**物理学実験レポート（オシロスコープ）**

**３年Ｂ組　加藤バーバラ**

注意！添え字（）が省略されています。

**（１）実験目的**

オシロスコープの構造と使用法を理解し、今後の電気分野の研究の基礎を身に付ける。

**（２）理論的背景(装置の構造、動作原理など)**

**①オシロスコープの構造**

オシロスコープの働きは、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。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、細長いビーム上の電子流にする。電子流は二組の偏向電極の電界を通った後、蛍光面に当り輝点を生じる。二組の偏向電極の向きは直交していて，輝点はそれぞれの電極に加えられた電圧に比例して，水平方向と鉛直方向に変位する。

図１：ブラウン管の構造

**②主な使用方法**

**＜時間掃引＞**

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

１／１０

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（trigger）を波形の１周期内の同じ点にあわせればよい。triggerとは、拳銃などの引き金のことである。輝点を拳銃の弾丸と考えて、輝点の移動を開始させることと、弾丸の発射を対応させた用語といえる。

また時間掃引モードでは、画面の水平方向が時間軸になり、これは輝点を一定の速度で走査させることを意味する。これを実現するためには、水平方向に時間に対して一定の割合で増加する電圧を印加することが必要である。

**＜X－Y動作＞**

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が表示される。この図形から、２つの信号の周波数比や位相差を容易に測定できる。

2 台の発振器を使う場合、両者を完全に制御した状態にすることが困難なため、両者の位相差が徐々に変化する状態になる。このため、リサージュ図形は静止した状態にならず、徐々に形状を変化させていることころが観測される。

**＜各部の機能＞**

図２：オシロスコープの前面

**１：INTENSIVITY（輝度）**

　　　　スクリーン上に現れる輝点の明るさを調整する。

２／１０

**２：FOCUS（焦点調整）**

　　　　スクリーン上の輝点が鮮明になるように調整する。

**３：SCALE/LLUM（目盛り調整）**

スクリーン上に描かれた目盛りが鮮明になるように調整する。

**４：INPUT XorY**

　　　　測定する信号を入力する端子。

**５．６：**

　　　　スクリーン上に現れた画像を見やすい場所に移動する。

**７：TIME/DIV**

　　　時間掃引速度を調整するつまみ。

**８．９：**

　　　トリガ信号源の選択に用いる。ここでは｢AC｣に合わせ、⑨は｢INT｣にする。

**１０：LEVELつまみ**

　　　これでLEVELを変え、押したり引いたりすることでSLOPEを変える。

**１１：**

　　　　表示したい信号を選ぶスイッチ。

**１２：**

　　　　ここでは｢AUTO｣にする。

**（３）実験方法**

**＜時間掃引＞**

①１kHzくらいの正弦波を発振器からオシロスコープに入力し、波形を観察する。また、TIME/DIVダイヤルを適正にして波形を静止させる。また、波形の周波数と振幅を正しく読むための注意点を考える。またtriggerのlevelとslopeを変えた時の表示の変化を観察する。矩形波に変えた場合も観察する。

②スイッチをLINEにした時、波形がほぼ静止して見える周波数を調べる。

③スイッチをINTに戻し、周波数を数Hz以下にする。入力結合スイッチによって表示はどのように変わるのかを観察する。また「AC結合」はどういう場合に役立つのか考える。

３／１０

**＜X－Y動作＞**

①チャンネル１と２に同じ信号を入力した時の変化を観察する。

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、両方の周波数をほぼ等しくしたときの変化、また一方の周波数を他方の周波数の整数倍にしたときの変化を観察する。時間掃引に切り替えて２つの波を同時に表示するとどうなるのかも調べる。

**（４）実験結果**

**＜時間掃引＞**

①TIME / DIVダイヤルを回して正弦波を出す。それを静止させるために切り替えスイッチをINTにし、LEVELつまみを調節してtriggerのかかる状態にすることで、正弦波は停止した。また、slopeを変化させると波形の上下が逆転した。矩形波にすると正弦波の最大振幅と同じ大きさの振幅で一定間隔点線が現れた。

