

# ライダーの感性に響く“Fun to Ride”要素の創出

Developing “Fun to Ride” Factors that Attract Motorcycle Riders on an Emotional Level



兼田 哲男①	Tetsuo Kaneda
松原 賢太②	Kenta Matsubara
増田 貴行③	Takayuki Masuda
中村 典生④	Noritaka Nakamura
川崎 卓巳⑤	Takumi Kawasaki
市川 和宏⑥*	Kazuhiro Ichikawa
中村 泰士⑦	Yasushi Nakamura
石井 宏志⑧*	Hiroshi Ishii
小切間仁人⑨	Masato Kogirima

ライダーの感性に響く“Fun to Ride”要素を高めるためには、エンジン性能とともに、車体性能の向上が重要である。特に、「エンジンサウンドの演出」「乗り心地の演出」「操縦安定性の向上」は、モーターサイクルの商品価値を決定づける“Fun to Ride”要素であり、先進国モデルのブランド力向上には必須である。本稿では、これらの“Fun to Ride”要素の創出技術の事例について述べる。

The chassis as well as engine performance needs to be improved in order to enhance “Fun to Ride” factors that appeal to the rider. In particular, a pleasing engine sound, excellent riding comfort and greater handling stability are “Fun to Ride” factors that determine the value of a motorcycle as a product. As such, they are essential in maximizing the brand appeal of a model targeting customers in advanced countries. In this paper, we report the technologies involved in creating these “Fun to Ride” factors.

## まえがき

当社は、“Fun to Ride”を最大限にライダーに提供する魅力的なモーターサイクルの開発を目標としている。この“Fun to Ride”を創出する要素の例として、次に示す「エンジンサウンドの演出」「乗り心地の演出」「操縦安定性の向上」がある。

- ① 「エンジンサウンドの演出」：エンジンサウンドを演出するための印象の科学的評価とコントロール技術
- ② 「乗り心地の演出」：「乗り心地」を大きく左右するエンジンからの振動を抑制かつ演出するための全車振動解析技術
- ③ 「操縦安定性の向上」：ライダーの操縦感を効率よく作り込むための走行中の車体変形計測技術と機能的デザイン創出技術。

## 1 エンジンサウンドの演出

当社は、各国の騒音規制を遵守しつつも、魅力あるサウンドを演出する技術を開発している。スポーツタイプでは迫力あるサウンドが加速感を創出し、アメリカンタイプでは心地よいサウンドと振動が相まった鼓動感が魅力となる(図1)。このようなライダーの感性に訴えかけるサウンドを演出するため、顧客心理を客観的に捉える感性評価技術と、そこから得られた目標にサウンドをコントロールする技術を開発してきた。これらの技術は、「Z1000」<sup>1)</sup>の開発にも適用されており、吸気音による優れた加速感が演出されている。

### (1) 感性評価技術

商品性を向上させるためには、顧客の心理を解釈して設計へ反映する必要があるが、ヒトの感性という単純には数値化できない事象を扱うため、難しい課題であった。そこで、感性に訴えるものの印象を科学的に捉えるSD法(semantic differential method)をベースにして、モーターサイクルのサウンド評価手法を開発した<sup>2)</sup>。

図2は、スポーツタイプのモデル6機種(A~F)を対象に、エンジンサウンドの印象を評価した例である。聴取印象は2次元平面に位置づけられ、目に見える形で取り扱うことが可能となっている。また、ライダー経験の有無によって印象に差があるなど、ヒトによる受け取り方の違いも明らかになっている。これらの印象と音響特性との関係



