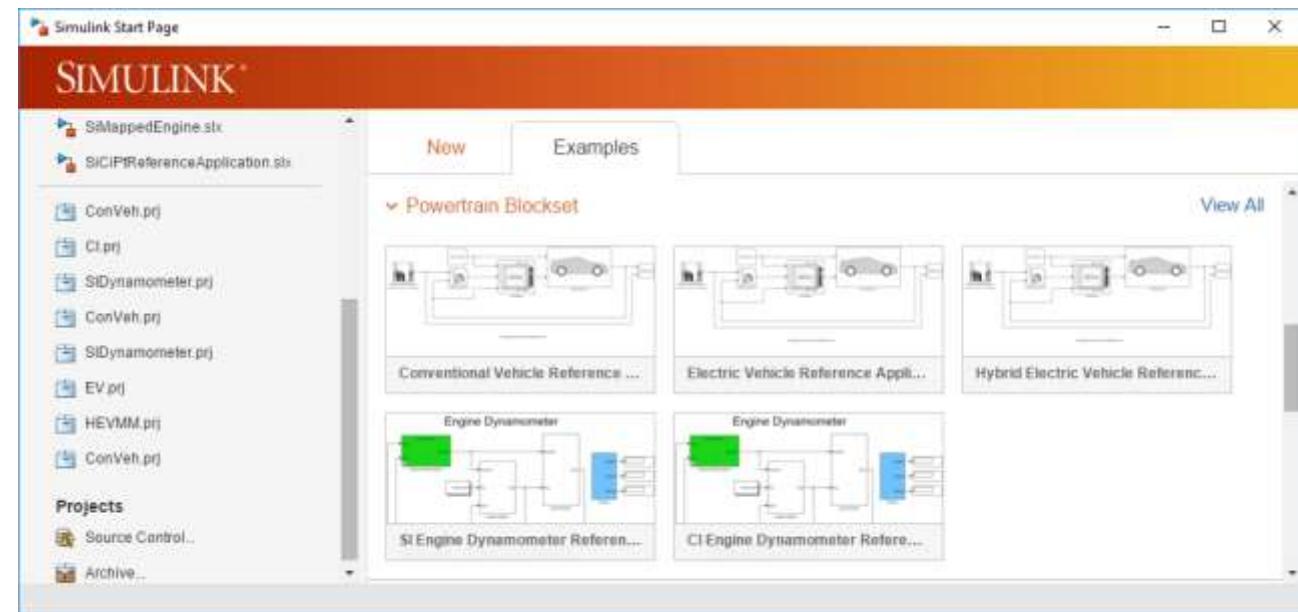
- Powertrain Blocksetが提供するソリューション
- **Powertrain Blocksetの機能**
- リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例
- Powertrain Blocksetのユースケース
- まとめ

# Powertrain Blocksetの機能

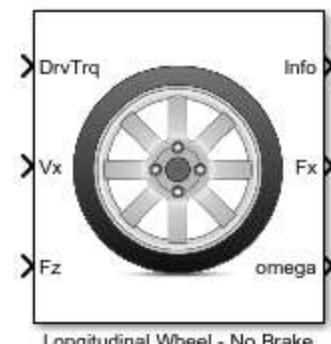
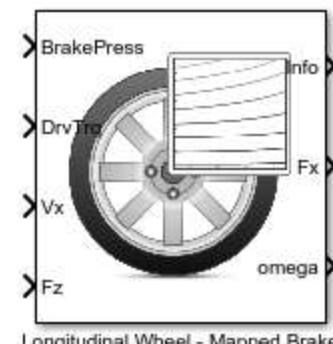
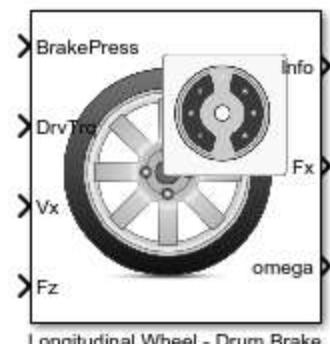
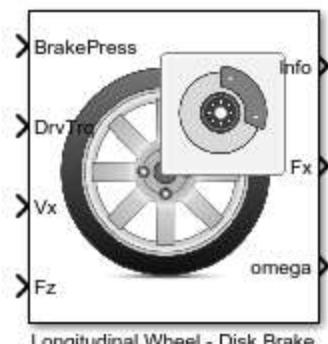
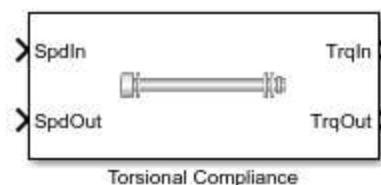
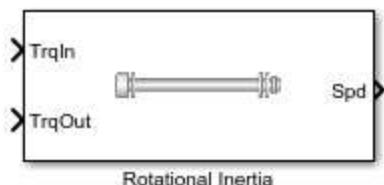
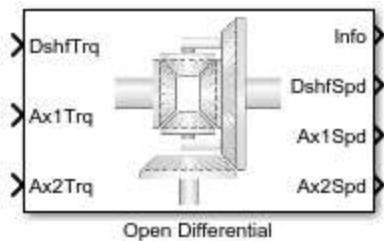
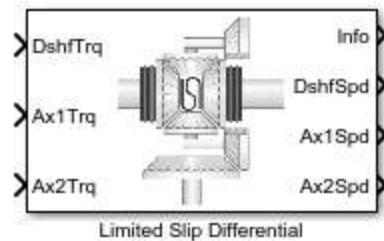
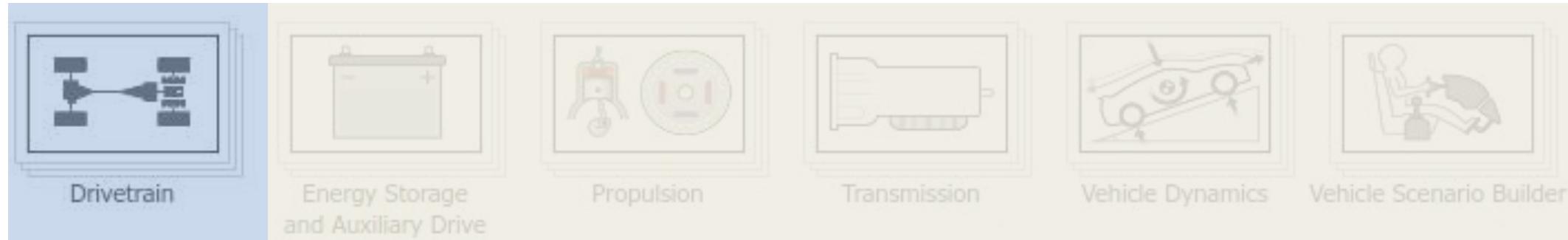
## ブロックライブラリ



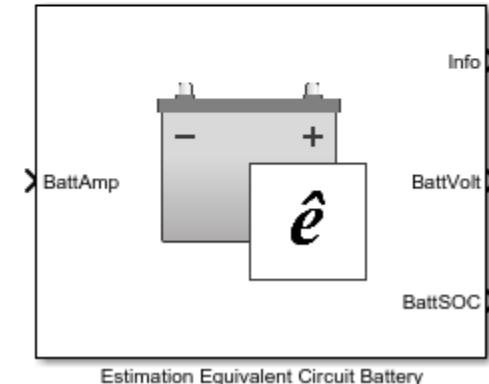
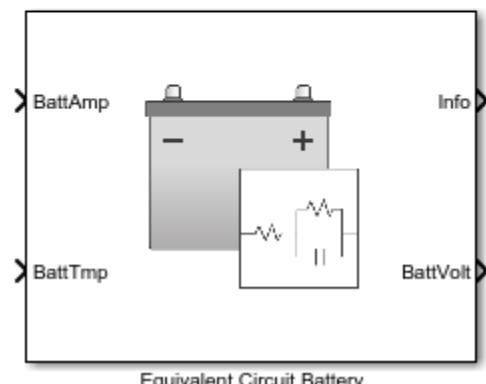
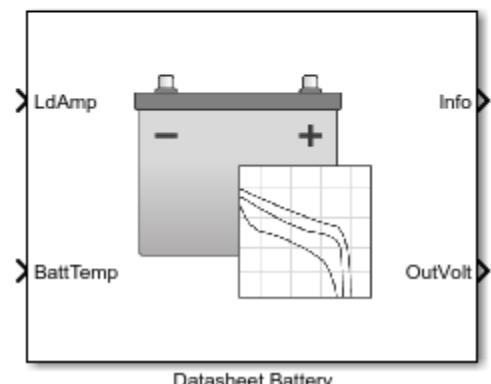
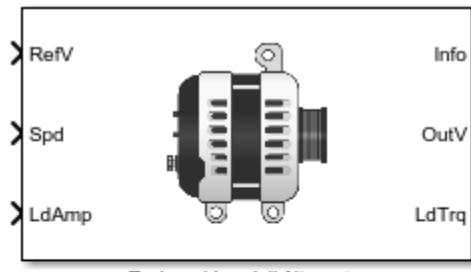
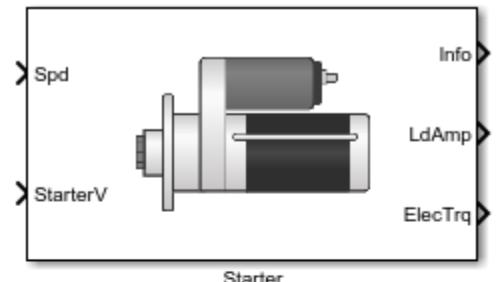
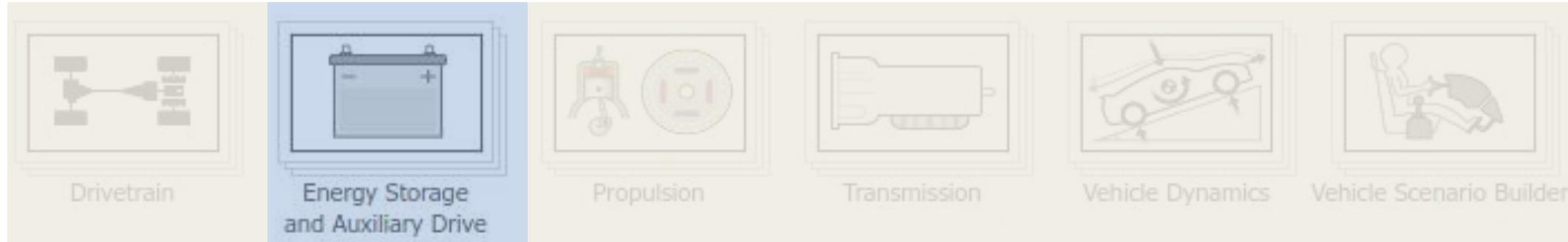
## リファレンスアプリケーション



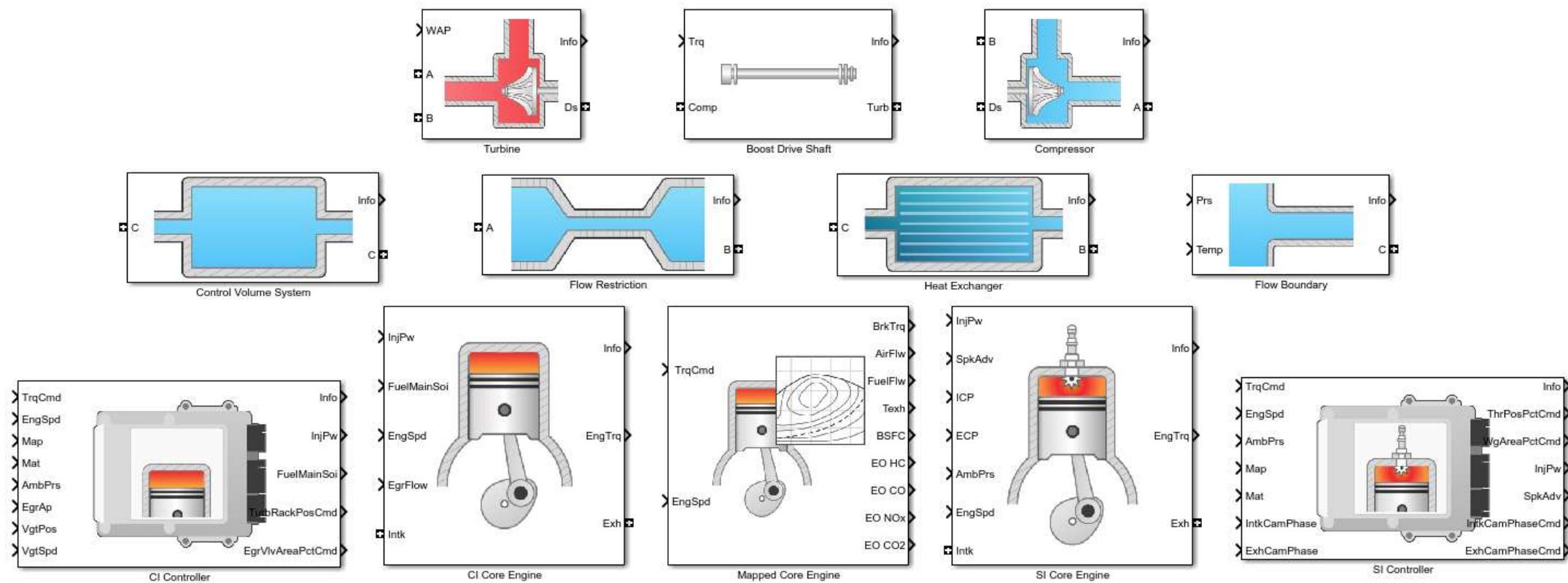
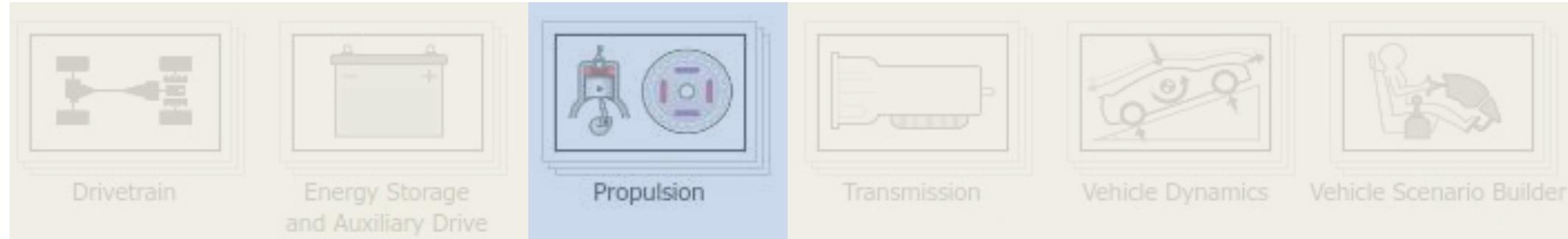
# ライブラリ: Drivetrain



