

# 視知覚に於ける場の強さを 求める実験式について

内 山 道 明

## 目 次

ま え が き

- (1) 横瀬の理論式（ポテンシャル場）の実験的検証
- (2) 形の場の強さを求める実験式
- (3) 複数図形の場の強さについて
- (4) ケーラーの電流説の検証

結 び

## ま え が き

現象的世界の対応として脳髄中枢過程を考え、物理化学的性質をもつた大脳中枢の生理過程に心理現象の究極の説明原理を求めようとする態度は、心理物理的同型論①の構想の上に立つケーラー (W. Köhler) によつてとられてきました。アイソモルフィズム (Isomorphism) についての彼の劃期的研究は、そうした態度が個人の単なる空想によつて生み出されたものではないことを示しましたものの、それでも彼の構想はしばしば「大脳の神話」に過ぎないと酷評されてきました。それは今後、生物学者の協力によつて具体的直接的な検討がなされるまでは結局一つの仮設に過ぎないし、更に、そうした生物学者による大脳生理過程の研究は極めて困難であるという事情によるものだと思います。然し乍ら、近年、本川博士によつてなされた研究成果②などは、現に生理学者による協力がなされつつあることを示すものであり、ケーラーの仮設が最終的に証明されるのも、あながちはかない夢でもなさそうに感ぜられつつあるようです。

ともあれ、彼は、心理学の研究は必ずしも心理学独自の領域にとちこもる必要のないことを強調し、科学の重要な進歩はしばしば専門分野から他の分野への越境によつてなされることを信じて、アイソモルフィズムと言う大胆な仮想の下で、知覚の心理物理学的理論の建設に努めたのでした。③ 即ち、彼はもろもろの心理学的事象の機能的依存関係の事実を生理学的な事実であると解釈し、物理学や生理学についての知識を援用して、この依存関係の事実が証明できるような生物学的理論を仮設として構成し、その仮設から導きだされる心理物理学的事実を

再び現象的事実で検証すると言う手続きをとるわけですが、このように観察される機能的事実から構成される実在として大脳中枢過程を考え、生物学的あるいは生理学的領域に入つてゆくことによつて物理学や生理学の知識を援用することが出来るようになり、従つて、仮設的理論の構成も、又、その仮設を心理学的事実によつて検証する際に必要な仮設的理論の演繹も極めて容易になるわけです。研究を進める上でのこうした利点は、彼の構想について論ずる際に見のがすことのできない特徴をなしているように思われます。何れにせよ、こうした構想の価値は、研究の実際の収獲によつて決めらるべきものであることは言うまでもありませんが、このような考えの下で、ケーラーは知覚の心理物理学的仮設としていわゆる電流説というモデルを構成したのです。

知覚の領域に場理論的研究を導入したのがゲシュタルト心理学者であるケーラーであつたことは衆知のところでは。即ち、物理学に於いてかのフアラデー (Faraday) のとつた方法論的態度は、知覚に於ける心理物理的場の理論をとなえる彼によつて踏襲されたわけです。いろいろな心理学的事象の説明を試みようとしたとき、大脳生理過程での場理論的事象、即ち、連続的媒質の一部での事象は互いに関係しあつている諸部分の特性に直接依存するような仕方では他の部分の事象に影響を及ぼすものであると仮想せずにおられないように考えられたからに他なりません。こうした仮想は、今日では誰もが躊躇することなしに承認することが出来るようになった程、多くのゲシュタルト心理学者たちによつて、その仮想を裏づけるような数多くの心理学的事象が示されてきました。

然し乍ら、場理論もその理論が適用されるような媒質についてはつきりした仮定をたてず、また、互いに関係づけられた諸事実の性質や、そうした相互関係をひき起す現実の力について具体的な仮説を設けない限り、それ以上発展をすることができませんでした。云い換えれば、心理物理的な場の概念に具体的な内容を与えてはじめて場理論的研究を前進させることができると云うのです。先に述べたケーラーの電流説もこうした要望に答えて提唱されたわけです。そして、それは現象的事実によつてためされつつ、必要に応じて修正されてゆくものであることは云う迄もありませんが、ケーラー自身も、所謂「残教法」<sup>④</sup>によつて彼の仮設を検証するための数々の実験を試みています。なお、前にも述べたように、構成されるモデルが物理学的なものであることが、研究を進めるのに如何に生産的であるかは、こうした仮設の検証に実際にとりかかつた時、特に痛感されるものです。

さて、わたしたちが「視知覚に於ける場の力の強さの測定」<sup>⑤</sup>というテーマのもとに行つてきた実験的研究も、以上に述べてきましたような知覚に於ける場理論的研究の一環をなすものに他なりません。図形の周囲にボンヤリとした小さい光点を投射し、その小光点の刺激閾を測定すると云う所謂「光刺激閾法」で、横瀬教授の以前の研究<sup>⑥</sup>に引つゞき、図形の周囲の色々な場所での場の強さを測定し、いろいろな図形の場の力の配分関係をしらべてきました。従来も、こうした研究は輪廓線効果の研究として非常な関心がよせられ、輪廓線の場構造についての多

くの研究⑦がなされてきたのですが、それらの研究は質的な現象的記述によるものであつたために、輪廓線の場合の細部の点については依然として明らかにできず、心理物理的場の概念に具体的内容を与えると云うようなことは殆んど期待出来ず、従つてまた、ケーラーの電流説の是非についての検討も極めて漠然とした形でしかすることができなかつたわけです。こうした従来の研究の不備を補うために、場の強さを定量的に測定することを考え、然も、いろいろな図形について細部に亘つて場の強さを測定したのがわたしたちの研究に他ならなかつたのです。然し、図形の場の強さを定量的に測定したと云うだけで問題が終つたのではなく、結局さきの目的が果されるためには、それらの実験結果から数学的に構成された実験式を導き出すことが出来るくらい図形による力の場を徹底的に条件分析すると云うことが必要であることは云うまでもありません。ところで、そうした要求に答えて考案されたのが「形の場の強さを求める」横瀬教授の「理論式」⑧であつたのです。

即ち、教授はいろいろな形について測定した場の強さが電流の場の力についてのピオ・サバール (Biot・Savart) の法則と極めて類似した関係にあることに気付かれ、それを応用して一つの理論式を提案されたわけですか、果せるかなその理論式による計算値はわたしたちの実験値とも可成よく一致することは勿論のこと、更に、他の人たちによる図形の体制化についての現象観察の実験結果ともよく一致することを見出されました。こうした理論式が考案されたことは、一見つかみよるもないと思われた形の場の構造がある一定の原理の上に形成されていることを明らかにするものであり、従つて、又、教授みづから述べておられるように、従来、形の問題こそ心理的精神的所産だとして、兎角高次の精神作用を持ち出し勝ちであつたのですが、そうした考え方に最後のとどめをさすものでもありましょう。

とは云うものの、それには理論式がわたしたちの実験結果と細部にわたつてよく一致するか否かの厳密な検証が更になされなければならないことは言うまでもなく、又、この理論式がわたしたちの実験結果を最もよく代表する唯一の実験式であるかどうかを検討してみることも必要です。そして、更に、この理論式は輪廓線図形だけについての理論式ですから、一般に面図形についても妥当するような実験式を導き出して見ることが、この研究の発展であると考えられます。そこでこうした考えの下に続けてきた実験的研究の結果をこゝにまとめて報告してみたいと思います。

