

目次

吸入空気量の増大と燃焼の改善に着目した	8
フリクションの低減に着目した	10
性能向上と耐久性とのバランスに着目した	12
点火時期を進めた	14
空燃比を濃くした	16
圧縮比を高くした	18
吸気ポートの曲がりの部分を削り取った	20
吸気ポートの内面を研磨した	22
吸気ポートをコブラポートにした	24
カムを再研磨してプロフィールを変えた	26
カムシャフトの取り付け角度を変えた	28
カムシャフトの軸の黒皮部分を削り取った	30
クランクシャフトのジャーナルやピン部をラップした	32
クランクシャフトの油穴を大きくした	34
クランクシャフトのバランスを取った	36
クランクシャフトのウェブやカウンターウェイトを削って軽量化した	38
ピストンを新品と交換した	40
ピストンをワンサイズ小さくした	42
ピストンの当たりを修正するために削った	44
ピストンリングを合い口の小さいものと交換した	46
ピストンリングの張力を変えた	48
リング幅の小さいものが使えるようにピストンを作り替えた	50
ピストンリングの数を減らした	52
ピストンを削って軽量化を図った	54
ヘッドガスケットを薄くした	56
ヘッドガスケットの水穴の大きさを変えた	58
軟らかいエンジンオイルに交換した	60
エンジンオイルに添加剤を加えた	62
オイルフィルターを目の粗いものに替えた	64
サーモスタットを取り外した	66
冷却液を水に替えた	68
マフラーをずんどうにした	70
排気チューブを太くした	72

排気マニホールドを板金製にした	74
排気管の集合部の位置を変えた	76
点火プラグを熱価の高いものと替えた	78
点火プラグを電極の形状のちがうものと交換した	80
点火エネルギーを大きくした	82
吸気バルブの傘径を大きくした	84
排気バルブの傘径を大きくした	86
バルブの擦り合わせをした	88
バルブシートの形状を変えた	90
バルブをステム径の大きなものと交換した	92
エアホーンを取り付けた	94
エアチャンバーの形状を変えた	96
スロットルチャンバーを口径の大きなものと交換した	98
エアクリーナーを改造した	100
フライホイールを薄くした	102
スプリングの強いクラッチカバーに交換した	104
吸気マニホールドの長さを変えた	106
板金製の吸気マニホールドにした	108
吸気マニホールドからヘッドのポートにかけて徐々に細くした	110
過給圧を上げた	112
ターボをサイズの大きなものに替えた	114
インタークーラーの能力を上げた	116
オイルクーラーを取り付けたりサイズを上げた	118
ラジエターを容量の大きいものに替えた	120
油圧レギュレーターバルブのセット圧を高くした	122
ラジエターの加圧キャップの開弁圧を高くした	124
耐荷重の大きなベアリングに交換した	126
ベアリング部のオイルクリアランスを広げた	128
シリンダーをポーリングして排気量を大きくした	130
コネクティングロッドを研磨した	132
コネクティングロッド・ボルトの締めつけトルクを大きくした	134
シリンダーヘッド・ボルトの増し締めトルクを大きくした	136
シリンダーブロックの内側のバリ取りをした	138
オイルギャラリーの径を拡大した	140
オイルポンプを容量の大きなものと交換した	142
ウォーターポンプを容量の大きなものと交換した	144
バルブスプリングを強くした	146
タペットやロッカーアームを細工して軽くした	148

