

Honda eMaaS 実現に向けた 車両エネルギーマネジメントとSimulinkの活用

HONDA

株式会社 本田技術研究所
先進パワーユニット・エネルギー研究所
PUシステム開発室 2BL
深見 賢太
2022年5月25日

- | | |
|----|--|
| 01 | 会社紹介 |
| 02 | 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介 |
| 03 | 「BENLY e:」の紹介 |
| 04 | MATLAB/Simulink活用の背景 |
| 05 | 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 06 | 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 07 | まとめ |

01 会社紹介

02 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介

03 「BENLY e:」の紹介

04 MATLAB/Simulink活用の背景

05 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介

06 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介

07 まとめ

Hondaは「**環境**」と「**安全**」に徹底的に取り組むとともに、将来に向けてモビリティ、パワーユニット、エネルギー、ロボティクスの領域で進化をリードすることを目指します。



[Honda | 社長就任会見 代表取締役社長 三部 敏宏スピーチ概要](https://www.honda.co.jp/news/2021/c210423.html)
<https://www.honda.co.jp/news/2021/c210423.html>

環境負荷ゼロに向けた3つの取り組み

カーボンニュートラル、クリーンエネルギー、リソースサーキュレーションの3つの柱



Honda | 社長就任会見 代表取締役社長 三部 敏宏スピーチ概要
<https://www.honda.co.jp/news/2021/c210423.html>

移動と暮らしの明日を変えていく

Honda eMaaS (イーマース) コンセプト



[Honda Mobile Power Pack | Honda e:TECHNOLOGY | Honda](https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/)
<https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/>

エネルギーとサービスをつなぐEaaS (Energy as a Service) と自由な移動を実現するサービスMaaS (Mobility as a Service) を融合し、「再生可能エネルギーの利用拡大」に貢献する“Honda eMaaS コンセプト”

01 会社紹介

02 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介

03 「BENLY e:」の紹介

04 MATLAB/Simulink活用の背景

05 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介

06 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介

07 まとめ

Honda Mobile Power Pack



電気をもっと自由に使いこなすための
交換可能なバッテリー

[Honda Mobile Power Pack | Honda e:TECHNOLOGY | Honda
https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/](https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/)

「充電」から「交換・シェア」へ
Hondaのバッテリーパックは移動と暮らしをもっと豊かに
そして再生可能エネルギーをもっと身近な存在に

わたしたちの暮らしにおけるモバイルパワーパックの将来的な広がり

モバイルパワーパックとまちなか

クリーンな電気を無駄なく、シェアする

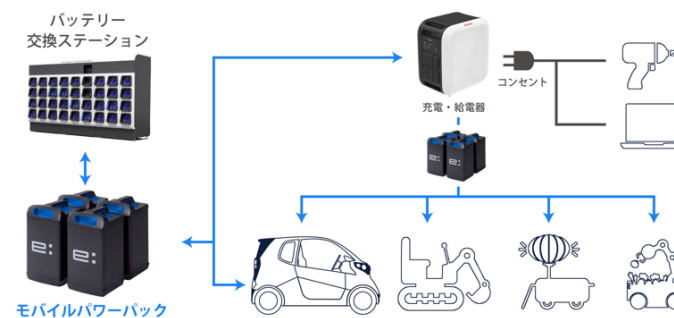


バッテリー交換ステーションを利用することで、充電時間や電池切れの心配をせずに再生可能エネルギーで走ることが可能

[Honda Mobile Power Pack | Honda e:TECHNOLOGY | Honda
https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/](https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/)

モバイルパワーパックとおしごと

充電待ちをなくし、電動化で広がる使用場所や用途



充電を待つことなく仕事を継続。エンジン発電機と比べると、電動なので騒音や振動が少なく、排気ガスを出さないので屋内作業も可能

モバイルパワーパックとおうち

電気を溜める、持ち運ぶ



太陽光発電や風力発電などの余剰電力をモバイルパワーパックに蓄電することで、電力の有効活用が可能。
また、充電・給電器を使うと、「運べる」電力としてキャンプなどのアウトドアでも活躍

- | | |
|----|--|
| 01 | 会社紹介 |
| 02 | 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介 |
| 03 | 「BENLY e:」の紹介 |
| 04 | MATLAB/Simulink活用の背景 |
| 05 | 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 06 | 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 07 | まとめ |

カーボンニュートラルの実現に向けた**電動車**ラインナップと**BENLY e:**

電動車戦略



カーボンニュートラルの実現に向けた電動車ラインアップ拡充のために、パーソナルユースの原付一種相当のEVモデルに加え、操る喜びを提供するFUN領域のEVモデルを計画しています。

また、既存のICE※領域においても、燃費性能の向上とカーボンフリー燃料車の研究・開発を続けていきます。

※ICE（インターナル・コンパッション・エンジン（内燃機関））

電動二輪車の普及に向けた取り組み

https://www.honda.co.jp/tech/articles/motor/MPP/|_Honda

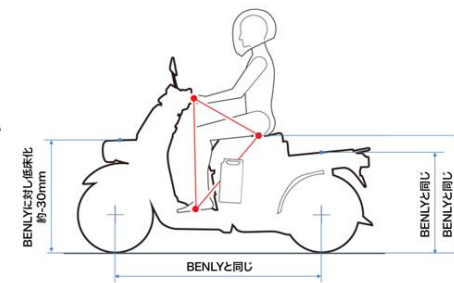
BENLY e:



毎日のデリバリーにちょうどいい
ビジネスe:スクーター

環境性能に優れた電動二輪車をより多くのお客様の身近な存在とするために、エンジンモデルのBENLYシリーズで好評いただいている取り回しの良い車体サイズにコンパクトなEVシステムを搭載しました。
ビジネスでの使い勝手を考慮し、BENLYのボディーサイズ・ディメンションを保てるようにEV関連部品を設計・配置しています。また、ライディングポジションもBENLYと同じアップライトなポジションを継承することで各種集配業務が行いやすい、ちょうどいい車体に仕上げています。

■ デイメンションとライディングポジション



01 会社紹介

02 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介

03 「BENLY e:」の紹介

04 MATLAB/Simulink活用の背景

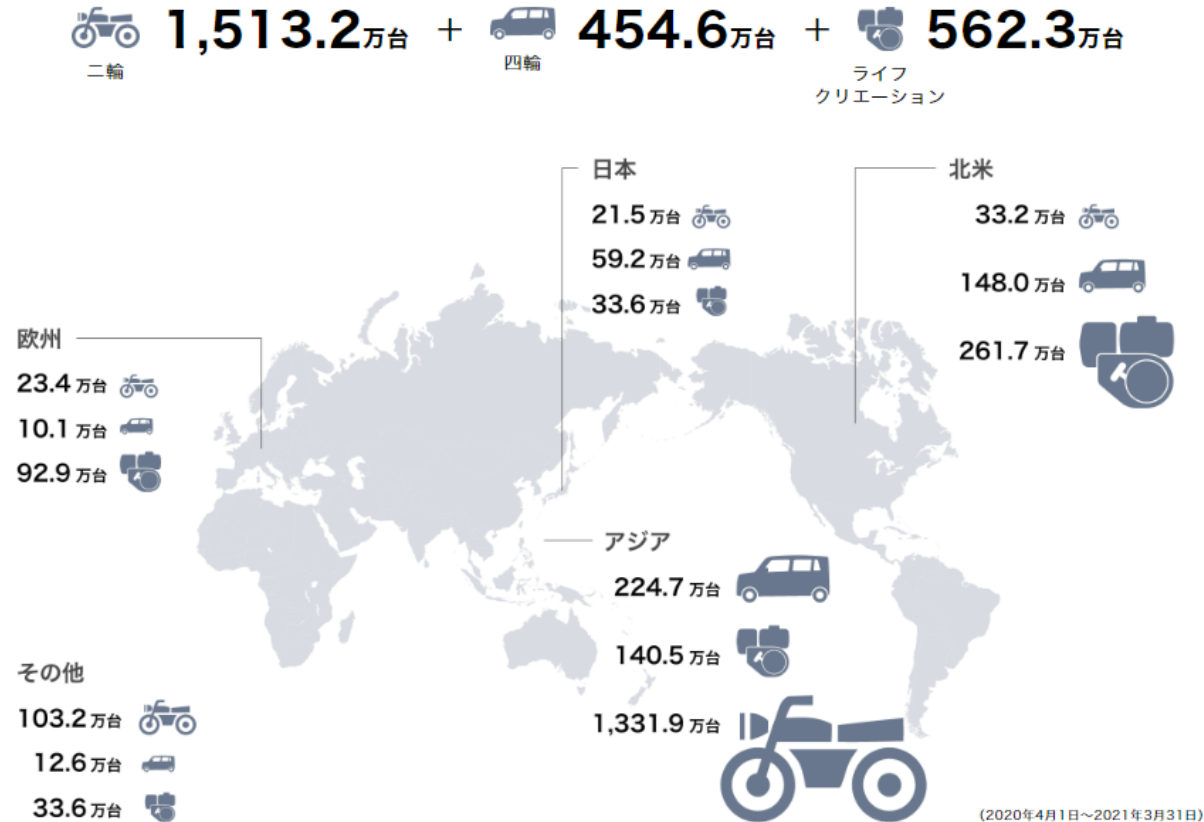
05 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介

