

# 「音響学」を学ぶ前に読む本

坂本 真一 共著  
蘆原 郁

コロナ社

# まえがき

## 「最も嫌いな科目は音響学」「音響学は捨ててます」

これは、著者（坂本）が「補聴器と聴力検査」の講義を15年以上担当している学校で、言語聴覚士を目指す学生から数年前にいわれた言葉です。実際、音響学に関する基礎知識が身につけていない学生が多い、という印象は以前からあったので、講義の初回は、まず音響学の基礎から入るようにしていました。

冒頭の学生の言葉が気になって、ツイッターで「音響学」を検索してみると、「音響学、わけわからん〜」「これから大嫌いな音響学の講義。気が重い〜」などのツイートが山ほど！公開されているプロフィールを見てみると、そのようなツイートをしている人の多くは学生で、その専攻は言語聴覚士学科、メディア系・アート系学科、音楽系学科など多岐にわたっていました。共通するのは、「音響学の専門家になるわけではないが、音響学を学ぶ必要がある学生たち」です。彼ら、彼女らの多くは、高校時代に「文系」を選択しており、理系的な記述が大部分を占める音響学の教科書を開いた途端につまずいてしまうのです。

本書は、2011年に本書の著者らによって発刊された「サウンドとオーディオ技術の基礎知識」（リットーミュージック社）がもととなっています。この書籍は、オーディオ愛好家をメインターゲットとしていましたが、発刊後に著者のところに届くコメントの多くは、音響学に苦しむ学生たちや、そんな学生たちに音響学を教える先生方からばかりでした。どうやら、意図したのとは異なる読者層に活用されていたようです。

そこで、上記のような学生が「既存の教科書を読む前に読む本」という位置付けで本書を企画しました。数式を極力使用せず、あくまで「音の物理的なイメージを持つ」こと、そして「教科書を読むための専門用語の意味を知る」ことを目的として構成することになりました。広く音響学初心者をターゲットとし、目次構成などを入念に検討しました。前著の内容を流用した箇所において

も、よりわかりやすい説明、より丁寧な説明になるように、内容を加筆修正しています。特に前半は、読み物としても気楽に読める構成として、まずは、目に見えない「音」のイメージが湧くように心がけました。例として掲載した音のサンプルは、本書のウェブサイト<sup>†</sup>で実際に音を聞くことができます。また、わかりにくい部分はアニメーションで見ることができるようになっています。

音響学を学ぶ必要のある皆さんには、まずは本書に目を通してもらい、その上で、音響学は難しい、理解できないというイメージを払拭してもらえれば、著者にとってこれ以上の喜びはありません。

音響学はけっして難しくありません。目に入る数式などに怖気づく必要はないのです。音響学はとても面白く、とても身近な学問なのですよ！

2016年6月


著 者

---

<sup>†</sup> <http://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339008913/>


# 目次

## 1. そもそも音とはなにか？

1.1 音ってなんなの？	2
1.1.1 音のイメージを作る	2
1.1.2 さらに正確に音をイメージする	6
1.2 周波数とはなにか？ ～高い音，低い音～	10
1.2.1 周波数のイメージを作る	11
1.2.2 身近なものから周波数を考えてみる	13
1.3 dB とはなにか？ ～強い音，弱い音～	15
1.3.1 音の大きさと強さの違い	15
1.3.2 dB (デシベル) はけっして難しくない	17
1.4 音の進み方と共鳴	20
1.4.1 音の進み方 (音の反射, 回折, 干渉)	20
 コーヒーブレイク：音速	22
1.4.2 自由端，固定端反射と共鳴	25

## 2. 音を聞くメカニズム

2.1 なぜ音が聞こえるのか？	29
2.2 外耳と中耳の役割	30
2.3 内耳の役割	34
2.3.1 蝸牛が担う重要な「仕事」	34
2.3.2 蝸牛の正確な構造	36
2.4 聞こえる音の範囲	39


