

シュトゥットガルト大学の学生による革新的なバッテリーマネジメントシステムを搭載したレース用電気自動車の開発

A winning Formula



E0711-2

モーター：	永久磁石同期モーター 50 kW × 2
制御装置：	MicroAutoBox II
充電式電池：	リチウムポリマー電池 588 V
重量：	266 kg
加速性能：	0 - 100 km/h 3.0 秒



Formula Student には、電気レーシングカーの安全性に関する厳格なルールが存在します。GreenTeam Uni Stuttgart では、高速車両の開発に dSPACE テクノロジーを使用することにより、安全性を保証しています。ビークルダイナミクスの制御、安全システムの監視、バッテリーマネージメントには、新しい dSPACE MicroAutoBox II が使用されています。

GreenTeam による Formula Student Electric への参加

GreenTeam Uni Stuttgart は、Formula Student Electric のルールに従って電気レーシングカーの開発製造に取り組んでいる非営利団体で、30 名を超える学生メンバーが参加しています。電気レーシングカーのアイデアおよび設計から、部品製造、プロトタイプを組み立ておよび試験まで、すべての開発プロセスを学生たちだけで行っていることが特徴です。このチームは 2009 年に設立され、その目的は純粋な電気式駆動装置を搭載した Formula Student レーシングカーを開発し、Formula Student Electric レースに参加することです。

学生メンバーは、彼らにとって初めての電気レーシングカーを開発するにあたり、このレーシングチームの 2008 年度優勝車両である内燃エンジン駆動の F0711-3 をベースにして改造および最適化を行いました。主要な作業は、モーター、高電

圧バッテリー、必要な制御システムの統合でした。

電気自動車用コンポーネント

2010 年 / 2011 年シーズン用に開発されたレーシングカー E0711-2 は、出力 50 kW のモーター AMK DT7-80-20-POW が 2 つ縦置きに配置され、それぞれが独立して左右のリアホイールを駆動します。必要な駆動電圧は高電圧リチウムポリマー (LiPo) 電池から供給されます。この電池の容量は 8.4 kWh で、最高電圧は 588 V、エネルギー密度は 180 Wh/kg です。シュトゥットガルトチームのレーシングカーの電池は、140 個のセルを直列に接続し、それを 3 つ並列に接続した構造です。

バッテリーマネージメントシステムの機能

バッテリーマネージメントシステム (BMS) は、監視および制御が必要な、多数の充電式セルが接続されたバッテリーの電氣的

および熱的なプロセスを制御します。自動車用テクノロジーとしての BMS は、車両のさまざまな走行状態の制御、バッテリーの寿命および性能の最適化、さらに、必要に応じてバッテリーを安全な状態にする機能も備えていなければなりません。たとえば、車両のスイッチをオフにすると、BMS はスリープモードに移行します。車両がウエーキングモードの場合 (周期的にこのモードになるようにプログラムできます)、BMS は、電圧、電流の大きさ、温度などの変数の不規則性や欠陥を監視することができます。これらの値は、リアルタイムでドライバーおよびレーシングチームに送信され、適切な対応を可能にします。

バッテリーマネージメントシステムの要件

Formula Student Electric Germany (FSE) のルールでは、E0711-2 レーシングカーのバッテリーシステムは、セルが所定のパラメータ限界値を超えた場合に自動

的にオフにする必要があると規定されています。この BMS の機能範囲全体をカバーするには、さまざまな入力変数をキャプチャして評価することにより、バッテリーの管理を最適化する必要があります。このような変数には、個別のセルの電圧や温度などが含まれます。過充電、過放電、過電流、短絡、周辺温度などの状態もキャプチャする必要があります。このようにすることによって、性能が低下したり故障したバッテリーセルが、直列に接続されている他のセルに影響を与え、総合的な性能を損なうリスクを最小化することができます。Formula Student Electric の場合、この機能は特に重要になります。Formula Student Electric では長距離レース (22 km) であっても、電気レーシングカーのバッテリーは充電せずにゴールまで持ちこたえる必要があるからです。

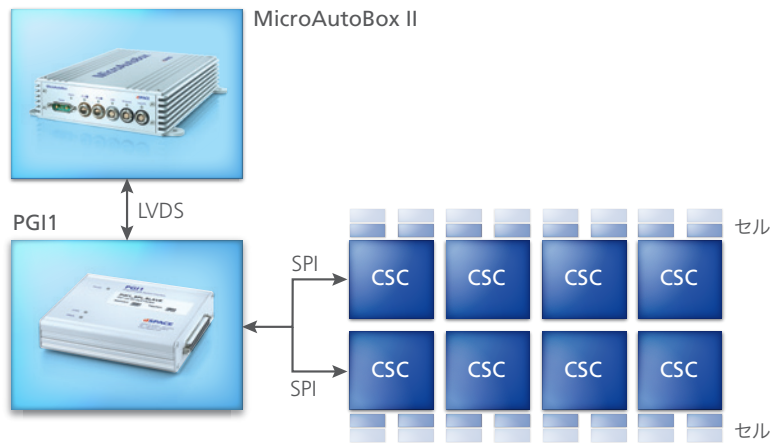
BMS の概念

このチームがバッテリーの信頼性を確保するために使用しているアプローチは、消費される電力を、温度 T と充電状態 SOC の関数として制御する方法です。過充電および過放電は、インターバル制御によって防止されています。充電プロセスは、上限 (4.2 V) で中断され、すべてのセルが

