

# 非斉次倍音の強い音色に関する実験心理学的検討

長嶋洋一†

本来は楽譜より2オクターブ高く演奏される移調楽器のGlockenspielであるが、MIDI演奏データにおいてはオルゴールの音色として使用されるだけでなく、本来ありえない音域でも利用されている。本研究では、非斉次倍音の強いこの音色に特有の作曲の事例と、問題あるアレンジによって違和感のある事例から作曲における活用法について考察するとともに、楽器音の分析と違和感の印象についての心理学実験によって検証した。本稿では、日本音楽知覚認知学会で報告した研究全体の紹介に続いて、楽器音の分析と違和感の印象についての被験者実験について続報する。

## A study of experimental psychology about timbres of non-homogeneous harmonics

YOICHI NAGASHIMA†

This paper reports a study of experimental psychology about timbres of non-homogeneous harmonics. Inception of the study is the topic of the following three: (1) the incongruity tonality manner in CG/music work "AniMusic", (2) in computer music works of author's own, and (3) the finale of Mahler 2nd Symphony.

### 1. はじめに

筆者はこれまで、Computer Musicやメディアアートに関連する、研究・システム開発・作曲・公演・教育などの活動を続けてきた[1]。2013年の春は、2012年9月から再開したPropellerプロセッサ[2]の探求が2013年2月末までで一段落し[3]、翌4/5月からは、新たにSketching2013[4]に向けてRaspberry Piの探求を始めた[5]ので、本研究は実質的に1ヶ月半ほどで集中的に完了して、全ての報告をWebに置いている[6]。その報告の前半は、2013年5月の日本音楽知覚認知学会・春季研究発表会にて報告した[7]ので、本稿ではこれらと重複する内容は適宜省略するので、[6][7]を参照されたい。本稿では、学会発表の予稿[7]を提出した後に実験を進めて、発表時にはWeb公開[6]していた後半の内容を中心として報告する。

### 2. その3つの発端

この発端の第一はAniMusic[8]である。2000年頃に発表された最初のバージョンのAniMusicの7曲の中で、チャイム/ベル/ゴング系の音色が使われている曲のうち、違和感のない2曲に対して、ある1曲で以前からそのピッチに違和感を覚えていたのをふと思い出した。

このような音色は、MIDI音源では、グロッケン・チューブラー・クリスタル・ティンクルベルなどの名称で散見する。いずれもMIDI入力されたノートのfundamentalよりも、ヘンなところ(非斉次倍音)の倍音強度の方が強く、敢えてホンキートンク(チューニング狂い)の印象を与えるために活用される事が多い。筆者も過去の作品の中で、敢えてピッチ感が失われるような意図でこの音色を使用してきた。これが第二の発端である。

そしてさらに思い出したのが、マーラー第2交響曲「復活」のフィナーレ部分である。90分ほどの大曲の最後、30分以上かかる第5楽章のラスト、ソリストから合唱に至って盛大なフィナーレとなり、合唱が終わって管弦楽だけのコーダとなった部分(最後の1分半ほど)で、まさにこのサウンドで「鐘の乱れ打ち」が印象的に使われている。

この曲のスコアにおいて「Glockenspiel」と書かれているパートが該当する楽器のサウンドであり、Wikipediaの「マーラー第2交響曲」[9]によれば、「3 deep, untuned steel rods or bells」とある。深くuntunedなsteelサウンド、というのはまさに上述の特徴そのままである。Wikipedia[9]の第5楽章の解説によれば、このコーダ部分については以下の記述がある。

**The instrumental coda is in this ultimate key as well, and is accompanied by the tolling of deep bells. Mahler went so far as to purchase actual church bells for performances, finding all other means of achieving this sound unsatisfactory. Mahler wrote of this movement: "The increasing tension, working up to the final climax, is so tremendous that I don't know myself, now that it is over, how I ever came to write it."**

この交響曲のクライマックスに必須の緊張感のために、他の楽器では駄目なので、初演に際してマーラー自身が教会の鐘を買い求めた、という上記の話は象徴的であり、このサウンドの持つ不思議な魅力と、作曲上の要請が伝わってくる。楽譜のこのパートの部分には“from deep, among each other different sound without certain pitch”と書かれている。3つの異なるピッチが使われるが、そのピッチが不確かであること、とわざわざ明記されているのである。そして楽譜のこのパートの音部記号をよく見ると、なんとト音記号もヘ音記号もハ音記号も無く空白であ

