

# DTWS デジタルツインズ

## EV・電動化車両の電マネシステムにおける プラントモデルI/Fガイドライン 準拠モデル ユースケース (Ver1.0)

### 目次

1. 本ユースケースの位置づけ	2
1.1. 本ユースケースの位置づけ	2
1.2. ユースケースのモデルについて	2
2. ガイドライン準拠モデルでのユースケース事例	3
2.1. ユースケース事例一覧	3
2.2. UC① EVモデルの電費算出シミュレーション	4
2.2.1. 概要	4
2.2.2. ユースケース実行のための構造	5
2.2.3. シミュレーション結果	6
2.3. UC② 空調エネルギーを含めたEVモデルの電費算出シミュレーション	7
2.3.1. 概要	7
2.3.2. ユースケース実行のための構造	8
2.3.3. シミュレーション結果	9
2.4. UC③ CO2濃度を元に換気制御を想定した電費算出シミュレーション	10
2.4.1. 概要	10
2.4.2. ユースケース実行のための構造	11
2.4.3. シミュレーション結果	12
2.5. UC④ 急速充電によるバッテリー温度算出シミュレーション	13
2.5.1. 概要	13
2.5.2. ユースケース実行のための構造	13
2.5.3. シミュレーション結果	14
2.6. 参考) 準拠モデルの全体構造	15

## 1. 本ユースケースの位置づけ

### 1.1. 本ユースケースの位置づけ

本ユースケースは国際標準記述言語（VHDL-AMS）によるモデルでのユースケース、シミュレーション結果を記載し、OEMやサプライヤーが参入・開発しやすいよう事例を紹介する。また、モデルに対する共通理解を推進するためIFガイドラインやモデル解説書に詳しく紹介し次世代のモデル開発化の加速、シミュレーション基盤構築に貢献する。

### 1.2. ユースケースのモデルについて

EV・電動化車両の電マネシステムにおけるプラントモデルIFガイドライン準拠モデルを対象とする。

準備内容については、下記を参照

DTWs\_EV\_MODEL\_Manual\_Ver1.0.pdf

「EV・電動化車両の電マネシステムにおけるプラントモデルIFガイドライン準拠モデル解説書」

- ・ 1. 概要（目的、前提制約事項、機能概要） . . . . . P5～6
- ・ 2. 動作・使用環境 . . . . . P7～9
- ・ 3. 使用方法 . . . . . P10～15
- ・ 4. ガイドライン準拠モデルの基本構造と構成 . . . . . P16～24
- ・ 5. ガイドライン準拠モデルの機能・仕様 . . . . . P25～90

本ユースケースでは、

- ユースケースの概要
- ユースケース実行のための構造
- シミュレーション結果

を説明する。

## 2. ガイドライン準拠モデルでのユースケース事例

### 2.1. ユースケース事例一覧

自動車技術会、オープンイノベーション協議会連携による国際標準による経産省EV車両モデルにおけるユースケースとして、空調負荷と電費が議論可能である。空調・快適性のエネルギーはEVにとっては走行エネルギーに匹敵し、空調エネルギーの削減は航続距離の伸長に直結する。今回電費の向上の一つとして、換気ロスと相反する人体の呼吸(CO<sub>2</sub>)モデルを用い、低減のためのシステムの検討を実施したので紹介する。(前提としては、窓ガラスの曇りの影響は無いものとした。)

No.	ユースケース事例
ユースケース①	EVモデルの電費算出シミュレーション
ユースケース②	空調エネルギーを含めたEVモデルの電費算出シミュレーション
ユースケース③	CO <sub>2</sub> 濃度を元に換気制御を想定した電費算出シミュレーション
ユースケース④	急速充電によるバッテリー温度算出シミュレーション

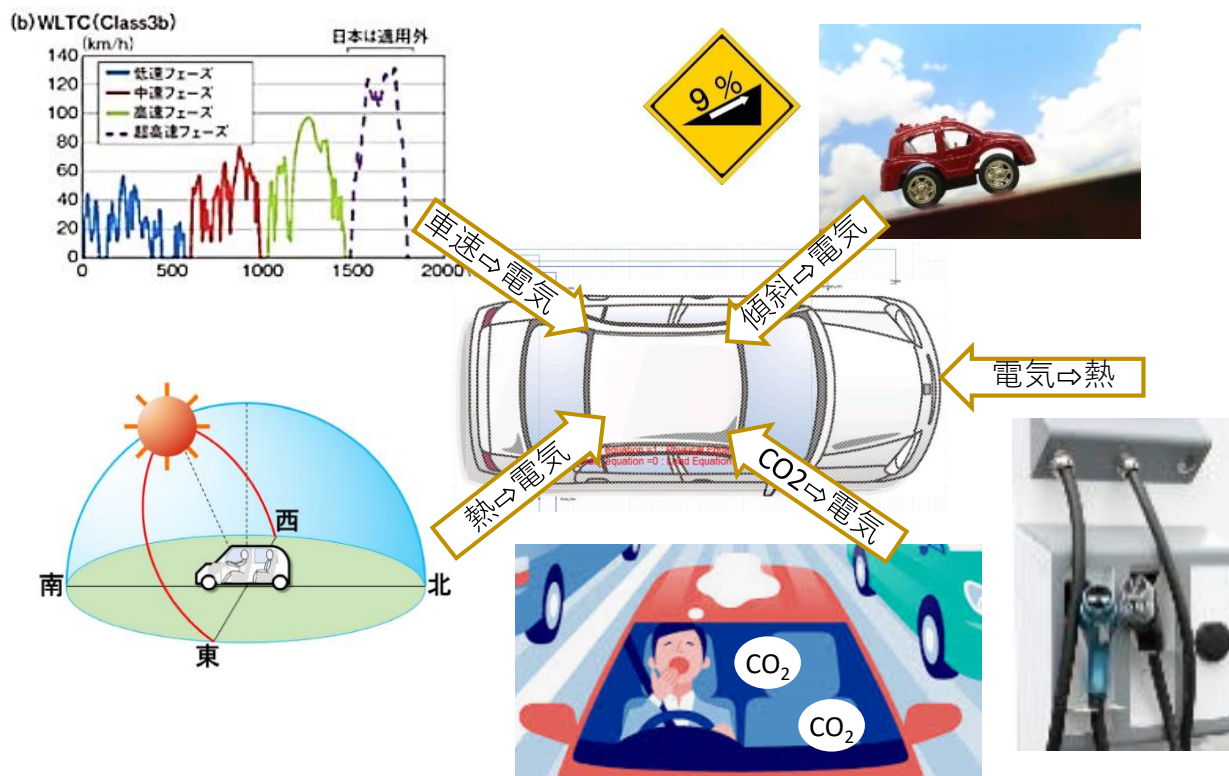


図 2.1. ユースケース事例一覧

## 2.2. UC① EVモデルの電費算出シミュレーション

### 2.2.1. 概要

●電費性能評価試験同様にシャシ台でのモード走行を想定しEVモデルの電費算出をシミュレーションした。参考に箱根新道の傾斜を模擬し、車速はWLTCモードの低速フェーズ走行を想定し、登坂による走行負荷と降坂による回生エネルギーによる電費算出を行った。

