

非 12 音平均律音楽のこころみ

小方 厚

オクターブを 12 ではない数で対数的に等分割した音律を用い、ジャズ・民謡風の旋律・グレゴリオ聖歌などの演奏を計算機上で試みた。ソフトウェアには MAX/MSP を用いた。17 音平均律は周波数比 $4/3, 3/2$ に近いペアを含むため、違和感の少ない音楽ができる。これに対し 16 音平均律では構成音の周期数比はすべて無理数となり、不思議な音楽ができる。

Music Using Equally-Tempered Scale with More Than 12 Notes

Atsushi Ogata

Musical pieces were composed and performed on a computer, which is based on equally-tempered scales with more than 12 notes. The scale with 17 notes includes the pairs with $4/3$ and $3/2$ frequency ratios and sounds less strange than the 16 notes scale, in which the frequency ratios are mostly irrational.

音楽と美術を比べよう。絵画ではどんな色も自由に使えるのに対し、音楽では(すくなくとも 99%の音楽では)使える音が(正確には、使える音程が)限られている。すなわち、1 オクターブの周波数間隔を対数的に 12 分割した音程以外は使えない。

この 12 音平均律は純正率を近似するためのものであり、純正率は周波数共鳴の心地よさを追求した音階である。ここではもとの音(ド)の $5/4$ 倍、 $3/2$ 倍の周波数を持つ音をミ、ソ(三度、五度)等としている。周波数が「整数比」を持つ二つ(以上の)音を和音として共存させると人間の感性に心地よくうったえる(コードが気持ちよい)。例えば 440Hz の「ド」に 660Hz の「ソ」を重ねると、両方に共通の倍音(=周波数の公倍数)である 1320Hz, 2640Hz, …, の音が重なり合う。さらにこれら二つの音の間の移行も心地よい(コード進行=ケーデンスが気持ちよい)。現在使われている 12 音平均律は、平均律という枠内で協和音を豊富に取り込んだものである。

純正率はピタゴラス律の流れをくむものであり、協和音至上主義である。これに対し

ジャズはテンションと称して積極的に不協和音を取りいれているし、多くの現代音楽も不協和音を指向している。民族音楽(非西洋音楽)も特に協和音にはこだわらないようである。そこで、12 音平均律を脱却し、もっと積極的に、オクターブ、すなわち周波数が 2 倍異なる音の間を、12 ではない数で分割したらどうだろうと考えた。

まず 16 音平均律を試みた。12 音階はオクターブを対数的に 12 にデジタル化したものだ。デジタル化するなら 2 の倍数を用いた方が合理的であろう。ジャズでは、減 5 度すなわち「2 の $1/2$ 乗根」倍の音を原音に積み重ねた和音、あるいは diminish という「2 の $1/4$ 乗根」倍の音を積み重ねた和音がしばしば用いられる。12 音平均律ではこれ以上は望めないが、この diminish を発展させれば 8 音平均律、さらには 16 音平均律に行き着く。ただし 12 音平均律のように近似的協和音はあらわれない。16 音階は「協和音主義」を放棄することが出発点とするとってもよい。

広島大学先端物質科学研究科,
AdSM, Hiroshima University.

こうした平均律は計算機(PC)を使えばたやすくできる。われわれは Mac に MAX/MSP を搭載し、midi 音源と midi コントローラをつないだ。midi コントローラはピアノ鍵盤タイプで、強く押せば大きな音が出る。音色は midi 音源から選ぶことができる。デフォルトでは 12 音平均律に従い、鍵盤が(白鍵も黒鍵も区別なく)ひとつ右に行くと音高が $2^{1/12}$ だけ上がるようになっている。これを $2^{1/16}$ だけ上がるようにすれば 16 音平均律、 $3^{1/24}$ 上がるようにすれば 3 倍音を 24 分割した平均律ができあがる。

実際に PC で 16 音と 17 音の平均律を作って、大学のジャズ研の有志と演奏してみた。その結果が、ホームページ

<http://home.hiroshima-u.ac.jp/beam/ogata/NewScale.html>

に mp3 ファイルで掲載されている。最初に取りかかった 16 音平均律では、構成音の周波数比がどうとでも無理数となる(ただし周波数比 $4/5$ に近い 2 音は存在する)、聴いていて奇妙な浮遊間はあるものの、不安な気分になり、また演奏していて楽しくないというのがおおかたの感想であった

