

鈴木 豪仁 Jim Vizanko Lauren Nasca 村 篤篤  
宮崎 政直 坂井 裕司 明石 将



#### Abstract

The number one request from the snowmobile market every year is always “give us more performance”. Yamaha studied long and hard on how to deliver the ultimate performance Snowmobile that will carry the name tag “Fastest Production Snowmobile” at sea level and “King of the Hill” in the alpine. The development target was set and engineering was given the green light to develop this next level snowmobile. Yamaha has a very strong brand reputation for delivering fantastic engine packages, and the development team knew we had our work cut out to meet the high level of expectations. To achieve ultimate performance, the development team designed a turbocharged snowmobile that truly feels like a naturally aspirated engine fitted into the next generation chassis shared by our collaboration partner. The engine exceeds expectation by providing smooth linear power throughout the entire operating range. Throttle Response is crisp and instant and there is no off/on hesitation that is often seen in other turbo charged systems. Plain and simple this engine does not feel like your typical turbo charged snowmobile, as the engine pulls harder in all ranges. In true Yamaha fashion, the engine is altitude compensating making peak power not only at sea level, but all the way up to 10,000 ft. To truly appreciate this, one must experience the Sidewinders performance.

## 1 はじめに

スノーモビル（以下、SMB）の市場要望が、パフォーマンス向上であることは、いつの時代も変わっていない。当社は、平地では「最速」、高地では「山の王者」の名に相応しい究極の高性能SMBを目指し、長年にわたり研究を重ねてきた。従来より、エンジン性能に対しては好評をいただいております。次世代SMBの開発に向けてその期待に応えられるよう開発体制を整え、「究極のパフォーマンス」を目標に開発に取り組んだ。この目標達成に向け、開発チームは自然吸気エンジンのようなレスポンスを持つSMB用ターボエン

ジンを設計し、協業パートナーと開発した次世代シャーシに搭載した。新開発のエンジンは、全レンジを通して滑らかなリニアな出力特性を持ち、期待を上回る性能を実現している。また、スロットル反応は鋭く、他のターボエンジンにありがちなターボラグはほとんど無い。余分なものを排除したシンプルなエンジンは、既存のターボエンジンと異なり、走行コンディションを問わず強力なトルクを発揮する。当社は、平地のみならず、標高3000mの高地でも最高馬力を維持するエンジンにこだわっている。これを真に感じるには、実際に「Sidewinder」のパフォーマンスを体験するしかない。

## 2 エンジン

下記の3要素により、「今までにないエキサイトメントの実現」と「今までにできなかった走行を可能にすること」をコンセプトに掲げ開発を行った。

- ・ 高出力  
業界のスポーツカテゴリーで主流の2ストローク800ccエンジンをパワーウェイトレシオで凌駕する(図1)
- ・ 標高  
SMBで一般的に使われる標高3000mでも高出力を維持する<sup>1)</sup>
- ・ スロットルレスポンス  
スポーツ走行時課題となるターボラグを感じさせない高い応答性を達成する

1) 自然吸気エンジンの場合、空気密度低下により約3割エンジン出力が低下する

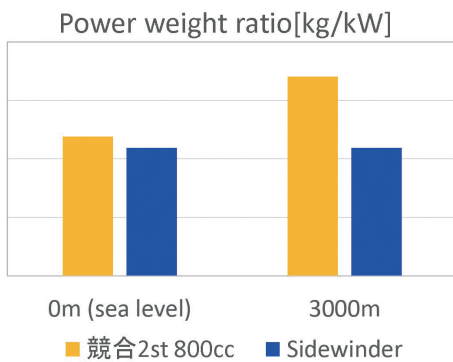


図1 パワーウェイトレシオ

### 2-1. エンジンレイアウト

既存のエンジン、シャーシを使い、過給エンジン化を達成するため、様々なレイアウトを検討した結果、ターボチャージャーをエンジンでなくフレームにマウントするユニークなレイアウトを採用した。これにより既存エンジンの多くの部品

