九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

諸恒常現象間の相関に関する研究(第6報)：知覚恒常性とLuneburgの視空間理論（4）

石井，克己

https://doi.org/10.15017/2328759

出版情報：哲學年報. 25, pp.1-21, 1964-10-20. 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 6 報 告)

—知覚恒常性と Luneburg の視空間理論(4)—

石 井 克 己

1. 序 言

前回の報告(8)では，大きさの恒常度 Zs，形の恒常度 ZF と Luneburg 定数 σ，k との相関を検討したが，その結果，大きさや形の恒常現象と深い関連を有するのは，奥行知覚の正確さを表わす定数 σ よりもむしろ視空間の曲率を示す定数 k であることを知った．すなわち，k が＋1 から－1 へと変化するにつれて，恒常度 Z は高くなる傾向(負の相関)を見出した．

Luneburg(6), (10)は，既に大きさの恒常性が，k が－1 に近づくほどよく保たれると述べているが，$k>0$ の方向については言及していない．なぜならば，Luneburg(9)は，視空間の曲率の符号は，実験によって決定すべきであると云うが，Blumenfeld(1913) の実験結果を用いて $k<0$ であること，すなわち，われわれの視空間は，負の定曲率をもった双曲的 Riemann 空間であると考えるからである．

その後，2，3 の研究は，Luneburg のこの考えを支持している．たとえば，Zajaczkowska(13), (14)は，Luneburg の 3 点および 4 点法によって，σ，k を測定し，30 名の観察者（O）全部について，$k<0$ なることを認め，また，印東氏など(4), (5)も，3 点および 4 点法，ならびに並木実験を実施した結果，8 名の O の殆んど全員が $k<0$ であった．しかし一方において，Hardy など(3)は，並木実験により，その 15 名の O 中，9 名は $k>0$ で，残りの 6 名は $k>0$ であるとの結果を得た．また Shipley(11), (12)も 2 名

のOについての並木実験の結果から，われわれの視空間は，双曲的であるよりもむしろ楕円的 (k>0) であると主張している．

そこで，視空間は，Luneburg が示唆するように，k<0 の双曲的空間なのであろうか，それとも，Shipley の主張するように k>0 の楕円的空間なのであろうか，或はまた Hardy などや筆者の結果が示すように両者にわたるのであろうか．これは，視空間の研究にとっての1つの重要な課題であると考えられる．

今回の報告は，主としてこの問題をとり扱うことにした．さいわい，Blank(1),(2) は，曲率の符号を決定する比較的容易な方法を提案しているので，これを採用することにした．

なお，この曲率の符号に関連した2，3の問題も考察したいと思う．

2. 視空間の曲率 k の符号の決定—Blank の方法

視空間の曲率 k の値は，正，負の符号も含めて Luneburg(10)の3点法，4点法および並木法などによって決定されるが，Blank は，k の符号のみを決定する簡単な3つの方法を提案している．その中の2つは，暗室内で2個の光点のみをとり扱うので，上記の Luneburg の方法に対して2点法とでも呼べよう．第3の方法は，6個の光点をとり扱うものでやや複雑である．これらの方法の原理を，先ず述べることとする．

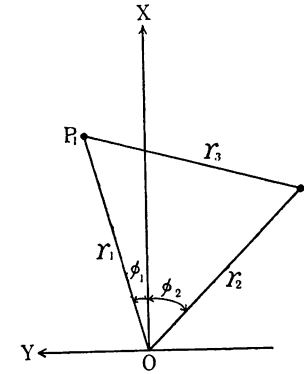
2.1. 2点法(1)——正三角形法

暗室内で，観察者 O の両眼を通る水平面 ($\theta=0$) 上で，2個の光点 P_1 (r_1, ϕ_1)，P_2(r_2, ϕ_1) を提示し*，この内一方 P_1 は固定し，他方 P_2 を動かして，3つの見えの距離が等しくなるように—$(OP_1)=(OP_2)=(P_1P_2)$，すなわち観察者 O と2個の光点 P_1，P_2 とで見かけ上正三角形をなすように P_2 を調整することが求められる（図〔1〕参照）．

* 両眼を極とする両極座標では，視空間の点Pは (r, ϕ, θ) で表わされる．

$\Phi=|\phi_2-\phi_1|$ とするとき*，もし $\Phi=60°$ ならば，視空間の曲率は $k=0$ (Euclid 的)，$\Phi<60°$ ならば，$k<0$ (双曲的)，また $\Phi>60°$ ならば $k>0$ (楕円的) と判定される．

図〔1〕　正三角形における光点の配置
(P_1 は固定，P_2 は可動)



この理由は，次のように説明される．図〔1〕の ΔOP_1P_2 で，見えの距離が $r_1=r_2=r_3=r$ であるとして，余弦法則を適用する**．

先ず Euclid 空間 ($k=0$) では，

$$r_3^2=r_1^2+r_2^2-2r_1r_2\cos\Phi$$
$$r^2=2r^2-2r^2\cos\Phi$$
$$2r^2\cos\Phi=r^2$$
$$\cos\Phi=1/2$$
$$\therefore\Phi=60°$$

