

テクスチャーの連続性が両眼視差による奥行き弁別閾値に与える影響

藤井 芳孝*・金子 寛彦*・水科 晴樹***

*東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報システム専攻 〒226-8502 横浜市緑区長津田町4259-G2-3

**現所属：ATRメディア情報科学研究所 〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台2-2-2

Effect of Texture Continuity on the Depth Discrimination Threshold of Binocular Disparity

Yoshitaka FUJII*, Hirohiko KANEKO* and Haruki MIZUSHINA***

*Department of Information Processing, Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology, 4259-G2-3 Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama 226-8502

**Present affiliation: ATR Media Information Science Laboratories, 2-2-2 Hikaridai, Seika-cho, Sorakugun, Kyoto 619-0288

Difference of textures in adjacent areas could affect the depth perception because different textures usually belong to different objects. In this study, we investigated disparity threshold for depth discrimination between adjacent areas to reveal whether texture difference could affect depth perception. The results showed that the disparity threshold for perceiving depth between areas with different textures is larger than that with same textures. This result indicates that difference of texture affects depth perception, although it is opposite to the initial prediction that the threshold in the same texture condition would be large. An additional experiment showed that the difference in the thresholds of different texture conditions decreased as viewing time increased. This suggests that the load to process texture difference at the boundary hinders and delays the binocular disparity processing.

Key words: human vision, texture, disparity, depth perception, depth discrimination threshold

1. 序 論

日常に存在する物体の表面には物体固有のさまざまなテクスチャーがついている。そのため、テクスチャーの違いは物体を識別するうえで重要な役割を果たしている。ある領域でテクスチャーが連続していれば、その領域は連続したひとつの物体であることが多く、テクスチャーが異なればその領域は異なる物体であることが多い。

視野におけるある領域が連続的なひとつの物体であるか、複数の異なる物体から構成されているかということは、奥行きの推定にも影響を与える。連続した物体は奥行きも連続的である可能性が高いが、異なる物体であれば両方で奥行きに大きなギャップがあることも考えられる。すなわち、領域間でテクスチャーが同じであるか否かとい

う情報は、奥行きが連続であるか否かという手がかりとすることが可能である。

そこで本研究では、このテクスチャーの連続性と奥行きの連続性の関係を視覚系が用いているかを明らかにすることを目的とし、隣接する領域間でテクスチャーが同じ場合 (same 条件) と異なる場合 (different 条件) で、奥行き弁別閾値に違いがあるかを調べた。両眼視差による奥行き弁別閾値についてはこれまで多くの研究がなされている¹⁻⁸⁾。これらの研究から、奥行き弁別閾値は呈示刺激の輝度^{5,6)}や空間周波数⁷⁾、周辺の参照刺激の存在⁸⁾などさまざまな影響を受けることが知られている。しかし、これらの研究の多くでは単純な線分の比較や均一なテクスチャーによるランダムドットステレオグラムを用いており、面がもつテク

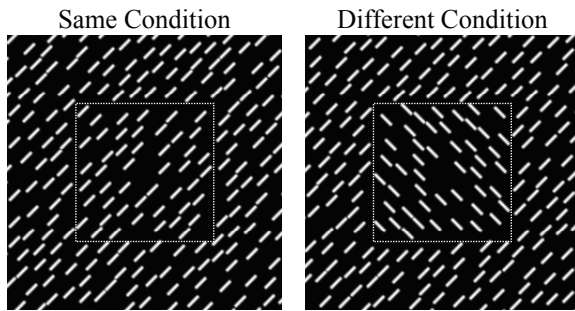


Fig. 1 Stimulus configurations of the same condition (left panel) and the different condition (right panel) in the experiment 1 and 3. The central square indicated by dotted line (not shown in the actual stimulus) is the target area.

