**1年チ組２９席　米川伊織**

実験題目：オシロスコープ

実験目的：オシロスコープの基本的な使用法を学び、簡単な実験により音速を測定する。

実験方法：実験１．時間掃引

　　　　　　　(１)約１kHzの正弦波を発信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。その際、スイッチ③をCH1、トリガー選択のスイッチ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、750Hz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観察した。

　　　　　　　(２)チャンネル１と２に別々の発信機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観察した。また、この２つを変化させて表示がどうなるかを観察した。

　　　　　実験３．音速の測定

　　　　　　　　(１)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。

　　　　　　　　(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。受信器を発信器と密着された状態から動かして、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)受信器をさらに動かして、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。

実験結果：実験１．時間掃引

　　　　　　　(１)観察した波形は別紙グラフを参照。また、つまみ⑭を動かすと静止していた波形が動き出した。また、つまみ⑭を引くと波形が逆のように見えた。

　　　　　　　(２)波形がほぼ静止するのは周波数が50の倍数のとき、つまり500Hz,

550Hz…のときであった。

　　　　　　　(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、波形のずれが元に戻った。これは、スイッチ④をDCにすることで電流の直流成分がカットされ交流成分のみが表示されるからである。よって、｢AC結合は｣交流のみの時間変化を観測するのに有用である。

　実験２．X－Y動作

　　　　　　　(１)、（２）ともに別紙のグラフ参照。

実験３．

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 受信機の位置 | 受信機の位置 | １０波長分の長さ（ｍ） | 波長λ  (×10⁻³m) | 残差δ  (×10⁻³m) | δ² |
| Ｘ₁＝9.4 | Ｘ₁₁＝97.9 | Ｘ₁₁－Ｘ₁＝88.9 | λ₁＝8.89 | 0.136 |  |
| Ｘ₂＝18.1 | Ｘ₁₂＝106.8 | Ｘ₁₂－Ｘ₂＝88.7 | λ₂＝8.87 | 0.116 |  |
| Ｘ₃＝27.2 | Ｘ₁₃＝115.5 | Ｘ₁₃－Ｘ₃＝88.3 | λ₃＝8.83 | 0.076 |  |
| Ｘ₄＝36.3 | Ｘ₁₄＝123.8 | Ｘ₁₄－Ｘ₄＝87.5 | λ₄＝8.75 | -4.00×10⁻³ |  |
| Ｘ₅＝45.5 | Ｘ₁₅＝132.5 | Ｘ₁₅－Ｘ₅＝87.0 | λ₅＝8.70 | -0.0540 |  |
| Ｘ₆＝54.2 | Ｘ₁₆＝141.1 | Ｘ₁₆－Ｘ₆＝86.9 | λ₆＝8.69 | -0.0640 |  |
| Ｘ₇＝63.0 | Ｘ₁₇＝150.5 | Ｘ₁₇－Ｘ₇＝87.5 | λ₇＝8.75 | -4.00×10⁻³ |  |
| Ｘ₈＝71.9 | Ｘ₁₈＝159.0 | Ｘ₁₈－Ｘ₈＝87.1 | λ₈＝8.71 | -0.0440 |  |
| Ｘ₉＝80.7 | Ｘ₁₉＝167.3 | Ｘ₁₉－Ｘ₉＝86.6 | λ₉＝8.66 | -0.0940 |  |
| Ｘ₁₀＝89.1 | Ｘ₂₀＝176.0 | Ｘ₂₀－Ｘ₁₀＝86.9 | λ₁₀＝8.69 | -0.0640 |  |
|  |  |  |  |  |  |

超音波の振動数f=39.4kHz、実験室の気温t=24℃であった。

音波の波長の標準偏差は、



となった。

よって、音波の波長はλ＝(8.754±0.08)×10⁻³(ｍ)となる。

いま、誤差の伝播法則より、波の式より音速の標準偏差は



これより波の式とあわせて音波の速さを求めると、



となった。

今、音速の理論値は、気温が24℃だから、V=331.45+0.607×24=346.02(m/s)であり、

誤差は346.02－344.90＝1.12

であった。

また、精度は3.2％となった。かなりいい結果がでたようである。



考察：　時間掃引について

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。

X－Y動作について

Y軸だけでなくX軸にも外部の信号を加える使い方をX－Y動作と言う。2つの信号をX軸とY軸に別々に加えると、両者の関係が図形になってブラウン管に表示される。両者の信号が正弦波のとき、ブラウン管にはリサージュ図形（Lissajous figure）が表示される。

次に、音速を求める実験において、誤差の出た原因を挙げ、それについて検討する。

まず、この実験を精度の悪い金尺で行なったこと。ずれが検定誤差の0.5ｍｍであっても、音速は2ｍ/sも変化してしまう。今回のこの実験ではレーザー変位計のような、精度の高い測定機器で行なった方がよいのである。

次に、温度計の場所と、実験を行なった場所の違い。温度計は柱の上の方に掛かっているのに対し、実験を行なっていた場所は人間がいるためにその体温で暖められて、対流をおこし、天井の方にあった冷たい空気が下がってきていたことが考えられる。

また、教室の湿度の影響がある。音は湿度が増すと、その速度を増す。つまり人間の存在、例えば人間の吐く息などでも音速は変化する。

の式においてγの値は、空気が1.4、水蒸気が1.33でありあまり差はないが、　　密度は22.4ｌについて0℃　1気圧下では空気が28.9ｇ、水蒸気が１８ｇとなるため音速Ｖが大きくなるのである。

さらに、金尺と超音波発信・受信器の溝の間にゆとりがあったため、発信･受信器と金尺とのなす角度がぴったり垂直ではなかったために、目盛りを読んだ部分がずれていた可能性もある。

参考文献：実験書

謝辞：実験の指導をしてくださった本田さん、どうもありがとうございました。