次に，双曲空間 ($k<0$) では，

$$\cosh r_3=\cosh r_1\cosh r_2-\sinh r_1\sinh r_2\cos\Phi$$
$$\cosh r=\cosh^2 r-\sinh^2 r\cos\Phi$$
$$=\cosh^2 r-(\cosh^2 r-1)\cos\Phi$$
$$\cos\Phi=\frac{\cosh^2 r-\cosh r}{\cosh^2 r-1}$$
$$=\frac{\cosh r(\cosh r-1)}{(\cosh r+1)(\cosh r-1)}$$
$$=\frac{\cosh r}{\cosh r+1}$$
$$=\frac{1}{1+1/\cosh r}>1/2 \qquad (\because\cosh r>1)$$
$$\therefore\Phi<60°$$

---

* 正中線OXに対して ϕ_1 と ϕ_2 は両側にあるので $\phi_1>0$ とすれば $\phi_2<0$ となるから，両者の差の絶対値 $|\phi_2-\phi_1|$ で，$\Phi(=P_1\hat{O}P_2)$ が表わされる．

** この理由は，余弦法則を用いないでも，三角形の内角の和が，Euclid 幾何学では180°に等しく，双曲或は楕円幾何学では180°より小或は大（図〔4〕参照）であることからも容易に明説できる．

また楕円空間 (k>0) では,

$$\cos\gamma_3=\cos\gamma_1\cos\gamma_2+\sin\gamma_1\sin\gamma_2\cos\Phi$$

$$\cos\gamma=\cos^2\gamma+\sin^2\gamma\cos\Phi$$

$$=\cos^2\gamma+(1-\cos^2\gamma)\cos\Phi$$

$$\cos\Phi=\frac{\cos\gamma-\cos^2\gamma}{1-\cos^2\gamma}$$

$$=\frac{\cos\gamma(1-\cos\gamma)}{(1+\cos\gamma)(1-\cos\gamma)}$$

$$=\frac{1}{1+1/\cos\gamma}<1/2 \qquad (\because\cos\gamma<1)$$

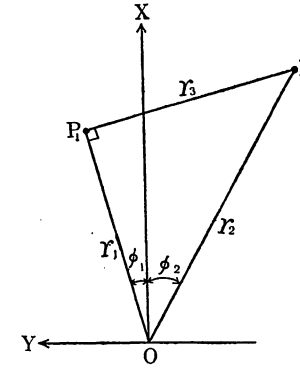
$$\therefore\Phi>60^\circ$$

Blank(1) は, この方法を用いて, 1名のOは $\Phi=39.5^\circ$ (平均値) で, 他のOは $\Phi=37.8^\circ$ であったと報告している. すなわち, この2名のOは k<0 と判定され, その視空間は, いずれも双曲的性質を示すと考えられた.

2.2. 2点法(2)——直角二等辺三角形法

この方法でも, $P_1(\gamma_1, \phi_1)$ を固定し, Oは $P_2(\gamma_2\ \phi_2)$ を次のように調整することが求められる. すなわち, 図〔2〕に見るように, P_2 が, P_1 における OP_1 への垂線上にあるように見え, しかもその直角を夾む2辺の見えの長さが等しく, $(OP_1)=(P_1P_2)$ となるように調整することである.

図〔2〕 直角二等辺三角形法における光点の配置
(P_1 は固定, P_2 は可動)



正三角形法の場合と同様に, $\Phi=|\phi_2-\phi_1|$ とするとき, もしも $\Phi=45^\circ$ ならば, 視空間の曲率は, k=0 (Euclid 的), $\Phi<45^\circ$ ならば, k<0(双曲的), また $\Phi>45^\circ$ ならば, k>0 (楕円的) と判定される.

この理由も, 次のように説明される. 図〔2〕の見えの直角二等辺三角形で,

$\gamma_1=\gamma_3=\gamma$ として，角 Φ の正接を求める*.

先ず，Euclid 空間 (k=0) では

$$\tan\Phi=\gamma_3/\gamma_1=\gamma/\gamma=1$$

$$\therefore\Phi=45^\circ$$

次に，双曲空間 (k<0) では

$$\tan\Phi=\frac{\tanh\gamma_3}{\sinh\gamma_1}=\frac{\sinh\gamma_3/\cosh\gamma_3}{\sinh\gamma_1}=\frac{\sinh\gamma/\cosh\gamma}{\sinh\gamma}$$

$$=1/\cosh\gamma<1 \qquad (\because\cosh\gamma>1)$$

$$\therefore\Phi<45^\circ$$

また，楕円空間 (k>0) では

$$\tan\Phi=\frac{\tan\gamma_3}{\sin\gamma_1}=\frac{\sin\gamma_3/\cos\gamma_3}{\sin\gamma_1}=\frac{\sin\gamma/\cos\gamma}{\sin\gamma}$$

$$=1/\cos\gamma>1 \qquad (\because\cos\gamma<1)$$

$$\therefore\Phi>46^\circ$$

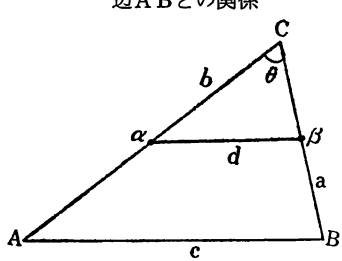
Blank は，この実験の結果については，別に報告していない.

2.3. 中　点　法

Blank(2) の第 3 の方法は，三角形の 2 辺の中点を使用するが，別に特定の名称がないので，仮りに中点法と呼ぶことにする.

