

特集：ロータリエンジン

4

ロータリ・フィーリング / 「走りの楽しみ」 Rotary Feeling / “Fun to Drive”

山下 修*¹ 渡辺 洋史*² 今西 秀樹*³
Osamu Yamashita Youji Watanabe Hideki Imanishi
大槻 健*⁴ 西村 一明*⁵
Ken Ohtsuki Kazuaki Nishimura

要 約

新開発ロータリエンジン『RENESES』とそれを搭載した『RX-8』は、従来にない新しい「走りの楽しみ」を実現するため、ロータリエンジンが持つ特性を最大限に生かした、スポーツカーにふさわしい、より魅力的なロータリ・フィーリング実現を目標とした。

それはNAのロータリをベースに①「レスポンス」：加速応答の速さ、②「伸び感」：低中速域と高速域での加速のバランス、③「エンジンサウンド」：静粛性とリニアな加速サウンドの両立、という視点から各項を深く追求することで、新しいロータリ・フィーリングの世界を創りえた。

Summary

A newly developed “RENESES” rotary engine and a vehicle “RX-8” equipped with the engine have realized a more appealing rotary feel only a true sports car can give by making the most of the intrinsic benefits of the rotary engine, which had been aimed at in order to offer new “fun to drive”.

Based on a naturally aspired rotary engine, RX-8 has explored: ① Response - quick acceleration response, ② Feel of smooth rpm rise - good acceleration balance between low-to mid. and high engine speeds, and ③ Engine sound - balanced quietness and linear acceleration sound, thus having created the world of a new rotary feel.

1. はじめに

マツダは1967年に世界に先駆けてロータリエンジン（以下RE）を搭載したコスモスポーツを発売した。それ以来、「アクセルを踏み込むとモーターのようになめらかに吹け上がる」いわゆるロータリ・フィーリング（以下REフィール）は、多くのロータリ・ファンに親しまれてきた。

新エンジン『RENESES』、そして『RX-8』の開発にあたり、REが持つ特性を最大限に生かした、スポーツカーにふさわしい、より魅力的なREフィールを創り込んできたので、以下にその概要を紹介する。

2. 開発のねらい

2.1 スポーツカーに求められるもの

スポーツカーは高出力で速く走れることは当然として、

街乗りでもワインディングでも楽しく走ることが重要である。そこで、「走りの楽しさ」とは何かを具体化するため、RX-8開発の前段階に、RENESES先行開発車・競合他車の試乗評価も含め検討を行った。その結果、「走りの楽しさ」を提供するためには、①アクセルレスポンス、②伸び感、③エンジンサウンドが重要であることが明らかになった。そしてこれらの性能は、高度なドライブテクニックを持ち合わせていない一般ドライバーにも、「走りの楽しさ」を提供できるものであると判った。

すなわち、①アクセルレスポンスが良いと、意思通りにパワーが発生し、「ドライバーはパワーコントロールが容易になり、要求どおりに車が反応してくれると感じる。」更に、②伸び感が良いとは、高い回転域までトルクがフラットということで、幅広い回転域のどこからでも同じようなトルクが発生するため、「ドライバーは必要なパワーをどん

* 1, 4 第3エンジン開発部
Engine Development Dept. No.3
* 5 第2エンジン開発部
Engine Development Dept. No.2

* 2 車両実研部
Vehicle Testing & Research Dept.

* 3 NVH性能開発部
NVH Development Dept.

な場面でも意のままに得ることができ、ギアチェンジの煩わしさもなく、伸びやかな加速を楽しめる。」更に、③エンジンサウンドがエンジン回転数の変化やアクセルにตอบสนองして気持ちよく聞こえると、「ドライバーは自分のコントロールを体で感じる加速度に加えて、耳からも走りのフィールをフィードバックし、走りの楽しさを増幅して実感できる」のである。

2.2 RENESISの開発方針

前述のスポーツカーに求められる基本要件に加えて、REならではのフィーリングをお客様に楽しんでいただくための研究も行ってきた。回転運動が主体のREが醸し出すREフィールとは (i) ストレスのない圧倒的な伸び感 (ii) 独特の澄んだサウンドが特徴である。また、往復運動がなくエンジンイナーシャも比較的小さいことから (iii) アクセルレスポンスにも有利である。

つまり、REフィールは「走りの楽しさ」そのものであり、新エンジンRENESISの開発にあたり、REが本来持つ3つの優れた特性を更に進化させることを最も重視し、その実現に適したNA (Natural Aspiration: 自然吸気) エンジンを採用した。

