

EcoCAR 2 でオハイオ州立大学が
ハイブリッドカーで首位の座を獲得

Model-Based Winning



オハイオ州立大学では、EcoCAR 2 先進車両テクノロジーコンペティションにて、従来のプラグインハイブリッドカーの設計を再構築したことにより、最終選考ですべての審査員に賞賛され、栄えある首位を獲得しました。3年間のプロジェクトで学生たちは、業界最先端のツールを使用して2013年式シボレー・マリブの設計を練り直し、車両エネルギーストレージ、モーター駆動、およびエタノール（E85）燃料エンジンに関するテクノロジーを実装することができました。



写真：Myles Regan/CC BY-ND 2.0

<https://www.flickr.com/photos/doeavt/14338888602/in/album-72157644984645925>

「独自のコンセプトにより、量産車の性能を完全に保ちながら、燃料消費と排気ガスをこれほど削減したことは、驚くべき成果と言えます。さらに言及すべきなのは、これを学生たちが研究の一部として成し遂げたということです」と、dSPACE のテクノロジーダイレクターである Santhosh Jogi は述べています。「EcoCAR 2 コンペティションの総合成績で首位を獲得したことは、素晴らしい栄誉です。私たちは、dSPACE 製のツールが開発プロセスにおいてこれほど重要な役割を果たしたことを誇りに思います。」「さらに、」と Jogi は続けました。「私たちは、彼らが製品開発に込められたコンセプトを十分に理解し、モデルベースの開発プロセスやツールを効果的に組み合わせて使用した功績に敬意を表し、dSPACE Embedded Success Award の最優秀賞を授与しました」。

将来の創造者たちが集うコンペティション

「総合首位を獲得できたのは、素晴らしいことでした。また、米国エネルギー省 (DOE)、General Motors (GM)、およびその他のいくつかの団体や企業の後援のもと、北米の大学の 15 チームが参加し、

3 年間に及んだ EcoCAR 2 コンペティションを通じて、私たち学生は自動車業界の現在と将来の課題を身近に感じることができました」と、EcoCAR 3 共同チームリーダー兼 EcoCAR 2 HIL 開発リーダーの M. J. Yatsko 氏は述べています。EcoCAR 2 コンペティションの主な目標の 1 つは、既に確立されている量産車である 2013 年式シボレー・マリブのエネルギー効率と環境適合性をさらに最適化する創造的な方法をチームで考案することでした。性能や安全性に優れ、消費者が受け入れやすい車両設計を計画、開発、実装するという目標のもと、各チームに与えられた期間は 3 年間でした。コンペティションの全期間にわたり、各チームの車両は、GM が量産車で採用するのと同じレベルの業界標準テストを受けなければなりませんでした。

オハイオ州立大学 (OSU) チームは、プラグインハイブリッドカーの設計部門で、315 ワット時/マイル (196 ワット時/km) の電力消費で、ガソリン燃費換算すると 50 マイル/ガロン (4.7 ℓ/100 km) という素晴らしい記録を達成しました。しかも、車両の排ガスレベルも大幅に削減することができました。

EcoCAR 2 の核心

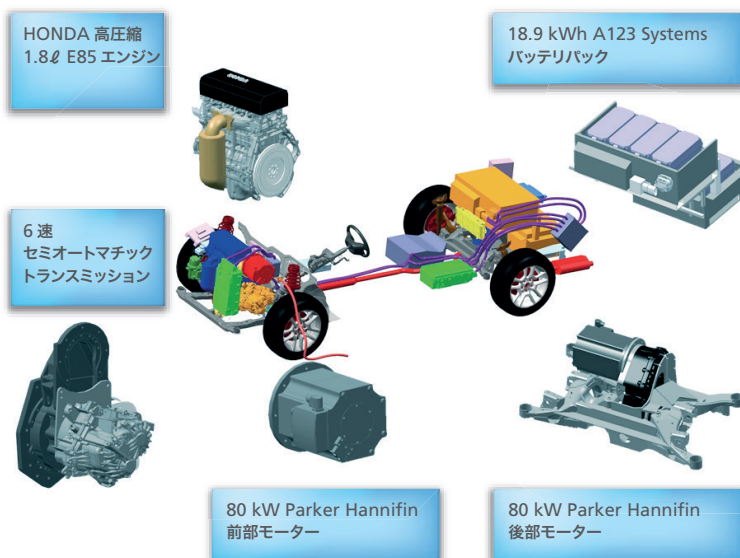
「車両アーキテクチャには、プラグインハイブリッドコンセプトを選択しました」と、OSU チームのプロジェクトマネージャである Jason Ward 氏は説明しました。「私たちは、多数の動力源を用意しました。フロントアクスルの動力源としては、HONDA 1.8 ℓ エタノール燃料エンジンと 6 速セミオートマチックトランスミッションを搭載しました。追加トルクの供給には、80 kW のモーターをベルト駆動でトランスミッションと組み合わせて使用します。リアアクスルは、追加の 80 kW の Electric Drive で駆動します。」「さまざまな駆動コンポーネントを柔軟に組み合わせることにより、燃焼エンジン、ハイブリッド駆動、および純粋なモーター駆動など、多様な運転モードを設定できました。また、運転モードに応じて、バッテリーパックを再充電したり、エネルギー回生で電力を維持したりでき、運転中に放電することも可能です」と、電気チームリーダーである Andrew Huster 氏は主な利点を説明しました。OSU チームは、各モード間をスムーズに移行できるよう、大規模なテストを実施しました。

