

新世代リアルオープンスポーツS2000の開発

Development of the “New Generation Real Open Sports” HONDA S2000

上 原 繁*
Shigeru UEHARA

要 旨

「新世代リアルオープンスポーツ」をコンセプトとして、2座オープンスポーツカーS2000を開発した。

- ・ 前後軸重量配分を50：50にするとともに重心を低くし、ヨー慣性モーメントを小さくするためのフロントアクスル後方へのエンジンレイアウト
- ・ フロアトンネルを高くし、ボックス断面を持たせることなどによる、クローズドボデーと同等の重量と剛性および衝突安全性能のオープンボデー
- ・ リッター当たり125PSという高出力と平成12年規制の1/2の排気エミッションの2L・L-4エンジン
- ・ 入力回転数9 000rpmに対応し、シフトの軽快な6速マニュアルトランスミッション
- ・ オープン走行時の乗員近傍の風の抑制と暖房機能の拡充による冬季も含めた快適性の向上

など多くの技術を開発し、適用することにより、本格的なスポーツカーとしての「走る楽しさ」とともに環境・安全・快適性という時代性を備えたロードスターとすることができた。

ABSTRACT

Under the concept of “New Generation Real Open Sports”, a two-seater open sports car the HONDA S2000 was developed.

Applying the newly developed technologies below, the S2000 became a roadster with needs of the time, for example environmental protection, safety and comfort, as well as “fun to drive” that is the origin of sports car.

- ・ The engine-layout behind the front axle that enabled weight distribution ratio of 50:50 for front and rear axles, lowered the center of gravity, and reduced the yaw moment of inertia.
- ・ The open body, whose weight, body stiffness and crash safety performance are equal to those of closed body by the measures such as higher floor tunnel with a box shape section.
- ・ The 2L L-4 engine that offered high power of 125PS/L and low exhaust emission levels half of the 2000 Japanese regulation.
- ・ The 6-speed manual transmission that matches well to the input of 9 000 rpm and offers a light and smooth shift feel.
- ・ The wind management technology and heater performance that make driving with the top opened comfortable even in winter.

1. はじめに

この車はF-1、CARTに代表される「ホンダスポーツスピリット」を体現するとともに、環境と安全に十分な配慮をすることにより、走り和社会との調和という「ホンダの企業メッセージ」を担う車として企画開発を進めた。

「走る楽しさ」をその第一の目標に設定し、2座オープンスポーツカー(ロードスター)として「ドライバが車を自在に操る楽しさ」、「人車一体の開放感」を味わえるような車をめざしつつ、同時に環境、安全、快適性という時代の要求にもこたえるため、多くの先進的な技術の開発に取り組んだ。

この車のコンセプトはFig.1に示すように、あくまでスポーツカー本来のダイナミクスを追求しつつも、時代性を兼ね備えたロードスターを実現しようというもので、われわれはこれを「新世代リアルオープンスポーツ」と称することとした。

さらに役割を「幅広くスポーツカーファンに受け入れられる車」という点に置き、多くの人たちに楽しんでもらえる車とするために、適切な車体サイズとエンジン排気量を決定した。

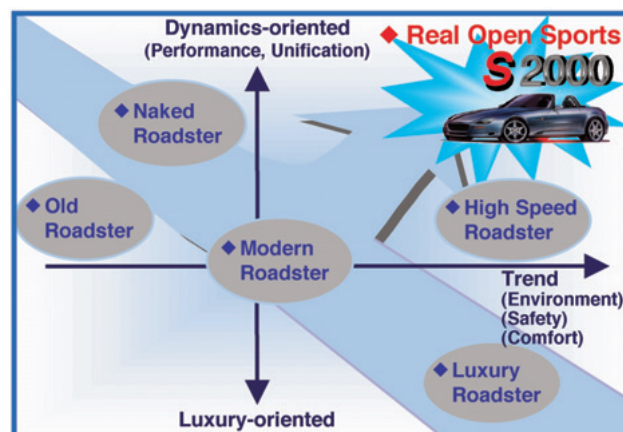


Fig.1 Perceptual positioning of roadsters

2. 開発の方針

2. 1. 車両タイプ

第一の目標である「走る楽しさ」をもっとも体現しやすい2座オープンスポーツカー(ロードスター)を車両タイプとして選定した。

「走る楽しさ」のうちスポーツカーとしてとくに重要な「ドライバが車を自在に操る楽しさ」という観点から、ボデーが軽量でコンパクトな2人乗りとし、その上で、ドライバがリヤの滑りを素早く感知できるようにシート位置ができるだけリヤ車軸に近くなるレイアウトとした。

