

## 1. 目的

この実験では、ディジタル信号処理の中で最も重要かつ基本的な項目の 1 つである周波数解析について、1 次元の時系列データをコンピュータでフーリエ変換することを通してその手法を理解し習得する。

## 2. 実験項目

実験 1 DFT や FFT によりパワースペクトルを求める。

実験 2 短時間フーリエ変換により時間周波数解析をする。

実験 3 音響信号を採取して周波数解析をする。

## 3. 使用機材

・ PC (自分のものを使ってもよい)

C 言語開発環境 Borland C++コンパイラ、Cpad (他の環境でも可)

Gnuplot

・ サウンドレコーダ (必要に応じて)

## 4. 実験内容

### 実験 1

DFT および FFT を用いて、与えられた以下にあげる時系列信号のパワースペクトルを求める。さらに、DFT と FFT の計算時間も比較する。DFT や FFT は与えられたサンプルコードを参考にして C 言語でプログラミングすること。

[用いる時系列信号]

- ・ 正弦波 (100Hz、500Hz、1kHz、2kHz、5kHz) ファイル名 : sinewave\*\*\*.txt
- ・ 方形波 (1kHz) ファイル名 : rectwave.txt
- ・ 鋸歯状波 (1kHz) ファイル名 : sawwave.txt
- ・ 三角波 (1kHz) ファイル名 : triwave.txt
- ・ 全波整流波 (1kHz) ファイル名 : zenwave.txt
- ・ 謎の信号 A ファイル名 : nazoa.txt
- ・ 謎の信号 B ファイル名 : nazob.txt
- ・ 謎の信号 C ファイル名 : nazoc.txt

いずれの信号もサンプリング周波数は 44.1kHz、信号長は 4096 点である。計算時間の比較では信号長を半分の 2048 にした場合 (先頭から 2048 点だけを使う) も比較してみる。プログラムに読み込んだ信号には次式に示すハミング窓を掛ける。

$$w[n] = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right), \quad N: \text{信号長}$$

DFT や FFT で得られるフーリエスペクトル (複素数値) の絶対値の 2 乗がパワースペクトルである。得られたパワースペクトルはデシベル値にしてテキストファイルに出力し、

Gnuplot を用いてグラフ化すること。

#### [考察項目]

- ・得られたパワースペクトルの妥当性（スペクトルの理論値と比較してみること。）
- ・DFT と FFT の計算時間の比較（信号長による違いも比較してみること）
- ・謎の信号とはどんな信号か

#### 実験 2

実験 1 で求めたパワースペクトルでは謎の信号のような信号の性質の解析が難しい（なぜ？）。このような信号に対しては時間周波数解析が有効である。時間周波数解析とは信号の周波数分布の時間変化を解析するものである。その 1 つが短時間フーリエ変換により得られるスペクトログラムである。これは、信号全体から短区間だけを切り出してパワースペクトルを求めることを全区間に渡って繰り返し行い、得られたパワースペクトルの集合を時間軸方向に並べて表示したものである。この実験では謎の信号 A～C のスペクトログラムを求めて時間周波数解析をする。なお、フーリエ変換は FFT を用いるものとし、切り出す区間長を何通りかに変えてみて、得られるスペクトログラムの変化を観察すること。

#### [考察項目]

- ・区間長によるスペクトログラムの変化
- ・得られるパワースペクトルの数を増やすためにオーバーラップを利用
- ・謎の信号とはどんな信号か

#### 実験 3

任意の信号を採取して、時間周波数解析を行う。Wave ファイルからテキストファイルへの変換にはフリーソフト Wavcsvwav を用いる。

#### [考察項目]

- ・解析した信号について

### 5. 報告書

報告書には実験の内容、手法、使用機器（ソフトウェア）、作成したプログラムのソースコード、結果、考察、結論、参考文献等を過不足なく記述すること。特に、各実験で指定している考察項目は必ず議論すること。考察は実験結果そのものや自分の思いつきを述べるのではなく、実験結果の妥当性や解釈について、必要に応じて調査や追加の実験を加えて自ら考えて論理的に記述すること。報告書の詳細な形式は指定しないが、一般的な科学技術論文の書き方に準拠することが望ましい。本文は章立て構成とし、図や表、数式はそれぞれ通し番号を振るとともに、その説明を必ず本文中に記すこと。いたずらにページ数が増えないように注意すること。また、できるだけワープロソフト等を用いてコンピュータで作成することが望ましい。完成した報告書はこのテーマの実験最終日の翌週の金曜日 17 時までに、PDF 形式でメール（宛先：hirata@oyama-ct.ac.jp）で提出すること。万が一遅れる場合には事前に申し出ることと。事前の申し出なしに遅れた場合には原則受理しない。

## サンプルコード

※ 以下に示すサンプルコードには誤りが含まれている可能性があるので注意すること。

### 【DFT】

```
void dft( double *xr, double *xi, double *Xr, double *Xi, int N )
/*      xr, xi: 信号の実数部と虚数部の配列
      Xr, Xi: フーリエスペクトルの実数部と虚数部の配列
      N: 信号長 */
{
    int k, n;

    for( k = 0 ; k < N ; k++ ) {
        for( n = 0 ; n < N ; n++ ) {
            ここに DFT の計算を入れる
        }
    }
}
```

### 【FFT】

```
void fft( double *xr, double *xi, double *Xr, double *Xi, int N )
/*      xr, xi: 信号の実数部と虚数部の配列
      Xr, Xi: フーリエスペクトルの実数部と虚数部の配列
      N: 信号長 */
{
    int i, j, k, n, n2;
    double theta, wr, wi, *rbuf, *ibuf;

    /* 配列領域確保 */
    rbuf = (double*)calloc( sizeof(double), N );
    ibuf = (double*)calloc( sizeof(double), N );

    /* xr[] と xi[] をビットリバーサルしたものを rbuf[] と ibuf[] に格納 */
    i = j = 0 ;
    rbuf[j] = xr[j];  ibuf[j] = xi[j];
    for( j = 1 ; j < N-1 ; j++ ) {
        for( k = N/2 ; k <= i ; k /= 2 )  i -= k;
        i += k;
        rbuf[j] = xr[i];  ibuf[j] = xi[i];
    }
}
```

```

}
rbuf[j] = xr[j];  ibuf[j] = xi[j];

/* バタフライ演算 */
theta = -2.0*M_PI;
for( n = 1 ; ( n2 = n*2 ) <= N ; n = n2 ) {
    theta *= 0.5;
    for ( i = 0 ; i < n ; i++ ) {
        wr = cos(theta*i);  wi = sin(theta*i);
        for ( j = i ; j < N ; j += n2 ) {
            k = j + n;
            /*
             *ここにバタフライ演算（下式）を入れる。
             *
            X[j] = 1*buf[j] + W*buf[k];
            X[k] = 1*buf[j] - W*buf[k];
            */
        }
    }
    for( i = 0 ; i < N ; i++ ) {
        rbuf[i] = Xr[i];
        ibuf[i] = Xi[i];
    }
}
}

```

#### 【clock 関数による計算時間の測定】

```

#include<time.h>
clock_t start, end;
start = clock();
/* ここに測定対象 */
end = clock();
printf( "%f sec\n", (double)(end - start) / CLOCKS_PER_SEC );

```