06 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介

07 まとめ

■ Hondaの製品とeMaaSへの展開

お客様のニーズに応じて、**多種多様**な製品を全世界で**2530万台**販売



Hondaホームページ：本田技研工業株式会社
<https://www.honda.co.jp>

Honda eMaaSコンセプトの**早期実現**には、多種多様な商品開発の**効率化**が必要

■「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデル

「Mobile Power Pack e:」搭載検討の加速

➡ 電圧変化・温度変化推定の効率化・簡易化

■商品（BENLY e:） Simulinkモデル

「Mobile Power Pack e:」搭載時の商品性検討の加速

➡ 消費電力・エネルギーマネジメント・制御検討の効率化・簡易化

■ User Interface（Simulink 設定用UI）

商品性検討段階での、MATLAB/Simulinkの利用拡大

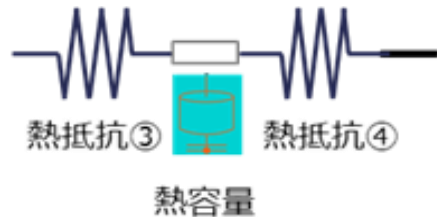
- | | |
|----|--|
| 01 | 会社紹介 |
| 02 | 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介 |
| 03 | 「BENLY e:」の紹介 |
| 04 | MATLAB/Simulink活用の背景 |
| 05 | 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 06 | 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 07 | まとめ |

■「Honda Mobile Power Pack e:」のモデル概要

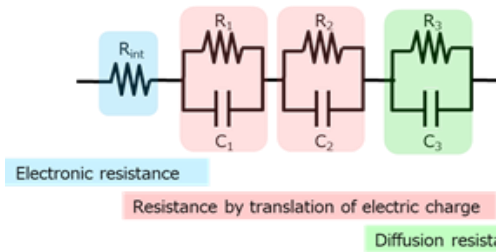
「Honda Mobile Power Pack e:」のモデル（以下バッテリーモデル）は、3つのコンセプト・モデルで構成



