

製品紹介

2009年型スーパースポーツ YZF-R1

The 2009 Supersport Model YZF-R1

西田豊士 藤原英樹 竹田祐一 渡辺隆志 山田一也 鈴木満宏 赤塚秀則



図1 YZF-R1

Abstract

The YZF-R1 is a 1000cc supersport model providing a high-level balance of powerful performance and light, agile handling. Ever since the release of the original YZF-R1 in 1998, it has been loved by supersport motorcycle fans around the world for the massive power of its 1000cc engine and handling that offers the rider true excitement in riding, primarily on the type of winding roads known as “secondary roads” in Europe.

The ongoing developmental pursuit of the unchanging motorcycling joy of “cornering excitement” has brought evolution over the years, particularly with the dramatic advances in the performance of electronic control devices that help the rider control massive engine power at will.

In 2009, the YZF-R1 was reborn thanks to the direct adoption of the “crossplane crankshaft” technology from Yamaha’s MotoGP race machines. The unprecedented controllability that this new engine type achieves has opened up new horizons in supersport riding excitement. In this paper we report the development project for this model.

1 はじめに

「YZF-R1」とはパワフルな走り、軽快なハンドリングを高次元でバランスさせた1000ccスーパースポーツモデルである。1998年の初代モデル誕生以来、欧州の「セカンダリーロード」と呼ばれるワインディングロードを中心に、1000ccの強大なパワーを意のままに操るエキサイトメントを提供するモーターサイクルとして、世界中のスーパースポーツファンから愛され続けてきた。

変わらない価値として追求されてきた「コーナリングのエキサイトメント」は、時とともにその姿を変え、圧倒的なハイパワーを意のままに操る電子制御デバイスの登場を見ることで、飛躍的にそのコントロール性能を高めてきた。

2009年、スーパースポーツのエキサイトメントの新たな扉を開けるために、モトGP直系のテクノロジーであるクロスプレーン型クランクシャフトを採用し、従来の常識を打ち破るコントロール性を身につけてYZF-R1は生まれ変わった。

2 開発のねらい

ライダーがスロットルを操作し、それに反応したエンジンがエネルギーを生み出す「究極のコーナリングマシン」を目指した。エンジン開発の狙いは「未体験のトラクション感と正確なコントロール性の実現」。2輪レースの最高峰であるモトGPで戦うYZR-M1と同じく、クロスプレーン型クランクシャフト(図2)を採用した不等間隔爆発エンジンを搭載した。



図2. クロスプレーン型クランクシャフト

車体開発の狙いは、その新型エンジンから生み出される強力な駆動力を無駄なく路面に伝えることと、それを活かすために旋回進入で素早く向きを変えるハンドリング性能を備えることであった。さらにスタイリングデザインは、従来の前後に統一された流麗さとは一線を画し、明らかな2面性を持つコンセプトで制作が進められた。

3 エンジン

3.1 「ノイズ」の除去

コーナリング性能に関わる項目として、エンジンのコントロール性がある。特に高出力である大排気量モーターサイクルではこれが重要になる。「エンジンのコントロール性」とは「駆動力のコントロールしやすさ」を意味する。そのため駆動力の根源であるトルクに着目した。

エンジンが発生するトルクには、燃焼によって発生するガス圧トルクと、ピストンの往復運動に由来する慣性トルクがある。ライダーはこの2つを合成したトルクを感じとる。ガス圧トルクはスロットル操作によってコントロールできるが、慣性トルクはエンジン回転速度に依存して発生するため、ライダーはコントロールできない。

図3 左に従来のシングルプレーン型クランクシャフトを採用した並列4気筒エンジンのクランク軸上のトルク変動を示す。運転条件は12,500rpmスロットル全開である。ガス圧トルクが最も高い全開領域においても、慣性トルクがガス圧トルクよりも大きい。特にコーナリング中の微小スロットル開度におけるガ

ス圧トルクは小さいため、それを根源とする駆動力をライダーが感じることはほぼ不可能である。つまり慣性トルクは駆動力のコントロールという場面では「ノイズ」ともいえる。

