

## 周辺視野における両眼性奥行き知覚

安岡 晶子

### 問 題

ヒトは左右の眼が水平方向に約 6 cm 離れているため、日常生活において左右の目に投影される網膜像には外界の対象の奥行き関係に対応した水平方向のズレが生じている。この両眼視差 (binocular-pallax) とよばれる左右の網膜のズレを手がかりに行う奥行き知覚を、両眼立体視という。両眼視差の種類は交差視差と非交差視差があるが、どちらも両眼視差が増加するほど奥行き絶対値が増加する。ただし両眼視差の奥行き効果は単純に視差の大きさに比例するのではなく、一定以上の視差量になると奥行き知覚量はそれ以上増加しない。また同じ両眼視差量を交差視差と非交差視差で与えると、交差視差が非交差視差に比べ知覚される奥行きは絶対値として同じにはならず、交差視差による奥行きの方が大きくなる。さらに知覚される大きさは対象の視角が一定であるため、知覚される奥行きに応じて、近いほど小さく、遠いほど大きくなることが確認されている。実際に実物対象が外界に存在しなくとも、両眼視差を人工的に作り奥行きを知覚させる刺激を、実体鏡図 (ステレオグラム) といい、3D を扱った書籍や映画はこの原理 (図 1) で製作されている。

このような両眼立体視の特徴を示す研究の多くは中心視野において測定されている。中心視野は生理学的な面からも形態や色彩の判断に対して、周辺視野より秀でている。しかし我々は中心視野より広範な周辺視野からも、行動に必要な視覚情報を取り入れており、詳細な情報を得る中心視野の範囲を選択するための重要な役割を担っているとも考えられる。このことを踏まえると周辺視野における奥行き知覚がどのように知覚されているかを検討することは意味のあることといえる。

そこで中心視野と周辺視野について確認する。まず視野とは、視線を固定した際に得られる限定された範囲の視界を指す。人の視野は水平方向におよそ 180 度

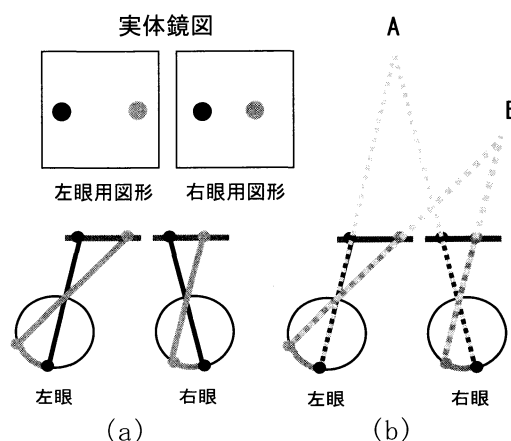


図 1 実体鏡図と奥行きが知覚される仕組みの模式図  
 図 1-(a) 左右の眼にそれぞれ実体鏡図を提示すると、両眼視差が生じる。  
 図 1-(b) 左右の網膜に提示された対象を結ぶ交点に対象 A と B が知覚される。  
 ※視線を A に向けた場合の B を交差視差  
 視線を B に向けた場合の A を非交差視差

と言われるが、この行の左端の文字に視線を向けながら、右端の文字を読み取るのが困難のように、対象の形態がはっきりと見えるのは視線を向けたごく一部の範囲である。佐藤 (1999) によると、一点を注視する場合に、その対象を網膜において空間弁別力・色弁別力が最も優れた中心窩に結像するように見ている。これを中心視といい、視角にして 1 度以内である。また注視点から視角 2~3 度の範囲で見ることを近中心視、さらに外側で見ることを周辺視という。図 2-1 は、視線を向けた位置 (0 度) の視力を相対値 1.0 として、耳側とこめかみ側の視力を示したものである。周辺視野に進むほど視力が急激に低下することが読み取れる。

このように周辺視野の視力が中心視野より低い原因として、池田 (1988) が過去の研究に基づいて示している。池田は人間の網膜全体を覆っている視細胞のうち、桿体細胞が 1 億 2000 万個、錐体細胞が 6000 万個あるが、網膜の中心である中心窩には錐体細胞が集中し、桿体細胞は周辺視野に多く分布されている (図 2-2)。さらにこれらの信号を中枢に伝送する 120 万本

の視神経は、中心窩では1つの視細胞につき1つの視神経がつながっているが、網膜周辺部では1000の視細胞につき1つの視神経がつながっている。これにより中心視と周辺視では、空間的な解像力つまり視力差が生じてくると説明している。また、Carrasco & Frieder (1997) は、同じ刺激でも網膜偏心度が大きくな

る、つまり刺激が提示される網膜位置が視野の中心から周辺へ移行すると、皮質の活性領域が狭まり相対的に形態検出が困難になると説明した。

このような特徴に違いが見られる周辺視野でも、中心視野で確認されている両眼視差による奥行き知覚は得られるだろうか。仮に同様の結果が得られないならば、それは視力の低下が原因なのだろうか。

この問題に対して、二つの仮説が挙げられる。仮説1は視力と関係がある形態知覚と奥行き知覚はそれぞれ独立に行われている。つまり、両眼視差による奥行き知覚が偏心度の増加に関わらず中心視野と同様の知覚がなされると考えられる。仮説2は視力と関係がある形態知覚が奥行き知覚に影響を与えている。つまり、両眼視差による奥行き知覚が視力の影響を受けるため、偏心度の増加に伴い変化が生じる。仮説2の場合は視力が低下するに伴い知覚される奥行きが減少する場合と、増加する場合が考えられる。

仮説2の後者の例として Cisarik & Harwerth (2005) が中心視野と周辺視野での両眼視差による奥行き知覚を測定した研究がある。彼女らは、両眼視差を13段階(0°と0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 5.0°の交差視差・非交差視差)に設定した空間周波数刺激を、中心視野(偏心度0°)と周辺視野(偏心度4°)に提示し、知覚された奥行きをマグニチュード推定法で測定した。結果(図3)は中心視野、周辺視野とも、両眼視差量が増加するほど奥行きの絶対値が増加するが、一定以上の視差量になると奥行き知覚量が増加しない。また同じ大きさの両眼視差を交差視差と非交差視差に与えると、交差視差が非交差視差に比べ奥行きの絶対値が大きくなるなど、共通点が見られた。しかし周辺視野は中心視野と比較して、交差視差、非交差視差とも知覚