(a) スポーツタイプ



(b) アメリカンタイプ

図1 モーターサイクルのカテゴリ  
Fig. 1 Category of motorcycles

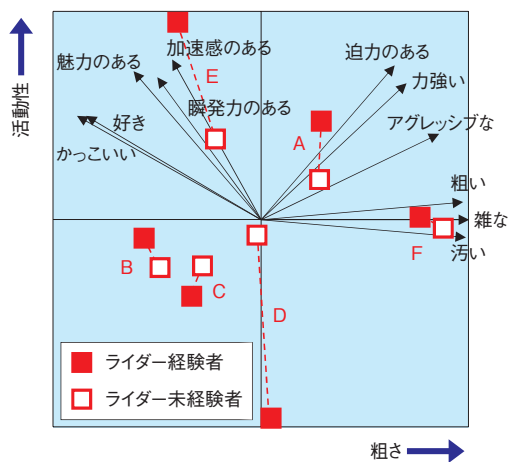


図2 モデル6機種 (A~F) のエンジンサウンドの聴取印象  
Fig.2 Impression of engine sounds of six different models (A-F)

を把握することで、新機種開発時に目指すべきサウンドの方向性を見極めている。

### (2) サウンドコントロール技術<sup>3)</sup>

目標とするサウンドを創出するため、開発初期段階から吸排気系の音響解析や、既存モデルによる要素試験を活用している。エアクリーナボックスにおける共鳴の利用や、排気マフラーの消音特性の調整などの検討を行い、目標とする音響特性に近づけるための方策を抽出する。さらに、非定常1次元数値流体力学 (CFD) 解析によりエンジン内の圧力脈動を予測し、吸排気音と出力性能の両立を図っている。排気圧力脈動の解析例を図3に示す。

このようなプロセスを経て試作モデルを構築するものの、最終的には、ヒトの耳による作り込みが必要となる。このようにして、磨き上げられたサウンドを顧客に楽しんでいただくため、開発担当者の手による絶妙なチューニングを施している。

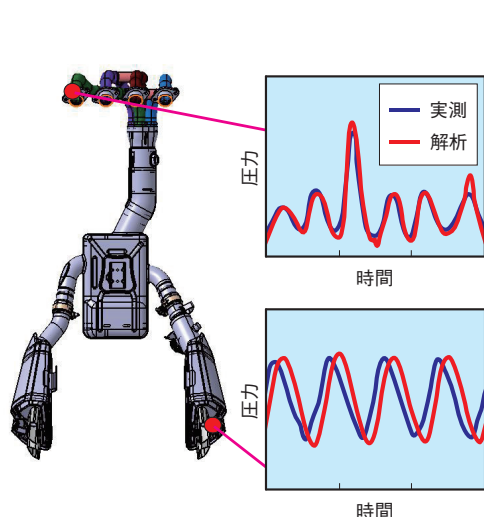


図3 排気圧力脈動の解析  
Fig.3 Calculated pressure pulsation in exhaust system

## 2 乗り心地の演出

### (1) モーターサイクルにおける車体振動

振動はモーターサイクルの乗り心地を左右する重要な要素であり、単純に振動を抑制すればよいとは限らない。時には積極的に振動を演出することが、乗り心地を向上させるために必要となる。

例えば、全身を使い車体や路面の状況を感じてスポーティーな走りを楽しむスポーツタイプでは、車体振動が大きいとライダーは不快に感じる。このような機種については振動を抑える必要がある。一方、アメリカンタイプでは、エンジンの鼓動やマシンの力強さを体感できる独特な振動が好まれており、この振動が走りの楽しさを演出している。

以上のようにモーターサイクルにおける振動は、乗り心地の観点から、製品カテゴリごとに抑えるべき振動と望まれる振動を区別する必要がある。

### (2) 乗り心地向上技術<sup>4)</sup>

当社のモーターサイクルは、その開発の初期段階から、車体振動を予測する全車振動解析システムを導入している。この解析システムでは、車体全体を有限要素法 (FEM) でモデル化し、エンジンから発生する起振力を考慮し、車体各部での振動値を評価する。

スポーツタイプへの適用例を図4に示す。このカテゴリでは、不快な振動の抑制が望まれるため、メインフレームやリアフレーム構造の設計変更を行うことで、検討部位の振動を低減し、乗り心地を向上させている。

アメリカンタイプに対しても同様の解析を実施している。このカテゴリでは、積極的な振動の演出が必要となるので、スポーツタイプとは異なり、適切な振動値が得られるように、車体各部の構造を検討している。

