

4B-4

立体知覚のモデル実験と それによる立体画像生成

山本 輝樹 鴨志田 稔 榎本 肇

芝浦工業大学

1 はじめに

適度な立体知覚は物体を見込む左右視線のなす角(見込み角)と物体の大きさとの間に存在するある対応関係が満足されたときに得られる。ここではこの対応関係を、物体の立体度、整合の容易性、という2つの観点から考察した実験とその結果、そしてその結果を使った立体画像の画像システム上での生成について述べる。

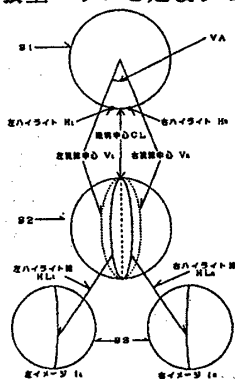
2 視差を用いたステレオイメージ

2.1 立体視の原理

人間が物を見て立体観を得るのは、同一の物体を見ているときの左眼に映る像と右眼に映る像の間に少し相違があり、これを人間の頭脳において整合を行っているためであるといわれる。いま同一の物体を左眼で見た場合に相当するイメージと、右眼で見た場合に相当するイメージが用意されていたとして、実際にそれらをステレオスコップを用いて見たとき双方がうまく頭の中で重なってくれば、あたかも実物を両眼で見たときのような立体観を見る人に与える。

2.2 左右ステレオイメージ生成

ここでは上記の原理を用いて表面上にバタンのない球に対する左右イメージを先ず線画像について作成する。作成にあたって、最大の問題となるのが左右イメージ間の相違関係であるが、ここではできるだけ少ない情報で相違関係を与えるものとしてハイライト情報を用いる。ハイライトとは物体に光が当たったとき物体表面上で最も輝度値が高いところであり、これは物体形状と密接な関係がある。尚、照明は無遠からの平行光線を仮定する。左右イメージ間のハイライトのズレは左右視線中心と照明中心との関係によって決まる。これらの関係を図・1に沿って述べる。図・1-S1は球を上から見たときの最大半径を含む平面であり、左(右)ハイライトの位置 H_L (H_R)は V_L (V_R)とCLの中間点に存在すると考えることができる。各平面で H_L と H_R を求め、それぞれ接続したものはS2(球を正面からみた図)においての H_{L_L} と H_{L_R} になる。そしてこのS2を左(右)眼で見たものがS3である。ここで V_L (V_R)が図形の中心におかれるために H_{L_L} (H_{L_R})は相対的に右(左)に位置する。 H_{L_L} と H_{L_R} は絵の新しい特徴を示すエッジと考え構造拡張型エッジと定義する。



図・1 球を例とした左右イメージ

Model Experiments of 3-D perception and Generation of 3-D Picture.
Teruki YAMAMOTO, Minoru KANOSHIDA, Hajime ENOMOTO.
Shibaura Institute of Technology.

2.3 左右イメージ間の相違と立体知覚

左右イメージ間の相違量は物体の大きさと見込み角(図・1-S1参照)の間の制約関係によって決定される。例えば、図・1-S3の H_{L_L} と H_{L_R} の相違量が上記の制約関係によって決定される許容量を満足しているならば、人間はその相違量を頭脳で整合し、立体知覚を得ることができる。このとき、 H_{L_L} と H_{L_R} は重なって、1本の線に見え、それが浮き上がって見える。逆に相違量が許容量を満足していない場合には、球に見えなかったり、 H_{L_L} と H_{L_R} が部分的にしか重ならないといったようなことが起こる。

3 モデル実験

3.1 実験概略

ここでは、表面上にバタンのない半径10cmの球に対する最適な見込み角をサンプル(0°、2°、4°、6°、8°、10°、12°、14°)から選択する。選択基準は2つ用意する(後述)。モデルは2.2節で述べた線画モデルを用いる。図・2は観測系を上からみたものであり、ステレオスコップの焦点距離約9cmの凸レンズを使用している。lは視点間の距離を表し、idはレンズとイメージ間の距離を表す。尚、この観測系を変えたとしても実験結果の一般性は失われない。図中の各変数、定数間の関係を次ぎに示す。

