

両眼立体視における見えの奥行きと調節の関係 Gabor刺激を用いて

田中恵津子*・木村頼子**・下川美穂**・小田浩一**・奥山文雄***

* 杏林大学病院 眼科
〒181 東京都三鷹市新川 6-20-2

** 東京女子大学 現代文化学部 コミュニケーション学科
〒181 東京都三鷹市牟礼 4-3-1

*** 鈴鹿医療科学技術大学 医用情報工学科
〒510-02 三重県鈴鹿市岸岡町 1001-1

1. はじめに

両眼立体視が成立するとき、眼の焦点の位置と奥行き知覚の心理量（見えの位置）はどのような関係があるのか。ここでは、Gabor 刺激に視差（位相差）をつけて提示し両眼立体視を得たときの眼の焦点位置の変化を観察する。提示刺激の視差・空間周波数条件を変えて反応を比較する。

2. 方法

装置：屈折の測定には、NIDEK 社製の赤外線オプトメータ（奥山²⁾）を使用した。この装置はハーフミラーによって測定部分が被験者の視線上にこない用にデザインされているため、任意の提示刺激を任意の距離に提示することと、被験者が小さい穴を覗くときに生じる機械近視の影響を測定値から排除することができた。57 Hz で測定されたアナログデータは、テー・エス・ケー社製 12 bit ADコンバータを介してEpson 社製 PC-486GR にデジタルデータとして記録した。

刺激は、Apple 社製 PowerMacintosh 7600/120 で制御し、Sony 社製 Multi Scan 17se に提示した。刺激以外の高空間周波数を排除するために、モニタの枠を暗色にし、全面を薄い準透明

のシートで覆った。刺激の作成には、microHIPS（小田³⁾）を用い、提示の制御には、OracleMediaObject を用いた。

刺激：中心周波数 0.89, 1.78, 3.57, 7.14, 14.28 cycles/degree, バンド幅が 1 オクターブの Gabor patch を直径 19.9度の平均輝度の円形の背景の中心に置いた。背景円の輪郭には Low-Pass filter をかけ、刺激以上の高周波を取り除いた。Gabor patch の平均輝度は、（後述する赤緑フィルタおよびモニタ全面を覆った準透明のシートを通過した段階で）9.06 cd/m²、ピークコントラストは、84.1%であった。

両眼視差を付けるために、この Gabor patch

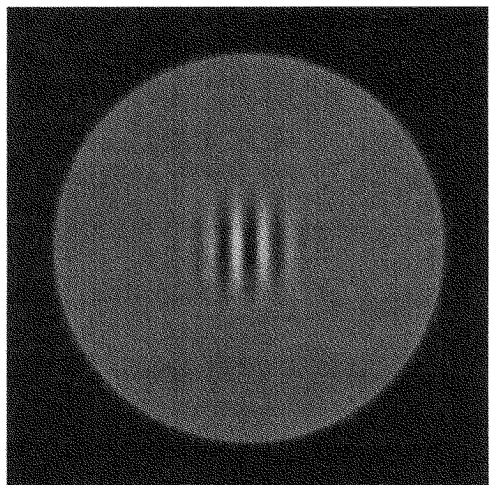


図1 刺激のサンプル

に対して、11.25, 22.5, 45, 90度の位相差（視差換算で14 sec～1008 sec）のあるペアを作り、一方を green phosphor だけで、他方を red phosphor だけで、刺激画面の同位置（同位置のガウシアンエンベロープ内）に提示した（図1）。視差の方向はすべて虚像が飛び出して見える方向であった。刺激の空間周波数と視差条件は表1のとおりであった。

被験者：20代前半の女性2名（被験者A, B）と男性1名（被験者C）が参加した。被験者Cの近視はコンタクトで矯正した。3人とも立体視課題の実験に参加するのは初めてのナイーブな被験者であった。

