

両眼視差による周辺視対象の奥行きと大きさの知覚

安岡 晶子*・大倉 正暉**

* 甲南女子大学 大学院人文科学総合研究科

** 甲南女子大学

〒 658-0001 兵庫県神戸市東灘区森北町 6-2-23

(受付：2009年10月16日；受理：2010年12月1日)

Binocular Depth and Size Perception in the Peripheral Field

Akiko YASUOKA* and Masaaki OKURA**

* Graduate School of humanities and human sciences, Konan Women's University

** Konan Women's University

6-2-23, Morikitamachi, Higasinada-ku, Kobe, Hyogo 658-0001

(Received 16 October 2009; Accepted 1 December 2010)

We examined how binocular disparity works in the periphery. In Experiment 1, we measured how participants estimate the depth and size of a target presented at up to 17.5 degrees while focusing on a fixed point, in the conditions of three different binocular crossed and uncrossed disparities within the fusion area. In experiment 2, both depth and size perception were tested with the target presented at 5 degrees above or below the horizontal plane at the peripheral field of more than 10 degrees, checking the effect of a blind spot. In Experiment 3, the same stimuli as in Exp. 1 were presented but estimated with voluntary eye movement. The results showed that binocular depth perception was possible up to 15 degrees with the eyes fixed as well as with ocular movement but the depth effect on size clearly decreased. They suggested binocular stereopsis is maintained considerably in the peripheral field.

1. はじめに

人の両眼は顔の前面に左右に並ぶため、左右の単眼視野はそれぞれの鼻側を中心に重なり合う。この重複範囲を両眼視野といい、成人では視線を向けた位置から水平方向に片側約 55 度¹⁾の範囲に及ぶ。この視野範囲では対象の両眼網膜像差が生じるため、両眼視差手がかりによる奥行き知覚、すなわち両眼立体視の研究が盛んに行われてきた。しかし、多くは中心視野の奥行き効果に関するものであり、視野周辺部における両眼立体視は不明な点が多い。

その中で Cisarik ら²⁾は、偏心度ごとの両眼立体視を検討するため、交差、非交差の両眼視差を設定したガボール刺激を偏心度 0 度から 4

度までに提示し、その奥行き知覚をマグニチュード推定法（以下 ME 法）で測定した。その結果、偏心度 4 度までは両眼立体視が健在であり、交差、非交差視差とも偏心度 0 度より手前、奥の奥行き知覚がやや増大する傾向を見出した。また栗林ら³⁾は、凝視点の周辺位置における両眼視差検出精度を検討するため、凝視点から上下左右斜め計 8 方向上の偏心度 2, 4, 8 度に視標を提示し、画面上の実視標と同じ見えの奥行きに調整させるマッチング実験を行った。その結果、個体差があり一貫した変化傾向は見られないが、左右方向の偏心度 8 度以内では、両眼立体視が可能であることをうかがわせた。さらに Rady ら⁴⁾は、実際空間に設置した刺激を用いて知覚される奥行き位置を検討するため、

2mの観察距離から基準図形を凝視し、基準図形に対して偏心度7, 14, 25, 40, 52度に提示した視標図形の立体視力を測定した。その結果、偏心度が高いほど立体視力は減少することが示された。以上の研究からも、両眼立体視は比較的狭い周辺視野でも見られるが、高偏心度ほど中心視野の立体視と異なることが確認された。

視野は周辺ほど空間的な解像力、つまり視力が低下し、相対的に形態検出が困難になる。この原因として、中心窩に集中する錐体細胞が周辺視野ほど減少し、さらに細胞の信号を中枢に伝送する視神経の割合も網膜周辺部ほど減少する⁵⁾ことや、同じ大きさの刺激でも提示位置が視野の中心から周辺へ移行すると、皮質（視覚領）の活性領域が狭まる⁶⁾ことがあげられる。では、周辺視の役割は何であろうか。我々は環境内で行動するため、身体、頭部、眼球の運動により、時間的経過の中で全方向の視覚情報を得ている。これは一度に捉える視野範囲に限界があることに加え、中心視野のみでは視野全体の内容を把握できないためである。それゆえ、環境内の対象に視線を向けるためには、視野全体から重要な部位を見出し中心視野の範囲を選択する必要がある。特に周辺視野から得られる対象間の位置関係は、その後の行動の重要な指標となるため、奥行き知覚手がかりとして有効な両眼立体視の検討は意義があると思われる。

さらに両眼視差による奥行き知覚と大きさ知覚には、密接な関連が知られている。大きさ距離不変関係 (size-distance invariance) はその例であり、網膜に投影される対象の視角が等しい場合、知覚される対象の大きさは、対象の知覚位置が近いほど小さく、遠いほど大きくなる⁷⁾。しかし先述の研究²⁻⁴⁾は大きさ距離不変関係について検討していない。これに関して、安岡^{8,9)}はME法を用いて偏心度7.5度以内の周辺視野において両眼視差による奥行き知覚と大きさ知覚を測定した。その結果、各偏心度と同じ大きさの視標図形を提示した場合、両眼視差の効果は奥行き知覚においてはほぼ得られるが、大きさ知覚においては得られなかった。これは周辺

視野の大きさ距離不変関係が、中心視野と異なることを示している。周辺視野における両者の関係を検討するために、奥行き知覚に併せて大きさ知覚を検討する必要がある。

以上より本研究は、周辺視野における空間知覚をとらえるため、偏心度17.5度以内において、両眼視差による奥行きと大きさ知覚を実験的に検討する。

2. 実験1：固定視条件における偏心度17.5度以内に提示した対象の奥行きと大きさ知覚

2.1 目的

周辺視野における両眼立体視を検討するため、偏心度0度の基準図形を凝視した際の、偏心度17.5度までに提示された視標図形の奥行きと大きさ知覚量を測定する。

2.2 方法

実験参加者 両眼立体視力が正常な大学生と院生5名(女性)であった。

装置 刺激作成はIllustrator(ver.10)とノート型パーソナルコンピュータ(TOSHIBA WindowsXP)を使用した。刺激提示は作成と同じPCとPowerPointにて制御し、プロジェクター(Epson MEP-1705)を用いて、観察面となるリアスクリーン(キモトRUM60N1)に提示した。スクリーンの輝度は基準図形位置が平均1000 cd/m²、視標図形位置が平均1100 cd/m²であった。図1に示すように、左右眼前の1辺3cmのビームスプリッターを介して、各スクリーンの映像を観察できるミラー式ステレオスコープを用いた。実験参加者の頭部をアゴ台に固定した。