スチャーが奥行き弁別閾値に影響を与えるかは明らかになっていない。しかしながら、前述のようなテクスチャーと奥行きの連続性の関係を考慮すると、領域間でテクスチャーが同じ場合では、それらの領域は連続していると解釈され奥行きの変化は少ないと判断されることが考えられる。一方で、テクスチャーが異なる場合、それぞれの領域は異なる物体に属し、奥行きは不連続である可能性が高いと考えられる。その結果、same 条件のほうがより奥行き弁別が難しく、奥行き弁別閾値は different 条件よりも大きくなることが予想される。

2. 実験 1

2.1 実験方法

実験刺激は、Fig. 1 のように小線分からなるランダムステレオグラムを用いた。刺激は背景領域と中央のターゲット領域から構成されており、背景領域は横 40.6 deg×縦 31.0 deg、ターゲット領域のサイズは 5.3 deg×5.3 deg であった。背景領域の視差は 0 (ディスプレイ面) で一定とし、ターゲット領域にはディスプレイ面 (= 背景面) に平行な平面となるような両眼視差を与え、視差量を前後合計 11 段階で変化させた。そして、その刺激を観察した際の両眼視差による奥行き弁別閾値を恒常法を用いて測定した。刺激の両眼視差の呈示範囲は、被験者間で両眼立体視力が大きく異なるので、被験者ごとに事前の予備実験で決定した。被験者は 11 段階のいずれかの視差をもつ刺激を観察し、ターゲット領域が背景領域より手前に見えるか奥に見えるかを強制二択応答した。

ステレオグラムを構成する小線分の傾きは、水平線に対して ± 45 deg の 2 通りであった。背景領域と中央のターゲット領域の各領域内に含まれる線分の傾きは同一で、背景とターゲットの間で同じ傾きの条件 (same 条件) と異なる傾きの条件 (different 条件) を用い、テクスチャーの

連続性を変化させた。テクスチャー条件数は、same 条件が背景とターゲット共に小線分の傾きが $+45$ deg または -45 deg の 2 条件、different 条件は背景が $+45$ deg でターゲットが -45 deg とその逆の 2 条件で、合計 4 条件であった。小線分は、微小な視差を呈示するために、サブピクセルによるアンチエイリアス手法を用い、線分からの距離によってガウス分布状 ($\sigma = 5.9'$, 最高輝度 54.5 cd/m^2) に輝度を減衰する形で表現した。ガウス関数は無限遠まで広がりをもつ関数であるが、知覚される輝度に限界があるため、実際に知覚される線分は長さ $50'$ 程度、幅 $15'$ 程度であった。また、ディスプレイの背景輝度は 0.26 cd/m^2 であった。各領域内で小線分の傾きは一定であり、小線分が重複しないようにランダムに配置してランダムステレオグラムを構成した。ただし、ターゲット領域と背景領域を分けるために領域の境界に重なる小線分は配置しなかった。また、固視点と奥行きを比較して応答することを避けるため、固視点の呈示位置と重複する場所も小線分は配置しなかった。

トライアルのはじめに、画面中央の固視点と固視を確認するためのノニアス、およびターゲット領域の範囲を示すためのインジケーター (ターゲット範囲の四隅の位置を表す小さな点) が呈示された。被験者は、固視ができればトライアルを開始するために手もとのキーボードを押した。それと同時に、固視点とノニアスとインジケーターは消え、実験刺激が 200 ms 呈示された。刺激消去後は画面には何も呈示されなかった。このとき、被験者は、キーボードによりターゲット領域が背景領域より手前に見えたか奥に見えたかを強制二択応答した。応答が終了するとピープ音になり、もとの固視点が再び呈示されトライアルは終了となった。44 条件 (テクスチャー 4 条件×視差 11 条件) を 1 ブロックとし、刺激はブロック内でランダムな順番で呈示した。各被験者は 30 ブロックずつ行った。

実験は暗室内で行った。刺激はコンピューター (Apple Computer 製 Power Mac G4, Mac OS J1-9.1) を用いて生成し、ミラーステレオスコープ (Sony 製 21 インチ CRT ディスプレイ GDM-F520 を 2 台用いて構成) に呈示した。視距離は 40 cm であった。被験者は 8 名でうち 3 名 (YF, HK, HMz) は著者であった。被験者は全員が視力正常または矯正視力正常であり、事前に両眼立体視が可能であることを確認した。

