

# 縦格子による立体錯視像に対する2つの脳内再構成法

## Two Methods for Reconstruction of the Solid Illusion Image Caused by Vertical Gratings in the Human Brain

大槻 正伸<sup>†</sup>, 小泉 康一<sup>†</sup>  
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi

<sup>†</sup>福島工業高等専門学校  
National Institute of Technology, Fukushima College  
ohtsuki@fukushima-nct.ac.jp

### 概要

縦格子を通して、地面や制御されたドット平面を自然に両眼視すると、波打った地面、立体縞模様、トーラスなどの立体錯視像が得られる。

本研究では、この縦格子による錯視像に近い錯視像を別の方法で脳内に再構成する方法を2つ提案する。

1つは3Dステレオグラムによる方法、もうひとつは色立体視による方法である。

キーワード：縦格子立体錯視、3DS (3Dステレオグラム)、色立体視

### 1. はじめに

網戸 (の縦格子) を通して、地面を自然に両眼視すると、波打ったような立体錯視像が得られる[3][7]。また、小正方形 (ドット) を図1のように、各行をずらしながら配置した平面 (ドット平面) を、縦格子を通して両眼視すると帯状立体やずらし方によっては複数のトーラス状の立体の錯視像が得られる[4][5] (付録1)。この錯視を「GDP 錯視 (Illusion by Gratings and Dots Plane)」と呼ぶこととする。ここでは、特に付録1の帯状、トーラス状立体錯視像を、別の錯視で脳内に再構成する方法として次の2つを提案する。

(1) 3Dステレオグラム[2] (3DS) による方法

(2) 色立体視[1][8]による方法

これらは GDP 錯視現象を説明するのに、どのような錯視像が得られるのか、実際に道具 (ドット平面や縦格子平面) なしでも説明できるという利便性がある。

実際に、「第12回錯視・錯聴コンテスト[7]」の「網戸と地面の立体錯視 (補足図)」ではこの手法(1)が用いられ説明されている。

今回は、(1)については、文献[6]である程度詳しく計算法等述べてあるから、(1)については簡単に紹介し、主として(2)について述べることにする。

### 2. GDP 立体錯視像の脳内再構成

縦格子とドット平面による錯視 (GDP錯視) が生起する際の条件には次のようなパラメータがある。

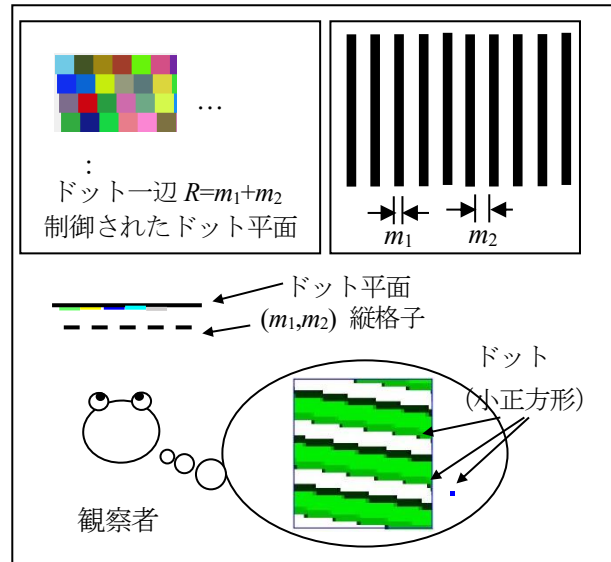


図1 縦格子と制御ドット平面による帯状立体錯視

- ・ 格子の、太さ (図1の  $m_1$ )、配置間隔 (同  $m_2$ )、
- ・ ドット (小正方形) の大きさ  $R$
- ・ ドット平面、縦格子面の設置位置
- ・ 左右眼 (瞳) の位置  $(x, y, z)$  座標

今回は、図2に示すように、これらの条件が入力されると、GDP錯視とは異なる錯視誘起物で、GDP錯視像に近い錯視像を誘起するものを出力する、というシステムを設計した。

出力される錯視誘起物は

- (1) 3Dステレオグラムの左右眼用の図 (2枚) (図2 (A)(B))
- (2) 色立体視により錯視像を得るための図 (図2 (A'))

である。以下このシステムについて述べる。

#### 2.1 3Dステレオグラムによる再構成

3Dステレオグラム (3DS) 用の2つの図の作成は次のようにできる[6]。図1、図2のドット平面の後ろに、ドット平面、縦格子面に平行に「射影平面」を考え、左右各眼から縦格子、ドット平面を射影した像を

2枚描画すると、それらは左右眼により得られる画像とほぼ相似となっている。

特に、各ドットが縦格子によって遮蔽される状態がかなり正確に計算される。GDP 錯視においては、各ドットの遮蔽状態がドットの知覚距離を決定するから[4]、こうして得られた、右眼、左眼からの射影像を作り、出力するだけで、3DS 用の図が得られる。

