

NEDOプロジェクト  
「未利用熱エネルギーの革新的活用技術研究開発」

熱マネージメントの研究開発 成果報告

2023年2月27日（月）  
マツダ株式会社

# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

(2) xEVの熱流れモデルの構築

4. 今後の展望

# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

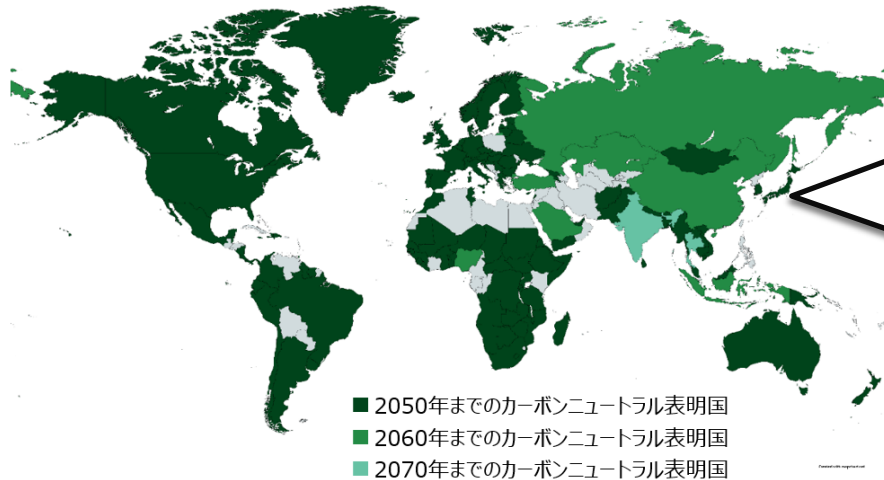
(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

(2) xEVの熱流れモデルの構築

4. 今後の展望

# 1. 開発の狙い

- ✓ 世界的に「カーボンニュートラル」を目指す動きがある
- ✓ 政府は、運輸部門において100%の電動車（xEV※）する考えを示した



1) ①Climate Ambition Allianceへの参加国、②国連への長期戦略の提出による2050年CN表明国、2021年4月の気候サミット・COP26等における2050年CN表明国等をカウントし、経済産業省作成（2021年11月9日時点）  
①<https://climateaction.unfccc.int/views/cooperative-initiative-details.html?id=95>  
②<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

出典)経産省 HP  
[https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/xev\\_2022now.html](https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/xev_2022now.html)

カーボンニュートラルを表明した  
国・地域と年代

## パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略 概要①

- パリ協定の規定に基づき策定
- 2050年カーボンニュートラルに向けた基本的考え方、ビジョン等を示す

### <基本的な考え方>

地球温暖化対策は**経済成長の制約ではなく**、経済社会を大きく変革し、投資を促し、生産性を向上させ、産業構造の大転換と**力強い成長を生み出す、その鍵となるもの。**

### <各分野のビジョンと対策・施策の方向性>

#### エネルギー：

- 再エネ最優先原則
- 徹底した省エネ
- 電源の脱炭素化/可能なものは電化
- 水素、アンモニア、原子力などあらゆる選択肢を追求

#### 産業：

- 徹底した省エネ
- 熱や製造プロセスの脱炭素化



#### 運輸：

- 2035年乗用車新車は電動車100%
- 電動車と社会システムの連携・融合



#### 地域・暮らし：

- 地域課題の解決・強靱で活力ある社会
- 地域脱炭素に向け家庭は脱炭素エネルギーを作って消費



#### 吸収源対策

- 森林吸収源対策やDACCS (Direct Air Capture with Carbon Storage) の活用<sup>1</sup>

出典)環境省 HP

<https://www.env.go.jp/press/110060/116975.pdf>

※電動車（xEV） = BEV・PHEV・HEV・FCEV

出典)経産省 HP

[https://www.meti.go.jp/shingikai/mono\\_info\\_service/jidosha\\_shinjidai/pdf/002\\_01\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/jidosha_shinjidai/pdf/002_01_00.pdf)

地球温暖化対策計画の概要

# 1. 開発の狙い

✓ マツダ（株）は、2030年に生産する全てを電動化にする

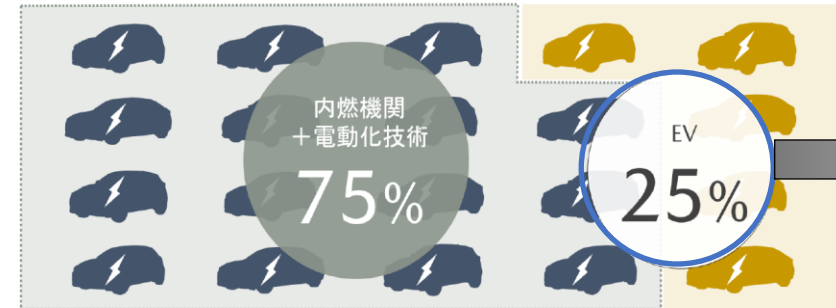


出典) 中期経営計画アップデートおよび2030年経営方針説明会 プレゼンテーション資料  
[https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang\\_kbn=ja&asset\\_id=101866](https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang_kbn=ja&asset_id=101866)

マツダの電動化戦略

2050年のカーボンニュートラルへの挑戦

2030年グローバルにて電動化100%  
25%のEV生産比率を想定



出典) マツダサステナビリティレポート2021【詳細版】  
[https://www.mazda.com/globalassets/ja/assets/sustainability/download/2021/2021\\_all.pdf](https://www.mazda.com/globalassets/ja/assets/sustainability/download/2021/2021_all.pdf)

アップデート

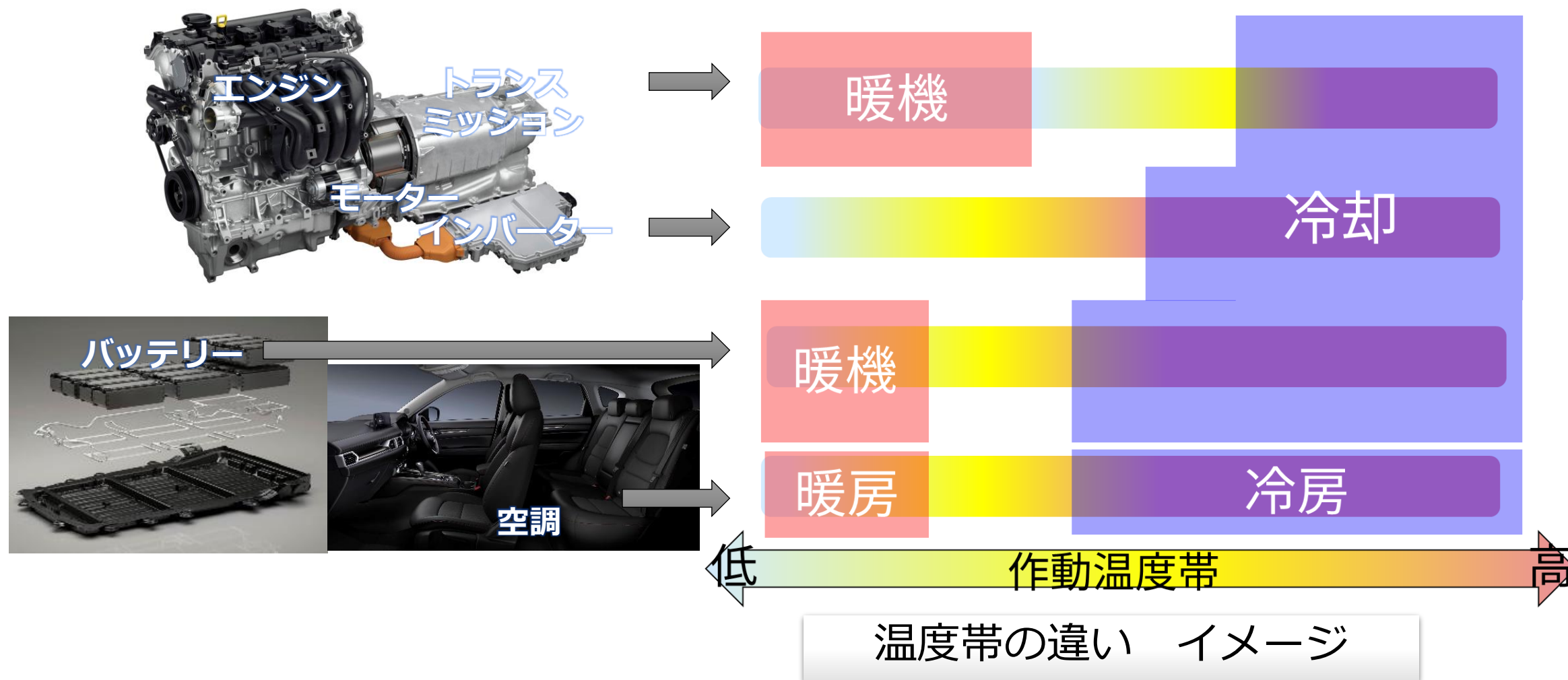


出典) 中期経営計画アップデートおよび2030年経営方針説明会 プレゼンテーション資料  
[https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang\\_kbn=ja&asset\\_id=101866](https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang_kbn=ja&asset_id=101866)

