

「もっとよい方法があるはずだ。」— 革新的なエンジニアリング企業である Tula Technology 社では、この考え方が定着しています。同社は、自動車業界が数十年にわたり取り組んできたエンジン設計の課題を解決しました。その問題とは、エンジンシリンガを個別に休止する方法です。Tula 社では、先進的なデジタル信号処理、アルゴリズム、および高度なパワートレイン制御を組み合わせるといった創造的な思考により、単一のエンジンシリンガを休止（スキップ）または作動（ファイア）する時期を自動的に管理できるソフトウェアベースの手法を開発し、ドライバーのトルク要件を満たすことに成功しました。同社のソリューションは Dynamic Skip Fire (DSF®: ダイナミックスキップファイア) テクノロジーと呼ばれています。

#### ダイナミックスキップファイア

DSF テクノロジーでは、最も効率的に車両の出力要件を満たせるよう、エンジン制御システムが個々の燃料シリンガを自動的にオンまたはオフにします。従来のシリンガ休止方法とは異なり、Tula 社のダイナミックスキップファイアアルゴリズムでは、0% から 100% の間でほぼ連続的にシリンガの点火制御を行います。この動作により、ポンプ損失の大幅な低下、燃焼効率の向上、および減速時の触媒管理の改善が可能になり、結果として燃費が向上します。DSF テクノロジーを使用すると、ドライバーに必要な出力を提供しつつ、エンジンの最適な動作効率を維持することができます。このソリューションでは、燃費と CO<sub>2</sub> 排出量を 10 ~ 15% 削減することが可能です。ゼネラルモーターズ (GM) 社は、この燃費テクノロジーに注目してきました。また、その他の自動車メーカーや、さらには Delphi、Sequoia Capital、Khosla

Ventures、Sigma Partners などの企業も Tula 社に投資しています。Delphi 社は、Tula 社の Tier 1 戦略パートナーでもあります。

#### テスト自動化の追求

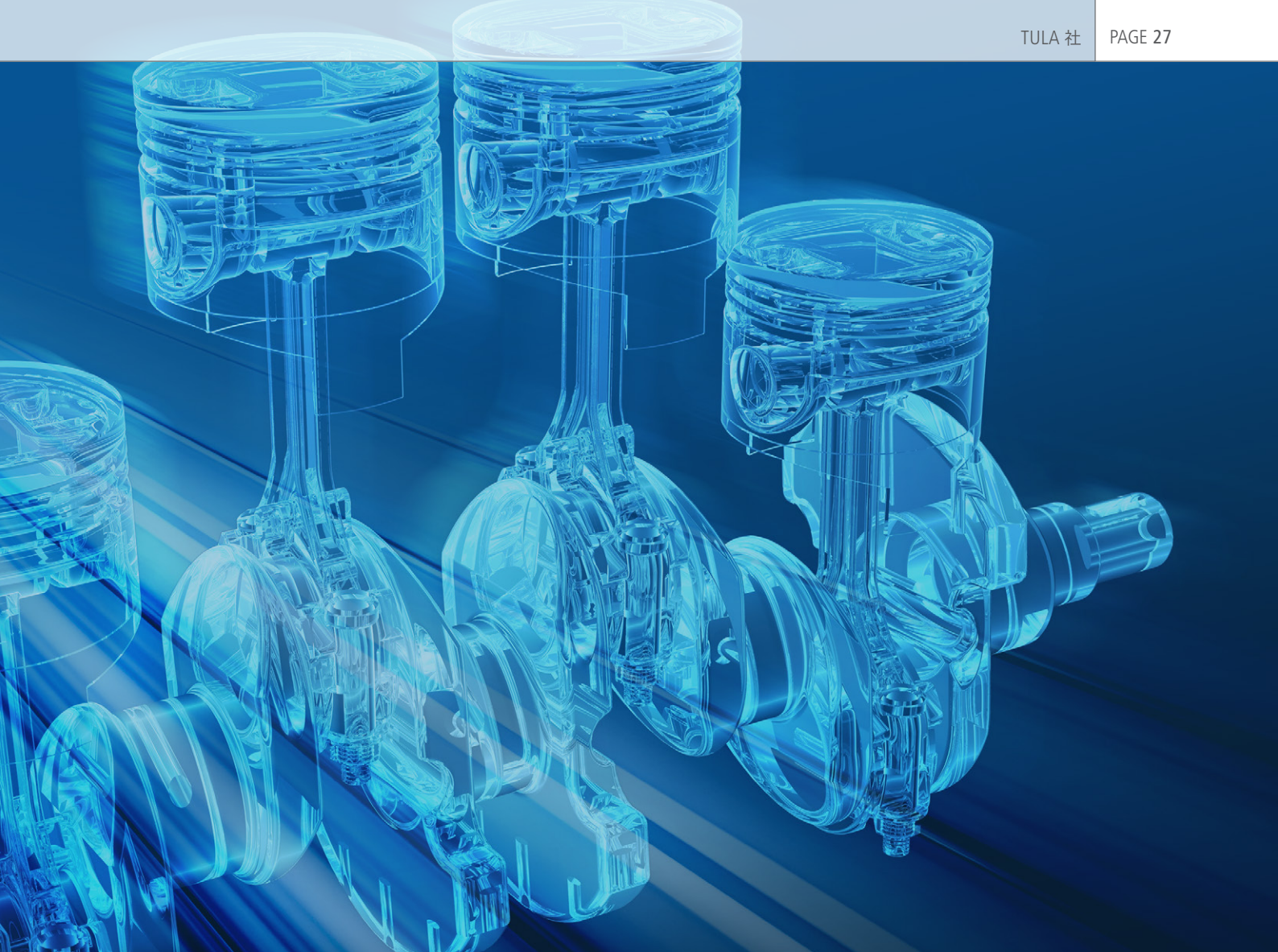
シリコンバレーのテクノロジー企業である Tula 社では、2008 年のカリフォルニア州サンノゼでの創立以来、DSF ソリューションの改良を重ねてきました。同社は、これまで 52 件の特許認定を受けており、現在 70 件以上の特許を申請中です。Tula 社は、組込みソフトウェア開発と電子制御ユニット (ECU) のテストオプションの検討に着手した 2009 年に、初めて dSPACE の協力を打診しました。現在、同社ではテストプラットフォームの自動化を確立していますが、これには、ラピッドコントロールプロトタイピング向けの MicroAutoBox II、シグナルコンディショニング向けの RapidPro、エンジンのシミュレーションおよびテスト向けの HIL (Hardware-in-the-Loop) システム、試験管理向けの ControlDesk、アーキテクチャやシステムのモデリング向けの SystemDesk、標準化されたテストの書き込みや更新とテストデータの記録や共有を行うための AutomationDesk など、さまざまな dSPACE ツールが使用されています。同社は近年、自動化されたテスト機能のさらなる拡張に向けて、仮想検証環境を導入しました。この環境において、仮想検証向けのシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS がラボで使用されています。

