

電気重量車の電力消費率を 高精度に評価するための 新たなHILS試験手法の検討

環境研究部 主任研究員 奥井 伸宜

内容

1. 背景, 狙い
2. バッテリー性能の評価
3. Battery-HILSの構築
4. Battery-HILSの検証
5. まとめ

1. 背景

電動駆動車両の市場導入が急速に広がっている

重量車分野

(Reference : Mitsubishi Fuso Truck and Bus Corporation)



【エンジン車】



【ハイブリッド車】/
【プラグインハイブリッド車】



【電気自動車】

燃料消費率及び排出ガス試験法の整備状況(日本)

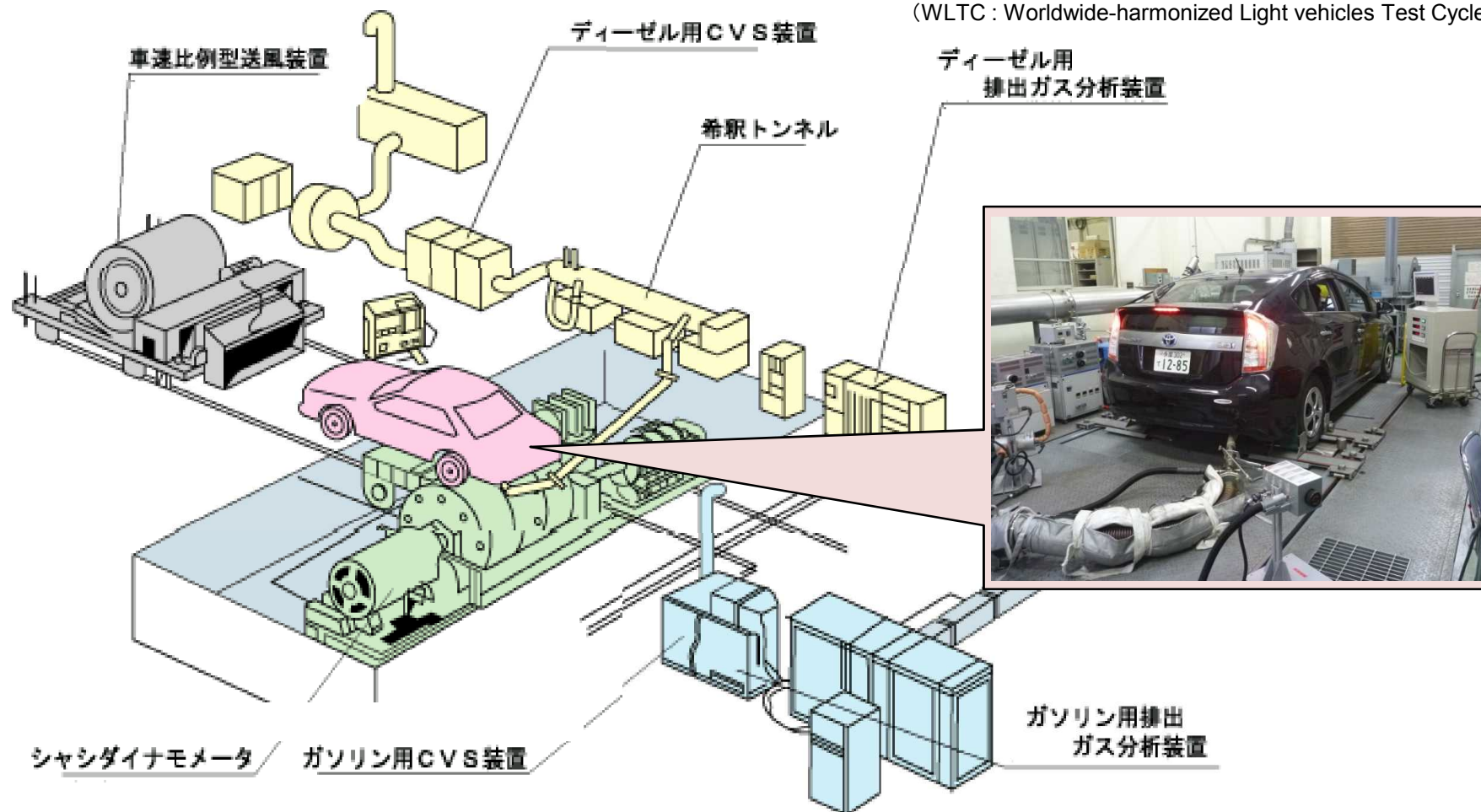
	Hybrid (HEV)	Plug-in Hybrid (PHEV)	All Electric (EV)
乗用車	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_99-011-01
重量車	TRIAS_99-007~9-01 TRIAS_31-J041(1~3)-01 →HILS手法が採用	未整備 →拡張HILS手法を提案	未整備

(TRIAS : Test Requirements and Instructions for Automobile Standards)

【乗用車の試験法】 シャシダイナモメータ試験

ローラを仮想路面とし、ローラ上に自動車の駆動輪を載せ、
認証試験モード(WLTCなど)を走行し、排出ガス・燃費を測定する

(WLTC : Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle)



