



## 楽譜に記述された平均律和音情報から純正律和音情報を再構成する知識処理システム

福井大学工学部  
助教授 工学博士

小 高 知 宏

### 1. 音律の古くて新しい問題

音律という言葉を目にされたことは、おありでしょうか。音律は、音楽の世界で用いる専門用語で、音階の体系、つまりどのように音階を作るのかということを示します。たとえば西洋音楽では、ドレミファソラシドという具合に音階を決めて音楽を組み立てます。音律は、そのドレミファソラシドのそれぞれの音の高さを何ヘルツにすれば良いかを定める方法です。

西洋音楽では、現在ではほぼ1つの音律しか使われません。それは平均律という音律です。平均律では、ある適当な周波数の音を基準として、その2倍の周波数の音までの間の間隔を12個の半音に等分します。つまり、1オクターブを12等分して半音を作ります。この際、半音ごとに周波数が2の12乗根倍になるように決めています。例えばピアノの鍵盤を思い浮かべて下さい。平均律に調律したピアノでは、ある白鍵とそのすぐ隣の黒鍵の間では、周波数が2の12乗根倍になっています。

平均律以外の方法で音の高さを決める方法があるのでしょうか。もちろんたくさんあります。そもそも平均律は西洋音楽における発明ですから、西洋音楽以外の音楽、つまり世界中の圧倒的大多数の音楽では、平均律を使っているわけではありません。その西洋音楽にしても、実は、平均律は歴史の中では比較的最近に発明された方法です。それ以前には、西洋音楽の世界にも平均律はありませんでした。例えばピタゴラスは、モノコードという1本の弦を張った楽器で

音律を研究しました。その結果、基準になる音の周波数に対して、整数比となるように各音の周波数を決めると、複数の音を同時に鳴らした場合、互いに良く響き合うことを見つけました。例えば、周波数が1:2、2:3、3:4となる音程は良く響くことを見つけました。こういった知識を元に、ある周波数の音を基準として、その1.5倍の周波数を持つ音を順に積み重ねて構成した音階をピタゴラス音階と呼んでいます(図1)。ピタゴラス音階以外にも、音の響きを重視して音程を決めるさまざまな音階が存在します。純正律はその一つで、ピタゴラス音階をさらに修正した音律です(図2)。

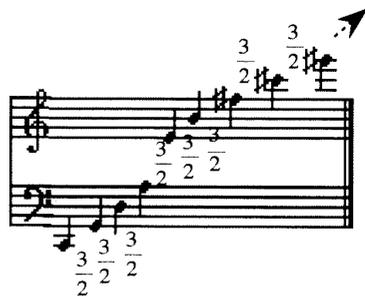


図1 ピタゴラス音階

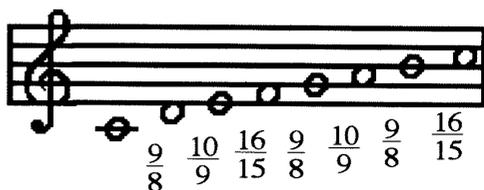


図2 純正律音階

純正律では、主要三和音のような単純な和音はとても良く響きます。これに対して、平均律では音程の比が整数にならないため、若干和音が濁ります。例えば図3に示すようにドミソを積み上げた和音では、ミの音が1%近く純正律からずれてしまいます。この結果、和音が濁ります。この濁りは、聴き比べてもらえば大抵の人が認識できるほど明らかなものです。

では、なぜ平均律を使うのでしょうか。これは、ある意味で技術的な問題を含んでいます。純正律では基準となる音から順に音を積み重ねている方法で音程を決めてあります。こうすると、基準となる音が変わると、その他の音はすべて異なってしまいます。例えば、ドの音から作った音階（ハ長調）とレの音から作った音階（ニ長調）では、共通する音が無くなってしまいます。だから、ハ長調とニ長調では、別の楽器が必要となります。例えばハ長調用のピアノとニ長調用のピアノが必要になります。もし無理して1台の楽器で共用すると、調子はずれの音楽になってしまいます。この問題は深刻です。なぜなら、童謡などのごく単純な曲を除け



|     | 純正律     | 平均律     | 誤差       |
|-----|---------|---------|----------|
| sol | 1.50000 | 1.49831 | 0.00169  |
| mi  | 1.25000 | 1.25992 | -0.00992 |
| do  | 1.00000 | 1.00000 | 0        |

図3 振動数比でみた平均律の誤差

ば、大抵の音楽は曲の途中で本来の調以外の調に属する和音を借りているのが普通だからです。そうすると演奏者は1音ごとに楽器を取り替えなければならないかもしれません。もちろん、明示的に転調すれば、当然その瞬間に楽器を変えなければなりません。これは不可能です。そういったわけで、平均律が圧倒的に用いられているのです。

弦楽合奏や合唱では、原理的には任意の音程を作れます。ですから純正律を使うこともできるのですが、あいにく演奏家は普通は純正律を扱う訓練を受けていません。ですから、弦楽合奏や合唱でも純正律は用いられません。純正律に近づくことを目標とした研究はこれまでになされてきましたが、一般的ではありません。また、河合楽器を始めとする各社からデジタル音源が供給されており、その中には純正律を組み込んだものもありますが、さきほど指摘した問題を解決する機能を有するものは無いようです。

