

## 特集 感覚をつなぐ「色」の可能性

## 音を聴くと色が見える：共感覚のクロスモダリティ

## Hearing Sounds and Seeing Colors: Cross-Modal Synesthesia

長田 典子 Noriko Nagata

関西学院大学

Kansai Gakuin University

## 1. はじめに

ジャーナリストのHさんは文字や数字にいろいろな色がついているように見える。自身の本名から見える色が気に入らないからと、きれいな色に見えるペンネームを使っている。ピアニストのNさんは八長調・へ短調といった音楽の調にそれぞれはっきりと違った色を感じる。6歳の時にお母さんに「メヌエット(ト長調)は青色の曲だね」と言ったそうだ。また今でも、弾く曲の調に合わない色のドレスは着ないという。

このように、文字や数字に色が付いて見えたり、音を聴くと色が見えたり、また何かを味わうと手に形を感じたりする現象は、「共感覚」と呼ばれる。一言でいうと「複数の感覚が混線(クロストーク)する」ことである。

共感覚は100年以上前から知られていたが、客観的な測定方法がなく、しかも共感覚現象は薬物による幻覚と区別がつかなかったため、長い間、非科学的なものとして扱われてきた。しかしここ20年の間に、脳活動を可視化する技術が飛躍的に進んで、fMRI(機能的磁気共鳴画像法)やPETによる脳機能イメージング技術によってヒトの脳の働きを観察するのが容易になった。これに伴って共感覚研究も大きな進展を遂げ、最近では、さまざまなタイプの共感覚現象が、実際に脳の中で起こっていることが確かめられている。

本稿では、共感覚について概説し、とくに色との関わりについて議論する。

## 2. 共感覚

共感覚(synesthesia)は、「一つの感覚の刺激によって別の知覚が不随意的(無意識的)に引き起こされる」現象である。語源はギリシャ語の「一緒に・統合」(syn)と「感覚」(aisthesis)とを合わせたものと言われている。共感覚者を表す英語はsynestheteである。

共感覚には多様なタイプがある。もっとも多いのが文字や数字に色を感じる「色字共感覚」(grapheme-color synesthesia)であり、次いで多いのが音を聴くと色が見える「色聴共感覚」(colored-hearing synesthesia)である。色聴の中にも話し言葉に色を感じる人や、音楽に色を感じる人などさまざまなタイプがあり、また同じ音楽でも、単音・和音・調・リズムなど、色を引き起こす音楽要素は共感覚者によって異なる<sup>1)</sup>。最近では、曜日に色を感じる共感覚が多いという調査結果もある<sup>2)</sup>。

音楽から形やテクスチャが見える共感覚もある。色聴の逆で色を見ると音を感じる「音視共感覚」(色のグラデーションを見るとシャーンと音が聞こえるなど)もある。が、色聴と比べるとその割合は10分の1以下である。他にも味に形を感じる共感覚や、匂いや痛みにも色を感じるもの、数字の並びやカレンダーに空間配置を感じるものなど、150種類以上の共感覚が確認されている。ここで興味深いのは、共感覚体験のほとんどに「色」が関わっているということである。

共感覚者がどのくらいの割合で出現するかについては、昔は10万人に1人などと言われていたが、最新の調査では23人に1人というものもある。男女比については女性が男性の6倍といわれてきたが、最近では男女同率であるという説も上がっている<sup>2)</sup>。芸術家には7倍多く出現するとも言われていて、先行研究でも<sup>2)</sup>、創造性を検査するテストなどで、共感覚者は知能が高く、抽象的で、創造的であり、また美的感受性が高いという結果が得られている。1人で10数種類の共感覚を持つ人もいれば、1種類しか持たない人もいる。また遺伝性・家族性が見られることが知られているが、同じ家系でも異なるタイプの共感覚が発現するという事例も報告されており<sup>1)</sup>、メカニズムはわかっていない。

