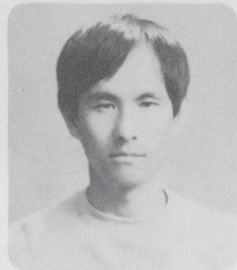


ヤマハレースエンジン “OX66”



AM技術部 吉川 雅明

1. ま え が き

ヤマハ発動機は、伝統的に自動車用の高性能エンジンの開発にかかわってきた。レース用4バルブエンジンは、'70年代初期から試作およびレース参加を行なった。乗用車用の4バルブエンジンは、'82年より生産を開始している。レースエンジンが、生産エンジンに10年程度先行しているのが理解されよう。'82年末、4バルブの次世代の新技术開発を目的に、'76年以来中止していたレースエンジン開発が再開された。当時、最も自由度の高いレギュレーションとしてF2が選ばれ、世界初の自動車5バルブエンジンであるOX66が誕生した。

エンジンメーカーは、レースチームに対してエンジンを公平に供給することが理想であるとの考えで、本エンジンは開発当初より市販を前提として設計、開発が行なわれた。OX66は'85年よりレース参加が開始され、'86年より約20台がレンタルにより、一般ユーザーに使用された。'87年12月末日のレンタル期間終了を機に、技術面を中心に振り返ってみたい。

2. 開発の狙い

(1) バランスの良い高性能

- DOHC 5バルブ
- 摩擦損失の低減

- 吸排気系のチューニング
- 燃料系、点火系の最適制御

(2) 市販を考慮したシンプル設計

- 部品点数削減
- 左右バンク部品共通化
- メンテナンス向上

(3) コンパクト、軽量

(4) 低コスト

- Ti, Mg部品の低減

3. エンジンの主要諸元と外観

エンジンの外観写真を図1、2に、主要諸元を表1に示す。

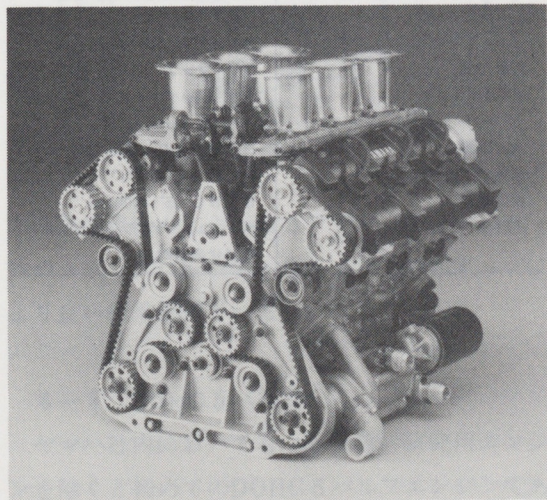


図1

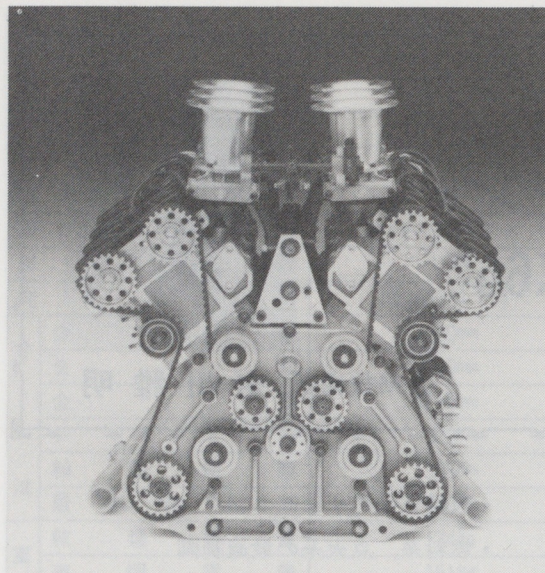


図 2

表 1 主要諸元

項 目	OX66諸元
総排気量	cc 1992
種 類	水冷, 4 ストローク
シリンダ数, 配置	75° V 形 6 気筒
弁機構	mm DOHC 5 バルブ
内径×行程	85×58.5
圧縮比	PS/rpm 12.5
最高出力	kgfm/rpm 360/11000
最大トルク	24.5/9000
エンジン重量(ドライ)	kg 105kg
クランク	スチール鍛造 3 スロー
ピストン	Al 鍛造 2 ボリング
コンロッド	スチール鍛造
シリンダブロック	Al 鍛造 ウエットライナ
カム駆動方式	プライマリ/ギヤ セカンダリ/コグベルト
潤滑方式	ドライサンプ
オイルポンプ	ギヤ, プレッシュ×1 スカベンジ ×2
点火装置	日本電装 C D I 固定進角
点火プラグ	NGK R0045 #11
点火時期	B T D C 35° 4500rpm
燃料系	ポッシュークゲルフィッシャー 機械式燃料噴射