プラグインハイブリッドコントローラは、階層構造となっており、その中心には dSPACE MicroAutoBox® II が配置され、管理制御システムとして機能しています。管理レベルの下には、エンジン、バッテリー、ブレーキ、トランスミッション、モーターなどのための下位レベルのコントローラがあり、CAN バスインターフェースで接続されています。このようなフォールトトレラントなアーキテクチャを使用することにより、容易に拡張したり、さまざまなコントローラバリエーションを簡単に試したりすることが可能でした。

dSPACE シミュレータによる HIL テスト

コンペティションの最初の 1 年間、OSU の学生たちは、車両アーキテクチャと車両サブシステムの開発に集中していました。SIL テスト (最初は自分たちが開発した SIL シミュレータを使用) を実施するだけでなく、dSPACE のソフトウェアとハードウェアを活用した集中的な HIL テストも実行しました。2 年目には、プロトタイプ車両を実際に完成させ、各コンポーネントを統合しました。3 年目には、チームの Vehicle Technical Specification (車両技術仕様) で定義した燃費、排気ガス、

図 1: 車両アーキテクチャ - 2 つのアクスルで柔軟なパワーを実現。





「私たちがチームとして EcoCAR 2 で求められるマイルストーンや目標仕様を満たすうえで、dSPACE ツールは非常に有効でした。dSPACE ツールを使用することで、私たちは、機械 / 電子サブシステムの設計と作成を同時に行いながら、制御コードを容易にテストすることができました」

Matthew Yard 氏、オハイオ州立大、元 EcoCAR 2 チームリーダー

性能、および操縦性の目標を達成するため、構成されたツールチェーンを使用して多数の路上テストを実施し、さらなる車両の最適化を図りました。

さらに、HIL テストの段階では、サブシステムおよびシステム間を連携させる機能の開発と妥当性確認を行うために、dSPACE Mid-Size シミュレータを使用し、4つの異なる HIL 設定を適用しました。この際、チームで開発したコントローラについても、それぞれ徹底的にチェックを行いました。OSU チームは、異なる HIL 設定を適用した閉ループの動的プラントモデルを用いて、機能の動作、フェールの検出と軽減、コントローラ間の通信についてさまざまなテストを行い、その他の多くのコンポーネントレベルの機能や車両レベルの機能についても検証を行いました。4種類の HIL 設定を次に示します。

- **ケース 1** : dSPACE MicroAutoBox II に実装したメインコントローラの妥当性確認。さまざまなメーカーのシミュレーションモデルを使用しました。
- **ケース 2** : チームで開発した ECU を使用し、シミュレーションモデルとして dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) を使用した燃焼エンジンの制御に関する妥当性確認。
- **ケース 3** : シミュレーションモデルとして dSPACE ASM、コントローラとして 128 ピン Woodward MotoTron を使用したトランスミッションの制御に関する妥当性確認。
- **ケース 4** : OSU チームが開発したコントローラネットワーク全体の CAN 通信の妥当性確認。 >>

