

奥行き知覚と大きさ知覚に及ぼす両眼輻輳の影響

——交差視差・非交差視差 両条件における比較——

安 岡 晶 子

問 題

奥行き知覚が成立するためには、奥行き手がかりとなる視覚運動系情報が必要となる。この手がかりとして、両眼視差、遮蔽、キメ勾配、線遠近法、陰影、両眼輻輳、水晶体調節、運動奥行き効果、運動視差(motion parallax)などが有効性のあるものとされ、これらの個々の情報が統合され、奥行き知覚が成立すると考えられている。今回は、両眼視差と、両眼視差と連動して働く両眼輻輳との影響について検討する。

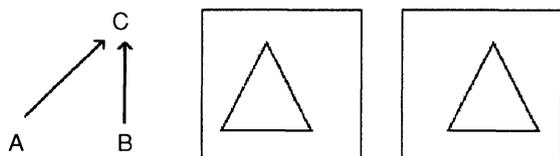
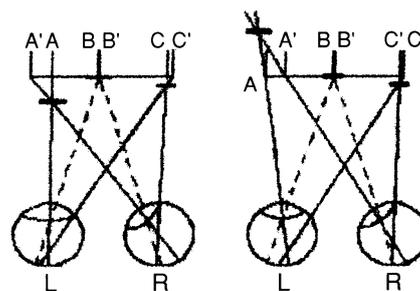


図1 視方向の差 図2 輪郭線で構成された立体鏡図の例

外界情報を取り込む最初の視覚系器官である目は、顔の中心を境に左右に約6cm離れて位置する。図1のように2地点A、BではCへの方角が異なるが、この視方向の差を視差(parallax)といい、約6cm離れた両眼も同様に視差が生じる。両眼視差(binocular parallax)とは、左右両眼における視方向の差が両眼網膜像に角度として反映されたものである。立体感とは、視覚系器官が両眼におけるズレを1つに処理して生み出されると考えられている。これを始めて証明したのはWheastone(1838)である。彼は図2のような視差のある図形を提示してこの事実を報告した。この刺激を実体鏡図、左右の目に提示する刺激を半視野刺激といい、このような奥行き印象を両眼立体視と呼ぶ。

図3に、両眼視差の変化によって知覚される、奥行き変化のメカニズムを示した。これは交差、非交差の刺激に対する視方向をあらわしたもので、像が知覚される位置を一で示している。AとA'の作る像で説明

すると、周囲に比べて視差領域が内側に偏る場合が交差視差(図3-a)、外側に偏る場合が非交差視差(図3-b)となる。視差が交差・非交差方向に増加するに伴い知覚される奥行き量は増加するが、視差が増加しすぎるとその奥行き量の増加率が減少し、さらには複視(double vision)が生じる。両眼立体視できる範囲は、中心視から周辺視になるほど低下するが、両眼輻輳によってこの範囲を広げることが可能になる。これは、注視した対象が両眼連動で中心窩に結像されるため、網膜上では注視した対象の視差がゼロとなり、それ以外の対象に視差が生じるためである。このように、輻輳角は両眼視差と連動して生じる。



(a) 交差 (b) 非交差

図3 像が知覚される位置

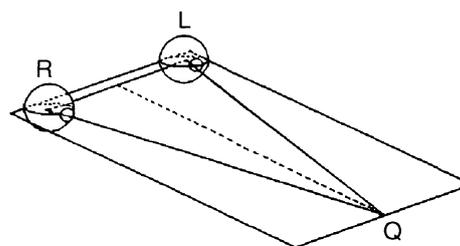


図4 両眼と輻輳角の関係

図4に両眼が対象Qを凝視する様子を示した。対象Qは、常に両眼対応の原点である中心窩に結像される。左眼の中心窩Lと右眼の中心窩Rを対象Qで結んだ直線LQ・RQを視軸(visual axis)、角LQRを

輻輳角 (convergence angle) と呼ぶ。ここで、凝視点 Q が手前へ近づく場合、両眼は中心窩に Q の像を維持するため、共に内側へ回転 (左目は右回転、右目は左回転) する。反対に凝視点 Q が遠方へ退く場合、両眼は外側へ回転 (左目は左回転、右目は右回転) する。この両眼連動する内側回転を輻輳、外側回転を開散といい、両者を合わせて両眼輻輳ともいう。輻輳角は、輻輳、開散に比例して大きくまたは小さくなる。