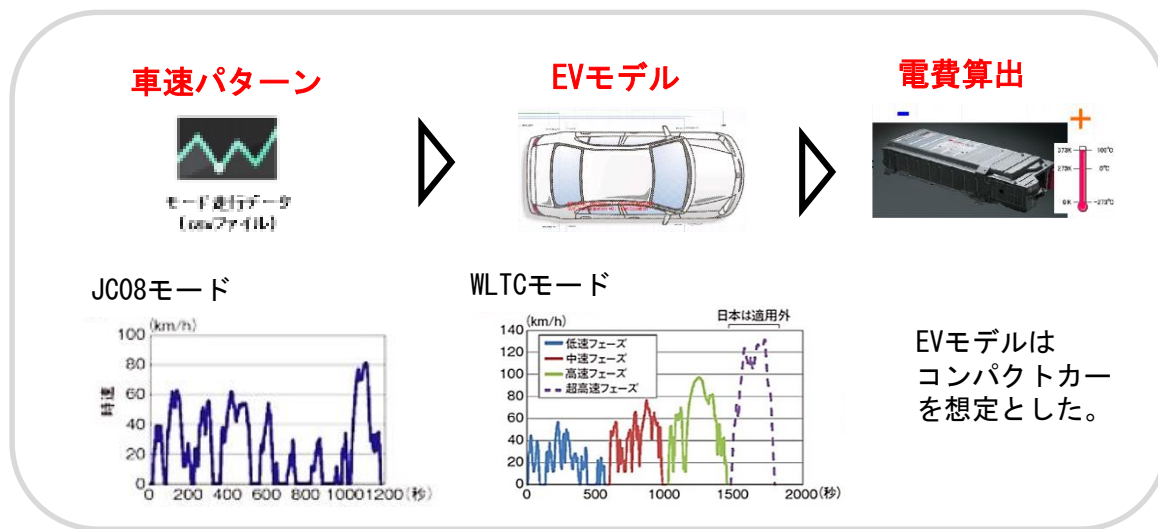


図 2.2.1.1. EVモデルの電費算出イメージ

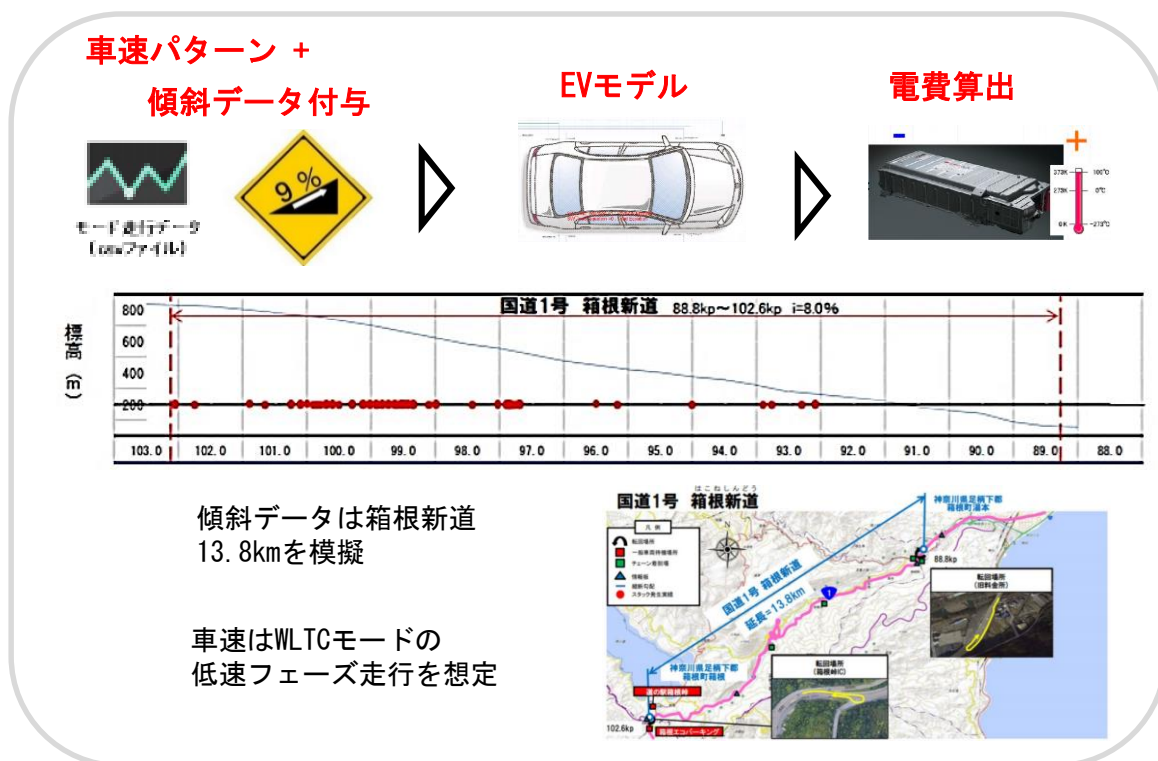


図 2.2.1.2. 傾斜を付与したEVモデルの電費算出イメージ

## 2.2.2. ユースケース実行のための構造

●EV車両電費計算モデルでは車速パターンよりアクセル率とブレーキ率からモータージェネレーターとブレーキを制御して車両速度を算出する。それに伴う走行消費電力から電費を算出する構造とした。（JC08, WLTCモード試験では電装系を切るので空調、補機は含まない。）

