2K4-OS-14a-4

エントロピーに基づいた確率分布による雰囲気生成

Development of Generative Artificial Ambience System Based on Entoropy

大村 英史[*1*2] Hidefumi Ohmura　片上 大輔[*2] Daisuke Katagami　湯浅 将英[*3] Masahide Yuasa　小林 一樹[*4] Kazuki Kobayashi　田中 貴紘[*5] Takahiro Tanaka

[*1]国立精神・神経医療研究センター 精神保健研究所 成人精神保健研究部
Department of Adult Mental Health, National Institute of Mental Health, National Center of Neurology and Psychiatry

[*2]東京工芸大学 Tokyo Polytechnic University　[*3]湘南工科大学 Shonan Institute of Technology　[*4]信州大学 Shinshu University　[*5]名古屋大学 Nagoya University

Ambience is an abstract of sensory information. If we can control sensory information, we would be able to somewhat provide ambience in need. We develop a controllable ambience model using entropy of distribution functions based on the idea. We adapt the model to several sensory modes, such as expression on faces, tone, and unobjective figure written in HTML and JavaScript available on any browsers. In this paper, we introduce the systems.

1. はじめに

人間社会において具体的な意味がはっきりしている事象もあればそうでない事象も多い．例えば，雰囲気，情動，感覚などである.「良い雰囲気を作る」という目標を掲げても，具体的に何をすれば良いのかわからない．また,「燃え上がるような情動」とはなんなのか．さらに,「日本人の感覚」も，言いたいことは何となくわかるが，具体性に欠ける．このような言葉は，日常的な用語として使われているが，学術的用語としても定義されていることがある．例えば，心理学における情動は，原因のはっきりしている比較的急激な心理的変化である．しかし，学術用語としての意味は，日常生活における情動や感情という言葉といくらか乖離を感じる人もいるであろう．このように，曖昧な事象は言語による定義は困難である．そこで，私たちは言葉による定義ではなく，定量的表現を試みる．もし人間社会における曖昧な言葉で表される現象を定量的に扱うことができれば，ヒューマンインタラクティブシステムはより幅広い活用の見込めるシステムになる．

本研究では，特に「雰囲気」について着目する．2 章では，雰囲気を様々な角度から検討を行う．3 章では，雰囲気の定量化を行い，人工的に雰囲気を作り出すためモデルの提案を行う．4 章では，提案モデルを用いていくつかのアプリケーション実装を行い，それらの紹介と考察を行う．

2. 雰囲気の検討

2.1 雰囲気とは何か

雰囲気とは抽象的な言葉である．広辞苑で意味を引くと，二つ目の意味で「その場面またはそこにいる人たちの間にある一般的な気分・空気.（抜粋）」とある．では，気分とは「きもち．心持ち.（抜粋）」とある．きもちとは「物事に対して感ずる心のあり方．感情.（抜粋）」とある．心とは「人間の精神作用のもとになるもの.（抜粋）」とある．精神とは「意識．たましい（抜粋）」とある．たましいとは「動物の肉体に宿って心のはたらきをつかさどると考えられるもの.（抜粋）」とある．このように調べていくと，なんとなく意味することはわかるが，具体的に何を操作すれば，雰囲気を変化させることができるのかいまいちつかむところがない．もっとも具体的なことは「そこにいる人たちの間にある」という点ではなかろうか．つまり，雰囲気とはどの程度の人が同じような状態にあるのか，ということはないかと考えられる．

一方で，雰囲気と類似した「場の空気」については山本七平が著書「空気の研究 [山本 1983]」で検討している．このなかで権力という用語の重要性が読み取れる．構成されるメンバーによって作り上げられる雰囲気があるが，権力を持った者によって水が差されその雰囲気が一気に崩壊し新たな雰囲気が生じるということだ．ここからも，雰囲気とは構成メンバーがもつ何かの割合が大きく影響していると読み取れる．

2.2 音楽による雰囲気

以上では，雰囲気は複数の人間によって成立するとあった．ここでは，人間ではなくほかの媒体による雰囲気生成，特に音楽 [Lanza 1994] について考えてみよう．

