

# 実験5 周波数解析

担当：山口 匡

伊藤 祐吾 (TA)

宮内 裕輔 (TA)

# 実験の目的

- ・ 時間領域と周波数領域の概念を理解

仮定・想像

実体験

理解・解釈

考察

# 第一週目

Sin波のフーリエ変換

# フーリエ変換

$f(t)$  : 時間領域における波(信号)

$t$  : 時間

$\omega$  : 角周波数

$j$  : 虚数単位

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-j\omega t} dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

# フーリエ変換

$F(\omega)$  を極形式で示すと

$$A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$$

$A(\omega)$  : 振幅スペクトル

$\phi(\omega)$  : 位相スペクトル

$A(\omega)^2$  : 電力スペクトル

(パワースペクトル)

# 実験の内容

- 指導書に沿って進める
- レポート提出は2週終了後
- レポートには各課題の内容と結果  
および考察を図入りで記載すること

# Excelをつかった計算の方法

- ・ 実験中に実習します

# 第一週目の課題

## 実験1 : 正弦波の解析

- ひとつのsin波をフーリエ変換して周波数特性を確認する

# 第一週目の課題

## 実験1-1

- ・ 振幅の異なるsin波ではどうなるのかを確認する

$$y(t) = A \sin(\omega t)$$

# 第一週目の課題

## 実験1-2

- ・ 位相  $\phi$  があるsin波ではどうなるのかを確認する

$$y(t) = A \sin(\omega t + \phi)$$

# 第一週目の課題

## 実験2

- ・ 2つ以上のsin波を合成し, その波形をフーリエ変換して周波数特性を確認する
- ・ 振幅の異なるsin波ではどうなるのかを確認する

# 第一週目の課題

## 実験3

- ・ 正弦波でない信号をExcelのワークシート上で実現し、周波数特性を解析する

<専用のワークシートを作ってみよう！>

# 第一週目の課題

## 実験3-1

- ・ 直流の信号をExcelのワークシート上で実現し、周波数特性を解析する

<専用のワークシートを作ってみよう！>

