

人間の視覚特性としての非一様画像場 に基づく画像処理

1 C - 6

本多庸梧、川口さち子、金子俊一
東京農工大学

1. 目的

人間の視覚特性に大きく影響する網膜は非一様な性質をもち、特にその中心窩近傍とその周辺部については対比的に種々の特性の違いが見られる。それらは中心視及び周辺視と呼ばれている。本研究は、その特性を解析しモデル化すること、及びそれを積極的に利用した効率的な画像処理法を検討し、ロボットビジョン等へ応用することを目的とする。本報では非一様画像場の基本的特性のモデル化と、それを利用した画像処理法について報告する。

2. 非一様画像場のモデル化

2.1 感度分布特性

網膜の中心部と周辺部において、錐体及び桿体（光受容細胞）の分布密度^{1,2)}は、網膜位置により大きく異なる。中心部では錐体密度が非常に高いが桿体は少ない。周辺部では錐体はほとんど見られず逆に桿体密度が高くなる。これらの光受容細胞はその分光感度特性³⁾に違いが見られる。網膜のモデルとして非一様画像場を定義するために、まず、分布密度に基づく光感度の分布を求める。波長 550nm における分光感度比は、錐体に比べて桿体では約2.3 (log 相対) である。それぞれの密度を $N_c(\theta)$ 、 $N_r(\theta)$ (個/mm²) とすると、1mmの面積における局所的な分光感度比の平均値は、

$$y(\theta) = \log_{10} 2.3 \times N_r(\theta) + N_c(\theta)$$

となる。表1に中心窩に対する相対感度の計算値を示す。

2.2 空間分解能分布特性

人間の反転網膜においては、視細胞層を除く網膜の厚さは中心窩近傍において最小であり、周辺部へいくに従って増加する。この厚みの影響を受けて周辺部においては、その網膜像にガウス分布関数でモデル化できる点拡がり関数 (PSF) により記述されるようなぼけを生じる。このPSFに基づいて空間分解能 (最小識別間隔:MDD) の分布を求めることが可能である。ここでは、相対視力のデータ及び Rayleigh の分解能を利用して得られるPSF分布⁴⁾に従って、図1に示すように画像全体を部分領域に分割する。ここで、1画素の幅は 13.2 μ m、1'58"としている。

2.3 画像処理

先に求めた非一様画像場の構造から、人間の視覚情報処理においては周辺視の処理は最小識別間隔に基づいて行われ、中心から周辺にいくに従ってその分解能を低減させて

表1 密度及び相対感度特性(波長:550nm)

角度 (度)	桿体密度 (個/mm ²)	錐体密度 (個/mm ²)	相対感度
0	0	148000	1.0
1.5	0	130000	0.9
3.0	53000	42000	74.4
4.5	62000	26700	100.2
6.0	94500	15650	132.3
7.5	105000	11050	146.9
10.0	125000	9050	174.7
17.0	155000	7500	217.5
20.0	148000	5394	207.1

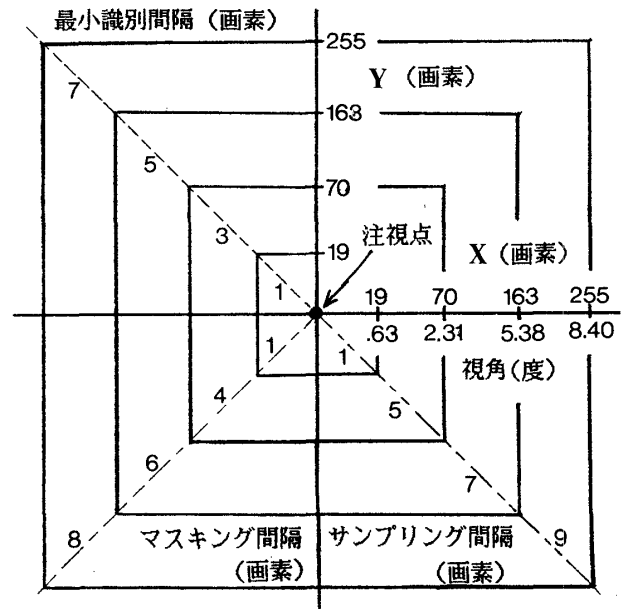


図1 部分領域の設定

いると思われる。ここでは、次の2つの量を定義する。

- ①サンプリング間隔 (SD) : 適当な間引き間隔を設定して、周辺部における処理を効率化する。
- ②マスキング間隔 (MD) : 従来のマスク (フィルタリング) 処理では隣接画素にわたってたたみ込み演算が行われた。ここでは、MDDを考慮した実際の間引き間隔をもつ格子 (実格子) によってマスクの定義域を設定する。一方、マスクの構造を定義するために理想格子を

