

バッテリーモデリングとバッテリーマネジメント設計 を高速で行うソリューションの紹介

MathWorks Japan

アプリケーションエンジニアリング部

はじめに

本セッションの対象者

- バッテリーモデリング、シミュレーションなどを行っている方、興味のある方
- バッテリーマネジメントシステムの開発を行っている方、興味のある方

本セッションでお伝えしたいこと

- 効率的なバッテリーモデリングを行う方法
- バッテリーマネジメントシステムで使える便利なライブラリや機能

アジェンダ

- 背景
- Simscape Battery 機能紹介
- 実際のアプリケーションに適用した例

アジェンダ

- 背景

- Simscape Battery 機能紹介

- 実際のアプリケーションに適用した例

背景

近年、大容量のバッテリーが様々な所で使われている。
特に、航空機や車両など、一つの不具合で大事故に発展しかねない機器にも搭載されている。



品質要求

JIS 8715-2: 2012

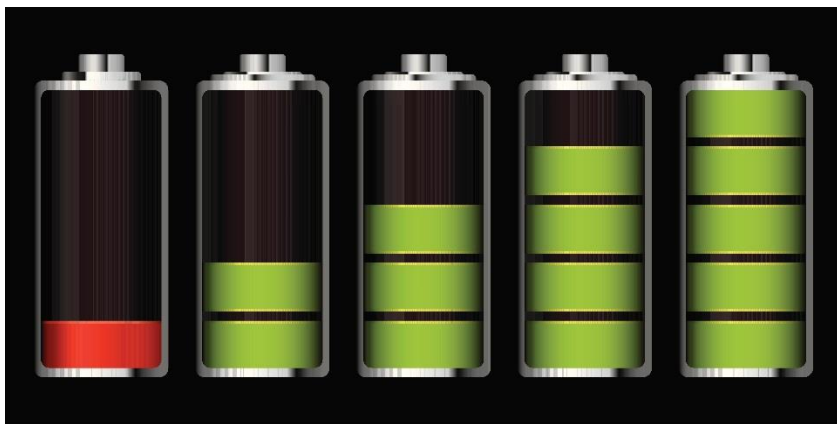
- 製品安全性（非機能）
 - 耐外部短絡特性、耐衝突特性、耐加熱特性、 . . .
- 機能安全性
 - 過充電電圧制御特性、過大充電電流制御特性、充電時加熱制御特性

各社独自規格、限界試験

- ○○安全性
 - △ △特性、 . . .

技術課題

非線形特性



温度依存性



經年劣化



必要な機能

多種類、複雑な機能構成

- SOC/SOHの推定機能
 - カルマンフィルタ、分類/回帰機械学習、ディープラーニング・・・
- 過電流、過電圧、温度異常時の保護機能
 - 過充電、過放電、過剰電流、短絡検知、SOC上下限、温度異常・・・
- 状態遷移機能
 - 保護モード、検査モード、チャージモード・・・
- セルバランス制御機能

課題

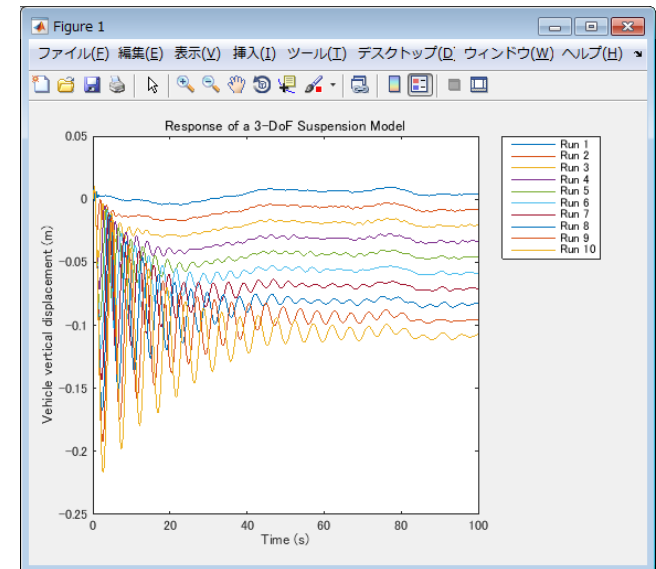
- 複雑なシステムに対して多数の機能を構築しなければならない
- 安全性を担保するため、様々な規格を準拠し、十分な検証を行わなければならない



- シミュレーションを使った開発のフロントローディングが必要
 - 実機を作る前に、物理現象を再現するモデルとコントローラーに実装する制御モデルを合わせた、システムレベルの検証をシミュレーションで実行する
 - モデルベースデザイン（モデルベース開発、MBD）

モデリングとシミュレーション

- 実物/実世界では再現困難/不可能なテストを行える
 - 危険、高コスト、物理的に困難・不可能
 - 実物が未完成
- 関心事象を分解・抽出し、機能・性能の検討が行える
 - 「作ってみたら課題が間違っていた」の事前確認・防止
 - 様々な条件やパラメータの試行・再現
 - グラフィカルなソフトウェア設計・要点抽出
- 未来の予測や推測を行える
 - ハード・ソフト挙動の定量的な予測
 - センサーで得られない物理量の可視化



