



# 小型スピーカーをつくろう 音波の性質を調べてみよう

## ● 概要 ●

オーディオ製品に含まれるスピーカーは音をうまく再生できるように工夫されています。このテーマでは、実際に小型のスピーカーを製作して、スピーカーの仕組みを理解するとともに、作製したスピーカーを使って音波の波動としての振る舞い（回折、干渉、うなり）を調べる実験をおこないます。

これらの実験を通して音波の物理的な性質を体験することを目的にしています。

## ● スピーカーの部品 ●

### 配布する部品

名称	数量	備考
ダンボール箱	2 枚	19cm x 13cm x 12cm
ダンボール板	1 枚	適当に切って使います
ステレオアンプキット	1 台	静電気に注意.
スイッチングACアダプタ	1 個	出力電圧 12V 使わないときはコンセントから抜いてください
スピーカーユニット	2 個	コーン紙を指で強く押さえないようにしてください.
アクリルケース	1 個	穴あけ加工済み
固定用ネジ	4 本	アンプ基板をケースに固定するために使います
プラスチックスペーサ	4 本	アンプ基板とケースに間に隙間を作ります
電源ジャック	1 本	配線済み. 赤色:プラス 黒色:マイナス
ヘッドフォンジャック	1 本	配線済みです. 青:右 ch 緑:左 ch 黒:マイナス
ステレオケーブル	1 本	長さ 2m 一般的なオーディオプレイヤーに使えます
フェルト布	2 枚	20cm x 20cm にカットしてあります.
塩ビパイプ	2 本	4~5cmにカット済み
タイラップ(白)	8 本	スピーカーを固定するために使います

● スピーカーの構造 ●

スピーカーは、音を出すための装置です。

図1にあるように、コーン紙と呼ばれる振動板があり、電気を流すコイルが取り付けられています。さらにコイルを強力な磁石が囲みます。

コイルに電流を流すと、フレミング左手の法則によりコーン紙が振動して、周囲の空気を振動させます。これが波となって私たちの耳には「音」として聞こえるわけです。

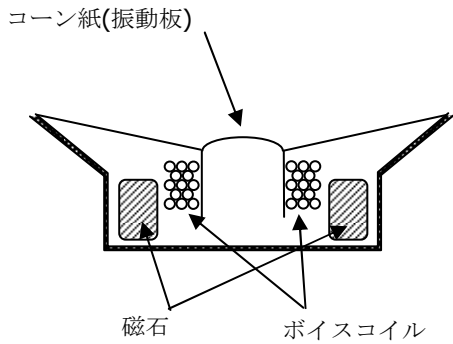


図1 スピーカの基本構造

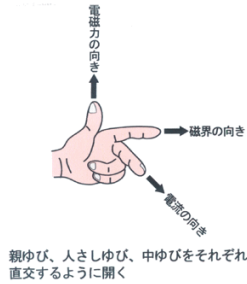


図2 フレミング左手の法則

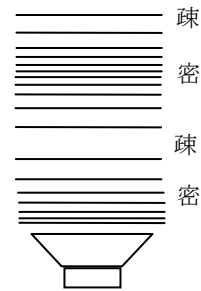
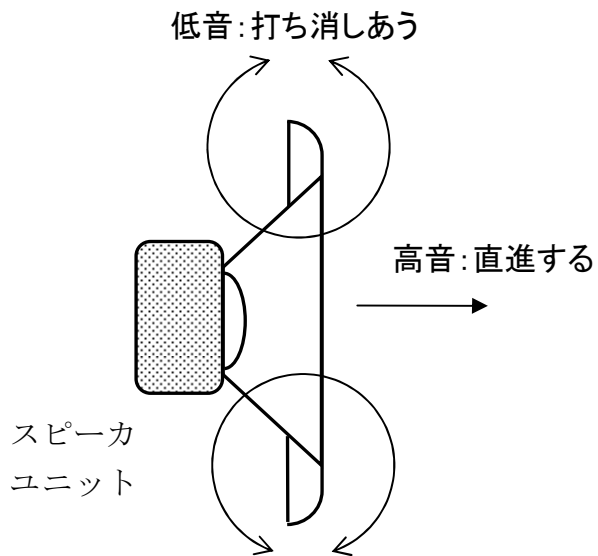
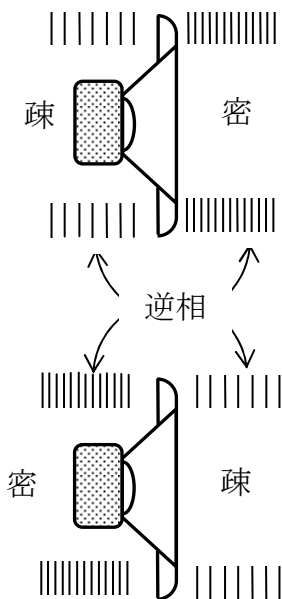


