



# Superbike Success from the Electronics Lab

dSPACE は、BMW 社のモーターサイクルモータースポーツ部門である BMW Motorrad Motorsport の公式パートナーとして、Superbike World Championship (スーパーバイク世界選手権) のサーキットを試験施設内に再現しました。



BMW モーターサイクルモータースポーツチームは快進撃を続けています。BMW Motorrad はスーパーバイク世界選手権に 2009 年より参戦、好成績を収めています。レースでは、安全性の次に信頼性が最優先されます。特に、レーシングマシンのエンジンコントローラの信頼性が最も重要です。BMW Motorrad では、完全に独自開発した電子制御ユニットの品質検証に dSPACE を採用しています。

#### モータースポーツの最先端研究拠点

BMW Motorrad にはレースの世界で 87 年の伝統がありますが、スーパーバイク世界選手権では最近参加したチームの 1 つです。BMW チームが S 1000 RR レーシングマシンを携えて、初めてスーパーバイク世界選手権のスタートラインについたのは 2009 年のことでした。BMW 社とアルファレーシングが共同で、ドイツ、オーバーバイエルンのローゼンハイム近郊にあるシュテファンスキルヒェンに、レーシングバイクの開発を行うための最先端モータースポーツセンターを開設しました。BMW 社の開発エンジニアが、ワールドスーパーバイククラスで S 1000 RR が好成績を収めるための開発を担当しています。

#### BMW Motorrad での電子制御装置の開発

電子制御装置の開発は、BMW 社のモータースポーツ分野における中核となるコンピテンスの 1 つです。独自開発のエンジン制御ユニット RSM5 (Racing Sport Engine Control, 5th Generation) が、スーパーバイクプロジェクトで大きな役割を果たしています。プロセッサおよびコンポーネントの選択から、回路基板の設計、低レベルおよび高レベルな機能のプログラミングまで、すべての作業が BMW Motorrad で行われました。これにより、チームはテストトラックおよびレーストラックからのフィードバックに迅速かつ柔軟に対応することが可能になります。たとえば、2009 年シーズンに世界各国で 14 日

>> 39 ページに続く

ポルトガルのポルチマンでのレース直前に、集中した表情を見せる BMW ライダー Ruben Xaus とレーシングエンジニア Wolfgang Martens





# Milestones

## in BMW Motorrad's 87 Years of History

BMW 社の最初のモーターサイクルである R 32 は、チーフデザイナー Max Friz によって **1923 年**に開発されました。

ウェールズで開催された **1933 年**のヨーロッパオフロード選手権 (European Offroad Championship) で、Ernst Henne の BMW チームが、33 馬力 (HP) のボクサー (水平対向) エンジンを搭載した R16 型マシンで、このタイトルを獲得して凱旋しました。オフロードレースは、革新的テクノロジーのテストを行う場でもありました。テレスコピックフォークと最初の BMW リアホイールサスペンションの両方が、この 6 日間の過酷なテストに合格し、量産モデルに初めて採用されることになりました。

Ernst Henne は、**1937 年**に 216.75 km/h の世界スピード記録を樹立しました。この記録は 14 年間も破られることなく、BMW 社はモーターバイクメーカーとして世界中の名声を博しました。

BMW 社のレース用マシンは、**1963 年**に技術的大躍進を達成しました。その新しいシャシーは、米国ハイウェイでの走行安定性における新たな標準を確立しました。このテクノロジーは、**1969 年**には、BMW 5 シリーズに採用されました。

BMW 社の最初のスーパーバイクでの勝利は、**1976 年**、アメリカのデイトナで開催されたレースでした。アメリカ人ライダー Steve McLaughlin が AMA のスーパーバイクイベントで勝利を収めました。写真は同じチームの選手を背後にしたフィニッシュの瞬間です。

BMW 社が **1984 年**に発表した R 100 RS は、世界で初めてフルフェアリングを採用したモーターサイクルです。空力特性と、風雨からライダーを保護することに重点を置いて開発作業が進められました。

ナビゲーションの才能に優れていることから、「アフリカ人」というニックネームで呼ばれていたフランス人の Hubert Auriol は、世界で最も過酷なバリエーダカールラリーに BMW 社のマシンで出場し、**1981 年**と **1983 年**に優勝しました。

**1988 年**、BMW 社は、モーターサイクル用の電子制御油圧式アンチロックブレーキシステム (ABS) を市場に投入した世界初のメーカーになりました。

BMW 社は、INTERMOT **2004** で、最初の横置き 4 気筒エンジンを搭載した K 1200 S を発表しました。その 167 HP (123 kW) の出力で、BMW Motorrad は新しいパワーの世界に入りました。

BMW チームが初めてスーパーバイク世界選手権に参加したのは、**2009 年**、オーストラリアのフィリップアイランドで開催された第 1 戦でした。BMW S 1000 RR 量産マシンは、2.5 kg の軽量レーシング ABS や、傾斜角によってスリップを許すトラクション制御など、革新的な機能を備えています。

