

TR-I-0347

音声認識のための音声分析と
ラベル変換

Speech Analysis and Phoneme Label Conversion
for Speech Recognition Research

嵯峨山 茂樹

Shigeki Sagayama

1993年3月10日

ATR 自動翻訳電話研究所

©1993 ATR 自動翻訳電話研究所

あらまし — 音声認識研究を目的とした音声分析 (LPC ケプストラム分析とデルタケプストラム計算) と、ATR ラベル情報の変換について、その必要性・アルゴリズム・原理・プログラムの使用法などについて述べる。この分析プログラムは、ATR において連続型 HMM をベースにした音声認識の研究のフロントエンドとして広く用いられている。また、ラベル変換は、SSS(逐次状態分割) 法による隠れマルコフネットワークの自動作成など、いくつかの新しい音声認識手法には必須のものであるし、また、変換されたラベル情報は、音声分析のための制御ファイルとして使用される。

目次

1	音声分析アルゴリズム	2
1.1	音声波形とは	2
1.2	音声分析とは	4
1.3	何のために音声分析を用いるか	4
1.4	確率論から捉えた音声認識	6
1.5	LPC 音声分析の手順	6
2	音素ラベルの変換	11
2.1	日本語音声の特徴	11
2.2	音素ラベルについての考え方	12
2.3	音素ラベルの基本方針	12
2.4	使用する音素記号及びその他の記号	13
2.5	音素記号についての方針	14
2.6	音素記号セットと音声記号との対応 (便宜主義音声学)	15
2.7	音素表記との関係	16
2.7.1	長音 (おお・おう・ええ・えい など)	16
2.7.2	促音	17
2.7.3	撥音	18
2.7.4	拗音	21
2.7.5	ず・づ・じ・ぢ	21
2.7.6	母音の脱落あるいは無声化	21
2.7.7	鼻音化	21
2.7.8	は行音 (h)	21
2.7.9	無声化母音あるいは脱落	21
2.7.10	鼻濁音	21
2.7.11	閉塞区間 *	22
2.8	音素ラベルの変換	22
2.9	ラベル変換の方法	23
2.10	融合ラベルの切り離し	34

3	音声分析のソフトウェア	38
3.1	実行環境	38
3.2	音声分析プログラム類のコンパイル	38
3.3	関係ファイルの意味	39
3.3.1	ファイル名の意味	39
3.3.2	ファイル名の拡張子の意味	39
3.4	音声分析メニュー csh コマンド “A-menu”	42
3.5	SSS アルゴリズム実行のためのラベルの変換	53

第 1 章

音声分析アルゴリズム

音声認識などでは、音声波形そのものを扱うことはほとんどなく、多くの場合スペクトルパラメータに変換されて表現される。その大きな理由は、波形のままでは情報が冗長過ぎて扱いにくいこと、および人間の聴覚に關与するのは第一義的にはスペクトルであること、などである。実際、位相を変化させるフィルタに音声波形を通すと波形は変化するが、人間の音声の認識には大きな影響はない。このため、冗長な情報である音声信号波形に、音声分析(あるいは「音響分析」)を行なって、情報を圧縮し、効率の良い音響パラメータに変換して扱う。

