

特集 : Virtual Testing

11

AT制御系のVirtual Testing技術の紹介

Introduction of Virtual Testing Technology of Automatic Transmission Control System

小 森 賢*¹ 鎌 田 真 也*² 澤 研 司*³
Satoshi Komori Shinya Kamada Kenji Sawa

要 約

近年、オートマチックトランスミッション車の販売比率は高まる一方であり、それに伴いシフトクオリティ、燃費・環境性能の向上など、お客様からの様々な要望に高度に応えていく必要がある。そこで、より緻密な制御を実現し、更に開発期間や費用を抑制するために、PT-VTES (PowerTrain Virtual Testing and Evaluation System) と呼ぶ、いくつかのVirtual Testing技術を開発した。従来実機が必要だった試験を、制御ソフトウェア開発の段階で先取りすることで、大幅な効率化を図ることが出来た。

Summary

In recent years when the selling ratio of automatic transmission vehicles has been rising steadily, we should highly meet various needs from customers, such as improvements in shift quality, fuel consumption and environmental performance. Therefore, in order to realize more precise control and further to keep development period short and to keep cost low, we have developed some virtual testing technologies called PT-VTES (PowerTrain Virtual Testing and Evaluation System), which has enabled us to previously implementing PT testing without need for a unit system, which had been conventionally required, in the control software development phase, thus having achieved substantially high efficiency.

1. はじめに

乗用車においてオートマチックトランスミッション(以下AT)の採用比率は高まる一方である。これに伴い、シフトクオリティに対するお客様の要求は高度化しており、また環境・燃費性能の向上など車両全体に対する要求にATも貢献していく必要がある。

これら多岐に渡る要求に応えていくため、制御系にはより緻密なコントロールが求められてきており、いかなる状況下においても最適な性能を引き出す必要から、電子制御のソフトウェア容量は増大し続けている (Fig.1)。

ソフトウェア容量の増大に伴い、制御系開発にかかる期間・工数も増大していくため、いかに短時間で効率よく、

かつ品質良く開発を行うかがキーとなる。

一般に制御系開発では、制御ソフトウェア作成段階で、まず基本アルゴリズム作成、更に詳細なアルゴリズム作成、そして検証を行った後、出図する。そしてハードウェアコントローラの試作を経て、ハードウェア完成後は、ユニット評価 実車評価 実車総合評価の順をたどる (Fig.2)。

この過程において、制御ソフトウェアの動作品質確認を、ハードウェア完成後に抜け・漏れなく行っていくには、ありとあらゆる状況を考慮すると多大の期間が必要になる。そこで、実機を用いたテストと同様の評価を、制御ソフトウェアの作成段階で先取りし、開発期間の短縮と品質の向上を図ることを考えた。

まずこのような技術を実現するため、AT制御ソフトウ

*1 第3エンジン開発部
Engine Development Dept. No.3

*2, 3 ドライブトレイン開発部
Drivetrain Development Dept.