実験条件 刺激図形の配置を図2に示した。基準図形は、直径が視角2度の外円図形と、その位置から40分の交差視差を設定した直径が視角1度の内円図形であった。外円図形の線の太さは0.05度、内円図形の線の太さは0.2度であった。これを偏心度0度に提示した。視標図形は直径が視角1度の円で、線の太さは0.2度であった。これを偏心度0, 2.5, 5, 7.5, 10,

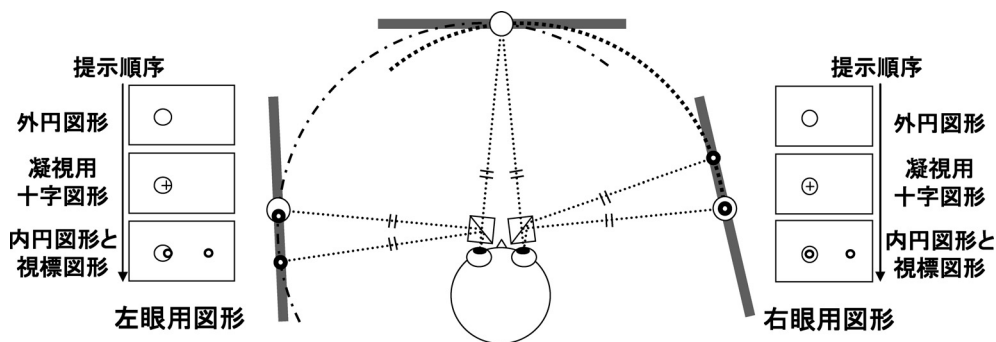


図1 両眼視差図形を周辺視野に提示する装置の見取り図。

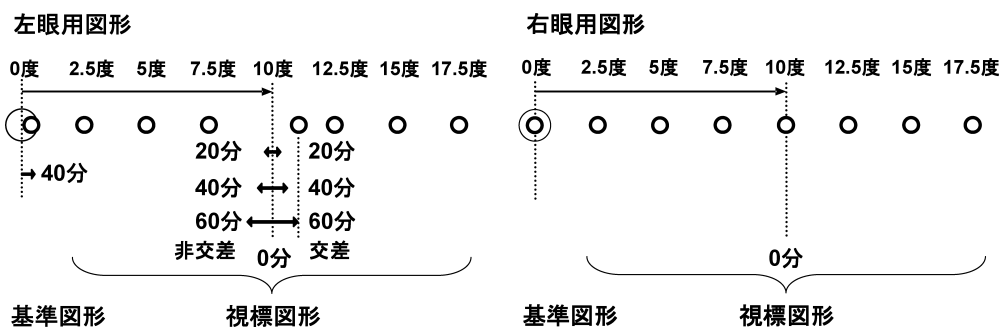


図2 基準図形（外円図形と内円図形）と視標図形（円図形のみ）の刺激配置。

12.5, 15, 17.5 度の 8 段階に提示した。基準図形の外円図形に対する視標図形の視差は 20, 40, 60 分の交差視差と非交差視差、視差なし 0 分の 7 条件であった。魚森¹⁰⁾によれば 1.5m までの近距離観察の場合、両眼融合閾は偏心度 4.3 度から 13.6 度までの視野範囲で、観察距離や提示図形の偏心度によらず約 40 分以下とされている。本実験はこの範囲を超えているが、実験参加者に各偏心度の図形を周辺視で観察させ、図形の単一視が可能かを確認しており、融合域を著しく越えるものでないと考えた。

反応値として奥行きと大きさのマグニチュード推定値（以下奥行き ME 値と大きさ ME 値）を測定した。図 3 に示すように、奥行き課題は、基準図形の外円図形と内円図形との間に知覚された奥行きを 10（基準）として、基準図形の外円図形が属する前額平行面と視標図形との間に知覚された奥行きを判断した。大きさ課題は、内円図形の知覚された大きさを 10（基準）とし

て、視標図形の知覚された大きさを判断した。

実験計画 7 水準の両眼視差と 8 水準の偏心度を要因とする被験者内 2 要因の分散分析のデザインで、奥行きと大きさ ME 値を分析する。

手続き 装置のキャリブレーションを行うため、左右眼のビームスプリッター間の距離を実験参加者の瞳孔間距離に合わせた。次に図 1 に示すように、スクリーンに提示される基準図形と視標図形が、ビームスプリッターを介して眼から 57.3 cm になるよう、視標図形の偏心度 8 段階ごとにスクリーンとプロジェクターの位置を調節した。その後、左右眼の図形に提示位置の差が生じないように、正面と右側のスクリーンを同時提示し、右眼で見て両スクリーンの外円図形が一つに重なるよう調節した。左側のスクリーンも同様に調節を行い、実験を開始した。図 1 に示すように、あらかじめスクリーンには基準図形の外円図形が提示されていた。実験参加者は 1000 ms 提示される凝視用十字図形に視

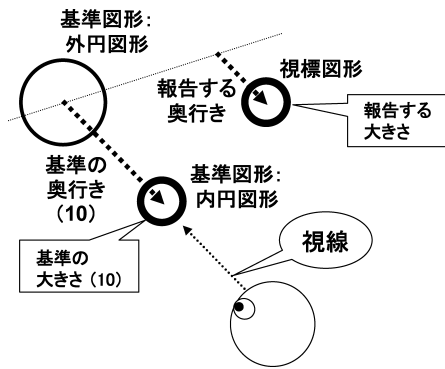


図3 ステレオグラム観察時に知覚される奥行きと大きさの判断方法. 奥行き課題は, 視標図形が外円図形と同じ面にあると知覚した場合, 0 と応答するように教示した. 大きさの課題は, 判断基準を保つため, 常に図形の知覚された大きさ (面積) で評価し, 円の直径で評価しないように教示した. 例えば, 基準図形の内円図形の直径に対し, 視標図形の直径が2倍に知覚された場合でも, 参加者は20 とは応答せず, 円の面積について応答する.

