

遠近法情報がステレオ奥行き残効に及ぼす影響

田谷 修一郎*・佐藤 雅之**

* 金沢大学大学院 人間社会環境研究科

〒 920-1164 金沢市角間町 金沢大学文学部心理学講座

** 北九州市立大学 情報メディア工学科

〒 808-0135 北九州市若松区ひびきの 1 番 1 号

(受付：2006年2月14日；改訂稿受付：2006年5月15日；受理：2006年8月12日)

The Effect of Perspective Cue on Stereoscopic Depth Aftereffects

Shuichiro TAYA* and Masayuki SATO**

*Graduate School of Human and Socio-Environment Studies, Kanazawa University
Kakuma-machi, Kanazawa 920-1164

**Department of Information and Media Sciences, University of Kitakyushu
1-1 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu 808-0135

(Received 14 February 2006; Received in revised form 15 May 2006; Accepted 12 August 2006)

To examine the effect of perspective information on stereo-depth aftereffects, we compared the magnitudes of the aftereffects under two conditions: the cue-concordant condition, in which binocular disparity and perspective specified the slant of adaptation stimuli in concordance, and the cue-conflict condition, in which binocular disparity specified the slant of the stimuli, while perspective specified the fronto-parallel plane. We found that the subjects who relied predominantly on the disparity-specified depth in slant estimation showed larger aftereffects in the cue-conflict condition, suggesting that the recalibration of the relationship between disparity and perceived depth facilitated by the cue-conflict is responsible for the aftereffects. However, the subjects who relied predominantly on the perspective-specified depth in slant estimation showed larger aftereffects in the cue-concordant condition, suggesting that in these subjects the aftereffects were mainly mediated by neural fatigue. Our results suggest that the stereo-depth aftereffects were caused by multiple factors such as fatigue and recalibration and their relative contributions depend on the cue weighting.

1. はじめに

立体刺激を一定時間注視すると、注視後に呈示される刺激には注視前と異なる奥行きが知覚される。例えば奥行き方向に湾曲した凸面を数分間注視し続けると、その後に呈示される客観的な前額平行面は凹面に見える。このような、持続的な刺激注視に伴う見かけの奥行き変化を奥行き残効 (depth aftereffect) と呼ぶ^{1,2)}。

よく知られるモデルでは、奥行き残効は網膜

像差検出器の疲労に起因すると説明される³⁻⁵⁾。

このモデルは、網膜の処理を担うモジュールが交差性網膜像差検出器と非交差性網膜像差検出器のそれぞれで構成される2つのチャンネルを持つことを仮定する。通常、両チャンネルの出力は拮抗しており、網膜像差がゼロである刺激の奥行きは前額平行面として知覚される。しかし、例えば凸面のステレオグラムを持続的に注視すると、交差性網膜像差のチャンネルが疲労してその出力が減衰し、チャンネル間に出力の

不均衡が生じる。この結果、非交差性網膜像差の出力が交差性網膜像差の出力を上回り、客観的な前額平行面が凹面として知覚される（すなわち奥行き残効が観察される）のである。

奥行き残効は網膜像差に対する順応のみに起因するわけではなく、例えばテクスチャー勾配や運動視差などの単眼手がかりのみで定義された刺激の注視後にも生じることが知られている^{6,7)}。また近年の研究は、奥行き残効が手がかりそのものではなく個々の手がかりが統合された後の「見えの奥行き」に対する順応に起因することを示唆している⁸⁻¹¹⁾。このような単眼手がかりや見えの奥行きに対する残効も、網膜像差の疲労を仮定するモデルを拡張することで説明できる。すなわち、単眼手がかりや見えの奥行きの処理を担うモジュールが拮抗する複数のチャンネルで構成されること、および持続的な刺激に伴う疲労によってチャンネル間に出力バランスの不均衡が生じることを仮定すると説明が可能である。

しかしながら、複数の手がかりが異なる奥行きを示す刺激に生じる残効を調べた先行研究は、疲労の働きだけでは説明できない結果を報告している¹³⁻¹⁶⁾。例えば Epstein と Morgan-Paap (1974)¹⁵⁾の実験では、被験者は片眼に水平拡大レンズを装着し、遠近法によって 0° 、 30° 、 60° の傾きを示された平面を注視した。平面は客観的には前額平行であったが、レンズの装着による両眼網膜像の大きさの違いは、刺激が奥行き方向に 60° 傾いたときの網膜像差に相当した。したがって、3つの平面に与えられた網膜像差と遠近法の示す傾きにはそれぞれ 60° 、 30° 、 0° の相違があった。実験の結果、2つの奥行き手がかりの示す傾きの乖離が大きくなるほど、大きな残効が生じることが示された。この実験において、順応刺激には全て同じ大きさの網膜像差が与えられていたため、残効が網膜像差に対する順応に起因するならば、その大きさには刺激間で差が無いはずである。また、残効が遠近法に対する順応に起因するならば、その大きさは遠近法の示す傾きに伴って増加するはずで