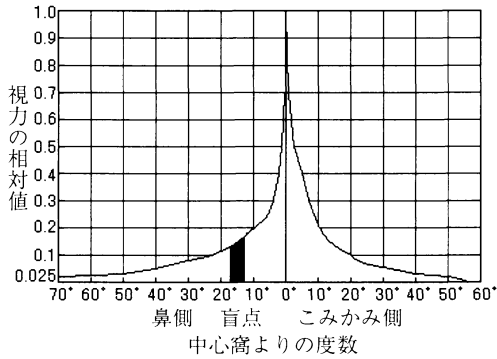


図 2-1 視野ごとの視力 (Wertheim, 1894)

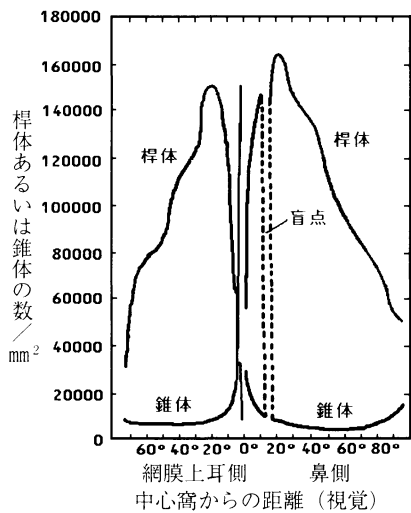


図 2-2 桿体細胞と錐体細胞の密度分布 (Esterberg, 1935)

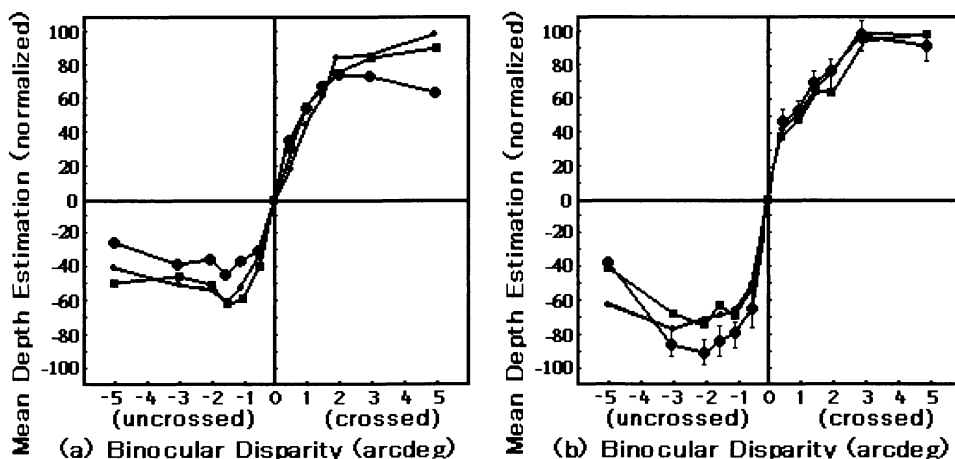


図 3 a) 中心視野 (偏心度 0 度) b) 周辺視野 (偏心度 4 度) における両眼性奥行き知覚 (Cisarik & Harwerth, 2005)

される奥行きの絶対値が大きくなっていった。

そこで、周辺視野に中心視野と同じ大きさの図形を提示した「大きさ一定条件」と、周辺視野に中心視野と視力が等価になるよう大きさを調節した図形を提示した「大きさ変化条件」で、奥行きと大きさ知覚を測定して変化の有無をみる。仮説1であれば、知覚される奥行きと大きさは、大きさ一定条件も大きさ変化条件も変化はない。仮説2であれば、知覚される奥行きと大きさは大きさ一定条件で変化があり、大きさ変化条件で変化がないと考えられる。

### 目 的

本研究では、偏心度 2.5°、5°、7.5° の周辺視野における両眼性奥行き知覚について検討する。仮説で示したように、周辺視野の奥行き知覚が、視力の影響を受けないならば中心視野の奥行き知覚と差がないが、視力の影響を受けるならば周辺視野ほど知覚される奥行き量は中心視野のものと思われる。この問題を確認するため、各偏心度に同一サイズの刺激図形を提示することで周辺視野ほど視力が低下する「大きさ一定条件」と、中心視野と視力が等価になる大きさの図形を提示することで視野間の視力が等価になる「大きさ変化条件」を設け、比較する。まず両条件で提示された図形が、視野間の視力に応じて統制されているか確認するために、図形の形態判断課題を行う。その後知覚された奥行きと大きさの測定実験を行う。

### 方 法

**実験協力者** 矯正視力を含む両眼視力が正常な女子大学生及び大学院生、計 15 名で、平均年齢 23.2 歳であった。

**刺激** 実体鏡図（付録 図 6-a, b, c, d）は、Illustrator 9.0.2 と Microsoft office Power Point 2003 で作成した。偏心度の設定は右眼用図形で行い、両眼視差量の設定は左眼用図形で行った。基準の 0° は、直径が視角 0.17°（観察距離 85 cm で直径 2.45 mm）のランドルト環 A を提示した。偏心度 2.5, 5, 7.5° は、大きさ一定条件（以下一定条件）の場合は 0° と同じ大きさのランドルト環 A を、大きさ変化条件（以下変化条件）の場合は偏心度ごとの皮質拡大係数を揃えた大きさのランドルト環 B を提示した。偏心度 0° には両眼視差量 20′ の交差視差、2.5, 5, 7.5° には両眼視差量 10, 20, 30′ の交差視差、非交差視差を設定した。皮質

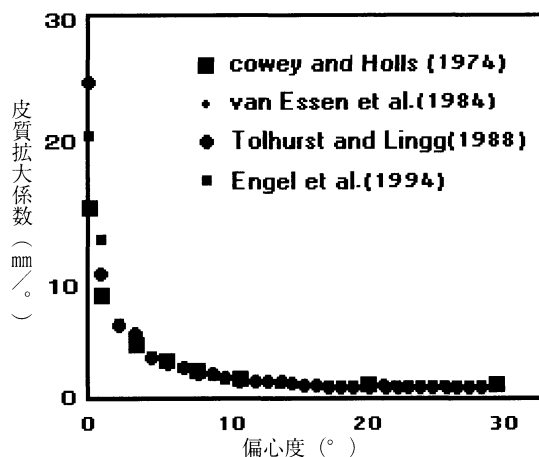


図 4 CMF の比較

活性化量に関して大竹（2000）は、光刺激が単位視角寸法当たりに第一次視覚野（Visual I）に投射される大きさ（mm/°）が皮質拡大係数（cortical magnification factor, CMF）であり、研究例から偏心度によって異なる（図 4）ことを示している。Carrasco ら（1997）は皮質拡大係数を用いて、周辺視野に提示される刺激の物理的な大きさを拡大し、中心視野と周辺視野で活性化される皮質の面積を等しくした結果、網膜偏心度効果がほぼ消えることを示した。同様に竹井ら（2003）は中心視野（中心窩から 2.5°）と周辺視野（中心窩から 9.5°）に皮質活性化量が等しくなる大きさの図形を提示して特徴検出課題を行い、特徴検出閾が中心視野と周辺視野で等しくなる、または周辺視野でよくなることを示した。特徴検出課題の結果から、皮質活性化量を等価にする操作は、視力が等価になると考えられる。

