

TR-I-0020

Speech Processing Workbench

音声処理ワークベンチ

Katsuteru Maruyama, Takeshi Kawabata

丸山活輝, 川端豪

1988.1

概要

音声認識、合成技術に関する研究では、音声信号の変換、分析等の基本的な信号処理が不可欠であり、効率的に研究を進めるためには音声信号処理作業環境の効率化が必要である。この目的のために作成した音声処理ワークベンチ version2 について報告する。音声処理ワークベンチ version2 は、基本的な音声信号処理機能を含み、ユーザ各自の要求に応じた操作環境の設定、拡張が容易にできるシステムである。本報告では、ワークベンチの仕様決定までの経緯、作成したワークベンチの構成と動作例、及び初めからワークベンチに含まれている基本機能モジュールについて述べる。

目次

	ページ
1. はじめに	1
2. 音声信号処理環境に関するアンケート	1
3. 音声処理ワークベンチの構成と動作例	3
3.1 基本的な考え方	3
3.2 メニュープログラム	3
3.3 機能プログラム	8
3.4 音声処理ワークベンチ動作例	9
4. 機能モジュール群	14
5. 今後の課題	19
付録-1 動作例で使用したシステムのユーザ定義ファイル、 パラメータ定義ファイル	20
付録-2 メニューシステムを構成するプログラムの一覧	23
付録-3 機能モジュールを構成するプログラムの一覧	25
付録-4 音声処理ワークベンチを動作させるための装置、環境	26

1. はじめに

音声認識、合成技術に関する研究では、音声信号の変換、分析等の基本的な信号処理が不可欠であり、効率的に研究を進めるためには音声信号処理作業環境の効率化が必要である。本報告では、この目的のために作成した音声処理ワークベンチ version2 について述べる。

研究者は各自のプログラムを使って音声処理を行っているが、音声処理に関する基本的な信号処理を含むワークベンチを用意することにより、各自で必要なプログラムを作ったり探す必要がなく研究の能率が向上する。そこでワークベンチ version1 として wdisp というプログラムが作られた。しかし、wdisp には基本的処理項目は含まれてはいるが研究者独自のプログラムや新しい処理項目の追加が困難なため使用できる項目や機会が限定されてしまう。今回は、ワークベンチ version2 として上記の様な問題を解決するために、ユーザによる拡張性の高さに重点をおいたシステムの構築を行った。

音声処理ワークベンチはユーザの音声処理作業環境向上を図るものであるから、ワークベンチ第一のユーザである音声認識グループの研究員を対象に音声処理作業環境に関するアンケートを行い、それをもとにして音声認識グループのミーティングにおいて、ワークベンチの仕様について討論し、ユーザが独自の作業環境を容易に設定できるワークベンチの基本方針を決定した。そして、その基本方針に従って仕様を決め、基本的な信号処理を行う機能モジュール群と、それら機能モジュールを効率よく制御するメニュープログラムを作成した。

2. 音声信号処理環境に関するアンケート

ワークベンチの仕様を決定するために、音声情報処理研究室音声認識グループの研究員を対象にアンケートを行い、その意見、要望をまとめたものを以下に示す。

部品

- ① 高速スペクトログラム表示。
- ② 対話型ウィンドアロケーション。
- ③ 波形オシロスコープ。
- ④ 周波数オシロスコープ。
- ⑤ レベルメータ付き A/D,D/A。

信号処理

- ① 波形編集。

- ② ケプストラム表示。
- ③ ケプストラム平滑化スペクトル表示。
- ④ 自己相関表示。
- ⑤ ピッチ・ホルマント抽出、及び表示。
- ⑥ 声道断面積関数の表示。
- ⑦ 統計パッケージ。

環境

- ① プロフィールファイルによる初期設定。
- ② オプション指定による初期設定。
- ③ マクロ定義機能。
- ④ 履歴の保存、及び復帰。
- ⑤ プログラムのモジュール化。
- ⑥ 表示はマウスで行い、表示、実行はサブプロセスでメニュー付きとする。
- ⑦ 各々のウィンドウは各々のウィンドウのメニューでコントロールする。
- ⑧ メニューをBook形式で表示。
- ⑨ MASSCOMPのLABO WORKBENCHの様にする。
- ⑩ ワークベンチ上での、プログラム編集、及び再実行。

アンケートの結果をもとに音声認識グループのミーティングにて、音声処理ワークベンチの設計思想、仕様について討論した結果、以下の様な基本的な設計方針が決定した。

① (アンケート 環境-⑤より)

波形表示、スペクトログラム表示等の各種プログラムをモジュール化し、各々のモジュールをUNIXにおけるフィルタとして扱う。これによりユーザがユーザ独自のプログラムを簡単に追加できる拡張性をもつことができる。

② (アンケート 環境-④より)

実行の履歴、実行結果のデータは、全てディスクのファイルに保存する。履歴に保存されている処理項目を選択することにより、その処理に復帰することができる。

③ 複数のウィンドウは、各々異なるタスクで動かす。

④ (アンケート 環境-⑥より)

キーボード入力は極力なくして、メニュー上をマウスで選択する方法とする。

アンケートの結果の中には、オシロスコープ、レベルメータ等の部品や各種信号処理のモジュールの要望も多かったが、今回は機能プログラムの効率のよい制御を行うことと、ユーザによる定義可能な拡張性を持つことに重点を置き、機能モジュールの要望は次バージョン以降に検討することにした。

3. 音声処理ワークベンチの構成と動作例

3.1 基本的な考え方

本システムは、画面表示や信号処理のための機能プログラムと、それらを効率よく操作するためのメニュープログラムからなる。

機能プログラムは、単独のプログラムとして動作可能であり、起動の第一引数には、実行に必要なパラメータが書かれた制御パラメータファイル名をとる。また、各々異なるタスクのウィンドウ上で動く。

メニュープログラムは、メニューの表示を行い、選ばれた項目の機能プログラムに適切なパラメータファイルを与えて実行する機能、パラメータの設定を行う機能を持ち、また、実行の履歴の保存、及びその実行の復帰(ヒストリー機能)を行う。

3.2 メニュープログラム

メニュープログラムは、機能プログラムを効率的に動かすために以下の機能、特徴を持つ。

① マウス操作

本システム起動時と、パラメータ入力以外の下記の動作は、すべてマウスの操作で行う。

- 機能プログラムの実行
- パラメータの設定
- 実行の復帰(ヒストリー機能)
- ウィンドウの作成
- ウィンドウの消去
- メニュープログラムのリセット、終了
- データの部分切り出し、時刻指定等

② メニュー構造

機能プログラムの実行、パラメータの設定、実行の復帰(ヒストリー機能)は、メニューバーをマウスで選択する方法をとる。メニューの構造は、

ユーザ定義ファイル(.wbrc)に記述され、ユーザが自由に定義することができる。ユーザ定義ファイルは、メニューによって表示される項目、実行コマンド名、パラメータファイル(後述)名等からなり、メニューの構造や、項目を選んだときに実行されるプログラム名が記述されている。

以下にユーザ定義ファイル".wbrc"の例を示し、動作例とともに説明する。

[.wbrc]

```
MAIN 4
    MENU      MENU
    PARAM     $PARAM
    HIST      $HIST
    ELSE      ELSE

MENU 3
    WAVE      !wave      .wave
    Spectrogram !spect    .spect
    DA__output !daout    .daout

ELSE 3
    ERASE     $ERASE
    RESET     $RESET
    EXIT      $EXIT
```

.wbrcファイルでは、一つのメニューは以下の形式で書かれている。

```
メニュー名      項目数
                項目1   実行名1
                項目2   実行名2
                :       :
                :       :
```

項目1、項目2……はメニューとして表示され、マウスで選ばれると実行名の動作をする。実行名の先頭が!の場合、即ち"!実行名"のときは実行名のUNIXプログラムを実行する。\$の場合は、メニュープログラムに組み込まれた特殊なコマンドを実行する。そのコマンドには以下のものがあるが詳細はATR Technical Report TR-I-0011「対話型操作環境をワークベンチごとに設定できるメニューシステムの作成」5章を参照のこと。