線に向けた. 十字図形消失と同時に提示される基準図形の内円図形と視標図形のうち, 基準図形にのみ視線を向け, 図3に示すように視標図形の知覚された奥行きと大きさを, ME法を用いて判断した. 両刺激は判断終了まで提示された. 視標図形を0度に提示する場合のみ, 実験参加者が基準図形の奥行きと大きさを記憶できた段階で合図を行い, 実験者が画面を視標図形に切り替える継時提示を行った. 両課題とも0度の基準図形を凝視して行うため, 本試行前に視線を動かさないよう練習試行を行った. 各試行は6回繰り返した.

2.3 結果と考察

奥行き知覚 図4(a)に偏心度を関数として, 実験参加者5名の奥行きの平均ME値を示した. これより奥行きME値は, 交差視差の値が大きいほど手前に, 非交差視差の値が大きいほど奥に知覚された. そして偏心度が高いほど, 交差, 非交差視差とも差が減少することが読み取れた.

奥行きME値で, 両眼視差(7水準)と偏心度(8水準)を被験者内要因とする2要因分散

分析を行った. その結果, 両眼視差の主効果は見られたが ($F(6,24)=19.217, p<.001$), 偏心度的主効果は見られなかった ($F(7,28)=1.019, n.s.$). また両眼視差と偏心度の一次の交互作用が有意であった ($F(42,168)=10.186, p<.001$).

次に, 両眼視差と偏心度の交互作用から偏心度の単純主効果を見たところ, 両眼視差は偏心度0度から12.5度(0.1%)までが有意であった. さらにRyan法による多重比較(5%水準)を行ったところ, 視差0分と有意差があるのは, 偏心度0度は交差視差20分以外全てであった. しかし偏心度5度と7.5度は交差視差20分に加え, 非交差視差20と40分に有意差がなくなり, 偏心度10度はさらに非交差視差60分も有意差がなくなった. そして偏心度12.5度で視差0分の奥行きと有意差があるのは, 交差視差60分のみとなった. これより偏心度が0度から12.5度へと進むに従い, 絶対値の小さな視差から弁別が困難になることが読み取れた. また交差視差より非交差視差の奥行き知覚は偏心度の低い段階から生じにくいことが示された. しかし本実験の交差視差と非交差視差の非対称性は, 基準図形に交差視差刺激を用いたことで生じた可能性も考えられるため, 交差視差は非交差視差より奥行き知覚量が大いことと結論付けることはできない. 従来の中心視研究における奥行き知覚の特徴は, 予測値に対して交差視差は近い値を示すが非交差視差は非常に小さい値を示す¹¹⁾ことや, ランダムドットステレオグラムを提示した場合, 交差視差より非交差視差の方が視覚性誘発電位第2, 第3成分の潜時が長くなる¹²⁾など, 非対称性が示されている. 本実験については基準図形に非交差視差を用いて, 再検討する必要がある.

大きさ知覚 図4(b)に偏心度を関数として, 実験参加者5名の大きさの平均ME値を示した. これより大きさME値は, 交差視差の値が大きいほど小さく知覚され, 非交差視差の値が大きいほど大きく知覚されていた. そして偏心度が高いほど, 交差, 非交差視差ともに差が減少することが読み取れた.

