日本音響学会 編

音響学講座

10

音響学の展開

安藤　彰男

編著

坂本　眞一　折野裕一郎　秋山いわき
佐藤　雅弘　長谷川英之　及川　靖広
中村健太郎　荒井　隆行　白石　君男
上田　麻理　寺澤　洋子　岩宮眞一郎
船場ひさお　川上　　央　佐藤　史明
河原　一彦　須田　宇宙　西村　　明
松尾　行雄　加我　君孝　香田　啓貴
関　　義正　高梨　琢磨　芦田　　剛
赤松　友成　力丸　　裕　相馬　雅代
向井　裕美　眞邉　一近

共著

▼

コロナ社

音響学講座編集委員会

編集委員長

安藤彰男（富山大学）

編集委員

秋山いわき（同志社大学）	岩野　公司（東京都市大学）
及川　靖広（早稲田大学）	阪上　公博（神戸大学）
坂本　眞一（滋賀県立大学）	佐藤　史明（千葉工業大学）
滝口　哲也（神戸大学）	苣木　禎史（千葉工業大学）
寺澤　洋子（筑波大学）	古川　茂人（日本電信電話株式会社）
松尾　行雄（東北学院大学）	山田　真司（金沢工業大学）
山本　貢平（小林理学研究所）	渡辺　好章（同志社大学）

（2018 年 12 月現在，五十音順）

「音響学講座」発刊にあたって

音響学は，本来物理学の一分野であり，17 世紀にはその最先端の学問分野であった。その後，物理学の主流は量子論や宇宙論などに移り，音響学は，広い裾野を持つ分野に変貌していった。音は人間にとって身近な現象であるため，心理的な側面からも音の研究が行われて，現代の音響学に至っている。さらに，近年の計算機関連技術の進展は，音響学にも多くの影響を及ぼした。日本音響学会は，1977 年以来，音響工学講座全 8 巻を刊行し，わが国の音響学の発展に貢献してきたが，近年の急速な技術革新や分野の拡大に対しては，必ずしも追従できていない。このような状況を鑑み，音響学講座全 10 巻を新たに刊行するものである。

さて，音響学に関する国際的な学会活動を概観すれば，音響学の物理／心理的な側面で活発な活動を行っているのは，米国音響学会（Acoustical Society of America）であろう。しかしながら，同学会では，信号処理関係の技術ではどちらかというと手薄であり，この分野は IEEE が担っている。また，録音再生の分野では，Audio Engineering Society が活発に活動している。このように，国際的には，複数の学会が分担して音響学を支えている状況である。これに対し，日本音響学会は，単独で音響学全般を扱う特別な学会である。言い換えれば，音響学全体を俯瞰し，これらを体系的に記述する書籍の発行は，日本音響学会ならではの活動ということができよう。

本講座を編集するにあたり，いくつか留意した点がある。前述のとおり本講座は 10 巻で構成したが，このうち最初の 9 巻は，教科書として利用できるよう，ある程度学説的に固まった内容を記述することとした。また，時代の流れに追従できるよう，分野ごとの巻の割り当てを見直した。旧音響工学講座では，共通する基礎の部分を除くと，6 つの分野，すなわち電気音響，建築音

響，騒音・振動，聴覚と音響心理，音声，超音波から成り立っていたが，そのうち，当時社会問題にもなっていた騒音・振動に2つの巻を割いていた。本講座では，昨今の日本音響学会における研究発表件数などを考慮し，騒音・振動に関する記述を1つの巻にまとめる代わりに，音声に2つの巻を割り当てた。さらに，音響工学講座では扱っていなかった音楽音響を新たに追加すると共に，これからの展開が期待される分野をまとめた第10巻「音響学の展開」を刊行することとし，新しい技術の紹介にも心がけた。

本講座のような音響学を網羅・俯瞰する書籍は，国際的に見ても希有のものと思われる。本講座が，音響学を学ぶ諸氏の一助となり，また音響学の発展にいささかなりとも貢献できることを，心から願う次第である。

2019年1月

安藤彰男

「音響学講座」の全体構成は以下のようになっている。

第1巻　基礎音響学
第2巻　電気音響
第3巻　建築音響
第4巻　騒音・振動
第5巻　聴覚
第6巻　音声（上）
第7巻　音声（下）
第8巻　超音波
第9巻　音楽音響
第10巻　音響学の展開

まえがき

日本音響学会編の「音響学講座」は，音響学の諸分野を体系的に網羅し，今後の音響学の発展に寄与するべく立案された。また，教科書としての用途も考慮して，ある程度学説的に固まった内容を記述することとした。本書は，この2つの方針のバランスをとるために企画されたものであり，後者の方針からはやや逸脱するかもしれないが，新しい分野を紹介することにより，音響学の諸分野を俯瞰することを目的としている。本書で紹介する分野は，熱音響，アコースティック・イメージング，音バリアフリー，音のデザイン，音響教育，そして生物音響である。もちろん，これで，最近の多様化する分野のすべてを網羅しているわけではない。個別の新しいトピックについては，日本音響学会が刊行する「音響テクノロジーシリーズ」や「音響サイエンスシリーズ」に委ねたい。

さて，第1章では，音響学と熱力学の関わりについて記述する。音は，媒質の微小振動として伝搬していくが，その伝搬は，熱力学的には断熱過程として近似されるのが一般的である。これに対して，熱音響の分野では，音波の媒質と隣接する物体との熱交換を扱う。特に本章では，熱音響の物理学的な基礎と，熱音響現象を応用したシステムについて記述する。

アコースティック・イメージングとは，目で見ることができない音響伝搬の現象の可視化や，音波を用いたセンシング技術を扱う分野である。第2章では，反射物などがある空間での音の伝搬を可視化するため，その伝搬の様子を計算するシミュレーション技術と，音波の反射や散乱を用いたセンシング技術について解説する。特に，前者でFDTD法（finite-difference time-domain method）について述べ，後者では医用超音波断層像の技術を扱う。

近年，バリアフリーという言葉をよく聞くようになった。これは，身体的などの理由によって健常者との間で生じる障壁（バリア）をなくそうという概念

であろう。第3章では，音に関するバリアをなくすための技術について述べる。特に，音声，電気音響，聴覚，騒音・振動，建築音響という5つの音響学の分野を取り上げ，各分野におけるバリアフリーへの取組みを紹介する。

環境音や工業製品が発する音など，われわれの生活は音に満ちている。そしてわれわれは，音を聴くことにより，ときに快や不快の感情を抱く。第4章では，人間の感性に基づいて音をデザインする技術について述べる。特に，環境音，製品音，サイン音，電子音楽における音のデザイン技術を紹介する。

