



関西支部  
平成30年度支部総会  
苧阪直行先生  
学会賞受賞記念特別講演  
「色彩感情の脳内メカニズム」

2019年4月6日(土)  
14:00~17:00  
大阪電気通信大学駅前キャンパス

## 苧阪直行先生 日本色彩学会賞受賞記念特別講演 報告

苧阪直行 先生（京都大学名誉教授）  
色彩感情の脳内メカニズム  
-fMRI からみた色のワーキングメモリと神経美学の基礎としての色彩調和-

苧阪直行先生は 2018 年 6 月に大阪市立大で開催された日本色彩学会全国大会で日本色彩学会賞を受賞されました。大変喜ばしいことで、関西支部で先生の受賞記念講演を望む声が挙がっていました。先生は大変お忙しいこともありなかなか実現に至りませんでした。この度、受賞記念特別講演を 2019 年 4 月 6 日に大阪電気通信大学駅前キャンパスにて開催することができました。九州や北海道からの参加があり人数は 23 名でした。

先生の興味の尽きない懇切丁寧な説明と熱のこもった質疑応答があり、予定時間を大幅に超過しました。また、講演後も個別の質問が 30 分間続きました。これは苧阪先生の講演内容の奥深さと示唆に富んだ洞察や指摘により、参加者それぞれが色彩調和と脳機能に関する思考を強く刺激され、発想の新たなネットワークが形成されたからではないかと思われます。以下に、講演内容の要約と質問内容を報告します。

略歴：1976 年京都大学大学院文学研究科実験心理学修了、追手門学院大学助教授、京都大学教授、特任教授を経て名誉教授。日本学士院会員、大阪大学脳情報通信融合研究センター招聘教授、2000 年日本色彩学会会長

### ■桜の季節■

桜の季節での講演ということもあり、桜にまつわる和歌と皇居の枝垂れ桜の美しさについて触れられた後、2018年1月10日に皇居で行われた講書始の儀で「意識を紡ぐワーキングメモリ」について講話をされたことや、3月末には天皇皇后両陛下に夕餐会に招待され、宮殿の裏にある御所で4時間もご一緒された時の話など、我々がなかなか経験できない興味深い内容を紹介され、もっと聞きたい、もっと知りたいという絶妙な掴みから本題に入られた。

### ■講演概要■

本講演の概要を説明された。色はどのように記憶され、感情とどのように結びつき、そして知識や習慣とどのように結びついて想起されるのかについて紹介し、脳のどの部位のネットワークの連携が色彩と関係しているのか、特に、前頭前野が色とどう関わっているかに注目して説明すると述べられた。

### ■色彩感情に関する脳の不思議■

まず、脳における初期の色の知覚領域(V4)と高次の色の記憶領域(V5, 前頭前野、側頭頭頂接合領域)の説明があった。次いで、脳に関する初期の色彩知覚の例が示された。遺伝子疾患による眼振のある色覚障害者(錐体欠如)に色彩感情が伴うこと、大脳性色覚障害者(V4の障害)は色の違いを明るさやコントラストで識別できて色彩感情があること、そして色彩仮現運動(V5における大脳運動随伴障害)における色の不思議な現象(推論に基づいた運動の現象の経験、色彩の仮現運動)のあることが説明された。そしてこれらを視覚システムのボトムアップ処理で説明することは難しいことや、全体を統合処理している前頭前野のトップダウンの働きが重要との立場で研究を進めていることを話された。また、配色や調和は美の感情と関係することから、美を脳から考える神経美学と脳の報酬系のかかわりが重要であることが述べられた。