4. エンジンの特徴

4-1 基本構造

エンジンの基本構造, 断面図を図 3 に, 分解写真を図 4 に, 四面図を図 5 ~ 8 に示す。アルミブロック水冷式 75° V 形 6 気筒, 2000cc, ベルト駆動による DOHC 5 バルブである。

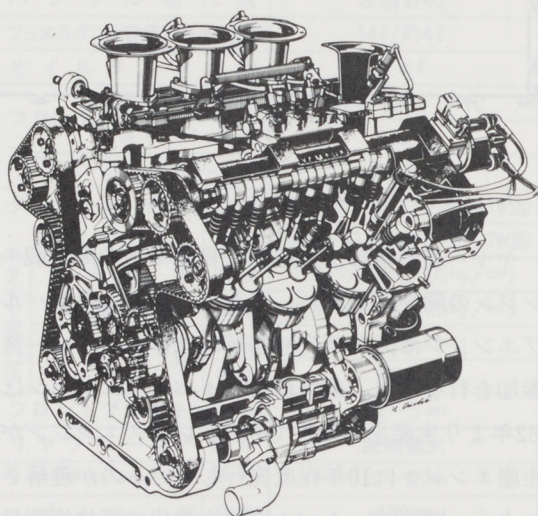


図 3

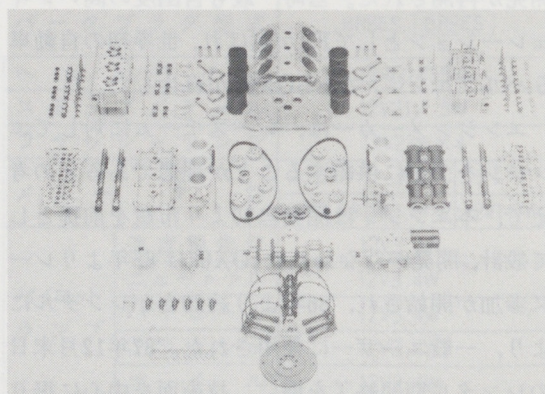


図 4

4-2 シリンダ配列

3 スロークランクを使用した自動車用 V 形 6 気筒エンジンのシリンダブロック V バンク角は 90° が一般的であるが, 本エンジンは小形, 軽量化と振動特性を考慮して 75° V とした。レース用エンジン