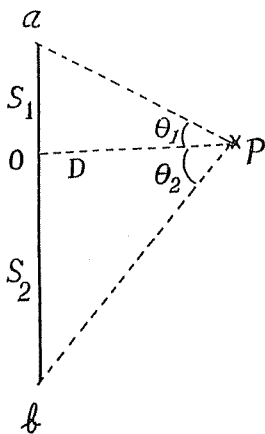
尙、ここに云う実験式とは、理論式が何らかの仮定の上に立つて構成された式であるのに対し、実験値から直接導き出された式のことを云います。

### (1) 横瀬の理論式 (ポテンシャル場) の實驗的検証

先ず、理論式をわたしたちの実験結果で検証することから始めることにします。ところで横瀬教授の考案された理論式\* は次のような仮定の上に立っていますが、もしこの理論式がわたしたちの実験結果を満足させるものであるとすれば、当然これらの仮定もわたしたちの実験で

検証されてよい筈です。その仮定と云うのは、形の場の強さは任意の場所に対する図形の微小部分の影響のある種の合成であるとして、即ち、図形全体の積分的影響であると考え、そして、その微小部分の影響力は距離の2乗に反比例すると考えられていることです。そこで、最初に、場の強さを図形の微小部分の影響のある種の合成であると考えることが妥当であるかどうかを示すような実験結果の報告から始めることにします。

なお、以下に引用される実験は、この小論を進めるためには、あるいは必要としないことからであつても、実験の結果として明らかにされた事項は併せて報告しておきたいと思ひます。又、それらの実験の装置や実験の手續については、わたしたちの前の論文⑥に報告した通りですから、ここでは省略することにします。



横瀬教授の示された理論式は次の通りです。

図のような線分について、任意の点 P での場の強さ  $M_p$  は、

$$M_p = b \frac{H}{D} \int_{-\theta_2}^{\theta_1} \cos \theta d\theta$$

$$\therefore M_p = b \frac{H}{D} [\sin \theta]_{-\theta_2}^{\theta_1}$$

$$\text{或は、 } M_p = b \frac{H}{D} \{ \sin \theta_1 + \sin \theta_2 \}$$

但し、 $H$  は線分の明照度、 $b$  は常数、

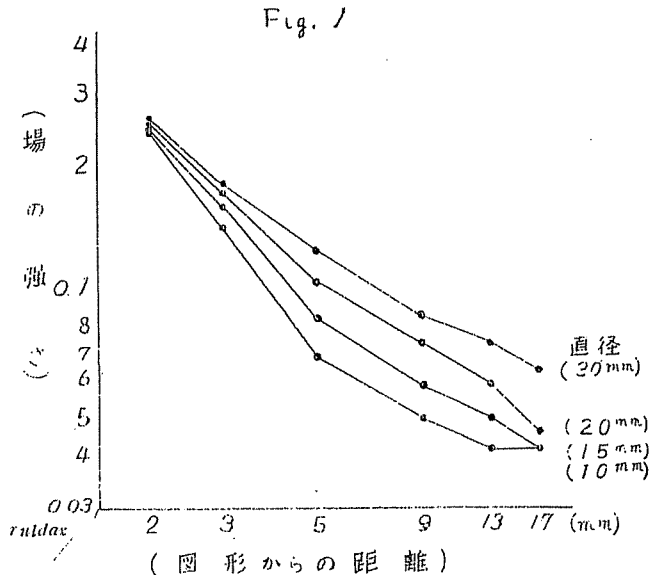
〔実験 1〕

目的 円の面図形について、図形の面積と場の強さとのあいだにどんな関係があるかをしらべようとする。

刺戟条件 直径 30, 20, 15, 10mm の円の面図形。図形の強さは 60 radlux。

測定箇所 各図形について、図形の右方、円周から 2, 3, 5, 9, 13, 17mm 離れた場所について。なお、光点は 2mm の直径をもっているがここに示す距離には図形の右端から光点の中心までの距離を指すことにします

結果 大きさの違う夫々の図形について、図形からの距離と場の強さとの関係を両対数グラ



フで示すと図1の通りであり、(1)図形の面積が小さい程、グラフの傾斜が急であり、(2)場の強さは図形の極く近くでは、面積の相違による違いが殆んどなく、図形から遠ざかるにつれてその違いが大きくなっています。

この場合、各図形の面積の比は36:16:9:4となつているので、図形の面積と場の強さとの関係を図示(図2)すると、(8)図形から

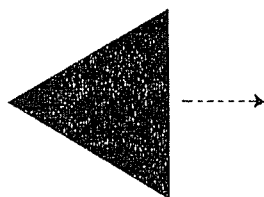
遠ざかつた場所ほど、グラフの傾斜が急になつていくことが分ります。

[実験2]

目的 図形の面積と場の強さとの関係を他の図形、即ち、正三角形についてしらべてみる。

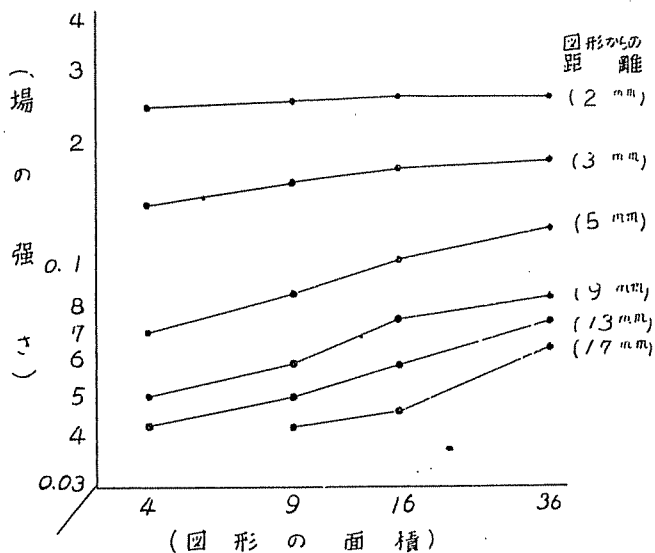
刺激条件 一辺40, 30, 20mmの正三角の面図形。

Fig. 3



示すと図4の通りであり、円図形の場合と同じように、(1)図形の面積が小さい程、グラフの傾斜が急であり、(2)場の強さは図形から遠ざかつた場所ほど、図形の面積の相違による違いが大きくなっています。

