

小特集—音楽演奏のための音響学—

音楽用語の整理

——ピッチ、音程、音階、調律を軸に——*

津崎 実 (電気通信大学/京都市立芸術大学)**

1. はじめに

音楽音響学の領域の基本的な方法論は音響物理学であると筆者は理解している。ここに近年では情報処理的や信号処理という側面も加わって来ているかもしれない。いずれにせよ、音楽音響学は音楽そのものを対象とする音楽学や音楽理論とは趣の異なるものであろう。しかしながら、探求するものが楽器の持つ音響特性などであっても、それらが音楽の実現の場面で用いられている以上、音楽の概念を参照しつつ、研究成果を記述していかなければならない。

その際に、音楽用語の使用は避けられない。ところが、音楽用語にはしばしば混乱を招くものが多いように思われる。音楽の中心地がヨーロッパの各地を変遷していったことにより、用いられる言語が変わっていくことも混乱要因であろう。特に我が国では明治維新以降急速にヨーロッパの伝統を取り込んだため、ラテン語、イタリア語、ドイツ語、フランス語が堰を切った濁流のように注ぎ込んできてしまった。その結果、五線譜上の「ソ」(ラテン語由来)の位置にあるG(ドイツ音名かつ英語由来)の記号はト音記号(イロハ由来)と言っている始末である(4.6節参照)。

これらの音楽理論の体系は実技重視での教育を受けた音楽専門教員にとっても厄介なものである。体系立てて理解するよりも、「符丁」としてどのように演奏すれば良いかが分かれば十分なものとなり易い。その結果、音楽音響の分野にも混乱が起る可能性があり、その混乱を少しでも減らすこ

とが本解説の目的である。

2. Pitch Interval と Pitch

この原稿を依頼される際に真っ先に言われたのが、この pitch interval と pitch, つまり音程とピッチの混同の例であった。これは音響学会特有の混同ではなく、むしろ音楽教育の実践の現場でも多くみられる混同である。

それぞれの英語訳(原語)を考えると両者は完全に違うものであることが明白である。

音程の原語である pitch interval は平たく訳せば「ピッチの隔たり」である。ここで「オンテイ」と言う聞いただけでは意味がピンときにくい言葉を使えば「音楽ではピッチのことをオンテイと言います」などと言ってしまう。これは「音楽ではピッチのことをピッチの隔たりと言います」と言っているようなもので、日本語として破綻していることは明らかである。

実際には音楽大事典をしっかりと調べれば音程とピッチ(音の高さ)はしっかりと区別されていることが分かる。演奏に携わる人が「感覚的に混同してしまっているだけである。この混同が生じることは理解できないものでもない。何故なら音楽的な文脈においては音が個別に切り離されていることはほとんどなく、ほとんどの場合主となる音、すなわち主音との相対関係つまり音程で捉えられる。

主音が固定されている状況では、主音に対して作られた第2音のピッチが低いと、音程が本来よりも狭いということになり、音程が狭い、と指摘しようとして「今の音程は低い」と指摘してしまうのであろう。

3. Key と Keyboard

計算機用語として keyboard はキーボードとカタカナ表記されることが大半で鍵盤ということは

* Organizing musical terms: Focusing on pitch, pitch interval, scale, and tuning.

** Minoru Tsuzaki (The University of Electro-Communications, Chofu, 182-8585/Kyoto City University of Arts, Kyoto, 600-8601) e-mail: minoru.tsuzaki@mac.com

[doi:10.20697/jasj.81.7.466]

少ない。しかし、音楽では keyboard に対して鍵盤という言葉が伝統的に用いられている。鍵盤とは複数の鍵（けん）を配置した文字どおりの盤のことを指し、特定のひとつの鍵のことは指さないが、うっかりすると「CとGの鍵盤を押さえる」と記述してしまったりする。

正しくは「CとGの鍵を押さえる」である。これも「鍵」と書いただけでは「けん」のことなのか「かぎ」なのかが分かりにくく、前者を明示しようという思いからついつい鍵盤という言葉を使ってしまうためかもしれない。キーとしていけば問題は起きないわけであるが、カタカナ用語の乱用を嫌うタイプの人もある。実は原語の key にはレバーの意味があり、楽器の場合はその意味合いであり、梃子と訳すのが正解だったのかもしれない。カリオンベルの操作装置などはまさしく梃子という表現がぴったりである。

4. Solmization と Absolute Note Names

4.1 ドレミと ABC

楽譜上の音符でピッチに言及する場合、まず一般的に馴染み深い呼称はドレミであろう。しかし、少し音楽に詳しい人は、C音とかA音などの呼称を使い出す。ドレミファソラシドはCDEFGABCと等しいと考えている人も少なからずいるであろう。実はこれは等しくない。

