

不協和度解析に基づいた作曲の試み

高橋裕[†] 小林孝浩^{††} 三輪眞弘^{††}

本研究では不協和度解析を用い、不協和度を一元的な指標とした作曲の可能性を探ることを目的とする。それにより、多様な音響を統一的に操作することのできる作曲法の構築が期待される。この手法を用いてピアノソロ作品「HARMONIES 286」と「At the moment」を制作し、作曲手法を評価した。

Study of composition based on dissonance analysis

Yu Takahashi[†] Takahiro Kobayashi^{††}
Masahiro Miwa^{††}

The purpose of this study is investigating possibility of the composition that assumes dissonance degree as a normative index using dissonance analysis. This enables us to construct a method of composition that we can operate various sound integrally. We made piano solo works “HARMONIES 286” and “At the moment” with using this method, and evaluated it.

1. はじめに

作曲という行為は、様々な判断の総体であると言えるだろう。それは音楽理論や楽器の実用上の制約、作品のコンセプトなどを反映した判断の総体であると考えられるが、すべてが明示的であるとは限らない。本研究では不協和度を唯一の手掛かりに音楽作品を構築することにより、あらゆる音響を統一的に扱い、作曲という行為を明らかにし、捉えなおそうと試みた。

2. 不協和度解析の実装

1960年代の R. Plomp と W. J. Levelt の研究を始めとし、現在は様々な不協和度の算出方法が紹介されている[1][2]。その中でも W. A. Sethares により報告されている方法[3]を用い、ビジュアルプログラミング環境 MAX/MSP により実装した。この方法は、音の粗さを不協和感の原因と考え、それをうなりの回数として音響処理的に不協和度として抽出する解析方法である。以下、これを BC モデル (Beat Counting Model) と称する。またこれにより算出される不協和度は、値が大きいほど不協和感が大きいことを示し、それは音色をも反映したものである。

2.1 BC モデルの詳細

BC モデルでは、主に次の 3 つの音響処理により不協和度を算出する。まず与えられた音声信号の負の値を 0 に矯正し、全体として 0~1 の大きさの信号に加工する。次にローパスフィルターとバンドパスフィルターを用い、不協和度として考慮すべきうなり成分の抽出と整形を行う。そして最後に信号自体のレベルを検出することにより、不協和度の値とする。不協和度の原因となる音の粗さが出現する 2 音の音程は、音域によって変化する[4]。そのため BC モデルの実装においては、まずバンドパスフィルターにより複数の音域に分けた音声信号を、それぞれその音域に特化した不協和度算出処理をし、出力された各音域の不協和度を合算したものを最終的な不協和度として用いる。

BC モデルの実装においては、文献[3]では中音域の処理のサンプルが掲載されているのみであるため、その他の音域の処理におけるフィルターパラメーターの設計に臨界帯域[a]の値を利用し設計した[4]。

[†] 情報科学芸術大学院大学メディア表現研究科
Institute of Advanced Media Arts and Sciences, Graduate School of Media Expression
^{††} 情報科学芸術大学院大学
Institute of Advanced Media Arts and Sciences

a) 周波数が近い 2 つ純音を重畳させた時に生ずる、音の粗さ (Roughness) が消失する周波数差。

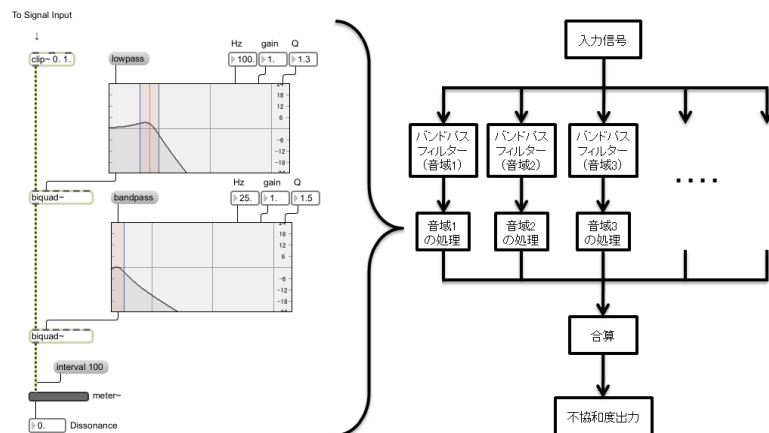


図 1 BC モデルの処理 (左は MAX/MSP のプログラム)

