



Fig. 1 反射型ホログラムのサングラス



Fig. 2 直線回折格子のメガネ



Fig. 4 計算機ホログラム(位相型格子)のメガネ



Fig. 3 計算機ホログラム(振幅型格子)のメガネ

学会誌に掲載した口絵の画像をカラー化しweb掲載用に調整しています

口絵解説

「画像からくり」

第17回 ホログラムメガネ, 回折格子
メガネ

17. Hologram Glasses, Grating Glasses

桑山 哲 郎

メガネは大変身近な光学機器である。近眼や老眼用のメガネは実用品であるが、ひとたび回折格子を組み合わせると、メガネは面白い「からくり」に変身する。

Fig. 1では、灰色のサングラスのレンズの上に、反射型のホログラムが配置されている。体積位相型のホログラム格子を用いており、白色光で照明すると、ブラッグ回折による反射回折光で3次元の像が作り出される。この写真のメガネでは、暗い宇宙空間に緑の星が輝き、地球の上に大陸が見える。ホログラムの元の像は左右同じだが、向かって左は緑色、右には金色の像が見える。この差は、露光あるいは現像条件の違いによると思われる。なお、このサングラスでは、メガネをかけている本人にとっては視野が少し暗くなるだけで、ホログラムの像は見えない。反射型ホログラムのメガネは1980年頃頃から商品として店に並び始めたと思われる。最初の図柄はマネキンの目玉で、かけている人が目を閉じていても、開いた目が見えるという趣向であった。当時使用された材料はダイクロメーテッド・ゼラチンで、記録されたホログラム格子が湿度に大変弱いので、ガラス基板を用い厳重なガラスのカバーがされていた。数年で像が消えてしまったホログラムも多い。写真の商品では、記録材料がフォトポリマーなので、プラスチック基板が用いられている。

Fig. 2は、単純な直線回折格子を用いたメガネである。表面レリーフ型の直交回折格子が用いられている。回折の方向は上下左右で、高次の回折光もよく見えるため、点光源を見ると回折光が縦横正方形に並ぶ。パーティーの照明や花火を見ると、大変華やかで楽しめる。ポニーキャニオン(株)から発売されていたVHSビデオソフトに「ヴァーチャル・トリップ」(Virtual Trip)のシリーズがある。その一部には回折格子メガネが「3Dメガネ」として付属しているものがあつた。今回のメガネは、同社がメガネだけを単独で販売したものである。照明を消した部屋でメガネをかけてテレビの画面を鑑賞すると、上下左右に生じる回折光で「光の壁」が現れるのを楽しむことができる。直線回折格子は古くから知られているので、この種のメガネがどれ程昔から商品化されているかは見当がつかない。

Fig. 3は、計算機ホログラムのメガネで、点光源の周囲に文字や図形が現れる。一見、灰色のサングラスのように見えるが、近くで見ると1.25 mm角の正方形の周期的な模様が見える。この模様は、黒い正方形が透明な地に飛び飛びに配列されてできていることが、高倍率のルーペで見ると分かる。写真のメガネでは、点光源の周囲6方向に雪の結晶が見える。商品化されている図柄の種類は大変多く、「HAPPY BIRTHDAY」など各種文字のメッセージも揃っている。またわずかな数からでも特注にも応じるといふ宣伝をしている会社もある。これは、解像力の高い銀塩フィ

ルムにプリントして十分製作が可能で、また容易なフーリエ変換で計算できるためと思われる。振幅(吸収)型の回折格子なので、 ± 1 次回折光は同じ強度で生じ、また回折効率はあまり高くできない。

このメガネにはUS Patent¹⁾の番号が印刷されているので、技術内容を勉強するには好適である。明細書にはホログラム研究初期の論文も引用されているが、思い起こして、1972年の応用物理の「研究ノート」²⁾(大学時代に勉強した)を改めて読み返すことにした。計算機ホログラムはLohmannほかが1966年発表したのが最初³⁾で、長方形の黒い領域を透明なベース上に配置して人工的な(レーザー露光によらない)ホログラムを作り出していた。一方、位相だけを変調する計算機ホログラムは「キノフォーム」(Kinofom)と命名され、1969年に発表された⁴⁾。キノフォームでは光の強度に対する透過率は100%で、透過光の位相だけが変調される。たとえば、透明な板の表面を微小な正方形の領域に分割し、それぞれの正方形を適切な高さにすれば、表面凹凸の転写で工業的に量産することが可能となる。現代の半導体製造用位相マスクの技術が、そのまま使用できる。

Fig. 4が、身近な場所に現れたキノフォームである。商品名は「ドラえもん ドラちゃんがいっぱい!」で、私は2002年の夏、コンビニエンスストアの花火のコーナーで最初に会った。写真では台紙の上に、手に持つ側を手前にしてメガネを置いている。厚紙には上下32 mm、左右40 mmの薄い板が貼り付けられ、のぞき窓に対応した部分には上下左右20 mmの板が貼り付けられている。小さな方の板はキノフォームで、約1 mmの正方形の繰り返しパターンが見える。キノフォームの長所として、特定の方向に回折光を集めることができることがあげられる。あるピッチの格子があつたとして、プラス1次回折光にエネルギーを集中し、0次回折光(直進光)、マイナス1次回折光や他の次数の回折光にほとんどエネルギーが配分されない。こういう説明をすると面倒なようだが、要するに「かなり自由に光のパターンを描くことができる」回折格子である。

使用例は台紙に示されている。夜、街路灯を見るとライトがすべて「ドラえもん」の顔になる。そして花火の光る粒、夜道を走る自動車のヘッドライトがすべてドラえもんの顔となって動き回る。このキノフォームのメガネでは、「ハローキティ」、「アンパンマン」(どちらも商品名)など人気キャラクターが続々と登場し、毎年花火売り場を賑わせている。

以上、ホログラムメガネ、回折格子メガネを取り上げた。実物を手にした体験が、言葉ではほとんど伝えられないことが残念である。比較的低価格の商品なので、機会があればぜひ購入されることをおすすめする。

引用文献

- 1) US Patent 5,546,198, van der Gracht, "Generation of selective visual effects", Filed Sep. 30, 1994, Patented Aug. 13, 1996.
- 2) 武田光夫, 谷田貝豊彦, "計算機ホログラムとキノフォーム", 応用物理, **41**, 1039-1046 (1972).
- 3) B. R. Brown and A. W. Lohmann, "Complex spatial filtering with binary masks", Appl. Opt. **5**, 967-969 (1966).
- 4) L. B. Lesem, P. M. Hirsch and J. A. Jordan, "The Kinofom: A new wavefront reconstruction device", IBM J. Res. Develop, **13**, 150-155 (1969).