

## 線画の立体知覚における注視点と図形提示角度の依存性

村越 一支<sup>†</sup>      山口 秀敏<sup>††</sup>      倉田 是<sup>†††</sup>

## Depth Perception of Line Drawings Depending on First Gaze Point and Angle of Drawings

Kazushi MURAKOSHI<sup>†</sup>, Hidetoshi YAMAGUCHI<sup>††</sup>, and Tadashi KURATA<sup>†††</sup>

あらまし 奥行きを反転する図形を利用して、線画立体知覚の特性を測定し、奥行き知覚の情報処理を考察することを目的としている。測定は、(1) 第1注視点(はじめに被験者に注視させる箇所)の位置と(2)奥行き反転図形の提示角度、の2条件を変えて行った。その結果、いずれの条件の変化に対しても、奥行き反転図形をどちらの図形に知覚するかの割合が変動した。この結果から、線画の立体知覚ははじめに見る注視点付近の情報が必要で、その情報解釈は回転に依存していると言える。この現象を理論的に説明するため、奥行き知覚ベクトルを定義し、実際の測定と比較した結果、定性的に一致する傾向を得た。このベクトルは注視点に接続している線分の奥行き知覚のしやすさを角度に依存して定義したものであり、線画の立体知覚モデル構築への基盤として使用できるものと考えられる。

キーワード 奥行き知覚, 第1注視点, 図形提示角度, 奥行き反転図形, 奥行き知覚ベクトル

## 1. まえがき

Marr は、視覚の機能は2次元の網膜像から外界の3次元の構造を推定することであるととらえている [1]。我々ヒトは通常、両眼視差、陰影や運動視差などの情報を並列に処理し、それらを統合して3次元的な変位すなわち奥行きを感じる。しかしながら、立体知覚にはこれらの情報がすべて必要というわけではなく、ごく限られた情報だけでも可能である。その例として最たるものの一つが、線画図形である。例えば、ネッカーの立方体 [2], [3] において、この線画からの立体知覚は、通常の立体図形の場合に比べて視覚情報が少ないために特に難しいというわけではなく、難なく行われる。しかもこの奥行き反転図形は、実際の3次元空間には存在しないにもかかわらず [4]、また3次元の解釈は多数存在するのに、このうちヒトはごく少数の二つの解釈を好む。

一般的に、立体図形の3次元解釈には、まず各エッジを抽出して線画図形を構成する。この線画図形の3次元解釈方法には、各頂点とその近傍の形状を分類して、頂点形状要素の接続関係に基づくグラフを生成し、そのグラフと要素立体に対応するグラフとのマッチングによって解釈を行う方法や、頂点形状要素における線の属性を利用した方法がよく用いられる。例えば、Huffman [5], Clowes [6] は頂点に接続するりょう線を凸、凹、境界線にラベル付けをし3次元の線画を解釈する手法を提案した。しかしこの手法では可能な解釈を調べて構成するだけで、ヒトがどのような解釈を好むかという問題は解決できない。

ヒトの網膜は不均一で中心窩付近が解像度が高いことがよく知られており、眼球運動により視野内の視覚情報を積極的に取り入れている。線画に対する眼球運動についても測定実験が行われており、眼球運動が頂点や線分の端点などの特徴点付近に移動しやすいことや、立体知覚の反転には眼球運動が影響することが報告されている [7]~[11]。

また、よく見慣れた地図や顔写真でも提示される向きが逆であったりすると認識しがたい。この現象は複雑な図形でなくても、例えば正方形を45度回転させるとひし形と感じてしまうように、単純な線画図形で

<sup>†</sup> 千葉大学自然科学研究科, 千葉市  
Graduate School of Science and Technology, Chiba University,  
Chiba-shi, 263 Japan

<sup>††</sup> 千葉大学工学部, 千葉市  
Faculty of Engineering, Chiba University, Chiba-shi, 263 Japan

<sup>†††</sup> 流通経済大学流通情報学部, 竜ヶ崎  
Faculty of Distribution and Logistics Systems, Ryutsu Keizai  
University, Ryugasaki-shi, 301 Japan

も起こる。ネッカーの立方体のような線画図形の奥行き知覚に対しても、図形の提示角度により変化する可能性がある。実際、筆者らはネッカーの立方体のような奥行き反転図形の提示角度が、奥行き知覚に影響を与える測定結果を得ている [12], [13]。