皮質拡大係数は、Ravamo & Virsu（1979）に従った。皮質拡大係数 M 値（mm/°）は、視角 1° の刺激が皮質において何 mm になるかを示すもので、凝視点から鼻側と耳側で異なり、以下の公式（1）（2）によって算出した。M<sub>0</sub> は網膜偏心度 0° での M 値（7.99 mm/°）を表し、E は網膜偏心度を表す。提示する位

表 1 各偏心度に提示したランドルト環の大きさ

提示位置	ランドルト環	偏心度		環の直径	
		(°)	方向	(°)	(mm)
中心視野と大きさ一定条件の周辺視野	A	0		0.17	2.45
		2.5	鼻側 耳側	0.30 0.29	4.45 4.25
大きさ変化条件の周辺視野	B	5	鼻側 耳側	0.44 0.41	6.55 6.00
		7.5	鼻側	0.58	8.60
			耳側	0.53	7.80

置ごとのランドルト環の大きさを表1に示した。鼻側の値は左眼用図形，耳側の値は右眼用図形に使用した。

$$\text{Nasal (鼻側)} : M = (1 + 0.33 E + 0.00007 E^3)^{-1} M_0 \quad (1)$$

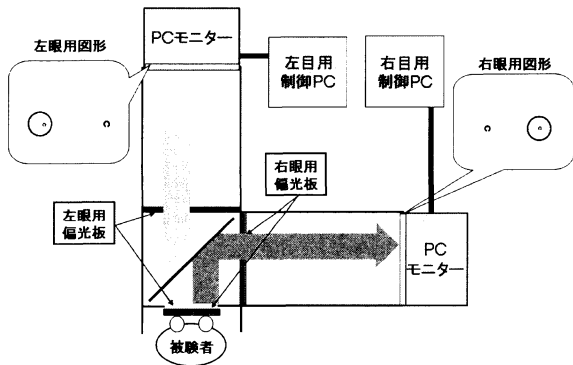


図5 実験装置配置図

$$\text{Temporal (耳側)} : M = (1 + 0.29 E + 0.000012 E^3)^{-1} M_0 \quad (2)$$

**実験装置** 実験制御用のノート型パーソナルコンピュータ (東芝 Satellite J 50 system unit, 図5中に制御PCと表記) の出力をデスクトップ型パーソナルコンピュータ (三菱 CRT ディスプレイ RDSI 73 X, 図5中にPCモニターと表記) に接続し, 刺激画面を横20 cm, 縦20 cmの提示窓に表示した。図5に示すように, 被験者には, 左右の眼で異なる刺激が提示された。画面の平均輝度は右眼側3.24 cd/cm, 左眼側3.05 cd/cmであるが, 見た目の差は感じられなかった。観察距離は両眼とも各モニターまで85 cmに設定した。

**デザイン** 独立変数は, 提示する図形の大きさが2水準 (一定条件・変化条件), 両眼視差の種類 (以下視差種類) が2水準 (交差視差と非交差視差), 両眼視差量 (以下視差量) が3水準 (10', 20', 30'), 偏

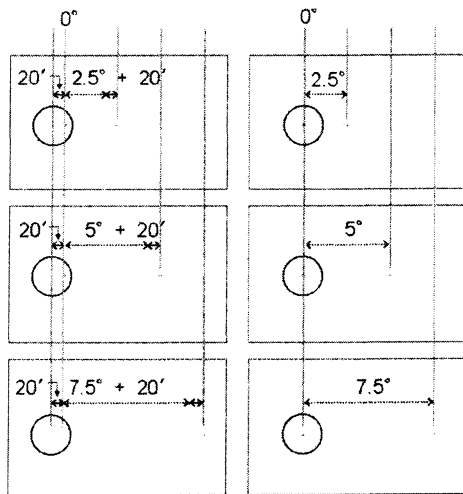


図6-a 20' 交差視差 大きさ一定条件

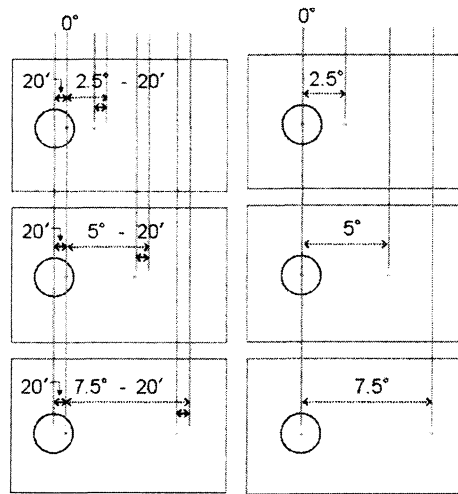


図6-b 20' 非交差視差 大きさ一定条件

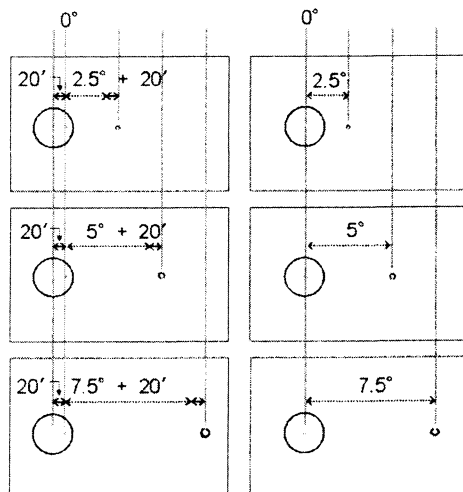


図6-c 20' 交差視差 大きさ変化条件

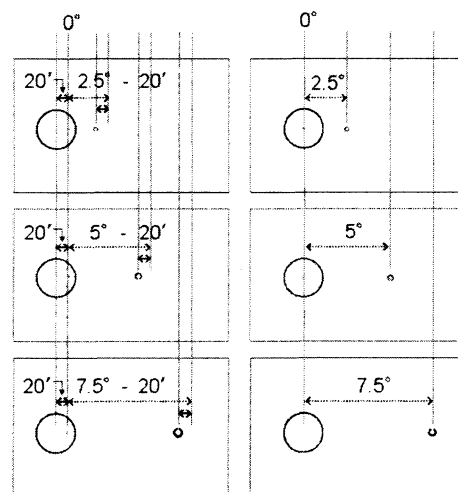


図6-d 20' 非交差視差 大きさ変化条件

図6 刺激図形の縮尺図 (a, b, c, dとも, 右側が右目用, 左側が左目用, 上段が偏心度2.5°, 中段が偏心度5°, 下段が偏心度7.5°を示す。ただし被験者への提示刺激には縦横線, 数値は表示されていない。)