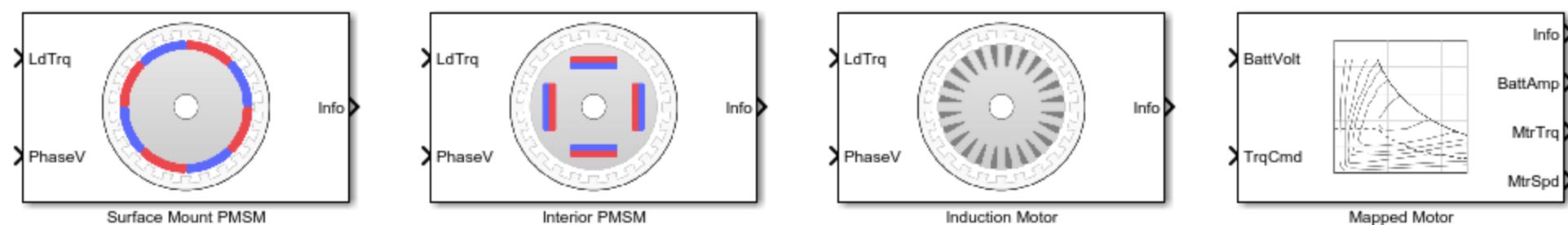
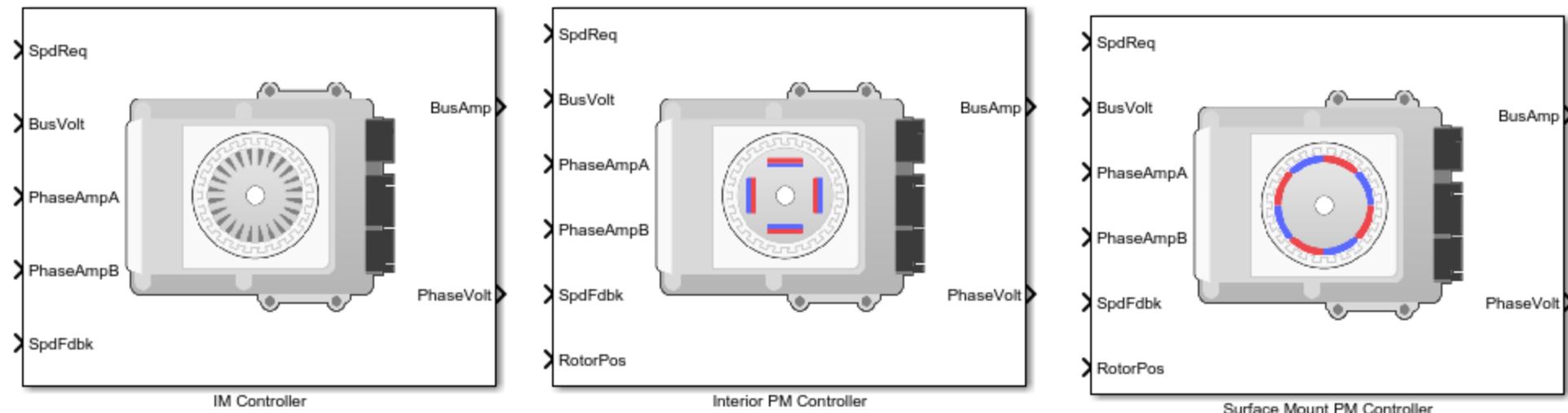
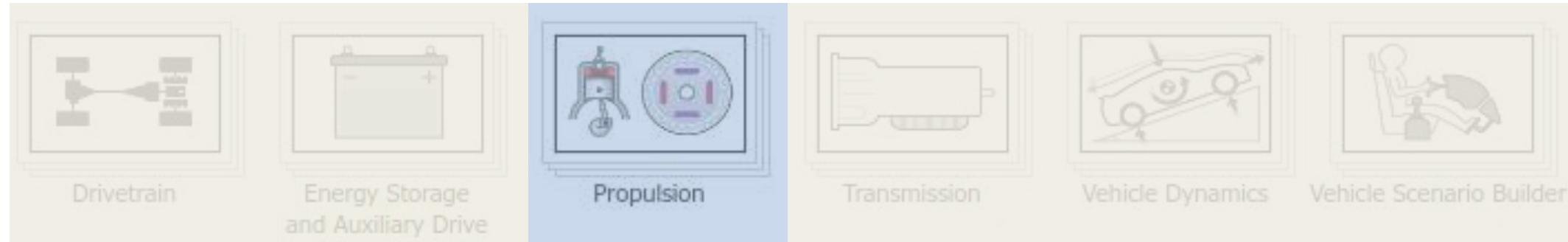
# ライブラリ: Energy Storage and Auxiliary Drive



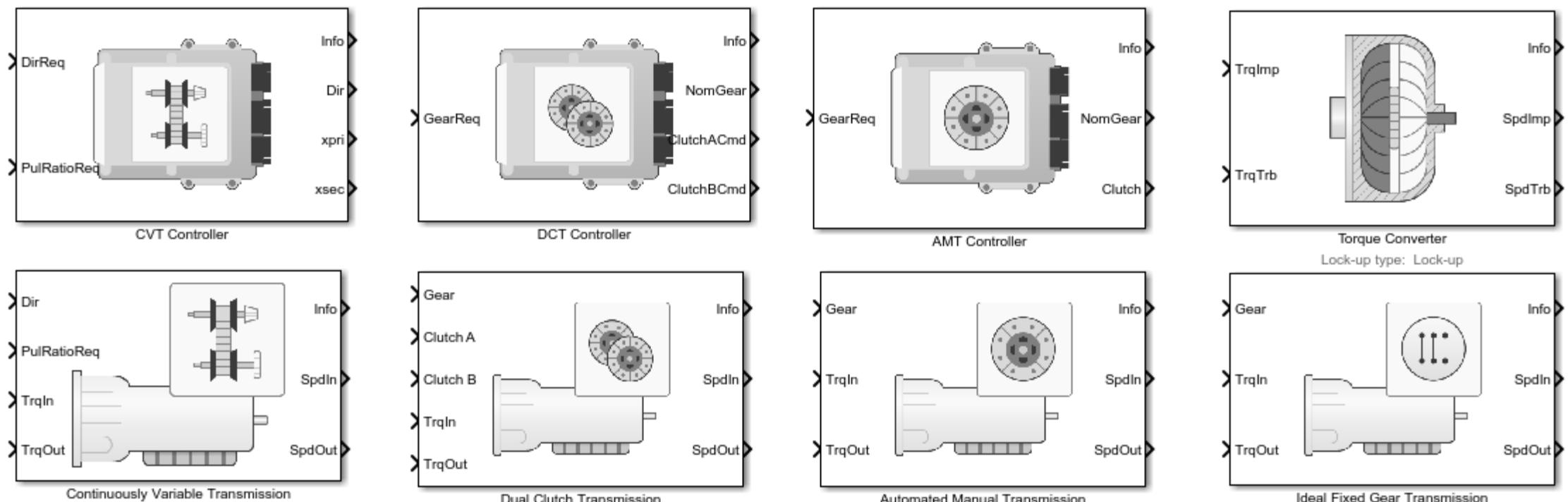
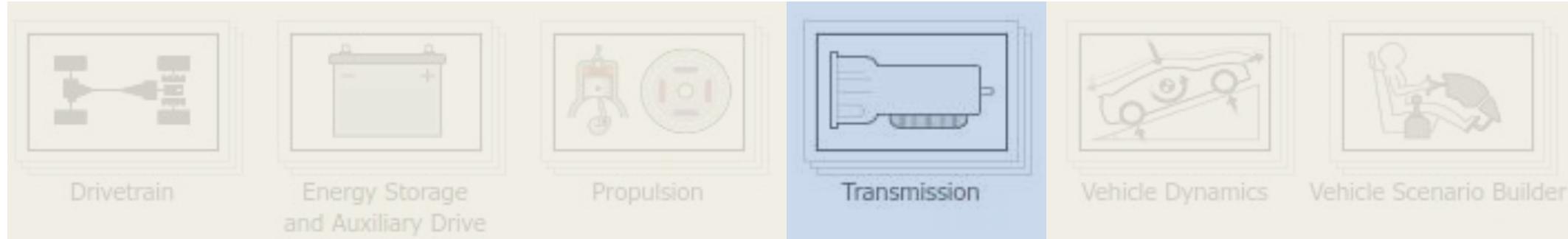
# ライブラリ: Propulsion (ガソリン / ディーゼルエンジン)



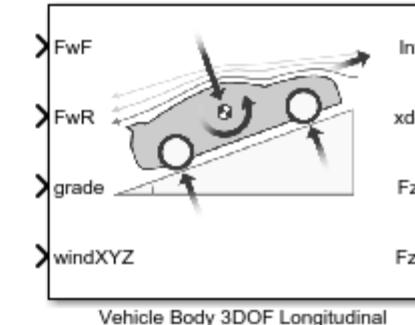
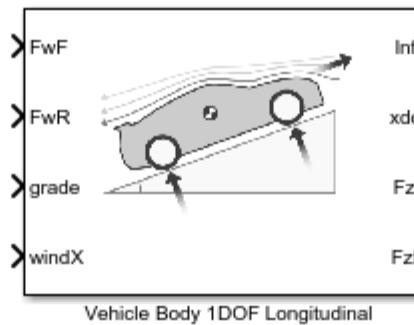
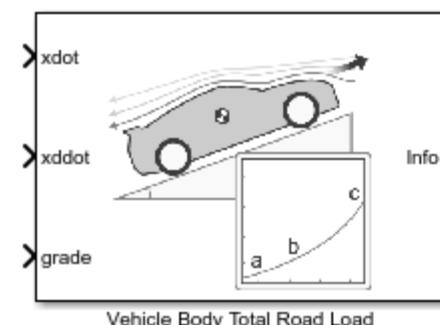
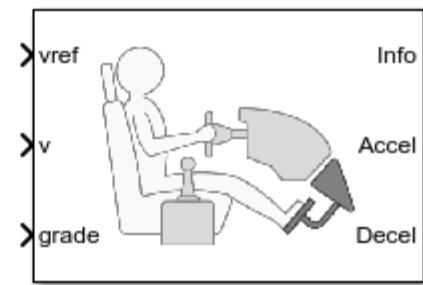
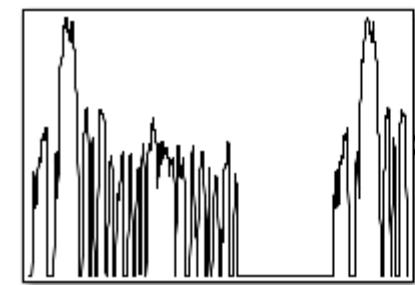
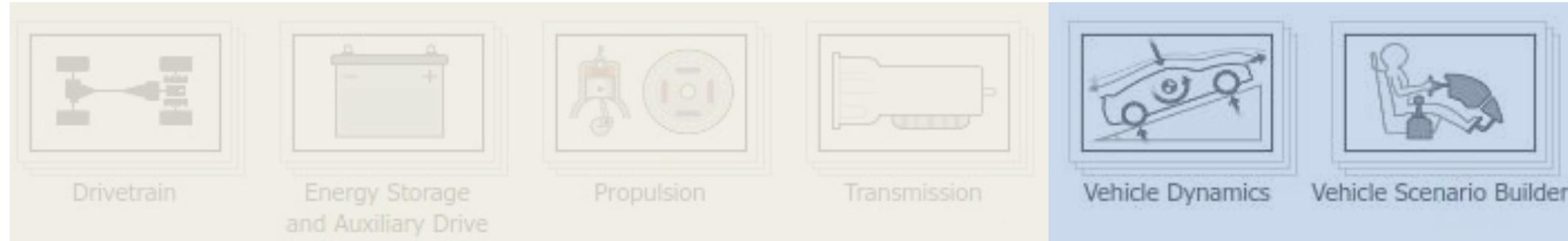
# ライブラリ: Propulsion (モータ)



