

【演示】音の波形に関する観察と実習

【目的】音の波形をオシロスコープで観察し、音色がどのように作られるかについて考察する。また、うなりはなぜ起こるかについて考察する。

【準備物】オシロスコープ、ダイナミックマイク、共鳴おんさ、リコーダー、簡易シンセサイザーなどの音源

【観察】

1 音声波形をオシロスコープで見る

ヘッドセット型ダイナミックマイクをオシロスコープのプロープにつなぎ、いろいろな音声波形を観察する。(10mV - 2ms のレンジが適切)

【結果】

①おんさの波形 単純なサインカーブになる。

おんさの波を表す式は、 $y = A\sin 2\pi f(t - x/v)$ である。ここで f は振動数であり、高い音は f が大きい。

②人の声の波形 複雑だが同じ波形が繰り返す。

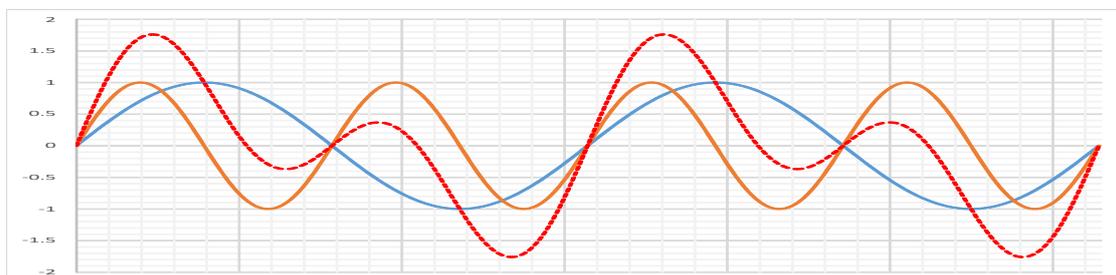


【実習】

2 重ね合わせの原理

次の波形Ⅱは波形Ⅰと同じサインカーブだが、振動数が 2 倍になっている。この 2 つの波が重なったとき、重ね合わせの原理によって観察される波形を次のグラフに示せ。

【考察】



波形が複雑化するが、同じ波形が繰り返すためには、合成する元の周波数がどういう条件でなければならないか。

基本音と倍音だけで合成された波

【検証】

リコーダーは、どことなく素直な音色に感じる。リコーダーの波形を観察すると、どのような特徴が見られるか。

おんさに近い波形をしている。



【観察】

3 うなりの波形をオシロスコープで見る

共鳴音さに片方をゴムや針金で重くし振動数をわずかに変え同時に鳴らす。(400Hz 程度の音さを使う場合、トリガーが 20ms 程度、写真に撮る場合はシャッター速度 0.1 ~ 0.3s が適切である。)



【実習】

振動数がわずかに異なるおんさの波を表す式は、次式である。

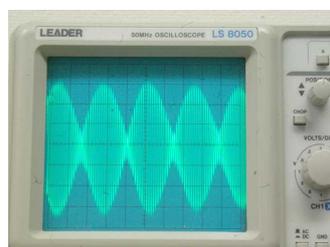
$$y_1 = A \sin 2\pi f_1 (t - x/v) \quad y_2 = A \sin 2\pi f_2 (t - x/v)$$

重ね合わせの原理により、

$$y = A \sin 2\pi f_1 (t - x/v) + A \sin 2\pi f_2 (t - x/v)$$

$$= 2A \cos 2\pi \left\{ \frac{1}{2} (f_1 - f_2) (t - x/v) \right\} \times \sin 2\pi \left\{ \frac{1}{2} (f_1 + f_2) (t - x/v) \right\}$$

となり、うなりとを感じる部分は、 \cos の位相で表される $|f_1 - f_2|$ である。



【考察】

うなりの回数が $|f_1 - f_2|$ である理由を述べよ。

→本来の振動数と振動数の差の積に相当する振幅が変化する波形がオシロスコープで観察できる。すなわち $|f_1 - f_2| / 2$ の間に 2 回強弱があるので $|f_1 - f_2|$ がうなりの振動数になる。

【コラム】

ワイングラスの固有振動

直径 5 ~ 7 cm 程度のワイングラスの縁を水に濡らした指先で軽くこする。何周も縁を指でこすり回していくと、純音に近い音が出てくる。(練習が必要)

ワイングラスに入れる水を深くすると振動数が下がる。グラスそのものが振動することによる音であり、質量が大きいほど振動周期が下がるためであると考えられる。気柱共鳴によるものではないことに留意したい。



