

F-1 技術のフィードバック

Feedback of F-1 Technology

～エンジンの開発を振り返って～

LookingBack at Engine Development

北元 徹*

Toru Kitamoto

松原 敏彦*

Toshihiko Matsubara

要 旨

ABSTRACT

レースは短期間の開発で勝つことが求められ、量産はより良い製品という観点からの商品性、コストパフォーマンスが要求される。しかしながら、開発の環境は異なっても、技術開発における考え方の基本は同じである。F-1 開発、量産開発の双方を経験した中で、F-1 技術のフィードバックという観点から、技術者の開発への取り組みについて述べる。

The world of racing demands that development be completed within a short period of time, and mass production demands high product quality and cost performance. However, even though the development environment is different, the basic concepts for technological development are the same.

In this paper, I would like to describe how engineers come to grips with development from the standpoint of the feedback of F-1 technology, having been involved in both F-1 and mass production development.

1. ま え が き

よく「F-1の技術が量産に活かされていますか」と聞かれる。そのような場合はいつも「F-1のエンジンといっても各社の技術内容は異なり、ホンダの中でも、例えば動弁系はスウィングアームタイプから直動タイプに変わり、さらに金属スプリングからエアスプリングに変わってきていたり、勿論コストの問題もあって、レースエンジンの部品がそのまま量産エンジンに使われることはありません」と答えてきた。また、「F-1エンジンの開発で得られた技術やマネジメントに対する取り組み方、考え方、マインドは、全て量産にフィードバックすることができます」とも答えてきた。それは、量産でも、研究開発でも、またレースでも、行動に移す場合の様式は異なっている、基本的な考え方は全く同じであるという考えが私の中にあるからである。

現在、私は量産開発に携わっているが、自動車産業が今までのように量の拡大だけを目指しては生きていけなくなっていると思う。つまり、今まで以上に品質やコストが大切になる。換言すると、今まで以上に技

術というものが求められてくる時代ではないだろうか。

そのような中で、たまたまレースエンジンの開発と量産エンジンの開発の両方を経験させてもらった。先に述べたように、行動に移す場合の様式は異なるものの、F-1 開発、量産開発の双方を通して得られた技術に対する考え方の基本は何ら変わるものではない。つたない経験ではあるが、この経験は非常に貴重なものであり、少しでも若い技術者の役に立つことができるように伝えられれば良いと思い、F-1 技術のフィードバックという観点から述べて見たいと思う。

2. 総合力の結集

～総力戦が勝利につながる～

F-1 レースは総合力の勝負であり、エンジンの優位性だけでは勝つことができない。ターボ過給エンジン、自然吸気エンジンのいずれにおいても、年間を通して何馬力かの性能向上作業を行なっているが、それ以外のファクター（空力、足回りなど）によってもレースタイムが大幅に変わることが多い。

* 栃木研究所

通常、シーズンごとに各サーキットに於けるラップタイムは1秒近く更新される。これはエンジンの出力性能の向上もさることながらシャーシと足回り、空力、タイヤの進歩も大きな影響を及ぼすためである。加えて、コーナーに進入する速度をどれだけ高速に保てるかという面からいえば、ブレーキ性能も非常に大きなファクターになる。これら各分野の要素技術が進歩してくると、総合的にラップタイムの上で1秒くらいの差がついてくるのである。

例えば鈴鹿サーキットは全長約6kmであり、平均時速を約200km/hとすると、ラップタイムで1秒の差は1周で約60mの差に相当する。ちなみに1ラップの時間差を0.1秒と仮定した場合でも、1レースを50ラップとすれば合計5秒の差、つまり300mの差がつくことになる。したがって、レースでは各要素技術のレベルを高め、総合的な戦闘能力として最適な状態に仕上げるのが重要になる。

しかしながら、レースにおいては、それぞれの分野の技術が全て高いレベルになり、また総合力として発揮できることはなかなか難しく、技術の低い分野を高い分野で補完するというバランスの中でレースは進められているのが現状である。この点で、われわれのようなエンジンを供給する立場としては、より強力なエンジンで他の技術を補完するという役割も持つことになる。

