

みなさん、こんにちは。探究推進部です。

さて、FRH通信 前号に引き続き、2年時の「探究活動（TKt）」内にて行った研究発表の優秀者（全校研究発表者）レポートを掲載します。

今回のレポートは、

**優秀発表者1の「音楽と勉強の関係」**

**優秀発表者6の「テニスボールの軌道の予測」**

**優秀発表者8の「DREAMS」**

という作品です。

<優秀発表者一覧>

番号	氏名	分野	タイトル
1	3年生 生徒	心理	音楽と勉強の関係
2		実験講座	スパイダーマンの糸は実現可能か？
3		応用生命	発酵
4		文化	なぜプリキュアは多くの人に支持されているのか
5		国際理解	英語メニューを作ろう
6		実験講座	テニスボールの軌道の予測
7		英語プレゼン講座	MEMORY
8		英語プレゼン講座	DREAMS
9		校外活動	名大 MIRAI GSC
10	2年生 生徒	校外活動	模擬国連

# 音楽と勉強の関係

## 研究内容

音楽を聴きながら勉強すると効率は下がるのか？

## 実験方法

三年生の12人の生徒に4分間で40問の簡単な計算問題を解いてもらって正答率を出す。

### グループ分け 4人ずつ

A:吹奏楽部女子

B:吹奏楽部男子

C:吹部以外女子

D:吹部以外男子

### 実験の種類

①音楽無し

②歌ありの曲

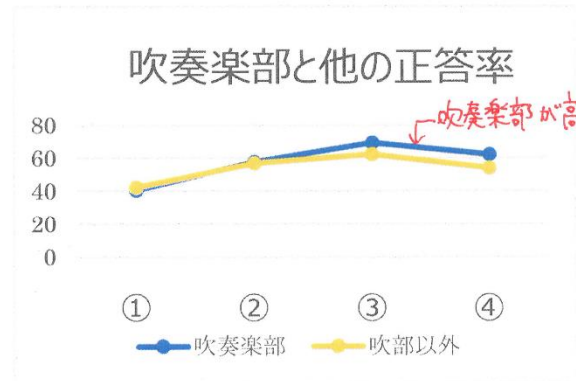
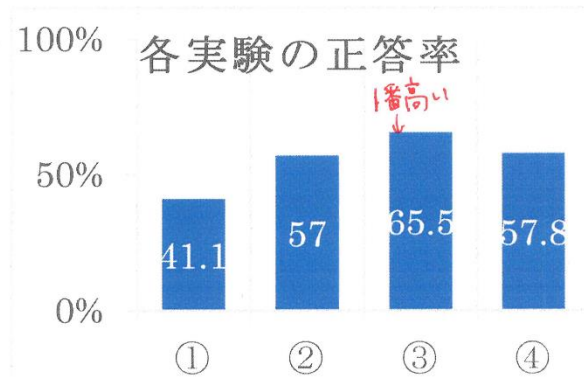
③吹奏楽の曲

④それぞれ好きな曲

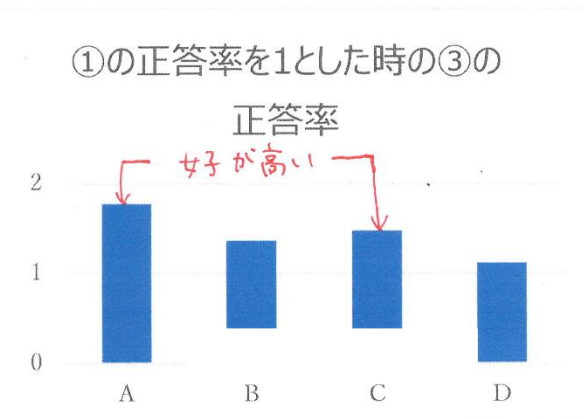
## 実験結果

↓グラフ1

↓グラフ2



↓グラフ3



## 考察

・グラフ1より歌詞がない方が勉強に集中できる

(言葉の意味を考えてしまうから?)

