



ジェイテクト社製ステアリングシステム
における欠陥挿入テストの自動化

Inspect

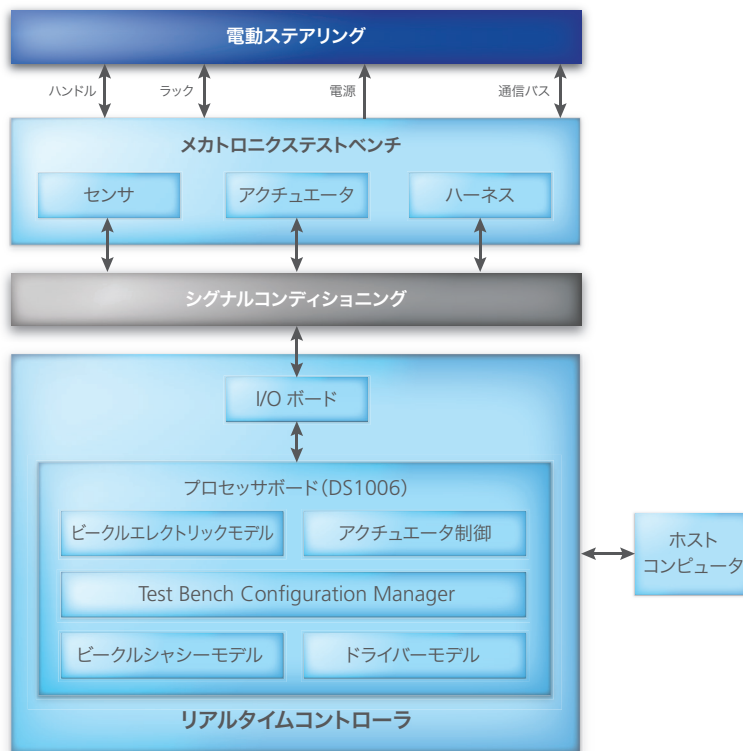
the unexpected

乗用車のステアリング制御部はセーフティクリティカルなコンポーネントです。そのため、ISO 26262 に沿ってそのフォルトトレラント性を確認する必要があります。ジェイテクト社では、自動欠陥挿入機能を備えた dSPACE HIL シミュレータを使用することにより、テスト車両をテストコースで走らせるはるか以前に、潜在的な不整合の大部分を排除することができます。



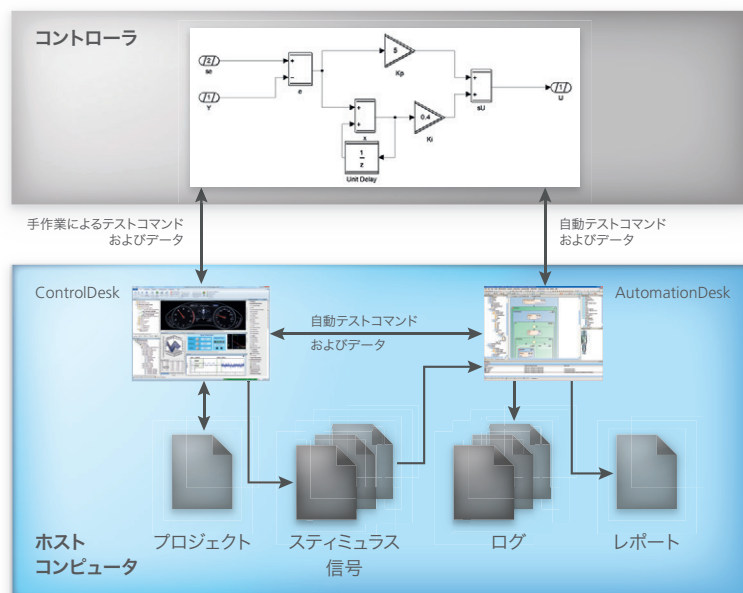
予 想外の事態を予想することは可能でしょうか。電動パワーステアリングシステムは多くの場合、複雑な制御により、ステアリングを操作するドライバーを適切にサポートしています。しかし、これらの制御が機能せず突然予想外の挙動になった場合、車両は急に車線から外れてしまう可能性があります。このような状態を回避し、必要なロバスト性を確保するためには、ステアリングシステムにさまざまな欠陥挿入テストを行い、制御性能を事前に確認する必要があります。一般的に、これらはテストコースでのテストドライブを通じて行いますが、車両および機能バリエーションが急激に増加した場合、多数のテストケースが必要になり、実車によるテストドライブも増えるため、コストが増大します。また、実車によるテストドライブでは安全対策が必要であり、人間のテストドライバーが本来持つ心理的抑制の影響により、ピークルダイナミクスの全範囲をテストすることはできません。 >>





