

Plug & Play

多様化する ECU の自動化シーケンスによるテスト
(Delphi Diesel Systems 社)



Delphi Diesel Systems 社は、ディーゼルエンジンマネジメントシステム向けの多様な ECU に適応可能な自動化された統合テストと機能テストを開発しました。技術的課題は、異なる ECU バージョンに対してテストシステムを可能な限り円滑に適応させることでした。この課題解決のため、幅広い dSPACE ソフトウェアとハードウェアが、シームレスなツール環境を提供しました。



技術的課題

自動車用組込みコントローラの複雑化に伴い、HIL (Hardware-in-the-Loop) ベンチテストと妥当性確認の必要性が急激に高まっています。リリースされる ECU (電子制御ユニット) のソフトウェアは、自動車メーカーからの際限なく多様化する高度な要求を満たす必要があります。このような理由から、Delphi Diesel Systems 社 (以下 DDS) は、dSPACE Ltd. (イギリス) のサポートを受けて、ディーゼルエンジンマネジメントシステム用の異なる ECU で使用可能な一連の HIL ベースの自動化テストを開発しました。

HIL ベースの自動化テスト

今日、手動での ECU テストは、ごく一部の妥当性確認作業を除いて、現実的な選択肢ではありません。このためツールベンダー各社は、自動化テストの開発と実行を支援するリアルタイムプラットフォームの製品化に精力的に取り組んできました。dSPACE は AutomationDesk を開発して、この取り組みに成果を上げて来ました。2008 年の初めから多くの DDS 開発業務において、AutomationDesk は重要な役割を果たしてきました。このツールは、

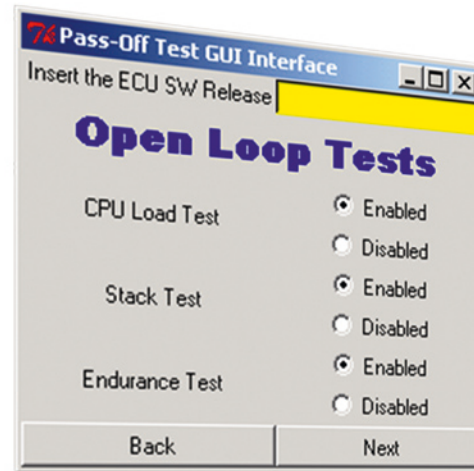


図 1: Python の Tkinter モジュールを使用して作成された GUI: これらのグラフィカルインターフェースは AutomationDesk プロジェクトの設定にも使用可能です。

にグラフィカルインターフェースの一例を示します。これに加えて DDS は、新しい自動化シーケンスの開発プロセスにおいて、標準化/コードコンポーネントの再利用/バージョン管理を強化するために、独自の Python ライブラリを開発しました。

結果として、DDS が開発したすべての HIL ベース自動化テストは、図 2 に示すコンポーネントを使用して実施されます。

ハードウェアのセットアップ

最大限の投資効率を得るために、DDS は dSPACE Mid-Size シミュレータのダブル構成を採用しました (図 3)。このプラットフォームは既製品であるため、性能的に大きな制限を受けずに初期費用を抑えることができます。

DS1005 プロセッサボードと DS2211/DS2202 をペアにした HIL I/O ボードを実装したダブル Mid-Size システムのオープンなアーキテクチャによって、次のような結果が得られました。

「各種の dSPACE ツール間の連携が非常に効率的であったため、大幅に時間を節約することができました」

Giuseppe Raffa 氏, Delphi Diesel Systems 社

フローチャート的な手法によりテストの設計とシーケンスのデバッグを著しく簡略化するだけでなく、以下の 2 つの基本的な長所を備えています。

- AutomationDesk では、プログラミング言語として Python を使用します。そのため、標準的な Python モジュールで開発された各種のカスタムスクリプトやライブラリを、自動化タスクに容易に統合することができます。DDS は、ControlDesk マクロやサードパーティー製 Python モジュール (Pylab や Matplotlib) および Tkinter ベースの GUI を組込んだ AutomationDesk プロジェクトをすでに導入済みです。図 1