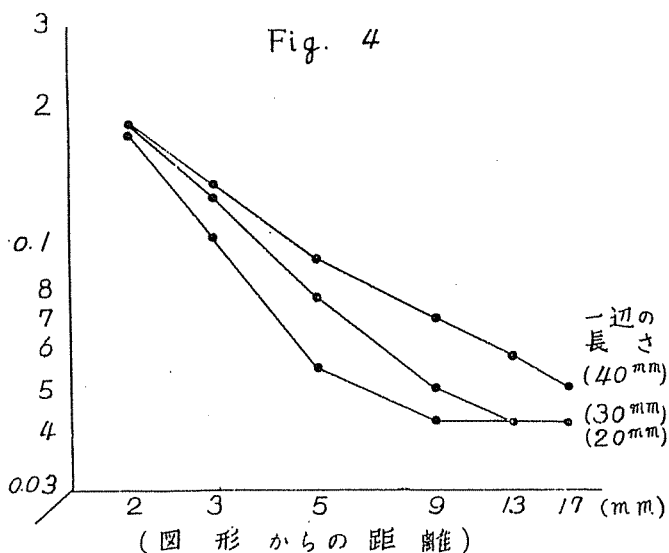
Fig. 2

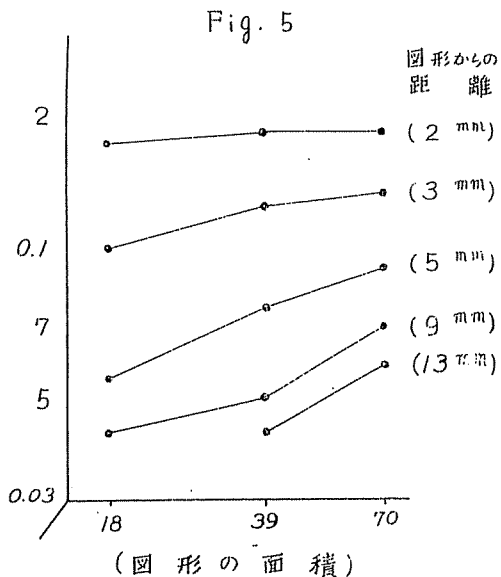


測定箇所 図3の方向、2, 3, 5, 9, 13, 17mm離れた場所について。

結果 各図形について、図形からの距離と場の強さとの関係を

Fig. 4





ところで、この場合、面積の比は70:39:18となつてゐるので、図形の面積と場の強さとの関係は図5の通りであり、(8)これも円図形の場合と同じように、図形から遠ざかつた場所ほどグラフの斜傾が急になつてゐます。然し、いま、図2と図5によつて図形から等距離の場所について比較してみると、(4)その傾斜は円図形の場合よりも一層急峻であるようです。

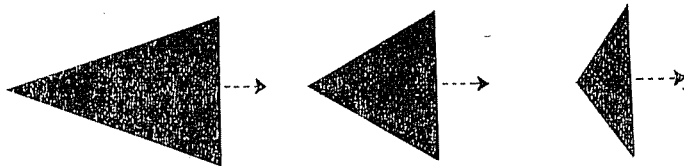
実験1と2から、場の強さは一般に図形の面積が増すにつれて大きくなり、図形から遠い場所程、その程度が著しくなるようです。同時に、又、図形の面積と場の強さ

との関係は円の場合と三角形の場合とは違ふようであり、場の強さは図形の面積が増すにつれて大きくなるといつても、図形の形によつていろいろ程度がちがつてゐるようです。そこで、その点をもつと掘下げるために、次の実験を行つてみることにします。

〔実験3〕

目的 図形の面積と場の強さとの関係を二等辺三角形について、図6のように底辺の長さを

Fig. 6



一定にし、その高さを変えた場合についてしらべてみる。

刺戟条件 底辺30mm、高さ50, 25, 10mmの二等辺三角の面図形。

測定箇所 図のような

方向について、それぞれ図形から2, 3, 5, 9mm離れた場所について。

結果 図7に示されてゐるように、(1)実験1や2の場合と傾向は大體類似してゐるが、図形の面積と場の強さとの関係を示す図8では、(2)図形から等距離の場所について比較してみると、直線の傾斜が正三角形の場合よりは勿論のこと、円の場合よりも更にゆるやかになつてゐます。

実験3から分るように、同じく三角形であつても、場の強さと図形の面積との関係は明らかに相違し、そして、それは測定箇所に対して両者の面積のふえ方が夫々違つてゐることに起因してゐるように思われます。即ち、正三角形の場合は図形全体にわたつて面積がふえてゐるのに対し、二等辺三角形の場合は測定箇所からずつと離れた方向に面積がふえていつてゐます。

従つて、先に形によつて場の強さと図形の面積との関係が違つてくるといつたその形の相違と云うのも、実は、形によつて図形の面積のふえ方が違つていたからであり、円と三角形との場合の相違も結局、両者の面積のふえ方が夫々相違していたのに起因すると考えられます。この様に(1)場の強さは図形の面積の全休量の単なる変化によつてではなく、図形の面積のふえ方に規定されているようであり、然も、その場合、(2)図形の面積の増減が測定箇所の近くである場合ほど、場の強さに顕著な影響をもたらすものであることが明らかになつたようです。

ところで、こうした事實は、わたしたちが場の強さについて考える場合に、先づ図形の微小部分を考え、場の強さを図形の微小部分の影響の合成として考えると云うことが、極めて適切であることを示しているように思います。従つて、そうした考えのもとに考案された理論式が、わたしたちの実験結果とよく一致すると云うのも、至極当然のことであつて良いわけです。

では、次に、図形の微小部分について、その影響力は任意の場所までの距離とどんな関係にあるかをしらべて見ることになります。果して、微小部分の影響力は距離の2乗に反比例するものなのかどうかを実験的に検討してみるわけです。

〔実験4〕

目的 円の線図形の大きさをいろいろと変えて、夫々の場合について、円の中心での場の強さを測定してみる。

刺戟条件 外徑 25, 20, 15, 10mm の円の線図形。線の太さは 2mm。

測定箇所 各円の中心。

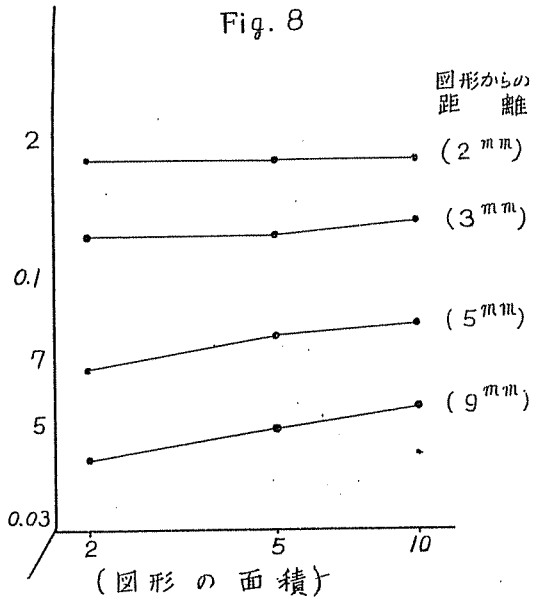
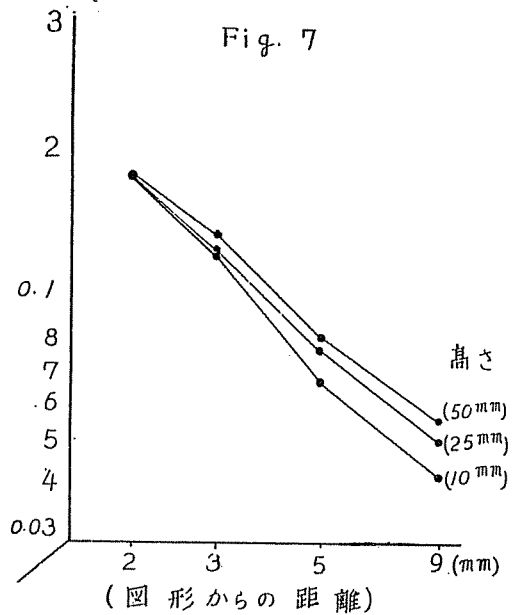
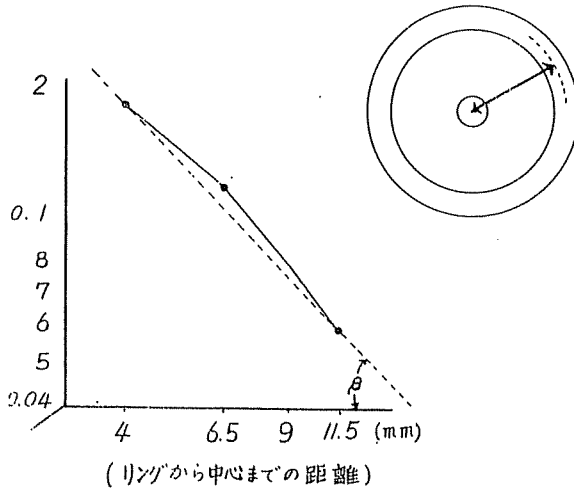