### ■色彩と感情・情動■

心理学ではSD法や多変量解析などで感情を定量化する研究が多くあるが、例として、色彩感情3因子(価値性、力量性、活動性)と色彩(マンセル値)との対応づけをする場合が多いことと、感情の分類に関しては、プルチックの感情の8分類仮説があることなどが示された。また、感情(意識的)に関連する脳部位(前部帯状回、前頭前野内外測領域)と、身体感覚とかかわる情動(無意識的)に関連する脳部位(扁桃体、視床下部、辺縁系)について説明があった。特に、扁桃体はほとんどの動物に備わっており、情動に関する情報は早いスピードで伝達されるが、感情に関する情報伝達は遅いとのことであった。なお、色彩と感情に関しても脳、身体や心理から多くの研究がなされているが、その多様なアプローチが研究を進展させる上で重要だと指摘された。

## ■脳の機能■

脳の構造と機能の説明があった。前頭葉は脳全体の容量の1/3を占めており情報のまとめ役を担っているが、その仕組みは五感の統合や言語との接続などが含まれ、複雑であるがその解明は進展しているとのことである。我々は何かに注意を向けて物を見るが、こころ其処にあらずと言われるように注意のメカニズムが重要であること、集中の程度が深い人もいれば分散的な人もいるし、集中は前頭葉が成熟しないと働かないことが説明された。また、視覚的な情報の流れは、後頭葉から側頭に行くルート（ventral）と頭頂に行くルート（dorsal）にわかれてその役割は、前者はwhatに、後者はwhereの情報処理にあるという。側頭から頭頂の側頭頭頂融合領域に行くルートが2色配色などの色彩調和に関わると思われる。一方、色名には左半球の下前頭領域が関わりと考えられているという。色の深い理解には前頭葉の影響が重要であるとのことであった。

## ■脳の情報処理と報酬系■

視覚的な世界が安定して見えるのは高次な脳機能が常に関与しているからであるが、脳は前頭葉（高次）から発する指令情報が中間・初期（低次）へと行くトップダウン処理と、後頭葉から発する情報を統合して行く初期（低次）から高次へのボトムアップ処理の2つで情報処理を行っており、例えば同じ灰色が背景により違って見えるとか、ある色が進出したり後退したり見えるとか、ネオン拡散効果とか、色に関する情報処理はトップダウン的な影響が認められるものが多いとの説明があった。また、2色配色に関する最近のデータをみると、配色の調和性に関する判断にはトップダウン的な脳の働きが欠かせないと言え、意識はしないが心地いい気持ちを抱いているときは黒質あるいは線条体から生まれる神経伝達物質ドーパミンが相対的に多くなっていることが示された。その報酬系は前頭眼窩皮質に広がっていて、これがある程度活性化することが、意識には入ってこないが直観的に好まれる（2色配色など）と考えられるという。一方、扁桃体が作動すれば、報酬系は活性化せず、無意識に好まれないという判断に導かれることが多いと考えられるという。調和や好みについての無意識の世界を脳の働きから研究すれば、色彩調和に別の側面から光が当たるとの示唆があった。



### ■報酬を期待する脳■

前頭葉の内外側面の下部領域から側頭葉領域は様々な役割を果たしているが、神経経済学、神経美学、神経注意学の3領域が重なっているところで色の問題を考える。北斎漫画を使った神経美学に関する実験を行なった結果、運動を示唆する静止画像を見た場合は運動視を司るV5の活性化が見られたことから、我々の脳は見ている静止画を動かすことを楽しんでいるとの説明があった。同じように、猿にフラクタル図形を見せても報酬系が働き、特に色とか形を何度も見せた方により強く反応を示すという研究報告や、人は美しいと判断した時に眼窩前頭葉皮質が活性化されるという研究報告もあるとの紹介があった。

### ■脳の7つのネットワーク■

脳の情報ネットワークは様々なタスクを解決するために、ネットワーク間でダイナミックな競合や協調を行う。脳のネットワークをどのように分析すればいいかが問題であるが、情報学のグラフ理論のsmall-worldネットワークを用いた分析による知見が得られており、その一部が紹介された。安静状態での脳活動は7つのネットワーク (Default mode network, Dorsal attention network, Executive control network, Salience network, Sensorimotor system, Visual system, Auditory system) が潜在的にスタンバイ状態で働いていること(レイクル、2011)、これらのネットワークの相互作用を解析することにより、感情と注意の関わりがだんだんわかってきたこと、そして視覚脳に関するネットワーク、背側注意脳に関するネットワーク、注意の切り替え脳に関するネットワーク、およびデフォルトモードネットワークが感情と密接に関係していそうだと説明があった。

