

## 〔手 技〕

重量感覚におけるウェーバー比に及ぼす  
二、三の要因について

東京女子医科大学第II生理学教室 (指導: 菊地謙二教授)

東京女子医科大学学生

福井 尚見・金子 篤子・大久保ゆみ・佐々木頼子  
フクイ タカミ カネコ アツコ オオクubo ササキヨリコ

(受付 昭和51年 8月12日)

**Some Factors Affecting Weber Fractions in Weight Sensation****Takami FUKUI, Atsuko KANEKO, Yumi OHKUBO and Yoriko SASAKI**

Medical Students, Tokyo Women's Medical College

Although there are many results which indicate a considerable departure from the linearity of Weber's law for most sense modalities examined, still this law has been shown to be applicable to the results of some psychophysical and neurophysiological discrimination studies on some sense modalities within certain ranges of stimulus intensities.

In this report Weber fractions and experimental procedures which may affect them were studied in the psychophysical discrimination experiments on weight sensation between 20 and 400 g in five normal subjects.

The fractions were ranged between 0.04 and 0.07 when experiments were carried out using 300 ml beakers for the vessels of weight under the instructions in which the subjects touch their upper arms on both sides of their trunk and the vessels were placed in the middle part of palms. The fractions were generally larger than these values when of smaller vessels (50 or 150 ml beakers) were used, or the backs of thier hands or elbows were placed on a desk during weighing. It was also found that the fractions obtained from the experiments when 50 ml beakers were placed on the middle part of their palms were smaller than those from the experiments in which they were put on both fingers and palms. The differences in the values of these fractions even within the same range of the intensity of standard stimuli were discussed.

従来ウェーバーの法則は、多くの感覚に関する精神物理学または神経生理学の実験の結果、広い範囲の刺激強度について成り立たないことが議論されている (Werner, G.: 1974<sup>5)</sup>, Stevens: 1951

2<sup>2)</sup>).

しかし今なお、ある種の感覚器または感覚に関する実験成績中で、ある限られた強度の刺激に対する応答や弁別閾について当てはまることが示さ

れており、この意味において広く引用されている感覚生理学の基本概念の一つと見なされる。

重量感覚に関してウェーバーの法則が成り立つかどうか検討することは、学生実習中、典型的な感覚に関する項目として、従来取り上げられてきた。しかし実験に際し、十分に細かい手技上の指示がないままに行われてきた例が少なくないと思われたので、結果を考察する上で疑問点がいくつか残った。

本報告は、上の重量感覚におけるウェーバー比を指標としてそれに及ぼすと予想される手技上の問題点：1) 基本重量の範囲、2) 負荷の容器の大きさ、3) 実験中の手の位置や状態、4) 重量のかけ方を取り上げて実験を試み、これらの点がどのようにその比に影響を及ぼすか考察を進めた。

## 方 法

一航的な方法をまず述べる。底面と重量（固形パラフィンにて一定重量とする）の等しい2つのビーカーに負荷（水または分銅）を入れ等重量とする。被検者は両手を体側に軽くつけ、肘を軽く曲げて手をさし出すような姿勢をとる。両掌上の同じ位置に印をつけ、2つのビーカーを同時にそこへ置く。両手を数度上下させたり、ビーカーを左右取り換えたりして左右の重量が等しいことを確認する。等しいと感じない人は被検者として不適当である。両方のビーカーを同時に掌上から取り上げ、一方の負荷を増または減量後、同時に両掌の同位置に置く。初め増減の幅を大きくし、しだいにせばめていつて、弁別閾（just noticeable difference, 基本重量Rに対して感じる最小の重量差） $\Delta R$ を求める。Rが変わるたびに、同様の操作を繰り返す。この場合、常にRの重量にしてある標準のビーカーが1個あると便利である。 $\Delta R$ の測定の最小単位を0.5gとする。誤った判断や判断のつかない場合は、増または減量を続ける。このような方法で、ウェーバー比 $\Delta R/R$ を求める。また被検者には、以上の操作を見ることのないように目を閉じるよう指示した。実験にあたっては、静かな、隔離された場所で行なった。

1) Rの測定範囲と容器の大きさ：測定範囲はR=20~400gに定めた。掌上に置くため、大きさを300ml以下の容量のポリビーカーとした。負荷は特にsetした

分銅3 series 24 setsを用いた。増量分は上血天秤の分銅を転用した。

標準 series 50 100 150 200 250 300 350 400(g)  
 増量 series 50 100 150 200 250 300 350 400(g)  
 減量 series 40 90 130 170 220 270 310 360(g)  
 減量 series は、8 setsの標準 series から、弁別閾より多めの値を各々減じた。

