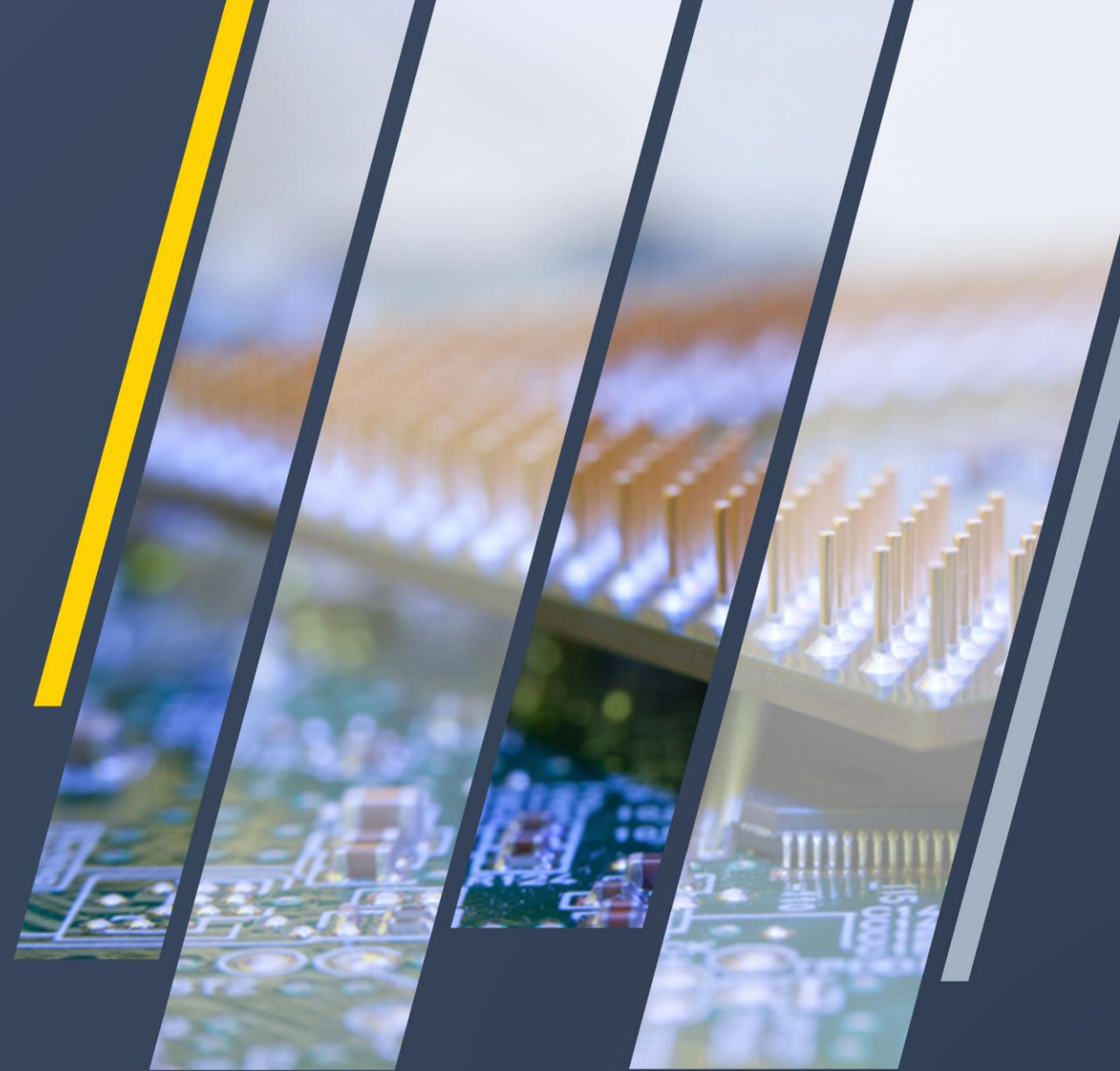


ANSYS[®]

1D-CAE事例紹介

アンシス・ジャパン株式会社



アジェンダ

- ANSYS社のシステムシミュレーション環境
- バッテリーモジュールのシミュレーション事例
- ANSYS社セミナー告知

ANSYS社のシステムシミュレーション環境

ANSYSのミッション

Empower our customers to design and deliver transformational products

...through “**PERVASIVE SIMULATION**”

