
第3期 Honda F1 車体開発の総括

Summary of Honda Third-Era Formula One Chassis Development

外 村 明 男*
Akio TONOMURA

川 辺 俊*
Shun KAWABE

中 能 信 尚*
Nobuhisa NAKAYOKU

要 旨

1998 年から始まった Honda 第3期 F1 復帰のための準備段階を含め、2000年から2008年の撤退に至るまでのレース参戦において毎年開発されてきた Honda F1について、車体技術の観点から総括する。各年の車体は何をねらいとしていたのか、第3期 F1 に求められた技術は何であったのか、車体の写真とともに、各年のレギュレーション、車体開発のねらいを空力、シャシ等の個別の観点から概説する。またレース結果をもとに開発の成功した点、反省すべき点についても考察を加える。

ABSTRACT

The third era of Honda's Formula One participation started in 1998 with a stage of preparation for the return to actual racing, which began in 2000 and extended up to their withdrawal in 2008. A summary view of the Honda Formula One cars that were developed every year during this period of participation in competition is presented from the perspective of chassis technology. An overview will be given of each year's aims regarding the chassis and the technology that was required for third-era Formula One racing, accompanied by photographs of the chassis. Each year's regulations and the aims of chassis development will also be surveyed from the separate perspectives of aerodynamics, the chassis, and the like. The points on which development was successful will be discussed on the basis of racing results, and points calling for rethinking will also be examined.

1. まえがき

近年のF1は、何か一つの突出した性能だけではなく、すべてを高次元でバランスさせなければ勝てるものではない。最強のパワーを誇るエンジンを持っても、重ければ後輪タイヤを傷めてしまう。空力を活かそうとするあまりサスペンションのスペースを制限すると、剛性が不足し、車両は不安定になる。パーツの軽量化が行き過ぎると剛性と信頼性を損なう。こういった相反する項目に対して、どのように全体として最適となるバランス点を見出すかが車両開発の要である。

最良のバランス点を探索するために、チームは実走行テストを実施するのだが、遅い車でテストしても低いレベルのバランス点しか得ることができない。例えばブレーキングで不安定な車はブレーキを強く踏めず、踏めないことでタイヤ温度が適温に達せず、コーナリングでのグリップが

低下する。コーナでのグリップ低下はコーナ脱出スピードを下げ、それはストレートエンドでの最高速度を下げる。このようにさまざまな要素が連鎖して悪循環に入る。速い車を持っているチームはこの逆になるので、その差は並大抵のことでは縮まらない。新規参入のチームがなかなか浮上できないのは、これらの理由からであり、すべての要素が高いレベルに達するまでには相当の年月を必要とする。なぜなら開発をとりまく環境にはさまざまな制約があるからである。

チーム運営資金、テスト走行距離制限、タイヤ本数制限等、F1の実機テストは種々の制限の中で実施され、加えてサーキットの状況は、天候、埃、タイヤゴムの付着により常に変化している。ある一つの要素が車体性能に与える感度寄与度を求める時、他のすべての要素は変化させずにテストすることが必要であるが、こういった状況下ではどうしても荒削りな評価しかできないか、間違った判断をしてし

*四輪R&Dセンター

まう。そのため、安定した環境で、かつ安価なシミュレーションや風洞を含めた台上試験での評価方法を開発することに各チームしのぎを削っている。決め手となるのは、この評価方法にあるといつてよい。しかし、シミュレーションや台上試験と実機の現象に、かい離は付き物である。このかい離分をほぼ正確に補正し、開発の方向性を決定するには、実機での反復テストによる相関取りが不可欠であるため、結局実機テストが必要となり、ジレンマに陥るのである。これが、F1 開発を難しくしている理由である。F1 の開発とは、こういったジレンマを克服し、信頼できる評価方法と評価基準を見つけて、いち早く車のバランス点を見出すレースである。

本稿は、その開発レースに我々がどのように立ち向かったのかを記すものである。

2. 1998 年 - 1999 年 RA099



RA099 は、1998 年まで Tyrrell で活躍していた Harvey Postlethwaite 博士を Honda Racing Development にテクニカルダイレクターとして招き、シャシの製造とシミュレーション解析はイタリア Dallara 社に委託して 1998 年暮れに産声をあげた。

