

TargetLink と EmbeddedTester による自動開発  
およびテストプロセス

# Process Agility

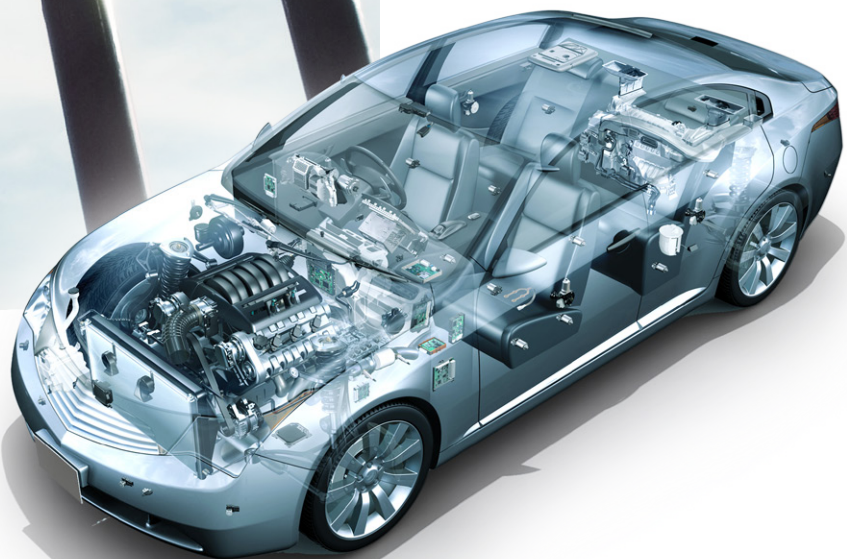
金曜日の午後にお客様から突然の連絡があり、コントローラの変更を要求されました。  
最高の品質を維持しながら、スケジュール通りに新しい機能を実装できますか。