- AutomationDesk は COM インターフェースを備えているため、ユーザは dSPACE ControlDesk (試験用ソフトウェア) や、MATLAB®, CalDesk (dSPACE の計測/適合ソフトウェア) を呼び出すことができます。これらのツールは標準の AutomationDesk ライブラリブロックから呼び出せるため、コードを追加する必要は一切ありません。dSPACE の適合環境である CalDesk との連携 (特に CAN 上の CCP を介する場合) は、他のツールを必要とせずにシーケンス実行中の ECU ソフトウェアの監視/再適合が可能となるため、極めて効果的であることが分かりました。

- 異なる ECU コンフィギュレーションの管理とサポートが容易に得られました。シミュレータは各 ECU 専用のテスト用ハーネスを介して接続され、標準化された構造を持っています。このため、HIL シミュレータを異なるプロジェクトで使用するには、適当な接続用ハーネスが必要になります。しかし、その取り付け作業には数分しか要さないため、このプラットフォームを採用することによってベンチ稼働時間が大幅に増加します。

- ECU ピンの大部分は常に DS2211 のチャンネルへ割り当てられます。DS2211 と DS2202 の 2 枚の HIL I/O ボードうち、この DS2211 にだけ回転角度処理ユニット (APU) が装備されています。このような構成の結果として生じる DS2202 上の多数の空きチャンネルは、現在のところ、メイン ECU との接続を必要とする追加のボードやコントローラの動作用に有効に利用されています。

この HIL シミュレータを将来のプロジェクトに適応させることは比較的容易です。ハーネスを新たに設計する必要がありますが、その際に特定の ECU 機能が常に同一のシミュレータチャンネルへ割り当てられるように設計することが重要です。この点さえ配慮すれば、プラットフォームの設定を確実に簡略化できます。

CPU 負荷の評価

上記のようなアーキテクチャを採用することによって、DDS は統合テストと機能テストの両方に対応する自動化テストシーケンスを実現しました。とりわけ、CPU 負荷テストは最も注目すべき項目の 1 つです。

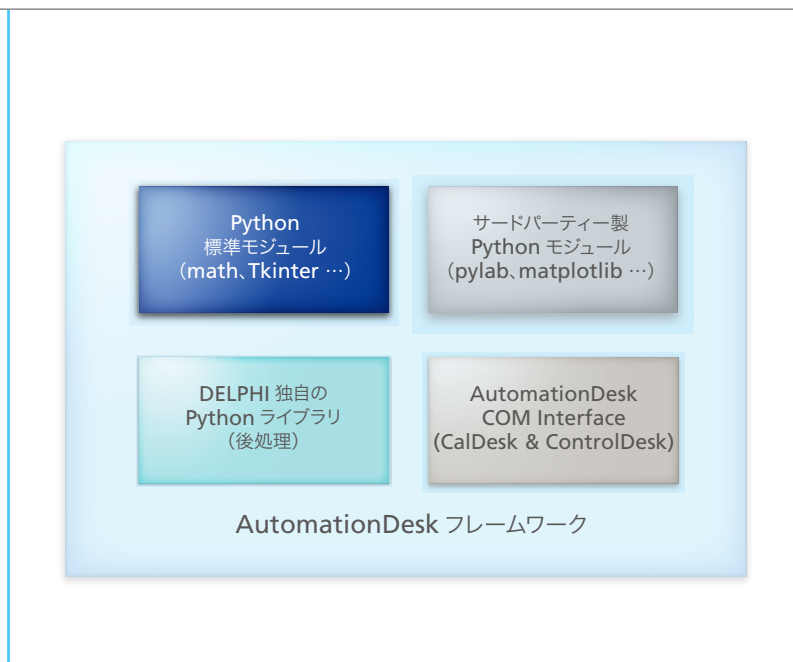


図 2: HIL ベーステストの実施のために DDS が使用したコンポーネント：これらは AutomationDesk シーケンスに統合可能です。

コントローラがさまざまな stimulus 信号を受ける状態で CPU 使用率を定量化することは、「与えられたハードウェア/ソフトウェア統合が初期の要件を実際に満たしているかどうか」および「さらなる開発に向けてどの程度の余裕が残されているのか」を評価する上での鍵となります。図 4 に示すように、AutomationDesk を使用することによって、所定のワースト

ケースシナリオに基づいて組込みコントローラに stimulus 信号を入力する自動化シーケンスが実現しました。ECU ソフトウェアは、要求されたタスクに費やされるメインサイクル時間のパーセンテージとして CPU 負荷を計測する機能を内蔵しています。その結果を一連の計測パラメータを介して適合ツールへ取得することによって、各テスト条件における CPU 平均