この場合、音楽教育的な視点と学術的な視点をそれぞれ考慮するべきである。まず学術的には階名と音名という概念がそれぞれ存在する。そのうちの階名をドレミファソラシドで参照する。対して音名をCDEFGABCで参照する。今日の西洋調性音楽の大系では、いわゆる全音階はその主音を任意の絶対周波数で実現することができる。つまり、主音に対しての音階上の各音の相対位置に同形性があれば絶対的なピッチが違っていてもすべて全音階と言える。これは旋律を移調しても「同じ旋律」であると捉える人間の知覚過程と親和性がある。

一方、音名はピッチを決定する絶対基本周波数と（現代では）対応している。現代の音楽観ではオクターブ等価性を認めることが大半であるため、ひとつのアルファベットは単一の周波数ではなく、オクターブ系列の音のセットに対応する。ちなみに音名はある種規格化された離散的な集合で、例えばAという音名は110, 220, 440, 880 Hzの基本

周波数を持つ音を示す。440 Hzではなく442 Hzに基準を合わせるといような微細な違いがあっても、どちらもAとして認識できれば、それらは同じ音名を持つとするのでよい。

4.2 音名とピッチクローマ

音名と類似した概念にピッチ・クローマがある。半音階は英語で chromatic scale というので、音名とピッチ・クローマは同義と見なしても構わないように思われるかもしれないが、両者には微妙な違いがある。音名は標準ピッチ（またオーケストラ・ピッチ）を基準とした半音階から著しく逸脱した場合には特定できない一方で、ピッチ・クローマは人間の知覚過程の結果として、2音間にオクターブの等価性が感じられた場合に同じクローマを感じたと記述する場合に使える。例えば、Aの約50 cent上の音、Aを440 Hzとすれば453 Hzの音は、AとしてもA \sharp としても調律が狂っているため、対応する音名が不確定だったり、不安定だったりする。しかし、453 Hzとその1オクターブ上906 Hzの音はオクターブ等価性があることは知覚でき、その場合は両者は同一クローマを持つと言うことができる[1]。つまり同一音名を持つ音同士は当然同一クローマを持つが、標準ピッチから逸脱しており音名が不確定な音も2音間にオクターブ等価性があれば同一クローマを持つと言える。

以上のように階名と音名は学術的には区別をするのが正しい。しかしながら、実践面上の利便性や文化圏による伝統から両者の区別を持たない実態が存在する。例えば、イタリア語圏、フランス語圏では音名にも階名にもドレミを使用する。

また、教育上の効果を考えて固定ドシステムを採用する音楽教育の現場も存在している。固定ドシステムとは音階上の主音をドとする移動ドシステムとは異なり、音名Cの音をドとして固定した呼称を採用する教授法である。万能の教授法は存在しないので、固定ドと移動ドのいずれが効果的であるかは効果の判定法が異なれば異なる結論になり、固定ドは間違っているとは一概に言えないが、階名と音名の概念の違いは知っておくべきであろう。

4.3 Solmization の起源

このようにピッチの違いやその相対関係に対して階名あるいはドレミを対応させることを英語では solmization と言い、日本語ではそのままソルミ

ゼーションとカタカナ表記する場合と、階名唱法という訳語を当てる場合がある。音楽大事典ではソルミゼーションには音名を当てる場合も含んだ解説がされており、また必ずしも「歌唱法」というものには限定されていない。一方で、New Grove Dictionary では“the use of syllables in association with pitches as a mnemonic device for indicating melodic intervals” となっており、ここでも歌唱に限定はされていない。日本語訳としては階名呼称法とするほうが適切であろう。

solmization の語源が sol (ソ), mi (ミ) であり、このシステムが考案された 11 世紀には相対関係をどう表すかが問題であったので、絶対的基本周波数を意識しない階名で参照することには妥当性がある。ピッチが周波数、あるいは周期によって決まるという考え方が発露するのは 16 世紀のルネサンスになってからとされる。

ここでなぜドレミファソラシドであるかについて歴史的な経緯を含めて解説する。今日の我々は音階システムについて理解するときに、漫然と五線譜とピアノという楽器を前提にしがちである。その一方でオクターブの等価性や移調等価性についても暗黙のうちに前提としている。

音楽史の専門家を目指すわけではない研究者にしてみれば、手っ取り早く「現状」の仕組みを理解することが優先され、歴史的な変遷を説くことは煩わしいだけと思われがちである。実際に筆者もそう思ったし、拙稿を執筆するに当たり改めて調べ直した過程ではその煩わしさを再認識した。しかし、最終的に納得をするためにも歴史的な経緯の説明は必要である。

