

SOTIF に準じた自動運転向けテスト

# Automatic Safety

自動運転の実現には、単に「多数の ADAS 機能」を車両に取り付ける以上のことが求められます。そのため、ISO 26262 よりも広範囲な自動運転車両のテスト規格である SOTIF が策定されました。Pan Asia Technical Automotive Center (PATAC) 社では、この SOTIF 規格に従ってテストを実施しています。



システムの不具合が主なリスクとなる従来型の車両とは異なり、自動運転車両ではシステム機能の設計に制限を受ける可能性が高く、特定の状況で本来想定されていたものとは異なる動作をする可能性があります。そのため、自動運転車両のテストでは、従来型の車両で使用する手法とは別のアプローチが必要となります。このことが、後に SOTIF テスト規格 (別名 ISO PAS 21448) の開発につながりました。SOTIF は ISO 26262 規格を補完するものであり、特に自動運転車両向けに設計されています。SOTIF では、自動運転機能のテストを行う際に必ず適用すべき手法を定義しています。このアプローチは、実際の路上テストだけでなく、シミュレータで行われるテストも含みます。

#### リスクの分類

効果的なテストを定義する際には、事前に想定されるシナリオを把握することが極めて有効です。シナリオには 4 つのタイプがあります (図 1)。既知の安全な状態、既知のリスク、未知の安全な状態、および未知のリスクです。機能テストの主な焦点は、この既知と未知のリスクになります。これら 2 つのタスクのうち、既知のリスクには要件ベースのテストを利用できるため、評価はより容易です。この場合、組み立てラインのプロセスと同様にテストをカスタマイズしながら設計し、段階的に処理していきます。

#### 未知のリスクに対するテスト

一方で、未知のリスクを調査することは非常に困難な作業です。どのようにすれば、未知で、つまりテストケースが明確に定義できないリスクを評価できるのでしょうか。この問題を解決するには、できる限り多数の走行バリエーションを用いた運転シナリオを使用する必要があります。これは、自動テストにより再現可能なシミュレーションができるテスト環境で実施されます。こ

のアプローチでは、車両、センサ (レーザー、LiDAR、GPS、HD マップなど)、環境的要素 (雨、道路条件、標識、交通量、各種道路利用者など)、歩行者、自転車などについて、それぞれの挙動を含め、高精度の仮想化モデルを作成する必要があります。このようなテストシナリオのモデリングは、未知のリスクを含め、無数のテストケースにおけるモデルパラメータ値のバリエーションをすべて適切な時間内でサポートできるようになります。これは、従来の手作業によるテストでは不可能です。

#### 例：車線維持システムのテスト

PATAC 社では、SOTIF ガイドラインに従って車線維持システム (LKA) 向けの特定のテストを行いました。LKA では、カメラを用いて左右の車線を監視し、車両が逸脱しそうになると自動的に介入して軌道を修正します。車線維持を実現するには、LKA によって電動パワーステアリング (EPS) に指示したステアリングトルクを素早く実現する必要がありますが、同時にドライバーに悪影響を与えないよう自然に行わなければならないなりません。同社では、このようなシナリオ向けに、実車によるテスト走行を実施しました (図 2)。ドライバーが一般的なカーブに沿って走行すると、LKA は CAN バス経由で EPS に補正操舵トルクを加え始めます。一連のテスト走行では、LKA による補正操舵トルクを徐々に増加させるため、ドライバーもそれに合わせて操舵トルクを大きく加える必要があります。このプロセスは、ドライバーが車両を車線内に維持できなくなるまで継続されます。そして LKA から指示される操舵トルクの上限值は、この時点のパラメータ値のわずかに下の値に設定されます。

