

# Praatを用いた 音響音声学的分析の初歩―増補改訂版

グローバルCOEプログラム「コーパスに基づく言語学教育研究拠点」 東京外国語大学大学院総合国際学研究院 2011



監修 : 中川 裕 著 : 青井隼人 編集協力:言語音声学研究会 (LPC) 論文執筆支援シリーズVII

# Praatを用いた 音響音声学的分析の初歩―増補改訂版

### グローバルCOEプログラム「コーパスに基づく言語学教育研究拠点」 東京外国語大学大学院総合国際学研究院 2011



監修 : 中川 裕 著 : 青井隼人 編集協力:言語音声学研究会 (LPC)

# Praat を用いた 音響音声学的分析の初歩 一増補改訂版

監修 : 中川 裕

著

: 青井 隼人

編集協力 : 言語音声学研究会(LPC)

L P C



はじめに	3

## Praat の基本操作

Praat をインストールする	4
音声を録音する	5
録音機のファイルを取り込む	7
音声の一部を保存する	8
音声を再生する	11
観察する値を表示する	12

### 波形の観察

Periodic vs. aperiodic (vs. mixed)	14
VOT (Voice Onset Time)	16
Damping	18
持続時間 (Duration)	19
調音方法 (Manner)	20

# フォルマントの分析

フォルマントを観察するための設定	22
フォルマントを計測する	24
母音空間図を作成する	27

## スペクトログラムの観察

Laryngeal features	28
調音位置 (Place)	29
調音方法 (Manner)	31

## 付録

表的な IPA features 観察の要点
------------------------

# はじめに

東京外国語大学グローバル COE プログラム「コーパスに基づく言語学教育研究拠点 (CbLLE)」では、その教育プログラム の一部として、フィールド言語学、コーパス言語学、言語情報学のそれぞれを専攻する大学院生が共通に親しんでおくことが 望ましい共通科目群を設計した。そのひとつに器械音声学的手法の初歩をあつかう授業を開講した。中川裕が授業を担当し、 青井隼人が授業補佐を務めた。本冊子はその授業内容のうち音響音声学的な分析手法の基礎を身につけるための 10 回分に用い られる授業素材(配布資料や録音)をもとに作成されたものである。したがって、この冊子は独習書ではなく、授業用テキス トである。その趣旨は、インターネット上で入手することのできる音響音声学的分析フリーウエア Praat を用いて、音響音声 学的な初歩的な諸概念と操作法を実践的に身につけることにある。授業を前提とする冊子ではあるが、音響音声学の分析の経 験がある程度ある人を指導者とすれば勉強会のテキストにもなり、実際にそのような利用もなされている(たとえば東京外国 語大学アジアアフリカ言語文化研究所言語ダイナミクス科学研究プロジェクト「Praat ワークショップ」2011 年 7 月 23 日)。

なお、27ページで扱っている FormantGraph は、東京外国語大学中川裕研究室で開発され研究会や授業等で利用されているエクセルのマクロであり授業では参加者に配布している。このマクロと同様に第1フォルマントと第2フォルマントからなる音響的母音空間に、それぞれの母音をプロットするソフトがほかにもインターネット上で入手可能である。FormantGraph を入手する機会のない読者も類似のソフトがインターネット検索で見つかるはずである。

2011年2月に刊行された初版が在庫切れとなったので、今回、部分的に字句や表現を修正し、本文のフォント・サイズを よみやすく変更し、図や表を訂正し、若干の加筆を施して、改訂版を刊行することにした。改訂版の作成にあたってはLPCの 小林大介氏に全面的にお世話になった。ここで感謝を申し上げる。

