

エンジン制御ECU用 高機能ソフトチェッカ

Multi-Function Software Debugging System for EFI/ECU

斗納 宏敏 *Hirotohi Tono*
山田 典生 *Norio Yamada*
安田 武史 *Takeshi Yasuda*
矢倉 信次 *Shinji Yakura*



要 旨

近年、自動車の高性能化、高機能化に伴い、車両を制御している電子制御コントロールユニット（ECU）のソフトウェアの容量はますます増大しており、制御ロジックの開発、評価に多大な工数が必要とされている。このような背景の中、リアルタイムシミュレーション技術を応用した開発支援装置が注目されてきており、当社の様な自動車用のECUを開発しているメーカーでも設計の効率化を目的として年々導入されてきている。当社では以前よりアンチスキッドブレーキシステム（ABS）ECU用のリアルタイムシミュレータを開発してきており、実務において有効に活用してきた。今回はさらにエンジン制御ECU用のリアルタイムシミュレーション技術を応用した高機能なソフトウェアデバッグシステムを開発したので紹介する。

Abstract

In recent years ,the quantity of software in electric control unit(ECU) has increased with the advance of vehicle performance, and so a great deal of time has been required for its evaluation. Accordingly , the engineers who design the specification and software for ECU have paid attention to development support systems applying real-time simulation technology .

We have developed some real-time simulation systems for ABS/ECU since 1985 ,and utilized them in development of its specification.

In this paper , we introduce our newly-developed ‘ Multi-function software debugging system applying real-time simulation technology for EFI/ECU ’.

1. はじめに

近年、自動車用の電子制御機器（Electric Control Unit：以下ECUという）のマイクロコンピュータに組み込むソフトウェアは年々大規模化、大容量化が進んできている。その結果、多大なソフトウェアの開発及び評価工数が必要になってきており、これらをこなす為の開発・設計・評価を支援する効果的なツールの必要性が高まっている。

当社では以前よりABS（Antiskid Brake System）のECUの開発においてリアルタイムシミュレーションを応用した開発・設計・評価支援ツールを開発してきており実務で活用してきた。今回、さらにエンジン制御ECUにおいて同様の技術を応用した多機能なソフトウェアデバッグシステム（以下高機能ソフトチェッカという）を開発したので以下に紹介する。

2. 開発の背景と狙い

当社では自動車メーカーからの要求仕様などに従いECUに組み込むソフトウェアを設計、評価している。ECUに組み込むソフトウェアをデバッグする場合、評価者がECUに対して入力を与え、それに対するレスポンスを以下の方法で確認するのが一般的である。

ECU内部のマイコンのRAMの挙動をモニターする。

ECUの出力の挙動を計測器でモニターする。

これらのほかにロジックアナライザ、ICE等でプログラ

ムの流れを追う確認作業、プログラムの変更箇所を抽出する作業、コーディングルールの遵守を確認する作業など多岐にわたる。

2.1 現状のデバッグ方法

ECUへの入力エンジン回転などのパルス信号、スタータなどのデジタル信号、スロットル開度などのアナログ電圧信号、水温などの抵抗信号などがある。

現状はこれらの信号をマニュアルで静的に設定できるチェッカを使ってECUに入力として与え、そのレスポンスをモニターしている。この時に以下の様ないくつかの問題点が以前より指摘されている。

静的な条件設定しか出来ないため過渡現象などを確実にチェックするのが困難である。

確認しようとする仕様に影響しない入力に関しては強いて設定しない。そのために多くの場合、実車装着時のECUでは有り得ないような入力設定になっている。このためプログラムの完成度を「エンジンの挙動」として確認する事ができずECUを実車に装着しての動作確認が必要となっている。

条件設定を毎回マニュアルで設定する必要がありルーチンワーク的な確認作業を行う場合に非常に効率が悪い。ECUのレスポンスを確認するツールが十分でない。特に結果を後で解析するのに有効なツールがない。などである。