オイルタペットをシム式に変えた	150
燃焼室を削って吸気や排気の流れを改善した	152
シリンダーヘッドの下面を削って圧縮比を上げた	154
2.0エンジンの1.8用ヘッドを載せ替えた	156
ピストンのバルブリセスを大きくした	158
ピストンの頭部を張り出させて圧縮比を上げた	160
ドライサンプ式に変更した	162
誘導式の点火系をCDIに替えた	164
抵抗入りのハイテンションコードを抵抗のないものに替えた	166
オルタネーターやバッテリーを小さいものに替えた	168
インジェクターの取り付け位置を変更した	170
コンロッドをスチール製からチタン製に替えた	172
ヘッドガasketをジョイントシート製からメタルガasketに替えた	174
燃料ポンプを容量の大きいものに替えた	176
シリンダーの内面をツルツルにした	178
シリンダーヘッドとブロックの合わせ面を再仕上げした	180
クランクシャフトのカウンターウェイトに比重の大きな金属を取り付けた	182
スチール製のオイルパンをアルミ鋳物製に替えた	184
オイルパンの中のバッフルプレートの形状を変更した	186
メインベアリングキャップを強化した	188
カムシャフトを粗材からつくり直した	190
クランクにフライホイールとクラッチカバーを取り付けてバランスを取った	192
マウンティング部を改造してエンジンの搭載姿勢を変えた	194
ガセットを入れてエンジンとトランスミッションとの結合剛性を上げた	196
リブやフィンの一部を削った	198
排気パイプの径を曲がりの部分で拡大した	200
燃焼ギャラリーをつくり替えた	202
クランクプーリーを小さくした	204
クランクのダイナミックダンパーを取り外した	206
ブローパイを大気開放した	208
コンピューターのROMを変更した	210
インジェクターを噴射量の多いものに交換した	212

はじめに

エンジンはもっとも複雑な総合機械であるといわれている。機械工学で使う4大力学、すなわち材料力学、機械力学、流体力学、熱力学のすべてを駆使して設計される工業製品は多くない。複雑なエンジンは生き物のようであり、先天的な素質をチューニングによって導き出したり、そう大きくはないが変えたりすることができる。本書では、科学的にチューニングを考えることに重点を置いた。その過程で経験の活用が重要である。例えば、インジェクターはこちらの方が流量が大きいからといって替えるのではなく、吸気系のチューニングによって吸入空気量がこれだけ増大するのでインジェクターを替えると同時に、燃料噴射パルス幅も見直して全体としてのバランスをとることの重要性について強調している。また、エンジンの構成要素に手を加えるときには、熟練や経験が必要である。ここでは、ハードウェアの持つポテンシャルを100%引き出す運転変数の最適化をマッチングと定義し、ハードの改善とマッチングを合わせてチューニングと呼ぶことにする。

よいチューニングはバランスを取りながら、無理をせずにベースとなるエンジンの素質を引き出したり、さらに向上させることである。パワーアップ

を図っても、耐久性を犠牲にするようでは正しいチューニングとはいえない。チューニングにはいろいろのファクターが複雑に絡み合っていて、それらの掛け算の答えが一連の作業の成果である。どれか一つでもゼロがあれば、努力は水泡に帰してしまう。チューニングには広い視野で臨み、配線の色やクランプの仕方、コネクタに至るまで細心の気配りが必要である。

本書の単位系としては馴染みの深い工学単位を主に用い、必要に応じてSI単位も併記するようにした。しかし、数式でSI単位の方が簡単になり理解しやすいと思われるものについては、SI単位系を主としている。

また、公道を走行する場合は排気規制の適用を受けるので、排気や騒音評価テストに合致する範囲でチューニングを楽しんでいただくことを願っている。例えば、三元触媒が作動しないような空燃比にしたり、EGRやマフラーを取り外したりすることは、ぜひ慎んでいただきたい。エンジンのチューニングは立派な科学であり、これをマスターすれば、その応用範囲はかなり広い。工学の題材として本書をお読みいただけたら幸いである。

林 義正

吸入空気量の増大と燃焼の改善に着目した

エンジンのパワーの源は燃焼室内で発生する熱エネルギーである。単位時間内に発生させるエネルギーを増やすためには、より多量の燃料を燃焼させなければならない。そのためには、より多量の吸入空気が必要になる。吸入空気量の増大はパワーアップのもっとも基本的な条件である。シリンダーが吸入した空気量を評価する尺度として吸入効率がある。そして、吸入効率は体積効率（容積効率とも呼ぶ）と充填効率とに分けられる。前者の容積効率とは、そのときの大気の圧力と温度の下で吸入した空気の体積と、ピストンが上死点から下死点まで動いてできたシリンダーの容積変化、つまり排気量との比である。あるいは、これを空気の重量に換算して比にすることも

あるが、同じ値になる。ところが、吸入した空気の温度が高ければ、体積が同じでも重量は軽くなってしまう。また、高地では大気圧が低くなるので空気密度が小さくなり、同じ容積効率でも吸入した空気の重量は小さくなる。ここまで考慮して表す評価尺度が、後者の充填効率である。これは、図1のように、すべて標準状態での圧力と温度に換算した、空気の重量の比である。パワーアップを図るためには、最終的には充填効率を向上させることである。だが、その前にまず容積効率を増大させることから着手する。

