空間的ブラーの知覚におけるオフ信号の優位性

佐藤 弘美^{1,2}, 本吉 勇³, 佐藤 隆夫¹

(¹東京大学 人文社会系研究科, ²日本学術振興会(DC1), ³東京大学 総合文化研究科)

キーワード: ぼけ知覚, 輝度極性

Predominance of dark signal in perception of spatial blur

Hiromi Sato^{1,2}, Isamu Motoyoshi¹, Takao Sato¹

(¹The University of Tokyo, ²JSPS Research Fellow)

Key words: blur perception, luminance polarity

はじめに

自然画像の高空間周波数成分の振幅を弱めると画像がぼけて見えることはよく知られている。この「ぼけ(blur)」の知覚は画像の振幅スペクトルにより決まると考えられている。

本研究では、高周波数成分のコントラストの正值（オン成分）もしくは負値（オフ成分）のみを弱めた画像を用いて、ぼけの知覚がオフ信号に大きく依存することを報告する。

方法

刺激

テスト刺激は様々な自然画像(4.6×4.6 deg), および文字やモンドリアンパターン, 矩形波縞などの人工画像だった(図1)。各刺激の 16 c/image 以上の高空間周波数成分の振幅の正值（オン成分）あるいは負値（オフ成分）のいずれかを、原画像のそれに対して 0.4 倍に変調した。

手続き

テスト刺激とともに、高空間周波数成分の振幅をオン・オフ成分ともに 0.2 - 1.0 倍に変調した（一般的なぼけを生じさせた）参照刺激を 8 枚提示した。観察者は、刺激を自由に観察し、テスト刺激と同程度にぼけて見える参照刺激の一つ選択した（マッチング）。

図1. 実験に用いた刺激の例。

結果

図2 テスト刺激とぼけ強度が等しく見えた参照刺激の高空間周波数成分の変調度（テスト刺激の知覚的な明瞭度）を、

画像ごとに示したものである。いずれの刺激でも、オフ成分のみを弱くした場合の方がオン成分のみの振幅を小さくした場合よりもぼけて見えることがわかる。

図2. 様々な種類の画像についてオン/オフ成分のみを変調したときに知覚される「明瞭さ」。

このぼけの知覚におけるオン/オフ非対称性は文字やモンドリアンパターン, 矩形波縞, などの人工画像についても見られ、同様の結果は自然画像の位相をランダムにした画像についても見出された。このことから、ぼけ知覚におけるオフ信号の優位性は、陰影に由来する形状情報などの高次の情報と関連するものではなく、低次の画像特徴検出段階に由来するものと考えられる。

また、画像の振幅スペクトルの傾きとオン/オフ変調画像の見かけの明瞭さとの相関分析を行ったところ、オフ変調画像の見かけの明瞭度はスペクトルの傾きと正の相関を示すのに対し、オン変調画像は負の相関を示すことがわかった。これは、オフ信号の振幅というよりはオン・オフ信号のバランスがぼけ知覚にとって決定的であることを示している。

考察

本研究の結果は、「ぼけ(blur)」の知覚が、空間周波数スペクトルのみならずコントラスト極性に大きく影響されることを示している。オフ信号は画像の明瞭さやシャープさによってオン信号よりも大きな貢献をしていると考えられる。

自然界では、焦点のずれのみならず、蒸気などによる光の散乱もぼけと類似した効果をもつ。散乱の特性により、この効果は画像中の明るい部分よりも暗い部分により大きな影響を及ぼすことになる。本研究で見出されたぼけ知覚におけるオフの優位性は、こうした生態光学的法則を視覚系が巧みに取り入れていることを示唆している。