

# 19

## 発声と構音（補足資料）

### A 音声解析ソフト Praat（プラート）

「Praat」（オランダ語；英語の talk に相当）はアムステルダム大学音声科学研究所の Paul Boersma と David Weenink が開発し 1995 年に公開された無料の音声学的解析ソフトウェアであり、2023 年 12 月時点で継続的に更新されている。Microsoft Windows, Apple macOS X, Linux 等の OS 上で動作する。公式ウェブサイト（下記 URL）には、英文ではあるが詳しいマニュアルやさまざまなチュートリアルが掲載されている。



Praat: doing Phonetics by Computer

<https://www.fon.hum.uva.nl/praat/>

Praat は日本国内の複数の研究室でも研究・教育に用いられていることから、ウェブ上には日本語の情報も少なくなく、ウェブ検索で比較的容易に見付けることができる。

ここでは、Praat を用いた日本語母音のフォルマント解析の方法についてのみ略説する。Windows 版に基づき説明するが、「B ダウンロードとインストール」を除けば、それらの内容は他の OS 版でもほぼ同様である。

### B ダウンロードとインストール

- ① 上記 URL にアクセスし、左上にある「Download Praat:」の「Windows」をクリックする。
- ② 「1. Downloading the Windows edition」にある ZIP ファイルをダウンロードする。インストールする端末で動作する Windows が 64 ビット版か 32 ビット版かを確認しておくこと。現在流通している PC の Windows は 64 ビット版だが、古い PC には 32 ビット版がインストールされている場合がある。
- ③ ZIP ファイルをダブルクリックすると、実行ファイル「Praat.exe」が生成される。
- ④ 「Praat.exe」をダブルクリックすると実行される。

※動作上のトラブルを避けるため、実行ファイルのパスを短く日本語を含まないものにするよう使用開始前に実行ファイルを移動しておくことを推奨する。（例）C:\Praat\Praat.exe

※起動時にスクリプトエラーが出て直ぐに終了してしまう場合には、フォルダ「%USERPROFILE%\Praat（多くの場合は C:\Users\[ユーザー名]\Praat）」を削除すること。ただし、この操作を実行した場合、Praat 内で設定した各種の内容は失われる。

※ Windows Vista 以前の OS で Praat を実行したい場合は、②のページの下方にある「7. Editions of Praat for older operating system versions」からファイルをダウンロードできる。

## C 音声の録音とファイルへの保存・読み出し

- ① Praat を起動すると「Praat Objects」ウィンドウ（以下 Objects ウィンドウ）、「Praat Picture」ウィンドウが表示される。
- ② Objects ウィンドウのメニューから「New → Record mono sound」を選択すると「Sound Recorder」ウィンドウ（以下 Recorder ウィンドウ）が表示される。
- ③ Recorder ウィンドウで「Channels:」に「Mono」, 「Sampling frequency:」（サンプリング周波数）に「44100 Hz」をそれぞれ選択し、左下の「Record」ボタンを押すと録音が始まる。この設定ではひとつのファイルにおよそ 110 秒間記録できるが、解析時の処理を重くしないためにも録音時間を短くすることを推奨する。ウィンドウ中央の「Meter」は入力レベルを表している。表示が赤色になった部分の音声は正常に記録されないことから、マイクと口を離すか、マイクのボリュームを下げて録り直すこと。使用する PC やマイクによっては、録音開始直後に基線（ゼロレベル）がずれる等の不正なシグナルが入ることがあり、その場合には数秒待ってから解析対象とする音声を発するとよい。
- ④ 「Stop」ボタンを押すと記録が終了する。「Play」ボタンで記録した音声を確認できる。ファイルへの保存や分析を行うには、右下の「Name」欄に録音したデータを識別するための文字列を入力した上で「Save to List」を押す。すると、Objects ウィンドウ左側の「Objects:」欄に Sound オブジェクト「**[番号]. Sound [識別するための文字列]**」が追加される。
- ⑤ Objects ウィンドウ「Objects:」欄内の Sound オブジェクトをクリックし選んだ状態で、メニューから「Save → Save as WAV file...」を選択すると、ファイル保存のためのダイアログが開く。
- ⑥ WAV ファイルを読み込む場合は、Objects ウィンドウのメニューから「Open read from file...」を選択すると、ファイル読み込みのためのダイアログが開く。このダイアログでは複数のファイルを指定することが可能である。

