

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 -

岩井大輔[†] 長田典子[‡] 津田学[†] 和氣早苗^{†+} 井口征士[†]

あらまし 従来の感性情報処理では、メディアを構成するパラメータとイメージとの対応関係を、感性語を介して表現していた。これに対し感性語を介さないメディア間の直接的・感性的な対応付けをノンバーバルマッピングと呼ぶ。そして「色聴」(音を聴くと色が見える)現象に着目し、色聴保持者が感じる音と色の対応付け(マッピング)の規則性を明示的に表現した。次にこのマッピングが色聴を持たない一般人にも受容可能かどうかの検証を行うため、一対比較法による感覚尺度化および調同定トレーニングを実施した。この結果、一般群においても色聴保持者と同様のマッピングが潜在的に保有される可能性を示した。

Non-verbal Mapping between Sound and Color

- Mapping Derived from Colored Hearing Possessors and its Applications -

Daisuke IWAI[†], Noriko NAGATA[‡], Manabu TSUDA[†], Sanae H. WAKE^{†+}, and Seiji INOKUCHI[†]

Abstract This paper presents an attempt at 'non-verbal mapping' between music and images in the field of Kansei information processing. We use physical parameters of sound and color, to clarify their direct correspondence when these are changed continuously. First we derive a mapping rule between sound and color from those with such special abilities as 'colored hearing'. Next we apply the mapping to everyday people using a paired comparison test and key identification training, and confirm that this mapping is also acceptable by them.

1. まえがき

音楽と映像を用いた作品制作において、映像のイメージに合う音楽を付加したり、逆に音楽に合う映像を付加することで互いの印象が強調されたりすることがある[1]。このような音楽と映像の関係がどのようなパラメータの結びつきによって成り立っているのかを解明することができれば、「絵を聴く、音を見る」という行為が可能にする手がかりになり、ひいてはホームページなどマルチメディア作品の創作支援システムなどにも応用展開できる。

メディア間におけるイメージの相関については、最近感性情報処理の分野で活発に研究が行われている[2]~[4]。これらの研究では、メディアを構成するパラメータとイメージとの関係を、形容詞(感性語)を介して表現するものがほとんどである。しかしながら直感的な感性(初期感性)の解明では、感性語を介するやり方には限界がある。そこで本研究では図1に示すように、メディアにおけるパラメータ間の直接的・感性的対応を

ノンバーバルマッピングと呼び、感性語を介さない対応関係を明らかにすることを目的とする。

心理学の分野で「共感覚」知覚と呼ばれる現象がある。これは音を聞くと色が見える、または味から物の形が感じられるなど、1つの物理的的刺激が本来独立な異なる感覚を誘発することをいう[5]。共感覚保持者は数万人に1人の生起確率で、また圧倒的に女性に多いなどといわれている。以前は共感覚を客観的に測定する手段がなかったことから、非科学的な事例だという批判も多かったが、最近では脳内での共感覚現象が医学的に確認されている[6]。その結果、共感覚は実は万人に起こっているがそのうち限られた人にだけ意識にのぼっているという説もある。実際「黄色い声」、「甘い香り」といった表現は、我々が視覚、味覚、嗅覚といった異なる感覚系の間で、何らかの共通した性質を感じ取っていることを示唆している[5]。

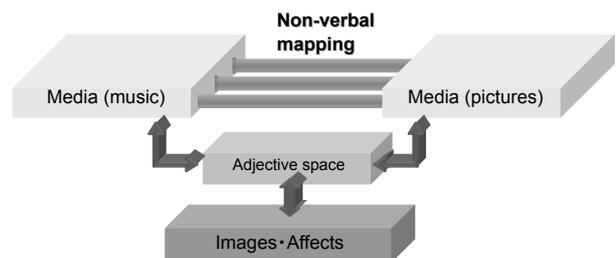


図1 音楽と映像のノンバーバルマッピング

[†] 大阪大学大学院, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

[‡] 三菱電機株式会社先端技術総合研究所, Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

⁺ 同志社女子大学情報メディア学科, Department of Information and Media, Doshisha Women's College of Liberal Arts

(注) : 「絶対音感」は音高に関する長期記憶の能力であり、3つのタイプの現象を指す[15,16]。Absolute pitch は音名を参照音なしに言い当てる音楽的音高同定(ラベリング)の能力, Perfect pitch は周波数(調律)の正否を認識できる能力, Positive pitch は音を正しい周波数で発声できる能力を言う。本論文中で絶対音感とは Absolute pitch を指す。

共感覚の中で比較的多いのが「音を聴いて色を感じる」現象であり、これは「色聴」と呼ばれている[7]。色聴については、ある楽器の音色を聴くと特定の色彩が喚起される[8]、音の高さに色の明度が対応づけられる[9]、あるいは母音と色が関連している[10]など多くの報告がある。とりわけ色聴の典型的事例として取り上げられるのが調性と色の対応についてであり、メシアン、スクリアピンといった著名な作曲家が、曲の調に対して独自の色彩イメージを持っていたことが知られている[11]。これらの報告例ではイメージされる色彩の内容に共通性が見られず、色聴は個々の感受性や体験の記憶に起因するという見方がされてきた[12]。しかし絶対音感をもつ者の間では色聴に共通性が高いという報告もある[13]。色聴現象の体系化やメカニズムの解明に関しては研究の緒に就いたばかりである。