まず今日のドレミファソラシドつまり全音階を効率的に理解するためには、第 6 章で解説するようにピタゴラス学派によって提案された完全 5 度の積み上げと必要に応じたオクターブ下への移動を 6 回繰り返して 7 音を作るということを理解すれば十分かもしれない。しかし、このような説明で留めておくと「ピタゴラス学派の考え方がそのまま今日に続いているわけではない」「ドレミはそもそもドレミではなかった」などと音楽史に詳しい人たちから指摘されてうろたえることになる。ではどのような変遷を辿ったのであろうか。

4.4 ヘクサコルドと「聖ヨハネ聖歌」

ソルミゼーションはイタリアのアレッツォのグ

イード (Guido d'Arezzo) によって、グレゴリオ聖歌の暗記法として「聖ヨハネ聖歌」を用いて考案された。この際にグイードが則ったのはヘクサコルド (hexachord) という 6 (ヘクサ) つの音 (ピッチ) からなる音階である。この六つのピッチのセットは相対的なものであり、その第 1 音から第 6 音までにそれぞれ Ut, Re, Mi, Fa, Sol, La という階名を振った。これは Column 1 の「聖ヨハネ聖歌」の歌詞の各行の冒頭の音韻を取ったもので、聖歌はその出だしのピッチが決まっていた。

ヘクサコルドでは Mi と Fa の間が半音で、他はすべて全音となる。ヘクサコルドのさらなる起源にはテトラコルド (テトラは 4 で 4 音の音階) がある。テトラコルドには多数の種別があるが、すべてに共通するのは最低音と最高音の関係が完全 4 度 (周波数比で言えば 3 : 4) であることである。

ここで周波数比に言及していることに読者の一部には「その時代にはまだ周波数という概念に気付いていないのではないか?」といぶかしむ方もおられるであろう。しかし、完全 4 度を作るために周波数を知る必要はなく、弦の長さの比を 4 : 3 にすれば良い。同様に完全 5 度も弦の長さの比を 3 : 2 にすれば作れる。

今日の我々は弦の長さ以外に弦の線密度と張力が固有振動数を定めることを知っている。つまり弦の長さの関係は周波数の相対関係だけが規定されるに過ぎない。音階に関する理論が相対関係を対象としていたことは、この視点からも理解できる。そして、この相対関係が同じであれば知覚的にも同形性を感じ取り易いことが、これらのシステムの普及のしやすさにつながったであろうことは想像に難くない。

まずこの完全 4 度の低い側と高い側にそれぞれ全音ずつ離れたステップを追加して 6 音とする。元のテトラコルドの両端が完全 4 度の関係なので、上の音から完全 5 度下、下の音から完全 5 度上を取れば、下と上の両端からそれぞれ全音離れた音を作ることができる。この両端の音を Ut と La とし、また元々の完全 4 度を $W-S-W^1$ と分割すれば、Mi-Fa 間のみが半音、他の間が全音という制約が満たされることとなる。

ここで話が少しそれるが、 b や \sharp の記号の由来に

¹W は全音 (whole tone), S は半音 (semitone) を表す。4.7 節と同様の記法。

Ut queant laxis
 Resonāre fibrīs
 Mīra gestōrum
 Famulī tuōrum,
 Solve pollūtī
 Labīī reātum,
 [Sāncte Iōhannēs.]

Column 1 The first stanza of Latin hymn in honor of John the Baptist.

ついて説明しておく。さきのヘクサコルドだけでは1オクターブ以内の音域しかカバーできないため、それより先のピッチを得るためには「移調した」テトラコルドを作る必要が出てくる。ヘクサコルドではMi-Faの間しか半音が許されないため、そこをまたがないように「次」のヘクサコルドの最初のピッチはFaから始める、言い替えればFaをUtとすることとなる。これらのセットを一番初めのテトラコルドの開始音を原点として半音単位で数値で表してみよう。まず、最初のヘクサコルドは0-2-4-5-7-9となる。次のものは5-7-9-10-12-14である。オクターブは12半音なのでオクターブの等価性を認めるとこれは5-7-9-10-0-2となる。次は10-12-14-15-17-19であり、同様にオクターブの等価性を適用すると10-0-2-3-5-7となる。ここで第4音の3は最初のヘクサコルドの第3音の4よりも半音低い。最初のヘクサコルドの第3音は後述するように音名Bを当てており、これよりも半音低いことを示すためにこの音に対して小文字のbという書体を当てたのが今日の半音低くするという意味のフラット記号の由来である。ちなみにシャープ記号やナチュラル記号はこのbの文字を直線のみでデザインしたもの（それぞれ♯, ♮）である。

4.5 第7音を加えてドレミファソラシド

このグイードによるソルミゼーションは17世紀にGiovanni Battista Doniによって拡張と変形を受けて今日のドレミファソラシドとなる。この時代になると音楽的にはポリフォニーが発達し、同時に演奏されるピッチの間の協和性を高めることが重視されるようになる。その結果としてオクターブの循環性が意識されるようになる。UtからLaまであったヘクサコルドは「あと少し」行けば、1オクターブ上のUtに届く。その間は半音三つ、