これらの技術は、スポーツタイプの「Ninja 250/300」<sup>5)</sup>の開発にも適用されており、振動低減による乗り心地の向上に寄与している。

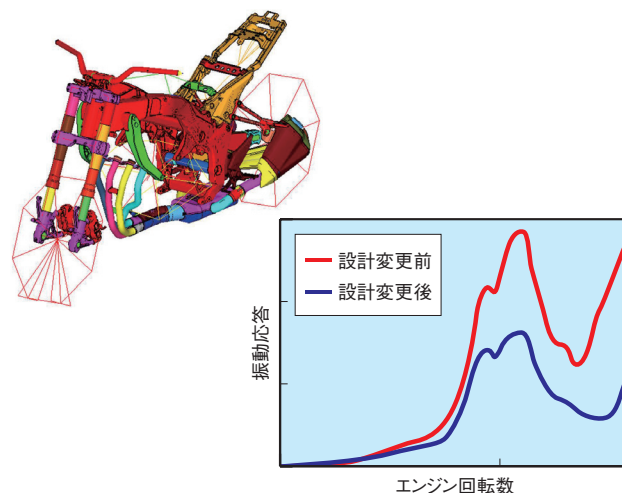


図4 全車振動解析システムの適用例 (スポーツタイプ)  
Fig.4 Example of application of the whole-body motorcycle vibration analysis system (sport type)

3 操縦安定性の向上

(1) 走行中の車体変形計測技術<sup>6)</sup>

ライダーの操縦感を作り込むためには、開発のベースとなる走行試験において、ライダーの操縦感と関連が強い車体挙動を定量的に把握することが重要である。車体挙動とは、ライダー操作に対する車体の応答や、走行の状態をライダーに伝える振動や加速度である。この車体挙動には、時々刻々変化する車体の弾性変形が大きな影響を及ぼしている。変形を計測する場合、比較的大型な計測装置を用いて2点間の相対変位を直接計測する手法がある。しかし、モーターサイクルの場合、車体重量が軽いため計測器重量の影響が相対的に大きく、運動性能が変化してしまう問題がある。そこで、当社では直接変位を測るのではなく、数値シミュレーションと実走行計測を適切に組み合わせるこ

とで、時々刻々変化する車体変形を最小限のセンサーで計測する技術を開発した。

開発したシステムフローを図5に、概要を図6にそれぞれ示す。走行中の時々刻々変化する車体変形は、車体に作用する支配的な個々の荷重に対応した個々の変形（基本変形モード）の重ね合わせにより表現できると考えた。はじめに、①詳細な数値シミュレーションにより車体の基本変形モードごとの変形量と、それに対応したひずみを求める。次に、②実走行中にひずみを計測し、基本変形モードのひずみと比較することで各モードの変形と寄与率を重ね合わせることによって、③走行中の任意の時刻における車体変形を求めるシステムである。

図7に示すように、車体に変形が生じる支配的な荷重は、タイヤ（サスペンション）から入力される荷重と、エンジンの駆動力をタイヤに伝えるチェーン張力である。

走行中の車体変形を精度よく求めるためには、走行中の基本変形モードの寄与率\*（以下、モード寄与率）を実測データから求める必要がある。そこで、走行中に精度よく、かつ省スペースで計測可能なひずみからモード寄与率を求めた。計測する位置が車体変形計測システムの精度に大きな影響を及ぼすため、適切なひずみ計測位置を次の観点で選定した。