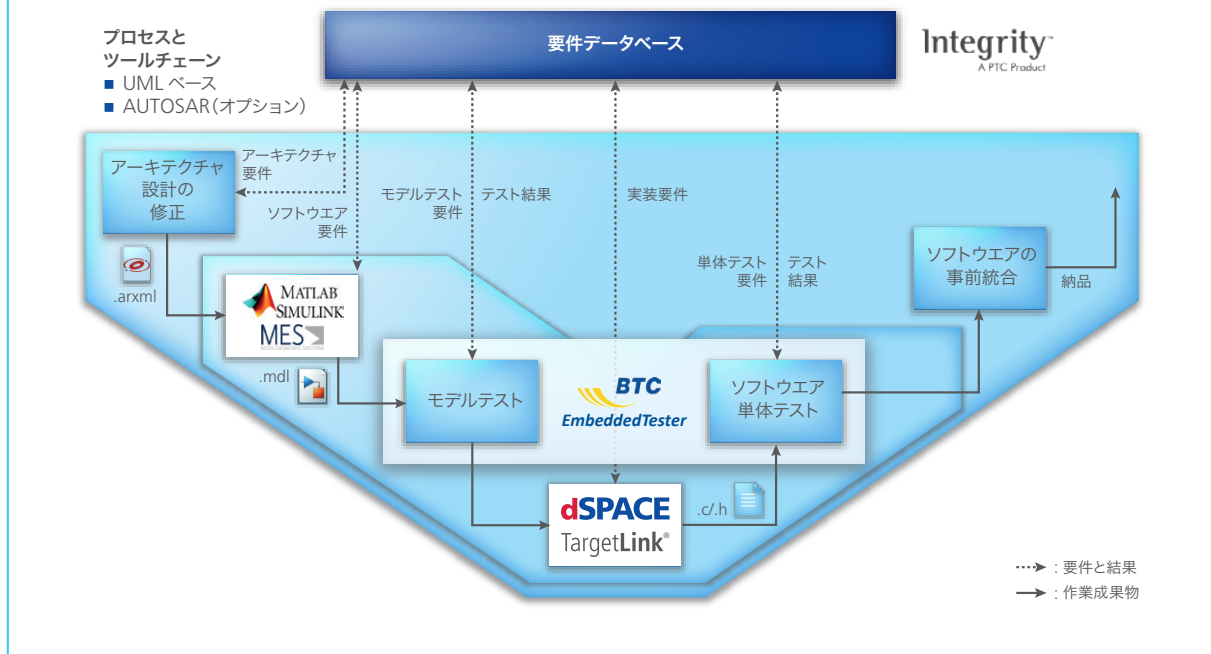


DENSO AUTOMOTIVE Deutschland GmbH の開発センターである Aachen Engineering Center (AEC) では、個別の製品開発支援や市場に特化した製品ラインナップを通じて、ヨーロッパのお客様をサポートするという明確な目標を掲げています。AEC では、ヨーロッパ市場の高い技術水準と潜在的な技術革新の能力を活かして、エンジン制御やパワートレイン、電気・電子機器、ハイブリッド技術、情報、および安全関連分野での開発促進を支援しています。

&gt;&gt;

自動車の機能は、主に車両の ECU によって決まります。





すべてのプロセスフェーズでツールと要件をリンクするシームレスなツールチェーン

#### 開発プロセスの定義

多くのお客様のプロジェクトで、モデルベースのソフトウェア開発が求められています。そのため、強力なツールチェーンによる成熟した開発プロセスが必要であり、すべてのプロジェクトを効率的に進めるための基本になります。このような開発プロセスでは、以下の定義が求められます。

#### ■ 品質：

高品質なソフトウェアの開発。これは、最上位の目標の1つです。手作業によるエラーを避けるには、できるだけ早期に体系化されたテストを実行し、高い自動化レベルを実現することが重要です。

#### ■ 迅速性：

今日の開発プロジェクトは、多くの場合、時間とコストに対する強い重圧にさらされます。また、プロジェクトの中で行われる変更の回数も増加しています。しかも、これらの変更はできるだけ迅速に実装およびテストする必要があります。このような条件下で競争力を維持するには、効率的な開発プロセスが不可欠です。DENSOでは、迅速な反復開発プロセスを採用しており、それを開発ツールに採り入れることで、新しい要件を可能な限り迅速に量産コードに実装してテストできるようにしています。

#### ■ コンプライアンス：

今日の自動車ソフトウェア開発プロセスは、ISO 26262やAutomotive SPICEなどのプロセス規格とAUTOSARやMISRAなどのソフトウェア規格に準拠している必要があります。そのため、これらの規格を念頭に置いて開発された開発ツールや検証ツールを使用することが重要です。

#### TargetLinkによるモデルベース開発とコード生成

TargetLink®は、DENSO全社で非常に高い評価を得ていたため、自然な流れで

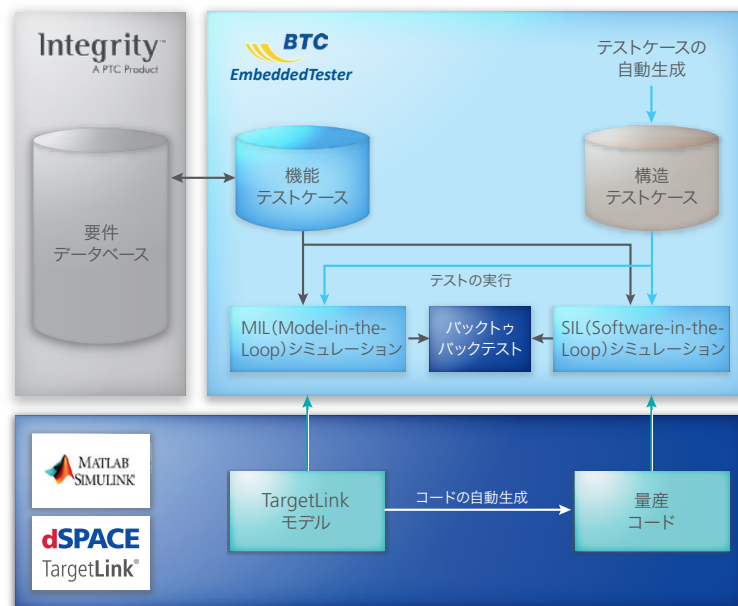
「高い自動化レベルとTargetLinkやBTC EmbeddedTesterなどのツールの効率的な統合により、開発者は非生産的な作業プロセスから解放され、本来の革新的な開発作業に集中できるようになりました。」

