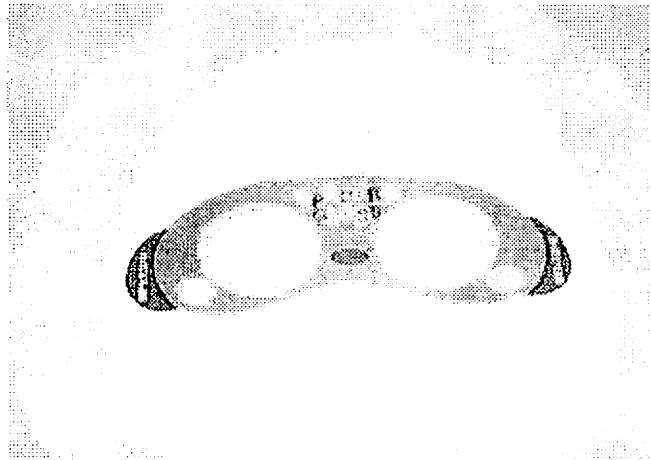


# 驚異のスペクトラマジックグラス

湘南台高校・山本明利

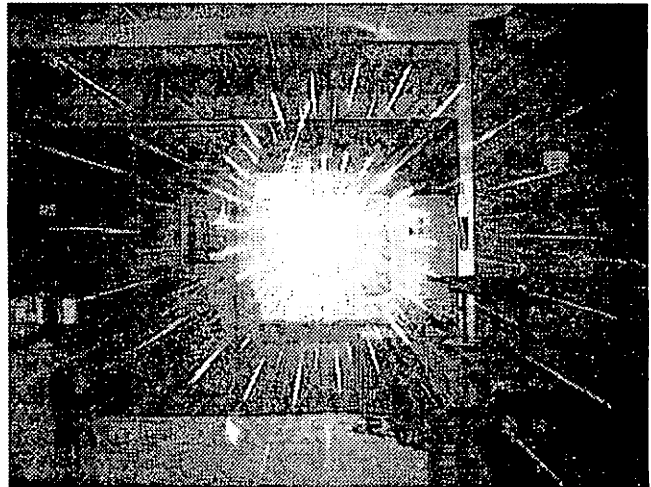
まずは、写真1を見ていただきたいと思います。たればんだを思わせるデザインのこのメガネ。この夏、玩具屋の店頭でよく見かける子供用の花火セット（株式会社オンダ製）におまけとしてついています。名付けて「スペクトラマジックグラス」。このメガネを通して花火のような点光源を見ると・・・なんと写真2のように見えます。



印刷ではカラーが出ないのが残念ですが、虹色の光の列が渦を巻くように放射状に配列しています。その美しさにはだれもが「わー」と一瞬言葉を失います。レーザーポインターの光を当てると、壁や天井に同じような渦を巻いた点列が投影されます。まるで渦巻き銀河を見ているようです。これまでに見たことのない豪華な光のマジックです。わずか数百円の花火セットにこの付録は格安だと思います。

