

諸恒常現象間の相関に関する研究（第5報告）：知覚恒常性とLuneburgの視空間理論（3）

石井，克己

<https://doi.org/10.15017/2543237>

出版情報：哲學年報. 24, pp.121-136, 1962-10-20. 九州大学文学部
バージョン：
権利関係：



諸恒常現象間の相関に関する研究

(第 5 報 告)

—知覚恒常性と Luneburg の視空間理論 (3)—

石 井 克 巳

1. 序 言

前回の報告¹⁾では、Helmholtz の実験によって前額面ホロプター (frontal plane horopter) を作り、これによって Luneburg 定数 σ , k を測定することを試みた。しかし、この方法は、次の点で不適切なることが明らかとなった。

(1) Luneburg の理論によれば、視空間が双曲的、ユークリッド的、あるいは楕円的のいずれの性質をもつにせよ、ホロプターの形状は観察者 O に近い位置では、 O に対して凹形となり、遠い位置では凸形となり、これらの中間のある特定な位置 x_0 においてのみ直線となる。したがって、実験から得られるホロプター系列の形状からは、 O の視空間が、双曲的、ユークリッド的、楕円的のうちいずれの性質をもつか判定できない。

(2) しかも、前回報告したように、実験の結果は、この理論に反して、ホロプターが、 O の近辺で凸形、遠方に行くにしたがって凹形になるような場合も見出される。

(3) もっとも、この理論では、次の点で視空間の性質を区別する。

$$\begin{cases} x_0 < 4\sigma & (\text{双曲的空間}) \\ x_0 = 4\sigma & (\text{ユークリッド空間}) \\ x_0 > 4\sigma & (\text{楕円的空間}) \end{cases}$$

しかし、このためには、 x_0 を実験によって決定するほかに、予めなんらかの方法で σ を測定しておかなければならない。

(4) Luneburg は、3種の幾何学的空間について、それぞれホロプターの方程式 (σ , k をパラメーターとして) を理論的に導き出しているが、以上のような理由から、実験的データーをどの方程式に適用してよいか判明しない。したがって、定数 σ , k の計算は困難となる。

このような訳で、ホロプターの実験は、Zajackowska¹⁰⁾ が行ったように、Luneburg の理論の検証には役立つ。すなわち、予めある方法で σ , k を測定しておいて、これによって方程式から理論的にホロプターを予測し、実測上のそれと比較検討することができる。しかし、このホロプター実験のみによって、定数 σ , k を決定することは適切でない。

そこで、本研究では、並木実験によって、Luneburg 定数を測定し、別に大きさや形の恒常度を測定して、これらの変数間の相関関係を調べることを主要な目的とした。

2. 並木実験の理論

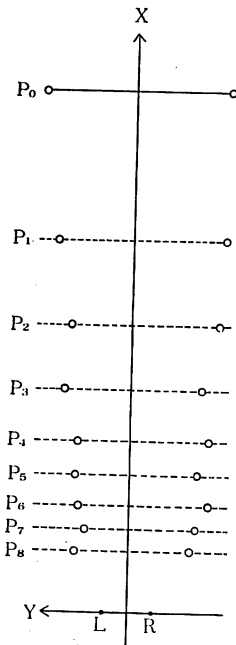
この実験は Hillebrand (1902) によってはじめられ、Blumenfeld (1913) によって発展させられた。Luneburg⁸⁾⁹⁾ は、これらの実験結果にもとづき、われわれの視空間が、Bolyai-Lobachevski の双曲幾何学的性質を有することを明らかにし、さらにこれらの実験によって定数 σ , k の測定もできることを示した。ここでは、並木実験に関する Luneburg の理論と、Luneburg 定数の測定法とを、Blank¹³⁾ にしたがって述べようと思う。

2.1. 平行並木と距離並木

並木実験は図〔1〕に示すように、暗室内で、 O の両眼を通る水平面上に光点の対 P_i, P'_i ($i=1, 2, \dots, n$) を提示して、並木を作らせる実験である。Hillebrand の平行並木 (parallel alley) では、最遠方の1対の光点 P_o, P'_o は、正中線に対称に固定し、 O はこれを基点として両側の光点の

列が、それぞれまっすぐに、平行に見えるように調整する。Blumenfeld の距離並木 (distance alley) では、同様に P_0, P'_0 は固定し、他の対の

