

# YAMAHA MOTOR ヤマハ技術会 技報

# TECHNICAL REPORTS

No.13



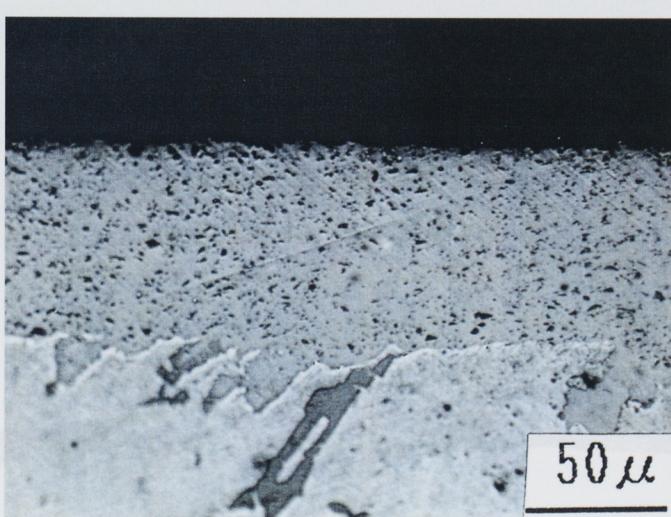
1992-3

## 桜

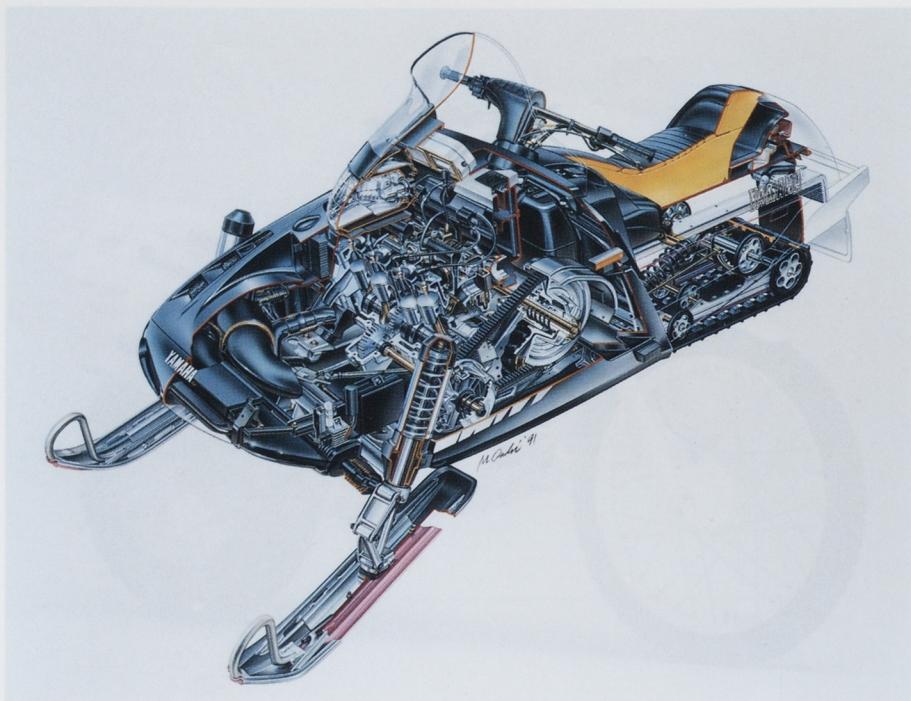
桜はそのほとんどが枝の先端につぼみを持ち、そして花となります。太い幹に直接咲くことはありません。しなやかな枝葉があり、そこに滋養を貯える時期があります。ゆっくり、ゆっくりと温めて最後に花が開く。技術も又長年にわたり研鑽を重ね、その粹を極めたところに人間へ感動を与えるのではないでしょか。



南極点到達 “ウィスパー・ダンサー”  
(36頁の本文参照)



分散めっきの断面組織写真  
(16頁の本文参照)



ハイパフォーマンス スノーモービル VX750  
(27頁の本文参照)



ハイパフォーマンス スノーモービル VX750  
(27頁の本文参照)

## 目次

## 技術論文

1. 2サイクルエンジンの高圧縮比化	本山 雄一 Yuu Matoyama	1
	後藤 亨 Toshiro Gotoh	
2. スクーターの快適乗車姿勢の評価	谷垣 聰 Toshiaki Yamaguchi	10
3. モーターサイクルにおける表面改質	山田 徹 Toshiyuki Yamada	16

## 製品紹介

1. ハイパフォーマンスのスノーモービル V X 750の開発	高田 一良 Katsuaki Takada	1
	福田 和孝 Kazuhiko Fukuda	27
2. O U 70 南極大陸横断計画用モーターサイクルの開発	今岡 亮 Ryo Imaoka	36

今日まで数多くの研究がおこなわれている。しかし、それら研究の多くは2サイクルエンジンに関するものであり、モーターサイクルエンジンについて詳しく述べられた例は少ない。2サイクルエンジンは、ガス交換過程、動作方式の複雑性、还有、燃焼特性が2サイクルエンジンと大別に異なるため、圧縮比が他の機種と比較する際にも誤差が生じるものだ。

## INDEX

### TECHICAL REPORTS

1 . Adoption of High Compression Ratio to 2-Stroke Engine	Y. Motoyama
	T. Gotoh ..... 1
2 . Evaluation of Comfortable Riding Position on Scooter	S. Tanigaki ..... 10
3 . Surface Quality Improvement for Motorcycle Components	T. Yamada ..... 16

### NEW PRODUCTS

1 . Development of High Performance Snowmobile Model VX750	K. Takada
	K. Fukuda ..... 27
2 . Development of Motorcycle Model OU70 for Driving Across Antarctic Continent	R. Imaoka ..... 36

## 2サイクルエンジンの高圧縮比化

Adoption of High Compression Ratio to 2-Stroke Engine

本山 雄\* 後藤 亨\*\*  
Yuu Motoyama Tohru Gotoh

## 要 旨

二輪車用空冷2サイクルエンジンを用いて高圧縮比化による燃費、出力向上効果について調査した。その結果、供試機関においては圧縮比6.6～13.6の範囲では圧縮比を上げるにつれ実用燃費が向上し、その効果は圧縮比1増に対し1～3%程度の向上となることがわかった。ただし、低負荷時には主に機械損失、冷却損失、吹き抜けの増大により、高負荷時には主に時間損失の増大（燃焼の悪化）により理論値ほどの向上は得られなかつた。また、出力も向上するが、圧縮比上限はノック発生と熱負荷増大により制限を受けた。

さらに、実用燃費改善のための高圧縮比適用法として、全負荷時に点火遅角をする方法を試みた。その結果、同法によりノック回避と熱負荷低減は可能であったが、高圧縮比化に伴い極低負荷時に異常燃焼が発生し、圧縮比上限はむしろ後者に依存することが明らかになった。

## 1. ま え が き

燃費及び出力の向上を目的とした高圧縮比化は、ガソリンエンジンの最重要課題のひとつであり、

## Abstract

A test was conducted on a 2-stroke air-cooled motorcycle engine to investigate the effect of increased compression ratios on the improvement of mileage and output. The test revealed that, on the test engine, an increased compression ratio gave a better mileage while varying from 6.6 to 13.6. Exactly speaking, the effect was such that the compression ratio increased by 1 provided a 1 to 3 percent mileage improvement. However, the improvement was not up to the theoretically expected level mainly due to mechanical loss, cooling loss, and blow-by loss increases under a light load and due to time loss increase (deterioration in combustion conditions) under a heavy load. Also improved was the output. There was a limit, however, in the upper compression ratio due to the occurrence of knocking and an increase in thermal loads. Besides the above, as a method to apply the high compression ratio for increased mileage, an attempt was made on the engine to test retarded ignition timing under a full load. The results indicated that the method could prevent knocking and reduce thermal loads and the upper compression ratio limit was dependent on the occurrence of abnormal combustion, under an extremely light load, which resulted from high compression ratios.

今まで数多くの研究がおこなわれている。しかしそれら研究の多くは4サイクルエンジンに関するものであり、2サイクルエンジンについて詳しく検討された例は少ない。2サイクルエンジンは、ガス交換過程、動作ガスの組成・圧力・温度特性が4サイクルエンジンと大巾に異なるため、圧縮比が熱効率に与える影響にも差異が生じるものと

\*, \*\* 技術本部動力研究部

考えられる。そこで著者らは、二輪車用2サイクルエンジンを用い、高圧縮比化による燃費、出力向上効果について調査した。

また、高圧縮比の適用を防げる要因として高速高負荷時のノックと熱負荷に着目し、それに対する対応策についても検討した。

## 2. 高圧縮比化による燃費向上

テストエンジンは、クランク室圧縮シュニューレ掃気式の2サイクル空冷単気筒エンジンで諸元を表1に示す。圧縮比は燃焼室ドーム深さを変更することにより、オリジナルの6.6から13.6まで7段階に変化させた。本報でいう圧縮比とは、排気ポート閉時容積を圧縮前容積として計算する有効圧縮比をさす。

掃気特性計測に際し、給気比及びA/Fは吸入空気量から算出し、給気効率は排気O<sub>2</sub>濃度より求めた<sup>(1)</sup>。燃料は、無鉛レギュラーガソリン(RON 91)を用いた。

テストエンジンを搭載した二輪車でLA-4モードを走行する場合最も使用頻度の高い運転領域は、アイドリングならびにエンジン回転数4000~5000rpm、出力3kW(BMEP 350kpa)以下の領域である。<sup>(2)</sup>そこで4500rpmを代表速度に選び圧縮比を変化させたときの諸特性の変化について調査した。図1

表1 テストエンジン諸元

エンジン形式	2サイクル空冷単気筒
掃気方式	クランク室圧縮シュニューレ掃気
ボア×ストローク	54×50mm
行程容積	114.5cm <sup>3</sup>
圧縮比	6.6(オリジナル) 7.8 8.4, 8.7, 9.5, 11.2, 13.6
排気タイミング	91° A・BTDC
掃気タイミング	122° A・BTDC
キャブレターポート径	φ22
点火方式	CDI
燃焼室	2段半球型

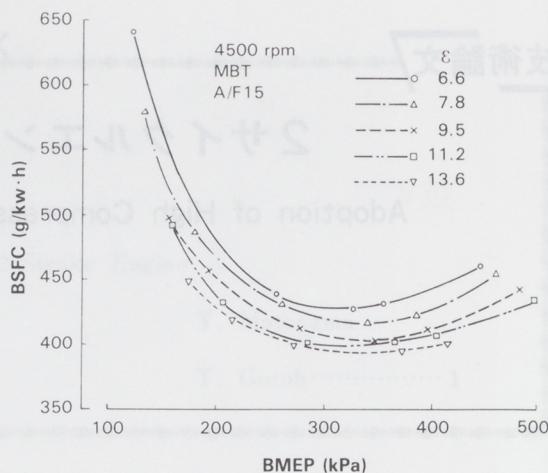


図1 実用回転域の燃費率特性

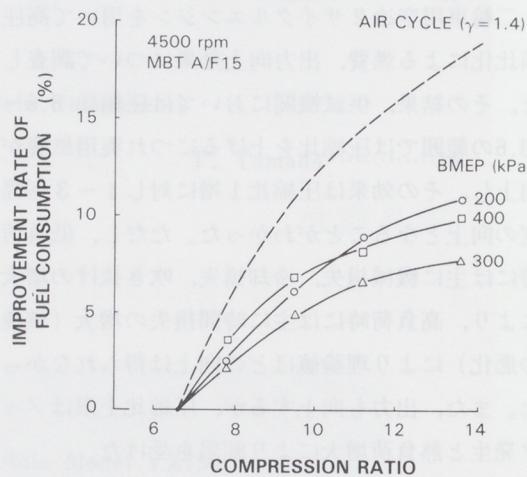


図2 各負荷における燃費向上率

に各圧縮比の燃費率特性を、図2に基準圧縮比6.6に対する燃費向上率を示す。

圧縮比を上げるに従い燃費向上がなされており、その効果は圧縮比1増に対し燃費向上1~3%といった程度である。しかし、いずれの圧縮比、負荷においても理論熱効率(空気サイクル  $k = 1.4$ )から導かれる向上のおよそ半分程度の効果しか得られていないことがわかる。

その原因として主に以下の理由が考えられる。

- (I) 吹き抜け燃料の増大
- (II) 動作ガス比熱比の低下
- (III) 機械損失の増大

(IV) 冷却損失の増大

(V) 時間損失の増大

以下これらについて検討を加えてゆく。

### (I) 吹き抜けの増大

圧縮比変更にともない掃気特性が変化すれば、それはサイクル熱効率の変化と重畳して燃費率に影響を与える。

図3に、給気比と給気効率の関係を示す。圧縮比上昇に伴い給気効率が全域で低下する、すなわち同一燃料を供給したとき吹き抜け燃料が増大する傾向があることがわかる。

同一出力で比較した結果が図4である。概ね

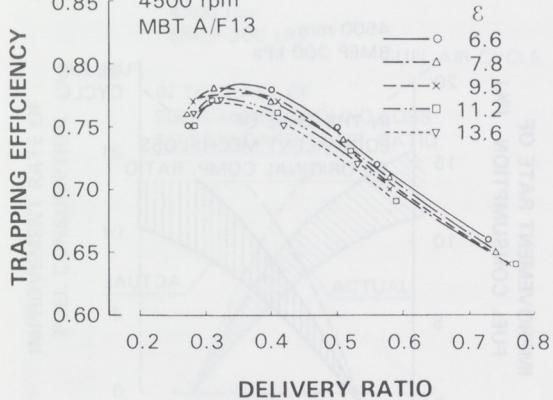


図3 給気比と給気効率の関係

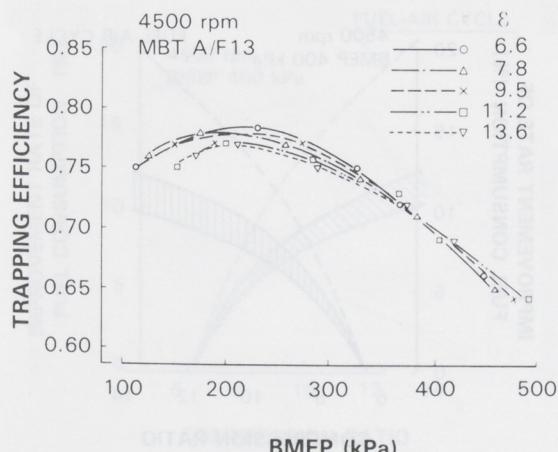


図4 正味平均有効圧と給気効率の関係

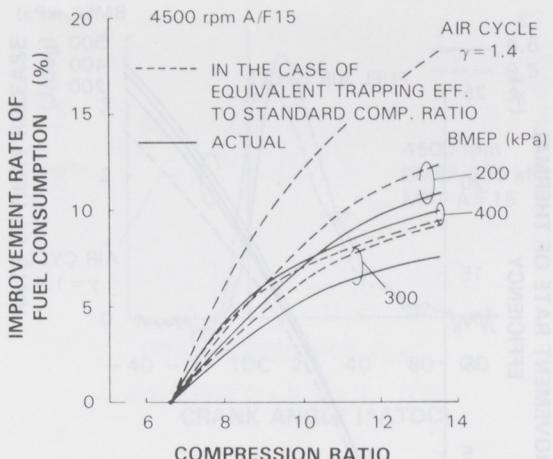


図5 吹き抜けを除外した場合の燃費向上率

BMEP360kpa以上の領域では、圧縮比を上げると給気効率が改善される傾向に変化している。

給気効率が圧縮比によって変化しない（基準圧縮比と同等）としたときの燃費向上率を図5に示す。BMEP400kpaでは高圧縮比化により吹き抜け低減もなされるため、この場合の方が向上率は低くなるが、200,300kpaという実用域においては、吹き抜けの増大により燃費向上効果が低下していることがわかる。たとえば圧縮比12, BMEP 200kpaの点に注目した場合、吹き抜け増大がなければさらに1.4ポイント（9.8%→11.2%）の燃費向上がなされることになる。

### (II) 動作ガス比熱比の低下

圧縮比を上げることにより、動作ガスの温度履歴が変化し、比熱比が変化して熱効率に様々な影響を与えることは、既に多くの報告がなされている。<sup>(3)(4)</sup> 2サイクルエンジンにおいては、圧縮始めの圧力は負荷にかかわらず、ほぼ大気圧近くと一定になることや、残留ガス割合は負荷により大巾に変化するなど、4サイクルエンジンとは著しく異なる圧力、温度挙動を示す。

そこでガスの比熱比を考慮できる燃料空気サイクルの熱効率から、その影響がどの程度のものであるかを調査した。なお、熱効率の算出に当たっ

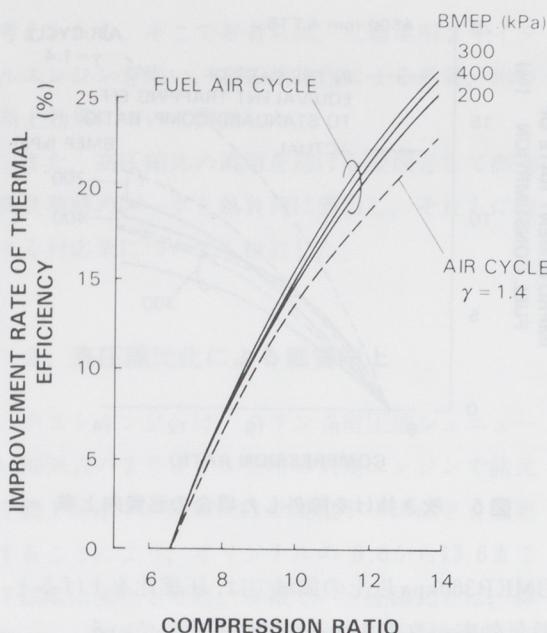


図 6 燃料空気サイクルの熱効率改善比率

て、圧縮始めの圧力温度、組成は実機近くにあわせたが、熱解離は考慮していない。

図 6 に燃料空気サイクル熱効率の、基準圧縮比に対する向上率を示す。理論空気サイクルの場合よりも燃料空気サイクルの方が向上率は多少高く、動作ガス比熱比の変化は高圧縮比効率を低下させず、むしろ燃費改善を促す觀がある。

### (III) 機械損失の増大

機械損失をモータリング法により求めた結果を図 7 に示す。圧縮比と機械損失との関係はほぼ直線的であり、6.6から13.6まで圧縮比を上げると約27%の損失増大となる。なおこの中にクランクケースポンプ仕事は含まれていない。

圧縮比を変えても機械損失が変化しないと仮定したときの燃費向上率を図 8 に示す。機械損失増大による効率低下は大きく、低負荷ほどそれが顕著である。先に注目した圧縮比12、BMEP 200kpa 点でみると、向上率低下は 4.5 ポイントとなっており、吹き抜けのそれを大幅に上回っている。