また、容器の底面積の大きさによる差異を知るため、50ml容量と150ml容量のポリビーカーを用いて、R=20~140gについて同様な測定を行なった。負荷は水を用いたが、50mlのビーカーの場合、ビーカーと水の重量がRに満たないものがあるので、分銅を併用して重量を調節した。

2) 負荷方法：a) 重量の増減が左右いずれの掌上のビーカーで行われるか、被検者は予め知らされている。増減は、右のみ増量、左のみ増量、右のみ減量、左のみ減量の順で行なった。b) 重量の増減が左右いずれの掌上のビーカーで行われるかはat randomで、被検者には知らされていない。

以上2つの方法は、増減の状態を被検者に教えるか否かという点で異なるが、両者から得られた結果は大差なかったため、b)の方法で行なった。

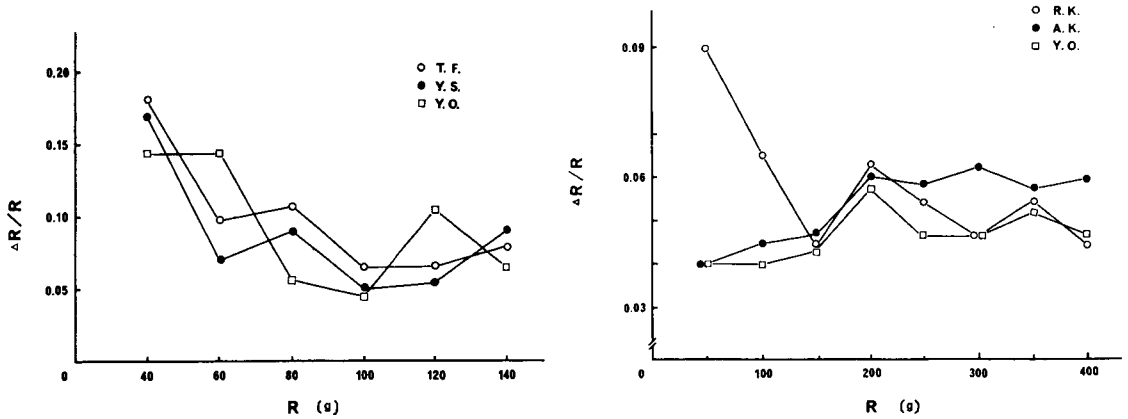
3) 上肢の関節および筋肉の状態：一般的方法で述べた姿勢で行なったが、a) 肘を机の上につけ両手をさし出す。b) 手背を机の上につける。a) b) 2つの姿勢での結果を比較する。

また、掌上にビーカーを置く場合その位置を、掌の中央の凹み、中手の2箇所を変えてその結果を比較した。

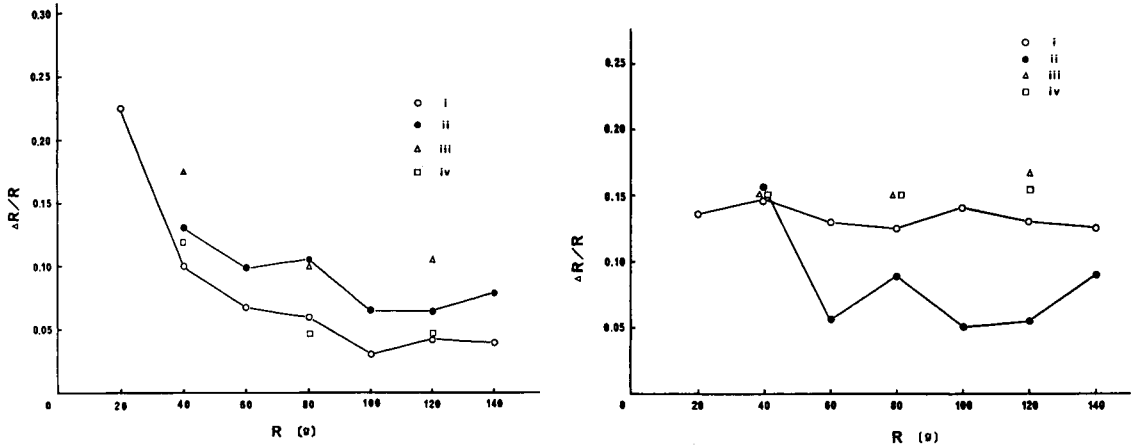
## 結 果

Fig. 1-Aに見られるように、Rを40gから140gまで増してゆくと、ウェーバー比は初め急激に、後ゆるやかに減少し、ほぼ一定になる傾向がわかる。すなわち、Rが40gの場合ウェーバー比は最大で、100gのときに最低となつた。しかし、40gの場合を除いて、ウェーバー比はほぼ一定とも見なせる。その値は0.05から0.10の間に分散している。