マツダのxEV構成比@ 2030年

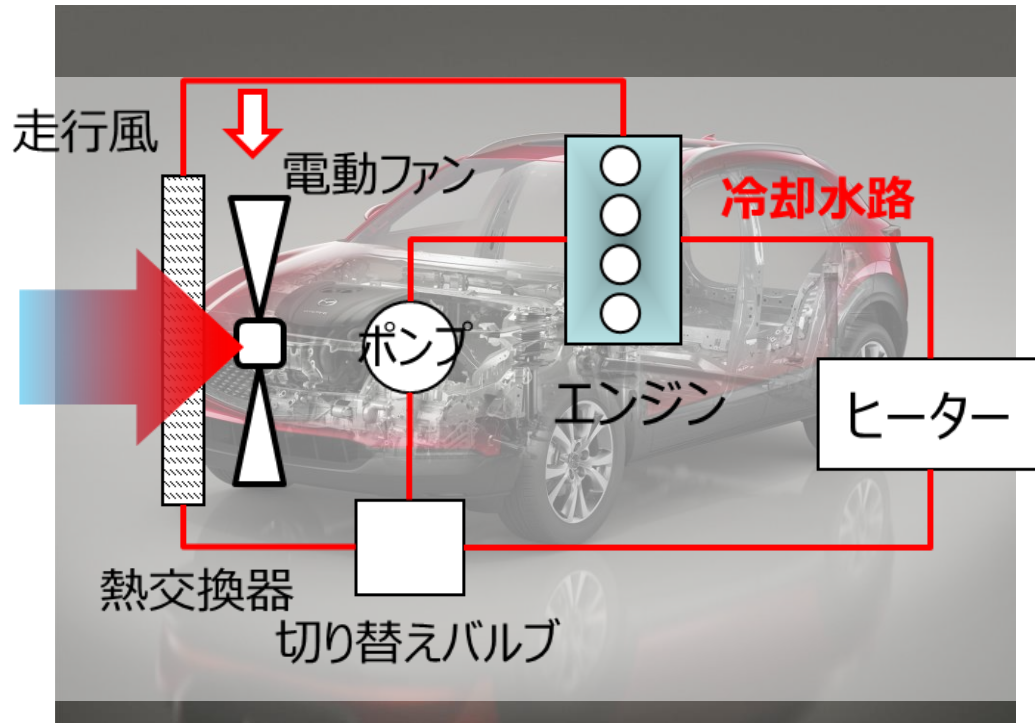
# 1. 開発の狙い

- ✓ xEVにおける熱マネの目的は、各部品を最適な温度に維持すること
- ✓ xEVでは、部品の効率や信頼性を左右する適温帯が大きく異なる

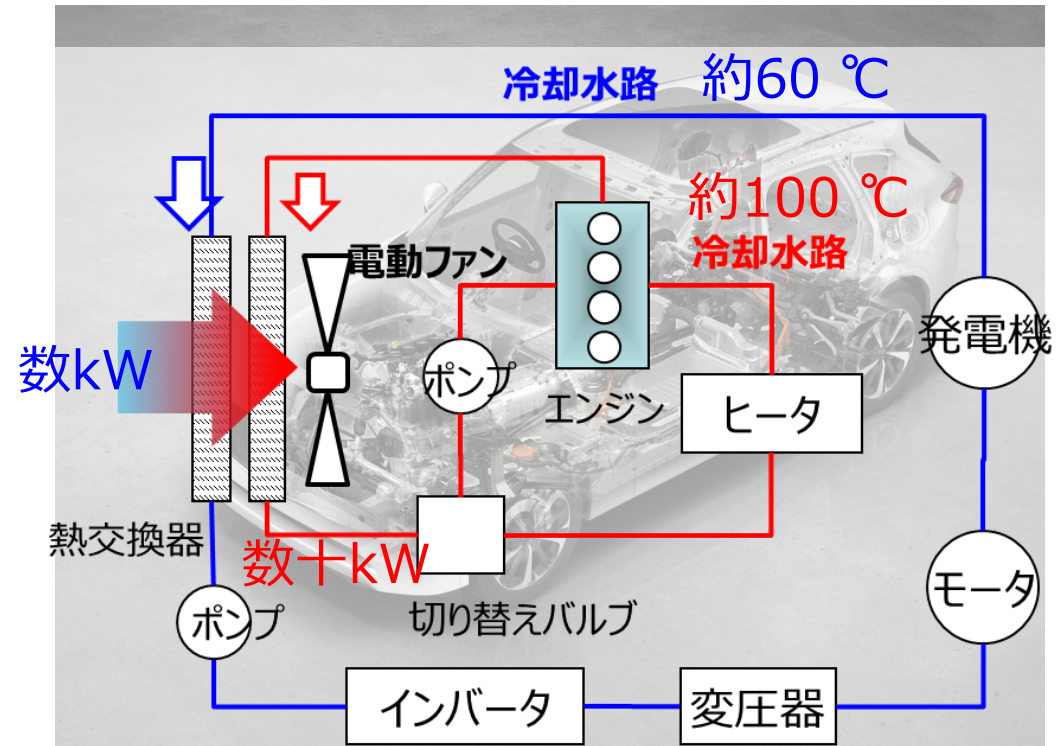


# 1. 開発の狙い

- ✓ xEVでは、放熱量/要求水温が異なるため別々の回路が必要  
⇒システムの構成/熱エネルギーフローがより複雑化



ICE 熱マネシステム図 例

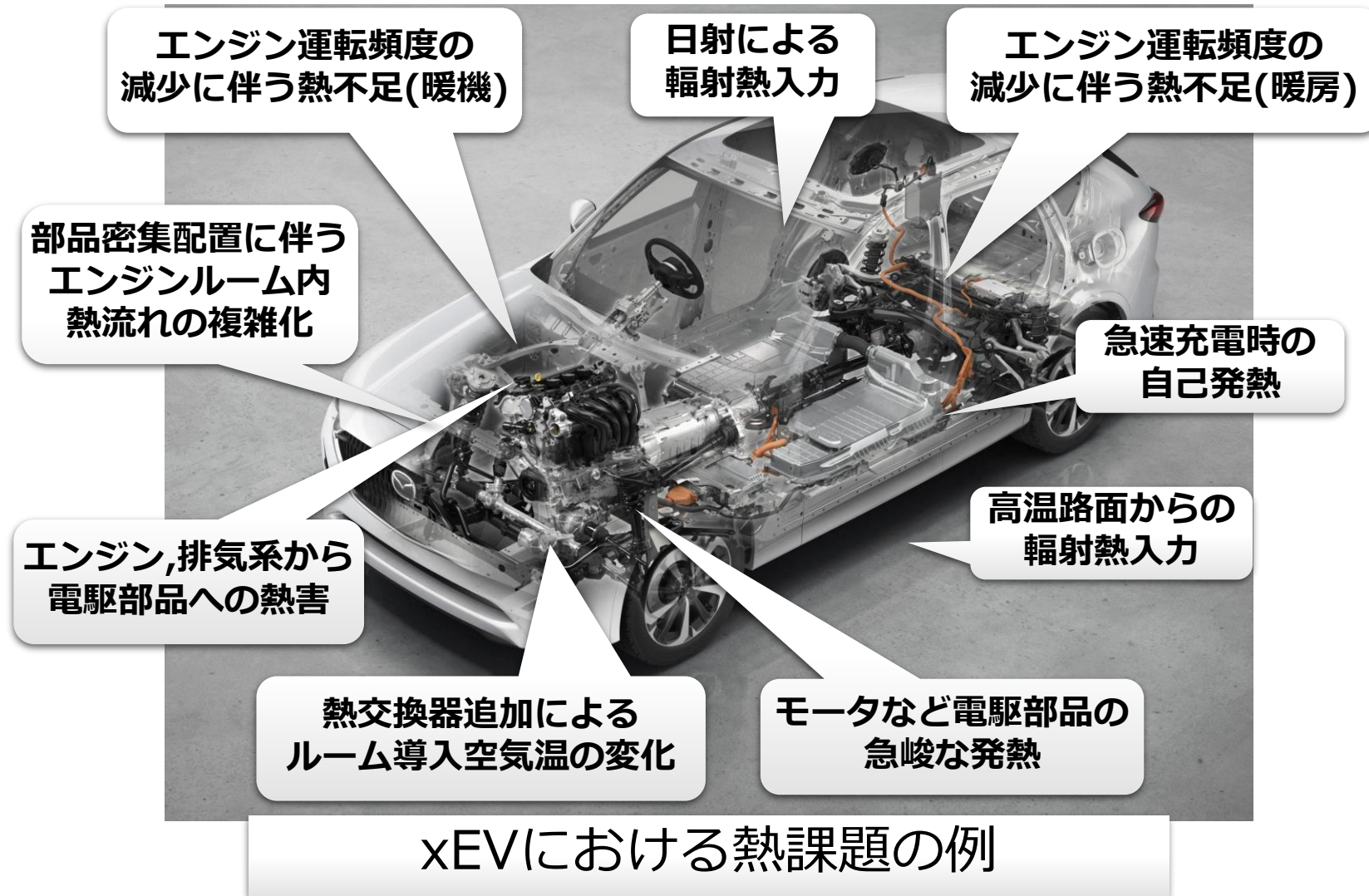


xEV 熱マネシステム図 例



# 1. 開発の狙い

- ✓ 複雑な熱マネジシステムであるため考慮すべきシーンも多岐にわたる

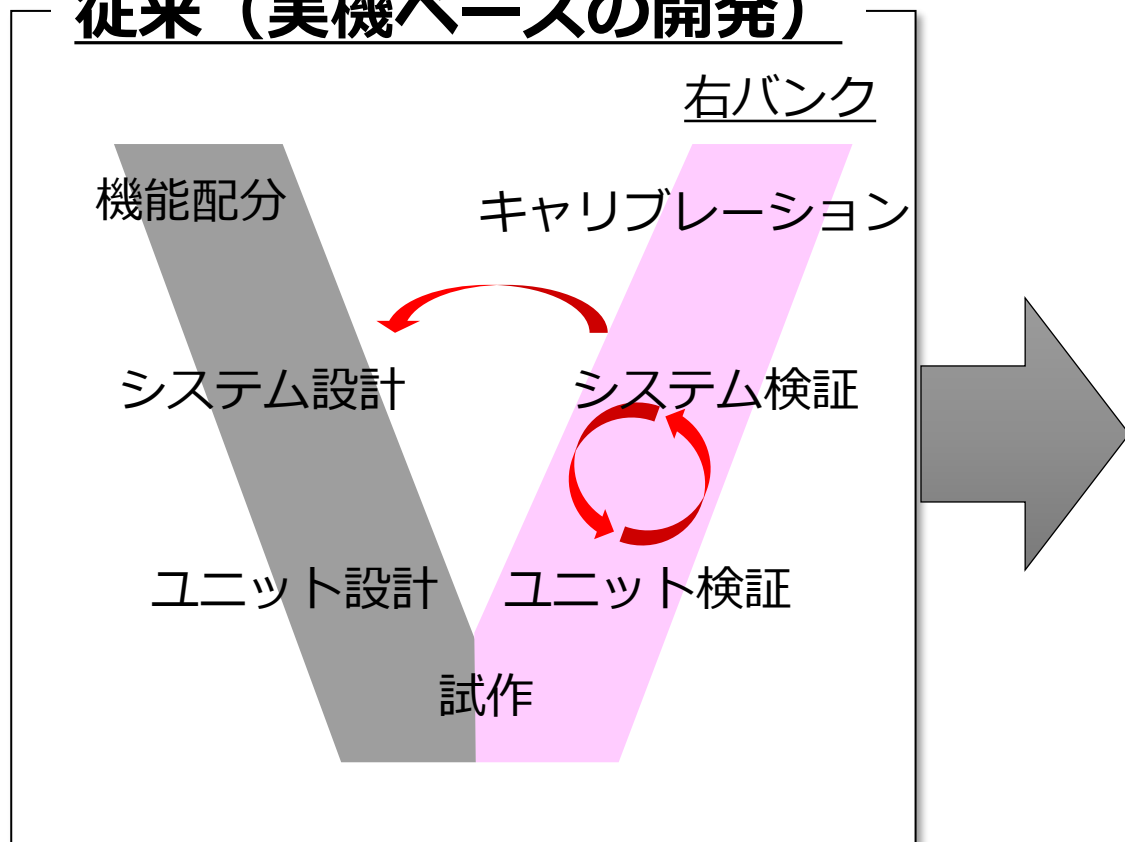




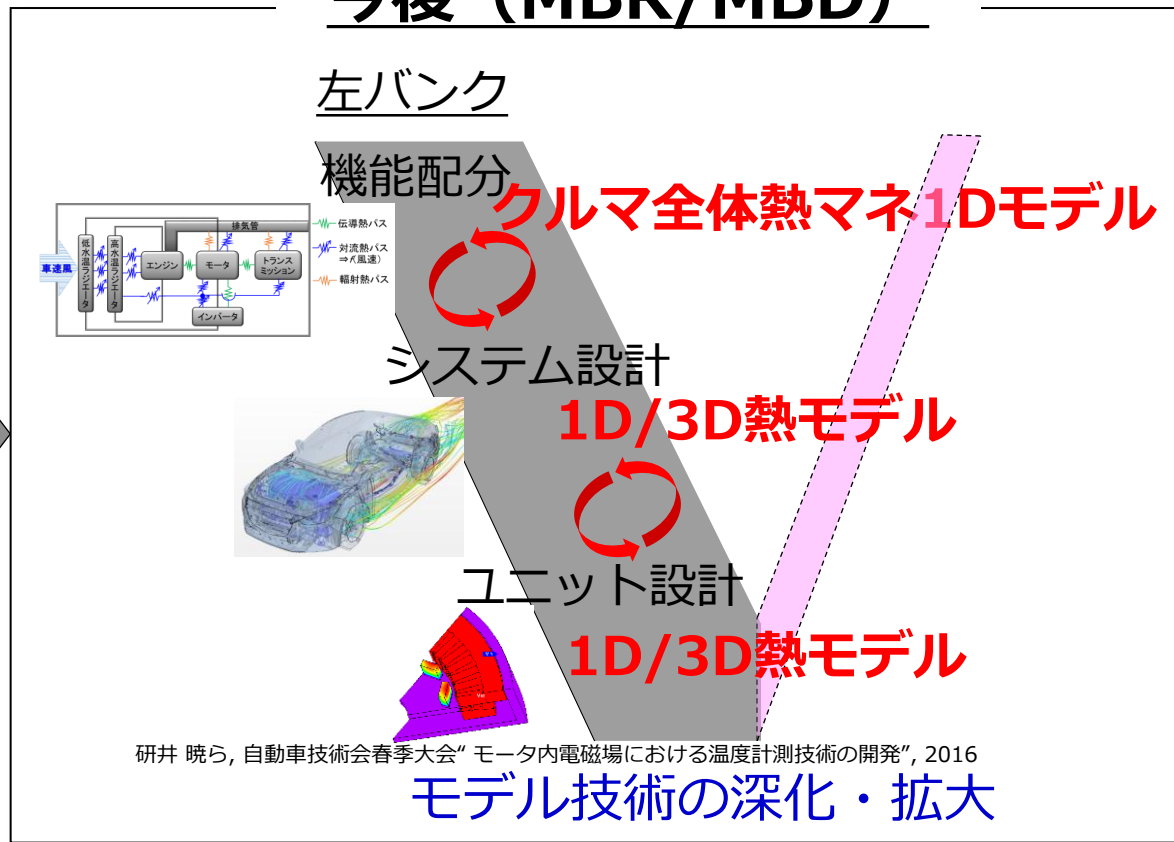
# 1. 開発の狙い

- ✓ より複雑になるxEVの熱課題を効率的に解決するためには、モデルベース研究/開発（MBR/MBD）がより重要となる