【重量車(エンジン車)の試験法】 シミュレーション法

架装物やエンジン、トランスミッション、変速比、車軸配列、
タイヤ仕様など、多種多様な車両組合せが存在する

仮想車両による評価

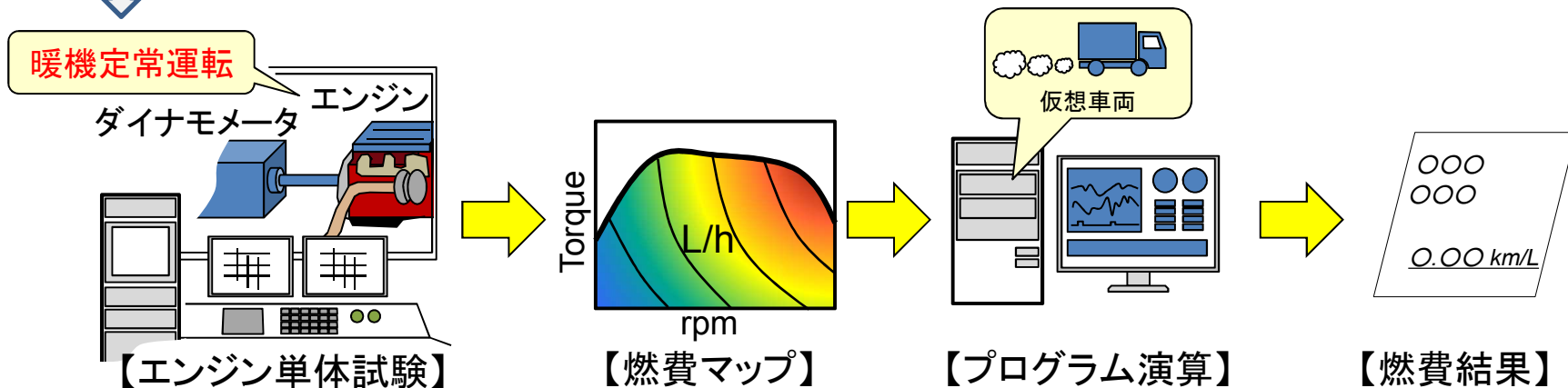
シミュレーション法

燃料消費率(燃費)試験

計算機(変換プログラム)で、仮想車両のモード走行を行う

排出ガス試験

エンジンダイナモ装置にて、エンジン単体でモード走行を行う



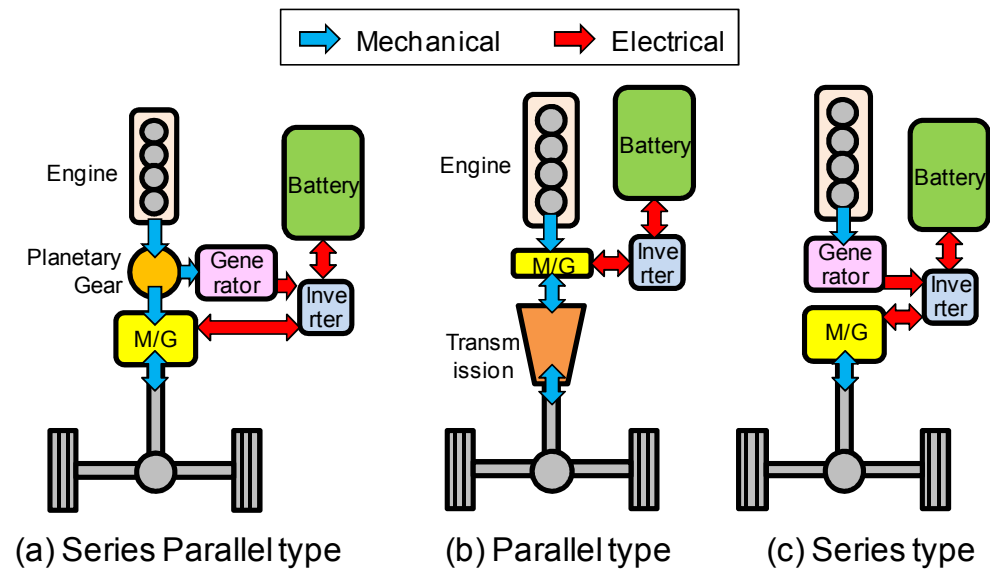
【ハイブリッド重量車の試験法】 HILS法

ハイブリッド重量車には、
多種多様な要素機器とパワートレインが存在する

➤要素機器