†静岡文化芸術大学  
Shizuoka University of Art and Culture

る。まさに、オーケストレーションにおいて、他のパートとの調和を否定する存在感が際立っている。

### 3. MIDI音源とソノグラフによる実験

ここで、筆者がこれまで感覚的にチューニングがずれた音として使ってきた、MIDI音源のグロッケンなど前述の4音色について、実際にその倍音構成をビジュアル化しつつ聞き比べて分析・検討した。以下の図1はグロッケン、図2はチューブラーベルの音色であるが、これは文献[7]で報告しているのでここでは全面的に割愛する。

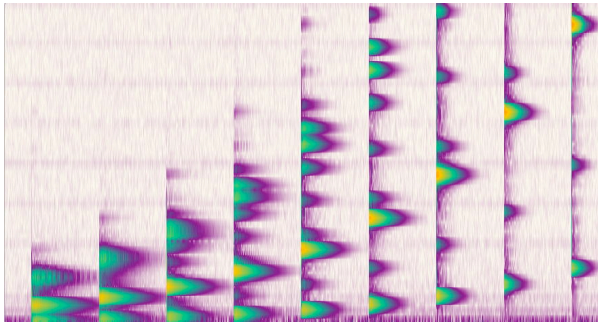


図 1 "Glocken"音色のソノグラフ  
 Fig. 1 Sonogram of "Glocken".

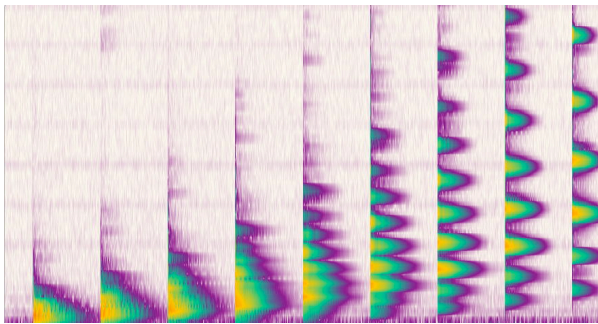


図 2 "Tubular Bells"音色のソノグラフ  
 Fig. 2 Sonogram of "Tubular Bells".

### 4. Mahler第2交響曲の収集と分析

上述のMIDI音源の実験を受け、次にMahler第2交響曲「復活」のコーダに取りかかった。筆者はかねてよりこの作品を愛好しており、個人的に11種ほどのCDを購入してスコアを読みながら愛聴したり、コンサートに出かけて鑑賞してきた[10]。しかしここでは、より多くの事例からこの作品における指揮者(オーケストラ)の解釈について分析するために、YouTubeで「マーラー第2交響曲」と検索してヒットしたムービーを多数、収集した。サウンドでなくYouTube動画とした理由には二つあり、(1)ライブ演奏の動画にこのコーダ部分で実際に演奏された楽器が映っている可能性がある、(2)世界各国の著作権管理団体と提携しているYouTubeでは、違法アップロードされた動画は視聴停止・凍結/アカウント停止/視聴地域制限などによって禁止されているので違法ダウンロードの心配がない、という点を考慮した。Mahler第2交響曲の動画をYouTubeから70本以上収集し、全て視聴・比較して重複を除外した結果、対象ムービーは計59本となった。次いで対象となるコーダ部分、すなわち楽譜の730小節からラストまでを切り出した

MPEG4ムービーに変換した。これと合わせてライブ映像のカテゴリの動画を慎重にスキャンして、12本の動画において、実際に楽譜でGlockenspielと指定された楽器を演奏している模様を抽出した。たった3本の金属棒が吊り下げられたゴング、立派なチャーチベル、音階の数だけチューブの並ぶチューブラーベル等、動画で使用されている楽器のバラエティは豊富であった。さらにそのサウンドは、全てのオーケストラに共通の変ホ長調に対して、調和した特定のピッチの音階が聞こえるものから、まったく異質のデチューンのもので、同じマーラーの楽譜からこれだけ解釈の多様性が生まれるのか、と驚いた。これにより、楽譜にパートとしてGlockenspielと書かれたものの、マーラー自身を含めて実際の演奏では、いわゆる(小型の)鉄琴のグロッケンが使われることは無いと確認できたが、本稿ではマーラーの楽譜の記述を尊重して、この「深い音色で不確かなピッチの金属製の楽器」の便宜的な総称として、これ以降も「グロッケン(系)」と呼ぶことにする。



図 3 Mahler第2交響曲フィナーレのスコア  
 Fig. 3 Score of the finale of Mahler Sym. NO. 2.

