

論文・解説

20

電装品ロバスト性開発システム「ESPER」の紹介

Introduction of Electronics Control Unit Robustness Development System “ESPER”

岡田 英之*¹ 橋 高德 昭*²
Hideyuki Okada Noriaki Kittaka

要 約

電子ユニットの増加や多重通信化に伴い、電気信号の伝達や電子ユニットの信号認識における確実性や安定性の検証および確保は、年々厳しさを増している。この度、ノイズ等の外乱影響に対するマージン評価を目的とすべく、ロバスト性検証システムである電源・信号の多機能エミュレータ「Electronics System with Perfect Robustness」(以下「ESPER」)を開発した。多機能と使い勝手の両立を図るべく、操作性や視覚デザインに使用者の意見を取り入れて内製したので、その特徴について紹介する。

Summary

As the increase of electronics unit and multiplex communication, the verification and the ensure of certainty and stability become increasingly severe for the signal communication and the signal recognition in electric units. In order to evaluate the margin against the influence of external noise, the multi-functional emulator that is called «Electronics System with Perfect Robustness (it's called “ESPER”）」 has developed as the robustness verification system. The Feature of “ESPER” is introduced that is incorporated the user demands in the easy operation and the visual-design for achieving the compatibility of multi-functions and its convenience.

1. はじめに

近年、カーエレクトロニクスの急速な発展により、車載される電子ユニットの増加・統合化および高速化が進んでいる。また、信号ラインの多重通信化も進み、信号ラインへの外来ノイズや信号のドリフトに対する安定性・安全性はモデルチェンジごとに厳しいスペックが要求される。

一方、信号ラインの安全性検証としては、ノイズや電位変動などの要件を基準化し、試作品に印加した状態で動作が正常であるかどうかを試験する方法が一般的である。この場合、OKまたはNGというデジタル的な判定結果となることが多く、どのくらいの余裕度をもってOKとなったのかという、いわゆるロバスト性を検証・確認することが難しい。

このたび、様々な電子ユニット類に対してのロバスト性検証を目的とした多機能エミュレータ「ESPER」を内製したので紹介する。

2. プラットフォーム

2.1 ハードウェアプラットフォーム

入手性・コストおよび汎用性の観点から、一般的なWindowsパーソナルコンピュータをコントローラにした。

信号入出力にはNational Instruments社製のアナログ入力・出力およびCANボードを使用し、車載電子ユニットとのインターフェイスを設けた。コスト・処理速度と評価対象となる電子ユニットを総合的に考慮し、今回はアナログ入出力各16チャンネルを設けるとともに、2チャンネルのCAN信号の入出力に対応させたが、将来的なニーズの変化を想定し、チャンネル数が拡張できるように考慮した。

ノイズその他のエミュレート信号出力には、汎用アナログ増幅機能付きの電源装置を想定し、アナログ・USBおよびGP-IBの各インターフェイスに対応させた。今回はエヌエフ回路設計ブロック社製の汎用電源および汎用アンプを使用した (Fig.1)。

*1, 2 車両システム開発部
Vehicle System Development Dept.

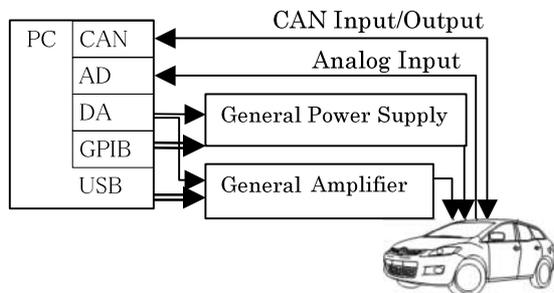


Fig.1 System Architecture

2.2 ソフトウェアプラットフォーム

この種のシステム開発を成功させるには、入手性・メンテナンス性および発展性が鍵であると考えます。システム構築時には有意義なシステムであっても、試験対象の電子ユニットやコンピュータプラットフォームの進化についていけなくては数年のうちに陳腐化する恐れがある。

そこで以下の5点について検討した。

- ① ハードウェアとの親和性に優れていること
- ② 低コストで容易に入手できる開発環境であること
- ③ 開発者変更時メンテナンスが容易であること
- ④ 次世代ハードウェアへの対応が期待できること
- ⑤ HILS*対応等、革新的な発展が期待できること