図3 空気の密度に波を作る

さてスピーカのユニットを、そのまま鳴らしてみましよう。どうでしょうか。

低音が出ない、音が小さい、とは感じないでしょうか。それらは、スピーカの前後から発せられる音波の干渉によって生じたものです。

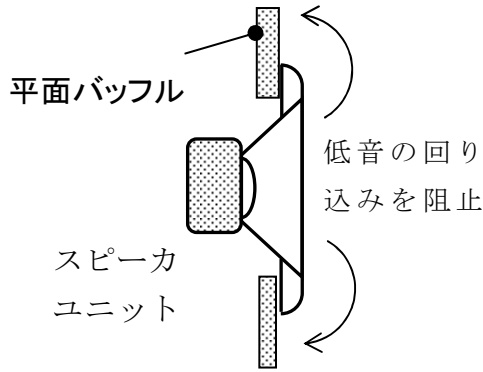
スピーカの正面と、裏面に発生する音は、互いに逆相、つまり疎と密の状態が逆になってしまっています。そして低い音ほど壁の裏側に回り込んでいく力が強いので、それぞれ回り込もうとして打ち消しあってしまう現象が生じます。それによってスピーカを単体で使うとキンキンとした高い音だけが再生されてしまいます。では、どうしたら低音を再生できるようになるのでしょうか。



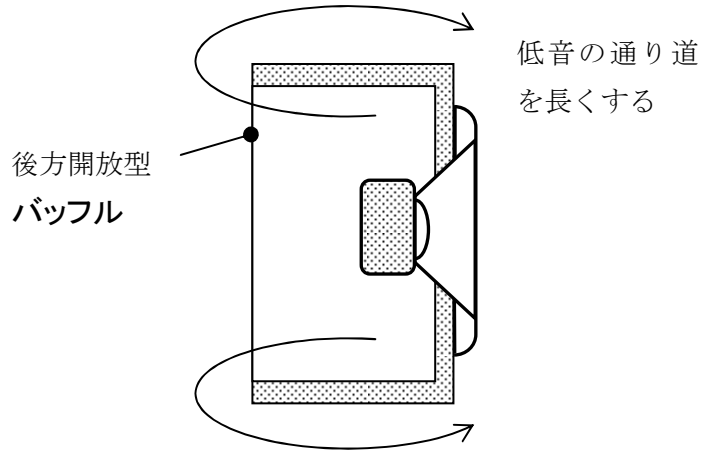
● スピーカの種類 ●

最も簡単に低音を再生させるための方法は、スピーカを大きな板に固定してしまうことです。

これを「平面バッフル型スピーカ」と言います。構造は簡単ですが、低音を再生しようとすると面積を大きくしなくてははいけません。コンパクトにするために、折り曲げてみても構いません。これを「後方開放型スピーカ」と言います



・平面バッフル型スピーカ

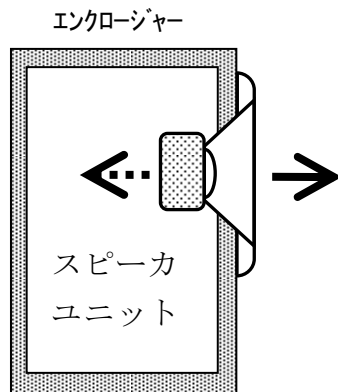


・後方開放型スピーカ

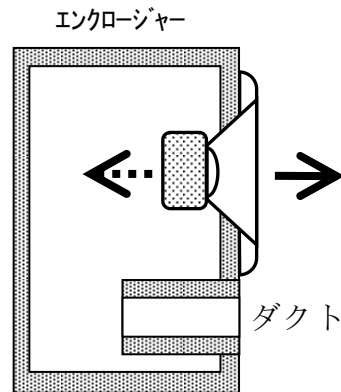
次に完全に密閉された箱にスピーカをとりつけてみます。この方式を「密閉型スピーカ」と呼びます。この形のスピーカは箱の中に逆位相の音波が閉じこめられるので、均一な低音の再生能力を得られます。しかし内部の空気がバネになってしまい、スピーカの動きを邪魔するという問題もあります。ですので、この方式のスピーカは一般的に箱が大きくなります。

密閉式スピーカの弱点である"大きさ"を解消するために、箱の一部にダクトと呼ばれる音の通り道をつかった方式もあります。これを「バスレフ型スピーカ」と呼びます。このダクトの大きさを適切に決めることでコンパクトな箱でも低音を鳴らすことが可能になります。