以前、ミシュランタイヤのレースマネージャーの話の中で、「タイヤとしては、先ずエンジン重量や車体重量が軽くタイヤへの負担が少ない方が良く、また低燃費であれば少ないガソリンでレースに臨めるため、スタート時の車体重量が軽く、レース中のガソリン消費による上下の重心位置変化が少なくなり、これもタイヤに良い影響を与える。」と聞いたことがある。それが全てではないにしろ、このことはタイヤとエンジンの補完の1例であると思う。

また、マネージメントの面から見ると、ドライバーやメカニックなどチームメンバーの健康管理から始まり、年間を通じたチームワークの育成が必要である。とりわけレースに臨んだ場合においては、予選終了後のレース用エンジンへの乗せ替え、レース中のタイヤ交換のタイミングとその判断などを始めとして、レース場での的確な判断と指示が重要になり、チームワークのとれた正確でスムーズな作業が行なわれなければならない。そして、高いレベルの技術力、テクニク、判断力などを確実に

結集して、総合力として発揮するための強力なマネージメントが必要になり、それによって初めて勝ちにつながってくると言える。

エンジン開発を例にとっても、開発を進める上で多くの人の力で成り立っていることから、メンバー個々のベクトルが合っていることが大切であり、また厳しいスケジュールの中で、期限直前まで出来る限り良いものを生み出す努力を続けるためにも、メンバーの意見や多くの情報を基にした的確で即断の技術判断を必要とする。そのためにも、総合力の結集できる最適なマネージメントが求められ、重要であると思う。この点は量産開発においても、お客さまに喜ばれる商品を供給するという観点では、スタンスこそ違おうが、同じことが言えると思う。

3. 開発への取組

～レースも量産も同じエンジン開発である～

世界最高峰のF-1レース用エンジンと量産エンジンとは、大きな違いがあるようにとられるが、私は共通点も多いと思っている。エンジンを設計する上の基本的な考え方として、軽量、コンパクト、低燃費、高性能、メンテナンス性、コストなど幾つかのポイントがある。

レースエンジンについてみると、高性能でドライバーが扱い易く、耐久信頼性の高いエンジンであることが重視され、また軽量であることが車両重量、マシンバランスに対して有利に働く。低燃費であれば、前述のようにタイヤに好影響を与える。コンパクト性もマシンのパッケージングに対して有効であり、それがそのまま車体の基本ディメンションとして武器になる。メンテナンス性はあまり関係無いと思われる向きも多いかもしれないが、レースエンジンでも、テストでのエンジン交換が速ければ効率の良いテストが可能になり、開発効率の向上につながる。勿論、レース場でのエンジンの乗せ替えに多くの時間を費やすようだと、午前中の練習走行でエンジンがブローした場合、午後の予選やレースに間に合わなくなるといった最悪の結果を生むことにもなりかねない。さらにメンテナンス性の事例としてF-2時代の例を挙げると、当初はシリンダヘッドとシリンダブロックを締めつけてないとカムシャフトが組み付けられない構造になっていたが、これをカムシャフトを先に小組みしてからヘッドをブロックへ組み付ける構造に改めたところ、メカニックの分業化が可能になって分解、組み付けの効率が上がり、シリンダヘッド系のテストが進んで開発が

大幅に進んだこともあった。

一方量産エンジンにおいては、エンジンがコンパクトであれば、人間の居住空間の拡張につながり、市街地走行での扱い易さを含めた高性能化、低燃費、及び耐久信頼性と合わせ、メンテナンス性、及び廉価であることがユーザーの要求として必要になってくる。これらは結果こそ違え、レースと量産のいずれの中においても、同じ車あるいはエンジンとして求められるものが変わらないということを示している。

