

製品紹介

4 ストローク・モトクロッサー 「YZ450F」

4-stroke Motocrosser YZ450F

林 康男 Yasuo Hayashi 杉浦 義明 Yoshiaki Sugiura 櫻井 太輔 Taisuke Sakurai
 桂 健久 Takehisa Katsura 大森 二郎 Jirou Oomori 小川 一洋 Kazuhiro Ogawa
 永井 孝明 Takaaki Nagai
 ●エンジン開発室 / ボディ開発室



図1 4 ストローク・モトクロッサー 「YZ450F」

The YZ400F made its debut at the U.S. Dealer Show in June 1997 as a production motocrosser that featured technologies fed back from the YZM400F factory machine. Subsequently, the YZ400F was released on the Japanese, North American and European markets from the end of 1997 as the first 4-stroke production motocrosser ever by a Japanese maker.

Developed to be "the fastest 4-stroke motocrosser," the YZ400F took as its chassis base the chassis of the race-proven YZ250 and mounted in it a super-compact design 5-valve engine. The resulting machine won high acclaim from the market for its outstanding competitiveness and proceeded to create a sensation on the MX scene, which had been dominated by 2-stroke models, and to stimulate new demand in the market.

Two years later, in 2000, the engine was bored out to a displacement of 426cm³ and the frame further developed to produce the next evolution of this model, the YZ426F, which stands until today as a leading force in the market. The presence of these Yamaha 4-stroke production motocrossers has caused a big shift in the makeup of the market. The growth in 4-stroke models has been so dramatic that the ratio of 2-strokes to 4-strokes in the U.S. competition motocrosser market now stands at 6 : 4 in the 125cm³ and 250cm³ competition classes.

As the market has grown and the ratio of 2-strokes to 4-strokes has shifted, there has been a rising call from the marketplace for 4-stroke models that satisfy the needs of an even greater range of competition categories.

With these market needs in mind, our development aim with the new YZ450F was to go

beyond mere competitiveness with the 2-strokes in the pinnacle 250cm³ class in order to "develop the strongest motocrosser of all." With this concept, both the engine and the chassis were completely redesigned to create a machine that exceeds the expectations of the customers and stands as "the new standard in next-generation motocrossers."

1 はじめに

ファクトリーマシン YZM400F の技術をフィードバックした市販モトクロッサー YZ400F は、1997 年 6 月の US ディーラーショーにデビュー。日本製初の 4 ストローク市販モトクロッサー YZ400F は、同年末から日米欧市場で発売となった。

《最速 4 ストロークモトクロッサー》を具現化したこのモデルは、モトクロッサーとして多くの実績がある 2 ストローク YZ250 ベースの車体に、超小型 5 バルブエンジンを搭載したモデルで、その優れた戦闘力が高く評価された。そして本モデルは、従来 2 ストロークが主体であった MX シーンに一大セッションを巻き起こし、新しい需要を開拓した。

また 2 年後の 2000 年にはボアを拡大し、排気量を 426cm³ へアップするとともにフレームも一新した YZ426F へ進化し、このモデルは現在も市場の牽引役となっている。そしてこれらヤマハ 4 ストローク市販モトクロッサーは、市場勢力図を多く塗り替えている。近年、US モトクロス市場（125 及び 250 クラス）では、2 ストロークと 4 ストロークの比率が 6:4 と、後者の割合が飛躍的に拡大しつつある。

そしてこの市場拡大と 2 ストローク&4 ストロークのシェア変化に伴い、4 ストローク・モトクロッサーへのニーズも、より広いカテゴリーでの戦闘力を求める声が強くなる傾向にある。

このほど新開発の YZ450F（図 1）は、上記実績と傾向を背景に、最高峰クラスで 2 ストローク 250cm³ を凌駕する事はもちろん『最強のモトクロッサーの開発』をコンセプトに、エンジン・車体ともに新設計を行ない、顧客の予想を超える“次世代の 4 ストロークモトクロッサーの新基準”を具現化するものとして新開発したものである。

2 開発の狙いと設計構想

開発は、現行の YZ426F がもつ優れた性能をベースに、これを継承発展させつつ、① 2 ストロークを意識した軽量コンパクトな車づくり、② 4 ストロークの特性を活かしたモトクロッサー No.1 の操縦性の実現、③ 最強のパワーと扱いやすいエンジン特性の達成、④ 始動時操作性の向上、を技術的な狙いとした。

