

# 二次元的視覚場に関する理論的考察

—ポテンシャル場とベクトル場との機能的関係について—

市 川 典 義

## A THEORETICAL REMARK ON THE TWO-DIMENSIONAL FIELD

—ON THE FUNCTIONAL RELATIONSHIP BETWEEN  
THE POTENTIAL FIELD AND THE VECTORIAL—

Noriyoshi ICHIKAWA

Recently researches into the visual field have rapidly got their substance clarified by a series of positive studies since psycho-physical isomorphism was advocated by W.Köhler. But, with regard to the relation between what is called a field of sensitivity and a field of displacement, there remain among the effects of the field now not a few problems to be investigated. Referring, to some extent, to the physiological knowledge of the cerebrum on this point, the author tries, in this paper, to arrange in order those various facts which have hitherto been investigated; and, so far as is possible for him he makes a theoretical research into them and develops a trial remark on a part of the plan of his investigation. The fundamental background of this plan is that he considers the potential field to be an antagonistic function between the working of excitation and the physiological, prohibitive function which keeps this excitation on a definite level; and the displacement effect concerning the vectorial field is thought to be attributable to the power that is generated in response to the distortion of the process of excitation.

### I. 緒 言

視覚の場に関する探究は、ケーラー (W.Köhler) の心理物理同型説 (psycho-physical isomorphism) の提唱以来、一連の実証的研究によって近来急速にその機制が明らかにされてきた。しかしながら、現在場の効果の中で感受性の変化などをもたらす場と位置のズレを惹起せしめるような場との関連については、未だ検討すべき課題も少なくない。本論文では、この点に関して今まで探究された諸事実や知識をまとめ、あるいは理論的検討を加えつつ、両場の関連づけに関する筆者の構想の一端を試論的に展開することを眼目としている。

所で表題に掲げられた視覚場の定義であるが、場理論を展開した代表的な学者であるケーラーによれば、場とは中枢神経系の事象であって、それは連続的な神経媒質の中に生起し、かつ知覚事実に対応する媒質中の一つの部分における事象が他の領域の事象に影響を及ぼす機能ないし過程であると説明している<sup>(1)</sup>。本来場の概念

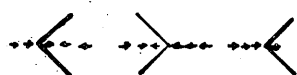
は、物理学者ファラデー (Faraday) がある荷電体がある近くに存在する他の物体に効果を及ぼす事実を、静電気および電気力学的相互作用の考え方によって説明を与えた事に始まるが、心理学においても物理学と同様、近代科学思想の根本的なものとして受け入れられたのである。それ以前の心理学は刺激と感覚の一対一対応の考え方が支配的であったが、ゲシュタルト心理学派の台頭によって所謂恒常仮定としてはげしく批判され、Faraday の力学的原理が彼らによって心理学に導入され、後に場の理論として発展したのである。ケーラーは場の理論の展開に先立って、先づ物理的事象に徹底的に考察を加へ、その中に心理現象におけるゲシュタルト特性と親縁関係をもつ物理的ゲシュタルトを見出し、視覚セクトルにおける心理物理的事象を意識に対応する基盤と想定した<sup>(2)</sup>。このような場は今日心理物理的場 (psycho-physical field) と呼ばれ、知覚理論の中心的立場と見なされている。

## II. 場の研究への端緒

さて場の理論への発展に貢献した重要な研究は、形の知覚に関したものである。人は如何にして事物の形を認知しうるのであろうかという問題は、古くから知覚心理学の主要な課題の一つでもあった。形の知覚について有益な示唆を与えた初期の研究は、ルビン (Rubin, E) によってなされたが、彼は現象の事実の忠実な観察により、形の知覚は図柄と素地によって成立ち、また両者によって事物としての実在的性格が附与されることを明らかにしたのである。

ルビン、カッツ (Katz, D.) らの質的研究は、その後ゲンタルト心理学の体制化の原理を生みだすと同時に、量的な研究への発展をもうながした。例えば、ゲルプ (Gelb, A), グラニット (Granit, A) らは扇形図形の内側、外側における光刺激閾を測定し、内側の方がより高いことを見出し、更に図形の内外の種々な位置によりまた図形の形によっても閾値が変化することを明らかにした。かかる研究は図柄と素地との機能的差違を量的に明らかにした点で有意義であるばかりでなく、輪郭線が図柄と素地の分離に有効な働きを持つことを示唆している。輪郭線の機能は、ウェルナー (Werner, H) の研究を始めとして、わが国では高木・岡田・佐柳などによりより詳細に明らかにされている。例えば一様等質の色の素地ないし弱い他の図形が輪郭図形呈示にさきだつて瞬間的に呈示されると、輪郭線の周囲のある広さの領域の色や近傍にある他図形が消失することがみられ、それは図形に近い程強く、離れるに従って弱まることが明らかにされた。また、横瀬は輪郭線図形の内外の種々の位置に残像を投入してその変化をしらべるという方法で、更に詳細な輪郭線効果の測定を行なっている<sup>(3)</sup>。

以上のべた一連の研究成果は、形の知覚に関する図と地の機能的差異を明らかにしたのみでなく、更に進んで刺激対象のその周囲に及ぼす効果を明らかにしたものであって、今日の感受性場の探究の端緒をなしたものといえる。もう一つの場に関連をもつ研究の動向は、錯視の研究である。錯視現象の顕著な特色は、長さや面積の縮小、拡大、方向の変化などであつて、これらは何れも形の歪 (distortion) の知覚の問題である。盛永はミュラー・リ-エル (Müller-Lyer) の錯視の主線を除いた屈折線図形の内外領域の各位置における小点の変位を測定して、その内部が均一の状態にはないことを明らかにし



第 1 図  
矢印は変位方向  
(盛永：心研16巻掲載)

に被験者に刺激図形を一定時間持続視させた後、テスト図形をその近傍の位置ないし内部に提示するとその図形の縮小や変位 (displacement) があらわれることをつき