・グラフ2より普段から音楽を聴く人の方がよい

(聞き流すのに慣れるから?)

・グラフ3より男子より女子の方がよい

(女性脳は二つのことを同時進行するのが得意だから?)

# 🎾 テニスボールの軌道の予測

## 動機

高校の物理では、  
「空気抵抗無視」の計算しか行わない.....  
現実のボールが綺麗な放物線を描いて飛ぶとは限らないのに



リアルなボールの軌道を求めたい！  
⇒ テニスボールを題材にして、  
「空気抵抗」と「揚力」を含む計算をしよう！

## 研究の見通し

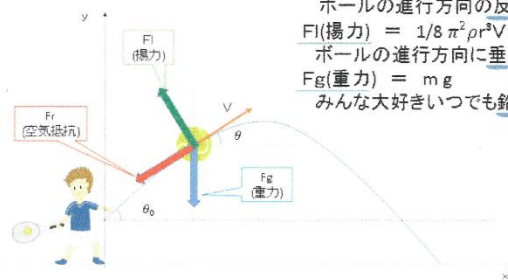
<最終目標>  
・空気抵抗と揚力を含んだ計算を行う  
・計算結果をグラフを用いて可視化する  
⇒ テニスボールを打った時の飛んでいくボールの軌道を計算する！！

<進め方>  
1. 飛行中のボールに作用する力を考える  
2. 運動方程式を立てて解く  
3. ボールの軌跡を求める(グラフ化する)

計算に使う文字は以下の通り

$\pi$  (円周率)                       $g$  (重力加速度)  
 $m$  (ボールの質量)                 $r$  (ボールの半径)  
 $A$  (ボールの投影面積)             $N$  (回転量)  
 $\theta$  (ボールの進行方向と速度との間の角度)  
 $\rho$  (空気の密度)                     $C_d$  (空気抵抗係数)  
 $V_x$  (x軸方向のボールの速さ) =  $V \cos \theta$   
 $V_y$  (y軸方向のボールの速さ) =  $V \sin \theta$   
 $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$

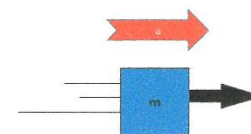
### 1. 飛行中のボールに作用する力を考える



$F_r$  (空気抵抗) =  $1/2 C_d \rho V^2 A$   
 ボールの進行方向の反対向きに作用  
 $F_l$  (揚力) =  $1/8 \pi^2 \rho r^3 V N$   
 ボールの進行方向に垂直な向きに作用  
 $F_g$  (重力) =  $mg$   
 みんな大好きいつでも鉛直下向きに作用

### 2. の前にまず、運動方程式ってなんだっけ

$m$  [kg] の物体に  $F$  [N] の力が作用して  $a$  [m/s<sup>2</sup>] の加速度が生じるとき、  
 $F = m \times a$  が成り立つ



加わる力の大きさと物体の質量が分かれば、  
 加速度が分かる！

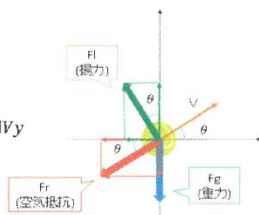
### 2. 運動方程式を立てて解く

x軸方向(進行方向 正)

$$\begin{aligned} \max &= -F_r \cos \theta - F_l \sin \theta \\ &= 1/2 C_d \rho V^2 A \cos \theta - 1/8 \pi^2 \rho r^3 V N \sin \theta \\ &= 1/2 C_d \rho A V_x \sqrt{V_x^2 + V_y^2} - 1/8 \pi^2 \rho r^3 N V_y \\ \therefore a_x &= \frac{C_d \rho A}{2m} V_x \sqrt{V_x^2 + V_y^2} - \frac{\pi^2 \rho r^3 N}{8m} V_y \end{aligned}$$

y軸方向(鉛直上向き 正)

$$\begin{aligned} \max &= -F_g - F_r \sin \theta + F_l \cos \theta \\ &= -mg - 1/2 C_d \rho V^2 A \sin \theta + 1/8 \pi^2 \rho r^3 V N \cos \theta \\ &= -mg - 1/2 C_d \rho A V_y \sqrt{V_x^2 + V_y^2} + 1/8 \pi^2 \rho r^3 N V_x \\ \therefore a_y &= -g - \frac{C_d \rho A}{2m} V_y \sqrt{V_x^2 + V_y^2} + \frac{\pi^2 \rho r^3 N}{8m} V_x \end{aligned}$$