「人車一体の開放感」については、風、音、光などを直接に感じ取れ、スピード感もより味わえて、低速域からドライビングを楽しむことができるオープンカーとした。加えてドライバのアイポイントとフロントウインド上端との距離を大きく取ることで、いっそう高い開放感をえられるようにした。

一般にオープンボデーではクローズドボデーに比較して車体の剛性が低く、そのため車両運動性能の低下やボデーシェイク増大などの乗り味の低下を招くことがある。この対応としては、後述するようにハイXボーンフレームボデーと称する新しいボデー構造を開発して解決を図った。

2. 2. 駆動方式と前後軸重量配分

駆動方式は、「車を自在に操る楽しさ」を広げるために、フロントエンジン・リヤ駆動(以下、FR)方式とした。

現在の一般的なFRレイアウトでは前後軸の重量配分が55:45程度になり、路面に駆動力を十分に伝達できない。そこで後述するようにエンジンをフロントアクスルの後方に配置するレイアウト(ビハインドアクスルエンジンレイアウト)を開発して前後軸重量配分を50:50とすることにより、路面への駆動力伝達容量を確保するとともに旋回性能の向上も図った。

2. 3. エンジンタイプ

応答性に優れた気持ちのよい吹き上がりのフィーリングと高い出力性能を持ち、軽量かつコンパクトな、高速2L・L-4エンジンを新規開発し、採用した。

このクラスのロードスターの重量は一般的に1200~1300kgの間にあり、「走る楽しさ」の重要な要素である十分な動力性能を確保するために、より大きな排気量の6気筒エンジンを採択している例が多い。

しかしながら、前述の前後軸重量配分を50:50とするレイアウトのためにはよりコンパクトな2L・L-4エンジンとすることが不可欠であった。L-4エンジンは重量も軽く、車両運動性能向上とともに燃費節減すなわち環境への適合性にも合致する。そこで量産車両用としては従来にな

い高速エンジンの開発により、車両重量/エンジン出力比を小さくし、「走る楽しさ」の実現を図ることとした。

2. 4. 動力性能と操縦性能

「車を自在に操る楽しさ」を実現する車両特性として「軽快感・一体感」に着目した。ハンドルを切ると応答よく曲がって速やかに車両重心が横移動し、アクセルを踏めば遅れなく駆動力がタイヤに伝わって加速を始める、というような、運動における応答性の良さ、換言すれば応答遅れの少なさを車両運動性能の目標においた。いかなる要素が軽快感に関与しているかを解析し、それに基づいて操安性、加速性能、ブレーキ性能等の目標(レスポンスパラメータ)を設定し、車両としての仕様(デザインパラメータ)の実現に努めた。

動力性能は2Lロードスターとして他車を凌駕するレベルをねらいとして、車両重量/エンジン出力比をこのクラスのロードスターの6~8kg/PSに対し、5kg/PS前後に設定した。エンジン出力の目標値はこの値と車両重量とから決定した。

2. 5. 環境と安全への対応

21世紀という時代性に配慮し、社会との調和を重視して、高性能スポーツカーとしての運動性能を追求する一方で、環境への適合と安全性に関しては他の車種と同様にホンダの基準を満足する、「新世代リアルオープンスポーツ」の名にふさわしいロードスターをめざした。

エンジンは高出力と環境適合の両立を図ることとし、排気エミッションは昭和53年規制値の約70%減の平成12年規制のさらに1/2(J-EV)という高い目標を設定した。

衝突安全性能に関しては、事故実態分析に基づいて設定されたホンダ安全基準に沿って、日・米・欧の公的基準を超える55km/hフルラップ衝突や64km/h前面オフセット衝突等への対応を図るなど、オープンボデーながらクローズドボデー並の高い性能を求めることとした。

