

S2000の軽快でダイレクトなハンドリング性能の開発

Development of a Light and Direct Handling Characteristic for the HONDA S2000

中 川 亮 司* 柿 沼 秀 樹*
Ryoji NAKAGAWA Hideki KAKINUMA

要 旨

「軽快感、一体感の実現」をテーマに、本格的なスポーツカーとしての軽快なハンドリング性能をめざしてS2000のシャシを開発した。

エンジンを前車軸より後方に配置することで前後重量配分を適正にするとともにヨー慣性モーメントを低減させ、横剛性の高いサスペンションを開発し、前後のタイヤのサイズを変えることによるリヤの追従性の向上などにより、「軽快な走り」を実現した。

またトー角コントロール特性やタイヤ特性の最適化、および空力特性の向上により、様々な状況における高い走行安定性を得た。

ABSTRACT

With the theme of “Comfortable driving, and ‘being one’ with the vehicle”, the chassis of the HONDA S2000 has been developed with an aim at a real sports car that has smooth and light handling characteristics.

For comfortable driving, the engine was positioned behind the front axle to reduce the yaw moment of inertia as well as proper distribution of the weight between the front and rear. The suspension was designed to be high in lateral stiffness. The size of rear tires are wider than the front tires so that they track well with the fronts.

The toe angle control, most suitable tire characteristics and improvements in aerodynamics make the handling characteristics highly stable in all driving conditions.

1. はじめに

「新世代リアルオープンスポーツ」をコンセプトとして開発したS2000のシャシには、本格的なスポーツカーとして軽快で一体感にあふれた、「操る楽しさを満喫できる」ハンドリング性能が要求された。それを実現するために、

- (1) ドライバの操作に対して遅れの少ないダイレクトな車両応答性
- (2) 操舵およびアクセル操作によるステア特性のコントロール自由度
- (3) 高速走行における直進安定性、外乱に対する自立安定性、および湿潤路における安定性等、様々な環境下における走行安定性

というような多くの課題に対して高い目標を設定して開発に取り組んだ。

2. 軽快でダイレクトな車両応答性

ドライバの操作に対し軽快で遅れの少ない車両応答性を実現するためには、車両のヨー慣性モーメントの低減と後輪を主としたコーナリングパワーの増加が重要な要素となる。そこでこれら要素の向上を目指し開発をおこなった。

2. 1. パッケージレイアウトとヨー慣性モーメント

ヨー慣性モーメントの低減の手法として軽量化とともに取り組んだ課題が、重量物をいかにクルマの中心に近い配置とするかであった。そのため最大の部品であるエンジンおよびトランスミッションをフロントアクスルの後方へ配置する「ビハインドアクスルエンジンレイアウト」とした。

またバッテリー、スペアタイヤ、燃料タンク等の重量物についても、Fig.1に示すように前後車軸間への配置とすることで、Fig.2に示すようにヨー慣性モーメントを大幅に低減させた。