あるが、実験結果は逆に遠近法が小さな傾きを示す刺激ほど大きな残効が生じたというものであった。さらに、遠近法の示す傾きが小さくなると見かけの傾きも小さくなるため、近年の研究⁸⁻¹¹⁾が示唆するように残効が見かけの奥行きに対する順応に由来すると仮定しても、この結果を説明することはできない。

上記の結果は、手がかり間に矛盾のある刺激を注視するときには、疲労以外のメカニズムが残効の生起に関与することを示唆する。先行研究は、このメカニズムに当たるものとして「再較正 (recalibration)」という概念を提唱している¹²⁻¹⁶⁾。再較正とは、複数の手がかりが示す奥行き間に矛盾のあるときに、矛盾を解消する方向に各手がかりの示す奥行きが較正し直されるという考え方を指す。この考え方に従うと、例えば網膜像差は 60° の傾きを示し遠近法は 0° の傾きを示す刺激をしばらく注視するとき、網膜像差が再較正されるならば、注視前に 60° の傾きを示していた大きさの網膜像差が 0° の傾きを示すようになり、あるいは遠近法が再較正されるならば、注視前に 0° の傾きを示していた遠近法が 60° の傾きを示すようになるはずである。もしくは、両方の手がかりがともに再較正されるならば、2つの手がかりの示す傾きはそれぞれが注視前に示していた傾きの中間点 (30°) に近づくことになると考えられる。

奥行き残効が疲労と再較正の働きによって生起すると仮定した場合、網膜像差と遠近法がともに α の傾きを示す刺激に順応する条件（手がかり一致条件）と、網膜像差は α の傾きを示すが遠近法の示す傾きはゼロである刺激に順応する条件（手がかり矛盾条件）との間に残効の大きさの差をもたらす要因は何であろうか？この点を明らかにするため、それぞれの条件で働く奥行き処理モジュールの、疲労と再較正にともなう傾き出力の変化を表1に整理する。表中の符号‘-’と‘+’は、それぞれモジュールの示す傾きが順応刺激の示す傾きと逆方向（負の方向）および同方向（正の方向）に変化することをあらわす。まず疲労の働きについて考えてみ

表1 手がかり一致条件と手がかり矛盾条件における奥行き残効の構成要素

モジュール	疲労			再較正	
	網膜像差	遠近法	見えの奥行き	網膜像差	遠近法
	傾き変化の符号				
手がかり一致条件	-	-	--		
手がかり矛盾条件	-		-	-	+

* “+”は順応刺激の示す傾きと同方向に，“-”は順応刺激の示す傾きと逆方向に，各モジュールの示す傾きが変化することをあらわす。

たい。疲労によるチャンネル間の出力不均衡は，それぞれのモジュールが示す傾きを順応刺激とは逆向きに（つまり負の方向に）変化させる。その変化の大きさを2条件間で比較すると，網膜像差モジュールでは条件間で差が無く，遠近法モジュールと見えの奥行きモジュールでは手がかり一致条件の方が手がかり矛盾条件よりも大きい。次に手がかり矛盾条件において網膜像差と遠近法がともに再較正されると仮定し，その働きについて考えてみる。傾き α を示していた網膜像差は遠近法の示す傾きゼロの方向に再較正されるため，網膜像差モジュールの示す傾きは負の方向に変化することになる。網膜像差の再較正に伴う負の傾き変化は疲労に伴う負の傾き変化に上乘せられるため，手がかり矛盾条件における残効を強めるように働く。一方，傾きゼロを示していた遠近法は網膜像差の示す傾き α の方向に再較正されるため，遠近法モジュールの示す傾きは正の方向に変化することになる。遠近法の再較正による正の傾き変化は疲労に伴う負の傾き変化を打ち消すため，手がかり矛盾条件における残効を弱めるように働く。まとめると，網膜像差の再較正だけが手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効をもたらす要因であり，その他（遠近法モジュールと見かけの奥行きモジュールの疲労，および遠近法の再較正）は手がかり一致条件において手がかり矛盾条件よりも大きな残効をもたらす要因である。以上を踏まえて先述の Epstein と Morgan-Paap (1974) の実験結果に立

ち戻ってみると，手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効が生じたという彼らの結果は，網膜像差が再較正されることによる傾き変化の大きさがその他の要因による傾き変化の大きさを上回ったと考えると説明できることがわかる。