共感覚に共通した特徴として以下の点が挙げられる。

- ①自動的かつ不随意的である：意識的にコントロールできるものではない。
- ②個人毎に異なるが、個人内では一貫性がある：例えばAという文字に感じる色は、赤・白・黒など人によってバラバラだが、個人毎に見れば、子供の時から感じる色が変わることはない。
- ③記憶を助ける：共感覚者は、記憶を助ける手段として共感覚を使っている（例えば電話番号や歴史の年号を色の並びで覚えるなど）。
- ④情動を伴う：共感覚は単に感覚が誘発されるだけでなく、好き/嫌いとか快/不快といった情動を伴う。

情動を伴うことこそが、共感覚の最大の特徴であると思われる。例えば色字共感覚者が「この名前はきれいな色だ」とか「こんな汚い色の数字はがまんできない」と言ったりする。表1に共感覚の例を示す。

表1 共感覚の例

音楽の調性 (長調の7調)	C D E F G A B
数字	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
アルファベット	A B C D E F G ...
ひらがな	あいうえおかきく けこさしすせそ...

注 反転文字は文字の色が白であることを表す

### 3. 共感覚の学術研究

共感覚の学術研究には大きく分けて、心理学的アプローチ、脳科学的アプローチ、芸術的アプローチなどに分けられる。ここではとくに色に関する共感覚の研究例を中心に紹介する。

#### 3.1. 心理学的アプローチ

どの数字に何色が見えるというような、刺激と反応の関係を調べて、共感覚の特性を明らかにしたり発生メカニズムを推定しようとする研究が古くから行われている。最近ではWebサイトを利用して、数千人規模のデータを集めることも可能になっており、確率的に有意なデータ解析が行える<sup>3)</sup>。

なぜ文字や数字が色と結びつくか、まだ明らかにはなっていない。しかし結びつきの傾向の1つに、例えばアルファベットのAは赤と言う人が多いとか、数

字のOは白だと言う人が多いといった、特定の文字が特定の色に結びつきやすいということが知られている。これを説明するのに、文字の出現頻度(新聞や書籍などで使われる頻度)と、見える色の明度との間に相関があるという研究報告がある<sup>4)</sup>。つまりよく目にする文字は、明るい色と結びつく傾向にあるというものである。しかし著者らが日本人に対して行った研究<sup>5)</sup>では、アルファベットでも日本語文字でも、共感覚者に限らず一般の非共感覚者においても文字の出現頻度と色の明度との間に相関があった。従ってこれは共感覚者固有の特徴とは言えないと考えられる。

他にも共感覚の結びつきには、Bは青(Blue)、Yは黄色(yellow)になりやすいといった頭文字によるプライミング効果(呼び水効果)が確認されている。日本語でも赤という漢字は赤、青という漢字には青という色が結びつきやすいというような意味(概念)が色を引っ張る効果や、あるいは、ひらがなで力行は黄、サ行は青など、音(子音)に依存した色の選択傾向があることもわかっている<sup>6)</sup>。さらに少数ではあるが、小さい頃に遊んだ文字型のマグネットの色が結びつくといった一種の刷り込みが起こることも確認されている。しかしこれらの現象もやはり、共感覚者特有のものでなく、非共感覚者においても有意な傾向として確認されている。

音楽が色と結びつく現象に関しても同様に、共感覚者の場合は、例えば音色について、高調波成分が増えると色の彩度が上がり明度が下がる、とか、音高について、音高が上がると色の明度が上がる傾向にある。これについても非共感覚者は、自らが色を選択することはできないが、呈示された音に対してより近いイメージの色を選択するという課題において、共感覚者と同じ傾向を示すことが分かっている<sup>7)</sup>。

こうした事実は、共感覚が少数の人だけが持つ特性ではなくて、すべての人に共通するメカニズムから派生していることを示唆している。

ただし、八長調は白、二短調は黄色というような、調に固有な色が見える共感覚では、ピッチが数ヘルツ上下しようとも色には影響せず、調ごとに固有な色が見える。このように同じ音楽の刺激であっても、ピッチの影響を受けるものもあれば、絶対音感のような高次な音楽認知と関係する共感覚もあり、これらは別のメカニズムで発生しているのではないかと考えられている。