音響教育は，音響学に関する教育のみならず，音を用いた教育や音を聴く能力の教育も含んだ分野である。第5章では，音の聴き取り能力を向上させるための教育法や，音に関する学習を支援するe-Learningについて解説する。また，音響に関する教育における教育工学的手法の導入についても記述する。

音響学における聴覚の分野は，ヒトの聴覚に関する研究を扱う分野である。一方，当然ながらヒト以外の生物も聴覚能力を持つ。生物音響は，ヒト以外の生物について，聴覚系や発声・発音系を中心とした研究を行う分野である。特に，第6章では，コウモリやイルカなど，自らが発した音の反射を利用して，周囲の物体を認識するメカニズムや，鳥類や昆虫類の音によるコミュニケーションなども解説する。

本書は，以上述べたとおり，多岐にわたる内容を含んでいる。読者には，本書により，音響学の広がりや多様性を味わっていただければ幸いである。

なお，本書の担当編集委員は，以下のとおりである。

坂本　眞一　　熱音響（第1章）
秋山いわき　　アコースティック・イメージング（第2章）
及川　靖広　　音バリアフリー（第3章）
寺澤　洋子　　音のデザイン（第4章）
佐藤　史明　　音響教育（第5章）
松尾　行雄　　生物音響（第6章）

また，執筆分担は以下のとおりである。各領域で優れた実績を持つ方々に執筆を担当していただけたことに，編著者として感謝している。

坂本　眞一	第 1 章	折野裕一郎	第 1 章
秋山いわき	第 2 章扉	佐藤　雅弘	2.1 節
長谷川英之	2.2 節	及川　靖広	第 3 章扉，3.3 節
中村健太郎	3.1 節	荒井　隆行	3.2 節
白石　君男	3.4 節	上田　麻理	3.5 節
寺澤　洋子	第 4 章扉	岩宮眞一郎	4.1 節，4.4.1，4.4.2 項，4.5 節
船場ひさお	4.2 節，4.4.3，4.4.4 項	川上　　央	4.3 節，4.4.5，4.4.6 項
佐藤　史明	第 5 章扉	河原　一彦	5.1 節
須田　宇宙	5.2 節	西村　　明	5.3 節
松尾　行雄	第 6 章扉，6.1 節	加我　君孝	6.2 節
香田　啓貴	6.3.1，6.6.1 項	関　　義正	6.3.2，6.6.2 項
高梨　琢磨	6.3.3，6.6.3 項	芦田　　剛	6.4 節
赤松　友成	6.5.1，6.5.3 項	力丸　　裕	6.5.2，6.7.2 項
相馬　雅代	6.6.2 項	向井　裕美	6.6.3 項
眞邉　一近	6.7.1 項		

2021 年 7 月

安藤彰男

目　　次

1章　熱　音　響

1.1　熱音響現象とは ―― 2
1.2　熱音響現象の物理 ―― 3
1.2.1　音波とエネルギーの流れ ―― 4
1.2.2　熱音響現象の線形理論 ―― 7
1.2.3　エネルギー流と空間変化 ―― 16
1.3　熱音響システムの基本要素 ―― 22
1.3.1　作業流体 ―― 22
1.3.2　スタック ―― 23
1.3.3　熱交換器 ―― 25
1.3.4　導波管 ―― 26
1.4　熱音響システムの基本構造と具体例 ―― 28
1.4.1　熱音響システムの基本構造 ―― 28
1.4.2　エネルギー変換の効率化 ―― 37
1.4.3　低温度発振 ―― 38
1.4.4　小型化 ―― 39
1.4.5　サイレンサ ―― 40
引用・参考文献 ―― 41

2章　アコースティック・イメージング

2.1　音のシミュレーション ―― 47
2.1.1　音波の基本式 ―― 47
2.1.2　FDTD 法による定式化 ―― 48
2.1.3　初期条件と境界条件 ―― 51

2.1.4　安　定　条　件 — 53
2.1.5　速度分散とグリッド分散 — 54
2.1.6　プログラムの説明 — 55
2.2　音のイメージング — 59
2.2.1　医用超音波断層像の時間分解能 — 60
2.2.2　超高速超音波イメージングの原理 — 60
2.2.3　超高速超音波イメージングの応用 — 65
引用・参考文献 — 68

3章　音バリアフリー

3.1　音バリアフリーの考え方 — 71
3.1.1　音バリアフリーの背景 — 71
3.1.2　音バリアフリーとは — 72
3.2　音声分野の音バリアフリー — 74
3.2.1　聞こえのバリアフリー — 75
3.2.2　発話時のバリアフリー — 77
3.2.3　音声を利用したバリアフリー — 79
3.2.4　学際的な連携 — 80
3.3　電気音響分野の音バリアフリー — 80
3.3.1　電気音響分野に関係する技術発展 — 81
3.3.2　無線伝送を用いた補聴システム — 81
3.3.3　補聴器の低遅延技術 — 82
3.3.4　MEMS マイクロホンアレイを用いた補聴システム — 83
3.3.5　スマートフォンを用いた音声生成システム — 84
3.3.6　拡張現実（AR）／複合現実（MR）を用いた音情報の視覚提示システム — 85
3.3.7　防災行政無線と全国瞬時警報システム（J-ALERT） — 86
3.4　聴覚分野の音バリアフリー — 87
3.4.1　高齢者と聴覚障害者の聞こえ — 88

3.4.2 補 聴 器 — 88
3.4.3 人 工 内 耳 — 91
3.4.4 補聴支援システム — 93
3.4.5 報 知 音 — 96
3.5 騒音・振動，建築音響分野の音バリアフリー — 97
3.5.1 駅 の 音 環 境 — 98
3.5.2 街中の音環境・騒音低減 — 100
3.5.3 雨天時の音環境とバリアフリー — 102
3.5.4 空港内の音響案内：ガイドラインとマネジメント — 103
3.5.5 個人向けの支援システムと選択性 — 105
引用・参考文献 — 106

4章 音のデザイン

4.1 音のデザインとは — 113
4.1.1 音とデザイン — 113
4.1.2 実体感を演出する音のデザイン — 114
4.1.3 快音を所有する喜び，音に対する愛着 — 115
4.1.4 芸術と工学の橋渡しをする「音のデザイン」— 116
4.1.5 「音楽」と「騒音」の２項対立の終えん — 117
4.1.6 音響学における「音のデザイン」分野 — 118
4.2 音デザインの流れ — 119
4.2.1 まずなにを考えるべきか ― 機能と役割，必要性を検討する ― — 120
4.2.2 その音が聞かれる状況を予測する ― ユーザの特性と周辺環境音との関係性 ― — 121
4.2.3 どんな手法で流すのか ― 音響システムの設計と構築 ― — 122
4.2.4 音に求められるデザイン的要素を考える — 123
4.2.5 音 を つ く る — 124
4.2.6 使われる現場で確認する — 125
4.3 音デザインの技術 — 126
4.3.1 音環境の把握 — 126

