

Geführte und automatisierte Applikation und Validierung von Antriebsstrangsystemen,“ Elektronik auto-motive 6/7.2016より抜粋

パワートレインシステムの 適合と検証における ガイド付き自動化ツール

パワートレインシステムの適合と検証は多くの課題に直面しています。精巧な組込みソフトウェアを用いた複雑な電子制御システムを搭載する車両には様々な差異があり、汚染物質排出、燃費、車載診断システムについては厳しい要件の順守が求められます。テスト車両台数が限られる一方で、厳しい品質目標と開発サイクルの短期化が同時に要求されています。こうした複雑な要因により、関連プロセスの標準化がこれまで以上に重要になっています。

コンピュータを使ったシミュレーションや、データ分析、制御最適化の技術は、計測データの記録・分析とECUパラメータの適合に必要な労力を大幅に削減します。



INCA-FLOWが適合と検証の効率を向上

かつては、適合と検証の手順の自動化タスクには特定のプログラミング技術を持つソフトウェア専門家だけが使用できるスクリプト言語やツールが必要でした。適合エンジニアが複雑なワークフローを自動化できるよう、ETASとIAVはINCA-FLOWソフトウェアツールを開発しました。INCA-FLOWは、計測・適合手順をフローチャートの形でグラフィカルに表します。

INCA-FLOWを使って作成されたフローチャートは手順生成のリソースとして、計測・適合プロセスの自動化や、ECUの適合や電子制御システム動作の検証を行うユーザーのためのガイドとして使われます(図1)。INCA-FLOWは生成された手順のインポートとエクスポートが可能のため、手順の交換や配布も簡単です。一方、フローチャートをHTMLフォーマットで保存することにより、手順の文書化も可能です。

INCA-FLOWによる手順生成は、計測・適合・診断用INCAツールが制御しており、計測・適合ワークフローの自動化を何度でも簡単に実現することができます。INCA-FLOWが従来の自動化手法と異なるのは、柔軟性のない定義済みのスクリプトに適合エンジニアを縛り付けないという点です。その代わりに適合エンジニアは、実車に対する適合手順の応用や個別調整が可能になります。INCA-FLOWは多種多様なデータ分析テクニックも提供します。例えば、フィルターを用いて抽出された測定データは次の3つの方法で分析することができます。