▲図1

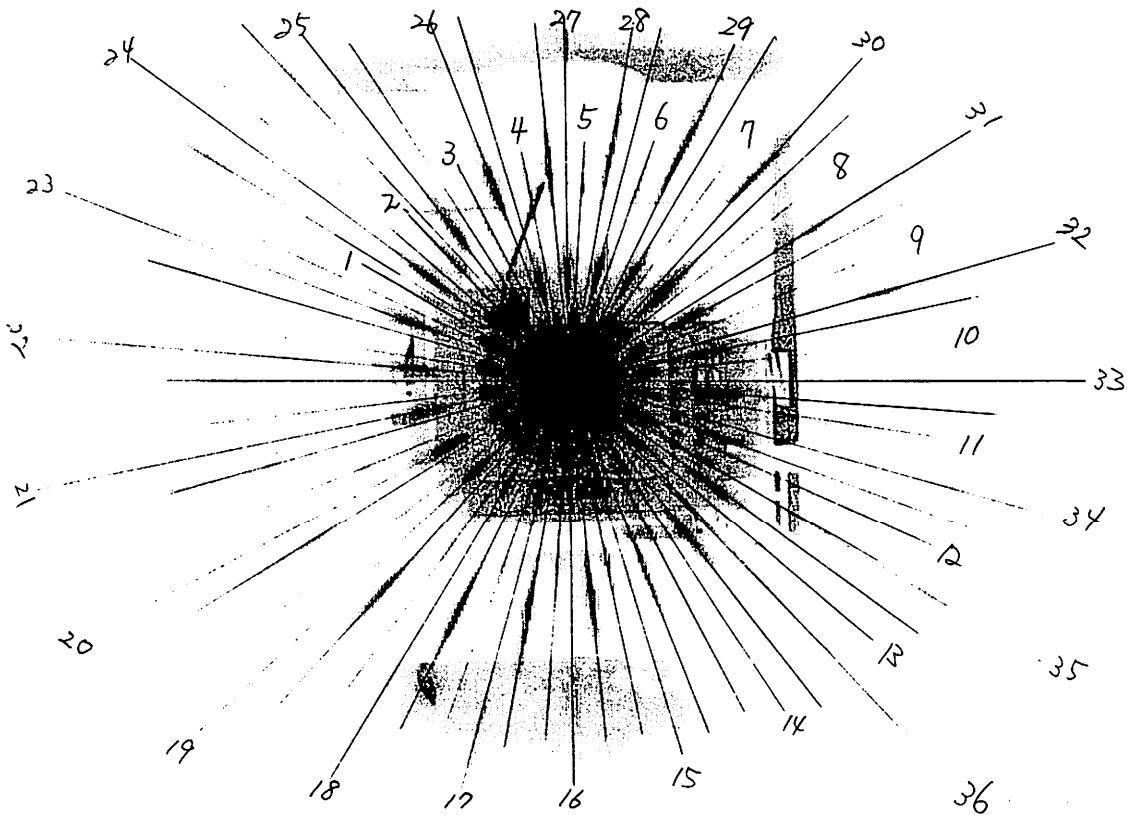
▼図2



さて、YPCとしてはここで当然、「なぜ？どうして？」という謎の解明に進まなければいけません。

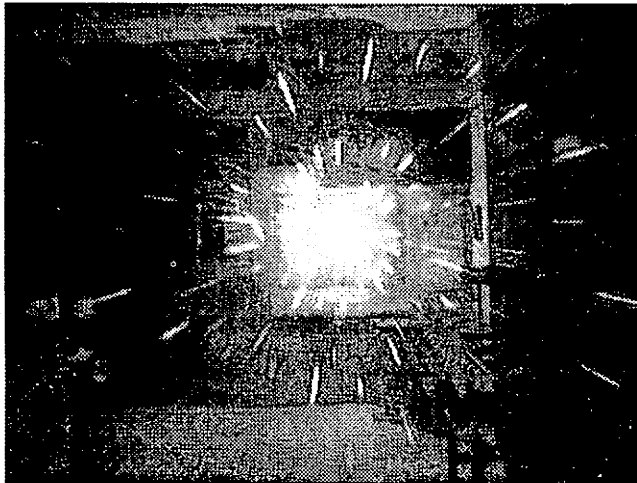
先日の湘南台例会の折には、出席者の皆さんにそれぞれこの花火セットをお買い求めいただき、宿題としてお持ち帰りいただいたのですが、もう謎は解けたでしょうか。この記事では、その種明かしをすることにいたしましょう。

まず、渦を巻く光条がそれぞれ虹色に分光していることから、これは回折格子の応用であるということは想像できます。回折角や分散の幅から見て、比較的格子定数の大きな、粗いピッチの回折格子に違いありません。しかし、不思議なのは、渦を巻いていることです。つまり光条ごとに回折角が異なるのですから、格子定数が1種類であるはずはありません。渦巻きは一次のスペクトルが主体ですが、それも光源の左右一対になっていますし、二次のスペクトルも入り交じっているので、いったい何種類の格子定数があるのかは精密に分類して数えてみる必要があります。次ページの図3は、光条に定規をあてて系列に分類し、渦の中心から順に番号をつけてみたものです。なんと格子定数の異なる36種類もの系列があることがわかります。



▲図3 渦巻きは36種類のスペクトルの光条で構成されている。

▼図4 カメラの絞りを絞ったとき



次なる手がかりは、カメラの絞りを絞ったり、レーザービームを細くしたりしたときに見える図4のようなパターンです。つまり、光の通過する領域を狭めると渦巻きの一部が欠けるのです。それもとびとびに……。これはそれぞれの光条がフィルム上の別の箇所で作られていて、それを同時に見ているにすぎないことを意味します。直交回折格子のように二つの格子パターンがオーバーラップして存在しているわけではないのです。

