

令和2年10月30日

報道機関 各位

東北大学学際科学フロンティア研究所
東北大学電気通信研究所

鮮やかな色を脳はどのように認識しているか 見た目の色の鮮やかさと関連した脳波成分を初めて記録

【発表のポイント】

- 「見た目の色の鮮やかさ」と関連した脳活動を初めて記録
- 見ている色に関連したヒトの脳活動を簡便に測定できる手法を確立した
- 赤ちゃんや言葉を話せない人などが見ている色の世界を知ることができるかもしれない

【概要】

見た目の色に関する脳内での情報処理の詳細は未だに多くのことがわかっておらず、脳に入った後で色の情報がどのような形で表現・処理されているかは明らかではありませんでした。東北大学学際科学フロンティア研究所の金子沙永助教(兼東北大学電気通信研究所)と、東北大学電気通信研究所、アバディーン大学の研究グループは、見た目の色の鮮やかさと関連した脳活動を人間の脳波計測によって記録することに成功しました。この研究により、従来考えられていた反対色による色表現よりも進んだ、ピンクや黄緑などの中間色の情報が脳内の比較的初期の段階に存在することを直接的に示すことができました。

本研究に用いた脳波測定は、被験者の負担が比較的少ない簡便な脳活動測定方法であるため、他の手法での測定が困難な赤ちゃんや高齢者、患者、言葉の話せない人などの色の見え方を他覚的に可視化できるようになることが期待できます。

この研究成果は、神経科学分野における国際的なオンラインジャーナル(学術誌)「Cerebral Cortex Communications」にて10月29日付で公開されました。

【詳細な説明】

東北大学学際科学フロンティア研究所の金子沙永(かねこさえ)助教(兼 東北大学電気通信研究所)と、東北大学電気通信研究所の栗木一郎(くりきいちろう)准教授、アバディーン大学の Søren K. Andersen 上級講師の研究グループは、見た目の色^{*1}の鮮やかさ^{*2}に対応する脳活動を脳波^{*3}計測により可視化することに初めて成功しました。

色は目から得られる情報の中でも最も重要なものの一つで、主な処理は脳の中で行われていますが、脳内での見た目の色に関する情報処理の詳細は未だに多くのことがわかっていません。色に関する情報が目から脳へ伝達されるまでの経路では赤-緑と青-黄という、2組の反対色^{*4}の組み合わせで表現されていると考えられます(例えば、紫は赤と青、橙は赤と黄のような組み合わせで)。しかし、脳に入った後で色の情報がどのような形で表現・処理されているかは明らかではありませんでした。

本研究グループは点滅させた図形に色をつけて呈示し、この図形を観察中の実験参加者の脳波から定常視覚誘発電位(SSVEP^{*5})という成分を計測しました(図1)。SSVEPには点滅図形に対する脳活動だけをピンポイントで取り出せる利点があります。点滅図形の色は、実験参加者が観察している間に赤→オレンジ→黄色...のように連続的に変化し、我々はこの色の変化に伴って SSVEP の強さがどのように変化するかに着目しました。

従来考えられていたように反対色の組み合わせだけで脳の色情報が表現されていたとすれば、SSVEP の強さは赤-緑および青-黄の2組の反対色を基軸とする色平面^{*6}内で、基軸に対して線対称な軌跡になると予測されます。しかし実際に計測された軌跡は、基軸から大きくずれた方向(ピンク-黄緑)にピークを示し、予測と一致しませんでした(図2)。最も強い SSVEP が見られた時の図形の色(ピンクまたは黄緑)は、点滅図形で示した色の中で見た目の鮮やかさが最も高い色と対応していました。そこで我々は、反対色応答の信号のみの計算モデルに見た目の色の鮮やかさをシミュレートした信号を加え、それらの混合比を操作して計算モデルと実験結果との一致度を検証しました。その結果、得られたデータと最も高い一致度を示した計算モデルでは、見た目の色の鮮やかさの信号の割合は50%を上回りました。このことは、我々の方法で計測した SSVEP には主観である見た目の色と深く関連する脳活動が多く含まれていたことを意味します。この研究により、従来考えられていた反対色による色表現よりも進んだ、ピンクや黄緑などの中間色の情報が脳内の比較的初期の段階に存在することを直接的に示すことができました。

また本研究に用いた脳波測定は、被験者の負担が比較的少ない簡便な脳活動測定方法です。このような色情報処理の脳活動を記録する方法の確立により、他の手法での測定が困難な赤ちゃんや高齢者、患者、言葉の話せない人などの色の見え方を他覚的に可視化できるようになることが期待できます。

この研究成果をまとめた論文は、10月29日に神経科学分野における国際的なオンラインジャーナル(学術誌)「Cerebral Cortex Communications」に採録され

ました。なお本研究は JSPS 科研費 JP18K13365, JP18H04995, JP20H00597 の助成を受けたものです。

【論文情報】

論文名 : Steady-state visual evoked potentials elicited from early visual cortex reflect both perceptual color space and cone-opponent mechanisms

著者 : Kaneko, S., Kuriki, I., and Andersen, S. K.