前の 2 つの方法は，いずれも三角形の特定の角度の測定に基づいて k の符号を判定したが，この方法は，線分の長さの測定に基づくものである.「三角形の 2 辺の中点を結ぶ線分の長さの 2 倍は，第 3 辺の長さに等しい」という定理を，われわれは Euclid 幾何学で学んだが，この性

図〔3〕　△ABCの2辺の中点 α, β を結ぶ線分と底辺ABとの関係



* この理由も，Φの正接を求めないでも，三角形の内角の和が 3 つの幾何学によつてそれぞれ 180° に等しい，より小或はより大なることから知ることができる.

質は，双曲幾何学や楕円幾何学では成立しない．前者では，上記の線分の長さの2倍は，第3辺の長さより小となり，また後者では，反対により大となる．その理由は，次のように考えられる．図〔3〕の ΔABC で辺の長さを a, b, c とし，辺 AC, BC の中点 α, β を結ぶ線分の長さを d とし，それぞれの空間での余弦法則を適用する．

先ず Euclid 空間 (k=0) では，

$$c^2=a^2+b^2-2\,ab\cos\theta$$

$$d^2=\left(\frac{a}{2}\right)^2+\left(\frac{b}{2}\right)^2-2\left(\frac{a}{2}\right)\left(\frac{b}{2}\right)\cos\theta$$

この両式から $4d^2=c^2$

$$\therefore\ 2d=c$$

次に双曲的空間 (k<0) では

$$\cosh c=\cosh a\cosh b-\sinh a\sinh b\cos\theta \qquad \text{(A)}$$

$$\cosh d=\cosh\frac{a}{2}\cosh\frac{b}{2}-\sinh\frac{a}{2}\sinh\frac{b}{2}\cos\theta \qquad \text{(B)}$$

この両式から

$$\cosh 2d=\cosh c-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta^* \qquad \text{(C)}$$

従って $\cosh 2d < \cosh c$

ところが，双曲余弦は，単調増加函数であるから，双曲空間では，すべての三角形に対して， $2d < c$ （図〔4〕の(a)参照）．

また，楕円空間 (k>0) では，

$$\cos c=\cos a\cos b+\sin a\sin b\cos\theta$$

$$\cos d=\cos\frac{a}{2}\cos\frac{b}{2}+\sin\frac{a}{2}\sin\frac{b}{2}\cos\theta$$

この両式から

$$\cos 2d=\cos c-2\sin^2\frac{a}{2}\sin^2\frac{b}{2}\sin^2\theta^{**}$$

従って $\cos 2d<\cos c$

* $\cosh 2d=\cosh(d+d)=\cosh^2 d+\sinh^2 d=\cosh^2 d+(\cosh^2 d-1)$

$=2\cosh^2 d-1$, ここで上の (B) を代入して

$$\cosh 2d=2\left(\cosh\frac{a}{2}\cosh\frac{b}{2}-\sinh\frac{a}{2}\sinh\frac{b}{2}\cos\theta\right)^2-1$$

$$=2\left(\cosh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}+\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\cos^2\theta\right.$$

$$\left.-2\cosh\frac{a}{2}\cosh\frac{b}{2}\sinh\frac{a}{2}\sinh\frac{b}{2}\cos\theta\right)-1$$

$$=2\cosh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}+2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}(1-\sin^2\theta)$$

$$-4\cosh\frac{a}{2}\cosh\frac{b}{2}\sinh\frac{a}{2}\sinh\frac{b}{2}\cos\theta-1$$

$$=\left(2\cosh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}+2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}-1\right.$$

$$\left.-4\cosh\frac{a}{2}\cosh\frac{b}{2}\sinh\frac{a}{2}\sinh\frac{b}{2}\cos\theta\right)$$

$$-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta$$

$$=\left[\cosh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}+\cosh^2\frac{a}{2}\left(\sinh^2\frac{b}{2}+1\right)+\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\right.$$

$$+\sinh^2\frac{a}{2}\left(\cosh^2\frac{b}{2}-1\right)-\left(\cosh^2\frac{a}{2}-\sinh^2\frac{a}{2}\right)$$

$$\left.-2\sinh\frac{a}{2}\cosh\frac{a}{2}\cdot 2\sinh\frac{b}{2}\cosh\frac{b}{2}\cos\theta\right]$$

$$-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta$$

$$=\left[\cosh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}+\cosh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}+\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\right.$$

$$\left.+\sinh^2\frac{a}{2}\cosh^2\frac{b}{2}-\sinh a\sin b\cos\theta\right]$$

$$-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta$$

$$=\left[\left(\cosh^2\frac{a}{2}+\sinh^2\frac{a}{2}\right)\left(\cosh^2\frac{b}{2}+\sinh^2\frac{b}{2}\right)-\sinh a\sinh b\cos\theta\right]$$

$$-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta$$

$$=\left[\cosh a\cosh b-\sinh a\sinh b\cos\theta\right]$$

$$-2\sinh^2\frac{a}{2}\sinh^2\frac{b}{2}\sin^2\theta$$

この〔 〕内は (A) 式の右辺を表わすから, (C) 式が導かれる.

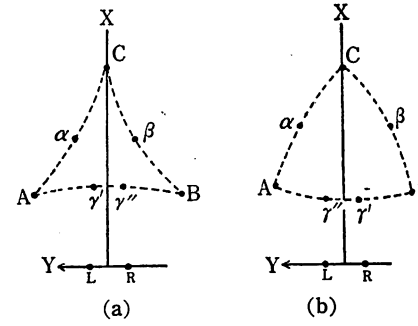
**この式も, 前の (C) 式と全く同様に導かれる.

