

日本音響学会 編  
The Acoustical Society of Japan

音響サイエンスシリーズ **15**

# 音のピッチ知覚

大串健吾  
著

コロナ社

## 音響サイエンスシリーズ編集委員会

### 編集委員長

富山県立大学

工学博士 平原 達也

### 編集委員

熊本大学

博士(工学)

川井 敬二

九州大学

河原 一彦

千葉工業大学

博士(工学)

荻木 禎史

小林理学研究所

博士(工学)

土肥 哲也

神奈川工科大学

工学博士

西口 磯春

日本電信電話株式会社

博士(工学)

廣谷 定男

同志社大学

博士(工学)

松川 真美

(五十音順)

(2016年6月現在)

## 刊行のことば

音響サイエンスシリーズは、音響学の学際的、基盤的、先端的トピックについての知識体系と理解の現状と最近の研究動向などを解説し、音響学の面白さを幅広い読者に伝えるためのシリーズである。

音響学は音にかかわるさまざまなものごとの学際的な学問分野である。音には音波という物理的側面だけでなく、その音波を受容して音が運ぶ情報の濾過処理をする聴覚系の生理学的側面も、音の聴こえという心理学的側面もある。物理的な側面に限っても、空気中だけでなく水の中や固体の中を伝わる周波数が数ヘルツの超低周波音から数ギガヘルツの超音波までもが音響学の対象である。また、機械的な振動物体だけでなく、音を出し、音を聴いて生きている動物たちも音響学の対象である。さらに、私たちは自分の想いや考えを相手に伝えたり注意を喚起したりする手段として音を用いているし、音によって喜んだり悲しんだり悩まされたりする。すなわち、社会の中で音が果たす役割は大きく、理科系だけでなく人文系や芸術系の諸分野も音響学の対象である。

サイエンス (science) の語源であるラテン語の *scientia* は「知識」あるいは「理解」を意味したという。現在、サイエンスという言葉は、広義には学問という意味で用いられ、ものごとの本質を理解するための知識や考え方や方法論といった、学問の基盤が含まれる。そのため、できなかったことをできるようにしたり、性能や効率を向上させたりすることが主たる目的であるテクノロジーよりも、サイエンスのほうがすこし広い守備範囲を持つ。また、音響学のように対象が広範囲にわたる学問分野では、テクノロジーの側面だけでは捉えきれない事柄が多い。

最近では、何かを知ろうとしたときに、専門家の話を聞きに行ったり、図書館や本屋に足を運んだりすることは少なくなった。インターネットで検索し、リ

## ii 刊 行 の こ と ば

ストアップされたいくつかの記事を見てわかった気になる。映像や音などを視聴できるファンシー (fancy) な記事も多いし、的を射たことが書かれてある記事も少なくない。しかし、誰が書いたのかを明示して、適切な導入部と十分な奥深さでその分野の現状を体系的に著した記事は多くない。そして、書かれてある内容の信頼性については、いくつもの眼を通したのちに公刊される学術論文や専門書には及ばないものが多い。

音響サイエンスシリーズは、テクノロジーの側面だけでは捉えきれない音響学の多様なトピックをとりあげて、当該分野で活動する現役の研究者がそのトピックのフロンティアとバックグラウンドを体系的にまとめた専門書である。著者の思い入れのある項目については、かなり深く記述されていることもあるので、容易に読めない部分もあるかもしれない。ただ、内容の理解を助けるカラー画像や映像や音を附録 CD-ROM や DVD に収録した書籍もあるし、内容については十分に信頼性があると確信する。

一冊の本を編むには企画から一年以上の時間がかかるために、即時性という点ではインターネット記事にかなわない。しかし、本シリーズで選定したトピックは一年や二年で陳腐化するようなものではない。まだまだインターネットに公開されている記事よりも実のあるものを本として提供できると考えている。

本シリーズを通じて音響学のフロンティアに触れ、音響学の面白さを知るとともに、読者諸氏が抱いていた音についての疑問が解けたり、新たな疑問を抱いたりすることにつながれば幸いである。また、本シリーズが、音響学の世界のどこかに新しい石ころをひとつ積みきっかけになれば、なお幸いである。

