

## 明かりとアメニティ

九州芸術工科大学教授 佐藤方彦

## 光の美意識

「暖かい影をもたらす柔らかい光は、造作の悪い部屋をすら、見込めるほど立派にみせるのである。アストラル・ランプほどすばらしい思いつきはない。もちろん私の言わんとしているのは、厳密な意味でのアストラル・ランプ—平たい笠の、和らげられてむらのない月光のような光の、アルガン式ランプのことである」

エドガ・アラン・ポオの『室内装飾の哲学（松原正訳）』の一節である。アルガン式ランプとは、フランソワ・アミ・アルガンが発明した中空の灯芯・焰を囲うガラスシリンダー・灯芯調節機構をもつ灯油ランプのことである。温かみのある柔らかい光が特長であった。

19世紀のアメリカで最高の文人とも評されるポオは、当時アメリカに普及しはじめたガス灯を「審美眼の持ち主なら決して用いないようなけばけばしい光」と拒絶したのである。「こういう光を浴びれば、家具全体のすぐれた効果も立所にそこなわれてしまう。とくに女性の美しさは、この邪眼の光を浴びると、半分以上その魔力を失ってしまうのである」と記している。

日本でも谷崎潤一郎が『陰翳禮讃』を著した。「日本座敷の美は全く陰翳の濃淡によって生まれてゐるので、それ以外に何もない。…太陽の光線の這入りにくい座敷の外側へ、土

庇を出したり縁側を附けたりして一層日光を遠のける。そして室内へは、庭からの反射が障子を透かしてほの明るく忍び込むようにする。…われ等は何処までも、見るからにおぼつかかなげな外光が黄昏色の壁の面に取り着いて辛くも餘命を保ってゐる、あの繊細な明るさを楽しむ。…今日の室内の照明は、書を読むとか、字を書くとか、針を運ぶとか、云うことは最早問題でなく、専ら四隅の蔭を消すことに費やされるようになったが、その考えは少なくとも日本家屋の美の観念とは両立しない」、「光線が乏しいなら乏しいなりに、却ってその闇に沈潜し、その中に自からなる美を発見する」と日本人の美意識は沈んだ翳りのある照明とともにあると主張したのである。そして、「蠟燭からランプに、ランプから瓦斯燈に、瓦斯燈から電燈にと、絶えず明るさを求めて行き、僅かな蔭をも拂い除けようと苦心する」のは、日本的な美意識にそぐわないと批判した。

確かに、日本家屋の照明は、かつては、背景の闇とともに映えていた。灯油のともる行燈も、蠟燭がもえる燭台も、暗い夜の中から部屋の一部を柔らかく浮き出していた。それが、「欧州の都市に比べると東京や大阪の夜は格段に明るい。パリなどではシャンゼリゼエの真中でもランプを燈す家があるのに、日本では餘程邊鄙な山奥へでも行かなければそん

な家は一軒もない。恐らく世界中で電灯を贅沢に使っている國は、アメリカと日本であろう。日本は何でもアメリカの真似をしたがる國だ」と、谷崎をして慨嘆させることになったのである。

日本人の光の好みが生んだ贅りのある照明から煌々と照らし出す光へと変化した契機はガス灯の伝来であった。イギリスで発明されたガス灯がフランス人技師の手によって横浜に持ち込まれた。明治5年のことである。その2年後、ガス灯は東京にもともることになった。文明開化を競った明治初期の人々は、その証しとして、行燈を捨てガス灯を受け入れたのである。行燈とは比べものにならぬ明るさに、当時の人々は切支丹バテレンの術と驚いたと伝えられている。

銀座の商店街は競ってガス灯をともし、客を集めた。ガス灯の照明こそが文明開花の証明ということなのであろう。かの鹿鳴館もガス灯で白く浅く冴えわたっていた。

「舞踏会の列車は江戸に着く。…停車場の周囲には、煉瓦建ての高樓が、アメリカ風の醜悪さでそびえている。ガス灯の列のために、長いまっすぐな街路は遠方までずっと見通される。…

煌々たる鹿鳴館がそびえている。どの軒蛇腹にもガス灯をともし、窓のひとつひとつから明りをもらし、透きとおった家のように輝きながら。ところで、鹿鳴館そのものは美しいものではない。ヨーロッパ風の建築で、われわれの国のどこかの温泉町のカジノに似ている」