これに合わせ、4 ストロークの特性や FIM（国際モーターサイクリズム連盟）レギュレーションも含めた環境を再認識し、4 ストロークならではのメリットを最大限引き出す技術的施策と新技術を投入した。

2.1 4ストロークのメリットを生かした設計

この4ストロークのメリットとして次の点に着目した。① FIM レギュレーションに対し排気量アップが可能なこと、② 4ストロークはトラクションが優れること（エンジンプレーキが効くこと）③ パワーバンドが広いこと、④ 排気系の小型設計が可能なこと、⑤ 燃費が良好なこと、という点である。これらのアドバンテージを更に高めることを個別的課題としつつ、総合バランスに優れる製品開発を行なった。技術的施策の詳細は、

- (1) FIM レギュレーション枠を活用するために…………… 排気量をアップ（450cm³ 化）
- (2) 優れたトラクションを戦闘力に繋げるために…………… 慣性マスの最適化（レスポンス、操縦性向上）
- (3) パワーバンドが広いことを戦闘力に繋げるために… ワイドレシオ4速ミッション（守備範囲拡大）
- (4) 燃費がよいことを戦闘力に繋げるために…………… 燃料タンクの小容量化（マス集中化、体重移動性の向上）

などである。

2.2 新技術の導入

4ストローク・モトクロスサーをさらに高機能にバランスさせるために、以下の新技術を導入した。

- (1) チタンバルブに適した動弁系の設計 …………… ヘッドの小型化
- (2) 高強度バルブスプリング材の採用 …………… ロス馬力の低減
- (3) 小型オートデコンプの採用 …………… 始動操作性の向上と軽量化
- (4) ピストン剛性バランス見直し …………… 軽量化
- (5) 新オイルサーキュレーションシステムの採用 …………… 操縦性の向上
- (6) ポンピングロスの低減 …………… 性能向上
- (7) チタンエキゾーストパイプの採用 …………… 軽量化
- (8) 小型キャリパの採用 …………… ブレーキ性能向上 / 軽量化
- (9) ダイレクトイグニッションの採用 …………… 軽量化

そして、これら新フィーチャーの高次元のバランスを達成するために、全面新設計のスチール製セミダブルクレードルフレームを採用した。

このフレームは、鉄フレームならではの“しなやかさ”を活かしつつ、市販二輪車初となる超ハイテン材（超高張力鋼板）を主要部に投入し、縦・横・ねじりの剛性バランス最適化を行ない具現化したもの。上記施策との相乗効果で軽快感あるハンドリングを達成し、最高峰クラスで2ストローク250cm³を凌駕する事はもちろん、クラス最強の性能をもつ次世代4ストローク・モトクロスサーを誕生させた。図2に本モデルのフィーチャーマップ、表1に仕様諸元を示す。

3

主な特徴とフィーチャー



図2 フィーチャーマップ

3.1 エンジン関係

3.1.1 ストロークアップで優れた性能を実現する 450cm³ 新エンジン

水冷4ストローク DOHC 単気筒5バルブエンジン（図3）は、ストロークを従来の60.1mm から63.4mm へと拡大。燃焼室は、5バルブ配置の特色であるレンズ型燃焼室をベースに、燃焼室容量アップに伴う形状最適化を施した。95 × 63.4mm のボア×ストローク、12.5:1の圧縮比から、モトクロッサーに要求される優れた出力・トルク特性を実現している。

3.1.2 慣性マスの低減と4速ミッション化

2ストロークに近いレスポンスと軽快性を引出すためクランク軸回りの慣性モーメントを従来モデル比20%低減した。この超低慣性マスと、ワイドパワーバンドを融合させ、より良好なトラクションに結びつけるため、4速ミッションを採用した。これにより、2ストローク並みのレスポンスと軽快性、扱いやすいパワーバンドを具現化させることが可能となった。