1934 年に，ミューザック社が BGM の放送を開始している．BGM とは back ground music の略で，背景に流れるムードを作成する音楽のことを表す．この BGM はエレベーターミュージックとも呼ばれている．その理由は，エレベーターが実用されたときは飛行機やジェットコースターと同じくらい恐怖を感じる乗り物であったが，エレベーター内に BGM を流すことによって，恐怖を和ませることが可能であるからだ．エレベータ以外にもにも，工場で使う音楽，店舗で使う音楽などさまざまな状況のための音楽が売り出されている．ミューザック社だけでなく，このような取り組みをした音楽家は少なくない．作曲家のエリック・サティは 1920 年に楽曲「家具の音楽」を発表している．これは，家具のように日常生活に溶け込んだ音楽を目指した楽曲である．もちろんこの試みは音楽による雰囲気の生成であった．また，ブライアン・イーノは環境音楽（ambient music）というジャンルを提唱しており，1978 年に「空港のための音楽」といった飛行機に乗る前の心を落ち着かせる音楽を発表している．このように，音楽による雰囲気生成の試みが行われ，雰囲気が生成されている．1950 年頃にはミューザックが洗脳ではないかということで論争にもなった．

連絡先: 大村英史，国立精神神経医療研究センター，〒 187-8553 東京都小平市小川東町 4-1-1，0042-346-1989，hidefumi.ohmura @ gmail.com

2.3 知覚総体としての雰囲気

このような例を見ていると，雰囲気とは人間の知覚[*1]によって成立するものであり，知覚するモード（知覚の形態）は決定されておらず，どのようなモードでも良いと考えられる．上記の例では，人間の傾向というモードによって作られる雰囲気と，聴覚というモードによって作られる雰囲気であったが，他の知覚からえられるでも良いと考えられる．例えば，絵画がもつ雰囲気とは，色の関係性によって作られるものであったり，構図によるものであったりする．また，描いた人物であることもある．

本研究では，いくつものモードにおける知覚の総体が雰囲気であるととらえる．

2.4 比較による雰囲気

雰囲気は，知覚の変化（変化がないことも含める）によって生じる．例えば，皆が同調している環境で，誰か一人が反論すれば，雰囲気が変化する．これは，同調している環境と，反論者がいる環境を比較することで，雰囲気の変化があることをわかる．人間は刺激の変化に対して敏感であり，ミスマッチネガティビティ（MMN: Mismatch negativity）という脳波の現象として知られている [宮田ら 1998]．脳の神経細胞の電気活動を頭皮に設置した電極で測定したデータを脳波という．任意の刺激イベントに反応する活動を事象感電電位（ERP: event related potential）という．ある特定の刺激イベント（例えば 400Hz の聴覚刺激）を反復し与え，任意のタイミングで他の刺激イベント（例えば 600Hz の聴覚刺激）を与えた場合，この二つの加算平均を比較すると，任意のタイミングの刺激の 300 ミリ秒後に負の変化が見られる．これを MMN という．この事象は，聴覚の刺激に対してだけでなく触覚の刺激でも生じる．また，意識的な刺激はもちろん無意識的な刺激に対しても生じる．この現象は，人間がつねに環境からの知覚の比較を行っていることがわかる．このような変化を感じることが雰囲気と関係しているのではないかと私たちは考えている．

上記の例は，特定のモード内での比較によって生じる雰囲気であるが，モード間の比較によっても雰囲気は生成される．例えば，同じ映像であっても，背景に流れる音楽がことなると，全く異なった雰囲気が生成される．悲しい映像に，悲しい音楽を当てると，両者が同調して「悲しい」といった雰囲気が生成される．一方で，楽しい映像を当てると，ミスマッチが何とも言えない雰囲気を作り出す．音楽内のモード（ここでは旋法ではなく知覚の形態の意味）の比較も雰囲気生成に寄与している [Ohmura et al. 2013]．リズムとメロディの変化について非常に簡素化したジャンル分けを考えてみる．リズムが単純でメロディも単純であると，童謡のような楽曲が生成される．リズムが単純でメロディが複雑であると，ジャズのような楽曲が生成される．リズムが複雑でメロディも複雑であると，現代音楽のような楽曲が生成される．このようにモード間の比較による変化の違いも雰囲気と関係しているのではないかと私たちは考えている．

以上から，本研究では雰囲気を以下のようにとらえる．人間は様々なモードの知覚を行っており，知覚の時間的変化による適合性やモード間の知覚の適合性によって雰囲気を感じ取っている．

*1 認知科学では外界からの物理的入力を「知覚」，知覚を意識によって処理されたものを「感覚」として区別をする．本稿では，意識・無意識の両方の入力を扱いたいため，知覚と感覚を包含した意味で「知覚」という用語を用いる．

