

# ゆらぎ解析ソフトウェアの概要とゆらぎ解析の実例

2002.12.5 NTT-AT

## 1. はじめに

ある音声工房ユーザーの方からのご依頼により、ゆらぎを解析するためのソフトウェアを開発しました。このソフトウェアは、音声工房 Custom V2.0 への追加機能の形で実現しました。

本ソフトウェアは、音声工房 Custom V2.0 と結合した形態で提供いたします。

## 2. ゆらぎ取得 / 解析の機能

本ソフトウェアは、ゆらぎ信号の取得および解析の機能を有している。ゆらぎ信号を取得するために、以下の3つの機能を作成した。

- (1) ゼロ交差数の取得
- (2) 振幅値の取得
- (3) テキストデータから波形ファイルを作成。

これらの処理は、音声工房 Custom (ゆらぎ解析用) の [ 処理 ] メニューの中から呼び出すようにしている。(図1)



図1 ゆらぎ解析に関するメニュー項目

一方、ゆらぎ解析のために、分析メニューに

- (4) 対数周波数軸表示のスペクトル分析の機能を付与した。

なお、ゆらぎ現象の取得および解析は、通常かなり長い時間に対して行われるため、上記の各機能も、1時間以上の長いデータに対して実施できるようにしている。

以下、各機能について説明する。

### (1) ゼロ交差数の取得

ゼロ交差数というのは、音声信号など交流の信号において、単位時間に値ゼロを横切る回数のことである。ゼロ交差数が少ないのは信号に低周波成分が多いことを表しており、逆にゼロ交差数が多いことは、白雑音のように高周波成分が多く含まれていることを表している。この観点から、ゼロ交差数は周波数ゆらぎを解析する際の着目信号としてしばしば利用されている。

ゆらぎ解析ソフトウェア (音声工房 Custom の形態をとっている) の [ 処理 | 零交差数取得 ] を指示

すると、次図のダイアログが開く（図2）。

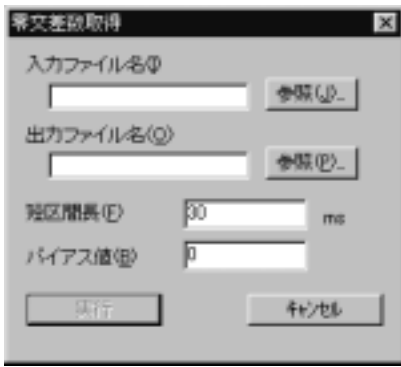


図2 ゼロ交差数取得のダイアログ

ゼロ交差数取得の処理におけるパラメタは、短区間長とバイアス値である。バイアス値というのは、測定対象の信号に雑音が重畳している場合、真にゼロをよぎる交差数を求めると雑音の影響を受けるので、±どちらかに少し離れたレベルをよぎる回数を測定するためのものである。パラメタを設定し、入出力ファイル名を与えて実行すれば、処理が開始される。なお、出力ファイルはWAVファイルの形態をとっており、その標本化周波数は[短区間長]の逆数である。

## (2) 振幅値の取得

ゆらぎ解析ソフトウェアのメニュー項目[処理 | 振幅値取得]を指示すると、次図のダイアログが開く（図3）。

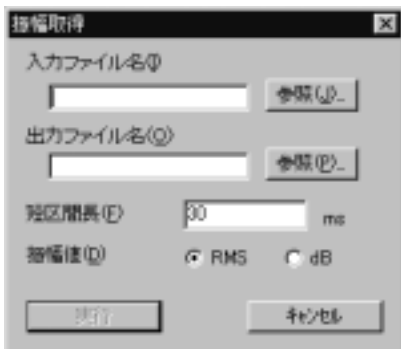


図3 振幅値取得のダイアログ

本処理では、設定された短区間長ごとに入力ファイルの振幅実効値（RMS）を求める。設定における[振幅値]として、[RMS]を選択した場合はその値が、[dB]を選択した場合は、RMS値をdB変換し、10倍にした値（0.1dB単位の整数値）が、出力ファイルに書き込まれる。この場合も、出力ファイルはWAVファイルの形態をとっており、その標本化周波数は[短区間長]の逆数である。

## (3) TEXT2WAV

この機能は、数値が格納されたテキストファイルをWAV形式のバイナリファイルに変換するものである。ゆらぎ解析の対象となる種々の現象から、数値データを読み取りテキストファイルを作成しておけば、本機能によりWAVファイル化して、ゆらぎ分析が可能になる。