ところで，刺激の奥行きが複数の手がかりによって定義されるとき，その見えの奥行き量は，各手がかりの示す奥行きが極端に異なる限り^{17,18)}，それぞれの手がかりの示す奥行きの重み付き平均に従うことが多くの実験結果から示唆されている¹⁹⁻²²⁾。また，各手がかりに対する重みの割り当てには個人差の有ることが知られる²³⁻²⁵⁾。すなわち，例えば網膜像差と遠近法で定義された奥行きの見積もりは，ある個人は網膜像差の示す奥行きに大きく依存するのに対し，別の個人は遠近法の示す奥行きに大きく依存する。

手がかり重み付けの個人差を考慮すると，手がかり一致条件と手がかり矛盾条件のいずれにおいてより大きな奥行き残効が生じるかは被験者によって異なることが予測される。網膜像差により大きな重みを割り当てる‘網膜像差型’の被験者では，遠近法よりも網膜像差の示す傾きの変化量が最終的な残効の見えを左右するが，遠近法により大きな重みを割り当てる‘遠近法型’の被験者では，網膜像差よりも遠近法の示す傾きの変化量が最終的な残効の見えを左右するだろう。また，網膜像差型の被験者では，遠近法の示す傾きは順応刺激の見かけの傾きにあ

まり影響しないために、見えの奥行きモジュールの疲労は手がかり一致・矛盾両条件における残効の大きさに顕著な差をもたらさないが、遠近法型の被験者では、遠近法の示す傾きがゼロである手がかり矛盾条件の順応刺激は手がかり一致条件の順応刺激よりも見かけの傾きが顕著に小さいため、見えの奥行きモジュールの疲労は手がかり一致条件において手がかり矛盾条件よりも大きな残効を生じるよう働くと考えられる。これらのことを表1と照らし合わせて考えてみると、網膜像差型の被験者では、網膜像差の示す傾きの再較正による変化量が遠近法の示す傾きの疲労と再較正による変化量よりも大きく、かつ見えの奥行きモジュールの出力する傾きの疲労による変化量は条件間で大きく異なるため、手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効が生じるが、遠近法型の被験者では、遠近法の示す傾きの疲労と再較正による変化量が網膜像差の示す傾きの再較正による変化量よりも大きく、かつ見えの奥行きモジュールの出力する傾きの疲労による変化量は手がかり矛盾条件よりも手がかり一致条件の方が大きいため、手がかり一致条件において手がかり矛盾条件よりも大きな残効が生じる、という可能性のあることがわかる。しかしながら、手がかりの重み付けが残効の大きさに及ぼす影響はこれまでの研究からは明らかではない。そこで本研究では、網膜像差と遠近法のそれぞれに対する重み付けの個人差が奥行き残効の大きさに及ぼす影響を検討した。

2. 実験

2.1 装置

刺激の描画には視覚刺激呈示装置 (Cambridge Research Systems, VSG 2/5) を用いた。刺激は 100 インチの背面投射型スクリーンに CRT プロジェクタ (Christie Digital Systems, Marquee8500/3D) を用いて呈示した。プロジェクタの空間解像度は 1024×768 ピクセルであり、垂直同期周波数は 120 Hz であった。被験者は、暗室中で液晶シャッター眼鏡 (Cambridge Re-

search Systems, FE-1) を通して刺激を観察した。眼鏡の左右のシャッターは、刺激 (ステレオペア) の右眼像と左眼像の描画と同期して 60 Hz で交互に開閉した。観察距離は 115 cm であった。

2.2 予備調査

本実験に参加する被験者を選定するため、37 名のボランティアと筆者 2 名について網膜像差と遠近法に対する重みを計測した。重みの測定には、Ernst, Banks & Bühlhoff (2000) と同様の方法を用いた²⁶⁾。

刺激は、両眼で融像すると垂直軸回りに傾いて見える平面のステレオグラムであった (図1)。刺激の傾きは網膜像差と遠近法で定義した。ステレオグラム面は 9×9 の白い正方形要素で構成され、網膜像差を付ける前の高さと同幅は共に視角で 19 度であった。

手がかりの統合が重み付き平均に従うと仮定すれば、このステレオグラム面の見かけの傾き (S) は以下の等式で表される¹⁹⁻²²⁾。

$$S = w_d S_d + w_p S_p \quad (1)$$

ここで S_d と S_p はそれぞれ網膜像差と遠近法の示す傾きを表し、 w_d と w_p はそれぞれの手がかりに割り当てられた重みを示す。また、 w_d と w_p の和は 1 になると仮定するため、以下のように表せる。

$$w_d + w_p = 1 \quad (2)$$

予備調査における被験者の課題は、前額面と平行に見えるようにステレオグラム面の傾きをボタン押しで調節することであった。実験開始当初の面の傾きはランダムに決定され、面の傾きは 1 回のボタン押しにつき 1° 変化した。ま

