


Concept_One

完全電動スーパーカーのドライブコンセプトの紹介



A blue Rimac Concept One electric supercar is shown from a low-angle, front-quarter perspective on the left side of the frame. The car is positioned on a two-lane asphalt road that curves through a rugged, mountainous landscape. In the background, a large, calm blue lake is nestled between the mountains. The sky is clear and blue. The overall scene conveys a sense of speed and performance in a scenic, natural setting.

Rimac Automobili 社の Concept_One は、ゼロから設計された完全な電動スーパーカーという、これまで類をみないものでした。1088hp の馬力を持つ 4 つの独立モーターの実力を想像してください。この馬力はすべて、MicroAutoBox でチェックされています。

Concept_Oneの開発に関するエピソードは非常にユニークです。Concept_Oneの発案者は、クロアチアの若きエンジニアであり、発明家でもあるMate Rimac氏です。現在27才のRimac氏は、社員数80人を擁するクロアチアの企業であるRimac Automobili社の社長です。同社は、高性能電気自動車および関連テクノロジーを設計、開発、構築し、世界中に販売しています。Concept_Oneは、2011年にフランクフルトで発表された世界初の電動スーパーカーであり、その性能は驚くべきものです。

パワートレインの設計とコンセプト

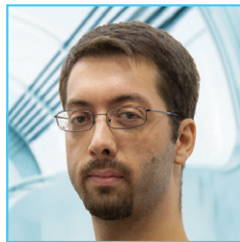
Concept_Oneが特別な理由は、そのドライブトレインにあります。Rimac Automobili社では、ゼロから各コンポーネントを細かく検討し、有用な車載コンポーネントと重量を増やすだけの不要なコンポーネントの候補を選別しました。Concept_Oneでは、タイヤグリップ全体を活用できる唯一の方法である四輪駆動が採用されています。モーターは、それぞれの車輪に1台ずつ搭載されています。1台の大型モーターよりも複数の強力な

モーターのほうが出力が大きく、重量は軽くなるためです。「したがって、従来のクラッチと差動装置も不要になりますが、ギアボックスは残す必要があると判断しました。そのため、Concept_Oneでは、電気自動車として初めて各後輪に2段変速のギアボックスを搭載しました。Concept_Oneが鋭い加速を実現しながら時速

フロントは単一速度、リアは2段変速デュアルクラッチです。フロントモーターの最高出力は400 kW、リアモーターの最高出力は600 kWで、合計バッテリー出力はメガワット単位となります」と、Hrvatinić氏は述べています。バッテリーパックは650 Vで動作する数百個のリチウムイオンバッテリーセルで構成されており、最高出力時のモーター電流は1600 A近くになります。ただし、レンジ重視の消費電力設定で駆動する場合、バッテ

リパックのエネルギー82 kWhで可能な連続走行距離は約330 kmと予想されます。セルの電圧と温度の管理は、Rimac Active Battery Management Systemで行われます。このシステムはRimac Automobili社がすべて自社開発したもので、制御は中央の車両制御ユニットからCANバス通信で行います。

電動化の理由
個別に制御可能な4台のモーターを備えたドライブトレインを持つ最大の長所は、自由度です。ガソリン車は差動装置を使用して中央の動力源(エンジン)から各車輪にトルクを供給します。これは、必要な場所に出力を機械的に伝えることを意味しま



「現実に即したテスト条件が必要な状況でdSPACEのControlDeskを使用することにより、計り知れない成果を上げることができました。」

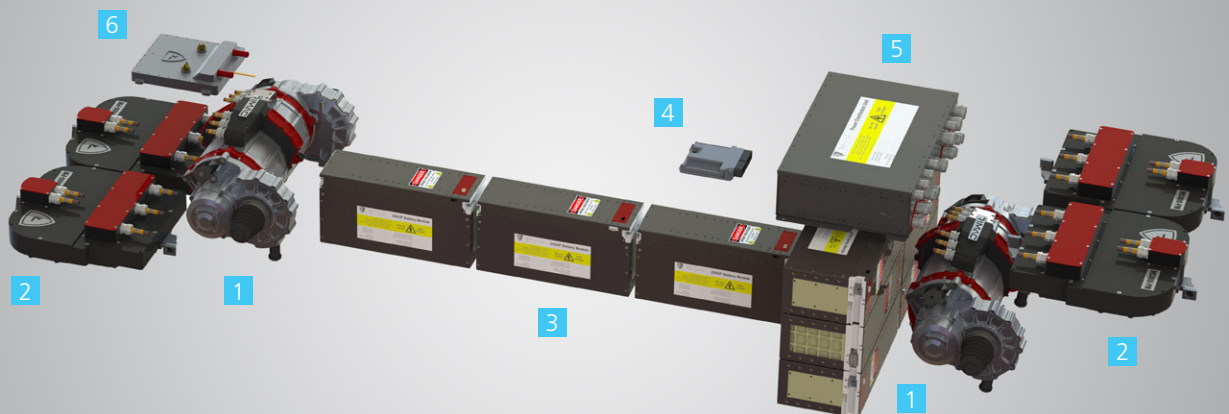
Kruno Hrvatinić氏、ピークルダイナミクスエンジニア、Rimac Automobili社

