

タンパク質を用いた受容野型フィルター素子による画像処理

Image Processing Using Protein-based Receptive Fields

○ 向井 貴之¹, 本井 拓馬¹, 春山 喜洋², 笠井 克幸², 岡田 佳子¹

(1. 電通大先進理工, 2. 情報通信研究機構)

○ Takayuki Mukai¹, Takuma Motoi¹, Yoshihiro Haruyama², Katsuyuki Kasai²
and Yoshiko Okada-Shudo¹ (1.The Univ. of Electro-Commun., 2.NICT)

E-mail: m1433090@edu.cc.uec.ac.jp

動物の視覚は眼球から得た光情報をもとに構成される。光情報は網膜、外側膝状体、脳へと順番に伝達され情報処理される。視覚情報処理に関わる細胞は「受容野」と呼ばれ、D. Marr と E. Hildreth によって数式表現されている¹⁾。受容野のモデルで代表的なものは DOG (Difference Of Gaussian, 2つのガウス関数の差分) 型と Gabor (ガウス関数と正弦波または余弦波の積) 型であり、それぞれ物体のエッジ検出、特定の空間周波数と傾きをもつ画像の抽出に用いられる。

高度好塩菌の細胞膜中に存在するバクテリオロドプシン (bR) は正負の極性反転する時間微分応答を示すため、神経節細胞を模倣した光センサーに応用されている。この特性を2つの相反する反応を示す興奮領域と抑制領域に対応させた DOG 型センサーが報告されている²⁾。本研究では、bR を用いて受容野型フィルター素子を作製し、アナログ画像処理への適用を目的とする。

bR を2枚の ITO 基板上に成膜し、電解質溶液 KCl を挟み込んだ光セルを電流電圧変換器に繋ぎ、光出力をオシロスコープで観測した。Figure 1 (a) に示すように、ITO 基板の正面側を興奮領域、背面側を抑制領域に対応させると2値化した1次元 DOG 型セルが実現できる。プロジェクターを用い、DOG 型セル受光面上でエッジを走査したところ、ゼロ交差波形が観測できた。

一方、Gabor 関数 $g(x, y)$ とそのフーリエ変換 $G(u, v)$ は、

$$g(x, y) = \exp\left(-\frac{x_\sigma^2 + y_\sigma^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x_\sigma}{\lambda} + \psi\right) \quad (1)$$

$$G(u, v) = \left(\frac{2\pi\sigma^2}{\gamma}\right) \cos(\psi) \exp\left\{-\frac{\sigma^2((u_\sigma - \frac{2\pi}{\lambda})^2 + (\frac{v_\sigma}{\gamma})^2)}{2}\right\} \quad (2)$$

と記述され、 λ は波長、 σ は包絡線の幅、 γ はガウス関数の楕円率を表す。 λ の値を変えると受光面に投影した抽出画像の空間周波数を、さらに σ の値で増幅率を設定できる。ここでは $\sigma = 2, \gamma = 1, \psi = 0, \lambda = 4$ とした。Gabor 関数を2値化して OHP フィルムにプリントしたマスクを、DOG 型セル上にかけると、Fig. 1 (b) に示すような2値化 Gabor 型セルになる。受光面に横幅 1.5 mm の光バーを左から右に 80 mm/s で走査したときの出力波形を Fig. 2 に示す。セルの角度をそれぞれ 45°, 90°, 135° に変化させ光バーを走査すると、正および負の出力が共に減少したため、入力画像の走査方向依存性が確認できた。

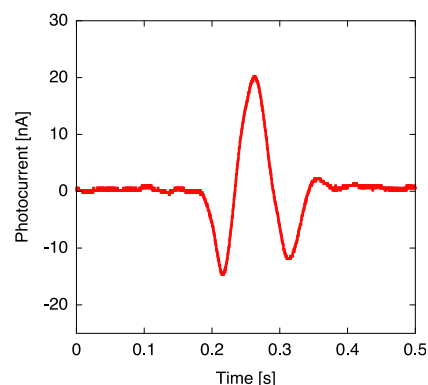
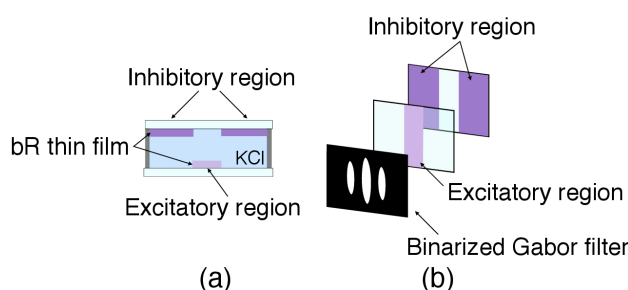


Fig. 1: Structure of the cell : (a) binarized one-dimensional DOG filter (cross-sectional view), (b) binarized Gabor filter. Fig. 2: The photocurrent profile of bR Gabor filter with moving light bar.

1) D. Marr and E. Hildreth, Proc. R. Soc. Lond. B **207**, 187-217 (1980).

2) H. Takei, A. Lewis, Z. Chen, and I. Nebenzahl, Appl. Opt. **30**, 500-509 (1991).