以上の準備を受けて、収集した59本の「復活」コーダ部分(約90秒、図3)について、焦点である「グロッケン(系)楽器」の演奏音を分析した。ただしここで重要なのは、音部記号の無い楽譜やMIDI音源の実験で明らかのように、この楽器はfundamentalが聞こえなかったり上部倍音構造と無関係だったりという特徴を持っている。従って、ピッチを分析検討する対象は実際に聴取できる周波数成分だけであり、個々の「グロッケン(系)楽器」のサウンドの倍音構造については問わないという点が重要である。求めたいのは、明確なピッチと調性感を持つオーケストラのコーダ部分の音響の中でのこの楽器音のピッチの意味合いの抽出である。これ以降の分析とその結果については文献[6][7]で報告しているのでここでは割愛する。

### 5. AniMusicにおける違和感の分析

冒頭に紹介したAniMusicのチャイム/ベル/ゴング系の音色が使われている曲のうちピッチに違和感のある1曲の該当部分のムービーの前半は、

$Cm \rightarrow Ab \rightarrow Eb \rightarrow Bb \rightarrow Db \rightarrow Ab \rightarrow Eb \rightarrow Eb \rightarrow (Cm)$

というシンプルなコード進行を2回、繰り返している。メロディーの音の冒頭1小節は「G→F→Eb→C」である。そして問題のパイプが登場し転調して、BGMのコードはお約束の全音上行転調で、

Dm → Bb → F → C → Eb → Bb → F → F  
 → (Dm/Bb)

という同じコード進行を2回、繰り返して最後のBbで終わっている。ところがここに鳴らされているグロッケン系の音色の耳に聞こえる倍音成分は、最初的小節で言えば本来の転調後のメロディーの「A→G→F→D」に対して完全4度だけ下の「E→D→C→A」と鳴っている。その最初のE音の違和感は、2音目のD音と3音目のC音がBGMの調性のDmのスケールに含まれているのでいったん消えるが、2小節目に繋がるメロディーのA音が、2小節目のBGMのコード:Bbと完全に不協和関係となって、ここで違和感は限界を越える。それ以降、耳に聞こえるメロディーの調性はAm-F系なのにBGMはDm-Bb系であるために、同様にそこかしこで不協和関係が続き、全体として堪え難い違和感となっている。

これは、前述のMIDI音源サウンドの分析のGlockenのサウンド解析の結果から、以下のような現象となっていると考えられる。すなわち、この楽曲の作曲者は、全体として調和したシンプルなコード進行で作曲して、シーンごとにメロディー楽器の音色を切り換えており、この最後の転調のところで、メロディーのMIDIデータは転調に従って「A→G→F→D」となる筈である。しかし、ここでメロディー担当パートの音色としてMIDIプログラムチェンジ10番の「Glocken」を指定しているが、この音は、耳に聞こえる最大音量の3次倍音はMIDIで与えるノートの8/3倍音にほぼ近いピッチなので、コードのメロディーに対して完全4度だけ下の調性のメロディーのように聞こえるのである。MIDI音源のオーケストレーションにおいて、どうしてもラストの部分でこのような非調和成分の強い音色の楽器を選択するのであれば、その聞こえる倍音成分を考慮して、意図的にその音色のメロディー部分だけ移調すれば、あくまで耳に聞こえるメロディーが全体の調整と違和感を持たないように作曲/編曲できたものと思われる。ポップな感じのこのAniMusicの曲においては、Mahlerのように「untunedなサウンド」を求めている事は無いので、ここは音楽パートを担当したスタッフの一種の失敗であった。

## 6. ソフトウェアMIDI音源による被験者実験

前述の考察を受けて、実際にグロッケン系のMIDI音源でメロディーに違和感が生まれる現象を、被験者実験によって確認することにした。具体的には、Max6パッチにより制作した(Web[6]にてソース/実行形式とも公開中)。本稿の前半では音源としてRoland社のSC-55mkIIを使用したのが、使用する5種類の音色をSC-55mkIIと同じプログラムチェンジで指定してほぼ同等のサウンドが得られることをスペクトル分析により確認した上で、ここではMacに標準搭載されているGeneral MIDI互換ソフトウェア音源とすることで、Macさえあれば多数の被験者で同時に追試できるようにした。この実験用パッチ「test07.maxpat」の処理はおよそ以下のようなものである。

