

1 リンゴが赤いのはなぜ?!

色の発現に必要なものは、
①光、②物体、③観察者

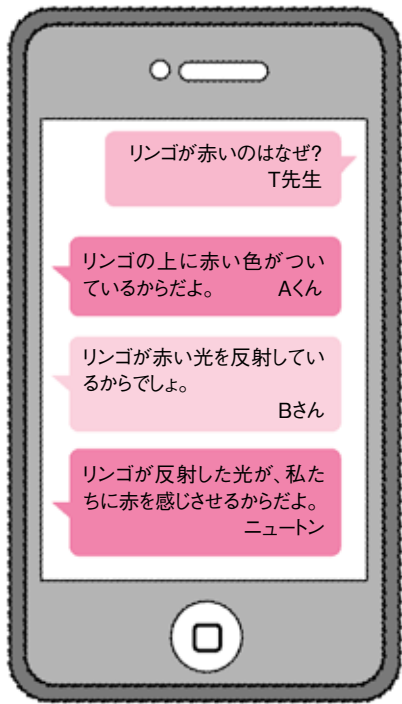
あなたの目の前に真っ赤なリンゴがあります。このリンゴはなぜ赤いのでしょうか。「リンゴの上に赤い色が付いているからだよ」と答える人がいるかもしれませんが、色を一種の物質と捉えているのかもしれない。この考え方は正しくありません。別の人は、「色は物質ではないよ。光の波長だよ。リンゴが赤いのは赤い波長の光を反射しているからだよ」と答えるかもしれない。確かに、ニュートンのプリズム実験では、白色光は虹のようにさまざまな色に分割されます(13項、14項参照)。波長ごとに光線に色が付いていると考えるのも無理はありません。しかし、この答えも正確ではありません。ニュートン自身は、「赤い光」という表現を使わずに「赤をつくる光」といっています。非常に深い言葉です。

ここで思い出していただきたいのは、私たち自身の存在です。色を認識しているのは誰でしょうか。色は、私たちの目によって検知された光の情報をもとに脳内

でデータ処理が行われることによって、はじめて成立するものです。視覚は一種の感覚である点においては、匂いを感じる嗅覚や、音を聞き分ける聴覚等の五感と変わりません。したがって、厳密には個々人によって色の感じ方は異なります(10項参照)。また、他の動物は人間とは異なる色の感じ方をします(11項参照)。さらに、観察者たる個人が同一で、観察対象も同一でも、周囲の環境によって色は変化します(5項参照)。

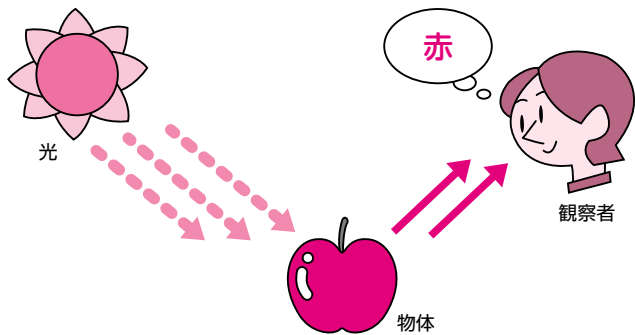
以上を整理すると、色の発現に必要なものは、①光、②物体(ここでは光の一部を反射するリンゴ)、③観察者、の三つになります。①光、②物体だけなら色を物理量として扱うことができますが、③観察者が入ってきたことによって、色は「心理物理量」として扱われることとなります。工学系の人でも、というよりは工学系の人ほど、③観察者を忘れがちです。

リンゴが赤いのはなぜ?



正確に言えば、光には色はついていない。光は色の感触を生じさせる力ないし傾向を持っているに過ぎない。

色の発現に必要な要素



「赤い光」ではなく「赤い色を感じさせる光」が正しい。ただし、本書においても、便宜上「赤色光」、赤い「色光」等と短縮して表現することがある。

用語解説

心理物理量：心理量は主観的に経験される量で、観測者の個人差等による変動を含んでいる。一方、心理物理量は平均的な標準観測者について、標準化された手続きに則って測定された客観的なもの。心理物理量は物理量との対応関係が明確になっているため物理量に準ずるものとして扱うことができる。