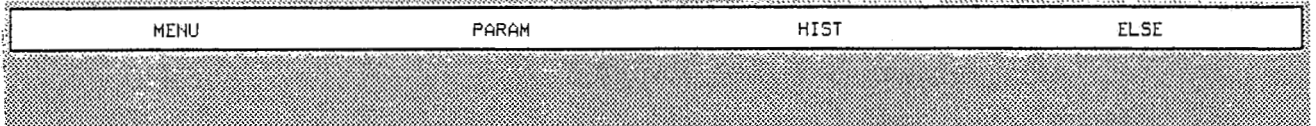
PARAM : パラメータの設定
HIST : ヒストリー機能
ERASE : 表示されているウィンドウの消去

RESET : メニュープログラムのリセット

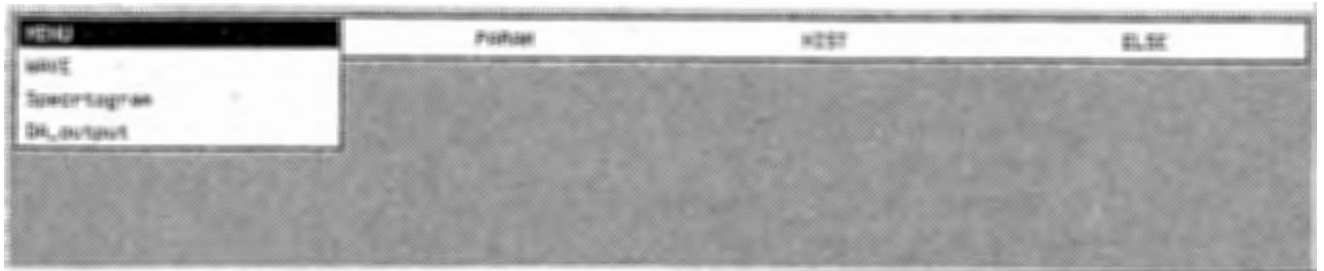
EXIT : メニュープログラムの終了

またそれ以外の実行名(先頭に記号のないものは、その名称のメニュー名のメニューに行く。

次に動作例を示す。メニュープログラムが起動されると、“MAIN”の下に記述された4項目が次の様に表示される。



ここで“MENU”を選ぶと3種類の機能モジュールの名称が表示される。



そしてマウスにより選ばれた処理が実行される。例えば“Spectrogram”を選んだ場合、“.spect”というパラメータファイルを与えられた“spect”というプログラムが実行される。

また、メニュープログラム起動時と同じ表示状態の時に“ELSE”をえらば次の様なメニューが表示され、そこで選ばれた機能が実行される。



③ パラメータ設定

パラメータ設定のためにパラメータ定義ファイル(.wbrp)が用意され、ユーザが定義することができる。起動時には、パラメータ定義ファイルから

機能プログラムの実行に必要なパラメータファイルが作られ、機能プログラム実行時に与えられる。パラメータファイルは、メニューの"PARAM"を選ぶことによって書き換えることができる。

以下にパラメータ定義ファイル".wbrp"の例を示し、動作例を説明する。

[.wbrp]

```
FUNC          3
    WAVE          WAVE
    Spectrogram  Spectrogram
    DA__output    DA__output

WAVE          5
    file_name     "DATA/0003"
    start_time    #0
    interval       #1000
    sampling_rate  #12.0
    scale          #1.0

Spectrogram   5
    filename      "DATA/0004"
    start_time    #0
    shift_time    #2.5
    interval       #1000
    sampling_rate  #20.0

DA__output    5
    file_name     "DATA/0005"
    sampling_rate @frequency
    start_time    #0
    interval       #1000
    repeat_time   #3

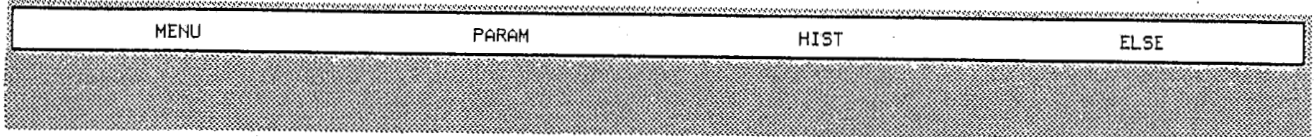
frequency     3
    freq1         #12.0
    freq2         #16.0
    freq3         #20.0
```

.wbrpファイルでは、一つのメニューは以下の形式で書かれている。

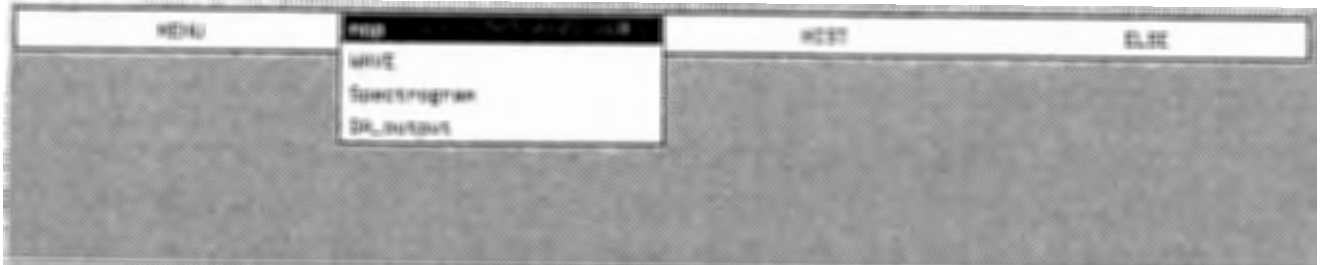
```
メニュー名    項目数
    項目1      パラメータの値1
    項目2      パラメータの値2
    :          :
    :          :
```


項目1、項目2……はメニューとして表示される。パラメータの値の先頭に記号の付いていないものは、その名称のメニューに行く。パラメータの値の先頭が”の場合はパラメータの値を文字列として、#のときは数値として扱う。また、@はこれに続く名称のメニューの項目をマウスで選ぶことにより、メニュープログラム起動直後に限りパラメータを設定することができる。

次に動作例を示す。メニュープログラムを起動すると次の表示が現れる。



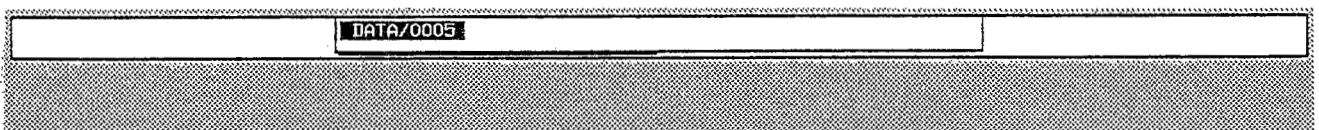
”PARAM”を選ぶ。



DA変換プログラムのパラメータを設定したい場合は、”DA__output”を選ぶ。すると以下の様にパラメータの項目が表示される。



波形ファイル名を設定したい場合は”file_name”を選ぶと以下の様にキーボードからの入力待ち状態となる。



表示されているファイル名は、.wbrpファイルに記述されているものである。変更したい時はキーボードからファイル名を入力する。

また、サンプリング周波数を設定したい時はパラメータの項目が表示されている時" sampling_rate "を選ぶ。



.wbrpファイルに記述されている freq1,freq2,freq3 のいずれかに設定したいならばマウスで選び、それ以外の値に設定するときは" manual "をマウスで選んだ後、キーボード入力待ち状態となるので値を入力する。

④ ヒストリー機能

システム起動後の、機能プログラム実行の履歴は、ヒストリーファイルに保存される。メニューで" HIST "を選ぶとヒストリーファイルに登録された履歴の項目が表示され、その項目を選ぶことにより、以前に実行された処理に復帰することができる。

3.3機能プログラム

機能プログラムは、画面表示、信号処理等の具体的な動作を行う個々のルーチンであり、メニュープログラムからパラメータファイルを与えられ起動される。起動の第一引数にはパラメータファイル名をとる。また、単独のプログラムとしても動作可能である。従って、ユーザ定義ファイルにプログラム名を登録することにより、ユーザによる新しい機能プログラムの追加が容易にできる。