Fig. 9



結果 図9に示した通り、円の中心から輪廓線までの距離と、円の中心での場の強さとの関係を示すグラフは概ね直線となり、そして、その直線は横軸と約 $45^\circ$ の方向をなしています。

尚、この場合の横軸にとられた距離は、図のように線の中央から光点の中心までの距離です。

扱、いま、場の強さを任意の場所に対する図形全体の積分的影響として考えて見ることになると、次のような等式が得られます。

即ち、円の中心での場の強さを $M$ 、

円の半径を $x$ 、円周の微小部分を $d\theta$ とし、そして、微小部分が距離の $\alpha$ 乗に反比例すると、

$$M = \int_0^{2\pi} \frac{1}{x^\alpha} x d\theta$$

$$= \frac{2\pi}{x^{\alpha-1}}$$

となり、この等式の対数をとると、

$$\log M = \log 2\pi - (\alpha - 1) \log x$$

となります。ところが、図9の横軸と直線とのなす角を $\beta$ とすると、

$$\tan \beta = \alpha - 1$$

$$\alpha = \tan \beta + 1$$

となります。実験4の結果によると、 $\beta$ は大抵 $45^\circ$ ですから、

$$\alpha = \tan 45^\circ + 1$$

$$= 2$$

即ち、任意の場所に対する微小部分の影響力は、実験4の結果から、概ね距離の2乗に反比例することが確かめられました。このようにして、理論式の第2の仮定も実験的に検証されたわけです。

以上、検証してきたような二つの仮定が、理論式の根本的な考え方をなしているものだとすれば、この理論式による計算値が実験結果とよく一致すると云うのも当然のこと、同時に、この理論式がわたしたちの実験データから導き出される実験式であると云つてよいかも知れませんが、この点については後でもつと吟味してみることとします。なお、場の強さを図形の微小

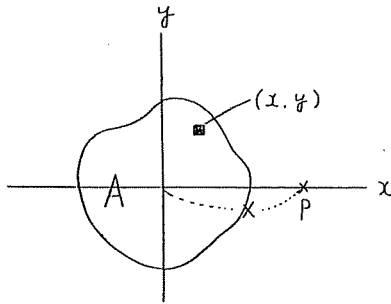


部分の積分的影響として考えることが妥当であるか、どうかと云う点について、ここではふれませんが、それについては後で、計算値と実験値が如何によく一致するかを見ることによつて理解することが出来ると思います。

(2) 形の場の強さを求める実験式

理論式を検証するための以上の考察で明らかになつたように、わたしたちの実験データによつて、場の強さを任意の場所に対する図形全体の積分的影響として考えることが妥当であり、そして、微小部分の影響力が距離の2乗に反比例すると云うのですから、一応次のような実験式を考えてみる事が出来ます。そして、この場合、面図形と線図形を質的に違つたものとして、それぞれ別の原理によつて、二つの実験式を導き出す必要はなく、線図形の場合は面図形の特珠なケースとして包含されるような一つの一般的な実験式を導出しさえすれば充分であると云うことも考えられます。

Fig. 10



と云うことも考えられます。

即ち、図10のような面図形について、任意の点 P での場の強さ M は、

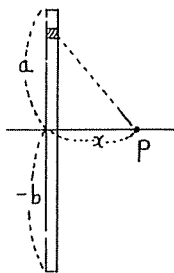
$$M = \iint_A \frac{c}{(X-x)^2 + y^2} dx dy \dots\dots(1)$$

c は常数。

積分範囲は図形の全面積。

によつて求められます。そして、(1)式の積分が x 軸なり y 軸なり一方向だけについてなされる場合が線図形に他なりません。従つて、例えば、図11のよう

Fig. 11



な線分の場合については、(1)式を変形することによつて、次の実験式が得られます。即ち、任意の点 P での場の強さ M は、

$$M = \int_{-b}^a \frac{c}{x^2 + y^2} dy \dots\dots(2)$$

によつて求められます。

なお、どんな形の図形であつても、積分範囲が變つてくるだけで、すべて、(1)式から求める事が出来るわけで(1)式が所謂形の場の強さを求める一般式に他なりません。ところで、これが実験式として適しているかどうかは、いろいろな図形について、実験式による計算値

と実験値がどの程度一致するかによつて決められるべきものであり、あるいは今後、これよりももつと適切な実験式が見出されるかも知れません。とに角、わたしたちの実験結果から導き出される実験式として、最も適切なものを選ぶために、ここで、もう少し実験式の検討を続けてみようと思います。

と云うのは、線図形の場合についての実験式(2)を横瀬教授の理論式とくらべてみると、勿論、式の本質的な点についてはではないが、次のような差異が見出されます。即ち、理論式は、

$$M = \int_{-b}^a \frac{a}{a^2 + y^2} \sin \theta dy \dots\dots(3)$$

であり、これを(2)式と比較してみると、理論式には  $\sin \theta$  が含まれている点が相異していることに気がきます。(2)式と(3)式とどちらが実験式として適切であるかは、どちらの式による計算値が実験値とよりよく一致するかで決められるべきですから、その点を吟味してみることにします。

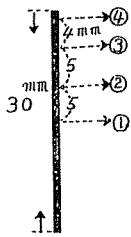
〔実験5〕

目的 線分について、周囲の場の強さを詳細に測定してみる。

Fig. 12

刺戟条件 長さ30mmの垂直方向におかれた線分。線分の太さは2mm。

測定箇所 図12に示された方向について、線分からそれぞれ2, 3, 5, 9mm離れた場所について。



結果 図13に示したように、場の強さは、(1)どの方向でも図形から遠ざかるにつれて小さくなり、(2)図形から等距離の場所では、線分の中央部ほど大きく、端にゆくにつれて小さくなっています。なお、図13の横軸の距離は、線分の中央から光点の中心までの距離がとつてあります。線分の太さが2mmですから、測定箇所の項に書かれてある距離より1mmずつふ

えているわけです。

ところが、(2)式と(3)式による線分30mmの場合についての計算値を実験5の実験値と比較するために、図14と図15にそれぞれ示しましたが、図によつて明らかのように、計算値は両式とも極めて類似し、然も、共に実験値ともよく一致しています。従つて、どちらの式による計算値が実験値によりよく一致するかによつて、どちらの式が実験式として適切であるかを定めることは、此の場合不可能でした。あるいは両式による計算値の相違が顕著にあらわれるような事態があるのではないかと考え、いろいろな図形について検討してみましたが、わたしたちの実験で確かめることが出来るほど著しい差が出る図形を見