ている<sup>(4)</sup>。図 1 はその状況を示したものである。ケーラーは、最近ワラッハ (Wallach, H) と共

とめ、これを図形残効 (figural after-effect) と呼んでいる<sup>(5)</sup>。彼は刺激図形を単眼凝視後他眼の対応領域にテスト図形を提示しても残効が認められる所から、この現象の生起は中枢における神経媒質の変化の過程に依存するものと解釈した<sup>(6)</sup>。前者の小笠原の研究は同時場の効果について有益な資料を提供したものであり、後者の図形残効は刺激が取り去られた後にも、一定時間場が残存することを示した点で意義深い研究である。

これらの研究は視的对象がその刺激特性に依存するのみでなく、その周囲に形成された特殊な性質効果をおびた領域の機能にもとづき、周囲から分離 (segregate) て知覚されることを明らかにした諸研究であつて、それがケーラーの心理物理同型説の検証と相俟つて、場効果の詳細な測定に向う契機ともなったのである。

## III. 場の詳細な探究と理論式への展開

ケーラーは、さきにのべた心理物理同型説につづいて、生理学的事実をも参照し、知覚対象過程の生起に電気の流れが伴うということ、知覚対象過程のあらわれは狭義におけるその所在の局所以外にも及ぶという仮説を立てた。即ち刺激図形に対応する領域とその周囲の領域は、物理化学的見地よりみて三つの相 (phase) を形成し、それらの三相の境界に発生する動電力によって電流は図形の囲まれた領域からその周囲にゆきわたる。その流れが場を形成する。これがケーラーの知覚電流説である。

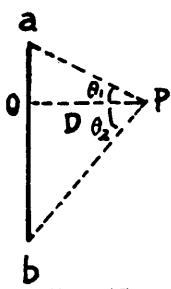
横瀬は上記のケーラーの知覚電流モデルの心理学的検証を意図し、そのためまづ次のような考察を加えている。即ち、もし知覚対象が脳における電気力学的相互作用の対応だと仮定すれば、例えば、正方形として知覚される図形は、われわれの視覚セクトル、即ち、視覚的過程に参加する網膜から大脳皮質に及ぶ神経全体の中で展開する生理的過程—物理化学的過程—の力学的相互作用の結果形成されるところの、準定常的な均衡のとれた力の配分関係によって四角という輪郭図形として知覚されるのではなからうか。そしてもしそのようであるならば輪郭図形の内外周囲の到るところで場の強さの差とか、方向 (向き) の差があつてよいはずであると<sup>(7)</sup>。氏はかかる考の帰結として、内山らと共に精密な実験条件の統制の下に輪郭線図形の内外に到るところに小光点を投入して刺激閾値の測定を行ない、次の如き場の強さに関する関数関係を発見している<sup>(8)</sup>。その関係式は場強を  $M$ ,  $E$  を形の固有結構,  $D$  を距離,  $H$  を図形の明瞭度,  $db$  を指数とした場合

$$M = f \left( E \frac{H^d}{D^{db}} \right)$$

である。

ここでいう  $E$  すなわち固有結構は、先の形の知覚の中枢における対件 (correlate) として予想されるものであつて、氏は  $E$  を更に予測可能な形にまで発展させるため引き続き詳細な量的測定を行ない、次の如きより具体

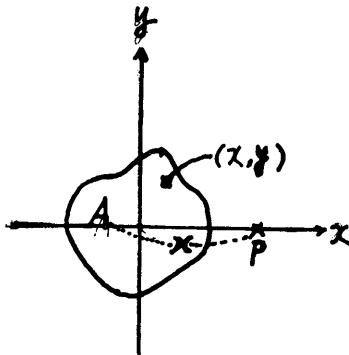
的な関数式を考案した<sup>(9)</sup>。図2の如くP点の場強を求める理論式は



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

上式は横瀬並びに内山、伊東<sup>(32)</sup>、その他の研究者によって検証実験が行なわれたが、細部の点を除き、基本的にはその妥当性が立証されている。この横瀬の理論式は固有結構の機能を予測することに主眼がおかれ

たものであるため、刺激図形が巾をもたない輪郭図形への適用の式となる。そこで内山は実際の刺激条件にも適合しうるようにするため、次式の如き実験式を提案している<sup>(10)</sup>。即ち、図3のような面図形について、任意の点Pでの場の強さMは

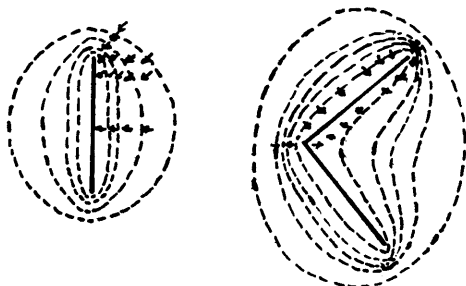


第3図

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

Cは常数。積分範囲は図形の全面積

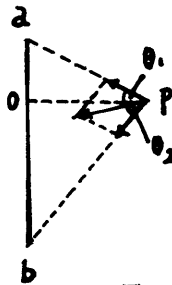
以上は場の強さに関して求められた関数関係であるが横瀬は更に場の方向に関する探究を進めるため、先の錯視現象や図形残効の諸事実を検討し、河村と共に、輪郭図形の内側、外側における場の方向を調べた結果、小点のズレ(displacement)の方向が場所によって異なることを見出し<sup>(11)</sup>、つづいて筆者と共に図形の周囲の種々の異った位置について変位を測定した結果、ほぼ等識閾線に直交する事実をつきとめえた<sup>(12)</sup>。図4はその状況の一部を示したものである。



第4図

点線は等識いき線、矢印は変位方向

これらの事実から場の方向が強さと充分関連を有することが明らかにされたため、横瀬は次に場の歪みにもとづく力の方向に関する理論式をMPを基礎として展開した<sup>(13)</sup>。それが次式である。図5においてP点における