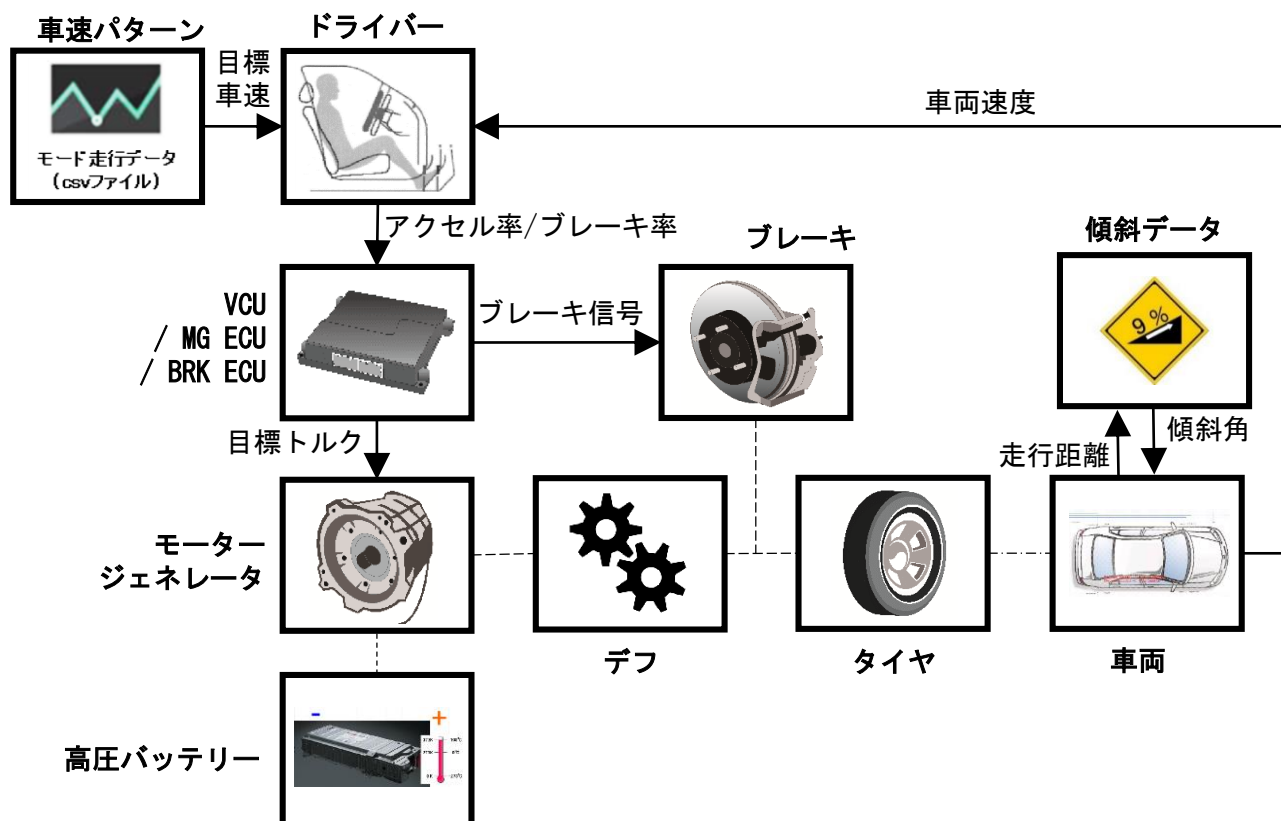


図 2.2.2. 準拠モデルの構造

●詳細な構成・機能は別紙準拠モデル解説書に記載する。

●パラメータ事例 (EV車両モデル)

車両重量 (1250kg) 車両中心高さ (0.5m) ホイールベース (2.5m) 空気密度 (1.2kg/m<sup>3</sup>) 空気抵抗係数 (0.28) 前面投影面積 (2.11) ロードロード式係数、タイヤ半径 (0.25m) タイヤイナーシ (3.3kgm<sup>2</sup>) 転がり抵抗係数 (105) 引きずりトルク (0.8Nm) ギア比 (7.06) デフイナーシャ (0.0371kgm<sup>2</sup>) 周囲温度 (25℃) 目標降圧電圧 (12.8V) 目標昇圧電圧 (260V) 最大降圧電流 (100A) 最大昇圧電流 (0.1A)

※モデルやパラメータは事例でありシミュレーション結果は自己責任で使用して下さい。

### 2.2.3. シミュレーション結果

● JC08モード走行とWLTCモード走行での消費電力を算出しカタログ値の電費算出と同様に交流電力量消費率（Wh/km）で記載した。参考として登坂・降坂での電費を見るため、箱根の傾斜を模擬し、車速はWLTCモードの低速フェーズのみを使用しシミュレーションを行った。

No.	具体的な検討内容	距離 km	傾斜	消費電力 Wh	電費 Wh/km
1	JC08モード走行	8.17	なし	784	96
2	WLTCモード走行	15.0	なし	1521	101
3	WLTC低速フェーズ走行	13.8	なし	1340	97
4	WLTC低速フェーズ登坂走行	13.8	上り	3939	285
5	WLTC低速フェーズ降坂走行	13.8	下り	-416	-30

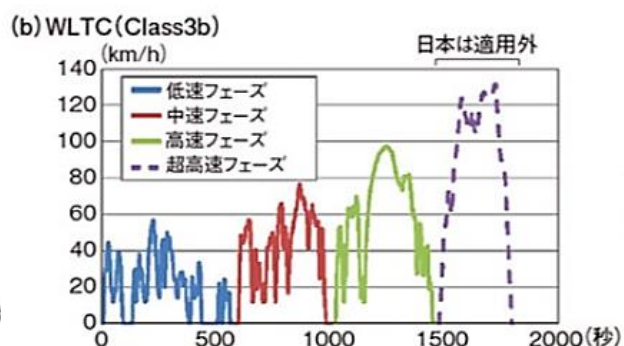
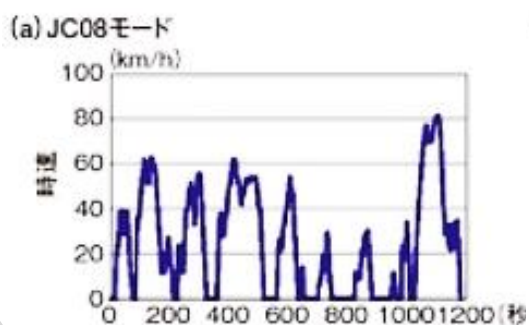
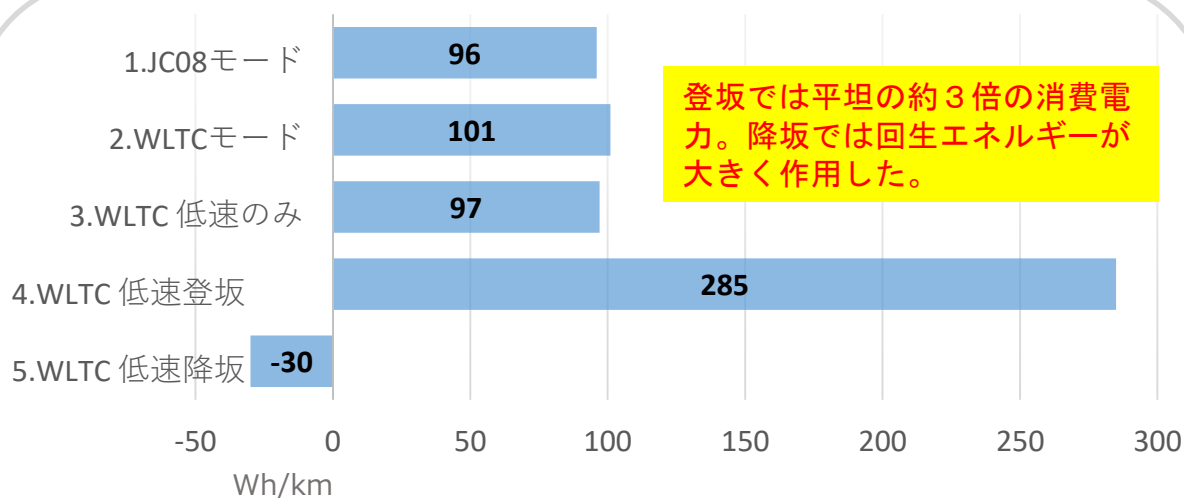


