

この人に聞く

動物によって色の世界はいろいろ

河村 正二

虹を見て七色だと感じるのはヒトを含めたサル仲間である霊長類です。イヌやネコなど霊長類以外の多くの哺乳類はもっと少ない色を見ています。逆に、哺乳類以外ではもっと多くの色を感じる動物がたくさんいます。鳥類、トカゲ、カメ、浅瀬の魚類の仲間の多くはそうです。恐竜もそうだったと考えていいでしょう。色覚にはどうしてこういう違いがあるのでしょうか？ それは色のセンサーに違いがあるからです。色のセンサーは目の中にあります。目の奥の網膜というところに錐体視細胞と桿体視細胞という視覚センサー細胞があります。色センサーは錐体で、桿体は薄明りでの視覚センサーです。視細胞の中にはオプシンという物質がたくさん作られています。これが視覚センサーの実体です。

光は短い波長から長い波長までいろいろです。「見える」のはある範囲の波長で（可視波長域といいます）、それより短すぎても長すぎても見るできません。ひとつのオプシンは可視波長域の中のさらにある一部を最も強く感じます。例えばヒトは「Lオプシン」、「Mオプシン」、「Sオプシン」という3種類のオプシンが色センサーです（図1）。それぞれ可視波長域の中の長波長（Long）、中波長（M）、短波長（S）に強い感度があります。目に飛び込んでくる光はさまざまな波長の混ざった光です。その光が3つのセンサーとも同じくらい興奮させる万遍ない光なら、私たちは「白い」と感じます。Sを最も興奮させる短い波長の光が多ければ「青い」と感じます。このように、色とは物の表面や光に付いているのではなく、それを見て

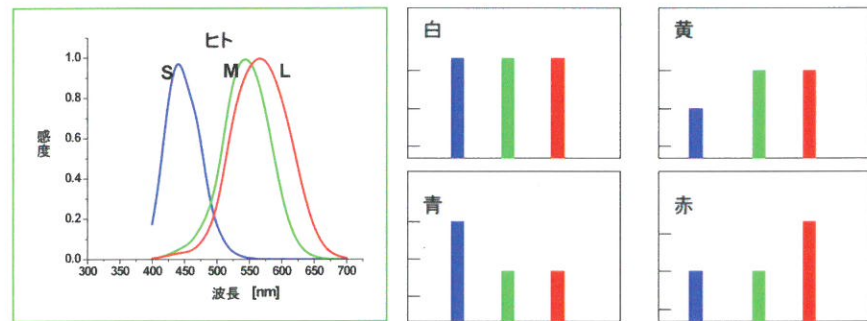


図1

魚類

脊椎動物は基本的に4種類の色覚オプシン（赤型、緑型、青型、紫外線型といいます）を持つ4色型色覚です。魚類にはそのどれかを増やした仲間がいます。たとえばゼブラフィッシュ（図2）という熱帯魚は紫外線型と青型の色覚オプシンと桿体型オプシンは一つずつですが、感じる波長域が違う4種類の緑型オプシンと2種類の赤型オプシンを持っています（図3：nmはナノメートルと読み、1メートルの10億分の1の単位）。図3には各オプシンの感度ピーク波長も示しています。ゼブラフィッシュはこれらを網膜の中の上、正面、下の視野を見る領域で使い分けています。図4は赤型での使い分けを示しています。より長波長を感じる赤型-1は網膜の下側、つまり上から来る光を見るのに使い、より短波長の赤型-2は正面と下から来る光を見るのに使っています。光は水の中で吸収されたり散乱したりしますから、上、正面、下など光の来る方向によって波長構成がずいぶんと変わります。魚類にとっては視角で色覚を変えることに大きな意味があるのです。



図2

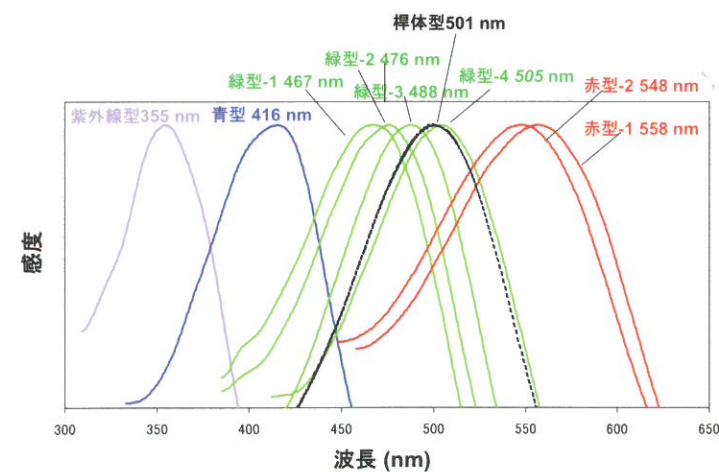


図3

見る角度によって色覚が違う

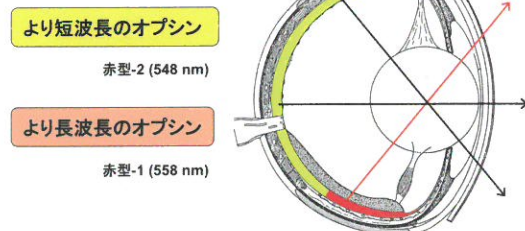


図4

両生類

両生類の色覚やオプシンは脊椎動物の中で一番よくわかっていません。両生類には緑型のオプシンがみつかりません。現在、安佐動物公園のオオサンショウウオ（図5）を調べさせていただいています。やはり緑型はないようです。他の両生類との比較から、カエルの仲間では紫外線型が紫にシフトしたことや、一部のイモリで青型が大きく緑にシフトしたことなどがわかってきました。これからもっと詳しく調べていきます。