Honda は 2000 年からの F1 参戦を目指しており、RA099 はその前年にテスト走行するためのプロト車であった。エンジンは Honda 製 V10、コンセプトは基本に忠実で、実績があるシステムにすることで、着実に走り込んで 2000 年の本番車開発に必要なタイヤデータ、空力特性、車両セットアップ方向性を確実に把握できる実験専用車であることであった。そのため、空力のコンセプトは車体ピッチ角変動によるダウンフォースの変動(以降、空力のピッチセンシティブティ)が少ないことを主眼においた。この感度が敏感すぎると、ブレーキング時や加速時の車体姿勢変化による空力の変化が大きすぎて不安定となる。この影響はサスペンションスプリングや重量配分などの他のチューニング要素では改善できず、結果としてタイヤ特性をフルに発揮できなくなる。タイヤの特性を把握するためには、タイヤ温度を適温の約 70℃まであげて、それを維持できる程度の速さをもっていなければならないので、空力の安定性確保は重要である。

フロントサスペンションは、近年の他の F1 とほぼ同じくトーションスプリングをロッカアーム軸に前後方向に配置したダブルウィッシュボーンとした。リヤサスペンションは、アルミ鋳造製ギヤボックスから大きく張り出したロッカアームを介して車体垂直方向にコイルスプリング同軸ダンパを配置したダブルウィッシュボーンを採用した。このリヤサスペンションレイアウトのおかげでギヤボックス上面にスペースができ、後のテストで 3rd ダンパを容易に追加することができた。3rd ダンパとは、車体が左右輪同位相で伸縮する場合に作用するダンパおよびスプリングのことで、ピッチングをコントロールすることが目的である。

ギヤボックス回りのレイアウトは、今でこそコークボルトシェーブと上方排気が主流となっており、ギヤボックス幅を少しでも狭く設計するが、この頃はエキゾーストパイプも上下サスペンションの間を通して後方へ排気されるタイプが主流で、本機もそれを踏襲していた。

オーソドックスな作りの中で唯一冒険をしたのはフロントのトップウィッシュボーンで、アーム部はカーボン製、ボデーへの取り付け部はチタン製となっており、接着剤で結合されていた。当時 F1 界でサスペンションアームのカーボン化が着手され始めたころだったので、一つのアームを例にとって開発を始めたのだ。他のサスペンションアームはすべて鉄製であった。

車体のフロント車軸重量配分(以降、重量配分)はタイヤの特性データから計算して 45% を目標に設計されており、忠実にそれを達成している。ホイールベース 3020 mm。重心高は床面から 250 mm で翌年の車、BAR002 よりも低い。レーシングカーの設計で、コーナリング時のトラクションをいかに確保するかは重要であるが、これに対しては、サスペンションのリンク機構に起因するジャッキアップ力を、ゼロに近づけるようにリヤロールセンターをほぼリヤの床面上に設定した。さほど軽量化に手を入れたわけではなくオーソドックスに作られた RA099 は、それでも 1999 年のテストでは好タイムを連発した。次年度の車に期待がなかったが、4 月に Postlethwaite 博士が急死。その後 5 月にプロジェクトが白紙に戻され開発は中止となった。

3. 2000 年 BAR002



1998 年 Tyrrell を買収して設立された British American Racing(以降、BAR)は、1999 年から BAR001 を製作し F1 に参戦した。BAR002 は、BAR の 2 年目のモデルである。

Honda は 1999 年に BAR と 2000 年からのエンジン供給と車体共同開発で契約し、この BAR002 が Honda にとって第 3 期のデビュー作となった。前年度 BAR001 は毎戦毎戦トラブルに見舞われ続け、全 16 戦中 2 台あわせて 22 戦をリタイヤした。このため信頼性が強化されたが、BAR002 は開幕戦で 4 位、6 位と入賞したものの、17 戦中のマシントラブルによるリタイヤは Jacques Villeneuve が 5 回、Ricardo Zonta が 2 回となった。そのため、2000 年の開発はシーズンを通して信頼性の向上に傾注せざるを得ず、信頼性と引き換えに軽量化が犠牲になった。事実、開幕戦で 27.5 kg のバラストを積めたが、最終戦では 3 kg となってしまった。F1 ではドライバを含めて 600 kg 以上で走行することが規則となっており、車体はドライバの装備重量を考えると 500 kg 以下が最低の目標になる。極力軽く作って、後はバラストを積んで合計で 600 kg に合わせる。バラストをできるだけ多く、かつ低い位置に搭載することで重心を下げるとともに、重量配分を調整することができるので、バラストの量は、車体性能と直結する。このバラストがシーズン最後にはほとんど積みなかった。