図 2.2.3. 電費算出シミュレーション結果

## 2.3. UC② 空調エネルギーを含めたEVモデルの電費算出シミュレーション

### 2.3.1. 概要

●EV車両の消費電力において大きく割合を占める事が想定される空調の冷暖房使用時の消費電力を算出する。詳細度をあげるため日射状態、車体の不透明部分、ガラス部分を熱負荷としたモデルでのシミュレーションを行った。

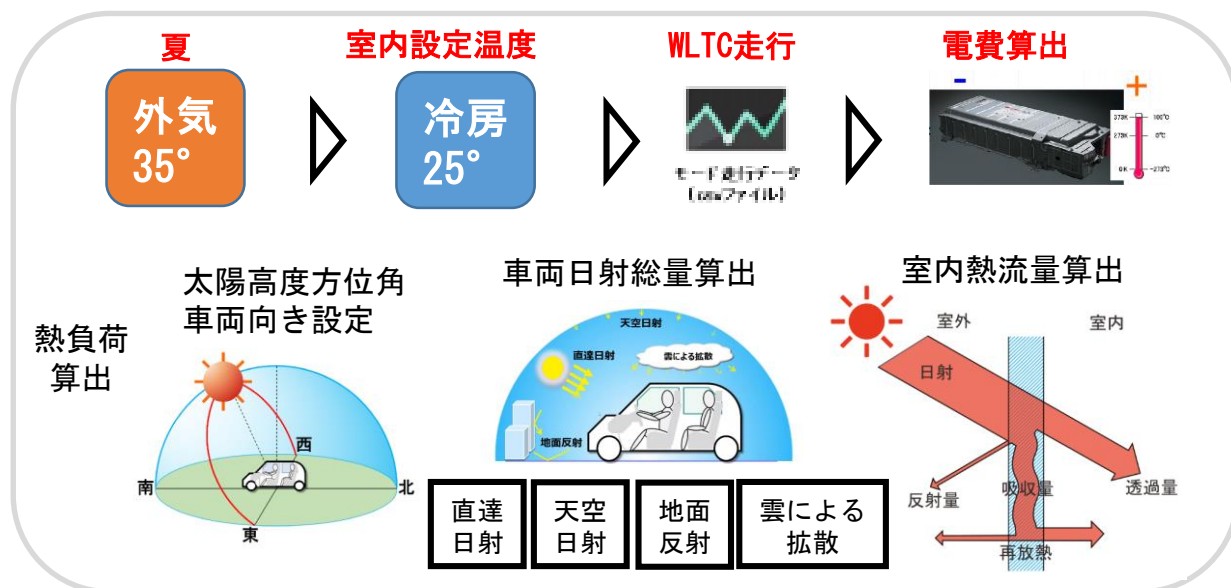


図 2.3.1.1. 冷房時の走行モードによる消費電力算出イメージ

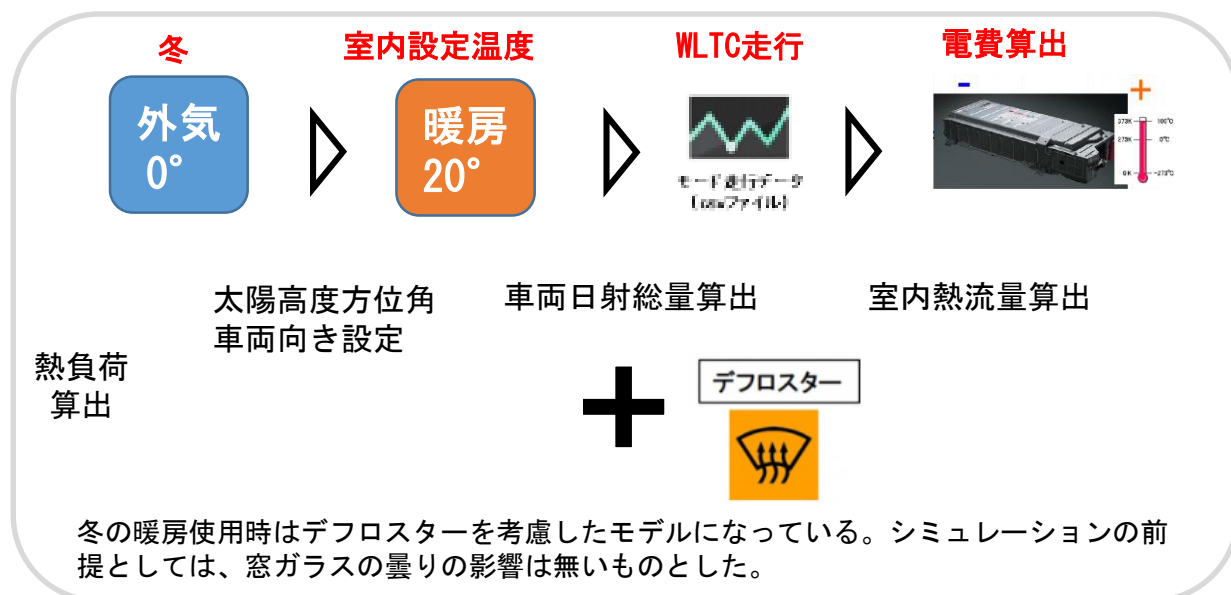


図 2.3.1.2. 暖房時の走行モードによる消費電力算出イメージ



### 2.3.2. ユースケース実行のための構造

●太陽による室内影響をシミュレーションできるようにするため、日射・照射モデルで太陽高度、太陽方位角、車両向きを設定し、車体の不透明・ガラス部モデルから室内への熱流量を算出することで室内の温度変化が可能となり、冷暖房時の詳細な電費算出ができる構造とした。