インテリジェントな分業：ジェイテクト社では、DS1006 Processor Board のクアドコアアーキテクチャを活用することにより、テストベンチシミュレーションのさまざまな計算モデルを個々のプロセスコアへと分散し、作業をリアルタイムで最適に実行しています。

作業の最適な追加：ジェイテクト社では、試験およびビジュアル表示ソフトウェアである ControlDesk® を使用することにより、ステアリングテストベンチを手動で制御できるだけでなく、AutomationDesk をバックグラウンドで動作させた状態で、エンジニアが欠陥挿入などのあらゆる自動化プロセスを設定および制御することもできます。



高まる ISO 26262 の存在感

ジェイテクト社にとってのもう 1 つの問題は、乗用車の機能安全に関する国際規格である ISO 26262 への準拠でした。この規格には、システムレベルでの欠陥挿入テストに関する複数の要求が含まれています。とりわけ、この規格では、ソフトウェアの以前テストした部分からの変更が新たな欠陥の原因とならないことを、テストケースを繰り返して行う回帰テストにより保証することが要求されています。回帰的ではない、あるいは部分的にのみ回帰的なテストが許容されるのは例外的な事例のみであり、その場合も認定プロセスの一環として詳細な理由を提示する必要があります。また、ISO 26262 では、Automotive Safety Integrity Level D (ASIL D) に関して、ソフトウェアレベルでのテスト結果とモデルレベルでのテスト結果とを比較するバックトゥバックテストも要求されています。これらの要件に加えて、要件管理、ソフトウェア設計、開発および検証プロセス全体でのさまざまな作業成果のドキュメント化といった他の安全規格要件を満たすには、開発プロジェクトにおいて相当の形式的労力が必要となります。

テストベンチの導入により安全性と効率性を向上

フランスのイリニーを拠点とする JTEKT Europe では、これら現行のすべての要件を満たし、作業労力の増大に対処しつつ、ISO 26262 に準拠した欠陥挿入テストを行うために、統合自動欠陥挿入機能を備えたリアルタイム対応の dSPACE HIL (Hardware-in-the-Loop) テストベンチを使用することにしました。これにより、開発者は実車による走行テストプログラムの大部分を、実際のコンポーネントも使用して高精度で走行状況を再現することができるシミュレーション環境へとフロントローディングすることができます。これにより、ステアリングシステムをすでに完成度が高い状態で実際のテスト対象車両に統合し、ステアリング制御の承認を受けるためのさらなるテストを重ねることができます。また、HIL テストベンチを使用すると、テストドライバーのリスクも抑制できます。なぜなら、ISO 26262 で境界条件と呼ばれる、人間のドライバーでは生来の心理的抑制のために決して再現できない過酷な条件下でのテストドライブをシミュ

「オープンアーキテクチャが特長である dSPACE の HIL シミュレータを活用すると、継続的に機能を拡張できる強力なシステムが実現します」

Loic Bastien 氏、ジェイテクト

レートすることも可能なためです。その結果、テストベンチにおけるテストカバレッジが大幅に向上します。HIL テストベンチのもう一つの利点は、テスト対象車両に時間とコストをかけて変更を行うことなく、ステアリングシステムのさまざまなバリエーションを効率的にテストできることです。