※ Praat 以外のソフトウェアで記録された WAV ファイルも読み込み・解析可能であるが、内部形式に条件があるため注意を要する。

## D 日本語母音のフォルマント解析

### I 解析用音声の記録

- ① 前項 C で説明した方法で、日本語母音の音声を記録する。音声は短くともフォルマント解析は可能であるが、安定した解析結果を得るためにはひとつの母音を 2～3 秒ほど安定的に発音したものを記録するとよい。Sound オブジェクトを忘れずにファイルとして保存すること。
- ② Objects ウィンドウ「Objects:」欄内で解析対象となる Sound オブジェクトをクリックし選んだ状態で、ウィンドウ右上の「View & Edit」ボタンをクリックすると、「Sound Editor」ウィンドウ（以下 Editor ウィンドウ）が開く（**図 1～4**）。ウィンドウ名は Sound オブジェクトの名前となる。

## II Sound Editor ウィンドウ

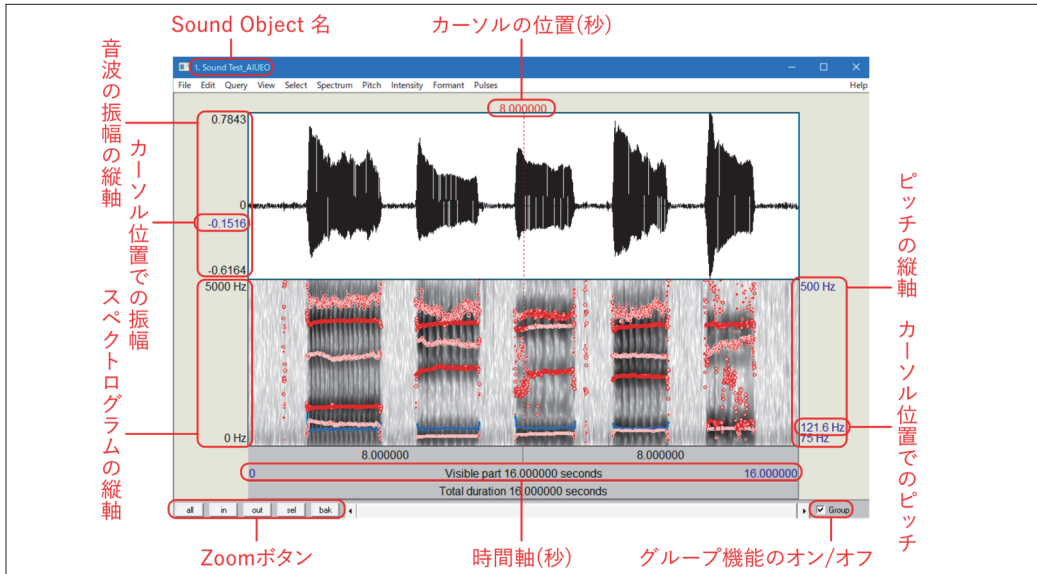


図1 Sound Editor ウィンドウ (範囲選択されていない状態)。

データの表示領域：上パネル＝音波の波形，下パネル＝周波数解析の結果 [スペクトログラム (グレースケール)，フォルマント (赤丸・ピンク丸)，ピッチ (青線)]。

Zoom ボタン：「all」＝データの先頭から終端まで横軸の全範囲を表示する。「in」＝表示されている横軸の範囲を半分にする (ズームイン)。「out」＝表示されている横軸の範囲を2倍にする (ズームアウト)。「sel」＝表示範囲を選択範囲 (図2；本文参照) に合わせる。「bak」＝ひとつ前に行われた範囲選択時の表示範囲へ復帰する。