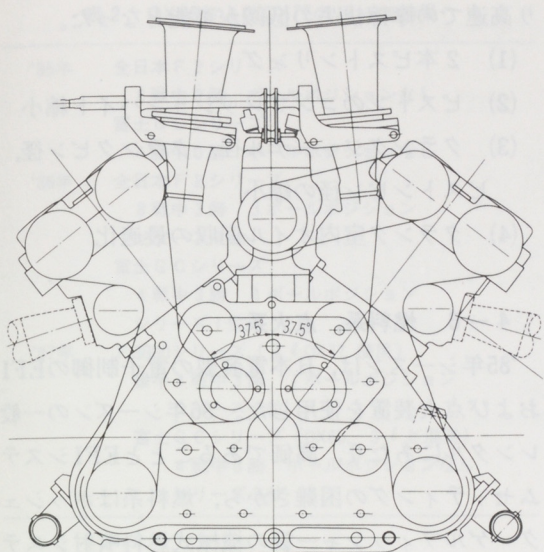


図 5

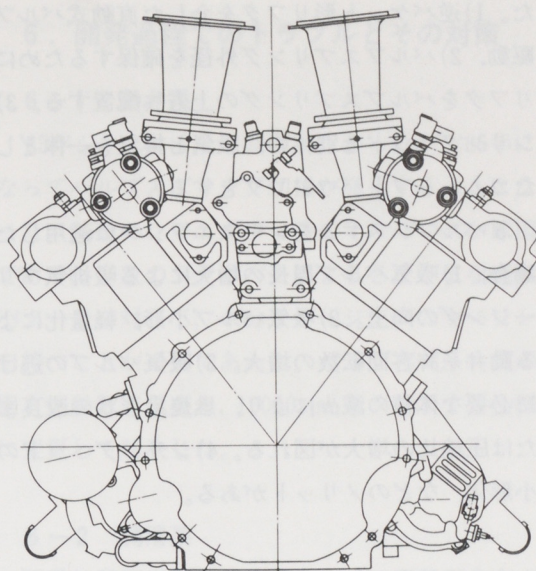


図 7

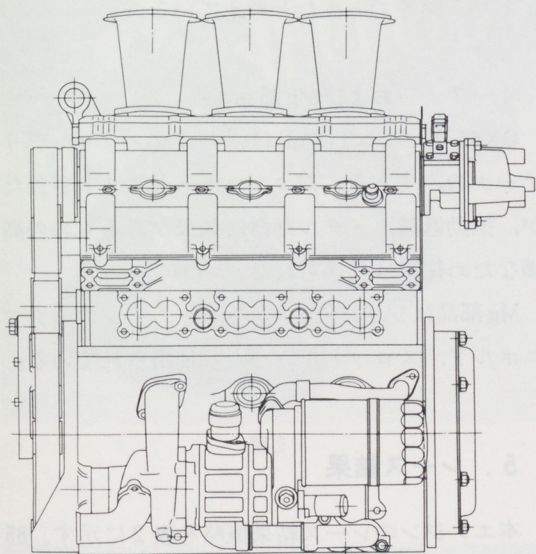


図 6

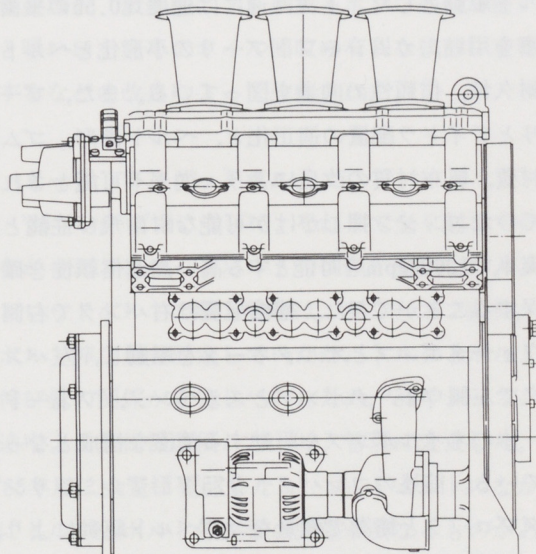


図 8

では、高速化による相対的に多大な往復部の慣性力により、クランクとブロック回りを剛体とみなした理論計算による振動予測は必ずしも適切ではない。むしろ、クランクとブロックの剛性を考慮して各気筒ごとのバランス向上、剛性アップが振動対策として効果的である。OX66においても、開発初期に振動に悩まされたが、各気筒ごとのバランスウェイトの適正化とクランクジャーナルボル

トの降伏点締めによる軸力アップ、オイルパン一体のクランクジャーナルキャップの剛性アップにより良い結果を得ている。

4-3 DOHC 5バルブ

ヤマハ社内においても、単気筒の研究用エンジンを除くと初めてのDOHC 5バルブエンジンであり、以後のスタンダードとなった以下の構造とし

た。1)逆バケット形リフタを介した直動式バルブ駆動、2)バルブスプリング外径を確保するために、リフタをバルブスプリングの上方へ配置する。3)シリンダヘッドと別体の、吸気と排気を一体としたカムシャフトハウジングとする。

5バルブシステムをレースエンジンに適用した場合、1)吸気バルブ周長の増大による吸排気ブリージングの向上。2)吸気バルブ小形、軽量化による動弁系許容回転数の増大。3)吸気バルブの逃げに必要な体積の減少により、燃焼室形状の改良または圧縮比の増大が図れる。4)シリンダヘッドの小形化、などのメリットがある。