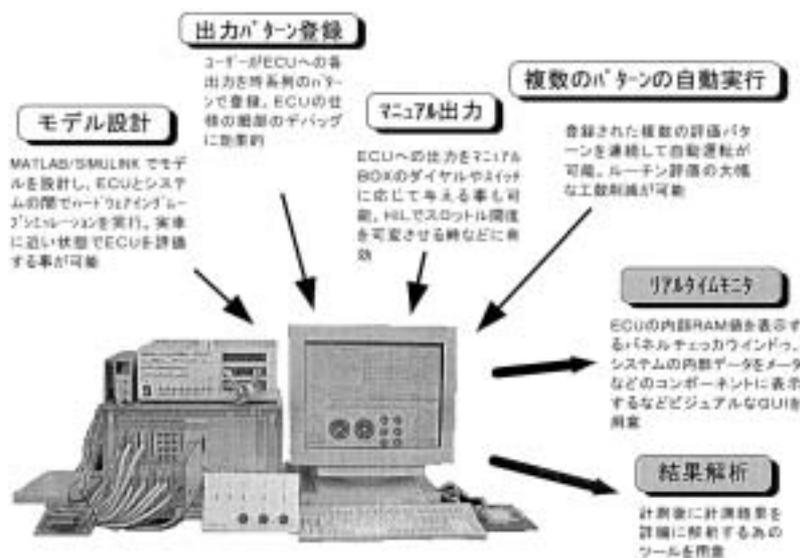


図-1 システムの特徴
Fig.1 Characteristic of system

2.2 望まれるデバッグ環境

そこで望まれるデバッグ環境として考えられる項目を考察すると以下の様になる。

過渡現象などの動的な入力条件の設定が簡単に設定できること。

ECUのレスポンスをエンジンストールなどのエンジンの挙動として確認できる機能を有すること。

ルーチンワーク的な条件設定は登録しておくことができ必要な時に簡単に設定を復元できること。

上記の様な設定は自動的に順次実行しデバッグ作業の自動化が計れること。

入力条件に対するECUレスポンスをリアルタイムにグラフィカルにモニターできること。

デバッグの結果の解析を行うための強力な解析ツールが存在すること。

ドキュメントの作成が簡単であること。

今回我々は以上の様な要求を実現するためにEWSをホストとしVME(Versa Module Europe)バス規格の入出力ボードを利用したリアルタイム・シミュレーション機能を有する高性能ソフトチェッカを開発した。その特徴を図-1に示す。

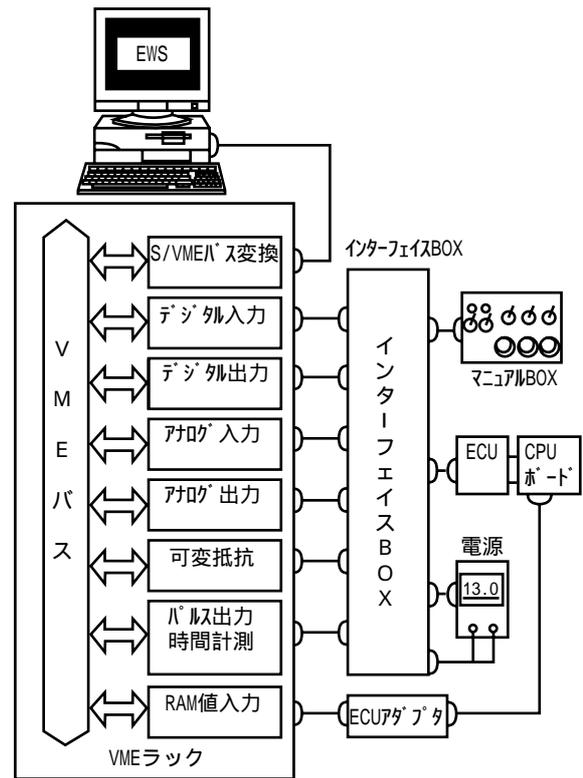


図-2 システム構成図
Fig.2 Block diagram of system

3. システム構成概要

3.1 システム構成

本装置のシステム構成を図-2に示す。システムホストにSuperSPARCの2 CPUタイプのEWSを使用し、ホストのシステムバスをVMEバスに変換することでVMEバス規格のラック上に配置した入出力ボードと接続している。この入出力ボードとECUは電氣的整合をとる為インターフェイスBOXを介して接続されている。インターフェイスBOXにはマニュアルBOX、DC電源を接続できるようにしてある。このDC電源はシステム側から電圧を可変する事が可能である。

3.2 入出力ボード構成

入出力ボードのうちアナログ入出力ボード、デジタル入出力ボードは市販のVMEバス規格のものを使用した。

またECUに搭載されているマイクロコンピュータのRAM値計測には、実際に実車で計測に使用されていて実績のあるECUアダプタを介してデータを収集できるように考慮してある。

この他にエンジン制御に必要な特殊な入出力を実現す

る為パルス入出力ボードと可変抵抗ボードを当社で独自に開発した。本節ではこの2種のボードの特徴を中心に紹介する。

3.2.1 パルス入出力ボード

エンジン制御システムにおけるECUの特殊なパルス系入出力としては以下の様なものがある。

1) エンジン回転信号(入力)

エンジンの回転に応じて発生するMPU (Magnetic Pick Up)からのパルス信号である。通常エンジンは720° CA (Crank Angle)で1サイクルが終了する。これに対して一般的なエンジン回転信号は例えば30° CA毎に発生する。つまりエンジン1サイクルで24パルス発生する。

2) 気筒判別信号(入力)

上記のエンジン回転信号だけでは、例えばどの気筒の点火タイミングであるかECUは認識できない。そこで気筒を識別するためのパルス信号が必要となる。システムによってはエンジン回転信号を180° CA毎としたり、欠け歯パルス、+1パルスとする事で気筒判別信号を必要としないものもある。

3) ノック強度信号(入力)

各気筒の点火の際に点火タイミングなどが適当でなかった時に異常燃焼によるノッキングが発生する。ECUはエンジンプロックに取り付けられたノックセンサによりこのノッキングの強度判定を行い、最適な点火タイミングになるようにフィードバック制御を行っている。

4) 点火系異常判定信号 (入力)

点火抜けや点火信号線の断線など、点火系の異常を検出する為の信号である。

5) 燃料噴射信号 (出力)

燃料を噴射するインジェクタを駆動するための信号である。

6) 点火信号 (出力)