また、2サイクルエンジンでは、掃気量にほぼ

比例する形でクランク室ポンプ仕事が増減する。従って厳密には異なるが、ポンプ仕事と図示仕事との比率は負荷にかかわらずほぼ一定で、本エン

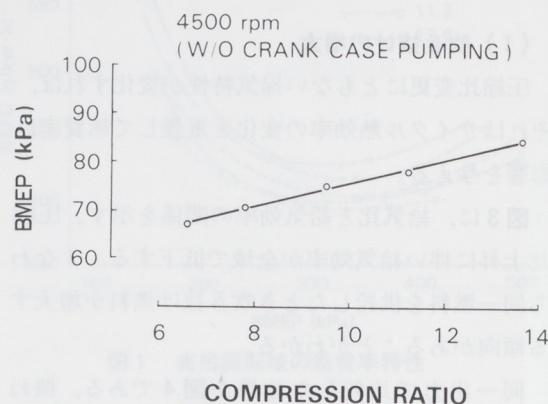


図 7 圧縮比と機械損失の関係

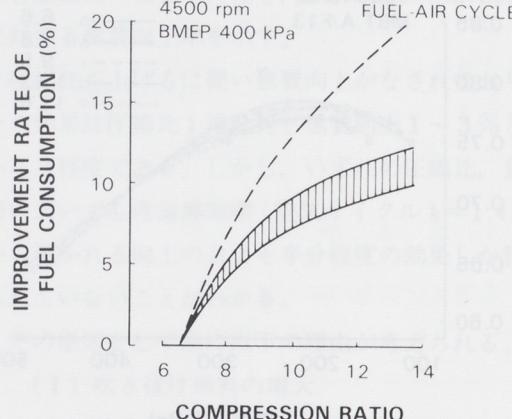
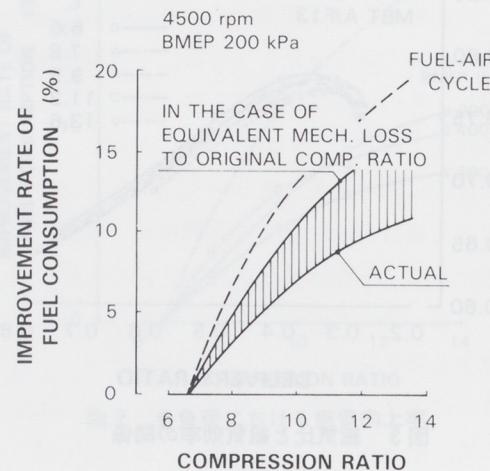


図 8 機械損失増大が生じないとしたときの燃費向上率

ジンの場合でもポンプ仕事による正味熱効率低下は0.009~0.012程度と僅少である。圧縮比を上げると同一負荷では、給気比がさがるためポンプ仕事は減少するが、その影響は極めて小さい。

#### (IV) 冷却損失の増大

サイクルシミュレーションによって求めた冷却損失から、機械損失と同様に、圧縮比によって冷却損失が変化しないと仮定したときの燃費向上率を求めた結果を図9に示す。熱伝達効率はG.Woschniの式を用い<sup>(5)</sup>圧縮、膨張期間についてのみ計算した。ガス交換過程については計算に含まれていないが、その寄与率は低く、圧縮比による変化を見る上では、問題は無いものと考えた。

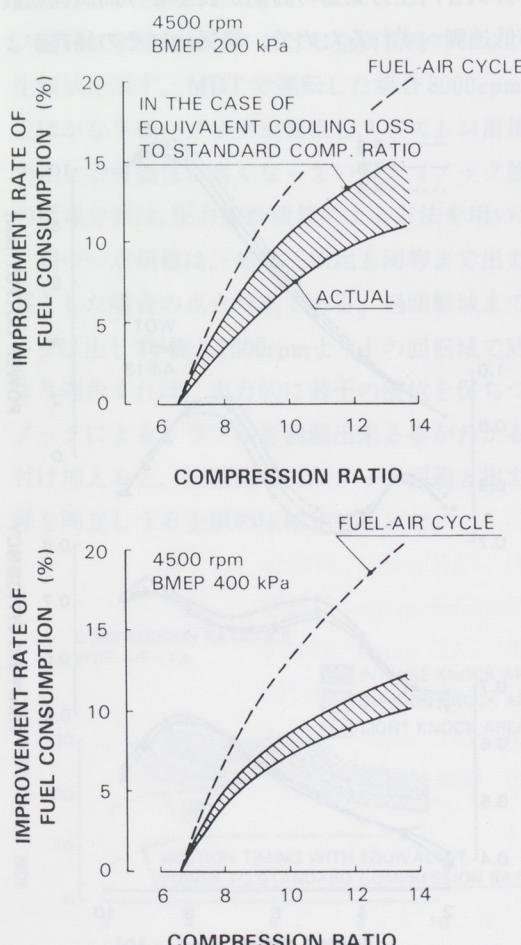


図9 冷却損失増大が生じないとしたときの燃費向上率

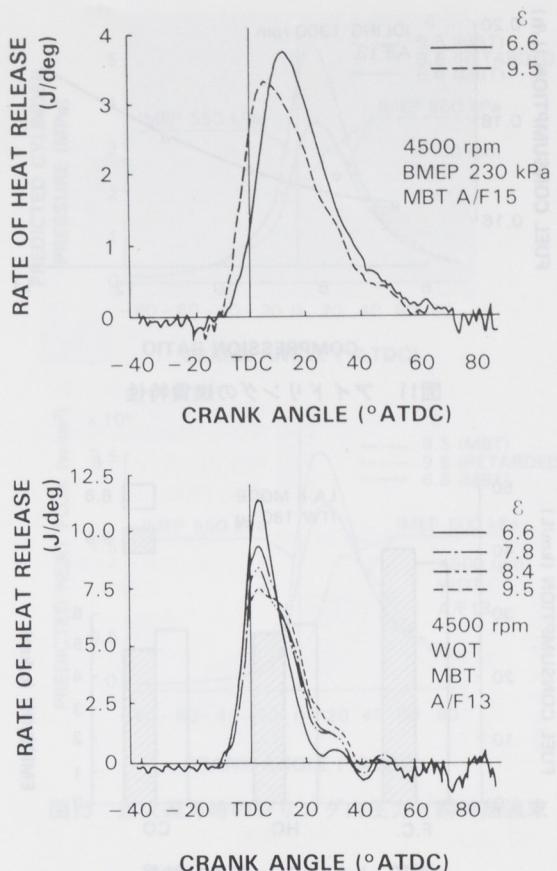


図10 热発生率

機械損失ほどではないが、冷却損失増大も高圧縮比効果を大きく低下させており、負荷が低いほどその割合が大きくなっている。圧縮比12、BMEP 200kpaでの値をみると、冷却損失増大による向上率低下は3.8ポイントである。

#### (V) 時間損失の増大

時間損失の変化を燃焼圧解析により調査した。熱発生率を図10に示す。低負荷では圧縮比が高い方が燃焼期間が短くなっているが、時間損失が低減されていることがわかる。一方高負荷では燃焼期間が圧縮比の上昇につれ長くなっている。これは、高圧縮比化による燃焼室偏平化の影響が現われることが原因と考えられる。さらに、BMEP 300kpa以上では圧縮比10以上でノック回避のための点火

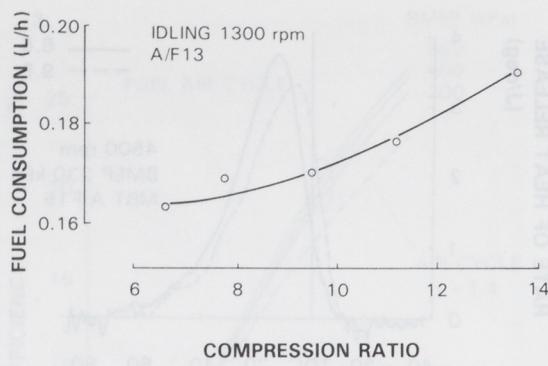


図11 アイドリングの燃費特性

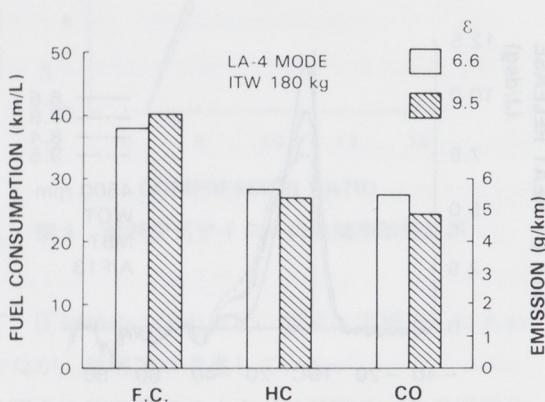


図12 LA-4 モード走行結果

リタードが必要となるため、両者の影響で時間損失が急増し、高圧縮比時の高負荷域における燃費向上率が小さくなるものと推定される。

以上、高圧縮比化による燃費向上効果について考察したが、負荷の極めて低い領域では、機械損失と冷却損失の増大により、圧縮比を上げるほど燃費が悪化することも想定される。

図11にアイドリングにおける燃費特性を示す。圧縮比が高くなるに従い燃費が悪化しており、この領域では明らかに諸損失増大がサイクル熱効率改善を上回っていることがわかる。

ここで、実機でどの程度の改善が得られるかをLA-4 モード走行により評価してみた。ただし圧縮比10以上は中負荷以上でノックの発生が激しく、13.6ではピストン溶損等も発生したことから、圧

縮比を 9.5に定めた。図12がテスト結果である。燃費は基準圧縮比6.6に対し5.7%, HCは、4.1%の低減がなされている。この値は図2に示す4500 rpm BMEP 200kpaにおける燃費向上率とほぼ等価であった。

### 3. 高圧縮比化による出力向上

通常ガソリンエンジンでは、圧縮比上昇に伴ない、過度のノックが生じない限り出力性能は向上する。図13に圧縮比6.6, 7.8, 9.5の時の全負荷出力、掃気特性を示す。圧縮比を上げるに従い全運転域で出力性能は向上するが、最大出力回転数はやや低速側へ移動する。これは排気温の低下により排気管内圧力脈動の周期が長くなり同調回転数が低速側へずれるためで、給気比にその傾向がよ

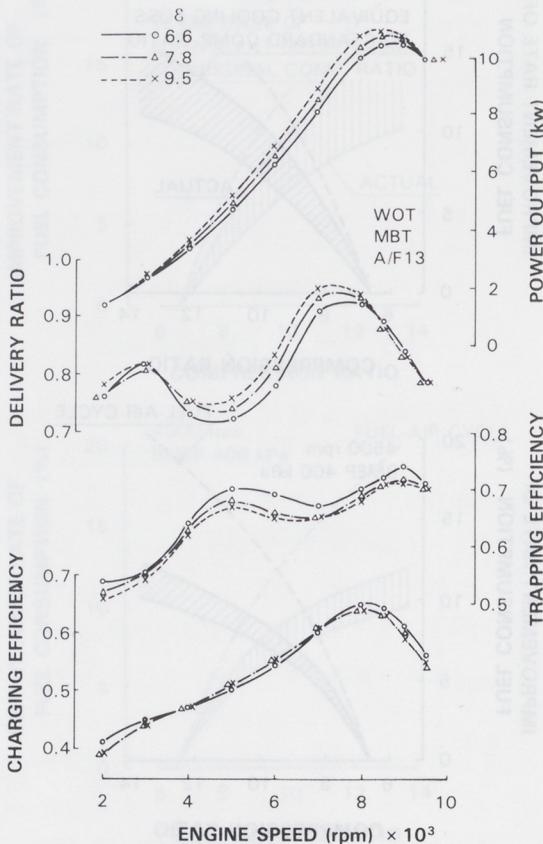


図13 全負荷時出力、掃気特性

く現われている。また、給気効率は全域で低下する傾向を示す。

なお最大出力回転数は排気系寸法の修正により再設定が可能である。

#### 4. 高圧縮比化の阻害要因

出力向上の一方で圧縮比の上昇は、ノックなどの異常燃焼の発生とピストン熱負荷増大という極めて深刻な問題の発生をもたらす。これらを解決するために燃焼室容積を可変化し、実用域では高圧縮比を保ち高速高負荷域では、適宜下げるという手法もいくつか報告されている。<sup>(6)(7)</sup> 本報では点火遅角という手法を用い、それらの問題解決が可能かどうかを検討した。

図14に圧縮比9.5における全負荷時のノック発生領域を示す。MBTで運転した場合8000rpm以上はかなり強いノックが発生し、ピストン溶損等の生じる可能性が高くなっている。(ノック強度の領域分類は、圧力振動積算による方法を用いた。<sup>(8)</sup>)

図中一点鎖線は、基準圧縮比と同等まで出力を落とした場合の点火時期である。過回転域までノックは生じず、概ね7000rpmより上の回転域でMBTより遅角すれば、出力的に若干の優位を保ちつつノックによるトラブルを回避出来る事がわかる。付け加えると、圧縮比9.5はノック回避と出力確保を両立しうる上限の圧縮比であった。

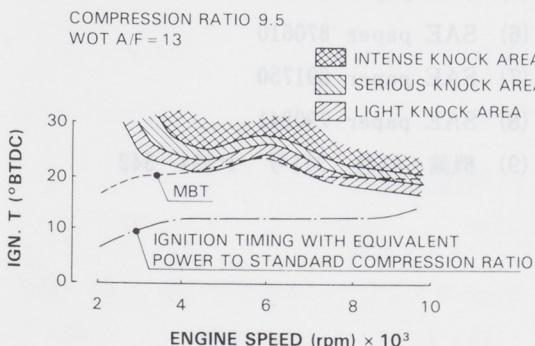


図14 ノック発生領域

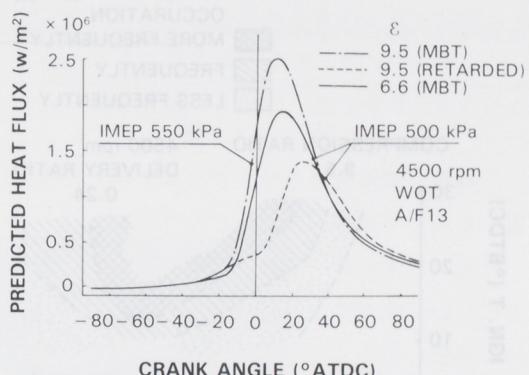
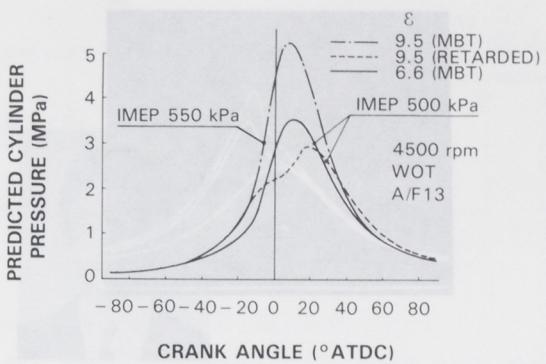


図15 点火遅角時のシリンダ内圧力と瞬時熱流束

次にこの場合の熱負荷について検討した。図15にシミュレーションにより算出した筒内圧力と瞬時熱流束を示す。同一出力を得る場合、圧縮比を上げて点火を遅角させた方がむしろ熱流束が低く、熱的に有利になっていることがわかる。エンジンテストにおいても、プラグ座温は高圧縮比等馬力遅角の方が低く、本手法は熱負荷の面でも有効であることが確認された。

以上高速高負荷時の問題対策手法を述べたが、圧縮比9.5では実走行において中・高速極低負荷域で強い衝撃を伴なう燃焼が発生する事がわかった。不整燃焼領域内で発生するこの燃焼は、低負荷ノックあるいは高速低給気比ノックと呼ばれ、発生機構は、高負荷時ノックと同じという報告がある。<sup>(9)</sup>

図16に指圧線図、図17にA/Fと点火時期に対する発生領域を示す。点火時期に対する依存性が低いため高負荷ノックとの類似性には多少疑問があるが、堆積物除去の効果はほとんどなく表面着火

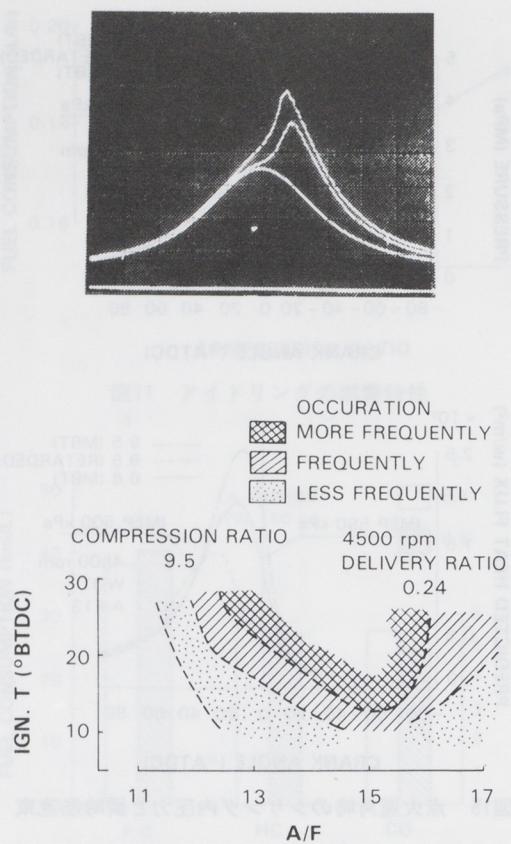


図17 低負荷ノック発生領域

でないことは明らかである。著者らは圧縮自着火燃焼の一種と考えている。

対策法として、高オクタンガソリンの使用と冷却の向上が効果的であった。また、使用ガソリンを変更せずエンジンを水冷化しない場合、乗車感覚上の許容上限圧縮比は8.4程度、水冷化をした場合は8.7程度であった。

## 5. まとめ

二輪車用空冷2サイクルエンジンにおける高圧縮比化の可能性を調査した。結果を要約すると次の通りである。

(1) 高圧縮比化により実用燃費は向上する。ただし、諸損失の増大により理論通りの向上は得ら

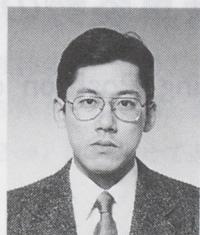
れず、アイドリングなどの極低負荷域では、それらがサイクル熱効率の向上を上回り燃費が悪化する場合もある。

- (2) 諸損失増大の内訳として、低負荷時は機械損失、冷却損失及び吹き抜けの増大があげられる。高負荷時には前二者の影響は小さくなり吹き抜けの影響もなくなる一方で時間損失の増大が生じる。動作ガス比熱比の影響は、むしろ改善の方向に作用する。
- (3) 高低圧縮比化により出力性能は向上する。ただし、ノック発生と熱負荷の増大により、圧縮比上限は制限される。
- (4) 高圧縮比適用のひとつとして、低圧縮比MBT出力まで点火遅角を行うことは、ノック及び高熱負荷回避の面で有効である。しかし、本手法によって定まる上限圧縮比では、極低負荷域にて対策が困難な異常燃焼が発生するため、適用可能な圧縮比はさらに低いものとなる。

## 〔参考文献〕

- (1) SAE paper 750908
- (2) SAE paper 850183
- (3) 内燃機関 21巻 265号 P 85~96
- (4) SAE paper 870548
- (5) SAE paper 670931
- (6) SAE paper 870610
- (7) SAE paper 891750
- (8) SAE paper 790841
- (9) 機論 41巻 341号 P 334~342

## ■著者■



本山 雄



後藤 亨

## 技術論文

## スクーターの快適乗車姿勢の評価

## Evaluation of Comfortable Riding Position on Scooter

谷垣 聰\*  
Satoshi Tanigaki

## 要 旨

二輪車の乗車姿勢をライダーはどのような点に重点を置いて評価しているだろうか。

今回、スクーターを用いて静止状態で官能評価を行ない、快適乗車姿勢の要因を多変量解析を用いて分析した。

その結果、乗車姿勢の評価をする時に影響の大きい項目として、脚のゆとりと腕のゆとりの二項目があげられた。又、身長が高くなると脚のゆとりがなくなることや、座る位置が前方に移動すると脚のゆとりがなくなり、後方に移動すると腕のゆとりがなくなるよう、今まで感覚的にわかつていたことを定量的に捉えることができた。

又、この後、本結果をもとに、腕や脚の寸法・角度と感覚量との対応をとり、最終的に設計標準とした。なお、今回のテストは第3開発部と共同で実施した。

## 1. は じ め に

二輪車の乗車姿勢の評価は、人間の要因にたいへん大きく影響を受けている。そこで、二輪車のライダーはどういう点にウエイトを置いて乗車姿勢を評価しているかを官能検査によって調べたの

## Abstract

On what points do riders evaluate their riding position on motorcycles?