### ■色の記憶■

色を一時的に頭に保持しておくワーキングメモリ(WM、作動記憶)には、視覚的なWMと言語的なWMがあるが、どの色が記憶に残りやすいかを検討するために、Nバック記憶課題の実験を行なった結果が示された。基本色名で定義された色のカテゴリをクロスする(例えば赤に緑とかの反対色のペア)条件で提示した場合には左半球の下前頭回が活性化するが、同じカテゴリの中で色差が少し違う、例えば赤とかオレンジっぽい赤といった色差が小さいWithin条件の場合には、右半球の下前頭回が反応することが紹介された。つまり、視覚的、言語的な色の保持が左と右の半球で違うのではないかと言え、クロス条件の場合には



黄色より赤色が保持されやすいことや、Within条件（色差が少し違う）の場合も微妙だが青色や黄色より赤色が保持されやすい結果が得られたとの説明があった。これは明るさなどの諸条件を厳密に調整した実験データから得られた結果だが、なぜ赤色が保持されやすいかはよくわからないとのことであった。

#### ■色に関する注意のコントロール■

色の判断には注意が関係する。禅僧は心を集中するための修行をして、注意の働き方をうまくコントロールできると言われている。文字から離れて心を整えることにも長けていると推測される。色判断と注意の関係を知るために、学生と臨済宗の禅僧にストループ課題実験（色名が書かれているインクの色を答えさせる）を行なった結果、対照とした学生より反応時間が短く、正答率が高かったことや、学生と禅僧とで前頭前皮質や前部帯状皮質におけるfMRI計測値に統計的な有意差が認められたことが説明された。これらのことから、禅僧は普段から注意の切り替えができるので、色名と色味を切り離れた反応ができることが示された。

#### ■fMRIイメージングによる美しさに関する実験■

近代日本画を題材とした美しさ（調和）と醜さ（非調和）に関するfMRIを用いた実験が紹介された。予備実験により風景画、人物画、花鳥画の各カテゴリにおいて最も醜い、どちらでもない、最も美しいと評価された画像を各20枚ずつ選んで、総計180枚を提示刺激としたfMRIの計測実験が説明された。実験の結果、美しいと判断した場合に前頭葉の下の方にある下前頭回と脳の内側にある注意と関係している前部帯状皮質に有意な賦活化が見られた一方、醜さは別の箇所である眼窩前頭皮質が賦活化したとの説明がされた。実験条件の違いやデータの差があるものの、脳の中の調和と不調和あるいは、好き嫌いの判断には前頭葉皮質が影響している可能性が示された。

#### ■fMRIイメージングによる色彩調和に関する実験■

配色は情動的効果を持つが、それをどのように取り出すかを脳から見てみる。美しさの活動部位、調和と不調和の活動部位の異なることが推定できた。判断そのものにかかわる領域がわかれば、知覚から情動評価へつながるネットワークの構造がわかってくると思われるが、無意識な状態で調和の反応を取り出すことは難しいとの指摘があった。歴史的に見



れば、similarityとcontrastが調和の次元に重要になりそうだとの説明があった。2色配色の実験をした結果、調和の場合は内側の前頭前野が活発に動くが、非調和では扁桃体が賦活化したことが説明された。詳しい実験内容について説明があった。予備調査で351色サンプルに対して20名で調和、非調和の評価をさせ、調和スコアと色差のグラフから実験用刺激を決めた後、調和の判断と色差の判断の実験が行われた。その結果、色の初期から中期の情報処理の段階である後頭葉の紡錘状回が活性化すると同時に、前頭葉の眼窩前頭回が賦活化し、これが報酬系と関係している領域と推定されるとのことであった。まとめとして、調和的な判断には前頭前野の働きが重要だとの説明があった。

