



# Fuel Cell

## Revolution

燃料電池制御システムの  
開発用ツールチェーン

Ford社は過去20年間にわたって車載用燃料電池の研究／開発を進め、ラボおよび路上でさまざまなコンセプトをテストすることで、豊富な経験を積み重ねてきました。このような継続的な取り組みの成果として、最新の技術は市販化に近付きつつあります。



### 燃料電池システムとその制御

燃料電池は化学エネルギーを電気エネルギーに変換します。水素や酸素などの反応剤を燃料電池スタックに供給し、そこで発生した電子を車両の推進用に利用します。電子制御システムを使用して反応剤の流量、濃度、圧力を監視および制御することで、反応剤を燃料電池に効率的に供給します。

### 制御システムの課題

初期のプロトタイプ (P2000など) では標準ECUを使用し、このI/Oを燃料電池アプリケーション専用カスタマイズしました。しかし、このようなアーキテクチャでは、実験の余地はほとんど残されていませんでした。Ford社が燃料電池制御アルゴリズムの社内開発に着手した当時、時間的・人的・物的・予算的な制約から、標準電子制御ユニット (ECU) を柔軟なラピッドプロトタイピングシステムに置き換える必要に迫られました。燃料電池システム内の水素、空気、水の流れを制御する複数のバルブを駆動するために、適

切に統合された制御システムが望まれました。同時に、電子システムの研究/開発では非常に頻りにI/O要件が変化するため、高度に柔軟なモジュラー方式が不可欠でした。さらに、完全なモデルベース開発手法も同時に導入することが計画されました。

### ラピッドコントロールプロトタイピングがもたらす究極の柔軟性

Ford社は、dSPACE MicroAutoBox IIおよびdSPACE RapidPro Power Unitで構成したラピッドコントロールプロトタイピング (RCP) システムと、MathWorks社のSimulink®の導入を決定しました (図1)。これに際しては、dSPACE RCPシステムの使用経験を持つFord社内の他の研究/開発部門における高い評価が決定要因となりました。このシステムは我々が望む柔軟性を備え、必要なI/Oとインターフェースモジュール、電源ユニット、シグナルコンディショニングユニットをシステムに追加することで燃料電池制御システムの要件を満たせます。