#### dSPACE ツールにより、テスト作業を最小化

同社では、開発環境に複数の dSPACE ハードウェアやソフトウェアツールを使用しています (図 3)。一般的な作業プロセ >>

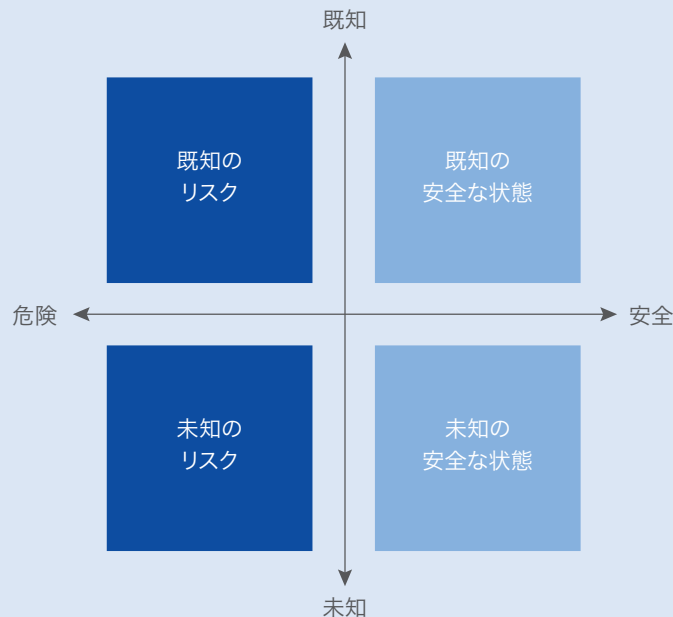


図1：自動運転車両のさまざまなシナリオの分類。テストの重点は、図の左半分に示されているシナリオ、つまり既知のリスクおよび未知のリスクに置かれます。

「dSPACEの開発環境を使用すると、SOTIFに準拠した自動運転車両のテストを極めて効率的かつ自動的に行うことができます。」

Shang Shiliang 氏、PATAC 社

スにおいて、最初のタスク（ステップ1および2）で重要な点は、以降の自動テスト用のテストスクリプトを作成することです。従来の作業プロセスでは、これらのテスト

スクリプトを手作業で作成し、テストケースごとに書き直す必要がありましたが、これにはかなり多くの時間と手間が掛かっていました。しかし、図示された作業環境では、

このプロセスを極めて効率的に行うことができます。ここでは、dSPACE SYNECTおよびAutomationDeskを使用することにより、過去の同様のテストケースで使用された既存のスクリプトから新しいテストスクリプトを自動的に作成することができます。テストケースのパラメータを設定する際は、Excel®のマクロファイルを活用することで、さらに作業を単純化できます。同社では、この手法により、幅広いテストパラメータを使用して極めて短時間のうちに無数のテストケースを自動的にシミュレートできるようになりました（ステップ3）。このようなアプローチは、SOTIFに準拠したテストを行いながら、最高レベルの確率で未知のリスクをカバーするためには絶対に必要です。また、同社では、自動運転車両の実際の機能テストにHILテストプラットフォームを使用したり、実車によるテスト走行を活用し（ステップ4および5）、dSPACE MicroAutoBoxがコントローラ役割を果たしました。さらに、HILテスト向けだけでなく、実車によるテスト走行向けのテストプロトコルを自動的に作成することができます（ステップ6）。

#### まとめ

SOTIFは、自動運転車両の開発専用に設計された初の規格です。SOTIF規格に基づいてテストを行うと、自動運転車両の機能を設計する段階で生じたエラーを検出することも可能です。PATAC社のテスト環境はdSPACEツールチェーンを用いて



図2：LKAによってEPSに指示する操舵トルク値を定義するため、実車によるテスト走行を行います。

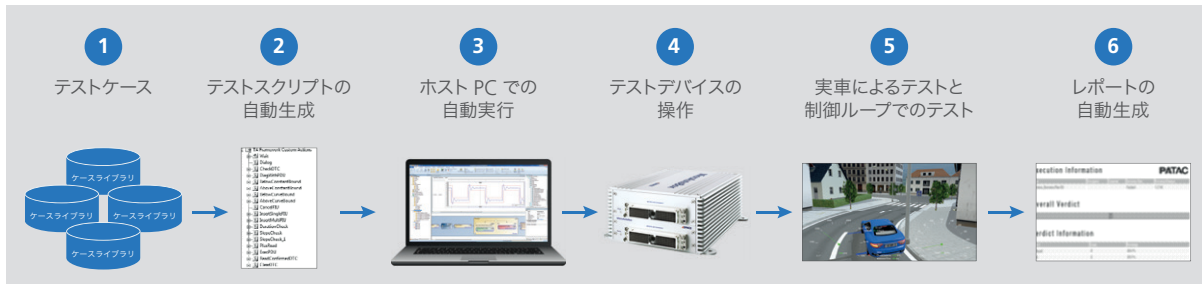


図3：SOTIFに準拠した自動テストの一般的なプロセス。この手法の重要な利点は、テストスクリプトの自動生成とHILテストや実車によるテスト走行を同じツールで実施できることです。

「SOTIFベースのアプローチでは、広範囲のテストバリエーションを要求されます。dSPACEのツールなら、これらを自動的に生成することができます。」

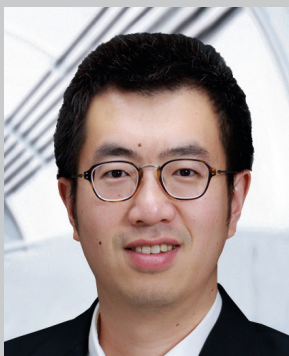
Cui Haifeng 氏、PATAAC 社

整備され、SOTIFに準拠した自動テストに対応しています。HILテストだけでなく実車によるテスト走行も実施できること、ま

た多面的なテストケースを迅速かつ自動的に作成できることがこのテスト環境の重要な利点です。■

1997年に設立されたPATAAC (Pan Asia Technical Automotive Center)社は、General Motors China LLCおよびShanghai Automotive Industry (Group) Corporation (SAIC Motor)の合併会社です。同社は、GMの上海向け製品の開発に重点を置く浦東の設計開発センター（中国、上海）を有しています。同センターは、General Motors社が持つ世界で2番目に大きい技術開発設計センターとしても機能しています。PATAAC社は、自動車開発の分野で世界的に名高い革新的な企業として実績を挙げるといった目標を掲げながら、設計、技術開発、テスト、および妥当性確認に関するあらゆる種類の自動車開発サービスを提供しています。

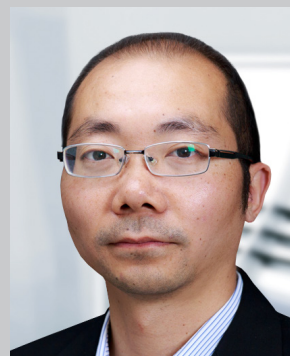
Shang Shiliang 氏  
機能安全およびSOTIF開発担当マネージャ、PATAAC社（中国、上海）



Cui Haifeng 氏  
車両シャシシステム開発および統合担当シニアマネージャ、PATAAC社（中国、上海）



Yang Chunwei 氏  
システム統合およびHILテスト担当シニア技術マネージャ、PATAAC社（中国、上海）



Guo Mengge 氏  
機能安全およびSOTIF開発担当エンジニア、PATAAC社（中国、上海）