Lumenが電気自動車向けの非接触給電システムを開発

課題

共振型誘導磁気結合を用いた電気自動車向けワイヤレス充電システムの開発。

ソリューション

MATLABとSimulinkを使用して、コアソフトウェアモデルとメインロジック、地面に埋め込む装置や車両を含むワイヤレス電気自動車充電システムを作成。

結果

- 地面のパッドから車両へ電力供給するシステムを構築
- パッドに障害物や動物があると、障害物検知機能が警告を発報
- このシステムにより、コードやプラグ、かさばる充電機器が不要に



WEVCで充電する車両

[MATLABとSimulinkでシステムをモデリングすることは、Cコードで書くよりも何倍も速かったです。もちろん、シミュレーションやテストがずっとシンプルになったのは言うまでもありません。

- Radek Pesina, software team lead, Lumen Freedom

Ather Energy モデルベースデザインによる電動二輪スクーターと充電ステーションを開発

課題

インド初のインテリジェントな電動スクーターを設計して製造する

ソリューション

モデルベース設計を使用して、スクーター設計のシミュレーションと最適化を行い、その制御ソフトウェアの量産用コードを生成する

結果

- 数ヶ月ではなく、数週間で設計案を評価
- テスト時間を50%削減
- 現場での問題を迅速に解決



「Ather 450」インテリジェント電動スクーター

“有望なアイデアはたくさんありましたが、小規模な新興企業である私たちには、それぞれのアイデアを検証するためのプロトタイプを作る時間もお金も人もありませんでした。モデルベース設計では、シミュレーションによって最適なアイデアを特定・検証し、フル機能を備えたスクーターをより短期間で提供することを可能にしました。”

