

垂直大きさ視差の分布と面の傾き

福永克己

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒630-01 奈良県生駒市高山町8916-5

金子寛彦

ATR人間情報通信研究所

〒619-02 京都府相楽郡精華町光台2-2

1. はじめに

横方向の視差（水平視差）が奥行き知覚に影響があることはよく知られているが、縦方向の視差（垂直視差）も奥行き知覚に影響がある。垂直大きさ視差（一方の目に呈示される像が、もう一方の目の像に対して鉛直方向に拡大または縮小されている視差パターン）のみを持つステレオ画像を観察した場合には、実際の対象物との幾何学的な関係がとれないにも関わらず、鉛直軸回りの面の傾きが知覚される¹⁾。

水平視差と垂直大きさ視差は異なる処理過程を持つことが示唆されている²⁾。例えば、水平視差は3 cpdの視差変化に対応して奥行きが知覚される³⁾のに対して、垂直大きさ視差は広範囲にその視差が分布してはじめて奥行き知覚に影響を与える。後者の処理過程の性質についてはいくつかの報告があるものの、まだ明確であるとは言えない。

そこで本研究では、垂直大きさ視差の分布と面の傾きの関係を定量的に調べ、垂直大きさ視差の空間特性、特にその統合範囲を探ることを目的とした。

2. 実験方法

手順 被験者は、刺激以外の物が見えないよ

うに黒い布で覆われた指示棒の角度を、手で調節して局所的な面の法線方向を応答した。応答時間は無制限とした。

刺激 刺激は100 deg × 64 degのランダムドットからなるステレオグラム（密度34%）を用いた。視距離は1 mであった。スクリーン上での左右像の水平方向のずれの量は常に0で、鉛直方向のずれの量 $V_d(x, y)$ は以下の式にしたがって決定した。

$$V_d(x, y) = M_d \sin(2\pi F_x x + P_x) \sin(2\pi F_y y + P_y)$$

ここで、 M_d ：最大視差量、 F_x 、 F_y ：空間周波数、 P_x 、 P_y ：位相とした。

装置 左右眼に呈示される刺激はパソコンで作られ、2台のHDTVプロジェクションモニターでリヤスクリーンに投影された。被験者は偏光メガネを用いてそれを観察した。面の傾きの応答には角度応答器（図1）を用いた。



図1 角度応答器

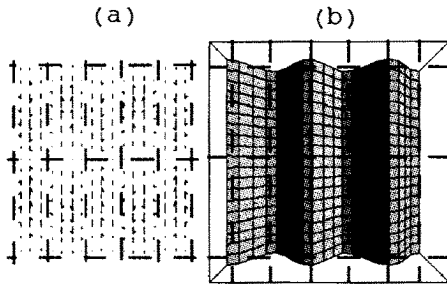


図2 視差の分布 (a) と知覚される面 (b). 矢印の始点は左目像の位置, 終点は右目像の位置, 点線はその線上では視差がないことを表す.

被験者 全ての実験において, 共通の3名の被験者を用いた.

3. 実験1 水平方向の周波数特性

垂直大きさ視差が水平軸に沿って変化する刺激に対し, その中央を通る水平線上の点において, 知覚される面の傾き量を調べた.

方法 図2aのような視差の分布を持つ刺激を呈示し, その中央を中心として水平方向の視差変化の一周期にあたる13点に対して, 局所的な面の法線方向を測定した. 13点の測定順はランダムであった. これを4回繰り返した.

刺激条件 $Md=6, 20, 60, 120$ (arc min), $Fx=0.0126, 0.0253, 0.0379, 0.0506$ (cpd), $Fy=0.0126$ (cpd), $Px=90, -90$ (deg), $Py=0$ (deg) の組合せ, 計32種類.

結果 図2bに知覚される面の形状の概略図, 図3に $Md=20, Px=90$ の時の結果を示す. ここで, 縦軸の正の値は指示棒を鉛直軸に対して右に傾けたことを表す. グラフから水平方向の周波数の変化に対応して, 知覚される面の形状が変化することがわかる. また, どの測定点においても, その点自身では視差が

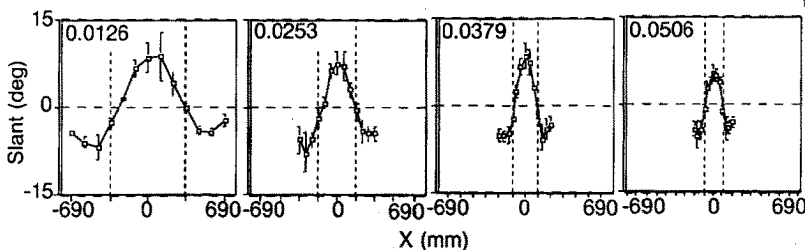


図3 水平線上での面の傾き量. 各グラフは水平方向の周波数を, 誤差線は標準誤差, 点線はその線上では視差がないことを表す.

ないにもかかわらず, 面の傾きが知覚され, その量はその点の周囲の垂直大きさ視差量に対応している. これらの傾向は最大視差量, 位相が異なる条件の時も同様であった.