### 3. ボールの軌跡の求め方

- x軸方向とy軸方向に分けて考える
- 時間を媒介変数として使う
- ✗  $x = V_0 t + 1/2 a t^2$   
 $V_t = V_0 + a t$  を使う

なぜ??  
 等速度運動でも等加速度運動でもないから！



$$\begin{aligned} a_x &= \frac{C_d \rho A}{2m} V_x \sqrt{V_x^2 + V_y^2} - \frac{\pi^2 \rho r^3 N}{8m} V_y \\ a_y &= -g - \frac{C_d \rho A}{2m} V_y \sqrt{V_x^2 + V_y^2} + \frac{\pi^2 \rho r^3 N}{8m} V_x \end{aligned}$$

加速度的はその時の速さによって変化する  
 ボールの飛行中、絶えず速さは変化する  
 Vとt(速度と時間)の関係式  
 $\theta$ とt(角度と時間)の関係式など、また別に関係式が必要  
 ⇒ 関係式は簡単には立てられない  
 シャーペンと紙でこの先を進めるのは極めて困難.....(微分方程式)

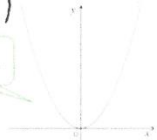
そこで今回は、  
 Microsoft Excelのマクロを用いて、  
 「4次のルンゲクッタ法」という手順を使って解き、グラフを描く

# ルンゲクッタ法とは(簡単な説明)

単純な数式として表せられないグラフを描く

$$y = x^2$$

(単純な数式)



「初めの位置」と「グラフの傾き」が分かっているとき  
それらをヒントにほんのちよつとだけ進んだ「次の位置」を予測する

☆この操作を繰り返し行うことで求められる、  
たくさんの「点」をつないでグラフにする

初めの位置  $(t_0, x_0)$  に対し、  
予測される次の位置  $(t_1, x_1)$  は、

$$t_1 = t_0 + h$$

$$x_1 = x_0 + \frac{k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4}{6}$$

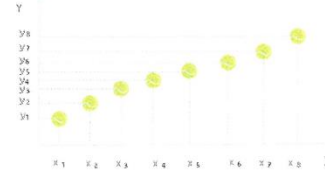
hが小さければ小さいほど、  
計算の精度は高くなる

として求める

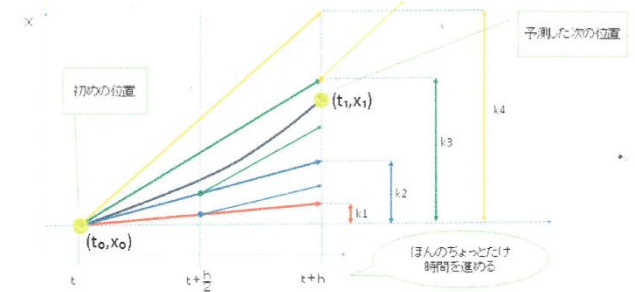
「真ん中2つの結果を重要視した平均」ととって予測する  
(これを加重平均という)