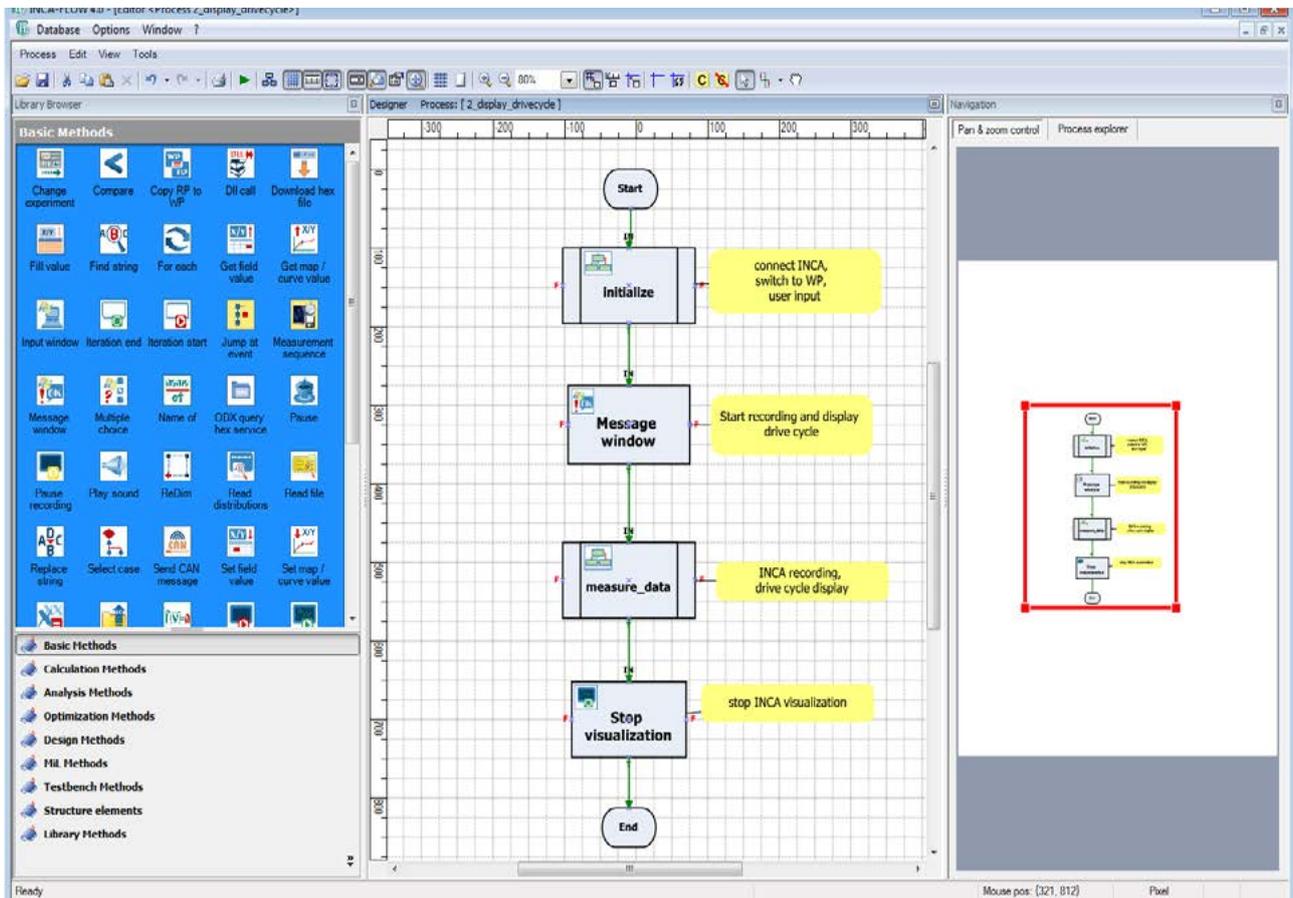
(1) 高速フーリエ変換 (FFT) 後、測定シグナルの主要周波数と最大振幅を計算する。(2) 制御のオーバーシュートとアンダーシュートを判定する。(3) 関連結果の提示を含む統計的評価を行う。データ分析の結果に基づき、その後のステップでINCA-FLOWを使ってECU特性マップ値などのパラメータを自動計算することが可能です。

INCA-FLOWを使えば、パワートレインシステムの適合と検証のために用いられる手法や手順の効率的な標準化に向けた完璧な基礎となる詳細な文書を作成することができます。一貫性ある標準化には2つの重要な利点があります。第1に、適合と検証に必要な時間と労力を大幅に減らしつつ、結果の質を大いに向上させます。第2に、INCA-FLOW手順は交換が可能のため、メーカー、サプライヤ、エンジニアリングサービスプロバイダが関わる共同プロジェクトにおいて相互協力を大いに促進します。この結果エンジニアは、従来であれば最初に計測・適合手順の検証を行う必要があったのに対して、直ちにシステムの適合と検証に取りかかれるようになり、貴重な時間を最大限に活用して車両テストに取り組むことができます。

異なるECUバリエーションに対するINCA-FLOW手順の変更

内燃エンジンの適合では、加速動作を最適化し揺れを最小限にするためのペダルマップの設定など、様々なプロジェクトにまたがって多くのタスクが繰り返されます。INCA-FLOWを使えば、こうしたタスクを簡単に記述することができます。

