

## Cover Story

# HondaJet搭載の小型ターボファンエンジン GE Honda「HF120」の開発にCANapeを活用

### [ Technical Article ]

- ▶ CANapeとVX1000を活用したブレーキシステムの開発とテストの効率化
- ▶ CANoeとVTシステム連携による自動テストソリューション
- ▶ 来たるべき未来を語る
- ▶ キャリブレーションデータ管理 - パズルゲームからの卒業

### [ Vector Academy ]

車載ネットワークの新しい通信パラダイム

VECTOR 

vector

Magazine For Vector's Technology

# Vector Journal

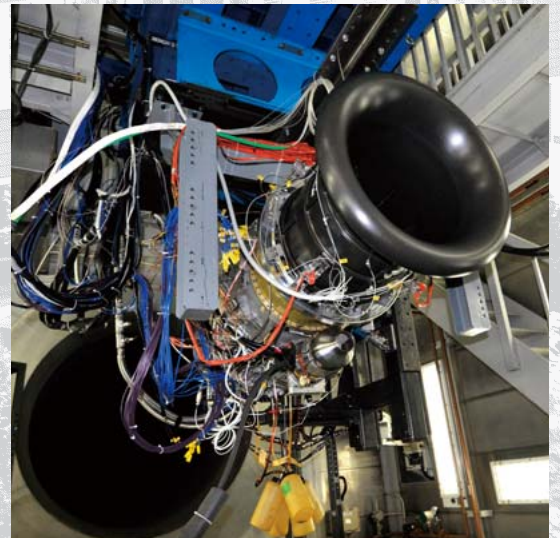
VOL. **12**

## CONTENTS

02

### Cover Story

HondaJet搭載の  
小型ターボファンエンジン  
GE Honda「HF120」の開発に  
CANapeを活用

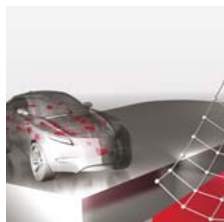


発行元：ベクター・ジャパン 株式会社  
〒140-0002  
東京都品川区東品川2-2-20  
天王洲郵船ビル16F  
2016年5月発行

©2016 Vector Japan Co., Ltd. 不許複製

## Technical Article

06



1

日信工業での導入事例

### CANapeとVX1000を活用した ブレーキシステムの開発とテストの効率化

10



2

三菱電機 三田製作所での導入事例

### CANoeとVTシステム連携による自動テストソリューション

～ テスト工数を12か月から40時間に短縮 ～

16



3

### 来たるべき未来を語る

AUTOSARベーシックソフトウェアを用いたフォールトトレラントなシステムアーキテクチャーの実装

21



4

### キャリアレーションデータ管理 - パズルゲームからの卒業

チームおよび会社全体の開発現場で、複雑なキャリアレーションデータの管理を実現

26

## New Products

### 新製品紹介

CSM MiniModuleシリーズ / HV THMM 4 / ECAT ADMM 4 HS800

30

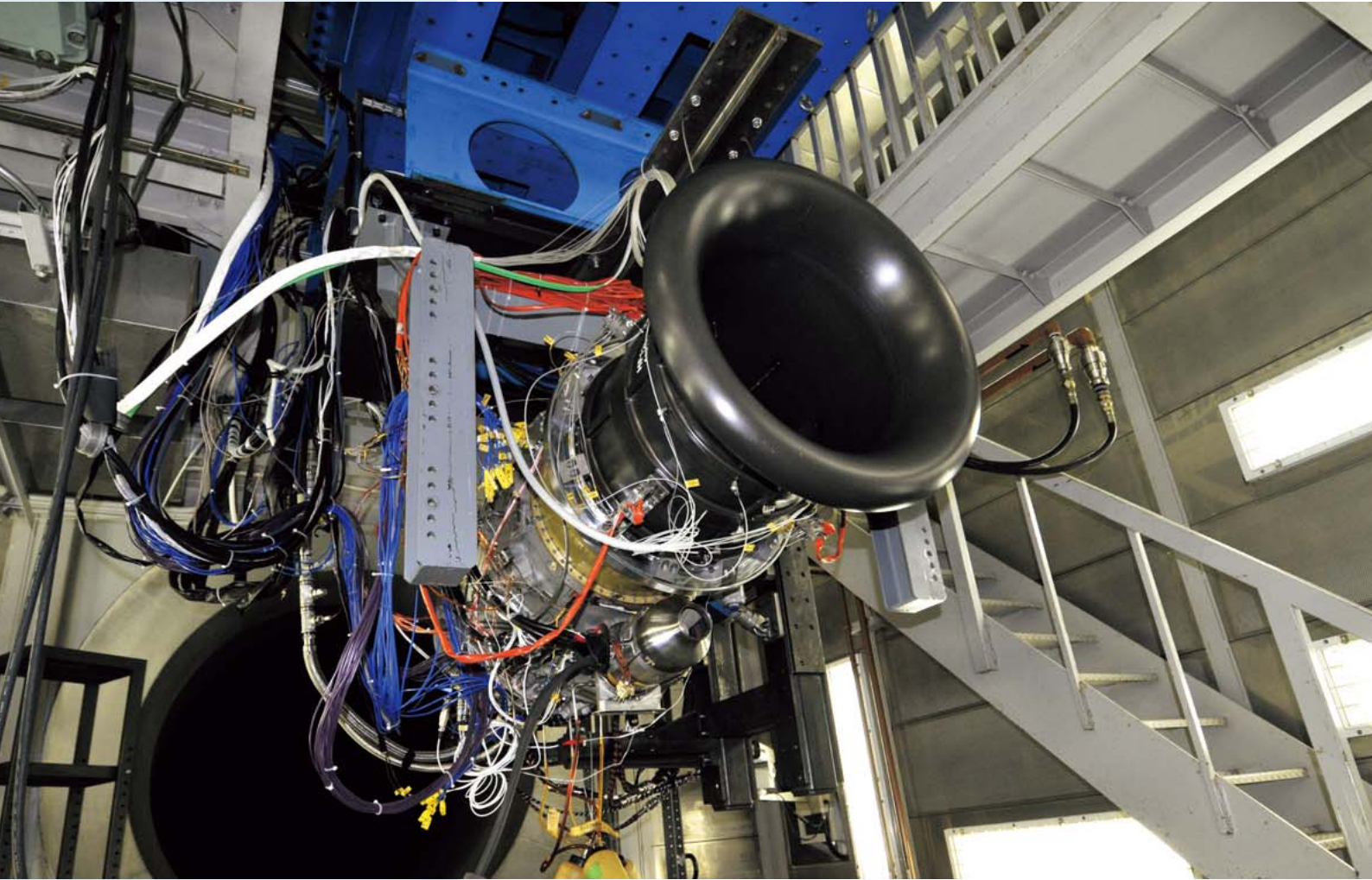
## Vector Academy

### 車載ネットワークの新しい通信パラダイム

36

## News from Vector

# HondaJet搭載の小型ターボファンエンジン GE Honda「HF120」の開発にCANapeを活用



世界を代表する二輪車、自動車メーカーであるホンダは、開発着手から30年近い時を経て、同社が念願としていた航空機市場への参入をついに果たしました。その開発において、GEと共同開発した小型ビジネスジェット向けターボファンエンジンGE Honda「HF120」（以下、HF120）を担当した同社の研究開発部門である株式会社本田技術研究所 航空機エンジンR&Dセンター（以下、R&Dセンター）は、燃料制御ECUの測定およびキャリブレーション用ツールとしてベクターの「CANape」と「CANgraph」を導入し、開発の効率化と品質の向上を図りました。

## 小型航空機の開発に長年に亘って情熱を注ぐ

高度経済成長に日本中が沸き立っていた1962年(昭和37年)1月12日の新聞に、「純国産軽飛行機の設計募集について」というタイトルで、軽飛行機の設計コンテストの開催が告知されました。主催は朝日新聞社、後援は通商産業省および運輸省(いずれも当時)、そして協賛として名を連ねたのが本田技研工業(以下、ホンダ)の研究開発部門である本田技術研究所でした。

コンテストでは軽飛行機時代の到来が謳われ、本田技術研究所が提供する空冷倒立V型8気筒エンジンの搭載を条件とした、軽飛行機の設計案が募集されたそうです。

当時、まだ二輪車だけの製造と販売を手掛けていたホンダが、なぜ航空機の開発に興味を示したのでしょうか。その背景には、いつか自分たちの手で飛行機を作って飛ばしたい、という創業者である故・本田宗一郎氏の夢があったといわれています。

ホンダが実際に航空機の開発に着手したのは1986年。小型乗用車「ホンダ・シビック」になぞらえた「空飛ぶシビック」をコンセプトに、小型航空機用のジェットエンジンの開発をスタートさせました(図1)。

その後、さまざまな困難を乗り越えながら技術開発を進め、「HFX01」や「HF118」といったエンジンの試作を経て、コンパクトながら業界トップクラスの推進性能や低燃費を実現したターボファンエンジン「HF120」(図2)と、HF120を主翼の上に搭載するという斬新なデザインで航空関係者を驚かせた小型ビジネスジェット「HondaJet」の開発に成功しました。HondaJetはPOC(Proof of Concept)機による2003年の初飛行を経て、2005年にOshkoshの航空イベントにて初公開、2006年には受注を開始しており、50年以上の時を越えて、ようやく本田宗一郎氏の夢が叶えられたこととなります。

## 燃料制御ECUの開発と評価にCANapeを採用

車HondaJetに搭載されるターボファンエンジン「HF120」の開発は、埼玉県和光市にある本田技術研究所と、General Electricの

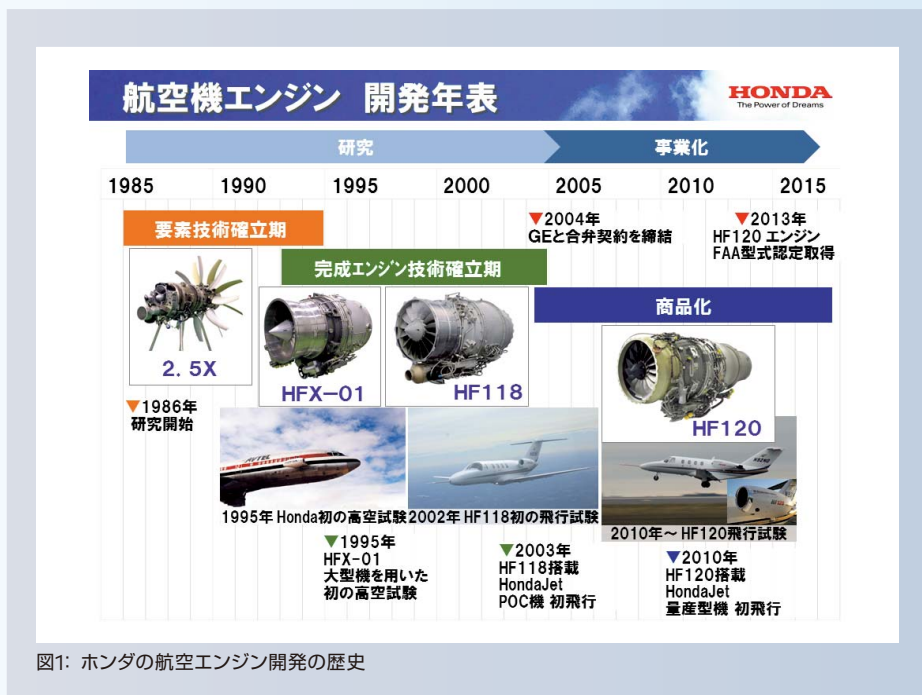


図1: ホンダの航空エンジン開発の歴史



図2: 小型ターボファンエンジン GE Honda「HF120」

航空機エンジン部門であるGE Aviationとが分担しながら、共同で進められました。HF120は、ホンダが1998年から2004年にかけて独自に開発したターボファンエンジン「HF118」をベースに、小型・高出力、低エミッション、低燃費、低騒音などに加え、商用化に向けた高い次元での完成度と安全性の確保が目標として掲げられました。航空機エンジン開発に必要な領域は広範に及びますが、本事例が対象とするのは本田技術研究所が担当した燃料制御部分です。

航空機用ジェットエンジンの燃料制御についてR&Dセンターのご担当者様は次のように語ります。「ジェットエンジンと聞くときわめて難

しそうに感じられますが、制御そのものは自動車エンジンの燃料制御と大きくは変わりません。ただし、航空機用エンジンECUでは、冗長システムが必要になるという点での難しさはあります」。

今回、HF120の燃料制御部分の開発にあたって、ECUの測定およびキャリブレーション用ツールとして導入されたのが、ベクターのCANapeでした(図3)。「航空機エンジンには高い信頼性が求められるため、ECUの測定やキャリブレーションには乗用車の開発で経験のあるCANバスおよびCCP(CAN Calibration Protocol)を採用することにしました。ツールは自社で開発する選択肢もあ

りましたが、自動車分野での実績が豊富で、しかも早い段階からCCPをサポートしていたことなどを評価して、ベクターのCANapeを選定しました。(R&Dセンターご担当者様)

また、ジェットエンジンの開発では測定するデータの量が膨大となるため、短期間で膨大な測定データを解析するには多くのエンジニアが必要となります。そのため、R&DセンターではCANapeで測定したデータを複数の担当者が参照できるように、測定データをグラフィカルに表示しオフラインで評価できる「CANgraph」(現「vSignalizer」)も合わせて導入しました(図4)。

### フライトテスト中にも キャリブレーションを実行

HF120の開発において、CANapeは、ECUの測定とキャリブレーションという2つの目的で主に使われました。このうちECUの測定は基本的にすべてのエンジンテストを対象に行われました。具体的には、GE Aviation社のTest Siteを中心に、埼玉県和光市の本田技術研究所 航空機エンジンR&Dセンター内にあるテストセル施設(図5)でのエンジンテスト、北海道鷹栖(たかす)町の野外試験場を使った冷間始動等のテストのほか、米国においてCessna社の機体にHF120を搭載したフライトテストなど、さまざまな条件下でECUのデータが収集されました。収集したデータは測定データのバイナリー形式であるMDF(Measurement Data Format)ファイルとしてチーム内で共有され、開発や評価の担当者がCANgraphなどを使いながらECUの挙動を確認し、品質の向上が進められました。

一方、ECUのキャリブレーション作業は必要に応じて実施されましたが、特筆すべき点として、フライトテスト中にもキャリブレーションが行われたことが挙げられます。航空機開発では、地上では想定できない事象が発生するかどうか確認するためにフライトテストが欠かすことができません。1回の飛行で1つのテストを行うのであれば飛行中にキャリブレーションを行う必要はありませんが、コストや効率性を考えると1回の飛行で複数のテストを実施できることが理想です。そのため、R&Dセンターはフライトテスト中のキャリブレーションを行うことにしたのです。

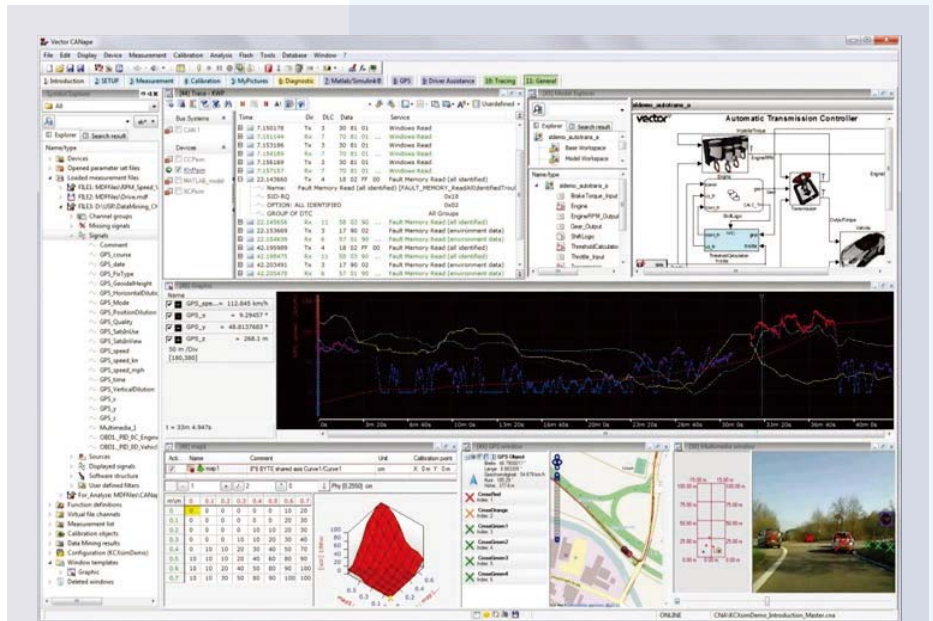


図3: ECUの測定/キャリブレーションツール「CANape」

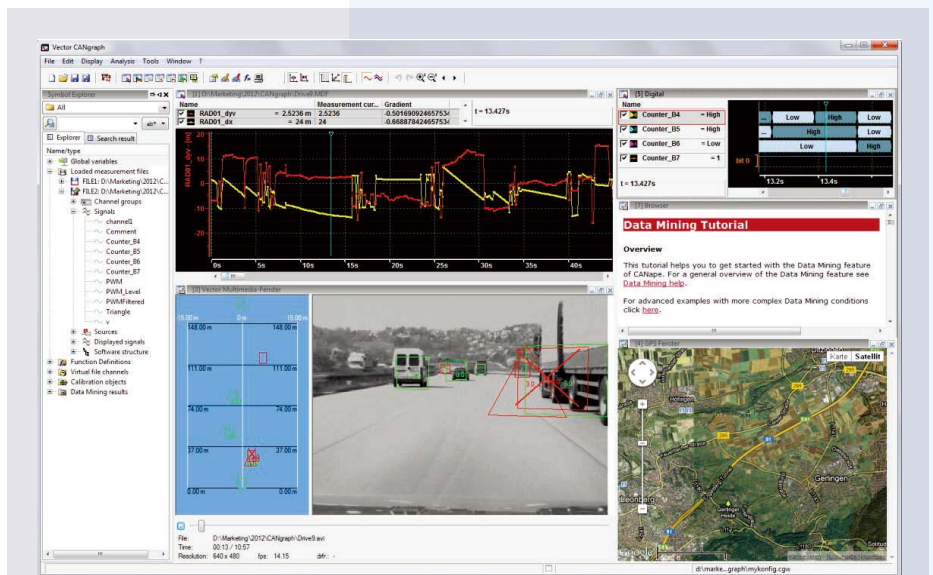


図4: 測定データをグラフィカルに表示する「CANgraph」(現「vSignalizer」)