要点BOX

- 色は物質ではない
- 色は光ではない
- 色は感覚である

2

リンゴの色の色を決定する 三つの要素

「光源の分光分布」×
「物体の分光反射率」×
「錐体の分光感度」で色が決まる

リンゴには赤いものもあれば青いものもあります。この色の違いを認識し、そこにあるリンゴが赤いと知るには何が必要でしょうか。前項(1項)では、色の発現には、①光、②物体、③観察者、の三つの要素が必要としました。ここでは、その内容をもう少し科学的に深掘りしてみましよう。

まず光が必要ということからは、その光を発する光源が必要ということになります。ここでは、太陽光で考えましよう。光源にどのような波長の光がどれくらいの割合で含まれているかを示す「分光分布」から、太陽光は波長領域がおおよそ400〜800nmにある可視光を含んでいることがわかります。

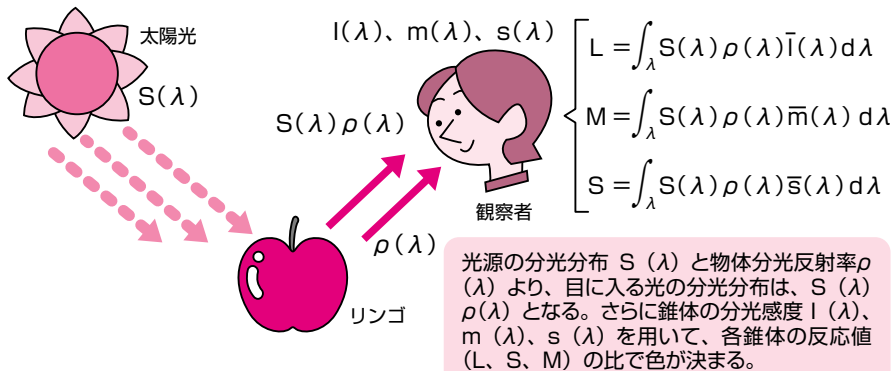
次に物体についてです。物体に光を当てた場合、散乱、反射、透過、光吸収、発光(蛍光、燐光)等さまざまな現象が起きます。しかしここでは、単純に反射と吸収だけを考えましよう。赤いリンゴは、赤を感じさせる光だけを反射し、緑や青を感じさせ

る光は吸収します。つまり、物体に色が付いているわけではなく、物体ごとに反射する光(吸収する光が異なるわけです)。どの波長の光がどれくらい反射するかは、物体ごとの「分光反射率」からわかります。

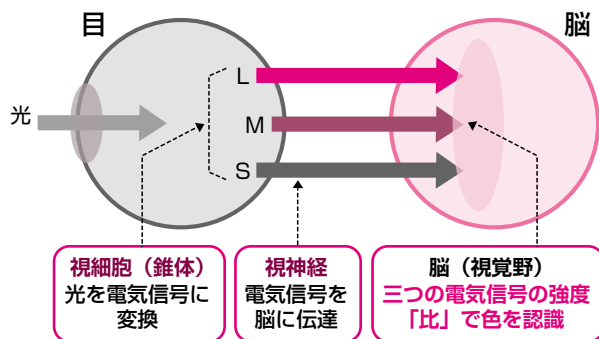
最後に観察者についてです。人間の目の網膜には、色を認識するために、錐体とよばれる光を検出するセンサーが3種類(L錐体、M錐体、S錐体)あります。錐体のL、M、Sは、Long、Middle、Shortの略で、それぞれ長い波長の赤色光、中くらいの波長の緑色光、短い波長の青色光に感度のピークを持ちます。これらの錐体が受けた信号の強度を組み合わせることで色が合成されるわけです。したがって、錐体がどの波長の光をどれくらい強く認識するかを現す「分光感度」も、色の感じ方に大きく影響します。