以上のことを踏まえて本論文では、奥行き反転する線画図形を利用して、線画の立体知覚の特性を測定し、奥行き知覚の情報処理を考察することを目的としている。そのためにまず、(1) 第1注視点（はじめに被験者に注視させる箇所）の位置と (2) 奥行き反転図形の提示角度、の2条件を変えて測定を行う。次に、測定結果を理論的に説明するため、奥行き知覚ベクトルを定義し、測定結果と比較検討する。

## 2. 測定

### 2.1 測定図形

本測定の目的は、奥行き反転図形を利用して、線画の立体知覚が以下の2条件によってどのように変化するかを調べることである。

(1) 第1注視点

(2) 線画図形を提示する角度

測定の対象とした図形は、図1に示したネッカーの立方体から2本の線分を取り除いた奥行き反転図形（以後、U字立体）である。このU字立体は、3次元的に知覚する面の数を、ネッカーの立方体から3平面を取り除いて3平面としたものである。U字立体より更に線分を取り除くと、例えばマッハの本 [3], [14] のように2平面になるが、しかし奥行き知覚がかなり不安定で2次元と感じてしまうことが多く、立体知覚の測定が困難である。U字立体は、奥行き知覚が安定して得られる範囲で、最低の面数と言える。なお、ネッカーの立方体に対しても測定を行っている [12], [13] が、2条件に対する依存性の結果は同じような傾向なので、本論文では割愛する。

測定図形は、図1(a)を基準の提示角度0度とし、反時計方向回転をプラス、時計方向をマイナスとして、それぞれ(b)から(e), (f)から(i)までの4種類、合わせて9種類の提示角度を変えた図形で測定を行っている。第1注視点の設定は、図2の左（図形提示角度0度の場合）に示したように、対角線上に番号1から番号5の5点を設定した。これらの点は、図形の提示角度に伴って同じく回転させる。なお、A点、B点はそれぞれ第1注視点番号2、番号4と同じで、A点を手前に知覚する図2(a)とB点を手前に知覚する図2(b)のど

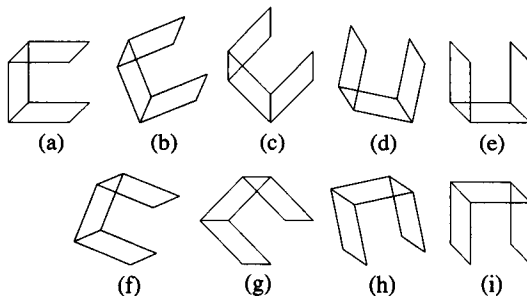


図1 U字立体の図形提示角度  
Fig.1 Different presentation angles of U-letter solid.

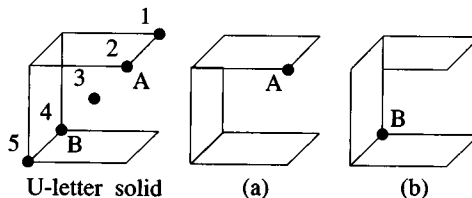


図2 U字立体の第1注視点の配置と二つの解釈  
Fig.2 Positions of first gaze point and two representations on U-letter solid.

ちらの解釈をしたかを被験者に問うために設定した。

第1注視点の設定は、予備測定で任意の箇所でも奥行き知覚に対する注視点の依存性を調べた結果から、必要最小限と判断した位置である。図形の回転角度は、典型的と思われる0度、90度、45度などとそれらの間をとって、図2(a)0度、(b)22度、(c)45度、(d)78度、(e)90度、(f)−22度、(g)−45度、(h)−78度、(i)−90度とした。

### 2.2 測定方法

被験者を19インチCRT正面に90cm離れて椅子に座らせ、以下のような手順で測定を行った。

(1) 縦23cm×横24cmの白色ウィンドウ上に、第1注視点（直径5mmの黒い点）を番号1から5のいずれかの位置に点滅表示し、被験者にこの点を注目させる。

(2) 10秒後に第1注視点の点滅が終わり、1辺が12.5cm（視角で7.5度）の黒線で描かれた測定図形を提示する。但し、提示図形の順番は乱数により決定する。

(3) 測定図形表示の数秒後に二つの頂点にA、Bを表示し、被験者にどちらの頂点を最初に手前に感じたかを二者択一で報告させる。

(4) 測定とは無関係な線画図形を数秒間表示する。

A, Bの表示を図形提示の数秒後にしている理由は、被験者の注意が第1注視点ではなく、文字に引き寄せられるのを防ぐためである。図形提示後の注視点は制御していないので、最初の立体知覚の後に反転してしまうケースもあったが、被験者には必ずはじめに知覚した方を答えるよう指示した。また、測定図形を記憶して次の測定に影響を与えないように、測定とは無関係な線画図形を、測定の間に見せている。