4. 実験2 鉛直方向の周波数特性

垂直大きさ視差が鉛直軸に沿って変化する刺激に対し, その中央を通る鉛直線上の点において, 知覚される面の傾き量を調べた.

方法 図4aのような視差の分布を持つ刺激を呈示し, その中央を中心として鉛直方向の視差変化の一周期にあたる13点に対して, 面の方向を測定した. これを4回繰り返した.

刺激条件 $Md=6, 20, 60$ (arc min), $Fx=0$ (cpd), $Fy=0.0063, 0.0124, 0.025, 0.0499, 0.0749$ (cpd), $Px=90, -90$ (deg), $Py=0$ (deg) の組合せ, 計30種類.

結果 図4bに知覚される面の形状の概略図, 図5に $Md=20, Px=90$ の時の結果を示す. グラフから鉛直方向の周波数の変化に対応して, 知覚される面の形状が変化することがわかる. また, 面の傾き量と垂直視差量とは位相が90度ずれることがわかる. この結果も実験1と同様に, 面の傾き量がその点の周囲の

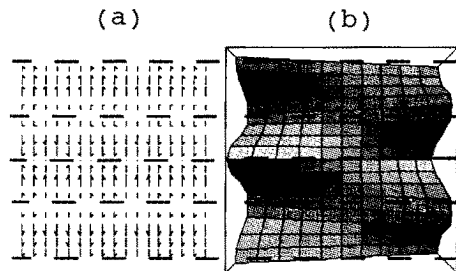


図4 視差の分布 (a) と知覚される面 (b). 矢印の始点は左目像の位置, 終点は右目像の位置, 点線はその線上では視差がないことを表す.

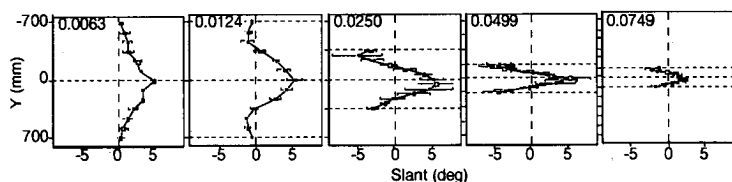


図5 鉛直線上での面の傾き量。各グラフは鉛直方向の周波数を、誤差線は標準誤差、点線はその線上では視差がないことを表す。

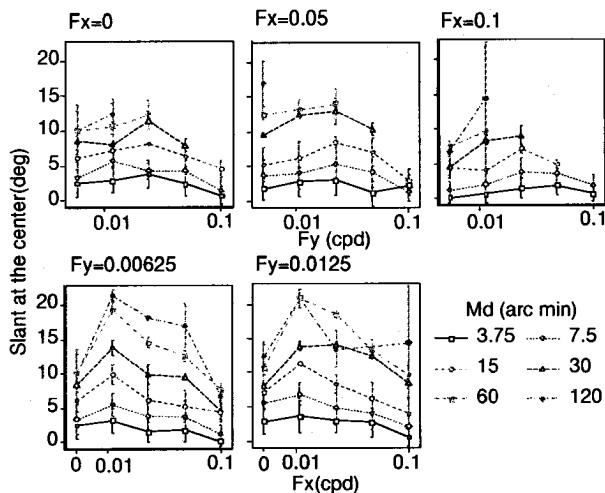


図6 刺激の中央での面の傾き量。上段は水平方向の周波数変化。下段は鉛直方向の周波数変化を表す。各シンボルは最大視差量を、誤差線は標準誤差を表す。

垂直大きさ視差量に対応していることを示している。これらの傾向は最大視差量、位相が異なる条件の時も同様であった。

5. 実験3 最大視差量、周波数特性

垂直大きさ視差の分布の最大視差量、水平、鉛直方向の周波数を様々に変化させた時の、面の傾き量を調べた。

方法 今回は、常に刺激の中央で面の方向を測定した。それぞれの刺激に対し、8回の測

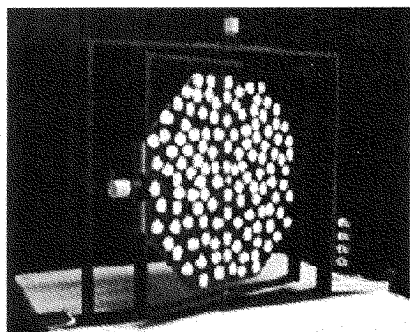


図7 予備実験で用いた装置

定を行った。

刺激条件 Md=3.75, 7.5, 15, 30, 60, 120 (arc min), Fx=0, 0.05, 0.1 (cpd) の時, Fy=0.0625, 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1 (cpd), Fy=0.00625, 0.0125 (cpd) の時, Fx=0, 0.0125, 0.025, 0.05, 0.1 (cpd), Px=90, -90 (deg), Py=0 (deg) の組合せ, 計228種類。

結果 Px=90 の時の結果を図6に示す。このグラフから、知覚される面の傾き量は、垂直大きさ視差の分布の周波数が低い時は増大、高い時は減少することがわかった。また、最大視差量が小さい範囲では、その増大につれ、知覚される面の傾き量はほぼ線形に増大する。しかし、さらに視差量が大きくなると、面の傾き量の増加率は下がり始め、ついには融像が困難となり面が知覚できなくなった。これらの傾向は Px=-90 の時も同様であった。