課題はもう一つ、42%という重量配分にある。なぜこの重量配分がスタート仕様になったのかは不明であるが、RA099 が同じブリヂストンタイヤで 45%であったことを考えると 3%もずれていたことになる。後ろ寄りの重量配分は加速には有利であるが、減速域では不安定となり、それを押さえようとリヤウイングを立てて、ダウンフォースを上げることとなる。リヤウイングを立てれば立てるほど、空力効率が悪くなりドラッグが増える。また車両の不安定さの抑制のため、空力の変動を抑える必要があり、車高の変動を抑えるためにスプリングを固めざるを得なかった。実際スプリングホイールレートは 25 kg/mm と、タイヤ自体の上下方向スプリングレート(24 kg/mm)より硬くなっており、低速域では車体が跳ねまわってグリップを失った。またリヤ寄りの重量配分は駆動輪に負荷をかけ、すぐにタイヤの劣化を起こした。さらに状況が進むとタイヤの発熱が過剰になり、ブリストアを発生させた。

BAR002 のレース展開は、スタートではロケットスタートで 1 コーナまでに 2-3 台抜き、その後はリヤタイヤが劣化して、ずるずると順位を落とすパターンを繰り返した。重量配分はシーズン終盤に向けて序々に改善され 44%となった。これにあわせて空力ダウンフォースの前輪にかかる配分(以降、空力バランス)も 33%から 38%までに変更したが、空力効率は悪化することとなった。なぜなら空力バランス目標値は、このバランス点で最も空力効率が上がるように全ての空力パーツの開発が推進される基準であるので、目標値のシーズン途中の変更は致命的に空力開発を遅らせ

ることになる。同様に、前後タイヤのグリップ力から計算される重量配分目標値も、車体開発に着手する時、最初に決定されるべき目標値である。なぜなら重量配分目標値はモノコック、フューエルタンク、エンジン、ミッション、サスペンションの寸法、重量、位置を決定づけてしまうためであり、後から変更しようとするとも慣性モーメントや重心高を増加させてしまうからである。

他の特筆すべき開発項目として、エレクトリックパワーステアリング(以降、EPS)を 8 月のハンガリー GP から他チームに先がけて投入した。現在では疑う人もいなくなったが、開発当初、パワーステアリングでラップタイムが速くなるのか疑問視された。2.6 kg のシステム重量追加によるラップタイムロスが明確であるが、ドライバの負荷軽減による安定性向上分は数値化できないからだ。しかし、当時バルセロナや USA の超高速コーナではステアリング上で 40-50 Nm 程度の保舵力が必要とされた。これは直径 10 インチのステアリング上で、腕を伸ばした状態で 20 kg の荷重を支えながら繊細なコントロールすることを意味し、ドライバはコントロールするより保舵するだけで精一杯という状況であり、EPS 投入が決断された。EPS はモータの大きさの制約もあり、最大で 15 Nm のアシストができるよう開発された。

この年の車の課題は信頼性改善のために重量が増加し、重心高、重量配分を最適にできなかったことにあった。まずはこれらを適正にするために次の年に向けて各パーツの軽量化が優先課題となった。

4. 2001 年 BAR003



前年度の教訓を生かし、33 kg の軽量化を実施し、45%の重量配分を達成した。代表的な軽量化項目は以下の通りである。

- (1) サスペンションのカーボン化 13 kg
- (2) ギヤボックス構造見直し 6.5 kg
- (3) 油圧系 1.5 kg
- (4) アルミラジエータのチューブの薄肉化とフィンの改良 3.0 kg
- (5) モノコックのラミネート積層角と枚数およびハニカム厚の CAE による最適化 3 kg

- (6) ノーズコーン、フロントウイング、リヤウイングを衝突性能を成立させつつ CAE により最適化 4.4 kg
 - (7) EPS モーターの改良でアシストトルクを 15 Nm から 27 Nm に増大させつつ軽量化 0.2 kg
 - (8) シートベルトのバックルのチタン化 0.5 kg,
- 等々あらゆるパーツで見直しがかけられた。

空力性能は開幕当初の目標であった時速 250 km/h でのダウンフォース 12500 N、空力の揚抗比(以降、L/D)3.0 を達成、空力バランスは 42% 目標で開発が進められた。

