

## 単眼視手がかりによる奥行き知覚時の近見反応

湯口 賢\*・渡邊 高志\*・鶴飼 一彦\*・氏家 弘裕\*\*

\* 早稲田大学 理工学部 応用物理学科

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

\*\* 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門

〒305-8566 つくば市東 1-1-1

### Convergence and Accommodation Elicited by Monocular Depth Cues

Tadashi YUGUCHI\*, Takashi WATANABE\*, Kazuhiko UKAI\* and Hiroyasu UJIKE\*\*

\* Department of Applied Physics, School of Science and Engineering, Waseda University

\*\* Institute for Human Science and Biomedical Engineering, National  
Institute of Advanced Industrial Science and Technology

#### 1. はじめに

人間は視覚情報のさまざまな手がかりをもとに奥行きを知覚する。その代表的なものに、両眼網膜像差や運動視差、テクスチャー、遮蔽、相対的大きさなどがある。そして、それぞれの手がかりが奥行きを知覚させる程度や手がかりどうしの相互関係を調べる研究は数多くなされている。

本研究では、「大きさ」「ぼけ」「影」三要因の単眼視手がかりを周期的に変化させ、手前に飛び出してくるように知覚する錯視映像（動画）を刺激とし、そのときの近見反応を測定した。近見時の生体反応には、近見三要素と呼ばれる調節・輻輳・縮瞳がある。実際に奥行が変化しない、したがって、調節・輻輳が反応しないはずの状況での調節・輻輳反応についてはいくつかの報告がある。古くは、ネッカーキューブ注視時の奥行反転に伴う調節変化の有無<sup>1)</sup>やプルフリッヒ現象時の輻輳反応<sup>2)</sup>などに関する研究がある。また、Takedaら<sup>3)</sup>は、奥行きを知覚する絵画を両眼で注視した場合、調節反応は明

確に観察されたが、輻輳反応は有意でなかったとしている。

#### 2. 方 法

##### 2.1 被験者

18歳から23歳の大学生4名を被験者とした。いずれの被験者も、実験距離での視力および両眼視機能に異常はない。

##### 2.2 装置

ノートPC (PowerBook G4, Apple Computer)の画面に刺激を提示し、画面より50cmの距離に被験眼が置かれた。実験は半暗室で行った。

刺激の一例を図1に示す。刺激のサイズは

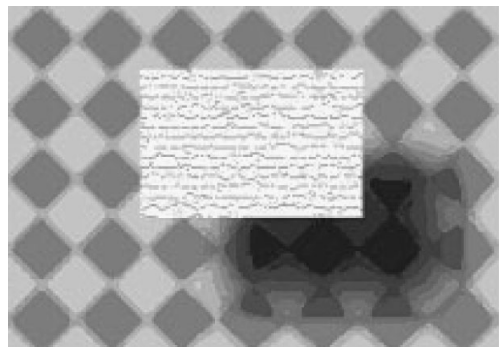


図1 刺激の一例 (実際は動画)。

256×256 ピクセル (7×7 度), 刺激の背景部分の平均輝度は約 80 cd/m<sup>2</sup>, 刺激の周囲は黒紙で覆った. 刺激は 1.43 秒間のムービーで, 繰り返し再生された. 異なった奥行手がかりを持つ 4 種類の刺激 (後述) を用いた. ここで用いた刺激による奥行知覚量の主観評価はすでに氏家ら<sup>4)</sup>により報告されている.

刺激は背景が白と黄の格子模様であり, その前面に長方形が重なっている. 以下に示す, それぞれの効果が 1.43 秒の周期で変化 (増減) している.

#### (1) ぼけ刺激

背景の格子模様にはぼけを与え, 前面の長方形は変化しない.

#### (2) 大きさ刺激

背景の格子模様には変化を与えず, 手前の長方形の大きさを変化させ, 背景との重なり部分を大きくする.

#### (3) 影刺激

背景の格子模様, 手前の長方形とも変化はしないが, 黒の影を格子模様上につけて, それを動かす.

#### (4) すべて刺激

(1) ~ (3) のすべての効果を同時につけた刺激.