現在スピーカの自作をしている人たちのあいだではバスレフ式スピーカが最もポピュラーな形式で、インターネット上にたくさんの記事を見つけることができます。



・密閉型スピーカ



・バスレフ式スピーカ

さて、どのようなスピーカーを作るか考えましょう。

**この工程では刃物を使います。**

**怪我をしないように、よく注意してください。**

1) 設置場所は？ 箱をどのように置きますか？

皆さんの部屋のどこにスピーカーを置きますか？

ダンボール箱をどの向きにして、どの面にスピーカーを取り付けましょうか？

2) ダクトを取り付けますか？ その形状はどうしましょう？

ダンボールに穴を開けて、ダクトを取り付けましょう。

ダクトの形状はどうしましょうか。

丸？ 三角？ スリット？

ラッパのような形状のダクトを作る人もいます。

3) 必要なら寸法を決めて、箱を作っていきます。

ダンボールで作る箱です。いくらでも修正や改造ができます。

納得できるスピーカーが完成するまで手直しをしてみましょう。

4) 音質をよくするために吸音材を貼り付けましょう。

箱の中では、音波が反射を繰り返して音質を低下させます。

音がどこに反射して悪さをするかを考えながら吸音材を貼っていきます。

5) 補強は必要ですか？

ダンボール板の残りで箱を補強するのも良いかも知れません。

● ステレオアンプの組み立て ●

ステレオアンプとはなんですか。

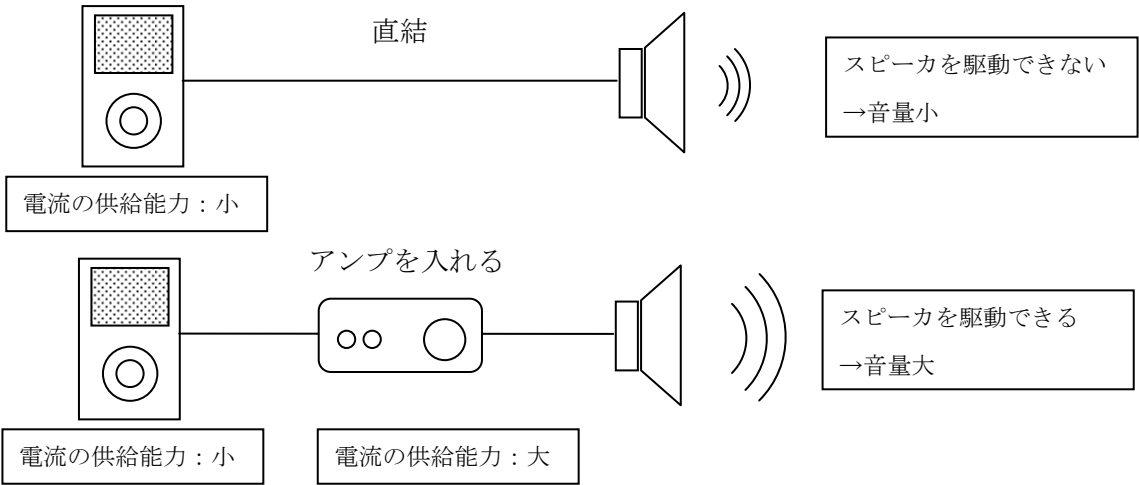
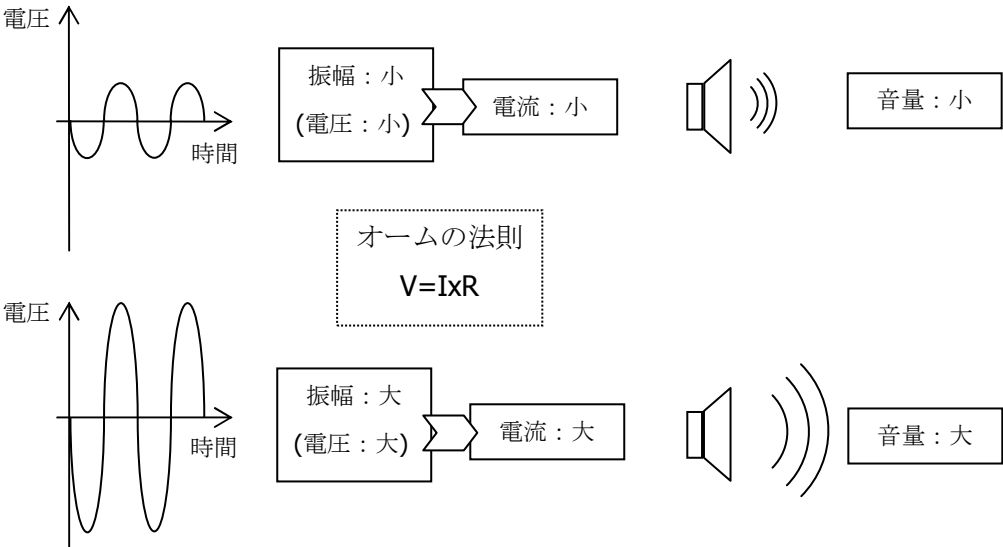
普通のオーディオプレイヤーを、そのままスピーカにつなげても大きな音で鳴らすことはできません。これはオーディオプレイヤーが大きな電気信号を出力できないことが原因です。