ホイールスプリングレートは 14 kg/mm となり、ようやく車両の基本特性諸元が適正値となって、さらに開発を一段階レベルアップできる年となった。この車の弱点はブレーキングからステアリング切りはじめでの不安定性と、クリッピングポイントでのアンダーステア(以降US)、そしてコーナからの立ち上がり時、アクセルオンでのスナップオーバーステアといわれる急激なオーバーステア(以降、OS)である。すなわちコーナリング中のステア特性が一貫せず、常に修正舵をあてなければならないことであった。この対策には電子制御デフの制御を変えて、ブレーキ時は左右輪直結にして安定化を図り、その後フリーにしてコーナ中盤の US と立ち上がりのスナップオーバーステアを解消することが有効で、最適な制御の開発が必要であった。またそういう制御の改善よりも以前にサスペンションの基本特性を改善する必要があった。すなわちタイヤからの入力によるトー角、キャンバー角変化特性(以降、サスペンションコンプライアンスステア)が、リヤサスペンションで横力入力時にトーアウトとなり、不安定方向であることが、シーズン後の測定で認識された。これらはサスペンションテストでの測定を実施することにより明らかになることで、通常、新車が完成すると走行する前に測定することは常識とされているが、テストとレースの日程に追われ、台上実験よりも実走テストを優先せざるを得ず、実施できずにいた。しかしそのために、根本的な課題発見が遅れ、結局回り道をする事になった。

5. 2002 年 BAR004



この車ではさらなる 14 kg もの軽量化で進化させるとともに、安定性向上のために制御が大きな役割を果たした。加

速時のトラクションコントロールは当然のことながら、ブレーキング中に後輪ロックを検知してエンジンからトルクを伝達するオーバーランコントロールを導入した。通常ブレーキ時の後輪ロックはスピンに至る可能性が高い。それを避けるために前後のブレーキ制動力配分はマージンをもってフロント寄りにする必要があるが、このオーバーランコントロールのおかげで、後輪ブレーキをより限界近くまで使えるようになった。

運動性能の解析においてもこの年、改善がはかられた。基本的なことではあるが、ドライバのコメントで言われる OS、US の度合いを車体データから定量的に評価できるようにした。またサスペンションコンプライアンスステア特性を考慮したシミュレーションで安定性を評価するツールも導入した。これらはすべて量産車の車体性能評価技術からもたらされたものである。

軽量化ではカーボンディスクブレーキのディスクとパッドの材料開発も実施した。カーボンの摩擦材は熱により酸化されると磨耗が進むのでレース距離を走りきるだけの厚みを持たせている。この酸化を抑え、磨耗量を減少させることで、例えば鈴鹿 GP 仕様でディスク、パッドそれぞれ厚みを 24 mm から 20 mm, 18 mm から 15 mm に減少させた。それに伴い、キャリパー自体の総幅も減少しシステム合計 1.6 kg の軽量化を達成した。通常はブレーキメーカーから買うしかないパーツにまで独自開発により軽量化を進めた。また、車体に多用されるカーボンの材料軽量化にも着手した。カーボンラミネートはカーボン繊維と樹脂で構成されており、VF (繊維体積含有率) を上げるため、カーボン繊維を開いてつぶし、隙間なく繊維を並べた開繊材を適用した。これをエンジンカバーに使用し 3.1 kg の軽量化を達成した。

車体剛性についても新しいトライがおこなわれた。エンジンへの吸気はドライバの頭上にあるロールフープの穴からエアボックスを通して各気筒に導入されるが、このエアボックスを単なる通気孔だけでなく、エンジン上部とモノコックを締結する構造部材にすることで、車体剛性を格段に上げようとした。これによりねじり剛性は 8%、上下曲げ剛性は 55%、横曲げ剛性は 6% 向上した。しかしこのエアボックスの有り無し比較を実走行で実施した結果、差はなく、シーズン途中から通常のエアボックスに戻した。このことから、上下方向の車体曲げ剛性については操縦安定性に対して、鈍感であるという目安ができ、翌年の軽量化推進の良い指標となった。この年、軽量化や制御の開発も進んだが、車はバランスしてはいるものの遅く、まだまだ低い次元でまともなままになっており、全方位での性能向上が必要であった。

6. 2003 年 BAR005

前年度、Williams から移籍した Geoffrey Willis テクニ



カルダイレクタの指揮により、すべての要素が一から見直された。特にカーボン製部品の品質管理、接着部の信頼性は格段に進歩し、以降カーボン部品の不具合は大幅に減少した。また他の部品の品質管理も徹底された。