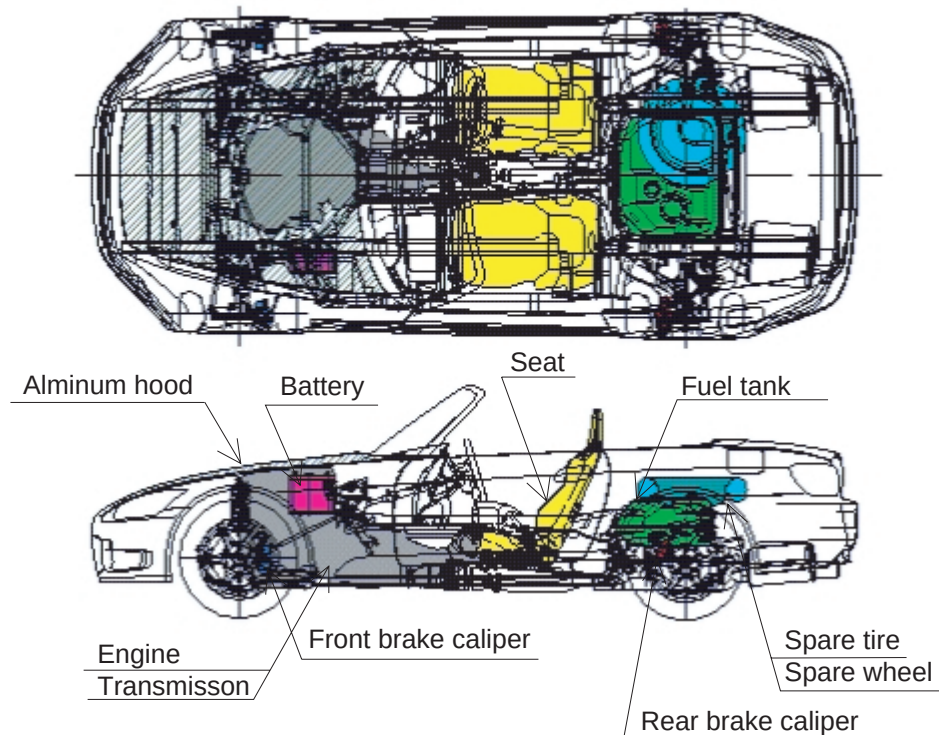


Fig.1 Reduction of yaw moment of inertia

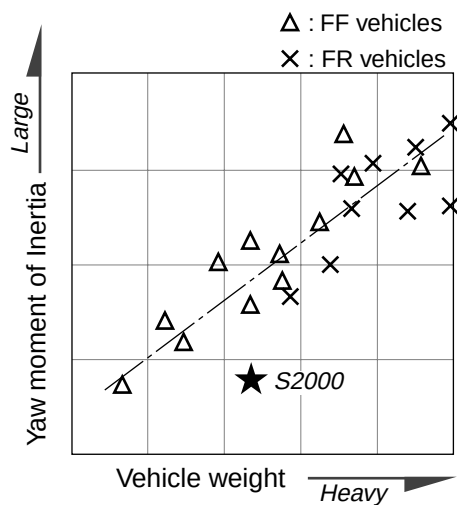


Fig.2 Comparison of yaw moment of Inertia

2. 2. 接地点横剛性

接地点での横剛性はサスペンション横剛性とタイヤ横剛性とからなり、コーナリングフォースの立ち上がり特性に大きな影響を及ぼす。

S2000ではサスペンション横剛性の向上のために、リヤサスペンションにおいてはFig.3に示すようにトーコントロールアームを車軸前方としてロアアームとのスパンを大きくとった。フロントサスペンションにおいてもFig.4に示すようにアッパアームをサイドフレームの真横に配置し、ロアアームとナックル、およびロアアームとボデーそれぞれの取付点を結ぶ線が車軸に平行になる配置とした。さらにサ