2.2 実験結果

左右対称なテクスチャー条件のデータをまとめ、same 条件と different 条件の 2 つに分類し、それぞれに対して閾値を求めた。まず、刺激の視差量に対してターゲット領域

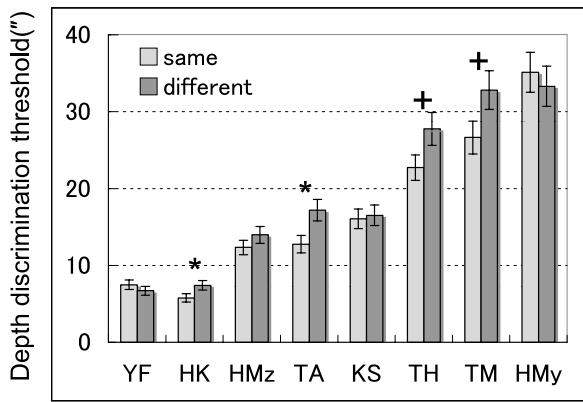


Fig. 2 Results of experiment 1 for each subject. Vertical axis shows the disparity threshold for depth discrimination. Error bar shows the standard deviation. Asterisk (*) indicates that the thresholds are significantly different in the same and different conditions ($p < 0.05$). The plus sign (+) indicates that thresholds are marginally different in the conditions ($p < 0.10$).

が奥に知覚された割合をプロットし、そのデータにロジスティック関数を最尤法でフィッティングして知覚確率曲線を求めた。そして、奥だと応答した割合が75%である視差の値と25%である視差の値の差の2分の1を、両眼視差による奥行き弁別閾値として求めた。

このようにして求めた各被験者の閾値を Fig. 2 に示す。横軸は被験者の違い、縦軸は奥行き弁別閾値、バーの色の違いはテクスチャー条件 (same 条件または different 条件) を、エラーバーは標準偏差を表す。永井らの手法⁹⁾によりテクスチャー条件間での閾値の差の有意性の検定を行った結果、HK, TA の2名において different 条件での閾値が same 条件での閾値よりも有意に大きく ($p < 0.05$)。TH, TM の2名も有意傾向であった ($p < 0.10$)。一方で、different 条件の閾値と比較して、same 条件での閾値が統計的に有意に大きい結果を示した被験者はいなかった。

2.3 考 察

実験結果から、same 条件より different 条件のほうが、奥行き弁別閾値が大きいことが約半数の被験者の結果において示された。この結果は序論で述べた仮説、すなわち same 条件では背景とターゲットの領域が連続であるという解釈により奥行きギャップを過小評価することで、different 条件に比べて奥行き弁別閾値が大きくなるという仮説とは正反対のものである。一方、仮説のような結果を示した被験者は一人もいなかった。ある視覚情報と同質より異質な領域間で奥行き弁別閾値が増加する傾向は、さまざまなグレーティングパターンを用いて領域間での奥行き弁別閾値を比較した大平らの研究報告と類似している¹⁰⁾。

この結果の原因のひとつの可能性として、面を構成する

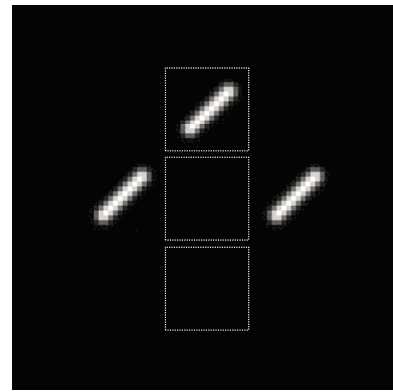


Fig. 3 Stimulus configuration of the stimulus in the experiment 2. The center element is the target and the other two elements are the comparison. The target element placed on one of the three vertical positions indicated by the dotted squares, which were not drawn in the actual stimulus.

