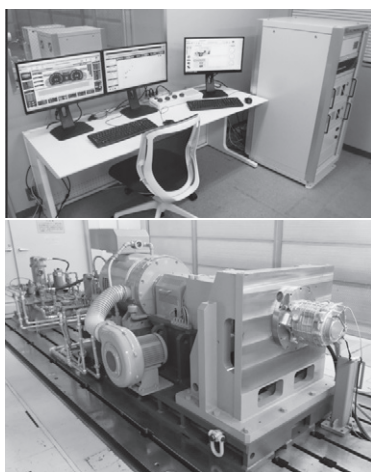


電気自動車（EV）モータ単体評価ベンチシステム

浅倉伸彦 Nobuhiko Asakura
片桐淳夫 Atsuo Katagiri
招 行正 Yukimasa Maneki

キーワード モデルベース開発、工数削減

概要



EV モータ単体評価ベンチシステム

複雑化が進む自動車開発では、設計段階でバーチャルシミュレーションを用いて検証・開発を行う手法であるモデルベース開発（MBD）の普及が進められている。

電気自動車（EV）モータ単体評価ベンチシステム（以下、本システム）では、FEV ジャパン(株)と(株)IDAJとの技術協力によって、設計段階で使用したモデルを試作後の評価にも活用できる環境を構築した。さらに本システムは、モータ単体で実車両を模擬した評価や様々な計測器と連携して自動運転・自動計測を行うことで、開発期間の短縮・試作品の削減に貢献できる。

1 まえがき

現在、自動車業界はCASE（Connected〈コネクテッド〉, Autonomous〈自動運転〉, Shared〈シェアリング〉, Electric〈電動化〉）の推進に伴う大変革期を迎えている。CASEに対応するため複雑化が進む自動車業界では、設計段階でバーチャルシミュレーションを用いて検証・開発を行う手法であるモデルベース開発（MBD）の普及が進められている。当社は「Electric（電動化）」に対応する最先端の試験システムとして、FEV ジャパン(株)と(株)IDAJとの技術協力によって、MBDに対応した電気自動車（EV）モータ単体評価ベンチシステム（以下、本システム）を構築した。本稿では、車両シミュレーションモデルと実機EVモータを組み合わせ、MBDを実現した本システムを紹介する。

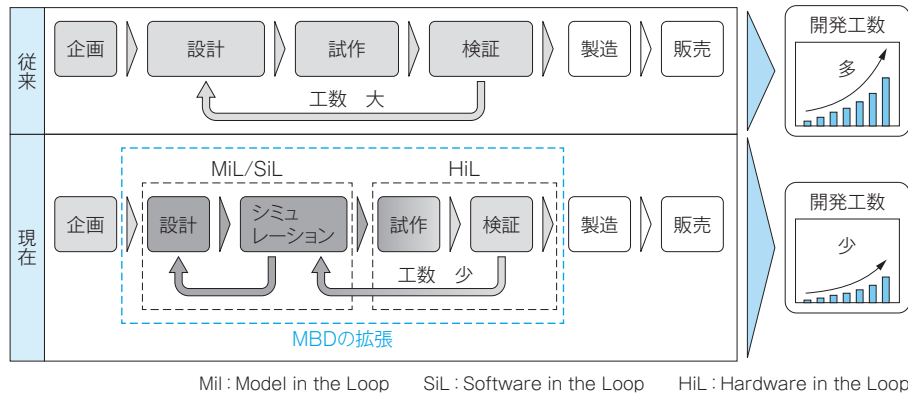
2 本システムによるMBD

2.1 MBDの効果

MBDは、設計時にシミュレーションを活用し、試作前の段階で不具合などを早期発見して修正することで、開発工程の手戻りを削減し、品質や開発速度が向上することを目的としている。

第1図に自動車開発・設計プロセスを示す。従来の工程では第1図の上段に示すように、試作後の検証で見つかった不具合を設計にフィードバックし、再設計・再製作・検証という流れがあり、試作後の再設計・再製作という非常に大きな工数を費やしていた。

そこでMBDでは、第1図の下段に示すように、設計と試作の間でシミュレーションすることで、試作前に問題点を把握できる手法の確立を目指している。設計の精度が上がることで、試作後の検証によ



