

RealTimes

2021



困難を超えて、ともに前進を

進化と変革、そして枠を超えた新発想へ p.6

サイバーセキュリティ対策も万全 p.18

ETAS の新取締役会 p.55

ETAS

DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE

読者の皆様へ

Real Times 読者の皆様は、本号を開いて3つの新しい顔にお気づきになったことと思います。

ETASは2021年初頭に取締役会の再編成を行いました。この機会に私たち3名の自己紹介をさせていただきます。3名の経歴や、この先に待ち受けている新しくエキサイティングな課題の数々に対する取り組みなども本号でお伝えしていきます。詳しくは55ページをお読みください。

昨年の上半以来、難しい課題が私たちの生活の前に大きく立ち上がっています。このパンデミックにより世界は大混乱に陥り、医療体制は大変な困難に直面しています。自動車業界も例外ではなく、現在、私たちは無数の課題を突き付けられています。ETASも同業他社と同様に、部品の供給不足といった影響を受けています。

ニューノーマルが求められる今、私たちは新たな連携の形を見いだす必要に迫られています。

物理的距離をおくことや在宅勤務などの手段は当初から重要なことでしたが、ETASではさらに「困難を超えて、ともに前進を」という考え方をこれまで以上に推進していきます。また自動車業界は自動運転、e-モビリティからコネクティビティ、そして新たなビジネスモデルまで、数多くの課題に対応していかなくてはなりません。車載ソフトウェアを絶えず進化させ、市場投入期間を大幅に短縮し、しかも安全性を犠牲にしない新たな手法が求められています。そのためには、チームワークが何よりも大切です。一急流を下るホワイトウォーターラフティングのように。川を見事に下りきるにはチームが一体となることが不可欠です。万一ボートが転覆しても、ライフジャケットなどの備えとチームの連携が整っていれば、メンバーは沈まずにすみ、全員が再びボートに乗って前進することができるのです。

ETASはすでに、車載ソフトウェアの開発を支援する将来有望なソリューションについて、広範なポートフォリオを提供しています。その他のさまざまな持続可能なアプローチについても、実現の準備を進めています。成功への鍵となるものは、アジャイル方式、クラウドベースのソリューション、そして完全に調和の取れた開発ソリューションです。その詳細については6ページから始まる「未来に向けた新手法」に関する記事をご覧ください。

本号では、世界各地のユーザー企業様による素晴らしいプロジェクトの事例を紹介しています。日産のモデルベース開発、AudiによるEHANDBOOKの活用、Hyundai MotorsによるETAS ASCMO-MOCAの活用など、どれも興味深い内容となっています。また、計測データを五感の代わりに使う手法や、燃料電池用ECUのテストと妥当性確認を成功させる高度な技術を解説した記事も掲載しています。

ETASの舞台裏に興味のある読者の皆様に向けて、本号では、ETASがハードウェアの生産時に行うテストの方法や、それらのテストが製品の品質向上にどのように寄与しているかをレポートしました。また、INCAの誕生以来の歴史を簡単に紹介しています。

それではどうぞ、今年のRealTimesをお楽しみください。ETASはユーザーでありパートナーである皆様とともに、力を合わせて新たな課題に挑んでいきたいと考えております。そして今後も、皆様の現在そして、これからのプロジェクトをサポートするために全力を尽くしてまいります。日頃よりETASに信頼をお寄せいただき、深く感謝を申し上げます。皆様のご健康をお祈りいたします。

Christoph Hartung Günter Gromeier Götz Nigge



左から：
Günter Gromeier
営業部門 取締役副社長
Christoph Hartung
社長
Götz Nigge
オペレーション部門 取締役副社長



目次

未来に向けた新手法

- 06 進化と変革、そして枠を超えた新発想へ
自動車業界は「IT との遭遇」への準備ができていますか？
- 10 組み込みシステムと IT との出会い
アジャイル手法と SAFe を活用した車載組み込みソフトウェアの開発
- 14 ETAS における SAFe の導入
Günter Gromeier、Adrian Hanussek へのインタビュー
- 16 ともに成功するために！
協調開発ソリューションこそ成功への鍵
- 18 サイバーセキュリティ対策も万全
AUTOSAR Adaptive アーキテクチャのセキュリティ
- 22 AI とクラウドによる低排気パワートレインの開発
クラウドベースのシミュレーションで高効率を実現する

ETAS と共に拓く成功への道

- 26 エンジン制御全体をカバーする次世代 RCP 環境を構築
日産自動車の第 4 世代 MBD プロセスの開発を ETAS が徹底支援
- 30 未来のパワートレイン開発への挑戦
燃料電池用 ECU のテストと妥当性確認を成功させる高度な技術

- 34 LABCAR-MODEL を用いた複雑なエンジンのシミュレーション
Tata Motors のエンジン管理システムの各種機能の妥当性確認に、ETAS LABCAR-MODEL-VVTB と LABCAR-MODEL-ICE を活用
- 37 人工知能を組み込む
エンジン制御システム開発の新たな可能性
- 40 ECU 適合の自動化と最適化
Hyundai Motor が成功させた適合の自動化と最適化の取り組み
- 42 計測データを五感の代わりに
ADAS 開発のためのスケーラブルな計測データ収集
- 46 ECU ソフトウェアの中を探索する
適合の効率向上のための EHANDBOOK
- 50 コラボレーションの新しい枠組み
INCA から広がる車両フリート管理ソリューション

ETAS をもっと知る

- 52 構想から成功への変遷
INCA の歴史をたどる
- 55 ETAS の新取締役会
Christoph Hartung、Günter Gromeier、Götz Nigge へのインタビュー
- 58 偶然に委ねるものはない
精密な ETAS ハードウェアをテストする

- 61 拠点および発行者情報

進化と変革、そして 枠を超えた新発想へ

自動車業界は「IT との遭遇」への準備ができていますか？

自動運転、コネクティビティ、新しいビジネスモデル。それらはソフトウェア開発者に大きな課題を突き付けます。安全性を損なうことなく、絶えまない機能向上と市場投入期間の大幅な短縮を実現できる、革新的な開発手法が求められています。私たちはこの課題を克服できるのでしょうか？



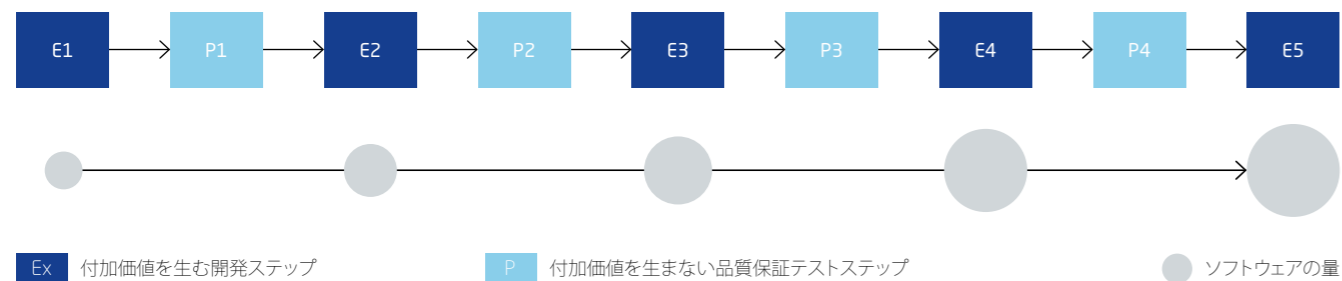
1968年夏のメキシコオリンピックでのことです。走り高跳びに出場した米国のDick Fosburyの新しいジャンプテクニックに、人々は当初、疑いの目を向けていました。ところが彼は金メダルを獲得し、オリンピック新記録を打ち立てたのです。Fosburyが使ったのは、バーに正面から向かうのではなく、仰向けになって飛ぶ「背面跳び」という方法でした。これは現在「フォスベリーフリップ」とも呼ばれ、走り高跳びにおいて主流の跳躍法となっています。この方法で、女性のトップアスリートは約2.10メートル、男性なら2.40メートル以上を跳ぶことができます。

さて、このことと車載エレクトロニクスの未来とにどのような関係があるのでしょうか？必要なパフォーマンスの向上を達成するには、今日の開発手法を最適化するだけではもはや不十分である、とETASは考えています。自動車業界における車載ソフトウェア開発手法は、現在は主に安全性と長期的な市場サイクルに目を向けたものになっています。しかし今後、急速に複雑化が進む中で、コネクテッドカーや自動運転車のソフトウェア要件を満たしていくには、開発手法を根本から変えていかなければなりません。まさに50年前の走り高跳び選手と同じように、車載ソフトウェアにも新たなアプローチが必要となっているのです。

必要とされる自己改革

コネクテッドカーシステムでは、セキュリティ保護以外の理由からも、ソフトウェアを継続的に開発して提供し続ける必要があります。そのような継続的な提供プロセスは車両のライフサイクル全体にわたって続き、車両とそのECUが組立ラインを離れた後も続きます。新しいE/Eアーキテクチャを搭載した車両であればなおさらそれが重要です。開発者は、マイクロプロセッサベースの強力な車載コンピュータを駆使して各種機能を思いのままに配置していきます。異なる自動車安全度水準（Automotive Safety Integrity Level：ASIL）の混在も可能で、機能間のインタラクションが増えるほど各ドメインの結びつきは強くなります。したがって、システム全体を広く見渡す視点での機能安全、堅牢性、セキュリティも考慮しなければならなくなり、ひいては新しい管理体制と企業文化が必要になることでしょう。

プロセスの仮想化とフロントローディング（前倒し）は重要な出発点になりますが、既存のプロセスステップを仮想世界へそのまま移し換えるだけでは、必要な改革を成し遂げることはできません。自動運転車やコネクテッドカーの開発を成功へと導くための牽引力を得るには、「並列化」と「自動化」、そして「アジャイルな手法」を取り入れることが必須となるのです。



新しい道を拓く

複数のパートナーが連携してプロジェクトを進める場合、従来のソフトウェア開発手法では、先行ステップの妥当性を確認するために費やされる時間とエネルギーは膨大なものになります。一般的に、前のステップが完了するまで次のステップには進めません（図1）。パートナーから渡された成果物が信用できなければ、エンドユーザーにとっての付加価値を生まないコストが発生してしまいます。

しかし、仮想化と統合化を応用した継続的なエンドツーエンドのアプローチでは、すべてのDevOps（開発・運用）パートナーがバリューチェーンのあらゆる箇所まで、常に最新のモデルとソフトウェアバージョンを使って作業することができます。短時間で容易に作れる実用最小限の製品（Minimum Viable Product:MVP）であればすぐにフィードバックが得られるため、顧客や開発チームが早期に誤りを発見して改善し、速やかにシリーズ開発に反映することも可能です。

自動化されたオブジェクト指向のアプローチで妥当性確認を行うと（図2）、継続的な開発ステップの並列化により開発・テストの工程を高速化できます。さらにサプライヤーから自動車メーカー（OEM）までのチェーン全体にこのアプローチを適用すれば、効果は一層強まり、量産開始後も長期にわたって好影響が続きます。

「コラボレーション」は企業の枠内にとどめるものではありません。すべてのパートナーが対等な立ち位置で力を合わせ、バージョンの統合やテストを行えるようにする必要があります。また、「スピード」と「インタラクション」に重点を置くには、オープンソースが果たす役割も重要です。

1つのアプローチとして、開発プラットフォームや各種開発ツールを「クラウドプラットフォーム」として提供する、というものがあります。チームはこのプラットフォーム上で作業し、選ばれたビジネスモデルを反映させ、顧客のニーズに合ったソリューションを開発します。このアプローチが効率的に機能するには、現実世界と仮想世界との一貫性の確保が不可欠です。そして最大の課題は、私たちのソフトウェアに人々が命を委ねる、という現実には、この「勇敢な」新しいアジャイルな世界が耐えられるかどうか、ということになります。

図1：従来の開発手法では、次のステップへ移行することにリソースを統合していきます。

当社の実績

ETASでは数年前から上記のようなアプローチを数多く実践し、従来の体制からアジャイル手法を活用したScrumチーム制への転換を段階的に進めています（10ページ参照）。開発はクラウドベースへと移行しつつあり、当社のエキスパートとサプライヤーがクラウド上で共同作業を行えるようになってきました。計測データや開発データのほか最新の開発ツールにも快適にアクセスできるため、目的のソフトウェア機能自体に集中することが可能になります。

納入時の検証を速やかに実施することは、信頼関係強化とコスト削減につながります。これらの変化は、総体的に非常によい影響をもたらしています。お客様からは、ETASの質とスピードの向上が高く評価されています。より多くの機能にまたがるソリューションを提供し、真の付加価値をお届けする能力があることが、認められているのです。

当社の製品ポートフォリオも、継続的な開発手法に合わせたものに変化してきています。コシミュレーション／統合プラットフォームのCOSYMでは、MiL、SiL、HiLの各プラットフォームの作業をクラウド上で連続的なプロセスで進められるようになってきました。また、データロギングシステムとETAS Enterprise Data Analytics Toolbox（EATB）をクラウド統合することにより、膨大なデータの適合を行うための新しい標準手法も確立しようとしています。さらにRTA-VRTEは、未来のマイクロプロセッサベースの車載コンピュータ向けに、さまざまなソースのソフトウェアを実行できるAUTOSAR Adaptive Platformソフトウェアフレームワークを提供します。

より高いバーを跳ぶために

ITの世界と同じように、成否の鍵となるのは、健全な重要業績評価指標（key performance indicator：KPI）の継続的な監視です。測定する指標はすべての関係者に共通で透明なものであることが大切で、ソリューション全体のパフォーマンスは個々のコンポーネントのパフォーマンスよりも優先されます。そうすることで、顧客の利益を最優先として、関係者全員が一致協力することができます。このアプローチを成功させるには、すべての重要な利害関係者が参加しなければなりません。

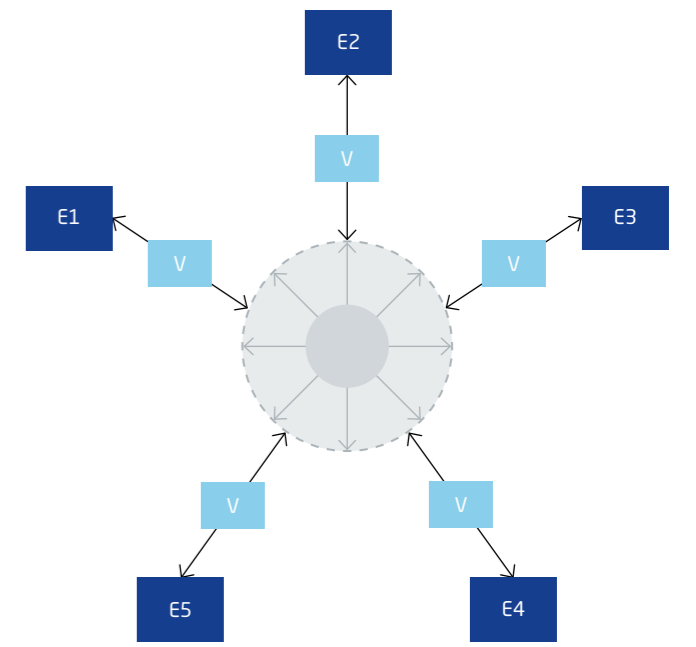
自動車は高価な買物であり、耐用年数が高いものです。ストレージ、性能、コスト、環境への影響、寿命の長さ、といった制約は将来もついて回るでしょう。車両のセキュリティとIPは長期にわたって保証されなければなりません。現在のIT業界の開発手法をそのまま採用しても、これらの要件をすべて満たすことはできないでしょう。加えて法的な説明責任を果たす必要もあります。常時接続と仮想化を用いたアジャイルな車載ソフトウェア開発プロセスを実現する、という目標の達成には時間を要しますが、それでもなお、これが我々の進むべき方向性であることを、これまでの経験が物語っています。

まとめ

今、迅速な行動が求められています。従来のITメソッドが持つ革新力と作業効率をいかに車載ソフトウェアの開発に応用するかという課題に、私たち全員が直面しています。車両の安全要件や耐用年数、自動車業界におけるコストダウンの圧力までも考慮に入れた新たなアプローチが必要であり、その道筋はすでに定まりかけています。

必要なのは「進化」か「変革」か、それとも「枠を超えた新発想」でしょうか？高い安全要件のさらなる「進化」、車両アーキテクチャの「変革」、未来の革新的なコネクテッドカーや自動運転車を制御する車載ソフトウェアの開発手法を生み出すための「体系的で独創的な新発想」、この3つのどれもが不可欠だと私たちは考えます。

図2：クラウド上での同時開発プロセスは、妥当性確認の自動化と開発ステップの並列化によりリードタイムを短縮し、付加価値を高めることができます。



Ex 付加価値を生む開発ステップ
V 品質保証のための自動化された継続的な妥当性確認
● 増大化するソフトウェア

ETASのポートフォリオには将来有望なソリューションがすでに多数含まれており、さらなる持続可能なアプローチも検討中です。顧客やパートナーとのコラボレーションを通じて、効率と性能を新たなレベルに高めていくこともできるでしょう。1968年にDick Fosburyが新しいジャンプテクニックで人々を魅了したように、ETASはお客様の熱い支持を得られることを目指して、日々開発に取り組んでいます。

執筆者

Christoph Hartung、ETAS 社長 兼 取締役会会長
Günter Gromeier、ETAS GmbH
営業部門 取締役副社長
Jürgen Crepin、ETAS GmbH
シニアマーケティングコミュニケーションマネージャー

組み込みシステムとITとの出会い

アジャイル手法とSAFeを活用した車載組み込みソフトウェアの開発

従来のVモデルの開発プロセスは長年にわたり大きな成果を挙げてきました。しかしながら、コネクテッドカーの自動運転に用いる複雑なソフトウェアシステムの領域においては、この従来型のアプローチには限界があります。それでは、このアプローチは完全に不適切なのでしょうか？ 答えはイエスでもありノーでもあります。

自動運転コネクテッドカー向けのソフトウェアは決して完了することがありません。絶えず無線通信（OTA）を介した更新が必要で、開発プロセスもその影響を受けます。プロジェクトの複雑さを事前に予測することが困難で、分野によっては開発目標である詳細仕様を作成することさえ非常に難しい作業になります。従来のメソッドでは、開発チームはいわゆる「目視運転」を行います。技術的に行き詰ったり新たな局面に遭遇したりすると、数ステップ前に戻らなくてはならず、同僚やサプライヤをも巻き込むことになってしまいます。

このジレンマに直面したとき、IT業界は「アジャイル方式」という手法を編み出しました。これは、短時間で作成したプロトタイプをただちに顧客に評価・承認してもらうものです。アジャイル開発のフレームワークであるScaled Agile Framework (SAFe) では、製品開発のあらゆるレベルに合わせてアジャイルな作業方式を取り入れることを可能にする、メソッドロジーツールボックスが提供されます。ここでの唯一の課題は、この手法で自動車業界の高い安全要件をも満たせるか、ということです。

適切なツール

ソフトウェア開発において、物事を進めるための唯一の「正しい方法」はありません。プロジェクト開始にあたって要件や技術情報の不明点が多い場合は、柔軟性のあるツールを選定することが重要になります。釘を使うのかネジを使うのが明確でないのにハンマーを持つわけにはいきません。開発手法の場合も、作業内容がわかって初めて、どのメソッドが有効であるかがわかるのです（図1）。

プロジェクト立案者が初期評価を行う際には、Dave SnowdenのCynefin Framework（図2）が役に立ちます。作業が単純で原因と結果の関係がはっきりしているのであれば、「ベストプラクティス」のアプローチをとることができます。一方、作業が複雑になると、因果関係の原則を分析したり専門知識を応用したりして、「グッドプラクティス」のアプローチを探し当てなくてはなりません。Vモデルに基づく自動車開発プロジェクトでは、そうしたグッドプラクティスのアプローチが一般的になっています。

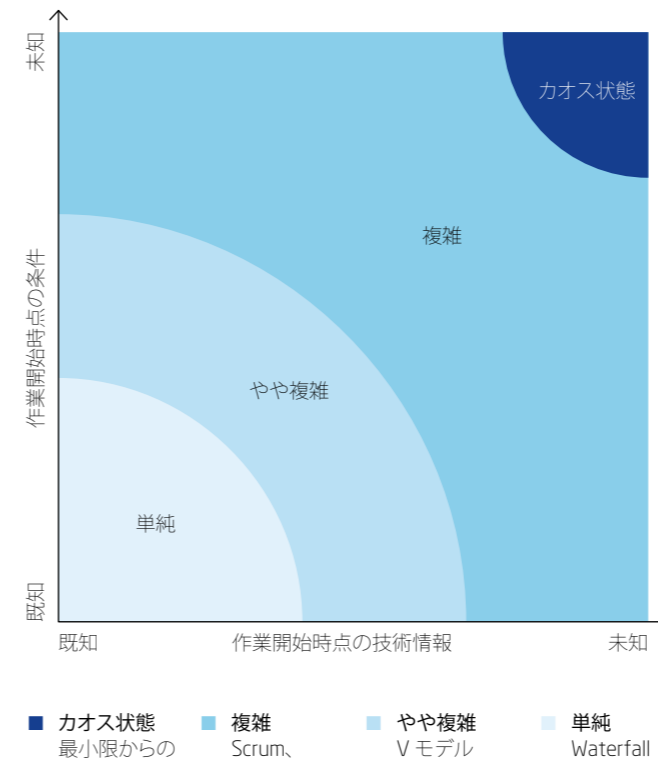
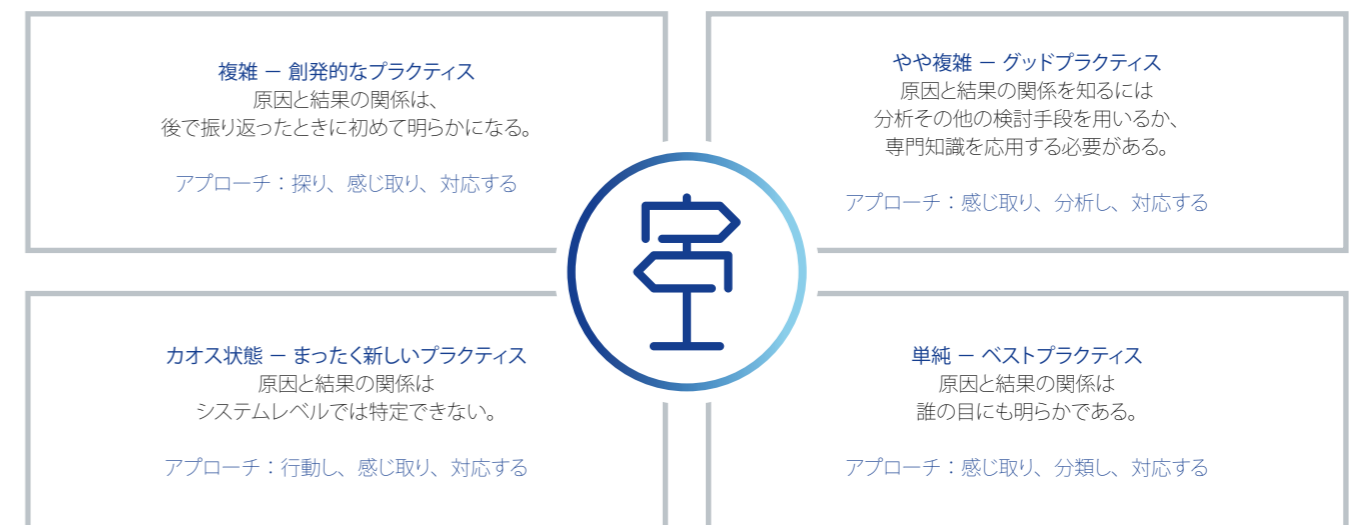


図1：Ralph Douglas Stacey が作成した Stacey Matrix は、問題を要件の複雑さと技術知識の程度に応じて分類します。

図2：Cynefin Framework によれば、問題の性質に応じて異なるアプローチが必要です。



問題が複雑な場合は、後で振り返ったときに初めて原因と結果の関係を理解できることがよくあります。プロジェクトの開始時点においてそれを完全に把握することができない場合、新技術を導入する際には、短いサイクルで実験的に作業を進めることになります。アジャイルな作業方式とSAFeを取り入れたこの段階的アプローチは現在、自動運転コネクテッドカーの開発プロジェクトに好んで用いられています。Snowdenのフレームワークで最後のレベルに置かれているのは、カオス状態に関する問題です。因果関係を特定できなければ、開発者は試行錯誤に頼らざるを得ず、状況をコントロールするために絶えずメソッドを修正しなくてはなりません。これは、きわめて危機的な状況で取られるアプローチです。

ここまでを整理すると、目標を達成するためにどのアプローチが最速であるかは、主として問題の種類に応じて判断すべきであるといえます。現実の世界では絶えず作業内容が変化し、技術情報は増加していくため、常に目標から逸れることなく着実に前進できるような十分な柔軟性を備えた手法を選択することが必要です。

目標を見据えて

未知の技術を使った複雑な車載システムの開発であっても、アジャイル手法を用いれば、開発目標に向かって少しずつ段階的に作業を進めていくことができます。このプロセスでは終始、全体目標と中間目標をしっかりと見据えていることが大切です。そしてすべての段階において、顧客にとっての付加価値が決定要因となります。漸進的なアプローチを用い、プロトタイプをただちに顧客に評価・承認してもらうことにより、必要に応じていつでも進路を変更することが可能になります。すべての決定は、全作業の配分と優先順位付けも含めて、チーム内部で行います。効率的なプロジェクトを立案し、作業の適切な優先順位付けを行い、最終的に最良の技術ソリューションにたどり着くには、最大限の透明性と相互信頼が不可欠です。

Scaled Agile Framework (SAFe) とは、アジャイルな開発手法を支援するための組織とワークフローのパターンを組み合わせたものであり、Kanban、DevOps、Scrum、顧客/ユーザー指向、Big Room プランニング、PI (Product Increment) プランニングなどがあります。

この最後のメソッドでは、関係する全員が仮想上の1つの部屋でアイデアやビジョンを出し合う機会を与えられ、それらを実現するのに最も適した共通のルートを決めることができます。このアプローチにより、製品管理と製品開発に一貫性を持たせることができます。

導入の過程で得られた経験

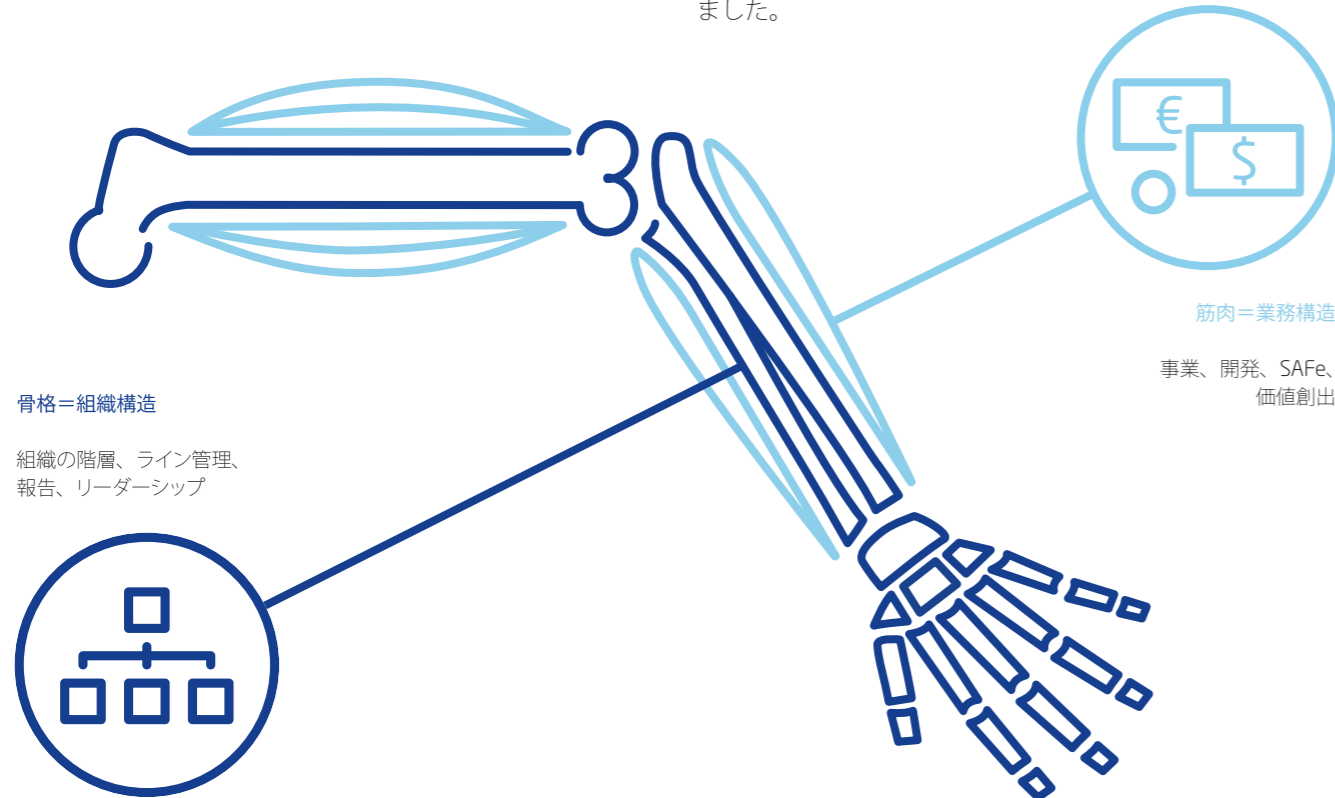
ETAS が約 10 年前から採用しているソフトウェアのアジャイル開発は、その時々新しいテクノロジーを採用しながら徐々に導入されたものです。