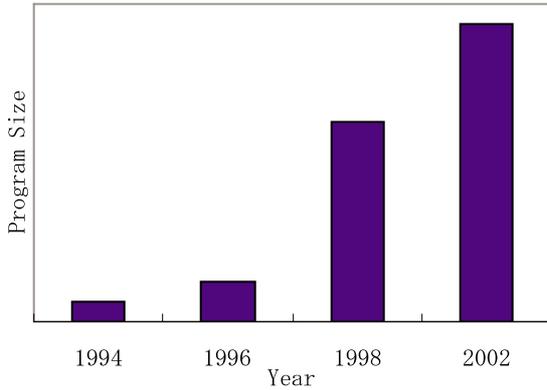


Fig.1 Increase of Program Size

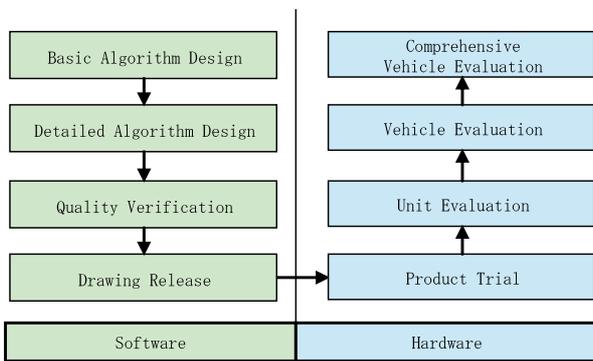


Fig.2 Control Algorithm Development Process

エアはプログラマブルな言語で記述し、記述したアルゴリズムをコンピュータ上で実行可能なプログラムに即変換出来るようにした。

そして実際にソフトウェア開発段階で利用可能なシミュレーションシステムPT-VTESを開発し、実機評価と同等の試験を机上で再現可能とした。また、これらの技術を実際の量産開発で適用し、大きな効果を上げることが出来た。以下の章で、制御ソフトウェア開発各段階におけるVirtual Testing技術の詳細を述べる。

2. 基本アルゴリズム作成段階

2.1 概要

この段階では、アルゴリズムを頭で考えながら具体化していく作業を行う。この際に試行錯誤を行うことになるが、作成したアルゴリズムが意図した通りに動いているかどうかは、従来一通りの作業を行った後にPCM (Powertrain Control Module) と呼ばれるハードウェアの試作を待たなければならず、万が一意図通りに作動しない部分があった場合には、期間的なロスが大きかった。

そこで、自分の作成したアルゴリズムが意図通りに動作しているかをすぐさま確認出来るシステムを作成した。その概要をFig.3に示す。

2.2 モデル技術内容

アルゴリズム作成者が実際に自らアクセルやブレーキ操作を行い、自分の作成したアルゴリズムの条件を満たす運転をリアルタイムで行いながら、動作の正常・異常を判定出来るシステムとしている。

ここでは、実車における操作フィーリングに合わせるため、リアルタイムで動作させることを優先させ、車両のハードウェアモデルは簡易的なものとした。また、リアルタイムゆえに、細かい動作を見落とす可能性があるが、アルゴリズムに使用している任意の変数を観測・記録出来るようなシステムとすることで見落としを防止している。

また、アクセルやブレーキ、シフトレバーなどの操作は、マウスによる入力に加えて、アクセル、ブレーキについてはゲーム用として使われている機器を、シフトレバーについては実機のレバーをそのまま使用した (Fig.4)。これにより実際の車を運転するような自然な操作で、アルゴリズム作成者が入力を行えるようになった。

以上の機能の実現により、基本アルゴリズム作成という開発初期段階から、実車やユニット評価同様の動作品質検証を同時に実施出来るため、品質の高いソフトウェアの作成が可能となった。

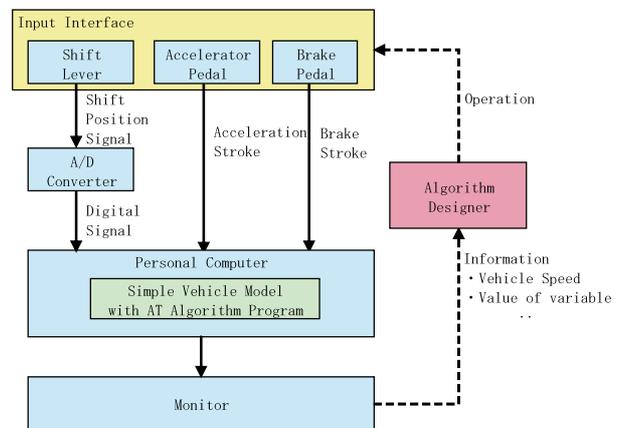


Fig.3 System Configuration in Basic Algorithm Design Phase



Fig.4 Input Device of Operation

3. 詳細アルゴリズム作成段階

3.1 概要

基本アルゴリズム作成段階で全体の概要が固まった後に、詳細にアルゴリズムを検討していく。現在のAT制御は、燃費や走りの要求に応えるために様々なアルゴリズムが追加されている。代表的なものとして、スロープ制御がある。これは、スロットル開度と車両の加速度などから道路勾配を推定し、降坂路ではエンジブレーキを利かせるため、登坂路では不要な変速を抑えるためにギヤを最適に選択するものである。

