

「音波実験」 (生物資源学類 基礎数学 2021年12月06日, 3限, 対面授業, 場所: 2H201教室, 担当: 奈佐原顕郎)

* 授業概要

音波を対象に, 簡単な実験計測を行う。各自のスマホ (+無料アプリ) を計測器として用いる。3~5人の班で実施する。

* 授業目標

対面でお互い (教員と学生, 学生どうし) の心理的距離を縮める。

対面で人と新たな関係を構築するスキルを養う。

音波に重ね合わせの原理が働く (=音波がベクトルである) ことを体験的に理解する。

フーリエ級数展開 (フーリエ変換) のイメージ・実感を得る。

実際の現象を対象とした実験・計測に必要な, 観察力・集中力・試行錯誤・工夫などのスキル・能力を伸ばす。

* 実験は班 (今日限り; その場でテキトーに決める) でやってください。なるべく初対面の人とやろう!

* 他の班の音を拾わないように, 移動して構いません (教室外もOK)

* 班の中の誰かが音 (声) を出し, それを班員みんなが各自のスマホで調べて下さい。観察・考察を話し合おう。

* 実験結果はレポートにまとめてもらいます。

* 注意: 同じ音を長時間聞き続けると気持ち悪くなります。また, 他の部屋で授業・仕事している人に迷惑にならないように。

iphoneアプリ（自分のスマホに入れといて下さい!）：

”オーディオ／スペクトルアナライザ”

声（”あー” ”いー”等），口笛，楽器
などを聞かせてみよう。

「実波形」

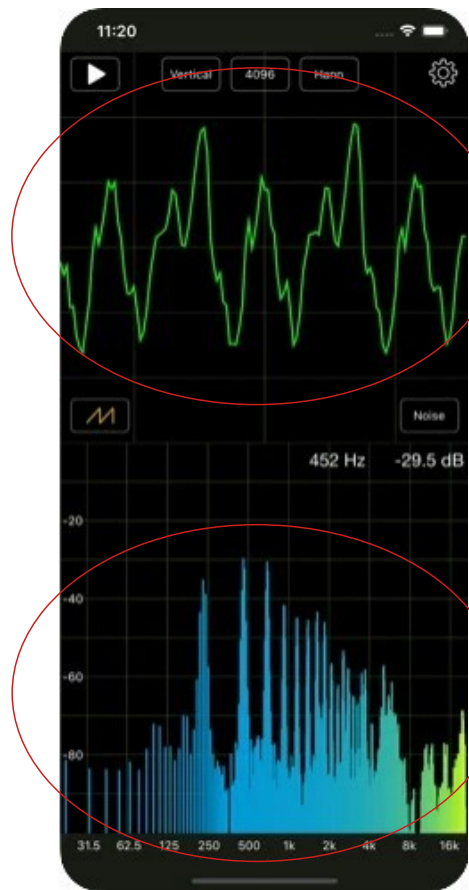
横軸：時刻，縦軸：音の強さ

フーリエ変換
（フーリエ級数展開を拡張したも
の。大差ない）

「スペクトル」

横軸：周波数，縦軸：音の強さ（対数スケール）

※ 一般に，横軸が周波数や波長のグラフ（関数）をスペクトルといいます。



iphoneアプリ:

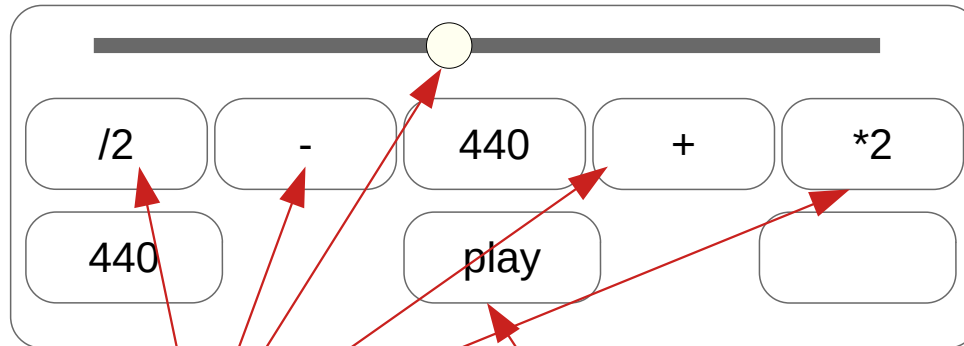
”オーディオ／スペクトルアナライザ”