電気信号は、図のような電圧の波となっています。オーディオアンプは電気信号の振り幅を拡大して出力します。

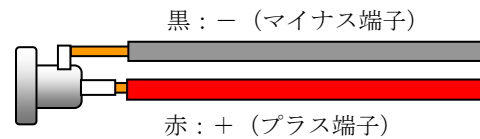
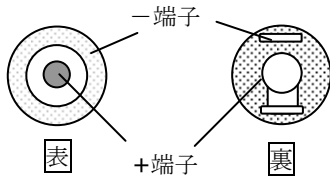
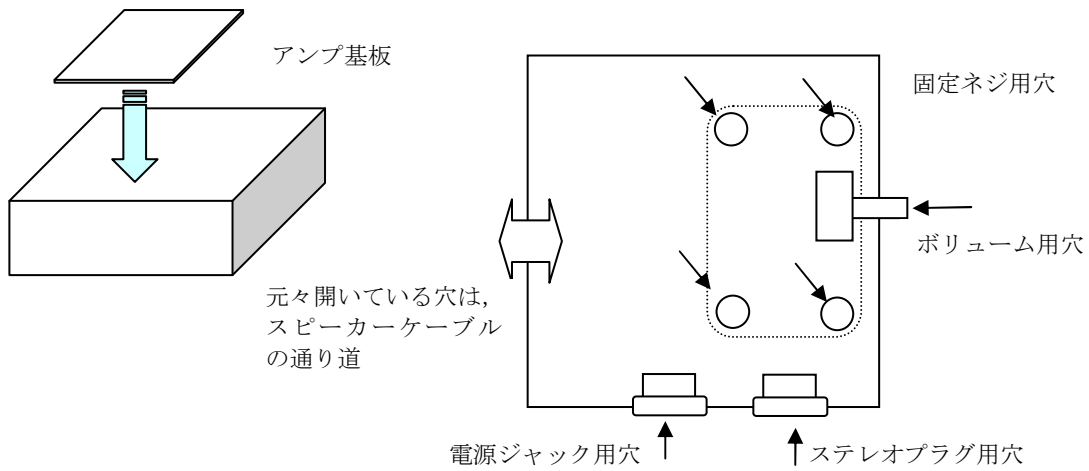
そして振り幅が大きくなれば、オームの法則から電流も大きくなります。

もし必要な電流を供給できないと、スピーカは鳴りません。

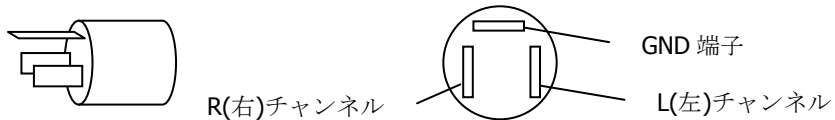
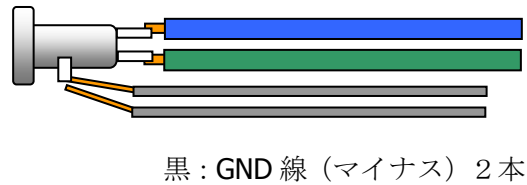
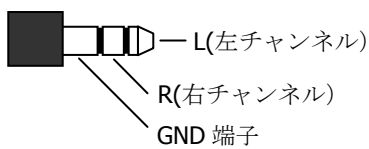
ステレオアンプは、電気信号を大きくし、スピーカに十分な電流を流すための装置なのです。



△ ステレオアンプへの配線



青：R(右チャンネル線)  
緑：L(左チャンネル線)



