



# Making Power Windows safe

TargetLink によるパワーウィンドウの制御  
システム開発 (Delphi Electronics & Safety 社)

Delphi Electronics & Safety 社のメキシコテクニカルセンターでは、パワーウィンドウのさまざまな機能に対する新しいアルゴリズムを開発しています。その目的は、パワーウィンドウが原因で発生するけがの可能性に対して最大限の保護を提供することにあります。Delphi 社では、dSPACE のプロトタイピングシステムと TargetLink 量産コード生成ツールを使用して、新しい機能のシミュレーション、実装、テストを行っています。

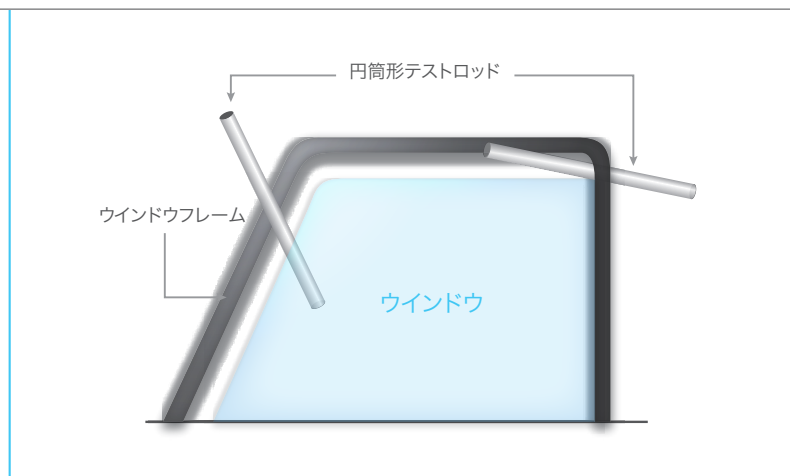


図1：挟み込み防止技術のテスト方法。ウインドウを閉めるときに実際に発生する力を計測するためにテストロッドを挿入します。

### パワーウィンドウの安全性に関する 問題点

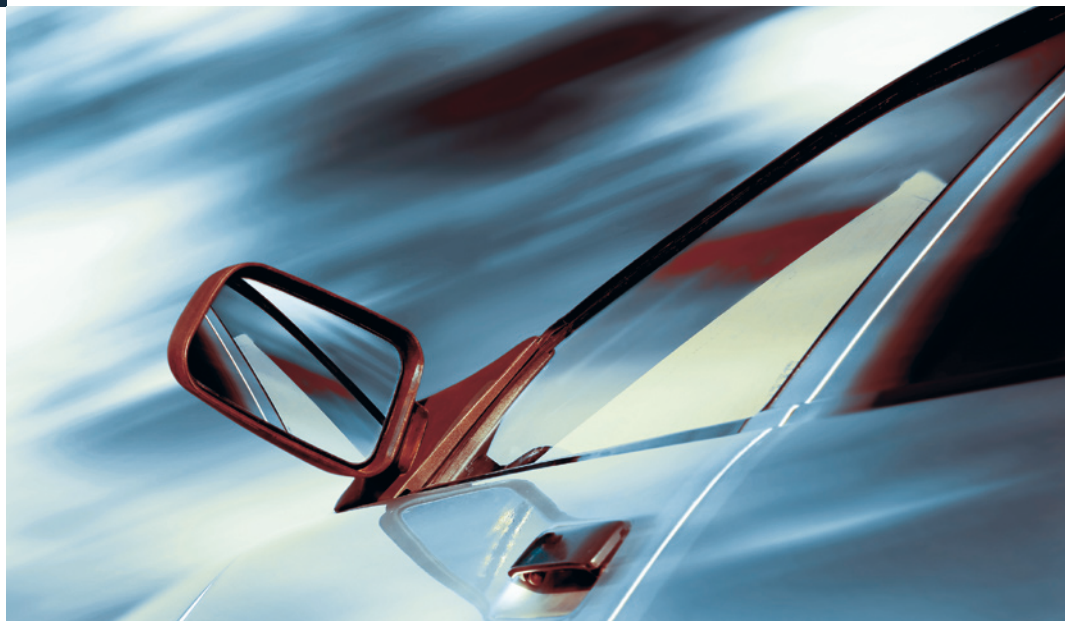
他の車両分野と同様、車の内装は、電子機能が絶えず増え続けている分野です。また、快適さを提供する機能にも、決して無視できない安全性に関する問題があります。パワーウィンドウは車の乗員に重傷を負わせる可能性があり、場合によっては死亡に至るケースもあります。このような事故を防ぐには、強力な対応策が必要になります。