最初のチームは、ヒートマップを活用したベネフィット分析から始め、2011 年には新アプローチによる業務を開始しました。メンバーはすぐにアジャイル手法を理解して採用することができ、成功したプロジェクトの数は着実に増えていきました。

2014 年には、組み込みシステムとハードウェアの開発領域のチームにもアジャイル方式が導入されました。

2017 年からは、チーム間コラボレーションの段階的なスケールアップと開発業務のコーディネーションにも SAFe が活用されています。

図 3：組織の 2 つの基本構造は骨格と筋肉にたとえられます。



新たな方法論を成功させた鍵の 1 つは、各グループや部門の長がスタート時からそれを支持し、積極的に広める努力をしたことでした。しかし課題もありました。他に先駆けて新メソッドを導入したグループがすぐに気付いたのは、「絶対的に正しい」または「絶対的に間違った」アプローチというものもはや存在しないということでした。つまり、ある問題に対して最も有効であったメソッドでも、個々のケースについては再評価する必要があったわけです。そこでグループは再評価に Stacey Matrix と Cynefin Framework を用いるようになりました。容易に問題を分類して共通の理解に到達することができ、どの手法を選ぶべきかという発熱した議論は過去のものになりました。

当初は、各チームがそれぞれのやりかたでソリューションを作成し、最適化を行っていたため、ポートフォリオに重複が生じることがありました。その結果、類似した機能を持つ複数のコンポーネントが開発されて販売されるという状況が起こり、ユーザーは混乱し、維持費がかさみ、製品の相互運用性が損なわれてしまったのです。ETAS はこれを解決するため 2014 年に「ソリューション」についての原則を定め、ETAS におけるソリューションを「複数の製品とコンポーネントとの連携に基づく機能」と定義しました。1 つのソリューションは顧客が抱える少なくとも 1 つの問題を解決するものであり、各製品間の相互運用性が保たれなければなりません。この原則を実現するには前出の「PI (Project Improvement) プランニング会議」が不可欠であることが証明されました。共通の目標に焦点を合わせることで作業手法が目に見えて変化し、モチベーションも飛躍的に向上しました。

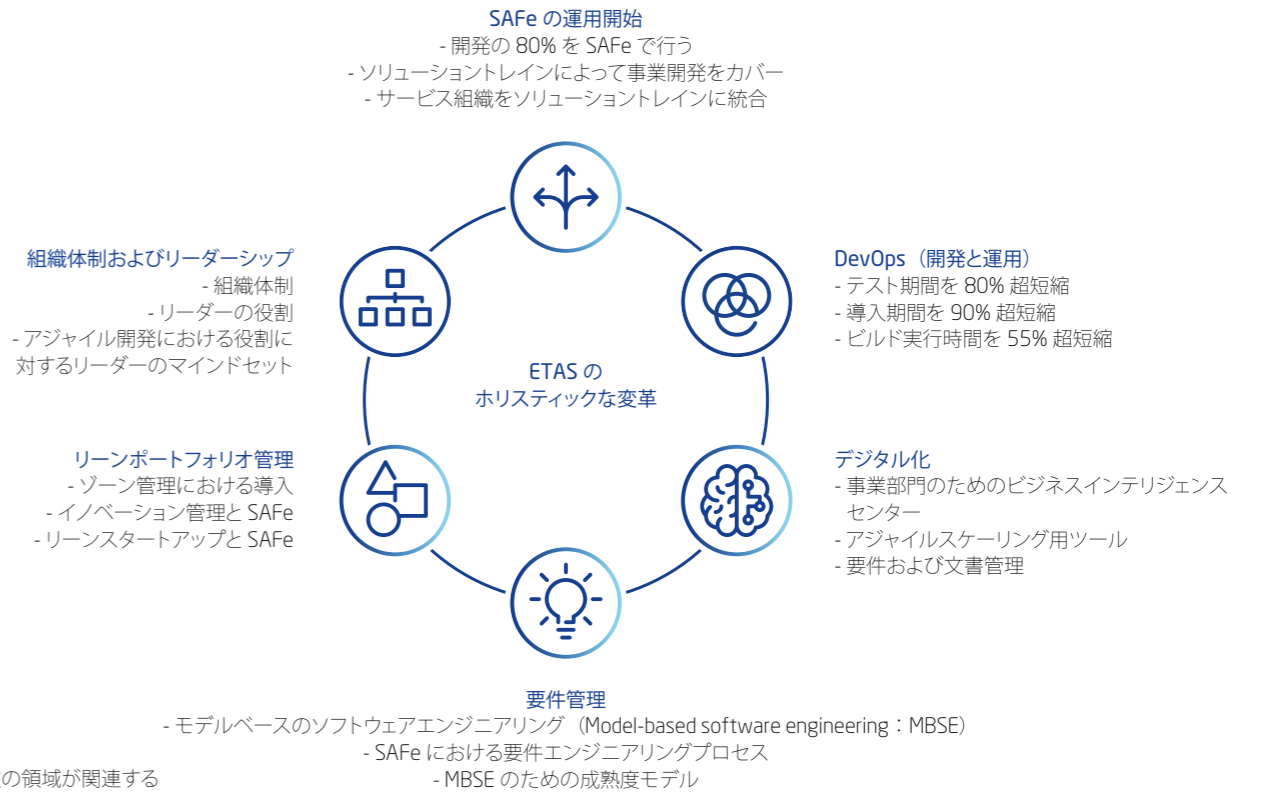


図 4：多数の領域が関連する組織開発

その他の重要な知見

技術的な複雑さだけでなく、プロジェクト間の調整も非常に重要で、ETAS のポートフォリオ製品間のさまざまな依存関係や相互作用も考慮しなければなりません。相互運用性は顧客に付加価値をもたらすため、依存関係の管理と制御を簡略化することが決定されました。

そのためには、アジャイルな作業手法を組織のフレームワークに的確に組み入れる必要があります。DevOps の自動化手法はこれにはうってつけのアプローチです。開発、IT 管理(運用)、品質保証 (QA) のチーム間のコラボレーションを円滑化するため、動機やプロセス、開発ツールを共有します。

プロセスの最適化とデジタル化は互いに緊密に結びついています。顧客にとっての「価値」を生み出す事業組織は、それを支える組織構造から切り離すことができません。これはまさに、人の筋骨格系を形成する筋肉と骨にたとえられます (図 3)。そこで始まったのが、アジャイル方式の導入によるホリスティック (包括的) な変革です (図 4)。変革は決して自動的に進むわけではありません。不満や疑問を解消するための効果的な方法の 1 つは、よい関係にある同僚を仲介役にすることです。上層部からの明確なコミットメントや責任の明確化も、前提条件として欠かせません。

まとめ：得られた成果

導入から 10 年が経過し、ETAS のアジャイルな作業手法は好ましい成果を挙げています。計画の信頼性と顧客の満足度は目に見えて改善されました。私たちはこの新しい作業モデルを使って、ASPICE や ISO 26262 の安全要件を達成しています。生産性も社員の満足度も向上し、より高い信頼性を実現できていることが、方向性の正しさを裏付けています。このアプローチは Bosch グループ内だけでなく SAFe の世界においてもパイオニア的な取り組みであると見なされています。アジャイル手法を実践しているという事実は、熟練した人材を求める競争の激しい市場において ETAS の魅力を高めることにもつながりました。そうした効果にも勇気づけられ、私たちは今後もコネクテッド製品の未来へ向かって、アジャイルな道を歩んでいきます。

執筆者

- Richard Mutschler**, ETAS GmbH
アジャイルリーダーシップチャプター主任 兼
コンピテンス&ソリューショントレインエンジニア、
リーンアジャイルセンター長
- Oliver Trost**, ETAS GmbH
プロダクトマネジメント分野チャプター主任
- Jürgen Crepin**, ETAS GmbH
シニアマーケティングコミュニケーションマネージャ

ETAS における SAFe の導入

Günter Gromeier、Adrian Hanussek へのインタビュー

ETAS は数年前、計測・適合・診断 (MCD) とソフトウェアエンジニアリング (SE) の 2 つの分野において Scaled Agile Framework (SAFe) を導入しました。その背景について、営業部門 取締役副社長の Günter Gromeier、エンジニアリング 担当ヴァイスプレジデントの Adrian Hanussek の二人に聞きました。

SAFe といえば、主に開発領域のトピックになりますか？

Günter Gromeier : SAFe に関しては、製品管理と開発との間に決まった境界線はありません。どちらの領域も等しくプロジェクトの始動に関わりました。

ポートフォリオ管理*における役割とエンジニアリング管理における役割は互いに補完し合うものであり、緊密な協力が行われています。

変革のキーポイントは？

Adrian Hanussek : 目標は、アジャイルな組織原理を体系的に適用し、未来に備えて ETAS の体制を整えることです。どのような組織構造が事業の成長にとってベストであるのか、私たちは自問してきました。本プロジェクトが始まる前の組織構造は、社員を部門やグループに配属するという従来型のものでした。しかし責任や役割が重複することによって対立が生じてしまい、時間とエネルギーが無駄に費やされることがよくありました。また、いくつかの領域ですでに存在していた Scrum チームについては、組織の規模を調整するのが難しいことがわかったのです。

私たちに必要だったのは、構造を一新してコミュニケーションと同期のプロセスを簡素化し、組織間の連携を強め、応答性と効率性を高めることでした。そしてその構造は、社員が現代的な環境において十分な支援を得てスキルアップできるようなものであるべきなのです。

SAFe の導入がもたらす最大の変化は？

Günter Gromeier : 最も明らかな変化といえば、組織を「トレン」^①と呼ばれる業務構造と「チャプター」^②と呼ばれる組織構造とに分けたことです。共同作業のスタイルも、SAFe の潜在的なメリットを最大限に活かせるよう調整しています。意思決定はヒエラルキーの中の個人が下すものではなく、さまざまな「役割」に責任が分散されます。

チャプターとトレンとの連携は、どのように？

Adrian Hanussek : チャプターには、同種のスキルを持ち、似たような役割と職務を遂行する人材が集められます。このチャプターから各プロジェクトにスタッフが供給され、「アジャイルリリーストレン」^③という組織ができます。彼らはプロジェクトの目標とソリューションを定義し、優先順位付けや予算組みも行います。

このような構造にすることで、共同作業、立案、透明性、企業戦略と組織構造との整合性、といった面での改善が得られるだけでなく、社員のモチベーションと満足感を高めることもできるでしょう。

変化に備えて、社員はどのような準備を？

Günter Gromeier : 新しい役割の割り当てには透明性のある方法を用い、さまざまなワークショップやトレーニングコースを実施しました。

そうすることで、新しい組織構造を展開するための確かな基盤を作ることができました。また、プロジェクトを開始した当初から、経営陣、人事、労使協議会とも緊密に連絡を取り合いました。

目標は達成されましたか？

Adrian Hanussek : このように大きな変化が確実に根付くには時間がかかるものですが、それでも私たちが選んだ道は成功へと続いていると確信しています。お客様からいただくフィードバックも、私たちの方向性が正しいことを示しています。

新しい ETAS の取り組みについてお話しいただき、ありがとうございました。

* このインタビューの時点では、Günter Gromeier は ETAS GmbH のマーケティング・事業戦略・ポートフォリオ管理担当ヴァイスプレジデントでした。



Günter Gromeier (左) と Adrian Hanussek (右)

「私たちが選んだ道は成功へと続いていると確信しています。」
Adrian Hanussek

ともに成功するために!

協調開発ソリューションこそ成功への鍵

転換、変化、変容、不確かさ。これらは自動車産業の現状を最も的確に言い表す言葉であるといえるでしょう。e-モビリティ、コネクティビティ、自動運転（支援）、モビリティサービス、車載アプリケーション…。取り組むべき技術は増える一方です。今後何が市場に登場するのか、それはいつなのか、誰にも断言することはできません。唯一、誰もが認めているのは、多くのイノベーションの主役は「ソフトウェア」だということです。

変化を求める圧力は巨大なものになっています。IT業界の大物たちがこぞって市場に参入し始めており、この分野におけるモビリティビジネスモデルの革新がますます重要になってきました。多くのソフトウェア開発プロジェクトが、ハードウェアから切り離された形で行われています。さらに車載ソフトウェア、特に ADAS/AD の分野には、きわめて高度な安全要件とセキュリティ要件が課されています。このような状況の中で、革新的なソフトウェアを迅速に、そして安全に、しかも低コストで市場に投入することが大きな課題となっています。しかも、ソフトウェアを提供した後も現場で絶えずアップデートする必要があるのです。これを実現するには、アジャイルな開発手法、仮想化された妥当性確認、シームレスな統合と実装 (continuous integration and deployment : CI/CD) のすべてが揃う必要があります。

開発プロセスを詳しく見ると、4つの重要なエリアがあるのがわかります (図を参照)。すなわち (1) 機能アプリケーションソフトウェア、(2) マイクロコントローラ/マイクロプロセッサベースのハードウェア向けミドルウェア、(3) サイバーセキュリティのためのホリスティック (包括的) なソリューション、(4) 大量のデータを扱う複雑なシステムの開発を従来型の開発ワークスペースでもクラウド上でも、セキュリティを守って効率よく行える開発ツール、の4つです。

アプリケーションソフトウェアは自動車メーカー (OEM) を差別化する大きな要素となり得るものです。一方、ミドルウェア、セキュリティ、ツールの3つは、標準化と開発プラットフォームの共通化が見込める分野です。標準化や共通化は相乗効果を生むと同時に、より高度な安全性とセキュリティを提供します。機能安全の検証や不断のセキュリティ対策のために力を注げば注ぐほど、とてつもなく複雑なソフトウェアと、高度なコネクティビティ、そして頻繁なアップデートが必要になり

ます。この難題を解決するための方法は、たった1つしかありません。それは皆で力を合わせることです。

そうすれば自動車メーカーとサプライヤは、独自のセールスポイント (USP) になるアプリケーション機能の開発に専念できるようになり、目的をより短期間で達成することができるでしょう。成功を確かなものにするには、ミドルウェア、セキュリティソリューション、開発ツールの3つを上手に連携させることが最重要となります。それができたときに初めて開発パートナーはソリューションの付加価値を高め、目標を達成できるのです。

開発効率、ソフトウェアの最適化、数々の機能を受け持つミドルウェア、包括的なサイバーセキュリティ - 難しい課題だらけの市場において、ETAS はお客様の成功を実現するための重要な存在であると私たちは信じています。

車載ソフトウェアの開発の世界には、かつてないほど急速で広範囲に及ぶ変化が起こっています。積極的で緊密な協調とパートナーシップが、過去に類を見ないほど重要になっているのです。単一のソリューションの時代は明らかに終わりを告げました。ともに新しい時代を進みましょう。

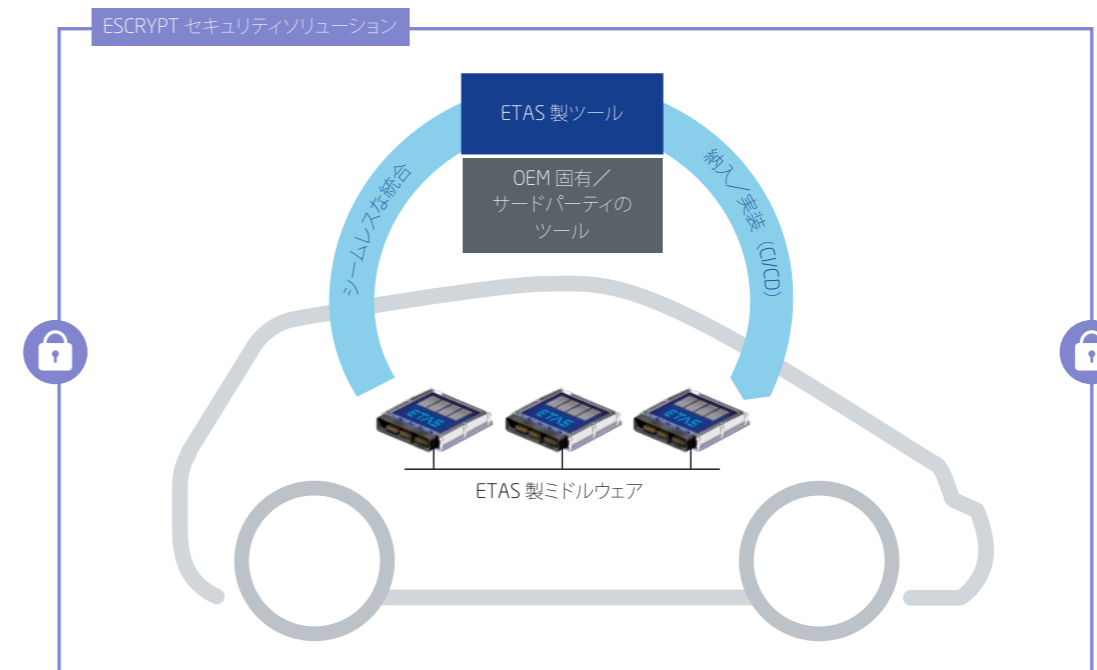
執筆者

Günter Gromeier, ETAS GmbH

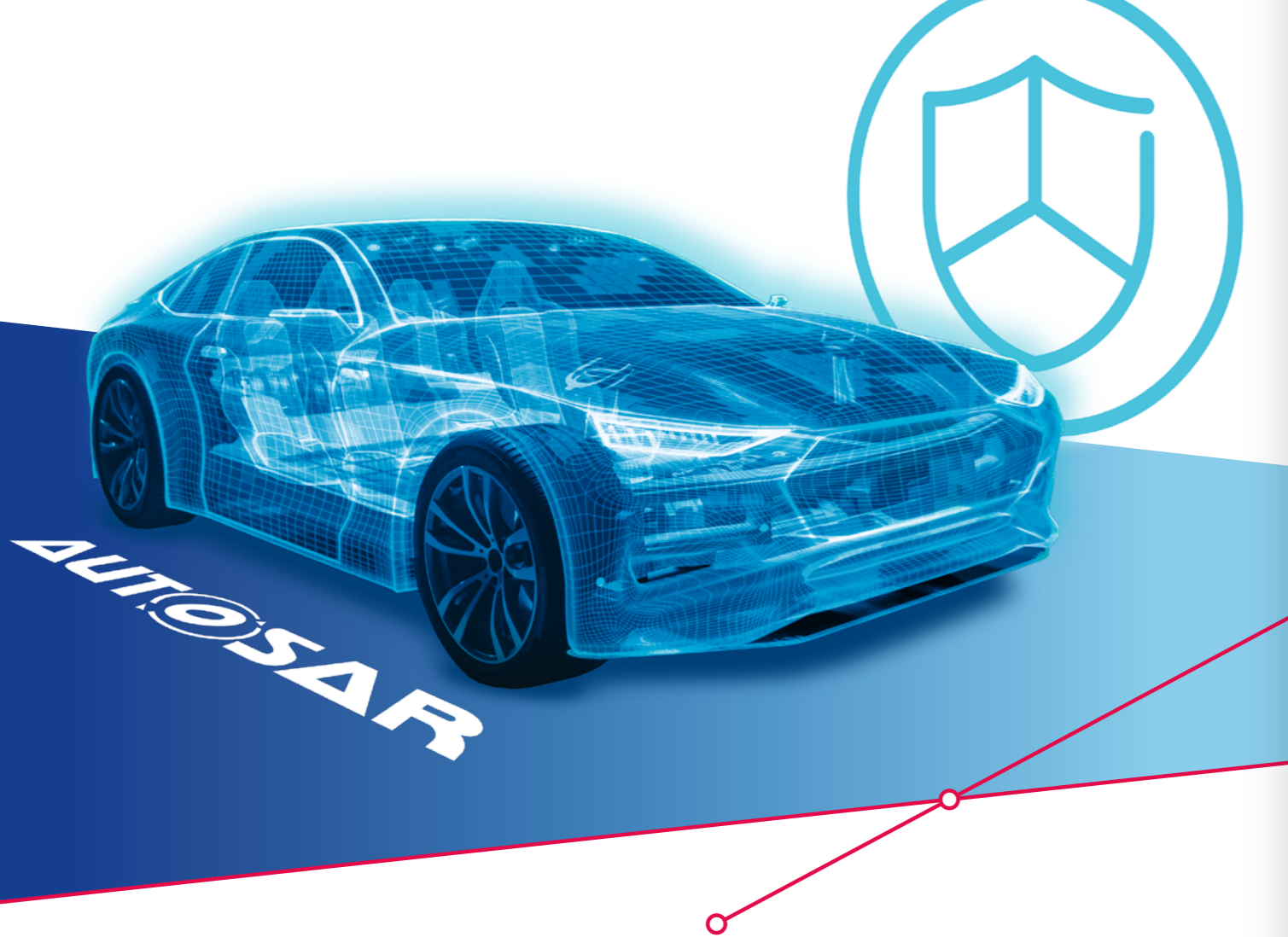
営業部門 取締役副社長

Jürgen Crepin, ETAS GmbH

シニアマーケティングコミュニケーションマネージャ



ミドルウェア、セキュリティソリューション、開発ツールの連携により、効率のよい CI/CD の開発プロセスが可能になります。



サイバーセキュリティ対策も万全

AUTOSAR Adaptive アーキテクチャのセキュリティ

AUTOSAR Adaptive はインテリジェントなコネクテッドカーの実現を可能にします。この規格のひとつに、サイバー攻撃を確実に防ぐことを目的としたセキュリティ機能があります。この機能を今から組み入れることで、未来の E/E アーキテクチャを実現することができるのです。

高度に自動化された自動運転コネクテッドカーの時代に入った現在、シグナルベースの通信と機能ごとに分割した ECU とで構成される E/E アーキテクチャは、限界を迎えようとしています。自律性とコネクティビティが強く求められる中、E/E アーキテクチャは機能が集約された高性能ビークルコンピュータ (VC) およびドメインコントローラ (DCU) に制御を行わせ、センサ/アクチュエータ用 ECU が単にコマンドを実行するという形にシフトしています。

この新しい E/E アーキテクチャにフレームワークを提供するのが、AUTOSAR Adaptive のプラットフォームです。このフレームワークではアプリケーションソフトウェアを動的に実行することができ、AUTOSAR Runtime for Adaptive Applications (ARA)

を利用して、Linux などの POSIX オペレーティングシステムにインターフェースすることが可能になります (図 1)。さまざまなベンダーによる、ASIL カテゴリーが異なるソフトウェアを安全に VC 上で稼働させるための手段として、事前に構成が設定されたハイパーバイザによるパーティショニングが行われます。

サイバーセキュリティ管理

最新鋭のコネクテッドカーは個別のセキュリティ対策では守ることができません。必要なのは、車両アーキテクチャ全体のリスク分析に基づいた「統合されたセキュリティ」という考え方です。この概念は、各コンポーネントのセキュリティ要件、ECU のセキュリティ要件、および ECU の論理パーティションのセキュリティ要

件の 3 つに分けて考えなくてはなりません。そこで AUTOSAR Adaptive には、さまざまなセキュリティ機能を統合した 1 つの基本セットが記述されています。開発者はこの基本セットを用いることで、自動運転コネクテッドカーシステムの、絶えず変化する量的・質的な保護要件に対応することができるのです。分散型のソフトウェアベースの E/E アーキテクチャの場合、リアルタイム条件下でのデータ負荷が非常に大きくなるため、セキュリティ対策においても、より高いパフォーマンスが要求されます。そのため、AUTOSAR Adaptive には以下に挙げるようなセキュリティ機能が組み込まれています (図 2)。

「重要コンポーネント」としての暗号化機能

セキュリティの使用事例の多くは暗号プリミティブに依存しています。例えば重要データを暗号化する、ソフトウェア更新時に署名を検証するといった場面が考えられます。その際に必要な暗号鍵と証明書は安全な場所に保管し、権限のあるアプリケーションで管理しておかなくてはならず、場合によっては複数の ECU 間で同期させておく必要もあります。AUTOSAR Adaptive では、これらのプリミティブは暗号化ファンクションクラス (暗号 API ともいう) を通して提供されます。これには提供されたインターフェースを抽象化する機能があるため、ソフトウェア全体としての移植性が高くなります。

データのやりとりを安全に行えるよう、AUTOSAR Adaptive はイーサネットを介した TCP/IP 通信などの最新規格に準拠しています。また、TLS と IPSec という、IT の世界で実績のあるプロトコルを採用することにより、不正な操作や窃取をシャットアウトする安全な通信チャンネルを、車両内部の通信や外

部インスタンスとの通信用に確立することができます。

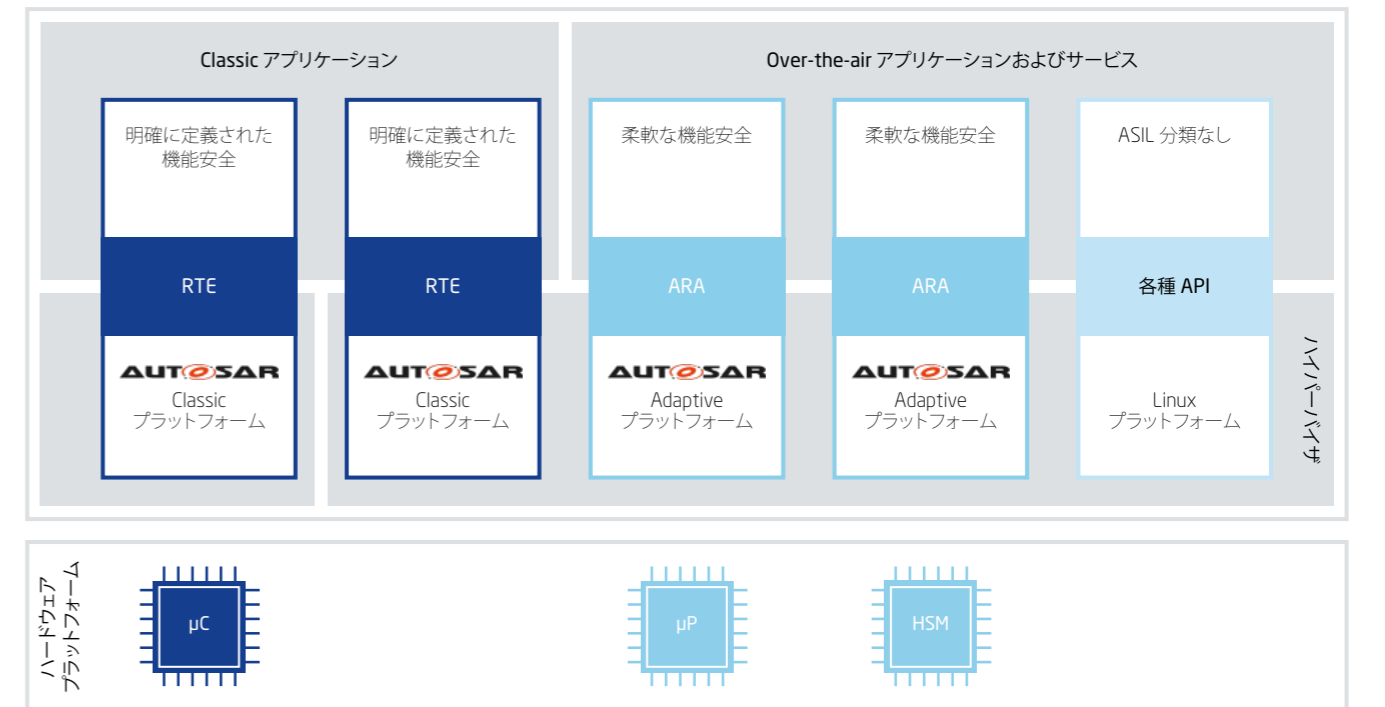
AUTOSAR Adaptive は不揮発性メモリ、通信チャンネル、暗号鍵などのシステムリソースへのアクセスを管理します。AUTOSAR Identity & Access Management モジュールは、明示的に権限を許可されたアプリケーションだけに各リソースへのアクセスを許す、いわば門番の働きをします。アクセス権を必要に応じて設定でき、随時更新することもできます。