正弦波の音を出してみよう。



ここを押す！

すると、↓こんな画面が出てくる。



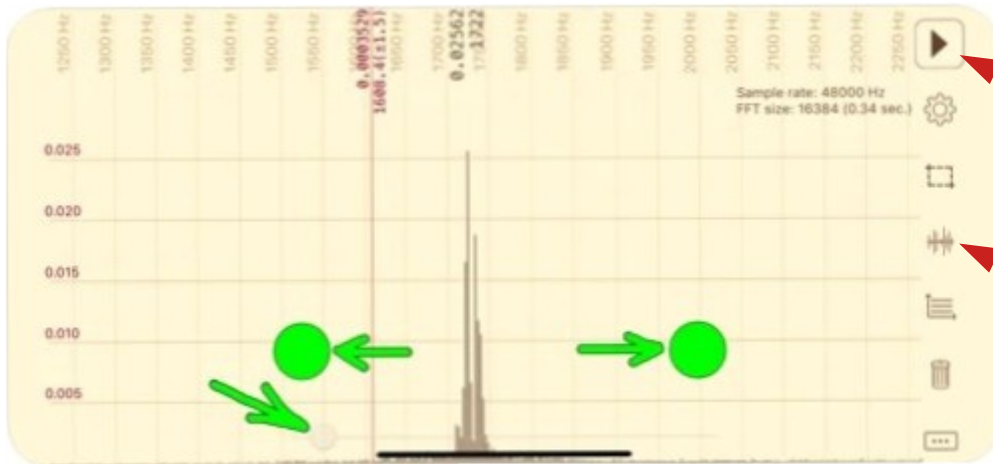
ここを押すと音が出はじめる。

このへんをいじると、周波数（音の高さ）が変わる。

実波形とスペクトルの表示はイマイチなので、授業ではこのソフトは音を出すことだけに使います。

iphoneアプリ (自分のスマホに入れといて下さい!) : ”サウンドスペクトル”

声 (“あー” “いー”等), 口笛, 楽器
などを聞かせてみよう。



ここを押すと, 計測が始まります。

ここを押すと, 実波形とスペクトルが切り替わります。

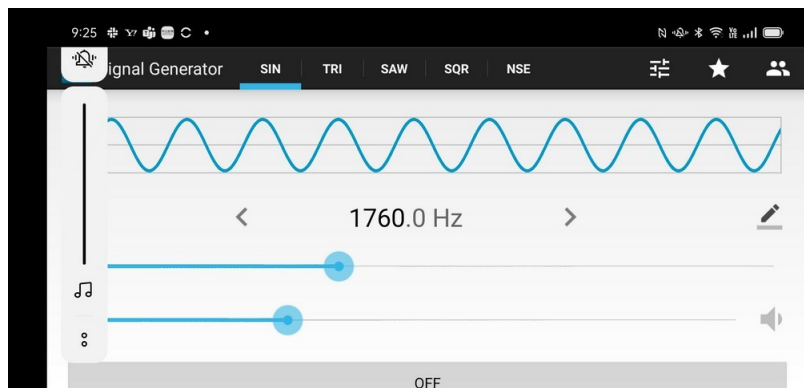
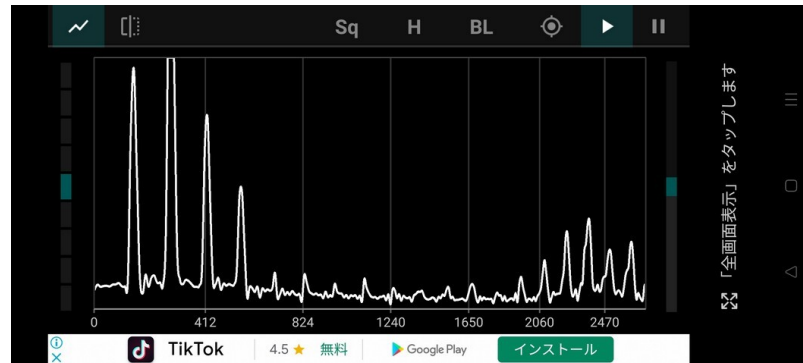
音は出せないけど, 実波形とスペクトルの表示は見やすいので, 表示にはこのソフトを使います。

androidアプリ (自分のスマホに入れといて下さい!) : ”oscilloscope”, “FFT spectrum generator”, “signal generator”

”oscilloscope” → 実波形を見る



”FFT spectrum analyzer” → スペクトルを見る



”signal generator” → 正弦波音を出す

実験1: 「あー」という声をスマホに聞かせてみよう。(iphoneは「サウンドスペクトル」で)

- 実波形はどのような形か? (スクショしよう)

コメント: 実波形は正弦波ではないけど周期的なグラフになるだろう。

- スペクトルはどのような形か? (スクショしよう)

コメント: スペクトルには複数のピークが見えるはず。それはなぜか? どのような間隔で並んでいるか?

