

実験業務へのMBD活用による開発品質向上 ～AT開発におけるHILS適用～

熊薨 伸也* 田内 達夫* 芹澤 謹男*

抄 録

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、時間や費用などの開発コストが増大傾向にある。特に実車を用いた実験の負担が大きく、品質を確保した上での効率化が求められている。

そこでオートマチックトランスミッション開発において、従来実車でしか評価できなかった実験を、エンジンとの協調制御が可能になるよう改良したHILSを用いた机上実験に置換し、効率的に先行評価することで、開発コストを抑えながら盤石な品質を作り上げた事例を紹介する。

1. はじめに

近年、自動車に求められる要求の多様化高機能化により、開発にかかる時間や費用が大幅に増大傾向にある。特に開発後期のリアルワールドの路面での実車評価にて発生する課題が大きな手戻り要因となり、開発コストを圧迫している。

上記課題を解決する為、ジャトコではMBD(Model Based Development)技術を用いて、実車実験の台上実験化／机上実験化を推進した。台上化／机上化により下記効果が期待できる。

- (1) シミュレーション機能を用いたリアルワールドの路面模擬条件の先行評価。
- (2) 膨大な条件に対し自動実験システムによる効率的評価。

本稿では、オートマチックトランスミッション(以下 AT)にMBD技術を活用したHILS(Hardware In the Loop Simulator)による机上化を適用し、開発コストと品質を向上させた事例を紹介する。

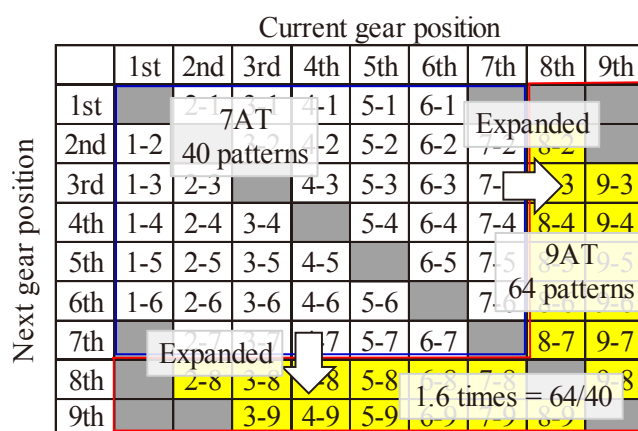
2. 課題

昨今燃費要求などからATの多段化が進んでいる。ジャトコでもFR向けに7速から9速への多段化が行われた結

果、Fig. 1のように変速種が1.6倍となった。さらに変速制御の複雑化によりアクセル開度を細かく振った条件や、高地や勾配路等の様々な環境条件も加え、実車実験では対応が難しい膨大な評価条件において常にスムーズさやレスポンスなどのAT変速性能を満足することが求められる。

対策としてステップATでは、以前から実車実験の代用として、AT車載コンピュータ(以下 ECU)の制御確認のための実験システムであるHILSを活用してきた。

しかし運転性確認ではエンジントルクを調整する協調制御の再現が必要で、従来のAT ECUのみのHILSは精度が悪く活用が限られていた。



* ユニットシステム開発部

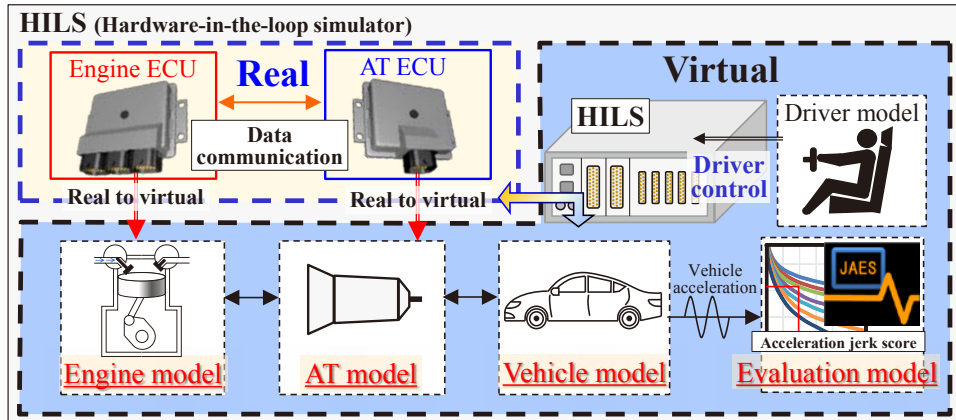


Fig. 2 HILS system with AT ECU + engine ECU

3. 解決手法

従来のHILS机上実験装置に下記の3項目の対策を行い、運転性確認が可能な精度に改良した。

- (1) エンジン協調制御のためAT ECUに加えエンジンECUも動作するHILSの開発。
- (2) 運転性評価のためのAT、車両モデルの高精度化。
- (3) 効率化のための自動評価システムの導入。