コストという面から言うと、一般にレースエンジンには無関係であるように思われるが、開発に許される費用という観点では、量産と同じように厳しい管理が必要である。確かに、エンジンそのものは極限の性能を求め、量産エンジンに比べるとはるかにコストのかかる仕様になっている。だからといって、際限無く費用を膨らませることは許されず、開発費用全体の中で管理調整していくことが必要である。特に、レース再開直後のF-2の時代は、開発費用そのものがわずかであり、数台のエンジンしか試作できなかった。そして出図のタイミングも量産計画の合間を見計らって計画し、試作競争などによる無駄な開発費用の増加を抑えるように配慮した。また、F-1開発においても、エンジン開発に直接かかる費用とともに、試作費、人件費、交通費、通信費などの出費を極力抑えるとともに、年2回の会計報告を実施して管理を徹底していた。つまり、レースと言えどもコストと無関係というわけにはいかず、部分的には量産開発より厳しい管理が必要となる。

～環境により常識の差が生まれる～

次に、エンジン開発の対する技術者の取り組みについて触れてみる。レースも量産も技術者として求めるもの、すなわち良いものを作りたいという根底にあるマインドは同じであると思う。ではどこが違うかという点、レースは勝つことが最優先され、量産は商品として成熟させることが優先されることである。

ある時、本田博俊さんが冗談まじりに、「僕のお父さんはレースのポイントは分からないんだよ。なにしろ、1等賞しか分からないんだから。」という話をされていたことがあった。特に宗一郎さんにとってはポイントなんてどうでもよく、とにかく1等賞になることがF-1での大きな夢であったように思える。私自身は、直線で相手のマシンをぶち抜くのが夢であった。いずれにせよ、

そのためには極限のエンジン性能を追求することが必要である。極限を狙っているわけではないが、結果としてそうになってしまう。

一方、転じて量産の場合をみると、スタンスが全く違う。良いものを安くということ、コストと性能のバランスを考慮するコストパフォーマンスの考え方が入り、また量産開始日程が決まっていることから、それらの接点を見い出しながら開発が行なわれる。

そこにレースと量産の環境の違いというものが存在し、後で述べる常識の差が生まれてくる。レースの開発には終わりがなく、負ければ勝つまでやり、勝てばレースをやめるまで勝ち続けなければならない。その結果が極限の技術追求となって、コストパフォーマンスとの違いになってくる。量産開発は、上記のように、日程の関係である程度でまとめることを考えて進める必要があるが、レースでは妥協は許されず、勝つまで努力が行なわれ、勝てば勝ったで追いつかれないための努力を必要とする。この努力、技術の追求の中に、量産開発とは別の常識が生まれてくるのである。

例えば、あるものを2日後までに作りなさいと言われると、経験の無い人は初めから無理だと言うのはあたりまえである。しかし、2週間のインターバルで日程の組まれているレースの世界を経験していると、量産でも2日という短期間でもものを作ることを可能と考える。レースの世界では、エンジンの製作についての一般常識に対して、かなり無理な注文をし、そしてそれをこなしてきた。エンジンの製作には多くの部門の人の協力が必要になるが、それらのチームを取りまく環境もやれるという常識が根付いている。これが伝統の力であり、ホンダの強さかもしれないと思う。

レースの話から逸脱するが、伝統の力の例として私の経験を紹介したいと思う。私は学生時代バスケットボールをやっており、大学時代に高校の後輩と一緒に競技をする機会があった。その時後輩はわたしのパスが速すぎて捕れなかった。大学チームに居る私の常識では、それ位のパスでないと相手のプレイヤーにカットされてしまう。それだけ、普段の環境の中で身についた感覚、常識といったものに差が表れていたのである。同じ大学、高校でも、実力のある伝統校というのは練習のやり方、中身が全く違って、プレイヤーの動き一つでも、片やアクロバティックに写る動きも、片や当たり前の動きとになってしまう。これが常識の差をベースとした伝統の力