2011年7月 監修 中川裕 著者 青井隼人



# Praat をインストールする

## Overview

音響音声学的分析に使うソフトウェアをコンピューターにインストールします。

音響音声学的分析には Praat を使用します。以下の手順に従って、インストールします。

1

以下の Web サイトから Praat をダウンロードします。

http://www.fon.hum.uva.nl/praat/

Note

本冊子で用いている Praat は 2011 年 7 月 22 日現在で最新版の ver. 5.2.32 です。

ダウンロードしたファイルを実行します。
 画面の指示に従って、インストールします。

# 音声を録音する



Praat を使って、音声を録音します。

以下の手順に従って、音声を録音します。

- Praat Object 画面を選択します。
- 2

1

[New] メニューから [Record mono Sound...] を選択します。



Sound Recorder 画面が表示されます。

3 [Sampling frequency] を [44100 Hz] に設定します。

### Note

Sampling frequency は、分析したい最大の周波数の 2 倍の値を 選択します。

SoundRecorder				
File Query		Help		
Channels:	Meter	Sampling frequency:		
Mono     Stereo      (use Windows mixer     without meters)	Not recording.	<ul> <li>8000 Hz</li> <li>11025 Hz</li> <li>12000 Hz</li> <li>15000 Hz</li> <li>22050 Hz</li> <li>24000 Hz</li> <li>24000 Hz</li> <li>44100 Hz</li> <li>64000 Hz</li> <li>96000 Hz</li> <li>132000 Hz</li> </ul>		
Record Stop	Play	Name: untitled		
	Close Save to list	Save to list & Close		

- 4 [Record] ボタンをクリックします。 録音が始まります。
- 5 [Stop] ボタンをクリックして、録音を終了します。
- 6 [Name] 欄に音声ファイルにつける名前を入力します。
- [Save to list & Close] ボタンをクリックします。
   Praat Object 画面の Objects リストに音声ファイルが追加されます。

# 録音機のファイルを取り込む

## Overview

デジタル録音機で録音した音声ファイルを Praat に取り込みます。

以下の手順に従って、音声ファイルを取り込みます。

- Praat Object 画面を選択します。
- 2 [Open] メニューから [Read from file...] を選択します。 Read Object(s) from file 画面が表示されます。
- 3 読み込むファイルを選択し、[開く]をクリックします。
   Praat Object 画面の Objects リストに音声ファイルが追加されます。

# 音声の一部を保存する

## **Overview**

音声ファイルの中から、分析対象の部分のみを切り出して保存します。

以下の手順に従って、音声の一部を切り出します。

- 1 Praat Objects 画面の Objects リストから音声ファイルを選択します。
- 2 [View & Edit] をクリックします。



音声の Wave form と Spectrogram が表示されます。

### 切り出して保存したい部分をドラッグして選択します。

3

4



[File] メニューから [Save selected sound as WAV file...] を選択します。



Save selected sound as WAV file 画面が表示されます。

5 ファイル名と保存先を指定して、保存をクリックします。 指定した場所に WAV ファイルが保存されます。

# 音声を再生する



分析対象の音声を再生します。

以下の手順に従って、音声ファイルを再生します。

1

再生したい部分をドラッグして選択します。



2

Spectrogram の下に表示されている持続時間をクリックします。 選択した範囲の音声が再生されます。

### Note

ファイル全体の音声を再生するには、Praat Objects 画面の Objects リストから音声ファイルを選択して、[Play] をクリック します。

Praat Objects		×
Praat New Open Save		Help
Objects:	Sound help	
1. Sound 402_4guuN_L	View & Edit	
	Play	
	Draw -	
	Query -	
	Modify -	
	Annotate -	

# 観察する値を表示する

## **Overview**

音声の Wave form、Spectrogram 上に、分析に用いる Formant、 Pitch、Intensity、Pulse を表示します。

表示する項目により、それぞれのメニューを選択します。

I. Sound 402\_4guuN\_L
 File Edit Query View Select Spectrum Pitch Intensity Formant Pulses

- [Spectrum] メニューから [Show spectrogram] を選択します。
- [Pitch] メニューから [Show pitch] を選択します。
- [Intensity] メニューから [Show intensity] を選択します。
- [Formant] メニューから [Show formants] を選択します。
- [Pulses] メニューから [Show pulses] を選択します。