この両眼輻輳であるが、日常生活では、両眼が平行位を超えて開散することはない。無限遠である月や星を観察する場合でも、輻輳角は平行位つまり 0° までである。しかし、左右反転眼鏡を用いると、遠方の対象が近づくに伴い輻輳角は減少し、さらに近づくとき平行位を超えて開散する (下條, 1978)。訓練を要するが、この状態での両眼融合は可能である。ではこの状態での知覚された奥行きは、平行位より輻輳した状態と同じといえるのか。

上記の問題について、東・中溝 (2003) は交差視差刺激を用いて、輻輳角の減少に伴い知覚される距離と大きさがほぼ一定の割合で増加し、平行位以上の開散でも成立することを示した。しかし非交差視差においても、同様の効果があるかは示されていない。そこで、両眼輻輳を平行位より輻輳、開散させた場合に、交差・非交差視差による奥行き知覚に与える影響を問題とする。このため、交差、非交差視差の刺激図形の奥行き知覚量を、両眼輻輳を段階的に操作して測定する。対象間の奥行き知覚には、大きさ情報も手がかりとなるため、その対象の大きさ知覚量も測定する。

実 験 1

目的

本実験では、両眼が輻輳・開散した場合の奥行き知覚を比較するため、輻輳角の基準を平行位である 0° とする。このため、実験1では、両眼視差を交差3条件・交差なし1条件・非交差3条件に設定した刺激図形を輻輳角 0° で観察し、知覚された対象間の奥行きを測定する。

方法

被験者

大学生 33 名 (女性 18~22 歳)。

装置・用具

synoptoscope (L-2510 トランジスター自動点滅装置内蔵: イナミ製) を使用した。これは、左右の眼が

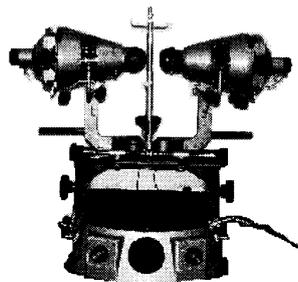


図5 シノプテスコープ

別々の接眼部を覗くことで、両眼視差と輻輳角の操作が可能な装置であった。照明可変ダイヤルを6に設定し、装置内の豆電球 (8V) を点灯させた。この際の輝度は 34.1 cd/m^2 であった。輻輳角を 0° にするために、1度単位の角度目盛 (degrees of angle) を0に設定した。刺激面から角膜表面までは 178 mm であり、刺激を調節せずに観察するために、角膜表面から 38 mm の位置に7ジオプターの凸レンズが挿入されていた。

実験実施前に被験者の視力を視力検査表 (半田屋商店) で、乱視を乱視検査表 (半田屋商店) で、瞳孔間距離を瞳孔間距離計 (TOPCON) で測定した。視野の明るさを測定するため、無刺激状態で輝度計 (TOPCON) を用いて測定した。

刺激

刺激図形は Adobe Illustrator 9.0 で作成した。各図形は水平に3つの円を表記しており、円の直径は 10 mm (3.2°) で、線の太さは 0.5 mm ($9.6'$) とした。基準図形は交差視差 $24.3'$ とした。比較図形は交差視差を 1 ($24.3'$)、 2 ($48.6'$)、 3 ($73'$) の3種類、非交差視差を -1 ($24.3'$)、 $-2'$ ($48.6'$)、 -3 ($73'$) の3種類、視差なしは 0 の1種類とした。表1に実体鏡図

表1 実体鏡図の各円の中心間の距離 (単位: mm)

視差	位置	位置					
		a	a'	AB	b	b'	BC
交差視差	3	14	17	3	15.5	15	0.5
	2	14	16	2	15.5	15	0.5
	1	15	16	1	15.5	15	0.5
視差なし	0	15	15	0	15.5	15	0.5
非交差視差	-1	16	15	-1	15.5	15	0.5
	-2	16	14	-2	15.5	15	0.5
	-3	17	14	-3	15.5	15	0.5

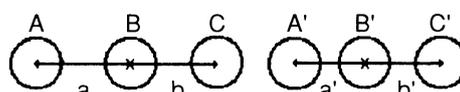


図6 実体鏡図 (非交差-3の場合)

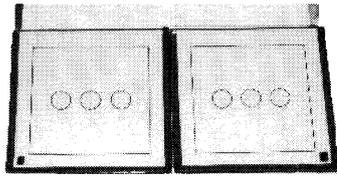


図7 視差0の実体鏡図

の各円の中心点間の距離を示し、図6に刺激作成の模式図を示した。表1のABとBCは図6のa'-aとb-b'を示した。

図7に視差0の実体鏡図を示した。図版の大きさは縦82mm、横82mmで右側を右眼に、左側を左眼に掲示した。被験者が実体鏡を覗くと円が3つ見えるが、向かって左側をA、中央をB、右側をCとした。立体視の状態を確認するため、実体鏡で観察すると手前から23451の順に番号のついた図形が見える図版（イナミ）を使用した。