心度が3水準（凝視点である $0^\circ$ から右側に $2.5^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $7.5^\circ$ の位置）であった。実際の刺激配置は図6に示した。従属変数は、ランドルト環の切れ目方向が正

しく判断できた正答率、知覚された奥行きと大きさのマグニチュード推定値（以下奥行きME値、大きさME値）であった。以上を4要因被験者内計画による実験計画とした。

**手続き** 被験者は実験室に入室後、実験の手順についての説明を受けた。その後、装置（図5）の観察窓に向かって着席し、机に備え付けられた顔面固定器によって顎と頭部を固定するよう指示された。

形態判断課題（図7）では、基準となる $0^\circ$ のランドルト環の提示位置に、凝視点の十字マーク（視角 $1^\circ$ ）を2000ms提示し、時間間隔をおかずに背景円（視角 $2^\circ$ ）と $0^\circ$ と $2.5^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $7.5^\circ$ のいずれかに提示されるランドルト環を500ms提示した。課題としては、 $0^\circ$ のランドルト環を凝視したまま $2.5^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $7.5^\circ$ のいずれかに提示されるランドルト環の切れ目方向を判断させた。1名の総試行数は、図形の大きさ（2水準） $\times$ 視差量 $20'$ の交差視差と非交差視差（2水準） $\times$ 偏心度（3水準） $\times$ 繰返し（6試行）の72試行を行った。図形の提示順序はランダムとし、報告はすべて口頭で行った。

奥行き・大きさ判断課題（図8）では、基準となる $0^\circ$ のランドルト環の提示位置に、凝視点の十字マークを2000ms提示し、時間間隔をおかずに背景円と $0^\circ$ と $2.5^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $7.5^\circ$ のいずれかに提示されるランドルト環を回答が得られるまで提示した。課題（図9）は $0^\circ$ のランドルト環を凝視したまま、 $0^\circ$ に提示されるランドルト環と背景円との奥行きを $+10$ とし、 $2.5^\circ$ 、 $5^\circ$ 、 $7.5^\circ$ のいずれかに提示されるランドルト環と背景円と

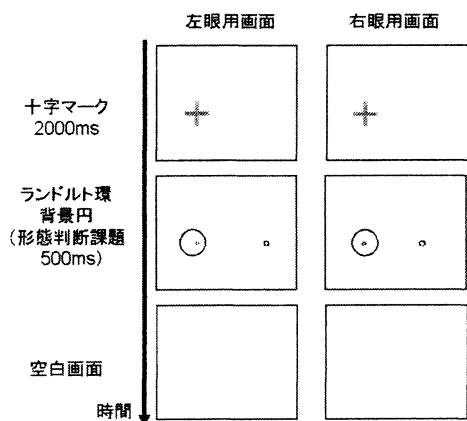


図7 形態判断課題の流れ

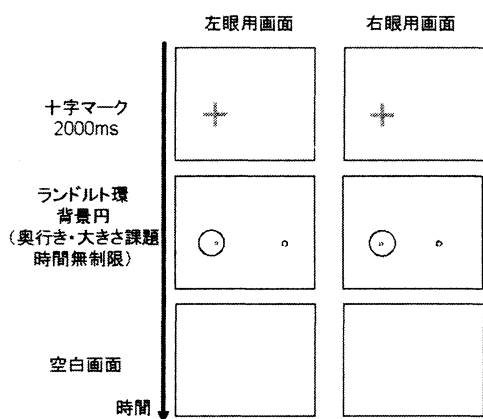


図8 奥行き・大きさ判断課題の流れ

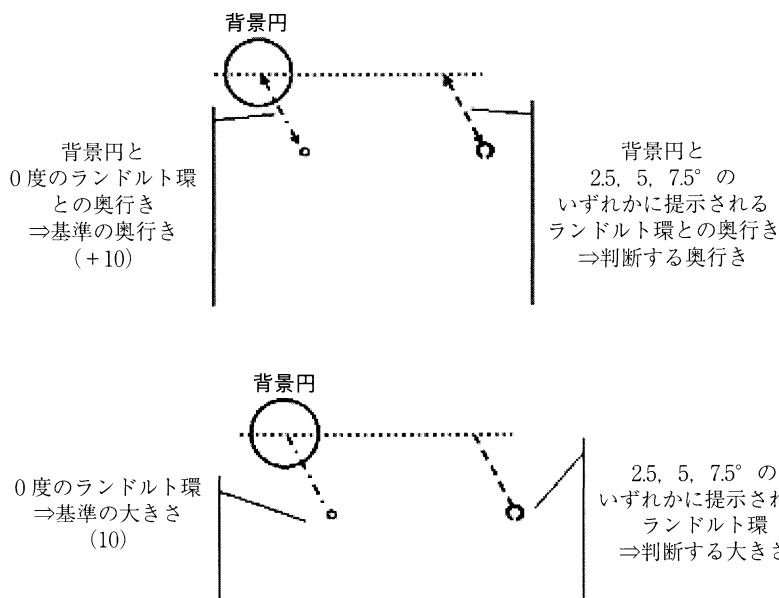


図9 図8のステレオグラムを観察した際の奥行き（上図）と大きさ（下図）の答え方

の奥行きをマグニチュード推定法で判断させた。同時に0°に提示されるランドルト環の大きさを10とし、2.5°、5°、7.5°のいずれかに提示されるランドルト環の大きさをマグニチュード推定法で判断させた。1名の総試行数は図形の大きさ(2水準)×視差種類(2水準)×視差量(3水準)×偏心率(3水準)×繰返し(6試行)の72試行を行い、図形の提示順序はランダムとし、報告はすべて口頭で行った。