2.4.1	最小可聴値は周波数ごとに変わる	40
2.4.2	聞こえる周波数の範囲（可聴周波数範囲）	41
2.5	気導と骨導の違い	42
2.5.1	骨導（骨伝導）とは？	42
	コーヒーブレイク：可聴帯域に関する議論	42
2.5.2	あなたも骨導で音を聞いている！	44

### 3. 聴覚心理学と音声学を学ぶ前に知っておくべきこと

3.1	ラウドネス ～音の強さと大きさの違い～	48
3.2	なぜ耳は二つあるの？	51
3.2.1	音の方向を知る	51
3.2.2	カクテルパーティ効果	52
3.3	聴力の個人差	54
3.3.1	オーディオグラム	55
3.3.2	難聴とは？	57
3.4	声のメカニズム ～有声音と無声音～	58
3.5	基本周波数とフォルマント	62
3.5.1	基本周波数とフォルマントの意味を知る	62
3.5.2	フォルマントと1/4波長音響管	64
3.6	発声のメカニズムは管楽器と同じ？	66
	引用・参考文献	68

### 4. デジタルサウンドを理解しよう

4.1	そもそもデジタルって？	70
4.1.1	ビットとバイト	70

4.1.2	SI 接頭辞と二進接頭辞	71
	コーヒーブレイク： 二進法，十進法，十六進法	72
4.1.3	連続量と離散量	74
4.1.4	テキストデータの仕組み	76
4.1.5	ビットマップデータの仕組み	79
4.2	オーディオデータの仕組み	83
4.2.1	サンプリング（標本化）	83
4.2.2	サンプリング周波数と周波数帯域	85
4.2.3	量子化	87
4.2.4	デジタルオーディオのデータサイズ	88
4.2.5	量子化雑音とダイナミックレンジ	89
4.2.6	デジタルオーディオの正体	91
4.3	なぜデジタルなのか？	92
4.3.1	デジタルの利点	92
4.3.2	デジタルを実現するには	95
	引用・参考文献	96

## 5. 見えない音を「見る」方法

5.1	波形による表現	98
5.2	波形から読み取ろう ～振幅，周期と波長～	100
5.3	瞬時値と実効値	103
5.4	周波数特性とはなにか？	106
5.5	スペクトルを見てみよう	
	～パワースペクトルとサウンドスペクトログラム～	110
5.5.1	パワースペクトル	111
5.5.2	サウンドスペクトログラム	116

## 6. 正弦波を知ろう

6.1 直交座標系	120
6.2 正弦波とは？	121
6.2.1 正 弦 波	121
6.2.2 正弦波の周期と振幅	122
6.2.3 波の周波数	123
6.3 角度と位相	124
6.3.1 度数法と弧度法	124
6.3.2 宇宙的視野で科学する	127
6.4 正弦波の位相	128
6.5 サイン波の合成	132
6.6 サンカクカンスウ	135
引用・参考文献	137

## 7. 音を分類する

7.1 波形による分類	139
7.1.1 純 音	139
7.1.2 複 合 音	141
☕ コーヒーブレイク：インパルス応答	147
7.2 波面による分類	148
7.2.1 音響エネルギー	148
7.2.2 球 面 波	148
7.2.3 平 面 波	151
7.2.4 定 在 波	152

7.2.5 音波の指向性	153
引用・参考文献	154

## 8. さらに深く音を理解する

8.1 さまざまな周波数のサイン波からインパルスを合成する	156
8.2 さまざまな周波数のサイン波から白色雑音を合成する	158
8.3 あらゆる音は純音から	160
8.4 周波数分析の本質	161
8.4.1 周波数分析のイメージ	162
8.4.2 周波数分析に挑戦しよう	164
8.4.3 補 足	171
8.5 お さ ら い	174
引用・参考文献	175