というものではないだろうか。

また、レースをやっている時は、レース場に物を送る場合、夜中であろうと、飛行機に荷物が確実に積まれるのを確認して、運送会社より必ず報告してもらって常識を教えられ、1秒でも遅れたらレースに出走できないという厳しさの中から、現実性を重んじることを学んだ。これは、「頼んだよ、それじゃ」と言うのと、最後まで確認して送り出したいという強い意思を持つこととの違いであると思う。

さらにもう一つ常識の差について話すと、私はレースエンジンは壊れるものと思っている。したがって、エンジン部品については木型を作っている時、加工している時そして組み立てる前に良く観察し、細心の注意をはらってエンジンの組立てを行なう。そして、エンジンのテストも、エンジン組立て後に慣らし運転を行い、その後分解して一品一品良く観察して不具合を対策し、再組み立てたエンジンで性能、耐久テストを行なう順序を常識としていた。これにより、トラブルを少なくして品質の安定が図れるわけである。しかし、私が量産開発に携わって、初号機から数台目のエンジンがいきなり台上耐久にかけられるのを見て非常に驚きを覚えた。その機種はDOHC-VTECであり、ホンダにおける新機構が導入されたものであったが、量産を基本にした耐久テストのあり方が、善し悪しは別としてレース開発の常識と大きな差のあることを感じた。

このようにレース現場では、置かれた立場ゆえに、エンジニアに量産開発現場とは別の次元の常識が形成され、これらの経験や異なった常識が、開発に対する取り組み方、技術的発想の多様化という形でノウハウとして生きてくるのではないだろうか。若い技術者にレース経験をさせ、教育の場として活用するのも、この異なった常識をより良い伝統として身につけ、活かすことにあると感じる。

～スタンスの違いで求められる技術が変わる～

ここで技術者としての物を作ることに對する取り組みに触れてみる。量産では、通常の成り行きに従って、実際に作る時間はあまり気にしないで展開されている場合が多い。勿論、それなりの時間のかかるものもあり、数時間で済むものもあるが、多くは計画の中で推進されている。ここで、緊急にテストを行なう必要が生じ、それが数時間で作れるものであるならば、翌日の朝までに図

面が完成すれば、夕方までに物は出来てくる。このような計画から外れた観点から取り組むことも、日常の業務を消化していく上で、様々な問題点に適時対応するためには大切なことである。レースでは間に合わなければ負けにつながり、部品はぎりぎりの日程で製作される。こういった日程管理の中で業務が継続すると、それなりの常識が自然に形作られ、取り組み方も厳しい日程管理に合った姿勢が身に付いてくる。

また、日程の過密なレースの世界では、短期間で物ができる体制を組む以上、当然試作、製造段階ではかなりの無理を言うことになる。この無理を通すためには、メンバーの個々が自分の責任、最低限でも約束時間を守ることが大切であり、それによって効率の良い展開が可能になる。

これらのことは量産開発の中でも見られるものであるが、瞬間的なスケジュールはレースほど厳しくはなく、いつも無理なスケジュールで動く必要性はあまり無い。つまり、週単位で業務を進めるか、日単位で進めるかの違いであり、この環境の違いによって取り組み方の違いが創り出されると思う。しかしながら、求められる基本姿勢は量産もレースも同じであり、厳しい日程を基本に考える姿勢が重要であると思う。

次に技術的な難しさについて触れてみる。この技術的な難しさというのは、レースも量産も同じではないかという気がする。レースで極限の性能を追求することと、量産でコストパフォーマンスを追求していくことは、求められる技術は異なっても、いずれも相当な技術力を必要とする。耐久性という観点で見ても、F-1エンジンは2時間、約300kmを1位でゴールするために、部品の個々についても時間強度を考慮して限界を追求することが求められる。一方、量産エンジンでは20万km走行する場合もあり、耐久限界時間などが重要になってくる。言い換えれば、レースでは高負荷短時間の性能が、量産車では負荷は低いが長時間持たせることが要求されることになる。従って、求められる判断基準はスタンスの違いによって全く異なるが、この判断基準を作り、より効果的な部品技術として完成させる難しさは同じ度合いのものではないだろうか。