圧縮性である空気の重量をうまく利用すれば、ピストンが動いてできた容積変化以上の体積の空気を吸入させることが可能になる。これを吸気の慣性効果と呼

図1 吸入効率の定義

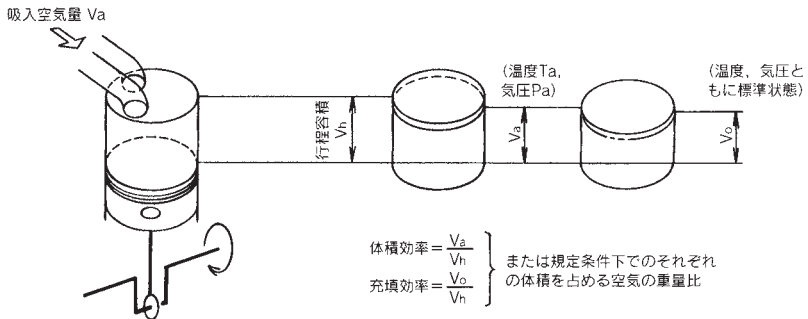
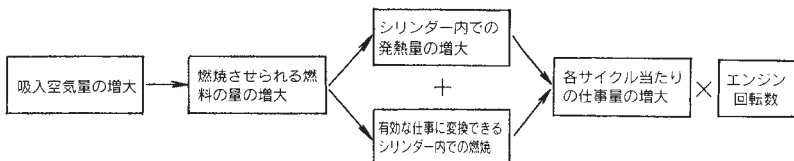


図2 エンジン出力向上の基本的なコンセプト

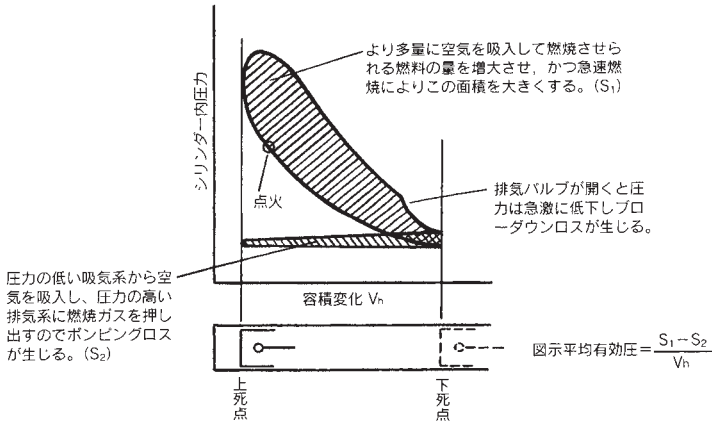


び、後で説明するようにチューニングの常套手段である。しかし、シリンダーに吸入されるまでに、空気の温度が上がってしまうと密度が低下するので、なるべく暖まらないようにするのがよい。このようにして空気量を増やせば、燃焼できる燃料の重量も増加する。だが、燃料をシリンダーの中でいかに速く燃焼させるかが、高出力化のカギとなる。ピストンが混合気を上死点まで圧縮してきたとき急速に燃焼すれば、作動ガスの圧力が高くなり、ピストンに働く力が大きくなると同時に、有効にピストンを押す時間が長くなる。これによって、後の項で述べる図示平均有効圧が増大し、トルクが大きくなる。

よい燃焼を得るための三大条件は、よい混合気、よい圧縮、よい火花である。これは実用エンジンでもレーシングエンジンでも同じである。シリンダーの中で

タンプルフローやスワール、スキッシュ、タービュレンスなどのガス流動を起こさせて、燃料と空気との混合を促進し点火に備える。また、成層燃焼ではなくても、点火プラグ周辺に火が点きやすい混合気がくるようにするのは大切なことである。圧縮比を高くすると熱効率が上がって図示平均有効圧が大きくなるが、一方ノッキングが障害となって、点火時期を進められずに出力の増大につながらないこともある。これについては後で説明する。急速燃焼を実現するためにも、圧縮比の増大は必要である。だが、これには燃焼室の形状やシリンダー径、圧縮終わりの混合気の質や温度、ガス流動の状態などが大きく影響する。吸入空気量を増やし、急速燃焼を実現することが、チューニングの基本的なコンセプトである。この実現について、本書では項目別に順次説明していく。