メガネの透明なフィルムをよく観察すると、細かな方眼のパターンが刻まれていることが肉眼でもわかります。定規を当ててみると、方眼のピッチは縦横ともおよそ1mmです(図5)。しかし、この方眼が虹を作り出しているのではないことは明らかです。この分散を得るためには、1mmあたり数十本~数百本の格子が必要だからです。虹を作り出しているパターンを観察するにはやはり顕微鏡が必要です。

図5→

しかし、透明なフィルムの顕微鏡観察はなかなか難しいものです。生物顕微鏡のような透過光では、回折格子パターンの観察はきわめて困難でした。そこで、図6のように鉱物観察用の双眼実体顕微鏡で、落射照明（斜め上方からの照明）で観察してみました。

すると、図7のようにいろいろな色に彩られた方眼のパターンが見えてきました。

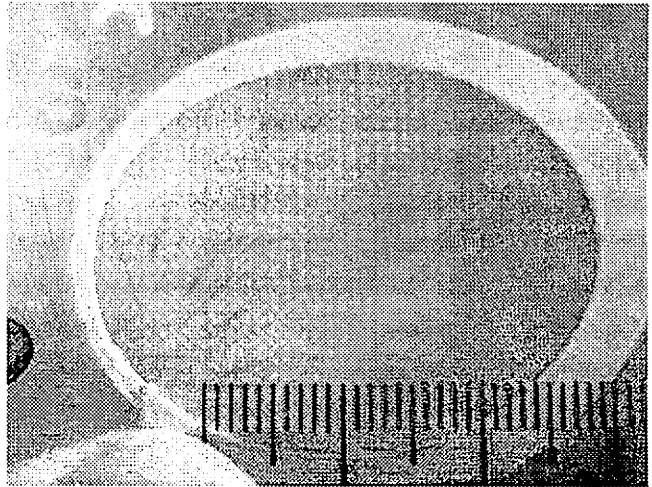
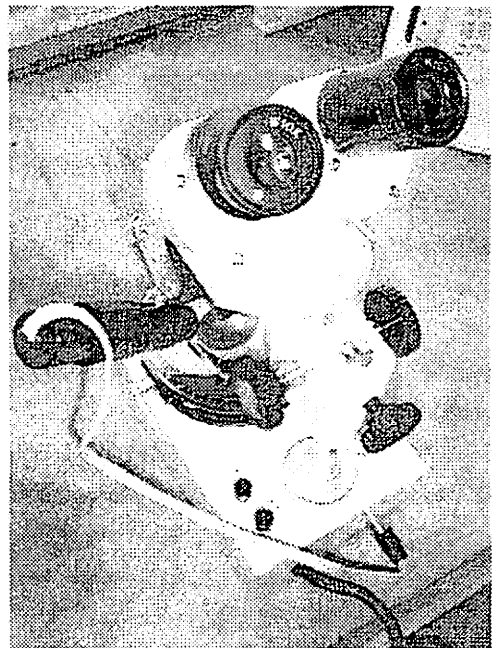


図6→

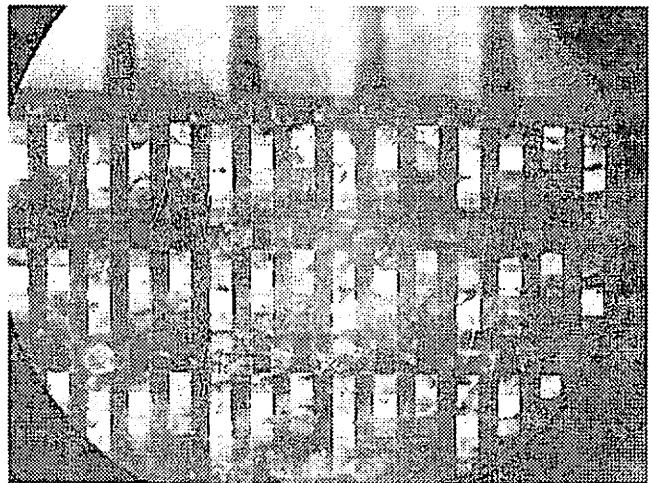
写真の上方の黒い太い線は定規の1mmの目盛りです。1mmの中に6個の小さな正方形がおさまっています。1/6mm角の正方形が6行6列、計36個で1セットになったマトリックスパターンが繰り返しているのです。

