

圧倒的パフォーマンスのモトクロスサー「KX250F」

Overwhelming Performance Motocrosser KX250F



高須 朗① Akira Takasu
 松下 充② Mitsuru Matsushita
 濱田 信大③ Shindai Hamada
 野呂 雅和④ Masakazu Noro

モトクロスサー「KX250F」は、モトクロスレースにおいて、スタートダッシュを有利にするローンチコントロールモードをはじめ、高速/低速回転域で適切な燃料供給を可能にするデュアルインジェクションシステムなど、数々のファクトリーマシン直系の技術を採用している。本稿では、「KX250F」の特徴とそれを支える技術の概要について述べる。

The Kawasaki motocrosser KX250F comes loaded with numerous technologies directly derived from factory machines, including the Launch Control Mode, which gives riders an advantage in getting a good start in motocross races, and the Dual Injection System, which optimizes fuel delivery at both high and low torque ranges. This paper presents an overview of the features of the KX250F and the technologies supporting them.

まえがき

モトクロスは、最大の市場である米国においてはメジャーモータースポーツの一つである。スタジアムで行われるモトクロスレースの最高峰、AMAスーパークロス選手権(図1)は、一戦で50,000人以上を集客する大きなイベントとなっている。当社製品のモトクロスサー「KX450F」は、メインクラスである450cm³クラスにおいて、3年連続でタイトルを獲得し、カワサキブランドのイメージアップに貢献している。

一方、250cm³クラスにおいて活躍している「KX250F」も、2003年の発売以来、世界各地のレースで好成績を残している(表1)。また、モトクロス専門誌のシュートアウトと

呼ばれる他車との比較評価でも、この数年間は常に上位にランクされており、戦闘力の高さに定評がある。

1 開発コンセプト

本製品は市販レースマシンであることから、開発コンセプトを「改造を加えることなく、そのままの状態でもレースに勝てるマシン」とした。そのために必要な性能として、「パワーだけでなく、扱いやすさも重視したエンジン特性」、「意のままに操れる車体特性」の2点を追求した。

この開発コンセプトに沿ったマシン開発を継続してきた結果、近年では市場から、「最もRace Readyなマシン」といった狙い通りの評価を受けるに至っている。

2 エンジン技術

レースで勝てるエンジンを目指し、次の2点をエンジンの開発方針とした。

- ① ホールショット*獲得
- ② 最速ラップタイム**獲得



図1 AMAスーパークロス選手権(スタジアムレース)
 Fig.1 American Motorcyclist Association Supercross (stadium race)

表1 「KX250F」のタイトル獲得回数(2003~2012年)
 Table 1 Number of titles won by KX250F (2003-2012)

	タイトル獲得回数	10年間の全タイトル数
AMAスーパークロス	11	20*
AMAモトクロス	7	10
全日本選手権	6	10

*西地区・東地区の2タイトル/年



図2 スタートの瞬間
Fig.2 Moment of start

これらの方針に基づき「KX250F」のエンジンは以下の機能を備えている。

- * ホールショット：スタート直後のコーナーに先頭で進入すること
- ** ラップタイム：コースを1周するのにかかるタイム

(1) ローンチコントロールモード

—ホールショット獲得—

モトクロスレースではスタートダッシュ（図2）が重要なポイントであり、ほんのわずかな差で、ホールショットを得られるかどうかが決まる。スタートの急発進は滑りやすいため、ホールショットを得るには、スロットルとクラッチの繊細なコントロールが要求される。

この高度なテクニックが要求されるスタートをエンジン制御によって補助するのが、ローンチコントロールモードである。この制御モードは、AMAスーパークロス選手権／モトクロス選手権に参戦するカワサキのワークスマシンから、量産モトクロス「KX450F/KX250F」にフィードバックした、エンジン特性をスタート専用に取り替えるシステムである¹⁾。

ハンドルに設けたボタンを押すだけで、エンジンの制御マップがローンチコントロールモードに切り替わり、スタートに適した点火時期になる。これによりスタート時の急激なトルク変動を抑え、ホイールスピンが減少し、スリップ率が下がり、車速の上昇が速くなる（図3）。ローンチコントロールモードはスタート直後のみ作動し、走行中のある条件に入ると解除され、標準のエンジン制御マップへ戻る。