実験条件

独立変数：両眼視差

交差視差3条件、非交差視差3条件、視差なし1条件の計7条件とした。

従属変数：マグニチュード推定法による奥行き知覚量

手続き

実験にあたり、被験者の視力、乱視・斜視の有無、瞳孔間距離を測定した。測定後、実験者は装置の顎台と額当を用いて被験者の頭部の位置を調節し、接眼部を被験者の瞳孔間距離にあわせた。両眼立体視の状態を確認するため、確認用図版を提示し、図形1から5までを手前に見える順に報告させた。

実験での配置は図8のようにした。被験者は輻輳角0°に設定された装置を通して、両眼視差7条件の図形を観察した。課題はマグニチュード推定法を用い

て、刺激図形中のB-C間の見えの奥行き差に+10を与え、これに対しA-B間の見えの奥行き差を判断させた。被験者が装置を覗くと、交差視差刺激の場合、図9のように見える。このときCはBより手前に、AはBより手前に見えるが、A-B間がB-C間の3倍であると思えば+30と報告するよう教示した。教示には図10の立体模型を用いて確認を行った。

それぞれの観察条件内での提示順序はランダムとし、1名の総試行数は7（両眼視差）×4（繰返し）の28試行とした。

結果

33名のうち、4名は一部の条件で複視が生じる、また交差、非交差の奥行き知覚が逆転する報告があった。別の9名は交差と非交差の奥行き知覚が部分的に反転していた。このためこれらのデータを外れ値とし、残り20名の奥行き知覚のME値とそのSDを算出し、図11と図12にまとめた。

図11、図12の視差は、交差視差を+、非交差視差を-で表した。ここから、両眼視差の交差が大きいほど手前に、非交差が大きいほど遠方に知覚され、視差0ではSDが低く、視差の絶対値が増加するほどSDが高くなることが読み取れた。また図12からは、増加率が視差1から-1に比べ、1から3、-1から-3では低くなることが読み取れた。

考察

奥行きは両眼視差の交差が大きくなるほど手前に、非交差が大きくなるほど遠方に知覚された。つまり、交差・非交差数の絶対値を上げるほど、奥行き差が大きく知覚されることがわかる。以上より、輻輳角が0°の場合でも両眼立体視が成立することが言えた。

しかし奥行き知覚には対象の大きさも手がかりとな

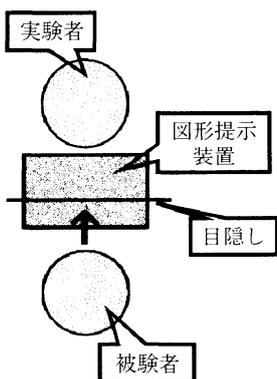


図8 被験者と装置の配置

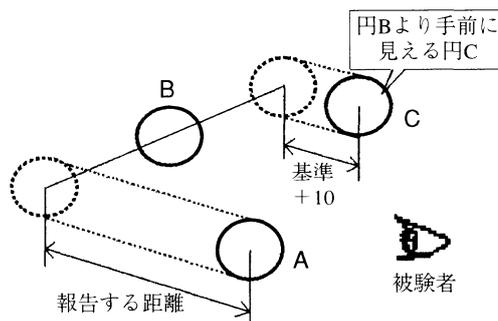


図9 交差視差刺激の見え方のイメージ

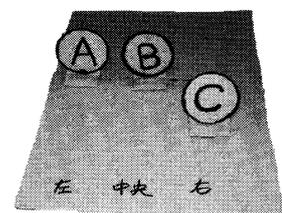


図10 確認用立体模型

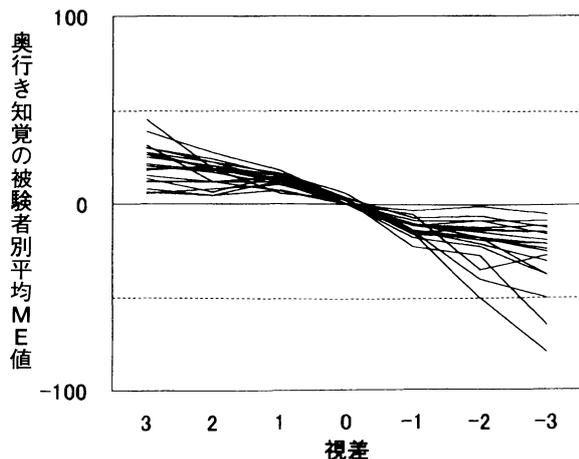


図11 被験者ごとの奥行きのマグニチュード推定値 (平均ME値)