　　また波形の周波数と振幅を正しく読むためには図３の５・６を調整してスクリーン上に描かれた目盛りが鮮明になるようにしたり、TIME/DIVダイヤルを適正にしたりして観測しやいようにすることが必要である。

②発振器の周波数を８５０Hz・９００Hz・９４９Hz・１０００Hzと約５０Hz刻みの整数倍にしたとき波形は停止した。

③「DC結合」で波形が画面からはみ出している時にときに「AC結合」を用いたら、波形の振幅が小さくなり波形が画面の中に収まるようになった。

「AC」にすると波形の振幅が小さくなった理由として次の事が考えられる。入力した周波数は約３Hzだったが、「AC」にすると直流成分をカットするため、０Hzに近い周波数もカットされてしまう。（直流は０Hz）よって３Hz程度の周波数もその影響を受け、波形の振幅が小さくなってしまったのである。

これを「DC」にしておくと、直流(０Hz)から交流までの信号を測定できる。

**＜X－Y動作＞**

①ブラウン管にX軸から４５度方向に右上がりの直線が現れた。（次ページ図３、★参照。）

４／１０

②リサージュ図形が現れた。（図３）

**（５）リサージュ図形の課題**

図３：リサージュ図形

**（６）考察**

* **内部トリガの動作原理および level と slopeの意味**

「level」の値を大きく変えるとオシロスコープに映る波形がむちゃくちゃになる理由は、「level」の線が波形と交わっていないからである。また、「slope」を変える事によってモニターに写し始める点がグラフの傾きが正の位置にいるか、負の位置であるかを決定し、その結果として波形の上下が変わるのである。

**・ライントリガで波形が静止する条件と用途**

約５０Hz刻みで同期がとれて波形が静止して見えた。これは、関東に供給されている電力の周波数が５０kHzのためだと考えられる。関西なら６０kHz刻み

で静止すると予想される。

５／１０

* **入力結合で、AC結合における直流の挙動と用途**

前にも述べたが、「AC」にすると波形の振幅が小さくなった理由として次の事が考えられる。入力した周波数は約３Hzだったが、「AC」にすると直流成分をカットするため、０Hzに近い周波数もカットされてしまう。（直流は０Hz）よって３Hz程度の周波数もその影響を受け、波形の振幅が小さくなってしまったのである。

AC結合は低周波数の波をカットするので、変動する信号または交流信号を測定するのに用いられる。

**・XY動作での、リサージュ図形について（５）の課題に関係した内容**

リサージュ曲線は以下の式で表される。

X=asinωt

Y=bsin（ωt＋Δφ）

リサージュ図形が現れたのは、チャンネル１と２に異なる信号を入力したため２つの波形が重なり合ったためである。周波数を変化させると図形の形も変化したのは、重なり合う２つの波形が変化したためである。

* **応用課題２：音速の測定において、音速をより正確に測定するためにはどのようにすればよいか検討する**

位相がそろったときの距離は、0.0085・0.0090・0.0085mであった。これより音速を計算してみると、

v=fλ=40630×{(0.0085+0.0090+0.0085)/3}=352.13（m/s）

　　　一方、v=331.5+0.6tからも求めてみると

　　　v=331.5+0.6×21.8=344.58(m/s)

　　という値も求められる。これより誤差を計算すると、

　　　｜352.13-344.58｜×100/344.58＝2.19％

　　とやや大きく、無視できるほどの差ではない。この精度を上げるためにどうすれば良いのかを考えてみる。

1. 物差しの代わりにもっと精度の高い計りを使う。（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。）
2. 測定した音波が他の波（例えば声など）によって干渉を受けた可能性もあるので、干渉を受けずらい環境で実験を行う。
3. リサージュ図形の位相差0を目で確認したこと、またオシロスコープ波