場の力の大きさおよび方向をVとすると、求める関数式は

$$V = 2(MP) \cos\left(\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}\right)$$

a bは刺激対象

矢印は場の力方向

上式も其後の実験の検証によってほぼその妥当性が立証されている。

第5図

さてMPの理論式によって示されるような場効果を横瀬はポテンシャル場(potential field)、Vの理論式によって示されるような場効果をベクトル場(vector field)と名づけたが、氏はケーラーが場の担い手はエネルギーと力であるという考え方をとり入れ、ベクトル場を力場とみ、ポテンシャル場は力場の潜在的ないし基盤となるエネルギー的なものとみなしている。さきの感受性場、変位場の名は小笠原がポテンシャル場とベクトル場に夫々あてはめた呼名である<sup>(14)</sup>。

#### IV. 場の機能的特性とその考察

場の理論に関する筆者の考察に入る前に、横瀬の理論式展開の基礎ないしその検証として明らかにされた場の様相について、まとめてみる必要があると考え、次に基本的とみなされる特性を挙挙してみることとする。

##### 1. ポテンシャル場の基本的特性

(1)輪郭図形刺激のその周囲に及ぼす効果は積分的影響をもつ。

(2)場の強さは他の条件が一定の場合、刺激対象よりの距離のほぼ二乗に反比例して減少する。

(3)面刺激の内部の場の強さは一定ではなく、勾配を有する<sup>(33)</sup>。

(4)二刺激が存在する場合、場の強さは両刺激の積分的影響の和となつてあらわれる。

(5)場は時間と共に形成発達し、一定の強さに達する。刺激がとり去られた後、次第に衰退する。内山はこの状態を次式にまとめている<sup>(15)</sup>。

$$M' = M(1 - e^{-at})$$

tは刺激時間

Mは場の強さの最大値

M'はtの場合の場強

eは自然対数の底

aは常数

(6)場の強さの決定要因の一つである明るさは、刺激そのものの明るさに依存するのではなく、背景の明るさ即ち次式の如き明度対比率によって決まる。横瀬は明度対

比率( $H$ )として次式を提案している<sup>(16)</sup>。

図形が素地よりも明るい場合

$$H = \frac{ha - hb}{ha} \times 100$$

図形が素地よりも暗い場合

$$H = \frac{ha - hb}{hb} \times 100$$

$ha$  は図形の明度(反射率)

$hb$  は素地の明度(反射率)

以上がポテンシャル場の基本的特性であるが、(1)の場合は先の理論式の実験的検証によってその妥当性が証明されており、(2)についてもそれらの実験的事実によって同時に裏づけられている。殊に内山は大きさの異なる種々の円輪郭図形の中心部における小光点の閾値を測定し、その結果円の半径と閾値の夫々の対数によって示される直線がほぼ  $45^\circ$  を示すことを明らかにしかかる事実を立証している<sup>(17)</sup>。また(4)は、内山、小保内両氏がともに測定によって同様の事実を明らかにしている。小保内は、この現象が感応効果の部分加重により生起するものと見做している<sup>(22)</sup>。

## 2. ユェクトル場の基本的特性

次にユェクトル場の基本的特性をまとめてみると、大要次の通りである。

1) ユェクトル場の効果を示す変位は、ポテンシャル場の閾値の如く指数関数的に減少せず、図形より少し離れた位置に最大値(maximum)があらわれる。従って距離の二乗に反比例するという単調減少の曲線とはならない。

2) 刺激図形のごく近接箇所では、変位は逆に負を示すこともあり、即ち、反対向きの変位があらわれることがある。

3) 場の変位の方向はほぼ等強線に直交する。

4) 変位の大きさは場の強さの勾配にある程度対応する。即ち、勾配の急峻な所では変位は大きく、なだらかな所では小さい。例えば筆者が第4図の線型刺激の矢印の位置を測定した結果では、図形近傍箇所では二等分線上よりも上端部の方がかえって変位は大きく、その減衰の状態も急激となっている<sup>(12)</sup>。

5) 刺激対象の形、大きさ、明瞭度などは、ポテンシャル場とユェクトル場に共通した規定要因であるが、但しポテンシャル場では刺激対象の大きさが変化しても等識閾線で示される場構造は殆んど変化しない。しかしながらユェクトル場では、一般に刺激図形が小さくなるほど最大値の位置は図形に近い箇所にあられる。横瀬の線形、円形、正方形などの刺激図形についての測定結果<sup>(18)</sup>をみると、何れも上述の傾向が共通にあられている。また角をもつ屈折線の内側では、角度が大になる程最大値の位置は角頂に接近している。

## 3. 場の基本的特性に関する諸問題

以上のべた場の基本的特性の説明原理について、批判的事実も存在しないわけではなく、例えば、ポテンシャル場に関してのポイントン(Boynton, R.M.)の瞳孔内散乱光(scattered light)による説明と、それにもとづく鳥井直隆の実験事実などは<sup>(19)</sup>、基本的特性に関する事実に適する結果を見出している。しかしながら横瀬はこの批判に答えて、刺激図形が背景より暗い場合においてもかかる事実が認められることをあげ、散乱光にもとづく効果はある程度存在することは認められるとしても、そのみにもとづくとは考えられないとしている<sup>(20)</sup>。散乱光効果の重要性は、もしかかる事実によって場の基本的特性がすべて説明されるとすれば、場は末梢の事象として考えられなければならない、今後更に検討を要する問題点である。次にユェクトル場の基本的特性の中で重要な問題点は、何故に負変位や最大値があらわれるかという点である。これを横瀬は測定指標としての小点もまた独自の場を形成し、その力にも帰因するものとして説明を与えている。即ち、図形の場の力を $V_a$ とし、小点の場の力を $V_b$ とすると、小点の変位を生ぜしめる全体の合力としての場の力は、 $V_a, V_b$ の拮抗によって決まり、 $V = V_a - V_b$ なる式によって算出できると考えている<sup>(21)</sup>。小点の場の力は近接距離では相当大きくなるため、時には $V$ は負の値を示すことも起りうるのである。氏はこの式により計算した理論値と実測値との照合によってその妥当性を確めている。筆者も種々の大きさの小点を一定図形の周囲に投入してその効果をしらべた結果では、小点が小さい場合は最大値の位置は図形に近く、大きくなると次第に離れた位置につれることを確めている(註)。ともあれ、ポテンシャル場と異なったユェクトル場のかかる特性は、ケーラーが図形残効の事実でも発見しており、彼はこの現象を特に距離的背理(distance paradox)と呼んでいる。彼自身はこれに関しての明確な説明を与えておらず、今後も検討を加える必要があるように思われる。