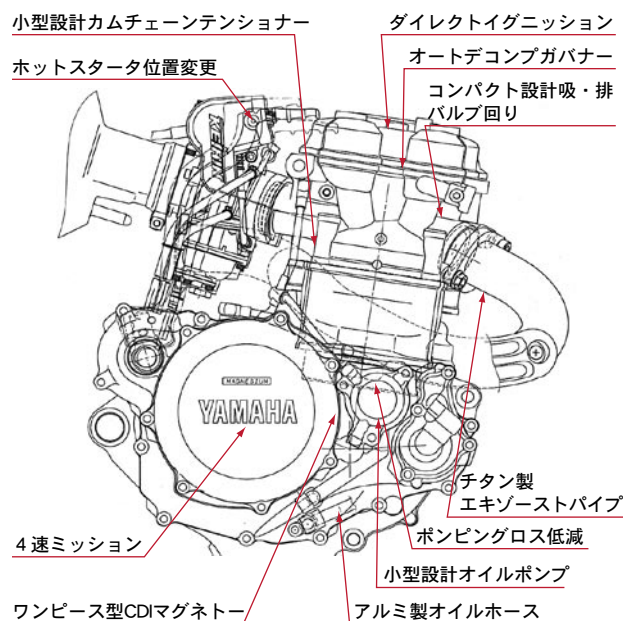


図3 エンジン

3.1.3 ロス馬力低減と小型化に寄与するチタン素材採用吸排バルブ

鉄比較で重量約 60%で強度に優れるチタン材採用の5バルブは、新たにチタン材に適したバルブ回りの設計を行なった。バルブスプリングの線径は現行のφ 2.6mm (IN) 2.7mm (EX) からφ 2.4mm へと小径化、バルブ長は7mm 短縮し、バルブ単体重量も従来比で6%軽量化。これと高強度材採用の新バルブスプリングとの組み合わせで、ロス馬力低減とヘッド回りのコンパクト化を図った(図4)。

この結果、シリンダヘッド高は100mm から93mm へ、カムピッチは78mm から75mm へ、ヘッド容量も従来比較で約1割コンパクトな仕上がりとなった(図5)。また、エンジン外観は、性能向上による俊敏さをイメージさせるために、シャープ感を演出するデザインを施し鮮烈度を強調した。

3.1.4 バランス最適化を図ったピストン

強度バランスの最適化を図った新作鍛造ピストンを採用した。天面形状の最適化、天面の薄肉設計、一層のショーツカート化(△1.6mm)などにより、強度バランスを確保しつつ軽量化を達成。これに伴い、ピストンピン径はφ 19mm からφ 18mm へと小径化、従来モデル比6%の往復重量を低減した(図6)。

表1 2003 年モデル『YZ450F』仕様緒元

全長×全幅×全高	2,171 × 827 × 1,303
シート高	995mm
軸間距離	1,485mm
最低地上高	371mm
乾燥重量	100.5kg
原動機種類	水冷4ストローク・DOHC5バルブ
気筒数配列	単気筒
総排気量	449cm ³
内径×行程	95.0mm × 63.4mm
圧縮比	12.5 : 1
最高出力	44.1kW (60.0PS) /9,000rpm
最大トルク	52.9N・m (5.4kgf・m) /6,500rpm
始動方式	キック
潤滑方式	ドライサンプ
エンジンオイル容量	1.2L
燃料タンク容量	7.0L
キャブレタ型式	FCR-MX39
点火方式	C.D.I.
1次減速比 / 2次減速比	2.818/3.429
クラッチ形式	湿式多板コイルスプリング
変速機形式	常時噛合式前進4段
変速比	1速 /1.929 2速 /1.563 3速 /1.278 4速 /1.05
フレーム形式	鋼管セミダブルクレードル
キャスト / トレール	27.2° /118mm
タイヤサイズ	前 80/100 - 21 51M
	後 110/90 - 19 62M
ブレーキ形式	前 油圧式シングルディスク
	後 油圧式シングルディスク
懸架方式	前 テレスコピック
	後 スイングアーム