ところで，余弦は，0からπまでの間では，単調減少函数であるから，楕円空間において，すべての十分小さな三角形（例えば，a，b，c＜π のような三角形）に対して

$$2d > c \qquad \text{(図〔4〕の（b）参照)}.$$

以上のように，3種の空間によって，2dとcとの関係を異にするので，この性質に基づいてkの符号を判定することができる．

図〔4〕　中点α，βを決定し，Aγ′，Bγ″がそれぞれ線分αβと等しく見えるように調整された点γ′，γ″の位置
（a）負曲率（k<o）の場合
（b）正曲率（k>o）の場合



次にその方法を具体的に述べよう．図〔4〕に示すように，暗室内で，Oの両眼R，Lを通る水平面上に3個の固定光点 A，B，C が提示される．この水平面上の点の座標（x，y）を示すために，X 軸として正中線 OX を，Y 軸として，両眼を通る直線 RL を用いる．Blank は data のとり扱いに都合がよいように，上記の3個の点の座標（単位: 吋）を，それぞれ C（108，0），A（28，21），B（28，−12）としたので，△ABC は正中線に対称に作られる．

先ず，3光点 A，B，C のみが提示される．第4の可動光点αが，正中線の左側の任意の位置に提示され，Oはαが △ABC の左辺 AC 上にあって両頂点 A，C から等距離に見えるように，すなわち (Aα)＝(αC) となるような位置にαを動かすことを実験者（E）に申出る．この調整が終ったら，光点αは消され，第5の可動光点βが正中線の右側に提示される．同様に，(Bβ)＝(βC) となるような位置にβが調整される．α，β について，この最初の調整が終った後は，両光点を共に提示したままで，それぞれの位置を random に動かして，以上のような調整を繰り返す．最初は，α お

よび β の位置の変動は著しいが次第に安定してくる．α, β の座標 (x, y) の代表値として，それぞれ安定した最後の5回以上の値の median (x_α, y_α) および (x_β, y_β) を用う．Blank は，7名のOにこの実験を行ったが，実施した調整回数はOにより異り11～31回で，また代表値として使用した回数は5～14回であった．このようにして決定した α, β の座標の代表値から，更に次の座標 (x*, y*) を計算する．

$$x^*=\frac{1}{2}(x_\alpha+x_\beta),\quad y^*=\frac{1}{2}(y_\alpha-y_\beta)$$

実験の次の段階では，第4，第5の光点が $\alpha(x^*, y^*)$, $\beta(x^*, -y^*)$ の位置に固定される．いずれのOも，このような光点 α, β が，確かにそれぞれ辺 AC, BC の中点に見えることを認めた．次にOは，底辺 AB 上で，別の光点 γ を，次のように調整することが求められた：(1) 先ずAからこの γ までの見えの距離が，α から β までのそれと等しくなるように，(2) 次にBから γ までの見えの距離が，α から β までのそれと等しくなるように調整するのである．すなわち，これらの調整での見えの距離の関係は，

$$(\alpha\beta)=(A\gamma')=(\gamma''B)$$

このような調整が，交互に5回づつ行われ，AおよびBからそれぞれ調整された5個の点 γ の座標 (x, y) の median (x′, y′) および (x″, y″) で，γ', γ'' を代表する．そこで，

$$\bar{y}=\frac{1}{2}(y'-y'')$$

を計算すれば，これによって，視空間の曲率 k の符号が次のように判定される．

先ず，もし $\bar{y}=0$ であれば，これは γ' と γ'' が一致する場合で，前述の $2d=c$ に当るから $k=0$ と判定される．

次に，$\bar{y}>0$ であれば，これは $A\gamma'$ と $\gamma''B$ とが重ならない場合（図〔4〕の(a)）で，$2d<c$ に当り，$k<0$ である．

また $\bar{y}<0$ は，$A\gamma'$ と $\gamma''B$ が重なる場合（図〔4〕の(b)）で，$2d>c$ に

当るから k>o と判定される.

さてBlankの7名のO中, 1名のみが $\bar{y}(=-0.10)<0$ で, $k>0$, 他の6名は, $\bar{y}(=5.58, 4.32, 4.07, 3.40, 1.68, 0.80)>0$ で $k<0$ と判定された. これら6名の調整では, 5回とも $A\gamma'$ と $\gamma''\beta$ とが重なることはなかったという. このように $\bar{y}$ の符合によつて, k の符号が判定されるが, $\bar{y}$ の絶対値の大きいほど, 双曲的或は楕円的傾向が強いことが予想される.

3. Blank の方法による実験

前節で述べた Blank の方法の中で, 正三角形法および直角二等辺三角形法を実施して, 視空間の曲率 k の符号の決定を試みたので, 本節では, その結果と考察を述べ, この方法の信頼性などにも言及したいと思う.

3.1. 実験 I ——正三角形法 (1)

実験装置 暗室内で, 水平なテーブル上に光点 P_1 (γ_1, ϕ_1) を固定し, もう1つの光点 P_2 (γ_2, ϕ_2) は, これに連結したハンドルによって, Oが自由にこのテーブル上で動かすことができるようにした (図〔1〕). テーブル上には, Oの位置を中心として, γ_2 および ϕ_2 が測定できるように, 多くの同心円および放射状直線を引いた.