以上の流れから我々はまず、色における明度・彩度・色相と音楽における調性・音色・音高を物理的なパラメータとして挙げ、これらを変化させたときに色聴保持者(以下色聴保持群)が感じる対応関係(マッピング)を明らかにする。そしてこの対応関係が色聴を持たない一般人(以下一般群)にも存在するかどうかを検証する。この実験は以下の仮説に基づいている。色聴保持群は一般群と異なった能力を持つものではなく、一般群の持つ感覚の一部が特に鋭敏に発達した群であると捉える。従って、色聴保持群が明示的に音と色との対応関係を提示できるのに対し、一般群は自ら提示こそできなくても、同種の感覚は有しており、従って色聴保持者のマッピングを受け入れることは可能であろうという仮説である。

2. 色と音のマッピング導出

音と色の物理的パラメータの間にはどのような感性的マッピングが存在するのかを、色聴保持群と一般群のそれぞれを対象に調べる。

2.1 被験者

色聴保持群は 23～25 歳の音楽大学生または卒業生で、絶対音感^(註)・色聴をともに持つ女性 4 人である。一般群の被験者には義務教育以外に音楽訓練経験を持たない 20 代前半の男性 5 人が参加した。

2.2 音と色のパラメータ

2.2.1 音に関するパラメータ

本研究では音高(height)[14]と音色(timbre)、さらに色聴との関係が知られる調(key)を加えた3種類のパラメータを使用する。以下に詳細を示す。

- (1) 調: 白鍵(G3～F4)から始まるハ～ロ長調とハ～ロ短調(旋律的短音階)の 14 種の上昇スケール。また無調性音列として、乱数発生させた 30 個の音列(調性のイメージを排除するため5度圏の近親音が連続しないよう配置したもの)。
- (2) 音色: 高調波構造の相違のみを考慮し、以下の 8 種類の音色を使用する。
 - 正弦波(SW): 高調波を含まない純音。
 - 倍音 1(H1), 倍音 2(H2): 基音から 5 次まで

の倍音を加えたものを HS1, 基音から 10 次まで加えたものを HS2 とする。なお(SW, H1, H2)の組を倍音系列群と呼ぶ。

- 奇数倍音 1(UH1), 奇数倍音 2(UH2): 同様に 5 次までの奇数倍音を UH1, 11 次までを UH2 とし、(SW, UH1, UH2)の組を奇数倍音系列群とする。
 - 偶数倍音 1(EH1), 偶数倍音 2(EH2): 同様に 4 次までの偶数倍音を EH1, 10 次までを EH2 とし、(SW, EH1, EH2)の組を偶数倍音系列群と呼ぶ。
 - ピアノ: MIDI 音源のピアノ音。
- (3) 音高: 音高 D1, D3, D5 のそれぞれから始まる二長調の上昇スケール。

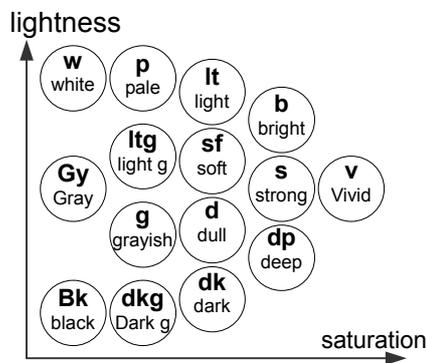
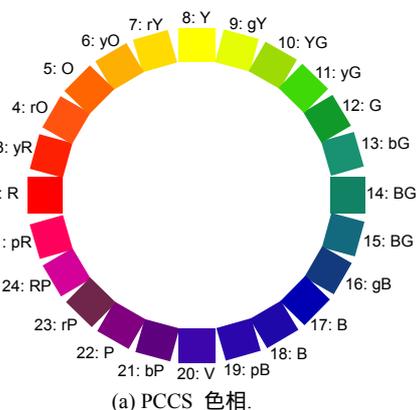


図2 PCCS 表色系



図3 カラーチャートの写真。

2.2.2 色に関するパラメータ

色のパラメータは PCCS 表色系[7]における色相とトーンを基本とし、下記のような色サンプルを作成する。

- (1) 色相: 図2(a) に示す 24 色から成る色相環のうち偶数番号の 12 色相を用い、色相番号(2~24)または色相記号 (R~RP) で表す。これに他系列 (グレー系 Gy, ピンク系 PI, ブラウン系 BR, オフニュートラル系 Off-N) を加えた全 16 色相。
- (2) トーン: 図2(b) に示すように横軸に彩度、縦軸に明度をとった座標系上に配置される 15 のカテゴリで、トーン記号 (v=vivid, p=pale など) によって表す。トーンは本来色相ごと異なる明度と彩度の分布範囲を一致させ、比較可能とする効果がある。なお他系列については明度変化のみ。

すなわち色には 12 色相×12 トーン=144 色とグレー系 3 トーン9色、ピンク系 10 色、ブラウン系 8 色、オフニュートラル系 7 色の計 167 色を使用する。図3に色サンプルのカラーチャートを示す。

2.3 課題と手順

色聴保持群と一般群のそれぞれに対し、以下の3種類の実験を行った。なお実験はいずれも 2.3.4 に述べる手順に従って実施した。

2.3.1 調性・音色と色のマッピング

2.4 で述べた手順に従って、長調・短調あわせて 14 種類のスケールを8種類の音色でランダムに提示した。被験者は提示された音刺激それぞれに対し、イメージに近い色サンプルを1つ選択した。各音刺激の提示は1回ずつであるが、14×8=112 回と膨大となるため、20 回毎に約5分間の休憩時間を設けた。