なお、本測定はそれぞれの図形において被験者8人に対してそれぞれ4回ずつ行った。被験者は、正常な立体知覚ができ、測定図形に対する訓練をいっさい行っていない。

2.3 測定結果と考察

測定結果を図3, 図4に示す。横軸は第1注視点の番号, 縦軸はA点をはじめに手前に知覚した割合で、各第1注視点でのすべての測定の平均をとっている。A点を手前に知覚した割合が低いということは、B点を手前に知覚した割合が高いことを意味する。

第1注視点の違いに対して、どの提示角度においても、知覚する割合が変動している。特に提示角度78度の場合、A, Bどちらの知覚が優位かが変わるほど、第1注視点の依存性が顕著にあることがわかる。このことから最初に取り入れられる第1注視点付近の情報が、最終的な立体知覚に大きく影響を与えると言える。

また、同じ第1注視点においても、図形の提示角度によって知覚する割合が変動している。この結果から、提示した図形は線画で構成されているので、最初に注視した線分の提示角度が、最終的な立体知覚に大きな影響を与えていると考えることができる。

なお通常、注視点を設けて線分を表示した場合、注意の効果により同時提示したにもかかわらず、その注視点から線が描かれたように感じる線運動錯視[15]が生じ、オプティカルフローが発生する。本測定におけるU字立体の線画図形においても、オプティカルフローが発生している。これから奥行き知覚が計算されることも考えられる。図3, 図4の測定結果では、同じ注視点でも図形の提示角度によってその注視点が手前か奥かに知覚する傾向が逆転することが多い。つまり注視点から放射状にオプティカルフローが生じていても、その注視点が手前に知覚されるか奥に知覚されるかは決定されていない。従ってこの場合、オプティカルフローが奥行き知覚に与える影響は少ないと考えられる。

以上まとめて、立体知覚は対象図形全体を認識した

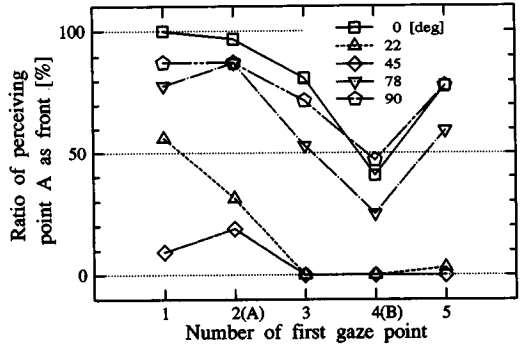


図3 U字立体の測定：反時計回転  
Fig.3 Measurements of U-letter solid: contourclockwise.

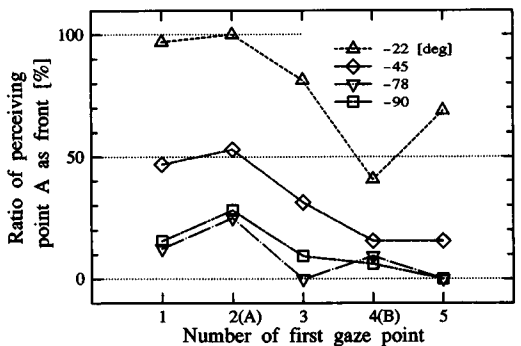


図4 U字立体の測定：時計回転  
Fig.4 Measurements of U-letter solid: clockwise.

後に一括して行われるものではなく、はじめに注視した点付近で部分的に行われ、その際用いられる情報は注視点に接続する線分の提示角度であると予想できる。

3. 線画の立体知覚モデル

3.1 奥行き知覚ベクトルの定義

2.3で考察したように、奥行き知覚がはじめに注視した付近の情報に大きく依存する結果を得た。この結果から、測定時の観察状況は、眼球運動を制御していないので動的であるが、はじめに注視した点に接続している線分の静的な情報でどれだけ説明できるかを試みる。また測定したような立方体の知覚には反転現象があるが、実際に測定したのは図形を提示してから最初の立体知覚である。本モデルはその際に知覚される奥行き感を与えようとするものである。

測定結果を理論的に説明するため、奥行き知覚ベクトルを仮定した。奥行き知覚ベクトルは、注視している頂点に接続している平行四辺形の線分の奥行き感を

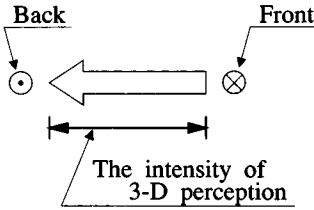


図5 奥行き知覚ベクトルの定義  
Fig.5 Definition of vector of depth perception.

