

モアレ縞を活用した干渉実験

永田敏夫 日比生 究 村上俊一 大久保政俊

モアレ縞の原理を使って体の凹凸や立体の様子を等高線で示し、顔や体の立体形を楽しみながら体験できる、今までにないタイプの干渉現象のデモンストレーションを開発した。特に、干渉を起こす材料としてプラスチック製のネットを採用し、光源を工夫すると同時に鏡で自分自身を観察できるようにした。モアレ縞は、手軽に体験できる干渉現象の例で、科学の祭典や理科センターの講座でも光や波動に関する新実験として効果があったので報告する。

[キーワード] モアレ 干渉 波動 物理 科学展示

I はじめに

透明なシートに直線や円などの規則的な模様を黒インクで描いて重ねると2枚のシートの黒い部分が重なって、元の直線や円の規則性とは違った模様が現れる。これは、2枚のシートにある規則性のずれを反映する物であり、モアレ縞と呼ばれている。特に、面白いのは、白い立体に模様を描いた場合で、直線を引いた透明シートを、直線を引いた発泡スチロールカップにかざしてみると、モアレ縞がシートからの距離の違いによる縞のずれを反映して模様を描く現象である。

さらに興味深いことに、このモアレ縞は直線パターン間だけで起こるのではなく、網目模様でも起こる。この性質を利用すると、2枚の網を重ねるとそのずれに従ってモアレ縞ができる。もし立体に網を被せておけば、別の網を平面上に張っておけばモアレ縞によって立体の形が等高線で浮き出してくることになる。実は、網が1枚でも光の質によっては、モアレ縞を作ることでも確かめられた。

この展示手法では、光源側に鏡が置いてあるので、モアレ縞として現れる自分の体や顔の等高線を自分で観察することができる。干渉現象を段階を追って楽しみながら理解できる画期的な科学デモンストレーションである。

ＯＨＰシートでモアレ縞

干渉の原理が最も理解しやすいのは、ＯＨＰシートに規則的な模様を描いて、それを2枚重ねたときにできる干渉縞を観察することである。

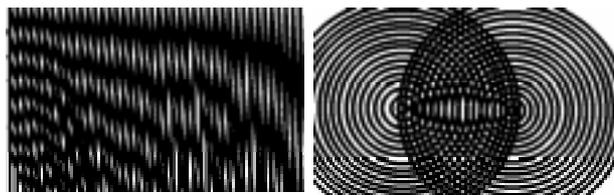


図1 OHPシートに描いたパターンと干渉模様準備

ＯＨＰシート、フェルトペン、定規、コンパス方法

- 1 OHPシート2枚にフェルトペンで平行線や同心円を描き、2枚のシートを重ねてどのようなパターンが見えるか試してみる(図1)。
- 2 直線を2枚重ねたときにできる干渉縞は節線になっているが、その向きと、もともとあった2枚の直線に垂直な向きとの関係について、重ね合わせる角度を変えると調べることができる。
- 3 パターンを完全に一致するところから始め、ずらしていったときにできるパターンの間隔がどうなるか調べる。
- 4 1枚は平面のまま、もう一枚を少し曲げて湾曲させたときできるしま模様の変化を観察する。

結果と考察

重ね合わせたパターンのずれにより生じる模様は、波の場合の強め合ったり弱め合ったりする部分と一致する。特に黒っぽく見えるのは上のシートの黒い部分と下のシートの黒い部分が重なった部分で節線という。直線のパターンは波の場合だと平面波に対応し直線に垂直な方向が波の進行方向に対応するが、節線の方法は進行方向の角の二等分線の方法を向く。