点火コイルへの通電をON, OFFする為の信号である。上記の入出力信号形態にはエンジンの気筒数やシステムの違いによって表-1の様に様々なバリエーションがあり、これら全てに対応可能なシステム作りが必要である。

今回開発したパルス入出力ボードでは、これらのバリエーションをボードの入出力設定時に選択できるように設計した。

表-1 入出力信号形態のバリエーション

項目	バリエーション
気筒数	4、6、8気筒
エンジン回転信号	10° (欠け歯)、30°、180° CA
気筒判別信号	360°、720° CA
点火方式	ディスク配分、D-TDi、S-TDi
噴射方式	同時、2グループ、3グループ、独立噴射
ノックセンサ	1センサ、2センサ

図-3にパルス入出力ボードのブロック図を示す。エンジンを模擬するためには、エンジン回転信号、気筒判別信号など信号発生および点火信号、燃料噴射などの信号計測の処理を、エンジン回転数10000rpm相当の時に約1.6μ秒で行わなければならない。この要求を満足する為に、また将来の拡張性を考慮して、汎用タイマーICは使用せず、FPGA (Field Programmable Gate Array) を採用した。入出力処理用のマイコンとしては、高速の処理は全てFPGAにて行うので現在当社にて使用実績のある16ビットマイコンを使用した。このマイコンの内部バスとVMEバスのインターフェイスおよびデータ通信用にDPRAM (Dual Port RAM) を用いた。

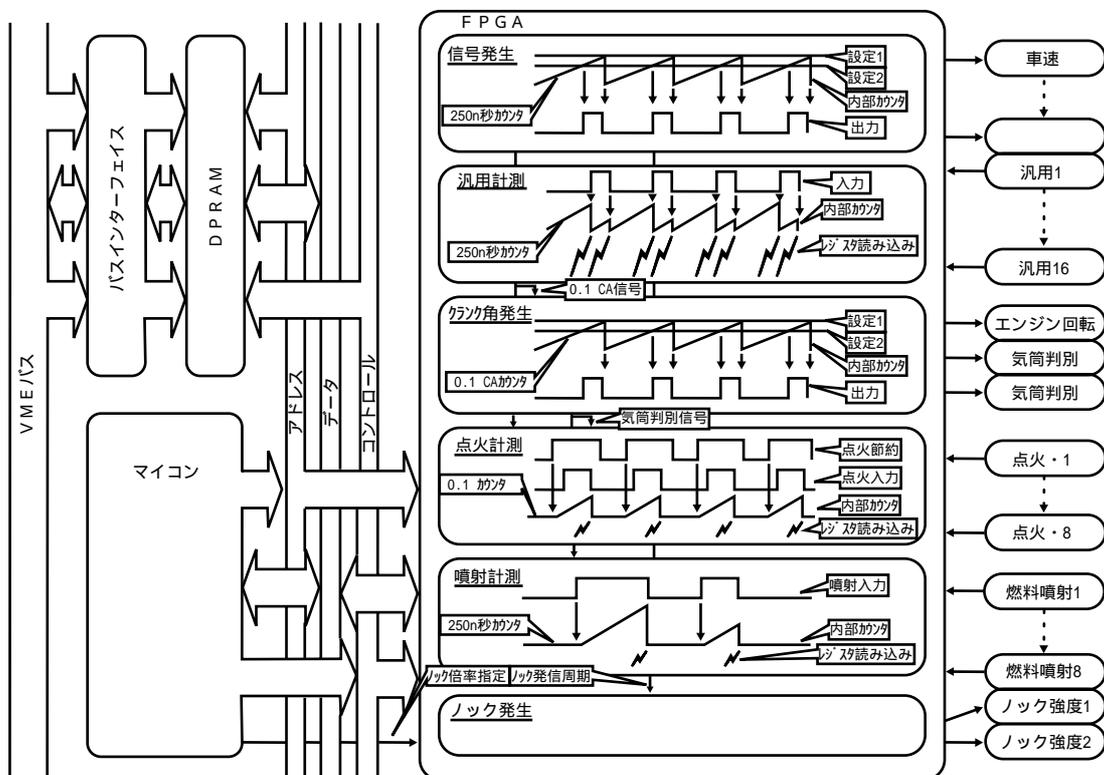


図-3 パルス入出力ボードブロック図
Fig.3 Block diagram of pulse I/O board

FPGAは、下記の様に機能別に5個搭載した。

1) 信号の発生

250n秒のクロックをカウントし角度信号(0.1°CA)、車速度信号等を発生させる。設定値は、角度信号の場合、システムホストからのエンジン回転数をマイコンにて計算して設定する。(図-3 設定値1、2)

2) クランク角信号の発生

上記にて発生した角度信号をカウントし、ホストからのシステムバリエーション設定に合ったエンジン回転信号、気筒判別信号を発生させる。また点火計測、噴射計測にて使用するエンジン上死点位置信号、エンジンの一回転信号(720°CA)も同時に発生させる。