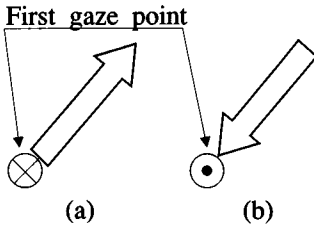


図6 順奥行き知覚ベクトルと逆奥行きベクトル  
Fig.6 Two opposite vectors of depth perception.

表したものである。このことは平行四辺形の線画を、常に正方形または長方形の奥行きのある透視図形として知覚することを前提としている。

仮定したベクトルの定義を図5に示した。ベクトルの長さは、線分に対する奥行き知覚のしやすさを表しており、線分の角度に依存して増減する。ベクトルの方向は、ヒトが2次元に描かれた線分を3次元として知覚するとき、手前(⊗)から奥(⊙)に感じる方向を示している。注視点を奥に感じるか手前に感じるかで、それぞれ図6(a)順奥行き知覚ベクトル、(b)逆奥行き知覚ベクトルと分類する。

今、順奥行き知覚ベクトルを  $T$ 、逆奥行き知覚ベクトルを  $R$  とすると、その大きさである奥行き知覚のしやすさは、それぞれ  $|T|$ 、 $|R|$  と表す。この奥行き知覚のしやすさは、線分の提示角度  $\theta$ [deg] に依存すると考えられるので、 $|T| = t(\theta)$ 、 $|R| = r(\theta)$  と表せる。但し  $\theta$  は、 $x$  軸の正の方向から反時計回りの線分角度である。

奥行き知覚のしやすさ  $t(\theta)$ 、 $r(\theta)$  は、線分が水平または垂直の場合には、その正方形または長方形の1辺は奥行き感が感じないとし、45度、135度、225度、315度でそれぞれ最大の奥行き感が得られるとして、以下の式のように単純な形に定めた。

$$\begin{aligned} t(\theta) &= \alpha_T |\sin(2\theta)| \\ r(\theta) &= \alpha_R |\sin(2\theta)| \end{aligned} \tag{1}$$

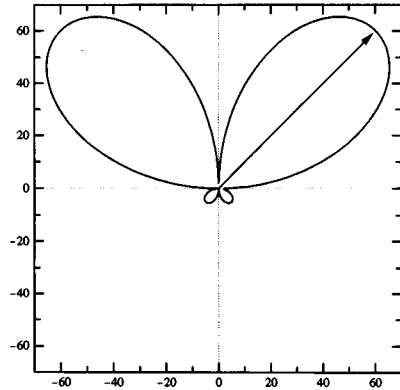


図7 順奥行き知覚ベクトル場  
Fig.7 Vector space of depth perception.

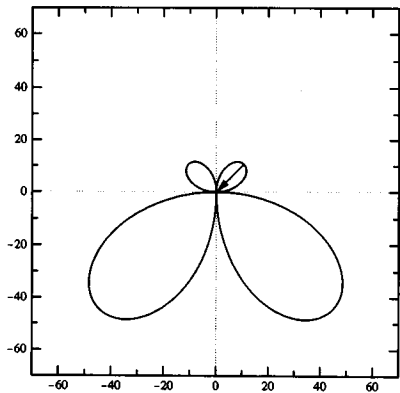


図8 逆奥行き知覚ベクトル場  
Fig.8 Vector space of opposite depth perception.

ここで、 $\alpha_T$ 、 $\alpha_R$  は、それぞれ順奥行き、逆奥行きにおける奥行き知覚のしやすさの最大値を与えるパラメータである。

このとき、それぞれのベクトルは、次式で表される。

$$\begin{aligned} T &= [ t(\theta) \cos(\theta) , t(\theta) \sin(\theta) ] \\ R &= [ -r(\theta) \cos(\theta) , -r(\theta) \sin(\theta) ] \end{aligned} \tag{2}$$

これらをそれぞれベクトルの場として図に示したのが、図7、8である。これらの図はいずれも原点が注視点を表しており、注視した点(原点)に接続する線分がそれぞれ手前(図7)か奥(図8)かに感じる強さを表したものである。それぞれの図で、例として45度のベクトルを表示してある。奥行き感の強さは原点から蝶形の輪郭までの長さで表している。順奥行き知覚ベクトル(図7)では、注視点が原点で、これを手前に感じる強さを表している。逆奥行き知覚ベクトル(図8)では、