### 3.2. 脳科学的アプローチ

90年代にはいって脳機能イメージング法を用いて、さまざまなタイプの共感覚を対象とした研究が行われている<sup>8)</sup>。

Nunnは単語を聴いたときに色が見える色聴共感覚者の脳活動をfMRIで計測し、聴覚野の活動だけでなく、本来活動することのない視覚野の色知覚野(V4)が賦活することを確認した<sup>9)</sup>。色知覚野は、紡錘状回(ぼうすいじょうかい)と呼ばれる大脳皮質の一番下側で小脳との境目に位置する部位の中にある。紡錘状回は色知覚以外にも顔認知、文字や数字の知覚等、重要な機能が集まっている場所である。色知覚野が確かに活動していることは、共感覚者が本当に色を感じていることのエビデンスとなった。

またHubbardらは6人の色字共感覚者と6人の一般群とに、fMRI実験とともに行動実験を行った<sup>10)</sup>。行動実験は数字の“5”をランダムに並べた中に、数字の“2”を三角形を形作るように配置し、三角形を見つけるまでの時間を計るものである。この実験のねらいは、共感覚者は数字に固有の色を感じるので、三角形を早く見つけられるはずだという仮説に基づいている。実験結果では、三角形を見つけるまでの時間と、色知覚野の脳活動量との間に相関がみられた。すなわち共感覚が強い人は、色知覚野の活動もまた強いということが明らかにされた。

著者らは音楽の調に色を感じる色聴共感覚者について、fMRIによる脳活動計測をおこなった<sup>11)</sup>。調に色を感じる女性2名と、共感覚を持たない11名(男性6名、女性5名)に対して、音楽を聴いてもらい、脳活動を計測した。その結果、色聴共感覚者の2名のみに見られる共通賦活領域として、色知覚野(V4)、および小脳、右下頭頂小葉、補足運動野といった部位が抽出された(図1、図2)。V4の活動が認められたことによって、音楽色聴の場合も、実際に色を感じていることが確認された。また小脳や補足運動野は音楽や演奏に関連し、右下頭頂小葉は視覚・聴覚といった感覚を統合する部位であり、これら複数の部位の活動の結果として共感覚知覚が起こっていると考えられる。

このように脳科学によって、脳内における共感覚のクロストークの様子が明らかにされつつある。このクロストークがどのようにしておこるかという共感覚のメカニズムに関してはさまざまな議論がある。現在、主に3つの仮説がある<sup>2)</sup>。

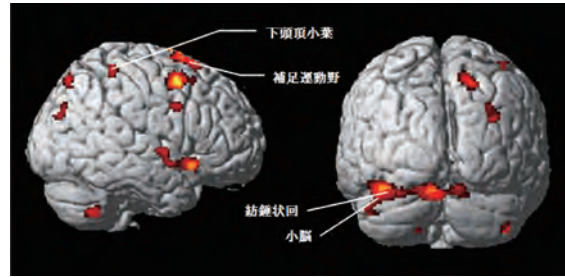


図1 音楽色聴共感覚者の共通活動部位

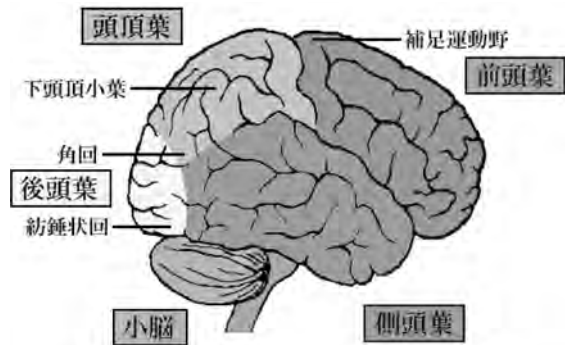


図2 共感覚の関連脳部位(補足図)