# Memo




# Periodic vs. aperiodic (vs. mixed)

## **Overview**

周期的な波形、非周期的な波形を観察します。

### ■ 練習

[iː] [çː] [jː] の波形を観察します。





[ç:]: 無声摩擦音 (voiceless fricative) → 非周期的 (aperiodic) な波形が観察されます。



• [j:]: 有声摩擦音 (voiced fricative)  $\rightarrow$  周期的な波形と非周期的な波形が混合さ れた (mixed) 波形が観察されます。



■ 練習

•

[ja] [ja] の音声を観察して、接近音 (approximant) と 摩擦音 (fricative) の違いを分 析してください。

# VOT (Voice Onset Time)

# Overview

Voice Onset Time を計測して、burst、prevoicing、voice bar を観察します。

■ 練習

[da] [ta] [t<sup>h</sup>a] の波形を観察します。



VOT (Voice Onset Time) は、閉鎖の開放時点から声帯振動が開始する時点までの 持続時間のことです。

有声音 (voiced) では、VOT はマイナスの値をとり、有気音 (aspirated) では、 VOT はプラスの値をとります。



### ■ 練習

[hata] [hada] の音声を観察して、[t] [d] の VOT を計測してください。

# Damping

## **Overview**

有声破裂音の口腔閉鎖持続時において、閉鎖開放に向かって起こる振幅の 減衰 (damping) を観察します。

### ■ 練習

[da] [da] [na] の波形を観察します。



Damping は有声破裂音の特徴です。

ロ腔に閉鎖があると、ロ腔および咽頭の気圧が上昇し、声門下圧と声門上圧の差が小 さくなります。それにより、肺からの気流が流れ込みにくくなり、声帯振動が生じに くくなります。このため、閉鎖の開放に向かい、振幅が減衰します。

# 持続時間 (Duration)

## Overview

音声の持続時間 (duration、stop gap) を観察します。

### ■ 練習

[kata] [katta] [katta:] (「肩」「勝った」「カッター」)の波形を観察します。



- [kata] vs. [katta] の比較
   Stop gap の持続時間に差が観察されます。
- [katta] vs. [katta:] の比較
   母音の持続時間に差が観察されます。

### ■ 練習

[kasai] [kassai] (「火災」「喝采」)の frication noise 部分の持続時間を計測して比較してください。

# 調音方法 (Manner)

## Overview

rise time、noise duration、burst に着目して、調音方法の違い (fricative vs. affricate) を観察します。

### ■ 練習

[sa] [tsa] [za] [dza] の波形を観察します。



### ■ 練習

[asa] [atsa] [aza] [adza] の波形を観察してください。

# Memo


# フォルマントの分析

# フォルマントを観察するた

# めの設定

## **Overview**

Praat で母音のフォルマント (formant) を観察するための設定をします。

Praat でスペクトログラムを表示し、フォルマントを観察します。以下の手順に従って、Praat の設定をします。

- 音声ファイルを開き、[Spectrum] メニューから [Show spectrogram] を 選択します。 波形の下にスペクトログラムが表示されます。
- 2 [Spectrum] メニューから [Spectrogram settings...] を選択します。 Spectrogram settings ウィンドウが表示されます。

Spectrogram settings					
View range (Hz):	0.0 5000.0				
Window length (s):	0.005				
Dynamic range (dB):	50.0				
(all of your "advanced settings" have their standard values)					
lyour "time step strategy" has its standard value: au Help Standards	Cancel Apply OK				

Spectrogram settings ウィンドウで以下を設定します。

Window length (s)	0.005 (broad)/0.03 (narrow)
Dynamic range (dB)	50

- [OK] をクリックして、Spectrogram settings ウィンドウを閉じます。
- 5 [Formant] メニューから [Show formants] を選択し、フォルマントをスペクトログラム上に表示させます。
- [Formant] メニューから [Formant settings...] を選択します。

Formant settings ウィンドウが表示されます。

Formant settings	×
Maximum formant (Hz):	5500.0
Number of formants:	5.0
Window length (s):	0.025
Dynamic range (dB):	30.0
Dot size (mm):	1.0
(all of your "advanced settings" have their standard	values)
(your "time step strategy" has its standard value: au	tomatic)
Help Standards	Cancel Apply OK