【演示】音の波形に関する観察と実習

【目的】音の波形をオシロスコープで観察し、音色がどのように作られるかについて考察する。また、うなりはなぜ起こるかについて考察する。

【準備物】オシロスコープ、ダイナミックマイク、共鳴おんさ、リコーダー、簡易シンセサイザーなどの音源

【観察】

1 音声波形をオシロスコープで見る

ヘッドセット型ダイナミックマイクをオシロスコープのプロープにつなぎ、いろいろな音声波形を観察する。(10mV - 2ms のレンジが適切)

【結果】

①おんさの波形 単純なサインカーブになる。

おんさの波を表す式は、 $y = A\sin 2\pi f(t - x/v)$ である。ここで f は振動数であり、高い音は f が大きい。

②人の声の波形 複雑だが同じ波形が繰り返す。

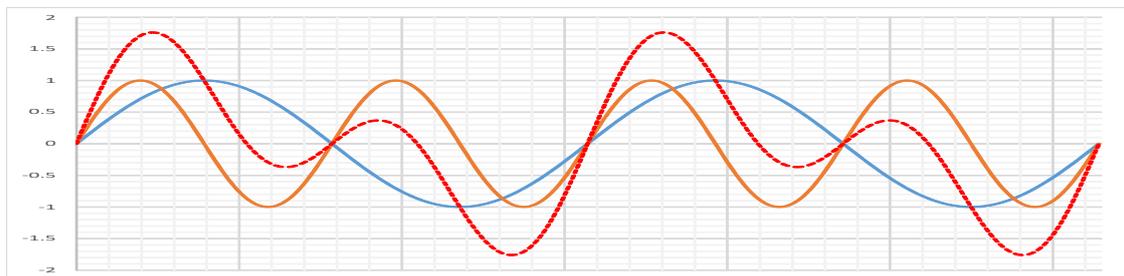


【実習】

2 重ね合わせの原理

次の波形Ⅱは波形Ⅰと同じサインカーブだが、振動数が2倍になっている。この2つの波が重なったとき、重ね合わせの原理によって観察される波形を次のグラフに示せ。

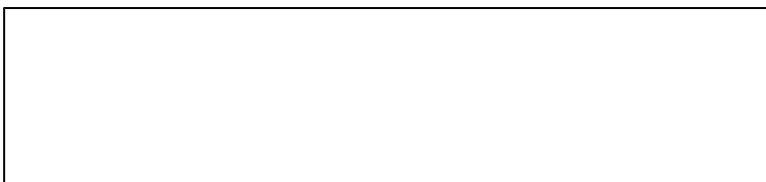
【考察】



波形が複雑化するが、同じ波形が繰り返すためには、合成する元の周波数がどういう条件でなければならないか。

【検証】

リコーダーは、どことなく素直な音色に感じる。リコーダーの波形を観察すると、どのような特徴が見られるか。



【観察】

3 うなりの波形をオシロスコープで見る

共鳴音さに片方をゴムや針金で重くし振動数をわずかに変え同時に鳴らす。(400Hz 程度の音さを使う場合、トリガーが 20ms 程度、写真に撮る場合はシャッター速度 0.1 ~ 0.3s が適切である。)



【実習】

振動数がわずかに異なるおんさの波を表す式は、次式である。

$$y_1 = A \sin 2\pi f_1(t - x/v) \quad y_2 = A \sin 2\pi f_2(t - x/v)$$

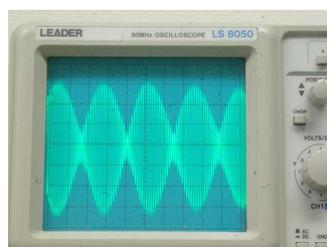
重ね合わせの原理により、

$$y = A \sin 2\pi f_1(t - x/v) + A \sin 2\pi f_2(t - x/v)$$

=



となり、うなりとを感じる部分は、cos の位相で表される $|f_1 - f_2|$ である。



【考察】

うなりの回数が $|f_1 - f_2|$ である理由を述べよ。



【コラム】

ワイングラスの固有振動

直径 5 ~ 7 c m 程度のワイングラスの縁を水に濡らした指先で軽くこする。何周も縁を指でこすり回していくと、純音に近い音が出てくる。(練習が必要)

ワイングラスに入れる水を深くすると振動数が下がる。グラスそのものが振動することによる音であり、質量が大きいほど振動周期が下がるためであると考えられる。気柱共鳴によるものではないことに留意したい。



【参考】



人の声「う」



人の声「え」



人の声「お」



電子ピアノ