Fig. 13

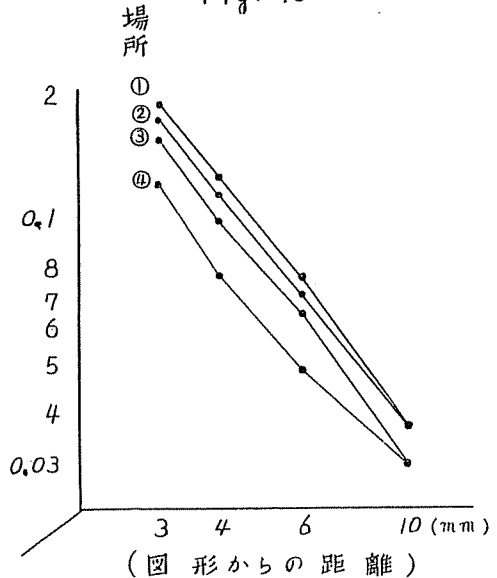


Fig. 14

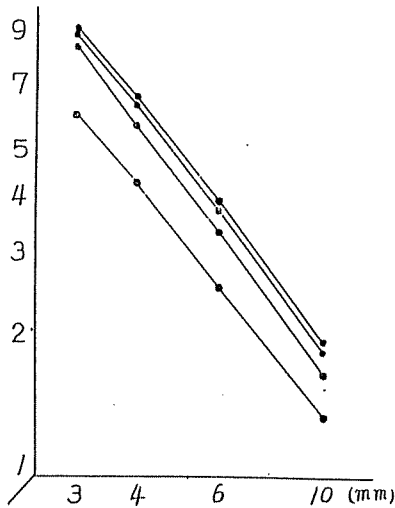
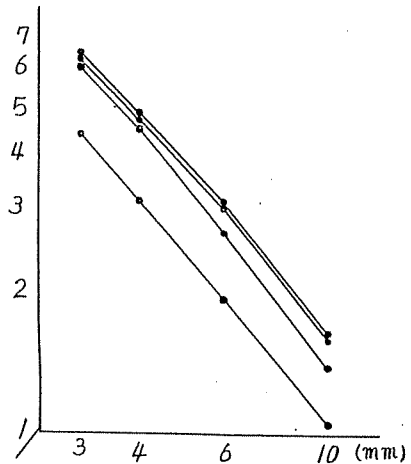


Fig. 15



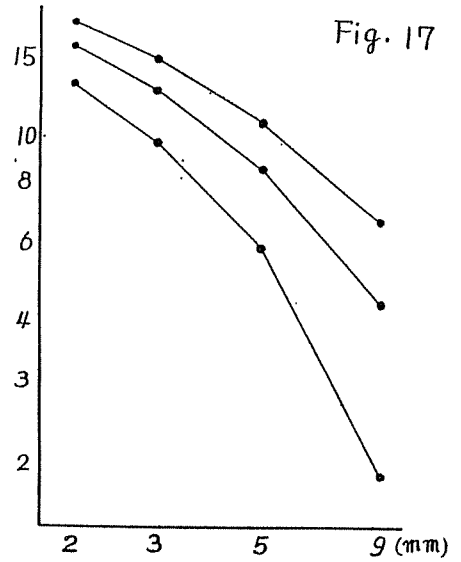
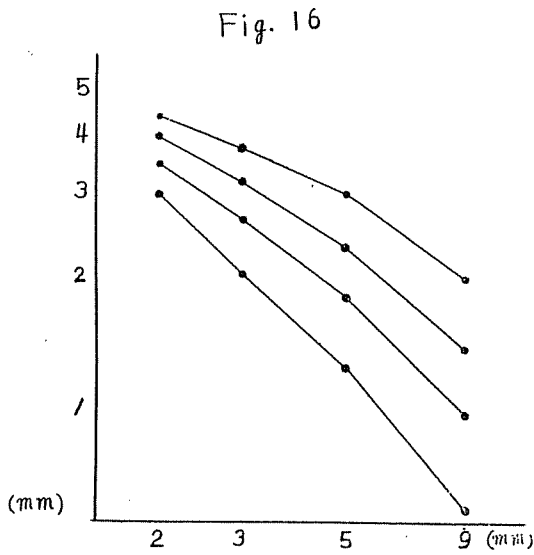
これは 常数 C を 1 としたときの  
計算値ですから 縦軸の目盛の  
絶対値を実験値の場合と比較  
しても意味はありません。

付けることは出来ませんでした。然し、僅かな計算値の違いを実験的に確かめ得るほど精密な実験方法でも見出されれば、この問題も解決するでしょうが、それは今後の問題とするより致し方ありません。兎に角、ここでは両式の違いを実験的に確かめることが不可能であり、従つて、横瀬教授の理論式(8)にことさら修正を加える必要も見出されないの、理論式をそのまま実験式として考えて何ら差支えないように思われます。そこで、この小論では、線図形についての実験式と云う場合は、一応、(8)式を指すことにしておきます。すると、線図形を特殊なケースとして含む面図形についての一般式(1)も次のように修正されることになります。

$$M = \iint_A \frac{e}{(X-x)^2 + y^2} \sin \theta \, dx \, dy \dots\dots(4)$$

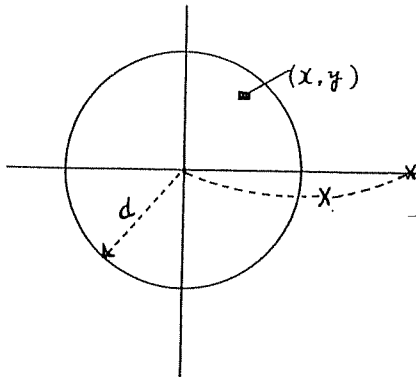
ところで、面図形の場合についても、(4)式による計算値が(1)式による計算値と非常に類似していることは、(2)式と(3)式の場合と全く同様でした。そして、共に実験値とも傾向がよく一致していますが、ここでは両式による計算値を図示することは省略し、実験1と2の場合についての(4)式による計算値を図16と17にそれぞれ示すことにしました。

実験式を導き出し、それを実験値によつて検証するための考察を進めてきましたが、それによつて一応、実験式として(4)式が適當であることが明らかになりました。更に、実験式の考察としては、まだ他に類似の式が考えられるので、それらの類似の式と一々比較検討してみることが必要であることは云うまでもありません。だが、他の類似の式、例えば、後で示す(5)式については、ケラーの電流線の検証の際に比較検討することになるので、重複をさけるため、ここでは省略することにします。



尚, (4) 式は具体的な形について, 夫々次の様な式になりますが, 主要な図形について参考までに示しておきます。

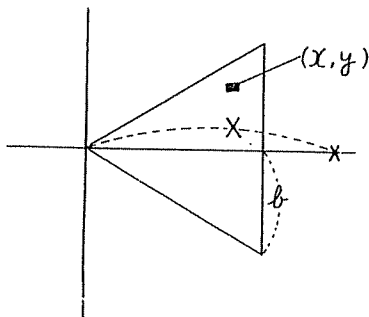
(円の面図形)



$$M = \int dx \int_{-d - \sqrt{d^2 - x^2}}^{\sqrt{d^2 - x^2}} \frac{c}{y^2 + (X - x)^2} \cdot \frac{X - x}{\sqrt{(X - x)^2 + y^2}} dy$$

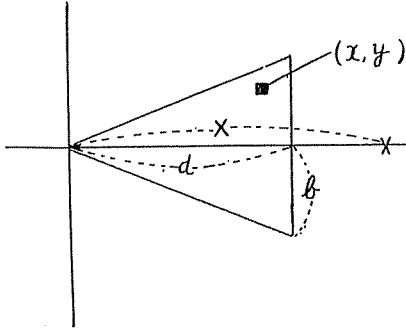
$c$  は常数

(正三角の面図形)



$$M = \int_0^{\sqrt{3}b} dx \int_{-\frac{x}{\sqrt{3}}}^{\frac{x}{\sqrt{3}}} \frac{c}{y^2 + (X - x)^2} \cdot \frac{X - x}{\sqrt{(X - x)^2 + y^2}} dy$$