※誤接続防止のため、上記の色を守ること。

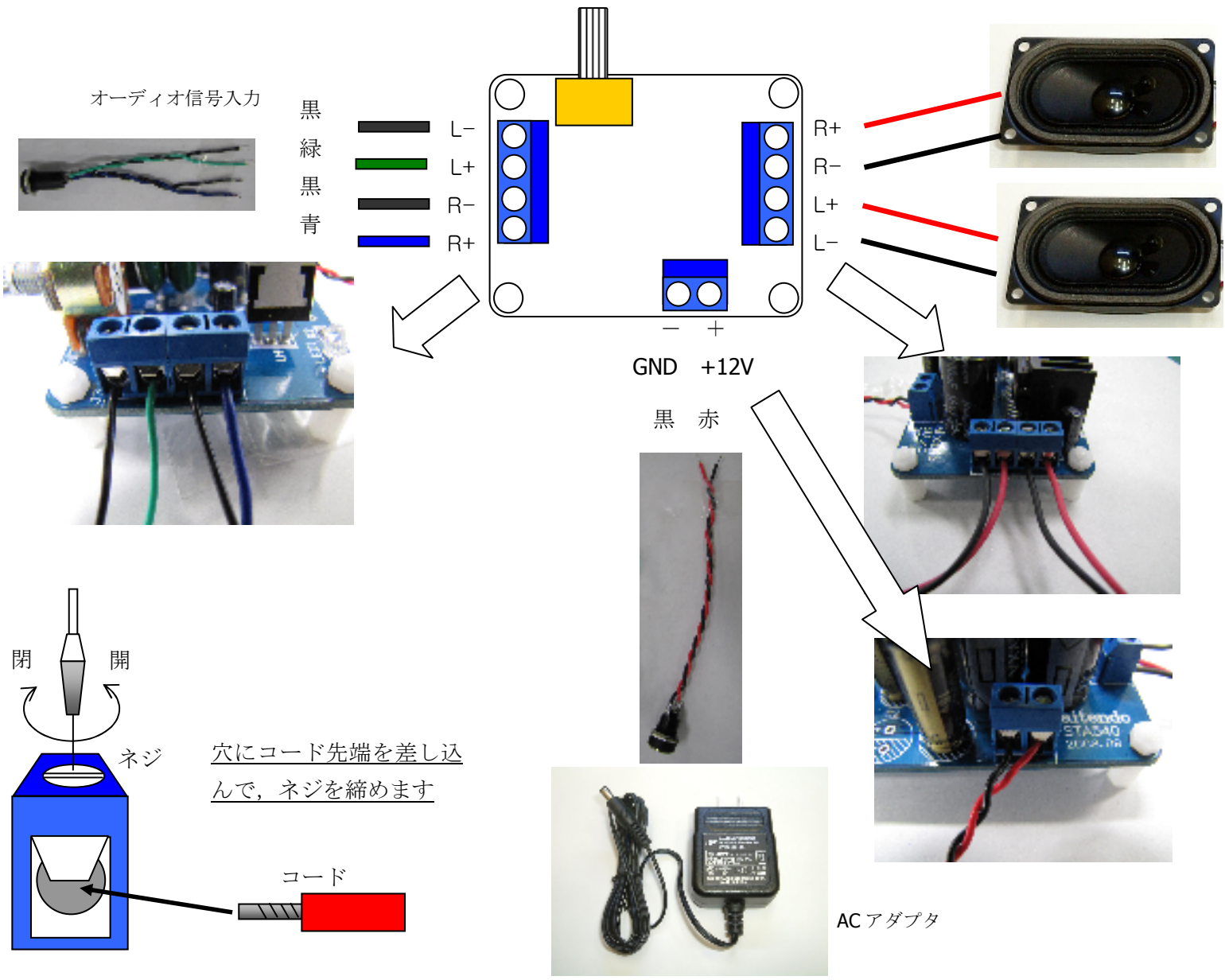
【注意】

今回製作するアンプには、電源スイッチがとりつけられていません。

ですので何らかの原因で故障やショート時に問題が起こらないよう、使用しないときには AC アダプタを抜くようにしてください。

また、アンプやスピーカの配線作業をするときは、必ず AC アダプタを抜いてから作業を行ってください。故障の原因となります。

【配線図】



● 動作チェック ●

- 1) まず、完成したと思ったら、下記のチェックシートで、もう一度確認をしてください。
- 2) 電源ジャック、ステレオプラグの配線を確認します。
- 3) スピーカへの配線を確認します。ショートとかはしていませんか？
- 4) アンプのボリュームを最小にしておきます。(反時計回りで限界まで)
- 5) ACアダプタを接続します。
- 6) アンプ基板の上に手をかざして、熱を持ったところが無いか確認してください。
- 7) 一旦ACアダプタをはずして、テスト用のラジオを接続します。  
 徐々にアンプ基板のボリュームを大きくしていきます。
- 8) 音は聞こえましたか？ 聞こえたら完成です。  
 もし聞こえない場合、ACアダプタを抜いて、もう一度配線をチェックしてみてください。

確認項目	チェック！
電源の配線(赤・黒)は正しく接続されていますか	
ステレオプラグの配線 (青・緑・黒x2本) は正しく接続されていますか	
スピーカへの配線は正しく接続されていますか	
アンプのボリュームを最小にする	
ACアダプタを接続してください	
アンプ基板の上に手をかざして、発熱しているところが無いか確認してください	
一旦ACアダプタを外します。 その後にテスト用のラジオを接続します。	
徐々にボリュームを大きくしていきます	
音は聞こえましたか？	



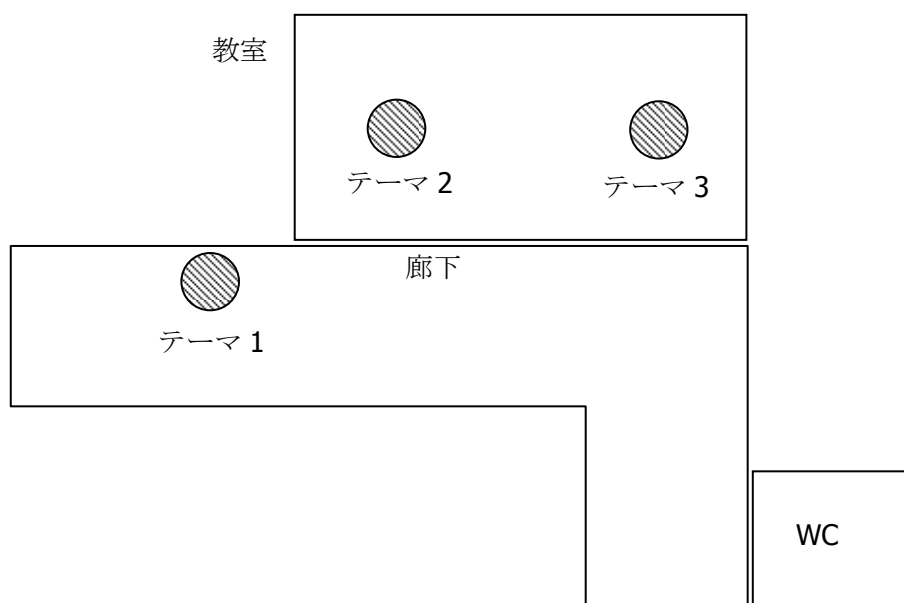
# 音波の実験

完成したスピーカーを使って実験をしてみましょう。

この時間では、次の三つの実験をおこないます。

- テーマ1 製作したスピーカーの音響特性を測定しよう
- テーマ2 管内に入った音波の共鳴をみてみよう
- テーマ3 波が干渉するようすを調べてみよう

皆さんを3班に分けて、順番に実施します。ひとつのテーマにつき、約20分で交代していきます。



順番

- 【一班】 受付番号 1番から 番  
テーマ1 → テーマ2 → テーマ3
- 【二班】 受付番号 番から 番  
テーマ2 → テーマ3 → テーマ1
- 【三班】 受付番号 番から 番  
テーマ3 → テーマ1 → テーマ2