Using a scooter in a static condition, functional evaluation is conducted for the evaluation, and factors for comfortable riding positions are analyzed through multivariate analysis.

In result, play of legs and arms are found out to be major factors which can influence the evaluation of riding position. In addition, we can quantify what has been sensorially understood; that legs' play is reduced as a rider is taller, that legs' play is confined as a rider sits forward, and that arms' play is reduced on the contrary as a rider moves backward on a seat. Based on the evaluation result, designing standards are established by coordinating relation among dimensions and angle of legs and arms, and feeling. The test is conducted in cooperation with the No.3 Development Department.

で報告する。

## 2. 実験概要

## 2.1 テスト車両

テスト車両として、乗車姿勢の異なる排気量50cc-125ccまでのスクーター(市販車)6台を選んだ。また、その中の一台に対して、座る位置を前と後

\* 技術本部ヒューマノニクス研究室

に移動させたものを評価に加え、合計8台とした。

## 2.2 パネル

パネルとして、日常よくスグーテーに乗っている人を選んだ。男性10名、女性10名の合計20名とした。パネルは男性、女性各5%タイル、50%タイル、95%タイルの身長（±2cm）に合わせて選んだ。（表1）

## 2.3 評価方法

(1) 今回は、静止状態でまたがって評価した。車両の固定はメインスタンドは使用せず車両後部を別の人気が支えた。（図1）

表1 パネルの身長

	男性	女性
5%タイル	158cm	149cm
50%タイル	169cm	157cm
95%タイル	179cm	166cm

(2) 7段階の評点法で絶対評価した。

(3) 評価シートを図2に示す。評価項目として9項目を選定し、総合評価を含め全部で10項目とした。車両の評価順序はランダムで実施した。また、実験を始める前に一通り全ての車にまたがりウォーミングアップをした。



図1 テスト風景

1. 腕が楽	<input type="checkbox"/>	窮屈	7. シート 座り心地良い	<input type="checkbox"/>	悪い
2. 手首が楽	<input type="checkbox"/>	窮屈	8. 膝が楽	<input type="checkbox"/>	窮屈
3. 背筋が楽	<input type="checkbox"/>	窮屈	9. 膝前方 ゆとり有り	<input type="checkbox"/>	無し
4. 足元の ゆとり有り	<input type="checkbox"/>	無し	10. 総合評価 良い	<input type="checkbox"/>	悪い
5. 脚が 伸ばし易い	<input type="checkbox"/>	伸ばし にくい	その他 コメント		
6. 足首が楽	<input type="checkbox"/>	窮屈			

図2 評価シート

### 3. 結果と考察

#### 3.1 主成分分析

7点法による評価データを主成分分析した。相関係数行列、固有値、因子負荷量を表2、表3に示す。また、因子負荷量のグラフを図3に示す。

表2 相関係数行列

	1	2	3	4	5	6
1 腕	1.000	0.707 *	0.571	0.074	0.038	0.051
2 手首	0.707 *	1.000	0.522	0.230	0.202	0.276
3 背中	0.571	0.522	1.000	0.126	0.129	0.204
4 足元	0.074	0.230	0.126	1.000	0.794 *	0.685 *
5 脚伸	0.038	0.202	0.129	0.794 *	1.000	0.809 **
6 足首	0.051	0.276	0.204	0.685 *	0.809 **	1.000
7 シート	0.187	0.202	0.284	0.337	0.332	0.307
8 膝	0.224	0.321	0.204	0.653 *	0.567	0.545
9 膝前隙間	0.061	0.197	0.161	0.544	0.433	0.408
10 総合評価	0.507	0.485	0.524	0.393	0.373	0.407
	7	8	9	10		
1 腕	0.187	0.224	0.061	0.507		
2 手首	0.202	0.321	0.197	0.485		
3 背中	0.284	0.204	0.161	0.524		
4 足元	0.337	0.653 *	0.544	0.393		
5 脚伸	0.332	0.567	0.433	0.373		
6 足首	0.307	0.545	0.408	0.407		
7 シート	1.000	0.211	0.344	0.483		
8 膝	0.211	1.000	0.709 *	0.526		
9 膝前隙間	0.344	0.709 *	1.000	0.471		
10 総合評価	0.483	0.526	0.471	1.000		

表3 固有値と因子負荷量

NO	固有値	寄与率 累積寄与率		
		主成分1	主成分2	主成分3
1	4.470	0.447	0.447	
2	2.071	0.207	0.654	
3	0.883	0.088	0.742	
4	0.826	0.083	0.825	
				主成分4
1 腕	0.437	0.775	-0.183	0.017
2 手首	0.569	0.601	-0.306	-0.037
3 背中	0.495	0.630	0.051	-0.130
4 足元	0.781	-0.419	-0.123	-0.093
5 脚伸	0.758	-0.444	-0.161	-0.322
6 足首	0.753	-0.355	-0.190	-0.347
7 シート	0.534	0.065	0.747	-0.268
8 膝	0.788	-0.208	-0.157	0.429
9 膝前隙間	0.686	-0.255	0.202	0.554
10 総合評価	0.763	0.318	0.230	0.107

\*\*\* \* &lt;因子負荷量の2次元表示&gt; \*\*\* \*

第2主成分



図3 評価用語の布置図

## 3.2 因子分析

(1) 軸の説明をしやすくするために上位 2 因子を選び因子分析を行いバリマックス回転を行った。その結果を図 4 に示す。第 2 因子までの累積寄与率は 58% であった。共通因子軸の名称は次のように名付けた。

第一因子……………脚のゆとり  
第二因子……………腕のゆとり

解 法 : SMC-主因子法 (反復)  
因 子 数 : 2 を指定

〔主因子法〕〔バリマックス回転〕  
反復回数 : 2424 |  
収束精度 :  $10^{-5}$   $10^{-5}$

【回転後の因子負荷量と共通性】

	因子負荷量		共通性 A · A <sup>t</sup>
	因子 1	因子 2	
腕	-0.0296	0.87113	0.75974
手 首	0.17928	0.73722	0.57564
背 中	0.11365	0.68596	0.48346
足 元	0.86922	0.06997	0.76044
脚 伸	0.86047	0.03606	0.74170
足 首	0.78411	0.11075	0.62709
シ ート	0.36709	0.28258	0.21461
膝	0.72521	0.25283	0.58986
膝前隙間	0.63359	0.16466	0.42856
総合評価	0.46403	0.63260	0.61551
寄 与 量	3.43420	2.36260	5.79667
寄 与 率	59.2%	40.8%	100.0%
変動割合	34.3%	23.6%	58.0%

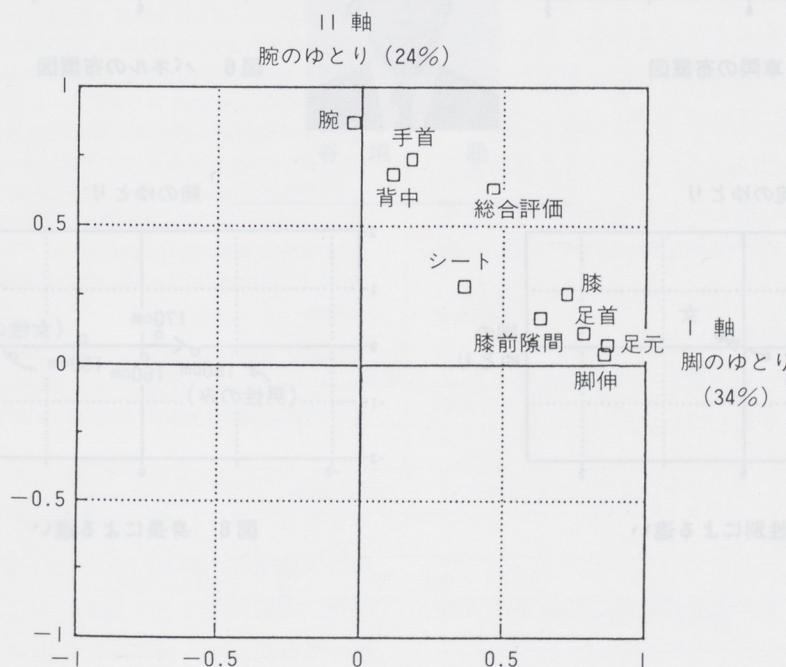


図 4 評価用語の布置図 (バリマックス回転後)

(2) 因子得点による車両及びパネルの布置図を図5, 図6に示す。なお、各点は因子得点の平均値である。図5において、C, E, Fの車両はホイールベースが比較的長く、大きめな車である。一方、A, B, Dの車両はホイールベースが比較的短く、小さめな車となっている。図6において第一象限のパネルは評価が甘く良い点数をつける傾向があり、第3象限のパネルは逆に評価が辛く悪い点数をつける傾向がある。

(3) 座る位置（シート前後位置）による影響を図5に示す。前方に座ると脚のゆとりがなくなる傾向がある。後方に座ると腕のゆとりがなくな

る傾向がある。座る位置が前後に50mm移動するだけでかなり大きな影響があり、座る位置は乗車姿勢の評価に大きな影響を与えていることがわかる。

(4) 身長による影響を図7に示す。身長が150cm, 160cm, 170cm, 180cmと高くなるにつれて脚のゆとりが無くなる傾向があることがわかる。

(5) 性別による違いを図8に示す。男性は女性に比べて脚のゆとりが無いと評価する傾向がある。これは平均身長が男性の方が高いことも影響していると考えられる。

腕のゆとり

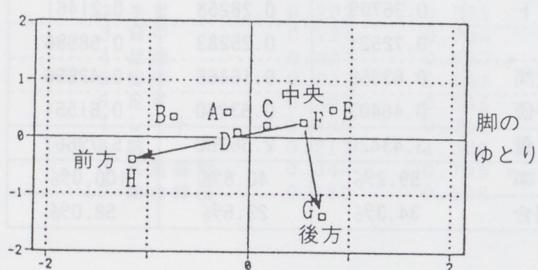


図5 車両の布置図

腕のゆとり

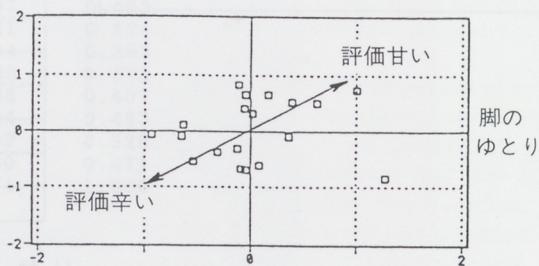


図6 パネルの布置図

腕のゆとり

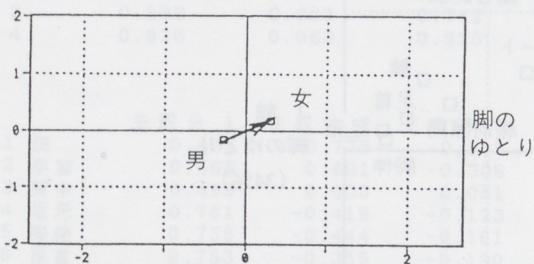


図7 性別による違い

腕のゆとり

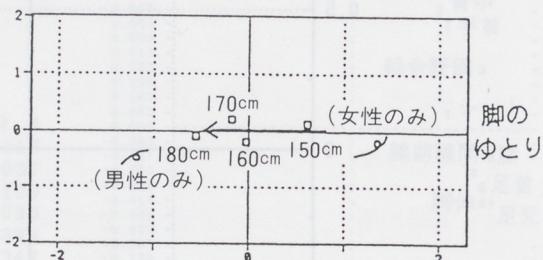


図8 身長による違い

## 4. まとめ

今回、市販車のスクーター8台で身長の異なる男女20名の一般のライダーを対象に快適な乗車姿勢を静止状態で評価した。その結果、乗車姿勢の評価をする時に影響の大きい項目として、

脚のゆとり

腕のゆとり

の二項目があげられ、これだけで全体の58%を説明できることがわかった。また、身長が高くなると脚のゆとりがなくなる傾向があることや、座る

位置が前方に移動すると脚のゆとりがなくなり後方へ移動すると、腕のゆとりがなくなることを定量的に捉えることができた。

なお、今回の結果は、静止状態での評価であったので実際に走行すれば、評価に多少差がでてくると考えられる。

## 〔参考文献〕

- (1) 第19回官能検査シンポジウム発表報文集
- (2) 第20回官能検査シンポジウム発表報文集
- (3) 図説エルゴノミクス、日本規格協会、1990

## ■著者■



谷垣聰

## 技術論文

## モーターサイクルにおける表面改質

## Surface Quality Improvement for Motorcycle Components

山田 徹  
Toru Yamada

## 要 旨

モーターサイクルにおける材料構成比を概観すると、鉄鋼材料が約49%あるもののアルミ材料が約33%以上と軽金属が多いのが特徴である。加えて搭載するエンジン出力は、約150~200Ph/lと極めて高いため、要求される表面改質も面圧、速度、耐熱、潤滑などの点で他と異なる厳しいものがある。

まずフレーム系をみると、主にアルミ材料となる為陽極酸化を用いるが、外観商品性から色調が明るく均一であることが望まれる。が、加工によって起きる母材欠陥への対応が必要である。又クッションの一部にはMMCも用いているので紹介する。エンジン系では、モーターサイクル特有の高性能用表面改質、例えばピストン用潤滑アルマイト、シリンダー用特殊磷酸Mn処理やNi-P-Sic分散めっき、又リングやTiコンロッドへのPVD(TiN)、ギヤへの電解浸硫等が用いられている。

最後に材料の動向を予測しつつ今後必要となる表面改質について言及したい。

## 1. は じ め に

モーターサイクルの生産台数は、1981年の741

## Abstract

Apart from steel which accounts for about 49% of the material of motorcycles, material component ratio of motorcycle is featured by light metals which account for a considerable part, particularly aluminum (about 33% or more). Besides, since the output of an engine to be mounted is extremely high (about 150 to 200ph/l), stricter surface reforming is required in terms of pressure, speed, heat resistance, lubrication, and so on.

Since a frame system is mainly composed of aluminum materials, anodic oxidation is employed for the system.

However, the color tone is required to be light and homogeneous for good visual merchantability. Countermeasures should be taken against defects which may be caused to base metals during processing. MMC, which is used for a part of cushion, is introduced for reference. Surface reforming for high performance which is particular to motorcycles is applied to an engine system: lubrication Alumite for piston, special phosphate Mn treatment and Ni-P-Sic dispersion plating for cylinders, PVD (TiN) for rings and Ti connection rods, and electro sulfurizing for gears.

Finally, taking into account the future trend of materials, the author would like to refer to the surface reforming which will be required in the future.

万台をピークとして、以後国内需要の低迷および海外現地生産の拡大、さらに先進国における安全問題、環境問題などが発生したことにより減少し続けてきた。が、1999年には前年比やや戻して約281万台の生産量であった。この中味を排気量別

\* 技術本部要素研究部

にみると50cc以下が約50%, 50~250cc級が約35%, 251cc以上が約16%となっている<sup>(1)</sup>。モーターサイクルにおける材料、表面改質の典型的な特徴は、この中で250cc以上のスポーツ車と呼ばれるカテゴリーの車種に端的に垣間見れるので、本論文ではこの車種を中心として論を進めていきたい。

さてモーターサイクルの表面改質を論ずる上で、前提条件として3つの観点を考慮にいれておきたい。すなわち、その材料構成比、使用条件、外観商品性の3点である。第一に材料構成比であるが、図1に代表的な輸送機器の材料構成比を示す<sup>(2)</sup>。自動車は約80%が鉄鋼材料、約4.5%がアルミで構成されているが、航空機は自動車の鉄鋼材料分の約80%がアルミ材料に置換されているのに対し、モーターサイクルではその中間の約33%がアルミ材料である。これはある意味で、軽量化に対する要求度のパロメーターとも言え、同時にモーターサイクルにおいては、表面改質を考える上で、後の外観商品性の観点も加えると、容積比で最大となるアルミ材料の重要性が極めて高いことをも示している。第二に考えなければならないことは、使用環境条件である。とりわけ構造体として考えた場合、振動発生源としてのエンジンの性能が大きな影響を与える。つまり、モーターサイクルのエンジン性能は、平均すると約150~200馬力/ $\ell$ と自動車の約2倍以上あるため振動応力、熱負荷、面圧、速度、潤滑などすべての面で負荷が増

大している。したがって、従来の材料、表面改質だけでは不十分な場合があり、新材料、新表面改質を使用または開発を行ってエンジン性能向上に対応している。第三者は、ユーザーの約80%が30才以下と若いこともあってデザイン、色彩、ファッション性なども含めた外観商品性に対して厳しい要求があり、材料、表面改質は、構造用として機能を満足した上でこの外観商品性も満足しなければならない。特に既述したアルミ材料は外観に出ていたため、その色彩、色調について材料成分、加工特性まで制御して対処しなければならない場合がある。以上表面改質を考える前提条件として3つの観点を述べたが、これらが部品にどのように具現化しているかをフレーム系とエンジン系にわけて示し、最後に表面改質に対する課題と要望を材料動向を踏まえながら論じてみたい。

## 2. フレーム系の表面改質

### 2.1 フレーム

図2にフレームの表面処理を示すが、素材から鋼管またはアルミフレームに分類され、スポーツモデルでは、後者のほうが主流である。前者では、一般的に塗装が用いられるが、一部の機種にスズコバルト合金めっき (Tin-Co, TCめっき<sup>®</sup>) が採用されているのが特徴的である。カバーリングが良いため複雑なフレームに適し、皮膜特性と

