総論[†]

専門会員 河合 悟*

1. 序 論

照明は、“人が見る”ということと非常に大きく係っている。光を作ることに関する技術水準は、現在相当の域にまで達しているのだから、光を作る方法よりはむしろ、どんな光を人は要求しているのかとか、省エネに沿って光を節約したら見るのにどのくらい支障があるかなど、光を見る人の側の問題のほうにより関心が向いてきている。

人の側の問題を解決するには、まず、光刺激によってもたらされる感覚や感情、すなわち、明るいか暗いか、まぶしいか否か、見えるか見えないか、どんな色に見えるか、快か不快かなど、さらに照明と関連しての作業能率、疲労、健康（目の機能、器質の障害など）などの問題を解明する必要がある。そして、これらの人間の感覚感情などには“程度”というものがある。たとえば明るさについていうと、明るいか暗いかのいずれかだけではなく“相当明るい”“やや暗い”などの言葉で表現されるように、強度の違ったイメージがある。このようなイメージの程度をはっきりと数量的に求めることは、長さを何センチメートルと測るように簡単にはいかない。このイメージの程度などが心理量であり、これを測ることについて以下順を追って述べる。

2. 物理量と心理量

物理量とか心理量とかいっても、それは物理学や心理学とは全然関係ないことで、人間が物事を理解するときの仕方の分類である。

物理量とは、客観的な存在物の属性に帰せしめるべき量である。

(1) 純粋の物理量

たとえば長さのように、木の枝でも何でもよいから何か一つの物を決め、その長さを単位として、測るべき物の長さはその何倍であるかで決められる。“何倍とは、単位になる木の枝を次々にくっつけて並べていくつ分であるかということである”とはっきり決められる。そこには人間の主観はほとんど全くはいらない。人の主観とは関係なく、これで測った値相互の関係を組み合わせて、ちゃんと家も建つし自動車も造れる。

(2) 心理物理量

光に関する量のようなもの、すなわち、人の感覚と無関係に処理できないので、少なくとも単位決定に際しては、人間の主観との関係を求めなければならない。この心理物理量は、ほぼ次に述べる(3)の量に似ているものである。測光量に関しては後述する。

(3) 擬似心理量的物理量

美人コンテストの順位とか、食べ物の味比べとか、一般に物の品評がこれに属している。優雅な富士山というとき、優雅さを見る人が感じているものであって、富士山そのものとは本来無関係なものであるが、優雅な富士山という限りにおいて優雅さは富士山の属性である。美人コンテストの場合も、審査者のイメージが唯一の計測手段ではあるが、決められた順位は、客観的存在物としての女性の美しさに付された値である。

心理量とは、人間の心理現象の種々相の属性に帰せしめるべき量である。これには、前記物理量のような形で、(1)、(2)、(3)と分けて記述する内容のものはないが、種々の点で、様子の違った次のようなものがある。

(4) 刺激量(物理量)で表現するのが都合がよい心理量

一般に人間の感覚そのものを、そのものだけで“これ”といって示すこと自体がむずかしいので、それを引き起こす刺激を持ち出してきて、これこれの刺激を与えたときの感覚という形で示す場合が多い（たとえば、60 Wの電球をつけたときの明るさ）。そうすることの基には刺激を決めれば感覚は決まるという前提がある。実際には順応とか対比とかいうように、周囲の条件や人間の側の条件で、同一刺激に対しても感覚は相当範囲変化するけれども、そのような条件を整理すれば、大体安定しているようなときは、日常生活でも刺激と感覚とをゴっちゃにして話したり、考えたりしている、というよりは、人間は不安定に変動する感覚を通して、一定不変の客観的物としての物や事象を見ようとしているから、刺激—感覚の関係が安定的な場合は、感覚そのものは意識の裏に回ってしまっていて気がつかない場合が多い。そして普通でないと思われるような事態が起こったときだけ気がついて、今まぶしいのは、暗い所から出て来て目が慣れないせいだというように、特例として処理している。このように感覚の強さを刺激の強さで指示するということは、必然的に感覚量を刺激量で表わすということになってくる。

