

## 面図形上の場の強さについて

内 山 道 明

### 1.

図形の周囲に小光点を投射してその刺激閾を測定すると、それらの刺激閾は図形により、場所により相違を示す。これは図形が周囲に影響を及ぼし、その影響の仕方が、図形により場所によって相違するからに他ならない。そして、この事実は図形による場の力の布置状態を示し、その刺激閾値はそれぞれの場所での場の強さを示すものと考えてきた。<sup>(1)</sup>これは場の力の布置状態をさぐる有効な方法なので、これまで詳細な研究を続けてきた。

しかし、投射された小光点の刺激閾の図形や場所による相違は、単に図形の周囲だけでなく、面図形上においても見出される。

このことは既に横瀬により指摘されている<sup>(2)</sup>けれども、これを図形の周囲での場とどのように統一的に理解していくべきかについては未だふれられなかった。図形の周囲での場が二次元的に論ぜられる限りでは、面図形上でのこのような事実は包括的に理解しがたいからである。そこで、面図形でもその contour が重要な意味をもつという考えから、このような事実も、結局は輪廓線図形の図形内部での場と同一視して論ぜられるのが普通であった。

知覚理論の発展のために、実験的研究も高度の厳密性が要請されてきている今日、面図形も線図形も同一視して扱われることは、たとえ便宜的とはいえ、理論の発展をさまたげるものに他ならない。

云うまでもなく、知覚理論は知覚現象の解明のためにある。少しでも多くの知覚的事実の理解がそれによって可能ならば、それだけ知覚理論の価値も高い。現に、日常的な視的現象には、事物が一様にひろがった背景の上で知覚されるより、背景自体が事物的性質をもって、その中に、更に他の事物が知覚される場合が多い。こうした事態で生起する知覚現象の解明には、ただ図形の周囲の場を考えるだけでは不十分なことは明らかである。面図形がその図形上の事物に与える影響についての考慮をふくむような構想でなければならない。

知覚における場理論もこうした問題を解決するような理論へと発展することによって、より一歩理論の価値を高めることが可能となるであろう。

ここでは面図形上に投射された小光点の刺激閾を測定し、それらを場理論的にどのように考えるべきかについて考察してみようと思う。

## 2.

## (実験装置)

図形の周囲を測定した従来の実験装置とかわりないが、呈示図形はすべて面図形の部分だけを切り抜いたボール紙にスリガラス(透過率75%)をはりつけたものを使用した。したがって、図形は暗室中に、スリガラスを通して示されることになり、小光点はそのスリガラス上に呈示される。図形の明るさは図形呈示箱の中の光源によって調節される。被験者は図形呈示面の前方100 cmにある視野制限ボックスの前に定位する。

## (実験手続と方法)

先ず、測定しようとする図形上の任意の位置に、小光点が投射されるように図形的位置を定める。図形の強さも1 radlux\*になるように光源を調整する。

\* この明るさは、ここでの実験で任意に選んだものであり、図形の強さを問題にする場合には、この明るさが変化できるようになっている。

なお、この明るさは暗室で長く見てもまぶしすぎることもなく、また、図形が認知しにくいほど暗くもない見易い明るさである。

被験者を暗順応させた後、図形と同時に、図形上に小光点を呈示し、被験者にその光点を確認させる。

確認後、直ちに小光点の明るさを徐々に減じ、その光点が丁度、見えなくなったところで合図してもらい、その時の小光点の明るさを読みとる。いわゆる調整法\*\*で測定するわけであるが、その測定に要した時間、即ち、図形呈示後、光点の消失するまでの時間を6秒ないし10秒とし、万一それが10秒をこえても光点が消失しないままにあったときは測定を中止する。

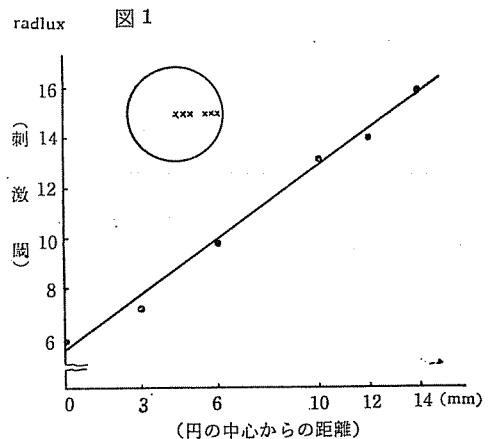
\*\* この種の実験を調整法で行うことは厳密性を欠くと思われる。場の強さは図形の凝視時間によって変化するからである。然し、6秒ないし10秒の凝視時間ならば、その間には大きな変化もないと考えられるので実施した。この実験では概ね8秒前後で測定でき、10秒以上かかったり、6秒以前で測定し終る例は殆んどなかった。