図5

鳥類・爬虫類

鳥類は4種類の色覚オプシンによる4色型色覚の典型例です。ワニ類は研究例が少なくオプシン構成はまだよくわかっていません。カメ類も研究が少ないのですが、視細胞の研究から優れた4色型と考えられています。トカゲ類も昼行性の仲間はグリーンアノール（図6）のように4種類の色覚オプシンを備えた4色型です。ヘビの仲間や夜行性のイモリは色覚オプシンの種類を減らしています。ヘビ・トカゲの仲間では色覚オプシンを桿体視細胞に転用したり、逆に桿体オプシンを錐体視細胞に転用する例が多く知られています。



図6

霊長類以外の哺乳類

単孔類は赤型と青型、有袋類と有胎盤類は赤型と紫外線型しかもたず基本的に2色型です。恐竜の時代の夜行性生活への適応ではないかと考えられます。桿体が多いなど夜行性に有利な目のモデルチェンジをいろいろ行っています。海洋性であるクジラ類とひれあし類、そして陸性夜行性の一部のげっ歯類（ムササビ）、食肉類（タヌキ、ハナグマ）、翼手類（オオコウモリ）、霊長類（ロリス類、ヨザル）は赤型しか色覚オプシンを持たず、色識別ができない極端な例になっています。

霊長類

マダガスカル島に棲む一部のキツネザル類と中南米に棲む大部分の新世界ザル類（図7はオマキザル）は赤型オプシン遺伝子に感じる波長域が違う複数の対立遺伝子を作り出しました（対立遺伝子というのは血液型のABOのような関係にある遺伝子のことです）（図8）。X染色体に乗っているため、オスは1種類の対立遺伝子しか持たず、メスは1種類あるいは2種類の対立遺伝子を持ちます（図9）。Sオプシン（紫外線型ですが感受波長が青にシフトしました）と合わせると、オスは2つの色覚オプシンで2色型、メスは2色型または3色型となるわけです（図9）。アフリカとアジアに棲む旧世界ザル、類人猿、ヒト（まとめて狭鼻猿類といいます）



図7

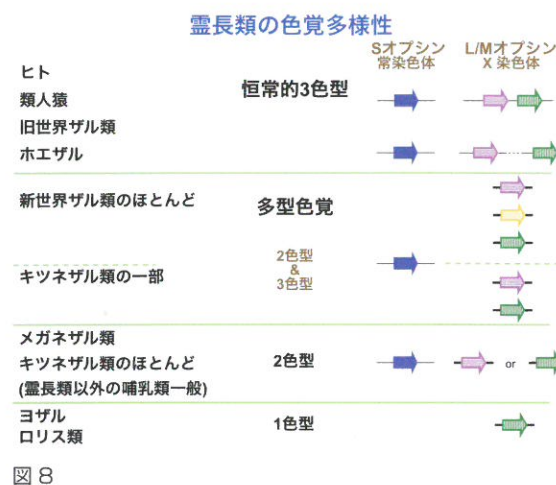


図8

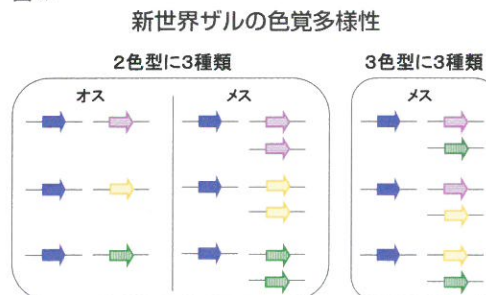
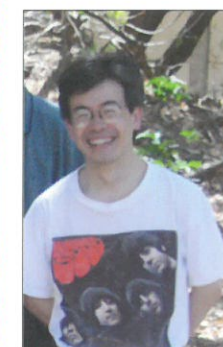


図9

河村 正二(かわむら しょうじ)



東京大学大学院新領域創成科学研究科先端生命科学専攻・人類進化システム分野教授。理学博士。1991年、東京大学大学院理学系研究科人類学専攻博士課程を修了。その後、東京大学および米国シラキュース大学での博士研究員、東京大学大学院理学系研究科助手などを経て、2010年より現職。魚類と霊長類、特に南米の新世界ザルを中心に、脊椎動物の色覚の進化をテーマに研究している。無類のビートルズ好き。