個々の小線分の視差弁別のしやすさがテクスチャー条件間でそもそも異なるということが考えられる。もし、同じ傾きをもつ個々の線分同士の比較が、異なる傾きをもつ線分を比較する場合に比べて容易である場合、それが集まって刺激を構成している same 条件は different 条件に比べて奥行き弁別閾値が小さいということになり、実験結果と一致する。そこで実験2では、小線分要素の奥行き弁別閾値が面全体の奥行き弁別閾値に影響しているかを調べた。

3. 実 験 2

実験1の結果が、面のテクスチャーの連続性によるものか、小線分要素単体の影響が集まったものであるかを明らかにするために、少数の小線分要素によって構成された刺激の奥行き弁別閾値を測定した。

3.1 実験方法

刺激は、実験1で用いた小線分3本から成っていた。Fig. 3のように2本の同じ傾きの小線分 (背景線分) を水平に配置し、その間にもう1本の小線分を配置し、これをターゲット線分とした。被験者は実験1と同様に、11種の視差をもつ刺激に対して、背景線分に対してターゲット線分が手前であるか奥であるかを応答した。これによりこの配置の刺激に対する両眼視差による奥行き弁別閾値を求めた。小線分の中心間の水平距離は44'であり、実験1でランダムに配置された小線分の最接近距離に近い値であった。このように比較する線分が接近した条件で実験を行ったのは、領域間での視差の比較がローカルな要素の比較によって行われているのであれば、最も近い小線分の影響が最も大きく現れると考えたからである。一方で、小線分の配置を一定にすると、特定の配置関係固有の影響が大きく

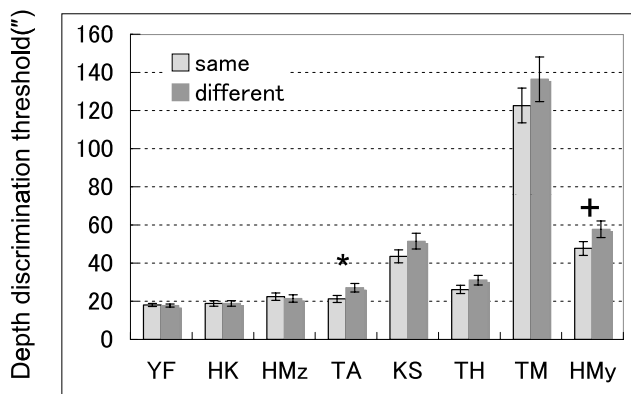


Fig. 4 Results of experiment 2 for each subject. Vertical axis shows the disparity threshold for depth discrimination. Error bar shows the standard deviation. Asterisk (*) indicates that the thresholds are significantly different in the same and different conditions ($p < 0.05$). The plus sign (+) indicates that thresholds are marginally different in the conditions ($p < 0.10$).

出る可能性があり、実験1で刺激の相対位置がランダムであったことも考え、ターゲット線分の垂直呈示位置を3条件（背景線分と同じ高さ、上44'、下44'）行った。ここで配置関係固有の影響とは、例えば、3本の高さが同じ条件の場合、same条件では3本の小線分が平行であるため一定の距離を保つが、different条件ではターゲットの両端が背景小線分に非常に接近するように、same条件とdifferent条件で小線分間の局所的な距離が大きく異なるといった影響である。

実験は、132条件（ターゲット線分の高さ3条件、視差11条件、小線分の傾き4条件）の刺激をランダムに並べ、それを2回繰り返した264トライアルを1ブロックとし、これを5ブロック行った。ただし、被験者YFのみ15ブロック行った。刺激とブロックの構成以外の実験方法は実験1と同様であった。被験者は実験1に参加した8名であった。

3.2 実験結果・考察

実験結果をFig. 4に示す。結果は、垂直呈示位置ごとの刺激配置特有の影響を排除するためターゲット線分の垂直呈示位置条件は混合して解析を行った^{*1}。グラフの見方は実験1と同様である。閾値はおおよそ半数の被験者でややdifferent条件のほうが大きい傾向であったが、実験1と同様に検定を行ったところ、この傾向はTAのみ有意で($p < 0.05$)、HMyが有意傾向($p < 0.10$)であった。それ以外の被験者は統計的に有意な差はみられなかった。実験1と同