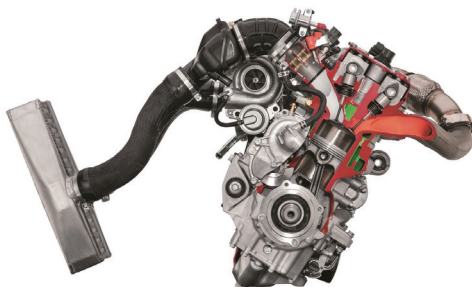


図2 エンジン外観

が流用可能となり、開発期間の短縮、少ない投資での新規モデルの開発を可能とした。また、本エンジンはSMB自然吸気/ROV/PWCの3事業4エンジンで多くの部品や開発工数を共用することにも取り組んでいる(図2、3)。

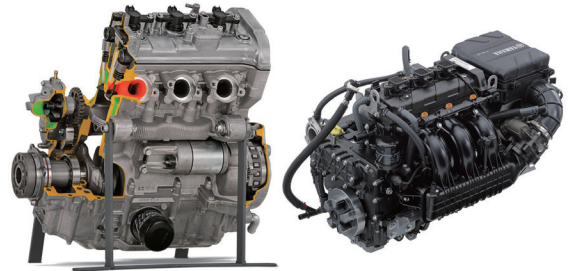


図3 ROV/PWC用 3事業協業エンジン

### 2-2. ターボチャージャー

標高3000mで高性能を発揮できるよう、高い圧力比まで対応できる大容量のターボチャージャーを採用した(図4)。これは同時に排気にかかる圧力を低減し、ノッキングを抑制することにも寄与している。SMBで求められる応答性能を得るため、軸受けはボールベアリング仕様を採用した。この採用はギャップ走行時の大きな振動入力や、極低温の潤滑が厳しい条件下において高い信頼性を得ることにも寄与している。

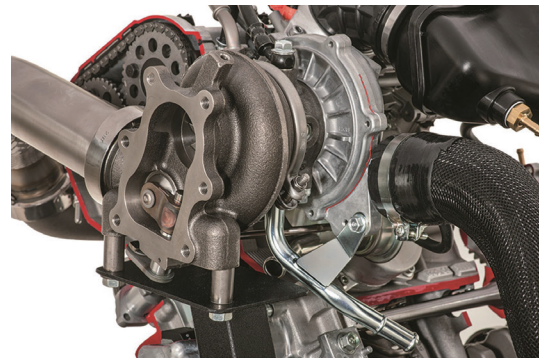


図4 ターボチャージャー

### 2-3. 3連独立スロットルボディ

ターボラグを感じさせないスロットルレスポンスを達成する手段のひとつとして、各気筒に独立したバルブを持つ3連独立スロットルボディを採用した(図5)。ターボエンジンとしては例の少ない構造であり、過給化に伴い発生する気密性、抜け防止構造、燃料噴射適合面等の多くの課題に対して設計上の工夫や新しい制御ロジックを織り込むことで対応している。

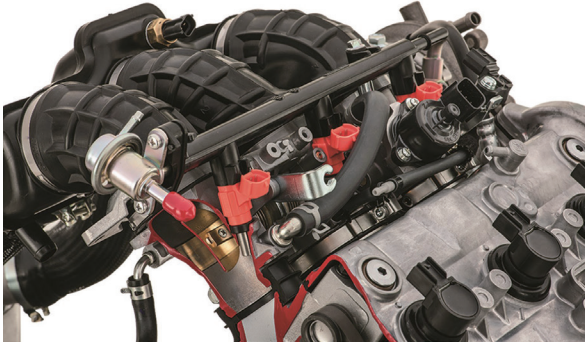


図5 スロットルボディ

#### 2-4. エキゾーストマニフォールド

ターボ化に伴い排気ガス温度は 900℃を超え、排気系部品の信頼性と周辺部品への熱害は大きな課題となる。ベースモデルではステンレス製のパイプで構成しているマニフォールドを本モデルでは耐熱鋳鋼製に変更し、また排気管長を短くすることでターボの応答性を高めると同時に、熱源をコンパクトにまとめ、排気系全体の小型化・信頼性確保を可能とした (図 6)。



図6 耐熱鋳鋼製エキゾーストマニフォールド



図7 ピストンクーラー

#### 2-5. ピストンクーラー

専用のオイル通路を追加した新設計のピストンクーラーを採用した (図 7)。過給化により大幅に発生熱量が増えているにもかかわらず、自然吸気のベースエンジンと同等以下のピストン温度に低減することで、ピストンおよび原動機の軽量化と信頼性確保を可能としている。