4.3.2 音の付与 — 128
4.3.3 音の評価 — 131
4.4 音デザインの事例 — 134
4.4.1 製品音 — 134
4.4.2 サイン音 — 136
4.4.3 音環境デザイン — 138
4.4.4 音のユニバーサルデザイン — 141
4.4.5 メディアアートにおける音 — 142
4.4.6 音楽における音のデザイン — 144
4.5 音デザインの未来 — 147
引用・参考文献 — 148

5章 音響教育

5.1 聴いて学ぶ音響学の実践と評価 — 151
5.1.1 聴能形成 — 151
5.1.2 聴能形成のシラバスと訓練システム — 156
5.1.3 聴能形成の効果検証事例 — 157
5.2 音響 e-Learning — 160
5.2.1 シミュレータ — 160
5.2.2 音響教育とシミュレータ教材 — 161
5.2.3 プログラム内の計算技法 — 163
5.2.4 シミュレータ教材の例 — 165
5.2.5 シミュレータ教材の実装技術 — 168
5.2.6 今後のシミュレータ教材 — 170
5.3 教育工学的手法の導入 — 170
5.3.1 音響教育成果の公表に向けて — 170
5.3.2 量的研究手法 — 172
5.3.3 質的研究手法 — 176
5.3.4 研究事例 — 177

引用・参考文献 181

6章 生 物 音 響

6.1 生物音響学とは 184
6.2 聴 覚 系 185
6.2.1 聴器の系統発生 186
6.2.2 脊椎動物の伝音器の構造と機能 187
6.3 発 声 発 音 系 195
6.3.1 哺 乳 類 195
6.3.2 鳥 類 199
6.3.3 昆 虫 類 202
6.4 音 源 定 位 205
6.4.1 動物の音源定位 205
6.4.2 メンフクロウの音源定位 210
6.5 反 響 定 位 217
6.5.1 反響定位とは 217
6.5.2 コウモリの反響定位 218
6.5.3 イルカの反響定位 229
6.6 音声コミュニケーション 237
6.6.1 霊 長 類 237
6.6.2 鳥 類 242
6.6.3 昆 虫 類 249
6.7 実 験 手 法 254
6.7.1 聴覚行動実験 254
6.7.2 聴覚生理実験 262
引用・参考文献 272

索 引 280

1章 熱　音　響

◆本章のテーマ

熱音響現象は，熱と音の相互エネルギー変換に関する現象であり，再生可能エネルギーとして多くの可能性を秘めている。システムとしてこの現象を応用する技術の確立が求められているが，現時点では課題も多く残されている。

そこで，本章では応用に向けての一歩となることを目指し，熱音響現象の基礎について解説する。具体的には，熱音響現象の原理，基本構成，応用に向けての取組みについて説明する。

◆本章の構成（キーワード）

1.1　熱音響現象とは
　熱音響現象の歴史，エネルギー変換，エネルギー輸送

1.2　熱音響現象の物理
　音波とエネルギーの流れ, 熱音響現象の線形理論, エネルギー流と空間変化

1.3　熱音響システムの基本要素
　作業流体，スタック，熱交換器，導波管

1.4　熱音響システムの基本構造と具体例
　熱音響システムの基本構造，エネルギー変換の効率化，低温度発振，小型化，サイレンサ

1.1　熱音響現象とは

熱音響現象（thermoacoustic phenomena）[1),2)†]とは，文字どおり音と熱が関わる現象である。

熱音響現象の歴史は意外に古く，日本では，江戸時代の上田秋成の雨月物語に吉備津の釜として登場している[3)]。ただ，ここでは釜鳴り神事として利用されたという記述にとどまっており，詳細な現象の説明はない。海外では，1800年代にソンドハウス管（Sondhauss tube）[4)]やレイケ管（Rijke tube）[5)]が報告されている。ソンドハウス管も，レイケ管も非常にシンプルな構造であり，熱音響現象を提示するデモ器として現在も用いられている。レイケ管は，オランダのレイリー卿（Lord Rayleigh）の著書，『セオリーオブサウンド』（The Theory of Sound）内で原理が詳細に記述されている[6)]。

近年には，海外ではウィートリー（Wheatley）やスイフト（Swift）らのグループ[7)~10)]が，日本では富永（Tominaga）や矢崎（Yazaki）らのグループ[1),2),11)~18)]が中心になって，熱音響現象についての物理的理解や定式化を進めてきた。彼らの成果は，多くの論文などに残されている[1)~34)]。

それらによると，「熱音響現象とは，音と熱が関わり合う現象であり，エネルギー変換とエネルギー輸送という2つの側面を持つ」と定義されている。その中のエネルギー変換として，熱から音へのエネルギー変換と，音から熱へのエネルギー変換がある。前者の現象を熱音響自励振動，後者を熱音響ヒートポンプ効果と呼んでいる。また，前者の現象を実現するデバイスを熱音響エンジン，あるいは熱音響プライムムーバー，後者の現象を実現するデバイスを熱音響ヒートポンプ，あるいは熱音響冷却システムと呼んでいる。これらの熱音響デバイスをシステムとして構成することによって，冷却システムや発電システムを実現することが可能となる。これらのシステムは，これまでにない画期的な特性を持つ。例えば，駆動エネルギーとして廃熱や未利用の熱エネルギーを

† 肩付き数字は各章末の引用・参考文献の番号を表す。

用いることや，駆動部品を持たないシステム構成や極端に少ない部品点数でのシステム構成が可能となるため，コストダウンや長期の運転を実現するための高耐久性を持つことができる。

本章では，熱音響現象について研究されている方々[1)~34)]や著者らのグループ[35)~62)]の成果をもとに，熱音響現象の物理について説明を進める。また，システムとしての説明のため，ループ管形熱音響冷却システムを取り上げ，そのシステムの各デバイス，部品やエネルギー変換部の役割や動作メカニズムを詳細に説明する。また，熱音響現象の応用に向けた研究の一部を紹介し[35)~62)]，課題と今後の展望について述べる。

1.2　熱音響現象の物理

熱音響現象は，音波の伝搬に際して特定の条件下で生じる熱力学的な現象として解釈されており，熱機関のように熱と力学的なエネルギーの相互変換を生じることが特徴である。このために，熱音響現象の物理を理解するためには，音波のエネルギーの側面について注意深く捉える必要がある。通常の音波では，媒質の振動により空間を移動する力学的エネルギーとその熱への散逸がおもな関心となることが多い。これは媒質の圧力変動が断熱過程とみなせることによる。これに対して熱音響現象は，媒質に隣接する物体と熱を交換することができる条件下で，媒質に出入りする熱と音波の力学的エネルギーが関わり合うことで，熱機関としての振る舞いを見せることが本質である。このために，媒質への熱の出入りというエネルギーの移動に注意を払う必要がある。