Samuel Gravez 氏、DENSO

開発プロセス向けのコード生成ツールとして選択されました。TargetLink が既に OEM 各社の多くの自動車プロジェクトで採用され、高評価を得ていたことも後押しとなりました。TargetLink の主な特長の 1 つは、強力な AUTOSAR サポートです。TargetLink では、動的なアーキテクチャ設計は UML でモデリングし、静的な設計は AUTOSAR 規格に従って記述します。TargetLink フレームモデルの初期生成には、インポートされた ARXML (AUTOSAR XML) ファイルが使用されます。そのため、ユーザは AUTOSAR 規格の詳細を考慮することなく、本来の開発業務に集中できます。新たに ARXML ファイルがインポートされたことによりインターフェース定義が変更された場合でも、アップデート機能を使用すれば、モデルの調整を容易に行うことができます。個々の AUTOSAR エLEMENT の管理は、TargetLink Data Dictionary (DD) で行えます。また、diff&merge 機能を備えた複数のワークスペースおよび Data Dictionary エLEMENT の各種機能 (構造化、命名、コピー) を使用すれば、TargetLink をツールチェーンに容易に統合できます。

#### モデリングガイドラインによる認定設定

TargetLink では、制御モデルの作成にカスタムブロックライブラリを使用します。このライブラリには、TargetLink で使用できる認定および推奨設定や、より複雑な機能を含むさまざまなブロックが用意されています。MES Model Examiner は、MathWorks Automotive Advisory Board (MAAB) ガイドラインや TargetLink モデリングガイドラインなどの確立されたモデリングガイドラインにモデルが準拠しているか確認する場合に使用します。MES M-XRAY は、TargetLink モデルの複雑性を計測する場合に使用します。これにより、ユーザは十分なモデル分割が行われているかや、機能がどの次元に実装されているかといった情報を把握することができます。これらのチェックに合格すると、TargetLink でモデリングした機能から自動的に C コードが生成されます。その後、量産コードとユーザ記述のコード部分に対してソフトウェアの単体テストが行われます。



ソフトウェアコンポーネントのテスト向けのモデル、C コード、およびテストケース

#### BTC EmbeddedTester によるモデルとコードの検証

DENSO では、Simulink/TargetLink で開発した制御ロジックの単体テストに際して、要件ベースのテストとバックトゥバックテストを組み合わせることで、ISO 26262 への準拠を確認することにしました。まず、テキストベースの要件に基づいてモデルを実行可能な仕様としてテストし

ます。次に、モデルが完全かつ正確に C コードに変換されたかどうかを確認するためのバックトゥバックテストを自動的に行います。テストツールを選択する上で最も重要な基準は、TargetLink との統合性、高い自動化レベル、およびバックトゥバックテスト時に自動生成されるテストケースの品質です。

>>

#### Samuel Gravez 氏

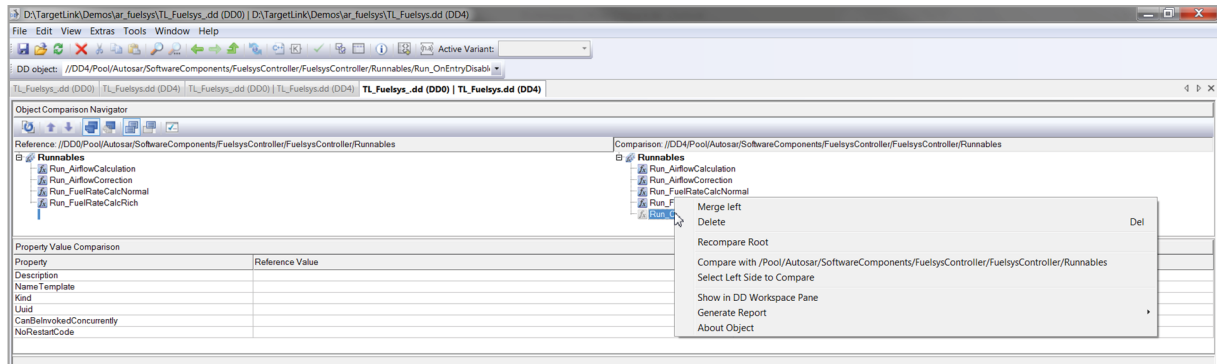
DENSO、パワートレイン ECU 向けのソフトウェア事前開発担当マネージャ (ドイツ、ヴェークベルク)