# ライブラリ: Transmission

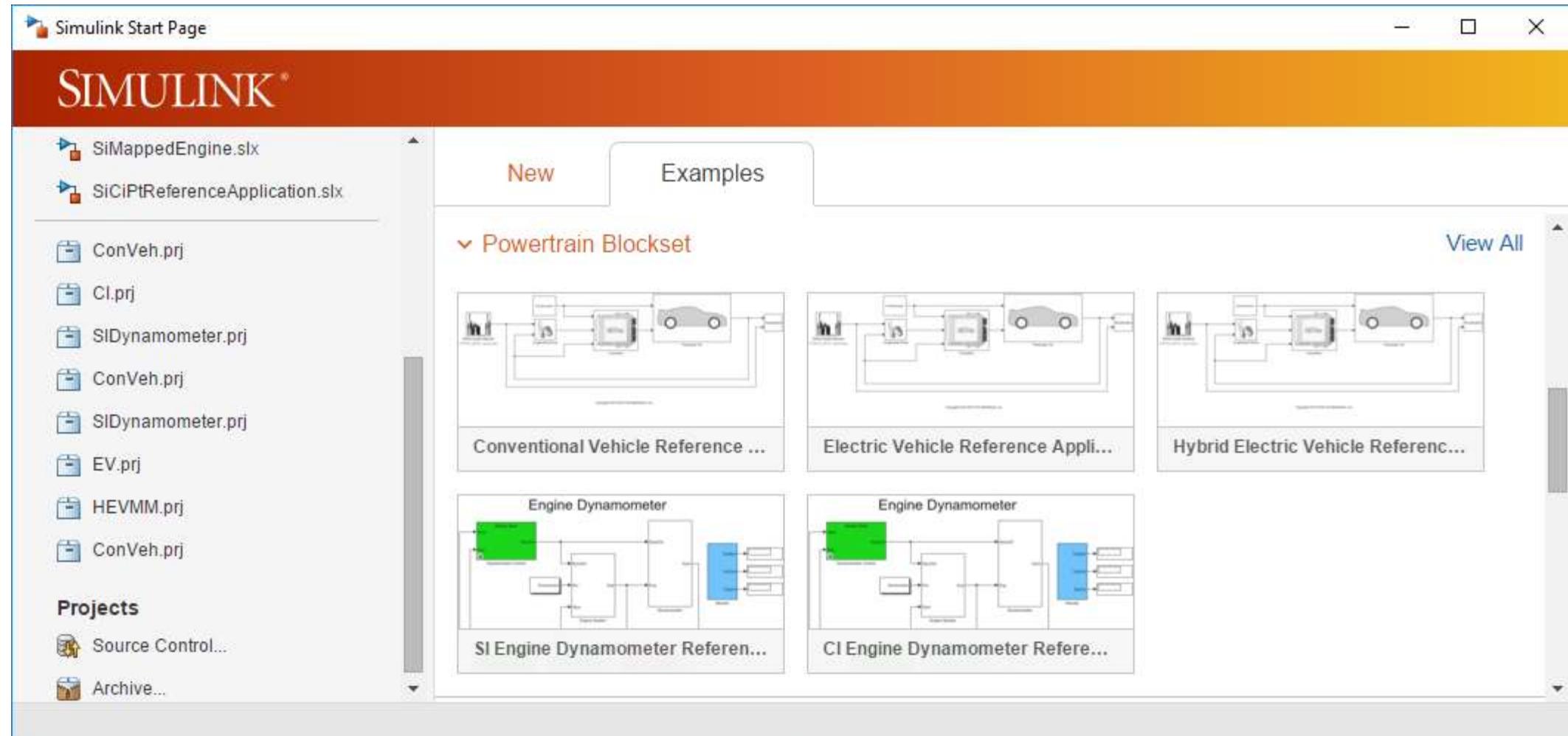


# ライブラリ: Vehicle Dynamics および Vehicle Scenario Builder



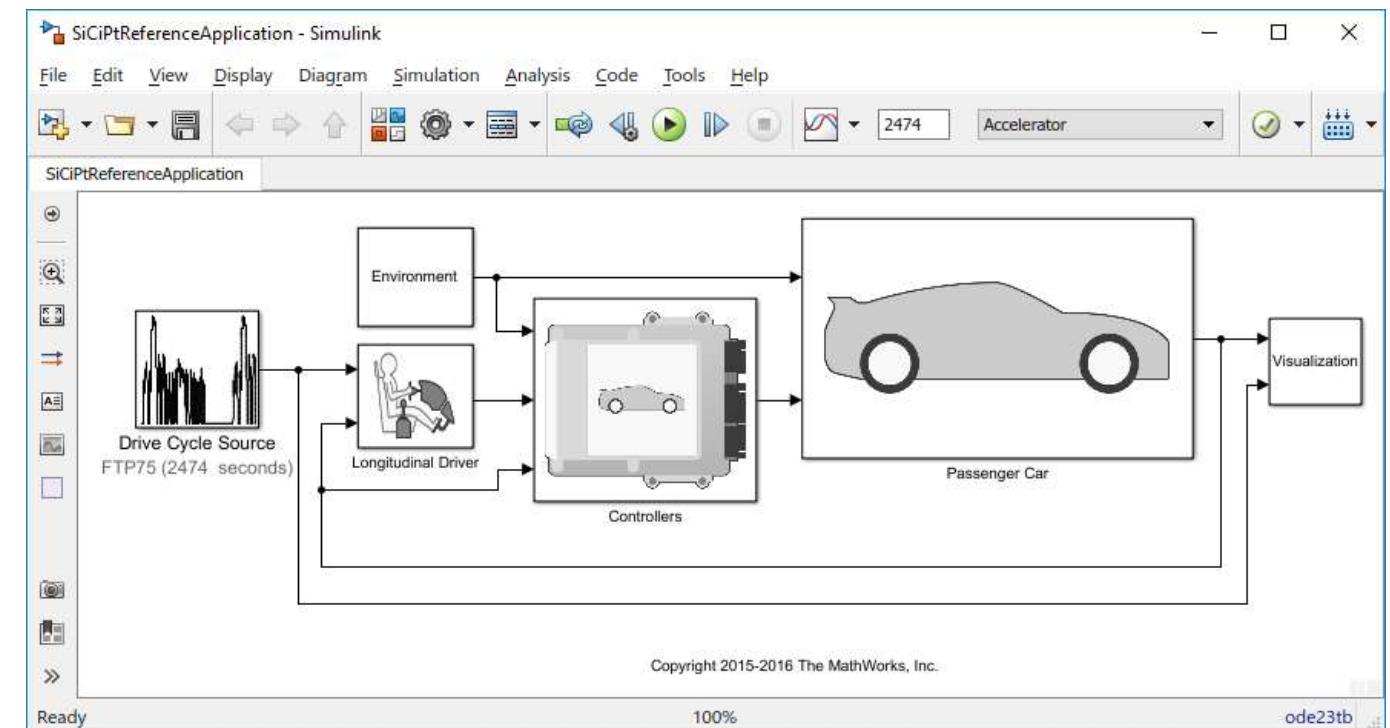
## リファレンスアプリケーション

- ・ フルビークルモデル (conventional, EV, multi-mode HEV)
- ・ 仮想エンジンダイナモーテ (ガソリン, ディーゼル)

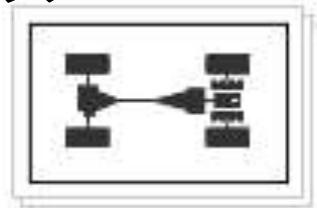


# リファレンスアプリケーション: フルビークルモデル

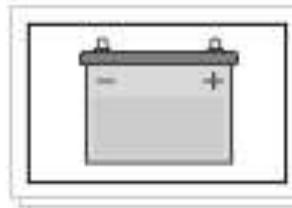
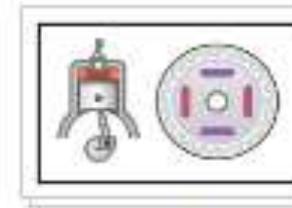
- 汎用のパワートレインによるフルビークルモデル：
  - 汎用エンジン (Spark Ignition / Compression Ignition)
  - EV
  - マルチモードHEV
- オープンかつコンフィグ可能
- 実時間を上回る実行速度



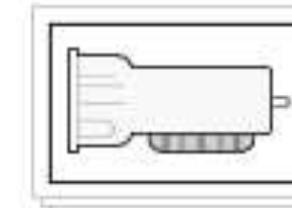
## ライブラリ



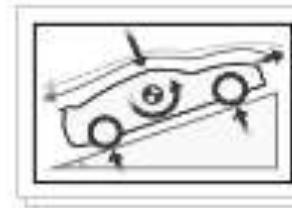
Drivetrain

Energy Storage  
and Auxiliary Drive

Propulsion



Transmission

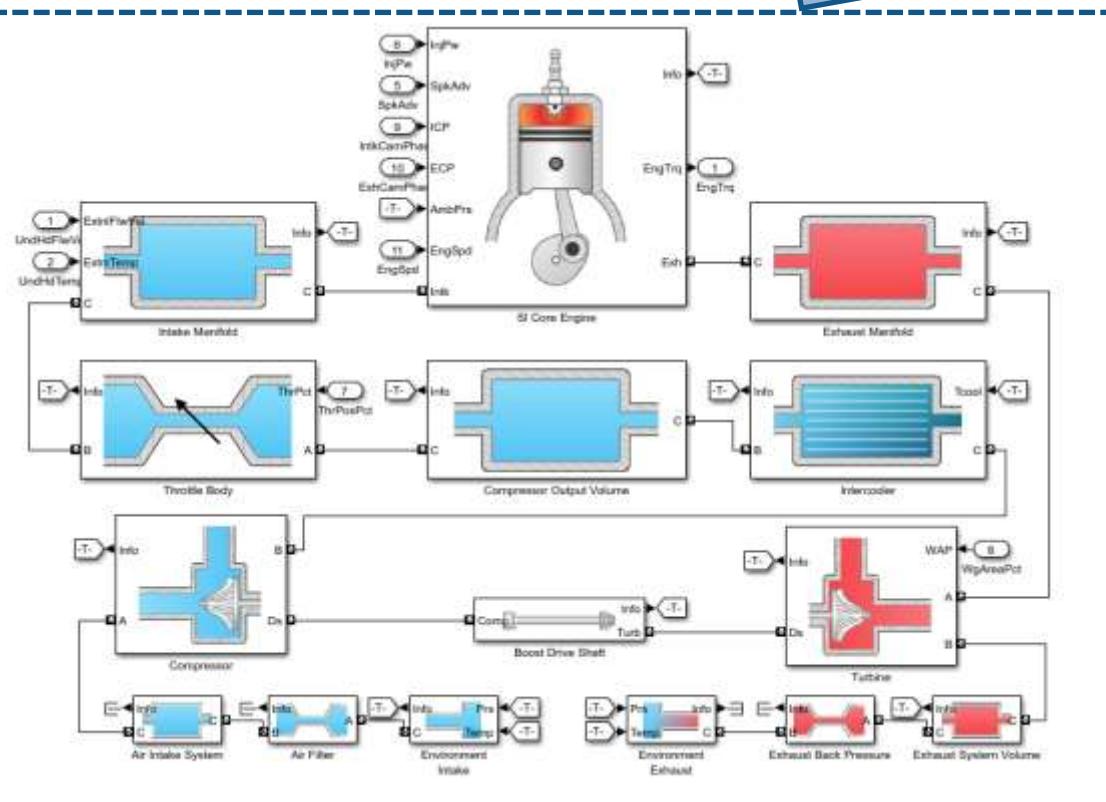


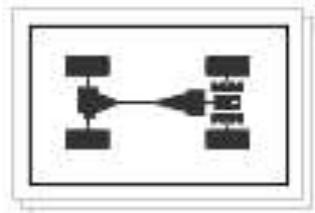
Vehicle Dynamics



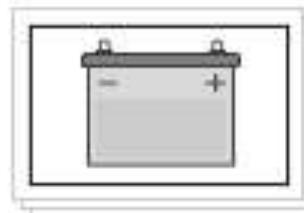
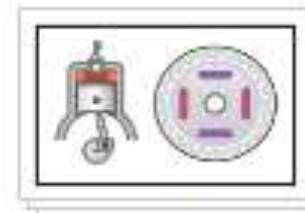
Vehicle Scenario Builder

