寝て見たパターンの見え方；かげによる立体知覚の場合

専門会員 行 田 尚 義 (鹿児島大学)

A Pattern Observed by a Person Lying on a Bed: Solid Perception by Shading

Fellow Member Naoyoshi NAMEDA

(Department of Information and Computer Science,
Faculty of Engineering, Kagoshima University)

ABSTRACT

Recently, aged persons who are laid up with illness have increased in our country. They have to observe TV while lying on a bed.

This report concerns image recognition by a people lying on a bed. It describes in details how an impression of solidity induced by shading can be given to observers in a horizontal posture, and those in a vertical posture. The pattern used in this experiment was a pattern whose induced solid shape was reversed when the pattern was rotated by 180 degrees. This phenomenon is already well known. It is said that human beings are imprinted psychologically with a bias to assume that illumination is from above. When people observe a bright and dark pattern whose illuminating direction is unknown, they recognize a convex or concave shape, analyzing the pattern as lighted from above. Human beings also detect the vertical by mean of a mechanism in the ear sensitive to gravity. These two cues were investigated in this experiment which measured the depth induced from the pattern by observation in vertical and horizontal postures. In the discussion, it is confirmed that the perceived solid shape is almost the same as the shape calculated by applying the illuminating engineering technique to the center line of the pattern in a vertical direction. From this experiment, it is suggested that a person lying on a bed observes a picture (for example a TV picture) vividly, when the picture is inclined slightly.

KEYWORDS : Solid Perception, Shading, Shadow, Pattern Recognition

1. 緒言

わが国は高齢化社会になり寝たきり老人が増えている。その場合人はテレビなどの映像を横になった姿勢で見ることになる。また病気で療養している場合も寝ながら映像を見る。このような姿勢で映像を見た時に鉛直の姿勢で見た時と映像の見え方、特に立体の見え方にどのような違いがあるかを調べた。本論文では鉛直方向とは地球の中心に向かう方向とし、垂直方向とは知覚された鉛直方向や人為的に決められた鉛直方向を示すことにする。また、この場合の映像とは両眼視差の無いテレビ画像やCRT 画像とする。更に、本研究では立体感を知覚するのに運動視差のような運動の要因がなく、明暗情報による陰の要因と形の要因のような静止画像の要因だけが存在するとした。研究で使った画像は光源の位置が明瞭でない明暗画像で上下を逆にすると凹凸が逆になる画像である。光の方向が不明な明暗パターンを180度回転させた画像では同じ画像でありながら立体感が逆転する。この現象は心理学では古くから知られており、人間は「光は上から来る」とインプリントされて立体形状を推測するため、立体感が逆転すると言われている¹⁾²⁾。人間は耳の内部に存在する耳石によって重力の方

向から鉛直方向を知るとともに、頭の方に影響される視覚情報からも垂直の方向を知り、2つの方向を合計して垂直の方向を知覚すると考えられる。

これら2つの要因から来る垂直方向が、立体感覚に対してどのように作用しているのかを調べるために被験者は鉛直に座った時と横に寝た時の2つの姿勢で、明暗画像を画像平面上で回転して立体感の変化する様子を測定した。更に、光が上から当たっていると仮定した時の立体形状について、パターンの鉛直方向の輝度変化から照明工学的に算出された凹凸形状を求め、知覚された凹凸形状と比較した。その結果、知覚された垂直方向の明暗変化から誘起される立体感を知覚しているらしいことが推測された。

2. 実験方法

図1左の図の状態を0度として、15度ずつ回転させた24種類のパターンをランダムに被験者に呈示した。使用したコンピュータはマッキントッシュ IIx で画像は20インチ CRT ディスプレイ上で輝度2~55cd/m²で提示した。測定に際し垂直の目印となるものが被験者の視野に入らないようにするためにディスプレイの周り(モニターのフレームを含む)に黒い幕を張り、部屋を暗くし

図1 180°回転した同一のパターン膨らみがへこみになる

て実験を行った(黒い幕の表面での照度は、約0.3~1.0lx)。なお、呈示パターンの大きさは、視角にして約9度(モニター上で16cm)とした。アプリケーションソフトは、Adobe Photoshop 2.5Jである。

測定項目は知覚された上方向の測定と膨らみ(凹み量)の測定の2項目である。

(1) 知覚された上方向の測定

パターンを提示しないで横に寝た姿勢で被験者はレーザーポインタを使って、上方向をパターンの円周上に示した。ポインタが指している部分に、モニター上のカーソルを合わせて、カーソルの座標を読み、座標値から角度を算出した。

(2) 知覚された膨らみ量(凹み量)の測定

パターンが膨らみ・凹みのどちらに見えるか被験者に答えてもらった。膨らみはパターンに存在する卵状の形が周囲にある帯状の部分の基準にして被験者側に飛び出した厚みであり、凹みは逆に画面の奥に入り込んだ奥行きである。その量を被験者に持たせたクランプ器具で膨らみ量と同じ感覚になったネジの突起長から膨らみ量、ネジ頭とあて金の間隙から凹み量を測定した。被験者は22歳の視覚特性の正常な男子4名である。

3. 測定結果

3.1 知覚された上方向の測定

図2はパターン提示の無い状態で横になった姿勢で上方向を測定した結果を示している。

3.2 膨らみ(凹み)量の測定

各被験者には同一の測定を各4回行った。

図3は被験者4人全員を平均した膨らみ(へこみ)量を示している。数値のプラスは膨らみ、マイナスは凹みをあらわしている。各側定点到描かれた縦線の長さは2SDを示している。