Mil : Model in the Loop SiL : Software in the Loop HiL : Hardware in the Loop

第 1 図 自動車開発・設計プロセス

従来の自動車開発・設計プロセスを上段に、MBDを使ったプロセスを下段に示す。MBDの方が手戻りが少なく、開発工数が減少することが分かる。

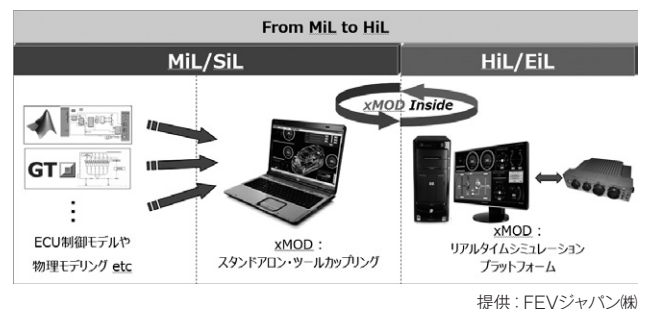
る設計・製作の手戻りが減少し、品質や開発速度の向上が期待できる。設計段階で用いているモデルの精度を上げるためには、車両を構成する各モデルが組み合わせられた場合の挙動をシミュレーションする必要がある。本システムでも実車に搭載された状況をシミュレーションすることで、EVモータの性能を早期に把握し、開発期間短縮の要求に応える試験システムを目指している。しかし、車両開発で必ずしも開発環境が同じモデル同士を組み合わせるシミュレーションすることができる訳ではない。

2.2 プラットフォーム

前述の問題を解決するために、設計時のモデルをシミュレーションするプラットフォームにFEV Group GmbHのxMODを選定した。選定理由は、以下のとおりである。

- (1) MiL/SiL/HiL環境を1プラットフォームで対応でき、シミュレーションモデル（机上モデル）と実験設備を連携できる。第2図にxMOD (From MiL to HiL) を示す。
- (2) 環境が異なる複数のモデルを結合しシミュレーションできる。第3図にxMOD (Using xMOD Target) を示す。
- (3) 最高10kHzの高い演算速度（市場比較で10～40倍）とマルチコア自動負荷配分・マルチソルバー・マルチスレッド機能による自動負荷分散によって、演算が高効率である。

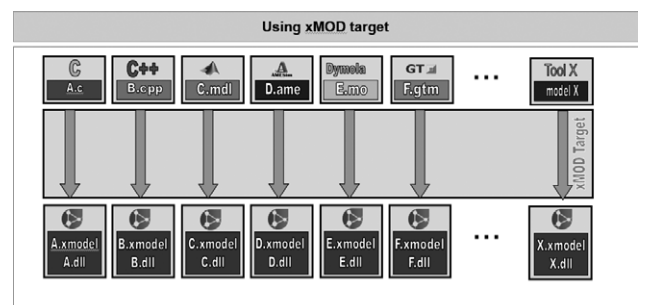
以上のことから、既存設計ツールの継続活用やラ



提供：FEVジャパン(株)

第 2 図 xMOD (From MiL to HiL)

xMODは、MiLからHiLまで一つのプラットフォームで試験できることを示す。



提供：FEVジャパン(株)

第 3 図 xMOD (Using xMOD Target)

xMODは、複数のモデルソフトを一つのプラットフォームで扱えることを示す。

イセンス数の抑制，設計と実機のモデル連成による車両評価の台上置換の実現，幅広いエンジニアリング領域（例えばソフト設計者・ハードウェア設計者・実機検証試験担当者間）の協調や連携を促進できる。

2.3 モデルソフト

本システムの検証には、(株)IDAJのGT-SUITE (Gamma Technologies社) による車両モデルを選定した。選定理由は以下のとおりである。

(1) システムレベルから詳細レベルまでをモデル化でき、エンジン分野では多くのお客様に使用されている。さらに、車両動力性能やエネルギーマネジメント、制御などを網羅し、EV開発でも有用なツールである。

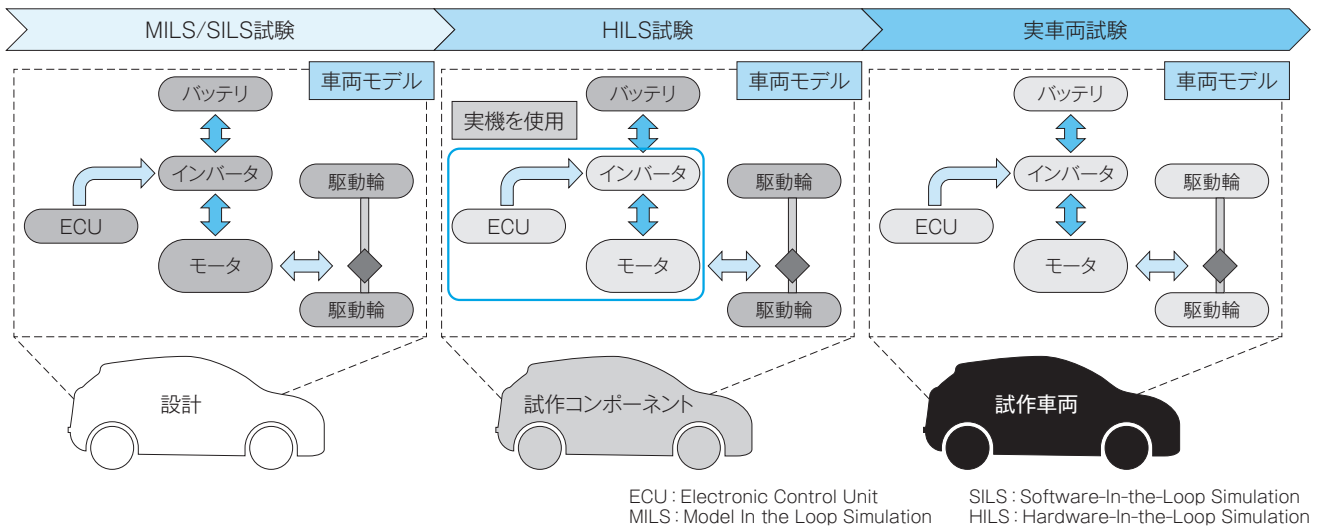
(2) 既にxMODでの使用実績があり、設計と実機検証で同一環境・同一モデルを使用できる (Simcenter AmesimやMATLAB/SimulinkのxMOD上での動作も確認済み)。