しかし、飛行中にECUのパラメーターを書き換えるということは、システムに対する追加のロバスト性を要求することになります。R&Dセンターではフライトテストの安全性を確保するためにいくつかの工夫を行いました。「CANapeから送られてきたキャリブレーションデータをECU側で一時的にバッファリングし、そのデータセットの完全性と同時性を保証する仕組みを作りました。また、ECUは2チャンネルで冗長

化設計されているので、2つのチャンネルで互いにCANapeと通信を行い、双方でのチェックがOKになったら制御ソフトのパラメーターを書き換えるようにしました。さらに、飛行を継続するためにECUの制御ソフト側で守らなければならない部分にはガードを入れて、特定のタイミングのみでキャリブレーションを実行するようにしました」(R&Dセンターご担当者様)

## HondaJet搭載の小型ターボファンエンジン

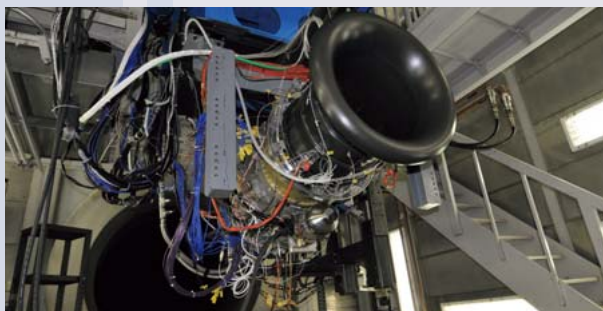


図5:  
エンジンR&Dセンター内の  
テストセル施設でテストされる  
「HF120」エンジン

## CANgraphをエビデンスの作成に活用

高い信頼性と安全性が求められる航空機の開発では、自動車の開発と同じように、設計や評価に伴いさまざまなドキュメントを残していかなければなりません。たとえば航空関連ソフトウェアの開発にあたっては、米RTCA（航空無線技術委員会）が規定する「DO-178B」というガイドラインに従って、ソフトウェアの計画プロセスや開発プロセスを定め、エビデンスを記録していく必要があります。

燃料制御ECUの開発と評価の過程で、CANgraphはこうしたドキュメント化でも活用されました。「通常の試験データの解析作業に加え、CANgraphの画面をキャプチャして貼り付けたドキュメントを使い、WEBミーティングなどで海外のGE担当者や部品サプライヤーとの情報共有や現地テストサイトでテスト作業をしているメンバーとの試験結果のやりとりにも活用しました。CANgraphはMDFファイルに対応したツールなので、試験での測定データの

記録に適したファイル形式であるMDFファイルを、そのままデータ解析作業で運用できるという面では非常に使いやすいツールだと思います。例えば、ズーム機能（拡大／縮小）を使えば、簡単に測定データの詳細を見ることができ、データ処理が早いので、大量のデータが記録されたファイルを開いても、見たい部分にすばやくアクセスできます」（R&Dセンターご担当者様）

自動車分野でも、機能安全（ISO 26262）への対応などを考えると、設計や評価の過程でこれまで以上にドキュメントを残していかなければなりません。そうしたニーズに応えて、ベクターでは、CANgraphの後継製品となる「vSignalyzer（図6）」において、レポート機能の拡充を図っています。

## CANapeを使った開発プロジェクトを成功と評価

型式認定を取得したHF120エンジンの製造は、量産製造を担当するホンダエアロ社（米

ノースカロライナ州）に移管されました。量産機上では、落雷に対応できる耐性強度などの理由により、測定およびキャリブレーションにはCANバスではなく航空機専用のバスが採用されています。そのため、CANapeは量産機上では使用できません。

そうした状況も踏まえながらR&Dセンターのご担当者様は、本開発プロジェクトを次のように総括します。「自動車分野で実績が豊富なCANapeをターボファンエンジンの開発に使ったことは、開発効率を高めるという目的からも成功だったと考えています。量産機上での車載バスの活用といった点は今後の課題として捉えており、CANバス以外にもさまざまなバスをサポートしているベクターの協力を得ながら検討していきたいと考えています。また、CANapeおよびCANgraphのテクニカルサポートについては、他社と比べて別格ともいえるほどの充実かつ速やかな対応であり、満足のいくものでした」

さて、大空を駆け巡る小型航空機を開発したいという創業者の夢は、今、HondaJetとしていよいよ羽ばたこうとしています。その両翼に搭載される、全長わずか1511mmと小型ながら業界最高レベルの性能を実現したHF120は、ホンダの新たなビジネスとして大きな期待が寄せられています。

## 備考:

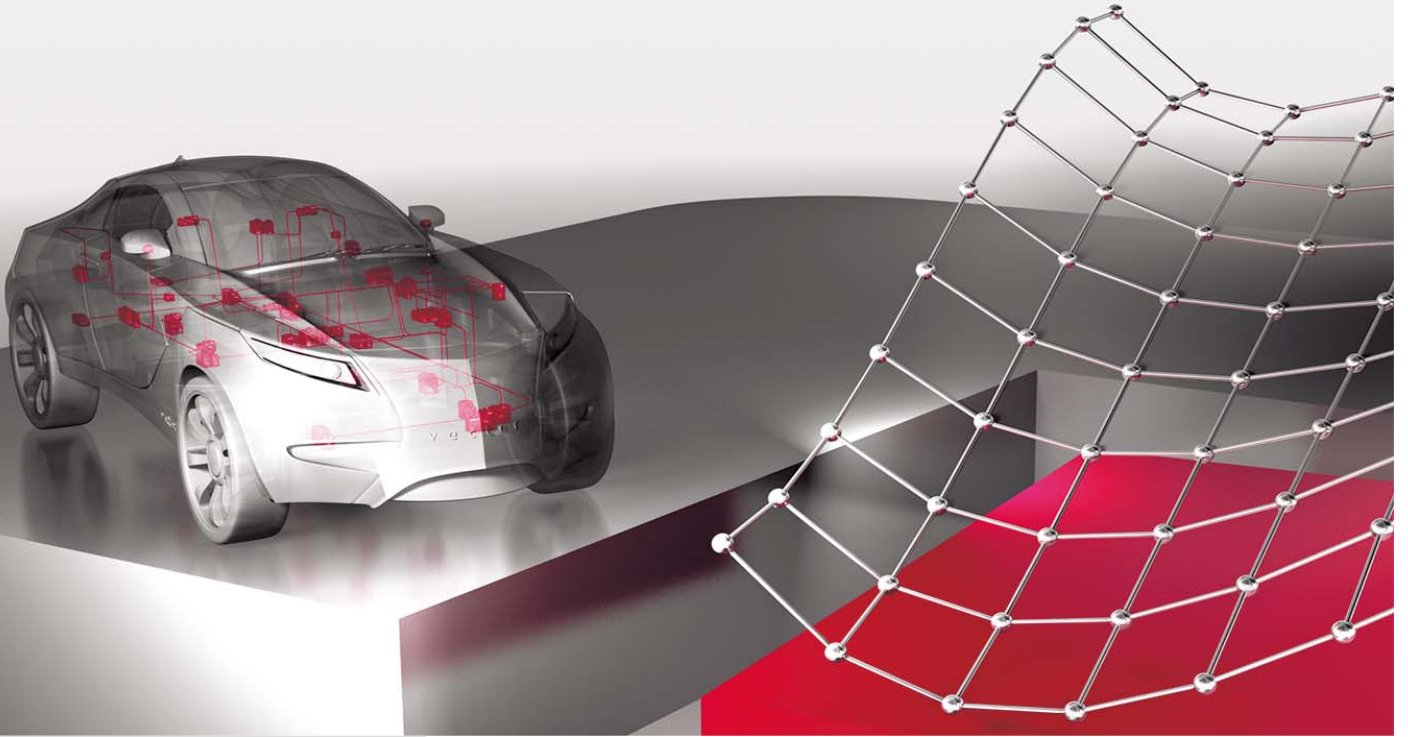
1. ターボファンエンジン「HF120」の開発は本田技研工業の100%子会社である本田技術研究所とGeneral Electricの一部門であるGE Aviationが共同で担当しました。量産製造は本田技研工業の100%子会社であるHonda Aero, Inc.（米ノースカロライナ州）が担当しています。また、機体メーカーへの販売とサポートはHonda Aero, Inc.とGE Aviationとが50対50の出資比率で設立したGE Honda Aero Engines LLC（米オハイオ州）が担当しています。
2. 小型ビジネスジェット「HondaJet」の製造と販売はAmerican Honda Motor Co., Inc.の100%子会社であるHonda Aircraft Company, LLC（米ノースカロライナ州）が担当しています。
3. 「HondaJet」については2015年度内にFAA（連邦航空局）から型式証明が下される見込みで、型式証明取得後に顧客への引渡しが行われます。

## 提供元:

表紙画像、図1,2,5: 株式会社本田技術研究所  
図3,4,6: ベクター・ジャパン株式会社



図6: CANgraphの後継製品となるvSignalyzer



## CANapeとVX1000を活用した ブレーキシステムの開発とテストの効率化

四輪車および二輪車用のブレーキシステムの開発と製造を手掛ける日信工業株式会社（以下、日信工業）は、四輪車用の横滑り防止装置（ESC）の開発とテストにベクターの「CANape」と「VX1000」を導入しました。従来はCANバスやECUのRAM値を測定するために別々のツールを使い非効率だった開発環境をCANapeで統合。またVX1000によって実車テストの効率をおよそ3割向上しています。



## CANapeとVX1000を活用したブレーキシステムの開発とテストの効率化

## 横滑り防止装置の装備が国内でも義務化

クルマの安全性を高める「横滑り防止装置」(以下ESC:Electronic Stability Control)の義務化が進んでいます。日本では、一般の乗用車は2012年10月1日以降に発表される新型車から、軽自動車は2014年10月1日以降に発表される新型車から、それぞれ装備が義務付けられました。既存モデル(継続生産車)についても、乗用車は2014年10月1日から、軽自動車は2018年2月24日から、それぞれ装備が義務化されています。

ここでESCの機能の一部を簡単に説明しておきましょう。まず、クルマの旋回を検知するヨーレート・センサーや前後方向/横方向の加減速を検出する加速度センサーから把握されるクルマの実際の動きと、ステアリングの舵角センサーや車輪速センサーから導き出される本来あるべき挙動とを比較します。そして、ステアリング操作が効かずカーブを膨らんでしまったとき(アンダーステア)はカーブ内側の車輪にわずかにブレーキをかけ、逆にステアリング操作が効きすぎてスピンしそうなとき(オーバーステア)はカーブ外側の車輪にわずかにブレーキをかけて、クルマの動きをドライ

バーが意図している方向へと制御します。このように事故の発生を未然に防ぐ役割を担うのがESCです。

最近では車高の高いクルマの横転(ロールオーバー)を防いだりトレーラーの安定化にも使われているほか、スポーツ志向のクルマにおいては一輪ずつブレーキをコントロールして旋回性能を高めるような使い方もされています。なお、ESCは自動車メーカーごとに呼び方が異なっていますが、基本的な仕組みは同じです。

## 四輪車用ESCの開発とテストにCANapeとVX1000を導入

長野県上田市に本社を置く日信工業は日本を代表するブレーキサプライヤーです。四輪車用ブレーキだけではなく二輪車用ブレーキも手掛けており、国内外の自動車メーカーおよびバイクメーカーに広く採用されています。

日信工業は、ESCの前身ともいうべき、急ブレーキ時に車輪のロックを防ぐ四輪車用ABS(Anti-lock Brake System)を1982年に製品化。1997年には四輪車用ESCも製品化し、自動車メーカーのニーズに応じてきました(図1)。また、2000年には自社で実車テストが行えるように栃木県那須烏山市に「栃木セ

ンター・ブルーピング」(テストコース)を新設。2003年には同施設に隣接する形で「栃木開発センター」を開設し、ESCを含むメカトロ製品の開発業務および評価業務の集約化を図っています(図2)。

日信工業はESCの開発および評価用にさまざまなツールを導入していますが、CANバスの測定、ECU内部のRAM値の測定、圧力センサーなどのAD値の測定<sup>(※1)</sup>、ECUのリフラスHING用に使用しているのが、ECUの測定/キャリブレーションツールであるベクターのCANapeです。また、ECU内部のRAM値をより高速に測定するために、同じくベクターの測定/キャリブレーションハードウェアであるVX1000も導入しています。

(※1)日信工業では、CANapeと他社の製品を連携してAD値の測定を行っています。

## CANとECU内部値の同期測定で開発とテストを効率化

日信工業では、CANape(図3)を導入する以前は内製のECU測定ツールを使っていましたが、2008年に、機能、将来性、操作性、サポートなどを評価軸として、既存ツールの置き換えとなる市販のECU測定ツールの導入を検討しました。数社のツールを比較した結果、技



図1. 日信工業のESCユニット



図2. 日信工業の栃木開発センター

術サポート力を筆頭にいずれの評価軸においても優れていたベクターのCANape を選定しました。「従来のツールに比べて機能も豊富でしたので、開発効率やテスト効率の向上が期待できました」と、同部署の田沼克則氏は説明します。

翌2009年にCANape を試験的に導入。「CANapeは機能がとても多いので、ベクターにサポートしてもらいながら使い方を覚えるとともに、社内ユーザー向けに画面をカスタマイズして簡略化し、従来のツールからスムーズに切り替えられるように工夫してきました」と、同部署の胡建保氏は説明します。その後、2013年にライセンス数を増やし本格的な移行を行っています。

日信工業におけるCANapeの主な用途は、CANバスの測定、ECU内部のRAM値の測定、圧力センサーなどのAD 値の測定(※2)、キャリブレーション(オフライン)、およびリフレッシュで、いずれの機能もESC用ECUのソフトウェアの開発および実車テストの両方のフェーズで使用しています。

(※2)日信工業では、CANape と他社の製品を連携してAD 値の測定を行っています。

「従来はCANバスとECUのRAM値を測定するツールが別々だったため、相互のデータの照合やCAN バス信号の分析が大変でした。CANapeはひとつのツールで両方を測定できますから、CCP (CAN Calibration Protocol) とCAN信号との同期が非常に簡単で便利に感じています」と胡氏はCANapeを使用するメリットを説明します。

田沼氏も「慣れた担当者でないとは従来は測定が難しかったCANバスがCANapeでは簡単に取れるところなどはとても助かっています。たとえばESCのECUに搭載されているヨーレート・センサーなどの情報は他のECUでも使えるようにCANバスに送出しているのですが、従来のツールではCANバスの測定が難しかったため、わざわざCCPを介して測定していました。一方、CANapeならCANバスを簡単に測定できるので、センサーデータをCCPで送出する必要がなく、そのぶん、CCPを他のデータの測定に割り当てることができるようになりました」と述べています。

## VX1000 によって実車テストを30%効率化

日信工業は実車テストの効率を高めるために、CANapeに続いて、ベクターの測定/キャリブレーションハードウェアVX1000(図4)を2012年に導入しました。「実車テストでは、さまざまなECUパラメーターを設定する必要があるため、一回の走行でより多くのパラメーター設定をテストすることで実車テストの効率を向上させたいというニーズがありました。また、最近ではCAN バスのトラフィックが厳しくなっていることもあり、高速な測定が可能なVX1000を導入することにしました」と田沼氏は導入の経緯を説明します。

VX1000は最大30MB/sというスループットで測定が可能であり、CANバスを經由してRAM値を取得するCANapeに比べて大幅な効率アップが期待されました。実際に活用を進めてみると、「VX1000の導入によって従来の40倍から50倍のデータ量を取得できるようになりました」などと、大きな効果が得られていると胡氏は説明します。また田沼氏も「実車テストの効率を30%程度は上げられていると考えています」と評価します。



図3. ECU の測定/ キャリブレーションツール「CANape」

## CANapeとVX1000を活用したブレーキシステムの開発とテストの効率化

## バイパス機能を使ったモデル検証の効率化も検討

日信工業ではCANapeおよびVX1000の導入効果を高く評価しています。測定やキャリブレーションなどが簡単になっただけではなく、これまで別れていた複数のツールの機能がCANapeに集約されたため、データの管理や閲覧の効率化も図られたことも理由のひとつです。また、ベクターのサポートについても、「こちらのレベルに合わせて丁寧に教えてくれました」（田沼氏）と評価しています。

日信工業ではツールの活用範囲の拡大を検討しています。そのひとつが、VX1000、CANape、およびベクターのネットワークインターフェイス「VN8900」を組み合わせたバイパス機能によるECU開発です。ECU上のマイコンをセンサーやアクチュエーターの単なるインターフェイスとして使い、Mathworks社のMATLAB/Simulinkで記述したECUの機能モデルをVN8900上で実行させて、両者をVX1000でつなぐ開発手法です（図5）。「仕様構築などの開発初期段階の効率を高められるのではないかと期待しています」と田沼氏は説明します。

このほか、実車テスト時のデータ測定をスタンドアロンで実行できる「GL ロガー」や、リフラッシュ専用ツール「vFlash」などの導入を検討しているとのこと。

さて、クルマ業界は自律運転あるいは自動運転へと大きく舵を切っていて、その端緒としてさまざまなADAS（高度運転支援システム）機能の開発と実用化が急ピッチで進められています。ベクターのツールを使って開発およびテストの効率化を進めている日信工業の今後に注目です（※3）。