さらに両席エアバッグシステム、ロードリミッタ付プリテンショナELRシートベルトおよびABSを標準装備とし、夜間の走行を安全かつ快適なものとするためHIDヘッドランプを採用することとした。

2. 6. 快適性と軽快感

時速200キロでのオープン走行を可能にするために、空力研究に基づく細部の設計やデザイン的な配慮をして乗員近傍への風の巻き込みを抑制することとした。

空調の面でも「オープンモード」を設けることにより下半身全体にわたり温風を行き渡らせ、冬期でも暖かいオープン走行を可能とすることで、より広い環境条件とシーズンにおいてロードスターとして適合できることをねらいとした。

スポーツカーで重要となるマンマシンインターフェースにおいては、「人車一体感」を得られるドライビングポジションをめざした。とくにSRSエアバッグ付きのステアリングホイールは、操作性を良くする目的で直径360mmと小径のものを採択し、ホイールセンタと回転軸を一致させてホイールオフセットをゼロとした。

またメータは、小径のステアリングホイールを通しての視認性確保のためにデジタルメータを採用した。スイッチ類の操作の際に手先の移動量が小さくなるように、それらをステアリングホイール近傍に配置した。シートポジションはできるだけ低い位置とし、シートのフィット性については高い横加速度に対してドライバを十分に保持できる性能を持たせた。シフトノブはステアリングホイールから手を自然に下ろした位置とし、高いフロアトンネル上での操作性を快適なものとするために、軽く、ストロークを短くすることを図った。

2. 7. スタイリング

エクステリアデザインはFig.2に示すように「Sharp」, 「Sleek」, 「Modern」をテーマに、従来にないダイナミックなスタイリングをめざした。とくにフロントではFRを強調するロングノーズが、リヤでは空力的な配慮をし、ハイマウントストップランプを組み込んだダッグテールなどがデザインの特徴になっている。

インテリアデザインはFig.3に示すように「Advanced」, 「Driver Ties」, 「Pure Sports Feel」をテーマに、先進性が感じられ、ドライバにぴったりとフィットし、純粋なスポーツ感覚を得られることをめざした。とくにインストルメントパネルについては、新規に開発したデジタルメータを主体として、視認性の向上とともに先進性を強調することとした。

Sharp & Dynamic

Sharp

Sleek

Modern



Fig.2 Exterior styling

Man-Machine Real Interaction

Advanced

Driver Ties

Pure Sports Feel



Fig.3 Interior styling

3. 主要技術

3. 1. パッケージレイアウト

後軸の重量配分を高めるとともに車両のヨー慣性モーメントを小さくする目的で、Fig.4に示すようにフロントアクスルの後方にエンジンを配置する「ビハインドアクスルエンジンレイアウト」を開発した。このことにより、路面への駆動力伝達容量を確保し、ステアリング応答性を高めるとともに、車両の重心も低くでき、旋回時の限界性能向上を図ることができた

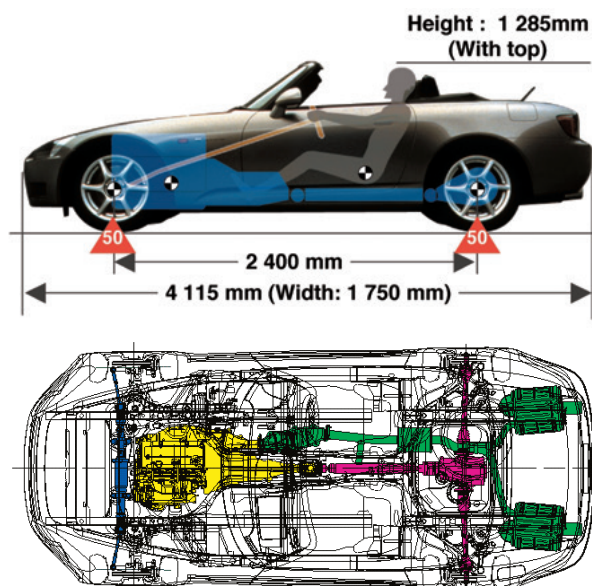


Fig.4 Behind-the-axle engine layout

このレイアウトにより通常のFRレイアウトよりエンジンおよびトランスミッションが後方に配置されるため、トランスミッションとデファレンシャル間の距離が短縮され、プロペラシャフトを分割する必要がなくなり軽量化と構造の単純化および駆動系の剛性向上がえられた。