2.3.2 音色と色のマッピング

ピアノを除く7種の音色を無調性音列で提示した。各音刺激を1回ずつ、計7回実施した。

2.3.3 音高と色のマッピング

D1・D3・D5 の3種類の音高から始まるニ長調のスケールを純音、ピアノの2種類の音色で提示した。計6種類の音刺激をランダムな順序で提示し、イメージに近い色を1つ選択するよう求めた。

2.3.4 手順

- (1) カラーチャートを見せ、被験者に色の配置を記憶するよう要請する。
- (2) カラーチャートを隠し、音刺激を提示する。
- (3) 音刺激によって喚起された色を頭の中でイメージするよう求める。できるだけ直感的なものとなるように、10 秒間の制限時間を設ける。
- (4) カラーチャートを再提示し、イメージした色に近い色を問う。これについても同じ理由から、10 秒の制限時間以内とする。
- (5) すべての実験終了後に、どのようなルールによって色選択を行ったかをインタビューする。

2.4 実験結果と考察 1 (色聴保持群)

2.4.1 調性・音色と色のマッピング

表1にマッピング結果の一例を示す。(a)はピアノの音色の刺激について、各調に対して被験者 A~D が

選択した色であり、(b)はハ長調とハ短調の音刺激について、各音色に対して選択した色を示している。

(a)では調と色の間に関係はあるが、被験者間では共通性があまりみられない。次に(b)では個々の被験者内では、音色が何であっても常に調に固有の色相が対応していることがわかる。本実験から約3ヶ月後に同様の実験を行った結果、4人中3人からほぼ等しい回答が得られた。よって調と色のマッピングでは、調は色相と高い相関を持ち、色聴保持者間で共通性は低い個人の中では高い再現性を持っていることが確認された。また調と音色のイメージでは調のイメージが優先されることがわかった。

2.4.2 音色と色のマッピング

無調性音列の音刺激に対する色のマッピング結果を表2に示す。色相について共通の傾向が見られないため、色相を除くトーンの情報のみに着目する。

図4は倍音系列群、奇数倍音系列群、偶数倍音系列群の音刺激に対応する色のトーンの変化を被験者ごとに矢印で表している。いずれの図でも、変化が左上から右下に向かっていくことが伺える。すなわち音色の種類によらず、高調波成分が増えると彩度が上がり明度が下がる傾向にあることを示している。

表1 マッピング結果
(a) 調と色のマッピング (音色: ピアノ)

	subject A	subject B	subject C	subject D
C major	w [W]	lt18 [B]	p18 [B]	p2 [R]
D major	lt18 [B]	sf22 [P]	lt8 [Y]	b8 [Y]
E major	v12 [G]	g8 [Y]	sf4 [rO]	dp12 [G]
F major	v10 [YG]	g10 [YG]	sf10 [YG]	p20 [V]
G major	b18 [B]	dp8 [Y]	d2 [R]	lt18 [B]
A major	v4 [rO]	ltg6 [yO]	offN-2 [W]	b6 [yO]
B major	dp18 [B]	ltg6 [yO]	offN-6 [W]	b16 [gB]
C minor	dp24 [RP]	p18 [B]	d20 [V]	sf24 [RP]
D minor	Gy7 [Gy]	g4 [rO]	dk8 [Y]	d8 [Y]
E minor	dp14 [BG]	sf6 [yO]	b4 [rO]	sf12 [G]
F minor	d6 [yO]	d16 [gB]	dk12 [G]	ltg22 [P]
G minor	lt20 [V]	p22 [P]	BR4 [rO]	ltg18 [B]
A minor	v2 [R]	dk8 [Y]	sf22 [P]	d8 [Y]
B minor	v22 [P]	ltg10 [YG]	offN-6 [W]	ltg14 [BG]

(b) 音色と色のマッピング (調: ハ長調)

	subject A	subject B	subject C	subject D	
C major	piano	w [W]	lt18 [B]	p18 [B]	p2 [R]
	SW	offN-4 [W]	lt18 [B]	b18 [B]	lt2 [R]
	H1	offN-2 [W]	lt18 [B]	p18 [B]	PI7 [R]
	H2	w [W]	lt18 [B]	p18 [B]	v2 [R]
	UH1	Gy9 [W]	p14 [BG]	p18 [B]	b24 [RP]
	UH2	Gy9 [W]	p16 [gB]	p18 [B]	b4 [rO]
	EH1	offN-2 [W]	p14 [BG]	p18 [B]	PI4 [RP]
EH2	w [W]	p16 [gB]	lt18 [B]	v2 [R]	
C minor	piano	dp24 [RP]	p18 [B]	d20 [V]	sf24 [RP]
	SW	sf24 [RP]	p20 [V]	lt20 [V]	sf22 [P]
	H1	dp2 [R]	sf16 [gB]	b20 [V]	dp22 [P]
	H2	dp2 [R]	dk10 [YG]	d20 [V]	d16 [gB]
	UH1	sf2 [R]	lt10 [YG]	b20 [V]	dp24 [RP]
	UH2	v2 [R]	ltg14 [BG]	d20 [V]	dp24 [RP]
	EH1	b2 [R]	sf18 [B]	b20 [V]	sf22 [P]
EH2	v2 [R]	b14 [BG]	b22 [P]	dp24 [RP]	