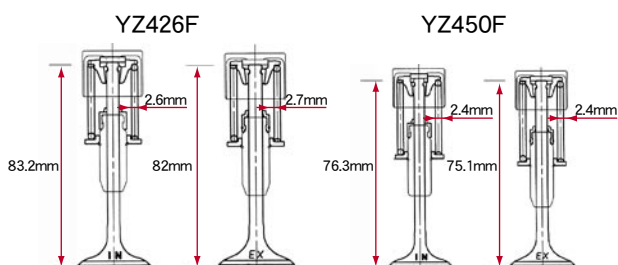


図4 吸排バルブ

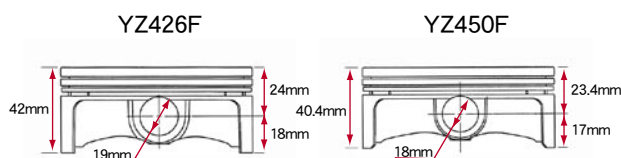


図6 新作鍛造ピストン

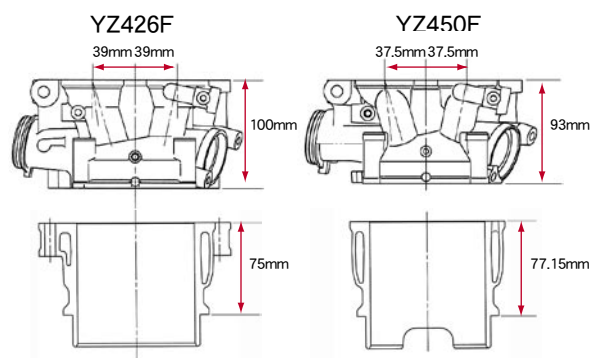


図5 新設計シリンダヘッド&シリンダボディ

3.1.5 小型オートデコンプ、手元ホットスタータ

小型オートデコンプ機構には、デコンプ用バルブを作動させるカム軸回りをコンパクト設計した軽量タイプを新たに採用した（図7）。このオートデコンプ採用により、キック軸回りの軽量化が可能となり、従来比較でトータル 140g 軽量化を達成した。

また、ハンドルから手を離さずに操作出来るホットスタータを採用（図8）。オートデコンプの効果は、手元ホットスタータ効果も加わり、従来モデルに比べ大幅な始動操作性を向上させている。

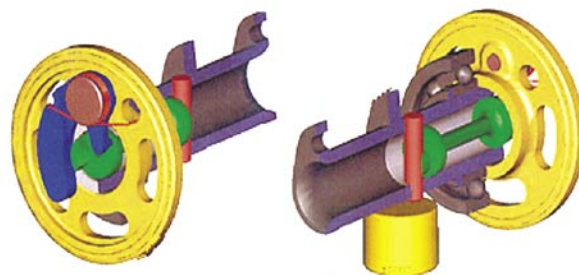


図7 小型オートデコンプ

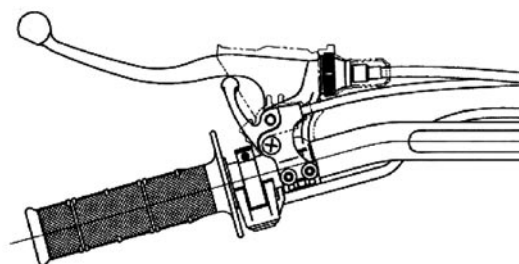


図8 ホットスタータレバー

3.1.6 最適セッティングを行なった FCR39H キャブレタ

FCR39H キャブレタは、現行モデルの優れたスペックをそのままに、450cm³ ニューエンジンに見合う最適セッティングを行なった。さらに、従来の樹脂製カバーに替えて、アルミダイキャスト製 Oリングカバーを採用して優れた防塵性、防水性、信頼性を確保した（図9）。

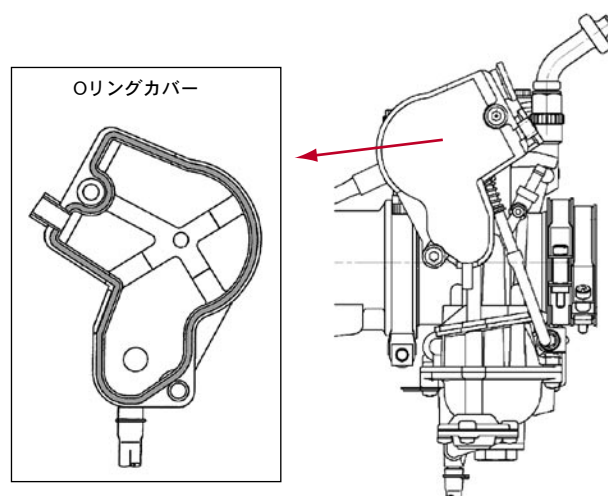


図9 キャブレタ

3.1.7 低重心化に貢献する新オイル循環システム

フレームのダウンチューブ部をオイル通路に活用するドライサンプ方式は、重量マス集中を図るため、ダウンチューブ側からエンジン側へのオイル戻し孔を従来比で約 200mm 低く配置するユニークな設計を施した。またこの新オイル潤滑システムは、フレーム内を通過するオイル量の容量ダウンが可能となり、重量マス集中をもたらし、ステアリング回りの軽快な操縦性に寄与している。