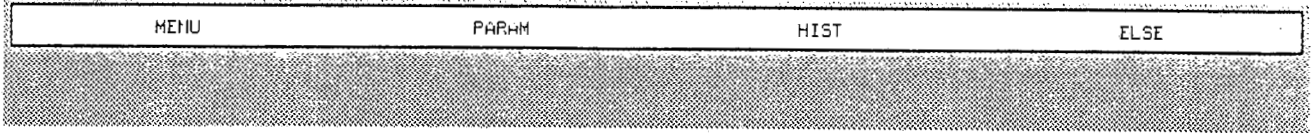
個々の機能プログラムは各々異なるタスクで動き、機能プログラム間の通信はファイルへの入出力を通じて行われる。

3.4 音声処理ワークベンチ動作例

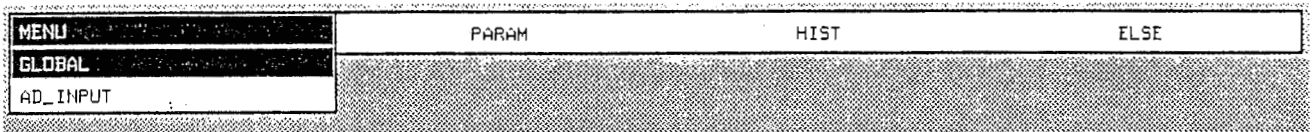
音声処理ワークベンチを使った信号処理、表示の動作例を示す。

① 波形、パワー、ランニングスペクトラム、LPCスライスの表示

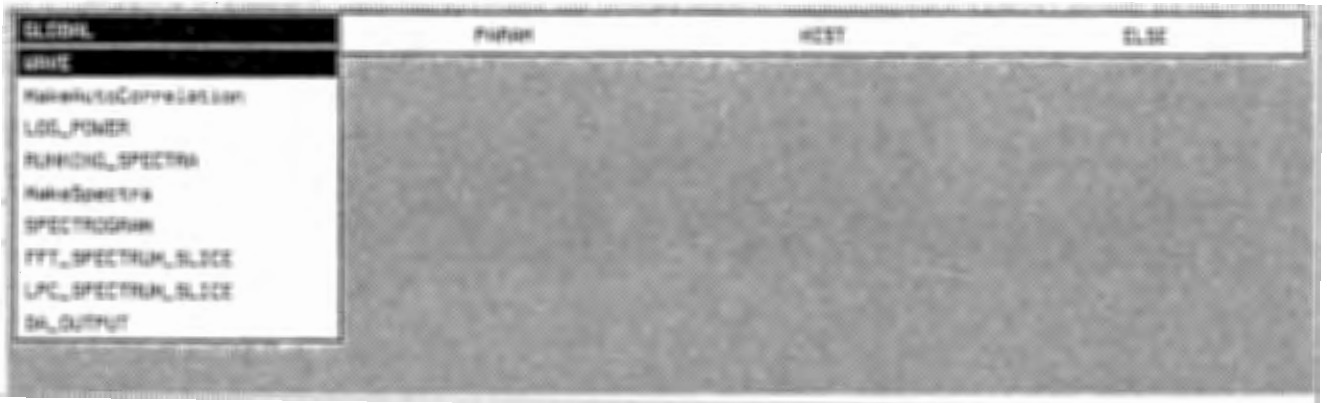
(1) WB_Menu を起動すると下のメニューバーが表示される。



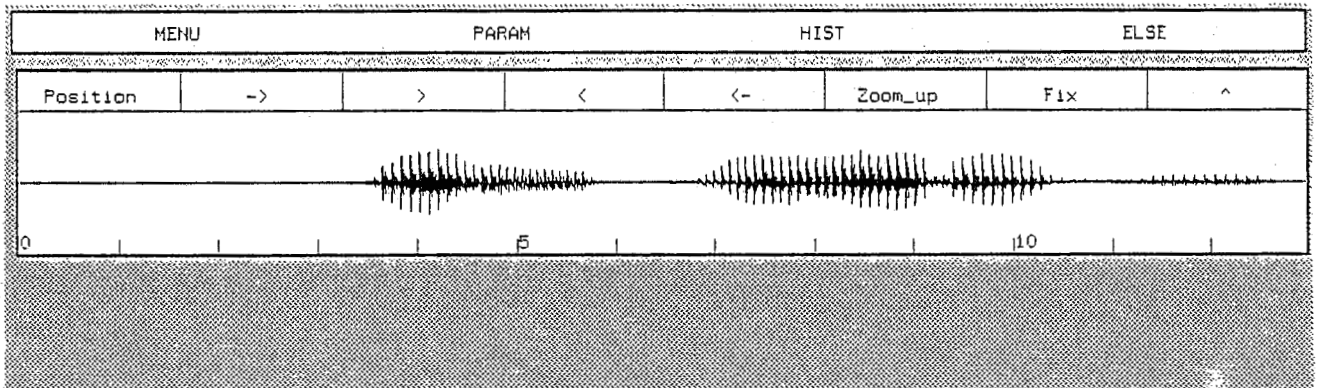
(2) "MENU" 中の "GLOBAL" を選ぶ。



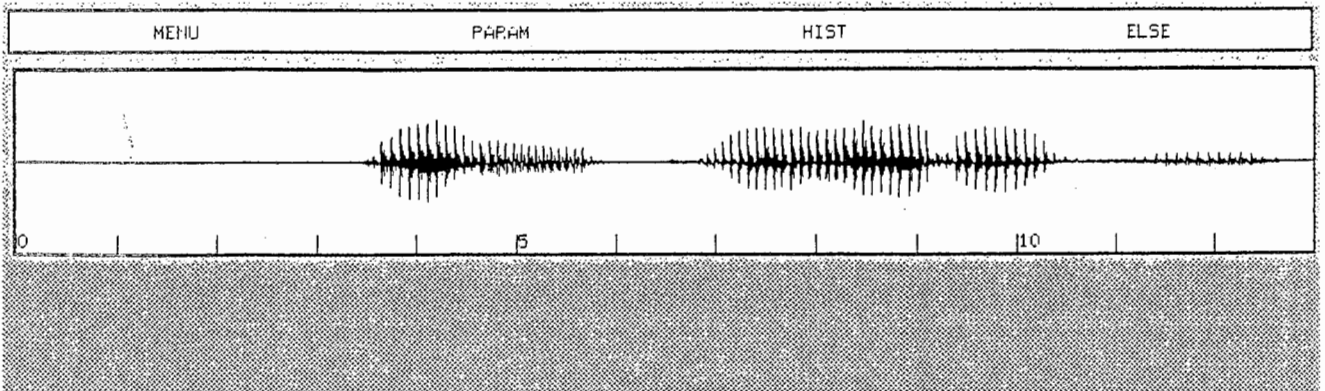
(3) "WAVE" を選ぶ。



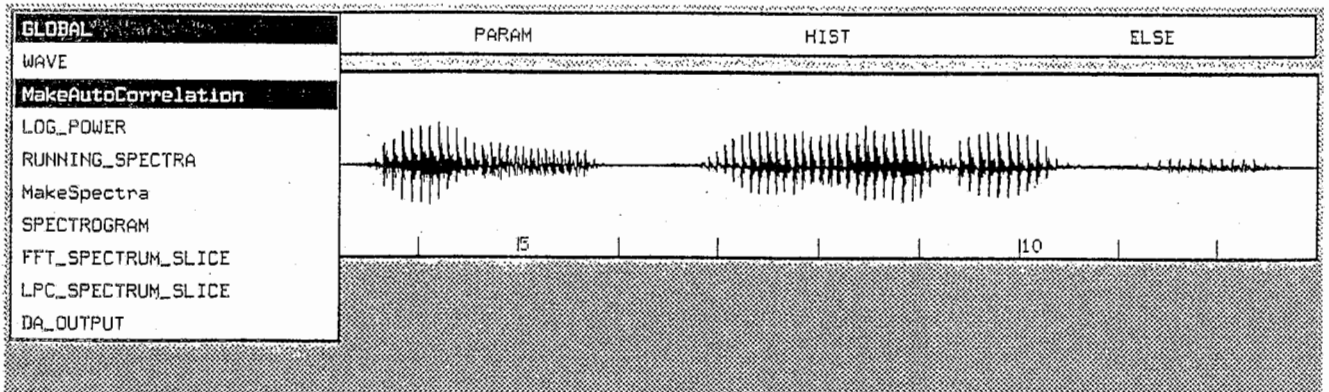
(4) 波形が表示される。必要に応じて表示ポイントの変更等を行った後、"Fix" をクリックする。