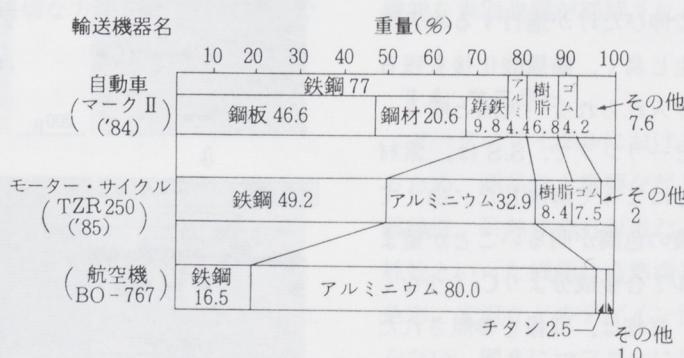


図1 各種輸送機器の材料構成比

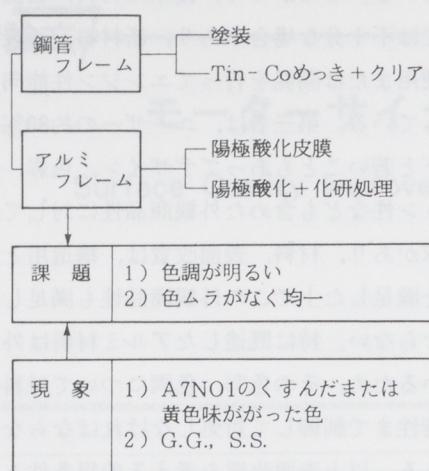


図2 フレームの表面処理と課題

して装飾性、耐蝕性に優れている。一方アルミフレームは1983年に一般車に展開されて以来<sup>(3)</sup> 軽いアルミのイメージを保つため陽極酸化皮膜を採用している。このとき、素材の加工特性により陽極酸化皮膜の色彩、色調の均一性に問題が生じている。すなわち、溶接構造用三元アルミ合金A7N01FDT6からなる部品を熱間鍛造にて製造する際、加工歪と加熱により表層部にグレイン・グロース(Grain Growth, G.G. 結晶粒径が異常に粗大化する現象)を生じ、陽極酸化を施すと結晶粒界がさらに浮かび上がって蛇皮のような模様を呈し、外観商品性を著しく損ねた例がある。またアルミ板材A5083P-0材をプレス成形するとストレッチャーストレイン(Stretcher Strain, S.S. 塑性領域の直後に一定応力で伸びだけが進行する為表面に皺となる現象)が生じ易く、陽極酸化後も残るため、ユーザには受け入れられない欠陥と映る。G.G.は、素材丸棒のピーリングで、S.S.は、素材板に予歪を加えることによって解決した。加えてA7N01の陽極酸化皮膜の色調が明るいことが望まれたため、従来のアルミ合金成分よりCrを少なくすることで達成した。詳細は、別報を参照されたい<sup>(2)(3)</sup> このように、通常は、外観商品性と表面改質は、同義語の場合が多いが、アルミ材料の場合、

材料の成分や加工特性が陽極酸化皮膜を介して顕著に外観商品性を支配する例である。

## 2.2 リアクション

同部品は、メカニカルなスプリングに加えて油圧と加圧ガスを利用して後輪が受ける荷重を吸収している<sup>(4)</sup> 後輪に荷重が加わる度にオイル室を形成するシリンダーチューブ(アルミ材料A7N01、硬質アルマイト10μ)の内面をピストン(鉄系焼結品)がしゃう動するのだが、厳しい使い方をすると、硬質アルマイトが摩耗しクッション性能を低下させる場合があった。シリンダーチューブ材には上記耐摩耗性の他に、耐圧性、低熱膨張係数、しゃう動特性、熱放散性、軽量、加工性などの要求機能があり、これらを出来る限り満足させるためにSiC粒子分散型複合材料(Metal Matrix Composite, MMC)を採用した<sup>(5)</sup> その組織写真を図3

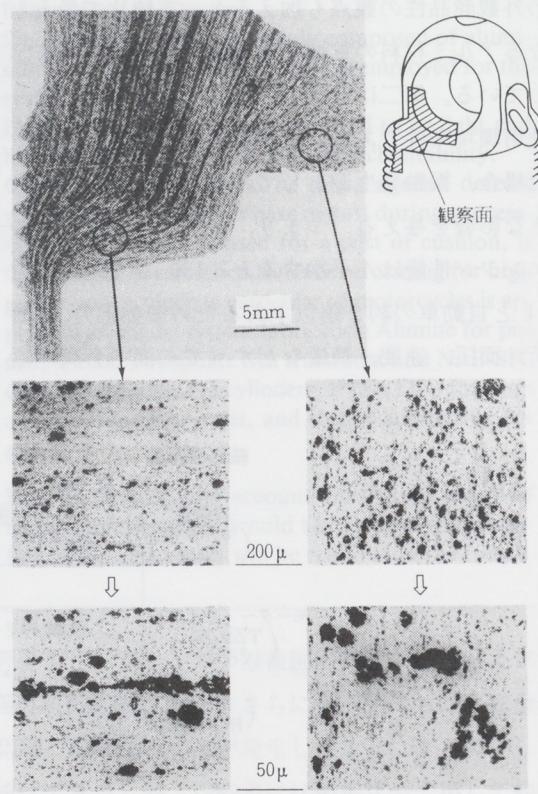


図3 SiC粒子分散型MMCの金属組織

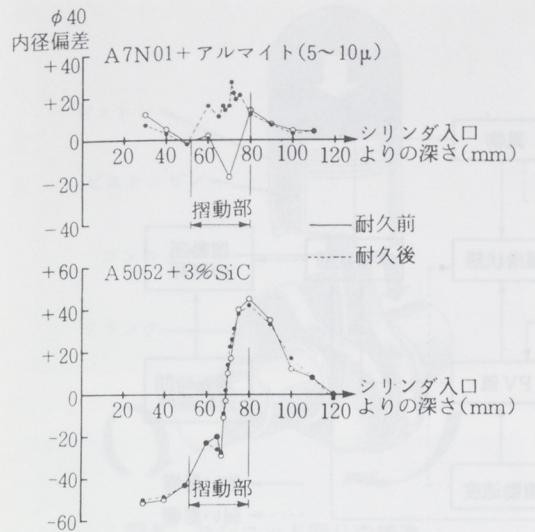


図4 従来材とMMCの摩耗量比較

に示すが、アルミ母材A5052に約20~30 $\mu$ のSiC粒子をV<sub>f</sub>(体積%)で3%添加したものである。要求機能からすると、SiCのV<sub>f</sub>は、多いほうが良いが、後方押し出しによる冷間鍛造を用いるため加工性を考慮してV<sub>f</sub>を決定した。従来材とMMCのシミュレーション耐久試験での摩耗量の比較結果を図4に示す。摩耗に関しては従来材が約40 $\mu$ 摩耗したのに対しMMCは全く摩耗が生じなかった。したがって、最終的には、摩擦熱の発生やオイル粘性の低下などが防がれクッション性能が向上した。このように、クッションに関する材料または表面改質には、高機能が要求されることが多い。本来、このケースは、アルミ材料の表面改質で行うべきところであったが、適切な方法がなく材料置換を行った例である。

白クロム (4層)	0.15 $\mu$ Cr
	10 $\mu$ 光沢Ni
	1 $\mu$ ストライクNi
	10 $\mu$ 半光沢Ni
黒クロム (5層)	白クロム+黒クロム (最外層1 $\mu$ )
サチライト ニッケル (3層)	0.15 $\mu$ Cr
	5 $\mu$ サチライトNi
	10 $\mu$ 半光沢Ni

#### 評価

	耐熱性	耐摩耗	耐蝕	カバーリング
白クロム	○	○	○	△
黒クロム	○	○	△	×
サチライトNi	◎	○	◎	△

図6 マフラーの表面処理と評価

### 2.3 フロントサスペンション

望遠鏡の鏡胴のようにインナーチューブとアウターチューブが嵌め合わされてしゅう動し、その内部にはスプリングとオイルが組み込まれて、前輪が受けた荷重を両者で吸収する。インナーチューブ(炭素鋼管)の表面はしゅう動するため硬質Crめっき(下地Niめっき)を施し耐蝕性と外観商品を同時に満足し、一方アウターチューブ(アルミ合金鋳物AC2BまたはAC4D-T6)内面は、バニッシュ加工を行ってしゅう動性の向上を計っている。加えてインナーチューブの先端とアウターチューブの入口にDUメタル®(裏金に青銅粉末を多孔質に焼結しPTFEとPbの混合物を含浸させた軸受材料)を埋め込んでいる。組織写真を図5に示す。2.2と同様に極めてしゅう動特性の良い高機能な表面改質が期待される。

### 2.4 マフラー

モーターサイクルにおけるマフラーは外観に出るため、商品性上重要な部品である。したがって耐蝕性、耐熱性や石が当たったりしたときの耐摩耗性といった機能は当然満足したうえで、形状、色彩、光沢などのデザイン性を考慮しなければならない。図6にマフラーに用いる表面処理とその定性的比較を示す。いずれも耐熱性の要求からト



図5 DU® メタルの断面組織

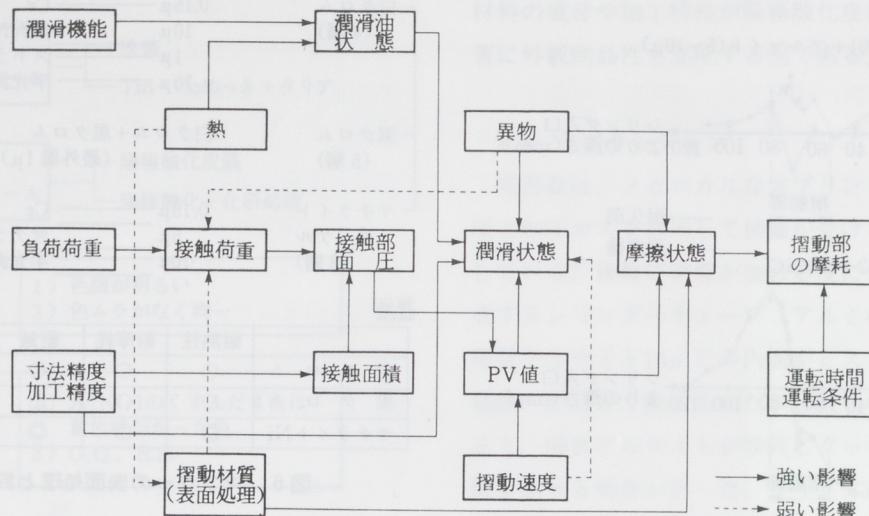


図7 内燃機関の摺動メカニズム

ップコートはCrめっきで、また耐蝕性をより高めるため白クロム、黒クロム共下地は三層Ni（トリニッケル）を用いている。これは、ニッケル中のS量を母材に近い層ほど多くすることによって鋼板より電気化学的に卑にもっていき、耐蝕性を向上させている。またニッケル浴中に微粒子を添加懸濁させてめっきすることによりサテン（梨地）仕上げができるサチライトニッケルめっきも用いている。このトリニッケルCrめっきやサチライトNiめっきを用いているのがモーターサイクルの特徴であるが、課題としては高温に晒されても変色しないCrめっきの開発であろう。

### 3. エンジン系の表面改質

2サイクルエンジンと4サイクルエンジンがあり、前者は、クランクが1回転（ピストン1往復、2ストローク）する間に1サイクル完了し、後者は、2回転（ピストン2往復、4ストローク）で1サイクル完了するので、それぞれ正式には、「2ストローク1サイクル」「4ストローク1サイクル」エンジンという。2サイクルエンジンは、構造簡便、小型軽量、安価、高出力、燃料消費大、熱負

荷大という特徴を持ち、比較的小さい(500cc以下)機種に用いられ、一方4サイクルエンジンは、構造複雑、高コスト、重量大、燃料消費小、熱負荷小であり、あらゆる機種(50~1300cc)に使用される。

一般に、エンジン特に内燃機関の内部部品のしゅう動メカニズムを図7に簡略に示す。基本的には、約1073~1273Kという燃焼ガスによる熱源があり、そのエネルギーにより0~約20m/secの可変速度で常に変動荷重を受けている。それにしゅう動材質（表面改質）と潤滑が付加され、これらのすべての要因が複雑に絡み合ってしゅう動しているのが、エンジン内部の部品であり、なかなか解析が困難なのが現状である。

これらの要因からすると、熱的負荷が大きく、潤滑が不十分な2サイクルは、より厳しいしゅう動状態となるため、逆に材質、表面改質が進歩発達した。これらを順次部品で見ていきたい。

### 3.1 ギヤ

通常, SCM415(オフロード), SCM420(オンロード)の浸炭焼入れ焼戻し材を用いるが, 年々の性能向上に伴いギヤに対する負荷荷重, 衝撃荷重

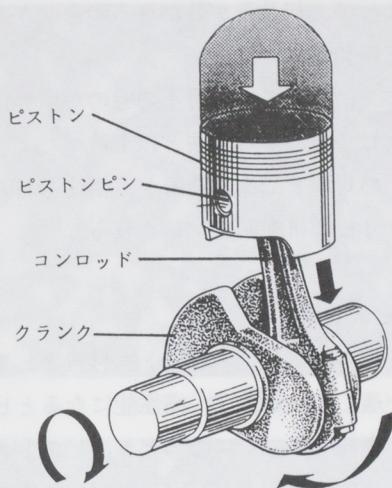


図8 コンロッド回りの構造

が増大し、特殊なギヤ用鋼も一部使用され始めた。しかしピッキングに対してはなかなか有効な方法がなかったが、電解浸硫法（コーベット法<sup>④</sup>）の効果が認められ、ピニオン、減大ギヤなどに採用されている。同法は、塩浴中でワークを陽極、塩浴を陰極にし通電するとイオン反応によって鉄鋼の表面に硫化鉄が生成しこれが耐摩耗性、耐ピッキング性、油膜の耐圧性向上などの効果を付与している<sup>⑤</sup>。今後耐ピッキング性向上の表面改質の開発が望まれる。

### 3.2 スラストワッシャー

エンジンのピストンからクラランクまでは、爆発圧力を受けたピストンの往復運動を回転運動に変換する最も重要な部分である。この概略を図8に示すが、この部分で数多くの表面改質が極めて多彩かつ重要な役割を果たしている。まず往復運動をするコンロッドと回転運動をするクラランクが焼付かずにはスムースなしう動をさせるため、2サイクルでは、両部品の間にバックメタルに銀めっきを施したスラストワッシャーを挿入している。潤滑が切れてメタルコンタクトになった場合、銀のもつ展延性からくる固体潤滑性がきいていると考えられている。

### 3.3 チタンコンロッド

近年、一部の4サイクルモーターサイクルにおいて、往復慣性質量の軽減を目的とし、コンロッドにTi-6Al-4V合金が採用された<sup>⑥</sup>。4サイクルのため、通常潤滑が良く鉄鋼材料のコンロッド（S55C、またはSCM435調質）であれば無処理で良いが、チタン合金の場合は焼付き易くクラランクとの間でかじりや焼付きが生じ易い。したがって何等かの表面改質を必要とし、酸化皮膜を用いたり<sup>⑦</sup> TiNのPVDコーティングで対策している。いずれも切削加工後に処理を行うため、処理温度に起因した歪を防ぐ事が重要である。PVDは、膜厚が約1～2μと薄く、高い面圧には耐えられないので、小端のブッシュを廃止することが出来ないという欠点を有する一方、酸化皮膜法は、疲労強度が大幅に低下する欠点がある。低成本で部分的に且つ厚膜ができるPVDやCVDなどが期待される所以である。

### 3.4 ピストン

既述したように、モーターサイクルのエンジン性能は約150～200馬力/ℓと非常に高いため、ピストンに対する熱負荷が年々厳しくなり、様々な表面改質で何とか対応している段階である。図9にピストンに用いている表面改質（ほとんどが2サイクルエンジン）をまとめて示す。まずピストンヘッドがデトネーション（異常爆発）によって溶損するのを防ぐため、Niめっきを施すと効果がある。デトネーションは、約2273K近い高熱と衝撃

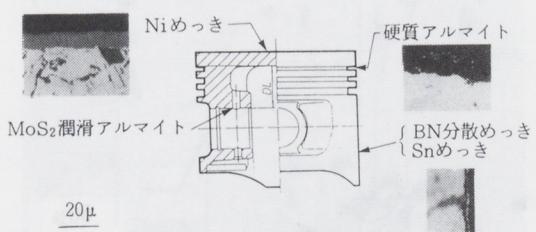


図9 ピストンに用いる表面処理

波を発すると言われており、ヘッド外周部のAlを一瞬に溶け落してしまう。Niめっきはこの衝撃波を反射していると考えられている。次にトップランドとファーストリング溝の部分に硬質アルマイトを施している。これは、主にピストンリングにピストン材料(2サイクルはAl合金鑄物AC9B-T7)のAlが凝着しリングスティック(膠着)が生じるのを防ぐために行う。つまり、この部分は、約523K以上となり<sup>(2)</sup> Alが軟化するためリングと当たるうちにリングにAlが移着しピストンのAlと凝着をおこしついにはリングの自由な動きを妨げ往復運動の抵抗となってしまう。アルマイトの硬質層はAlを被覆してしまうので凝着防止に有効である。さらにピストンスカート(側面)のある部分は、構造的、熱的に張り出し、シリンダー側としゅう動するときスカッフ(軽い焼き付き)を起こすときがあるので、初期なじみやしゅう動特性を改良するため、SnめっきやNi-P-BN分散めっきを加えることがある。

また最近エンジン性能の高い機種では、ピンボス、ピストンピンが大きく撓むため、ピストンピンがピンボス内面へ高い局部面圧を与え、ピストン材のAC9Bの初晶Siを碎き、碎かれたSiがピンボスもピストンピンも摩耗させてしまう現象が起きている。碎かれた初晶Siが再びピンボス内面に埋め込まれている様子を図10に示す。この対応として、ピンボス内面にMoS<sub>2</sub>潤滑アルマイトを施す



図10 ピンボス摩耗面の断面組織

ことによって、初晶Siが碎かれるのを防ぎかつ局部面圧を緩和している。

ピストンに関しては材料そのものが限界にきており新素材で対応する方法と以上述べたように表面改質での対応と二通りあるが、構造も絡んで複雑であり今後の研究開発が望まれる。

### 3.5 ピストンピン

4サイクルエンジンのピストン材料としては、AC8Aが適している<sup>(2)</sup>が、高性能になるとピンボス内面が摩耗するので、このときはピストンピン(肌焼き鋼SCM420浸炭)表面に磷酸Mn処理後デフリックコート<sup>®</sup>(MoS<sub>2</sub>)<sup>(9)</sup>を行っている。

### 3.6 シリンダー

モーターサイクルにおけるシリンダーのピストンとのしゅう動表面を図11にまとめた。一般には、アルミ合金鑄物AC4BまたはアルミダイカストADC12にFC25相当の鉄スリーブを鋳ぐるむか圧入して用いている。この鉄スリーブのしゅう動特性では不十分なときピストンリングスカップやリング焼けを生じる場合がある。そこでしゅう動特性を改善するため磷酸Mn処理を鉄の表面の表面に施すのが有効であることが判明したが、従来の塗装下地に用いる磷酸Mn処理では機能上不十分であった。そこで、従来より結晶粒径が小さく柔らかい特殊な磷酸Mnを開発し(図12参照)、図13に示すようなファビリー式摩耗試験機で実験を

ボディシリンダー母材: AC4BまたはADC12

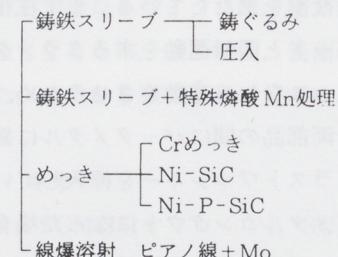
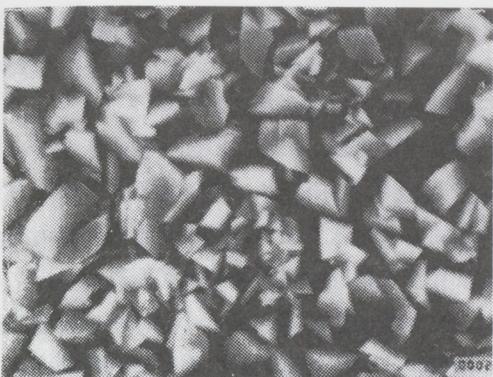


図11 シリンダーしゅう動表面の改質



従来の磷酸Mn



改良された磷酸Mn

10 $\mu$ 

図12 磷酸Mn処理のSEM写真

行った結果、図14に示すような摩耗が少なくスカッフの無い磷酸Mn皮膜を得ることができた。すなわちブロック材にピストンリング材料を、ピンにスリーブ材料をもってきて、3000Nという高荷重で摩耗試験を行った結果、FC25はスカッフを、従来の磷酸Mnは摩耗が生じ改良した磷酸Mn処理は、