つまり「全音+半音」に相当する。Laから全音上、1オクターブ上のUtから半音下の音はピタゴラス学派に従って五度の積み上げをもう1回すれば達成できる。つまり「ファ→ド→ソ→レ→ラ→ミ→*」この7番目の音としてSiが加えられる。それは「聖ヨハネ聖歌」の最終行から取られた。

更にUtは歌唱する場合に円唇母音であるために発声しにくさがある。現代の音声科学では/u/は第1, 第2フォルマント周波数が低く、フォルマント周波数は基本周波数よりも高くないと発振が困難となるという音響学的な背景があることを見出している。更に子音/t/で終わることも困難さを加えているために/u/以外の母音で終わることが提案される。そのときに自身の名前DoniからDoが選ばれたとされている。

4.6 なぜドレミはCDE?

音楽教育で音階を習うほとんどの場合、ドレミファソラシドをまず習う。更にそれはピアノの中央の、白鍵のみを弾けば出てくる音階である。その後アルファベットを使う音名を習うと「ドはCだ」と習う。実際にはその前から「ハ長調」の音階と習っているのではあるが、“ABC”に「イロハ」を対応させていることはそれほど意識されていないかもしれない。日本人にとってはABCは母国語ではないし、現代の児童にとってはイロハもピンとこないのではないだろうか？ 余談になるが、ト音記号はG Clefであること、あの模様がGをデザインした筆記体であること、五線譜上のGの位置に描かれていることを知らないで育つ人は多いのではないだろうか？

ではなぜAが初めの音のドにはならないのか？ この答えもグイードのソルミゼーションに関係している。まずソルミゼーションは絶対ピッチではなく相対ピッチを表すと解説したが、もちろん当時の人々もある程度の絶対ピッチ感を持っていた。そして（声で出せる）最低音を今日で言うところのヘ音記号譜（バス譜）の最下段の音とした。そして、この音にΓ (gamma) という記号を与え、それから先にABCDEFGGと振っていく。ヘ音記号譜の最下段は現在で言うところのG音であり、その次の音がAとなるわけである。その後ヘクサコルドの時代が去り全音階の時代になるときは、Table 1に示すように、それまでに提案されていた教会旋法の中の変格第1旋法（ヒポドリア旋法）

が短音階、変格第3旋法（ヒポリディア旋法）が長音階となっていく。この前者はAで始まり、後者がCで始まる。

しかし、このうち短音階（自然短音階）は和声上の協和性から第7音を半音上げる変形（和声短音階）や上行形と下降形で変える変形（旋律短音階）などの不安定さがあり、また長音階のほうが明るい印象を与えるために好まれることから多用されて主流になるという変遷を辿ったと言われている。つまりややこしくなくて親しみ易いほうの全音階をまずドレミファソラシドにすることが当時のデファクトスタンダードとなったわけである。

4.7 全音階という名前

日本語ではドレミファソラシド、つまり diatonic scale に対して全音階という訳を当てている。これとは別に全音音階 (whole-tone scale) があるので紛らわしい。全音を W, 半音を S で示すと、全音階では1オクターブは W-W-S-W-W-W-S と刻むのに対して、全音音階では W-W-W-W-W-W となる。diatonic はギリシア語の dia tonos から由来し, tonos が全音を意味し, dia-は順番に通るという意味がある。つまり全音で順に通るということのようである。

ヘクサコルドからダイアトニックに拡張する場合を考えてみよう。ヘクサコルドは W-W-S-W-W-W である。この後に W-S を追加して1オクターブを作ったのがダイアトニックである。Table 1 に太い枠線で示したように W-S を付け加える際に必ずヘクサコルドの W に追加する W がつながるようになっていくことが分かる。その意味で全音階は誤訳とは言えないが、起源をこの語感から由来するのは難しくなっている。本来の意味どおりに言えば「全音でつながる音階」ということになる。

5. 音程の呼び方

音楽理論の文献を読んでいてゼロや負の数の概念を「自然な」ものとして捉える自然科学者が戸惑うのは音程に関する用語法にゼロや負数がないことである。まず、一度が unison すなわちピッチの差がない場合に使われることで今日の我々は困惑する。周波数の差がゼロであるときに「一」が用いられるわけである。英語では unison で一体というニュアンスが入り、一度ほど違和感は少な

Table 1 The variations of the Church Mode. The relative intervals from the first note in each mode are displayed in the first column of each mod; each second column indicates the interval between each successive note (W: a whole tone; S: a semi tone). The sequence of Guido's hexachord in some of the modes is indicated by the grayed cells.