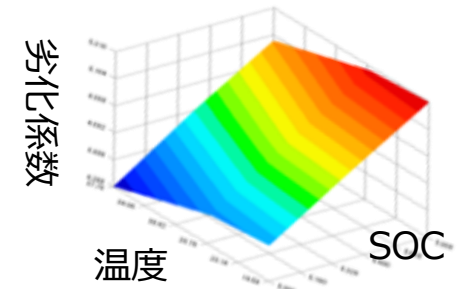
伝熱モデル



抵抗モデル



劣化モデル



劣化
パラメーター

※本日は抵抗モデル + 伝熱モデルのご紹介

初期状態から劣化後までの

電圧挙動推定や非線形の**温度推定**が可能

バッテリーモデルは三層構造。第一層でモデルの設定情報を確認可能

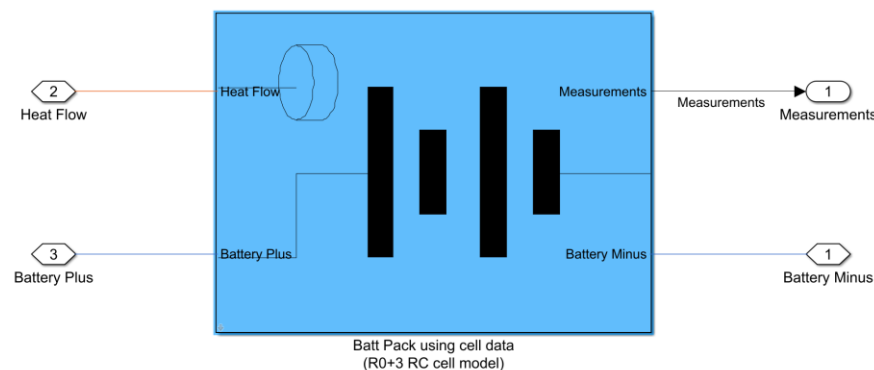
第一層

ユーザー



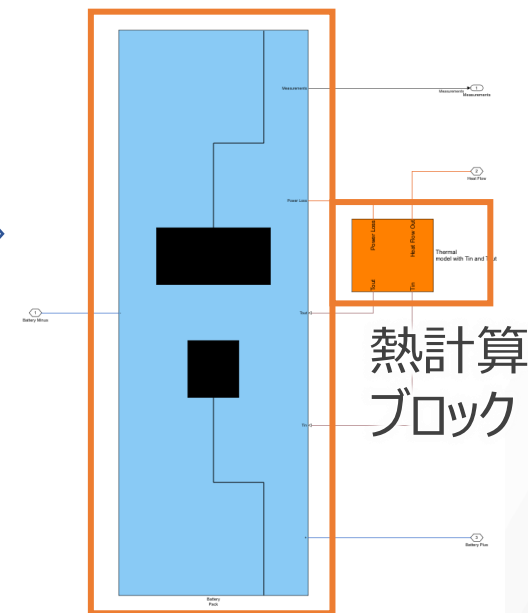
第二層

デベロッパー



第三層

デベロッパー

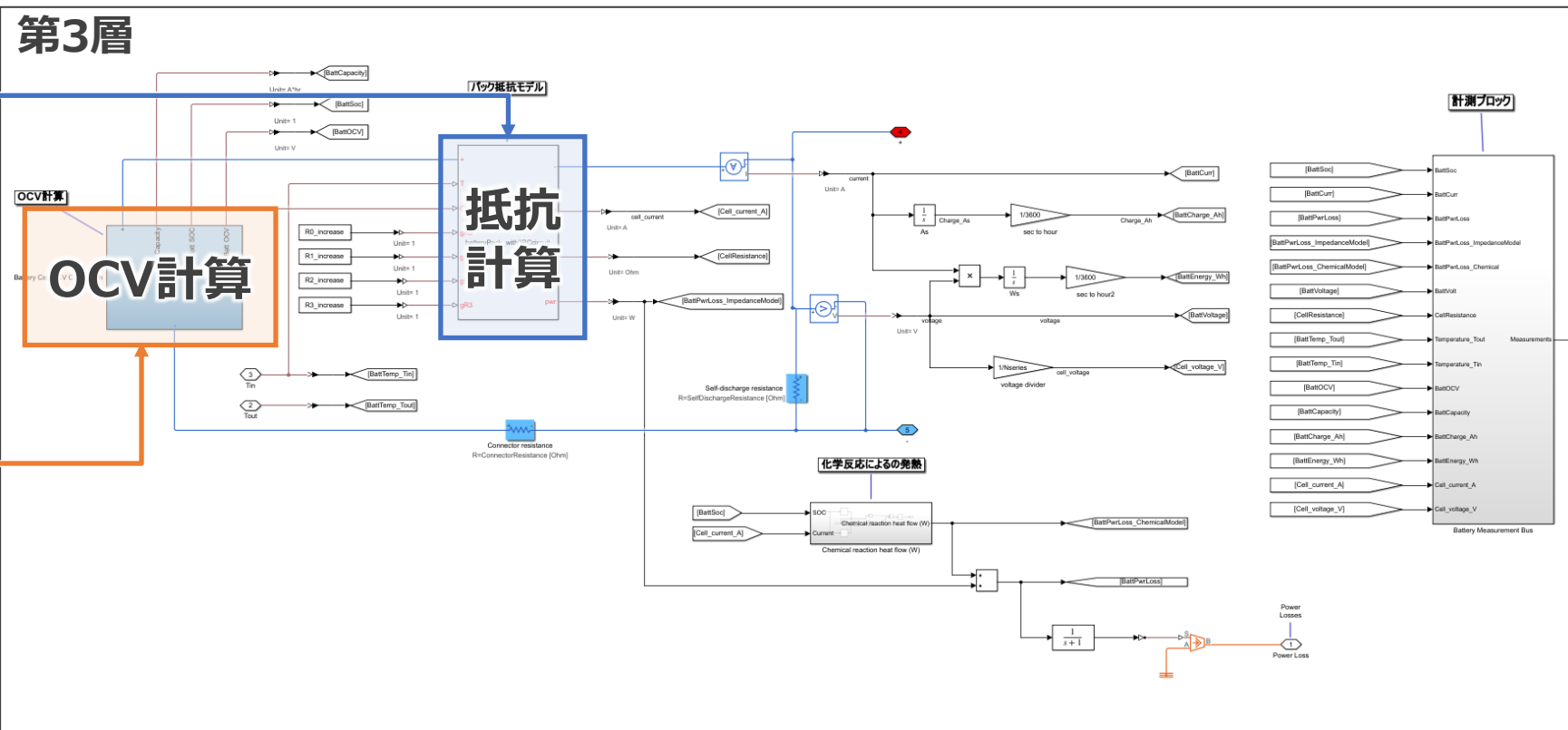


OCV + 抵抗
計算ブロック

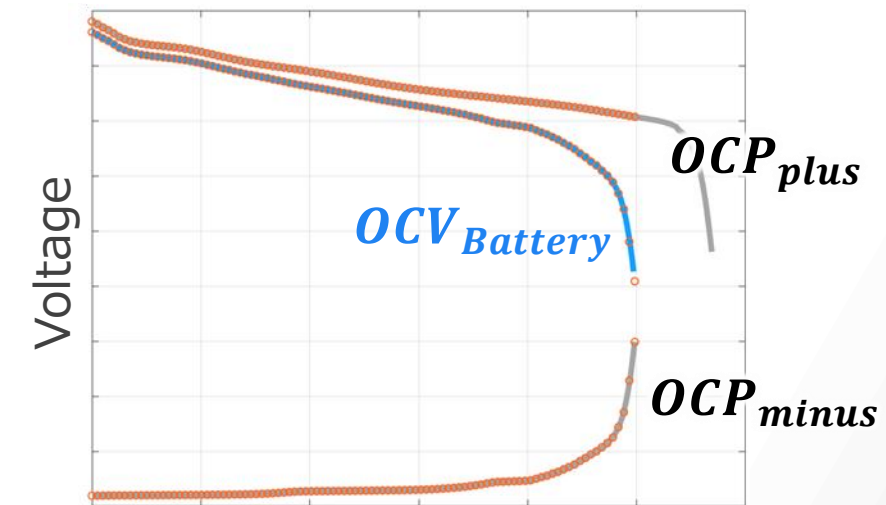
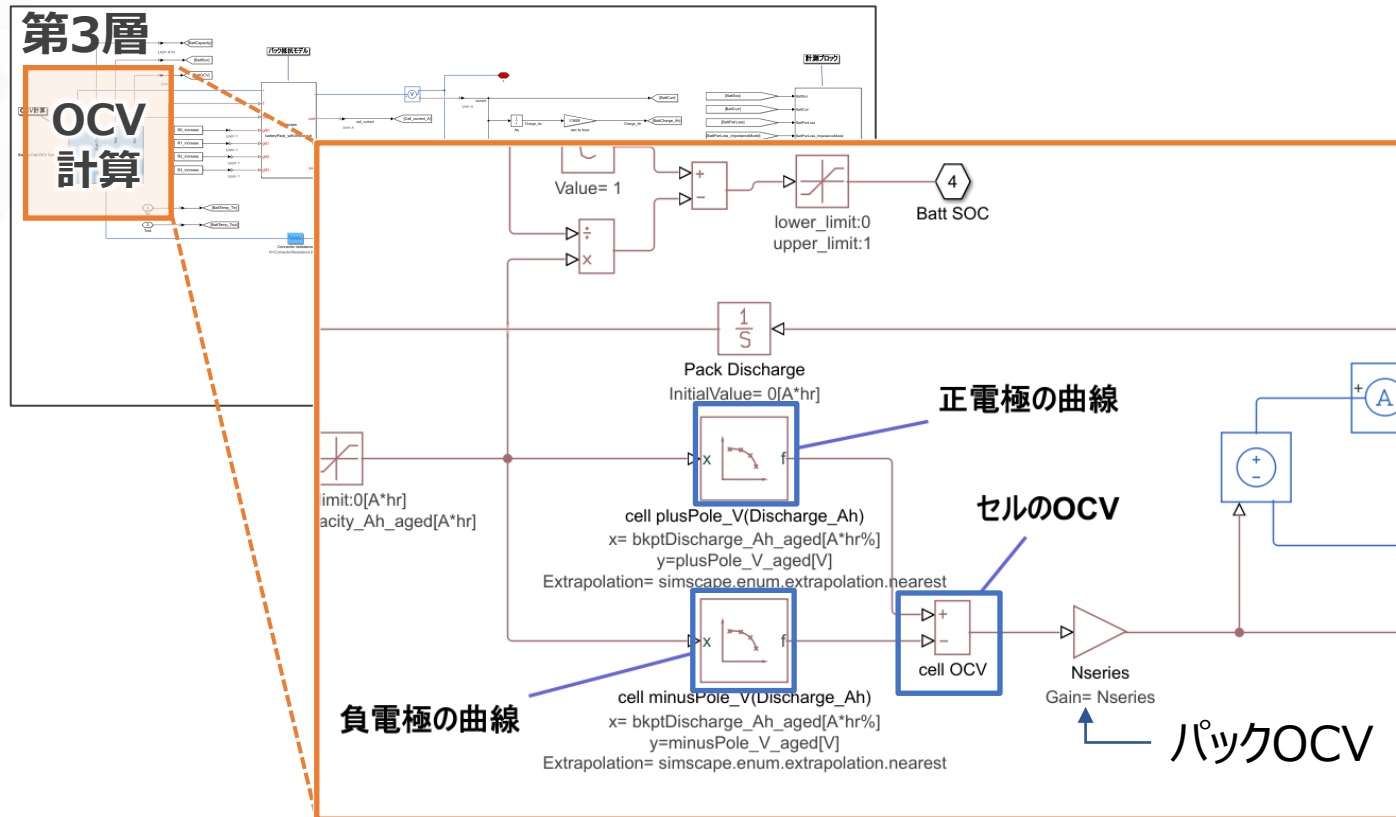
バッテリー等価回路は3RC。電解液・正極・負極・拡散の4成分で構成

	従来モデル	本モデル
容量モデル	1要素(フルセル) 容量モデル	3要素 (正極、負極、容量シフト量) 容量モデル
SOC-OCVモデル	1要素(フルセル) SOC-OCVモデル	3要素 (正極、負極、容量シフト量) SOC-OCVモデル
抵抗モデル	3成分 (液、反応、拡散抵抗) 液抵抗 + 2RCモデル パルス放電同定	4成分 (液、正極、負極、拡散抵抗) 液抵抗 + 3RCモデル パルス放電同定
	液抵抗成分 R0 反応抵抗成分 R1 C1 拡散抵抗成分 R2 C2	液抵抗成分 R0 負極抵抗成分 R1 C1 正極抵抗成分 R2 C2 拡散抵抗成分 R3 C3
パック熱モデル	熱抵抗モデル	熱抵抗モデル