ゆらぎ解析ソフトウェアのメニュー項目[処理 | TEXT2WAV]を指示すると、次図のダイアログが開く（図4）。このダイアログにて、入出力ファイル名、および入力信号の標本化周波数（あるいは、それに相当する値）を設定する。



図4 テキストデータをゆらぎ解析のために WAV ファイルに変換するダイアログ

#### (4) 対数周波数軸表示のスペクトル分析

上記の各機能によりゆらぎ解析の対象（周波数ゆらぎ、振幅ゆらぎ、など）となる信号を取得・作成できた。ゆらぎの解析法として、そのスペクトルを分析することとする。

ゆらぎ解析ソフトウェアの[分析]メニューには、[log 周波数スペクトル]という項目が追加されている。この分析機能は、特に低周波成分（ゆっくりとした変動）に着目してスペクトル分析を行い、横軸に対数周波数を取り、スペクトル密度を表示するものである。横軸は、0.001 Hz～標本化周波数/2（最大 100 Hz）までが表示される。自然現象のゆらぎを調べると、そのスペクトルが  $1/f$  になっていることが知られており（たとえば、武者利光「ゆらぎの発想」NHK 出版）、log 周波数軸では右下がりの直線（-3 dB/oct）になる。この点を考慮し、本ソフトではスペクトルを対数周波数軸に対して表示しているのである。

ゆらぎ解析対象の信号を波形ウィンドウに開いた状態で、[分析 | log 周波数スペクトル]を指示すると直ちに分析が開始される。音声工房 Custom の[スペクトル]分析機能は、厳密には短時間スペクトルと呼ばれるもので、30 ms 程度の短区間に対するスペクトルを求めるものであるが、ここで述べる[log 周波数スペクトル]は、（短区間ではなく）信号全体に対するスペクトルを求めるものである。（そのために、標本値数の多い信号に対しては、かなり長い処理時間を必要とする。）

log 周波数スペクトルの分析条件は、[分析 | 設定 | log 周波数スペクトル]を指示すると現れる、次図のダイアログにて行う（図5）。

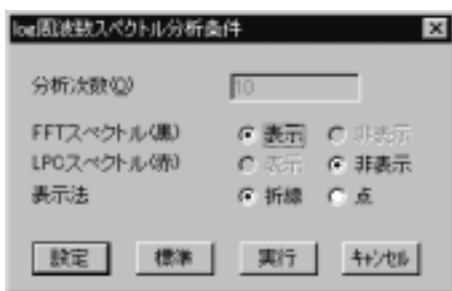


図5 log 周波数スペクトルの分析条件

このダイアログでユーザーが設定できるの[表示法]だけである。[表示法]というのは、計算されたスペクトル密度の各点を、折線で連結するか、点として表示するかの選択である。

### 3. 歌声に対するゆらぎ解析の実例

歌声に対してゆらぎ解析した例を示そう。CD から採取した 22 曲のアカペラ（伴奏なし）の歌声（約 4 5 分）を 16 kHz でダウンサンプリングしたデータ（.WAV Tools を使用）を用いた。まず、短区間

長を 10 msec としてゼロ交差数を取得した。その結果を次図に示す ( 図 6 )。

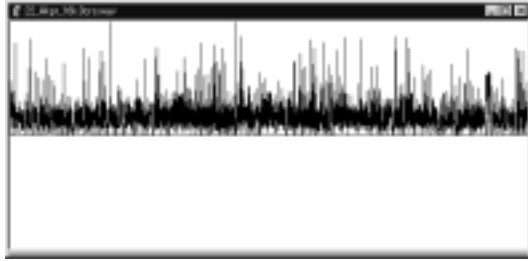


図 6 歌声に対するゼロ交差数のデータ

ゼロ交差数は正数であるので、波形ウィンドウに表示すると上側 (+ 側) のみとなる。このデータに対して、log 周波数スペクトルを求めた結果を次図に示す ( 図 7 )。