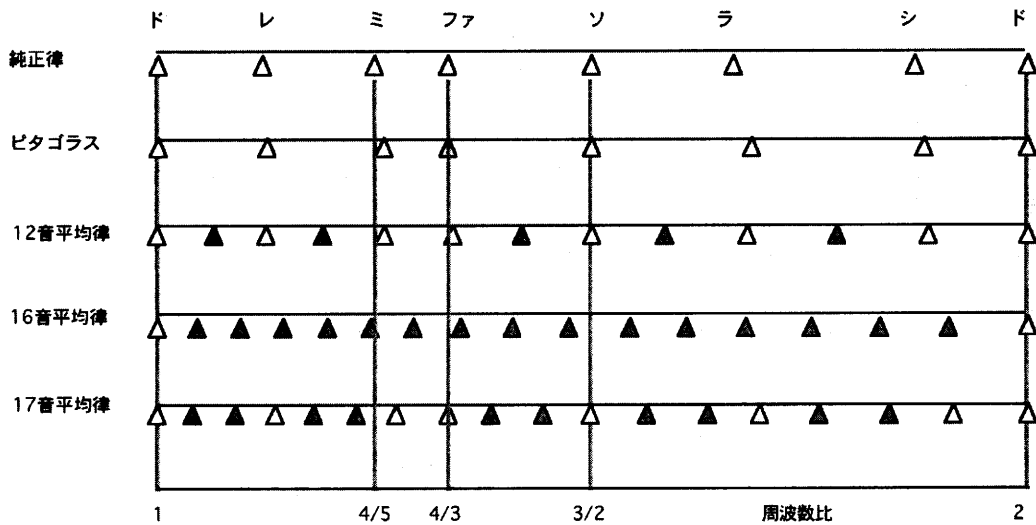


図1 いろいろな音律における周波数比。

まず耳慣れた曲を題材にしよう...ということで 16 音から 1 音増やして 17 音平均律とした。図 1 は 12・16・17 音平均律における構成音を、純正律・ピタゴラス律の構成音と比較したものである(高音ほど音間隔が広いが、対数でプロットすれば平均律では等間隔になる)。17 音から図のように△を拾うと長音階(ドレミファ...)に近いものができる。ただし 12 音平均律長音階の全音間隔を持つ 2 音はここでは周波数比 $2^{3/17}$ を持つ 2 音となる。12 音平均律ではドとレ、レとミなどの間に半音が一つあるが、この 17 音平均律では半音がふたつになる。たとえば

17 音平均律では C#と Db(本稿では b をフラット記号に代用する)が違った音になる。17 音平均律のドレミファは 12 音平均律のドレミファとは異なるから、17 音平均律で既存の楽曲を弾くと違和感があるはずだが、違和感を感じないひとも多い(もともと 12 音平均律も妥協の産物で、純正率からみれば調子っぱずれではある)。

この 17 音平均律には周波数比が $4/3$, $3/2$ (ファとソ)が含まれる。これはジャズで好まれるコード進行 (II-V) がそのまま適用できること、(12 音平均律流に言えば) 5 度サーク

ルでキーを変えることが可能なことを示している。これに対し周波数比 5/4(長 3 度)は含まれない。

さきのホームページ上の演奏例には、ジャズピアノのソロによるブルースがある。前半 17 音平均律・後半 12 音平均律と編集してあるが、既成のキーボードに 17 音をあてはめるといかに弾きづらいかを検証してしまった感がある。べつな演奏では 12 音のリズムセクション(ピアノとベース)の上にトランペットとビブラフォンによる 17 音のメロディラインを載せてみた。種を明かせば、ジャズ練習用の MMO music-minus-one ソフトを伴奏に流用したのだが、ちゃんとスイングしているし、演奏も楽しい。とくにトランペットはふつうの 12 音平均律に従って演奏していると感じる人が大部分であった。実際の 12 音平均律に従った演奏でも、奏者は微妙に音程をコントロールして、あえて平均律から外れた音を使用していると思われる。FFT で解析したら何か発見があるかもしれない。これに対しビブラフォンは音程が決まった楽器なので、音律の違いを感じやすい。

ところで日本民謡をピアノ伴奏で聴くといかにも歌曲という感じになってしまう。平均律では民族音階を近似できるにすぎない。どうせ近似するなら 12 音より 17 音が有利である。というわけで琉球音階もこころみだ。またガムランでは不協和音のうなりに風の音や波の音を感じさせるといので、ガムランらしいことも試みた。

図 1 に示したように、ピタゴラス律は純正律に比べ全音は広く半音は狭く、それゆえ旋律にメリハリがあるといわれている。17 音平均律では全音はピタゴラス律よりさらに広く半音はさらに狭い。そこでピタゴラス律で歌われていたグレゴリオ聖歌を 17 音平均律で演奏してみた例もある。

演奏経験で分かったのは、当然のことながら、既成の 12 音平均律用の鍵盤で非 12 音平均律を演奏するのは困難ということであった。じつは演奏者はジャズ奏者なので、

ホームページの演奏例はほとんど一発録りである。既成の鍵盤でよく健闘したというべきだが、テンポの速い曲の演奏は望めない。16 音平均律は音階の検討がすすんでいないのでさておくとして、17 音平均律用に図 2 の鍵盤を考えている。