- i. 「これから実験を始めます」と表示、キーボードの「1」入力を求める

- ii. BGM(ドラムとオルガンで2小節のII-V進行が刻々と適当に転調)が始まり、サウンドの有無を確認、キーボードの「2」入力を求める
- iii. BGMが止み、判定ボタンのクリックのテストを求め、キーボードの「3」入力を求める
- iv. トラブルがあればスペースキーで最初に戻ると告げ、キーボードの「4」入力を求める
- v. BGMが再開、実験中はBGMがずっと続くことと予告、メロディーのためにキーボードの「5」入力を求める
- vi. BGMにピアノ音のメロディー(ぴったり合っている)が加わり、これは判定「5」だと告知
- vii. 5を押すとメロディーが半音上がり、これはまったく合っていない例: 判定「1」だと告知
- viii. 1を押すと「いよいよ実験本番です。1から5までをクリックして進めて下さい」として、スタートにキーボードの「7」入力を求める
- ix. 次々に音色とトランスポーズを変えた20種類の判定資料を提示(ランダムな順番)、好きな時間だけ聞いて判定したクリック番号を刻々と記録
- x. 20個まで到達するとファイル「test.txt」を書き出し、その内容をコピペして長嶋にメールして、と表示

実験は静岡文化芸術大学デザイン学部メディア造形学科の学生が受講する、筆者の2回生向け専門科目「サウンドデザイン」(2013年4月23日)及び3回生向け専門科目「音楽情報科学」(2013年4月22日)において一斉に行った。所要時間は説明を含む全体でも15分程度、実験本体は2-3分であった。被験者は聴覚が健常な計49人で、19歳から22歳までのメディア造形学科学生45人(女32、男13)、他に30歳以下の他学科学生(女1)と韓国人留学生(男2人)と実習指導員(男1)であった。音楽経験についてはアンケートを取らなかったが、これは今後の課題である。以下の図4は、この実験ソフトのメイン画面の冒頭の様子である。

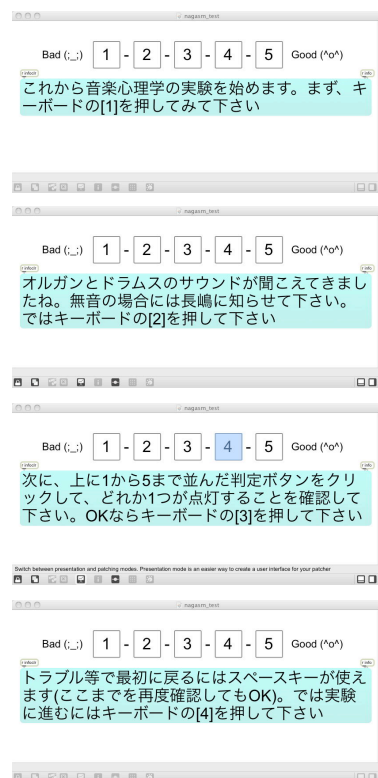


図 4 被験者実験ソフトの画面例  
 Fig. 4 Screenshot of the experiment program

ここで被験者に提示した音楽サンプルは計20個であり、被験者ごとにランダムな順序で出現する。音色は基準としてのピアノ(MIDIプログラム番号=1)、あとMIDIプログラム番号で[10][15][99][113]の4種類で、それぞれMIDIノートナンバとして調性的に調和したメロディーの音高だけでなく、本研究のターゲットとなるピッチずれに対応して移調したオフセットを適宜、付加したのもも紛れている。49人の被験者からの実験結果の生データはWebにて公開[11]しているので、誰でもこのデータを元に、以降の筆者の分析を追試できる。何か間違いがあればご指摘いただきたい。

## 7. 被験者実験結果の分析(1)

20種類の提示音楽サンプルのそれぞれに対する49人の被験者から得られた実験結果の生データ[11]に対して、分析するプログラムもMax6で制作した。図5は49人の被験者それぞれが、20種類の提示音楽サンプル(左端=1、右端=20)に対して評価したスコア(不評1-良好5)を実験の順序でなく音楽サンプル番号に対してソートした結果である。

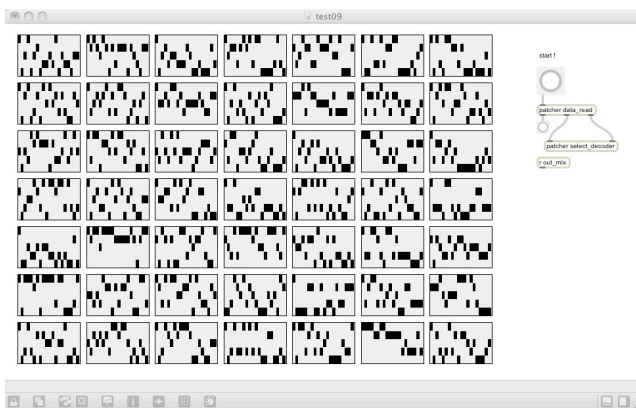


図5 実験結果分析ソフトの画面例(1)  
 Fig. 5 Screenshot of the analysis program(1)