ここでは、付録1の GDP 錯視を再現する 3DS 用画像を付録2に示すにとどめる。

### 2.2 色立体視による再構成

今回、色立体視による錯視像再現画像を次のように構成するシステムを作成した。

各ドットの遮蔽状態から推定認知位置を計算し、その値がしきい値（今回は0）より大きいときは、赤紫色（50%）か青（50%）を、小さい場合は、赤（50%）か白（50%）で色をランダムに選び、ドットを描画する。

認知位置計算方法は図3に示す通りである[4]。

各ドットの左右眼での遮蔽状態を調べ、右眼像(A-B)と左眼像(C-D)を同一視し、直線(左眼-C)と直線(右眼-A)の交点Pを点A,Cの認知位置とする。点B,Dに対しても同様の計算をし認知距離はその平均とする。

なお、この色の組み合わせは試行錯誤により選定したものであり、よりよい組み合わせを見つけることが今後の課題となる。

以上のシステムで付録1のパラメータで計算したものが図4である。

### 3. 結論と今後の課題

以上のように、縦格子とドット平面による錯視像の近似像を、3D ステレオグラム、色立体視により、脳内に再現する方法を考察し、パソコンに実装し、錯視誘起物を実際に出力した。

観察者10人に、付録1を、その後図4を観察してもらい、インタビューによりどのような図形が認識されたかを確認した。その結果、全員付録1の帯状立体、トラス状立体が知覚されたが、実際に図4でも同様の図形が浮かび上がって認識されたのは4人、逆にへこんで見えたのが2人、図4で全く立体感が得られなかったのが4人という結果であった。色立体視は個人差がある[8]から全員に色立体視で同じような像を認識させるには限界があると考えられる。

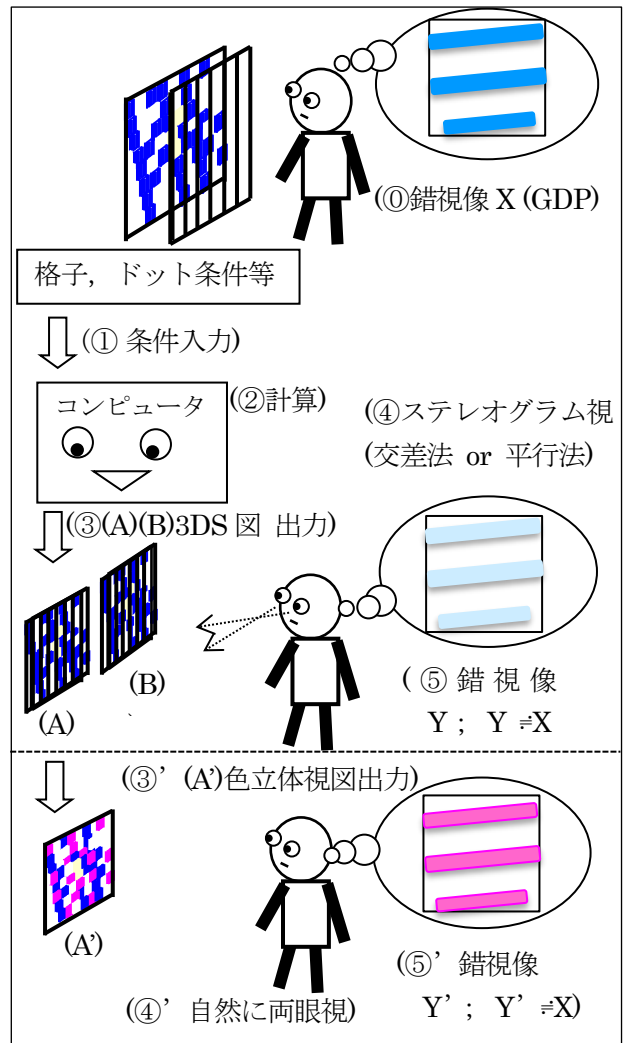


図2 立体錯視像再構成の概念図  
(実際の縦格子等のサイズは付録1程度)

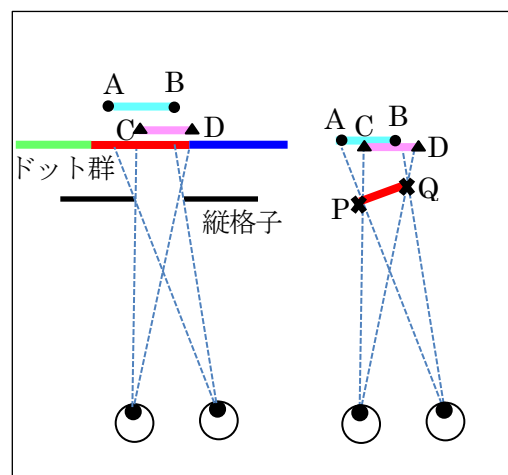


図3 ドットの認知位置計算 (観察の様子を上から見た図) PQが認知される像 (実際には、まわりの認知ドット像などからP,Qの位置は平均化されて、図のように傾かずドット平面に平行なドットが認識されると考えられる)