音名	半音数	正格第1	変格第1	正格第2	変格第2	正格第3	変格第3	正格第4	変格第4
		ドリ ア	ヒポ ドリ ア	フリ ギア	ヒポ フリ ギア	リディ ア	ヒポ リディ ア	ミク ソリ ディア	ヒポ ミク ソリ ディア
G	-5								
A	-3		0						
B	-1		2 W		0				
C	0		3 S		1 S		0		
D	2	0	5 W		3 W		2 W		0
E	4	2 W	7 W	0	5 W		4 W		2 W
F	5	3 S	8 S	1 S	6 S	0	5 S		3 S
G	7	5 W	10 W	3 W	8 W	2 W	7 W	0	5 W
A	9	7 W	12 W	5 W	10 W	4 W	9 W	2 W	7 W
B	11	9 W		7 W	12 W	6 W	11 W	4 W	9 W
C	12	10 S		8 S		7 S	12 S	5 S	10 S
D	14	12 W		10 W		9 W		7 W	12 W
E	16			12 W		11 W		9 W	
F	17					12 S		10 S	
G	19							12 W	

いが、英語でも prime という用語法もある。これはすなわち本来は音階を始める第I音という意味での一であり、各音を第1音、すなわち主音との関係性で言及することに起因する。

このゼロという原点が曖昧であるため、相対関係の記述もややこしくなる。ピッチの上昇も下降も絶対知的な差、つまり正の数しか意識されない。ドからレも、レからドもいずれも二度になる。結果的に「二度上げて」とか「二度下げて」という音程の呼称が存在して、それらは決して「二度減らす」、「二度増す」という意味ではない。

この「減」「増」とはそれぞれ「本来の」音程よりも半音狭く、あるいは半音広くとることを意味する。しかし、更にややこしいのは、同じように半音違いの音程に対して「長」「短」という接頭辞を付けて区別する場合があることである。

これは「度数」の数え方が五線譜上の段数であることに由来する。五線譜は音階上の位置に基本

的に対応している。前述したように今日の我々はピアノやギターのように半音単位でステップの刻まれた楽器を目にする機会が多いが、例えば小学校で手にするリコーダーやそれぞれのピッチが出る弦が張られている琴のようにドレミファソラシドの音しか出せない楽器の場合、半音や全音の区別は必要ない。どの弦をはじくか、あるいはどこまでの指穴を開けるかが分かれば演奏するには十分である。五線譜はまずはこのような演奏の指示方式として提案されたわけである。つまり全音階システム（あるいは調律済みの楽器）が前提となる。ドレミファソラシドの隣接音の間の音程を示すと W-W-S-W-W-S と「不均等」となり、結果として五線譜上のステップ数に大小が生じる。

ドとミの間の三度は4半音であるのに対し、ミとソの間は3半音となり、前者は長三度、後者は短三度と呼ばれる。ここで再び歴史的な経緯を辿る必要性が出てくる。全音階の中で半音違いのものは三度以外にも存在しうるが、一度（ユニゾン；1:1）、四度（3:4）、五度（2:3）、十二度（オクターブ；1:2）については音階上の音を作成する基礎となるため、それぞれ「完全」という接頭辞を付ける。ユニゾン（一度）、オクターブ（八度）についてはすべての場合で半音異なる音程が出現することはない。4度と5度は一例を除いて、それぞれ5半音、7半音となる。それぞれの例外はファからシの四度が6半音、シからファへの五度がやはり6半音となる場合である。これらはそれぞれ本来よりも半音広い、あるいは半音狭いということを表すため、増四度（ファからシは4ステップ）、減五度（シからファは5ステップ）と呼ばれる。

この本来よりも半音広い場合に増、狭い場合には増を付ける呼称はそれ以外の場合にも理論的には存在し、作曲上の意図として本来の音程よりも半音上げ下げしていることを示すために使われる場合もある。例えば Fig. 1 に示すハ長調で減短三度はその右のように長二度に書きかえても実質的に差がないし、記譜が本来は演奏の補助のためであるとすれば混乱も少ない。減短二度はユニゾンで記述するので良い。ここで減一度ということはあり得ない点には少し注意が必要かもしれない。一度はそもそも同音で差がないとなる。減をつけるのはそれよりも更に半音狭める意味であるが、

既に差がないので狭めようがない。よって減一度は実在しないこととなる。

6. Tuning, Scale, Intonation, Temperament

これらの用語は「調律に関わる用語」であると知っている読者は多いであろう。しかし、それらをどう使い分けるのかは結構厄介な問題である。例えば、日本語では just intonation を純正律という場合があり、equal temperament には平均律という語が当てられている。訳語を調べただけでは、intonation も temperament も「律」あるいは「調律」に対応させて理解してしまいそうである。

