

日本音響学会 編
音響テクノロジーシリーズ 27

物理と心理から見る 音楽の音響

博士（工学） 大田健紘 編著

博士（工学）	若槻尚斗		加藤充美
博士（芸術工学）	西村 明	博士（工学）	安井希子
博士（工学）	江村伯夫	博士（工学）	三浦雅展
博士（芸術工学）	亀川 徹		

共 著

コロナ社

音響テクノロジーシリーズ編集委員会

編集委員長

千葉工業大学
博士（工学） 飯田 一博

編集委員

東北学院大学
博士（情報科学） 岩谷 幸雄

甲南大学
博士（情報科学） 北村 達也

滋賀県立大学
博士（工学） 坂本 眞一

国立音楽大学
博士（工学） 三浦 雅展

千葉工業大学
博士（工学） 大川 茂樹

東京大学
博士（工学） 坂本 慎一

神戸大学
博士（工学） 佐藤 逸人

（五十音順）

（2021年3月現在）

発刊にあたって

音響テクノロジーシリーズは1996年に発刊され、以来20年余りの期間に19巻が上梓された。このような長期にわたる刊行実績は、本シリーズが音響学の普及に一定の貢献をし、また読者から評価されてきたことを物語っているといえよう。

この度、第5期の編集委員会が立ち上がった。7名の委員とともに、読者に有益な書籍を刊行し続けていく所存である。ここで、本シリーズの特徴、果たすべき役割、そして将来像について改めて考えてみたい。

音響テクノロジーシリーズの特徴は、なんといってもテーマ設定が問題解決型であることであろう。東倉洋一初代編集委員長は本シリーズを「複数の分野に横断的に関わるメソッド的なシリーズ」と位置付けた。従来の書籍は学問分野や領域そのものをテーマとすることが多かったが、本シリーズでは問題を解決するために必要な知見が音響学の分野、領域をまたいで記述され、さらに多面的な考察が加えられている。これはほかの書籍とは一線を画するところであり、歴代の著者、編集委員長および編集委員の慧眼の賜物である。

本シリーズで取り上げられてきたテーマは時代の最先端技術が多いが、第4巻「音の評価のための心理学的測定法」のように汎用性の広い基盤技術に焦点を当てたものもある。本シリーズの役割を鑑みると、最先端技術の体系的な知見が得られるテーマとともに、音の研究や技術開発の基盤となる実験手法、測定手法、シミュレーション手法、評価手法などに関する実践的な技術が修得できるテーマも重要である。

加えて、古典的技術の伝承やアーカイブ化も本シリーズの役割の一つとなろう。例えば、アナログ信号を取り扱う技術は、技術者の高齢化により途絶の危

機にある。デジタル信号処理技術がいかに進んでも、ヒトが知覚したり発したりする音波はアナログ信号であり、アナログ技術なくして音響システムは成り立たない。原理はもちろんのこと、ノウハウも含めて、広い意味での技術を体系的にまとめて次代へ継承する必要があるだろう。

コンピュータやネットワークの急速な発展により、研究開発のスピードが上がり、最新技術情報のサーキュレーションも格段に速くなった。このような状況において、スピードに劣る書籍に求められる役割はなんだろうか。それは上質な体系化だと考える。論文などで発表された知見を時間と分野を超えて体系化し、問題解決に繋がる「メソッド」として読者に届けることが本シリーズの存在意義であるということを再認識して編集に取り組みたい。

最後に本シリーズの将来像について少し触れたい。そもそも目に見えない音について書籍で伝えることには多大な困難が伴う。歴代の著者と編集委員会の苦労は計り知れない。昨今、書籍の電子化についての話題は尽きないが、本文の電子化はさておき、サンプル音、説明用動画、プログラム、あるいはデータベースなどに書籍の購入者がネット経由でアクセスできるような仕組みがあれば、読者の理解は飛躍的に向上するのではないだろうか。今後、検討すべき課題の一つである。