このシステムをコースコンディションにより使い分けることで、ホールショット獲得に大変有効な装備となる。

(2) デュアルインジェクションシステム

—最速ラップタイム獲得—

(i) システム構成

「KX250F」は、量産モトクロスとして、世界で初めてデュアルインジェクションシステムを採用した。デュアルインジェクションシステムは、図4に示すように、バ

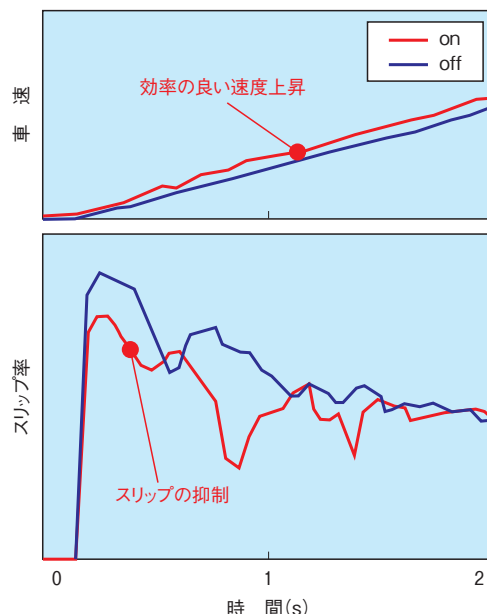


図3 ローンチコントロールモード
Fig.3 Launch Control Mode operation

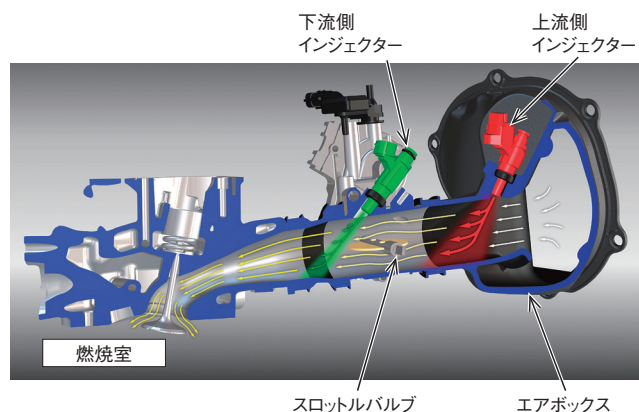


図4 デュアルインジェクションシステム
Fig.4 Dual Injection System

タフライ式のスロットルバルブを挟んで、燃焼室側に1個、エアボックス側にもう1個のインジェクターを設置する。この2個のインジェクターを使い分けることで、低速回転域での俊敏なレスポンスと、高速回転域でのピークパワーを高いレベルで両立することができる。

急加速が必要なスタートダッシュや、正確で細かいエンジン回転コントロールが必要なコーナリングで使われる低速回転域では、下流側インジェクターが主に働く。インジェクターの位置が燃焼室に近く、噴射された燃料がすぐに燃焼室に供給されるため、鋭いレスポンスが得られる。

一方、パワーが重要な高速回転域では、上流側インジェクターが主に働く。このインジェクターの位置は燃焼室から離れているので、噴射された燃料が燃焼室に入るまでの時間を長くとることができる。そのため、燃料と空気の混合（燃料の気化）が促進されて冷却効果を生むことにより、燃焼室への混合気の充填効率が高まり、高出力が得られる（図5）。

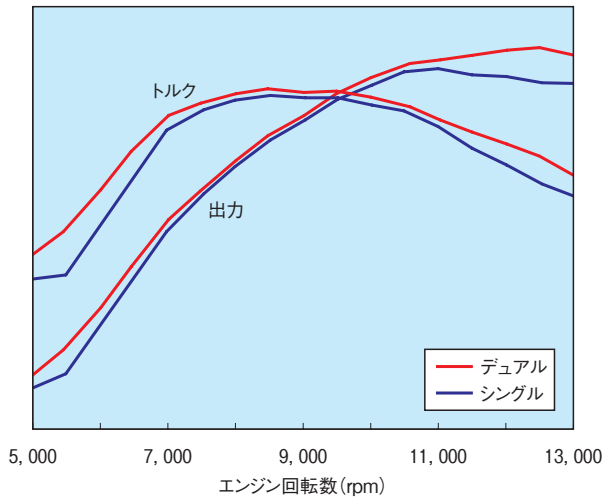


図5 デュアルインジェクションシステムによる性能の向上
Fig. 5 Performance enhancement with the Dual Injection System