図〔1〕
並木実験における光点
の配置 (P_0 は固定, P_1
〜 P_8 は左右に可動)



光点 P_i, P'_i 間の見えの距離 ($P_i P'_i$) が、固定光点間のそれ ($P_0 P'_0$) と等しく見えるように調整する。平行並木の場合は、すべての対をなす光点が同時に O に提示されるが、距離並木の場合は、 P_0, P'_0 と、これと比較しようとする対 P_i, P'_i のみを提示し、そのほかの光点は消す。このようにして作られた並木は、客観的には直線ではなく曲線となる。これらは、それぞれ平行曲線 (parallel curve), 距離曲線 (distance curve) と呼ばれる。Blank は、Luneburg の理論にしたがって、これら曲線の方程式を次のように導いた。

2.1.1. 平行並木の方程式

視空間における点 P の極座標を (r, φ, θ) で表わし、双曲的空間であるとすれば、平行曲線は、正中線に対称で、前額面と直交する視的測地線 (visual geodesic) と考えられ、その方程式は、水平面上 ($\theta = 0$) では、次のように記述される*。

$$\tanh r \sin \varphi = \tanh r_0 \sin \varphi_0 \quad (1)$$

ここで、 (r_0, φ_0) は、固定点 P_0 の座標である。ユークリッド空間、楕円空間における平行曲線の方程式も同様に導かれる**。

$$r \sin \varphi = r_0 \sin \varphi_0 \quad (1a)$$

$$\tan r \sin \varphi = \tan r_0 \sin \varphi_0 \quad (1b)$$

* 石井 (5) の P. 363.

** Blank (3) の P. 22.

2.1.2. 距離並木の方程式

距離曲線は、正中線から一定の測地的距離 (geodesic distance) にある点の軌跡と考えられ、その方程式は双曲的空間の場合は、

$$\sinh r \sin \varphi = \sinh r_0 \sin \varphi_0 \quad (2)$$

もし、視空間が、ユークリッド的、あるいは楕円のである場合は、

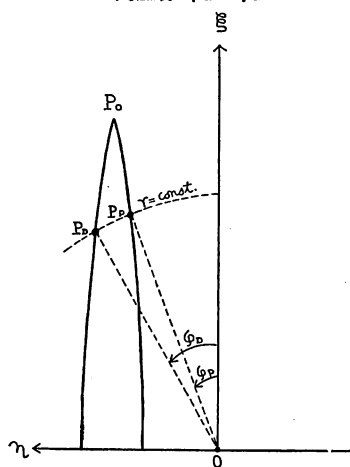
$$r \sin \varphi = r_0 \sin \varphi_0 \quad (2a)$$

$$\sin r \sin \varphi = \sin r_0 \sin \varphi_0 \quad (2b)$$

2.2. 両並木の空間的關係

ユークリッド幾何学においては、平行性 (parallelism) と等距離性 (equidistance) とは一致し、平行線間の距離は、いずれの点でも一定である。方程式 (1a) と (2a) とは全く等しく、この事実を示している。したがってもし並木実験において、両並木が一致すれば、その視空間は、ユークリッド的 ($k=0$) であると云えよう。

図〔2〕 平行並木と距離並木の上
で、 r が一定な点 P_P , P_D
の角座標 φ_P , φ_D



双曲的幾何学においては、両並木の位置的關係はどうであろうか。図〔2〕に示すように、 r の一定な値に対する平行曲線上の点 P_P の角座標を φ_P 、距離並木上の点 P_D の値を φ_D とすれば、方程式(1)と(2)から、

$$\sin \varphi_0 = \frac{\tanh r \sin \varphi_P}{\tanh r_0} = \frac{\sin r \sinh \varphi_D}{\sinh r_0}$$

さて $r \leq r_0$ であるから上式から次の関係が得られる。

$$\frac{\sin \varphi_P}{\sin \varphi_D} = \frac{\cosh r}{\cosh r_0} < 1 \quad (3)$$

これは、 $\varphi_P < \varphi_D$ であること、すなわち、平行並木が、距離並木の内側に位置を占めることを意味する。したがって、もし並木実験において、両並木の空間的關係が、このようになっていれば、その視空間は双曲的 ($k < 0$) であると云えよう。