本シリーズが、音響学を志す学生、音響の実務についている技術者、研究者、さらには音響の教育に携わっている教員など、関連の方々にとって有益なものとなれば幸いである。本シリーズの発刊にあたり、企画と執筆に多大なご努力をいただいた編集委員、著者の方々、ならびに出版に際して種々のご尽力をいただいたコロナ社の諸氏に厚く感謝する。

2018年1月

音響テクノロジーシリーズ編集委員会
編集委員長 飯田 一博

ま え が き

音楽を研究対象として考えた場合、音響学だけですべてを説明することは難しいだろう。例えば、楽器の演奏を考えると、楽器から生み出される演奏音は、個々の楽器がもつ振動体の物理的原理に従っているため、振動に関する物理学が関係する。演奏には人間が関与するため、同じ楽器であっても演奏音は演奏者の影響を受ける。そのため、巧みな演奏者の身体制御のメカニズムを明らかにすることや、動作と演奏音の関係を調べることも必要であろう。楽器から生み出された演奏音は、ホールなどの空間を通過して、その特性に応じて響きが付与され、聴取者の耳に届く。そして、演奏音として知覚され心理的な印象が生じる。つまり、室内音響学や聴覚生理学、心理学も関係する。さらに、演奏音から受ける印象は演奏する音の配列に影響も受けるため、音楽理論に関する音楽学も関係する。近年では音楽はコンピュータ上で作曲・加工・検索されるため、デジタル信号処理・情報工学も関連している。

本書は、以上のような多岐にわたる学問分野について基礎理論とその応用例を横断的に解説することで、読者が自分の専門分野以外の分野について概観できることを期待し、執筆している。さらには、関係する分野の研究者がそれぞれの知見を融合させることで、相乗効果が生まれることも期待している。

まず、第1章では、楽器のもつ物理的側面について解説する。弦、棒、気柱、膜、そして板の振動といった楽器の発音に関わる物理現象について数式を用いて記述し、数値計算手法によりシミュレーションを行った例を紹介する。さらには、振動現象をさまざまなセンサにより計測した研究事例も紹介する。

第2章では、楽器から発生する音の物理的側面について解説する。演奏音の周波数分析法を説明し、音を特徴づける物理量である音圧レベルや基本周波数の計測について説明する。さらには、演奏音からヴィブラートを測定する事例

について紹介する。

第3章では、演奏音から受ける心理的側面の解明に必要な事項を解説する。まず、音の代表的な物理量と心理量との対応関係について説明する。そして、音楽や演奏音の物理量と心理量との対応関係を調べた研究として、演奏音とその熟達度に関する研究を紹介する。

第4章では、音楽の構造的側面の理解に必要な事項を解説する。まず、第4章の内容を理解するために必要な和声理論の基礎について説明する。そして、音響学をはじめ音楽知覚認知や脳科学にいたる幅広い分野の研究を紹介する。

第5章では、演奏者の技術的側面の解明に必要な事項、および音楽音響情報学について述べる。まず、演奏者の超絶技巧とも呼べる卓越した技術を研究する手法について説明する。そして、音響学と情報学を軸として広く音楽を調査研究する手法を説明し、応用システムについて紹介する。

第6章では、これまで音響学をはじめとする科学技術が音楽に果たした役割について、録音技術やホール音響、空間音響再生技術などを中心に概観し、今後の音楽音響学の課題について考察する。

近年、深層学習をはじめとする人工知能を用いた研究は、急速に進展しており、音楽音響分野においても、楽曲検索や自動作曲を対象として盛んに行われている。このように、音楽の音響に関係する学問分野は広がっており、音楽の理解に向けてさまざまな分野の知見を融合する試みの重要性は、ますます高まっていくであろう。

最後に、本書が完成に至るまで粘り強くご対応いただいた関係諸氏に厚く御礼申し上げます。

2023年11月

大田 健紘

執筆分担

若槻尚斗	1章	大田健紘	2章
加藤充美	2章	西村 明	3章
安井希子	3章	江村伯夫	4.1節, 4.2節
三浦雅展	4.3節, 4.4節, 5章	亀川 徹	6章

