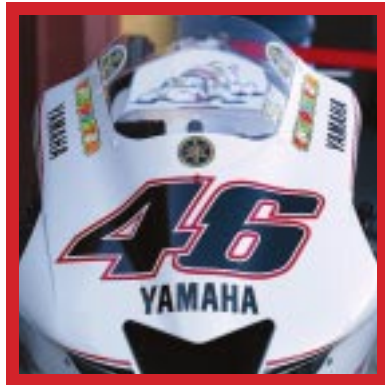




YZR-M1の挑戦

MotoGP第一章 2002-2006の記録

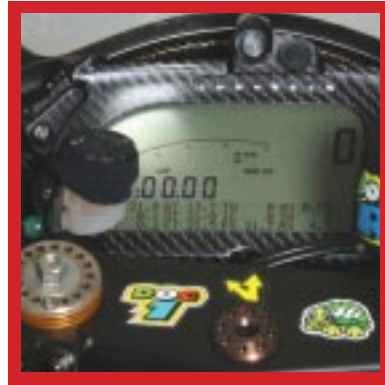
会期: 2007年3月10日(土)~6月1日(金)
会場: ヤマハ発動機コミュニケーションプラザ



その新生MotoGPは2007年、排気量制限が800cc以下へ引き下げられ、また新しい時代に入りました。つまり2002年からの990cc・4ストロークによるMotoGPは、この5年でその「第一章」とも呼ぶべきスパンを終えたことになる。



二輪ロードレースの最高峰クラスは、そのレギュレーション上の歴史的な大改革が2002年に行われた。従来、2ストローク・4ストロークともに500cc以下と規定されていたエンジンは、この年から4ストロークに限って上限が990ccまで引き上げられ、名称も従来のGP500ccクラスからMotoGPへ改称。2ストロークも出場可能な暫定期間2年を経て、2004年からは990cc以下4ストローク車のみによる最高峰クラスとなった。



この「第一章」の5年間、MotoGPに参戦したヤマハYZR-M1は、常に“シャーシ” “エンジン” “エンジン・マネージメント・システム” の3つのテーマを軸に研究開発され、実戦投入された。5シーズンで通算27勝、個人タイトル2回、チームタイトル2回、マニファクチャラーズタイトル1回。その挑戦の中で貫かれた技術思想と、そのYZR-M1の進化をまとめた。



2002年型 YZR-M1(OWM1)

制動時の安定性に貢献する エンジンブレーキ制御システム搭載

初代YZR-M1、その開発における重点テーマは、「より扱いやすいエンジン特性と、扱いやすい車体特性」だった。GPレース用の高出力エンジンでは、出力値だけでなく扱い易さがラップタイムの向上に繋がる点に着目し、出力向上と合わせて扱い易さにも開発の重点が設定された。選択されたエンジン形式は並列4気筒。規則上は3気筒、5気筒、V型などの選択肢があったが、この形が選ばれた理由は二つ。一つは新フレームとの相互関係だった。新フレームはGP500で実績のあるYZR500の骨格をベースに開発が進められ、そのフレームにバランスよく搭載することを考慮したとき、並列4気筒エンジンが極めて適した形状だという技術者たちの判断によるものだった。二つめは、並列4気筒には長年にわたる技術進化の歴史があり、エンジン形式として最も成熟した形式の一つであることから、「その可能性を極限まで追求したい」とするチャレンジ精神があった。

新エンジンの開発は排気量942ccでスタートし、シリーズ後半は上限990ccまでスケールアップするなど進化を果たしたが、その中で最も特徴的な技術開発がエンジンブレーキ制御システム(電子制御クラッチ)だった。これはスリッパクラッチ機構の中で作動する制御システムで、ギアポジション、



OWM1(2002年) MotoGP元年を走った初代型。当初は実績あるYZR500系の車体をベースにフレームが開発されたが、シリーズ序盤に4ストローク専用フレームを採用。エンジンブレーキ制御システム搭載が特徴。

スロットルポジション、ブレーキ油圧などの情報を検出し、電子制御でエンジンブレーキの特性を最適化する機構。実際のレース中にエンジンブレーキが支配する時間が長いことに着目したフィーチャーだった。レース中、アクセルを全開にしている時間は全体の20%以下であるのに対し、アクセルを全開にしている時間は全体の35~40%程度(2002年MotoGP・ヤマハチーム調べ)。このエンジンブレーキ制御システムは、全開エリアでの操縦安定性向上を目的としたものだった。開幕前からテストを重ね、実際の投入はフランスGPから。さまざまな制動状況に対して車体挙動の安定化を図り、特にコーナー進入時のマシン安定性に貢献した。