3) 点火信号の計測

上記1) 2) で求めた角度信号と、上死点、エンジンの一回転信号および点火信号を元に進角値、コイル通電時間をそれぞれ計測する。

4) 燃料噴射信号の計測

2) で求めた上死点、エンジンの一回転信号を元に、気筒別の吸気バルブタイミング信号を発生させ、燃料噴射の気筒別の噴射量を計測する。

5) 汎用信号の計測

250 n 秒のクロックより汎用パルス信号を計測する。計測方法は同極性エッジ間の時間、異極性エッジ間の時間、duty比の計測などが可能である。
その他の機能としてノック強度信号発生がある。FPGA

より発生した信号をアンプ回路を用いてシステムからの要求ノックレベルに対応してゲイン調整(ノックの強弱)し、出力している。

3.2.2 可変抵抗ボード

エンジン冷却水温センサ、吸気温センサなどサーミスタタイプのセンサに相当する入力用として可変抵抗ボードを開発した。

本可変抵抗ボードはシステムホストからの指示により4~260kの範囲で抵抗値を設定出来るボードであり、1枚のボード当たり4chの出力を設定できる。回路構成は、4、8、16、32...と抵抗を直列に並べてリレーで切り替えていく方法を採用した。リレーでの切り替え時に信号に数百μsオーダでノイズが発生するがECUのソフトウェア処理でフィルタをかけるので簡単のためにこの構成とした。図-4に可変抵抗ボードのブロック図を示す。

3.3 その他の構成部品

3.3.1 インターフェイスBOX

入出力ボードとECUの電圧レベルでの整合をとる為のインターフェイスである。EFI(Electric Fuel Injection)用ECUは一般に多入出力であり、バリエーションが非常に多岐にわたる。

本システムの様な計測機器ではその様なバリエーションにいかに対応できるかが大きなポイントとなる。今回はインターフェイスBOXのECU側の接続コネクタ

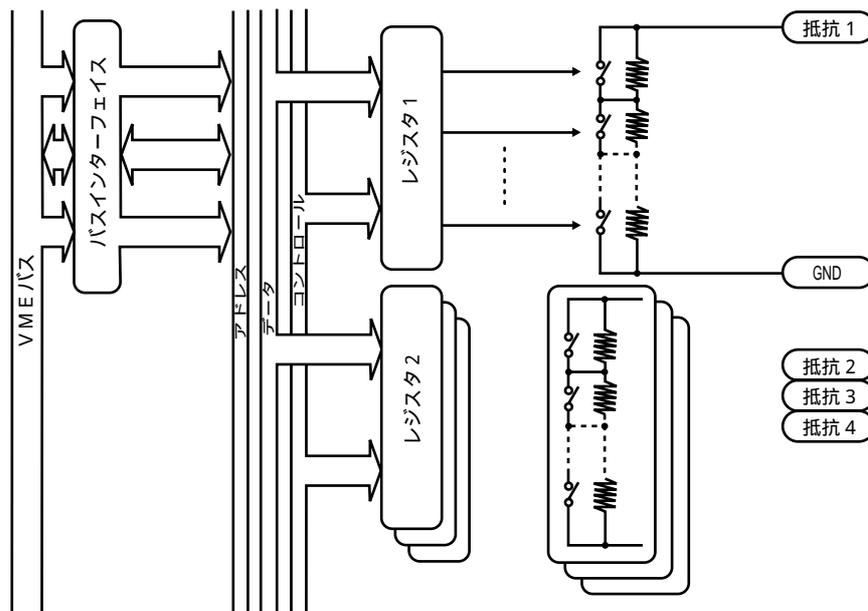


図-4 可変抵抗ボードブロック図
Fig.4 Block diagram of variable resistor board

にECUで使用されているメーカー製の100ピンの物を利用したり、各デジタル入出力のバッファ回路の構成、定数をスイッチ操作で簡単に切り替えられるように工夫し、ECUの入出力バリエーションに比較的容易に対応出来るように考慮した。また内蔵するインターフェイス回路では対応できない様な入出力が新設された場合にBOX内のユーザカスタム基板に回路を設置する事で対応出来るようになっている。

3.3.2 マニュアルBOX

本システムのECU入力条件の設定はホストのCRTを見ながらマウスやキー操作で行うのが基本である。

しかし従来のデバッグで使用していたチェッカの様にダイヤルやスイッチで設定した方が操作性が良い場合もある。そこでマニュアルBOXを設置し、ECUの入力の設定をこのマニュアルBOXでも行えるようにした。特にスロットル開度やスタータスイッチをこのBOXで行うと便利である。

3.4 システム機能

本節では高機能ソフトチェッカの主な機能を順を追って紹介していく。

3.4.1 ECUの入力条件設定方法

ECUの各入力へ与えるデータの設定方法は以下の3方法からユーザがデバッグの状況によって任意に選択する事ができる。

- 1) ユーザが設計したエンジンモデルで演算された値をECUに与えてリアルタイムシミュレーションを実行する方法であり、実際のエンジンの状況を模擬した環境でソフトウェアのデバッグができる。
- 2) システムホスト画面上のスライダーやボタンを操作したり、マニュアルBOXのダイヤルやスイッチの操作に応じてECUに入力を与える方法。従来のデバッグ方