６／１０

を示す線が太かったことなどの原因で、厳密な位相差0を取れていない可能性がある。そこで、線を細く表示し、目盛りももっと細かくふってあるオシロスコープを使用し、計測しやすいようにする。

* **応用課題１：RC回路の周波数特性(片対数グラフ用紙で周波数特性のグラフを作成)**

リサージュ図形から位相差Δφを求める方法を考える。Ｘ軸、Ｙ軸端子にそれぞれ

X=ａsinωt、Y=bsin（ωt＋Δφ）

を入力するとリサージュ図形が得られる。図上の（０、ｃ）はωt=０またはπの点であるから、

c=ｂsinΔφ、またはc=-ｂsinΔφ

となる。

　よって、sinΔφ=±c/b

次に、ＲＣ回路の特性を調べてみると、一般に抵抗Ｒ、コンデンサーの電気容量Ｃからなる回路に正弦波

　V=Vsin２πft

　　を入力すると、出力はやはり正弦波で

　　　V=Vsin（２πft+Δφ）

　　と表せられる。また、交流回路の理論により

　　　Δφ=-tan２πfCR

　　　V=V／　１＋（２πfCR）

　　となる。以上ことよりΔφとVの理論値を求めてみる。

図４：RC回路　　　　　　　　　図５：リサージュ図形

７／１０

表１：応用課題１の結果（abcの値は目盛り数）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hz | 100 | 200 | 500 | 700 | 1k | 2k | 4k | 5k | 7k | 10k |
| a | 3.0 | 3.0 | 3.0 | 2.9 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 | 2.8 |
| b | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.2 | 0.8 | 0.8 | 0.6 |
| c | 0.16 | 0.26 | 0.80 | 1.00 | 1.25 | 1.35 | 1.00 | 0.65 | 0.60 | 0.45 |

表２：周波数とΔφ・V/V

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Hz |  | １００ | ２００ | ５００ | ７００ |
| Δφ | 実験値 | -3.67 | -5.97 | -19.5 | -24.6 |
| 理論値 | -3.60 | -7.16 | -17.4 | -23.7 |
| V/V | 実験値 | 0.833 | 0.833 | 0.800 | 0.828 |
| 理論値 | 0.998 | 0.992 | 0.954 | 0.916 |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| １k | ２k | ４k | ５k | ７k | １０k |
| -34.6 | -42.5 | -56.4 | -54.4 | -48.6 | -48.6 |
| -32.1 | -51.5 | -68.3 | -72.3 | -77.2 | -81.0 |
| 0.759 | 0.786 | 0.429 | 0.286 | 0.286 | 0.214 |
| 0.847 | 0.623 | 0.370 | 0.303 | 0.222 | 0.157 |

８／１０

９／１０

V/Vのほうについては、ある程度理論値と等しい値が得られたように思う。しかし、Δφのほうは2kHzあたりから理論値との差が大きくなってしまった。この原因としては、目盛りを読み間違えたということや周波数をカウンターで正確に測らずに実験を行ったことなど実験者側のミスが考えられるが、その他に物理的な要因があるようにも思われる。しかし、そこまでは私の力で解明することはできなかった。

**（７）感想**

　実験の前の日に予習ということでオシロスコープの使い方を学ぶことができ、飲み込みの悪い私も当日も少し戸惑った部分はあったものの、それなりに実験内容を理解しながらオシロスコープを操作できた。しかし、実験時間が足りなくなってしまい応用課題１がやや雑な計測になってしまった。機会があれば長い時間じっくりと自分でオシロスコープをいじってみたい。

　応用課題１のV/Vの結果が理論値と大きくずれた原因がわからないのが残念だが、その他の実験では理論値に近い結果が得られて良かったと思う。今回の実験を通して基本的なオシロスコープの構造と使用法を理解できたので、実験目的を果たせたと思う。

＜参考文献＞

　『自然科学実験　物理学編』　慶應義塾大学

　中村誠太郎著　『物理学実験』　東海大学出版

１０／１０