アイデア化

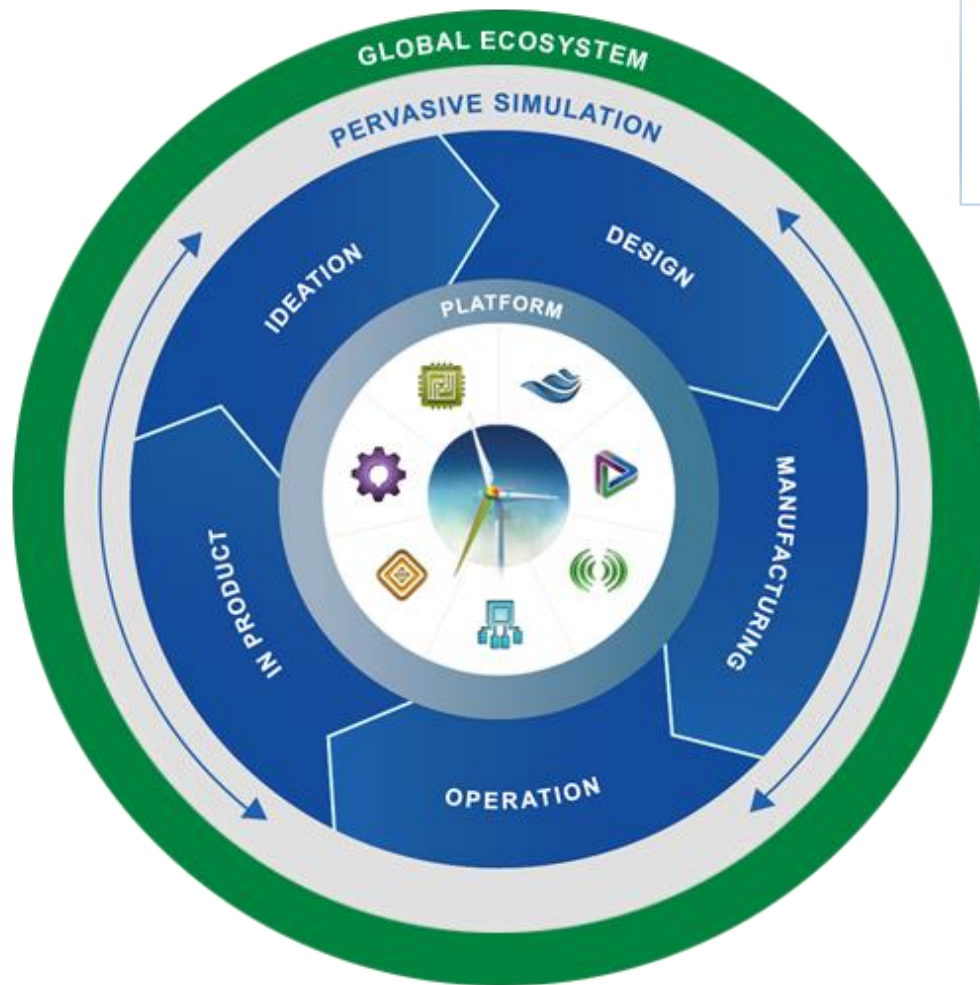


コストの80%は設計フェーズの
早期に固定されている

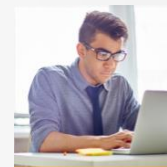
製品化



自動運転車の妥当性確認に
必要な時間を10,000年から
2~3年に短縮



設計



開発期間が1/9に短縮される一方
で品質保証コストは89%削減
される可能性が高い

製造



トポロジー最適化と付加製造
技術を通じて部品重量を25%削減

運用

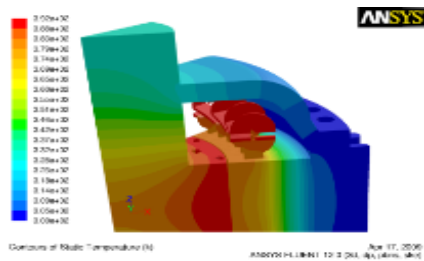


保守コストを10~20%削減し
性能を向上

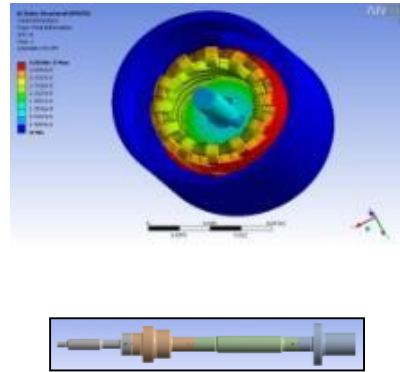
従来のイメージ：ANSYS = 3D解析？

- 様々な物理現象に忠実に高精度な解析を実行

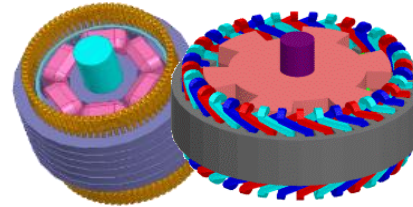
流体解析



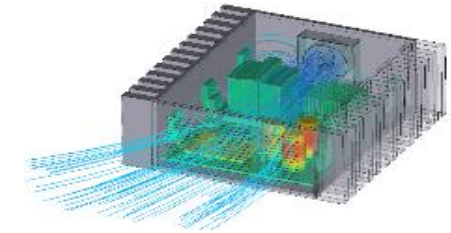
構造解析



電磁界解析



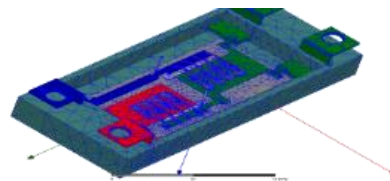
熱流体解析



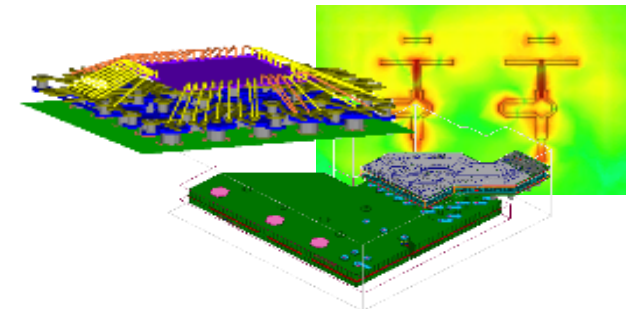
機構解析



EMC解析

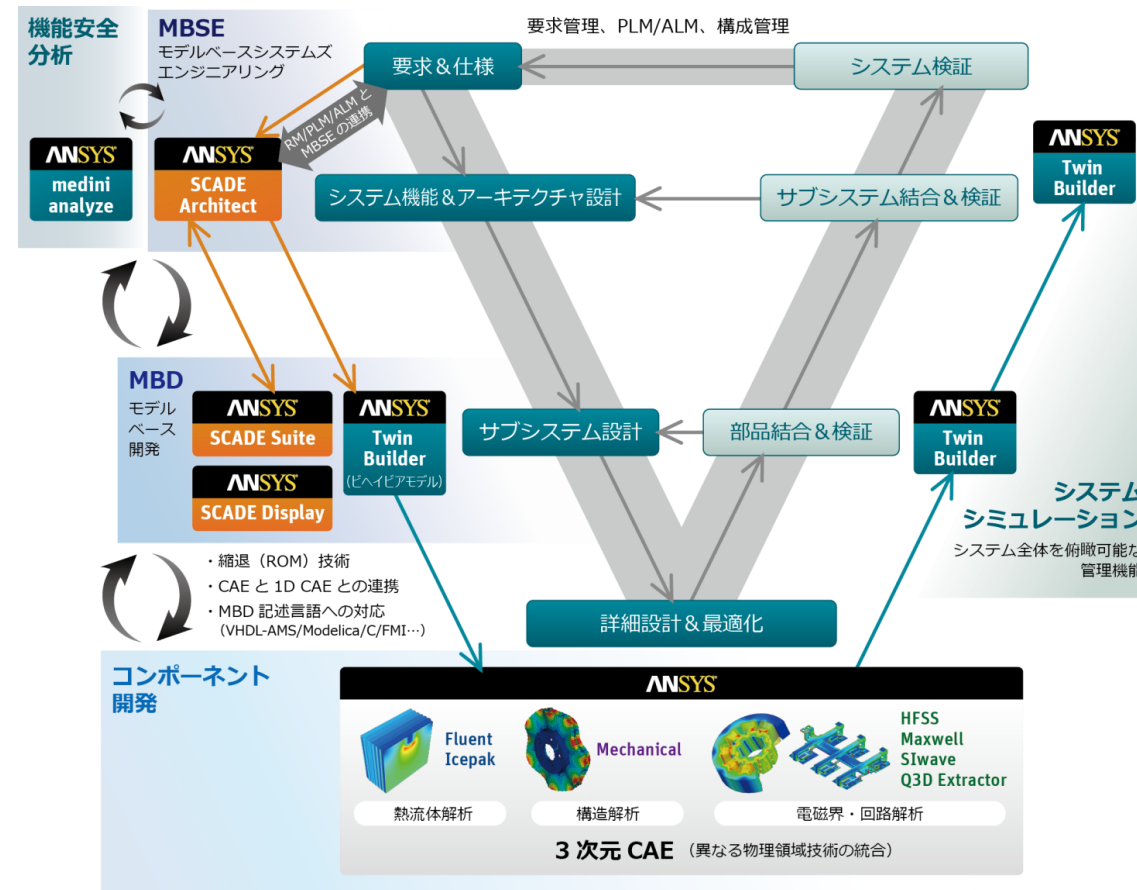


伝送信号品質解析



今、そしてこれから : ANSYS = シミュレーション > 3D解析

- 様々な物理現象に忠実に高精度な解析を実行・・・さらに

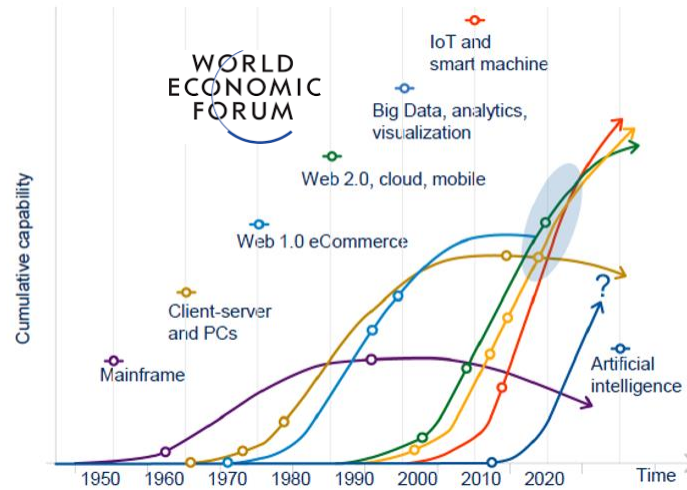


3D解析 (コンポーネントレベル) からシステムシミュレーションまで対応

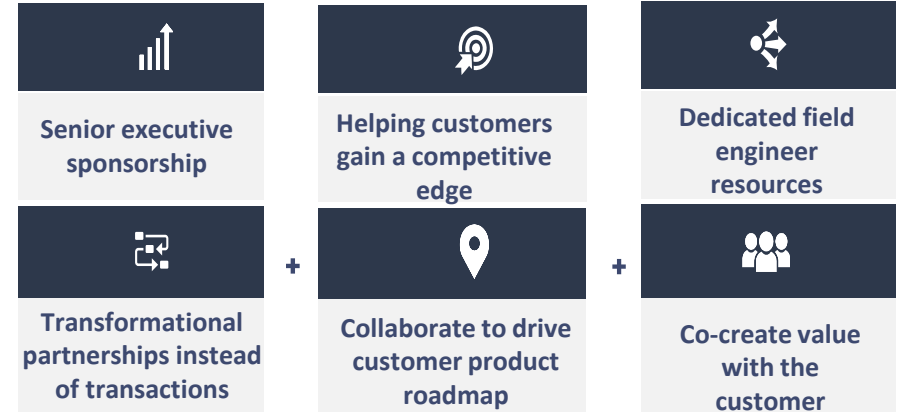
ANSYS: お客様／パートナー様とのコラボレーション

Partnerships to unlock significant Bi-directional value enhancement

Customer Engagement



THE COMBINATORIAL EFFECTS OF TECHNOLOGY ARE ACCELERATING CHANGE

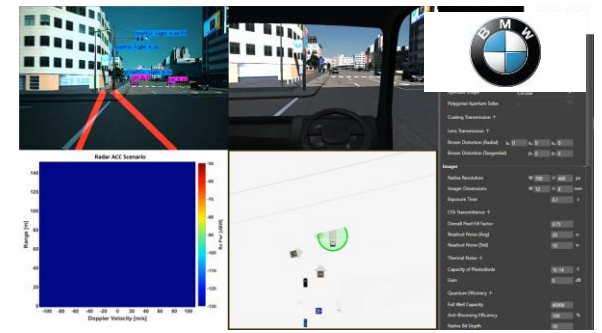


Customer Request Derived

22 Companies
3B\$+ Investments
50 Technology Partners

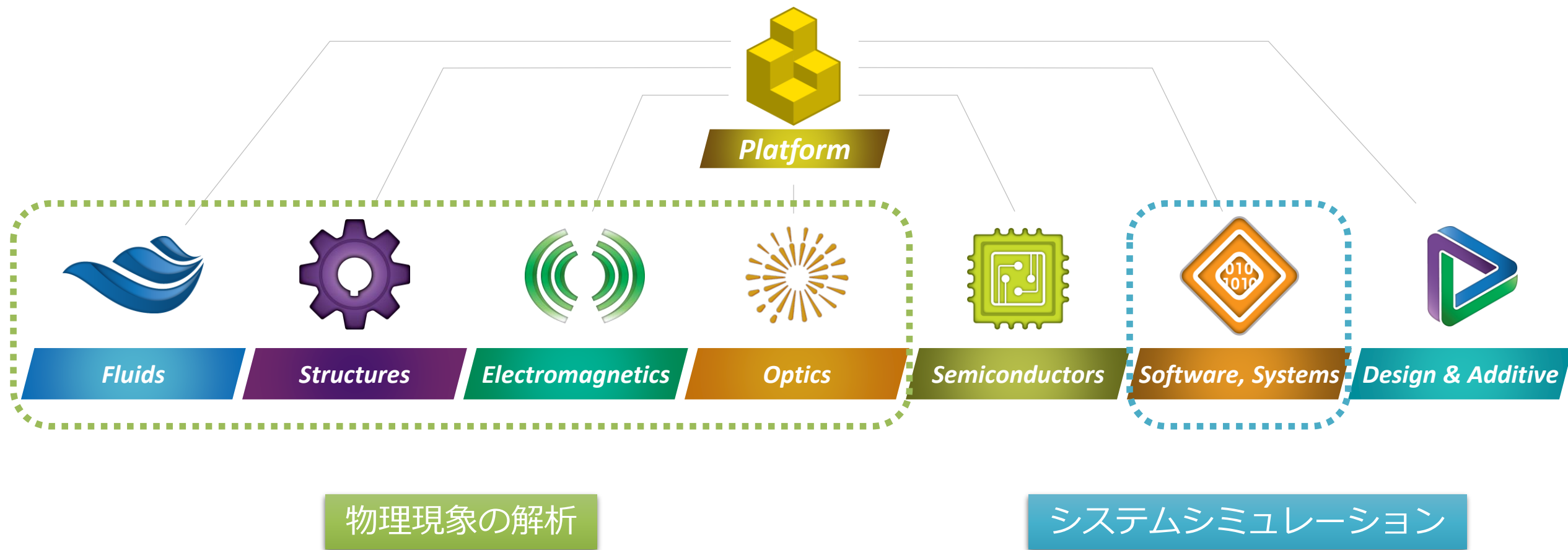


Customer Solutions

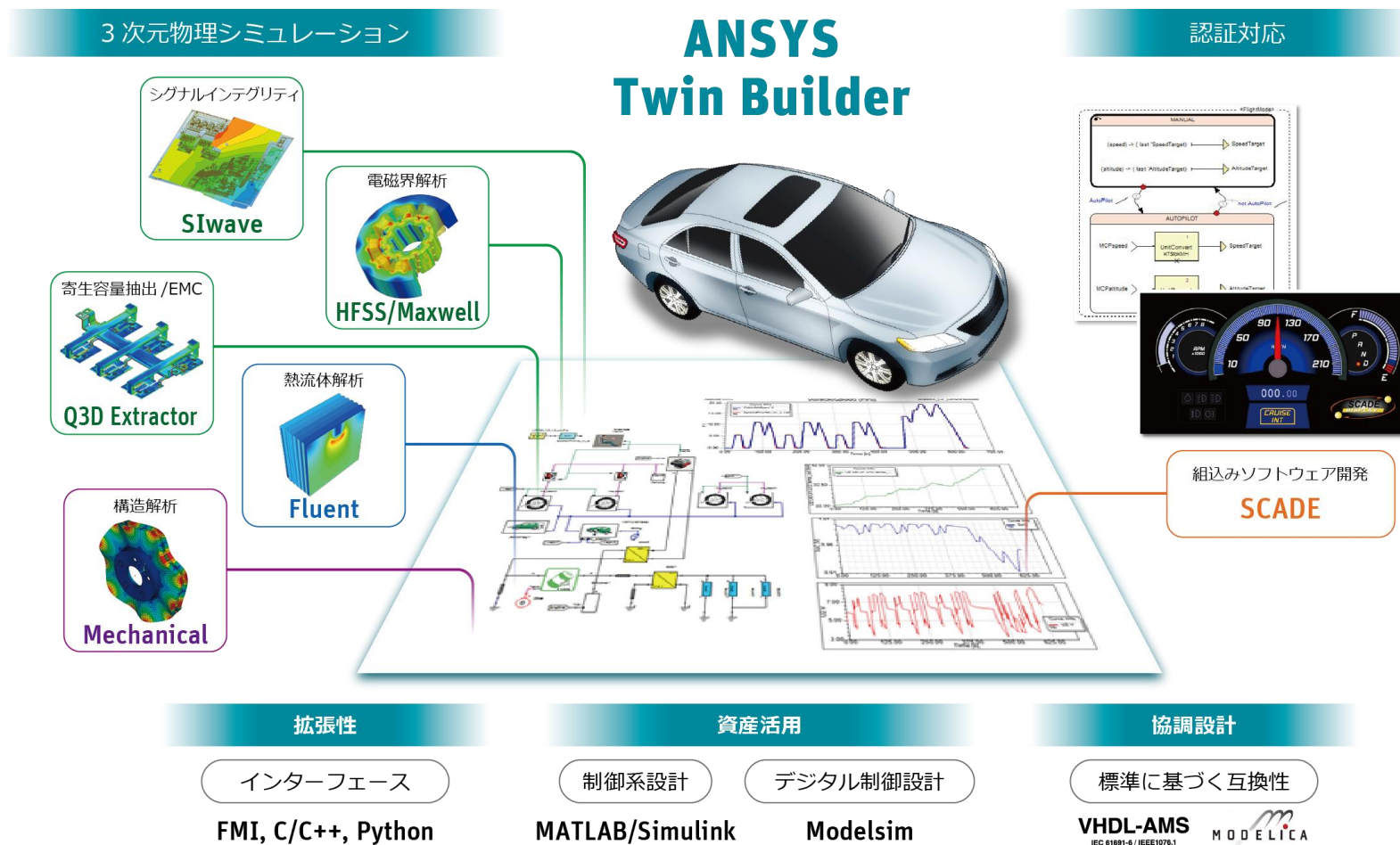


ANSYSの提供するシミュレーション環境

- ・ マルチフィジックス・マルチドメイン対応シミュレーション環境



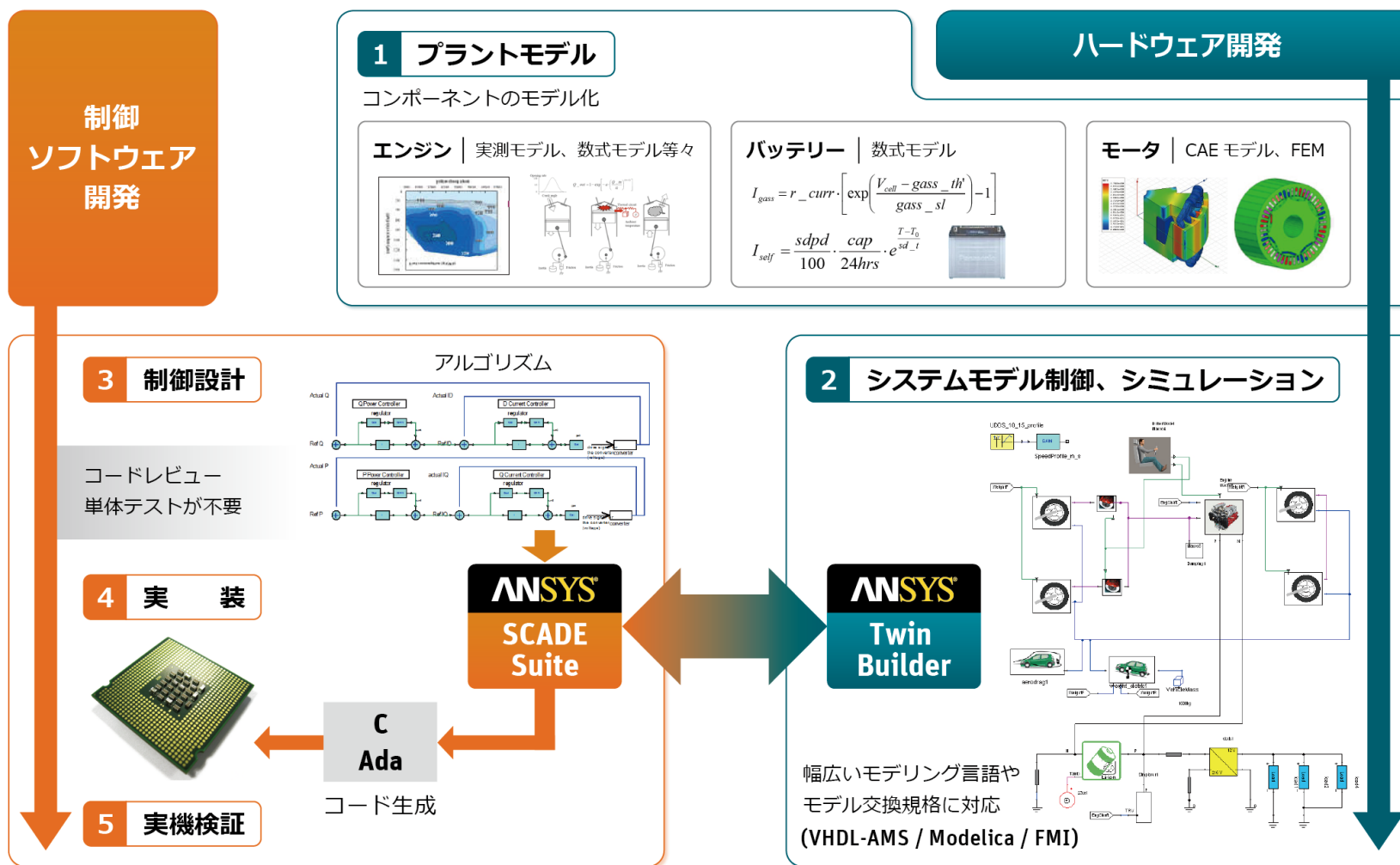
ANSYSが提供するモデルベース開発環境



- 制御/流体/電気・電磁界/構造など様々なANSYS CAEツール群のデータを直接利用可能
- 0次元 (0D) の速度と3次元 (3D) の精度を両立する縮退技術 (ROM) により、高精度かつ高速のシミュレーションを実現

ANSYSの提供するモデルベース開発環境

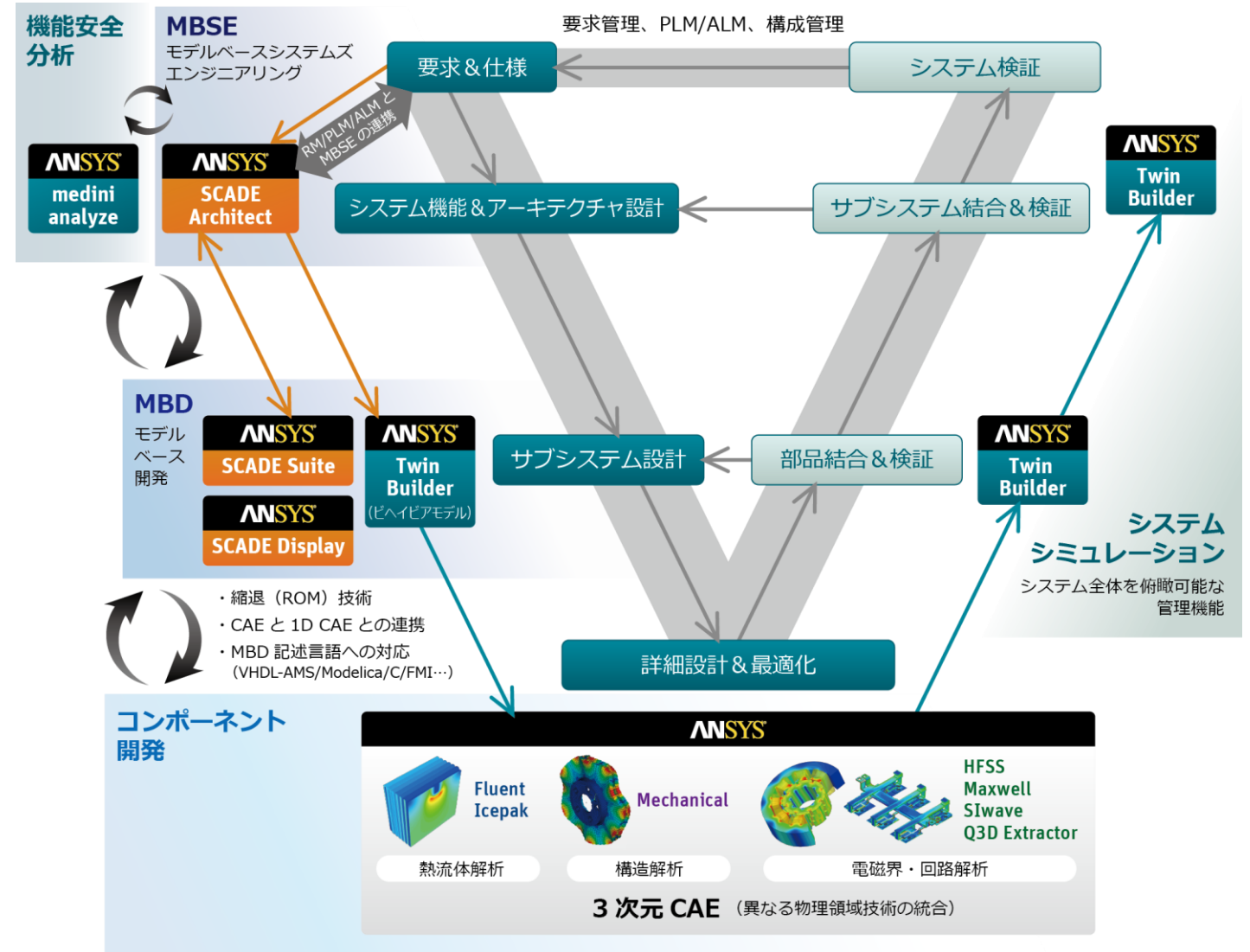
- ソフトウェアとハードウェアの協調&平行開発



ANSYSによるSystem-V開発環境

• 包括的なシステム開発を実現

- 設計～検証（仮想）まで
- システム～コンポーネント
- ハードウェア&ソフトウェア
- 3rdパーティー製品との豊富なI/F



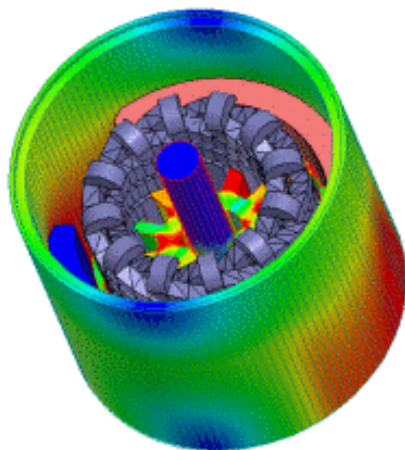
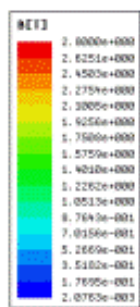
ANSYSの提供するモデルベース開発環境