このアルゴリズム開発においては、アルゴリズムの変更前後で、より自然なギヤ段を選択したか、不要な変速が発生していないか、などを比較評価することになる。この場合、確実に意図する車速をトレースする操作を行う必要があるが、基本アルゴリズム作成段階で使用したようなシステムで人間が直接操作すると、操作にばらつきが生じるために、比較が出来なくなる懸念がある。

そこで、目標となる車速を自動的に追従するよう、人間の動きを模擬するドライバモデルを作成し、純粹にアルゴリズムの変更による差を検証出来るようにした。

3.2 モデル技術内容

全体の構成をFig.5に示す。

まず入力となる路面勾配と目標車速は、実車で計測を行ったデータを使用した (Fig.6)。また車両のハードウェアモデルは、ギヤ段の変化そのものが判別出来れば良いため、簡易的なものとし、計算スピードを優先させた。そして、ドライバモデルと呼ぶ、人間の代わりとなってアクセルやブレーキを自動的に計算するモデルを作成した。これは、目標車速を追従させるため、目標車速と実際に計算された車速との差を最小にするようにアクセルやブレーキの操作を与えるアルゴリズムで実現している。

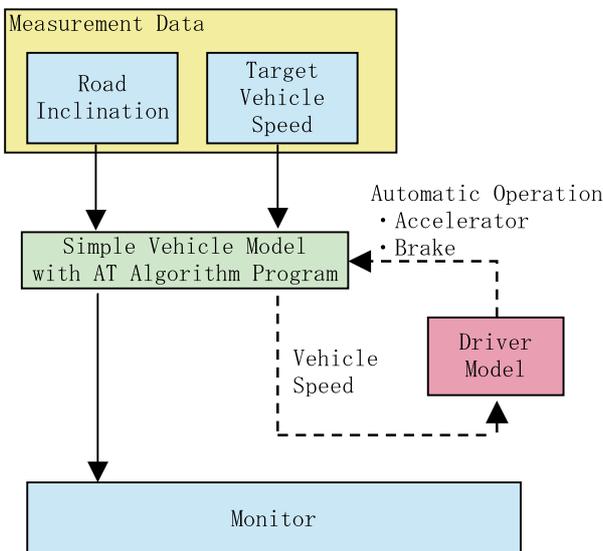


Fig.5 System Configuration in Detailed Algorithm Design Phase

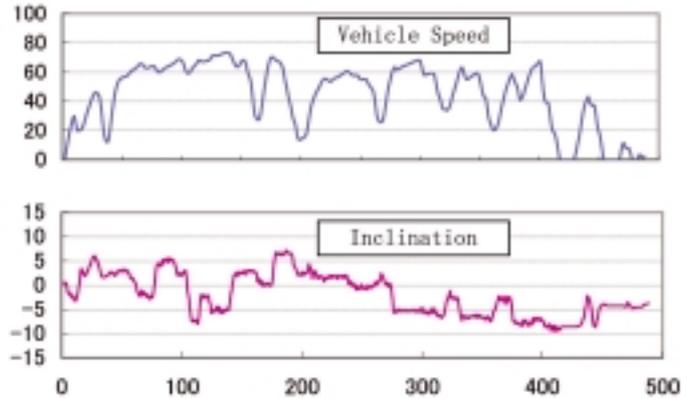


Fig.6 Field Statement

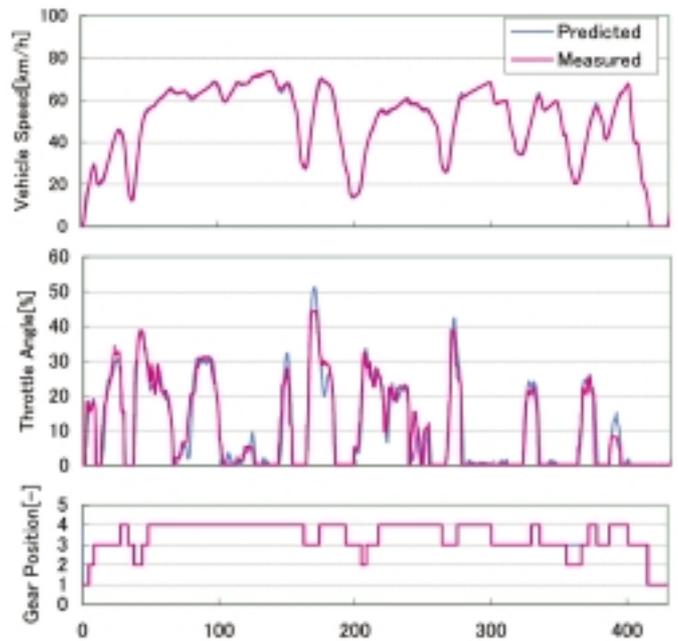


Fig.7 Verification Result

適用結果をFig.7に示す。実車のギヤ段位と予測結果のギヤ段位がほぼ同じになることが確認出来た。