図1：INCA-FLOWのグラフィカルユーザーインターフェース。左：自動化を行うメソッドの一覧。INCA計測・適合・診断用ツール、計算方法、データ分析、最適化、機能モデル設計のサポート、シミュレーション制御、テストベンチコントロールシステムとの統合。中央：運転サイクルベースのテスト走行を再現した、適合エンジニア用ガイド付きフローチャート。右：ズームおよびナビゲーション表示枠。



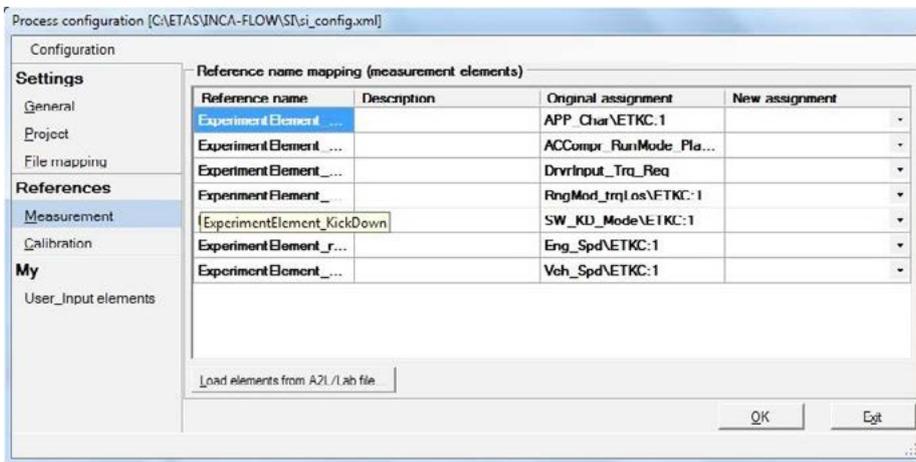


図2：INCA-FLOWのスタンドアロンコンフィギュレータ。「Reference」タブは、既存の計測・適合変数に基づく関連スタンドアロン手順のレファレンスを表示します。この表示には、レファレンス名および関連する計測の定義（もしあれば）が示されます。INCA-FLOW手順で用いられる関連計測・適合変数の詳細は、「Original_assignment」欄に追加されます。異なる入出力パラメータの場合、またはは出力パラメータの詳細が異なる場合は、隣の「New_assignment」欄で指定できます。この目的ではASAP2データまたは簡潔な変数リストを使うことが可能です。アプリケーション固有の値は、「My」タブの下に入力できます。

こうした記述に基づいて生成された単発の手順は、ランタイムライセンスを使って、スタンドアロンのINCAコンピュータ（INCA-FLOWを完全にインストールしていないコンピュータ）で実行することが可能です。スタンドアロンの手順は、INCA-FLOWスタンドアロンコンフィギュレータを使って、各プロジェクトに対応した固有の要件に変更でき（図2）、後の関連プロジェクトで同じようなECUを使う際に再利用できます。これによってソリューションの効率が高まります（1）。

このツールを使って、手順やプロジェクトの名称といった一般情報やコメントの入力のほか、特性値のハードリミットとソフトリミットといったプロジェクト固有の設定を調整することができます。一方、マッピング機能により、INCA-FLOW手順における入出力変数の割当てをECUの数字に合わせて変更することも簡単です。つまり、スタンドアロンの手順を関連ECUプロジェクトで再利用することも可能だということです。