2.4.3 音高と色のマッピング

結果を表3および図5に示す。全般的に音刺激の音高が上がると色の明度も上がることがわかる。また色相が音高・音色にかかわらず表1における二長調の色相と一致しており、色聴保持者は音高・音色によらず調の影響を大きく受けることがここでも示された。

さらに表3で同じ音高どうしの色に同じ色に対応している傾向が見られることから、音高と音色のパラメータでは音高が優先されると推測される。

2.4.4 色聴保持者の音と色のマッピングルール

以上の結果から、色聴保持者が持つ音と色のマッピングには次の規則性があることが明らかになった。

- (1) 調については、色相と極めて強い相関を持つ。ただし個人の中では高い再現性があるが、他の色聴保持者との間に色相の共通性は低い。
- (2) 音色については、高調波成分が増えると選択する色の彩度が上がり明度が下がる傾向がある。
- (3) 音高については、音高が上がると色の明度が上がる傾向がある。
- (4) 音の優先順位は、調 > 音高 > 音色、である。

3. 一対比較法による感覚尺度化

本章では1章で述べた仮説に従い、一般群に対して色聴保持者のマッピングを補助的に与えることにより、一般群のマッピング受容可能性を検証する。

表2 音色と色のマッピング（無調性音列）

	subject A	subject B	subject C	subject D	
Non scale	SW	offN-4 [W]	Gy4 [Gy]	dk24 [RP]	Gy4 [Gy]
	H1	sf14 [BG]	b24 [RP]	Gy6 [Gy]	p18 [B]
	H2	v6 [yO]	sf22 [P]	g22 [P]	lt10 [YG]
	UH1	dk8 [Y]	dp4 [rO]	dp18 [B]	dp8 [Y]
	UH2	d14 [BG]	v6 [yO]	g12 [G]	b6 [yO]
	EH1	v4 [rO]	b10 [YG]	b8 [Y]	dp6 [yO]
	EH2	dp16 [gB]	b16 [gB]	dp4 [rO]	lt2 [R]

表3 音高と色のマッピング（音色：ピアノ，SW）

	subject A	subject B	subject C	subject D	
Piano	D1	sf16 [gB]	g22 [P]	dkg8 [Y]	dp8 [Y]
	D3	ltg18 [B]	d24 [RP]	dp8 [Y]	d8 [Y]
	D5	p16 [gB]	lt2 [R]	p8 [Y]	b8 [Y]
SW	D1	d16 [gB]	dk2 [R]	dkg10 [YG]	sf8 [Y]
	D3	ltg16 [gB]	p2 [R]	offN-2 [W]	lt8 [Y]
	D5	p18 [B]	PI2 [RP]	b8 [Y]	b8 [Y]

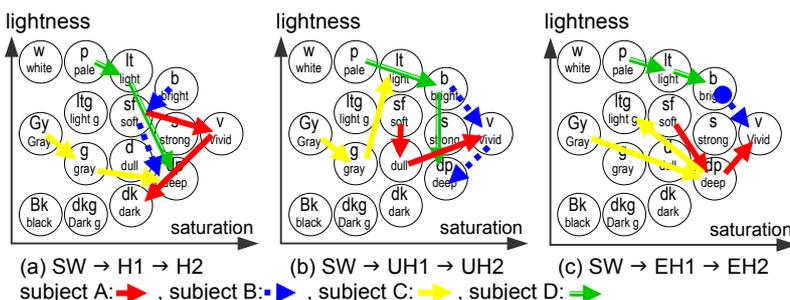


図4 音色の変化に対応するトーンの変化

3.1 被験者

20代前半の男女46人（絶対音感・色聴などの特殊能力は持たない）が被験者として参加した。

3.2 課題と手順

以下の3種類の実験を3.2.4の手順にて実施した。

3.2.1 調性と色のマッピング

2.4.4(1)のルールによれば、調と色相が対応する傾向にあった。よって、調性情報を含む音刺激を提示すると同時に、色聴保持者が選択した色相とその心理補色の2種類を提示した。色聴保持群が選択した色の色相に共通性は低かったが、この中で4人中3人が共通して選んだへ長調(YG)・イ長調(rO, yO)、ハ短調(RP, V)・ト短調(P, V, B)・イ短調(R, Y)の5種類の上昇スケールを音刺激として使用した。5種類の音刺激をランダムな順序で1度ずつ提示するタスクを1セットとし、計3セット行った。

3.2.2 音色と色のマッピング

2.4.4(2)のルールに則り、異なる2種類の音色の音刺激を連続して提示すると同時に、明度が高く彩度が低い色と明度が低く彩度が高い色のサンプルを提示した。そして、どちらの音にどちらの色のイメージが近いかの回答を得た。音刺激のペアには、倍音系列群、奇数倍音系列群、偶数倍音系列群の中でそれぞれ3ペア、計9ペアを作り、これらをランダムに1度ずつ提示するタスクを1セットとし、計2セット行った。色サンプルは色相番号=12[G]とし、この中で所望の彩度・明度のトーンのペアを作成した。

3.2.3 音高と色のマッピング

2.4.4(3)のルールに則り、音刺激として異なる音高のものを2種類連続して提示すると同時に、明度が高い色と明度が低い色のサンプルを提示し、イメージに近い色を選択するよう求めた。音刺激にはD1, D3, D5から始まるスケールを用い、これらの組み合わせで3ペアを作り、各ペアをランダムに1度ずつ提示するタスクを1セットとし、計3セット行った。色サンプルは色相番号=12[G]を用い、所望の明度のトーンのペアを作成した。