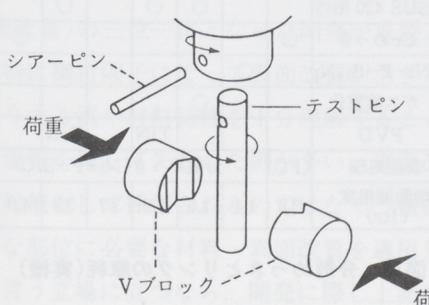


図13 ファビリー式摩耗試験の原理

ピ ン	摩耗プロフィル	ピ ン摩耗段差
FC 25		6.5~7.5( $\mu$ )
FC 25 + 磷酸Mn		11~14
FC 25 + 特殊磷酸Mn		2.4

摩耗条件 ブロック材; S45C+Crめっき  
回転数; 300rpm 時間; 1min  
荷重; 3000N 潤滑; オイル浸漬

図14 磷酸Mn処理の摩耗試験結果

両者とも生じなかった。

しかしながらさらにエンジンを軽量高性能にもっていくには、鋳鉄スリーブそのものを無くしてアルミシリンダーブロックに直接めっきをするいわゆる“めっきシリンダー”へと進む。めっきシリンダーにすると、スリーブシリンダーのようにAl凝固時の残留圧縮応力によるスリーブの変形は、最初から無いため、シリンダーのボアの変形が小さくなる。かつ熱伝導率の高いアルミ母材に近くなることによりシリンダー壁温が低下する。この一例を図15に示すが、従来のスリーブを鋳ぐるんだけシリンダーに比較し壁温が、20K以上低い。したがってオイル温度が低下し粘性が保持できるためオイル潤滑が良くなる。変形が小さく潤滑状態がよいなどの理由で、耐焼付性が向上する。同時

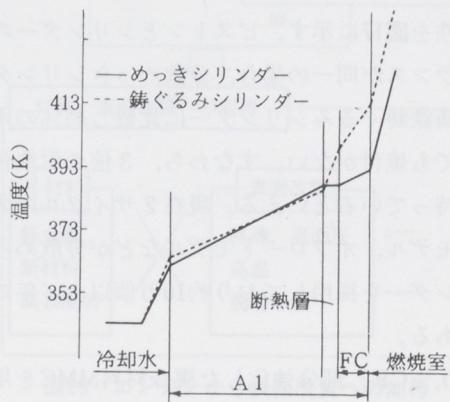


図15 シリンダー壁面温度分布

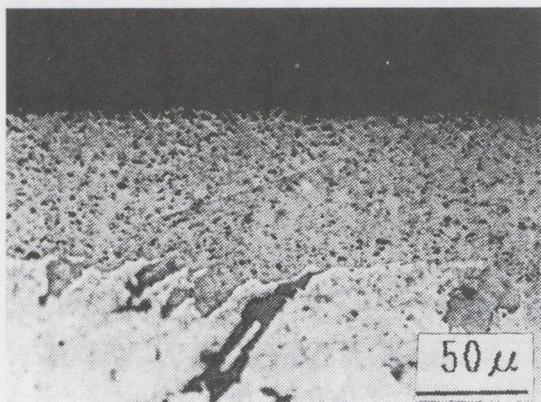


図16 分散めっきの断面組織写真

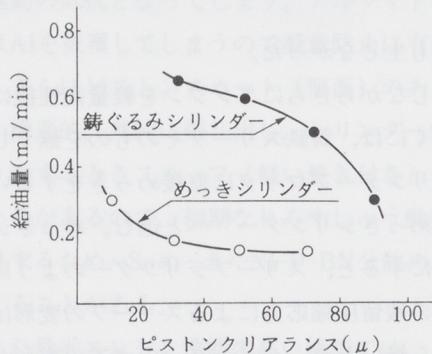


図17 限界油量の比較

に、軽量化にも貢献する。当初は、Crめっきより始まったが、Crめっきそのものの焼付きまたはスカッフ荷重が不安定かつ低いため、Ni-P-SiC分散めっきに移行していく。図16に組織写真を示すように、2～3 μのSiC粒子が体積%Vfで3～5%含まれている。分散めっきのエンジンにおける焼付特性を図17に示す<sup>10)</sup>。ピストンとシリンダーのクリアランスが同一の場合、分散めっきシリンダーは、鉄鉄鉄ぐるみシリンダーに比較し約1/3のオイル量でも焼付かない。すなわち、3倍の耐焼付き性を持っているといえる。現在2サイクルのスポーツモデル、オフロードモデルなどが分散めっきシリンダーを採用しており約10万個以上/年の実績がある。

(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+CF)部分強化した複合材料MMCを用いるのが現れた。<sup>11)/12)</sup> プリフォームにAlダイカストで

シリンダーブロックを製造するときに溶浸させるもので、一体である所がメリットである。今後の新しい動きの一つである。

### 3.7 ピストンリング

分散めっきシリンダーの出現により、従来のピストンリング材は摩耗が多く耐久寿命が短い。そこで種々の表面処理を施したリング材を実機試験した結果を、図18に示す。従来の鉄鉄スリーブとバネ鋼SUP3にCrめっきをしたリング材を標準仕様とすると、分散めっきシリンダーの場合、外周摩耗量、合い口隙增加量共に標準仕様と同等なのは、ステンレス鋼SUS420相当材にTiN PVDコーティングを行った組み合わせのみであった。PVDの母材との密着強度を上げるためにには、前処理として窒化が適当でその窒化性を高める元素Crをたくさん含有しているステンレス鋼が良い。TiN層の膜厚は、数μであるが、現時点ではコストが高い。

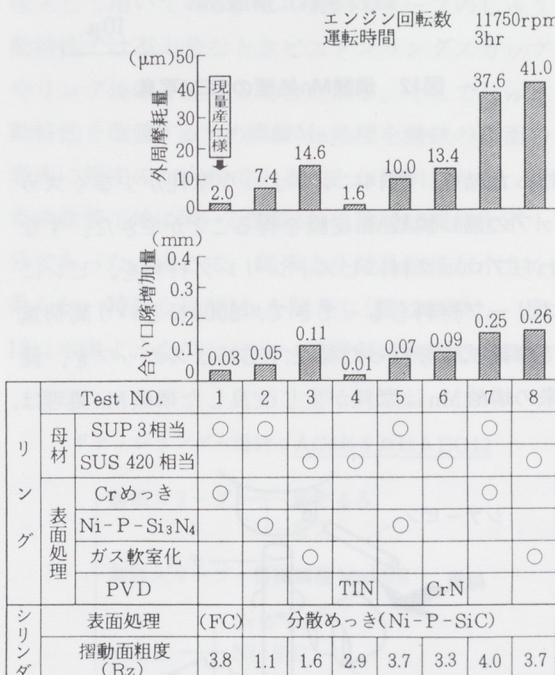


図18 分散めっきとリングの摩耗(実機)

## 4. 動向と表面改質技術への期待

モーターサイクルにおける材料の動向として、基本的な考え方を図19に示す。軽量化を目的とした材料代替（鉄鋼材料からアルミ材料）は特にフレーム系を中心に終了したと考えている。したがってフレーム系は、今後コストダウンを中心とした動きになっていくと思われる。一方エンジン材料は、通常のAI材料では、機能的に不十分なため新素材、表面改質それ自体と加工方法、構造的熟成も含めた総合的開発が必要である。中でもエンジンの燃費向上、排気ガスの清浄化、小型高性能化などに寄与する新材料（軽金属ベース）と表面改質をどう機能開発していくかに移行していくと思われる。部品の観点からは、ピストン、シリンダー、バルブ回りなどが重要であり、様々なトライが為されているが未だ研究開発段階であることは否めない。エンジンから表面改質への期待を定性的にまとめると図20になる。要は、新素材と表面改質の相乗作用によって上記エンジンの期待に応えていくことである。おしなべて表面硬化に関することが多い。

## 5. おわりに

モーターサイクルの使用条件を念頭に、他の輸送機器とは異なった特徴的な表面改質について述べてきた。表面改質を応用してきた立場からいえば、図21に単純に示したが、構造-材料-加工（表面改質）の三位一体となった開発が重要と考える。特に構造因子によって表面改質が活きたり死んだりする例や材料特性を十分理解すること無く表面改質を施して失敗した例が多い。表面改質が事後対策として採用されるのではなく、積極的に必要な部位に必要な材料・表面改質を適用していくと言う立場に立つなら、開発に際し上記のような考え方が必要と考えている。

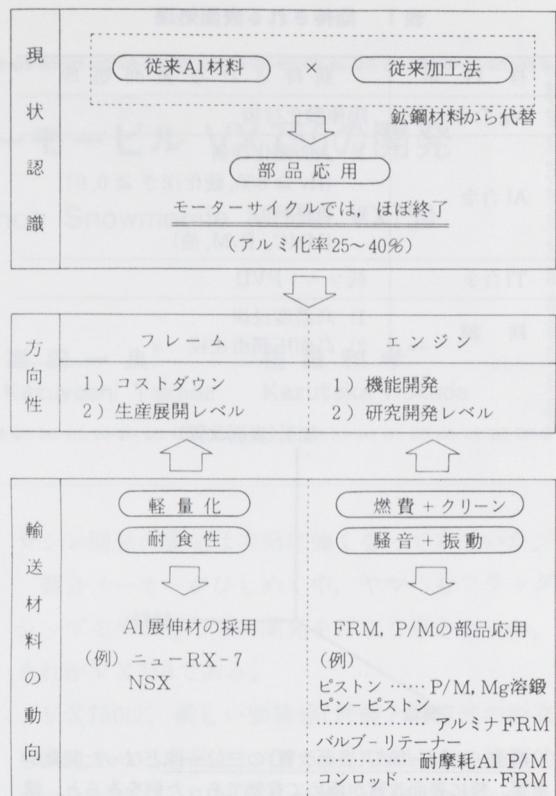


図19 アルミ化の現状と今後の動向

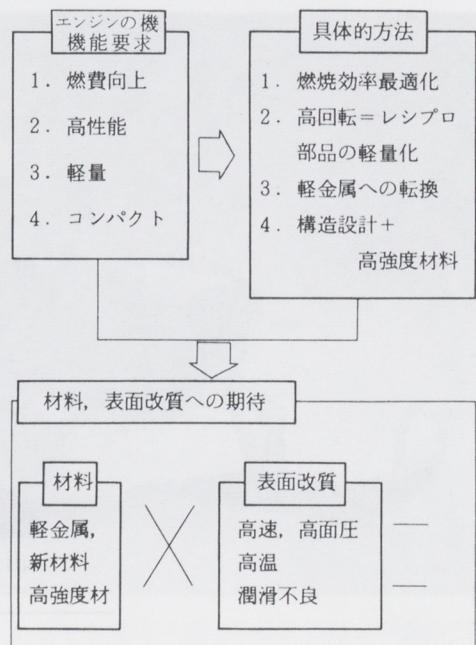


図20 エンジンから表面改質への期待

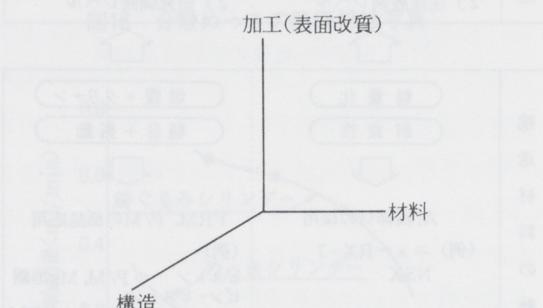
表1 期待される表面処理

材 料 系	期待される表面処理
Mg合金	陽極酸化技術
Al合金	1) 表面硬化技術 ( $Hv \geq 800$ , 硬化深さ $\geq 0.6$ ) 2) 新材料 (MMC, P/M, 他)
Ti合金	低コストPVD
鉄 鋼	1) 高濃度浸炭 2) 高面圧潤滑皮膜

加工(表面改質)

材料

構造



構造-材料-加工(表面改質)の三位一体となった開発が重要。特に表面改質が極めて有効であった例をみると、構造が基本的に必要条件を満足している場合が多い。

図21 表面改質の技術的位置付け

## 〔参考文献〕

- 1) 日本自動車工業会, 日本の自動車工業, 1990
- 2) 山田徹, 軽金属, 39, 310(1989)
- 3) 山田徹, Boundary, 2, 287(1988)
- 4) 山田徹, 軽金属, 41, 67(1991)
- 5) 日刊工業新聞, 1989, 11, 17
- 6) 大同メタル工業, 技術資料
- 7) 東京熱処理工業, 技術資料
- 8) 萩原好敏他, 自動車技術, 42, 1216(1988)
- 9) 川邑研究所, 技術資料
- 10) 中村雍, 自動車技術会シンポジウム「自動車を支えるトライポロジー: 現状と将来」1988. 4.21
- 11) 日経メカニカル, 6, 27, 56(1991)
- 12) 林直義他, HONDA R&D Technical Review, 1, 55 (1991)

## ■著者■



山 田 徹

## 製品紹介

## ハイパフォーマンスのスノーモービル VX750の開発

Development of High Performance Snowmobile Model VX750

高田一良\*

Kazuyoshi Takada

福田和孝\*\*

Kazutaka Fukuda

## 1.はじめに

長年に渡りYAMAHAは、新雪走破性に優れたスノーモービルを市場に提供してきた。しかし近年の北米市場では、良く整備されたトレールコース（スノーモービル専用で総延長20万マイルともいわれている）が発達し、高速トレール走行の機会が増え、YAMAHAに対しても、高速トレール

マシン開発の要望は次第に強くなっていた。

競合メーカーがひしめく中、ヤマハもフラッグシップモデルとしての開発を行なう事となった。それがVX750である。

VX750は、新しい価値感（性能と安定性の両立）を満足させる商品として、又YAMAHAの技術的先進性をアピールできる商品として、開発を進め来た。ここにその内容を紹介する。

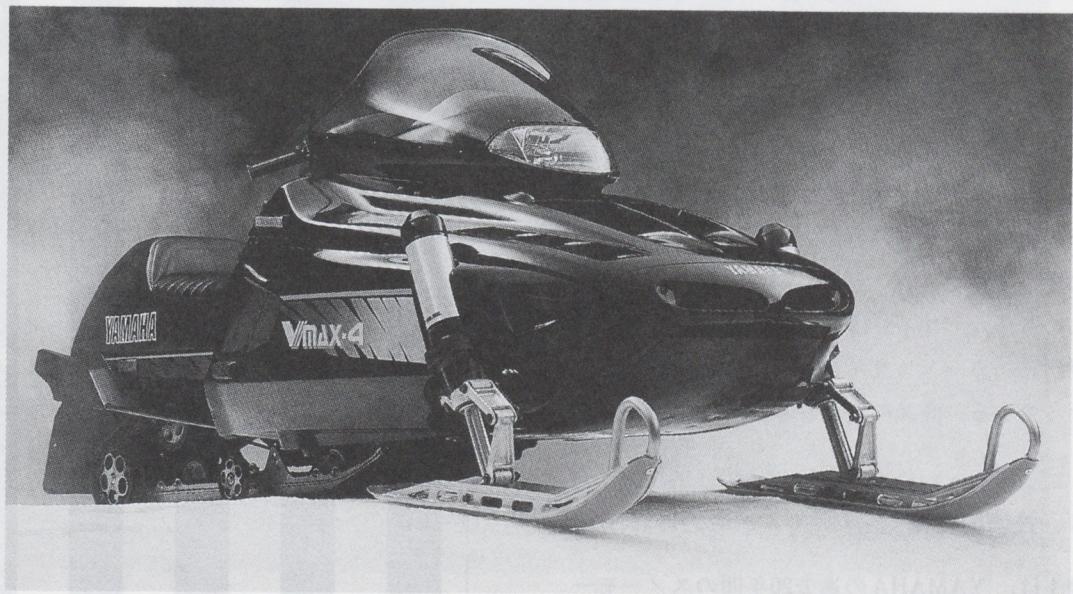


写真1

\*, \*\* 特機事業部特機第1技術部

## 2. 商品の狙い

市場に於けるユーザーの要望を、QFDの手法を使い、次のように重点化した。

- (A) 競合他社を上回る性能
- (B) 取扱い易さ
- (C) 技術的先進性

高速トレールマシンとして、加速、最高速は業界No.1の性能を持つことを前提に、長距離のツーリングを行っても疲労感を伴わずに、運転する事を楽しめるように、ライダーが操作する部分の操作荷重の低減、乗り心地の改善、騒音、振動の低減を目標とした。

技術の先進性という面では、基本機能を満足させる為の改良はもちろんあるが、ユーザーが友達に効果を説明しやすい様に、新技術を目に見える形で採用した。VXのユーザーはこれで、いつも話題の中心に居ることが出来る。

スタイリングの先進性としては、ややもすれば大きくなってしまう内臓物を包み込み、コンパクトで、精悍に見せるデザインを成立させる事である。デザイナーと設計者の妥協のない共同作業のなかでプロジェクトメンバー全員が満足する形が出来上がった。カラーリングもユニークであり、新色のマゼンダ（赤紫）の採用が決まると、メンバーの使うマーカーの色が、いつの間にかマゼンダに変わっていた。

この造形、デザインは高く評価され、デザインの専門誌「カー・スタイリング」に掲載される事になっている。商品の全容を写真2に示す。

## 3. 技術の特徴

表1は、YAMAHAの過去20年間のスノーモビルの特徴的な技術項目の発展の歴史を示している。当時は多くのメーカーが存在し、各社競いあって新技术の開発を行なっており、今日のスノーモ

モービルの基礎は、74~76年代に固められた事を示している。その後、弱少メーカーが淘汰されるにつれ技術的にも安定期を迎える。新技术、新フィーチャーの開発は一段落した観がある。

そんな中で、従来モデルの1.5倍の馬力を必要とするVX750は、エンジンはもちろんの事、他の多くの部分での改良を余儀なくされた。表の中で中印は、新技術あるいは改良したポイントを示しており、76年当時に劣らず、思い切ったチャレンジをした事を示している。

具体的な技術の内容は後述するが、VXの特徴の一つを材料構成比率という目で見ると、おもしろい結果が得られた。図1は自動車とスノーモビルの比較であるが、業界の最先端を行く車と材料の構成比率がほぼ等しい。

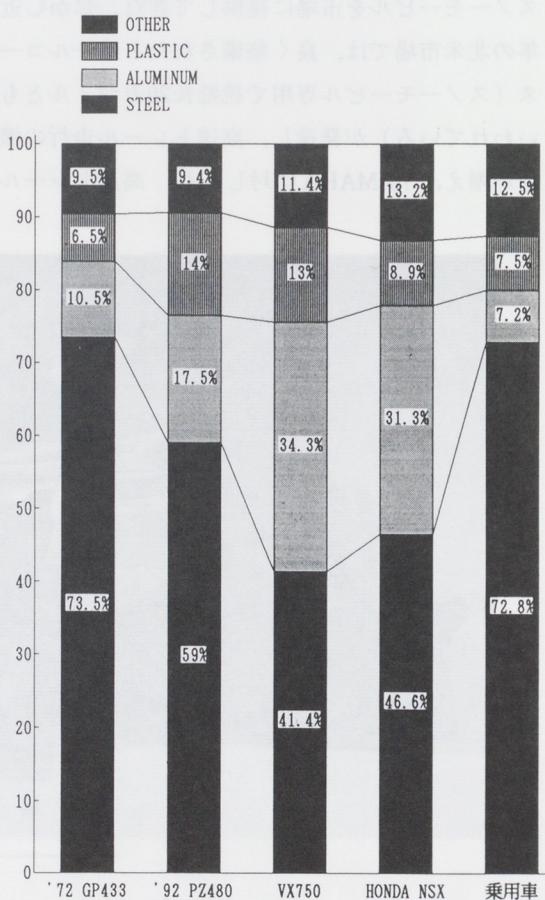


図1 材料構成比率(重量%)