### Maximum formant の値を設定します。

女性の声の場合	5500 Hz
男性の声の場合	5000 Hz

[OK] をクリックして、Spectrogram settings ウィンドウを閉じます。

# フォルマントを計測する

## **Overview**

フォルマントの値を計測します。

フォルマントを計測するには、Formant listing を使う方法とスペクトルの断面から 計測する方法があります。以下の手順に従ってフォルマントの値を計測します。

- 1 フォルマントを計測したい場所にカーソルを合わせます。
- 2 [Formant] メニューから [Formant listing] を選択します。



第1から第4までのフォルマント値がリストされます。

3

[Spectrum] メニューから [View spectral slice] を選択します。





Praat Objects 画面の Objects リストに作成された Spectrum ファイルを

選択し、[View & Edit] をクリックします。

Praat Objects		x
Praat New Open Save	Н	lelp
Objects:	Spectrum help	
1. Sound Formant_ieaou	View & Edit	i I
2. Spectrum Formant jeaou U 238	Draw -	
	List	
	Query -	
	Modify -	
	Analyse	
	To Excitation	
	To SpectrumTier (peaks)	
	To Formant (peaks)	
	To Ltas	
	To Ltas (1-to-1)	
	To Spectrogram	
	To Cepstrum	
	Convert	
	Cepstral smoothing	
	LPC smoothing	
	Synthesize	
Rename Copy	To Sound	
Inspect Info	Hack To Matrix	
Remove	To Matrix (unwrap)	▼ ▶

5

4

### ピーク時点の周波数を計測します。



#### Note

- 計測時点は、以下の基準で設定します。
- (a) フォルマント遷移 (transition) のターゲット
- (b) 平均値
- (c) 定常部分 (steady state) の中心

フォルマントの平均値をリストするときは、フォルマントを計測したい部 分をドラッグして選択し、[Formant] メニューから [Get first [second / third / fourth] formant] を選択します。

### ■ 練習

(1)5母音 [i] [e] [a] [o] [u] のフォルマントを計測してください。

(2) [i] [i] [u] のフォルマントを計測して、前舌・中舌・奥舌母音の違いを観察して ください。

(3) [i] vs. [y]、[u] vs. [u] のフォルマントを計測して、円唇・非円唇母音の違いを 観察してください。

(4) 日本語の母音を観察してください。その際、適切な対象語リストを設定してください。

# 母音空間図を作成する

## Overview

Microsoft Excel のマクロ FormantGraph を使って母音のフォルマント 値を平面上にプロットし、音響的母音空間を作成します。

以下の手順に従って音響的母音空間に母音のフォルマント値を布置します。

- 1 Excel のマクロを有効にします。
  - データ表に数値を入力します。
- 3 グラフの設定をします。

2

グラフの設定	軸の単位	Bark 尺度	
	軸の向き	逆向き	
	楕円の大きさ	0~(初期設定:2.5)	
	X軸の名称、Y軸の名称		
データの種別表			
データ表			

4 [グラフ作成] をクリックします。

音響的母音空間図が作成されます。







# Laryngeal features

## **Overview**

有声、無声や気音など、laryngeal features がスペクトログラム上にどの ように現れるか観察します。

### ■ 練習

[ga] [ka] [k<sup>h</sup>a] [k'a] のスペクトログラムを観察します。



有声・無声の対立は voice bar の違いに現れます。

有気・無気の対立は aspiration の違いに現れます。



# 調音位置 (Place)

## Overview

transition、burst に注目して、調音位置がスペクトログラム上にどのように現れるか観察します。

### ■ 練習

[ba] [da] [fa] [ga] のスペクトログラムを観察します。



子音の後続母音 /a/ のフォルマント遷移 (transition) に注目して観察します。

[ba] bilabial	唇の狭めはすべてのフォルマントを引き下げる効果をもちま
	す。
[da] alveolar	第1フォルマントは下から、第2フォルマントは上から遷移
	します。
[ɟa] palatal	第2フォルマントが引き上げられます。
[ga] velar	第 2 フォルマントと第 3 フォルマントが近づきます。(velar
	pinch)