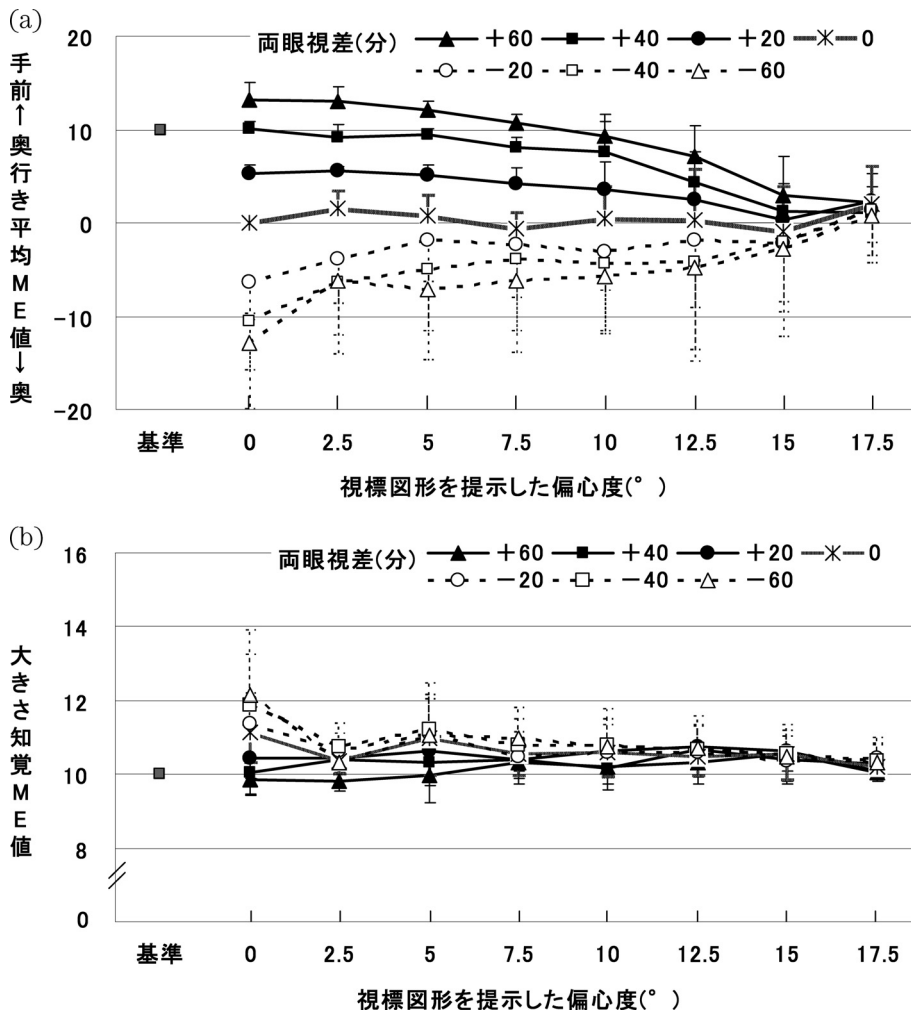


図4 基準図形を凝視時に知覚された奥行きと大きさ(■)に対して、各偏心度で知覚された奥行きの平均ME値(a)と大きさの平均ME値(b)。凡例の両眼視差は、交差視差を「+」、非交差視差を「-」で示す。図内のエラーバーは各値の標準偏差を示す。(a)の縦軸の0は基準の外円図形と同じ奥行きを示し、上方向は外円図形より手前、下方向は奥を示す。

大きさME値で、両眼視差(7水準)と偏心度(8水準)を被験者内要因とする2要因分散分析を行った。その結果、両眼視差の主効果が見られたが($F(6,24)=7.221, p<.001$)、偏心度的主効果は見られなかった($F(7,28)=2.253, n.s.$)。また両眼視差と偏心度の一次の交互作用が有意であった($F(42,168)=2.538, p<.001$)。

次に、両眼視差と偏心度の交互作用から偏心度の単純主効果のみをみると、両眼視差は偏心度0度(0.1%)と5度(0.1%)が有意であった。さらにRyan法による多重比較(5%水準)を

行ったところ、視差0分と有意差があるのは、偏心度0度において交差視差40, 60分と非交差視差60分、偏心度5度において交差視差60分のみであった。以上より、大きさ距離不変関係が得られた視野範囲は偏心度5度以内と考えられる。ただし偏心度2.5度は非交差視差の視標図形が、基準図形と近接したことで判断が困難になったと思われる。

実験1より、交差、非交差視差60分以内で、視差0分との間に差が生じるのは、奥行き知覚は偏心度12.5度以内、大きさ知覚は偏心度5

度以内であることが示された。だが網膜上には盲点が存在する。荳阪¹³⁾によれば、盲点は中心窩から水平径線上の鼻側方向16度付近に存在し、形状は水平約5度、垂直約7度の楕円型であると説明されている。実験1は凝視点から右方向に視標図形を提示したが、実験参加者の右眼の盲点は15度から18.5度であった。そのため両眼立体視に盲点と偏心率、二つの変数が影響した可能性が示唆される。そこで実験2では両眼立体視に対する盲点の影響を取り除くため、偏心率10度から17.5度の視標図形を盲点範囲に入らないよう上下に移動させて測定する。

3. 実験2：固定視条件における偏心率10度から17.5度に提示した対象の奥行きと大きさ知覚—盲点位置の検討—

3.1 目的

周辺視野における両眼立体視を、盲点を避けて検討するため、偏心率10度から17.5度の視標図形を、水平軸より上下方向に5度移動し、奥行きと大きさの知覚量を測定する。

3.2 方法

実験参加者 両眼立体視力が正常な60名の大学生と大学院生（女性）を、各偏心率に15名ずつ盲点位置を測定した上で割り当てた。

装置 実験1と同様の装置を用いた。

実験条件 刺激図形の配置を図5に示した。基準図形は実験1と同じ刺激を用いた。視標図

形は偏心率が盲点付近の4段階（10、12.5、15、17.5度）を水平軸より上下方向に視角5度分移動し、且つ基準図形からの偏心率条件の距離が実験1と等しくなるよう設定した。そして基準図形の外円図形に対して、実験1と同じ7条件の両眼視差を設定した。反応値の奥行きと大きさME値は、実験1と同じ方法で測定した。

実験計画 7水準の両眼視差と2水準の上下視野を被験者内要因、4水準の偏心率を被験者間要因とする3要因の分散分析のデザインで、奥行きと大きさME値を分析する。

手続き 実験1と同様の手順で行った。奥行き、大きさ両課題とも基準図形を凝視して行い、両刺激は同時提示で判断終了まで持続した。各試行は6回繰り返した。

3.3 結果と考察

奥行き知覚 図6(a)に偏心率を関数として、実験参加者15名ずつの奥行きの平均ME値を示した。これより奥行きME値は、交差視差の値が大きいほど手前に知覚されるが、非交差視差は交差視差で得られたような差がみられない。そして視野の上下に関らず、偏心率が高いほど両眼視差による違いが減少することが読み取れた。

奥行きME値で、両眼視差（7水準）と上下視野（2水準）を被験者内要因、偏心率（4水準）を被験者間要因とする3要因分散分析を行った。その結果、両眼視差および上下視野の