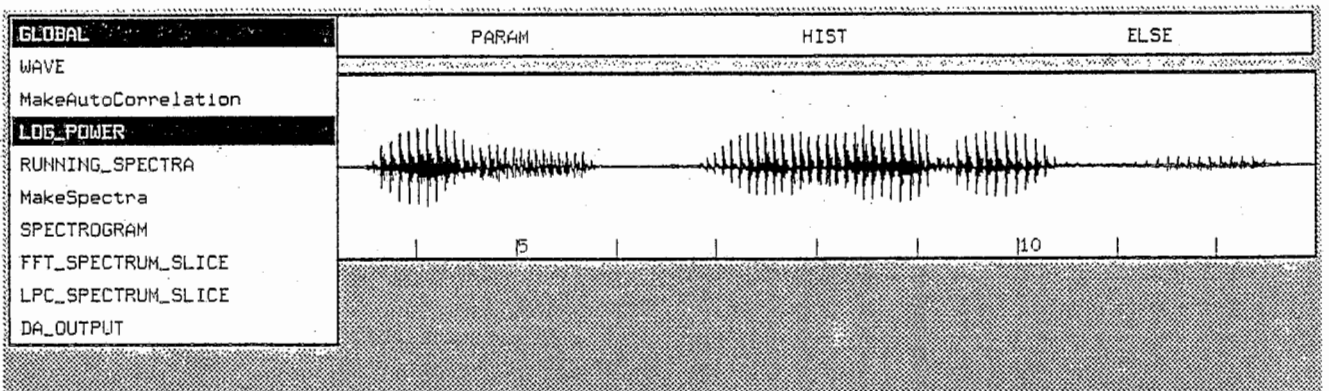
(5) 波形表示完了。



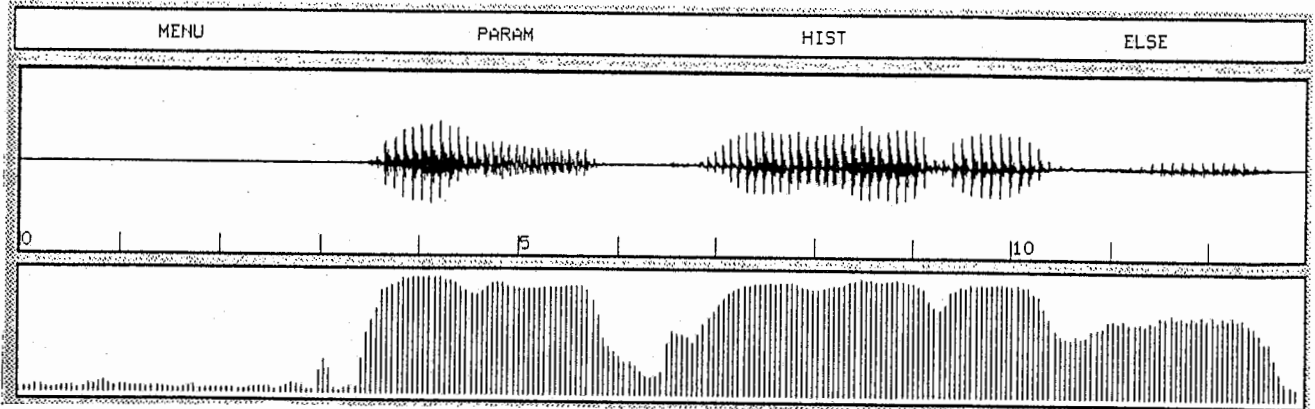
(6) 相関係数計算を行う。"MakeAutoCorrelation" を選ぶ。



