

# 音と色の関係性による色聴情報の視覚化について

カール・ジーツの色聴情報の中心に

趙彦  
西日本工業大学  
choaun@gmail.com

濱里 茜  
西日本工業大学  
gxa\_kira@yahoo.co.jp

キーワード: 色聴, 視覚化, 共感覚

## 1 はじめに

共感覚は一部の人に現れる現象であり、ある物理刺激に対してその感覚器官以外に属するはずの感性反応を引き起こす現象である。また、芸術家に多く見られ、共感覚を持つといわれる芸術家の多くは視覚、聴覚をはじめあらゆる五感の働きかけから作品を作る人が多い。作品を作る人は自らの感覚に頼ることは多いが共感覚者は実際に起こっている複数の感覚の結びつきから作品を作る点で非共感覚者と異なる。本研究ではそのような共感覚の一種である音を聴くと色が見える色聴と呼ばれる共感覚に焦点に当て、彼らの感じている世界を可視化する。本研究では1931年色と音の関係について実験を行ったカール・ジーツの実験成果を基に数学的検証を行った後、共感覚者にアンケートと取り、実際の色聴者の見ている世界を可視化(ビジュアライゼーション)し、それにより新たな表現方法・手法を発見することを目的とする。

## 2 色聴からみる音と色の関係性

### 2-1 色聴者に対する実験結果

1931年にカール・ジーツは7音階b(半音下げ)・#(半音上げ)の記号を用い、音と色の呼応について低音や高音を響かせた部屋でカラーカードを1秒間見せるという単純な実験を行った。結果は(表-1)のようになり、低音の場合カラーカードの色は色相環上の隣接色となり、色相は青か赤味を帯びて実際よりも濃い色に感じられ、高音の場合には黄色味を帯び、淡く感じられるという結果になった。1オクターブ高くなると、白を混ぜていくような感覚で、1オクターブ高い「ド」は「ピンク色に近い色」、逆に、1オクターブ低くなると、黒を混ぜていくような感覚、1オクターブ低い「ド」は「赤みがかった茶色」と指摘している。以上の結果をみてみるとドレミファソラシの半音上げ、半音下げについては隣の色を混ぜ合わせたような結果になっている。実験の結果としてなかったラbの色だが、隣色どうしを混ぜると淡い黄緑のようになることが予測される。以上の結果をみてみるとドレミファソラシの半音上げ、半音下げについては隣の色を混ぜ合わせたような結果になっている。実験の結果としてなかったラbの色だが、隣色どうしを混ぜると淡い黄緑のようになることが予測される。

表1 カール・ジーツの色聴者に対する実験結果

音階	実験結果の色
ド	赤
レb	紫
レ	薑色
ミb	淡青
ミ	黄金
ファ	ピンク
ソb	青緑
ソ	空色
ラb	不明
ラ	冷たい黄
シb	橙
シ	銅色

### 2-2 音と色の共感的関係性

音と光は波の性質という同じ性質を持っている。本研究ではそこに目をつけ波の性質から二つの関係性を導き出した。異なる感覚器官である耳から受け取る振動という波と目から受け取る光という波。まったく異なる性質の波ではあるが、耳から入った振動という刺激である波は神経を興奮させ電気信号に変換される。その際に電気信号は本来向かうはずの音に関する領域だけでなく色に関する領域に達したとも考えられる。同じ波の性質を持つである音と光であるが通常音は1秒間の振動回数である周波数、光は波の長さである波長で表される。光の波は音の波に比べ非常に小さく通常の変換公式である【 $\text{波長 (m)} = \frac{\text{伝播速度 (m/s)}}{\text{周波数 (Hz)}}$ 】では音の可聴領域は色の可視領域に収まらない。本研究では色聴保有者を対象に行った実験であるカール・ジーツの実験結果と色聴者を対象に行ったアンケート結果と照らし合わせる。