同定した各RCおよび正負極のOCPデータを、Workspaceから読込



バッテリーのOCVを**正負極OCPデータ**から推定する事で詳細な解析に対応

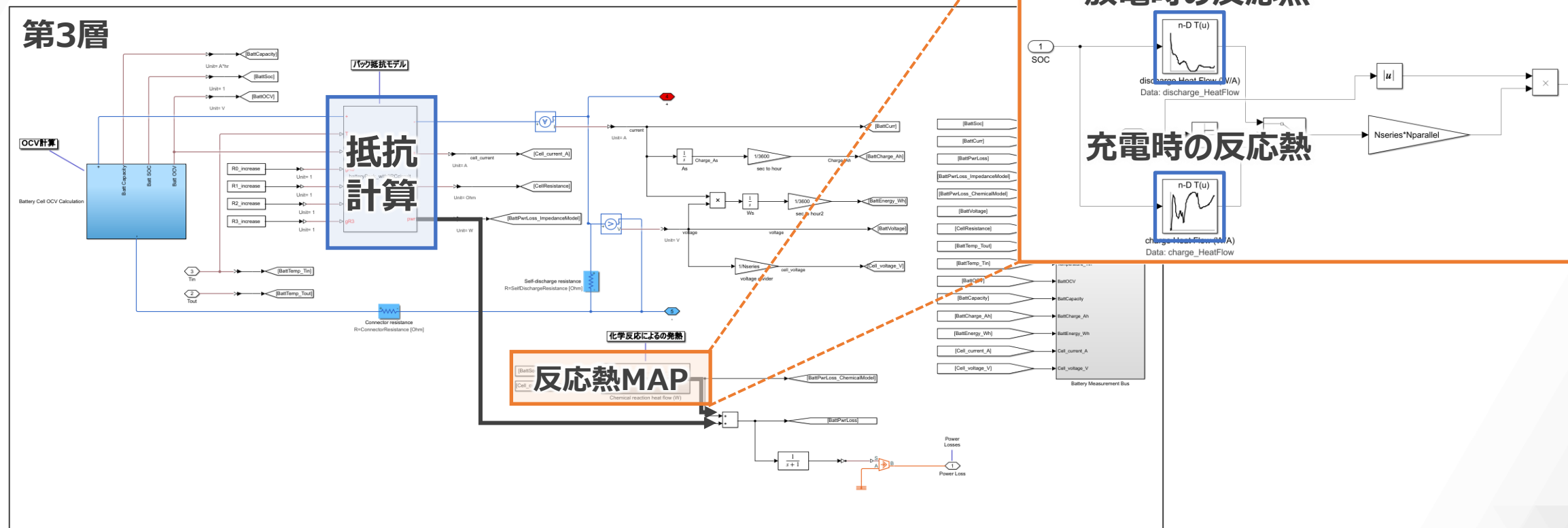


$$OCV_{Battery} = OCP_{plus} - OCP_{minus}$$

バッテリー発熱量の算出は、ジュール熱 + 化学反応熱

■ 発熱算出式

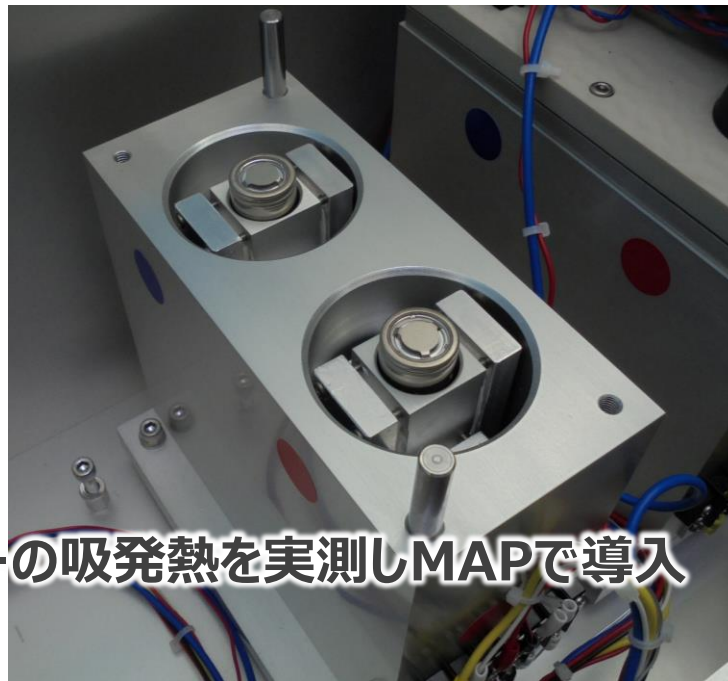
$$W_{batt} = W_{joule} + W_{reaction}$$



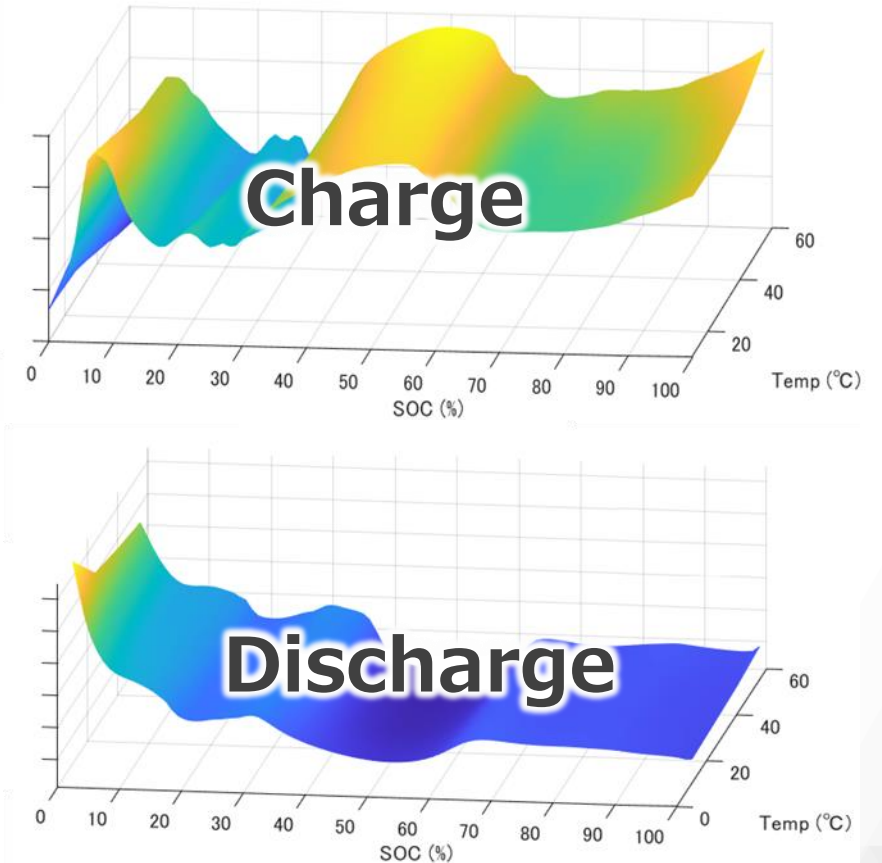
温度・SOC毎に**化学反応熱を計測**し、MAP化を実施

■ 発熱算出式

$$W_{batt} = W_{joule} + W_{reaction}$$

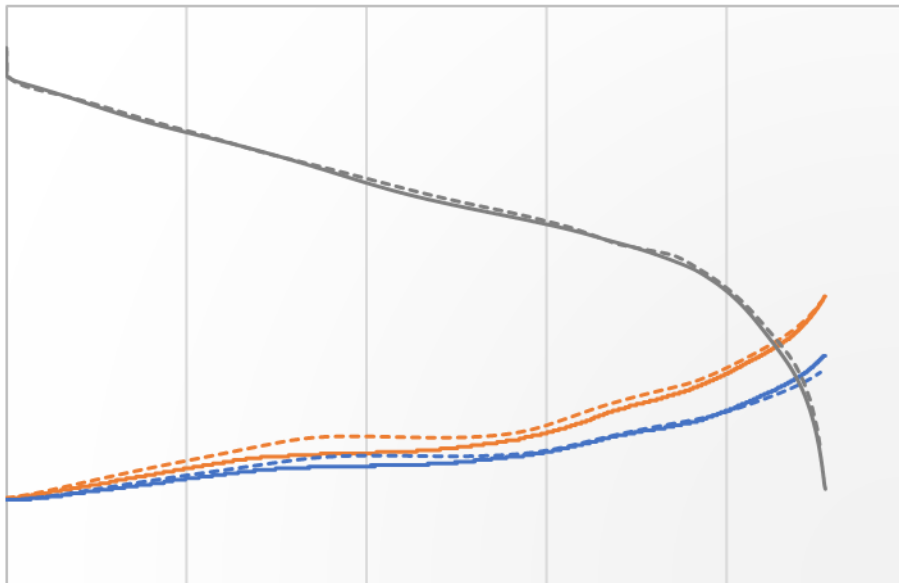


温度別のバッテリーの吸発熱を実測しMAPで導入

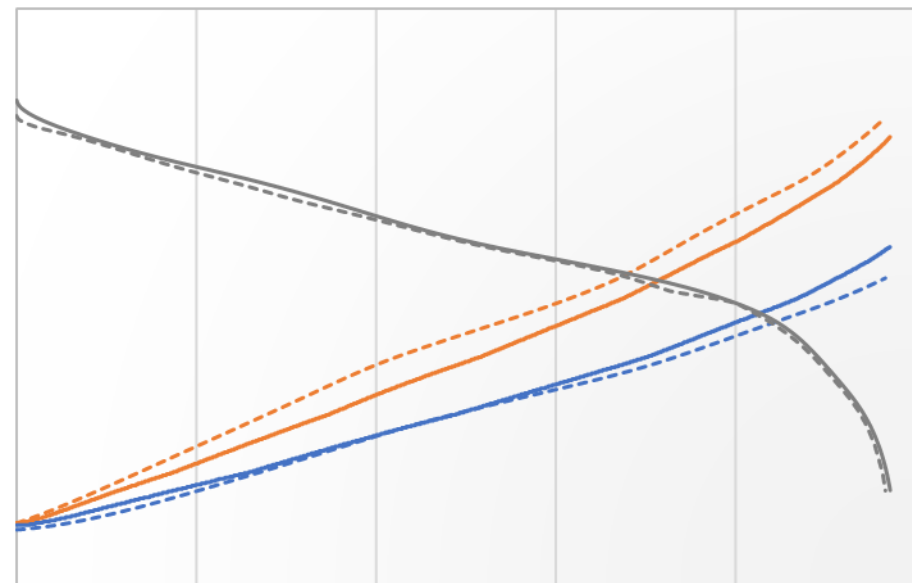


電圧・温度共に、計測結果に対して、**最大乖離 5 %**

例 1 : 500W連続放電試験結果比較



例 2 : 1500W連続放電試験結果比較



	バッテリー内最高温度	バッテリー内最低温度	バッテリー電圧
計測			
Simulation			

■ バッテリーモデルの入力パラメーターと設定UI

第一階層の設定用UIにて、**計算に必要な全ての**パラメーターの設定が可能

ダブルクリック

第一階層

Heat Flow

Measurements

バッテリーセルのパラメータファイル:
Honda_Mobile_Power_Pack

エントロピー発熱のMATデータ:
Honda_Mobile_Power_Pack

Battery Plus

Battery Minus

Mobile Power Pack

Pack: 0 parallel x 0 series

Battery Cell param file: Honda_Mobile_Power_Pack

Reversible Entropy HeatFlow: Honda_Mobile_Power_Pack

OCV_init: 48 V

Tin_ini: 25 degC, Tout_ini: 25 degC

設定用UI

Battery Pack (using cell data) (mask)

Battery Pack model based on cell data
セルのインピーダンスモデルは以下のR0+3RC 等価回路モデルに基づく。
インピーダンスモデル:
$$Z = (1 + R0_agingRatio) * R0 + \dots$$

$$parallel((1 + R1_agingRatio) * R1, C1) + \dots$$

$$parallel((1 + R2_agingRatio) * R2, C2) + \dots$$

$$parallel((1 + R3_agingRatio) * R3, C3)$$

インピーダンスモデルで劣化の影響も考慮する:
Copyright MathWorks 2021

パラメーター

セルのパラメータ (Mファイル名)