（※3）：日信工業は、四輪車用のブレーキ・コントロール（メカトロ）およびブレーキ・アプライ（パネ上）システムと関連部品の開発、設計、製造及び販売に関して、世界有数の自動車用安全システムサプライヤーであるスウェーデンAutoliv社との合併を2015年9月に発表し、2016年2月1日から新たな会社で事業をスタートさせる予定です。本記事は合併前の情報に基づいて作成されています。

画像提供元：

図1、2：日信工業株式会社

表紙画像、図3、4、5：ベクター・ジャパン株式会社



図4. ECUの測定/キャリブレーションハードウェア[VX1000]

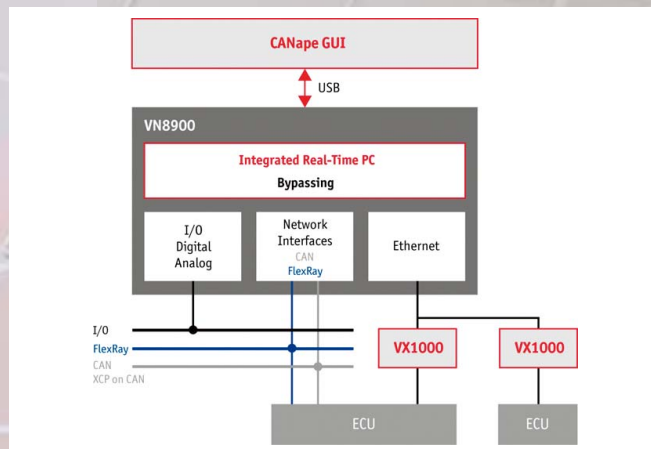


図5. モデルベース開発の初期段階に有効な「CANape オプションバイパス」



# CANoeとVTシステム連携による 自動テストソリューション

～ テスト工数を12か月から40時間に短縮 ～

夜間はもちろん、雨や霧など視界の悪い時に前方を照らしてくれるヘッドライトは、クルマが安全に走行するために欠かせないアイテムです。近年、クルマの技術革新はめざましく進展し、それに伴ってヘッドライトも進化しています。光源は白熱電球からハロゲン、HID、そしてLEDへと、より明るく長寿命で環境に優しい素材に、そして機能面では車両の制御システムと連携して高機能・多機能化するなど、ヘッドライトの技術開発は日々加速しています。こうした状況のなか、カーエレクトロニクス機器およびカーマルチメディア機器の開発を行っている三菱電機株式会社 三田製作所および三菱電機コントロールソフトウェア株式会社 三田事業所(以下、三菱電機)は合同で、LEDヘッドライトECU開発における自動テスト環境を構築しました。本稿では、その導入背景と効果についてご紹介します。

## CANoeとVTシステム連携による自動テストソリューション ～テスト工数を12か月から40時間に短縮～

## 多機能化するヘッドライト

ヘッドライトは、これまでも夜間や悪天候時の視認性を高め、他のクルマや歩行者等に自車の存在を知らせるなど、ドライバーの視界確保と安全運転を支えてきました。近年では、車両の制御システム、画像処理やレーダーなどと連携して道路状態や障害物を検知するなど、ADAS(先進運転支援システム)の1つとして、より高機能な点灯制御が必要となってきました。また、新たな光源として注目を集めているLEDは従来に比べて低消費電力、長寿命で、デザインの自由度があり制御性も高いなどの特徴から、クルマのデザインの多様化、コスト低減、自然環境への配慮などに大きく貢献することが期待されています。

今回、ECUの自動テストを導入した三菱電機のカーエレクトロニクス製造部 設計第一課は、自動車用LEDヘッドライトの制御ドライバーの開発を担い、ECUのハードウェアからソフトウェアまでの設計開発を一貫して行っています。近年のヘッドライト開発の動向について、三菱電機 三田製作所 カーエレクトロニクス製造部 設計第一課の大倉 範氏は次のように語ります。

「昨今、ヘッドライトにはクルマの安全性強化に伴う多機能化の要求が高まっています。たと

えば、ハイビームを対向車が眩しくないように対向車の部分だけ暗めにする、あるいは消すといった機能や、より遠くまで視野を確保する必要のある高速道路では、明るくする機能等があります。対向車の検知では車両側に搭載したカメラの情報を通信で受け取り、その情報に基づいてヘッドライトを制御します。LED光源は従来のヘッドライトと違ってチップの一つ一つが非常に小さく、どれを点灯・消灯するかなど、要求はより細やかに、高度化しています。また、クルマのデザインの自由度を高めるため、デザイン性の向上も求められています。多機能化の要求と制御内容の複雑化によってテスト項目数が増加し、開発工数は全体的に増えています」

## テストパターンは約65,000件

ECU開発では、さまざまな条件や組み合わせで網羅的にテストを行う必要がありますが、機能が複雑化するほどテスト項目は増加します。

三菱電機では、これまで手動によるECUテストを実施してきました。基本的には、複数のテスト条件を1つ1つ手で変えながら入力していき、結果を見てレポートにまとめるという手法です。従来のヘッドライトECU開発では1入力1出力の光源であったこともあり、人手でも充分に対応可能な範囲でした。しかし、光源がLEDに変わったことでECUは多機能化し、今回の開発対象機種ではテスト項目数が数万件に及び、手動でのテストに限界が生じました。また、手動ではテスト実施者の熟練度やスキルによってテスト結果にムラが生じることもあり、属人的なエラーによるテスト品質のバラつきも課題となっていました。

「ヘッドライトの多機能化に伴い、ECUテストにおいても入力が1電源で1出力という形ではなく、複数の電源、通信の情報に対して複数の出力があるという状態になりました。組み合わせ数が非常に多く、網羅的な試験をしようとすると手動では時間が掛かります。試験パターンは機種により異なりますが、導入を検討した製品では約65,000件の点灯パターンがありました。

これは単純に計算すると、高度な制御の中身を理解した技術者が1人で試験したとして12か月掛かる見積りとなり、到底現実的なものではなく、自動化を進めなければと思いましたが(三菱電機コントロールソフトウェア 三田事業所 技術第2部 技術第3課の米岡 義仁氏)

### 自動テスト環境の構築へ

三菱電機はこうした課題を解決するため、テスト自動化の導入を決めました。ソリューションの選定では、短期間で費用をできるだけ抑えてテスト環境が構築できるよう、なるべく既存の環境ノウハウを流用することを目指しました。そこでベクターが提案したのは、汎用テストツール「CANoe」、テスト設計ツール「TAE」、テスト用ハードウェア「VTシステム」(図1)を連携させた自動テストソリューションです。CANoeはテストの自動実行機能をはじめから備えており、さらに通信やI/Oを含めた統合テストの自動化にはVTシステムを組み合わせることで、快適な自動テスト環境を構築することができます(図2)。

以下は、導入したツールの概要です。

### <自動テスト環境の構築に用いたツール概要>

> 「CANoe」：テスト機能を標準装備。メッセージ送信、合否判定、結果レポートの作成が自動化でき、テスト工数を大幅に軽減することが可能。対象テスト項目にチェックを入れて開始ボタンを押せば、テスト実行中に“パス”や“フェイル”などがリアルタイム表示され、ひと目でテスト状況を把握することができます。

> 「TAE(Test Automation Editor)」※1：CANoe テスト専用エディターで、テストシーケンスを簡単に作成。ドラッグ&ドロップで直感的な GUI となっており、新規テストの定義作成や既存テストの定義拡張が可能。

※1 現在は高機能版の後継製品「vTESTstudio」がリリースされています。詳しくは「vTESTstudio」(www.vector-japan.co.jp/vTESTstudio)をご参照ください。

> 「VT システム」：CANoe 専用のテスト用ハードウェアで、I/O チャンネルを接続するために必要なすべての回路素子を1つのモジュールに統合し、テストベンチのセットアップを大幅に簡素化。

LED光源のヘッドライトECUを開発する以前はCANの通信が不要でしたが、先行開発時にCAN通信が必要となる状況を想定し、CANoeを購入していました。今回の導入時点ではCANの通信を模擬するために一部で使用していたのみでしたが、これを既存資産として生かすことにしました。また、VTシステムはすでに他部署で導入され成功していた事例があったため、これも活用する形を探りました。既存資産とはいえ、今回自動化を導入した部署ではCANoeやVTシステムを使いこなしていたわけではなく、これらのツールについての専門的な知識はありませんでしたが、ベクターのサポート体制も利用しながら導入を進めました。

今回取り組んだのは、LEDドライバーの最も代表的な機能に当たる、点灯制御の部分に関するテストの自動化です。構築したテスト環境では、まずExcelで作成したテストパラメータを、ベクターがサンプルとして提供した専用アプリケーションを使ってTAEファイルに変換しました(図3a/b)。

次に、TAEファイルをCANoeにインポートし、VTシステムを利用してLED点灯制御テストにおける点灯指示(複数の入力電源とCANでのさまざまな通信による指示)を制御します。VTシステムは、LEDドライバーと制御対象であるヘッドライトECUの間に介在さ



図1: VTシステムの外観例

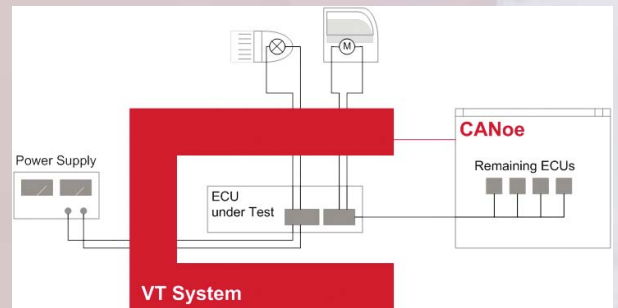


図2: セットアップ概念図。

VTシステムはCANoeによるECUテスト時にECUの入出力ポートへのインターフェイスを提供

## CANoeとVTシステム連携による自動テストソリューション ～テスト工数を12か月から40時間に短縮～

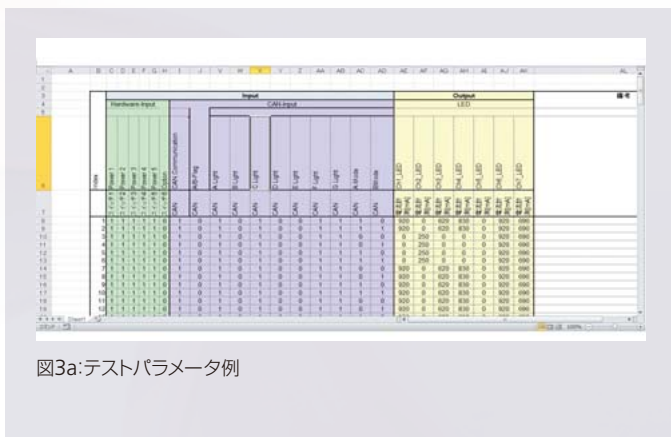


図3a:テストパラメータ例

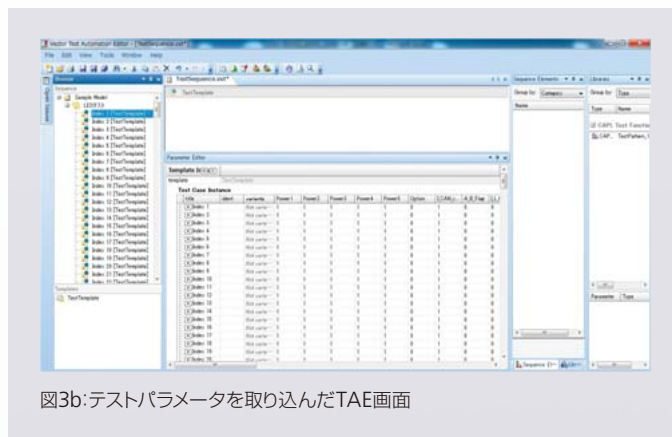


図3b:テストパラメータを取り込んだTAE画面

せ、電源のON/OFF制御や通信情報の変化により出力される電圧・電流等をモニターし、CANoeでは総合的に入力に対して出力が合っているかのテストレポートを自動生成します。こうして、テストパターンを自動実行するテスト環境を構築しました(図4)。

「私自身、CANoeやVTシステムに精通してはいませんでしたが、ベクターにツールの作成や提案など、いろいろと協力してもらいました。たとえば今回は試験数が非常に多かったため、試験パラメータを手動でシミュレータに取り込むのは非常に時間が掛かります。試験パラメータはExcelシートで管理していま

すが、そのままではTAEにはインポートできないので、TAEに変換するためのベース環境を作ってもらいました」(米岡氏)

### 数万件のテストケースを自動実行 → テスト工数が12か月から40時間に

三菱電機では、CANoeでテストケースを自動実行することにより(図5)、従来の手動による数値入力等の設定やテスト実行、テスト結果をレポートにまとめるなどの一連の工数を大幅に軽減しました。その結果、65,000件にのぼる全組み合わせに対する網羅的なテスト

が実現し、工数は当初想定していた12か月から40時間ほどに短縮されました。また、テスト結果が自動判定されるため、テスト実施者による合否判定精度のバラつきも解消され、テスト品質の向上も実現しました。

「従来の手法では制御に精通した技術者でも12か月ほど掛かるであろう試験が、今回自動化したことにより約40時間で実施することができました。現実的な開発日程の中で十分に実施可能なレベルになったことは、やはり成果として一番大きかったと思います。また、65,000件となると試験実施だけではなく、そのレポートをまとめる工数も膨大ですが、レ

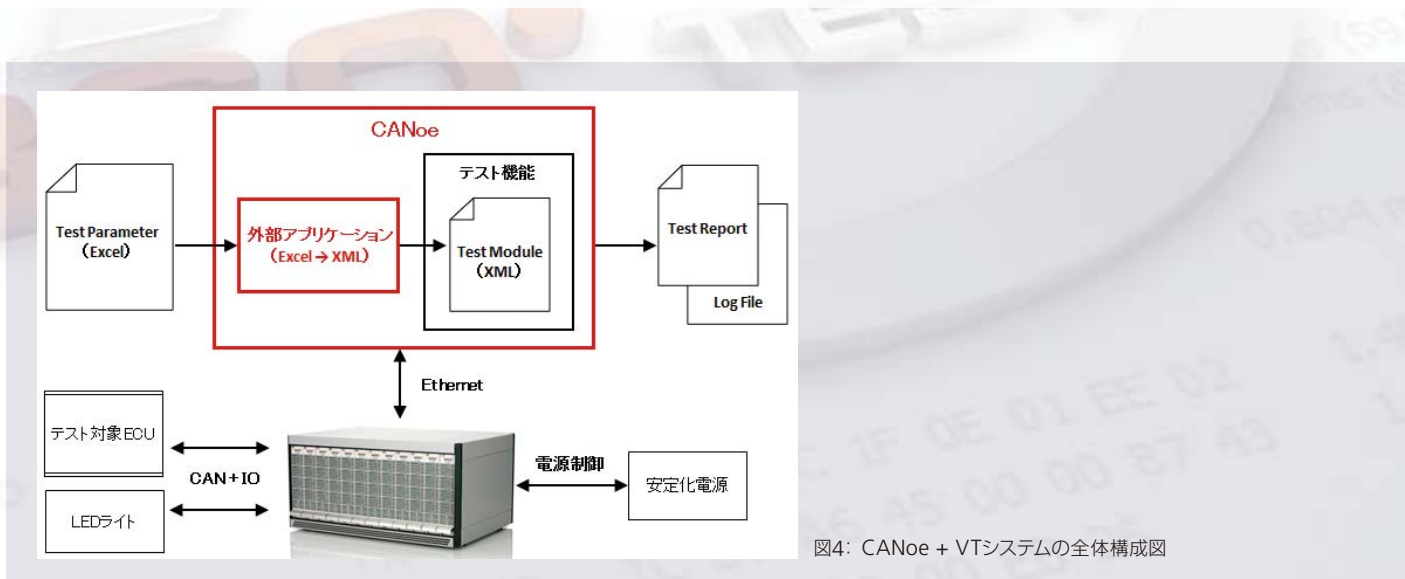


図4: CANoe + VTシステムの全体構成図

ポート自動生成の機能があるので、それも工数を大幅に短縮できた大きな理由だったと感じています」(米岡氏)

さらに、テストではECUの不具合を解消した場合に、修正したECUを含んだシステムが動作しなくなり、本来は影響のないはずの機能の振る舞いが変わってしまう“デグレード”と呼ばれる現象が生じることもあります。このデグレードについても、自動化導入によるメリットがあったと米岡氏はいいます。

「テストを自動化したことで、テストの実行ファイルの再利用が可能になったことも大きな効果の1つでした。変更箇所以外がデグレードしていないか回帰試験を行い、確認することは、ソフトウェア品質を確保する上で重要であるものの、すべての試験を再度実行するのは大きな負担でした。自動テストでは新しいサンプルを作るごとにその工程を機械的に実行すればいいだけなので、回帰試験として毎回一番重要な部分の試験を自動でテストできるというのは、デグレードの不安を解消する意味で非常に大きな効果をあげています」

<テスト自動化による効果のまとめ>

- > 数万件のテストケースを CANoe で自動実行
- > 経験豊富なテストエンジニアでも 12 か月必要な評価が、未経験者でも 40 時間で評価可能に
- > テストの自動実行で人為的なミス の混入を防ぎ、安定的な判定品質を実現
- > 実行ファイルの再利用性が高く、デグレードの不安が解消

今後の展望と課題

三菱電機では、ベクターのCANoeとVTシステムを用いた自動テスト環境の構築により、LEDヘッドライトECUのテスト工数を大幅に削減することに成功しました。今後さらに、この自動化ソリューションをヘッドライト以外のカーエレクトロニクス製品の開発にも使用することや、TAEの後継製品である「vTESTstudio」をテストパラメータのエディターとして活用し、テストシーケンスを効率的に作成していくことなども検討されています。