6.1 日本での用語の混乱要因

音楽大事典では intonation はイントネーションとカタカナ書きされており「声の高さ（ピッチ）の変化のこと」と解説されている一方で、temperament に対して音律という用語を対応させている。just intonation は純正律（又は純正調）としており、temperament は平均律ともしている。「律」は本来は音楽の種々の「調子」を示す語で、その中に音階や音程の意味も含まれるので中立的な用語であるが、temperament を音律としてしまうと「ピタゴラス音律」というのはおかしいことになる。次節で解説するようにピタゴラス律では temperament をしないからである。

また、純正律（純正調）は純正調ピアノや純正調オルガンなどに用いられたツァルリーノ純正調のことだけを指すという理解がある。しかし本来、just intonation は純正音程の組み合わせだけを使って音階を構築する方法論である。例えばピタゴラス律も 2:3 と 1:2 という純正音程の組み合わせで作るので just intonation の一種である。ピタゴラス律の英訳は Pythagorean Tuning とする場合もあるが、New Grove では Pythagorean intonation となっている。これは英語圏では intonation には temperament がないという基本方針があるからであろう。音楽大事典ではタゴラス律の英訳として Pythagorean temperament となっているが、これは適切とは言えない。

6.2 純正調 (just intonation)

ピタゴラス純正調の 2:3 の比は 2 の 1 オクターブ下の第 3 次高調波の自然数倍を使っていくという手法となるので、3-limits tuning とも言われる。



Fig. 1 An example of the diminished 3rd which is practically equivalent to the minor second in the C major scale described on the staff with the G clef.

この次に第5次高調波（第4次はオクターブ列なので既に含まれている）までを使うものが5-limits tuningとなり、これを実装したツァルリーノの名を冠して、この調律法はツァルリーノ純正調と呼ばれる。ピタゴラス純正調では例えば主音とその長三度上の音の比が $2^6 : 3^4$ となり、小さな整数の比にならないが、ツァルリーノ純正調ではこれを4:5とする。

これらの純正調のひとつの弱点は調が変わって主音が変わると、その周波数に合わせて他の音の周波数も「純正」関係を保つために変更する必要がある点である。純正調ピアノなどに普通のピアノの同一鍵に対して複数の鍵が存在してくるのはそのためである。これは演奏を非常に困難にさせてしまう。この問題の解消策として、純正調で決まってくる音程から適所の音の基本周波数を適度にずらす、つまり temperament の語源である temper の持つ意味の「加減を加え」たものが「平均律」というカテゴリになる。

6.3 調整律 (temperament)

現実的には鍵盤楽器やフレットのある楽器をすべての調に対して純正調に仕立てることは先に述べたような操作しにくいインタフェースでも導入しない限り無理がある。そこで「気にならない」程度に純正調からピッチを調整して、ひとつの楽器で様々な調を演奏できるようにする工夫が提案されていく。

temperament の手法には以下の二つに大別できる。(1) 純正調で調律した完全音程の一部はそのままとして一部にだけ知覚的には目立たないように加減を加えるタイプと、(2) 音階上のすべての音に加減を加えるタイプである。前者では、例えば長三度を4:5にするために完全五度に加減を加える中全音律 (meantone temperament) がその例である。一方ですべてのピッチに加減を加えるタイプの典型例が十二音平均 (調整) 律であり、

これはオクターブを構成するすべての音に均等に調整を加えるものであり、周波数の比は $2^{\frac{n}{12}}$ の等比数列となる。

6.4 純正調でも存在してしまううなり

ツァルリーノ純正調ではドミソの和音の基本周波数比が4:5:6となり、協和性が高くなると音楽理論の書籍では紹介される。しかし、実験をしてみると話は理念どおりには行かないことが分かる。まず自然楽器の多く、例えば弦楽器などは弦の硬さによって単独音においても調波構造からの逸脱が生じる [2]。そのため、基本周波数の比を4:5:6にしても「完璧な」協和からの逸脱が起きる。不協和という印象には至らずともうなりの存在につながる。また、多くの楽器にはビブラートなどの周波数揺らぎがある程度の不規則性を伴って存在している。モダンピアノの場合は、わざわざひとつの鍵に対して基本周波数が微妙に異なる2本から3本の弦を使って、うなりを出すことによって余韻を長くしているくらいである。更に、聴覚心理学に精通している読者の中には、周波数比が4:5:6となっている場合にはいわゆる基本周波数欠落状態となっており、その場合は欠落した基本周波数に対応した「ひとつの音」しか聞こえてこないことが推測できるであろう [3]。この知覚は機械的なブザー音としか聞こえない。複数の音が調和しているという印象とは異なる。この事実には現代のようにコンピュータを使った正確な合成が可能になって初めて気付ける。

すなわち純正調を追求していても楽器自体の持つ非調波性や知覚特性から、その美的価値があまり感じられない結果にしかならないことが洞察できる。その意味では平均律の使用は音楽の実践の場では著しいデメリットを生じにくいとも言える。