Fig. 1-Bでは、R.K.については、Rが小さい値50gの場合にウェーバー比は大きいのが、100g以上ではほぼ一定となり、一方A.K., Y.O.については、Rが50gから400gまでほぼ一定である。いずれにしてもRが50gの場合を除き、ウェーバ



**Fig. 1-A & B.** Plots of Weber functions of weight sensation obtained from 5 human subjects. Ordinate: Weber fractions. Abscissa: Intensity of base stimulus. Note the difference in fractions obtained from the same subject (Y.O.) between 40 and 150g in A and B.



**Fig. 2-A & B.** Relation between Weber Fractions (ordinate) and intensity of base stimulus (abscissa) obtained from 2 subjects (2A: T.F.; 2B: Y.O.) under different experimental conditions. 50ml beakers were used in all cases except ii). Both upper arms were slightly touched on both sides of the trunk in both cases of i) and ii). In iii) the backs of both hands were placed on a desk, while in iv) the experiments were carried out under the condition that both elbows were placed on a desk.

ー比は0.04から0.07の範囲にあつた。しかも、40gから140gの範囲でこの比を比較すると、Fig. 1-AよりFig. 1-Bの方が概して小さく、同一被検者(Y.O.)でも同様に小さいことがわかる。

Fig. 2-Aにおいて、T.F.の場合、50ml ビーカー(○)あるいは150ml ビーカー(●)を用

いるとき、感度は異なり、底面積の大きい150ml ビーカーを用いた方がウェーバー比は小さい。すなわち40gの場合を除いては、ウェーバー比は0.04から0.09の間にある。肘を固定した場合(□)に比べ、手背を机の上に置いて手を固定する場合は、ウェーバー比は増加した。腕を全く固定しない場合、ウェーバー比は約0.02小さくなり、5%

以上の減少である。Fig. 2-B の Y.O. の場合、Fig. 2-A の T.F. の場合と逆に 150ml ビーカー (●) より 50ml ビーカー (○) を用いた方がウェーバー比は小さく、その差は 0.035 である。また肘や手を机の上に固定した場合は、しない場合に比べ、比が大きくなっている。故にこの重量弁別の実験では、肘を体側に軽くつける以外は腕を固定しない姿勢で行う方法が適当といえる。

更に補足的な実験として、1) 被検者に予め左右の手における重量の増減について情報を与えておく場合と全く *at random* に行う場合の差。また、2) 50ml ビーカーを中手に置く場合と掌の凹みに置いた場合の違い。3) 50ml ビーカーの底の形によるウェーバー比の差。これを比較した。

1) の場合、両者のウェーバー比の差は 0.01 以内すなわち 4% 以下であり大差はない。2) については、両者のウェーバー比の差は 3% であり、やはり大差はない。3) でも、両者のウェーバー比の差は 3% であり、實際上無視できる。しかし、条件をなるべく一定にするために、どちらかに決めた方が望ましい。

### 考 察

さきに述べたが、いろいろの感覚について、少なくとも一般に刺激の弱い場合にウェーバーの法則の直線性からのずれが大きいと報告されている<sup>9)</sup>。従来よく取り上げられてきた重量感覚に関するウェーバー比については、実験手技上いくつかの変な条件があり、今回その二、三がこの比に影響することが判明した。

今回の成績中、一番少ない値は 0.04~0.07 の間に分散していた。これは他の感覚で得られた値 (文献 3・表 7-1) に比べると「光の明るさ」「音の強さ」の中間に位することになる。しかし光の明るさについても波長により異なり、比は 1/10~1/20 という値も報告されている<sup>9)</sup>。

負荷容器：従来しばしば用いられてきたガラス製のものでは、それ自体が重く (500ml ビーカー、約 150g)、基本重量の変範囲が狭く、直線性を検討するにも不適である。今回プラスチック

製のものを使用し、この要求にもほぼ応えられ、ビーカーを予め規定重量にしたことも実験時間短縮上大いに役立ち、だいたい 1 シリーズの実験を 2 時間程度で終了できた。被検者として良い状態にある時間は、この程度がほぼ限界であると思われる。