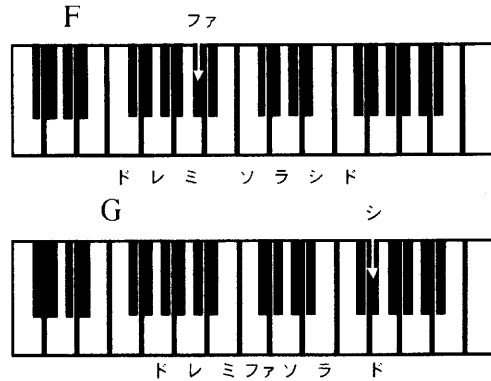


図 2 17 音平均律の鍵盤配置案。

「移動ド」の流儀で説明する。これは 17 音で長音階が演奏しやすいように設計したもので、キーが C であればふつうに演奏すればよい。ただし黒鍵がふたつに分かれていて、C と D の間には C# と Db がある。キーを 5 度下げて(周波数を全体に 2/3 に下げて... というべきだが)F とするときには図 2 上のようになる。音階に入るのは AB 間のふたつの中間音のうち低い方である。これに対し周波数を全体に 3/2 倍に上げてキーを G とすると下のようになり、音階に入るのは FG 間のふたつの中間音のうち高い方である。フラット系では低い方の中間音を採り、シャープ系では高い方を採るという原則である。

12 音平均律では 12 のキーがあるが、17 音平均律では当然のことながら 17 のキーがあり、5 度円は周波数を約 1.5 倍することを 17 回繰り返して閉じる。これは 1.5 を 12 音平均律では 1.498..., 17 音平均律では 1.503... と近似した結果である。17 音平均律も平均律であるから、ピタゴラスのコンマに類する問題は起きない。

図 2 の鍵盤はあまりに 12 音平均律用の鍵盤に追随しており、新音階独自の音楽をつく

るには妨げとなる可能性がある。しかし一方では、現在音楽をやっている方々にこの音階を試みていただくためには、現在の鍵盤とくらべて違和感が小さいことが肝要であろう。またあまたの前衛音楽が 12 音平均律用の鍵盤から生まれていることを考えると、図 2 の鍵盤は悪くないと思うのだが...

ここで紹介した演奏例はすべて即興演奏なので、いまのところ楽譜の不在は問題となっていない。しかしこの音楽をより体系的に追求するのであれば、記譜法についても考えておく必要がある。図 2 の鍵盤を用いる 17 音平均律では、例えば C# と Db が別な音程をあらわすことを前提とすれば、現在の 5 線譜をそのまま用いることができる。図 2 から類推されるように、F をキーとするときには A に#を付けた音が音階に入る。ただしナチュラルの A もやはり音階の一員にとどまる。いっぽう Bb は音階には入らない。同様に G をキーとするときには G に b を付けた音が G とは別に音階に入る。

なお、17 音平均律に関する武田芳治氏の論文が

<http://nagasm.suac.net/ASL/temper2/index.html>

からダウンロードできる。ここでは平均律を構成する各音の周波数の基音周波数に対する比がなるべく簡単な整数比になるものが良い平均律であるとの見地から評価関数を定義され、10 音平均律から 18 音平均律まででは 17 音平均律がベストと結論している。さらに本稿に述べたのとは別な観点から、鍵盤の配置や記譜法も検討されている。

以上をまとめる。オクターブを 12 ではなく 16 あるいは 17 で対数的に等分割した音律を用い、ジャズ・民謡風の旋律・グレゴリオ聖歌などの演奏を計算機上で試みた。ソフトウェアには MAX/MSP を用いた。鍵盤と

記譜法についても考察した。16 音平均律では構成音の周期数は無理数ばかりになり、不思議な音楽となる。一方 17 音平均律は周波数比 $4/3, 3/2$ に近いペアを含むため、違和感の少ない音楽ができる。

いずれにせよ音数が増やすことは表現手段が豊富にすることと信じたい。音楽が生活に占める比重はこの数十年で飛躍的に大きくなっており、われわれの耳も「肥えて」きたはずである。12 を 24 にしても耳がついて行かないだろうが。16 とか 17 というのは適当であろう。この方法が普及すると、ピアノ、ギターなど離散化した音程を提供する楽器は、新たに作らなければならないし、楽譜なども新しいものとなる可能性がある。これは音楽産業の需要の掘り起こしであり、経済の活性化に繋がるはずである。

参考書

本文では引用しなかったが、音律に関しては以下を参考にした。

- 1) ウッド, A., バウシャー, J.M., 石井信生訳「音楽の物理学」音楽の友社(1976).
- 2) ピアース, J.R., 村上洋一郎訳「音楽の科学」日経サイエンス社(1989).
- 3) フレッチャー, N.H., ロッシング, T.D.; 岸憲史, 久保田 秀美, 吉川 茂訳「楽器の物理学」シュプリンガー・フェアラーク東京(2002).
- 4) Roederer, J.G., The Physics and Psychophysics of Music, An Introduction, Springer-Verlag, New York (1995).
- 5) 大塚正元「楽譜の数学」早稲田出版(2003)
- 6) 小泉文夫「日本の音」平凡社ライブラリー(1994)
- 7) 皆川厚一「ガムランを楽しもう」音楽の友社(1998)
- 8) 藤枝 守「響きの考古学—音律の世界史」音楽の友社(1998)