

3G-02

ヘルマン格子錯視における情報処理に関する仮説の検証

池田 文人

北海道大学 高等教育推進機構/大学院理学院/脳科学研究教育センター

はじめに

錯視の多くが周辺視によって生じることが知られている(1)。従来の錯視研究では対象を正確に知覚する中心視のシミュレーションプログラムを用いて錯視を解明しようとしてきた。フーリエ解析によるグラデーション錯視の解析(5)、ヘルマン格子錯視の説明としては、網膜における側抑制機能のシミュレーション(6)、特定の視覚情報に対応したニューロン群があるという知見を数理的にモデル化したもの(3)、などがある。しかし錯視を説明している根拠自体が否定されたり(7)、錯視を再現できても本来モデル化した中心視の機能を再現できなかつたり(3)と決定的な錯視の解明には至っていない。

錯視が生じる周辺視野は、中心視野で対象を正確に知覚すべく中心視に注意や意識を集中するために、意識されないように中心視野から連続したビジョンを形成しつつ、注意や意識を向けるべきものが周辺視野に飛び込んできた場合には瞬時にそれを知覚しなければならない(2)。ところが我々の眼は身体とともに動きかつそれ自体が動くため、こうした予測可能な動きを意識させないメカニズムが周辺視では働いているはずである。

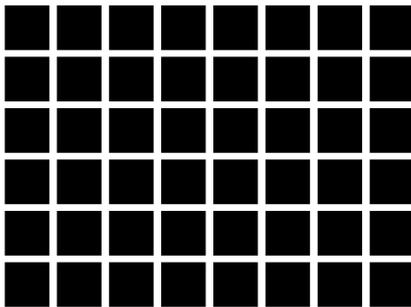


図1：ヘルマン格子図形

方法

周辺視野における錯視がはっきりしているヘルマン格子図形を用いる。図1のヘルマン格子図形では、周辺視野の白い目地の交差部分がグレー

“The verification of a hypothesis on information processing of Herman's grids Illusion”

Fumihito Ikeda, Institute for Advancement of Higher Education/Research and Education Center for Brain Science, Hokkaido University

に見える。そこで、白い目地の交差部分を黒く塗りつぶした図形を用意し、どのような違いがあるかを比較する。

比較の方法は以下の通りである。図2の個々の円盤が光受容細胞に対応し、それぞれが黒もしくは白の情報を受け取っている状態を示している。中央部に×印のついた光受容細胞の真上に神経節細胞があり、この神経節細胞は点線で囲まれた範囲内の光受容細胞からの情報を受け取り何らかの情報処理をして視神経へ情報を伝達する(4)。この際、光受容細胞から神経節細胞、そして視神経を介して脳へと至るボトムアップの情報処理だけでなく、脳からのトップダウンの情報処理の影響も神経節細胞等が受けている(7)。

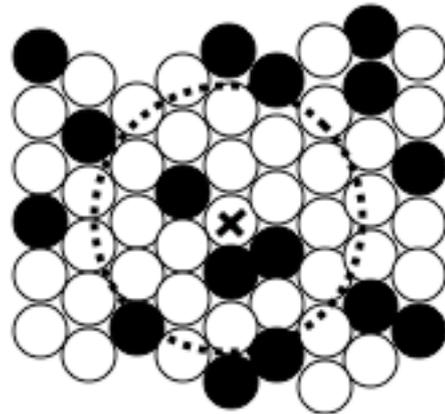


図2：光受容細胞と神経節細胞の関係

神経節細胞は受け持ちの各光受容細胞の状態から神経節細胞直下の光受容細胞の状態が変化する確率を算出しているものと仮定する。神経節細胞はその直下の光受容細胞とその周辺の光受容細胞の色や明るさのコントラストを知覚できるため(4)、この知覚は先の変化確率と同等とみなせる。具体的には、右図の神経節細胞の直下の光受容細胞は白い光を受け取っている状態であるがその周囲にある管轄範囲内の光受容細胞群もやはり白が多いためこの神経節細胞が知覚する色のコントラストは低くなり(4)。このことはこの神経節細胞直下の光受容細胞の白という状態はその管轄範囲内において次の瞬間に黒に変わる確率（周辺にある白い状態の光受容細胞が15に対して黒は3であるので3/15）に置き換えることができる。つまりこの神経節細胞からの情報によって形成されるビジョンは白っぽくなると予測できる。したがって入力された画