2014年6月

音響サイエンスシリーズ編集委員会  
編集委員長 平原 達也

# まえがき

音のピッチとは音の高さ（音高）のことである。音の高さといえば単純そうに聴こえるが、必ずしもそうではない。例えば、母音の「ア」と「イ」をピアノの同じキーに合わせて発声してもらったとする。それを聴くとどちらが高いと感じるであろうか。同じキーだから「ア」と「イ」は同じ高さだと判断する人もいるし、また「イ」のほうが高いと判断する人もいる。

ピッチは、音の大きさ（ラウドネス）、音色とともに音の三要素と呼ばれている。しかし、それぞれの要素は独立ではない。日常生活の中では、ピッチと音色は特に混然一体となって聴覚に訴えかけてくるので、必ずしもそれらの境界は明確ではない。

ピッチは、音による外界認知や音声によるコミュニケーションに重要な働きを担っている。また音楽の分野では、ピッチはメロディーやハーモニーを構成するために必要不可欠な要素である。

ピッチ知覚の研究は古くから聴覚理論の中心的課題であった。おそらく聴覚のメカニズムがどのような構成になっているのかという素朴な疑問を解くために、重要な手掛かりになる現象だったということも一因であろう。聴知覚の諸現象のうちでは、ピッチ知覚現象は最も古くから科学的研究が行われており、研究の数も最も多いと思われる。また分野としては、数学、物理学、心理学、生理学、脳科学、音楽理論、その他のさまざまな広い分野に関連している。

執筆者として最も頭を悩ませたのは、さまざまな観点から行われてきたこれまでのピッチ知覚の研究をいかに分類し体系化するかという問題であった。関連文献を読み進めながらさまざまな試みの末に、下記のような分類を行い、書き終えることができた。

第1章の音の物理的性質については、音響物理についての入門書や専門書は

多いので、最小限のことだけを述べている。

第2章は、ピッチ知覚のメカニズムを理解するために必要な聴覚系の構造や機能について紹介する。聴覚的な情報は、聴神経から大脳皮質聴覚野までニューロンの発生する神経インパルスによって伝送されている。そこでピッチ知覚を生み出す時間情報（神経インパルス列の時間パターン）と場所情報（神経インパルスの数の場所パターン）の生理学的基礎として重要な、基底膜、有毛細胞、聴神経（第1次ニューロン）についてはかなり詳しく述べている。また、最近発展の著しい大脳皮質聴覚野の神経科学的研究についても述べている。

第3章は、そもそもピッチが1次元的性質（トーンハイト）と循環的な性質（トーンクロマ）の両者からなっていること、それらのおのおのに関連するピッチの諸現象について解説している。またピッチのある部分が音色の要素とも解釈されること、さらにJISでも採用されているピッチの単位メルについての問題点なども取り上げている。

第4章は、すべての音の基本となる純音（正弦波音）のピッチに関連する基礎的な心理実験結果について解説している。純音のピッチは、音の強さや持続時間、あるいはほかの音の存在により変化する。

第5章は、本書の心臓部に当たる最も重要な部分である。複合音のピッチに対する19世紀のSeebeckとOhmの論争からHelmholtzのピッチ理論、のちにそれに対抗したSchoutenのレジデュール理論などから始まるさまざまなピッチ知覚研究について紹介する。さらに、複合音のピッチの聴き方には総合的聴取と分析的聴取があること、純音のピッチは必ずしもその周波数に等しい基本周波数をもつ複合音とは一致しないこと、部分音のピッチ、分解される複合音と分解されない複合音のピッチ知覚、雑音のピッチなど、さまざまな内容を盛り込んでいる。

第6章は、自己相関モデル、パターン認識モデルやMooreのモデルなどのピッチ知覚のモデルについて解説している。

第7章は、ほかの章とは内容やスタイルが大きく異なるが、音楽における

ピッチ知覚の問題や音律の問題を扱っている。本章は、これまでに音楽系、音楽教育系の大学生に対して行った音律についての授業内容が中心になっている。数学的に各音律の周波数を計算するなどということは考えたこともなかった学生が大部分であったが、多くの学生がこの内容について強い興味を示した。セント値に関する簡単な例題も掲載している。