図 3: dSPACE Mid-Size シミュレータのダブル構成

用語解説

Tkinter – Python でオブジェクト指向の GUI を作成するために使用される標準モジュール (詳細は M. Lutz 著『Programming Python』第 3 版、O' Reilly 社刊を参照)

Matplotlib – Python の二次元グラフ作成用ライブラリ (詳細は www.matplotlib.sourceforge.net 参照)

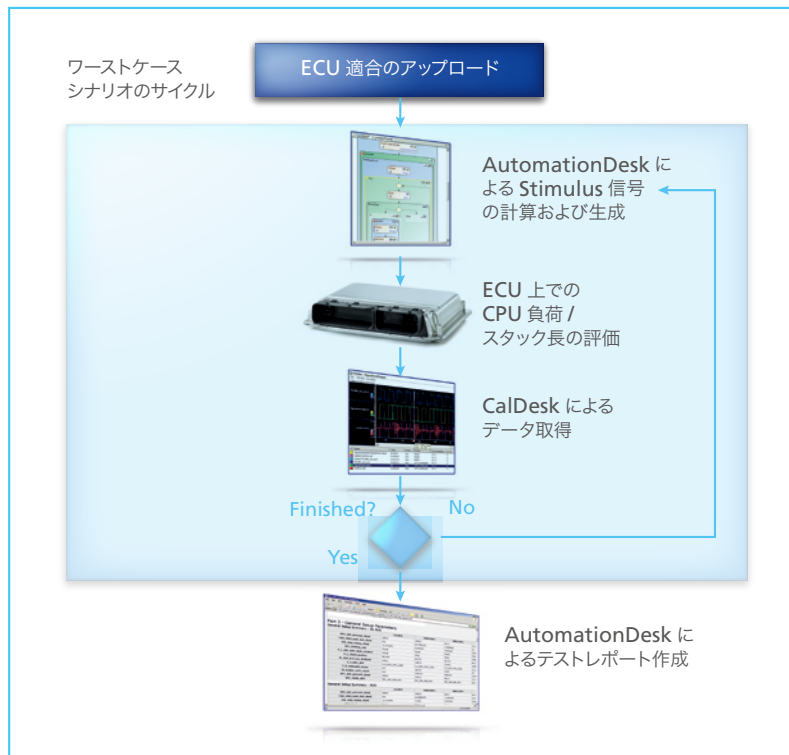


図 4 : DDS が開発した CPU 負荷テスト

負荷の評価が可能になります。テストレポートを作成するために、これらのパラメータは後処理が行われ、最終的に与えられた stimulus 信号の関数として表示されます。

耐久テストの実施

DDS は常に安全性と信頼性を重視してきました。その結果として、発生し得る耐久性上の問題への対処を目的とする各種の自動化シーケンスが開発されました。この種のテストでは、基本的に、ECU の物理的なインターフェースに対して異常な条件が与えられ、ソフトウェアとハードウェアの両観点からコントローラのロバスト性が評価されます。

このようなテストの一例の概要を図 5 に示します。この例では、コントローラ動作中にバッテリー電圧が繰り返し遮断され、ECU の不揮発性メモリの挙動が効果的にテストされます。このシーケンスは、シミュレータに組み込まれた電源を、定義されたサイクルに

「dSPACE HIL アーキテクチャのおかげで、将来のプロジェクトでも比較的容易にテストシステムを適応させることができます」

Riccardo Carrozzo 氏, Delphi Diesel Systems 社

従って動作させることによって簡単に実現でき、終夜を通しての実施が可能です。

将来に向けての開発

現在、DDS では、AutomationDesk に関連する複数のプロジェクトが進行中です。現状の HIL ベースシーケンスは、より広範なパラメータ設定の組み込みと、それらの実行を容易にするための改良を必要としています。さらに、ECU の新機能に伴う潜在的問題への対処と、コードの自動生成に対応するために、より包括的な統合テストも作成される予定です。

以下、その具体的な内容を説明します。

■ 他のソフトウェアのパフォーマンス指標も今後考慮する必要があります。たとえば、スタックサイズの計測が組み込まれた CPU 負荷テストシーケンスのバリエーションが新たに利用可能となっています。