6.5 統一感のある呼称の提案

解説記事としての守備範囲を超えるが、intonation には「純正調」、temperament には「調整律」という用語を用いて英語との対応を分かり易くすることをこの機会に提案したい。もちろん、この用語法は音楽学の分野でも使われるもので、この拙稿だけでそこまでのインパクトがあるとは考えられないが、少なくとも音響学会の音楽音響の分野の人には混乱を抑制する役割を果たしてもらいたいというのが著者の願いである。伝統に則らない新しい用語法を提案することは混乱を招く危険

性もあるが、多義性を持つ用語を放置してしまうことは混乱の收拾にはつながらない。

7. 音楽的協和と聴覚的協和

音楽的協和理論では伝統的に周波数比がなるべく小さな整数の関係であることが要求されている。この制約は経験則である。そもそもが数の概念が出てきた(文献として残した)ピタゴラス学派の時代には周波数という概念は見出されていない。彼らは弦の長さや管の長さを測って、聴覚的印象を元にこの制約を見出している。

ピタゴラス学派における「数の支配」は現代的に見れば科学と言うよりは一種の神秘主義である。「神はこの世を数の原理で作る、だからこそ世界は美しく調和している」というある種の信仰があったとみなすこともできる。また、ピタゴラス学派は必ずしも実験的にこれらを検証していたわけでもない。彼らが残した図(絵画)の中には例えば弦を引っ張る重りの重さに小さな整数比があれば協和すると説いているものも存在する[4]。今日の我々はルネッサンス期からの物理学の進展のおかげで弦の張力の場合には平方根で効くことを知っている。平方根には無理数も存在するわけで小さな整数比にはなり得ない。

しかし20世紀になり心理学や心理物理学が台頭してくると、人間の知覚印象(音楽の印象はこれに外ならない)は物理学だけでは説明が難しいことに気が付き始める。むしろ物理学で追求しても限界があるために心理学が求められるようになったと言うほうが適切かもしれない。

マスクング実験やそこから得られる臨界帯域の調査と共に純音を用いての協和性の印象評価実験の結果は、フィルタバンクとしての聴覚を機能モデル化する道を開く[5]。そこでは協和感とはうなりの存在と結びつけて考えられる。つまり、蝸牛フィルタバンクの上で同一フィルタ内に二つの純音信号が入らなければうなりは発生せず、その場合には2純音の周波数が単純な整数比関係になっていなくても不協和には聞こえないことが示される。

この実験事実は不協和感の基盤がうなりの発生であるとするを例示するものであるが、そのことがあたかもこの発見以前に存在した音楽的な協和理論を否定するかのような誤解をし易い。実際には明確なピッチを持つ楽器音の大半が調波複

合音であることを考慮すれば聴覚的協和と音楽的協和は結びついていく。

聴覚的協和関係を調べた場合のように正弦成分が二つだけの場合であれば、その二つが同一フィルタ内を通過するか否かで考えるので良いわけである。同一フィルタを通過すれば2成分の周波数の差でうなるが、全く別のフィルタならば2成分は干渉せず独立に振動する。一方、調波複合音の場合は基本周波数に対してその自然数倍の周波数を持つ高調波が存在している。その結果、基本周波数が離れて同一フィルタ内に入らなくなっても、いずれかの高調波が同一フィルタを通過し、うなりが発生する可能性が出てくることとなる。この際に基本周波数が単純な整数比の関係を持っていれば、近接する高調波同士の周波数は一致し、うなる可能性が低くなっていくこととなる。

従って、音楽的な協和と聴覚的な協和を全く別物と考えるべきではなく、聴覚的な協和を基盤として音楽的な協和を考えていくことができる。幸いなことに聴覚初期過程の計算モデルとして精緻化されたフィルタバンクは提案されてきている[6]。これらのモデルは臨界帯域内に入るか入らないかという悉無律的な発想ではなく、定量的な連続データとしてうなりの程度とその周波数を与えてくれるため、今後の更に音楽的協和モデルを精緻化するための基盤となりうる。

8. 基音、倍音という用語法について

音楽大事典を引くと「基音」という用語の解説がされており、そこには音響学的意味と音楽的意味のふたつがあるとされている。前者は音響学会員には馴染みのある基本周波数の意味である。後者は音楽における根音と同義となっている。根音とは、和音を作る場合の最低音である。つまり、ドミソであればド、レファラであればレである。

和音にはオクターブの等価性を利用して転回形がある。ドミソに対しては、ミソド(第一転回)、ソドミ(第二転回)である。根音は転回の場合でも変わらず、この場合は常にドとなる。ちなみに英語ではrootは和音の中の音に対する概念ではなく、和音が転回形でないことを示す用語でroot toneという用語よりも、root positionという用語法を使うようである。root positionは三度の上に更に三度を作る場合を言う。ドミソでは長三度-