1枚を湾曲させた場合にはその曲率を反映した節線が現れ、モアレ縞が曲面の凹凸を反映して現れることを示唆する。

発泡スチロールカップにできるモアレ縞

準備

発泡スチロール製のコップ、フェルトペン、OHPシートに描いたモアレ縞用シート

方法

- 1 発泡スチロールカップに周にそって等間隔にフェルトペンで線を引く。
- 2 線を引いたカップをモアレシートを通して観察する。

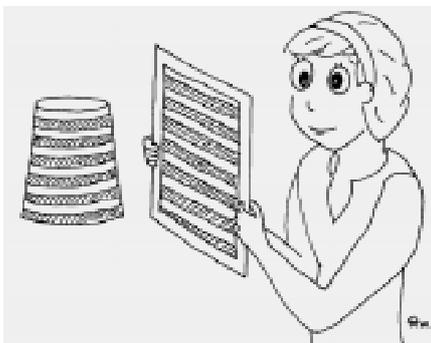


図2 カップ類容器の凹凸を観察

結果と考察

- 1 パターンを描いたコップは平面のモアレシートを通して見たときに、2枚の平面パターンを重ねたときと同じようにモアレ縞が見える。ただし、見る方向によってずれが変化するのでモアレ縞のパターンは変化する。
- 2 物体の凹凸が、モアレ縞の方法が使えば観察できる。しかし、物体に縞模様を描くことはなかなか難しい。
- 3 カップに引く線の幅は5mm程度、OHPシ

ートに描く線の幅は2mm程度がよく干渉する。

スダレとシャツでモアレ縞

準備

スダレ、杵、縞模様のTシャツ、アクリルミラー、ライト、縞模様OHPシート

方法

- 1 縞模様のシャツを着た人をOHPをかざして観察する。
- 2 スダレを杵にセットし、縞模様のシャツを着てスダレの前に立ち、スダレの内側に置いたライトの光を当てる。

結果と考察

市販の竹のスダレを使った場合、縞シャツの縞模様の間隔は3mm程度のものがよく干渉する。できる干渉縞は体の傾け方で形状が変わるので、適度に傾けて覗くと、同心円状の模様が現れる。凹凸のあるものに、直線的な模様をつけて平面



図3 縞シャツを着てスダレ越しに観察

状の格子を通して観察してみると、凹凸のっている線は、平面格子の模様とは位置が違いため凹凸の形状を反映したずれができる。このずれによって節線が現れる。したがって、できた節線も凹凸の形状を反映することになる。スダレ越しに同心円が現れたのはこのためである。しかし、縞模様をつけていないと分からないのか。モアレ縞は、ストッキングを重ねてはいたりする場合だけでなく、網戸を床に置いたりする場合にも現れる。そこで、網目の作る干渉を利用できないかと考えたのが、次のネットを用いたモアレの観察である。

鉢底ネットを利用したモアレ

準備

プラスチック製の網トリカルネットNR11, ネット支持台, 光源 (スポットライトまたはスライドプロジェクター), 光源支持用スタンド, アクリルミラー, アクリルミラー用スタンド, 白い衣装, ドウラン, 白い手袋, 風船, 風船用空気入れ, 遮光用フレーム, 遮光用シート, テーブル

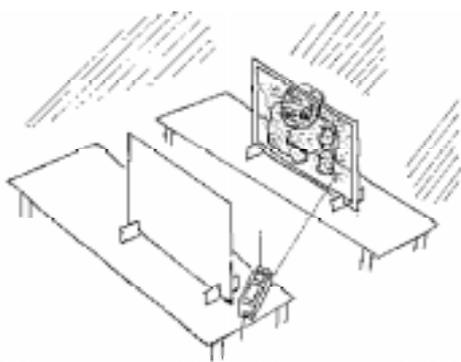


図4 ネット越しに顔や体の凹凸を観察

方法

- 1 テーブルの上で取り付け枠を組み立てる。
- 2 プラスチックネットを枠に取り付ける。
- 3 アクリルミラーを枠に取り付ける。
- 4 光源を, モアレネットの近く斜め前方にネット全体に光が当たるようにセットする。
- 5 部屋を暗くする。暗くできない場合は, 遮光用のフレームを組み立て暗幕を掛ける。
- 6 説明者はできるだけ体にピッタリとした白い衣装を着け, 顔に白いドーランを塗る。
- 7 ネットを挟んで光源と反対側に立ち, 体をゆっくり動かしたり, お腹を出したり引っ込めたり, 顔の表情をいろいろ変えてみる。
- 8 体験者は, 白い衣装を着けて, 自分の体や顔の凹凸をモアレ縞で観察する。
- 9 鏡の側にいる人はその様子を観察する。