索 引	176
-----	-----



# 1

## そもそも音とはなにか？

本書を手にとられたすべての方をお願いしたいのは、「必ず最初に本章を読んでください」ということです。音とはなにか？がわからないままページを先を進めても、わかったような、わからないような、釈然としない気分のまま、「音響学は難しい」という印象だけが残ってしまうでしょう。

音響学を学問として捉える前に、まずは、私たちの生活の中につねに存在する「音」の正体を知ってください。目に見えない「音」をイメージしてみてください。一つの雑学を身につけるくらいの気持ちでもよいですから、気軽に読んでもらえればと思います。

## 1.1 音ってなんなの？

「音」といわれて、皆さんは、まずどんな音を想像されるでしょうか？ 例えば、音楽が好きな人なら、楽器の音色や歌声などを連想するでしょう。それは当然のことではありますが、物理的に考えると、「音楽」は「音」の集合体でしかありません。音という物理的な事象が、ある一定の法則やリズムに乗って伝搬してきたものが音楽なのです。そう考えると、鳥の声や川のせせらぎなど、自然の世界から聞こえてくる音や、自動車や電車などの騒音、そして、私たちが自分の意思を相手に伝えるための「声」も、すべて音の集合体であるわけです。

「音」は、私たちの生活に満ち溢れています。私たちは、この世に生まれてから死ぬまで、つねになんらかの音がしている中で生きていくのです。音は、とてもとても身近な存在なのです。音響学は、この、とても身近な音について知るための学問ですから、ある意味ではとても簡単な学問といえるかもしれません。しかし、一方で、「音響学は難しい」というイメージを持つ学生さんが多いのも事実です。なぜでしょう？ 簡単にいってしまえば、音は目に見えないからです。すごく身近で、皆がつねに音の中で生きているのに、目で音を見た人はいません。だから、わかりにくいのです。本章では、そんな目に見えない音に関して、皆さんの頭の中にイメージを作っていただこうと思います。このイメージができてしまえば、じつは、音響学はそんなに難しい学問ではありません。ですから、安心して先に読み進んでください。

### 1.1.1 音のイメージを作る

私たちは、つねに空気に包まれています。人間は空気のないところでは生きていられませんから、これは当然の話です。そして、空気のあるところには必ず音があります。音があるけど空気がないという状況も、音がないけど空気があ

るという状況もないのです<sup>†</sup>。つねに空気に包まれている私たちは、つまりは、つねに音に包まれているともいえるのです。

「音とはなにか？」という問に対して、音響工学や科学系の書籍などをめくると

- 「空気の中を伝わる疎密波である」
- 「気圧の連続的な微小変化である」
- 「音とは空気の振動である」

などと書かれていることが多いと思います。専門的には、これで正しいのですが、初めて音響学を学ぼうという人にこういういい方をしても、なかなかイメージできないでしょう。ですから、ここでは、こういった難しいいい方はせずに、「つねに音に包まれている感じ」をイメージしていただけたらと思います。なにやらある種のセラピーみたいないい方になってしまいましたが、そういうことではなくて、難しい理論の理解（勉強）よりも、感覚的にイメージしていただきたいのです。

まずは、静かな水面を思い浮かべてください。ほとんど波が起きていない、穏やかな水面です。そして、**図 1.1** のように、一滴の雫がそこにポチャンと落

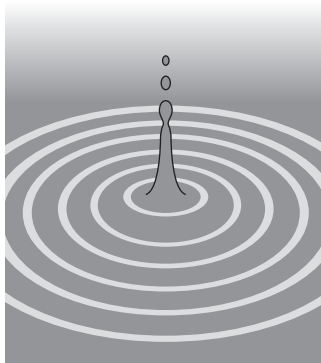


図 1.1 音のイメージ（その 1）

<sup>†</sup> 空気以外の気体中でも音が発生する場合がありますので、ここでは空気＝気体と考えていただいてもよいかもしれません。なお、音は液体の中や個体の中でも伝搬します。