(二等辺三角の面図形)



$$M = \int_0^d dx \int_{-\frac{bx}{d}}^{\frac{bx}{d}} \frac{e}{\sqrt{y^2 + (X-x)^2}} \cdot \frac{X-x}{\sqrt{(X-x)^2 + y^2}} dy$$

(3) 複數圖形の場の強さについて

実験式が単一の図形の場合については、それが面図形であつても、線図形であつても、実験値とよく一致するものであることは既に明らかにしてきたところですが、ここでは、この実験式が二つ以上の図形によつて形成される場の強さについても、同じように適用され得るかどうかと云う問題について検討してみることになります。実験式の性質から云えば、この場合でも当然妥当するよりに思われはしますが、二つ以上の図形による場が単一の図形による場と同じ原理によつて形成されているものかどうかと云う点を明確にしておくことは必要だと思ひます。

〔実験 6〕

目的 刺戟図形が二つ以上ある場合の場の強さを測定する。

刺戟条件 線分の長さ 30mm, 線分の太さ 2mm, 図形の強さ 15radlux, 二線分の間隔 (左線分の右端から右線分の左端まで) 4, 6, 8mm.

測定箇所 二線分にかこまれた部分の図18に示された方向について。

結果 二線分の中央の上方向での測定値を図示すると、図19の通りであり、場の強さは、(1) 二線分の間隔がせまいほど大きく、(2) 二線分にかこまれた中央部ほど大きく、周辺にゆくにづれて小さくなつています。又、(3) 二線分の間隔の大小による場の強さの相違は、線分間の中央部では著しいが、周辺では殆んどなくなつています。

いま、それぞれの場合について等強線 (場の強さの等しいところを結んだ線) をえがきますと、二線分の間隔が異なるにつれて図20に示したような特徴ある相違がありますが、これは横瀬教授が理論式で予想された通りの結果となつています。

更に、二線分の垂直二等分線上の箇所での測定値は図21のようになりま

Fig. 18

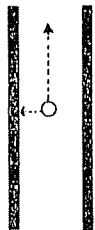


Fig. 19

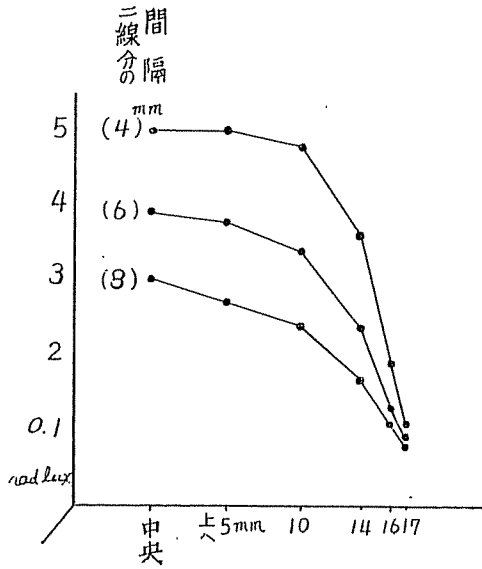


Fig. 21

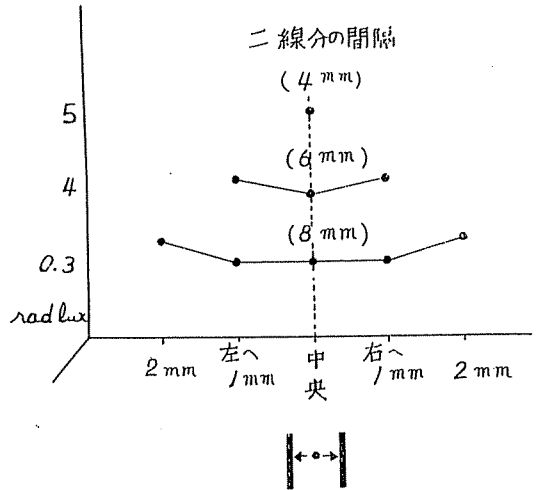


Fig. 22

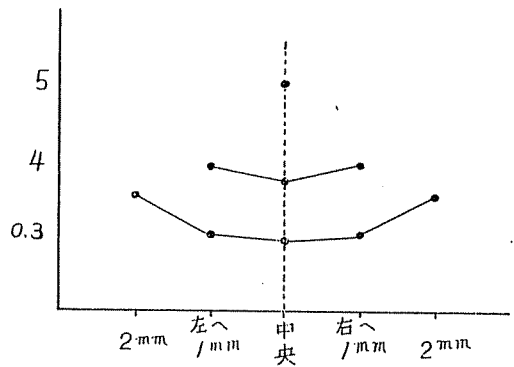
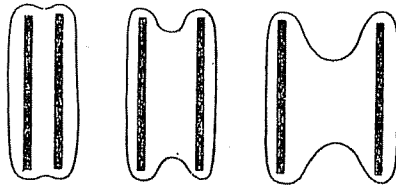


Fig. 20



すが、これらの結果を見ると、二線分による場の強さは、それぞれの線分の場の強さの和に等しいように思われますので、先の実験式による計算値と比較してみることとします。図22は実験式による計算値を示したのですが、これによれば実験値と極めてよく一致していることが分ります。

〔実験 7〕

目的 刺戟図形が二つ以上ある場合の場の強さを面図形についてしらべてみる。

刺戟条件 直径 20mm の円の面図形。図形の強さは 15radlux、二円の間隔は 4, 6, 8mm。

測定箇所 二円にはさまれた部分の二円の中心線上の場所について。

結果 図23に示した通りであり、この場合も実験 6 の線分の場合と同じように、二円による場の強さはそれぞれの図形の場の強さの和になっているようであり、その計算値は図24に示し

Fig. 23

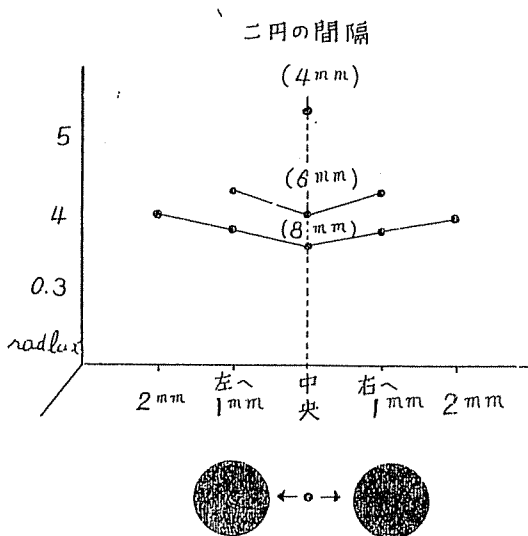
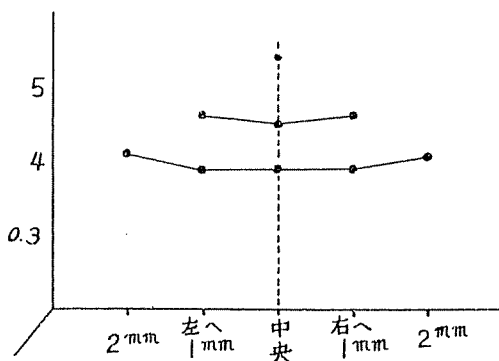


Fig. 24



た通りです。

実験6と7の結果から、刺戟図形が二つ以上ある場合の場の強さは、部分図形の場の強さの和に等しいと考えるのが極めて妥当であるようであり、従つて、図形が二つ以上ある場合の場についても、別に特別に実験式を導き出す必要もなく、先の実験式からの演算によつて場の強さを求めることが出来るわけです。