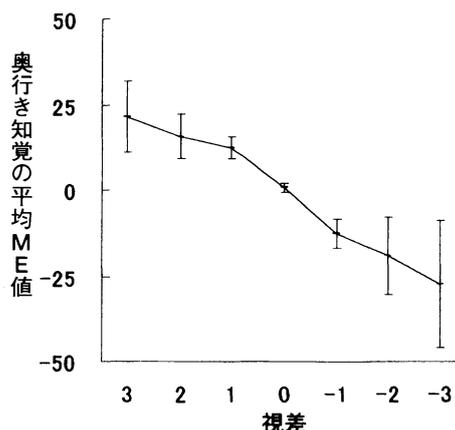


図12 奥行きのマグニチュード推定値 (平均ME値とSD)

る。両眼視差の条件が加わると、大きさ知覚に影響がある事から、実験2では、輻輳角 0° 以上に輻輳、また開散させた場合の奥行きと大きさ知覚量を比較検討する。

実験 2

目的

実験2では、輻輳角 0° に加え、 0° より輻輳方向と開散方向に各5条件、あわせて11条件において、両眼視差を交差3条件・交差なし1条件・非交差3条件に設置した場合の、刺激図形の知覚された対象間の奥行きと対象の大きさを測定する。

方法

被験者

大学生33名(女性18~22歳)。

装置・用具

実験1と同様の設定を施した実体鏡シノプスコープを用いた。輻輳角の操作は、1度単位の角度目盛(degrees of angle)によって行い、平行位は 0° 、輻輳方向は $2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 10^\circ$ 、開散方向は $-2^\circ, -4^\circ, -6^\circ, -8^\circ, -10^\circ$ に操作した。以下、軸輳方向への眼球運動を軸輳角の増大、開散方向への運動を軸輳角の減少と記述した。

刺激

実験1と同様であった。

実験条件

独立変数：両眼視差

実験1と同様の7条件

：両眼輻輳

輻輳角 0° 、 0° より輻輳方向を5条件、開散方向を5条件の11条件とした。

従属変数：マグニチュード推定法による知覚された奥行き量と大きさ量

手続き

実験前の手続きと実験での配置は実験1と同様に行い、両眼視差7条件の図形を両眼輻輳11条件ごとに観察した。奥行き判断の課題は実験1と同様で、マグニチュード推定法を用いて刺激図形中のB-C間の見えの奥行き差に+10を与え、これに対しA-B間の見えの奥行き差を判断させた。被験者が装置を覗くと、交差視差の場合、図13のようにみえる。大きさ判断の課題はマグニチュード推定法を用いて、刺激図形中のBの大きさに10を与え、これに対しAの大きさを判断するように教示された。このときBよりAが大きいならば10より大きい数字で、小さいならば0より大きく10より小さい数字で答え、円の直径で比較せず、見た目の大きさで判断するよう教示した。

提示した条件で複視が生じた場合、被験者の負担にならないように、輻輳、開散ともにそれ以上絶対値の高いものは提示しないものとした。

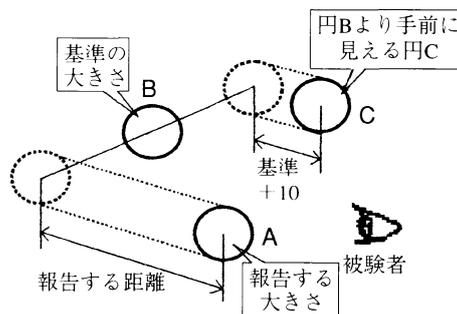


図13 交差視差刺激の見え方のイメージ

それぞれの観察条件内での提示順序はランダムとし、奥行きと大きさの判断順序は、被験者間でカウンターバランスを取った。1名の総試行数は7（両眼視差）×11（両眼輻輳）×4（繰返し）の308試行とした。

結果

外れ値がない18名のデータから、奥行きの平均マグニチュード推定値（ME値）を図14に、大きさ知覚の平均マグニチュード推定値（ME値）を図15に示した。

図14より、交差視差の絶対値が大きいほど手前に、非交差視差の絶対値が大きいほど遠方に知覚され、輻輳角10°では視差3は1に、-3は-2に比べ、奥行きが0に近づくことが読みとれた。輻輳角-10°～-4°では、視差-3,2,3で奥行き知覚量が変動しており、視差3と2では開散させるほど手前に知覚されることが読み取れた。輻輳角-2°～8°はほぼ同じ奥行きであるが、輻輳角5°になると視差3と-3で奥行き0に近づくことが読み取れた。