* Hardware In the Loop Simulator

検討の結果、National Instruments社製のLabVIEWを、ソフトウェア開発環境に選定した。

3.「ESPER」の機能概要

「ESPER」の機能の中から、代表的なものを紹介する。

3.1 フロントパネルデザイン (Fig.2)

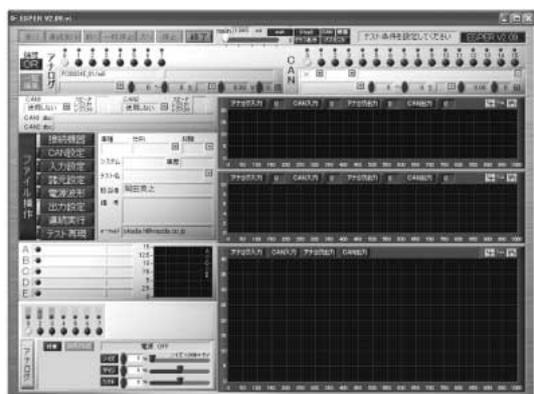


Fig.2 Front Panel View

メインメニューを左中央に集約させ、各パーツや機能ごとのバックグラウンドなどを3D化させた。入力条件・諸元・電源出力およびアナログ出力状態など、テスト中に必要な情報群が一目で確認できるようにするとともに、バックパネル上の補助情報との切り替えを可能にした。

3.2 電源エミュレート機能

電子ユニットの電源変動評価として4種類を用意した。

- エンジン始動時を模擬した始動波形
- 接触不良や時間遅れを模擬した瞬断波形
- 電力負荷の変動を模擬したリップル波形
- バッテリー上がり等を模擬した増減波形動弁

車両の電源には常時電源やアクセサリ電源など、複数の電源が存在することから、5チャンネル別々の出力が同時にコントロールできるようにした。各パラメータは数値入力またはマウス操作による増減ボタンで設定することが可能で、入力ミス防止として作成する波形がリアルタイムにグラフ表示されるようにした。チャンネル間のパラメータコピー機能を設けることで、オペレータの省力化を図った。また、初期値・最終値・変化幅を入力することにより、単一の波形のみならず、各パラメータが連続的に変化する波形を作成できるようにするとともに、変化の順序も設定・変更できるようにした (Fig.3)

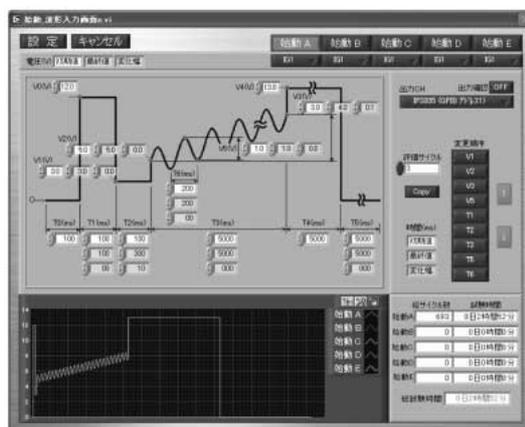


Fig.3 Power Source Wave Shape Drawing

この機能によって、実車では簡単に作り出すことのできない条件 (例えば、バッテリー上がり寸前の状態におけるエンジン始動時の電源波形や、コネクタの接触不良による電源瞬断状態など) を容易にベンチテスト・実車テストの双方で再現させることができる。

また、実車で起こりえる値よりも大きな値を設定し、それを連続変化させることで試験対象電子ユニットの弱点や、誤作動に対する限界値を知ることでもある。

3.3 リアルタイム波形加工機能

電子ユニットは入力されるセンサ信号に基づいて様々な演算を施しアクチュエータ等を制御する。また昨今は協調制御により、電子ユニット間の通信も盛んである。

これらはワイヤハーネスによって結ばれているが、流れるデジタルやアナログ信号は、伝送の過程で予期せぬ信号変化が発生することがある。

本機能は伝送される信号を読み取り、リアルタイムに波形を加工するものである。これにより入出力の信号伝送の

確実性に対する電子ユニット類の耐性を評価することが可能となる。また、3.2電源エミュレート機能で作成・出力される電源波形に対しても、本機能を適応させたことにより、実態に近い電源環境を再現することができる。