2.3 RX-8の開発目標

以上の検討結果とRENESISが持つ、優れたエンジン特性を踏まえ、RX-8では「絶対的な速さ」に加え「走りの楽しさ」とのバランスを重視した (Fig.1)。

そして、「走りの楽しさ」を演出する「レスポンス」「伸び感」「エンジンサウンド」においてベストインクラスを達成することで、他社には真似できないオンリーワンのスポーツカー造りに貢献することを目指した。

(1) アクセルレスポンスの目標設定

アクセルレスポンスの目標は、官能評価と相関の高い、(a) アクセルを踏んでから加速度が上がり始めるまでの時間と (b) 加速度の高さで定量的に設定した (Fig.2)。

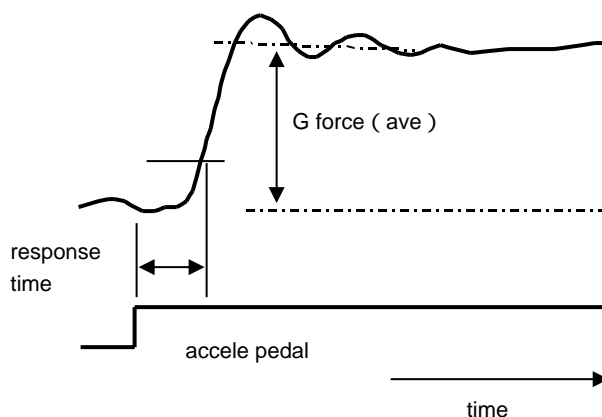


Fig.2 Response of Acceleration

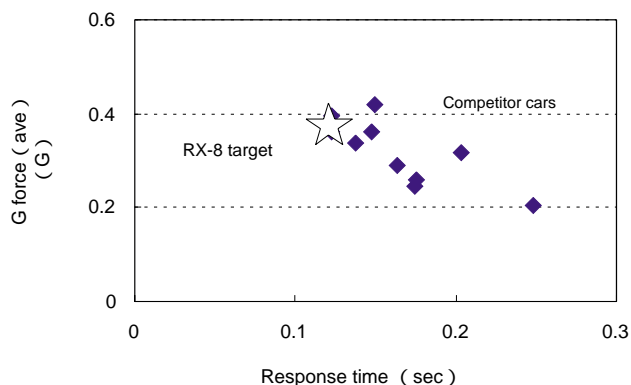


Fig.3 Target of Response

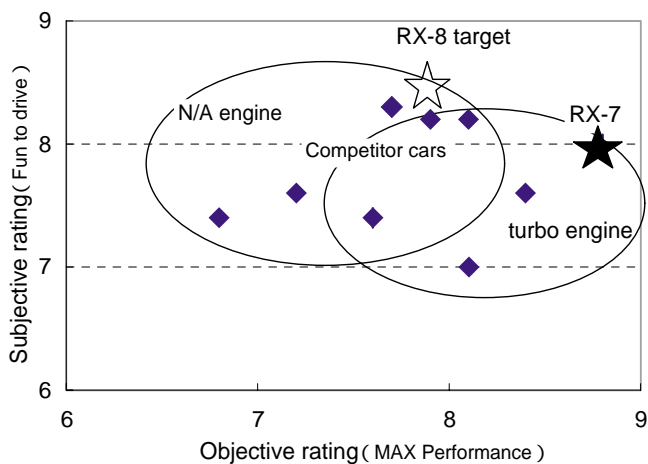


Fig.1 Target of Acceleration Performance

RX-8では、(a)の時間をベストインクラス、(b)の加速度の高さをクラストップレベルにすることで、トータルでベストインクラスを達成することを目指した (Fig.3)。

(2) 伸び感の目標設定

伸び感の目標は、低中速域の加速度×車速区間の面積B (= 加速感評価指標) と高速域の加速度×車速区間の面積Aとの比率 (面積A / 面積B) で定量的に設定した (Fig.4)。

面積Bは大きいほど加速感が良いが伸び感は悪化し、面積Aは大きければ大きいほど伸び感が良いということで、面積Bと面積Aのバランスにより、加速感と伸び感は決定づけられる。

RX-8では、低中速の加速感 (= 面積B) をNA群のベストインクラスとした上で、伸び感 (面積A / 面積B) もベストインクラスを達成することを目指した (Fig.5)。