- ・内燃機関
… エンジン
- ・電動機
… モータ/ジェネレーター、
インホイールモータ
- ・蓄電装置
… バッテリ、キャパシタ

➤パワートレイン



シミュレーション法をベースとして

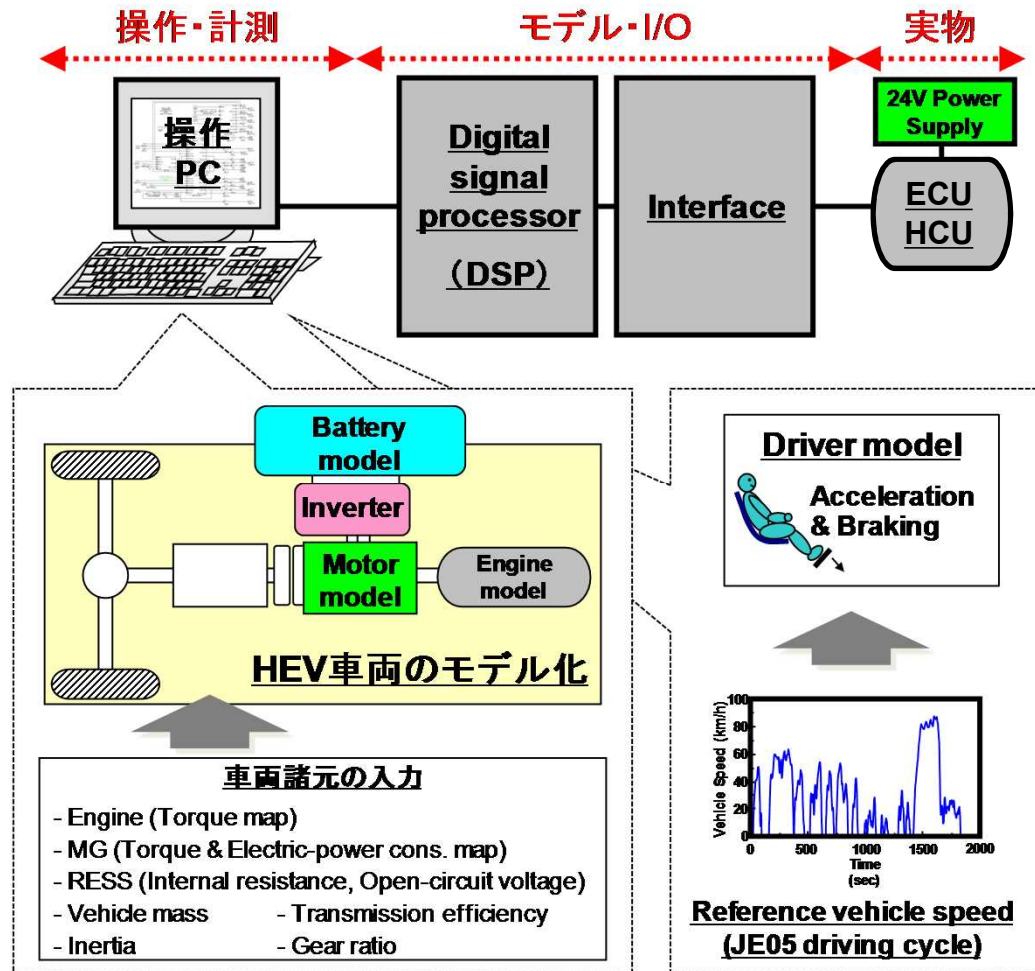
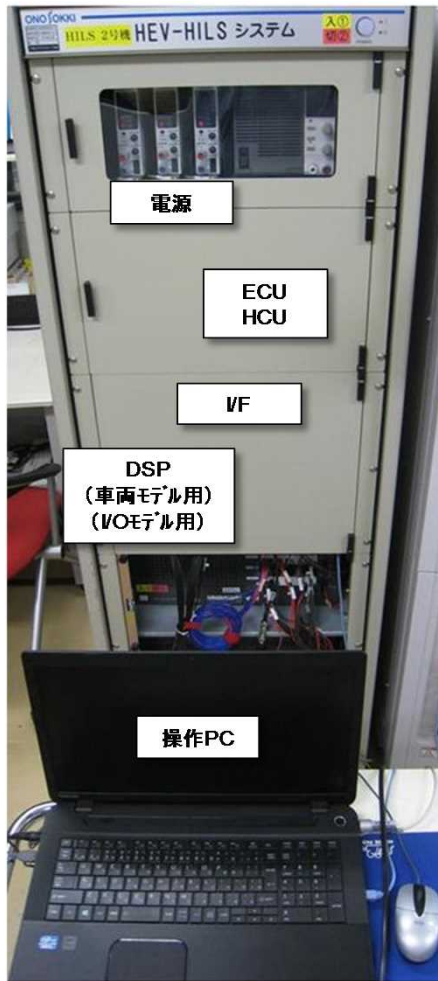
HILS法

(HILS : Hardware In the Loop Simulation)

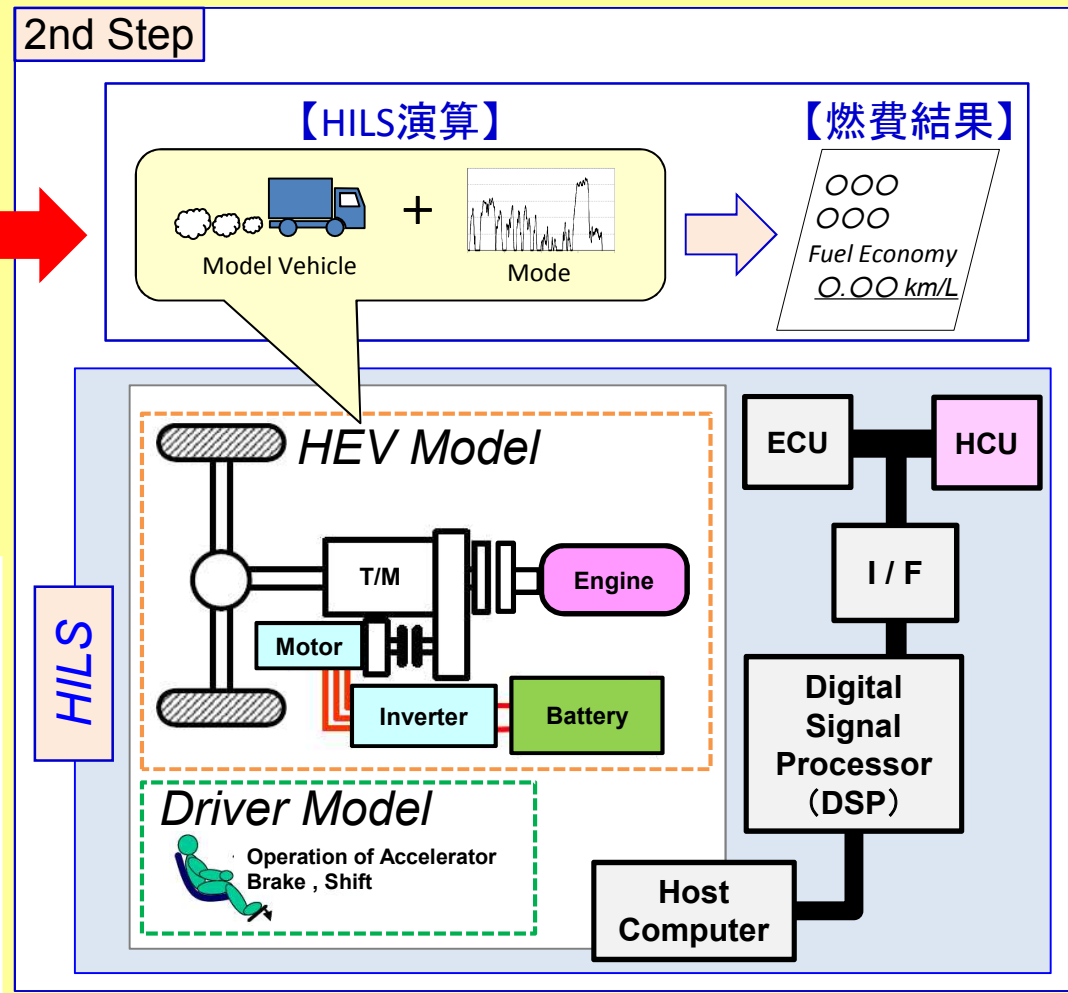
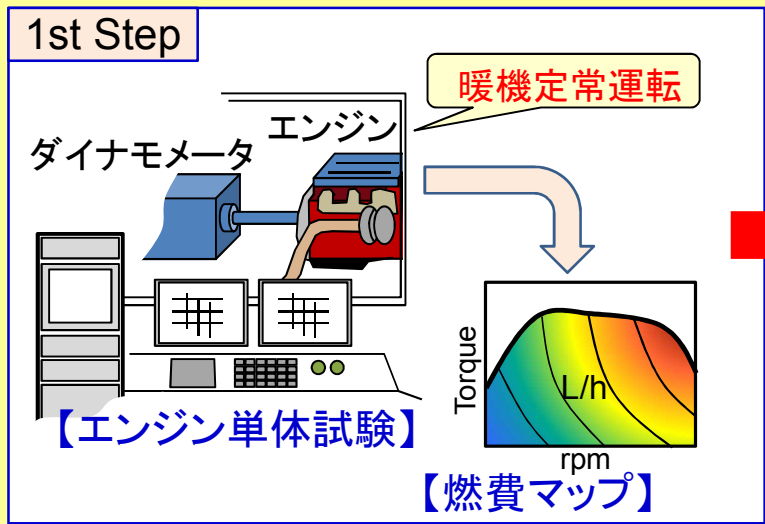
【ハイブリッド重量車の試験法】 HILS法