「お客様から要求されるさまざまな試験スペックや試験手順のシーケンスに対してCANoeのテスト機能が得意とする汎用性のある試験を活用していくことや、TAEからvTESTstudioへの移行なども考えています。また、その汎用性を生かして他機種への展開も検討していければと思います」(米岡氏)

また、今後の展開において課題となる点について米岡氏は次のように述べました。

「現在は容量的に65,000件のテストを一気に実行することはできないので250から500件に分割して行っています。分割せず24時間フル稼働で自動テストを続けられたら理想的です。また、VTシステムはCAN/LIN通信やI/Oを含めたテストに適し、コストも安価で

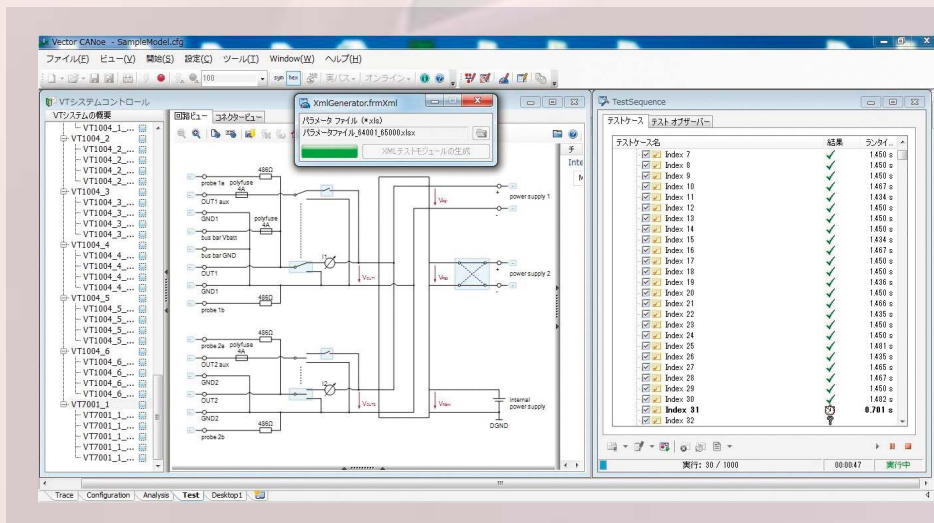


図5: テスト実行中のCANoe画面



## CANoeとVTシステム連携による自動テストソリューション ～テスト工数を12か月から40時間に短縮～

すが、現状では弊社のLEDドライバーの制御する電流・電圧の範囲がVTシステムの許容を超えているため、インターフェイスとなるハードウェアを弊社で作成し対応しています。将来、この点がスペックアップされれば、高電圧のものを扱うHEV/EV系など他のプロジェクトで活用しやすくなると思います」

**プロジェクトを振り返って**

**三菱電機株式会社 三田製作所**  
**カーエレクトロニクス製造部 設計第一課**  
**大倉 範氏**

「今回のVTシステム導入により、テスト工数の削減という大きな成果を上げることができました。重要機能に焦点を当てたことにより、短時間で最大限の効果を上げることができたと思います。また、自動化によりテストの品質を安定させることができ、回帰試験としても効果を上げています。今後は、試験対象範囲の拡大によりさらなるテスト工数の削減を計画していますので、引き続きベクターのサポートに期待しています。」

**三菱電機コントロールソフトウェア株式会社**  
**三田事業所 技術第2部 技術第3課**  
**米岡 義仁氏**

「今回のプロジェクトは非常に短期間でありながら、自動化に関して何の準備もないところからスタートしました。私自身、導入したCANoeやVTシステムに関する専門的な知識はなかったこともあり、いろいろと不安もあり

ましたが、ベクターのサポートを得て予定期間内で立ち上げることができ、非常によかったですと思っています。今後、他機種に展開して活用を広げていくためにも、先ほど課題に挙げたようなベクターツールのさらなる機能アップグレードに期待しています」

**ベクター・ジャパン株式会社**  
**開発ツール部**  
**梅原 晴樹**

「今回のプロジェクトでは、当社のCANoeとVTシステムの導入により、三菱電機様のECUテストの工数削減と効率化に貢献することができ大変嬉しく思っております。このたび頂きましたご意見を基に、今後もより多くのお客様のご要望にお応えする製品とサービスの提供に努めてまいります」

**画像の提供元:**

見出し画像および図1、2、4: ベクター・ジャパン  
図3a、3b、5: 三菱電機 三田製作所





## 来たるべき未来を語る

### AUTOSARベーシックソフトウェアを用いた フォールトトレラントなシステムアーキテクチャーの実装

高度な自動運転では、従来の安全コンセプトに加えて新たな要件が求められます。安全状態に到達するためには、単に機能を無効化するだけでは足りなくなってきました。将来、安全状態の実現には可能な機能を有効に残す必要があります。本稿では、現時点で使用できるメカニズムを紹介するとともに、それらをモジュール的に組み合わせ、有効な安全コンセプトを実現する方法について説明します。また、今後のフォールトトレラントシステムが抱える課題とともに、AUTOSARによりどのように克服していくかも併せて紹介します。

## 来たるべき未来を語る AUTOSARベーシックソフトウェアを用いたフォールトトレラントなシステムアーキテクチャーの実装

今日の車両に搭載されている安全関連システムの場合、フォールト発生時の対応として最も多いのはトラブルが生じた機能の停止またはリセットです。これを「フェイルサイレント」と呼びます。こうしたタイプのソリューションは実装が簡単で、安全状態の実現、維持にも有効です。ただし、自動車のE/Eシステムでは、マイクロコントローラーが故障するなどのフォールトが発生しても、その他の動作は正常に継続するという機能を持つことが増えています。このような動作を「フェイルオペレーショナル」または本稿で以後用いるように「フォールトトレラント」と呼びます。今後、量産車ではフォールトトレラントシステムの需要が大きく増えると予想されます。たとえば、現行の一部の大型SUVでは、ドライバーの安全なステアリング操作を保証するため、ステアリングアシストシステムを常に有効にしておく必要があります。

現在、フェイルサイレントシステムの開発はISO 26262で非常によくカバーされていますが、フォールトトレラントシステムの設計に伴う問題の解決はISO 26262ではまだ難しく、特にそれに関わる安全状態の詳細な定義には今なお多くの苦勞が伴います。2017年か2018年に予定されているISO 26262の第2版でも、明確な指針はおそらく得られないでしょう。以下の章では、標準規格で規定されて

いる要件とは別に、AUTOSAR技術を用いて既存の安全コンセプトを拡張し、それによってフォールトトレラントシステムを実現する方法を紹介します。

### フェイルサイレントシステムのためのモジュール式の安全コンセプト

安全技術者は、モジュール式のコンセプトを用いることで、特定のプロジェクトに合わせたさまざまな安全機構を効率的に作成できます(図1)。ここでは、マイクロコントローラーの整合性確保の手段、機能モニタリングの手段、包括的な手段を大別します。

マイクロコントローラーの整合性を確保するための手段は、使用するソフトウェアが取得している自動車用安全度水準(ASIL: Automotive Safety Integrity Level)の最高レベルに合わせて選びます。これらは実行される機能とは関係なく、ある特定のASILで求められるダイアグノスティック(DC: Diagnostic Coverage)によって決まります。マイクロコントローラーのメーカーが独自の安全解析に基づいて何らかの要件を設定していることもよくあります。ASIL DのDCに、ソフトウェアによる組込自己テスト(BIT: Built In self Test)の定期的な実行を求め

るケースなどがその一例です。ASIL Bからは一般に、いわゆるシングルイベントアップセット(SEU: Single Event Upset)の発生確率を考慮しなければなりません。ロックステップモードで動作するマイクロコントローラーと、誤り検出訂正コードを持つメモリー(ECC RAM、ECC ROM)は、SEUに対する防御策として有効です。これらの安全機構はいずれもハードウェアによって実現されるため、ソフトウェア開発上はほぼ透過的で、非常に効果的なソリューションであるといえます。

アプリケーションには通常、機能をモニターするメカニズムが別途実装されます。これにはセンサーやアクチュエーターをモニターするタスクのほか、リミッターやプログラムフローのモニタリング(ロジックモニタリング)が含まれます。プログラムフローのモニタリングは、AUTOSARのウォッチドッグなどで実施できます。

機能のモニタリングとマイクロコントローラーの整合性は、各プロジェクトに応じて定義、実装されます。ただし、機能やASILを問わず、ほとんどすべての安全関連ECUにも用いられるメカニズムも存在します。ASILソフトウェアを使用するECUは、そのほとんどがQMソフトウェアも実行します。ISO 26262との共存を可能にするには、メモリーの分離と

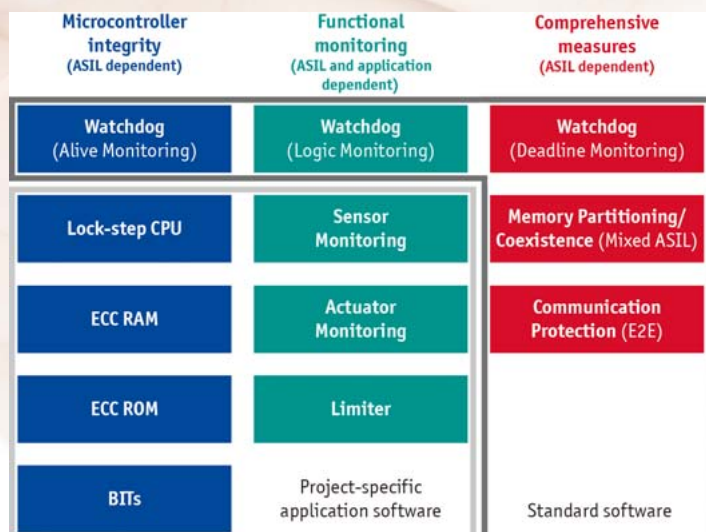


図1: 特定のプロジェクトに合わせた安全機構を効率的に調整できるモジュール式のコンセプト

時間制約のモニタリングが必要です [1]。メモリーのパーティショニングは、必要なASILを持つメモリー保護ユニット(MPU:Memory Protection Unit)を制御する、スケーラビリティークラス3(SC3:Scalability Class 3)のAUTOSARオペレーティングシステムによって実現されます。時間の要件は通常、ウォッチドッグがデッドラインのモニタリングによって処理します。複数のECU間で安全関連データが交換されると、通信保護機能が即座に動作します。AUTOSARには、これを目的とした効果的な安全機構がエンドツーエンド(E2E:End-to-End)保護という形で用意されています。ASIL Dまでの認証を持つベクターの製品を使用すれば、これらの包括的な手段に対応できます。

### フォールトトレラントシステムへの移行

コスト上の理由から、今日のハードウェアは冗長性がゼロに近い設計になっています。そのため、ハードウェアフォールトは一般に深刻な機能低下、最悪の場合は完全な故障に直結します。一方で、IEC 62380やSN29500の定義に見るように、ハードウェアの故障を数量化する成熟した方法が存在し、それによる目標故障率の予測も可能となっています [2]。

ソフトウェアフォールトは決定論的にのみ発生するため、多くの場合、数量化は容易ではありません[3]。タイミング保護はソフトウェアフォールトに対するフォールトトレランス改善に適した安全機構です。タイミング保護によって、本来の機能の実行を妨げるソフトウェアコンポーネントの無限ループなどのフォールトを防止できます。タイミング保護では、タスクと割り込みルーチンの実行時間、そして割り込みとリソースによるブロック時間に相当する時間を開発者が割り当てます。タスクと割り込みルーチンの間の時間間隔もモニターされます(図2)。フォールトが発生すると、AUTOSARオペレーティングシステムはフォールトの原因となったタスクや割り込みルーチンを終了させ、それを以後の実行から除外します。ただし、タイミング保護は将来必要になるであろうフォールトトレラントシステムの最初の一步に過ぎません。

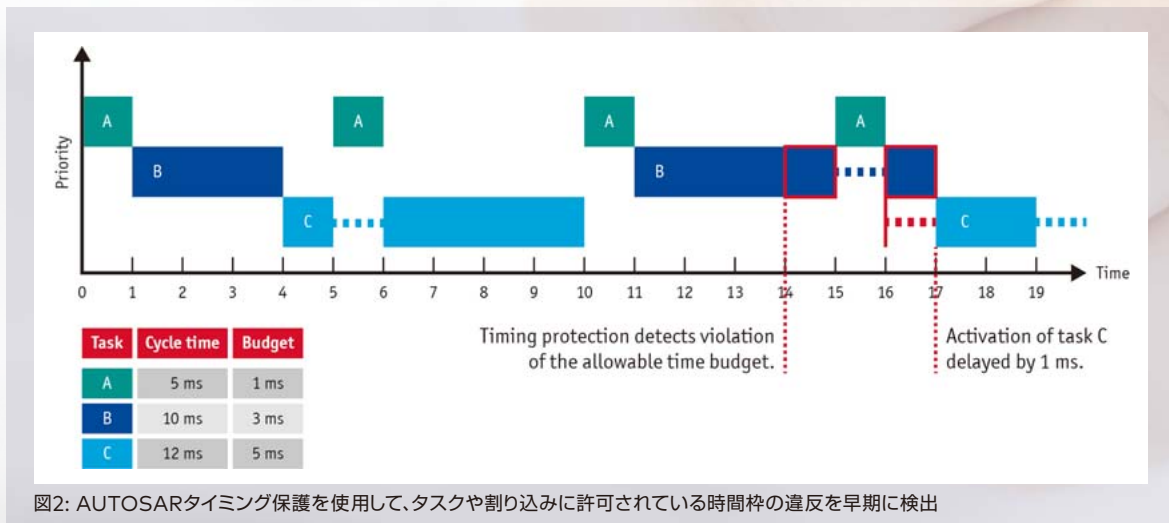
### フォールトトレラントなシステムアーキテクチャー

フォールトトレラントなシステムアーキテクチャーは、航空宇宙産業で長く使われてきました。安全を最重視する飛行制御システムでは、3個から4個のECUが冗長構成され、複合シ

テムを形成しています。ハードウェアにおけるこのような冗長性は、当然ながら極めて高コストです。そのため自動車業界では、フォールトトレラントシステムを使用した新たなアプローチを模索しなければなりません。リスクアセスメントの際、故障による危害のシビアリティーが下がるのも自動車業界にとってのメリットです。

実行可能なシステムアーキテクチャー(図3)は、常に少なくとも2つのチャンネルで構成されています。この例では、1つのチャンネルにはセンサー、論理ユニット、そしてアクチュエーターが含まれています[4]。一方のチャンネルのマイクロコントローラーで障害が発生すれば、関連するソフトウェアとその機能にも同じく障害が発生するのは明らかです。マイクロコントローラーは複雑であるため、ECU内でのその障害率が最も高いことは珍しくありません。したがって、ほんの短時間であっても機能の正常な実行は保証できません。

この2チャンネルのシステムをフォールトトレラント化するには、各チャンネルがそれぞれのエラーをすべて検出し、自動的にパッシブに切り替わらなければなりません[5]。この要件を求めないとすると、機能を安全に動作させるには、両方のチャンネルの使用が必要になります。ただし、そのようにした場合、故障率は狙い通りの半分ではなく、倍になります。もちろ



## 来たるべき未来を語る AUTOSARベーシックソフトウェアを用いたフォールトトレラントなシステムアーキテクチャーの実装

ん、このシステムアーキテクチャーには、冗長の通信相手への冗長の通信パスが必要であるのに加えて、これら2つのチャンネルに電力を供給する冗長電源が必要です。IEC 61508標準規格では、このようなシステムを診断機能付き1oo2アーキテクチャー (1oo2D:1-out-of-2 with Diagnostics) と呼んでいます。

### AUTOSARを用いたフォールトトレラントシステムのためのソフトウェアアーキテクチャー

原則として、ハードウェアを冗長化すればアプリケーションも複雑化します。これによって、たとえば冗長のコントローラーが同時にアクティブになった場合に、コントローラーの安定性をどのように保ち、アクチュエーターをどのように制御するかといった、制御工学分野の課題が新たに生じます。また、ネットワークのデータの整合性を再評価することも必要になります(「ビザンチン将軍問題」[6])。システムアーキテクチャーの観点から言えば、このような複雑さは、たとえばホットスタンバイモードを用いれば軽減できます。ホットスタンバイモードでは、特定の時点でアクチュエーターを制御するのは、2つのチャンネルのうち的一方のみです。このチャンネルでエラーが発生すると、他

方のチャンネルが直ちに制御を引き継ぎます。以下に示す理由から、AUTOSARベーシックソフトウェア(図4)は、このようなアプリケーション開発の省力化に有効です。

- > 再利用：開発者は、モジュール式の安全コンセプトの構成に使用される上記のAUTOSARコンポーネントを、エラー検出にも再利用できます。
- > 既存メカニズムの使用：冗長チャンネルのソフトウェアの実装には、「多様性」と「均質性」の2つの指針があります。多様性を指針とする場合は、2つのチャンネルで異なるソフトウェアを使用します。使用するチャンネルやコントローラーのタイプが同じである場合は、同じソフトウェアを、パラメーターのみ変更して使用することが可能です。これは通常はECUバリエーションの開発に使用される、AUTOSARのPost-Build Selectableのメカニズムで実現できます。同じタイプのチャンネルを使用する場合は、同じ原因で発生するエラーの検査が必要です [7]。

フォールト時に他方のチャンネルに迅速に切り替えるためには、センサーとアクチュエー

ターの値、そしてチャンネルのステータスの情報をチャンネル間で交換しなければなりません(図3)。AUTOSARのメカニズムを利用すれば、ベーシックソフトウェアのコンフィギュレーションを1つだけ実装すれば済みます。開発者は、アプリケーション固有のホットスタンバイモードのソフトウェアコンポーネント(SWC:Software Component)の形でチャンネルの切替を実装することも、あるいはAUTOSARマネージャーコンポーネントであるBasic Software Mode Manager (BSWM)やECU State Manager(ECUM)の柔軟な設定オプションを利用することもできます。現在のところ、チャンネル間のエラーステータスの交換には、アプリケーション固有のソフトウェアが実装されています。しかし、将来的には、この用途に特化した標準のベーシックソフトウェアコンポーネントを指定するようになると考えられます。