(3) エンジンサウンドの目標設定

エンジンサウンドは、他社にないREのアドバンテージを最大限に生かして、①エンジン回転に対してリニアに②

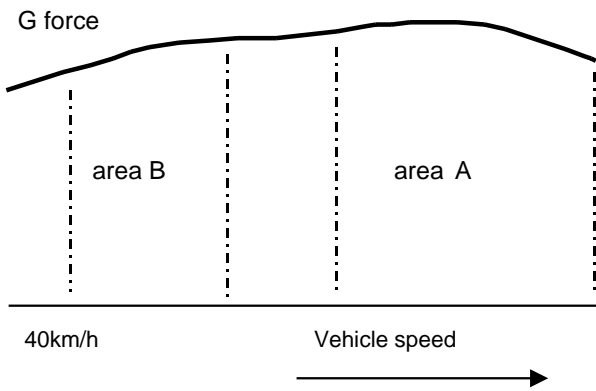


Fig.4 Expansion and Acceleration Feel

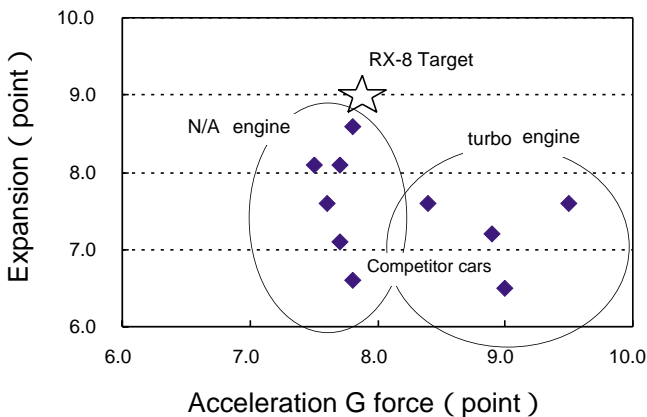


Fig.5 Target of Expansion and Acceleration Feel

アクセル操作に連動して③独特の澄んだサウンドを出すことで、走りを更に官能的に演出することを狙い、トータルでベストインクラスを達成することを目指した。

エンジンサウンドの目標設定は、サウンドシミュレータを用いてRX-7のサウンドを加工し、RX-8にふさわしいさらに伸びやかでスポーティーなサウンドを創り出すことによって行った。これを指標化し、実車で目標達成するためのシステムやハードメニューを開発していった。

3. 実車開発でのREフィール育成

3.1 アクセルレスポンスの改善

開発育成段階においてこの高いレスポンス性能目標を達成するため、エンジンだけでなくPT伝達系など他の領域も含めた性能向上を図っている。結果、目標どおり高いレベルの性能の実現ができています。

PT伝達系の取り組みについては『Performance Feel』

(走り感)育成』の論文で述べ、本項ではエンジンについて説明する。

エンジンのレスポンス改善技術としては、回転系の慣性量低減と燃料制御性能の改善がある。

まず回転系の慣性力は、ロータの軽量化とフライホイールの軽量化で、合計12%低減した。

また燃料制御は、燃料噴射インジェクターを12噴孔方式にして燃料の微粒化を改善した上で、PCM (Powertrain Control Module) の32Bit化で演算速度をRX-7比約5倍アップさせた。

その結果をFig.6に示すが、RX-7に対して、早く加速Gが立ち、最大加速Gも高くなった。

3.2 伸び感の改善

エンジン出力特性をフラットトルクにし、高回転域のTopエンドまで高いトルクを発生させるため、サイド排気と新開発吸気系のS-DAISを開発したことで、中速域以降、高い加速Gを連続させることができた。

2ndギヤ段で発生G特性を競合車と比較した特性図をFig.7に示す。低回転域から高回転域まで滑らかで高いGの特性となっていることがわかる。

これは、当初狙っていた加速と伸びの評価点がトップクラスになったことを示した。

これらREフィールとして重要視している、レスポンスと伸びについて競合車と比較すると、競合比で優れた性能に仕上がっていることがわかる (Fig.8)。

3.3 REサウンドの創り込み

(1) 改善の考え方

REは基本的に回転運動がメインであるため、レシプロエンジンで発生するようなハーフ次の振動成分が発生しない。そのため、ガー、ゴロゴロという濁った音は発生せず、他車にない独自の澄んだサウンドを発生することが特長である (Fig.9)。