さらに、ケース及びボディシリンダへの潤滑孔を追加することにより、ポンピングロスの低減とオイルのより効率的な戻しが可能となった。新オイル潤滑システムの効果も加わり、オイル容量はウェットサンプ並みの 1.2L（従来は 1.5L）というオイル量設定が可能となった（図10）。

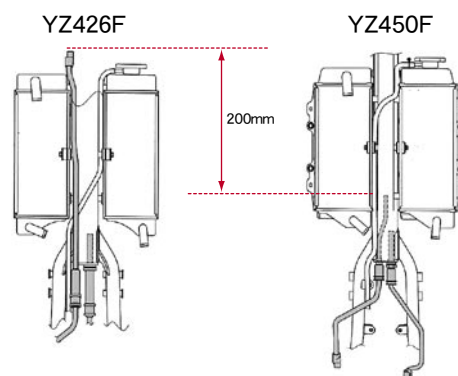


図10 新オイル循環システム

3.1.8 チタンエキゾーストパイプの採用

排気系の軽量化を図るため、軽量なチタン材を採用したエキゾーストパイプを装備した。エキゾーストパイプ回りで従来比約 30%の軽量化を達成し、車体軽量化に貢献している。

3.1.9 冷却性能の向上

排気量アップに対応し、冷却性能のアップを図った。軽量化・低重心化・ライディング・ポジションの自由度をバランスさせた“くさび型”ラジエタ・アウトレット形状は、冷却性アップに貢献。ラジエタ・コアは現行モデル同様ながらも、約5%の冷却性能向上を果たし、性能安定化を図った。

3.1.10 ダイレクト・イグニッションコイルの採用

ダイレクトイグニッションコイルを市販モトクロスサーとして初めて採用した。プラグキャップ内に昇圧装置を内蔵させ、従来モデル比較で約 110g の軽量化とコンパクト化を達成した。

3.2 車体関係

3.2.1 市販二輪車初、強度1GPaの超ハイテン材を投入したスチールフレーム

トラクションに優れる4ストロークの特徴を効果的に引出すことを狙いに新開発したスチール製セミダブルクレードルを採用した。従来モデルのフレーム比較で実に 1.5kg 軽量で、ライバル車のアルミ製フレームに比較してもさらに軽量なのが大きな特色である。

この軽量化は、独自の操縦安定性解析技術をベースに、市販二輪車初の「YSC980Y」と呼ぶ超ハイテン材の採用、そしてフレームの縦・横・ねじりの各剛性バランスの最適化などで可能となったもの。

とくに「YSC980Y」は、一般のフレーム用クロムモリブデン鋼より優れる約 1GPa の強度をもち（クロムモリブデン鋼は約 800 Mpa）、通常の工程では切断、プレスなど加工が出来ない程の超高強度のスチール材。YZ450F では、この「YSC980Y」を、強度・剛性が特に要求されるガセットヘッドパイプ、ガセットダウンチューブ、ブラケットリアアーム部に、絞り加工処理した独自の工法で採用。そして他のパイプ材には 2000 年 YZ426F から採用の 780MPa 系鋼管材を採用、こうしてフレーム全体の剛性バランスに、絶妙なメリハリを施すことで、“しなやかさ”が身上のスチール材の特徴を引出すことに成功した（図 11）。

（「YSC980Y」の強度は 980MPa（約 1GPa）で、ASTM（米国材料試験協会）規格に規定されている高強度材の上限（500 ～ 600MPa 程度）をはるかに超えている）