#### 仮説1：結合が多い

異なる感覚部位の間に、共感覚固有の強い神経結合があるというものである。実際Roweらによって、色字共感覚において数字の知覚部位と色知覚野の間に強い神経繊維が存在することが明らかになっている<sup>12)</sup>。また発生メカニズムとして、新生児期の刈り込み(pruning)の失敗による未分化説がある。生後3ヶ月までの赤ちゃんには、異なる感覚の間に神経結合があり、3ヶ月を過ぎると成長過程において神経経路が刈り込まれる。この経路が残された人に、共感覚が発現するという考え方である。この仮説は、生まれた時には万人が共感覚を持っていたという魅力的な仮説である一方で、色字のようなシンプルな共感覚は説明できるが、色聴のような(視覚野と聴覚野の)離れた部位間の混線を説明するには十分でないという欠点がある。

#### 仮説2：抑制が少ない

異なる感覚を統合するTPj(temporoparietal junction)という部位があって、通常はTPjからもとの低次感覚部位へ信号が流れないように抑制されているが、何らかの原因によって抑制が低下して、本来流れない別の感覚経路へ信号が流れてしまうというメカニズムである。この考え方であれば、色聴共感覚のよ

うな異なる感覚間で生じる高次の共感覚を説明できるという意味で有望視されている。また抑制が少ないというのは、芸術的活動に特徴的な、枠を超えた表現だとか異次元の概念の統合といった特性ともなじみやすい。

**仮説3：可塑性が少ない**

脳の可塑性というのは、一度できた神経結合を変更する能力のことである。可塑性が少なければ、文字型のマグネットなどによって、一度刷り込まれた文字と色の結びつきの情報が残って、固定してしまうという説明ができる。

これら3つの仮説はそれぞれに利点と欠点がある。おそらくすべての共感覚を説明する1つのメカニズムがあるといったものではなく、共感覚の種類によって異なる発生メカニズムがあるだろうと現段階では考えられている。

**3.3. 芸術的アプローチ**

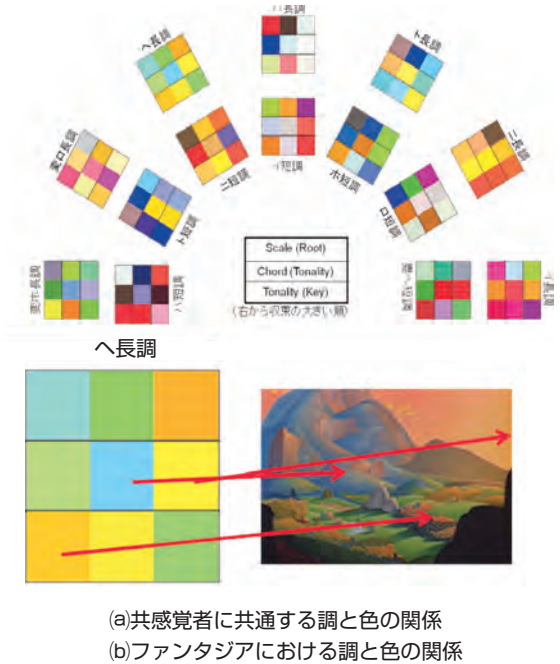
古くから共感覚と芸術は密接な関係を持ってきた。先に述べたように、共感覚者は創造的で美的感受性が高いとのデータがある。

共感覚に対する芸術的アプローチは2つある。1つは共感覚者が、自分の共感覚を利用して芸術活動を行うものである。もう1つは共感覚のさまざまなむすびつきを利用して、芸術を創造したり理解したりするものである。

前者の代表的な芸術家として、オリビエ・メシアンやウラジミール・ナボコフの名前が挙げられる。メシアンは自分の色聴を利用して曲を創った。ナボコフも作品中に共感覚にまつわる場面を挿入したり、詩を書いたりしている。他にも共感覚で見える色や形を絵画や彫刻や音楽にとり入れる試みはたくさんある。

それに対して後者の例である、ワシリー・カンディンスキーやパウル・クレーの音と色の結びつき(ペアリング)やアルチュール・ランボーの文字と色のペアリングは、自身の共感覚というよりむしろ意図的にペアリングを行ったというものである。

音楽と映像の結びつきで有名なものに、ディズニーの「ファンタジア」というアニメ作品がある。蔡らはファンタジアで使われている音楽の調と映像の色の関係について分析を行った結果、共感的な関係、つまり色聴共感覚者が見える調と色の関係が見いだされることを示した(図3)<sup>13)</sup>。ファンタジアの制作者が共感覚者だった可能性も否定できないが、一般的には音楽と