† General Remarks

Satoru Kawai

* 中京大学

Technerの法則, $R = K \log S$ は, 刺激量(S)と感覚量(R)との関係を示した式であるとされているが, 本来はそうではなくて, 感覚は刺激を使わないと指示特定することができないから, 感覚を量で示したときは, 刺激量の対数を当てはめると合理的であろうと, 仮定された式にすぎない. $PV = RT$ における P と V の関係は, 気体の圧力 P と体積 V を二者の関係において, それぞれ独立に測って求めたものである. これと前者の式の作り方を比較すればこの意味がわかる.

(5) 刺激量(物理量)を使って表現できない心理量

人の好きさの程度とか心地よさの程度や, “やや” “相当” “非常に” など, 感覚の程度を表わす言葉が感覚上どのくらいの幅で使っているのかなどを知りたいときは, その量を刺激量を使って表わすことができない. AさんはBさんの2倍好きだといっても, AさんとBさんを物理量で測る術がないから, こういう場合には心理量(好きさ)を物理量に依存させて表わすことができない.

(6) 個人差で表現する心理量

知能, 学業成績, 社交性のようなものは, 個人差としてとらえるほうが都合がよい場合が多い. この場合, 個人差として目盛ることに対してだけ意味のある量というのも一つの量である.

(7) 人の反応の成績(物理量)そのもので表わす心理量

Visibility というような概念は, 一見主観的見え方のようにみえるが, 実は人の行動との関係のほうが強く, 作業能率, 作業ミス, 疲労などの側面から測ったほうがよい場合が多い.

3. 心理量の測定が一般的物理量の測定と違う点

(1) 心理量は直接測ることができない

物理量の測定では, 普通物差しを直接当てがってその量を測ることができる. たとえば, 長さの場合は物差しを測ろうとするものに当てがって目盛りを読めばよい. 山の高さや星と星の距離やアミーバの大きさなど, 非常に大きいものや非常に小さい物を測る場合でも, 何かを直接物差し(秤り, 時計も含む)で測り, これを基にして理屈に従って計算して求める. 理屈を正しいと認める限りは, 測定の責任は物差しを読み取る所にだけある.

温度の測定では事情がやや異なっている. 歴史的には, 人に寒暖冷熱の感覚を起こさせたり, 化学変化の速度などに影響したりする“何ものか”を温度とし, 特殊の物質を除いて, 物体は同一相(固体, 液体, 気体), 同一圧である限り, その体積は温度とリニアな関係にあると“決め”て, 物体の体積を測ることによって温度を測ったことにした. ここでは温度の実態(実体と現象を含めた概念)そのものは, 暗目裡には何かを想定していたとしても, 実際的には上記のように決めただけのものであるから, こうして求めた温度が, 種々の事態で矛盾を生じさせたとしても全く差し支えないことで, 矛盾を取り除くための補正值

を決めるなどして使っていけばよいことである. こうして使っている間に温度の本質を発見して, 新たにそれに基づいた温度体系ができるかできないかである.

以上のように, 長さの測定と温度の測定とはやや異なっているが, いずれにしても, 直接測れるものを測るだけのことであって, 上例の温度のような場合のように, 本質的なものを測ったことになっているかいないかは, 関知するところではない.

ところが心理量の場合は様子が全く異なっている. 感覚や感情などを測ろうとすると, 直接頭に計器を突っ込んで測る方法とはとてもありそうもないので(なくもないであろうが, たとえあったにしても同じこと), 何か間接的な方法で求めることを考え出すより仕方がない. といって, 上例の温度のように何でもよいから何か測れるものを測って, その値から割り出した値をもってそれを測ったことにするとしても, その割り出し方が本当らしくない限り役に立ちそうにない. 要はその心理量そのものが測れていなければならないのである.