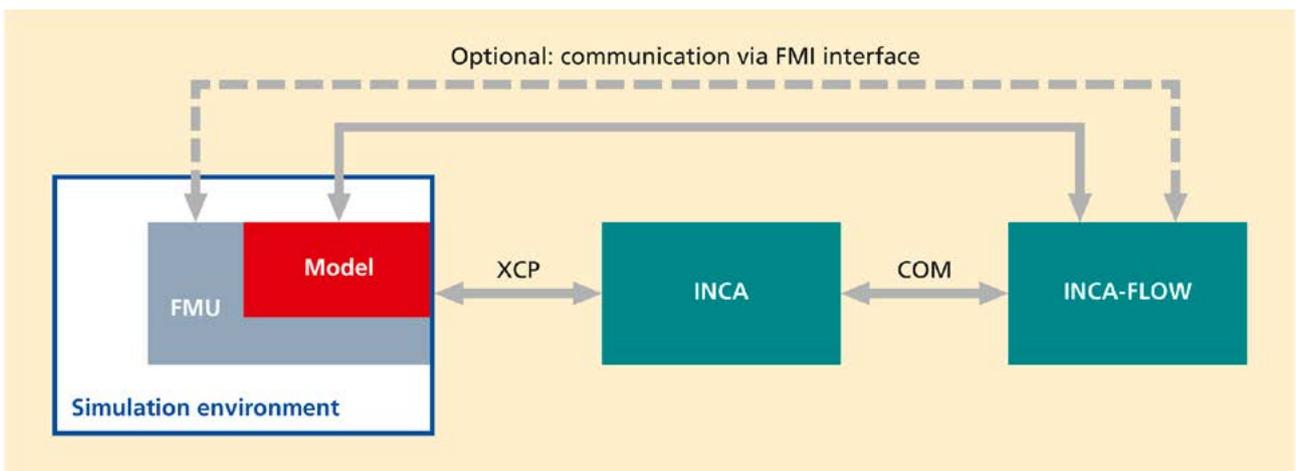
たとえプロジェクトによって参照する変数やパラメータが異なったり、使っている専門用語が国によって違ったりしても、問題ありません。最初に手順がプロジェクト向けに作成され、プロジェクトにおけるパラメータ値がプリセットされます。異なるプロジェクト毎に定義された様々な設定も、INCA-FLOWスタンドアロンコンフィギュレータを使って、快適に管理できます。

車両以外での利用

INCA-FLOWの利用に際しては、テスト車両以外に、次のような開発・テスト環境が必要です。ただし、適合・検証メソッドが新システムと関連ECU機能の開発中に当初INCA-FLOWを使って記述されたこと、同メソッドがシミュレーションまたはテストベンチによるテスト済みであり繰り返しの改良が必要であることが条件です。

- シミュレーション環境
- Hardware-in-the-loop (HiL) テストシステム
- エンジンとダイナモメータのテストベンチ

図3：INCA-FLOWはINCAのXCPインターフェースを使うだけでなく、独自のインターフェースまたはFMIインターフェースを介したダイレクトアクセスにより、1つのシミュレーション進行中に他のモデルシミュレーションを実行することができます。後者のケースではモデルがカプセル化され、いわゆるファンクショナルモックアップユニット（FMU）、またはFMIインターフェースを備えたコンテナに格納されます。FMUは共同シミュレーションで使われ、その後ドメイン毎に異なる様々なモデリング環境へと発展していくことが多いと言えます。



こうした環境でECU機能の適合と検証を行うINCA-FLOWのために、適切な機能を備えた特別のプラグインが利用可能となっています。

新ECU機能のモデリングに関して、INCA-FLOWが開発者に提供するメリットは、開発プロセスの最初から適切な計測・適合手順を定義できるようになるということです。不明瞭な内容になりがちなテキスト形式の計測・適合指示書を作成する必要がなくなります。また、適合エンジニアがINCA-FLOW手順を個別のアプリケーションにカスタマイズできるようになることで、機能開発、適合、テスト走行の分野間の隔たりを埋めることにもつながります。

シミュレーション環境と Hiテストシステムへの接続

ECU機能に取り組む間、開発者は機能動作のシミュレーションを行い、機能モデルを使ってコンピュータ上でテストします。適切な入力数値を用いた「開ループ」、またはループを閉じた「閉ループ」モデルを使って、モデルのシミュレーションを行います。

