



ヤマハ発動機のレースマシン開発 — エンジニアの MotoGP 世界選手権への挑戦

Simulating for Track Speed



MotoGP 世界選手権での三冠達成は、モーターサイクルスポーツの世界最高峰クラスにおける輝かしい成果です。2008年から3年連続、ライダー、メーカー、チームの3つのタイトルをヤマハが独占しました。World GP レース参戦 50周年を迎えた背景には、レースを支える最新鋭マシンの開発で、先端技術を駆使したエンジニアの活躍があります。

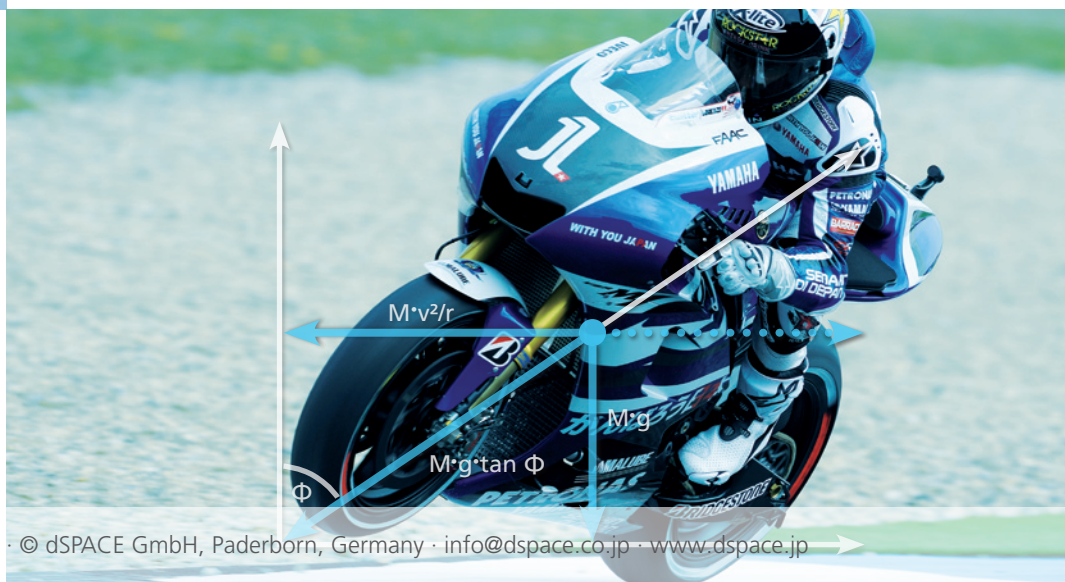
MotoGP 世界選手権への挑戦

ヤマハ発動機は、日本の二輪車創世紀にあたる1955年に、最後発メーカーとして市場参入し、その後、1961年に世界GPロードレースに参戦を開始しました。2011年はMotoGP参戦50周年となる記念すべき年になります。

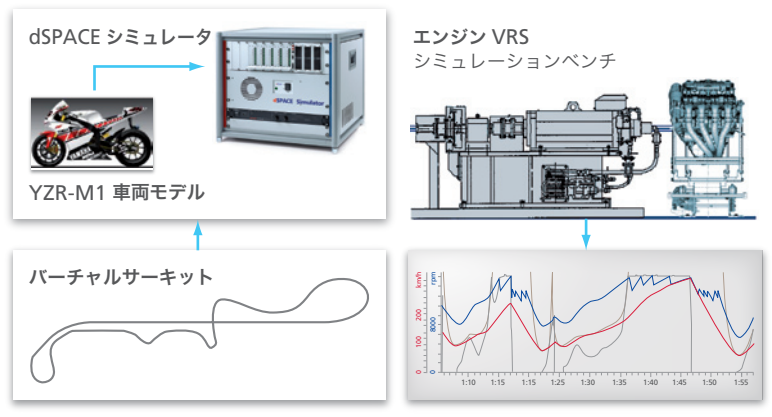
50年の歴史の中では、何度か参戦を中断したこともありましたが、形を変えて挑戦を続け、これまでに何度もタイトルを獲得してきました。古くは、フィル・リード(英)、ジャコモ・アゴスティーニ(伊)、ケニー・ロバーツ(米)、ウェイン・レイニー(米)など、多くのチャンピオンライダーとともに、輝かしい歴史を刻んできたのです。

この歴史の裏には、技術スタッフの弛まぬ努力と、失敗を恐れない挑戦がありました。また、ここ数年は特に、たび重なるレギュレーションの変更に迅速に対応し、競争力を高いレベルで維持するために、常に最先端の技術を取り入れる必要があり、様々な革新的開発手法を導入してきました。

ヤマハ発動機は、「世界の人々に新たな感動と豊かな生活を提供する」という、企業としての目的をかけています。人々の夢を知恵と情熱で実現し、つねに「次の感動」を期待される企業、「感動創造企業」を体現することが、ヤマハ発動機のMotoGP参戦の目的でもあります。