- モデルベース開発のKey Technology

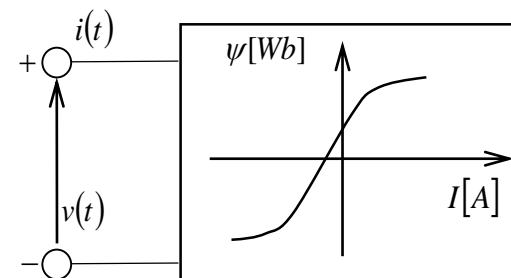
- 縮約技術：ROM (Reduced Order Model)



3次元CAD

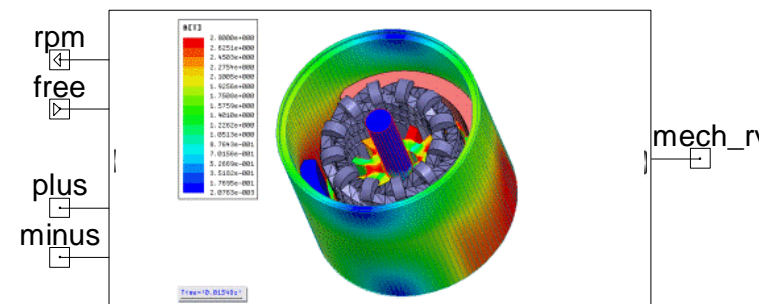


3次元シミュレーション



磁気飽和
直流電流特性

dc_em_hev1



ROM/1Dモデル



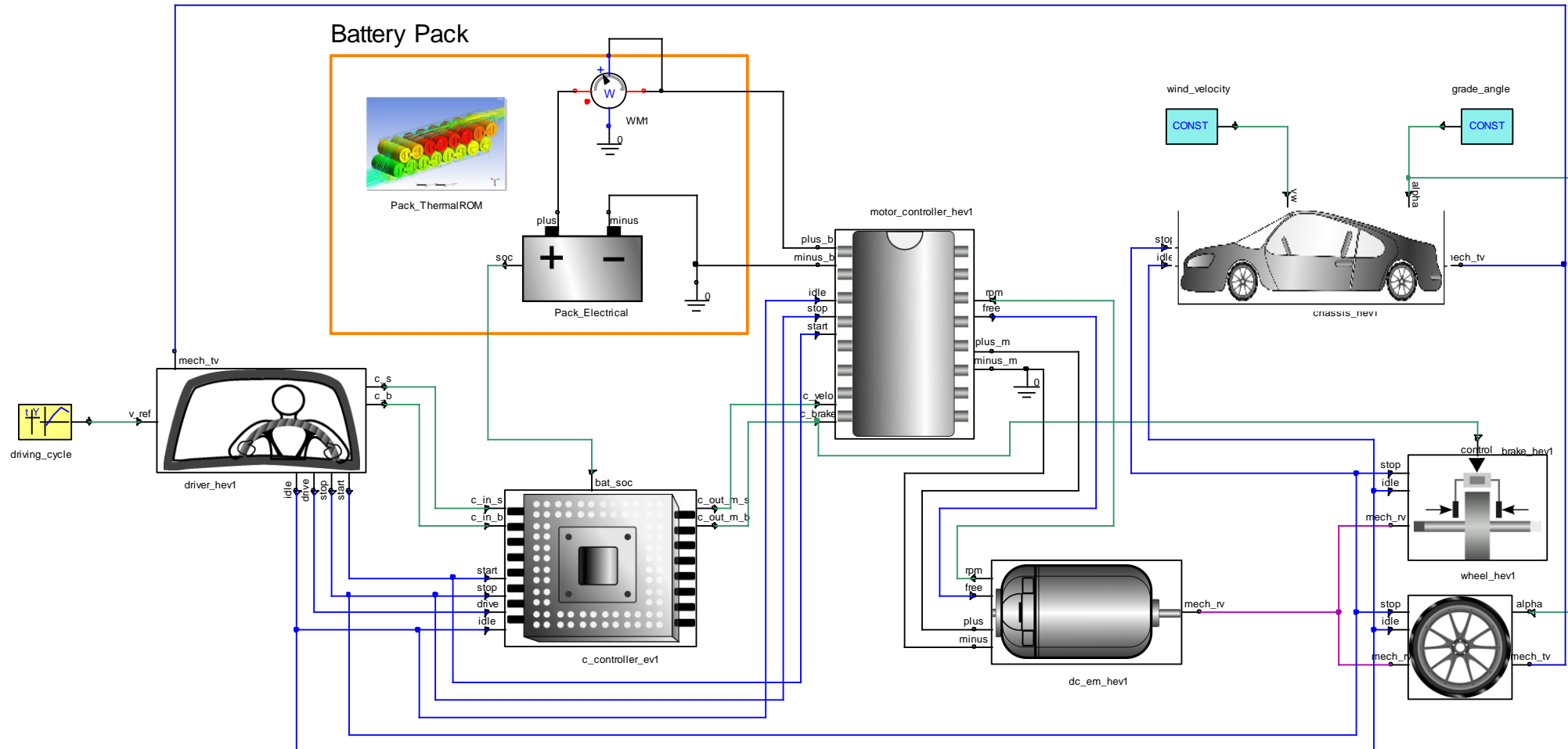
🔗 要求される粒度に応じたモデル生成が可能

バッテリーモジュールのシミュレーション事例

- シミュレーションの概要
- バッテリーセルの物理解析（3D）
- ROM（Reduced Order Model）
- バッテリーモジュールのシミュレーション
- お客様事例（フォルクスワーゲン）

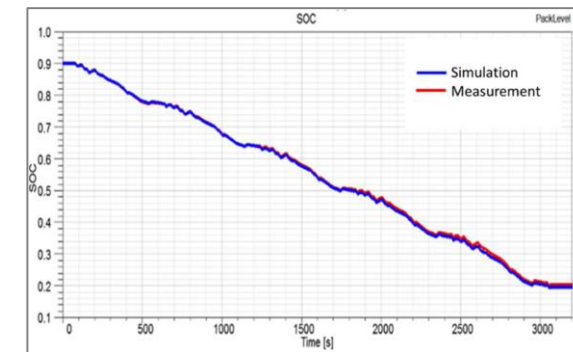
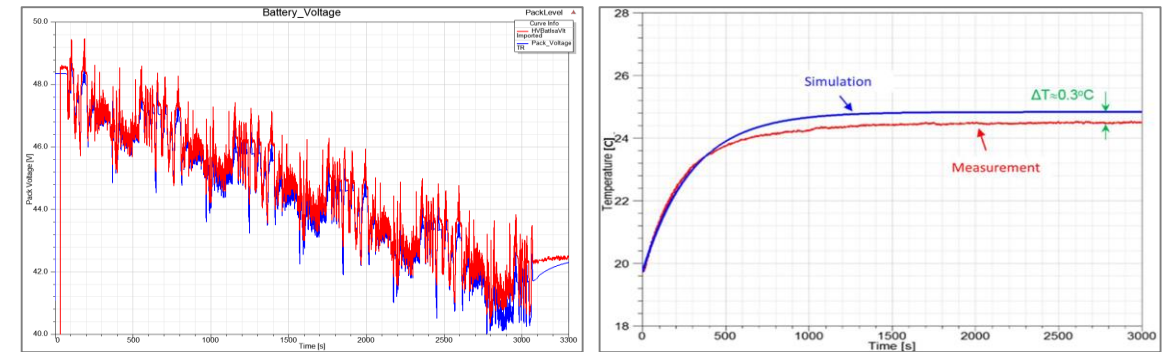
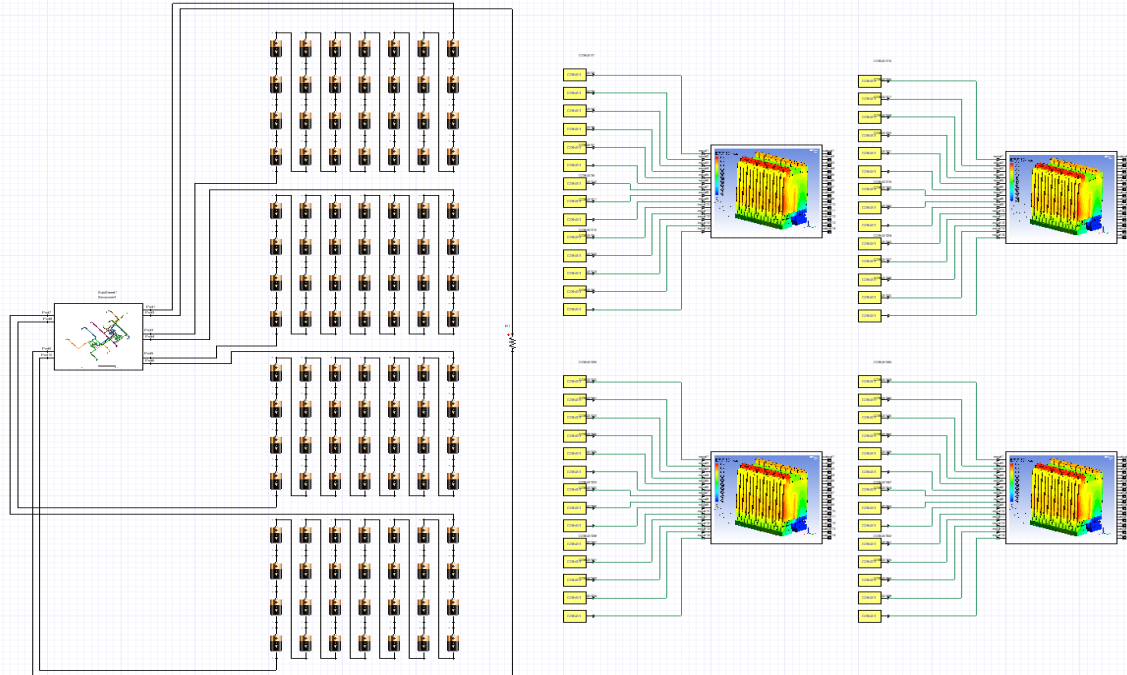
シミュレーションの概要

- EVシステムとバッテリー



シミュレーションの概要

- EVの駆動サイクルに従うリチウムイオンバッテリーモジュールの電圧・充電状態および温度の応答を1D-シミュレーションで検証する

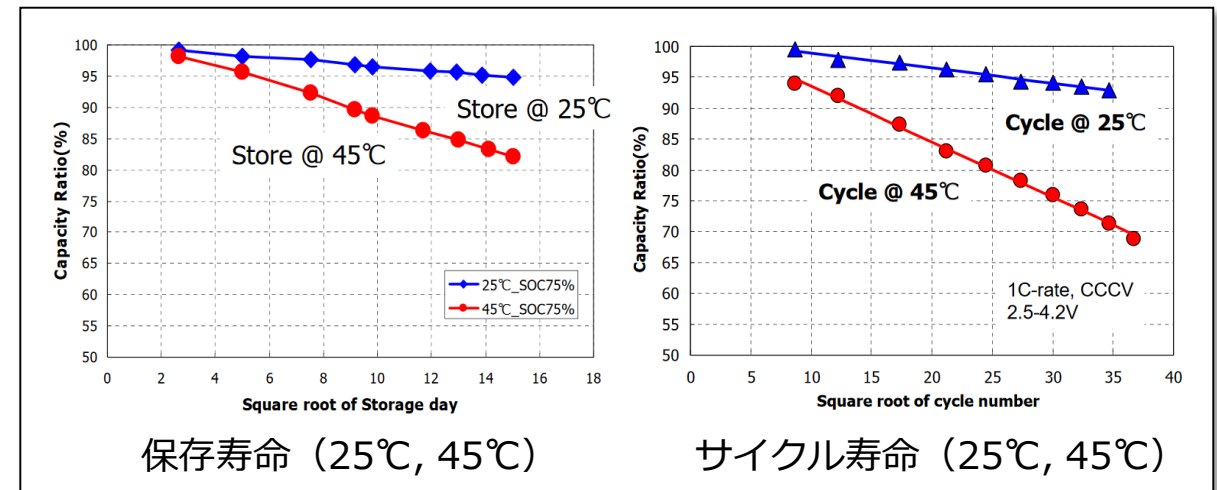
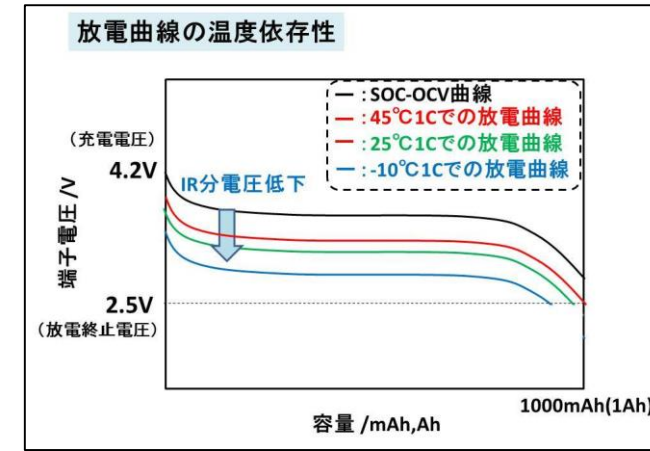


Yen, C., Han, T., Kaushik, S., and Khalighi, B., "Application of CAEBAT System Approach for a Liquid-Cooled Automotive Battery Pack," SAE Technical Paper 2016-01-1205, 2016, doi:10.4271/2016-01-1205.