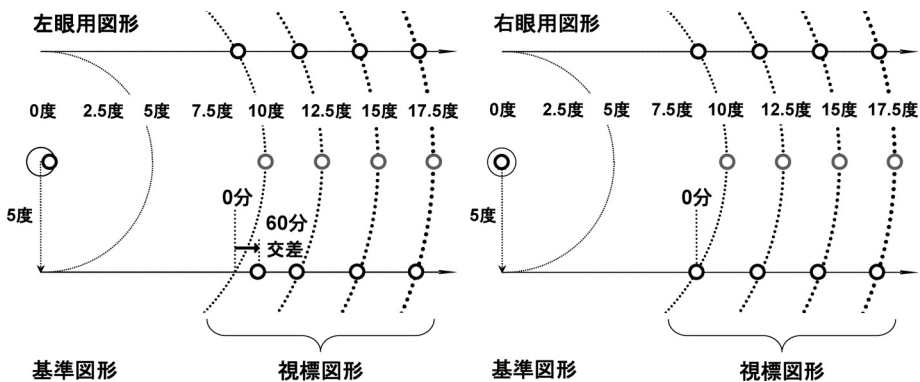


図5 基準図形（外円図形と内円図形）と、視標図形（円図形のみ）の刺激配置。視標図形は上下方向へ5度移動した位置に提示した。

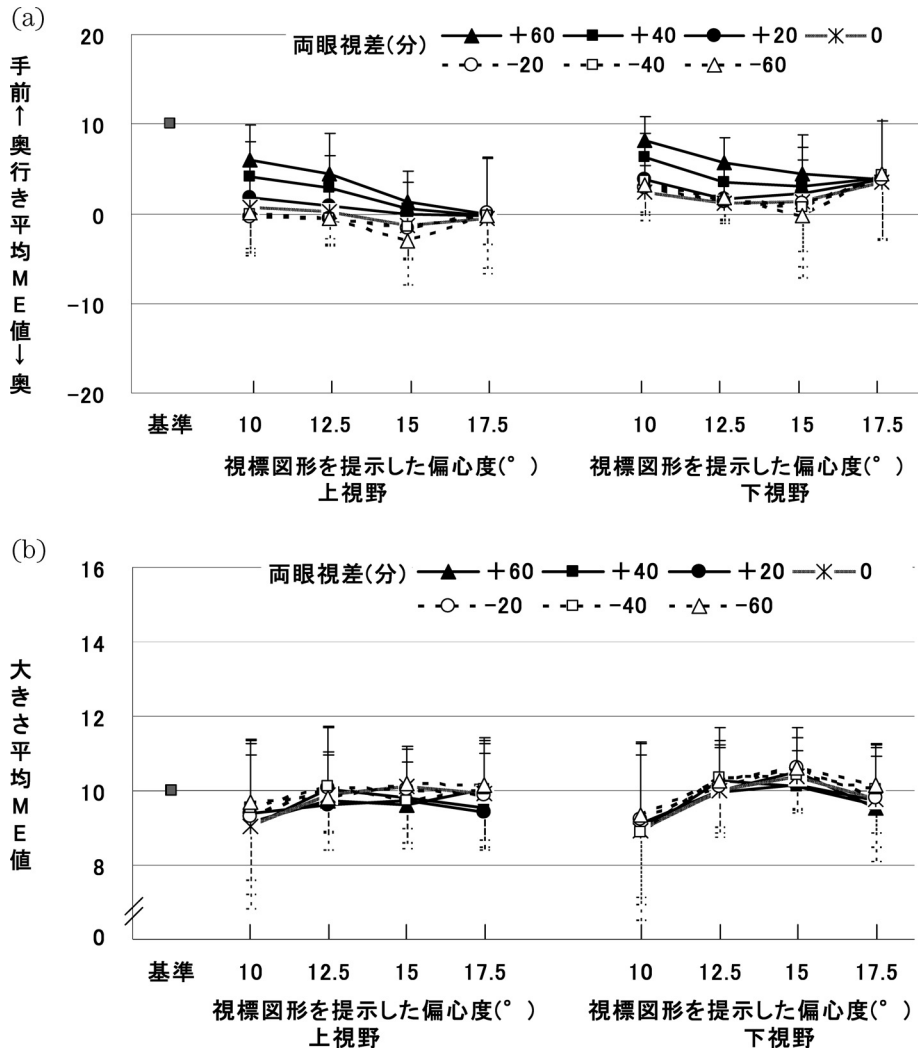


図6 基準図形を凝視時に知覚された奥行きと大きさ(■)に対して、各偏心度で知覚された奥行きの平均ME値(a)と大きさの平均ME値(b)。凡例と図内のエラーバー、ならびに(a)の縦軸は、図4と同様である。(a)(b)とも視標図形の提示位置の上視野を左側に、下視野を右側に示す。

主効果が見られたが ($F(6,336)=30.471$, $p<.001$), ($F(1,56)=10.035$, $p<.005$), 偏心度の主効果は見られなかった ($F(3,56)=2.049$, n.s.). また両眼視差と偏心度、および両眼視差と上下視野の一次の交互作用が有意であった ($F(18,336)=4.508$, $p<.001$), ($F(6,336)=3.445$, $p<.005$). しかし偏心度と上下視野の一次の交互作用と、両眼視差と偏心度と上下視野の二次の交互作用は有意ではなかった ($F(3,56)=0.448$, n.s.), ($F(18,336)=1.107$, n.s.). 主効果が見られた上下視野の条件を比較したところ、下視野

は上視野より、視標を有意に手前に知覚していた。これより両眼視差による奥行き知覚への影響は生じており、偏心度が高いほど奥行きが減少することが確認された。

次に、両眼視差と偏心度の交互作用から偏心度の単純主効果をみたところ、両眼視差は偏心度10, 12.5, 15度(0.1%)が有意であった。さらにRyan法による多重比較(5%水準)を行ったところ、視差0分の奥行きと有意差があるのは、偏心度10度と12.5度は交差視差40分と60分、15度は交差視差60分であった。実験1

と比較すると、偏心度が高いほど小さな視差から弁別が困難になる点や、非交差視差は交差視差より偏心度の低い段階で奥行き有意差が消失する点が類似した。しかし実験1は、視差0分と有意差がある視野の範囲が偏心度12.5度以内であるのに対し、実験2は偏心度15度まで拡大した。また盲点を避けた場合でも上下視野とも偏心度17.5度は両眼視差による違いが生じなかった。これより実験1の水平軸上15度付近は盲点の影響を受けており、盲点の影響がない場合でも17.5度では両眼視差による影響は生じないことが示された。

次に両眼視差と上下視野の交互作用から上下視野の単純主効果を見たところ、全ての両眼視差において下視野は上視野より視標を有意に手前に知覚しており、交差視差60分と全ての非交差視差(0.1%)、交差視差20, 40分と視差0分(1%)が有意であった。Rovamoら¹⁴⁾は、皮質活性化量が凝視点から上下方向で異なることを述べており、これが上下視野で奥行き知覚が異なる原因のひとつと推測される。

大きさ知覚 図6(b)に偏心度を関数として、実験参加者15名ずつの大きさの平均ME値(b)を示した。これより大きさME値は、上下視野の位置や偏心度に関らず、両眼視差による違いが生じにくいことが読み取れた。