#### 迅速な妥当性確認と容易なバグ検出

Tula 社では、ソフトウェアライフサイクルの中で迅速に検証タスクを完了し、早期にバグを発見したいという考えのもと、2016 年に仮想検証について評価を行う

>>

**DSF**  
DYNAMIC  
SKIP FIRE



# Faster

## Engine Validation

仮想検証により、妥当性  
確認および検証作業に  
要する時間を半減

物理的なハードウェアがない場合でも、より迅速にテスト作業を実行することができますか。シリコンバレーのテクノロジー企業である Tula 社は、仮想検証環境を確立し、それ以降、検証や妥当性確認の作業に必要な時間を 50% 短縮しました。



図 1：Tula 社の新しい妥当性確認および検証インフラストラクチャでは、dSPACE AutomationDesk によりあらゆるコードおよびテストスクリプトを体系化し、PC ベースのシミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS によりそれらを実行しています。



「私たちは、開発プロセスの早期の段階で PC と VEOS のみを使用してソフトウェアの妥当性を確認する方が多くの場合に時間を短縮できると気付きました。」

Alfred Wong 氏、組込みソフトウェアおよびシステム担当エンジニア、Tula Technology, Inc.

ことにしました。同社の組込みソフトウェアおよびシステム担当エンジニアである Alfred Wong 氏は、ソフトウェアのアップデートの検証や妥当性確認を行うプロセスには複数の相互的な問題があったため、実現には時間がかかったと説明しています。この問題は、チームメンバー間で HIL ベンチを共有する必要性があることに起因しており、使用するハードウェアが異なるお客様や時間的制限のあるお客様などを同時に管理しなければならぬという課題とも重なり、複雑化していました。そのため、同社はより良い選択肢を模索しなければなりません。Tula 社が仮想

検証環境を構築するうえでの主な目的は、次の通りでした。

- AutomationDesk で開発した既存のテストを再利用
- 物理ハードウェアを使用せずに、検証および妥当性確認のタスクを仮想環境で実行
- コストと保守時間の短縮

#### dSPACE ツールチェーンの利点

Tula 社では、すべての目的を実現できると思われた dSPACE 仮想検証ツールチェーンに注目しました。シミュレーションプラットフォームである dSPACE VEOS

は、このソリューションの主要コンポーネントの 1 つです。標準的な PC で動作し、多数のオプションを選択できる VEOS を使用することにより、同社のエンジニアは新しい機能を開発したり、ECU ソフトウェアの妥当性確認、検証、およびテストを完全な仮想環境で行ったりできるようになりました。仮想検証プラットフォームの導入以降、同社は求められる目標のすべてを実現し、目覚ましい成果を上げることができました。同社によれば、妥当性確認および検証 (V&V) の処理時間は 50% 以上短縮されており、このような時間節減の大半は、物理的なハードウェアがない場合で