シミュレーションの概要

リチウムイオンバッテリー使用上の注意点

- 温度管理が必要（適正温度：25℃～45℃）
 - 過剰な高温環境下→熱暴走や発火
 - 高温環境下では劣化しやすい
 - 低温環境では電圧出力が小さい
- サイクル劣化
 - 500回の充電サイクル回数で電池容量が60%程度まで減少
- 安全性の確保
 - 内部短絡による発火事故
 - 過充電・過放電、異物混入、衝撃や変形



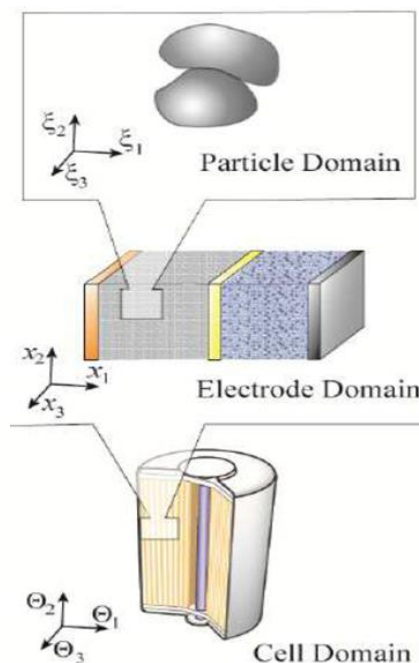
電池の情報サイト(<http://kenkou888.com/category18/entry285.html>)
Liイオン電池の寿命に影響を与える外部要因について(環境省 第4回平成21年度環境対応車普及方策検討会)

バッテリーセルの物理解析 (3D)

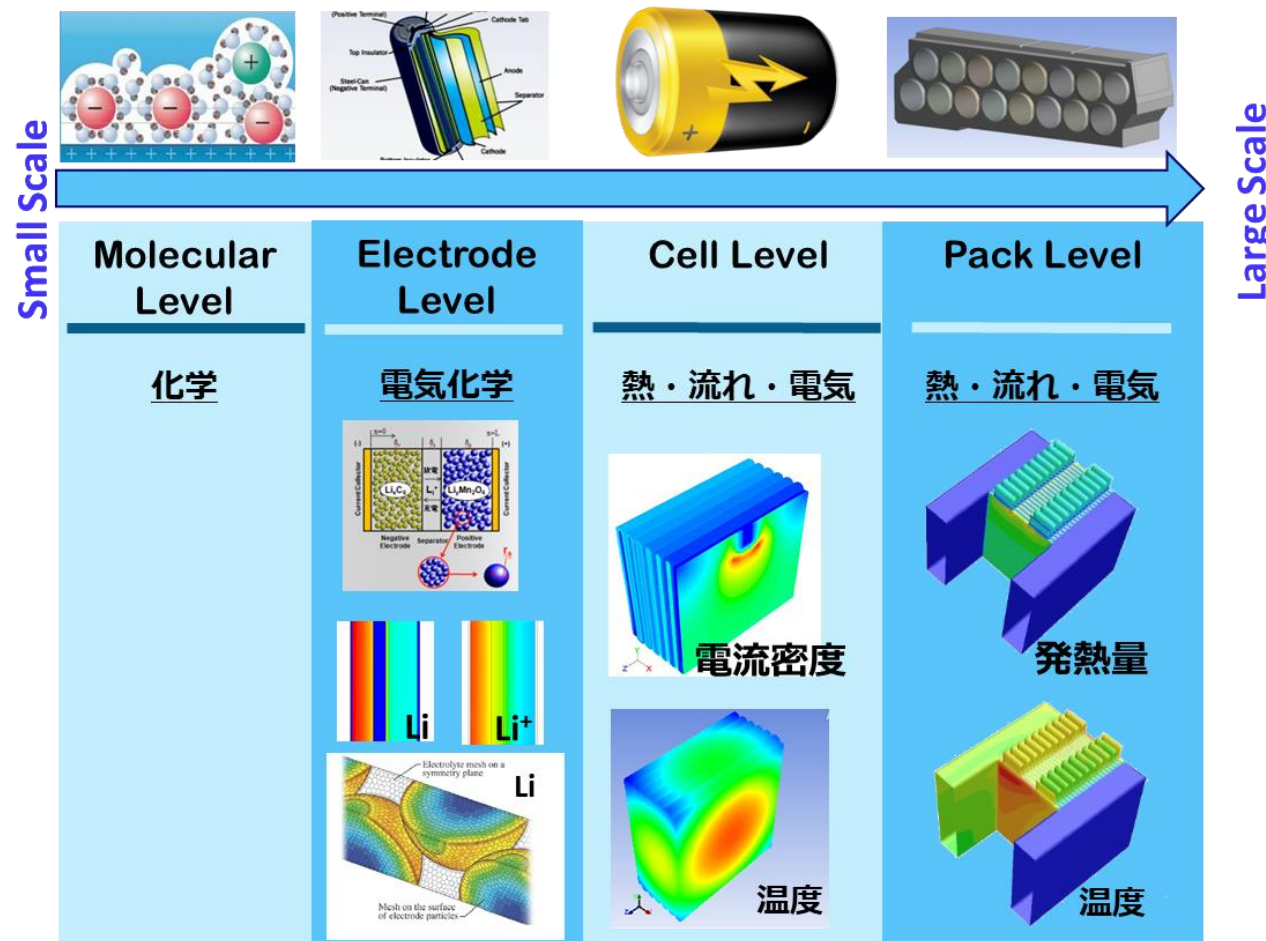


CFD - 流体解析 (3D)

- 熱・流れ・電気・電気化学反応、etc...
- バッテリーに関わる様々な物理現象を表現可能
- MSMD (Multi-Scale Multi-Dimensional) によるアプローチを採用



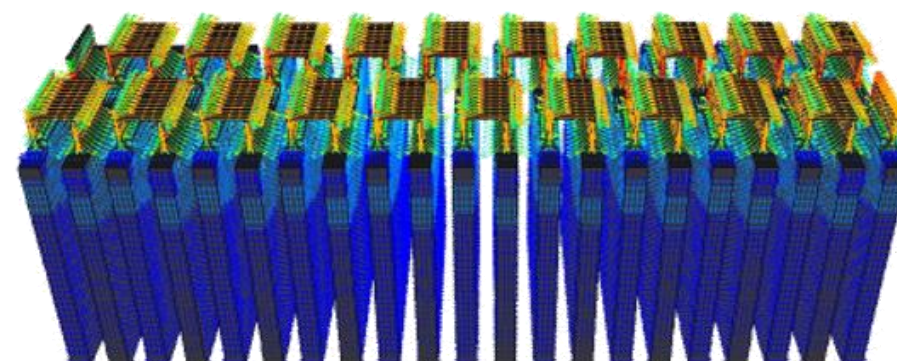
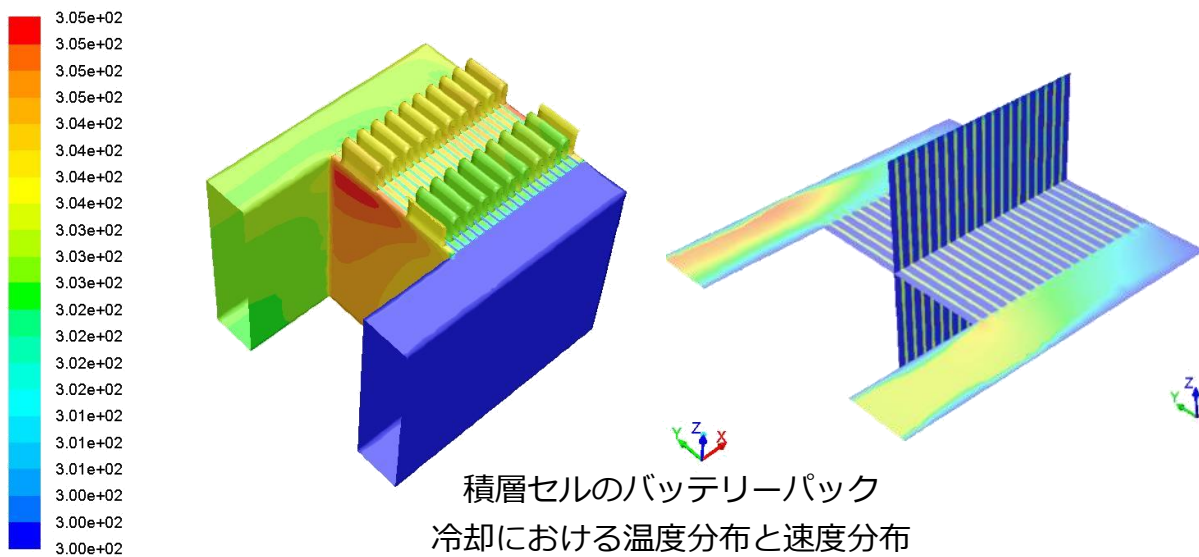
G-H Kim et al, "Multi-Domain Modeling of Lithium-Ion Batteries Encompassing Multi-Physics in Varied length Scales" J. of Electrochemical. Soc. 158 (8) A955-A969 (2011).



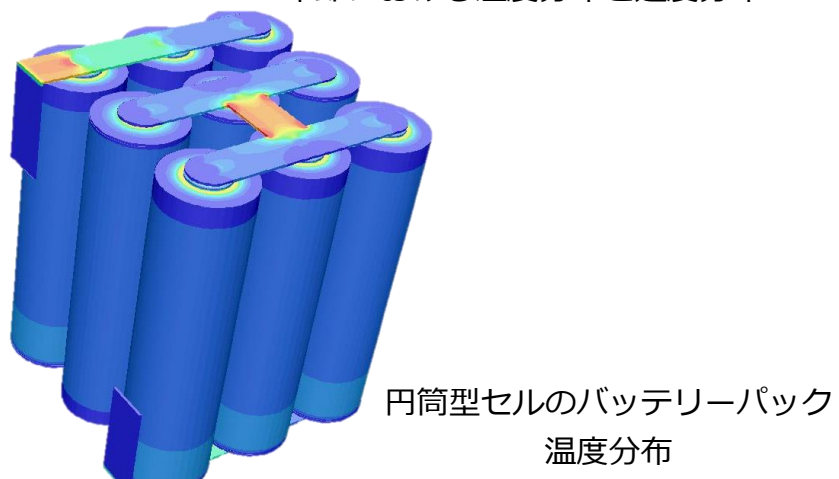
バッテリーセルの物理解析 (3D)



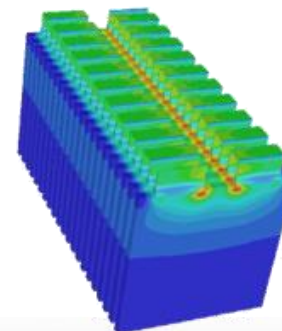
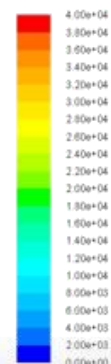
• CFD - 流体解析 (3D)



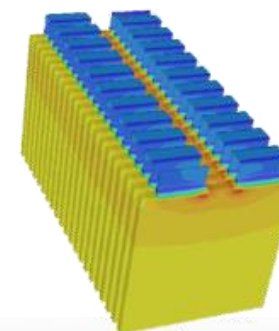
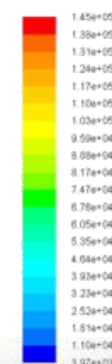
電流ベクトル



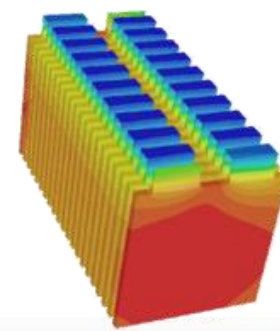
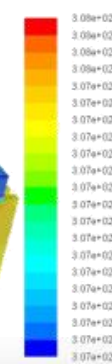
ジュール発熱



総発熱分布



温度分布

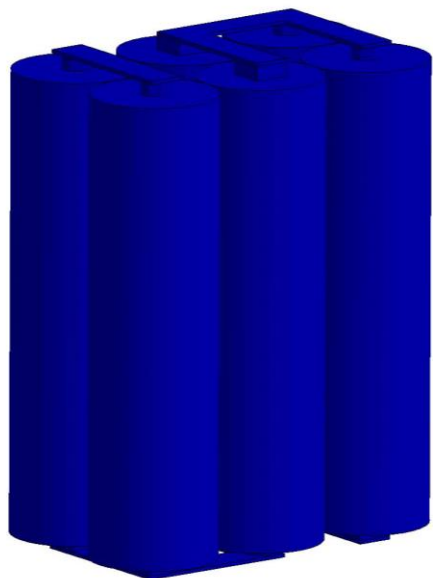


バッテリーセルの物理解析 (3D)



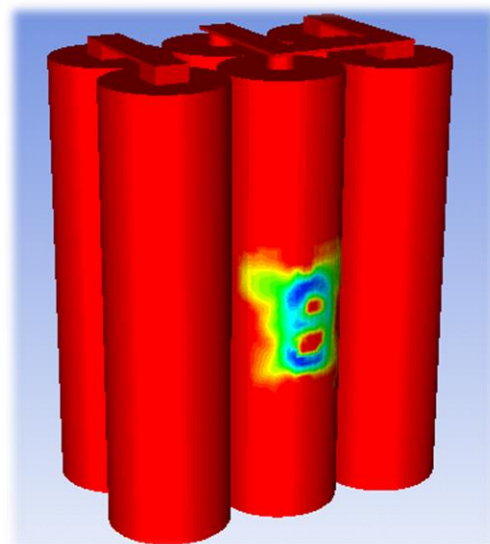
参考) 熱暴走

構造衝撃解析
(LS-DYNA)



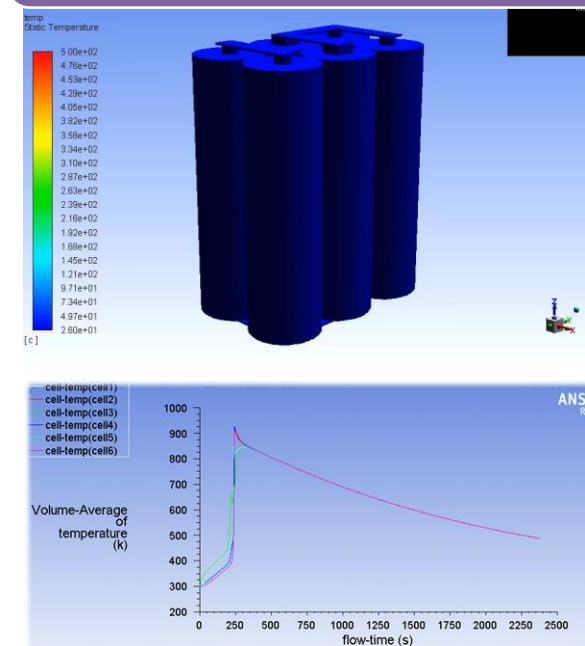
変形

ダメージを受けた領域の
指定 (ANSYS Fluent)



電気抵抗の低下

電気化学-熱解析
(ANSYS Fluent)

