

フーリエ級数を用いた電子音の作成

6年C組 中谷 真奈

指導教員 藤野 智美

研究の背景と目的

音声障害を持つ人がよりクリアな声を使えるようにするために、電子音を自作することに興味を持った。研究の初期段階として、フーリエ級数を用いた電子音の作成を行った。

1. 研究概要

＜研究方法＞

以下の手順に従って音叉(440Hz)の波形をオシロスコープで解析する。

- ① オシロスコープで観測した音叉のグラフの変位を手作業で測定し、エクセル上で時刻と変位のデータを得る(図 1)。

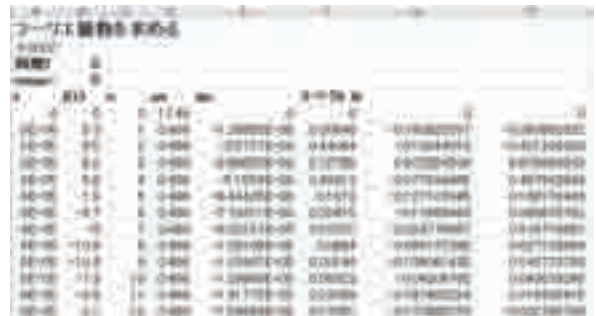


図 1

- ② フーリエ級数を実行させるマクロ(図 2 上図)を組み、パワースペクトルと係数を算出する(図 2 下図)。

```
Sub Nakatani()  
'Keyboard Shortcut: Ctrl+s  
t0 = Cells(4, 2) '周期  
w = 2 * 3.14159 / t0 '角振動数 ω  
nmax = Cells(4, 2)  
Cells(2, 1) = nmax  
For n = 0 To nmax  
    an = 0  
    bn = 0  
    For t = 0 To t0  
        I = Cells(6 + 2, 2) 'B 列から  
        m = n * w * t  
        an = an + 2 / t0 * I * Cos(m)  
        bn = bn + 2 / t0 * I * Sin(m)  
    Next  
    Cells(6 + n, 4) = an 'E 列に代入  
    Cells(6 + n, 5) = bn 'F 列に代入  
Next  
End Sub
```

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T I(t) \cos(n\omega t) dt$$

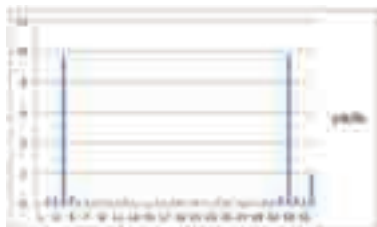
$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T I(t) \sin(n\omega t) dt$$

$$\text{スペクトル} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

フーリエ級数

$$f(x) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t))$$

図 2



- ③ ②で算出した a_n と b_n を下記の式に代入し、GRAPES を用いて波形を再現する(図 3)。

$$0.1(0.5 \cdot \text{Cells}(1,1) + \text{Sum}(k,1,n, \text{Cells}(k,1) \cdot \cos(2 \cdot \text{Pi} \cdot (k-1) \cdot 220x) + \text{Cells}(k,2) \cdot \sin(2 \cdot \text{Pi} \cdot (k-1) \cdot 220x)))$$

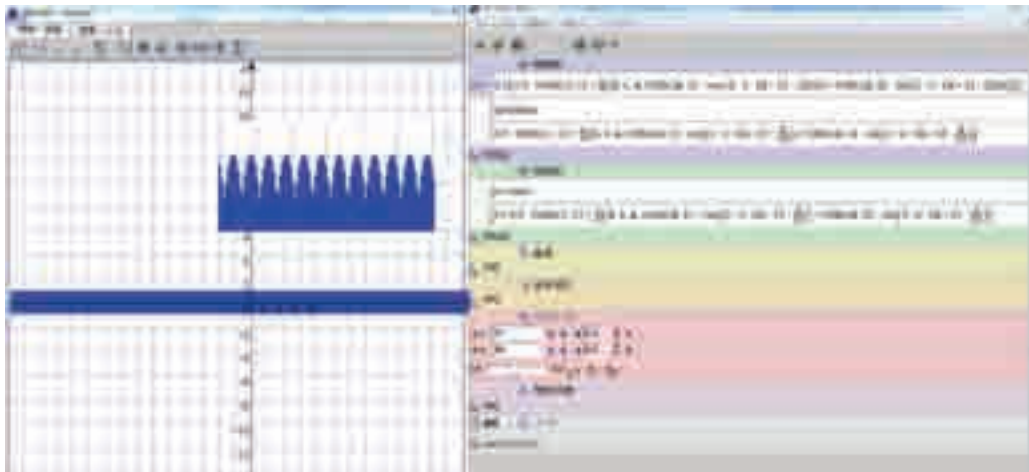


図 3

<結果>

図 3 からわかるように、Grapes で再現した波形は 440Hz の波形と同様の外観を得たが、再現した音は E \sharp のようにも聞こえる。この波形を拡大すると、きれいな正弦波ではなく、波形ががたついていることがわかった。これは、手作業で読み取った誤差の影響や、データ数の不足による、フーリエ級数の係数決定の精度が依存していると考ええる。

2. 考察

取得した音波の信号データをもとにして電子音を作成する原理が理解できたが、簡易な波形だったにも関わらず期待していた結果を得ることができなかった。誤差の要因を改善するとともに、普及している人工咽頭など実際の医療器具について詳しく調べ、応用法を考えていきたい。

また、トロンボーンの波形の解析が未完了であるため、複数の波形の合成であることをパワースペクトルから確かめ、音を再現したい。さらに、様々な正弦波を組み合わせ、特定の音を作りたい。音楽や生物の分野と融合させ、より学びを深めていきたいと思う。

参考文献：SSH ブックレット「物理のとびら 3」、奈良女子大学附属中等教育学校 米田 隆恒