この章では、そのための音声分析のアルゴリズムについて説明する。

1.1 音声波形とは

まず、音声波形はどのようなものか、一例を図 1.1 に示そう。母音は、周期的な繰り返し

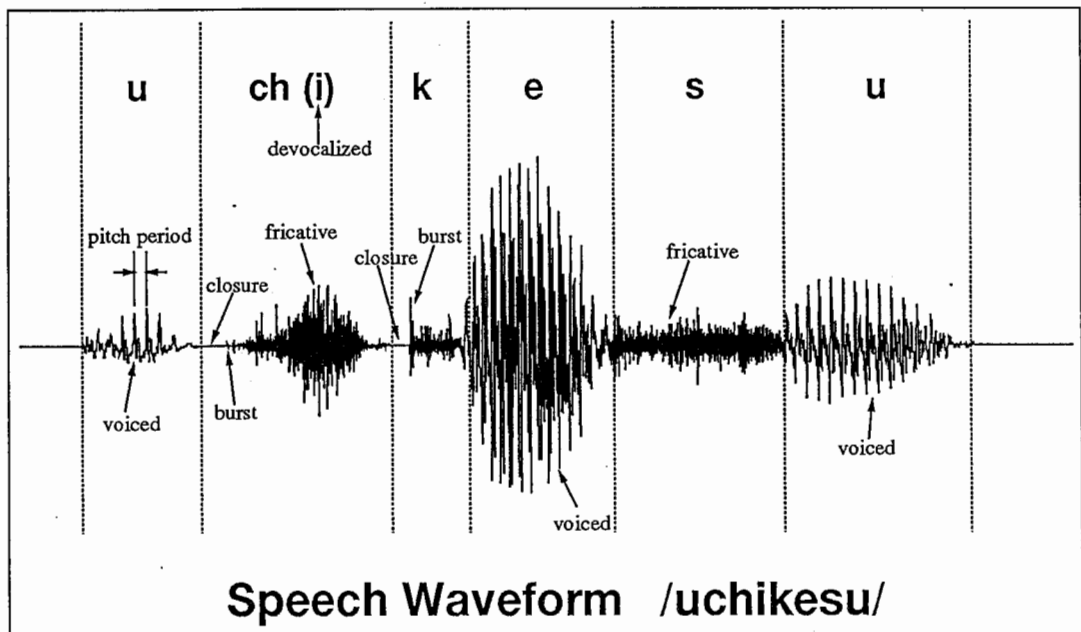


図 1.1: 日本語音声「打ち消す」 / utʃi kesu / の波形例

波形であることが、/u/ と /e/ の音について見られる。また、/tʃ/ のような破擦音や /s/ のような摩擦音では、雑音性の不規則な波形が見られる。破擦音 /tʃ/ と破裂音 /k/ では破裂が見られる。

しかし、音声の知覚は、波形よりむしろスペクトルに基づいている。音声スペクトルの一例を、図 1.2 に示す。これは、音声信号を短時間 (30ms 程度) ごとにスペクトル分析して、周波数を横軸に対数スペクトル強度を縦軸にしたグラフを、時間の推移に従って多数並べたものである。