『秋の日本』の中でピエール・ロチは鹿鳴館の灯はカジノに似ていると酷評した。今日の日本の照明は、ガス灯から蛍光灯へと変わ

ったものの、当時のままに白っぽい光が主流である。

## 色温度

この日本の照明が変わりはじめた。快適志向の高まりとともに、白っぽい光から赤っぽい光へと、光の質が変わってきたのである。

欧米諸国では、家庭もオフィスも、もともと赤っぽい光が主流であった。白っぽい光は眼に明るく感じる。そのために、電力効率への関心の高い日本では、蛍光ランプが競って白い光を放つようになった。しかし、白い蛍光ランプは光量（光束）がやや少なくなる。明るく感じるのは眼の錯覚で、むしろ暗いランプなのである。

蛍光ランプは蛍光物質の調合によって光源色を変えることができる。現在は、光の三原色である赤・青・緑を発する蛍光物質を混合した三波長方式が主流である。三原色の蛍光物質のうち青の物質の比率を高めると、光は白さを増して行く。従来、日本の蛍光ランプからは際だって白い光が放たれていた。たとえ錯覚でも、明るく感じるならというのであろうか。家庭もオフィスも、この白っぽい光にあふれていた。

快適な光の質への関心が最も高い領域は人工照明の分野である。さまざまな研究手法が試みられているが、光の分布や光色を変えて主観評価を求め、快適条件を決定しようとするものが少なくない。

例えば、白熱電球や昼光色あるいは昼白色などの蛍光灯を光源として、直接照明あるいは間接照明のモデルルームに滞在させ、くつろいだ生活を想定させる。その間の気分をSD方を用いて調査する。照明関係のデザイナー

33名が被験者となった研究では、白熱灯・間接照明・中程度の照度が、気分安定性やムード性を高めると結論されている。

一般に白熱灯の光は赤っぽい。間接照明で用いると一層柔らかい。しかし、家庭でもオフィスでもこの種の照明は極めて少ない。日本の夜は蛍光灯で白く照らし出されるのが普通である。

白っぽい赤っぽいという光の属性は色温度と呼ばれる。金属（厳密には黒体）は熱せられると光るが、温度が上昇するにしたがって、光色が赤・黄・白と変わる。このことから、光源の温度を色で表現したのが色温度である。色温度の単位には絶対温度k（ケルビン）が用いられる。

黒体を次第に熱して行くと、2000kで分光分布がほとんど600ナノメートル以上の赤っぽく光る。4000kになると黄色く光り、6000kでは400～700ナノメートルの波長のエネルギーをほぼ均等に持っている白っぽい光になる。それより高い温度では、450ナノメートル以下のエネルギーがほとんどで、青っぽく光るようになる。

### クルーゾフの曲線

光源の色温度についてはクルーゾフの曲線が有名である。オランダのフィリップスの研究者クルーゾフが50年も前に発表したものである。この快適範囲に加えて、クルーゾフは低照度での冷たい光源はおぼろげで薄暗く冷たい印象を生み、高照度での暖かい光源は異様な様相を生じるとしている。

クルーゾフの曲線には問題が少なくない。例えば、快適な範囲といっても、具体的にどのような根拠あるいはデータを基にしたか、

快適の規準は何かということがはっきりしない。また、研究に用いられた照明条件は、色温度の低い領域は白熱電球によってつくられ、色温度の高い領域は50年前の色の見え（演色性）の悪い蛍光灯と天空光で求められている。さらに、照度の下限曲線は白熱電球の個数を減らしたり電流を変えてつくられた異常条件であった。