#### 4 1. そもそも音とはなにか？

ちたとしましょう。雫が落ちた場所を中心に波が起き、その波紋は中心から外側に向けて広がっていきます。徐々に外側に向けて広がっていくとともに、だんだんと波の高さは低くなり、いずれは消えてしまうでしょう。この波（波紋）が音だと思っていただければ、それで、ほぼ「音の物理的イメージ」はできたといってよいと思います。

つぎに、水を空気に置き換えて考えてみましょう。水は、光の屈折率の関係で目に見えます。一方、空気は目に見えません。ほかにも水と空気にはさまざまな違いがあり、よって発生する波にも性質の違いがあるのですが、ここでは、音の物理的な意味をイメージすることが重要ですので、水と空気の違いは、目に見えるか、見えないかだけだと決め付けてしまいましょう。また、雫が水面に落ちた瞬間を、例えば、パチンコ玉を机の上に落とした瞬間だと考えてみてください。私たちの周りには空気が満ちています。当然、机の周りも空気で満ちています。その中で、落ちてきたパチンコ玉が机に衝突するという出来事が起こりました。パチンコ玉が衝突した場所を中心として、机の周りの空気に波紋が起こります。

イメージできるでしょうか？ これが「音」です。

パチンコ玉と机の衝突点を中心として起きた波紋が、空気の中を伝わって、伝わって、伝わって・・・、皆さんの耳まで届き、それが音として聞こえるのです。

もう少し進んで、例えば、そう、**図 1.2**のように、あなたが拍手をしながら、歓声を上げている場面を想像してみましょう。イラストのように、叩いている



図 1.2 音のイメージ (その 2)

手の周りの空気にも、声を出している口の周りの空気にも波紋が起きます。ただ、イラストと少し異なるのは、実際には拍手では、手を叩く間（周期）に応じて、衝撃的、突発的な波紋が起きます。一方、声では、あなたの肺から出てきた空気が声帯を通過して、喉や上顎や舌や歯に当たって、唇から流れ出てきますので、当然、できる波紋の形は、拍手のときとは変わってきます。この波紋の形の違いが、私たちが聞いている音の違いなのです。

### 「スピーカー」

皆さんご存知の音を出す装置です。ここでの音のイメージでスピーカーを考えてみると、音の物理的なイメージが、より理解しやすくなるのです。いきなりですが、「波の出るプール」って行ったことがあるでしょうか？ 水上公園などの大規模施設にある、プールなのに人工的に波が作られている、あれです。子供のころに初めて行ったときは、とても驚いたものです。そして、どういう構造になっているのか、波を出している装置のところまで行って見て、またビックリ！ 巨大な板状の物が、機械で押されたり、戻されたりして、水をかき混ぜるように波を作っていました。単純な構造ではありますが、確かに、人工的に波を作るには、あれしかないような気もして、子供心に妙に感心した記憶があります（いまの装置は、そんな単純な構造ではないのかもしれませんが・・・）。

スピーカーは、じつは、原理的には波の出るプールと同じです。スピーカーには**振動板**と呼ばれる板が付いていて、これが電気の力によって、押されたり、戻されたりしているのです。振動板の動きによって、スピーカー内の空気に波紋が起きて、これがスピーカー前面部から出てきます。そして、この波紋が空気の中に広がっていき、皆さんの耳に伝わって音として聞こえるのです。押されたり戻されたり**の強さや周期を人の声と同じにすれば音が聞こえてくるし、音楽と同じにすれば音楽が聞こえてくるのです。**

ところで、音の**波形**を見たことがあるでしょうか？ テレビや雑誌などで、なにかの音や人の声などが話題になっているときなどに、ときどき出てきます。「いまの音を波形で表すと・・・」「先ほどの電話の声の波形は・・・」といった感じ