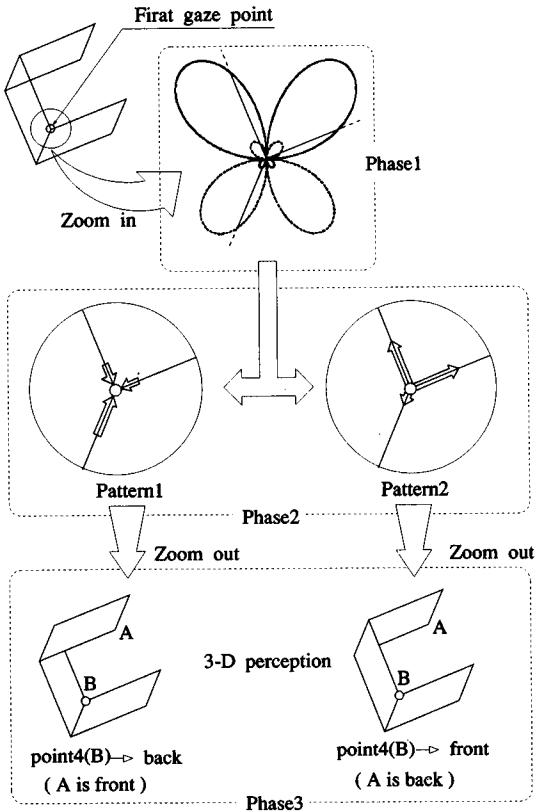


図9 奥行き知覚ベクトル場の使い方の例  
Fig.9 Example of using vector space of depth perception.

同じく注視点が原点で、これを奥に感じる強さを表している。なおパラメータは、測定結果を検討して、第1, 2象限では  $\alpha_T = 85.0$ ,  $\alpha_R = 15.0$  とし、第3, 4象限では  $\alpha_T = 7.0$ ,  $\alpha_R = 63.0$  とした。

このようにベクトル場で表すことによって、例えば図9に示すように線分の奥行き感を視覚的に知ることができる。図9の例では、図形の回転角度が22度で注視点が第1注視点4のところへベクトル場をあてはめている。二つのベクトル場の中心を注視点にもって行き、注視点に接続している線分と蝶形の輪郭が交差している点までの距離が、その線分の奥行き感を表す(フェーズ1)。この結果、各線分には順奥行きと逆奥行きの二つの奥行き知覚が存在し、フェーズ2のようにそれぞれ注視点が奥(図9パターン1)か手前(図9パターン2)に知覚するかのどちらかの大きさの奥行きの強度に寄与することになる。最後にフェーズ2で決定された注視点の奥行き強度で、最終的な奥行き知

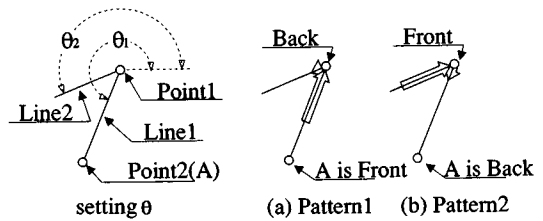


図10 注視点1での  $\theta$  の設定と二つの見え方  
Fig.10 Setting  $\theta$  and two perceptible pattern at gaze point 1.

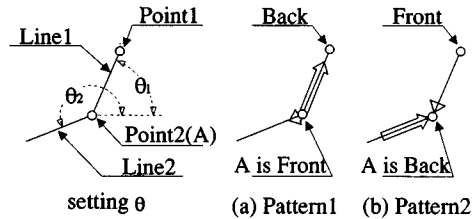


図11 注視点2での  $\theta$  の設定と二つの見え方  
Fig.11 Setting  $\theta$  and two perceptible pattern at gaze point 2.

覚であるフェーズ3となる。

### 3.2 奥行き知覚ベクトルの適用

ここでは3.1で定義した奥行き知覚ベクトルを今回測定した図形に適用を試みる。奥行き知覚ベクトルの大きさは、注視点に接続する線分の提示角度  $\theta$  の関数なので、測定図形に適用するために測定図形の提示角度  $\Theta[\text{deg}]$  との変換を考えていく。第1注視点3を除くそれをそれぞれの注視点で図で表したのが、図10~13の左図である。U字立体では第1注視点1, 2では2本の線分が、第1注視点4, 5では3本の線分が接続している。なお、第1注視点3や、今回測定しなかった多くの点は、線分の端点や分岐点ではないので、奥行き知覚ベクトルの適用はすぐにはできない。しかし、眼球運動のモデルや注意の移動モデルなどを取り入れて、注視点を頂点などに移動すれば適用可能である。

