

もくじ

発刊にあたって *iii*

はじめに 2

1 車創りと音創り 5

自動車の音 5

開発プロジェクト 8


気持ち良い音 13

サウンドデザイン 15


 Dr. Noise の解説 — 音色研究 16

2 音のいろは 19

音の原理 19

 Dr. Noise の解説 — 聴感補正

音の発生 24 23

3 車の音の正体	26
回転体の音	26
気流音	28
打撃音(干渉音)	29
共振(固有値)・共鳴(定在波)	30
4 音・振動のレシピ	32
計測と解析	32
試験設備	34
5 防音・防振の技	42
騒音制御	42
振動制御	49
アクティブ制御	56
 Dr. Noiseの解説	55
環境適合性テスト	55
6 車の音源ビッグスリー	61

エンジンノイズ 61

 Dr. Noiseの解説——ロータリーパワー

63

ロードノイズ 70

ウインドノイズ 74

コラム——アウトバインでのウインドノイズ 77

 Dr. Noiseの解説——環境保全 78

7 車の音いろいろ 79

排気音 79

コラム——高性能車（スーパーカー）たるや 82

吸気音 84

 Dr. Noiseの解説——ウォーターロック 86

タイヤスキール音 87

ブレーキ鳴き 89

ギヤ音 91

ドア閉まり音 95

ワイパー作動音 99

コラム——フラットブレードの実力や如何に？

102

ラジエーターファン音 103

8 車騒音の掟

105

自動車騒音規制

105



Dr.

Noiseの解説

—自動車騒音試験方法

105

音源寄与率

108

規制対応

109

9 ノイズからサウンドへ

114

モータースポーツサウンド

114

エンジンからモーターへ

121



Dr.

Noiseの解説

—電気とCO₂

124

おわりに

129

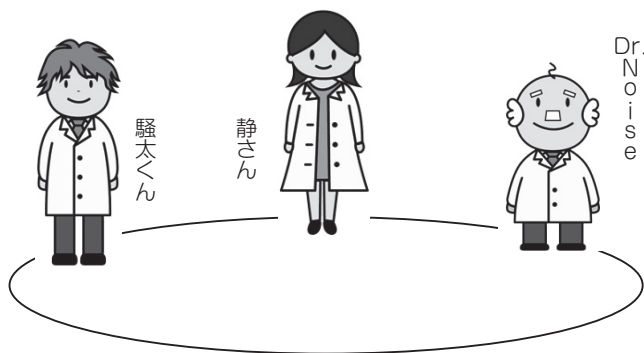
人々の暮らしの中で、自動車は通勤やビジネスからアフターファイブまで、日常生活の良きパートナーであり、週末にはショッピングやドライブ、休日には旅行を便利で楽しくしてくれる、人生のパートナーといっても過言ではないでしょう。このパートナーとの思い出のシーンを演出するBGM、それがくるまの音です。

現代社会において、自動車の音は厄介者でもありますが、人の感性を揺さぶる文化的側面ももち合せており、たとえば車好きの人は、エンジン音、吸気音、排気音などに愛着を感じ、中にはドアの閉まる音にこだわる人もいるのです。またスポーツカーやモータースポーツへの憧れにも、音が一役買っています。

車はブーツと走り出し、プッポーとクラクションを鳴らし、キッキーと曲がって、ガタゴト揺られ、キーツとブレーキをかけて、ガクンと止まります。

自動車の音を表す擬音語はさまざまですが、最近の自動車はたいへんよくできていて、これらの言葉は死語になりつつあり、唯一不滅と思われていた「ブーツ」という音も、EV (Electric Vehicle 電気自動車) 化で大きく変わることになっている。

わっ、どのようになってしまうのでしょうか？ Dr.Noise、助手の静さん、騒太くんと一緒に考えていきましょう。



はじめに

自動車の部品点数は約三万点といわれていますが、あらゆるメカが搭載されており、その発生音は多岐に渡るため、一台の自動車には多種多様な騒音制御技術が凝縮されています。