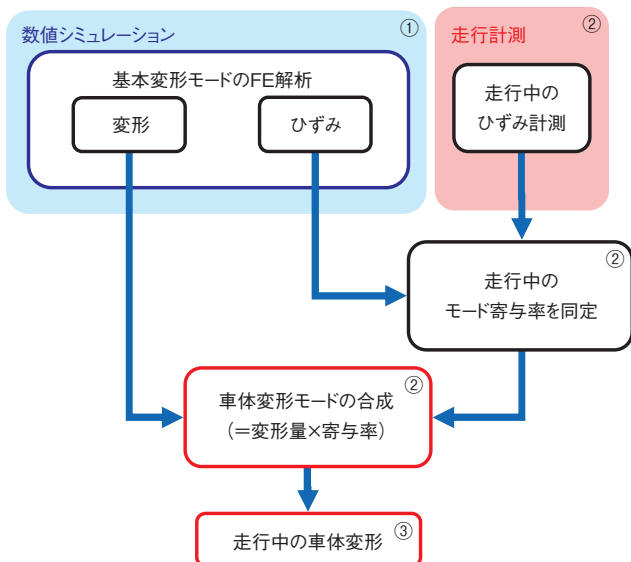


図5 走行中の車体変形計測システムフロー  
Fig.5 System flow for measuring dynamic deformation of motorcycle bodies

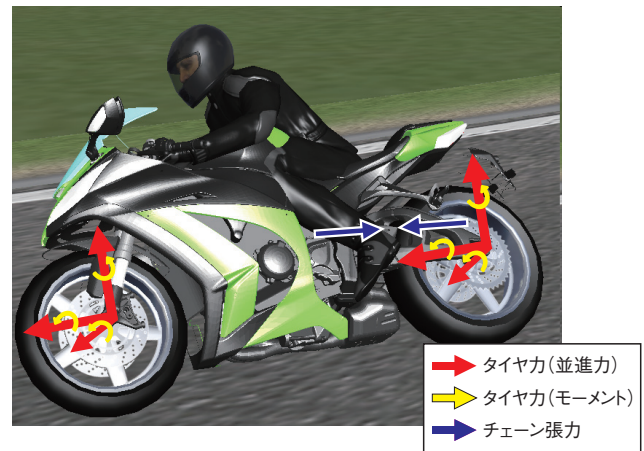


図7 モーターサイクルに作用する荷重  
Fig.7 Load acting on a motorcycle

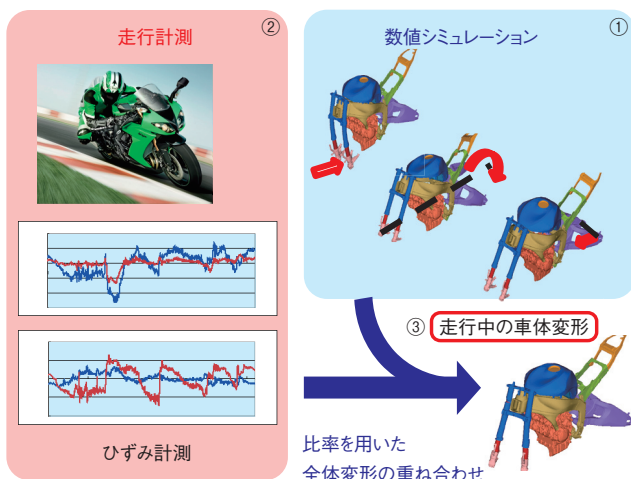


図6 走行中の車体変形計測技術の概要  
Fig.6 Outline for measuring dynamic deformation of motorcycle bodies

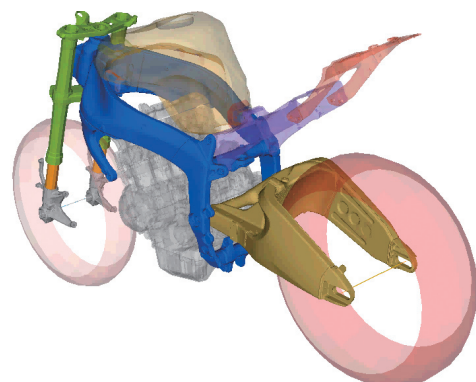


図8 走行中の車体変形  
Fig.8 Dynamic deformation of a motorcycle body

- 個々の荷重に対してのみひずみが発生する位置
- 走行中、温度の影響を受けない位置
- 応力勾配がなだらかな位置

走行中の車体変形を求めた結果を図8に示す。このように実走行計測データをもとに走行中の車体変形を可視化し、定量的に評価することが可能となった。

\* モード寄与率：基本変形の大きさの割合を表す比率を示す。

## (2) 機能的デザイン創出技術

モーターサイクルの部品設計は、重量、剛性、強度、振動、デザイン性などさまざまな評価項目を検討する必要がある。従来は、過去の経験をもとに実機を用いた繰り返し試験による作り込みを行ってきた。しかし、近年は基本構想段階でより良い工学的デザインを得るための解析技術が望まれている。