目 次

1. 楽器の物理

1.1 楽器の発音機構	1
1.1.1 楽器の分類	2
1.1.2 1自由度の質点の振動	4
1.1.3 連成振動系	9
1.1.4 弦の振動	11
1.1.5 棒の振動	16
1.1.6 気柱の振動	19
1.1.7 膜の振動	25
1.1.8 板の振動	28
1.2 楽器の計測	30
1.2.1 レーザ干渉法による面振動の計測	30
1.2.2 振動面近傍の音圧分布による面振動の可視化	32
1.2.3 近距離場音響ホログラフィ法による面振動の計測	35
1.2.4 弦振動の計測	39
1.2.5 人工吹鳴装置を用いる気鳴楽器の計測	45
引用・参考文献	47

2. 演奏音の物理

2.1 音の基礎	50
----------	----

2.2 演奏音の周波数分析	52
2.2.1 離散フーリエ変換	52
2.2.2 短時間フーリエ変換による演奏音の分析	54
2.2.3 定Q変換による演奏音の分析	56
2.3 音圧レベルの測定	57
2.3.1 音圧レベルとは	57
2.3.2 サウンドレベルメータ（騒音計）による音圧レベルの測定	58
2.3.3 サウンドレベルメータの校正	60
2.4 基本周波数の推定	61
2.4.1 時間領域での推定	61
2.4.2 周波数領域での推定	64
2.4.3 基本周波数の推定精度	66
2.5 解析信号による音楽音響信号の分析	66
2.6 ヴィブラートの測定	68
2.6.1 ヴィブラートのパラメータ	68
2.6.2 各倍音のヴィブラート測定	70
引用・参考文献	72

3. 演奏に関わる心理

3.1 心理音響の基礎	74
3.1.1 音の大きさに関する心理量：ラウドネス	75
3.1.2 音の鋭さに関する心理量：シャープネス	82
3.1.3 音の変動の大きさに関する心理量：変動強度	84
3.1.4 音の粗さに関する心理量：ラフネス	85
3.2 心理音響の楽器演奏評価への適用	87
3.2.1 楽器演奏における特徴と熟達度の関係	88
3.2.2 変動強度を用いた応用研究	89
引用・参考文献	93

4. 音楽理論の仕組み

4.1 和声理論の基礎	98
4.1.1 音名, 音度, 階名	99
4.1.2 音程	100
4.1.3 音階	101
4.1.4 調	102
4.1.5 和音とそれぞれの和声的機能	103
4.1.6 和音の機能的連結	104
4.1.7 終止形 (ドミナント・モーション) による調性の確立	104
4.1.8 テンションおよびテンション・ヴォイスイング	105
4.1.9 属七和音におけるテンション	106
4.1.10 古典とポピュラーにおけるテンションの違い	107
4.2 和音の感覚的協和・不協和	108
4.2.1 二つの純音に対する感覚的協和・不協和	108
4.2.2 高調波成分の干渉を考慮した感覚的協和・不協和	110
4.2.3 任意の複合音に対する感覚的協和度の定量化	111
4.2.4 和音に対する高次な印象に対する協和・不協和	112
4.2.5 和音に対する心理的印象空間の調査と物理量との関係	112
4.3 聴取実験に基づく音楽理論の妥当性	113
4.4 生理調査に基づく音楽理論の妥当性	114
引用・参考文献	116

5. 演奏科学と音楽音響情報学

5.1 MIDI	119
5.1.1 MIDI のおもな特徴	120
5.1.2 MIDI のデータベース	122
5.1.3 MIDI の問題点	125

5.2 演奏科学	126
5.3 音響信号から取得する音響パラメータ	130
5.3.1 心理音響指標	130
5.3.2 音楽情報処理におけるパラメータ	131
5.4 音楽情報処理応用システムの例	136
5.4.1 単旋律譜に対するタブ譜面自動生成システム S2T	136
5.4.2 ギターコード演奏における最適押弦位置決定システム YG	138
5.4.3 年代推定システム	139
5.4.4 サビメドレーシステム	141
引用・参考文献	142