最後に第8章は、しばしば議論になるピッチの定義に関する変遷について補足的に資料を追ってみた。また、ピッチ知覚研究の今後の課題について簡単に考えを述べている。

専門書は内容自体が難しいことが多く、どうしても難しく読み難くなる傾向があるように感じるが、本書はできるだけわかりやすく読めるよう表現することに努めた。必ずしもそのような意図が十分に実現できたとは思えないが、多くの初学者や研究者の方々の参考になれば幸いである。

最後に、本書を出版する機会を与えていただいた日本音響学会（平原達也編集委員長）およびコロナ社に深く感謝の意を表する。

2016年10月

大串 健吾

# 目 次

## 第1章 音の物理的性質

1.1 音 と 音 波 .....	1
1.2 音の時間波形 .....	1
1.3 音のスペクトル .....	4
1.4 音圧と音圧レベル .....	5

## 第2章 聴覚系の構造と機能

2.1 聴覚系の構成 .....	7
2.2 外 耳 .....	9
2.3 中 耳 .....	9
2.4 蝸 牛 .....	10
2.4.1 蝸牛の構造 .....	10
2.4.2 基底膜 .....	12
2.4.3 有毛細胞 .....	17
2.5 聴 神 経 .....	20
2.5.1 聴神経の構造と機能 .....	20
2.5.2 静 的 特 性 .....	21
2.5.3 動 的 特 性 .....	24
2.6 蝸牛神経核から内側膝状体までにおける神経核の構造と応答特性 .....	33
2.6.1 蝸牛神経核 .....	33
2.6.2 上オリーブ複合体 .....	35



2.6.3	下丘	36
2.6.4	内側膝状体	37
2.7	純音刺激に対する応答の位相固定	38
2.8	変調伝達関数 (MTF)	38
2.9	大脳皮質聴覚野	39
2.9.1	ヒトとサルのピッチ知覚特性	40
2.9.2	サルの聴覚皮質	41
2.9.3	ヒトの聴覚皮質	44
2.9.4	聴覚皮質ニューロンの特性	46
2.9.5	ピッチセンター	48

### 第3章 ピッチとは何か

3.1	ピッチの定義	51
3.2	ピッチの構造	52
3.2.1	ピッチのらせん構造モデル	52
3.2.2	ピッチと音色	54
3.2.3	ピッチの時間情報と場所情報	55
3.3	音楽的ピッチの諸特性	56
3.3.1	オクターブ類似性	56
3.3.2	音楽的ピッチの周波数範囲	58
3.3.3	音楽的ピッチを伝送する情報	62
3.4	無限音階	62
3.4.1	無限音階構成音のスペクトル	62
3.4.2	無限音階構成音に対する聴神経の反応	64
3.4.3	ピッチ比較判断の個人差とその要因	66
3.4.4	無限音階構成音を用いた旋律	67
3.5	オクターブ伸長現象	68
3.5.1	オクターブ伸長現象の実験データ	68
3.5.2	オクターブ伸長を説明する理論	70

3.5.3 多重オクターブの伸長幅	72
3.6 ピッチの音色的側面（音色的ピッチ）の特性	72
3.7 ピッチの単位「メル」とその問題点	73
3.8 周波数と空間的高さとの関係	77

## 第4章 純音のピッチ

4.1 純音の可聴周波数範囲	79
4.2 周波数弁別閾	79
4.3 持続時間とピッチ	81
4.4 ピッチに及ぼす音圧レベルの影響	83
4.5 他音の存在によるピッチシフト	85
4.5.1 雑音によるピッチシフト	85
4.5.2 先行音によるピッチシフト	86

## 第5章 複合音のピッチ

5.1 初期の聴覚理論 - 時間説と場所説の論争 -	88
5.2 レジデュー理論の出現	91
5.2.1 Schouten の実験	91
5.2.2 レジデュー理論	92
5.2.3 複合音の成分の周波数シフト実験	94
5.2.4 マスキング実験による場所説の否定	95
5.2.5 振幅変調音によるピッチ知覚実験	96
5.2.6 ピッチシフトの第1効果と第2効果	98
5.2.7 レジデューピッチの存在領域	100
5.2.8 結合音によるピッチシフトの第2効果の説明	101
5.3 差音と結合音	103