## (実験1)

目的 円の面図形について、図形上のいろいろな場所での小光点の刺激閾を測定する。

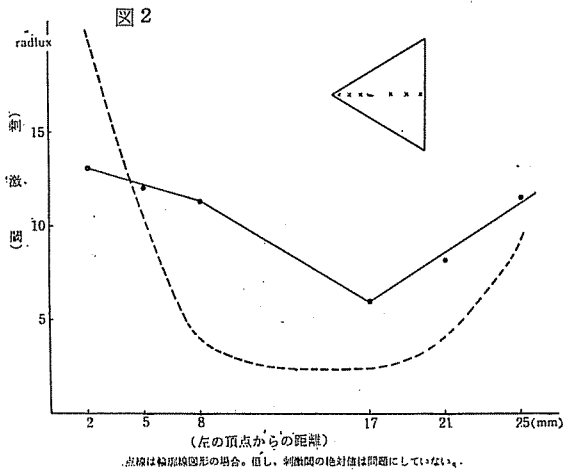
刺激条件 直径30 mmの円の面図形、明るさは1 radlux.

測定箇所 円の中心、および、中心から3, 6, 10, 12, 14 mmはなれた場所。但し、距離は小光点の中心まで(以下すべて同様)



結果 図1の通りである。横軸には円の中心からの距離、縦軸には小光点の刺激閾がとってある。

図のように、(1) 刺激閾は場所によって相違し、(2) 円の中心で最も低く、周辺に近づくにつれて高くなっている。また、(3) 円の中心からの距離と、刺激閾との関係を示すグラフは概ね直線となる。



(実験 2)

目的 正三角の面図形について、図形上のいろいろな場所での小光点の刺激閾を測定する。

刺激条件 一辺 30 mm の正三角の面図形。

明るさは 1 radlux.

測定箇所 図2に示した通り。

結果 輪廓線図形の場合と比較して図2に示したが、(1) 小光点の刺激閾は図形の中心部で最も低く、

(2) 周辺に近づくにつれて高くなり、(3) 角のところが最も高い。しかし、(4) この結果は、輪廓線図形の内部での小光点の刺激閾の場所的相違と極めて類似してはいるが、角のところでの刺激閾と中心部でのそれとの差がそれほど大きくないのが特徴的である。

(実験 3)

目的 正四角の面図形について、図形上のいろいろな場所での小光点の刺激閾を測定する。

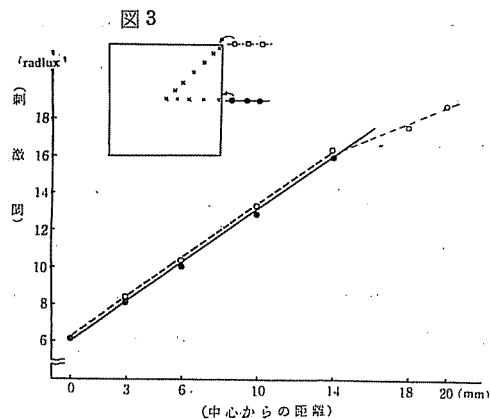
刺激条件 一辺 30 mm の正四角の面図形。

明るさ 1 radlux.