実験2: 「あー」を音程を変えながらスマホに聞かせてみよう。

- 実波形はどのように変わるか? (音を上げながら又は下げながら)

コメント: 波形はあまり変わらないが、幅が狭くなったり広くなったりするだろう。なぜ?

- スペクトルはどのように変わるか? (音を上げながら又は下げながら)

コメント: ピークの位置が右に行ったり左に行ったりするだろう。なぜ?

実験3: 「あー」「いー」「うー」「えー」「おー」をそれぞれスマホに聞かせてみよう。

- 実波形は5つの音でどのように違うか?

- スペクトルは5つの音でどのように違うか? スペクトルからどの音か, 当てられそうか?

コメント: 実波形やスペクトルだけを見て, どの音(文字)か当てられそうか? これが音声認識の原理。

- 班員みんなで声を合わせてやるとどうなる?

実験1, 2は個人で。3以降は班で
やってください。

できるところまででOK。集中し
て, でも楽しんでやってください。

実験4: だみ声（うーとか）をスマホに聞かせてみよう。

- 実波形はどうなる？実験1と比べてみよう。
- スペクトルはどうなる？実験1と比べてみよう。
- 班員みんなで声を合わせてやるとどうなる？

コメント: だみ声は実波形が不規則で、スペクトルは高い周波数を含めていろんな周波数が混じるだろう。

実験5: 楽器や合唱（和音）を聞かせてみよう（管弦や無絃塾やDoo-Wopとかがいたらラッキー！）

- 実波形はどうなる？
- スペクトルはどうなる？

コメント: このような波形を正弦波から組み合わせることで、人声や楽器音っぽい音を電子的に作れる。

それが電子楽器やシンセサイザーやボカロの原理である。

実験6: スマホから正弦波音を出して、他のスマホに聞かせてみよう。

- 440 Hzの正弦波（楽器調律の基準音「ラ」）を出して聞かせてみよう。
- 周波数を倍（880 Hz）や半分（220 Hz）にすると、波形や音の高さはどうなるか？
- （オプション）androidのソフトなら、三角波や矩形波も出せる。それらを試してみよう。

コメント: このような正弦波音を電子的に作り、重ね合わせることで、実験5のような人声や楽器音っぽい音を電子的に作れる。

それが電子楽器やシンセサイザーやボカロの原理である。

実験7: 正弦波の「うなり」をためしてみよう。

- 1台は339 Hz, 1台は441 Hzで同時に音を出してみよう。

→ 合わさった音が大きくなったり小さくなったりするだろう。なぜか？

- 2台のスマホの周波数の差を大きくしたり（398 Hz と442 Hzとか）小さくしたりしてみよう。

→ 差が大きくなるほど、うなりの周期は小さくなる（リズムが早くなる）だろう。なぜか？

コメント: 三角関数の合成で理解できる。f=440 Hz, $\Delta f=1$ Hzとして, $\sin [2\pi(f+\Delta f) t] + \sin [2\pi(f-\Delta f) t] = ???$

オプション実験（時間が余ったら or 興味があったら、やってみよう!）

- 全員で拍手したときの音を調べてみよう。

- 基準音440 Hzの正弦波にできるだけ近い音を声で出してみよう。誰がいちばん上手か？

- 2台または3台または4台のスマホでテキストの図8.1のような波形の音を作ることができるか？

- トイレやお風呂や廊下やトンネルなど、響きの強い空間で声や楽器の実波形・スペクトルを見てみよう。

- 鳥の鳴き声を調べてみよう。実波形・スペクトルから鳥の種類は判別できそうだろうか？

- 水の流れる音を調べてみよう。実波形・スペクトルから水の速さは判別できそうか？

- 時報（電話117）の音を調べてみよう。

- 個人や性別で、声の実波形・スペクトルにどのような違いがあるか調べてみよう。

- 他の班の持っている楽器も調べてみよう。

- 音源を録音し、録音された音源の実波形・スペクトルを見てみよう。

- 録音された音源を、「グラフィック・イコライザー」という機能を持ったソフトで変化させてみよう。高周波を強調したり弱めたりすると、音はどうなるか？（これは一種の線型写像です。）