6. 音楽音響学から芸術へ

6.1 音楽音響学と芸術の接点	144
6.2 先端芸術に用いられる技術	146
6.2.1 録音技術の誕生と音楽制作に果たした役割	146
6.2.2 デジタル技術が果たした役割	152
6.2.3 音楽と空間	154
6.2.4 立体音響とステレオ收音技術	158
6.2.5 立体音響と音楽	164
6.3 音楽音響の研究とこれからの課題	167
6.3.1 音響学における音楽の研究	167
6.3.2 音場再現と音楽のアーカイブ	168
6.3.3 深層学習と人工知能	169
6.3.4 音楽における音響学が果たす役割	170
引用・参考文献	173
索引	175



楽器の物理

本章では楽器のもつ物理的側面を理解するための基礎的事項について解説する。まず、楽器の振動体に着目する楽器の分類法を紹介し、その分類に沿って楽器の発音機構について説明する。それらの説明は、初学者でもなるべく直感的に理解できるよう平易な説明を試みるとともに、より深く理解することを目的に、楽器の振る舞いを記述するための物理モデルについても説明する。それらのモデルは計算機を用いて楽器の振る舞いを数値シミュレーションする手法の基礎となるものである。数値シミュレーションは、発音機構を理解するための物理モデルの検証や、楽器の音を合成する電子楽器であるシンセサイザなどに応用することができる。最後に、楽器の測定法について解説する。楽器は身近なものであり、ともすれば単純なものと思われがちかもしれない。しかし、その発音機構には多くの現象が関わっている。それらを理解することには、音楽や工学における実用的な意味だけでなく、純粋に科学という観点からも興味深いと感じる読者も多いのではないだろうか。

1.1 楽器の発音機構

本節では、発音源となる振動体に着目したホルンポステルとザックスによる楽器の分類法を概説するとともに、発音体（共鳴器）の形態ごとに、それぞれの振動の仕組みの物理的な解釈や特性などについて説明する。

2 1. 楽器の物理

1.1.1 楽器の分類

楽器に限らず一般に音を発する物体は、空気に触れている何らかの振動体が空気を振動させることにより発音するものである。この振動体の形状に着目して楽器を分類することは、楽器の発音機構を考察するうえでは有用であろう。また、楽器はその発音体の振動の起こし方によっても分類できる。ホルンボステルとザックス^{1)†}は、振動体の種類によって大分類を行っている。ザックス=ホルンボステル分類の大分類とその一階層下位の分類までを表1.1に示す。

表1.1 ザックス=ホルンボステル分類

大分類 (下位の分類方法)	下位の分類	説明
体鳴楽器 (演奏方法)	打奏～	打つ、叩く、打ち合わせる、振る
	摘奏～	はじく
	擦奏～	擦る、擦り合わせる
	吹奏～	吹く
膜鳴楽器 (演奏方法)	打奏～	打つ、叩く、振る(間接打奏)
	摘奏～	はじく
	擦奏～	擦る
	歌奏～	声に共鳴させる
弦鳴楽器 (楽器の形態)	単純～	張弦機構と共鳴器が構造的に別体
	複合～	調弦機構そのものが共鳴器を兼ねる
気鳴楽器 (発音機構)	自由～	ムチなど(共鳴を用いない)
	吹奏楽器	いわゆる「管楽器」

この大分類は、楽器の発音機構を説明するうえで都合が良いものの、下位の分類については、その分類方法は必ずしも統一されておらず、発音機構を説明するという観点から必ずしも好都合とはいえない。例えば、体鳴楽器と膜鳴楽器については演奏方法、すなわち振動を励起する方法(叩く、はじくなど)による分類が用いられている。しかし、弦鳴楽器では共鳴器が弦を張るための機構と一体であるかどうか、すなわち楽器の形態に着目した分類が採用されており、振動を励起する方法(はじく、こするなど)は下位の分類でも特に意識さ