手続き：被験者は赤緑フィルタ（富士カラー光学フィルター SP7（緑）、SP8（赤））が左右別々にセットされた眼鏡をかけ、バイトバーで視線を固定しながらモニターの中央を注視した。注視中に提示刺激が手前側に飛び出して見えている間はマウスのボタンを利き手でない方の手で押し続け、同時に虚像の位置を利き手に握った指示棒（長さ約30cmの黒く細い鉄棒の先端に直径1cmの白円がついたもの）を使って示すように指示された。眼の屈折値は、赤外線オプトメタで1分間計測し、奥行き知覚の成立を知らせるボタンの出力と共にデジタルデータとして記録した。虚像の位置は、被験者が示すごとに実験者がモニターからの距離を測って記録した。各刺激条件とも計測の繰り返し数は2回で、計測の順番はランダムであった。疲労の要因を取り除くために、試行間に最低2分間の休憩を入れた。記録された屈折値の中でまばたきの影響を受けている部分を前後600ms取り

除き、5次の多項式で補間した（Collins³⁾）。

3. 結果と考察

3.1 立体視成立時・非成立時の焦点位置の違い

一分間の計測中に、刺激が立体的に見える場合は8割くらいで、刺激条件による差はなかった。図2に立体視が成立した時と非成立時の眼の焦点位置の平均値と標準偏差を示した。両者の傾向は被験者間で大きく異なり、明らかに虚像側に焦点が移動する被験者A、両者に組織的な違いのない被験者C、その中間の傾向を示す被験者Bと、三者三様の傾向を示した。

3.2 虚像が見えた位置

被験者全員に共通して、視差から予想される位置よりも近方に虚像を知覚した（奥行きの大視、図3右）。3人中2人の被験者（A, B）は、視差の増大に伴って虚像もより手前側に知覚した。また、同じ視差では、低空間周波数の刺激の方がより手前に知覚される傾向（A, B）があった。

3.3 虚像が見えた位置と眼の焦点位置

すべての測定条件で得られた虚像の位置とそよときの眼の焦点位置を散布図にして図4に示した。3人の被験者中1名（A）のみ両者に高い相関がみられた。視差・空間周波数条件別に比較（図3）しても、被験者Aは、前述の虚像の位置と同様、視差の増大・空間周波数の低下に伴って、より近方に焦点を合わせる傾向がみられた。焦点距離に立体視の影響が若干見られた被験者Bでは、虚像が見える位置は被験者Aと同じ傾向を持つにも関わらず、眼の焦点はこれと無相関であった。

表1 刺激条件

		位相差11.25deg.	位相差22.5deg.	位相差45deg.	位相差90deg.
刺激1 (0.89cpd)	視差(sec)	126.12	252.24	504.49	1008.98
	計算上の虚像の位置(cm)	0.215	0.427	0.847	1.663
	計算上の虚像の位置(Dpt)	2.184	2.194	2.215	2.255
刺激2 (1.78cpd)	視差(sec.)	63.06	126.12	252.24	504.49
	計算上の虚像の位置(cm)	0.108	0.215	0.427	0.847
	計算上の虚像の位置(Dpt)	2.179	2.184	2.194	2.215
刺激3 (3.57cpd)	視差(sec.)	31.53	63.06	126.12	252.24
	計算上の虚像の位置(cm)	0.054	0.108	0.215	0.427
	計算上の虚像の位置(Dpt)	2.176	2.179	2.184	2.194
刺激4 (7.14cpd)	視差(sec.)	15.77	31.53	63.06	126.12
	計算上の虚像の位置(cm)	0.027	0.054	0.108	0.215
	計算上の虚像の位置(Dpt)	2.175	2.176	2.179	2.184