以上、光源からの光を、物体が反射と吸収によって分離し、分離されて目に入った光に刺激された錐体からの信号を脳が判断し、色が決定されます。

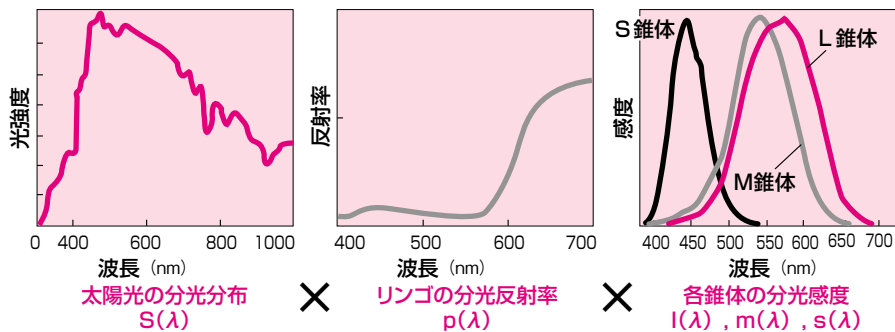
色を決定する三つの要素



目から脳への情報伝達と色認識



三つの要素の掛け算で色が決まる



用語解説

波長: 音や(光を含む)電磁波の「波の長さ」。波長は一つの波から次の波までの一波分の長さを指す。

要点BOX

- 光は物体に吸収され、物体を反射する
- 光を検知する錐体はL、M、Sという感度ピークの異なる三種類がある

3

光は色覚を刺激するエネルギー

色彩における光の役割

色の発現に必要なものは、①光、②物体、③観察者です。そこで、まず光とは何か、色との関係で考えていきましょう。光なしには色は発現しません。光と色は切っても切り離せないものです。私たちに「光」を赤いと感じさせるために、光はどのような役割を担っているのでしょうか。

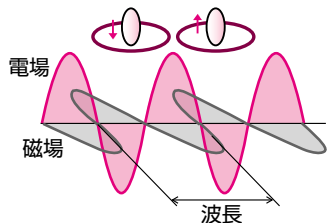
まず「光とは？」と質問すると、「光は波であり粒子という話ですね」と答える人が多いかも知れません。この話を議論しだすと本書だけでは収まりません。そこで、とりあえず今は光を電磁波の一種と考えてください。前項までは、光は人間の感覚を刺激して色を感じさせる、と説明してきました。光は人間の視覚を通して色を感じさせるトリガーになるわけですから、そこにはエネルギーが必要です。電磁波であればエネルギーを持ち、その値は振動数に比例します。振動数と波長は速度で関連つけることができます。その結果、電磁波のエネルギーはその波長に反比例

することになります。

電磁波は、一般にはγ線から電波までを含みます。その中には、レントゲン撮影に使われるX線やら、日焼けの原因となる紫外線やら、電子レンジのマイクロ波やら、テレビの超短波やら、いろいろな種類があります。その中で視覚に関係するのは、可視光です。可視光は、JIS Z8120の定義によれば、波長の下限が360~400nm、上限が760~830nmの光です。また、測色の分野では、380~780nmとするのが慣例のようです。波長の短いものから順に、紫、青、緑、黄、橙、赤を感じさせる光が並びます。人間の感覚器官が光として検知できるのが、可視光領域にある電磁波です。幅広い電磁波の領域の中の、非常にせまい領域しか私たちは知覚できないという言い方もできます。ミツバチが紫外領域の光も検知する等、可視の領域は動物によっても異なります(11項参照)。

光は電磁波の一種

電場と磁場が交互に振動しながら発生



電磁波(光)のエネルギー

電磁波(光)のエネルギーと波長は反比例の関係にある

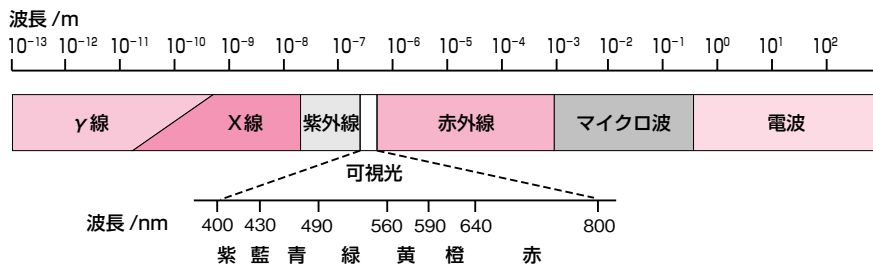
$$E = h\nu$$

$$c = \lambda\nu$$

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

E: 電磁波(光)のエネルギー
h: プランク定数
λ: 電磁波(光)の波長
ν: 電磁波(光)の振動数
c: 電磁波(光)の速度

電磁波の波長と可視光領域



人とミツバチ可視光領域の違い



要点BOX

- 光は電磁波の一種である
- 可視光は、波長の下限が360nm~400nm、上限が760nm~830nmの光