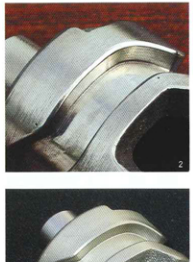
シフトドラムのカム溝には、かつてのヤマハワークス直伝のファインチューニングを施工



❶溝の形状修正のついでに、手が滑って全体を磨いてしまった本機のシフトドラム（左）と、手持ちの中古スペア。スペアのほうが走行距離が短いにもかかわらず、カム溝の側面に傷があったり、セグメント（ストッパーのローラー）が当たる花びら形のパーツ）のローラー摺動面の摩耗が多いなど、本機のもののほうがはるかに程度があったので継続使用。❷❸シフトドラムのカム溝への加工は、溝側面のピン角を丸め、シフトフォークのスムーズな動きを確保するのが狙い。工作機械による溝加工では、直線部と曲線部のつなぎ目に段差やピン角が生じやすいから、仮に新品を組み込む場合でもチェックを怠らず、滑らかかつ荒れのない面に仕上げれば、シフトタッチの改善に効果があるはずだ。今回の作業では、最初にサンドペーパーを用いて粗削りをし、コンパウンドをつけた布で擦って仕上げをした。シフトドラムのカム溝側面の鏡面研磨は、レーサーのファイン チューニングとしては常識的な項目だが、ストップ位置でのシフトフォークの遊びを増やしてしまわないように注意が必要。これをしてしまうと、動きやすくなったのはよいが、ドッグクリアランスが過小となり、シフトトラブル発生の可能性が高まる。外周面と溝側面の間にある大きめのR面取りは、私がしたのではなく、最初からあったもの。とはいえ、加工の荒い部分や他と比べてRの小さい部分にはサンドペーパーを当て、見た目に美しく仕上げた。まったく面取りがなくバリっぽかった肉抜き穴の周囲には、前号で紹介したカムシャフトのカム山の縁の面取りよりもきらに無意味なのを承知で、溝の縁と同程度のR面取りを施した。さすがに肉抜き穴の側面を磨こうとは思わなかったが、目立った凸部にはリューターを当て、軽くなしておいた。❹小修正で磨きを楽しんだ後、表面改質処理から戻ってきたシフトドラム、ギアやシャフトと同様、スチール〜セラミック〜鋼をショット。見たことのない質感と、えもいわれぬ予触りに仕上がっていた。❺❻カム溝部のアップ。❻の中央に見えるV型に掘られた部分の頂面はストップ位置であり、平面がなくならないように注意しながら両端の角を丸めた。先に書いたように、溝の側面をサンドペーパーとコンパウンドで仕上げた後、隅の部分に先端の尖ったゴム砥石を走らせ、付着した異物を除去した。❼シフトフォークとシフトフォークガイドバー（写真なし）には鋼ショットは行わず、セラミックショットによるマイクロディンプル加工のみを施した。フォーク先端の摺動面（ギア溝側面と接触する面）にオイル溜まりの凹みを設けることも考えたが、もともと問題はなく、しかも今回のオーバーホールのついでに、オイルポンプの吐出量をアップしたり、各部のオイル通路の流れをよくする加工を施したりしたので、凹みの加工は見合わせた。自分でしたのは、先端摺動面に軽くオイルストーンをかけただけ。❽ショット加工はシフトフォークガイドバーの通る穴の内壁にも及ぶ。パフがけで「てかてか」に光った面よりも、微粒子（粒径40〜50ミクロン）シェットでマイクロディンプルのできた最りのある面のほうが、いかにもオイルとの親和性がよさそうだ。

●2007年11〜12月 微粒子ピーニングの施工

驚くべき美しさと滑りのよさに期待が高まる

白状してしまうと、この処理をしようと考えたのは、エンジンの分解が終わり、各部のファインチューニングを開始した後だった。別の調べものをすべくネットサーフをしている途中で、たまたま不二WPCのHPをみつけ、隅々まで眺めているうちに、どうしても試してみたくなったのである。さっそく電話をして、応対していただいたのが下平社長だった。

微粒子ピーニングというのは一般名称で、専門の学会などではFPB（ファイン・バーティクル・ボンバリング）処理と呼ばれ、最近ではWPC（ワイド・ピーニング・クリーニングまたはワンダフル・プロセス・クラフト）処理と呼ばれることが多いが、それぞれの呼び名の意味内容はいまひとつ明確ではない…といった話に始まり、微粒子ピーニングの種類／施工方法／メリット／デメリットなどを懇切ていねいに教えてもらったうえ、さらに、私のXJ900の各パーツに関する具体的な処理と効果についての提案もいただいた。