#### (5) 単眼視条件

(4) の刺激を単眼視した. 測定は両眼同時である. これを実現するために, 一眼の前に赤外光透過・可視光カットのフィルターを置いた.

近見反応測定は Ukai and Kato の方法<sup>5)</sup> に従いビデオレフラクトメータ (トブコン) を利用した. ただし, ビデオレフラクトメータの画像を解析するソフトウェアは今回新たに画像解析ソフトウェア (LabVIEW Vision, National Instruments) を利用して作成した. アルゴリズムに大きな変更はない. 作成した画像解析システムにおいてもリアルタイムでの解析は困難であったため, 画像はいったんビデオテープに記録した.

### 2.3 手順

被験者には, 刺激の中心を注視するように指

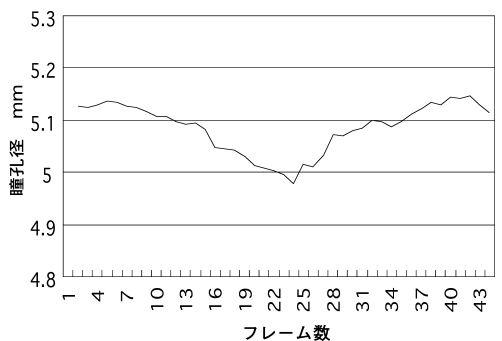
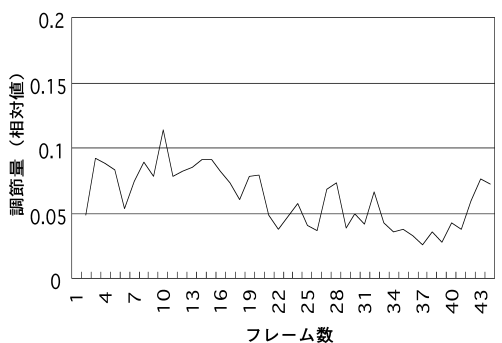
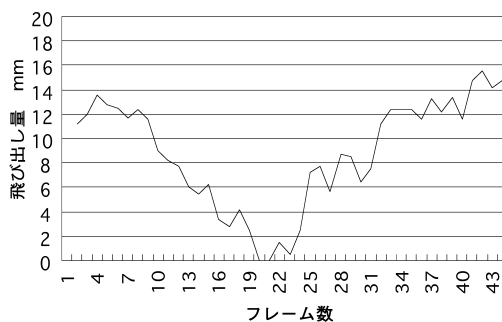


図2 近見三要素測定例. すべて刺激観察時. 上から, 輻輳, 調節, 瞳孔. 横軸はフレーム数 (1/60s).

示した. 観察時間は1分で, そのうち20秒を計測に用いた. 刺激のインターバルは約30秒とした. 各刺激について2回の測定を行った.

解析結果は, 変化量が微小のため, 映像周期にあわせて, 同期加算平均 (20秒の計測で14回) を行った.

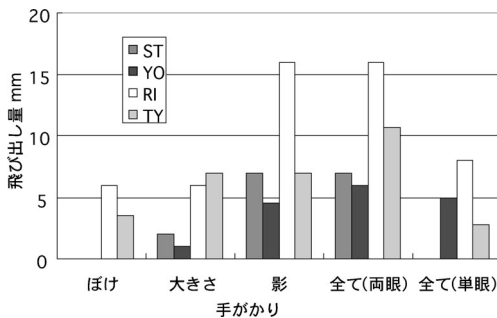


図3 輻轉より求めた飛び出し量。

### 3. 結果

結果の一例を図2に示す。輻轉反応は多くの被験者において各刺激条件に対し同様な波形を示していることにより反応があると判断した。ぼけ刺激・大きさ刺激に対しては、輻轉は若干の変化を見せたが、調節・瞳孔径の2つでは明確な周期的変化を観察することはできなかった。影刺激・すべて刺激に関しては、輻轉・調節・瞳孔径のすべてが周期的な反応を見せている。