賢明な読者諸氏はもうおわかりでしょう。この小さな正方形の一つ一つが、それぞれ少しずつ異なる方向を向いた、少しずつ異なる格子定数の回折格子なのです。図7の写真では落射照明の光がそれらに反射して干渉し、それぞれ異なる色に輝いて見えています。回折格子が36種類あるので、36の系列からなる渦巻き状のスペクトルが見えるというわけです。原理は思ったより単純でした。

とはいうものの、このスペクトラマジックグラスの設計にはなかなか深い配慮が感じられます。このメガネを通して花火を観察するときにはきつと夜でしょうから、観察者の瞳孔は大きく開いているでしょう。大人と子供でも違うはずですが、直径5mm前後になっていると思います。ということは、目の前にこのメガネを置くと、マトリックスの何組かは確実に瞳を覆うことになるでしょう。ちょうど図7の写真のような視野になることと思います。こうして観察者は36種類すべてのスペクトルパターンを網膜上に見ることになるわけです。



▼図7



これ以上マトリックスを細かくすると、渦の中心付近の光条を作り出す、格子定数の大きな（粗い）回折格子が作りにくくなります。その上、マトリックスの周期による、直交する干渉縞も視認されるようになって艶消しになってしまうでしょう。一方、マトリックスをこれ以上粗くすると、すべての要素が瞳サイズにおさまらなくなるため、図3の写真のようにスペクトルパターンの一部が欠けてしまって美しくなくなります。おそらく、最適なサイズを追求した結果がこの製品に結実しているのだと思います。

レーザービームで渦巻銀河状の干渉パターンを投影するときも、前述のように、ビーム幅の狭い高級な光源装置はむしろ不適で、秋葉原で¥900で売っているような、ビーム幅の太い安物のレーザーポインターの方が光源としては向いています。

さて、この素敵なメガネ、この記事をきっかけにちょっとしたブームを呼ぶと予想しているのですが、なんとかこの素材のシートを直接入手したいものですね。どなたかチャレンジしてみませんか。

---

早稲田大学本庄高等学院の影森徹先生から以下の研究会の案内を紹介されたので、転載します。

1999年6月16日

各位

早稲田大学理工学部物理学科  
フィジカルサイエンステクノロジー部門（主催）  
応用物理学会応用物理教育分科会（協賛）

第六回「みんなで考えよう基礎物理実験」研究発表会  
（公開ワークショップ）出席のご案内

大学理工系の基礎科目である物理実験が、教材、指導法、など多くの面で再検討を迫られています。学生の多様化や工業技術のソフト化、初等中等教育における教育課程の基準の改訂、そしてより直接には大学設置基準の改訂と結びついています。この点で、基礎物理実験をどうするか、という問題が、一つの大学の中にとどまらない一般性をもっています。今、各大学、高校で物理実験の指導に実際に携わっている教職員が集まって、成果を交換し、討論をすることは有意義であると信じます。

このような視点に立って、早稲田大学理工学部フィジカルサイエンス・テクノロジー部門は、大学理工学部物理実験を中心とした研究発表会を開きます。実験教材開発、実験上の工夫や改善、実験室教務事務システムの開発など、できるだけ具体的な内容について「情報交換の広場を作ろう」これが開催のねらいです。多くの方々の参加と研究発表をお待ちしております。

記

- 開催日時 1999年8月20日（金） 10:30～16:00  
（終了後懇親会を予定しています）
- 開催場所 早稲田大学理工学部（東京都新宿区大久保3-4-1）  
講演（午前）：55号館5棟2階第3会議室  
実演（午後）：56号館201室、202室  
（JR山手線 高田馬場より徒歩15分）
- 研究発表 実演発表は実験、開発実験機器の実演、ポスターやビデオによる発表（プログラムが決定次第ご出席の方に通知いたします）
- 参加申込 出席ご希望の方は、別紙実演発表・参加申込書に必要事項をご記入のうえ、お申し込み下さい。実演発表をしていただける方は、発表題目等をご記入下さい。
- 参加費用 無料（ただし、懇親会参加者は3,000円を当日受付にてお支払い下さい。）

続きはP.287  
申込書はP.288  
にあります。