図3 各サイクル当たりの有効仕事の増大



空燃比を濃くした

空燃比が薄いとパワー感がなくなり、濃過ぎてもトルクが低下する。また、空燃比が濃いと点火プラグを汚損したり、燃焼室にカーボンが堆積していろいろな弊害を引き起こす。ここで、空燃比とはエンジンが吸入した空気と燃料の重量比のことである。特に、燃料と空気が過不足なく反応する空燃比のことを理論空燃比と呼び、普通のガソリンを使った場合14.7くらいになる。

空燃比がこれより小さければ濃い（リッチ）と称し、大きければ薄い（リーン）という。エンジンを動力計にセットして、回転数とスロットル開度および点火時期を一定に保って運転し、空燃比を徐々に濃くしていくと図2のようにトルクは増大しピークに達する。さらに濃くすると

トルクは低下してしまう。このピークの99.5%のトルクが得られる空燃比の薄い方をLBT（Leaner side for the Best Torque）と呼び、ここに空燃比をセットするのが出力的にはもっとも有利である。同じトルクが得られるならば、薄い方にセットした方が燃費が良く、また濃すぎるために生ずる弊害も少なくすむからだ。

ピストンを燃料で冷却するために濃くすることもあるが、エンジンオイルをガソリンで希釈することがある。この現象は冷却水やオイルの温度が低いとさらに助長される。また、ノッキングを避けるために空燃比を濃くセットするときにも同様の注意が必要である。最近では空燃比を手軽に測定できるが、エンジンの運

図1 空燃比の定義

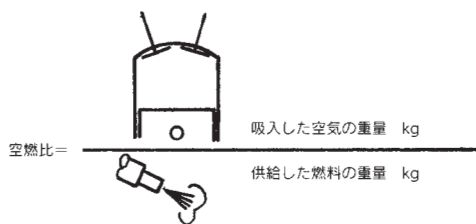
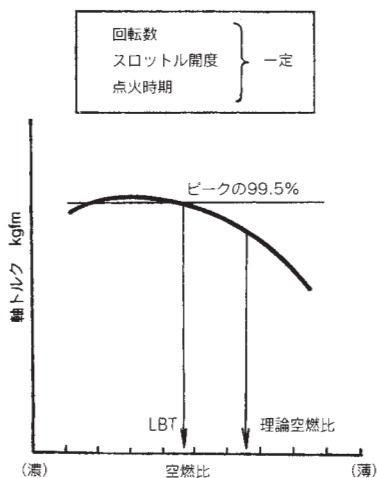


図2 パワー重視の空燃比セット



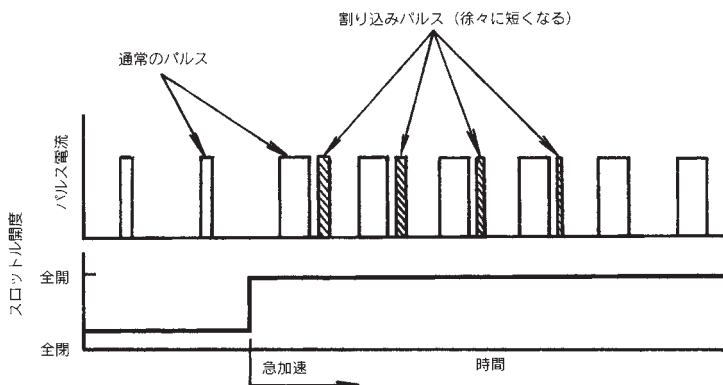
転状態が正常であることを確認してから行うことが大切である。例えば、冷却水の温度が低いときには、自動的に濃くなるように制御されているので、暖機時とは違う空燃比となっていることがある。

空燃比が問題になるのはエンジンが定常（一定の回転速度）で回っているときよりも、むしろ加速時の方が多い。エンジンが吸い込む空気にくらべ燃料の供給に遅れが生じるので、一瞬薄くなりトルクの低下やひどい場合にはミスファイアが発生する。そこで、スロットルを急に開いて加速に入ったごく初期段階に燃料を増量して、薄くなるのを防ぐのが一般的である。可変ベンチュリー式のキャブレターでは加速増量装置がないものが普通だが、電子制御式の燃料噴射装置では図3のような割り込み噴射などの増量手段をとる場合が多い。急にスロットルを開いて加速に入った瞬間には燃焼室内の