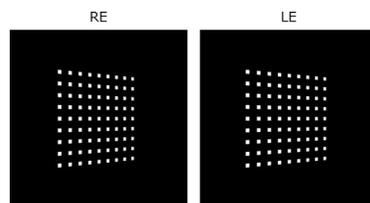


図1 網膜像差と遠近法に割り当てられた重みの計測に用いた刺激のステレオグラム。

た、網膜像差と遠近法の示す傾きは常に 30° 異なっていた。この関係は以下のように表せる。

$$S_p = S_d \pm 30^\circ \quad (3)$$

また、被験者が刺激面の傾きを前額面と一致させたとき、以下の等式が成り立つ。

$$S = w_d S_d + w_p S_p = 0 \quad (4)$$

w_d と w_p の値は等式 (2)、(3) および (4) を解くことで得ることが出来る。

被験者は $S_p = S_d + 30^\circ$ である刺激と $S_p = S_d - 30^\circ$ である刺激の傾きの調節をそれぞれ 4 回ずつ行い、この結果から個人別の w_d と w_p を算出した。

2.3 被験者

予備実験に参加した 39 名のうち 34 名は網膜像差よりも遠近法に大きな重みを割り当て (i.e. $w_p > 0.5$)、残りの 5 名は遠近法よりも網膜像差に大きな重みを割り当てていることが明らかになった (i.e. $w_p < 0.5$)。以降、本稿では前者を遠近法型の被験者、後者を網膜像差型の被験者と呼ぶ。

予備調査に参加した 39 名から選ばれた 8 名の被験者が本実験に参加した。遠近法型の被験者と網膜像差型の被験者の間で残効の大きさを比較するため、8 名のうち 4 名は遠近法型の被験者群から、別の 4 名は網膜像差型の被験者群から選択した。網膜像差型の被験者のうち 2 名は筆者であった。

2.4 刺激

順応刺激とテスト刺激は共に、両眼で融像すると垂直軸回りに傾いて見える平面のステレオグラムであった。順応刺激は 15×15 個の白い正方形要素で構成された四角形の平面であった (図 2a, b)。順応刺激の傾きは網膜像差と遠近法で定義した。網膜像差を付ける前の順応刺激の高さと幅は共に視角で 33 度であった。手がかり一致条件で呈示する順応刺激では、網膜像差と遠近法は共に $\pm 30^\circ$ (正の値は被験者から見て面の右側が奥に傾いていることを意味する) の傾きを示した (図 2a)。一方、手がかり矛盾条件で呈示する順応刺激では、網膜像差は $\pm 30^\circ$ の傾きを示したが、遠近法は前額平行面を

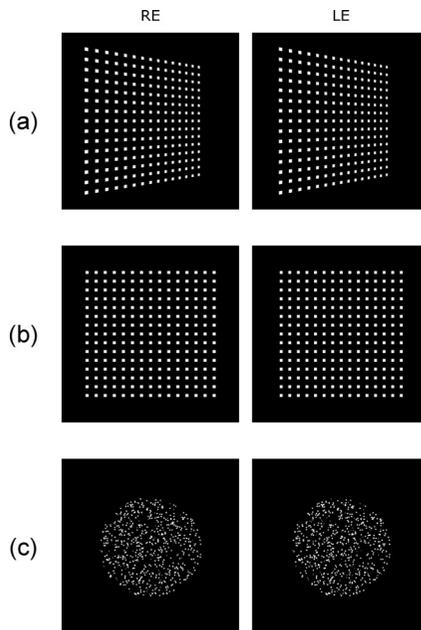


図2 本実験で用いた刺激のステレオグラム。

- (a) 手がかり一致条件の順応刺激。
- (b) 手がかり矛盾刺激の順応刺激。
- (c) テスト刺激。

示した (図 2b)。網膜像差以外の手がかりが傾きの見積りに影響するのを極力避けるため、小さな白いドットで描いた円形のステレオグラム面をテスト刺激とした。テスト刺激の網膜像差は面の傾きを示したが、遠近法は前額平行面を示した (図 2c)。網膜像差を付ける前のテスト刺激の直径は視角で 26 度であった。