3.2.4 手順

- (1) 音刺激を提示する。
- (2) 音刺激提示と同時に、2種類の色サンプルを同時に並べてプロジェクタで投影する。

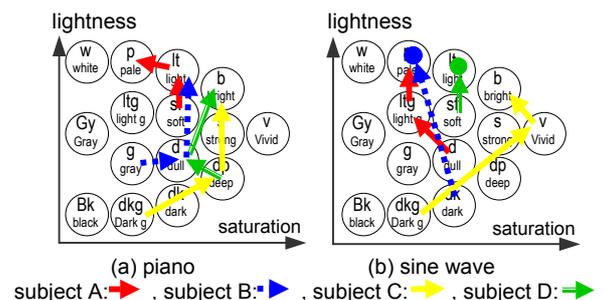


図5 音高の変化に対応するトーンの変化

- (3) 音刺激のイメージに近い色サンプルを選ぶよう求める(音刺激が1種類の場合は色サンプルを1つ選択. 音刺激が2種類の場合は各音刺激に色サンプルを1つずつ対応させる). 10秒の制限時間以内とする.

3.3 結果と考察

3.3.1 調性と色のマッピング

5種の音刺激のうち, 3回とも同じ色相を選択した音刺激数を全スケール数5で割った値を再現率とすると, 被験者46人中1人が再現率60%に達したのが最高であり, 平均は約19%であった. 有意差検定[17]により一般群において調と色相の選択には再現性が見られないとの結果を得た.

3.3.2 音色と色のマッピング

倍音系列群, 奇数倍音系列群, 偶数倍音系列群の各々について, 一対比較法による間隔尺度化(Thurstoneの比較判断の法則[18])を行い, 3系列の音色と色に対するイメージの尺度値を算出した.

図7(a)~(c)に各系列の尺度値を示す. いずれの組でも高調波成分が多い音色ほど尺度値が大きくなっている. このことは高調波成分が多く含まれる音ほど明度が低く彩度が高い色を対応づけていることになる. 従って音色と色については色聴保持群の持つマッピングが一般群にも受け入れられることが確認された.

3.3.3 音高と色のマッピング

同様に3つの音高と色に対して算出した尺度値を図8に示す. 音高が高い音ほど尺度値が大きくなっていることから, 音高が高い音ほど明度が高い色を対応づけているといえる. すなわち, 音高と色についても色聴保持群のマッピングが一般群に受容された.

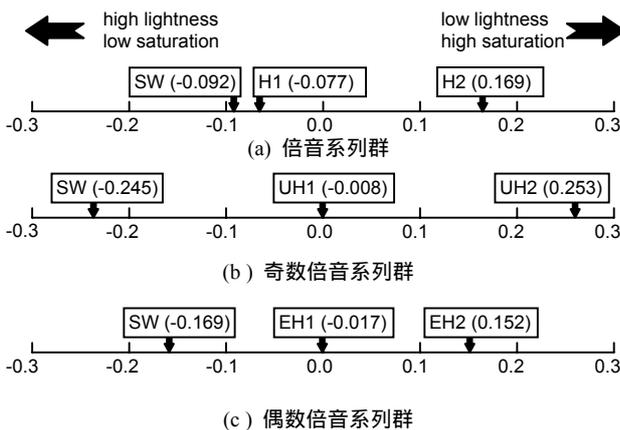


図6 音色に関する感覚尺度値

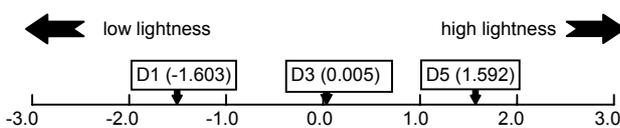


図7 音高に関する感覚尺度値

3.3.4 考察

以上の結果では, 音色と色および音高と色のマッピングについては, 色聴保持者のマッピングが一般群にも受容されたことを確認した. しかし調と色に関しては一般群において再現性を持って観測されなかった.

調と色の対応関係は, 色聴保持群の中でさえ共通性を見いだすのが難しい現象である. 従って一般群に対する実験はさらに困難を極めることが予想される. そこで次章では, 別の角度から一般群における調と色のマッピングの受容可能性を検証する.

4. マッピングを利用した調同定トレーニング

一般群に対して, マッピングを利用した調同定のトレーニングを行い, トレーニングの習熟度を介して色刺激が音の記憶に有効かどうかの検証を行う.

4.1 被験者

18歳から22歳の男性8名女性7名が実験に参加した. 被験者は絶対音感を持たない, つまり音刺激を聴いても音名または調性が特定できない者とした. 男性は全員が現役の合唱団員で, 女性も全員が楽器演奏の経験者であり, 絶対音感をつけたいというモチベーションの高い集団であった.

4.2 トレーニング手順

調名を明らかにした音刺激を繰り返し聴くトレーニングを実施した. この際に, 被験者をAB2群に分け, 色提示群(A群)には音刺激の提示と同時に色聴保持群のマッピングに基づく色刺激を提示し, 非色提示群(B群)は音刺激のみを提示した.

音刺激にはA3~G4から始まる7つの長音階を用い, 各調ごとに「トニックコード(3秒)→上昇スケール(6秒)→トニックコード(4秒)」をMIDI音源のピアノの音色で連続して提示した.

