実験１　結果

基本振動モードの時の周波数は212.3[Hz]、2倍振動モードの時は424.9[Hz]、3倍振動モードの時は634.5[Hz]となった。図1.1に示すように2倍振動モードの場合、節は一つで弦の中点にあたる0.310[m]に現れた。3倍振動モードの場合、図1.2から分かるように節が2つ見られた。一つ目の節は弦の一端から0.210[m]、二つ目は0.413[m]の位置に現れた。弦の振動方向は鉛直向きであった。

実験１　考察

基本振動の周波数をf1、弦の長さをlとする。実験１の結果より基本周波数を基準に考えると、2倍振動の周波数は2f1+0.3[Hz]、3倍振動の周波数を3f1-2.4[Hz]となっている。測定された周波数の数値は観察者の目測によるものであるとし、0.3[Hz]、2.4[Hz]の誤差を妥当なものとすると、n倍振動モードの周波数はnf1[Hz]であると考えられる。基本振動の波長は2lと表せられる。2倍振動の波長と3倍振動の波長を基本振動の波長を基準に考えると、2倍振動では2l/2になっている。3倍振動の波長は節によって分割される弦の長さの平均を平均して計算すると、2l/3+0.003[Hz]と表せられる。0.003[Hz]の誤差は観測者の目測によるものだと考えられるので、n倍振動の波長は2l/n[Hz]であると言える。これらの関係式が生まれるは定在波が存在する条件が関係していると考える。両端が固定された弦の振動において、固有振動を起こすには両端部での定在波の変位が0になっていなければならない。これにより、n倍振動は節の数n-1個により弦の長さが均等にn分割される。よって2l/nがn倍振動の波長になり、波長をλとすると、 (1) が成り立つことが分かる。v=fλより波の速度vが一定とし(1)式を代入すると、f1=v/2lより、f=nf1となり、n倍周波数の振動数は基本周波数の振動数のn倍であることが成り立つがわかる。

実験２　結果

図2に示す通り、基本周波数ｆは弦の長さの逆数1/lに比例している。このグラフの傾きは、弦を伝わる波の進行速度vの1/2倍を表している。図3より、基本周波数ｆが弦の張力の平方根に比例していることが分かる。図2のグラフの傾きは線密度の平方根に波長λをかけたものの逆数となっている。

実験２　考察

弦を伝わる波の進行速度をｖ、弦の張力をＴ、弦の線密度をρ、波の波長をλ、波の周波数をfとする。図１のグラフの傾きはf/(1/l)=flである。ここで、(1)式より基本周波数の波長はλ=2lである。これをv=fλに代入すると、v=2flとなり、flはvの1/2倍となっていることがわかる。図２のグラフの傾きはf/である。v=fλの式にv=を代入すると=fλとなり、両辺1/倍すると1/λ=ｆ/となる。この式より、図２のグラフの傾きは線密度の二乗根に波長をかけたものの逆数となっている。

図3の横軸をｘ、縦軸をｙとおき、弦1、2の傾きを最少二乗法により計算する。

弦1の場合表2より、

傾きa1は、

弦2の場合表3より、

傾きa2は、

をρについて解いて傾きを代入し、それぞれの線密度を求める。

弦1の線密度

弦2の線密度

弦1、2の直径と材質の密度の公称値より、それぞれの線密度を求める。

弦１の線密度

弦2の線密度

公称値よりもとめた線密度に対する図3より求めた線密度の相対誤差は弦1の場合-6.25%、弦2の場合-6.25%となっている。弦が振動することにより起こる張力のずれや、観測者の目測が影響していると考えると、この誤差は妥当なものであると言える。

実験３　結果

弦を上下方向に振動させたときの方が、弦を水平方向に運動させたときよりスピーカーから大きい音が出た。

実験３　考察

ピックアップは永久磁石によって磁化された鉄心の周りにコイルが巻かれたものである。弦はこの鉄心から出る磁束によって磁化されている。そのため、弦と鉄心に巻かれているコイルの距離が変化することにより、コイルを貫通する磁束の大きさが変化し、誘導起電力が発生する。実験３の場合、弦をピックアップに対し上下運動させた時の方が、水平方向に運動させた時より弦とコイルの距離の変化が大きくなっている。よって、弦を上下方向に運動させた方が誘導起電力は大きくなるため、スピーカーからより大きい音が出た。

実験４-１　結果

弦の中央部を弾いた時、図５で見られるように奇数倍振動数の音量は大きく、偶数倍振動数の音量は小さくなっている。弦の全長の2/3を弾いたとき、図７で見られるように３の整数倍振動数の音が、その周波数の前二つの周波数に比べて小さくなっている。弦の端部付近を弾いた時、図９で見られるようにすべての周波数が他の部分を弾いた時に比べて、似たような音量で鳴っていることが分かる。中央部を弾いた時の音は柔らかい音だったとすると、端部付近を弾いた時は固い音であった。

実験４-２　結果

弦の中央部を抑えて弦を弾いた時、図11で見られるように２の整数倍周波数の音量が大きくなっていた。音は基本音よりも１オクターブ高い音であった。弦の2/3付近を抑えた時、図13で見られるように3の整数倍周波数の音量が大きくなっていた。音は基本音よりも2オクターブ高い音であった。

実験４　考察

振動の際、弦を弾いた位置は変異が0にならず、節とならない位置となり、弦を抑えた位置は節となる。弦の中央部を弾いた時、2の整数倍振動数の音量が小さくなったのは、2の整数倍振動モードでは弦の中央部が節となる振動をするためである。弦の2/3を弾いた時、3の整数倍振動数の音量が小さくなったのは、3の整数倍振動モードでは弦の1/3、2/3の部分に節となる振動をするためである。弦の端部を弾いた時の振動は、強くでる周波数がないので、各振動数の音量の差は小さくなっている。

弦の中央部を抑えて弾いた振動は、弦の中央が節となる振動となるため、2の整数倍振動数の音量が強くなった。弦の2/3を抑えて弾いた時は、弦の2/3の部分が節となる振動となるため、3の整数倍振動数の音量が強くなった。

弦の中央部を弾いた時の音色は、図5より偶数倍振動音量が奇数倍振動数の音量に比べて小さくなっている。よって、大きく鳴っている音の周波数の比率が基本周波数の整数倍になっているため、太く柔らかい音色となる。これに対し、弦の端部を弾いた時の音色は、どの周波数も似た音量で鳴っているため、細く固い音色となる。これから、エレクトリックギターのピックアップの位置によって音色が変わることがわかる。中央付近にピックアップを置くと、基本振動による弦の変位が大きいため、基本音とその整数倍周波数をもつ太く柔らかい音色になる。一方、端部付近にピックアップを置くと、基本振動による弦の変位が小さくなり、他の振動モードの振動数がよく聞こえるようになるため、細く固い音色になる。