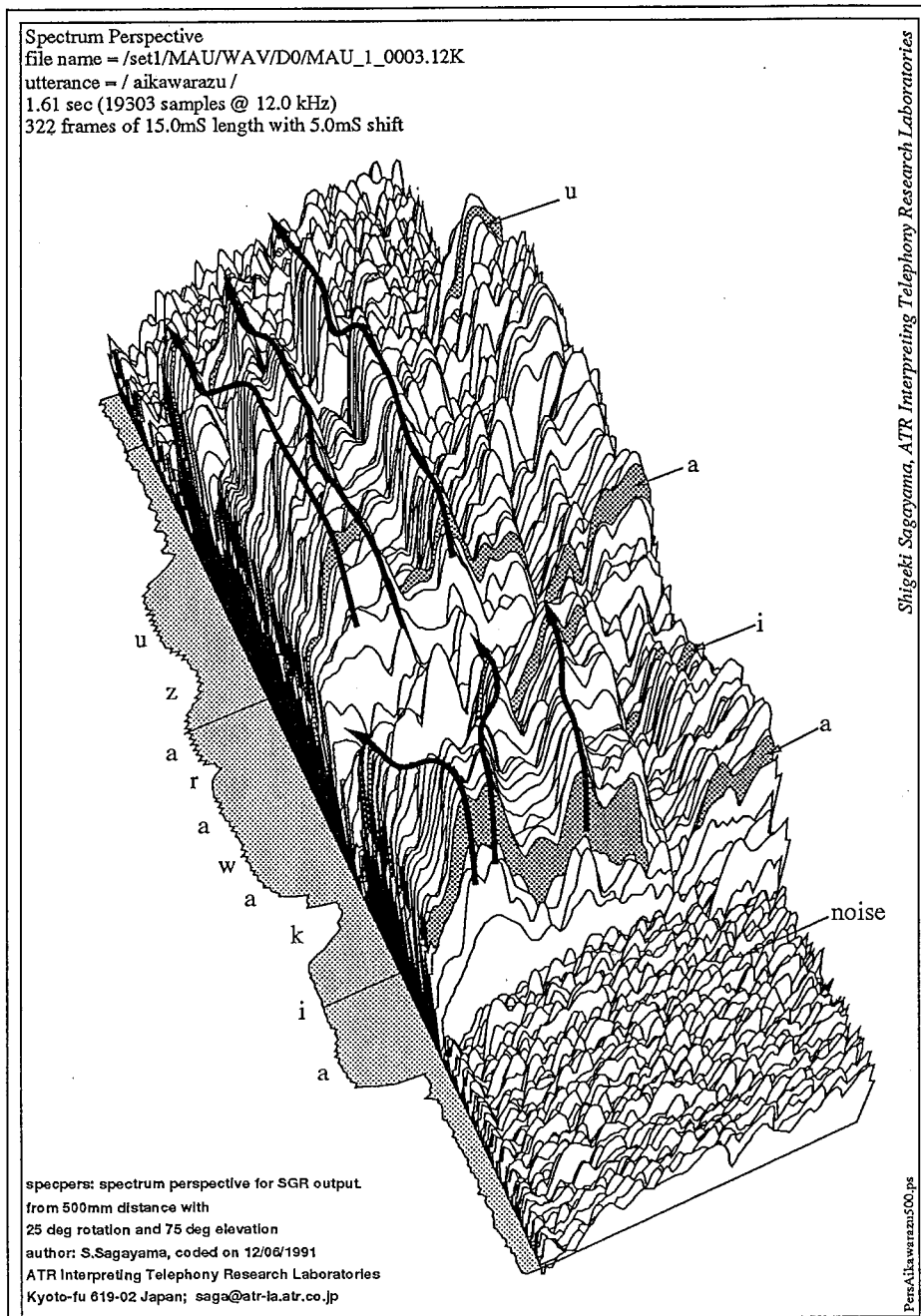


図 1.2: 日本語音声「あいかわらず」 / aikawarazu / のスペクトル系列例

各時点での短時間スペクトルには、特に母音などに、顕著なピークが見られる。これらはフォルマントと呼ばれている。フォルマントは、口腔や鼻腔など音声器官の共鳴現象によって生じるもので、音素を特徴づけるものである。しかし、フォルマントは、スペクトルから安定に取り出すことが難しく、実際の音声認識にはあまり用いられない。

1.2 音声分析とは

音声信号はもちろん非定常信号であるが、調音器官の動きは音声波形に比べるとゆっくりであると言えるので、短時間ごとには定常と見なして、通常 15 ms - 30 ms 程度の長さの観測窓関数を波形に掛け、スペクトル分析を行なう。この短時間の音声情報を(音声分析)フレームと呼ぶ。フレームを短時間(5 ms - 20 ms 程度)ずつシフトして音声分析を行なうと、その結果得られるパラメータの時系列は、一般に、スペクトルパラメータのベクトルの時系列になる。

そのようなパラメータとしては、フーリエ解析によるスペクトルの他に、LPC 分析により全極型スペクトルモデル化して求めたケプストラムが特徴ベクトルとして用いられることが多い。

1.3 何のために音声分析を用いるか

ここで述べる音声分析の第一の目的は音声認識である。音声認識(speech recognition)とは、人間が発する言語音声の内容を、機械によって認識(音声認識)し、理解(音声理解)することである。たとえば、マイクロフォンを通して機械に話しかけると、機械はその内容を理解する。音声認識の研究は近年極めて盛んで、以前から使いやすいマンマシンインタフェース技術として、さらに最近マルチモーダル入力やマルチメディアなどの観点からも音声認識への期待は大きい。また、コンピュータの小型化の限界をうち破るためには音声入力は必須の技術になることが予想され、将来はコンピュータメーカーの死命を決する技術となる可能性すらある。

アルゴリズムの点では、従来の動的計画法(DP)をベースにした手法に加えて隠れマルコフモデルやニューラルネットワークのような新しい高性能な手法が発達してきたことも大きな理由である。近年のコンピュータの発達の結果、ワークステーションやパソコンで、このような計算量の多いアルゴリズムを用いた音声認識研究が可能になったことも大きい。また、米国では国防省の組織 DARPA が、全国の音声研究機関を強力に動かして研究を推進していることも背景にある。

音声認識とは、許されるあらゆる発声内容の仮説の中で、発声された音声をもっともよく説明できるものを探す問題である — これが工学的な意味で最近の主流となっている音声認識のとらえ方と言って良いだろう。

たとえば「はい」と「いいえ」だけを認識する2単語音声認識の場合を考えよう。音声が入力されたとき、その内容について許される仮説はこれら2単語だけであり、答えはこの中にあるはずである。しかし、音声のようなアナログ信号パターンは発声するたびに変形し、