容器の大きさ：同一基本重量の範囲でも比の値が容器によつて異なる。重量の弁別は、両上肢の深部感覚からのインパルス発射のパターンと数の相違が中枢で弁別され得ることによると説明される。小さな容器の場合は、掌の広い範囲に負荷がかかる大きな容器の場合より、少ない深部感覚受容器からのインパルスが、より多く発射されることになる。被検者には容器の形が明瞭に判り、触圧受容器からのインパルスが深部感覚受容器からのそれに対し抑制的に働くのかもかもしれない。こうした抑制現象は体性感覚で指摘されている<sup>1)</sup>。50ml、150ml の容器で比較した場合、被検者により全く反対の結果が現われたが、手の大きさの個人差などによるのかもかもしれないが、この理由は推定し難い。

上肢の位置：上肢の位置により比の値が変化することは結果の示す通りである。肘を完全に体側から離して肩関節を動かした状態で、実験を R.K. について行なつたが、比は増大した。今回の実験では肘関節の位置に関係する深部感覚受容器からのインパルス放電が重要であることが判明した。しかし手背を机につけた実験においては、手を固定しない場合よりウェーバー比が、T.F. では 16%、Y.O. では 90% 増加していた。このことは、深部感覚受容器以外に皮膚の触圧受容器が重量の弁別に幾分なりとも関与しており、しかも容器が小さい場合は特にこの役割が増大しているとも考えられるが、この実験だけでは確定できない。

容器の位置：150ml、300ml の場合は掌の中央に容器を置いたが、50ml の容器で掌上に置く位置を変えた場合、掌の中央から末梢に移動すると比が増加した。この理由としては、中手指節関節に関係する深部感覚受容器にかかる刺激の強さ

の相違が考えられる。もう一つは皮膚の触圧受容器が関与するとすれば、掌の中央の方が、関する受容器の数が少なく、したがってインパルスの総数が少ないと想像される。なお、被検者 T.F. の場合、ウェーバー比が下がる実験条件下でかえって比が一定値を示したことは興味あることである。

以上幾つかの要因につか考察したが、いずれにせよ今回の結果は少なくとも上記の点に注意し実験を行う必要があることを示している。

### 要 約

多くの感覚において、ウェーバー比は一定でないということが実験結果より得られているが、ある種の感覚のある範囲の刺激強度においては、この法則があてはまるということが報告されている。

本報告ではウェーバー比と、それに影響を及ぼすと考えられる実験上の手技を、20～400gにわたる重量感覚の実験について5人の被検者を使って検討した。

300ml のビーカーを負荷容器として用い、被検者は体側に両手を軽くつけ、容器は掌の中央部に置いた場合、比は0.04～0.07の間に分布した。このウェーバー比は小さな容器(50または150ml ビーカー)を用いた場合や、測定中、肘や手

背を机の上につけておく場合の方が大きかった。また、50ml のビーカーを掌の中央に置いた場合の方が、中手(指と掌に半分ずつかかる)に置いた場合より小さかった。これらの手技上の相違により、同じ範囲の基本重量でさえウェーバー比に差異が生ずることについて考察を進めた。

終わりにあたって、終始ご指導下さいました第二生理学教室の菊地録二教授に深く感謝いたします。また、ご協力下さいました同教室の前田雅子、菊地祐子両氏に厚く御礼申し上げます。

### 文 献

- 1) **Békésy, G. von:** Sensory Inhibition Princeton University Press Princeton, New Jersey (1967)
- 2) **Stevens, S.S.:** Mathematics, measurement and psychophysics, S.S. Stevens (Editor): Handbook of Experimental Psychology, John Wiley & Sons, Inc., New York, Chapman & Hall, Ltd., London (1951) p. 1～49
- 3) **田崎京二:** 感覚のしくみ, 鈴木泰三・田崎京二・中浜 博: 共立全書 192, 生理学通論 2 初版 共立出版 東京 (1972) 2～5 頁
- 4) **附田 恵:** 色光における光融合と閾値と明るさの識別閾値との関係. 日生理誌 17 165～166 (1955)
- 5) **Werner, G.:** The study of sensation in physiology: psychophysical and neurophysiological correlations, V.B. Mountcastle: Medical Physiology Vol. 1 The C.V. Mosby Co., Saint Louis, (1974) p. 551～574

# 福山幸夫教授開講10周年記念論文集（I）

東京女子医科大学雑誌 第46巻 第10・11号（昭和51年11月）