4. エンジン+AT ECU動作 9速AT用HILS

エンジン+AT複数ECU動作HILSをFR車用新型9速ATに対して開発した。Fig. 2にこのシステムの概要を示す。これはECU以外をシミュレーションモデルとした机上設備であり、自動実験システムにより環境条件含め膨大な条件を効率的に評価可能で、適合定数の広範囲探索、性能問題発生条件の絞り込みに適している。

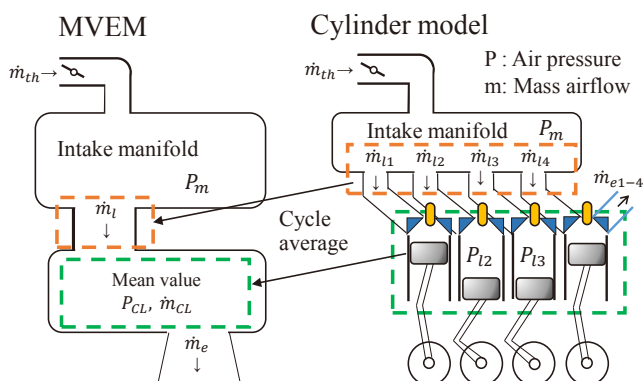


Fig. 3 Mean value engine model (MVEM)

4.1 エンジンモデルの改良

エンジンECU実機を動作させるためには、センサに送る空気量等の算出が必要である。しかし詳細なシミュレーション導入は非常に大きな手間と計算量がかかり、リアルタイム処理が必要なHILS設備では利用が難しい。そこで一般的にMean Value Engine Model (MVEM)と呼ばれる気筒による空気変動を平均化した値を使って演算する簡易モデルを採用し、空気量が算出できる手法 (Fig. 3) を採用した。

エンジントルク等の算出には実験値をマップ化し参照する方式を使っている。

この手法により、両コンピュータ間の協調制御の再現が可能となった。この新規HILSの結果と、従来ジャコ内標準のAT ECUのみのHILSの結果の対比をFig. 4に示

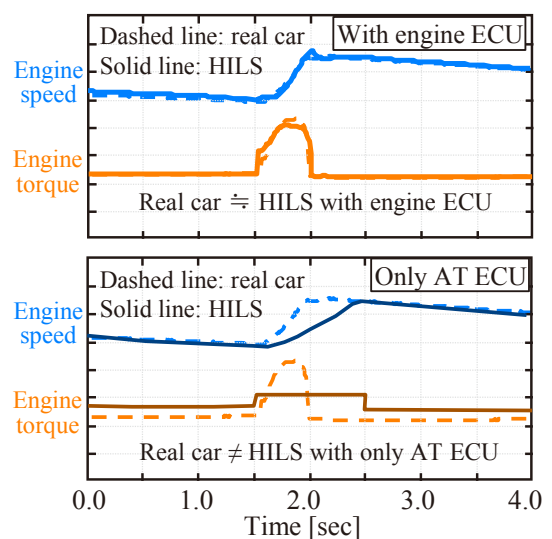


Fig. 4 Comparison of coordinated control for HILS system and real car

す。ダウン変速時に協調制御が働きトルクを上昇させて素早くエンジン回転を上昇させる同期制御の再現が出来るようになっていることがわかる。

4.2 ATモデルの改良

今回HILSでAT変速の運転性を評価するにあたり、以下のATモデルの改良を行っている。

- (1) 遊星歯車の要素ごと独立した慣性モーメントでの運動方程式を状態空間式で表現して演算。
- (2) クラッチの摩擦材のクリアランス状態に応じてのドラッグトルク演算。
- (3) 実験値を使用した回転速度と面圧によって変化するクラッチの摩擦係数のマップ参照演算。
- (4) 実験による合わせこみによる油圧値により変化する油の弾性係数のマップ参照演算。

これらにより、変速ショックの再現性が上がり運転性の評価が可能となった。

4.3 車両モデルの改良

AT単体の性能試験では、車両モデルとして単純重量モデルを使っていた。しかし、車両挙動を評価するにあたり、サスペンションなどによるバネ系の振動による影響を考

慮する必要がある。そこで、日産自動車と協業下でバネ要素を考慮し、低周波振動が評価可能な車両モデルを導入した。Fig. 5に従来モデルと実車のUp変速時の車両加速度の比較を示す。改良モデルでは、加速度による車体の傾きや揺り返し現象が付加されているため、実車加速度センサに近い車両加速度が再現されている。

4.4 自動評価システム

評価モデルとして「ISO2631-1全身振動の評価法」に基づいて、乗り心地指数をジャトコ社内評価スコアに変換する自社開発の「JAES : Jatco Auto Evaluation System」モデルを使用した。これにより運転操作から乗り心地の最終評価まで自動で行える自動実験システムとして運用した。

5. エンジン+AT複数ECU動作HILSの活用

ジャトコ9速ATに対してエンジン+AT複数ECUを実機動作させるHILSの実験での利用例を紹介する。

5.1 環境条件振り実験

シミュレーション上の値を変更することで勾配路の試験が容易に可能となった。これを利用し下り勾配でのみエンジンECUとの協調制御で発生が疑われる問題点に対し、下り勾配の勾配度と、減速度の発生条件を割り出し、メカニズムの解明と修正制御の作成に役立てた。