### 挟み込み防止技術の規格

パワーウィンドウの挟み込み防止技術は、EUおよび米国が発行する規格を満たす必要があります。これに対応したテスト方法も用意されています（図1）。たとえば、パワーウィンドウから任意の物体にかかる力の許容される最大値は、100Nで

す。この制限への適合性が、上部のウインドウフレームから4 mm～100 mmの範囲で監視され、適用されます。また、ウインドウがぴったり閉まるように、ウインドウシールに到達する直前に挟み込み防止機構を解除しておくことも重要です。さらに、ウインドウモーターへのダメージを防ぐために、ウインドウの動きをブロックする時間が長過ぎてはなりません。

このプロジェクトで使用される挟み込み防止アルゴリズムは、Delphi社が特許を取得している「可動要素の監視手法 (Method for Monitoring Movable Elements)」に基づいています。この手法は、パワーウィンドウモーターのホール効果によるフィードバックを監視し、物体が締め付けられているかどうかを検出するというものです。



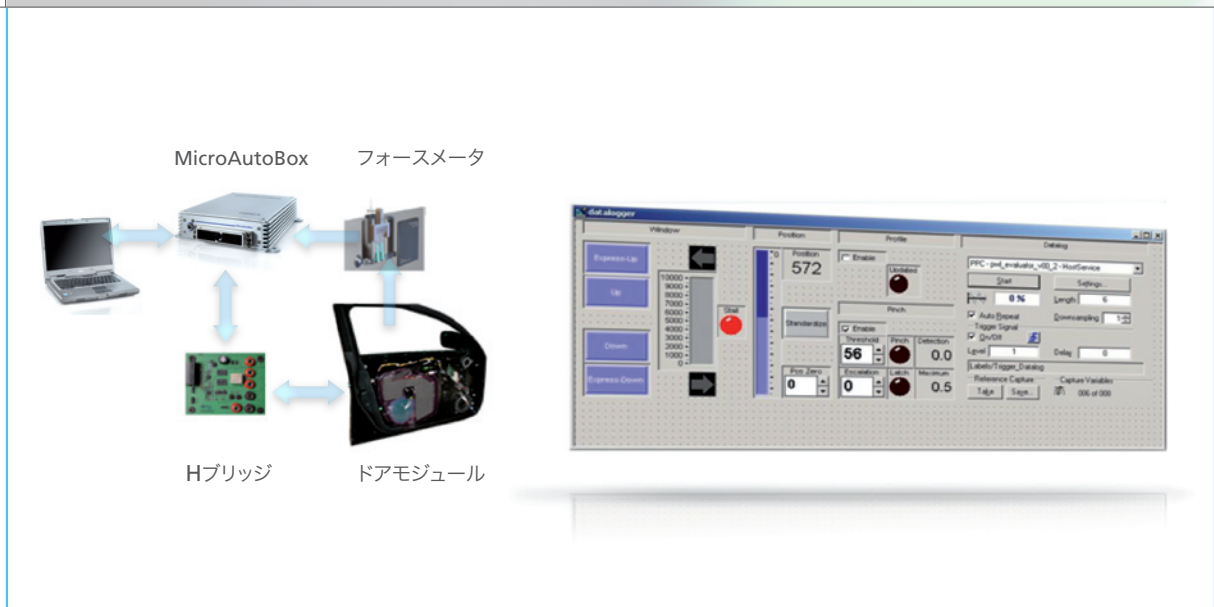


図2：左：MicroAutoBox. を使用したアルゴリズム検証用テストベンチ 右：ControlDesk エクスペリメントレイアウト

### 開発環境

Delphi 社は、Simulink®/TargetLink でアルゴリズムを開発し、dSPACE の MicroAutoBox および ControlDesk を用いてコンセプトの検証を行いました (図2)。ControlDesk は、アルゴリズムパラメータの調整だけでなく、各種の信号を記録して、後の Simulink/TargetLink でのシミュレーションの実行に備えてテストベ

クトルを提供するためにも使用されました。開発者は、テストベンチによる検証を実施するだけでなく、閉ループシミュレーション用の Simulink/TargetLink 環境も構築し、これによって、MIL (Model-in-the-Loop) シミュレーションおよび SIL (Software-in-the-Loop) シミュレーションを使用して、システム全体のアルゴリズムを開発しました。パワーウインドウ

の動作モードに切り替える前に、ウインドウが初期動作状態で下部挟み込み位置から上部挟み込み位置に持ち上げられます。このモードでは、位置制御アルゴリズムにより、ウインドウの寿命全体にわたるすべての位置の変化が合計され、現在のウインドウ位置が決定されます。また、ウインドウを完全に締め切った回数から、ウインドウシールの経年変化も評価されま