テストベンチのコンポーネント

JTEKT Europe のテストベンチは、機械的セットアップ、HIL シミュレータ、ステアリングホイールおよびラック用アクチュエータ、ラックの角度、荷重、および変位向けセンサのほか、シグナルコンディショニングインターフェース、およびユーザインターフェースのホストコンピュータで構成されています。HIL シミュレータには車両モデ

ルを実行するための DS1006 Processor Board が搭載されており、ラックやドライバーモデルへの荷重のかかり方を計算して、特定状況における人間の挙動をシミュレートします。純粋な HIL オペレーションに加えて、ハンドルやラックアクチュエータを個別に制御することも可能です。また、角度とトルクまたは荷重と変位をそれぞれ変化させることにより、システムテストを極めて具体的に実行することができます。

欠陥挿入とデバッグ

ジェイテクト社にとって、リアルタイム性能と強力なマルチプロセッサアーキテクチャを持つ dSPACE HIL シミュレータは、XCP プロトコルにより欠陥を時間同期的に挿入する場合に最適なツールでした。

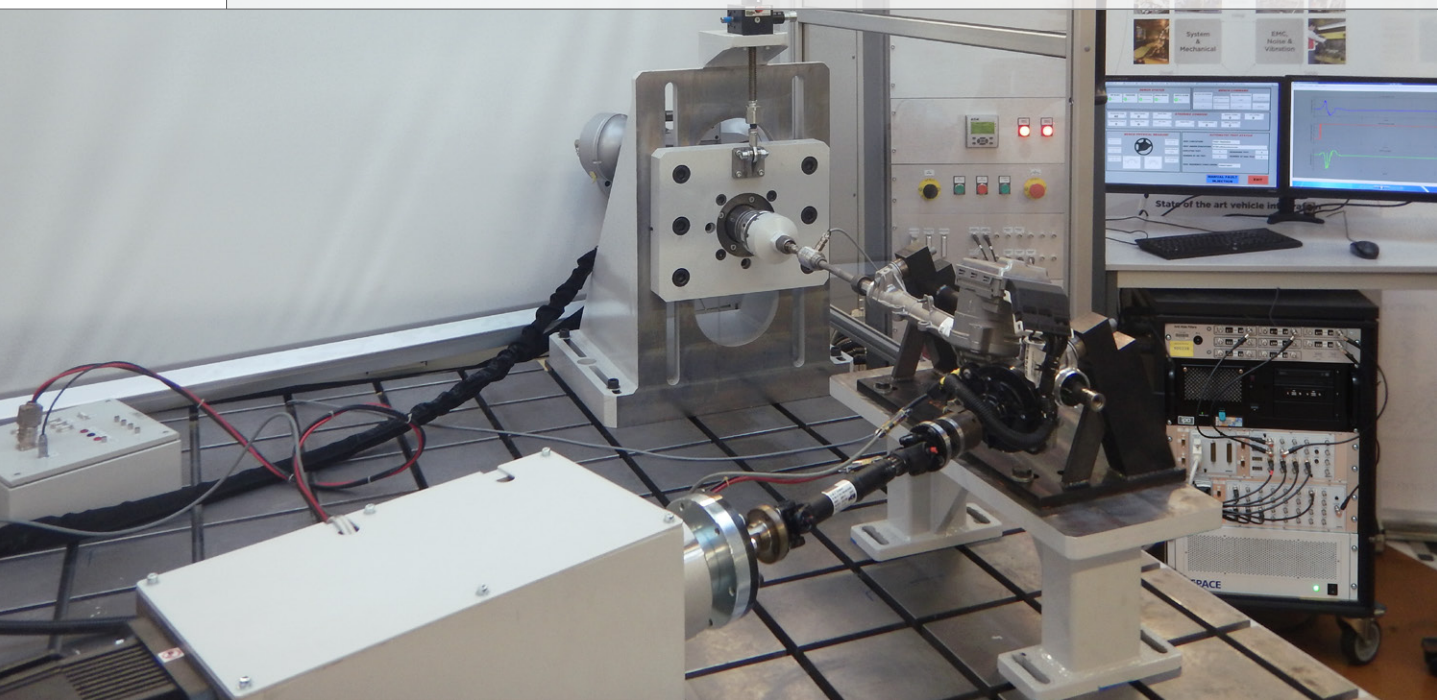
dSPACE ツールはテストオートメーションに組み込めるため、任意の時点でいつでもテストを繰り返すことができます。これにより、同社はテスト全体を繰り返す労力を最小限に抑えることができ、ISO 26262 で要求される回帰テストをいつでも容易に実行できるようになったため、時間と手間をかけて、不適合または未完済の回帰テストの理由を検証する必要がなくなりました。さらに、欠陥挿入テストはシミュレーションベースで行われるため、同社は欠陥挿入テストをシステムテスト中に直接実行できるようになりました。また、ISO 26262 で要求されるバックトゥバックテストも容易に実施できるようになり、モデルベースの機能開発で使用したのと同じステイミュラス信号を HIL テストベンチ上で