レースエンジンは限られた条件で徹底的に性能を追求できるから、量産より開発がやりやすいのではないかとされる。しかし、レースは手作りでも同じ部品を作れば良い反面、非常に高い精度で物を作らなければならない

いという難しさがああり、量産は部品の公差バラツキを前提に特性を保証するという難しさがあって、どちらが難しいということは一概に言うことはできない。また、レースでは、多少コストは高くなっても勝つための限界技術が求められるが、量産技術ではコストパフォーマンスが大切でレースのようなスタンスはとれない。

このようにスタンスの違いにより求められる技術は異なるが、それぞれに別の難しさがあるという点では同じである。また求められる技術は異なっても、旧技術は常に新技術に駆逐され、良いものに変化するという点では、レースエンジンも量産エンジンも、新技術開発がエンジニアに課せられた継続的共通の課題であると思う。

～旺盛な好奇心が勝利を近づける～

レースエンジンは勝ていかないと技術の先が見えてこない部分があり、勝ててくればある程度先が読め、次に何をやれば良いかが分かってくる。反対に負けている時は、何とか勝てるまでにしようと目先の結果にこだわって、先の展開まで読み切ることができない。しかも、レースは勝つことで評価が決まり、過程でいくら努力しても、負ければ誰も認めてくれないという厳しい世界である。こうした世界で生きるエンジニアに求められる資質はどんなものか、経験を通して感じたことを述べてみる。

まず、子供の心を忘れずに持っていること、子供は目に入ってくるもの全てが珍しく、言葉を覚えたら「これなあに？」を連発する。これと同じ感覚の好奇心が必要である。分かるまで追求する気持ちが大切であり、旺盛な好奇心が開発を進める上で必要である。そのためには実際にあるものを良く見る観察心を持ち、物の本質を見極め、これは何だろうと感じたら徹底的に観察し、分かるために今度はどんな知識が必要なのか考えて学んでいくことが必要である。

本田宗一郎さんが、よく「牛でも何でもいから動物の絵を書いてみる」と言われた。実際に書いてみるとなかなか正確に書けるものではない。耳目など細部は、見ているようで見ておらず、分かっているようで分かっていない。エンジニアの資質としては、そういった物を良く見る習慣、じっくり観察する姿勢を常に保つことが大切ではないだろうか。

エンジンやミッションが壊れると、破損した状態を観察する。この場合、こわれた原因をある程度自分で推定

し、その推察が正しいかを考えることによって、どこの何を見なければならぬかが分かる。壊れた部品だけを見ていたり、良く観察しなかったりすると、真の原因が掴めない場合が多い。

例えば、エンジンが運転中に破損すると、即時反応して停止しても数百回転は回ってしまい、エンジンはバラバラになってしまう。このような時、まずテスト室やエンジン内の何処に何が落ちているか、またどんな傷があり、どんな破壊状態、面であるかを観察する。次に、自分が推定した原因に基づいて考えた時に、全ての部品の状態、落ちていた場所などが頭の中で整理できれば推定は当たっているということになる。

つまり、旺盛な好奇心で始まり、それを満たすためのアプローチを結構しつこくやっていくことが問題を解決し、良いものを作るということにつながり、こういった姿勢を保つことがエンジニアとして基本的に必要なことである。

1.5ℓ ツインターボエンジンの開発時、高出力を得るために高過給圧化を行い、爆発圧力で厚さ7mmのピストン頂部の変形、ピストンブロー、シリンダヘッドのクラックなど、量産エンジンでは経験しないようなトラブルが頻発した経験がある。この時期は、どこまでやれば問題がなくなり、耐久性が得られ、F-1として勝つことができるかという基準やイメージといったものが全く分からず苦しい経験をしたが、その中から多くのことを学ぶことができた。