セキュアアップデート (安全な更新) とトラステッドプラットフォーム (信頼できるプラットフォーム)

AUTOSAR Adaptive のセキュアアップデート機能は、例えば IDS (Intrusion Detection System: 侵入検知システム) などによって検出された脆弱性を修正するために役立つもので、個々のアプリケーションや、時にはプラットフォーム全体のセキュリティに関わる更新データを受信し、処理します。1 つ 1 つの更新用データ (Blob) にはバックエンドによる署名が付されているため、信頼する配信元から送られてきた更新データのみが実行されます。

更新データだけでなく、ECU 用および VC 用のアプリケーションの検証も定期的に行わなければなりません。そのために AUTOSAR Adaptive ではセキュアブート、あるいはトラステッドプラットフォーム機能というものが使われます。トラステッドプラットフォームはトラストアンカーとして、すべてのアプリ

図 1: AUTOSAR Classic が静的なリアルタイム要件のシステムを対象とするのに対し、AUTOSAR Adaptive は動的アプリケーションを扱うという点で区別されます。



RTE = ランタイム環境
μC = マイクロコントローラ

ARA = AUTOSAR Runtime for Adaptive Applications
μP = マイクロプロセッサ

API = Application Programming Interface
HSM = Hardware Security Module

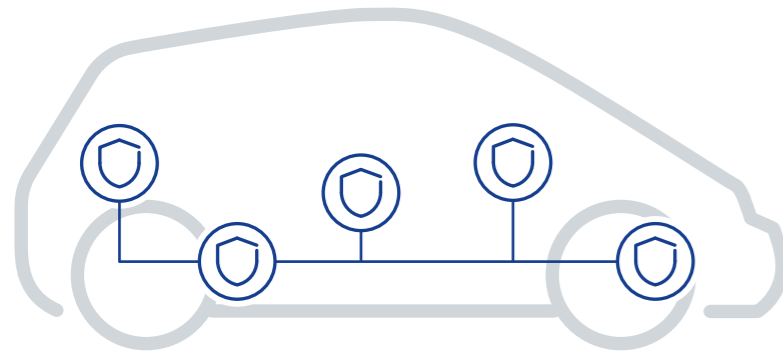


図2：AUTOSAR Adaptive のセントラルセキュリティコンポーネント

ケーションを検証し、プラットフォーム自体の検証までも行います。起動からプラットフォーム、アプリケーションまでを含めたトラストチェーンが維持されることで、信頼できるソフトウェアだけが実行されます。

RTA-VRTE：AUTOSAR Adaptive のためのプラットフォームソフトウェアフレームワーク

未来の AUTOSAR Adaptive ユーザーにとって、今日の新しいアーキテクチャに精通しているかどうかは非常に重要な意味を持ちます。Vehicle Runtime Environment (RTA-VRTE) のプラットフォームソフトウェアフレームワークは、セキュリティ機能の統合・実装をはじめとする、ありとあらゆる AUTOSAR Adaptive 準拠プロセスの理想的な基盤となります。

RTA-VRTE には、マイクロプロセッサベースのビークルコンピュータを実現するための重要なミドルウェア要素のすべてが揃っています。このプラットフォームソフトウェアフレームワークを使用すれば、仮想 ECU の機能を普通のデスクトップパソコン上でシミュレー

AUTOSAR Adaptive のセキュリティコンポーネント

- 暗号スタック (キーマテリアル管理、暗号プリミティブへのアクセス管理)
- 実績ある TLS / IPSec プロトコルを介したセキュアな通信
- 重要リソースに対するアクセス保護 (例: Identity and Access Management モジュールによる鍵の保護)
- 個々のアプリケーションからプラットフォーム全体まで、すべてを対象とするセキュアアップデート
- 「トラステッドプラットフォーム」の一部であるセキュアブートの連続したトラストチェーンで認証されたアプリケーション

トし、イーサネットを介してネットワークに送信することが可能になります。RTA-VRTE は、4 層の基本のソフトウェアアーキテクチャからなる仮想マシンを作成します。そして 5 層目には車両固有のプラットフォームサービスが搭載されます (図 3)。

レベル 1 とレベル 2 には、使用するハードウェアのためのインフラストラクチャソフトウェア (デバイスドライバなど) と POSIX 互換のオペレーティングシステムがあります。レベル 2 には、AUTOSAR Adaptive 規格に由来するプラットフォーム固有の要素もあります - その筆頭が実行管理 (execution management) で、これは動的に割り当てられたアプリケーションが適切に起動・終了するよう管理し、リソースの割り当てと実行時間が守られているかを監視します。つまり実行管理は信頼できるプラットフォームを提供し、Adaptive アプリケーションの完全性と真正性を検証するという意味で、IT セキュリティにおける重要機能の 1 つです。これによって不正な操作や損

図3：RTA-VRTE の 5 層モデルは VC 用ソフトウェアの重要な機能と要件を支援します。

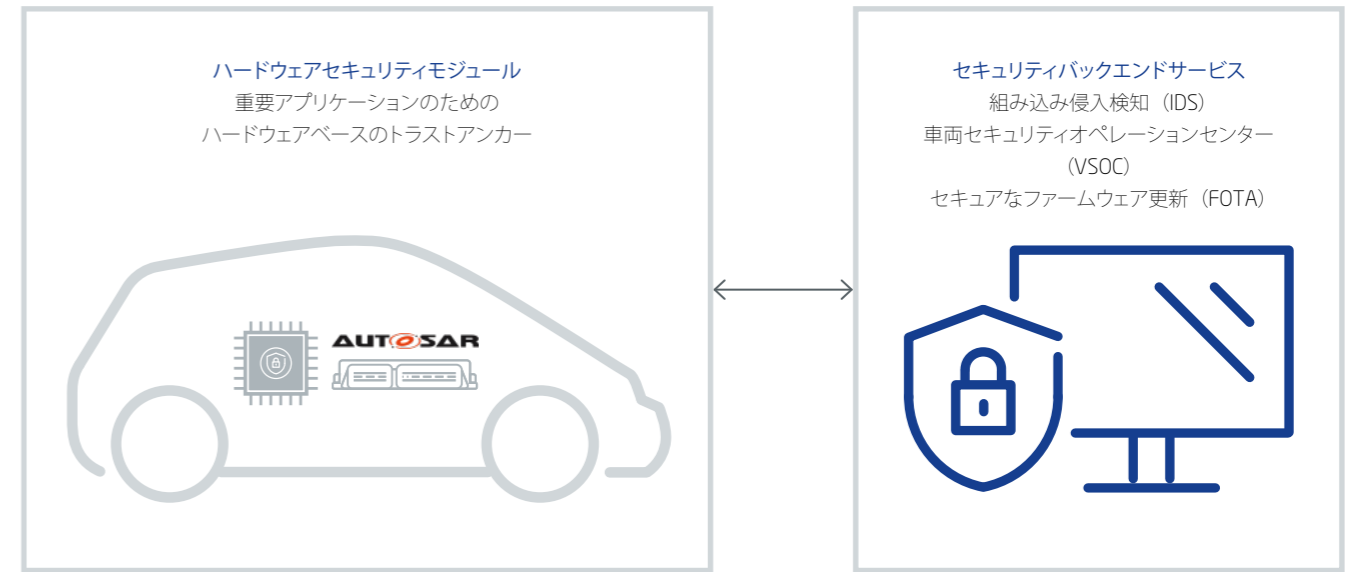
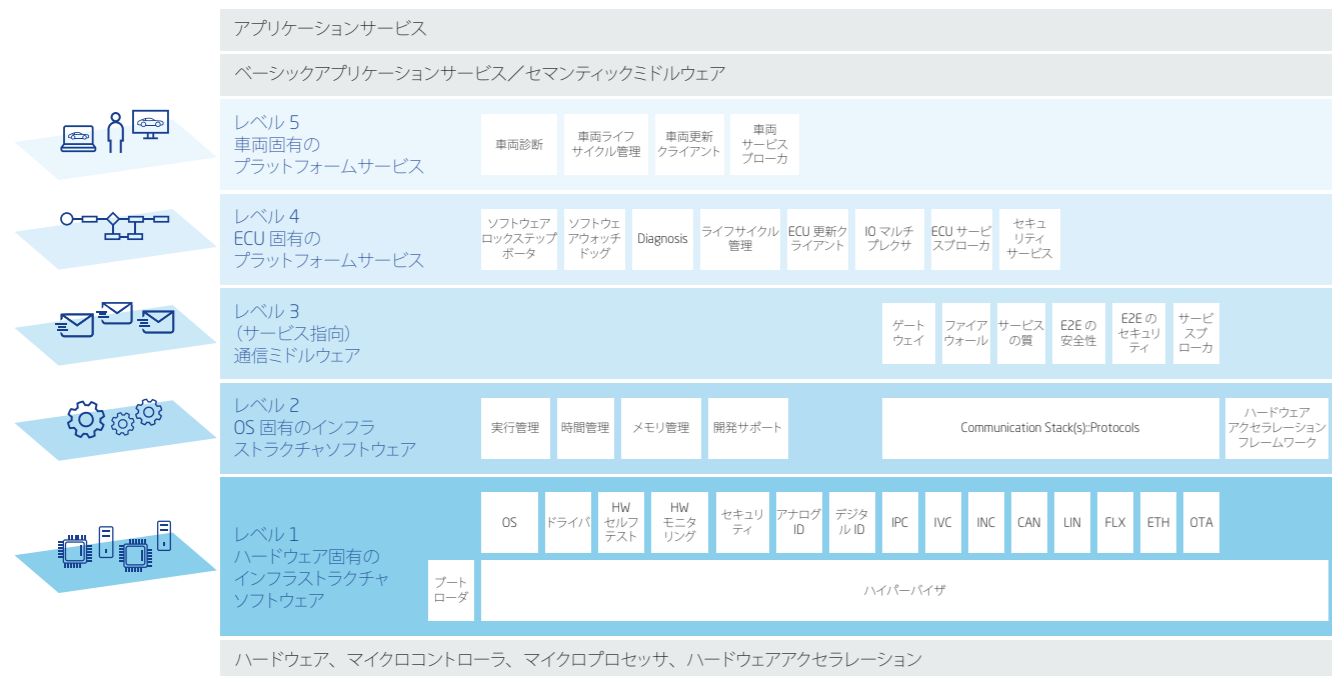


図4：自動車の組み込みサイバーセキュリティ：マイクロコントローラにおけるトラストアンカーとしてのハードウェアセキュリティモジュールと、車両のライフサイクル全体にわたるセキュリティ監視

傷を事前に検知することができます。

さらに、レベル 3 の通信ミドルウェアは、動的で柔軟な Adaptive アプリケーションやその他のソフトウェアアプリケーションのシステムへの統合を保証します。

通信管理 (communication management) は RTA-VRTE の中核的なコンポーネントとして、レベル間のインタラクションを管理/制御するものであり、レベル 4、5 の ECU および車両に依存するプラットフォームサービスを含む、カプセル化されたソフトウェアのスムーズな動作を保証します。この機能はまた、認証済みアプリケーションが提供するサービス間のエンドツーエンド通信を保護する、サイバーセキュリティ上重要な役割を担っています。

RTA-VRTE の通信管理はレベル 4 の ECU 固有サービス群とともに、車載アプリケーション用の汎用フレームワークをアプリケーション開発者に提供します。レベル 4 にはセキュリティ保護のための更新/構成マネージャ (update and configuration manager : UCM) もあり、各アプリケーションの認証済みアップデートの実行を支援し、プラットフォーム全体にわたってアップデートの調整を行います。RTA-VRTE のレベル 5 では、AUTOSAR++ のアスペクトによって車両全体、さらにはフリート全体の機能が統合され、堅牢な無線通信 (over-the-air : OTA) による RTA-VRTE AUTOSAR Adaptive アプリケーションセットのアップデートが可能になります。

展望：AUTOSAR Adaptive の先にある包括的セキュリティ

2020 年には世界中で、AUTOSAR Adaptive 車載プラットフォームを採用することを旨とするプロジェクトに、RTA-VRTE が使われ始めています。また、ETAS と ESCRYP T が提供する Early Access Program (EAP) により、自動車メーカーやサブ

ライヤによる次世代のハイブリッド E/E アーキテクチャの開発手法を確立することが可能になり、すでに AUTOSAR Adaptive を通じて利用可能なセキュリティコンポーネントをも実装できるようになりました。

それらのセキュリティモジュールを備えた上で、さらに必要とされているのは、真に包括的な自動運転コネクテッドカー向けサイバーセキュリティの概念です。まず、トラストアンカーとしてのハードウェアセキュリティモジュール (HSM) による暗号鍵マテリアルのカプセル化を、VC マイクロコントローラまたは ECU 上で物理的に可能にします。次に、それをフリート全体に拡大して全ライフサイクルにわたって車両を保護するとともに、車載型の攻撃検知、バックエンドの車両セキュリティオペレーションセンター (VSOC)、無線通信によるファームウェア (Firmware Over-The-Air : FOTA) セキュリティ更新を実装します。

開発者は RTA-VRTE のプラットフォームソフトウェアフレームワークを用いて、AUTOSAR Adaptive ベースの E/E アーキテクチャに仮想環境で生命を吹き込むことが可能になります。そうすることで、サイバー攻撃に対する包括的な防御の基盤が拡張されます。未来の車両においては、防御の基盤をマイクロコントローラから車載ネットワークへ、そしてライフサイクル全体にわたるフリート単位のモニタリングへと拡大していかなければなりません。

執筆者

Dr. Michael Peter Schneider, ESCRYP T
AUTOSAR Security プロジェクトマネージャ
Dr. Stuart Mitchell, ETAS GmbH
RTA-VRTE 担当シニアプロダクトマネージャ

AIとクラウドによる 低排気パワートレインの 開発

クラウドベースのシミュレーションで高効率を実現する

実路における走行排出ガスの規制が始まったことにより、もともと費用のかかる複雑なプロセスだったパワートレイン開発にまた1つ、複雑な要素が加わりました。ETASでは、これ以上時間とコストを増やさないために、路上テストとベンチテストを仮想化する取り組みを進めています。クラウドベースのシミュレーションと人工知能(AI)を組み合わせることで、開発シーンは新たな局面を迎えており、法規制に適合する低排出ガスパワートレインの開発効率は一段と高まることが予想されています。

今日の車両開発はきわめて複雑なプロセスであり、中でもパワートレインの開発では、数多くの機能との連携を考慮しなくてはなりません。何百人もの開発者が部門や企業の境界を超えて、エンジンコンポーネント、補助コンポーネント、ECU機能等の開発に並行して携わっており、何か1つを変更すれば他の全員の作業に影響を及ぼすことさえありうるのです。運転挙動や機能安全、ガス排出などへの影響を検知・測定するためにテストベンチと路上テストが用いられますが、それには非常に高価なプロトタイプと計測装置が必要です。ところが、ここに1つの問題が浮上します。それは実路での走行テストは再現不可能だということです。通行量、気象条件、運転挙

動その他のパラメータは絶えず変化するうえに、ドライバーの運転の仕方もそれぞれ異なっているからです。したがって、テスト車両の数も熟練した人材も十分に集められない場合には、システム変更の影響を実路で評価することは信頼性が低く、効率もよくありません。ましてや寒冷地や高地でのテストとなると、長距離の移動を伴うことがしばしばです。テスト結果を再現可能なものにして、開発サイクルを短縮し、しかも開発プロセスの複雑さにも対応するには、仮想化こそが鍵となると考えられています。最適な条件が整えば、現実のテストと計測はシミュレーション結果の検証のためにだけ行うことになるでしょう。

図1：車両の妥当性確認に費やす時間ー過去と現在。



仮想化による体系的な開発への道

ETASは早くから仮想化の可能性に気づき、個々のコンポーネントや車両全体のシミュレーションを行うためのソリューション製品を、何年もかけてラインナップしてきました。一方、自動車メーカーは、いっそう複雑化し、バリエーションの数も増え続けるパワートレインをEuro 6d-TempおよびEuro 7の排ガス基準に適合させる必要に迫られています。複雑化がもたらしたこの困難な状況の中で、ETASがこれまでに築き上げてきた土台が解決への足掛かりとなることが証明されようとしているのです。排ガスの計測は実走行サイクルで行わなくてはなりません。実路走行排気(Real Driving Emissions: RDE)の計測には車載型排ガス計測システム(Portable Emission Measurement System: PEMS)を使用します。数回計測を行って統計解析を実施し、基準を満たしていることを確認します。この解析の性質上、テストと妥当性確認の作業量が管理しきれないほどに膨れ上がるおそれがあります。そのときにこそシミュレーションが役立ちます! 現実のドライバーとプラントモデルを用いたシミュレーションにより、十分な効果を得ることができるのです。エンジンから補助コンポーネント、シャーシ、タイヤ、排ガス処理に至るまでの各種機能はもちろんのこと、幅広い環境条件下における車両ドメイン間の連携も評価で

き、それでいて作業量は驚くほど少なくなります。このような現実に即したシミュレーション環境には、多くの利点があります。高価な車両プロトタイプの数減らすことができ、時間のかかる準備(車両の温度を安定させる、計測器の校正をする、ECUをリセットするなど)は不要になります。測定誤差やケーブルの緩みが原因でスケジュールが崩れる心配もありません。したがって、妥当性確認フェーズの計画はより確実なものになります。

クラウドで広がる効率と品質面での可能性

奇妙に聞こえるかもしれませんが、実路での走行排気測定を実施するにあたっては、「現実性」が最大のハードルとなります。現実の世界では忠実に再現可能なテスト走行は行えないうえ、測定誤差のリスクもあり、時間のかかるテストの並列化はほとんど不可能になるからです。事態を一層困難にするのは、さまざまな気候条件や地形的条件でのテストには多大な時間と労力を要することです。さらに費用や組織上の要因から、RDEの測定に起用できるテストドライバーの数も制限されます。そのような理由から、開発プロセスで十分なテスト

データを得られるかどうかは、熟練したエキスパートがいかに綿密なテスト走行計画を事前に作成できるかにかかっています。それでもなお、テスト作業の量が増えれば増えるほど、不確実な要素やボトルネックが生じるでしょう。

それに対し、対応するモデルを用いた高品質のシミュレーションでは、仮想テスト走行を並列に、それぞれ何十万回も繰り返して実行し、必要なだけ再現することができます。最適なワークフローを実現するために、ETAS、Bosch、ESCRYPTの3社が協力して、それぞれが提供可能なシミュレーションのプラットフォーム、ツールおよびモデルをクラウド上で融合させました。そして人工知能と最新のITセキュリティに裏付けられた、スケーラブルで安全なシミュレーション環境を構築しています。クラウドの計算能力のおかげで、パワートレイン開発者は何千回ものテスト走行を並列実行することができます。そうして詳細なモデルベースの解析と回帰テストを行うことで、パワートレイン/ECU用ソフトウェアにおける変更をモニタリングし、妥当性を確認します。このことは効率の改善をもたらすとともに、品質の向上にもつながります。

が、実路走行モデルの方は、AIを利用して新たに開発する必要があります。この開発には、実走行時のGPSデータを地図情報によって補完した広範なデータベースを使用します。また、さまざまなタイプのデモ車両とドライバーが、さまざまなルート特性、気象条件、交通状況のもとで測定値を記録した豊富な走行データも取り入れます。当社の開発チームはこれを使ってAIの助けを借りながら、きわめて変化に富んだ実走行モデルを作成しました。こうして生成された走行軌道は、実際の速度/勾配/ギアシフトなどの特性をベースにしているため、クラウド上で仮想車両を用いたテストを必要なだけ何度でも、並列実行することができます。

仮想車両をクラウドで利用可能に

ETASの仮想化ツールキット(図3)を使う準備が整った後、次の目標は、ユーザーがこの新しいオールインワンのソリューションを当社のクラウドサービス上で実際に利用できるようにすることでした。

これを実現するためのステップとして、ESCRYPTによる詳細

開発者はクラウド上で何千何万というシミュレーションを並列実行できると同時に、高性能のソリューションにアクセスすることも可能になり、現実のテスト走行ではとてい(予算的にも)考えられないような包括的なデータベースを利用して、RDEテストを実施できるようになります。このデータベースを使えば、仮想RDE測定データの妥当性確認のために行う実路テストの準備も簡単になります。

この種のソリューションが成功するか失敗するかは使い勝手によって決まります。開発者はシミュレーションをフルクラウドで実行する前に、ローカルワークステーションからシステム全体にアクセスして、モデルが適正に機能するかどうかを検証できます。また、テストの評価を効率的に行うために、目的に応じたテラーメイドのデータ解析を実施できます。素早く、しかも計画的に、統計学的に意義のある走行データを収集できる本ソリューションは、法規制に準拠したパワートレイン制御システムの設計を万全のセキュリティのもとで進めるために不可欠のものとなるでしょう。

まとめと展望

ETASが提供する、現実の走行軌道と車両モデルに基づいたクラウドベースのシミュレーションは、ますます多様化する走行スタイルとRDE規制に対応するための洗練された革新的なソリューションです。しかし、それだけではありま

せん。この最新のアプローチは品質の大幅な改善も約束します。新しいパワートレイン設計手法を取り入れることで、少数のドライバーが再現性のないテスト走行を行う代わりに、桁違いの数のテスト走行を仮想環境で並列実行することができます。さらにAIの支援によって、あらゆる交通状況を統計学的に意義のある軌道としてシミュレートできます。仮想化という間接的な手順を通して、RDEサイクルに必要な現実に即したテストが実現可能になるのです。

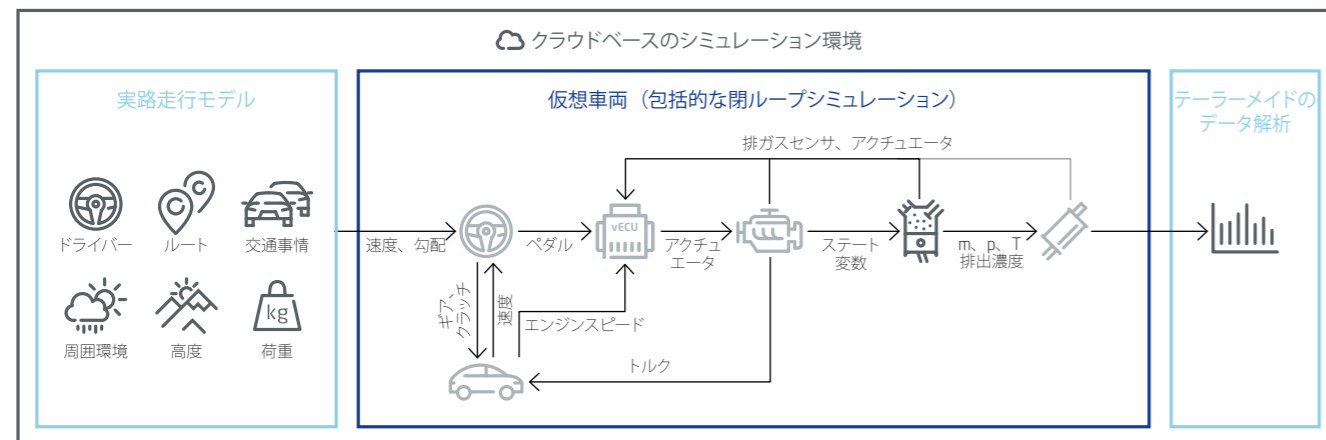
ETASはこの新手法に用いる車両、プラントおよびドライバーのモデルに絶えず改良を加えており、クラウドベースのシミュレーションのためのツールチェーンに組み入れています。完全に仮想化された開発手法は、すでに提供を開始しています。次のステップは、コラボレーションをさらに効率化するクラウドベースのソリューションを利用できるようにすること、そして、仮想テストの評価のためのAIアルゴリズムを進化させることです。ETASはこれらの開発を進めています！

最終的に目指すべきものは、パワートレイン開発の世界を一新する最先端のソリューションです。

執筆者

Dr. Nils Tietze, ETAS GmbH

計測・適合・診断分野担当ソリューションマネージャ



- 仮想化サービス: 排ガス対応のパワートレインシステムモデルを、カスタマイズを加えて仮想化します (仮想車両)。
- ETASのソフトウェアサービス: スケーリング可能なクラウドシミュレーションにより、開発の反復ステップを迅速化します。統計学に基づいた運転サイクルモデルをAIによって作成します。
- AIを用いたアプローチ
- 物理モデル

図2: クラウドベースの開発環境

クラウドベースのプラットフォームを活用すれば、部門や企業の枠を超えたパワートレイン開発者同士のコラボレーションを、従来とはまったく違うレベルで行うことが可能になります。ただし現時点では、対処しなければならない課題が残されています。

実路走行における課題

仮想車両によるテスト走行で実走行に近いデータを得るには、多様な運転スタイル、ルート特性、気象条件、交通状況などをシミュレートするシナリオを用意する必要があります。この役割を担うのが実路走行モデルです。車両モデル(仮想車両)はETASがすでに提供しているソリューションを利用できます

なりリスク分析を実施し、きわめて機密性の高い開発データを保護するための包括的なセキュリティ概念を確立しました。現在、ISO 27001 認証取得に向けて準備を進めています。Software-in-the-Loop (SiL) メソッドと同じように、仮想車両には仮想ECUが機能モックアップユニット(FMU)として組み込まれています。仮想ECUは標準のバスを介して、各シミュレーションに組み込まれたモデルとデータの送受信を行います。パワートレインプロジェクトでは、仮想車両は排気管からのガス排出を正確に再現します。チームはそのために、内燃機関用の高度な排ガス処理モデルおよび排出モデルを、ETAS ASCMO を用いて作成しました。

図3: 仮想車両開発のための自由にスケーリング可能なモジュール式ソリューション





エンジン制御全体をカバーする次世代 RCP 環境を構築

日産自動車の第4世代 MBD プロセスの開発を ETAS が徹底支援

エンジンを制御するソフトウェアは、規模も複雑さも増大し続けています。より高品質な制御ソフトウェアを、より高効率に開発するためには、モデルベース開発 (MBD : Model Based Design/Development) および RCP (Rapid Control Prototyping) を駆使した開発が必要不可欠です。ただし、これまでエンジン制御のような大規模ソフトウェアの場合一部だけしか RCP の対象にできませんでした。日産自動車株式会社 (以下、日産) と ETAS は、制御ソフトウェア全体を対象にした RCP の評価プロセスとツールチェーンの共同開発に挑みました。そして、前例のない大規模なモデルを対象にした RCP を量産プロジェクトに適用できるレベルで完成させました。

段階的な MBD の導入で、制御の大規模化と複雑化に対応
 年々厳しくなる環境規制に対応するため、エンジン制御のソフトウェアは、ますます大規模で複雑になってきました。自動車メーカーやサプライヤ各社は、限られた人数のエンジニアで、厳しい要求に応える制御ソフトウェアの必要に迫られています。日産は、エンジン制御ソフトウェアを、より高品質、より短時間で開発する環境を整備するため、1990年代から MBD の段階的導入に取り組んできました。1999年に導入した「第1世代」では制御の一部をモデル記述し、2006年導入の「第2世代」では自動コード生成の利用拡大と物理モデルと制御モデルを組み合わせさせたシミュレーションを適用し、2013年に導入した「第3世代」では制御アプリケーション全体を「テンプレート」としてモデル化し、社内外で共有する体制を整えました。2019年時

点では、約85%のプロジェクトに第3世代以降の MBD 開発を適用しています。近年では、エンジン制御ソフトウェアのアーキテクチャ刷新にも取り組んでいます。これまで日産では、「N-EMS (Nissan - Engine Management System)」と呼ぶ独自アーキテクチャを採用していました。ただし、アライアンスを組むグループ企業であるフランスの Renault との間にはアーキテクチャの違いがあり、グループ全体を俯瞰すればさらに効率化する余地が残されていました。

また昨今のソフトウェア開発標準化の重要なカギである AUTOSAR も大きく取り入れることで、更なる開発効率化や大幅な開発費削減も可能になります。そこで現在、制御ソフトウェアのアーキテ

クチャと MBD プロセスを、Renault などアライアンス企業間で共有する、AUTOSAR ベースに設計された「A-EMS (Alliance - Engine Management System)」を定義、さらなる効率化を目指す「第4世代」の MBD プロセスとしてアライアンス間のグローバル標準にする取り組みを進めています。

モデルの共用・有効活用を可能にする V & V サイクル

日産では実際のプロジェクト開発プロセスに沿うように、MBD の V 字サイクルを2つ組み合わせさせた階層的開発プロセス「ダブル V サイクル」を採用しています (図1)。