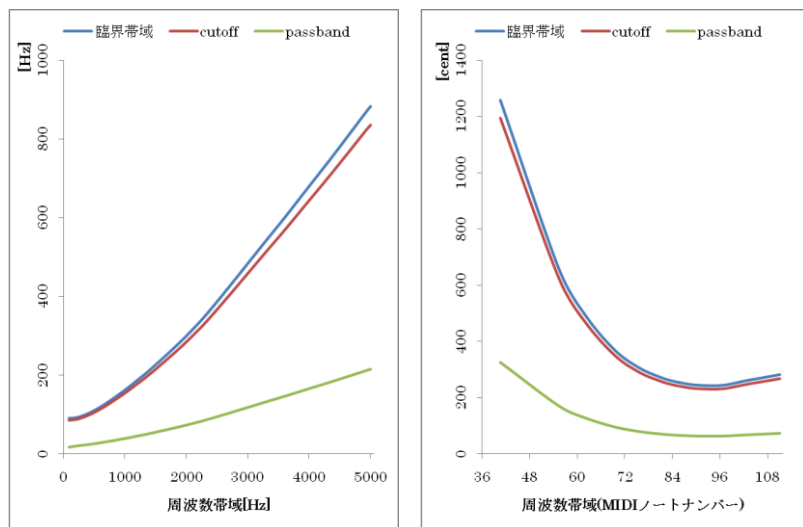


図 2 うなりの抽出に用いるローパスフィルターのカットオフ周波数・整形に用いるバンドパスフィルターのパスバンド周波数・臨界帯域の関係

2.2 BC モデルの検証

制作した BC モデルの動作確認をするため、整数倍音を第 6 倍音まで含む仮想の楽音に対し BC モデルによる不協和度曲線を描いた。楽音を 2 音用意し、1 音を 261.6[Hz] (MIDI ノートナンバー60) に固定し、もう 1 音を 261.1[Hz]から 1oct.上まで 1[cent] 刻みで走査した。結果、簡単な周波数比の箇所における不協和度の落ち込みと、その周囲での不協和度の上昇が現れ、また全体として期待されるグラフが描けたものと思われる。

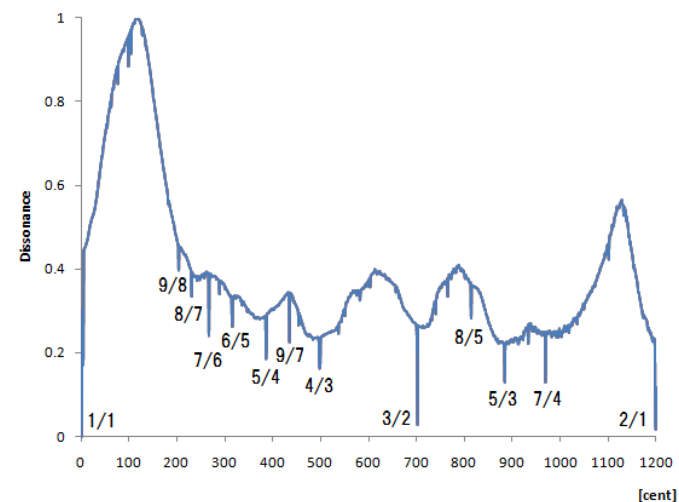


図 3 BC モデルを用いた仮想楽音による不協和度曲線
(縦軸の不協和度については規格化した)

2.3 BC モデルの今後

実装した BC モデルは支障なく運用できるものと判断したが、追求すべき箇所はいくつか残されている。まず、各フィルターのパラメーターや、いくつの音域に分けて処理するのか、またその際の精度がいくらかなのかを明らかにする必要がある。それに加え、音域に対しての不協和度の様子(等不協和度曲線など)がどのようになるべきなのかを議論する必要があるだろう。これらは被験者を集めた感性評価を行うことが望ましいと思われる。その際に不協和度を算出するモデルが何に対して正しいのかを常に考え、不協和度という聴覚の価値判断をいかにモデル化するかということを追求する必要があるだろう。

3. 作品構築

音響の不協和度を算出する BC モデルを、どのように作品構築に用いたかを述べる。不協和度を作曲に応用するという事例は既に報告されている[5]。本研究では不協和度を用いることにより音響を押しなべて統一的に扱い、音と作曲の関連性を明らかにすることを狙いとする。以下、習作であるピアノソロ作品「HARMONIES 286」[b]と本作品「At the moment」の制作過程を明らかにすることにより論ずる。

3.1 ピアノソロ作品「HARMONIES 286」概要

「HARMONIES 286」は、ピアノの中音域 1oct. の 13 半音 (MIDI ノートナンバー 60 ~ 72) を用いて作られる 286 通りの三和音を、不協和度の順に並べたピアノソロ作品である。始めに鍵盤ごと 13 個の音をサンプリングし、それらをプログラム上で再生・合成することにより仮想的に複数の和音を生成する。この時に考えられる三和音の組合せは 286 通りあり、これらの音響をそれぞれ BC モデルによる不協和度解析を行うことにより 286 通りの不協和度を得た。この解析結果をもとに不協和度の大きい方から小さい方へ順番に三和音を配置して作品を制作した。各和音は約 300[msec] ごとに一定のテンポで順番に奏され、全体として 1 分程の曲となる。

