**1.時間掃引の仕組みについて図も交えて説明しなさい。**

オシロスコープのブラウン管は電子銃、偏向電極、蛍光面からなる。陰極から生じた電子を電子銃で加速して電子流とし、偏向電極でその運動方向を変え、蛍光面の任意の位置に電子流を当てることにより輝点を表示させている。（なお、ブラウン管についての詳細な説明は別項に記載）

　時間掃引では鉛直方向（ｙ軸方向）の偏向電極には入力信号を増幅回路に通した電圧をかけ、入力信号の電圧の変化の様子がそのまま電子流の上下、すなわち蛍光面での輝点のｙ座標に反映されるようになっている。それに対し、水平方向（ｘ軸方向）の偏向電極には時間的に変化する電圧をかけ、電子流が一定速度で水平方向に移動させる。そのため、蛍光面においても輝点のｘ軸方向の座標が一定速度で変化する。例えば、グラフ　のような電圧をかけると、輝点は間で蛍光面上を一定速度で横断し、で開始位置に戻る。

　以上の装置により、蛍光面においてx軸に時間、y軸に入力信号の電圧をとった表示、つまり入力信号の波形の表示がなされる。この仕組みを時間掃引と呼ぶ。なお、水平方向の偏向電極にかける電圧を掃引電圧という。

掃引電圧は上限と初期値が決められており、上限に達するまで掃引したら掃引電圧は初期値で固定される。そしてトリガー（後述）により決められたタイミング（グラフでは）で、掃引電圧を上げ始め掃引を再開する。また、このような電圧変化をノコギリ波と呼ぶ。

**2.トリガーの仕組みを図も交えて説明しなさい。トリガーを「Line」にした場合、モニター上にうつる波形はどのような条件で停止するか？**

***Ⅰ.トリガーの仕組みと種類***

　トリガー(trigger)とは掃引電圧が上限に達し、掃引開始位置から掃引を再開するタイミングを決める方法のことである。たとえ信号の波形が周期的でも掃引毎に開始位置が不定では表示は一定にならず、波形は観察できない（グラフ　）。トリガーにより信号の一定の位置より掃引を開始し、掃引毎の輝点の軌跡を固定し、表示を一定にする、つまり掃引の周期を信号の周期の整数倍にすることを同期と言う。（グラフ　）

①internal trigger（内部トリガ）

　この方法では、入力信号が定められた値を超える（下回る）ときに掃引を再開する。例えば図　のような入力信号が入っているとき、で掃引電圧の上限に達し、掃引電圧は初期値で固定し、そして次に入力信号が定められた電圧（level）に達した時（）に掃引電圧を上げ始め、掃引を再開する。この時、levelをとすると、Ａ，Ｂの二点が考えられるが、levelと共に勾配（slope）を＋か－に設定することにより限定できる。（＋ならＡより。－ならＢより。）

②Line trigger（電源トリガ）

　このトリガーではオシロスコープに電力を供給している電源(line)の50Hzの正弦波を利用して同期をとる。掃引電圧が上限に達し、初期値で待機状態になるとlineの50Hzの正弦波が一定電圧に達したときに掃引を再開する。

③external trigger（外部トリガ）

　表示したい信号とは別の信号を用いて同期をとる方法を言う。外部トリガ信号と被観測入力信号との時間関係を確認するために用いられる。

***Ⅱ.Line triggerでの同期***

実験では、入力信号が50Hzの整数倍であったときに画面は停止した。これは、Line triggerが電源の50Hzの正弦波を利用しているためだ。入力信号の周期が50Hzの整数倍のときには掃引開始位置が一定なため、掃引毎の表示も安定し、画面は停止した。

**3.波形の周波数、振幅を読み取る時の注意点は？**

　①掃引速度

波形の周波数を読み取る時に、掃引速度（ms/DIV）がわかっていなければならない。周波数は、１波長が画面上の何マス（DIV）かで読みが変わってくる。

例えば、1ms/DIVの時に画面上での１波長がx軸１マス分ならば、その信号は1msに１振動、つまり秒間1000振動していることがわかり、1KHｚだと読み取れる。

②感度

　同様に振幅を読み取る時に感度（V/DIV）がわかっていなければならない。感度は１マスあたり何Vという単位で、画面上の波形の振幅が何マスかで実際の電圧の振幅が読み取れる。