楕円幾何学の場合は、方程式 (1b) と (2b) から

$$\sin \varphi_0 = \frac{\tan r \sin \varphi_P}{\tan r_0} = \frac{\sin r \sin \varphi_D}{\sin r_0}$$

ここでも、 $r \leq r_0$ であるから、次の関係が導かれる。

$$\frac{\sin \varphi_P}{\sin \varphi_D} = \frac{\cos r}{\cos r_0} > 1 \quad (4)$$

したがって、 $\varphi_P > \varphi_D$ で、これは、平行並木が、距離並木の外側にくることを意味する。それ故、もし並木実験の結果が、このような空間的關係を示せば、その視空間は楕円の ($k > 0$) となる*。

以上のように、並木実験によれば、視空間が、双曲的、ユークリッド的、あるいは楕円のいずれであるかが決定でき、したがって視空間の曲率 k の符号 (正あるいは負) が判定される。その上次に述べるように、符号のみでなく k の値も決定でき、さらにいま 1 つの定数 σ の値も決定できる。

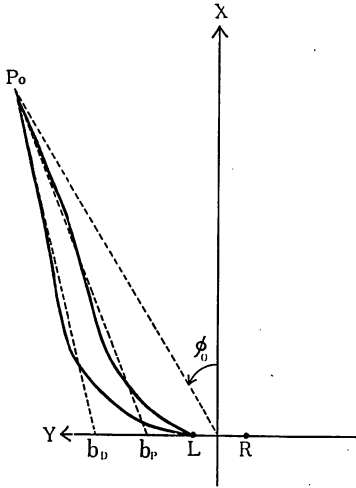
2.3. 並木曲線より定数 σ , k の決定

Blank¹⁾ は、双曲的空間における並木曲線(1)および(2)から、定数 σ , k

* Luneburg (9) はデカルト座標 (ξ, η, ζ) を用いて、水平面上 ($\zeta=0$) の並木曲線の方程式、平行並木: $\frac{k}{4}(\xi^2 + \eta^2) - 1 = -c\eta$ (A), 距離並木: $\frac{k}{4}(\xi^2 + \eta^2) + 1 = c\eta$ (B) を求め (c は定数), 両並木の空間的關係を論じている。まず, $k < 0$ (双曲的空間) の場合: (A) は半径 $\rho = 2/(-k)^{\frac{1}{2}}$ の円, η 軸の両者に直交する円を表わし, (B) は ξ 軸上の点 $\xi = \pm 2/(-k)^{\frac{1}{2}}$ を通る円を表わす。したがって平行並木は、距離並木の内側に位置を占める。 $k=0$ (ユークリッド空間) の場合: (A), (B) はともに $\eta=1/c$ なる直線を表わし両並木は一致する。 $k > 0$ (楕円の空間) の場合: $k < 0$ の場合とは反対に (A) は ξ 軸上の点 $\xi = \pm 2/(k)^{\frac{1}{2}}$ を通る円, (B) は、半径 $\rho = 2/(k)^{\frac{1}{2}}$ の円および η 軸に直交する円を表わし、平行並木は距離並木の外側にくる。

を求める公式を次のように導いている。

図〔3〕 共通点 P_0 において、平行並木と距離並木へ引いた接線の Y 切片 b_P , b_D



それは図〔3〕に示すように、固定された最遠の点 P_0 (r_0 , ϕ_0 , $\theta_0 = 0$) において両並木曲線に引いた接線の勾配 a_P , a_D を利用するもので、O に近い並木上の諸点が利用されない欠点をもつ。先ず点 P の主観的座標 (r , ϕ , ϑ) と物理的座標 (r , ϕ , θ) との間に次の関係を仮定する。

$$\begin{cases} \varphi = \phi \\ \vartheta = \theta \\ \rho = 2e^{-\sigma r} = \frac{2}{(-k)^{\frac{1}{2}}} \tanh \frac{r}{2} \end{cases} \quad (5)$$

そうすれば、勾配 a_P , a_D は、次のような微分によって与えられる。

$$\begin{cases} a_P = (d\phi_P/dr)_{r=r_0} \\ a_D = (d\phi_D/dr)_{r=r_0} \end{cases} \quad (6)$$

また(5)の最後の式の両辺を r について微分すれば*

$$(dr/dr)_{r=r_0} = -\sigma \sinh r_0 \quad (7)$$

次に(1)および(2)を、それぞれ r について微分して次の2式を得る**。

$$\begin{cases} \sigma \tan \phi_0 = a_P \cosh r_0 \\ \sigma \tan \phi_0 \cosh r_0 = a_D \end{cases} \quad (8)$$