等価回路パラメータの描画

化学反応 (エントロピー発熱) の熱流量 (MATファイル名)

熱流量の描画

直列接続セルの数, Nseries

並列接続セルの数, Nparallel

初期OCV (V) OCVプロット表示 (Pack OCV, Pack Charge-Ah)

接続抵抗 (Ohm)

自己放電抵抗 (Ohm)

劣化モデルのパラメータ サーマルモデルのパラメータ

熱式質量@Tin (kg)

熱式質量@Tout (kg)

比熱@Tin (J/kg/K)

比熱@Tout (J/kg/K)

熱抵抗@Tin (W/K)

熱抵抗@Tout (W/K)

Tinの初期値 (°C)

Toutの初期値 (°C)

OK(O) キャンセル(C) ヘルプ(H) 適用(A)

■ 基本情報

セルの3RCパラメータ
化学反応熱データ
セルの直整列数
初期OCV
接続抵抗

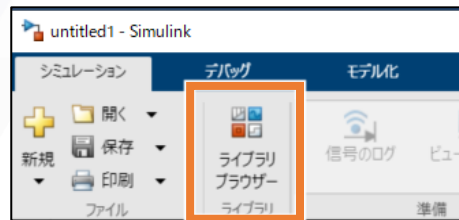
■ 熱パラメーター

重量
比熱
熱抵抗
初期温度

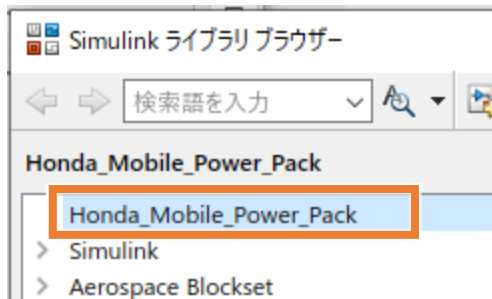
■ バッテリーモデルのライブラリ化

ユーザーは **3 STEP**でバッテリーモデルを使用可能

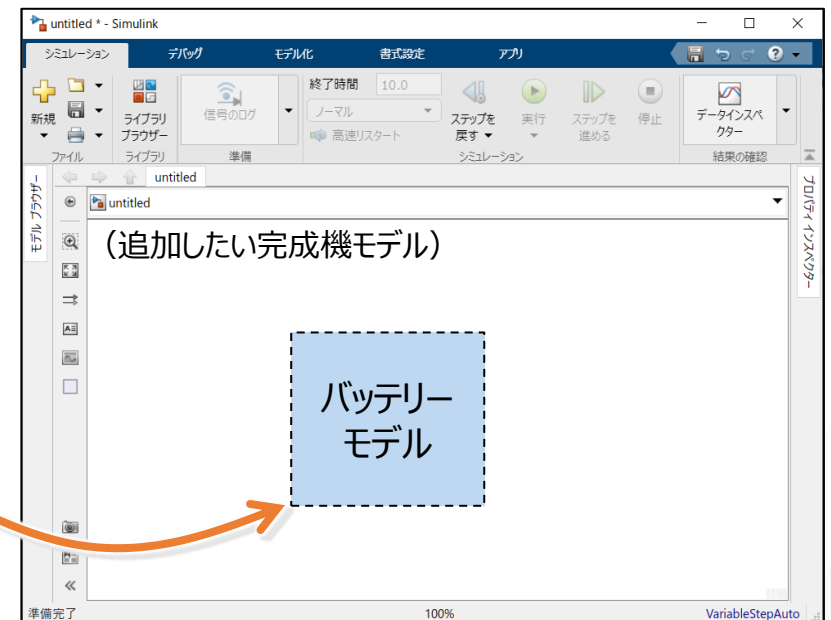
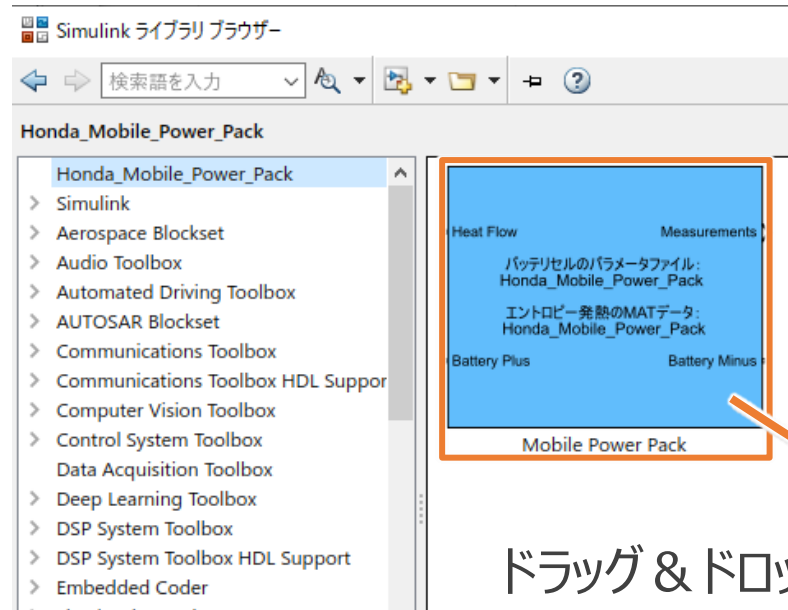
STEP1



STEP2

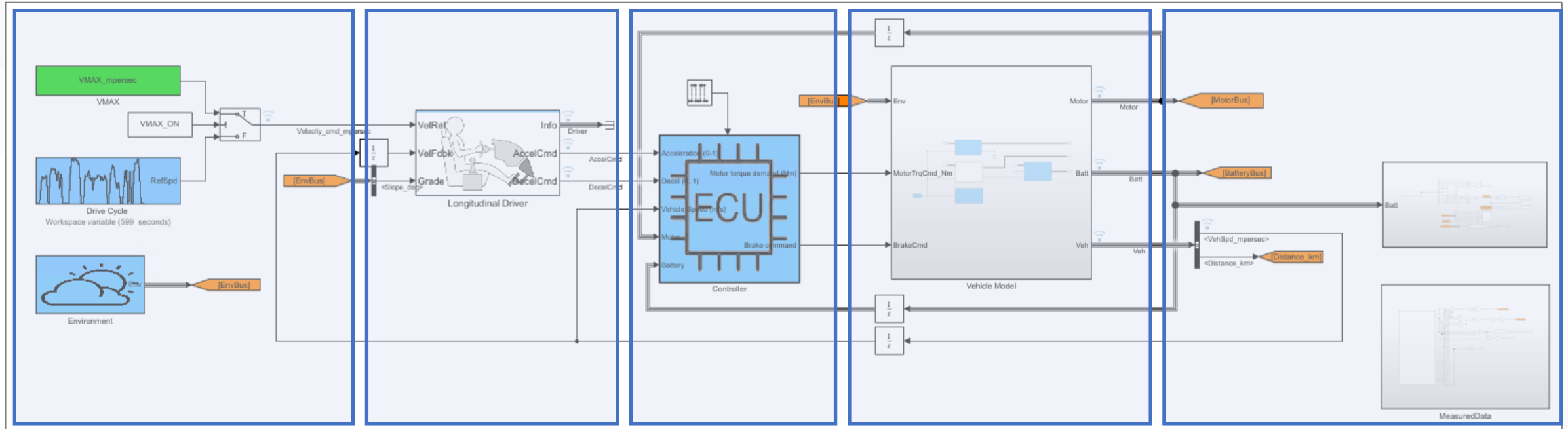


STEP3



- | | |
|----|--|
| 01 | 会社紹介 |
| 02 | 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介 |
| 03 | 「BENLY e:」の紹介 |
| 04 | MATLAB/Simulink活用の背景 |
| 05 | 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 06 | 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 07 | まとめ |