● テーマ1 製作したスピーカーの音響特性を測定しよう ●

△使用するもの

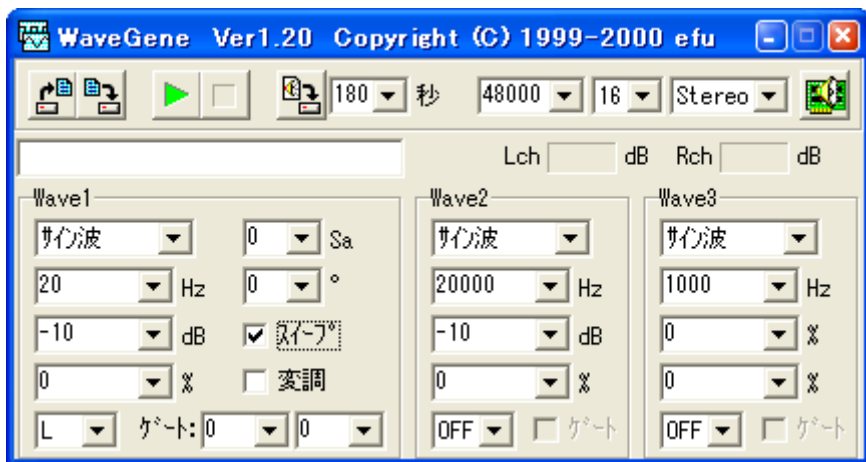
- ・パソコン1台

※フリーウェアの [WaveGene](#) (音信号発生ソフト) , [WaveSpectra](#) (音の特性解析ソフト) がインストールされている。

- ・マルチメディアマイク

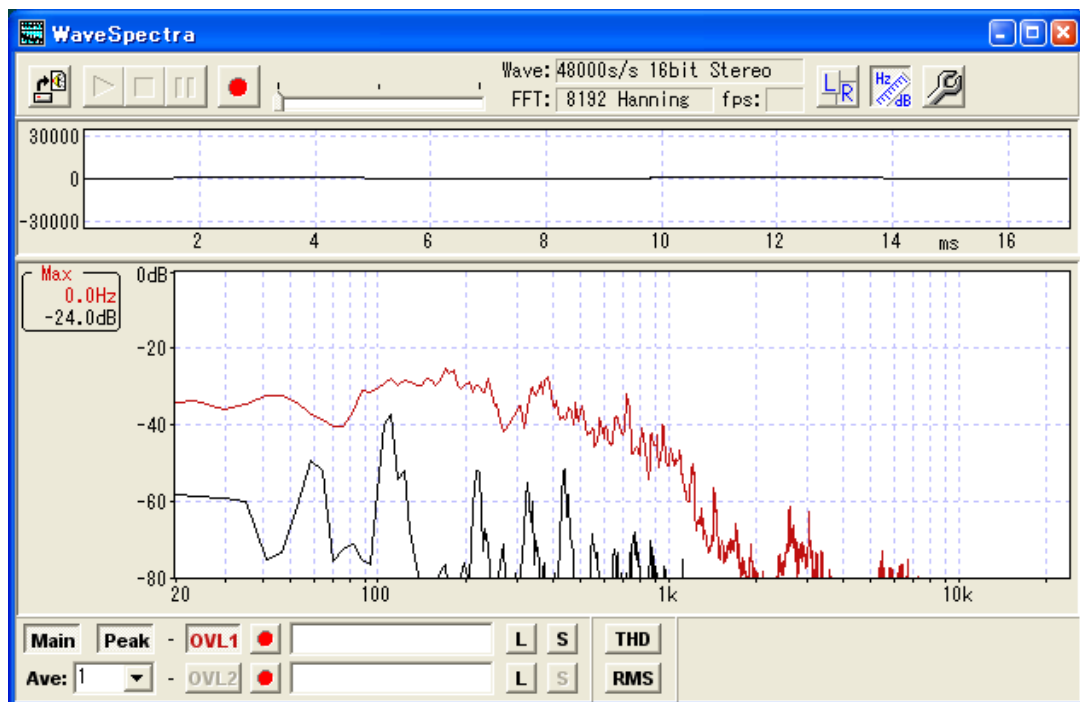
マイク端子に接続しておくこと。

△ WaveGen 音信号発生ソフト



サンプリングレートは 48000、16bit、stereo を選択します

△ WaveSpectra 音の特性解析ソフト



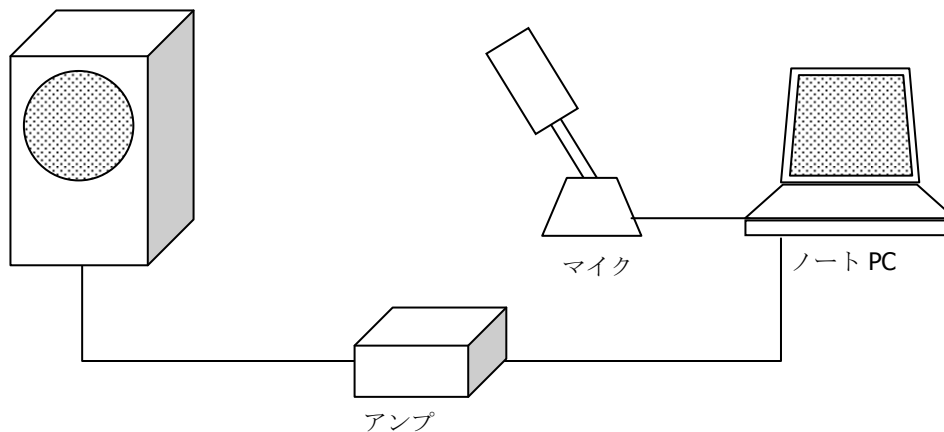
各パラメータを設定した後に、測定にうつります。

マイクとスピーカを1 mぐらい離して設置します.

WaveGen の緑のボタンを押して, 音を出力します.

WaveSpectra の画面に, 計測した音波の特性が出力されてきます. 時間とともにデータがあつまり, 徐々に特性が表示されてきます.

皆さんの作ったスピーカは, どのような性能を持っていたでしょうか?