5.2 HILSによる自動化の利用

各変速種を確認していく定型メニューについて実車実験では約5,000パターン7.5ヶ月かかるが、HILSでは昼夜連続運転を行い7日で終らせることが可能となった。この結果から性能で懸念点が生じそうな領域を割り出し、実車での詳細試験の領域絞り込みを行っている。また小規模なスペック変更や、制御の変更時にパターンを再利用して差異を確認でき、効率的に品質確認ができるようになった。

5.3 定数適合の広範囲探索

机上で簡単にECU適合定数の変更ができることを生かし、実機では時間がかかる複数定数の広範囲探索を行った。Fig. 6はクラッチ締結と解放油圧の適合定数を振り、

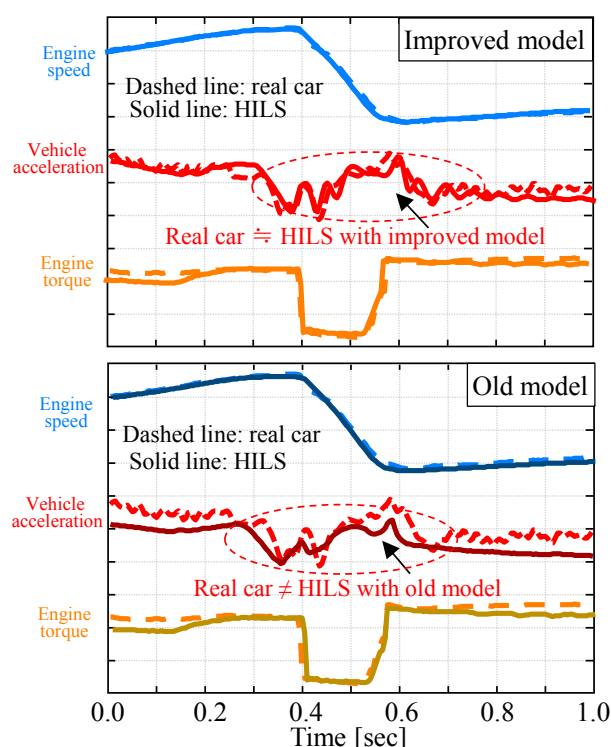


Fig. 5 Comparison with improved vehicle model

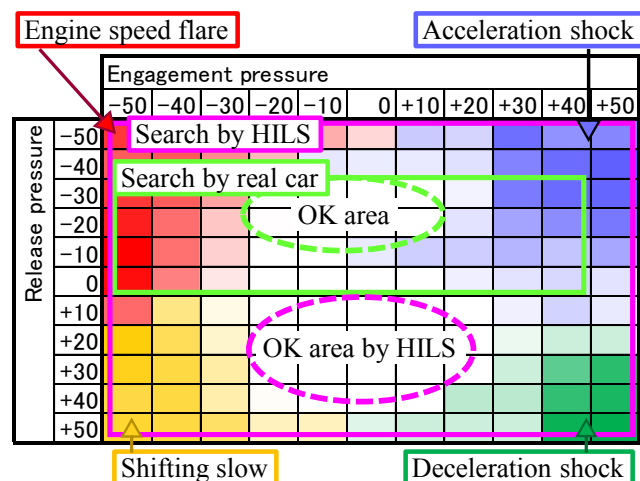


Fig. 6 Calibration constant search by HILS and real car

自動実験システムの利点を生かした定数や条件の広域探索による絞り込みと、実機による高精度な現象解析をそれぞれの特徴に合わせた用途で使い分けて開発品質の更なる向上を目指す。

評点モデルの結果が悪い領域を色で示した図である。この図のように実車実験では探し切れていなかった解放油圧が高い範囲での成立範囲を見つけ定数適合に貢献した。

6. まとめ

自動車の多様化高機能化による開発コストの高騰という課題、特にATの多段化による実験条件の爆発的増加に対し、机上実験で確認できる範囲を広げるため、HILSシステムにエンジンECUを組み入れ以下の改良を行った。

- (1) エンジンECUが動作する必要最低限なエンジンモデルを作成し、エンジン協調制御の再現性を向上させた。
- (2) AT、車両モデルを高度化し変速ショックの再現性を向上させた。
- (3) 自動実験システムにより効率的な多くの条件振りを可能とした。

この改良したHILSを利用し以下の成果を得た。

- (1) 環境条件含めたメッシュの細かい実験を低コストかつ高再現度で実現し、ECU制御開発に貢献した。
- (2) 実車に先駆けた課題の早期発見、適合定数の広範囲探索、絞り込みを実現した。

現時点では精度が完全では無い為、全ての実験をHILS机上実験に置き換えられるわけでない。そこでHILS

■ 著者 ■



熊薨 伸也



田内 達夫



芹澤 謹男