軽量化についても単なる軽量化ではなく、特にリヤ車軸上の軽量化をすることがリヤの重心高を下げ、安定性に効果があるとしてギヤボックスの軽量コンパクト化等、車体後部の軽量化を重点的に推進した。これはヨー慣性モーメントの低減効果が大きく、エンジンの16 kgの軽量化と伴って、ホイールベースが3133 mmから3194 mmと61 mm延長したにもかかわらず、ヨー慣性モーメントはほぼ同等688 kgm²となった。全体の重心高は前年度のBAR004の床面より243.1 mmから226.6 mmとなり、第3期F1の中で最も低くなった。これより以降のモデルでも軽量化はさらに進められたが、衝突安全レギュレーションの変更による重量増加分をいかに少なくするかに傾注するようになっていく。そのため、重心高の年次変化は横ばいか若干増加傾向となっていく。

このマシンでようやく重心高、重量配分、慣性モーメント等の車体基本性能と、空力性能がトップレベルの水準に達した。シーズン前の冬のテストでは速さの片りんを見せたが、軽量化で、ギヤボックスや油圧系に信頼性を欠き、Jacques Villeneuveは16戦中8回、Jenson Buttonは5回のリタイヤをし、コンストラクターズ5位となった。トップチームに追いつき追いつくために果敢に挑戦的な開発を推し進めた結果であり、翌年にはこれらの信頼性は着実に改善されていった。

7. 2004年 BAR006



第3期F1中、シーズンを通して最も競争力のあったマシンで、18戦中Jenson Buttonは15戦入賞、10回の表彰台、佐藤琢磨は10戦入賞、1回の表彰台を獲得、コンストラクターズとしては2位となった。躍進の理由はポテンシャルのあったBAR005を正常進化で熟成させ、信頼性が確保できたことと、空力開発における評価方法が変化したことにある。コーナリング時の空力バランスを極力一定に保つよう、変動幅に目標値を設定した。ブレーキングからコーナ脱出までの空力バランス変動は、大きい車で10%もあるが、これをゼロ化しようという試みである。従来は、コーナリング中の前後の車高変化を模して空力ピッチセンシティビティを評価していたが、それに加え、実際のコーナリング中の車体スリップアングルを考慮して、車体斜め前方から風を当てるクロスウィンドモードと、さらにタイヤをステアさせるモードも追加し、風洞での評価モードを確立していった。この空力評価方法の確立は重要な意味がある。空力バランス変動を安定化することでドライバは自信を持ってコーナに進入でき、これが速いレーシングカーを作るための鍵である。本来は、ドライバがどの程度自信をもってコーナに進入できるのかが定量的に表現でき、それがラップタイムで何秒に相当するかを予測できればベストである。しかし、この定量化が難しいため、空力バランスの変動とドライバの自信との因果関係を把握して評価することが必要なのである。

また、タイヤ特性の解析方法の進化から重量配分を48%にして Michelin タイヤの使い方を把握できたのも戦闘力アップの大きな要因となった。

もう一つ戦闘力を得たものとして、フロントクラッチパックがある。ブレーキングしながらステアリングを切り始める時、フロント内輪側の垂直荷重が減少し、タイヤがロックしてしまう傾向がある。いったんロックすると、制動距離が伸び、ラップタイムをロスするばかりでなく、タイヤ面にフラットスポットができ、振動が発生し、その後の走行に支障をきたす。フロントクラッチパックは、これを回避するために外輪側のトルクを内輪側に伝達することでロックを防止するシステムで、クラッチを介してフロントの左右輪をつないだものである。車体の基本性能がトップレベルに達し、信頼性が向上した上に、アドバンテージがとれる武器を有したことが、この年の結果をもたらした。フロントクラッチパックは残念ながら、翌年はレギュレーションで禁止されてしまった。

8. 2005年 BAR007

前年のBAR006からさらなるフロントへの重量配分の調整幅の1%増加(最大値48.9%)およびヨー慣性モーメントの低下(-9%)をねらい、フロント車軸を後方へ46 mm移動させ、リヤ軸の位置をキープしたままデフセンタを前方