## 2. 研究の進め方と進み方

そこで本研究では、楽譜に記述された平均律情報をコンピュータで解析し、それをどんな純正律音階に対応させるかをコンピュータに判断させる知識処理システムの構成について研究を進めることとしました。アイデアは単純で、あらかじめコンピュータにどういう場合にはどういう音階を使うべきかを教えておき、楽譜データを与えることで対応する音を出力しようというものです。つまり、音律に対するリアルタイ

ムエキスパートシステムを構築しようというわけです(図4)。現在のところ、バッチ的に純正律データを出力する段階までは完成しています。リアルタイム処理を実現し、システムを純正律楽器に仕上げるにはもう一工夫が必要です。ここに至る過程での貴財団のご支援に感謝させて頂くとともに、河合楽器の皆様にもアドバイスを頂いたことにも深く感謝いたします。

さて、研究の進め方は以上の通りなのですが、進み方の方はなかなか思うにまかせません。私の所属する研究組織は30人もの大所帯ですが、その構成員の大部分が学部4年生やマスター・ドクターなどの学生です。このテーマも、私が専従できれば良いのですが、実際には他の研究テーマ同様、学生さんとの2人3脚になります。そうすると、4月には研究テーマはほぼリセット状態になります。一から積み上げ直して、実質的に研究になるのは1年間のうちのわずかな期間になってしまいます。そうすると、なかなか思うようには先に進みません。このテーマは情報科学の側面からの音楽研究には珍しく(?)、ごく具体的な内容です。さっさと研究を進めて、できれば製品化して世の中に出したいと思っ

### 3. テーマの展望と期待

和音の濁りを、さも悪いことのように書きましたが、もちろん和音が濁ることが直ちに悪いことというわけではありません。巷に流れている音楽のほとんどは、もともと濁った和音を前提に作曲されています。つまり音楽表現上、和音の濁りは認められているのです。にもかかわらず純正律を夢見るのは、一つには教育への応用があります。つまり、弦楽合奏や合唱の指導において、表現上、純正律を用いた方が良い場合に、本システムを利用すれば指導者は手軽に純正な響きを教示することができるはず。もちろん、音楽表現の手段として本システムを

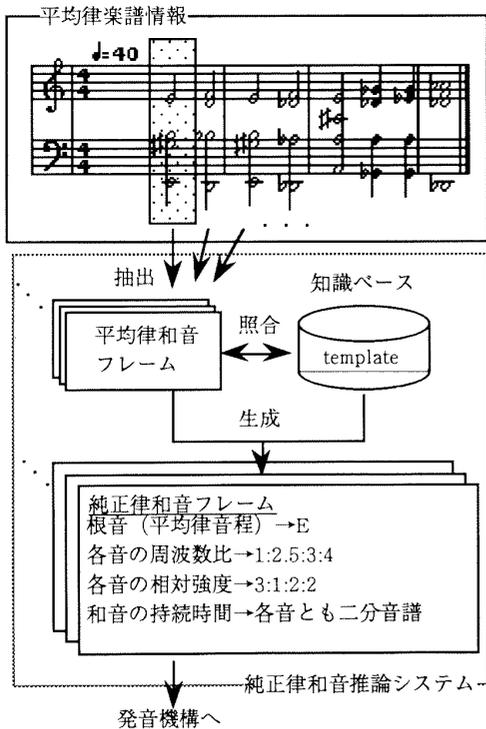


図4 処理の概略

用いることもできますが、正直言って、そこらへんは音楽の専門家にお任せする以外に我々には手段がありません。ただいずれにせよ、楽器として実現すれば知的純正律楽器の利用範囲は十分広いのではないかと思います。

#### 参考文献

- (1) 小川 劭 多音階オルガンの実現—調和比例論の系譜の中で—千葉大学教養部研究報告 B-14 pp. 123-134 (1981).
- (2) 田口友康 計算機による音楽演奏 情報処理 Vol.29 No.6 pp. 557-565 (1988).
- (3) アニタ・T・サリヴァン著 岡田作彦訳 ピアノと平均律の謎 白揚社 (1989).
- (4) ジョン・R・ピアース著 村上陽一郎訳 音楽の科学 日経サイエンス社 (1989).
- (5) 東川清一、平野昭編著 音楽キーワード事典 春秋社 (1988).
- (6) 石桁真礼生、末吉保雄、丸田昭三、飯田隆、金光威和雄、飯沼信義 楽典—理論と実習—音楽之友社 (1965).
- (7) 黒沢隆朝 三訂 楽典 音楽之友社 (1985).
- (8) 芥川也寸志 音楽の基礎 岩波書店 (1971).
- (9) 青島広志 楽典ノススメ 音楽之友社 (1993).
- (10) 郡司すみ 朝日選書370世界楽器入門 朝日新聞社 (1989).
- (11) 早坂寿雄著 音の歴史 電子情報通信学会 (1989).
- (12) 上原一馬、大給正夫、柿木吾郎、鷹狩洋一、千歳八郎、福本正 基本音楽史 音楽之友社 (1968).
- (13) 佐藤剛 キーボーディストのための全知識 リットーミュージック (1993).
- (14) 上原和夫 コンピュータ・ミュージックの世界 サイエンス社 (1993).