# 索引

- 【あ】**  
アナログ 74, 79, 82, 84, 89, 91-94  
あぶみ骨 29, 31-33
- 【い】**  
位相 23, 27, 124, 128-130, 132-134, 143, 149, 156, 160, 162, 163, 168, 174  
陰影聴取 45  
咽頭 63  
インパルス 143, 145-148, 155, 156, 158, 160, 161
- 【え】**  
エイリアシング 171, 172  
円周率 125, 126
- 【お】**  
オージオグラム 55, 56  
音圧 17, 18, 60, 61, 83, 98-100, 104-106, 109, 119, 139, 148-151, 153  
音圧レベル 19, 20, 39-42, 48, 49, 54, 55, 63, 107-111, 113  
音階 13-15  
音響エネルギー 148, 150  
音源定位 30, 31, 51  
音速 22, 65, 101, 149, 152, 153
- 【か】**  
開口端 25  
外耳 29-31, 38, 42, 43, 56  
外耳道 29, 30, 34, 46  
外耳道閉鎖症 44  
回折 22, 23  
解像度 80-83, 85, 87  
階調 82, 83, 87, 88  
蓋膜 37, 38  
外有毛細胞 39  
蝸牛 31-39, 43-46, 57, 110  
拡散減衰 151  
角速度 121  
カクテルパーティ効果 53  
画素 80-83, 85, 87, 88  
可聴周波数 55, 86  
活動電位 34, 35, 38, 39  
感音性難聴 57, 58  
干渉 23-25, 107, 153
- 【き】**  
気圧 3, 8, 10, 16, 17, 19, 20, 25, 34, 69, 97, 98, 152, 153  
基底膜 36-39, 43  
気導 42, 44-46, 56  
気導聴力検査 45  
きぬた骨 29, 31-33  
基本周波数 14, 15, 62, 63, 66, 67, 101, 103, 110, 114, 115, 117, 118, 144, 145  
嗅覚 28, 51  
吸収減衰 151  
球面波 150-153  
共振 24  
共鳴 23-25, 27, 30, 59, 63-67  
共鳴周波数 23, 63-67, 107  
共鳴胴 63  
虚数単位 134, 164
- 【く】**  
空気の振動 3, 10  
空気の粒子 7-9  
クロスヒヤリング 45
- 【こ】**  
口腔 59, 63  
交叉聴取 45  
高調波 62, 63, 67, 144, 145  
喉頭 14, 59, 60, 63, 64  
喉頭原音 59-63, 67, 102, 114  
骨伝導 42, 43  
骨導 42-46, 56, 61  
骨導聴力検査 45, 46, 56  
固定端 25-27, 64  
固定端反射 26, 65  
弧度法 124-128, 130  
鼓膜 29-33, 43-46, 57  
固有振動数 67
- 【さ】**  
最小可聴値 39-42, 48-50, 56  
サイン波 12, 112, 113, 130, 132-134, 139-141, 143, 145-147, 149, 156, 158, 160-164, 167-169, 174  
サウンドインテンシティ 148  
三角関数 12, 129, 135, 136  
三角波 144, 145  
サンプリング 83-87, 91, 165, 166, 171

サンプリング周期  
**84, 85, 91, 160, 165, 166**  
 サンプリング周波数  
**84-90, 92, 95, 113, 165, 166, 169-172**  
**【し】**  
 耳介 **29-31**  
 視覚 **6, 28, 51**  
 指向性 **153, 154**  
 耳小骨 **29, 31, 33, 34, 37, 43, 44, 46**  
 耳小骨筋反射 **33**  
 実効音圧 **98, 106**  
 実効値 **98, 105, 106**  
 周期 **5, 11-15, 23, 62, 63, 100-103, 114, 122, 123, 130, 139, 141, 144, 160, 165, 172**  
 自由端 **25, 27, 64**  
 自由端反射 **25, 26, 65**  
 周波数 **10-15, 22, 23, 30, 31, 35, 37-42, 48-50, 56-58, 62-64, 67, 89, 101, 107-118, 123, 124, 128, 129, 132-134, 139-141, 143-147, 149, 153-156, 158, 160, 162-164, 167, 169-172**  
 周波数帯域 **41, 42, 86, 89, 96, 145**  
 周波数特性 **106-110, 147**  
 周波数分解能 **58, 169**  
 周波数分析 **95, 111-113, 116, 118, 134, 155, 161, 162, 164, 165, 170, 172-174**  
 十六進数 **78**  
 十六進法 **72**  
 十進法 **70, 72**  
 受話器 **40, 45**  
 純音 **12, 13, 42, 49, 50, 100, 101, 103, 105, 107,**