## 従来（実機ベースの開発）



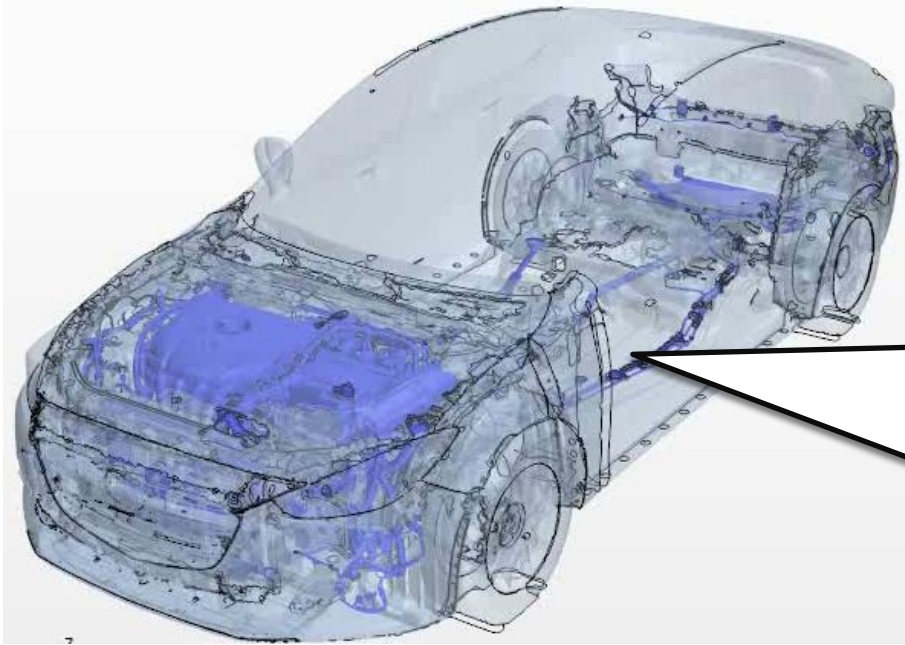
## 今後（MBR/MBD）



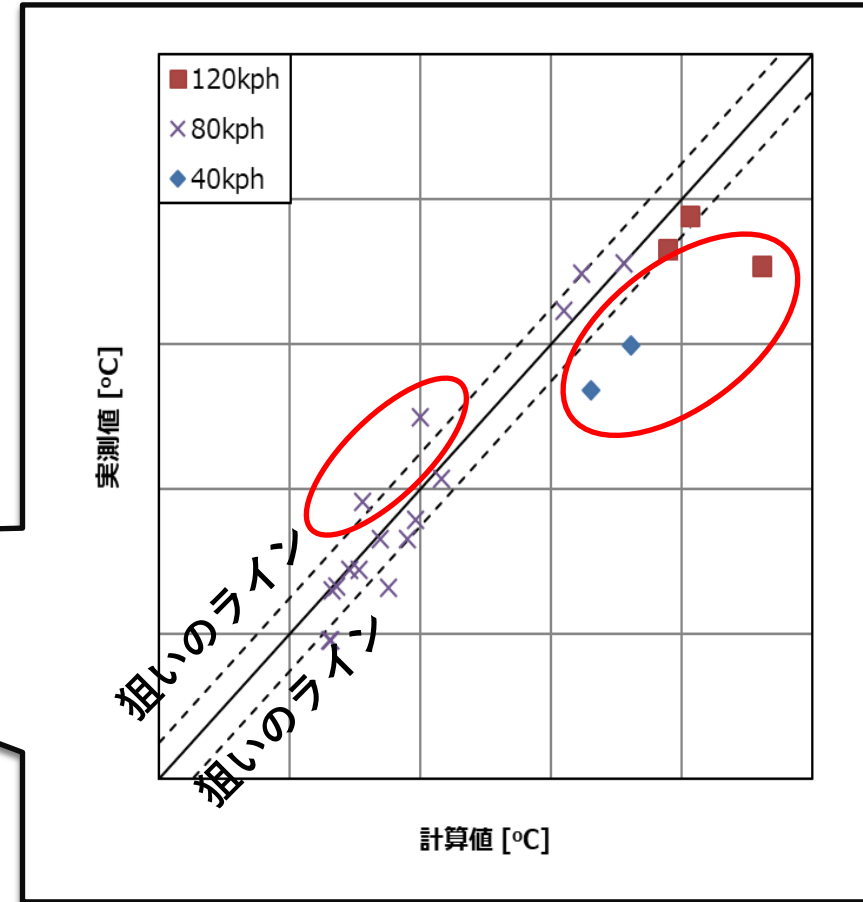
モデルベースでの開発プロセス

# 1. 開発の狙い（熱マネージメントの研究開発）

- ✓ MBR/MBDを成立させるためには、精度の高いモデルが必要
- ✓ 当時、一部狙いの精度に達していない領域があった⇒精度向上に着手



熱流れモデルイメージ



温度予測精度初期の例

# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

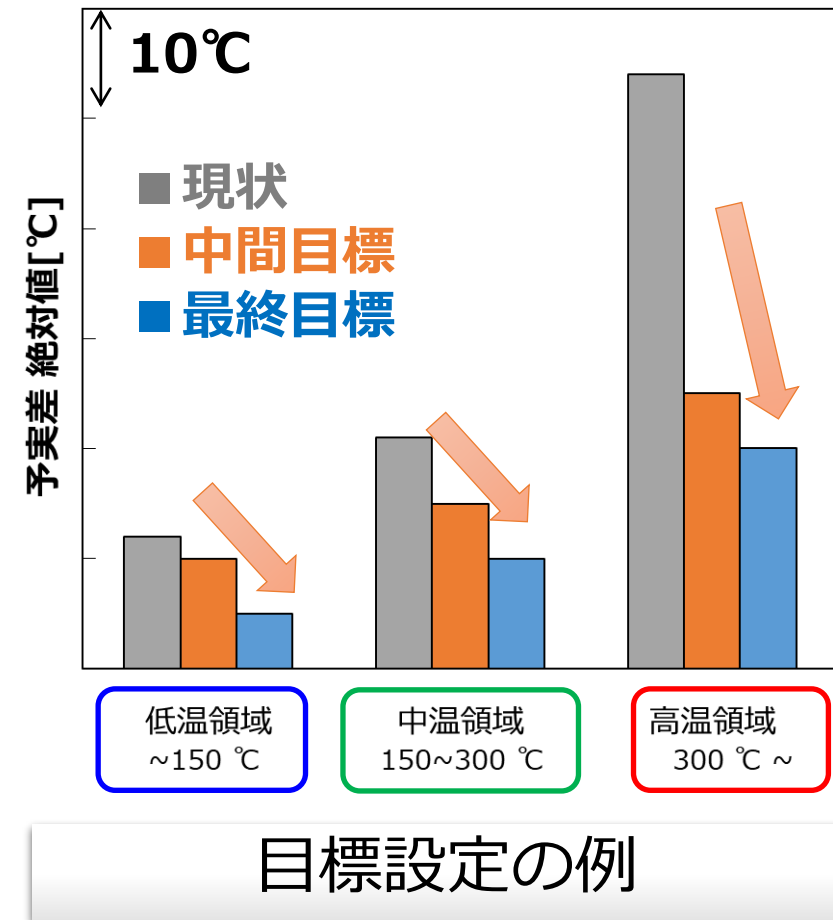
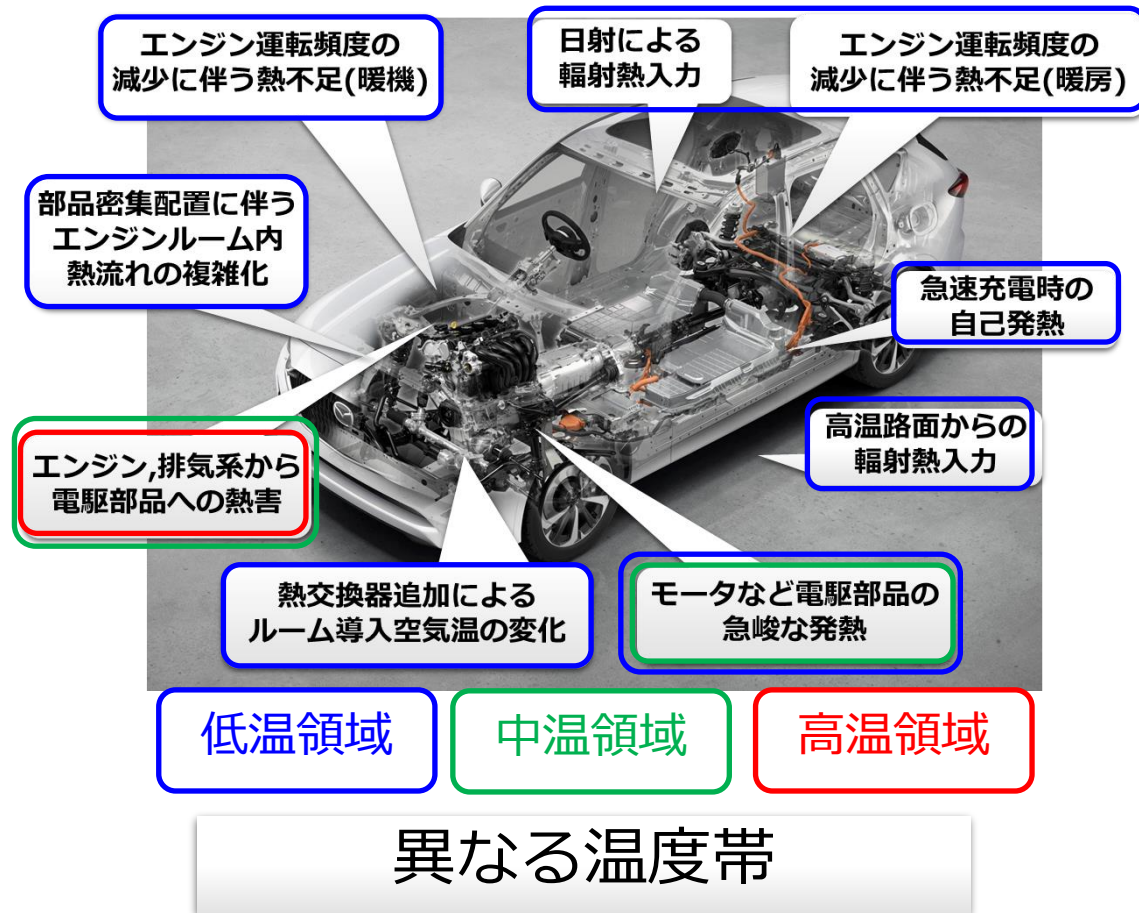
(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

(2) xEVの熱流れモデルの構築

4. 今後の展望