- Shivaram N.V., Ather Energy

アジェンダ

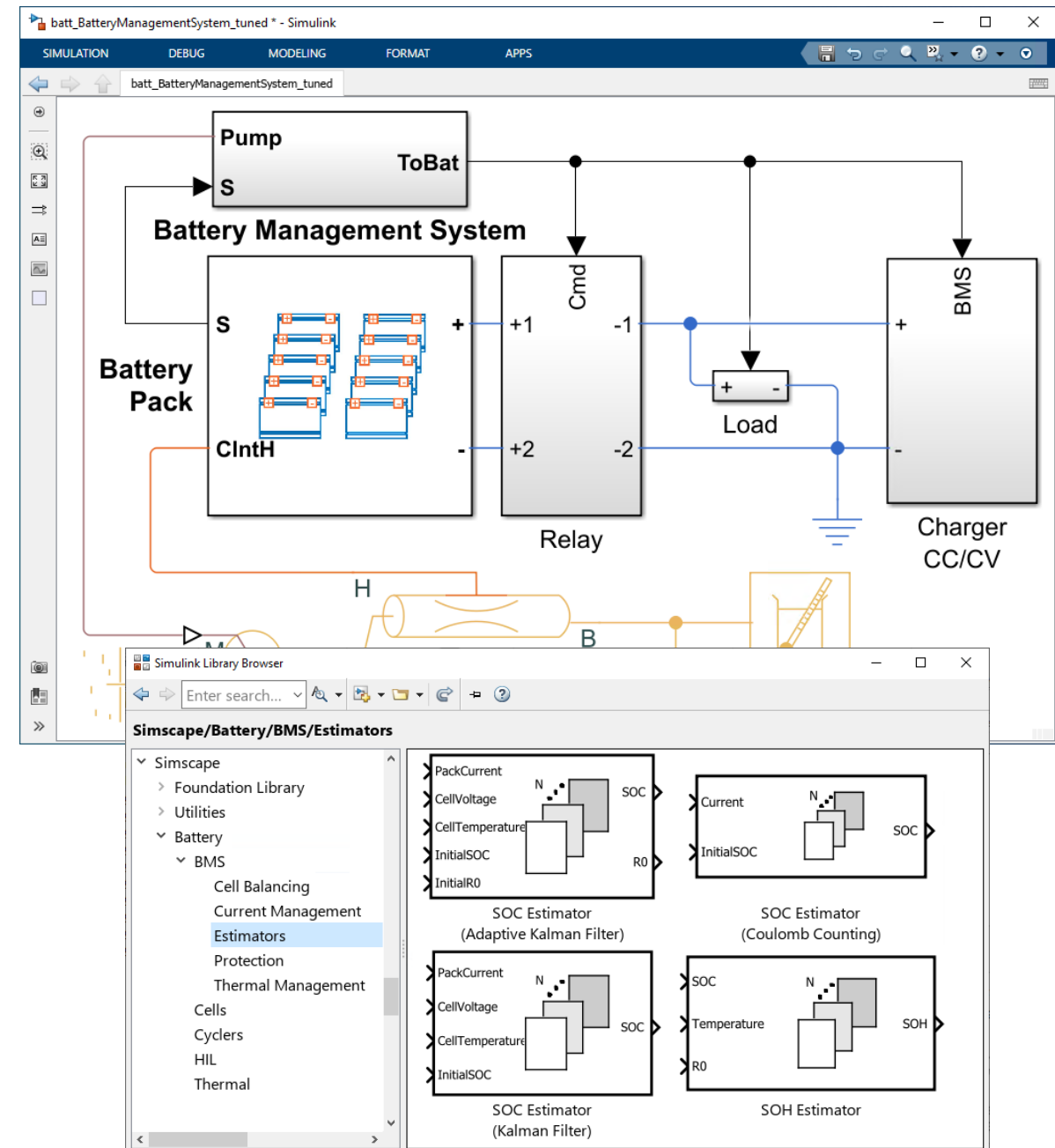
- 背景

- Simscape Battery 機能紹介

- 実際のアプリケーションに適用した例

Simscape Batteryによる 統合的なバッテリーシステム開発

- バッテリーデザインとシミュレーション
 - 電熱的なセルの振る舞い
 - パックデザイン