一方、フレームもシリーズ中に進化を遂げていった。エンジン搭載位置の変更やタンク形状変更などが施され、徐々に戦闘力を上げる。序盤はYZR500の流れを汲むフレームを使用していたが、第5戦イタリアGPからはその流れに決別し、エンジン搭載位置を微妙に高くした新型を投入した。新フレームは2軸クランクで熟成させたYZR500系のフレームではなく、並列4気筒のトルク特性とのバランス向上を図りながら縦剛性も大幅にアップされたものとなった。さらにリア3軸廻りの相互関係の最適化などの効果が加わり、加速・減速時のほどよいピッチング効果に貢献した。また第10戦のブルノでは、カウル形状も進化。操安性、プロテクション効果、冷却性、過給効率の向上に貢献した。

この年、YZR M1は開幕戦でC・チェカ選手が3位となったのをはじめ、M・ピアッジ選手、チェカ選手の活躍で全16戦中11回にわたり表彰台を獲得。ピアッジ選手は2度の優勝でランキング2位、チェカ選手はランキング5位となった。

2003年型 YZR-M1(OWN3)

フューエルインジェクション(FI)&ICSの採用

4ストロークと2ストロークが混走する2002年を経て、2003年はドゥカティやアプリリアも参戦した。出場マシンの大半が4ストロークとなり、このシーズンが事実上のMotoGP元年となった。ヤマハも前年はYZR-M1に加えてYZR500を投入していたが、2003年からはYZR-M1に絞って開発を進めた。この年、C・チェカ選手、M・メランドリ選手、A・パロス選手、O・ジャック選手、中野真矢選手、阿部典史選手(スポット)の6名がYZR-M1でシリーズ戦を戦った。

OWN3は前年の最終型をベースに、出力特性と旋回性能の向上をテーマに開発されたモデル。大きな進化は二つある。一つめは燃料供給方式をキャブレターからFIに変更したこと、二つめは従来のエンジンブレーキ制御システムをICS(アイドル・コントロール・システム)に変更した点だった。このFIは、気筒あたりの2個のインジェクターを持つツイン・インジェクターで、低中速ではメイン側が燃料供給を担い、高回転域ではもう一つのインジェクターからも噴射して許容回転数アップに対応した。FIへの変更は、各コースでのマッピング適応性、コントロール性、スロットルとリアタイヤの相関関係の最適化、また燃費性能の向上など電子制御ならではの特徴を引き出した。また、FIの採用に連動して過給用エアボックス容量も20%拡大。最高出力もYZR-M1の初期開発モデル比で約25PSアップとなった。



OWN3(2003年) 燃料供給がFIとなる。前年型のエンジンブレーキ制御システムはICS(アイドル・コントロール・システム)へと変更。4気筒のうち2気筒のスロットルバルブの開閉をECU経由のサーボモーターでアジャストする仕組みだった。

一方、ブレーキング時の車体安定性の向上に貢献したのが、エンジン性能を制御するEMS(エンジン・マネージメント・システム)としてのICS搭載だった。これは2002年に搭載していた電子制御クラッチによるエンジンブレーキ制御に替わるもので、通常のアクセル操作によるスロットルバルブ作動に加え、運転状況に応じて4気筒中の2気筒のスロットルバルブの開閉をECU経由のサーボモーターでアジャストするセミ・フライバイ・ワイヤーシステムとも呼ばれるものだった。制御に車速やエンジン回転数、ギアポジション、ブレーキ油圧、スロットルポジション



などの情報が反映され、制動時における高い安定性と旋回性を引き出した。また、フレームも新設計された。フロント廻りのジオメトリ調整機能などは継承しながら、前年型比較で縦剛性14%、ねじり剛性11%アップを図り、優れた剛性バランスを達成した。またエアロダイナミクスを投入した新設計カウルにより、優れた操縦安定性と高速性能を実現。最高速度は320Km/h(テスト値)を記録した。レースではパロス選手の活躍が期待されたが、開幕戦の予選で転倒負傷。その後も怪我に悩まされるシリーズとなり、第4戦フランスGPでの3位獲得が最高位の成績でランキング9位に終わる。チェカ選手はヤマハ最上位のランキング7位、中野選手が最終戦を除く全戦でポイント獲得してランキング10位。この年のOWN3は、当初の目標どおりの出力・旋回性能を達成したが、予選での好調をそのまま決勝結果に繋げることができなかった。