形態判断課題、奥行き・大きさ判断課題とも、視線を凝視点から離さないよう練習試行を繰り返した後、本試行を行った。仮に凝視点以外の対象に視線を向けた場合は、その旨を実験者に報告するよう教示した。この場合、提示図形を変更してやり直しを行うものとした。実験の順序として、形態判断課題と視差量20'の奥行き・大きさ課題を先に行った。実験の所要時間は平均60分であった。後日、視差量10'、30'の奥行き・大きさ課題を行った。実験の所要時間は平均90分であった。実験は繰返し数と同じ6ブロックに分けて行い、ブロックの区切りごとに休憩を設けた。ただし休憩時間の長さは被験者に応じて取ることにした。

## 結 果

得られたデータから、偏心率ごとのランドルト環の正答率を図10-1、奥行きME値を図10-2、大きさME値を図10-3に示した。図10-2と10-3は視差量をa)~c)で示した。

ランドルト環図形AとBの切れ目方向の正答率のデータを角変換し、図形の大きさ(2水準)、視差量20'の視差種類(2水準)、偏心率(4水準)を被験者内要

因とする3要因分散分析を行った。その結果、図形の大きさと偏心率の主効果は有意であり( $F(1,14) = 28.801, p < .001, F(3,42) = 19.066, p < .001$ )、視差の主効果は有意ではなかった( $F(1,14) = 1.689$ )。図形の大きさと偏心率の交互作用が有意であった( $F(3,42) = 21.224, p < .001$ )。

偏心率の主効果を受けた下位検定では、0°と7.5°、2.5°と7.5°、5°と7.5°に有意差が見られた。これより7.5°は他の偏心率に対しそれぞれ正答率に差が生じることが読み取れた。

図形の大きさと偏心率の交互作用を受けた下位検定では、図形の大きさの違いによる正答率の差が偏心率7.5°に認められた( $F(1,56) = 90.218, p < .001$ )。これより偏心率7.5°未満では図形の大きさによる正答率の差はないことが読み取れた。また偏心率の違いによる正答率の差が変化条件は認められないが、一定条件に認められ( $F(3,84) = 39.838, p < .001$ )、このうち0°と7.5°、2.5°と7.5°、5°と7.5°に有意差が見られた。これより偏心率7.5°は5°以下より有意に正答率が低下することが読み取れた。

以上のことから、視差種類による形態判断への影響は見られないことに加え図形の大きさが一定の場合は形態判断が困難になるが、皮質活性化量に基づいて図形の大きさを変化させた場合は中心視野の形態判断と差のない正答率が得られることが読み取れた。

両眼視差10'、20'、30'の奥行きME値の絶対値に対して、図形の大きさ(2水準)、視差種類(2水準)、視差量(3水準)、偏心率(3水準)を被験者内要因とする4要因分散分析を行った。その結果、図形の大きさと視差量の主効果は有意であった( $F(1,14) = 5.721, p < .05, F(2,28) = 83.927, p < .001$ )が、視差

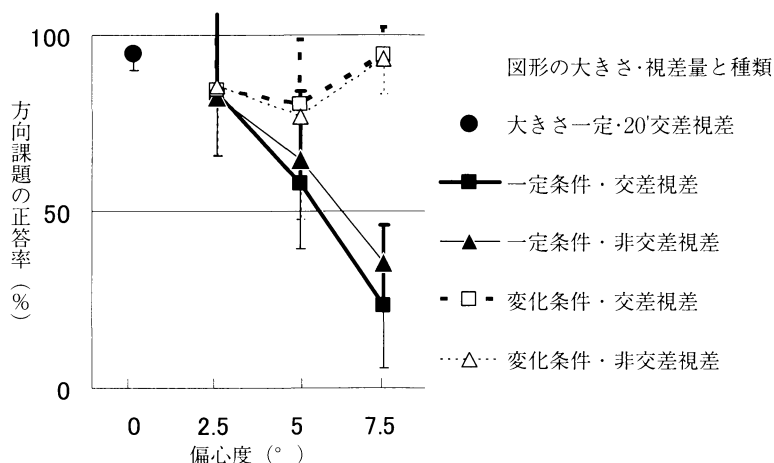


図10-1 ランドルト環の切れ目方向の正答率の平均(%)

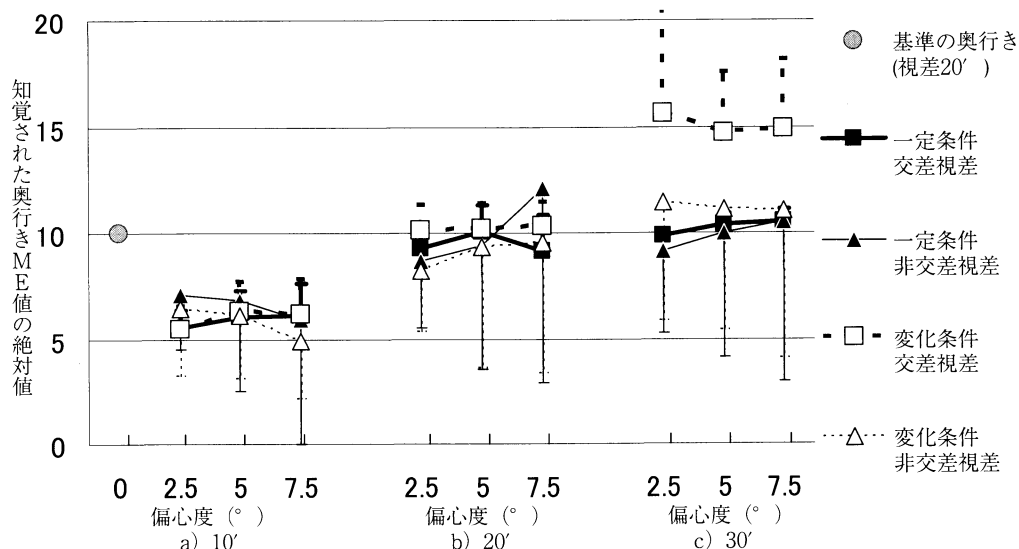


図10-2 3段階の両眼視差量 a) b) c) 別に表した周辺視野における知覚された奥行き ME 値の絶対値

種類と偏心度の主効果は有意でなかった ( $F(1,14) = 0.394$ ,  $F(2,28) = 0.307$ )。図形の大きさと視差種類, 図形の大きさと視差量, 視差種類と視差量, 図形の大きさと視差種類と視差量, 視差種類と視差量と偏心度の交互作用が有意であった ( $F(1,14) = 16.965$ ,  $p < .005$ ,  $F(2,28) = 24.307$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,28) = 3.586$ ,  $p < .05$ ,  $F(2,28) = 5.685$ ,  $p < .01$ ,  $F(4,56) = 6.483$ ,  $p < .001$ )。