一方、クロスプレーン型クランクシャフトを採用した並列4気筒エンジンでは、不等間隔爆発により慣性トルクがほとんど除去されるため、同条件においてガス圧トルクと合成トルクがほぼイコールとなる(図3右)。このためライダーは微妙なスロットル操作でも駆動力をダイレクトに感じる。これがクロスプレーン型クランクシャフトを採用したメリットである。

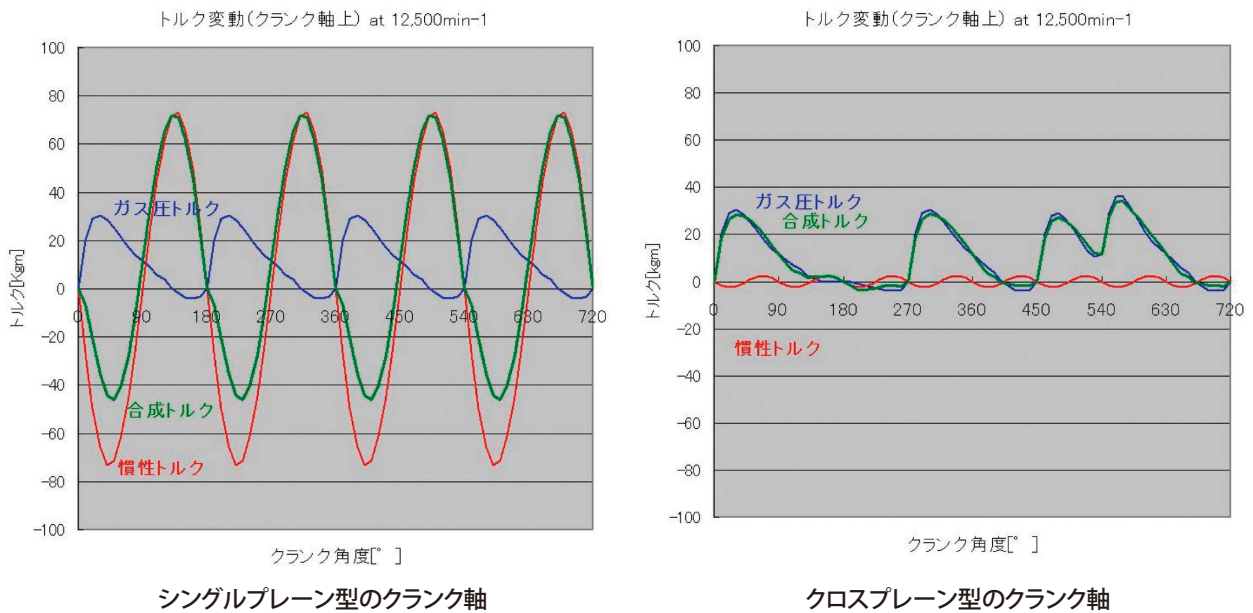


図3 クランク軸上のトルク変動

3.2 主要諸元

表1にエンジンの主要諸元を示す。レースユースでの高回転化を配慮し、ボアはレギュレーションを満たす最大径であるΦ78mmとした。

表1 エンジン主要諸元

モ デ ル	2008 YZF-R1	2009 YZF-R1
シ リ ン ダ 配 置	In-Line 4cyl.	In-Line 4cyl.
ク ラ ン ク シ ャ フ ト 形 態	シングルプレーン型	クロスプレーン型
ボ ア × ス ト ロ ー ク (mm)	77.0 × 53.6	78.0 × 52.2
総 排 気 量 (c m ³)	998	998
圧 縮 比	12.7	12.7
バ ル ブ 配 置	DOHC 4V	DOHC 4V
Max.Power / Ne(kw/min-1)	132.4 / 12,500	133.9 / 12,500
Max.Torque / Ne(N・m/min-1)	112.7 / 10,000	115.5 / 10,000