### ■色彩調和の情報処理モデル■

トップダウン処理とボトムアップ処理の2モデルの説明があった。不調和の場合はどちらかといえばボトムアップ情報処理がメインになっていると考えているとのことであった。扁桃体が活性化すれば、それはボトムアップ的に嫌なものだと判断される傾向がある。一方、トップダウン処理は前頭葉から発して側頭頭頂接合領域に達するルートで、個人の経験や文化というフィルターも通っているが、ボトムアップの流れとの干渉も認められるという。そういう意味で、脳のトップダウンとボトムアップ処理が調和と非調和に重要な貢献をしているのではないかといえる。個人差は大きいものの、これをもう少し遡ってみると、調和と非調和は報酬系という脳のシステムに裏打ちされていると推定され、それは意識化が難しい情報処理モードともかかわるとの説明があった。



以上、fMRIの多くの解析結果をもとに色彩と感情に関する興味深い多くの知見が紹介された。脳機能の計測に関してはfMRI、NIRS、MEG、EEGなどがあり、それらのデータを統合して解析する手法も開発されている。今後、ますます色彩に関する脳機能の解明が進むと思われる。なお、この度の特別講演の開催に対して参加者から感謝の言葉をいただいた。

---

[学生の感想] 参加した学生から届いた感想を転記する。

前頭葉と色の関わりについて興味深く講演を拝聴しました。色の情報処理ではボトムアップ処理とトップダウン処理の2つのモデルが大変勉強になりました。色々な例も示していただき、特に、その画像が動作を表現している場合、それが静止画像であっても脳の部位は「動いているもの」として脳を働かせるといった例や、禅のお坊さんに実験協力者になってもらい、色名と色彩の世界を切り離せるのかに関する実

験からわかった脳の処理は興味深く驚くお話でした。また、美しさ（調和）と醜さ（非調和）の脳内表現に関する fMRI 実験では近代日本画を題材とされており、自分が行なっている色の実験についても脳科学から言えることがあるのではないかと苧阪先生の論文や著書も是非拝読したいと思いました。

### ■講演後の質問項目■

（質問者と回答は省略させていただきました。）

- ・色彩調和の判断が他の領域と同じ場所だということは、色彩に特化した場所がないということか？
- ・色彩調和に重要な要素は **similarity** と **contrast** の2つと考えて良いか？
- ・進出色とか後退色の判断や好悪の判断は、脳のどの辺りで行われているのか？扁桃体のところで判断しているのか？また、判断の境目は脳のどの辺りかわかっているのか？
- ・色彩調和の中に色彩好悪の判断は含まれているのか？
- ・被験者の好悪の判断基準の分類分けをして実験したのか？
- ・調和はトップダウン処理、不調和はボトムアップ処理とのことであったが、例えば、パッとみたときは不調和と思ったが、その後すぐによく見ると調和と思った場合は、どちらの処理が強く働くのか？
- ・調和、不調和は必ずしも対になっていない可能性があるということか？
- ・幼児の前頭葉の成熟する時期はいつか？経験や環境で子供の色彩認知能力はどのように変わるのか？
- ・最後に提示された2つの脳の情報処理モデルは、文化や環境とか国とか地域に共通しているのか？
- ・例えば色の寒暖感のような感覚は先天的に獲得されているのか？あるいは後天的なのか？扁桃体が関係しているのか？
- ・高次脳機能における報酬という考え方に賛同する。その報酬を司る化学物質は何か？
- ・安静時の脳の7つのネットワークに興味がある。どれかが欠損している例はあるか？
- ・色彩調和判断に特化した情報処理ネットワークが形成されるのか？

懇親会では、苧阪先生を囲んで、色彩調和と脳機能に関する議論の続きが楽しく行われました。皇居での講話や天皇皇后両陛下との夕餐会の話はもちろん、質疑で議論しきれな



かった色彩と感情に関して、文化、経済、宗教など幅広い視点から賑やかに議論が弾みました。 2019.04.23