いきなり社長に応対していただき、しかも、突然電話をした者に対しても極めて親切ていねいだったというだけで、私はすっかり不二WPCという会社を信用した。そして、どのパーツにどんな処理をするかは、ほとんど下平社長の提案に従った。「エンジンのパーツを全部送ってもらってもかまいませんよ」と言われたのだが、さすがにそれは辞退した。約8万km走ってほとんど摩耗していなかったクランクシャフトとカムシャフトは、この先何十万km走ろうが、何もしなくてよさそう（効果もわかりにくそう）だからだ。

ここから先は、ほとんど下平社長に教えてもらったことの受け売り的だが、処理の種類について簡単に記しておきたい。微粒子ピーニングには、大きく分けて3つの種類がある。疲労強度の向上を狙った処理、潤滑性アップを狙った処理、そして固体潤滑材などを打ち込む処理の3つだ。疲労強度を高める目的のピーニング処理は昔からあったが、微粒子ピーニングと呼ばれるそれは、従来のピーニングとは比べ物にならないほどの強度アップが可能だそうだ。メディア（吹きつける粒子）の種類や粒径は、相手方の材質によって異なり、スチールやセラミックが主に使われている。

潤滑性を良好にするための処理は、より細かい粒子（40〜50ミクロン）を用い、相手方の表面にマイクロディンプルと呼ばれる細かな孔を形成する。潤滑性向上のためだから、オイルとの相性を考えた孔の大きさにしなければ意味がなく、研究の結果、40〜50ミクロンという粒径を選んだとのこと。3番目の固体潤滑材（金属粒子）の打ち込みは、メディアに二硫化モリブデンや錫などを使用し、粒径と速度をコントロールすることにより、メディアが相手方に衝突した際に双方が発熱し、溶けたり変態したりさせて急冷される現象を利用し、従来技術では困難だった材料／厚さ／深さ／強さのコーティングができるようになったらしい。

これら3種類の処理は、単独でもちろんできるが、2つあるいは3つ重ねることもでき、どれとどれを組み合わせるかは、相手方の物性に合わせて決めているとのこと。今回の私の例では、もともと多孔質のシリンダーのスリーブ内壁には二硫化モリブデンショットのみだが、ミッションのギアとシャフトには、スチールショットで疲労強度を高めた後、セラミックショットでマイクロディンプルを設け、さらに錫をショットしてコーティングし、耐衝撃性を高めている。

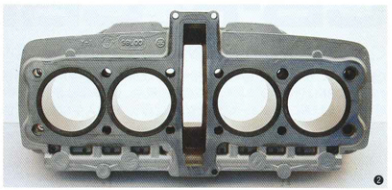
これらの微粒子ピーニングを終えたパーツの美しさは、失礼ながら、不二WPCのHPに出ている写真ではよくわからない。P.94や P.97の❷あたりまで拡大しても、まだまだ足りない。この美しいパーツたちを、外から見えないエンジンの中に組み込んでしまうのは惜しい気がした。手触りもまた格別で、ミドルドリブンシャフトのテーパー部なんぞ、一晩中でもなでていたい。

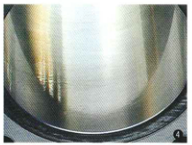
さらに驚いたのは、ミッションの組み立て時だ。ギアを通し、ワッシャを入れ、サークリッププライヤーにサークリップをセットし、押し広げながら挿入する。その途中で、普通なら何度かシャフトの表面に引っかかって、“ギッ”と、いやな感触が伝わって手を止めるのだが、今回は、明らかにクリップと軸表面が接触しているにもかかわらず、するすると、まるで抵抗を感じさせることなく通過してしまった。

こんなに滑りやすい金属表面を見た（感じた）のは初めてだ。オイルや潤滑剤だけでは、どうせ頑張ってもこうはいかないし、かといって微粒子ピーニングだけの効果でもない。両者が合わさって初めて得られる、他にはない“滑り感”である。摺動抵抗の低減に大きな効果があるのは疑いなく、他の部分に施したさまざまなファインチューニングの効果と合わせれば、過去最良の30.42km／ℓという燃費（2006年10月3日に高速道路上を80km／h一定で188km走り続けたときに記録）を、軽く1割程度は改善できそうな気がする。