3.3 エンジン性能

図4にエンジン性能曲線を示す。最高出力は133.9kW(クランク軸)で、2008年モデルに比べて8,000rpm以上の回転域で性能向上している。

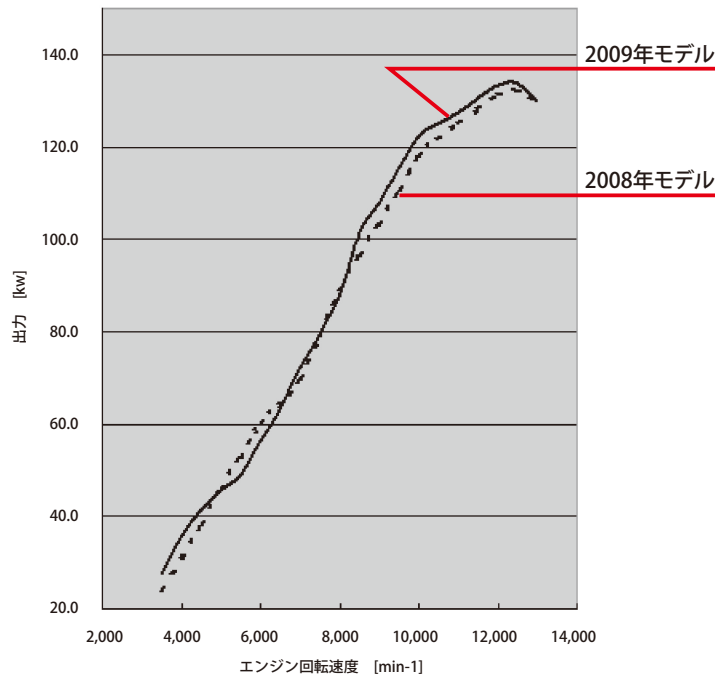


図4. エンジン性能曲線

3.4 クロスプレーン型クランクシャフト

2009年モデルに搭載するクロスプレーン型クランクシャフト採用の並列4気筒エンジンは、爆発間隔が270°-180°-90°-180°の不等間隔爆発となる(図5)。クロスプレーン型クランクシャフトは大端ピンのレイアウトが従来の180°位相ではなく90°位相である。大端ピンが90°位相レイアウトのクランクシャフトの量産は並列2気筒エンジンで過去に経験があるが、並列4気筒エンジンでは当社初の試みである。

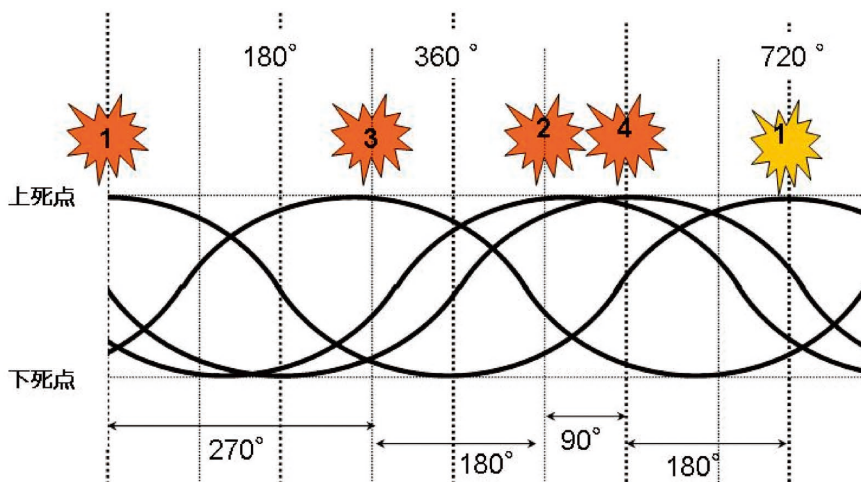


図5. クロスプレーン型クランクシャフトによる爆発間隔

3.5 ヤマハD-MODE付YCC-T

2009年モデルでは2007年モデルから採用しているYCC-T(Yamaha Chip Controlled Throttle ヤマハ電子制御スロットル)の制御仕様を見直すことで過渡の応答性をさらに高めた。また手元のスイッチにより、STD, A, Bの三つの走行モードを切り替えるシステム「ヤマハ D-MODE」を採用した。「ヤマハ D-MODE」はアクセル開度に対するバタフライバルブの開度特性を、YCC-Tによって微小開度から変化させることにより、ライダーの技量や好み、また走行の状況に応じて、最適の走行モードをライダーが選択できるシステムである(図6)。