これを一瞥すると特定の被験者の聴取傾向が判定でき、例えば左上端の被験者[1]とその下の被験者[8]とでは、サンプル[1]はともに良好なスコア[5]を、続く(実験ではランダムに別の順番で提示されている)サンプル[2]はともに最低スコアの[1]と評価している、などの傾向の類似性が見てとれた。一方で、まったく駄目という評価[1]を20個のサンプルに一度も付けていない被験者が3人いるとか、スコア[1]と[3]を1つ付けたものの[2]がゼロで残りのスコアが全て[4][5]である被験者[30](左から2番目、上から5番目)とか、実験の半分過ぎまで[5][4]ばかり(だんだん違いが聞こえてきた? or 後半は疲れてきた?)という被験者[48](右から2番目、最下段)など、かなり異なった傾向の被験者も一目瞭然であり、統計的に分析する際にノイズとして除去する候補の抽出に役立った。

次に、統計分析の方針としてスチューデントのt検定[12][13]により、20個の音楽サンプル資料に対して「可もなく不可もなく」のスコア3点(中央値)を平均点として正規分布する母集団(一般大衆)を想定し、これに対して49人の被験者集団の判定結果が、中央値の3点よりも有意に高い(BGMと合っている)、あるいは有意に低い(BGMと合っていない)と認められるサンプル資料があるか、それはどのサ

ンプルでスコアの平均値は、その信頼度は(どの有意水準まで)、を抽出するために、以下の「t値」を計算して、両側検定のt臨界値と比較することで判定することにした。

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{N}}}$$

そこで、以下の図6のようにサンプル資料ごとに、49人の被験者(左端=被験者1、右端=被験者49)のスコア(不評1-良好5)を画面内の20個のグラフとして表示した。これにより、20個のサンプル資料ごとにおよその傾向として「高いスコア(BGMと合っている)が多い」(サンプル[1]やサンプル[4])か、「低いスコア(BGMと合っていない)が多い」(サンプル[17]やサンプル[18])か、被験者によって評価がバラバラに分かれる(サンプル[10]やサンプル[15])か、などの傾向が容易に見てとれる。

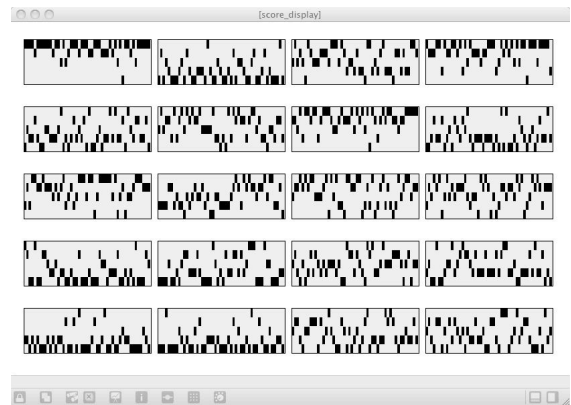


図6 実験結果分析ソフトの画面例(2)  
 Fig. 6 Screenshot of the analysis program(2)

## 8. 被験者実験結果の分析(2)

続いて制作した実験結果分析プログラムでは、20種類(1)の提示音楽サンプル資料ごとに、(2)被験者のスコア(1-5点)の平均、(3)標準偏差、(4)母集団(一般大衆)を「スコア平均点=3で正規分布する」と仮定した場合のt値、(4)と有意水準[(5)10%, (6)5%, (7)1%, (8)0.1%]の両側検定のt臨界値との比較結果(1=有意, 0=有意無し)、を計算して結果を以下の図7のように表示するとともに、mean\_SD.txt[14]というファイルに書き出した。

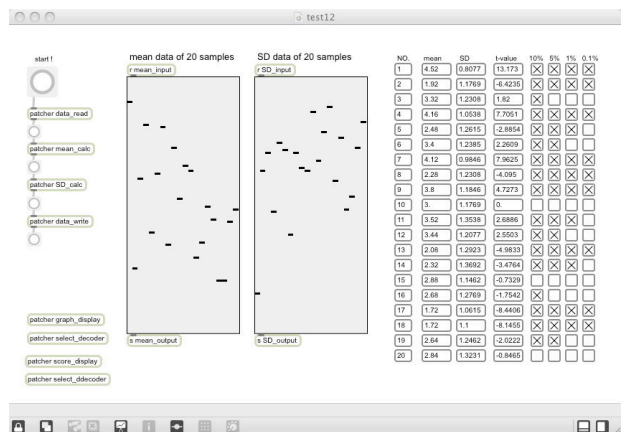


図7 実験結果分析ソフトの画面例(3)  
 Fig. 7 Screenshot of the analysis program(3)