325 kmという最高速度を達成できるのはこのためです」と、Rimac Automobili社ピークルダイナミクスチームのKruno Hrvatinić氏は述べています。

同期モーターと高電圧バッテリーを含む性能パッケージ

「Concept_Oneでは、各フロントモーターの最高トルクが330 Nm、各リアモーターの最高トルクが440 Nmの永久磁石同期モーターを2組採用しました。合計トルクは1,540 Nmになります。各ハウジングには、スペースと重量を節約するために冷却システムを共有する、自社開発のモーターを2台搭載しました。各モーターにはそれぞれ固有のギアボックスがあり、

「ドライブトレイン」は、トランスミッション(1)、インバータ(2)、およびバッテリーパック(3)を持つ2台のモーターユニットで構成されています。さらに、中央コントローラ(4)、配電ユニット(5)、熱制御(6)などのコンポーネントがあります。



す。しかし、この方法では機械的なロスが発生するだけでなく、しばしば差動装置の物理的限界の制約も受けます。さらに、従来の自動車では油圧ブレーキを使用するしかないので、エネルギーの浪費につながり、ブレーキディスクは摩耗します。この手法の最も大きな悪影響は、自動車が必要以上に減速することです。「モーターではこの問題は発生しません。モーターが4台あるため、各車輪に合わせて1秒間に100回の単位でトルクを調整することが可能であり、コマンドを送信したのとほぼ同時にモーターを反応させることができます。モーターでは、出力の変換も不要なため、正のトルクも負のトルクも同じ位容易に与えることができます。これは回生ブレーキと呼ばれ、自動車の加速に使用される出力の一部を再利用して熱だけではなく電気エネルギーも生み出します。また、ガソリンエンジンのエネルギー効率が35%なのに対して、モーターの効率は95%です。そのため、強力、効率的、柔軟で、かつ制御が容易なドライブトレインを実現できるのです」と、Hrvatinić氏は説明します。

トルクベクタリング

次に必要なのは、このドライブトレインの出力性能と柔軟性を最大限に活用できる制御アルゴリズムの設計でした。「ここでも白紙の状態から車両の物理モデルを作成し、受動的動作の分析と能動的制御システムで達成すべき目標の定義を行いました。さらに、テスト用のモデルを構築するために、基礎となるフィジカルディメンションからサスペンションの形状やタイヤの特性まで、使用可能なすべてのデータを計測し、車両の物理シミュレーション用ソフトウェアスイートに転送したうえで、妥当性確認を行いました。このようにして、ダイナミクスピークル制御アルゴリズム「Rimac All Wheel Torque Vectoring (R-AWTV)」の開発がスタートしました」と、ピークルダイナミクスチームのTomislav Šimunić部長は述べています。

車両の挙動を電子制御

「R-AWTVを使用すると、縦方向と横方向の制御を同時に行うことができただけでなく、各車輪にかかる力を監視および調整し、ドライバーの特性や状況に応じたドライブコンセプトを作り出すことができます。これが可能なのは、各モーター間で受け



Concept_Oneは完全な電動車であり、性能だけではなく使用されているテクノロジーに関しても完全電動化を実現した世界初のハイパーカーです。



車の後部を開いて配電ユニットを見せる Concept_Oneの発明者、Mate Rimac氏。

渡されるトルクを制御することで、車両の受動ダイナミクスを改善することができるからです。当社では、加速度計、ジャイロスコープ、車輪速度センサ、およびステアリングホイール角度センサなどの精度の高い物理センサを使用して、車両の挙動を監視する推定アルゴリズムにデータを

送信し、車両の物理的な状態を明確に把握しています。これにより、各車輪のグリップ量、つまり、使用可能な合力を推定することができます。このデータは最大けん引力を保証するための制限値として使用するか、または車両を横滑りさせる必要がある場合の超過値として使用します」。 >>