実験手続き P_1の位置として, $\gamma_1=50$, 100cm; および $\phi_1=15°$, 30°, 45° の組合せで6点を選んだ. Oは, 顔面固定器によって, その眼の高さを殆んどテーブルの高さと等しく保って光点を観察する. Oの課題は, 自身と2光点 P_1, P_2 とで作られる ΔOP_1P_2 が正三角形に見えるように, 可動光点 P_2 を調整することである. Oが十分に暗順応ができるまで, 予備的の試行を課した. P_1 の6個の位置は, random な順序で選び, 各位置について, Oが十分と思うまで P_2 の位置を調整させて, γ_2 および ϕ_2 を測定した. P_1 の各々の位置について, P_2 の測定は4回行った. Oは12名で, いずれも心理学専攻学生であった.

実験結果　表〔1〕に示す．この中（a）は各々のOについて，各 P_1 の位置での ϕ_2 の平均値から，$\Phi=|\phi_2-\phi_1|$ を求めた結果である*．この表は，大体において Φ の値の小さい者から大きい者へと排列した．

表〔1〕　実験 I ——正三角形法(1)の結果：

（a）　$\Phi=|\phi_2-\phi_1|$

ϕ_1	γ_1 \ Obs.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
15°	50(cm)	47.5	60.5	53.5	52.0	54.8	56.0	60.0	58.3	61.5	62.3	59.3	60.0
	100	48.3	50.0	53.3	50.8	49.3	59.3	55.0	59.5	57.5	61.3	65.0	66.5
	Ave.	47.9	55.3	53.4	51.4	52.1	57.7	57.5	58.9	59.5	**61.8**	**22.2**	**63.3**
30°	50	53.3	55.8	52.8	52.8	53.0	54.8	61.8	63.0	62.3	61.3	64.8	70.0
	100	51.5	51.3	53.0	56.0	55.3	61.8	57.3	60.8	60.8	65.0	65.0	74.0
	Ave.	52.4	53.6	52.9	54.4	54.2	58.3	59.6	**61.9**	**61.6**	**63.2**	**64.9**	**72.0**
45°	50	58.0	53.3	53.8	57.5	58.5	53.8	66.0	65.5	63.8	64.8	66.0	83.8
	100	55.0	51.8	57.3	57.0	60.3	62.0	59.3	59.8	64.3	65.5	68.8	82.5
	Ave.	56.5	52.6	55.6	57.3	59.4	57.9	**62.7**	**62.7**	**64.1**	**65.2**	**67.4**	**83.2**

（b）　K の 符 号

γ_1	ϕ_1 \ Obs.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Ave.	15°	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+
	30°	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+
	45°	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+
総合判定		**−**	**−**	**−**	**−**	**−**	**−**	−	+	+	**+**	**+**	**+**

また表〔2〕は，この表〔1〕（a）の data を分散分析した結果である．この表によれば，各Oの Φ の値の間には，著しい個人差が認められる．またこの Φ の値は，固定点 P_1 の方向（ϕ_1）の間でも有意差が認められるが，P_1 の距離（γ_1）の間には有意差が認められない．そこで，各Oの Φ の値は，各 ϕ_1(15°, 30°, 45°) ごとに，距離 γ_1(50, 100cm) を無視して平均し（表〔1〕（a）の Ave. の行，60° 以上の値は，ゴジック体で示す），この平均

* 同様の表が，γ_2 についても得られ，これも視空間の性質を考察する上に興味があると思われるが，当面の k の符号の判定の問題には直接関係しないので省略した．

表〔2〕 実験Ⅰの結果の分散分析表

SV	SS	df	MS	F
角　度（ϕ）	337.03	2	168.52	36.32**
辺の長さ（γ）	0.35	1	0.35	—
被験者（I）	2,342.47	11	212.95	45.89**
交互作用（$\phi\times\gamma$）	5.85	2	2.68	—
〃（$\phi\times$I）	344.64	22	15.67	3.38**
〃（$\gamma\times$I）	191.51	11	17.41	3.75**
誤　差	102.14	22	4.64	
全　体	3,323.49	71		

値について，k の符号を判定することにした．

従って，表〔1〕(a)によれば，各Oについて k の符号の判定は，3回可能となる．前節 2.1 で述べたように，$\Phi=60°$ ならば $k=0$, $\Phi<60°$ ならば $k<0$, また $\Phi>60°$ ならば $k>0$ であるから，この表でAからFまでの6名は，3回の判定とも $k<o$, また J, K, L の3名は，3回とも $k>0$ である．しかし，G, H, I の3名は，3回中2回の判定は同一で1回のみ異にしている．Gは1回のみ正であるから，全体として $k<0$ と判定し，H, I は1回のみ負であるから，結果として $k>0$ と判定することにした．このような判定結果を，正，負の符号で表わしたものが表〔1〕(b)である（3回とも同符号であった者の符号は，ゴジック体で示す）．この表によれば，12名のO中，AからGまでの7名 (58.3%) が $k<0$で，H以下の5名 (41.7%) が$k>0$となり，Luneburg 等の主張するように，$k<0$ の者のみでなく，$k>0$ の者も相当含まれる結果となった．

3.2. 実験Ⅱ—正三角形法 (2)