2.5 手続き

実験は順応前ブロックとそれに続く順応ブロックで構成された (図 3)。両ブロック共に、被験者の課題はテスト刺激の傾きを前額面と平行に見えるようにボタン押しで調節することであった。網膜像差の示すテスト刺激の傾きは、呈示直後は -15° から $+15^\circ$ の範囲でランダムに決定し、被験者がボタンを 1 回押すたびに 1° ずつ変化した。この課題によって調節された面の傾きの、順応の前後の相違を残効の大きさの指標とした。

順応前ブロックの目的は、各被験者の傾き調節のベースライン (つまり順応前の主観的な前

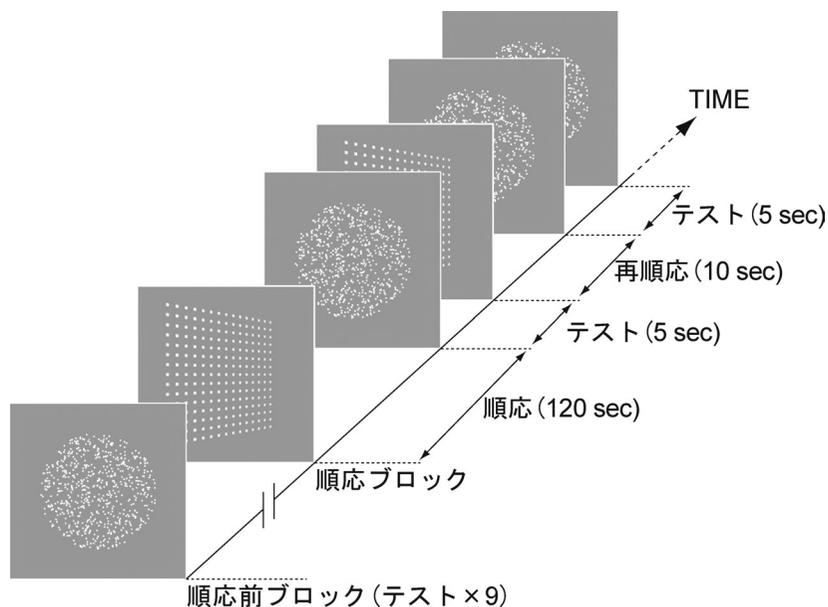


図3 実験手続き.

額平行面) を確定することであった。このブロックでは被験者はテスト刺激の傾き調節課題を9回繰り返した。

順応ブロックでは、まず順応刺激が120秒間呈示され、被験者にはこれを注視することが求められた。この間、残像を防ぐために、順応刺激は10秒毎に位置をずらして呈示し、被験者には特定の一点のみを注視し続けないように教示した。この120秒間の順応刺激の呈時後に、テスト刺激が5秒間、順応刺激が10秒間それぞれ交互に繰り返し呈示された。被験者はテスト刺激の呈示中には刺激の傾きを調節し、順応刺激の呈示中には刺激を注視した。2度目以降に呈示されるテスト刺激の傾きは、前回のテスト刺激と順応刺激の交代時の傾きから引き継がれた。テスト刺激と順応刺激の交代は、被験者がテスト刺激の傾きを前額面に一致させたと判断し、終了ボタンを押すまで繰り返された(このような刺激呈示方法は、テスト刺激の傾き調節中に残効が減衰するのを防ぐために広く用いられる^{5,8-11)}。

被験者は全ての条件についてそれぞれ6回ずつ、ランダムな順序で課題を行った。また、あ

る試行の順応の効果が次の試行の結果に影響することを避けるため、試行間には5分以上の休憩を設けた。この際、前の試行の順応の効果が十分に減衰していることは、次の試行の直前にテスト刺激の傾きを前額平行面に一致させる課題を行うことで確認した。被験者は実験終了までに全24試行の傾き調節を行った(順応条件2×順応刺激の傾き2×繰り返し6)。

3. 結 果

順応ブロックで調節されたテスト刺激の傾きから順応前ブロックで調節されたテスト刺激の傾きの平均値(ベースライン)を引いた値を奥行き残効の大きさとして算出した。それぞれの順応条件について算出された残効の平均値を、各被験者の w_p の関数として図4に示す。図中の黒丸(●)と白丸(○)は、それぞれ手がかり一致条件と手がかり矛盾条件で観察された残効の大きさを示す。また、図中の誤差棒は95%信頼区間を示し、したがって誤差棒がゼロのラインと交差していない点は残効の大きさが5%の棄却率で有意にゼロと異なることを意味する。手がかり一致条件で観察された残効の大きさ