## V. 場に関する理論的考察

### 1. 問題の提起—ポテンシャル場とユェクトル場との関係

本論述の中心的課題は、冒頭において先ず明かにした如く、ポテンシャル場とユェクトル場との関係について筆者の構想の一端を試論的に展開することであり、そのため一応場に関する諸研究の概括、理論の紹介、ポテンシャル場、ユェクトル場の基本的特性などについて筆者なりにまとめて論及してきたのである。

さて、ポテンシャル場とユェクトル場との関係については、已に横瀬は彼の理論式によって明快な解決を与え、かつまた実験事実とも極めてよく適合することを立証し

ている。かかる理論の展開は、未だ生理学においても直接参考となる知識が殆んどない現段階においては、極めて有意義な知見を提供したものといえる。事実、ケーラーの知覚電流説においても、あるいはわが国の小保内の感應理論 (induction theory) においても、二つの場の関連については巨視的な理論づけに留り、具体的即事的な説明が与えられていない現状である。元来ポテンシャル場とベクトル場の探究に関しては、場の研究の端緒においても述べた通り、史的にはそれぞれ異なった現象的事実として探究され、それがケーラーの心理物理同型説の提唱によりその後統一解明への探究の契機を促すことになったのである。

ポテンシャル場とベクトル場の関連づけの最も困難な点は、前者は感受性の変化としてあらわれ、距離に関して単調減少であるに反し、後者が変位現象であり、最大値をもつ山形の傾向を示すことにある。小保内は場の効果をかかえる概念を用いずに、網膜に起った興奮は、その網膜においてまづ周囲に拡散し、それが上位中枢に伝えられるとして、興奮の末端および第一次、第二次中枢における拡散を感應と名づけ、神経生理学的基礎づけによって興奮と禁止の二つの力を導出し、それらの力の拮抗によって説明した<sup>(22)</sup>。しかしながら氏の理論では、近い箇所では感應効果は大きく離れるに従い減少するとして変位現象の一応の説明は与えているものの、何故に場所的相違によってその方向、大きさが異なっているのかの問題には明確には答えておられないのである。オービソン (W. Orbison)<sup>(23)</sup>、ブラウン (J. F. Brown)<sup>(24)</sup> は凝集力 (cohesive force)、抑止力 (restraining force) の二つの力の拮抗によって変位現象を説明しているが、光覚閾などのいわゆる感受性については取り扱われていない。横瀬は、小保内、ブラウンらの如く二つの異種の力を仮定することなく、同一の性質をもつ力を仮定し、図形と小点という二つの知覚対象が積分的な働き合いをもつポテンシャル場の基礎の上に力の発生の根拠を求め、そして場の強さ、力の大きさ、方向を求める明確な方式を打出した点は他に類例がない特色を有している。したがって、ポテンシャル場とベクトル場との関連づけの理論的考察は、横瀬の理論を一応中心とせざるを得ない。そこで次に氏の理論に関して筆者の考察を加えてみることにする。横瀬のポテンシャル場の構想の背景は、ケーラーの電流の理論にあり、したがって物理学における電場の構造に対応した原理によって構成されている。しかしながらベクトル場においては心理学的な力のベクトル合成によって理論式を構成しており、その場合分ベクトルの大きさを *MP* と対応づけた点についての説明が与えられていないように思われる。氏が最近の論文で<sup>(25)</sup>、ケーラーの知覚電流説に対し、形の知覚の基礎が電気現象であるとは限らず、あるいは随伴現象であるかもしれないし、かつまた化学事

象であるかもしれないとも指摘されており、その意味ではポテンシャル場も心理学的構成物と考えられることも可能であって、事実根ざしたかかる理論的展開はそれ自体科学的な進め方であるといえよう。しかしながら閾値と変位は同時に生起する場の事象であると考えられるならば、理論的には同一の原理による説明が望ましいと考える。ケーラーがベクトル場に関して明確な説明を与えていないのも、その現象的事実としての変位はあらわれ方が複雑であり、かつまた各測定値の変動も大きいことに関連するとも思われるので、さらにその理論的基礎づけは今後とも必要と思われる。そこで筆者は次に横瀬のベクトル場の理論式の心理生理的基礎づけの一端として筆者の構想の試論的展開を試みたいと考えるが、その前にまづ代表的な理論としてのケーラー、小保内、その他の諸説をもう一度細かく考察してみることにしよう。

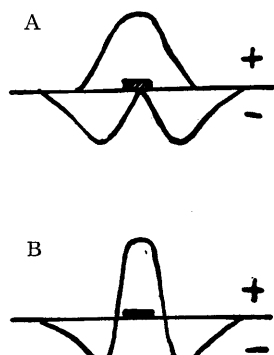
## 2. 場に関連する学説の考察

先づ横瀬の理論的背景となったケーラーの知覚電流説について、その基本的部分をまとめ、かつ考察してみることとする。

ケーラーは、*Dynamics in Psychology* の中で、知覚対象の場について例をあげて次の如く機能的説明を与えている。今網膜上に白い円またはその他の図形が投射され、そしてそのまわりは一律の灰色であると仮定しよう。網膜上の白い図形に対応する囲まれた区域では、神経衝動到来の頻度が高く、かつそれを伝える個々の線維の数も多いため、この区域では化学作用は高い水準に保たれる。このようにして二種の定常的な化学過程が隣りあって二つの相を形成する。これがケーラーの知覚対象の場の化学過程についての理論である。更に、彼は物理的過程も化学的過程と同時に生起していることを示している。即ち、囲まれた区域とその周囲とではイオンの濃度を異にするため、濃度の高い地帯から低い地帯に拡散がおこり、その結果、隣接部に関して一方の区域は陽荷電、他方は陰荷電となり、かくして図形とその周囲との間に動電力が起きるとしている。