#### Martin Prisching 氏

DENSO、モデルベースのソフトウェア開発担当上級エンジニア (ドイツ、ヴェークベルク)





Data Dictionary ワークスペースの AUTOSAR エLEMENTの新旧比較

### 要件ベースのテスト

要件ベースのテストは、モデルがテキストベースの要件を完全かつ正確に満たしているかどうかを確認する場合に行います。高い効率性と迅速性を実現するには、ツール間の密接な統合が必要です。DENSOでは、要件管理用に PTC Integrity、モデリングとコード生成用に TargetLink、テストと検証用に BTC EmbeddedTester を使用しています。

まず、BTC EmbeddedTester を使用してモデルとコードの関連情報をすべて自動的に抽出し、プロジェクトを作成します。プロジェクトには、インターフェー

ス変数、適合パラメータ、およびデータのタイプと値の範囲を含めます。次に、開発者が PTC Integrity から要件をインポートし、要件とテスト実装間のトレーサビリティを確保します。開発者は、BTC の組込みテストベクトルエディタを使用して、要件ごとに 1 つまたは複

数のテストケースを作成します。これらのテストケースには、システム入力と予想出力動作の両方が記述されています。すべてのテストケースが自動的に実行され

ると、BTC EmbeddedTester により、テストレポートと要件カバレッジレポートが生成されます。その後、テスト結果が PTC Integrity に書き戻され、ユーザは要件管理ビューですべてのモデルの現在の品質を直接すぐに把握することができます。要件が変更されると、BTC

EmbeddedTester 上で、リンクされているテスト実装が自動的に強調表示されるため、確認や調整を必要に応じて行えます。不合格

だったテストのモデルまたはコードについては、デバッグ環境を自動的に生成して、実装の誤りを分析することもできます。

「TargetLink は、ISO 26262 および AUTOSAR 規格に準拠した開発環境に非常に適しており、強力な解析ツールを提供しています。」

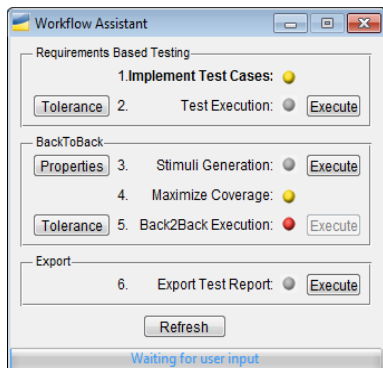
Martin Prisching 氏、DENSO

### 要件カバレッジを表示するレポート

Requirements Coverage Report			
Requirement Overview			
General Information			
Simulation Level	STL		
Creation Date	2014-02-21 12:48:58		
Coverage Statistics			
Requirement ID	Tests	Covered	Passed
1 REQ_PW_1_1	0		n.a.
2 REQ_PW_1_2	1	✓	100%
3 REQ_PW_2_1	0		n.a.
4 REQ_PW_2_2	0		n.a.
5 REQ_PW_3	1	✓	100%
6 REQ_PW_4_1	0		n.a.
7 REQ_PW_4_2	0		n.a.
8 REQ_PW_4_3	1	✓	0%
<b>Summary</b>	<b>3</b>	<b>37%</b>	<b>66%</b>