これを繰り返して  
 $x_2, x_3, \dots$  を求め続ける

同様にy軸方向の座標も求め、  
xy平面上に軌跡を図示する



# ルンゲクッタ法とは (図 VER.)



## 3. ボールの軌跡を求める

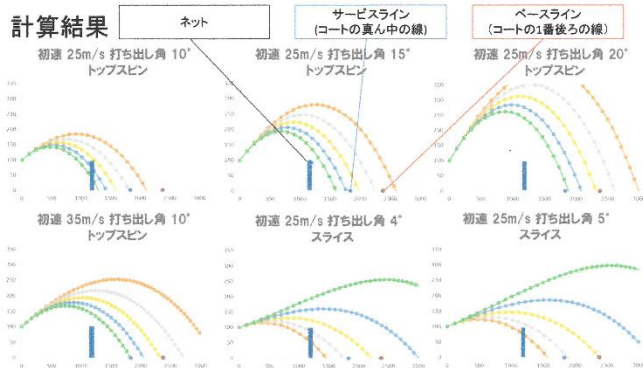
今回は、次の数値を用いて計算する

- $\pi$  (円周率) = 3.14
- $g$  (重力加速度) = 980 cm/s<sup>2</sup>
- $m$  (ボールの質量) = 57.7 g
- $r$  (ボールの半径) = 6.7 cm
- $A$  (ボールの投影面積) =  $6.7 \times 6.7 \times 3.14 \approx 35.26 \text{ cm}^2$
- $N$  (回転量) = 0, ±15, ±30, ±45, ±60 回転/s
- ↳ - はトップスピン、+ はバックスピン (= スライス) を表す
- $\theta$  (打ち出し角) = 10°, 15°, 20° (トップスピン)、4°, 5° (スライス)
- $\rho$  (空気の密度) = 1.184 kg/m<sup>3</sup>
- $C_d$  (空気抵抗係数) = 0.5
- $V_x$  (x軸方向のボールの速さ) =  $V \cos \theta$
- $V_y$  (y軸方向のボールの速さ) =  $V \sin \theta$
- $V = \sqrt{V_x^2 + V_y^2}$
- $V_0$  (ボールの初速) = 25 m/s (90 km/h)、35 m/s (126 km/h)
- $h$  (ほんのちよつとだけ) = 0.050 秒 (25 m/sの時)、0.025 秒 (35 m/sの時)
- ボールの打点 (初期座標) ... ベースラインの真上 高さ 100 cm

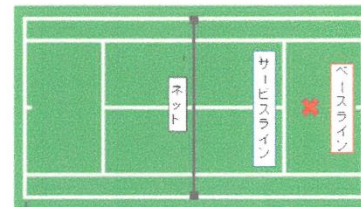
今回は、次の条件で計算する

- ※ 運動のしやすい気象とする (1気圧・25°C)
- ※ 風は全く吹かないものとする
- ※ ボールは地面に落ちるまで初めの回転量を維持するとする
- ※ 純粋な縦回転のみがかかっているとする (横回転は無視)
- ※ 参考までに、一般男性選手のストロークの平均の球速と回転量はそれぞれ  
80~120 km/s、10~30 回転/s程度、  
トッププロで 100~150 km/s、40~60 回転/s程度と言われている  
(S.グロス選手の最速サーブは 263.4 km/s、  
R. ナダル選手のストロークの最高回転量は 82 回転/s...!?)

## 計算結果



- 回転量
- 0 回転/s
  - ± 15 回転/s
  - ± 30 回転/s
  - ± 45 回転/s
  - ± 60 回転/s
  - はトップスピン、+ はスライス



クラブのイメージ

## まとめと感想

- ・「空気抵抗」を含んだ計算はすることは可能だが手で解くには複雑すぎた
- ・というのも今回、等加速度運動でないということから、軌跡の求め方が一番の肝であった
- ・2. で加速度を求めた後 軌跡を求めるにあたって、ルンゲクッタ法にたどりつくことが、また、それを使いこなせるように理解し、情報αの授業を思い出しながら長い長いマクロを組むことが非常に大変だった
- ・それでも比較的「リアル」なボールの軌道を求めることが出来たから満足
- ・実際のボールの飛行には、「風」や高さによる「気圧の差」、ボールの「すり減り具合」、「横回転」、飛行中の「回転量の減少」.....などまだまだたくさんの条件が複合的に組み合わさっており、空気抵抗と揚力だけではリアルな軌道からはほど遠い、と思った
- ・それらをすべて考慮に入れるのは途轍もなく大変だとは思いますが、いつかまた少しずつ挑戦してみたいと思う