視差量の主効果を受けた下位検定では, 視差量ごとに有意な差が見られた。これより視差量が増加すると奥行き ME 値が増加することが読み取れた。

図形の大きさと視差種類の交互作用を受けた下位検定では, 図形の大きさの差が交差視差で見られた ( $F(1,28) = 18.811$ ,  $p < .001$ )。これより図形の大きさの差は交差視差では受けやすいが, 非交差視差では受けにくいことが読み取れた。

図形の大きさと視差量の交互作用を受けた下位検定では, 図形の大きさの差が視差量 30' で見られた ( $F(1,42) = 41.531$ ,  $p < .001$ )。また視差量の差が一定条件と変化条件で見られた ( $F(2,56) = 33.883$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,56) = 99.416$ ,  $p < .001$ )。このうち一定条件では 30' と 10', 20' と 10' に, 変化条件では視差量ごとに有意な差が生じた。これより一定条件は視差量が 20' を超えると奥行き ME 値が増加しないが, 変化条件は 20' を超えても奥行きが段階的に増加することが読み取れた。

視差種類と視差量の交互作用を受けた下位検定では, 視差量の差が交差視差と非交差視差で見られた ( $F(2,56) = 55.769$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,56) = 24.953$ ,  $p < .001$ )。このうち交差視差は各視差量に, 非交差視

差は 30' と 10', 20' と 10' に有意な差が生じた。これより交差視差は視差量が増加するに従い奥行き ME 値が増加するが, 非交差視差は 20' を超えると奥行き ME 値が増加しないことが読み取れた。

図形の大きさと視差種類と視差量の交互作用を受けた下位検定では, 図形の大きさと視差量の差が交差視差と非交差視差で見られた ( $F(2,56) = 28.692$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,56) = 7.207$ ,  $p < .005$ )。単純主効果の検定では, 図形の大きさの差が 30' の交差視差と非交差視差に見られた ( $F(1,84) = 68.282$ ,  $p < .001$ ,  $F(1,84) = 4.922$ ,  $p < .05$ )。また視差量の差が一定条件の交差視差と非交差視差, 変化条件の交差視差と 30' の非交差視差で見られた ( $F(2,112) = 20.499$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,112) = 14.206$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,112) = 79.075$ ,  $p < .001$ ,  $F(2,112) = 27.858$ ,  $p < .001$ )。これを受けた多重比較から, 一定条件の交差視差と非交差視差は 10' と 20', 10' と 30' に有意な差が見られ, 変化条件の交差視差と非交差視差は視差量ごとに有意な差が見られた。また視差種類の差が変化条件の 30' に見られた ( $F(1,84) = 8.754$ ,  $p < .005$ )。これより, 図形の大きさに関わらず視差量の増加に従い奥行き ME 値も増加するが, 一定条件は 20' を超えると奥行き ME 値が増加しないが, 変化条件は 20' を超えても奥行きが段階的に増加することが読み取れた。また図形の大きさの差は 10' と 20' では見られないが, 30' では一定条件に比べ変化条件は交差視差, 非交差視差とも奥行き ME 値が増加した。また変化条件では 30' のみ交差視差が非交差視差より奥行き ME 値が大きくなることが読み取れた。

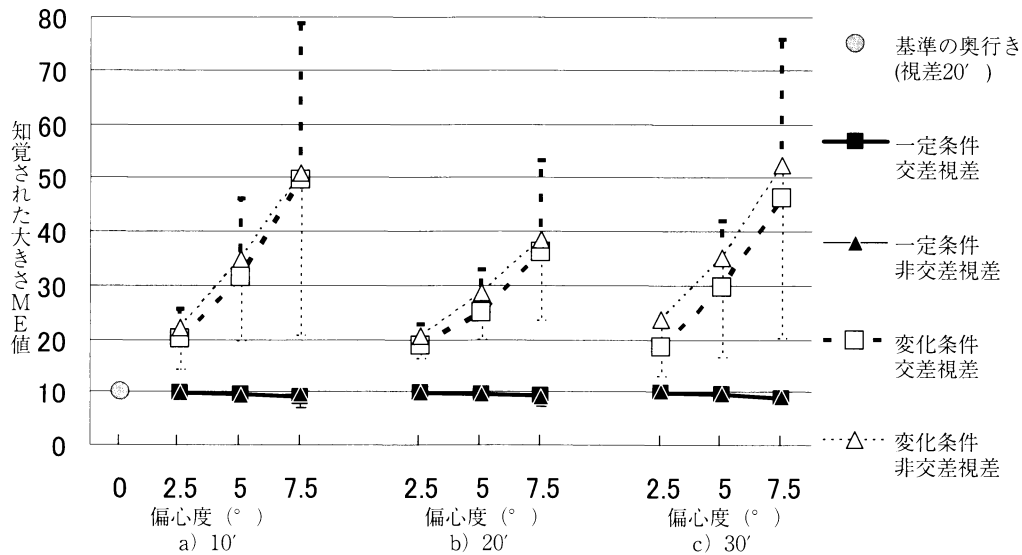


図10-3 3段階の両眼視差量 a) b) c) 別に表した周辺視野における知覚された大きさ ME 値

視差種類と視差量と偏心度の交互作用を受けた下位検定では、視差種類と視差量の差が偏心度 2.5° と 7.5° で見られた ( $F(2,84)=6.319, p<.001, F(2,84)=4.151, p<.005$ )。視差量と偏心度の差が非交差視差で見られた ( $F(4,112)=5.898, p<.001$ )。単純主効果検定では、視差量の差が交差視差の全偏心度 ( $F(2,168)=43.071, p<.001, F(2,168)=33.414, p<.001, F(2,168)=35.238, p<.001$ )、非交差視差の全偏心度 ( $F(2,168)=10.043, p<.001, F(2,168)=14.252, p<.001, F(2,168)=31.409, p<.001$ ) で見られた。これを受けた多重比較から、交差視差の全偏心度で視差量ごとに有意な差が見られた。非交差視差の偏心度 2.5° で 10' と 30', 20' と 30' に有意な差が見られ, 5° と 7.5° で 10' と 20', 10' と 30' に有意な差が見られた。偏心度の差が非交差視差の 20' で見られた ( $F(2,168)=4.343, p<.001$ )。これより、偏心度に関わらず交差視差は視差量の増加に応じて奥行き ME 値が増加するが、非交差視差は 20' を超えると奥行き ME 値が増加しないことが読み取れた。また、非交差視差では視差量と偏心度の差が見られ、視差量 20' では偏心度が増加するに従い、奥行き ME 値が増加することが読み取れた。