#### ■ 練習

[pa] [ta] [ca] [ka] のスペクトログラムを観察します。



閉鎖の開放 (burst) 時に、どの周波数域にエネルギーが集中しているかに注目して 観察します。

[k] の閉鎖の開放時には、複数の burst (spike) が観察されることがあります。また、 後続母音の第 2 フォルマント付近に強いエネルギーがあります。

### ■ 練習

(1) [ka] [qa] (velar vs. uvular)のスペクトログラムを観察します。velar pinch、
 F1-rising、F2-lowering に注目して、違いを観察してください。

(2) [p<sup>h</sup>a] [t<sup>h</sup>a] [c<sup>h</sup>a] [k<sup>h</sup>a] (有気音) [p<sup>i</sup>a] [t<sup>i</sup>a] [c<sup>i</sup>a] [k<sup>i</sup>a] (放出音) の laryngeal features に関わる子音を観察して、それぞれの特徴を分析してください。

 (3) [ta] [ta] (alveolar vs. retroflex) のスペクトログラムを観察します。F3 の遷移に 注目して、違いを観察してください。

# 調音方法 (Manner)

## Overview

スペクトログラム上で見られる調音方法の違い (plosive、tap、trill、 lateral approximant) を観察します。

### ■ 練習

[ada] [ara] [ara] [ala] のスペクトログラムを観察します。



それぞれの子音部分とその前後の遷移音を選択し、拡大表示して違いを観察してくだ さい。(閉鎖ギャップやギャップに類似する部分の有無、数、持続時間、フォルマン ト的成分の有無に注目して観察すること。)



# 代表的な IPA features 観察の要点

 $\bigcirc$ は有効、 $\triangle$ +、 $\triangle$ 、 $\triangle$ -の順に有効性は落ちる。

		Waveform	Spectrogram
	close-mid-open		0
Vowel	front-central-back		0
	rounded-unrounded		Δ
	voiced, voiceless, aspirated	0	0
"Laryngeal"	implosive	Δ	
	ejective		△-
	bilabial/labiodental		Δ
	dental/alveolar/postalveolar; apical/laminal		Δ
"Place"	retroflex		0
	palatal		0
	velar		Δ
	uvular		$\triangle$ +
	plosive, fricative, approximant	Δ	0
	("semivowel")		$\triangle$ +
"Manner"	lateral		Δ
	tap/flap, trill		0
	affricate	0	0
	nasal	△-	Δ
"Quantity"	long/half-long/extra-short	0	0

ポイント		
F1		
F2		
F2		
VOT, voice-bar		
no damping		
abrupt onset		
F2-lowering (Lowering of all formants)		
F2-raising		
F3 (F4) -lowering		
F2-raising		
(F2-F3 proximity: "velar pinch")		
F1-raising, F2-lowering		
stop gap, burst, frication noise		
rise time, noise duration, burst, stop gap		
duration		

Copyright  $\circledast$  2011 Linguistic Phonetics Club. All rights reserved.

東京外国語大学大学院総合国際学研究院

## グローバルCOE「コーパスに基づく言語学教育研究拠点」出版物

### 研究論文集

コーパスに基づく言語学教育研究論集 I

## International Symposium: Corpus and Variation in Linguistic Description and Language Education

Edited by Yuji KAWAGUCHI, Makoto MINEGISHI and Jacques DURAND 2009年3月発行

コーパスに基づく言語学教育研究論集 Ⅱ

## Proceedings of the Chulalongkorn-Japan Linguistics Symposium

Edited by Makoto MINEGISHI, Kingkarn THEPKANJANA, Wirote AROONMANAKUN and Mitsuaki ENDO 2009年3月発行