さらに加速時の応答性を向上させるために、直径36mmと大径のドライブシャフトを用いるなど駆動系の剛性向上を図った。

3.2. ボデー

軽快感と操縦性を高め、衝突安全性能を確保することをめざし、クローズドボデーと同等の剛性と衝撃吸収性能を有するオープンボデーとして、「ハイXボーンフレーム構造」を中核としたモノコックボデーを開発した。これはFig.5に示すようにボックス断面のフロアトンネルを前後のサイドメンバと同じ高さで結合してX型のフレームを形成したもので、フロアフレームおよびサイドシルとあわせて三つの部材がサイドメンバに結合された「三つ又分担骨格」をなす。このような構造により、Fig.6に示すようにクローズドボデーと同等のボデー剛性を得るとともに、高い衝突安全性能を確保することができた。

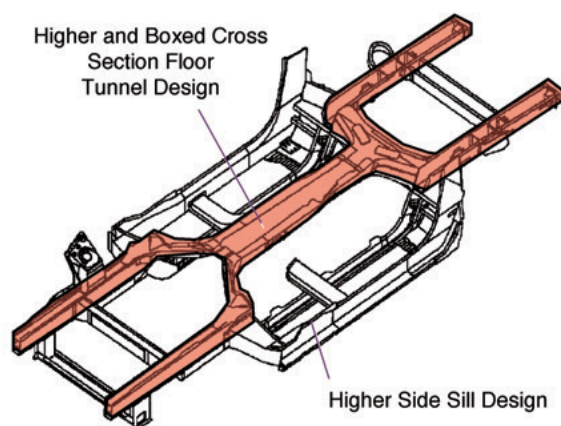


Fig.5 High "X" bone frame body

一般にクローズドボデーから単純にルーフを除去してオープンボデーにしたとすると、ボデー剛性はおよそ1/3に低下してしまう。サイドシルやフロアフレームなどの板厚増大や部分補強によりそれを補ってクローズドボデーと同等のボデー剛性を得ようとすると著しい重量の増加を伴うことになってしまうが、S2000ではハイXボーンフレーム・モノコック構造によって、重量の増大を伴うことなくクローズドボデーと同等のねじりおよび曲げ剛性と衝突安全性能を確保することができた。

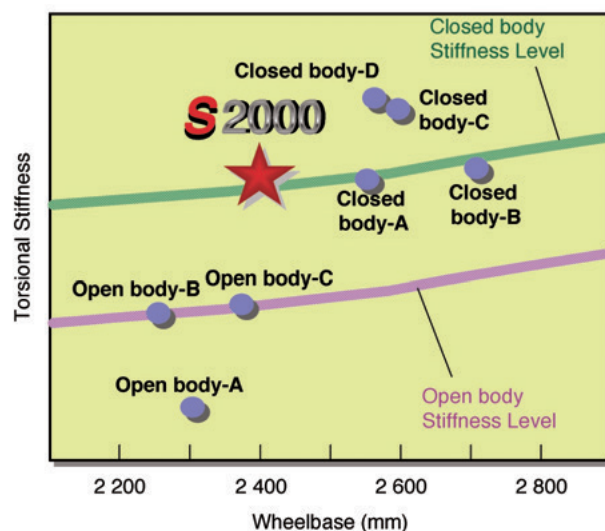


Fig.6 Body stiffness

3.3. エンジン

環境への適合と高出力を両立させるとともに、ビハインドアックスルエンジンレイアウトを可能とするため、新たにコンパクトな2LのL-4エンジンを開発した。設定した目標は、量産エンジンとしては従来にない高回転、高出力および高応答性に加え、平成12年規制の1/2の排ガス性能とコンパクト化および軽量化という多岐にわたるものである。その達成のためにFig.7および以下に示すように多くの技術を開発し適用した。