実対象の半径R: 10 (cm)

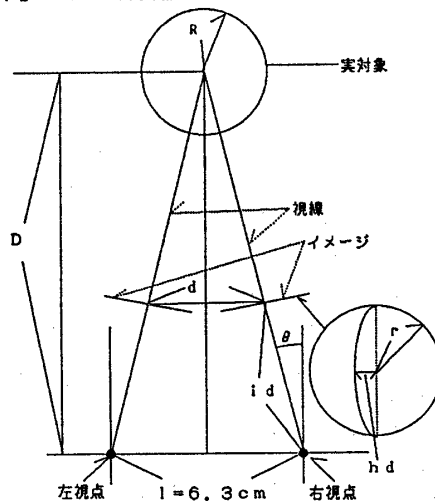
見込み角の半分 θ : (0°、1°、2°・・・6°、7°)

視点-実対象間の距離 $D(\theta) = l/2 \tan \theta$ (cm)

イメージ間の距離 $d(\theta) = 2 \sin \theta (D(\theta) / \cos \theta - l d)$ (cm)

イメージの大きさ $r(\theta) = id \cdot R \cdot \cos \theta / D(\theta)$ (cm)

イメージ中心-ハイライト間距離 $hd(\theta) = r(\theta) \cdot \sin(\theta/2)$ (cm)



図・2 観測系

3.2 選択基準

見込み角の各サンプルから作成したイメージをステレオスコップで見たとき、サンプルの値が相対的に大きければ立体感はあるが、左右イメージ間の整合が悪く、目が疲労する。逆にサンプルの値が小さければ、立体感の余り得られないが、左右イメージ間の整合は良く、目の疲労も少ない。よって、サンプルの中から最適な見込み角を、これらイメージの立体度、整合の容易性という基準から求める。これら基準を図・2の各変数、定数を用いて表現すると以下のようなになる。

3・2・1 立体度

イメージの大きさ $r(\theta)$ に占めるハイライトの視線中心からの距離 $hd(\theta)$ の割合が大きくなるにつれて立体感は増加すると考えられる。

よって、立体度 $R_D(\theta)$ を $r(\theta)$ に対する $hd(\theta)$ の比で表現する。

$$R_D(\theta) = hd(\theta) / r(\theta)$$

3・2・2 整合の容易性

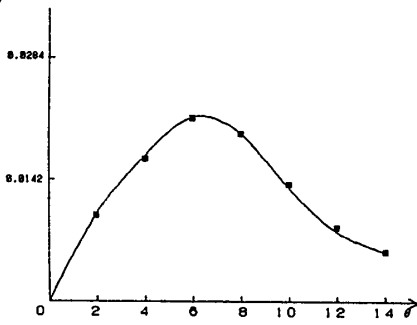
視点はイメージのエッジ部分(円周上、構造拡張型エッジ)に注目するので、 θ が大きくなるにつれてイメージが大きくなり、イメージ間の距離が小さくなれば、視点の移動距離が大きくなり、疲労感が増加する。 $r(\theta) / D(\theta)$ でイメージの大きさの増加による疲労感を表し、 $1/d(\theta)$ でイメージ間の距離の減少による疲労感を表現する。よって、整合の容易性 $EM_D(\theta)$ は以下のように表現される。

$$EM_D(\theta) = 1 / (1 + 470 \cdot ((1/d(\theta)) \cdot (r(\theta)/D(\theta)))^2)$$

見込み角が大きい場合、整合の容易性は低下するが、イメージ中心から整合可能距離 $u(\theta)$ ($u(\theta) = EM_D(\theta) \cdot r(\theta) < r(\theta)$) を半径とする円でイメージの構造拡張型エッジを切り出した場合、その部分であればイメージ間の整合具合と整合の容易性は保証されると考えられる。