同一のパターンが再現されることはまずない。その意味で、音声入力はずねに曖昧である。このような曖昧なパターンが、「はい」と「いいえ」のどちらの仮説からの変形として、よりもっともらしい説明ができるか、を判断して音声認識結果が得られる。

連続音声認識の場合も原理は同じである。ただし、許される仮説の数は一般に膨大であり、とてもすべてを正直に仮説検証することはできない。また、仮説は、単語リストのような簡単なものだけでは規定できず、文法規則などを含めて規定する。このような連続音声認識の問題を考える場合、おもな構成要素は

- 音声分析 — 音声波形から有用な音声の特徴量のパターンを抽出する
- 音素モデル — 言語の単位 (音素など) の音響的性質をモデル化する
- 言語モデル — 探索すべき解 (認識結果) の探索空間を規定する
- 解探索過程 — 定義された探索空間中で最適解を効率良く探す

の4つである。これらの関係を図1.3に示す。この図は音声認識の一般的な概念と考えてよい。

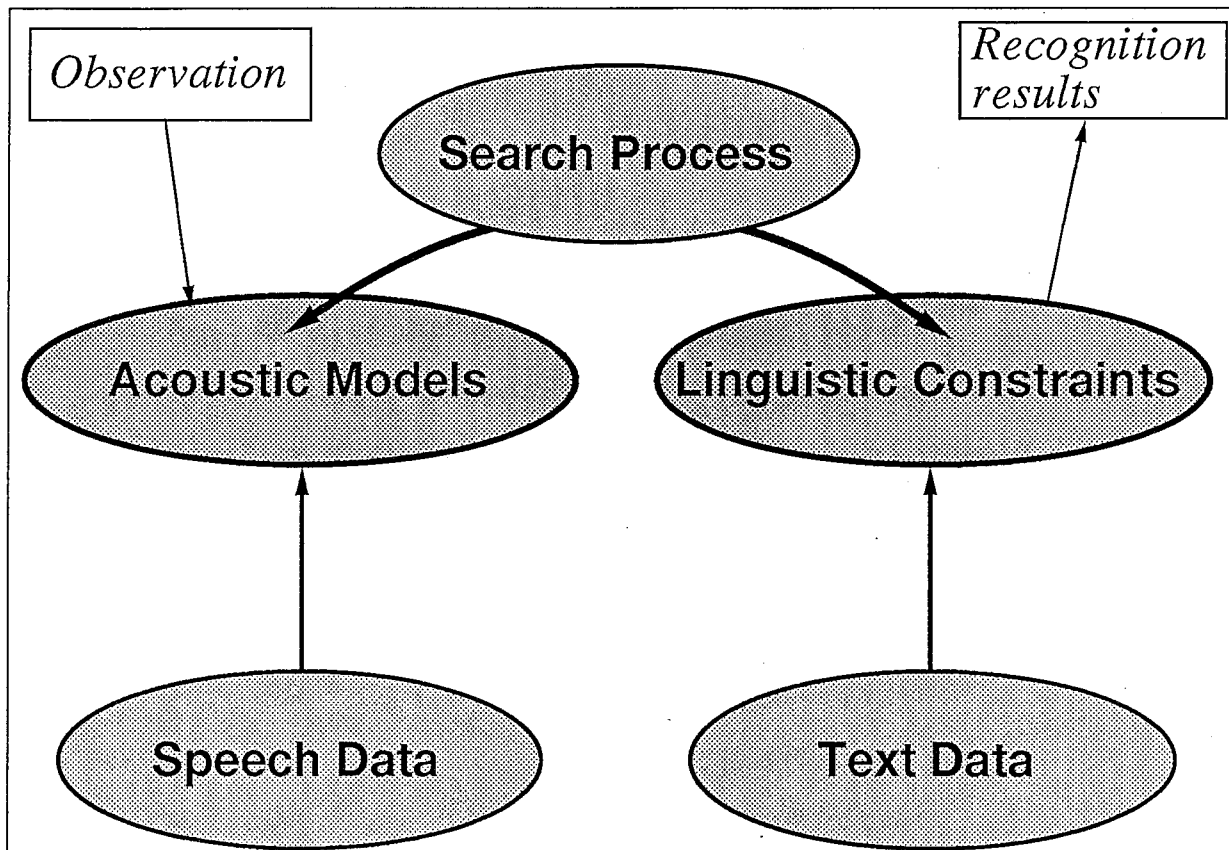


図 1.3: 連続音声認識の一般的な原理

1.4 確率論から捉えた音声認識

以上に述べたことを確率論によって定式化することができる。音声パターン Y が観測されたとき、発声した内容 (音素列) が W である確率 (事後確率) $P(W|Y)$ は、Bayes の定理により、

$$P(W|Y) = \frac{P(Y|W)P(W)}{P(Y)} \quad (1.1)$$

となるので、この確率が最大になるような W を選ぶことによって音声認識を行なう。この式で、音声パターン Y が観測される確率 $P(Y)$ は発声内容の仮説 W によらないので、 $P(Y|W)P(W)$ が最大となる音素列仮説 W を求めれば、それが音声認識結果である。