† 肩付き数字は章末の引用・参考文献の番号を表す。

れていない。よって、本章ではザックス=ホルンボステル分類における大分類のみを参照することとする。

体鳴楽器, 膜鳴楽器, 弦鳴楽器, 気鳴楽器は, 力学的にはおおむね下記のような物理現象との対応関係になる。

- (1) 体鳴楽器 棒の振動 (1.1.5 項), 板の振動 (1.1.8 項)
- (2) 膜鳴楽器 膜の振動 (1.1.7 項), 空洞における空気の振動
- (3) 弦鳴楽器 弦の振動 (1.1.4 項): 自由振動 (撥弦・打弦)^{はっげん}, または自励振動 (擦弦)
- (4) 気鳴楽器 気柱の振動 (1.1.6 項): 自励振動 (弁機構 (シングルリード, ダブルリード, リップリード), あるいは乱流 (エアリード) による)

このような観点より, 楽器の実例と発音機構から見た楽器の分類を図 1.1 に示す。体鳴楽器, 膜鳴楽器は, 打奏 (叩いて演奏) などにより自由振動させるも

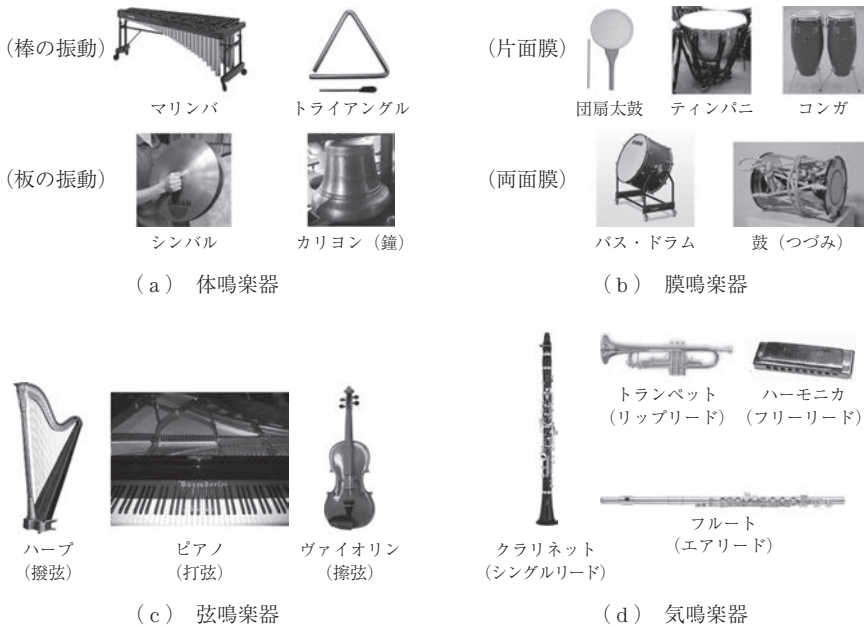


図 1.1 楽器の実例と発音機構から見た分類

のが多い。ただし、例外的に摩擦などによる自励振動を用いて演奏するものも存在する。

弦鳴楽器は、撥弦・打弦による自由振動，擦弦による自励振動のどちらも多く存在する。**気鳴楽器**は、ほとんどが吹奏による自励振動を用いており，自励振動を起こすためにリードと呼ばれる薄い板を弁機構として用いるシングルリード楽器，ダブルリード楽器，口唇を弁機構として用いるリップリード楽器，弁機構を用いずに空気の乱流が自励振動の源となるエアリード楽器などがある。

1.1.2 1自由度の質点の振動

「振動」という現象の理解のため，最も単純な振動系である1自由度の質点の振動から説明する。いわゆる「質点」の振動そのものは実際の楽器ではあり得ないが，あらゆる振動を理解するための基本となるものである。ここで，物体に外力を加え運動を始めたあと，力を加えなくても繰り返す周期的な往復運動，すなわち振動がしばらく続くような状況を思い起こそう。例えば，ティーカップをスプーンで叩いて「チーン」と高く澄んだ音を鳴らしたときを思い浮かべてほしい。このように，初期条件として力を加えるものの，その力を取り除いても続く振動は**自由振動**と呼ばれる。ここでは物体が自由振動するための条件と，そのときの振動のしかたを考える。