図7の画面から読み取れる結果は、たとえばサンプル[1]の場合、被験者49人の評価値の平均は4.52ときわめて高く、また標準偏差も0.8077とかなり小さいために、有意水準0.1%( $p=0.001$ )でも評価値は中央値(3.0)より有意に高い、と解釈できる。同様に有意水準0.1%でも評価値が中央値(3.0)より高い、あるいは低いと解釈できたのは、サンプル[2](1.92)、サンプル[4](4.16)、サンプル[7](4.12)、サンプル[8](2.28)、サンプル[9](3.80)、サンプル[13](2.08)、サンプル[17](1.72)、サンプル[18](1.72)、だけであった。

サンプル[5][11][14]は有意水準1%( $p=0.01$ )では中央値(3.0)と離れていると解釈できるが、有意水準0.1%( $p=0.001$ )では評価値が中央値(3.0)に近いため、あるいはやや標準偏差が大きい(ばらつきが大きい)ために右端のマークが空白となっている。サンプル[6][12][19]では有意水準5%( $p=0.05$ )までしか中央値(3.0)と離れていると解釈できないが、これは評価値がより中央値(3.0)に近いためである。サンプル[3][16]では有意水準10%( $p=0.1$ )でしか中央値(3.0)と離れていると解釈できないが、これは評価値がさらに中央値(3.0)に近いためである。サンプル[10][15][20]では評価値が中央値(3.0)に非常に近いため、有意水準10%( $p=0.1$ )でも中央値(3.0)と離れているとは解釈できない。

### 9. 被験者実験結果の分析(3)

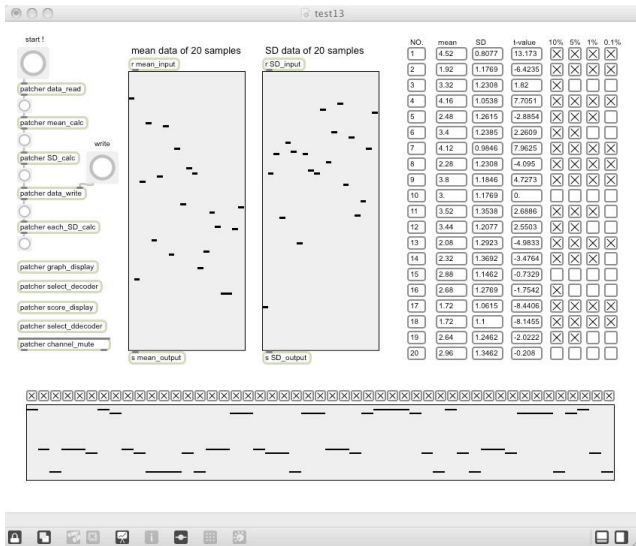


図 8 実験結果分析ソフトの画面例(4)  
 Fig. 8 Screenshot of the analysis program(4)

上述の結果を受けて、最終的な分析パッチとして、“test13.maxpat”(図8)を制作した。ここでは、49人の被験者の中に、全体の統計データを大きく偏らせるような傾向が見出せた場合には、その被験者のデータを「20個のサンプル全てに3点を付けた」と置換した場合に全体の結果がどう変わるか、を検討する、というやや挑戦的な実験である。これは音楽心理学実験によくある「まったく聞こえていない人(広義の「音痴」)」の影響の除外、ということである。そのために、メイン画面内の下段に、49人の

「20個のサンプルごとに全被験者の平均値との偏差(距離の二乗の平方根)」を表示するとともに、その49人ごとにボタンを配置した。そして、初期状態では49人全員のボタンが「ON」となっているのに対して、どれかの被験者のボタンを「OFF」にすると、その被験者のデータを「20個のサンプルの全てに3点(中央値)をつけた」と修正して、いちばん最初から全ての演算を行って再描画するようにした。また、49人の被験者全員のデータmean\_SD.txtを書き出すボタンを設けて、基本的にはこのファイルを自動では上書きしないようにした。以下の図9には、49人の被験者のうち、もっとも全被験者の平均値との偏差が大きいグループから計7人について、「20個のサンプルの全てに3点(中央値)をつけた」と修正した実験に対する、メイン画面、49人のそれぞれの20個のサンプルに対する評価値グラフ、20個のサンプルごとに49人の被験者から付けられた評価値グラフ、のスクリーンショットのみを示すので、他については[6]を参照されたい。