短三度となっているのに対して、その転回形であるミソドでは短三度-完全四度、ソドミでは完全四度-長三度となる。

音楽的な意味としては、基音は根音と同義である。しかし、音楽を専門に学ぶ人の中でこれが必ずしも共有されていない実態がある。典型的な誤解は、基音とは和音の中の最低音であるという誤解である。この誤解に従えばドミソの第一転回形のミソドではミが基音と言うことになる。単に和音の中の最低音と言えば済む概念にわざわざ基音という言い方をして混乱させる必然性はない。

このような誤解が生じる背景には基音という用語が基本周波数の同義語として導入されたことがあるのであろう。実際に基本周波数は基本周波数が欠落した状態であっても変わらない。つまり物理的に一定の強度が観察された最低周波数のことではなく、観察された周波数成分の最大公約数となる。これは音響学を専門に学ぶ人々にとっても迷いの生じ易い概念である。音響学ではなく音楽を学ぶ人が周波数分析、調波構造などを学ぶ際に誤解してしまったとしても責められない。

同じように用語法上の紛らわしさとしては倍音という言葉の存在も挙げられる。「基本周波数が 100 Hz のときの第一倍音は何 Hz か？」と問われた場合、どう答えるだろうか？ 日常的な表現として「人一倍働く」という言い回しは今日でも使われている。これは決して人と同じだけ働くという意味ではなく、人の 2 倍働くという意味である。つまり日本語の一倍は数量的には 2 を乗ずるという意味として使われる場合があるということである。

もちろん算数の世界では x の 1 倍は x なのであるが、倍音とした場合、周波数を 2 倍した成分を普通は想像するであろう。この機会に音響学の専門家は基音、倍音という言葉に努めて使わない注意を払うべきと提案したい。それぞれ基本周波数、 n 次高調波という学術用語が存在するのでそれを使うべきである。一般の人が首を傾げたら、説明をすれば良いだけである。それらの用語は全音階やハ長調という表現よりもずっと少ない量で曖昧さのない説明が可能である。

9. おわりに

担当の編集委員の方から本稿を依頼された折には、音楽用語に関連して音響学者が誤解し易いも

のに対する解説をして欲しいと言われた。執筆してみて、ほとんどがピッチ関連のものになることに改めて気付かされた。筆者の関心領域は聴覚で、中でもピッチになるために、話題の絞り方にそのバイアスが影響してしまったかもしれない。しかし、ピッチは聴覚だけにある感覚属性であり、音楽にとっても重要であり音楽理論の中でも中核を担ってきた。音楽は人間の営みであり、その形態は変化していく。昔話として提供したヘキサコルドのように、今日の全音階体系も将来的には別物となっており、その時代の人からは「なんで当時の人はそんな思考をしたのだろう」といぶかしく思われるようになってきているのかもしれない。しかし、現在の我々は楽譜だけでなく音響的な記録も残せるようになってきている。その意味では音響学が音楽に果たせる役割の重要性はこれからますます増えて行くであろう。

文 献

- [1] A. Bachem, "Chroma fixation at the ends of the musical frequency scale," *J. Acoust. Soc. Am.*, 20, 704-705 (1948).
- [2] N. Fletcher, "Inharmonicity, nonlinearity and music," *Physicist*, 37, 171-175 (2000).
- [3] 津崎 実, "ピッチ," 音響学講座 5 聴覚, 古川茂人 編 (コロナ社, 東京, 2021), pp. 129-159.
- [4] I. Johnston, *Measured Tones: The Interplay of Physics and Music*, 2nd ed. (CRC Press, Boca Raton, 2002).
- [5] A. Kameoka and M. Kuriyagawa, "Consonance theory part I: Consonance of dyads," *J. Acoust. Soc. Am.*, 45, 1451-1459 (1969).
- [6] T. Irino and R. D. Patterson, "A compressive gammachirp auditory filter for both physiological and psychophysical data," *J. Acoust. Soc. Am.*, 109, 2008-2022 (2001).

参考文献

- 1) *The New Grove Dictionary of Music and Musicians*, 2nd ed. (Oxford University Press, Oxford, 2004).
- 2) 音楽大事典 (平凡社, 東京, 1983).



津崎 実

1982 年東京大学大学院人文科学研究科修士課程修了。新潟大学、東京大学の勤務の後、1988 年から 2004 年まで ATR で研究職に就き、2004 年から 2023 年まで京都市立芸術大学で教鞭を執り定年退職。2023 年京都市立芸術大学名誉教授。聴覚研究が主領域。小学生のときに全音階が等間隔ではないことを授業で習ったときにパニックになりかけたが、音楽の先生の神対応で救われて今日がある。