

寝て見たパターンの見え方

—— かげによる立体知覚の場合 ——

行 田 尚 義*・前 島 徹**

A Pattern by a Person Who Lay Himself on Bed

—— Solid Perception by Shading ——

Naoyoshi NAMEDA and Toru MAEJIMA

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.

1. 緒 言

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事になる。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と決める。また、この場合の映像とはテレビ画像やCRT画像のように単眼視で見る画像である。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だけの要因が存在する場合について実験した。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さ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垂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来る垂直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、垂直方向と知覚された明暗変化から誘起される立体感で膨らみを知覚しているらし

平成9年5月31日受理

*情報工学科

**博士前期課程情報工学専攻

いことが推測された。

これらの実験結果から寝た姿勢では映像を少し傾けた方が立体感が良くなるのではないかとの示唆が得られた。

2. 実験方法

図・1左の状態を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呈示して測定した。使用したコンピュータはマッキントッシュ IIcx 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)に黒い幕を張った。被験者が寝た状態での測定は、黒い幕の効果を考え部屋が暗い時に行った。(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(へこみ量)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(へこみ量)の測定

パターンが膨らみ・へこみのどちらに見えるか被験者に答えてもらい、その度合いを図・2の器具を用いて膨らみ量(へこみ量)を示してもらった。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・3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(へこみ)量の測定

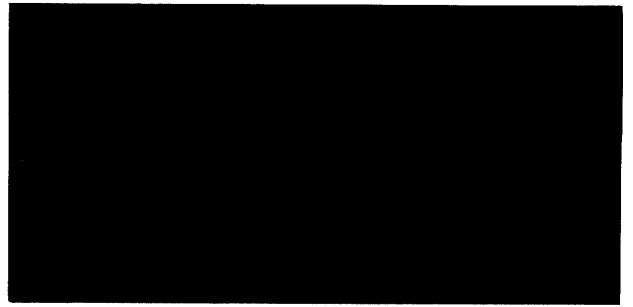
各被験者には同一の測定を各4回行った。各人の平均値を図・4~図・7に示す。

更に、図・8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。

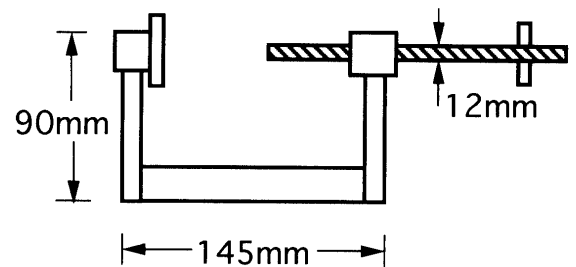
4. 考察

4.1 知覚された上方向

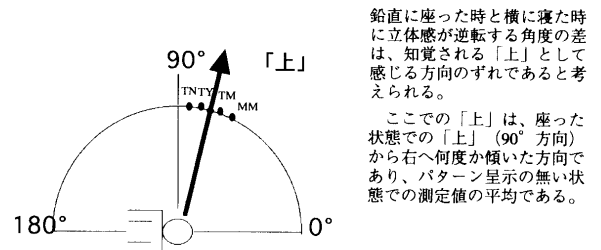
姿勢を鉛直と寝た方向と2方向に変えた場合の膨らみ量の変化から求めた角度差は平均で約15度であり、これは2つの姿勢による上方向の角度のずれとほぼ合致し



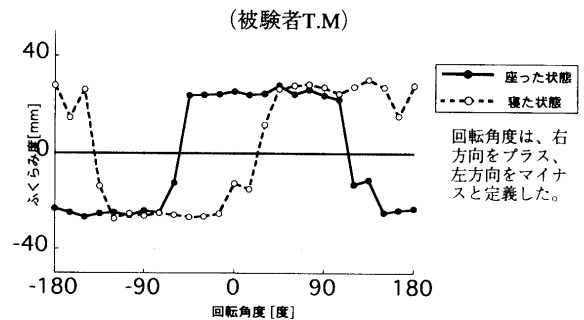
図・1 180°回転した同一のパターン
膨らみがへこみになる



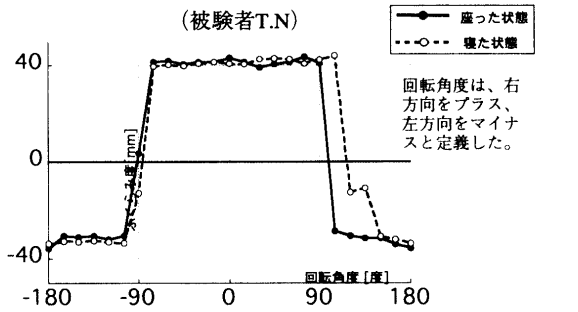
図・2 膨らみまたはへこみを測定する時に比較に使った器具
膨らみ量はパターンの膨らみがネジの突起部の長さ
へこみはネジの先端とあて板の空隙で測定した。