〔1〕 損失のない単振動系の自由振動

物体の運動を考えると，最も単純な系は図 1.2 (a) のように，空中に質点 m だけがある場合であろう。慣性の法則として知られているように，初期条件として初速度 v_0 をもっていれば，外力が働かない限り等速直線運動を続ける。すなわち，はじめに静止していればそのまま静止し続けるが，ある瞬間に力積 mv_0 が与えられればそれ以降は速度 v_0 で運動を始める。しかし，このように単に一方方向に動き続ける現象は，振動とは呼べない。

次に，図 1.2 (b) のように一端が壁に固定されたばねの他端に質点を取りつけられている場合を考える。初期条件として質点が速度をもっている，あるい

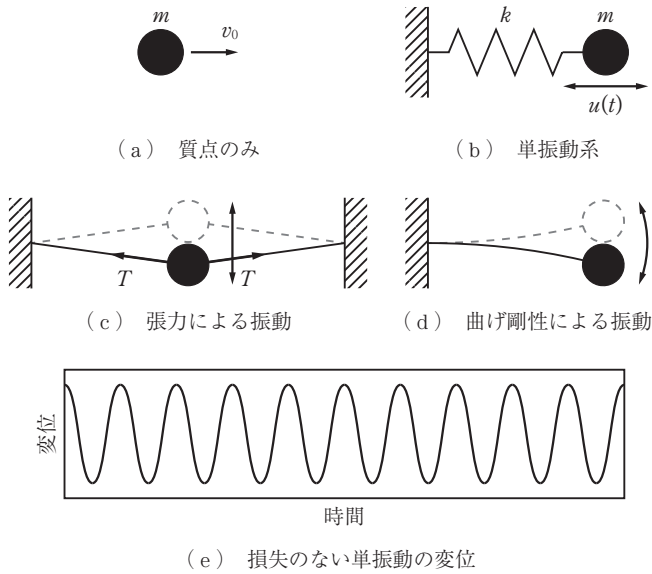


図 1.2 質点の運動

ばねに初期変位が与えられ、質点が平衡位置から移動すると、ばねには変形（ひずみ）を元に戻そうとする力、すなわち復元力が生じる。このような性質を弾性と呼ぶ。質点が平衡位置から離れる方向に速度をもっていると、ばねの復元力により質点は減速し、やがて運動の方向は逆転し反対向きに運動を始める。このようにして、質点は一定の周期 T で往復運動、すなわち振動する。ばねのひずみが小さい場合、ひずみと復元力の間に比例関係が成り立ち、そのばねは線形ばねと呼ばれる。一般にばねのひずみが小さいときに変位 u と復元力の関係は線形に近くなり、逆にひずみが大きいと非線形となる傾向がある。この関係が線形であるとき、質点の運動はニュートンの運動方程式を用いて式 (1.1) のように記述することができる。