2004年型 YZR-M1(OWP3)

トラクション性能に優れた 不等間隔爆発&4バルブエンジン

OWP3の開発は2003年の夏にスタートし、年末には実走テストが行われた。開発では、スロットルのリニアリティ向上と、並列4気筒の特徴を活かした車体レイアウトの変更による操縦性と安定性の両立がテーマとなった。この年、新たに加わったV・ロッシ選手を筆頭に、C・チェカ選手、M・メランドリ選手、阿部典史選手らがYZR-M1の初タイトルをめざした。

新エンジンの開発では、まず従来式の等間隔爆発と不等間隔爆発をプロトタイプでテスト、また燃焼室も4バルブと5バルブのテストを行い、双方の組み合わせ計4種のテスト結果を踏まえて不等間隔爆発4バルブを採用した。開幕前のテストに参加したロッシ選手がこのエンジンを「スウィート」と表現したことが契機となり、シリーズを通じての技術テーマは「スウィート」とキーワード化された。

エンジンはこの不等間隔爆発と、自然なエンジンブレーキ特性を達成する



等間隔爆発のクランク



不等間隔爆発のクランク



OWP3(2004年) 従来の180度等間隔爆発方式に替え不等間隔爆発を採用。点火順序も「1 3 2 4」を採用。FIの性能を引き出すため燃焼室は4バルブに、ICSの熟成も図られ戦闘力アップ。

ICS(アイドル・コントロール・システム)のさらなる熟成が特徴となった。不等間隔爆発は、走行中のトルク変動を最小限に抑え、アクセル操作に対してリニアな応答性を持つトラクション特性を達成した。また、並列4気筒でこの爆発間隔を成立させるため、各気筒の点火順序は従来の「1 2 4 3」から「1 3 2 4」に変更。燃焼室は吸入空気量アップと高い燃焼効率によりFI機能を最大限引き出す新設計の4バルブ燃焼室となった。さらに、自然なエンジンブレーキ特性を引き出すために行ったのが、EMSのひとつであるセミフライバイ・ワイヤーシステムの熟成。前年型のエンジンブレーキ制御はあらかじめ設定したマップによる演算を反映していたが、OWP3ではマップに加えて運転状況変化に対応するフィードバック制御を採用した。また、前輪と後輪の回転差を反映して効果的なトラクションを得るトラクション制御も投入した。フレームは、安定性を重視したジオメトリーの最適化が施された。V4エンジン比較で軸間距離のショート化に有利な並列4気筒のメリットを活かし、リアアームを延長してエンジン懸架位置を相対的に前寄りレイアウトした。また、旋回中に生じる横方向のG変化に関わらず安定したサスペンション性能を引き出すため、フレームは横剛性を従来比で相対的に低く設定した。重心位置を下げた新リアアームとの相乗効果が加わり、高いコーナー進入速度、深くバンクしての優れた旋回性が特徴となった。

シリーズ戦では、ロッシ選手が開幕戦の南アフリカGPでホンダのM・ピアッジ選手と熾烈なトップ争いの末、僅差で優勝。これを含めてロッシ選手とYZR-M1は全9勝を飾り、チャンピオンを獲得した。またロッシ選手とチェカ選手の活躍により、両選手が所属するヤマハチームがチームタイトルを獲得した。しかし一方で、最高速や雨天時における戦闘力ではライバルとのヒアインドも露呈し、優勝できなかったレースでの課題が残った。

2005年型 YZR-M1(OWP4)

センターカム軸の新エンジン搭載などによる マス集中設計

OWP4の開発にあたっては、1)ハンドリングと安定性を一層高次元でバランス、2)加速とトップエンドパワーの両立、3)燃料タンク2リットル減の規則に対応する高出力と燃費性能の両立、4)雨・強風などさまざまな環境下での対応性をテーマとし、質量集中化を狙いとした開発が行われた。ホイールベースは2004年型を踏襲しつつ、エンジンのコンパクト化、燃料タンクの低重心化、リアサスペンション懸架変更などが技術開発の鍵となった。