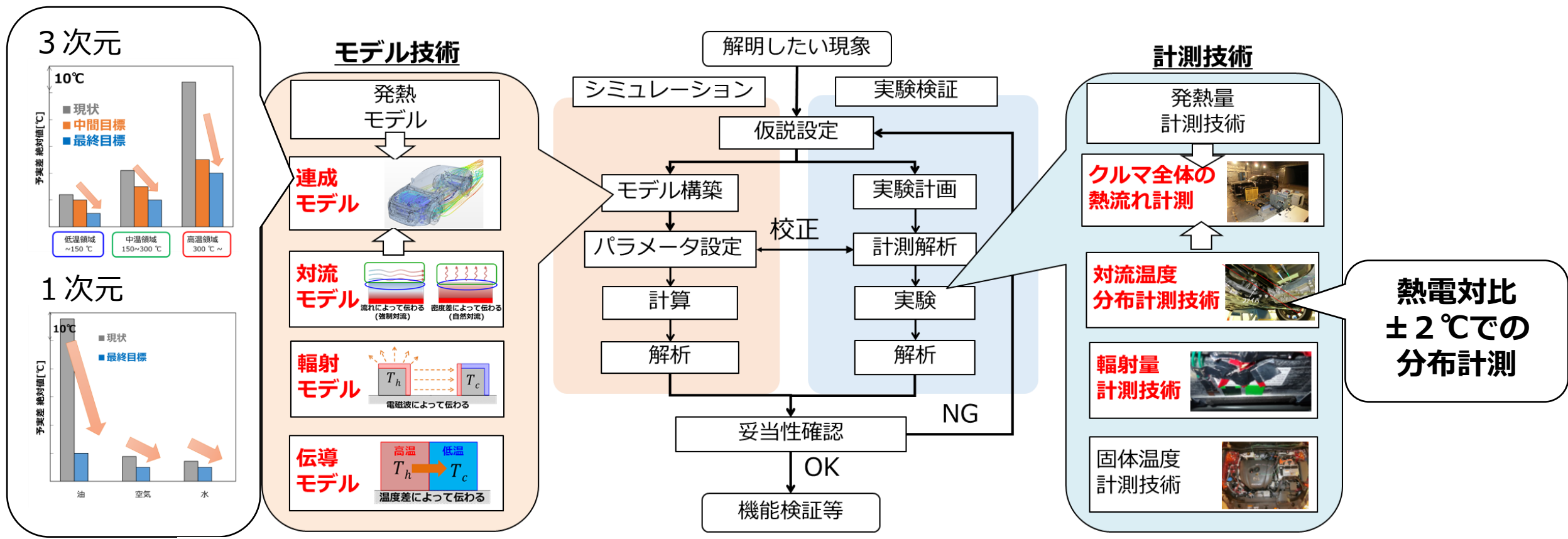
## 2. 開発目標

- ✓ 温度帯の異なる領域や熱交換媒体に対して段階的な精度目標を設定



# 2. 開発目標

- ✓ モデル精度の目標を達成するため、それぞれの活動について段階的に目標を定めて、達成してきた



(2) 自動車の熱流れモデルの構築

(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
電気駆動車の計測実施

# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

(2) xEVの熱流れモデルの構築

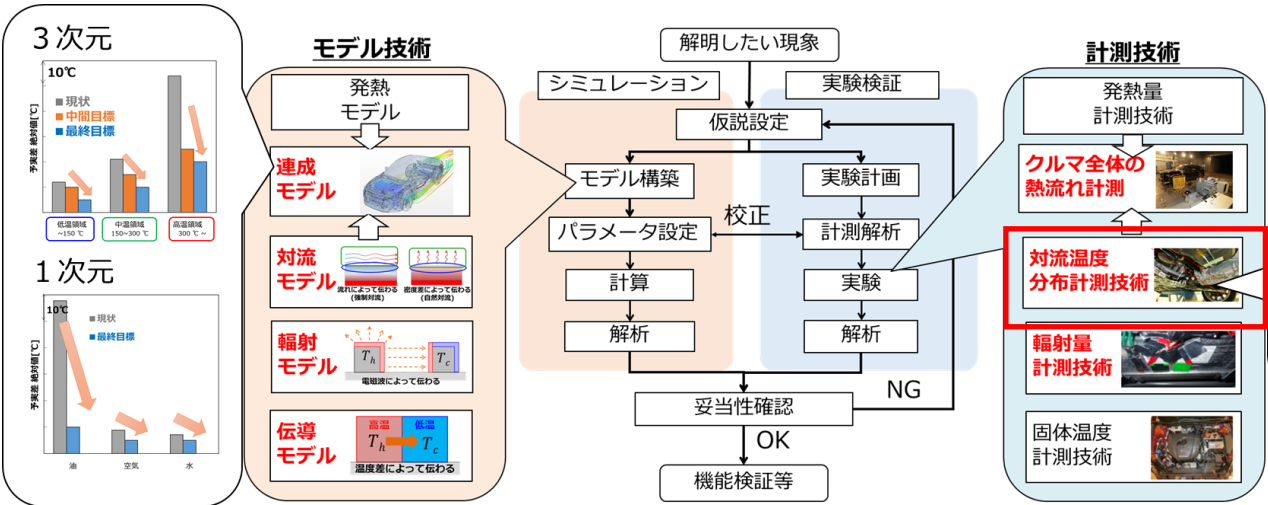
4. 今後の展望



# 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)

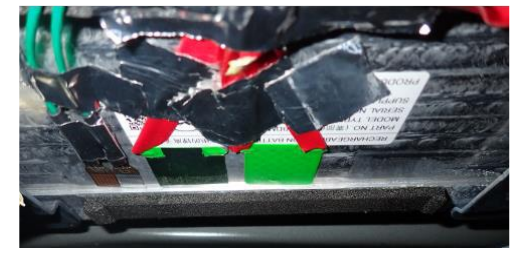
- ✓ 精度向上には、熱流れの3形態を分離して計測することが重要である
- ✓ 取組んだ計測技術のうち「対流温度分布計測技術」について、報告する