1つ目の V 字サイクルでは、再利用可能な動作検証済みのソフトウェア部品 (SWC) のモデルを開発します。開発したモデルはアライアンス間で共通のデータベースライブラリに登録し、自社内またはアライアンス企業間の開発プロジェクトで共有して有効利用します。

2つ目の V 字では、N-EMS や A-EMS ルール / プロセス に沿って制御ソフトウェアを組み上げます。エンジン性能に大きく影響するアプリケーションソフトウェア (ASW) は自動車メーカーが開発し、自動車メーカーにとっての非競争領域であるベースソフトウェア (BSW) や OS はサプライヤが設計 / 選定します。その際、自動車メーカーはライブラリ中の部品を組み合わせながら「テンプレート」と呼ぶ ASW 全体のモデルを作り、これをサプライヤが選んだ BSW や OS の上に載せて自動コーディングして量産コードを生成。その後、HILS によるリアルタイムでの検証や実際の ECU に実装して適合検証を行います。日産は、第3世代の MBD プロセスの導入以降、制御ソフトウェア全体をモデル化しています。ただし、RCP の対象は、一部の要素だけにとどまっていた。大規模で複雑な ASW 全体を対象にした RCP の環境がなかったからです。日産ではこうした制

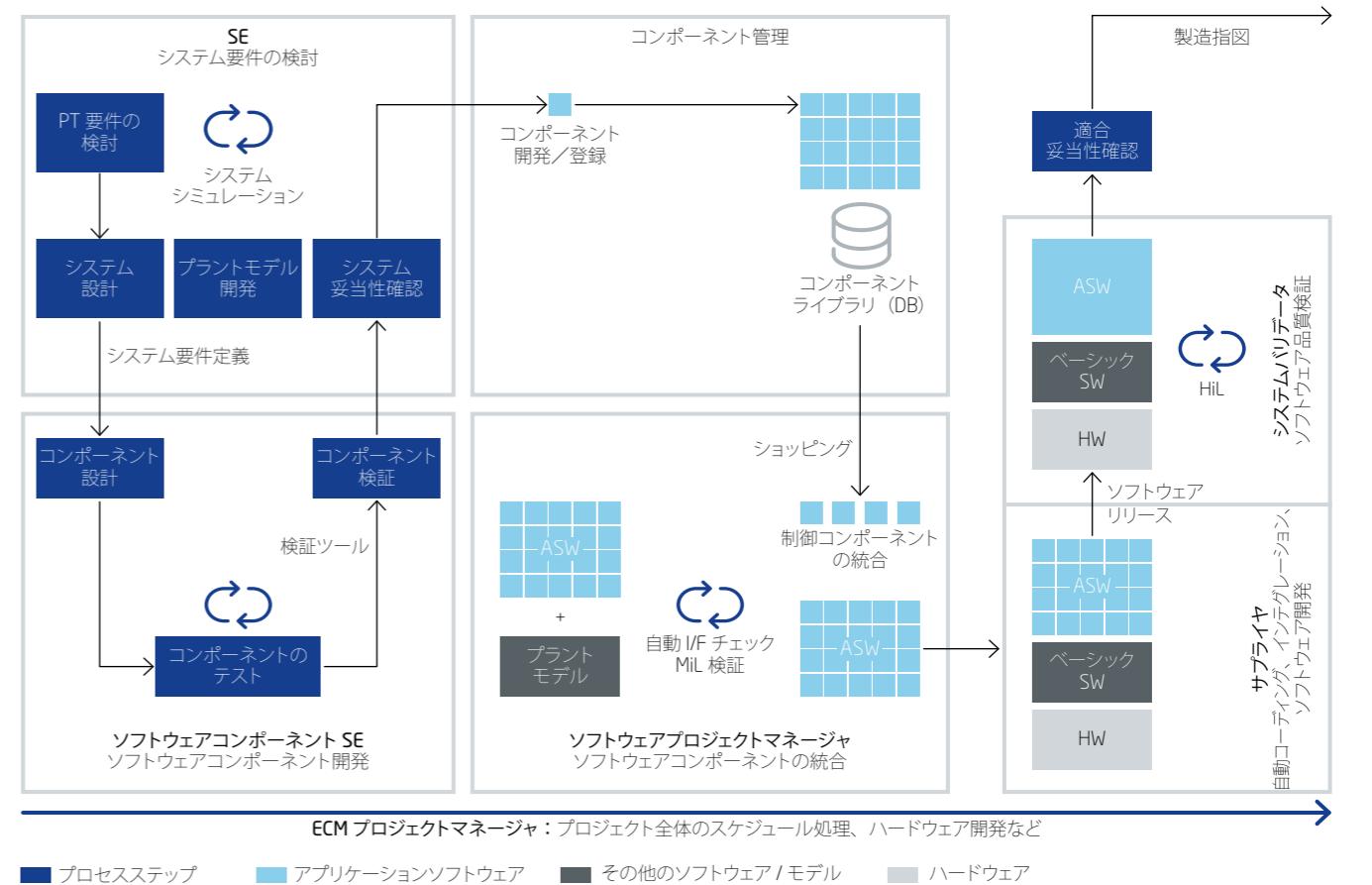
御の一部を対象にした RCP を「パーシャルバイパス」と呼んでいます。パーシャルバイパスを行うためには、大規模なモデル全体から RCP の対象を切り出す必要があります。この作業は、とても煩雑なものです。このため、制御開発者からは煩雑な切り出し作業に対する不満が多く、開発効率が向上するはずの RCP のベネフィットは限定的なものでした。こうした状況を解消するため、「エンジン制御全体の ASW を丸ごと RCP 化できる評価プロセスとツールチェーンを、第4世代の MBD の開発と同時進行で整備することにしました」と日産 パワートレイン・EV 技術開発本部 パワートレイン・EV 制御開発部 EMS 制御技術開発グループ 主管の加藤浩志氏は言います。日産では、目指す ASW 全体を対象にした RCP を「フルバイパス」と呼んでいます。フルバイパスが実現すれば、ASW 全体を対象にした HIL テストもしくは実機評価が可能になり、劇的な評価期間の短縮や開発コストの削減が見込めます。また同時に開発している ASW 全体を MIL テストする「フル MIL」環境ともシームレスに繋げる事で、一貫したテストが可能になります。

評価プロセスで使う各ツール間の連携が評価効率向上のカギ

日産におけるフルバイパスの RCP を実現する取り組みを、より効果的なものにするため、ETAS は1つの提案をしました。RCP 以降、開発の最終段階である適合検証まで、評価環境を一元化したシームレスな検証環境の構築を勧める提案です。

日産のパーシャルバイパスの評価プロセスでは、RCP から適合検証に至る評価プロセスで用いる各ツール間の連携に課題を抱えていました。例えば、HILS 上の制御対象のモデルで動作検証した量産ソフトウェアを制御対象を実機に変えて適合検証する際、ケーブルの付け替えで混入したノイズによって量産ソフトウェアが動かなくなる場合があります。こうしたノイズに起

図1：日産のパワートレインの制御開発プロセス「ダブル V サイクル」



因する不具合の原因を探る調査には長い時間を費やすことになり、これが制御開発の品質低下や評価時間の長期化の要因につながる可能性があります。

そもそも、こうしたツール間の連携が円滑に進まない原因は、ツールチェーンを構成する各ツールのベンダーが異なり、扱うデータの仕様や使い勝手がバラバラだったことに起因します。ツールチェーンを同じベンダー製のツールに統一して構成すれば、当然、ツール間の連携がよくなりますし、利用者にとっても同じような使い勝手に複数のツールを使いこなせるメリットがあります。ETASからの提案は、ETAS製のツールだけでツールチェーンを構成することのメリットを説く提案だったのです。

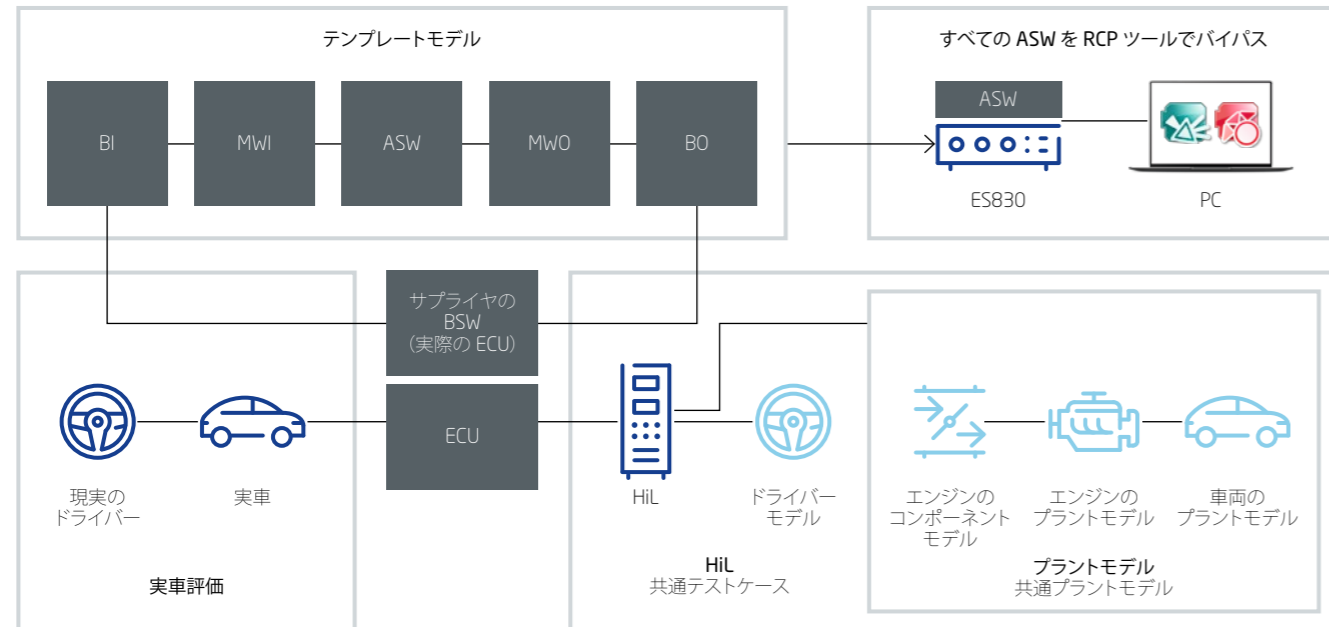
代えがたいツール「INCA」を起点にツールチェーンを統一

日産は ETAS からの提案を合理的であると認めました。そして、ETAS と共同でシームレスなツールチェーンとその活用を想定した評価プロセスを開発することにしました。これは、思い切った決断でした。日産の立場に立てば、単にツールの調達先を統一するだけならば、ETAS 以外のベンダーから調達するという選択もあったからです。しかし、日産には共同開発の相手が ETAS である理由がありました。

まず、ツールチェーンの一角を占める適合検証ツールに、ETAS の「INCA」に代わる機能と性能を持つツールがなかったのです。「MBD」での制御開発プロセスには、他のツールに置き換え難いツールが 2 つあります。1 つは制御開発の最初であるモデル開発で用いる MathWorks 社の「MATLAB®/Simulink®」。そして、もう 1 つがパワートレイン業界の標準ツールとして長年親しんできた INCA です」と加藤氏は言います。特に、グループ会社である Renault は欧州企業であり、開発環境やソフトウェア部品を共有するためには、業界標準のツールである INCA を起点にしてツールチェーンを構成する必要がありました。

さらに第 4 世代のモデルベース開発を進めながら、同時に大規模モデルを対象にするフルバイパスの RCP の環境を開発するためには、日産と一緒に汗を流してくれるパートナーが必要不可欠だったのです。日産は、それができるベンダーとして ETAS を高く評価していました。加藤氏は「多くのベンダーは、自社が提供できる範囲の手持ちの提案をするだけです。これに対し ETAS は、自社が不利になるような客観的判断基準を提示してくれたり、1 つの提案が

図 2：日産と ETAS が共同開発したフルバイパスの RCP 環境



上手くいかない場合には次善の策をすぐに提示したりと、パートナーとして頼りになる期待感がありました」と振り返ります。

ASW 全体を対象にした RCP の開発、4 つのポイント

日産と ETAS が評価プロセスやツールチェーンの整備に際して想定した、フルバイパスの対象となる ASW のテンプレートは以下のように大規模なものでした。モデル数は約 1300 モデル、BSW から ASW への信号数は約 1300 個、ASW から BSW への信号数は約 300 個にも達します。そして、RCP ツール側の A2L ファイルのサイズは約 130MB、HEX ファイルのサイズは約 16MB です。こうした大規模モデルを対象にしたフルバイパス RCP の評価プロセスとツールチェーンを実現する際のポイントは大きく 4 つありました (図 2)。1 つ目は、RCP ツールの処理性能です。ETAS の RCP ツールの中で「ES910」と、検討時に投入されたばかりだった、より高性能な「ES830」が候補になりました。2 つ目は、インターフェースの通信性能です。ASW と BSW の間でやり取りするデータ量を念頭に置いて、ECU のインターフェースとして ETK、XETK、FETK が選択肢となりました。

加藤氏は、ツール選びの過程を振り返り、「当初、それほど高性能なハードを使わなくてもモデルを動かせると楽観していました。ES910 であっても量産 ECU に比べれば遙かに高性能であり、アーキテクチャの構造とインターフェースをスッキリと整理した自負があったので、通信量も必要な処理性能もそれほど大きくはならないと考えていたからです。ところが、ES 910 を実際に試すと、予想外の処理が数多く必要になり性能が全く足りなくなることがわかりました。そこで、ETAS と毎週のように連絡会を開き、代替案やより高性能な ES830 を採用した際の利害得失を議論し、ETAS でもまだ開発の最終段階だった ES830 を先行して使用させて頂き、お互いに開発を仕上げていく事にしました」と語っています。インターフェースも同様に、評価と議論の結果を基に、データ転送が高速な「XETK」を採用し、XETK と CPU のインターフェースを動作可能な最大周波数で使用しました。

3 つ目のポイントは、開発環境を構築する際のスピードアップ、効率化です。アーキテクチャのグローバル標準化などやるべき仕事が多く、手が足りなかったのです。「ETAS の迅速で的確なサポートがなければ、実現できなかった」と加藤氏は振り返り

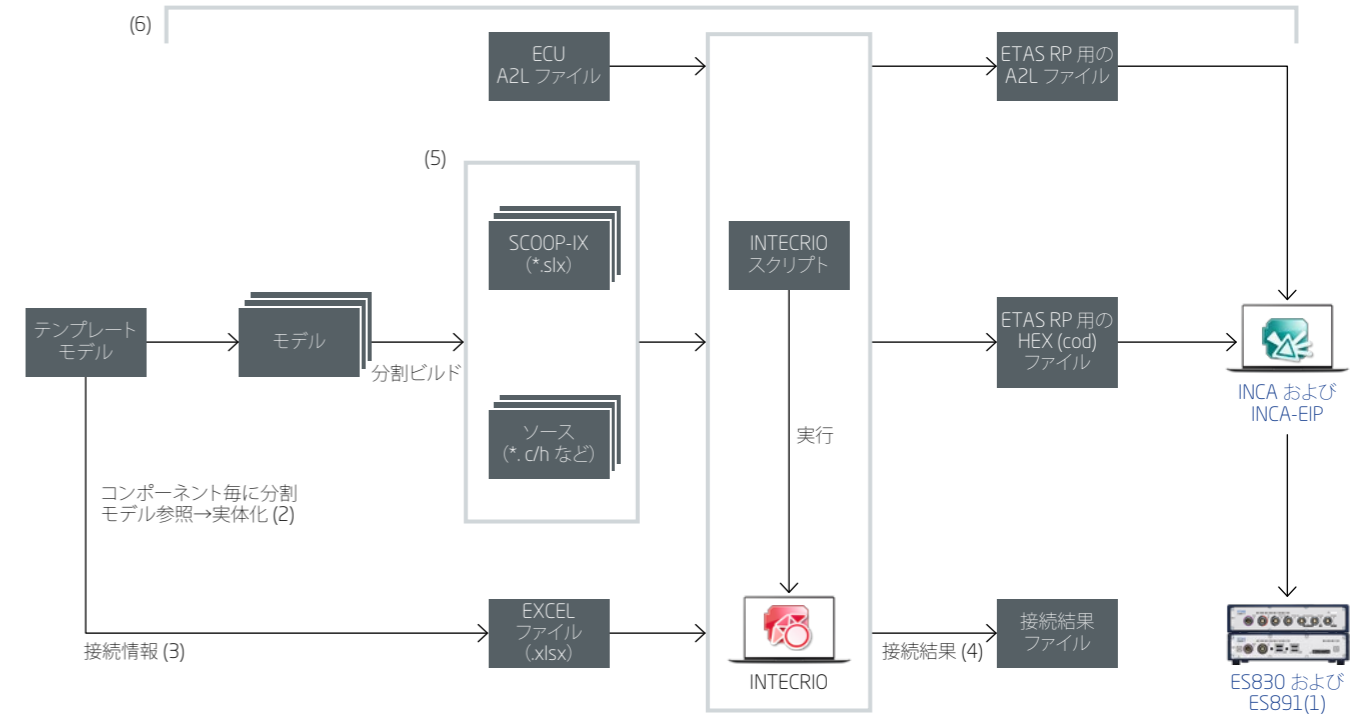


図 3：パートナーとして環境構築のスピードアップ、効率化に貢献

まず (図 3)。まず、ES830 のプロトタイプ版を ETAS から提供してもらい、それを活用することでフルバイパス環境を予定よりも早くリリースできました。さらに、評価効率をより高めるため、モデル変更時に変更部分だけをビルドする仕組み、INTECRIO でのインテグレーションに必要なモデル間の結線情報をテンプレートモデルから抽出する仕組み、未結線ポートの有無など結線結果をチェックする機能、バイパス側の適合変数を ECU 側と同様にラベル名だけで扱えるようにする機能、各工程の処理のスク립トによる自動化なども共同開発しました。

評価の効率を一層向上させるために、チームは協力して次のような一連の機能を開発しました：

- ES830 プロトタイプ版の活用、リリース前倒し (INTECRIO 側対応も含む) (1)
- モデルに変更を加えた場合、開発者は変更された部分だけをビルドすればよいようにするメカニズム (2)
- INTECRIO でのインテグレーションに必要なモデル間の接続情報を、テンプレートモデルから抽出するメカニズム (3)
- 接続結果 (例えば未接続ポートの存在など) をチェックする機能 (4)
- バイパス側の適合変数を ECU 側と同様にラベル名だけで扱えるように変更 (5)
- 各工程の処理をスク립トで自動化 (6)

4 つ目は AUTOSAR 対応です。ASW テンプレートモデルから AUTOSAR ライブラリで BSW にアクセスすることになりますが、一部機能はバイパスするための工夫が必要でした。DCM (Diagnostic Communication Manager)、DEM (Diagnostic Event Manager)、FIM (Function Inhibition Manager) の自動車メーカーとサプライヤのプラットフォーム間でのインターフェースは、現在の A-EMS の定義ではバイパスできません。DCM や COM のコールバックファンクションも同様です。そこで、プラットフォームインターフェースよりも上部をバイパスすることにしました。また、不揮発性メモリへの対応も求められることから、そこを ES830 の機能で代用しました。さらに DEM/FIM は簡易モデルで代用。サプライヤ診断は、FIM の結果をデータモニターすることで FIM 簡易モデルと接続させました。これら AUTOSAR 対応は、理想的には、RCP ツール側が求められると考えています。

共に進化するウイン・ウインのパートナー

日産と ETAS が一丸となって共同開発を進めたことで、エンジン制御のアプリケーション全体をカバーする、前例の無い大規模なモデルを対象にした RCP を量産プロジェクトに適用できるレベルで完成させることができました。

また、使い慣れた INCA のユーザーインターフェースで、計測データを集める感覚でシミュレーションやバイパスができるようになりました。ETAS が評価業務手順やツールの操作法をマニュアル化するなどその利用を徹底支援したことで、現場の技術者はストレスなく、新しい評価環境を活用できているようです。加藤氏は、「既に最新エンジンのプロジェクトに適用を開始し、開発スピードと品質の向上、さらには開発費の削減に効果が見え始めています。今後は日産オリジナル HEV の e-POWER や EV 開発にも拡大予定で、これから本格的に活用する事でさらに明確な効果が発揮されることでしょう」と期待を述べています。

ETAS にとっても、日産とのフルバイパスの RCP の共同開発は、大きなチャレンジでした。時代を先取りする技術要求に応える中で、将来直面する課題を経験し、ES830 など RCP 関連の製品をブラッシュアップできました。こうした自動車メーカーと ETAS のウイン・ウインの関係が原動力となり、自動車開発環境をさらに高度なものへと進化させることでしょう。ETAS では「次世代 RCP 環境の構築」で得た知見を活かし、協調シミュレーションのための統合プラットフォーム COSYM や DOE ツール ETAS ASCMO、実験自動化ツール INCA-FLOW、およびフリーテスト用大容量ドライブレコーダー ES820 と計測データ解析 (自動) ツール EATB 等を活用し、日産のさらなる開発効率化に貢献していきたいと考えています。

インタビュー

加藤 浩志 氏、日産自動車株式会社
パワートレイン・EV 技術開発本部、パワートレイン・EV 制御開発部、EMS 制御技術開発グループ主管

未来のパワートレイン開発への挑戦



燃料電池用 ECU のテストと妥当性確認を成功させる高度な技術

モビリティをより持続可能なものにするため、自動車メーカーはバッテリー式や燃料電池式のパワートレインへと方向転換をしつつあります。そして燃料電池用 ECU の開発とテストを効率よく行うための革新的なテスト手法と妥当性確認手法が求められていますが、それに応じて ETAS は、シミュレーションモデルと組み合わせた包括的なパッケージを提供しています。

燃料電池式パワートレインの開発は、自動車業界だけではなく、政府、特に環境政策の立案に関わる省庁からも注目され、開発への動きはいよいよ本格化しています。とりわけ商用車エンジニアリング部門（貨物車、公共輸送車など）における燃料電池の技術は、エネルギー密度、充電／燃料補給時間などの面で、純粋なバッテリー動力に勝る利点があることが提唱されています。

しかしそれらを実現するには、燃料電池は今以上に化学的、機械的、電気的なレベルで進化を続ける必要があります。ECU による電子制御をめぐってもいくつかの課題が残されており、これらの課題を克服するには、燃料電池に特化した効率的なテストと妥当性確認の手法が必要になります。

効率的なソフトウェア開発を助ける仮想化技術

HiL システムを導入する主な目的は、ドライバーと車両、各種の車両コンポーネント、走行環境などを必要に応じて可能な限り現実近づけ、シミュレーションを行うことです。シミュレーションの正確さは品質基準によって判定できますが、この品質基準は、各プロジェクトに携わる開発チームが緊密な共同作業を通して設定するものです。仮想化はソフトウェア開発の効率を改善し、時間と費用の節約に役立ちます。初期の検討段階から仮想化を取り入れることは、ソフトウェア開発の進捗に大きな効果をもたらします。HiL を用いれば、ECU ソフトウェアの安全上重要な機能（水素漏れ検知、安全コンセプト、電気的コンポーネントの起動と事前充電のアルゴリズムなど）のテストを、機能開発者が机上で早期に実施することができます。そうしてできあがった組み込み制御装置のソフトウェアはシームレスに実験室へ移され、並列テストが行われます。

図1は燃料電池 HiL システム前面の写真です。アナログ／デジタルの入出力用ボードと構成設定用のバス通信インターフェース（CAN、LIN など）が搭載され、特定の ECU ファンクションに対して実際の電子負荷やシミュレートされた電子負荷を供給する機能も備わっています。一例として、HiL システムに搭載された電子インジェクタ負荷モジュールを使用した高精度な水素ガスインジェクタのシミュレーションを実行することができます。燃料電池モデルは、リアルタイムシミュレーション用のコンピュータにおいて厳密なリアルタイム条件下で動作するよう設計されます。燃料電池の物理シミュレーションモデルの入出力と HiL ハードウェアの入出力とをソフトウェア統合プラットフォーム ETAS COSYM で接続し、燃料電池 ECU の適合インターフェースにより、シミュレーション - 燃料電池ソフトウェアのインタラクション - シミュレートされた燃料電池システム、という閉ループが形成されます。

正確な物理シミュレーションモデルがベース

HiL システムのコアコンポーネントは、燃料電池システムの物理シミュレーションモデル、ETAS LABCAR-MODEL-FC です。このモデルは、燃料電池システムの効率性を大きく左右する5つの主要な部分で構成されます（図2）。

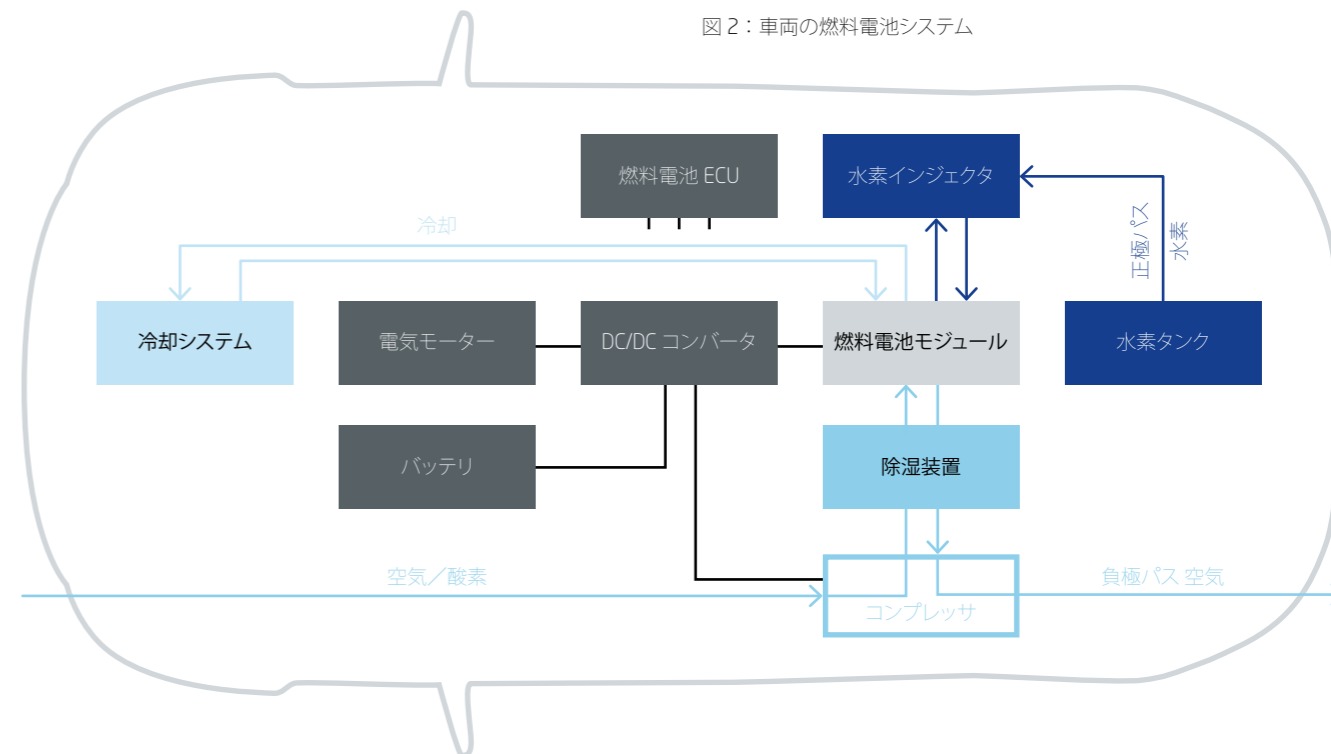
- 燃料電池モジュール
- 水素供給路／タンクを含む正極パス
- 空気を供給する負極パス
- 冷却によるシステム温度制御
- エネルギー貯蔵・電圧変換・電気負荷（電気モーター）用の高電圧電気パス



図1：燃料電池 HiL システムの前面図

このシミュレーションモデルを HiL システム上で実行するには、いくつかの厳密な条件があります。第一に、ソフトウェアモデルがリアルタイムで実行可能であることです。また、単一セルの燃料電池モデルは、電流、温度、電気抵抗などの化学量論に影響を与える損失やその他の影響、といった物理法則を正確にシミュレートできなくてはなりません。