 - バッテリーマネジメントシステム (BMS)
- Simscape Batteryを使うことで
 - パックアーキテクチャを電気、熱的な要求を満たしているか評価できる
 - 充放電制御、熱マネジメント制御のロバスト性を検証できる
 - HILテストを行ってアルゴリズムを検証できる

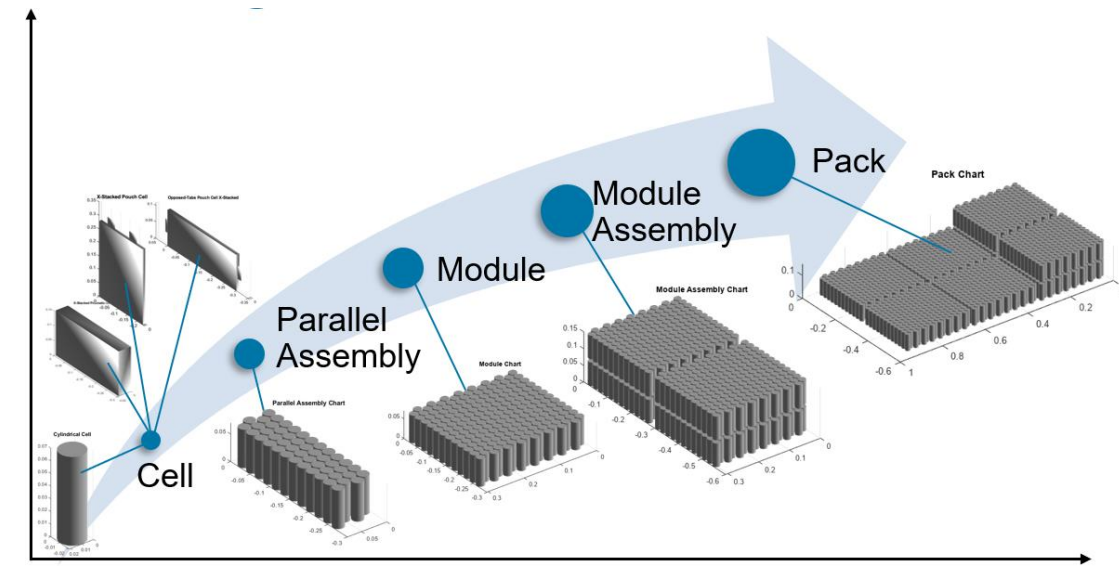
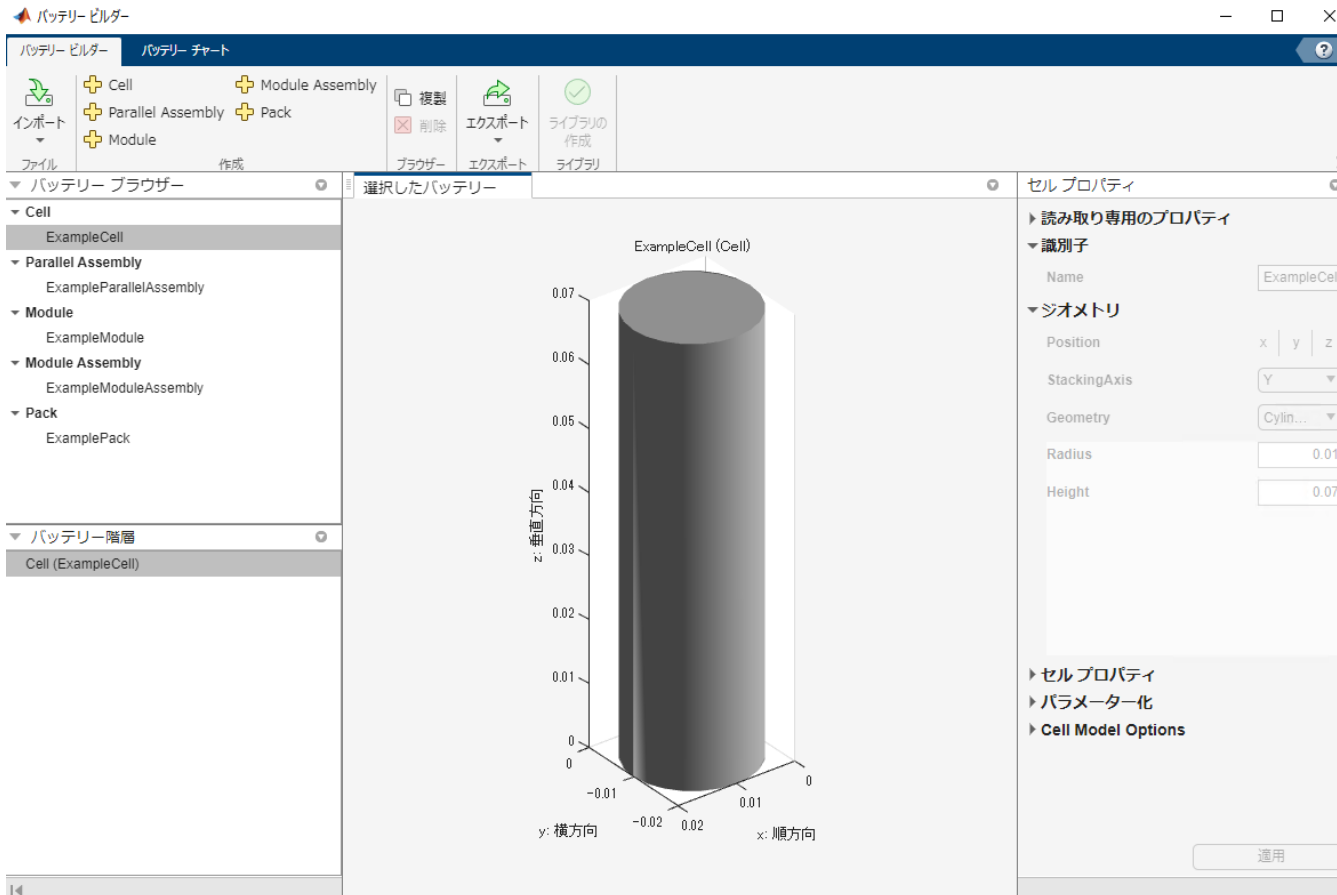