本節では，まず断熱を仮定しない音波におけるエネルギーの「流れ」の概念を説明する。そのうえで，熱音響現象の物理をボトムアップ的に理解できるよう，流体力学，熱力学などの物理法則から導かれる熱音響現象の線形理論を数式を示して説明し，その延長線上で熱音響現象の熱力学的効果について述べる。

1.2.1　音波とエネルギーの流れ

熱音響現象の興味深い特徴は，熱機関と同様に熱と仕事の変換である。エンジンをはじめとする熱機関との大きな違いは，熱音響現象がピストンや圧縮室などの区切りを持たず，音波の媒質において空間的に連続で生じる点である。このため空間的に連続する熱や仕事を考える必要がある。空間を移動する熱と仕事は巨視的な物理量の移動であるから広義の流れと解釈される。ここでは，一般的な音波の力学的エネルギーの移動量である仕事の流れの定義を示したうえで，熱音響現象において重要な，熱を含めた全エネルギーの流れを示す。

空気中や液体中など，流体における音波は流体力学と熱力学に基づいて記述される。流体力学的見地から，媒質は巨視的に見て連続的に空間を占めている**連続体**（continuum）とみなし，その微小部分を表す仮想的な**流体粒子**（fluid particle）の運動を考える。このことは，分子運動のようなミクロな運動ではなく，塊としての平均について考えることを意味する。流体粒子の運動は微小部分の平均速度である**粒子速度**（particle velocity）によって記述される。

音波とは媒質の弾性による応力とひずみの振動の伝搬現象であるから，流体粒子に作用する応力と粒子速度によって流体粒子の運動が記述できるような弾性流体を考える。応力には，流体粒子の表面に垂直な方向に作用する圧力と，水平に作用する**粘性応力**（viscous stress）がある。流体粒子の運動を記述する方程式，すなわち流体の運動方程式は一般に非線形であるが，線形音響理論では微小振動を仮定して方程式系を線形化することでさまざまな現象を理解，解析する。本質的には流体粒子の状態量である粒子速度や音圧は，線形化によって位置と時間の関数として扱えるようになる。

流体力学では定常的な物質の流れに注目することが多いのに対して，音響学では周期的に振動する流れに特に注目する。このため，時間変動を含む部分と含まない部分とに分け，数式の記述を簡単にするために**複素表現**（complex expression）を用いることが有効である。角周波数 ω の単振動音波を考えると，ある位置における圧力 p と粒子速度 $\boldsymbol{v}$ は式 (1.1)，(1.2) のように表される。

$$p = \mathrm{Re}\,\{p_1 \exp(i\omega t)\} + p_\mathrm{m} \tag{1.1}$$

$$\boldsymbol{v} = \mathrm{Re}\,\{\boldsymbol{v}_1 \exp(i\omega t)\} + \boldsymbol{v}_\mathrm{m} \tag{1.2}$$

ここで i は虚数単位である。p_1 および $\boldsymbol{v}_1$ は振動の振幅と位相を表す複素パラメータであり，それぞれ**複素音圧**（complex sound pressure）と**複素粒子速度**（complex particle velocity）である。粒子速度および複素粒子速度は一般にベクトル量である。また，p_m および $\boldsymbol{v}_\mathrm{m}$ は圧力および粒子速度の定常項である。例えば大気中の音波の場合，p_m は大気圧である。また媒質である流体が一定の速度で流れている場合に $\boldsymbol{v}_\mathrm{m}$ は非零となる。以後，本章では簡単化のため，$\boldsymbol{v}_\mathrm{m} = 0$ の場合のみを考える。

音波における力学的エネルギーは，振動する流体粒子の運動エネルギーと，音圧によるポテンシャルエネルギーの形態をとる。そして，物質の移動がない場合（$\boldsymbol{v}_\mathrm{m} = 0$）においても，波の伝搬により力学的エネルギーが移動する。媒質が持つエネルギーはスカラー量であるのに対し，エネルギーの移動量はベクトル量である。

媒質を移動する力学的エネルギーは，広義の流れとして解釈できる。音波は振動現象であるため，振動の 1 周期当りのエネルギーの移動量を流れの大きさとする。単位体積当りの力学的エネルギーの流れは**音響インテンシティ**（sound intensity）と呼ばれるベクトル量で表される。単振動する流体要素における音響インテンシティは，対象の流体要素が隣の要素に加える瞬間的な仕事 $p\boldsymbol{v}$ を周期積分することで

$$\begin{aligned}\boldsymbol{I} &= \frac{\omega}{2\pi}\oint p\boldsymbol{v}\,dt = \frac{\omega}{2\pi}\oint \mathrm{Re}\,(p_1 \exp i\omega t)\mathrm{Re}\,(v_1 \exp i\omega t)dt \\ &= \frac{1}{2}\,\mathrm{Re}\,(p_1 \boldsymbol{v}_1^*)\end{aligned} \tag{1.3}$$

となる。ここで $\boldsymbol{v}_1^*$ は複素振幅 $\boldsymbol{v}_1$ の共役を表す。

簡単化のため，x 軸方向への 1 次元の音波を考えよう。単位ベクトル $\boldsymbol{e}_x$ により複素粒子速度を $\boldsymbol{v}_1 = u_1 \boldsymbol{e}_x$ と表すこととし，音圧に対する粒子速度の位相進みを ϕ とすれば，音響インテンシティ $\boldsymbol{I} = I_x \boldsymbol{e}_x$ の大きさは式 (1.4) のよう

索　　引

【あ】

圧縮増幅 *90*
アブミ骨 *186, 190*
アブラコウモリ *219*
暗騒音 *126*
安定条件 *53*
安定性解析 *21*

【い】

イアコン *128*
位相同期 *212*
位相同期放電 *267*
位置コード *209*
一対比較法 *132*
移動円滑化ガイドライン *97*
イ　ヌ *192*
イルカ *217*
因子分析 *132*
インタラクティブアート *142*
インプラント *92*

【う】

ウェーバー比 *262*
歌 *198, 244*
歌　鳥 *244*
運動量の式 *8*

【え】

鋭敏化 *255*
エコー *218*
エコー振幅補償 *225*
エコー遅延 *271*
エコーロケーション *217*
エネルギーの式 *9*
エープライム *258*
エンタルピー流 *6*
エンタルピー流束 *6*