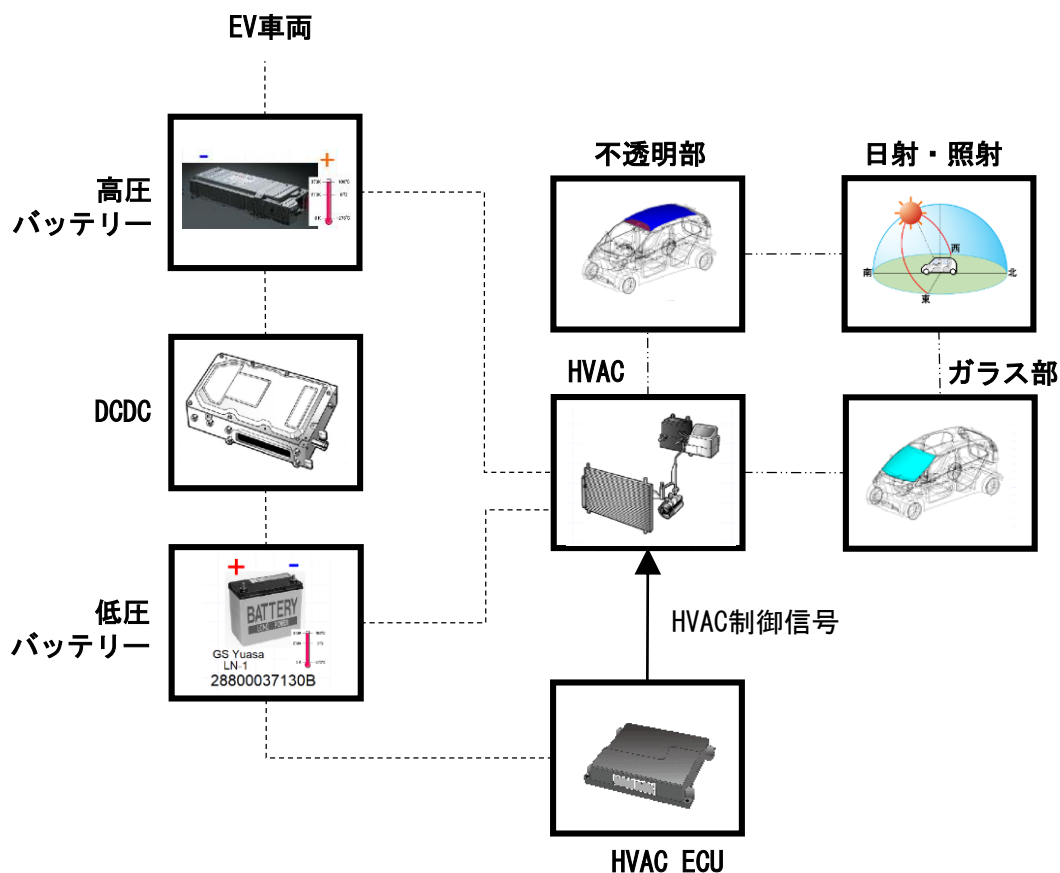


図 2.3.2. 準拠モデルの構造

●詳細な構成・機能は別紙準拠モデル解説書に記載する。

●パラメータ事例 (HVAC / 日射・照射 / ガラス / 不透明部モデル)

外気温度 (25℃) 初期室内温度 (25℃) 初期ボディー温度 (25℃) 室内空気流速 (0.5m/s)  
 最大空調パワー (4000W) 目標温度 (25℃) 不透明部 (面積、重量、比熱容量、熱伝導率、熱吸収率、法線ベクトル) ガラス部 (面積、厚み、密度、比熱容量、熱伝導率、熱透過率、熱吸収率、法線ベクトル) 熱抵抗、太陽高度角 (63) 大気透過率 (0.74) 太陽方位角 (0) 車両の方位角 (0)

※モデルやパラメータは事例でありシミュレーション結果は自己責任で使用して下さい。



### 2.3.3. シミュレーション結果

●日射により室内温度が上昇するため夏は冷房使用が増え消費電力が上がり、冬は暖房使用が減り消費電力が下がる結果となったため日射による電費影響が大きいことが分かった。シミュレーションの前提として、走行車速はWLTCモード、日射モデルの太陽高度、方位角、車両向きは固定とし消費電力の大きい外気導入とし、窓ガラスの曇りの影響はないものとした。

No.	具体的な検討内容	エアコン	日射	外気温度	目標温度	消費電力 kJ			電費 Wh/km
						走行	空調	Total	
6	夏 冷房 日射有	冷房	ON	35	25	5042	2138	7780	144
7	夏 冷房 日射無	冷房	OFF	35	25	5042	1135	6700	124
8	冬 暖房 日射有	暖房	ON	0	20	5042	2965	8670	160
9	冬 暖房 日射無	暖房	OFF	0	20	5042	4474	10300	190