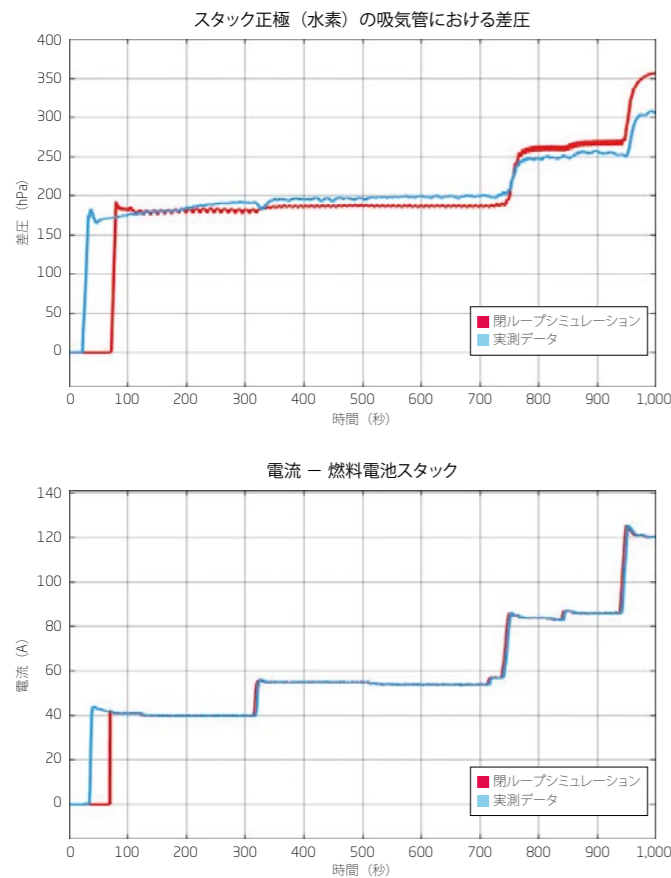
図2：車両の燃料電池システム



ガスチャンネルにおける水の動きと凝集状況を表わすには詳細な水組成と二相の水モデルの演算が必要です。同様に、各極におけるそれぞれの気体の組成を同定して圧力損失特性を算出する機能も重要で、これには1Dマルチコンポーネントのガスチャンネルモデルを利用することができます。さらには、さまざまな流動場の設計や、内部セル湿度の詳細な計算も必要です。

これらの基本機能に加え、コールドスタート時の燃料電池の挙動のきわめて緻密なシミュレーションも欠かせません。そのためには膜温度モデルが必要で、セル内の水組成の非線形的なダイナミクスと、温度に依存する流体特性も組み入れる必要があります。さらには、シミュレーションモデルを異なる燃料電池アーキテクチャ上でも利用可能にするためのモデルライブラリが実装できれば理想的です。

図3：LABCAR HiL シミュレーション（赤）と車両走行テスト（青）の結果の比較



実用向けの実装

ETAS は以上のような要件を体系的に実現しました。図4に示すように、各セルはガスチャンネルに沿って複数のセグメントに分割できます。Z座標はガスフローの方向を示し、X座標とY座標は膜とガスチャンネルに対して垂直に設定されています。各セグメントは、バイポーラプレート、ガスチャンネル、ガス拡散層、膜、といった燃料電池の機能層に対応しています。したがって、個々のセグメントにもセル全体にも同じ連立方程式が適用できます。セル内のセグメント間、層間は質量の流れと熱の流れで結ばれていて、モデルのセグメント間のやり取りは、ガスチャンネルとバイポーラプレートにおける熱と質量の交換によってのみ行われます。

一方、膜/電極接合体 (MEA) は、隣接するセグメントとのエネルギーの交換にはほとんど影響しません。しかも、そのX方向の厚みはZ方向やY方向の拡がりに比べると桁違いに小さくなっているため、セル内での空間的な圧力と濃度の勾配は主にX方向へ向かって生じ、その方向へプロトンと水を移動させます。空間特性のモデリングでは、ガスチャンネルとプレートに注目すれば十分です。この種のMEAモデルの評価では、セグメントを個別に評価することができ、1Dモデルの直接的な影響を受けることはありません。

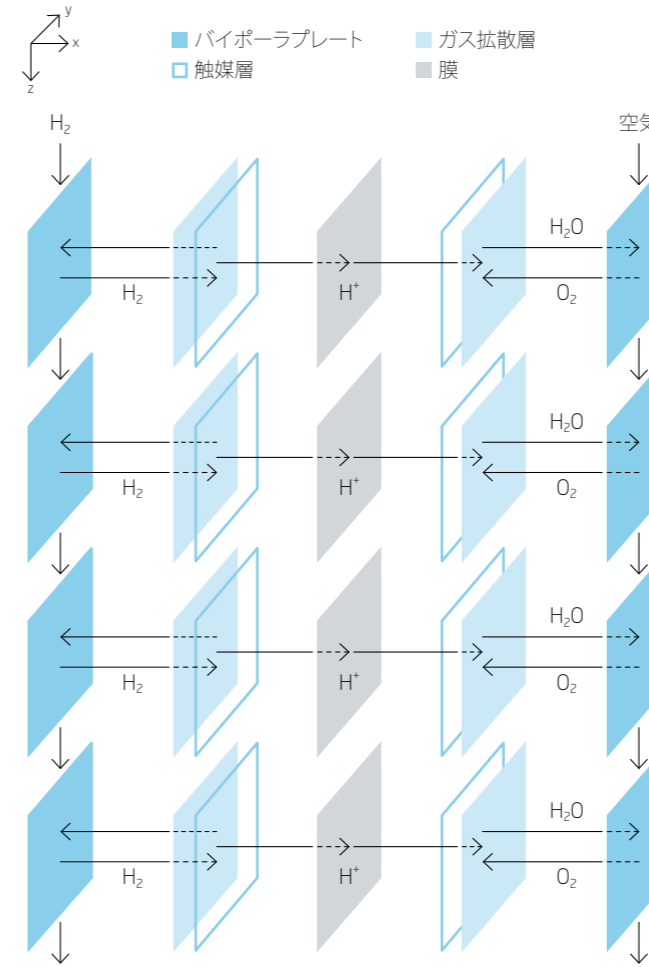


図4：セグメントに分割した燃料電池

ETAS ではこのアプローチの仕上げとして、各種コンポーネント（水素ガスインジェクタ、水素再循環ブロー、正極パスの通気弁、負極パスのエアコンプレッサと除湿装置、冷却ポンプ、冷却パスのMCV弁、安全回路、DC-DC高電圧入力端子など）を集めたライブラリを作成し、これによってHiLシステム用燃料電池プラントモデルが完成しました。

用途

ETAS のソリューションの性能と精度をご覧いただくため、適合前のリアルタイムLABCAR HiLシミュレーションプラットフォームによる結果（図3、赤いライン）と、同じ燃料電池用ECUを用いた車両走行テストの結果（青いライン）をグラフで比較しました。

正極（水素）の差圧は走行テスト時とほぼ同様なラインで変化しています。コンプレッサにおける空気質量流量も、走行テストとモデルとで似たような傾向を示しています。燃料電池が供給する電流と電圧についても、モデルのデータと車両のデータはほぼ一致しています。

このソリューションは、それ以上の可能性も秘めています。例えば、ETAS ASCMO-MOCA などを利用してテストベンチ計測による燃料電池モデルの事前適合を行うことで、シミュレーションの精度を最適化することができます。燃料電池モデルでは約350種類のパラメータを設定でき、多種多様なECUソフトウェアプロジェクトの要件に柔軟に対応することができます。また、電気モーター、バッテリー、車両ダイナミクスなどのシミュレーションを統合すれば、シミュレーションの結果をさらに改善できるでしょう。

燃料電池モデルの活用範囲は、HiLシステムのテストと妥当性確認にとどまらず、ソフトウェア開発の早期における仮想テスト走行などへの利用も考えられます。ETAS COSYMのXiLテストプラットフォームでは、ソフトウェア機能の妥当性確認を閉ループ実験で行えるだけでなく、シミュレーションモデルをより高いレベルの車両シミュレーションモデルに統合することも可能です。車載バス（仮想CAN、車載イーサネットネットワークなど）をすべてシミュレートできれば、開発の初期段階において現実に即したネットワーク通信の分析を実施することさえ可能になります。

まとめ

パワートレインコンポーネントの安全性と性能、および監視—それらは未来の電動パワートレインコンポーネントの開発においても、重要なパラメータであり続けるでしょう。とりわけ燃料電池用ECUの開発と改良にあたっては、燃料電池の精密なリアルタイムのシミュレーションこそが、HiLテストベンチによる妥当性確認の基礎となります。そこにSiLのテストプラットフォームも加えれば、開発の初期段階からの並列テストも可能になります。ここにご紹介したETASのXiLソリューションと各種シミュレーションモデルとを組み合わせることにより、あらゆる安全要件に準拠した燃料電池用ECUの開発を効率よく進めるための土台が構築されます。気候の変化に強い未来の車両の大量生産プロセスに燃料電池が加わる時が、また一歩、近づきました。

執筆者

- Frank Ruschmeier**, ETAS Automotive Technology Co., Ltd.
テスト・妥当性確認担当アプリケーションフィールドマネージャ
- Chaoyong Tang**, ETAS Automotive Technology Co., Ltd.
燃料電池テスト・妥当性確認担当プログラムマネージャ
- Raphael Hans**
テスト・妥当性確認モデリングスペシャリスト

LABCAR-MODEL を 用いた複雑なエンジンの シミュレーション



Tata Motors のエンジン管理システムの各種機能の妥当性確認に、 ETAS LABCAR-MODEL-VVTB と LABCAR-MODEL-ICE を活用

政府の要件に対応するため、Tata Motors の乗用車事業部のバリデーションチームは ETAS LABCAR と LABCAR モデルの採用を決定しました。そして閉ループシミュレーションを利用し、実車を必要としない事例の検証に成功しました。

インド政府は 2016 年に排ガス基準を BS IV から BS VI へと、1 段階に一気に移行する計画を発表し、しかも 2020 年までの 4 年間でこの移行を完了させることとしたのです。これによってガス排出の目標がいちだんと厳しくなるばかりか、2023 年までに新たなレベルの OBD（オンボード診断）と RDE（実路走行排気）への対応も必要となりました。しかし困ったことに、この世界第 4 位の自動車市場は、企業がパワートレインだけに集中して取り組むことを許してはくれません。シャーシ、ボディ機能、インフォテインメント、安全基準（すでに義務化されている ABS など）のほか、快適性を高める各種機能に関しても、新規投入やアップグレードを頻繁に行うことが求められ、企業への重圧となっています。

そうした要求に応えるためエンジニアたちは、車両通信ネットワーク全体とネットワーク内の ECU の各種機能の妥当性確認の作業に追われています。従来、車両の各種機能の妥当性確認は実車テストによって行われていましたが、使用できるプロトタイプもテスト車両も少ない中で、限られた時間内にテスト結果を報告し、数々のシナリオの妥当性を確認して自動化を完了することは、決して容易なことではありません。このような課題を乗り越えるために Tata Motors 乗用車事業部のバリデーションチームが決断したのは、HiL システムと LABCAR モデルを採用することでした。

HiL システムではハードウェアインザループ（Hardware-in-the-Loop : HiL）テストが可能になります。LABCAR-MODEL-VVTB（Virtual Vehicle Test Bench）ではきわめて正確なモデルを用いた車両のシミュレーションを、LABCAR-MODEL-ICE（internal combustion engine）では内燃機関のシミュレーションを行うことができます。このテスト環境により、必要なテスト作業の 95% 近くを実行できます。

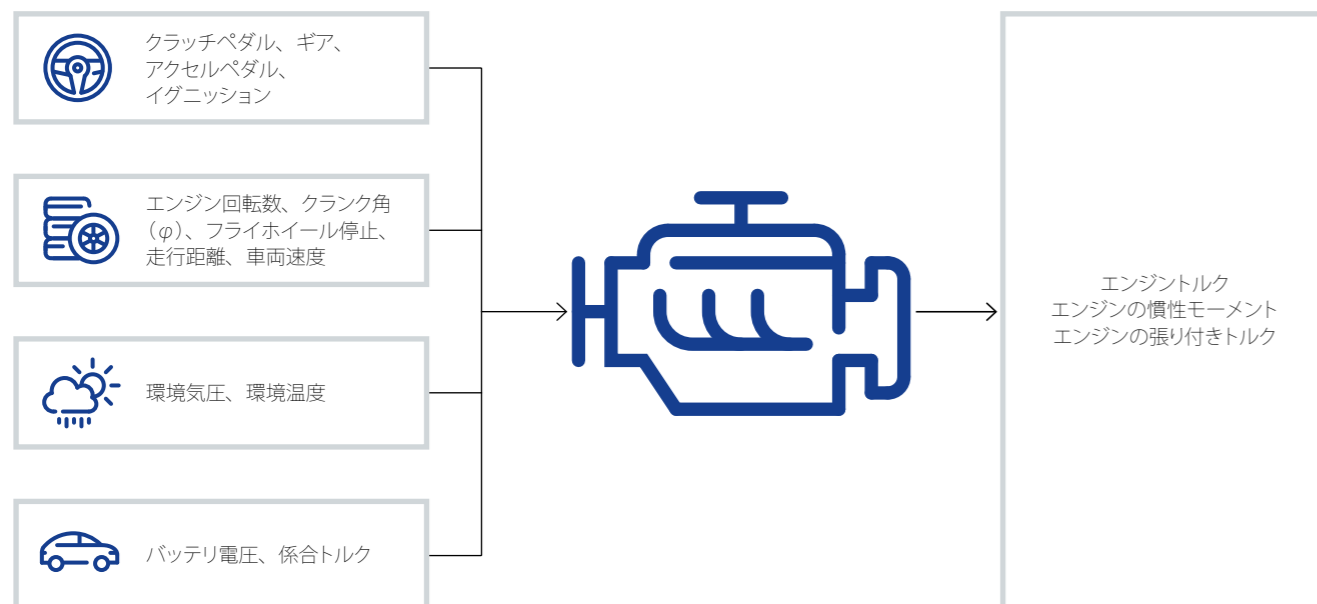
テストシステム

車載用 ECU を LABCAR に接続すると、その ECU は実車のネットワークを模したネットワークの一部となります。エンジン、トランスミッション、ドライブトレインのシミュレーションモデルに加えて、実車に近いシミュレーション環境も構築できます。

LABCAR-MODEL-VVTB と LABCAR-MODEL-ICE

Virtual Vehicle Test Bench（仮想車両テストベンチ）は、車両の各種コンポーネントをシミュレートするための基本的なモデルアーキテクチャを提供するものです。このアーキテクチャは、ドライバーモデル、環境モデル、車両モデル（エンジン、ダイナミクス、ドライブトレイン、トランスミッションを含む）で構成され、各コンポーネントを必要に応じて精密なモデルに置き換えることもできます。

例として、エンジンモデルをより緻密な内燃機関モデルである LABCAR-MODEL-ICE に変更することが可能です。これは Bosch が各種エンジン（ガソリン、ディーゼル、天然ガス）のテストと事前適合用に自社開発したモデルで、内燃機関（ICE）の主要なサブシステム（吸排気系、燃料系、燃焼系、後処理系）を含んでいます。各サブレベルの変数を用いてパラメータ化を行うことにより、目的に合った仕様のエンジンを構築することができます。LABCAR-MODEL-ICE は数学的なデータ駆動型のきわめて精密なモデルで、トルク、慣性モーメント、RPM などのエンジンパラメータ（次ページの図参照）を、さまざまな車両の入力パラメータと ECU 制御ロジックに基づいて計算します。



LABCAR-MODEL-ICE はさまざまなエンジンパラメータを計算します。

LABCAR VVTB-ICE models in action

Tata Motors は VVTB と ICE のペアモデルを使って、車両と内燃機関の環境をテストシステム内でシミュレートしています。顧客のディーゼルエンジン車とガソリンエンジンのラインにおいて ETAS India と RBEI (Robert Bosch Engineering and Business Solutions) のグローバルテストチームは、彼らが持つエンジンのパラメータ化能力を発揮しました。パラメータ化の焦点は、チームが必要とする機能の検証をエラーなしで (つまり DTC なしで) 行えるようにすることでした。ガソリンエンジンのパラメータ化は Bosch の ECU を対象に行い、検取時には、顧客側のチームがランダムに複数の機能を検証し、操作がスムーズに行えることを確認しました。VVTB と ICE のモデルは長時間稼働させても安定性が高く、シミュレーションのどのポイントでも正確で一貫した結果を得られることが立証されました。ETAS の Real-Time PC (RTPC) は、高性能な演算プラットフォームを採用し、きわめて複雑なモデルを高分解能で稼働させて、より正確な結果を得ることができます。

チームはこのリアルタイム閉ループシミュレーションにより、実車を必要としない事例について、全機能のうちのほとんどを検証することができました。また、実車ではどうも不可能な反復テストや多重テストも実行することができました。正確な閉ループシミュレーションのもう 1 つの利点は、高速走行や高 RPM での長時間走行といった多様な条件下で車両を「走行」できるということです。また、手動では時間がかかるいくつかのテストを迅速に自動実行することもできました。

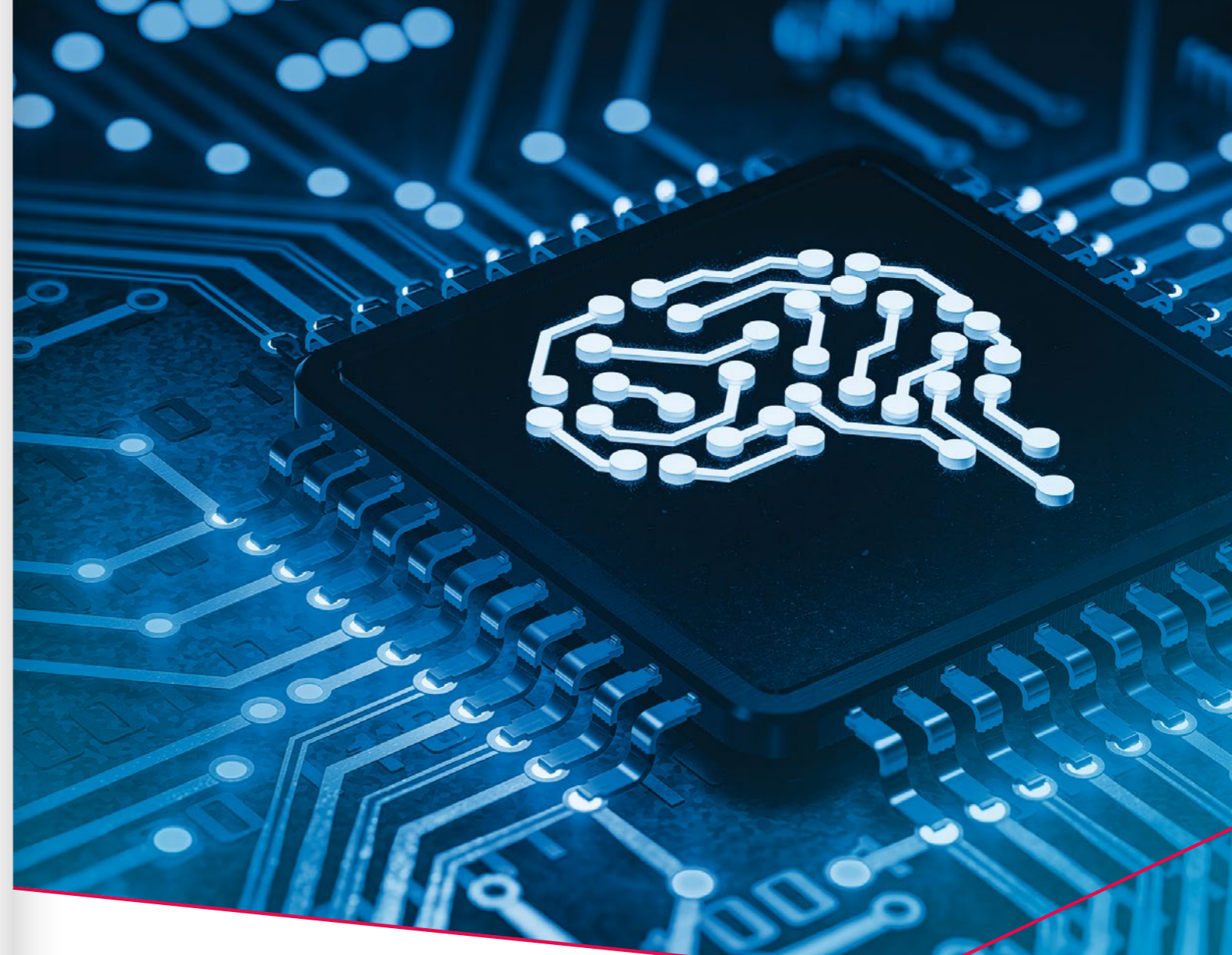
展望

正確で忠実度の高いシミュレーションは、あらゆるシステムテスト要件への対応を可能にする重要な資産であり、LABCAR モデルはそうした市場のニーズに応えるために作られたものです。LABCARMODEL-ICE/-VVTB は、ETAS ASCMO-MOCA などのツールやエンジニアリングサービスと組み合わせて、HiL システムでの EMS ソフトウェアの事前適合に使用することができます。チームは今、さまざまなプラットフォームの車載ネットワークに接続した各種 ECU の妥当性確認を実施しています。

この作業には、迅速化され精度も増した自動妥当性確認機能が役立っています。このことは必ず、成熟した ECU ソフトウェアを搭載する新車両のテストの加速化とロールアウトの成功につながるに違いありません。これで、最新のソリューションとともに将来の妥当性確認における課題に立ち向かう準備が完了しました。

執筆者

Myrtle Binil R, ETAS Automotive India Pvt. Ltd.
テスト・妥当性確認ソリューション担当アプリケーションフィールドマネージャ
Harshvardhan Joshi, ETAS Automotive India Pvt. Ltd.
キーアカウンタブルマネージャ



人工知能を 組み込む

エンジン制御システム開発の新たな可能性

最新のエンジン制御ユニット (ECU) には、計算能力を高めるために新世代の高性能システムオンチップ (SoC) が搭載されています。それらのデバイスには、予期できない機能追加や顧客からのオンデマンド要件への対応に備えたオンボードリソースが搭載されています。Infineon と ETAS は Ford の研究部門と協力し、従来の制御戦略の限界に対する救済策として、データ駆動型のモデリングアルゴリズムを ECU 上で直接実行させる、という手段の有効性を実証しました。

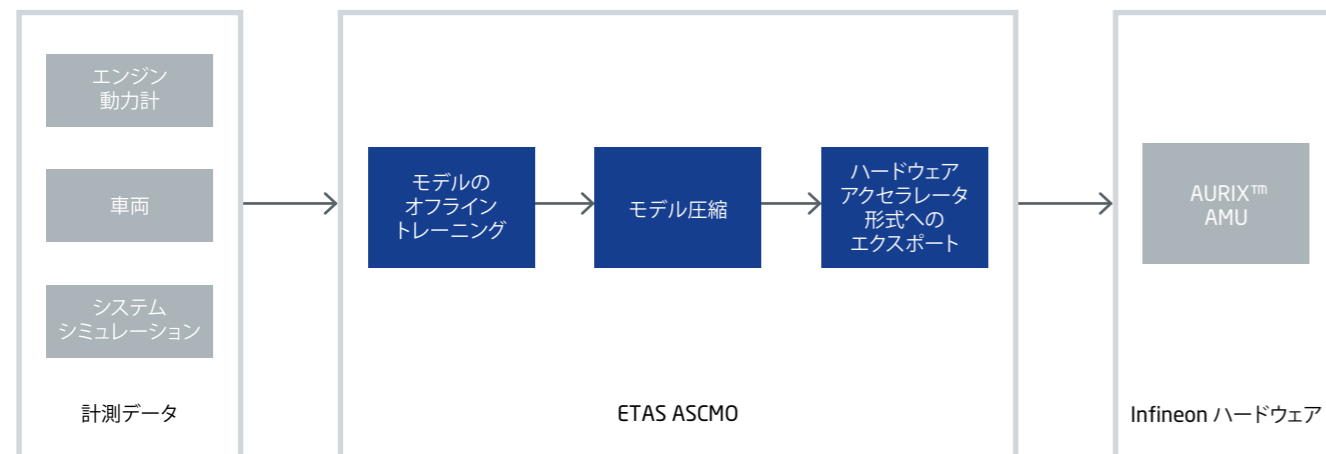
排ガス規制は厳しさを増し、ハイブリッド車や自動運転などの新技術が複雑化していく昨今、エンジン管理システムにはますます高度な制御機能が必要となってきました。ECU に実装された従来の制御ロジックや仮想センサがさまざまな条件下で望ましいエンジン挙動を得るために使用する適合マップの入力は、最大でも2次元までに限定されていました。さらに高次元の関係性を表すには、マップの出力を別の適合変数と組み合わせる必要があります。しかし ECU コアが同時に処理できる入力パラメータは2つだけです。今後の ECU 制御の要件や開発サイクル内で必要となる適合作業を考えると、マップベースのアプローチを適用できる範囲は限られてしまいます。そしてその救済策となり得るのが「データ駆動型モデル」です。従来のマップベースのアプローチでは多次元や非線形の挙動を十分な精度で得られない場合、データ駆動型モデルがそれに取って代わるものになれる可能性があります。

データ駆動型のシステム同定 – ETAS ASCMO

データ駆動型のモデリングは、物理システムの入出力挙動を方程式を使って近似的に表現するものです。さまざまな動作条件下で収集した測定サンプル内の代表的な1組から、モデルのパラメータセットが推察されます。ETAS ASCMO はベイズモデリング法的一种であるガウスプロセスを使用して、忠実度の高いデータ駆動型モデルを生成します。モデル作成は自動的に行われ、ユーザーによるパラメータ設定作業は不要です。

このツールは、基礎となる原理についての知識は必要なく、類似する他のデータ駆動型ソリューションと同等またはそれ以上のモデル精度を得ることができます。このモデルを組み込み環境に実装する際には、ETAS ASCMO のモデル圧縮機能により、リアルタイム処理への影響は最小限に抑えられます。

図1：データ駆動型モデルからハードウェアアクセラレータへの流れ



Infineon のハードウェアアクセラレータ、Advanced Modeling Unit (AMU)

複雑なデータ駆動型モデリングアルゴリズムをマイクロコントローラベースのアーキテクチャに実装しようとすると、いくつかの制約に直面します。しかし、Bosch の知的財産を活用して開発されたハードウェアアクセラレータ「Advanced Modeling Unit (AMU)」は、中央処理装置 (CPU) を演算から解放する浮動小数点コプロセッサで、重要なアプリケーションのパフォーマンスを向上させます。

Infineon の TriCore™ AURIX™ TC3x マイクロコントローラに搭載された AMU には、ETAS ASCMO モデルの実行に必要な指数関数演算 (放射基底関数 RBF など) をソフトウェアや CPU リソースなしで行うハードウェアロジックが実装されています。RBF の応用先として仮想センサ演算を例にとると、メインの TriCore™ CPU にソフトウェアを実装した場合に比べ、30 倍を超えるハードウェアアクセラレーションを達成しています^[1]。

アプリケーションにおける ETAS ASCMO と AMU

従来の開発手法では、モデル開発はシステム物理学と基本的なエンジニアリング原理に基づいて行われます。一般的にモデルは、システムのタイプごとに作成され、複数のアプリケーションで再利用されますが、開発プロセスの一環としてモデリングが行えるよう、システムを十分に理解できるだけの大量のデータが収集されます。ここでは、複数の異なるアプリケーションが同一のモデルを使用し、適合によってその差異点が調整されます。

ETAS ASCMO と AMU によるソフトウェア開発は、そのような従来の手法とは異なります (図1)。ソフトウェア開発時には、特定の出力に影響する可能性がある入力だけを同定すればよく、入力と出力の具体的な関係の定義は必要ありません。ETAS ASCMO は、エンジンダイナモや計装車両で計測したデータを使用して、オフラインでモデルのトレー

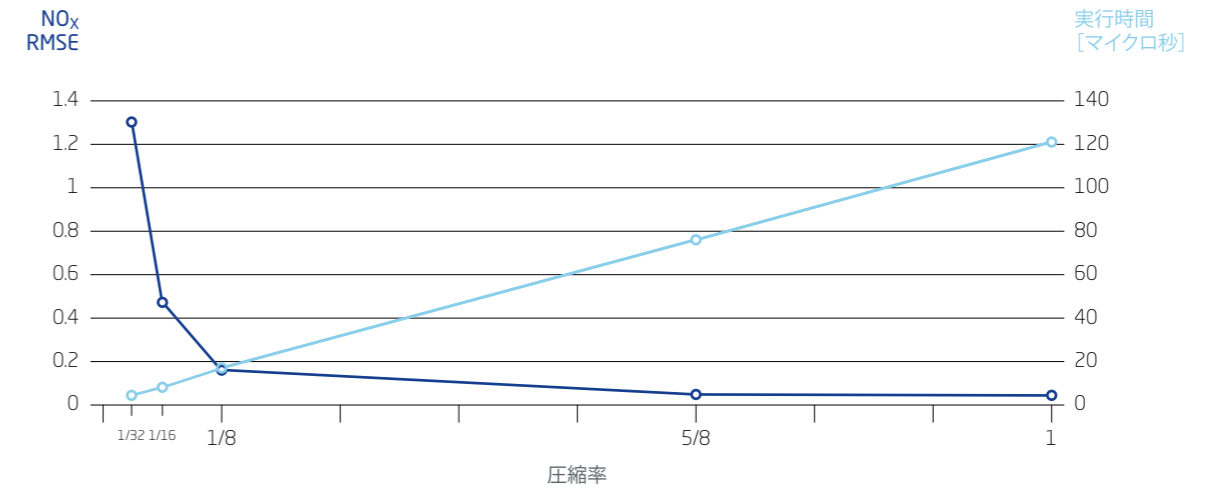


図2：NO_x 値の結果の例

ニングと評価を行います。トレーニングデータの量とモデル圧縮率には、実行時間、メモリサイズ、出力精度とのトレードオフの関係があります。統計的尺度に基づくモデル精度の検証も ETAS ASCMO で行え、十分な出力精度が得られた時点で、モデルを AMU データ形式にエクスポートし、ECU ハードウェア内に展開します。

応用例と性能解析

非生産目的の例として、エンジンの NOx 排出量を求めた結果が図2です。非圧縮モデルの AMU 実行時間は約 120 マイクロ秒でした。図2から得られる結論の1つは、モデルの圧縮率と実行時間との間には線形の関係があるということです。斜めの線の勾配は入力データ数に依存します。もう1つこの図から分かるのは、モデルの圧縮と二乗平均平方根誤差 (RMSE) との間には非線形のトレードオフの関係があるということです。圧縮係数を大きくする (この例では 1/8 未満に圧縮する) と RMSE は極端に上昇します。このように、モデルサイズを小さくするほど実行時間は短くなりますが、元のモデルの挙動は維持され、精度が極端に低下することはありません。実際の圧縮率は、個々のアプリケーションの RMSE 要件に応じて決定します。

各文献にも、ETAS ASCMO と Infineon による AMU のその他の応用例が記載されています。たとえば、体積効率と排気再循環 (EGR) のモデリングに関して^[2]、この新しいアプローチが量産ソフトウェアの開発にいかに関与したかがエビデンスとともに示されています。

まとめ

ECU の機能が複雑化と共に採用されるようになってきたデータ駆動型モデリングは、必要な時間と労力の総量を削減する一方で、品質を向上させ、アプリケーションの明確

な理解に役立っています。ETAS ASCMO においてクリック1つで生成された精密な挙動モデルは、Infineon AURIX™ AMU によって、ECU のメインコアに大きな影響を及ぼすことなく実行されます。このように AMU のハードウェアアクセラレーション機能と ETAS ASCMO のモデル圧縮機能は、データ駆動型モデルを効率よく ECU に実装するための鍵となっています。

執筆者

- Chinh Nguyen 氏**, Ford Motor Company
システムオンチップ・車載コンピュータ担当リサーチエンジニア
- Tobias Gutjahr**, ETAS Inc.
プログラムマネージャ
- Adam Banker 氏**, Ford Motor Company
パワートレイン制御担当リサーチテクニカルエキスパート
- Dona Burkard 氏**, Ford Motor Company
車載コアソフトウェアマネージャ
- Klaus Scheibert 氏**, Infineon Technologies AG
Infineon 自動車マイクロコントローラ搭載 PT&xEV アプリケーションのシステムアーキテクチャチーム上級主任
- Atila Bulmus 氏**, Infineon Technologies North America Corp.
パワートレイン担当システムアプリケーションエンジニア
首席主任

この記事は^[1]で公開された調査結果を要約したものです。

参考文献

- ^[1] Nguyen, C., Gutjahr, T., Banker, A., Burkard, D., Scheibert, K., Bulmus, A. Hardware Supported Data-Driven Modeling for ECU Function Development. SAE Technical Paper 2020-01-1366, 2020.
- ^[2] Nork, B. and Diener, R. AMU-Based Functions on Engine ECUs. In: International Conference on Calibration Methods and Automotive Data Analytics, Expert Verlag, 2019.