図15より、視差なしに比べ、交差視差は小さく、非交差視差は大きく知覚されていることが読みとれる。輻輳角-2°～10°の大きさ知覚量は、視差ごとにほぼ同じ大きさだが、輻輳角10°の視差3は視差0で知覚された値に近づくことが読み取れた。輻輳角-10°～-4°の大きさ知覚量は変動があり、輻輳角-2°～

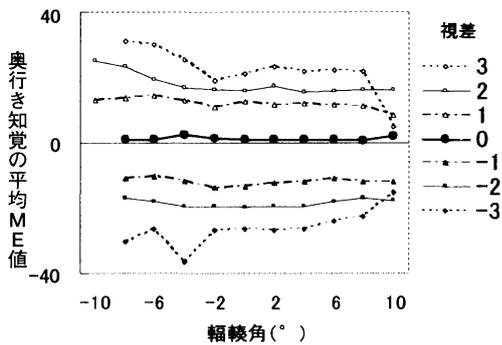


図14 奥行きのマグニチュード推定値（平均ME値）

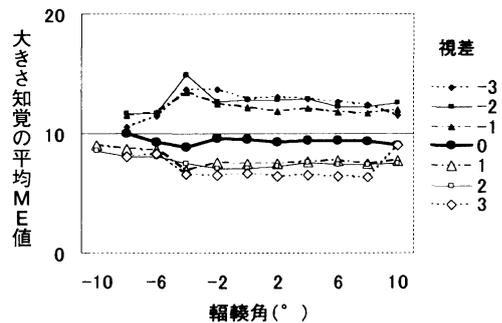


図15 大きさ知覚のマグニチュード推定値（平均ME値）

表2 視差・輻輳角ごとの報告回数の最頻度

		視 差						
		3	2	1	0	-1	-2	-3
輻 輳 角 ($^{\circ}$)	-10	0	0	0	0	0	0	0
	-8	0	0	0	0	0	0	0
	-6	0	0	0	0	0	0	0
	-4	0	0	0	0	0	0	0
	-2	3	4	2	2	0	0	0
	0	4	4	4	4	4	4	4
	2	4	4	4	4	4	4	4
	4	4	4	4	4	4	4	4
	6	4	0	4	4	4	4	4
	8	0	0	0	0	0	0	0
	10	0	0	0	0	0	0	0

10°に比べ、-4°で交差の場合大きく、視差0の場合やや小さくなることが読み取れた。

表2に、実験2で4ブロック中に両眼融像できた回数最頻値を最低は0回、最高は4回で示した。輻輳角が0°～6°では4回の報告が最も多く、8°～10°、-4°～-10°では0回が最も多かった。ここから輻輳角の輻輳、開散の角度が大きいほど、像が融合されにくく、特に開散の眼球運動は日常生活では生じないため、像が融合されにくかったのではないと思われる。また、同一の輻輳角でも、視差の絶対値が大きいと、複視が生じることがいえた。

被験者によって輻輳角の条件で両眼融像に差があるため、輻輳角-1°～2°の場合で報告が可能であった14名の分散分析を行った結果、奥行き知覚では、視差のみに有意差があった ($F(6, 78)=0.00, p<.01$)。同様に大きさ知覚では、視差のみに有意差があった ($F(6, 78)=0.00, p<.01$)。

考察

奥行き知覚については、輻輳角0°以上に輻輳、開散させた場合でも融像は可能であり、両眼視差が交差の場合手前に、非交差の場合遠方に知覚されることが言えた。両眼輻輳が輻輳、開散とも絶対値が高くなると、奥行き知覚の増加率が弱くなる傾向が見られた。大きさ知覚については、両眼視差が交差の場合小さく、非交差の場合大きく知覚されることが言えた。奥行き知覚、大きさ知覚とも、分散分析の結果、両眼視差の有意差は見られるが、両眼輻輳の有意差は見られ

なかった。

しかし、東・中溝 (2003) の研究では、交差視差刺激では、輻輳角の減少に伴い知覚される距離と大きさがほぼ一定の割合で増加し、平行位以上の開散でも成立している。今回の手続きでは、図形提示の際に基準刺激も輻輳角の操作の影響を受けていたため、実験3では基準の奥行きと大きさは輻輳角を一定とし、改めて輻輳角 0° 以上に輻輳、開散させた場合の奥行きと大きさ知覚量を測定することとした。