実験のカンどころと工夫した点

- 1 モアレ縞を見るためには, 編み目に光を当てて, 物体に映るその影と編み目の干渉を見る格子照射法と観察者の代わりに網目



図5 ネット越しの観察



図6 ボールを持って観察

模様を投影する格子投影法がある。投影する格子の間隔の調節が不必要な格子照射法の方がはっきり観察しやすい。

- 2 人間全体の干渉縞を作るには, 大きな格子を作らなければならないが, 自作は非常に難しい。スダレの場合, 格子照射法では像がきれいにできない。対象の凹凸にあった格子選びがカンどころ。
- 3 今回利用した, トリカルネットNR11は穴の径が2mm程度の4mm格子で, 縞の出来具合も, スダレに比べて格段に優れている。
- 4 モアレ縞ができて, 本人が見えないとおもしろさがわからない。今回の実験のもう一つのカンどころは, 自分にできたモアレを自分で見るために, 光源側に鏡を置い

たことである。

- 5 モアレ縞を観察する場合に照射する光源の質が問題になる。網目の影が対象物にはっきり映すことが必要で、裸の白熱電球や懐中電灯でははっきりしない。これには、スライドプロジェクタかOHPプロジェクタがよいことがわかった。反射鏡付きの棒状のハロゲン光源を利用することもできるが、光が広がりすぎると縞模様が見づらくなるので、そのときは適当な幅のスリットを付けるとはっきりする。
- 6 全体的にやや光量が少な目の方が見やすく、暗い部屋で行うとかなりはっきりわかる。明るくても夕方の低高度の太陽光線は利用でき、よく見える。
- 7 縞は光源側から観察するが、位置によって見えやすさや、縞模様が変化する。
- 8 モアレの等高線がわかるので、高さを実測することで、等高線がどのくらいの高さの違いなのかを調べることもできる。凹凸を定量的に観察するための手だてとしても利用できる。
- 9 白い服を着たり、白粉を顔に塗ると効果的である。
- 10 モアレ縞を見やすくするには、網目の間隔と対象の距離、光源を当てる角度などを工夫する必要がある。

モアレ縞が等高線となる仕組み

- 1 図7のように傾いた斜面に網目模様を張り付け、これを平らな網目模様を通して観察するとその傾きによって、モアレ縞の間隔が変化することが分かる。
- 2 モアレ縞の間隔は傾きが急なほど狭く、傾きが緩いほど広く、平らな網目と傾いた斜面が一致しているところを起点とすると平らな網目からの距離に比例して、モアレ縞の本数が増えていくことが分かる。
- 3 図7の斜面を湾曲させると、その湾曲に応じてモアレ縞が等高線のように現れる。

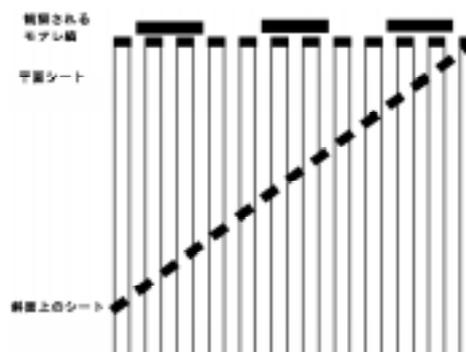


図7 モアレ縞が等高線となる原理

そこで、図2のようなカップでは、モアレ縞が山形となり、図8のボールでは光源からでた光がネットの影を物体上に作り、その影と観察点から見たときのネットの模様が連続したところが節線になり同心円模様ができる。

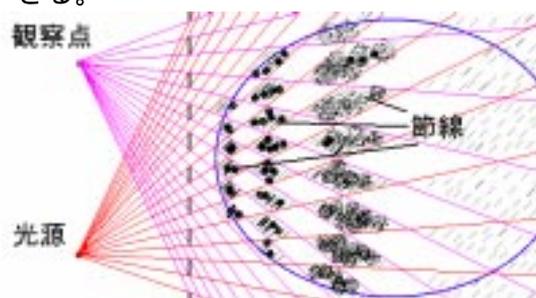


図8 球体にモアレ縞が節線としてできる原理

参考文献

- 1) 永田敏夫他 BUTURIサークルほっかい どうニュース p.6 NO.118(1999)
- 2) 谷田貝豊彦 応用光学 p.135 丸善(1988)
- 3) 藤原裕文 青少年のための科学の祭典室蘭大会ガイドブック p.49(1998)

なお、本研究は平成11年度科学展示実験ショーアイデアコンテストで科学技術振興財団会長賞を受賞している。また、室蘭工業大学の藤原裕文教授にいろいろご指導頂きました。お礼申し上げます。

(ながた としお 物理研究室長)

(ひびう きわむ 物理研究室研究員)

(むらかみ しゅんいち 七飯町立鶴野小学校教頭)

(おおくぼ まさとし 物理研究室研究員)