(a)共感覚者に共通する調と色の関係  
(b)ファンタジアにおける調と色の関係  
図3 ファンタジアにおける音楽の調性と映像の色彩との関係

映像の相乗効果を追求した結果として共感的な関係に行き着いた、すなわち誰もが持っている共感的なマルチモダリティが作品に反映されたと考えるのが自然ではないだろうか。

**4. 共感的表現(メタファー)**

共感的表現というのは「黄色い声」「甘い香り」のように異なる感覚同士を混合させた表現のことである。私達はこうしたメタファー(暗示に訴える表現で、そのものの特徴を説明する方法)を好んで用いる。それは多角的な見方によって、より物事の本質を際立たせ相乗効果を得るためである。

これらは“共感的”と言われるが、厳密には共感覚とは異なるものとされてきた。心理学分野で「通様相性(インターモダリティ)」と呼ばれる性質で、感覚のある種の心理質が様相(感覚)間に共通して認められることであり、例として視覚と聴覚であれば、明るい、澄んだ、広がりのある、柔らかい・・・といった共通の心理的性質のことである。ヒトは誰でも、この共通の心理質を複数の感覚にまたがって認識し、合っている・合っていないを知覚することができる。例えば色に合う音、形に合う音、動きに合う音変化などをアンケート調査すると、共通の傾向が有意に出る。

ラマチャンドランとハバードの「ブーバ・キキ」実験は、通様相性を上手に使ったものである<sup>14)</sup>。図4に示すような二つの図形があって、一つは「キキ」、もう一つは「ブーバ」と呼ぶ。どちらがキキだと思いますか？という心理実験を行うと98%の人が尖った図形を選ぶ。これは図形(視覚)と単語(聴覚)に共通する「鋭い」という属性を脳が複数の感覚にまたがって認識するためである。これは英語圏だけでなく日本人も他の民族でも同じ結果が得られることがわかっている。さらにこの実験を、脳の左半球の角回と呼ばれる部位に損傷がある患者を対象に行くと、結果はランダム(50%の選択確率)となる。角回は頭頂葉(触覚)と側頭葉(聴覚)と後頭葉(視覚)が交わる領域の中に位置するが、異なる感覚の属性を抽出して抽象化する部位であることが示唆される。



図4 ブーバ・キキ実験  
(Ramachandran and Hubbard, 2001)

ブーバキキ以外でも、音のピッチと色の明るさの関係なども、共感覚というより通様相性と言う方が適切である。では共感覚と通様相性のどこが同じでどこが違うのだろうか。通様相性を広義の共感覚ととらえる研究者もいれば、別物であるとする研究者もいる。少なくとも、角回・TPjといった感覚統合の部位が関与するという点では共通であり、メカニズムの上で重複する部分があってもおかしくないと思われる。

いずれにせよ現在の共感覚の研究では、誰もが共感覚のクロスモーダルメカニズムを潜在的に持っていると考えられている。共感覚知覚があるかないか、ではなくて、意識にのぼるほど強いのか、あるいはそれほど強くはないが感覚間の関係性の知覚はできるぐらいか、の違いだと思われる<sup>15)</sup>。

## 5. 共感覚と色

冒頭に述べたように、共感覚体験は150種類にも上るが、色字・色聴以外でも匂い⇒色・痛み⇒色・温度⇒色など、実にその90%以上が色に関係したもので

ある。これはいったいなぜだろうか。

色知覚野と文字知覚部位とは脳内の近いところに位置しているが、もしそれが理由であれば、例えばピッチ認知に関する一次聴覚野は色知覚野よりさらに近いので、文字⇒ピッチの共感覚が誘発されるはずなのに、そういった共感覚は報告されていない。

1つの可能性として、進化における自然淘汰が挙げられている<sup>2)</sup>。例として音を誘発するような聴覚性の共感覚を考えると、環境音の聞き取りを阻害するなど、生物にとってより有害なものとなる可能性がある。しかし色覚に関する共感覚の場合、視覚は色以外にも形・動き・位置など多くのチャンネルがあるため、有害な妨げになりにくく、その結果自然淘汰を受けにくかったのではないかというものである。