● テーマ2 管内に入った音波の共鳴をみてみよう ●

管の中に音波が入ると, ある特定の波長をもった波だけが強くなり, 鳴りだすことがあります. これを共鳴とよびます. 共鳴現象は身近でもよくみられる現象で, びんの口に息を吹き込んだときに"ポー"という音がしたことはありませんか? あれが共鳴とよばれるものです.

共鳴現象によって強調される音波は, 管の長さ  $L$  と, 波長  $\lambda$  によって決まります.

管の片方が開いている「開口管」と, 両方が閉じられている「閉口管」とで違ってきますが, 管の長さ  $L$  と, つぎの数列の波長とが一致したときに共鳴現象が発生します.

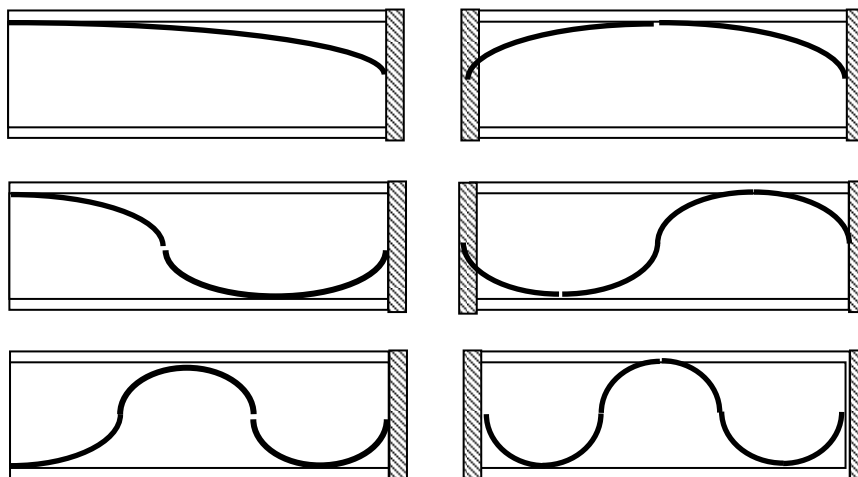
開口管での共鳴波長 :  $0.5\lambda, 1.0\lambda, 1.5\lambda, \dots$

閉口管片開放端での共鳴波長 :  $0.25\lambda, 0.75\lambda, 1.25\lambda, \dots$

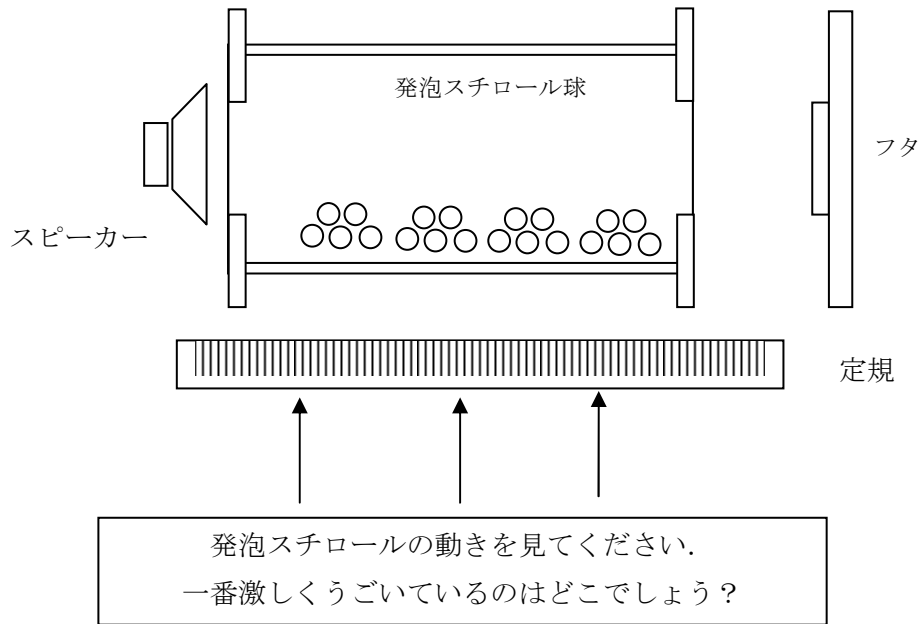
パイプの長さを 1 m, 音速を 340m/sec とすると,

開口管での共鳴周波数 : 170Hz , 340 Hz , 510 Hz , ...