- ・高回転化のために新たに開発した技術であるローラフォロア付き金属射出成形ロッカアームと高強度バルブスプリングを用いた新型DOHC-VTECシリンダヘッド
- ・高出力化対応のためのホンダ四輪車用では初めてのアルミ鍛造ピストン
- ・高出力と低排ガスの両立を目的とした低排圧メタルハニカム触媒を使った排気系および電動エアポンプを使ったマルチポート排気2次エアシステム
- ・コンパクト化のためのサイレントチェーンとシザーズギヤを用いた2ステージカム駆動
- ・サーペンタイン補機駆動

これらの技術の適用により、ホンダの従来の同クラスのエンジンに比較して、重量では8kgの軽量化を、長さでは30mmのコンパクト化を得た。また比出力では、Fig.8に示すようにこれまでのVTECエンジンを大きく上回る125PS/Lを得ることができた。

3.4. トランスミッション

高回転エンジンの特性を十分に引き出すために、クロスレシオの6速マニュアルトランスミッションを新規に開発した。このトランスミッションは9000rpmという高回転入力に対応すると同時に「新世代リアルオープンスポーツ」に

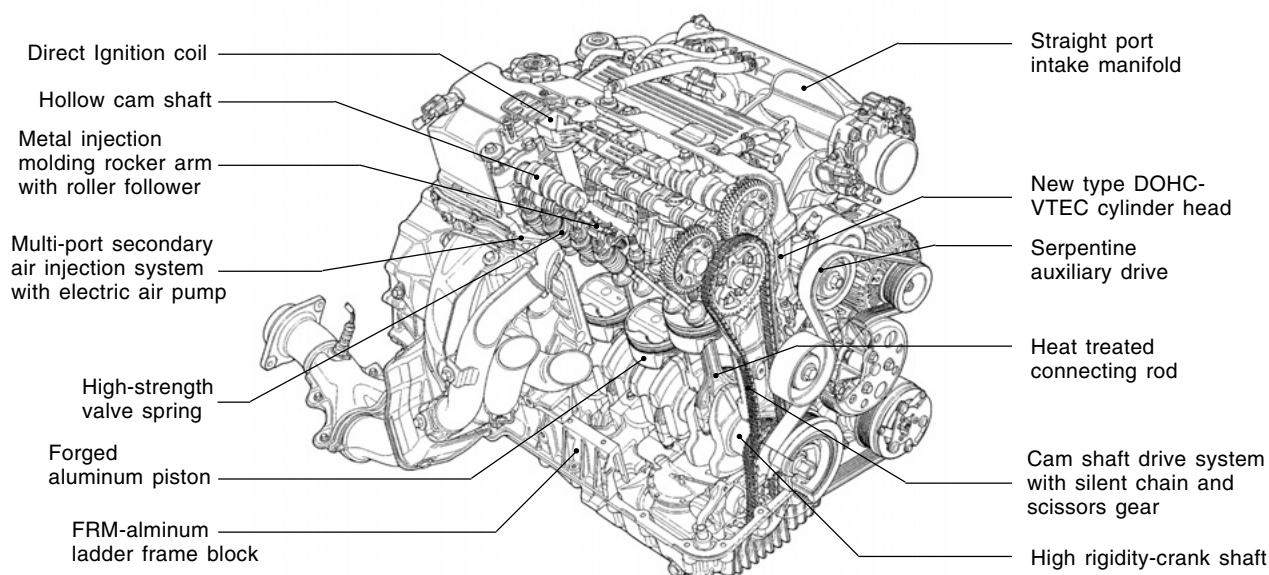


Fig.7 Main technologies of the engine

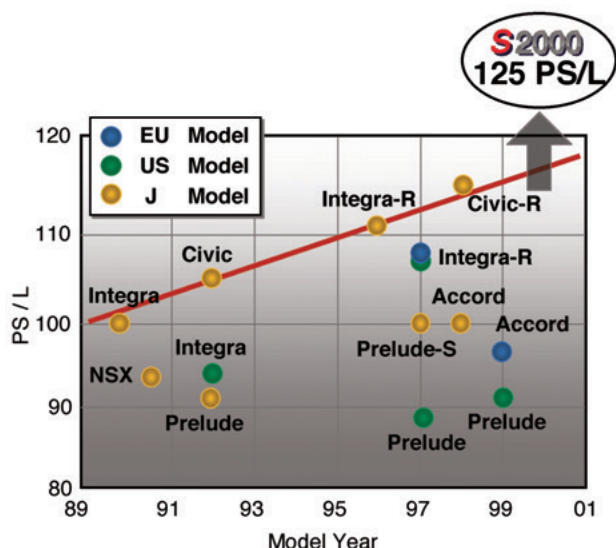


Fig.8 Comparison of DOHC-VTEC engine power ratio

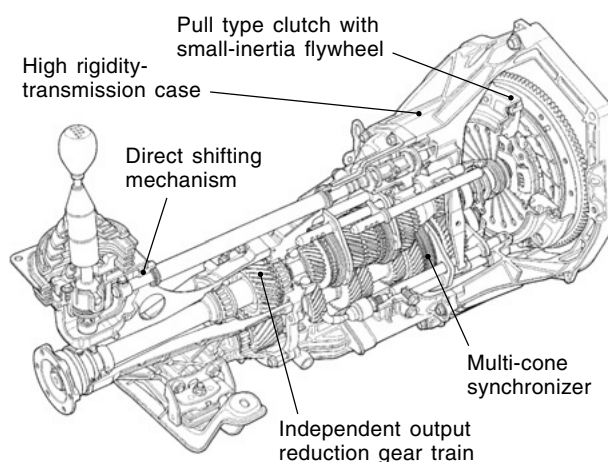