このような物理化学的過程は、電気生理学的にもある程度明らかにされている。つまり興奮していない時の細胞の膜電位は内側が負であるが、興奮中は逆転して一時正になることが明らかにされており、その原因は興奮すると原形質膜の透過性が増し、すべてのイオンを透過するようになるため、電気的二重層は消失して、その結果興奮部から興奮してない部へ電流が流れるのである<sup>(26)</sup>。これが有名なベルスタイン (Bernstein) の膜説 (membrane theory) と呼ばれるものであって、ケーラーの理論は、この考え方に根源を発したものと推定させる。小保内は知覚にみられる感應に対応するものとして電気的分極作用をあげているが、これは上記の膜説に相当するものと思われ、物理的現象の説明としてはケーラーと

顕著な差異がない。異なる点は小保内の場合、逆起電力を禁止の力と考えていることである。氏は、眼の刺激によるその部位の興奮がその周囲に及ぶと同時に、それに接して禁止の領域が拡がることを光滲現象によって明らかにし、かかる事実から刺激によって生じた興奮の力とその力を禁止する力のあることを仮定し、二つの力の拮抗関係によって各種の知覚事実を説明出来るとする。そして更に次の様な図式によって興奮部と周囲の部分との



第 8 図

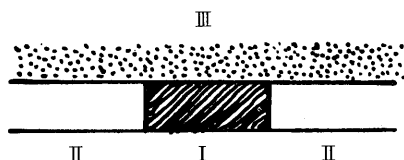
+ : 興奮過程

- : 禁止過程

(小保内: 視知覚掲載)

差異、及び拡散の状況を示している。Aは興奮と禁止の発生状況を示し、Bは両者の均衡状態の成立過程を示している(22)。氏の構想における力の発生は、起電力と逆起電力にその基礎を有しているが、しからば変位を生ぜしめる力としていかにそれらの二つの力が転換されるのか、その点についての説明が与えられていない憾がある。この点が筆者の最も問題とする点である。そこでケーラーの場合は、この点をどのように説明しているかを更に考察を進めてみよう。

ケーラーは次の如き簡単な図式によって動電力にもとづく電流の流れを説明する。図9においてI, II, IIIの境界領域に動電力が発生するため、電流はIよりIIへ、



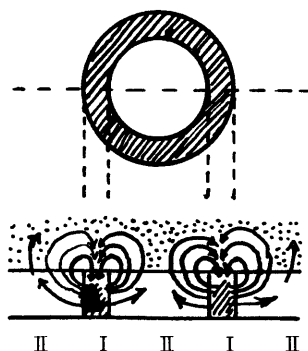
第 9 図

Iは図形の領域、IIは等質的な周囲、IIIは隣接した組織。図式は事態の横断面を平面的に提示。

(W.Köhler : Dynamics in Psychology 掲載)

更にIIよりIIIへとあたかも刺激に対応する領域をとりかこむように流れる電流の布置が形成される。そして電流の密度は図形区域内は狭い領域であるため密度は高く、その周囲は低い。かつまた電流は特定の導体に沿って流れるわけではないので、連結した巨視的過程として組織にゆきわたってゆく。これがケーラーの電流の布置と興奮の拡散との対応づけと考えられる。上の如き図式が仮に輪郭図形であれば、図10の如き電流の布置が生じ、輪郭内部と外部の効果の差異が説明可能となってくる。電流の発生は刺激図形の存在にもとづくものであって、その電流の流れが機能的な量ないしは場を形成することになるのであるが、小保内の感應理論においても指摘した

如く、かかる電流の流れが場の力に如何に対応するかが



第 10 図

円輪郭図形における電流分布の横断面

I : 図形領域 II : 等質周囲領域

矢印: 電流の流れの方向

べている。

以上がケーラー、小保内の学説における図形の内部とその周囲における機能的差異あるいは興奮の拡散に関する物理的ないし生理的基礎である。ケーラーの理論は、場の強さに関しては電流理論によって一応明快な説明が与えられているように思われるが、変位現象に関する具体的な力の対応づけは未だ十分ではないと考える。横瀬はケーラーの電流理論をもとにして、知覚対象が大腦における電気力学的交互作用の対応とすれば、その結果形成されるところの準定常的な均衡のとれた力の配分関係によって場の強さ、方向の差異をもたらすものと考えて氏の理論式を展開したものである。氏のポテンシャル場の理論は、中枢の物理化学的過程を予想し、かつ中枢では媒質の特性に帰因するので単純な物理学的原理に従うものではないとしても、巨視的にみて物理学の原理を導入して関数式を案出し、事実もほぼそれに妥当することを実証したのである。

## VI 両場の関連づけに関する筆者の構想

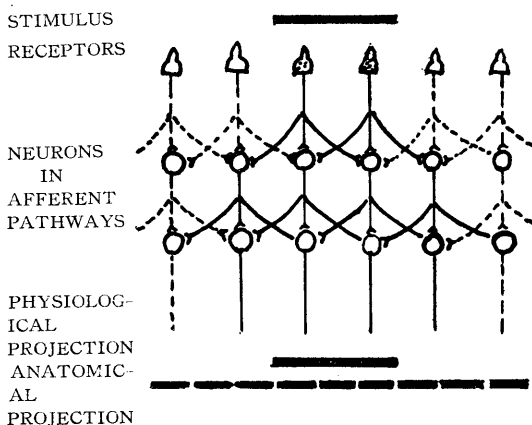
### 1. 構想の背景

場の機能の本質は、ケーラー、小保内の学説より示されるように単なる生理学的事実によっては明らかにしえない極めて困難な問題であって、仮説的な段階も多く、ケーラー自身も心理学における場の理論は未だ満足な状態にあるとはいえないとまでいっている。そこでまづ問題を素朴な段階からもう一応みなおしてみることも意義をもつものと考え。筋、神経などが刺激によって興奮すると、活動部に活動電位 (action potential) と呼ばれる電気現象が生起することは古くから生理学において知られている。もっともこの電気現象が場の効果の発生機序となるものであるか、あるいは随伴現象であるかも一つの問題となろう。何れにしても心理学的事実が生理学的領域に對件をもつことは疑いえない所である。そこで一応知覚事実に関連をもつ生理学的事実ならびに心理