* (5)を変形して $\tanh \frac{r}{2} = \sqrt{-k} \cdot e^{-\sigma r}$, この両辺を r について微分すると $\text{sech}^2 \frac{r}{2} \cdot \frac{r}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{dr}{dr} = \sqrt{-k} \cdot e^{-\sigma r} (-\sigma)$, $dr/dr = 2\sqrt{-k} \cdot e^{-\sigma r} (-\sigma) \cosh^2 \frac{r}{2} = (-\sigma) 2 \tanh \frac{r}{2} \cosh^2 \frac{r}{2} = (-\sigma) 2 \sinh \frac{r}{2} \cosh \frac{r}{2} = (-\sigma) \sinh r$, $r=r_0$ では $r=r_0$ となるから $(dr/dr)_{r=r_0} = (-\sigma) \sinh r_0$

** (1)の両辺を r について微分すると, $\tanh r \cos \phi (d\phi/dr) + \sin \phi \text{sech}^2 r$

この(8)の両式から $\cosh r_0$ を消去して, σ を求める公式(9)を得る.

$$\sigma = \frac{[a_P a_D]^{\frac{1}{2}}}{\tan \phi_0} \quad (9)$$

また(8)の両式から σ を消去すれば,

$$\operatorname{sech} r_0 = [a_P/a_D]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

この(10)式と, 次の等式(11)とを用いて, k を求める公式(12)を得る*.

$$\operatorname{sech} r_0 = \frac{1 - \tanh^2 r_0/2}{1 + \tanh^2 r_0/2} \quad (11)$$

$$k = e^{\frac{2\sigma r_0}{[a_P/a_D]^{\frac{1}{2}} - 1}} \quad (12)$$

図〔3〕に示したように, $P_0(r_0, \phi_0)$ において, 平行曲線および距離曲線に引いた接線の Y 切片を b_P および b_D とし, また O の瞳孔間距離 (interpupillary distance) を pd とすれば, **

$$\begin{cases} b_P = pd \left(\frac{d\phi_P}{d\gamma} \right)_{r=r_0} = pd a_P \\ b_D = pd \left(\frac{d\phi_D}{d\gamma} \right)_{r=r_0} = pd a_D \end{cases} \quad (13)$$

$(dr/d\gamma) = 0$, $\gamma = \gamma_0$ のときは $r = r_0$, $\phi = \phi_0$, (6)より $(d\phi/d\gamma)_{r=r_0} = a_P$, (7)より $(dr/d\gamma)_{r=r_0} = -\sigma \sinh r_0$ であるから, $\tanh r_0 \cos \phi_0 a_P + \sin \phi_0 \operatorname{sech}^2 r_0 (-\sigma) \sinh r_0 = 0$, $\sigma \sin \phi_0 \tanh r_0 \operatorname{sech} r_0 = \tanh r_0 \cos \phi_0 a_P \therefore \sigma \tan \phi_0 = a_P \cosh r_0$

(2)の両辺を γ について微分し, 同様にして(8)の下方の式が導かれる

* (5) 式の両辺を2乗し, $\gamma = \gamma_0$, $r = r_0$ において整頓すれば

$$k = -e^{2\sigma r_0} \tanh^2 \frac{r_0}{2} \quad (i)$$

$$(11) \text{ 式より } \tanh^2 \frac{r_0}{2} = -(\operatorname{sech} r_0 - 1)/(\operatorname{sech} r_0 + 1) \quad (ii)$$

$$(ii) \text{ に } (10) \text{ を代入して } \tanh^2 \frac{r_0}{2} = -\frac{[a_P/a_D]^{\frac{1}{2}} - 1}{[a_P/a_D]^{\frac{1}{2}} + 1} \quad (iii)$$

(iii)を(i)に代入して(12)を得る.