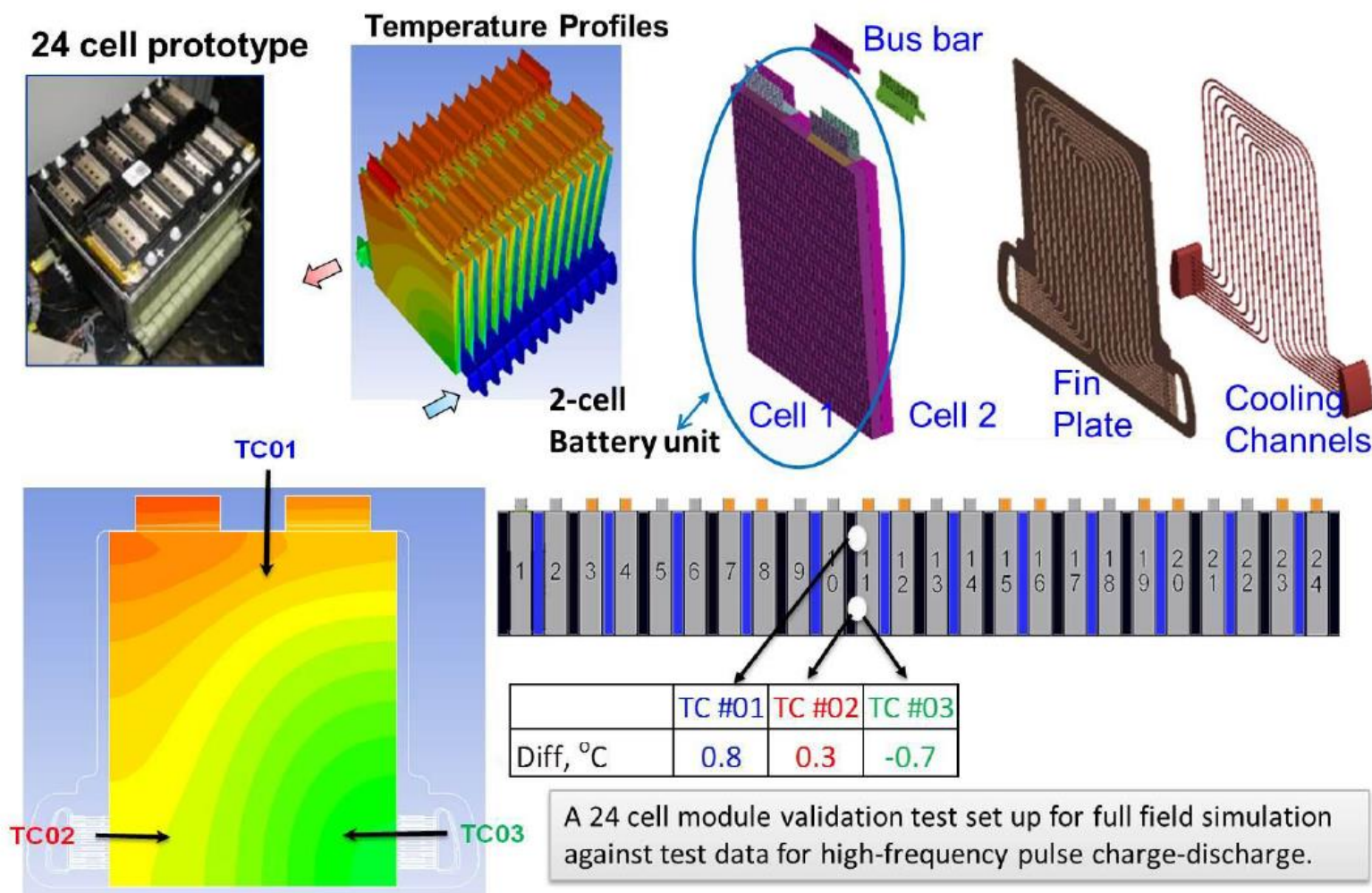


熱暴走

バッテリーセルの物理解析 (3D)



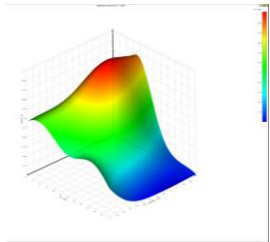
- 24セルモジュールの解析 (実験値との比較)



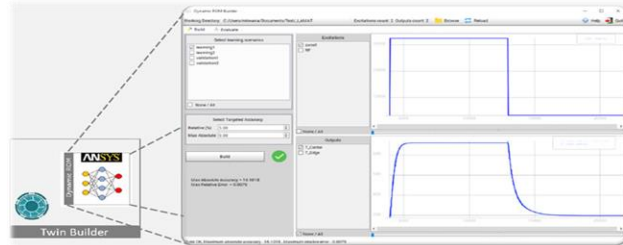
ROM (Reduced Order Model)

• ROMとは？何故ROM？

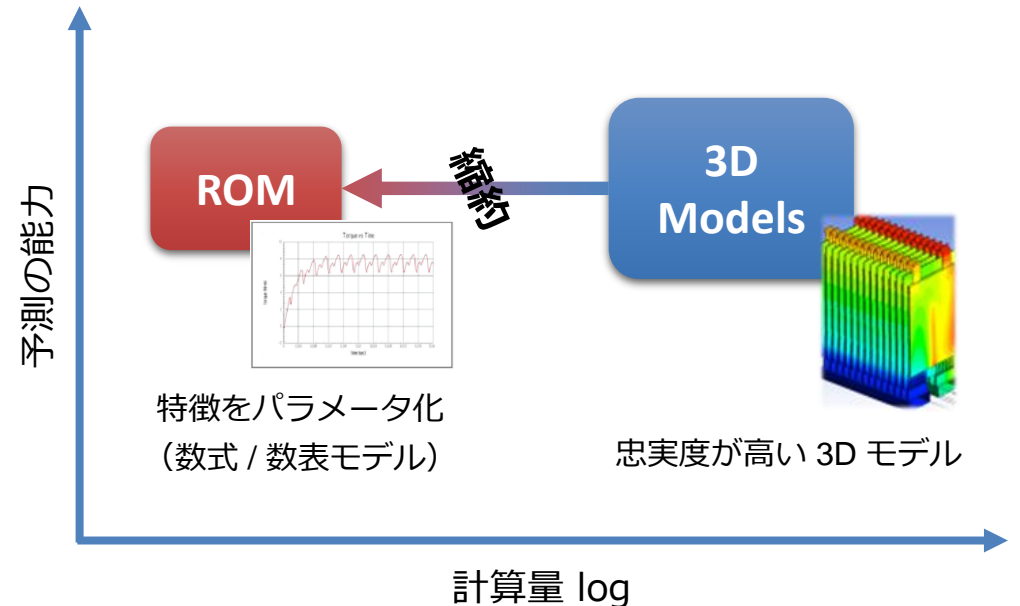
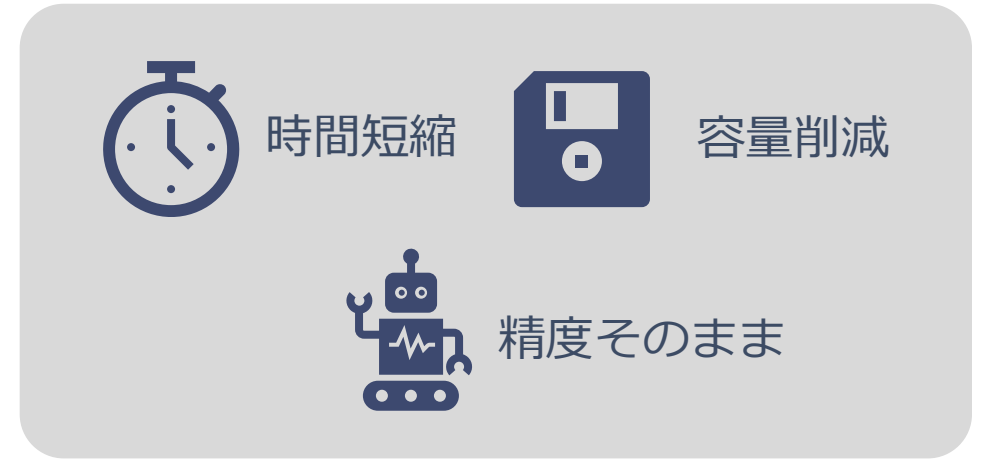
- システムレベル・設計早期における検討
 - シミュレーション時間： 秒単位
 - 内容・精度： 検討内容に応じた物理現象の表現
 - 定常／非定常
 - 線形／非線形
 - 場の情報を含む／含まない



スカラー値からのROM



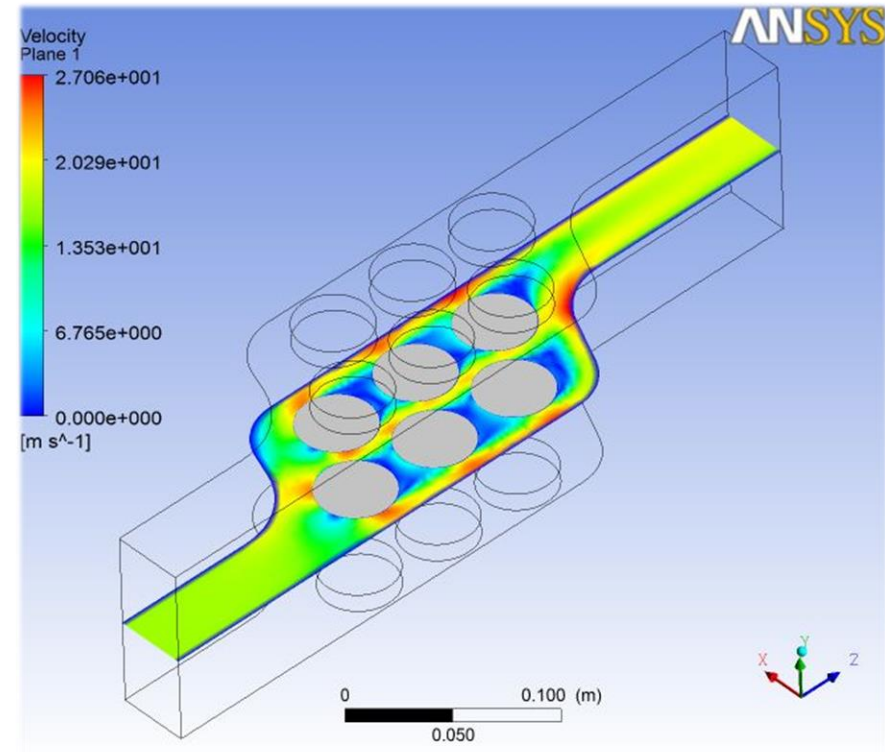
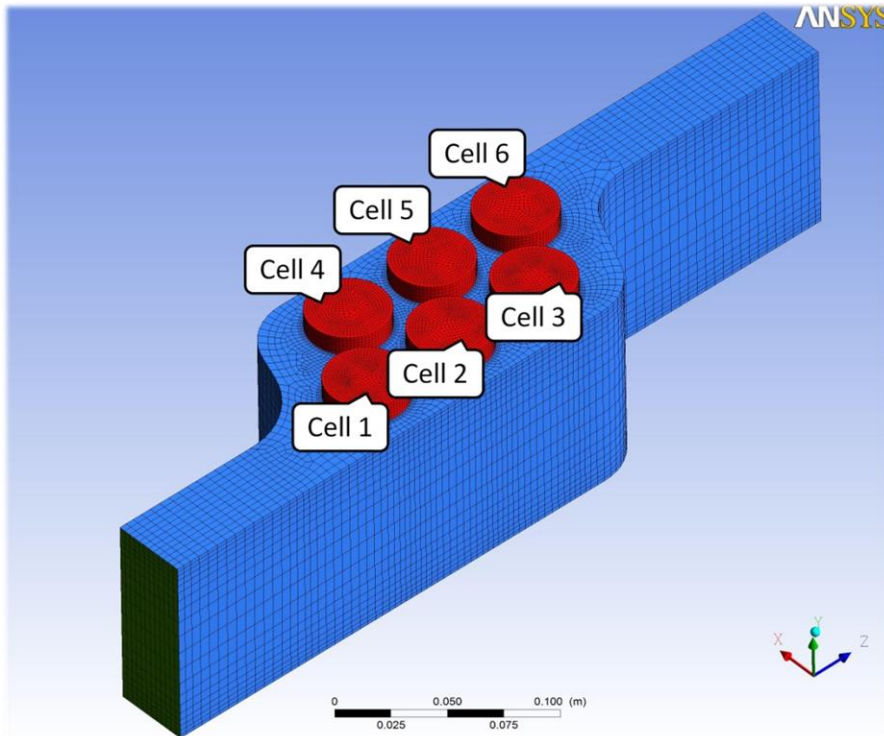
時系列データからのROM



ROM (Reduced Order Model)

- ROM化の事例

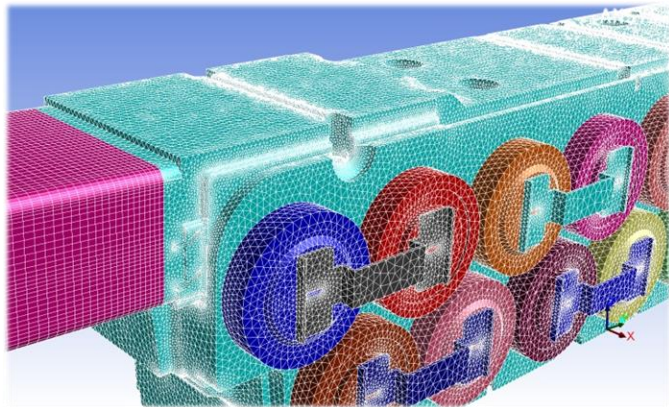
- バッテリー冷却システム (6セルのテストモデル)



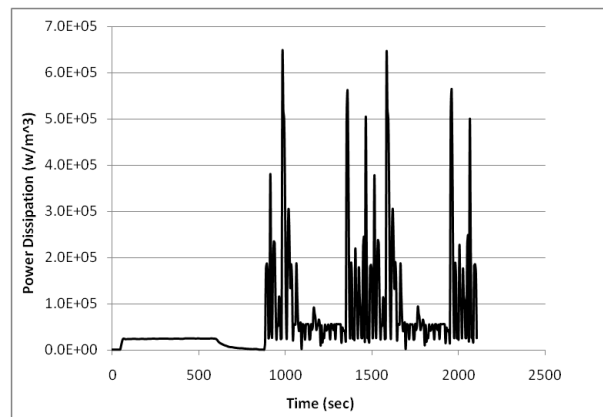
- 入力パラメータ : セルの発熱量
- 出力パラメータ : 各セルの平均温度

ROM (Reduced Order Model)

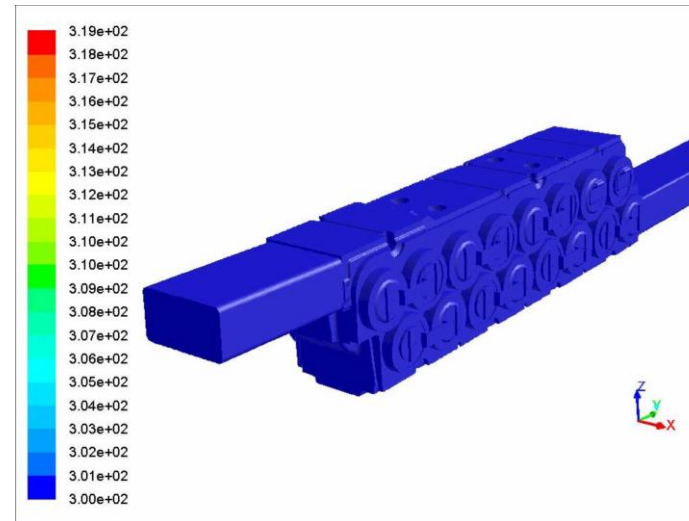
• 物理解析 (3D) とROMの比較



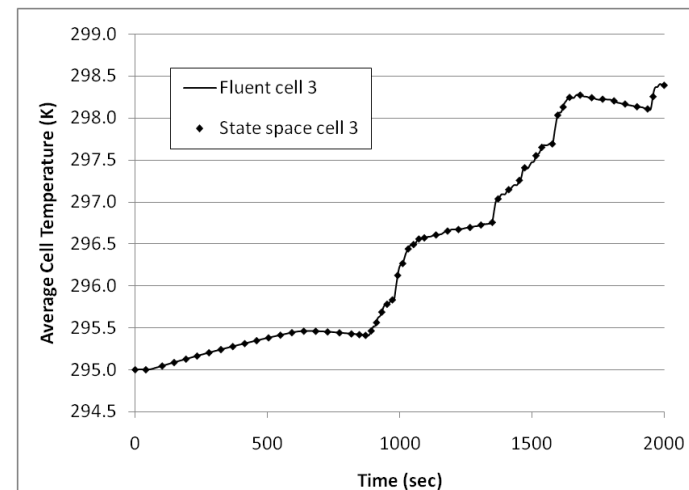
CFD解析モデル



消費電カプロフィール (入力)



CFD (3D)
時間 : 5時間 (6並列)



ROM化して1D-Sim.
時間 : 2秒 !