(2) 測ろうとする心理量にどのように数量を付与するのが正しいかが確定的には決めにくい

物理量の場合には, たとえば5 cmに5 cmを加えると10 cmとなるということが, 実際に5 cmのものと5 cmのものをつなぎ合わせることによって実現することができる. 温度の場合でも熱容量の概念を導きすれば, 加法減法を実現することができる. しかし心理量の場合はこれが非常に困難である. たとえば知能が100の人が2人で物を考えるのは, 知能が200の人1人で物を考えるのと同じとか, おいしさ3の食べ物とおいしさ6の食べ物を一つ食べるのと同じとかいったら, 誰でもおかしいと思うに決まっている. といって他に“加える”とはどうすることかを合理的に決めることは, 簡単にできそうもない. とすると, 量を数で表わしてもその数値を足したり引いたりして確かめてみるということができないから, いろんな人が或る量に勝手な数値をつけても, どれが正しいかの決め手がない. といって, 学校の成績が一番とか二番とかいうような順序だけを表わす値数では満足できない場合が多い.

(3) 誤差が大きい

物理量の測定の場合は, 一般には必要に応じて測定値の誤差の範囲を自由に加減できる. できない場合でも誤差の範囲を考慮して, 不都合の生じないようにその測定値を使っている. これに慣れ過ぎているため, 有効けた数というわけのわからない概念を, 何の疑問を持たずにわかったつもりで使っている人が多いし, それで大した支障もないようである.

心理量の場合には事情が全く違っている. この場合には一般に測定誤差の範囲が非常に大きい. 誤差範囲が大きいとは, 目的とする用途に対して十分精度のいい値が得られないということである. このためになるべく誤差を小さくすることと, 不確定な値を不確定のまま上手に使う工夫が必要となってくる.

測定誤差をなるべく小さくすることについて。

ある一つの事象の値を求めようとして測定を何度か繰り返した場合、その測定値は一般に多少ともばらつくものである。このばらつきは、本来幅のある値を一点であると思っ
て測定していることによる場合と、測定すべき事象の値は一点であるけれども、測定に際してその値を変える原因が他から働いて起こる場合とがある。後者の場合は、前も
ってわかっている原因はなるべく除去するか、あるいは除去できないときは、その原因による変動量を他の手段で調べてその分だけ補正すればよい。それでもなお値がばらつくときは不明の原因によるものとし、偶然誤差として処理する。心理量の測定には、測定値をゆがめる原因となるような条件がわかっているもの、わからないもの、取りまぜてたくさんありそうである。わかっているものでもその条件によるゆがみを取り除けないときには、普通その条件を固定させた形で測定がなされている。この場合はこれが非常に問題で、こうして求めた値は、真の値から一定方向にずれたものとなるのに、そのずれを補正する値が求められないか、あるいはもっとひどい場合にはそのこと自体に気づかない。

4. 心理量の測定

心理量とは、さきに述べたとおりの心の中の出来事に関する量である。これは普通“主観”といわれるようなもの、すなわち、明るさ（感覚）、快適さ（感情）、食べたさ（欲求）のように、それを感じている本人が意識しているものと、本人にもよくわからないもの、すなわち、頭の良さ、虫のいどころ、やさしさ、などがある。疲労などは本人が“くたびれた”という意識がある場合もあるが、気がつかないで過労となり病気になることもある。

本人が意識しているものについては、その意識を内省してもらって、量的にどのくらいかを言葉で報告してもらうことができると一見考えられる。しかし、それはそう簡単にはいかない。すなわち、

(1) 意識そのものが本当か

これは、本人の意識そのものだから本当もうそもないようであるが、たとえば二つの音が同時にになっている場合、一方に注意しているときは、他方はよく聞こえていない。この聞こえていない音については、感覚としては聞こえているけれど、よくわからないのか、もともとよくわからないように聞こえているのかは即座には決定しにくいから、このようなレベルで考えるなら、意識は必ずしも信用できない。

(2) 内省が正しくできるか

自分で自分の意識を観察するのだから、その仕事をする分だけ意識が変化する可能性が大きい。また二つのものを継時的に比較する場合は、少なくとも一方の表象は記憶表象であるから、直接的表象とは違っている可能性が大きい。また内省による量的判断の精度は非常に悪そうである。

