



ユビキタス領域周辺の技術 特集

二輪車サウンドデザインツールと新型サウンドシミュレーター

A Motorcycle Sound Design Tool and New Type Sound Simulator

前田 修 Osamu Maeda

●研究開発センター システム技術研究室

Abstract

As the sound levels permitted for automobiles have been lowered in recent years, more attention has come to focus not only on the volume of sound emitted by automobiles but also the quality of that sound. The same is true for motorcycles. In fact, it can be said that due to the fact that motorcycles tend to be used as vehicles for leisure enjoyment more often than automobiles, their owners are believed to be especially sensitive to sound quality.

As a result of these trends, technological efforts in the automotive industry have come to focus on how to improve sound quality and what kind of sound to produce. These efforts include not only improving the sound of individual vehicles but also how to involve vehicle sound in the various makers' (brand) image strategies. Overseas, makers are now involved in the work of creating brand sound, as exemplified by the recent case of a U.S. motorcycle maker trying to register the sound of their products as a type of trademark.

No matter what kind of product a maker is trying to create, the result will not be good if the development aims are not clear. If a good product should happen to be created without clear aims, it is a rare case of coincidence and luck that cannot be repeated. In the case of sound as well, a good sound cannot be created without setting specific goals. If the concern is only to meet noise regulations, then it is enough just to set a specific decibel (dB) goal. But if the concern is sound quality, you have to "design" the sound rather than being concerned only about decibel levels.

In spite of this fact, no sound design tool has existed until now for motorcycles. Within Yamaha Motor Co., Ltd. we have had a sound simulator designed to reproduce on a computer the sound of a motorcycle, but it was only designed for entertainment purposes. In this project we set out to create a sound design tool and simulator specifically for the purpose of designing motorcycle sound. Here we report on this development project.

1 はじめに

近年、自動車の騒音レベルが低下するにつれ、自動車の音は音量だけでなく音質も問われるようになってきた。これは二輪車も例外ではなく、むしろ二輪車の方が四輪車よりも趣味性が高いため、ユーザーの音質に対するこだわりも強いと思われる。

そのような中で、自動車業界では音質をいかにして改善するかと共に、どのような音を作るかが技術課題となっている。それは単に各機種の音を良くするだけにとどまらず、メーカーのイメージ戦略にも関係

している。海外ではブランドサウンド作りが進められており、その一例として米国の二輪車メーカーが自社製品の音を商標登録しようとしたことは、記憶に新しい。

ものの作りは対象が何であっても、目標がしっかりしていないと良いものは作れない。目標を持たないで良いものができたとしたら、それは単なる偶然であって、何度もあることではない。音についても目標を具体的に設定しなければ、良い音は作れない。騒音規制対応が目的である場合はdB値を目標にすればよいが、音質の場合はdB値ではなく音のデザインが必要になる。

しかし、これまでは二輪車の音をデザインするためのツールは存在しなかった。二輪車の音をコンピューターで合成して聴くことができるサウンドシミュレーターは、ヤマハ発動機(以下、当社)社内に存在したが、それはエンターテインメントが目的であった。そこで、この度、音のデザインを目的としたツールとサウンドシミュレーターを新たに開発したので紹介する。

2 従来のサウンドシミュレーター

二輪車の走行中の音を仮想的に体感できるサウンドシミュレーターは、既に2度社内で開発されている。

最初は図1に示すように、1999年の東京モーターショーに2機種出展され、その後当社コミュニケーションプラザに2年間展示された。これは第1世代であり、サウンドシミュレーターとしての基本的な機能は全て備えていたが、当時のパソコンの性能限界のため、音の合成方法は比較的単純であった。また振動はシートのみで、ハンドルには無かったので、リアリティーは多少劣るものであった。

次の2001年の東京モーターショーでは4機種出展され、その後コミュニケーションプラザに3年間展示されて現在に至っている。これは第2世代に相当するものであり、コンピューターの性能向上に伴い、音の自由度や質は向上し、ハンドル振動も付加したので、リアリティーはかなり改善された。そのため東京モーターショーではお客様から好評をいただき、連日30分ないし1時間待ちの行列ができた(図2)。しかし、このサウンドシミュレーターは、対象となる車の音を忠実に再現することに主眼が置かれていて、音を自由にデザインするためのツールという観点では作られていなかった。また、音や振動の信号は2chしか出力されず、音は展示場所の環境に配慮してヘッドホンで聞くようになっていたので、若干違和感もあった。



図1 サウンドシミュレーター1999年型



図2 サウンドシミュレーター2001年型

以上のように、従来のサウンドシミュレーターは、モーターショーやコミュニケーションプラザの展示物としては十分に目的を果たしてきたが、研究開発部門で二輪車の音をデザインするツールとしては、まだ改良の余地があった。