構造説明

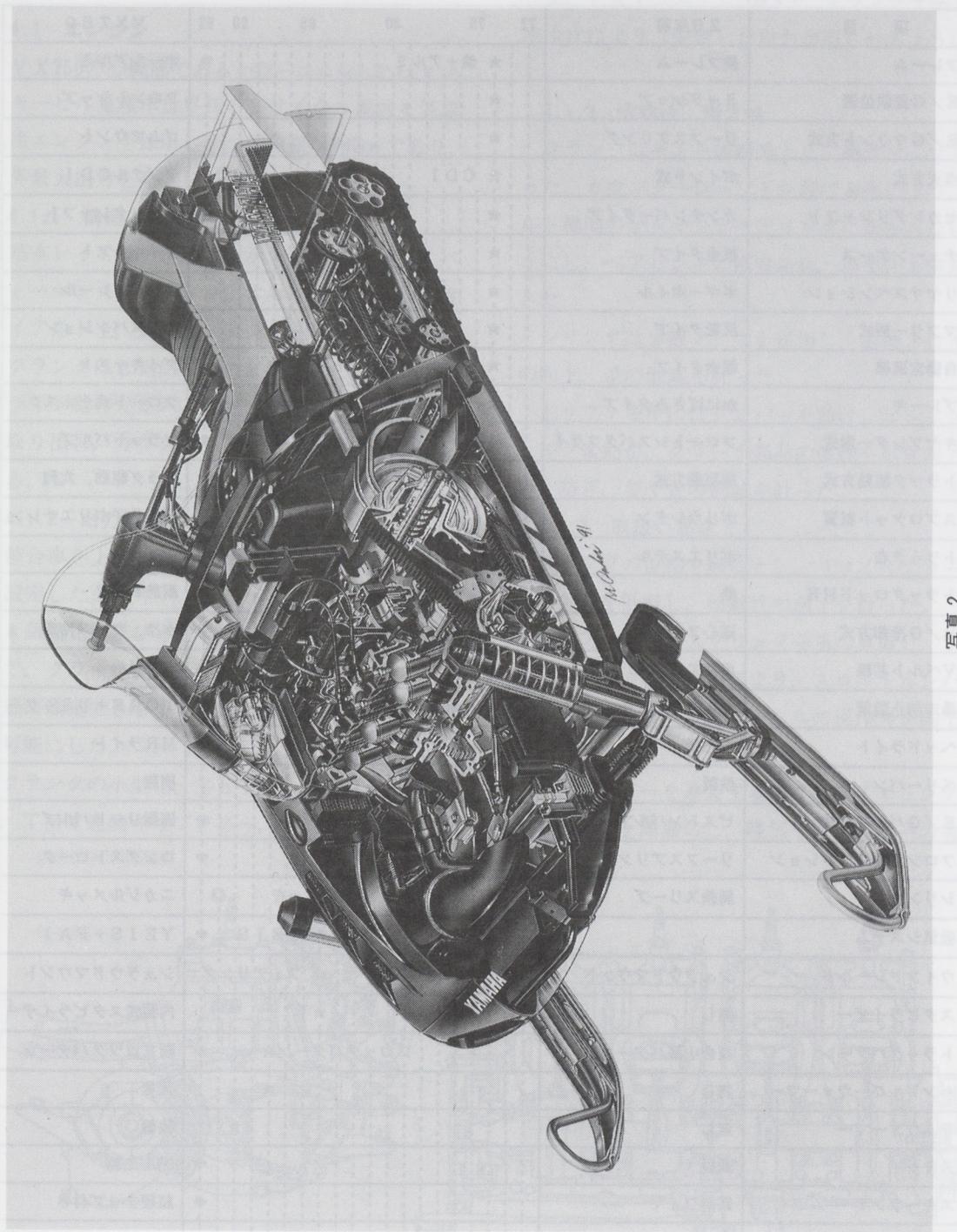


写真2

表1 過去20年間の技術の変遷

項目	20年前	72	75	80	85	90	92	VX750
フレーム	鉄フレーム	★	鉄+アルミ				中	オールアルミ
E/G登載位置	ミッドシップ	★						フロントシップ
E/Gマウント方式	リーフスプリング	★						ゴムマウント
点火方式	ポイント式	★	CDI			◎		デジタルCDI
セカンダリシャフト	カンチレバータイプ	★						ジャックシャフト
チーンケース	板金タイプ	★						ダイキャスト
リヤサスペンション	ボギーホイル	★						スライドレール
マフラー形式	反転タイプ	★						エキスパンション
自動変速機	板金タイプ	★		オートアジャスト				ダイキャスト
ブレーキ	かにばさみタイプ	★	ディスクフロート		◎	中		フロート式ディスク
キヤブレター形式	フロートレスバタフライ		★ フロートバタフライ	◎ ピストンバルブ	中			フラットバルブ
トラツク駆動方式	窓駆動方式	★	内ラグ駆動、四列			中		内ラグ駆動、六列
スプロケット材質	ポリウレタン	★						超高分子ポリエチレン
トラック布	ポリエステル	★						ケブラー
トラックロッド材質	鉄	★	FRP			中		耐熱FRP
E/G冷却方式	遠心ファン	★	水冷			中		水冷、クーラー冷却
Vベルト芯線	ポリエステル	★						ケブラー
暴走防止装置	キルスイッチ	★	TORS			中		TORS+リミッタ
ヘッドライト	白熱球	★	ハロゲンライト			中		MRライト
ベリーパン	鉄製	★						樹脂
E/Gバルブ方式	ピストンバルブ	★	リードバルブ			中		樹脂リードバルブ
フロントサスペンション	リーフスプリング		★ TSS			中		ロングストローク
シリンド	鍛鉄スリーブ		★ クロムメッキ	◎				ニカジルメッキ
吸気システム			★ YEIS	中				YEIS+FAI
ウインドシールド	シュラウドマウント			☆ フェアリング				シュラウドマウント
スタビライザー	無し		★					内装式スタビライザー
トラックパターン	複合山高パターン		ブロックパターン★		中			新ブロックパターン
ハンドルバーウォーマー	無し			★				装着
サムウォーマー	無し				★			装着
スキー	鉄製					中		アルミ製
スキーランナー	鉄製ワイヤー					中		超硬チップ付き
キャブリンク	無し					中		プログレッシブリンク
Vベルト形式	シングルコグ					中		ダブルコグ
スキーソール	無し					中		超高分子ポリエチレン

## 4. 構造説明

### 4.1 エンジン

VX750の心臓部であるパワーユニットにはスノーモービル量産車世界初の2サイクル並列4気筒水冷エンジンを採用した。排気量は743cm<sup>3</sup>であり、世界最大出力を発生している。

#### 4.1.1 構造上の特徴

基本レイアウトを図2に示す。気筒数はハイパフォーマンスイメージを出す為4気筒とし、車載レイアウト上、並列ピストンリードバルブとした。

クランクは2気筒ずつの2分割とし、中央でスプライン結合している。TZ750同様中央から出力を取り出し、カウンターシャフトに動力伝達している。

#### 4.1.2 出力特性

競合車を上回る動力性能を実現出来るよう目標を設定した。

4気筒化、及びカウンターシャフトを採用することで、クラッチ回転数とエンジンピーク回転数を任意に設定できるようにし、エンジンの高回転化を可能にした。

クランクの小型化、YEIS、樹脂リードバルブ、TM4連装キャブレター、デジタルCDIを

採用し、エンジンレスポンスの向上を狙った。

又、FAIシステム(図3)、クランクケースの水冷化により、安定した出力が得られるようにした。

#### 4.1.3 信頼性、耐久性

クランクはセミ一体構造とし、剛性アップを計った。カウンターシャフトを設ける事により、ベルト軸間力がクランクベアリングにかかるないようにし、ベアリングの高寿命化、小型化を実現できた。

シリンダは分散メッキを採用し、耐焼き付き性の向上、歪の低減を計った。

ドリブンギヤにはダンパーを設け、エンジンのトルク変動が、クラッチ部品の摩耗を引き起こすのを防ぎ、ギヤ音の低減を計った。

#### 4.1.3 取扱い易さ

クランクの位相を90度とし、リコイルスターの引き力を低減し、始動性の向上を計った。

キャブレターのスプリング荷重の見直し、プログレッシブカムの採用により、スロットルレバー荷重の低減を計り、スロットルの操作性を向上した。

キャブレターを連装する事で、ワイヤリング、パイピングを簡潔にし、吸気サイレンサーの着脱

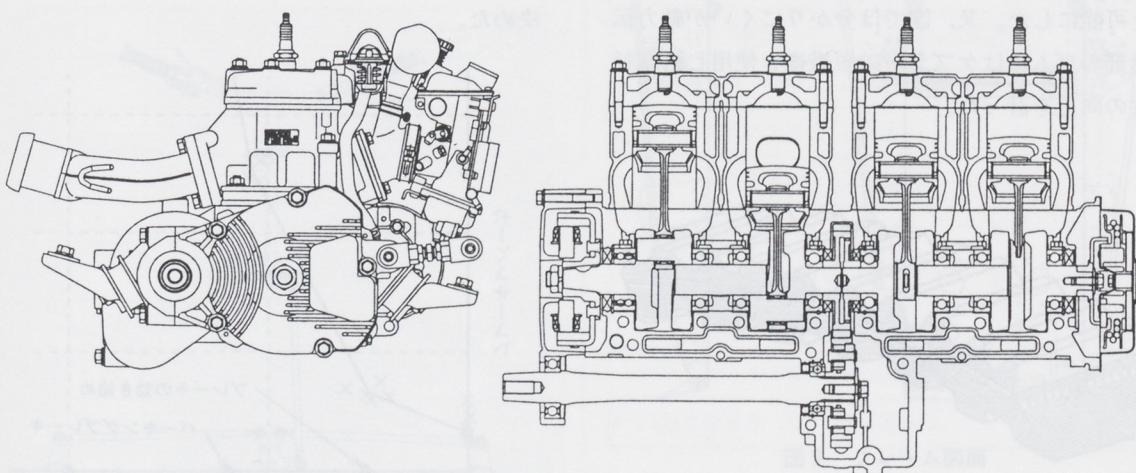


図2 エンジン基本レイアウト図

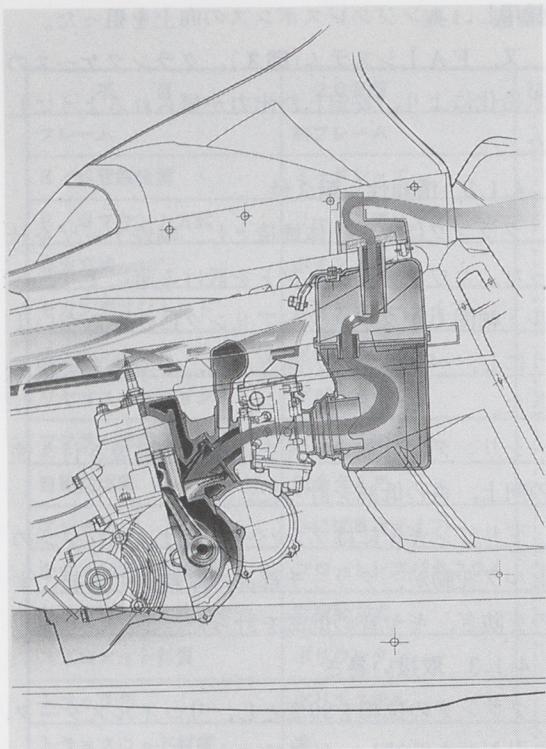


図3 F A I (Fresh Air Intake方式)

を容易にする事で、整備性を向上した。

#### 4.2 Vベルト

図4の様にダブルコグタイプのベルトを採用し、ロープの太さを変える事で100ps以上 の動力伝達を可能にした。又、図では分かりにくいか動力伝達部のゴムにはケブラーの短纖維を使用し耐摩耗性の向上を計った。

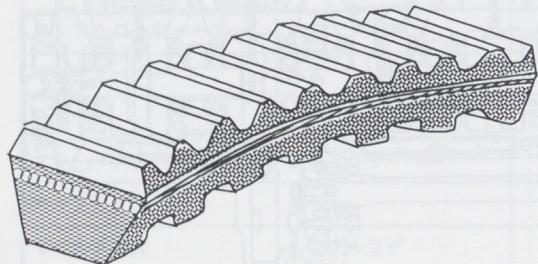


図4 ダブルコグ式Vベルト

#### 4.3 ブレーキ

従来のスノーモービルのディスクは、鍛造品の為、径を大きく出来ないが、モーターサイクルの技術（ピンフロートタイプ）を流用し、大型化を計り制動力を向上させた。

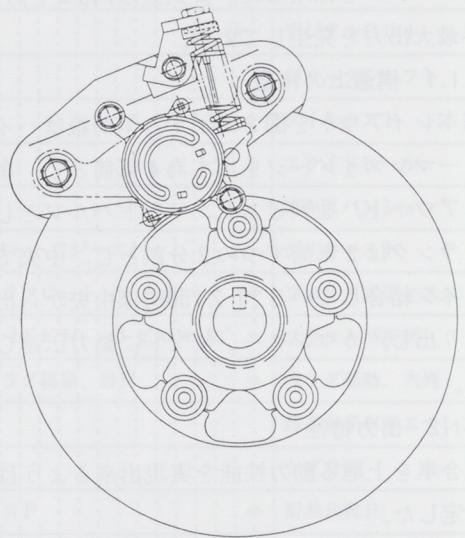


図5

ブレーキ操作力は、軽く握った時の効きと思いきり握った場合の十分な握り応えが両立して始めてライダーの安心感が得られる。その特性は次のグラフのようになる事を、ベテランライダーのフィーリングを調査して求め、キャリバーの剛性を決めた。

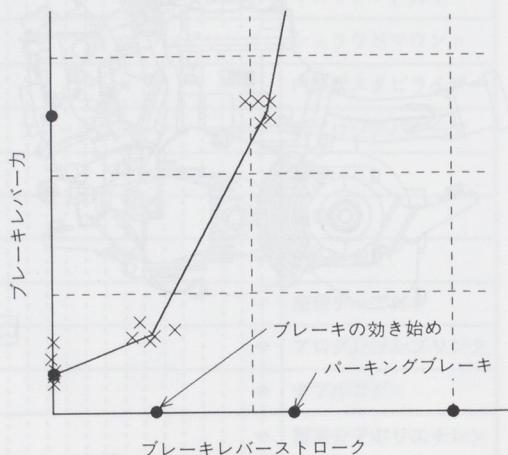


図6 ブレーキレバーストロークと荷重の理想特性

#### 4.4 スロットル系

スロットルレバーの重さは、スノーモービルを操縦する人が最も苦痛に感じる点の一つである。レバー荷重と筋肉疲労の関係を求める為、早大の研究室へ車両を持ち込み、ライダーの筋肉応力を測定したりもしたが、明確な関係は見出せなかつた。しかし、図7程度であれば、明らかに従来と差があると判断し、カム機構を採用し実現した。

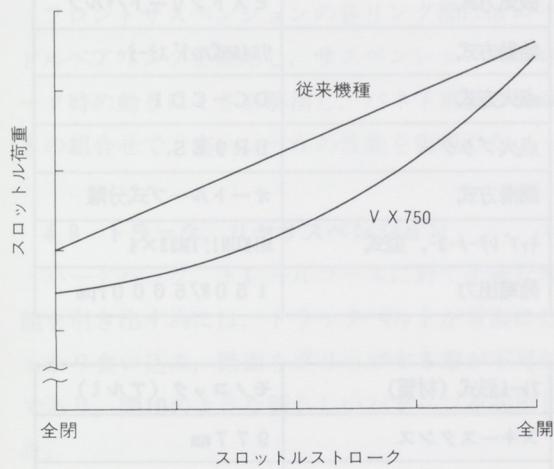


図7

#### 4.5 ステアリング系

エンジン位置を低く、剛性感のあるステアリングを実現する為、ベルクランクタイプのリンケージを採用した。

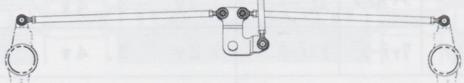
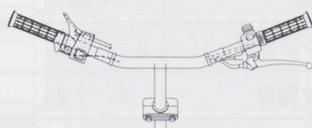


図8 リンケージ

ジを採用した。又、このリンケージを採用する事で、フレームの穴が小さくて済み、フレームの剛性upにも役立っている。

#### 4.6 フレーム

高速時の直進安定性、旋回時のロール剛性の向上を目標としている為、ロングホイルベース、ワイドスタンス化を余儀なくされた為、軽量化の為オールアルミモノコックボディを採用した。これにより、約5kgの軽量化が計れた。

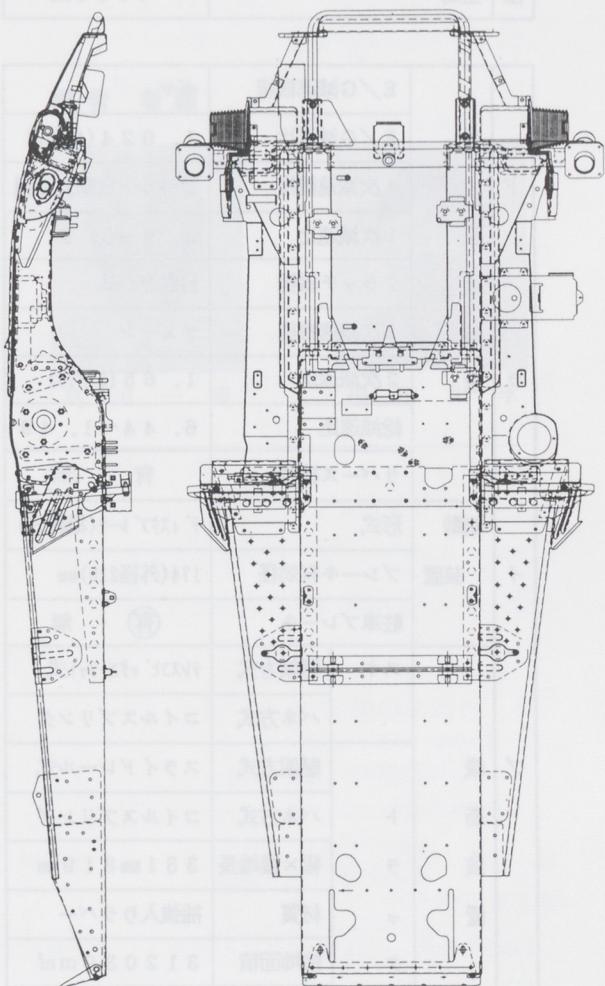


図9 フレーム図面

表2 '92年モデル 仕様諸元一覧表

仕向地		U S A, C A N	
名 営業呼称		V X 7 5 0	
図面型式		8 9 A 1	
認定型式		—	
打刻型式	車体	8 9 A	
	エンジン	8 9 A	
寸 法	全長	2 8 2 5 mm	
	全幅	1 1 2 5 mm	
	全高	1 1 3 5 mm	