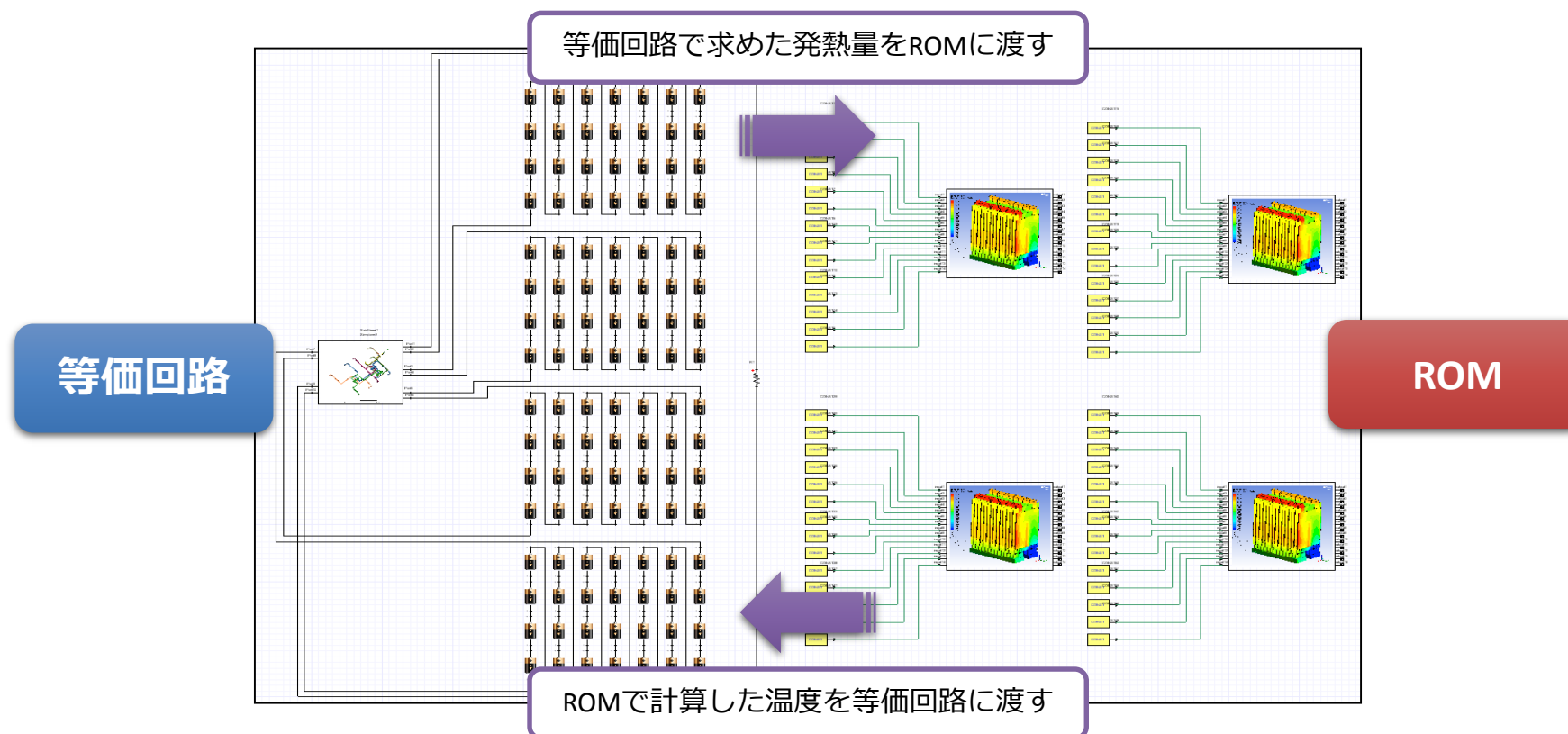
バッテリーモジュールのシミュレーション



システム

• 等価回路とROMによるバッテリーシミュレーション

- CFD解析（3D）結果から熱解析用ROMを生成
- 等価回路モデルにより発熱量を計算して熱解析用ROMに入力

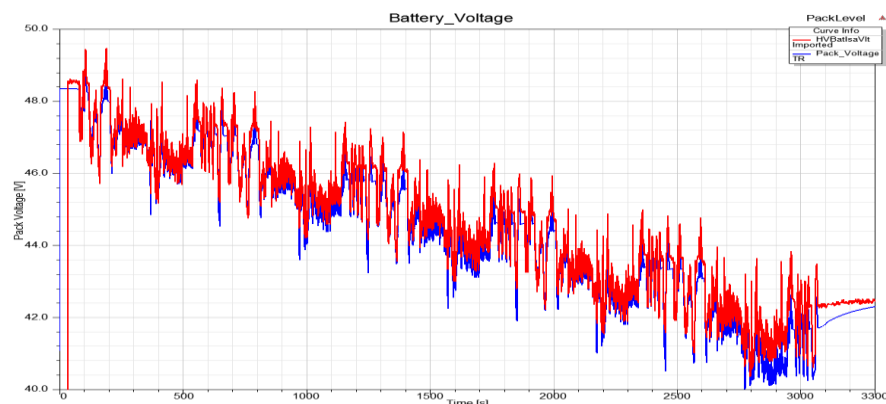


バッテリーモジュールのシミュレーション

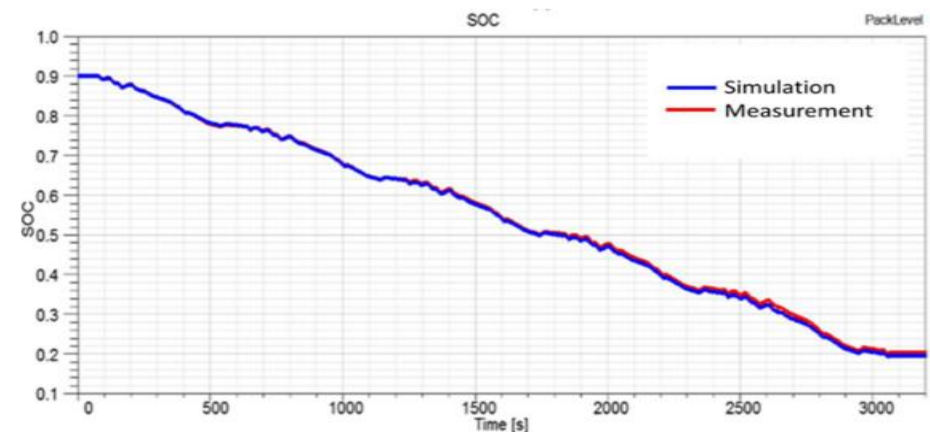


システム

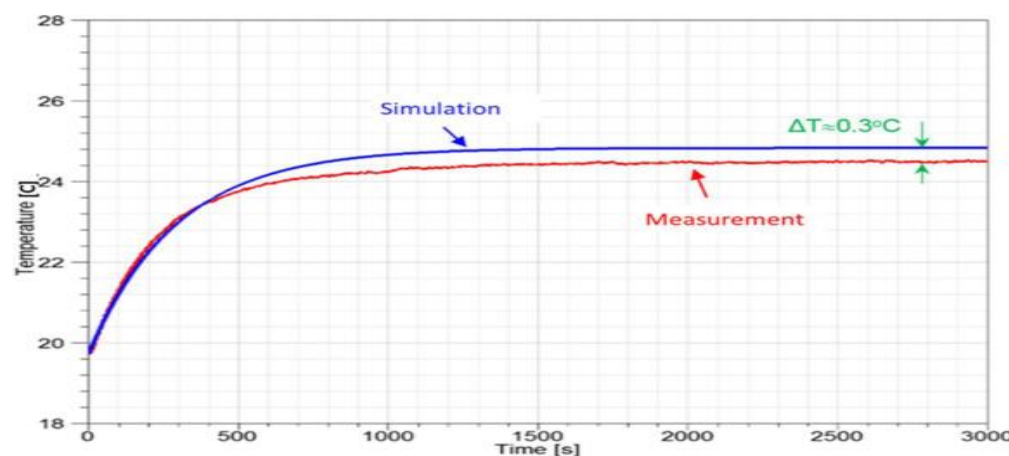
• 精度検証：実験データ vs. 1Dシミュレーション



US06モードを5回連続で運転したときの24セルモジュールの出力電圧



US06モードを5回連続で運転したときのパクの充電状態 (SOC)



パルス電流を印加した時の24セルモジュールのバッテリー温度

Yen, C., Han, T., Kaushik, S., and Khalighi, B., "Application of CAEBAT System Approach for a Liquid-Cooled Automotive Battery Pack," SAE Technical Paper 2016-01-1205, 2016, doi:10.4271/2016-01-1205.

お客様事例（フォルクスワーゲン）

- Pikes Peak ヒルクライムレースカーの事例
 - 完全なEV
 - 7:57.148 min. の新記録を達成！



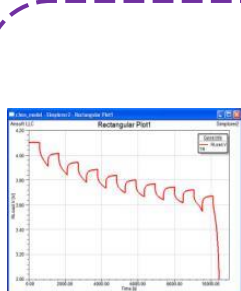
お客様事例（フォルクスワーゲン）



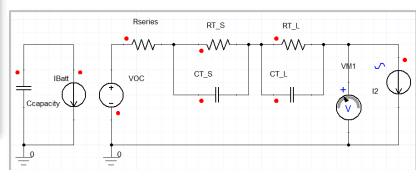
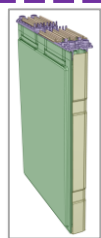
システム

・ バッテリーシミュレーションの手法

ステップ1

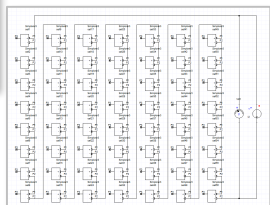
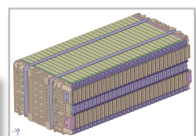


パルス放電



セルの等価回路

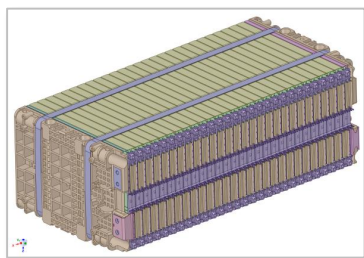
ステップ2



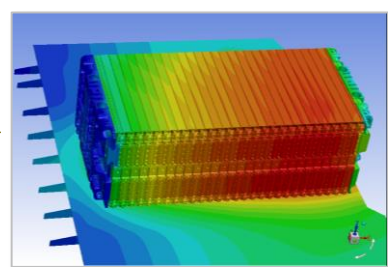
モジュールの等価回路

電気等価回路

ステップ3

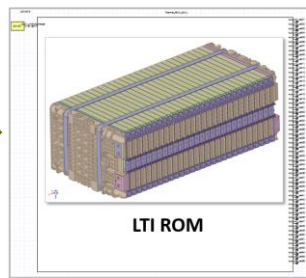


モジュール形状



モジュールの流体解析モデル

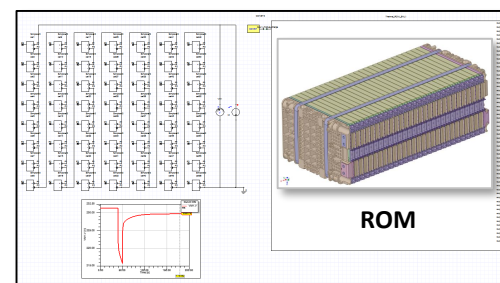
ステップ4



モジュールの熱解析ROM

熱モデル

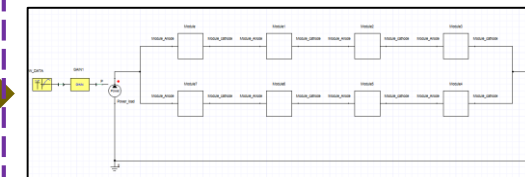
ステップ5



ROM

バッテリー等価回路/熱統合モデル

ステップ6



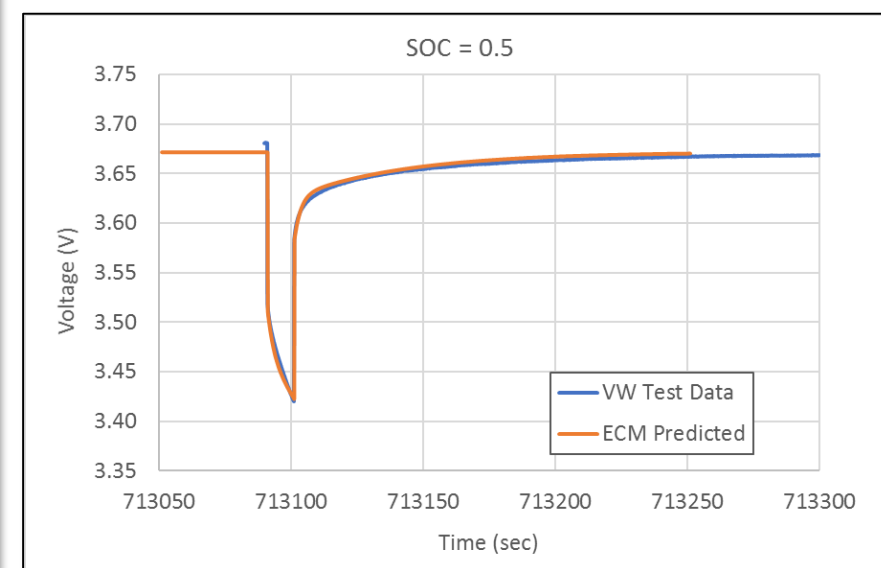
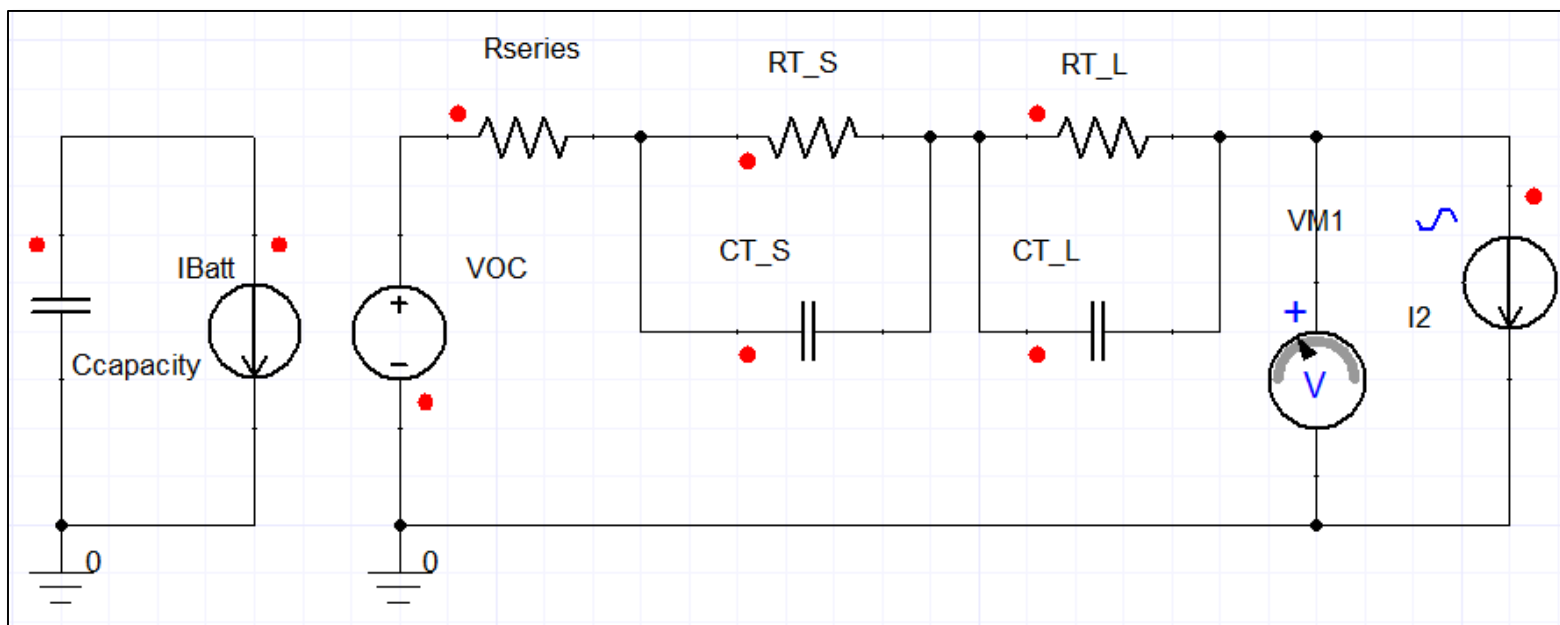
パックモデル