エンジンシステムを構成

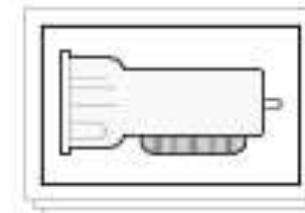




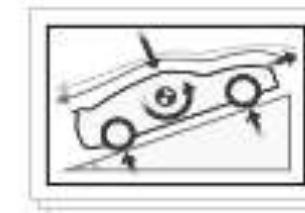
Drivetrain

Energy Storage  
and Auxiliary Drive

Propulsion



Transmission

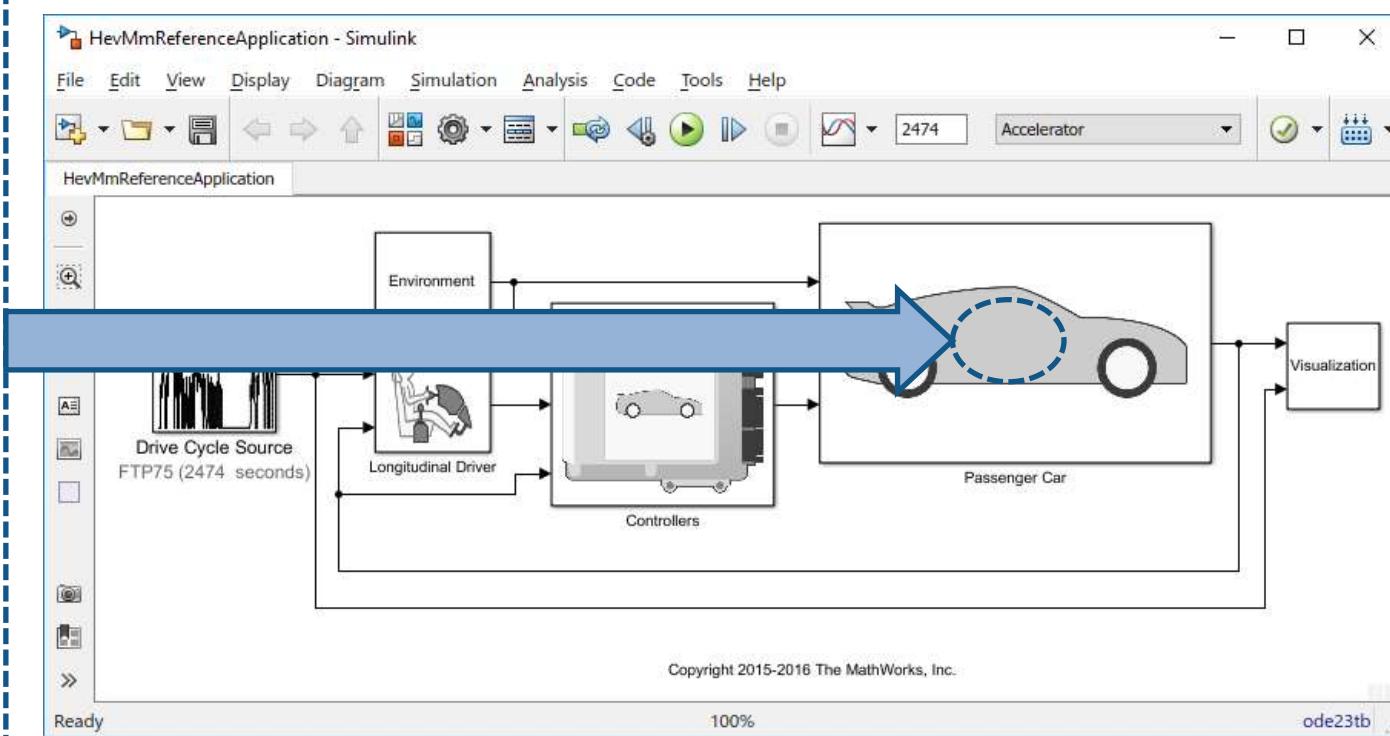
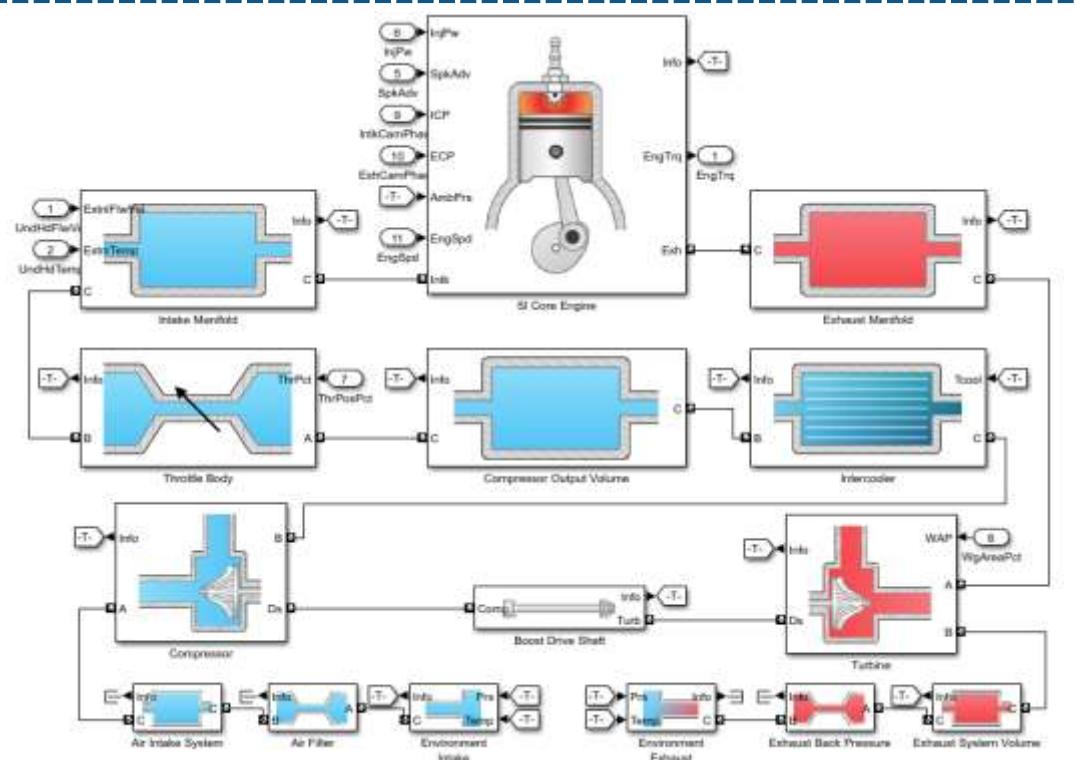


Vehicle Dynamics



Vehicle Scenario Builder

## エンジンシステムを構成

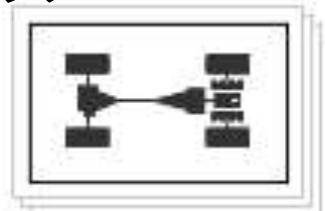


Copyright 2015-2016 The MathWorks, Inc.

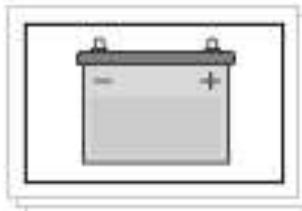
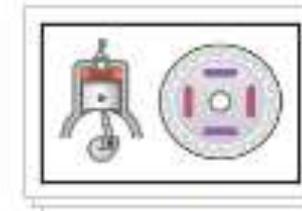
100%