ド ラ イ ブ	動 力 伝 達 装 置	E/G 減速機構	ギヤ
		E/G 減速比	1. 0 2 4 (43/42)
		1 次減速機構	Vベルト自動変速機
		1 次減速比	3. 9~0. 9
		クラッチ機構	自動遠心式
	装 置	2 次減速機構	チェーン
		2 次減速比	1. 6 5 (33/20)
		総減速比	6. 4 4~1. 4 9
		リバース機構	有・無
		制動装置	ディスクブレーキ(機械式)
	装 置	ブレーキ有効径	174(外径220)mm
		駐車ブレーキ	有・無
	緩 衡 装 置	スキー	懸架方式 テレスコピックストラット式
			バネ方式 コイルスプリング
		ト ラ ッ ク	懸架方式 スライドレール式
			バネ方式 コイルスプリング
		幅×接地長	3 8 1 mm × 8 1 9 mm
		材質	補強入りラバー
		接地面積	3 1 2 0 3 9 mm <sup>2</sup>
		接地面圧	0. 0 6 8 0 kg/cm <sup>2</sup>

エンジン	エンジン種類	2サイクル7ポート
	気筒数, 配列	4気筒, 並列
	冷却方式	水冷
	ボア×ストローク	63mm×59.6mm
	総排気量	743cm <sup>3</sup>
	圧縮比	6.3:1
	吸気方式	ピストンリードバルブ
	始動方式	リコイル式ハンドスター
	点火方式	D C - C D I
	点火プラグ	B R 9 E S
潤滑方式		オートループ式分離
キャブレーター, 型式		MIKUNI, TM33×4
発電出力		150W/5000rpm

ボ デ イ	フレーム形式(材質)	モノコック(アルミ)
	スキースタンス	977mm
	ハンドル幅	690mm
	キャスター角	22.5°
	スキー	右切り 右スキ-35.1° 左スキ-29.7°
		切れ角 左切り 右スキ-30.3° 左スキ-36.0°
	最小回転半径	L 7.9m, R 8.4m
	シート有効長	675mm
	フェュエルタンク容量	37.5ℓ
	オイルタンク容量	2.7ℓ

エ レ ク ト リ ッ ク	前照灯	バルブワッテージ	12v 60/55w
		バルブ形式	ハロゲン球
	尾灯	尾灯ワッテージ	12v 8w
		制動灯ワッテージ	12v 23w
	メータ	バルブ	スピードメータ 12v 3.4w
		ランプ	ワッテージ タコメータ 12v 3.4w
	TORS	コーションランプ	6v 3w

#### 4.7 スキー、フロントサスペンション

乗心地向上、路面追従性の向上を狙い、アルミスキーを採用し、鉄製スキーと比べ約40%の軽量化を実現出来た。又、アルミは熱伝導性が良く雪にくっつき易く、摩擦系数も高い為、超高分子ポリエチレンのスキーソールを採用した。この材料は、人の乗るスキーにも使われているが、抵抗が少ないので、最高速度で5km/h程度の向上が得られた。

フロントサスペンションの各リンク部にはニードルベアリングを採用し、サスペンションストローク時の動きにくさを解消し、バネ下重量の軽減との組合せで、高いレベルの性能を実現した。

#### 4.8 トラック、リヤサスペンション

ハードパック、トレールコースに於て十分な性能を引き出す為には、トラックベルトが雪面にしっかり食い込み、路面をグリップする事が不可欠であり、図10のような新らしいパターンを採用した。

又、リヤサスペンションとしては市場で評価の高いプロアクションリンクを採用し、1991年3月26日、アラスカ、ホースシューレイクにて110mile/hを達成した。

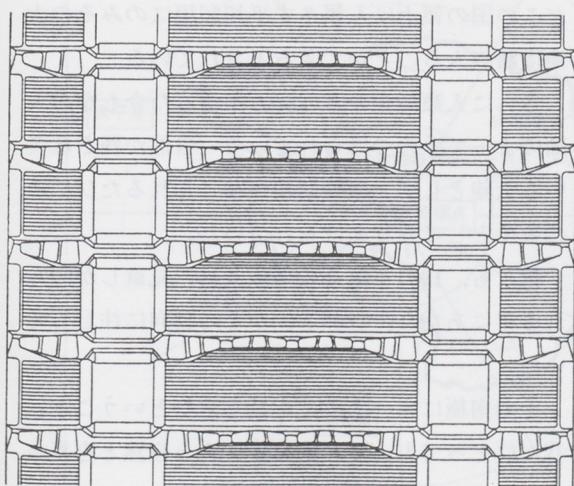


図10

#### 5. おわりに

9月に発売して以来、夏場の草上ドラッグレーで連戦連勝し、今シーズン発刊される全てのスノーモービル雑誌の表紙を飾る等、市場の話題の中心になっています。これもひとえに御協力を預いた関係部署の皆様のお陰と思っております。縫面を借りてお礼申し上げます。

#### ■著者■



高田一良



福田和孝

## 製品紹介

## OU70 風間深志南極大陸横断計画用モーターサイクルの開発

Development of Motorcycle Model OU70 for Driving Across Antarctic Continent

今岡 亮\*  
Ryo Imaoka

## 1. はじめに

1987年4月北極点到達を果した風間深志氏が次なる目標として南極大陸横断を計画した。

我々は風間氏の意志を受け、「オートバイと人、自然との共存」をテーマにこの計画に使用するオートバイ「OU70」の開発を開始した。

計画はその後、さまざまな問題により「大陸横断」から「南極点到達」に変更されたが、開発に支障はなく、「OU70」は秋に完成した。

風間氏は現地で2車両を受け取った後、12月1日大陸上陸。その後34日間で極点到達を果たした。

本紙は風間氏の計画の概要を紹介すると共に「OU70」の技術的仕様を説明するものである。

## 2. 計画の概要

## 2.1 OU70開発に至る経緯

アドベンチャーライダー風間深志氏は1987年4月、我々の製作したTW200改を駆って北極点到達を果たした。

1990年3月、その彼が次なる目標として南極大陸横断を計画した。

その計画とは面積1361平方キロ、標準標高3000

m、平均気温マイナス30度という世界第5位の大きさを持つ南極大陸を全行程4000キロ、約60日間で走破、横断しようというものであった。

『北極点で感じたのは自然と人の命の尊さ。その命と共に生きてゆけるオートバイの姿を考えたい。』

この風間氏の趣旨に我々ヤマハ発動機は、ともにオートバイの未来を考えてゆく立場から賛同、この計画に協力することになった。

風間氏の今回の計画の目的は、オートバイ乗りのひとりとして、『オートバイと人、自然との共存』ひいては『地球規模での環境保護』を提唱することにあつた。

南極大陸は1959年に締結された南極条約により、どこの国の領土にも属さず平和利用にのみその大地に踏み入ることができるとされている。

さらに人類誕生から200万年たった今もなお人間によって手のつけられていない自然が残されている大陸として、環境問題が論じられるたびにその象徴としてとりあげられていた。

折しも、1991年はその南極条約の見直しが図られる年にあたり、世界各国がその動向に注目していた。

その南極にオートバイを持ち込むということは我々にとっても、オートバイと人と自然とを真っ向から考えるということに外ならなかった。

『オートバイというテクノロジーを南極大陸に持

\* M/C事業部第2開発部

ち込むことが南極の手付かずの自然を損なうものであってはならない。その為に無騒音、無公害を目指したオートバイでチャレンジしたい。』

この風間氏の意志が開発の大きなテーマとなつた。

そしてこのテーマは「地球環境重視の経営」を掲げるヤマハ発動機の意志とも一体となるものであった。

こうして低騒音、低公害を目指した南極プロジェクトがスタートした。

90年11月には風間氏は現地南極大陸のベースキャンプ地パトリオットヒルズにてプレ・ランテストを行ない、氷の質、横断コース、サポート体制などを確認した。

そして、その後正式に開発機種コード「OU70」として具体的な計画実行に向けて開発を開始した。

風間氏の計画はその後の検討の結果、物資補給体制の不十分さ、横断後の帰国方法の難しさ、さらにはスポンサーの問題などにより「大陸横断」から「南極点到達」に変更を余儀なくされた。

その結果、走行の行程は約半分に短縮されたが

開発するオートバイに変更はなくプロジェクトは進行。「OU70」は秋にはほぼ完成した。その後、低温テスト及び各種測定テスト等を行った後、社内の全面支援を得て、10月末、日本を旅立った。

## 2.2 風間氏極点到達までの記録

南極点迄のコースと記録を図1に示す。

風間氏本人はオートバイより1ヶ月遅れ日本を出発。11月25日、チリ・ブンタアレナスにてOU70を受け取った後、大陸へ上陸。

12月1日の上陸以来、行く手を雪と氷にはばまれながらも1月3日極点に到達した。

到達までの詳細は刊行本を期待していただき、ここでは割愛する。

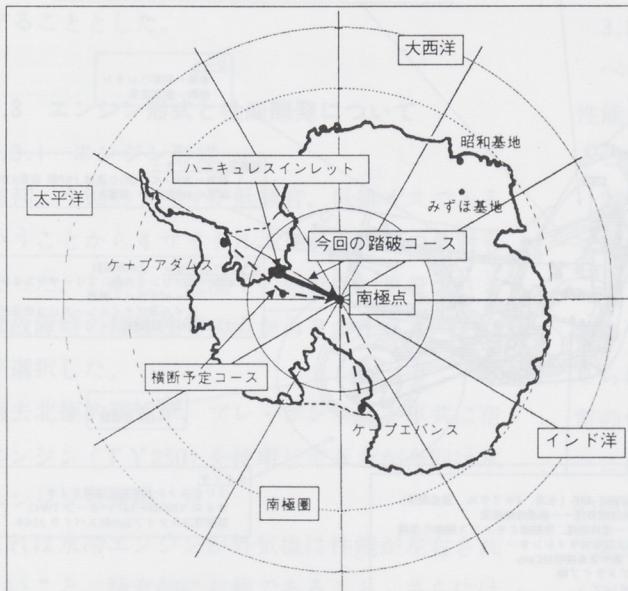


図1 南極点到達コース

### 風間深志氏南極点到達記録

1991年11月22日	日本出発
11月25日	南米チリ・ブンタアレナ着
11月26日	装備、車両最終チェック
12月1日	南極大陸ベース基地着
12月8日	ハーキュレスインレット着
12月10日	南下開始
12月12日	南緯81度、西経81度地点着
12月15日	雪のため停滯
12月18日	気温が下がり始め雪面が凍る
12月19日	南緯82度33分通過
12月23日	南緯84度30分通過 ガソリン、食糧を補給
12月26日	南緯85度52分通過 荷物運搬用ソリ破損、修理
12月29日	南緯86度31分通過
1992年1月3日	午前3時30分極点到達
1月18日	ブンタアレナ帰着
1月23日	日本帰国

### 3. O U70技術仕様について

#### 3.1 技術仕様概要

O U70に要求される性能は以下の2つである。

- 1) マイナス30度の環境下で4000km走行可能な耐久性と機能を有していること。
- 2) 風間氏の提唱するテーマ実現の為に騒音対策、排ガス対策技術を導入すること。

これを受け以下の如く概要を計画した。

##### (1) 基本構想

► ENGINベースを'83 DT200-37F-(水冷、2 $\infty$ 、ピストンリードバルブ)とし、諸元の基本はセロ-225(3RW)とする。

►一般トレール車並みの耐久性を持ちかつ北極点到達車並みの低温対策を施す。

##### (2) 性能開発

►37F・STD性能をベースに乗り易さを狙って低

中速重視の性能特性とする。

►マイナス30度までを考慮した始動性と標高3500mまでを考慮したキャブセッティングを行う。

#### (3) 低騒音対策

一般車の全遮音レベルを狙う。

►大型の吸排気サイレンサーを装着する。

►車両全体をカウリングによって覆い、内側に制振材及び吸音材を貼る。

#### (4) 排ガス対策

一般車の3分の1以下のレベルを狙う。

►NOxについては燃焼とセッティングで対応し、HC、COについては酸化触媒により浄化する。必要に応じ、エアインジェクション等のディバイスを検討する。

### 3.2 車体諸元

主要諸元について各車を比較し表1に示す。

'87年北極SP車では乱氷帯でのハンドリングを重視し、TY250Rのフロント回りを流用した関係

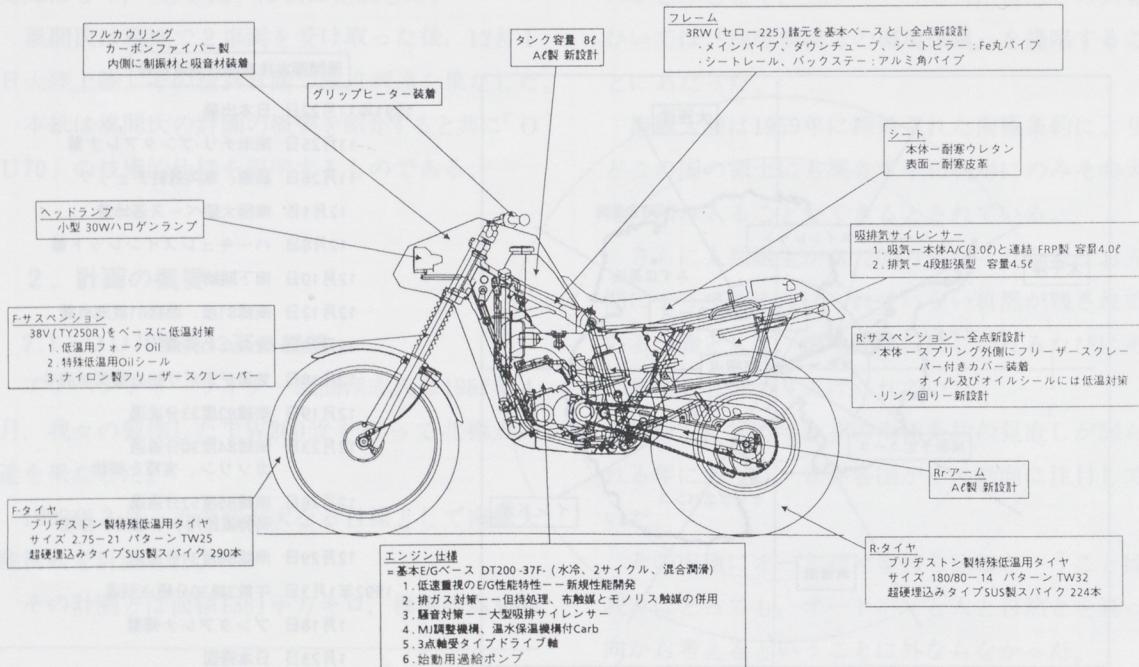


図2 O U70車両仕様

	OU70 ('92 南極P/J)	'90 南極P/J ブレラン車	'87 北極点到達車	セロ-225
エンジン形式	37F (DT200)	38V (TY250R)	38V (TY250R)	IKH
排気量	199cc	246cc	246cc	223cc (4サイクル)
冷却方式	水冷	空冷	空冷	空冷
最高出力	16PS/6000rpm	13.8PS/5000rpm	13.8PS/5000rpm	20PS/8000rpm
最大トルク	2.0kgm/5500rpm	2.14kgm/3000rpm	2.14kgm/3000rpm	1.9kgm/7000rpm
ホイールベース	1367mm	1380mm	1330mm	1350mm
シート高	830mm	810mm	820mm	810mm
最低地上高	268mm	285mm	325mm	285mm
キャスター	28°	26°30'	23°	26°30'
トレール	118mm	102mm	49mm	102mm
タイヤサイズ	Front: 2.75-21 Rear: 180/80-14	2.75-21 120/80-18	3.00-21 180/80-14	2.75-21 120/80-18
サス・ストローク	Front: 190mm Rear: 175mm	180mm 180mm	180mm 150mm	225mm 190mm
タンク容量	8ℓ	8.8ℓ	7ℓ	8.8ℓ
乾燥重量	120kg	103kg	93kg	108kg

表1 車体諸元比較

上、直進安定性がやや劣る傾向にあった。今回走行する地形は北極とは異なり比較的平坦な氷面であると推察された為、直進安定性を重視してアライメントを決定した。

タイヤサイズについては重量上120/80サイズが有利であるが、プレ・ランテストの結果、雪上走行能力に勝る巾広タイヤ180/80を採用した。

リヤのサス・ストロークが若干不足気味であるが左右に振り分けたサイレンサーのレイアウト上これが上限レベルであり、セッティングにてカバーすることとした。

### 3.3 エンジン形式と性能開発について

#### 3.3.1 エンジン形式

当初、今回のテーマが低騒音、低排ガスであるということから4サイクルエンジン採用の検討も行なった。しかし、低温での始動性、重量、さらには故障時の修理性等の点から2サイクルエンジンを選択した。

過去北極的到達車、プレ・ランテスト車共に空冷エンジン (TY250) を使用してきたが今回は水冷エンジンを使用した。

これは水冷エンジンが外気温に性能が左右されにくいくこと、騒音的に有利であること、さらには耐焼付性が勝ることなどの理由からである。

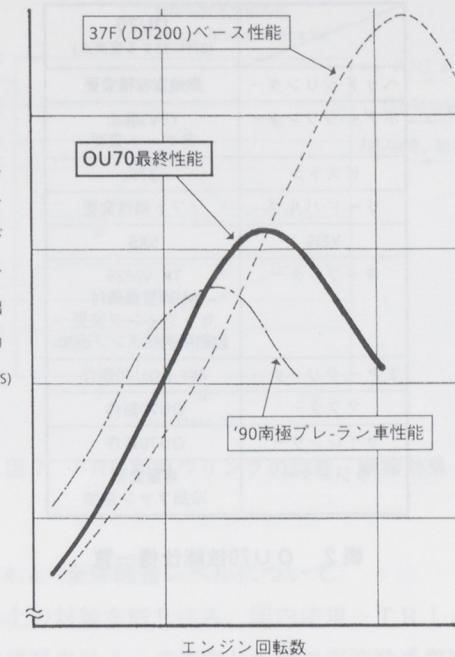


図3 OU70エンジン性能比較

エンジンベースには過去の実績があり、さらに低中速性能の得やすいピストンリードバルブ型のエンジンである'83年型D T 200-37F-を採用した。

尚、クーラントについては凍結防止のため、50%以上の中濃度で使用することとした。

#### 3.3.2 エンジン性能について

ベースに37Fエンジンを選んだ関係上、高速型性能を雪の中で使い易い低中速型性能へ移行させることが開発の中心であった。

37F・STDの性能では回転の上昇が急で雪の中では扱いづらい特性であった。

一方、TYエンジンの性能では逆に低速トルクがありすぎ、アクセルに対する反応が敏感すぎた。さらに、高速での回転の伸びが不足気味で、深い雪の中ではパワー不足が課題となっていた。

これらの各エンジンの特性を参考にOU70独自の性能特性を検討し開発を行なった。

その結果、ピーク馬力は押さえ気味にし、なめらかなつながりと低速でのねばりを重視すると共に、高回転での伸びを維持する性能特性にするこ

OU70 (37Fに対する変更点)	
ヘッド・シリンダー	燃焼室容積変更
ボディ・シリンダー	YPVS廃止 各ポート変更
ピストン	37F
リード・バルブ	リフト特性変更
YEIS	5X8
キャブレター	TK VM26 MJ調整機構付 セッティング変更 始動用過給ポンプ追加
エアー・クリーナー	4BF + OU70新作
マフラー	OU70新作
サイレンサー	OU70新作
ラジエター	容量変更 冷却ファン追加