これにより、世界中のあらゆる路面状況と走り方を一度データ化しておけば、机上にて最適なアルゴリズムを検討出来るようになった。また当技術を活かして、アルゴリズム開発だけでなく、エンジン機種の違いによるラフな制御定数セッティングやシフトパターンの検討などへの応用も可能になった。

4. 出図前検証段階

4.1 概要

ATをコントロールする制御系は、実際にお客様が運転される様々な運転シーンに対応しておく必要があり、最終的にはありとあらゆるシーンを想定した総合評価を実車で行うことになる。この中には、ドライバの意図が変速途中に変わり、変速動作中に目標とするギヤ段が変化する場合も含まれ、これをチェンジマインドモードと呼ぶ。例えば、ドライバが追い抜きをしようとアクセルを踏み込んだが、対向車が見えたためにアクセルを戻した場合などに発生する。

Fig.8は一般道走行中の変速パターンを調べたものである⁽¹⁾。チェンジマインドシフトの頻度はそれほど多くはないが、どのような使われ方をされた場合でも常に滑らか、かつレスポンスの良い変速を実現する必要がある。

前述の通り、最終的には実車を用いて総合評価を行うが、アルゴリズム作成時点でこれらのシーンで問題が発生しないかどうかを把握出来れば、アルゴリズムの修正が早期に行えるようになる。

そこで、シフトパターンを基にあらゆる走行パターンを作り出すドライバモデルを作成し、机上にて総合評価を実施可能にした。

4.2 モデル技術内容

Fig.9に全体の構成を示す。

チェンジマインドモードにおいては変速の過渡状態を厳密に再現する必要があるため、実際のハードウェアを詳細に再現した車両モデルを作成した。またドライバモデルは、シフトパターンを探索し、時系列のアクセル操作を入力データとして与える役割を果たす。探索の例をFig.10に示す。この例では、ギヤ段位を4速 3速 4速と変化させているものである。

実際には、狙いとするギヤ段の変化を実現するアクセル操作量を数水準、また、アクセル操作の時間も数水準変化させるようにした (Fig.11)。これにより、ありとあらゆる変速パターンを網羅するアクセル操作パターンを作り出している。