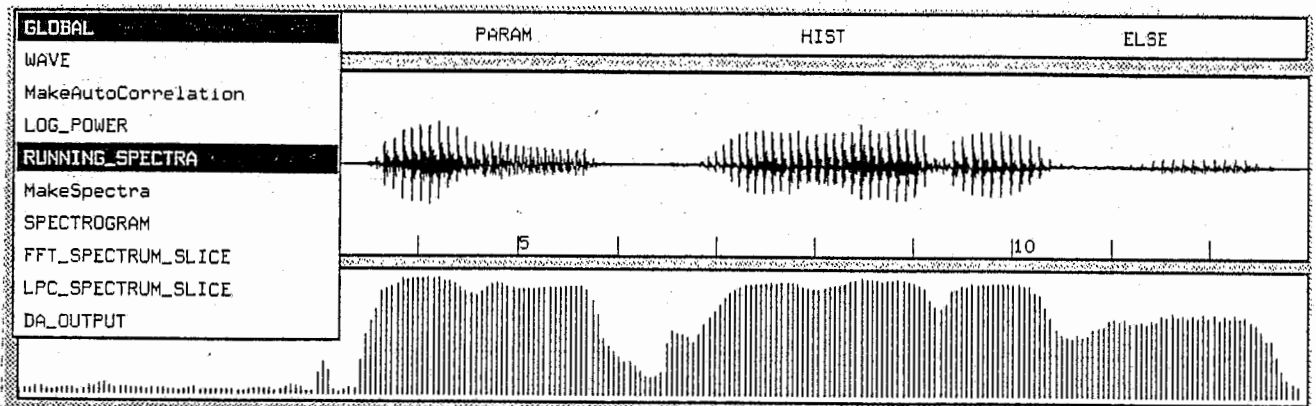
(7) 計算終了後、"LOG_POWER" を選ぶ。



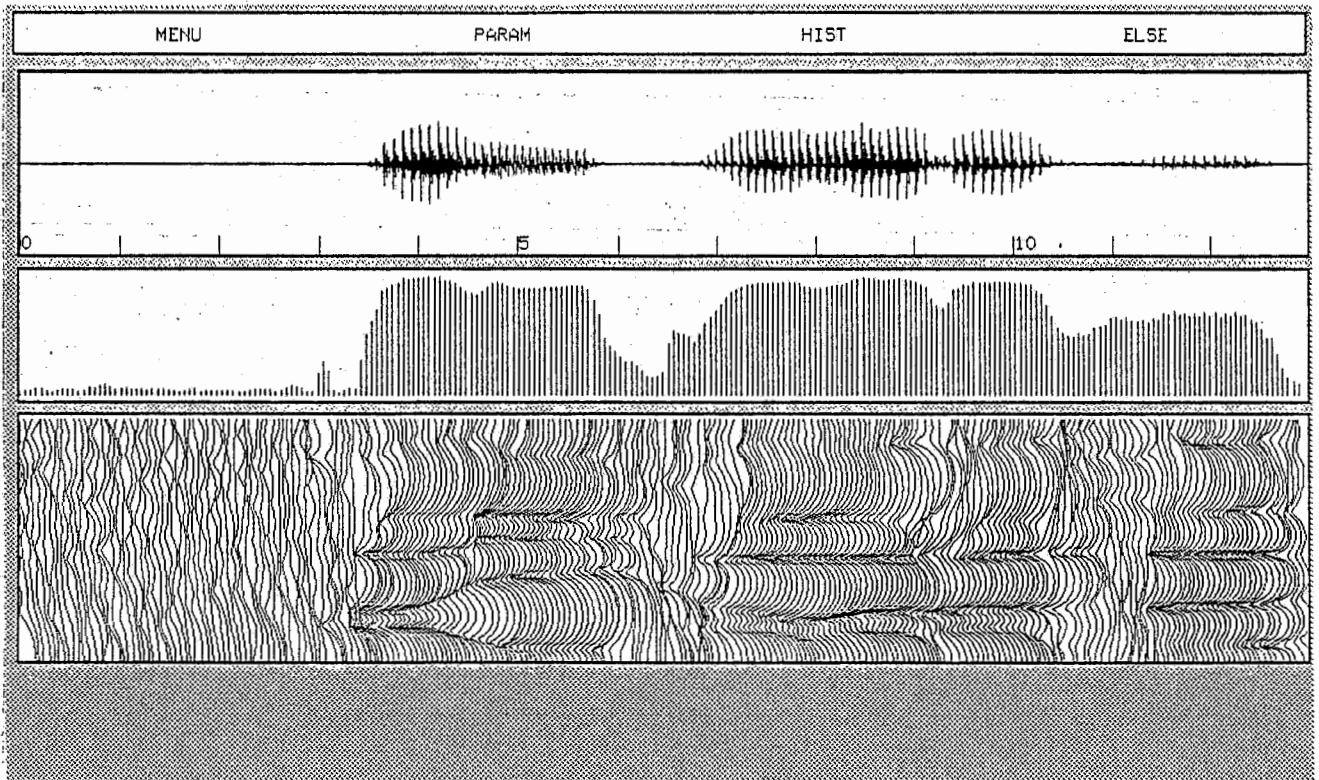
(8) パワーが表示される。



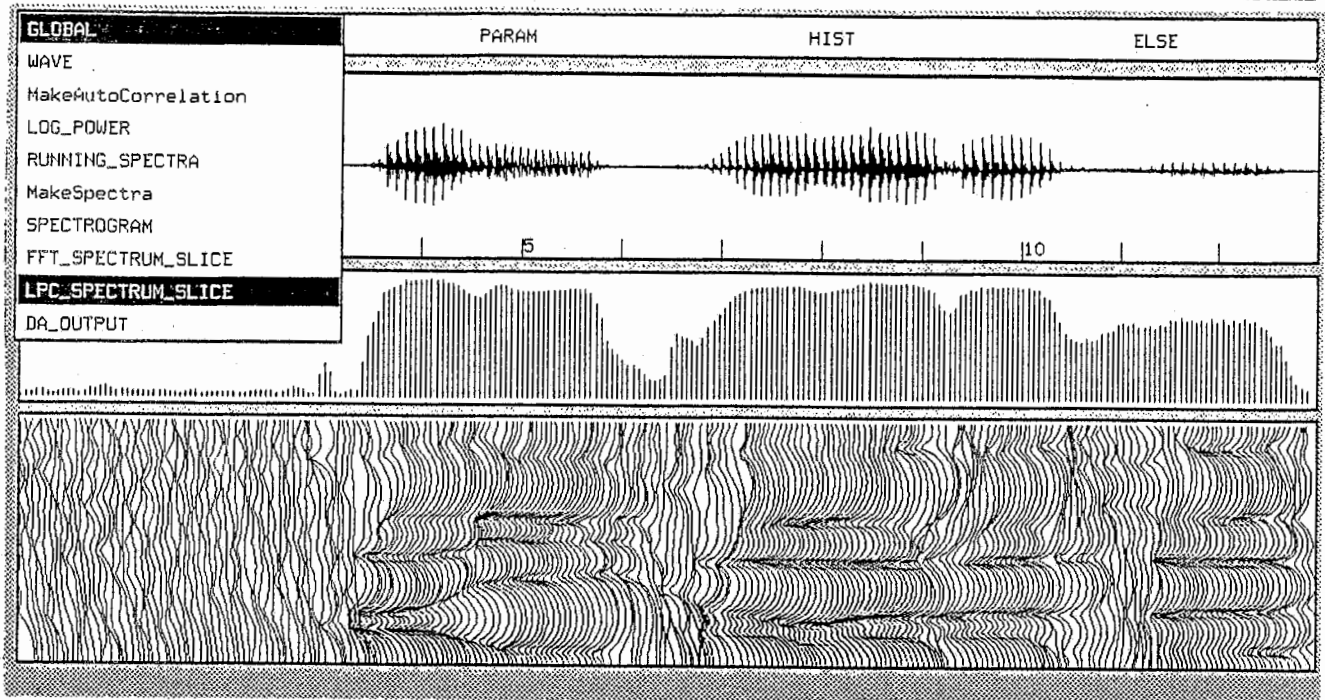
(9) "RUNNING_SPECTRA" を選ぶ。



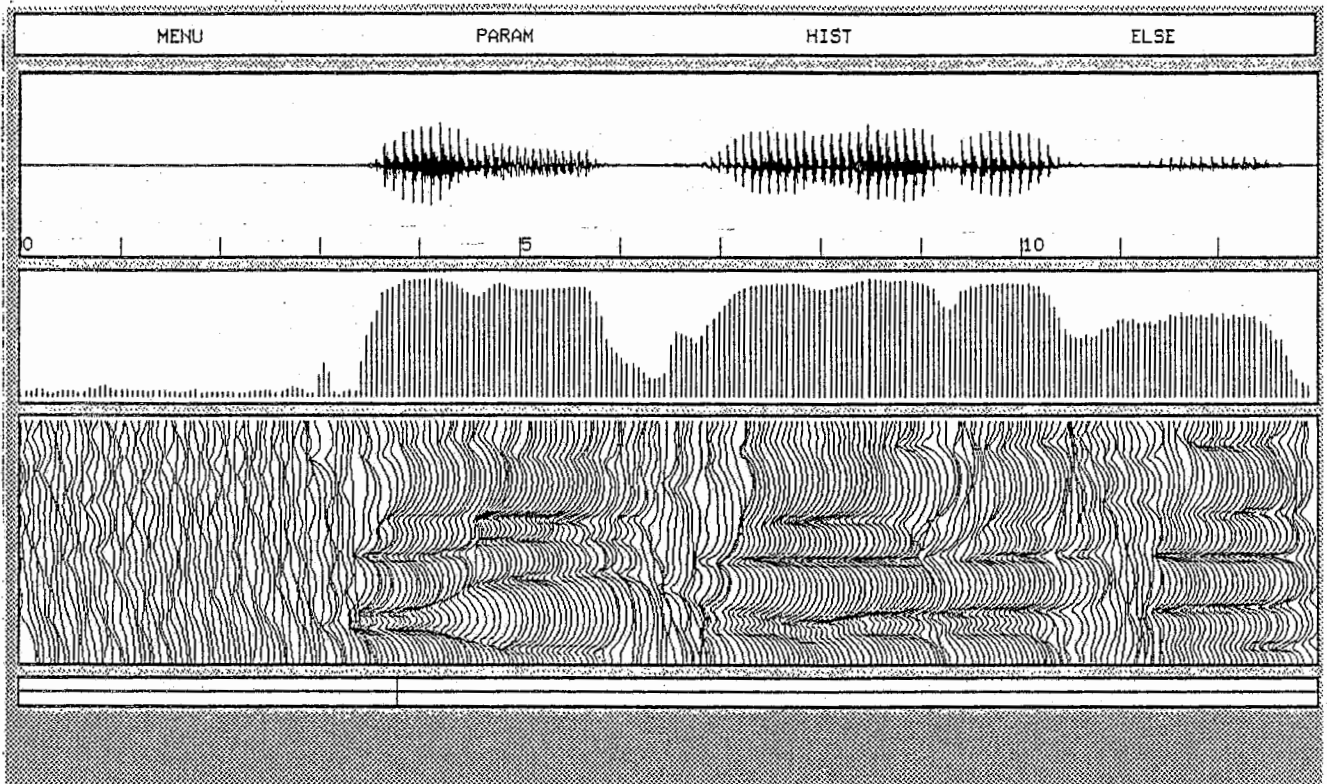
(10) ランニングスペクトラムが表示される。



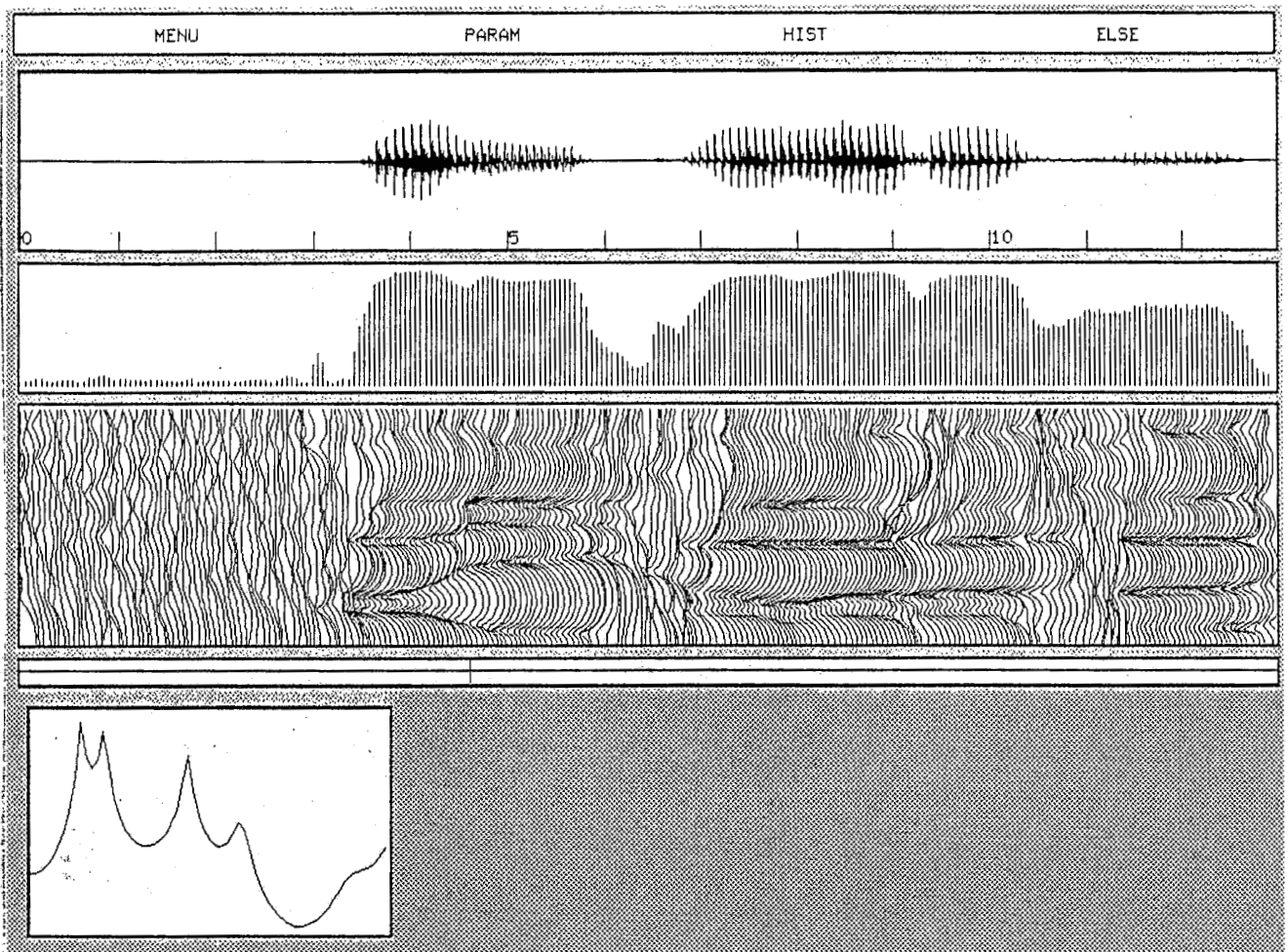
(11) "LPC_SPECTRUM_SLICE" を選ぶ。



(12) スライスポイント選択の為のカーソル・ウィンドウが表示される。



(13) マウスでカーソルを移動させてスライスしたい位置でクリックすると LPC スライスが表示される。