2.4 対応する試験内容

第4図に本システムの位置付けを示す。机上シミュレーションと実車両試験の間のHILS試験設備である。シミュレーションで使用したモデルから、実機を使用する箇所を削除して検証できる。また、HILS試験だけではなく、今までどおり性能や耐久試験設備として使用できる。

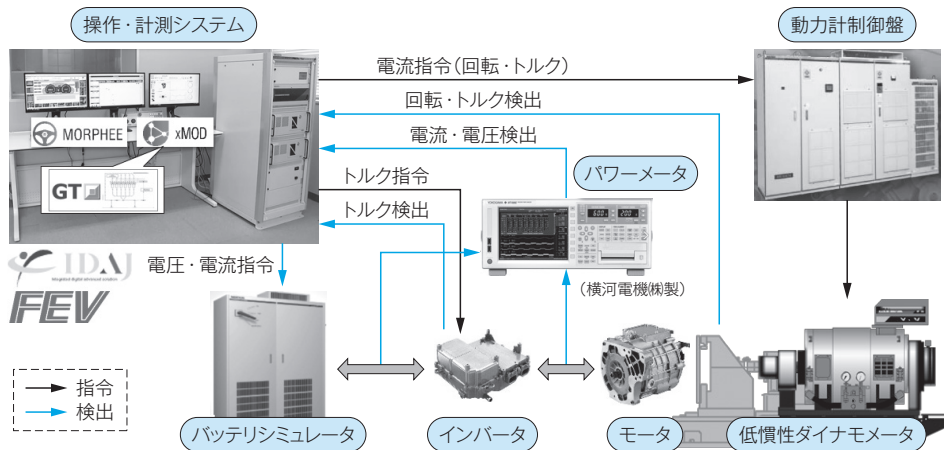
2.5 システム構成

第5図に本システムの構成を示す。xMOD内のGT-SUITEで作成された車両モデルやバッテリーモデルのシミュレーション結果は、操作計測システム (FEV Group GmbH製MORPHEE) を経由して、



第4図 本システムの位置付け

本システムが机上シミュレーション・HILS試験・実車両試験のどこに位置付けされるか、車両モデルと実機の範囲を示す。



第5図 本システムの構成

本システムの実際の構成と信号の概要を示す。

バッテリーシミュレータから供給される電圧・電流の制御や、動力計からモータに与える負荷・回転数を制御することで、車両モデルと実機を連成解析し、EVモータ単体で実車両を使用した試験と同等の評価ができる。

第1表 試験条件

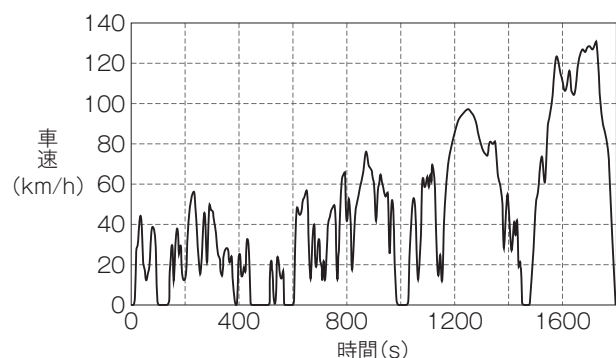
本システムで使用している供試体（EVモータ）の定格や試験条件を示す。

車重 (kg)	1120	1300	1500
SOC (%) 初期値	90		
EVモータ定格出力 (kW)	25 (最高出力: 70)		
EVモータ最大トルク (N・m)	195		