へ5 mm 移動させたパッケージングレイアウトとなる。ホイールベースは3085 mm、ギヤボックスは3速から7速までにシフトチェンジ時のタイムロスゼロにしたシームレスシフトが投入された。FIA が年々増加していくスピードを抑制する方針をとったため、この年からダウンフォース低下を目指し、フロントウイング高さ 50 mm アップ、リヤアッパーウイングの150 mm 前方移動、デフューザ周りの新規規定などがレギュレーションに盛り込まれた。FIA はダウンフォースの低下量を 20%として目論んでいたが、我々の目標値は10%の低下に抑えることにした。目標は達成したものの他車の低下量は予測したより少なく、序盤は大きく水をあけられた状態からのスタートとなった。その後全力を挙げて開発に取り組み、シーズン中で通年は7%のところを13%のダウンフォース向上を得たが、他車の進化も同様で、差は縮まらなかった。またドラッグも過大となってしまうL/Dでの改善に課題が残った。ダウンフォース不足からリヤタイヤの劣化過大となり、トラクション性能やブレーキ性能へも影響を及ぼし、フロントタイヤのウォームアップ不足とも重なり、高速コーナでの OS と低速コーナでの US による遅れも目立った。後半戦に荷重移動配分の改善策として、フロントサスペンションにプッシュロッド・オン・アップライトの投入をおこない、低速コーナでのグリップの向上を果たした。プッシュロッド・オン・アップライトとはプッシュロッドを従来のロアアームからアップライトに取付け、かつキングピンからオフセットさせることで、転舵時の車高と荷重移動を制御するものである。この対策の効果は得られたもののトップチームの性能を上回るに至らず、タイヤの使い方に課題を残した年であった。

また、第4戦のサンマリノ GP で両ドライバー共にシーズン初のダブル入賞(Jenson Button - 3位、佐藤琢磨 - 5位)を成し遂げたが、レース後の車検において、「フューエルコレクタタンク内残量を全て抜くと最低重量規定(600 kg)を下回る」という違反に問われた。チーム側は「燃料タンクは特殊な物でなく、走行中にいかなる状態でも最低重量規定の600 kg を下回っていない」とデータを開示し主張したが、FIA側は「データは改ざん可能であり証拠として認められない」、「構造上、最低重量を下回る可能性がある」との見解か

ら、レギュレーションに抵触するとみなされ、レース結果の剥奪と第5戦スペイン GP、第6戦モナコ GP の出場停止、執行猶予1年付きでの6ヶ月出場停止という重い裁定が下された年でもあった。

9. 2006 年 RA106(BAR008)



この年から Honda が BAR 株を全て買収し、Honda 株 100%となり、開発段階の車体呼称 BAR008 が RA106 と変更された。レギュレーションでエンジンが V8-2.4L に変わり、エンジン全長が 90.5 mm 短縮され、車体パッケージに影響を及ぼすこととなったが、スタビリティをキープするため、モノコックとギヤボックスケースのみを延長、かつ軽量等速ジョイントのドライブシャフトが投入されている。ホイールベースは前年の 3085 mm を維持している。

また新規エンジンに伴い横方向のマウント点の締結ピッチを広げ、車体横剛性を 33%増加させ安定性を高めた。

ギヤボックスは前年から投入したシームレスシフトの適用を全段まで拡大し、エンジン排気量ダウンにともなうスタート時のタイヤスリップ制御に必要なクラッチ摩擦性能の安定化をねらったダイレクトブッシュクラッチを投入し、発進加速も向上させている。空力対策としては、エンジンのV8化によるパワーダウンを考慮し、従来のダウンフォース重視から効率重視に方針を変更し 13%の効率向上を図った。ドラッグを増加させないでダウンフォースを得るためにフロアー下面への流量の増加を図り、ノーズアップとキールの廃止で性能向上をねらった。セットアップでは前年の課題であったリヤタイヤの劣化過大を克服するため、タイヤのトラクション性能を最大限に発揮させることをねらい、コーナリング立上がり時に発生する横力による荷重移動配分の前後比率を前寄りに変更した。これにより、フロントタイヤの温度をワーキングレンジの70℃以上まで上げることができた。

シーズンが始まると、序盤の予選ではトップレベルのタイムを出すのが、レース本戦でのタイムが上がらないという課題が顕著になった。空力性能改善の効果は、他車を上回る旋回性能を発揮したが、高速域でのリヤウイングのドラッグ低減技術開発の遅れから最高速ではトップチームから大きく引き離された。タイヤに関しては、リヤタイヤの劣化過