エンジンは、ショートストローク化を図った。ボアを拡大しながらも2004年型のエンジン幅をキープし、エンジンの前後方向幅(軸間距離)を詰めたコンパクト設計を実現した。また、メイン軸配置を上方に移動して空いたスペースにドライブ軸を配し、これによってクランク軸とドライブ軸間のショート化を達成した。さらにコンパクト化と高回転化に対応するため、カムシャフト駆動はチェーン方式からギア駆動へ変更。同時にカムドリブンギアを従来の右側から中央に変更し、部品点数削減によるロス馬力低減を達成した。フレームも大幅に進化した。過給用エアダクトがフレームの下側をくぐってラジエーターを貫通していた2004年型に対し、OWP4ではヘッドパイプ部に



OWP4(2005年) マシンの質量集中化を狙いとした開発でエンジンのコンパクト化、タンクの低重心化、リアサスペンション懸架変更などが施された。吸排のカムシャフト駆動はセンター配置でギア駆動。新フレームは、クロスメンバーレス。

スリープレス方式を採用。エアダクトが従来のヘッドパイプ付近を通る構造とした。これによりエアダクト及びエアボックスの吸入効率を改善しつつ、良好な冷却性を確保。さらにリアサスペンションの車体側懸架は、クロスメンバー部で懸架した従来式から上端をクランクケースへ直接懸架する方式に変更した。これに伴ってフレームはクロスメンバーを廃止。設計自由度も拡大し、ねじ剛性、縦剛性はほぼ前年並みとしながら横剛性をやや低く設定したベストバランスを達成した。また、タンク形状の変更は低重心化に繋がり、マス集中に貢献。特に燃料満タン時とエンプティ時の重心変化が少なく、ラップの安定に繋がるフィーチャーとなった。こうした質量集中設計の結果、マシンの慣性モーメントが低減。ロール軸方向で3%、ヨー軸で2.1%、ピッチ軸で2.5%の慣性モーメントを低減し、軽快な運動性に貢献した。またエアロダイナミクスを投入した新カウルとの相乗効果により、アッセンとブルノを除く殆どのサーキットで2004年型より平均5Km/hの最高速向上を記録し、加えて燃料消費も前年比で平均8%の改善を実現した。

この年は、V・ロッシ選手が17戦中11勝を飾って2年連続の個人タイトルを獲得。さらにチームタイトルとマニファクチャラーズタイトルも獲得し、ヤマハは3冠に輝いた。特に、ウエツで開催された中国GPやイギリスGPでの優勝は、さまざまな環境下での戦闘力の高さを証明するものだった。またOWP4は、この年のMotoGPでただ一人、全戦ポイント獲得の安定した走りを見せたC・エドワーズ選手の走りを支えた。エドワーズ選手がランキング8位、T・エリアス選手10位、R・チャウス選手は15位だった。



2004 2005

2006年型 YZR-M1(OWR3)

フライ・バイ・ワイヤーシステム投入による 戦闘力アップ

2006年は、排気量990cc未満という車両規則での最後のシーズンとなった。2004～2005年とチャンピオンを獲得したYZR-M1は、さらなる戦闘力アップが期待された。2006年型は2005年型のコンセプトを継承し、その性能を熟成させることに開発の目標が置かれた。具体的にはフレームの機敏な特性をさらに磨き、同時にブレーキング時の安定性向上を狙って、開発テーマを、1)エンジンパワーの向上、2)EMSの扱い易さの向上、3)ボディの機敏性及び安定性の向上として開発を行った。このテーマに沿う形で、エンジンはボア・ストロークを変更するとともに新たにFBW(フライ・バイ・ワイヤー)を採用してEMSの扱い易さを向上。フレームは全面新設計し、リアアームマウント廻りの新設計を行った。

またエンジンは、前年型をベースにさらなる回転数の向上と出力アップにトライした。この高出力と扱い易さの両立を実現したポイントがEMSの熟成だった。2気筒分について電子制御を行っていた従来の2×2のICSシステムに替えて、4気筒すべてのスロットルバルブ作動を電子制御にて行なうフライ・バイ・ワイヤーシステムを新たに投入。これによりレース現場でのより効率的でスピーディなセッティングが可能となった。また、トルク制御、エンジンブレーキ制御、ウィリー制御、スタート制御などの熟成を図り織り込んだ。さらにシリーズ中にもパワーと燃費の最適バランスを狙って熟成を行い、第3戦トルコGP、第4戦中国GP、第12戦チェコGPでそれぞれ新スペックを投入、最終的には従来比で最高回転400rpmアップ、最高出力約5PSアップの性能を達成した。