目標車速に合わせてドライバーがアクセル操作を行う、フィードバック型のモデル



走行環境入力モデル

ドライバーモデル

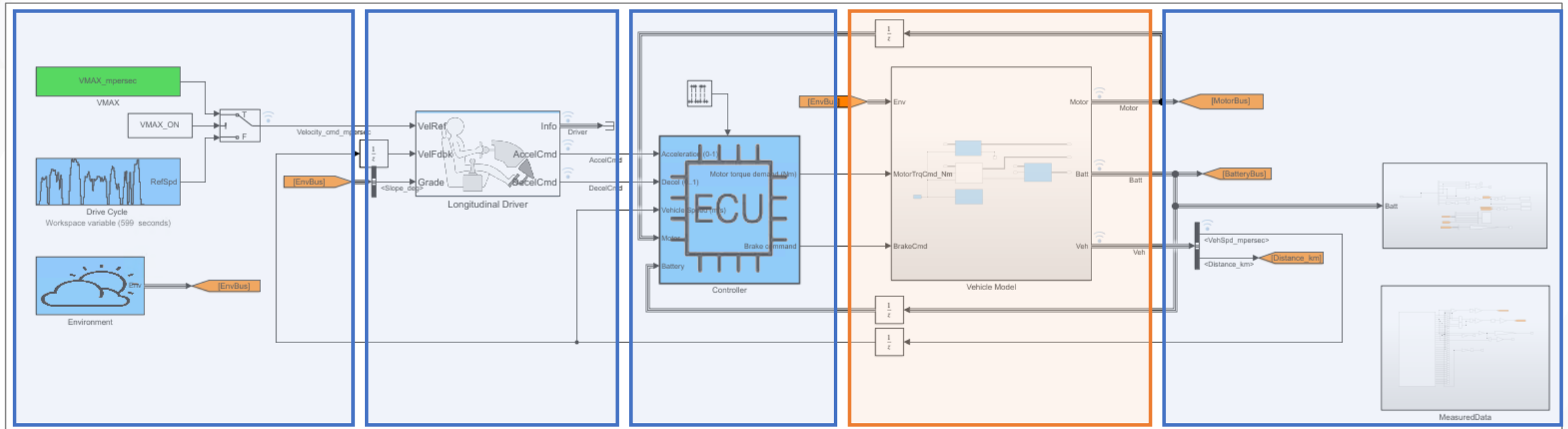
コントローラーモデル

プラントモデル

結果出力・データ比較

設定用UIから
全てのパラメーター読込と初期条件
を設定する事が可能

目標車速に合わせてドライバーがアクセル操作を行う、フィードバック型のモデル



走行環境入力モデル

ドライバーモデル

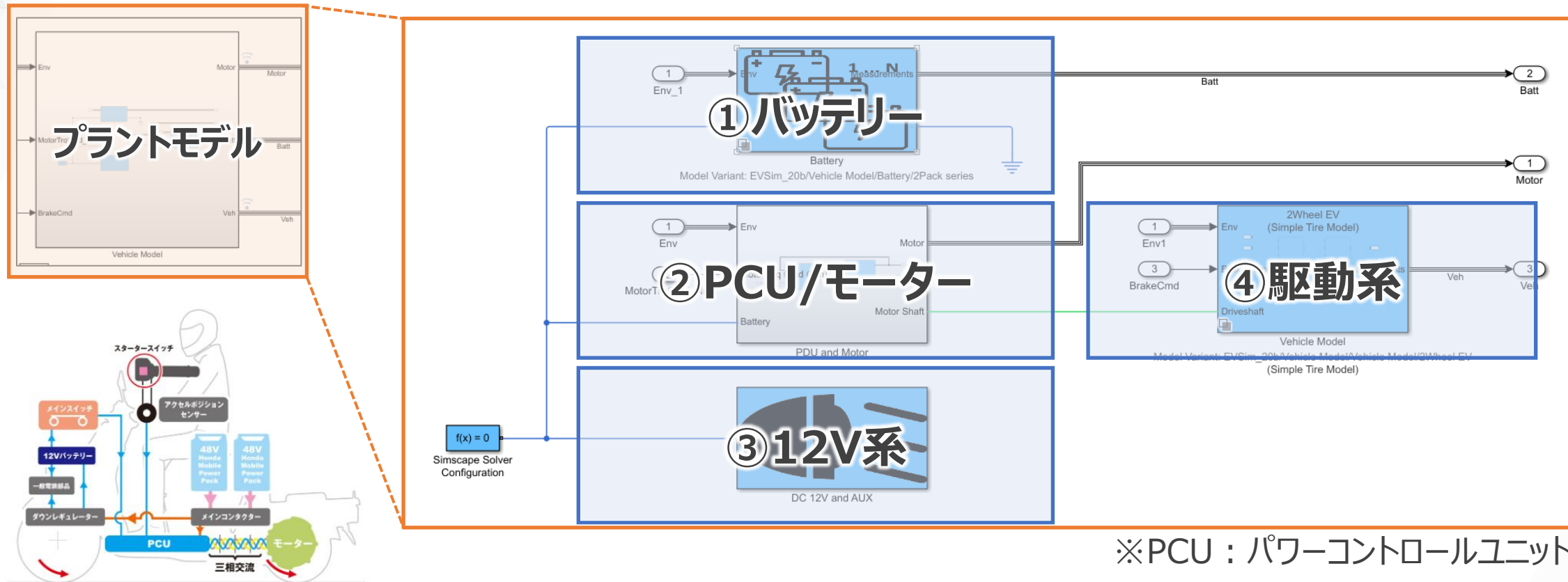
コントローラーモデル

プラントモデル

結果出力・データ比較

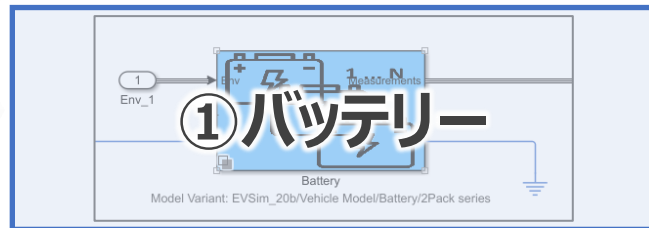
■プラントモデルの内部構成

駆動に関わる **4つのサブシステム**で構成

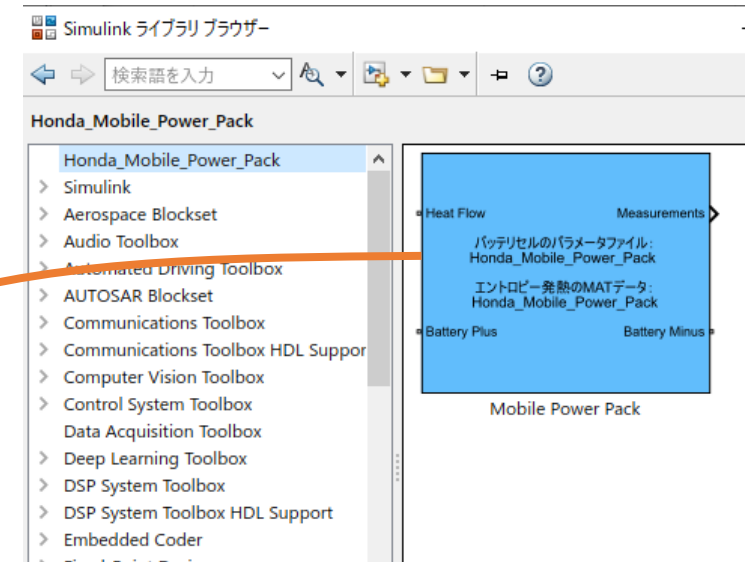
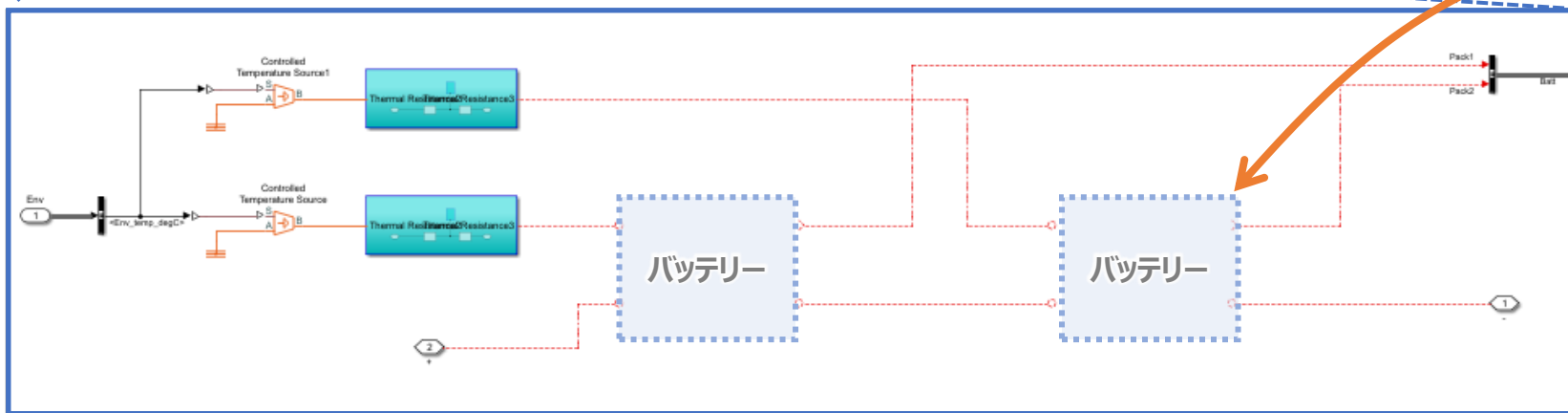