# DREAMS

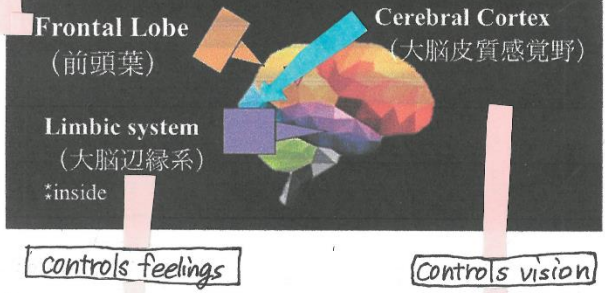


controls logical thinking

\* The decline in activity in the frontal lobe is the main reason we don't feel crazy dreams strange.

1

## What Is Dream?

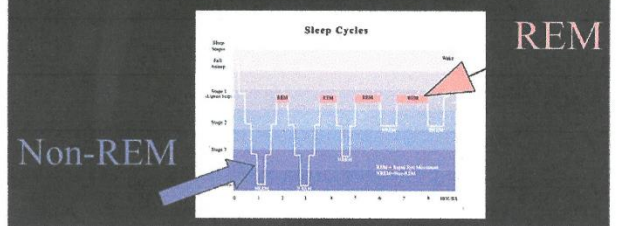


"MAIN PLAYERS" in our dreams!!

Non-REM ↔ REM

Your computer (brain) in sleep mode... (mainly when we dream.) Your computer (brain) functions!!

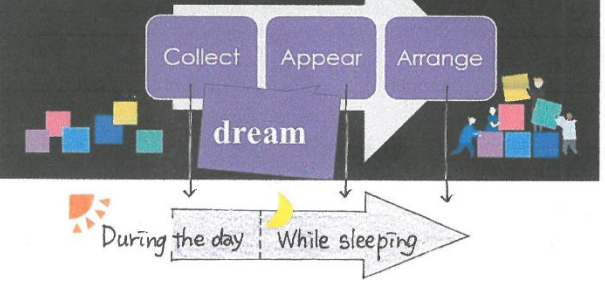
## What Is Dream?



2

## Sense In Dream

Our dreams consist of mostly of the information



During this process is when we dream!!

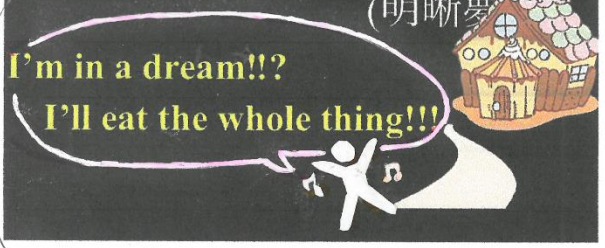
Japanese people say we "see dreams," but actually, we "have dreams" through all five senses.  
Depend on sight Depend on hearing and sense of touch

## Sense In Dream

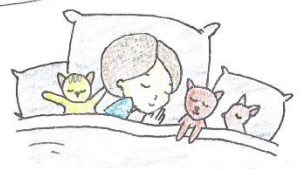
Healthy person → image  
Visually impaired (視覚障がい者) → sound, vibration  
Not only see but also feel!!

3

## Lucid Dream



LUCID DREAM (明晰夢)  
A dream where your consciousness is active. 「I'm in a dream!」  
We could control the situations of the dream we are in!!!



Q. Can we experience a lucid dream?

A. Yes.  
It is said that anyone can experience it with enough training!

## Lucid Dream

Expectation!!  
• enjoy anything  
Risks...  
• Sleep cycle is disturbed  
• Distinguish reality from dream → difficult

What do you want to do in a lucid dream?

Have A Nice Dream ...