ところが、刺戟図形の布置が複雑になると、簡単に部分図形の場の強さの単なる合計としては考えることが出来ないと云う実験的考察が他の人々によつて報告されている⑩ので、その点について更に吟味してみることになります。即ち、例えば、図25のような図形の場合、その中心

Fig. 25



Fig. 26



での場の強さは、図26のような場合よりも大きくなると云うのです。つまり、刺戟図形の面積が全体として同じであつても、図25の場合のようにある領域を包んだような刺戟布置の場合、そうでない場合と異ると云うわけです。これは既に、本川博士の研究⑩にもそのような結果が報告されていたので、わたしたちも以前に⑩この点についての実験的吟味を行つてみましたが、それによれば、本川博士の場合のように著しい差は認められないが、やはり幾分か相異があるようにも思われました。然し、その後、更にこの点について実験的吟味を続けてきましたが、こうした図形の布置による場の強さの差は、被験者の視力の弱い場合や、被験者の眼が疲れた場合などに生ずるものであることを知りました。従つて、図形の布置によつて場の強さに差が生

するのは、光芒現象のような刺戟が網膜に達する以前の眼球内での物理光学的現象によつてゐるのではないかと考えられます。もし、そうだとすれば、そうした条件は実験に当つて除去されることが好ましい種類のものですから、図形の布置による場の強さの差は、一応ないものだと考えてもよいのではないのでしょうか。

以上の通り、二つ以上の図形による場も、単一の図形による場と同じ原理によつて形成されていると云うことが明らかにされたわけであり、従つて、図形の布置状態が複雑だからと云つて、今のところ特別の実験式を考えることも必要なさうに思われます。然し、図形が極端に大きかつたり、あるいは逆に、極端に小さかつたりする場合には、この実験式が妥当しないことは予想されますし、又、図形の周囲、上下左右の方向の違いによつても実験値が異つてきますが（これは、いわゆる視空間の異方性の事実を示すものと思われます）、こうした点については、この論文では一応捨象してあることは云う迄もないことです。

#### （4） ケーラーの電流説の検証

いろいろな形についての場構造を場の強さの面から分析していつた結果、わたしたちは形の場の強さを求める実験式を得ることができたわけです。数学的に構成された実験式と云う形で、現象的諸事実の機能的関係をつかむことが出来たと云うことは、いま、こうした機能的関係の事実を大脳に於ける生理学的な事実であると解釈すれば、わたしたちが大脳生理過程に於ける事象について仮想する際の極めて有力な手懸りを得たことにもなります。勿論、限られた現象的事実から得られた実験式が、直ちに心理物理的場の概念に具体的な内容を与え、あるいはケーラーの大脳生理過程についての仮設の是非を云々したりするのに役立つとは考えられませんが、こうした研究が積み重ねられることによつて、所期の目的が達せられることも疑い得ないことです。現に、わたしたちの実験式によつても、ケーラーの電流説を次のように検討してみることが出来るからです。

電流説は云うまでもなく、ケーラーが知覚の場理論に於いて用いることを提唱した知覚対象過程についてのモデルですが、それによれば、図形とその周囲とが接触する境界、周囲と隣接組織との境界、及び隣接組織と図形との境界にそれぞれ動電力が生じ、それらの三つの力によつて、電流が図形から周囲へ、そこから隣接組織へ、そして、それからまたもどつて図形へと流れると云うのです。そして、図形が小さいか、あるいは適当な大きさかであれば、図形区域内に於いて電流密度は最高であり、図形の外側では電流がもつとひろくひろがるであろうから密度は低くなるであろうと云うわけです。そして、また、一般に知覚対象の周囲の電流の分布は、知覚対象自身の形に直接に規定されているだろうと述べています。言う迄もなく、このようなモデルを考えるに当つては、彼は物理学的な知識を援用し、次のような物理的な要因を仮定しています。即ち、もし、電流が知覚対象領域の中を通り、またその周りを流れるとすると、それは媒質にその相の境界における動電力によつて生じた静電力が充ちているからだと考えら



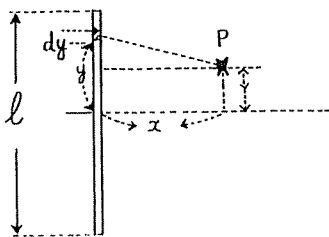
れると云うのです。そして、事実、電流の分布はこれらの静電氣的ベクトルの分布に対応しているから、そのように考えるより他はないと彼は述べています。従つて、以上のような彼の考え方に従えば、結局、図形の場の強さは電流密度に関係しているものであり、また、その電流密度は静電氣ベクトルの分布に対応していると云うこととなります。

扱、以上に述べたようなケーラーの仮想が正しいとすれば、わたしたちが図形の周囲の場の強さについて測定してきた実験結果によつても、当然その仮想は裏付けられ得る筈です。彼の考えに従えば、場の強さは相の境界に生じた動電力によつて流れる電流の密度に関係し、然も、電流の分布状態は静電氣的ベクトルの分布に対応すると云うのですから、わたしたちの実験結果は静電氣的場の強さを求める理論式を満足させる筈だと云うこととなります。換言すれば、わたしたちの求めた実験式が電場の理論式と全く同じであれば、ケーラーの電流説が検証されたと云うことになるのです。ところが、わたしたちの実験式 (4) は電場の理論式そのものではなく、それとはやや内容を異にしたものでした。そこで、もし、実験式が適切なものであるとすれば、ケーラーの仮想は実験結果を満足させないことになるわけですが、では、どの程度に相違しているものかと云う点について検討してみることも極めて興味深いことのように思います。然し、なお、前にも述べたように、実はわたしたちの求めた実験式が実験結果から導き出される最も適切な実験式であり得るかどうかは、更に他の類似の理論式と比較検討してみ始めて明らかにされるのであり、然も、この電場の理論式こそは是非とも比較検討されねばならない類似の理論式に他ならなかつたわけです。だから、ここで、実験式と電場の理論式とを実験値によつて比較検討してみることは、ケーラーの電流説を検証すると云うことの他に、実験式自体を更に吟味すると云うことにもなるのです。

さて、電流の理論式と云うのは次のようにあらわされます。

図27のような線分について、任意の位置  $P$  に於ける場の強さ  $M$  は、

Fig. 27



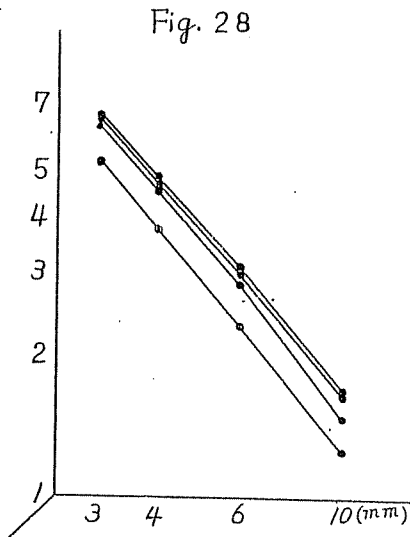
$$M_y = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \frac{a}{(y-Y)^2 + x^2} \cdot \frac{y-Y}{\sqrt{(y-Y)^2 + x^2}} dy$$

$$M_x = \int_{-\frac{l}{2}}^{\frac{l}{2}} \frac{a}{(y-Y)^2 + x^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{(y-Y)^2 + x^2}} dy$$

$$M = \sqrt{M_y^2 + M_x^2} \quad \dots\dots(5)$$

なお、ここで線分を選んだのは、線分についての詳細な実験結果によつて実験式と比較することが出来るからです。

そこで、この理論式を検討するために、線分 30mm の場合について、(5) 式による計算値を求めますと、図28に示した通りです。いま、この計算値を、実験式による計算値及び実験値と