大きさME値で、両眼視差(7水準)と上下視野(2水準)を被験者内要因、偏心度(4水準)を被験者間要因とする3要因分散分析を行った。その結果、両眼視差の主効果が見られたが($F(6,336)=4.358, p<.001$)、偏心度および上下視野の主効果は見られなかった($F(3,56)=1.450, n.s.$)、($F(1,56)=0.380, n.s.$)。両眼視差と偏心度、両眼視差と上下視野、および偏心度と上下視野の一次の交互作用は有意ではなかった($F(18,336)=0.947, n.s.$)、($F(6,336)=0.220, n.s.$)、($F(3,56)=0.793, n.s.$)。同様に両眼視差と偏心度と上下視野の二次の交互作用も有意ではなかった($F(18,336)=1.114, n.s.$)。両眼視差の主効果における多重比較(5%水準)の結果、視差0分は交差視差20, 40, 60, 非交差視差

20, 40, 60との間に有意な差がみられなかった。しかし非交差視差60分は交差視差20, 40, 60分より有意に大きく知覚されていた。実験1の結果と比較すると、偏心度10度以上でも盲点位置を避けることで、部分的に両眼視差の効果が現れた。また奥行き知覚で確認された上下視野の違いが、大きさ知覚では確認されなかった。

ここまでの実験1と2では、偏心度0度の図形を凝視した視線固定条件のもとで、基準図形の外円図形と周辺視野に提示した視標図形との間に知覚される奥行きを調べてきた。その結果、盲点を考慮した状態で偏心度15度までは両眼立体視が可能であることが示された。しかし、これは常に視線を固定した実験室的な事態であり、日常に比べて限定的な特殊性をもつ。なぜなら我々は鮮明な情報が得られる中心視野を対象を捉えようと、視線を移動させるからである。では両眼視差により得られた、視線固定時の周辺視野の奥行き感と、視線移動後の中心視野の奥行き感には、どの程度の差があるのだろうか。本研究に即して述べると、実験1や2のように、偏心度0度の基準図形を凝視しながら周辺視野の視標図形の奥行きや大きさを判断する場合と、基準図形と視標図形を見比べて奥行きや大きさを判断する場合に、違いがあるのかという問題になる。そこで実験3では、基準図形と視標図形を交互に見比べた場合の両眼立体視について検討する。

4. 実験3：自由視条件における偏心度17.5度以内に提示した対象の奥行きと大きさ知覚

4.1 目的

基準図形と視標図形を見比べた際の両眼立体視を検討するため、両図形を眼球運動のみで交互に見比べ、奥行きと大きさ知覚量を測定する。

4.2 方法

実験参加者 実験1の5名であった。

装置 実験1と同様の装置を用いた。

実験条件 実験1と同様の刺激を用いた。反

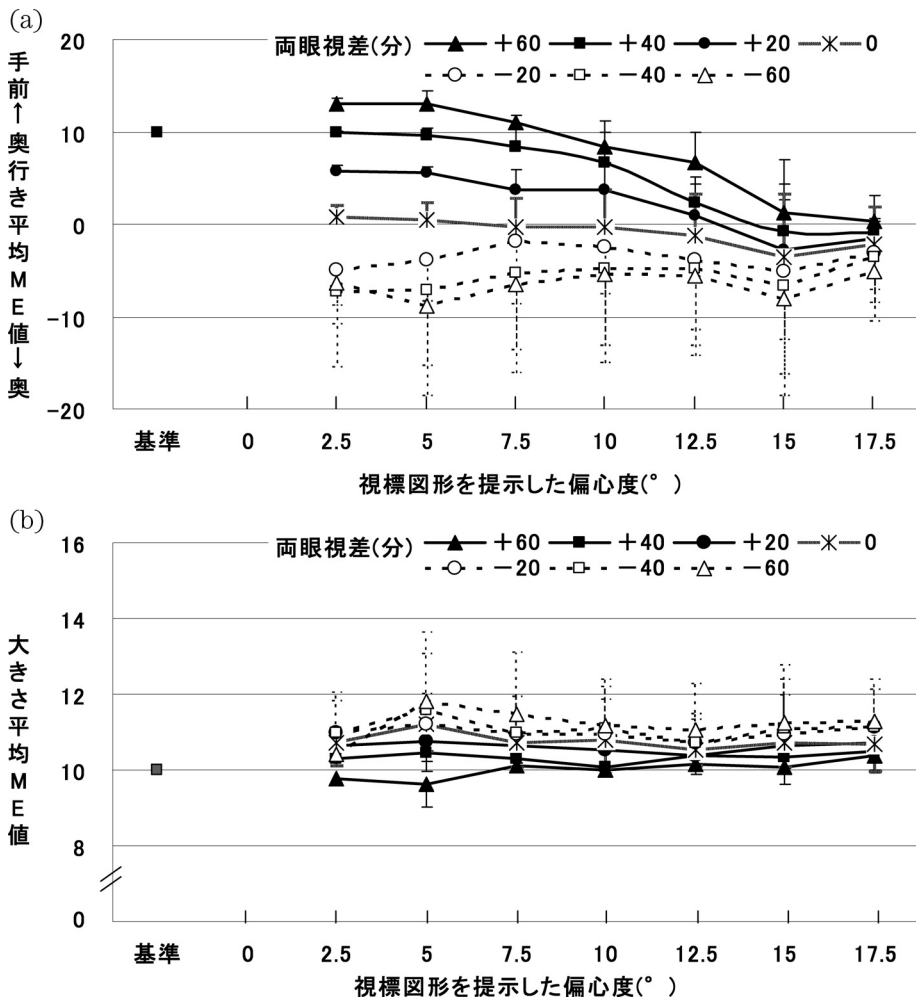


図7 基準図形と視標図形を自由視時に知覚された基準図形の奥行きと大きさ(■)に対して、各偏心度で知覚された奥行きの平均ME値(a)と大きさの平均ME値(b). 凡例と図内のエラーバー、ならびに(a)の縦軸は、図4と同様である。