グループ機能＝チェックボックスがオンになっているウィンドウ同士のカーソル位置 / 選択範囲が同期する。

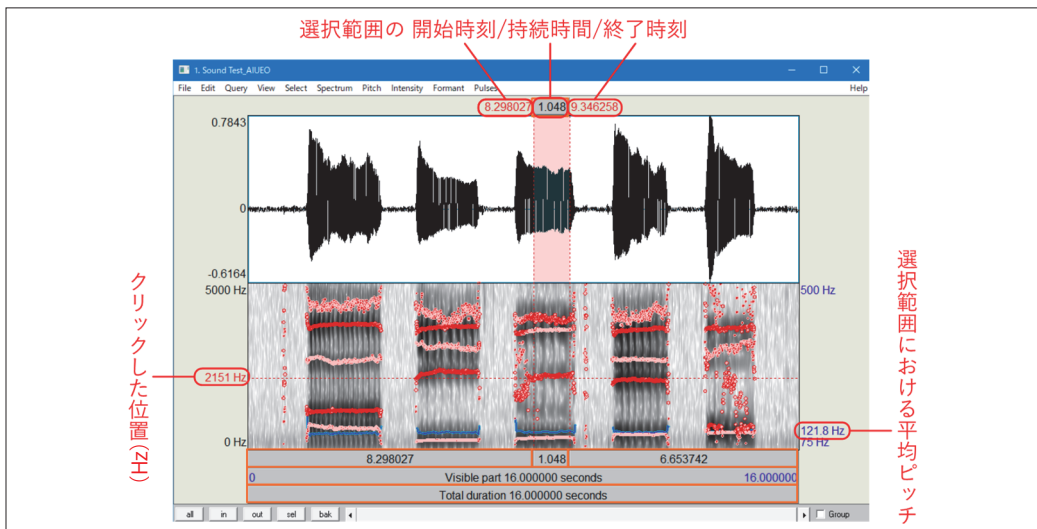


図2 Sound Editor ウィンドウ (範囲選択されている状態)。

オレンジ線で囲まれたボタンをクリックすると，それぞれに対応した時間範囲の音声再生される。

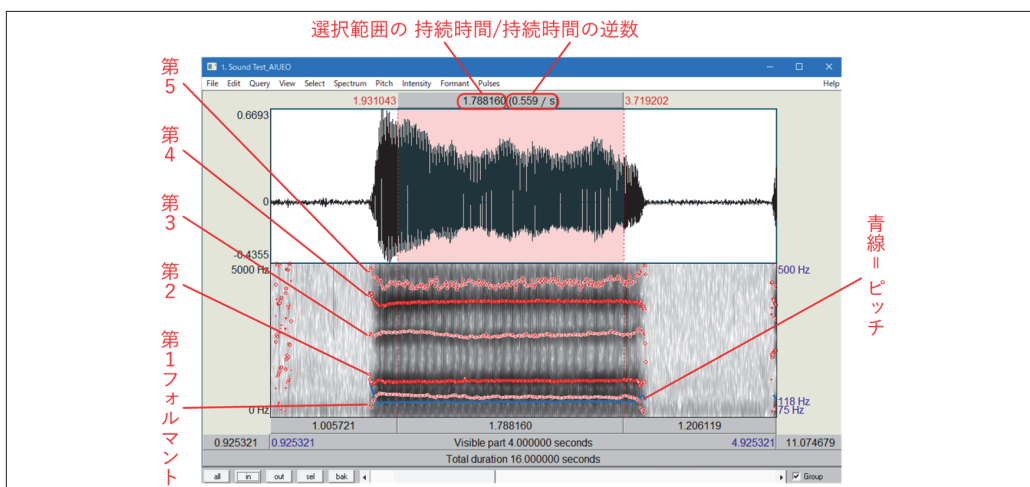


図3 Sound Editor ウィンドウ (波形の中拡大).