ode23tb

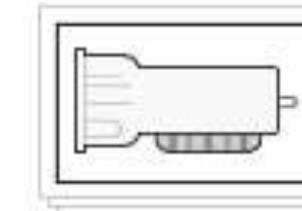
## ライブラリ



Drivetrain

Energy Storage  
and Auxiliary Drive

Propulsion



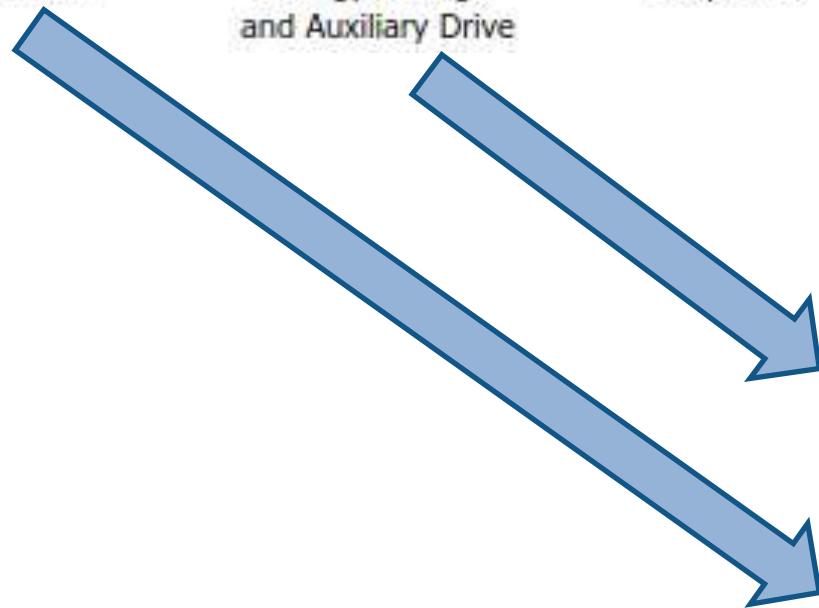
Transmission



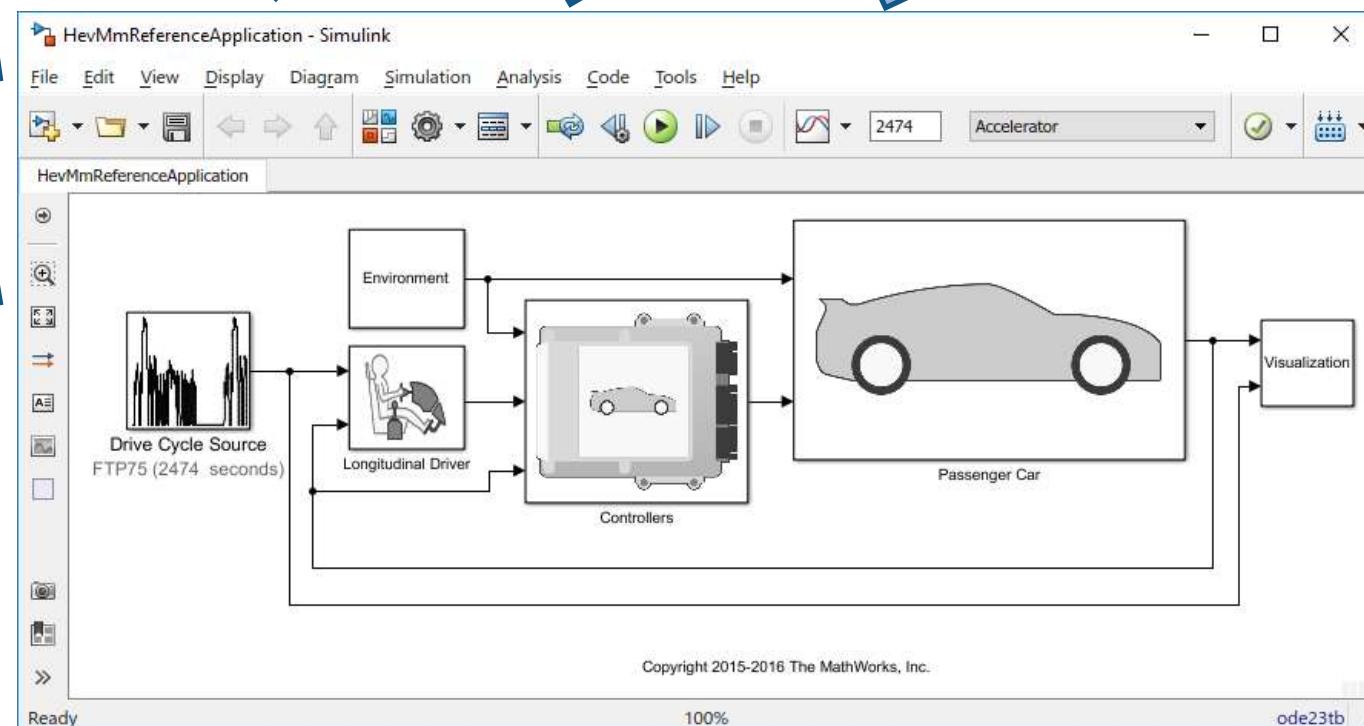
Vehicle Dynamics



Vehicle Scenario Builder

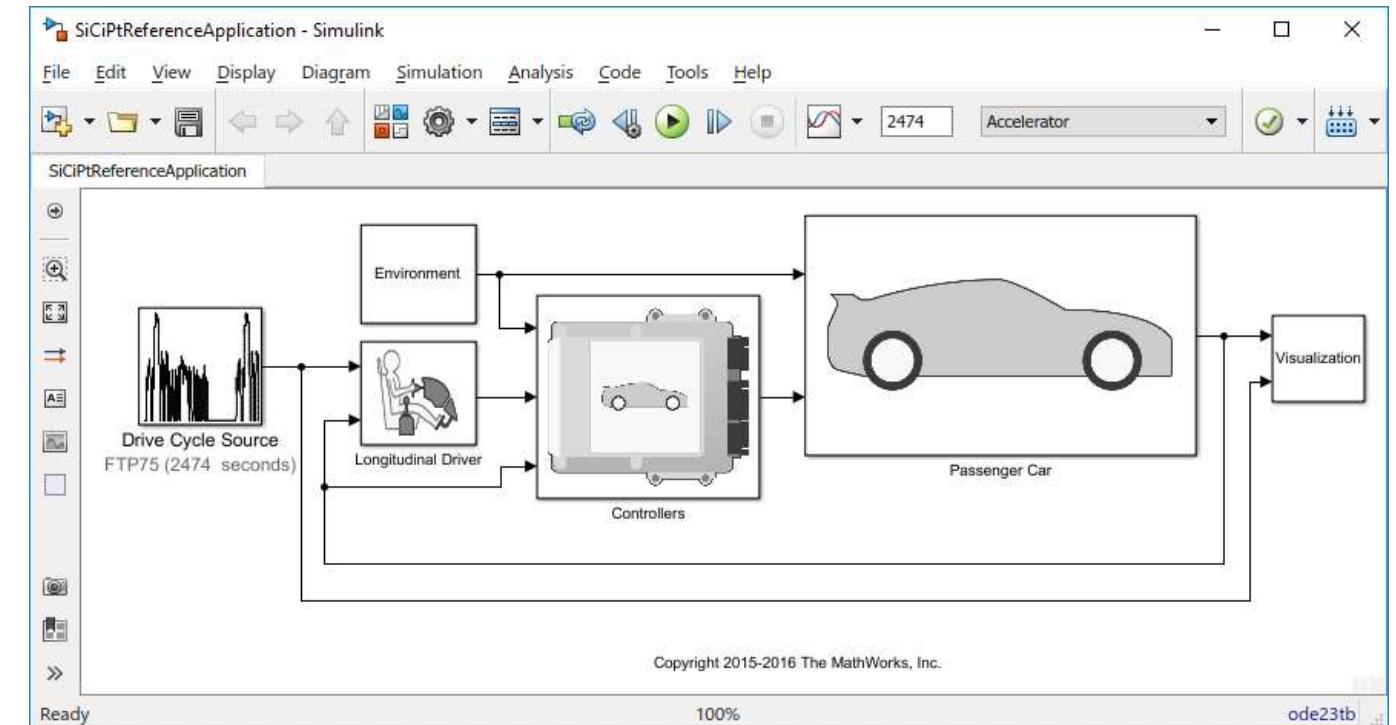


フルビークル+環境モデルを構成



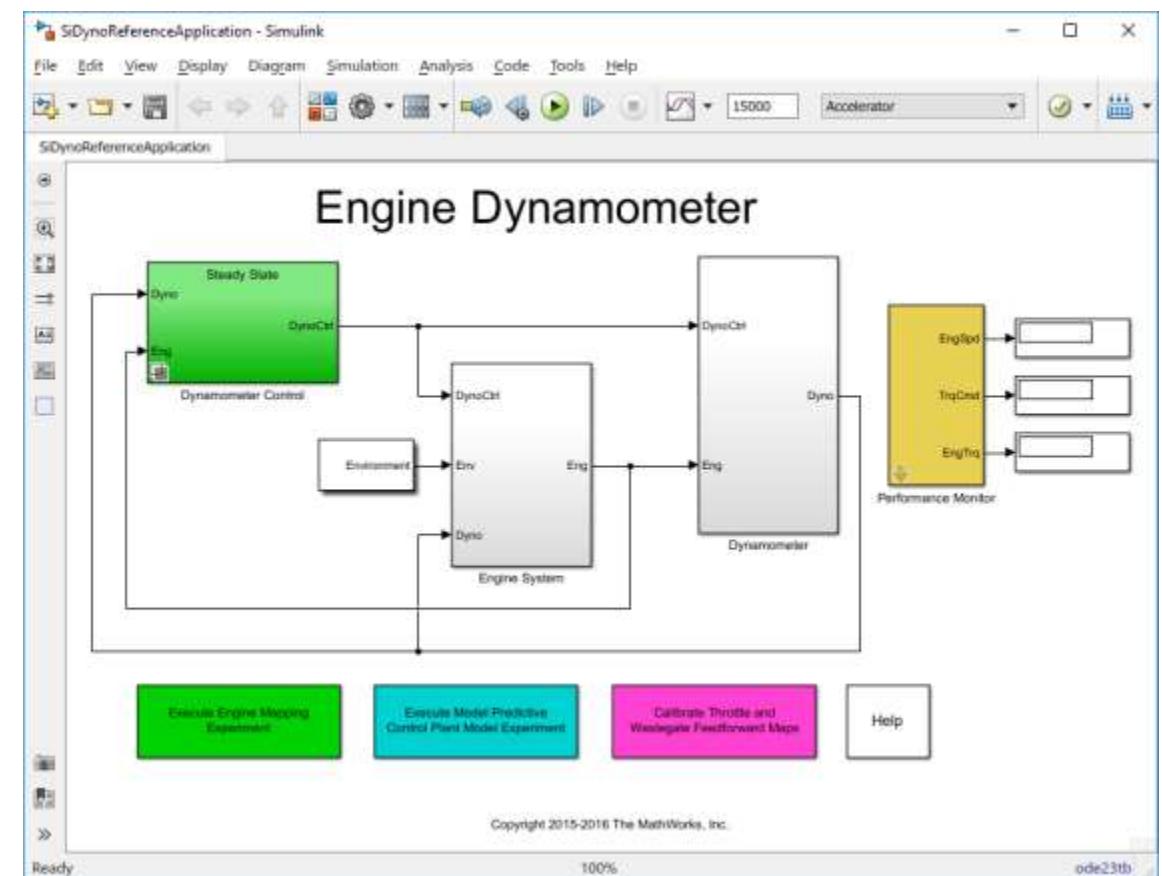
# リファレンスアプリケーション: フルビークルモデル

- 汎用のパワートレインによるフルビークルモデル：
  - 汎用エンジン (Spark Ignition / Compression Ignition)
  - EV
  - マルチモードHEV
- オープンかつコンフィグ可能
- 実時間を上回る実行速度



# リファレンスアプリケーション: 仮想エンジンダイナモータ

- エンジンおよびダイナモのプラントモデル
- エンジンおよびダイナモのコントローラモデル
- 自動テスト実行のためのスクリプト**
  - エンジンのマップ生成
  - プラントモデルシステム同定
  - スロットル・ウェイストゲートのキャリブレーション
- オープンかつコンフィグ可能**
- 実時間を上回る実行速度**



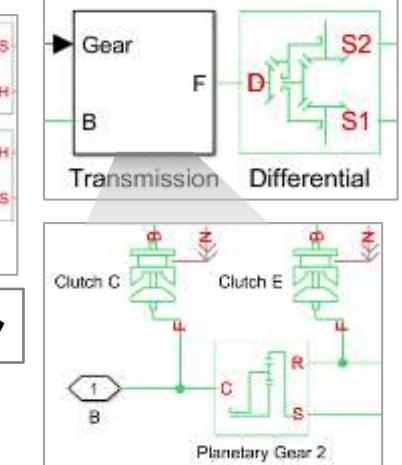
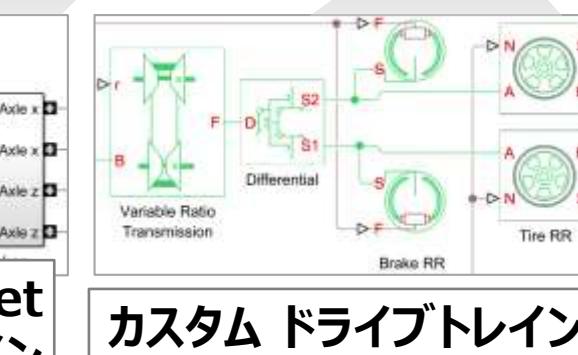
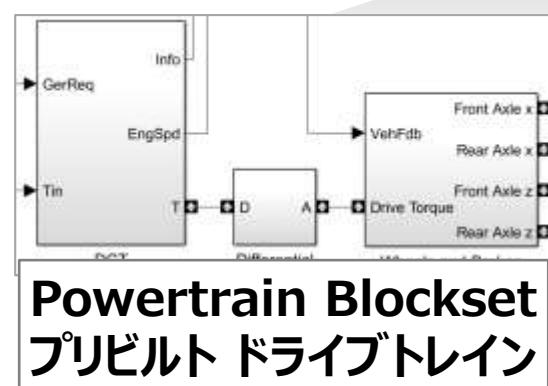
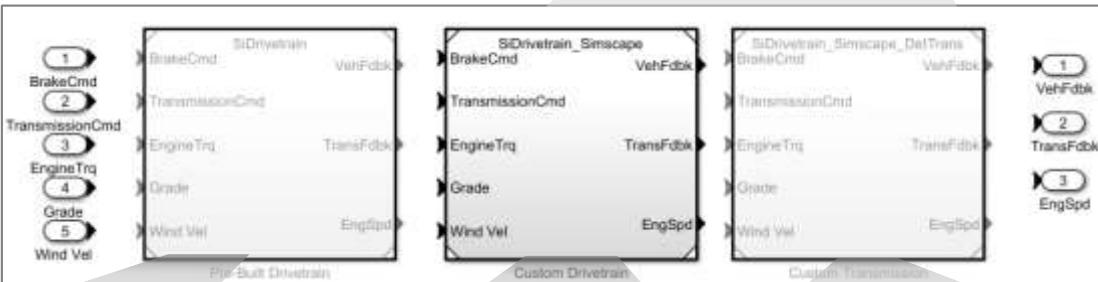
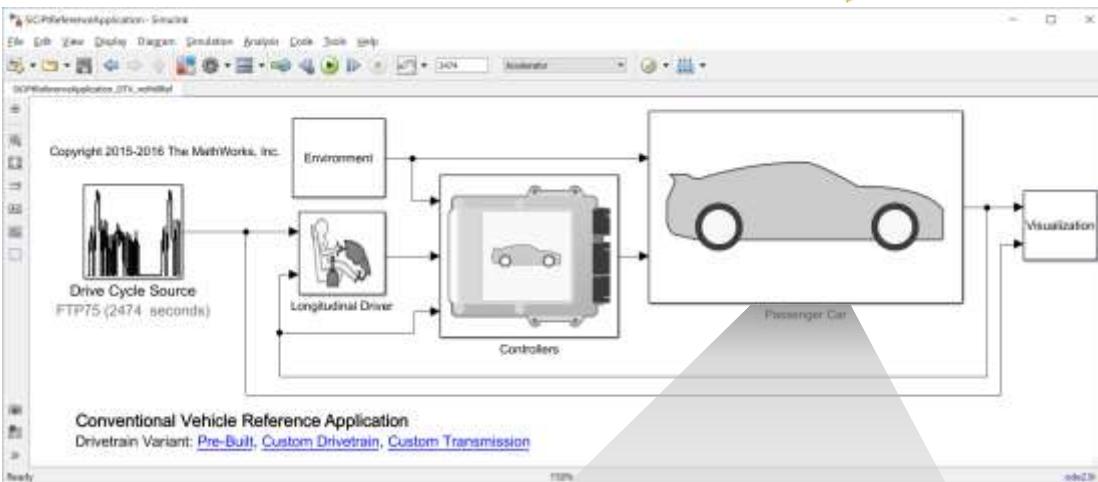
# アジェンダ

- Powertrain Blocksetが提供するソリューション
- Powertrain Blocksetの機能
- **リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例**
- Powertrain Blocksetのユースケース
- まとめ

# リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例

## シーン①：ドライブトレインモデルの詳細化

- リファレンスアプリケーションの一部を Simscape™ ライブラリで構築したカスタム モデルに置き換え
  - 油圧系ライブラリ等、アドオンライブラリを使用してモデルの詳細化/拡張が可能
  - Variantサブシステムによる モデルの切り替え