HILSプログラムと実ECU、実HCUが接続された計算機から構成

(ECU : Engine Control Unit, HCU : Hybrid Control Unit)



【ハイブリッド重量車の試験法】 HILS法



PHEV評価の課題点

エンジン＝モデル(マップ)

→ エンジン暖機状態に限られる

【PHEV】エンジン冷機状態から
エンジンがスタートする

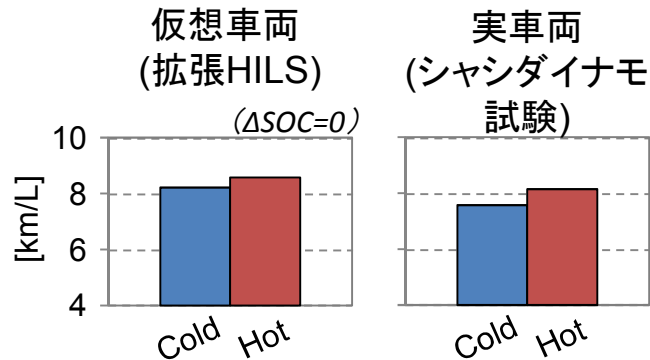
→ モデル(マップ)が使用できない

【プラグインハイブリッド重量車の試験法】 拡張HILS法

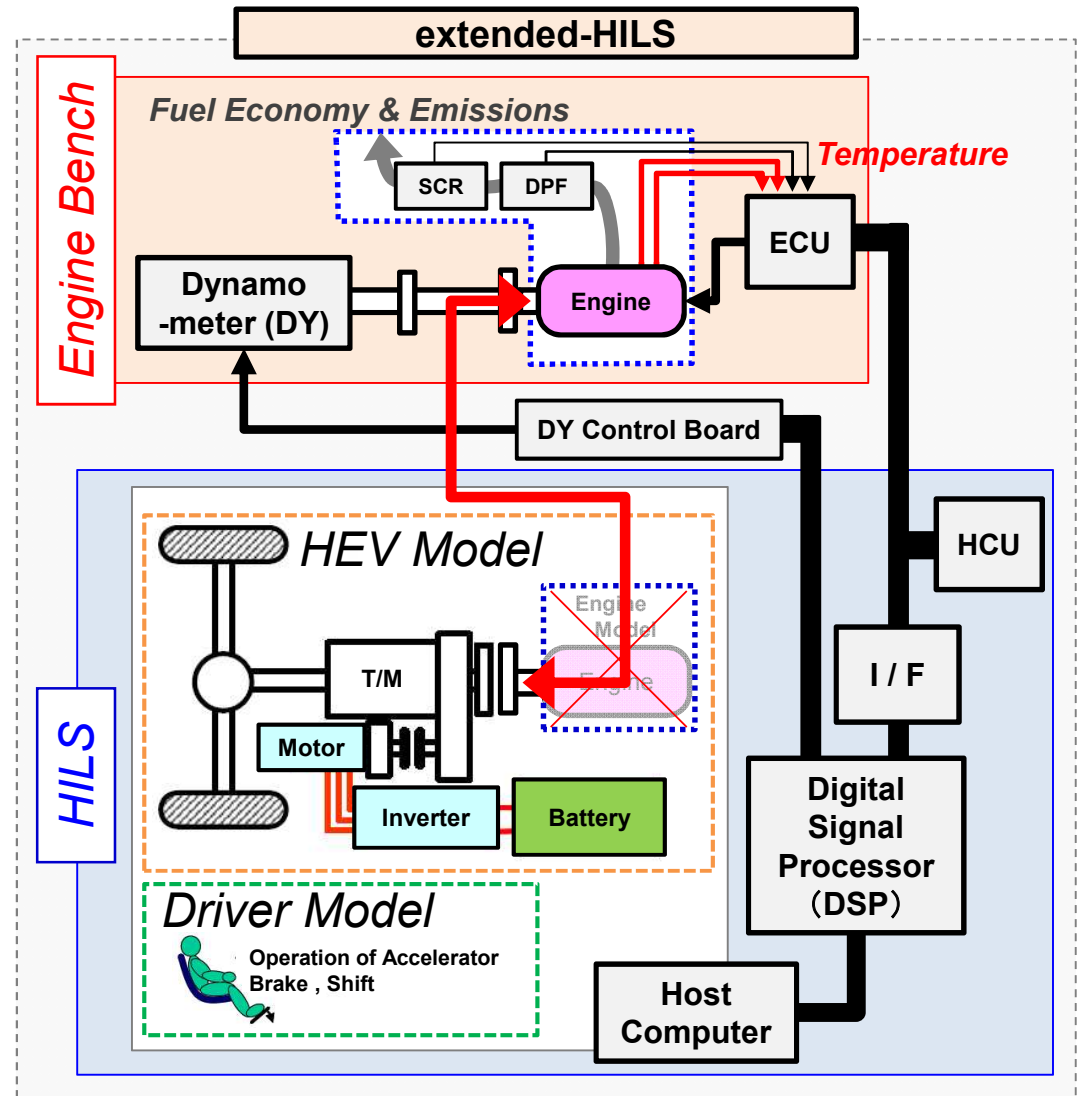
【拡張HILS】HILSと実エンジンをリアルタイムに協調制御させる

- ・エンジン冷機状態からスタートする燃費・排出ガス試験が可能に
- ・ハイブリッド制御ロジックにエンジンや後処理装置等の温度情報を考慮することが可能に

ハイブリッド重量車の燃費結果



拡張HILS = 実車両



拡張HILSにて、プラグインハイブリッド重量車の燃費及び排出ガスを高精度に評価することが可能に

1. 狙い

電気重量車 (EV) の試験法は？

⇒ 電力消費率を高精度に評価する必要あり

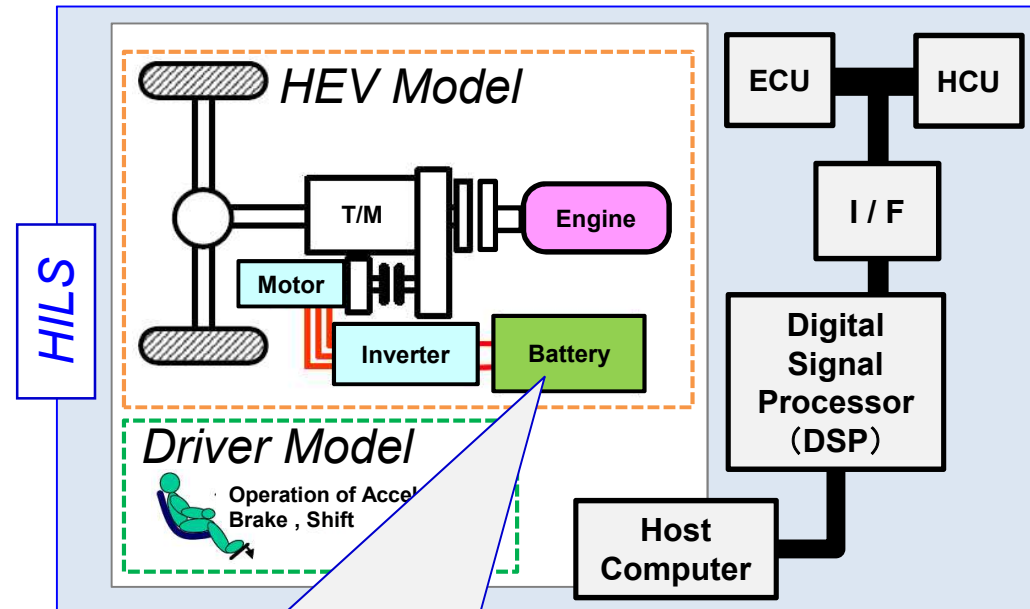
EVの特徴

- ・バッテリー搭載量：多い(膨大)
- ・バッテリー使用範囲：広い
(vs. Hybrid Truck)

HILS法が適用可能？

バッテリーモデルが使える？

1. バッテリー性能の評価
(乗用車EVを使用)
2. Battery-HILSの構築
(HILSと実バッテリーを組み合わせる)
3. Battery-HILSの検証
(乗用車EVと比較)



HILS法の規則 (バッテリー関連)

- バッテリーの端子間電圧, 内部抵抗の測定
→ セル 又は 車載状態のパックを使用すること
→ 測定時のバッテリー温度: $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- バッテリーの電流, 電圧のモデル化
→ 最小二乗法にて数式化(モデル化)

内容

1. 背景
2. バッテリー性能の評価
3. Battery-HILSの構築
4. Battery-HILSの検証
5. まとめ

2. バッテリー性能の評価 (乗用車EV)

供試車両

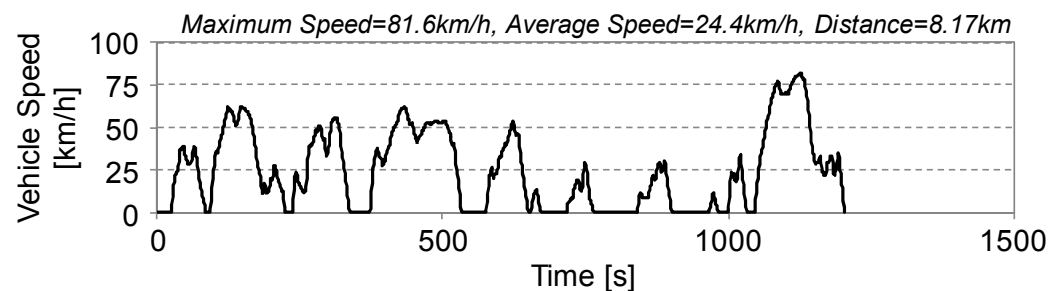
< Electric Vehicle >
(Light-duty)



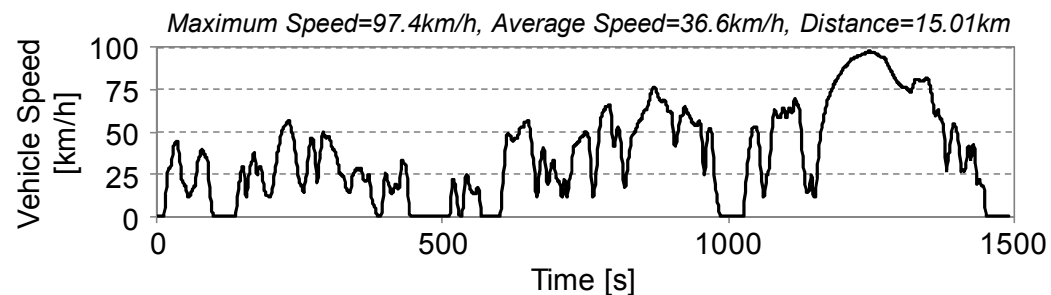
Vehicle weight		[kg]	1,100
Motor	Type		Permanent magnet synchronous motor
	Max. output [kW/min ⁻¹]		47 / 3,000 ~ 6,000
	Max. torque [Nm/min ⁻¹]		180 / 0 ~ 2,000
Battery	Type		Lithium-ion
	Rated voltage [V]		330
	Rated capacity [kWh]		16
Control system			Inverter control
Drive-train			Rear-wheel drive
Product year			2009

