

実験の目的

私たちの日常生活の中に潜む自然科学の普遍性を、簡単かつ具体的な実験と解析を通してできる限り直感的に理解し、高度な装置が無くても科学的な目があれば身近な対象でも自然法則に対する理解を深められることに気づく。

<実験 1>

実験の原理

波動に関する次の式

$$f = nv/2L$$

$$\lambda = v/f$$

$$v = \sqrt{F/\sigma}$$

から波長が弦の長さに等しいときの周波数（固有周波数）は

$$f = (n/2L)\sqrt{F/\sigma}$$

と表される。

よって弦の長さを変化させることにより、弦楽器の周波数（音程）を変化させることができる。

実験方法

下図のような装置で電磁石に交流電流を流して弦に周期的な力を加え、共鳴したときの交流電流の周波数を見ることで、弦の周波数を調べる。

張力は 2.0×9.8 (kg 重)とし、弦の長さを 30.0cm から 5.0cm 刻みで 55.0cm まで変化させる。

実験結果

重り $M=2.0$ (k g), 張力 $F=Mg=19.6$ (N)			
弦の長さ $L(m)$	$1/L(1/m)$	信号周波数 $f_E(Hz)$	共鳴周波数 $f_1(Hz)$
0.300	3.333	96.3	192.6
0.350	2.857	82.3	164.6
0.400	2.500	73.2	146.4
0.450	2.222	64.2	128.4
0.500	2.000	57.1	114.2
0.550	1.818	52.8	105.6

グラフは次ページ

<実験2>

実験方法と結果

ギターを調弦する。

- ・共鳴振動によるチューニングの確認

1.第6弦の5フレット目だけを指で押さえて、第5弦と共鳴することを確認する。
共鳴していることが確認できた。(下はそのスケッチ)

2.第5弦の7フレット目を押さえて強めに弾き、共鳴によって第6弦に生じる振動を観察してスケッチする。(下はそのスケッチ)

ハーモニクス奏法を練習する。

・振動モード

1.弦長の $1/2$ の位置に触れたハーモニクス奏法を行う。

弦が触れた位置の両側で振動しており、振動モードの n の値は2であった。
また、振動の様子は下図のようになっていた。

2.弦長の $1/3$ 、 $1/4$ 、 $1/5$ 、 $1/6$ でハーモニクス奏法を行う。

それぞれ振動モードの n の値は3、4、5、6であった。

3.これ以外に指で触れることでハーモニクス奏法が可能となる場所があるか。

$2/3$ や $2/5$ の場所を押さえた場合でもハーモニクス奏法が可能であった。定常波の節となるところを押さえるとハーモニクス奏法が可能なようだ。

・弦の振動に含まれるモード

開放弦を振動させハーモニクス奏法を行う位置に指を触れてみる。

僅かではあるがハーモニクス奏法を行った際の高い音が確認できた。

・弦を弾く位置とモード

弦長さの $1/3$ 、 $1/4$ のところでハーモニクス奏法を行い、右手で弾く位置を変化させる。

< $1/3$ >

< $1/4$ >

上図の A の場所で音が大きくなり、B の場所では音が上手く出なかった。

音が大きくなったのは振動の腹の部分、音が出なくなったのは節の部分弾いていたからである。

・ハーモニクス奏法と音階

第6弦を2Cに調弦し、ハーモニクス奏法によって $n=2,3,4,5,6$ の倍音を発生させ音階を調べる。

n	音名
1	ド(2C)
2	ド(3C)
3	ソ(3G)
4	ド(4C)
5	ミ(4E)
6	ソ(4G)

これらの音はCの和音である。

問題

問題1

モード n	音名	自然音階 (Hz)	平均律 (Hz)	周波数比 (平均律/自然音階)
1	ド(2C)	65.4	65.4	1.000
2	ド(3C)	130.8	130.8	1.000
3	ソ(3G)	196.2	196.0	0.999
4	ド(4C)	261.6	261.6	1.000
5	ミ(4E)	327.0	329.6	1.008
6	ソ(4G)	392.4	392.0	0.999

自然音階と平均律はそれほど差はなかったが完全に一致しているわけではなかった。平均律で調音されたピアノの和音が濁って聞こえるのは各音の周波数が完全な整数比にはなっていないためである。

問題2

音に含まれるモードの構成比が弾く位置によって変わるため、音色も変化する。

問題3

この実験を通して感覚的で科学とは無縁だと思っていた音楽が科学の波動や数学などとの関係が深いことが分かった。また、現在残っている歴史的な建造物などの表面の曲面などにも数学的曲線とつながりが深いものが多い。我々が見たり聞いたりして心地よい、美しいと感じるものは科学や数学を駆使して見てみると規則性が見つかったりする。文化と科学は一見、両端のように思えるが、実は強い繋がりを持っていることが分かった。