様に same 条件のほうが different 条件より閾値が有意に大きい傾向を示す被験者はいなかったが、different 条件の閾値が same 条件より有意に大きい傾向がみられたのは2名(TA, HMy)のみだった。実験1で同様の結果がみられた4名(HK, TA, TH, TM)のうち、TA以外の3名は今回の実験ではその傾向はみられなかった。一方で、実験2でdifferent条件で閾値が大きいという有意な傾向がみられたHMyは実験1では差がみられなかった。さらに、両実験の閾値の差(different条件-same条件)の相関係数は0.308であり、無相関検定でも有意な相関はみられなかった($p > 0.10$)。このように実験1と実験2の結果の相関は弱いいため、実験1の領域間の比較での閾値の大きさの違いを小線分要素の比較の容易さのみで説明することは難しい。したがって、小線分要素単体ではなく、それらが集まって面を構成していることによって奥行き弁別閾値に影響を与えていると考えられる。

4. 実験 3

テクスチャーのついた面の奥行きを比較する場合、領域間でテクスチャーが同じ(same条件)であれば、視覚系は両眼視差のみに集中して処理することができる。一方で、領域間でテクスチャーも異なる場合(different条件)には、両眼視差の違いを処理すると同時にテクスチャーの違いも処理しなければならない。そのため、実験1では、情報処理の負荷が大きいdifferent条件で両眼視差の処理のパフォーマンスが低下し、different条件での奥行き弁別閾値が相対的に大きくなったとも考えられる。

もしdifferent条件で閾値が大きい原因が、テクスチャー処理と両眼視差処理が並行して行われることによる処理能力の低下であれば、十分な処理時間があれば双方の処理を十分に行うことができるので、different条件におけるパフォーマンスの低下は小さくなりsame条件と同程度になると予想される。特に、実験1では刺激の呈示時間が200msと短時間であったため、十分な処理時間の確保ができず、テクスチャー条件間での奥行き弁別閾値に差が現れた可能性が考えられる。そこで、実験3では100ms~800msの範囲で刺激呈示時間を変化させ、実験1と同様のテクスチャー面の奥行き弁別閾値を測定し、刺激呈示時間とテクスチャー条件間での奥行き弁別閾値の変化を調べることにより上の可能性を検討することを目的とした。

^{*1}念のため、位置の影響を確認するために被験者全体で呈示位置条件とテクスチャー条件の2要因分散分析を行った結果、いずれの主効果も交互作用もみられなかった($p > 0.10$)。