### ツールのサポート

今後進むであろう複雑化に対処するには、開発の初期の段階から、効果的かつ包括的なツールのサポートが必要になります。これによってリソースをアプリケーション開発に集中させることが可能になるうえ、システムモデル

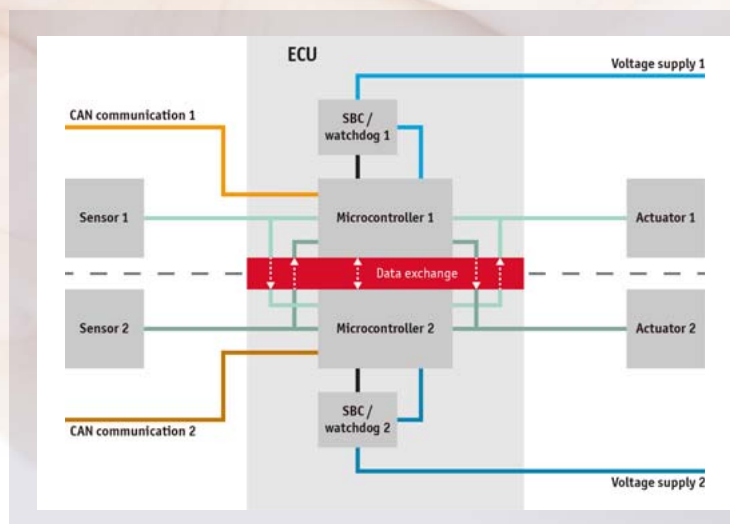


図3: 冗長設計によるフォールトトレラントなシステムアーキテクチャーの例

での冗長シグナルの整合性を手動でチェックするといった、冗漫で間違いやすい作業からエンジニアが解放されます。

## 展望

今日では、オンボードのAUTOSAR機能により、安全関連プロジェクトの効率的な実装がすでに可能になっています。さらに高いフォールトトレランスがE/Eシステムで求められる場合は、マイクロコントローラーの故障にも対応できる新しいシステムアーキテクチャーが必要になります。これによってアプリケーションとベーシックソフトウェアに新たな課題が生じますが、このようなタイプのシステムの複雑さは、AUTOSARの手法を使用することで対処できます。柔軟な構成が可能なAUTOSARベーシックソフトウェアは、そこに踏み出すための最適な起点です。関連するツールチェーンが、必要な冗長性の管理を省力化してくれます。

将来はベーシックソフトウェアとそのツールによって、一層の支援が与えられることでしょう。しかし、そのための第一歩は、フォールトトレラントシステムには、システムアーキテクチャーによるアプローチが必要なのだという認識です。

## 参考文献:

- [1]Definition of the fault tolerant time interval (FTTI) in ISO26262-1, 1.45
- [2]ISO 26262-5:9 Evaluation of safety goal violations due to random hardware failures
- [3]ISO 26262-10:4.3 Relationship between faults, errors and failures
- [4]Definition of a system in ISO 26262-1, 1.129
- [5]ISO 26262 Single-point fault metric (SPFM) for ASIL D
- [6]The Byzantine Generals Problem, L. Lamport et al, ACM Transactions on Programming Languages and Systems, 1982
- [7]Definition of a Common Cause Failure in ISO 26262-1, 1.14

本稿は、2015年11月にドイツで発行された自動車技術専門誌「Elektronik automotive」に掲載された記事内容を和訳したものです。

## 画像提供元:

見出し画像:

Fotolia#76500668|Originator:Jakub Krechowicz  
(Vector Informatik GmbHにて修正・編集)  
図1~4: Vector Informatik GmbH

## リンク:

ベクターのAUTOSAR ソリューション:  
[www.vector-japan.co.jp/microsar](http://www.vector-japan.co.jp/microsar)

ベクター・ジャパン:

[www.vector-japan.co.jp](http://www.vector-japan.co.jp)

## 執筆者



**Jonas Wolf**  
(Dip. Ing.)

University of Stuttgartで航空宇宙工学の学位を取得後、2012年にベクターに入社。現在はシニアプロダクトマネージメントエンジニアとして機能安全およびサイバーセキュリティを担当。

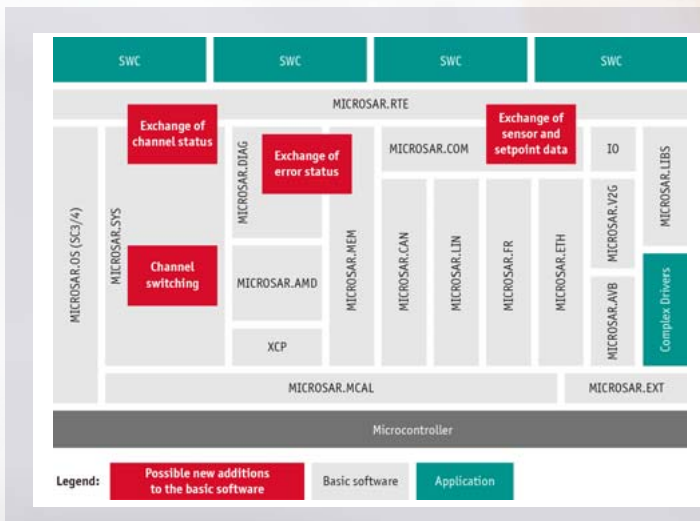


図4: AUTOSARに基づいたフォールトトレラントシステムのMICROSARソフトウェアアーキテクチャー



# キャリブレーションデータ管理 – パズルゲームからの卒業

チームおよび会社全体の開発現場で、複雑なキャリブレーションデータの管理を実現

近年、ECU開発は短納期およびコスト軽減というプレッシャーの下で作業が分散化し、ソフトウェア開発のプロセスは、車両内での意図された振る舞いに向けて調整していくプロセスとは別の作業となってきています。今日では、それぞれの車両バリエーションに合わせて、数万ものキャリブレーションデータ値を測定し、管理する必要があります。この調整作業でのミス回避するには、ソフトウェア開発で実際に用いられたのと同レベルの品質基準が必要となります。本稿では、パラメータ値を管理するために必要なツール要件や汎用性のあるソリューションについて、ご紹介します。

ECUソフトウェアの機能開発では、高品質な基準(SPIICE, CMMI)が維持されなければなりません。ECUの正確なパラメーター化は、ECU内のソフトウェアが正確に機能することと同じく、きわめて重要なことです。したがって、パラメーターの変更作業はECUソフトウェアの機能開発と同レベルの品質を満たさなければなりません。この変更作業は「キャリブレーション」と呼ばれ、プロセス遵守および品質保証の観点から、キャリブレーションを正確に追跡し、想定されるあらゆるバリエーションにおいて整合性あるパラメーターを作成することは、キャリブレーションに必要不可欠です。

イノベーションサイクルがさらに短くなり、品質や効率性についてより厳しい要件が求められる傾向があるなか、高度な再利用性を達成することは必要不可欠となっています。また、電子システムの開発において、多くのモデルや車両バリエーションにソフトウェアを再利用する必要があります。ECUのバリエーションごとに個別のパラメーターセットが必要となりますので、結果としてパラメーターセットの数は大幅に増加します。

現在、Euro-6排ガス規制に準拠するディーゼルエンジンのECUでは、約60,000個のパラメーターをキャリブレーションする必要があります。シャーシーおよび車両ボディ部分のECUでは、パラメーター数は少なくなるもの

の、一般的にバリエーション数は多くなるため、専用のデータ管理ソリューションも必要となります。このように、今日の自動車メーカーは、無数のパラメーターセットファイルを生成し、管理する必要があります。

### 明確に構造化されたプロセスによる品質向上

キャリブレーションデータの複雑な管理プロセスで大いに役立つのが、専用のデータ管理ソリューションです。数百の車両キャリブレーションを正確に定義し、組み合わせることで、無数のパラメーターが正しいバリエーションで使用されることが保証されます。それと同時に、品質保証の観点からは、個々の変更を正確に追跡できなければなりません(図1)。

このように明確に定義されたアプローチは、プロセスの信頼性を確立し、データ品質の向上を実現します。エンジニアがキャリブレーションデータ管理(CDM)システムに成果物を保存する際、元のファイルもバージョン管理の対象となります。つまりユーザーは、どのパラメーターセットが特定のバリエーションに適用されているか、また、どこで再使用されているのかを一目で確認できます。これにより、すべての関連するバリエーションに対して、新しいパラメーターセッ

トで自動的に更新する作業を確実に行うことができます。

プロジェクトにおけるデータ統合のための変更記録やプロジェクト進行状況のモニタリングには、品質/成熟度モデルが役立ちます。CDMシステムには、データ統合のための複数段階のアプローチが採用されています。キャリブレーションエンジニアからのすべての結果がシステムに提供された後、パラメーターの誤りや重複のために生じたコンフリクトを割り当てておいたパラメーターの責任範囲やルールに従って解決できます。次に、four-eye principle(4つの目の原則)により結果を検証し、完全性を確認することができます。この時点で初めて、次のデータ改訂レベルおよび次のフェーズのリリースのためのデータ統合の準備が完了します。これにより、開発パートナーとの連携作業も円滑になり、異なる業務分野間でも正確なデータへのアクセスを保証します。

### インテリジェントなバリエーション管理による効率化

明確に構造化されたプロセスによるキャリブレーションタスクのサポートに加え、データ管理におけるもう1つの主要なタスクが多数のキャリブレーションバリエーションを生産性よく管

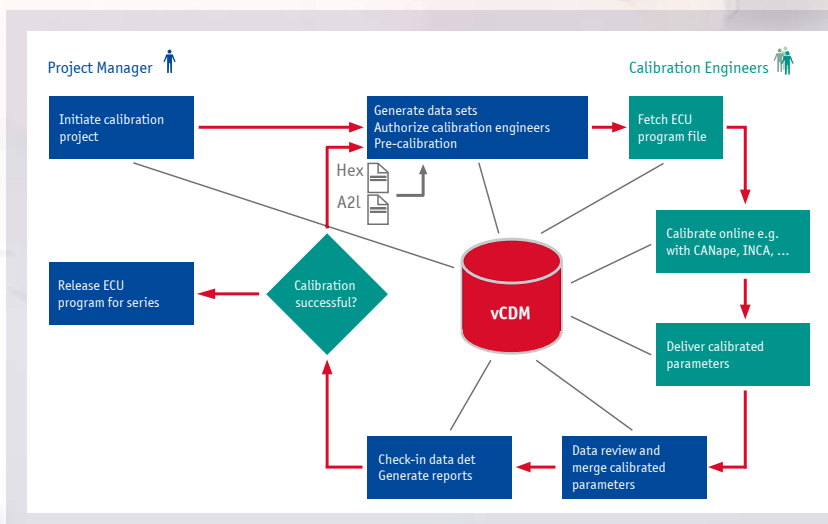


図1: CDMシステムはECUのキャリブレーションの大幅な品質向上につながる、明確に定義されたプロセスを提供



## キャリブレーションデータ管理 – パズルゲームからの卒業 チームおよび会社全体の開発現場で、複雑なキャリブレーションデータの管理を実現

理することです。「キャリブレーションバリエーション」は、エンジン排気量、変速機タイプ、排ガス基準などの一連の車両属性を表します。異なる製品構成では、ECUソフトウェアのパラメーターの変更が必要となり、これらは「派生キャリブレーション」と呼ばれます。

バリエーション管理によって、たとえば、すべてのバリエーションが自動的に整合性を持ってパラメーター化されるというような仕組みを実現できるため、本来必要のない無駄な作業が排除されます。システム属性に依存するパラメーターには、ルールを使用して依存性を記述します。これにより、追加作業なしで、同一のシステム属性を持つすべてのバリエーションの整合性を保ちながらパラメーター化できます。

### 大きく考え、小さく始める

企業によるCDMソリューションの導入が一度の大規模なステップで行われることはまれで、たいていは特定作業の具体的なタスクを対象にして始まります。たとえば、キャリブレーションエンジニアがすべてのキャリブレーション派生物に成果物を配布する際のサポートや、チームメンバーがシステムに入力したキャリブレーションデータにコンフリクトを生じさせないための対策をプロジェクトリーダーが必要

としているような場合です。こうした特定のソリューションが増えるにつれて、企業全体に対する統合型データ管理ソリューションはますます重要となってきます。CDMソリューションはプロセス全体を表現することができ、隣接する分野（ソフトウェア開発やソフトウェア検証など）もサポートします（図2）。

プロジェクトチームや会社全体の求める要件はもちろん、キャリブレーションエンジニアが持つ特定の要件を満たせることは、データ管理ソリューションが役立つ理由となっています。初期導入のための投資を無駄にせず、段階的にスケーラブルなソリューションを導入、構築することが可能です。

### キャリブレーションエンジニア向けのデータ管理

ECUキャリブレーションプロセスでは、エンジニアは最初にテストベンチ上または車両内でソフトウェアツール（MCDツール）を使用して、システムコンポーネントの初期の振る舞いを評価します。次に、エンジニアは目標の振る舞いを達成するため、パラメーターを調整します。ただし、この「オンラインキャリブレーション」アプローチは、必要な作業のほんの一部です。

また、異なる車両バリエーションのパラメーター

を、ECUへ直接接続せずに比較、編集することが必要な場合もよくあります（オフラインキャリブレーション）。ソフトウェア開発の要件に基づく値を用いてパラメーターを「プレキャリブレーション」する場合や、過去の類似的なプロジェクトの結果を採用する、オンラインキャリブレーションから別のバリエーションへ値をコピーする、モデルベースによる最適化のために数値解析法を用いる、などの場合です。

これらのタスクでキャリブレーションエンジニアが必要とするのは、パラメーター（行）とキャリブレーションバリエーション（列）の一括表示や、任意のパラメーター値の編集を行える、Microsoft Excelと同様のユーザーインターフェイスを備えたツールです。加えてそのツールは、キャリブレーションの特別な要件（CDF2.0、特性マップ、診断情報などのASAM標準規格形式）をサポートすることが必須となります。

### キャリブレーションチーム内での連携

ECUキャリブレーションでは、特にチームワークが重要です。キャリブレーションチームは多くの場合、自動車メーカーやECUサプライヤー、エンジニアリングサービスプロバイダーなど、さまざまな企業から参加したメンバーに

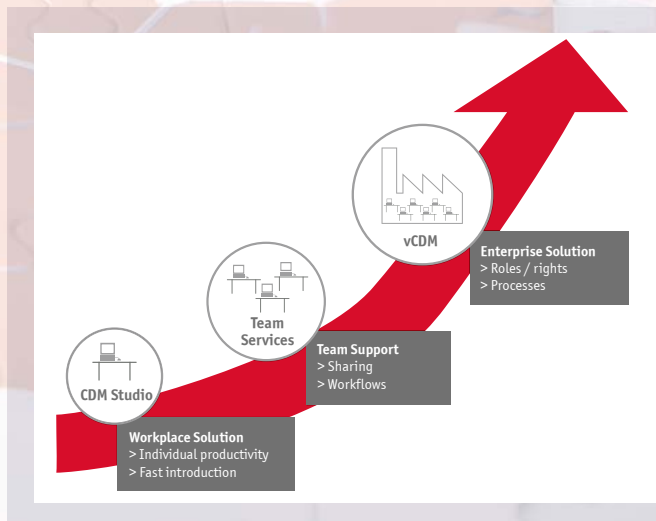


図2:

スケーラブルなソリューションがプロセス保証、データ品質、およびバリエーション管理に関するすべての要件をカバー

よって構成されます。グローバル化や専門化が進む昨今、キャリブレーションチーム内で効率的な共同作業を行うことの重要性は日に日に高まっており、成果物をチームメンバーに迅速に配布することは必要不可欠です。電子メールやインターネットを使用したやり取りは確かに便利ですが、異なるシステム間でデータを交換する際に手動の作業が必要になることがよくあります。時間が掛かると同時にミスの起こりやすいのが、このプロセスです。電子メールシステムを統合するデータ管理システムを用いることで、チーム内に情報を自動的に配布することが可能になり、データやソフトウェアの変更、また新しいリリースの通知がすべてのチームメンバーへ届けられます。これにより、各メンバーが同一データを用いてタイムリーに作業を行うことができます。

また、情報の自動配布と同じく重要なことは、ネットワーク接続が困難な作業現場でもデータにアクセスできるということです。エンジニアがキャリブレーションプロジェクトを中央データベースから取り出して自分のノートパソコンに保存(チェックアウト)し、共有アクセス用ローカルネットワーク環境下で使用できるのが理想的です。

### 企業内でのデータ管理

データ管理用ソリューションは、電子システムの開発ツールチェーンと密接に関連しており、キャリブレーションデータに対する変更は、要件管理システムや変更管理システム、その他多くのALM(アプリケーションライフサイクル管理)アプリケーションと直接関係します。高効率のCDMシステムは適応性に優れ、自動化インターフェイス、API(アプリケーションプログラミングインターフェイス)、またはWebサービスを介して、既存のシステムに統合させることができます。たとえばOSLC (Open Services for Lifecycle Collaboration)と統合して汎用トレーサビリティ実装をすることにより、変更管理を容易に行うことが可能になります。

### さまざまな様式を受け入れ、適応する

CDMシステムは、異なる技術領域にまたがって使用するための特定の要件を備えています。というのも、キャリブレーションの作業工程はシャーシーコントローラーとエンジンコントローラーとでは大きく異なるからです。技術領域や企業組織の要件が異なれば、その方法論も異なります。したがって、データ管理を導入