最も低い電圧に平均化されます。すべてのセルが同じ電圧になると、再び 4.2 V になるまで充電が再開されます。充電プロセスは、すべてのセルが最大の SOC に達するまで、このような反復方式で継続されます。電圧が下限 (3.5 V) に低下すると、バッテリーの負荷が下限値を下回らないよ

うに、システムによって予想電圧降下の計算が行われます。

BMS は、SOC 曲線、温度および残りの走行距離を使用して、放出する電力の量を計算することができます。この計算には、dSPACE MicroAutoBox II が使用されています。

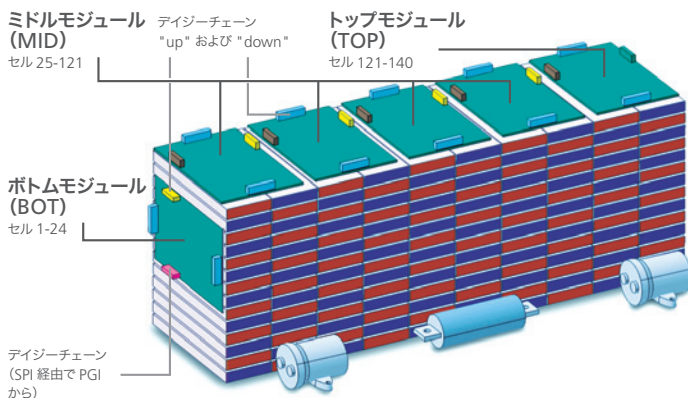


バッテリー管理システム : dSPACE MicroAutoBox II が LVDS バス経由で dSPACE インターフェースモジュール PGI1 に接続され、BMS の制御を行っています。PGI1 は、個別のセルを監視しているセル監視コントローラからの情報を SPI バスを通じて受信しています。

「MicroAutoBox II と dSPACE Programmable Generic Interface (PGI1) を使用することにより、高電圧バッテリーの基本的な変数を正確にキャプチャし制御することが可能になりました」

Leonardo Uriona, E0711-2 チームリーダー





ボトムバッテリーモジュール (BOT) にはバッテリーセル 1-24 が、ミドルモジュール (MID) にはバッテリーセル 25-121 が、トップモジュール (TOP) にはバッテリーセル 122-140 が収容されています。ボトムモジュールは、SPI バス経由で dSPACE PGI1 モジュールへのインターフェースを形成しています。トップモジュールは、データを転送するバスシステムのデジチェーンの終端に位置しています。

レーシングカーに使用されている dSPACE テクノロジ

バッテリーマネジメントシステムの計算センターとして MicroAutoBox II が使用されています。MicroAutoBox II は、システム全体の監視を行い、低電圧差動信号 (LVDS) バスを通じて dSPACE Programmable Generic Interface (PGI1) から送信されてくる情報の処理を行っています。PGI1 は、Serial Peripheral Interface (SPI) を通じて、個別のセル監視コントローラとの通信を行っています。

バッテリーセルおよびさまざまな制御メカニズムの評価が、dSPACE エンジニアリングソリューションをベースにした BMS

モデルによって行われています。この dSPACE テクノロジが支援するバッテリーマネジメントシステムは、GreenTeam の設計目標を達成することが確認され、実際のレースでも同じ形式で使用される予定です。このレーシングチームの第二世代の電気レーシングカーによる多くの勝利によって、この車両機能の高い信頼性が証明されています。

開発の進捗状況

GreenTeam Uni Stuttgart は、これまで 4 回のレースに参加し、3 回の優勝を果たしています。2010 年度には、ドイツおよびイタリアで総合優勝を達成しました。同チームは 2011 年度にも実力を発揮し、イタリアのレースで二位に入賞しました。これらの成功に鼓舞されて、チームは新たに開発および改良されたレーシングカー E0711-2 で、ドイツのホッケンハイムリンクとイタリアで毎年開催されるレースに参加することになりました。チームは、他の国際レースにも参加することを目指しています。

現在、GreenTeam は、独自開発の第三世代電気レーシングカー E0711-3 の開発に忙しい日々を送っています。■

Edward Eichstetter
Leonardo Uriona
GreenTeam Uni Stuttgart



Edward Eichstetter (左)

GreenTeam Uni Stuttgart (ドイツ) の車両統括グループのチームリーダーを務めています。

Leonardo Uriona (右)

GreenTeam Uni Stuttgart (ドイツ) の車載電子制御グループのチームリーダーを務めています。