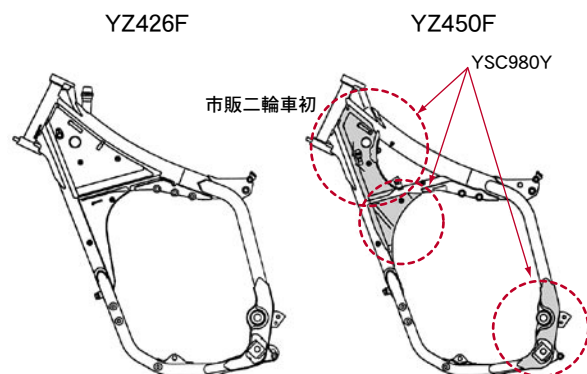


図 11 新設計フレーム

3.2.2 7L 新設計燃料タンクなど、マス集中設計

燃費に優れた4ストロークの特徴を戦闘力に反映させるため、新作燃料タンクを採用した。容量は従来の8Lから7Lへ小容量化してマスの低減を図るとともに、タンク天面位置を5mm低くして低重心化を図った。

3.2.3 フラットなタンク・シート・フェンダ及びサイド部の設計

上記の新設計タンクと合わせ、シート・リアフェンダ部もデザインを一新した。タンクからフェンダまでの流れをよりフラットとして、体重移動時のスムーズな特性を実現。走行・ジャンプ中のポジション移動の容易化をもたらしている。また、搭載の軽量エンジンや重心マスの集中設計の効果が、ラインどりの自由度アップを実現した。

またタンク形状は、ライダー側からは小さく見えるデザインとして取り回しの軽さを印象づける一方、タンクサイド側には若干のボリュームを持たせ、ニードグリップ時の優れたフィット感を実現した（図12）。



図12 フラットシート&フェンダ

3.2.4 サスペンションの最適設定と新軽量リアアーム

新エンジンと新フレームに合わせて前後サスペンションのセッティング最適化及び軽量化を図った。特にリアサスペンションのスプリングは、材質変更により、スプリング単体で従来比で約200gの軽量化を達成。“しなやかさ”が身上のスチール材を採用した新フレーム効果も加わり、軽快なジャンプでの飛びきり特性を実現した。

またリアアームは、“縦方向にしなり易く、横・振り方向に強い剛性”を照準に新開発した。2002年モデル同様、加熱したアルミ材に内側から高圧を加え最適形状に加工するハイドロフォーミング工法で生産するこのパーツは、滑らかな形状精度が特徴である。YZ450Fではリアエンド回りの設計変更で、軽量化と剛性バランスの最適化を図った（図13）。

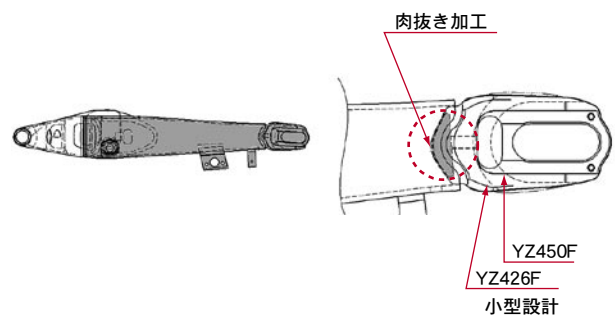


図13 リアアーム

3.2.5 新型小型キャリパ採用による優れたブレーキ性能

フロントブレーキは、キャリパのピストンを従来の樹脂ピストンからアルミ製に変更し、軽量化、操作フィーリングの向上を図った。

一方リアブレーキは、新設計の小型キャリパとリザーバタンク一体マスターシリンダを採用し、キャ

リパ剛性を約 20%アップ。ピストン径 27mm から 25.4mm へ、マスターシリンダ径は 12.7mm から 11mm へ小径化してコンパクト化することで、優れた剛性とコンパクト化を達成。連動してレバー比を上げ、よりダイレクトに効力が得られる特性とした（図 14、15）。

3.2.6 新世代モトクロスサーを主張する外観デザイン

コンパクト感を醸し出し、またシャープなエッジフォルムが特徴の YZ450F のボディは、①機能とデザインの融合、②ダウンフォースラインを基調としたボディ、③ YZ シリーズイメージを確立させるエアアウトレットの提唱、をポイントにデザイン設計を行なったものである。