車両シミュレーションの実際の使用例



実際のレーストラックから得られたテストベクトルによる、dSPACE シミュレータとダイナモメータを使用したシミュレーション環境の概要

MotoGP マシンの開発アプローチ

ヤマハ発動機のモーターサイクル開発の現場では、ライダーの意思やイメージどおりにマシンが反応する人車一体感と、その中から生まれるライダー自身の喜びを表現した「人機官能」と言う言葉によって、生み出すべき価値の共有が図られています。また、その「人機官能」を具現化するために、メカニカル分野における GENESIS と、電子制御分野における G.E.N.I.C.H. という二つの技術思想が体系化されました。MotoGP マシンとしての、YZR-M1 はこの思想を最先端で実現すべく、ライダーの

間の中で、最大限の能力を発揮できるよう、設計、製造されたのが、MotoGP マシンであり、これまでは、長距離を走るための耐久性は必要ありませんでした。しかし、ここ数年は、運営コスト削減のための、使用台数制限が加わり、耐久性・信頼性が今まで以上に求められるようになってきました。環境問題に配慮するため、燃料の総量規制も追加されたため、フリクションロス低減を初めとして、損失の低減も必要となりました。そこで、これらを実現するために、様々な

的には時間の短縮につながったと考えています。

開発環境の概要

ヤマハのレース部門は、限られたリソースを最大限に活用すべく、シミュレーション技術の活用に取り組んでいます。その一部が、シミュレーションベンチでの耐久試験と、制御システム開発での HILS 利用です。これには、シミュレーションベンチでの耐久性試験や、制御システム開発のための HIL (Hardware-in-the-Loop) システムの使用が含まれています。

「エンジンとその制御システムの開発に dSPACE シミュレータを使用することにより、開発の精度と効率が大幅に向上しました」

ヤマハ発動機株式会社、矢部 氏

意思や操作イメージを損なうことなく、かつ、最高のパフォーマンスを発揮するための工夫がなされています。

車体、エンジン、制御システムのそれぞれの要素を個々にレベルアップしつつ、ライダーがタイヤの性能を十分に引き出しながら、かつ、連携することにより、速く走れるように、日々、開発を続けています。

レギュレーションと耐久性の要求に対応

MotoGP は、約 1 時間で競われる、短距離 (スプリント) のレースです。この短い時

新しい機械的機構や、制御手法にトライしてきました。そんな中で、本当に安全に走行してもらうには、走行する前に、適合はもちろんのこと、信頼性と、安全性が十分であることを検証しなければならないのです。

また、開発サイクルを短縮するためには、机上での検討作業をどれだけ実施するのが重要となってきます。十分な検討を経て製作したものは、成功する確率が高くなり、作り直しも減ります。前段階の検討に多少の時間がかかった場合も、最終

シミュレーションベンチでの耐久性試験

エンジンの耐久試験は、走行をシミュレートしたパターンで実施します。車両の物理モデルにより、バイクの動きを再現し、動力計の制御システムを動かすために、dSPACE のシミュレータが活躍しています。シミュレーションベンチは、エンジンがハードウェアの HILS とも言えます。この装置を使うようになったおかげで、テストコースやシャシダイナモでの耐久試験を廃し、シミュレーションベンチでのエンジン耐久試験ができるようになりました。



MotoGP におけるヤマハの業績 連続 3 回の三冠達成

新しい MotoGP が誕生した 2002 年に、ヤマハは新しい 4 ストロークの YZR-M1 を投入しました。この年は、マックス・ピアッジ (伊) が、このマシンで 2 回勝利しましたが、タイトルを手中にすることはできませんでした。また、新 MotoGP となって 3 年目の 2004 年には、バレンティーノ・ロッシ (伊) が、ヤマハのマシンでレースに出場することを選択しました。今日までに、YZR-M1 は、クロスプレーンタイプのクランクシャフトを持つまでに進化を遂げています。ヤマハでのレースの最初の年に、ロッシは、シリーズでの合計 9 回の勝利によりチャンピオンシップを獲

得しました。ロッシは、2005 年、2008 年、2009 年に、ヤマハを駆ってワールドチャンピオンシップの GP タイトルを手中に収めました。新エースとして、ロッシの役割を引き継いだライダーがホルヘ・ロレンソ (スペイン) で、2008 年からヤマハと契約をしました。ロレンソは、2008 年に、初めての MotoGP で勝利を収め、2009 年度は 2 位にランクされました。ロレンソは、2010 年には、連続 12 回も表彰台に上り、シーズンの開幕戦から、危なげなく戦いを進め、初めてのチャンピオンシップタイトルを獲得しました。この 2010 年に、ヤマハは、連続 3 回目の三冠を達成し、ライダー、メーカー、チームのタイトルを手中に収め、



2008 年からの連勝記録を更新しました。2011 年は、ヤマハが World GP レースに初めて参加してからの 50 周年に当たり、MotoGP レースの連覇を続けるヤマハとその強力なチームに対し、世界中の熱い視線が注がれました。

結果的に、開発のサイクルが大幅に短くなり、走行にかかるコストも削減できました。開発の精度があがり、試作品を作る回数も減ったため、トータルでのコスト削減は、相当な規模になります。

