



第 1 部

自動車の振動騒音 設計の基本

第1章

自動車開発プロセスの 理解法

1.1 今日の機械製品と振動騒音技術

今日の産業をリードしているものは何かと問われれば、機械工学とか設計学とかの製品に近い応用学ではなく、実はソフトウェアであり、その源を作り出している数学、物理学ではないかと思案しています。この小文をお読みになっている方は、著者の察するところ数学、物理、コンピュータサイエンスなどに秀でた知識と経験をお持ちのはずです。しかれば、そういう皆様に自動車の振動騒音問題の解決を頼むと、たちどころに解が得られるかというところでもなさそうです。事実、勤務している大学の食堂で、親しい数学教授と話していると、私のような自動車産業の現場で育ってきた人間がまず現象を把握し、基礎方程式を作るところまでやらないと、数学者はおでましいだけではないようです。

個々の例をここでご紹介するのは紙面の制約から難しく、細かな説明が必要になるのであきらめ、他の分野の方への肩のこらないお話しとして、自動車技術の特徴とその中でも振動騒音技術の特徴を拙文にてご紹介しましょう。

1.2 非常に複雑な機械システムとしての把握方法

車をなぜ買って使うのか、その効用は多岐にわたります。効用には、「走る」、「曲がる」、「止まる」という基本的なもののほかに、雨風・寒暖・日光・異臭・騒音から乗員を守り、欲しい情報や快楽を与えるなど、数え上げればきりがなほほどです。その効用を実現するために、数多くの構成要素を適切に配置し、効用を実現しているのが自動車です。一つの企業でまとめることができる製品としては航空機や船舶と同様に最も複雑な機械システムでしょう。自動車会社の中にあっても、特定の部位だけに固執する設計者、ある特定の性能だけに興味をもつ解析担当者が多くいるようですが、一人のエンジニアが解析できる

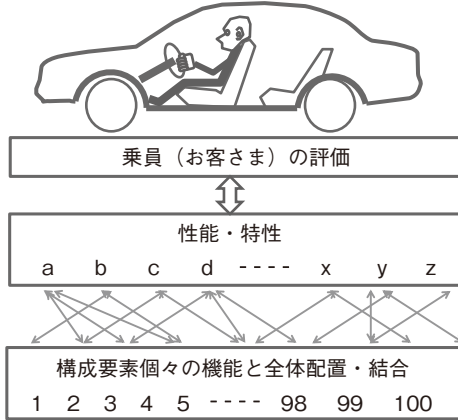


図 1-1 複雑な機械システムにより機能を実現する自動車

範囲は狭くとも、この全体の効用実現システムとつねに関連していることを認識しなければなりません。技術の好きな社員ばかりでなく、車が好きな社員が必要とされる所以でしょう（図 1-1）。

1.3 QFD（品質機能展開）による他性能との関係整理法

読者の皆様は開発プロセスにおける品質管理の重要な道具としての「品質機能展開」（Quality Function Deployment, QFD）をご存知でしょう。自動車の QFD の一例を部分的に示したのが図 1-2 です。上段に横に配列した項目が自動車の性能や機能で、左端縦の列に各部位の特性が並んでいます。表の中の○は関連していることを示し、◎は特に強い関連度を示します。数多くの性能の中で、振動騒音が最も多くの部位部品と関連をもっていることが一見しておわかりいただけるはずです。これは、振動騒音技術に携わるエンジニアは、自動車全体システムを良く知る必要があることを意味しています。しらすしらすの内に、開発対象としての自動車全体のみならず、それらを設計実験している多くの部署の人との交わりができます。その結果でしょうか、自動車会社の役員や車両開発のチーフエンジニアには振動騒音問題解決が仕事であった方が多数います。計算シミュレーションに使うソフトやモデルも同じような要請をうけ

車両性能・特性項目 構成要素・配置		a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	
		社会・環境適合性	質量・慣性性能率	積載性	居住性・乗降性	操作性	視界・視認性	外形のバランス	空力特性	動力性能・運転性能	燃費・排気性能	耐熱性能	制動性能	探縦安定性	小回性能・駐車性能	走破性	衝突安全性	乗り心地	振動・騒音	空調性能	情報性能	音響性能	信頼性・耐久性	整備性・修理性	リサイクル性	生産性・組立性	原価	
パワー トレイン	1 エンジン	○	○							○	○	○					○	○	○	○			○	○	○	○	○	
	2 吸気系		○							○	○								○					○	○	○	○	○
	3 燃料系(タンク,配管を含む)	○	○							○	○	○													○	○	○	○
	4 冷却系(ラジエータ)								○										○	○	○				○	○	○	○
	5 排気系	○	○							○	○	○								○					○	○	○	○
	6 クラッチ				○					○										○					○	○	○	○
	7 変速機	○	○		○					○	○								○						○	○	○	○
	8 パワートレインのマウント	○																○	○	○					○	○	○	○
	9 プロペラシャフト		○															○	○						○	○	○	○
	10 ファイナルドライブ		○							○	○								○						○	○	○	○
	11 アクスルシャフト		○																						○	○	○	○
	12 ドライブシャフト		○																		○					○	○	○
13 アクスル	○	○									○													○	○	○	○	
14 主ブレーキ系	○	○			○						○			○	○				○					○	○	○	○	
15 パーキングブレーキ	○	○		○														○						○	○	○	○	
16 ホイール	○	○												○	○			○		○				○	○	○	○	
シャー シー	17 タイヤ(含スベアタイヤ)	○	○						○	○	○			○	○	○	○	○	○	○				○	○	○	○	
	18 ステアリング系	○	○																	○	○	○			○	○	○	
	19 フロントサスペンション	○	○												○	○		○	○	○	○				○	○	○	
	20 リヤサスペンション	○	○												○	○	○	○	○	○	○				○	○	○	
	21 操作系(ペダル,レバー)	○	○			○				○			○						○	○					○	○	○	○
	22 配管	○	○									○							○	○					○	○	○	○
23 配索	○																	○						○	○	○	○	