「閉ループ」モデルはECU動作のシミュレーションを行います（「Model-in-the-loop」、MiL）。

INCA-FLOWはASAM MCD-1 XCP（計測と適合のユニバーサルプロトコル）(2)またはFMI（ファンクショナルモックアップインターフェース）(3)に適合するインターフェースを使って、開ループテストと閉ループテストを自動化します。INCAは特定のシミュレーション環境とは無関係に、XCPを使って機能モデルにアクセスできます。シミュレーション進行中に、INCAを使って計測データと適合モデルの収集を自動化することができます。それに加えて、INCA-FLOWはダイレクトメモリアクセスにより機能モデルのシミュレーションを行うことも可能です（図3）。その結果、例えば実際の車両に搭載された本物のシステムからデータを集めつつ、シミュレーションを行うことができます。

INCA-FLOWは機能パラメータを最適化する独自のアルゴリズムを提供します。さらに、高度化した最適化ツールをDLLとして統合することも可能です。INCA-FLOWの使用により、シミュレーションを最大で実際の1000倍の速さで行うことが可能です。

図4：テストベンチ環境でのINCAとINCA-FLOWの統合

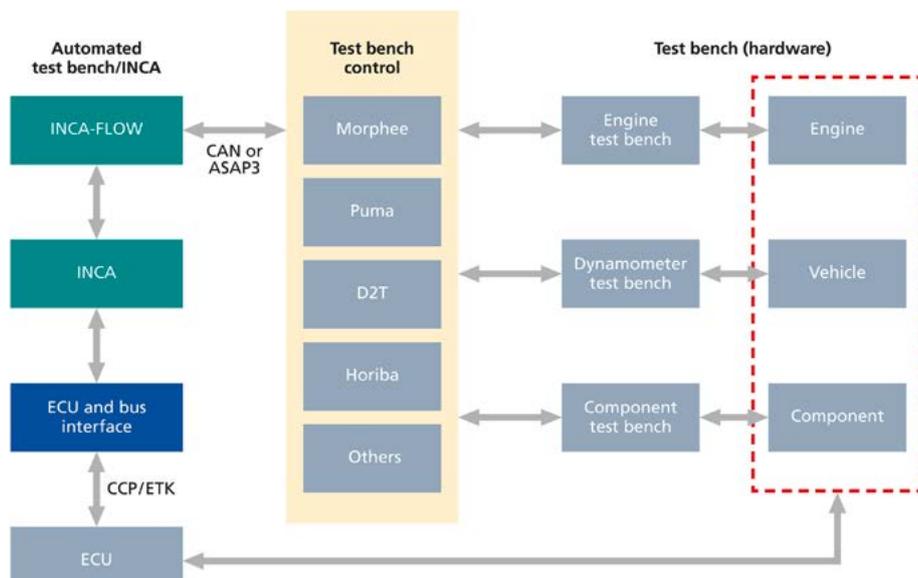
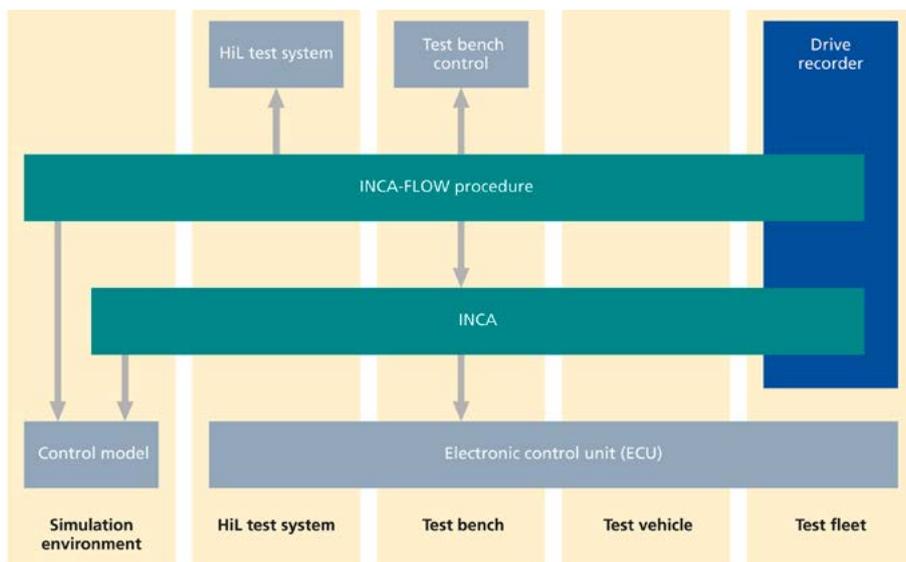