■ バッテリーサブシステムの詳細

所定の場所に、**バッテリーモデルをライブラリから追加**して使用

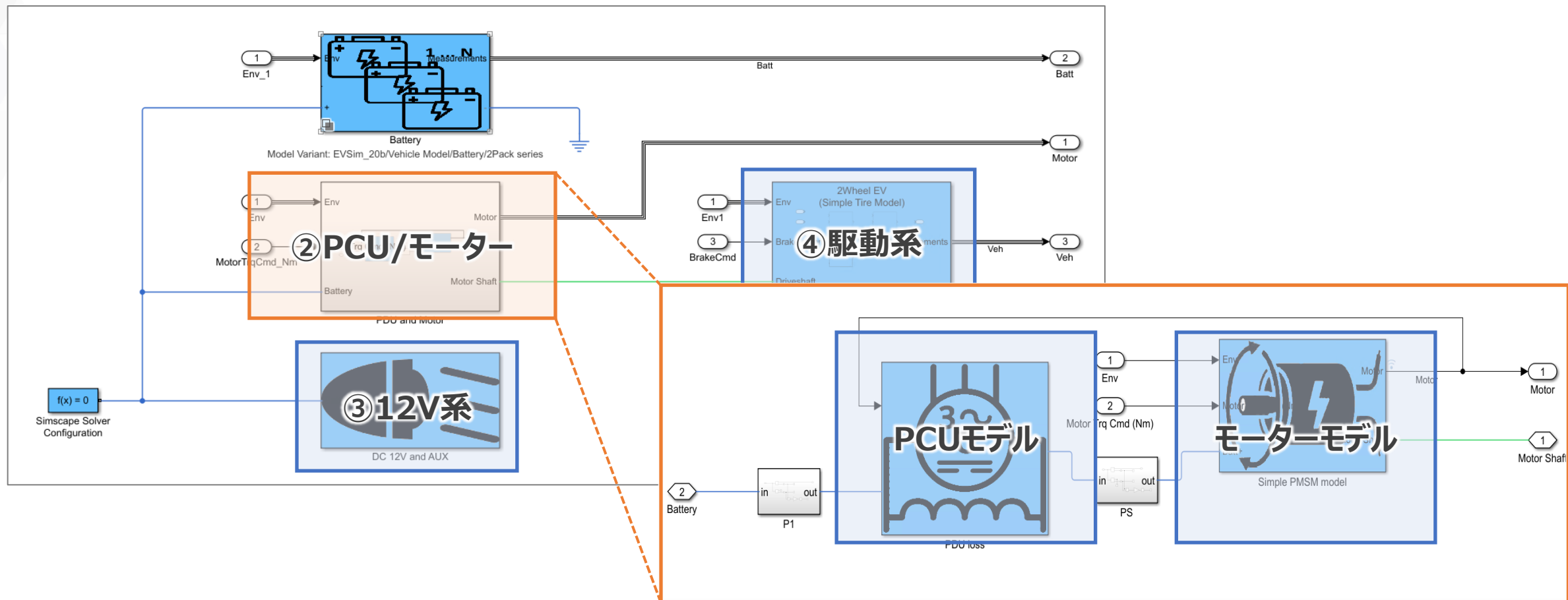


ドラッグ & ドロップ



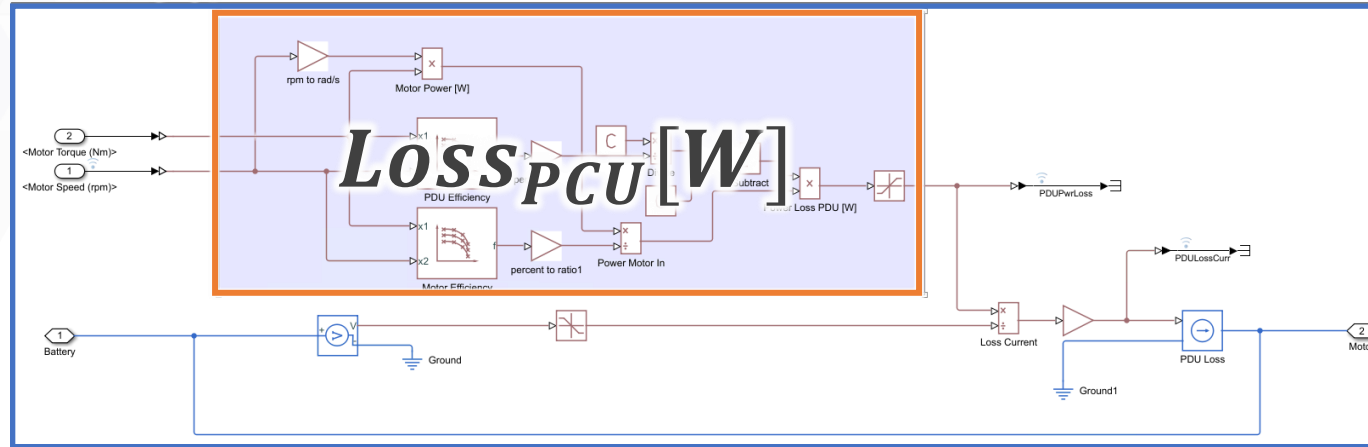
※「BENLY e:」は、「Mobile Power Pack e:」を2個使用