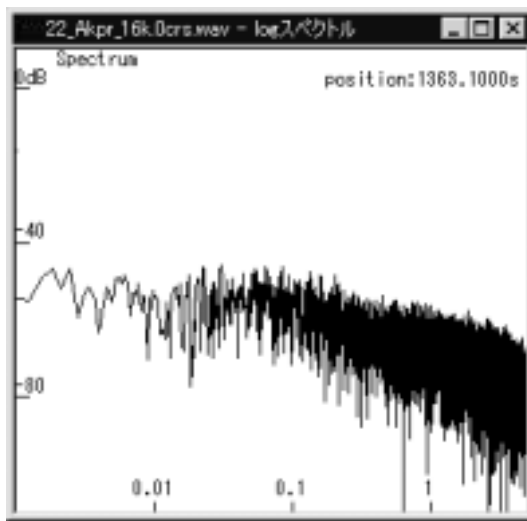


図 7 ゼロ交差数データに対するスペクトル。歌声の周波数ゆらぎのスペクトルに相当する。

これが、周波数ゆらぎのスペクトルである。周波数 0.1 Hz までは、ほぼ平坦であり、それより周波数が高くなるにつれ、ほぼ  $-2.8 \text{ dB/oct}$  で減衰している ( 直線を当てはめ、計算した結果。 )。すなわち、ほぼ  $1/f$  ゆらぎとみなすことができる。

次に、振幅ゆらぎについて分析した結果を示そう。まず、歌声データに対して求めた RMS 振幅値の変化状況を求め、ついでそのスペクトルを求めた ( 図 8 )。

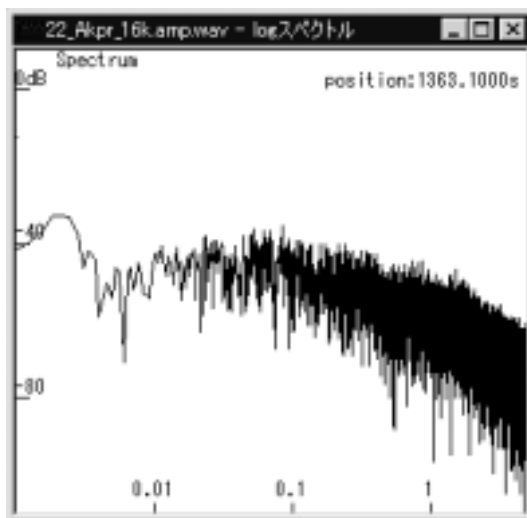


図 8 RMS 振幅ゆらぎのスペクトル

振幅ゆらぎのスペクトルは、0.1 Hz 程度まで平坦で、それより上は、1 Hz 付近までは直線的に減衰し、それ以上は減衰の程度が大きくなっている。0.1 ~ 1 Hz の間は、ほぼ  $1/f$  に減衰している。

振幅値を dB 単位で表現した場合の振幅ゆらぎのスペクトルを図 9 に示す。

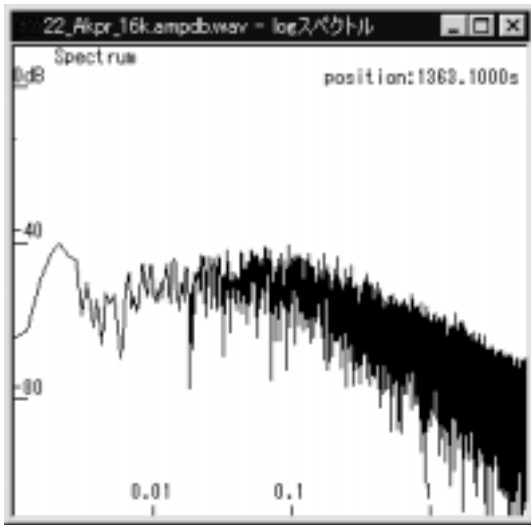


図 9 dB 単位の振幅ゆらぎに対するスペクトル

この場合、0.1 Hz 以上で、きれいに直線的に減衰するスペクトルになっている ( - 5.6 dB )。

このように、RMS 値の振幅と dB 単位の振幅に対するゆらぎスペクトルには、若干の差があるようだ。振幅ゆらぎといった場合、音のエネルギーに相当する RMS 単位の振幅か、音の感覚的な強さに対応する dB 単位の振幅のいずれに着目すべきか、今後の検討を要する。

#### 4 . ゆらぎスペクトルの数値データを取得する方法

ゆらぎ解析ソフトウェアは、分析結果のゆらぎスペクトルを log 周波数単位に表示するのみで、数値データの取得は提供していない。しかし、音声工房 Custom の機能を用いると、次のようにして取得することができる。

ゼロ交差データの仕様は、以下の通りとします。

長さ： N (sec)

標本化周波数： 2 F (Hz)

その信号をゆらぎ解析ソフトウェアで読み出し、波形を表示する。振幅が小さいならば、[ 処理 | 振幅変更 ] で大きくする。波形ウィンドウの中間付近をマウスクリックし、スペクトル分析点を、 $N/2$  に設定する ( 緑線が表示される )。