する際には「標準的なプロセス」を規定するのではなく、各技術部署の異なる作業様式を踏襲し、適切に再現できることが重要となります。

### あらゆる用途にスケラブルなソリューション

キャリブレーションプロジェクトを成功させるには、キャリブレーションデータ品質を高いレベルに保つこと、プロセスを順守すること、そして、バリエーション管理を効率的に行うことが、前提条件となります。ベクターでは、キャリブレーションを担当する部署とそこに所属する個別担当者をつなぐソリューションや、企業規模の包括的なソリューションと併せて、機能の拡張が可能なCDM製品を提供しています。

たとえば、キャリブレーションエンジニア向けの「CDM Studio」というツールでは、ECUキャリブレーションプロセスにおいて生成されたパラメーターを簡単に表示、比較、編集でき、パラメーターセットファイルの効率的な編集を実現します(図3)。また、CDM Studioは多様なインポートオプションを備えており、MATLABでのソフトウェア開発からオンラインキャリブレーションに至るまで、全プロセスを通して使用可能です。CDM Studioは、一般的に使用されているすべての測定/キャリブレーション

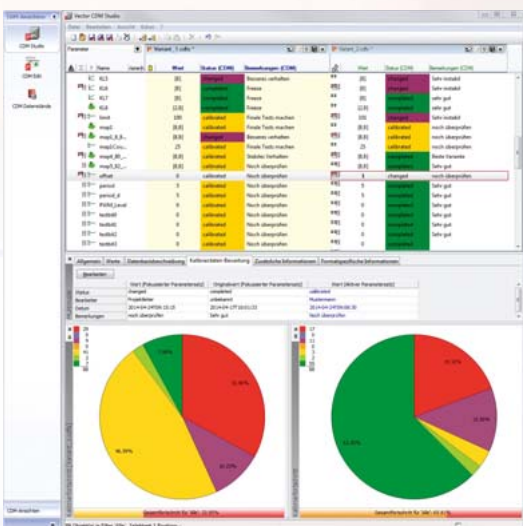


図3: CDM Studioは、ECUキャリブレーションのステータスを見やすいレイアウトで表示

## キャリブレーションデータ管理 – パズルゲームからの卒業 チームおよび会社全体の開発現場で、複雑なキャリブレーションデータの管理を実現

ションツール(CANape、INCA、MARCなど)に対応しています。

複数のキャリブレーション担当者が同じチームで作業する際に必要なのは、信頼性の高いデータストレージと、データ管理のためのソリューションです。キャリブレーションチームと企業全体向けのシステムであるベクターの「vCDM」はデータベース対応プラットフォームで、ワークパッケージによりデータコンフリクトを回避し、パラメーターの責任範囲を割り当てます。また、パラメーターコンフリクトを検出、解決し、データ変更のシームレスな追跡を可能にします。

属性の管理、パラメーター値の自動計算、そしてワークパッケージの再利用によって、大量のバリエーションを高い信頼度で処理することができます。これにより、整合性を保った高品質のキャリブレーションバリエーションが蓄積され、データ解析やレポート機能に活用されることで、品質と効率はさらに向上していきます。最終的には統合されたCDM Studioにより、キャリブレーションデータのグラフ表示や処理を行うことができるため、ユーザーは異なるアプリケーションを簡単に切り替えることができ、表示の外見や操作性の変わらないスケーラブルなソリューションが実現します。

### まとめ

ECUキャリブレーションでは、各車両バリエーションについて何万ものキャリブレーションデータを測定し、管理しなければなりません。求められる品質を達成するためには、確実なプロセスと汎用性の高いツールによるサポートが必要となります。

また、複数にわたる部署や業務におけるそれぞれの作業方法について、個別に検討することも欠かせません。Wolfgang Löwl氏(ロバート・ボッシュ社、パワートレイン分野のツール開発グループリーダー)は、次のように述べています。「BOSCHはベクターとの協力により、当社の特許要件を完全に満たす、高性能なCDMシステムを開発しました。当社ではこれまで10年間、このシステムを問題なく使い続けています」

### 展望

膨大な数のデータをうまく利用することは品質向上のためだけでなく、付加価値を提供するためにも、今後ますます重要になっていきます。たとえば、データ解析アルゴリズムとモデルベースのキャリブレーションを使用すれば、既存のキャリブレーションデータの履歴から、新しいキャリブレーションデータセットを自動

的に生成することが可能になります。これらのデータセットは専用のモデルを用いて検証することが可能です。すると将来的には、次々と増え続けるタスクを、車両ではなくオフィスにいらながら解決することも可能になるでしょう。

**本稿は、2015年6月にドイツで発行されたAutomobil-Elektronikに掲載された記事内容を和訳したものです。**

#### 画像提供元:

見出し画像および図1 ~ 3: Vector Informatik GmbH

#### リンク:

ベクター「キャリブレーションデータ管理のためのソリューション」

[www.vector-japan.co.jp/vj\\_calibration-data-management\\_jp.html](http://www.vector-japan.co.jp/vj_calibration-data-management_jp.html)

ベクター・ジャパン

[www.vector-japan.co.jp](http://www.vector-japan.co.jp)

#### 執筆者



**Stephan Herzog**

Vector InformatikでBusiness Development Managerとして勤務。測定およびキャリブレーション分野を担当。



**Andreas Patzer**

Vector Informatikで測定およびキャリブレーション部門のチームリーダーとして勤務。カスタマーリレーションおよびサービスを担当。



**Michael Vogel**

Vector InformatikでBusiness Development Managerとして勤務。vCDMを担当。

# New Products

## 新製品紹介

### CSM MiniModule シリーズ

#### ベクターはアナログ値を CAN/EtherCAT に変換する CSM 社製 MiniModule 代理店販売を開始しました。

2015年2月にベクターはCSM社と業務提携をすることで合意いたしました。

CSM社はCANやEtherCATベースのアナログ測定機器を主力製品として30年以上にもわたり高品質で革新的な製品をリリースしてきました。

1983年にドイツ本社が設立され、アメリカ支社およびフランス、中国に代理店を持ち、今日では18か国で販売、サポートオフィスを展開しております。

主力製品であるCAN/EtherCAT MiniModuleシリーズは約80,000個ものモジュールが全世界で使用されております。



#### ■持ち運びに便利で堅牢な CSM MiniModule シリーズ

CSM MiniModuleは小型、軽量でありかつ堅牢であるのが最大の特長です。サイズはSサイズ、Lサイズの2種類で、Sサイズは幅120mm×高さ37mm×奥行き50mm、Lサイズでも幅200mm×高さ40mm×奥行き50mmとコンパクトです。重さも、Sサイズで約300g、Lサイズで約500gと軽量であり、持ち運びに便利です。防塵、防水性についてもIP65(熱電対用MiniModule)、IP67のテストをクリアしています。動作温度範囲も-40℃~125℃と幅広く、寒冷地での測定やエンジンルーム内といった高温部での使用も可能です。また衝撃にも強く、50Gまでの衝撃に耐えられるよう設計されています。

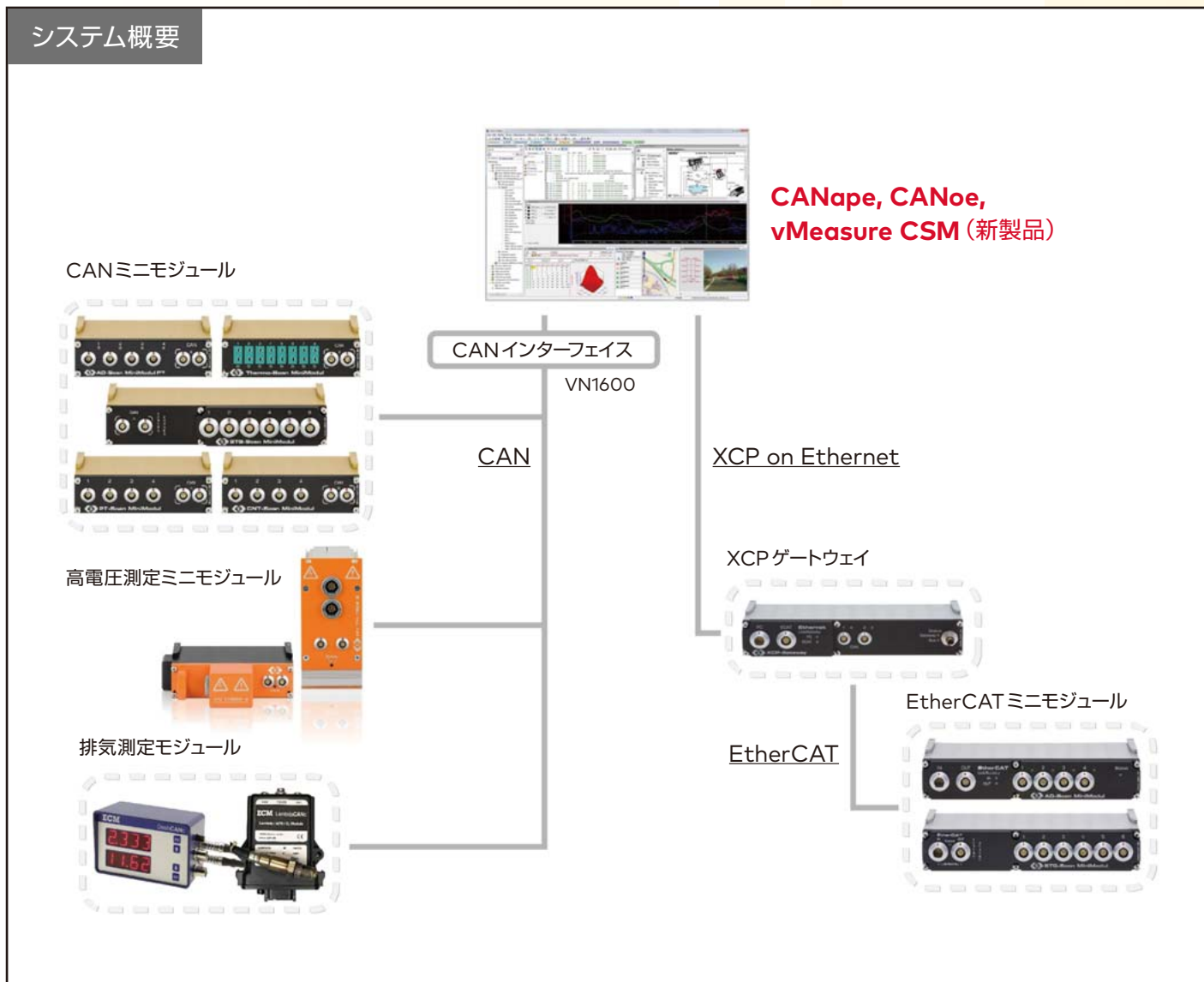


エンジンルーム内でのCSM MiniModuleの設置の例になります。この状態で走行試験をし、車内にてPCでリアルタイムにCSM MiniModuleからのCANデータを解析、またはデータロガーにデータを蓄積することも可能です。センサーケーブル、空きチャンネルを保護する保護プラグも用意しています。



図のようにラックに固定して使用することもできます。

## システム概要



## ■既存の計測ソフトウェアで解析可能

CSM MiniModuleシリーズはセンサー値をCANに変換するものと、センサー値をEtherCATに変換するものがあります。さらにそのEtherCATをASAM標準規格のXCP on Ethernetに変換するXCP-Gatewayを用いることにより、ベクターのCANape、CANoe (XCPオプション)他、他社製品で取り込むことができます。

# New Products

## 新製品紹介

### ■豊富なバリエーションのMiniModuleシリーズ

CSM MiniModuleシリーズは以下の種類があります。

#### CAN MiniModuleシリーズ

アナログ、温度、ひずみセンサーおよびひずみセンサーを応用したセンサー（加速度センサー、ロードセル等）に対応しています。各MiniModuleを専用のケーブルのデージーチェーンケーブルで接続して使用することが可能です。

内部データサンプリングは2kHz、10kHzのものがあります。10kHzのものはベクターのVNシリーズを用いれば、最大で2Mbpsの高速CAN通信が可能です。（仕様ではCANの最大ボーレートは1Mbps）

熱電対用MiniModule (THMM)は温度ドリフトが小さく、高精度の温度測定が可能です。熱電対のタイプはJ, K, Tの3種類に対応しています。

アナログ対応MiniModule (ADMM)は±10mV ~ ±60Vと幅広い電圧に対応しています。また各チャンネルからセンサーに対して電源を供給することが可能です。非線形なセンサー出力値に対しても測定が可能です。最大で32点のテーブルを定義することにより非線形出力値にも対応しています。ひずみ対応MiniModule (STGMM)はひずみゲージおよびひずみゲージを応用した加速度センサー、ロードセルといったセンサーに対応しています。TEDSにも対応しており、設定の手間が省けます。他にも回転速度、パルス周波数、デューティ比を測定するMiniModule (CNTMM)、白金用温度センサーに対応したMiniModule (PTMM)、またCANを電圧、電流、PWMに出力するMiniModule (OUTMM)と豊富なモジュールを取り揃えています。

#### EtherCAT MiniModuleシリーズ

アナログ、ひずみセンサーおよびひずみセンサーを応用したセンサー（加速度センサー、ロードセル等）に対応しています。各EtherCAT MiniModuleを専用のケーブルでつなげて使用することが可能です。同期精度が1μs以下と高精度な測定が可能です。アナログ対応のMiniModuleは最高で800kHz（サンプリング周期1.25μs）のサンプリングが可能です。XCP Gatewayを介してCANape、CANoeのようなXCP on Ethernet対応ツールで解析が可能です。乗用車分野のみならずCANではケーブルの長さが不十分な箇所の測定を要する、クレーン車のひずみ計測といった建機分野でも使用されています。

#### 高電圧用温度測定 MiniModule

高電圧用に設計されており、EV、HEVといったリチウムイオン電池等の温度測定に最適です。専用の熱電対ケーブルも用意しています。専用の熱電対ケーブルも高電圧用に安全に設計されています。

#### 排ガス計測モジュール

軽量かつコンパクトでCAN出力が可能です。Bosch、NTK、Delphi社製ワイドレンジO2センサーに対応しています。他のMiniModuleシリーズと接続してCANバスを形成することももちろん可能です。またPCが持ち込めない環境でも専用のデジタル表示器を用いて計測が可能です。

### ■スライドケース付で他のミニモジュールと簡単に組み合わせることが可能

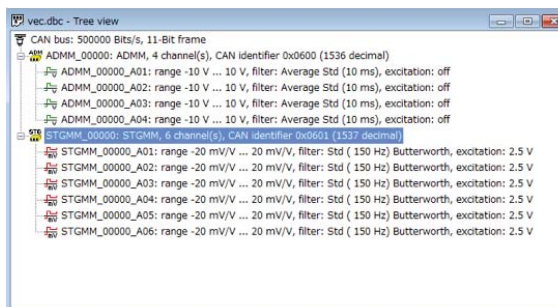
ねじ等の固定する部品を用いることなく、簡単に2つ以上のモジュールを固定することができます。



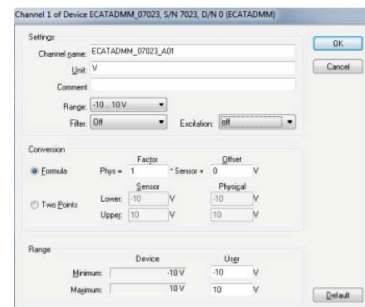
### ■簡単なコンフィグレーション

MiniModuleのコンフィグレーションは専用のコンフィグレーションツールで行います。MiniModuleがオンラインになっていれば、自動でどのMiniModuleが接続されているか識別されます。

各チャンネル毎にフィルタ設定が可能です。フィルタは6次のバターワースローパスフィルタを用いています。またフィルタ機能をオフにすることも可能です。設定後は各MiniModuleに設定を書き込み、設定情報はCAN DBCファイル、EtherCATシリーズの場合はA2Lファイルとして保存されます。



オンラインで接続されているモジュールの種類が一目でわかる



チャンネル設定画面：複雑な設定を要しません。各チャンネル設定も2点の値を入力すれば物理的に自動入力されます。

## 注目製品

## 高電圧用温度測定 CAN 変換モジュール

## HV THMM 4



HV TBM



## 【特徴】

HEV, EVといった分野でリチウムイオン電池といった高電圧の温度を安全に測定できるように設計されたものが、こちらのHVシリーズです。作業者が感電することなく、安全に温度を測定することができます。設置場所に自由度があるHV THMM 4, テストベンチでの使用を想定した19インチラックに固定して使用可能なHV TH-TBMを用意しております。

- 800Vの強化絶縁（ガルバニック絶縁）されており、リチウムイオン電池といった高電圧の温度測定に適しています。
- 専用の熱電対ケーブルも用意しており、ケーブルも安全に絶縁されています。

## EtherCATシリーズ

## ECAT ADMM 4 HS 100/800



## 【特徴】

EtherCAT MiniModuleシリーズは、EtherCATの特長を生かした他にも類をみない計測モジュールです。800kHzという高速サンプリングは、高速データ測定が求められる今日の自動車開発において需要は高まっています。

- 各チャンネル毎にセンサー励起電圧選択可
- センサー励起電圧DC±5V ~ ±15V
- 高速内部サンプリングレート
- チャンネル毎にステータスLED付
- 1μsec以下の同期性
- IP67
- 最大測定サンプリング周波数800kHz  
(ECAT ADMM 4 HS800の場合。ECAT ADMM 4 HS100の場合は100kHz。)