>>

設定が容易な仮想制御センター：ControlDesk を使用すると、開発者およびテストエンジニアは常に自身のタスクに完全に集中することができます。

The screenshot displays the ControlDesk interface with several panels:

- BENCH STATUS:** Shows indicators for HW READY (YES), PRESSURE (YES), INITIALISATION (DONE), BENCH READY (YES), and SAFETY ALARM (No Alarm).
- BENCH COMMAND:** Includes buttons for ACTUATOR POWER (ON/OFF), MECHANICAL INITIALIZATION (START/STOP), and TEST EXECUTION (START TEST/STOP TEST).
- STEERING CONSIGN:** Displays real-time data such as Handwheel Angle (10), Rack Position, Driver Type (NORMAL), HIL mode (FULL HIL), Engine State (RUNNING), Vehicle speed (120), Battery Voltage (13), IGK Voltage (13), Handwheel Torque, Rack Force, and Battery Current (100).
- BENCH PHYSICAL MEASURE:** Shows physical measurements like Hand Wheel Angle (10.0), Rack Position (1.9), Hand Wheel Torque (0.6), Rack Force (953), Hand Wheel Speed (0.0), and Rack Speed (0.1), along with graphical gauges.
- AUTOMATIC TEST STATUS:** Indicates TEST EXECUTION (TEST FINISHED), TEST UNDER EXECUTION (STZForRobustesse.stz), EXECUTED TEST (1), REMAINING TEST (0), NUMBER OF OK TEST (1), and NUMBER OF NOK TEST (0). The conclusion is OK.
- MANUAL FAULT INJECTION:** A prominent blue button at the bottom.
- EXIT:** A red button at the bottom right.



ジェイテクト社の HIL (Hardware-in-the-Loop) ステアリングテストベンチ：実車による走行テストよりも前に、耐障害性テストプログラムの大部分を、実際のコンポーネントを使用した高精度のシミュレーション環境にフロントローディングすることができます。

再利用できるようになりました。テストベンチは XCP プロトコルを使用して、電子制御ユニット (ECU) の内部データも読み込んでおり、このデータはデバッグなどに使用することができます。いずれのテストの場合でも、適正な評価を行うには、XCP プロトコルに基づいて追加されるデータがテストベンチセンサのアナログ計測データと完全に同期していることが極めて重要です。ジェイテクト社では、dSPACE RTI Bypass Blockset を使用することにより、複雑なデータの同期を容易に行うことができました。

自動化による多様なバリエーションの管理

ジェイテクト社では、新しく開発したステアリングシステムを実車でのテストドライブ用に検証する際、さまざまなテストで構成されたテストプランを使用しており、すべてのテストを計画されたすべてのプラットフォームバリエーション上で実施する必要があります。同社は、多数のバリエーションに対応しつつ、新たなソフトウェアバージョンに対する厳しい納期を満たすため、dSPACE AutomationDesk を使用して