**2010 年**、BMW チームのライダー Troy Corser と Ruben Xaus は、ポルチマンでのスーパーバイクイベントの上位 10 位内に入りました。Troy Corser はバレンシアのレースで 4 位に入賞し、これが BMW Motorrad のワールドスーパーバイククラスでの過去最高の成績となっています。ニウルブルクリンクなどの伝説的レーストラックやイモラのサーキットでのますますエキサイティングなレースが続きます。



>> 37 ページからの続き

間にわたり行われた 28 のスーパーバイクレースのために 14 以上のソフトウェアバージョンが作成され、使用されました。

### トッププライオリティは信頼性

電気および電子機器は、バイクの高速化だけでなく、その信頼性の向上にも大きく貢献します。「トップでゴールするためには、まずゴールしなければならない (To finish first, first you have to finish.)」BMW のレーシングバイクチームは、この名言をモットーとして掲げ、ECU のテストに使用する HIL (Hardware-in-the-Loop) システムとして、dSPACE Full-Size シミュレータを選択しました。これには、dSPACE AutomationDesk を使用して、自動化されたテストを実行することも含まれています (図 1)。シミュレータは、主として次の 3 種類のタスクを実行します。

- 自動化された ECU ハードウェアの品質保証
- 自動化された個々の ECU の適合
- 車両モデル全体の使用による高レベルなソフトウェアの開発

## 「BMW Motorrad の開発哲学は、テストトラックやレーストラックに持ち出す前に問題を発見することです」

Ralf Schmidt 氏、BMW Motorrad 社

### 自動化された品質保証

確実に信頼性の高い RSM5 エンジンコントローラをトラックに送り出し、同時に、容易に小規模生産に移せるようにするため、ECU の品質は自動テストによって検証を行う必要があります。レーストラックまたはテストトラック上での故障発生の可能性を排除する必要があるため、電子機器の故障は許されません。

ハードウェアおよびソフトウェアを変更するたびに、ECU には dSPACE HIL テストベンチ上でのほぼ 2 時間に及ぶテストプログラムが課せられます。このテストの入力はシミュレータ上でシミュレートされ、イグニッション信号やインジェクション信号などの出力は、シミュレータを通じて読み取られます。これらの信号は、ASAM MCD-3 インターフェースを介してシミュレータから ECU に送られた ECU の計算



レース前に行うスーパーバイクの最終点検。BMW チームのライダー Troy Corser もやや緊張気味。

値と比較されます。許容偏差の評価が行われ、文書化されて 100 ページ以上のテストログに記録されます。所定の許容範囲を超えるチャンネルがある場合は、ECU 全体を徹底的に調べて厳密なテストを行い、原因を究明して問題を修正します。このアプローチが、ハードウェアの品質とソフトウェアの信頼性を確保し、非常に完成度の高いシステムを実現する唯一の方法です。

のコンポーネントの誤差を補正します。その結果、BMW Motorrad に所属するプロライダー Troy Corser と Ruben Xaus の二人も品質の大幅な向上を認め、製造上の誤差が極めて少ない ECU に非常に高い評価を与えています (図 2)。