3 二輪車サウンドデザインツール

新型二輪車の開発において車体の外観形状を決めるときには、まず車のコンセプトを明確に設定し、それにふさわしい形を何枚か絵に描いて検討した後、クレモデルを作って立体的な検討を行う。このプロセスを飛ばして、いきなり車体部品の設計を行うことはあり得ない。

音質の場合も図3のように同様のプロセスを踏むことが望ましいが、二輪車の音をデザインするためには、エンジンの音を自由に作ることができるツールが必要となる。市販の音楽用ソフトウェアやシンセサイザーを使えば、そこそこの音は合成できるが、リアルなエンジン音は無理であった。今回新たに開発した二輪車サウンドデザインツールは、合成手法として「単発音制御再生法」を主に用いており、市販のマルチメディアオーサリングツールであるMax/MSPで作成されたソフトウェアとパソコン、オーディオインターフェースなどのハードウェアから構成される。図4はそのハードウェア構成を示し、表1はその主な機能を示す。



図4 二輪車サウンドデザインツールの構成

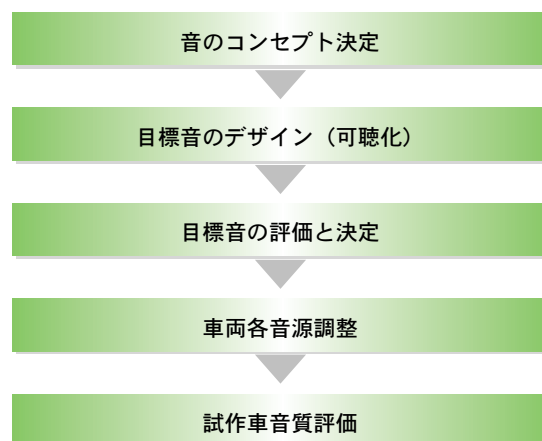


図3 二輪車サウンドデザインプロセス

表1 二輪車サウンドデザインツールの主要機能

No.	主要機能
1	4ストローク単気筒もしくは2気筒エンジンの二輪車の音を合成可能
2	2気筒エンジンの気筒配列や爆発間隔は自由に設定可能
3	エンジン回転速度の範囲は600rpmから10,000rpmまでの間で設定可能
4	エンジンの性能曲線やレスポンスは自由に設定可能
5	変速機は6速を上限として変速比は自由に設定可能
6	車体の重量、空気抵抗、転がり抵抗は自由に設定可能
7	車両の運転操作はマウスとキーボードもしくは外部入力MIDI（Musical Instruments Digital Interface）信号で行える
8	単発音のデータファイルは自由に追加したり入れ替えたりできる
9	単発音は5つの運転条件それぞれに2つずつ設定可能
10	エンジン回転速度とスロットル開度に応じて単発音の大きさや揺らぎを制御して再生
11	単発音以外に次数成分音とランダム音を自由にミックス可能
12	エンジン音以外のスターター音、シフトチェンジ音、ギヤ音などは変更可能
13	合成される風切り音の音量は実走行並の音圧レベルまで調整可能
14	音信号は4ch、振動信号は2chまで出力可能
15	車両全体音と排気音を別々に同時合成可能

このサウンドデザイン用ソフトと、従来のサウンドシミュレーター用音合成ソフトの相違点は多々あるが、特に大きく異なるのは、ユーザーインターフェースと音の合成アルゴリズムである。エンジン音を合成するためには100以上のパラメーターを設定しなければならないので、それをなるべく簡単に設定できるかどうかサウンドデザインソフトの使い勝手を決める。そこで、今回開発したソフトでは、図5のようにGUI(Graphical User Interface)を活用して、ほとんどマウス操作だけで音が合成できるようにした。



図5 二輪車サウンドデザインツールの画面例

また、一度設定したパラメーターを保存したり、デフォルト設定することも簡単にできるようになっている。音合成アルゴリズムについては、従来は主要な運転条件毎に1つずつ単発音を持ち、それを制御しながら再生していたが、新しいソフトでは主要な運転条件毎に2つの単発音を持ち、それらを任意の比率でミックスしながら制御再生する方法に変えている。単発音の同時発音数も、従来の4倍の20個まで可能とすると共に、音のミックスや揺らぎなどの制御機能も増やして、合成エンジン音の自由度とリアリティーを向上させている。さらに研究開発用途では風切り音も重要になるため、風切り音の合成アルゴリズムも見直しを行った。