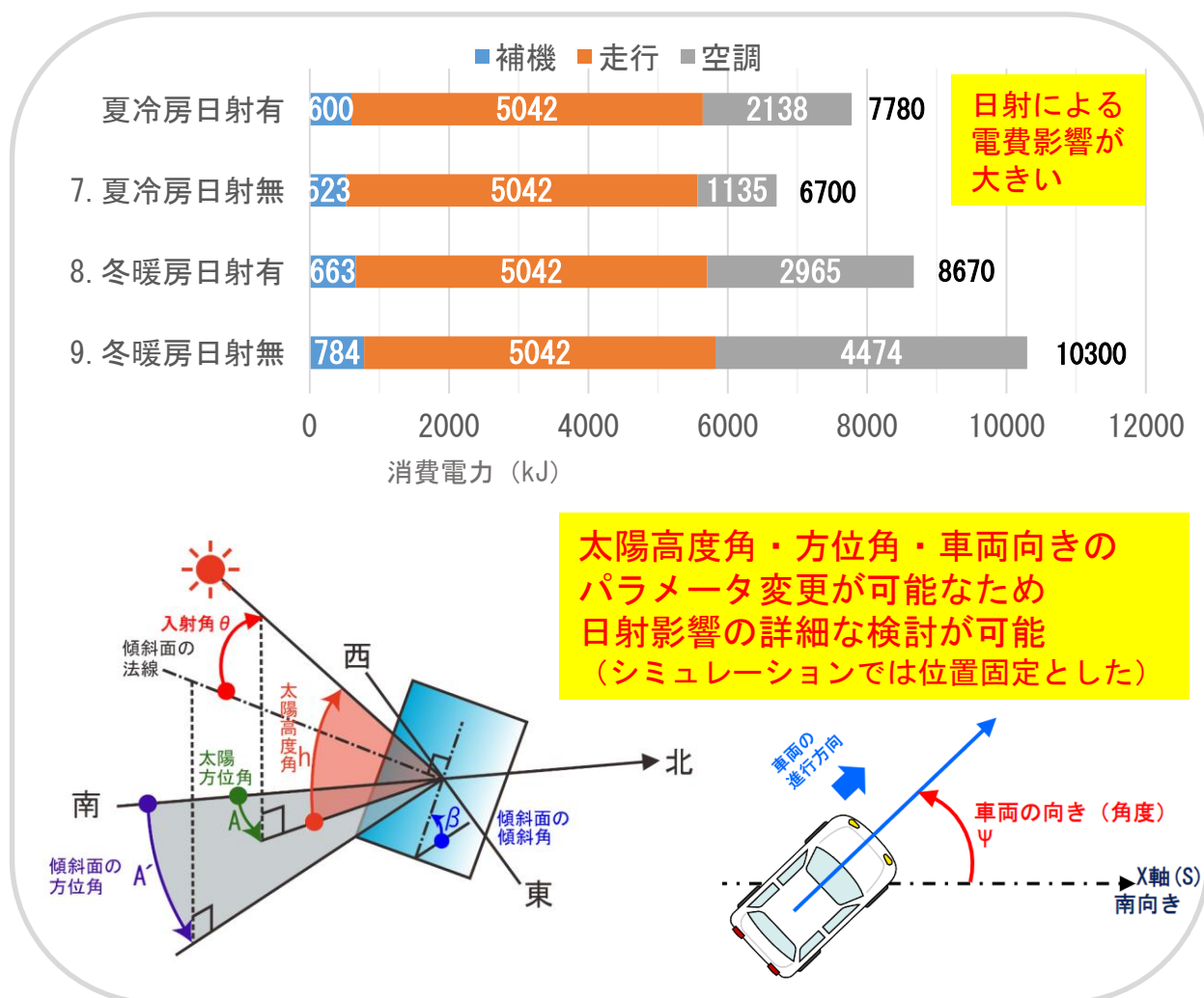
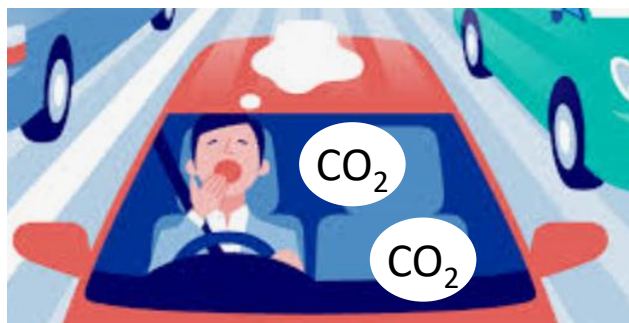
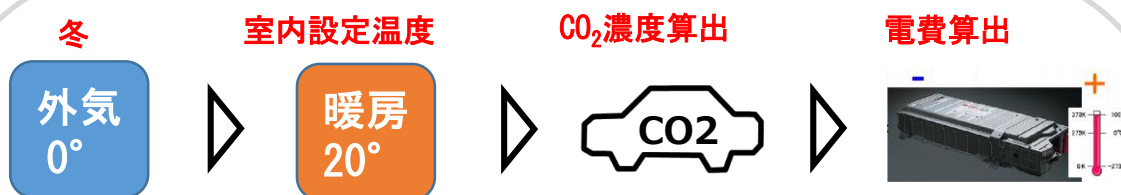


図 2.3.3. 電費算出シミュレーション結果

## 2. 4. UC③ CO<sub>2</sub>濃度を元に換気制御を想定した電費算出シミュレーション

### 2. 4. 1. 概要

●CO<sub>2</sub>濃度により眠気が誘発されたり人体への影響が懸念される。そのためキャビン内の濃度を算出し、CO<sub>2</sub>濃度が上昇したら換気をするシミュレーションを行った。シミュレーションの前提として、消費電力の大きい冬の暖房使用時、日射モデルはOFF、成人男性のCO<sub>2</sub>呼出量は0.023m<sup>3</sup>/hを想定した。



「換気の基準としてCO<sub>2</sub>は1500ppm以下であることが望ましい」

労働安全衛生法  
学校環境衛生基準より

(ppm)	
5000 以上 *	危険レベル
2500 ~ 5000	倦怠感、心拍数の増加、吐き気などの恐れがあります。
1000 ~ 2500	注意力散漫になり、眠気を誘われます。
700 ~ 1000	換気が不十分です。
450 ~ 700	十分な換気ができています(屋内の通常レベル)
350 ~ 450	外気の通常レベル

\* 5000ppm ~ 9000ppm の測定値は表示できますが精度外です。

参考データ 【CO<sub>2</sub>濃度の変化と影響について】

CO<sub>2</sub>センサー(TR76Ui) 製品情報HPより抜粋  
<http://weather.jp/product/1554.html>

図 2. 4. 1. 暖房時のCO<sub>2</sub>濃度と電費算出イメージ

## 2.4.2. ユースケース実行のための構造

●搭乗人数からキャビン内CO<sub>2</sub>濃度を算出し、CO<sub>2</sub> ECUによりCO<sub>2</sub>濃度が設定値上限になると外気循環に切替え換気をし、下限値になると内気循環に切り替え電費向上と室内快適性に寄与する構造とした。外気時の換気による制御演算は外気交換容積分を外気と交換して、取り込んだ外気のCO<sub>2</sub>量を加算、交換し同じ容積分のキャビン内のCO<sub>2</sub>量を減算することで外気交換を再現している。

