

研究報告

電子音響音楽の制作指導法の妥当性に関する検証 Effectiveness of Instructional Methods for Creating Electro-acoustic Music

中村 陽[†], 松本 美樹[†], 新井 聡真[†], 矢口 博之[†], 大村 英史[‡], 柴山 拓郎[†]
 Hinata NAKAMURA[†], Miki MATSUMOTO[†], Soma ARAI[†]
 Hiroyuki YAGUCHI[†], Hidefumi OHMURA[‡], Takuro SHIBARAYAMA[†]
[†]東京電機大学, [‡]東京理科大学
[†]Tokyo Denki University, [‡]Tokyo University of Science

概要

本研究では、東京電機大学理工学部で開講している講義と、「電子音響ピープルプロジェクト」が開催しているワークショップにおける、電子音響音楽作品の制作指導法の妥当性を検証するために、試聴者に「面白い、良い」印象を与える作品と「つまらない」印象を与える電子音響音楽作品の構造上の差異を、印象評価実験とその分析結果から明らかにした。印象評価実験として、筆者らが選定した「面白い、良い」作品と「つまらない」作品を使用された音響素材ごとに解体し、いくつもの形容詞対の軸ごとに一対比較法を実施した。実験結果を、「Excel」とフリー統計ソフト「R」を用いて分析し、算出したヒストグラム、累積比率、確率密度関数から、「面白い、良い」作品と「つまらない」作品の構造上の差異を考察した。「つまらない」作品は、時系列上前後の音響素材間の形容詞対コントラストが単峰性の正規分布に従っているのに対して、「面白い、良い」作品は二峰性の正規分布に従っていた。以上の考察から、「面白い、良い」作品は、時系列上前後の音響素材間の形容詞対コントラストが小さいものと大きいものが、より幅広く混在しているといえる。これらことから、本研究では電子音響音楽作品の制作指導法が妥当であることが明らかになっている。本論文では、第1章にて研究の背景、第2章にて電子音響音楽の制作指導法の概要、第3章と第4章にて実験内容と実験結果、第5章にて考察、第6章にて結論、最後に参考文献、付録を記載している。

Our laboratory specializes in teaching the creation of electroacoustic music (EAM) with its absence of clear pitch and beat structures. EAM is crafted through a mon-tage of acoustic elements, manipulated using computer-based editing. Our laboratory has developed a teaching method that guides students in completing their works by: A) capturing the essence of acoustic elements through adjective

pairs such as "high-low," "hard-soft," "smooth-rough," "short-long," and "cold-hot," as well as B) maintaining high levels of figurative contrast. To assess the effectiveness of this approach, we examined two works with high and low evaluations. We analyzed the acoustic components of two works using a cognitive experiment involving pairwise comparisons as described. Histograms, cumulative ratios, and probability density functions were then employed for the obtained data, and the structural differences between the high- and low-rated works were analyzed. The results showed that adjective contrast between the acoustic materials of the low and high rated works were unimodal and bimodal normally distributed, respectively. This indicated that high-rated works are more diverse in contrasts between acoustic materials. This study details the process of validating this instructional approach.

1. 研究背景

1.1. 電子音響音楽作品制作のワークショップについて

東京電機大学理工学部情報システムデザイン学系では、1年次に開講している「造形デザイン入門」と、2年次に開講している「音楽とデザイン」で、サウンド編集ソフトウェア (Audacity) を用いた電子音響音楽作品制作の講義が実施されている。また、筆者らが所属する「作曲・音楽文化研究室」では、多様な人々と電子音響音楽作品を共創するプロジェクトである「電子音響ピープルプロジェクト」を開催している。「電子音響ピープルプロジェクト」が主催した前回のワークショップは、10月29日、10月30日にゲーテ・インスティテュート東京にて開催され (電子音響ピープルプロジェクト: 電子音響ピープルプロジェクト 2023-2024@ゲーテ・インスティテュート東京, 2024), 両日合わせておよそ30人が参加した。これらの講義及びワークショップでは、各々がおよそ10秒の電子音響音楽作品を制作する

ことを目標としている。そのために、サウンド編集ソフトの使用方法や、第2章で述べる「ワークショップにおける指導方法」を教示することで、電子音響音楽作品を制作した経験がない人でも円滑に制作ができる環境を作っている。

1.2. 電子音響音楽について

「電子音響音楽(electroacoustic music)」とは、1948年にピエール・シェフェール(Pierre Henri Marie Schaeffer, 1910-1995)によって創始された、録音された音を機械的、電子的に加工して作成した音によって構成される「具体音楽(musique concrète)」と、1951年にカールハインツ・シュトックハウゼン(Karlheinz Stockhausen, 1928-2007)とヘルベルト・アイメルト(Herbert Eimert, 1897-1972)らによって創始された、人工的に作成した電子音によって構成される「電子音楽(electronic music)」の総称である。現在は、Audacity, Studio One, Cubaseといったサウンド編集ソフトウェアを用いて電子音響音楽を制作することができる。コンピュータで編集可能なあらゆる音を扱うため、通常のポピュラー音楽が有する要素を持っていない。石上らは、通常のポピュラー音楽が有していない電子音響音楽の特徴として、「(1) 無調(ハーモニーが無い)、(2) メロディーが無い(例外としてミニマル・ミュージック)、(3) リズムが無い(例外:一般的なエレクトロニカ、テクノ)」と述べている(石上, 2008)。そのため、通常の音楽を作曲する際に必要な知識(調性、コード進行などの必要最低限な音楽理論)を持っていない人や作曲の経験がない人でも、比較的制作しやすいといえる。

2. 電子音響音楽制作の指導法について

2.1. ワークショップにおける指導方法

筆者らは、講義やワークショップの参加者が電子音響音楽作品を制作する際に、時系列上にある音響素材間のコントラストを作ることを意識するよう指導してきた。時系列上にある音響素材間のコントラストとは、例えば、「硬い」と感じた音の後には「柔らかい」と感じた音を、「高い」と感じた音の後には「低い」と感じた音を配置することで発生する、比喩的なイメージのコントラストである。指導教員及びワークショップの運営学生が参加者に対してこれらの説明をするだけでなく、実際にコンピュータを操作して制作手順の手本を参加者に見せることで、参加者に対してより強い意識付けをしていた。しかし、これらの講義やワークショップには主に電子音響音楽作品の制作経験がない人々が参加しているため、制作された作品の中には指導内容を意識した「面白い、良い」と感じる楽曲もあったが、一方で「つまらない」と感じる楽曲も一定数見

受けられた。では、「面白い、良い」印象を与える作品と「つまらない」印象を与える作品の音響素材の構成に関する差異はどのような点にあるのだろうか。

2.2. 提案事項

講義やワークショップにおける指導方法は、先行研究(Matsumoto, M, 2023)において「面白い、良い」作品を制作する方法として妥当性が証明されている。松本らによると、「面白い、良い」という評価を得た楽曲は、楽曲を通じて比喩的なイメージのコントラストが高く保たれていた。これは、講義やワークショップにおける指導方法が「面白い、良い」作品を制作する方法として妥当であることを示している。一方で、「つまらない」と評価した作品のコントラストの多寡については未だ検証されておらず、前述の論文では楽曲分析から得られたデータの詳細な分析もされていなかった。そこで本稿では、「『面白い、良い』と評価した作品の比喩的なイメージのコントラストが高く保たれているのであれば、『つまらない』と評価した作品の比喩的なイメージのコントラストは低い傾向にある」という仮説のもと、「つまらない」と評価した作品のコントラストの多寡を調査すると共に、「面白い、良い」と評価した作品と比較し、改めて講義やワークショップにおける指導方法の妥当性を検証した。本研究の後には、「面白い、良い」と感じやすい電子音響音楽作品の生成モデルの提案に繋げることも可能であると考えている。

3. 印象評価実験

3.1. 事前楽曲分析

初めに、東京電機大学理工学部情報システムデザイン学系で1年次に開講している「造形デザイン入門」にて制作された電子音響音楽の作品群から、筆者らが「面白い、良い」と評価した作品と「つまらない」と評価した作品を、使用された音響素材ごとに解体した。分析対象を本学理工学部の講義より選定した理由は、2020年からのCOVID-19の影響により学外のワークショップを開催できなかったため、大学内でワークショップと同様の指導法を採用している創作講義での課題を対象として分析を実施した。松本らの論文と実験環境を合わせるためである。選定した作品はラベル付けを行った。「面白い、良い」作品は25秒ほどの作品であったので、分析のため、作品の中で最も「面白い、良い」との印象を受けた10秒を抽出した。「つまらない」作品は10秒ほどの作品であったので、そのまま分析した。作品の解体及びラベル付けは、下記の規則をもとに実施した。

1. 連続で同じ素材が加工使用されている場合、全て合わせて一つの素材とする。
2. 同素材で音量が違うものは、同一のラベルを付ける。

例えば、「面白い、良い」作品の音「1-E」は、同じ素材を加工し、音高を高くして繰り返し使用している。ラベル付け結果と音響素材の並び順は、図1と図2及び表1である。

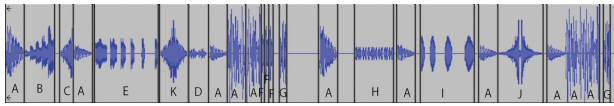


図1: 「面白い、良い」作品のラベル付け結果

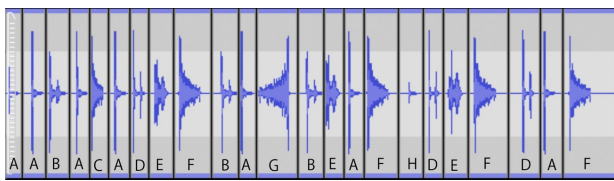


図2: 「つまらない」作品のラベル付け結果

表1: 音響素材の並び順

「面白い、良い」作品	「つまらない」作品
ABCAEKDAAAFFFGAHAIAJAAAG	AABACADEFBAGBEAFHDEFDAF

で判断する方法である。前者は試料間の差を間隔尺度値として構成するサーストン法と比率尺度値として構成する R. A. Bradley の方法がある。後者は間隔尺度値を構成する H. Scheffè の方法がある (中前ら, 1996)。今回の実験では、評点で判断する Scheffè の一対比較法を採用した。ただ、全ての試料を Scheffè の方法で一対比較する場合、必要な設問数は nC_2 (試料数:n) となるため、設問数が多くなる欠点がある。そこで、実験協力者の負担軽減のため、32人を「面白い、良い」作品の分析では4グループに、「つまらない」作品の分析では3グループに分割した。そして、各グループに試料が4個の一対比較課題を提示した。グループ分割と割り当てた音響素材は、表2、表3に示す。

表2: 「面白い、良い」作品のグループ分割と試料割り当て

グループ	音響素材
1-1	A, B, C, E
1-2	D, E, F, G
1-3	E, H, I, J
1-4	D, E, I, K

楽曲分析の結果、「面白い、良い」作品を「1-A」から「1-K」の11種類に、「つまらない」作品を「2-A」から「2-H」の8種類の音響素材に分割した。

3.2. 実験内容

次に、一対比較法による印象評価実験を学生32人に対して実施した。一対比較法とは、複数存在する評価対象物をそれぞれ1対1で比較し、対象物間の優劣や順位を付ける分析手法である。一対比較法は、試料の判断方法で大きく2種類に分類できる。一つは、試料の比較結果を優劣で判断する方法、もう一つは、評点

一対比較法では試料間の相対的な印象を取得するため、各グループの回答結果を全て合算する。全ての試料間で相対的な比較ができるよう、各グループには基準となる共通の音響素材を割り当てた。「面白い、良い」作品では音「1-E」、 「つまらない」作品では音「2-F」が共通の音響素材である。課題内容は、「低い-高い」、「長い-短い」、「硬い-柔らかい」、「冷たい-暖かい」、「滑らか-荒い」の5軸の形容詞対において、「どちらの音が低い印象か」、「どちらの音が冷たい印象か」といった

表 3: 「つまらない」作品のグループ分割と試料割り当て

グループ	音響素材
2-1	A, B, C, F
2-2	C, D, E, F
2-3	E, F, G, H

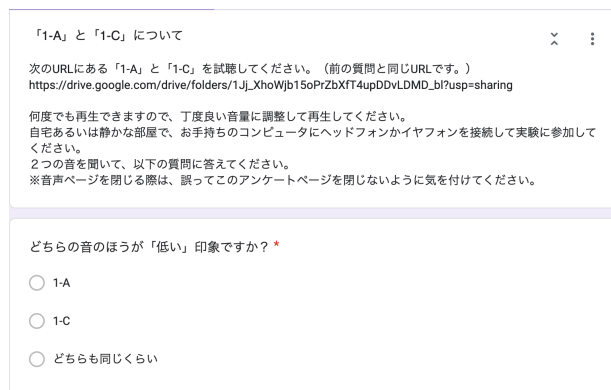


図 3: 印象評価実験のアンケート例

表 4: 選択段階による点数付け

選択段階	A 音に加算する点数	B 音に加算する点数
A 音	1	0
B 音	0	1
どちらも同じくらい	0.5	0.5

質問である。これらの形容詞対は、前述の松本らの論文と、「音色の感性学—音色・音質の評価と創造—」に記述されている音色の主要因子をもとに決定した（岩宮ら, 2010）。したがって、各実験協力者に提示した設問数は 30 である。これらの質問に対して、「A 音」、「B 音」、「どちらも同じくらい」の 3 段階で印象評価してもらった。このアンケートは Google Form を用いて行い、制限時間は設けなかった。アンケートの質問例を、図 3 に示す。（アンケート詳細は付録 1 を参照のこと）その後、実験協力者が選択した段階に対して、各音響素材に表 4 の通り点数を付けた。例えば、音素材「1-A」と音素材「1-C」を比較し、「どちらの音が低い印象か」という質問に対して『「1-A」の方が低い』と回答した場合、「1-A」に 1 点、「1-C」に 0 点を加算する。

4. 実験結果及び結果分析

4.1. 印象評価実験の結果

初めに、表 4 の規則に基づき算出した各音響素材の形容詞対の指標における点数を合算した。次に、各音響素材の形容詞対の指標における 1 回答あたりの点数を算出した。1 回答につき、各音響素材が 3 回比較さ

れるので、1 回答あたりの点数は最大で 3 点、最小で 0 点である。1 回答あたりの点数を算出した後、それぞれの点数を最小値 0、最大値 1 で正規化した。図 4、図 5 は、正規化した数値をそれぞれの形容詞対の指標ごとにプロットしたものである。例えば、「面白い、良い」作品の「低い-高い」軸において、音「1-B」は最も低いという印象であり、音「1-A」は最も高いという印象である。

次に、正規化した値を表 1 の音響素材順に並べ、各形容詞対の軸における前後差の絶対値を算出した。4.1 における結果分析は、全て Excel を用いて行った。

4.2. ヒストグラム及び累積比率とカーネル密度推定による分析

4.2 の分析は、統計分析フリーソフト「R」を用いて行った。初めに、各形容詞対の軸における前後差の絶対値のヒストグラム（階級数：11）と累積比率の折れ線グラフを作成した。次に、「R」の density 関数（RDocumentation: density: Kernel Density Estimation）を用いてカーネル密度推定を行い、確率密度関数を推定した。カーネル密度推定とは、ノンパラメトリックな検定手法の一つ

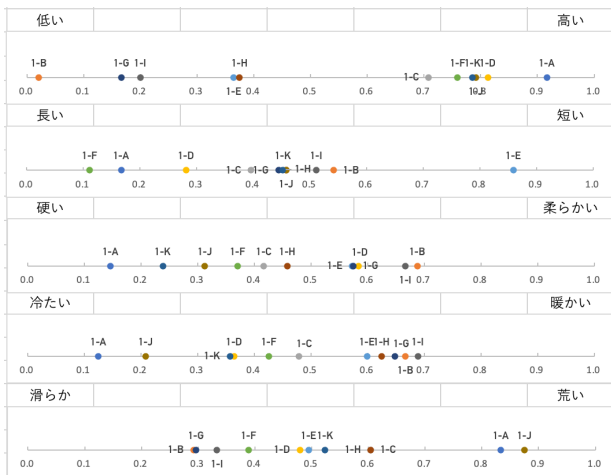


図4: 「面白く、良い」作品の各形容詞対の指標プロット

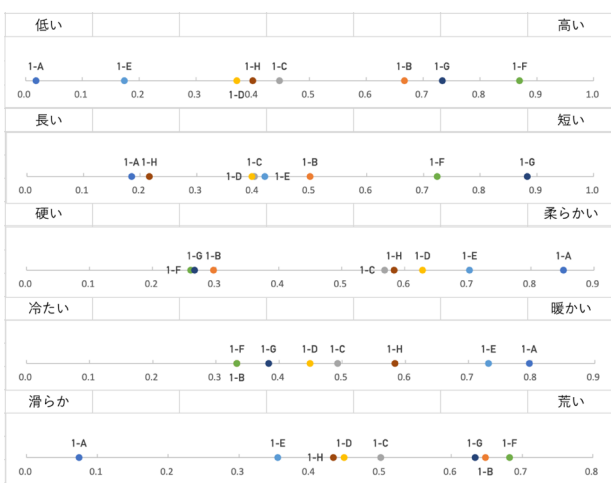


図5: 「つまらない」作品の各形容詞対の指標プロット

であり、データの真の分布形状（正規分布や指数分布、ガンマ分布など）を仮定することなく、確率密度関数を推定できる手法である（神戸学院大学 経営学部 林坂ゼミ：「カーネル密度を推定してみよう」）。図6と図7は、「面白く、良い」作品と「つまらない」作品の全ての正規化数値の前後差を考慮したヒストグラムと累積比率及び確率密度関数のグラフであり、図8と図9は同じ音響素材が連続した箇所の数値を除外したグラフである。それぞれ、黒い折れ線グラフが累積比率を、波曲線が確立密度関数を表している。

5. 考察

5.1. 全ての前後差の値を考慮したグラフからの考察

今回選定した「面白く、良い」作品は同じ音響素材が連続する箇所が6箇所あったため、図6のグラフにそれが大きく影響していた。そのため、図6、図7の

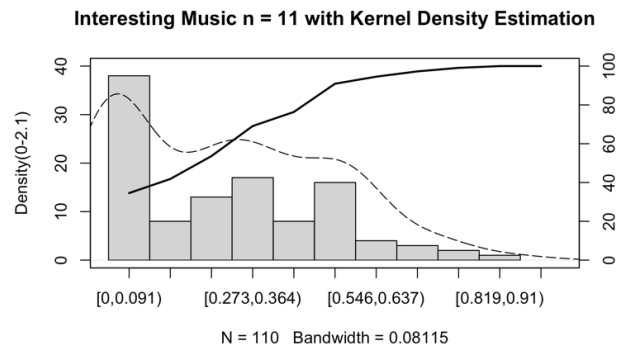


図6: 「面白く、良い」作品のヒストグラム及び累積比率と確率密度関数

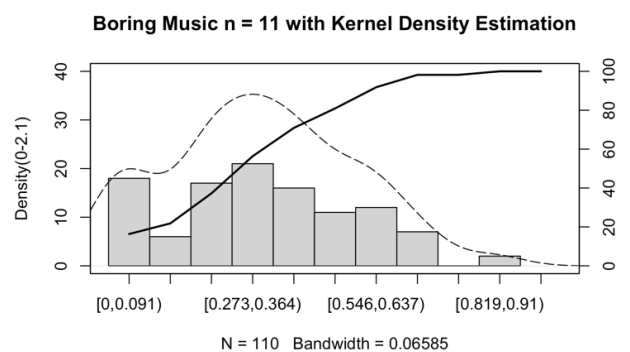


図7: 「つまらない」作品のヒストグラムと累積比率及び確率密度関数

ヒストグラムだけで有意差を判断することはできない。ただ、累積比率の折れ線グラフにおいて、「つまらない」作品の累積比率は滑らかに上昇しているのに対して、「面白く、良い」作品の累積比率の上昇具合には若干のバラつきが見られた。最後に、確率密度関数を比較すると、「つまらない」作品のカーネル密度は第4区間（0.273以上、0.364未満）付近を頂点とする単峰性の正規分布に見える。しかし、「面白く、良い」作品の確率密度関数は同じ音響素材が連続する箇所が多い影響もあり、分布に規則性があるとは言い切れない。そこで、次にそれぞれの作品の同じ音響素材が連続する箇所を除外して作成したグラフを比較する。

5.2. 同じ音響素材が連続する箇所を除外したグラフからの考察

同じ音響素材が連続する箇所を除外した場合、「面白く、良い」作品と「つまらない」作品のデータ数が異なってしまいうため、ここではヒストグラムは直接的に考慮せず、累積比率とカーネル密度に焦点を当てて考

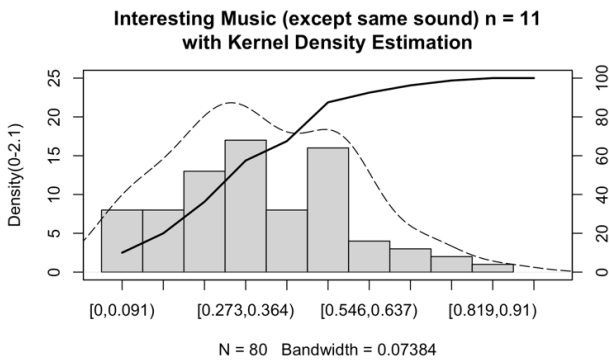


図 8: 「面白い、良い」作品のヒストグラムと累積比率及び確率密度関数（同じ音響素材が連続した箇所を除外）

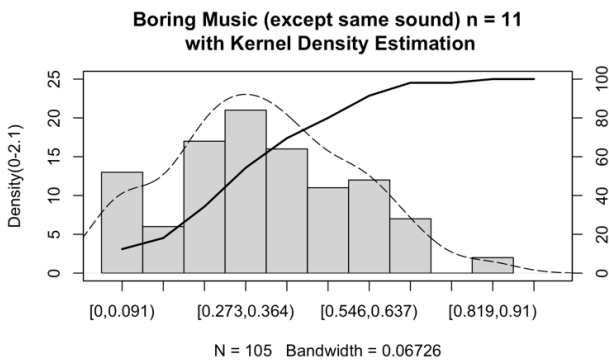


図 9: 「つまらない」作品のヒストグラムと累積比率及び確率密度関数（同じ音響素材が連続した箇所を除外）

察する。累積比率を比較すると、「つまらない」作品の累積比率は変わらず滑らかに上昇しているのに対して、「面白い、良い」作品の累積比率の上昇具合は、特に第3区間（0.182以上、0.273未満）から第6区間（0.455以上、0.546未満）にかけて、かなりのバラつきがあるといえる。更に、確率密度関数を比較すると、「つまらない」作品の確率密度関数は図10と同じく第4区間（0.273以上、0.364未満）付近を頂点とする単峰性の正規分布に見えるのに対して、「面白い、良い」作品の確率密度関数は、分布の頂点は同じく第4区間であるものの、第4区間（0.273以上、0.364未満）付近を頂点とする正規分布と第6区間（0.455以上、0.546未満）付近を頂点とする正規分布が結合した、二峰性の正規分布であることがいえる。

5.3. 分析結果全体の考察

5.1と5.2の考察から、2.2で立てた『「面白い、良い」と評価した作品の比喩的なイメージのコントラストが

高く保たれているのであれば、『つまらない』と評価した作品の比喩的なイメージのコントラストは低い傾向にある」という仮説は正しくないことが分かった。図7、図9のグラフは、「つまらない」作品の比喩的なイメージのコントラストは単に低い傾向にあるのではなく、単峰性の正規分布に当てはまり、累積比率も滑らかに上昇するようなものであることを表している。つまり、前後差の数値が近い変化が連続しているということである。一方で、「面白い、良い」作品の比喩的なイメージのコントラストは二峰性の正規分布に当てはまるので、より幅広い変化を含んでいるといえる。これらの考察から、「つまらない」印象を与える電子音響音楽作品は、前後差の数値が近いコントラストが連続している傾向にあるのに対して、「面白い、良い」印象を与える電子音響音楽作品は、前後差の数値が小さなコントラストと大きなコントラストが混在しているといえるのではないだろうか。

6. 結論

本研究では、「面白い、良い」及び「つまらない」印象を与える電子音響音楽作品の音響素材の構成における差異を、印象評価と一対比較による実験と、Excel, Rを用いて算出した累積比率とカーネル密度関数により、明らかにした。「つまらない」作品の時系列上にある音響素材間のコントラストは、作品を通じて変化しづらく、「面白い、良い」作品の時系列上にある音響素材間のコントラストは、より多様である。以上の考察は、東京電機大学で行われている講義と、「電子音響ピープルプロジェクト」が主催しているワークショップにおける指導方法の妥当性を示しているといえる。今後の展望として、第一に分析対象作品数の増加が求められるだろう。今回の実験では2作品のみを分析対象としているため、明らかに分析対象の作品が少ない。大学内の講義だけでなく、学外のワークショップで創作された作品も含め、より多くの作品を分析することで、本研究で得られた結論は確証を得るだろう。更に、形容詞対ごとの数値を軸に多次元のカーネル密度推定を行うことで、形容詞対の間の関係性を明らかにできると考えており、それらのデータを用いて、「面白い、良い」印象を与える電子音響音楽作品を自動生成するモデルをMax/MSPなどの統合開発環境で作成することも視野に入れている。しかし、本研究では音響素材の出現順のみを考慮しており、音響素材間の時間的距離や、無音部分の影響、同じ音響素材が連続した際に与える影響などは取り扱わなかった。これらの関係性を検証項目として取り扱うことで、「面白い、良い」印象を与える作品の更なる特徴と、より正確なデータが得られると考えている。

7. 謝辞

指導教官の柴山拓郎教授には、丁寧な指導と適切な助言をいただきました。深く感謝いたします。また、東京電機大学理工学部情報システムデザイン学系の矢口博之教授には、実験分析の面で貴重なアドバイスをいただき、感謝しております。作曲・音楽文化研究室の皆様には、印象評価実験にご協力いただきました。感謝いたします。最後に、本論文を執筆するにあたり協力して下さった全ての方に厚く御礼申し上げます。

<https://rinsaka.com/python/kde.html> (参照 2023-12-30)



この作品は、クリエイティブ・コモンズの表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際 ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。

8. 参考文献

- 電子音楽ピープルプロジェクト denshi-p:2023 電子音響ピープルプロジェクト：電子音響ピープルプロジェクト 2023-2024@ゲーテ・インスティトゥート東京, <https://peatix.com/event/3686137?lang=ja> (参照 2024-01-09)
- 石上 2008 ishigami:2008 石上和也, 村上晴美, 2008, 「電子音響音楽理解のための演奏支援ツールの開発と実験」5 (1)
- Matsumoto 2023 matsumoto:2023 Matsumoto, M., Mashita, T., Arai, S., Ohmura, H., Yaguchi, H., Shibayama, T., Teaching Methods for Sharing The Creation of Electroacoustic Music with Inexperienced People, accepted to 16th International Conference on Game and Entertainment Technologies (GET) 2023, Porto, Portugal, Jul. 17, 2023.
- 中前 1996 nakamae:1996 中前光弘, 田畑洋二, 大賀泰文, 角田充弘, 宇都文昭, 奥西孝弘, 越智保, 前田要: Scheffé の一対比較法による主観的評価法, 1996
- 岩宮 2010 iwamiya:2010 岩宮真一郎, 小坂直敏, 小澤賢司, 高田正幸, 藤沢望, 山内勝也: 音色の感性学 — 音色・音質の評価と創造 —, コロナ社, 2010
- 北海道教育大学 hokkaido 国立大学法人 北海道教育大学: [2] 度数分布表とヒストグラム, <http://www2.hak.hokkyodai.ac.jp/fukuda/lecture/SocialLinguistics/Rshagen/02histogramR.html> (参照 2023-12-28)
- R Doc rdoc RDocumentation: density: Kernel Density Estimation, <https://www.rdocumentation.org/packages/stats/versions/3.6.2/topics/density> (参照 2024-01-09)
- KobeU kobeu 神戸学院大学 経営学部 林坂ゼミ: 「カーネル密度を推定してみよう」,