** Luneburg (9) の P. 637.

なる関係があるので、この式を(9)および(12)に適用して、 b_P , b_D によって σ , k を計算する次の公式を得る*。

$$\sigma = \frac{1}{pd \tan \phi_0} [b_P b_D]^{\frac{1}{2}} \quad (9a)$$

$$k = e^{2\sigma\gamma_0} \frac{\left[\frac{b_P}{b_D}\right]^{\frac{1}{2}} - 1}{\left[\frac{b_P}{b_D}\right]^{\frac{1}{2}} + 1} \quad (12a)$$

3. 並木実験による定数 σ , k の測定

前節の理論によって、個人定数 σ , k を測定するために、9名のO（いずれも心理学専攻学生）について、次に述べる手続きによって、並木実験を行なった。

3.1. 実験装置

図〔1〕に示すように、Oの眼の高さの水平面上、正中線の両側に、9対の光点を用意する。最遠の1対 P_0 , P'_0 は固定し、その座標は $x_0=420$, $y_0=\pm 30\text{cm}$ である。その他の対の x_i ($i=1, 2, \dots, 8$) は 300, 232, 180, 139, 108, 83, 65, 50cm の様に一定とし、 y_i はOの指示に従って、自由に変えることができる。また光点（豆電球）の明るさは、抵抗器の調節によって適度に変化できる。

3.2. 実験手続き

観察は暗室で、両眼によって行われる。Oの頭部は、顔面固定器によって、運動を妨げられるが、両眼は自由に動かすことができる。Oに求められる操作は、次の2つである。先ず平行並木を作ることが求められ、この場合、すべての光点が提示される。Oは固定点 P_0 , P'_0 を基点として両側

* これらの公式は双曲的空間について求めたが(12a)において、もし $b_P > b_D$ ならば $k > 0$, $b_P = b_D$ ならば $k = 0$, また $b_P < b_D$ ならば $k < 0$ となる。

の光点の列が平行に見えるように、 P_1, P_1' から順次 P_8, P_8' まで調整する。この際、実験者 E は、O の申出によって可動光点を左右に動かして y_8, y_8' の値を変える。一応調整が終わったら、O にもう一度全体の並木を観察させて、平行に見えるかどうか確かめる。必要があればさらに、それらの点について調整させる。これで十分であるという状況に達した時、各点の y_8, y_8' の値を測定し記入する。この実験を 2 回繰り返す。

次に距離並木の実験に移る。この場合は、基準の P_0, P_0' と、これと比較しようとする 1 対の光点 P_1, P_1' のみを残し、他のすべての光点は消す。O に求められる操作は、 P_1, P_1' 間の見えの距離が P_0, P_0' 間のそれと等しくなるように、調整することである。この場合も、E は O の申出によって、 P_1, P_1' を左右に動かして y_1, y_1' の値を変える。この対が済んだら y_1, y_1' の値を記録し、次に P_2, P_2' について同様に行い、順次 P_8, P_8' に及ぶ。この実験も 2 回行う。

3.3. 実験結果

これら並木実験の結果を見ると、同一の x_i の値に対する左右の y_i, y_i' の値は大体等しく、作られた並木が正中線に対して対称となっていることがわかる。そこで左右の平均値を、さらに平均して、その点の代表値 y_P, y_D とした。表〔1〕には 9 名の O について、平行および距離並木についての、これらの値が、その他、必要な値とともに示してある。

前節で述べたように、視空間が双曲的であれば、大体において $y_P < y_D$ となり、ユークリッド的であれば $y_P = y_D$ 、また楕円的であれば $y_P > y_D$ となる筈である。表〔1〕の結果を見ると、9 名の O 中、A, B の 2 名について、 $y_P < y_D$ の傾向が見られ、他の 7 名は、 $y_P > y_D$ の傾向を示している。