3. 雰囲気の定量化

3.1 逸脱と雰囲気

情動の研究において，逸脱は重要な要素として考えられている．音楽における情動の研究の例を紹介すると，Meyer は，「複数の傾向 (tendency) の対立によってブロックないし抑制によって感情が喚起される」とする Dewey の情動の葛藤理論 [Dewey 1894] を援用して，音楽的期待からの逸脱が情動を喚起すると指摘している [Meyer 1956]．Narmour は Meyer の考え方を発展させて，期待（implication）に対する実現/裏切り（realization）の関係を IR 理論としてまとめている [Narmour 1990]．さらに，Huron も ITPRA 理論にまとめている [Huron 2007]．期待の実現と裏切りが音楽における情動に関わっていることは間違いない．

上記の例はあくまでも音楽の情動の研究の例であるが，情動喚起の状態を雰囲気と考えれば，雰囲気に逸脱が関係していると見なすことができる．

3.2 複雑性と雰囲気

期待からの逸脱は，予め期待された構造の規則性（パターン）の減少あるいは消失する状況から引き起こされる．この状況は，不確実性が増加していることから，複雑化していると見なすことが出来る．複雑性においては Berlyne が最適複雑モデル [Berlyne 1970] のなかで,「快」と「複雑性」の関係性を示している．このモデルによると，横軸に複雑性に対する興奮 (arousal), 縦軸に快 (hedonic) 情動を設定すると両者の関係 は逆 U 字で描かれる．

快・不快といった情動は置いておいても，情動の喚起する雰囲気とは複雑性のコントロールによって作り出すことが可能であると私たちは考えた．

3.3 情報量とエントロピー

期待の生成や実現裏切りにおけるまとめられた理論は，直感的な感覚に基づいたルールによって作られている．そのため，工学的利用のための計算機実装は適していない．そこで，私たちは情報理論 [Shannon 1949] に着目した．情報理論では，どの程度意味のある情報が伝達したのかを定量的に求めることができ，複雑性の定量化が可能である．

情報理論は，事象 i が起きた際の情報量を次式で定義する．

$$I = -\log p_i \tag{1}$$

ここでは，i が生じる確率を p_i とする．そして，n 個の事象がそれぞれ p_1, p_2, ...p_n で生じるとき情報量の期待値は次式で求められる．

$$H = -\sum_{i=1}^{n} p_i \log p_i \tag{2}$$

この値が大きくなると，多くの情報が得られることになる．つまり，不確実性が高まり複雑になると言い換えることができる．この値をエントロピーまたは平均情報量と呼ぶ．

以上より，エントロピーの操作をすることが逸脱を作り出し情動喚起させる状況，すなわち雰囲気の生成へとなる．

3.4 意味と雰囲気

情報理論において，事象は具体的な意味を持ち得ない．例えば，ある人が笑っている隣で別の人が怒っている状況と，ある人が笑っていて，隣の人がはほえんでいる状況は同義である．つまり，情報理論においては「笑う」と「怒る」と「ほほえむ」という事象の関係性は考慮に入っていない．

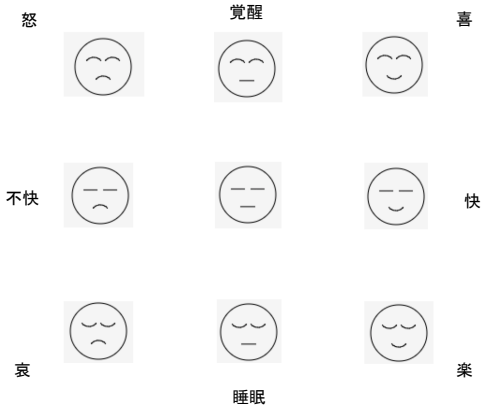

図 1: 各表情の位置関係

雰囲気において，事象の関係性は重要である．上記の例のような 2 つの状態では同じ雰囲気とは言えない．このような 2 つの状態を区別するためには事象の関係性を定義する必要がある．

知覚される情報は心理実験の知見や物理的な関係性など定義されていることが多い．例えば，情動における関係性は Russell によって円環モデルとして提案されている [Russell 1980]．また，音の関係性は，周波数の比により物理的な関係性により 12 音が定義されている [平島 1983]．

もちろん，関係性がわかっていない事象もある．その場合は，設計者が仮説によって関係性を定義する必要もあるであろう．

本稿では，以上のような考えに基づいて雰囲気生成システムの提案を行う．

4. 雰囲気生成システム

4.1 雰囲気生成モデル

いくつかのモードおよびモードを組み合わせた雰囲気生成システムの提案を行う．基本的に，ある事象における関係性を定義し，それらの関係性に出現確率を任意の分布関数で定義を行う．分布は，一様分布に近づくとエントロピーが上昇し，尖度が高くなるとエントロピーが低下する．実装には HTML および JavaScript で行った*2．それぞれのシステムの事象における関係性と分布について説明する．