色が喚起されることは、芸術や文化を引き合いに出すまでもなく、我々の生活を豊かに味わい深いものとする。また色は我々の深層心理や精神性に大きな影響を与えるものである。共感覚が情動に深く関わる心理現象であることと、共感覚で色が喚起されやすいということには、何か関係があるのかもしれない。

## 6. おわりに

共感覚に関して解説を行った。とりわけ色を喚起する共感覚が多いことは非常に興味深く、今後の研究の進展が待たれるところである。

著者らは映像・音楽等マルチメディアを豊かで高品質なものにするため、1つの手がかりとして共感覚の研究を行っている。共感覚が万人に備った機能であるなら、そのクロスモーダルメカニズムはきっとさまざまなメディア技術の役に立つと考えられる。また共感覚の仕組みを理解することによって、感性や創造性を科学的に解明したり、メタファーや抽象的思考に留まらず言語の発生のメカニズムを明らかにするなど、幅広い可能性が期待されている。

最後に決まってお願いをしている。もし文字や数字、また音楽の調性に色を感じる方がおられたら、研究に協力をお願いできれば幸いである。

## 参考文献

- 1) ジョン・ハリソン(2006). 共感覚—もっとも奇妙な知覚世界—. 新曜社.
- 2) リチャード・E・サイトウィック&デイヴィッド・M・イーグルマン(2010). 脳のなかの万華鏡, 河出書房新社.

- 3) Rich, A.N., Bradshaw, J. L., & Mattingley, J. B. (2005). A systematic, large-scale study of synaesthesia: implications for the role of early experience in lexical-colour associations. *Cognition*, 98 (1), 53-84.
- 4) Beeli, G., Esslen, M., & Jancke, L. (2007). Frequency correlates in grapheme-color synaesthesia. *Psychological Science*, 18 (9), 788-792.
- 5) 西本真由香他 (2009). 色字共感覚に関する比較研究：非共感覚者における文字の出現頻度と連想色の関連性. 日本認知心理学会第七回大会発表論文集, 23.
- 6) Asano, M. & Yokosawa, K. (2010). Determinants of synesthetic color choice for Japanese characters. The tenth annual meeting of The Vision Science Society.
- 7) 長田典子・岩井大輔・津田学・和氣早苗・井口征士 (2003). 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ルール抽出とその応用—. 信学論A, J86-A (11), 1219-1230.
- 8) 長田典子・藤澤隆史 (2009). 共感覚の脳機能イメージング, システム制御情報学会誌, 53 (4), 149-154.
- 9) Nunn, J.A., et al. (2002). Functional magnetic resonance imaging of synesthesia: activation of V4/V8 by spoken words. *Nature Neuroscience*, 5 (4), 371-375.
- 10) Ramachandran, V. S. & Hubbard, E. M. (2001). Synaesthesia? A window into perception, thought and language. *Journal of Consciousness Studies*, 8 (12), 3-34.
- 11) Takahashi, R., Fujisawa, T. X., Nagata, N., Sugio, T., & Inokuchi, S. (2007). Brain activity in colored-hearing by listening to music: An fmri study. *proc. Second International Congress Synaesthesia, Science and art*.
- 12) Rouw, R., & Scholte, H. S. (2007). Increased structural connectivity in grapheme-color synesthesia. *Nature Neuroscience* 10, 792-797.
- 13) Cai, D. S., Goto, S., Shinohara, T., Nagata, N., Fukumoto, A., Kurumisawa, J., & Asai, N. (2010). Synesthetic color scheme in fantasia. *ACM SIGGRAPH 2010 Talks, Visualization for Art & Design*, 28.
- 14) V.S.ラマチャンドラン (2005). 脳の中の幽霊ふたたび. 角川書店.
- 15) Sagiv, N., & Ward, J. (2006). Cross-modal interactions: lessons from synesthesia. *Progress in Brain Research*, 155, Part 2, 259-271.