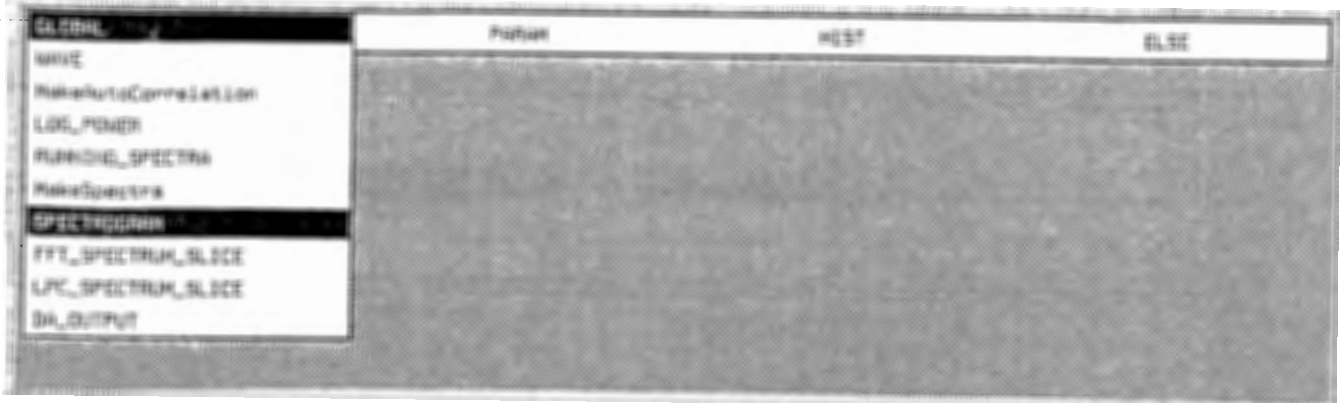


② スペクトログラムの表示

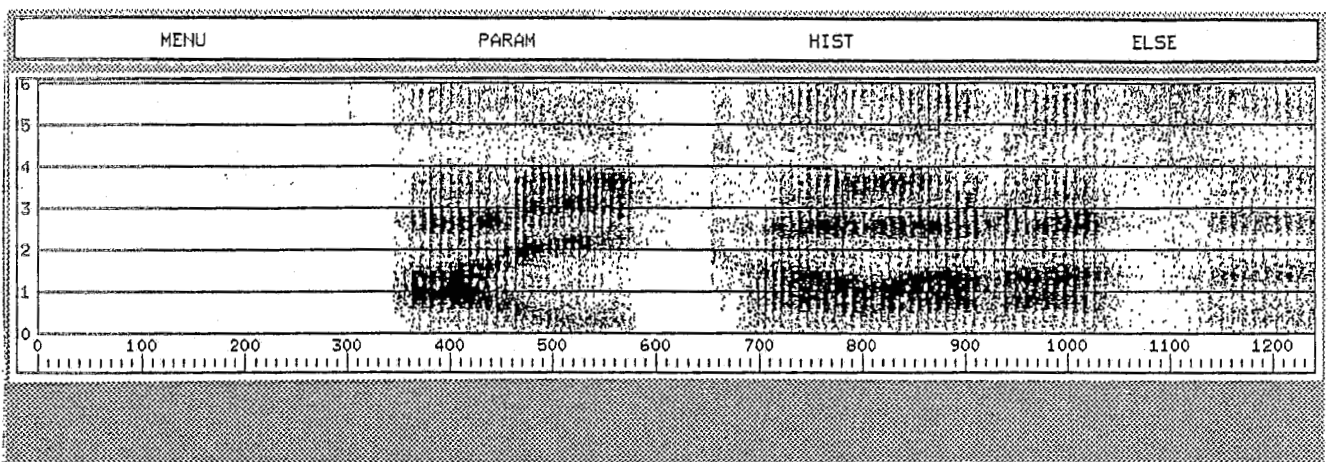
(1) "MakeSpectra" を選びログパワーの計算を行う。



(2) 計算終了後、"SPECTROGRAM" を選ぶ。



(3) スペクトログラムが表示される。



4. 機能モジュール群

今回のワークベンチ version2 の基本的処理項目として以下の機能モジュールを作成した。

- (1) 波形表示
- (2) 相関計算
- (3) ログパワー表示
- (4) ランニングスペクトル表示
- (5) ログパワースペクトラム計算
- (6) スペクトログラム表示
- (7) FFTスペクトラムスライス・カーソル制御
- (8) FFTスペクトラムスライス出力
- (9) LPCスペクトラムスライス・カーソル制御
- (10) LPCスペクトラムスライス出力