電気推進システムを搭載した  
Ford REFL3Xコンセプトカー



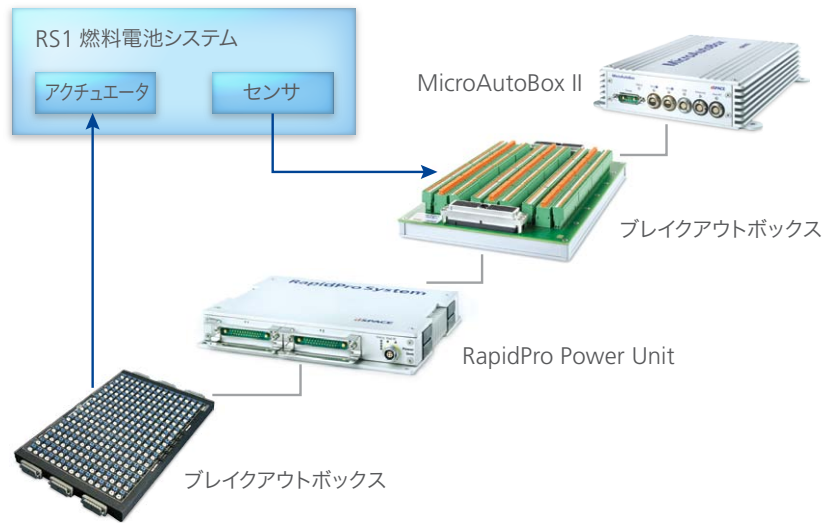


図1: RapidPro Power UnitからMicroAutoBox IIへの接続

「dSPACE社エンジニアは、プロジェクトの開始から詳細な実装まで、いつでも必要な時に我々をサポートしてくれました」

Kurt Osborne氏, Ford社

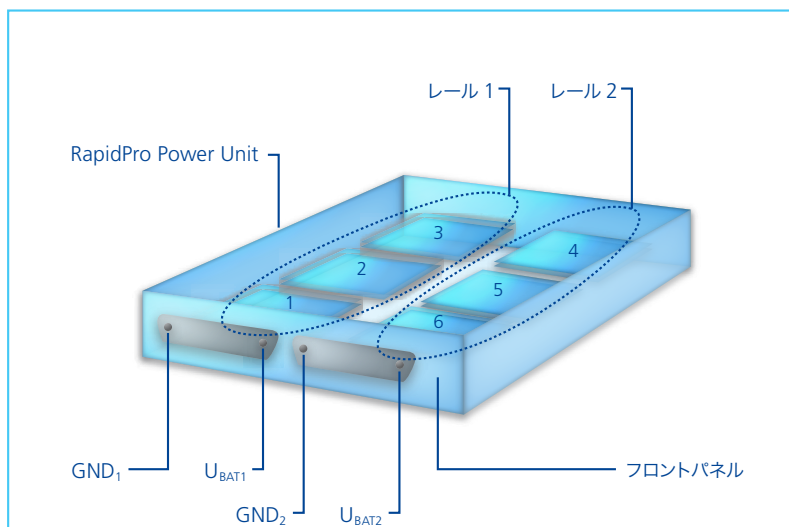
#### プロジェクトにおけるRapidProのメリット

燃料電池のセンサおよびアクチュエータからの信号は、通常のエンジンアプリケーション用と同じRapidPro標準モジュールで直接処理できました。大部分

のアクチュエータにはローサイドドライバ (LSD) モジュールを使用しました。空気供給サブシステム内の電子式スロットルボディの制御には、フルブリッジドライバ (FBD) モジュールを使用しました。燃料

電池の駆動には2つの異なる電源電圧を使用するため(2つの電源ユニットに別々の電源レールから給電)、RapidProが提供するスプリットボルテージバスは特に役立ちました(図2)。これらは、ラピッドプロトタイピングシステムがもたらすメリットのほんの一例に過ぎません。これらのメリットは、プロジェクトの開始から詳細な実装まで、いつでも必要な時に我々をサポートしてくれたdSPACE社エンジニアの豊富な経験と知識によって実現しました。

図2: 2つの独立した電源を提供するRapidPro内の2本のレール



#### 容易な設定

当該アプリケーションにおけるRapidPro Power Unitの操作と設定には、直感的なグラフィカルユーザインターフェースを備えたdSPACE社のConfigurationDeskソフトウェアを使用しました。ConfigurationDeskを使用すると、たとえばアクチュエータおよびセンサに対応したチャンネル名を割り当てることができ、また各チャンネルを設定することができます。その他、各スロット内のモジュールの位置と、ピンに割り当てられたチャンネル名を示すチャンネルリストをいつでもエクスポートできます。このように、ConfigurationDeskを使用すると設定と文書化を非常に容易に行えます。

#### 診断

RapidPro Power Unitの診断機能はSPI (Serial Peripheral Interface) を使用して



図3: MicroAutoBoxとRapidProによる燃料電池システムのラボセットアップ

データを生成し、そのデータはConfigurationDesk内で即時に監視できます。さらに、このデータは他のシステムイベントに対して時間的に整合させることができるため、有用性の高いログを作成できます。このタスクでは、I/OチャンネルをポーリングするためにSimulink用のRTIブロックセットを利用できます。記録されたデータはControlDesk内で後処理されます。診断情報を他のテストシステムコントローラ内で使用するには、CANメッセージを介して診断情報を再送信します。

#### 現状評価と今後の課題

Ford社における研究／開発を通して、MicroAutoBoxとRapidProで構成されたラピッドプロトタイプシステムは、燃料電池システムの制御に極めて有効であることが実証されました。指定のすべての機能を燃料電池システムに実装することができました。その成果の一部は、協調的に機能するツールチェーンに帰せられます。RapidPro Power Unitは、「柔軟に設定変更可能なパワーステージ」という要件を完全に満たしました。RapidProシステムを採用することにより、既存ECUでは必要であった細部の最適化に工数を割くことなく、限られた予算の小規模チームで燃料電池の新コンセプトを実装およびテストすることができました。1つに統合されたツールチェーンへの移行は驚くほど容易でした。近い将来、寒冷地条件でシステム検証テストを実施する予定です。その

結果コンポーネントの追加や新しい制御ストラテジが必要となったとしても、設定柔軟性に富むRapidPro Power Unitを使用すれば、それらを短時間で制御システムに組み込むことができるものと考えます。今後の課題の1つは、燃料電池システムをデモ車両に搭載することです。その場合、Ford社は非常に初期の段階からRapidPro Power Unitを活用する予定です。すばやく起動できて高速に動作する

RapidPro Power Unitは、車載アプリケーションに適しています。さらに、RapidPro Power UnitはMicroAutoBoxから選択的に無効化できるため、システム全体の消費電力を削減できます。■

Kurt Osborne  
Dr. Miloš Miličić  
Ford Motor Company

#### Kurt Osborne氏

同氏はFord社(米国ミシガン州ディアボーン)における燃料電池制御のエキスパートであり、グローバルなモデルベース燃料電池システム制御設計のリーダーです。



#### Dr. Miloš Miličić

同氏はFord社(米国ミシガン州ディアボーン)における燃料電池制御アルゴリズムの開発および実装の責任者です。