【お】

オオクビワコウモリ *227*
音入れ *93*
音環境デザイン *114, 138*
音の高さ *128*
音のフィードバック *115*
音のユニバーサル
　デザイン *114, 141*
オノマトペ *237*
オペラント条件づけ *255*
オペラント・トラッキ
　ング法 *257*
親子間のコミュニケー
　ション *253*
音　楽 *117*
音響インテンシティ *5*
音響システム *120*
音響放射力 *65*
音源フィルタ理論 *195*
音声学習 *198*
音声交換現象 *241*
音声コード *79*
音声コード化法 *92*
音声コミュニケーション *237*

【か】

快音化 *135*
外側上オリーブ核 *207*
外側毛帯 *210*
外有毛細胞 *264*
カエル *188*
蛙飛び差分 *51*
下　丘 *210*
蝸　牛 *91*
下丘外側核 *216*
蝸牛神経核 *207*
蝸牛窓 *191*
蝸牛マイクロホン電位 *265*
拡大・代替コミュニケー
　ション *77*
拡張現実 *85, 144*
確立操作 *258*
可視化 *46, 162*
仮想現実 *144*
可聴域 *207*
可聴化 *165*
カテゴリー知覚 *262*
カテゴリー分析 *132*
カメムシ目昆虫 *252*
カメ類 *188*
加齢性難聴 *97*
感音系 *185*
感音難聴 *90*
感覚細胞 *249*
環境音 *118*

【き】

擬音語表現 *137*
機械音 *118*
キクガシラコウモリ *224*
疑似定常周波数音 *219*
基調音 *126*
基底板 *194*
気導補聴器 *89*
機能局在マップ *222*
機能的磁気共鳴画像 *271*
基本周波数 *196, 219*
求　愛 *253*
吸音材 *122*
球形嚢 *186*
吸収境界 *52*
キュードスピーチ *76*
教育工学 *171*
境界条件 *51*
魚　類 *187*

【く】

空気放出 204
クジラ 193
組合せ感受性ニューロン 268
クラスタ分析 132
クラッタフィルタ 68
グラニュラーシンセシス 131
クーラン条件 53
クーラン数 54
クリックス 229
グリッド分散 54

【け】

警戒音 238
形態素解析処理 133
系統発生 193
警報音 136
弦音器官 249
検査体積 8

【こ】

効果音 115
光学透過型ヘッドマウント
　ディスプレイ
　（光学透過型 HMD） 85
恒常法 259
喉頭下降現象 197
行動実験 131
コウモリ 192, 217
高齢者 88
鼓　室 188, 192
個体発生 193
骨固定型補聴器 89
骨導補聴器 89
骨　胞 192
鼓膜器官 249
コミュニケーション
　支援装置 77
コルチ器 194
コルメラ 188
コンパウンド 64

【さ】

最高語音明瞭度 91
最小可聴閾値 90
最小弁別角度 206
再生器 24
サイドローブレベル 62
サイン音 114, 119, 136
サウンドアート 142
サウンド・エデュケー
　ション 148
サウンドスケープ 118
サウンドマーク 127
さえずり 244
作業流体 22
雑音抑制処理 90
ザトウクジラ 230
サ　メ 188
残　響 87

【し】

ジェフレスモデル 209
視　蓋 216
耳　介 185
耳　管 188, 191
磁気ループシステム 93
刺激性制御 260
指向性 122
指向性機能 90
仕事源 16
仕事流 16
仕事流束 16
視　床 210
視線入力装置 78
膝下器官 249
実体感 114
地鳴き 244
シナリオ法 133
時分割処理 226
字幕付与システム 76
シミュレータ 160
遮音対策 122, 140
シャチ 230
車両接近通報装置 115, 138
シャント発声 77
終端基本周波数 227
周波数対応的 215
周波数定常部分 218
周波数特性 122
周波数変調部分 218
受動的音響観測 236
受容器 264
受容器電位 264
馴　化 255
馴化－脱馴化法 255
障害者差別解消法 71
上　丘 216
条件性抑制訓練 256
条件抑制 256
初期条件 51
食道発声 77
ジョンストン器官 249
神経核 207
信号音 126
人工喉頭 77
信号対雑音比 88
信号的 128
人工内耳 91
進行波位相 16
進行波説 265
伸張増幅 90
浸透深さ 14
振動膜 202
心理特性 131
心理評価 131

【す】

随意運動性 197
スタガード格子 51
スタック 23
スピーカ 122
スピーキングバルブ 77
スピーチプロセッサ 92
スペクトル重心周波数 128
スペックルトラッキング
　法 67

ずり波の伝搬 65

【せ】

性選択 197
性淘汰 244
製品音の不快感 134
生物音響学 184
生物ソナー 218
赤外線システム 95
選好度 132
全国瞬時警報システム 86
潜　時 262
前庭窓 190

【そ】

ゾ　ウ 192
騒　音 117
騒音規制 135
騒音芸術 145
騒音低減 102, 134
層状核 208
側　線 187, 210
速度分散 54
ソニックインタラク
　ションデザイン 143
ソニフィケーション 144

【た】

第１次聴覚野 221
台形体内側核 207
大細胞核 208
腿節内弦音器官 249
対　側 207
ダイナミックレンジ 90
第２倍音 219
タクタイルボコーダ 76
打　撃 202
ターゲットストレングス 234
弾性特性計測 65
断続音 137

【ち】

遅延線 208
着信音 116
中　脳 210
調　音 196
超音波パルス送信
　繰り返し周期 60
聴覚アイコン 128
聴覚空間マップ 216
聴覚障害者 88
聴覚剥奪実験 238
聴覚皮質 210
聴神経 207
調　性 124
　――の崩壊 117
聴性脳幹 207
聴性脳幹反応 263
聴性誘発脳波 262
聴能形成 151
調波構造 218
長波長近似 7

【て】

定位音 218
定在波位相 16
ディジタル音源 146
ディジタル補聴器 89
ディジタル無線方式 82
定性評価 134
ディープライム 258
定量評価 134
テキスト合成 78
デザイン 113
デザインコンセプト 131
データアート 144
デュエット 246
テラソカグラコウモリ 224
伝音系 185
電撃回避条件づけ 256
電子音 130

【と】

動因操作 258
同期検出器 209
動作音 135
同　側 207
動物心理物理学 254
頭部伝達関数 206
トノトピー 222
ドプラシフト 220
ドプラシフト補償 220