4-4 カムシャフトおよび補機駆動

カムシャフト駆動は、補機駆動も兼ねたコグベルト駆動とした。1次減速には速度比0.55の平歯車を用い、カムシャフトブーリの小形化とベルト耐久性、信頼性の向上を図っている。また、ブーリとアイドラ配置の適正化と、ベルト歯形、ゴム材質、帆布材質の改良により、従来不可能とされていたエンジン押しがけが可能な耐歯飛び性能と、実車で12600rpmを可能とする高い高速信頼性を確保することができた。補機配置は右バンクで右側ウォータポンプとオルタネータを駆動し、左バンクで左側ウォータポンプとスカベンジ、フィード一体のオイルポンプを駆動する簡潔な構成となっている。前述のコンパクトな75°V形アルミシリンダブロックと簡潔で軽量のコグベルト駆動により、エンジン重量を105kgに抑えることが可能となった。

4-5 ムービングパーツ

5バルブエンジンでは同一排気量で比較して、より良い吸排気ブリージングと動弁許容回転数の増大が可能となるため、ムービングパーツには、高速での低い摩擦損失が要求される。従来からピストン平均スピードは20m/sが上限であるとする古典的な基準があるが、OX66では下記項目によ

り高速での摩擦損失の低減が可能となった。

- (1) 2本ピストンリング
- (2) ピストンのコンプレッションハイト縮小
- (3) クランクジャーナル径、クランクピン径、ピストンピン径の縮小
- (4) クランク室内オイル回収の最適化

4-6 燃料系、点火系

'85年シーズンは、日本電装製の電子制御のEFIおよび点火装置を使用した。'86年シーズンの一般レンタルにあたり、高価であることとEFIシステムセッティングの困難さから、燃料系はボッシュクーゲルフィッシャー製の機械式燃料噴射システムに、点火系は日本電装製の固定進角CDI点火システムに変更された。性能上はそれぞれ一長一短があり、同等であったと考えている。

4-7 TiおよびMg部品

OX66におけるTi部品は、バルブスプリングリテーナのみである。Tiコンロッドもテストされたが、振動低減、メタル寿命に効果があるものの高価なため採用は見送られた。

Mg部品はシリンダヘッドカバー、インテークマニホールド、スロットルカバーに使用されている。

5. レース結果

本エンジンのレース結果概略を表2に示す。'85年のエントリー台数は1台または2台である。一般ユーザーにレンタルを行なった'86年のエントリー台数は約10台である。'87年は3ℓと混走となったGCシリーズに1台エントリーしたのみである。'87年のF3000シリーズにエントリーしているのはOX66発展形ともいえる3ℓOX77であるが、詳細な紹介は別の機会に譲りたい(図9, 10参照)。

レース成績からエンジンの評価を下すのは困難であるが、OX66は十分にコンペティティブであったと考えている。

表2 OX66およびOX77のレース結果

'85年	全日本F2シリーズ 8戦中0勝 ポールポジションなし 富士GCシリーズ 4勝中0勝 ポールポジションなし
'86年	全日本F2シリーズ 8戦中3勝 3ポールポジション シリーズ3位 富士GCシリーズ 4戦中3勝 4ポールポジション シリーズ1位
'87年	F3000シリーズ (3ℓ OX77 使用) 後半4戦中3勝 1ポールポジション シリーズ2位 富士GCシリーズ (OX66, 3ℓと混走) 4戦中0勝 ポールポジションなし シリーズ3位