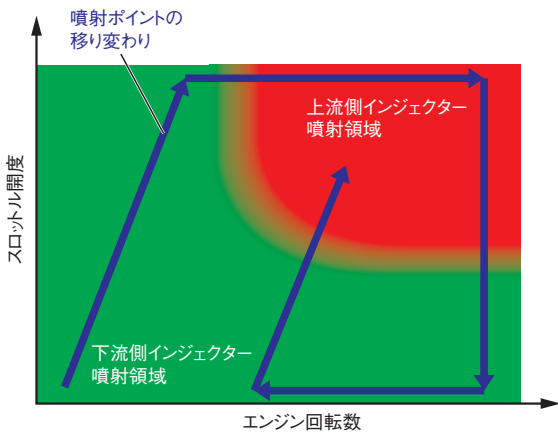
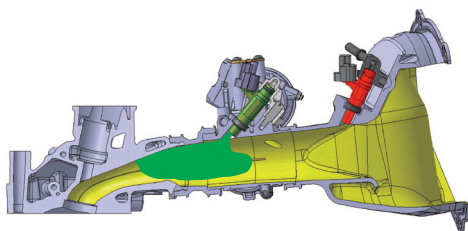
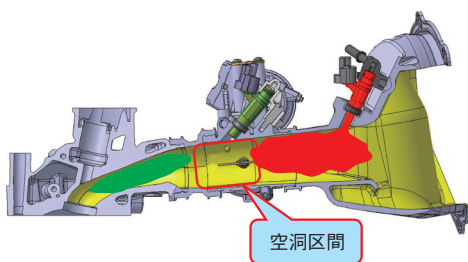


図6 燃料噴射マップ
Fig. 6 Map of fuel injection



(a) 下流側のみの場合



(b) 下流側から上流側に切り替えた直後

図7 インジェクター噴射図
Fig. 7 Injector spray diagram

(ii) レイトリミット制御

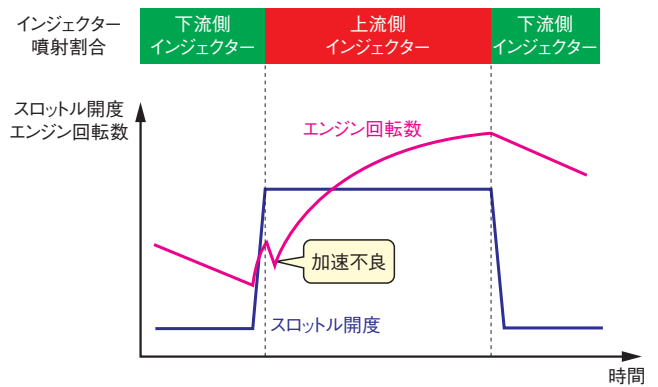
モトクロスカーは、エンジン回転数やスロットル開度の変化が非常に激しい。そのため、噴射ポイントは燃料噴射マップ(図6)で示す下流側・上流側インジェクター噴射領域を頻繁に行き来する。

下流側から上流側へのインジェクター噴射の切り替わり時の様子を図7に示す。下流側から上流側へのインジェクター噴射の切り替わり時は、混合気の空洞区間ができて、燃料の応答が遅れ、図8(a)に示すように加速不良を引き起こす。

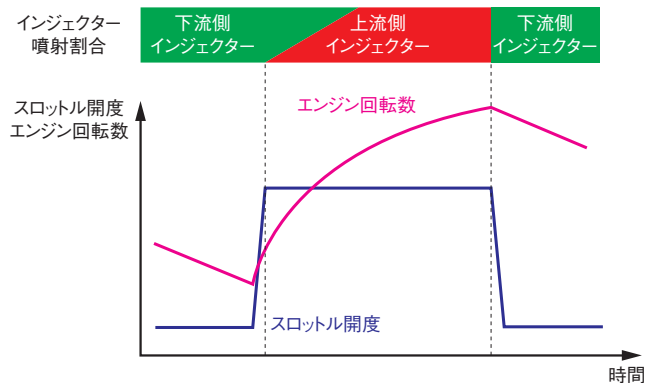
この問題を解消するためレイトリミット制御を適用した。燃料噴射マップ上において、下流側インジェクター噴射領域から上流側インジェクター噴射領域への切り替えを瞬間的には行わず、噴射割合を連続的に変化させながら切り替えることで、燃料応答遅れをなくすることができる。

一方、エンジン回転数を下げる際には、レイトリミット制御を常に効かせると、スロットルバルブ上流側に燃料が留まってしまうという問題が生じる。そのため、この場合は上流側インジェクターから下流側インジェクターへ噴射が即座に切り替わるようにした(図8(b))。

このレイトリミット制御により、デュアルインジェクターはシングルインジェクターに対して戦闘力が大きく向上したシステムとして確立され、最速ラップタイム獲得に寄与している。