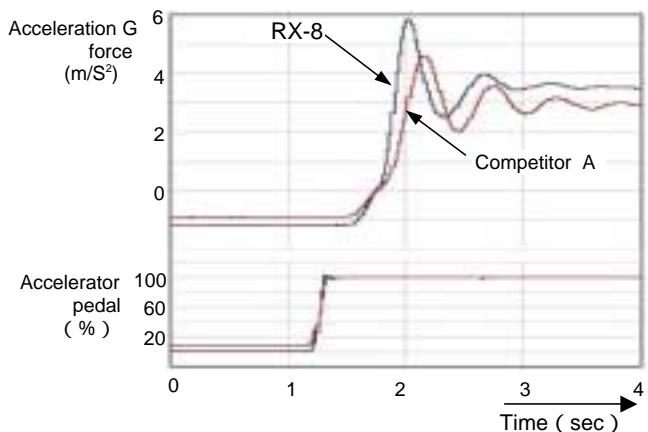


Fig.6 RX-8 Response Characteristic

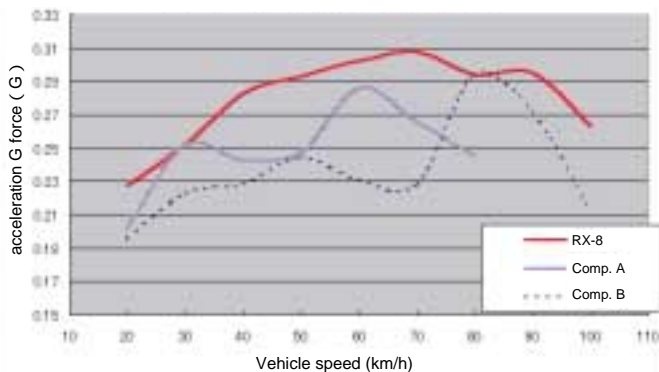


Fig.7 RX-8 Acceleration G Characteristic

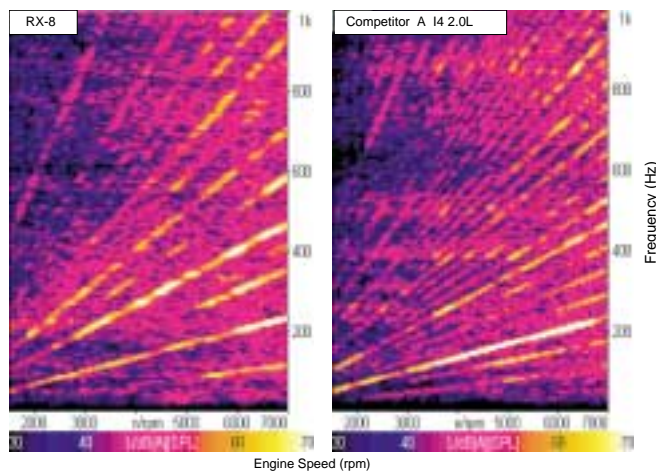


Fig.9 Characteristic of RE Sound

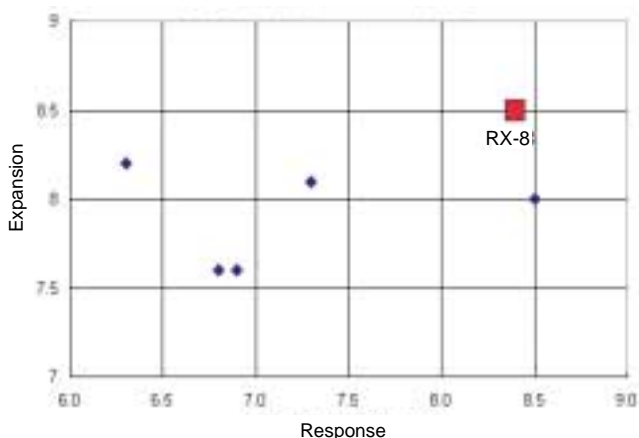


Fig.8 RX-8 Expansion vs Response Feel

RX-8では、これに加え、サイド排気NAの採用によって、従来のペリ排気比高周波成分が低減できることと回転上昇に対してリニアな音圧上昇が得られるというスポーツカーにふさわしいサウンドを得ることができた。

これをベースに、伸び感向上のために必要な基本次数成分(2次, 4次, 6次)を吸気音及び排気音で演出し、心地よいREサウンドをさらに際立たせている。

(2) エンジン本体の改善

動弁系を持たないREは、レシプロエンジンに較べ機械騒音が低いため (Fig.10), エンジンサウンドがアクセル開度に対してリニアな特徴を持つ。RENEISISの開発にあたり、この特徴をさらに特化させるため、ロータとカウンタウエイトの重量バランスを高回転まで保証できる設計を行い、エキセントリックシャフトの曲げ振動を抑制した (Fig.11)