音声パターン Y は、音声波形から音声認識に有用な情報だけを抽出したもので、音声分析によって得られる。 $P(W)$ は、音素列 W が発話される確率であり、言語モデルに対応する。一方 $P(Y|W)$ は、音素列の仮説 W に対し、音声パターン Y が観測される条件つき確率 (事前確率) であり、音響モデルに対応する。上記の確率が最大となる解を探索するのが音声認識の一般理論である。

以下の説明は、音声波形から音声認識に有用な情報である音声パターン Y を抽出する音声分析の手順である。

1.5 LPC 音声分析の手順

それでは、音声認識を目的とした音声分析の代表的な手順である LPC ケプストラム分析を具体的に述べよう。これによって、音声波形から音声の特徴パラメータベクトル時系列が得られる。

1. サンプリングと高域強調

マイクロフォンなどから入力されたアナログ音声信号は、まずデジタル信号に変換される。このためには、サンプリング定理に従って、音声信号を (たとえばカットオフ周波数 6kHz の) 低域通過フィルタ (LPF) を通して帯域制限し、その帯域の倍の周波数 (Nyquist 周波数, たとえば 12kHz) でサンプリングし、AD 変換器により (たとえば 16 ビットで) 量子化して、デジタル信号を得る。

音声信号 $\{X_t\}$ (t は整数の時刻) は、通常低域のほうにエネルギー成分が偏っているため、その後の音声分析精度を高くするために、一次差分フィルタにより高域強調することが多い。その計算は、高域強調係数 α (たとえば 0.98) を用いて、 $X'_t = X_t - \alpha X_{t-1}$ ($t = 1, 2, 3, \dots, N$) のように行なわれる。

2. データ窓

音声信号は時々刻々変化する非定常な信号であるが、20ms などの短時間については定常信号と同様のスペクトル分析ができる。このような短時間の信号を、元の音声信号に矩形窓を掛けて切り出すと、両端の効果が現れてスペクトル推定に害がある。そこで、

たとえば Hamming 窓:

$$h_t = 0.54 - 0.46 \cos \frac{2\pi t}{N} \quad t = 1, 2, 3, \dots, N \quad (1.2)$$

などのたのよい窓 $\{h_t\}$ を掛けて切り出す。

これを、音声信号に、 $x_t = h_t X'_t$ ($t = 1, 2, \dots, N$) のように掛ける。 N は窓長で、12kHz サンプリング、20ms 窓の場合は、 $N = 240$ である。このような窓掛けを短時間 (たとえば 5m 秒) ずつずらして行ない、1 フレームごとの音声データを得る。

3. 自己相関分析とラグ窓かけ

LPC 分析に先立って自己相関関数を計算する。1 フレームの窓長を N サンプルとすると、音声信号サンプル値 $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ から、

$$v_\tau = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-\tau} x_t x_{t+\tau} \quad \tau = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (1.3)$$

により自己相関関数を求める。

母音などの周期信号の場合、基本周波数の影響により LPC 分析の精度を低下することを防ぐため、相関関数にさらにガウス関数などのラグ窓を掛ける方がスペクトル推定の信頼性がよい¹。

4. PARCOR アルゴリズム (Levinson-Durbin-Itakura 法)

線形予測分析 (LPC) を行なう。音声信号 x_t を過去の p 個の値から

$$\hat{x}_t = -a_1 x_{t-1} - a_2 x_{t-2} - a_3 x_{t-3} - \dots - a_p x_{t-p} \quad (1.4)$$