$$m \frac{d^2 u}{dt^2} + ku = 0 \quad (1.1)$$

ここで、 m は質量、 k はばね定数、 u は質点の変位である。すべての項を質量 m で除することにより

索引

【あ】		【か】		【こ】	
アヴォイド	106	解析信号	66	高速フーリエ変換	54
【い】		階名	100	高臨場感オーディオ	166
イオニア旋法	101	可視化	31	古典音楽	99
位相スペクトル	53	下屬調	102	五度圏	103
印象	127	下屬和音	103	固有演奏	129
【う】		カデンツ	104	固有周波数	6
ヴィブラート	68	過渡応答	33	固有振動	14
ヴェロシテイ	120	感覺的協和・不協和	108	固有モード	14
【え】		感情プライミング	114	根音	103
エオリア旋法	101	【き】		【さ】	
遠隔調	102	基本周波数	14	サウンドレベルメータ	58
【お】		気鳴楽器	4	ザックス=ホルンポステル	
オフセット	121	境界条件	13	分類	2
オルタード・スケール	107	教会旋法	101	サブバンドコントラスト	135
オルタード・テンション	107	協和音	101	サブバンドバレー	134
音圧	19	協和性	101	サブバンドピーク	134
音圧レベル	57	協和度	131	残響時間	145
音階	98	近距離場音響ホログラフィ法	32	【し】	
音響信号	127	近親調	102	時間窓	54
音響心理学	87	筋電	127	自己相関関数	63
音響心理学	108	【け】		自己相関法	63
音高	99	芸術的逸脱	90, 128	質問紙	127
オンセット	121	ケーデンス	104	シャープネス	82, 130
音像	158	ケプストラム	65	終止形	104
音程	100	ケプストラム法	64	自由振動	4
音度	99	弦鳴楽器	4	主音	98
音名	99			主要三和音	103
				主要和声	103
				主和音	103

瞬時周波数	66	デュレーション	121	フーリエ変換	13
純正律	101	テンション	105	ブローカ野	115
人工吹鳴	45	テンション・ヴォイシング		【へ】	
進行波	12		106	平均演奏	129
シンセサイザ	152	伝搬関数	38	平行調	102
振動分布	31	伝搬速度	14	変動強度	84, 130
振幅スペクトル	53	【と】		【ほ】	
振幅包絡	132	動作信号	127	包絡線	66
【す】		同主調	102	ポピュラー和声	99
スペクトルバンド幅	135	等ラウドネスレベル曲線	75	ホモフォニー音楽	99
【せ】		特性インピーダンス	21	ポリフォニー音楽	99
精神物理学	74	トノスコープ	128	ホログラム干渉	30
生理信号	127	ドミナント・モーション	104	【ま】	
ゼロクロス	62, 131	トライトーン	114	膜鳴楽器	3
ゼロクロス法	62	【な】		マスクング	78
全音階の音階	101	内観報告	127	【ら】	
旋律的短音階	102	ナチュラル・テンション	106	ラウドネス	75, 130
【そ】		ナボリの和音	115	ラウドネスマッチング	82
属 調	102	【の】		ラウドネスレベル	76
属和音	103	脳科学的アプローチ	114	ラフネス	85, 108, 131
【た】		脳磁図	115	【り】	
体鳴楽器	3	脳 波	127	離散フーリエ変換	52
短音階	101	ノン・ダイアトニック・		粒子速度	20
短時間フーリエ変換	54	テンション	108	臨界距離	161
【ち】		【は】		臨界帯域	78
調	102	倍 音	14	臨界帯域幅	78
長音階	101	波動方程式	12	【れ】	
聴覚心理	87	ハルモニア教程	99	連成振動系	9
聴覚フィルタ	78	【び】		【わ】	
調 性	98	ピアノカメラ	128	和 音	99
調性音楽	99	ピアノロール	123	和声的短音階	102
【て】		ピッチ感	18	和声理論	99
定 Q 変換	52	標本化定理	152		
定在波	14	【ふ】			
低周波成分の割合	136	不確定性原理	56		
ティック	121	プライミング効果	114		

[B]		[I]		Spectral Centroid	132
Bark	82	IOI	91	Spectral Flatness	134
B 特性フィルタ	80	[K]		spectral flux	132
[C]		K 特性フィルタ	80	Spectral Rolloff	133
CQT	52	[L]		STFT	54
[D]		Low Energy Feature	136	S (サブドミナント)	104
DFT	52	[M]		[T]	
D (ドミナント)	104	MEG	115	T (トニック)	103
[E]		mERAN	115	[数字]	
ERAN	114	MFCC	133	1/3 オクターブバンドレベル	79
ERB	114	MIDI	119	12 平均律	101
ERP	115	MIR	139	3 和音	103
[F]		MMN	116	4 和音	103
FFR	115	[R]			
FFT	54	RMS	131		
[H]		[S]			
HRTF	169	Spectral Bandwidth	135		