A群に提示する色刺激はプロジェクタでスクリーンに投影した. 調と色相のマッピングには, 過去の研究例[11], [12]における典型的なマッピング例をもとに決定した. 具体的には表4に示す色相を用いた.

被験者はAB群共にヘッドホンを着け, 照明を落とした部屋で, 没入感を増すためスクリーンに約1m付近まで接近した位置でトレーニングを受けた. 音刺激提示の前後には, 調名が5秒間表示されるようになっており(例:次はイ長調です), 被験者が音刺激提示前にあらかじめ音を思い浮かべるようにした. 特にA群に対しては, 調名表示文字(例:イ長調)に該当する色(例:赤)を付けて色情報を伝えておき, 色から調の響きを思い浮かべるように強く要請した. 音刺激の提示と同時にA群には色刺激がプロジェクタ一面に投影され, B群は黒色表示のままとした.

トレーニングは, ランダムな順序で7長調×3回ずつ=計21回の試行を行った(約8分間). これを5日間にわたって実施した.

4.3 習熟度テスト

トレーニングの習熟度を調べるために調同定テスト

をあわせて実施した。被験者はトレーニング時と同様の環境条件において、トレーニングで使用した7調の音刺激をランダムに1度ずつ提示され、その調名を回答する。回答は1回ごとに10秒間の制限時間以内とした。テスト結果は正答数 n ($0 \leq n \leq 7$)で評価する。

テストは全部で3回実施した。1回目は1日目初回トレーニング直前、2回目は5日目最終回トレーニングの直前、3回目は同直後である。3回目のテスト終了後にアンケートを行い、調を聞き分ける際に何を手がかりにしたか、または何をイメージしたかについて質問した。テスト結果およびアンケート結果を表5、6に示す。

4.4 結果

まず表5から、1回目の結果において全員が正答数4以下であり、トレーニング前には調同定能力がないことが確認された。続いて2回目の結果では、大半の被験者で正答数の上昇がみられ、前日までに実施された4回のトレーニングによって調同定能力が向上した様子がうかがえる。3回目の結果では正答数に若干のばらつきが見られるが、これはテストがトレーニング直後であり、その影響を過剰に受けた可能性もある。

従って、調同定能力を判断する材料としては2回目と3回目の結果を併せて考慮する。2回目で正答数7の者を短期的絶対音感獲得者 (sAP gainer) とし、2回目と3回目がどちらも正答数5以上の者を部分的な短期的絶対音感獲得者 (sPAP gainer) とした。

結果より、sAPがA群(色提示群)で2人(被験者A1, A2)、B群(非色提示群)で0、またsPAPがA群で1人(被験者A3)、B群で2人(被験者B1, B2)トレーニングにより出現したことになり、若干ではあるがA群の方が習熟度が高いことが示された。

4.5 考察

次に表6に示した調同定における手がかりやイメージをもとに、被験者がどのように調同定能力を獲得していったかについて考察する。表7は被験者が挙げた手がかりやイメージを、高さ・明るさ・色・その他のイメージの4つのカテゴリに分類して出現頻度を調べたものである。

4.5.1 音高に対する依存性

まず表7で「高さ」に関する出現頻度の平均値(A群:0.71, B群:2.13)の比較により、B群が音の高さへの依存度が大きかったことがわかる。これに対しA群は色やイメージなど高さ以外を手がかりにしたことが伺える。音の高さに関しては、今回の実験で用いた音刺激が、調と高さで1対1対応をしており、それぞれの要素を完全に分離できなかったという反省がある。実験後に「一番低い音が長調で、一番高い音がト長調、というふうに覚えた」というコメントも得ており、音刺激の生成方法は今後の課題である。しかし同じ音刺激にもかかわらず、A群では高さに対する依存はそれほど大きくない。従ってB群が音の高さに依存して調を相対的に判断したのに対し、A群は色提示をきっかけとして高さ以外のイメージを手がかりに調を絶対的に判断し、その結果、短期的絶対音感の獲得がスムーズに

なされたとの可能性が考えられる。

4.5.2 手がかりとしての色の使用

トレーニングに色を使用したことは、A群の被験者から概ね好評であった。初日トレーニング後に「絶対音感が付きそう」との感想があり、トレーニング終了後のアンケートでも「色が調同定に役立つか」との問いに7人中6人が「ある程度役立つ」と回答している。

次に短期的絶対音感を獲得した5人に着目すると、全員が調の手がかりとして色に言及している。とくに被験者A3は「和音が鳴った時に色がでてくる」と、今回の提示色そのものが手がかりになったと述べている。さらに注目すべきはB群の2人のsPAPが、色を提示されていないにもかかわらず、自ら色のイメージを喚起していることである。被験者B1は各調ごとの色のイメージを挙げ、調固有の特徴を捉えている。被験者B2は実験終了後に色刺激を見て「イメージしていた色と一緒にだった」と色の喚起について語っている。従ってB群の2人についても色が主要な手がかりになっていると言える。これは表で「色」に関する出現頻度の平均値(s(P)AP群:4.20, Non s(P)AP群:1.10)からも同群の色への依存が明白である。

4.5.3 色相の一致

B群全体で多くの被験者に色の喚起が見られ、その内容が少なからずマッピングの色相に一致している。実際にB群全体で申告された色に関する記述のうち、マッピングの色相に一致しているものが約2/3(17/25)