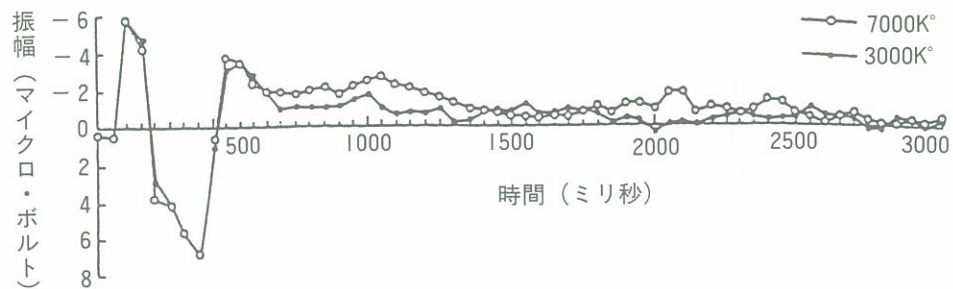
欧米では、1960年代から、クルーゾフの曲線の追試が行われた。1990年にはマサチューセッツのシルヴァニア照明センターのR・G・デイヴィスとミネソタ大学のD・N・ギンスナーが従来追試結果も併せて、クルーゾフの曲線は成立しないと結論するに至った。

ただし、デイヴィスとギンスナーも光源の色温度が心理的な効果を及ぼすことは認めている。特に温冷感についての影響は明瞭で、低色温度光下では同一室温をより高温に感じると結論している。この現象は日本の照明関係者も認めている。

蛍光灯は色温度が違って、照度が同じであると、輻射熱量には違いがない。実際に、3000k、5000k、及び、6700kの三段階の色温度条件で皮膚温を比較すると、色温度が高いときに、前腕などの皮膚温が高くなっている。色温度の違いが自律神経系に及ぼす影響については後記するが、皮膚温が低い方が外気温との違いが大きくなり、その結果、色温度の低い照明の方が、暖かく感じると考えられる。

### 生理指標

快適性についての研究では、脳波の $\alpha$ 波（8～13Hzの波）の $1/f$ 揺らぎが有効であるとする見解が発表されている。 $\alpha$ 波は閉眼時だけでなく、開眼でも記録することが可能であ



(T, Deguchi&M, Sato 1992より) 7000Kで随伴性陰性変動は明らかに大きい

図1 随伴性陰性変動の比較

る。 $\alpha$ 帯域のフィルターを用いて、 $\alpha$ 波発生をパルス変換して周波数ゆらぎを分析する通常の方法に従うと、300Lx(ルクス)でも1000Lxでも3000kの方が7000kよりも、揺らぎが $1/f$ に近いことが認められる。通説にしたがうと、低色温度の方が快適な刺激であるということになる。

近年、いわゆる脳波、つまり、 $\alpha$ 波や $\beta$ 波などと分けられる持続的かつ自発的な背景脳波とは別に、何らかの事象と明確な時間関係を持つ一過性の電位として現れる事象関連電位も、脳の活動状態を推定する有力な手法として用いられている。

事象関連電位には外因性と内因性のものがある。後者は事象に関する気分や意欲などの指標となり得る。その典型が随伴性陰性変動である。Contingent Negative Variationの頭文字を取ってCNVと呼ばれている。0.5秒以上の潜伏で脳波の中に混ざっている陰性の電位が脳の緊張状態を反映しているということで、注目されている手法である。

照度が1000Lxで演色性が平均演色評価数88の同一条件(平均演色評価数: Ra, 基準光源下での赤から紫までの8種類の試験色の見え

方を100とし、試験光源での色のずれを色度座標状で求めた平均値。ずれが大きいほど小さな数値となる。実験に用いられたRa88の蛍光灯は汎用蛍光灯として最も演色性に優れたタイプである。)で、色温度を3000k, 5000k, 7500kと変えて検討すると、随伴性陰性変動は低色温度で明らかに小さい(図1)。赤っぽい光は精神的な緊張がより少ない光であることが支持されるのである。

光の色温度の要因は自律神経系にも影響する。心臓拍動のゆらぎ(Heart Rate Variability)は自律神経系の緊張水準を反映する、その様子はパワー・スペクトルで観察することができる(図2)。0.3ヘルツ近傍の高まりは、呼吸性洞性不整脈に関連して出現する成分と考えられている。したがって、respiratory sinus arrhythmiaの頭文字を取ってRSAと略称される。総合的には、副交感神経が強く活動するほど増加すると結論できる。0.1ヘルツ近傍の成分は、動脈圧のMayer waveと関連した洞性不整脈に関連して出現する。したがって、Mayer wave related sinus arrhythmiaの頭文字を取って、MWSAと略称される。発生メカニズムには交感神経と副交感神経がともに介在する