—— 編著者・著者略歴 ——

大田 健紘 (おおた けんこう)

- 2003年 同志社大学工学部知識工学科卒業
2005年 同志社大学大学院工学研究科博士前期
課程修了(知識工学専攻)
2008年 同志社大学大学院工学研究科博士後期
課程修了(知識工学専攻)
博士(工学)
2008年 諏訪東京理科大学助教
2012年 日本工業大学助教
現在に至る

加藤 充美 (かとう みつみ)

- 1974年 九州芸術工科大学芸術工学部音響設計
学科卒業
1995年 作陽短期大学教授
1997年 くらしき作陽大学教授
2011年 作陽音楽短期大学教授
2015年 くらしき作陽大学名誉教授

若槻 尚斗 (わかつき なおと)

- 1993年 筑波大学第三学群基礎工学類卒業
1997年 筑波大学大学院博士課程工学研究科退
学(物理工学専攻)
1997年 岡山大学助手
2001年 秋田県立大学助手
2004年 博士(工学)(筑波大学)
2004年 秋田県立大学講師
2006年 筑波大学講師
2008年 筑波大学准教授
2022年 筑波大学教授
現在に至る

西村 明 (にしむら あきら)

- 1990年 九州芸術工科大学芸術工学部音響設計
学科卒業
1992年 九州芸術工科大学大学院芸術工学研究
科修士課程修了(情報伝達専攻)
1996年 九州芸術工科大学大学院芸術工学研究
科博士後期課程単位取得満期退学(情
報伝達専攻)
1996年 東京情報大学助手
2001年 東京情報大学講師
2006年 東京情報大学助教
2007年 東京情報大学准教授
2011年 博士(芸術工学)(九州大学)
2012年 東京情報大学教授
現在に至る

安井 希子 (やすい のぞみこ)

2007年 龍谷大学理工学部情報メディア学科卒業
2009年 龍谷大学大学院理工学研究科修士課程修了(情報メディア学専攻)
2012年 龍谷大学大学院理工学研究科博士後期課程修了(情報メディア学専攻)博士(工学)
2012年 松江工業高等専門学校助教
2016年 松江工業高等専門学校講師
2018年 埼玉大学助教
2023年 木更津工業高等専門学校助教
現在に至る

三浦 雅展 (みうら まさのぶ)

1998年 同志社大学工学部知識工学科卒業
2000年 同志社大学大学院工学研究科博士前期課程修了(知識工学専攻)
2003年 同志社大学大学院工学研究科博士後期課程修了(知識工学専攻)博士(工学)
2003年 龍谷大学助手
2006年 龍谷大学講師
2017年 八戸工業大学准教授
2019年 国立音楽大学准教授
現在に至る

江村 伯夫 (えむら のりお)

2002年 同志社大学工学部電子工学科卒業
2005年 同志社大学大学院工学研究科博士前期課程修了(知識工学専攻)
2008年 同志社大学大学院工学研究科博士後期課程修了(知識工学専攻)博士(工学)
2009年 同志社大学研究員
2009年 独立行政法人産業技術総合研究所特別研究員
2010年 金沢工業大学特別研究員
2012年 金沢工業大学講師
2018年 金沢工業大学准教授
現在に至る

亀川 徹 (かめかわ とおる)

1983年 九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1983年 日本放送協会勤務
2002年 東京藝術大学助教授
2010年 東京藝術大学教授
現在に至る
2016年 博士(芸術工学)(九州大学)

物理と心理から見る音楽の音響

Musical Acoustics from Physical and Psychological Perspectives

© 一般社団法人 日本音響学会 2024

2024年1月26日 初版第1刷発行

検印省略

編者 一般社団法人 日本音響学会
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 新日本印刷株式会社
製本所 牧製本印刷株式会社

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 <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-01166-1 C3355 Printed in Japan

(田中)



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。
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いません。
落丁・乱丁はお取替えいたします。