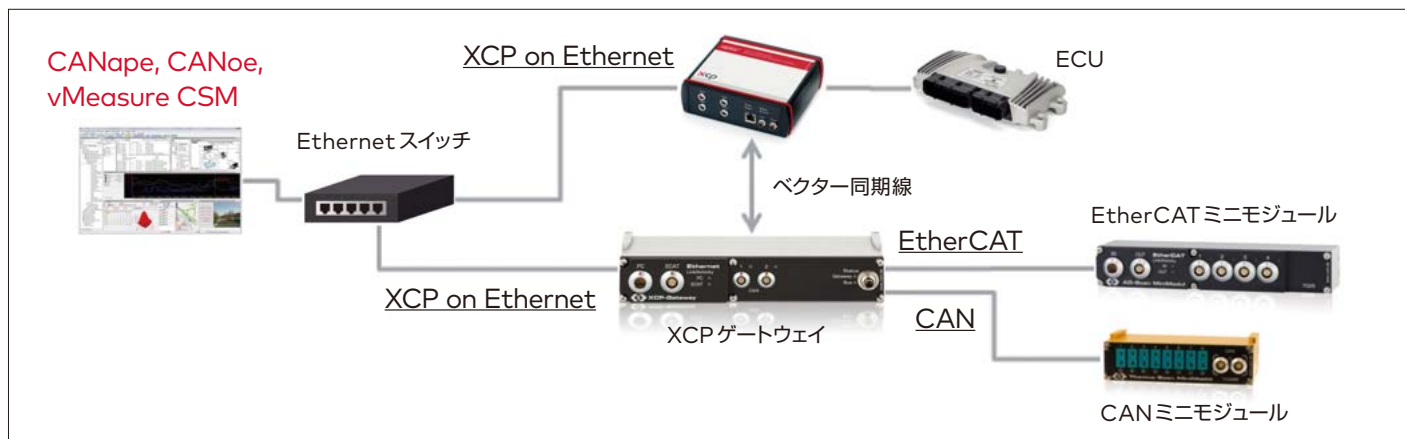
## XCP Gateway



## 【特徴】

EtherCATシリーズのマスターとなりかつEtherCATをXCP on Ethernetに変換するモジュールです。CANチャンネルが2つ付いているものも用意しています。EtherCATシリーズで取得したデータまたはCANチャンネルに接続されたMiniModulesシリーズで取得したデータはXCP Gatewayでタイムスタンプが与えられます。これらのデータとベクターのVN, VXシリーズとのデータは同期が可能です。

## ■ハードウェア時間同期



XCP-GatewayとベクターのVX, VNシリーズと専用の同期線で接続することが可能であり、EtherCAT MiniModuleまたはCAN MiniModuleで取得したセンサー値と、VXで取得したECUのRAM値を同期してCANapeに取り込むことが可能です。近年ECUのRAM値を取得する際も高速化のニーズが高まっています。それとセンサー値も同期してかつ高速で取得したいというニーズも高まっています。図のようにVXとXCP-Gatewayを専用の同期線で接続すれば同期が可能となります。

# 車載ネットワークの新しい通信パラダイム

～ 新たな道標を築くEthernetとCAN FD ～



現在、車載 ECU (Electronic Control Unit) 間の通信バスシステムには主に CAN が使用されていますが、近年は通信の需要が急増し、自動車メーカーでは CAN を用いた車載ネットワークが限界に達しつつあります。Ethernet と CAN FD の使用によって帯域幅を拡大できることから、既存のバスシステムでは一部のタスクでそれらへの移行が進んでいます。そこには帯域幅の拡大だけでなく、新たな通信パラダイムの導入という重要な側面があります。

従来の CAN メッセージでは最大で 8 データバイトのペイロードが送信されますが、効率を考えれば、この 8 バイト分をペイロードのデータとプロトコルのオーバーヘッドで取りうる最適比に固定して使用するのが有効です。しかし、送信される個々のデータエレメント (シグナル) 長は、車輪速度をはじめとして 8 バイト未満の場合が多いため、複数のシグナルがまとめて送信されます。1 ビットも無駄にしない状況では、複数のシグナルが含まれる CAN メッセージを 1 つ 1 つ定義する作業は極めて複雑なものになります。

通信マトリックスはデータベースで定義されますが、CAN ではこれに DBC、FIBEX、AUTOSAR System Description のいずれかの形式が使用されます。データベース (図 1) にはメッセージとその構成だけでなく、それに関連付けられている送受信の関係が含まれています。また、シグナルとメッセージの間の抽象レイヤーである、PDU (Protocol Data Unit) もデータベースで定義されています。



## CAN FD: CANバスの機能向上

CANバスの最大伝送速度は1Mbpsですが、これでは今日の通信需要にはもはや対応できません。このような帯域幅の問題に対する解決策の1つがCAN FD (CAN with Flexible Data rate)、すなわち可変データレート対応のCANの使用です。CAN FDはCANプロトコルの拡張版で、最大で8Mbpsの伝送レートを備えています。これは従来のCANに対する以下の2つの拡張によって実現されています。

- > (1)ペイロードのデータバイトを送信する際のビットレートを上げる。最大ケーブル長などのCANの他の特性には極力変更を加えずに済むよう、CANメッセージのヘッダーとトレーラーは通常のビットレートで送信されます。

- > (2)CAN FDメッセージのペイロードに最大で64バイトのデータを含める。64バイトのペイロードデータを8倍のビットレートで送信すれば、ペイロードデータが8バイトである従来のCANメッセージと伝送時間は同じになります。

CAN FDの場合、先に述べた通信マトリックスの定義作業がますます複雑なものになります。CAN FDで効率よく通信を行うには、メッセージ内のシグナルを論理的にグループ化してネットワークを設計しなければならず、しかもそのメッセージのサイズは8倍です。状況によっては、以前にCAN用に定義したPDUもCAN FDで使用可能にすることが求められますが、これを可能にすると、ペイロードのデータ長が大きいというメリットが失われる恐れがあります。

それに対処するために用いられるのが、1つのメッセージで複数のPDUを送信できる、フレームとPDUの1:nマッピングです。

## ゲートウェイを持つネットワークにおけるフレームとPDUの1:nマッピングの例

ゲートウェイを使用するシナリオ(図2)では、従来のCANバスだと帯域幅が不足する場合があります。ここでは3つのCANバスがゲートウェイに接続されており、そのどれもがすでに上限のバス負荷で動作していると想定します。CANバス3には、他の2バスのデータの大半を必要とするECUが接続されています。ゲートウェイはこのECUに必要なデータをルーティングしています。CANバス3のECUで世代交代が行われて新たな通信が必要になれば、CANバス3の帯域幅では対応しきれなくなり、結果としてCANの代わりにCAN FDを使用する必要が生じます。加えて、以下のような要件もあります。

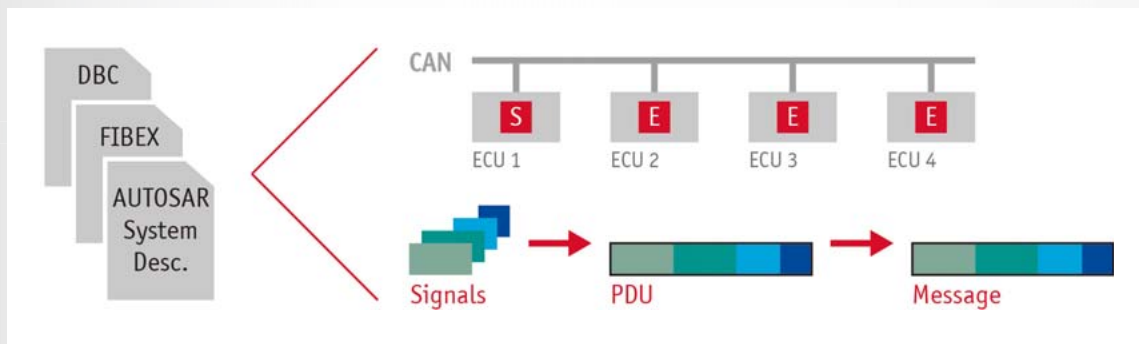


図1: データベースにはシステム記述とデータ記述の両方が含まれます

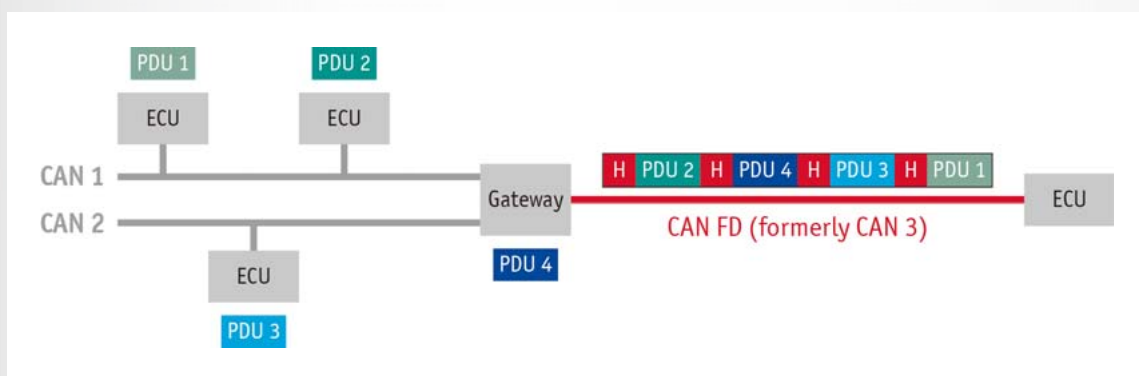


図2: 考えられるCAN FD導入のシナリオ

- > ペイロードデータ分の64バイトを余さず使用し、バスの利用率を上げる
- > これまで定義されてきたPDUに変更を加えない
- > ゲートウェイの大幅な複雑化を避ける

これまで定義したCAN PDUを、ゲートウェイを使用して1つのCAN FDメッセージで送信すれば、これらの要件はすべてクリアできます。

これまで、メッセージの内容はそれぞれのCAN識別子(CAN ID)で識別されていました。しかし、CAN FDメッセージに複数のPDUが含まれるようになれば、受信ノードではCAN IDでデータを識別することはできなくなります。CAN FDメッセージの内容をデータベース内に静的に定義しておくことも1つの解決策ですが、フレームとPDUの1:nマッピングを使用すれば、CAN FDメッセージに含まれる可能性のあるPDUをデータベースで定義しておき、ECUが実際に送信するPDUを実行時に選択する、という方法が可能になります。このシナリオの説明図を図2に示します。CANバス1とCANバス2上にある各ECUとゲートウェイ本体がPDUを送信し、それがCAN FDバス上を伝送されます。ゲートウェイは送信時間が到来するまでの間、CAN FDメッセージにPDUを次々と埋め込んでいきます。それぞれのPDUの先頭には小さいヘッダーが置かれ、受信ノードはそれを利用してメッセージから個々のPDUを抽出できます。ゲートウェイはPDUの順番を気にする必要はなくなり、メッセージの所定のレイアウトを守るための複雑な作業から解放されます。これによって、ゲートウェイのリソースに対する要求をできる限り抑えることができます。

CAN FDメッセージの送信は以下のような多様なイベントでトリガーされます。

- > (1) メッセージの送信バッファが満たされた
- > (2) 完全なメッセージを構成するため定義されているタイムアウトが経過した
- > (3) 1つのPDUに対して定義されているタイムアウトが経過した
- > (4) PDUが送信バッファにコピーされた後、直ちにそのメッセージの送信をトリガーする属性がPDUに追加設定されている

複数のPDUを1つのメッセージで送信するオプションは、AUTOSAR リリース 4.2.1以降で定義されています。このメカニズムはI-PDU Multiplexerモジュールで仕様化されており、ネットワークテクノロジーに依存しないため、CAN FD以外にFlexRayやEthernetなどでも使用できます。このモジュールは単純なPDUコレクションだけでなく、さまざまな送信条件と2種類のPDUヘッダー形式をサポートします。CAN FDとFlexRayでは主に4バイトのヘッダーが使用されますが、Ethernetでは一般的に8バイトのヘッダーが使用されます。

## Ethernetによる ペイロードデータ長の拡大

CANに比べると、Ethernetは最大でその185倍を超えるペイロードデータ長を備えています。従来の定義で数百、ときには数千ものシグナルを1500バイトのPDUに収めるのは現実的とは言えません。しかし、ゲートウェイアプリケーションにとっては、Ethernet上で既存のCANやFlexRayのPDUを1:1で転送できれば助かります。複数のPDUを1つのメッセージに含めて送信する、CAN FDで説明した方法は、そのままEthernetに応用できます。CAN FDやFlexRayとは違い、AUTOSARではEthernet用に2つの同等のアプローチが仕様化されています。最初のアプローチはI-PDU MultiplexerでのフレームとPDUの1:nマッピングです。これはすでにCAN FDで説明しています。それと同じPDUコレクションのアルゴリズムが、TCP/IPスタックとAUTOSARアーキテクチャーの他の部分とのリンクを担当する、Socket Adaptorモジュールで仕様化されています。ユーザーはどちらのアプローチを使用してもかまいません。Socket Adaptorを使用した場合は、Ethernetベースの通信をさらに制御することが可能になります。

## Ethernetによる各種の ネットワークポロジ

Ethernetは、ペイロードデータ長だけでなく、ネットワークポロジとアドレッシングの面でも他のネットワークテクノロジーと大きく異なります(図3)。CANは従来のバスポロジを使用しますが、FlexRayは物理的にはスター型ポロジでありながら、論理的にはバスのように振る舞う実装が可能です。どちらのネットワークテクノロジーでも、メッセージはすべてのノードに送信されます。各ネットワークノードはそのメッセージが自分に関連するものであるかを自身で判断し、その後の処理を行います。これにはCANでは

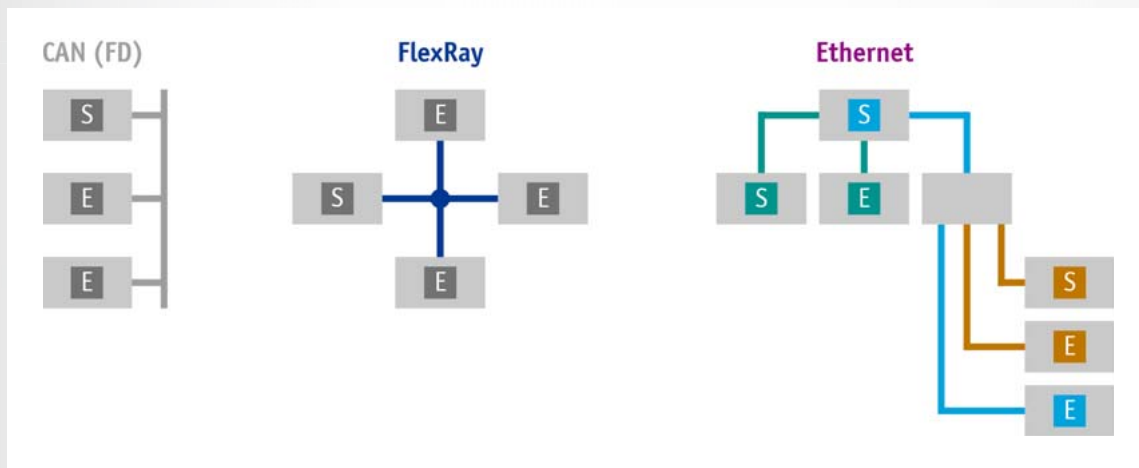


図3: CAN(FD)、FlexRay、Ethernetのネットワークトポロジーの比較

CAN IDが、FlexRayではSlot IDがそれぞれ使用されますが、いずれの場合も、IDによってメッセージの内容はあらかじめ分類できます。ある特定の受信ノードのみにメッセージを選択的に送信する方法はありません。そのため、CANとFlexRayはブロードキャストメディアとなっています。現在は広く使われているEthernetも、その黎明期はバスシステムであり、配線は同軸ケーブルとT型のコネクタで実装されました。今日、Ethernetの大半は、ネットワークをアクティブに切り替えるツリー型のトポロジーで実装されており、ポイントツーポイント接続によるコリジョンが発生することはありません。

EthernetノードはそれぞれMACアドレスを持っており、それを使用してネットワーク内での一意のアドレス指定が行われます。ノードは自分のMACアドレスが宛先として指定されていれば、そのメッセージを処理します。つまり、送信ノードは受信ノードのアドレスを把握し、それを宛先アドレスとしてメッセージに含めなければなりません。この1:1の通信関係には、いわゆるユニキャストによるアドレス指定が使用されます。ユニキャストでアドレス指定されたメッセージはすべてのネットワークノードに送信されますが、そのパケットを処理するのはある1つの受信ノードのみです。それ以外の受信ノードはそのパケットを破棄しま

す。ネットワークの無用なフラッシングを防ぐため、ネットワークをアクティブに接続するエレメントとして導入されたのがスイッチです。短い学習フェーズを終えると、スイッチは指定された宛先に到達できる接続にのみメッセージを転送するようになります。これによって与えられた帯域幅の効率的な利用が可能になります。さらに、スイッチを使用すれば、ユニキャストでアドレス指定した複数のメッセージをネットワーク上に同時に送信することも可能になります。図3で示されているEthernetネットワークの例には2つのスイッチがあり、1つは図の上部にあるECUの中に、もう1つはラベルのないECUの中に設置されています。着色されているパスはネットワーク内で干渉なく並行する通信パスです。接続はいずれも最大で100Mbpsの全二重データ伝送をサポートします。結果として、100Mbpsの帯域幅が、並行する通信パスの数で乗算されることとなります。Ethernetでは1:n (マルチキャスト) 通信のほか、1:all (ブロードキャスト) 通信も行われます。これらのアドレッシング方法を上手に利用しなければ、これまで説明したEthernetのメリットは失われてしまいます。

ユニキャストでアドレス指定を行う場合、ネットワークでのインテリジェント処理の場合は受信ノードから送信ノードに変わります。送

信ノードはネットワーク内のどの受信ノードがどのデータ(PDU)に対応するのかを把握し、フレームとPDUの1:nマッピングを使用して、メッセージを的確に組み立てなければなりません。同一のPDUに反応する受信ノードが複数存在する場合は、PDUやメッセージを複数回送信できます。このような受信ノード固有のデータのファンアウトは、AUTOSARのSocket Adaptorを使用するとさらに簡単に実装できます。