**108, 112, 119, 139-141, 143, 148, 149, 151, 160, 161, 171, 174**  
 瞬時圧力 **98**  
 瞬時音圧 **98, 103-106**  
 瞬時振幅 **99, 104, 105, 116**  
 触覚 **28**  
 視力 **54, 55**  
 神経線維 **38**  
 振動子 **43, 45, 56**  
 振動板 **5**  
 振幅 **16, 21, 24, 65, 66, 93, 99-106, 108, 114, 122-124, 128, 129, 132-135, 139, 140, 146, 156, 158, 160, 162, 163, 167-169, 174**  
 心理量 **16**  
**【す】**  
 スイープ音 **108**  
 頭蓋骨 **43-45**  
**【せ】**  
 静圧 **98, 99, 105**  
 正規化 **99, 102**  
 正弦波 **12, 119, 122-124, 128-130, 132-134, 163, 167, 168, 174**  
 声帯 **5, 14, 15, 44, 59, 60, 63, 102, 111, 114**  
 声道 **59, 63, 64, 66, 67, 111**  
 声紋 **116**  
 声門 **14, 59, 60, 62, 63, 102**  
 絶対値 **104-106**  
 接頭辞 **72, 73**  
 前庭窓 **32, 34, 37**  
**【そ】**  
 疎 **8-10**  
 疎密波 **3, 10, 60, 97, 98**

**【た】**

対数 **18, 19, 109, 143**  
 対数スケール **109, 113**  
 ダイナミックレンジ **89, 91**  
 単位円 **125, 126, 136**

**【ち】**

中耳 **29, 34, 37-39, 42, 43, 56, 57**  
 中耳筋 **33, 39**  
 中耳反射 **33**  
 超音波 **42**  
 聴覚 **28, 29, 38, 39, 41, 47, 50, 53, 54, 63, 109**  
 聴神経 **34, 35, 37-39, 46, 110**  
 調波構造 **144**  
 調波複合音 **143-145, 148**  
 聴力 **17, 39, 41, 54, 56, 57**  
 聴力検査 **12, 40, 50, 55, 56**  
 聴力図 **55**  
 聴力レベル **55, 56**  
 直流成分 **156, 158, 169**  
 直交座標系 **120, 125, 135, 136**

**【つ】**

つち骨 **29, 31-33**

**【て】**

定在波 **25, 65, 66, 152, 153**  
 デジタル **69-70, 71, 74, 75, 78-80, 82-84, 86, 87, 89, 91-96, 99, 100, 105, 113, 172**  
 デシベル **19, 49, 163, 168, 169**  
 データ転送レート **71, 73, 82, 88**  
 点音源 **149-150, 152-154**  
 伝音性難聴 **57**