測定箇所 図3に示した通り。

結果 図3に示したように、(1) 小光点の刺激閾は図形の中心部で最も低く、(2)

周辺に近づくにつれて高くなり、(3) 角のところが最も高い。(4) 水平方向では、その傾向は円図形の場合と極めて類似しており、(5) 斜方向でも中心から 14 mm までの場



所では水平方向と殆んど変わりなく、また、(6) 正三角形の場合と同じように、線図形の内部にくらべると角のところでもそれほど目立って高くはない。

以上の実験結果にみられるように、面図形上での小光点の刺激閾は、どの図形でも場所による相違を示し、図形の中心部で最も低く、周辺に近いほど高くなり、角のところでは最も高くなっている。これらの刺激閾の場所的相違は、面図形による影響に他ならないので、従来、図形の周囲に投射された小光点の刺激閾を図形による場の強さを示すものと考えてきたのと同じように、ここでもこれらの刺激閾は面図形による場の強さを示すものと考えられないであろうか。

### 3.

場という概念が図形がその周囲に及ぼす二次元的な影響について用いられている限り、図形上の場という用い方は当を得ていないと云わねばならない。しかし、知覚空間が三次元的であることを思えば、図形の場も当然三次元的構造をもつはずであり、ここに云う面図形上の場も三次元的な場を考えることによって理解できることになろう。即ち、ここでは面図形が三次元的に及ぼす影響の、三次元軸の距離が極小の場合を考えればよいことになる。勿論、ここでは三次元的な場の検討を試みるわけではないけれども、このように三次元的な場を考えれば、このような事実も従来の場理論的構想の中で理解できることになるといふわけである。

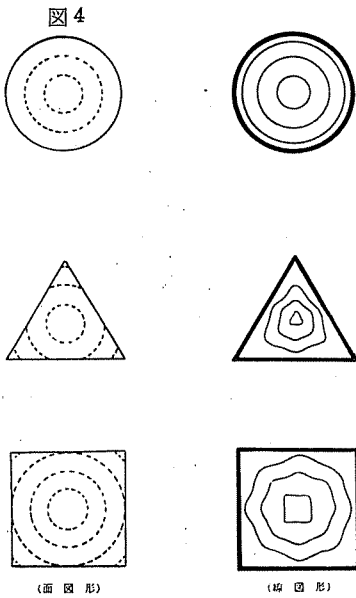
しかし、従来は、面図形上の光点の刺激閾の場所的相違も、結局は輪廓線図形の内部のそれと殆んど同一であると見做され、それ以上検討されることもなかった。図形の見えにはその contour が重要な意味をもつことが強調されていたので、その限り、形の見えを論ずるに当っては、一般に面図形も線図形も等しく扱われるのが普通であった。

ところが、面図形をその contour が重要な意味をもつということだけで、輪廓線図形と等しく取扱う態度は、高い厳密性が要請される知覚研究の現段階では、研究の発展を阻害するといわねばならない。形の現象の見えを論ずる段階では、或いは両者ともに著しい差がないから許されるとはいえ、それらの機能的効果について検討する場合には、明らかに面図形と輪廓線図形では相違が見出される以上、その相違点を検討することこそ、研究の発展のために必要である。

さて、ここで測定した面図形上での小光点の刺激閾の場所的相違も、輪廓線図形の内部でのそれと傾向は類似してはいたが決して同一視できない重要な相違もっている。だから、これらを単純に contour の影響として、線図形の図形内部での場の強さを示すものと片づけてしまうわけにはいかないのである。それで、これらを場理論的に理解しようと試み、三次元的な場の構想の必要を述べたわけである。

ところで、面図形上の場の力の布置状態が、輪廓線図形の内部での布置状態と相違する特徴的な点は、図2に示したように、例えば、正三角形で角のところでの場の強さが、図形の中心部で

の場の強さにくらべて、面図形上では輪廓線図形の内部のようにきわだって大きくはないという



ことである。この点は正四角形についても同様であり、これらの事情を分り易くするために図4に場の等力線をえがいて、面図形上と輪廓線図形の内部とを比較してみた。図のように、面図形上では等力線が殆んど円形をなしている。これは見逃しえない重要な相違点の一つである。

さらに、大きさの異なる円図形について、それらの中心での場の強さを比較してみても、そこには著しい差が認められないことも輪廓線図形との大きな相違点である。輪廓線図形の場合には直径が小さいほど中心での場の強さは大きいからである。<sup>(6)</sup>

(実験 4)

目的 大きさの異なる円の面図形上での場の強さを測定する。

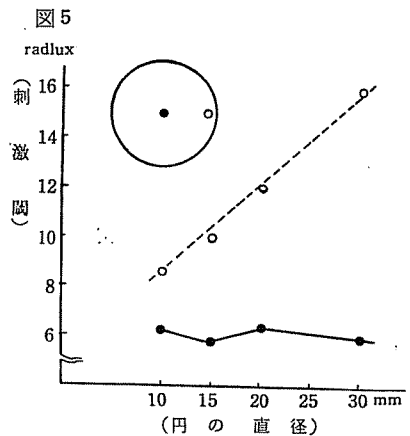
刺激条件 直径 10, 15, 20, 30 mm の円の面図形  
図形の明るさは 1 radlux.