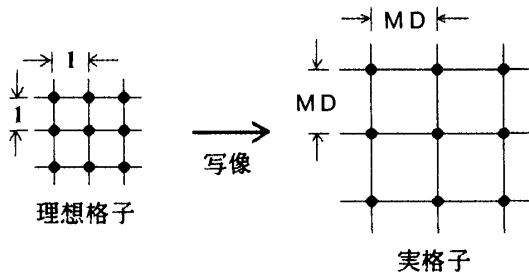
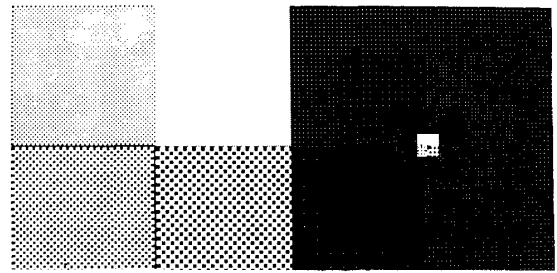


図2 理想格子と実格子の対応



(a) 原画像 (b) 処理画像
図4 実験画像 (2値格子画像:500×480)

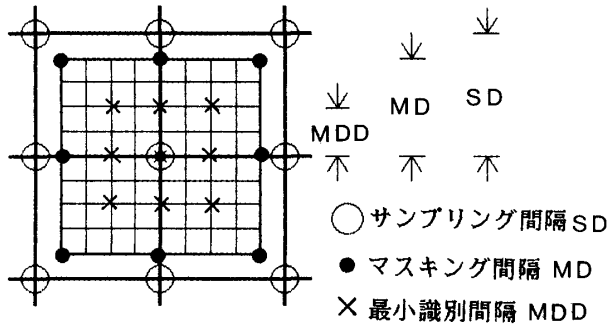


図3 MDD, MD, SD の関係

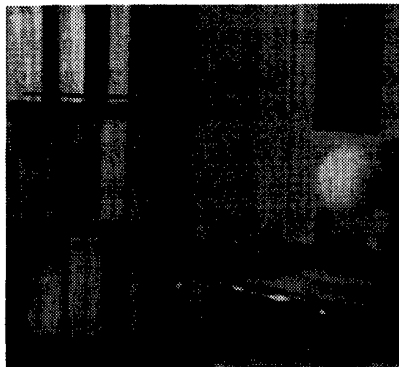
仮定し、実格子との間に図2のような写像関係を考える。次に関係式が成立する。

$$MDD \leq MD \leq SD$$

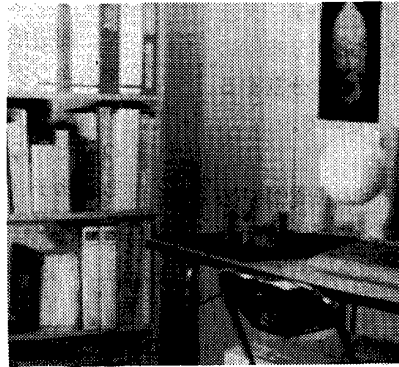
図3にこれらの量の関係を図示する。

3. 実験

図4、図5に画像処理の例を示す。図4 (a) は計算機で生成した実験画像であり、 2×2 、 4×4 、 6×6 、 8×8 画素のチェス盤模様である。(b) は Sobel マスク処理を施した画像である。各部分領域での処理の違いが明らかである。図5 (a) は実際の実験室の情景画像であり、(b) は最大相対感度を 2.0 とした輝度変換画像である。(c) は Sobel マスク処理の結果である。間引き計算のために周辺部では細部は検出されずに主要なエッジが抽出できていることがわかる(いずれも画面中央を注視点としている)。



(a) 原画像



(b) 輝度変換画像



(c) 処理画像

図5 実験室の情景画像 (500×480)

4. まとめ

(1) 網膜の特性に基づく非一様画像場のモデルを定義し、それに基づく画像処理手法を提案した。(2) 例として、Sobel マスクを用いて実験し、効果を確かめた。

今後は非一様画像場の特性解析、物体認識への応用の可能性などを検討する予定である。

参考文献

- (1) 久保田広他編：光学技術ハンドブック、朝倉書店 (1968)。
- (2) 応用物理学会光学懇話会編：生理工学、朝倉書店 (1975)。
- (3) 鳥居修晃：視覚の心理、サイエンス社 (1987)。
- (4) 金子、大矢、本多：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、本大会予稿集 (1990)。