実験Ⅰで，Φ の値は，固定光点 P_1 のOからの距離 γ_1 に無関係であることを知ったので，この実験Ⅱでは，$\gamma_1=100$cm を省き，50cm のみを用い，また $\phi_1=45°$ を除き，15°，30° として，同様の実験を行った*．これ

* Oの内省によれば，$\gamma_1=100$cm よりも 50cm の方が調整容易であるので，これを選び，またこの実験Ⅱは，次のⅢと比較するのに $\phi=45°$ は不適当なのでこれを除いた．

の実施は，前回の実験後約5ケ月であり，Oは前回の6名 A (9)，E (10)，F (4)，H (16)，J(16)，K(14)* のほかに，別の11名を加えて17名（いずれも心理学専攻学生）であった．

結果は，表〔3〕に示す．この表〔3〕(a)は，大体において Φ の値の小さい者から大きい者への順に排列してある．この表によれば，1から10までの10名と12のOは，$\phi_1=15°$，$30°$ のいずれにおいても $\Phi<60°$ であるから，$k<0$ なることは明らかである．また14, 16, 17の3名は，いずれも $\Phi>60°$ であるから，明らかに $k>0$ と判定される．しかし，残りの3名（11，13，15）は，Φ のいずれか一方が $60°$ より大，他方が小となっているので，k の符号の判定に苦しむ．このような場合には，より大きい傾向で決定することにした．例えば，11のOは，$\Phi=55.8$，61.4 であるが，$55.8-60=-4.2$, $61.4-60=+1.4$で，

表〔3〕　実験 II—正三角形法(2) の結果:

(a)　$\Phi=|\phi_2-\phi_1|$

r_1 \ ϕ_1 (Obs.)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	r_s
50cm	15°	39.4	40.2	45.2	47.6	49.2	47.8	46.2	53.4	51.8	55.0	55.8	57.8	56.8	60.4	59.0	63.6	62.2	0.86
	30°	41.8	42.2	38.6	50.4	52.8	57.2	59.8	55.8	57.8	56.2	61.4	59.6	64.4	65.4	67.0	64.0	68.2	

(b)　K の符号

r_1 \ ϕ_1 (Obs.)		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
50cm	15°	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	+
	30°	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	+	+	+	+
総合判定		−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+

* (　)中の数字は，O の今回の実験での No. を示す．

負の傾向が大きいので $k<0$ と判定する．同様にして，13，15のOは，ともに $k>0$ と判定される．このように，$\phi_1=15°$，$30°$ の2つの場合について，Φを比較してみると大体よく一致しているが，両者の相関(Spearmanの順位相関）をとってみると，$r_s=0.86$でこの事実を示している．以上のような判定の結果を，正，負の符号で表わしたのが表〔3〕(b)である．これによれば，17名のO中，12名(70.6%)は $k<0$ で，残りの5名(29.4%)が$k>0$である．実験Iに比べて，$k<0$ の割合が大きくなっているが，それにしても $k>0$ の比率も相当あることが認められる．

3.3. 実験III—直角二等辺三角形法

実験装置は，実験Iの場合と全く同一で，ただOの課題が異なり，Oは固定光点 $P_1(\gamma_1,\ \phi_1)$ を直角の頂点とし，ΔOP_1P_2 が直角二等辺三角形に見えるように(見かけの上で，$OP_1P_2=90°$，$(OP_1)=(P_1P_2)$ となるように)，可動光点 $P_2(\gamma_2,\ \phi_2)$ の位置を調整することである(図〔2〕)．実験IIの場合と同様，P_1 の位置は，$\gamma_1=50$cm，$\phi_1=15°$，$30°$ の2点とし，この P_1 の各々の位置について，P_2 の調整を4回行って，それぞれ γ_2，ϕ_2 を測定した．Oは，実験IIの場合と同一の17名である．表〔4〕の(a)は，4回の ϕ_2 の測定値の平均に基いて計算した $\Phi=|\phi_2-\phi_1|$ である* (45°以上の値は，ゴジック体で示す)．

前節2.2で述べたように，$\Phi=45°$ ならば $k=0$，$\Phi<45°$ ならば $k<0$，また $\Phi>45°$ ならば $k>0$ と判定される．表〔4〕(a)によれば，1，4，5，6，9，12の6名は，両方とも $\Phi<45°$ であるから，明らかに $k<0$ である．また一方，2，7，13～17の7名は，いずれも $\Phi>45°$ であるから $k>0$ なることは明白である．

ところが，残りの4名（3，8，10，11）は，一方が $\Phi<45°$ で，他方が $\Phi>45°$ となっているので，実験IIの場合に準じて，45°からの正或は

* γ_2 の値は，当面のkの符号の判定には直接必要がないので省略したが，この値も各Oの視空間の特性を調べる上に有用だと思われる．

負へのずれの大きい方で，k の符号を決定することにした．例えば，3のOは，45.4−45=+0.4，44.8−45=−0.2で，正のずれがやや大きいので k>0 とする．同様に考えると，11は k>0，8と10は k<0 となる．この実験Ⅲでは，Ⅱの場合のように，$\phi_1=15°$，30° における Φ の一致がよくないが，両者の相関は，$r_s=0.77$で，明らかにⅡの場合より低い．表〔4〕(a)についての判定結果を符号化したものが表〔4〕(b)である．この表によれば，17名のO中，k<0 は8名 (47.1%)，k>0 は9名 (52.9%) となっている．前の2実験では，いずれも k<0 の割合が，k>0 のそれよりもやや多くなっているので，本実験の結果は，これらと反対の傾向を示している．

