

# M<sup>3</sup>(M-CUBE):

## 新しい和音知覚モデルに基づいた音楽ムードの可視化インタフェース

藤澤隆史<sup>†</sup> 谷光彬<sup>†</sup>  
長田典子<sup>†</sup> 片寄晴弘<sup>†</sup>

### M<sup>3</sup>: Music Mood Monitor based on New Model of Chord Perception

TAKASHI X. FUJISAWA,<sup>†</sup> MITSUAKI TANI,<sup>†</sup> NORIKO NAGATA<sup>†</sup>  
and HARUHIRO KATAYOSE<sup>†</sup>

#### 1. はじめに

音楽ムードの可視化に関する研究は、楽曲全体や1フレーズなどの大域的構造に注目したものと小節内などの局所的構造に注目したものへと大別できる。例えば“Shape of Songs”では、メロディのリフレイン構造から半円の重ね合わせによって楽曲構造を大域的に視覚化する<sup>1)</sup>。後者では、MIDI音源などの入力に対して局所的なムードについて視覚化するが、その際に色相は、楽曲の音階や調性(例:Cは緑,Aは橙など)へとカテゴリ的に割り当てられることが多い<sup>2),3)</sup>。その際の問題点として以下の2点が挙げられる。

- 調性概念は音楽的要素(特に西洋音楽)の色合いが強く、非音楽家の多くは常に調性を意識して聴取しているわけではない。
- 調性と色相のマッピングについては、共感覚(色聴)など特殊なケースを除いて<sup>4)</sup>、未だ確証は得られておらず、半ば恣意的というのが現状である。

そこで本研究は、調性に代わる楽曲のムードを規定する要因として、1つ1つの和音をもつ独特の響き(和音性)に注目し、和音性を色彩の違いで表現する可視化インタフェースM<sup>3</sup>(M-CUBE)の構築を行なった。和音性の概念を利用することで、非音楽家のユーザに対しても、より直感的でインタラクティブなシステム構成とすることが可能となる。

#### 2. M<sup>3</sup>の実現技術

##### 2.1 和音性についての定量的評価法<sup>5)</sup>

和音性は、2音の音程(および $cent$ )から規定され

る不協和度と、3音の音程構造(音程差)から規定される緊張度、およびモード感の3要素から構成され、それぞれの要素は定量的に定義される。それぞれの和音性要素に対応する具体的な心理的モードとして、不協和度と緊張度は、複合的に機能することで緊張感や不安定性を表現し、モード感(長調-短調)は、明るさや暗さ、もしくはうれしさや悲しさを表現する。

ある2つもしくは3つの複合音において、それぞれの基音と倍音の周波数を $f_{Ai}, f_{Bj}, f_{Ck}$ ( $f_{Ai} < f_{Bj} < f_{Ck}$ )とした場合、 $f_{Ai}, f_{Bj}$ の音程 $x_{ij}$ とし、 $f_{Bj}, f_{Ck}$ の音程 $y_{jk}$ とすると、その音程差 $y_{jk} - x_{ij}$ は $z_{ijk}$ となる。またそれぞれの音量の最小値を $v_{ij}$ もしくは $v_{ijk}$ とすると、不協和度( $D$ )、緊張度( $T$ )、モード感( $M$ )はそれぞれ以下のように定式化される。

$$D = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} v_{ij} \gamma [\exp(-\alpha x_{ij}) - \exp(-\beta x_{ij})] \quad (1)$$

$$T = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} v_{ijk} \exp[-(\frac{z_{ijk}}{\delta})^2] \quad (2)$$

$$M = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} -v_{ijk} (\frac{2z_{ijk}}{\epsilon}) \exp[-(\frac{-z_{ijk}^4}{4})] \quad (3)$$

ここで $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \epsilon$ は定数であり、それぞれ順に-0.80, -1.60, -4.00, 0.60, 1.56である。

##### 2.2 色空間へのマッピング

和音性をもつムード感を色彩で表現するために、3つの指標それぞれをCMYK色空間へとマッピングした。協和性は和音構成の幹となる性質であることから、不協和度( $D$ )は明彩に影響するK軸へと割り当てた。これにより、不協和度が低い和音は鮮やかな、高い和音は濁った色となる。次に緊張度( $T$ )が高い和音には、

<sup>†</sup> 関西学院大学 (Kwansei Gakuin University)

覚醒度が高いと思われる Y 軸を割り当てた。モード感 (M) は正負の値で軸を二分し、モード感の正方向 (明るい長調の和音) には M 軸を、負方向 (暗い短調の和音) には C 軸をそれぞれ割り当てた (図 1)。