法を踏襲したデバッグが可能である。

- 3) 個々のデータを逐次変化させる時系列パターンをユーザが図-5の様にマウス操作やキー操作で登録し、それをECUに与える方法であり、パターン化された評価や1)、2)の方法では設定が困難な過渡現象の評価に有効である。

以上の方法をECUの各入力毎に個別に設定する事が可能であり、状況に応じて最適な方法をユーザが選択可能である。

3.4.2 リアルタイムモニタ

計測実行中の各種データをリアルタイムでグラフィカルに表示可能な機能としてリアルタイムウィンドウとパネルチェッカウィンドウがある。

1) リアルタイムモニタ (図-6)

システムが扱っているあらゆるデータ(例えばアナログ入出力、デジタル入出力、抵抗出力、パルス入出力、モデル入出力、ECU/RAMデータ)をメータやスラダに割付けてリアルタイムに表示させる事が可能である。またグラフィック表示では画面表示にCPUの負荷がかかるのであまりチャンネル数を増やせない。そこでテキスト表示で値をリアルタイムに表示するウィンドウも用意した。

これにより双方合わせて同時に20チャンネルのデータをモニタすることができる。

2) パネルチェッカウィンドウ (図-7)

従来からベンチでのデバッグで頻繁に使われてきているECU内部のマイクロコンピュータのRAMデータをモニタするパネルチェッカをホストの画面上で実現した。また、ベンチのパネルチェッカが有する、RAM値を書き換えたり、制御プログラム上の定数をROMからRAMにコピーし、実行をRAMベースに移す機能も備えている。

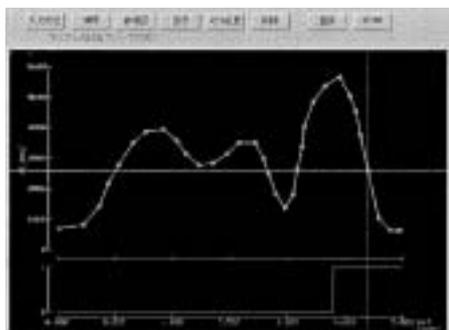


図-5 出力パターン作成画面
Fig.5 Output pattern design window

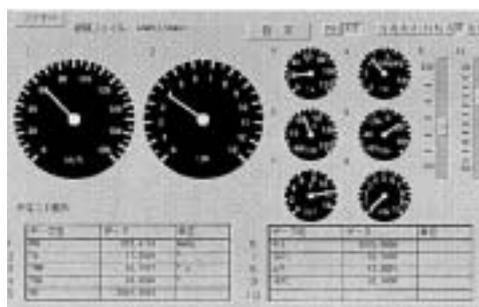


図-6 リアルタイムモニタウィンドウ
Fig.6 Real-time Monitor Window



図-7 パネルチェッカウィンドウ
Fig.7 Panel checker window

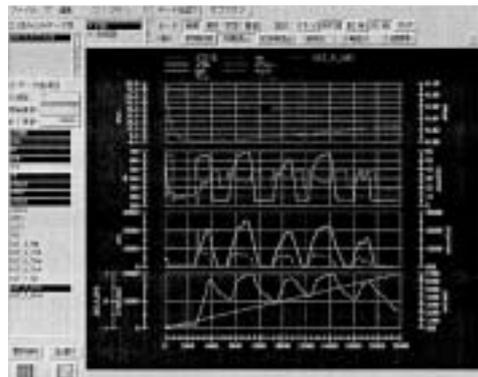


図-8 結果解析画面
Fig.8 Analysis window

3.4.3 結果解析

計測結果データを詳細に解析するための機能である。

データの拡大はもちろん、データ値の読み取り、2点間の時間間隔やそれぞれの点の物理値の差などの表示はもちろんの事、過去のデータとの重ねあわせの機能も有する。これによりECUの制御ロジック等が与える影響を的確に解析する事ができる。(図-8)

3.4.4 異常監視

システムが扱っているあらゆるデータに対して例えば以下の様な条件を付ける。

- ある値以上、または以下
- ある範囲内、または範囲外
- ある値に一致

システムが扱う各データに対して上記の様な条件を最大4個のデータに付与し、それぞれの条件のAND、ORの組み合わせを異常時の条件として設定し計測する。

計測中にこの条件が成立した場合、その後2秒間計測を継続してから終了する。ユーザは後からこの計測データを前述の結果解析ツールで解析する事で異常の発生原因を究明する事が可能となる。

3.4.5 自動計測

3.4.1項で設定したECUの各入力設定条件をシステムに登録しておくことで自動計測が可能となる。これは例えばダイアクノースの仕様の確認など、機種間で仕様あまり変わらない様なものの計測や、開発ステップにおいて変更にならなかった仕様の再確認の際に特に有効である。

3.5 エンジンモデル

エンジンは、非常に複雑な流体の運動や、機械力学

的な運動、さらには種々のエネルギーの変換等を行っており、理論式のみでこれらを記述し尽くすことは、現在のところ非常に困難である。そのため、実験によって得られたデータや、経験的な知見に基づいて、エンジンのモデリングが行われる部分も少なくない。

また、エンジンモデルのシミュレーション、特に今回のようにシミュレーションをリアルタイムに行う必要がある場合には、「モデルの精度追求」と「演算時間の限界」という、全く相反する要求が存在する。そのため、高性能ソフトチェッカでは、これらの兼ね合いが非常に重要な問題となっている。