混合気の状態が不安定で、点火プラグの電極の周りが薄くなってしまうこともある。それを防ぐために全体を濃くして切り抜けることが必要になる。だが、加速増量は必要最低限とし、増量の期間も可能な限り短くすることが大切である。薄いと瞬発力に欠け、ひどい場合には息つきが起こる。また、濃すぎると吹き上がり感が悪くなる。

定常運転時にはLBTになるようにセットし、加速時には必要最低限これより濃くするのが、もっともパワーが得られるマッチングである。二輪のようなキャブレターによる燃料供給系では、ニードルの削り方によってパワー感がぐっとちがってくる。私も四輪で、ウエーバーやソレックスの固定ベンチュリー式のキャブレターのジェットやエアブリード、加速ポンプの吐出量などのセッティングで腕をみがいたものである。

図3 急加速時の割り込み噴射の例



カムシャフトの取り付け角度を変えた

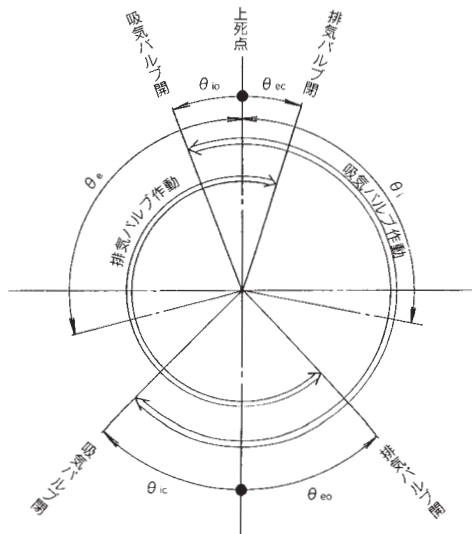
4ストロークエンジンの吸排気バルブは図1のように開閉している。この図のことをバルブタイミング・ダイアグラムという。ちなみに、バルブの代わりに排気や掃気ポートおよび吸気ポートでこれを行う2ストロークエンジンでは、ポートタイミング・ダイアグラムという。吸気バルブは上死点前 θ_{io} から開き、下死点後の θ_{ic} に閉まる。したがって、作動角はクランク角度で $(\theta_{io} + 180^\circ + \theta_{ic})$ となる。また、カムの取り付けの中心角 θ_i は $\{(\theta_{io} + 180^\circ + \theta_{ic}) \times 1/2 - \theta_{io}\}$ となる。同様に排気側も図のように θ_{eo} 、 θ_{ec} 、 θ_e を設定すれば、中心角 θ_e は $\{(\theta_{eo} + 180^\circ + \theta_{ec}) \times 1/2 - \theta_{ec}\}$ となる。ここで、排気の上死点を挟んで吸気バルブと排気バルブが共に開いている期

間 $(\theta_{io} + \theta_{ec})$ をバルブオーバーラップという。

DOHCエンジンならばカムシャフトの取り付け角を吸気と排気を別々に変えることができるが、SOHCの場合は同時に同じ角度だけひねることになる。したがって、SOHCエンジンではカムの取り付け角を変えてもほとんど意味がない。生産されたままの状態が最適なセットになっているはずなので、この場合はかえって性能は低下してしまうのが普通である。DOHCではバルブオーバーラップを増やすことも、吸気バルブが閉じるのを遅らせることも、排気バルブを早く開くようにすることも可能である。