コーパスに基づく言語学教育研究論集 Ⅲ

## Geographical Typology and Linguistic Area —With Special Reference to Africa—

Edited by Osamu HIEDA, Christa KÖNIG and Hirosi NAKAGAWA 2010年 10月 発行







コーパスに基づく言語学教育研究論集 Ⅳ

## International Symposium Corpus Analysis and Diachronic Linguistics

Edited by Yuji KAWAGUCHI, Wolfgang VIERECK, And Makoto MINEGISHI 2011年7月 発行

### 研究報告集

コーパスに基づく言語学教育研究報告 1

コーパスを用いた言語研究の可能性

富盛 伸夫, 峰岸 真琴, 川口 裕司(編) 2009年3月 発行

コーパスに基づく言語学教育研究報告 2

言語記述から言語分析の応用へ

稗田 乃, 峰岸 真琴, 川口 裕司(編) 2009年3月 発行

コーパスに基づく言語学教育研究報告 3

フィールド調査, 言語コーパス, 言語情報学

峰岸 真琴,川口 裕司(編) 2009年5月 発行









コーパスに基づく言語学教育研究報告 4

**コーパスを用いた言語研究の可能性**Ⅱ

峰岸 真琴, 稗田 乃, 早津 恵美子, 川口 裕司(編) 2010年3月発行

コーパスに基づく言語学教育研究報告 5

フィールド調査, 言語コーパス, 言語情報学Ⅱ

峰岸 真琴, 稗田 乃, 早津 恵美子, 川口 裕司(編) 2010年 6 月 発行

コーパスに基づく言語学教育研究報告 6

コーパスを用いた言語研究の可能性Ⅲ

峰岸 真琴, 稗田 乃, 早津 恵美子, 川口 裕司(編) 2011年3月発行

コーパスに基づく言語学教育研究報告 7

フィールド調査, 言語コーパス, 言語情報学Ⅲ

峰岸 真琴, 稗田 乃, 早津 恵美子, 川口 裕司(編) 2011年6月 発行









### 論文執筆支援集

論文執筆支援シリーズ Ⅱ

外大生のための日本語研究ガイドブック

早津 恵美子(監修) 中山健一(編) 2009年3月発行

論文執筆支援シリーズ Ⅲ

ドイツ語コーパスハンドブック 2009

成田 節 (監修) カン・ミンギョン,時田 伊津子, 高橋 美穂,信國 萌 (編) 2009年5月発行

論文執筆支援シリーズ Ⅳ

外大生のための日本語研究ガイドブック 一増補改訂版 2010-

早津 恵美子(監修)中山 健一(編)2009年3月発行

論文執筆支援シリーズ V

Praat を用いた音響音声学的分析の初歩

中川 裕 (監修) 青井 隼人 (著者) 言語音声学研究会 (LPC)(編集協力) 2011年 2 月 発行









『太陽コーパス』の入門とケーススタディ

早津 恵美子(監修) 佐藤 祐 (編) 2011年3月発行

論文執筆支援シリーズ VII

## Praat を用いた音響音声学的分析の初歩 一増補改訂版

中川 裕 (監修) 青井 隼人 (著) 言語音声学研究会 (LPC)(編集協力) 2011年 9 月 発行

### 研究資料集

コーパスに基づく言語学教育研究資料 1

罗泊河苗语词汇集 A Vocabulary of Luobohe Miao

著者 田口 善久 2008年3月 発行

コーパスに基づく言語学教育研究資料 2

初級教科書の語彙分析 一動詞編(1)語彙的な性質—

早津 恵美子 (監修) アクマタリエワ ジャクシルク, 金 俸呈, 辺 純影 (編著) 2010年 2 月 発行











### 論文執筆支援シリーズ Ⅶ 2011年9月1日発行 Praat を用いた音響音声学的分析の初歩──増補改訂版

発	行:東京外国語大学大学院総合国際学研究院
	グローバル COE プログラム
	「コーパスに基づく言語学教育研究拠点」
	〒183-8534 東京都府中市朝日町 3-11-1
著	:青井 隼人
監	修:中 川 裕
編集協	力:言語音声学研究会(LPC)
印	刷:日本ルート印刷出版株式会社



<sub>論文執筆支援シリーズW</sub> Praatを用いた音響音声学的分析の初歩一増補改訂版

> グローバルCOEプログラム「コーパスに基づく言語学教育研究拠点」 東京外国語大学大学院総合国際学研究院