さて、これらの実験結果を用いて、定数 σ, k を算出するには、 P_0 にお

表〔1〕 並 木 実 験 の 結 果

位置		O		A		B		C		D		E		F*		G		H		I	
		i	x	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D	y _P	y _D
0	420			30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1	300			23.9	24.0	26.3	29.0	26.8	25.2	28.4	25.1	23.2	22.5	26.8	26.1	23.0	22.9	26.3	22.8	24.2	22.9
2	232			21.7	23.5	25.1	28.1	26.5	25.3	28.1	23.0	20.8	19.1	26.2	23.0	19.3	19.6	25.6	20.3	21.7	18.7
3	180			19.9	21.9	23.7	25.8	25.3	23.0	27.7	22.6	18.4	16.4	24.8	21.0	18.1	16.5	25.2	18.9	19.8	15.5
4	139			18.7	22.0	23.1	24.8	25.4	24.2	28.3	22.6	17.1	14.1	24.1	19.2	17.1	14.9	23.8	18.4	18.1	13.4
5	108			17.5	21.6	23.1	24.6	24.5	22.8	27.6	21.5	16.3	15.1	—	—	16.1	13.8	23.4	17.4	16.8	11.6
6	83			17.9	22.8	23.4	21.9	25.3	23.1	27.3	26.0	15.9	14.0	—	—	17.4	12.4	23.7	14.9	15.6	10.0
7	65			17.6	23.0	24.1	21.7	25.7	21.9	26.8	26.8	15.8	16.4	—	—	17.2	11.7	24.0	13.4	14.8	8.9
8	50			19.1	25.4	24.4	22.6	25.8	22.8	26.8	27.8	15.1	19.6	—	—	18.8	13.2	24.2	14.2	14.3	7.8
bp or bd				8.3	9.0	17.0	26.5	18.8	13.2	24.4	12.9	6.2	3.7	18.3	16.3	5.5	5.1	16.7	4.8	9.7	5.1
Pd				6.8		6.7		6.8		6.7		6.3		7.4		6.8		6.2		6.8	
σ				17.8		44.3		32.4		37.1		10.6		33.1		10.9		20.2		14.5	
K				-0.04		-0.45		0.25		0.51		0.18		0.11		0.03		0.55		0.25	

* Fにについては、i=5~8の data を欠く

いて、平行および距離曲線に引いた接線が Y 軸と交って作る、切片 b_P , b_D (図〔3〕) を求めなければならない。これらを近似的に求めるために、次の公式を用いた。*

$$b_P \text{ or } b_D = y_0 - \frac{y_0 - y_1}{x_0 - x_1} x_0 \quad (14)$$

これらの値は、表〔1〕の下段に示してある。

b_P および b_D を求めたら、前述の (9a) および (12a) にこれらの値を代入して、定数 σ , k が計算される。その公式を再録すれば、

$$\sigma = \frac{1}{pd \cdot \tan \phi_0} [b_P \ b_D]^{\frac{1}{2}} \quad (15)$$

$$k = e^{2\sigma r_0} \frac{\left[\frac{b_P}{b_D}\right]^{\frac{1}{2}} - 1}{\left[\frac{b_P}{b_D}\right]^{\frac{1}{2}} + 1} \quad (16)$$

ここで $e = 2.718\cdots$ (自然対数の底), Pd は各 O の瞳孔間距離 (表〔1〕の下段に示す)。また r_0, ϕ_0 はそれぞれ固定点 P_0 ($x_0 = 420$, $y_0 = 30$) における視差および緯度で、前者は O によって異なるが、後者はこの実験では $\phi_0 = P_0 \hat{O}X = 4.1^\circ$ である。

さて、これらの公式によって算出した各 O の σ , k の値は表〔1〕の下段に示してあるが、9名の O 中前述の A, B, の2名のみが $k < 0$ でその視空間は双曲的性質を示し、他の7名はすべて $k > 0$ で楕円の性質を示した。これは、従来の研究結果と著しく異なるもので、Hardy 等²⁾の研究によれば、その O の約半数について $k < 0$ であり、Zajaczkowska¹⁰⁾、印東氏等⁹⁾によれば、その O のほとんど全員について $k < 0$ であった。著者⁷⁾はこの結果を確かめるために、12名の O について Blank¹¹⁾の正三角形法を行って調べたところ、5名は $k < 0$ で他の5名は $k > 0$ 、残りの2名は $k = 0$ であった。いずれにしても、O₂の全員について $k < 0$ であるとい

* この並木法では、前述のように y_1 以下の値が利用されない欠点がある。

うような結果は得られなかった。

4. 大きさおよび形の恒常度 Z_s , Z_F の測定

並木実験によって, Luneburg の定数 σ , k を測定したが, これらの定数と大きさや形の恒常度 Z_s , Z_F との関係を考察するのが目的であるので, 次に恒常度の測定について述べる。

4.1. 大きさの恒常度

標準刺激 S_s として, 白色正方形板 ($12 \times 12 \text{cm}^2$) を用い, これを O の前方 4m , 眼の高さに前額平行面に提示した。比較刺激 S_c は 1 辺の長さが $7 \sim 13 \text{cm}$ (間隔 0.5cm) の正方形 13 個で, これらを O の右側 2m , 眼の高さに random に提示し, O は各々について 3 件法で判断する, これを 3 回繰返し, その結果に基いて PSE を求めた。この PSE を用いて後出の公式(17)により大きさの恒常度 (Thouless 指数) Z_s を算出した。 O は, 前記の 9 名である。