ECU 適合の自動化と最適化

Hyundai Motor が成功させた適合の自動化と最適化の取り組み

Hyundai Motor、マッピングの自動最適化により適合の効率を改善

エンジン性能と燃費の向上、さらには厳しさを増す排ガス規制への対応のため、エンジンに搭載されるアクチュエータの数は増え続け、種類も豊富になっています。それに伴いエンジンシステムの複雑さや自由度も高まり、さまざまなテスト環境において無数のパラメータを多くの動作点で適合するのに要する時間も膨大なものになっています。この記事では、ニーズに合った車両を迅速に開発する、という顧客の要請に応えるために Hyundai Motor が取り組んだ適合の自動化と最適化の成功例について考察します。

自動化された最適化プロセス

マッピング最適化を自動化するのに必要な EMS 制御ロジックには Simulink® モデルを採用し、燃料質量補正、スロットル空気流量、EGR ガス流量、温度モデリング、ターボパイロット制御といった機能ごとに EMS モデルを作成しました。また ETAS ASCMO-MOCA への入力データには、実車で計測したデータを使用しました。そして実際の最適化作業では、Simulink® モデルの仮想出力データを、あらゆる条件下で取得した物理測定値に合わせて調整しました (図 2 参照)。

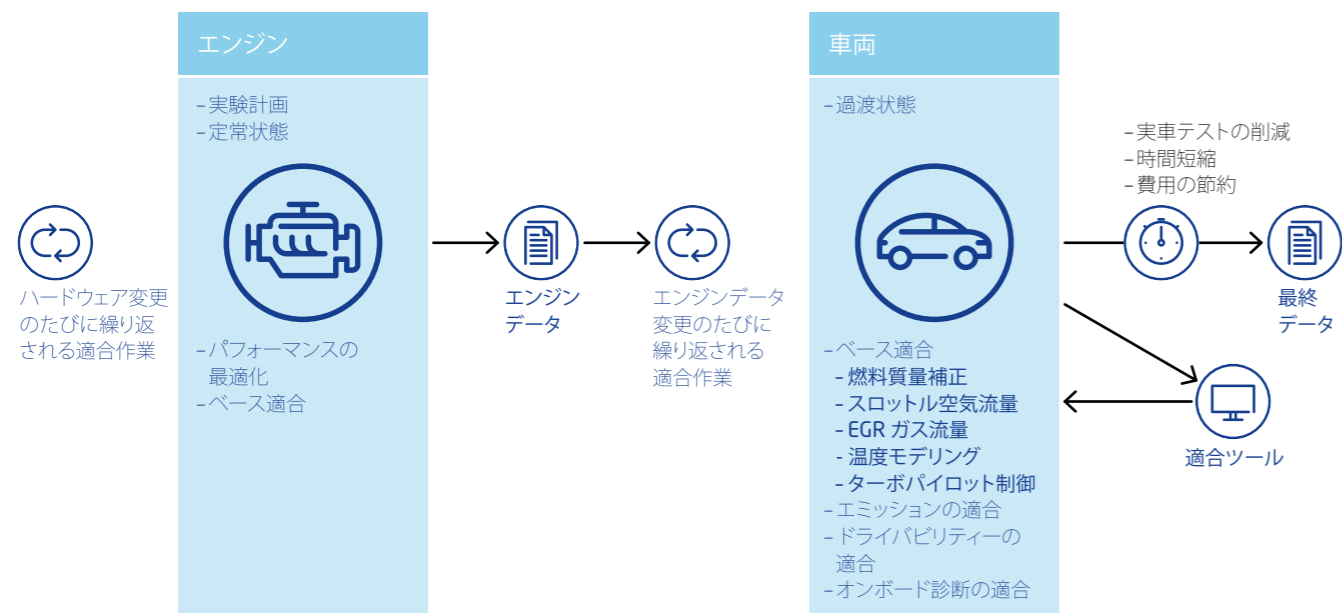


図 1：マッピング最適化を自動化

背景と目的

Hyundai Motor R&D Center の PT Performance Development Center は、車両開発作業の中でも莫大な時間を必要とする適合作業の効率改善を目的として、マップ最適化の自動化を導入しました。狙いは、開発プロセスでハードウェアの変更があるたびに必要となる反復的な適合作業と実車テストの量を減らし、時間と費用を節約することにあります (図 1 参照)。このプロジェクトで主に扱ったのは第三世代のカッパノガンマエンジンで、その多くは 2020 年の新車プロジェクトの目玉となったものでした。

自動適合 (マップ最適化)

次に、ETAS ASCMO-MOCA で最適化作業の微調整を行い、各プロジェクトで最良の結果を得られるようにしました。ここでは、各パラメータの限界値と勾配、最適化の順序、関連するデータサブセットなどを容易に設定することができました。図 3 は、3 つのチャンネルに対して行った最適化の結果です。

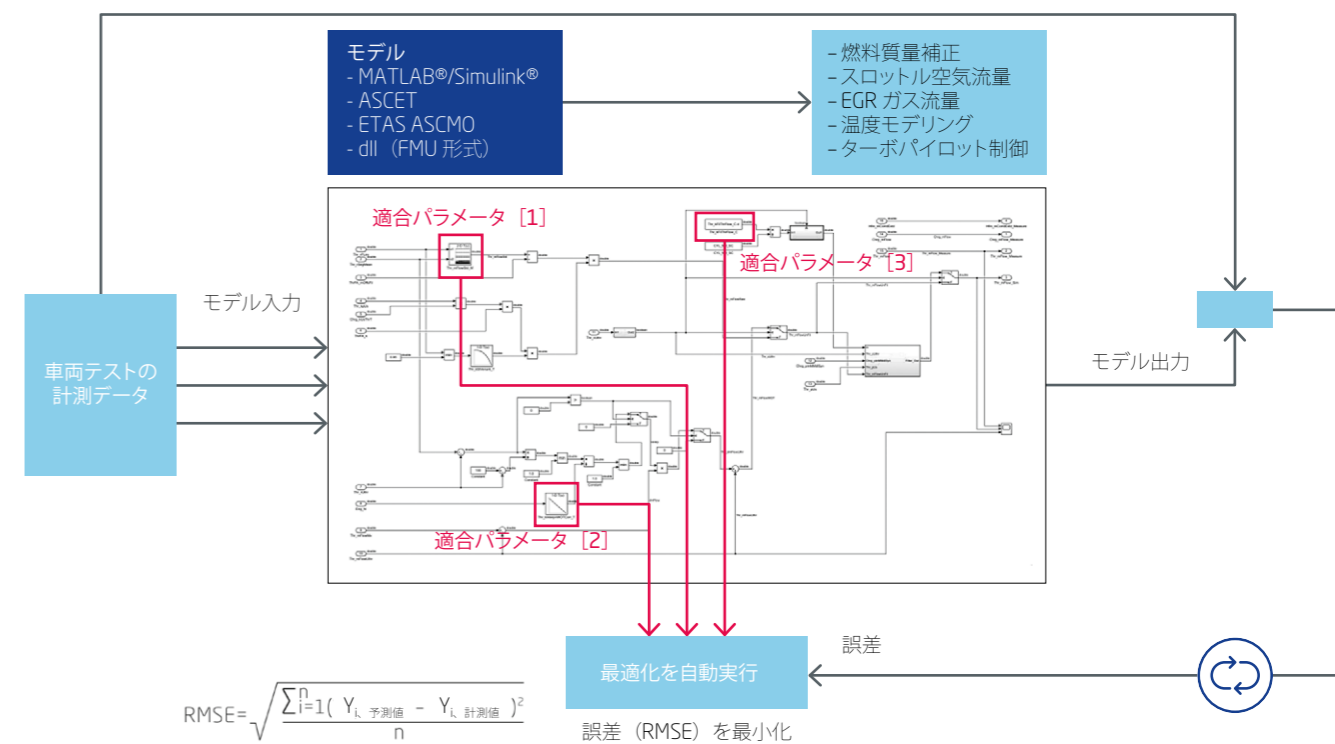


図 2：ETAS ASCMO-MOCA の仕組み

結論：適合時間は 50% 未満に短縮

Hyundai Motor 社は ETAS ASCMO-MOCA を適合プロセスに組み入れ、オフライン適合を実施しました。その結果、各機能について、以前のオンライン適合に比べて 50% 超の時間を節約でき、精度も高めることができました。このツールのおかげで、人的変数 (個々のエンジニアの作業に起因する差異) を最小限に抑えて、より一貫性のある結果を得ることができ、プロセスの標準化に役立てることができました。

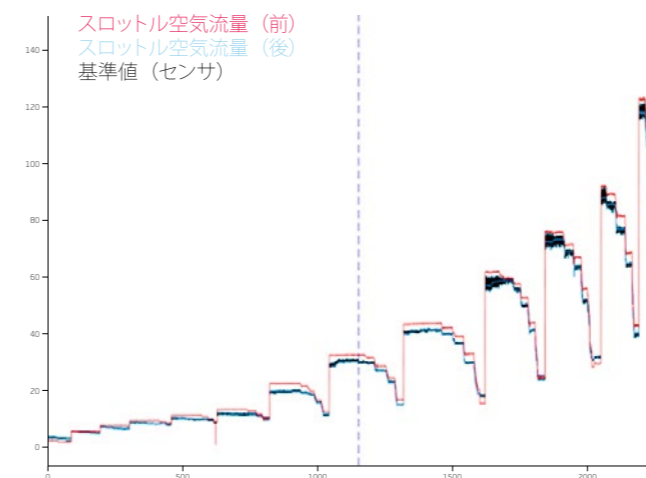
執筆者

Jung Seop Son 氏、Hyundai Motor Group
PT Performance Technology Development Team シニア
エンジニア

図 3：最適化されたマッピングの結果

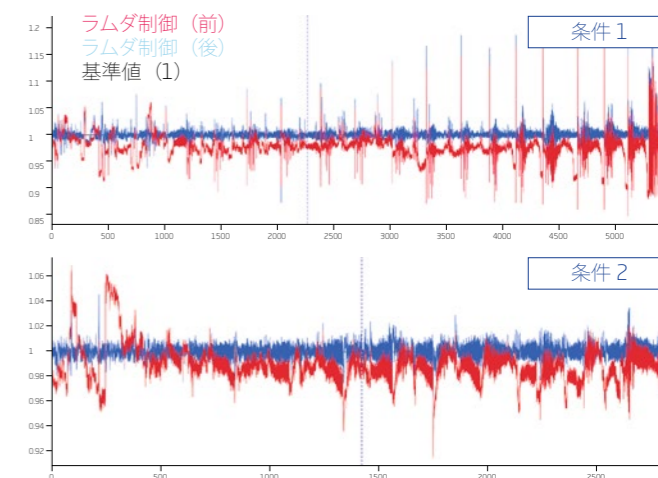
スロットル空気流量関数

	RMSE	所要時間	備考
最適化前	2.51	6 ~ 8 時間	人手による計測・適合
最適化後	0.56	3 ~ 4 時間	ツールによる計測・適合



燃料質量補正 (ラムダ制御)

	RMSE	条件 1	条件 2	労力 (1 人)	備考
最適化前	0.0315			2 ~ 3 日	HOM1
最適化後	0.0098			1 日以内	HOM1



計測データを五感の代わりに

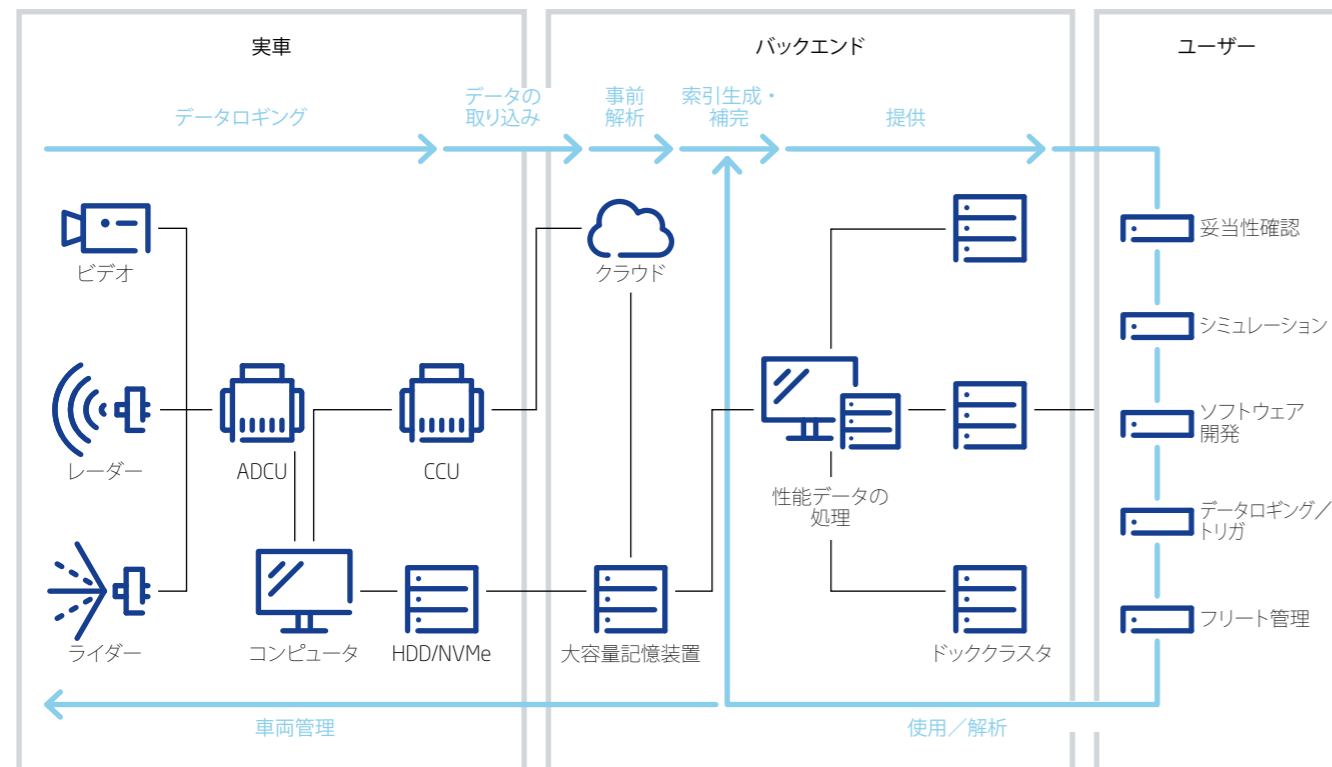
ADAS 開発のためのスケーラブルな計測データ収集

自動運転を可能にするには、センサシステムが人の知覚の代わりに務めなければなりません。そのようなシステムを設計し、開発のあらゆる段階でその機能をチェックするためには、計測データ全体に広くアクセスする必要があります。ETAS の新しいモジュール式の計測テクノロジーは、そういったデータの収集や配布を支援します。

目と耳と経験、それに直感。車の運転にはそのすべてが必要です。けれども人は疲れて気が散ったり、反応が鈍くなったりすることがあるため、それを補う先進運転支援システム (ADAS) を導入しようとする気運は次第に高まってきており、このシステムは、数年のうちに自動運転を可能にするであろうと期待されています。ADAS では人の目と耳の代わりに、レーダー、ライダー、ビデオ、超音波センサを使って車両の周囲を監視します。

この複雑なセンサネットワークをうまく調整して連携させる役目を担うのが強力な電子制御ユニット (ECU) です。ECU はミリ秒単位のスピードで膨大なデータを処理し、運転戦略を導出しなければなりません。そのような複雑な制御戦略を効率よく開発できるように、ソフトウェア機能の開発は研究室へとその舞台を移しつつあり、実物のハードウェアを使った実験は、可能な限り仮想化で置き換えられるようになってきました。しかしそれには、実環境のデータを使ったモデルの妥当性確認が適切に実施できることが前提となります。それにはデータを効率的に収集できる信頼性の高い柔軟なツールが必要で、クラウドやバックエンドを介してデータにアクセスすることも不可欠です (図1)。

図1: 実データを収集してシステム開発用に準備するまでの開発チェーン



ADCU : automated drive controller unit (自動運転コントローラユニット) CCU : connectivity control unit (コネクティビティ制御ユニット) ADAS : advance driver assistance systems (先進運転支援システム) HAD : highly automated driving (高度自動運転)

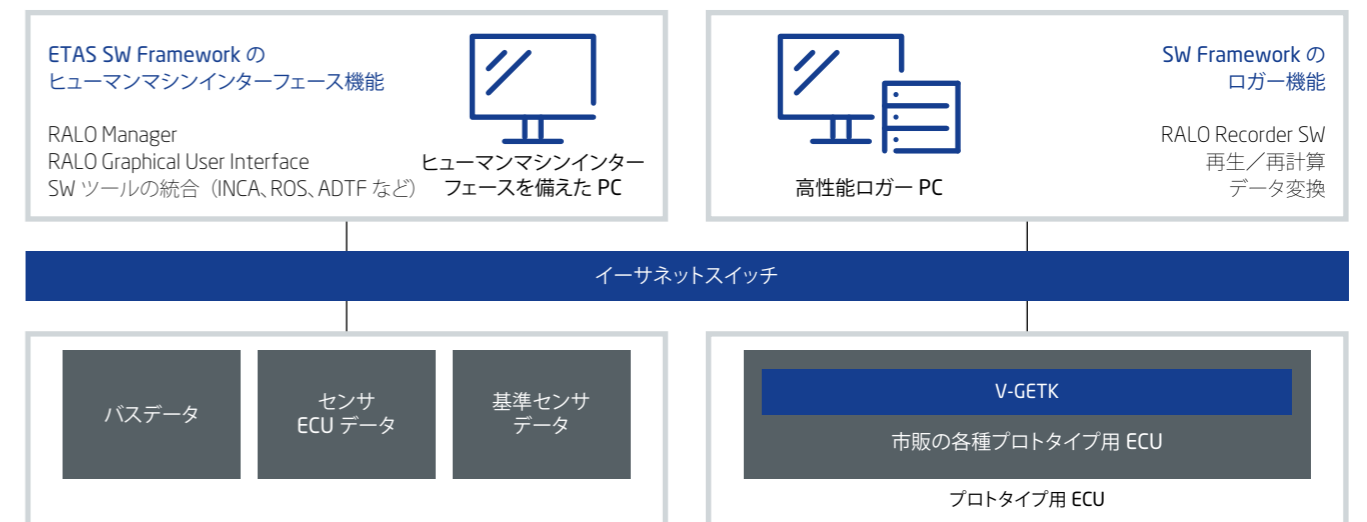


さらに、そうした開発環境は自動車メーカー (OEM) とサプライヤとに分割された車両開発プロセスに統合可能でなければならず、プロトタイプから、さまざまな開発・機能拡張を経て、生産開始後のフリート管理に至るあらゆるフェーズに対応できなければなりません。どのフェーズにおいても、計測データを収集してアクセスするためのソリューションが必要です。構成が多様であるため、適切なデータ量には1秒あたり数メガバイト (MB) から数ギガバイト (GB) と幅があることも考慮しなくてはなりません。ETAS は、これらの要件を満たすために特別に設計されたスケーラブルなモジュール式ソリューションのポートフォリオを提供しています。これらのソリューションは、すべてのフェーズにおける実車でのデータ計測を最適な方法で支援します。

プロトタイプフェーズにおける実車データの収集

このフェーズでの実車計測は、仮想化された自動運転機能開発の妥当性確認に使用するデータベースのもとになるため、非常に重要な工程です。しかしながら、このフェーズにおいては量産用の ECU やセンサハードウェアがまだ利用できないのが通例であるため、実車計測はこれまで成功していませんでした。一般には、早期段階の開発作業を進める目的で、シミュレートされた ECU を実装した産業用コンピュータが使用されますが、そのような ECU のインターフェースや特性は量産用ハードウェアと異なるため、ETAS の従来のハードウェア指向計測テクノロジーであるエミュレータテストプローブ (ETK) などは使用できません。そこで、このギャップを埋めてデータ計測をプロトタイプフェーズから始められるようにするため、ETAS は仮想 GETK (V-GETK) を開発しました (図2)。

図2: プロトタイプ用 ECU への V-GETK の統合



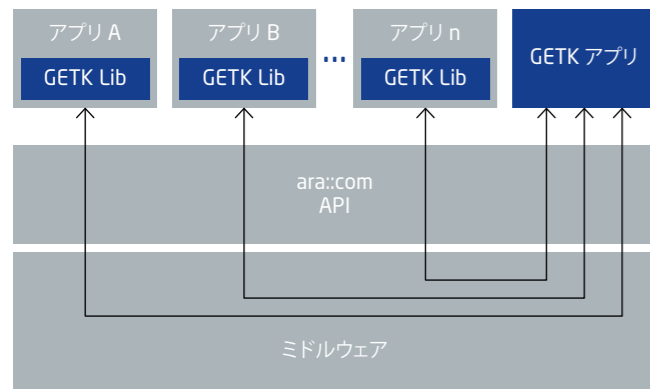
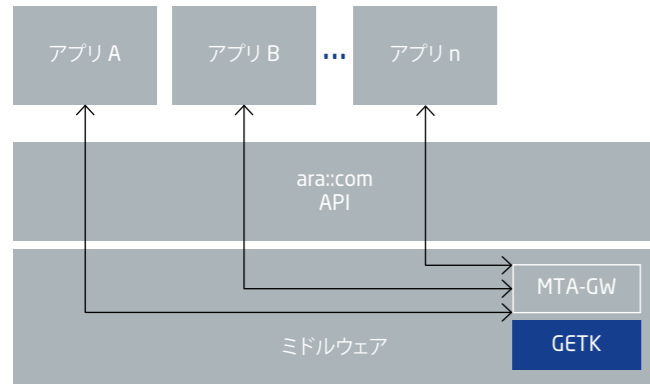


図 3：サービスとしてのミドルウェア（MaaS）への GETK の統合

図 4：ミドルウェア内部への GETK の統合



ETAS の V-GETK は、開発早期からの計測データの収集を可能にし、ソフトウェア機能開発プロセスにおけるコストの最小化と時間の節約を支援します。パフォーマンスは PC のハードウェアに依存します。コア数が多く処理能力が高いほど、より多くのデータを仮想 GETK を介して記録できます。このソリューションは柔軟にソフトウェア環境へ組み入れることができます。AUTOSAR Adaptive の ara::com インターフェースのサービスとして利用することもでき（図 3）、ユーザー固有のミドルウェアにプロトコルドライバとして組み込むこともできます（図 4）。

V-GETK は ECU のプロトタイプにソフトウェアとして統合されます。これには、産業用 PC の高性能イーサネットインターフェースをデータ出力に使用できるという利点があります。計測データはデータロガーへ直接、またはイーサネットネットワーク経由で送信されます。仮想 GETK は ETAS SW Framework で管理され、SW Framework ではデータを可視化することもできます。

RALO (rapid logging) Manager、RALO Recorder などの制御・設定用の各種モジュールは、直感的に操作することができ、ROS (robot operating system)、ADTF (automotive data and time-triggered framework) などの標準的なソフトウェアツールやフレームワークとの接続も可能です。

開発フェーズにおける実車計測

ECU やセンサハードウェアの試作プロトタイプが使用できるようになると、ETAS ETK、GETK などの計測テクノロジーを活用できるようになり、必要なすべてのデータは、走行テストやハードウェアインザループ (HiL) テストにおいて車載 ECU から計測することが可能になります。ADAS プロジェクトの場合はセンサの生データと内部データが重視されますが、ここで必要とされるのは、レーダーセンサで 100 MB/秒、最大で 1 GB/秒 (8 メガピクセルのカメラの場合) のデータ処理速度を実現できる性能です。

また、パワートレイン、シャーシ、インフォテインメントといった従来のドメインからもデータを取得する必要があり、グラウンドトゥールズセンサや基準測定システム (図 5) からの基準データも必要です。

このように、数々の支援機能を自動化システムに組み入れるための新しい計測技術ソリューションが求められるようになってきました。何十台ものセンサが周囲をシームレスに監視しなければならないといった場面では、計測データの重要性が著しく増大します。データの収集と転送を確実に行うには、専用の車載ネットワークアーキテクチャが必要です。6 ~ 15 GB/秒にもなる速度で転送されるデータを記録するには、スケーラブルなロガーシステムを使ってデータストリームを各データシンクへ分配することが、唯一の費用効率のよい方法だからです。