Fig.9 Main technologies of the transmission

ふさわしい軽快なシフトチェンジをも実現するため、Fig.9 および以下に示すような技術を開発し適用した。

- ・ 2層構造クラッチフェーシング材による回転強度の向上
- ・ プルタイプクラッチによるクラッチペダルのストローク効率向上とダイレクトでスムーズな操作フィール
- ・ 1.8Lエンジン用トランスミッション並の低慣性質量フライホイールによるエンジンレスポンスの向上
- ・ ダイレクトチェンジ構造による軽快なシフトフィール
- ・ 2速にトリプルコーン、1速、3速および4速にダブルコーンを採用することによるシンクロナイザ容量の増大
- ・ シンクロナイザの負荷を小さくする、変速部と独立した出力側減速機構
- ・ 内蔵型強制潤滑オイルポンプによる高回転および旋回時の潤滑性の向上

以上の技術の適用により、このトランスミッションは高回転入力に対応し、軽量であるとともに「新世代リアルオープンスポーツ」にふさわしいショートストロークかつダイレクトでスムーズなシフトフィールを得ている。

3.5. シャシ

ステアリング応答性とコントロール性の優れた車両特性の実現のために、サスペンションは前後ともFig.10に示すように上下Aアームで構成されるシンプルなダブルウィッシュボーンタイプとした。高応答性を得るために、アップアームのサイドフレーム真横への配置、ロアアームとナックルおよびロアアームとサブフレームを取り付けるポイント間の軸線が車軸と平行となる配置など、横剛性に特に配慮したジオメトリを持つコンパクトなインホイールタイプ