4.2 複数の表情を用いた雰囲気生成システム

情動と表情の関係は Russell によって円環モデルとして提案されている．このモデルでは縦軸に Arousal（覚醒），横軸に Valence（快・不快）の二次元空間に情動をマッピングしている．提案システムでは，図 1 のように Russell の円環モデルを基にして口と目の形を変更させた表情の位置関係を採用した．

表情の出現の分布には，多くの事象が従うと考えられている正規分布を用いた．正規分布は以下の式で表される．

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{3}$$

これは平均 μ，分散 σ^2 の正規分布を表す．これら二つの変数をスライダーにより変化させることで表情による雰囲気をコントロールする．

*2 http://sites.google.com/site/hidefumiohmura/home/program/jsai2015

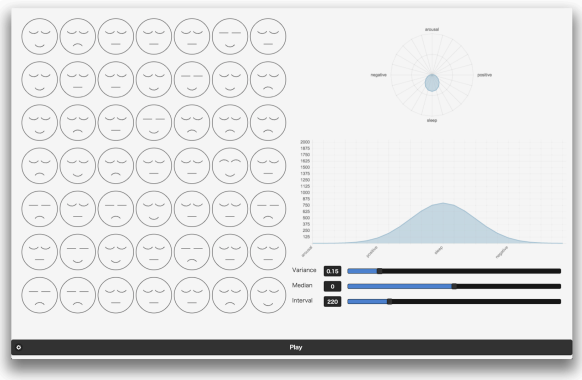

図 2: 複数の表情を用いた雰囲気生成システム

図 3: 音を用いた雰囲気生成システム

システム（図 2）は画面下の play ボタンを押すと縦横 7×7 に並べた 49 の表情が，任意の時間間隔で分布に従って表情を変化させる．分布の横軸は図 1 で示した円環を直線にして用いる．時間間隔は Interval のスライダーで大まかな値を調整することが可能である．

4.3 音を用いた雰囲気生成システム

このシステムでの発音は最も純粋な音色である正弦波を用いた．音の関係は周波数の物理的関係に依存した 12 音階を採用した．一般的に，周波数の 2 倍または 1/2 倍の関係をオクターブ，3/2 倍の関係を 5 度，2/3 倍 の関係を 4 度という．この関係を 12 音に適応すると円環が生じる．この円環のことを五度圏（または四度圏）といい，右回りが周波数の $3/2 \times n$，左回りが $2/3 \times n$（n は 0 を除いた任意の整数）となる．本システムは 4 オクターブの範囲に含まれる音を扱う．

このシステムの分布も複数の表情を用いた雰囲気生成システムと同様に正規分布を用いた．

システム（図 3）は画面左下の Play ボタンを押すことで 4 オクターブ内の 48 の音が，任意の時間間隔で分布によって発音する．時間間隔は Density のスライダーによって調節可能である．また，発音時間の長さも Value のスライダーで調節可能である．

4.4 抽象図を用いた雰囲気生成システム

これは，音と同様に視覚でも意味を排除するために，抽象図を用いた雰囲気生成システムである（図 5）．基本的な内容は

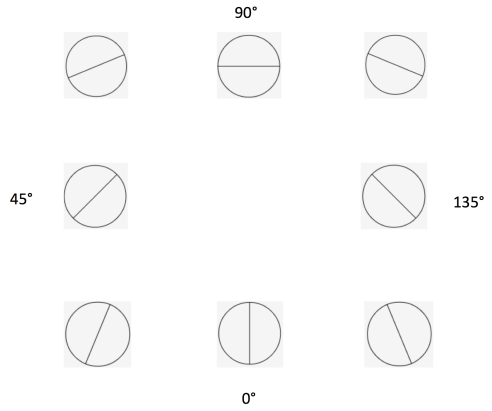

図 4: 抽象図の関係性

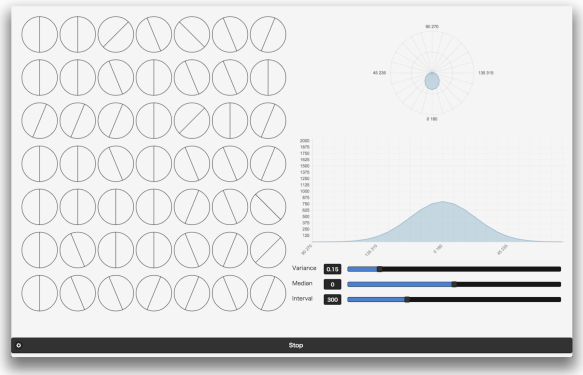

図 5: 抽象図を用いた雰囲気生成システム

複数の表情を用いた雰囲気生成システムと同様であるが，図が表情ではなく円のなかに引かれた直線である．図の関係性は図 4 に示す．

4.5 音と抽象図を用いた雰囲気生成システム

このシステムは視覚と聴覚の両方のマルチモードにおける雰囲気生成システムである（図 6）．このシステムは音におけるエントロピーと抽象図におけるエントロピーの両方を同期または非同期によって創り出す雰囲気を体感できる．抽象画は画面上に表示される直線の位置や角度を分布によって制御する．一方，音は抽象図を用いた雰囲気生成システムと同様である．

4.6 考察

それぞれのシステムを動かしてみると，直感的にはエントロピーの変化で雰囲気が変化していることがわかる．表情を用いたシステムは各表情から具体的な意味を知覚することが可能である．そのため，正規分布の平均値を動かすことで意味が変わってくる．そのほかのシステムは具体的な意味は保持していないため，平均値の違いは以前の値と比較することによってはじめて違いを感じることができる．具体的意味の影響については検証する必要があるだろう．また，異なるモードやモード内でのエントロピーの変化も心理実験などをおこない詳細な検証をする必要がある．

今回のシステムは，正規分布を用いているが，他の分布での検証なども行っていきたい．

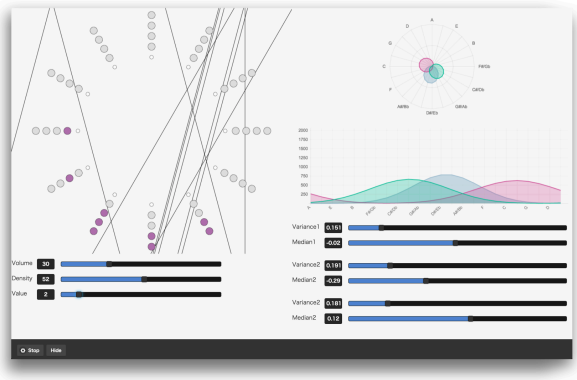

図 6: 音と抽象がを用いた雰囲気生成システム

5. おわりに

雰囲気は環境から知覚される情報の総体であると考え，エントロピーに基づいた確率分布により，人が知覚する情報量を操作するシステムを開発した．このシステムを音楽，表情，図形といった異なるメディアに実装を行った．今後はこれらを用いた実験を行っていきたい．

参考文献

[山本 1983] 山本七平: 空気の研究, 文藝春秋 (1983).

[Lanza 1994] Lanza, J.: Elevator Music: A Surreal History of Muzak, Easy-listening, and Other Moodsong, New York : St. Martin's Press (2004).

[宮田ら 1998] 宮田洋, 藤沢清, 山崎勝男, 柿木昇治: 新 生理心理学 1 巻 生理心理学の基礎, 北大路書房 (1998).

[Ohmura et al. 2013] Ohmura H., Shibayama T., Shibuya T., Takahashi T., Okanoya K., and, Furukawa K.: Modeling of Melodic Rhythm Based on Entropy toward Creating Expectation and Emotion, Proceeding of Sound and Music Computing 2013 (SMC), pp.69–73, (2013).

[Dewey 1894] Dewey J. : The theory of emotion: I: Emotional attitude. Psychological Review, 1 (6), pp.553–569 (1894).

[Meyer 1956] Meyer L. B.: Emotion and meaning in music. Chicago: University of Chicago Press (1956).

[Narmour 1990] Narmour E.: The analysis and cognition of basic melodic structures. Chicago: University of Chicago Press (1990).

[Huron 2007] Huron D.: Sweet anticipation: Music and the psychology of expectation. Cambridge, MA: MIT Press (2006).

[Berlyne 1970] Berlyne, D. E.: Novelty, complexity, and hedonic value, Perception and Psychophysics pp.279–286 (1970).

[Shannon 1949] Shannon, C. E.: The Mathematical Theory of Communication. The University of Illinois Press (1949) (植松訳「通信の数学的理論」ちくま学芸文庫，2009)

[Russell 1980] Russell, J. A.: A circumplex model of affect, Journal of Personality and Social Psychology, pp.1161–1178, Vol.39, (1980).

[平島 1983] 平島達司: ゼロ・ビートの再発見, 東京音楽社 (1983).