今現在、オーバーホール後の走行距離は1586km。月間走行距離は、去年と比べると半分程度に減っているが、爽快感は倍増どころではない。（吉村誠也）

今回のファインチューニングの目玉のひとつとなった、微粒子ピーニングによる表面改質





❶不二WPCから返送されてきたパーツを一堂に集めたところ。大きく分けると、ピストン／シリンダー関連、ミッション／シフター／ミドルドライブ関連、クラッチ関連の3グループになり、担当者の方と相談しながら、それぞれに最適の処理を決めた。❷前号で紹介した、美しくホーニングされたシリンダー内壁には、ディンプル加工はせず、固体潤滑材として優れた潤滑力を持つ二硫化モリブデンのショットのみを施した。鋳鉄スリーブ入りの場合、鋳鉄そのものが多孔質であり（これによる潤滑性の高さが、古くから鋳鉄スリーブが使われていた理由）、ディンプル加工は不要とのことだった。二硫化モリブデンの微粒子を高速で吹きつけると、衝突エネルギーによる高温で融解し、一部は母材内に入り込んで溶着するため、通常のメッキよりも強固に結合するらしい。不二WPCのHP内の、雑誌掲載記事等〜潤滑経済2006年4月号のリンクをたどり“ピストンスカートに使用される固体潤滑剤”という記事もご参考に。❸ボーリング／ホーニングを終えた直後に前号の写真を撮影。そのあとすぐに不二WPCに発送し、戻ってきた後に塗装を済ませたので、YICSの連通通路には、まだマスキングテープが張ってある。❹シリンダー内壁のアップ。二硫化モリブデンショットをしたあとも、美しいホーニングの目は残ったままであり、ショット加工の精密さがうかがえる。❺❻ギアには鋼ショットをしてみましょう…と言われ、最も効き目のありそうな、軸の方向を90度ひねるスパイラルベベルギアのセットにも、ミッションのギアと同じスチール〜セラミック〜鋼のショット加工をしてもらった。写真は、ベアリングやメカニカルダンパーを取り付けたサブアッセンブリとして完成後に撮影したものである。❼でショット加工を受けたのはギアと軸のみだが、❽では、ギアと軸の他、メカニカルダンパーを構成するカムのセットとスプリングシートもショット加工を受けている。❾❿スパイラルベベルギアのセット❾と、ギアの歯のアップ❿。不二WPCの下平社長に「8万km も走ってこんなに摩耗していないのは、メインテナンスも乗り方もちゃんとしていたに違いありませんね」と言われたが、確かに、ショット加工で消える程度の浅い傷がなくなったギアを見ると、新品以上に美しく、組み立てないで観賞用に取っておきたくなるほどだった。❿の中央部の歯の先端角に見えるような、わずかな欠けが数カ所あったが、これは噛み込んだ異物のしわざだろう。異物が“逃げ”を確保するという意味では、歯の先端の面取りは有効だと思う。❶ピストンは、シリンダーとは異なり、最初にセラミックショットを施してマイクロディンプルを設けた後に二硫化モリブデンショットを行っている。❷3月号の写真と見比べると、重量合わせ重量調整のためにリューターで削った部分の凹凸が滑らかになっているのがおわかりいただけよう。しかし、意味のある角のひとつであるリング溝の縁が丸まってしまうようなことはなく、安心した。写真にはないが、ピストンピンとピストンリングにも、潤滑性向上を狙ったセラミックショットを施している。その効果を確かめるべく、ピストンピンに薄くエンジンオイルを塗り、完全にピストンに差し込んだ状態で徐々に傾けていくと、15度ほど傾けたところでピンがゆっくりと動きだし、5秒程度かかって全長の8割がたが抜けた。落としてはいけないので、逆向きに15度ほど傾けると、今度も5秒程度の等速直線運動的な動きの後、サークリップに当たって止まった。あまりの気持ちよさに、一晩中これをやっていたくさえ思った。絡し系の動きさいえそうである。❶❷今回、各種のショット加工に興味を持ったきっかけは、実は、クラッチハウジングとクラッチボスの、プレート摺動面の段付き摩耗対策としてだった。不二WPCの下平社長に相談したところ、「そこはアルミの鋳物でしょうから、耐摩耗性向上にはメッキが最適です」と言われてしまった。しかし、潤滑性も必要だし、クラッチハウジングにメッキをするとなると、プライマリードリブンギアを外さなければならないので、ショット加工以外はしたくなかった。それをそのまま告げたところ、「実は、異性を持っておすすめしているわけではないのですが、とあるショップから、長期にわたって何度もクラッチボスやハウジングのショット加工のお文句がありますから、それなりに効果があるのでしょうね。効果がなければ送ってこないはずですから」との回答をいただいた。で、私は、疲労強度アップに効果のあるセラミックショットに加え、試験的に鋼ショットを追加してもらうことにした。❶、❷とも、前号に同部分の加工前の写真が出ているので、質感の違いをご覧いただきたい。使用結果は、何カ月か先（ある程度の距離を走った後）に報告させていただきたい。❸クラッチプレートにもセラミックショットでマイクロディンプルを設けた。オイルの偏在がなくなり、スムーズなつながりと切れが得られるはずだ。