【な】

内側上オリーブ核 209
内有毛細胞 264
ナガスクジラ 230
鳴き交わし現象 241
ナビエ・ストークスの式 9
軟骨魚 186

【に】

日本語対応手話 76
日本手話 76

【ね】

音　色 124
ネ　コ 192
熱音響エンジン 21
熱音響現象 2
熱音響自励振動 20
熱音響ヒートポンプ 29
熱音響プライム
　ムーバー 21, 29
熱音響冷凍 18
熱境界層の厚さ 15
熱　流 16
熱流束 17
粘性応力 4
粘性応力テンソル 8
粘性境界層の厚さ 15

【の】

ノイズ 87

【は】

倍音構造 218
排気音 135
配列型超音波探触子 60

ハウリング 90
発声学習 200, 243
発　話 198
はばたき 204
バリアフリー化 72, 114
バリアフリー整備 97
パルス 218
パルスエコー法 59
反響定位 217
搬送波 225
反応時間手続き 257

【ひ】

ヒアリングループ
　システム 93
比エンタルピー 6
比エントロピー 6
ヒゲコウモリ 221
非侵襲的方法 262
ビームフォーミング 60
評価グリッド法 133
評価尺度対 132

【ふ】

フィールド調査 123
フェーズ・アジャスター 37
フォルマント 196
不快閾値 90
不協和音 124
複合音声 240
複合現実 85
複素音圧 5
複素表現 4
複素粒子速度 5
符号的 128
物理特性 131
ブランディング 131
ブランドイメージ 135
プラントル数 13
ブルートゥース 91
プレパルス抑制 256

【へ】

並列ビーム形成法 64
へ　ビ 190
ペルソナ手法 133

【ほ】

ホイッスル 229
母音生成 196
防災行政無線 86
報知音 79, 96, 136
補充現象 89
補聴器 88
補聴器フィッティング 89
補聴支援システム 93

【ま】

膜電位 264
摩　擦 202
マッコウクジラ 230
マッピング 92

【み】

ミュージック・コンク
　レート 145

【め】

鳴　管 199
鳴禽類 199, 244
メインローブ 62
メディアアート 142
メロディ 124
メンフクロウ 211

【ゆ】

誘導音 119
誘導鈴 104
有毛細胞 91, 264
揺すり 204
ユニバーサルデザイン 141
指点字 77

【よ】

要約筆記 76
呼びかけ 253

【ら】

ラゲナ 186
卵形嚢 186

【り】

リケルト尺度 132
リハビリテーション 93
粒子速度 4
流体の運動方程式 8
流体粒子 4
両耳間時間差 206
両耳間レベル差 206
両聴細胞 208

【る】

ループ管形熱音響冷却
　システム 28

【れ】

レスポンデント条件づけ 255
連続体 4
連続の式 8

【ろ】

ロットの理論 7

【わ】

ワイヤレス 91
話速変換装置 75
ワニ類 188

【A】

A′ 258
ABR 263
ACE 92
AR 85

【B】

BEM 163
B-flow 法 66

【C】

CF-FM コウモリ 218
close-ended learner 245
C レベル 92

【D】

d′ 258
DAW 146

【F】

FDTD 法 47, 163
FEM 163
fMRI 271
FM コウモリ 218
FM システム 94
FPGA 81
FSP 92

【G】

Go/Go 型の強制選択法 257
Go/No Go 型の継時弁別法 257

【H】

Hi-Res 92

【J】

J-ALERT 86

【M】

MEMS 81
MR 85

【O】

open-ended learner 245

【P】

PCM 音源 146

【R】

reaction time 257
RT 257

【S】

SD 法 131
shear wave elastography 法 65
SN 比 88
STI 98

【T】

T レベル 92

【V】

VR 144

【X】

xR 170

【数字】

2 センサパワー法 26

―― 編著者・著者略歴 ――

安藤　彰男（あんどう　あきお）

1978 年　九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1980 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）
1980 年　日本放送協会勤務
2001 年　博士（工学）（豊橋技術科学大学）
2013 年　富山大学教授
2021 年　富山大学退職

折野　裕一郎（おりの　ゆういちろう）

2002 年　東京工業大学工学部電子物理工学科卒業
2004 年　東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了（電子機能システム専攻）
2007 年　東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程単位取得満期退学（電子機能システム専攻）
2007 年　東京工業大学教育研究支援員
2008 年　東京工業大学科研費研究員
2012 年　滋賀県立大学特任研究員
2016 年　博士（工学）（東京工業大学）
2017 年　東京工業大学研究員
2018 年　東京大学特任研究員
2020 年　東京工業大学研究員
　　現在に至る

坂本　眞一（さかもと　しんいち）

1999 年　同志社大学大学院工学研究科博士課程（前期課程）修了（電気工学専攻）
1999 年　東レ株式会社勤務
～2002 年
2003 年　日本学術振興会特別研究員
2005 年　同志社大学大学院工学研究科博士課程（後期課程）修了（電気工学専攻）
　　博士（工学）
2005 年　同志社大学特別研究員
2008 年　滋賀県立大学准教授
　　現在に至る
2018 年　ハダースフィールド大学（英国）
～19 年　客員研究員

秋山　いわき（あきやま　いわき）

1982 年　慶應義塾大学工学部電気工学科卒業
1984 年　慶應義塾大学大学院工学研究科修士課程修了（電気工学専攻）
1987 年　慶應義塾大学大学院工学研究科博士課程修了（電気工学専攻）
　　工学博士
1987 年　相模工業大学講師
1990 年　湘南工科大学講師（大学名称変更）
1991 年　湘南工科大学助教授
1993 年　カリフォルニア大学サンタバーバラ校（米国）客員助教授
1994 年　湘南工科大学教授
2012 年　同志社大学教授
2013 年　同志社大学超音波医科学研究センター長
　　現在に至る

佐藤　雅弘（さとう　まさひろ）

1978 年　東北大学工学部通信工学科卒業
1979 年　秋田工業高等専門学校助手
1991 年　工学博士（北海道大学）
1994 年　秋田工業高等専門学校助教授
1997 年　富山大学助教授
2002 年　秋田大学助教授
2007 年　秋田大学准教授
2007 年　富山大学教授
2021 年　富山大学名誉教授

及川　靖広（おいかわ　やすひろ）

1995 年　早稲田大学理工学部電気工学科卒業
1997 年　早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了（電気工学専攻）
1997 年　日本学術振興会特別研究員
2000 年　早稲田大学大学院理工学研究科博士課程単位取得満期退学（電気工学専攻）
2000 年　早稲田大学助手
2001 年　博士（工学）（早稲田大学）
2001 年　スウェーデン王立工科大学客員研究員
2001 年　早稲田大学客員講師
2005 年　早稲田大学客員助教授
2007 年　早稲田大学准教授
2012 年　デンマーク工科大学客員教授
2012 年　早稲田大学教授
現在に至る