(11)DA出力

(12)AD入力

これらの中で(1)~(11)はグローバル・ファンクションと称し、プログラム実行時には ".global" という共通のパラメータファイルを読む。これは、波形データファイル名、計算・表示区間等、共通のパラメータを持つためである。

以下、それぞれの機能モジュールについて説明する。

(1)波形表示

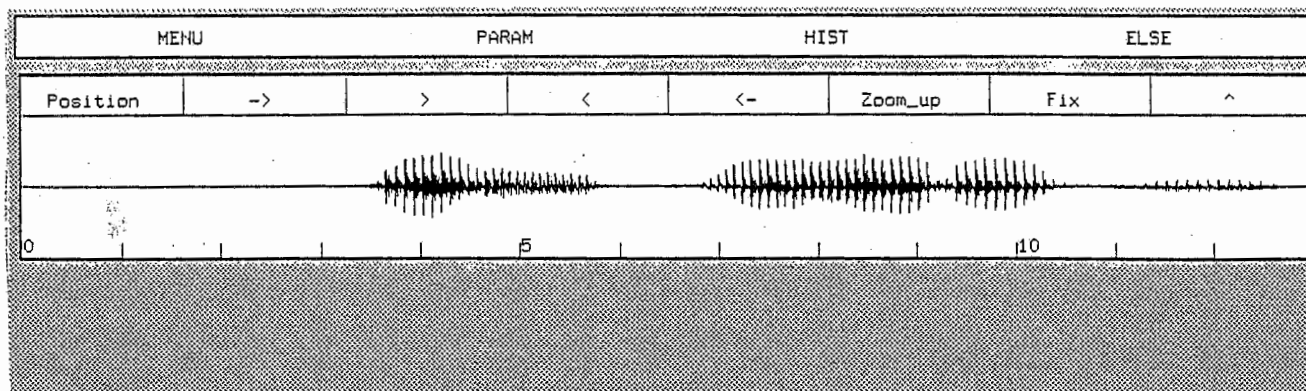
●プログラム名

WB_wave

●機能

波形データファイルのデータを読み込み、波形をウィンドウ上に表示する。表示ウィンドウ上で表示区間の変更、ズームアップ等の波形オペレーションを行うことができる。

波形オペレーションは、以下の様な表示で行う。



"Position" は、表示開始位置の指定で、マウスでクリック後キーボードから値を入力する。"->", ">", "<", "<-" は、表示区間の移動で、それぞれ一画面分進む、半画面分進む、半画面分戻る、一画面分戻る動作をする。"Zoom_up" は、マウスでクリックされた2点間の波形を拡大して表示する。これらのオペレーションにより希望の表示にしてから "Fix" をクリックすると、オペレーションの表示は消え、表示された波形の区間やウィンドウの位置等の情報がパラメータファイルに記述される。また、メニュー表示等により画面が壊れた場合は修正される。波形オペレーションの最中("Fix" がクリックされる前)に画面が壊れた時は、"^" をクリックすると壊れる前と同じ画面が表示される。

(2) 相関計算

- プログラム名

WB__correl

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている区間の波形データを波形データファイルから読み込み、相関計算を行い、結果をファイル(相関データファイル)としてディスク上に保存する。

(3) ログパワー表示

- プログラム名

WB__power

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている区間の波形データから作られた相関データファイルのデータを読み込み、ログパワーを計算してウィンドウ上に表示する。表示の時間方向の位置は、波形とそろえられる。また、波形表示同様、メニュー表示等により画面が壊れた場合は修正される。

(4) ランニングスペクトル表示

- プログラム名

WB__runspect

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている区間の波形データから作られた相関データファイルのデータを読み込み、ランニングスペクトルを計算してウィンドウ上に表示する。表示の時間方向の位置は、波形とそろえられる。また、波形表示同様、メニュー表示等により画面が壊れた場合は修正される。

(5) ログパワースペクトラム計算

- プログラム名

WB__logpower

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている波形データファイルのデータを読み込み、ログパワースペクトラムを計算し、結果

をファイルとしてディスク上に保存する。但し、計算は表示されている区間だけでなく波形データファイルの全データについて行う。

(6) スペクトログラム表示

- プログラム名

WB__spect

- 機能

ログパワースペクトラム計算(WB__logpower)の結果のパワースペクトラムの配列をXウィンドウのピクセル配列(bitmap)に変換し、そのbitmapによりウィンドウ上にスペクトログラムを表示する。スペクトログラムの濃淡表示は、bitmapのパターンにより表現される。表示される区間は、波形データファイルの全区間である。

(7) FFTスペクトラムスライス・カーソル制御

- プログラム名

WB__fft

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている区間の波形データを読み込み、FFT計算を行い、結果をファイルとしてディスク上に保存する。また、スライスポイントを選択するためのウィンドウを表示する。表示の時間方向の位置は、波形とそろえられる。そのウィンドウ上のカーソルをマウスで移動させて希望の位置でクリックするとスライスポイントが指定されFFTスペクトラムスライス出力プログラム(WB__fftslice)に渡される。

(8) FFTスペクトラムスライス出力

- プログラム名

WB__fftslice

- 機能

FFTスペクトラムスライス・カーソル制御(WB__fft)で指定されたポイントのFFTスペクトラムスライスをウィンドウ上に表示する。

(9) LPCスペクトラムスライス・カーソル制御

- プログラム名

WB__lpc

- 機能

波形表示プログラム(WB__wave)により表示されている区間の波形データを読み込み、LPC計算を行い、結果をファイルとしてディスク上に保存する。また、スライスポイントを選択するためのウィンドウを表示する。表示の時間方向の位置は、波形とそろえられる。そのウィンドウ上のカーソルをマウスで移動させて希望の位置でクリックするとスライスポイントが指定されLPCスペクトラムスライス出力プログラム(WB__lpcslice)に渡される。

(10)LPCスペクトラムスライス出力

- プログラム名

WB__lpcslice

- 機能

LPCスペクトラムスライス・カーソル制御(WB__lpc)で指定されたポイントのLPCスペクトラムスライスをウィンドウ上に表示する。

(11)DA出力

- プログラム名

WB__daout

- 機能

D/A変換をするために、波形表示プログラム(WB__wave)により表示された区間の波形データをDASBOXへ送る。

(12)AD入力

- プログラム名

WB__ad

- 機能

DASBOXでA/D変換されたデータから波形データファイルを作りディスクに保存する。

5. 今後の課題

今回作成したプログラムの中で、メニュープログラムとスペクトログラム表示プログラムはXウィンドウにより表示されるが、その他はGKSで動いている。GKSはXウィンドウに比べて、動作速度は遅く、機能も多くはないので、全てXウィンドウで動作させて、動作速度、見やすさ、操作性の向上をはかりたい。

また、仕様を決めるために行ったアンケートの回答には、多くの機能プログラムの要望があり、今回はそれらの作成には力を入れなかったが、今後は機能プログラムの種類を増やし、より効率的な音声処理作業環境を作り上げていく。

参考文献

- [1] 丸山、川端 : 「対話型操作環境をワークベンチごとに設定できるメニューシステムの作成」 ATR Technical Report TR-I-0011 (December 1987)
- [2] 丸山、川端 : 「音声信号処理の基本操作を提供する機能モジュール群の作成」 ATR Technical Report TR-I-0012 (December 1987)

付録-1 動作例で使用したシステムのユーザ定義ファイル、パラメータ定義ファイル

”3.4音声処理ワークベンチ動作例”で使用したシステムのユーザ定義ファイル(.wbrc)、パラメータ定義ファイル(.wbrp)を以下に示す。

[.wbrc]

```

MAIN      4
          MENU                MENU
          PARAM               $PARAM
          HIST                $HIST
          ELSE                ELSE

MENU      2
          GLOBAL              GLOBAL
          AD_INPUT            !WB__ad      .ad_input

GLOBAL    9
          WAVE                !WB__wave    .global
          MakeAutoCorrelation !WB__correl .global
          LOG_POWER           !WB__power  .global
          RUNNING_SPECTRA     !WB__runspect .global
          MakeSPECTRA         !WB__logpower .global
          SPECTROGRAM         !WB__spect  .global
          FFT_SPECTRUM_SLICE  !WB__fft    .global
          LPC_SPECTRUM_SLICE  !WB__lpc    .global
          DA_OUTPUT           !WB__daout  .global

ELSE      3
          ERASE               $ERASE
          RESET               $RESET
          EXIT                 $EXIT
    
```