問題である。ケーラーは、媒質にその相の境界における動電力によって生じた静電力が充滿していることを指摘し、電流の分布はいつもこれらの静電氣的ヴェクトル分布に対応するとしている。つまり、力と電気の流れは分離しえぬ関係にあるとの

学的説明原理を、場の現象的事実と関連させて考察してみることにしよう。まづ第一には刺激の強さと興奮の強さであるが、刺激の強さは変わっても興奮の強さは不変であって、むしろ線維を通る波動の頻度（単位時間における）が増加することが知られている。したがって刺激図形を持続視すると波動の数が増加してゆき、そしてケーラーのいうある定常状態に達することになる。第二には刺激図形に対応する網膜ないし中枢における知覚対象領域は、いくつかの線維で機能的に連絡しており、この事柄が興奮の拡散の生理解剖学的基礎となる。例えばモルガン（Morgan, C.T.）は次の如き図式によってシナプス加重機制による大脳投影を説明している<sup>(27)</sup>。これをケーラーないし小保内ではイオンの透過、即ち、電流の流れによって説明するわけである。

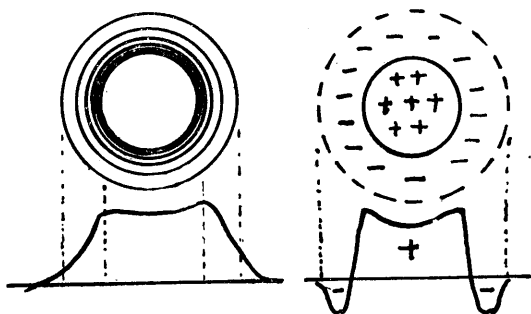
次に興奮過程と制止作用であるが、膜説によれば図形内は+の荷電、その周囲は-の荷電の状態を形成する。



第 11 図

（Morgan：参考文献27掲載）

これを円面図形についてみれば第12図の如くなるであろう。左側は閾値分布を、右側は荷電分布を示す。右側の高さは、電気生理学的にはインパルスの頻度に対応する

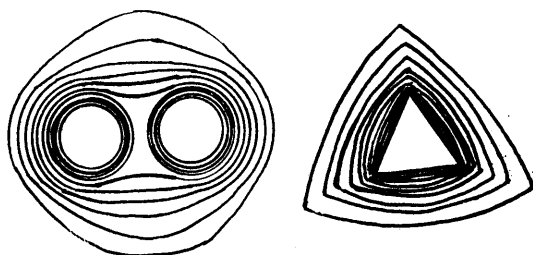


第 12 図

ものと考えられよう。ここで制止作用（inhibition）の問題であるが、これは生理学的には最近極めて重要な生体の機序の一つとして考えられている。例えば、マグーン（Magoun, H.W.）は網膜上に刺激により興奮が生ずる

と、興奮を一定水準にまで高めるために、その周囲に興奮を抑制する働きが生ずることをのべ、かかる事実が網膜のみならず皮質活動にも予想できるとしている<sup>(28)</sup>。この点は小保内の禁止作用の考え方にも通ずるものがあるといえよう。

以上の諸点は図形のその周囲に及ぼす効果の生理的基礎ともなりうるものと考えられるが、次に場が歪をもつこと、即ち、勾配を有することについての研究事実をみてみよう。本川は錯視図形を提示した後、その周囲の各位置の網膜上の感電性を測定し、網膜上にも場の存在を明らかにした<sup>(29)</sup>。図はその一例である。



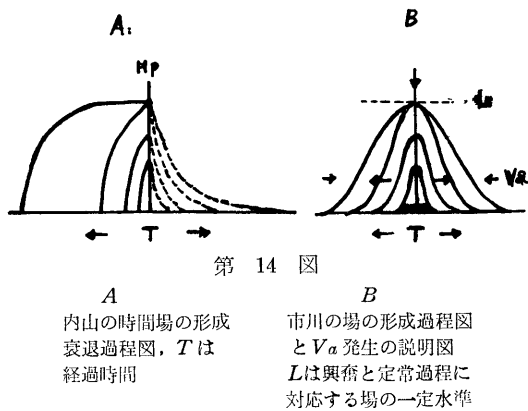
第 13 図 網膜誘導場

（本川：感覚の生理学的基礎「科学」18巻掲載）

氏はかかる場を網膜誘導場（induction field）と名づけている。小笠原は本川の場については、刺激がとり去られたあとの現象であって、それは異化作用にもとづくものであるから、感受性場とは関係はもつとはいえず、同種のものではないと指摘して批判を加えているが<sup>(14)</sup>、しかし、このような生理学的事実は横瀬らの研究によって明らかにされたポテンシャル場の事象とも極めて類似しており、注目すべき事柄である。

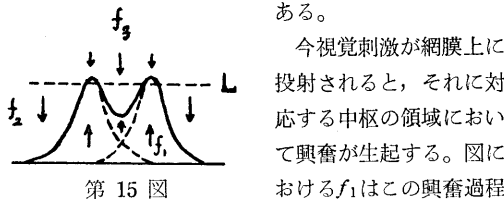
## 2. 構想としてのモデル

以上の心理、生理的事実を参考として再度場の心理学的現象について考えてみよう。先づ第一に考えられる点は閾値と変位は現象的事実であって、しかも同時に発生しているものであるから、何らかの共通した機制によって起るものと予想出来ること。第二には図形刺激によって、それまでの物理化学的な定常過程の均衡が破壊され、新たに異種の相をもつ定常過程が発生する。これが興奮過程の基礎である。第三には興奮過程は動電力により時間とともに拡散する。それが現象的には図形の内外各位置における閾値の勾配を形成する一要因ともなりうる。第四には興奮過程は一定の水準に達してのち定常過程を示す。しかし刺激がとり去られると、時間の経過と共に次第に減衰する。これが図形残効などの現象としてあらわれるものであろう。一定水準以後、定常過程を示すことは、内山の測定結果がこれを示唆していると考えられる<sup>(30)</sup>。第14図のAは内山がその結果を図示したものであり、Bは筆者の説明図である。第五には一定水準より以上高まらないのは、生理学的にはインパルスの頻度が