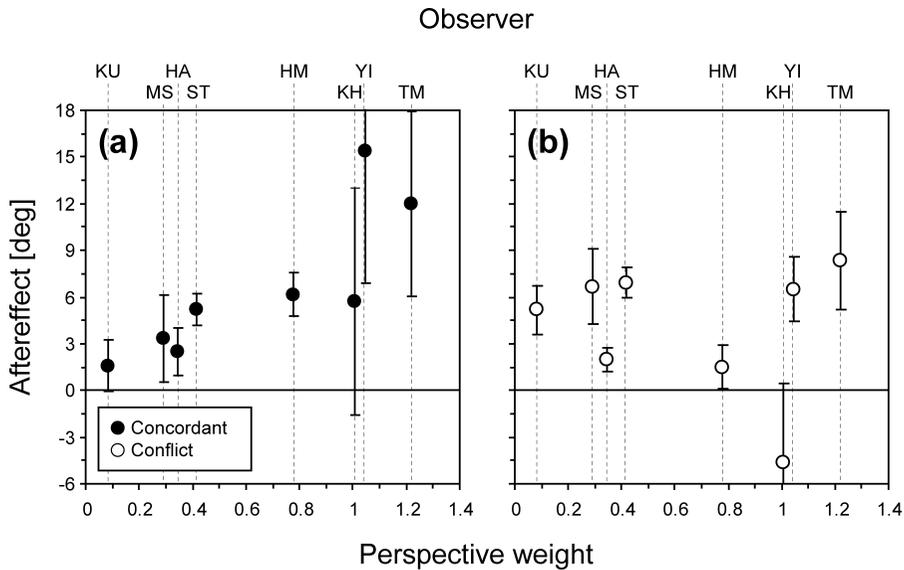


図4 実験結果。(a)は手がかり一致条件で観察された残効。(b)手がかり矛盾条件で観察された残効。横軸は各被験者が遠近法に割り当てた重みを示す(横軸上辺は被験者のイニシャル)。

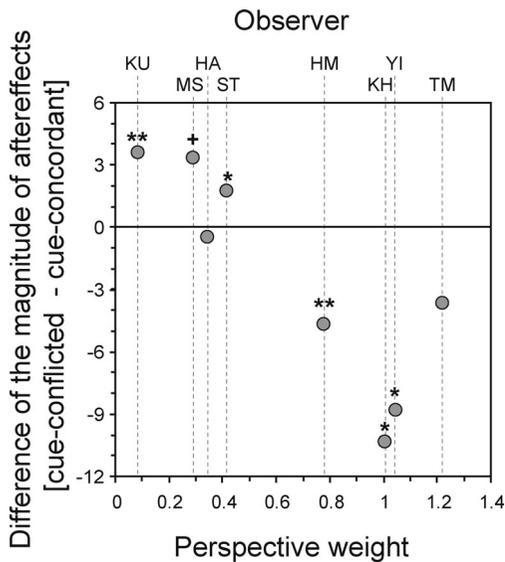


図5 手がかり一致条件と手がかり矛盾条件より得られた残効の大きさの差。正の値は手がかり矛盾条件で手がかり一致条件よりも大きな残効が得られたことを、負の値はその逆であったことを意味する。

(図4a)は、 w_p の値と正の相関を示した($r=0.84, p<.001$)。一方、手がかり矛盾条件で

観察された残効の大きさ(図4b)と w_p との間に相関関係は認められなかった($r=-0.13, p=.62$)。

順応条件間の残効の大きさの違いをより明確にするため、手がかり矛盾条件の結果からの手がかり一致条件の結果の差を算出した(図5)。図5における正の値は手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効が生じたことを、負の値はその逆であったこと意味する。また、順応条件間の残効の大きさについて被験者毎に両側検定の t 検定を行った。図5における各点に付記されたシンボルは検定の結果を示す(** $p<.01$, * $p<.05$, + $p<.1$)。

4. 考 察

本研究では、EpsteinとMorgan-Paap(1974)¹⁵と同様に、順応刺激の網膜像差と遠近法が等しい奥行きを示す条件と矛盾する奥行きを示す条件の間で、奥行き残効の大きさを比較した。さらに本研究では、網膜像差と遠近法に対する重み付けの個人差が残効の大きさに及ぼす影響についても検討した。この結果、全般的

に見て、網膜像差型の被験者は先行研究と同様に手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効を生じるが、遠近法型の被験者は先行研究とは異なり手がかり一致条件において手がかり矛盾条件よりも大きな残効を生じることが示された(図5)。

4.1 被験者間の結果の相違

第1節で述べたように、疲労と再校正の働きが加算的に奥行き残効の大きさを決定すると仮定した場合、網膜像差の示す傾きの順応による変化は手がかり矛盾条件において手がかり一致条件よりも大きな残効を生起させ、遠近法の示す傾きの順応による変化は手がかり一致条件において手がかり矛盾条件よりも大きな残効を生起させる。そのために、網膜像差型の被験者は手がかり矛盾条件において、遠近法型の被験者は手がかり一致条件においてより大きな残効を示したと考えられる。