実験 3

目的

実験3では、基準図形と比較図形を独立させた装置を用いて提示する。被験者の多くで両眼融像が可能であった輻輳角 0° 、 0° より輻輳方向に 2° 、開散方向に 2° の3条件において、両眼視差を交差視差3条件・非交差視差3条件・視差なし1条件に設置した刺激図形の知覚された対象間の奥行きと対象の大きさを測定する。

方法

被験者

教員1名 (男性63歳)、大学生・大学院生各2名 (女性19~26歳) の計5名。

装置・用具

実験1と同様の設定を施した実体鏡シノプスコープを用いた。輻輳角の操作は、1度単位の角度目盛 (degrees of angle) で行い、平行位は 0° 、輻輳方向は

2° 、開散方向は -2° に操作した。

刺激

刺激図形は Adobe Illustrator 9.0 で作成した。各図形は水平に2つの円を表記した。基準図形は交差視差 $24.3'$ 、比較図形は交差視差を1 ($24.3'$)、2 ($48.6'$)、3 ($73'$) の3種類、非交差視差を -1 ($24.3'$)、 -2 ($48.6'$)、 -3 ($73'$) の3種類、視差なしは0の1種類とした。図16に視差 $1 \cdot -1$ の実体鏡図を示した。

実験条件

独立変数：両眼視差

実験1・2と同様の7条件

：両眼輻輳

輻輳角 0° 、 0° より輻輳方向を1条件、

開散方向を1条件の3条件とした。

従属変数：マグニチュード推定法による知覚された

奥行き量と大きさ量

手続き

実験前の手続きは、実験1と同様に行った。被験者は、装置を通して、両眼視差7条件の図形を両眼輻輳3条件ごとに観察し、奥行きと大きさの判断課題を行った。実験での配置は図17のようにした。

課題はマグニチュード推定法を用いて、基準刺激の奥行き量+10に対し、比較刺激の奥行きを判断させた。図18のように被験者が基準図形提示装置を覗くと、右円より左円が手前に見えるので、両円の距離を+10として記憶させた。次に比較図形提示装置を覗くと、右円より左円が手前に見えるので、両円の距離

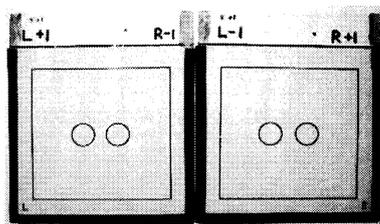


図16 視差 $1 \cdot -1$ の実体鏡図

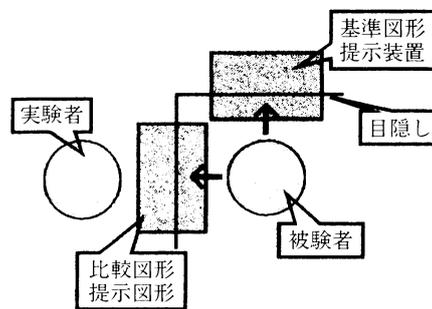


図17 被験者と装置の配置

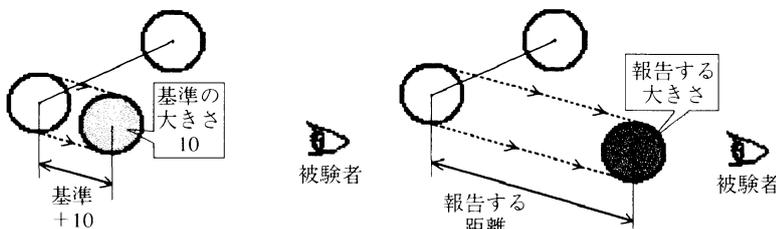


図18 基準図形 (左) と比較図形 (右) を見た様子

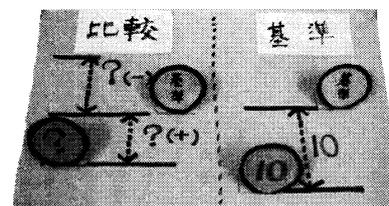


図19 確認用立体模型

を先ほどの+10と比較して答えるよう教示した。

同時に基準刺激の左円の大きさに10を与え、これに対し比較刺激の左円の大きさを判断するよう教示した。教示には図19の立体模型を用いて確認を行った。

このとき、基準図形提示装置の輻輳角は0°に設定し、比較図形提示装置の輻輳角を2°, 0°, -2°に操作した。それぞれの観察条件内での提示順序はランダムとし、奥行きと大きさの判断順序は、被験者間でカウンターバランスを取った。一人の被験者の総試行数は、7(両眼視差)×3(両眼輻輳)×8(繰返し)の168試行であった。