図5：ECU適合と検証において、INCAはECUや機能モデルへのアクセスに使われます。INCA-FLOWはINCAを使って、関連するすべての開発・テスト環境における適合と検証を自動化します。



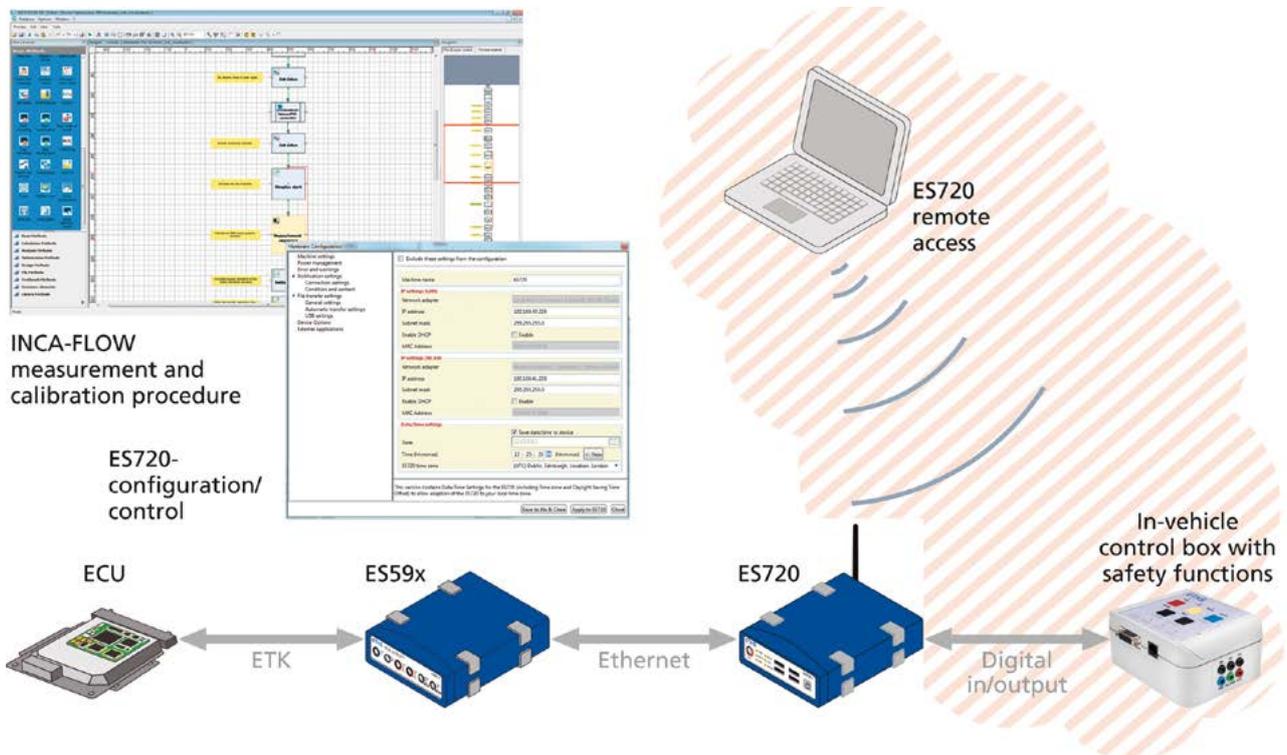


図6：テストフリートにおけるINCA-FLOWの使用例。ES720ドライブレコーダは遠隔地から設定されます。次にINCA-FLOW手順で制御された計測値は、ドライブレコーダ上で監視のない状態で作動します。フリート車両のドライバーがコントロールボックスを通じてリモートアクセスを解除します。これは緊急時の追加安全機能になります。