各被験者の各条件における輻轉の振幅から求めた「画面より何mm手前に輻轉しているか」という飛び出し量を図3に示す。影刺激とすべて刺激では4名の被験者ともほぼ同じ飛び出し量であり、ぼけ・大きさ刺激と比べて大きい。単眼視条件では、両眼視の場合の同一の刺激(すべて刺激)と比較してすべての被験者において輻轉反応量は低下した。

### 4. 考察

Takedaら<sup>3)</sup>は絵画的な奥行手がかりを持つ静止像を見ているときの近見反応を調べて、調節は有意に認められるが輻轉は有意でなかったと報告している。今回は、むしろ、輻轉の方が容易に測定できた。これらは単純に測定精度の問題と考えられよう。

輻轉の反応量を検討すると、ぼけ刺激や大きさ刺激では反応は非常に小さく、影刺激で大きな反応が得られた。またすべてを刺激した場合も影刺激のみのときと大きな差は認められな

かった。このことから、今回の条件では輻轉反応は影刺激によって引き起こされたと考えられる。氏家ら<sup>4)</sup>は同じ刺激(ただし、サイズや視距離は異なる)を用いて、奥行知覚量の自覚測定を行った。ただし、ぼけのみの刺激はなく、単独では影と大きさが使用された。その結果、組み合わせた刺激で奥行知覚が大きくなり、単独では多くの被験者で影よりも大きさの変化の方が大きな知覚を引き起こした。この結果は今回の生理的反応の結果とは異なる。刺激の提示条件が異なるため単純に比較はできないが、興味深い。

影刺激・すべて刺激を両眼注視時に輻轉反応が起こっていることを確認できた。ここで、2次元刺激を両眼で注視しているにもかかわらず、輻轉が反応していることで、実際には網膜像差に矛盾が生じてくる。この網膜像差の矛盾によって、両眼注視時では、輻轉を減少させるようなフィードバックがかかっているのではないかと仮説を立ててみた。つまり、単眼注視であれば輻轉変化はオープンループとなり両眼注視時よりも大きくなるはずである。

結果は、両眼での輻轉変化と比較して、単眼ではその量はむしろ減少した(図3)。したがって、この仮説は誤っている。単純な絵画的な手がかりでさえも、両眼で見ているときの方が単眼で見ているときよりも強く奥行を感じる、などの別の仮説を検討する必要がある。

### 5. むすび

絵画的奥行手がかりによって、調節あるいは輻轉が誘発されることは十分考えられる。その際、どちらか一方のみが誘発されるかどうかという点についてはあまり意味がない。輻轉性調節・調節性輻轉が存在する以上、どちらか一方が誘発されれば、その反応に伴ってもう一方も誘発される。むしろ、誘発される反応は小さいので測定精度や刺激の強さの影響が大きい。その意味では、今回は繰り返し刺激に対して反応の加算平均を行ったため、輻轉反応が見いだされたと考えられる。その点よりも、両眼注視時

には物理的な輻輳刺激不変によって誘発される輻輳量は単眼視時に比較して小さくなっているはずだと考えたことが実験的に否定されたことの方が重要に思える。この点については、今後さらに検討していく必要があると考える。奥行変化知覚量の自覚評価との比較も課題として残されている。

#### 文 献

- 1) S. R. Ellis, J. H. Wong and L. Stark: Absence of accommodation during perceptual reversal of Necker cubes. *Vision Research*, **19**, 953–955, 1979.
- 2) B. J. Rogers, M. J. Steinbach and H. Ono: Eye movements and the Pulfrich phenomenon. *Vision Research*, **14**, 181–185, 1974.
- 3) T. Takeda, K. Hashimoto, N. Hiruma and Y. Fukui: Characteristics of accommodation toward apparent depth. *Vision Research*, **39**, 2087–2097, 1999.
- 4) 氏家弘裕, 岡嶋克典, 斎田真也: 奥行き運動知覚における絵画的奥行き情報の加算的相互作用. *映像情報メディア学会誌*, **55**, 1491–1498, 2001.
- 5) K. Ukai and Y. Kato: The use of video refraction to measure the dynamic properties of the near triad in observers of a 3-D display. *Ophthalmic and Physiological Optics*, **22**, 385–388, 2002.