左：Ernesto Wiebe-Quintana 氏  
先進分析エンジニア

Ernesto Wiebe-Quintana 氏は、Delphi 社で制御およびセキュリティアプリケーションの先進開発プロジェクトに従事している先進分析エンジニアです。

右：Salvador Canales 氏  
電気分析エンジニア

Salvador Canales 氏は、Delphi 社で制御およびセキュリティアプリケーションの先進開発プロジェクトに従事している電気分析エンジニアです。

## 「TargetLink で生成したコードは、効率的で、明確に構造化され、可読性が高くなっています」

Salvador Canales 氏、Delphi Electronics & Safety 社、メキシコテクニカルセンター

の実際の動きを模した動作は、DC モーターの状態空間モデルおよびルックアップテーブルによって再現されました。ホール効果の波形は、モーターモデルの位置信号の上に重ね合わされました。

### 挟み込み防止のアルゴリズム

このアルゴリズムは、複数のファンクションブロックに分割されます。ここでは、それらの内の2つ (位置制御アルゴリズムと停止状態検出アルゴリズム) について説明します。

位置制御アルゴリズムでは、現在のウインドウ位置と、ウインドウの動きをブロックする前の最終的な動作方向に関する情報が提供されます。ウインドウの上限位置と下限位置を設定するために (ホームインデックス)、位置制御アルゴリズムを標準

す。位置制御アルゴリズムはホール信号のエッジによって起動され、主に Stateflow® でモデル化されます (図3)。

停止状態検出アルゴリズムには2つの目的があります。1つは、パワーウインドウの挟み込みによるけがを防止すること、もう1つは、ウインドウの上限位置と下限位置におけるモーターの過熱を阻止することです。停止状態検出アルゴリズムでは、基本的にタイマーの現在値をしきい値と比較します。ホール信号のエッジが検出されるたびにタイマーが再起動され、タイマーの値がしきい値を超えた場合には、ウインドウの動作がブロックされていないかどうか診断されます。しきい値は定数ではなく、バッテリー電圧と温度の関数として計算されます。



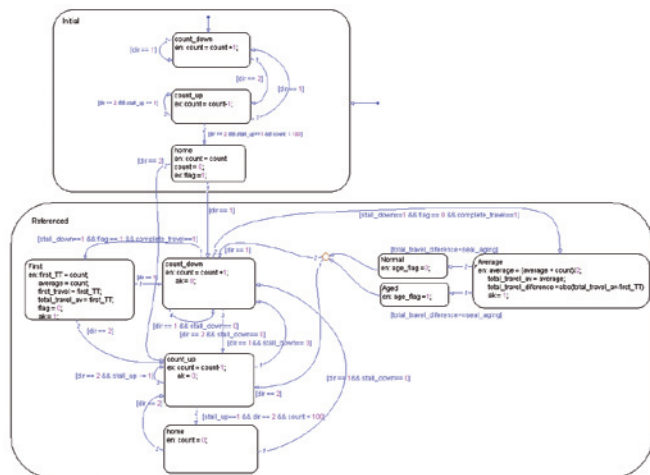


図3：標準的な動作モードにおける制御アルゴリズムの抜粋

## 今後の展望

個々の機能はすべて実装済みです。次の課題は、全機能をドア ECU に組込んで、指定されたすべての動作条件でシステムを検証することです。最終的に、経年変化テストを実行して、サイドドアと共に一部のアルゴリズムパラメータの適合と検証を行う必要があります。

### TargetLink の活用

パワーウィンドウ制御の機能全体は Simulink/TargetLink で設計され、TargetLink によって自動的にコードが生成されました。生成されたコードは非常に効率が高く、明確に構造化されました。さらに、MIL モードと SIL モードのシミュレーションは、制御設計および固定小数点ソフトウェア開発を進める上で非常に役立つことが明らかになりました。オフラインシミュレーションでは、ラピッドコン

ロールプロトタイピングで記録された信号が再利用され、追加のテストベクトルも開発されました (図 4)。位置制御アルゴリズムのソフトウェアインターフェースの仕様を決める際には、挟み込み防止保護機能の Stateflow セクションを量産可能な C コードに変換するために、TargetLink Property Manager が何度も使用されました。ロックアップテーブル用のコードを柔軟に生成できる TargetLink の機能を利用して、停止状態検出アルゴリズムの

コードが自動的に生成され、さまざまな種類の検索と補間ルーチンの使用および複数のファイルへのコード分割などが可能になりました。■

Ernesto Wiebe-Quintana  
先進分析エンジニア、  
Salvador Canales  
電気分析エンジニア；  
Delphi Electronics & Safety  
メキシコテクニカルセンター

図4：Simulink/TargetLink のシミュレーション環境