その結果RX-8は、低回転~高回転までアクセル開度に対しリニアリティの高いエンジンサウンドを実現できた。

(3) 吸排気系の改善

吸気系については、吸気抵抗を低減するために大容量エアクリーナ・大口径フレッシュエアダクトを採用し、エアクリーナの高剛性化, CTダクトの採用等で不要な中高周波ノイズを徹底して軽減している。またRENEISISで新開発した高出力化のための吸気切替機構については、吸気音がエンジン回転上昇に応じて、リニアに変化するよう、レゾネータと吸気切替弁の作動特性をチューニングした。排気系については、大容量のメインサイレンサを採用し、超低抵抗を実現しながら吸音材、パイプ長の最適化で心地よいサウンドのみを聞かせるよう創り込みを行った (Fig.12)

(4) 車両系の改善

一方、車両領域では、これらの音をさらに熟成するために軽量の吸音材の配置を適正に行い、スポーツカーとしてふさわしい遮音性能を実現している。これによって、定常走行時は静粛で、加速時には迫力のある音量の心地よいサウンドが楽しめるようになっている。

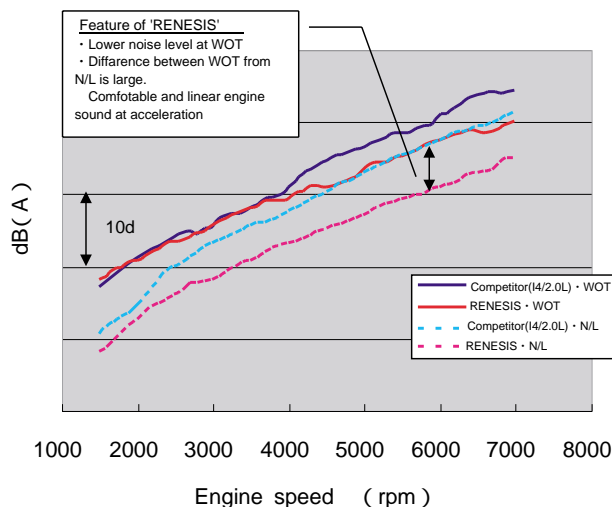


Fig.10 Engine Radiated Noise (RENEISIS vs Competitor)

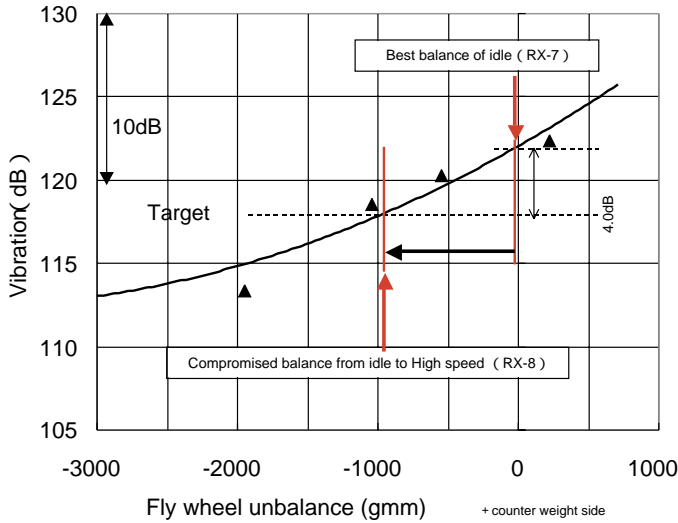


Fig.11 Correlation between Engine 1st Order Vibration and Fly Wheel Unbalance (6,000rpm)

著者



山下 修



渡辺洋史



今西秀樹



大槻 健



西村一明



Fig.12 S-DAIS (Sequential Dynamic Air Intake System)

4. おわりに

RX-8は、新しいジャンルを開拓するために創られたスポーツカーである。その心臓部であるエンジンは、新しいジャンルのスポーツカーにふさわしい「走りの楽しみ」を創造する使命があった。その結論がロータリ・フィーリングである。従来からのロータリ・ファンの方にはもちろんのこと、初めてのお客様へも、レシプロエンジンでは為し得ない異次元のすばらしい新生ロータリ・フィーリングを、楽しんでいただきたいと願っている。

今後の開発においても、お客様の声に耳を傾けながら、より高い次元の「走りの楽しみ」を実現し、お客様に感動を提供して行きたい。