今回のシステムはEWSのCPUでモデル演算処理、データ入出力処理、データサンプリング処理、GUI処理を全て行う必要があり、2CPUとはいえモデル演算時間に使用できる時間はやはり限られている。

また一般にモデルに要求されるスペックは制御ロジックの開発者と我々の様なECUの組み込みソフトウェア設計者とでは必然的に違ってくる。

前者は実際のエンジンを忠実に再現する様な絶対値として精密なモデルが要求される。それに対して後者は相対的な挙動が実際のエンジン相当であれば許容できる。

そこで、今回は演算時間を考慮し、デバッグという視点から優先される機能からモデリングしていく事とした。

なお、実際にモデリングを行うツールとしてはMATLAB/SIMULINK、MATRIX-X、EASY5、HISIMなど数種あるが今回はMATLAB/SIMULINKを使用した。(図-9)

3.5.1 吸気圧力算出

エンジンの吸気圧力とは、ピストンの吸気行程において、筒内に吸い込まれる空気の圧力(ガソリンとの混合気の圧力)のことである。吸気圧力は、一般に大気圧よ

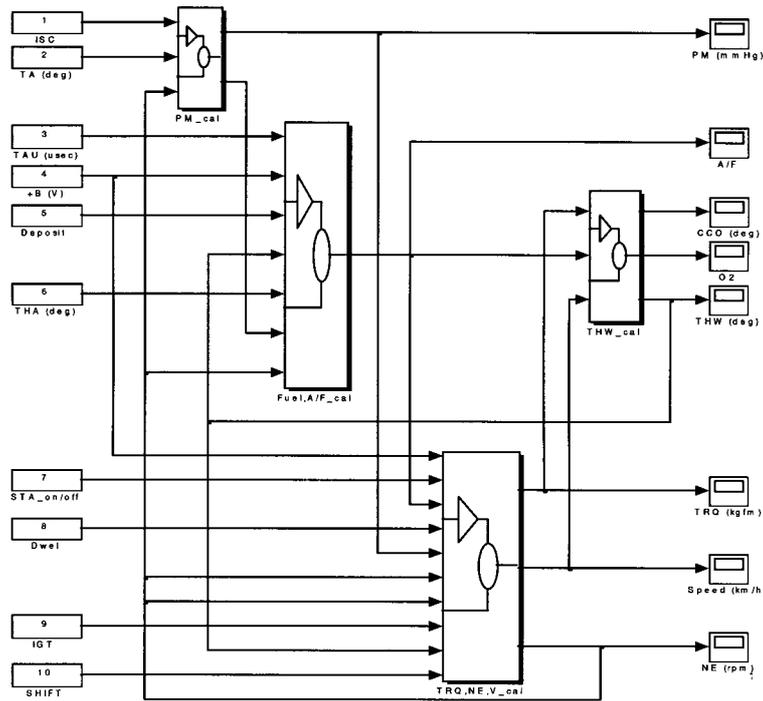


図-9 SIMULINK モデルブロック
Fig.9 SIMULINK model block diagram sample

りも低く、また吸気行程中、一定値とはならず時々刻々変化している。これは、吸気弁の開閉によって、吸気管内の空気圧が変動（これを「脈動」という）しているためである。

しかし、このような複雑な現象を、すべてモデリングするのは困難であるので、種々の仮定を設定することにより、単純化して考えることにする。

まず、吸気行程中、吸気圧力は脈動する値を時間平均した一定値を取るものと考え、そして、スロットル弁付近の空気流量 Q_{in} を、ベルヌーイの式に基づいて算出し、エンジンの吸入空気流量 Q_{out} を、ポンプの理論に基づいて算出する。そして、これらの差を取り、次式によって吸気圧力 P を算出する。

$$P(k+1) = P(k) + (Q_{in} - Q_{out})$$

なお、 k はサイクルを、 α は係数を表す。このように考えることによって、吸気圧力は、大気圧やエンジン回転数などの諸量に依存した値となり、実際の吸気圧力に近似した値を出力することが出来る。

3.5.2 空燃比算出

空燃比とは、筒内に流入した空気重量と燃料重量との比のことである。理論空燃比（燃料の化学的組成から算出される）は、14.5であり、通常走行時には、空燃比が

この値になるのが最適である。EFIにおいても、通常は、空燃比が理論空燃比に一致するように燃料噴射量等を制御している。

しかし、噴射された燃料の挙動は複雑であり、絶えず空燃比の値を一定に保つことは難しい。これは、噴射された燃料の一部が、管壁に付着して筒内に流入しなかったり、あるいは、管壁に付着した後、再度気化して筒内へ流入するものなどが存在するためである。しかも、このような燃料の挙動は、燃料噴射量や吸気圧力、経年変化などの各種条件によって大きく左右されるからである。

そこで、これらの現象を表す比較的単純なモデルを構築し、燃料の管壁付着量、および、筒内へ流入する燃料量を算出した後、吸気圧力やエンジン回転数を基にして各気筒毎の空燃比を算出している。