フレームも、機敏性向上とハードブレーキング時の車体安定性を主題に新たに開発した。特に、リアタイヤのコントロール性向上を図るリアサスペンション廻りの剛性アップが2006年型の特徴となった。このフレームについても、シリーズ半ばで熟成を図り、第5戦フランスGP、第13戦マレーシアGPでそれぞれ新スペックを投入している。このようにYZR-M1は、2002年からの5年間で、エンジン、車体ともに大幅な戦闘力アップを実現した。初代モデルから比較すると最高出力は約35PS、回転数では約3,000rpmアップを実現。また2002



OWR3(2006年)4気筒中の2気筒分について電子制御を行っていた従来の「2×2のICSシステム」に替え、4気筒全てのスロットルバルブ作動を電子制御で行うフライ・バイ・ワイヤーシステムを投入。

年のエンジンブレーキ制御システムから始まったEMS(エンジン・マネージメント・システム)は、シーズン毎に制御項目を増やして進化を図り、優れたドライバビリティに貢献した。出力特性を制御するだけでなく、2006年型では車体挙動をも制御する機構へと進化した。V・ロッシ選手は全17戦中5勝を挙げてランキング2位。C・エドワーズ選手は7位、C・チェカ選手とJ・エリソン選手はそれぞれ15位、18位となった。ロッシ選手は転倒やマシントラブルで一時はタイトル争いから引き離されていたが、終盤の挽回により最終戦をランキングトップで迎えた。結局、転倒によって3年連続のタイトルこそ逃したが、ロッシ選手が怪我で振るわなかったダッチTTでもエドワーズ選手がレースのほとんどでリードするなど、YZR-M1の高いポテンシャルはシーズンを通して証明された。

そして次のOW...2007年へ

MotoGP「第一章」を走ったYZR-M1は、常に シャーシ エンジン エンジン・マネージメント・システム という3つのテーマに沿って開発されてきた。シャーシ開発は、高次元のハンドリングを求めて、エンジン開発は優れたトラクション特性を目指して、EMSは自然なフィーリングを高次元で追求するという技術開発だった。

そうした「MotoGP第一章」で培ったヤマハ技術は、2007年800ccレギュレーションでスタートするMotoGP「第二章」で、更なる進化を遂げるべく、エンジニア、メカニック、そしてライダーの挑戦とともに続く。

YZR-M1主要スペック(2002年～2006年)

開発呼称	OWM1	OWN3	OWP3	OWP4	OWR3
エンジン	水冷4ストロークDOHC	水冷4ストロークDOHC	水冷4ストロークDOHC	水冷4ストロークDOHC	水冷4ストロークDOHC
気筒配列	並列4気筒	並列4気筒	並列4気筒	並列4気筒	並列4気筒
排気量	942～990cc	990cc	990cc	990cc	990cc
燃料供給	キャブレター	FI	FI	FI	FI
最高出力	200PS以上	200PS以上	240PS以上	240PS以上	240PS以上
最高速度	310 km/h 以上	320 km/h 以上	320 km/h 以上	325 km/h 以上	330 km/h 以上
潤滑方式	ウェットサンブ	ウェットサンブ	ウェットサンブ	ウェットサンブ	ウェットサンブ
1次減速	ギア	ギア	ギア	ギア	ギア
クラッチ	乾式多板	乾式多板	乾式多板	乾式多板	乾式多板
変速機	6速	6速	6速	6速	6速
フレーム型式	デルタボックス	デルタボックス	デルタボックス	デルタボックス	デルタボックス
ホイールサイズ	17/16.5in(前後)	17/16.5in(前後)	17/16.5in(前後)	16.5in(前後)	16.5in(前後)
タイヤサイズ	17/16.5in(前後)	17/16.5in(前後)	17/16.5in(前後)	16.5in(前後)	16.5in(前後)
ブレーキ(前)	320mm カーボン	320mm カーボン	320mm カーボン	320mm カーボン	320mm カーボン
ブレーキ(後)	220mm スチール	220mm スチール	220mm スチール	220mm スチール	220mm スチール
重量(FIM規則準)	145kg以上	145kg以上	145kg以上	148kg以上	148kg以上
燃料タンク容量	24ℓ	24ℓ	22ℓ	22ℓ	22ℓ



ヤマハ発動機株式会社
コミュニケーションプラザ

〒428-8501 静岡県磐田市新貝2500 Tel 0538-33-2520 Fax 0538-33-2530
<http://www.yamaha-motor.co.jp/profile/cp/index.html>

ヤマハ発動機レース情報 <http://www.yamaha-motor.co.jp/profile/sports/race/index.html>