ある限度内であるという事実や、またケーラーの物理化学的定常過程に帰因するとも予想されうるし、更にもう一つの原因として推定される事柄は、制止作用にもとづくと考えられる。同時にこの制止作用は興奮過程と共に発生し、場の歪みを生ぜしめる一つの規定要因とも考えられる。以上がポテンシャル場に関する筆者の構想の背景である。

次にかかる背景にもとづいて、巨視的に興奮過程と制止過程の競合の状況を図式的に表現したものが第15図である。

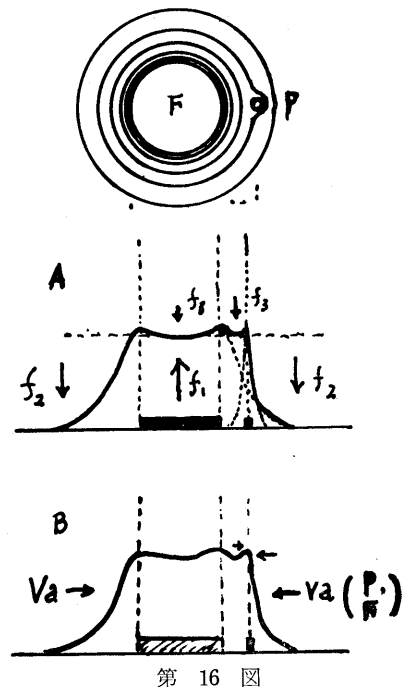


の働きを示したものである。

$f_1$  およびその矢印は、神経衝動到来の頻度、物理化学過程の変化等に対応する事象を記号化したものである。さてかかる興奮過程が神経細胞の興奮閾値に達すると、始めて図形として知覚される。図中の水平破線( $L$ )はこの水準を示したものである。これと同時に興奮過程はその周囲の神経媒質へ拡散して行くので、これを抑制する働き( $f_2$ )が周辺部に発生する。更に先の刺激に対応する領域では、一定水準に達した興奮過程をそれ以上に到達せしめないため制止作用( $f_3$ )が生起するものと推定される。但しこの $f_3$ の設定は生理学的事実からみて不必要であるかもしれない。ここでいう $f_3$ は $f_2$ と異質のものではなく、その一種とも見做しうる働きである。以上がポテンシャル場の歪の発生機制に関する筆者のモデルである。

次にベクトル場についての機能的特性の基礎は如何ようになるであろうか。今まで明らかにされた事実に検討を加えつつ筆者の構想の背景を一応のべてみよう。変位現象を生ぜしめる場の力は興奮と制止の二つの過程の働きの競合の結果発生するものと考ええる。ケーラーの静電的ベクトルの分布が電流の分布に対応するという

表現では直ちに変位への力として結びつかないため、小保内と同様の立場に立つが、しかし氏の場合の如くそれぞれが興奮の力と禁止の力として仮定するよりも、むしろ両過程によって力の分布が発生すると仮定したい。閾値の分布はそれらの働きの均衡の結果として生じたものとみることができる。即ち、それぞれの位置における一定の興奮水準を保持しようとする働きと、制止作用との競合により閾値の勾配が現出すると仮定するのである。興奮過程の勾配の生理的基礎は促進、加重、制止の三作用によるものであろう。かくして発生した力  $V_a$  は、興奮過程の勾配即ち場の強さを示す等強線にほぼ直交し、かつそれぞれの勾配に対応する大きさを示す。次に以上の仮定を分りやすく示すため、図式的に表現してみる。第16図は面刺激とその近傍に小点が存在する場合のポテンシャル場(図のA)とベクトル場(図のB)の状況を示したものである。図中の  $V_a(P, F)$  は小点と図形のポテンシャルに対応して発生するベクトルである。



さてベクトル場の効果としての変位であるが、この場合、もし図形と小点が同一の明るさをもつと仮定した場合、両者の興奮過程は相互作用によって図のBの如くなる。それぞれの図形が単独に存在する場合のポテンシャル場の重畳が、相互作用の結果であることは理論式で示され、内山、小保内の実験結果でもそれを裏づけている<sup>(31)</sup>。したがって、小点が図形に極めて接近して提示されると、両者の間の興奮過程は上昇して一つに連続して知覚されるのである。輪郭線効果の研究として、小円の残像を図形に殆んど接触して投射するともはや小円として分離せずして知覚されるのもこの事実を裏づけている。仮に図形と小点がある距離をへだてて存在する場



合は、逆に小点と図形を分離しようとする力  $V_b$  が興奮の働きと抑制の働きとの相互関係によって発生し、その力の大きさはその箇所におけるポテンシャル場の勾配に対応するものと仮定できる。