図1-2 振動騒音性能と自動車の構成要素・配置との関連

るわけです。

逆に、自動車の各部分の不具合は音に現れることがほとんどです。

米軍の放送局 AFN が毎週流していたラジオ番組 “Car Talk” をご存知でしょうか？⁽¹⁾ MIT を卒業した自動車修理工場主兄弟の Tom と Ray が、全米各地からの電話による車の不具合相談に対してその場で回答する 1 時間番組です。電話の会話は使っている車のモデル名や年式説明から始まり、不具合のどの状況に続いて、聞こえる音を声でまねて Tom&Ray に伝えるというふうに進んでいきます。電話の送受信機や回線という限られた周波数帯域と環境下のメディアを通した音でありながら、エキスパートの彼らは不具合の原因を的確に言い当て、最小限の出費で安全に質問者が問題を解決する方法を答えるのです。彼らは QFD 表を逆字引として使っているともいえます。

- ・音はなくすわけにはいかない
- ・情報音・快適音は聞こえる必要がある
- ・外部からの音を全てシャットアウトしてはならない



図 1-3 車内音の3分類

機能性能の一つとしての振動騒音については、もう一つ別の観点が必要でしょう。それは、消したい振動騒音ばかりではないということです（図 1-3）。走行中の路面の凹凸はロードノイズで聞き分けることができ、その情報を操舵やブレーキ操作に活かしています。また、救急車の接近音は危険回避と公衆の安全のために、車室内に侵入しなければなりません。さらに、退屈しのぎや次なる行動へのリフレッシュとして音楽を楽しむこともあります。音は時間、場所、場合に応じて小さくも大きくも聞こえる必要があるのです。

1.4 感性評価に立脚した設計目標設定と設計への折込み法

自動車が生産用機械、家電製品、オフィス用機器と大きく異なる点は、人間が乗って性能や機能を評価するという点でしょう。設計者は、自分の設計の良し悪しを、計測データではなく、自分の身体全体で感じることができるのです。

感じると言えば、人間の聴力は祖先がジャングルで生き延びるのに大いに役立った感覚機能です。最小可聴音圧は20マイクロパスカルで、鼓膜が破れずに聴ける音圧はその100万倍で、驚くほどのダイナミックレンジを持っています。また、1960年代後半にトップスターであった伊東ゆかりの歌「あなたの足音」の歌いだし“足音だけでアナタがわかる。目を閉じていてもアナタがわか

る”は、何の音かがわかり、個性までも聞き分け、さらに方向や距離の聞き分けができることを、短いフレーズで表現しきっています。だからこそ、自動車を試しに乗ってみて、外観の次に評価の対象となるのは音、音質になるのです。ところが、「電気自動車（EV）が狭い道で後ろから近づいてくると、静か過ぎてそれがわからないので危険だ！」という声に対し、従来のレシプロエンジン車の音に似せた合成音を、わざわざスピーカから放射し続ける装置を組み込んだEVを発売したメーカーがありますし、そのような指導方針を作った官庁もあるようです²⁾。ちなみに、この合成音は、少なくともその車種ではどの車でも同じ音です。EVの音が聞こえにくいのは、周囲の騒音が大きすぎるからで、これにさらに新時代を感じさせるべきEVが音を上乗せるのは、電車で蒸気機関車の音を出させるような気がしてなりません。

話を元に戻しますが、開発の早い段階から、その自動車に与えるべき音質の計画が行われることが進んだ企業では大事な車種について実施されています。現在のところ計画に使われている音質シミュレータなるものは、録音された車内音をフィルタなどによって加工し、調波構造を変更するもので、単にPC出

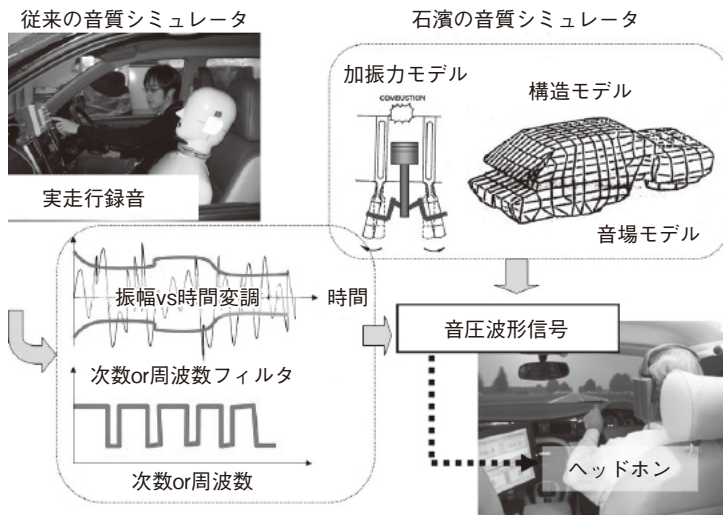


図1-4 音質シミュレータの今後