測定箇所 円の中心と円周の 2 mm 内側

結果 図5のように、(1) 円周の 2 mm 内側の場所では、円の直径が大きいほど場の強さは大きくなる。しかし、(2) 円の中心では円の大きさがかわっても、場の強さに有意な差が認められない。

また、図1に示したように、円形について、中心からの距離と場の強さとの関係を示すグラフは概ね直線となり、同様な関係は正三角形でも正方形でも、それに内接する円形の領域について認められる。

こうした面図形上の場の力の布置に関する諸特徴は、面図形ではその contour だけを過重に評価することが不適切であることを示している。むしろ、ここでの小光点の刺激閾の場所的相違は、図形の重心を中心とし、その光点の位置を含む円形の領域内にある図形部分の影響によるものと考えの方が適切のようである。とすれば、それは一様に帯電した物体の内外での



任意の位置が受ける影響、即ち、電場についての理論式と極めて類似した関係にある。その理論式はクーロンの法則による電気力の立体的な積分的総和であり、この式では球内での任意の一点の場の強さはその点を含む同心球状の場の強さに等しくなる。

ところで、その式は、以前の<sup>(6)</sup>小論でケーラーの仮説を検証するのに用いた(1)或いは(5)式で、それを三次元空間に拡大適用したものに他ならない。

(1)式とは 
$$M = \iint_A \frac{c}{(X-x)^2 + y^2} dx dy$$
 である。

$c$  は常数、積分範囲は図形の全面積。

なお、これは図形の周囲に関しては横瀬理論式とその計算値は著しい相違がなかった式である。

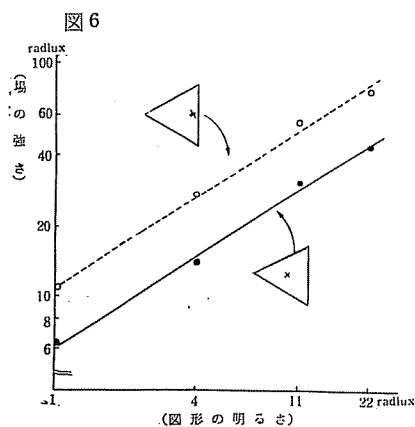
場の構想が三次元的空間にまで発展すれば、場の理論式も三次元的空間に適用できるような理論式に止揚されねばならない。そして、その場合、二次元的空間はその special case として包括的に理解されるような理論式の考案が望ましい。上の式は、その意味で好ましい式であるが、この点についての詳細な検討は、改めて三次元的空間の場について分析する機会にゆずり、ただ、ここでは面図形上の場の強さの布置が(1)式と極めて類似した関係にあることを指摘するのにとどめたい。

#### 4.

面図形上の場を、図形の周囲の場と包括的に理解する可能性について論じてきたが、そのためには、更に、図形の明るさとの関係や刺激時間の問題などについて検討せねばならない。こうした点について、図形の周囲の場と著しい相違が見出されるようならば、それらを統一的に理解するのに更に考慮が必要となるかからである。そこで先ず、図形の明るさと図形上の場の強さとの関係について実験的に検討してみることにする。

##### (実験手続と方法)

図形の強さを変えて小光点の刺激閾を測定する際には、以上の実験と同様に調整法で測定する。



予め任意の強さに図形の光源を調整しておくだけで、他は全く以上の実験と同様である。

##### (実験 5)

目的 正三角の面図形について、図形の明るさと図形上の場の強さとの関係をしらべてみる。

刺激条件 一辺 30 mm の正三角の面図形。

図形の明るさは 1, 4, 11, 22 radlux の 4 種類

測定箇所 三角形の内心と辺から 2 mm 離れた場所。

結果 両対数グラフの横軸には図形の明るさ、縦軸

には場の強さをとり図6に示した。

図のように、(1) どの明るさでも辺に近い場所の方が、図形の中心の場所より場の強さは大きく、(2) 図形が明るいほど場の強さも大きい。(3) 図形の明るさと場の強さとの関係は概ね直線となり、その傾斜も場所による相違がなく大体一定である。