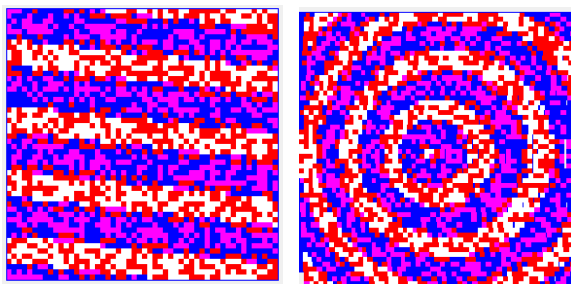


図4 色立体視再構成プログラムにより  
描画した図(60cm程度話して見るとよく見える)  
(付録1(PDF)をプリンタ Canon TS7530で  
印刷した図のパラメータ( $m_1, m_2$ 等)で計算)

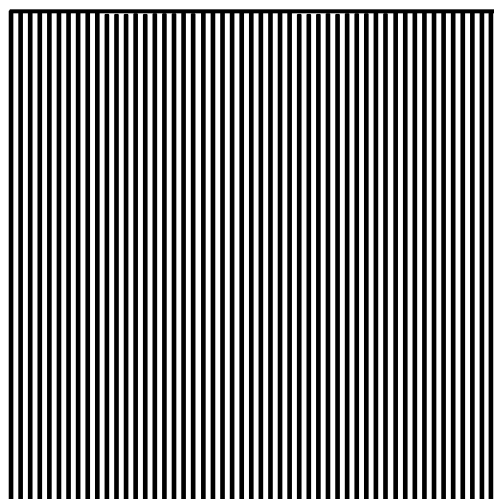
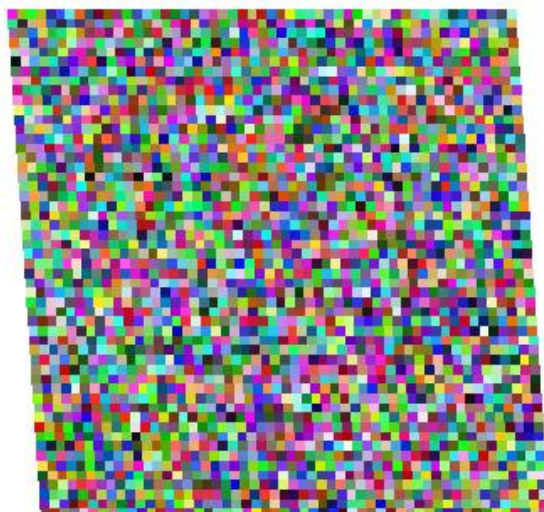
今後の課題としては

- (1) 今回以外の色立体視のための色組み合わせを見つけること
- (2) 他の方法によるGDP錯視像の脳内再構成法を見つけること
- (3) GDP立体錯視像とこれらの錯視像の誤差を測定すること
- (4) GDP錯視, 3DSの錯視, 色立体視の錯視のメカニズムの共通点, 1つを別のものでシミュレートする場合の限界等を見つけ出すこと

等があげられる。

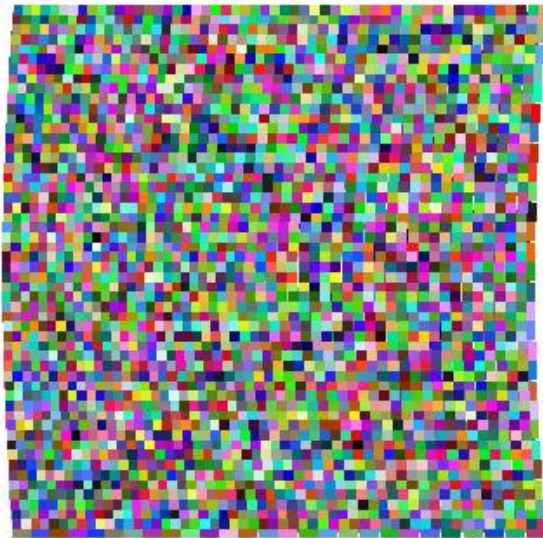
#### 付録1

右の縦格子をOHPシート等の透明な面に印刷し, 縦格子面を0.5~1cm程度離して配置し, 縦格子を通して左のドット平面を自然に両眼視すると帯状立体(上), トーラス状図形(下)が複数個知覚できる。