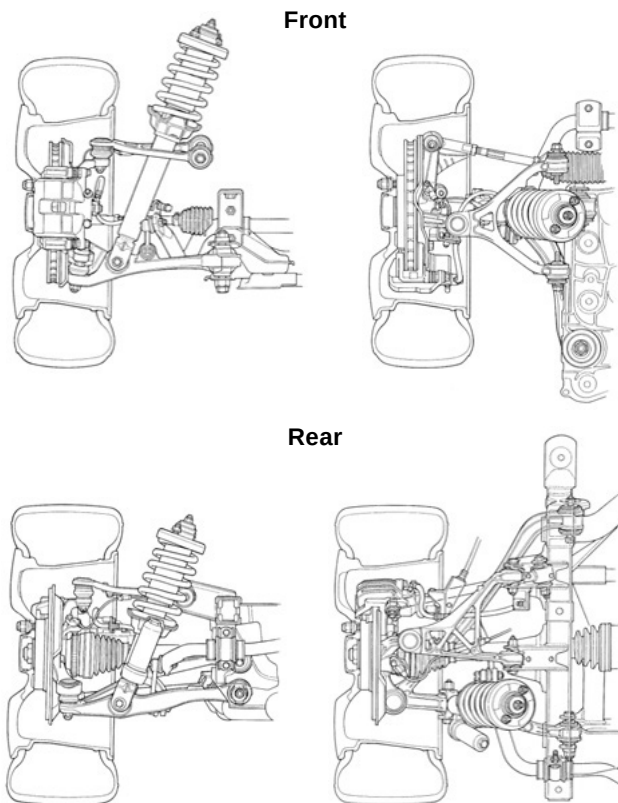


Fig.10 In-wheel double wishbone suspension

のサスペンションを開発し、部品にも高剛性のものを採用した。

更にリヤサスペンションはコントロールアームの配置を車軸前方かつロアアーム下とし、トー剛性とキャンバ剛性を高くして車両のスタビリティとコントロール性の向上を図った。

ダンパはフローティングピストンの入ったシングルチューブ分離加圧式(ド・カルボンタイプ)を採用して応答性の高いものとし、ロールレスポンスと路面への追従性を高めた。

ステアリングにはエネルギー消費が少なく、セッティング自由度を大きく取ることのできる同軸電動パワーステアリングを採用した。このことにより、スポーツカーに要求される、路面フィードを正確に伝えるときにも手応えのしっかりした操舵力設定が可能となった。

ブレーキはABS付15/16インチディスクブレーキシステムを採用した。

4. 新世代リアルオープンスポーツに向けての仕様熟成

この車で特に留意した点は、一般路で使われる状況における人車一体感とオープン走行時の快適性、及び景色とスタイリングとのマッチングであった。そのため開発の早い

段階からヨーロッパの一般道、高速道路、マウンテンワインディング、市街地などを走り込むということを繰り返し行った。

軽快感と一体感の研究結果の検証、車体剛性とハンドリング、空力と加速性能との関係、エンジン性能とギヤリング、制動性能とブレーキサイズ、高速オープン走行時の風処理、操作性や視認性などのエルゴノミクス、スタイリングの存在感など様々な検証をし、一台の車としてコンセプトの「新世代リアルオープンスポーツ」の実現のために仕様を熟成させていった。

Table 1に同クラスのロードスターと比較して主要諸元を示す。同表からわかるように、S2000では高出力エンジン、軽量の車体と6速マニュアルトランスミッションの採用などにより、高い総合性能を得ることができた。

Table 1 Comparison of roadsters

	S2000 Prototype	Other roadsters		
Engine type	L4DOHC VTEC	FLAT-6 DOHC	L6 DOHC	L4 DOHC S/C
Engine displacement	1 997	2 480	2 793	2 295
Maximum output (PS/rpm)	250/8 300	204/6 000	193/5 300	185/5 300
Maximum torque (kg-m/rpm)	22.2/7 500	25.0/4 500	28.5/3 950	28.6/2 500
Transmission	6MT	5MT	5MT	5AT
Drive train	FR	MR	FR	FR
Length (mm)	4 135	4 315	4 035	3 995
Width (mm)	1 750	1 780	1 740	1 745
Height (mm)	1 285	1 290	1 280	1 285
Wheelbase (mm)	2 400	2 415	2 445	2 400
Weight (kg)	1 240	1 280	1 320	1 350
Tire size (Front)	205/55VR16	205/50ZR17	225/45ZR17	205/55VR16
Tire size (Rear)	225/50VR16	255/40ZR17	245/40ZR17	225/50VR16
Acceleration 0-400m (sec)	Under 14.5	15.2	15.5	—
Maximum speed (km/h)	Over 240	240	218	231

R&D test data

5. むすび

「新世代リアルオープンスポーツ」を創るということを原点に、創るべきロードスターはどういう技術を投入すれば実現できるかということとパッケージングを並行して考え、必要となる技術要素には非常に高い目標を課した。それらの技術を「軽快感」を中心に一台の車としてまとめ上げた。その結果当初の目標とした、軽快で人車一体感に優れ、かつ社会とも調和するロードスターとすることができた。

この車を完成させるに当たり、内外の多くの人たちの多大なる御協力をいただいた。改めて感謝の意を表する。

■ 著 者 ■



上原 繁