# 第一週目の課題

## 実験3-2

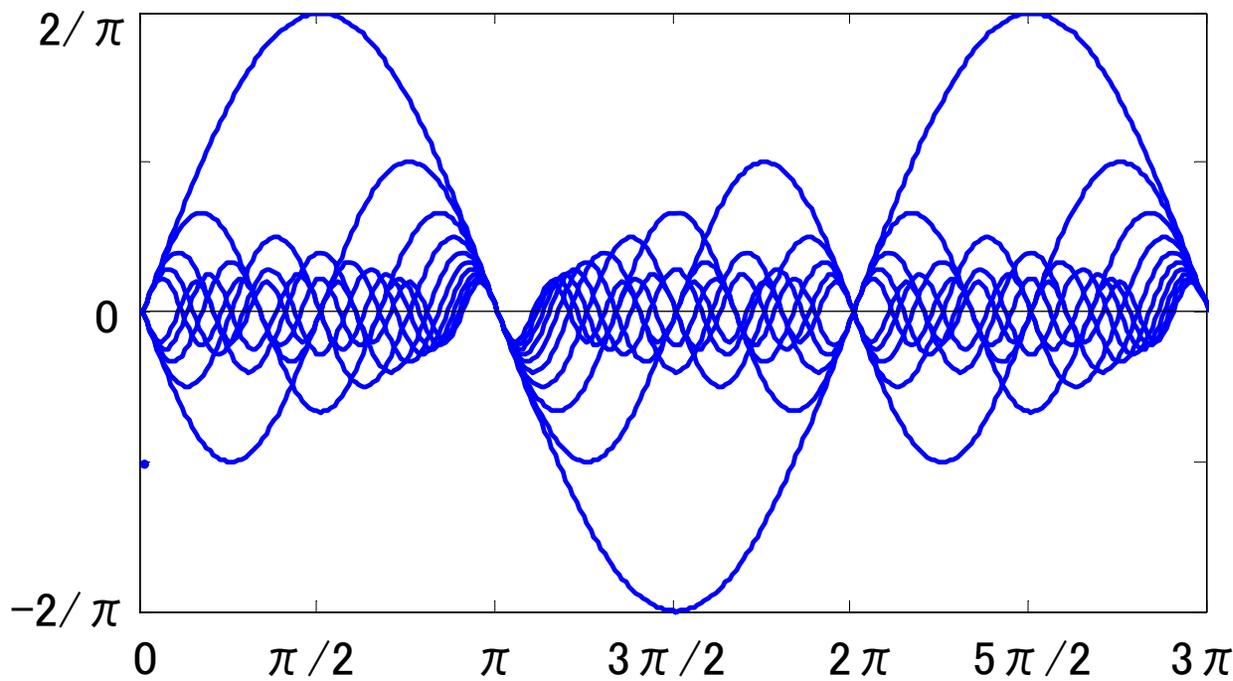
- ・ デルタ関数をExcelのワークシート上で実現し、周波数特性を解析する

デルタ関数：

ある瞬間だけで値（通常は1）を持ち  
値を持つ時間は限りなく0に近いと  
定義される（ $\delta$ インパルス）

<覚えておこう！>

三角波はsin波の合成で  
表現できる！



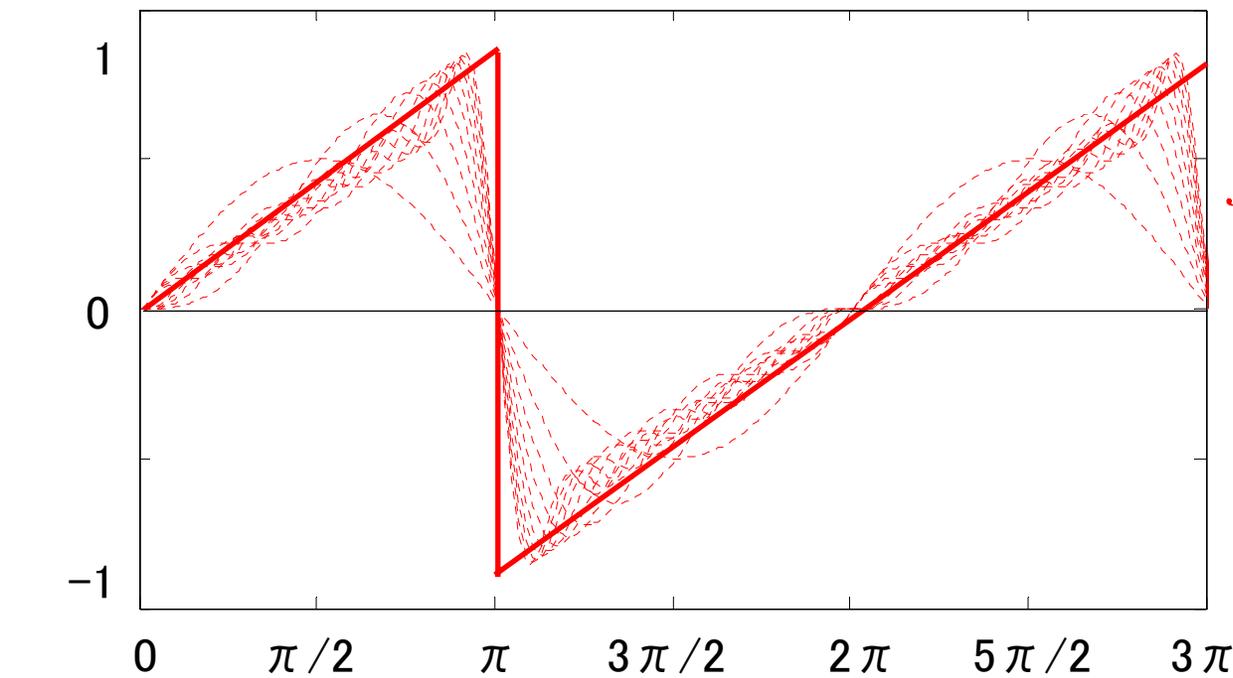
$$f_1(t) = \sin(\omega t)$$

$$f_2(t) = -\frac{1}{2} \sin(2\omega t)$$

$$f_3(t) = \frac{1}{3} \sin(3\omega t)$$

$$\vdots$$

$$f_n(t) = \frac{1}{n} \sin(n\omega t)$$



$$f_c(t) = \sin(t)$$

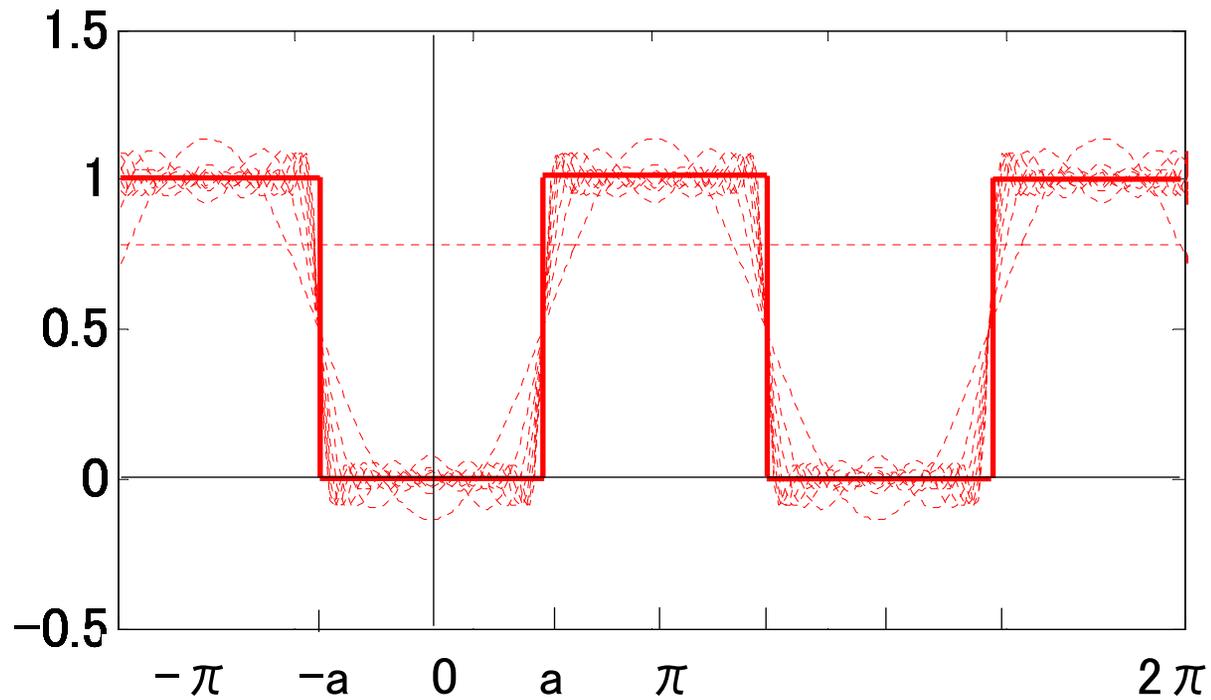
$$+ (-1)^{n+1} \sum_2^n \frac{1}{n} \sin(n\omega t)$$

<覚えておこう！>

矩形波はsin波の合成で  
表現できる！

$$\begin{aligned}
f(t) &= a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(nt) \\
&= \frac{a}{\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{n\pi} \sin(na) \cos(nt) \\
&= \frac{2}{\pi} \left( \begin{aligned} &\frac{a}{2} + \sin(na) \cos(nt) + \frac{1}{2} \sin(2a) \cos(2t) \\ &+ \frac{1}{3} \sin(3a) \cos(3t) + \frac{1}{4} \sin(4a) \cos(4t) \\ &+ \frac{1}{5} \sin(5a) \cos(5t) + \dots \end{aligned} \right)
\end{aligned}$$

# $T = 2\pi$ の 矩形波



(  $a = \pi/2$  の例 )

# 第二週目

様々な音のDFT・FFT

# FFTとは

フーリエ変換:

- ・ 信号の中にどの周波数成分がどれだけ含まれているかを抽出する処理