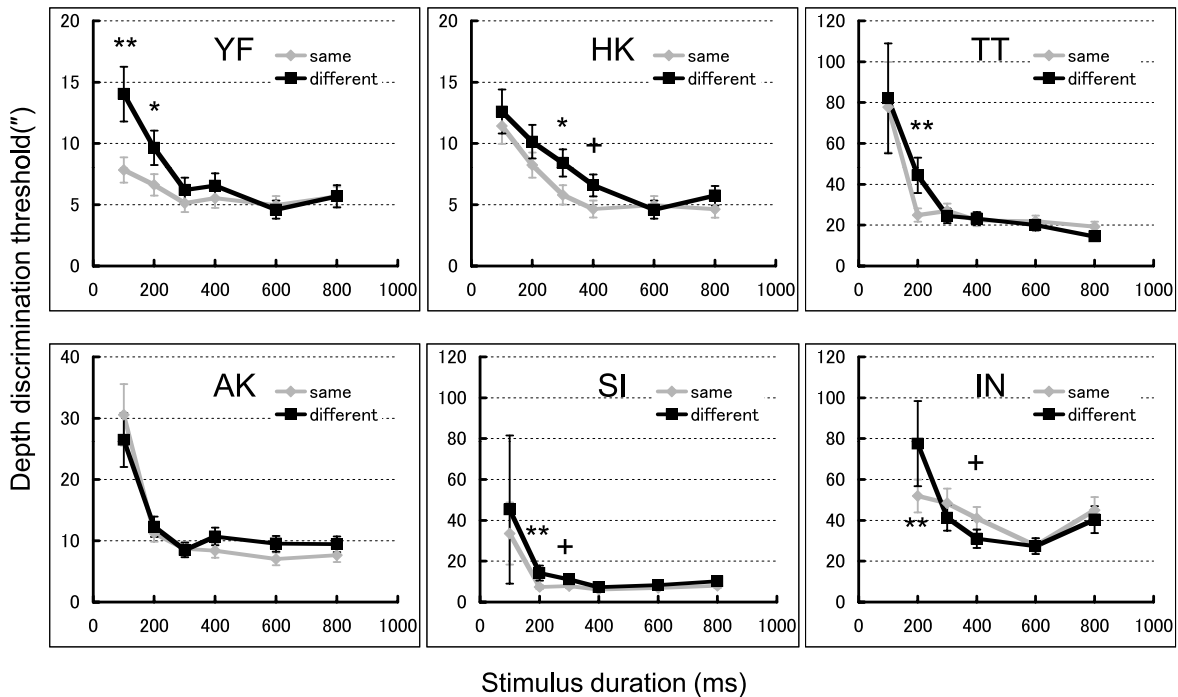


Fig. 5 Results of experiment 3 for each subject. Vertical axis shows the disparity threshold for depth discrimination and horizontal axis shows the duration of the stimulus. Error bar shows the standard deviation. Asterisk (*) indicates that the thresholds are significantly different in the same and different conditions (** $p < 0.01$, * $p < 0.05$). The plus sign (+) indicates that thresholds are marginally different in the conditions ($p < 0.10$).

4.1 実験方法

実験刺激は実験1と同様であった。ただし、刺激呈示時間をより厳密にするために、刺激の小線分ステレオグラムを呈示した後にランダムノイズを100 ms 呈示することによってマスキングを行い、残光の効果を消去した。刺激呈示時間は100, 200, 300, 400, 600, 800 ms の6条件を行った。1トライアルごとに刺激呈示時間が変わると被験者の負荷が非常に大きくなるため、同じ刺激呈示時間の条件44トライアル(テクスチャー4条件×視差11条件)をまとめた。そのまとまりのはじめに呈示時間に慣れるために3回の練習トライアルを挿入し、合計47トライアルで小ブロックを構成した。この練習トライアルに対する応答はデータとして用いなかった。異なる刺激呈示時間の小ブロック(6条件)をランダム順で1回ずつ行ったものを1ブロックとし、これを各被験者10ブロックずつ行った。被験者は6名であった。YFとHKの2名は著者であり、実験1・2にも参加していた。それ以外の被験者は実験1・2には参加していなかった。被験者は全員が視力正常または矯正視力正常であり、両眼立体視が可能であった。その他の実験方法については実験1と同様であった。

4.2 実験結果・考察

各被験者の実験結果を Fig. 5 に示す。横軸は刺激呈示時

間、縦軸は奥行き弁別閾値である。シンボルの違いはテクスチャー条件(same 条件または different 条件)を示す。

全体的に、刺激呈示時間が増加するに従って奥行き弁別閾値が小さくなる傾向がみられる。特に最も呈示時間が短い100 ms 条件の場合は、多くの被験者で奥行き弁別閾値がとりわけ大きい。なかでも被験者INは特に閾値が大きく、100 ms 条件では奥行き弁別閾値が測定できなかった(少なくとも数百"以上であった)。この結果は、両眼視差によって面が知覚されるまで100 ms 程度を要するという過去の研究の結果と一致する^{11, 12)}。

テクスチャー条件間での閾値の違いに関しては、100～400 ms 程度の短時間呈示の場合は、多くの被験者において実験1と同様に different 条件のほうが same 条件よりも大きい傾向がみられた。しかし、呈示時間が長くなると、条件間での差はみられなくなっている。この傾向を明確に示すために、条件間での奥行き弁別閾値の差(different 条件－same 条件)としてプロットし直したものを Fig. 6 に示す。多少のばらつきはみられるが、被験者AKを除いた5名の被験者で、刺激呈示時間の増加とともに奥行き弁別閾値のテクスチャー条件間での差が減少する傾向がみられる。すなわち、刺激呈示時間が短い場合には、different 条件での奥行き弁別閾値は same 条件に比べて大きい。このパ