ETAS のポートフォリオには、そのような目的に最適な計測ソリューションが含まれています。これは、ETAS GETK ファミリーと ETAS SW Framework に加え、各種システムコンポーネントと補足的な計測モジュールで構成されるものです。このスケーラブルなソリューションは、自動化・半自動化された各種機能のすべての開発フェーズにわたってシームレスな開発チェーンを実現でき、プロトタイプフェーズにおける開発の成果物は、シームレスに次のフェーズへ転送できます。ECU ハードウェアに統合される GETK は、一貫したモジュール方式を目指している ETAS の計測ソリューションの理念の典型例の 1 つです。また、転送速度が約 70 ~ 100 MB/秒のマイクロコントローラ (μC) や 2 ~ 8 GB/秒のマイクロプロセッサ (μP/SoC) からのデータソースも、GETK を使って計測ネットワークに統合することができます。データは PCIe バスで転送され、DMA (直接メモリアクセス) によるアクセスが可能です。このような計測技術の新たな基準が提供する土台の上でこそ、自動化プロジェクトにおける巨大データを高効率で取得して読み込むことが可能になるのです。そしてその秘密はスケーラビリティにあります。

土台となるのは ETAS SW Framework です。ソースからシンクへのデータ転送では最高レベルの信頼性とセキュリティが保証されます。また、GETK が生成するデータストリームは、10/40/100 GB のイーサネットでデータロガーへ効率よ



図 5：ETAS の計測データ収集模式図

く分配されます。最大データ転送速度はロガー 1 台あたり 8 GB/秒です。

このシステムでは ROS や ADTF のような標準のソフトウェアフレームワークの統合も、開発の全フェーズにわたって可能になります。これにより、機能開発者は好みのツールで作業を続けることができます。

生産開始後フェーズにおける実車データ収集

将来的には、生産開始 (SoP) 後も継続的なフリートの妥当性確認などのため、センサや ECU からのデータアクセスが保証されなくてはなりません。ETAS のソリューションがあれば、実地で車両から得た計測データや補足的な背景データに、十分に妥当性が確認された手段によってアクセスすることができます。クラウドインフラストラクチャを介してインタラクティブに車両と対話することにより、車両メーカーは SoP 後も自動運転ソフトウェア機能の開発・テストを継続して実施し、センサベースのシステムの五感を一層鋭く研ぎ澄ましていくことができるのです。

まとめ

機能開発を効率化する計測データの需要の高まり、それに応えるのが ETAS の計測ソリューションです。一貫したモ

ジュール方式のスケーラブルなアプローチにより、開発者はあらゆるフェーズで測定データにアクセスでき、強力な測定技術を車両に組み込むことができます。開発の時間効率と費用効率を高めるための最も決定的な要因の 1 つは、プロトタイプフェーズから SoP 後フェーズまでのシームレスな統合にあります。それは仮想化された ETAS V-GETK を用いたプロトタイプに始まり、量産用 ECU ハードウェアが利用可能になった後は ECU に統合された GETK に引き継がれ、あらゆるステージを経て、走行中の車両とのクラウドベースのデータ交換にまで至ります。研究室から量産向けの実車までを網羅する包括的なデータ収集機能は、機能開発者にとっての新たな境地を開きます。将来、高度で複雑な自動運転の諸機能の妥当性確認作業においては、センサシステムが人の知覚に代わるものとして活躍することになるでしょう。

執筆者

Dr. Patrick Nickel、ETAS GmbH
 ADAS/HAD 担当システムアーキテクト
 Thomas Schöpfner、ETAS GmbH
 ADAS/HAD 担当ソリューションマネージャ

ECU ソフトウェアの中を 探索する

適合の効率向上のための EHANDBOOK

ECU ソフトウェアは日増しに巨大化し、複雑化しているため、ECU ソフトウェア内で信号のフローや依存関係を理解することは、非常に困難で時間のかかるものとなっています。そのため ECU 適合の分野では、多くの自動車メーカーが、ECU ソフトウェアの仕組みを短時間でより深く理解するための便利なインタラクティブツールである ETAS EHANDBOOK を活用しています。以下の記事では、ユーザーである Audi 社の Christophe Fauqueux 氏、Patrick Nohe 氏のお二人と、ETAS のエキスパート、Dr. Patrick Frey が、日々の業務をより効率的に行うための EHANDBOOK の活用法をご紹介します。

背景

近年、パワートレイン用 ECU ソフトウェアはより一層大規模化し、複雑さを増していますが、これは、ECU の機能が増え続けていることだけでなく、ECU の接続性や、加速化する電動化とハイブリッド化への動きもその一因となっています。膨大な数の車両モデルとそのバリエーションが存在することも、適合に要する時間と労力を確実に増大させています。ユースケースは多岐にわたり、どのケースにおいても ECU ソフトウェアの仕様の詳細な情報が必要となるため、製品に付属する説明文書（ドキュメント）が重要になります。ここで必要とされる情報は、主に機能開発部門やソフトウェア開発部門から提供されるものですが、Audi の場合、自社開発した ECU ソフトウェア以外に、購入した各種ソフトウェアコンポーネントのドキュメントも必要となるため、その都度サプライヤから提供してもらわなければなりません。

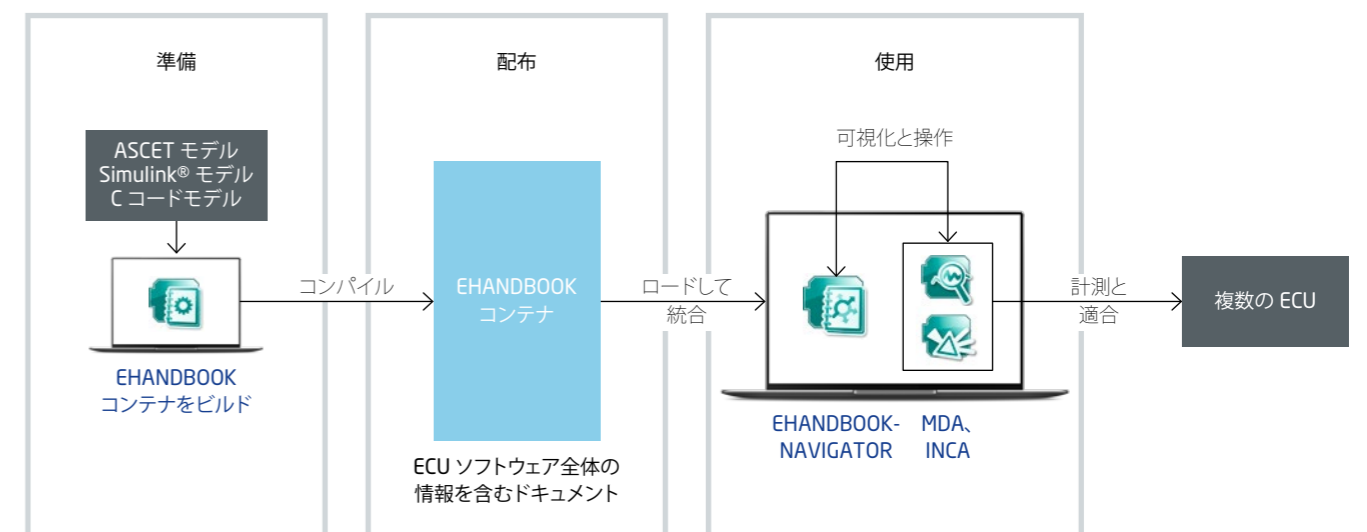
PDF を超える次のレベルへ

自動車部門における ECU ソフトウェアのドキュメントは、従来は PDF 形式で提供されるのが一般的でした。ところが近年では情報量が増すばかりで、もはや PDF 形式では扱いきれなくなりつつあります。複数の PDF ファイルを同時に見なければならぬ場合もあり、すべてを合わせると数千ページにも及ぶことさえあります。

別の PDF ドキュメントへの参照リンクが欠けていれば、目的の情報を探するのに一層苦勞することになります。また、最も重要なコンテンツのひとつとして、ECU ソフトウェアをグラフィカルに表現した ASCET モデルや Simulink® モデルのスクリーンショットなどがありますが、これを A4 サイズに張り付けると複数のページに分割されてしまい、信号経路をたどるためにページをまたがって何度もスクロールしなければなりません。

Audi における EHANDBOOK : ECU 開発の標準ツールとして
ETAS の EHANDBOOK ソリューションは、ECU ドキュメントへの新しいアプローチを提供するもので（図 1）、多くのユーザーがその利点と可能性をすぐに理解することができました。ECU ソフトウェアの全機能がインタラクティブなモデルとしてグラフィカルに可視化されるため、依存関係が素早く把握でき、信号経路を容易にたどることができます。ETAS の計測・適合ツールの INCA や MDA 8 とシームレスに連携させ、標準のワークフローに組み入れることもできます。Audi は 2015 年に、自社開発の ECU ソフトウェアに合わせて EHANDBOOK をカスタマイズし、それ以来、このソリューションは数多くの適合プロジェクトに採用され、標準ツールとして定着しています。

図 1：目的の機能を素早く見つけて詳細な情報を得ることができるシステムマッチな ECU ソフトウェアドキュメントを、EHANDBOOK で作成



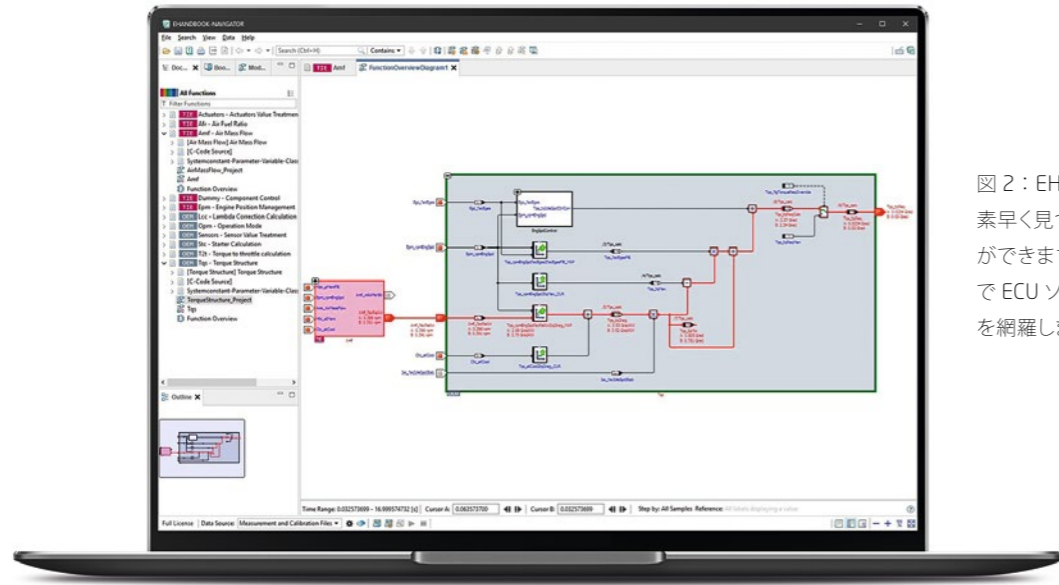


図2：EHANDBOOKは、目的の信号を素早く見つけて容易に経路をたどることができます。機能横断的なアプローチでECUソフトウェアの全コンポーネントを網羅します。

日常業務で大幅な時間短縮を実現

長年のユーザーである Audi Neckarsulm 工場の Christophe Fauqueux 氏と Patrick Nohe 氏は、日々の業務で EHANDBOOK の幅広い使用経験を積んでいます。二人は適合のエキスパートとして近年、とりわけ Audi が新しいパワーtrainソリューションを導入して以来、業務が著しく複雑になっていくのを感じていました。Patrick Nohe 氏の仕事は、次々と流れてくるハイブリッド運転の新機能や更新機能を扱うもので、毎回、その内容を詳細に把握しなくてはなりません。Christophe Fauqueux 氏は燃料電池の開発において他のエキスパートたちと共同作業を行っています。彼らの目標は、そのテクノロジーを量産用に移行することですが、そのためには1から設計を見直して適合をやり直す必要があります。

ECUの機能を素早く把握する

ECUの機能に精通するには、その内容を基礎から理解する必要がありますが、EHANDBOOKなら、ユーザーフレンドリーなインターフェースとシームレスなグラフィカル表示によって、ECUソフトウェアの概要をわかりやすく表現します。機能横断的な表示により各機能の位置関係を一目で把握することができるので、ある信号がどこで発生してどこに影響を及ぼすのかを容易にたどることができます。社内の開発部門と外部のサプライヤが別々に作った複数のソフトウェアコンポーネントが混在していても問題ありません(図2)。PDFファイルを使った場合と比べると、ECUの機能を把握するのに要する時間は、EHANDBOOKにより最大50%短縮され、信号の発生源を特定する時間は75%も短縮されます。

計測信号と適合パラメータを素早く見つける

適合作業においては、信号の意味や適合パラメータの値に関する詳細な情報を参照する必要がありますが、EHANDBOOKならそうした情報に素早くアクセスできます。INCAの実験を開いてデータを表示する典型的な手順において、EHANDBOOKであれば、通常かかる時間のわずか25%しか要しません。

エラーの原因も素早く特定

開発の各工程でECUソフトウェアが想定外の動作をすることは、よくあることです。エラーの原因はさまざま、適合作業中に原因を突き止めることはきわめて難しいと、Christophe Fauqueux氏は語っています。同氏は原因特定の難しさを「毎日が未知の領域に分け入るような気分」と述べています。EHANDBOOK-NAVIGATORとMDA8はこの問題に対処するため、連携してシームレスに操作できるようになりました。テスト走行時に強力な計測ハードウェア(FETK)で収集した膨大な量の信号データを測定ファイルに保存し、これをMDA8に読み込んでエラーの発生箇所をカーソルでポイントすると、そのタイムスタンプが直接EHANDBOOKへ送られ、信号経路上の各信号にその時点の計測値が表示されます。このようにして、MDA8上でエラーが見つかった信号を起点に、ソフトウェアが実行した一連の計算や判定処理を追跡することが可能になります。「瞬時に検索でき、いくつもの計算式の相互関係を一目で把握することができます。トラブルシューティングに要する時間は、最大75%節約できます。」とChristophe Fauqueux氏は語っています。

機能間のインタラクションを素早く把握する

社内の開発部署や外部のサプライヤから提供された数多くの機能の適合を行わなければならないときには、その機能に関連するドキュメントだけを閲覧するようにします。「複数のPDFドキュメントを見て全体像を俯瞰しようとするのは、とても骨の折れることです。しかしEHANDBOOKなら複数のファイルを読み込んで統合できるので、とても助かります」とAudiのエキスパートたちは語っています。読み込んだ複数のファイルをリンクさせて表示することにより、機能間の依存関係も瞬時に明らかになります。プロジェクトのフェーズやコンテンツの内容にもよりますが、これによって20%から80%の時間を節約できます(図3)。

まとめ

EHANDBOOKを使用すると、作業時間を大幅に節約することができます。ECUソフトウェアをよく理解することはエラーの回避にも役立ち、適合結果の品質向上にもつながります。

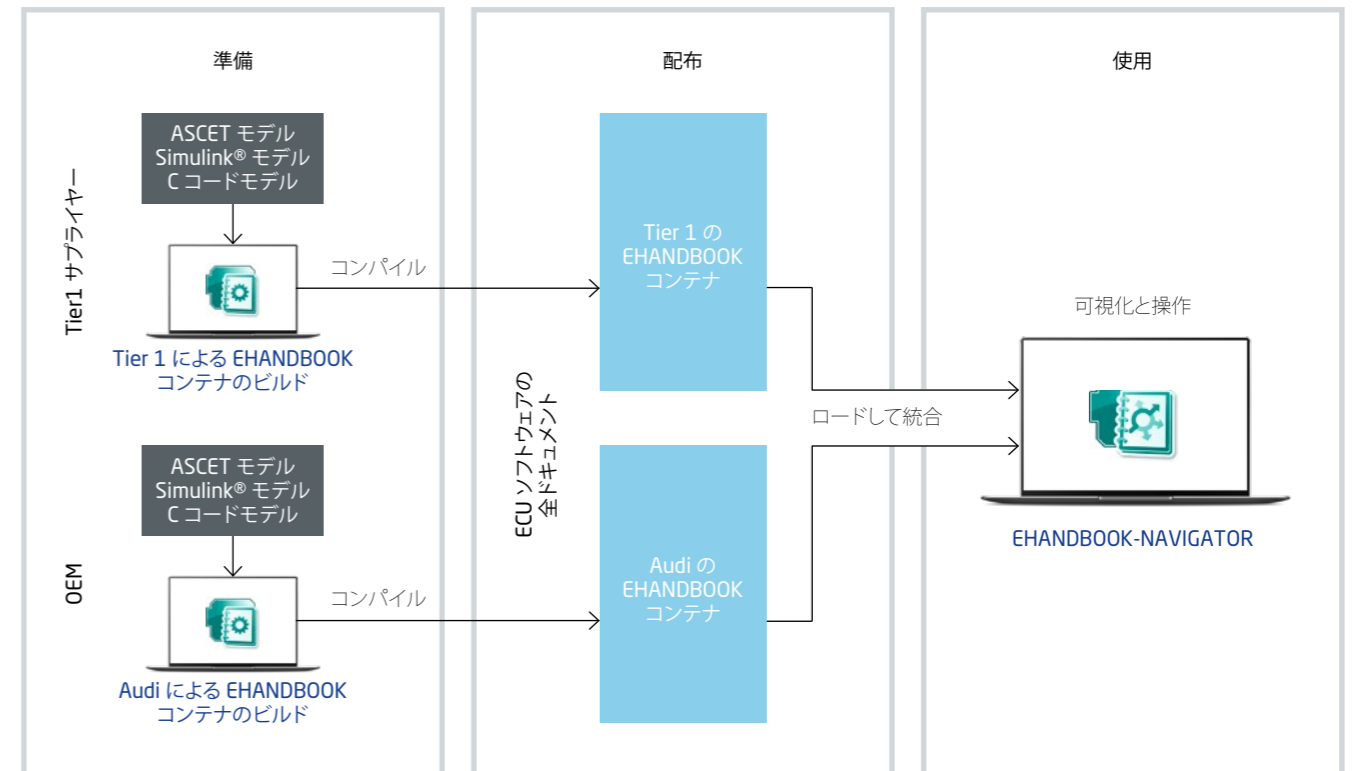
今後の開発には Audi のエキスパートも協力

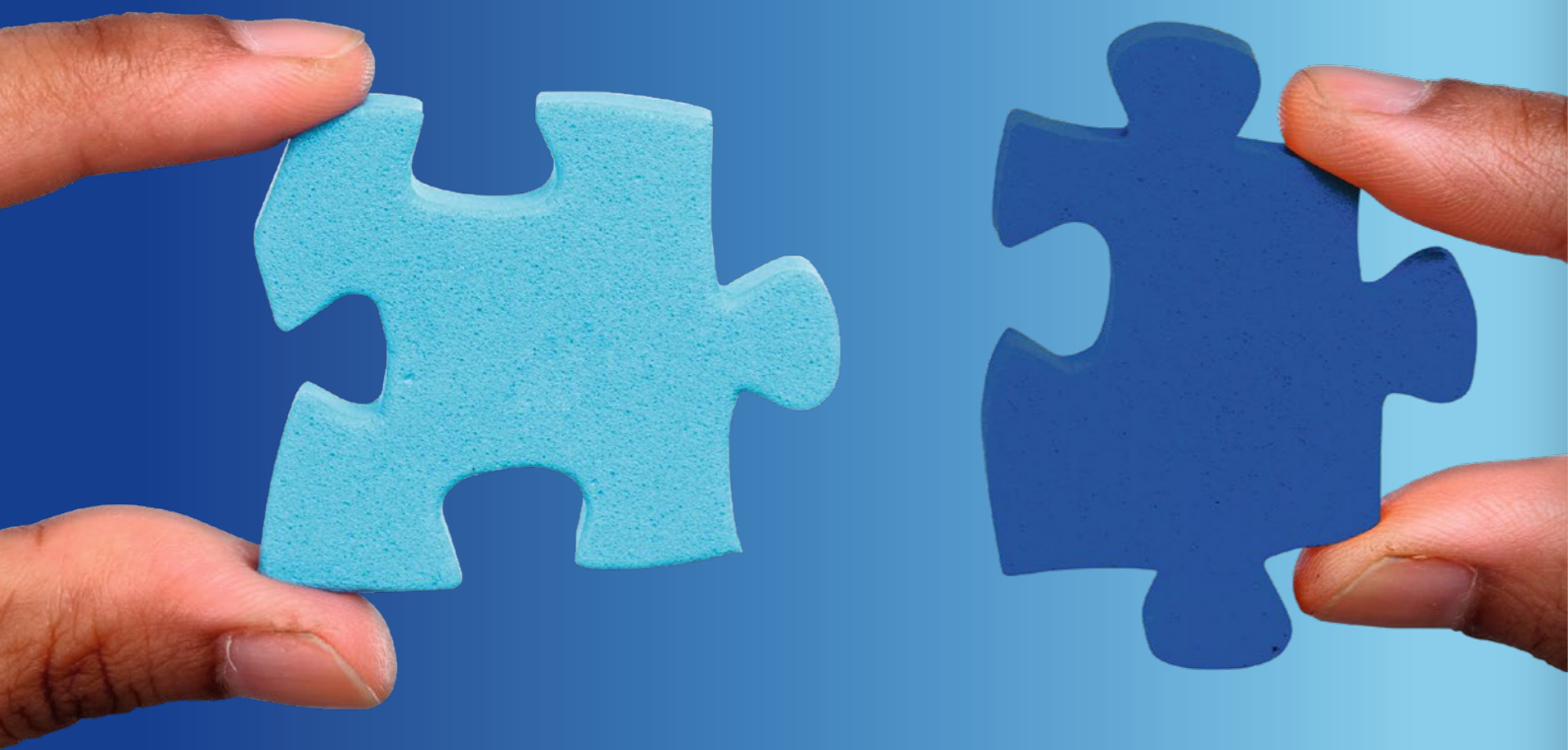
Patrick Nohe、Christophe Fauqueuxの両氏にとって最も重要なEHANDBOOKの機能の1つに、ECUソフトウェアのグラフィカル表示があります。異なるECU機能にまたがる信号経路をシームレスに表示できるため、相互関係を把握するのが格段に容易になりました。そして今後も、モデルビューの保存や転送といった機能を追加することで、EHANDBOOKはさらに進化できるでしょう。EHANDBOOKの開発には、ユーザー側の研究や概念検証の視点に基づく専門的助言やフィードバック、といったAudiのエキスパートの協力が今後も続きます。Audiは従来のパワーtrain用ECUだけでなく、それ以外の領域にもEHANDBOOKを活用し始めています。さらに、他のサプライヤからも、徐々にEHANDBOOKのコンテナファイルの提供が始まっています。

インタビュー

Christophe Fauqueux 氏、Audi AG
適合・燃料電池機能開発のエキスパート
Patrick Nohe 氏、Audi AG
V型ディーゼルエンジン運転挙動の適合のエキスパート
Dr. Patrick Frey、ETAS GmbH
シニアプロダクトマネージャ、EHANDBOOKソリューション責任者

図3：EHANDBOOKでは、OEM/サプライヤが提供するECUソフトウェアのドキュメントをシームレスに結合できます。





コラボレーションの新しい枠組み

INCA から広がる車両フリート管理ソリューション

Mahindra 社は、独自の要件に合ったフリート管理の汎用ソリューションを求めていました。その答えは、車載対応の Windows タブレットで INCA を実行し、XETK 経由のイーサネット接続で高速通信によるデータ収集を行うこと。名付けて「TOUGHIE」。

オフィスに出勤して PC を起動し、車両フリートの状態をチェックし、問題点を調査してエラーを修正し、車両をフリートに戻す。それがみな、コーヒーが冷めないうちに終わってしまう。フリートマネージャにとって夢のような朝が、ついに現実のものとなりました。かつては誤動作表示灯 (Malfunction Indicator Light : MIL) の点灯を告げるテストドライバーからの緊急電話で一日が始まったものです。

Mahindra Automotive のフリート管理責任者である Krishnaraj P 氏は、この知らせが不安の種でした。インド全土で運行する多数の車両のスケジュールを分刻みで管理する身にとって、この一本の電話が嵐の前触れにすぎないかもしれないのですから。

車両データを収集できる製品は多数ありますが、Mahindra は単なるロガー以上のもの、つまり Mahindra 独自の要件を満たせる汎用ソリューションを必要としていました。費用とデータ収集能力との兼ね合いも考慮しなければなりません。厳しい納期を守りながらソリューションの構築に多くの知恵と労力を費やすのは非常に困難ですが、ETAS のエンジニアチームは Mahindra の利害関係者と協力して彼らの抱える問題を理解し、要件の詳細を明らかにして、あらゆるニーズを満たすと同時に複数チームの作業における効率性と利便性を飛躍的に向上させるソリューションを開発しました。

ソリューション

それは、自動車対応 Windows タブレットで INCA を実行し、XETK 経由のイーサネット通信により高データ帯域でデータを収集するというものです。ETAS はすべての関係者の話を聞き、彼らの要求、苦労している点、懸念、運用方針などを確認したうえで、潜在的な落とし穴についての対策も含め、すべての要件を取り入れたソリューションの設計を支援したのです。概念化とブレインストーミングの段階では、ユーザーチームと力を合わせて細部にしっかりと目を配り、実車フリートも (たいていは野外で) 使用して念入りな評価と是正措置を実行しました。さらに各種のカスタム機能とオプション設定により、Mahindra のユーザーにはシームレスな操作性が提供されます。

ソリューションの主なユーザーであるテストドライバーから、大量のデータを評価するエンジニアまで、すべてのユーザーがその恩恵を受けられます。ユーザーの安全、データセキュリティ、そして Mahindra の要求に合わせて構成された GUI を加え、ソリューションは包括的なものになりました。オンボード GPS とモビリティモジュールからは位置情報が提供され、データが 4G の速度でサーバーへ送られ、自動処理されます。車両へのリモートアクセスによる不具合

の監視や調査、修正までが可能になるので、車両がある場所まで何千キロも旅をする必要はなくなります。

「INCA ベースのソリューションは画期的なアプローチであり、私たちは手頃な費用でデータ収集要件を満たすことができました。結果は期待以上でした。さらに、ドライバー用のダッシュボード機能やリモート監視機能などの補助機能によって操作性が向上し、フリートエンジニアやドライバーの仕事がたいそう楽になりました。退屈なデータ転送業務はなくなり、手作業での介入操作も必要ありません。データセキュリティを犠牲にせずにデータの完全自動化を実現することができたのです。また、CAN ではなく XETK を採用したことで帯域幅が広がり、1 走行あたりのデータ収集量が大幅に増えたので、テストの反復回数を減らすことができタイムラインを遵守しやすくなりました。組み込みの GPS 機能も私たちの自慢です。」と Krishnaraj P 氏は語っています。

現在 Mahindra 社では、「TOUGHIE」の愛称で呼ばれるこの共同開発ソリューションのおかげで、テストドライバーからの緊急電話は一大事ではなくなり、データに裏付けられた意思決定が日常のことになっています。ETAS は優れたコンサルティングとエンジニアリングの力を活かして夢を現実に変え、Mahindra に事業利益をもたらしたのです。

執筆者

- Magesh Babu S 氏**, Mahindra Automotive ECU インターフェース・フリートデータ管理 シニアエンジニア
- Sarathbabu Karthikeyan 氏**, Mahindra Automotive ECU インターフェース・フリートデータ管理 主任エンジニア
- Ajit D Borkar**, ETAS Automotive India Pvt. Ltd. エンジニアアプリケーションサービス部門長
- Krishnan Unny**, ETAS Automotive India Pvt. Ltd. アカウントマネージャ



TOUGHIE (INCA ベースのタブレットソリューション) の機能

構想から成功への変遷

INCA の歴史をたどる



長年の間に追加された機能や変更点を振り返ると、常にユーザー中心の視点が貫かれてきたことがわかります。

INCA V2.0 には、社内の共同作業の円滑化を目的としたデータのエキスポート・インポート機能が導入されました。このバージョンでは、実験やハードウェア構成を保存して再利用できるようにするための「データベース」の概念も取り入れられました。

INCA V2.0

2000年にリリースされたV3.0では「ワークスペース」の概念が導入されました。ワークスペースという1つのアイテムに、実験やハードウェアの構成、ECUプロジェクトなどのアイテムを割り当てて作業環境を定義します。これによって中間生成物が扱いやすくなり、依存関係を追跡しやすくなりました。既存のワークスペースや実験を他の開発作業で再利用することも可能になりました。

INCA V3.0

2002年にリリースされたV4.0で、測定値を用いた演算で値が決定される、仮想的な「演算シグナル」が導入されました。これは、ECUの挙動の確認や、その後の分析作業などに役立ちます。また、このバージョンでは、それまで計測用ハードウェアの接続に用いられていたRS-232とCentronicsインターフェースに代えてイーサネットを採用したため、1台のPCで複数の計測器を同時に操作し、複数のECUの適合を実行できるようになりました。