### (実験 6)

目的 図形の明るさと図形上の場の強さとの関係を他の図形についてもしらべてみる。

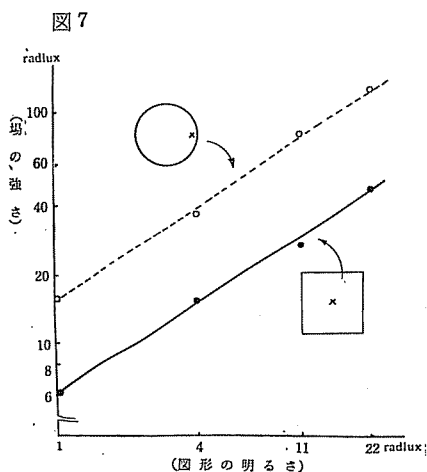
刺激条件 一辺 30 mm の正四角の面図形と直径 30 mm の円の面図形。

図形の明るさは 1, 4, 11, 22 radlux の 4 種類

測定箇所 正方形の中心と円の円周から 2 mm はなれた場所。

結果 図7に示した通りである。両対数グラフの横軸には図形の明るさ、縦軸には場の強さがとってある。

図のように、(1) 図形が明るいほど場の強さは大きく、(2) 図形の明るさと場の強さとの関係は概ね直線で、その傾斜も場所による相違がないようである。



実験5と6で明らかなように、どの図形の、どの場所でも、図形の明るさと場の強さとの関係は概ね直線となり、その傾斜もほぼ同一である。従って、実験4までの結果は、図形の明るさが22 radluxあたりまでならば、どんな明るさでもえられるものと考えることができる。また、これらの傾向は図形の周囲での場と全く等しい。従って、この点でも面図形上の場を図形の周囲の場と同じ場の構想で統一的に理解しても構わないことになる。

但し、場の強さを  $M$ 、図形の明るさを  $H$  とすれば、 $M=cH^d$  なる関係があり、図形の周囲では

$M=c\sqrt{H}$  となったのに、ここでは  $M=cH^{0.7}$  となる。この点に幾らかの相違は認められるが、これも問題にできるほどの著しい差ではない。というのは、図形の周囲でも厳密には測定値は  $d$  が 0.6 に近い値であったからである。しかし、何れにしても図形の明るさと場の強さとの関係の問題については、更に、実験条件を整備した上での吟味が必要だと思われるので、その点は別の機会にゆずることとする。

## 5.

つづいて、面図形上の場の強さと刺激時間との関係について実験的に検討してみることにする。場の強さは刺激時間とともに上昇することが図形の周囲の場については明らかにされている<sup>(7)</sup>ので、ここでも面図形上の場の強さが刺激時間とともにどのように上昇するかについてしらべてみることにする。

## (実験手続と方法)

ここでは図形呈示面にあらかじめ小光点を呈示しておき、被験者に約2秒凝視させた後、図形を任意の時間だけ示し、それによって小光点が消失したかどうかを返答させる。これを極限法で測定する。

## (実験 7)

目的 正三角形の面図形について、面図形上の場の強さと刺激時間との関係をしらべてみる。  
刺激条件 一辺 30 mm の正三角の面図形。

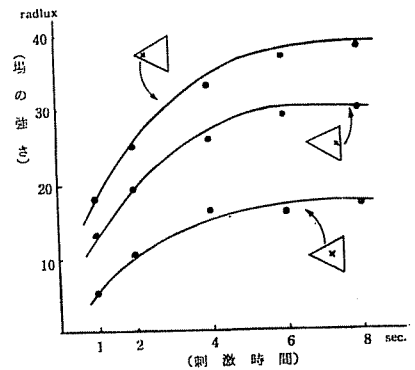
図形の明るさは 5 radlux.