応値の奥行きと大きさME値は、実験1と同様の方法で測定した。

実験計画 7水準の両眼視差と7水準の偏心度を要因とする被験者内2要因の分散分析のデザインで、奥行きと大きさME値を分析する。

手続き 実験1と同様の手順で行った。ただし奥行き、大きさ両課題とも基準図形と視標図形を交互に見比べて判断した。両刺激は同時提示で判断終了まで持続した。各試行は6回繰り返した。

4.3 結果と考察

奥行き知覚 図7(a)に偏心度を関数として、

実験参加者5名の奥行きの平均ME値を示した。これより奥行きME値は、偏心度が高いほど両眼視差による違いが減少することが読み取れた。

奥行きME値で、両眼視差(7水準)と偏心度(7水準)を被験者内要因とする2要因分散分析を行った。その結果、両眼視差および偏心度の主効果が見られた($F(6,24)=13.405$, $p<.001$), ($F(6,24)=3.603$, $p<.05$)。また両眼視差と偏心度の一次の交互作用が有意であった($F(36,144)=10.986$, $p<.001$)。

次に、両眼視差と偏心度の交互作用から偏心

度の単純主効果をみたところ、両眼視差は偏心度0度から12.5度(0.1%)と、15度(0.5%)が有意であった。さらにRyan法による多重比較(5%水準)を行ったところ、視差0分の奥行きと有意な差があるのは、偏心度2.5度は交差、非交差視差とも20分以外全てだが、偏心度12.5度は交差視差60分のみであった。偏心度2.5度から12.5度へと増加するに従い視差の効果は段階的に減少し、偏心度5度以外は実験1の固定視と同様の結果となった。偏心度15度は交差、非交差視差とも視差0分と有意差がなかった。ただし非交差視差60分は交差視差40、60分より、同じく非交差視差40分は交差視差60分より有意に奥へ知覚していた。以上より対象を見比べた時の奥行き知覚は、実験1と同様に偏心度が高いほど、より大きな両眼視差が必要であること、そして交差、非交差視差60分以内で視差0分との間に差が生じるのは、偏心度12.5度以内であると示された。偏心度15度に両眼視差の影響が生じた原因は、実験1の固定視条件と異なり、見比べることで盲点の影響が取り除かれたためと思われる。自由視条件でも、交差視差より非交差視差の影響が偏心度の低い段階から生じにくい結果が得られた。しかし非対称性が生じた原因のひとつに、交差視差刺激を基準図形としたことがあるため、再検討が必要である。

次に、実験1の固定視条件と実験3の自由視条件を比較するため、両眼視差(7水準)と偏心度(7水準)と視線(2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、両眼視差、偏心度および視線の主効果が見られた($F(6,24)=14.908, p<.001$), ($F(6,24)=3.141, p<.001$), ($F(1,4)=17.234, p<.05$)。しかし両眼視差と視線、および偏心度と視線の一次の交互作用は有意ではなかった($F(6,24)=0.468, n.s.$), ($F(6,24)=1.884, n.s.$)。主効果が見られた視線の条件を比較したところ、自由視は固定視より視標を有意に奥へ知覚していた。また両眼視差と偏心度の一次の交互作用が有意であった($F(36,144)=14.948, p<.001$)。

自由視が固定視より視標を有意に奥へ知覚した原因は、非交差視差に対する奥行き感が固定視より自由視において、より奥へ知覚されたことが大きいと思われる。つまり固定視では非交差視差の奥行き知覚の判断が難しいが、自由視では容易になると思われる。これに関してRadyら⁴⁾は、偏心度7, 14, 25, 40, 52度の実際空間に視標図形を提示し、基準図形と視標図形を見比べた場合の立体視力も測定した。刺激条件は冒頭で述べた固定視条件と等しいが基準図形から視標図形への移動は一回のみであった。その結果、固定視、自由視とも偏心度が高いほど立体視力は減少し、固定視より自由視の立体視力が鋭いことが示された。これらの類似した結果は、刺激の提示方法や観察距離が異なる点を踏まえても、実際空間の見えと類似した傾向があると考えられる。

大きさ知覚 図7(b)に偏心度を関数として、実験参加者5名の大きさの平均ME値を示した。これより大きさME値は、交差視差量が大きいかほど小さく、非交差視差量が大きいかほど大きく知覚されることが読み取れた。

大きさME値で、両眼視差(7水準)と偏心度(7水準)を被験者内要因とする2要因分散分析を行った。その結果、両眼視差の主効果が見られたが($F(6,24)=3.167, p<.001$)、偏心度的主効果は見られなかった($F(6,24)=2.130, n.s.$)。また両眼視差と偏心度の一次の交互作用は有意でなかった($F(36,144)=1.450, n.s.$)。両眼視差の主効果における多重比較(5%水準)の結果、非交差視差60分が交差視差60分より有意に大きく知覚されていた。そして固定視では見られた偏心度5度の両眼視差による有意差が、自由視で見られない結果になった。

次に、実験1の固定視条件と実験3の自由視条件を比較するため、両眼視差(7水準)と偏心度(7水準)と視線(2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、両眼視差の主効果が見られたが($F(6,24)=4.524, p<.005$)、偏心度および視線の主効果は見られなかった($F(6,24)=2.073, n.s.$), ($F(1,4)=$

0.657, n.s.). また、両眼視差と偏心度の一次の交互作用が有意であった ($F(36,144)=2.084$, $p<.005$). しかし両眼視差と視線、および偏心度と視線の一次の交互作用、ならびに両眼視差と偏心度と視線の二次の交互作用も有意でなかった ($F(6,24)=1.353$, n.s.), ($F(6,24)=1.336$, n.s.), ($F(36,144)=0.731$, n.s.). これより大きさ知覚が受ける両眼視差の効果は、固定視、自由視ともに差が無いことが示された。

以上をまとめると、奥行き知覚は固定視条件より自由視条件の方が、両眼視差の効果が生じる偏心度が広範囲であった。しかし自由視であっても偏心度 0 度並みの見え方はせず、偏心度が高いほど両眼視差の効果は減少し、視差の差が生じるのは最大で偏心度 15 度までであった。つまり、眼球運動を用いて対象を中心視で捉えたとしても、提示された基準図形と視標図形間の距離が水平方向に広がるほど、両眼立体視は困難になるとと思われる。大きさ知覚は、固定視で確認された偏心度 5 度の両眼視差による違いが、自由視では消失した。これより、自由視は奥行き知覚の得られる視野が広範囲となるが、それに応じた大きさ知覚への変化が得られなかった。