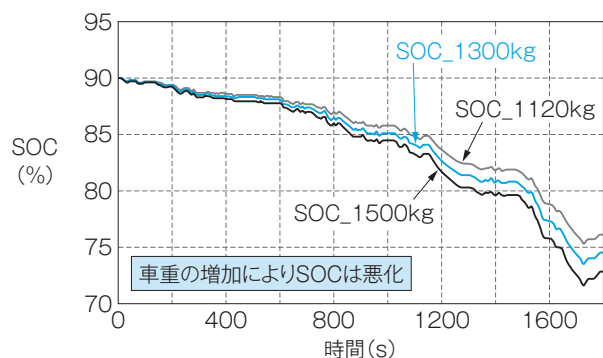
第2表 試験結果

車両モデルの車重を変更してWLTCを走行した場合のSOCの最終値を示す。

車重 (kg)	1120	1300	1500
SOC (%) 最終値	76.1	74.5	72.8



(a) 車重1500kg時のWLTCモード車速検出



(b) SOC

第6図 WLTC走行時のSOCの変化

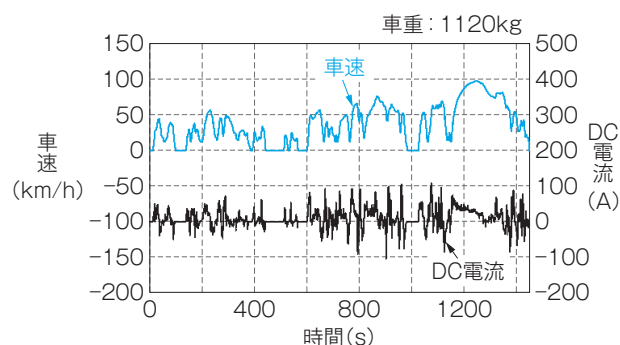
車両モデル内の車重を変化させてモード走行した場合のSOCの変化を示す。

2.6 本システムでの試験結果

本システムでは車両モデルの車重を変更した場合のモード走行 (WLTC)^(注1) におけるSOC (State Of Charge) の挙動を評価した。第1表に試験条件を、第2表に試験結果を、第6図にWLTC走行時のSOCの変化を示す。車重が増加すると走行時により大きな駆動力が必要となり、モータの仕事量は増加するため、モード走行後のSOCは悪化している。

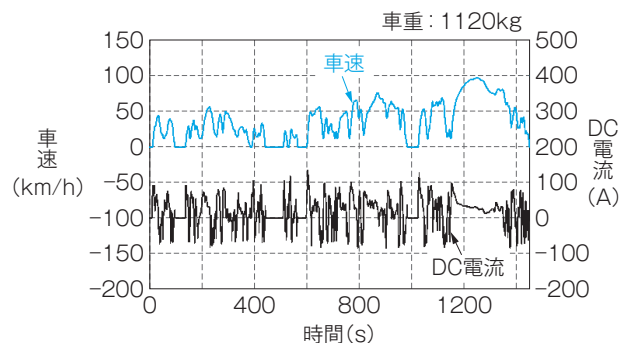
2.7 本システムと実車両試験の比較

実車両を使用したシャシダイナモメータ設備で、2.6項と同様の試験を行い、そのモータ電流値を比較した。その結果を第7図の本システムと実車両におけるWLTC走行時の電流値を示す。本システムで使用したモータと実車両のモータの定格が異なるため絶対値の差はあるが、両者間で関連のあるデータが取得できることが分かった。



定格出力: 25kW, 最高出力: 70kW, 最大トルク: 195N・m

(a) EVモータベンチ



定格出力: 30kW, 最高出力: 47kW, 最大トルク: 160N・m

(b) シャシダイナモメータ

第7図 本システムと実車両におけるWLTC走行時の電流値

本システムとシャシダイナモ上で実車両を使用しWLTCを走行した場合の電流値を示す。

3 むすび

EV モータ単体評価ベンチによる実機EV モータの性能検証によって、車両設計モデルと実機を組み合わせ、MBDを実現するシステムを構築した。

今後は、本システムでの試験と実車両試験の関連分析を行い、MBDでの問題の改善に努めていく所存である。最後に本システムの構築にご支援・ご協力いただいたFEV ジャパン(株)、(株)IDAJの関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

- ・ xMOD 及び MORPHEE は、FEV Group GmbH の登録商標である。
- ・ Simcenter Amesim は、Siemens Industry Software NV 又はその子会社の商標又は登録商標である。
- ・ MATLAB 及び Simulink は、米国 The MathWorks, Inc. の登録商標である。
- ・ 本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

(注記)

注1. WLTC : Worldwide-harmonized Light vehicles Test Cycle (世界統一試験サイクル)

《執筆者紹介》



浅倉 伸彦
Nobuhiko Asakura

動力計測システム事業部技術部
動力計測システムの技術営業に従事



片桐 淳夫
Atsuo Katagiri

動力計測システム工場
動力計測システムの製品開発に従事



招 行正
Yukimasa Maneki

動力計測システム工場
動力計測システムの製品開発に従事