刺激時間は 1, 2, 4, 6, および、8 秒

測定箇所 正三角形の角頂から 2 mm, 辺から 2 mm はなれた場所と正三角形の内心。

結果 図8に示したように、(1) どの場所でも場の強さは刺激時間が長いほど大きく、(2) その上昇の程度は最初急激で後ゆるやかとなる。(3) 場の強さの比較的小さい内心の場所では約4秒で高原に達しているが、(4) 場の強さの大きい他の場所では、4秒を過ぎても僅かではあるが測定しうる程度の差がある。図形の周囲では殆んどの場合4秒で極大に達していたが、場の強さが一般に小さいからである。

図 8



## (実験 8)

目的 他の面図形について、図形の明るさも変えて面図形上の場の強さと刺激時間との関係をしらべてみる。

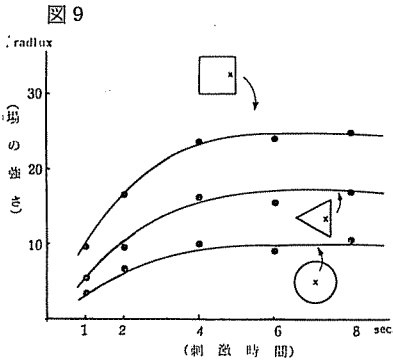
刺激条件 一辺 30 mm の正方形, および, 三角形と, 直径 30 mm の円。

図形の明るさは 2 radlux.

刺激時間は 1, 2, 4, 6, および, 8 秒



測定箇所 正方形と正三角形の辺から 2 mm はなれた場所と円の中心。



結果 図 9 に示したように、(1) どの場所でも場の強さは刺激時間が長いほど大きく、(2) その上昇の程度は最初急激で後ゆるやかとなる。この点 は実験 7 と変りないが、(3) ここでは実験 7 にくらべ図形の明るさが低く比較的場の強さが小さいので、すべて 4 秒で極大に達している。これらの傾向はすべて図形の周囲の場と同様である。

以上の実験結果から、図形上の場の力の布置状態の時間的变化を、輪廓線図形の場合と比較して分り易く特徴的に図示すると図 10 のようになる。場の強さが安定した状態に達した時には、両者に相違があるけれども、その変容の機制は同一である。

図で縦軸は場の強さ、 $t_1$  から  $t_4$  へと刺激時間が長くなり、 $t_4$  は場の強さがほぼ安定する刺激時間である。

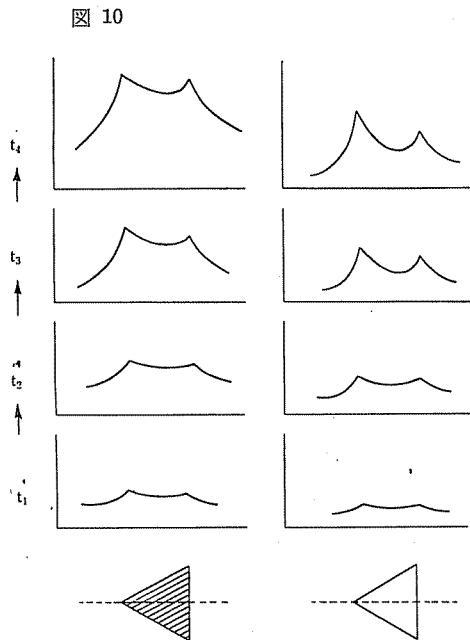
刺激時間による場の強さの上昇過程も上の実験結果にみられるように図形の周囲の場とかわりない。ただ、場の強さが一般に大きいのでカーブが高原に達するまでには図形の周囲の場にくらべて長い刺激時間を必要とするわけである。

なお、刺激時間と場の強さとの関係は、上のように指数曲線をえがくので、場の強さの最大値が  $M$  であるような形の場で、刺激時間が  $t$  の場合の場の強さ  $M'$  は、 $M' = (1 - e^{-t})M$  となるという関係がなり立つことも図形の周囲の場と全く同様である。

6.