両眼視差 10', 20', 30' の大きさ ME 値に対して、図形の大きさ (2 水準), 視差種類 (2 水準), 視差量 (3 水準), 偏心度 (3 水準) の被験者内要因とする, 4 要因分散分析を行った。その結果, 図形の大きさと視差種類と偏心度の主効果は有意であった ( $F(1,14)=43.168, p<.001, F(1,14)=11.632, p<.005, F(2,28)=23.192, p<.001$ ) が, 視差量は有意ではなかった ( $F(2,28)=2.567$ )。図形の大きさと視差種類, 図形の大き

きと偏心度, 視差種類と視差量, 視差量と偏心度, 図形の大きさと視差量と偏心度の交互作用が有意であった ( $F(1,14)=11.430, p<.005, F(2,28)=26.662, p<.001, F(2,28)=3.979, p<.05, F(4,56)=3.679, p<.01, F(4,56)=3.903, p<.01$ )。

偏心度の主効果を受けた下位検定では、偏心度ごとに有意差が見られた。

図形の大きさと視差種類の交互作用を受けた下位検定では、図形の大きさの差が交差視差, 非交差視差ともに見られた ( $F(1,28)=36.378, p<0.001, F(1,28)=48.710, p<.001$ )。また視差種類の差が変化条件で見られた ( $F(1,28)=23.055, p<.01$ )。これより一定条件では見られないが、変化条件では偏心度が増加するに従い図形の大きさが増加し、大きさ ME 値もそれに伴って大きく知覚されること。また非交差視差が交差視差より有意に大きく知覚されることが読み取れた。

図形の大きさと偏心度の交互作用を受けた下位検定では、図形の大きさの差が偏心度 2.5°, 5°, 7.5° に見られた ( $F(1,42)=7.180, p<.05, F(1,42)=27.883, p<.001, F(1,42)=81.768, p<.001$ )。また偏心度の差が変化条件で見られ ( $F(2,56)=49.770, p<.001$ )、多重比較では偏心度ごとに有意な差が見られた。これより全偏心度で、変化条件は一定条件より大きさ ME 値が大きく、一定条件のみ偏心度の増加に従い大きさ ME 値が大きくなることが読み取れた。

視差量と視差種類の交互作用を受けた下位検定では、視差種類の差が視差量 30' に見られた ( $F(1,42)=19.529, p<.001$ )。これより、視差量 30' では非交差視差が交差視差より大きく知覚されるが、視差量



20′ 以下では交差視差と非交差視差の差が生じにくいことが読み取れた。

視差量と偏心度の交互作用を受けた下位検定では、視差量の差が偏心度 7.5° で見られ ( $F(2,84) = 6.898, p < .005$ )、このうち視差量 10′ と 20′、20′ と 30′ に有意差がみられた。また偏心度の差が視差量 10′、20′、30′ に見られた ( $F(2,84) = 25.067, p < .001, F(2,84) = 8.769, p < .001, F(2,84) = 22.567, p < .001$ )。このうち視差量 10′、30′ では偏心度ごとに有意差があり、20′ では 2.5° と 7.5°、5° と 7.5° に有意差が見られた。これより視差量 10′ と 30′ は偏心度が增加するにつれて大きさ ME 値が増加する。しかし 20′ では 2.5° と 5° に差が見られず、7.5° になると大きさ ME が増加することが読み取れた。

図形の大きさと視差量と偏心度の交互作用を受けた下位検定では、図形の大きさと視差量の差が偏心度 7.5° に見られた ( $F(2,84) = 7.246, p < .005$ )。また図形の大きさと偏心度の有意差が視差量 10′、20′、30′ に見られた ( $F(2,84) = 27.580, p < .001, F(2,84) = 10.280, p < .001, F(2,84) = 26.226, p < .001$ )。また視差量と偏心度の有意差が変化条件に見られた ( $F(4,112) = 7.562, p < .001$ )。単純主効果の検定では、図形の大きさの有意差が視差量 10′ の偏心度 2.5°、5°、7.5° で見られた ( $F(1,126) = 6.015, p < .05, F(1,126) = 26.807, p < .001, F(1,126) = 79.519, p < .001$ )。視差量 20′ の偏心度 2.5°、5°、7.5° で見られた ( $F(1,126) = 4.635, p < .05, F(1,126) = 13.912, p < .001, F(1,126) = 37.135, p < .001$ )。視差量 30′ の偏心度 2.5°、5°、7.5° で見られた ( $F(1,126) = 5.930, p < .05, F(1,126) = 24.748, p < .001, F(1,126) = 76.804, p < .001$ )。また視差量の有意差が変化条件の偏心度 7.5° で見られた ( $F(2,168) = 14.132, p < .001$ )。これを受けた多重比較から変化条件の偏心度 7.5° で 10′ と 20′、20′ と 30′ に有意な差が見られた。また偏心度の有意差が変化条件の量 10′、20′、30′ に見られた ( $F(1,168) = 52.598, p < .05, F(1,168) = 19.001, p < .001, F(1,168) = 49.020, p < .001$ )。これを受けた多重比較から変化条件の全視差量で偏心度ごとに有意な差が見られた。これより偏心度が増加に関わらず一定条件は大きさ ME が変化しないのに対して、変化条件では偏心度が増加するに従い大きさ ME 値が大きくなる。さらに変化条件は一定条件より有意に大きさ ME 値が大きくなることが読み取れた。また偏心度 2.5° と 5° では視差量の変化に関わらず大きさ ME 値が変化しないこと。偏心度 7.5° では視差量 20′ より 10′ と 30′ で有意に大きさ ME 値が大きいこ