　例えば、感度が2V/DIVの時に画面上の振幅が1マスなら、その信号の電圧の振幅は2Vと読み取れる。

③位置調整

　読み取る時に電圧のゼロ位置調整がなされていなければならないこともある。正弦波の振幅を読み取る時は最大電圧と最低電圧の差の1/2を読み取ればよいが、正弦波の最大（最小）電圧や、それ以外の波形の振幅を読み取るには電圧のゼロ位置調整がなされていなければならない。

**6.教科書の応用課題＜音速の測定＞**

(3)音速の求め方と計算結果

今回測定した方法の内、どちらの測定方法でも受信機をからにスライドさせた時に受信機からの信号は１波長動いている。つまり、波長をλとすると。



が成り立ち、波長が求められる。すると振動数と音速の関係により、音速が求まる。

偶然誤差を考慮し、をより求めると、以下の表のようになる。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 10(mm) | (mm) |  |  | 10(mm) | (mm) |
| X11-X1 | 86.9 | 8.69 |  | X17-X7 | 86.5 | 8.65 |
| X12-X2 | 86.8 | 8.68 |  | X18-X8 | 87.3 | 8.73 |
| X13-X3 | 87.2 | 8.72 |  | X19-X9 | 86.3 | 8.63 |
| X14-X4 | 86.3 | 8.63 |  | X20-X10 | 86.5 | 8.65 |
| X15-X5 | 86.3 | 8.63 |  | X21-X11 | 87.1 | 8.71 |
| X16-X6 | 86 | 8.60 |  |  |  |  |

表6.2　の値

　表6.2より、の平均（）をとると



　今回の実験での残差および、その自乗は、

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | (10-2) | 2(10-4) |  |  | (10-2) | 2(10-4) |
| X11-X1 | 2.45 | 6.02 |  | X17-X7 | -1.55 | 2.39 |
| X12-X2 | 1.45 | 2.12 |  | X18-X8 | 6.45 | 41.66 |
| X13-X3 | 5.45 | 29.75 |  | X19-X9 | -3.55 | 12.57 |
| X14-X4 | -3.55 | 12.57 |  | X20-X10 | -1.55 | 2.39 |
| X15-X5 | -3.55 | 12.57 |  | X21-X11 | 4.45 | 19.84 |
| X16-X6 | -6.55 | 42.84 |  |  |  |  |

表6.3　残差δ

　残差より平均値の平均自乗誤差を求めると、



＝0.013

以上より、波長λ＝8.665±0.013 mm

実験時に測定された周波数fは39.927KHzであったので、より、

ｖ=345.99±0.52 m/s

と求められる。

（註・データが極端に少なかったため、誤差を考慮し、X’系列の実験結果は無視した。

しかし、X’系列より波長を計算すると約8.58mmという採用値に近い値であった。）

（4）考察

音速の理論値は、（ｔは気温（℃））によって与えられる。

実験時の気温は23℃であったので、音速の理論値=345.18m/s

この値より、今回の実験の精度を求めると、



という非常に優れた値が導き出される。

この値から、今回の実験に誤差はほとんど無いと言って良いが、誤差が生じるとしたらどのような要因が考えられるか？

①定規による測定

今回は定規で測定を行ったが、その最小目盛は1mmであり、測定値の単位を考えると十分に細かいと言えない。例えば測定値(λ)が0.5mmずれたとしたら、音速の理論値は±20m/sも違ってくる。これは精度の5％に値する。

②送信機および受信機の向き

測定時に受信機を手でスライドさせたが、何度か受信機の向きがずれてしまい、うまくリサージュ図形が大きく変形してしまうことがあった。これは超音波の送受信が送信機と受信機が正確に向かい合っていないと厳密な送受信ができないためだ。これも大きな誤差の要因となりうるものだ。

③測定条件

気温を測定した室温計と実験位置は高さが1.5ｍ程違っていた。そのため、音速の理論値を導き出すための気温の値に誤差が生じたことも考えられる。なお0.1℃の誤差から19.89(m/s)もの差が音速の理論値で生じてしまう。

　また、音速の理論値計算には湿度も計算に入れなければならない。

今回の実験では主にこれらの誤差が考えられるが、それを防ぐためにはどうすれば良いのだろうか？

　上の二つの要因による誤差は共に偶然誤差であり、統計的に表れる。これを完全に防ぐことは出来ないが、今回のように測定回数を増やし、平均値の自乗平均誤差を利用することにより、誤差を無視することができる。

　③の要因は系統誤差であり、上の方法では措置にならない。この誤差を防ぐためにはより精密な測定条件を調べるか、別の測定方法を同様の測定条件で行うことにより修正できる。