6. 考察

以上の3つの実験から、1) 測定点では視差がなくても、面の傾きが知覚される、2) その周りの視差が大きくなり過ぎると融像できなくなり、面の傾きが知覚できなくなる、ことがわかった。これらのことから、垂直大きさ視差の処理範囲は、水平視差と異なり、広い範囲であることが確認された。また、空間周波数の変化に対応して知覚される面の形状が変化したことから、その範囲は視野全体でなく、測定点を中心とするある広がりを持つ領域であることがわかった。これは、主に回旋眼球運動を補正するために使われる垂直剪断視差が、視野全体で処理される⁴⁾のとは異

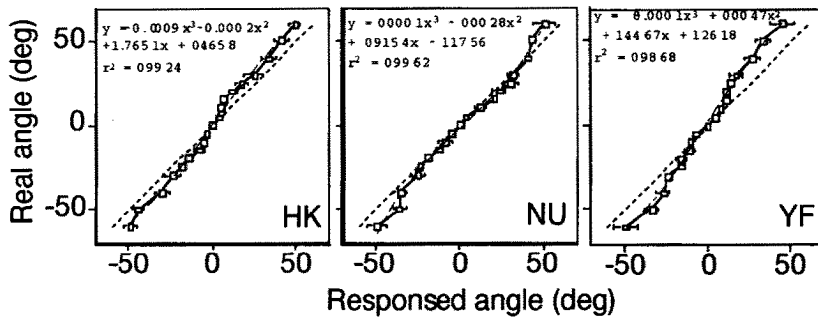


図8 予備実験の結果。点線は傾き1の直線を、誤差線は標準偏差を表す。

なる。実際の面が持つ垂直大ききさ視差は、顔の正面より左側では左目像が、右側では右目像が鉛直方向に大きく、それらの境界線上では両目像が一致するような視差の分布を持ち、一様ではない。また、局所的な垂直大ききさ視差は眼球の不均一などによっても生じるため、それらを垂直剪断視差より局所的に処理するメカニズムが必要なのではないか。

今回の実験で用いたような垂直大ききさ視差の分布を生み出す対象は、実際には存在しないにもかかわらず、面の傾きに影響を及ぼす。例えば、顔の正面に垂直大ききさ視差が呈示されても、面の傾きが知覚される。また、位相を 180 deg 変えても、すなわち左目像と右目像の刺激を入れ替えても、面の傾きに同様の傾向が見える。これは、人間が垂直大ききさ視差をその空間位置にかかわらず、ある広がりを持つ領域で処理するためのメカニズムを持っていることを示唆している。そして、それを解き明かすことが視差処理過程の解明に役立つと思われる。

垂直大ききさ視差は以下のような処理を経て、奥行き知覚に影響していると考えられる。

- 1) ある領域に分布する垂直視差が統合され、その中心点の垂直大ききさ視差量が求められる。
- 2) その点の面の傾き量が決定される。
- 3) これらの処理が視野全体で行われて面の形状が定まり、相対的な奥行きが決定される。

最後に今後の課題として、以下の3点をあげる。まず、ランダムドット密度の垂直大ききさ視差による面の傾きへの影響を調べること。次に、垂直大ききさ視差の統合範囲の明確にすること。最後に水平視差と垂直大ききさ視

差の統合過程の性質を調べることである。

文 献

- 1) K. N. Ogle: Induced size effect. I: A new phenomenon in binocular vision associated with the relative sizes of the images in the two eyes. *AMA Archives of Ophthalmology*, 20, 604-623, 1938.
- 2) H. Kaneko and I. P. Howard: Relative size disparities and the perception of surface slant. *Vision Research*, 36, 1919-1930, 1996.
- 3) C. W. Tyler: Depth perception in disparity gratings. *Nature*, 251, 140-142, 1974.
- 4) I. P. Howard and H. Kaneko: Relative shear disparities and the perception of surface inclination. *Vision Research*, 34, 2505-2517, 1994.

付録 予備実験：触覚による角度応答法の精度

目的 角度応答法では、視覚情報を触覚情報に変換して応答するため、その変換に伴って生じる誤差を考慮しなければならない。そこで、角度応答器により得られた角度と、実際の面の傾きの相関関数を求め、触覚から得られる角度と視覚的に知覚される角度の対応をつける。

方法 図7に示す直径 18.7 deg の板を鉛直軸の回りに傾け、その時知覚される傾きを角度応答器により応答した。呈示された角度は、-60 deg から 60 deg では 10 deg 刻み、-30 deg から 30 deg では 5 deg 刻みの計 19 種類であった。それらをランダムに呈示し、それぞれ 8 回繰り返した。

結果 図8から明らかなように、角度応答法によって得られた角度は、実際の角度より小さくなる傾向が見られた。図中の関数は今回の実験で応答された角度の範囲内のデータを3次関数で近似したものである。この関数を用いて本実験のデータを補正した。