例えば、 θ_i が大きくなるようにカムシャフトを取り付ければ、 θ_{io} は小さくな

図1 バルブタイミング・ダイアグラム



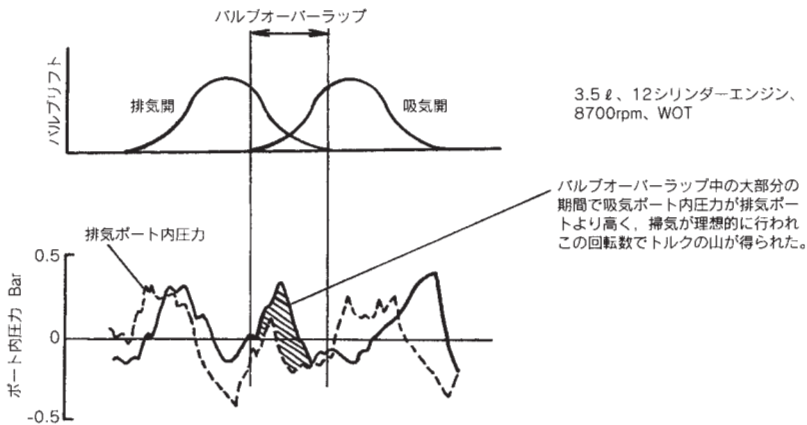
るが、 θ_{ic} を大きくすることができる。これによって、高速時に吸気行程でピストンが下死点を過ぎても、まだ吸気の慣性でシリンダーに吸気が流入し続ける場合には吸入効率を向上させることができる。排気側のカムシャフトの取り付け角を変化させても、エンジンのトルク特性は変化する。

しかし、DOHCであってもバルブ作動角が同じなので、中心角を変えようとバルブオーバーラップまで変化してしまうので、自ずと限度がある。そこで、バルブ作動角を変えたカムシャフトを用い、最適の取り付け角を再設定すれば、エンジンの出力特性を大きく変えることができる。最大トルクの発生点を高速側に移して出力を増やす場合には、作動角の大きなカムシャフトを用いバルブオーバーラップを大きく保ちながら、 θ_{ic} と θ_{eo} を大きくする。しかし、アイドルリングの安定

性や低速トルクが犠牲になるのは避けられない。

バルブ作動角の大きなカムシャフトを使用する場合には、バルブオーバーラップ時にバルブとピストンが干渉しないように十分に注意することが必要である。バルブとピストンとの間の距離が静的（手でクランクを回したとき）にはあっても、エンジン運転中にはもっと小さくなっている。バルブがジャンプやバウンスをしたら、バルブリフトカーブより浮き上がる瞬間が生じる。カムシャフトがねじれ振動を起こせば、バルブタイミングは変化する。また、タイミングチェーンやベルトが振動したり伸びれば、バルブリフト特性は狂ってしまう。したがって、動的には余裕をとっておかないと、きわめて危険である。その値は動弁系の構造やストロークなどによって異なるが最低でも2mmは必要である。

図2 バルブオーバーラップ時の掃気



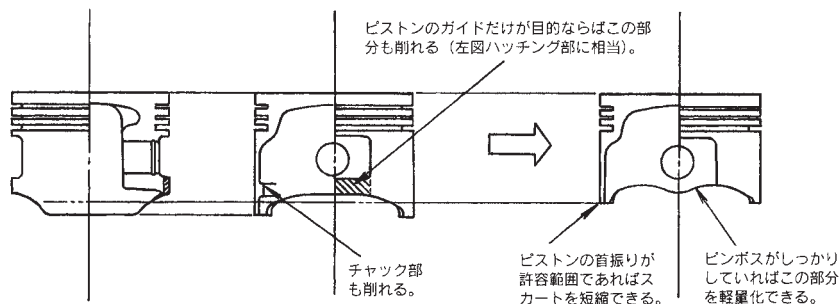
ピストンを削って軽量化を図った

エンジンの高速回転化を阻むものの一つに、往復動部分の慣性力がある。その慣性力は回転数の二乗に比例して増大する。例えば、ストローク80mmのエンジンが6000rpmで回っているとき、ピストンは1g当たり約1.6kgfのベアリング荷重を発生させる。これが、9000rpmになるとその2.25倍になる。すべての質量が100%の寄与率で往復慣性力を発生させるピストンの軽量化を図ることは、エンジンの高速回転化の必須の条件である。だが、実用エンジンでも用途に応じてピストンは可能な限り軽く設計されていて、無駄な質量はそう多くないはずである。

ピストンの外面を下手に加工するとシリンダーとのガスシールを損なうので、削るとすれば、内側カスカート部分であ

る。内側から削って肉厚を薄くする場合は必要な強度を確保できるように、応力が集中することがないように考えながらグランドする。ガス力や慣性力によって破壊が起これないと思っても、運転中に変形して焼き付きを起こすことにもなりかねない。応力集中の他にも、熱応力による変形も避けなければならない。ピストンの冠面で受けた熱は、主にトップリングやセカンドリングからシリンダーに逃げている。したがって、冠面の裏を削ってここを薄くすると、ガス圧による変形を助長するとともに、中央部分から周辺への熱の移動通路を狭めることになる。ここが少しくらい薄くなっても、裏側にかかるオイルによって冠面の冷却が促進されるようなことはない。一方、剛