表2 OU70性能仕様一覧

とができた。

図3に各車の性能比較を示し、表2に仕様一覧を示す。

尚、オーバーヒートに備え冷却ファンを追加装備した。

### 3.4 騒音対策について

今回のメインテーマである騒音対策に対しては、一般200ccトレール車の全遮音レベルを目標値に開発を行なった。

#### 3.4.1 吸音対策について

エアクリーナー本体には流量特性、容量の関係から3XP('91DT)を選んだ。

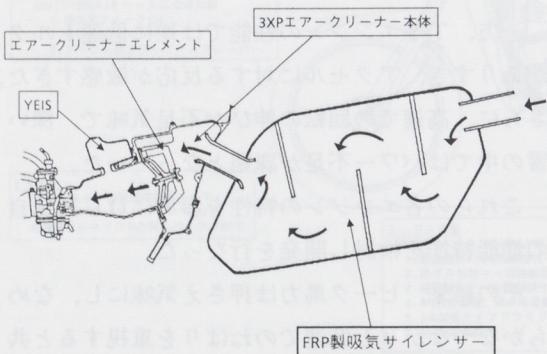


図4 OU70吸音系構造図

エアクリーナーダクト部にさらに4ℓの吸音サイレンサーを装備、内部には雪の侵入を防ぐ遮へい板を設けた。図4に構造図を示す。

その結果、吸音音はほぼ完全に消音されている。

#### 3.4.2 排音対策について

排音についても吸音と同様に大型サイレンサーを装備した。

形状はサイレンサーそのもののシェル音（外板振動音）を防ぐために円筒形を2段に連結して使用している。

内部にはモノリス触媒を配し、4段膨張型となっている。容量は約4.5ℓである。

マフラー本体のシェル音については触媒と共に吸音材を積層し対応した。

概略を図5に、内部構造については図9に示す。

テールからの排音音そのものはかなり消音されているが、マフラー本体のシェル音が若干残り、レーシング時にやや耳障りな音が残っている。

しかし、重量、日程等の兼ね合いから、これ以上の対策は限界と判断し最終仕様とした。

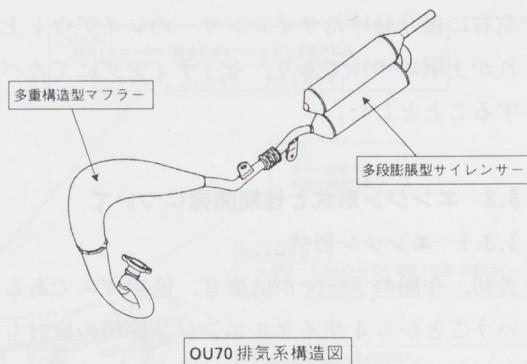


図5 OU70排音系構造図

#### 3.4.3 全体振動音

前記、吸排音の他、車両からはエンジンのメカ音、車体各部のビビリ音、さらには各部の振動音が発生している。

それらを対策するべく、車両全体をカーボンファイバー製のカウリングで覆った。内側に吸音材

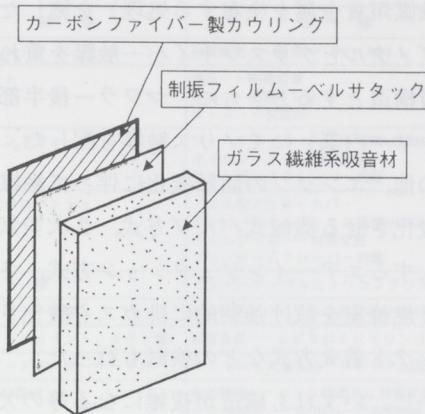


図6 カウリング構造図

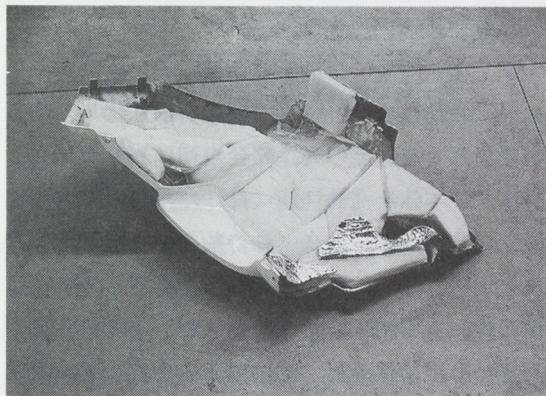


写真1 カウリング内部

と制振材を貼りつけ、場所によってはさらにその内側に断熱材を貼りつけている。

図6に構造図を、写真1にカウリング内側の様子を示す。

今回、カウリング内側に貼った制振フィルムは『ベルサタック』と呼ばれ、協力メーカーの一つである株式会社ブリヂストンによってこのOU70のために開発された特殊制振フィルムである。

従来の制振材と異なり、重量増となることなく、このフィルムそのものが振動を吸収する性能を有する新素材である。

これらの防音材の効果を表わす損失係数のグラフを図7に示す。制振材の効果が極めて大きいことがよく判る。

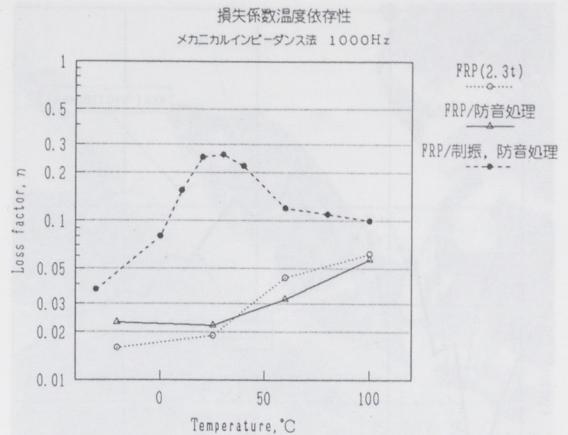


図7 FRP製カウリングの防音、制振効果

#### 3.4.4 全体騒音レベルについて

以上の対策を織り込み、国内法規－TRIASの加速騒音によって測定した時の周波数分析結果を図8に示す。

吸排の大型サイレンサーによって低周波域を減衰させ、カウリングによって高周波域が減衰されていることが判る。

オーバーオール値は加速量によって異なるが、一般トレール車並みの9km/h前後の場合には70dB(A)とほぼ全遮音レベル、エネルギーにして約半分以下にすることができた。

アイドリング時にはほぼスクーター並みのレベルである。

しかし、レーシング時にはやはり、ビビリ音、マフラー・シェル音が残音しており、やや耳障りである。

防振対策を含め、この点は今後の課題である。

#### 3.5 排ガス対策について

オートバイを南極大陸に持ち込むことによって、極力自然を損なうことのないようこの排ガス対策についてはあらゆる手段を検討した。

目標値を我が社の国内向け200ccトレールモデルの3分の1におき開発を行った。

一般に2サイクルエンジンでは特性上多いHC

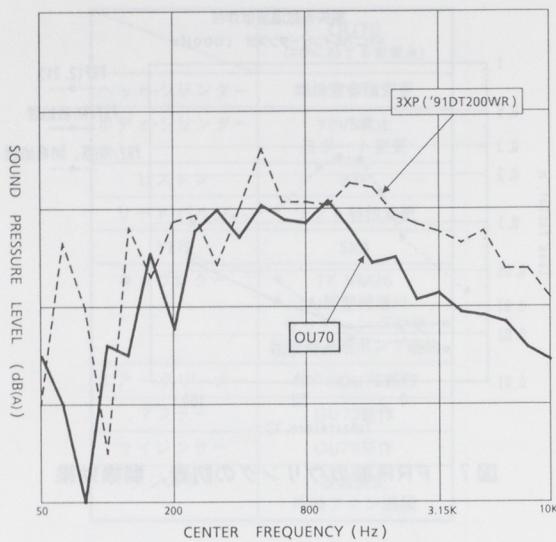


図8 OU70加速騒音周波数分析結果

(炭化水素)とCO(一酸化炭素)については触媒により浄化させ、比較的少ないNO<sub>x</sub>についてはキャブセッティングによって対応する。

OU70では水冷エンジンのメリットを活かしリーンセッティングによりNO<sub>x</sub>対策を実施した。したがって、OU70では触媒の検討を中心におこなった。

### 3.5.1 触媒について

触媒には取付け形状に自由度のあるペレットタイプの触媒と、浄化性能の高いモノリス触媒の2種類がある。今回は特別仕様車のため取付け形状を限定しなくても良いことからモノリス触媒を採用した。

次に触媒の配置位置について検討を行った。

排ガス温度の高い排気ポート出口直後にハニカム構造のモノリス触媒を配するのが一般的であるがさらにエンジン性能との両立を狙い検討を行った。

その結果、極地走行を可能とするエンジン性能を実現しつつ、かつ、充分な排ガスの浄化性能を持たせるために、浄化量を分担する2段触媒形式をとることにした。

排気温度の高いエキパイ部には、担持処理（表

面に触媒用貴金属を塗布する処理）を施したパンチングメタルとグラスファイバー触媒を重ね合わせ多層構造とするとともに、マフラー後半部（サイレンサー内部）にモノリス触媒を配した。

この他、エンジンの回転変化に伴って触媒の位置を変化させる機械式バルブ方式、2次空気を強制導入するエアインジェクション方式、さらには第2燃焼室を設け強制的に排ガスを酸化させるダイレクト着火方式などの検討も行った。

しかし、いずれも構造が複雑になる等の欠点を有していた。

最終構造を図9に示す。

### 3.5.2 マフラー材質について

マフラー内面に担持処理を施している関係上エンジン始動後、早い時点で表面を活性化してやる必要があった。その為、開発当初はパンチングメタル及び本体を滞熱性能（受けた熱を保持する性能）の高いチタン合金（鉄の約3倍）で製作した。

しかし、最終的には振動強度を考慮し本体には信頼性のあるSPCC材を使用した。温度低下に対しては外板の保温材にてに備える手法をとった。

今回は南極大陸走行を想定して開発を行い排ガス対策を実施した。しかし、今後より一層の環境対策が叫ばれる中、さらなるレベル向上の努力は必要であると考える。

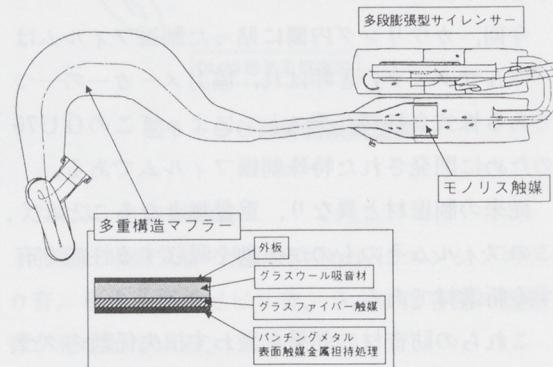


図9 OU70排ガス対策仕様構造図

部品	仕様
1. フロントフェンダー	材質変更——変成PP(PE-A3)
2. シート	表面——耐寒皮革 本体——耐寒ウレタン ボトム——変成PP
3. フロントフォーク	フォークオイル——ミル規格H5606E相当に オイルシール——材質変更 フリーザースクレーパー内蔵
4. リヤサスペンション	アルミ製アウターカバー ダンパー——オイル——ミル規格H5606E相当に オイルシール——材質変更 フリーザースクレーパー内蔵
5. ワイヤー類	インナーケーブルにシリコングリスを塗布
6. オイルシール類	材質変更——シリコン系又はEPDM系等
7. キャブジョイント、ダクト類	材質変更——エビクロルヒドリンゴム
8. スピードメーターケーブル	ケーブルに大協石油グラミックA2塗布
9. 可動部電線	耐寒電線——ガラス繊維系に材質変更 クラベ社ジーゲルREH-STG相当品
10. ハイテンションコード	材質変更——JIS規格AIPK
11. グリス 一般用	エアロシェル No.7
12. グリス チューン用	エアロシェル No.17
13. ミッションオイル	5W-20相当以下を指定——現地にて調達
14. エンジンオイル	現地にて調達(S/M用オイルを流用)

表3 OU70主要部品耐寒仕様一覧

### 3.6 各部低温対策について

今回の遠征中、最低気温は極点付近でのマイナス30度前後であると予想された。

北極プロジェクトにおいてマイナス40度までの走行機能は確認されており、実績はあることから、これらの技術をほぼ全点流用した。表3に主要部品の仕様を示す。

この耐寒低温技術については、我が社のスノーモービル開発で培った技術が数多くも込まれている。

### 3.7 特殊機能について

OU70は極寒極地走行用という目的のために一般の車にはない特殊機能をいくつか備えている。その主なものを以下に説明する。

#### 3.7.1 メインジェット調整機構

0mから3500mまで変わる標高とマイナス5度からマイナス30度まで変わる気温。これらに対応するために、外からキャブレターのメインジェットを任意に調整できるようにした機構である。

流量にて±20%の調整が可能である。始動の際にはチョークの役目も果たす。北極プロジェクト

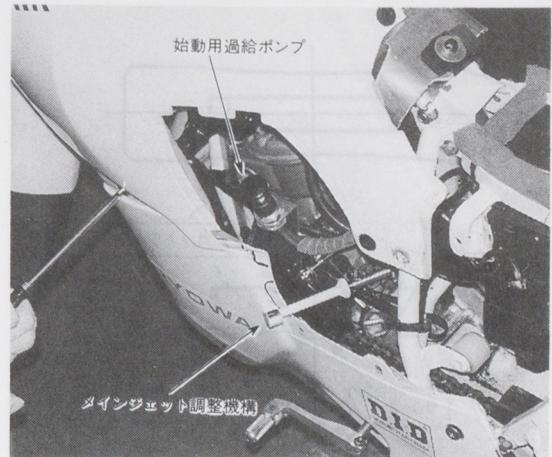


写真2 メインジェット調整機構と始動用過給ポンプ

の時から採用している機械である。

#### 3.7.2 始動用過給ポンプ

マイナス30度になるとキャブのベンチュリーを通るガソリンだけでは着火しない。そこで強制的にこの過給ポンプでクランク室とシリンダー内にガソリンを圧送してやる機械である。

1回のポンピングで約1.53ccが送られ、マイナス30度では10~15回のポンピングとアクセル操作で始動するようにセッティングした。(写真2参照)

#### 3.7.3 フロントホイール用スキー

フロントホイールにスキーをはかせ、深い雪の中を走る時にタイヤがもぐり込むのを防ごうというものである。

北極プロジェクトの時の経験を生かし、浮力と旋回性能を重視して形状を決定した。

スキー・ソール面の面圧はほぼ人間用のスキーと同等とし、サイド・カットウェストには旋回効果を持たせるしづりを入れた。

さらに、ソール面中央にはサイドスリップ防止用のSK材でできたランナーを装着した。

今回の遠征中、ほぼ半分の距離はこのスキーを使用して走行している。

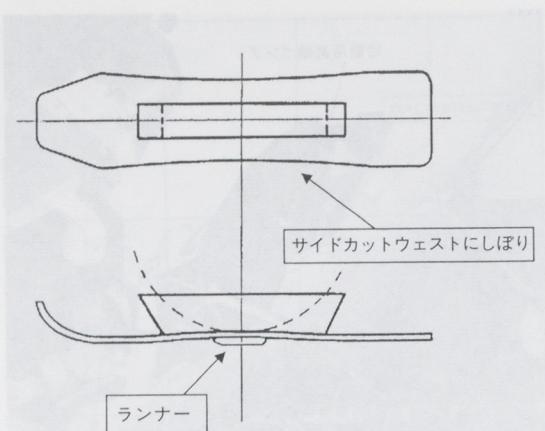


図10 フロント用スキー

#### 4. さいごに

OU70の開発を通して、我々なりに「人と自然とオートバイ」ということについて考えることができた。

このテーマは我々エンジニアにとっても重要なテーマであり、その追求は今始まったばかりと言って良い。

今回のOU70はたしかに低騒音、低公害を目指して造られはしたもの、いずれのレベルも完全に『無』というほどには至っていない。

さらに、OU70はその部品一つ一つが全て手造りである。生産性とコスト、そして各国法規等、この車が我々の日常生活に近づいてくるには残された課題も多い。

しかし、いつか真に『無』といえる究極のオートバイができるとしたら、小さいながらもこのOU70がその第1号の役目を果してくれると思う。

最後に、この誌面を借り、各設計、実験担当者をはじめ、各協力メーカーの方々から車両梱包、発送をして下さった人達まで、この計画に協力して下さった多くの方達に計画達成の報告とお礼を申し上げたいと思います。

どうもありがとうございました。

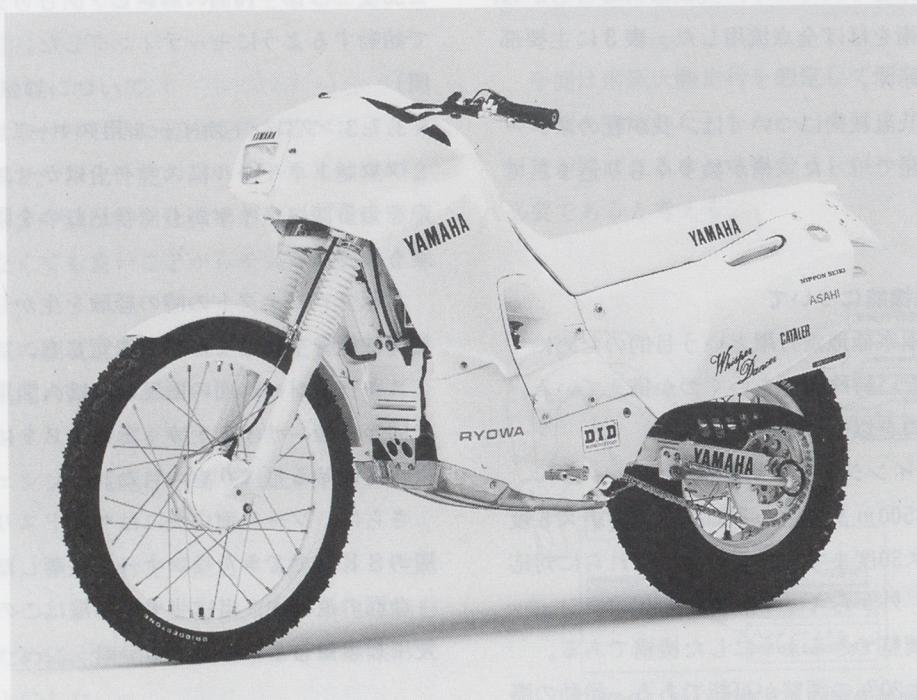


写真3

## ■著者■



今岡亮

## 技報編集委員会

委員長	馬渕 隆義	M C 本部事業企画部
副委員長	川合 修平	鋳造事業部磐田第3工場
委員	松浦 隆男	総務本部海外業務部
	鈴木 晴久	M C 本部生産管理部
	阿部 輝夫	M C 本部第1開発部
	中村 和郎	特機事業部企画部
	増田 裕	マリン本部技術部
	島田 和男	A M 事業部 A M 第3技術部
	寺井 康晴	生産企画本部生技開発部
事務局委員	鈴木 美恵子	技術本部技術管理部

ヤマハ技術会 技報 第13号

平成4年3月10日 印刷

平成4年3月16日 発行

(禁無断転載) ◎

発 行 所 〒438 静岡県磐田市新貝2500

ヤマハ発動機株式会社

ヤマハ技術会

発 行 人 長谷川武彦

編 集 人 ヤマハ技術会技報編集委員会

表紙デザイン 株式会社 亜興

印 刷 所 〒432 浜松市米津町1181

桐屋印刷株式会社



**YAMAHA**  
ヤマハ発動機株式会社