ピストンブローの問題にしても、真の原因が分からず困惑していた時期に、アート金属（ピストンメーカー）の三宅さんに助けられたことがある。三宅さんはブローしたピストンを見るなり、「よく人はこういう現象を見ると、ノッキングに起因すると言うのですよね。しかしこの現象は熱と圧力による変形が原因ですよ。」と、剛性と冷却を考える必要があることを一目で判断してくれた。単体テストでピストン頂部にガス圧をかけると、スカート部が0.3mmも変形することをようやく確認した時であり、一言で変形と指摘されたことに強い印象を持った。部品一つでも自ら設計し、テストし、良く観察して考える技術を積み上げ、技術の目を養うことの大切さを強く感じた。この一言で、冷却、剛性を見直し、レベルの高いエンジンに仕上げることができた。さらには、エンジン本体の改良、冷却のためのアルミウェットライナの発想に結びつけて、その後の安定したエンジン仕様に

つなげることができた。

このような問題解決の基本は、物事の原理、原則を常に追求して仕事を積み上げることにあると思う。原理原則に従って事象の解析を行い、可視化できるものは良く観察し、本質的な解明を行なうことが必要である。馬力にしても同じであり、相手より少しでも上にいこうと競争する時に、常に本質を見極めようとする姿勢を保つことが大切である。つまり、旺盛な好奇心を満足させるために、原理原則あるいは本質を追って、徹底して物事を追求していく姿勢を保つことが、エンジニアに求められる資質ではないだろうか。このことが、レースでは勝ちに、量産では優れた商品に結びついていくと思う。

～必要なのは技術に対する素直さと執着心～

開発の段階では数多くのアイデアが出される。その中で実現されるのは一つか二つであり、多くは失敗に終わってしまう。本田宗一郎さんの言葉に、「ノーブレイ、ノーエラー」、「能ある鷹は爪を出せ」などがあるが、失敗なき成功はないし、行動なき成功もない。アイデアが当たる当たらないは別の次元の問題であり、発想したものをどれだけ自分のものにできるかが重要である。自らの発想に執着を持って、しつこくものにする努力をすることが大切なのである。

F-1エンジンの開発は、過密なスケジュールで進められ、間に合わせるための徹夜に近い作業が続くことが多かった。そして、次々に発生する問題を粘り強く解決に結びつけていった。これらは「世界最強のF-1エンジンを作ろう」という、技術の夢への執着心があったからこそ成しえたことと思う。

エンジニアは失敗の仕方だとも思う。失敗してこの方

向でやると失敗するんだということから、逆の方向が見えてくるのではないだろうか。そして、失敗しても若い人たちに、ゴメンネと素直に言える姿勢を持って、開発の方向を納得させられる技術者でなければならないと思う。

よく「技術は正直だ」ということを聞くが、これも基本は技術に素直になることではないだろうか。問題に直面して困った時に、関連部門の人やメーカーさんなどに助けをもらうことが多くあるが、これもまた素直に教えてもらう姿勢が必要なことであると思うし、基本だと思う。このような素直さと執着を持って取り組み、日常の積み重ねから生まれてくる技術は、より本物の技術に近づくであろうし、F-1で言えば、勝利につながっていくと思う。

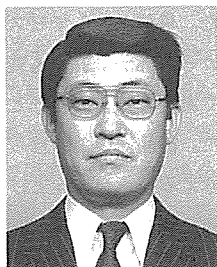
4. おわりに

勝利を追求するレースの世界、および世の中のユーザーニーズに応える量産車の世界、それぞれ異なった技術を求める戦いではあるが、目的が異なるだけで、基本的なエンジニアとしてのマインドは同じだと思う。

レースマシンでの経験から多くのことを学び、量産車にその経験が生かされる。また、量産車の技術がF-1にもたらされることもある。

F-1という地上最速のマシンも、4つのタイヤと車体、エンジンおよびドライバーが必要な車である。エンジニアとしての目的が、F-1では最も速く走るためであり、量産車ではユーザーのためであるとそれぞれ異なるが、素直に執着心を持って、果てしなく挑戦を続けることに意義があるのではないだろうか。

■ 著 者 ■



北元 徹



松原 敏彦