**自然科学実験(オシロスコープ)**

**１年テ組１０番　河野佑輔**

《１.目的》

　　　オシロスコープの基本的な使用法を学び、その応用として実際に音速の測定をする。

《２.理論》

　　　オシロスコープの基本的な働きは、入力電圧の瞬時値をブラウン管上に変位として表示することである。これによって電気信号の時間変化を可視化し、周期的な信号ならばその周期や振幅を測定することができる。また、複数の信号を同時に入力し、それらの間の周波数比や位相差なども測定できる。

オシロスコープのもっとも本質的な部分は、表示部のブラウン管である。ブラウン管は電子銃、偏向電極、蛍光面から成る。電子銃は、陰極から出た電子を一定速度まで加速し細いビーム状の電子流にする。電子流は垂直・水平の２組の偏向電極の電界を通った後、蛍光面に当たり輝点を生じる。２組の偏向電極の向きは直交しており、輝点は、それぞれの電極に加えられた電圧に比例して、水平方向（X軸方向）と鉛直方向（Y軸方向）に独立に変位する。

《３.実験方法》

ブラウン管の表示を明るくしすぎると蛍光面が焼けるおそれがあったので、特に輝点が静止していたときは、intensityつまみによって明るさを十分下げておいた。

◆実験１(時間掃引)

　　　(１)約1kHzの正弦波を発振器からオシロスコープのチャンネル1に入力し、波形を観察した。表示の選択スイッチ③をCH1、トリガー信号の選択のスイッチ⑨と⑩を正しく選び、TIME/DIVダイヤルを適正にして波形を静止させた。また、つまみ⑭のトリガーのlevelとslopeを変えると表示がどのように変わるかを観察した。また、波の種類を正弦波から短形波に変え、表示がどのように変わるかを調べた。

　　　(２)スイッチ⑨を「LINE」にしたとき、波形がほぼ静止して見えるのはどのような周波数の場合かを調べた。このとき、周波数は正確に確認できるよう周波数カウンターを使用し、はじめの周波数は500Hzとし、800Hzまで調べた。

　　　(３)スイッチ⑨を｢INT｣に戻し、周波数を数Hz(3Hz程度)とした。入力スイッチ④によって表示はどのように変わるかを観察した。

◆実験２(X-Y動作)

　　　(１)TIME/DIVダイヤルをX⁻Yにし､チャンネル1と2に同じ信号を入力するとどうなるかを観察した。

　　　(２)チャンネル1と2に別々の発振器から正弦波を入力し、両方の周波数f₁とf₂をほぼ等しくするとどうなるかを観察した。また、f₁：f₂＝1：2, 1：3, 2：3, 3：4の場合を観察した。

◆実験３(音速の測定)

(１)下の図のように配線した。さらに超音波の周波数を約40kHzにした。

　オシロスコープ

　　　　　　　　　　　　発振器

CH1

発信器 受信器 CH2

　　　　　　　　　ものさし

(２)X⁻Yモードにして画面にリサージュ図形が表示されるようにした。受信器を発信器が密着した状態から徐々に動かしていき、初めて位相がそろって右上がりの直線になる受信器の位置を読み取り、それをX₁とした。

(３)受信器をものさしの上でスライドさせながら動かしていき、再び右上がりの直線が表示される位置を読み取り、その位置をX₂とした。さらに、同様の操作を　続け、X₂₀まで読み取った。

(４)波長を求め、そこから音速を算出した。

《４.実験結果》

◆実験１(時間掃引)

(１)つまみ⑭を、押し込んだ状態で＋へ回すと波形が左へ移動し、－へ回すと波形が右に移動した。つまみを引くと波形の位相が逆になった。ひいた状態で＋へ回すと波形が右へ移動し、－へ回すと左に移動した。

１kHzの周波数であった為、TIME/DIVを１msに会わせると１周期が１目盛りの正弦波が現れた。

(２)周波数が50の整数倍のときほぼ波形は静止した。

(３)発信器のつまみを用いて波形をずらした後、スイッチ④をDCからACに変えると、波形の形自体には変化はないが波形のずれが元に戻った。AC結合は信号の直流成分をカット、あるいは低い信号の周波数をカットしたい場合に役に立つ。

◆実験２(X-Y動作)

　　　(１)図形はy=xの一直線になった。

　　　(２)別紙のグラフ参照。

◆実験３(音速の測定)

