

付録

画像の表現

画像は、視覚系を通して認識できる光を媒体とした情報であることがわかった。ここではまず、光の量をどのように定義するのか、そして画像を表現する物理量について考えてみたい。

1. 電磁波の量

光はもちろん電磁波の一種である。電磁波一般に対してその量を考えるときは、エネルギー量(放射量)を考えることができる。

放射量のなかで最も基本的な量に放射束(radiant flux) Φ_e がある。放射束とは、電磁波あるいは粒子が任意の断面を単位時間に通過する放射エネルギー(radiant energy)のことで、単位はワット(W)である。

$$\Phi_e = dQ_e / dt \quad (1)$$

Q_e : 放射エネルギー [単位: ジュール(J)]

この放射束を基に、放射源の強度を放射強度(radiant intensity) I_e として定義することができる。

いま、放射源の大きさが非常に小さいと考えると、放射強度はこの放射源(点放射源)を出て、ある与えられた方向の微小立体角 $d\Omega$ 内を進む放射束 $d\Phi_e$ を $d\Omega$ で割った値で定義している。すなわち、

$$I_e = d\Phi_e / d\Omega \quad (2)$$

で、単位はワット毎ステラジアン(W/sr)である。これで、電磁波のエネルギー量とそれに対応する放射源の強度を定義することができた。

2. 明るさの量

先に定義したように、画像とは一般に2次元面上の明るさの異なるパターン分布のことをいう。

ところで、この明るさとはいったい何であろう

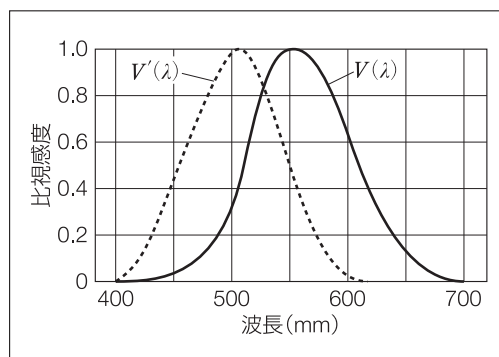


図1 標準比視感度曲線

$V(\lambda)$: 明所視の比視感度, $V'(\lambda)$: 暗所視の比視感度

か。われわれがものを見るとき、視覚系へのエネルギー伝搬は電磁波のごく一部、いわゆる可視光が担っている。このときわれわれは、その光の量に応じて明るい暗いといっているわけであるが、たとえば同じ電磁波であっても、電波がきたりγ線がきても視覚は何も感じない。したがって、光量の単位を単に電磁波のエネルギー量で表示することはできない。つまり、光として感じるものの量を測って光量としなければならない。

ここで、光とは何かという深遠な問いが沸き上がってくるが、その哲学的な解釈はさておき、物理の世界では、国際照明委員会(Commission Internationale de l'Eclairage: CIE)が、光のそれぞれの波長に対してヒトがどの程度明るさを感じるかを示す指標として、図1のような比視感度曲線(spectral luminous efficiency curve) $V(\lambda)$ を定めている。

比視感度曲線は波長 λ の関数であり、ヒトが最も明るく感じるといわれている波長 555 nm で最大値 1 になるように正規化されている。また、非常に弱い光に対する場合には、波長の短いほうに感度がシフトすることが知られているので、これを暗所視の比視感度とよび、図1の $V'(\lambda)$ と

して定義している。当然のことながら、これらの曲線は多くの実験の結果を平均したもので、個々の人々の比視感度特性と正確には一致しない。

先に述べた電磁波一般に対する測定量(放射量)と、これから述べる光に対する測定量(光量)の間には、ここで示したヒトの光に対する感度特性である比視感度曲線を用いていちおう対応づけられている。したがって、光量は、物理量として定義されているが、本来、ヒトの感覚に依存したものであることに注意する必要がある。

放射源の強度である放射強度に対応する光源の強度を、光度(luminous intensity) I_v とよんでいる。光度も放射強度と同じように定義できるが、放射束の代わりに光束を用いている。光束については後述するが、光度そのものはある特定の光を出す放射源を用いて定義することができる。

光度はもともとローソク 1 本の明るさを単位にしていたことから、その単位は W/sr の代わりにカンデラ(candela: cd)を用いている。その後、白金の凝固点での黒体が出す光を測定に用いていたが、現在では放射強度と対応づけて定義されている。すなわち、周波数 540×10^{12} Hz の単色光を出し、任意のある方向におけるその放射強度が 1/683 W/sr である光源のその方向における光度を 1 cd としている。 540×10^{12} Hz は標準大気中で波長 555.016 nm となり、光の比視感度曲線の最大値の波長 555 nm とほぼ等しいことになる。逆にいえば、555 nm の波長の光源の放射強度が 1 W/sr であるときの光度は 683 cd である。昔流にいえば、ローソク 683 本の明るさということであろうか。

光の場合も放射束の定義と同様に、任意の断面を単位時間に通過する光のエネルギーとして光束(luminous flux) Φ_v を定義している。単位はルーメン(lumen: lm)である。1 cd の光度の点光源から各方向に一樣に同じ割合で光が出るとき、光源を頂点とする単位立体角当たりの光束は 1 lm となる。

先の比視感度曲線は最大値を 1 にした相対値であり、実際にエネルギー 1 W の光を受けたときのヒトの感じる明るさを表す視感度曲線 $K(\lambda)$ は

$$K(\lambda) = K_m V(\lambda) \quad (3)$$

で表すことができる。ここで、 K_m は波長 555 nm の光のエネルギー 1 W に対する光束の値で最大視感度とよばれ、先のカンデラの定義から

$$K_m = 683 \text{ lm/W} \quad (4)$$

となる。したがって、ある光の放射束 Φ_e のスペクトル分布である分光放射束(spectral radiant flux)が $\Phi_{e\lambda}(\lambda) (= d\Phi_e(\lambda)/d\lambda)$ であるとき、その放射束の光束 Φ_v は

$$\Phi_v = K_m \int \Phi_{e\lambda}(\lambda) V(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

となる。光束を用いて光度を表すと(2)式との類似性から

$$I_v = d\Phi_v/d\Omega \quad (6)$$

となる。

このように、明るさの量は心理的な感覚尺度から定められたもので、このような量を心理物理量とよんでいる。

(小寺吉衛, 砂口尚輝)