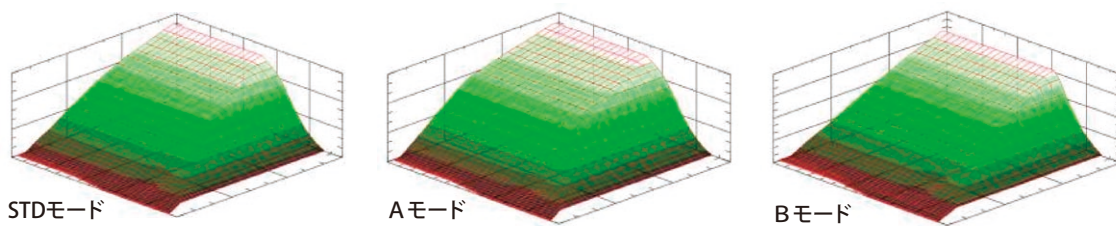


図6. ヤマハD-MODEのスロットル開度特性

3.6 セカンダリインジェクタ付YCC-I

2007年モデルから採用したYCC-I(Yamaha Chip Controlled Intake ヤマハ電子制御インテーク)を2009年モデルでも採用し、ピーク出力と中低速域性能の両立を実現した。加えて、空気冷却による充填効率向上のためエアクリーナボックス内の吸気ファンネル上方にセカンダリインジェクタを追加した(図7)。上流インジェクタは5,000rpmから作動し、スロットル開度とエンジン回転速度によりメインインジェクタとの噴射割合を制御する。



図7. セカンダリインジェクタ付YCC-I

4 車体

4.1 駆動力を受け止める車体

トルク変動の「ノイズ」が消え、ライダーがより積極的に駆動力をかけることが出来るようになると、様々なシーンでより大きな負荷が車体にかかることになる。車体には、旋回中、車体が深く傾いた状態からスロットルを大きく開けていくようなシーンで発生する路面からの駆動反力をしなやかに逃がしながらも、コーナー進入では強力なブレーキングに耐える剛性感と、クイックに応答するハンドリング性能が求められる。新しいエンジンのベネフィットを最大に活かすためにも新たな視点で車体設計を行なう必要があった。

4.2 基本レイアウト

YZF-R1の基本であるショートホイールベース、ロングリアアームのレイアウトを踏襲しながら、よりクイックな旋回性能を実現するため、2008年モデルと比べエンジンの前傾角を 9° 立て、かつドライブ軸基準で12mm前方に移動することで、前輪分布荷重を52.4%まで高めた(図8)。さらにコーナリングにおけるライダーの自由度を高めるために、ライダーとハンドルの間隔を20mm短縮した。燃料タンクを縦長に配置することにより、容量の確保と同時に燃料残量に操安性が左右されにくいマスの集中を図った。