また、遠近法型の被験者が手がかり一致条件において大きな残効を示した理由として、テスト刺激の傾きの見えに対する網膜像差以外の手がかりの寄与が小さかったことも挙げられる。手がかり一致条件に生じる残効には、遠近法モジュールの疲労に由来する見えの傾き変化が含まれるため、遠近法型の被験者はこの条件において大きな残効を生じる。テスト刺激の傾きは網膜像差を与えることでしか変わらないため、この刺激の見かけの傾きを相殺して前額平行面を知覚するために必要な網膜像差は、網膜像差に割り当てた重みの小さな(すなわち遠近法に割り当てた重みが大きな)被験者ほど大きいと考えられる。手がかり一致条件で観察された残効が、遠近法に割り当てられた重みの大きな被験者ほど大きく、また、ばらつきが大きかったのはおそらくこのためであろう(図4a)。

4.2 網膜像差による傾きの逆転

本研究に参加した8名の被験者のうち、3名は遠近法に割り当てた重みが1を超えていた(つまり、網膜像差に割り当てた重みが負であった)。このことは、この3名の被験者は、遠近法が前額平行面を示すときに網膜像差が示す傾

きとは反対の傾きを知覚することを意味する。このような逆転した奥行きの見積もりは直感的には奇妙であるが、過去の研究でもしばしば報告されており、以下のように説明されている^{23,25,27,28}。網膜像差が四角い面の垂直軸回りの傾きを示すとき、面の見かけの形状は、交差網膜像差を付けた側の辺が非交差網膜像差を付けた側の辺よりも短い台形となる。観察者がこの見かけの形状を遠近法手がかりとして用いると仮定すると、面の見かけの傾きが網膜像差の示す傾きとは逆向きになることが説明できる。ちなみに坂野・金子・松宮(2005)は、網膜像差による形状が遠近法として利用されたことを仮定して重み付けを補正すると、補正前は1以上に割り当てられていた遠近法の重みが1以下となることを報告している²⁵。

4.3 手がかり重み付けの個人差

本研究では先行研究と同様に奥行き手がかりの重み付けに個人差のあることが示された。この個人差を決定する要因のひとつとして、手がかり間に矛盾のある刺激に対する接触の頻度が考えられる。van Ee(2001)は、ランダムドットステレオグラム(以下RDS)で描いた傾斜面の見えの傾きが、単純に傾きの見積もりを繰り返すだけで、次第に網膜像差の幾何学から予測される理論値に近づくことを示した²⁹。このことは、RDSのように網膜像差は奥行きを示すがその他の手がかりは網膜像差と矛盾する刺激を繰り返して観察すると、網膜像差に割り当てる重みが増加するという可能性を示唆する。RDSに触れる機会の比較的多い筆者2名が遠近法よりも網膜像差に大きな重みを割り当てていたことはvan Eeの結果と一致する。

しかしながら、興味深いことに、本実験で網膜像差に対して最も大きな重みを割り当てていたのは、RDSに触れる機会のほとんど無い被験者(KU)であった。このことは、網膜像差に割り当てる重みが、単純にそのような手がかり間に矛盾のある刺激に対する接触頻度だけでは決定されないことを示唆する。

5. む す び

網膜像差と遠近法が等しい傾きを示す刺激を注視する条件と、網膜像差は傾きを示すが遠近法は前額平行面を示す刺激を注視する条件との間で奥行き残効の大きさを比較したところ、網膜像差を優先して傾きを見積もる被験者は後者の条件で、遠近法を優先して傾きを見積もる被験者は前者の条件でより大きな奥行き残効を生じることが示された。今回の実験では、手がかりの重み付けが奥行き残効の大きさに及ぼす影響を個人間で比較したが、手がかりの重み付けは、それぞれの手がかりに含まれるノイズ量や観察距離によって個人内でも変動することが報告されている^{20-22,25)}。それらの要因を操作した場合に、個人内でも残効の大きさに違いが生じるか否かを明らかにすることは、今後の課題のひとつである。