3.2 「HARMONIES 286」考察

不協和度解析の検証として和音の不協和度を調べるということはすぐに考えられることだが、その結果を並べて聞くということには強い印象を抱いた。それは音を機械的に押しなべて扱うことで、本来生成可能であった音響の多様さを無機的に見せつけられたということである。それに加え、それら多様な音響が BC モデルによって不協和度の順により分けられている事実が驚くのはさることながら、我々が趣向する音響の偏りを実感させられたということである。つまり、提示された三和音の 8 割程が、ほどほどの不協和度で特に特徴もなく、主観的にはつまらないと思える音響であったのである。

さらに、主に主観的判断であるが、各三和音の時間軸上でのつながりは不協和度のみであるにもかかわらず、聴取する際には音と音の時間軸に沿った変化を聞いてしまうという事にも注目をした。

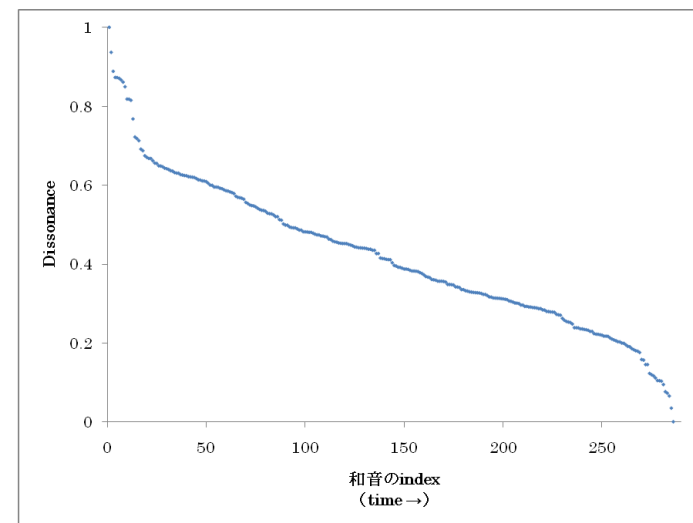


図 4 「HARMONIES 286」の不協和度の変化
(縦軸の不協和度については規格化した)

3.3 ピアノソロ作品「At the moment」概要

習作「HARMONIES 286」を受けて制作したのが、ピアノソロ作品「At the moment」である。「At the moment」も和音の不協和度に着目して構築したものであるが、音域を通常のグランドピアノの全鍵盤 88 鍵へと拡張した点がまず異なる。さらに強度については p と f の 2 種類を用いた。人間の労力を超えた不協和度解析をより効果的に用いるには、同時発音数の多い和音を条件として選択することが考えられる。しかし同時発音数を増やすほど考える和音の組合せは爆発的に増えてしまう。そこで本作においては三和音という条件を設定し、制作を行った。この条件下で考える和音は 877888 通り存在し、「HARMONIES 286」の制作と同様にそれぞれの不協和度を算出した。

「At the moment」では、条件下で得られる 877888 通りの和音をそのまま不協和度の順に並べたものではなく、以下に述べる操作を行った。それは「HARMONIES 286」の聴取において、不協和度の変遷を知覚すると同時に音と音の時間軸上のつながりや変化を聞いてしまうという事態をふまえた操作である。この操作では 1 音の音列を順次生成する。

まず始めに 877888 通りの和音の中から最も不協和度が小さい三和音を第 1 和音とする。次に、第 1 和音の 3 つの音のうち第 1 音・第 2 音・第 3 音を任意に決定する。こ

b) <http://www.youtube.com/watch?v=mEkapIFbSy0> にて公開している。

の3音は順に、生成する1音の音列の構成音となる。次に第2音と第3音の2音を共有する別の三和音のグループの中から、第1和音の不協和度よりも大きくかつ最小の不協和度を有する三和音を第2和音とする。そして第1和音と共有されない第2和音のうちの1音を音列の第4音とする。さらに第3和音の選択は、第3音と第4音の2音を共有する別の三和音のグループの中から、第2和音の不協和度よりも大きくかつ最小の不協和度を有する三和音を第3和音とする。そして第2和音と共有されない第3和音のうちの1音を音列の第5音とする。同様に数珠つなぎ状に繰り返すことにより、1音の音列による不協和度の上昇音列が得られる。また、始めに877888通りの和音の中から最も不協和度が大きい三和音を選択し逆の操作を行うことにより、集約された1音の音列による不協和度の下降音列が得られる。上昇音列・下降音列共に不協和度が最小、もしくは最大の和音から各和音を数珠つなぎ状に決定していくが、必ずしも上昇音列の最後の和音が最大の不協和度、もしくは下降音列の最後の和音が最小の不協和度とはならなかった。それは不協和度解析の結果にも影響されるが、音列の生成は途中で途切れてしまう形になった。