4.2. 形の恒常度

この場合にも, 前の S_s を用いたが, 前額平行面と 60° の傾きを保たせ, やはり O の前方 4m の眼の高さに提示した。 S_c は, 幅がいずれも 12cm で, 高さが $5 \sim 11 \text{cm}$ (間隔 0.5cm) の長方形 13 個で, 大きさの場合と同様に提示して, PSE を求めた。形の恒常度 Z_F は Z_s と同様, 次の公式で計算される。

$$Z_s \text{ or } Z_F = \frac{\log P - \log S}{\log R - \log S} \times 100 \quad (17)$$

ここで $P = \text{PSE}$, $R =$ 物理的な値, $S =$ 刺激値

4.3. 測定結果

表〔2〕には, 各 O について, Z_s , Z_F の値が R , S , P の値と共に示し

である。この表は、 Z_S の大きい者から順に並べてあるが、 Z_F も大体この順序になっている。したがって、両者の相関が相当高いことが予想される。また各 O について $Z_S > Z_F$ の関係も認められる。

5. 恒常度 Z_S, Z_F ; 定数 σ, k の相互相関

表〔1〕から σ, k , 表〔2〕から Z_S, Z_F をといて表〔3〕にまとめた。この表によって、これら変数間に偏差積相関を算出した結果が表〔4〕である。さらにこれらの相関を用いて、偏相関、重相関を計算し、表〔5〕に示してある。

表〔2〕 大きさおよび形の恒常度

変数 \ O		A	B	C	D	E	F	G	H	I
大 き さ	R	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	P	11.7	11.3	11.3	11.0	11.0	10.8	10.8	10.5	9.8
	Z_S	96	91	91	87	87	84	84	81	70
形	R	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	S	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	P	9.6	7.8	7.2	7.0	6.5	8.9	6.6	6.3	6.2
	Z_F	68	37	26	22	12	57	13	6	4

表〔3〕 恒常度と Luneburg 定数

変数 \ O	A	B	C	D	E	F	G	H	I
(1) Z_S	96	91	91	87	87	84	84	81	70
(2) Z_F	68	37	26	22	12	57	13	6	4
(3) σ	17.8	44.3	32.4	37.1	10.6	33.1	10.9	20.2	14.5
(4) K	-0.04	-0.45	0.25	0.51	0.18	0.11	0.03	0.55	0.25

表〔4〕 4変数間の相互相関

変 数	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) Z_S	—	0.65	0.36	-0.41
(2) Z_F	0.65	—	0.37	-0.49
(3) σ	0.36	0.37	—	-0.24
(4) K	-0.41	-0.49	-0.24	—

表〔5〕 4変数間の偏相関および重相関

大 き さ	形
$r_{13.4} = 0.30$	$r_{23.4} = 0.30$
$r_{14.3} = -0.36$	$r_{24.3} = -0.45$
$R_{1.34} = 0.49$	$R_{2.34} = 0.55$

(1)= Z_S , (2)= Z_F , (3)= σ , (4)= K

5.1. 恒常度間および Luneburg 定数間の相関

先ず Z_S と Z_F の関係であるが、表〔3〕の行(1)と(2)を見れば、前述したように、両者の大きさの順序は大体一致しているので、相当高い相関が予想されるが、表〔4〕によると $r_{12}=0.65$ である。本研究では、標本が小さい($N=9$)ので、さらに多くの測定を行えば、もっと高い相関が期待できよう。次に、 σ と k の関係であるが、表〔3〕の行(3)と(4)を見れば、 σ の高い者は、 k が高いとか、あるいは反対に σ の低い者は、 k が高いというような傾向は認められない。表〔4〕について見ると $r_{34}=-0.24$ で両者間の相関は負であるが、絶対値が小さいので、むしろ相関は零で、両者は独立であると見るべきであろう。