- ・ フーリエ級数展開で、ある極限を取ったもの

DFT ( Discrete Fourier Transform ):

- ・ 離散フーリエ変換
- ・ 連続周期信号をサンプリングして、離散周期信号に置き換えたもの

# FFTとは

FFT ( Fast Fourier Transform ) :

- 高速フーリエ変換
- 入力波形をいくつかのグループに分けて計算し、計算順序を工夫して計算量を大幅に減少させたアルゴリズム
- グループの数を  $n$  とした場合の演算回数は、通常の変換では  $n$  の2乗に比例するが、FFTでは  $n \log n$  に比例する
- バタフライ演算をExcelで実現することも可能  
→ FFT\_sample.xls

# 第二週目の課題

## 実験4

- ・ デジタル化された音データ (\*.wav) をDFTまたはFFTし, 周波数成分を解析する

\*.wavデータの読み書きには wav\_rw.xls を使用する  
(読み込んだデータは, 別のシートに展開される)

DFTには sin\_wave.xls または自作のワークシート,  
FFTには FFT\_sample.xls を使用する

# 第二週目の課題

## 実験5

- ・ 自分の声をマイクでPCに取り込むことでデジタルデータ (\*.wav) を作成し, 周波数成分を解析する

音声の取り込みには サウンドレコーダ または Visual\_FFT を使用する

# 第二週目の課題

## 発展課題

- ・ DFTまたはFFTを活用した周波数解析を行う
- ・ 音声の解析を拡張する

# 実験のヒント

- Excelの分析ツールによるフーリエ解析では、入力データ数の上限が4096サンプルとなっている
- sin\_wave.xlsは、あくまでもSin波の自動解析ツールなので、別のデータを処理するには一部を改良する必要がある
- \*.wavデータは 8bit・モノラル または 16bit・モノラルとし、混在させないこと

# 注意事項

- 本実験で使用した全てのワークシートおよびプログラムは、公開・再配布を禁止する

# レポートについて

- 実験結果および考察が特に重要
- 実験時に名前が挙がった処理や信号などについて調べることも考察のうち

# 参考資料

Excelで学ぶフーリエ変換（オーム社）

小川 智哉[監修]

渋谷 道雄・渡邊 八一[共著]

盛岡第三高校 村上 弘 先生 Web資料

千葉工業大学 三井田 惇郎 先生 Web資料