## Powertrain Blockset

### プリビルト ドライブトレイン

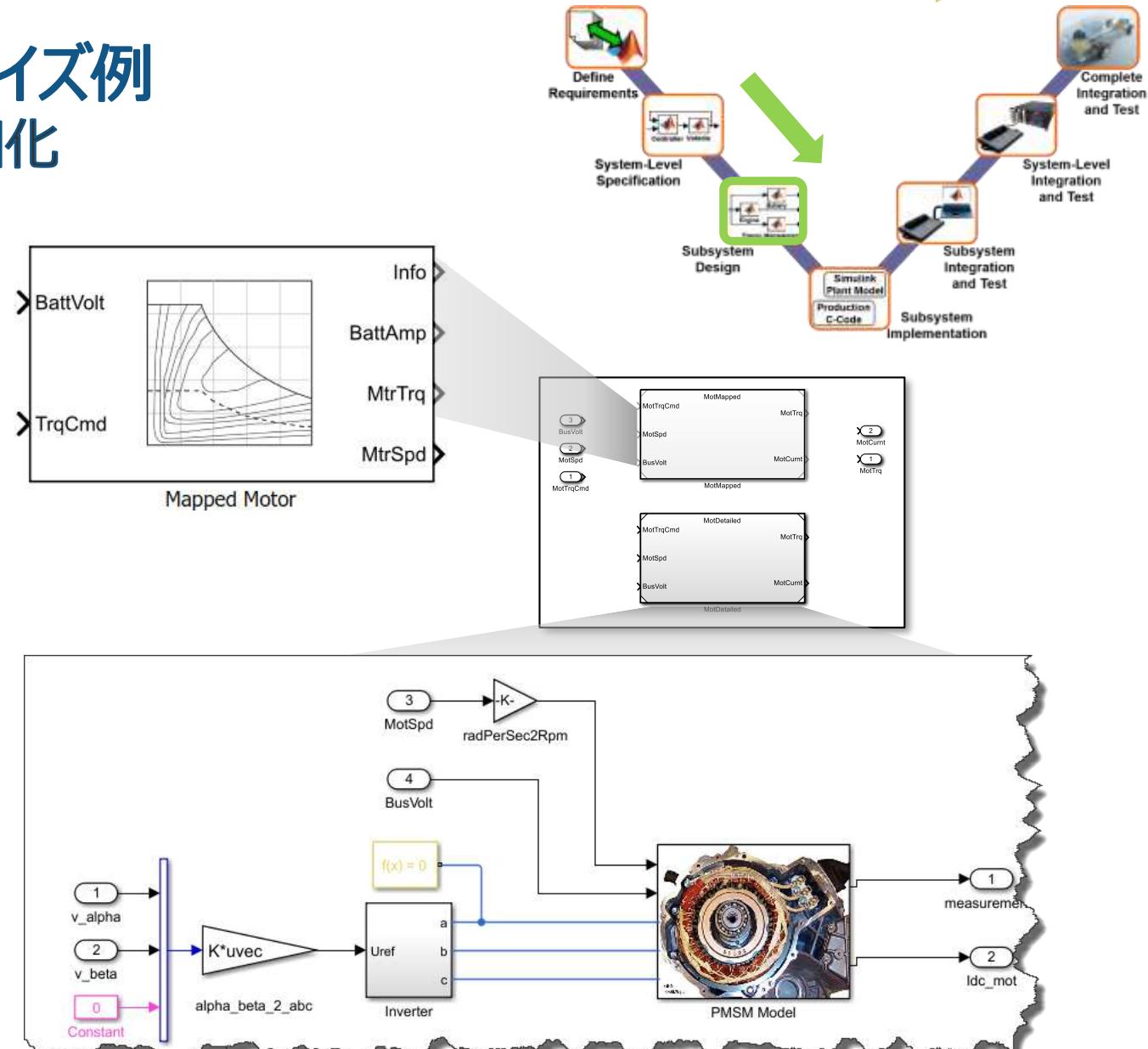
## カスタム ドライブトレイン

## カスタム トランスマッision

# リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例

## シーン②：モーター/発電機モデルの詳細化

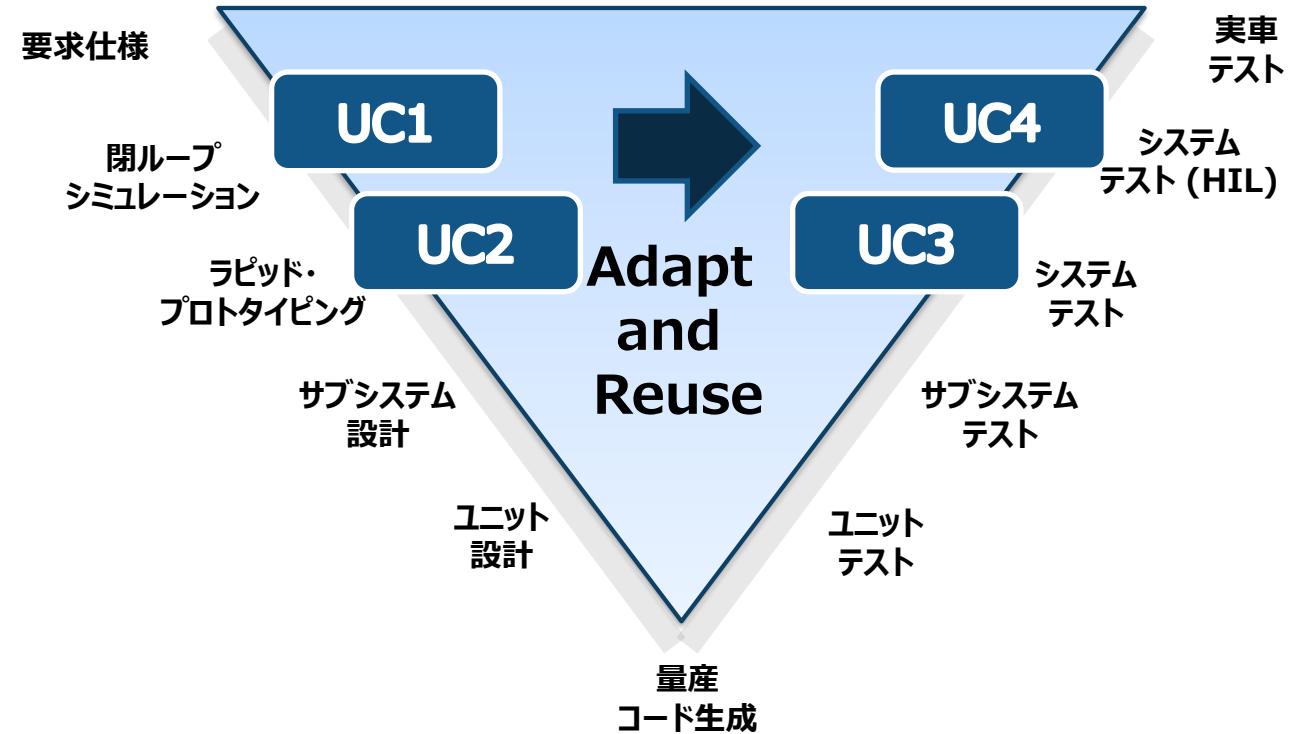
- **システムレベル：燃費最適化**
  - マップベースのモーター（高速な演算、容易なパラメータ設定）
  - トルク・回転数の定常特性のみ再現
  - 要求トルクに対して1次遅れを通した応答
- **サブシステムレベル：制御設計**
  - より詳細なモーターモデルを作成
  - d軸・q軸電流依存の磁束特性を考慮
  - より高度な制御アルゴリズム（弱め磁束制御 等）を設計・検証



# アジェンダ

- Powertrain Blocksetが提供するソリューション
- Powertrain Blocksetの機能
- リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例
- **Powertrain Blocksetのユースケース**
- まとめ

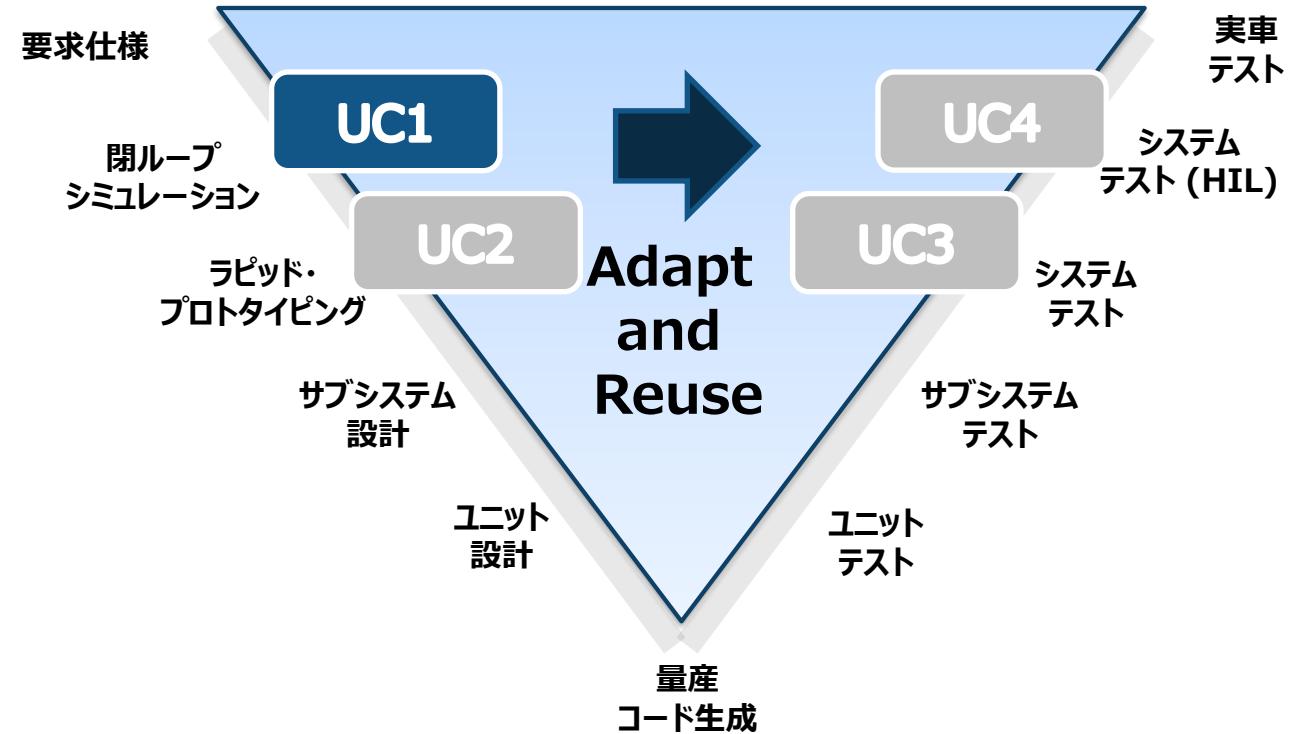
# Powertrain Blockset がカバーする4つのユースケース



## ユースケース:

1. システム設計および最適化
2. コントローラパラメータ最適化
3. ソフトウェア統合テスト
4. ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)

# Powertrain Blockset がカバーする4つのユースケース

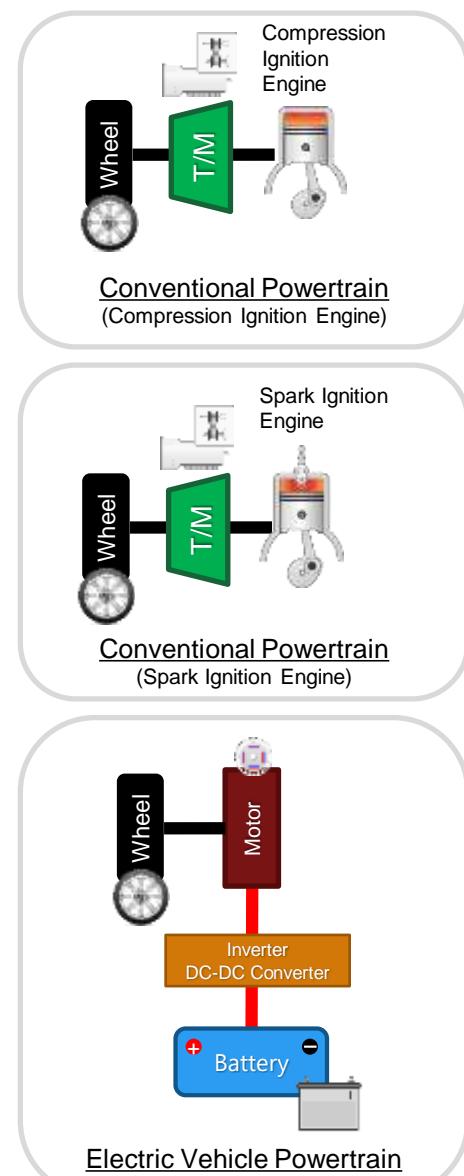
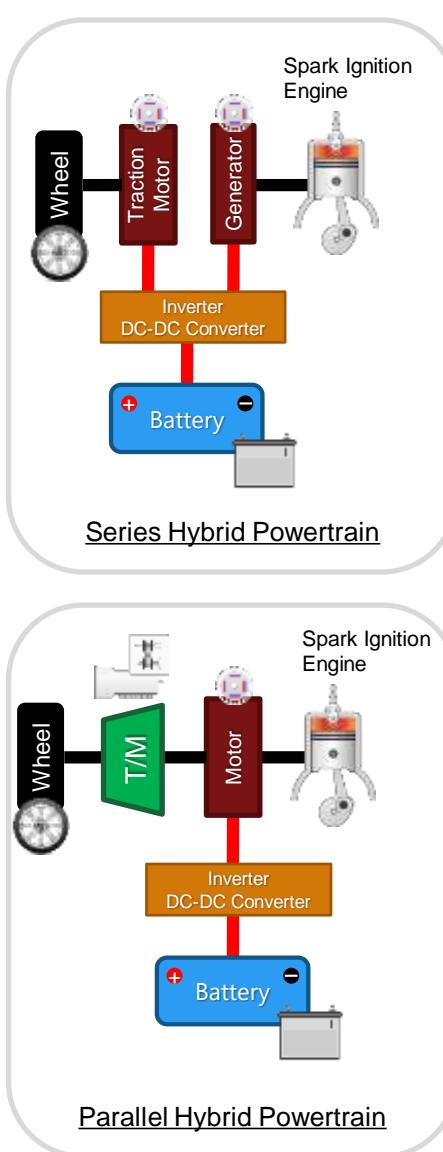