図1 ピストンの軽量化の例



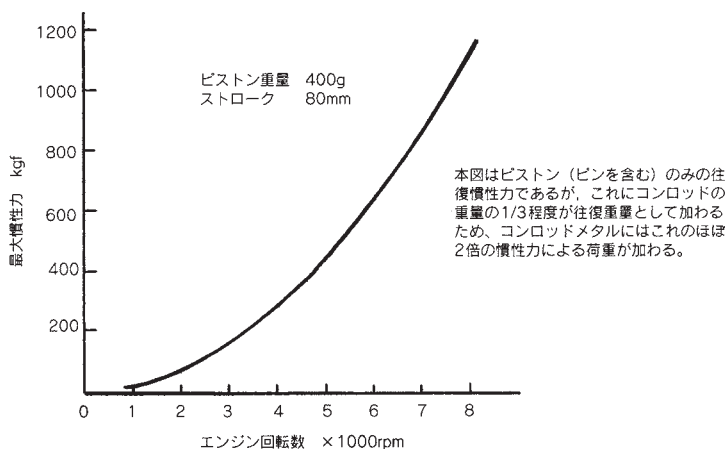
性は厚さの三乗に比例するから、10%薄くなると剛性はざっと30%低下することになる。

ピストンに駄肉はほとんどないが、耐久性との兼ね合いで軽量化できる部分はある。例えば、製造上の都合により図1のようにピンボスの下の部分に不必要な肉がある場合には、高速エンジンのピストンを参考にして削り取っても問題はない。また、ピンボスと直角方向のスカート短縮するときは、ピストンの首振りが大きくなるので傾きがどこまで許されるかを計算してその範囲内で行う。ピンを中心にしてコネクティングロッドの傾きによって生ずるピストンの回転や、サイドスラストによるシリンダーとの局所的な接触は高い面圧を発生させ、油切れや焼き付きの原因となることがある。

普通、ピストンはアルミ合金の鋳造製であるが、熱負荷が大きい高性能エンジ

ンでは鍛造製も多く使われている。鋳物と鍛造とでは強度が大きく異なるので、鍛造製のピストンで成功したからといってそのまま同じ肉厚を鋳物製のピストンに当てはめるのは危険である。また、加工によって小さな傷やエッジができると疲労破壊が起こったり、また急激な断面変化は先に述べた応力集中を増大させる。ピストンの破壊はエンジンの全損につながるもので、くれぐれもご注意ください。そして、加工後にすべてのピストンの重量が許容範囲に入っていることを確認しておく。もし、ばらつきの限界(例えば $\pm 0.5g$)を越えていたら、スカート下部で力のかからない部位を削って重量合わせを行うのが無難である。ピストンのバランスは重量だけではなく、重量の偏りやピン周りのモーメントにまで気を配れるようになれば、かなりのレベルのチューニングを期待できる。

図2 高速回転化による慣性力の急激な上昇



おわりに

本書は、私自身の本格的なレーシングエンジンの開発や市販のエンジンをチューンしてレースに出たり、一味ちがった街乗りを楽しんだりした経験をもとに執筆した。複雑な総合機械であるエンジンは日進月歩であり、その進化が止まることがない。燃料のシリンダー内への直接噴射による成層燃焼もリーンで燃焼させるための暫定解だと思っている。まだ、究極のエンジンといえるものは出現していないし、これからもその状態が続くであろう。エンジンは熱エネルギーを仕事に変える機械である。その過程では熱力学の法則から逸脱することはできないし、真理に基づいた変換しか行うことができない。エンジンが存在する限り、出力と燃費の基本的な性能の向上は永遠の課題である。また、排気や騒音、リサイクル、生産時の省エネルギー化なども新たな性能である。チューニングはエンジンの基本的な使命である熱エネルギーを効率よく仕事に変換する技術の追求であるといえる。本書により、エンジンのチューニングの奥の深さと科学性および他への応用性についてご理解いただけたら幸甚である。