■ ユーザフレンドリなテストプロセス管理環境を構築するには、AutomationDesk プロジェクトに GUI を統合することが最優先事項となります。これが実現すれば、AutomationDesk の開発者レベルの知識がなくても、必要な一連のテストシーケンスを設定して実行できるようになります。

■ 燃料噴射マネージメントとレール圧の制御性能を評価する複合的シーケンスを現在研究中です。最終的な目標は、実車上で妥当性確認が開始する以前に、自動化テストシーケンスの完全セットを作成し、標準的 HIL ベンチ上で妥当性確認として実行することです。

まとめ

AutomationDesk を使用することによって、異なる ECU プロジェクト間で共有可能な多様な自動化テストを開発することができました。dSPACE ツールと豊富な内蔵ブロックライブラリのセットによって、CalDesk などの適合ツールやリアルタイム HIL シミュレータとのシームレスな接続が実現しました。さらに、Python の標準またはカスタイズモジュールあるいはサードパーティ製モジュールを組み合わせることによって、最終的なデータ処理が大幅に容易になりました。これによってクオリティの高いテストレポートが保証されます。



Riccardo Carrozzo 氏 (左) –
HIL チームマネージャ。モデリングと HIL 妥当性
確認を中心とする業務を統合

Giuseppe Raffa 氏 (中央) –
主席システムエンジニア。
HIL/ECU インターフェース用ハーネスの設計と組み
コントローラ用自動化テストの開発を担当

Darren Walker 氏 (右) –
コアソフトウェアマネージャ。
コアソフトウェアエンジニアリング責任者、
ECU プラットフォームソフトウェアと
関連ツールおよびプロセスを包括

dSPACE Mid-Size HIL シミュレータの採用によって得られたオープンなハードウェアプラットフォームによって、自動化シーケンスの再利用性がさらに改善されました。適当なインターフェースハーネスを取り付けるだけで、ベンチを異なるコントローラへ切り替えることができます。

HIL ベース自動化シーケンスの 2 つの実例が本文の後半で紹介されました。これらの事例は、AutomationDesk と CalDesk の統合の効果を示すのみならず、組み込みコントローラの品質と信頼性の改善に対する DDS の取り組み姿勢も示しています。■

Riccardo Carrozzo, Giuseppe Raffa,
Darren Walker
Delphi Diesel Systems
イギリス

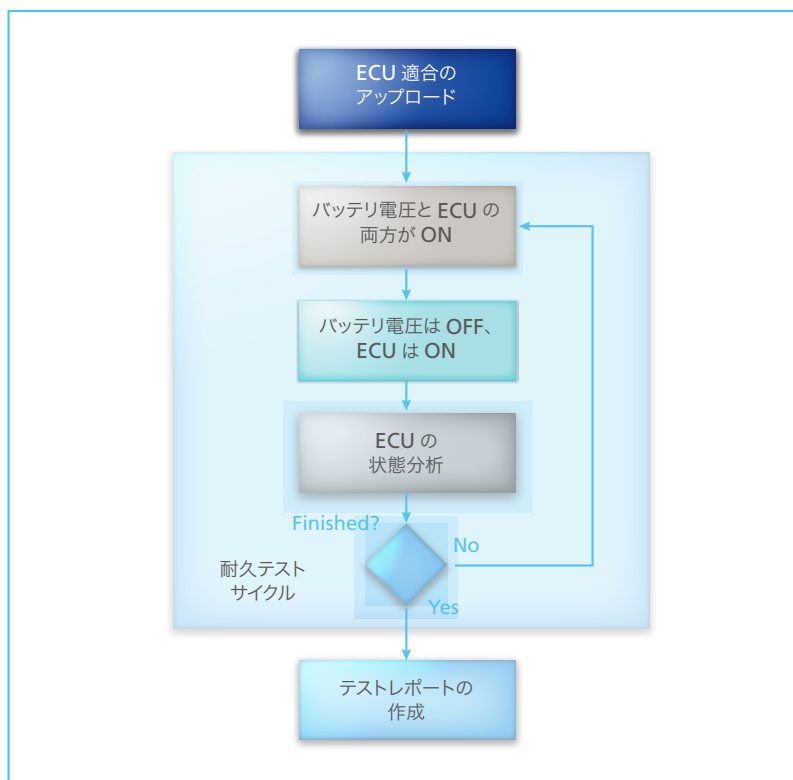


図 5 : DDS が開発した耐久テスト