走行モード

< JC08 >



< WLTC >

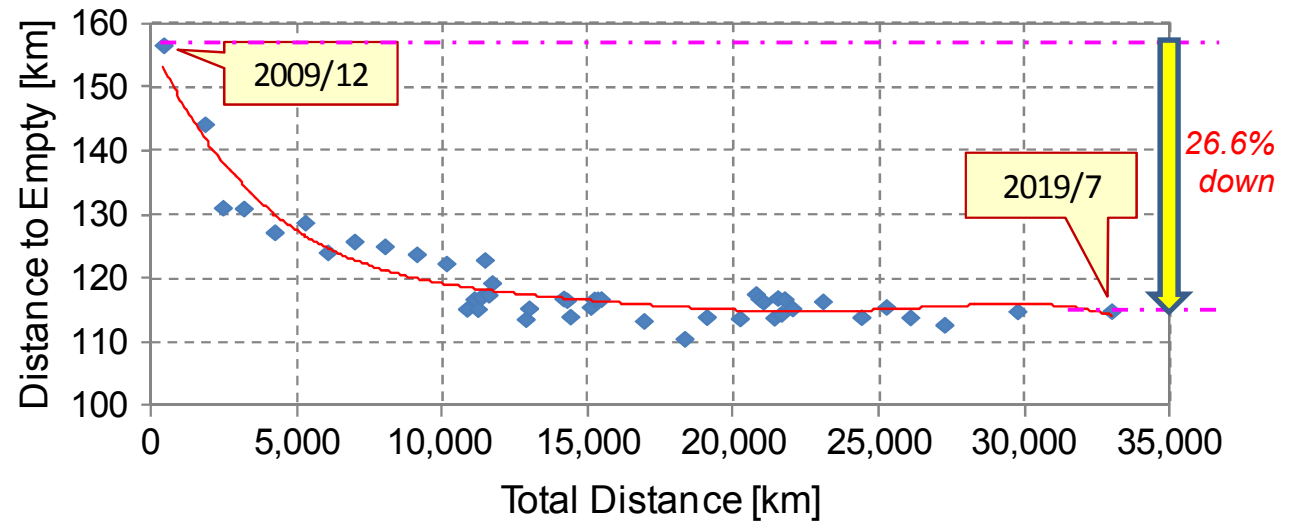


2. バッテリー性能の評価（乗用車EV）

長期使用時の影響

< JC08 >

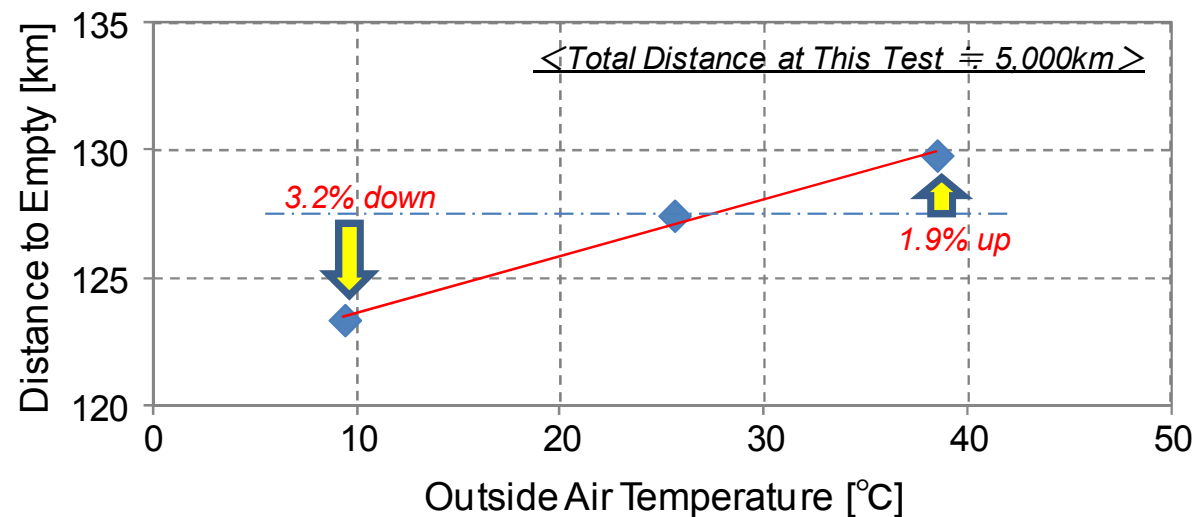
【結果1】バッテリーは劣化する



走行環境下の影響

< JC08 >

【結果2】バッテリーは周囲温度の影響を受ける

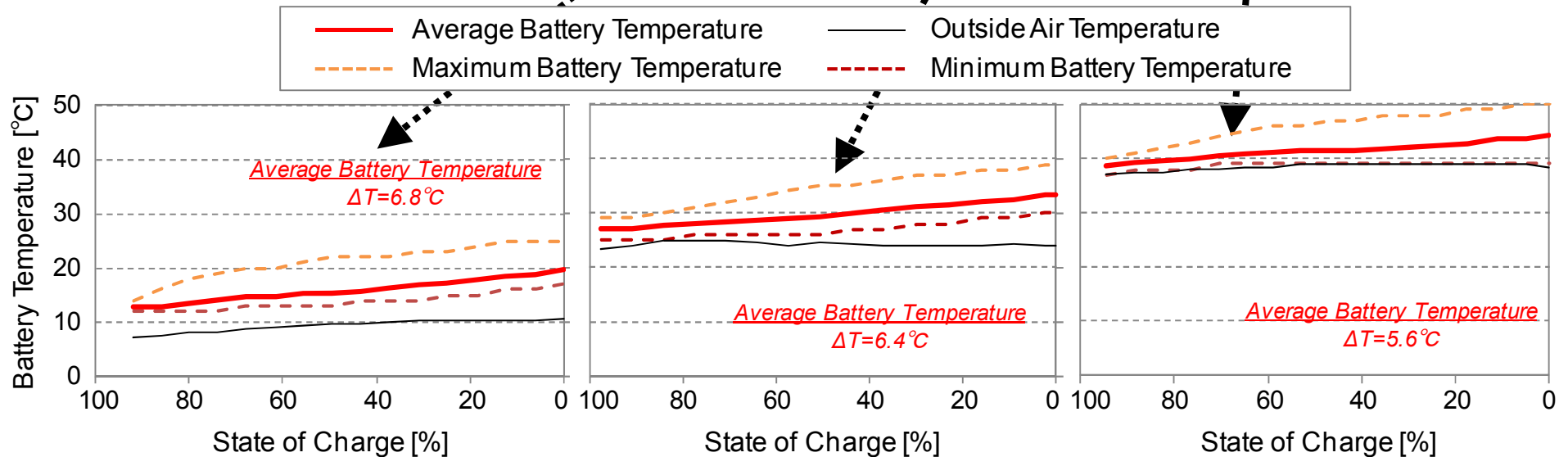
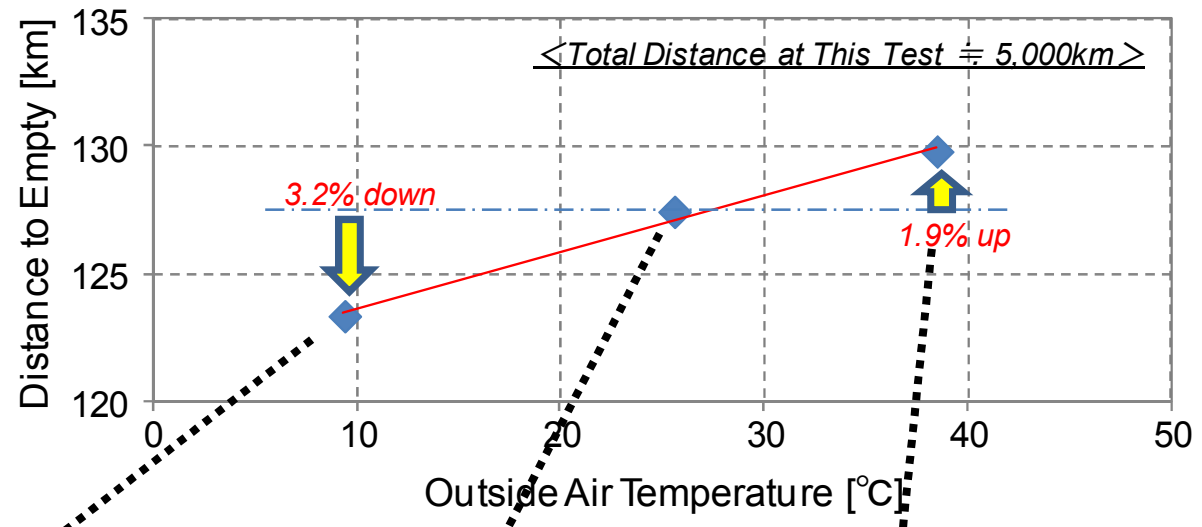


2. バッテリー性能の評価 (乗用車EV)