(a) レイトリミット制御なし



(b) レイトリミット制御あり

図8 レイトリミット制御の有無による回転数の変化
Fig. 8 Effect of rate limit control on engine speed

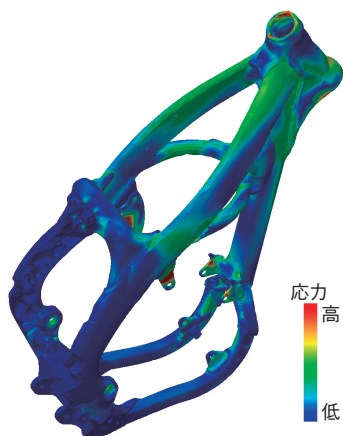


図9 メインフレーム応力解析例
Fig.9 Example of main-frame stress analysis

3 車体技術

意のままに操れる車体を目指し、次の2点を車体の開発方針とした。

- ① ラフロード(凹凸のある路面)での直進安定性の確保
- ② 軽快感と安定感を備えたコーナリング特性の実現

(1) メインフレーム 一直進安定性

ラフロードで安心して加速するには、車体剛性は高ければいいというものではない。剛性が高すぎると路面の凹凸を吸収しきれず、車体挙動が不安定になってしまうからである。ある程度は車体自身がしなっていて衝撃を吸収することが必要で、剛性バランスが極めて重要となる。そこで、強度と剛性について解析を実施し、メインフレームの構成部材を、鍛造品/押出品/鋳造品で適切に組み合わせることで、バランスの取れた剛性に設定した(図9)。これによりラフロードの高速走行時でも、高い直進安定性を確保できた。

(2) セパレートファンクションフロントフォーク

(SFF: Separate Function front Fork)

—コーナリング特性—

従来のフロントフォークは、左右両脚がそれぞれ車体保持(反力)機能と減衰機能を持ち合わせていた。(株)ショーワと共同開発したSFFでは、図10に示すように、左側のL脚は分離加圧式ダンパーによる減衰機能、右側のR脚はスプリングによる反力機能と機能を分割した。

その結果、部品点数の削減による軽量化と、スプリング一本分の摺動フリクションの低減を実現した。これにより、軽量で吸収力を高めたフロントフォークを実現できた。また、従来はプリロード(スプリングの初期荷重設定)を変更するには、フロントフォークの分解が必要だったが、R脚にプリロードアジャスタを装備したことで、実車状態での調整が可能になり、セッティング自由度を高めた。

SFFは、反力脚であるR脚の内部部品(ジョイントロッド

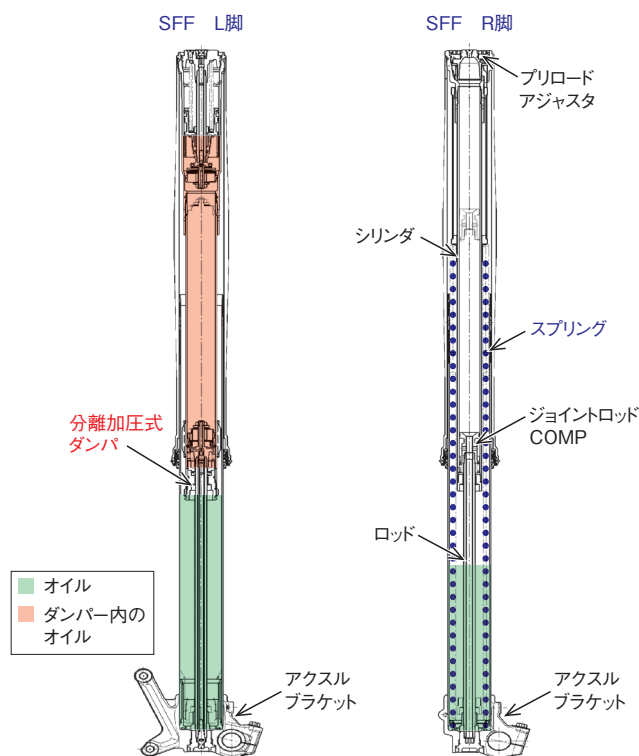


図10 SFF構造図(2014年モデル)
Fig.10 Structural diagram of SFF (2014 model)

COMP:ロッドとシリンダの接続部品)を倒立配置とし、ストローク依存性を持つ外筒減衰力を高めた。減衰脚であるL脚においても、ダンパーサイズを外径30mmに拡大し、衝撃の吸収力と減衰による制御感の向上を両立させた。また、インナーチューブ径を外径48mmに拡大、アクスルブラケット部での剛性調整などにより、フロントフォーク全体での剛性を最適化することで、軽快感と安定感を両立したコーナリング特性を実現している。

あとがき

これまで数多くの技術を開発し、「KX250F」に適用してきた。その結果が現在の「KX250F」の地位を築き上げているということを再認識し、今後も積極的に新しい技術開発に挑戦し、戦闘力のさらなる向上を図っていく所存である。

参考文献

- 1) 特許 第4472835号, “エンジンの点火時期制御装置”



高須 朗 松下 充 濱田 信大 野呂 雅和