スペンションアームの取り付け点や個々の部品の剛性、ボデー全体のねじりおよび首振り剛性にも配慮することによって高いサスペンション横剛性を得た。

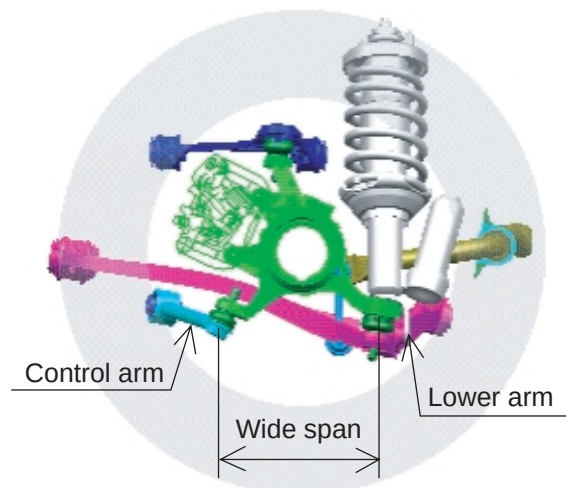


Fig.3 Side view of rear suspension

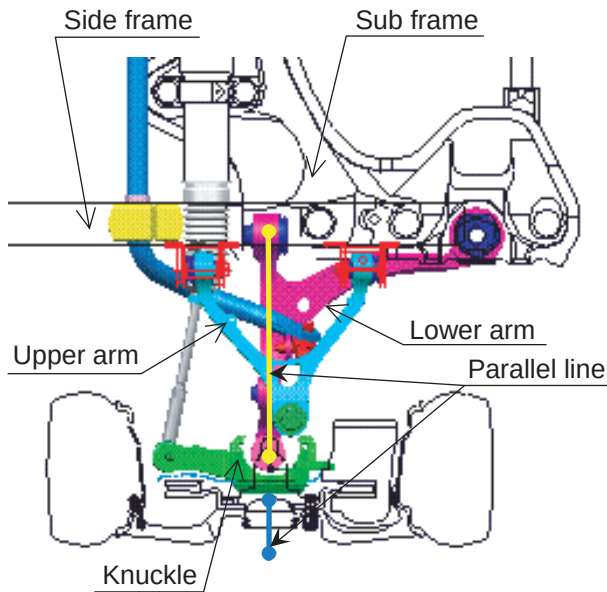


Fig.4 Plan view of front suspension

一方、タイヤ横剛性はFig.5に示すようにタイヤ幅に比例した関係をもつので、前後で異なるサイズとすることで特にリヤタイヤの横剛性向上の自由度を大きくした。横剛性をはじめとするタイヤ特性は限界域でのコントロール性やウェット性能など他の性能に対しても影響が大きいため、4. 3. 節で述べる各種の性能のバランスに配慮した上で車両応答性の向上に必要なタイヤ横剛性を設定した。

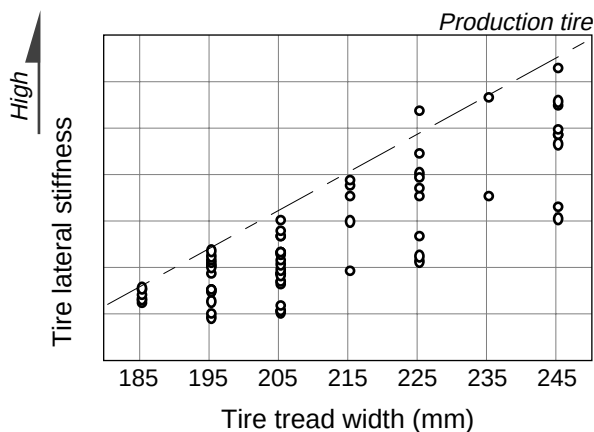


Fig.5 Relation between tire tread width and lateral stiffness

2. 3. ロール剛性およびロール軸

操舵時の車体ロールによる荷重移動もコーナリングフォースの立ち上がり特性に及ぼす影響が大きい。ロール剛性が低いとコーナリングフォースの発生に遅れが生じてしまう。そこでS2000ではFig.6に示すようにロール剛性を高めながら、前後のロール剛性配分についても最適化を図ることによって、車両の応答遅れの低減を図るとともに、横加速度が高い領域でのアンダステアを低減しスポーツカーとしてふさわしいステア特性を実現した。

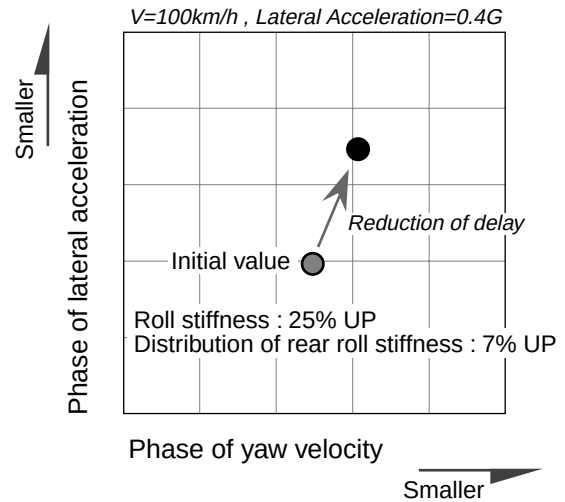


Fig.6 Improvement of vehicle response by roll stiffness and distribution of roll stiffness for front and rear