像を細かく分割し（光受容細胞レベル），ある一定間隔で先述した確率を算出し，二つの図形の相違を比較する。

結果

Excelのシートで，0.8cm×0.8cmのマス目を作り，ヘルマン格子の黒いタイルの大きさを9×9マス，白い目地の太さを3マスとして，黒いタイル部分を黒で塗りつぶした図形を作成する（A）．同様のシートを作成し，白い目地の交差部分である3×3マス部分を黒く塗りつぶしたものを作成する（B）．図Aのある白い目地の交差部分，図Bの場合は3×3マスの黒く塗りつぶされた部分，の中心から上下に6マスずつ，合計13×13マスの各マスにおいて，各マスを中心に上下2マス，合計25マスの範囲内の白になる確率を算出した．13×13マスの1行目から13行目での確率の変化を図3と4に示す。

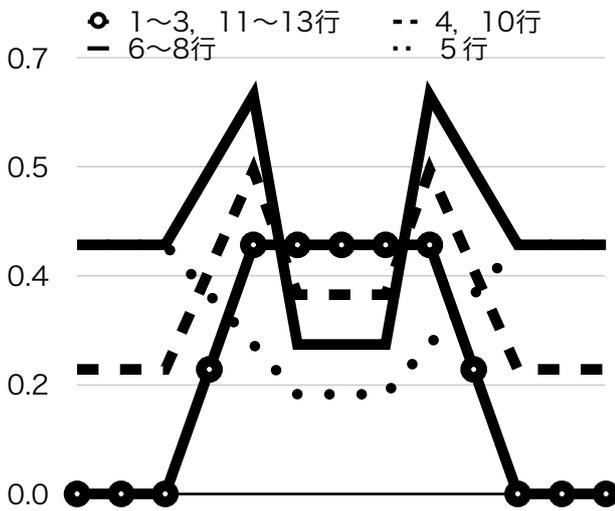


図3：図Aにおける確率変化

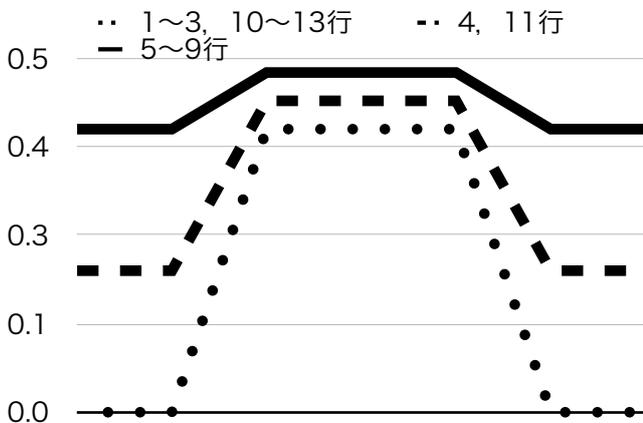


図4：図Bにおける確率変化

考察

図3と4を見てわかるように，目地の中心部分（横軸の7前後）において，図Bは図Aに比べて

変化がほとんどないことがわかる．特に，図Aの場合，横軸の3から6にかけて上昇する一方で下降する，あるいは横軸9から11にかけて下降する中で上昇する行があるのに対して，図Bではそうした逆変化がない．このことは，図Bは図Aよりも，目地の交差付近における変化が抑制されていることを示す．このことから，周辺視野における視覚情報の変化の抑制機能が錯視に関与していると推測できる。

今後の課題

まず，上述した考察の妥当性，すなわち，統計的に変化率に差があるのかどうかを検証する必要があるだろう．次に，確率計算の範囲をどの程度にするのが妥当であるのかを検証する必要がある．また，ヘルマン格子図形を他の方法で加工して錯視が生じなくなった図形についても同様のことが言えるかどうか検証する必要がある．さらに，より人の網膜に近いコンピュータプログラムを開発し，より詳細な分析を進めていく必要がある。

参考文献

1. 後藤倬男・田中平八（編）、『錯視の科学ハンドブック』、pp.350-414、東京大学出版会(2006).
2. 真下一策（編）、『スポーツビジョン第2版』、NAP(2002)
3. Arai,H., A Nonlinear Model of Visual Information Processing Based on Discrete Maximal Overlap Wavelets, Interdisciplinary Information Sciences, Vol.11, No.2, pp.177-190 (2005).
4. Bear,M.F., Connors,B.W., Paradiso,M.A., "NEUROSCIENCE: Exploring the Brain", Third Edition, Lippincott Williams&Wilkins(2007).
5. Campbell, F.W. and Robson, J.G., Applications of Fourier analysis to the visibility of gratings", Journal of physiology, Vol.197, pp.551-566(1968).
6. Marr, D., "Vision", San Francisco, CA: W.H.Freeman, pp.63(1982).
7. Schiller, P.H. and Cavey, C.E., The Hermann grid illusion revisited, Perception, 34(11), 1375-1397(2005).