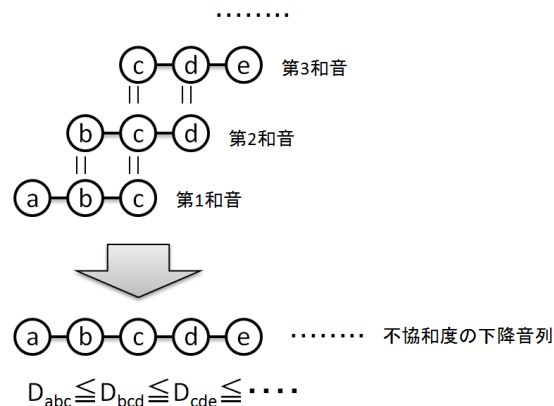


図5 不協和度の上昇音列を生成する手順の模式図
(アルファベットは音高を表し、 D_{abc} はa・b・cの三和音による不協和度を表す)

そこで、不協和度の上昇音列と下降音列を、同様に共有音と不協和度により接続した。始めの三和音からの選び方により、上昇音列と下降音列は共に6通りを導出することができる。上昇音列と下降音列の接続においては、計6つの接続箇所での不協和度の変化が小さいものから音列を接続していった。

以上により得られた6つの音列を、不協和度の遷移を互い違いにして、その音列の長さによって小さいものから音列を並べたものが「At the moment」である。この集約は三和音の不協和度解析の結果から一意的に生成されるものである。演奏に際しては約250[msec]の一定のテンポで1音1音奏される。877888通りの和音の不協和度による序列は、特徴を残したまま集約され提示されると考える。

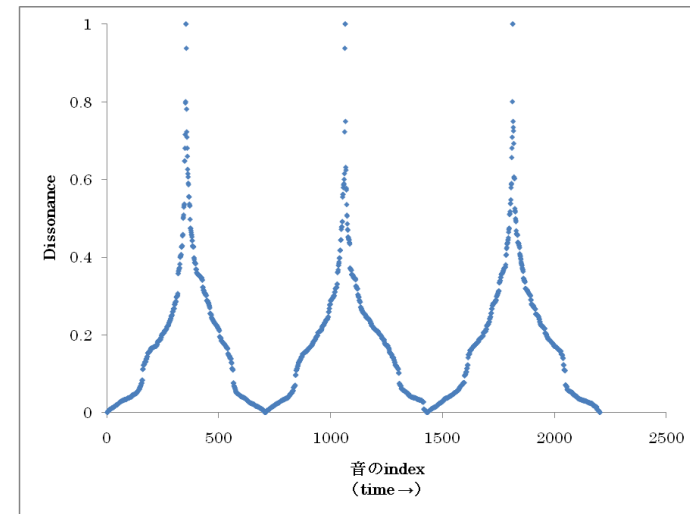


図6 「At the moment」の不協和度の変化
(縦軸の不協和度については規格化した)

3.4 「At the moment」考察

「At the moment」は人間の聴覚では聞き分けることができる範囲を超えた音響を、音響解析という精緻な方法によってより分け、膨大な量の音響を聞くにたえうる配置と長さにとりあげた音楽作品と言えるであろう。それは不協和度という一元的な指標の導入の成果として考えられる。

4. 結論

作曲という行為は個々の音楽パラメーターを決定し、音を取捨選択していくことと考えられるが、そこには様々な価値判断が無意識的に含まれている。本研究において

は不協和度というものを唯一の手掛かりにし、音響を押しなべて統一的に扱うことにより、ありのままの多様な音響を浮き彫りにすることができた。なおかつそれら多様な音響に対して、不協和度用いた操作を行うことができ、音楽作品「At the moment」を一つの到達点として示すことが可能となった。

しかしながら、考えられるあらゆる音響をすべてシミュレートし、統一的に扱うことは不可能である。本研究においては不協和度を手掛かりにしたという制限がある上に、「At the moment」では三和音という条件下に限った作品構築である。音の世界とは、思いのほか広大なのかもしれない。

参考文献

- 1) R. Plomp and W. J. M. Levelt. Tonal Consonance and Critical Bandwidth. Journal of the Acoustical Society of America. 1965, 38, 548-560.
- 2) 小方厚. 音律と音階の科学 ドレミ…はどのようにして生まれたか. 講談社, 2007
- 3) W. A. Sethares. Tuning, Timbre, Spectrum, Scale. 2nd. ed, Springer, London, 2005
- 4) ホアン G. ローダラー. 高野光司・安藤四一共訳. 音楽の科学[音楽の物理学, 精神物理学入門]. 音楽之友社
- 5) 小畑郁男. 感覚的協和理論の作曲への応用. 音楽情報科学研究報告. 2002-MUS-048-5