バッテリーパックビルダー

大規模なバッテリーセル構造を簡単にモデル化できる

専用アプリによる構築 **R2023a**

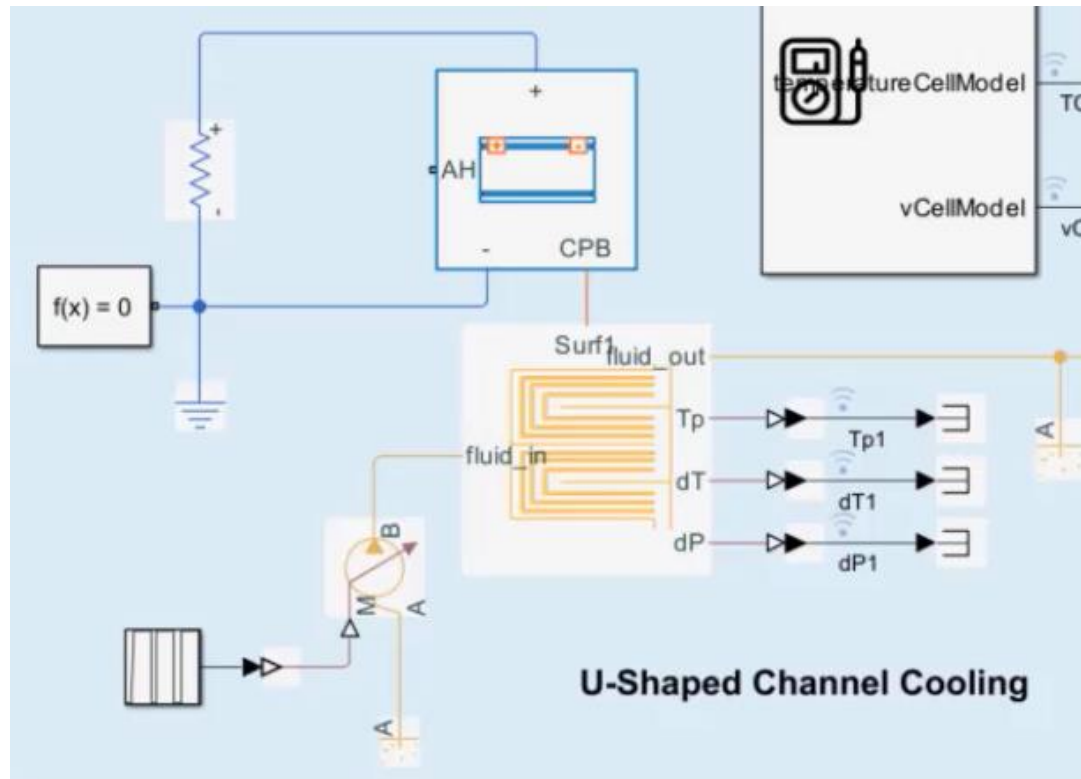
バッテリーパックの構造化



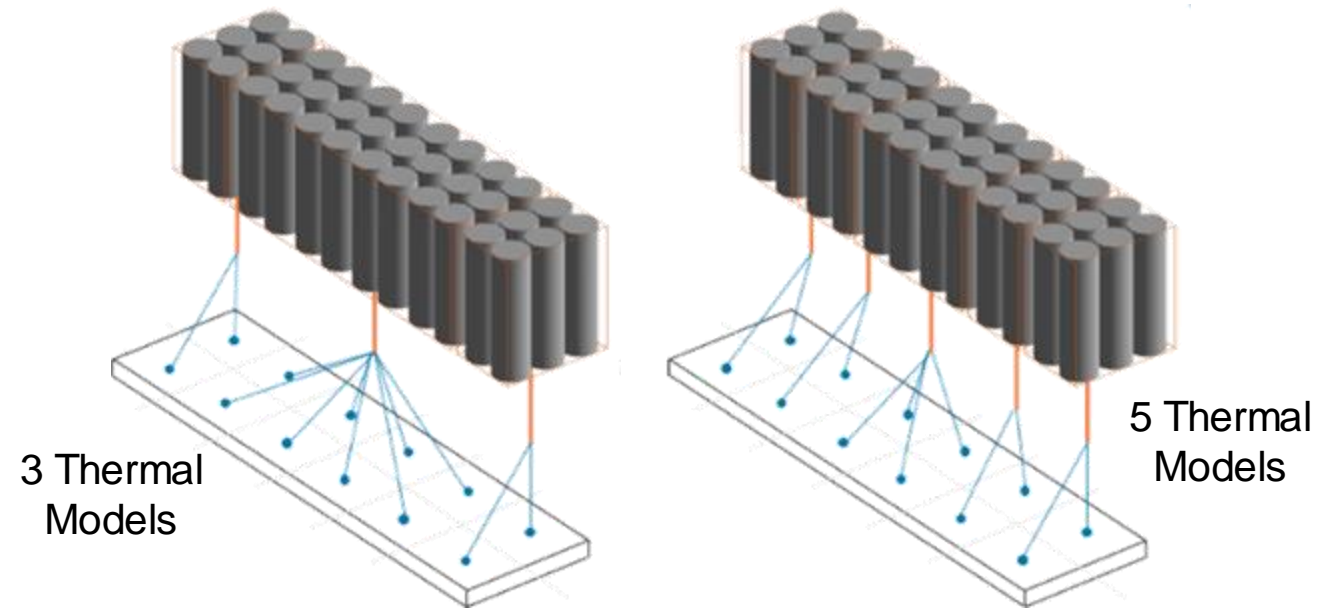
デモモデル： <https://jp.mathworks.com/help/simscape-battery/ug/build-battery-pack.html>

冷却プレート

バッテリーパックビルダーで構築するバッテリーモデルに熱伝達の要素を加えることが可能



専用の冷却プレートブロックも利用可能

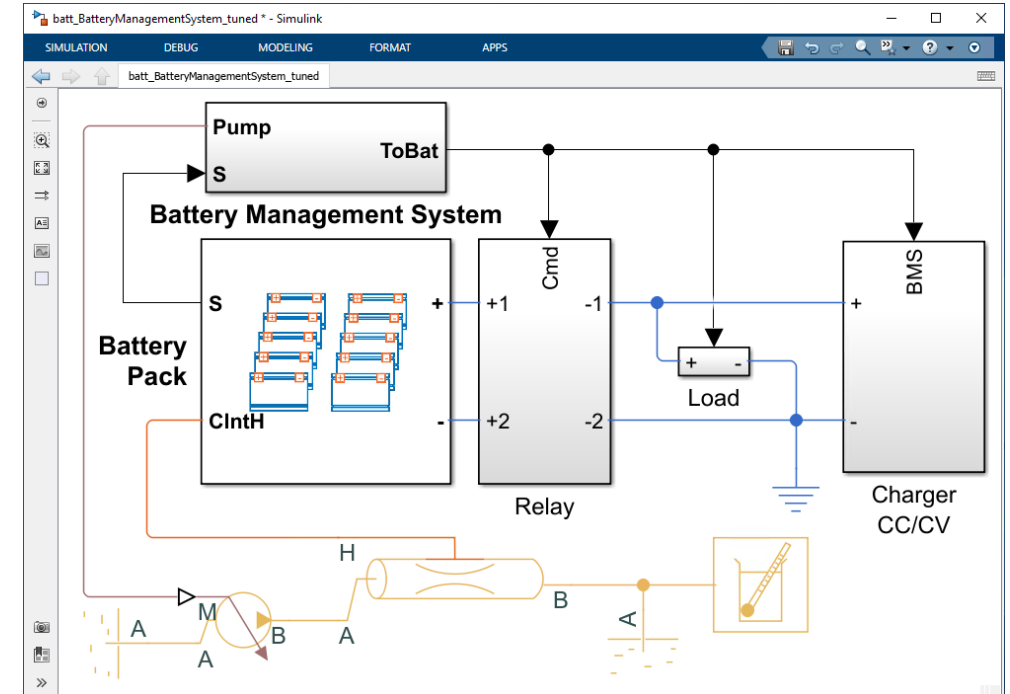
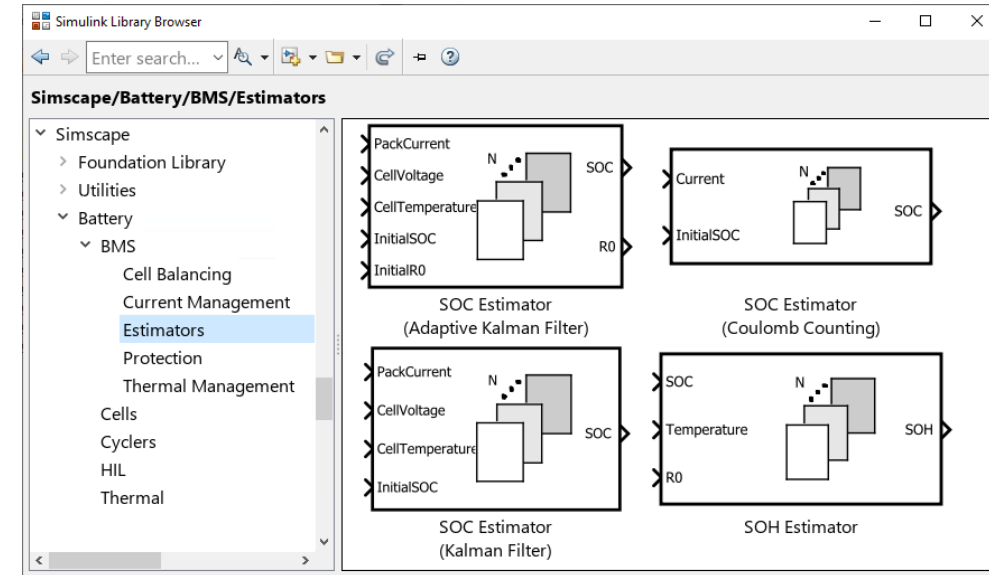