図2 寝た状態における「上」と感じた方向

図3 パターンの回転角度によるふくらみ度の変化

4. 考察

4.1 知覚された上方向

姿勢を鉛直と寝た方向と2方向に変えた場合の膨らみ量の変化から求めた角度差は平均で約15度であり、これは2つの姿勢による上方向の角度のずれとほぼ合致している。これは横に寝た時に知覚された垂直の方向が鉛直方向より頭の方にひきずられていることを示している。この効果を確かめるために寝る方向を逆にして実験したが効果は同じであった。

4.2 膨らみ(へこみ)量

パターンを回転して行くと、膨らみ量がなくなる角度が求められた。その角度は左に回転した場合は75度、右に回転した場合は105度であった。左右が対称でないのは光の入射角が真上から左へ若干ずれているためと考えられる。

4.3 明暗変化と膨らみ(凹み)量

4.3.1 照明理論

光の入射ベクトルをL、推定したい面の法線ベクトルをI反射率を η の均等拡散面であるとする輝度Bは、

$$B \propto \eta (L \cdot I) \quad (1)$$

となる。(1)式よりわかるように、光の入射ベクトルと面の法線ベクトルの内積に比例して輝度変化は生じる。

入射光に対し、直角になっている点(図4の地点B)が一番明るく、水平になっている点では一番暗く、その間は余弦法則に従う。

B点の入射光ベクトルと面の法線ベクトルのなす角を θ_1 、地点Aでの入射光ベクトルと法線ベクトルの成す角を θ とすると、

$$\cos \theta / \cos \theta_1 = B_2 / B_1 \quad (2)$$

となる。輝度の最大の点は光が面に直角に当たっていると仮定すると、図4において光源の方向と法線の方向が同じになり、 $\theta_1 = 0$ になるので

$$\cos \theta = B_2 / B_1 \quad (3)$$

とおくことが出来る。そして(3)式より測定点(A点)の傾きを計算することが出来る。ただし、実際の3次元的な形状を算出する

図4 投射角を変化して推定した上下方向の断面形状

ためには光の投射方向を3回変えて測定し、連立方程式を解かなくてはならない³⁾。本研究の目的は膨らみの推定なので、垂直方向についての断面形状が推定出来れば良いので、光が画像の真上に近い角度から来ているものと仮定して鉛直線に沿った輝度変化を測定し、それから傾斜の傾きを算出した。

画像の傾斜の角度 ϕ (度) を算出するには光の投射角を ν (度)、輝度の比を(3)式で用いたものを使い、

$\phi = 90 - \nu - \arccos(B2/B1)$ (度) .....(4)
として表される。鉛直方向に x , x に直角な厚みの方向を y とすれば、傾き

$\Delta y / \Delta x = \tan \phi$ .....(5)
として表される。(4)式及び(5)式をもとに画像の輝度変化から、各点の傾きを求めて、これを累積することにより形状を推定した。

4.3.2 輝度の測定と形状の推定

鉛直方向に沿って測定部分が縦に細長いスリット状に2mmおきに測定し、上記の計算により形状を求めた。

光の投射方向は不明であるが、光は画面に直面している観察者の上方から物体に当たっていると考えて、光の投射角を変化させて凹凸形状を計算した。その中で、長さ方向に膨らみとへこみが平均している形状を選びその投射角の光線を以後の計算に使用した

図5 パターンを5°おきに回転して、それぞれの角度における中央部分の明暗変化から推定した断面の膨らみ量の变化

(図4)。

膨らみの知覚実験に使用したのと同様に15度ずつ回転したパターンについて輝度を測定し、輝度変化から形状を算出し膨らみや凹みの度合いを求めて(図5)知覚実験による膨らみのグラフ(図3)と比較した。これにより画像を回転させていくと徐々に膨らみが凹みに変わっていく様子がわかる。また、算出された形状は図3上の図に示された被験者による心理物理学の実験結果とも良く合致している。

5. 結論

- (1)横に寝た時知覚される上の方向は重力の方向より約15度頭の方
向にひきずられることが分かった。
- (2)凸から凹へ変化する角度は、知覚実験と輝度から求めた結果
とほぼ一致する。これは、人は膨らみを判断するのに鉛直方
向の輝度変化から推定していると考えられる。
- (3)鉛直に座った時と寝て見たパターンの知覚された厚みが同じ
値のあたりで知覚された厚みのバラツキが少なくなった。そ
の原因は不明であるが、今後検討して行きたい。
- (4)寝て見るパターンは物理的な鉛直方向より頭の方(水平方
向)に若干傾けた方が自然に見えるのではないかと考える。
この結論は今後の実験で確かめたい。

6. 参考文献

- (1) James J. Gibson: Visual World, Greenwood Press,
(1974), pp.47
- (2) Richard L. Gregory: Eye and Brain, Princeton Univer-
sity Press. (1990) pp.192
- (3) 大頭・行田; 視覚と画像, (1994), pp.35

(受付日1997年6月24日/採録日1997年8月7日)

なめだ なおよし
行田 尚義 (専門会員)

鹿児島大学工学部情報工学科教授

昭和11年2月11日生。昭和33年群馬大学工
学部電気工学科卒業。同年東京芝浦電気(株)管
球事業部入社。昭和61年早稲田大学大学院理
工学研究科修了。昭和63年工学博士(早稲田大学)。昭和61年より
平成2年まで武蔵野美術大学非常勤講師。昭和61年より現在まで
早稲田大学理工総研客員研究員。平成2年より現職。日本光学会、
日本眼光学学会、日本視覚学会の会員。