走行環境下の影響

< JC08 >

【結果3】バッテリー温度は走行時に変化する



一定の環境温度条件下で、バッテリーをモデル化することは困難である

内容

1. 背景
2. バッテリー性能の評価
3. Battery-HILSの構築
4. Battery-HILSの検証
5. まとめ

3. Battery-HILSの構築

一定の環境温度条件下で、バッテリーをモデル化することは困難である

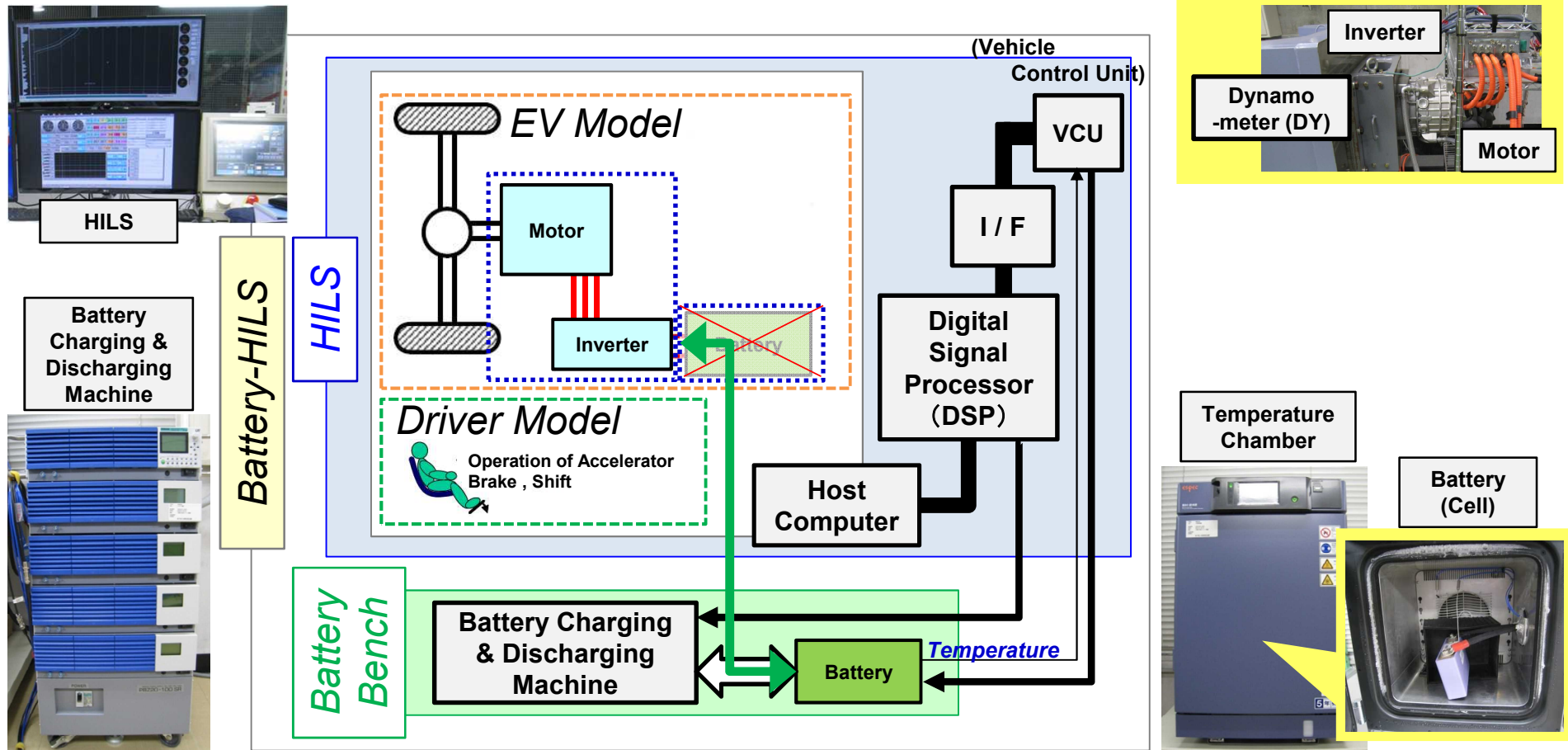
高精度かつ簡便にEVを評価する手法は？

- HILS(仮想車両)を適用
- 実バッテリーを使用

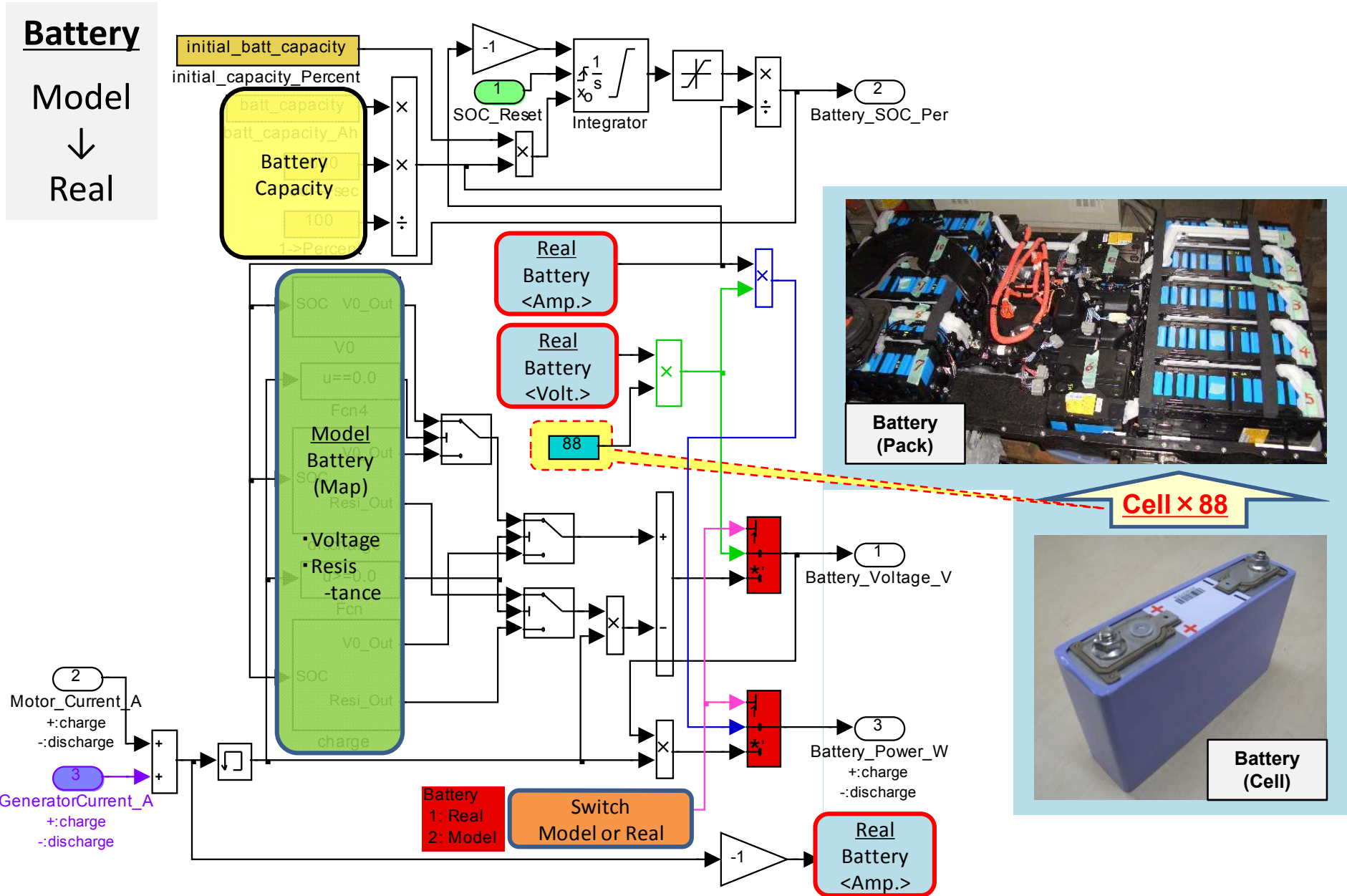


Battery-HILSの構築

- 電動モータ:モデル(マップ)
- バッテリー:実機(セル)



3. Battery-HILSの構築



内容

1. 背景
2. バッテリー性能の評価
3. Battery-HILSの構築
4. Battery-HILSの検証
5. まとめ

4. Battery-HILSの検証 (vs. 実車)

Battery-HILSにて, 仮想EVを構築
→ 電動モータ:モデル(マップ)
→ バッテリ :実機(セル)

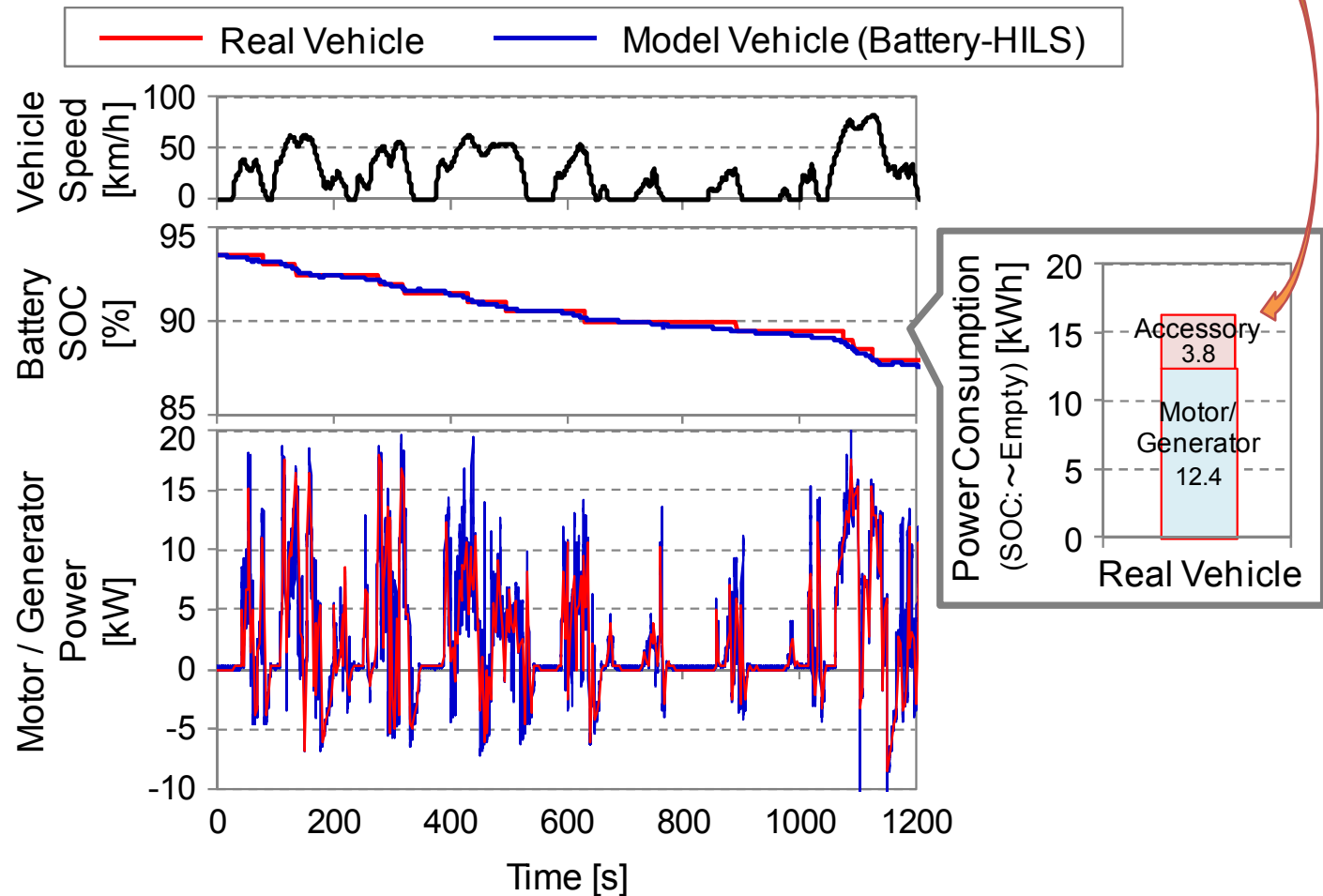
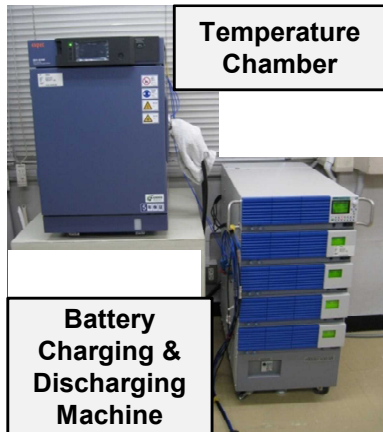
+