(3) 言葉による報告をどのようにするか

量的判断を他人に伝える言葉は、“わずか”“少し”“やや”“相当”“大分”“ずい分”“非常に”等々である。これでも量を表わしているが、あいまいであって、このままではとても数をあてはめることはできそうもない。そうかといって、ある感覚を量的に内省させて、それを300とか500とかいような数で報告させることもできるが、それは感覚そのものの内省のほかに、感覚そのものの量的判断と、数の量的判断との比較判断という別の仕事がいっており、それが正しいか正しくないかが、もう一つの問題として残る。

言葉による質問に対する言葉による報告そのものが、すなわち測定であるとするとは、“他人が感じる赤は、自分の感じる赤と同じかどうかかわかるべきがない”ということと同じ問題が最後まで残るために、この方法はあくまでも次に述べる客観的反応を手掛りとした測定による確かめを必要とし、報告そのものを測定として処理する場合でも、これは客観的反応の処理とみなすべきものであり、その確認を前提とする。

動物に、二つのものの弁別実験をして、この二つのものに対して区別反応ができれば、その動物は二つのものの違いがわかったことになる。どうしても区別反応ができない場合は、二つのものを弁別できたかできないかはわからないけれど、一応弁別できなかったことにしておく。犬が色盲であるというのは、この方法によっている。二つの色を使って、一方の色の合図があったとき、何か人が決めた反応（たとえば、レバーを押す）をしたら餌を与え、他方の色のときは、同じ反応をしても餌を与えないというような訓練をして、もし犬が一方の色の合図のときだけその反応をするようになれば、犬はその2色が区別できたことになる。ところが、犬はどうしてもその2色に対して区別反応ができるようにならない。これは、犬が2色を違った色に感じているのに、ばかだから区別反応を覚えなくても知れないけれど、他の刺激を使って、同種の実験をしたときには、ちゃんと区別反応をするようになる場合もあるから、たぶん犬は色を区別できないのだろうとするのである。

人間に対しても同種の実験をして、何が区別できるかを調べるべきかもしれないが、言葉を使えるので実験を簡略化したのであるから、人間の実験の場合“AはBより明るい”といったとしても、これはそのときその人は“AはBより明るい”と思ったかもしれないが、その人が“AはBより明るい”と感じたと断定してはいけない。AB2光源の明るさの差をいろいろに変えて比較させてみると、ABの差が十分大きいときは、正答率がほぼ100%（いつでも同じ答えをするという意味）だけれど、差が小さくなると（必ずしも小さいとは限らないが、ある一定の差のとき）Aのほうが明るいといったり、Bのほうが明るいといったり、めちゃくちゃになってくる。答えのこの分布を見て、弁別いき（どのくらいの差を見分けられるか）や、同じと

感じるのはどれとどれかなどを決めるのである。

ただ、いちいちこのようなめんどろな手法を使わなくても、人の報告をその言葉の内容どおりに信じてしまっても、大体大丈夫であることがわかっており、かつ誤差範囲があまり問題にならないときは、答えの内容そのままを信じて処理することもある。また、いちいちいろいろな刺激を見せて聞く代わりに、人に刺激（たとえばAB二つの光源）の強さなどを直接加減させて、同じに感じるように調節させるやり方もある。これも飽くまで、前記犬の実験のような実験基礎を踏まえての簡便法であることを忘れてはならない。このことは、以後述べることにしても同じであるところか、人に複雑なむずかしい、あるいは一見無理な判断をさせるときほど、このことは大事なことである。

犬の実験と同じレベルで人の報告という反応を手掛りとして、感覚などの量的変化の程度を測るには、大、少、等しい（不明）の3種の反応（正しくは大、小2種）があるだけであるから、報告された言葉の意味内容からだけでは量を扱う糸口すらない。しかし、その反応の分布状況は、感覚の差の大きさと関係しているらしいと思われる。感覚は、心の中の出来事で、客観的に知る由もないが、測定実験という狭い糸の中では、刺激が一定なら、それによって起こる感覚も大体同じであると仮定しておき、正答率から決めた幅で目盛っていくことができる。Weber-Technerの法測や、一対比較法、系列カテゴリー法による目盛りづけはこの原理によっている。