この種のシステムでは単一チャンネルのみのリアルタイム加工が一般的であるが、複合的な条件下のテストができるように、入力・出力各々16チャンネルの独立同時コントロールを可能にした。

(1) ホワイトノイズ印加機能

インピーダンスの高い伝送経路である場合や、伝送経路がノイズ源に近い場合、ノイズの影響を顕著に受ける傾向にある。本機能でノイズレベルを変化させながら、連続的に印加することで、ノイズに対するロバスト性を検証することができる (Fig.4)

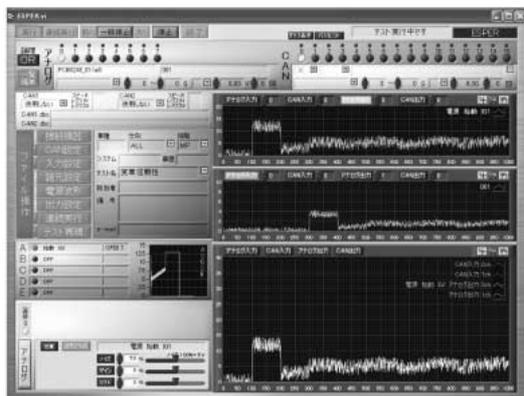


Fig.4 White Noise Injection Test

(2) ドリフトエミュレート機能

電力の大きな電装品負荷などと電源やアースが共有される場合や、1つのセンサを複数の電子ユニットで共有するような場合に信号ドリフトが発生する。本機能で電源や信号の電圧ドリフト状態を仮想的に作り出すことで、耐性を検証することができる (Fig.5)

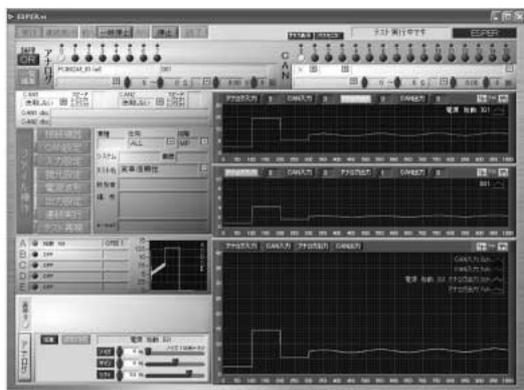


Fig.5 Voltage Drift Test

(3) ゲイン可変機能

センサと電子ユニット入力回路のインピーダンス整合が適切でない場合や、経路の途中に増幅器や抵抗があり、それらが適切でない場合、設計狙い値とは異なる値が電子ユニットに印加されることがある。本機能により仮想的にゲインを変化させることで、ゲイン変化に対する耐性が検証できる (Fig.6)

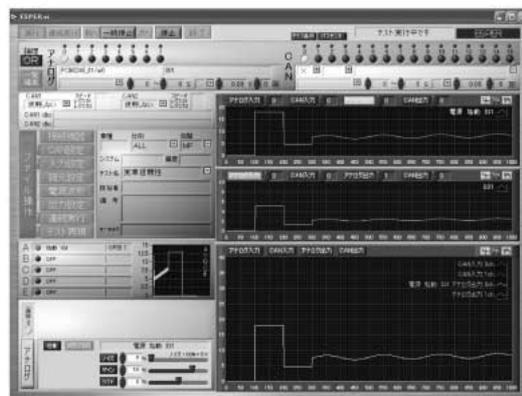


Fig.6 Gain Change Test

3.4 任意波形印加機能

評価対象の電子ユニットによっては、仮想的な走行状態や故障状態などを条件として与え、そのような状況下での評価・検証が必要な場合がある。また、ホワイトノイズのような連続的なノイズではなく、一過性のノイズによる評価・検証が必要な場合もある。本機能は本来の経路から切り離れた状態で、任意の入力条件下を作り出す機能である。