図 3 : 開発した車両を米国エネルギー省の Michael Knotek 氏に見せる OSU チームの Katherine Bovee 氏。

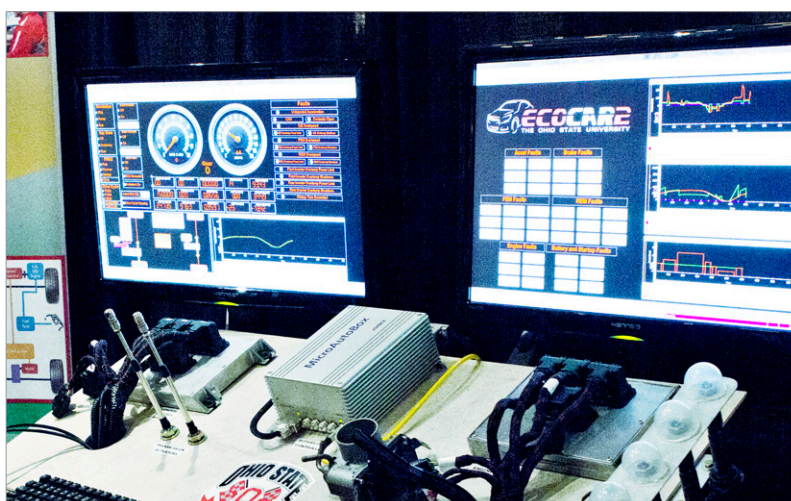


図 2 : dSPACE シミュレータによる HIL テストの実行や dSPACE MicroAutoBox II のコントローラアプリケーションの制御には、ControlDesk® Next Generation が使用されました。



Myles Regan 氏のオリジナル写真 / CC BY-ND 2.0 より抜粋
<https://www.flickr.com/photos/doesavt/14221296830/in/album-72157644984645925/>

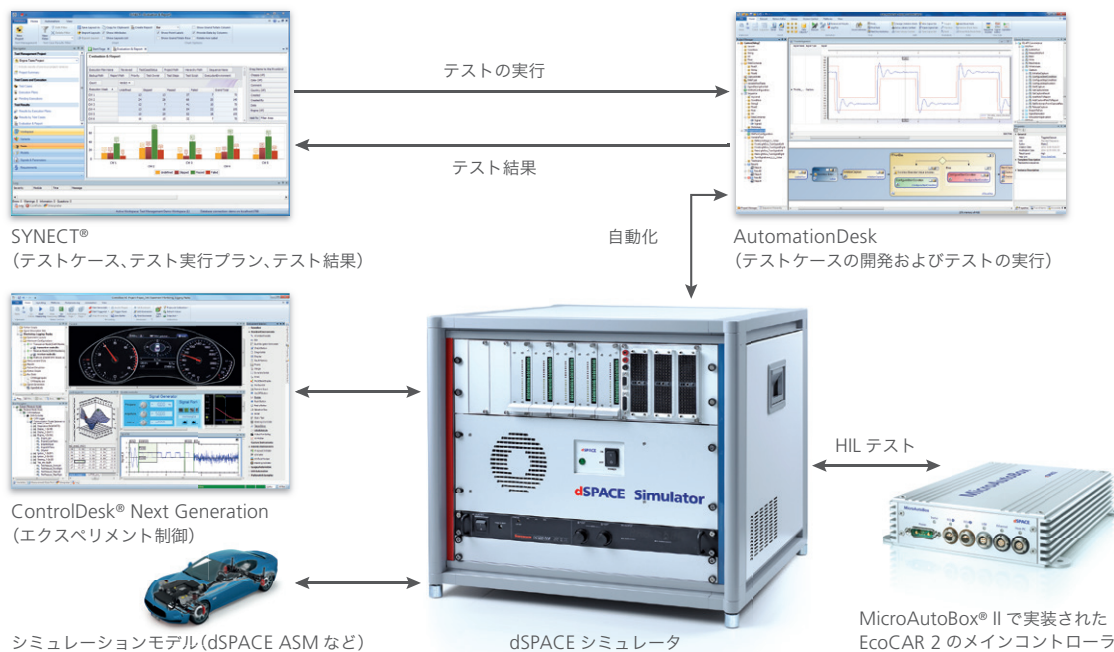


図4：SYNECTを含む総合的な dSPACE ツールチェーンが中央データ管理用のソフトウェアとして機能。

「私たちは、最初は手動でテストを実行していましたが、制御コードの安全性を実現するには更なる改良が必要であることがすぐに明らかになりました」と、OSU EcoCAR 2 故障診断チームの元リーダーである Amanda Hyde 氏は述べています。「コントローラの機能全体を考えると、コードの新しいバリエーションごとに、大規模な自動帰帰テストを行う必要がありました。この問題は、dSPACE SYNECT®、dSPACE AutomationDesk、および dSPACE シミュレータを組み合わせた強力なツールチェーンを構築することで解決できました。この自動化により、チームは車載テストにかかる時間を大幅に削減することがで

きたのです。すべてを合わせると、私たちが行う HIL テストの合計 74% が自動化されました。」

AutomationDesk – テストの作成と自動化

テストケースとスクリプトは、AutomationDesk のグラフィカルなプログラミング環境を介して実装されました。AutomationDesk では、テストをステップごとに確認できるようにするブレイクポイント挿入機能や組込みデバッガが搭載されているため、迅速かつ確実にエラーを検出することができ、テストシーケンスの信頼性が向上しました。全体として、チー