表4 実験に用いた調と色のマッピングの典型例

C major	white
D major	orange
E major	yellow
F major	green
G major	blue
A major	red
B major	dark blue

表5 習熟度テストの結果

被験者	正答数			トレーニング習熟度		
	1 st test	2 nd test	3 rd test	Diff. (1 st and 2 nd)	Diff. (2 nd and 3 rd)	Gaining sAP or sPAP
A1	4	7	7	3	0	sAP gainer
A2	0	7	5	7	-2	sAP gainer
A3	3	5	5	2	0	sPAP gainer
A4	0	5	4	5	-1	
A5	1	2	4	1	2	
A6	1	2	2	1	0	
A7	4	2	1	-2	-1	
Av. A	1.86	4.29	4.00	2.43	-0.29	
B1	4	5	7	1	2	sPAP gainer
B2	2	5	6	3	1	sPAP gainer
B3	0	5	3	5	-2	
B4	2	4	5	2	1	
B5	0	3	2	3	-1	
B6	2	3	2	1	-1	
B7	1	3	0	2	-3	
B8	0	2	4	2	2	
Av. B	1.38	3.75	3.50	2.37	-0.25	

表6 調同定に用いた手がかりやイメージに関するアンケート結果

被験者	ハ長調	ニ長調	ホ長調	ヘ長調	ト長調	イ長調	ニ長調	全体の感想	Aのみ:色が聞き分けに役立ったか
A1 [sAP]	基調となる色・まっさらな白	ハより少し高い・不安そう	明るい響き・黄色	澄んだ音・明るい緑	一番高い音・空の色・ケータイの話し中音	一番低い音・重い赤	重厚なイメージ・紺色		ある程度はなる
A2 [sAP]	素直な感じ				澄んだ感じ・空のイメージ				ある程度はなる
A3 [sPAP]		タケモトピアノ						だいたい和音が鳴った時に色がでてる	ある程度はなる
A4	特になにもなし	へほどでないが明るい	少し暗めのイメージ	すごく明るい音というイメージ	特に何もなし	深みのある低さ	イよりも高い音から始まっているがイよりも暗い印象	調によつての印象と色の明暗の度合いが密接に関係している	ある程度はなる
A5				明るい	甲高い	はっきりした・厚い感じ	ぼんやりしている		ある程度はなる
A6								明るい感じや暗い感じが前よりハッキリ浮かぶ感覚があった	ある程度はなる
A7								最後の練習の後だと自分の中でグチャグチャになってしまった	ほとんどならない
被験者	ハ長調	ニ長調	ホ長調	ヘ長調	ト長調	イ長調	ニ長調	全体の感想	Bのみ:テスト終了後色提示を見て
B1 [sPAP]	基準になる音(青)	ヘ長調と音階が似ている	高い音でト長調に似ている(白)	ファから始まる(緑)	ソから始まる(ピンク)	低い音でロと似ている(茶黄色)	低い音でイと似ている		思っていた色と違っていたのでショックだった
B2 [sPAP]						ワイン		一番低い音がイ長調で、一番高い音がト長調と覚えた	イメージしてた色と一緒だった
B3	広がりのある音		かすみ草	意外と高い音	青い小さい花	バラ	チューリップ	途中から花のイメージをあてはめられたが、定着しきらなかった	ト長調とイ長調がイメージ通りの色でびっくり
B4		ハでもホでもないとき	伴奏より低いイメージ	合奏曲の伴奏に似てる	へより高いイメージ	一番ごつい感じ	ハより暗いイメージ	へ長調を基準にした	
B5	基本くさくて明るめの音	タケモトピアノ	二を胡散臭く感じたとき	ゴトウマキ	へ長調より高いかな?	暗めの感じ	イでもハでもないと思った	一番低い音がイ長調で、一番高い音がト長調と覚えた	
B6	白色のイメージがした		オレンジ色のイメージ		高く響く音。青色のイメージ	低く振動が伝わってきた			
B7	一番しっくりくる音・坂(上り坂)	ラジオ体操の始まり	川・湖	あじさいの花に雨のしずくが落ちる	ぬけるような青い空	くぐもったような暗い音	特徴がなかった		
B8	荘厳な感じ	ちょっとだけ荘厳な感じ	適当	適当	白いカーテンみたいなもの	暗い感じ	暗い感じ	一番低い音がイ長調で、一番高い音がト長調と覚えた	

表7 手がかりのカテゴリ分類と出現頻度

被験者	高さ	明るさ	色	その他のイメージ	主な要因
A1 [sAP]	2	1	6	6	色・イメージ
A2 [sAP]	0	0	1	2	イメージ
A3 [sPAP]	0	0	7	1	色
A4	2	4	2	0	明るさ
A5	1	1	0	2	イメージ
A6	0	3	0	0	明るさ
A7	0	0	0	0	
AV. A	0.71	1.29	2.29	1.57	
B1 [sPAP]	4	0	5	0	色
B2 [sPAP]	2	0	2	2	色・高さ
B3	1	0	4	5	イメージ
B4	3	1	0	1	高さ
B5	3	2	0	2	高さ
B6	2	0	3	0	色
B7	0	1	1	4	イメージ
B8	2	2	1	2	高さ
AV. B	2.13	0.75	2.00	2.00	
AV. s(P)APs	1.60	0.20	4.20	2.20	
AV. Non s(P)AP	1.40	1.40	1.10	1.60	