[.wbrp]

FUNC	2	
GLOBAL		GLOBAL
AD_INPUT		AD_INPUT
GLOBAL	8	
WAVE		WAVE
MakeAutoCorrelation		MakeAutoCorrelation
LOG_POWER		LOG_POWER
RUNNING_SPECTRA		RUNNING_SPECTRA
SPECTROGRAM		SPECTROGRAM
FFT_SPECTRUM_SLICE		FFT_SPECTRUM_SLICE
LPC_SPECTRUM_SLICE		LPC_SPECTRUM_SLICE
DA_OUTPUT		DA_OUTPUT
WAVE	9	
file		"/data/users/maruyama/DATA/0003
fp		#0
intval		#1300
hz		#12
scale		#1.0
width		#0
height		#0
x		#0
y		#0
MakeAutoCorrelation	4	
file		"0
ns		#64
nw		#256
window		@anl_wind
LOG_POWER	2	
height		#0
y		#0
RUNNING_SPECTRA	4	
file		"0
lpcoder		#13
height		#0
y		#0

SPECTROGRAM 6

file "0
 xpixels #2
 ypixels #3
 start #0
 stf #2.5
 d #100

FFT_SPECTRUM_SLICE 8

file "0
 fftlength #512
 locate #0
 cursor_y #0
 width #0
 height #0
 x #0
 y #0

LPC_SPECTRUM_SLICE 7

file "0
 locate #0
 cursor_y #0
 width #0
 height #0
 x #0
 y #0

DA_OUTPUT 1

repeat_time #3

anl_wind 3

Ham #0
 Han #1
 Rect #2

AD_INPUT 5

sampling_rate #12
 sampling_time #10
 start_flag #0
 channel_num #1
 file_name "ad.dat

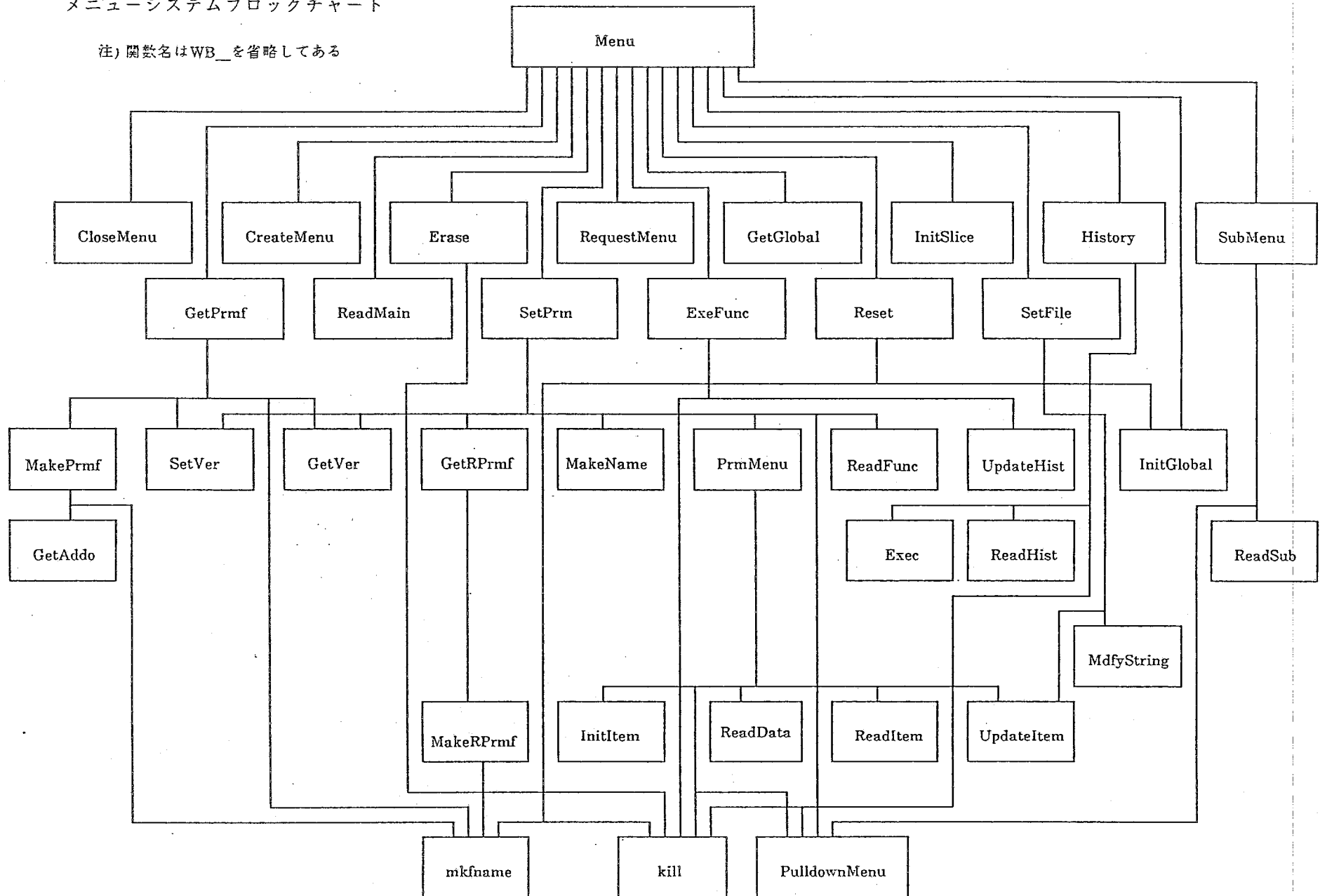
付録-2 メニューシステムを構成するプログラムの一覧

以下にメニューシステムのために作成された関数とブロックチャートを示す。

WB_Menu
WB_CloseMenu
WB_CreateMenu
WB_Erase
WB_Exec
WB_ExeFunc
WB_GetAddo
WB_GetGlobal
WB_GetPrmf
WB_GetRPrmf
WB_GetVer
WB_History
WB_InitGlobal
WB_InitItem
WB_InitSlice
WB_MakeName
WB_MakePrmf
WB_MakeRPrmf
WB_Mdfystring
WB_PrmMenu
WB_PulldownMenu
WB_ReadData
WB_ReadFunc
WB_ReadHist
WB_ReadItem
WB_ReadMain
WB_ReadSub
WB_RequestMenu
WB_Reset
WB_SetFile
WB_SetPrm
WB_SetVer
WB_SubMenu
WB_UpdateHist
WB_UpdateItem
WB_kill
WB_mkfname
WB_GetData
WB_string

メニューシステムブロックチャート

注) 関数名はWB_を省略してある



付録-3 機能モジュールを構成するプログラムの一覧

以下に機能モジュールのために作成された関数を示す。

WB_DefWind
WB_GetPrm
WB_MdfyFloat
WB_MdfyInt
WB_MdfyString
WB_UpdatePrm
WB_correl
WB_drawave
WB_fft
WB_fftslice
WB_kill
WB_lpc
WB_lpcslice
WB_mkfname
WB_power
WB_runspect
WB_set_window
WB_valuator
WB_wave
WB_logpower
WB_spect
WB_ad
WB_daout

付録-4 音声処理ワークベンチを動作させるための装置、環境

ハードウェア

- | | |
|-------------|--------------------|
| ●ワークステーション | VAX Station II/GPX |
| ●A/D,D/A変換器 | μDASBOX |
| ●オーディオ入出力装置 | |

ソフトウェア

- | | |
|----------------|-------------|
| ●オペレーティング・システム | UNIX 4.3BSD |
| ●ウィンドウ・システム | X ウィンドウ |
| ●グラフィック・ソフトウェア | G.K.S. |