[難しさ]



- ① 温度センサを多量に設置すると流れ場が変化する
- ② 対流熱伝達と輻射が同時に作用するため、切り分けが困難

熱電対比 ±2℃での分布計測



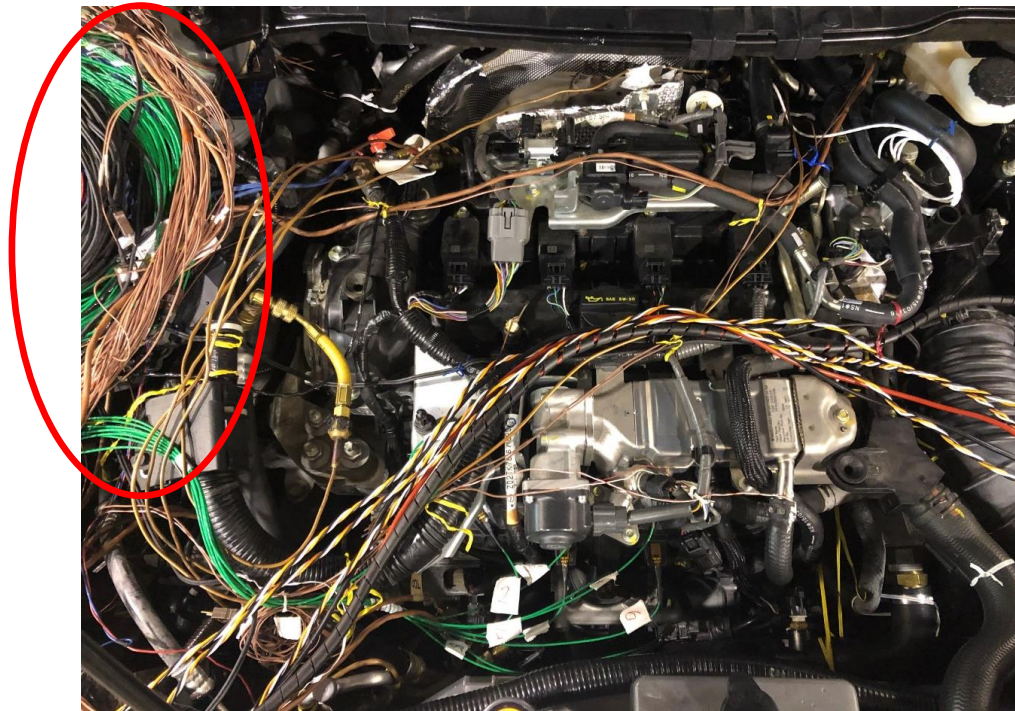
対流・輻射分離計測



風速分布計測

### 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)

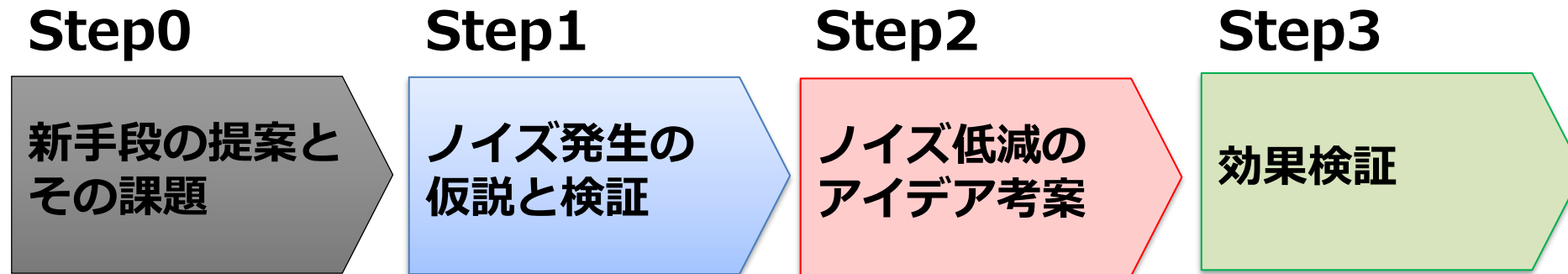
- ✓ 高精度モデル構築には、空間温度等を高分解能で計測する必要あり
- ✓ 多量のセンサを設置すると、風向き等が変化し実環境下での計測が困難



車両の熱流れ計測実施例

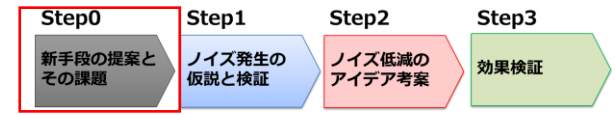
### 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)

✓ この課題を解決すべく、以下のStepで開発を進めた



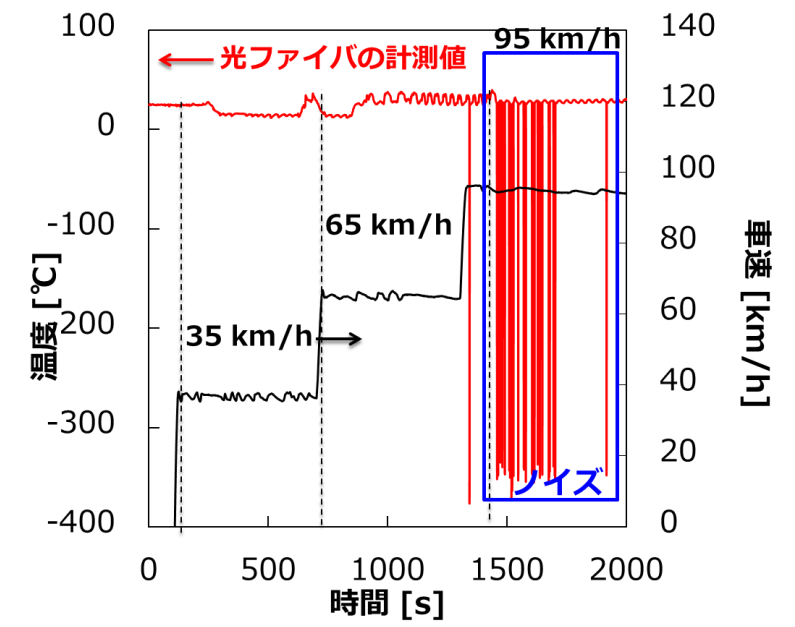
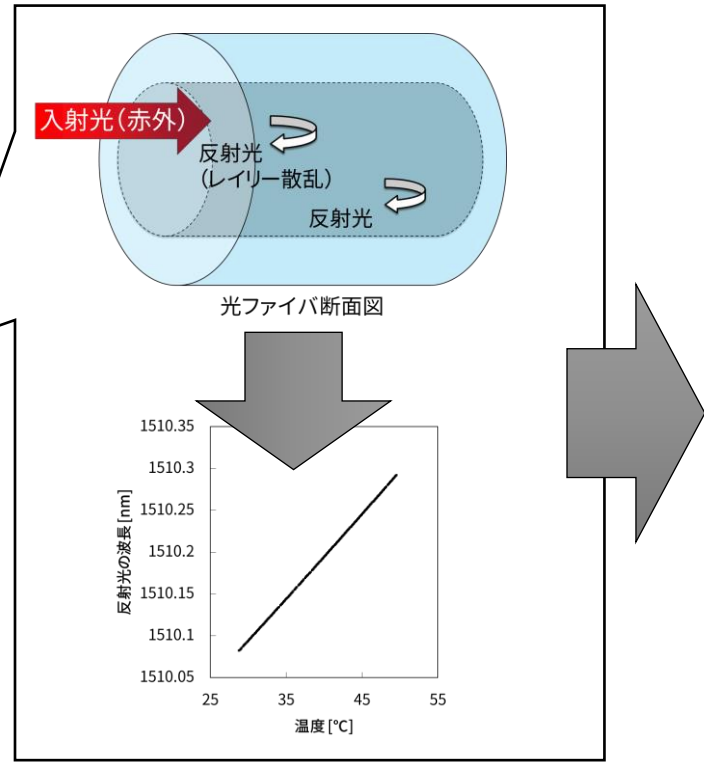


# 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)



- ✓ 少配線で複数点の計測が可能な光ファイバ温度センサ技術に着目した
- ✓ 原理上エンジンルーム内では、走行風の影響で大きなノイズが発生する

手段	線径	空間分解能	計測可能温度域	精度
光ファイバ	◎ φ125 μm	◎ 数十~数百点/本	~800°C	±0.2°C
熱電対	△ φ1,000 μm	×	-40~375°C (Kタイプ)	0.5~5°C
サーミスタ	△ φ300 μm	×	-100~325°C	0.05~1.5°C



温度センサ種類

光ファイバ温度センサ

走行時の代表点のデータ

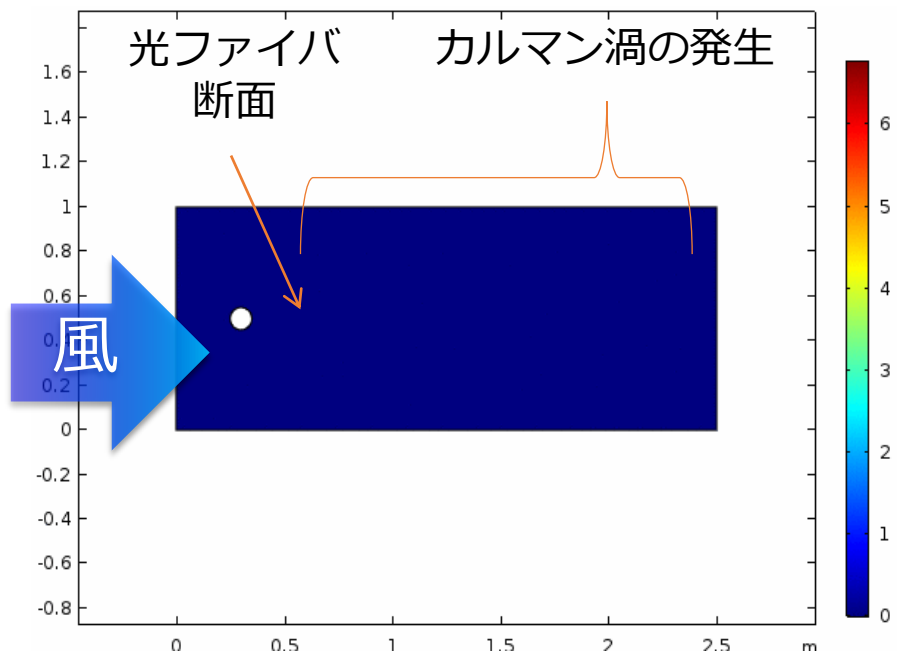
# 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)