PCU・モーターモデルで、**エネルギー損失**と**駆動力**を算出

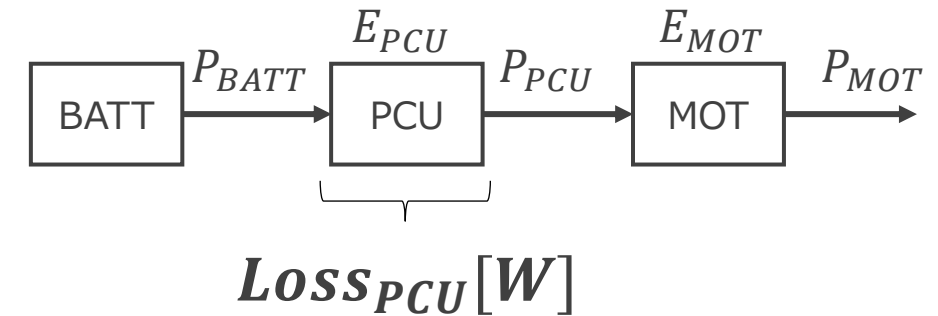


PCUの**効率**を**エネルギー損失**に変換し、バッテリーからの出力に対して減算

PCUモデル



電力を P 、効率を E とする



$$LOSS_{PCU}[W] = P_{BATT} - P_{PCU}$$

$$P_{PCU} = P_{BATT} \times E_{PCU}$$

$$P_{MOT} = P_{PCU} \times E_{MOT}$$

$$= P_{BATT} \times E_{PCU} \times E_{MOT} = Trq \times Ne$$

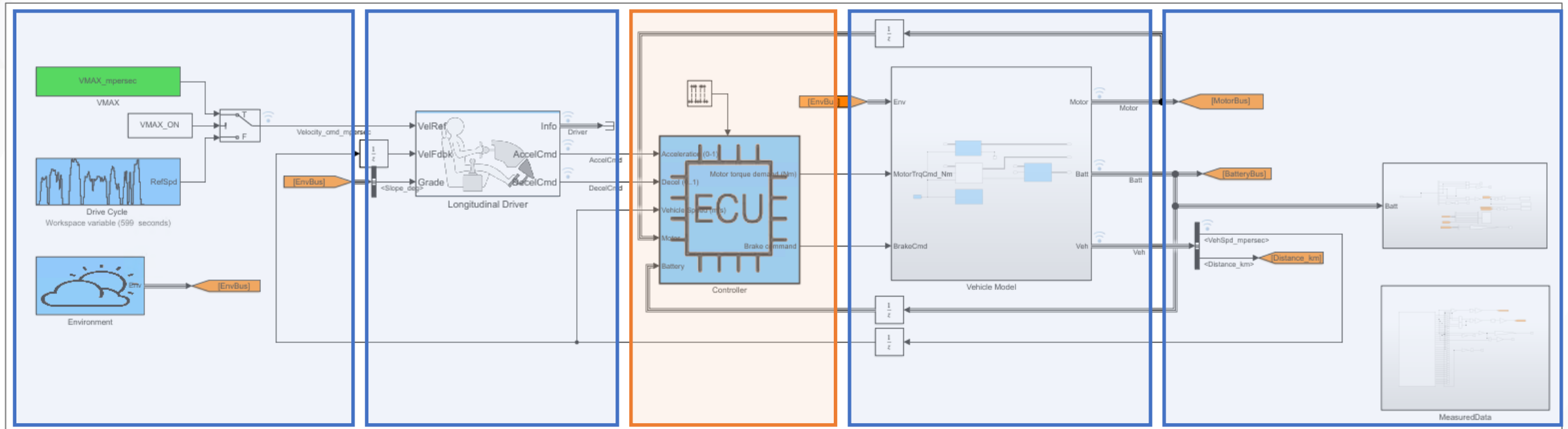
※Trq[Nm]とNe[rpm]はそれぞれモーターのトルクと回転数

既知の値は Trq 、 Ne 、 E_{PCU} 、 E_{MOT} のため、式変形すると

$$LOSS_{PCU}[W] = P_{BATT} - P_{PCU} \\ = P_{BATT}(1 - E_{PCU})$$

$$= Trq \times Ne \times \frac{1}{E_{MOT}} \left(\frac{1}{E_{PCU}} - 1 \right)$$

目標車速に合わせてドライバーがアクセル操作を行う、フィードバック型のモデル



走行環境入力モデル

ドライバーモデル

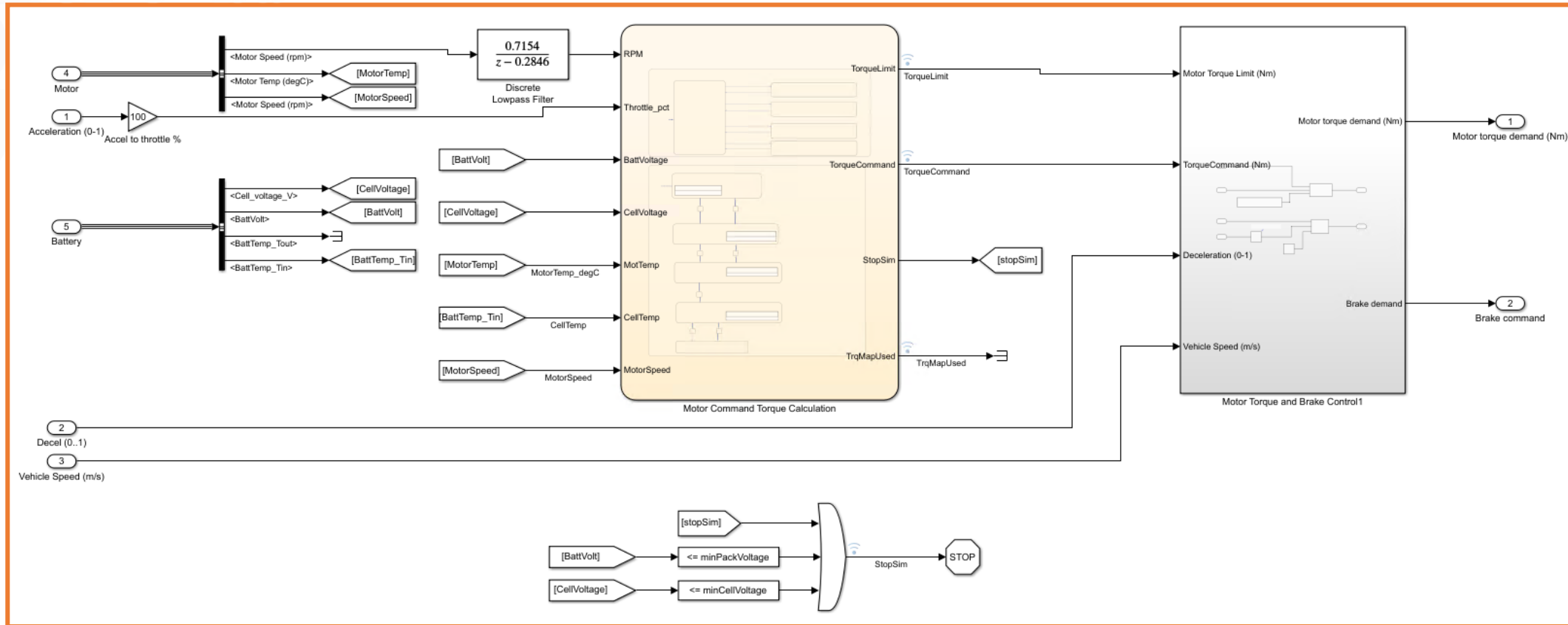
コントローラーモデル

プラントモデル

結果出力・データ比較

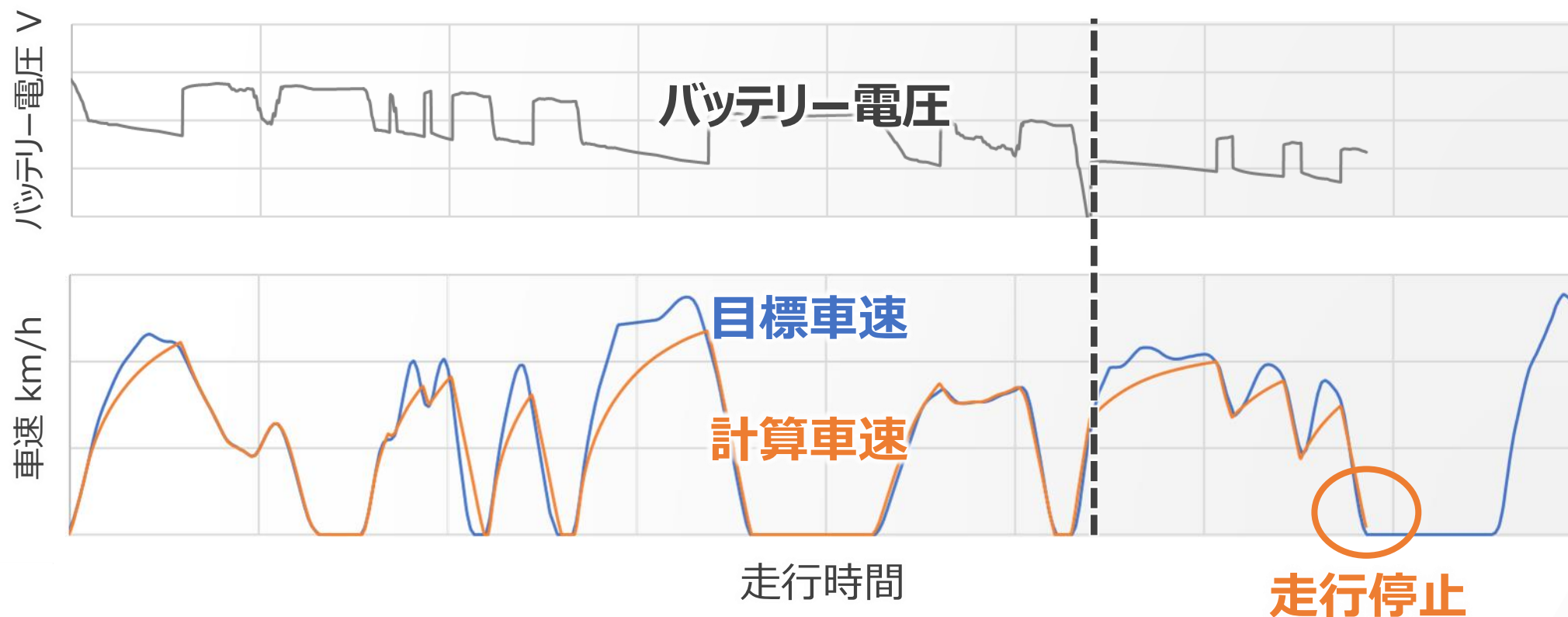
StateFlowで構成されており、「BENLY e:」の出力制限制御を再現

コントローラモデル



バッテリー電圧に合わせた、**走行停止状態の検討**における活用事例紹介

(例) 車両停止条件：バッテリー電圧が閾値以下になったあと、速度が0km/hになったら安全に停止



 ① Vehicle_Parameter.xlsx

車両パラメーター

 ② PU_Parameter.xlsx

MOT/PCU効率マップ[®]

出力マップ

制御 パラメーター

設定用UIにて計算に必要な全てのパラメーターを設定し **4 STEP**で実行

設定用UI

EV

モデル名 モデル開く

完成機 2輪EV ▼ バッテリー 2パック直列 ▼

☒ VMAX試験 VMAX [km/h] 時間[sec]

モード走行のデータ ...

☐ 走行データリピート再生 再生数

車両パラメーター一覧 ...

マップデータ ...

☐ モデルパラメーターの更新

動生成パラムファイル 確認

測定データ ...

重量[kg]

シャシー	NaN
PDU	NaN
モーター	NaN
MPP	NaN
ドライバー	NaN
載せる荷重	NaN
合計[kg]	NaN

シミュレーション条件

バッテリーパックの初期OCV [V] バッテリーパックの初期Tin [°C]

バッテリーパックの最終OCV [V] バッテリーパックの初期Tout [°C]

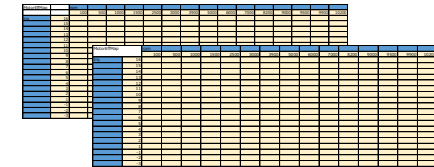
バッテリーセル最終OCV [V] 環境温度[°C]

Simulation

Log保存

STEP 1

「車両パラメータ」「PCU/モーターの各マップデータ」が入力された
したエクセルデータを選択



STEP 2

「モデルパラメーターの更新」にて、mファイルの生成



STEP 3

シミュレーション条件の設定

STEP 4

シミュレーション開始

- | | |
|----|--|
| 01 | 会社紹介 |
| 02 | 「Honda Mobile Power Pack e:」の紹介 |
| 03 | 「BENLY e:」の紹介 |
| 04 | MATLAB/Simulink活用の背景 |
| 05 | 「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 06 | 「BENLY e:」Simulinkモデルの紹介 |
| 07 | まとめ |



■「Honda Mobile Power Pack e:」Simulinkモデル

電圧・温度が再現可能なモデルが完成

モバイルパワーパック活用の拡大検討ツールとして活用する

■商品（BENLY e:） Simulinkモデル

走行・停止直前の車体挙動まで再現できるモデルが完成

多種多様な商品開発ツールとして展開・活用する

■ User Interface（Simulink 設定用UI）

社内の他開発チームに展開開始

フィードバックを参考に、今後も改良を継続する

Honda eMaaS コンセプトの早期実現のため モデルベース開発を加速していきます



[Honda Mobile Power Pack | Honda e:TECHNOLOGY | Honda](https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/)
<https://www.honda.co.jp/etechnology/mobilepowerpackworld/>