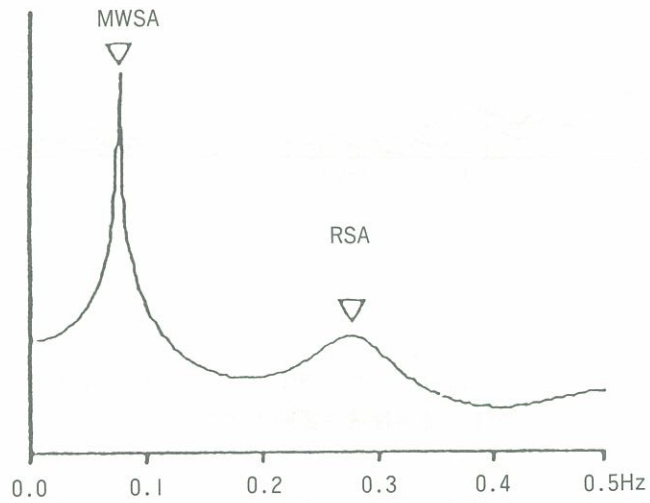
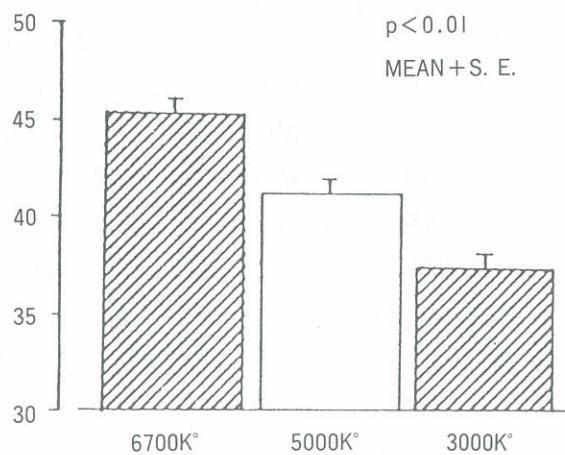


図2 心拍変動のパワー・スペクトル



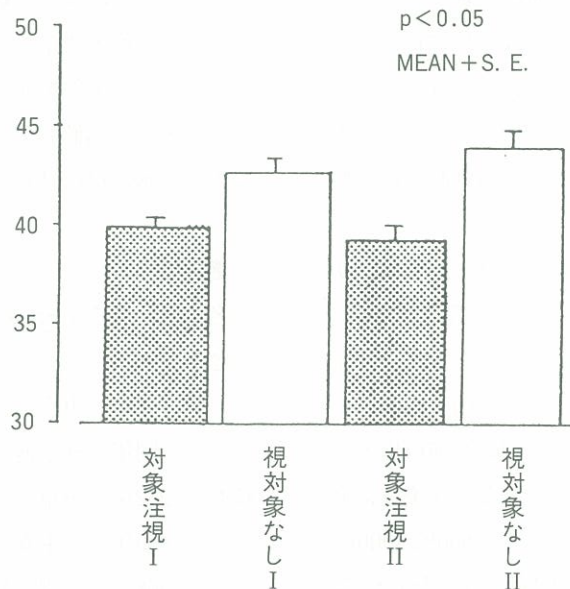
(H, Mukae & M, Sato 1992より) 3000Kで明らかに小さい

図3 心拍変動RSA成分の比較

とされている。

3水準の色温度(2900k, 5000k, 6350k)と3水準の照度(100Lx, 300Lx, 900Lx)を組み合わせた合計9種類の照明条件で、心拍変動のパワー・スペクトルを求めると、高色温度光ではRSA成分もMWSA成分もより大きくなる(図3)。白っぽい光では自律神経の興奮

が昂進することが示唆される。しかも、視対象を注視しているときよりも、眼を何気なく空間に走らせているときに、その影響が特に大きい(図4)。タスク照明としてよりも環境照明あるいは雰囲気照明としての影響が大きいということになる。心拍変動による評価は色温度が高いと、自律神経系の活動が大きく



(H, Mukae & M, Sato 1992より)