比較して見ると、図28、15及び13から一見して分かるように、全体としての傾向は三者とも極めてよく類似しています。即ち(5)式による計算値は実験式による計算値とも極めて類似し、従つて、又、実験値とも可成よく一致していることが分ります。然し、細部について検討しますと、実験式と(5)式との間に次のような相違を見つかることも出来ます。即ち、線分から等距離の位置について、線分の端の方の値を比較しますと、この理論式による計算値は実験式による計算値よりも、全般的にやや大きくなっています。この相違は、計算値によつて、夫々等強線をえがきますと、理解し易くなるので、図29にこれを示しました。尚、図30は実験値によつてえがかれた等強線

ですが、このように等強線のかたちが(5)式による場合は実験式による場合と相違し、又、実験値による場合とも相違しています。従つて、わたしたちの求めようとする実験式としては、(5)式よりも、やはり(3)式の方が適切であると云うこととなります。

然し、以上のように、(5)式による計算値と実験値との相違が見出されたと云つても、その違いは、それによつてケーラーの電流仮設が全く正しくないとは直ちに結論できるほど顕著なものでも、また、決定的なものでもないことは明らかです。従つて、ここで、実験式

としては従来通り(3)式をえらぶことにするとしても、その結果、ケーラーの仮設が反証されたと考えるのではなく、むしろ、細部の点に関しては別として、極く大まかではあるが、実験による検証にたええたものとする方が妥当であるように思われます。

兎に角、以上のようにして、一応ケーラーの電流説の検証をすることができたわけですが、このことは、また、単なる現象観察の実験結果からではとてもなし得ないこうした考察が、実験結果が量的に出されていたと云うことと、それらの実験値を実験式化したと云うことによつて、簡潔になされることが出来たと云う事実を雄弁に物語っているものだと思います。

## 結 び

横瀬教授によつて考案された形の場の強さを求める理論式の実験的検証から始め、実験式を

Fig. 29

Fig. 30



(5)式



実験式



実験値

導き出すまでの考察を、以上で一応終ることにします。限られた実験的事実によつて検証されたに過ぎない実験式ですから、今後新しい事実の発見によつて、順次修正が加えられてゆくべきことは当然です。然し、兎に角、以上のような実験式が導き出されたことは、形の場の構造についての解明が成し遂げられたことを示し、知覚に於ける場理論的研究を進める上に役立ち得るものだと考えます。

しかし、こうした形の場についての実験式の価値は、それが単にわたしたちの実験的事実によつて検証されると云うだけでなく、この小論ではふれることが出来なかつたのですが、更に、いろいろな他の実験的事実を予測すると云うところにあることは云う迄もないことです。既に、横瀬教授はそうした点についての考察を行われ、実験式からいろいろな実験的事実が予測出来ることを示しては見えるものの、然し、この実験式からあらゆる種類の現象的事実がすべて予測できるものとは到底考えられません。従つて、今後、更に広い領域の事象を予測することが出来るような実験式を見出してゆくことが必要であるわけです。然し、言う迄もなく、それは一朝にしてなされるような平易な仕事ではなく、心理学的事象の丹念な条件分析的研究によつて、初めてなされ得るものであり、狭い領域についての実験式が一つ一つ積み上げられ、それらが更に高次の実験式へと総合されてゆくと云う途をたどつて進められてゆくものです。現に、最近、横瀬教授が図形による変位効果の諸現象に関して、新しい理論式<sup>⑩</sup>を考察されたのも、こうした研究の進展を物語るものに他なりません。

しかし、新しい領域の事象に関して、理論式を考案したり、実験式を導出したりすることが如何に困難な仕事であるかと云うことは前にも述べた通りです。そして、また、そこに初めて、ケーラーの現象的事実の対応として大脳生理過程を考え、物理学的なモデルを構成しようとした研究態度の意義が見出されるようにも思います。それは、現象的諸事実をあばくためのさぐりを入れてゆく場合に、大脳に於ける物理化学的なモデルを考えることによつて、極めて適切な手がかりが得られると云うことを示しているわけです。事実、横瀬教授が理論式を考案された時にも、わたしたちの知覚過程が大脳の場に於ける電氣的な現象であると仮想されたことが大きな手がかりとなつているようですし、更に、そうした大脳生理過程についてのモデルが物理化学的なものであることによつて、物理化学的な知識を援用しつつ、そのモデルをいろいろな形に変えて、それぞれに対応する現象的事実を予想しつつ、同時に、そうした事実によつて、そのモデルを検証してゆくことができるという利点は、ケーラーの電流説の検証を試みたわたしたちの研究からも明らかに推察されるところです。このように知覚の研究においてケーラーの態度が、研究を進める上に如何に生産的であるかと云うことは、今後の研究に於ける具体的な成果によつてはじめて確認されるものであることは云う迄もないが、大いに注目されてよいことだと思ひます。

然し、なお、そこにはアイソモルフィズムと云う大胆な仮想が横たわつており、そして、そうした仮想は生物学者による直接的な証明がない限りは、結局、単なる仮想に終らざるを得な

いものであるので、彼の構想は、やはり「大脳の神話」に過ぎないと評せられるかも知れません。だが、そうした生物学者による協力も、必ずしも、そんなに永く待ちわびねばならないものでもなく、アイソモルフィズムと云う大胆な仮想が最終的に証明されるのも、余り遠い将来でもなさそうだと期待するのは、わたしたちだけの単なる夢でもなさそうです。

（附 記）

末筆ながら、横瀬教授の日頃の絶えざる御指導をここに厚く感謝致します。尙、数学的問題について御懇切なご指導をいただいた名城大学の和田薫教授にも厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- ① 吉岡修一郎，ゲシュタルトの根本原理——ケーレル「物理的ゲシュタルトの解説」——1935，内田老鶴圃。
- ② 本川弘一，感覚の生理学的基礎，科学 18，1948。
- ③ W. Köhler, Dynamics in Psychology. 1939. 相良守次訳，心理学に於ける力学説，岩波現代叢書，1951。
- ④ W. Köhler & H. Wallach. Figural After-effects. An introduction of Visual Processes.
- ⑤ 横瀬善正，内山道明，視知覚に於ける場の力の強さの測定，心理学研究，22巻1号，1952。
- ⑥ 横瀬善正，投射面の場構造が光の刺戟閾に及ぼす影響，心理学研究，17，1942。
- ⑦ Werner, H., Studies on Contour: Qualitative Analyses. (Amer. J. Psychol., 47, 1935)  
岡田敏夫，継時刺戟に於ける輪廓線効果，心理学研究 12, 1937.  
佐柳武，輪廓線図形の素地に及ぼす影響について，心理学研究 17 & 18, 1942.  
横瀬善正（芝田正）投射面輪廓図形の陰性残像への影響，心理学研究，11, 1936. など。
- ⑧ 横瀬善正，心理物理同型論の実証的研究，名古屋大学文学部研究論集 3, 1952。
- ⑨ 金子隆芳，小保内虎夫：感応理論の研究（第38報告）——感応における刺戟の強さ，分量及距離の要因——心理学研究23巻2号 1952。
- ⑩ 横瀬善正，形の場のヴェクトル，日本応用心理学会第14回大会シンポジウム。1952。