5.3.1	聴覚の非線形特性による結合音の発生	103
5.3.2	結合音の可聴性	104
5.3.3	結合音の大きさ	106
5.4	総合的聴取と分析的聴取	107
5.4.1	総合的聴取と分析的聴取の区別	107
5.4.2	聴覚フィルタ	107
5.4.3	部分音の分解性	109
5.4.4	総合的聴取か分析的聴取か？	112
5.4.5	聴取モードに及ぼす白色雑音の影響	114
5.4.6	純音の低調波ピッチ	115
5.4.7	部分音のピッチシフト問題	117
5.4.8	両極性周期的パルス列音のピッチ	118
5.5	総合的聴取によるピッチ	120
5.5.1	複合音の多重ピッチ-純音とのピッチマッチング-	120
5.5.2	ピッチの支配領域	122
5.5.3	基本周波数からのピッチシフト	123
5.5.4	音程判断における正答率	125
5.5.5	周波数成分間の位相効果	128
5.5.6	基本周波数の弁別閾	131
5.5.7	変調周波数の弁別閾	133
5.5.8	持続時間による周波数弁別閾の変化	133
5.5.9	ダイコティック聴取によるピッチ	134
5.5.10	分解されない倍音群の弁別	135
5.5.11	ピッチ知覚に及ぼす異なる周波数領域での 干渉効果	135
5.6	雑音のピッチ知覚	136
5.6.1	雑音の断続と振幅変調の効果	136
5.6.2	くし形フィルタを通した雑音のピッチ	137
5.6.3	雑音による両耳ピッチ	139

## 第6章 ピッチ知覚モデル

6.1 自己相関モデル .....	142
6.2 パターン認識モデル .....	143
6.2.1 Wightman のパターン変換モデル .....	144
6.2.2 Goldstein の最適処理論 .....	145
6.2.3 Terhardt の周波数分析と学習の理論 .....	146
6.2.4 パターン認識モデルへの批判 .....	149
6.3 Moore のモデル .....	149

## 第7章 西洋音楽におけるピッチ問題

7.1 音高と音程 .....	151
7.2 基準ピッチ .....	152
7.2.1 歴史的変遷 .....	152
7.2.2 演奏における基準ピッチ .....	154
7.3 音律とは何か .....	155
7.3.1 平均律 .....	156
7.3.2 ピタゴラス音律 .....	159
7.3.3 純正律 .....	162
7.3.4 その他のおもな音律 .....	165
7.3.5 音程の数値化 - セントの計算法 .....	168
7.3.6 ピアノの調律曲線と心理的評価 .....	170
7.3.7 音階演奏における音程の測定 .....	172
7.3.8 音律の心理的評価 .....	174
7.3.9 平均律クラヴィーア曲集は平均律で演奏されたか？ .....	176
7.4 絶対音感 .....	177
7.4.1 絶対音感とは .....	177
7.4.2 絶対音感と年齢 .....	177
7.4.3 絶対音感に関する実験的研究 .....	178

7.4.4 絶対音感の問題点 .....	179
7.4.5 移動ド唱法と固定ド唱法 .....	181
7.4.6 高齢化に伴う音高の変化 .....	182

## 第 8 章 補遺と今後の課題

8.1 ピッチの定義の変遷 .....	184
8.2 ピッチ知覚研究の今後の課題 .....	185
8.2.1 時間情報の多様性 .....	185
8.2.2 周波数の高い純音および複合音の音楽的ピッチ .....	186
8.2.3 上位ニューロンの神経インパルスの同期性の低下 .....	186
8.2.4 最終的なピッチ判断 .....	187