　　　測定結果

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置(ｃｍ) | 受信機の位置(ｃｍ) | 10波長分の長さ(ｃｍ) | 波長λ  (ｍｍ) | 残差δ  (ｍｍ) | δ² |
| X₁＝10.85 | X₁₁＝19.69 | X₁₁－X₁＝8.84 | λ₁＝8.84 | 0.071 | 5.041× |
| X₂＝11.75 | X₁₂＝20.54 | X₁₂－X₂＝8.79 | λ₂＝8.79 | 0.021 | 4.410× |
| X₃＝12.66 | X₁₃＝21.41 | X₁₃－X₃＝8.75 | λ₃＝8.75 | -0.019 | 3.160× |
| X₄＝13.55 | X₁₄＝22.29 | X₁₄－X₄＝8.74 | λ₄＝8.74 | -0.029 | 8.410× |
| X₅＝14.50 | X₁₅＝23.18 | X₁₅－X₅＝8.68 | λ₅＝8.68 | -0.089 | 7.921× |
| X₆＝15.32 | X₁₆＝24.12 | X₁₆－X₆＝8.80 | λ₆＝8.80 | 0.031 | 9.610× |
| X₇＝16.12 | X₁₇＝24.93 | X₁₇－X₇＝8.81 | λ₇＝8.81 | 0.041 | 1.681× |
| X₈＝17.07 | X₁₈＝25.79 | X₁₈－X₈＝8.72 | λ₈＝8.72 | -0.049 | 2.401× |
| X₉＝17.95 | X₁₉＝26.72 | X₁₉－X₉＝8.77 | λ₉＝8.77 | 0.001 | 1.000× |
| X₁₀­＝18.80 | X₂₀＝27.59 | X₂₀－X₁₀＝8.79 | λ₁₀＝8.79 | 0.021 | 4.410× |
|  |  |  |  |  |  |

超音波の振動数f=40.03kHz、実験室の気温t=25℃であった。

音波の波長の標準偏差は、

(ｍｍ)

となった。

よって、音波の波長はλ＝(8.769±0.047)×10⁻³(ｍ)となる。

ここで、だが、誤差の伝播法則によりとして考えられる。

まず、=40.03(kHz)8.769(ｍｍ)=351.02(m/s)

そして=40.03(kHz)0.047(mm)=1.88(m/s)

よって、ｖ=351.02±1.88(m/s)となった。

気温25℃における音速の理論値としては

ｖ=331.45+0.607ｔ=331.45+0.607×25­＝346.63(m/s)である。

音速の誤差は　351.02－346.63＝4.39

　　音速の精度は　×100＝1.25（％）

　　次に波長の理論値について考えると

　　λ＝346.63÷40.03＝8.659(m)

よって波長の誤差は　8.769－8.659＝0.11

　　波長の精度は　×100＝1.25（％）

《５.考察》

◆時間掃引の仕組み

掃引とはオシロスコープにおいて、垂直方向に観測したい信号を加え、水平方向には輝点を管面上の左から右へ一定速度で移動させることである。オシロスコープでは掃引のためにのこぎり波電圧を加えている。

時間tと共に直線的に変化する掃引電圧をX軸に加えると、輝点は水平方向に等速運動をする。したがって、時間的に変化する信号Ｖ(t)を同時にY軸に加えると、Ｖ(t)の図形が表示される。

信号波形が周期的な場合は、時間掃引を繰り返すことによって波形を継続的に表示することができる。しかし、掃引の周期が信号の周期と無関係だと、掃引毎に波形の位置が一定にならず、波形が移動して見える。

そこで波形を静止させるためには掃引の周期を信号の周期の整数倍にする必要がある。この操作を同期と言い、同期を取るためには掃引開始を波形の１周期内の同じ点にあわせればよい。

◆実験１の(２)において、なぜ50Hzきざみで波が静止するのか

　　　　intトリガだと入力信号がレベル電圧に達したときのみ掃引を開始する。つまり掃引電圧の周期を観測したい波形の周期にあわせている。

　　　　また、ここは関東なので供給されている電力の周波数は50Hzである。よってlineトリガは掃引の周期が1/50(ｓ)なので、波形の周波数を50Hzの整数倍にしないと波形が動く。この実験を供給されている電力の周波数が60Hzの関西で行うと、観測される波は60Hzきざみで静止する。

◆音速の測定結果の誤差について

　　まず、ものさしを使用した点で誤差が出ることになる。ものさしはアナログ表示なので正確な値はわからず、おおよその値となる。

また気温も温度計がある場所と、実際に実験を行った場所とは離れていたので誤差が出てくる。気温は場所ごと、特に高さによって違うので、これもまた誤差の原因のひとつである。さらに湿度に関しても気温と同様のことが言える。

そして、人が動いたりするときに生じる風によって、音波が発信器から受信器に届くまでに、多少の変化をもたらしてしまう。

このような小さな原因がいくつも生じた結果、誤差をもたらした。

しかし精度から見ると、実験は成功したといっても良い。

◆音速測定の精度を上げるためには

　　　　測定値の精度を上げるためには、

1. より精度の高い測定器具を用いる。デジタルのものを用いる。
2. 温度計を観測対象の近くに置く。
3. できるだけ外部の影響をうけないように測定する。例えば、実験装置をアクリル板で覆うなど。
4. 測定を繰り返し、そのデータを統計的に処理する。

などが挙げられる。

《６.参考文献》

　　　理工学部１年　自然化学実験物理学編2006　　　　　　　　　学術図書出版