5. 全体考察

本研究は、周辺視野において交差、非交差視差による奥行きと大きさ知覚、並びに両知覚の関係が中心視野と同じ性質を示すのかについて検討した。偏心度 0 度の基準図形を凝視しながら、基準図形から水平軸上の偏心度 17.5 度以内に両眼視差を設定した視標図形を提示し、奥行きと大きさ知覚量を測定した。その結果、両眼視差による奥行き知覚は、偏心度が高いほど小さな視差から弁別が困難になった。偏心度 12.5 度までは、交差視差 60 分は視差 0 分より奥行きが有意に手前に知覚されたが、それ以上の偏心度ではその差が消失した。一方大きさ知覚は、偏心度 5 度を越えた範囲から視差による差が急激に失われ、大きさ距離不変関係が認められなくなった。

次に上記の結果に盲点の影響が含まれていな

いかを検討した。偏心度 10 度から 17.5 度の視標図形を水平軸より上下に 5 度ずつ移行した位置に提示し、偏心度 0 度の基準図形を凝視しながら、奥行きと大きさ知覚量を測定した。その結果、盲点の影響を避けると両眼立体視可能な視野の範囲が拡大し、大きさ距離不変関係が生じることが明らかになった。

さらに日常我々が対象間を見比べるため視線を動かす際、それまで周辺視野で知覚されていた両眼立体視がどの程度変化するかを検討した。基準図形と偏心度 2.5 度から 17.5 度に提示した視標図形を自由視条件で観察した。その結果、奥行き知覚は偏心度が高いほど小さな視差から弁別が困難になり、視標図形を中心視で捉えても、基準図形との距離が離れるほど奥行き知覚量は減少することが示された。しかし固定視条件と異なり偏心度 15 度まで、両眼視差による違いが生じた。また自由視は固定視より有意に視標を奥へ知覚していた。この原因は、視標図形を中心視で捉えたことにより盲点を避けた影響や、視線を動かすことで網膜上の錐体細胞の分布、視覚野における皮質活性領域の感度のよさなどが考えられる。しかし自由視によって奥行き知覚が得られる視野が広範囲になったとしても、それに応じた大きさ知覚への変化は得られないことが示された。

6. 結論

視線固定状態で周辺視野における両眼立体視を検討した。凝視点より水平軸方向に偏心度が高くなるに従い、奥行き知覚は緩やかに減少するものの、偏心度 12.5 度までは両眼視差による奥行き知覚の違いが確認された。視差量の絶対値が同じ場合、交差視差は非交差視差より奥行き知覚量が大きい、基準図形に交差視差刺激を用いたことで、非対称性が生じた可能性が残る。盲点を避けて水平軸より上下に 5 度移行した範囲では、偏心度 15 度まで両眼視差による奥行き知覚の違いが確認された。これに対して大きさ知覚の弁別が生じるのは偏心度 5 度までであり、7.5 度以上は大きさ距離不変関係が崩

れた。次に、眼球運動のみで対象を見比べた自由視条件の両眼立体視は、視線固定条件と同様に偏心度が高いほど、奥行き知覚は緩やかに減少するものの、偏心度 15 度まで両眼視差による奥行き知覚の違いが確認された。これより視線固定時の周辺視野の奥行き感より、視線移動後の中心視野の奥行き感の方が、より広い周辺視野においても両眼視差の違いが生じることが示された。しかし視線移動後は、奥行き知覚に応じた大きさ知覚への変化は得られないことが示された。

文 献

- 1) 山内昭雄, 鮎川武二: 感覚の地図帳, 講談社, 2001.
- 2) P. M. Cisarik and R. S. Harwerth: Stereoscopic depth magnitude estimation: effects of stimulus spatial frequency and eccentricity. *Behavioural Brain Research*, **160**, 88–98, 2005.
- 3) 栗林英範, 須佐見憲史, 石川和夫, 畑田豊彦: 両眼視差と奥行き知覚の相互利用. 映像情報メディア学会技術報告, **23**, 13–18, 1999.
- 4) A. A. Rady and I. G. H. Ishak: Relative Contributions of Disparity and Convergence to Stereoscopic Acuity. *Journal of the Optical Society of America*, **45**, 530–534, 1955.
- 5) 池田光男: 眼はなにを見ているか, 平凡社, 1988.
- 6) M. Carrasco and K. S. Frieder: Cortical magnification neutralizes the eccentricity effect in visual search. *Vision Research*, **37**, 63–82, 1997.
- 7) F. P. Kilpatrick and W. H. Ittelson: The Size-distance invariance hypothesis. *Psychological Review*, **60**, 223–231, 1953.
- 8) 安岡晶子: 周辺視野における両眼性奥行き知覚. 甲南女子大学大学院論集人間科学研究編, **6**, 1–10, 2008.
- 9) 安岡晶子: 両眼視差による周辺視野の立体視. 日本心理学会第 72 回大会発表論文集, 591, 2008.
- 10) 魚森謙也: 注視及び自由観察条件における両眼融合領域と立体画像パラメータの検討. 信学技法, **95**, 23–30, 1995.
- 11) R. Patterson and P. Day: Temporal integration differences between crossed and uncrossed stereoscopic mechanisms. *Perception & Psychophysics*, **57**, 891–897, 1995.
- 12) 林 隆介, 宮脇陽一, 前田太郎, 館璋: 視覚誘発電位計測に基づく両眼視覚情報処理過程の解析. 電子情報通信学会論文誌, **J84-D-II**, 559–570, 2001.
- 13) 苧阪直行: 18 視野, 大山 正, 今井省吾, 和氣典二 (編): 新編感覚知覚心理学ハンドブック, 誠信書房, 930, 1994.
- 14) J. Rovamo and V. Virsu: An estimation and application of the human cortical magnification factor. *Experimental Brain Research*, **37**, 495–510, 1979.