文 献

- 1) I. P. Howard and B. J. Rogers: Seeing in Depth: volume 2. Depth Perception. I. Porteous, Toronto, 2002.
- 2) 田谷修一郎: 奥行き残効研究の近年の動向. *Vision*, **17**, 185-190, 2005.
- 3) C. Blakemore and B. Julesz: Stereoscopic depth aftereffect produced without monocular cues. *Science*, **171**, 286-288, 1971.
- 4) N. Long and R. Over: Stereoscopic depth aftereffects with random-dot patterns. *Vision Research*, **13**, 1283-1287, 1973.
- 5) D. E. Mitchell and A. G. Baker: Stereoscopic aftereffects: Evidence for disparity-specific neurons in the human visual system. *Vision Research*, **13**, 2273-2288, 1973.
- 6) R. Bergman and J. J. Gibson: The negative after-effect of the perception of a surface slanted in the third dimension. *American Journal of Psychology*, **72**, 364-374, 1959.
- 7) M. F. Bradshaw and B. J. Rogers: The interaction of binocular disparity and motion parallax in the computation of depth. *Vision Research*, **36**, 3457-3468, 1996.
- 8) F. Domini, W. Adams and M. S. Banks: 3D after-effects are due to shape and not disparity adaptation. *Vision Research*, **41**, 2733-2739, 2001.
- 9) P. A. Duke and L. M. Wilcox: Adaptation to vertical disparity induced-depth: Implications for disparity processing. *Vision Research*, **43**, 135-147, 2003.
- 10) E. M. Berends, B. Lui and C. M. Schor: Stereo-slant adaptation is high level and does not involve disparity coding. *Journal of Vision*, **5**, 71-80, 2005.
- 11) S. Taya, M. Sato and S. Nakamizo: Stereoscopic depth aftereffects without retinal position correspondence between adaptation and test stimuli. *Vision Research*, **45**, 1857-1866, 2005.
- 12) H. Wallach, M. E. Moore and L. Davidson: Modification of stereoscopic depth-perception. *American Journal of Psychology*, **76**, 191-204, 1963.
- 13) W. Epstein and C. L. Morgan: Adaptation to uniocular image magnification: Modification of the disparity-depth relationship. *American Journal of Psychology*, **83**, 322-329, 1970.
- 14) W. Epstein: Retention of adaptation to uniocular image magnification: Effect of interpolated activity. *Journal of Experimental Psychology*, **92**, 319-324, 1972.
- 15) W. Epstein and C. L. Morgan-Paap: The effect of level of depth processing and degree of informational discrepancy on adaptation to uniocular image magnification. *Journal of Experimental Psychology*, **102**, 585-594, 1974.
- 16) W. J. Adams, M. S. Banks and R. van Ee: Adaptation to three-dimensional distortions in human vision. *Nature Neuroscience*, **4**, 1063-1064, 2001.
- 17) R. van Ee, L. C. J. van Dam and C. J. Erkelens: Bi-stability in perceived slant when binocular disparity and monocular perspective specify

- different slants. *Journal of Vision*, **2**, 597–607, 2002.
- 18) R. van Ee, W. J. Adams and P. Mamassian: Bayesian modeling of cue interaction: Bistability in stereoscopic slant perception. *Journal of Optical Society of America A*, **20**, 1398–1406, 2003.
- 19) M. S. Landy, L. T. Maloney, E. B. Johnston and M. Young: Measurement and modeling of depth cue combination: In defense of weak fusion. *Vision Research*, **35**, 389–412, 1995.
- 20) E. B. Johnston, B. G. Cumming and A. J. Parker: Integration of depth modules: stereopsis and texture. *Vision Research*, **33**, 813–826, 1993.
- 21) B. G. Cumming, E. B. Johnston and A. J. Parker: Effect of different texture cues on curved surfaces. *Vision Research*, **33**, 827–838, 1993.
- 22) E. B. Johnston, B. G. Cumming and M. S. Landy: Integration of stereopsis and motion shape cues. *Vision Research*, **34**, 2259–2275, 1994.
- 23) R. S. Allison and I. P. Howard: Temporal dependencies in resolving monocular and binocular cue conflict in slant perception. *Vision Research*, **40**, 1869–1885, 2000.
- 24) M. Sato and I. P. Howard: Effects of disparity-perspective cue conflict on depth contrast. *Vision Research*, **41**, 415–426, 2001.
- 25) 坂野雄一, 金子寛彦, 松宮一道: 両眼視差と遠近法情報の統合過程における視距離と過去の経験の影響. *光学*, **33**, 110–121, 2004.
- 26) M. C. Ernst, M. S. Banks and H. H. Bühlhoff: Touch can change visual slant perception. *Nature Neuroscience*, **3**, 69–73, 2000.
- 27) B. Gillam: Changes in the direction of induced aniseikonic slant as a function of distance. *Vision Research*, **7**, 777–783.
- 28) B. Gillam: Stereoscopic slant reversals: A new kind of ‘induced’ effect. *Perception*, **22**, 1025–1036, 1993.
- 29) R. van Ee: Perceptual learning without feedback and the stability of stereoscopic slant estimation. *Perception*, **30**, 95–114, 2001.