#### 2-6. 過給圧制御

本モデルでは正圧式アクチュエータでウェストゲートバルブを作動させる一般的な過給圧制御システムを採用している。ソレノイドバルブを ECU で制御することで、標高や運転状態に応じた最適な過給圧を得ることが可能となっている。制御ロジックは自動車を実績のあるものをベースに、SMB の使われ方に応じたカスタマイズをすることで、最大出力だけでなく高レスポンスと扱いやすさを実現している (図 8)。

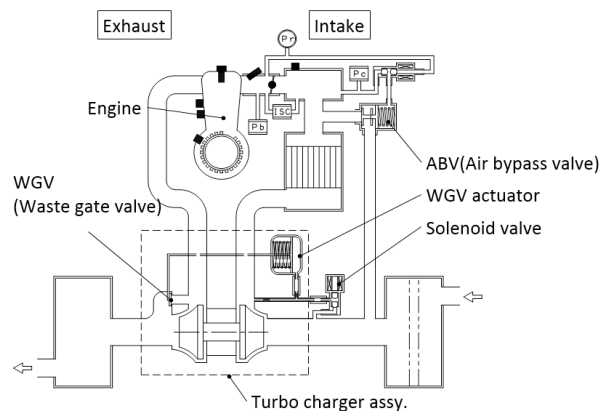


図8 システム模式図

#### 2-7. K.C.S. (Knock Control System)

K.C.S. の採用は、燃焼室での異常燃焼を常時監視し、燃焼状態に応じて点火時期を最適に制御することで、使用する燃料に関わらずエンジン性能と信頼性を両立することを目的としている。過給機を搭載した本モデルは、ノッキング抑制のため、プレミアム燃料の使用を指定しているが、SMB の使用環境によってはプレミアム燃料を入手できないケースも想定される。本システムでは、従来の K.C.S. を改良し、ノッキングがある一定頻度で発生すると、燃料噴射の増量、および過給圧低減にてエンジンを保護する制御を導入した。これにより、オクタン価の低いレギュラー燃料でも緊急時の走行を可能としている。

### 3 CVT

高出力エンジンの性能を引き出しつつ信頼性も満足させるため、新規にベルト変速機システムを開発した(図9)。変速比中は既存より10%拡大することで二次減速比をより低くし、高い駆動力を得つつベルトの負荷を減少させる設計とした。

シーブは高出力エンジンに対応した強度を確保し、またフィン形状の最適化により、従来品と同じ風損でありながらシーブの冷却を12%改善することで上記と合わせてベルトの信頼性に配慮した。

セカンダリークラッチのトルクカム摺動部にローラーを採用し、スロットル操作に対するレスポンスを向上させた。ウエイトは、ターボエンジンの特性に最適化された仕様で新規設計され、ターボラグを感じさせないスムーズで力強い走行を演出している。

ユーザーの利便性のため、ベルトの張り調整は、より簡単な構造を採用した。またシステム設計において、既存のチューニングパーツが使用できるよう配慮した。

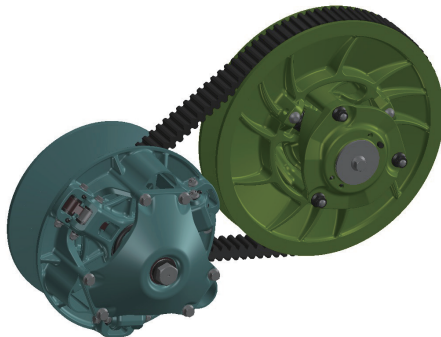


図9 CVT

### 4 デザイン

切り裂くような電光石火の走り表現するシャープなスタイリングがデザインコンセプトである。最大の特徴であるターボチャージャーをいかにスタイリングに盛り込むか、そしてヤマハモデルとしてのDNAを継承するかがデザイン上の大きな肝となった(図10)。

既存のSRViperと同じく、本モデルもサイドフードやベリールパンを相互商品供給先と共用する。そのためシュラウドからウィンドシールドといった専用外装パーツと合せて、グラフィック展開においてもヤマハらしい、ボディの特徴を生かしたダイナミックなものとなることを念頭に開発した(図11)。