### 3 音(周波数)から色(波長)への変換

#### 3-1 音について

人の可聴領域は20Hz~20000Hzとされている。また音はもっとも周波数の低いものを基音、それ以外のものを倍音と呼ぶ。倍音とは周波数が整数倍の音の成分であり、音を出せば必然的に生じるものである。基音に対する偶数倍の倍音は同じ音階となり音程がきっちり整数で表される倍音は、2倍音、4倍音、8倍音等の整数オクターブとなる倍音のみである。音の高さは、物理的には音波の基本周波数で表され、音番69のA音(ラ)を440Hzとするのが現在最も広く用いられている基準である。同じ音階である1オクターブ下(12番下)の音番57は220Hz、1オクターブ上(12番上)の音番81は880Hzというように、1オクターブ上がるごとに周波数が2倍の関係になっている。そして音階は12音階に分けられており半音ずつ上がっていく。その為2の12乗根、即ち約6%の違いによって音名がつけられている。周波数440Hzのラを基準とすると12音階の周波数は(表2)となる。

表2 光の波長と色の関係

音階	ラ	シb	シ	ド	レb	レ
周波数	440.0	466.2	493.3	523.3	554.4	587.3
音階	ミb	ミ	ファ	ファ#	ソ	ソ#
周波数	622.3	659.3	698.5	740.0	784.0	784.0

#### 3-2 色について

色は、可視光の組成の差によって起こる視知覚たる色知覚、および、色知覚を起こす刺激たる色刺激(光線)を指す。また、可視光線とは電磁波のうちヒトの目で見える波長のものであり可視光線に相当する電磁波の波長の下界はおおよそ360-400nm、上界はおおよそ760-830nmである。可視光線より波長が短くても長くても、ヒトの目には見ることができなくなり、下界より短い波長を紫外線、上界より長い波長を赤外線と呼ぶ。光の波長と色の関係については(表3)のようになる。色を説明する場合に、様々な色彩理論を集合的に概説する場合があります、代表的なものに三原色と反対色性がある。補色は補色残像と呼ばれ、ある色をしばらく見つめた後、その色を視界から消去すると、視覚上にはその補色が残像として残る現象である。以上の点を踏まえて以下の音と色の変換を行う。

表3 光の波長と色と補色の関係

光の色	紫	青	緑青	青緑	緑
波長(nm)	380~435	435~480	480~490	490~500	500~560
補色	黄緑	黄	橙	赤	紫赤
光の色	黄緑	黄	橙	赤	紫赤
波長(nm)	560~580	580~595	595~605	605~750	750~780
補色	紫	青	緑青	青緑	緑

#### 3-3 環境を考慮した音から色への変換

先に示した通り音は周波数で表され、色は波長で表される。色と音を比べる際に同じ値にしなければならない、よって周波数から波長に変換する。通常、周波数から波長への変換公式は【周波数(Hz)=伝播速度(m/s)÷波長(m)】で求められる。周波数や波長は音階や色によって決まったものであるが伝播速度は環境によって大きく変化するものである。本研究では聴覚で感知した瞬間の音の周波数から計算するものであり距離に伴う音の弱まりなどは考慮していない。加えてカール・ジーツの実験結果と比較を行った。結果はあまり一致する点は見られなかった。この結果を受けて色聴は脳の働きによるものなので脳内での変換が大きく関わっているのではないかと推測される。筋紡錘の環ラセン終末の分類はIaとされておりどちらも神経線維の太さは直径15(μm)で伝導速度は100(m/s)である。鼓膜に振動が伝わり、脳内で情報処理される為ここでは以上の点を踏まえて一般的に言われる平均伝導速度を使用した。以上を踏まえた式が【波長=伝播速度÷(周波数×n)】である。nは倍音であり同じ音階に値する2の倍数を閾値に達するまでかけた。以上の式から各音階の周波数を波長に置き換え、カール・ジーツの実験結果と照らし合わせると(表4)となる。

表4 神経線維の平均伝導速度を利用した周波数から波長への変換

音階	色	波長	比較結果
ド	赤	729	一致
レb	赤	688	不一致
レ	赤橙	649	補色
ミb	橙	613	補色
ミ	黄	578	一致
ファ	緑	546	補色
ファ#	緑青	515	一致
ソ	青	486	一致
ソ#	青緑	459	不明
ラ	紫	433	補色
シb	濃紫	409	補色
シ	濃赤	722	一致

#### 参考資料、参考文献：

- [1]「色彩心理学入門」大山正。
- [2]『音のなんでも小事典』日本音響学会編。
- [3]『脳のなかの万華鏡：「共感覚」のめくるめく世界』シトウィック、リチャード・E。
- [4]『共感覚者の驚くべき日常：形を味わう人、色を聴く人』シトウィック、リチャード・E。