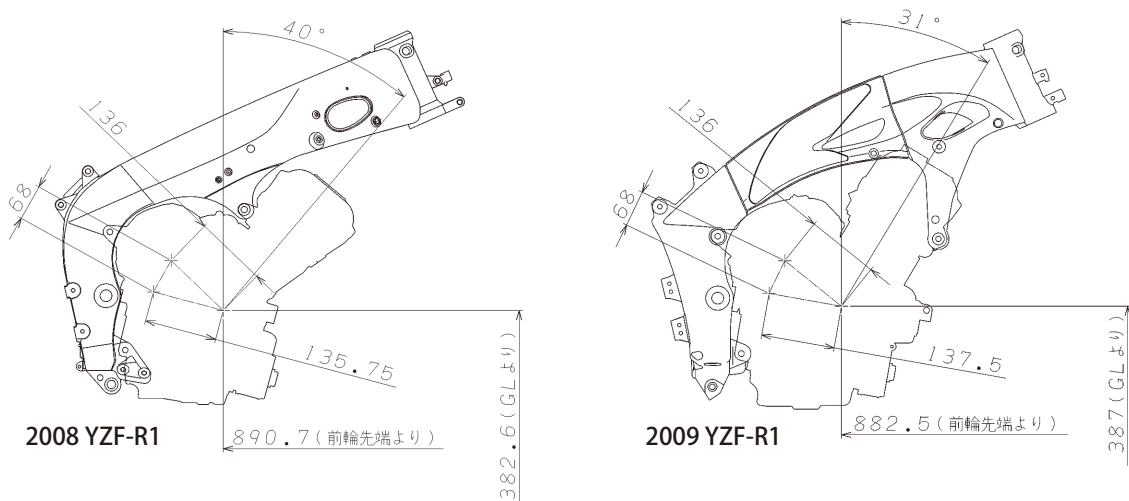


図8 エンジン搭載レイアウト

4.3 独自製法による骨格剛性の最適化

新設計のフレームは剛性バランスも大きく変更した(図9)。安定性の確保と、クイックなハンドリングを実現するために、縦剛性とねじり剛性をやや高め、横剛性をおよそ40%ダウンさせた。これにより旋回立ち上がり時にクロスプレーン型クランクシャフトによって生み出される強大なトラクションによる路面反力などの外乱を、しなやかに吸収する操安性を実現している。この剛性バランスを実現するために独自の鋳造技術であるCFダイキャスト製法による構造部材を溶接用構造材としてタンクレールに採用した。

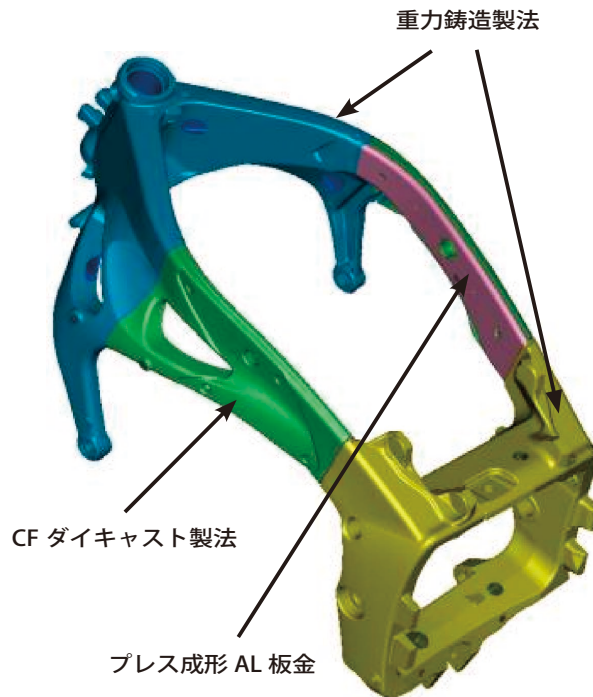
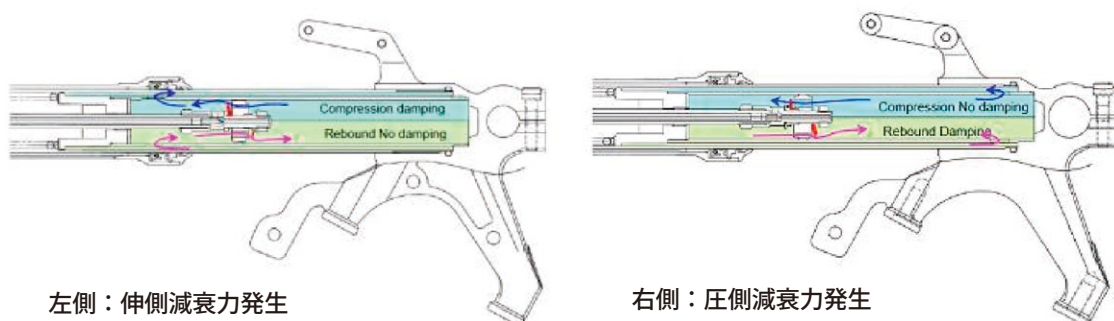