本研究のポイントは、和音性の定量的評価モデルを適用したことで、連続的な色空間へのマッピングが可能となり、その結果、それぞれの和音がもつ微妙なニュアンスの違いを色彩で表現することが可能となった点である。例えば、C<sub>7</sub>(CEGB<sub>b</sub>) のような和音の場合、長三和音 (CEG) と減和音 (EGB<sub>b</sub>) のそれぞれの要素が混合することで橙系統の色相として表現される。

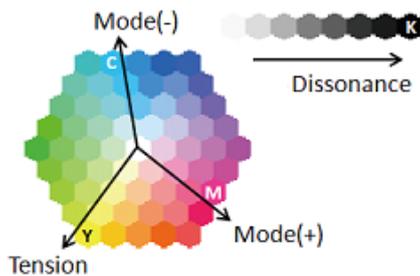


図 1 各和音性指標の CMYK 色空間へのマッピング

### 3. M<sup>3</sup> の機能

システムは Max/Msp/Jitter を用いて実装した。システムは入力音の MIDI 信号から各和音性の値を計算し、割り当てられたカラーのパッチをリアルタイムで出力する。

- 同時性調整スライダ (図 2A)  
M<sup>3</sup> は最大 6 和音まで入力可能であるが、系列的に入力される複数の音について、その同時性の判定基準となる時間幅を設定する。
- 感覚記憶スライダ (図 2B)  
例えば、分散和音におけるモード感がそうであるように、聴覚的には同時ではないが、心理的には残響しているとみなす時間幅を設定する。
- 入力形態の選択 (図 2C)  
M<sup>3</sup> は MIDI 信号をキーボード (演奏モード) とファイル (聴取モード) の両方から入力することが可能である。キーボード入力の場合はチェックを外し、ファイル入力の場合にはチェックをつける。
- ファイルの操作インタフェース (図 2D)  
図 1C をチェックし、M<sup>3</sup> をファイル読み込みモードとした場合は、この領域でファイルの操作を行なう。read ボタンでファイル選択、start ボタンで再生、stop ボタンで停止する。
- 和音カラーの表示画面 (図 2E)

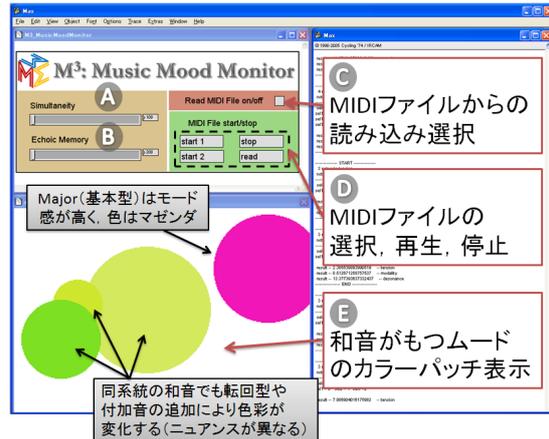


図 2 M<sup>3</sup> (M-CUBE) の表示画面例

キーボード/ファイルから入力された MIDI 信号から和音性の計算を行ない、それぞれの値から割り当てられたカラーで音楽のムード表現する。カラーは入力時刻から波紋のように円周が広がっていき、やがて消える。また円周の最大半径は入力音のペロシティの大きさで決定される。

### 4. おわりに

本研究では、新しい和音知覚理論による音楽ムードの定量的な定義を行ない、その定義に基づいたより直観的な可視化インタフェース M<sup>3</sup> の構築を行なった。今後は、予測補完型の認知モデルを組み込むことで、和声進行に基づいた緊張-解決感についても取り扱いたいと考えている。

謝辞 本研究は、科学研究費補助金 (若手研究 (スタートアップ), 課題番号 18800068) の補助を受けて行われました。記して感謝いたします。

### 参考文献

- 1) “The Shape of Song” [website], URL: [www.turbulence.org/Works/song](http://www.turbulence.org/Works/song), (2007).
- 2) “Music Animation Machine” [website], URL: [www.musanim.com](http://www.musanim.com), (2007).
- 3) Mardirossian, A. and Chew, E.: Visualizing Music: Tonal Progressions and distributions, *ISMIR07*, (2007).
- 4) 長田典子, 岩井大輔, 津田学, 和氣早苗, 井口征士: 音と色のノンバーバルマッピング-色聴保持者のマッピングルール抽出とその応用-, 信学論 A, Vol.86-A(11), pp.1219-1230 (2003).
- 5) Cook, N. D. and Fujisawa, T. X.: The Psychophysics of Harmony Perception: Harmony is a Three-Tone Phenomenon, *Empirical Musicology Review*, Vol. 1, No. 2, pp. 106-126 (2007).