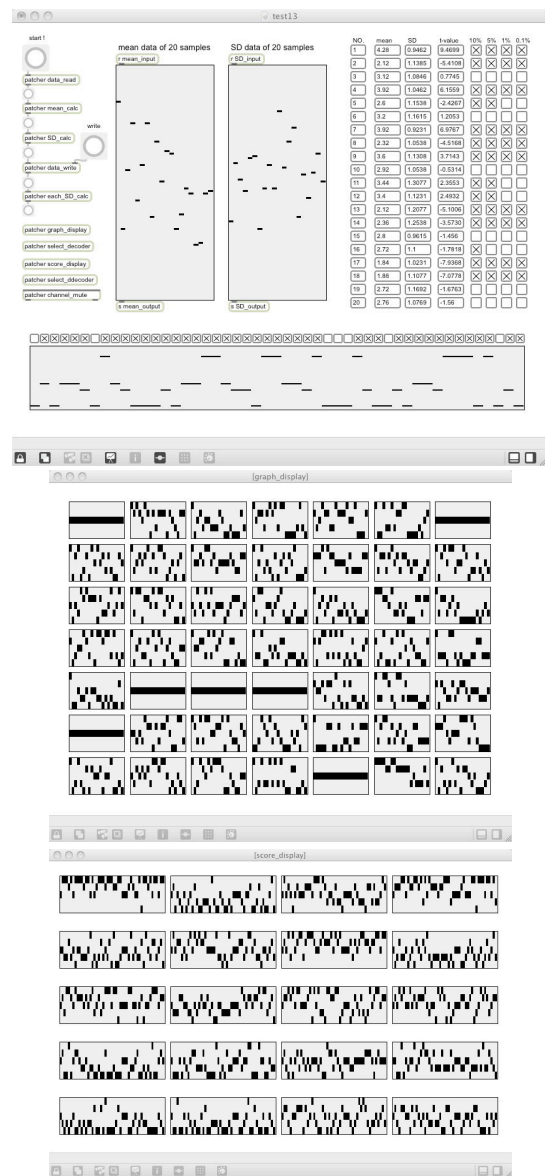


図 9 実験結果分析ソフトの画面例(5)  
 Fig. 9 Screenshot of the analysis program(5)

## 10. 被験者実験結果の検討

ここで被験者実験の結果を、実際に提示されたサウンドサンプル例と対比して検討した。まず、49人の被験者データのうち、有意水準0.1% ( $p=0.001$ )でも評価値は中央値(3.0)から有意に離れている、と解釈できるもののスコアを抜き出し、サウンドサンプル例を再録すると、20個のサンプルのうち12個となる。そして、その中でもスコアが4点以上という「BGMとよく合う」というものは、サンプル[1][4][7]の3つであった。ピアノ音色で正しいMIDIノートのものに加えて、音色[10]のGlockenにおいて、聴感上は目立っていた完全4度上の音をメロディーとして知覚させるために、MIDIノートを完全4度だけ下、あるいは完全5度だけ上に移調したものがランクインした。

また、有意水準0.1% ( $p=0.001$ )でも評価値は中央値(3.0)から有意に離れている、と解釈できるものの中でスコアが2点以下という「BGMとまるで合わない」というものは、サンプル[2][17][18]の3つであった。まず、ピアノ音色で5半音だけ移調したものは、想定通りに「BGMとまるで合わない」と判定されたが、他に音色[113]のTinkle Bellで、離れた音域の異なったピッチ感の2音成分が予想通りに災いし、MIDIノートのオクターブ上だけでなく、完全5度上という関係でも「BGMとまるで合わない」と判定された。

そして、残り6つのうち、有意水準0.1% ( $p=0.001$ )でも「どちらかといえばBGMと合う」というものはサンプル[9][11]の2つであった。ここではいずれも音色[15]のTubler Bellが、オクターブや2オクターブだけ上げたサウンドで、高い成分のピッチ感がメロディーとして知覚されたものと思われる。

そして、残りのサンプル[5][8][13][14]の4つが、有意水準0.1% ( $p=0.001$ )でも「どちらかといえばBGMと合わない」というものである。ここには音色[10]のGlockenと音色[99]のCrystalが2個ずつ入ったが、いずれも異なった(自然な倍音関係でない)2成分が聞こえる音域で、被験者がメロディーがどれか、惑わされた様子が推定される。