縦カーソルで範囲を決め、範囲間の波形をポイントング・ドラッグ・ドロップすることで簡単に波形が作成できるようにした (Fig.7)

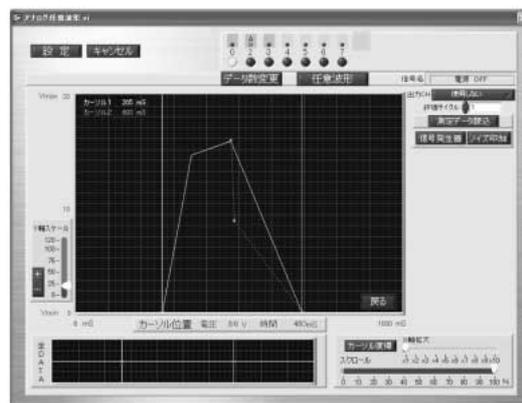


Fig.7 Arbitrary Wave Form Drawing

また、信号発生機能およびノイズ印加機能を設け、正弦波・矩形波・三角波・ノコギリ波の作成やノイズ印加波形が容易に作成できるようにした (Fig.8)

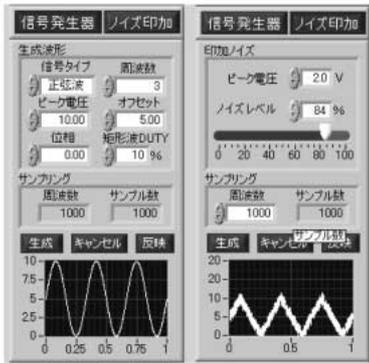


Fig.8 Signal Generator

ベンチテストや実車試験において別ツールで記録した波形を読み込む機能を設けた。これにより実態に近い条件を与えることができる他、読み込んだ波形の部分加工や、ノイズ印加もできる (Fig.9)。

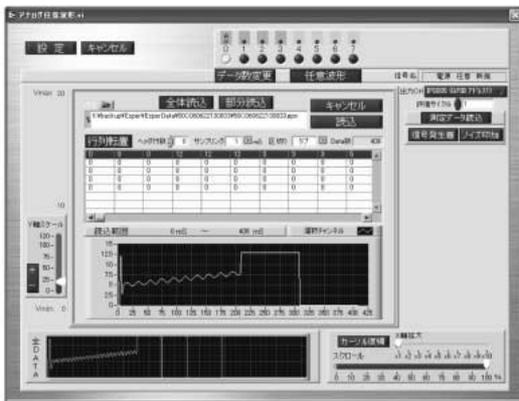


Fig.9 Wave Import Function

3.5 CAN信号処理機能

昨今の電子ユニットは、CANによる多重通信を行うものが多いため、2ポートのCANに対応させた。アナログ・デジタル系で構築したものとほぼ同等のリアルタイム波形加工処理に加え、追記型とメッセージ固定型のCANバスモニタ機能を設けた。これにより、CAN専用ツールを併用することなく、「ESPER」のみでCANバスを含めた検証が可能となった (Fig.10)。