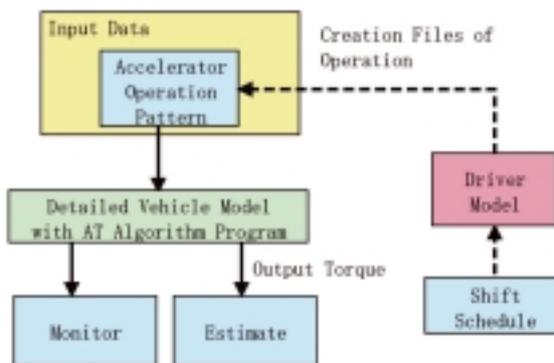


Fig.9 System Configuration in Quality Verification Phase

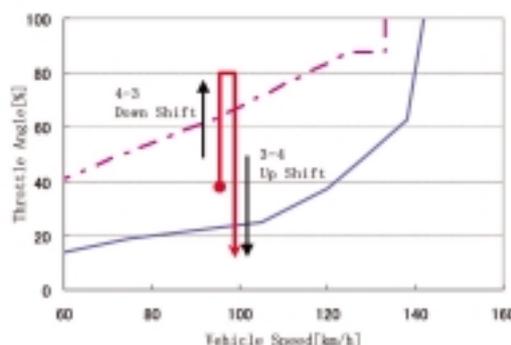


Fig.10 Example of Throttle Operation

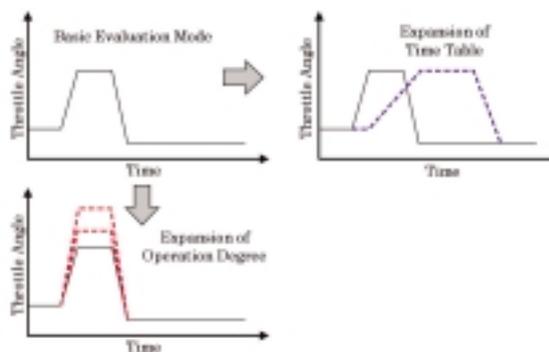


Fig.11 Expansions of Throttle Operation Pattern

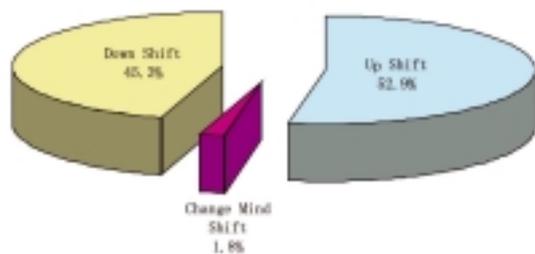


Fig.8 Frequency Analysis of the Shift Change in Customer Driving

また、この水準数を拡大すればするほど、評価する予測結果の数も増加するため、予測結果の良否を判断するために評価モデルも作成した。これは、トランスミッション出口の軸トルクの大きさを基に判断を行うようにした。評価結果の例をFig.12に示す。

これらの機能の実現により、実車での評価以上に広範囲のチェンジマインドモードを机上にて検証出来るようになり、制御ソフトウェアの品質を高めた上で出図を行うことが出来るようになった。

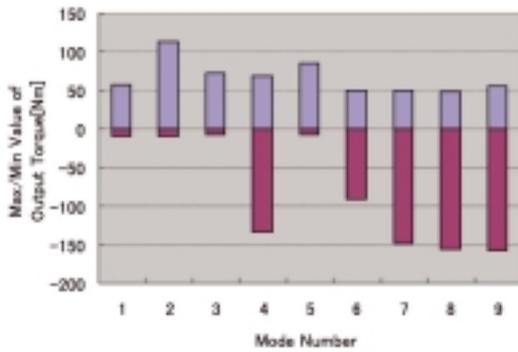


Fig.12 Example of Estimation Result

5. まとめ

以上の技術の関係を整理した (Table 1)。目的に応じて、ドライバモデルを変更しているのが特徴である。

これらの技術を開発したことで、お客様のあらゆる使われ方や環境をVirtual化し、これまで実機でしか行えなかった評価を、開発の初期段階から机上で行えるようになった。結果として、より緻密な制御アルゴリズムの構築を効率よく実施出来、品質を高めることが出来た。

6. おわりに

自動車に求められる機能はますます高度化してきており、エンジニアはこれらの要求に誠実に応えていくべく開発に取り組んでいる。その一方で、リーズナブルな価格で価値を提供していくことも社会からの要求であり、これらを高バランスで実現していく必要がある。今後もますますVirtual Testingのような技術をとどまることなく進化させ続けることで、お客様のニーズを満足する商品を提供していきたい。

最後に、当技術の開発に際してご協力並びにご支援いただいた社内外の関係者の皆様、特に基本アルゴリズム作成段階におけるリアルタイムシステムの開発にご協力いただいたCATEC(株)に感謝の意を表します。

Table 1 Comparison of Driver Model

Application Phase	Type of Driver Model
Basic Algorithm Design	Real-time Input by Designer
Detailed Algorithm Design	Automatic Vehicle Speed Trace
Quality Verification	Automatic Creation before Calculation Execution

参考文献

- (1) 鎌田, 中山, 中野: 新型ファミリア用ATの電子制御開発について, 自動車技術会シンポジウムテキスト, No.9806, p.8-12 (1998)

著者



小森 賢



鎌田真也



澤 研司