長谷川　英之（はせがわ　ひでゆき）

1996 年　東北大学工学部電気工学科卒業
1998 年　東北大学大学院工学研究科博士課程前期 2 年の課程修了（電気・通信工学専攻）
1998 年　日本学術振興会特別研究員
2001 年　東北大学大学院工学研究科博士課程後期 3 年の課程修了（電子工学専攻）
博士（工学）
2002 年　東北大学助手
2005 年　東北大学講師
2007 年　東北大学助教授
2007 年　東北大学准教授
2015 年　富山大学教授
現在に至る
2019 年　ルンド大学（スウェーデン）客員教授

中村　健太郎（なかむら　けんたろう）

1987 年　東京工業大学工学部電気電子工学科卒業
1989 年　東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了（電子システム専攻）
1992 年　東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了（電子システム専攻）
博士（工学）
1992 年　東京工業大学助手
1993 年　東京工業大学講師
1996 年　東京工業大学助教授
2007 年　東京工業大学准教授
2010 年　東京工業大学教授
現在に至る

荒井　隆行（あらい　たかゆき）

1989 年　上智大学理工学部電気・電子工学科卒業
1991 年　上智大学大学院理工学研究科博士前期課程修了（電気・電子工学専攻）
1992 年～93 年　オレゴン科学技術大学院大学（米国）客員研究員
1994 年　上智大学大学院理工学研究科博士後期課程修了（電気・電子工学専攻）博士（工学）
1994 年　上智大学理工学部助手
1995 年～96 年　オレゴン科学技術大学院大学客員研究員
1997 年　インターナショナル・コンピュータ・サイエンス研究所（米国）客員研究員
1998 年　上智大学講師
2000 年　上智大学助教授
2003 年～04 年　マサチューセッツ工科大学（米国）客員研究員
2006 年　上智大学教授
現在に至る

上田　麻理（うえだ　まり）

2003 年　日本大学芸術学部音楽学科卒業
2005 年　九州大学大学院芸術工学府修士課程修了（芸術工学専攻）
2010 年　九州大学大学院人間環境学府博士後期課程修了（人間環境学専攻）博士（工学）
2010 年　産業技術総合研究所／日本学術振興会特別研究員
2016 年　九州大学研究員
2017 年　ゲント大学（ベルギー）研究員
2018 年　神奈川工科大学准教授
現在に至る

白石　君男（しらいし　きみお）

1975 年　福岡大学工学部電子工学科卒業
1975 年　福岡大学医学部耳鼻咽喉科学教室勤務
1985 年　福岡大学助手
1993 年　博士（医学）（福岡大学）
2002 年　九州芸術工科大学助教授
2003 年　九州大学助教授（大学統合）
2005 年　九州大学教授
2017 年　九州大学名誉教授
2017 年　福岡大学客員教授
現在に至る

寺澤　洋子（てらさわ　ひろこ）

2000 年　電気通信大学電気通信学部電子工学科卒業
2002 年　電気通信大学大学院電気通信学研究科修士課程修了（電子工学専攻）
2003 年　スタンフォード大学（米国）音楽学科 CCRMA 修士課程修了（Music, Science, and Technology 専攻）
2010 年　スタンフォード大学音楽学科 CCRMA Ph. D. 課程修了（Computer-Based Music Theory and Acoustics 専攻）
Ph. D.（Music）
2010 年　筑波大学研究員
2011 年　科学技術振興機構さきがけ研究者
2013 年　筑波大学助教
2020 年　筑波大学准教授
現在に至る

岩宮　眞一郎（いわみや　しんいちろう）

1975 年　九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1977 年　九州芸術工科大学芸術工学専攻科修了
1977 年　九州芸術工科大学助手
1990 年　工学博士（東北大学）
1991 年　九州芸術工科大学助教授
1993 年　カリフォルニア大学ロサンゼルス校（米国）客員研究員
1998 年　九州芸術工科大学教授
2003 年　九州大学教授（大学統合）
2018 年　九州大学名誉教授
2018 年　日本大学特任教授
現在に至る

川 上　央（かわかみ　ひろし）

1991 年　東京大学教養学部中途退学
1996 年　日本大学芸術学部音楽学科卒業
1998 年　日本大学大学院芸術学研究科修士課程修了（電子音楽専攻）
1998 年　日本大学芸術学部助手
2002 年　日本大学大学院芸術学研究科博士後期課程中途退学（芸術学専攻）
2002 年　日本大学芸術学部専任講師
2004 年　博士（芸術学）（日本大学）
2005 年　フランス国立音楽音響研究所招聘研究員
2007 年　日本大学准教授
2012 年　日本大学教授
現在に至る

河原　一彦（かわはら　かずひこ）

1987 年　九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1989 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)
1989 年　東亜特殊電機株式会社（現 TOA 株式会社）勤務
1991 年　九州芸術工科大学助手
2003 年　九州大学助手（大学統合）
2007 年　九州大学助教
2017 年　博士（芸術工学）（九州大学）
2019 年　九州大学准教授
現在に至る

船場　ひさお（ふなば　ひさお）

1989 年　九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
1989 年　株式会社若林音響勤務
1993 年　千代田化工建設株式会社勤務
2007 年　九州大学大学院芸術工学府博士後期課程修了（芸術工学専攻）
博士（芸術工学）
2011 年　フェリス女学院大学専任講師
2016 年　岩手大学特任准教授
2020 年　横浜国立大学客員教授
2020 年　こどものための音環境デザイン代表理事
現在に至る

佐藤　史明（さとう　ふみあき）

1987 年　東京理科大学理工学部建築学科卒業
1989 年　東京大学大学院工学系研究科修士課程修了（建築学専攻）
1993 年　東京大学大学院工学系研究科博士課程修了（建築学専攻）
博士（工学）
1994 年　フェリス女学院大学非常勤講師
1996 年　千葉工業大学助手
1999 年　千葉工業大学講師
2002 年　千葉工業大学助教授
2010 年　千葉工業大学教授
現在に至る

須田　宇宙（すだ　ひろし）

1992 年　千葉工業大学工学部情報工学科卒業
1994 年　千葉工業大学大学院工学研究科修士課程修了（情報工学専攻）
1997 年　千葉工業大学大学院工学研究科博士後期課程修了（情報工学専攻）
博士（工学）
1997 年　千葉工業大学助手
2001 年　千葉工業大学講師
2005 年　千葉工業大学助教授
2007 年　千葉工業大学准教授
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
2006 年　東京情報大学助教授
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