引用・参考文献 .....	188
---------------	-----

索引 .....	205
----------	-----

# 第1章

## 音の物理的性質

### 1.1 音と音波

音とは、音波またはそれによって起こされる聴覚的感覚（音感覚ともいう）である。すなわち、音（tone, sound）という用語は、物理的な意味と感覚的な意味の両方に使用される。物理的な意味をより明確に表現する場合には、音波（sound wave）という用語を用いることもある。音波は空気あるいはその他の気体、液体、固体などの物質の中を伝わっていく振動である。空気中を伝わる音波は、おもに物体の振動によって生じる窒素や酸素などの気体分子の密度の疎密波である。なお、真空の空間中では媒質が存在しないので、音波は伝わらない。

### 1.2 音の時間波形

われわれが日常的に聴く自然界の音は、雨の音、川の流れる音、鳥や動物の鳴き声、風で木の葉が揺れる音、また人の話声、音楽の演奏音、交通騒音など多種多様である。しかもほとんどの音は感覚的にさまざまな音が入り混じり、時間的にも変化している。しかし、それらの音を分析すれば、さまざまな周波数のさまざまな位相をもつ正弦波の集合で表すことが可能である。

そこで、初めに気体分子の疎密の状態が正弦波状に変化している音波について述べる。このような波を**正弦波**（sinusoidal wave）と呼び、単一正弦波から

## 2 1. 音の物理的性質

なる音を純音 (pure tone) という。

図 1.1 は、音圧が正弦波状に変化した場合の、空間上のある場所（例えば、聴き手の右耳の入口）での空気の中の気体分子の分布状態を示す模式図である。横方向は時間で、気体の密度の高い部分と低い部分が周期的に現れていることを模式的に示している。この図の疎密の差は、わかりやすくするためにきわめて大きくしているが、実際には大気圧を中心としたわずかの差（非常に強い音の場合でも数千分の 1 程度）である。図 1.1 においては、横軸は時間、縦軸は気圧を示す。横方向の破線は大気圧を示し、実線は瞬時音圧 (instantaneous sound pressure) という。1 秒間に繰り返される音圧の周期的変化の数を周波数 (frequency) という。単位は Hz である。図 1.1 の中で、圧縮状態 (密) のピークから次のピークまでの時間を周期 (period) という。1 秒間の周期の数が周波数であるから、周波数  $f$  と周期  $T$  は逆数関係になる。すなわち

$$f \times T = 1 \quad (1.1)$$

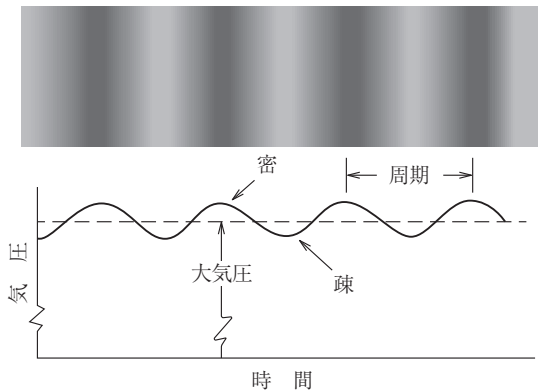


図 1.1 純音による気体分子の疎密状態の時間的変化とその波形表示

図 1.1 の曲線は瞬時音圧の時間的変化を示したものであるが、これを音の時間波形あるいは単に波形といい、後述のスペクトルとともに音の物理的性質を表現するために頻繁に使用する。

音波が正弦波である場合、時刻  $t$  における瞬時音圧  $P(t)$  は

$$P(t) = A \sin(2\pi ft + \theta) \quad (1.2)$$

として表される。ここで、 $A$  は音圧変化の**振幅** (amplitude),  $\theta$  は**位相** (phase) である。この正弦波が音として知覚された場合、この音を周波数が  $f$  [Hz] である**純音**という。あらゆる音の中で、感覚的には純音が最も濁りのない澄んだ音色をもつ。自然界には純音はほとんど存在しないが、ラジオの時報の音は純音である。

周波数が異なる複数の純音が混合した音が**複合音** (complex tone) である。複合音のうち、弦楽器や管楽器のように**音の高さ** (pitch) の明確な楽器音や音声中の母音はほぼ周期的波形をもち、これらを**楽音** (musical tone) と呼ぶ。