大は解決したものの、サーキットによってはウォームアップが課題となり、タイヤ温度マネジメントのさらなる改良が必要であった。この年の第13戦でトップチームの脱落もあったが、Honda 第3期 F1 初優勝(Jenson Button)を達成した。ブレーキングスタビリティの改善のため、第14戦以降もフロント車軸でホイールベースを 50 mm 延長するなど、戦闘力の強化を図り改善は見られたが、トップチームの性能に並ぶには至らなかった。

10. 2007 年 RA107



RA106 まで基本的には前年の流れを引き継ぎつつ改良を加えるという連続性のある車体開発がされてきた。しかし 2006 年 6 月に Geoffrey Willis テクニカルダイレクタがチームを去ったこともあり、RA107 はそれまでのベースを一度捨て去り新規にコンセプトから造り上げるというチャレンジングな試みがなされた。

開発は“空力最優先”のスローガンの下で開始された。ホイールベースは RA106 より 30 mm フロント車軸を前方移動することにより延長され 3165 mm。車体慣性を最小化するためギヤボックスのインターナルが短縮されファイナルギヤ出口が前方約 50 mm に移動したためドライブシャフトの後退角も RA106 よりさらに大きくなった。

外側からは見えない内部のレイアウトも大幅に変更された。例えばエンジンカバー内のドライバ両側に位置するオイルおよび水ラジエタの形状もより細長い形状とし前傾した形でサイドポンツーン内に収められた。また車体慣性モーメントを少しでも小さくするためにエンジンからのエキゾーストパイプが左右四気筒から前方に導かれ集合しドライバの後ろ近くから外に出すレイアウトも試みられたが、排気の振動や騒音が増加しドライバには不評であった。

さらにこの年の大きな変更点としては過去 3 年間使用していたミシュランタイヤが F1 から撤退したため再びブリヂストンとなったことである。走行中のミシュランとブリヂストンのフロントタイヤの変形の違いが空力に及ぼす影響が予想以上に大きく、その解明に時間を要した結果、開発の遅れが生じた。

RA107 の空力は 2006 年から稼働を開始した実車風洞を初めて使って開発された。設計当初のねらいはコーナリン

グ手前のブレーキングから出口の加速区間まで空力中心の移動が極力小さくなることを目標として開発された。しかし実際に実車でテストが開始されるとねらいに反してその移動量が予想以上に大きく、そのためブレーキング時からコーナリング全般での車体挙動が不安定な特性となった。またその対応で空力抵抗を犠牲にしてダウンフォースを重視した結果、直線スピードはトップチームに比べ 10 km/h 以上低かった。空力特性の改善のためにシーズン途中ではサイドポッド形状変更を始めとしてさまざまな変更が加えられ空力性能も徐々に向上したが、他チームの進化も同様に早くパフォーマンスで勝るまでには至らなかった。

その結果、シーズンを通しての表彰台は 0 回、入賞はわずか 3 回、コンストラクター 8 位、ドライバタイトルも Button が 15 位、Barrichello が 20 位という第 3 期始まって以来の最低の成績となった。

11. 2008 年 RA108



RA107 不振の主要原因の一つであった空力パフォーマンスの改善を図るべく RA108 も“空力最優先”のスローガンの下、空力効率(L/D)向上(前年比20%UP)、ヨー、ピッチ感度低減を目標に開発を開始した。

開発における大きな変化点は、空力開発指標として“Usable Downforce”の概念が取り入れられたことである。これは前後車高を含むさまざまな条件でおこなわれた風洞試験結果に重要度に応じた重み係数を掛け合わせて統合することによりひとつのスカラー値として評価をおこなうというものである。係数設定にノウハウを必要とするが、性能が一つの数値で表されるのでそれを高めて行けば開発の方向性がぶれないという利点がある。開幕戦および主要なグランプリでのアップデートごとの目標 Usable Downforce 値が設定され、それを達成するように開発が進められた。

外観上は主に空力要求からモノコックが細く長く(+45 mm)なりサイドポッド位置も後方に移動された。その結果後輪車軸はドライブシャフトの後退角は維持したまま後方に移動し、ホイールベース前年比 45 mm 増の 3210 mm となった。さらにノーズが上側に上げられサイドポッド下部の絞り込みも大きくなり車体下部の流れに考慮した形状となった。