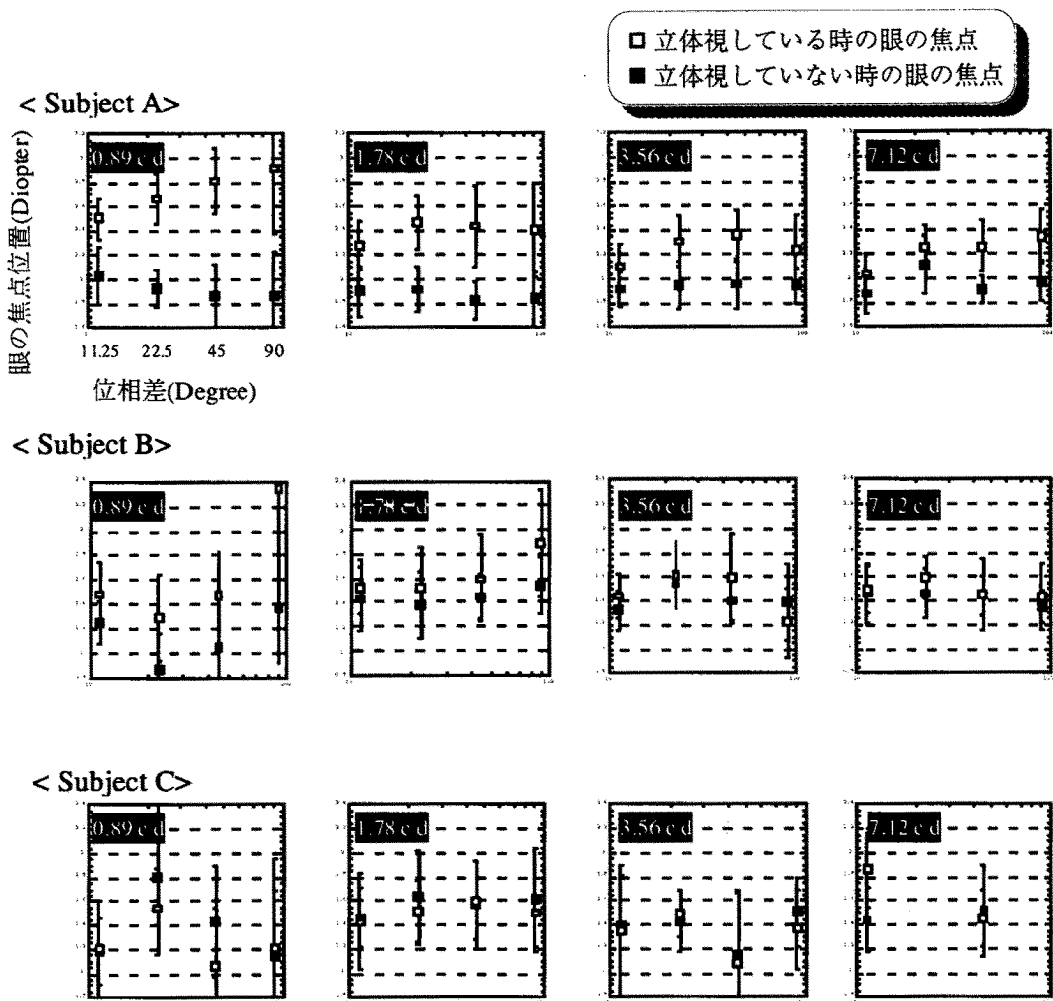


図2 刺激が立体的に見えているときと見えていないときの眼の焦点位置の違い

眼の調節反応が立体視の成立の cue となるという考え方が報告されているが、本実験結果をみる限り、両者が無相関である被験者が3人中2人であり、少なくとも調節反応は両眼立体視の必要条件ではないことが示唆された。

3.4 位相をずらした Gabor 刺激による立体視

本実験では、両眼視差を、位置ではなく grating の位相に生じさせたが、この方法による両眼立体視の成立は非常に難しい課題であった。募った被験者 10 人の内実際に「縞が飛び出して見えた」のは本報告の被験者である 3 人のみであった。1 分間の持続した計測中も立体視の成立・非成立を数回繰り返すことが多かった。両眼立体視の初期メカニズムでは、同じ receptive field 内の位相の違いを検出していると

いう Freeman and Ohzawa⁴⁾らの研究からすると、この課題の困難は驚きであり、位置の違いの検出機構の重みが大きいか、あるいは、刺激になんらかの抑制現象を引き起こす部分があったか、今後の検討を要する。

4. まとめ

Gabor patch の位相差を用いた両眼立体視について、奥行き知覚に関連した眼の焦点の変化を計測した。傾向は個体差が大きく、立体視の成立と同期し、かつその奥行き量に合わせて焦点が変化する被験者もいれば、立体視が成立していないときと焦点位置が全く変わらないものもいた。このことは、調節反応が、両眼立体視の成立の条件というよりは、立体視成立の後起こ