- ✓ 流体・構造連成モデルにてノイズは渦振動による機械歪である仮説を得た
- ✓ 渦振動を抑制するため、ファイバの固有振動数を変化させることを考案した
- ✓ 手段として金属コーティングを実施した

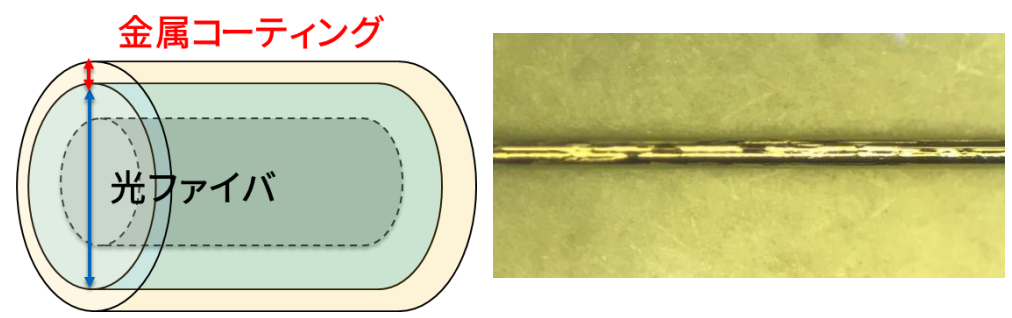
$$f = \frac{\lambda^2}{2\pi L^2} \sqrt{\frac{I \times E}{\rho \times A}}$$

$\lambda$  [-]: 振動数係数  
 $L$  [m]: 長さ  
 $E$  [Pa]: ヤング率  
 $I$  [m<sup>4</sup>]: 断面2次モーメント  
 $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]: 密度  
 $A$  [m<sup>2</sup>]: 断面積

光ファイバ  
固有振動数の算出式



流体力学と構造力学の連成モデル

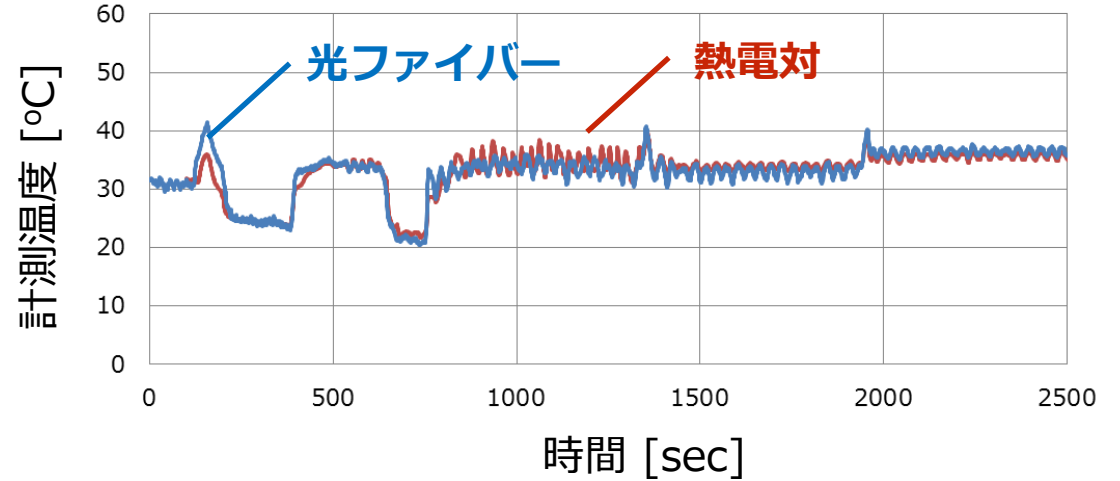
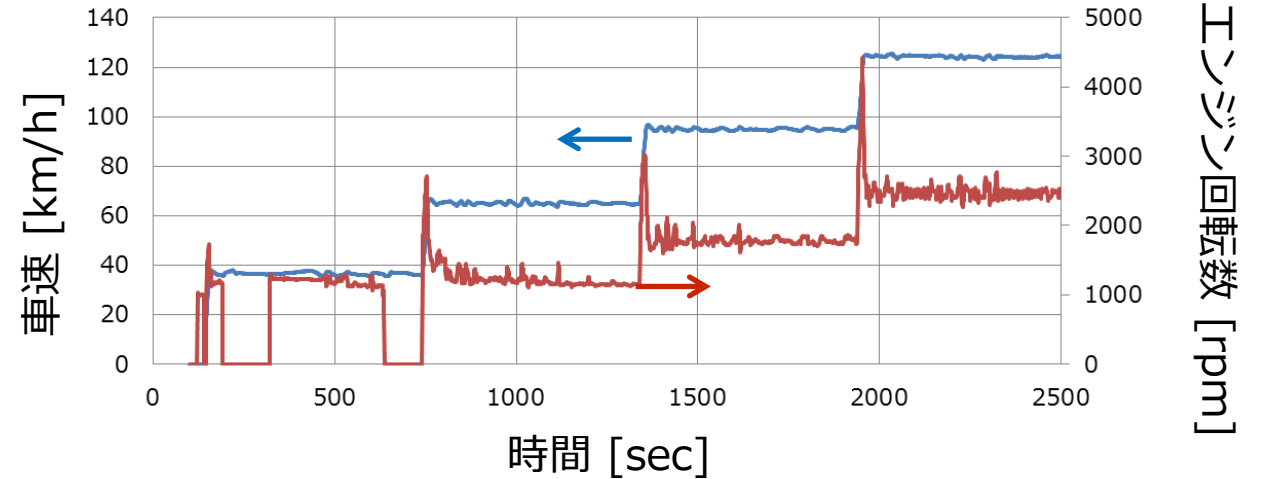
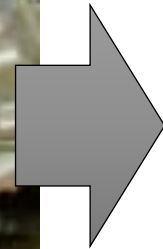
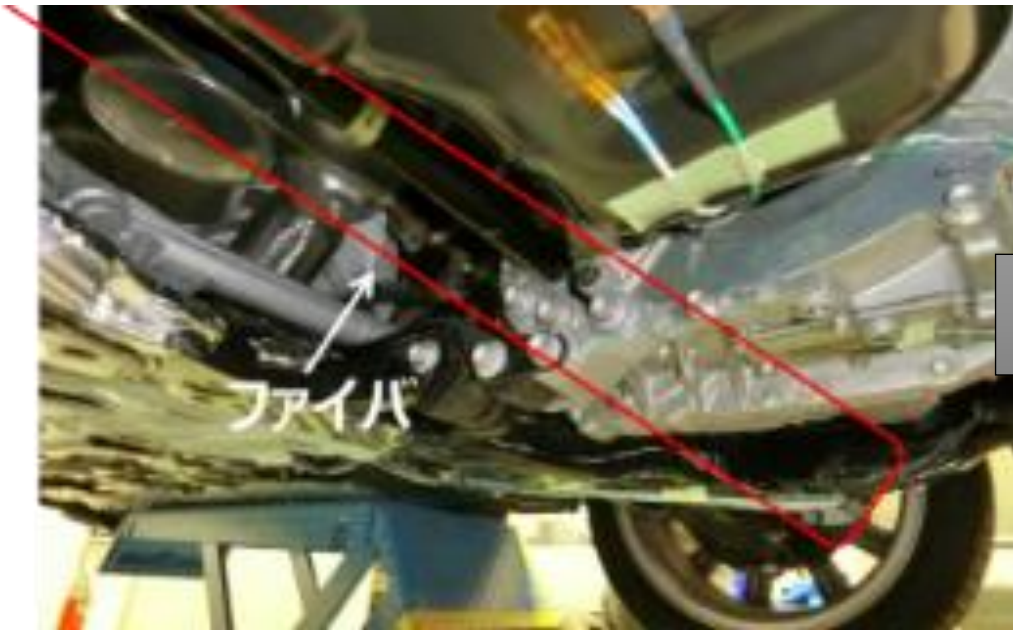