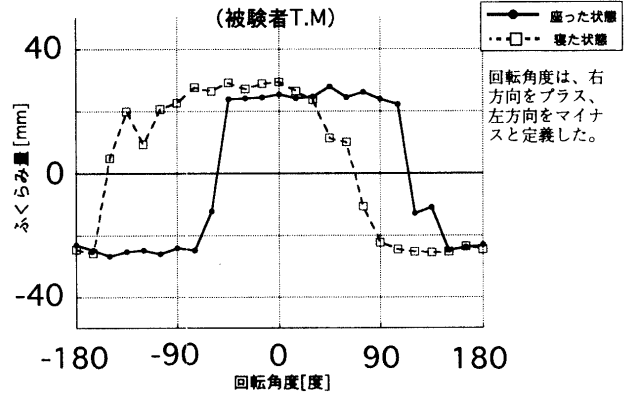
図・3 寝た状態における「上」と感じた方向



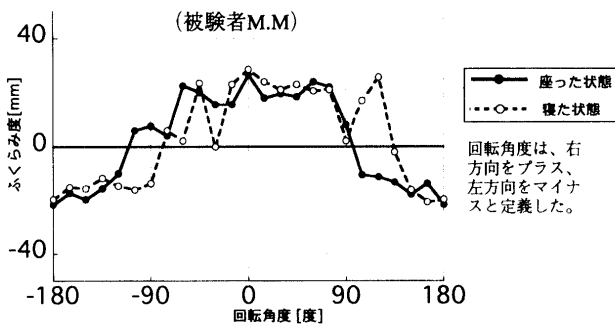
図・4 パターンの回転角度によるふくらみ量の変化



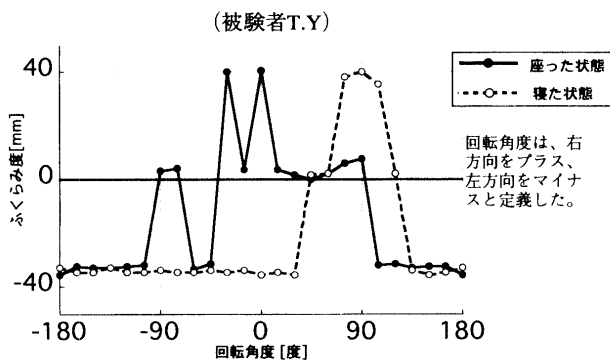
図・5 パターンの回転角度によるふくらみ量の変化



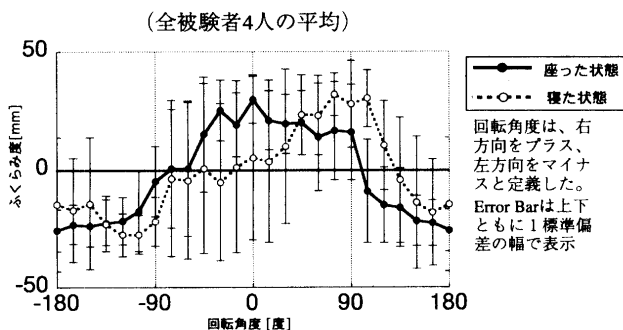
図・9 左側に向いて寝た場合の膨らみ量の変化



図・6 パターンの回転角度によるふくらみ量の変化



図・7 パターンの回転角度によるふくらみ量の変化



図・8 パターンの回転角度によるふくらみ量の変化

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。この効果を確認するために横に寝る方向を逆にして追加実験した結果が図・9である。

この結果も頭の方にずれていることを示している。

4・2 膨らみ（へこみ）量

パターンを回転して行くと、膨らみ量が無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（へこみ）量

4・3・1 照明理論

光の入射ベクトルをL，照度をE，推定したい面の法線ベクトルをI，反射率を η の完全拡散面であるとするとき輝度Bは、

$$B \propto \eta (LI) \dots (1)$$

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・10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。