ある。被験者 B1 は「思っていた色と違っていた」とコメントしたが、実際は青(ハ長調)が2章で述べた色聴保持群の回答と共通であるなど、色聴保持者の傾向に沿ったものであると考えてよい。

4.5.4 具体的イメージの喚起

A群に比べてB群は「白いカーテン」「川・湖」といった具体的な物のイメージを挙げている例が多い。これはB群が音の情報のみ与えられたため、懸命にイメージを膨らませようとした結果と思われる。しかし、イメージの膨らみが必ずしも調とのマッピング形成に至っていない。結果的には、種々のイメージ喚起の中で色とのマッピングを試みた3人のうち2人が効率的に短期的絶対音感を獲得したとも考えられる。

4.5.5 結論

以上の考察から、色を手がかりに調を絶対的に判断しようとした被験者が、高さを手がかりに調を相対的に判断したものや、他のイメージを手がかりにしたもの

に比べて、効率的に短期的絶対音感を獲得したという結果を得た。とりわけ非色提示群において、自ら色を連想し、その色相が色聴保持者のマッピングに少なからず一致した。このことから、色聴保持者が持つ色と音のマッピングは一般群に受容された、すなわち一般群にも同様のマッピングが潜在している可能性が高いという結論に至った。

5. むすび

メディア間で人が感じる直接的感性的対応をナンバーバルマッピングと定義し、色と音のパラメータ間のマッピングを明らかにする試みを行った。

まずマッピング導出実験では、調・音色・音高と明度・彩度・色相が変化したときに色聴保持者が感じる対応付けの規則性を示し、音のパラメータの優先順位が調>音高>音色であることを明らかにした。

次にマッピングを自ら明示できない一般群に対して、一対比較法を用いた感覚尺度化の方法によって、音色・音高と色に関する一般群のマッピング受容可能性を確認した。さらに調と色に関しても、調同定トレーニングにおける習熟度という観点から一般群におけるマッピングの潜在可能性を示唆した。とりわけトレーニングの過程において、一般群にも色聴に似た現象が観察できたことはたいへん興味深いと思われる。

今後は、さらに詳細な検討を実施するため、音刺激の生成方法・被験者の選定方法など実験の精度向上を目指す。またナンバーバルマッピングの視点から、画像・音楽メディアのパラメータ、さらには触覚・動きといった他の感覚系におけるマッピングの探索などへも展開を図る予定である。

謝辞 実験の遂行にあたり協力いただいた大阪教育大学大学院の成瀬紀子氏、大阪大学大学院の多井堅一郎氏をはじめ大阪大学男声合唱団のメンバ諸氏、同志社女子大学の学生諸氏に感謝いたします。

文 献

- [1] 岩宮眞一郎, 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.
- [2] 長田典子, 亀井光仁, 赤根正樹, 中嶋紘之, “感性計測技術に基づく真珠品質評価システムの開発,” 電学論C, Vol.112-C, No2, pp.111-116, 1992.
- [3] 上野山努, 樫村雅章, 小沢慎治, “ドラム音の音色における感性情報と工学的パラメータとの対応付け,” 音響誌, vol.49, no.10. 1993.
- [4] 鈴木健嗣, 山田寛, 橋本周司, “ニューラルネットワークによる顔面表情の物理的パラメータと感性的パラメータの対応付け,” 信学技報, HCS2000-47, pp. 7-13, 2000.
- [5] リチャード・E. シトウウィック, 共感覚者の驚くべき日常一形を味わう人, 色を聴く人, 草思社, 2002.
- [6] 山田尚勇, “脳の構造と共感覚および意識,” 日本語をどう書くか-入力法および表記法のヒューマン・インタフェース学入門-, 中京大学テクニカル・レポート, 2002.
- [7] 日本色彩学会, 新編色彩ハンドブック, 東京大学出版会, 2000.
- [8] 三雲真理子, 小谷里美, “管楽器の音色の色彩的イメージ,” 音楽心理学の研究, 梅本堯夫編著, ナカニシヤ出版, pp.186-222, 1996.
- [9] ルードルフ E. ラドシー, J. デーヴィッド. ボイル, “共感覚,” 音楽行動の心理学, pp.296-299, 1985.
- [10] T.J. Palmeri, R. Blake, R. Marois, M.A. Flanery, and W. Whetsell, Jr., “The perceptual reality of synesthetic colors,” Proc. Natl. Acad. Sci. USA, vol.99, Iss.6, pp.4127-4131, 2002.
- [11] 谷口高士, “調・音色の視覚的表象,” 音は心の中で音楽になる, 北大路書房, pp.141-142, 2000.
- [12] 最相葉月, “色を見る人,” 絶対音感, pp.114-119, 小学館, 1998.
- [13] 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.
- [14] 藤崎和香, 柏野牧夫, “絶対音感保持者の音高知覚特性,” 音響誌, vol.57, no.12, pp.759-767, 2001.
- [15] 緑川晶, 河村満, “絶対音感と脳,” JOHNS (J. Otolaryngology, Head and Neck Surgery), vol.18, no.6, pp.1048-1050, 2001.
- [16] Levitin, D.J., Absolute pitch: Self-reference and human memory, Proc. CASYS'98, 1998.
- [17] 阿倍齊, 応用数理統計学入門, 1985.
- [18] 田中良久, 心理学的測定法, 東京大学出版会, 1977