

視覚におけるぼけ特性のモデル化と それによる両眼立体表示

1C-5

金子俊一, 大矢倫子, 本多庸悟
東京農工大学

1. 目的

本研究の目的は、人間の眼がもつぼけの特性を定量的に表示できるようにし、それによって注視点が明確に示される映像を生成することにある。

そのために、人間の眼の角膜および網膜の作用により生ずるぼけの特性をモデル化し、人間の眼の特徴を考慮した映像を2色型2眼分離立体表示により出力する。その結果から、眼の特徴であるぼけの存在を映像として見る事が可能となる。

2. 方法

2.1 表示モデル

作成した眼のモデルを図1に示す。

このモデルの形状およびパラメタの値は、Gullstrandの眼の模型¹⁾に基づき決定したものである。また、モデルを簡潔にするために角膜を単焦点レンズ、網膜を $5.0\mu\text{m}$ の分解能¹⁾をもつ平面として定義する。

このモデルをもとに、ぼけ特性を表す点拡がり関数(以下PSFとよぶ)を、①レンズの特性による奥行き方向のPSF²⁾と、②網膜上の分解能の大きさや錐体および桿体の分布などの影響からおこる前頭面方向のPSF、に分けて定義する。

左右の眼のレンズ中心に投影中心をおき、右眼画像を青、左眼画像を赤で画面上に透視投影する(図1)。

ただし、表示画面の位置は、網膜の分解能と画面の1ピクセルの大きさとの対応により設定する。

2.2 PSFの計算

本研究では、視覚におけるPSFを次式

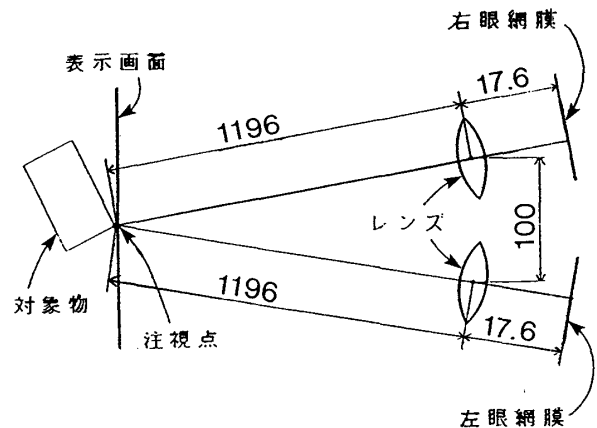


図1 両眼モデル(結像および表示用)

で示されるガウス分布関数と仮定する。

$$g(u) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

これは、この関数が視覚系におけるぼけ特性を考慮した点拡がり関数と類似していること、および、パラメタが1つ(σ)であることを考慮している。

2.3 奥行き方向のPSFの計算

図1の両眼モデルにおいて、眼の光学的特性を検討するため、レンズの作用による網膜上の錯乱円を考える。

ここで、半径 r の錯乱円は、式(1)において $g(r)$ が $g(0)$ の1/10になる分布をもつぼけであると仮定し、そのときの標準偏差 σ_d を求める。

ここでは、錯乱円の直径が網膜上の分解能¹⁾の大きさの倍数となる、 $2r = 5.0\mu\text{m} \times n$ ($n=1,2,3$)の3種類のPSFを設定する。