3・2・3 最適な立体観

見込み角を大きくしていけば当然立体度は増加するが整合の容易性が減少するので角度を大きくする(距離を近づける)のにも限度がある。よって、各サンプル値に対して上述の立体度と整合の容易性を掛けることにより最適な立体観を選択することができる。このときの見込み角が最適見込み角である。図・3は各サンプルにおいての上述の基準の積である。図・4に線画の最適モデルを示す。



図・3 半径10cmの球に対する最適な立体知覚

3・3 結果と考察

今回の実験から半径10cmの球に対する最適な立体観を与える見込み角を得ることができた。任意の大きさの球に対する最適見込み角は上記の2要素の関係式から容易に求めることができる。今回は代表値として半径10cmの場合を示したが、この最適見込み角の上下15%以内なら最適値とほとんど変わらない立体観が得られるという実験結果もある。

4 濃淡画像と色彩画像への拡張

物体表面上にパターンのない濃淡画像について左右画像の濃淡差を3章のハイライトのズレに対応させることにより、同様な実験を行ったところ半径10cmの球の場合、線画像での最適見込み角(6°)よりも小さい見込み角の時に良好な立体感が得られた。写真・1に濃淡画像のモデルを示す。この写真を別々に見ればほとんど差がないがステレオスコープで見れば明確な立体観が得られる。

物体表面上にパターンのある色彩画像の最適見込み角は線画像の最適見込み角から逆算することができる。詳細を省いて結果だけを述べると半径10cmの球の場合、約5°となる。

5 基本モデル

本研究では球に加えて基本モデルとして、楕円、円錐、円柱を用意する。これは世の中の物体が上記の4つの基本立体で表現できるということに基づいている。また、これらは線図形で表現できる最も簡単な物体形状である。

円錐と円柱については球の実験結果を使うことができる。楕円については球の実験結果に若干の修正を施すことにより拡張可能である。

6 立体画像生成

任意の画像(線画、濃淡、色彩、カラー)に対して左右どちらかの画像が与えられれば、そのイメージ上でハイライトや色彩の変化が急激な部分を検索し、その部分を3章と4章で得られた最適見込み角の分だけずらすことにより、もう一方の画像を自動的にあるいは、最初に与えられた画像に対してユーザが画像システムに備わっている修正機能^[1]を用いて若干の修正を施すことにより生成することができる。最初に与えられる画像が基本立体そのものであれば、立体画像生成は容易である。それ以外の一般的な画像はその全体あるいは部分を基本立体で近似して、上記の方法を用いることにより、立体画像を生成することができる。問題は複数の基本立体が使われたときのそれらの間でのハイライトの連続性や、複数の図形が重なっている場合などであるが、これらは上記の自動生成だけではうまくいかない場合がある。これらの場合、自動生成後、修正機能^[1]を使ってユーザが修正を施す必要がある。また、スキャナーなど他からの入力画像についても、解決しなければいけない問題はあがるが、基本的に上記の方法を利用することができる。

7 まとめ

3章と4章の結果から任意の大きさの基本立体に対する最適見込み角を得ることができた。このことにより、基本立体に対する立体画像は容易に生成することができる。一般的な図形に対する立体画像はそれの一つあるいは複数の基本モデルで近似することにより生成可能である。またこのとき、基本モデル間の接続点のハイライトの連続性を考察することが重要である。



図・4 ステレオイメージ(線画)



写真・1 ステレオイメージ(濃淡モデル)

文献

- [1] 関太郎、嶋志田稔、榎本肇：カラー画像の直接修正法とデータの妥当性、情報処理学会第44回全国大会、1982.3.
- [2] 研究代表者 榎本肇：画像データベースの研究、科学研究費補助金研究成果報告書、1983.
- [3] Enomoto H., Yonezaki N., Watanabe Y. and Saeki M.: Towards Evolutional Structure for Database of Image and Object Body, 1st Australasian C. on CG., 1983