さらに、サスペンションがストロークした時のトレッド変化による横力増加とジャッキングエフェクトを利用し、ロール軸が常に前下がりとなる前後のサスペンションジオメトリとすることで、特にリヤコーナリングフォースの立ち上がりを早めた。またこのことにより、Fig.7に示すように旋回時の車体ピッチング姿勢をやや前下がりとすることで、リニアなロールフィールを実現した。

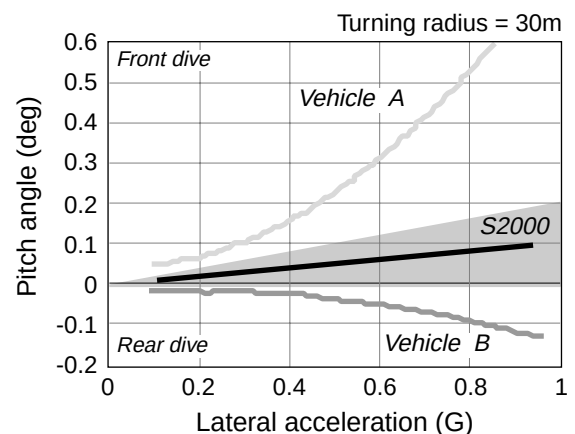


Fig.7 Diagonal roll characteristic

2. 4. 単筒式分離加圧ダンパ

車体ロール時の荷重移動を早めると共に応答収れん性に優れる特性を持った分離加圧ダンパを採用した。これにより、オープンカーにおいて課題となるボデーのシェイクやパネ下のバタツキといった事象に対しても減衰性(振動遮断)が向上し、シャシ剛性感が向上することで、軽快でダイレクトな乗り味が得られた。フロントおよびリヤのダンパをFig.8に示す。

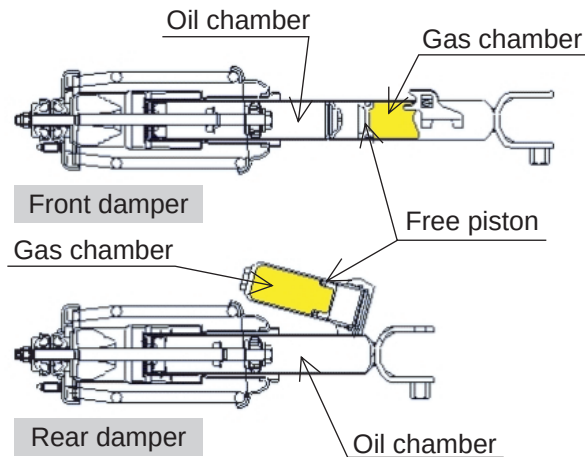


Fig.8 Mono tube damper

3. ステア特性のコントロール自由度の向上

ステアリングとアクセル操作により、幅広いステア特性の領域において車両挙動のコントロールができるということは、後輪駆動のスポーツカーを操る楽しみの代表的なものといえよう。そのためにダイレクトでリニアなコントロール性の実現をめざして、必要とされる技術の開発をおこなった。

3.1. アンチスクオートジオメトリ

後輪駆動車が発進もしくは加速をすると、駆動反力によるピッチングモーションでリヤが沈む挙動(スクオート)を生じるが、これが大きいと荷重移動に時間がかかり、アクセルワークに対する車両前後加速度のレスポンス遅れや、ピッチング挙動が大きいことによるダイレクト感の低下を招いてしまう。このため、S2000ではFig.9に示すようにアンチスクオートジオメトリを採用することにより、アクセルワークによる前後加速度と荷重移動のレスポンスを高め、ステア特性変化に対するリニアリティを向上させた。