以上大小の比較は、たとえばひもを二つに切ってどちらが長いとか、同種の白熱灯を二つ点灯してどちらが明るいかなど、比較すべき属性以外の条件が全く等しいような場合は比較しやすい、また、自信を持って判断できる感じがする。しかし、次に示すようなものについても大小の比較ができなくはない。すなわち、

- (a) 白熱灯とけい光灯の明るさ
- (b) 赤色光と黄色光の明るさ
- (c) AB2光源の明るさの違い方と、CD2光源の明るさの違い方
- (d) 光の強さ（明るさ）と音の強さ
- (e) 40 Wの白熱灯の明るさと300という数
- (f) うでが1本なくなることのいやさと、一億円もらうことのよさ

これらの比較は、たぶん番号順にむずかしいであろうが、それでも人は日常生活でこのような比較をし、その判断によって行動を決定しなければならないときがしばしばある。事実、視感度は、色の異なった二つ以上の光の強度の比較が基礎となっている（フリッカ法はやや異なる）。色差、明度差を測るには、(e)の判断を基礎としている（そうでない場合もある）。また、direct estimationの手法は(d)、(e)の判断を基礎にしている。だが、人がある感覚の強さを数で表現したからといって、その数がそのまま即感覚そのものであるとする考え方は正しくない（現在そのような処置をしている人が少なくない）。

5. 測光量について

さきに述べたとおり、人間の思考の普通の型として、光は人に視覚を起こさせる“何か”であり、光があれば見え、見えるのは光があるからだと考えようとする。光とはそのような物理現象であると考えがゆえに、光は電磁波であることがわかった現在でも、その電磁波のうち、人に見える部分だけを光とし、しかもそれを量として扱うときは、人間の感覚にあわせて同じ明るさ感を起こさせる光はすべて、同じ強さの光であり、同じ強さの光は、同じ明るさを感を起こさせ、かつ加法減法も成り立つようなものであってほしい、あるいは、であるべきである、と考えようとする。

ところが、電磁波のうち目に見えるのは、波長がほぼ360~780 mμの非常に限られた範囲であり、その範囲内でも、それに対応する視細胞が多様であり、波長によって異なった色として感じられるし、感度も全く異なる。このように複雑な光と視覚の関係から、上記の条件を満足させるような強度という一次元的物理量を、単純に求めようとすることは非常に困難である。というよりは、本来不可能なことであろう。

今、音について考えてみる。音は耳に伝わる振動であり、これに対応して聴覚がある。振動のうち、人間に聴覚として感じられるのは、大体20,000振動/秒までであり、この場合も光と同様に、この範囲の中間で感度が高く、両端で感度が低い。また、年などにより可聴範囲が非常に異なるなど個人差も大きい。そして強度に対する量的印象も漠然としているので、聴覚を起こさせる原因となる物理現象として音を考えて、光の場合と同じように、比聴感度曲線を求めるなどして処理しようとしても、大して役に立ちそうもないし、とてもできそうもないので、全く大ざっぱな測定で満足している。ところが発達のみにて、視覚は聴覚に比べてはるかに分化がいいので、もともと光対視覚の対応がきちんともある、と勘違いしてしまっている。

ところが、たとえば比視感度なるものも大ざっぱな値だし、どのくらい信頼できるものかの限界もはっきりしていない。また、この視感度があらゆる強度レベルで維持されるかどうか不明だし（薄明視は除外したとして考えて）、電磁波エネルギーに比視感度を乗じたものを、波長について積分したもので光の強度を表わしていいのかわかぬ、実は相当あやしい。もともと人の視覚対光という関係で光を定義すると、それは他の現象と光との関係、たとえば、植物に対する光の影響光化学反応、写真フィルムの感光などには対応がつかない。