結果

5名の奥行き知覚の平均マグニチュード推定値を図20に、大きさ知覚の平均マグニチュード推定値を図21に示した。

奥行き知覚量の平均値から2要因分散分析を行った結果、視差 (F(6.24)=7.912, p<.001) と交互作用 (F(12.48)=3.034, p<.005) に有意差がみられた。

大きさ知覚量の平均値から2要因分散分析を行った結果、視差 (F(6.24)=7.234, p<.001) のみ有意差が

見られた。

大きさ知覚について、両眼輻輳の影響の受け方が強いグループと弱いグループが2:3で分かれた。その内、各々の代表的な2名を取り上げ、図22に被験者1、図23に被験者5の大きさ知覚量の個人平均値を示した。被験者1は輻輳角が減少するのに伴い、交差視差、非交差視差ともに対象が大きく知覚されているが、被験者5では輻輳角の変化に対して大きな変化は見られなかった。

考察

奥行き知覚については、交差視差では対象は手前に知覚されるが、輻輳角の減少に伴い、より手前に知覚された。これに対し非交差視差では対象が遠方に知覚されるが、輻輳角の減少に伴い、より遠方に知覚された。つまり交差視差、非交差視差の両条件で、知覚される奥行きの絶対値が輻輳するほど減少し、開散するほど増加することがいえる。これは、両眼輻輳が平行位以上の開散でも成立することが認められた。

大きさ知覚については、交差視差・非交差視差の両条件で、輻輳角が増加するに伴い小さく、減少するに伴い大きく知覚された。これは両眼輻輳が平行位以上

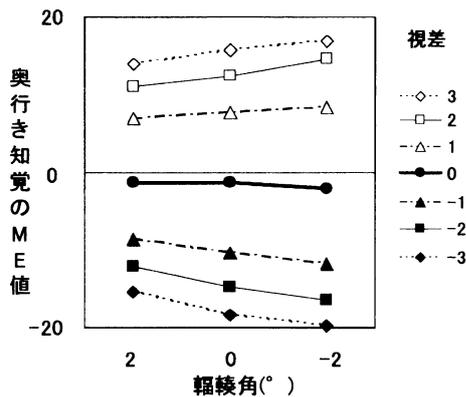


図20 奥行き知覚のマグニチュード推定値 (平均 ME 値)

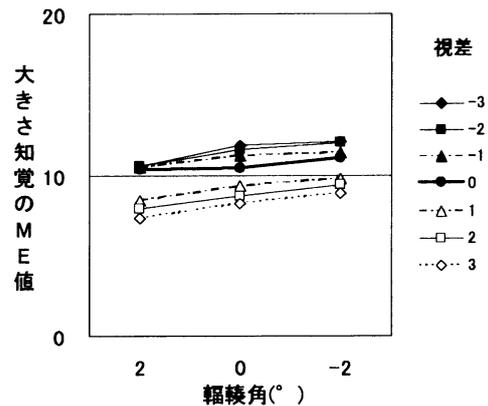


図21 大きさ知覚のマグニチュード推定値 (平均 ME 値)

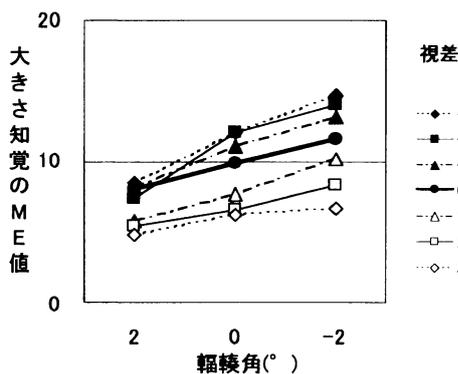


図22 大きさのマグニチュード推定値 (被験者1の ME 値)

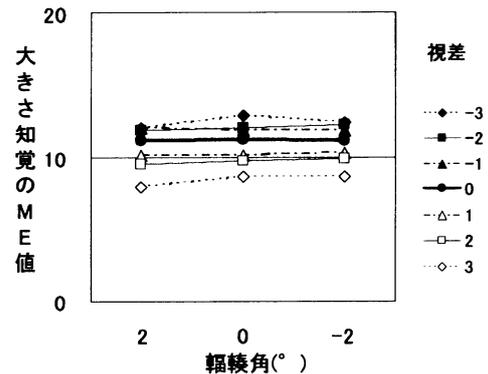


図23 大きさのマグニチュード推定値 (被験者5の ME 値)