掲載誌名 : Cerebral Cortex Communications

DOI : 10.1093/texcom/tgaa059

【用語説明】

*1 見た目の色

ここでは、測色計や分光計など光の物理的特性を測る機器で表される特性としての色ではなく、鮮やかさ・明るさ・色名などの色に関する主観的な情報を指す。

*2 色の鮮やかさ

色について、どれだけはっきりと目立って見えるかという見た目に関する主観的な評価。

*3 脳波

脳内の神経細胞が活動した結果生じた電気信号を、頭皮につけた電極で記録したもの。

*4 反対色

網膜にある3種類の光センサーである L-, M-, S-錐体の信号間に差分を引き起こす色(4色)のこと。L 錐体と M 錐体の信号の差分を生じる色は赤みまたは緑みを帯びた色であり、S 錐体と L+M 錐体の信号の差分を生じる色は青みまたは黄色みを帯びた色である。色の情報は全て、このような錐体信号の差分を計算する細胞(反対色細胞)を経て、網膜から脳へと伝えられる。

*5 定常視覚誘発電位 SSVEP

脳波のうち、周期的に点滅する視覚刺激によって誘発される成分。視覚刺激の点滅周波数と同じ時間周波数で現れる。

*6 色平面

反対色の組みあわせで構成される 2 つの軸(赤-緑と青-黄)により座標が定義される 2次元の平面。この平面上の色はすべて輝度が等しく、知覚できる全ての彩度・色相が平面上に表現される。

*7 脳内の比較的初期の段階

網膜から段階的に進んでいく視覚情報処理のうち、脳(皮質)に到達して最初の処理段階。ここでは第一次視覚野を中心とした脳領域を指す。

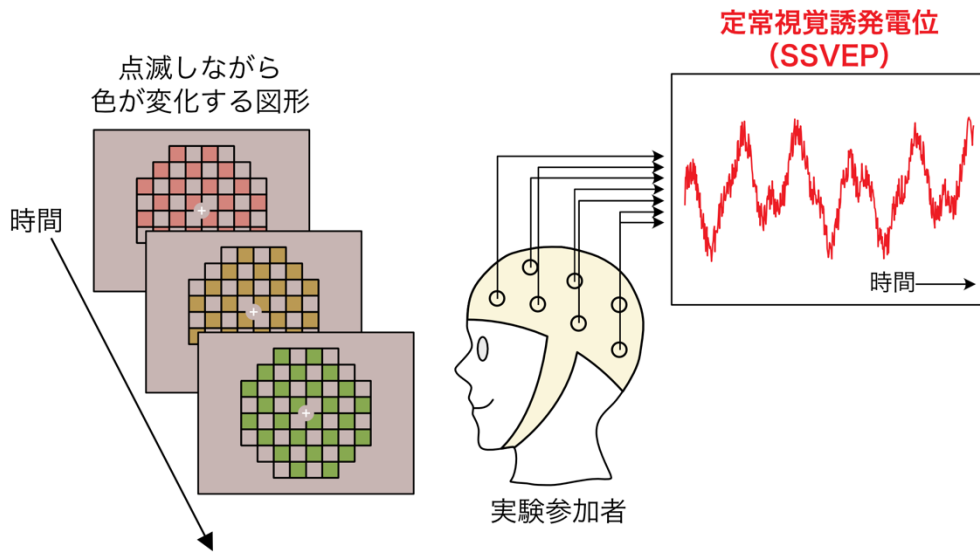


図1. 実験の様子の模式図。点滅しながら色が変わる図形を観察中の実験参加者の脳波を記録し、その中の定常視覚誘発電位（SSVEP）が図形の色とともにどのように変化するか調べた。

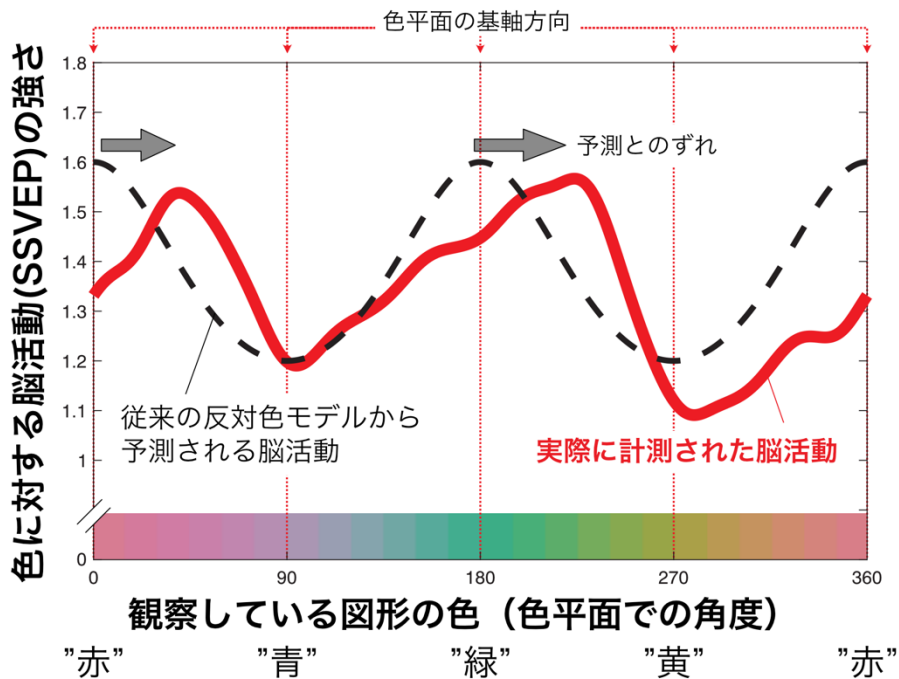


図2. 図形の色に対する脳活動（SSVEP）の強さ。従来考えられていたような反対色の組み合わせから予測される脳活動と実際に計測された脳活動には大きなずれがあり、ピンクや黄緑といった鮮やかに見える中間色に対して最も大きな応答が記録された。

【問い合わせ先】

(研究に関して)

東北大学学際科学フロンティア研究所

助教 金子沙永

E-mail: sakaneko@riec.tohoku.ac.jp

(報道に関して)

東北大学学際科学フロンティア研究所

URA 鈴木一行

電話: 022-795-4353

E-mail: suzukik@fris.tohoku.ac.jp