### バックトゥバックテスト

続いてバックトゥバックテストが行われます。これにより、コード生成時にモデルが正確かつ完全に変換されたかどうかを検証できます。モデルで浮動小数点データ型を使用している場合、特に量産コードで固定小数点表現を拡張すると、モデルとコード間に違いが発生する可能性があります。このような場合、通常の機能テストでは対応できませんが、BTC EmbeddedTester ではテストケースをさらに自動生成することにより、条件/選択カバレッジ (MC/DC) の変更といった ISO 26262 で規定されているカバレッジ目標に対応します。これにより、モデルとコードの完全なカバレッジを確保できます。また、ダウンキャスト、0 での除算、範囲違反などの堅牢性に関する基準も確認されます。カバレッジ目標の一部



検証プロセスをガイドするワークフローアシスタントのダイアログ

を達成できない場合は、その数学的証拠が自動的に示されます。このように、BTC EmbeddedTester は、モデルチェックテクノロジーを使用した分析手法および高品質なテストケースの生成の点で優れています。その後の手順では、すべてのテストケースがモデルおよびコードレベルで実行され、シミュレーション結果が自動的に比較されます。特定のテストでモデルとコードの動作が異なり、顧客が定義した許容範囲外である場合は、問題を解決するためのデバッグ環境が抽出されます。このような問題は、スケーリングの調整などにより解決することができます。

### プロセスの統合と自動化

DENSO では、テストプロセスの直感的な操作性と効率性をさらに高めるため、BTC と合わせてワークフローアシスタントを実装しています。ワークフローアシスタントは、BTC EmbeddedTester のオープンプラグインコンセプトに基づき、検証プロセスの各ステップをウィザード形式でガイドし、プロセスのステップを1つずつ表示します。完了したステップと未完了のステップの判別は、信号システムに似た形式で表示されます。未完了ステップについては、アシスタントから直接テストケースを生成、実行することもできます。また、生成されたテスト結果と要件カバレレッジのレポートへのリンクも提供されます。

### まとめと展望

このツールチェーンにより、DENSO は、モデルベース開発向けの効率的なプロセスを迅速に定義し、実用化することができました。要件が変更された場合でも、高い

自動化レベルとシームレスなツール統合により、変更を実行中のプロジェクトに統合することができます。このツールチェーンの優れた利点は、自動車業界の要求を満たしながら、ISO 26262 や AUTOSAR などの規格に完全に適合していることです。DENSO では現在、開発の前段階でテストフェーズを実行することができます。また、AEC において、この開発プロセスを量産開発環境に導入する予定です。これにより解放された開発者の労力は、より高い価値を創出する活動や革新的な技術の創造に再投資されます。結果として、DENSO では、開発プロセスがさらに複雑化し高速化した場合の対応力も得ることができました。また、継続的なツール統合を早期に行うことにより、顧客からの頻繁なフィードバックにも迅速に対応できるため、顧客満足度も向上しています。 ■

Samuel Gravez 氏、  
Martin Prisching 氏、  
DENSO AUTOMOTIVE Deutschland

## DENSO のプロセス

### 課題：

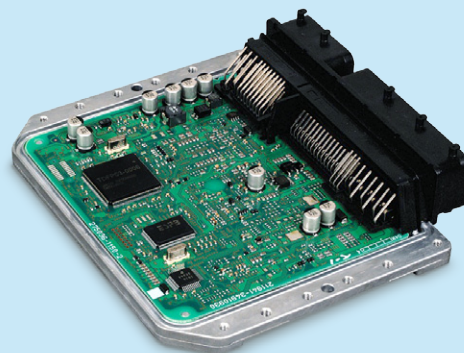
時間とコストに対する重圧、開発中に何度も変更される要件、AUTOSAR、ISO 26262、MISRA、SPICE などの規格への準拠といったさまざまな開発上の制限にも対応しながら、高品質なソフトウェアを開発する。

### 解決方法：

DENSO では、シームレスなツールチェーンにより開発プロセスの大部分を自動化しました。テストケースの生成からテストレポートまでのすべてが自動化されています。これにより、非常に早期の段階でさまざまな変更を量産コードへ反映することが可能です。TargetLink などのツールは、主要な規格に対する認証を取得しています。

### 利点：

迅速な対応が可能になり、顧客満足度が向上します。



DENSO の迅速なプロセスにより、自動車の ECU 開発が加速します。