います。テストオートメーションソフトウェアである AutomationDesk では、再現可能な方法でテストプログラムを処理し、その結果として生じた計測データを記録します。その後、記録したデータと、既定のテスト基準およびそれぞれの達成基準を含む評価ブロックに基づいて、欠陥挿入テストの結果を計算し、テストエンジニア向けの詳細なレポートとしてまとめます。レポートには ISO 26262 で要求されるテストの合否情報が記載されているだけでなく、個別の計測データと該当するテスト基準とを具体的に比較し、潜在的な偏差を分析した詳細なデータも記載されています。このように、AutomationDesk で ISO 26262 認証の合否を確認することにより、自動車の機能安全に関連するツールの分類や認証にかかる手間が大幅に削減されます。

容易に設定できるユーザーインターフェース

テストベンチエンジニアは、試験およびビジュアル表示ソフトウェアである dSPACE ControlDesk により作成した単一のユーザーインターフェースを通じて、すべてのタ

スクの制御を実行したり、テストベンチに個々のアクチュエータコマンドを送信してその効果を監視および記録したりすることができます。また、テスト結果の最終評価に至るまで、機能の自動化プロセスを設定および制御することもできます。これらの操作では、AutomationDesk は必ずバックグラウンドで動作する一方、ControlDesk は常に進行中の関連操作に対する十分な透過性と制御性をエンジニアに提供します。ControlDesk は設定が容易で、直観的なビジュアル表示も可能なため、開発者およびテストエンジニアは常に自身のタスクに完全に集中することができます。

まとめと次の段階

ジェイテクト社は dSPACE の HIL テストベンチとツールチェーンを使用することにより、ラボでの欠陥挿入テストの自動化と ISO 26262 への準拠という主要な目標を達成することができました。その結果、実車による走行テストの回数を大きく減らし、時間とリソースの大幅な削減を実現することができました。さらに、すでに徹底

「効率性の高いテストオートメーションを実現する AutomationDesk の活用により、ISO 26262 に準拠したテスト作業の生産性が大幅に向上しました」

Jean Michel Trebuchon 氏、ジェイテクト社

イリニーにある JTEKT Europe の
テストセンター：
HIL テストベンチを活用することにより、
新しいステアリングシステムを使用したテスト
ドライブを最適な形で補強することができます。
シミュレーション時にすでにステアリング制御
の多数の不整合が排除されているため、
テストドライバーの安全性が向上します。

的にテストされたステアリングシステムを
テストドライバーが使用できるため、これ
まで以上にテストを容易に行えるようになり
ました。将来的には、シミュレータを使用
して、さらなる要件ベースの HIL テスト
をシステムレベルで行うなど、より多くのテ
ストを行う予定です。また、ジェイテクト社
は合成スティミュラス信号を使用するの
ではなく、HIL テストベンチ上で実車による
テストドライブを行い、そこから記録した
計測データを使用することも計画中です。
既存のインフラストラクチャに dSPACE
ツールチェーンをシームレスに統合す
れば、これは容易に実現可能です。また、早
期の段階から 3D ビジュアル表示ソフト
ウェアである MotionDesk を使用す
れば、開発者はステアリング制御の欠陥によ
り車両が予定された走路からどのように
逸脱するかをビジュアル表示することが
できるため、テストの効率性がさらに向上
します。dSPACE ツールチェーンのおかけ
で、ジェイテクト社は「予想外の事態を予
想する」心配がなくなり、徹底的に「予想
外の事態を調査する」ことができるよう
になりました。 ■

Jean Michel Trebuchon 氏、
Loic Bastien 氏、
JTEKT Europe、フランス



Jean Michel Trebuchon 氏
JTEKT Europe (イリニー、フランス) の
Test & Analysis 部門でテストベンチ開発者
として勤務。ユーザインターフェースおよび
テストオートメーションソフトウェアの開発
担当者。

Loic Bastien 氏
JTEKT Europe (イリニー、フランス) の
Test & Analysis 部門でテストベンチ開発者
として勤務。リアルタイムモデリングおよび
バス通信の担当者。