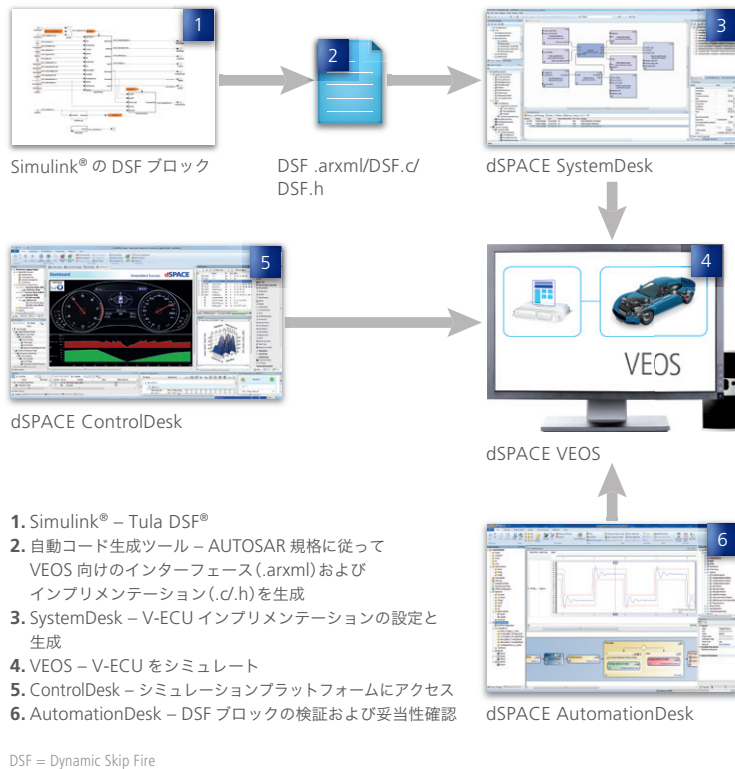


図2：Tula社のDSFアルゴリズムを使用してV-ECUを生成し、VEOSでシミュレーションテストを行う場合の一般的なワークフロー

も仮想環境でテストを行えるという新たな手法により実現したと言えます。

#### 仮想検証を Simulink® ブロックに適用

Tula社ではダイナミックスキップファイア (DSF) テクノロジーに仮想検証を導入しており、特にDSFアルゴリズムのSimulink®ブロックを仮想的に検証しています。生成したDSFアルゴリズムはFTPサイクルにおいて入力値としてバーチャルECU上で実行され、その出力が記録されます。次に、記録した出力 (SIL : Software-in-the-Loop) を出力の期待値 (MIL : Model-in-the-Loop) と比較して、要件が満たされているか判別します。Wong氏は、「仮想検証によって時間を節約したり、ソフトウェアライフサイクルの早期の段階でバグを検出したりできるため、HILベンチを他の用途に開放することができます」とし、「以前より完成度の高いソフトウェアをエンジンや車両に実装することができます。」と述べています。

#### 学習曲線の屈曲

Tula社では、仮想検証プラットフォームを

構築するうえで、学習曲線に目を向ける必要がありました。Tula社では、同社製ソフトウェアの仮想環境へのインポート、ハードウェアコンポーネント向けの物理モデルの作成、同一の初期デフォルト値でテストを開始する必要性など、多くの課題がありました。しかし、いずれも適切に対処することができました。また、入力値の生成にはシグナルジェネレータを使用しましたが、それ以外では入力値はハードウェアコンポーネントから生成する必要がありました。さらに、初期値をデフォルトに設定し、ソフトウェアが定常状態に達するのを待ってからstimulus信号を挿入する必要もありました。Wong氏は、仮想検証という手法はMicroAutoBox IIを使用した機能プロトタイピングに置き代わるものではないが、HIL環境での時間を短縮できるため、十分にプロセスを補完していると説明しており、「当社では、開発用PCで仮想検証を行うことにより、ソフトウェアライフサイクルの早期の段階で機能要件を検証しています」と述べ、さらには「この手法は物理的なハードウェアよりも安価であり、かつハードウェアを他の作業に開放できること

## Tula社の仮想検証環境

Tulaの仮想検証環境には、次のツールが含まれています。

- SystemDesk - アーキテクチャやシステムのモデリング、およびバーチャルECU (V-ECU) の生成
- VEOS - V-ECUのシミュレーション
- MicroAutoBox II - ラビッドコントロールプロトタイピングの実行
- RapidPro - シグナルコンディショニング
- HIL (Hardware-in-the-Loop) システム - エンジンのシミュレーションおよびテスト
- ControlDesk - 試験管理
- AutomationDesk - 標準化されたテストの書き込みや更新とテストデータの記録や共有

が利点です。」と述べています。Tula社は次のお客様のプロジェクトにも、仮想検証を利用する予定です。■

Tula Technology, Inc. のご厚意により寄稿