お客様事例（フォルクスワーゲン）



システム

- ステップ1：バッテリーセルの等価回路作成



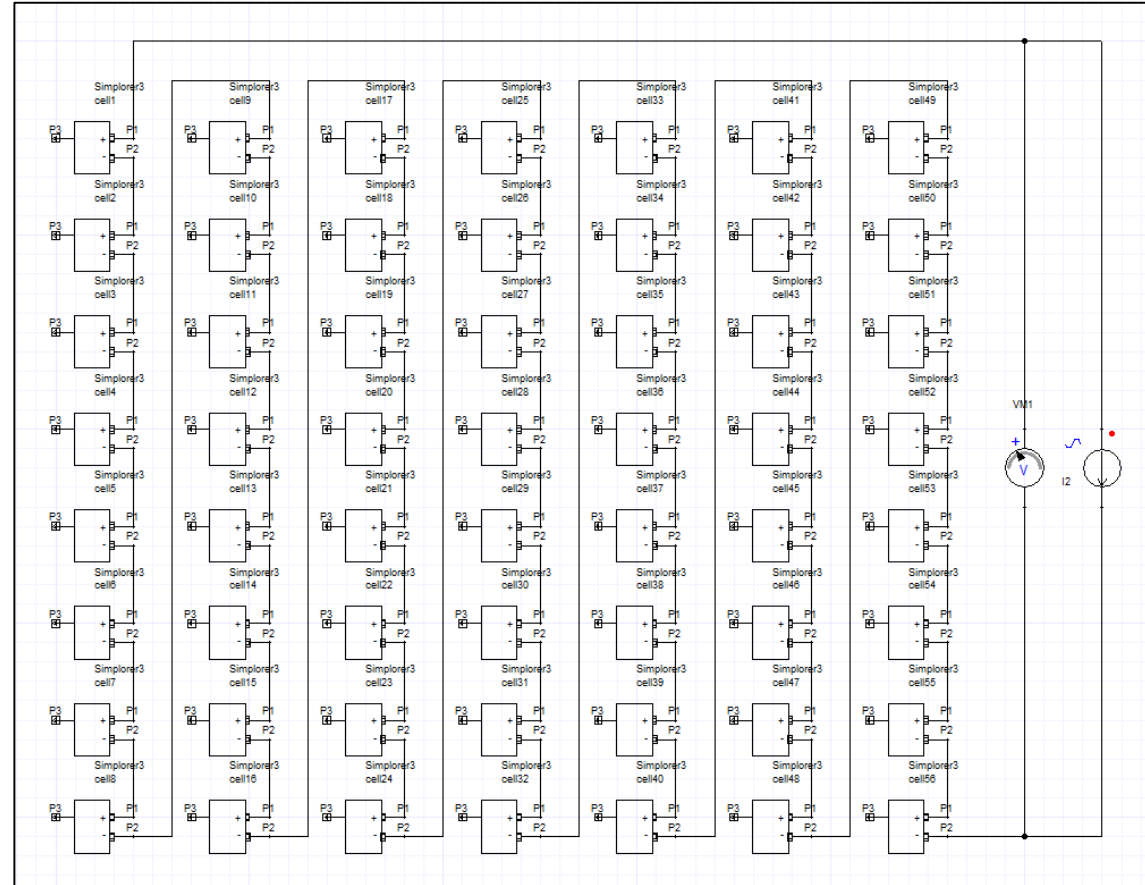
- 実験データをもとに等価回路のパラメータ抽出
 - 緩和時定数のカーブフィッティング
 - フィッティングは各SOC値にて実施

お客様事例（フォルクスワーゲン）



システム

- ステップ2：バッテリーモジュールの等価回路作成

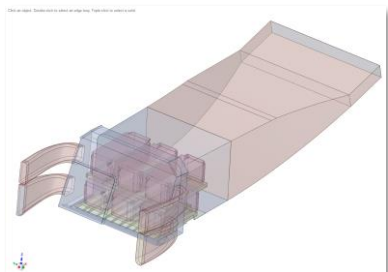


セルを直列に接続

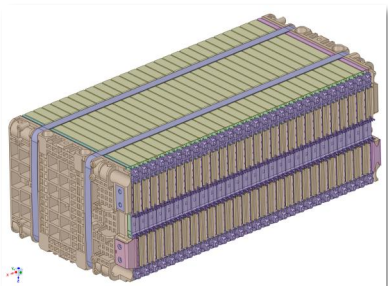
お客様事例（フォルクスワーゲン）



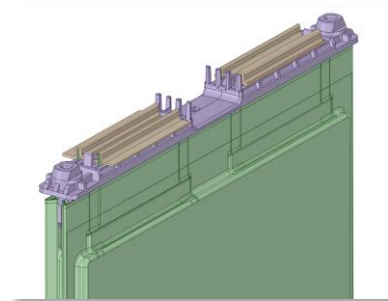
・ ステップ3：バッテリーモジュールのCFD



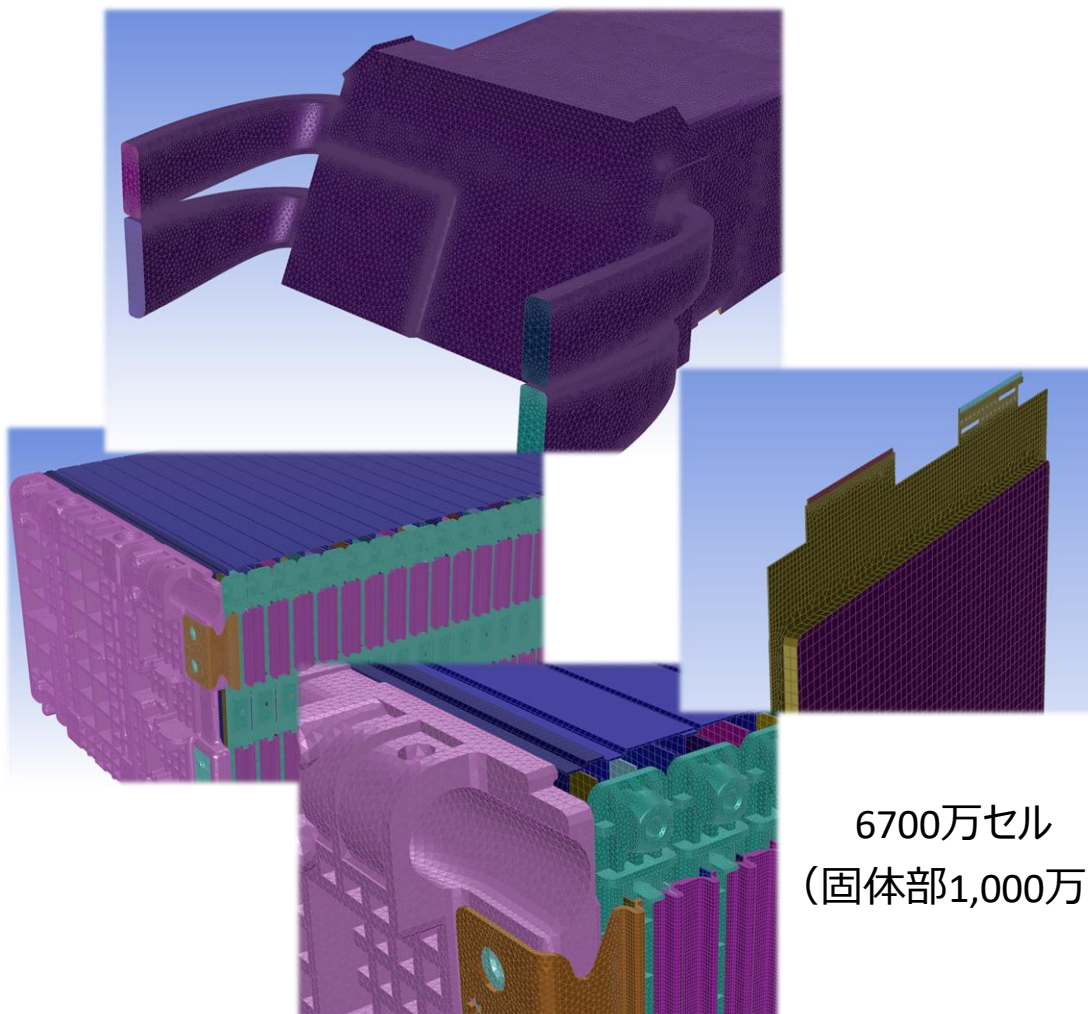
ハウジング



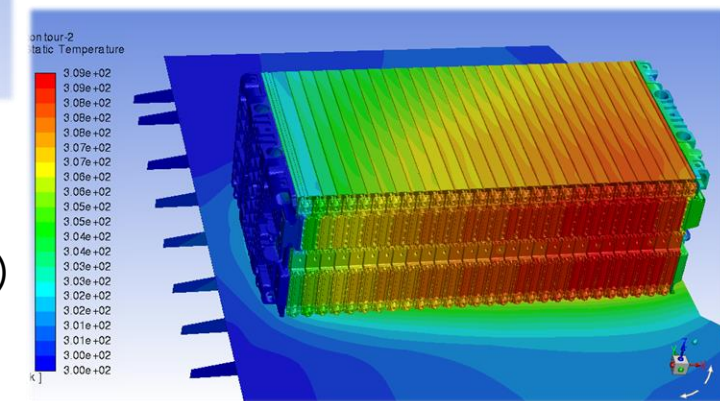
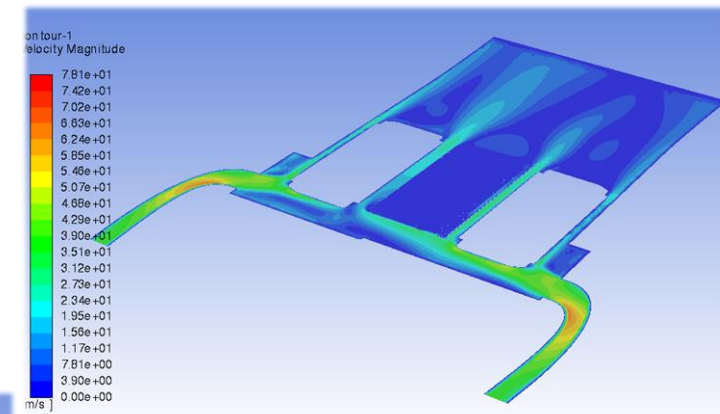
モジュール



セル

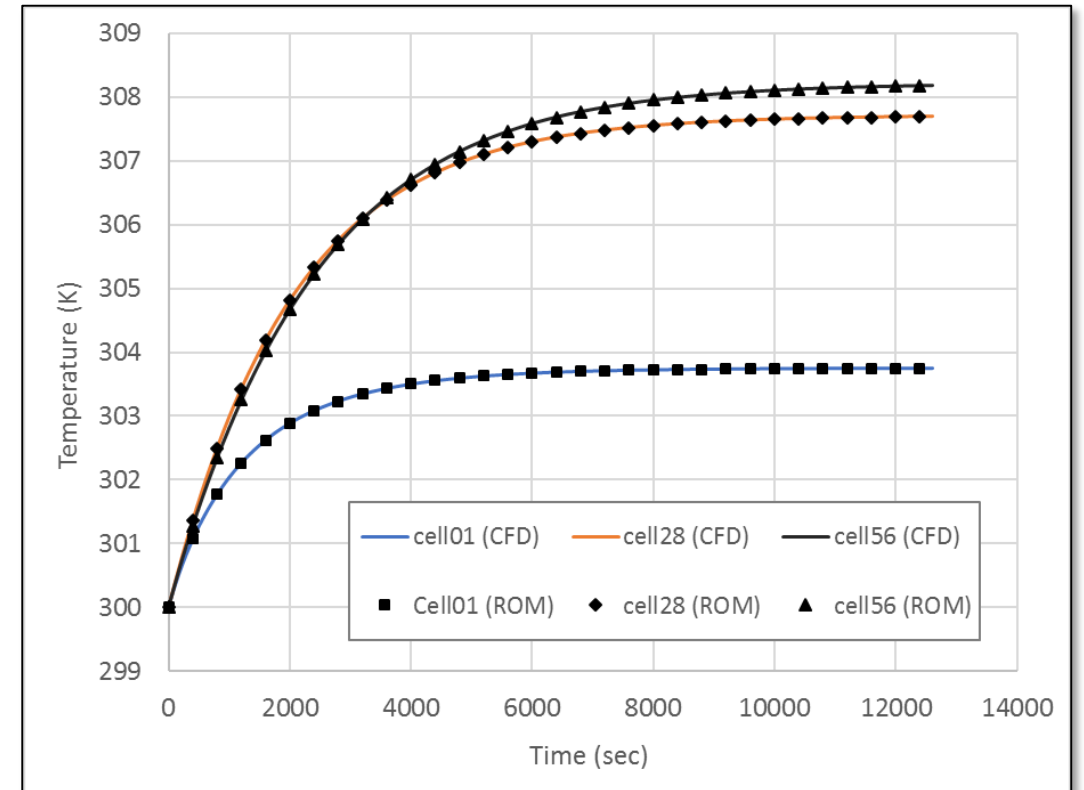
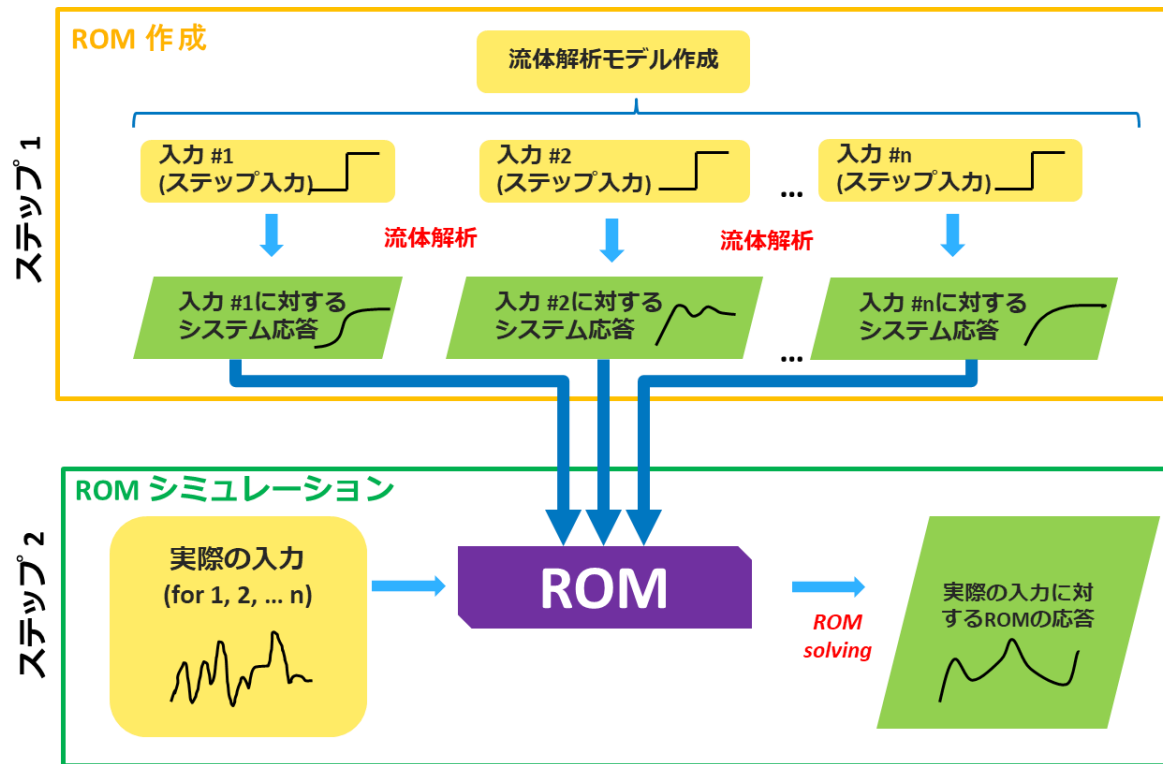