なお、今回のソフトの対象機種は、4サイクル単気筒および2気筒の二輪車であり、気筒配列や爆発間隔は任意に設定できる。今後は4気筒二輪車用も開発する予定である。

4 新型サウンドシミュレーター

この度開発した新型サウンドシミュレーターは、前述のサウンドデザインツールに、運転操作検出センサーを取り付けた二輪車の車体と、音振動を出力する装置をセットにしたものであり、二輪車の音と振動を仮想的に体感できるものである。そのハードウェア構成を図6に示す。新型と従来型との主な違いは、音や振動のch数が2chから6chに増えたことと、音の再生装置がヘッドホンからスピーカーになったことである。これによりエンジン音や排気音、風切り音などを、実車並の音量で音像定位も含めてリアルに再生できるようになった。各chの音量は、ミキサーによって個別に調整することができる。

新型サウンドシミュレーターは、研究開発用を想定しているので、運転操作検出センサーについては見栄えよりも装着の容易性を優先して作成し、ベース車両の変更が簡単にできるようになっている。音質については、前述の通り、合成アルゴリズムが改善されたので、従来よりもさらにリアルになっている。

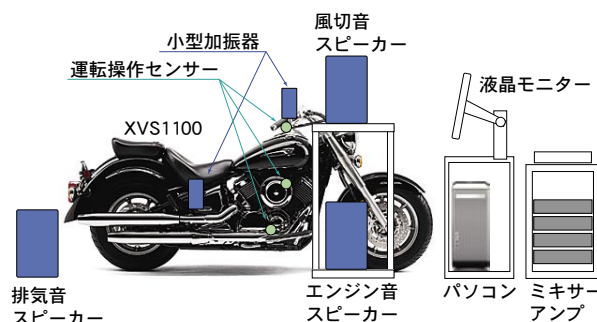


図6 新型サウンドシミュレーターの構成

このように新しいサウンドシミュレーターは大きく改良されており、第3世代と呼んでもよい。**表2**に従来との仕様比較を示す。

本シミュレーターは、**図7**のように2004年度の当社内技術展(以下、技術展)に出展した。技術展で展示したのは、V2気筒アメリカンタイプの二輪車を対象としたシミュレーターであり、ベース車両にはXVS1100を用いたが、スピーカーから出る合成音は架空の車の音とした。**図8**はその音のソナグラムを示す。

表2 新旧サウンドシミュレーターの比較

	第1世代	第2世代	第3世代
製作時期	1999年9月	2001年9月	2004年6月
使用コンピューター	Power Book G3	Power Mac G4	Power Mac G5
CPU動作周波数	266MHz	733MHz	2GHz Dual
Max/MSPバージョン	3.0	3.6	4.3
音振動出力ch数	2ch	2ch	6ch
発音可能単発音数	2	5	20
音再生機器	ヘッドホン	ヘッドホン×2	スピーカー×5
加振器	シート	シート + ハンドル×2	シート + ハンドル×2
車体SW & センサー数	6	6	7



図7 技術展での新型サウンドシミュレーター

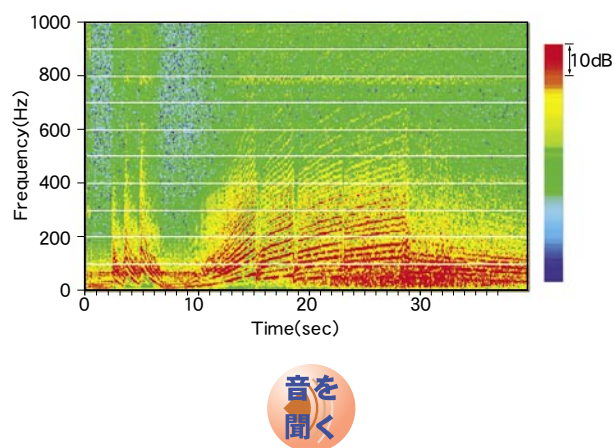


図8 合成音のソナグラム

5 おわりに

エンジン音をコンピューターで合成する新手法「単発音制御再生法」を考案して実用化に取り組んでから7～8年が経ち、その応用品のひとつであるサウンドシミュレーターは、第3世代まで進化した。初期と比べると合成の自由度は高くなり、非常にリアルな音振動を体感できるようになったが、今後もさらに改良を続けていく所存である。

具体的な目標としては、多気筒高回転型二輪車用第3世代サウンドシミュレーター開発、振動合成の自由度アップ、路面映像の提示、車両運動シミュレーションとの組み合わせなどが挙げられる。

将来的にはサウンドデザインツールは二輪車だけでなく、四輪車にも展開していきたい。また、エンジン音合成技術はゲームや映画の効果音にも活用できると思われる。

■参考文献

- 1) 前田：エンジン音リアルタイム合成技術の開発, ヤマハ発動機技報, No.32, (2001)
- 2) 前田：エンジン音合成による体感シミュレーション, 自動車技術, Vol.57, No.7, (2003)

■著者



前田 修