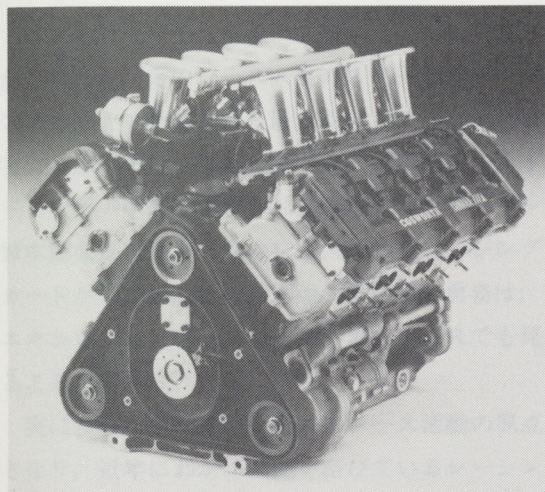


図9

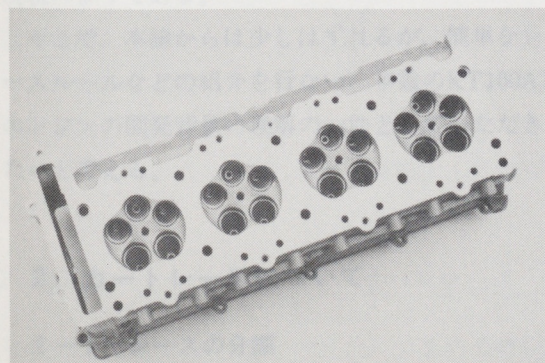


図10

6. 開発過程でのトラブルとその対策

6-1 動弁系

'85年シーズンは全く問題がなかったが、'86年になってバルブスプリング切損が発生するようになった。減速のシフトダウン時のオーバレグが原因である。多数のドライバーによるさまざまな運転パターンに対して、十分なサージングのマーゲンを持つことが必要であった。バルブスプリングの固有振動数を見直し、13000rpmをクリアする仕様に変更して解決した。

6-2 潤滑系

開発初期に、クランク室のオイル回収不良によるロス馬力増大が発生した。スカベンジポンプの容量増大（最終的にプレッシャポンプの約3倍）と吸い口を実車でオイル回収の有利な後部に変更するなどの改良によって改善された。

6-3 コンロッドボルト

'86年シーズンになって、それまで全く起きていなかったコンロッドボルトの切損が発生した。コンロッドボルトの軸力管理は、年シーズン頭初、ボルト伸び量を測定していたが、トルクとボルト伸び量の関係が安定していたため、'85年シーズン途中より整備性に優れたトルク管理に変更した。'85年用に大量に発注したコンロッドボルトのなかにトルクとボルト伸び量の関係が異なるものがあり、ボルト締め過ぎとなっていたのが原因であった。軸力管理をボルト伸び量の測定によって行なうように変更してからは再発していない。

7. 今後の展開

レギュレーションの変更により、OX66は、F2レース参加期間が2年という短命なエンジンに終わった。また、われわれのレースに対する理解が十分でなく、エンジンの一般供給時に不備な点も

あったと思う。しかし、5バルブエンジンとしてのポテンシャルを示せたこと、純レースエンジンを一般ユーザーに供給できたことなどの意義は大きかったと考えている。

OX66の技術は、その発展形ともいえるF3000用OX77エンジンに生かされ、'87年後半より実戦参加して活躍中である。レースを取り巻く環境は多分に政治的であって、これから多岐にわたるが、前向きに進んでいきたい。

8. あとがき

最後に、本エンジンの開発にあたり、ご協力をいただいた社外、社内の多くの方々に深く感謝します。

なお本文は、雑誌「内燃機関」1988年5月号「特集：ヤマハ発動機における各種エンジンの研究開発」に掲載された。

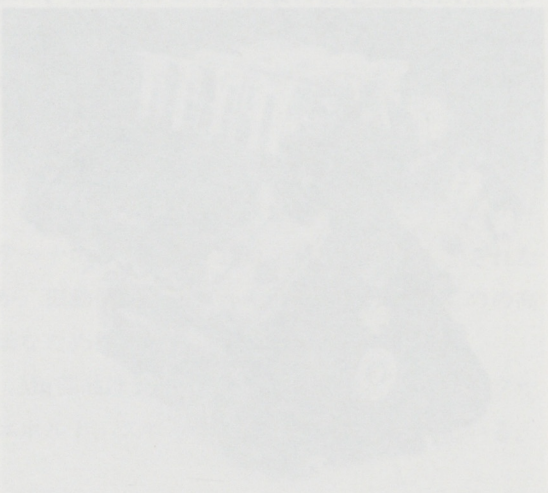


図5. レースエンジン

本エンジンのレースエンジンとしての性能は、図5に示すように、非常に高い。これは、エンジンの構造、特にバルブ機構、ピストンリング機構、クランク機構、カム機構、など、の高度な技術によるものである。OX66は、F3000用エンジンとして、非常に高い性能を発揮している。