デモモデル：<https://jp.mathworks.com/help/simscape-battery/ug/build-battery-module-thermal-effects.html>

バッテリーマネジメントシステム設計

専用の制御、推定アルゴリズムをライブラリ化

- 充放電
 - CC-CV、電流制限
- 予測器
 - SOC、SOH
- 保護機能
 - 電流、電圧、温度モニター
 - 故障診断
- 熱マネジメント
 - 冷却水およびヒーター制御
- Cコード生成に対応

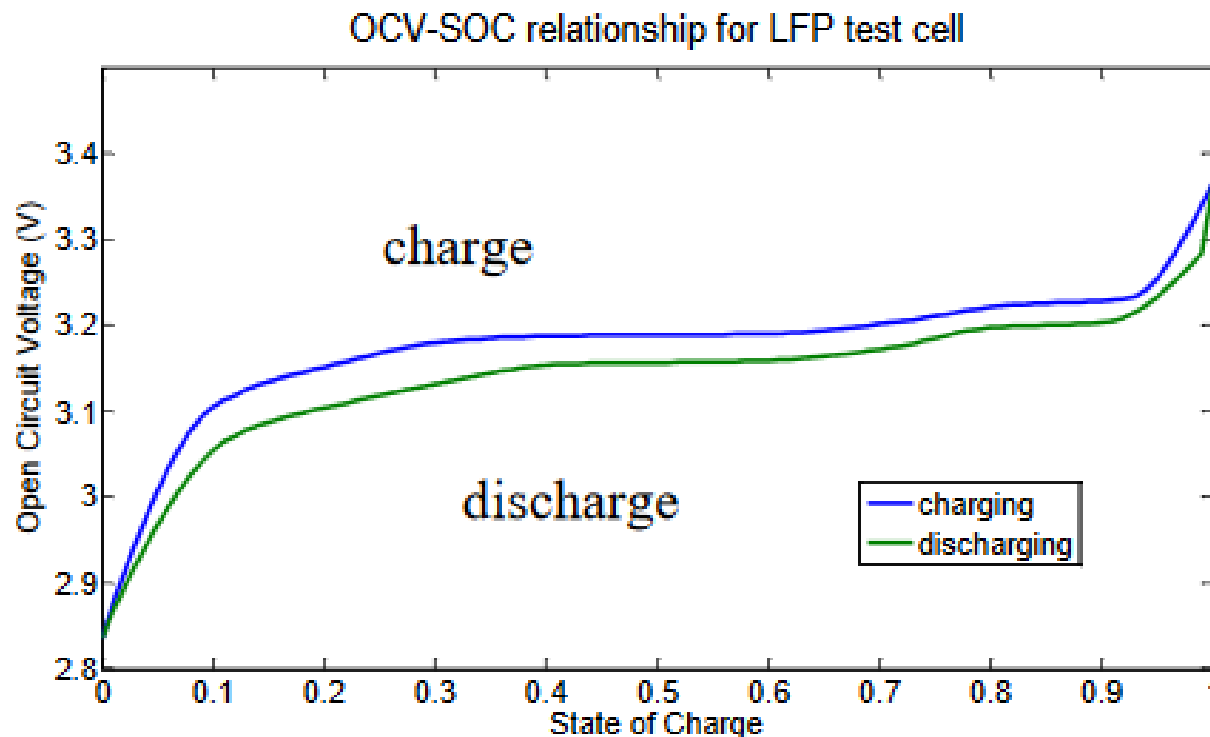


SOC推定

SOC (State Of Charge) とは、電池の残容量を表す指標

$$SOC = \frac{C_r}{C_f} \times 100[\%]$$

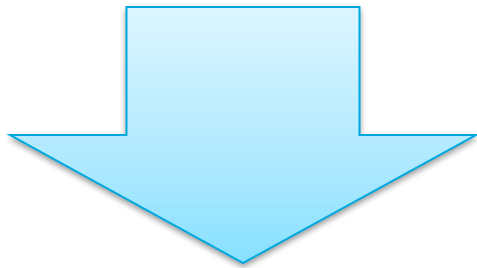
C_r は残容量[Ah]、 C_f は満充電容量[Ah]



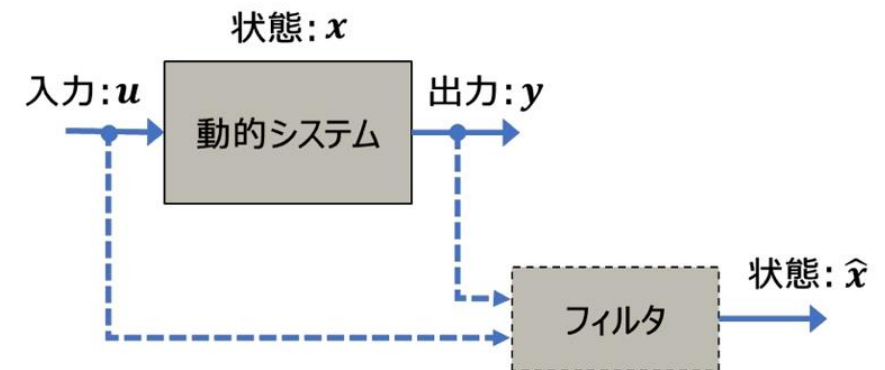
SOCの特性は非線形
かつ
直接測れない

モデルを使ってSOCを推定する

- 電圧、電流、加えて温度も計測できるとして、バッテリーモデルを使って精度よく推定したい



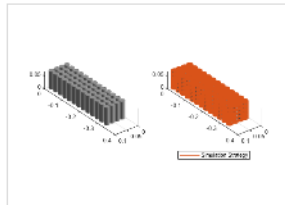
- カルマンフィルターによる推定
 - 逐次ベイズフィルターの一種であり、測定データからシステムの状態を実時間で推定するアルゴリズム
 - コンピュータービジョン、誘導・航法システム、計量経済学、信号処理などで広く使われており、多くの実績がある



サンプルモデル

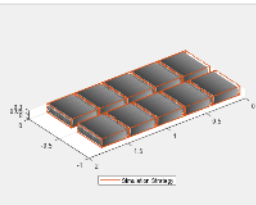
- 他にも様々なサンプルモデルを用意しています

Get Started with Simscape Battery



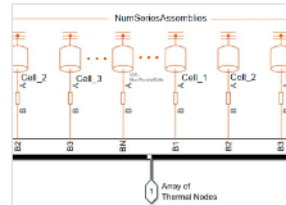
Build a Simple Model of a Battery Module in MATLAB and Simscape

Create and build a Simscape system model of a battery module with Simscape Battery.



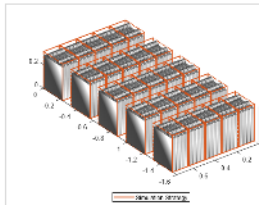
Build a Simple Model of a Battery Pack in MATLAB and Simscape

Create and build a Simscape system model of a battery pack with Simscape Battery.



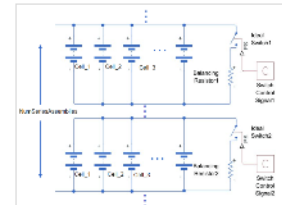
Build Model of Battery Module with Thermal Effects

Create and build a Simscape system model of a battery module with thermal effects.



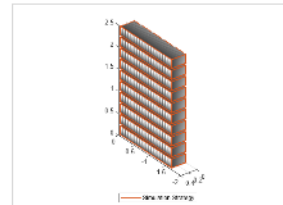
Build Model of Battery Pack with Cell Aging

Create and build a Simscape system model of a battery pack with cell aging.



Build Model of Battery Pack with Cell Balancing Circuit

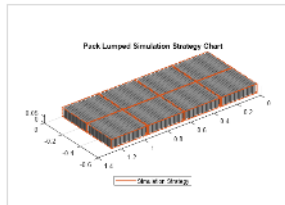
Create and build a Simscape system model of a battery pack with cell balancing circuit.