表〔4〕実験Ⅲ—直角二等辺三角形法の結果：

(a) $\Phi=|\phi_2-\phi_1|$

r_1 \ ϕ_1 \ Obs.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	r_s
50cm	15°	34.0	54.4	45.4	41.4	43.0	38.2	47.6	41.0	43.4	37.2	44.8	42.2	49.0	52.0	46.2	45.6	46.6	0.77
	30°	42.4	58.6	44.8	43.2	37.8	40.6	50.0	47.2	42.4	45.6	47.6	42.2	59.0	47.4	51.6	47.4	49.6	

(b) K の符号

r_1 \ ϕ_1 \ Obs.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
50cm	15°	−	+	+	−	−	−	+	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+
	30°	−	+	−	−	−	−	+	+	−	+	+	−	+	+	+	+	+
総合判定		−	+	+	−	−	−	+	−	−	−	+	−	+	+	+	+	+

3.4. 実験Ⅰ，Ⅱ，Ⅲの結果の比較—Blank の方法の信頼性

ここで，以上の3つの実験結果を比較して，k の符号を判定する Blank の方法について，その信頼性を検討してみよう．

先ず実験Ⅰ，Ⅱの結果を比較してみる．表〔5〕は，両実験を行った6名のOの結果を示す．表〔5〕(a) について，Φの値を比較すれば，P_1 (50cm, 15°) では，A, E, F の3名は，両実験を通じて $\Phi<60°$ であるが，H, J, K の3名は，いずれか一方で $\Phi<60°$，他方で $\Phi>60°$ となっている．また両実験結果の相関は 0.60 である．ところが，P_1 (50cm, 30°) については，初の3名は両実験について $\Phi<60°$ であり，後の3名は $\Phi>60°$，また相関は 0.66 とやや高くなっている．従って，この両実験結果は，かなりよく一致したと云えよう．なお，表〔5〕(b) について，両実験による k の符号の判定結果を比較してみれば，このことはいっそうはっきりする．すなわち，両実験を通じて，符号の判定は，殆んど完全に一致している．

表〔5〕 実験Ⅰ，Ⅱの結果の比較:

(a) $\Phi=|\phi_2-\phi_1|$

Exp. \ Obs.		A	E	F	H	J	K	r_s
		9	10	4	16	15	14	
Ⅰ	$r_1=50$cm	47.5	54.8	56.0	58.3	62.3	59.3	0.60
Ⅱ	$\phi_1=15°$	51.8	55.0	47.6	63.6	59.0	60.4	
Ⅰ	$r_1=50$cm	53.3	53.0	54.8	63.0	61.3	64.8	0.66
Ⅱ	$\phi_1=30°$	57.8	56.2	50.4	64.0	67.0	65.4	

(b) K の符号

Exp. \ Obs.	A	E	F	H	J	K
	9	10	4	16	15	14
Ⅰ	−	−	−	+	+	+
Ⅱ	−	−	−	+	+	+
総合判定	−	−	−	+	+	+

表〔6〕 実験 II, III の結果の比較:

(a) $\Phi = |\phi_2 - \phi_1|$

Exp. \ Obs.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	r_s
II	$\gamma_1 = 50$ cm	39.4	40.2	45.2	47.6	49.2	47.8	46.2	53.4	51.8	55.0	55.8	57.8	56.8	60.4	59.0	63.6	62.2	0.28
III	$\phi_1 = 15°$	34.0	54.4	45.4	41.4	43.0	38.2	47.6	41.0	43.4	37.2	44.8	42.2	49.0	52.0	46.2	45.6	46.6	
II	$\gamma_1 = 50$ cm	41.8	42.2	38.6	50.4	52.8	57.2	59.8	55.8	57.8	56.2	61.4	59.6	64.4	65.4	67.0	64.0	68.2	0.51
III	$\phi_1 = 30°$	42.4	58.6	44.8	43.2	37.8	40.6	50.0	47.2	42.4	45.6	47.6	42.2	59.0	47.4	51.6	47.4	49.6	

(b) K の符号

Exp. \ Obs.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
II	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+
III	−	+	+	−	−	−	+	−	−	−	+	−	+	+	+	+	+
総合判定	−	?	?	−	−	−	?	−	−	−	?	−	+	+	+	+	+

実験Ⅰ，Ⅱは，条件を全く同一にした正三角形法であって，異るのは単に施行期日で，前述のように，実験Ⅱは，Ⅰの施行後約5ケ月して行われた．従って Blank の正三角形法は，安定性 (stability) の観点からみた信頼性は，相当にたかいと認めてよろしかろう．