## ユースケース:

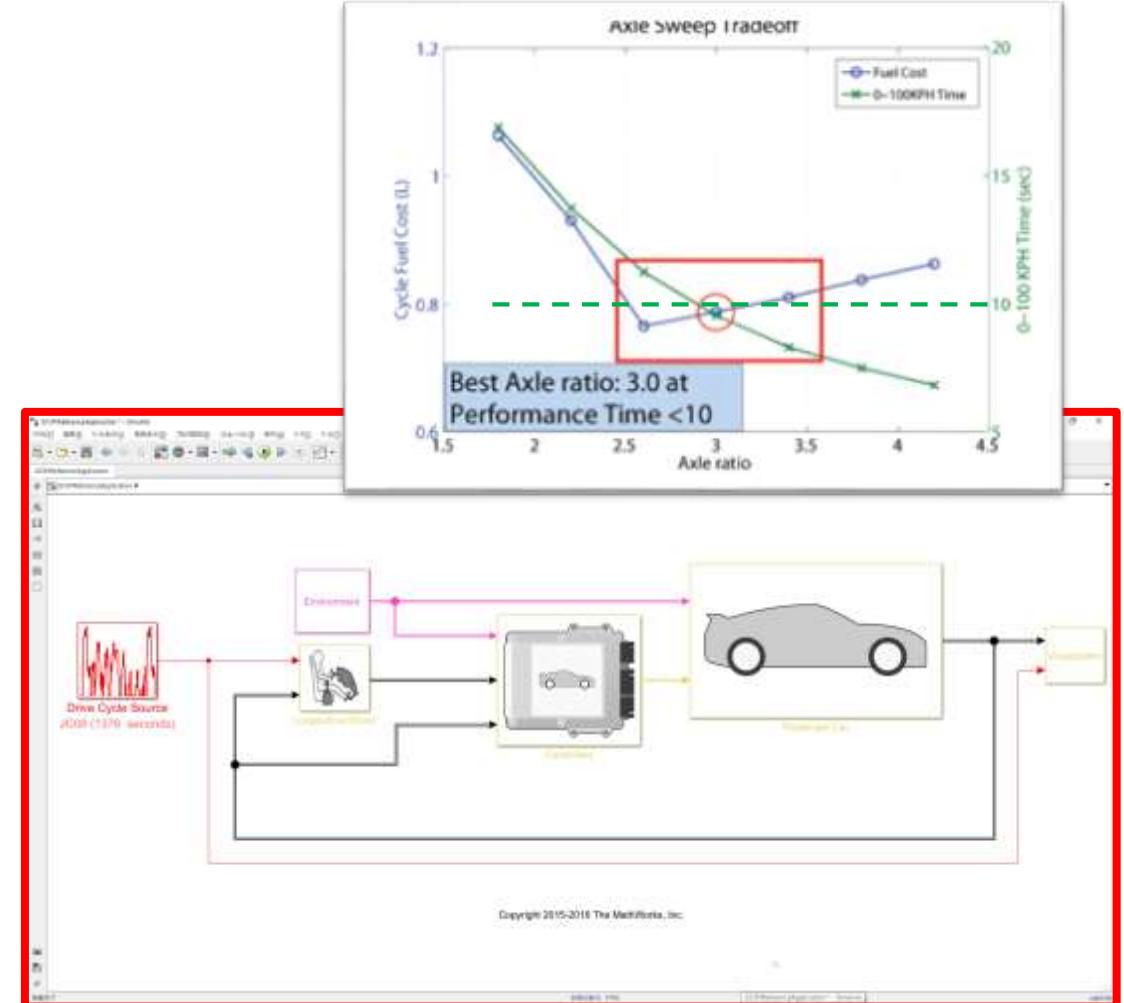
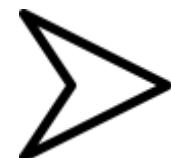
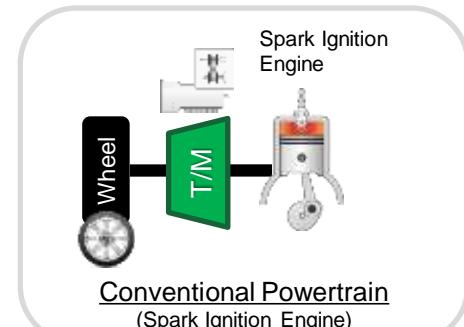
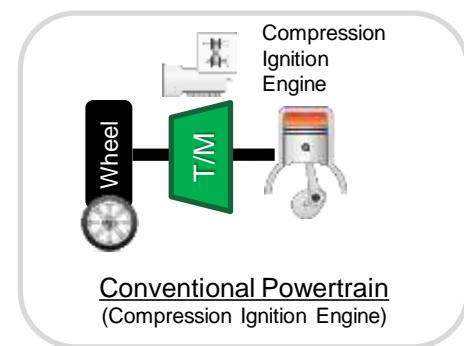
1. システム設計および最適化
2. コントローラパラメータ最適化
3. ソフトウェア統合テスト
4. ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)

# USE CASE① システム設計および最適化

システムをPowertrain Blocksetを使用してモデリング

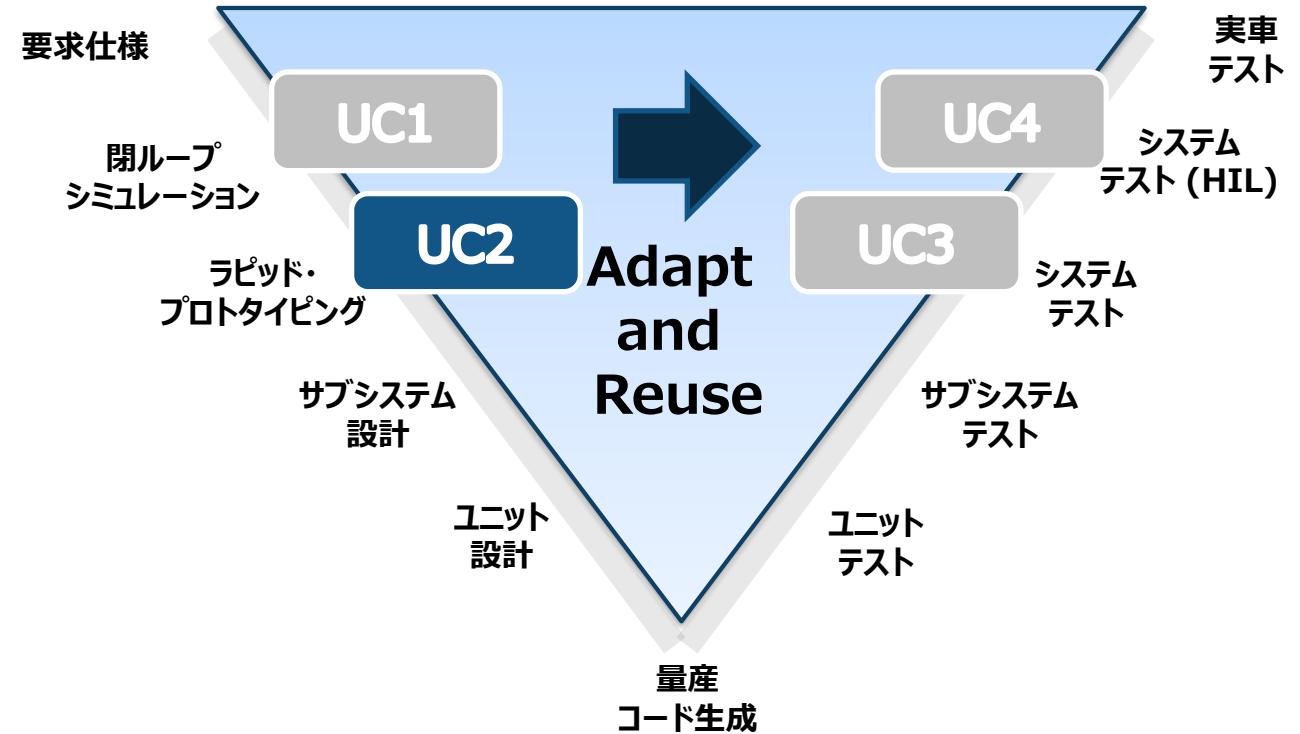


※構築例



パワートレインを構成しシミュレーション  
→ 最適なパワートレイン設定を検討

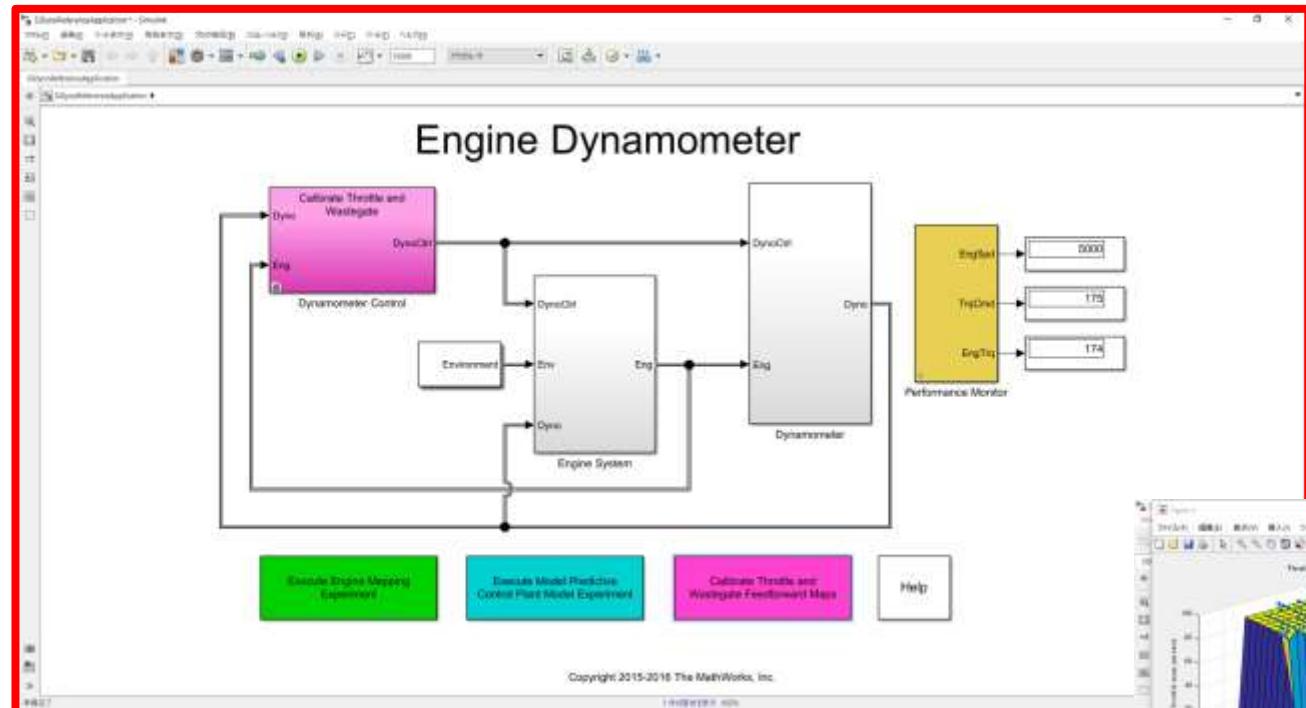
# Powertrain Blockset がカバーする4つのユースケース



## ユースケース:

1. システム設計および最適化
2. コントローラパラメータ最適化
3. ソフトウェア統合テスト
4. ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)