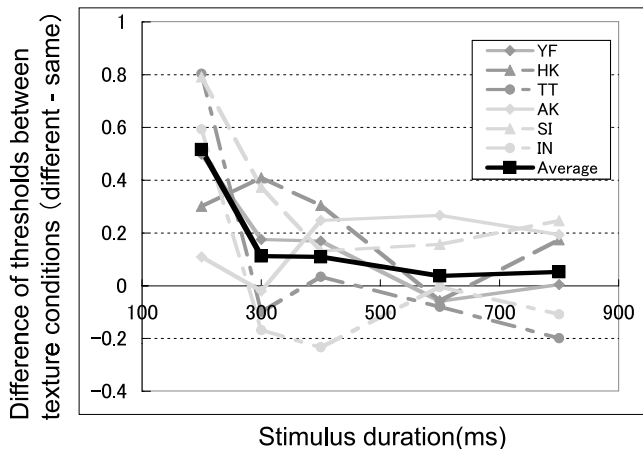


Fig. 6 Results of experiment 3 for each subject. Time course of the difference of the thresholds in the same and different texture conditions. Positive value indicates the threshold of the different condition is larger than that of same condition. Thresholds were normalized for each subject by the average of the subject. Black thick line shows the average among all subjects. The other gray lines show the data of each subject.

パフォーマンスの差は刺激呈示時間が十分に長くなれば減少することが示された。この結果は、different 条件ではテクスチャー処理と両眼視差処理を同時に行う必要があるため、same 条件に比べてパフォーマンスが低下するという仮説を支持するものである。

実験1にも参加した2名の被験者のうちYFについては、実験1でみられなかった刺激呈示時間200msのときのテクスチャー条件間での閾値の差が今回の実験ではみられている。これは、実験1ではマスク刺激による残光の除去を行っていなかったために、網膜からの刺激の入力時間が実際の呈示時間より長かったのが原因と考えられる。被験者YFは実験3の結果からわかるように、200ms条件ではテクスチャー条件間で閾値の差は大きい、300ms以上になるとその差は大きく減少している。そのため、実験1では、残光の影響で刺激時間が増加したことによりテクスチャー条件間で奥行き弁別閾値の差がみられなかったと考えられる。一方で、HKについては300~400ms程度の呈示時間でも奥行き弁別閾値の条件間での差が顕著なので、実験1でも同様の傾向がみられたと考えられる。このように、テクスチャー条件間で奥行き弁別閾値の差が顕著になる時間はある程度個人差がみられる。実験1の200ms(+残光時間)という刺激呈示時間だけでは、半数の被験者でしかテクスチャー条件間での閾値の違いがみられなかったのはこのためであろう。

この両眼視差に対する処理の遅延はどのような処理過程で起こるのだろうか。今回用いた実験刺激では、テクス

チャーの違いを表すのに線分の傾きを用いた。神経生理学的に考えてみると、線分の傾きと両眼視差の初期の検出は共にV1で行われていることが知られている^{13,14)}。しかし、小線分要素単体で比較を行った実験2の結果では、テクスチャー条件間で奥行き弁別閾値の違いがほとんどみられなかった。テクスチャー処理系が両眼視差処理系へ及ぼす影響は、V1におけるローカルな処理系で起こっているのではなく、小線分要素同士が結びつき面領域として構築される過程を経た、よりグローバルな処理系で起こっていると考えられるだろう。

5. 結 論

序論で述べた予想、すなわち領域間でテクスチャーが連続な場合、連続的なひとつの物体であるから奥行きも連続であると視覚系が解釈し、テクスチャーが不連続の場合に比べて両眼視差による奥行き弁別閾値が増加するのではないかという予想に反して、今回の実験ではテクスチャーが連続の場合に両眼視差による奥行き弁別閾値が減少するケースが多かった。すなわち、領域間でテクスチャーが異なる場合のほうが同じ場合に比べて奥行き弁別閾値は大きくなる傾向があった。少なくとも、テクスチャーが異なる場合に奥行き弁別のための視差閾値が小さくなる結果は全くみられなかった。この原因のひとつとしては、実験3からみられるように、テクスチャーの処理による負荷によって、一時的に両眼視差の処理メカニズムのパフォーマンスが低下している可能性が考えられる。そして、このパフォーマンスの低下は十分な呈示時間が与えられれば減少することがわかった。