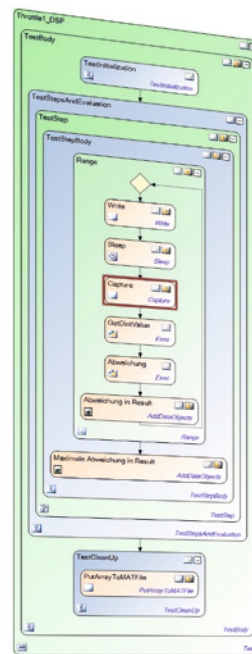


図 1: AutomationDesk は、テストプロジェクトおよびテストシーケンスを作成および変更するためのグラフィカルユーザインターフェースを備えています。

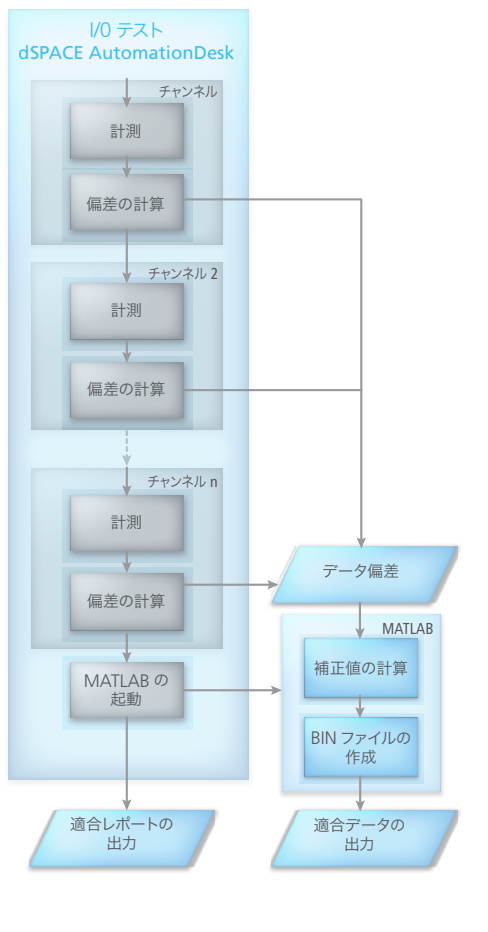


図2：計測、適合、診断用のフレキシブルなハードウェアとスケラブルなソフトウェアで構成される ECU 適合システムを使用した補正值の決定

### 車両モデル全体の開発

BMW S 1000 RR のレーシングバージョン専用のピークルダイナミクスモデルの開発作業が、2009 年末に開始されました。このモデルの開発には、MATLAB/Simulink® が使用され、車両の直進方向のダイナミクスに重点が置かれています。その目的は、トラクション制御、発進制御、ウィーリー制御などの複雑な制御機能を、試験施設内でできるだけ実際に近くシミュレートするための実車の表現を作成することにあります。シュテファンスキルヒェンの開発施設は、そのための理想的な環境をチームに提供します。この開発センターには、細部に至るまですべての面で正確に実車を表現するために必要な、エンジンおよびシャシー分野の専門家のノウハウと、アルファレーシングチームのノウ



dSPACE HIL テストベンチによる BMW Motorrad Motorsport の RSM5 エンジン ECU の試験施設内でのテスト

ハウがすべて揃っています。これによりレーストラックのレンタルや、スタッフ、設備などに関連した時間と費用が大幅に削減されています。

### 試験施設内のレーストラック

S 1000 RR によって繰り返し行われたテスト走行と、2009 年ワールドスーパーバイクシーズンにおける 28 回のレースで、RSM5 エンジン ECU に統合された強力なデータロガーによって大量のデータが記録されました。これらのデータは、この車両の新たに開発されるモデルに対して、次のような stimulus 信号として使用することができます。

- スロットルグリップ
- ステアリングアングルの設定
- 前後輪ブレーキの油圧
- ギアポジション
- ギアシフトレバー操作力
- 始動ボタン
- 緊急停止スイッチ

試験施設での最初の実験によって、直進方向のダイナミクスモデルの計算値が、実際のレースバイクの値とほとんど同じであることが分かりました。このシミュレーションは、ニルブルクリンク、モンツァ、バレンシアなどの伝説的なサーキットを網羅しています。これらはすべて、スーパーバイク世界選手権の開催地であり、したがって、dSPACE シミュレータでのシミュレーションに使用するデータコレクションとしても有効です。

### 横方向のダイナミクスの課題

横方向のダイナミクスは車両モデルの中で最も困難なブロックです。二輪走行の車

両のピークルダイナミクスは、バイクライダーの体重移動によってタイヤの接地力が絶えず変化するため非常に複雑です。車両の重心の正確なモデルのみが、これらのダイナミクスを表現することができます。たとえば、ライダーは体重を前に移動することにより、ウィーリーと呼ばれる加速時の前輪の浮き上がりを抑えようとします。タイトなコーナーでは、ステアリングアングルによって車両は最大 65 度も傾斜します。タイヤの接地力と、それによるエンジンの駆動力の伝達は、ライダーの体重移動に大きく依存します。したがって、これらの動作の現実的なモデルを作成することが目的であり、それによって BMW チームが引き続きワールドスーパーバイククラスで成功を収めることにあります。

Ralf Schmidt 氏  
BMW Motorrad Motorsport  
Electrics/Electronics Development  
ミュンヘン、ドイツ



## スーパーバイク S 1000 RR – 技術データ

エンジン排気量	999 cm <sup>3</sup> 、4 ストローク、4 気筒、水冷
トランスミッション	6 速
出力	> 200 HP (>14,000 min <sup>-1</sup> )
ボア x ストローク	80 x 49.7 mm
圧縮比	14:1
乾燥重量	162 kg
前輪サスペンション	Öhlins 倒立テレスコピックフォーク ø 43 mm
後輪サスペンション	Öhlins TTX

「完全な信頼性と ECU コントローラの製造誤差が極めて少ないこと。この 2 つの要素は不可欠であり、そのためには自動化された ECU 品質保証システムは BMW Motorrad にとって欠くことのできないものになっています」

Ralf Schmidt 氏、BMW Motorrad 社

### ワールドスーパーバイク 2010 の展望

BMW チームのライダー Ruben Xaus と Troy Corser は、2010 年のシーズンでも安定した成績を取めることを目指しています。チームの目標は、S 1000 RR の電気/電子コンポーネントとシミュレーションモデルを改善し、スーパーバイク世界選

手権での S 1000 RR の勝利に大きく寄与することです。■

Ralf Schmidt  
BMW Motorrad Motorsport  
Electrics/Electronics Development  
ミュンヘン、ドイツ

S 1000 RR のパフォーマンスに満足の表情を見せるスーパーバイクライダー Ruben Xaus とレーシングエンジニア Wolfgang Martens