図4 心拍変動の0.3Hz成分の比較

なる。

注意集中の指標としてFm $\theta$ が提唱されている。すなわち、精神作業などで注意が集中するほど、前頭正中部 (frontal midline FM) から導出した脳波に $\theta$ 波 (4~8 Hzの波) 成分が増加する現象を注意集中の指標とし得るという見解である。2900k, 4900k, 6600kの3色温度条件でVDT作業を行わせて、Fm $\theta$ を比較すると、6600kの高色温度条件でFm $\theta$ は明らかに少ない。高色温度光は緊張を強いるが、その興奮は注意の集中とは異質のものであることが示唆される。

#### 快適性のメカニズム

やすらぎ効果があり、しかも、精神的な集中にも向く低色温度光、つまり、赤っぽい光が評価される。低色温度光は家庭のやすらぎの照明に留まらない。オフィスの最大の問題

は過剰刺激にある。無用の刺激を減少する低色温度照明には仕事の効率を高めることが期待できる。電球色照明では子どもたちが静かに勉強し、高色温度照明の教室では騒々しくなるという観察結果が発表されている。低色温度照明で静かに集中できるのは小学生だけではない。

快適感は脳で生まれる。快適さを生む中枢は自己刺激法という方法を用いてネズミで発見された。脳のあちこちに電極を埋め込む。ネズミがレバーを押すと、どれかに電流が流れる。1, 2回押しただけで止めてしまう場合と、際限なくレバーを押し続けるときがあった。刺激された部位が快感を生むときにはレバーを押し続けると考えられて、その部位は快感中枢と名づけられた。快感中枢は、魚にも、鳥にも、犬にも、猿にも、また、人間にも存在することが確かめられている。

人間の快感中枢の自己刺激実験がアメリカで行われた。脳のいろいろな部位に電極を埋め、ボタンを押すと弱い電流が流れる。どこを刺激するかは被験者自身が選択するのである。結局、快感中枢のあたりの刺激が最も好まれた。

自己刺激法で頻繁に刺激される部位は、かつて、情動回路として注目された部位である。これに関連して、近年、脳波のトポグラフィを用いて、左右の半球の活動を比較し、 $\beta$ 波(13~25Hzの波)が不快感が強いほど右半球優位に、快感が強いほど左半球優位に発生することが発表されている。2900k, 4900k, 6600kの3色温度条件でVDT作業を行わせて、左右両半球間で $\beta$ 波成分を比較してみると、6600kの高色温度光が不快な光であることを示す結果が得られた。

情動回路は内側前脳束という組織と一致することが知られるようになった。この組織にはノルアドレナリン系とドーパミン系の二つの系統がある。前者は、新皮質系に広範に繊維連絡があり、人それぞれの知識や経験に応じた価値観が快適感に影響するメカニズムの基本構造となっている。後者は、前頭連合野と結び、苦悩を乗り越え創造的な活動を快適と感じる機構である。快適感とは脳の広範な部分の活動の結果生まれるものであろう。そして、何らかの形で生じる内側前脳束の興奮が快適感の生起に直接的役割を演じると想像される。人間の内側前脳束は新皮質系と結ばれ、知的精神活動の影響を強く受けている。

快適な光の条件は単純ではない。低色温度光がやすらぎと集中をもたらす、不快な刺激の少ない性質を具えることは一般的な傾向である。浅く冴えた白い光は確かに不快な光で

ある。ただし、暖かい影をもたらす柔らかい光に室内装飾の哲学的意義を強調したり、闇に駆け込む光や陰翳を快と礼賛するような、人それぞれの価値観に応じた喜びを生む快適な光の追求は更に進んだ問題である。

#### 著者略歴

氏名：Masahiko Sato

学歴：1957年 東京大学理学部卒業

1962年 東京大学大学院博士課程修了

同年 理学博士

職歴：1962年 東京大学理学部助手

1965年 日本女子体育大学助教授

1968年 九州芸術工科大学教授

(生理人類学教室)

著書：人間工学概論(光生館)

環境人間工学(朝倉書店)

生理人類学概説(技報堂)

人間と気候(中央公論社)

日本人の体質(講談社)

人をはかる(日本規格協会)

委員：学術審議会専門委員(文部省)

高圧生理研究委員会委員長(科学技術庁、海洋科学技術センター)

日本生理人類学会会長等