参考文献としては拙著「乗用車用ガソリンエンジン入門」、「レーシングエンジンの徹底研究」、「レース用NAエンジン」、および石田宣之著「高性能エンジンとは何か」、瀬名智和著「エンジンの過去・現在・未来」、長谷川浩之著「HKS流エンジンチューニング」（いずれもグランプリ出版）などがあります。ぜひこれらの本もあわせてお読み下さい。

林 義正

索引

〈ア行〉

圧縮比	9
インジェクター	170, 212
薄型リング	51
エアクリナー・エレメント	100
ADポート	110
SN曲線	13
MBT	14
LBT	16
エンジン搭載姿勢	195
オルタネーター	169

〈カ行〉

回転型燃料ポンプ	177
回転慣性モーメント	38
カウンターウェイト	182
ガス流動	9
カムプロフィール	190
慣性効果	8
急速燃焼	10
吸入効率	8
境界層	22
共振点	196
空燃比	16
クランクケースベンチレーション	208
クランクプリー	204
クローズイン	128, 173
結合剛性	196
高圧縮比化	18
硬化層	27
コブラポート	24
固有振動数	206
コンプレッションハイト	50

〈サ行〉

3本リング	52
CDI	165
CD(コンデンサーディスチャージ)方式	83
充填効率	8
正味平均有効圧	11
スクャベンジポンプ	163
図示馬力	10
ストレスマウント	196
スロットルバルブ	98

静バランス	37, 132
塑性域締結法	136
損失馬力	10

〈タ行〉

タービュレンス	21
ダイヤフラムスプリング	104
体積効率	8
ダイナミックダンパー	204
鍛造ピストン	40
タンブルフロー	21
チタン製コンロッド	173
低圧配電システム	166
抵抗入りハイテンションコード	166
低粘度オイル	60
点火エネルギー	82
点火時期	14
電子制御式燃料噴射システム	170
動バランス	36, 132
トーションナルダンパー	206
トップフィード式インジェクター	170

〈ナ行〉

2本リング	52
燃焼室容積	155
燃料ギャラリー	202
燃料噴射バルス	212
燃料ポンプ	176
ノッキング	14

〈ハ行〉

排気抵抗	72
排気の慣性効果	200
排気パイプ	200
バッテリー	166
バッフルプレート	186
バリ	136
バルブオーバーラップ	28
バルブクリアランス	151
バルブタイミング・ダイアグラム	28
バルブリセス	41, 158
PCVバルブ	208
ピストンクリアランス	42
ピストンピンのオフセット	41

(著者紹介)

林 義正(はやし・よしまさ)

工学博士

1939年3月東京都生まれ。九州大学工学部航空工学科卒業。1962年日産自動車(株)入社。中央研究所(当時)で高性能エンジンの研究、排気清浄化技術の開発、騒音振動低減技術の開発などを経て、スポーツエンジン開発室長、スポーツ車両開発センター長を歴任。日産のレース活動を率い、全日本スポーツプロトカー耐久レース3年連続選手権獲得。米国 IMSA-GTP レース4 連続選手権獲得、第30回デイトナ24時間耐久レースで数々の記録を樹立して日本車として初優勝。1994年2月に退社。同年4月に東海大学工学部動力機械工学科教授に就任、総合科学技術研究所教授を歴任。2008年、学生チームとしてル・マンに世界初出場。2012年退官と同時に(株)ワイ・ジー・ケー最高技術顧問。主な受賞歴にSpirit of Le Mans Trophy、科学技術庁長官賞、日本機械学会賞、自動車技術会賞などがある。著書に『ル・マン24時間』、『大車林 自動車情報事典』(監修と執筆、(株)三栄書房)、『世界最高のレーシングカーをつくる』(光文社新書)『レーシングエンジンの徹底研究』、『レース用 NA エンジン』、『乗用車用ガソリンエンジン入門』、『林教授に訊く「クルマの肝」』、『自動車工学の基礎理論』(共にグランプリ出版)などがある。

エンジンチューニングを科学する

著者 **林 義正**

発行者 **山田国光**

発行所 **株式会社グランプリ出版**

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-32

電話 03-3295-0005(代) FAX 03-3291-4418

振替 00160-2-14691

印刷・製本 モリモト印刷株式会社