車両走行性能を再現させるために,
→ 実車両走行時の
補機の消費電力量を考慮

【検証結果1】

1 cycle走行

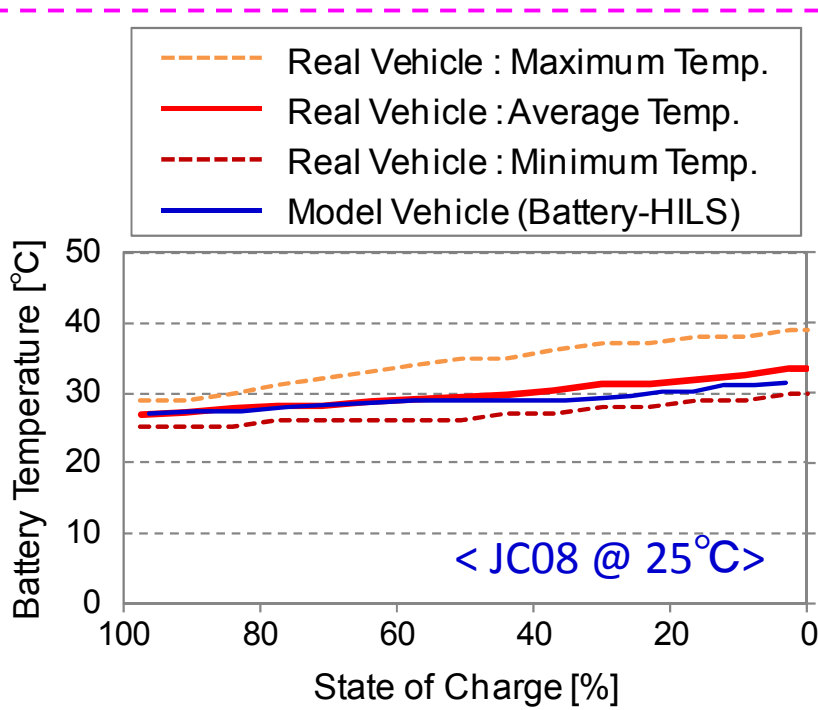
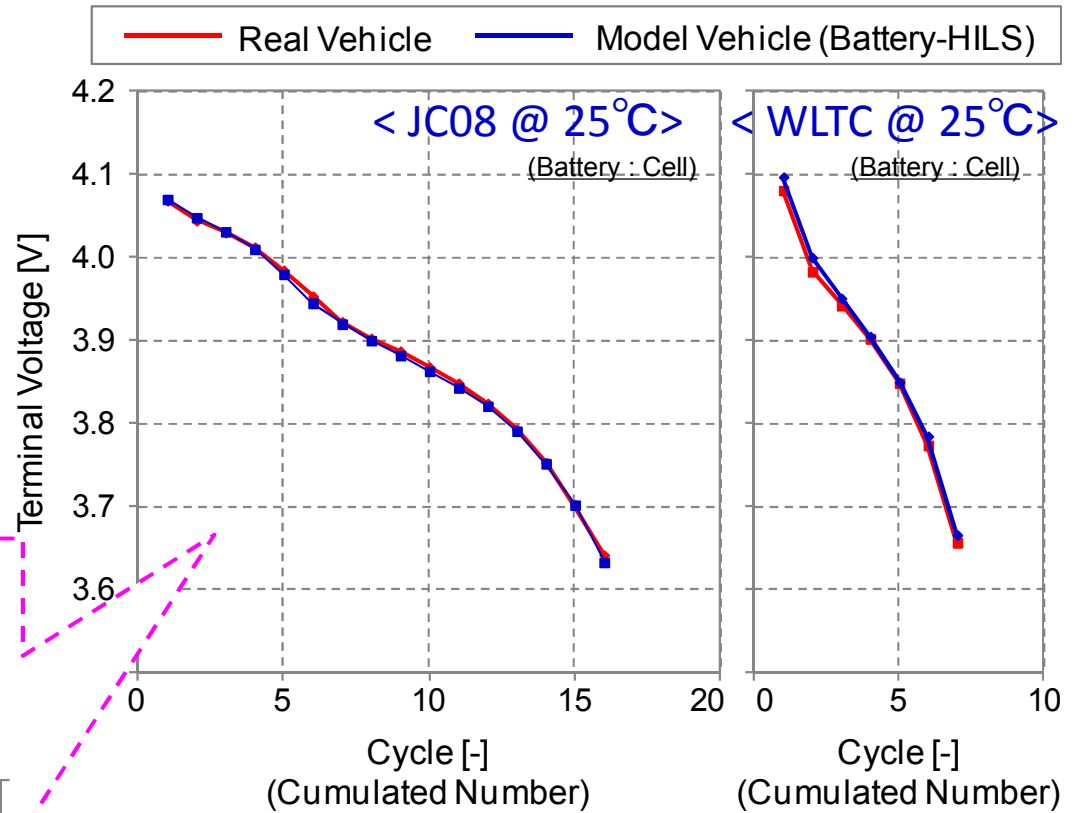
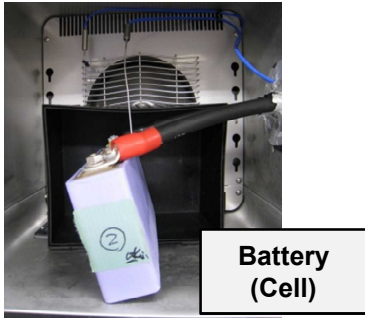
< JC08 @ 25°C >



実車両(シャシダイナモメータ試験) ≒ 仮想車両(Battery-HILS)