の開散でも成立することが認められた。しかし被験者ごとの結果では、両眼輻輳の影響の受け方が強いグループと弱いグループに分かれた。

全体考察

本研究は、輻輳角を平行位より輻輳、開散させた場合に、交差視差、非交差視差による奥行き知覚に与える影響を問題としていた。

実験1から輻輳角 0° での奥行き知覚は、交差視差では対象は手前に、非交差視差では対象は遠方に知覚され、視差の絶対値が増加するほどその奥行き量は増大し、増加率は弱まる傾向が見られた。

実験2から輻輳角を 0° より輻輳、開散させても融像は可能であるが、輻輳角の絶対値が大きくなると複視が生じやすくなり、開散方向は輻輳方向より融像する範囲が狭い結果が得られた。これは平行位以上の開散方向への眼球運動が日常では生じないため、被験者の多くが適応できなかったためと思われる。最も融像されやすい輻輳角は 0° から輻輳方向へ 2° 、ついで 4° であった。このときの奥行き知覚は、交差視差では対象が手前に、非交差視差では対象が遠方に知覚され、視差の絶対値が増加するほど奥行き量は増大し、増加率は弱まる傾向が見られた。また大きさ知覚は、交差視差では対象がより小さく、非交差視差では対象がより大きく知覚される傾向が確認された。また、視差の絶対値が増加するほど大きさの増加率は一定ではなく弱まる傾向が見られた。しかし、奥行き知覚、大きさ知覚ともに、輻輳角による影響は見られなかった。

実験3では基準の刺激図形が輻輳角の影響を同時に受けないようにするため、基準刺激図形を輻輳角 0° に設定し、比較刺激図形とは独立させて提示する方法をとった。その結果、奥行き知覚量は交差視差のみならず非交差視差でも輻輳角の減少に伴い増加し、 0° 以上の開散でも成立することが認められた。 0° 以上の開散では、両眼視軸の交点が後方になるが、対象は目の前で知覚される。これは奥行き知覚が、視軸交点がつくる輻輳角や輻輳距離よりも、眼球位置情報を用いる部分が大きいためと考えられる。大きさ知覚量は、交差視差のみならず非交差視差でも輻輳角の減少に伴い拡大し、 0° 以上の開散でも成立する結果が認められた。ここから、奥行き知覚、大きさ知覚においては、輻輳では抑制が、開散では促進の効果が加わる

と考えられる。

実験1と2で、交差、非交差視差の刺激への反応が逆転している、一部の条件で奥行きが知覚できないと報告した被験者を外れ値として処理したが、これは特定の網膜像差に対して奥行きを感じない、あるいは網膜像差のタイプに一致した奥行きを弁別できないとされるステレオアノマリーではないかと思われる。実験3では被験者数を増やし、傾向を見ることを今後の課題とする。

結論

輻輳角を平行位より輻輳、開散させた場合に、交差・非交差視差による奥行き知覚に与える影響について実験を行なった結果、奥行きと大きさ知覚に及ぼす輻輳角の影響は、両眼視差が交差・非交差の両条件ともに、開散するに従い増加すると考えられる。

引用文献

- 東 巧・中溝幸夫 1996 輻輳と網膜像差と知覚された奥行き量の関係 *VISION*, **8**, 87-95.
- 東 巧・中溝幸夫 2003 眼球輻輳・開散と知覚された奥行き量および方向の関係 基礎心理学研究, **21**, 104-111.
- 一川 誠 1991 運動視差と両眼視差からの奥行き知覚 人文論叢(大阪市立大学大学院文学研究科), **20**, 77-94.
- 中溝幸夫・近藤倫明・下野孝一・渋谷幸一 1993 網膜像差バーゼンスとステレオアノマリーの眼球運動 荻坂良二・中溝幸夫・古賀一男(編) 眼球運動の実験心理学 名古屋大学出版会 第7章 145-163.
- 下條信輔 1978 逆転・反転視野実験についての一考察 心理学評論 **21**, 315-339.
- Shimono, K 1984 Evidence for the subsystems in stereopsis: fine and coarse stereopsis *Japanese Psychological Research* **26**, 168-172.
- 下野孝一・江草浩幸・大野 憺 1997 両眼単一視: 融合理論と抑制理論の限界 *Journal Psychological Review*, **40**, 414-431.
- 下野孝一・中溝幸夫・東山篤規 2000 距離知覚とバーゼンス *Journal Psychological Review*, **43**, 335-348.
- 塩入 諭・李 承培・弓削公一 2003 両眼視差による奥行き知覚モデル *ITE Technical Report*, **27**, 21-24.
- 戸沢純子 1992 2次元の拡大像の見えの大きさと見えのきよりについて 基礎心理学研究, **10**, 99-107.
- Walter C. Gogel 1962 The effect of convergence on perceived size and distance *The Journal of Psychology*, **53**, 475-489.