この本では自動車のどの部分から、どのような音が、どのようにして発生し、どのように対策して、静かで快適な魅力的製品になるのかを、エピソードを交えながらわかりやすく解説します。

冒頭では自動車はどのようにして開発され、その中で音はどう扱われているのかを紹介しします。開発目標とする音とは、どのような音でしょうか。気もちのよい音とはどのような音でしょうか。

次に音の物理現象について、基礎知識の紹介から自動車の音の発生メカニズムまで説明してゆきます。ここまでは学校で習った簡単な物理の復習です。

ここからが本題となりますが、音の計測や解析方法、実際の設備やテストコースなどを紹介し、自動車の音振動制御技術および発生事象であるエンジン音、ロードノイズ、ウインドノイズなど、その部位ごとに詳しく解説してゆきます。

後半は自動車騒音規制について、計測方法や規制値、音源寄与率の解析や対策手法などについて解説します。どのようにして規制値が決められるのか、は一読の価値あり。

最終章では車文化についての持論を基に、自動車が発するノイズではなく、自動車が奏でるサウンドについて、モータースポーツの世界を通して紹介します。心に響く究極のサウンドとは？最後は自動車の将来動向について解説し、締めくくります。と思います。

一八〜一九世紀の産業革命を皮切りに、人の暮らしは大きく変わり、二〇世紀になって自動車が出現し、暮らしはどんどん豊かになってゆきました。結果、そのつけが公害となり、今世紀人類最大の課題は、地球温暖化です。そんな中、一九世紀にダイムラーが発明したガソリンエンジンの自動車は、二〇世紀初期にフォードにより量産され、今日に至る歴史の中で、大きく変わろうとしています。

この地球温暖化を食い止めるには、化石燃料で走る自動車社会の改革は不可欠となり、今まさに地球規模の技術革新が、日本を中心に行われようとしています。

自動車の公害は、このCO₂や排ガスだけではありません。安全や騒音やリサイクルも公害として、人の暮らしの負の領域を担っています。

安全は自動運転が救世主となるのか、騒音はEV化によりどのように変わってゆくのか。

くるまの音の今を理解して、明日のくるまの音について考えてみたいと思います。

1 車創りと音創り

自動車音の音

自動車が発する音は車の種類や運転状況や周囲の環境などにより大きく変化します。また乗員の聞いている車内音と歩行者の聞いている車外音、さらには車が近づく音と遠ざかる音では、同じ車から出ている音でも違って聞こえます。乗用車では、どのような音がどのように発生しているのでしょうか。

自動車の音には発生音源別に、動力源であるエンジンノイズ（エンジン音）、路面からのロードノイズ、風によるウインドノイズの三大音源が存在し、さらに吸気音、排気音、ギヤ音など何種類もの音が交じり合い、一台の自動車の音となって発生しています。

■運転状況による音の変化

走行速度の上昇に伴い、自動車の各要素の運動エネルギーは増加し、発生音も大きくなります。エンジン音はエンジン回転数にリンクして変化し、回転上昇に伴い

音圧も上昇しますが、上り坂や加速走行では仕事量が増加し、エンジン音や吸・排気音が増大します。

一方ロードノイズやウインドノイズは、走行速度に比例して音圧は上昇します。しかしロードノイズは路面性状の影響が大きく、荒れた路面では大きな音が発生し、またウインドノイズは、天候が強風時には悪化します。

このように自動車の音は、さまざまな音源が運転状況とともに変化して発生するため、低周波から高周波まで幅広い周波数帯の音となります。

■車内音と車外音

車内と車外では、音源からの伝達経路や音場空間の条件が異なることはいうまでもありませんが、車内音は乗員とともに音源は移動し、車外音は音源だけが移動するため、音の聞こえ方もまったく異なります。車外音については、乗員よりはむしろ第三者が対象となるため、環境騒音として取り扱うことが一般的です。