Build Model of Battery Pack for Grid Application

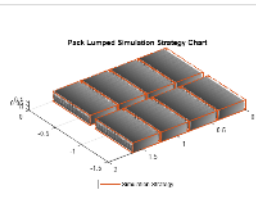
Create and build a Simscape system model of a battery pack for grid applications.

Battery Pack Modeling



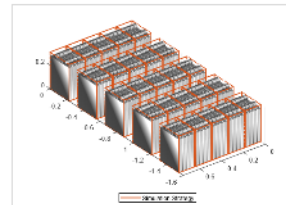
Build Detailed Model of Battery Pack From Cylindrical Cells

Create and build Simscape™ system models for various battery designs and configurations based on



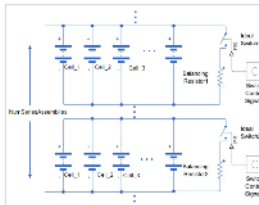
Build Detailed Model of Battery Pack From Pouch Cells

Create and build Simscape™ system models for various battery designs and configurations based on pouch



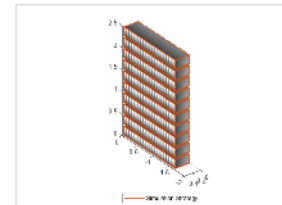
Build Model of Battery Pack with Cell Aging

Create and build a Simscape system model of a battery pack with cell aging.



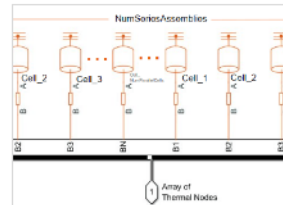
Build Model of Battery Pack with Cell Balancing Circuit

Create and build a Simscape system model of a battery pack with cell balancing circuit.



Build Model of Battery Pack for Grid Application

Create and build a Simscape system model of a battery pack for grid applications.



Build Model of Battery Module with Thermal Effects

Create and build a Simscape system model of a battery module with thermal effects.

アジェンダ

- 背景
- Simscape Battery 機能紹介
- 実際のアプリケーションに適用した例

電気自動車のシステムシミュレーション

- Simscapeを用いたBEVの簡易モデル
- 運転サイクルパターンを入力してシステムの評価ができる
- 簡単なパラメーター化、高速な計算を実現

MATLAB Central ▾ ファイル 作成者 マイ File Exchange ▾ 公開 詳細情報



Battery Electric Vehicle Model in Simscape

バージョン 1.2.1 (9.08 MB) 作成者: Isaac Ito **STAFF**

A Battery Electric Vehicle (BEV) model in Simscape and its components such as motor, high voltage battery, and longitudinal vehicle

<https://github.com/mathworks/Simscape-Battery-Electric-Vehicle-Model>

評価版

★★★★★ (7)

ダウンロード 3.5K 件 ⓘ

更新 2022/7/8

GitHub から

バージョン履歴の表示

GitHub でライセンスを表示

+ フォロー

ダウンロード

概要

関数

モデル

例

レビュー (7)

ディスカッション (4)

This is a MATLAB Project containing a Battery Electric Vehicle (BEV) model and its components such as motor, high voltage battery, and longitudinal vehicle. This project demonstrates Simscape's modular and multi-fidelity modeling technology.

The BEV model is built in a simple and modular fashion, and it can run faster than real-time. It is suitable as a baseline model for drive cycle simulation to estimate vehicle's electrical efficiency and other vehicle-level information.

This project also contains the model of a detailed permanent magnet synchronous motor and controller. It runs slower than real-time, but it captures the detailed behaviors of the AC motor drive unit and can estimate the electrical efficiency at the unit level.

A Live Script for a detailed motor drive unit demonstrates how to obtain the electrical efficiency from the detailed motor drive unit and use the result as the block parameter of the abstract motor drive block in the BEV model.

必須

[MATLAB](#)

[Simulink](#)

[Powertrain Blockset](#)

[Simscape](#)

[Simscape Driveline](#)

[Simscape Electrical](#)

MATLAB リリースの互換性

<https://jp.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/82250-battery-electric-vehicle-model-in-simscape>

まとめ

まとめ

- MATLAB, Simulink はモデリングとシミュレーションのための統合開発環境
- Simscape Batteryを使ってバッテリーを素早くモデリング
- 豊富な制御ライブラリを活用してマネジメントシステムを開発できる
- プラントモデル、制御機能モデルを繋いでシステムの実現可能性を評価

トレーニングのご紹介

- 講師が指導する形式で、バッテリーモデリングについてのトレーニングを受講できます

Simulink による バッテリーモデリングとアルゴリズム開発 トレーニングのご案内

この2日コースでは、Simulink®と Simscape™ を使用したBMS(バッテリーマネジメントシステム)に関するスキルを習得できます。Li-ionバッテリーシステムを題材に、バッテリーモジュールや、その制御アルゴリズムのモデリング方法を習得できます。例えば、実験データを反映したバッテリーシステムや、Stateflow® を用いた、BMSに必要なセルバランス調整や故障検知などの制御アルゴリズムの開発を学びます。



Accelerating the pace of engineering and science

© 2022 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.