Fig.10 CAN-bus Monitor

3.6 テスト実行時の表示機能

(1) 単独グラフ表示

2画面の単独グラフ表示部を設けた。マウスによる簡単操作で対象波形をリアルタイム表示する (Fig.11)。

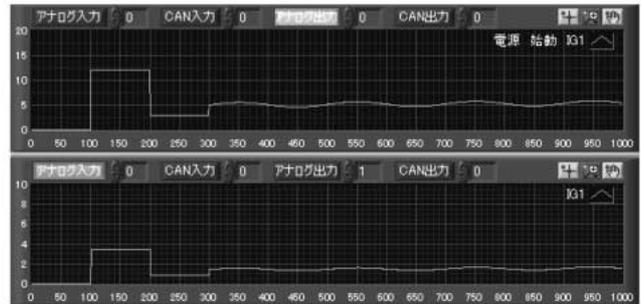


Fig.11 Single Chart

(2) 複合グラフ表示

関連する波形の時間経過をモニタする場合、グラフが重ね合わされた状態の方がわかりやすい場合が多いため、複合グラフ表示機能を設けた (Fig.12)。



Fig.12 Multiple Chart

(3) 実行状態表示

今現在どのような波形が出力され、変更中のパラメータが何であるかがわかるように、実行状態表示を設けた。

また、試験時間や残り試験時間等の情報も数値とバーグラフで表示される (Fig.13)。

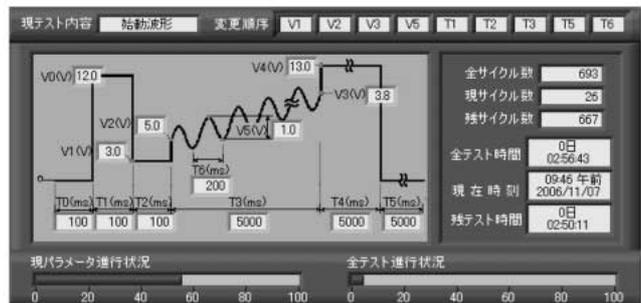


Fig.13 Running Status

3.7 異常判定処理機能

ここでいう異常とは「ESPER」の異常ではなく、評価対象の電子ユニットの動作としてあらかじめ規定した条件にマッチした状態である（例えば、エンジンコンピュータの場合、エンジンストール状態や出力低下など）。

(1) 条件設定

異常を判定するポート・電圧範囲・回数などの条件を設定する（Fig.14）。

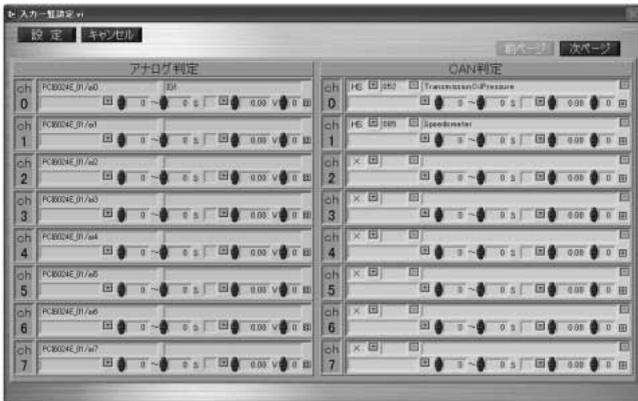


Fig.14 Error Detection Setting

(2) テスト時に異常を判定したときの処理

① 異常判定状態表示

異常を検出した場合、設定条件表示部のバックグラウンドが赤色となり、ステータスメッセージ欄に異常チャンネルと回数が表示される（Fig.15）。

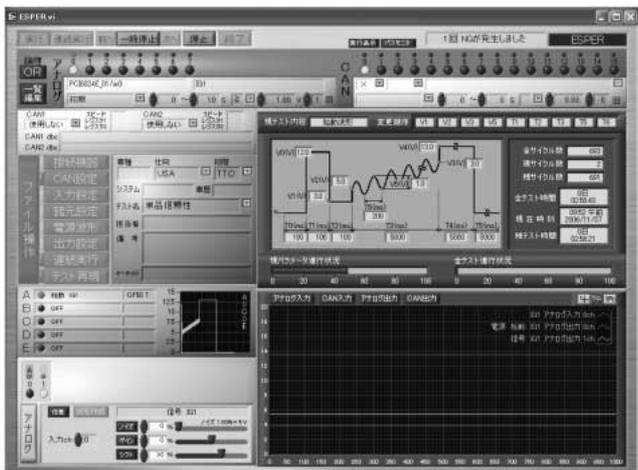


Fig.15 Error Detection

② 異常時データの自動セーブ機能

異常が発生した状態の条件や電子ユニットの出力状態は貴重なデータである。更には直前の状態も重要であることも多いため、異常を検出した場合には異常検出時点以前にさかのぼって、データを自動保存するようにした。

③ e-mail送信機能

「ESPER」による評価の性質上、評価時間が長くなるケースが多く、場合によっては数週間レベルの試験となる。その場合、異常が発生するまでテスト者がモニタすることは難しいため、異常を検出した場合、テスト者宛にメールが自動送信される機能を設けた。