ムはテストを手際よくグループ化およびパラメータ化することができたため、76 回の自動化テストを 16 個のテストスクリプトだけで実行することができました。

SYNECT – 優れたデータ管理によるテストの自動化

OSU チームは、dSPACE のデータ管理ソフトウェアである SYNECT を使用することにより、多くのテストを自動化することができました。まず、学生たちは「制御および妥当性確認に関する要件仕様書」にある要件リストを SYNECT に読み込み、パラメータ化されたテストシーケンスを AutomationDesk からインポートしてテ



「3 年目の挑戦にあたり導入した dSPACE SYNECT は、帰帰テストを行う際に非常に有益なツールでした。dSPACE SYNECT は開発データとテスト走行を管理する中央ツールとして機能したため、私たちは車載テストおよび車両の全体的な最適化により集中することができました。」

Amanda Hyde 氏、オハイオ州立大、元 EcoCAR 2 故障診断チームリーダー

ストを定義しました。最適なトレーサビリティを得るために、定義されたテストケースは要件リストにリンクされ、テストの実行プランに即してステップごとにスムーズにSYNECTで処理されました。また、開発期間中のテストの進捗を簡単に追跡できるようにするため、カスタマイズされたテストレポートも作成しました。SYNECTでは、数回のクリックだけで、いつでも要件や関連するテストケースを変更したり、AutomationDeskの自動スクリプトを更新したりすることができました。■

オハイオ州立大学 EcoCAR 2 チームのご厚意により寄稿

Name and Description	Version	Status	Links
5.6 Pedals	(1)	Draft	
5.6.1 Accelerator Pedal Signal Range	(1)	Draft	
If any accelerator pedal signal is out of range, the vehicle shuts down	(1)	Draft	Incoming: 2 Accel Pedal - Low STG (TC2REQ) Accel Pedal - High STG (TC2REQ)
5.6.2 Accelerator Pedal Scaling	(1)	Draft	
Accelerator pedal fault is signaled if the accelerator pedal signals show incorrect scaling while both signals are still in range	(1)	Draft	Incoming: 1 Accel Pedal - Low STB (TC2REQ)

図 5：テストケースとリンクされた SYNECT の要件リスト。

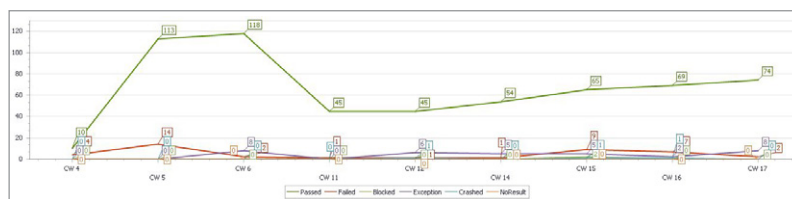


図 6：SYNECTにより、テストの進捗を容易に追跡。

まとめと今後の展望

「OSU チームでは、かなり複雑なコンセプトを持つプラグインハイブリッドカーに対し、最初から高い目標を掲げていました。そのため、チームを成功に導くには、極めて効率的な開発プロセスとプロフェッショナル向けのツールが必要でした」と、元 OSU EcoCAR 2 チームリーダーである Matthew Yard 氏は語りました。OSU チームは、最適な方法を駆使して時間とリソースを管理し、その目標を見事に達成しました。学生たちは、短期間で開発プロセスやツールに慣れ、dSPACE シミュレータ、MicroAutoBox II、SYNECT、AutomationDesk、および ControlDesk Next Generation といった dSPACE ツールチェーンを自信を持って操作できるようになりました。EcoCAR 2 コンペティションが終了した現在、OSU チームは、次の先進車両テクノロジーコンペティションである EcoCAR 3 に全力で取り組んでいます。



図 7：優勝者たちの微笑み - オハイオ州立大学の EcoCAR 2 チームは、プラグインハイブリッドカー部門で栄えある首位を獲得しました。

このコンペティションでは、学生たちは 4 年間で 2016 年式シボレー・カムロを最適化しなければなりません。また、コストと革新性に関する基準が追加されたため、満たすべき要件はさらに高くなっています。新しいチームメンバーを擁する OSU チームは、素晴らしい成果を挙げ続けてお

り、EcoCAR 3 の 1 年目で既に優勝しています。dSPACE では、オハイオ州立大学チームの目覚ましい功績を称賛するとともに、今後の活躍を期待しています。