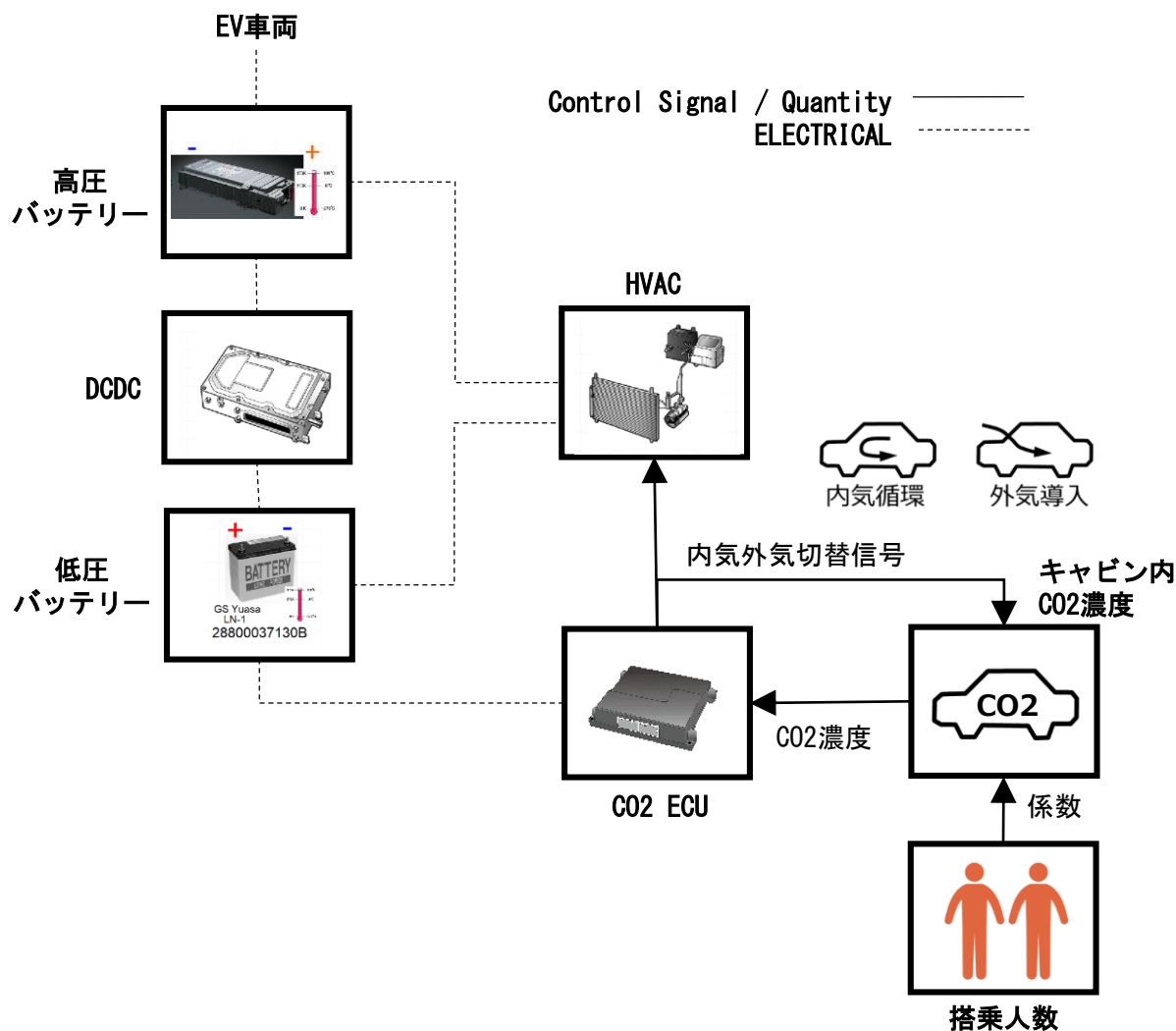


図 2.4.2. 準拠モデルの構造

●詳細な構成・機能は別紙準拠モデル解説書に記載する。

●パラメータ事例 (搭乗人数 / キャビン内CO<sub>2</sub>濃度 / CO<sub>2</sub> ECUモデル)

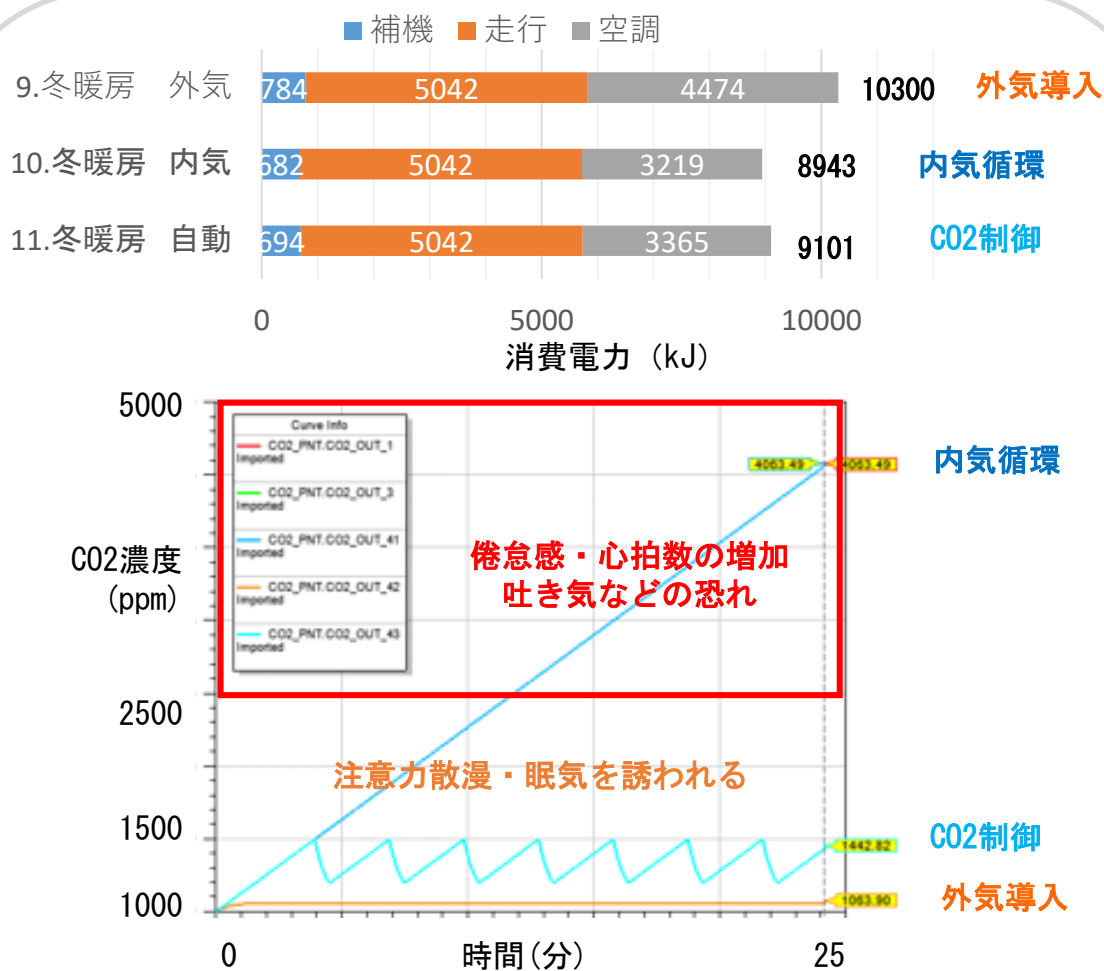
搭乗人数(成人男性、成人女性、児童) CO<sub>2</sub>呼出量(0.023m<sup>3</sup>/h ※成人男性100% 女性90% 児童50%) 外気CO<sub>2</sub>濃度(1000ppm) 車内容積(2.523m<sup>3</sup>) 外気交換容積分(0.1m<sup>3</sup>/s) CO<sub>2</sub>制御(ON/OFF) CO<sub>2</sub>濃度上限値(1500ppm) 下限値(1200ppm)