5.2. 恒常度と Luneburg 定数との相関

これが、本研究の主要目的で、先ず Z_S と σ , k との関係であるが、表〔4〕によれば $r_{13}=0.36$, $r_{14}=-0.41$ となっている。Luneburg⁹⁾は、大きさの恒常性は、 k の値が-1に近づくほど長く保たれると結論したが、恒常性と σ との関係については別に言及していない。以上の結果もこの結論を支持していると考えられる。すなわち、大きさの恒常性は、 σ よりもむしろ k と関連を有し、しかも Z_S の高い者は低い k を示す傾向がある。次に Z_F と σ , k との関係は $r_{23}=0.37$, $r_{24}=-0.43$ で、大きさの場合とほとんど同様の結果を示している。

5.3. 恒常度と Luneburg 定数との偏相関および重相関

先ず大きさの恒常度 Z_s について, k を一定にした, σ との偏相関は, 表〔5〕によれば, $r_{13.4}=0.30$ で, これは $r_{13}=0.36$ よりも小さい. σ を一定にした, k との偏相関は $r_{14.3}=-0.36$ で, これも $r_{14}=-0.41$ と比べれば絶対値は小さい.

次に形の恒常度 Z_F についても, 同様の傾向が認められる.

また, Z_s と (σ, k) との重相関は, $R_{1.34}=0.49$ で, これは $r_{13}, |r_{14}|$ のいずれよりも大きい. Z_F と (σ, k) との重相関は $R_{2.34}=0.55$ で, これも $r_{23}, |r_{24}|$ のいずれよりも大きい. 著者⁵⁾は $Z_s=S(\sigma, k)$, $Z_F=F(\sigma, k)$ なる函数関係の成立することを理論的に考察し, このことから Z_s と Z_F の間に有意な相関関係の成立することを説明したが, 上述の結果はこの考察を支持するものと考えられる.

6. 結 語

以上考察したところを要約すれば, 次のとおりである.

(1) 従来の研究によれば, 視空間の曲率は負 ($k < 0$) で, 双曲幾何学的性質をもつとされたが, 本研究においては, 曲率が正 ($k > 0$) で, 楕円幾何学的性質をもつ場合も見出された.

(2) Luneburg 定数の σ, k 間の相関はほとんど零で, 両者は独立とみなされる.

(3) 大きさの恒常度 Z_s と形の恒常度 Z_F との間には, かなり高い相関が認められる.

(4) Z_s と σ との間には, 正の低い相関が, Z_s と k との間には, 負の高い相関が認められる. Z_F についても, 同様の結果が認められる.

(5) 恒常度と Luneburg 定数との偏相関はこれら対応する単純相関よりも低く, 恒常度と (σ, k) との重相関は対応するいずれの単純相関より

も高い。

本研究は以上のように、恒常度と並木実験によって測定した Luneburg 定数との相関を、小数の 0 について調べたが、さらに別の方法により、
 もっと多くの 0 について研究したいと思う。

本研究は、昭和36年度文部省科学研究費による「精精神現象における変換、不変性および群構造に関する数理的実験的研究、代表者秋重義治教授」の一部をなすものである。

文 献

- 1) Blank, A. A., Analysis of experiments in binocular space perception. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1958, 48, 911~925.
- 2) Hardy, L. H., Rand, G., and Rittler, M., Investigation of visual space. The Blumenfeld alleys. *A. M. A. Archives of Ophthalmology*, 1951, 45, 53~63.
- 3) ———, and Blank, A. A., Boeder, P., *The geometry of binocular space perception*. From Knapp Memorial Laboratories, Institute of Ophthalmology Columbia University College of Physicians and Surgeons, New York, 1953.
- 4) 印東太郎, 松島恵子, ルネバアグの理論に関する実験的検討 1. 二つの定数の推定について. 日本心理学会第25回大会発表論文集, 1961.
- 5) 石井克巳, 諸恒常現象間の相関に関する研究 (第3報告) 一知覚恒常性と Luneburg の視空間理論. 哲学年報, 1960, 22, 347~378.
- 6) —, 同上 (第4報告). 哲学年報, 1961, 23, 39~57.
- 7) —, 視空間の曲率について. 九州心理学会第23回大会紀要, 1961.
- 8) Luneburg, R. K., *Mathematical analysis of binocular vision*. Princeton University Press, Princeton, 1947.
- 9) —, The metric of binocular visual space. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1950, 40, 627~642.
- 10) Zajackowska, A., Experimental test of Luneburg's theory: Horopter and alley experiments. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1956, 46, 514~527.