図10 ターボを表現するツイステッドフロー



図11 SRViperを継承する、襟のたったVライン

### 5 Ski

The New Mountain ski from Yamaha provides the ideal floatation working in tune with the rest of the vehicle. The ski is lightweight both in design and in steering. The keel is balanced to provide the necessary feedback to the driver navigating the terrain while turning with ease and low impact. Yamaha designed the ski to be predictable and comfortable in all conditions. Turning is smooth and true. Darting down the trail is minimized by its wide keel. This keel makes trail riding a breeze as it is not prone to fall into other tracks laid down from other snowmobiles. Boondocking is effortless by the contour shape of the rear blade along with the location of the ski fore/aft on the spindle.

This new ski meets all the demands of the driver and brings high level of confidence both on and off the trail.

<和訳>

新型「Mountain」スキーは、車体と調和し、理想的な浮揚性を実現している。デザインと操舵性の両面で軽量化を図るとともに、ドライバーへの路面情報のフィードバックを確保しつつ、容易かつ、衝撃の少ない旋回性能を両立させるキール形状を作り込んだ。この結果、様々なコンディションで予測可能かつ快適なスキー形状となり、スムーズで正確な旋回が可能となっている。また、キールの幅を広くすることで、トレール走行時のスキーのブレも最小にしている。このキールにより、他のSMBの軌跡にはまり込んでしまう可能性を減らし、安定したトレール走行を可能としている。ブーンドッキングにおいても、リヤブレードの曲線形状とスピンドル位置の最適化により難なく走行できる。

この新開発スキーは、ドライバーの全要求を満たすとともに、オントレールでもオフトレールでも高い安心感をもたらしてくれる。

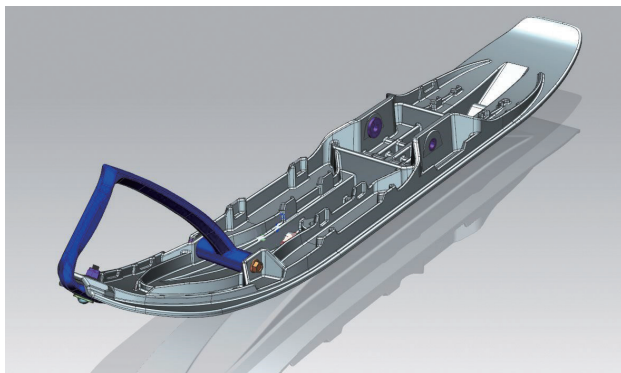


図12 Ski

## 6 おわりに

本モデルはメイン市場の北米拠点がシャーシ開発を担当し、日本はエンジン開発を担当するグローバルな体制で開発を行った。北米で評価するメリットをエンジン開発にも生かし、SMBに適したターボエンジンとは何かを考え、圧倒的なパワーとリニアなスロットルレスポンスの両立が実現できた。メディアのライディングイベントでは、期待通りの反響を頂くことができ、確かな手ごたえを感じている。これからも、お客様の期待を上回る商品を提供していきたい。

略語の解説

- SMB : Snowmobile
- ROV : Recreational Off-Highway Vehicle
- PWC : Personal Water Craft
- ECU : Engine Control Unit
- CVT : Continuously Variable Transmission

■著者



鈴木 豪仁 (右から2人目)

Takehito Suzuki  
Yamaha Motor Corporation,  
U.S.A.  
Minocqua R&D Center

Jim Vizanko (中央)

Yamaha Motor Corporation,  
U.S.A.  
Minocqua R&D Center

Lauren Nasca (左から1人目)

Yamaha Motor Corporation,  
U.S.A.  
Minocqua R&D Center



村脇 篤 (右から1人目)

Atsushi Murashima  
ビークル&ソリューション事業本部  
RV事業部  
開発部

宮崎 政直 (左から2人目)

Masanao Miyazaki  
ビークル&ソリューション事業本部  
RV事業部  
開発部

坂井 裕司 (左から3人目)

Yuji Sakai  
ビークル&ソリューション事業本部  
RV事業部  
開発部



明石 将

Masaru Akashi  
GK Design  
International, Inc.