## 新しい通信パラダイム： サービス指向通信

Ethernetの特性に加え、より柔軟で複雑化に対処できるネットワークを求める自動車メーカーの声や、自動車環境へのサービス指向通信の導入につながりました。インターネットの世界で浸透しているこのパラダイムが、車載ネットワークの世界に到来したのです。ただし、SD (Service Discovery) や SOME/IP (Scalable Service-oriented Middleware over Internet Protocol) などの特定のプロトコルは、自動車アプリケーション用に最適化されたうえで使用されています。これまでの説明で出てきたのは車載ネットワークの送信ノードと受信ノードでしたが、サービス指向通信には、サービスを提供する1つのECU (サーバー) と、このサービスを使用するECU (クライアント) が存在します。

サーバーは起動時に、提供するサービスと、

それらのサービスのアドレッシングの方法を Service Discoveryプロトコルで通知します。クライアントはサーバーのメソッドの呼出 (リモートプロシージャコール) かサーバーへの登録を行って、それ以後の更新データが自動的に受信されるようにします。後者の場合、サーバーは特定のデータ要素 (「イベント」) を提供し、登録されているすべてのクライアントにその値を送信します。更新データの送信のトリガーはサーバーのアプリケーションが行います。フレームとPDUの1:nマッピングを使用することで、複数のイベントを1つのメッセージに含めて送信できます。図4は、サービス指向通信のこの2つの原理を図解したものです。

メソッドの呼出やデータの更新では、伝送されるデータの長さは多岐にわたります。SOME/IPの主な機能の1つはこのような多様なデータ長のサポートです。SOME/IPはアプリケーションの複雑な構造化データをシリアル化し、ECU内の他のベーシックソフト

ウェアがバイトストリームの送受信のみ処理すれば済むようにします。そのため、メッセージの正確なレイアウトはデータベースでは定義されません。

AUTOSARはSDとSOME/IPをフルサポートしています。SDとSOME/IPはプラットフォーム非依存であるため、AUTOSAR ECUと他のプラットフォームの間のデータ交換にも使用できます。

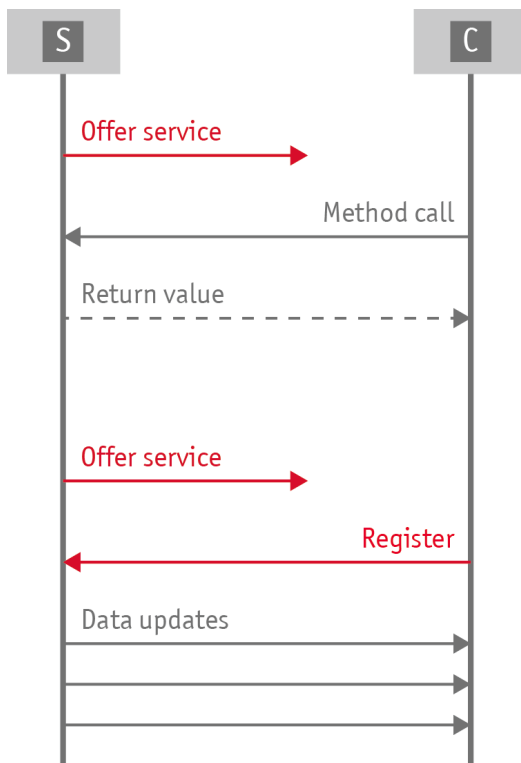


図4: Service Discoveryを使用したサービス指向通信の動作原理

## 結論

CAN FDとEthernetによるペイロードデータ長の拡大は、データ送信に新たな可能性をもたらします。その一方で自動車メーカーとそのサプライヤーには、たとえばシステム記述を作成する際に新たな課題が生じています。それに対処するために用いられるのが、1つのCAN FDやEthernetのメッセージに複数のPDUを詰め込むことのできる、フレームとPDUの1:nマッピングです。ただし、Ethernetを使用すれば、ユーザーデータ長が増えるだけでなく、利用可能な帯域幅も拡大します。さらに、ネットワークのスイッチと、それに関連する新しいアドレッシング方法も、自動車業界にちょっとした革命を引き起こしています。求められているのは、データ配信のための新しいメカニズムです。それを基盤とし、サービス指向通信を手段とすることで、さらに動的なデータ交換が実現するのです。これまで説明したメカニズムはいずれもAUTOSAR 4.2.1でサポート済みであり、これを使用すれば新しい通信パラダイムの円滑な実装が可能になります。このバージョンのAUTOSARベーシックソフトウェアの実装はすでに市販されています。ベクターのMICROSARもその一例で、開発ツールのCANoeを併せて使用すれば、CAN FDとEthernetネットワークの解析とテストを手軽に実行できます。

本稿はドイツで発行されたAutomobil Elektronik 2015年7/8号に掲載されたベクター執筆による記事を和訳したものです。

画像提供元:

見出し画像、図1～4: Vector Informatik GmbH

リンク:

「MICROSAR」プロダクトインフォメーション  
[www.vector-japan.co.jp/microsar](http://www.vector-japan.co.jp/microsar)

「CANoe」プロダクトインフォメーション  
[www.vector-japan.co.jp/canoe](http://www.vector-japan.co.jp/canoe)

ベクター・ジャパン  
[www.vector-japan.co.jp](http://www.vector-japan.co.jp)

執筆者



**M.Eng. Marc Weber**

Vector Informatikの組込ソフトウェアプロダクトラインで、Ethernetスタックの製品管理を担当。

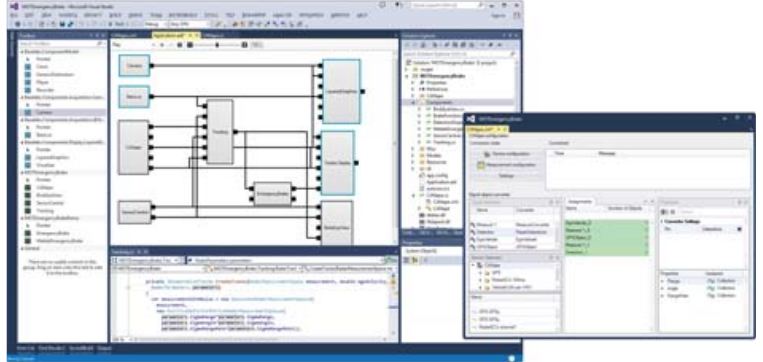


## 「vADASdeveloperバージョン2.0」リリース

先進運転支援システム(ADAS)と自動運転システムのアルゴリズムを開発するためのソフトウェア開発プラットフォームを提供する「vADASdeveloperバージョン2.0」をリリースいたしました。

〈vADASdeveloperバージョン2.0の主な新機能〉

- オブジェクト指向のデータ統合開発とシグナル指向の自動車測定技術との結合
- ベクターのバスインターフェイスで、CAN、LIN、FlexRay、Ethernet/BroadR-Reach®などのネットワークシグナルに簡単にアクセス
- XCPやVX1000を使用してECU内部情報にアクセス
- XCP 1.3のメカニズムおよびベクターハードウェア同期による、入力シグナル相互の高精度な時間同期機能
- CANape等で収録したMDFファイルやAVI形式の動画再生機能により、既存のテスト走行データを使ったアルゴリズム開発を支援
- 個別シグナルのデータを統合する入力データオブジェクトを簡単に設定



詳しくは、ベクターのWebサイトをご覧ください。

■ベクター・ジャパンHP → 主要製品 → vADASdeveloper  
<vADASdeveloper> [www.vector-japan.co.jp/vADASdeveloper](http://www.vector-japan.co.jp/vADASdeveloper)

## 「第8回 国際カーエレクトロニクス技術展」に出展しました

ベクターは2016年1月13日(水)～1月15日(金)に東京ビッグサイトにて開催された「第8回 国際カーエレクトロニクス技術展」に出展しました。

ベクターブースでは業界の注目トピックであるADAS、AUTOSAR、次世代車載ネットワークについてのプレゼンを実施し、多くの方に聴講していただきました。

さらにブース内では新たに販売を開始したアナログ値をCAN/EtherCATに変換するCSM Mini Moduleをはじめ、先端技術(次世代車載ネットワーク、安全運転支援、AUTOSAR等)や開発効率化を図る(ECUテスト、車載ネットワーク、等)ベクターの各種ツール・ソリューションをご紹介させていただきました。



## 6月に『人とくるまのテクノロジー展2016名古屋』に出展します

ベクターは、来たる2016年6月29日(水)~7月1日(金)にポートメッセなごや(名古屋市国際展示場)にて開催される「人とくるまのテクノロジー展2016 名古屋」に出展します。本イベントにお越しの際は、ぜひ弊社ブースへお越しください。

催事名: **人とくるまのテクノロジー展2016 名古屋**

◎会 期: 2016年6月29日(水)~6月30日(木)10:00~18:00  
7月1日(金)10:00~17:00

◎会 場: ポートメッセなごや(名古屋市国際展示場)

◎URL: 人とくるまのテクノロジー展2016 名古屋 オフィシャルサイト <http://expo-nagoya.jsae.or.jp/>

## ベクター、中国に2番目の拠点を開設

ベクターは2016年2月1日に、中国で2番目となる事業拠点を北京に開設しました。これにより、中国北部のお客様にさらに充実したサポートをご提供できるようになりました。

中国におけるメイン拠点である上海支社と同様に北京でも、ベクターのソフトウェア ハードウェア製品の販売やコンサルティングサービス、技術サポート、トレーニングをご提供します。

今後はよりスピーディーにかつ包括的にお客様をサポートします。



## 9月に『AUTOSAR Road Show 2016』を開催します

ベクターは2016年9月27日(火)に東京で、そして2016年9月29日(木)に名古屋で「AUTOSAR Roadshow 2016」と題したセミナー形式のイベントを開催します。本イベントはAUTOSAR開発の最新情報をお届けする、弊社主催のイベントで、今回で4回目の開催となります。業界注目トピックとあって年々参加者は増加しており、大変ご好評いただいているイベントとなります。

イベント終了後の懇親会では情報交換の場としてもご利用いただける大変貴重な機会となっておりますので、ぜひご参加ください。イベント詳細につきましてはベクターのWebサイトでお知らせする予定です。多くの皆様のお越しを心よりお待ちしております。

催事名: **AUTOSAR Roadshow 2016**

[東京開催]

◎会期: 2016年9月27日(火)

◎会場: JPタワー ホール&カンファレンス

東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 JPタワー・KITTE 4F (JR東京駅丸の内南口より徒歩1分)

[名古屋開催]

◎会期: 2016年9月29日(木)

◎会場: ミッドランドホール

名古屋市中村区名駅四丁目7番1号ミッドランドスクエア オフィスタワー5F (JR名古屋駅桜通口より徒歩5分)

## YouTube「ベクター・ジャパン チャンネル」公開中!

ベクター・ジャパンの公式YouTubeチャンネル「ベクター・ジャパン チャンネル」では、製品の機能紹介をはじめ、お客様から要望の高いECUテストソリューションやVTシステム概要などの動画を配信中です。

下記ベクターWebサイト「動画ポータル」ページからアクセスできます。登録不要/無料でご覧いただけますので、ぜひご視聴ください。

■ベクター・ジャパンHP → お役立ち情報 → ベクター動画ポータル  
ベクター動画ポータル [https://jp.vector.com/vj\\_videos\\_jp.html](https://jp.vector.com/vj_videos_jp.html)

# コーポレートロゴが新しくなりました

2015年12月1日より、ベクターのロゴが新しくなりました。

新しいロゴとコーポレートデザインは、ベクターのグローバルブランドイメージを表現したものとなっています。

ロゴの変更は、1988年のベクター創立以来のロゴ刷新となります。

新しいロゴではベクターの文字を大文字で表し、赤いアローヘッドと合わせてロゴ全体が1本の矢の形となるようデザインされています。

新しいロゴはベクターのバリューである、精確性、チームスピリットを反映したデザインになっています。



## ベクターの4つのバリュー

### ▶ 専門性

ベクターは、カーエレクトロニクス分野の開発サポートにおいて長年の実績を持ち、あらゆる要求に対して一部分ではなく、全体的に考慮して課題を解決する専門技術を有しています。カーエレクトロニクス市場をリードする一員として、ベクターは自動車開発全体をサポートします。

### ▶ チーム・スピリット

ベクターは、お客様に対しても、従業員同士においても、常に真摯で率直な協力関係に基づいて行動します。私たちは生き生きとしたチーム・スピリットを育み、お客様との開かれた相互関係を構築します。そして、チームとして専門性を高め、お客様の開発業務に最適なソリューションを提供します。

### ▶ 精確性

私たち自身もエンジニアとして、常に改善・改良を重ねています。ベクターは、100パーセント効果的な手法を見つけるまで妥協することなく、精確な思考力と行動力でソリューション開発を行います。

### ▶ 独立性

ベクターの株式は、すべてベクター財団およびベクターファミリー財団が所有しています。これにより、お客様の期待に適った戦略を展開できます。



# Information

## お問い合わせ

### 製品の購入／見積りに関する お問い合わせ

東京 TEL : 03-5769-6980  
名古屋 TEL : 052-238-5020  
E-mail : [sales@jp.vector.com](mailto:sales@jp.vector.com)

[組込ソフトウェア関連製品]  
TEL : 03-5769-7808  
E-mail : [EmbeddedSales@jp.vector.com](mailto:EmbeddedSales@jp.vector.com)

### 技術関連のお問い合わせ

[各種ソフトウェア・ハードウェア製品]  
■ カスタマーサポート  
TEL : 03-5769-6971  
E-mail : [Support@jp.vector.com](mailto:Support@jp.vector.com)

[組込ソフトウェア関連製品]  
■ ホットラインサポートサービス  
東京 TEL : 03-5769-6972  
名古屋 TEL : 052-238-5014  
E-mail : [EmbeddedSupport@jp.vector.com](mailto:EmbeddedSupport@jp.vector.com)

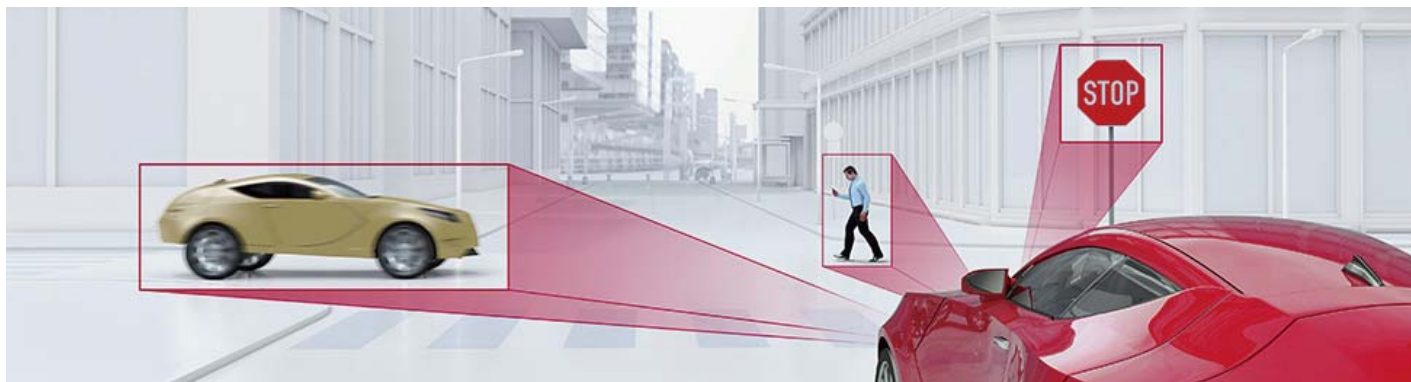
### 各種トレーニングに関する お問い合わせ

TEL : 03-5769-6973  
E-mail : [Training@jp.vector.com](mailto:Training@jp.vector.com)

### Vector Journalについて

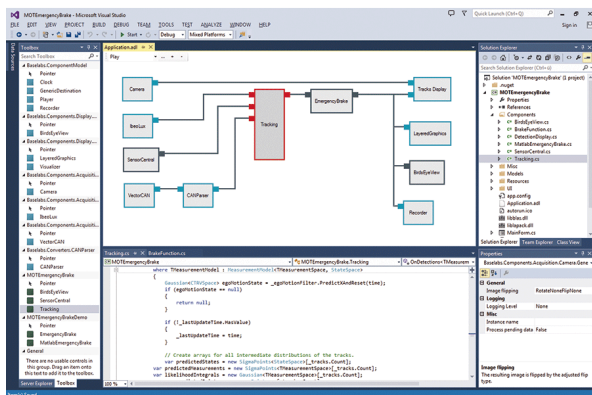
「Vector Journal」は、ベクター・ジャパンが発行する広報誌です。原則として5月および11月頃の年2回定期的に発行しています。お客様の事例を中心に、新しい技術動向やベクターの新製品などに関する情報をご紹介します。無料でご購読いただけます。

▶▶ 本誌定期購読についての詳細は  
ベクター・ジャパンのWebサイト(下記URL)まで  
[www.vector-japan.co.jp/vj\\_vector\\_journal\\_jp.html](http://www.vector-japan.co.jp/vj_vector_journal_jp.html)



## ツール開発はベクターに任せて アルゴリズム開発に集中!

### センサーフュージョンのアルゴリズム開発支援ツール 「vADASdeveloper」



「vADASdeveloper」:センサーデータの取得、評価・判定、可視化にフォーカス

#### 「vADASdeveloper」の特長:

- > UDP/TCP sender/receiver、CAN read/writer、XCPなどを標準コンポーネントとして搭載
- > バードビュー、動画へのオブジェクト情報の重畳機能を標準コンポーネントとして搭載
- > Visual Studio®を使用したアルゴリズム開発のフレームワークを提供
- > マルチセンサーアルゴリズムのシミュレーション
- > プロトタイプコードの生成

ADASソリューションの詳細は、ベクターまでお問い合わせください。

ベクターのADASソリューション [www.vector-japan.co.jp/adas](http://www.vector-japan.co.jp/adas)

製品のご購入・お見積り  
ベクター・ジャパン株式会社 営業部  
TEL: 03-5769-6980  
E-mail: [sales@jp.vector.com](mailto:sales@jp.vector.com)