加我　君孝（かが　きみたか）

1971 年　東京大学医学部医学科卒業
1973 年　帝京大学助手
1976 年　帝京大学講師
1980 年　医学博士（東京大学）
1986 年　帝京大学助教授
1992 年　東京大学教授
2000 年　東京大学医学教育国際協力研究センター長
2007 年　東京大学名誉教授
2007 年　東京医療センター・臨床研究（感覚器）センター長
2010 年　東京医療センター・臨床研究（感覚器）センター名誉センター長
2011 年　国際医療福祉大学教授
2014 年　国際医療福祉大学言語聴覚センター長
2019 年　神尾記念病院顧問
2021 年　神尾記念病院附属聴覚クリニック勤務
　　現在に至る

松尾　行雄（まつお　いくお）

1995 年　東北大学工学部電気工学科卒業
1997 年　東北大学大学院工学研究科博士課程前期 2 年の課程修了（電気・通信工学専攻）
2000 年　東北大学大学院工学研究科博士課程後期 3 年の課程単位取得満期退学（電気・通信工学専攻）
2000 年　東北大学助手
2001 年　博士（工学）（東北大学）
2001 年　東北大学 COE 研究員
2004 年　東北大学産学連携研究員
2005 年　東北学院大学助教授
2007 年　東北学院大学准教授
2015 年　東北学院大学教授
2017 年　株式会社 AquaFusion 取締役
　　現在に至る

香田　啓貴（こうだ　ひろき）

2001 年　京都大学理学部卒業
2003 年　京都大学大学院理学研究科修士課程修了（生物科学専攻）
2005 年　京都大学大学院理学研究科博士課程中途退学（生物科学専攻）
2005 年　京都大学助手
2007 年　博士（理学）（京都大学）
2007 年　京都大学助教
2012 年　セント・アンドリューズ大学（英国）客員研究員
2020 年　京都大学特定研究員
2021 年　京都大学特定准教授
　　現在に至る

関　義正（せき　よしまさ）

2003年　千葉大学文学部行動科学科卒業
2005年　千葉大学大学院文学研究科修士課程修了（人文科学専攻）
2008年　千葉大学大学院自然科学研究科博士課程修了（多様性科学専攻）
博士（理学）
2008年　メリーランド大学（米国）研究員
2010年　理化学研究所研究員
2010年　科学技術振興機構研究員
2013年　東京大学助教
2014年　愛知大学准教授
2019年　愛知大学教授
現在に至る

芦田　剛（あしだ　ごう）

2001年　京都大学理学部卒業
2002年　京都大学大学院情報学研究科修士課程修了（複雑系科学専攻）
2005年　京都大学大学院情報学研究科博士後期課程修了（複雑系科学専攻）
博士（情報学）
2007年　メリーランド大学（米国）研究員
2013年　オルデンブルク大学（ドイツ）研究員
現在に至る

高梨　琢磨（たかなし　たくま）

1996年　東京農工大学農学部環境・資源学科卒業
1998年　東京大学大学院農学生命科学研究科修士課程修了（生産・環境生物学専攻）
2001年　東京大学大学院農学生命科学研究科博士課程修了（生産・環境生物学専攻）
博士（農学）
2001年　日本学術振興会特別研究員
2002年　スウェーデン農業科学大学博士研究員
2003年　日本学術振興会特別研究員
2004年　森林総合研究所研究員
2007年　森林総合研究所主任研究員
2021年　森林総合研究所東北支所チーム長
現在に至る

赤松　友成（あかまつ　ともなり）

1987年　東北大学理学部物理学科卒業
1989年　東北大学大学院理学研究科博士課程前期2年の課程修了（物理学専攻）
1989年　水産庁水産工学研究所勤務
1996年　博士（農学）（日本大学）
1997年　国立極地研究所客員研究員
1999年　ケンタッキー大学（米国）客員研究員
2000年　水産総合研究センター水産工学研究所主任研究員
2015年　水産総合研究センター中央水産研究所主任研究員
2020年　笹川平和財団海洋政策研究所海洋政策研究部長／上席研究員
現在に至る

力 丸　裕（りきまる　ひろし）

1974 年　京都大学工学部衛生工学科卒業
1976 年　京都大学大学院工学研究科修士課程修了（衛生工学専攻）
1987 年　ノースウェスタン大学（米国）大学院 Ph. D. 課程修了（Audiology & Hearing Impairment 専攻）
Ph. D.
1987 年　ワシントン大学（米国）助手
1991 年　理化学研究所フロンティア研究員
1994 年　新技術事業団「さきがけ研究 21」研究員
1995 年　同志社大学教授
2006 年　同志社大学バイオ・ナビゲーション研究センター長
2007 年　豊橋技術科学大学客員教授
2007 年　岩手県立大学客員教授
2008 年　理化学研究所客員主管研究員
2011 年　同志社大学ニューロセンシング・バイオナビゲーション研究センター長
2015 年　東京医療センター院外研究員
2015 年　ブラウン大学（米国）客員教授
2015 年　山東大学（中国）特別栄誉教授
2015 年　東北学院大学客員研究員
現在に至る
2015 年　同志社大学名誉教授

相馬　雅代（そうま　まさよ）

2002 年　東京大学教養学部生命認知科学科卒業
2004 年　東京大学大学院総合文化研究科修士課程修了（広域科学専攻）
2007 年　東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了（広域科学専攻）
博士（学術）
2007 年　日本学術振興会特別研究員
2007 年　立教大学客員講師
2007 年　東京女子大学客員講師
2010 年　北海道大学准教授
現在に至る

向井　裕美（むかい　ひろみ）

2009 年　佐賀大学農学部応用生物科学科卒業
2011 年　佐賀大学大学院農学研究科修士課程修了（生物資源科学専攻）
2014 年　鹿児島大学大学院連合農学研究科博士課程修了（農水圏資源環境科学専攻）
博士（農学）
2014 年　日本学術振興会特別研究員
2017 年　森林総合研究所テニュアトラック型任期付研究員
2020 年　森林総合研究所主任研究員
現在に至る

眞邉　一近（まなべ　かずちか）

1980 年　日本大学文理学部心理学科卒業
1982 年　明星大学大学院人文学研究科修士課程修了（心理学専攻）
1985 年　明星大学大学院人文学研究科博士課程単位取得満期退学(心理学専攻)
1986 年　明星大学助手
1993 年　博士（心理学）（明星大学）
1993 年　デューク大学（米国）研究員
1994 年　メリーランド大学（米国）研究員
1998 年　同志社大学研究員
1999 年　大阪青山短期大学助教授
2001 年　日本大学教授
2021 年　日本大学特任教授
現在に至る

音響学の展開
Development of Acoustics

© 一般社団法人 日本音響学会 2021

2021 年 9 月 6 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　萩 原 印 刷 株 式 会 社
製 本 所　有限会社　愛千製本所

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 978-4-339-01370-2　C3355　Printed in Japan　(神保)

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。