制御システムの開発

エンジンの制御システムは年々複雑化しており、プログラムやハードウェアの機能を確認するのに、dSPACE の HILS を利用しています。

例えば、センサの故障など、通常ではあり得ない条件での走行試験は、ほぼ不可能なので、そうした状況を再現しながら試験のできる HILS は、MotoGP マシンの開発にとって、不可欠なものとなっています。また、サーキットでは、しばしば適合の不一致などの問題が発生することがあります。こうした問題に対応するのにも、dSPACE の HILS が使われています。対策を実施し、確認を確実なものとするには、問題の発生したときの走行状態を再

現した試験が必要となります。そのためにも、dSPACE を用いたシミュレータの利用は、有効な手段でした。

極限的な条件での走行

単にレース用製品だけではなく、ヤマハ製品に関するお客様の要望は、年々厳しくなっています。コストはもちろんのこと、より快適で、乗っていて楽しく、しかも低燃費であってほしいというふうに変化してきました。シミュレーションテクノロ

左：先進レースマシン開発現場でのソフトウェアによる車両機能の制御
右：ECU 開発の効率化を実現する机上でのテストランシミュレーション



レースマシン YZR-M1

| | |
|------------|--|
| エンジン： | 水冷式、クロスプレーンクランクシャフト、直列 4 気筒、4 ストローク |
| 最高速度： | 320 km/h 以上 |
| 出力： | 200 hp (147 kW) 以上 |
| トランスミッション： | 6 速カセットタイプギヤボックス、ギヤ比変更可能 |
| シャーシ： | アルミニウム製ツインチューブデルタボックス、ステアリングジオメトリ/ホイールベース/シート高さ可変 アルミニウム製スイングアーム |
| サスペンション： | オーリンズ製倒立式フロントフォーク、オーリンズ製リヤショック、いずれもプレロード、高速/低速圧縮、 リバウンドダンピング可変式、リヤサスペンションリンク交換式 |
| ホイール： | MFR 鍛造マグネシウム合金製、前後とも 16.5 インチ |
| タイヤ： | ブリヂストン製、前後とも 16.5 インチ、スリック、インターメディアイト、ウエット、ハンドカット |
| ブレーキ： | ブレンボ製、前 320 mm デュアルカーボンディスク、4 ピストンデュアルキャリパ 後 220 mm ステンレススチールディスク、2 ピストンキャリパ |
| 重量： | 150 kg (FIM レギュレーション適合) |

ジに基づく試験方法は、このように多様な要望を一括して効率良く満たす方法として使用できることが非常に明確になってきています。特に、レーシングマシンは極限的な条件下で使用されるため、限界を超えるパラメータを設定したテストドライブの実行は困難なことがあります。シミュレーションの世界では、安全な試験が可

能です。また、多数の試験を実行できるため、製品の安全レベルを向上させることができます。dSPACE シミュレーション製品の価値は、常に拡大していると言えます。一方、試験および試験設備に関連するコストも上昇しています。試験の内容が複雑になればなるほど、設備を適切に使用するためのエンジニアに対するトレーニン

グコストが増加します。試験設備の機能向上と関連コストのバランスは常に開発現場での課題となっています。

dSPACE 製品に関するフィードバック

ヤマハでは、エンジンとその制御システムの開発に HIL シミュレータを使用するようになってから、開発の精度と効率が大幅

2012 1000cc YZR-M1

© Yamaha Factory Racing



ヤマハのファクトリーレーシングライダーのホルヘ・ロレンソとベン・スピースが、サンマリノのミサノサーキットでのテストの後で、2012 1000cc YZR-M1 についてコメントしています。

「チームではブレーキ関連の電子制御の調整を続けていますが、私の場合は、このマシンの走行スタイルに慣れることと、自分の走行スタイルに合わせてマシンを調整することを心がけています」
ホルヘ・ロレンソ

「エンジニア達が、次回のテストの次のステップに取り掛かるために必要な多くのデータを取ることができました」
ベン・スピース



「dSPACEがこれからもHILの領域での技術的革新をリードしていくと思っています」

ヤマハ発動機株式会社、矢部 氏

に向上しています。従来は、開発結果の確認のためにレースサーキットが必要でしたが、それでも開発結果の確認ができないこともありました。シミュレータを使用するようになってからは、何が起きているかを正確に確認できるようになりました。その結果、ライダーは走行に集中できるようになり、素晴らしいレースの成績を収めています。

開発エンジニア達は、dSPACE製品を一度に長時間使用しますが、不具合や問題はほとんど発生せず、非常に信頼性の高い使いやすい製品です。

開発プロセスに新しいテクノロジーを導入することによって、それまでになかった複雑さやリソースの固定化につながる側面も否定できませんが、HILシステムの利用効果は、これらを補って余りあります。シミュレーションテクノロジーの進歩は、今後も止まることはないでしょうし、試験設備としてHILシステムを使用する価値は、ますます大きくなると思われます。今後も、

dSPACEがこの領域での技術的革新をリードし続けていくものと思います。

ヤマハ発動機株式会社
MotoGPグループ
矢部 昇

ヤマハ発動機株式会社 MotoGP グループ
主査
矢部 昇氏