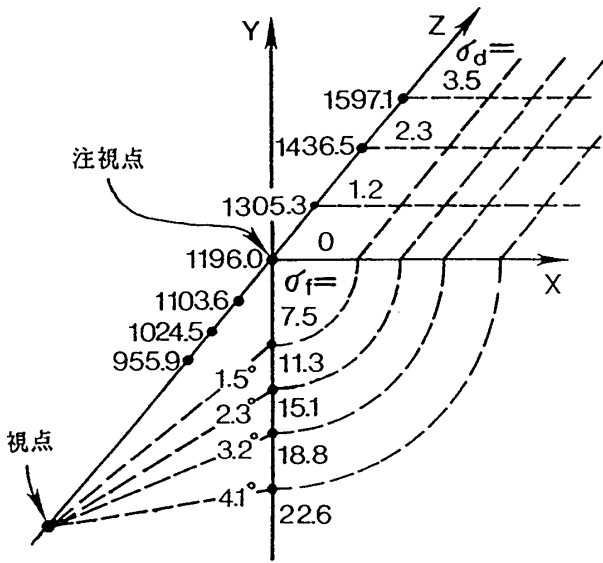


図2 PSFパラメタ (σ) の分布

そして、それぞれのPSFは、その大きさの錯乱円が生ずる位置で使用する(図2)。

2. 4 前頭面方向のPSFの計算

網膜上の特性は中心視と周辺視の違いに大きく作用されるものと仮定し、その特性を表しているWertheimの相対視力³⁾のグラフをもとにモデル化をおこなう。ここでは、ランドルト環を使用した視力の測定方法をもとに、次のようにPSFを定義する。

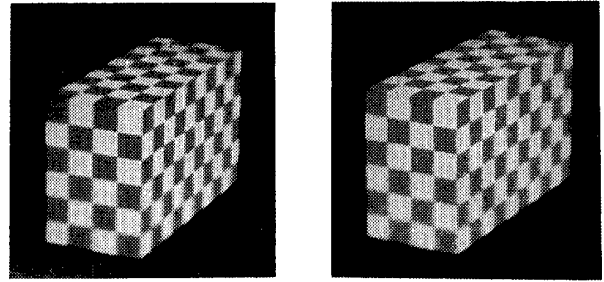
幅wの隙間をもつ画像パターンにPSFがかかることを考える。ここで、幅wの識別限界はRayleighの分解能に対応すると仮定し、パターン内のコントラスト差の最大値が26%になる標準偏差 σ_f を求める。

ここでは、中心視力を1.0 ($w = 5.1 \mu m$)とし、それに対する相対視力を考える。

PSFの値は、視力1.0の識別限界を考慮にいれ、 $w = 2.5 \mu m \times (n+1)$ ($n=1, 2, 3, 4, 5$)のときの5種類のPSFを求める。ここで、Wertheimのグラフ³⁾を利用し、それら1つ1つのPSFの相対視力に対応する視角が求められる(図2)。

3. 実験結果および考察

出力結果を図3に示す。



左眼網膜 右眼網膜

図3 出力結果

奥行き方向のぼけは、 σ_d が非常に小さいため、その効果は画面上に現われない。それに対して、前頭面方向の、ぼけの効果は顕著に現れる。それにより、注視点を強調した映像を生成することが可能となる。

4. むすび

本研究により次の結果が得られた。

- ① 前頭面方向のぼけ特性を定量的にモデル化した。
- ② 注視点を明確に示す表示が可能となった。
- ③ 眼のぼけの特性を映像として見る事が可能となった。

今後、注視点と周辺部の相違、両眼立体視に適用する際の融合など、ぼけ特性導入の効果の測定および評価の方法の検討が必要である。

5. 参考文献

- 1) 応用物理学会光学懇話会編：生理光学，朝倉書店，(1975)。
- 2) M.Potmesil: Synthetic Image Generation with a Lens and Aperture Camera Model, ACM Trans. on Graphics, Vol.1, No.2, pp.85-108 (1982)。
- 3) G.Westheimer and S.McKee: Stereoscopic acuity with defocused and spatially filtered retinal images, J. Opt.Soc. Am., Vol.70, No.7, pp.772-778 (1980)。
- 4) S.M.Luria: Stereoscopic and Resolution Acuity with Various Field of View, Science, Vol.164, No.4, pp.452-453 (1969)。
- 5) H.Ohzu and J.M.Enoch: Optical Modulation by The Isolated Human Fovea, Vision Research, Vol.12, pp.245-251 (1972)。