INCA V4.0

2004年にリリースされたV5.0は、大幅な作業時間の節約を可能にしました。INCAによる実験をECUドキュメント(CHMファイル)にリンクさせることにより、たった1回のキー操作で、目的の変数のページを直接開けるようになりました。機能や相互関係を瞬時に理解することができ、作業時間が短縮されました。

INCA V5.0

V6.0では変数選択ダイアログボックス(VSD)が大きく進化しました。表示される変数をさまざまな条件で絞り込みながら素早く目的の変数を見つけることができ、ハードウェアの空きリソースを確認しながら選択することができます。またこのバージョンでは、マルチレコーダも導入されました。

INCA V6.0

1997年4月17日、ETASは新製品INCA V1.0をリリースしました。世界中のあらゆる自動車メーカーが使えるECU適合ツール、という開発者のビジョンは、当初は実現不可能な夢だと思われたに違いありません。INCA V1.0の発売から24年たった今、このビジョンはすでに実現され、それ以上の進化を遂げていますが、なおも課題は残っています。技術革新が進み、自動車の未来は開発者に日々新たな課題を与えています。

ECUの適合はINCA V1.0の発売以前から可能でしたが、決して簡単ではなく、効率的でもありませんでした。INCAの前身であるMS-DOSベースのVS100は、当時では画期的なツールではあったものの、今日の基準には程遠いレベルのものでした。計測と適合を並行して実行することができないため、作業に時間がかかり、グラフィック性能もきわめて限られたものでした。

そして1997年のINCA V1.0の登場とともに、ECU開発の新時代が始まりました。当時実現可能であった計算能力をフルに活かしたINCA V1.0は、計測と適合の並列処理を可能にし、作業効率を大きく向上させました。この新しいソフトウェアには他にも多くの利点がありました。INCA V1.0は以前よりはるかに大量の計測データを高速処理することができ、エンジニアはパラメータの調整作業に集中できるようになりました。

さらに、INCAはさまざまなベンダーから提供されるECUに対応しました。それにより自動車メーカーによるコンポーネント選択の自由度が増し、ECUメーカーやサプライヤとのコラボレーションも円滑に行えるようになりました。INCAはECU開発における主力製品としての地位を確立し、今日もそれを維持し続けています。

新たな要件に合わせて拡張を続けるINCA

ECUの進歩を常に促し続ける背景要因として、年々厳しくなる排ガス規制やシステムの複雑化などが挙げられます。近年では、ECUネットワーク内に多数の機能領域や互いに依存し合うパラメータが存在することも一般的になっており、1つの変数を変更することでネットワーク全体が影響を受けます。

したがってINCAに与えられる課題も年々厳しくなっていますが、INCAはそうした要求を原動力としてより強力なものへと進化しました。1997年以降、業界標準のECU適合ツールとなったINCAの成功の大部分は、当社のソフトウェア開発チームの功績によるものです。彼らは適合エンジニアや開発者の視点に立ってその業務をつぶさに理解し、適切なソリューションの提供に努めました。

ECU 開発の未来を INCA で拓く

INCA が市場に登場してから 24 年。これほど長い実績を誇るソフトウェア製品はめったにありません。この高性能な ECU 開発ツールは今日、ほとんどすべての自動車メーカーとサプライヤが採用しています。全世界で 5 万人を超えるユーザーが日常業務に INCA を活用しています。INCA ソフトウェアのユーザーインターフェースは現在、ドイツ語、英語、フランス語、日本語、中国語から選択することができます。

INCA に対応した計測、適合、診断などの一連のツールセットも、早くから提供されています。現時点での主な開発目標は、そうしたツールを連動させて、エンドツーエンドのデータ管理や評価をより円滑に行えるようにすることです。それは利便性と時間の節約という面で、ユーザーの大きな利益となるでしょう。

このアプローチを明確化したもののひとつは、測定データアナライザ (MDA) の全面改訂版である MDA V8 を年 4 回更新してリリースする、という 2016 年の決定でした。そして旧バージョンの MDA V7 は 2019 年の末に V8.4 に置き換わりました。INCA と EHANDBOOK-NAVIGATOR の間のインターフェースはすでに確立されていたので、計測データとインタラクティブな ECU ドキュメントを容易にリンクさせることができました。このインタラクションにより、重要なパラメータやエラーを探す時間が大きく短縮されました。また、ETAS の分析ツールボックス (EATB) との連携によって、INCA で収集したデータをただちに検証でき、レポート生成まで完全自動で行えるようになりました。次の重要な開発ステップは、適合データマネージャ (Calibration Data Manager) の新バージョンとなる予定です。

INCA については未来に向けた更なるチャレンジに関する構想もあります。これには、スケーラブルなシミュレーション環境における仮想 ECU や仮想バス、新しい AUTOSAR Adaptive ソフトウェアアーキテクチャにおけるマイクロプロセッサ搭載のドメインコントローラ、アプリケーションのクラウド機能の利用などが挙げられます。INCA の開発チームはすでにそれらすべての課題に取り組み、進展をもたらしています。

ETAS は今後もユーザーのニーズに重点を置き、INCA のサクセスストーリーを次の時代へ確実に繋いでいく所存です。

執筆者

Jörg Herrmann、ETAS GmbH

INCA 担当プロダクトマネージャ

Kilian Schnellbacher、ETAS GmbH

INCA 担当主任プロジェクトマネージャ



V7.0 ではオープンなハードウェア/ソフトウェアインターフェースを採用し、他社のハードウェア製品との互換性を実現しました。これによって、より柔軟な作業環境の構築が可能になりました。

V7.1 からは定期的にサービスパックがリリースされ、ユーザーの要望に迅速に対応できるようになりました。

V7.2 の適合データマネージャでは変数の一覧表示機能が改良され、複数のデータセットの値をすべて表示できるようになりました。

最新版の V7.3 は INCA 初の 64 ビットネイティブバージョンとして、大きく前進しました。PC のメモリをフルに活用することで、より精密な実験やより大きなプロジェクトファイルの処理、さらには適合処理と並行しての最大 40 MB/秒の測定レートの実現などへの可能性が広がりました。

INCA V7.0

INCA V7.2

INCA V7.3



ETAS の 新取締役会

Christoph Hartung、Günter Gromeier、Götz Nigge へのインタビュー

ETAS は 2021 年 1 月 1 日に取締役会を一新しました。RealTimes は社長 兼 取締役会会長の Christoph Hartung、営業部門 取締役副社長の Günter Gromeier、オペレーション部門 取締役副社長の Götz Nigge の各氏に、自身の経歴と、車載ソフトウェアにおける ETAS の役割、そして世界的パンデミックのために人と会うことが難しくなっている現在、どのようにして社員との関係を築いていくのかについて伺いました。

Christoph Hartung氏は2021年1月1日にETASの取締役会会長に就任しました。それまで、どのような経歴を歩んでこられたのですか？ その中で、最も大きい影響を与えた仕事は何ですか？

Christoph Hartung：私は1999年に社会人となり、それから20年間、Mercedes-BenzやVolkswagenといった、さまざまな自動車メーカーに勤務しました。その時期のすべてが忘れたくない経験です。その後2020年にBoschのコネクテッドカーソリューション部に入りました。そこで初めて、Tier1サプライヤの視点で物事を見ることを学んだのです。ETASでの新しい役割のもとで、長年の自動車メーカーでの経験が大いに役立っていると感じます。いわば「反対側」の利益、つまり顧客の視点で物事を見ることができるところから。

Götz Nigge氏も同様に、Robert Bosch GmbHのコネクテッドカーソリューション部で取締役会役員を務め、商務部門を統括していました。どのようなキャリアを経て今に至ったのでしょうか？

Götz Nigge：私の最初の職業はドイツ海軍の士官でした。非常にエキサイティングな経験でした。1999年にRobert Bosch GmbHに入社し、人事、購買その他、いろいろな部門で各種のプロジェクトの実行や管理に携わりました。Bosch時代は海外で6年以上勤務しましたが、どれも素晴らしい思い出となっています。2010年に、Boschの独立子会社であるイタリアの社員500名ほどの企業の財務担当副社長に任命されました。小さい企業の構造はBoschのようなグローバルな大企業の組織とは明らかに異なるものだったため、まったく新しい経験を積むことができ、多くのことを学びました。私の経験が、ETASでの新しい役割を果たすための土台になることを願います。未来へ向かって前進するために、強いモチベーションを持ったETASの社員の皆さんとともに働くのを楽しみにしています。

Günter Gromeier氏はETASが1994年に設立された直後の1995年に入社しています。最も重要だったETASでの出来事を聞かせてください。

Günter Gromeier：私がSchwieberdingenでETASの適合エンジニアになったとき、ETASはまだ、ようやく歩き始めたばかりでした。この27年間、さまざまな職種を経験しました。営業、マーケティング、プロダクトマネジメント、コーポレートデベロップメントなどです。特に好きなのは異文化に接することができる環境で働くことです。フランスと中国で過ごした年月は、私のキャリアの中で最もエキサイティングな時代の1つだったと断言できます。ですが、ETASでの最近の数年間も同じくらいに素晴らしいものでした。e-モビリティ、コネクティビティ、自動運転（支援）などの進歩が自動車業界を変えつつあります。市場は常に流動的な状態にあり、絶えず新たな革新技术が登場します。そうした革新技术の多くは、ソフトウェアが重要な役割を担っています。私はETASの取締役会のメンバーとして、



Christoph Hartung：社長



Götz Nigge：オペレーション部門 取締役副社長



Günter Gromeier：営業部門 取締役副社長

この分野の進歩に明確な方向性を与える仕事に積極的に取り組みたいと考えています。

車載ソフトウェア開発の現状において、ETASはどのような役割を果たしているのでしょうか？

Christoph Hartung：ETASは車載アプリケーションを制御ユニットに実装して実行可能にするためのツールとミドルウェアのソリューションを提供しています。その際に特に重視しているのは開発プロセスの効率性と安全性です。車両に複雑なシステムを実装して、それらを管理し、ライフサイクル全体にわたるサポートを提供するには、プロセス、メソッド、ツールをどのように変化させる必要があるのかを理解する必要があります。実車に新しいシステムを搭載する場合、開発効率をきわめて重要な要因となります。今日、車載エレクトロニクスは急速に複雑化しています。従来の手法による車載システムの開発はもう限界にきています。これは当社にとってはチャンスです。高度な複雑性への対応はまさに当社の得意とするところだからです。

「顧客の視点で物事を見ることが できるのです」 Christoph Hartung

ADAS/ADといったデータ指向の開発プロセスにも新たな課題が生まれるのですか？

Christoph Hartung：そのとおりです。ETASはTier1サプライヤや自動車メーカーの大規模ネットワークにおけるADAS/ADについて、何が必要とされているのか、そして顧客の開発プロセスをサポートする最良の方法は何かを検討しています。データ指向の開発フローでは、明快なベシックフレームワークを持つテスト車両に可能な限りのキロ数を走らせ、バックエンドでデータを集めてシミュレーションと妥当性確認を実施します。さらに、この方法により最適化されたアルゴリズムを車両へ再転送するのです。このような開発ステップ全体をカバーし、自動車メーカーとの共同作業でシステムを車両に実装するために、計測、適合、ツールチェーンの分野におけるETASのツールと専門知識が必要とされています。自動車開発がITと異なっているのは、車載ツールは決してデジタルオンリーではないという点です。常にハードウェアの世界との橋渡しをする役目を担っていますし、安全要件も満たさなくてはなりません。

世界的パンデミックの最中に取締役役に就任したわけですが、対面でのミーティングが不可能で、近い将来に可能になるという見通しもない状況です。どのようにして社員とコミュニケーションを取っているのですか？

Christoph Hartung：確かに、大きな集まりでじかに顔を合わせて今後の事業戦略やポートフォリオについて語り合い、アイデアを出し合えたら本当に素晴らしいことでしょう。今はそれができないため、たいていはビデオ通話を使っています。このような代替手段があり、助かっています。また、例外的な事情がある場合には、コロナウイルスに関するあらゆるガイドラインを順守するという条件で対面することもあります。対面でもビデオでも、社員とのコミュニケーションで何より重要なのはオープンさと透明性であると考えています。

最後に、皆さんに少し個人的なお話をお聞きしたいと思いますが、仕事でストレスがたまったときは、どうやって息抜きをしていますか？

Götz Nigge：私の場合はスポーツです。走ることと武術が好きです。

Günter Gromeier：いろいろな野外活動で息抜きをしています。季節にもよりますが、特に好きなのは走ることと、ゴルフですね。

Christoph Hartung：私もスポーツはとても効果的だと思います。走るのも好きだし、自宅に小さいジムを作っているため、パンデミック下でも息子たちと運動しています。

ありがとうございました！



偶然に委ねるものはない

精密な ETAS ハードウェアをテストする

集積度の高い回路基板や複雑な製品機能が統合された高度なハードウェア製品の検証を行うには、最先端のテスト手法と総合的なテスト管理システムが要求されます。

ETAS の最近のハードウェア製品開発を特徴付ける傾向として、製品の急速な複雑化と、組み立て済み回路基板の小型化、という2つの流れが同時進行しています。その状況において製品エンジニアリングプロセスに求められることは、1つが最新のテスト手法を用いること、もう1つはエンドツーエンドのテストインフラをデザインすることです。ETAS の強みの1つに、灼熱の砂漠から極北の寒冷地まで、さまざまな走行条件に対応できるよう設計された高性能ハードウェアがあります。このような幅広い要件を満たすために大きな力を発揮しているのが、経験豊富な開発部門と、エレクトロニクス製品を専門とする外部の製造サービスプロバイダ、そして開発チームと製造チームとの橋渡し役を担ういくつかの部署です。

この橋を支える柱の1つがテクニカルファンクション(TEF)部門で、テストインフラの開発と保守のほか、ETAS ハードウェア製品の製造工程におけるテストデータをグローバルに管理する業務も担当しています。

ETAS 製品の製造工程で用いられるテストインフラの特長とは?

テストインフラの設計を成功させる鍵となるのは、総合的なテスト手法の確立です。製品ごとにさまざまな最新鋭の手法を比較評価して、選択的に適用します。テスト手法は3つ(構造的電気テスト、機能的電気テスト、構造的光学テスト)に分類されます。

各テスト手法にはそれぞれ独自の利点があり、そのいずれもが組み立て済み回路基板の検証に有効に活用されています。図1は、それらの違いを4つ(極性、コンポーネント配置、価値/機能、はんだ品質)のテストカバレッジパラメータで表したものです。

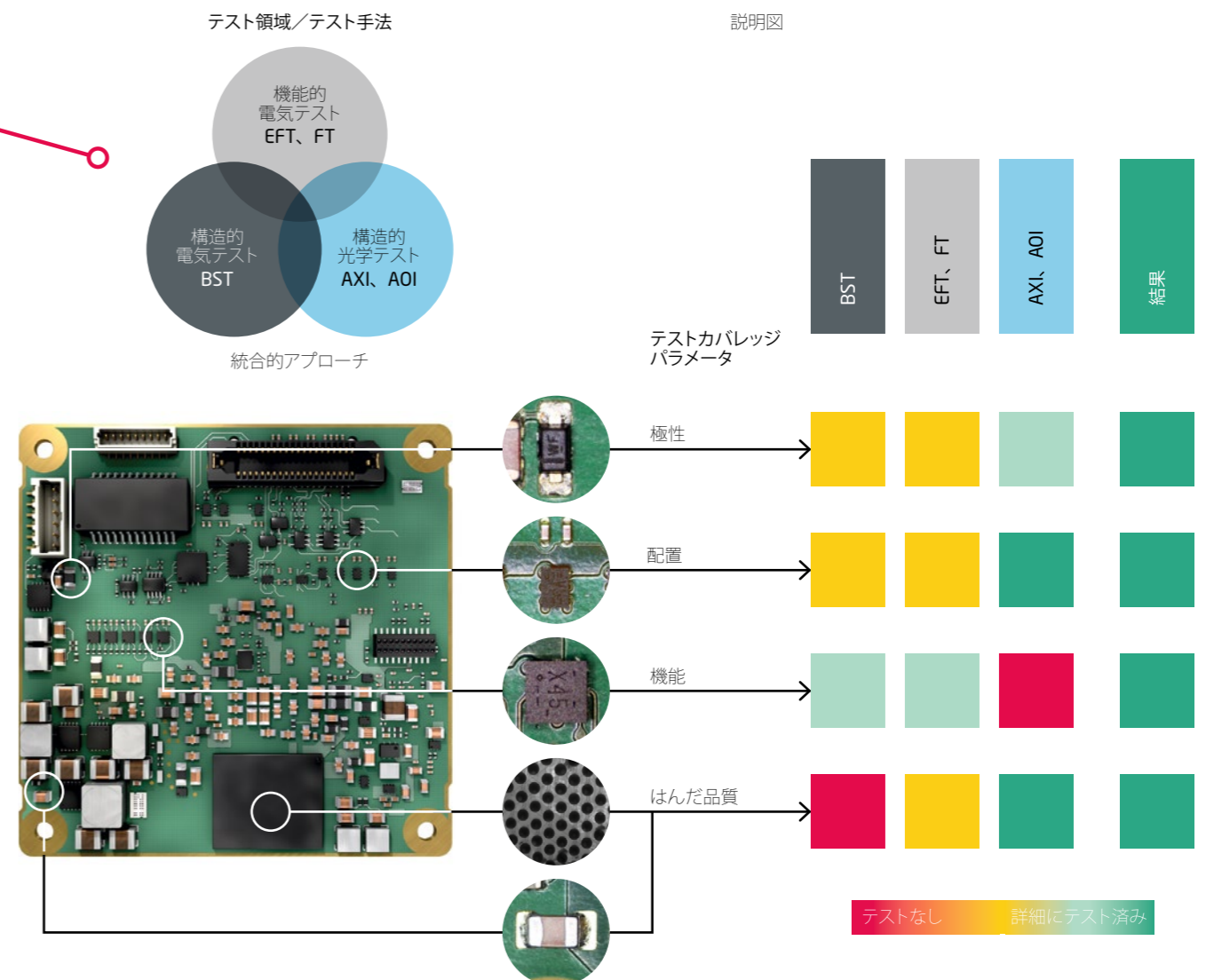
構造的電気テスト

集積度が高く、底面に接続端子があるコンポーネントや、人の目には点にしか見えないような微小コンポーネントを使用したハードウェアに対しては、従来のテスト手法はもはや限界にきています。その限界を打ち破る方法として、JTAG (Joint Test Action Group) のテスト用バスを用いた組み込み基板テストがあります。これは IEEE1149 規格に準拠した境界スキャンテスト (boundary-scan test : BST) 法によるものです。この手法は「テストワーム」と表現され、回路基板上を虫のように這い進みながらコンポーネント間の接続を丹念に検証し、はんだ不良や短絡を検出します。

機能的電気テスト

このテストに用いられる手法は2種類あります。その1つである組み込み機能テスト (embedded functional test : EFT) は、JTAG バス経由で組み立て済みコンポーネントの「知能」にアクセスします。EFT は、ChipVORX®、VarioTAP® のテスト技術に加え、社内でプログラムしたテスト機能を GÖPEL electronic GmbH の強力な CASCON® システムソフトウェアと組み合わせて活用する高性能テストで、ダイナミックレンジにおけるエラーを検知します。これは基板ごとのソフトウェアを必要とせずに優れた診断性能でエラーを特定できる、重要なテスト技法です。さらに EFT を補足するため、製品固有のソフトウェアを用いる機能テスト (functional test : FT) を行い、これは、ハードウェアの特定の部分を詳細に調べるクラスタテストと、製品のインターフェース機能を調べる製品機能テストに分かれます。

図1：FETK-T3 製品を用いたテストカバレッジパラメータの説明図



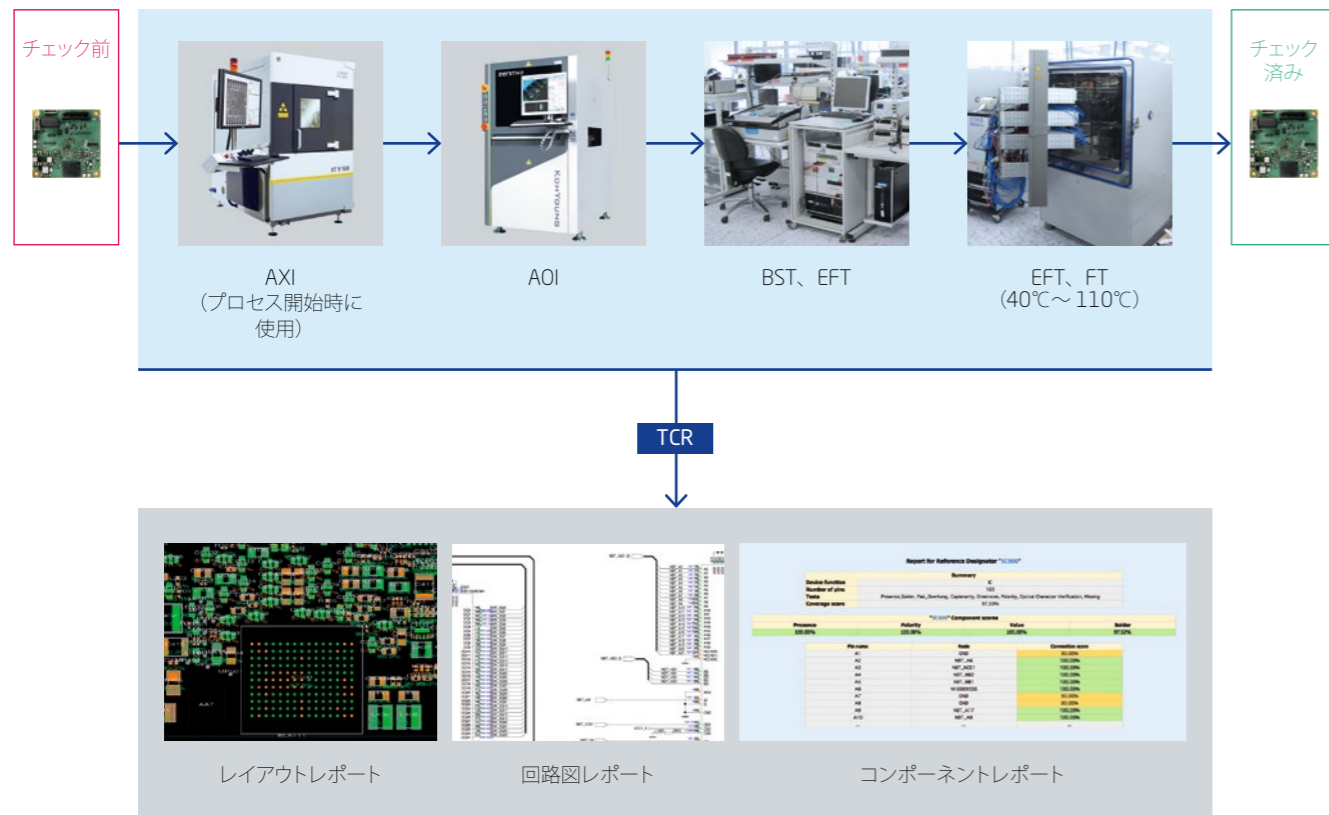


図 2：FETK-T3 製品を用いたテストチェーンの説明図

構造的光学テスト

光学テストでは、はんだ品質とコンポーネント配置の評価を行います。ここでは整形外科用のものと同様の X 線システムと、3D の最新型カメラシステムを使用します。このテストでは X 線テストシステム (AXI - automated X-ray inspection) と光学テストシステム (AOI - automatic optical inspection) の効率性が何よりも重要であるため、外部の製造サービスプロバイダのテストシステムを利用しています。サプライヤの選定の際には、製造サービスプロバイダのテスト施設に十分な設備が整っているかどうかを大いに重視しています。

テストチェーン

上に挙げた各種テスト手法は、テストチェーンに組み込まれたきわめて複雑なテストシステムにおいて使用され、どのテストシステムも製品テストの品質に重要な貢献をしています (図 2)。テスト品質はテストカバレッジによって決まります。各テストシステムのテストカバレッジを示すテストカバレッジレポート (Test Coverage Report : TCR) には個々のコンポーネントとその接続のテストカバレッジパラメータが報告され、テストチェーンの分析と最適化に利用されます。

ASTER Technologies が提供する完全統合型テストカバレッジ分析ツール、Test Way Express® は、テストカバレッジを最大化し、テスト手法の最大活用に役立ちます。

まとめ

偶然にまかせるものは何ひとつありません。ETAS の幅広いハードウェア製品ポートフォリオの製造には、先端技術に基づいて開発された最新のテストインフラが使用されています。ハードウェア製品テストの最適化を支えているのは、製造テストシステムの開発における ETAS の長年の経験と、最新の高性能ツール、そしてハードウェア製造サービスプロバイダとの緊密な連携です。これらすべてが、ETAS 製品という高品質な「パズル」を完成させるための重要なピースとなるのです。

執筆者

Roland Rothbächer, ETAS GmbH
 テクニカルファンクションシニアマネージャ
Edip Abay, ETAS GmbH
 製造テストシステム担当開発エンジニア

各国の ETAS 拠点

ドイツ	Stuttgart (本社)	日本	横浜、名古屋、宇都宮
ブラジル	São Bernardo do Campo	韓国	城南市
カナダ	Waterloo, Ontario	中国	長春、重慶、広州、北京、上海、武漢
フランス	Saint-Ouen	スウェーデン	Gothenburg
India	Bengaluru, Chennai, Gurgaon, Pune	イギリス	Alfreton, York
イタリア	Turin	USA	Ann Arbor, Michigan

ニュースレター



ETAS の RealTimes オンラインニュースレターは、ETAS にまつわる話題について定期的に最新情報をお届けしています。

- ETAS 製品の使用事例とサクセスストーリー
- 技術記事
- 企業情報
- トレーニングおよびイベント情報
- ウェビナー、ビデオ
- インタビュー
- FAQ

RealTimes オンラインの登録フォームとバックナンバーには、www.etas.com/RT からアクセスできます。

発行者情報

ETAS GmbH, Borsigstraße 24, 70469 Stuttgart, Germany

取締役会：Christoph Hartung、Günter Gromeier、Götz Nigge
 監査役会会長：Dr. Walter Schirm
 本社事務所：Stuttgart
 登録裁判所：Lower District Court (Amtsgericht) of Stuttgart, HRB 19033

編集長：Selina Epple
 編集チーム：Nicole Bruns、Jürgen Crepin、Christian Hartig、Claudia Hartwell、Axel Heizmann、Anja Krahl、Silke Kronimus
 本号の執筆者：Edip Abay、Rüdiger Abele、Magesh Babu S.、Adam Banker、Myrtle Binil R.、Ajit D Borkar、Atilla Bulmus、Dona Burkard、Jürgen Crepin、Selina Epple、Christophe Fauqueux、Dr. Patrick Frey、Günter、Tobias Gutjahr、Raphael Hans、Christoph Hartung、Axel Heizmann、Jörg Herrmann、Harshvardhan Joshi、Sarathbabu Karthikeyan、Hiroshi Kato、Anja Krahl、Richard Mutschler、Dr. Stuart Mitchell、Chinh Nguyen、Dr. Patrick Nickel、Patrick Nohe、Roland Rothbächer、Frank Ruschmeier、Klaus Scheibert、Dr. Michael Peter Schneider、Kilian Schnellbacher、Thomas Schöpfner、Jung Seop Son、Chaoyong Tang、Dr. Nils Tietze、Peter Trechow、Oliver Trost、Krishnan Unny
 デザイン・制作：Grafik Design Kunst Vogt
 翻訳：Wieners+Wieners GmbH
 図版：AEMtec GmbH、Depositphotos、ESCRYPT GmbH、ETAS GmbH、ETAS K.K.、Gorodenko、Hyundai Motor Group、iStock、Koh Young Technology、René Müller Photographie、Nikon Metrology GmbH、Nissan Motor Corporation、Shutterstock、SmartRep GmbH
 一部の記事は以下で出版済みの記事の短縮版：
 Elektronik automotive 1/2020 (pp. 6-9); ATZelextronik 07-08/2020 (pp. 10-13); ATZelextronik 01-02/2020 (pp. 16-17); Elektronik automotive 12/2020 (pp. 18-21); ATZextra e-mobility June 2020 (pp. 30-33); SAE Technical Paper 2020-01-1366, 2020 (pp. 37-39); ATZelextronik 3/2021 (pp. 42-45)
 © Copyright 04/2021 ETAS GmbH, Stuttgart - All rights reserved.
 本書で使用されている製品名および名称は、各社の (登録) 商標あるいはブランドです。
www.etas.com



DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE

イータス株式会社
〒220-6217
横浜市西区みなとみらい 2-3-5
クイーンズタワー C17F

TEL : 045-222-0900
FAX : 045-222-0956
E-mail : sales.jp@etas.com
www.etas.com