※モデルやパラメータは事例でありシミュレーション結果は自己責任で使用して下さい。

### 2.4.3. シミュレーション結果

●消費電力の大きい冬の暖房時で比較した。内気循環モードと外気導入モードでは電費差があるが、CO2制御では内気循環とほぼ変わりがないため電費と室内快適性に良い結果となった。外気交換の前提として外気導入は0.1m<sup>3</sup>/s、内気循環時は外気交換しない設定とした。

No.	具体的な検討内容	エアコン	CO2制御	消費電力 kJ			電費 Wh/km	CO2濃度 ppm
				走行	空調	Total		
9	冬 暖房 外気導入	暖房	OFF	5042	4474	10300	190	1064
10	冬 暖房 内気循環	暖房	OFF	5042	3219	8943	165	4741
11	冬 暖房 自動	暖房	ON	5042	3365	9101	168	1200-1500



内気循環は電費は良いがCO2濃度が健康に害を及ぼす可能性があるためCO2制御をすることで電費にも有効と考えられる。

図 2.4.3. 電費算出シミュレーション結果とCO2濃度推移

## 2.5. UC④ 急速充電によるバッテリー温度算出シミュレーション

### 2.5.1. 概要

●充電ステーションでの急速チャージを想定し、バッテリーSOC（充電状態）が50%から95%になるまでのバッテリー発熱温度を算出するシミュレーションをした。



図 2.5.1. 急速充電時のバッテリー温度算出イメージ

### 2.5.2. ユースケース実行のための構造

●外部充電器から高圧バッテリーへ充放電できる構造とした。

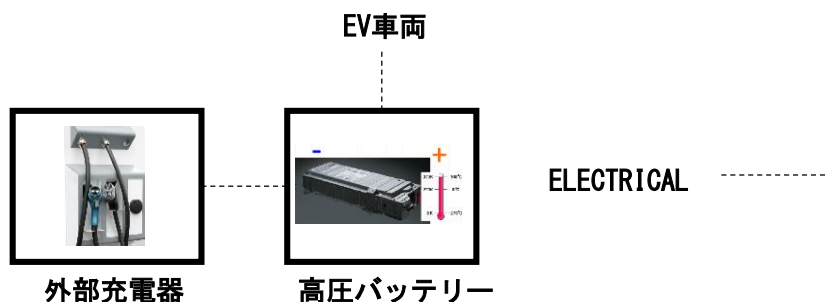


図 2.5.2. 準拠モデルの構造

●詳細な構成・機能は別紙準拠モデル解説書に記載する。

●パラメータ事例（高圧バッテリー / 外部充電器モデル）

初期バッテリーSOC (50%) 周囲温度 (25°C) バッテリー容量 (16kWh) 充電停止SOC (95%)  
最大充電出力 (50kW)

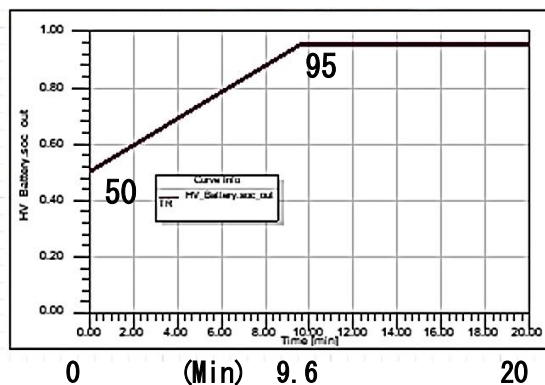
※モデルやパラメータは事例でありシミュレーション結果は自己責任で使用して下さい。

### 2.5.3. シミュレーション結果

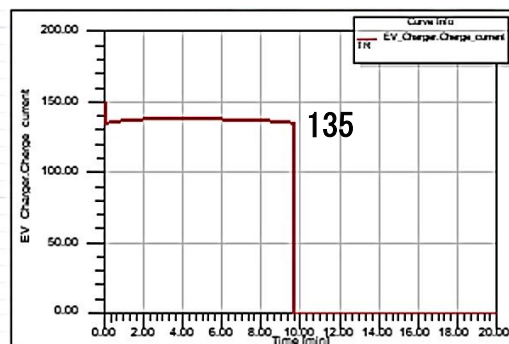
●SOC50%から95%へ50kWで急速充電したときの電流と損失、及びバッテリー温度の上昇と、充電停止に伴うバッテリー温度変化をシミュレーション結果とした。前提としてバッテリーマネジメントであるセルのバランス制御、冷却システム、保護機能などは考慮していない。

No.	具体的な検討内容	初期SOC %	充電停止SOC %	最大充電出力 kW	バッテリー容量 kWh	初期温度 °C	最高温度 °C
12	急速充電	50	95	50	16	25	79.5

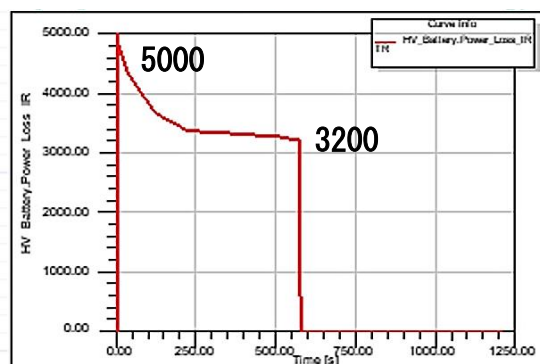
### SOC (%)



### 急速充電電流 (A)



### バッテリー損失 $I^2R$ (W)



### 高圧バッテリー温度 (°C)

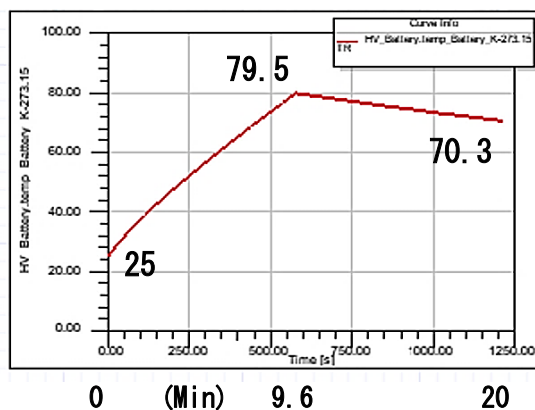


図 2.5.3. バッテリー温度算出シミュレーション結果