次に実験Ⅱ，Ⅲの結果を，表〔6〕について比較してみよう．表〔6〕(a) で，先ず P_1(50cm, 15°) についての Φ を比較すれば，17名のO中，12名 (70.6%) は両実験を通じて，同一の傾向を示している．すなわち，実験Ⅱにおいて $\Phi<60°$ を示す者は，Ⅲにおいても $\Phi<45°$ を示し，また実験Ⅱにおいて $\Phi>60°$ を示す者は，Ⅲにおいても $\Phi>45°$ を示している．しかし，残りの5名 (29.4%) は，両実験を通じて反対の傾向を示している．なお両実験についての Φ の相関は0.28で低い．次に P_1(50cm, 30°)についてみると，この傾向の一致した者は13名 (76.5%) に増し，相関も0.51とやや高くなっている．なお表〔6〕(b)で，k の符号の判定結果について比較してみると，符号の一致した者は，13名 (76.5%)，符号の相反した者は，4名 (23.5%) である．従って，この4名は，総合的にkの符号を判定しかねる．実験Ⅱ，Ⅲは，同一時期に行い，固定点 P_1 の条件も同一であるが，Oの課題のみが異なり，実験Ⅱでは正三角形，Ⅲでは直角二等辺三角形をつくるのであるから，この場合の信頼性は，いわば内的整合性 (internal consistency)に関するものと云えよう．この観点からすれば，Blank の方法の信頼性は，高いとは云えない．

以上2つの比較を通じて，Blank の方法は，かなり安定性はあるが，内的整合性に乏しいのではないかと考えられる．しかし，これらの点については，もっと多くのOについて，より多くの実験条件も考慮に入れて検討する必要がある．

以上の実験結果をまとめたものが，表〔7〕である．この表によれば，実験Ⅰ～Ⅲを通じてその比率は異るが，いずれにしても，$k<0$, $k>0$ の両者を含み，前述の Hardy などの結果と同様の傾向を示している．とく

に，実験II，IIIについて考察すれば，正，負の判定の困難な者を除いて，k<0が8名(47.1%)，k>0が5名(29.4%)である．したがって，Luneburgなどの主張するように，われわれの視空間の曲率はk<0のみではなく，またShipleyが示唆したようにk>0のみでもなく，両者を含むと考うべきではなかろうか．

表〔7〕 実験I，II，IIIの結果：正，負曲率の分布

Exp. \ K	−	?	+	計
I	7	0	5	12
II	12	0	5	17
III	8	0	9	17
II，III	8	4	5	17
	47.1	23.5	29.4	100

最初に述べたように，視空間の曲率決定の問題は，空間知覚の基礎的な課題と考えられるので，この問題については，もっと多くのOについて，種々の方法について十分に検討する必要があると思う．

4. 結　　語

以上の実験結果から，最初にかかげた課題に対して，次のように答えられよう．

（1） われわれの視空間は，Luneburgが主張するように，一義的にその曲率が負（k<0）である双曲的Riemann空間とは云えない．

（2） またShipleyが示唆するように，一律に正曲率の楕円的Riemann空間であるとも云えない．

（3） われわれの中には，その視空間の性格が，双曲的のものから，楕円的のものまでを含むと考うべきではなかろうか，したがって，曲率が零(k≒0)のEuclid的性格の視空間のものも含まれることが予想できよう．

なお，この視空間の曲率に関連して次の2，3の問題が考えられる．

（4） 以上のように，視空間の曲率が−1<k<1にわたると考えると，大きさや形の恒常度は，果してkが＋1から−1の方へ近づくにつれ，す

なわち楕円的空間から双曲的空間へと移るにつれて，高くなると云えるであろうか．

（5） Luneburg の理論から導かれた，並木の方程式は，実験結果とかなりよく一致するが，前々回報告（7）したように前額面ホロプターの方程式は，実験結果と相反する場合がある．それは，とくに $k>0$ の場合に多いように考えられる．従って，このような場合を記述できる方程式が必要であろう．

（6） これまで Luneburg 定数 σ, k と恒常度との関連を考えて来たが，これらの定数と Thurstone の空間知覚の因子や Cattell の人格の因子などとの関係は，どのようなものであろうか．

これらを，今後の課題として研究を進めたいと思う．

本研究は，昭和37年度文部省科学研究費による「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) ――――――, Curvature of binocular visual space. An experiment. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1961, **51**, 335～339.

(3) Hardy, L. H., Rand, G., and Rittler, M., Investigation of visual space. The Blumenfeld alleys. *A. M. A. Archives of Opthalmology*, 1951, **45**, 53～63.

(4) Indow, T., Inoue, T., and Matsushima, K., An experimental study of the Luneburg theory of binocular space perception(1). The 3-and 4-point experiments. *Jap. Psychol. Res.*, 1962, **4**, 6～16.

(5) ――――――, An experimental study of the Luneburg theory of binocular space perception (2). The alley experiments. *Jap. Psychol. Res.*, 1962, **4**, 17～24.

(6) 石井克己，諸恒常現象間の相関に関する研究（第3報告）—知覚恒常性と Luneburg の視空間理論，哲学年報，1960, **22**, 347～378.

(7) ——, 同上（第4報告）. 哲学年報, 1961, **23**, 39～57.

(8) ——, 同上（第5報告）. 哲学年報, 1962, **24**, 121～136.

(9) Luneburg, R. K., *Mathematical analysis of binocular vision.* Princeton University Press, Princeton, 1947.

(10) ——————, The metric of binocular visual space. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1950, **40**, 627～642.

(11) Shipley, T., Convergence function in binocular visnal space. 1. A note on theory. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1957, **47**, 795～803.

(12) ——————, Convergence function in binocular visual space II. Experimental report. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1957, **47**, 804～821.

(13) Zajaczkowska, A., Experimental determination of Luneburg's constant σ and κ. *Q. J. Exptl. Psychol.*, 1956, **8**, 66～78.

(14) ——————, Experimental test of Luneburg's theory. Horopter and alley experiments. *J. Opt. Soc. Amer.*, 1956, **46**, 514～527.