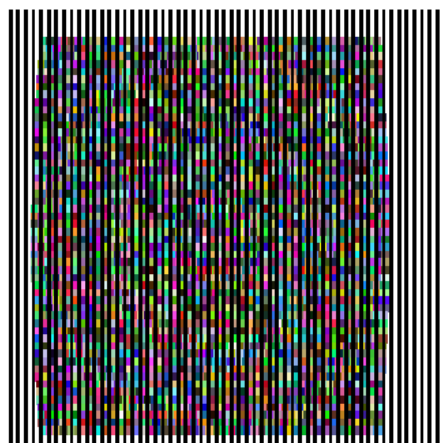
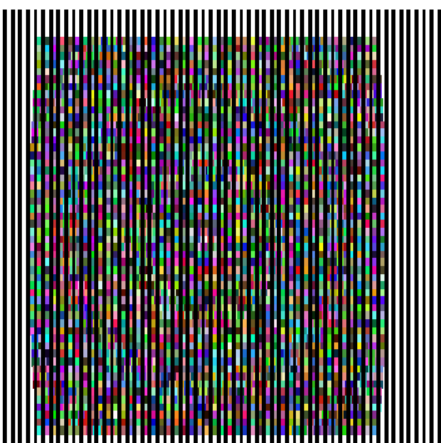
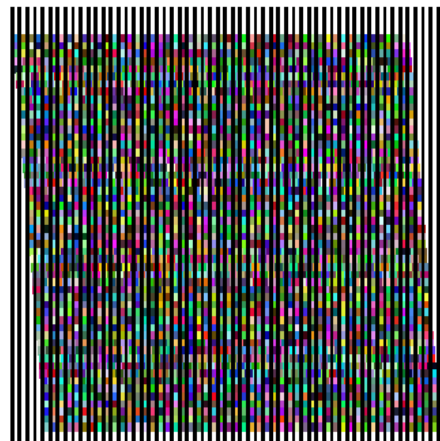
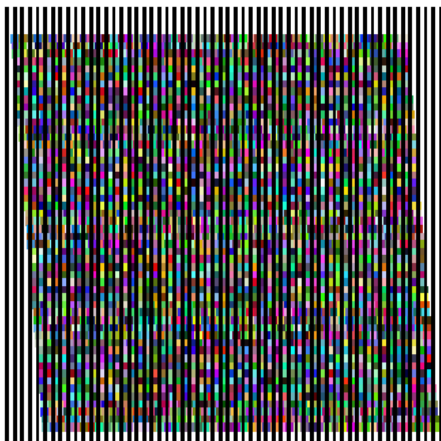
#### 参考文献

- [1] 北岡明佳(2017), 錯視の科学, 日刊工業新聞社, pp88 - 90
- [2] 下条信輔, 視覚の冒険(1995), 産業図書, pp1-59
- [3] 大槻 正伸, 中野 良樹(2000), 縦格子を通した二次元平面の両眼視によって生じる波状立体面の知覚日本認知科学会テクニカルレポート (JCSS-TR-36) pp. 1-12
- [4] 大槻正伸, 中野良樹(2001), ランダムドット平面と垂直グレーティングの重ね合わせによる帯状立体面の出現-融合アルゴリズムの検討- 日本認知科学会第18回大会発表論文集 pp. 170-171
- [5] 大槻正伸, 中野良樹(2003), ランダムドット平面と縦格子の重ね合わせによるトーラス状図形の立体錯視像の出現, 日本認知科学会第20回大会発表論文集 pp. 306-307
- [6] 大槻 正伸, 小泉 康一(2023), 縦格子立体錯視像の3Dステレオグラムによる再構成, 福島高専研究紀要 第63号, pp6-11
- [7] 大槻 正伸, 小泉 康一, 中野 良樹(2020), 網戸と地面の立体錯視, 日本基礎心理学会主催 錯視・錯聴コンテスト 2020 (第12回) 入賞作品 <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/sakkon/sakon2020.html> (2023年7月現在)
- [8] 色立体視(進出色・後退色) <https://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/scolor.html> (2023年7月現在)



付録2 ↓

3D ステレオグラムによる, GDP 錯視像有機物  
 通常のステレオグラムと同様に, 2つの●が3  
 つに見えるように眼球操作をすると付録2の  
 GDP 錯視像に近いものが知覚できる. (2つと  
 も CV (交差法[2]) 用として作成してある)



付録1 (PDF) を Canon TS7530 で印刷した図のパラメータ  $(m_1, m_2)$ , 左右眼間距離=6.5cm で計算

(上) 帯状立体視 (下) トーラス状立体錯視

ただし, この図自体は伸縮してあり付録1のパラメータとは一致しない