測定で設定した第1注視点は、図形提示角度  $\Theta$  と共に一緒に回転するので、各注視点における線分の提示角度  $\theta$  との関係は常に一定である。各注視点では、式(3), (5), (7), (9)となる。

このとき各注視点を手前に感じるか奥に感じるかの2通りがある。すなわち線分の結合のパターンから実際に感じることができる奥行き知覚ベクトルの組合せは、それぞれの注視点でA点を手前の図10~13の(a)と、B点を手前(A点を奥)の図10~13の(b)である。

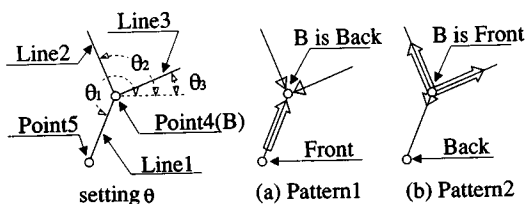


図 12 注視点 4 での  $\theta$  の設定と二つの見え方  
 Fig. 12 Setting  $\theta$  and two perceptive pattern at gaze point 4.

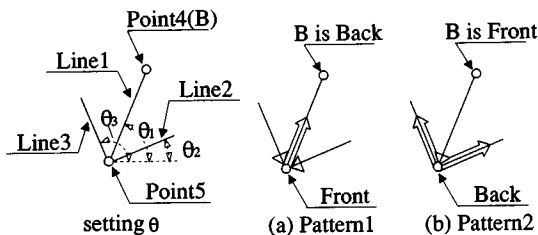


図 13 注視点 5 での  $\theta$  の設定と二つの見え方  
 Fig. 13 Setting  $\theta$  and two perceptive pattern at gaze point 5.

A 点, B 点を手前に感じる強さをそれぞれ  $I_A(\Theta)$ ,  $I_B(\Theta)$  として式で表したのが, 式 (4), (6), (8), (10) である. 但し,  $I_A(\Theta)$ ,  $I_B(\Theta)$  は, それぞれの線分の奥行きを感じやすさを, ベクトルではなくスカラーの単純加算して得られるものとしている.

第 1 注視点 1

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 225^\circ + \Theta \\ \theta_2 &= 180^\circ + \Theta \end{aligned} \tag{3}$$

$$\begin{aligned} I_A(\Theta) &= r(\theta_1) + t(\theta_2) \\ I_B(\Theta) &= t(\theta_1) + r(\theta_2) \end{aligned} \tag{4}$$

第 1 注視点 2

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 45^\circ + \Theta \\ \theta_2 &= 180^\circ + \Theta \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} I_A(\Theta) &= t(\theta_1) + t(\theta_2) \\ I_B(\Theta) &= r(\theta_1) + r(\theta_2) \end{aligned} \tag{6}$$

第 1 注視点 4

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 225^\circ + \Theta \\ \theta_2 &= 90^\circ + \Theta \\ \theta_3 &= 0^\circ + \Theta \end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned} I_A(\Theta) &= r(\theta_1) + r(\theta_2) + r(\theta_3) \\ I_B(\Theta) &= t(\theta_1) + t(\theta_2) + t(\theta_3) \end{aligned} \tag{8}$$

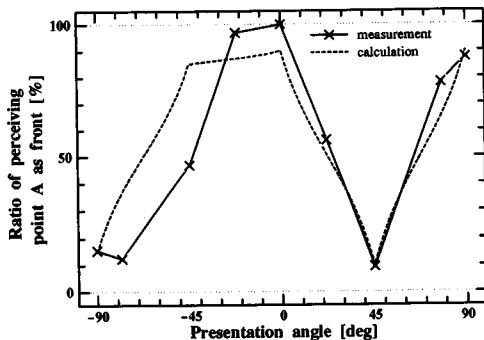


図 14 注視点 1 での計算と測定結果の比較  
 Fig. 14 Comparison calculating results with measurement at gaze point 1.

第 1 注視点 5

$$\begin{aligned} \theta_1 &= 45^\circ + \Theta \\ \theta_2 &= 0^\circ + \Theta \\ \theta_3 &= 90^\circ + \Theta \end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} I_A(\Theta) &= t(\theta_1) + r(\theta_2) + r(\theta_3) \\ I_B(\Theta) &= r(\theta_1) + t(\theta_2) + t(\theta_3) \end{aligned} \tag{10}$$

例えば, 注視点が第 1 注視点 4 で図形の提示角度が 22 度の場合, 図 9 に示したように, 注視点を奥に知覚するパターン 1 (図 12(a)) と注視点を手前に知覚するパターン 2 (図 12(b)) となる. パターン 1 は B 点を手前に知覚することになるので  $I_B$  の値, パターン 2 は A 点を手前に知覚することになるので  $I_A$  の値で知覚のしやすさがわかる. 計算すると  $I_A = 66.19$ ,  $I_B = 123.13$  となり, B 点を手前に知覚する方が強いことがわかる. 実際の測定でも B 点を手前に知覚することが多い.