図9 新設計の独自製法によるメインフレーム

4.4 サスペンション

優れた路面追従性と高いアジャスタビリティを実現するために新設計のサスペンションを採用した。フロントフォークは左右で伸圧独立した減衰力を発生する大径ピストンのフォーク(図10)とした。単純化されたオイルの流れと差圧の少ない大径ピストンにより減衰力発生の応答性を向上させ、高い路面追従性を実現した。リアクッションは、新型エンジンの強大なトルクをしっかりと受け止めるためにリンク構造とレシオを見直し、2WAY圧側減衰力調整機構や油圧式プリロード調整機構を備えることで、ライダーの好みに合わせた高いアジャスタビリティを実現した。



左側：伸側減衰力発生

右側：圧側減衰力発生

図10. 左右独立減衰力発生型フロントフォーク

5 デザイン

5.1 内なる力の視覚化

デザインのキーワードは『内なる力の視覚化』。エアインテークダクトの奥に内蔵されたプロジェクターヘッドライト(図11)や、クリーンなサーフェスを持つミドルカウルの内側に新設されたインナーカウル(図12)が、内なる流れを視覚化し、2009年モデルが内に秘めたパフォーマンスを表現している。

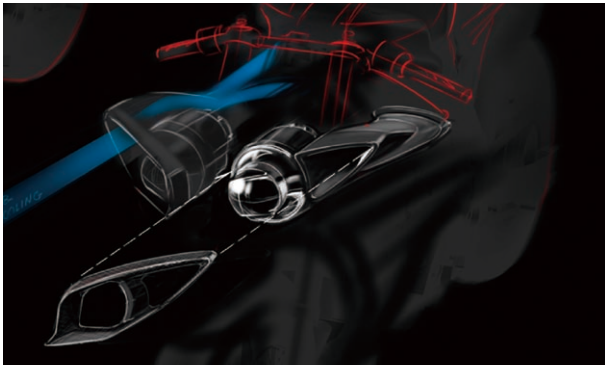


図 11 HiLo 切替式プロジェクターヘッドライト



図 12 インナーカウル内蔵ミドルカウル

5.2 トラクション性能の視覚化

センターからリアセクションにかけては、エンジンが発するトルクによってテールが路面に押さえつけられるような造形を意識し、不等間隔爆発による図太い排気音を想起させる短いサイレンサーを装着している。また、フレームやミドルカウル上側のラインなどが全てリアアクスルに集約するデザインの流れ(図13)は、強大なトラクションがそのまま推進力につながっていることを表現している。



図 13 リアアクスルに集約するパワーライン

6 おわりに

従来の延長線上にないモデルを開発するために選ばれたクロスプレーン型クランクシャフトを中心に、完全に生まれ変わった2009年モデルは、様々な新技術を高次元でバランスさせることで、新しい価値を提供できるモデルとして仕上げる事ができた。国内外で開催されたプレスによる試乗会でも高い



評価を獲得した。

世界中のお客様に、この他にはない価値を体感して頂けると確信すると共に、開発・製造に尽力頂いた全ての関係者の方々に深く感謝する。

■ 著者

西田 豊士 Toyoshi Nishida

MC 事業本部技術統括部第 2 ボディ設計部

藤原 英樹 Hideki Fujiwara

MC 事業本部技術統括部エンジン設計部

竹田 祐一 Yuichi Takeda

MC 事業本部技術統括部第 2 ボディ設計部

渡辺 隆志 Takashi Watanabe

MC 事業本部技術統括部コンポーネント開発部

山田 一也 Kazuya Yamada

MC 事業本部技術統括部商品実験部

鈴木 満宏 Mitsuhiro Suzuki

MC 事業本部技術統括部商品実験部

赤塚 秀則 Hidenori Akatsuka

MC 事業本部技術統括部コンポーネント開発部