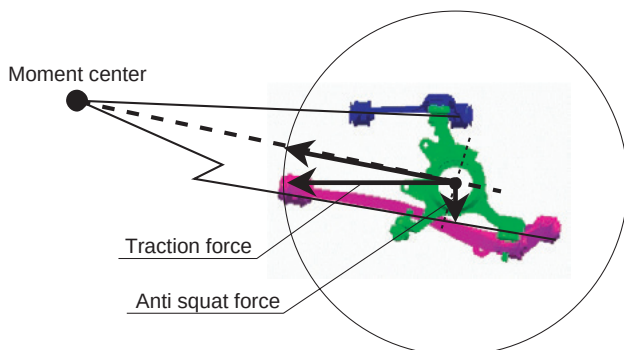


Fig.9 Anti squat geometry

この手法は、通常のリヤ荷重の小さいFR車においては安定性の低下を招くことにつながりやすいが、S2000では、FRレイアウトとしてはリヤ重量配分が高いことや、タイヤを前後で異なるサイズとすることによるリヤタイヤの摩擦限界の向上等から実現が可能となった。

3.2. リミテッドスリップデファレンシャル

通常のオープンデファレンシャルを持つ車両では、限界走行領域において旋回内側のタイヤ空転によるトラクション低下が生じやすく、アクセル操作によるステア特性のコントロール自由度を向上させにくい。そこでS2000では、シンプルで応答性に優れたトルク感応式のリミテッドスリップデファレンシャルを採用し、サスペンションとの相互マッチングを図った。これによってFig.10に示すようにトラクション限界を向上させるとともに、ステア特性変化が穏やかでリニアなコントロール性を実現した。

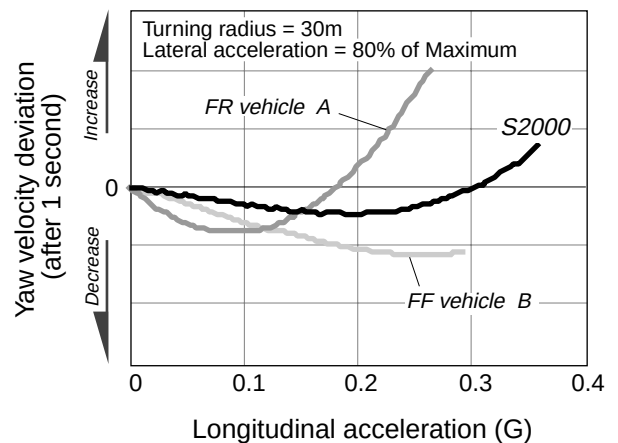


Fig.10 Yaw velocity deviation for each acceleration of step throttle work while cornering

4. 直進安定性・外乱に対する自立安定性の確保

常用域における操縦性を追求するために車両応答の感度を上げていくことは、高速で高い横加速度の領域における安定性や走行外乱に対する安定性の低下を招きやすい。そのために、さまざまな路面状態や走行状況において高い操縦性と安定性を両立させることをめざして入念なシャシ開発を行った。

4. 1. トーコントロール

外乱により発生したヨー運動に対し、常に収束方向の復元モーメントが発生するようなトーコントロール特性とした。フロントではステアリングギヤボックスの支持剛性およびラバーカップリング特性のチューニングやロールステアの設定により、適切なサイドフォースステア特性とアイニングトルクステア特性を実現した。リヤにおいては、前述のサスペンションアーム配置による高いトー剛性に加え、適度なサイドフォースステア特性とすることで高い自立安定性を実現した。

4. 2. 空力特性

車速の上昇に伴い、車両の運動特性は空力特性の影響を著しく受けるようになる。特にオープンボデーはその形状からクローズドボデーの車両に比較して空力特性が劣る傾向がある。また車両の前後重量配分と高速安定性には密接な関係があり、フロントの重量配分が減少するにつれて性能が低下する傾向がある。

そこでS2000の開発では、高速安定性の向上をめざしてFig.11に示すように車体の揚力係数低減と前後バランスの最適化に取り組んだ。その結果、フロントバンパのスカート形状やリヤトランクフードのダックテール形状、また床下アンダカバーのフラット化等の設定により、Fig.12に示すようにオープンボデー車両においてトップレベルの高速直進性と横風安定性を実現した。