具体的には、シュラウド部・タンク側面・シート部をひとつの“くさび型”フォルムのデザイン処理として、スムーズなライダーアクションを支援するデザインを採用。さらに、シュラウド部はシャープなエッジフォルムを特徴とする“くさび型”2孔タイプのラジエター・アウトレットを採用し、放熱性、ライディング機能、デザインを高次元で融合させた（図 16）。

4

品質への取り組み

製造品質向上、コスト低減、開発効率向上を狙いとして開発の計画段階からゲストエンジニアとして外部メーカー及び社内 SyS（システム・サプライヤー）に開発へ参加してもらった。

コストを含めた製造要件をデザイン/プリ試作/0次試作より織り込み完成度の高い物を作り込んでいった。

特に、シャーシ SyS と取り組んだ市販二輪車初の超ハイテン鋼板のフレームへの採用に当たってはこの取り組みの成果が大きく現れ、競合他社を凌駕するフレームを作り込む事が出来た。

他のセクションでもこの効果は現れ、結果的にコスト、品質、日程を満足したもの造りが出来たと思う。これからも積極的に、もの作り手側と設計側が一体となった開発を進めて行きたい。

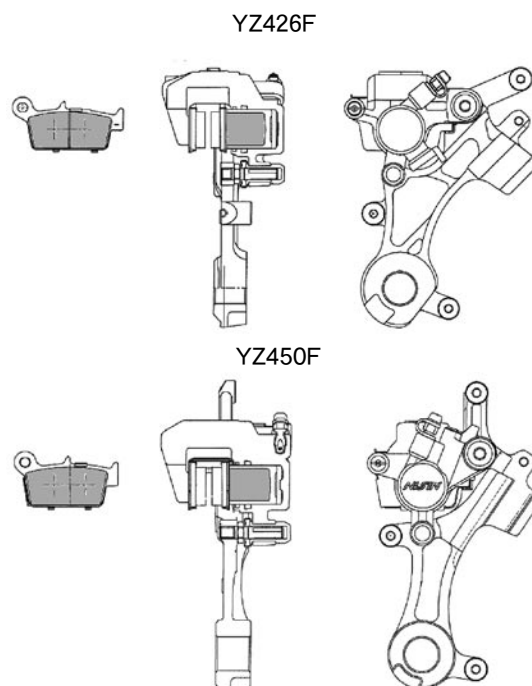


図 14 リアブレーキキャリパ

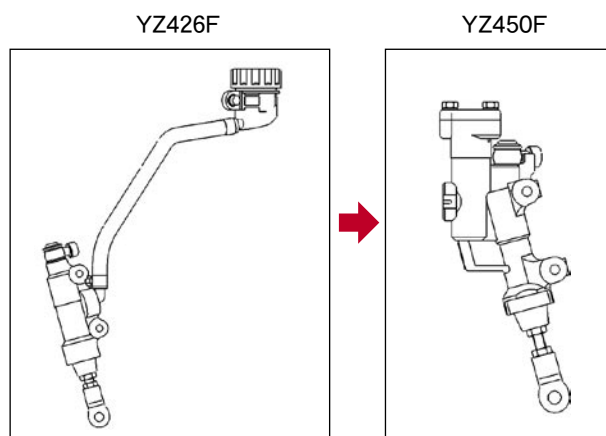


図 15 リザーブタンク一体マスターシリンダ

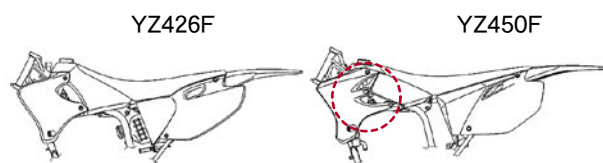


図 16 サイドカバー、リアフェンダ

5 おわりに

4ストロークモトクロッサーのリーディングメーカーである当社が新たなチャレンジとして次世代を睨んだ4ストロークモトクロッサーを市場導入する事ができた。

これから本格的な、雑誌社評価、USをはじめ全世界でレースでの評価がされてくると思うが、このモデルが新たにモトクロスの勢力地図を塗り替える事ができるよう期待している。

最後に開発にあたって、絶大なる協力を頂いた多くの皆様に感謝の意をこめて結びとしたい。

●著者



左から、
櫻井 太輔、桂 健久、林 康男、大森 二郎、田村 幸樹