3.8 その他の便利機能

(1) テスト再現機能

3.7異常判定処理機能で自動セーブされたデータをもとに、まさしくテスト状態であるかのような再現状態を作り出す機能である。ファイルを選択し実行するとテスト状態を再現してくれる他、巻き戻し・早送り・コマ送り等、ビデオを操作する感覚で操作ができる。

(2) 連続実行機能

複数の条件を設定し、一度に評価できる連続実行モードを設けた。

4. 操作性に関する工夫点

このような評価システムは機能が増えれば増えるほど、操作が複雑になり、準備に時間がかかることが多く、結果的に非効率となることもある。

「ESPER」は「使いやすさこそがシステムの本質」と捉え操作性を考慮して構築した。また、プロトタイプ完成時点において、操作の説明をしていないパネルに体験使用させるモニタリングを実施し、誤操作・操作上の戸惑いや疑問点を改善策としてシステムに反映させたので、その一例を紹介する。

(1) テスト環境設定の省力化

接続機器の設定条件・異常判定条件からテスト中の表示環境に至るまでのテスト環境の全てもしくは一部が保存・読み出しできるようにした。「ファイル操作」と称したこの機能は単なるファイル名の一覧ではなく、選択すると直ちにテスト条件が表示され、波形もグラフ表示される。また、諸元ごとに並べ替える機能も設けた（Fig.16）。

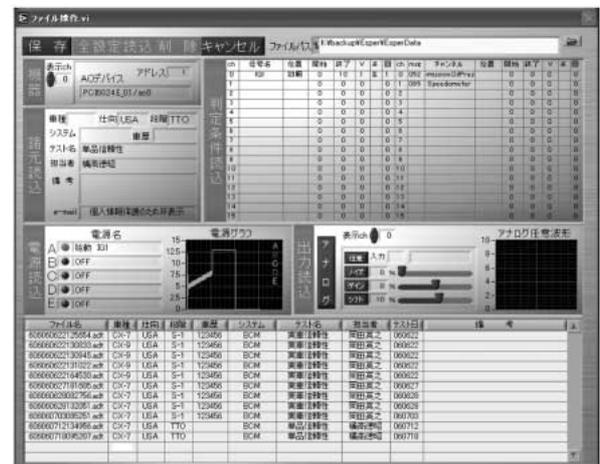


Fig.16 File Operation

この機能で条件を選択し、実行ボタンでテスト開始すれば、わずか数クリックのマウス操作でテストが開始できる。

(2) 操作のわかりやすさ

ファイル操作を使わず、全てのパラメータ設定を手動で行う場合もわかりやすさを第一に考え、以下のような工夫を行った。

① 機能ボタンに対する工夫

状態に応じて不必要な機能ボタンを非表示状態や、グレースアウト状態にすることで、誤操作やボタン数の多さから感じる煩わしさを低減させた。

② 自動ヘルプ機能

機能ボタンにマウスカーソルを移動するだけで、機能説明や使用方法の説明がポップアップされるようにした。

③ バックカラー機能

メインメニューボタンに合わせて、関連部分のバックグラウンドカラーが変色するようにしたことで、今どの機能を設定しているのかが一目でわかるようにした。

④ ステータス表示

試験開始に必要なパラメータの不足や、現在の状態をリアルタイムに表示するようにした。

⑤ 条件設定LED

メインメニュー各ボタンの隣にステータスLEDを設けたことで、設定不足が一目でわかるようにした。

5. まとめ

電子制御システムは近年高速化・複雑化している。これらに発生する予期せぬハードウェアの動作やソフトウェアバグなどを開発初期に発見するツールを切望していたが、市販ツールにマッチするものが見つからず内製の運びとなった。電子制御システム開発担当者の意見を形にした「ESPER」は、使い勝手の良いロバスト性検証ツールになったものとする。

一方、評価ツールは完成 = 終了ではないとも考えている。開発環境やコンピュータ環境は常に進化を続けており、リアルタイム波形処理の高速化・HILSシステムとのリンクによるモデルベース化、および回路系シミュレータリンクによるバーチャルテスト化などを進め、時代に沿った進化する評価ツールへと育てていきたい。

最後に、日本National Instruments社を初め、本ツールの開発にご協力いただきました方々に、心より感謝申し上げます。