3.5.3 ノック強度算出

ノックとは、気筒内の混合気に点火後、火炎が伝播していない部分の未燃混合気が自然発火することにより、急激に燃焼が完了することである。そして、その結果、衝撃波が発生して筒内壁面に衝突を繰り返すので、エンジンの異音や車体の振動、エンジン出力の低下などを引き起こすことになる。

モデルでは、エンジン回転数や吸気圧力、進角値（点

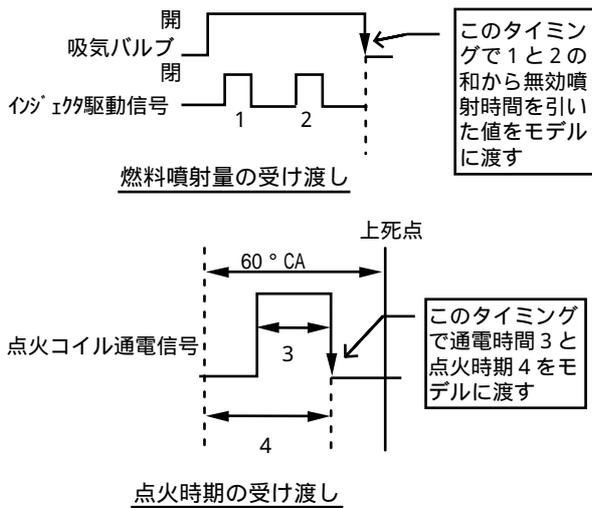


図-10 モデルインターフェイス
Fig.10 Model interface

火時期) などから、総合的に考慮して「ノックの発生」を判定している。

3.5.4 トルク算出

トルクは、吸気圧力、空燃比、冷却水温、ノック、スタータのON・OFFなどの諸量に依存して決まる量である。今回は、トルクを、次のような3つの基本トルクの和として算出している。

- 吸気圧力をベースにしてトルクを算出し、これに空燃比、ノック、点火の有無、を勘案した係数を乗じたもの
- スタータのON・OFFによるスタータトルク
- 冷却水温に依存するトルク

これらの3つの値は、それぞれ実験等によって得られたデータを利用して求めている。

トルク算出の方法には、上記の方法の他に、ピストン回転部について運動方程式を立て、これを利用することも出来る。

3.5.5 エンジン回転数、車速算出

エンジン回転数、および、車速の算出は、3.5.4のようにしてトルクを求めた後、パワーを算出し、その後、変速ギア位置等を考慮することによって求めている。算出にあたっては、クーロン摩擦や、走行抵抗等も考慮している。

このようにして求めたエンジン回転数は、今回のモデルにおいて重要な位置を占めており、様々な値の算出に使用されている。

3.5.6 その他、今後の展開など

以上のほかにも、冷却水温、排気ガス温度、排気ガス

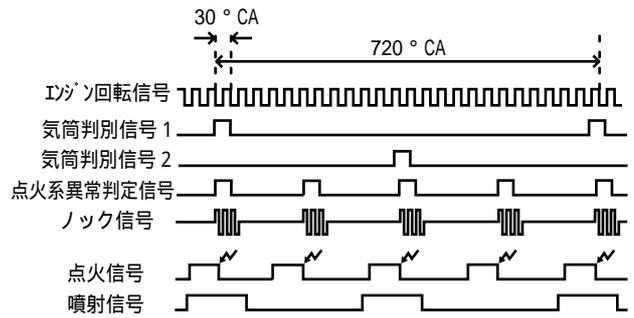


図-11 信号形態例
Fig.11 Signal pattern sample

中の酸素濃度を算出している。これらは、トルクや車速、空燃比等を用いて簡潔に算出している。なお、本節に紹介したエンジンモデルは、比較的簡潔なモデルである。今後、より高度なデバッグを必要とする場合や、CPUの性能向上によって、より詳細なエンジンモデルを構築することが可能であるのは言うまでもない。

3.6 システムとのインターフェイス

モデル演算の負荷を軽減する為にシステムの計測ボードとモデル間で以下の様なインターフェイスをとった。

3.6.1 燃料噴射量の受け渡し

エンジンモデルで空燃比の演算等に使用する燃料噴射量は、ECUが出力するインジェクタ駆動信号を計測ボード側が測定して求める。

実際に空燃比を求めるには、この駆動信号から各気筒タイミング毎の燃料の噴射量を求める必要がある。この時、以下の様な問題点がある。

第1にインジェクタを駆動する信号にはインジェクタに通電してから実際に燃料が噴射されるまでの無効噴射時間が含まれておりこの時間を引く必要がある。無効噴射時間はバッテリー電圧によって可変であるが今回は簡単の為に13V一定として減算した。

第2に各気筒のシリンダーに取り込まれるのは吸気バルブが開いている時であり閉じてから噴かれた分は次回のバルブ開に回す必要がある。さらに詳細には噴射されてからバルブに到達するまでの時間遅れも考慮する必要がある。今回は簡単の為に時間遅れは無視した。