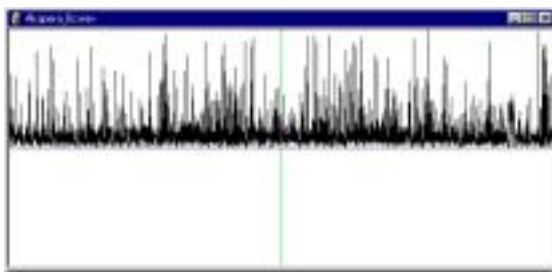


図 1 1 スペクトル分析時点をデータの中央付近に設定する

[ 分析 | 設定 | スペクトル ] ダイアログにて、[ 窓長 ] を  $N \times 1000$  (msec)

の値にし、[ 設定 ] ボタンを押す。



図 1 1 窓長は、データ全体の長さを指定する

[分析 | ファイル保存 | スペクトル] ダイアログで、分析結果を格納するファイル (テキストファイル) 名を指定し、[保存] ボタンを押すと分析が開始され、結果が指定ファイルに書き込まれる。



図 1 2 格納するファイルを指定して、保存を指示すると、分析・格納が開始される

分析結果ファイルには、数行の分析条件に続き、1行に

周波数 (Hz)      Integer 形式  
 FFT(dB)          Double 形式  
 LPC(dB)          Double 形式

が並んだ形で書き込まれている。これが、0 ~ F の周波数 (リニア) でのパワースペクトル密度の値です。

データの個数は、(N × F) の値のすぐ上の 2 のべき乗数 (M) になっている。周波数の値は整数値 (Integer) で表示しているため、ゆらぎデータのように超低周波の信号の場合、

0,0,0, ..., 1,1,1, ...

と表示され、見にくくなっていますが (悪しからず)

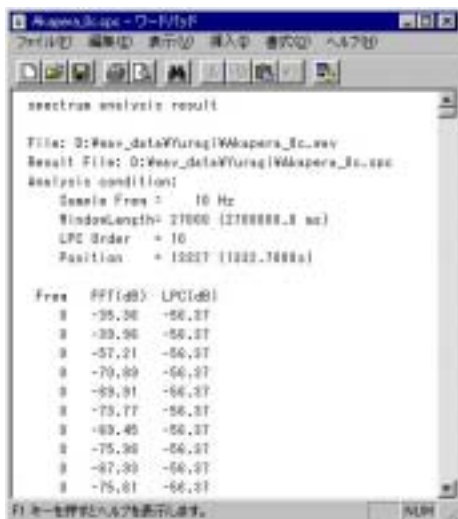


図 1 3 スペクトル分析結果を格納したファイルをワードパッドで読み出した例

分析結果はテキストファイルであり、Microsoft Excel などの表計算ソフトウェアで読み出すことができる。Excel で分析結果を読み出す手順は次の通り。

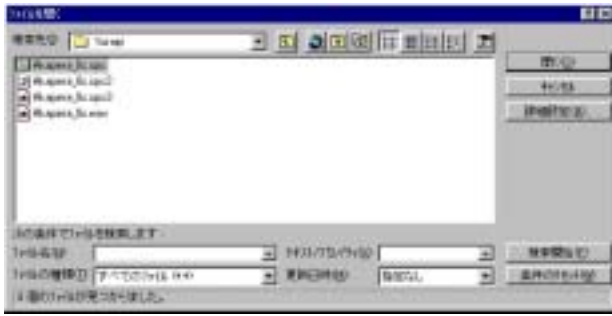


図 1 4 Excel で、分析結果をテキストファイルと指定して読み出す



図 1 5 テキストファイルウィザードが起動される



図 1 6 フィールドの区切り文字としてスペースを選択する



図 1 7 データ形式は、[ G / 標準 ] のままでよい

	A	B	C	D	E	F
1	spectrum	analysis	result			
2						
3	File:	D:\wav_data\Yuragi\Akapers_0c.wav				
4	Result	File: D:\wav_data\Yuragi\Akapers_0c.spc				
5	Analysis	condition:				
6		Sample	Freq	=	10	Hz
7		Window Len:	27000 (2700000 Cms)			
8		LPC	Order	=	10	
9		Position	=	13327	(13327000e)	
10						
11		Freq	FFT(dB)	LPC(dB)		
12		0	-35.96	-56.37		
13		0	-39.96	-56.37		
14		0	-57.21	-56.37		
15		0	-70.89	-56.37		
16		0	-69.91	-56.37		
17		0	-73.77	-56.37		
18		0	-69.45	-56.37		

図 1 8 Excel の表データとして読み込まれた . 不要部分を除去し、Excel データとして格納すればよい .

以 上