INCA-FLOWは「スタートMiL」、「ストップMiL」、「リセットMiL」、「ステップMiL」などのシミュレーション制御メソッドを提供します。上述のMiLアプリケーションと同様に、未来のINCA-FLOWでは、ASAM-XiLインターフェース(4)を介してHiLシステムに接続することが可能になるでしょう。

テストベンチへの接続

テストベンチにおいては、INCA-FLOWを自動システムとして使い、CANまたはASAP3などの標準インターフェースを介してテストベンチに接続することができます(図4)。CAN接続にはCAN-DBCフォーマットで保存できる固有の通信データが必要です。システム障害から通信を保護するために、INCA-FLOWは「アライブカウンタ」メッセージをCANでテストベンチに送信することができます。テストベンチはアライブカウンタの値を監視することにより、通信エラーなどの不具合に対処することができます。INCA-FLOWはCANインターフェースを通じて独自のシグナルを送り、複雑な計測・適合手順を表示できますが、それには特定のトリガ機能または監視機能が必要です。未来のINCA-FLOWでは、INCAを介したXCPゲートウェイ、ASAM ACI (5)、イーサネットを介したAKプロトコルといった新たなプロトコルを通じたテストベンチとの通信も可能になるでしょう。

製品ビジョン：シームレスな適用 - 機能設計からフリートテストまで

ここ数年来、INCA-FLOWの顧客基盤は拡大を続けています。INCA-FLOWユーザーからは、30パーセントから80パーセントの時間節約と効率向上効果があったとの声をいただいています。また、適合データ品質に大幅な改善が見られたこと、テスト走行結果の再現性が大幅に向上したことが報告されています。

ETASとIAVは今後もINCA-FLOW開発パートナーシップを継続する意向です。両社の目標は、パワートレインシステム開発におけるあらゆる段階や環境にINCA-FLOWを確立することです(図5)。

未来のINCA-FLOWは、ETASのES720モジュールなどのドライブレコーダと連動して、車両システムの自動検証をサポートすることになるでしょう(図6)。この場合、INCA-FLOW手順は監視や人手による介入なしに、テストフリート車両のドライブレコーダ上で作動することになるでしょう。同時に、INCA-FLOWのデータ分析手法を使って、ドライブレコーダで計測データのオンライン分析を直接行うようになるでしょう。とりわけこのアプローチはフリートテストの自己診断機能(OBD)の検証に適しています。

筆者

Dr. Ulrich Lauff, Senior Expert in Marketing Communications, ETAS

Sven Meyer, Product Manager, IAV

Rajesh Reddy, Product Manager INCA-FLOW, ETAS

- [1] Dünbnier, Olaf, Franke, Steffen und Reddy, Rajesh. Effiziente Applikation. [Online] Dezember 2015. http://www.etas.com/de/realtimes_2015_2016.php.
- [2] ASAM MCD-1 XCP. [Online] ASAM e.V., 2013. <https://wiki.asam.net/display/STANDARDS/ASAM+MCD-1+XCP>.
- [3] Functional Mock-up Interface. [Online] 2016. <https://www.fmi-standard.org/>.
- [4] ASAM XiL. [Online] ASAM e.V., 2013. <https://wiki.asam.net/display/STANDARDS/ASAM+XiL>.
- [5] ASAM ACI. [Online] ASAM e.V., 2015. <http://www.asam.net/>.