周期波形をもつ**複合音**の瞬時音圧は

$$p(t) = \sum_{n=1}^m A_n \sin(2n\pi ft + \theta_n) \quad (1.3)$$

と表される。ここで、 $m$  は倍音の最高次数である。このように周波数が  $f$ ,  $2f$ ,  $3f$ , …などの正弦波を合成した音を**調波複合音** (harmonic complex tone) あるいは**周期的複合音** (periodic complex tone) と呼ぶ。この場合、 $f$  を**基本周波数** (fundamental frequency) と呼び、この成分を基本波、周波数が  $2f$ ,  $3f$ , …などの各成分を**高調波** (harmonic) という。また、基本波に対応する音を基音、第  $n$  高調波に対応する音を第  $n$  倍音という。**基音**と**倍音**のそれぞれを**部分音** (partial) ともいう。それぞれの部分音を**周波数成分** (frequency component) と呼ぶこともある。このような複合音は、音の高さが基本周波数に等しい周波数の純音とほぼ等しい。なお、式 (1.3) から容易に想像できるように、各倍音の位相  $\theta_n$  の値によって波形は変化する。

しかし、部分音の周波数が必ずしも倍音関係になっていない複合音もある。このような複合音は**非調波複合音** (inharmonic complex tone) あるいは**非周期的複合音** (nonperiodic complex tone) と呼ぶ。心理実験などで用いるため、非調波複合音はしばしばコンピュータなどにより合成される。

また、滝の音や雨の音のように音の高さが明確でない音も複合音ではあるが、理論的には連続的な無限個の周波数成分から合成されているとみなすこと



#### 4 1. 音の物理的性質

ができる。これらの音は**雑音**あるいは**ノイズ** (noise) と呼ばれ、基音や倍音は存在しない。なお、雑音には「必要とされない音」という意味もある。

英語で sound も tone も日本語では音と訳されるが、sound は一般的に音を表すのに対し、tone は一定の高さをもつ音（波形が周期的な音）を指すことが多い。

### 1.3 音のスペクトル

ある音について、どのような周波数成分がどのような強さの割合で含まれているのかを示した図を**スペクトル** (spectrum) という。横軸に周波数、縦軸に各周波数成分の振幅 [式 (1.3) の  $A_n$ ] を示した図を**振幅スペクトル**、また縦軸に各周波数成分の位相 [式 (1.3) の  $\theta_n$ ] を示した図を**位相スペクトル**と