とが読み取れた。

## 考 察

過去の研究から示されている両眼立体視の特徴は、中心視野で測定されたものであり、周辺視野について扱った研究は少ない。そこで本研究では、両眼性奥行き知覚が周辺視野のどこまで有効であり、中心視野の性質と内容と異なるのかを検討する為、偏心度 2.5°、5°、7.5° の周辺視野に両眼視差の種類と量を操作した図形を設けた。しかし中心視野に比べ周辺視野は視力が低下する。これが影響する可能性を考慮し、周辺視野でも視力が低下しない図形を設けた。周辺視野の視力を中心視野と等価にするために、皮質拡大係数を用いて偏心度に応じた図形の大きさを算出した。前者を大きさ一定条件、後者を大きさ変化条件とし、両条件での奥行き・大きさ知覚を測定し比較することにした。仮説として、周辺視野の奥行き知覚が、視力の影響を受けないならば中心視野の奥行き知覚と類似するが、視力の影響を受けるならば周辺視野ほど知覚される奥行き知覚が中心視野のものとは異なると考えた。

形態判断課題の結果から、図形の大きさが一定の場合は偏心度が高い程形態判断が困難になるが、皮質活性量に基づいて図形の大きさを変化させた場合は中心視野の形態判断と差のない正答率が得られた。又、図形の大きさに関わらず、視差種類による形態判断への影響はないことが示された。以上から、大きさ一定条件の図形は偏心度が高いほど視力低下の状態であり、大きさ変化条件の図形は偏心度の変化に関わらず視力等価の状態であることが確認された。このことを踏まえて今研究の問題である周辺視野における両眼性の奥行きと大きさ知覚について述べる。

奥行き ME 値の結果から、図形の大きさに関わらず視差量の増加に従い奥行き ME 値は増加する。ただし一定条件は 20′ を超えると奥行き ME 値が増加しないが、変化条件は交差視差、非交差視差とも 20′ を超えても奥行きが増加することが読み取れた。また一定条件では見られなかったが、変化条件の 30′ のみ、交差視差が非交差視差より奥行き ME 値が大きくなることが読み取れた。また非交差視差では視差量と偏心度の差が見られ、視差量 20′ では偏心度が増加するに従い、奥行き ME 値が増加することが読み取れた。以上から視力が低下の状態、等価の状態、どちらであっても視差量 20′ までは両眼視差量が増加するほど奥行きの絶対値が増加し、両者に奥行き知覚の差

は見られなかった。ただし視力が低下の状態では視差量 30′ は 20′ より奥行きが増加せず頭打ちになるが、視力が中心視野と等価の状態であると交差視差、非交差視差ともに 20′ より増加することが確認された。また視差量 20′ で偏心度の増加に従い奥行きが増加するのは Cisarik らの傾向と同じであるが、視差量 10′, 30′ で起こらなかったことを考えると、一概にこの傾向を示せない。

大きさ ME 値の結果から、一定条件は偏心度の増加に関わらず大きさ ME 値が変化しないのに対して、変化条件では偏心度が増加するに従い大きさ ME 値が大きくなる。さらに全偏心度で、変化条件は一定条件より有意に大きさ ME 値が大きくなることが読み取れた。また偏心度 2.5° と 5° では視差量の変化に関わらず大きさ ME 値が変化しないこと。偏心度 7.5° では視差量 20′ より 10′ と 30′ で有意に大きさ ME 値が大きいたことが読み取れた。以上から一定条件で大きさが変化しない場合でも、7.5° まで知覚される大きさに変化がないこと、また変化条件は一定条件より有意に大きく知覚され、偏心度 5° までは視差量の違いを受けないが、7.5° で視差量 20′ のみ 10′ と 30′ より小さく知覚されたことが言えた。

仮説では、周辺視野の奥行き知覚が視力の影響を受けないならば中心視野の奥行き知覚と同じになるが、視力の影響を受けるならば偏心度が高いほど奥行き知覚が中心視野のものとは異なるとしていた。偏心度 7.5° までの周辺視野においては、大きさ一定条件で 20′ までは視差量の増加に伴い奥行きが増加し、30′ で頭打ちとなったが、大きさ知覚は偏心度・視差量・視差種類に関わらず中心視野と変化がなかった。しかし視力を等価にすると、頭打ちになった視差量 30′ の奥行き知覚が 20′ より増加した。また 30′ では交差視差が非交差視差より奥行きが大きいと知覚された。大きさ知覚は、偏心度ごとに皮質活性化量に応じて拡大された図形の大きさが知覚されたが、非交差視差が交差視差より有意に大きいと知覚されたのは視差量 30′ のみであった。以上の結果から、7.5° までの周辺視野において両眼視差による奥行き効果が生じたにもかかわらず、大きさ知覚に関しては奥行き知覚の変化に対応する影響

は見られずほぼ一定であるため、視力が低下しても両眼視差の大きさ知覚に影響を与えないことがわかった。今後の課題は、被験者が凝視すべき対象に忠実に視線を向けられていたかの確認が取れる手続きを工夫する必要と偏心度 7.5° 以上の周辺視野について両眼視差による奥行き効果を確認することが挙げられる。

## 結 論

7.5° 以内の周辺視野における両眼性奥行き知覚について検討した結果、視力が低下した状態でも交差・非交差視差の奥行き方向判断に加え、20′ までの視差量に応じた奥行き知覚が可能であった。また大きさ知覚が偏心度・視差量に関らず一定であった。視力を等価にすると、知覚できる視差量の範囲が広がることから、視力低下の影響は知覚される奥行きが段階的に増加していく視差量の範囲に与えられる、また奥行き知覚と付随して生じる大きさ知覚に変化が与えられないことが示された。以上から、両眼性奥行き知覚が偏心度 7.5° 以内の周辺視野において、制約付きながら存在することが示唆された。

## 引用文献

- Cisarik, P. M., & Harwerth, S. 2005 Stereoscopic depth magnitude estimation: effects of stimulus spatial frequency and eccentricity. *Behavioural brain research*, **160**, 88–98.
- Carrasco, M., & Frieder, K. S. 1997 Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research*, **37**, 63–82.
- 池田光男 1988 眼はなにを見ているか 平凡社 pp. 120–131
- 1994 新編感覚知覚ハンドブック p. 559
- 市原 茂 1994 視覚系の空間特性 大山 正・今井省吾・和気典二(編) 新編感覚・知覚ハンドブック 誠信書房 pp. 556–579
- 大竹史郎 2000 視野 日本視覚学会(編) 視覚情報処理ハンドブック 朝倉書店 pp. 236–243
- Rovamo, J., & Virsu, V. 1979 An estimation and application of the human cortical magnification factor. *Experimental brain research*, **37**, 495–510.
- 竹井成和・竹内龍人・横澤一彦 2003 中心視野と周辺視野における特徴検索 基礎心理学研究, **21**, 112–119.