

レコードの溝を回折格子とした干渉実験

萬處 展正（東大寺学園中・高等学校）

あらまし

半透明の赤いレコードを回折格子と見立てて赤色レーザー光を当てると、干渉模様が観測された。定量的に調べようと、格子定数や曲の再生時間などを求めて検証を試みたところ、良好な結果を得ることができた。

キーワード

レコード、レーザー光、回折格子、干渉

1 動機

ある機会に奈良教育大学を訪問した際に、赤い半透明のレコード盤を回折格子として使用できることを大学の先生から教えていただいた。赤いレコードということは赤色の光が透過しやすいのだから、赤色レーザーを用いると実験しやすそうだなと考えた。そしてどのような像になり、何が分かるのかを考えるために取り組んでみた。

2 レコード盤の入手

フリーマーケットのサイトである「メルカリ」でレコード9枚が300円で売りに出されていた。その中の数枚が半透明型であったため、実験できそうであると見込み、購入。中には傷の多いものもあったが、比較的傷の少ない「どんぐりころころ」他が収録されている1枚を使用することにした。

3 実験

波長 $\lambda = 635\text{nm}$ のレーザー光源を利用し、「どんぐりころころ」の部分にレーザー光を当てた。スクリーンは $L = 1.33\text{m}$ 後方に設置し、回折干渉像を観測する。そこに映る明点はあまり小さくなかったが、5点の間隔は 2.16cm であったので、

$$\Delta y = \frac{2.16}{4} \times 10^{-2} \text{ [m]}$$

であった。また、レコードの溝間隔を d とおくと、

$$\lambda = \frac{d\Delta y}{L} \text{ より}$$

$$d = \frac{L\lambda}{\Delta y} = \frac{1.33 \times 635 \times 10^{-9}}{\frac{2.16}{4} \times 10^{-2}} = 0.157 \text{ [mm]}$$

となった。しかし、この値が正しいのか、検証確認ができない。ここでどうすればよいか、ずいぶん思案した。そこで次のような方法を試すことにした。

図4のように音楽1曲の幅を a とし、その間にある溝の本数は $N = \frac{a}{d}$ 本。レコードの回転数は一

般に45回転と $33\frac{1}{3}$ 回転（単位は rpm）であるが、

今回使用したレコードは後者であった。従って、

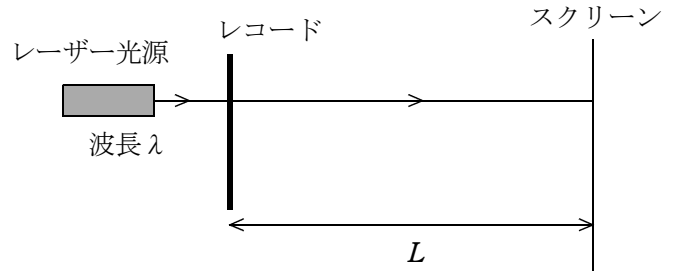


図1 実験装置全体



図2 スクリーン上の像

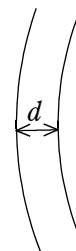


図3 レコードの溝の拡大イメージ

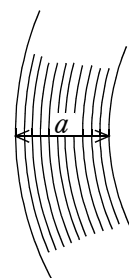


図4 レコードの1曲分

回転数 f は

$$f = \frac{33\frac{1}{3}}{60} = \frac{100}{180} \quad [\text{Hz}]$$

である。さらに回転の周期は

$$T = \frac{1}{f} = 1.80 \quad [\text{s}]$$

ということになる。

さて、「どんぐりころころ」の演奏時間 t は

$$t = NT = \frac{180a}{100d} = 1.80 \times \frac{1.0 \times 10^{-2}}{0.157} = 110$$

つまり $t = 1.1 \times 10^2$ [s] ①

と求められる。およそ2分弱である。ジャケットに書かれているであろう演奏時間と照合して、検証を終えることにしたい。



使用したレコード

4 検証

ところが、レコードのジャケットやレコード本体を探してみても、演奏時間の記述がないことがわかった。個人的にはレコードプレーヤーを持ち合わせていない。

そこで、勤務校の音楽科教諭に相談したところ、レコードプレーヤーが良い状態で保管されているとのこと。ご厚意に甘えて「どんぐりころころ」を再生して演奏時間を測定することにした。

レコードでこの曲を聴きながらストップウォッチで測定したところ、およそ103秒であった。しかし無音部分は測定していなかったことを音楽科教諭に指摘していただき、またレコードプレーヤーの回転数を今一度正確に調整して再計測した。すると、無音部分を含めた演奏時間が107.55秒という測定結果を得た。およそ108秒である。これは①とよく一致するので、検証確認できたのではないだろうか。

5 考察

レコード盤は裏面にも音楽の溝がある。しかし、回折像は明点の間隔がほぼ一定であった。このことから、裏面の溝間隔 d は表面と同じであると言える。レコード盤製作の技術的なことは知識がないゆえ分からないが、片面に収録される音楽の再生時間によって、溝間隔は変わるの一般的なではないだろうか。しかし、このレコードにおいて、工場でレコードをプレスするときに使用する原盤を作るとき、溝を作る針の半径方向の移動速度を表面裏面で等しくしておくことは作業効率の向上という観点から十分に考えられる。そうであれば、表と裏の d の同一は説明できる。

5 おわりに

比較的古いものと新しいものの組み合わせにより、ありそうでなかった実験に取り組めた。ネット検索してもヒットは難しそうであった。最近はネットのオークションサイトやフリーマーケットサイトで、珍しいものや古いものも手に入りやすい状況になってきた。面白い発想で新しい実験を生み出せそうな予感もする。

6 謝辞

奈良教育大学の常田琢准教授、勤務校音楽科の田邊浩先生には実験実施における示唆に富むご助言をいただきました。この場をお借りして感謝申し上げます。