A 点を手前に知覚した割合でまとめた測定結果と比較するために, 本モデルでの最終的な出力である A 点を手前に知覚する割合  $Out_A(\Theta)[\%]$  を次のように計算する.

$$Out_A(\Theta) = \frac{I_A(\Theta)}{I_A(\Theta) + I_B(\Theta)} \times 100.0 \tag{11}$$

計算した結果と測定の結果を各注視点ごとに比較したのが, 図 14~17 である. 測定結果の図 3, 図 4 においては, 横軸を第 1 注視点の番号にとっているが, ここでは横軸に図形の提示角度  $\Theta$  をとっていて, 縦軸は同じく A 点を手前に知覚する割合である. 図 14~17 から, 測定値と計算値が定性的に一致していることがわかる.

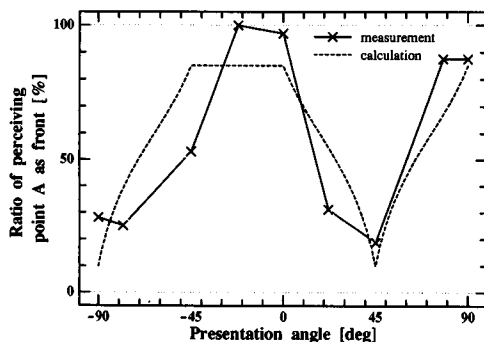


図 15 注視点 2 での計算と測定結果の比較  
Fig. 15 Comparison calculating results with measurement at gaze point 2.

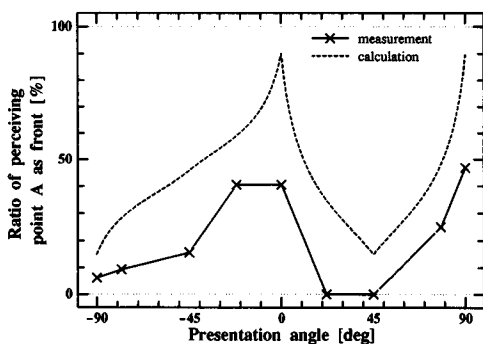


図 16 注視点 4 での計算と測定結果の比較  
Fig. 16 Comparison calculating results with measurement at gaze point 4.

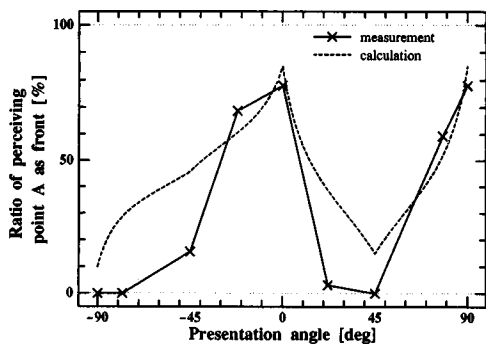


図 17 注視点 5 での計算と測定結果の比較  
Fig. 17 Comparison calculating results with measurement at gaze point 5.

従って、2.3 で考察し予想したとおり、最初に注視する点に接続する線分の提示角度に依存する奥行き感で、線画図形全体の奥行き知覚はほぼ決定されると言える。

## 4. むすび

本論文では、奥行き反転する図形を利用して、線画立体知覚の特性を測定し、奥行き知覚の情報処理を考察することを目的とした。そのためまず、(1) 第 1 注視点の位置と (2) 奥行き反転図形の提示角度、の 2 条件を変えて測定を行った。その結果、いずれの条件の変化に対しても、奥行き反転図形をどちらの図形に知覚するかの割合が変動した。つまり、線画の立体知覚は最初に注視する付近の情報重要で、その情報解釈は提示図形の回転に依存していると言える。

次に、この現象を理論的に説明するため、奥行き知覚ベクトルを定義した。このベクトルは、注視点に接続している各線分の奥行き知覚のしやすさを、線分の角度に依存して定義したものである。この奥行き知覚ベクトルを、測定図形に適用した結果、実際の測定と定性的に一致する傾向を得た。従って、線画の立体知覚は、最初に注視する点に接続する回転に依存する線分の奥行き情報で、ほぼ決定されていると言える。