これらの処理をモデルで実行するとモデルの負荷が高くなるため計測ボードの方に任せた。

3.6.2 点火時期の受け渡し

点火時期は上死点に対して進角側、遅角側の双方が考

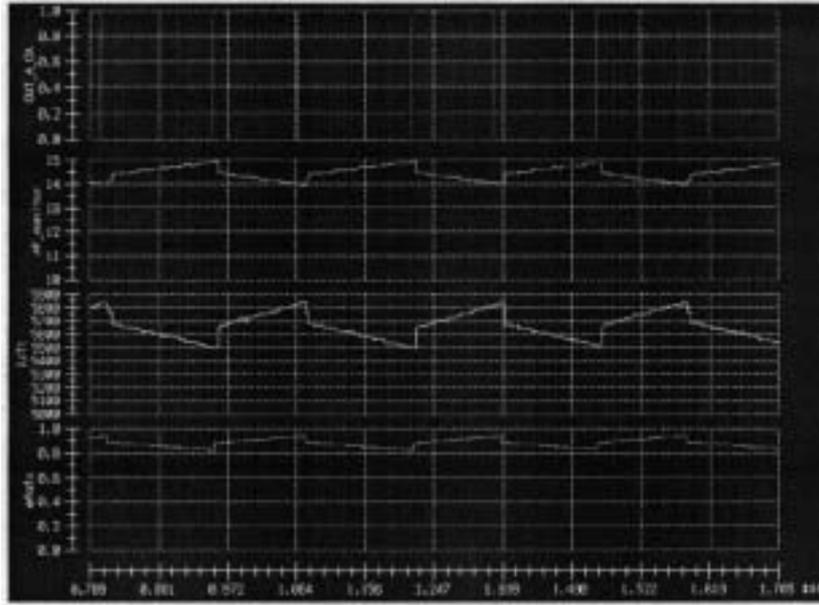


図-12 シミュレーション実行例
Fig.12 Simulation sample

えられる。上死点を基準に点火時期を求めるのは処理が複雑になるので、今回は進角側 60° CAから計測を開始し、点火の発生したタイミングを計測する事にした。

これらの処理も計測ボード側で行いモデルの負荷を軽減した。また、遅角側 30° CAまで待っても点火が無い場合は点火抜けとしてモデルに情報を渡している。

4. 予想効果

今回開発した高機能ソフトチェッカを実務で利用する事による効果の期待は以下の点にある。

4.1 実機相当の環境下でのデバッグによる効果の期待

リアルタイムシミュレーションを利用した環境下でプログラムを評価する事で、従来のベンチ評価では発見するのに高いスキルが必要であるような不具合でも直感的に発見する事ができ、不具合の前出しが可能となる。

図-12はEFI用ECUの空燃費フィードバック制御のシミュレーション例である。上から O_2 センサ出力、モデル内部で演算した空燃費、本システムで計測したECUの燃料噴射量、ECU内部のマイコンが持つ補正係数である。本システムが出す O_2 センサ出力を受けてECUが補正係数を制御し噴射量に反映しているのがよく分かる。この様なデータの取得は実際のエンジンに接続しないと通常は取得できないが本システムに接続することで簡単にデータを得ることが可能となり、工数の削減が可能となる。

また、モデルのパラメータをユーザがチューニングした時のシミュレーションによるエンジン挙動の変化を確認する事で、設計者がエンジン制御の知識に関して高いスキルを身につける事が期待できる。

4.2 自動計測環境下での効果の期待

制御プログラムの一部を変更した時に、その変更が他の制御ロジックに悪影響をおよぼさない事を確認するのは従来のデバッグ環境では全てを一から繰り返す事になり多大な工数を必要としていた。

今回開発した環境下では過去の登録パターンを利用して自動計測でき、評価工数の大幅削減が期待できる。

5. おわりに

シミュレーション技術を応用した開発サポートツールは自動車業界のみならず他の業界においても今後益々盛んに利用されていくのは必須である。

当社でも導入台数を増やし、また多機種へ展開してソフトウェア設計量の増大に対応していきたい。

また、今回はEWSとVMEバス規格のボードで開発をすすめたが、コストダウンおよび小型化を目指し、次回はパソコンをベースとしたシステムを開発していく予定である。

<参考文献>

- 1) 自動車技術会編：自動車技術シリーズ2、自動車の制御技術、朝倉書店（1997）
- 2) 自動車技術会編：自動車技術ハンドブック、基礎・理論編、自動車技術会（1990）
- 3) 三浦、福田：自動車設計と解析シミュレーション、培風館（1990）
- 4) 廣安、實諸：内燃機関、コロナ社（1986）

筆者紹介



斗納 宏敏(とのお ひろとし)

1979年入社。以来自動車用電子制御機器の開発及び設計支援ツールの開発に従事。現在モートロニクス本部開発部第三開発課長。



山田 典生(やまだ のりお)

1976年入社。以来自動車用電子制御機器の開発及び設計支援ツールの開発に従事。現在モートロニクス本部開発部第三開発課在籍。



安田 武史(やすだ たけし)

1983年入社。以来ECT,EFI,ABSなど車両制御システム、及び開発支援ツールの開発に従事。現在モートロニクス本部開発部第三開発課在籍。



矢倉 信次(やくら しんじ)

1993年入社。以来、車両制御システムの設計支援ツールの開発に従事。現在モートロニクス本部開発部制御実験課在籍。