4. Battery-HILSの検証 (vs. 実車)

【検証結果2】 cycle繰返し走行
: バッテリ満～空まで



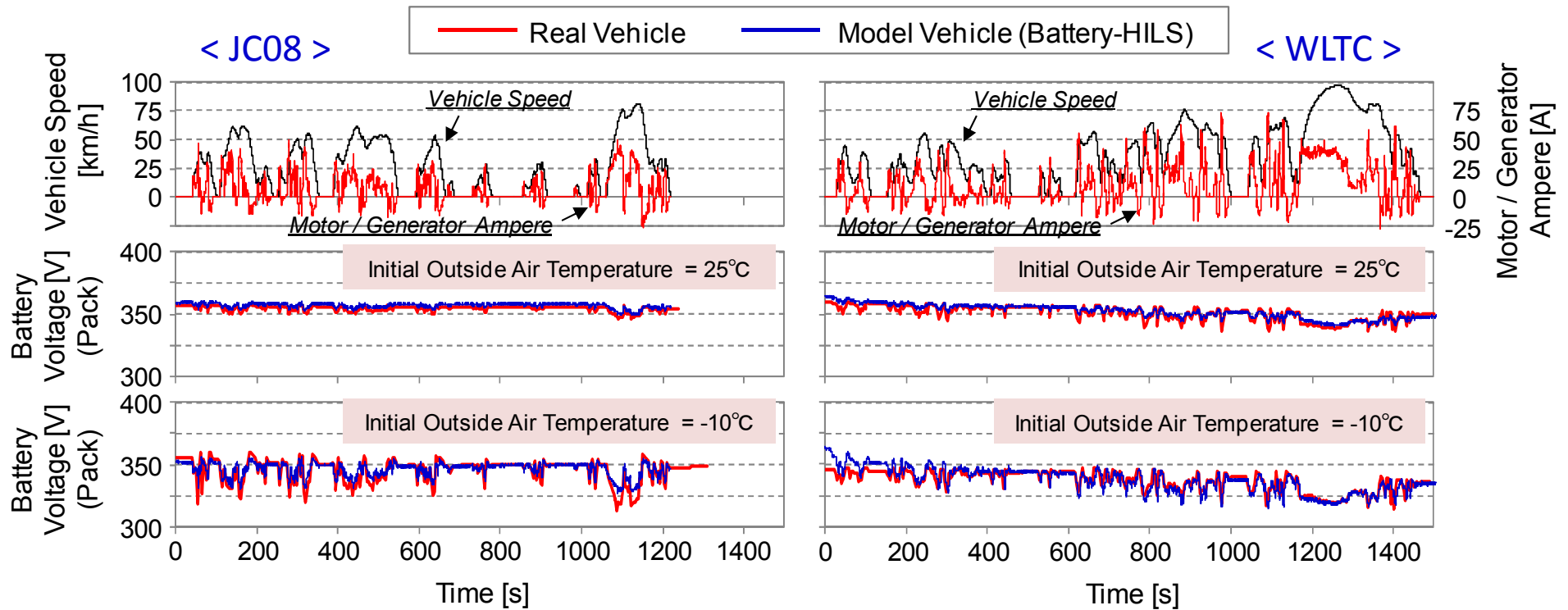
サイクル毎のバッテリー性能

実車両 (シャシダイナモメータ試験)
≒ 仮想車両 (Battery-HILS)

Battery-HILSで、EVの評価が可能である

4. Battery-HILSの検証 (vs. 実車)

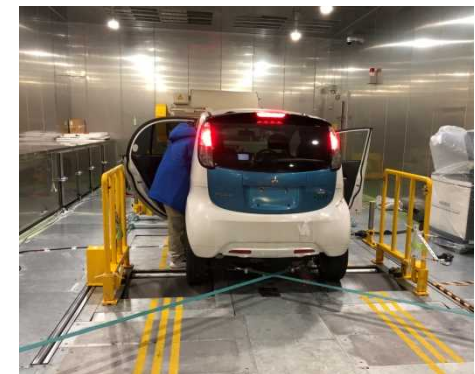
【検証結果3】 走行環境温度の影響 : 1 cycle走行



走行環境温度の違いによるバッテリー性能

実車両 (シャシダイナモメータ試験)
≡ 仮想車両 (Battery-HILS)

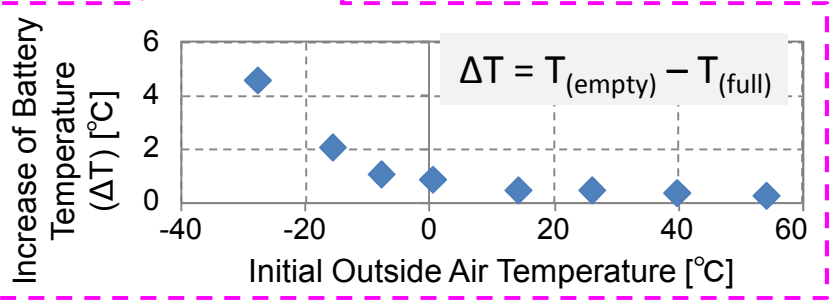
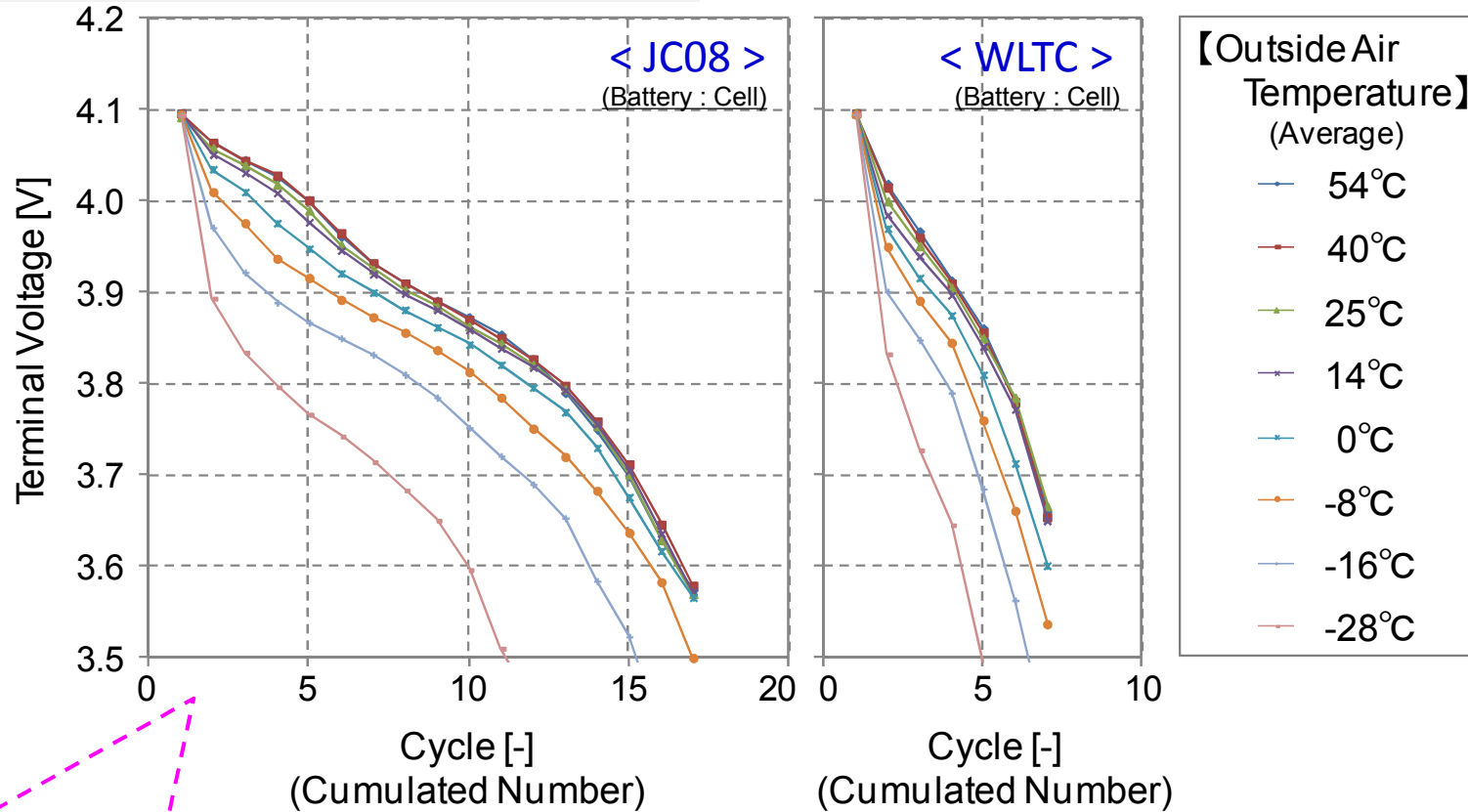
Battery-HILSで、EVの評価が可能である



4. Battery-HILSの検証

【評価】走行環境下の影響
 : バッテリ満～空まで繰返し走行

(走行中の補機の消費電力量
 → 各条件下で同等としている)



様々な走行環境下(バッテリー周囲温度)における
 バッテリ性能が精度よく評価できる

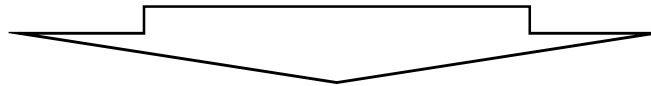
⇒ Battery-HILSは、電動重量車(EV)の
 新たな評価手法として有望である

内容

1. 背景
2. バッテリー性能の評価
3. Battery-HILSの構築
4. Battery-HILSの検証
5. まとめ

5. まとめ

- 電気重量車の電力消費率を高精度に評価できる手法『Battery-HILS』を構築した
- Battery-HILSは、電気重量車の評価手法として有望であることを、実験より確かめた



燃料消費率及び排出ガス試験法の整備状況(日本)

	Hybrid (HEV)	Plug-in Hybrid (PHEV)	All Electric (EV)
乗用車	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_5-9-2009	TRIAS_99-011-01
重量車	TRIAS_99-007~9-01 TRIAS_31-J041(1~3)-01 →HILS手法が採用	未整備 →拡張HILS手法を提案	未整備

Battery-HILS手法
の提案を図る