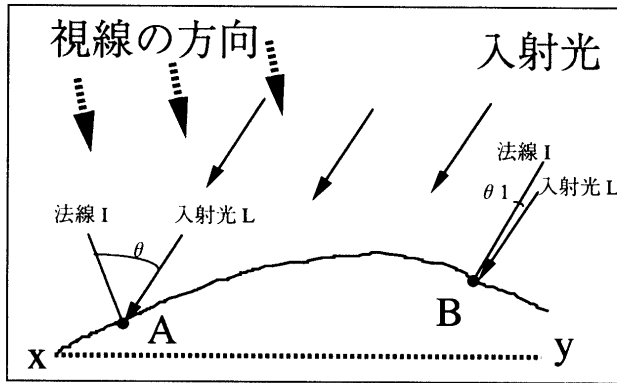
B点の入射光ベクトルと面の法線ベクトルのなす角を θ_1 ，地点Aでの入射光ベクトルと法線ベクトルの成す角を θ とすると、

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

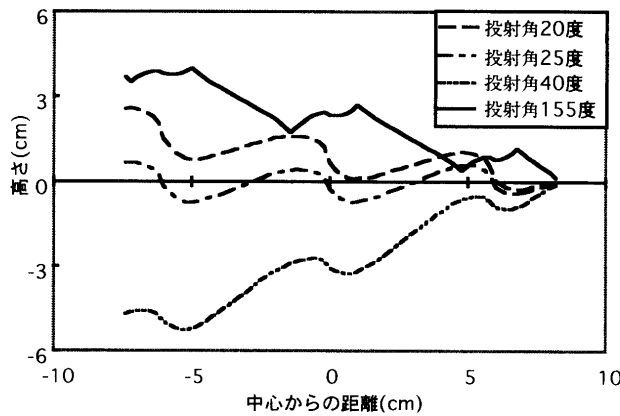
とおけるが図・10において、 $\theta_1 = 0$ なので

$$\cos \theta = B_2 / B_1 \dots Z \dots (3)$$

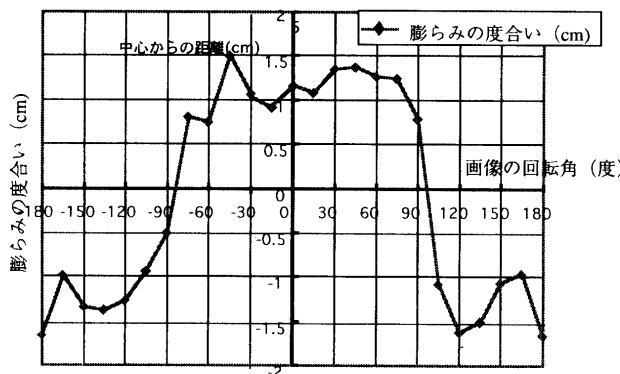
とおくことができ、(3)式より測定点の法線方向(光の入射方向)を基準とする傾きを計算することができる。ただしこれは、2次元的なもので、実際の3次元的な形



図・10 形状による輝度変化
B点では入射光が面に直角に当たるので輝度は最高になる。
A点では入射光と面の法線のなす角によってB点の輝度の $\cos \theta$ になる。



図・11 投射角を変化して推定した上下方向の断面形状



図・12 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変化

状を算出するためには光の入射方向を3回変えて測定し、連立方程式を解かなくてはいけない [3], が本研究では目的の画像が一枚しかないので、測定ラインについて、

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傾斜の傾きを算出した。

画像の水平に対する傾斜の傾いた角度 ϕ (度) を算出するための式は光の入射角を ν (度), 輝度の比を (3) 式で用いたものを使い,

$$\phi = 90 - \nu - \arccos (B^2/B_1) \dots (4)$$

として表される。実際の傾きは

$$\Delta y / \Delta x = \tan \phi \dots (5)$$

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算出し、x-y間の各地点接線方向を求めて、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

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

光の入射方向と面の法線の成す角は不明であるが、光は画面に対面している観察者の背面上方から凹凸物体に当たっていると考えると、光の入射角を変化させて凹凸形状を計算で求めた。その中で、長さ方向に膨らみとへこみが平均している場合を最も適している入射光と選び以後の計算に使用した (図・11)。

膨らみの知覚実験に使用したと同様に15度ずつ回転したときのパターンについて同様の方法で輝度を測定し、輝度変化から形状を算出し膨らみやへこみの度合いを求めて知覚した膨らみ量のグラフと比較した。

画像を回転させたときの形状の変化を図・12に示す。これより画像を回転させていくと徐々に膨らみがへこ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・4～図・8に示された被験者による心理物理学的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度頭の方にひきずられることが分かった。しかし、その角度には個人差がある。

(2) 膨らみから窪みへ変化する角度は、知覚実験と輝度から求めた結果とほぼ一致する。これは、人が膨らみと判断するのに知覚している上下方向(垂直方向)の輝度変化から知覚していると考えて良いと思う。

6. 参考文献

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