以上で面図形上の小光点の刺激閾の測定とその考察を終るが、ここで以上の結果をまとめてみると次の通りである。

- (1) どんな面図形でも、図形上の小光点の刺激閾は場所によって相違を示す。これは既に横瀬が指摘した通りである。
- (2) 小光点の刺激閾は図形の中心部で最も低



- く、周辺に近づくにつれて高くなり、角のところで最も高い。これらの傾向は輪廓線図形の内部での小光点の刺激閾の場所的相違と極めて類似している。
- (3) 従来、図形の周囲に投射された小光点の刺激閾を図形の場の強さを示すと考えたと同じように、これら面図形上の小光点の刺激閾も面図形上の場の強さを示すと考えてみることもできよう。
- (4) しかし、場という概念が図形がその周囲に及ぼす影響について用いられている以上、面図形上の場という用い方は、二次元的な空間を考える限り、おかしいといわねばならない。
- (5) 従って、これまでは、このような事実に関しては、輪廓線図形の内部での場の強さと便宜的に同一視されてきた。それは、図形知覚におけるいろいろな現象から、図形の contour がもつ意味が過大に評価されてきたことにもよると思われる。
- (6) 図形上、および、図形の周囲での小光点の刺激閾の場所的相違が図形の影響によるものであれば、その図形が面図形であっても、輪廓線図形であっても同一であるとする考え方はおかしく、それらに差があると考えるのが自然である。高い厳密性が要請される知覚研究の現段階では、それらの差を見出し、分析することこそ知覚の場理論を進めるために必要である。
- (7) 事実、詳細に検討すれば、面図形上と輪廓線図形の図形内部とでは小光点の刺激閾の場所的相違のあり方に違いがみられる。それは等力線として分り易く図示した通りである。
- (8) 即ち、面図形上では図形の中心から周辺に近づくにつれて刺激閾は高くなるが、その関係は一次函数(輪廓線では二次曲線となる)となり、これはどの図形でも、その内接円領域についてあてはまる。また、角のところでは刺激閾は高くなるが、中心部でのそれとの差は輪廓線図形の場合ほど大きくない。さらに、図形の大きさが異なっても、その中心での刺激閾には著しい変化がない。
- (9) このような関係は、クーロンの法則による電気力の立体的な積分的総和という電場の理論式と極めて類似している。そして、この式は以前の小論でケーラーの仮説を検証するのに用いた(1)または、(5)式で、それを三次元空間に拡大適用したものに他ならない。
- なお、図形の周囲に関しては、横瀬理論式による計算値と殆んど相違がなかった。
- (10) そこで、面図形上の小光点の刺激閾の場所的相違を、面図形による場の力の布置状態を示すものとするならば、それは面図形の面に三次元的に最も近接した位置での場の強さを示すものと考えればよいであろう。場の構想を三次元的に発展させれば、図形の周囲での従来の場と、面図形上の場とを統一的に理解することもできることになる。
- (11) なお、二次元的な形の場の構想でも、図形の明るさと刺激時間はともに独立定数項として理論式に導入されていたが、面図形上の場も図形の周囲の場と同様にその関係が認められる。
- (12) 即ち、図形の明るさと面図形上の場の強さとの関係は、場の強さが図形の明るさの約 0.7 乗に比例する。これは図形の周囲での約 0.6 乗に比例するのといくらかの差があるが、問題に

するほどの著しい差ではない。但し、図形の明るさと場の強さとの関係については、更に、実験条件を吟味した上での厳密な実験的検討が必要である。

- (13) また、刺激時間と面図形上の場の強さとの関係も、図形の周囲での場の強さとその傾向に大差はない。ただ、場の強さが極大に達するのが一般に図形の周囲の場よりも長いけれども、これは図形上では場の強さが大きいためである。
- (14) 以上のように面図形上の場も、図形の周囲の場と本質的に変るところがない。従って、両者を統一的に理解するような場の構想も可能である。そして、それは三次元的な場の構想に他ならない。

この研究の概要は日本心理学会第22回および23回大会で発表したものである。

- (1) 横瀬善正：視知覚に於ける場の力の強さの測定 心理学研究 22 卷 1号 1952  
内山道明
- (2) 横瀬善正：反射面の場構造が光の刺激閾に及ぼす影響 心研 17 卷 1942
- (3) 市川典義：三次元視空間に及ぼす図形の効果について 名大文学部論集 1961
- (4) 辻敬一郎：平面図形の奥行視について 名大教育学部大学院修士論文 1961
- (5) 生田博之：図形残効と同時錯視における変位効果の比較 心研 27 卷 3号 1956
- (6) 内山道明：視知覚に於ける場の強さを求める実験式について 名大文学部論集 IX 1954
- (7) 内山道明：形の場の時間的変容についての実験的研究 名大文学部論集 XV 1956