金属コーティング光ファイバ  
模式図と写真

# 3. 成果 (熱流れの計測解析技術の開発/電気駆動車の計測実施)



✓ 効果をリグや実車にて確認することができた



金属コート光ファイバ設置の様子

ノイズ低減施策効果



# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

(2) xEVの熱流れモデルの構築

4. 今後の展望

# 3. 成果 (自動車の熱流れモデルの構築)

- ✓ 開発タイミング毎で目的に適したモデルが必要となる
- ✓ 機能配分レベルでの1次元モデルにおける対流/伝導について報告する

## 今後 (MBR/MBD)

左バンク

機能配分

クルマ全体熱マネ1Dモデル

システム設計

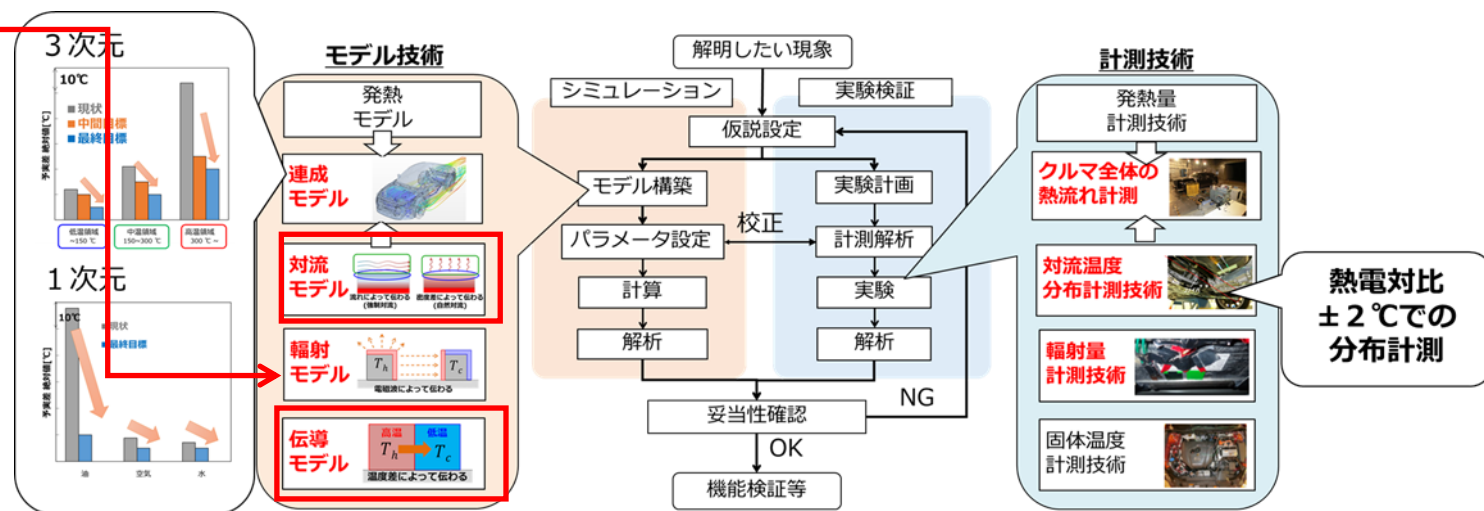
1D/3D熱モデル

ユニット設計

1D/3D熱モデル

研井 暁ら, 自動車技術会春季大会“モータ内電磁場における温度計測技術の開発”, 2016

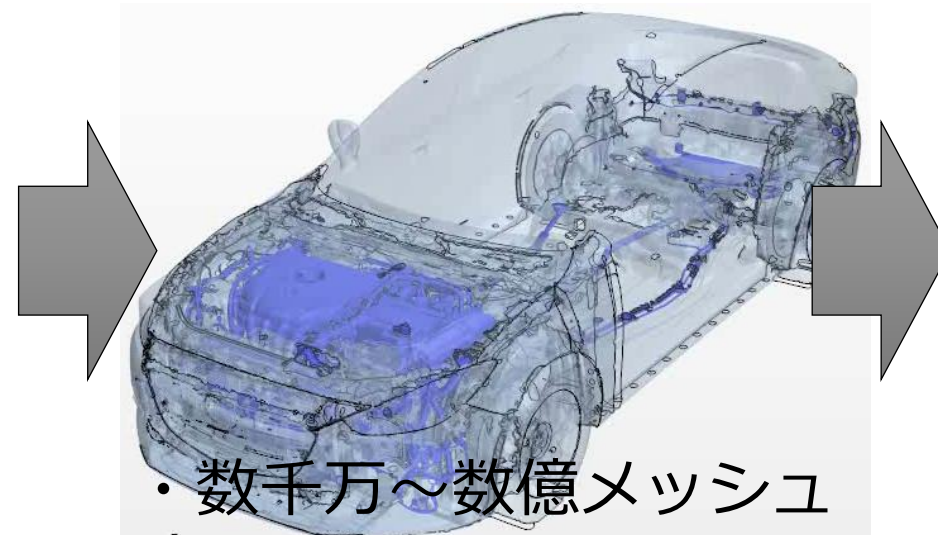
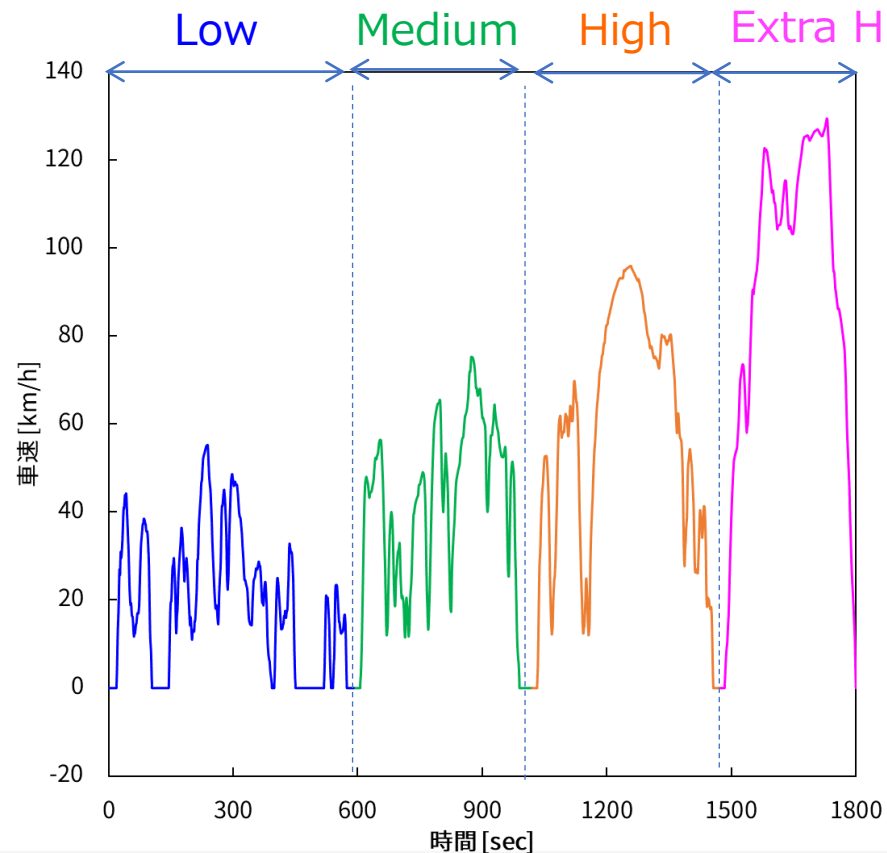
モデル技術の深化・拡大



モデルベースでの開発プロセス

### 3. 成果 (自動車の熱流れモデルの構築)

- ✓ 機能配分モデルでは、電費/燃費を机上で計算することが要求される
- ✓ 3次元モデルで計算すると一か月/仕様 以上要する
- ✓ 低次元化≒ 1次元モデルが必要

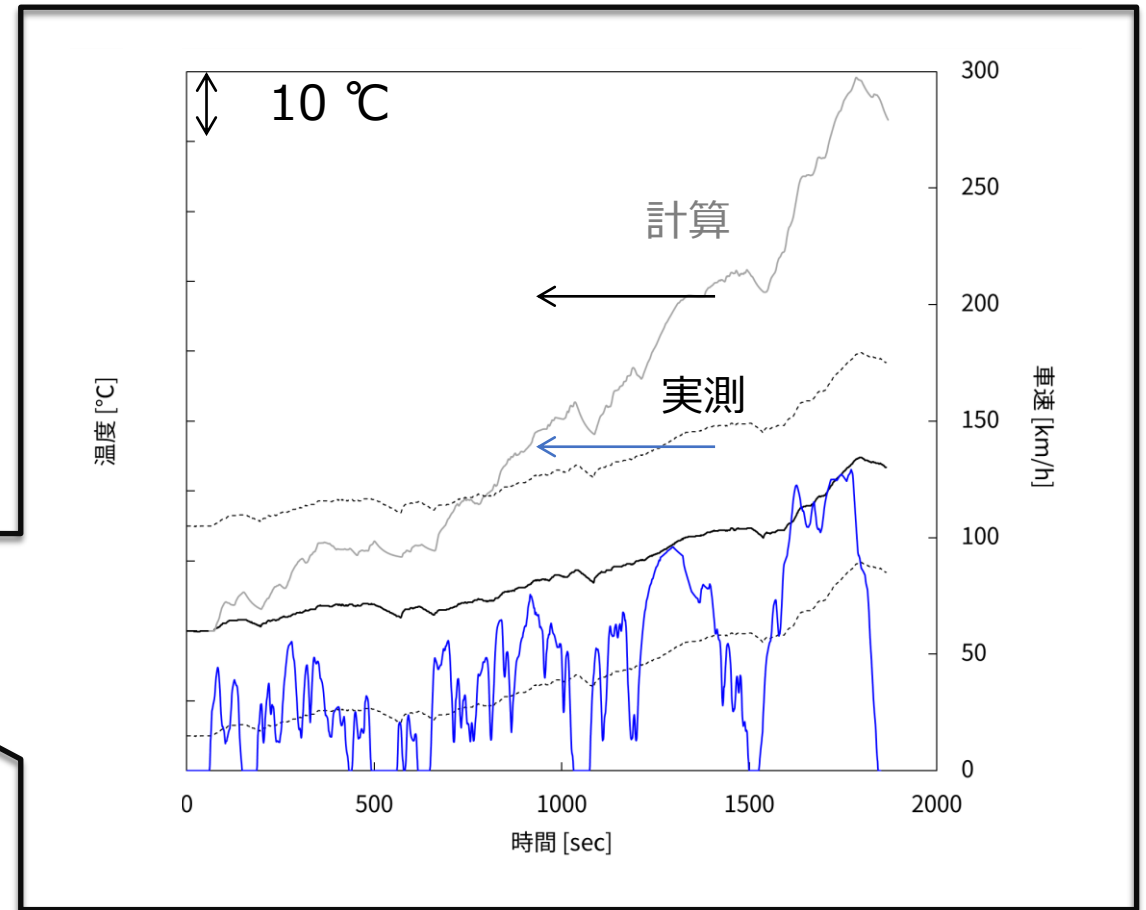
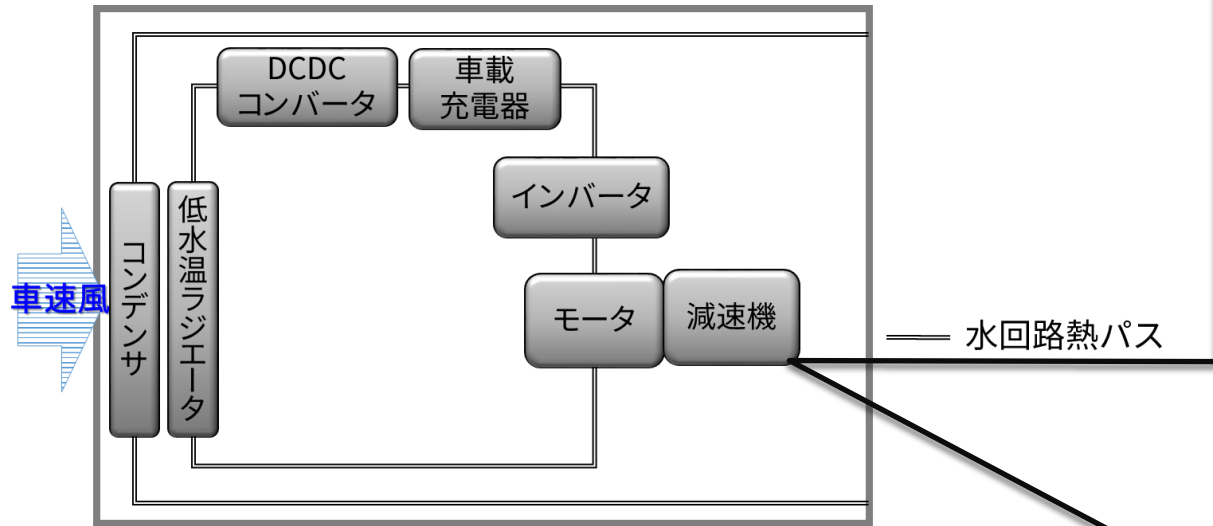