6700万セル
(固体部1,000万)



お客様事例（フォルクスワーゲン）

ステップ4：ROMの生成

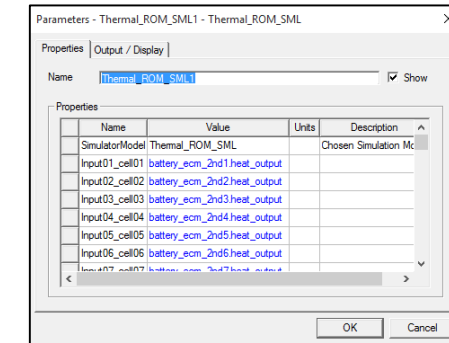
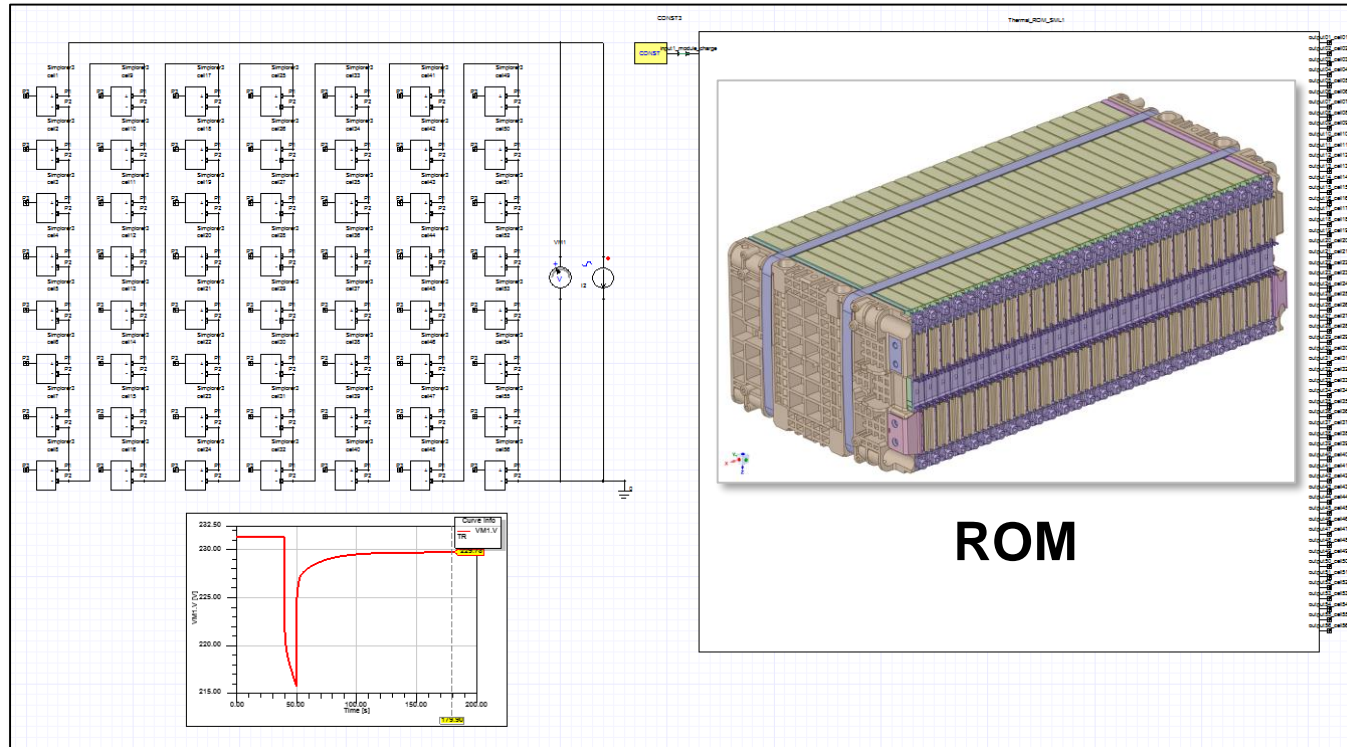


お客様事例（フォルクスワーゲン）

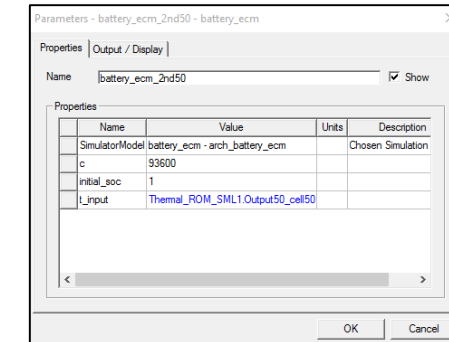


システム

ステップ5：熱解析用ROMとバッテリー等価回路の連成



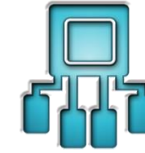
発熱量：等価回路→ROM



温度：ROM→等価回路

- セルを直列につないでモジュール等価回路を作成
- 等価回路はROMの熱モデルと双方向連成

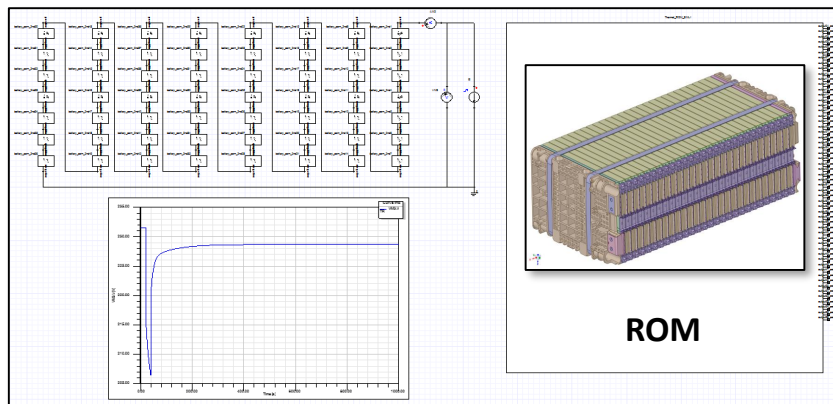
お客様事例（フォルクスワーゲン）



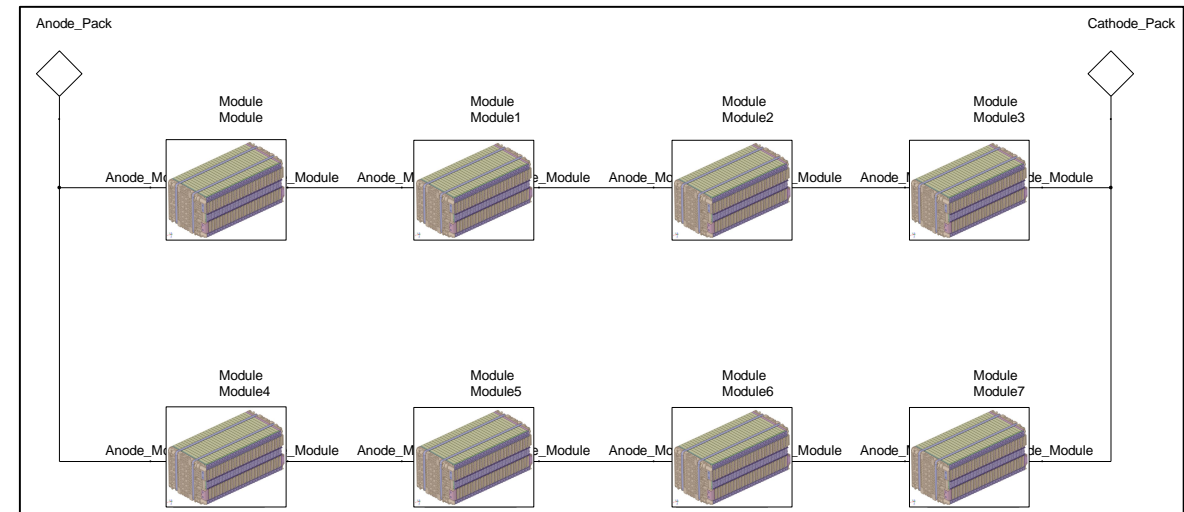
システム

ステップ6：フルバッテリーパックモデルの作成

モジュール単体



パックモデル（2P4S）



- モジュールモデルを2並列4直列に接続してバッテリーパックモデルを作成
 - モジュールとセルのパワーバランス
 - バッテリーシステムの充電時の温度上昇を予測

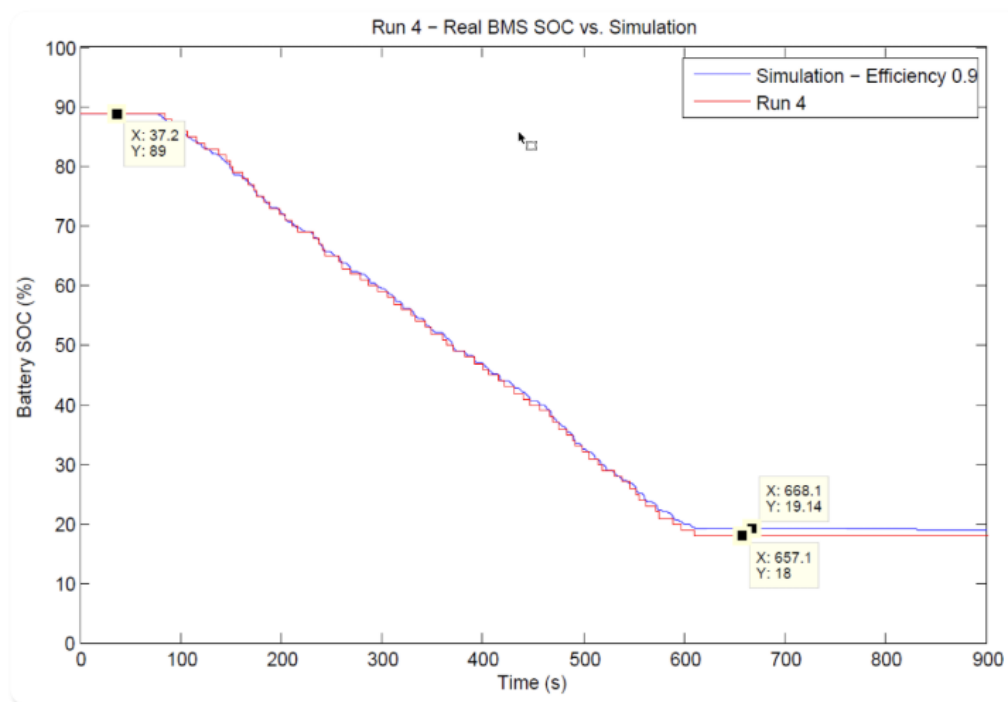
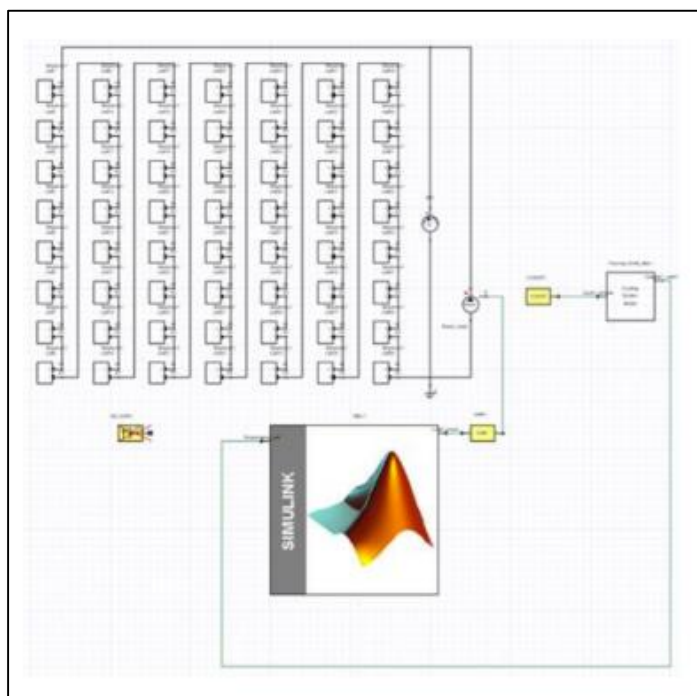
結論：事前に80%、直前に20%充電すればよい

お客様事例（フォルクスワーゲン）



システム

- Pikes Peak 実走テスト（実測との比較）
 - フォルクスワーゲンではFMUを使ってSimulinkに出力



シミュレーションとテスト間の差異は1.1%

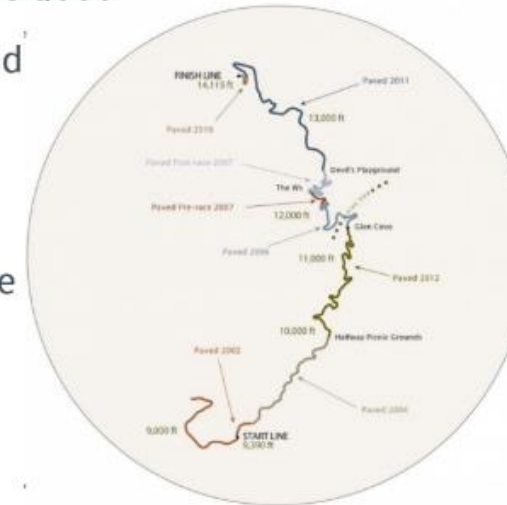
お客様事例（フォルクスワーゲン）



システム

Summary

- Overall correlation between simulation and measurements is good
- Resulting trends of parameter variations are considered valid
- Quite complex simulation approach necessary
- baseline measurements needed
- Coupling of different simulation tools typically not avoidable



Thanks to simulation:



ANSYS社セミナー告知

Chip to System Success

- **日時：** 2019年9月18日（水） 13:00～16:50
- **会場：** 新宿住友スカイルーム Room1
- **プログラム：**
 - エレクトロニクス製品開発を取り巻く環境とアンシスソリューション
 - 新ポートフォリオ紹介：Sherlock, Granta, PIDO/optiSLang, Helic, EnSight, 他
 - SoC電磁界解析とChip-Package-System協調解析につながるマルチフィジックス解析
 - アンシスCPS協調設計ソリューションの今後（英語）
 - 最新のEMC/EMIシミュレーション事例と今後の展望
 - 電子機器の信頼性対策ソリューション
 - パネルディスカッション

本セミナーの詳細とお申込みはこちら↓

<https://www.ansys.com/ja-jp/other/ja-jp/seminar/2019/cps>