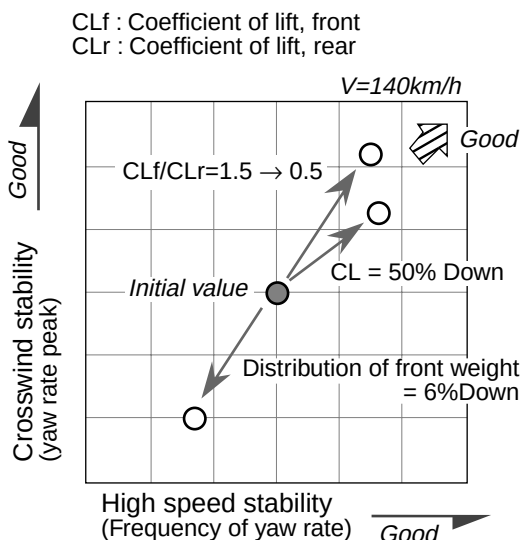


Fig.11 Parameter study of aerodynamics and vehicle dimension against high speed stability and crosswind stability

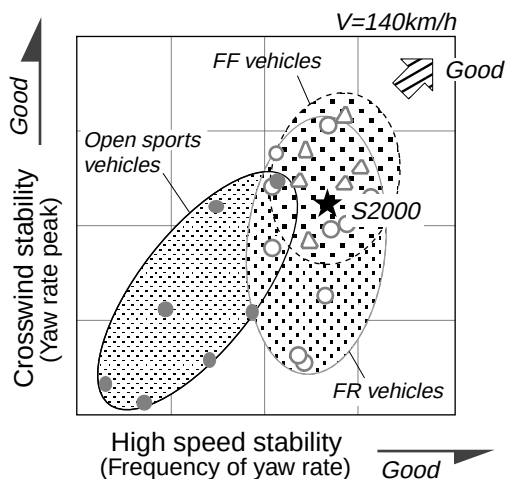


Fig.12 Comparison of high speed stability and crosswind stability

4. 3. タイヤ特性

さまざまな路面状況に対する車両運動の安定性にはタイヤの特性が強く影響する。路面の荒れや摩擦係数の変化に対する接地性の向上に対してはタイヤ接地面の柔軟性と粘性を高めることが必要であり、湿潤路でのハイドロプレーニングに対しては排水性の高いタイヤトレッドパターンが必要となってくる。

そこでS2000のタイヤ開発では、V字形の溝を持ったトレッドパターンの採用や、タイヤ内部構造およびトレッドコンパウンドによる特性のチューニングによって、車両応答性の向上に必要な横剛性を確保しつつ、路面の摩擦係数の変化や荒れに対する接地性を高めるとともに、Fig.13に示すように湿潤路での対ハイドロプレーニング性能の向上を図った。

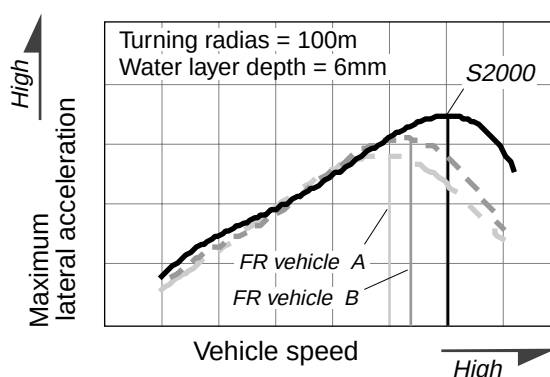


Fig.13 Lateral hydroplaning characteristics

5. まとめ

2座オープンスポーツカーS2000のハンドリング性能の開発において、新しい車両パッケージレイアウトや横剛性の高いインホイールダブルウィッシュボーンサスペンション等のシャシ技術の開発とともに、車両空力特性の向上やタイヤ特性の最適化等によって、軽快でダイレクトな車両応答性、ステア特性のコントロール自由度の向上、および様々な環境下における高い走行安定性を実現し、目標とした「操る楽しさを満喫できる」車両を開発することができた。

■ 著 者 ■



中川 亮 司



柿 沼 秀 樹