電費/燃費計測用モード例 WLTC

3次元モデルのイメージ (定常)

### 3. 成果 (自動車の熱流れモデルの構築)

- ✓ 従来の1次元モデルでは冷却回路のみの考慮であるため、一部精度が担保できない

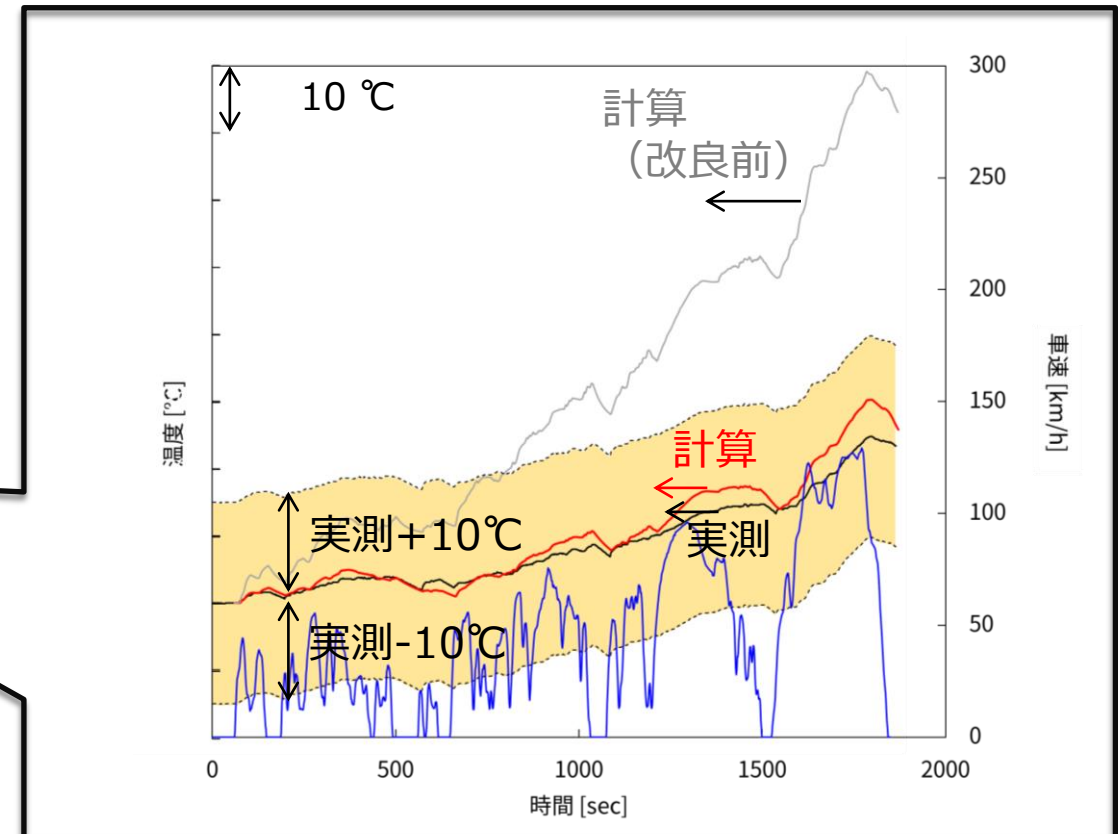
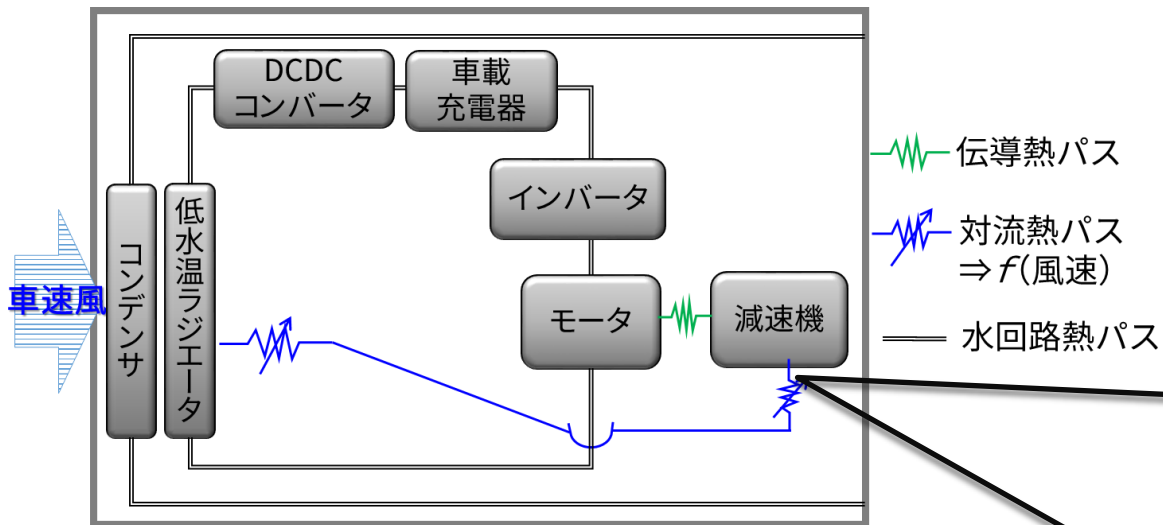


従来熱流れ1Dモデルイメージ

減速機オイル温度検証結果 (WLTC走行)

### 3. 成果 (自動車の熱流れモデルの構築)

- ✓ 実測データや3次元のモデルの結果から適切な伝熱3形態の熱パスを考慮することで精度の良い1次元モデルを構築
- ✓ 精度を担保しつつ1 Hr/仕様を実現



改良熱流れ1Dモデルイメージ

減速機オイル温度検証結果 (WLTC走行)

# 目次（報告内容）

---

1. 開発の狙い

2. 開発目標

3. 成果

(1) 熱流れの計測解析技術の開発/  
xEVの計測実施

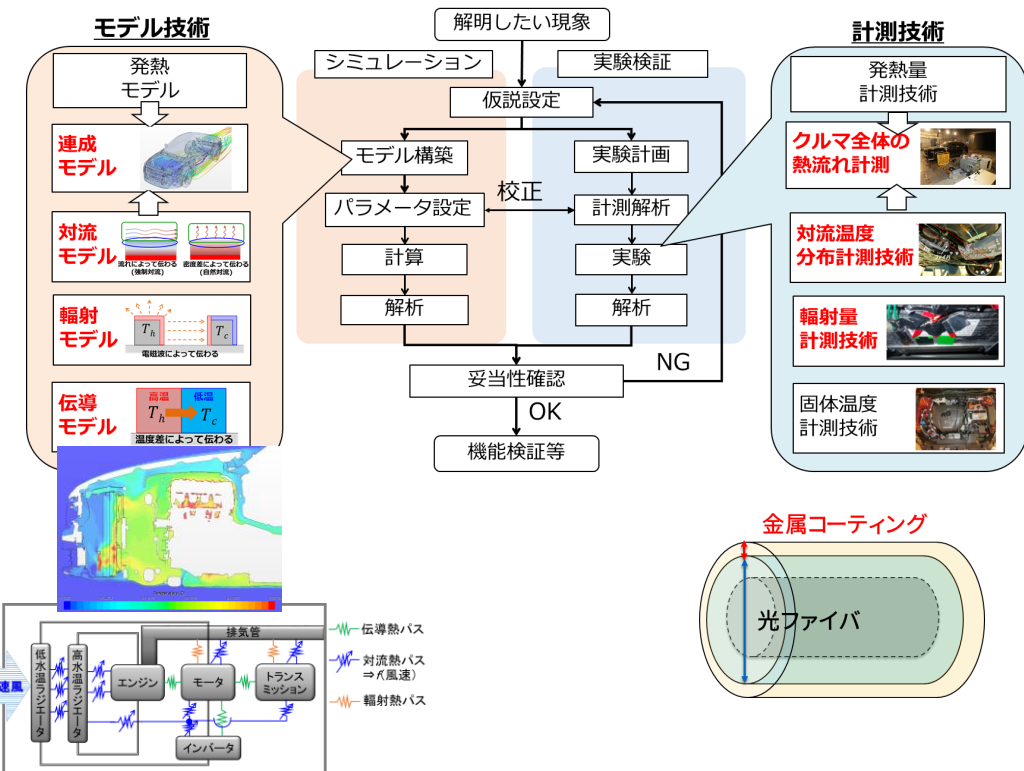
(2) xEVの熱流れモデルの構築

4. 今後の展望



# 今後の展望

## ✓ マツダ（株）におけるxEVの開発プロセスへの適用を目指す



本取組での成果



出典) 中期経営計画アップデートおよび2030年経営方針説明会 プレゼンテーション資料  
[https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang\\_kbn=ja&asset\\_id=101866](https://newsroom.mazda.com/apis/download/?lang_kbn=ja&asset_id=101866)

マツダ（株）における今後の電駆車両

**ご清聴ありがとうございました**