閉口管での共鳴周波数 : 85 Hz , 255 Hz , 425 Hz , ...



△実験装置



閉口管 / 開口管

周波数 ( ) Hz

波たっていたのは、パイプの端から

波長は？

- |        |       |     |
|--------|-------|-----|
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |

閉口管 / 開口管

周波数 ( ) Hz

波たっていたのは、パイプの端から

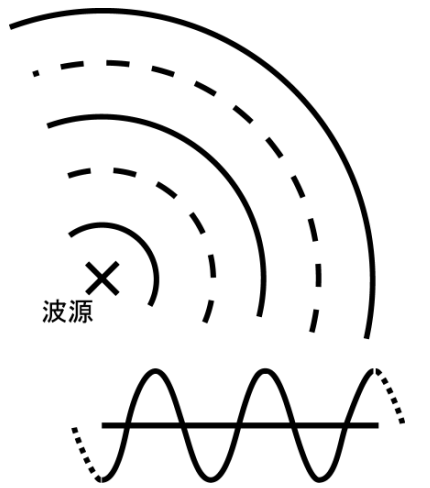
- |        |       |     |
|--------|-------|-----|
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |
| ( ) cm | ..... | ( ) |

音速は..... ( ) m/秒

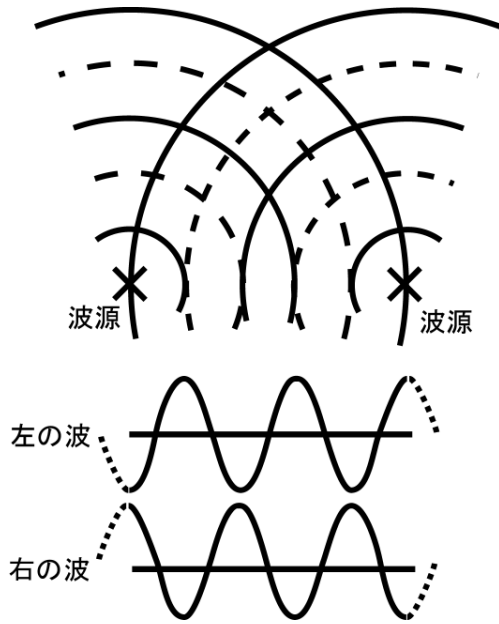
● テーマ3 波が干渉するようすを調べてみよう ●

ひとつの波源からは、同心円状に波が広がっていきます。

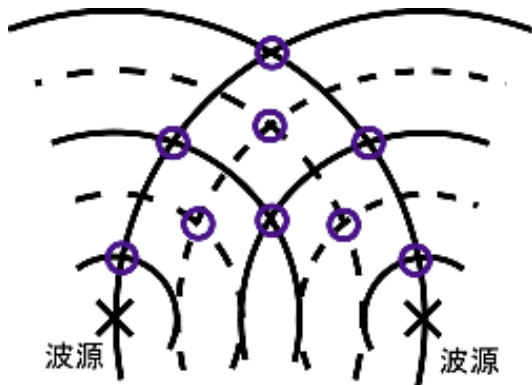
では、もうひとつ波源を用意して、二つの波源を並べたばあいにはどうなるでしょうか。そのときには、お互いの波によって弱めあうところと、強め合うところができます。この現象を「干渉」とよびます。



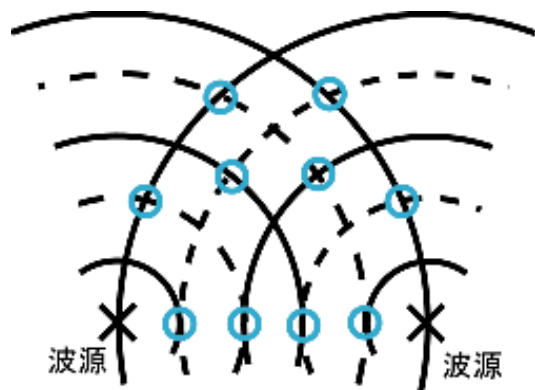
ひとつの波源から発生する波



ふたつの波源から発生する波



強めあうところ



弱めあうところ

波の干渉の様子

△使用するもの

- ・ノートPC 1台  
(※波形発生ソフト WaveGen と、波形観測ソフト WaveSpectra を起動)
- ・マルチメディアマイク 1台
- ・スピーカー2台

波形発生装置からは **1000Hz** の音を出してスピーカーを鳴らします。  
マイクの位置を動かして、波形がどのような動きをするかを観察します。