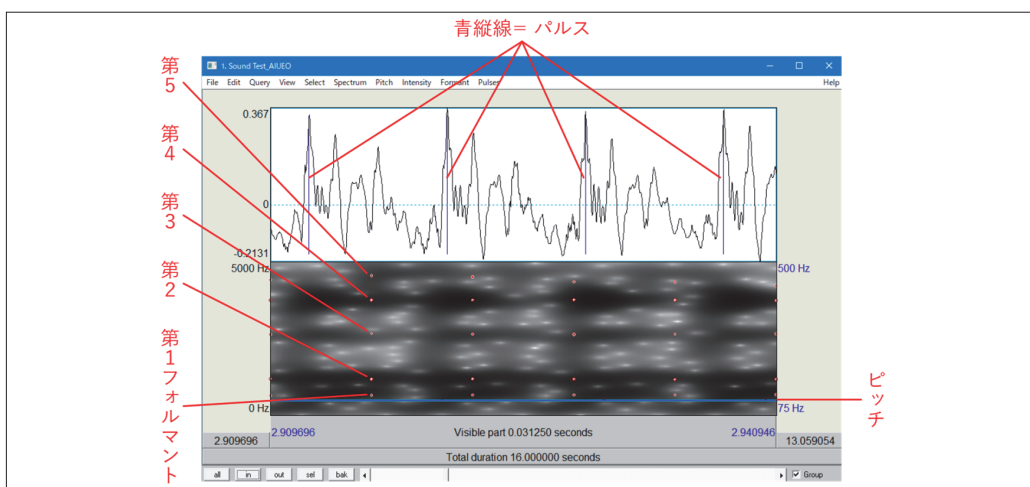


図4 Sound Editor ウィンドウ (波形の強拡大).

パルス (青縦線) = 繰り返し現れるほぼ同じ形状の波形の境界を示している。隣り合う2つのパルスの間隔 (つまり周期) の逆数がピッチとなる。

※解析対象とする時間範囲を選択するには、上パネル (音波の波形) か下パネル (周波数解析の結果) の内部でマウスをドラッグする (左ボタンを押した状態でマウスを動かした後にボタンを離す)。

※パルスの表示の有無はメニュー「Pulse → Show pulses」で切り換える。同様にスペクトログラムは「Spectrum → Show spectrogram」、フォルマントは「Formant → Show formants」、ピッチは「Pitch → Show pitch」でそれぞれ切り換える。

※下パネルは、デフォルトでは表示範囲が10秒を上回ると「(To see the analysis, zoom in to a most 10 seconds, or raise the “longest analysis” setting with “Show analyses” in the View menu.)」というメッセージが出てデータが表示されない。この制限を緩和するにはメニュー「View → Show analyses...」を選択し「Longest analysis (s)」の値を増やすこと。

### Ⅲ 解析手順

- ① 図3のように、解析するひとつの母音を拡大表示する。検出されているフォルマント周波数が発音の始めから終わりまで安定していればよいが、不安定な場合はメニューから「Formant → Formant settings...」を選択し「Formant ceiling (Hz) :」を5500.0（既定値）あるいは6000.0に変更してみる。音量が低い部分のフォルマント検出を切り捨てる場合は「Dynamic range (dB) :」の値を小さく、逆に音量の低い部分を検出させたい場合は値を大きくする。
- ② 図3のように、音の始めと終わりを除いた、フォルマント周波数が安定した範囲を選択する。選択範囲内の経時的な第1～第4フォルマント周波数を得たい場合はメニューから「Formant → Formant listing」を選択する。選択範囲内における第1～第4フォルマント周波数の平均値を得たい場合は「Formant → Get first/second/third/fourth formant」（ショートカットキーはF1/F2/F3/F4）を選択する。ピッチ（声の高さ）を得るには「Pitch → Get pitch」（ショートカットキーはF5）を選択する。