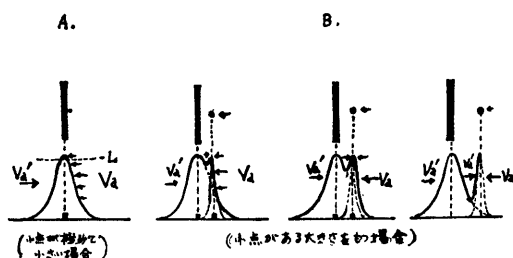
## VII. 実験的事実との照合による構想の検証

次に実験的事実との照合によってこの構想を二例をあげ検討してみることにする。

### 1. 線型刺激の場合におけるベクトルの発生の機制

#### A) 小点が極めて小さい場合

図形にごく近い箇所では閾値勾配はゆるやかとなり、小点の変位は制止作用の分ベクトルとして図の如く分



第 17 図

縦軸: ポテンシャル水準

$V_a$ : 制止作用  $f_2$  に帰因するベクトル

矢印: 分ベクトルの分布とそれらの拮抗事態を示す

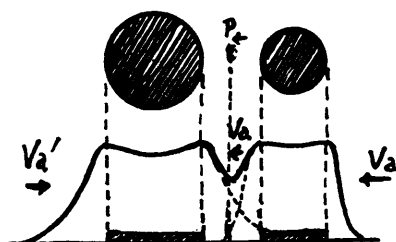
布する。そして分ベクトルの大きさはポテンシャル場の勾配に対応するので、場の存在する範囲内のある位置に最大の分ベクトルがあらわれ、これが最大値を示す一要因となる。また図形の中央部ではポテンシャル場の勾配は零となり変位はあらわれない。

#### B) 小点の大きい場合

図形にごく近い箇所では現象的に負変位があらわれる。この場合ポテンシャル場は図のようであって、二つの山型を示す。小点と図形の分離を生ぜしめる力  $V_b$  が制止作用より発する力のベクトルとして生じ、 $V_a$   $V_b$  の差が変位を生ぜしめるのである。横瀬の関数式はこの事を計算によって求めた式と考えられる。

### 2. 二刺激図形 (円型) の場合におけるベクトルの発生の機制

もう一つの例を図解して説明しよう。



第 18 図

二刺激の場合における  $P$  点における分ベクトル発生の説明図

図の刺激パターンにおいて、物理的に二円間の中心に投射された小点が大円の方へずれて見える現象を例にとると、小点が図形と比較して極めて小さい場合は、二円によって形成されるポテンシャル場の位置  $P$  における勾配にもとづいて、大円の方への  $V_a$  が生起することに帰因する。

## VIII. 結 語

以上心理物理的場に関する考察にもとづいて、一応筆者の構想の一端をのべてきたが、これは現在のところ試論的な域を出ない仮定である。もともとこの様な構想を提出した由来は、筆者がここ十年間にわたる三次元的視知覚場の探究を継続して明らかにした諸事実の理論的解明には、ポテンシャル場とベクトル場との関連づけを明確な形に整理系統立てることが緊急事となったからである。この筆者の構想は、横瀬の関連づけの構想を生理的ないし、心理物理的に裏づけることを意図したものであって、結果的には氏の関数式を裏づけることになり得たと考える。

このような構想は、今後錯覚その他のベクトル場の現象について、次々とその妥当性を検証することが必要であって、更に幾多の現象についても筆者なりの検討や考察を加えてゆきたいと考えている。

## 参 考 文 献

1. Köhler, W.: Dynamics in Psychology. 1940.  
(相良守次訳: 心理学における力学説 1952)
2. 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」—
3. 芝田正 (横瀬善正): 投射面輪郭図形の陰性残像への影響「心理学研究」11巻
4. 盛永四郎: ミューラーリエル錯視に関する考察二三「心理学研究」16巻 P27 1941
5. Köhler, W., and Wallach, H. Figural after-effects, an investigation of visual processes. proc. Nmer. Philos. Soc., 1944.
6. Köhler, W.: Relational Determination in Perception. Readings in Perception. (Nostrand Co.,) 1958.
7. 横瀬善正: 視覚の心理学 現代心理学大系 1956.
8. 横瀬善正・内山道明: 視知覚における場の強さの測定「心理学研究」22巻
9. 横瀬善正: 心理物理同型論 (Isomorphismus) の実証的研究—形態の場の強さを求める理論式—「名古屋大学文学部研究論集」Ⅲ P10~P12 1952
10. 内山道明: 視知覚における場の強さを求める実験式

- について「名古屋大学文学部研究論集」IX P 9 1954
11. 横瀬善正・河村寿人：形の場の力の方向の研究（第1報告）「心理学研究」23巻 P 133～ 1952
  12. 横瀬善正・市川典義：形の場の力の方向の研究（第2報告）「心理学研究」23巻 P 261～ 1953
  13. 横瀬善正：前出(7) P 71～P 73
  14. 小笠原慈瑛：知覚の問題点「相良守次編，現代心理学の諸問題」誠信書房 1961
  15. 内山道明：形の場の時間的変容についての実験的研究「名古屋大学文学部研究論集」XV P 9 1956
  16. 横瀬善正：前出 (7) P 25
  17. 内山道明：前出 (10) P 100～P 103
  18. 横瀬善正：前出 (7) P 82～P 84
  19. 鳥井直隆：視知覚における散乱光効果について「心理学研究」32巻 1961
  20. 横瀬善正：「形」の心理的ポテンシャル場の理論の妥当性について「名古屋大学文学部研究論集」XXXIII P 5 1963
  21. 横瀬善正：前出 (7) P 80
  22. 小保内虎夫：視知覚一感應学説研究 中山書店
  23. Orbison, W. : shape as a Function of the Vector-Field. Awer. J. Psychol. 52.
  24. Brown J. F. and Voth A. C. : The Path of Seen movement as a Function of the Vector Field. Awer. J. Psychol. 49. 1937.
  25. 横瀬善正：前出 (20)
  26. 平本幸男：生物電気（18章）「木川弘一・奥貫一男・富田軍二編：「最近一般生理学」朝倉書店
  27. Morgan, C. T. : Some Structural Factors in Perception. Readings in Perception. 1958.
  28. Magoun, H. W. : The Waking Brain. 時実時彦訳：脳のはたらき 朝倉書店
  29. 木川弘一：感覚の生理的基礎「科学」18巻 1948
  30. 内山道明：前出 (15)
  31. 小保内虎夫：前出 (2)
  32. 伊東三四：視知覚における形の場の理論の実験的分析—横瀬のポテンシャル場の理論式の検討—「心理学研究」29巻 P 171～180 1958
  33. 内山道明：面図形上の場の強さについて「名古屋大学文学部研究論集」XXX P 37～ 1962.
- 〔註〕市川典義：未発表