そこで、モーターサイクルのホイールを例に、剛性、強度、振動などの性能を満足させた上で最軽量となる形状を求める構造最適化解析技術を開発した。その概要を図9に示す。

部材配置が可能な設計空間を設定した後、要求される剛性、強度、振動などの性能値を指定することで、最も軽量となる部材配置が得られる。得られた構造最適化解析の結果を基にデザイナーが図面化することで、工学的に洗練された機能的デザイン（機能に裏打ちされたデザイン）を手戻りなく得ることが可能となった。

本技術を用いて製作したホイールは、走行試験によるライダー評価も高く、ホイールに要求する性能を定量的に把握できるようになり、ライダーの“Fun to Ride”の実現に大きく貢献できた。

## あとがき

モーターサイクルの開発における“Fun to Ride”を創出する主要要素として、「エンジンサウンドの演出」、「乗り心地の演出」、「操縦安定性の向上」に対する取り組みを紹介した。今後も引き続きこれらの技術をさらに高度化し、より商品価値の高いモーターサイクルの開発を進めていく。

## 参考文献

- 1) 宇積, 百崎, 原口, 門: “エキサイティングキャラクターを追求したスーパーネイキッド「Z1000」”, 川崎重工技報, No.174, pp.18-21 (2014)
- 2) K. Matsubara, Y. Sakabe, M. Aoki, H. Yano, M. Tanaka, M. Yamada: “The Impression of Engine Sounds of Sports-Type Motorcycles”, The 10th Western Pacific Acoustics Conference (2009)
- 3) K. Matsubara, N. Nakamura, Y. Katsukawa, K. Furuhashi: “Development of Intake Sound Control

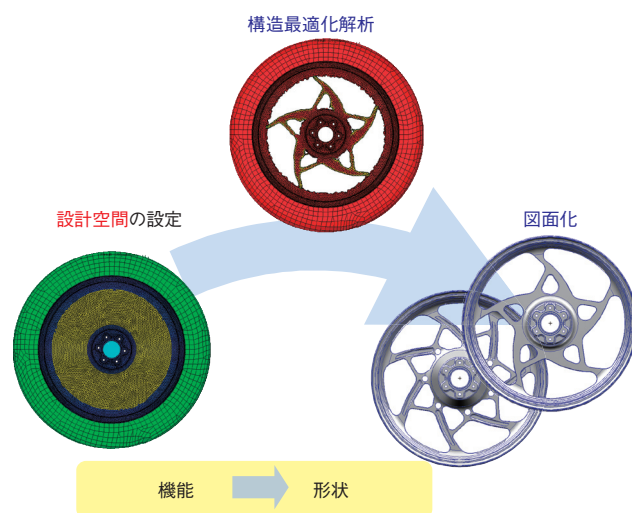


図9 機能的デザイン創出技術の概要  
Fig.9 Overview of technology for creating functional design

Technique for Sports-Type Motorcycles”, 19th Small Engine Technology Conference (2013)

- 4) 坂川, 増田: “二輪車の乗り心地向上（振動及び熱的快適性）”, 自動車技術会関西支部ニュース, No.38, pp.4-5 (2011)
- 5) 田中: “クラスを超越する世界戦略車「Ninja 250/300」”, 川崎重工技報, No.174, pp.14-17 (2014)
- 6) Y. Nakamura, K. Ichikawa, T. Kawasaki, Y. Okade, H. Ishii, A. Yamazaki: “Development of Technology for Measuring Dynamic Deformation of Motorcycle Bodies”, 19th Small Engine Technology Conference (2013)



兼田 哲男



松原 賢太



増田 貴行



中村 典生



川崎 卓巳



市川 和宏



中村 泰士



石井 宏志



小切間仁人