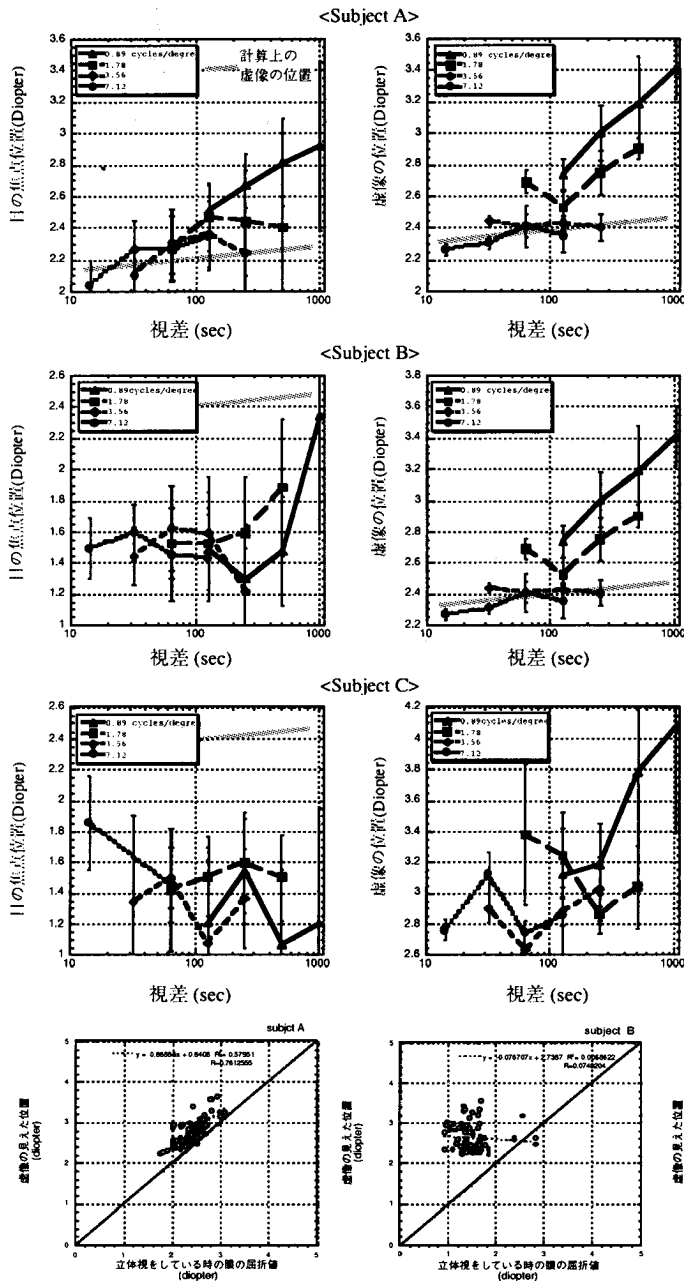


図3 Gabor刺激が立体視されているときの眼の焦点位置と虚像の位置。視差・空間周波数条件による違い。

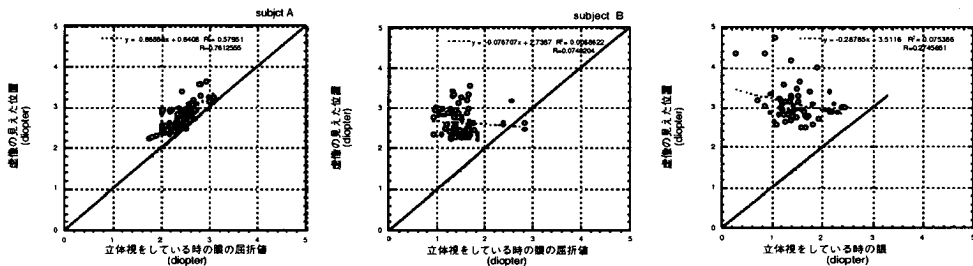


図4 全刺激条件の眼の焦点位置と虚像位置

る視覚反応であることを示唆している。また、低空間周波数の刺激ほど奥行き量を過大評価する傾向がみられた。

文献

- 1) 奥山文雄, 西山文子, 吉野幸夫, 所 敬: 試作赤外線オプトメータの特性. 日本眼光学学会誌, 4, 20-24, 1983.
- 2) 小田浩一: 人間の視覚情報処理研究のためのマイクロコンピュータの画像処理ツール. 第53回日本心理学会発表論文集, 563, 1989.
- 3) M. Collins, B. Davis and D. Wood: Microfluctuation of steady accommodation and the cardiopulmonary system. *Vision Research*, 35, 2419-2502, 1995.
- 4) R. D. Freeman and I. Ohzawa: On the neurophysiological organization of binocular vision. *Vision Research*, 30, 1661-1676, 1990.