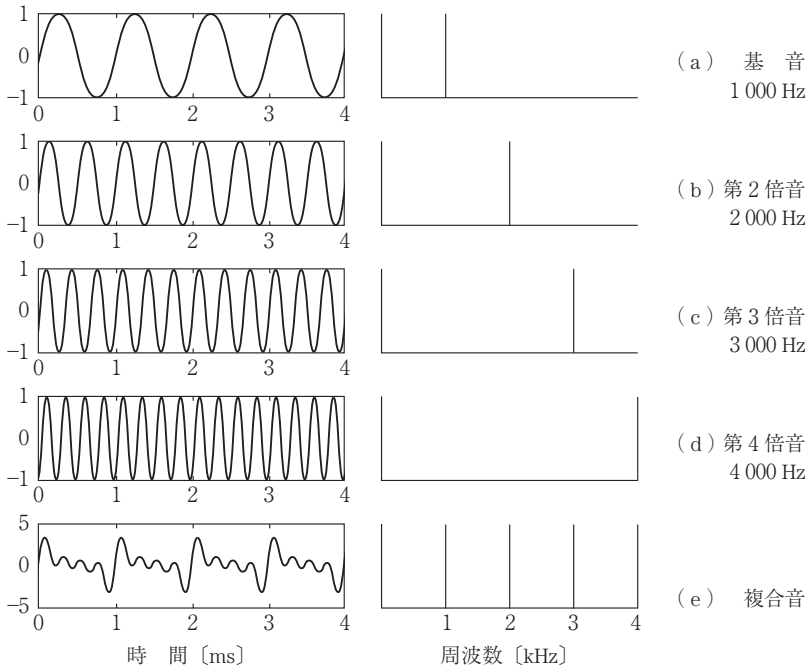


図 1.2 複合音の波形と振幅スペクトルの例

呼ぶ。式 (1.2) と式 (1.3) は、音波を音響波形として時間領域で表現したものであるが、スペクトルは周波数領域での表現である。時間領域での表現は周波数領域での表現に等価に置き換えられる。図 1.2 は、基本周波数が 1000 Hz の基音から第 4 倍音までの成分からなる複合音の、各成分とそれらを加算（合成）した複合音の波形と振幅スペクトルを対にして描いたものである。図 1.2 (e) の複合音波形を見ると、周期が基音（1000 Hz）と等しくなっていることが示されている。

## 1.4 音圧と音圧レベル

図 1.1 に示したように、瞬時音圧は時間とともに変化するが、瞬時音圧の 2 乗平均平方根つまり実効値（root mean square, RMS）が音圧（sound pressure）である。すなわち、瞬時音圧を  $P(t)$ 、波形の周期を  $T$  とすれば、音圧  $p$  は

$$p = \sqrt{\frac{1}{T} \int P^2(t) dt} \quad (1.4)$$

と表される。瞬時音圧の最大値を 1 とすれば、（実効）音圧の値は  $1/\sqrt{2}$ （= 0.707）となる。音圧の単位は Pa（パスカル）で、1 Pa は単位面積（=  $1 \text{ m}^2$ ）当り 1 N（ニュートン）の力が加わったときの圧力である。なお、人の最小可聴音圧は  $20 \mu\text{Pa}$ （=  $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ ）、最大可聴音圧（強い不快感あるいは痛みを感じる）は 20 Pa である。大気圧は 1013 hPa（=  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ）であるから、最大可聴音圧でも大気圧の 0.02% の変動幅にすぎない。

最大可聴音圧と最小可聴音圧の比は  $10^6$  という大きな値になるので、そのままの数字で音圧を表現すると直感的にわかり難く不便である。そこで、問題にしている音圧  $p$  と基準音圧  $p_0$  の音圧比の常用対数を取り、この値に 20 を掛けた値を音圧レベル（sound pressure level, SPL）と呼ぶ。すなわち、ある音の音圧レベル  $L_s$  は

$$L_s = 20 \log_{10} \left( \frac{p}{p_0} \right) \quad [\text{dB}] \quad (1.5)$$

# 索引

<hr/> <p style="text-align: center;"><b>あ</b></p> <hr/> <p>明るさ 73</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>い</b></p> <hr/> <p>位相 3 位相固定 25 位相スペクトル 4 1次聴覚野 42 移動ド唱法 181</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>う</b></p> <hr/> <p>ヴェルクマイスター音律 166</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>お</b></p> <hr/> <p>横側頭回 41 応答野 21 オクターブ伸長現象 68 オクターブ類似性 56 音 1 ——の高さ 3, 51 ——の法輪 53 音圧 5 音圧レベル 5 音楽的ピッチ 53 音高 51, 151 音色的ピッチ 53, 72 音程 51, 151 音波 1 音律 155</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>か</b></p> <hr/> <p>外耳 9 外側溝 41 外側ベルト領域 42 外有毛細胞 17 下丘 36 蝸牛 10 蝸牛神経核 33 楽音 3 感覚レベル 6</p>	<hr/> <p style="text-align: center;"><b>き</b></p> <hr/> <p>基音 3 基底膜 12 機能地図 42 基本周波数 3 キルンベルガー音律 167</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>く</b></p> <hr/> <p>繰り返しピッチ 137 クリックピッチ 82 クロマ円 53</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>け</b></p> <hr/> <p>結合音 103</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>こ</b></p> <hr/> <p>コア領域 42 高調波 3 固定ド唱法 181 5度円 157</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>さ</b></p> <hr/> <p>最適処理理論 145 最良周波数 22 差音 104 雑音 4 3次の結合音 104</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>し</b></p> <hr/> <p>耳音響放射 19 時間説 89 時間ピッチ 56 自発性放電 3 周期的複合音 1 周波数局在性 34 周波数成分 3 周波数弁別閾 79 純音 2, 3 順行性マスキング 111 瞬時音圧 2 純正律 163</p>	<hr/> <p>順応特性 24 上オリーブ複合体 35 消去音 106 上側頭回 41 上側頭溝 41 神経興奮パターン 23 神経自己相関器 142 振幅 3 振幅スペクトル 4 心理的オクターブ 68</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>す</b></p> <hr/> <p>スペクトル 4 鋭さ 73</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>せ</b></p> <hr/> <p>正弦波 1 絶対音感 177 セント 156 旋律的ピッチ 53</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>そ</b></p> <hr/> <p>総合的聴取 107 総合的ピッチ 107</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>た</b></p> <hr/> <p>大脳皮質 39</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>ち</b></p> <hr/> <p>緻密さ 73 中耳 9 中全音律 165 聴神経 20 調波複合音 3</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>て</b></p> <hr/> <p>テンプレートマッチング 143</p> <hr/> <p style="text-align: center;"><b>と</b></p> <hr/> <p>等価矩形帯域幅 107 同期係数 28 同期指標 28</p>
---	---	--