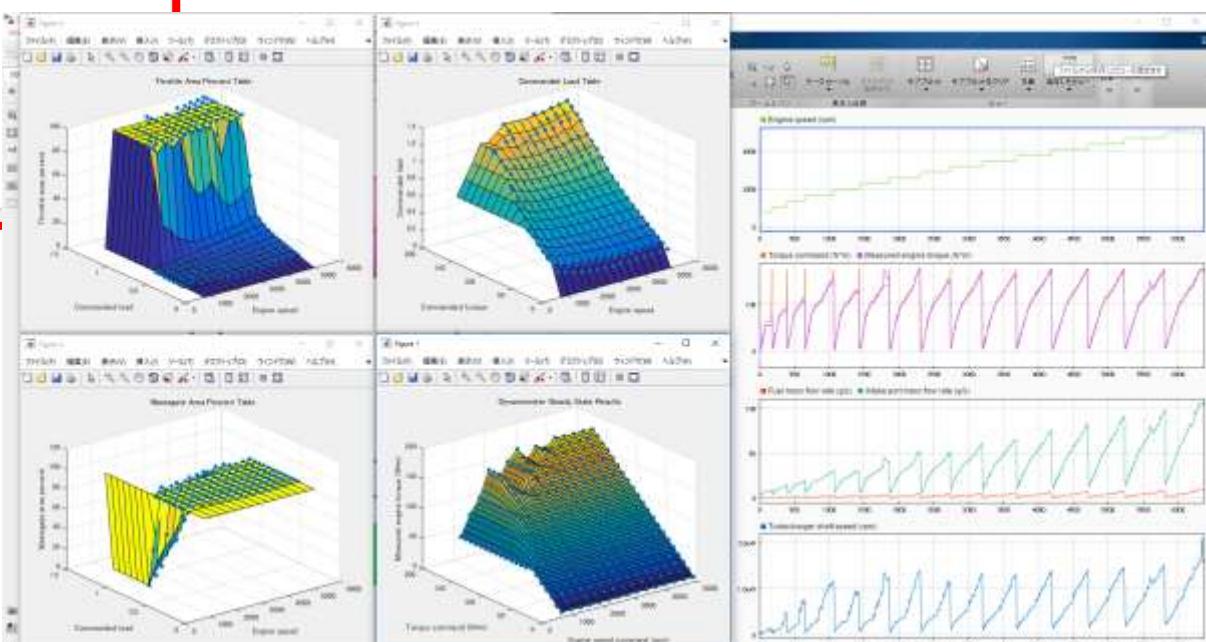
## USE CASE② コントローラパラメータ最適化



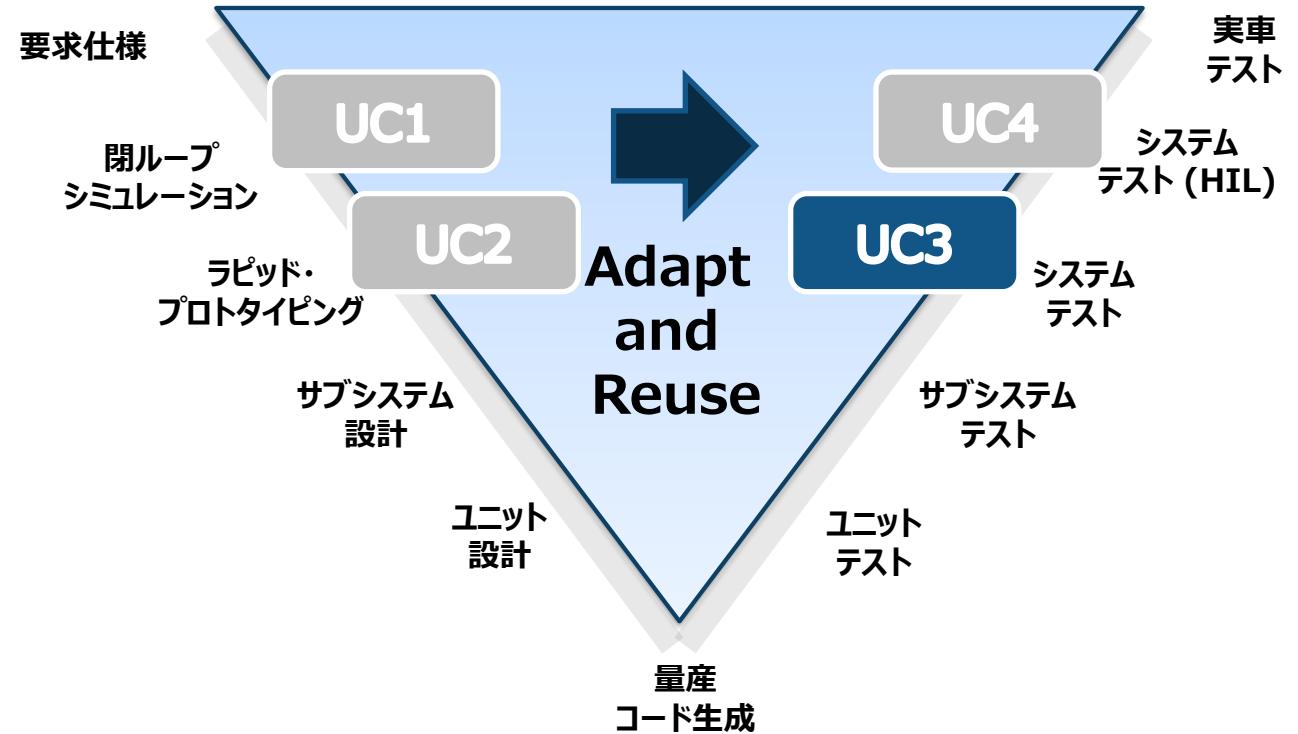
エンジンの実機完成前に設計データを元にしたシミュレーションによりキャリブレーションデータのベース設定値を算出



## Powertrain Blockset による プラントモデルとテスト環境モデル



# Powertrain Blockset がカバーする4つのユースケース



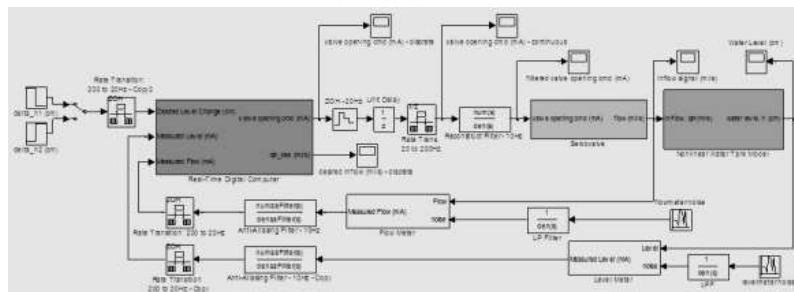
## ユースケース:

1. システム設計および最適化
2. コントローラパラメータ最適化
3. ソフトウェア統合テスト
4. ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)

# USE CASE③ ソフトウェア統合テスト



コントローラモデルから生成したコードの動作をシミュレーションにより検証



コントローラモデルから  
自動コード生成

```
// Infinite loop.
while (1)
{
    // Get the current position.
    current_position = read_current_position();

    // Calculate the error.
    error = target_position - current_position;

    // Calculate the derivative.
    derivative = error - last_error;

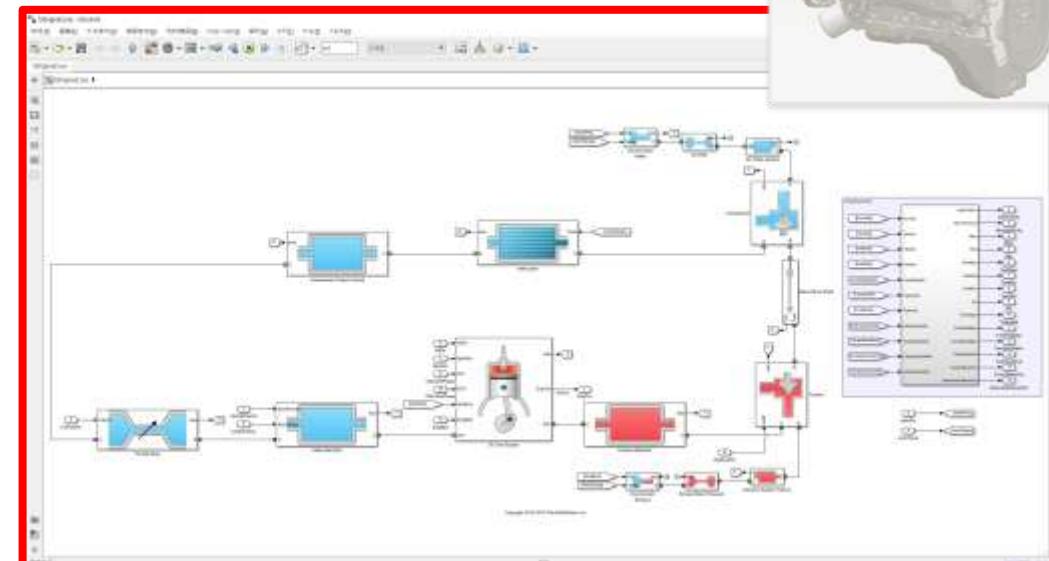
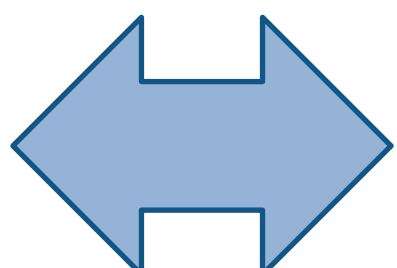
    // Calculate the Control Variable.
    pwm = (kp * error) + (kd * derivative);

    // Limit the Control Variable to within +/-255.
    if (pwm > 255) pwm = 255;
    else if (pwm < -255) pwm = -255;

    // If the Control Variable is positive, run the motor clockwise.
    if (pwm > 0) motor_clockwise();

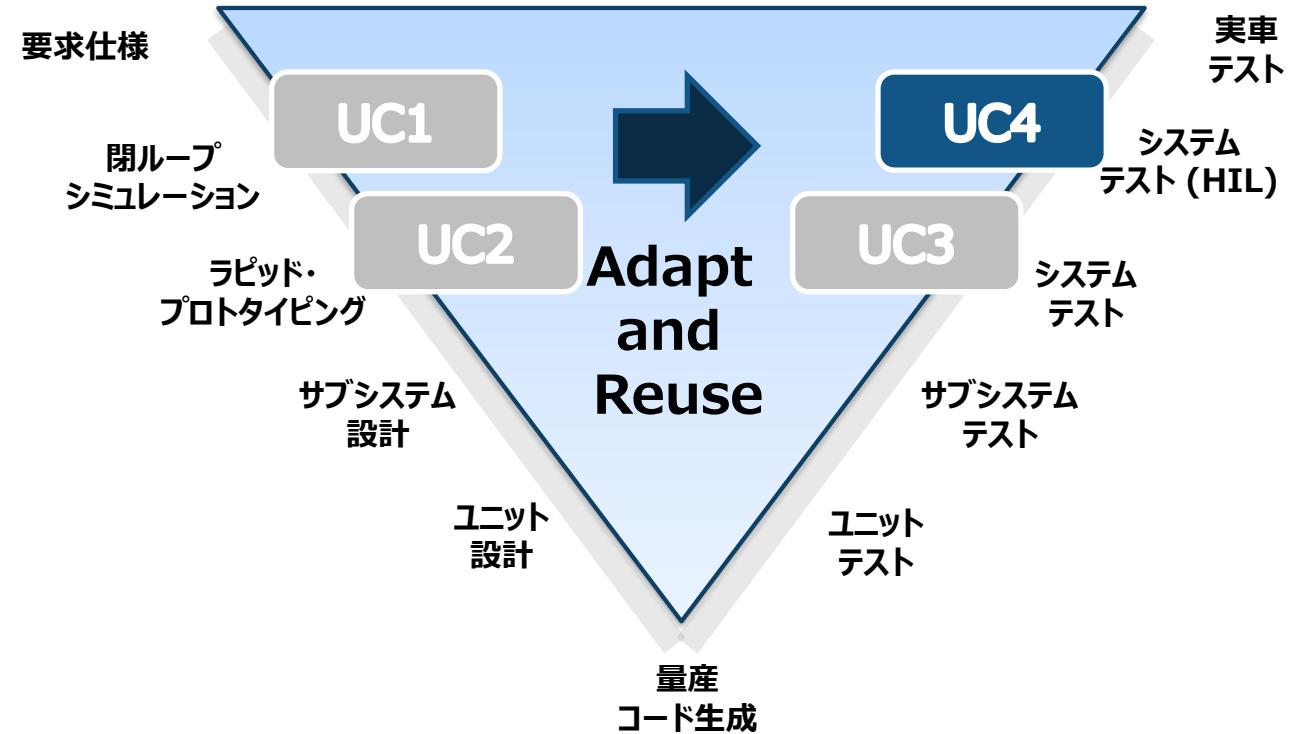
    // If the Control Variable is negative, run the motor counter-clockwise.
    else if (pwm < 0) motor_counterclockwise();

    // If the Control Variable is zero, stop the motor.
    else motor_stop();
}
```



Powertrain Blockset によるプラントモデル

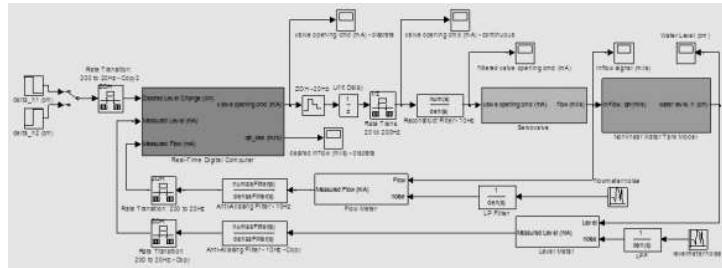
# Powertrain Blockset がカバーする4つのユースケース



## ユースケース:

1. システム設計および最適化
2. コントローラパラメータ最適化
3. ソフトウェア統合テスト
4. ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)

## USE CASE④ソフトウェア-ハードウェア統合テスト (HIL)



## コントローラモデルから 自動コード生成



## Powertrain Blockset による プラントモデルから自動コード生成

## 実ECUの挙動を シミュレーションにより検証



# Target ECU



# Real-Time Simulation Hardware

## コンパイル

# アジェンダ

- Powertrain Blocksetが提供するソリューション
- Powertrain Blocksetの機能
- リファレンスアプリケーションのカスタマイズ例
- Powertrain Blocksetのユースケース
- **まとめ**

## まとめ

*Lower the barrier to entry*

- ・ ユーザーが必要なパワートレインモデル構築のためのスタートポイントを提供
- ・ オープンでコンフィグ可能なモデル – 詳細説明ドキュメントが付属
- ・ 精度とスピードがバランスしたモデル – HILSへの実装も可能



# 次のステップ！

- **Powertrain Blockset 製品ページ**

- <https://jp.mathworks.com/products/powertrain.html>

Powertrain Blockset

検索

- **Powertrain Blockset Technical Article**

- 市街地走行と高速走行において、燃費に大きな影響を与える車両諸元を感度解析した事例

sensitivity analysis powertrain

検索

- <https://jp.mathworks.com/company/newsletters/articles/using-sensitivity-analysis-to-optimize-powertrain-design-for-fuel-economy.html>

- **評価版体験や製品資料などのお問い合わせは今すぐに！**

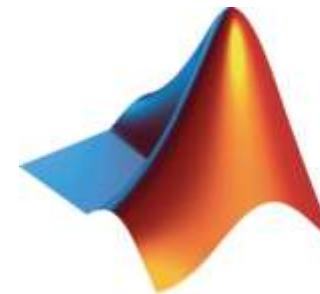
無料評価版（1ヶ月）のお申し込み先

[https://jp.mathworks.com/programs/trials/trial\\_request.html](https://jp.mathworks.com/programs/trials/trial_request.html)

コチラからもお問い合わせ下さい

[https://jp.mathworks.com/company/aboutus/contact\\_us/](https://jp.mathworks.com/company/aboutus/contact_us/)

（電話でのお問い合わせ → 担当営業まで、あるいは、TEL: 03-6367-6700 代表）



# MathWorks®

*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.