今後は、奥行き知覚ベクトルを用いた、立体知覚モデルの構成を考えていく。本奥行き知覚ベクトルは、線分検出や平行四辺形を正方形の傾いた図形と知覚することを前提としているため、汎用な線画立体知覚モデルの構築には、これらもモデル化する課題が残されている。

**謝辞** 本研究を進めるにあたり、激励下さった本学平田廣則教授、測定ツールの開発を行ってくれた本学倉田研究室の向後昭弘氏、また測定に協力してくれた多くの方々に感謝致します。

## 文 献

- [1] D. Marr, "VISION—A computational investigation into the human representation and processing of visual information," W.H. Freeman & Company, 1982. 乾 敏郎, 安藤広志 (訳), ビジョン—視覚の計算理論と脳内表現, 産業図書, 1987.
- [2] L.A. Necker, "Observations on some remarkable optical phenomena seen in Switzerland; and on an optical phenomenon which occurs on viewing a figure of a crystal or geometrical solid," London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science, vol.1, pp.329–337, 1832.
- [3] N. Wade, "The art and science of visual illusions," Routledge & Kegan Paul, Ltd., 1982. 近藤倫明, 原口雅浩, 柳田多聞 (訳), ビジュアル・イリュージョン—芸術と心理学の融合, 誠信書房, 1989.
- [4] M.A. Gracia-Perez, "Eye movements and perceptual multistability," The role of eye movements in perceptual

- processes, ed., Eugene Chekaluk and Keith Llewellyn, vol.88 of *Advances in Psychology*, chapter 3, pp.73-109, Elsevier Science Publishers B.V., 1992.
- [5] M.B. Clowes, "On seeing things," *Artificial Intelligence*, vol.2, pp.79-116, 1971.
- [6] D.A. Huffman, "Impossible objects as nonsense sentences," *Machine Intelligence*, ed., B. Mletzer and D. Michie, vol.6, pp.295-324, Edinburgh University Press, 1971.
- [7] S.R. Ellis and L. Stark, "Eye movements during the viewing of Necker cubes," *Perception*, vol.7, pp.575-581, 1978.
- [8] M. Riani, M.T. Tuccio, and A. Borsellino, "Perceptual ambiguity and stability of reversible figures," *Perceptual and Motor Skills*, vol.63, pp.191-205, 1986.
- [9] V. Bovžkov, Z. Bohdanecký, and T. Radil-Weiss, "Target point selection during scanning eye movements," *Biological Cybernetics*, vol.27, pp.215-220, 1977.
- [10] N.H. Mackworth and J.S. Brunner, "How adults and children search and recognize pictures," *Human Development*, vol.13, pp.853-855, 1978.
- [11] D. Noton and L. Stark, "Scanpaths in saccadic eye movements while viewing and recognizing patterns," *Vision Research*, vol.11, pp.929-942, 1971.
- [12] 山口秀敏, 向後昭弘, 三上勝正, 村越一支, 倉田 是, "ネッカーの錯視図形に類似した多義図形の注視点依存性について," *信学技報*, PRU95-81, 1995.
- [13] 山口秀敏, 向後昭弘, 村越一支, 倉田 是, "線画の立体知覚における注視点および図形提示角の依存性," *神経回路学会第6回全国大会講演論文集*, vol.P317, pp.283-284, 1995.
- [14] E. Bruce Goldstein, "Sensation and Perception," chapter 5, pp.145-187, Wadsworth, Inc., 3 edition, 1989.
- [15] O. Hikosaka, S. Miyauchi, and S. Shimojo, "Focal visual attention produces illusory temporal order and motion sensation," *Vision Res.*, vol.33, pp.1219-1240, 1993.

(平成8年2月21日受付, 7月11日再受付)



山口 秀敏

平6千葉大・工・電気電子卒。平8同大学院修士課程了。現在、パイオニア(株)。在学中、ヒトの視覚情報処理の研究に従事。



倉田 是 (正員)

昭28東北大・工・電気卒。同年日本電信電話公社入社電気通信研究所勤務。昭39千葉大。平8流通経済大・教授。千葉大学名誉教授。工博。神経回路網モデルとシミュレーションおよび主としてヒトの視覚モデルの研究と計算機および情報処理の教育を担当。主な著書に回路網理論(電気学会), 計算機構成論(昭晃堂)。情報処理学会, 神経回路学会等各会員。



村越 一支 (学生員)

平3千葉大・工・電気卒。平5同大学院修士課程了。現在, 同大学院博士課程在学中。神経回路の情報処理, ヒトの視覚情報処理に興味をもつ。日本神経回路学会会員。