### Ⅳ スペクトログラムとフォルマント

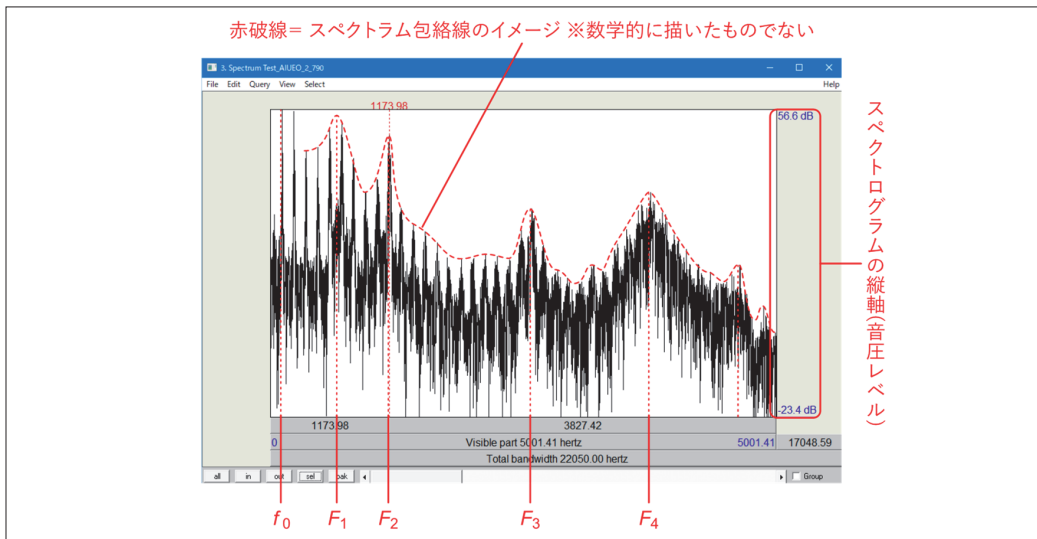


図5 Spectrum ウィンドウ（「ア」の波形の約1.5秒間を解析した結果）。

実際には表示されない赤破線は、スペクトログラム（黒線）の包絡線のイメージであり、数学的に作図しておらず正しいものではない。F<sub>1</sub>～F<sub>4</sub>：第1～第4フォルマント周波数。f<sub>0</sub>：基本周波数。

Ⅲの②において十分に長い範囲（例えば100 ms以上）を選択した状態で、メニューから「Spectrum → View spectral slice」を選ぶと、図5の黒線のように幅が狭い山・谷が繰り返されて描かれる。これがスペクトログラム（スペクトラルスライス）である。一番左（低周波側）の幅が狭い山の中心周波数を基本周波数（f<sub>0</sub>、ピッチに等しい）とよぶ。スペクトログラムは、f<sub>0</sub>の整数倍となる周波数のところに、同様の幅が狭い山が並ぶ形になっている。

### 第3編 顎口腔系の機能に関係した実習

また、幅が狭い山の頂を連ねる線であるスペクトラム包絡線（赤破線；実際には描かれていない）は幾つかの山をつくっており、それらの中心周波数を低周波側から順に第1フォルマント周波数 ( $F_1$ )、第2フォルマント周波数 ( $F_2$ )、…という。音声解析におけるスペクトラム包絡線の計算には線形予測符号化（linear predictive coding；LPC）法等が用いられており、Editor ウィンドウに表示されるフォルマント周波数も同様の方法で求められている。

なお、Editor ウィンドウの下半分に表示されているグレースケールのスペクトログラムは、各時点（範囲選択を解除し1時点を選択）で描かれるスペクトラルスライス（既定値では5 ms の区間）の縦軸（音圧レベル）をグレースケール化し時間方向へ並べたものであり、個人識別に用いられる「指紋」に相当するものとして一般に「声紋」とよばれている。

※ Spectrum ウィンドウにおける縦軸（音圧レベル）の表示範囲を調節するにはメニューから「View → Set dynamic range...」を選択し「Dynamic range (dB):」の値を変更する。縦軸の最大値は、表示されている周波数範囲における最大値に固定されているため「Dynamic range (dB):」の変更によって縦軸の最小値が変化することになる。

#### 考察事項（追加）

- ・ 基本周波数 ( $f_0$ ) は具体的に何を示しているか。