- 【と】  
等ラウドネスレベル曲線 48-50
- 【な】  
内耳 29, 31, 34, 38, 39, 42-44, 50, 56, 57, 110  
難聴 45, 46, 50, 55, 57, 58, 111
- 【に】  
二進数 70, 72, 75, 78, 92, 95  
二進接続辞 73, 83  
二進法 70, 72  
乳様突起 43, 45
- 【ね】  
ネイピア数 134
- 【の】  
脳幹 38
- 【は】  
肺 5, 13, 14, 44, 59, 60, 63  
白色雑音 143, 146-148, 155, 158, 160  
波形 5, 6, 10-16, 23, 24, 26, 27, 84-86, 89, 98-105, 111, 113-117, 119, 122, 123, 130, 132, 139-141, 143-148, 156, 158, 160-166, 171, 173  
パスカル 16, 17  
波長 23, 64-66, 101, 114, 147, 149, 153, 154  
発声器官 59  
波面 149-153  
破裂音 61, 102  
パワースペクトル 111-117, 140, 141, 143-148, 155, 158, 160, 163, 168-171, 174
- 反 射 21-27, 30, 107
- 【ひ】  
鼻腔 61, 63  
ピッチ 62, 144, 145  
ビットマップ 75, 79, 81-83, 85, 87, 88  
ビットレート 71
- 【ふ】  
フォルマント 62-64, 101, 110, 114, 117  
フォルマント周波数 63, 64, 67  
複合音 12, 13, 50, 110, 112, 113, 139, 141, 143, 145, 148  
物理量 16, 18  
不動毛 37, 38, 43, 57  
フーリエ変換 162-166, 168, 171-173  
フルスケール 100, 113  
分析窓 117, 118
- 【へ】  
閉口端 25  
平面波 151-153  
ヘクトパスカル 16, 17  
ヘルツ 11, 169
- 【ほ】  
補聴器 44, 109, 110, 161  
ホン 49
- 【ま】  
マイクロパスカル 17  
窓関数 173
- 【み】  
味覚 28
- 密 8-10
- 【む】  
無声音 57, 59-61, 115
- 【も】  
モスキート音 54, 55
- 【ゆ】  
有声音 59-62, 66, 67, 102, 114, 144  
有毛細胞 34, 37-39, 43, 50, 57
- 【よ】  
余弦波 122, 128-130, 132-134, 163, 167, 168, 174
- 【ら】  
ラウドネス 48, 50, 63  
ラジアン 126
- 【り】  
リクルートメント現象 58  
リニアスケール 109, 113, 114, 143  
リニア PCM 83, 86-88, 95  
量子化 83, 87-92, 99, 165, 166  
量子化雑音 89-91  
量子化ビット数 87-92, 95, 99, 100  
両耳間強度差 52, 54  
両耳間時間差 52, 54  
リンパ液 32-34, 36, 37, 43, 44
- 【ろ】  
老人性難聴 56, 57



---

	<b>[A]</b>		<b>[M]</b>		<b>[S]</b>
ASCII	76, 78	missing fundamental	145	SI 接頭辞	72, 73, 83
	<b>[I]</b>		<b>[P]</b>		<b>[W]</b>
ISO	39, 42, 49, 50, 56	pure tone	139	WAV	83, 88
	<b>[L]</b>		<b>[R]</b>		
log	18	residue pitch	145	white noise	147

— 著者略歴 —

坂本 真一（さかもと しんいち）  
1989年 工学院大学電気工学科卒業  
1991年 工学院大学大学院修士課程修了  
（電気工学専攻）  
1991年 リオン株式会社勤務  
2003年 博士（工学）（工学院大学）  
2006年 リオン株式会社退職  
2006年 株式会社オトデザイナーズ代表  
取締役  
2015年 九州大学および京都光華女子大学  
客員教授  
現在に至る

蘆原 郁（あしはら かおる）  
1986年 筑波大学第二学群人間学類卒業  
1991年 筑波大学大学院心身障害学研究科  
博士課程修了（心身障害学専攻）  
学術博士  
1992年 工業技術院電子技術総合研究所  
勤務  
2001年 産業技術総合研究所勤務  
現在に至る

「音響学」を学ぶ前に読む本

Very first step in acoustics

© Shinichi Sakamoto, Kaoru Ashihara 2016

2016年8月26日 初版第1刷発行



検印省略

著者 坂本真一  
蘆原郁  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 三美印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-00891-3 (新宅) (製本: 愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上の例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします