

全体調和を考慮した音楽と配色間の 共通印象を介したメディア変換

川野邊 誠^{1,2,a)} 亀田 昌志²

受付日 2011年3月15日, 採録日 2011年10月3日

概要: 我々は、人がどのように音楽の印象に合う色を関係付けているかを解明することを目的に研究を進めている。これまでに、楽曲を曲調変化に基づいて小単位に区切った区間楽曲の印象に適した配色を選出する「音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム」を構築しており、7楽曲 79区間楽曲に対する評価実験では、全体平均で86%の高い感覚的一致度を得ている。しかし、上記選出の配色に対して、楽曲全体にわたる調和感を調査したところ、評価結果が二分され、全体の調和感が悪い楽曲には極端に感覚的一致度の低い区間楽曲が存在するという共通点が見られた。本論文では、それらの区間楽曲に関係付けられた配色が全体調和を低下させていると考え、色彩調和におけるトーン調和に着目し、トーンイメージの差を考慮して配色パターンを変更する新ルールをアルゴリズムに追加することで、問題のあった区間楽曲と配色間の感覚的一致度および楽曲を通しての音楽と配色の全体調和の向上に成功したことを報告する。

キーワード：音楽，色，マルチモーダル，メディア変換，感性情報処理

Considering Holistic Harmony for Media Conversion between Music and Color Based on Impressions.

MAKOTO KAWANOBE^{1,2,a)} MASASHI KAMEDA²

Received: March 15, 2011, Accepted: October 3, 2011

Abstract: In our previous research, we developed an algorithm for media conversion between music and color combination based on impressions. Our proposed algorithm divides an input music into some sub-sequences, and each sub-sequence can be correspond to the appropriate color combination to the impressions of each sub-sequence. However, the experimental results show a problem that the concordance rates of a few sub-sequences between music and color have been deteriorated excessively. This paper aims to improve the holistic harmony between music and color combination. The proposed new algorithm gives attention to the difference of tone images for the obtained color combinations, and re-arranges all color combinations according to the tone images throughout the input image is not disturbed. From the result of subjective assessment using ten musical sources, it is clarified that our proposed method succeeds in improving the holistic harmony between music and color combinations.

Keywords: music, color, media conversion, multimodal communication

1. まえがき

人は太古から視覚情報と聴覚情報を組み合わせた表現活動を行っており、音楽や音と映像の関係は多くの分野で様々な研究が行われているが、その仕組みについては未知の部分が多い。聴覚メディアと視覚メディアの2つの異なる性質を持つメディアを人がどのように調和、融合してい

¹ 産業能率大学情報マネジメント学部
School of Management and Information Science, SANNO
University, Isehara Kanagawa 259-1197, Japan

² 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate
Prefectural University, Takizawa, Iwate 020-0193, Japan

a) kawanobe@mi.sanno.ac.jp

るのかを研究することは、マルチモーダル表現など人のメディア理解に対して大きな意義を持ち、その成果の応用範囲も多岐にわたることが期待される。

音楽と映像の調和には、構造的調和と意味的調和の2つがあるとされている [1], [2], [3]。構造的調和とは、音楽と映像の構成要素間の物理的な調和を意味し、意味的調和とは、音楽の印象と映像の印象の間に生じる意味の対応による調和を意味する。このとき文献 [1] では、人間が音楽と映像を関係付ける際には、意味的調和の判断が構造的調和の判断よりも先に生じるため、構造的調和は意味的調和から影響を受けるがその逆は成立しないとされている。これは、音楽と映像の調和を求めめるためには、まず音楽と映像の意味的調和を求めたうえで、構造的調和を考える必要があることを示している。しかしながら、実際に音楽の印象と映像の印象のすべてを考慮して関係を求めめるのは非常に複雑で困難である。

ここで、音楽を意味と構造の観点から詳しく見てみる。文献 [4] では、音楽には、(A) 音響としての音楽、(B) 知覚の対象としての音楽、(C) 理解の対象として構造を持つものとしての音楽、(D) 意味および内容を持つものとしての音楽の4つの次元が存在するとしている。なお、4つの次元は、次元 A から次元 D に行くほど高次である。それぞれの次元において認知される属性は、(A) 音の高さ、大きさ、長さ、音色、(B) 旋律、リズム、和声、(C) 曲の主題とその発展、(D) 曲の標題、筋書、思想とされており、認知される単位は、(A) 単一の音、(B) 音の輪郭パターンあるいは音の塊り、(C) 楽句および楽節、(D) 曲全体と定義されている。このとき、各次元で発動される心理作用は、それぞれ、(A) 感覚：弁別、同定、(B) 知覚：階名による音の符号化、パターン認識、類似性判断、(C) 類似性および関係性を認知して分析することによる構造的理解、(D) 認知、共感的理解となる。さらに、これらの次元間関係については、“意味のような高い次元が旋律の中の音の高さにまで影響している”とされている。

一方、視覚情報(映像)については、対象の大きさ、形、動き、質感、色彩などに分けられるが、なかでも色彩は視覚的印象形成に欠くことのできない重要な情報とされている [5]。さらに、文献 [6] でも、色が形の印象を引き立てるとされ、構図や被写体が同じでも色が異なることで印象が大きく異なる例が多く示されている。また、各々の映像構成要素の印象を表す言葉について調査した結果、我々は、特に色の印象を表現する印象語が音楽の印象を表現する際に使用する印象語と非常によく似ていることに着目し、音楽と色の印象は意味的に非常に近い関係にあると考えた [7]。したがって、色は映像の印象を代表する構成要素であり、音楽の印象とも近い関係にあることが予測されることから、音楽と映像間に存在する複雑な意味的關係を求めらうえで色に着目することは、1つの適切な選択と考える。

音楽と色の関係を求める従来研究の多くは、次元 A か次元 B において意味的調和を求めた結果から構造的調和を考察する研究アプローチをとっていると考えられ、これまでに音高や音色、調に代表される音楽の構成要素の各パラメータと色の関係を求めた研究成果が報告されている [4], [8], [9], [10], [11]。しかしながら、音楽の印象に合った色との関係付けまでには至っていないのが現状である。これは、次元 A や次元 B では、音としての感覚や知覚といった心理作用しか発動されないために、それぞれの次元の属性ごとの色との関係を積み上げても、音楽の印象に合った色を関係付けることが困難であることを意味していると本研究では考える。たとえば、文献 [12] では、ハ長調の調性には赤が対応するという研究例が示されている。また、文献 [4] では、ヴァイオリンの音色には緑が対応するという研究例が示されている。では、ハ長調の楽曲をヴァイオリンで演奏した場合、その曲の印象に合う色は「赤と緑」が正解といえるとは信じ難い。さらに、この楽曲をオーケストラで演奏した場合や、音高と色の関係を考慮した場合は、たしてその音楽の印象には何色を関係付けるのが最適なのか、問題はさらに複雑になり、解には至らないと考えられる。したがって、本研究では、音楽の印象に合った色を関係付けるためには、次元 C で楽句や楽節単位での楽曲としての理解が可能となり、次元 D で曲全体の意味や内容の理解が可能となることから、新たに次元 C および次元 D において音楽と色の意味的調和を求めていく必要があると考える。

これまでに我々は、配色の中でも特にイメージの特徴を簡潔にとらえやすいとされる3色配色 [13] を音楽に対応付けることにより、音楽と色の意味的な関係を求めてきた(図 1)。本研究において、研究対象を単色ではなく配色と

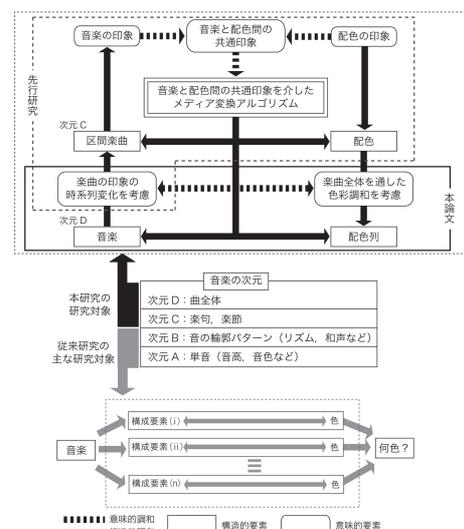


図 1 音楽と配色間の共通印象を介したメディア変換
Fig. 1 Media conversion based on correspondence of impressions between music and color.

したのは、単色に比べて配色の方がイメージを表現しやすい [14] とされており、単色よりも配色の方が発動される心理作用が意味的であると解釈できることから、認知構造的に音楽の次元 C, 次元 D に近いと考えたためである。

なお、音楽の印象は楽曲の進行にともない変化するものであり、本研究ではこの音楽印象の時系列変化を考慮したい。したがって、いきなり次元 D の認知単位である楽曲全体に対して一配色を関係付けるのではなく、まずは、次元 C の認知単位である楽曲レベルで配色を関係付けることで、曲の進行にともなって配色が切り替わる形で音楽と配色を関係付ける。

文献 [7] では、230 名を被験者とした主観評価実験により、音楽の印象語と配色の印象語を語感レベルで対応付け、音楽の印象空間を配色の印象空間へ写像することにより、「音楽と配色間の共通印象」を求めることに成功している。また、文献 [15], [16] では、楽曲の印象の時系列変化に対応するために、被験者が曲調変化を感知する箇所を楽曲を区切り、これを区間楽曲と定義したうえで、各区間楽曲の印象評価を行う方法を提案した。なお、この区間楽曲は音楽の次元 C の認知単位である楽句に相当するものとして取り扱うことができる。文献 [15], [16] で構築したメディア変換アルゴリズムは、この区間楽曲の印象評価値を基に、「音楽と配色間の共通印象」と配色の印象空間における印象距離を用いて区間楽曲の印象に適した配色を選出するものである。7 楽曲 79 区間楽曲に対して、本アルゴリズムを適用することで求められた配色は、評価実験（被験者：30 名）において、全体平均で約 86% の感覚的一致度を得ている。ここで、感覚的一致度とは、区間楽曲の印象と選出された配色の印象が感覚的に一致すると感じた被験者の割合を示す。評価実験の結果、我々の提案したアルゴリズムは、各区間楽曲と配色との間で高い感覚的一致度を得たことから、次元 C における音楽と配色間の調和を求めることができたといえる。

ところが、本論文において、先行研究で関係付けた区間楽曲と配色を用いて、新たに楽曲全体を通じた調和感を 5 段階で評価したところ、全体調和のとれている楽曲と、とれていない楽曲に二分される結果となった。本研究では、音楽は時系列メディアであるが、楽曲全体を通して調和が保たれて成立している（次元 D）ことから、区間楽曲ごとに関係付けられた配色どうしにおいても楽曲全体を通して調和が保たれている必要があると考える。そこで、本論文では、研究のフェーズを音楽の次元 C から次元 D へと展開し、次元 D の認知単位である楽曲全体を考慮した音楽と配色の調和を求める（図 1）。

評価結果を詳察すると、全体調和のとれていない楽曲には極端に感覚的一致度の低い区間楽曲が存在するという共通点が存在することが分かった。本論文では、それらの区間楽曲に関係付けられた配色が全体調和を乱していると考え

え、該当区間に着目して深く考察し、先行研究で構築したアルゴリズムを変更する。その結果として、該当区間楽曲と配色間の感覚的一致度の向上を図ることで、全体調和の改善を目指す。本論文では、区間楽曲ごとに関係付けられた配色間の調和を求めるために、色彩調和におけるトーン調和に着目する。そのうえで、トーンイメージの差を考慮して関係付ける配色を決定する新たなルールを提案し、先行研究で構築したアルゴリズムに追加することで、該当区間楽曲と配色間の感覚的一致度と楽曲全体における音楽と配色間の調和感の向上に成功したことを報告する。

2. 音楽と配色間の共通印象を介したメディア変換

ここでは、音楽と配色の印象語について説明した後、先行研究の成果を簡潔に示す。

2.1 配色の印象語

配色の印象語には、小林重順氏と日本カラーデザイン研究所によって作成された 3 色の「配色イメージスケール」[13]（図 2*1）を用いる。

配色イメージスケールは、色が持つ印象を印象語で系統立て、システム化することを目的に作成されており、Soft-Hard, Warm-Cool の軸を持つ 2 次元平面に 50 語の印象語とそれらに関連付けられた配色パターンを配置したものである。2 軸で構成された平面上の距離は、印象の差を表している。配色イメージスケール上の 50 語は、16 のイメージパターンに分類されている。このイメージパターンは、日本カラーデザイン研究所が、よく似たイメージの印象語をグルーピングし、それぞれに共通する名前を付けて定義したものであり [13], 図 2 において枠線で囲まれているものを指す。



図 2 配色イメージスケール*1

Fig. 2 Color image scale.

*1 日本カラーデザイン研究所より許可を得て文献 [13] より転載。

表 1 音楽作品の感情価測定尺度項目 [17]

Table 1 Affective value scale of music (AVSM) [17].

高揚因子	親和因子	軽さ因子
(高揚傾向)	恋しい	落ち着きのない
明るい	愛しい	浮かれた
楽しい	優しい	きまぐれな
陽気な	おだやかな	軽い
嬉しい		
(抑鬱傾向)	強さ因子	荘重因子
沈んだ	強烈な	崇高な
哀れな	刺激的な	厳粛な
悲しい	強い	気高い
暗い	断固とした	おごそかな

2.2 音楽の印象語

音楽の印象語には、谷口高士氏による「音楽作品の感情価測定尺度項目」[17] (表 1, 以降 AVSM と称す) を使用する。AVSM は単極評価尺度であり、5 因子 (6 尺度)、24 項目の印象語から成り立っている。

音楽を評価する評価尺度はいくつか存在するが、それらは音楽を聴いたときにどのような心理状態になったかを評価するものが多い。それに対して、AVSM は音楽作品が持つ感情的な性格 (印象) を評価するものである [17]。本研究では、聴取者の心理状態を色で表現するのではなく、音楽の持つ印象に合った色を関係付けることが目的であることから、音楽作品の印象を直接評価するために作成された評価尺度である AVSM を使用する。

2.3 音楽と配色間の共通印象

これまでの研究で我々が求めた「音楽と配色間の共通印象」について説明する。文献 [7] において我々は、18 歳から 30 歳の男女 230 名を被験者として主観評価実験を行い、AVSM の各評価尺度 (6 尺度) に属する印象語の語感が、配色イメージスケールの各イメージパターン (16 パターン) に属する印象語の語感に合致するか否かを評価した (評価パターンは、6 尺度 × 16 イメージパターンの 96 パターン)。得られた結果を評価パターンごとに「合致する」と答えた評価者数と「合致しない」と答えた評価者数を単純合計することで集計し、集計結果に対してフィッシャーの直接確率両側検定を適用した。

その結果を基に AVSM の各評価尺度に合致する配色イメージスケールのイメージパターンを決定し、AVSM の各評価尺度を配色イメージスケール上にマッピングすることで両者の印象語の関係を可視化した (マッピング結果については、文献 [7] を参照)。得られたマッピング結果は、互いに独立であった音楽の印象空間と配色の印象空間に存在する共通印象を語感レベルで求め、音楽の印象空間を配色の印象空間へ写像したものにとらえることができる。本研究では、これを「音楽と配色間の共通印象」としている。

表 2 評価楽曲

Table 2 List of evaluated music.

楽曲名	区間楽曲数	時間
炎のランナー	6	3' 14
四季「春」第 1 楽章	10	3' 19
カルメン プレリユード	7	2' 05
アイネクライネ・ナハトムジーク (第 1 楽章)	16	5' 21
ベートーベン ピアノソナタ第 8 番 第 2 楽章	8	3' 18
ラデツキー行進曲	11	2' 54
ハンガリー舞曲 第 5 番	21	2' 39

2.4 音楽の印象評価方法

音楽の印象を評価する場合、1 つの楽曲全体を被験者に提示して楽曲全体の印象を評価していることがほとんどである [8], [17]。しかし、音楽の印象は楽曲の進行とともに変化する (時系列変化する) ものであり、各被験者が楽曲のどの部分に注目して評価したのかに依存して、印象評価結果は異なってくるという問題点があった。

それに対して、我々は、「楽曲の印象の時系列変化を考慮した音楽の印象評価方法」を提案している [15], [16]。提案手法では、楽曲をいくつかの区間に分けて印象評価を行う。楽曲を区切る基準は、「被験者全員が曲調変化を感知した箇所」 (以降、曲調変化感知箇所) とし、連続した 2 つの曲調変化感知箇所に挟まれた区間を「区間楽曲」と呼ぶ。印象評価は、楽曲自体の印象を損ねる危険性を回避するため、区間楽曲単体ではなく、楽曲を連続再生する中で区間楽曲ごとに順次行う。

文献 [16] の実験では、表 2 に示す 7 楽曲を評価した。楽曲の選定においては、歌詞の内容が楽曲の印象に影響を及ぼす恐れがあることから、クラシックを中心としたインストルメンタル (音源: 市販 CD) とし、パソコン用メディアプレイヤーとスタジオプロ用ヘッドフォン (SONY MDR-CD900ST) を使って被験者に提示した。再生時の音量は、被験者間で一定となるよう調整している。被験者には、楽器演奏経験や読譜能力を持つなど、高校までに習得する基本的な音楽的知識を有する 18 歳~30 歳の男女 30 名を選出した。楽曲の再生は、はじめにテスト提示を 2 回行い、その後、被験者の希望に応じ、複数回行った。このとき、プレーヤには楽曲経過時間を表示しておき、被験者は曲調変化を感知した時点の楽曲経過時間を評価用紙に記述する。評価結果より、曲調変化感知箇所を選出し、区間楽曲を決定した。なお、表 2 の「区間楽曲数」は、文献 [16] で求めた各楽曲における区間楽曲の数を示している。

次に、各区間楽曲の印象評価方法を説明する。評価用紙は、1 ページごとに区間楽曲番号と区間楽曲の始点終点の各時刻、評価スケールを印字した評価シートを区間楽曲数分用意し、楽曲ごとに綴じた。評価尺度には AVSM を用い、24 語の印象語に対して、(1) まったくあてはまらない、から、(5) よくあてはまる、までの 5 段階スケールを

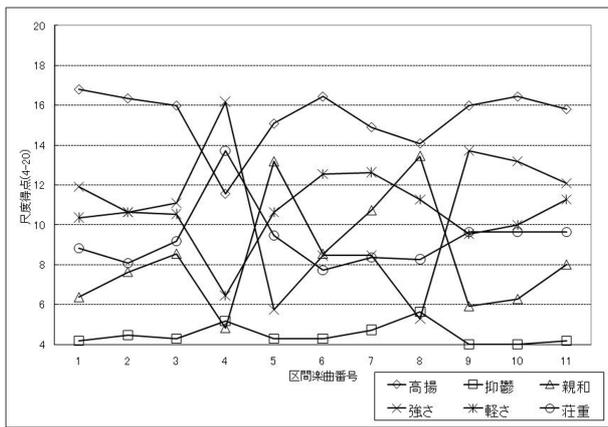


図 3 ラデツキー行進曲印象評価結果

Fig. 3 Evaluated impressions for "Radetzky Marsch".

付与する。評価者は、プレーヤの楽曲経過時間を見ながら楽曲を聴取し、区間楽曲の遷移時に合わせて評価シートを変えて評価した。楽曲の提示方法は、区間楽曲決定時の実験と同様である。集計は、AVSMの各尺度に属する4語の印象語の評点を単純加算したものを尺度得点とし、高得点であるほどその尺度の印象が強いことを示す（尺度得点範囲は4~20点）。評価の結果、全区間楽曲でAVSMの各評価尺度の標準偏差が3.5未満とばらつきが少なかったことから、区間楽曲ごとに各尺度得点の全被験者の平均を求め、それを区間楽曲の印象と定義した。本評価手法においては、1曲の中で印象がどのように変化しているのかを評価できるだけでなく、区間楽曲内で大きな印象変化が起きる可能性はきわめて低くなることから、個人差による印象評価結果のばらつきも小さくなることが明らかになっている。ここでは、代表例として「ラデツキー行進曲」の評価結果を図3に示す。図3では、「ラデツキー行進曲」の区間楽曲1から11の各区間楽曲から喚起される印象と、楽曲全体における印象の変化を見ることができる。これは、従来のように楽曲全体を評価する印象評価方法では得ることができない結果であり、提案評価手法が楽曲の印象の時系列変化を評価可能であることを示している。

2.5 音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム

我々が構築した「音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム」は、2.3節で示した「音楽と配色間の共通印象」と2.4節の方法で評価した区間楽曲に対するAVSM評価尺度得点を基に、区間楽曲の印象に合致する配色を関係付けるものである。詳細は文献[15]、[16]にゆずるが、アルゴリズムには3段階の手順が定義されている。まず、区間楽曲に対する各AVSM評価尺度得点を以下のように解釈する。文献[17]にある谷口氏の実験結果によれば、尺度得点11点を尺度に対する高い数値ととらえることができることから、それにならい、尺度得点11点以上の尺度を区間楽曲が喚起する印象とする。また、尺度得点4点（被験者

間平均値の場合は5点未満）を尺度が持つ4項目に対する評価がすべて1に相当することから、その尺度の印象は区間楽曲から喚起されないと判断する。以上をもとに、集合演算の概念を用いて区間楽曲から喚起されない印象にマッピングされている配色を排除し、候補となる配色を絞り込むために以下の手順(1)、(2)を実行する。

(1) 尺度得点4点のAVSM評価尺度にマッピングされる全配色を排除配色とする。

(2) 尺度得点11点以上のAVSM評価尺度に共通にマッピングされる配色を候補配色とする。

そのうえで、配色イメージスケール上の距離は印象の差を表していることから、

(3) すべての候補配色との相互距離が最も近く、すべての排除配色との相互距離が最も遠い配色を対象である区間楽曲の印象に合致する配色とし、配色イメージスケールの座標情報を基に定義した計算式により最適配色を決定する。

この一連の手順と定義式により、主観評価で得た区間楽曲のAVSM尺度得点から1つの配色が自動的に選出される。

文献[16]では、定義したアルゴリズムを用いて表2の7楽曲79区間楽曲に対して配色を関係付けた。次に、その結果を用いて、区間楽曲の境界で配色パターンが切り替わる評価用動画コンテンツを制作した。2.4節に示した音楽の印象評価実験に参加したのと同じの被験者30名を対象に、上記動画コンテンツを提示刺激とした評価実験を実施した。ここでも音楽の印象評価実験のときと同様、被験者にはコンテンツを最初から最後まで連続して提示し、被験者は区間楽曲ごとに順次評価している。なお、このときの実験環境については、3.1節で述べる本論文において実施した実験と同様であり、詳しくは3.1節において示す。評価結果は、被験者総数に対して、「一致する」と答えた人の割合を感覚的一致度と呼び、区間楽曲と配色の印象が感覚的に一致しているか否かを検証した。実験の結果、7楽曲79区間楽曲における平均感覚的一致度は86%であった。また、自由記述評価においても、多くの被験者が「曲の進行上、配色が切り替わってほしいところで切り替わるために違和感が少ない」、「組み合わせられているほとんどの配色が音楽の印象に合っている」と回答していることから、提案したアルゴリズムによって関係付けた配色は、高い確率で音楽の印象に合致することが確認できた。なお、文献[16]での実験で得られた7楽曲79区間楽曲に対する配色と感覚的一致度を次章の表4~表10中に示す。

3. 楽曲全体における配色との調和

3.1 実験

本研究では、区間楽曲ごとの評価結果が良好なだけでなく、楽曲全体においても配色との調和が保たれていることが音楽と配色間の調和を求めるうえで重要であると考えられる。文献[16]において、区間楽曲レベルでは、音楽の印象

に合った配色の選出に成功しているが、楽曲全体における配色との関係については楽曲ごとに感覚的一致度の平均値を求める以外の検討はしてこなかった。先行研究の実験において、区間楽曲ごとに曲の再生を止めることはしなかったが、被験者はあくまでも各区間楽曲と配色との一致度を評価していたことから、これまでに得た結果に対して、改めて楽曲全体における配色との調和感を調査するために、本論文では以下の評価実験を行った。

被験者は、前章で述べた文献 [16] の実験に参加したのと同じの 30 名であり、この 30 名は、楽器演奏経験や読譜能力を持つなど、高校までに習得する基本的な音楽的知識を有する。実験では、楽曲全体において配色との調和がとれているか否かを 5 段階で評価する。評価スケールは、(1) まったく調和していない、(2) 調和していない、(3) どちらともいえない、(4) 調和している、(5) 非常によく調和しているとした。提示刺激は、文献 [16] の実験の際に制作した評価用動画コンテンツを用いた。なお、この動画に用いた配色パターンは、文献 [13] に示されている RGB 値をもとにパソコン上で作成した。評価では、可能な限り文献 [13] に近い色となるようディスプレイおよびグラフィックスボードの調整を行い、暗室環境下でフルスクリーンで提示した。同時再生される音楽は、2.4 節で記した音楽の印象評価実験と同一環境で提示している。ヘッドフォン (SONY MDR-CD900ST) を使用し、再生時の音量は前回の実験と同一かつ被験者間で一定となるよう調整している。被験者には、評価スケールの解釈方法、および楽曲一曲を通して移り変わる配色パターンとその楽曲が印象レベルで調和しているか否かを評価する旨を教示した。

実験の結果として、被験者 30 名の平均評点を表 3 に示す。ここで、評価スケール上、4 点以上が「調和している」ことから、平均評点が 4 点以上の楽曲を good グループとする。一方で、3 点の「どちらともいえない」を厳しく解釈し、平均評点が 4 点未満の楽曲を bad グループとする。本結果においては、表 3 の楽曲ナンバ 1, 2, 4, 5 の 4 曲が good グループに、楽曲ナンバ 3, 6, 7 の 3 曲が bad グループに分類される。本調査により、提案アルゴリズムにおいて、楽曲全体における配色との調和が成立しない場合があることが明らかとなった。

表 3 楽曲全体における配色との調和

Table 3 Experimental results of holistic harmony between music and color combination.

No.	楽曲名	平均評点
1	炎のランナー	4.0
2	四季「春」第 1 楽章	4.4
3	カルメン プレリュード	2.9
4	アイネクライネ・ナハトムジーク (第 1 楽章)	4.2
5	ベートーベン ピアノソナタ第 8 番 第 2 楽章	4.0
6	ラデツキー行進曲	3.1
7	ハンガリー舞曲 第 5 番	3.4

3.2 考察

ここでは、各区間楽曲と配色との関係付け結果を基に、全体評価に差が認められた原因に関して考察する。まず、good グループの 4 楽曲 (表 4, 表 5, 表 7, 表 8) と bad グループの 3 楽曲 (表 6, 表 9, 表 10) の結果を比較する。各楽曲における感覚的一致度の全体平均値は、good グループに対して bad グループの方がやや低い値となっているものの、これが表 3 に示した 5 段階評価で 1 ランク近い差につながるとは考えにくい。さらに両グループの結果を観察すると、bad グループの 3 楽曲のみにそれぞれ 1 カ所ずつ感覚的一致度が著しく低い区間楽曲が存在することが分かる。具体的には、表 6 の区間楽曲 SS7, 表 9 の SS11, 表 10 の SS19 が該当する。この 3 つの区間楽曲以外の区間楽曲については、bad グループと good グループの間には特徴的な差が見られないことから、bad グループの 3 楽曲にそれぞれ存在する感覚的一致度 40% 以下の区間楽曲に

表 4 「炎のランナー」の感覚的一致度

Table 4 Concordance rate for “Chariots of Fire”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	風格のある	80.0%	
SS2	みずみずしい	96.7%	
SS3	美しい	90.0%	
SS4	優雅な	86.7%	
SS5	美しい	93.3%	SS3
SS6	みずみずしい	96.7%	
全体平均		90.6%	

表 5 「四季 春」の感覚的一致度

Table 5 Concordance rate for “The Four Seasons Spring I”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	あどけない	100.0%	
SS2	気軽な	100.0%	
SS3	あどけない	100.0%	SS1
SS4	マイルドな	80.0%	
SS5	あどけない	100.0%	SS1
SS6	美しい	76.7%	
SS7	本格的な	100.0%	
SS8	ダンディな	76.7%	
SS9	美しい	100.0%	
SS10	美しい	90.0%	SS1
全体平均		92.3%	

表 6 「カルメン」の感覚的一致度

Table 6 Concordance rate for “Carmen Prelude”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	たくましい	96.7%	
SS2	みずみずしい	96.7%	
SS3	どっしりした	80.0%	
SS4	たくましい	96.7%	SS1
SS5	優雅な	90.0%	
SS6	マイルドな	56.7%	
SS7	マイルドな	33.3%	SS1
全体平均		78.6%	

表 7 「アイネクライネ・ナハトムジーク」の感覚的一致度

Table 7 Concordance rate for “Eine Kleine Nachtmusik”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	子供らしい	76.7%	
SS2	マイルドな	96.7%	
SS3	自然な	90.0%	
SS4	可憐な	96.7%	
SS5	やすらかな	76.7%	
SS6	マイルドな	83.3%	SS1
SS7	マイルドな	96.7%	SS2
SS8	自然な	90.0%	SS3
SS9	やすらかな	83.3%	
SS10	伝統的な	90.0%	
SS11	やすらかな	90.0%	SS9
SS12	マイルドな	86.7%	SS1
SS13	マイルドな	96.7%	SS2
SS14	自然な	90.0%	SS3
SS15	可憐な	96.7%	SS4
SS16	美しい	83.3%	
全体平均		89.0%	

表 8 「ピアノソナタ第 8 番 第 2 楽章」の感覚的一致度

Table 8 Concordance rate for “Beethoven Piano Sonata No.8 op.13”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	新鮮な	96.7%	
SS2	新鮮な	96.7%	SS1
SS3	新鮮な	73.3%	
SS4	豊潤な	66.7%	
SS5	都会的な	90.0%	SS1
SS6	ダンディな	73.3%	
SS7	フェミニンな	96.7%	SS1
SS8	フェミニンな	96.7%	
全体平均		86.3%	

表 9 「ラデツキー行進曲」の感覚的一致度

Table 9 Concordance rate for “Radetzky Marsch”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	派手な	83.3%	
SS2	あどけない	90.0%	
SS3	派手な	73.3%	SS1
SS4	風格のある	83.3%	
SS5	あどけない	90.0%	
SS6	あどけない	83.3%	
SS7	あどけない	86.7%	SS5
SS8	自然な	76.7%	SS5
SS9	派手な	90.0%	SS1
SS10	派手な	76.7%	SS2
SS11	マイルドな	40.0%	SS1
全体平均		79.4%	

関係付けられた配色が全体調和を乱している可能性が高いことが推測できる。そこで、該当区間楽曲を中心にさらに考察を進める。

bad グループの各楽曲において、感覚的一致度 40%以下の区間楽曲を音楽の次元 C の認知単位である楽曲の構成に着目して観察した結果、該当区間楽曲と同じ音楽的構成と

表 10 「ハンガリー舞曲」の感覚的一致度

Table 10 Concordance rate for “Hungarian Dances”.

区間楽曲	選出配色	感覚的一致度	同一区間
SS1	伝統的な	76.7%	
SS2	風格のある	83.3%	
SS3	ひなびた	66.7%	
SS4	伝統的な	93.3%	SS2
SS5	ひなびた	73.3%	SS3
SS6	風格のある	83.3%	
SS7	あどけない	90.0%	
SS8	美しい	96.7%	
SS9	気軽な	96.7%	
SS10	美しい	93.3%	SS8
SS11	あどけない	96.7%	
SS12	美しい	90.0%	SS8
SS13	あどけない	96.7%	SS9
SS14	ひなびた	83.3%	SS8
SS15	あどけない	96.7%	SS11
SS16	伝統的な	83.3%	
SS17	風格のある	83.3%	SS2
SS18	ひなびた	86.7%	SS3
SS19	美しい	30.0%	SS2
SS20	ひなびた	83.3%	SS3
SS21	伝統的な	90.0%	
全体平均		84.4%	

判断される区間楽曲が曲中に複数個存在することが分かった。ここでは、楽譜上で楽曲構成と演奏楽器が同一である区間楽曲を「同一区間楽曲」と定義する。この同一区間楽曲は、good グループ、bad グループともに存在することから、それらを表 4～表 10 の「同一区間」の列に示す。たとえば、「炎のランナー」(表 4) では、区間楽曲 SS5 が SS3 と同一区間楽曲である。表中で、同一区間楽曲には、楽曲の構成上、最初に出現した区間楽曲の番号を後ろに位置する同一区間楽曲に表示しており、表 4 では、ここで示した 2 つの区間楽曲が同一区間楽曲である。

ここで注目すべきことは、ときに同一区間楽曲に異なる配色が関係付けられていることである。これらの区間楽曲は、楽曲構成的に同じ構成であるにもかかわらず、2.4 節に述べた音楽の印象評価時には異なる印象が喚起されたために、文献 [16] で提案したアルゴリズムを適用した結果、異なる配色が関係付けられたことになる。表 9 の「ラデツキー行進曲」では、SS1, SS3, SS9, SS11 の 4 つが SS1 の同一区間楽曲である。これら 4 つの区間楽曲において、SS1, SS3, SS9 には、同じ「派手な」が関係付けられているが、SS11 には「マイルドな」が関係付けられている。これは、感覚的一致度が 40%以下の区間楽曲に共通して見られる特徴である。

ここで、その原因となった、音楽の印象評価結果について検証を試みる。その例として、「ラデツキー行進曲」の印象評価結果を示す図 3 では、上記 4 つの同一区間楽曲の印象評価結果にはそれぞれわずかな差が認められるが、特に SS11 のみで「軽さ」の尺度が 11 点を超えていることから、

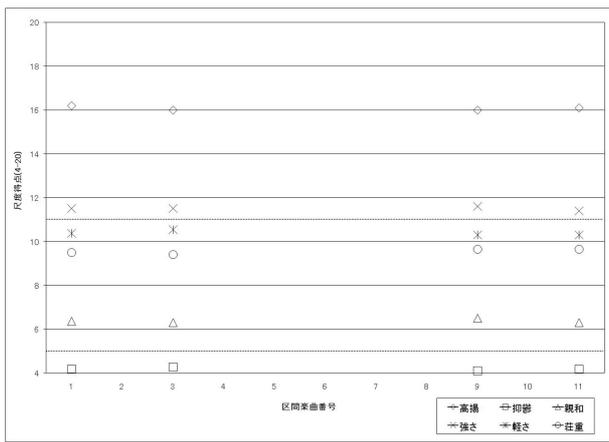


図 4 「ラデツキー行進曲」における同一区間楽曲の個別的印象評価結果

Fig. 4 Evaluated impressions for subsections in “Radetzky Marsch”.

アルゴリズムは SS11 にのみ異なる配色を関係付ける結果となった。そこで、先の実験の被験者に対して、上記 4 つの同一区間楽曲をそれぞれ単独で提示しての音楽印象評価実験を行った。その結果を図 4 に示す。図 4 より、各々の区間楽曲からは、ほぼ同一の評価値が得られていることが見て取れる。なお、この評価値は、図 3 における SS1 の結果と同様であった。そのうえで、再度、楽曲全体を通して、各区間楽曲の印象評価を行ったところ、前回の評価結果 (図 3) 同様、4 つある SS1 の同一区間楽曲の中で SS11 のみが「軽さ」の尺度得点が 11 点を超える結果となった。この、「楽曲全体を通しての印象評価と区間楽曲単体での印象評価では、同一区間楽曲に対して得られる結果が異なる」という事実は、すべての楽曲で同様に確認された。

つまり、音楽の印象は時系列的に変化するものであり、同一区間楽曲であっても、そこに達するまでに受けた印象によって、それぞれ異なった印象が喚起されたものと考えられる。いい換えれば、我々が提案する音楽の印象評価方法によって得られた各区間楽曲の AVSM 評価尺度得点は、その区間楽曲単体が喚起する印象ではなく、その区間楽曲に至るまでの区間楽曲の印象の影響を含んだ結果であると考えられる。したがって、音楽の印象評価結果としては、楽曲進行にともなう細かい印象の変化までも評価できているという点で、正確に音楽の印象を評価しているといえる。問題は、その音楽の印象評価結果に基づいて我々の提案アルゴリズムが関係付けた一部の配色に対して被験者が違和感を覚え、それが楽曲全体における配色との調和に問題のある楽曲にのみ共通して確認されたことにある。

ここで、今回の実験で得られた自由記述のコメントに注目する。自由記述には、「似たフレーズの区間楽曲が後に存在する場合、それ以前に関係付けられた配色を覚えているために、印象が異なる配色が関係付けられていると期待が外れる」という内容の回答がいくつか存在した。これ

は、同一区間楽曲が存在する場合、被験者は後出の同一区間楽曲には、前出の同一区間楽曲と同じ配色を期待していることを示唆する。人間の感覚における五感の割合を調査した研究事例によれば、視覚：60%、聴覚：20%、その他：20%といわれている [18]。これは、人間は聴覚情報よりも視覚情報の影響を強く受けることを意味する。つまり、楽曲のみを聴いているとき、音楽は時系列メディアであることから、局所的な区間楽曲の印象はそれ以前の区間楽曲の影響を受けるために同一区間楽曲であっても印象は異なる。しかし、その印象に基づいて求められた先の同一区間楽曲とは異なる配色と組み合わせることで、音楽の印象自体は変わらないものの、被験者はどの区間楽曲にどの配色が関係付けられていたのかを記憶しており、楽曲の進行上、同一区間楽曲には同一の配色を期待すると考えられる。この期待が裏切られることにより、違和感を覚え、その違和感が結果的に全体調和に影響を及ぼすと仮説を立てた (仮説 I)。

先行研究で求めた区間楽曲と配色の関係は、音楽の次元に照らし合わせると、次元 C における音楽と配色の関係を求めていることに相当し、そこでの区間楽曲ごとの配色との感覚的一致度は良好であった。しかしながら、本結果は、音楽と配色の調和を求めるためには、次元 C のみ、すなわち、区間楽曲単位で配色との関係を求めるだけでは十分ではなく、次元 D の認知単位である曲全体を考慮して、区間楽曲間における配色との関係を求めるためのアルゴリズム改善が必要であることを示している。

4. 同一区間楽曲におけるトーンイメージ統一のためのアルゴリズム改善

4.1 色彩調和の必要性

3 章では、同一区間楽曲に異なる配色が関係付けられたことが、全体調和に影響を及ぼすと考えたが、さらに考察すべき点が存在する。それは、被験者が同一区間楽曲に異なる配色が関係付けられているすべてのケースで違和感を覚えているわけではないという点である。結果の表 4～表 10 において同一区間楽曲間で異なる配色が関係付けられているケースは多く存在するが、その多くは感覚的一致度にほとんど差がなく全体評価でも問題がない。したがって、音楽と配色の全体調和を高めるためのアルゴリズム改善は、違和感を覚えるケースに限定したい。

3.2 節であげた自由記述コメント：「同一区間楽曲に印象が異なる配色が関係付けられると期待が外れる」から、同一区間楽曲に対して、単に異なる配色が関係付けられた際に違和感を覚えるのではなく、「印象が異なる」配色が関係付けられたときに違和感を覚えると考えられる。つまり、音楽と配色の全体調和を高めるためには、「同一区間楽曲に関係付ける配色の印象の調和を図る」ことが重要と考える。そこで、配色を行う際に最も重要とされる色彩調和

に着目する。

色彩調和とは、“2色または多色の配色に秩序を与えること、また、統一と変化、秩序と多様性のような反対要素を矛盾や衝突が起こらないように調和させること”と定義されている [19]。ここで、色彩調和には、大きく分けて色相調和とトーン調和が存在する。色相調和とは、色相環上で幾何学的な位置関係にある色相は秩序に基づく調和が得られ、その位置関係により同一、隣接、類似、対照といった調和が得られる最も基本的な色彩調和要素である。一方でトーン調和とは、トーンにおける同一、類似、対照を基準に色をまとめることを基本とし、トーンごとの独立したイメージにより色彩調和を計画するのに利用されることが多い。

色相調和は、単色を組み合わせることで配色を形成する際には非常に基本的で重要な要素だが、本研究のようにすでに完成されている3色配色どうしの調和を考える際の要素としては適さないと考える。このとき、トーンは色相をこえたイメージの共通性を求めることが可能であることから、多くの色を使っている場合には、それぞれの色のトーンを揃えることで全体的に安定した印象となる。したがって、トーン調和を考慮することで配色どうしの印象の調和を求めることができるのではないかと考えた。

4.2 トーンイメージの考慮

配色イメージスケール上の配色は、日本カラーデザイン研究所が定義した「色相&トーンシステム [20]」を基に構成されている。この色相&トーンシステムは、有彩色120色（10色相×12トーン）に無彩色10色を加えた130色で構成されている。文献 [20] において、“色相をこえたトーンイメージの共通性をイメージ調査によって確かめた結果、寄与率で色相よりもトーンの方がイメージ作りに対して1:3で貢献することを発見したことから、工学的測色よりも心理的認知を尊重し、色相&トーンシステムを作成した”と記述されるように、色相&トーンシステムはトーン重視の体系化となっている。なお、ここでのトーンとは、明暗、濃淡、派手・地味など、色相が違っていても、どの色相にも共通した色の状態（調子）のことを指している。トーンは表 11 のように細分化、記号化され、4つのイメージに分類されている。

配色イメージスケール上の印象語に対応付けられている3色配色は、「色相&トーンシステム」の130色を用いて構成されている。これらの130色は、日本カラーデザイン研究所により、RGB値とともに、すでに色相とトーンの種類が定義されており、「色相/トーン」のように表記される。配色を構成する3色のトーンから、表 11 のトーンイメージに基づいて、同一区間楽曲に関係付けられた配色のトーンイメージの構成を比較することで、先の実験結果を考察する。ここでトーンイメージ構成とは、3色のトーン

表 11 トーンイメージ [20]

Table 11 Tone image [20].

イメージ	トーン名	意味	略号
派手	Vivid	すどい	V
	Strong	つよい	S
明るい	Bright	あかるい	B
	Pale	あわい	P
	Very Pale	ごくあわい	Vp
地味	Light Grayish	あわくよわい	Lgr
	Light	よわい	L
	Grayish	しぶい	Gr
	Dull	にぶい	Dl
暗い	Deep	こい	Dp
	Dark	くらい	Dk
	Dark Grayish	ごくくらい	Dgr

ンイメージの組合せを意味する。なお、130色のトーンイメージは一意に決定可能であることから、3色配色のトーンイメージ構成もまた一意に決定可能である。

たとえば、「ラデツキー行進曲（表 9 参照）」SS1, SS3, SS9 に関係付けられている「派手な」という配色は、左から順に、“Purple/Vivid, Yellow/Vivid, Red Purple/Vivid”の3色で構成されている。このとき、トーンはすべて Vivid であることが分かる。そのため、この「派手な」という配色のトーンイメージ構成は表 11 より、“派手”となる。

それに対して、SS11 に関係付けられた「マイルドな」という配色は、左から順に、“Yellow Red/Very Pale, Yellow Red/Light Grayish, Red/Light”の3色で構成されている。トーンは、Very Pale と Light Grayish, Light の3種類であるが、トーンイメージは表 11 より、Very Pale が“明るい”、Light Grayish と Light は“地味”であることから、トーンイメージ構成は“地味と明るい”となる。この結果、同一区間楽曲に割り当てられた、「派手」と「マイルドな」の配色は、トーンイメージ構成の観点から、トーンイメージに重なりがなく、異なるイメージの配色であったことが確認できる。このとき、表 9 の「感覚的一致度」より、SS1, SS3, SS9（派手な）と SS11（マイルドな）の間には、約 40% の感覚的一致度の差が認められる。

以降、トーンイメージ構成のみを示して比較していくが、「カルメン（表 6 参照）」の場合においても、SS1 と SS4 に関係付けられている「たくましい」のトーンイメージ構成は“暗い”となるのに対し、SS1 と同一区間楽曲である SS7 に関係付けられた「マイルドな」のトーンイメージ構成は前述のとおり“地味と明るい”となる。ここでも、2つの配色間のトーンイメージには重なりがなく、感覚的一致度の差も 60% となっている。「ハンガリー舞曲（表 10 参照）」の SS2 と SS19 においても同様のことがあてはまる。

一方で、「ピアノソナタ（表 8 参照）」では、SS1, SS2 に関係付けられた「新鮮な」のトーンイメージ構成は“明るいと地味”であり、SS1 の同一区間楽曲である SS5 に関係

付けられた「都会的な」のトーンイメージ構成は“地味”，同じくSS7に關係付けられた「フェミニンな」のトーンイメージ構成は“明るいと地味”となっている。「新鮮な」と「フェミニンな」は同一のトーンイメージ構成であり，「新鮮な」と「フェミニンな」と「都会的な」の3つの配色間には，トーンイメージ構成において，“地味”というトーンイメージの重なりが存在する．このとき，SS1，SS2（新鮮な）とSS7（フェミニンな）の間の感覚的一致度には差がなく，SS1，SS2（新鮮な）とSS5（都会的な）の間，およびSS5（都会的な）とSS7（フェミニンな）の間の感覚的一致度の差はわずか7%であった．

すべての同一区間楽曲に対して，上記の観点から再度観察した結果，同一区間楽曲に異なる配色が關係付けられた場合，配色間のトーンイメージ構成においてトーンイメージの重なりが存在しないときに感覚的一致度に差が認められることが判明した．そこで，同一区間楽曲に關係付ける配色に対して同一または類似のトーンによって色彩調和を図ることで，同一区間楽曲に關係付ける配色のイメージを統一することが可能となり，音楽と配色の全体調和が得られると仮説を立てる（仮説II）．

4.3 トーンによる同一区間楽曲対応配色のイメージの統一

アルゴリズムによって同一区間楽曲に対してトーンイメージの異なる配色が關係付けられた場合に，トーンイメージを統一するために關係付ける配色を変更する手法を提案する．ここでは，この変更に関わる一連の流れを「配色のキャリブレーション」と称し，キャリブレーションを施すことで，楽曲と配色間の全体調和の向上を目指す．提案する配色のキャリブレーションルールを以下に示す．

まず，これまでのアルゴリズムによって，各区間楽曲ごとの印象に基づいて配色を關係付ける．ここまでは，2.5節に示した文献[15]，[16]の手続きが適用される．次に，楽曲内における同一区間楽曲を判定する．同一区間楽曲の判定基準は，区間楽曲の楽譜構成と演奏楽器が同一であることとし，これは楽譜から客観的に判断可能である．楽曲中に同一区間楽曲が存在する場合には，各々の区間楽曲に關係付けられた配色について，配色を構成する3色のトーンに基づき，各々の配色のトーンイメージ構成を比較する．4.2節でも述べたように，配色を構成する各色は，あらかじめ文献[20]において，RGB値とともに色相とトーンの種類が定義されていることから，配色のトーンイメージ構成はそれを基に一意に決定される．比較の結果，同一区間楽曲の配色間に，トーンイメージ構成においてトーンイメージの重なりが存在する場合には，アルゴリズムが關係付けた配色をそのままそれぞれの区間楽曲の印象に適した配色とする．一方で，同一区間楽曲の配色間に，トーンイメージ構成においてトーンイメージの重なりがない場合は，同一区間楽曲に關係付ける配色のイメージ統一を図るために該

当区間楽曲に対してアルゴリズムが關係付けた配色を変更する．変更する配色は，以下の3つの条件およびルールに基づき，自動的に決定される．

条件1 同一区間楽曲数が2つ

ルール(1)

先出の区間楽曲に關係付けられた配色を後出の区間楽曲に關係付ける．

条件2 同一区間楽曲数が3つ以上

条件2.1 該当区間楽曲以外には同一の配色が關係付けられている場合

ルール(2)

該当区間楽曲に対して他の同一区間楽曲と同一の配色を關係付ける．

条件2.3 該当区間楽曲以外にはトーンイメージに重なりが認められる異なる配色が關係付けられている場合

ルール(3)

音楽の時系列的な記憶の新しさを考慮し，該当区間楽曲の直前の同一区間楽曲に關係付けられている配色を該当区間楽曲に対して關係付ける．

ここまでの一連の流れをフローチャートとして図5に示す．本ルールは，3.2節で述べた「同一区間楽曲には同じイメージの配色を期待する」という仮説Iに基づき，同一区間楽曲に關係付ける配色のトーンイメージを先出の同一区間楽曲に關係付けられた配色に合わせることを目的としている．ルール(1)と(2)では，同一区間楽曲はすべて同じ配色で統一されることになり，ルール(3)では同一区間楽曲に關係付ける配色のトーンイメージには互いに重なりが存在することになる．なお，ここで示した条件は，キャリブレーションが必要な場合のすべてを網羅している．したがって，本ルールを適用することにより，同一区間楽曲のトーンイメージが自動的に統一され，これにより楽曲全

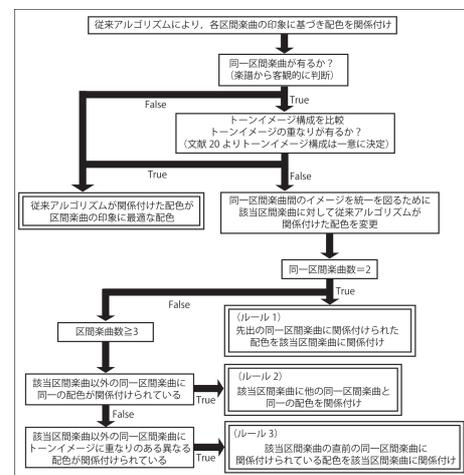


図5 配色のキャリブレーションルール

Fig. 5 Rules of color calibration.

表 12 キャリブレーション後の「カルメン」の感覚的一致度

Table 12 Concordance rate for “Carmen Prelude” by proposed method.

区間楽曲	選出配色	同一区間	イメージ	新配色	一致度
SS1	たくましい		暗		96.7%
SS2	みずみずしい				93.3%
SS3	どっしりした				90.0%
SS4	たくましい	SS1	暗	-	96.7%
SS5	優雅な				90.0%
SS6	マイルドな				63.3%
SS7	マイルドな	SS1	地・明	たくましい	93.3%
全体平均					89.1%

体の調和度が向上すれば、4.2 節で述べた仮説 II を立証することができる。

4.4 実験：キャリブレーションルールの効果測定

考案したキャリブレーションルールをこれまでの実験に使用してきた 7 楽曲に適用した。その結果、3.1 節で bad グループに分類された「カルメン」、「ラデツキー行進曲」、「ハンガリー舞曲」の 3 楽曲がキャリブレーションの対象となった。

キャリブレーションを行った 3 楽曲について、キャリブレーション結果を表 12~表 14 に示す。各表において、「選出配色」はアルゴリズムによって関係付けられた配色である。また、「イメージ」は選出配色のトーンイメージを表しており、表記はそれぞれ、派：派手、明：明るい、地：地味、暗：暗いを意味する。「新配色」は、キャリブレーションの結果、新たに関係付けられた配色を表す、なお、“-”は、同一区間楽曲でキャリブレーション対象とならなかったことを意味する。

各楽曲におけるキャリブレーションの過程について詳述する。表 12 の「カルメン」では、SS1 と SS4、SS7 が同一区間楽曲であったことから、それぞれの区間楽曲に関係付けられた配色のトーンイメージ構成を比較する。SS1 と SS4 には同じ配色：「たくましい」が関係付けられており、SS7 には「マイルドな」が関係付けられている。このとき、「たくましい」のトーンイメージ構成は“暗い”となるのに対して、「マイルドな」のトーンイメージ構成は“地味と明るい”であった。したがって、互いの配色のトーンイメージ構成には、トーンイメージの重なりがないと判断され、キャリブレーションの対象となった。同一区間楽曲数が 3 つであること、かつ、SS7 以外の SS1 と SS4 には同じ配色：「たくましい」が関係付けられていることから、条件 2.1 があてはまり、ルール (2) を適用し、SS7 に関係付ける配色を「マイルドな」から「たくましい」に変更した。

表 13 の「ラデツキー行進曲」では、SS8 と SS10、SS11 がキャリブレーション対象となった。まず、SS5 と SS7、SS8 の 3 つの同一区間楽曲には、SS5 と SS7 にはともに「あどけない」が関係付けられ、SS8 には「自然な」が関係

表 13 キャリブレーション後の「ラデツキー行進曲」の感覚的一致度

Table 13 Concordance rate for “Radetzky Marsch” by proposed method.

区間楽曲	選出配色	同一区間	イメージ	新配色	一致度
SS1	派手な		派		83.3%
SS2	あどけない		明		90.0%
SS3	派手な	SS1	派	-	80.0%
SS4	風格のある				83.3%
SS5	あどけない		明		90.0%
SS6	あどけない				80.0%
SS7	あどけない	SS5	明	-	83.3%
SS8	自然な	SS5	地	あどけない	86.7%
SS9	派手な	SS1	派	-	90.0%
SS10	派手な	SS2	派	あどけない	93.3%
SS11	マイルドな	SS1	地・明	派手な	93.3%
全体平均					86.7%

付けられている。両者のトーンイメージ構成はそれぞれ、“明るい”と“地味”であり、トーンイメージに重なりがなく、SS5 と SS7 にはともに「あどけない」が関係付けられていることから、条件 2.1 があてはまり、ルール (2) を適用し、SS8 に「あどけない」を関係付けた。次に、SS2 と SS10 の 2 つの同一区間楽曲には、それぞれ「あどけない」と「派手な」が関係付けられており、両者のトーンイメージ構成も“明るい”と“派手”でトーンイメージに重なりがないことから、条件 1 があてはまり、ルール (1) を適用し、「あどけない」を関係付けた。最後に、SS1、SS3、SS9、SS11 の 4 つの同一区間楽曲では、SS1、SS3、SS9 にも「派手な」が関係付けられているのに対し、SS11 には「マイルドな」が関係付けられている。互いのトーンイメージ構成は、それぞれ“派手”と“地味と明るい”であり、トーンイメージに重なりがない。SS11 以外には、同一の配色が関係付けられていることから、条件 2.1 のルール (2) を適用して、SS11 には「派手な」を関係付けた。

表 14 の「ハンガリー舞曲」では、SS14 と SS19 がキャリブレーション対象となった。SS14 は SS8、SS10、SS12 と同一区間楽曲であり、SS14 には「ひなびた」が関係付けられているのに対して、SS14 以外には「美しい」が関係付けられている。「ひなびた」のトーンイメージ構成が“地味”なのに対して、「美しい」のトーンイメージ構成は“明るいと派手”であることからトーンイメージの重なりはなく、また、SS14 以外の同一区間楽曲には同一の配色が関係付けられていることから、条件 2.1 のルール (2) を適用して SS14 に「美しい」を関係付けた。SS19 は、SS2、SS4、SS17 と同一区間楽曲である。SS2 と SS17 には「風格のある」、SS4 には「伝統的な」がそれぞれ関係付けられており、それぞれのトーンイメージ構成は“暗い”と“暗いと地味”であることから、トーンイメージに「暗い」という重なりがある。それに対して、SS19 には「美しい」が関係付けられており、トーンイメージ構成は“明るいと派手”

表 14 キャリブレーション後の「ハンガリー舞曲」の感覚的一致度

Table 14 Concordance rate for “Hungarian Dances” by proposed method.

区間楽曲	選出配色	同一区間	イメージ	新配色	一致度
SS1	伝統的な				80.0%
SS2	風格のある		暗		83.3%
SS3	ひなびた		地		73.3%
SS4	伝統的な	SS2	暗・地	—	93.3%
SS5	ひなびた	SS3	地	—	80.0%
SS6	風格のある				83.3%
SS7	あどけない				86.7%
SS8	麗しい		明・派		96.7%
SS9	気軽な		明		96.7%
SS10	麗しい	SS8	明・派	—	93.3%
SS11	あどけない		明		96.7%
SS12	麗しい	SS8	明・派	—	96.7%
SS13	あどけない	SS9	明	—	90.0%
SS14	ひなびた	SS8	地	麗しい	90.0%
SS15	あどけない	SS11	明	—	96.7%
SS16	伝統的な				83.3%
SS17	風格のある	SS2	暗	—	83.3%
SS18	ひなびた	SS3	地	—	86.7%
SS19	麗しい	SS2	明・派	風格のある	80.0%
SS20	ひなびた	SS3	地	—	83.3%
SS21	伝統的な				90.0%
全体平均					87.8%

であることから、上記2つの配色との間にトーンイメージの重なりがない。このことから、SS19に対して、条件2.2があてはまり、ルール(3)を適用し、SS19の直前の同一区間楽曲であるSS17に関係付けられている「風格のある」をSS19に関係付ける。

次に、キャリブレーションを行ったすべての区間楽曲において、感覚的一致度を評価した結果を表12~表14の「一致度」に示す。被験者は、3.1節の実験を行った者と同じの30名とし、実験環境においても3.1節の実験と揃えている。

実験の結果、キャリブレーションを行ったすべての区間楽曲において、感覚的一致度の上昇が見られた。特に、極端に感覚的一致度が低かった「カルメン」のSS7と「ラデツキー行進曲」のSS11、「ハンガリー舞曲」のSS19では50~60%もの感覚的一致度の上昇が確認された。キャリブレーションを行ったそれ以外の区間楽曲においても、おおむね20%程度の感覚的一致度の上昇が見られた。キャリブレーションを行っていないいくつかの区間楽曲においても感覚的一致度の変化が見られるが、10%未満(被験者数3名以下)の変動であることから、これは誤差と判断した。このことから、区間楽曲本来の印象を基にアルゴリズムによって選出された配色に対して、本論文で提案するキャリブレーションルールを適用することによって、極端に感覚的一致度の低かった区間楽曲における配色との関係が改善されるだけでなく、局所的に配色を変更しても、他の区間楽曲の感覚的一致度には影響を与えないことが確認できた。

表 15 キャリブレーション後の楽曲全体における配色との調和

Table 15 Experimental results of holistic harmony between music and color combination by proposed method.

No.	楽曲名	平均評点
1	炎のランナー	4.0
2	四季「春」第1楽章	4.4
3	カルメン プレリユード	4.0
4	アイネクライネ・ナハトムジーク(第1楽章)	4.2
5	ベートーベン ピアノソナタ第8番 第2楽章	4.0
6	ラデツキー行進曲	4.0
7	ハンガリー舞曲 第5番	4.1

また、表12~表14において、キャリブレーション対象とならなかった区間楽曲(表中「新配色」に“—”が記されている区間楽曲)に関しては、各々の同一区間楽曲に関係付けられている配色と同一、もしくは、トーンイメージ構成においてトーンイメージの重なりがある配色が、従来のアルゴリズムによって関係付けられており、それらの区間楽曲に対する感覚的一致度は従来同様の結果となったことから、従来のアルゴリズム自体の妥当性を確認することができた。

さらに、全体の調和感を3章の実験と同様に求めた結果を表15に示す(表中の楽曲番号1, 2, 4, 5については表3と同じ)。実験結果より、キャリブレーションを行った3楽曲に対する被験者間平均評点が5段階評定尺度中の4:「調和している」に1ランク上昇した。自由記述においても、「曲の進行上、変わってほしいタイミングで配色が変わり、各区間楽曲と配色の調和がとれていることに変化はないが、似たフレーズに関係付けられている配色が統一されたことで違和感が少なくなった」といった主旨のコメントが多かったことから、キャリブレーションによって楽曲全体における配色との調和感が改善されたことが確認できた。

5. 改善アルゴリズムに対する再現性の検証

5.1 検証実験

「音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム」を用いて音楽と配色を関係付けた際の全体調和の改善を目的として、4.3節では配色のキャリブレーションルールを提案した。このルールをこれまでの実験で使用した7楽曲中3楽曲に対して適用した結果から、ルールが各区間楽曲の感覚的一意度の向上と全体調和の改善に有効であることが確認できた。ここでは、新たに3楽曲に対して提案する改善アルゴリズムを使用した音楽と配色の関係付けを行い、それを評価することにより、提案手法が他の楽曲においても同様の結果を導出可能であることを確認する。

実験の条件を以下に示す。被験者は、これまでの実験に参加したのと同じの被験者30名(読譜能力など高校レベルの音楽的知識を有する者)の中から20名を無作為選出

表 16 検証用評価楽曲

Table 16 List of evaluated music for verification.

楽曲名	区間楽曲数	時間
Etupirka	6	3' 40
パール・ギェント 朝	11	4' 17
ホルン協奏曲 第 2 番 ロンド	13	4' 07

表 17 改善アルゴリズムによる「Etupirka」の感覚的一致度

Table 17 Concordance rate for “Etupirka” by proposed method.

区間楽曲	従来手法	同一区間	イメージ	提案手法	一致度
SS1	可憐な			可憐な	100.0%
SS2	美しい		明・派	美しい	95.0%
SS3	伝統的な			伝統的な	90.0%
SS4	フェミニンな			フェミニンな	85.0%
SS5	美しい	SS2	明・派	美しい	95.0%
SS6	やすらかな			やすらかな	95.0%
全体平均					93.3%

した。評価用コンテンツの作成方法および提示環境は、それぞれ 3.1 節で示した実験条件と同じである。本実験では、20 名の被験者により音楽の印象評価（区間楽曲の設定と各区間楽曲の印象評価）を行った結果を基に、従来アルゴリズムと、本論文で提案するキャリブレーションルールを含む新アルゴリズムの両方を用いて、各区間楽曲に対する配色をそれぞれ選出し、各々の結果を用いて評価用コンテンツを制作する。評価は、新アルゴリズムによる配色を用いた評価用コンテンツを先に提示し、感覚的一致度と全体の調和感を評価する。評価手法に関しては、それぞれ 2.4, 2.5, および 3.1 節で記した実験と同様である。本実験で用いる評価楽曲と区間楽曲数を表 16 に示す。評価楽曲は、これまでの実験と同様、歌詞の印象を排除するために、クラシックを中心としたインストルメンタル（音源：市販 CD）とした。

5.2 実験結果

3 楽曲 30 区間楽曲に対して感覚的一致度を評価した結果を表 17～表 19 に、全体の調和感を表 20 に示す。

まず、3 楽曲のいずれにおいても、同一区間楽曲が存在していることが分かる。表 17 の「Etupirka」では、SS2 と SS5 が同一区間楽曲であったが、従来アルゴリズムの手続きが終了した段階で、ともに同一の配色（美しい）が選出されていることから、キャリブレーションの必要はなく、SS2 と SS5 とともに「美しい」が関係付けられた。表 18 の「パール・ギェント 朝」では、SS1 と SS3, SS2 と SS4 がそれぞれ同一区間楽曲である。SS2 と SS4 では従来アルゴリズムの手続き終了時点で同一の配色（あどけない）が選出されており、キャリブレーションの必要性はなかった。一方で、SS1 と SS3 では異なる配色が選出された。そこで、SS1 に選出された「やすらかに」と SS3 に選出された「可憐な」のトーンイメージ構成を比較すると、「やすらかな」

表 18 改善アルゴリズムによる「パール・ギェント 朝」の感覚的一致度

Table 18 Concordance rate for “Peer Gynt-Morgenstemning” by proposed method.

区間楽曲	従来手法	同一区間	イメージ	提案手法	一致度
SS1	やすらかな		地・明	やすらかな	90.0%
SS2	あどけない		明	あどけない	85.5%
SS3	可憐な	SS1	明	可憐な	80.0%
SS4	あどけない	SS2	明	あどけない	80.0%
SS5	やすらかな			やすらかな	90.0%
SS6	優雅な			優雅な	85.0%
SS7	ひなびた			ひなびた	85.0%
SS8	優雅な			優雅な	85.0%
SS9	フェミニンな			フェミニンな	90.0%
SS10	美しい			美しい	80.0%
SS11	やすらかな			やすらかな	90.0%
全体平均					85.5%

表 19 改善アルゴリズムによる「ホルン協奏曲 第 2 番 ロンド」の感覚的一致度

Table 19 Concordance rate for “K417 Rondo” by proposed method.

区間楽曲	従来手法	同一区間	イメージ	提案手法	一致度
SS1	マイルドな		地・明	マイルドな	80.0%
SS2	美しい		明・派	美しい	80.0%
SS3	伝統的な			伝統的な	80.0%
SS4	美しい			美しい	95.0%
SS5	マイルドな	SS1	地・明	マイルドな	85.0%
SS6	美しい	SS2	明・派	美しい	90.0%
SS7	ひなびた			ひなびた	85.0%
SS8	派手な	SS1	派	マイルドな	80.0%
SS9	美しい	SS2	明・派	美しい	85.0%
SS10	フェミニンな			フェミニンな	90.0%
SS11	たくましい			たくましい	70.0%
SS12	マイルドな			マイルドな	75.0%
SS13	派手な			派手な	90.0%
全体平均					83.5%

は“地味と明るい”，「可憐な」は“明るい”となっており、トーンイメージに重なりが認められることから、キャリブレーションは適用せず、SS1 には「やすらかな」、SS3 には「可憐な」をそれぞれ関係付けた。表 19 の「ホルン協奏曲 第 2 番」では、まず、SS1 と SS5 および SS8 が同一区間楽曲であった。ここで、SS8 のみが他の同一区間楽曲と異なる配色が選出された。SS1 と SS5 には「マイルドな」、SS8 には「派手な」が選出されており、2 つの配色のトーンイメージ構成は、「マイルドな」が“地味と明るい”，「派手な」が“派手”となっていたことから、SS8 がキャリブレーションの対象となった。SS8 と同一の区間楽曲が複数存在し、それらには同一の配色が関係付けられていることから、キャリブレーションルールの条件 2.1 があてはまり、ルール (2) を適用し、SS8 に「マイルドな」を関係付けた。このほかに、SS2 と SS6 および SS9 も同一区間楽曲であるが、これらには従来アルゴリズムの手続き終了時点で同一

表 20 新アルゴリズムによる楽曲全体における配色との調和

Table 20 Verification results of holistic harmony between music and color combination by proposed method.

楽曲名	平均評点	平均評点 (従来)
Etupirka	4.6	-
パール・ギュント 朝	4.1	-
ホルン協奏曲 第2番 ロンド	4.2	2.6

の配色が選出されていることから、キャリブレーションの必要はなく、ともに「美しい」が関係付けられた。

表 17～表 19 に示した、各楽曲における区間楽曲ごとの感覚的一致度を見ると、いずれも高い感覚的一致度を得ていることが分かる。本実験における 3 楽曲 30 区間楽曲の全体平均感覚的一致度は約 87%であった。表 20 には、楽曲全体における音楽と配色の調和感を 5 段階評価した結果を載せているが、いずれの楽曲でも被験者間平均評点が 4 点をを超えており、全体的に調和しているという結果を得た。参考までに、4 章においてこれまでの 7 楽曲 79 区間楽曲に対して新アルゴリズムを適用した後の感覚的一致度の全体平均は約 88%であり、各楽曲の全体調和の平均評点も 4 点台であることから、両実験結果の間には差は認められなかった。

5.3 考察

結果より、本論文において提案した新たなアルゴリズムは、感覚的一致度が区間楽曲間平均で 87%、各楽曲において全体の調和感が 5 段階評価で被験者間平均が 4 点以上であることから、提案手法が、各区間楽曲において音楽の印象に合った配色を関係付け、さらに楽曲全体を通して音楽と配色を調和することが可能であることを確認することができた。

実験結果を楽曲別に考察すると、「Etupirka」は、従来アルゴリズムの手続きが終了した段階で、すでに同一区間楽曲に同一の配色が関係付けられていたことから、キャリブレーションの必要性はなかった。各区間楽曲の感覚的一致度は全体平均で 93.3%と非常に高く、全体調和の被験者間平均評点も 4.6 点であったことから、同一区間に同じ配色が関係付けられた場合において、これまでの我々のアルゴリズム自体の妥当性を確認することができた。

「パール・ギュント 朝」では、2 パターンの同一区間楽曲が存在し、そのうちの 1 パターン (SS1 と SS3) において同一区間楽曲に異なる配色が選出されたが、2 つの配色間にはトーンイメージの重なりが存在することから、キャリブレーションの必要性はなかった。この楽曲における各区間楽曲の感覚的一致度の全体平均は 85.5%と高く、全体調和の被験者間平均評点は 4.1 点であった。この結果から、同一区間楽曲に異なる配色が関係付けられても、トーンイメージに重なりがあれば、配色のトーンイメージが統一され、音楽と配色の全体調和が保たれることが確認できたこ

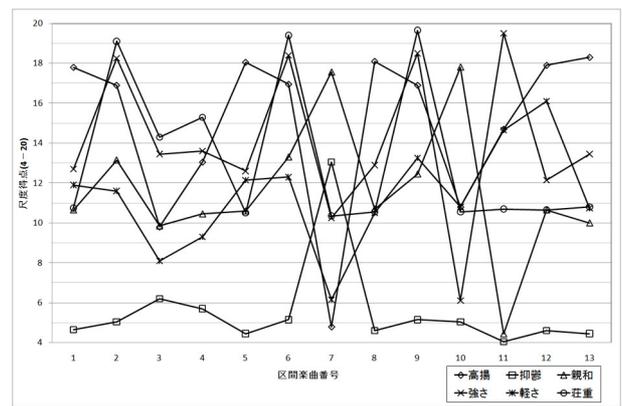


図 6 ホルン協奏曲 第 2 番 印象評価結果

Fig. 6 Evaluated impressions for “K417”.

とから、仮説 II が証明されたといえる。

「ホルン協奏曲 第 2 番」においても、2 パターンの同一区間楽曲が存在した。そのうち、SS1 の同一区間楽曲 SS8 では、キャリブレーションが適用され、SS1 の同一区間楽曲すべてに同じ配色が関係付けられた。この楽曲についても、区間楽曲ごとの感覚的一致度の全体平均が 83.5%と高く、全体調和も被験者間平均で 4.2 点であった。しかしながら、新アルゴリズムによって関係付けられた配色に対する評価を終えた後に、従来アルゴリズムで関係付けた配色を用いて同様の評価を行ったところ、キャリブレーション対象となった SS8 のみ、感覚的一致度が 5%とこれまでのすべての実験結果を通して最も低い値となった。なお、このとき、他の区間楽曲の感覚的一致度には誤差と判断可能な差しか認められなかった。さらに、「ホルン協奏曲 第 2 番」に従来アルゴリズムで関係付けた配色の楽曲全体における音楽と配色の調和感を評価したところ、評価値は 2.6 点となり、全体的に調和していないという結果となった (表 20 の「平均評点 (従来)」。この結果より、従来アルゴリズムのみで音楽と配色を関係付けた場合に、同一区間楽曲にイメージの異なる配色が関係付けられると、該当区間楽曲の感覚的一致度が著しく低下し、全体調和の度合いも低くなるという傾向が再現されることが確認された。なお、SS8 にのみ、トーンイメージの異なる配色が関係付けられた原因を考察すると、図 6 に示す音楽印象評価の結果、同一配色が関係付けられた SS8 の同一区間楽曲 SS1 と SS5 では、「高揚、強さ、軽さ」の被験者間平均尺度得点が 11 点以上で喚起される印象となり、「抑鬱」が同じく 4 点台で喚起されない印象となった。それに対して、SS8 では「軽さ」の被験者間平均尺度得点が 11 点を下回り、「高揚、強さ」が喚起される印象、「抑鬱」が喚起されない印象となった結果、SS8 にのみ異なる配色が関係付けられる結果となった。この SS8 のみ、「軽さ」が 11 点未満となった原因は、直前区間楽曲である SS7 の印象が影響したと考えられる。SS7 は「抑鬱と親和」が尺度得点 11 点以上、「高揚」

の尺度得点が4点台となっていることから、SS8の同一区間であるSS1とSS8とは対照的な印象の区間楽曲といえる。楽曲構成的にSS8はSS1とSS5と同一であるが、直前の区間楽曲が対照的な印象を持っていたことから、楽曲の流れの中でその影響を受けてSS8のみ異なる印象評価結果となり、結果的にSS8にのみトーンイメージの異なる配色が関係付けられたと考えられる。また、従来アルゴリズムでSS8に關係付けた配色に対する感覚的一致度が5%となったのは、被験者は感覚的に合致する配色を使った評価用コンテンツを評価した後に、もともと違和感を覚える可能性の高い配色が使われた評価用コンテンツを見たことにより、特に強い違和感を覚えたことが要因として推察される。本結果から、「局所的な区間楽曲の印象は直前の区間楽曲の印象を受けるため同一区間楽曲であっても印象は異なるが、配色と組み合わせることで楽曲を提示することにより、被験者はどの区間にどの配色が關係付けられていたのかを記憶していることから同一区間には同一イメージの配色が期待され、その期待を裏切られる違和感が全体調和に影響する」という仮説Iを確認することができた。

さらに、本実験の結果を通して、「同一区間楽曲に關係付ける配色において同一または類似のトーンによって色彩調和を図ることで同一区間楽曲に關係付ける配色のイメージを統一することが可能となり、音楽と配色の全体調和が得られる」という仮説IIが立証できたと考える。したがって、仮説IおよびIIが立証されたことから、本論文において提案した「配色のキャリブレーションルール」は、区間楽曲ごとの音楽と配色間の感覚的一致度を高いレベルで維持しつつ、楽曲全体における音楽と配色の全体調和を改善することができたと考える。本結果を受けて、本研究で提案するアルゴリズムは、歌詞の影響を受けないインストルメンタルの楽曲であれば、同様の結果を導出可能であることを示すことができたと考える。

6. アルゴリズムによって關係付けられた音楽と配色の普遍性に関する調査

6.1 実験概要

これまでの実験では、音楽の印象評価者と音楽と配色の一致度を評価する評価者は同一であった。その場合、提案アルゴリズムは音楽の印象に合致した配色を關係付けることが可能であることは、これまでの実験で示されたとおりである。

しかしながら、今後アルゴリズムを実用化することを考えると、視聴者が代わるたびに、区間楽曲の設定と音楽の印象評価を都度実施して、アルゴリズムを用いて配色を關係付けるのは現実的ではない。限られた人数による区間楽曲の設定と音楽の印象評価結果を基にアルゴリズムが關係付けた配色が、多くの人にとって享受できるものであれば、本アルゴリズムは音楽と配色の關係付けを行うエキスパー

トシステムの基礎ともなりうる。

そこで、本実験では、5章において、20名の被験者によって設定された区間楽曲とその印象評価結果を基にアルゴリズムによって關係付けられた音楽と配色を用いて、それを音楽の印象評価を行わなかった別の被験者10名（これまでの実験に参加してきた被験者30名のうち5章の実験に参加していない被験者）に提示して感覚的一致度と全体の調和度を評価する。実験条件は、音楽の印象評価を行わないこと以外は、評価用コンテンツおよび提示条件は、5章の実験と同一である。

6.2 実験結果

3楽曲30区間楽曲に対して本実験で得られた感覚的一致度と5章の実験で得られた感覚的一致度を表21、表22、表23に示す。表中において、「音楽印象評価(有)」の列に示されている数値が5章で得られた感覚的一致度を、「音楽印象評価(無)」の列に示されている数値が本実験で得られた感覚的一致度を表す。

また、表24には、楽曲全体における音楽と配色の調和度を5段階で評価した結果を示す。表24においても、「音楽印象評価(有)」の列に示されている値が5章で得られた

表21 音楽印象評価の有無による「Etupirka」に対する感覚的一致度の比較

Table 21 Concordance rate for “Etupirka” by the evaluators who have not evaluated music.

区間楽曲	選出配色	音楽印象評価(有)	音楽印象評価(無)
SS1	可憐な	100.0%	90.0%
SS2	麗しい	95.0%	80.0%
SS3	伝統的な	90.0%	70.0%
SS4	フェミニンな	85.0%	60.0%
SS5	麗しい	95.0%	80.0%
SS6	やすらかな	95.0%	70.0%
全体平均		93.3%	75.0%

表22 音楽印象評価の有無による「ペール・ギュント 朝」の感覚的一致度の比較

Table 22 Concordance rate for “Peer Gynt-Morgenstemning” by the evaluators who have not evaluated music.

区間楽曲	選出配色	音楽印象評価(有)	音楽印象評価(無)
SS1	やすらかな	90.0%	80.0%
SS2	あどけない	85.5%	70.0%
SS3	可憐な	80.0%	70.0%
SS4	あどけない	80.0%	70.0%
SS5	やすらかな	90.0%	80.0%
SS6	優雅な	85.0%	70.0%
SS7	ひなびた	85.0%	60.0%
SS8	優雅な	85.0%	70.0%
SS9	フェミニンな	90.0%	70.0%
SS10	麗しい	80.0%	70.0%
SS11	やすらかな	90.0%	70.0%
全体平均		85.5%	70.9%

表 23 音楽印象評価の有無による「ホルン協奏曲 第 2 番 ロンド」の感覚的一致度の比較

Table 23 Concordance rate for “K417 Rondo” by the evaluators who have not evaluated music.

区間楽曲	選出配色	音楽印象評価 (有)	音楽印象評価 (無)
SS1	マイルドな	80.0%	60.0%
SS2	麗しい	80.0%	80.0%
SS3	伝統的な	80.0%	70.0%
SS4	麗しい	95.0%	80.0%
SS5	マイルドな	85.0%	60.0%
SS6	麗しい	90.0%	80.0%
SS7	ひなびた	85.0%	60.0%
SS8	マイルドな	80.0%	60.0%
SS9	麗しい	85.0%	80.0%
SS10	フェミニンな	90.0%	80.0%
SS11	たくましい	70.0%	50.0%
SS12	マイルドな	75.0%	60.0%
SS13	派手な	90.0%	80.0%
全体平均		83.5%	69.2%

表 24 音楽印象評価の有無による楽曲全体における配色との調和度の比較

Table 24 Results of holistic harmony between music and color combination by the evaluators who have not evaluated music.

楽曲名	音楽印象評価 (有)	音楽印象評価 (無)
Etupirka	4.6	4.3
ベール・ギュント 朝	4.1	4.0
ホルン協奏曲 第 2 番 ロンド	4.2	4.0

調和度に対する評価値を、「音楽印象評価 (無)」の列に示されている値が本実験で得られた調和度に対する評価値を表す。

6.3 考察

表 21～表 23 に示した結果を見ると、いずれの区間楽曲においても、本実験で得られた感覚的一致度は 5 章で得られた感覚的一致度よりも低かった。全体で見ると、本実験における感覚的一致度の平均は 72%であり、これは 5 章の結果に比べて約 15%低い値である。なお、区間楽曲単位で観察した結果、極端に感覚的一致度が低い区間楽曲は存在しなかった。

音楽作品の印象は、音楽的嗜好や心理状態などの内面的個人的特性や様々な外的要因の影響を受けるのは周知の事実である。しかし、一方で、音楽作品の印象には、個人差などを超えたある程度の共通性があることも、また事実である [4]。特に、本研究では、印象語を使用して音楽の印象評価を行っていることから、音楽の印象は印象語の範囲に集約されている。さらに、区間楽曲に区切って評価することにより、印象評価ポイントが明確化され、被験者間の評価結果のばらつきが抑えられている。以上のことから、アルゴリズムへの入力として用いた 5 章の実験で 20 名の被

験者から得た音楽の印象評価結果は、本実験の被験者 10 名にとっても共感可能であったことが推察される。当然のことながら、10 名の被験者の中には、評価区間楽曲に対して先の実験の 20 名の被験者から得られた音楽印象とは異なる印象をいだく被験者はいるはずであり、その被験者が、提示された区間楽曲と配色に違和感を覚える可能性は十分に考えられ、それが 15%の差を生んだ原因の 1 つではないかとここでは考察する。しかしながら、全体平均で 72%の感覚的一致度を得ていることに鑑みると、本論文で提案したアルゴリズムによって関係付けられた音楽と配色は、音楽の印象評価を行っていない被験者にとっても感覚的に一致する可能性が高いことが確認できたといえる。

また、楽曲全体における音楽と配色の調和度に関しては、表 24 に示したとおり、いずれの楽曲でも 4.0 以上の評点となっている。感覚的一致度では本実験の結果と 5 章の結果に差が認められたが、全体の調和度については、本実験で得た評点と 5 章で得た評点に大きな差は見られない。このことから、各区間楽曲間における配色の調和が保たれ、感覚的一致度が楽曲全体を通して高い状態であれば、音楽の印象評価を行った被験者と行わなかった被験者間で、楽曲全体における音楽と配色の調和度には大きな差が現れないことが分かった。

すなわち、本結果は、高校レベルの音楽的知識を有する複数の被験者によって得られた音楽印象評価結果 (区間楽曲の設定と各区間楽曲の AVSM 尺度得点) を用いる限り、それを基に提案アルゴリズムが関係付けた音楽と配色が、非音楽印象評価者にとっても享受可能であることを示している。現状、提案アルゴリズムにおいては、区間楽曲の設定や各区間楽曲の印象評価は主観評価に頼っていることから、本結果は、アルゴリズムの応用可能性を考えるうえで、主観評価実験を必要最低限にとどめられるという意味で非常に有益である。また、今後研究を進め、区間楽曲の設定や音楽印象の自動判別を高精度で実現できれば、自動判別された印象を基に、アルゴリズムによって関係付けた音楽と配色が、多くの人にとって享受可能なものとなることも期待される。ただし、今回の実験では、被験者が 10 名と少数であることから、本件については、今後も継続的な調査が必要であると認識している。

7. おわりに

これまでに我々は、各区間楽曲から喚起される印象に合致する配色を関係付けるアルゴリズムを構築し、一定の成果をあげてきた。本論文では、これまで区間楽曲ごとに求めてきた音楽と配色間の調和を基に、楽曲全体における音楽と配色の調和を求める方法を提案した。

その過程において、我々は、実際に音楽と配色を組み合わせると同時に提示することにより、同一区間楽曲において音楽の印象評価時に感知した微妙な印象差よりも配色のイ

メージが優先されることを発見し、同一区間楽曲に関係付ける配色の印象を統一することが全体調和の向上につながると考えた。配色の印象を統一するために、色彩調和の中でもトーン調和に着目し、トーンイメージを用いたキャリブレーションルールを従来のアルゴリズムに追加することにより、「音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム」を改善した。

ここで、音楽と配色との調和を求めるために、先行研究から本論文までに得た一連の手続きをまとめる。主観評価によって区間楽曲を設定し、音楽印象評価値を得た後、各区間楽曲の印象に適した配色は、文献 [15], [16] に示した3段階の手順と定義式によって自動的に選出される。さらに、本論文で提案したキャリブレーションルールでは、同一区間楽曲の判定は、音楽構成と演奏楽器が同一か否かを楽譜情報を基に客観的に判断する。また、同一区間楽曲に関係付けられた配色のトーンイメージ構成は、文献 [20] より一意に決定されることから、トーンイメージの重なりの有無についても自動的に判別可能であり、キャリブレーションが必要な区間楽曲は自動的に判断される。キャリブレーション対象となった区間楽曲の配色を変更するための条件とルールは、4.3節に示したとおりであり、この条件とルールに基づくことで、変更する配色は自動的に決定する。したがって、現段階で、音楽の印象評価以降のすべての手続きが自動化されている状態である。なお、同一区間楽曲の判別については、楽譜上で音楽構成と演奏楽器が同一であることを条件としているため、楽譜情報を MIDI で入力し、パターンマッチングで比較することにより、自動的に判定できる。

これまでの実験で使用した7楽曲に対して改善アルゴリズムを適用した結果、3楽曲でキャリブレーションの必要が生じた。この3楽曲に対して実際にキャリブレーションルール適用したところ、キャリブレーションを行った全区間楽曲において感覚的一致度の向上が確認され、楽曲全体における音楽と配色の調和の向上にも成功した。さらに、改善アルゴリズムを新たに3楽曲に適用して音楽と配色を関係付け、評価した結果、これまでと同様の高い感覚的一致度と全体調和を得たことから、従来アルゴリズム自体の妥当性とキャリブレーションルールの有効性が確認され、本論文の仮説 I と II が立証された。また、音楽の印象評価を行わない被験者に対して、別の被験者の音楽印象評価結果を基に改善アルゴリズムによって関係付けた音楽と配色を提示して、感覚的一致度と全体調和を評価した。その結果、ある程度の音楽的知識を有する限られた人数による音楽印象評価結果を基にアルゴリズムによって関係付けた音楽と配色が、音楽の印象評価を行っていない人にとっても享受できる可能性があることを確認した。以上のことから、本論文では、改善した「音楽から配色へのメディア変換アルゴリズム」が、音楽と配色間の共通印象を介したメ

ディア変換において、区間楽曲単位での高感覚的一致度の維持と全体調和の向上に成功したことを示すとともに、その普遍性を示すことができた結論づける。したがって、本論文の成果は、我々が追求し続けている「音楽と配色間の調和」に関する研究のフェーズが、1章で述べた音楽の次元において、次元 C (楽句, 楽節) から次元 D (曲全体) へと展開できたことを示唆している。

しかしながら、先述のとおり、本研究で提案したアルゴリズムにおいて、音楽の印象評価 (区間楽曲の設定と各区間楽曲に対する AVSM 尺度得点の算出) については、複数人による主観評価実験が必要である。6章では、高校レベルの音楽的知識を有する被験者による音楽印象評価結果を基に関係付けた音楽と配色が、音楽の印象評価を行っていない被験者にとっても享受可能であることが確認された。これは、音楽の印象評価が自動化できた場合に、本アルゴリズムにおいて主観評価による音楽印象評価を排除できる根拠の1つになると考えられる。主観評価が排除されれば、本アルゴリズムは、音楽の印象に合致する配色を全自動で関係付けるエキスパートシステムとなりうる可能性がある。そのためにも、現在は主観評価実験に頼らざるをえない区間楽曲の設定や音楽の印象を自動的に判断することは、非常に有益であるが、これのみで壮大なテーマである。しかし、1章で述べた音楽の次元 A や B において、音楽の構成要素と音楽的印象の関係を求める研究は音楽情報処理分野に多く存在することから、楽曲を音楽の次元に沿ってトップダウン的に解析し、既存研究を参考にすることで、いずれは、区間楽曲の設定から配色選出までのすべてのプロセスを自動化したい。

今後の課題として、本論文の実験は、アルゴリズムの改善を目的としていたため、音楽的知識を有する限られた被験者によるクローズドテストであったことから、一般被験者を含めて被験者数を増やすとともに、評価楽曲数を増やしたオープンテストを実施し、アルゴリズムの汎用性と普遍性について、さらに確認する必要がある。評価用の楽曲については、音楽の印象評価時に歌詞の影響を排除するために、歌詞のないインストルメンタルであればジャンルを問わず、本アルゴリズムは適用可能と考えている。ただし、同一区間楽曲の判別上、インストルメンタルでも即興要素を含む楽曲は、適さないと考えている。本論文では、クラシックを中心に評価実験を行ったが、評価楽曲の中には、ポップスなど現代音楽の要素を多く持つインストルメンタル楽曲も含んでおり (「炎のランナー」, 「Etupirka」), それらの楽曲に対する評価結果に問題はなかった。したがって、今後の評価実験でも、上記条件で評価楽曲を選定し評価を続けるが、ジャンルを広く扱うことで、アルゴリズムの汎用性と普遍性を示していきたい。また、被験者については、本論文の実験と同様の読譜能力など高校レベルの音楽的知識を有する被験者を増やしての実験と音楽的知識を

ほとんど持たない一般人を被験者とした場合を分けて進めていきたい。前者については、本論文の結果のさらなる普遍性を確認するうえで行う必要がある。後者の一般人を被験者に用いる実験では、以下の2つの実験を予定している。1つは、音楽的知識を有する被験者による区間楽曲の設定と印象評価を基にして本アルゴリズムによって関係付けた音楽と配色の享受可能性に関する実験である。これは、本論文の6章の実験の規模を拡大した場合の影響を観察するために行う。2つ目は、区間楽曲の設定および区間楽曲の印象評価から全体調和の評価まで、これまでに行ってきた一連の実験を一般被験者に対して行う。これらの実験を経て、本アルゴリズムの汎用性について、(1)ある程度の音楽的知識を有する複数の被験者による区間楽曲の設定と印象評価に基づいて、アルゴリズムによって音楽と配色を関係付けた結果を多くの一般人が享受する意味での汎用性、(2)一般人が必要に応じて区間楽曲の設定と印象評価を行ったうえで、アルゴリズムによって音楽と配色を関係付けることができるという意味での汎用性、のいずれか、またはその両方を示すことで、アルゴリズムの応用可能性を考えていく。

最後に、本研究の成果は、福祉工学における聴覚障がい者への映像を用いた音楽印象の伝達、マルチメディアソフトウェアにおけるビジュアライザの表現力の向上、芸術科学の分野における音楽に合った舞台照明の自動選定などに応用できるだけでなく、感性情報処理分野におけるマルチモーダル表現などの人のメディア理解に貢献するものであると結論づける。

参考文献

- [1] Bolivar, V.J., Cohen, A.J. and Fentress, J.C.: Semantic and formal congruency in music and motion pictures: Effects on the interpretation of visual action, *Psychomusicology*, Vol.13, pp.28-59 (1994).
- [2] Lipscomb, S.D. and Kendall, R.A.: Perceptual judgement of the relationship between musical and visual components in film, *Psychomusicology*, Vol.13, pp.60-98 (1994).
- [3] 菅野禎盛：音楽と映像の相互作用，音は心の中で音楽になる，谷口高士（編著），pp.204-205，北大路書房（2000）。
- [4] 梅本堯夫：音楽心理学の研究，ナカニシヤ出版（1996）。
- [5] 千々岩英彰：色彩学概説，東京大学出版会（2001）。
- [6] 小林重順，日本カラーデザイン研究所：実践カラーデザイン，講談社（2000）。
- [7] 川野邊誠，亀田昌志：音楽作品の感情価測定尺度項目と配色イメージスケール間のマッピング，映像情報メディア学会誌，Vol.63, No.3, pp.365-370 (2009)。
- [8] 岩宮真一郎：音楽と映像のマルチモーダル・コミュニケーション，九州大学出版会（2000）。
- [9] 川村真由子，大串健吾：音楽の調性と色彩感，音楽心理学年報，p.160 (1990)。
- [10] 稲蔭雅彦：音と色の共感覚，日本色彩学会誌，pp.58-59 (1987)。
- [11] 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

- ピング抽出とその応用，信学論（A），Vol.J86-A, No.11, pp.1219-1230 (2003)。
- [12] Peacock, K.: Synesthetic Perception: Alexander Scriabin's Color Hearing, *Music Perception*, Vol.2, pp.483-506 (1985)。
- [13] 小林重順，日本カラーデザイン研究所：カラーイメージスケール Version 2，講談社（2001）。
- [14] 小林重順，日本カラーデザイン研究所：配色イメージワーク，講談社（1995）。
- [15] 川野邊誠，亀田昌志：楽曲から受ける印象の時系列変化を考慮した楽曲から配色へのメディア変換，芸術科学会論文誌，Vol.5, No.4, pp.95-105 (2006)。
- [16] Kawanobe, M. and Kameda, M.: Development of an Algorithm for Media Conversion between Music and Color combination based on Impressions, *IEEE ICICS2007* IEEE Catarog Number: 07EX1685C, Index: P0308 (2007)。
- [17] 谷口高士：音楽と感情，北大路書房（1998）。
- [18] 電子情報通信学会：画像通信（1975）。
- [19] 大井義雄，川崎秀昭：色彩，日本色研事業（1996）。
- [20] 小林重順，日本カラーデザイン研究所：カラーシステム，講談社（1999）。



川野邊 誠 （正会員）

1999年産業能率大学経営情報学部卒業。2001年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程修了。2004年同博士後期課程単位取得退学。同年産業能率大学経営情報学部講師。2008年より同大学情報マネジメント学部准教授。2011年岩手県立大学大学院ソフトウェア情報科学研究科博士後期課程修了。感性情報処理，マルチメディアに関する研究に従事。博士（ソフトウェア情報学）。映像情報メディア学会，芸術科学会各会員。



亀田 昌志

1990年長岡技術科学大学工学部卒業。1992年同大学大学院修士課程修了。同年神戸大学工学部助手。1998年北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同年同大学情報科学研究科助手。2001年より岩手県立大学ソフトウェア情報学部准教授。画像処理，特に画像情報圧縮の研究に従事。博士（情報科学）。電子情報通信学会，映像情報メディア学会，信号処理学会各会員。