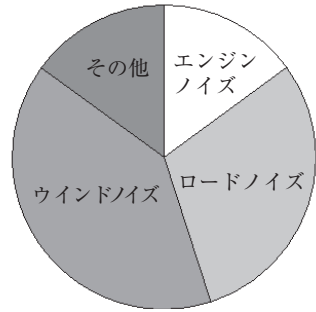
自動車のようにさまざまな音源が一台の車から同時多発する場合、どの音源がどれだけの割合で発生しているかを表すために、音源寄与率という考え方があります。

	10	50	100	500	1 k	5 k	10 k (Hz)
周波数	～低周波～			～中周波～		～高周波～	
エンジン	アイドル振動・音 低速こもり音		こもり音 加速こもり音		加速エンジン音 排気-衝撃波音		排気-気流音
路面	ドラミング		ロードノイズ パターン(ピッチ)ノイズ				
風	ウインドスロブ		ウインドノイズ				
その他	ワイパーびびり		ラジエーターファン音 ギヤ音 タイヤスキール音 ドア閉まり音 プレーキ鳴き				
対応策	モードチューニング アクティブコントロール		ダイナミックダンパー 消音器(マフラー等)		吸振材(ゴムなど)・制振材		音吸材 音材

自動車の音と周波数帯

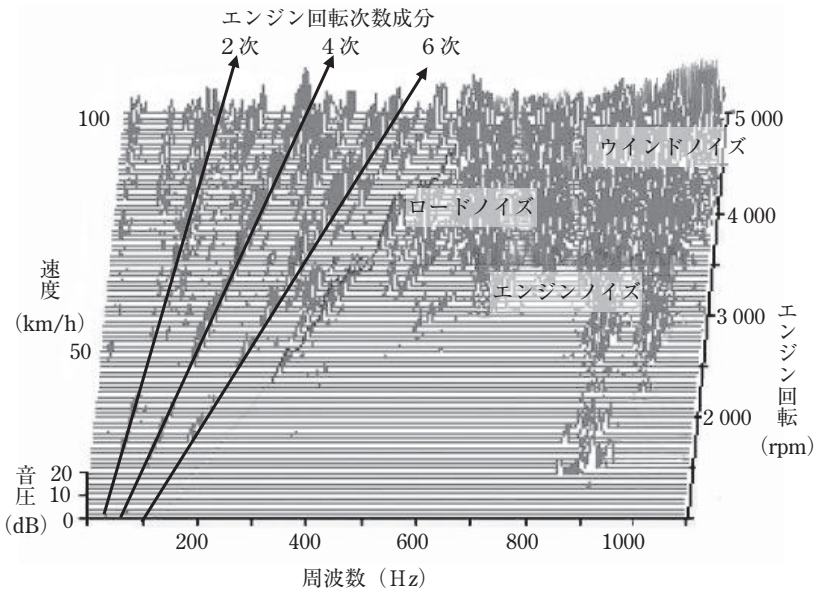
数や音色を聞き分けるため、ある音源の寄与率が大きくなると、音圧が高くならなくても気になってしまうのです。

一方、車外においては自動車の位置に対して、聞く人の位置がポイントになりますが、車が近づいてくるときは車の前方の音が聞こえ、遠ざかるときは車の後方の音が聞こえます。前方はエンジン音、後方は排気音とその聞こえる音の主成分となります。このようにある方向に音が伝わることを、音の指向性といいます。さらに、近く音と遠ざかる音の違いとして、一般の車ではわかりづらいのですが、救急車が警報を鳴らして走っているの



音源寄与率

たとえば、車内においては長距離ドライブの快適性を確保するため、高速道路の一〇〇km/hでのクルーズを想定した、音源寄与率のバランスが重要となります。人の耳は周波



走行室内音 (3Dデータ)