今回の奥行き弁別閾値を測定した実験では、テクスチャーの違いが物体の違いを表し、さらには奥行きの違いを予測するという流れに基づいた奥行き知覚メカニズムの存在を支持する結果は得られなかった。これは、そのようなメカニズムは全く存在しない可能性もあるが、今回の実験では奥行き弁別閾値を測定したため、用いた両眼視差が非常に微小なものであったことによる可能性も考えられる。すなわち、与えられた両眼視差が微小であったために、副作用であるテクスチャーの処理による処理能力の低下の影響が顕著に現れたという可能性である。もしそうであれば、閾値付近ではなく、閾値より十分に大きな視差の範囲であれば、テクスチャーの連続性と奥行きの連続性の関係に基づく奥行き知覚の影響をみることができるかもしれない。いずれにしても、今回の結果から、テクスチャーの違いによって視差による奥行き知覚が影響されることは明らかであり、いろいろな処理の段階におけるこの相互作用

用の性質を明らかにすることは、視差処理機構を理解するうえで非常に重要である。

この研究の一部は、日本学術振興会グローバルCOEプログラム“フォトンクス集積コアエレクトロニクス”の支援を受けて行った。

文 献

- 1) K. N. Ogle: "Precision and validity of stereoscopic depth perception from double images," J. Opt. Soc. Am., **43** (1953) 907-913.
- 2) G. C. Woo and V. Sillanpaa: "Absolute stereoscopic thresholds as measured by crossed and uncrossed disparities," Am. J. Optom. Physiol. Opt., **56** (1979) 350-355.
- 3) C. Blakemore: "The range and scope of binocular depth discrimination in man," J. Physiol., **211** (1970) 599-622.
- 4) R. W. Reading and T. Tanlamai: "The threshold of stereopsis in the presence of differences in magnification of the ocular images," J. Am. Optom. Assoc., **51** (1980) 593-595.
- 5) A. Lit and H. D. Hamm: "Depth-discrimination thresholds for stationary and oscillating targets at various levels of retinal illuminance," J. Opt. Soc. Am., **56** (1966) 510-516.
- 6) L. K. Cormack, S. B. Stevenson and C. M. Schor: "Interocular correlation, luminance contrast and cyclopean processing," Vision Res., **31** (1991) 2195-2207.
- 7) C. W. Tyler: "Spatial organization of binocular disparity sensitivity," Vision Res., **15** (1975) 583-590.
- 8) T. J. Andrews, A. Glennerster and A. J. Parker: "Stereoacuity thresholds in the presence of a reference surface," Vision Res., **41** (2001) 3051-3061.
- 9) 永井岳大, 星野崇宏, 内川恵二: "恒常法により推定された閾値間の統計的有意差検定法", Vision, **18** (2006) 113-123.
- 10) 大平めぐみ, 李 承培, 塩入 諭, 矢口博久: "相対視差検出における刺激方位の影響", Optics Japan 2002 講演予稿集 (2002) pp. 190-191.
- 11) R. S. Harwerth, P. M. Fredenburg and E. L. Smith, III: "Temporal integration for stereoscopic vision," Vision Res., **43** (2003) 505-517.
- 12) 福田一帆, 金子寛彦: "垂直大きさ視差と水平大きさ視差から知覚される面の傾きの時間推移", 光学, **35** (2006) 224-232.
- 13) E. B. Goldstein: *Sensation and Perception*, 6th ed. (Wadsworth, Pacific Grove, 2002) p. 99.
- 14) I. P. Howard: *Seeing in Depth*, Vol. 1 (I. Porteous, Thornhill, 2002) pp. 239-242.