まとめると、本研究[6]の前半で行った「MIDI音源サウンドの分析」のところで整理したように、MIDIノートとして駆動されるfundamental成分と異なる成分の影響により、多くの被験者が前述とほぼ同様に影響されることで、「BGMとよく合う」から「BGMとまるで合わない」までの判定において、似たような評価を出した、と言えるだろう。今回の実験データでは、突出して(1人か2人だけ)一般の被験者データから乖離する被験者はいなかったため、当面の分析はここまでとしたが、興味のある方は必要に応じてさらに分析をすることもできる。ここまでの分析を受けてまとめると、以下ようになる。

(1)MIDI音源の音色の中で、「グロッケン(系)」音色はMIDIで与えられるfundamentalの自然倍音成分よりも、異なったクロマやずれて知覚される倍音成分の方が強いので、本当に意図するようにメロディーが聞こえるのか、注意してチェックする必要がある

(2)「グロッケン(系)」音色では、複数のピッチ感を与える成分が同時に混在しているので、オクターブ関係で上下させると、聴覚

の最適感度帯域、あるいは楽器音として最適強度帯域に入る成分が強く表に出てくる。このため、通常、自然倍音から構成される楽器音のように、音色効果としてオクターブ上下させたりミックスするのと違って、本質的にピッチの知覚を左右する(違ったメロディーにも聞こえる場合がある)ことに注意する

(3)MIDIノートナンバ(ピッチ)だけでなく、MIDIベロシティ値についても注意が必要である。通常、MIDI音源では、ベロシティ値によって音量だけでなく音色を変化させ、一般に強打鍵の場合には高域の音色成分を強調するような傾向にある。すると「グロッケン(系)」音色の場合には、あるベロシティ値で想定した音色バランス(複数のピッチ成分が高域と低域に混在)が、ベロシティ値によって音量や音色だけでなく、実際に聴取されるピッチの弁別にまで影響することを配慮する必要がある

(4)結局、「グロッケン(系)」音色は実際の楽曲の中で鳴らしてナンボであり、データとしてのMIDIパラメータに頼ることなく、実際に耳で聞いてどうなのか、が重要である。簡単に言えば「ちゃんと聞こえない奴はこの音色を使うな」という事である

## 11. おわりに

本報告は本来であれば、音楽情報科学研究会の第100回研究会(2013年9月)に発表したいと構想していたが、幸か不幸か国際会議ISPS2013に採択されてウイーンに行った[15]のために、発表できなかった。そこで12月の第101回研究会での発表を申し込んだが、インターカレッジと合体するこの研究会での発表は、音楽制作/公演、音楽学/音楽心理学などの専門家も集うので、意義あるものと期待していた。それが一方的に日程変更となり、事実上インカレとの合体が叶わなかったのは非常に遺憾である。雨ニモ負ケズ風ニモ負ケズ嵐にも負けず、これからも新しい視点での音楽的な研究を追求していきたい。

## 参考文献

- 1) 長嶋洋一, Art & Science Laboratory, <http://nagasm.org>
- 2) 長嶋洋一, 続・Propeller日記(1), <http://nagasm.org/ASL/Propeller2/index.html>
- 3) 長嶋洋一, 続々・Propeller日記(3), <http://nagasm.org/ASL/Propeller3/index3.html>
- 4) <http://nagasm.org/1106/Sketch2013/index.html>
- 5) 長嶋洋一, Raspberry Pi日記, <http://nagasm.org/ASL/RaspberryPi/>
- 6) 長嶋洋一, グロッケン音色の利用に関する考察, <http://nagasm.org/ASL/Glocken/index.html>
- 7) <http://nagasm.org/ASL/paper/onchi201305.pdf>
- 8) AniMusic. <http://www.animusic.com>
- 9) [http://en.wikipedia.org/wiki/Mahler\\_2](http://en.wikipedia.org/wiki/Mahler_2)
- 10) <http://nagasm.org/1106/news2/mahler/>
- 11) <http://nagasm.org/ASL/Glocken/jikken/result1.txt>
- 12) [http://en.wikipedia.org/wiki/Student%27s\\_t-test](http://en.wikipedia.org/wiki/Student%27s_t-test)
- 13) [http://en.wikipedia.org/wiki/Student%27s\\_t-distribution](http://en.wikipedia.org/wiki/Student%27s_t-distribution)
- 14) [http://nagasm.org/ASL/Glocken/jikken/mean\\_SD.txt](http://nagasm.org/ASL/Glocken/jikken/mean_SD.txt)
- 15) <http://nagasm.org/1106/EUtour2013/index.html>