ドライバーに応じた横方向のダイナミクス
Rimac Automobili 社では、平均的なドライバーが急カーブの場合や高速走行時でも安全かつ安定的に運転できると同時に、習熟したドライバーをも満足させるシステムを開発する必要がありました。つまり、より設定の自由度が高く、大半の量産車にある標準的なオン/オフスイッチ以上の機能を提供できるシステムが必要でした。そのため、Concept_One のアルミニウムの中央コンソールは、ノブを回すだけでドライバーが動作モード（安定運転動作または動的運転動作）を容易に切り替えられるように設計されています。ドライバーは、革新的な HMI ソリューションを使用して、車両を純粋な前輪駆動または後輪駆動、もしくはその中間として動作するようにトルク分布を微調整できます。

MicroAutoBox の役割

「ドライブトレインの高い出力性能と柔軟性を活用するには、当然、これらを処理できる十分な信頼性と速度を持つプラットフォーム上に高性能な制御ソリューションを実装する必要がありました。私たちが、

Concept_One の中央コントローラを開発するためのプロトタイピングシステムとして MicroAutoBox を選んだのはこのためです。中央コントローラには、2 次制御ユニットの分散ネットワークを調整し、過熱防止やデバイスエラー検出などのセーフティクリティカルな機能を提供する能力だけでなく、ドライバー入力の処理にも対応し、当然ですが、Rimac All Wheel Torque Vectoring システムを実装できる環境も必要でした」と、Hrvatinić 氏は述べています。Concept_One では、MicroAutoBox の 4 つ の CAN バスチャンネルを最大限に活用して、Rimac Active Battery Management System、配電ユニット、充電器、4 台のインバータ、および各種シャシー制御ユニットと通信を行います。これらの通信には、バス上の各種デバイスで送受信される 200 件近くの CAN メッセージの追跡と管理を容易に行える dSPACE RTI CAN Blockset が使用されています。標準的なシリアル通信チャンネルとアナログおよびデジタル入力の大部分はこのブロックセットを通じて行われています。「制御エンジニアは、物理シ

ミュレーションソフトウェアと互換性のある Simulink モデルを使用して、制御アルゴリズムを MicroAutoBox で実行可能なプログラムへシンプルかつ直感的に変換できるため、実装されている C コードについて考えることなく自分の業務を遂行できます」と、Šimunić 氏は述べています。

ControlDesk による正確な信号解析

Hrvatinić 氏は、「現実に即したテスト条件が必要な状況で dSPACE の ControlDesk を使用することにより、計り知れない成果を上げることができました。また、各信号の値をリアルタイムで確認して記録できるため、デバッグを大幅に簡素化できました。この機能は、動的制御システムの性能評価でも非常に役立っています。テストデータにはテスト完了直後でもアクセスでき、すぐに見直せるので、1 日の作業時間を最大限に活用することができます」と述べています。ControlDesk は、アルゴリズムパラメータの微調整をその場で手作業で行う際にも非常に役立ちます。パラメータの値も簡単に変更できるため、コントローラの設定を変えてテス

最新のテクノロジーが満載：Rimac Automobili 社では、dSPACE MicroAutoBox を使用して開発した中央制御ユニットにより、Concept_One の各種システムを接続しています。





「MicroAutoBox を使用することでシンプルかつ直感的な操作が可能になるため、制御エンジニアは、コードを意識することなくコントローラの開発に集中することができます。」

Tomislav Šimunić 氏、ビークルダイナミクスチーム部長、Rimac Automobili 社

トを実行する際にも時間を短縮できます。また、コントローラモデルの構造を変更しなくても、複数の実験サブシステムを切り替えることが可能です。

今後の展望

Concept_One World Edition スーパーカーの初回生産予定は 8 台ですが、設計および制御アルゴリズムの向上は継続的に行われています。インフォテインメントシステム、パワートレイン、バッテリーシステムをはじめ、Concept_One のために社内で開発および生産されたノウハウやコ

ンポーネントは、さまざまな B2B プロジェクトにおいて活用されています。Rimac Automobili 社はこれからも、世界で最も強力かつ洗練された電気自動車を設計および構築し、さまざまな分野や業界に最先端のテクノロジーを新たな手法で提供するため、活動し続けていきます。 ■

Rimac Automobili 社のご厚意により寄稿

エンジン動作中に出力値を示し、正確な設定を提供するタッチスクリーン。