そもそも、光を純粋物理的な存在と認識しようとするなら、視覚とは無関係な物理的存在とし、計量も全く視覚とは無関係にしなければならない。そして、現在問題となっている視感度、加法性などの問題は、光が人間にどう見えるかの心理学の問題そのものであることを、あらためて認識しなければならない。誰でもそんなことは百も承知であ

るといいそうであるが、百も承知という人ほど再考が必要であろう、とはいっても、現在用いている測光量を廃止せよという意味ではない。ただ現用の測光量は、電磁波全体から虫食い的にとってきた値の合計であるから、この量は、視覚を離れてまったくの客観的存在としての光の実体を、明確には伝えていない（たとえば、目に見える光としても、分光組成はわからない）し、また、そうかといって、視覚との関係も、ぴったりとは辻つまがっていないということ、その経緯からはっきり認識してほしい、ということである。

たとえば、比視感度一つをとっても、順応レベル、色対比、色順応、明暗順応、視対象の大きさ、網膜上の位置、提示時間、観察の仕方、個人差等々、測定値を変動させる

多くの条件があり、これらを統制し、統一的解答を出すことは非常にむずかしいために、現段階では、これらの条件を全部ひっくるめての誤差範囲を明らかにして、これより小さい差については云々せず、適切な大ざっぱで使うことがたいせつである。事実、輝度計そのものも、人間の比視感度に“だいたい”類似したフィルタを使っているだけである。

現在多くの研究者が行なっている測光上の議論は、人間の視覚がいかにあるかという心理学上の問題としては大いに意味があるが、測光上の問題を解決するという方向に対しては、ほとんど貢献しそうなものない。あるいはもっと極言すれば、やたらと事を煩雑にしているだけかも知れない。

(受付1981年9月17日)

新製品紹介

電子技術を用いた住宅用照明器具 《セイビック》

日立照明㈱は、高照度化の進む住宅用照明器具に最適な、点灯回路の一部に半導体スイッチ回路を採用し、「省エネルギー」と「瞬時点灯」を同時に実現した《セイビック》を開発、発売した。

これまで、40 Wリングライトを点灯するためには、200 Vの回路電圧が必要であった。したがって、100 V電源で40 Wリングライトを点灯する場合には、漏洩変圧器式安定器を使用しなければならなかった。しかも、40 W用漏洩変圧器式安定器は、30 W用チョーク安定器に比較すると、安定器損失、安定器重量が約2倍となっていた。

これに対し、《セイビック》は半導体スイッチ回路の働きにより、100 Vで昇圧せずに40 Wリングライトを点灯できるようにし、省電力、軽量化を図ったつり下げあるいはじか付け器具である。

<特長>

(1) 18%節電、24%効率アップ。

半導体スイッチ回路の採用により、安定器損失が従来形の1/2以下になり、器具の消費電力は18%低減され、24%の効率アップがはかれる。

表1 性能比較 (当社比)

	80 Wセイビック	90 W器具	比較
明るさ (lm)	5,100	5,010	80 Wで90 Wなみ
消費電力 (W)	89	108	18%節電
効率 (lm/W)	57	46	24%アップ

(2) 80 W器具なのに軽量で、うす形である。(当社比)

半導体スイッチ回路の採用により、安定器重量は従来形(当

「セイビック」回路

RPS 8601 EGN

社品)の約1/2となる。したがって、すっきりとしたうす形の軽量設計で、取り付けも簡単にできる。

(3) 瞬時点灯です。

半導体スイッチ回路は、ランプ始動時にはスタータとして動作するので、ランプ始動に要する時間は約1秒と短くなっている。

(4) 80 Wなのに90 Wなみの明るさである。(当社比)

32 Wランプと40 Wランプの合理的な配列に加えて、32 Wランプを40 Wにパワーアップする日立独自の工夫で、明るさアップをはかっている。

(5) 低電圧(100 W)で点灯する。

安定器出力電圧が100 Vなので、より安定性の高い器具になった。したがってアース工事も不要である。

(問い合わせ先 日立照明株式会社営業企画部 電話255-5251)
(〒101 東京都千代田区神田佐久間町1-11 (産報佐久間ビル))