しかし空力最優先の開発でマイナスの影響を受ける部分もあった。例えば側面から後部リヤウイングへの流れを重視しギヤボックス部の全幅を狭めた結果、リヤサスペンションについては取付剛性の低下やダンパレシオの悪化を引き起こした。そしてこの年からトラクションコントロールが禁止され、エンジンの低速トルクがスロットルに対してスムーズに立ち上がらないドライバビリティの課題が顕在化し、RA108 はシーズンを通して不安定なコーナリングとトラクション不足に悩まされた。特にシーズン後半では低温度路面の影響によるグレイニング(タイヤ表面だけが剥けて、ゴム粕がコロ状に丸まってグリップを失うこと)も課題となった。

リヤサスペンションの剛性とダンパレシオを向上するためにダンパをロータリータイプに変更した改良サスペンションが第 11 戦ハンガリー GP から投入されたが根本的な改善には至らなかった。

また 2007 年 11 月から Team Principal としてチームに加入した Ross Brawn 氏は開発リソースを 2009 年の車両に集中する方針としたため、RA108 のシーズン途中の改良も 2009 年の事前テストとなりえる項目以外は省かれる傾向となった。

その結果、第9戦シルバーストンで雨の中ピット戦略に成功し Rubens Barrichello が唯一3位表彰台に登ったものの、入賞はわずか5回、コンストラクター8位(McLarenがスパイ事件によりタイトルを剥奪されたので実際には9位)、ドライバでは Rubens Barrichello が 14 位、Jenson Button が 18 位と 2007 年に続いて低位に留まった。

12. まとめ

第3期 F1 車体開発 10 年の流れは大きく次のようにまとめることができる。1998 年から 1999 年、近年 F1 に初めて触れた時期であり、Postlethwaite 博士、Dallara のエンジニアから基礎を学習した。2000 年と 2001 年は、とにかく車のある程度の水準に引き上げるために、各部の軽量化により、重心高を引き下げると共に、信頼性を確保することに主眼を置いた。2002 年はサスペンション剛性やボデー剛性など基礎から一歩踏み出そうとしたが、ベースとなる車の製造品質からくる個体差や、実走データの評価方法などの進化が伴わず、開発が停滞した。2003 年、カーボンを始めとする全部品の製造品質が向上すると共に、エンジンを含めた車体全体のパッケージの運動性能に与える影響を、ある程度予測しながら設計することができるようになった。要素技術開発から、一台分のバランスを考えた開発への移行の年となった。2004 年は 2003 年からの正常進化で熟成した上に、空力の新しい評価方法が功を奏し、トップレベルに達した。しかし、この年のコンストラクターズ2位をピークに、2005 年以降、実機現象と風洞実験の違いをどう克服

するか、いかにタイヤを使いきるかという核技術がつかめず、ずるずると後退した。2007 年には、2009 年からの大幅空力レギュレーションの変更が明らかとなり、この機を起死回生のチャンスと捉えて 2009 年仕様空力開発に着手した。第3期最後の年となった2008年は、8位で終了したものの、2009 年に向けての準備は着々と整い、その技術は、Honda が撤退した後の Brawn GP F1 team に引き継がれ、開幕戦 1-2 フィニッシュの活躍へとつながった。

近年の F1 開発は、車の性能を司る互いに相反する因子を、どのようにバランスさせて全体のレベルを引き上げられるかというパズルである。複雑に関連しあう因子を高度にバランスさせるためには、一つ一つの因子の寄与度と、因子の組み合わせによるトータル性能の優劣を正確に把握する技術が必要である。第3期の後半は、台上試験化とシミュレーションの実機とのかい離部分を知り、評価方法を確立することに傾倒していった。正確なツールと正確な判断基準を獲得するには、実に地道なテストとシミュレーションを繰り返さなければならないが、ひとたび獲得すれば、レギュレーションがどう変わろうと開発の方向性を見失うことはないし、実機テストが必要なくなる分開発費用の削減も可能である。今後、ますます F1 開発費用の削減がさげばれる中、この開発スタイルは今後も加速されるであろう。

開発費用を削減し、極力机上、台上で車を評価しようとする流れは何も F1 だけではなく、量産車開発の潮流でもあることは明らかである。したがって、10 年間の開発の中で、得られた知見は、必ず量産車開発にも生かすことができると確信している。すべての知見をこのテクニカルレビューの中で述べることは不可能であるが、なんらかのヒントを与えることができれば幸いである。

■著者■



外村 明男



川辺 俊



中能 信尚