同調曲線	21	反復リブル雑音	49, 139	分析的聴取	107
特徴周波数	22			分析的ピッチ	107
トノトビー地図	34	<b>ひ</b>			
トーンクロマ	53	ピークファクター	6	<b>へ</b>	
トーンハイト	52	微細構造理論	99	平均律	156
トーンピッチ	82	非周期的複合音	3	ヘシユル回	47
		ピタゴラス音律	160	変調伝達関数	32, 38
<b>な</b>					
内 耳	10	非調波複合音	3	<b>め</b>	
内側膝状体	37	ピッチ	51	メ ル	51, 73
内側ベルト領域	42	ピッチクラス	53	<b>よ</b>	
内有毛細胞	17	ピッチシフトの第1効果	98	抑制野	22
		ピッチシフトの第2効果	99	<b>り</b>	
<b>の</b>					
ノイズ	4	ピッチセンター	48	両耳エッジピッチ	141
		ピッチ選択ニューロン	50	臨界帯域幅	107
		ピッチハイト	53	<b>れ</b>	
<b>は</b>					
倍 音	3	ピッチ弁別干渉	136	レジデュー	93
ハギンスピッチ	139	比弁別閾	80	レジデューピッチ	93
場所説	89	<b>ふ</b>			
場所ピッチ	56	複合音	3	レジデュー理論	91
発火閾値	22	——のピッチ	107		
パラベルト領域	42	部分音	3		
		——のピッチ	107		

<b>A</b>			<b>I</b>			<b>P</b>		
AI	43	IC	36	PDI	136			
<b>B</b>			IRN	49, 139	PST ヒストグラム	24		
BF	22	ISI ヒストグラム	25	<b>R</b>				
<b>C</b>			<b>L</b>					
CB	107	LS	41	RT 野	43			
CF	22	<b>M</b>			R 野	43		
CN	33	MGB	37	<b>S</b>				
<b>E</b>			MTF	32, 38	SOC	35		
ERB	107	<b>O</b>			SPL	5		
<b>H</b>			OAE	19	STG	41		
HG	47			STS	41			

— 著者略歴 —

大串 健吾 (おおぐし けんご)

- 1961年 京都大学工学部電気工学科卒業  
日本放送協会 (NHK) 入局 (松山中央放送局技術部)  
1965年 NHK 放送科学基礎研究所視聴科学研究室  
1974年 工学博士 (京都大学)  
1984年 NHK 放送技術研究所音響聴覚研究部  
1988年 京都市立芸術大学音楽学部教授  
2003年 京都市立芸術大学音楽学部学部長, 同大学院音楽研究科長  
2004年 京都市立芸術大学名誉教授

## 音のピッチ知覚

Pitch Perception of Tones

© 一般社団法人 日本音響学会 2016

2016年12月28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  
東京都千代田区外神田2-18-20  
ナカウラ第5ビル2階  
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

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 978-4-339-01335-1 (大井) (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・転載は著作権法上で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