により予測するモデルで、定常区間内で予測値の二乗誤差が最小になるような係数 $\{a_i\}$ を求めるものが、 p 次 (たとえば 16 次) 線形予測分析 (Linear Predictive Coding: LPC) と呼ばれるものである。その解は、次のような正規方程式 (Yule-Walker 方程式とも呼ばれる) を解くことにより得られる。

$$\begin{pmatrix} v_0 & v_1 & v_2 & \cdots & v_{p-1} \\ v_1 & v_0 & v_1 & \cdots & v_{p-2} \\ v_2 & v_1 & v_0 & \cdots & v_{p-3} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{p-1} & v_{p-2} & v_{p-3} & \cdots & v_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ v_p \end{pmatrix} \quad (1.5)$$

この行列は特殊な形 (Toeplitz 行列と呼ばれる) をしているため Levinson-Durbin アルゴリズムあるいは板倉・斉藤の PARCOR アルゴリズムと呼ばれている効率の良い解法がある。

¹Tohkura78ASSPtrans12

初期値として、

$$k_1 = \frac{v_1}{v_0} \quad (1.6)$$

$$a_1^{(1)} = -k_1 \quad (1.7)$$

$$u_1 = v_0 - k_1 v_1 \quad (1.8)$$

$i = 2, \dots, p$ について、

$$w_{i-1} = \sum_{j=1}^{i-1} a_j^{(i-1)} v_{i-j} + v_i \quad (1.9)$$

$$k_i = \frac{w_{i-1}}{u_{i-1}} \quad (1.10)$$

$$a_j^{(i)} = a_j^{(i-1)} - k_i a_{i-j}^{(i-1)} \quad (j = 1, 2, \dots, i-1) \quad (1.11)$$

$$a_i^{(i)} = -k_i \quad (1.12)$$

$$u_i = u_{i-1} - k_i w_{i-1} \quad (1.13)$$

このアルゴリズムで得られた、 $\{a_i^{(p)}, i = 1, 2, \dots, p\}$ が、求める線形予測係数である。このアルゴリズムは、通常の消去法などに比べて計算量を大きく減らすことができ、乗算は $p^2 - p + 1$ 回、除算は p 回で済む。

この手順は、実は、零点を持たない有理関数型のスペクトル (全極型スペクトル):

$$f(\omega) = \frac{\sigma^2}{2\pi} \frac{1}{|1 + a_1 e^{-j\omega} + \dots + a_p e^{-jp\omega}|^2} \quad (1.14)$$

により音声スペクトルを近似することに相当する。これは、荒っぽくいえば、音声器官を零点のない巡回型フィルタ (共振のみ存在) とみなすことに当たる。

5. LPC ケプストラム計算

ケプストラムは、対数パワースペクトル $f(\omega)$ のフーリエ展開係数で、

$$\log f(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{-jn\omega} \quad (1.15)$$

である。線形系の縦続接続は、時間領域では畳み込み (convolution) だが、フーリエ領域では積になり、対数スペクトル領域では和となり、従ってケプストラム領域でも和となるため扱いやすい。音声認識の特徴パラメータとして盛んに用いられる。スペクトル線形予測係数 $\{a_i\}$ とケプストラムの間には、

$$c_m = -a_m - \sum_{i=1}^{m-1} \frac{m-i}{m} a_i c_{m-i} \quad (m = 0, 1, 2, \dots, n) \quad (1.16)$$

のような Oppenheim の漸化式と呼ばれる簡単な関係がある。これにより、LPC ケプストラムは容易に求められる。

6. 動的特徴パラメータ計算

音声信号の知覚においては、瞬時ごとのスペクトルだけでなく、スペクトルの変化も大きく寄与していると言われる。そこで、音声スペクトルがダイナミックに変化する様子を、音声スペクトルパラメータ (具体的には LPC ケプストラムなど) のベクトル時系列に部分的に重みをつけた窓で最小自乗近似直線を求め、その傾き (回帰係数) を特徴量とする方法²が用いられる。LPC ケプストラムの場合のこの特徴量は、俗にデルタケプストラムと呼ばれることが多い。この特徴量を用いると、用いない場合に比べ、音声認識誤り率が半減するほど大きい効果があるので、近年の HMM ベースのシステムでも頻繁に用いられる。

原点を時刻 t (フレーム番号) に取れば、局所的な変化は重み付き最小二乗法で直線近似できる。すなわち、

$$\theta(i) = ai + b \quad (1.17)$$

をモデルとして、誤差

$$E = \sum_{i=-n}^n w_i (\theta(i) - ai - b)^2 \quad (1.18)$$

を最小にするように、係数 a と b を決定する。ただし、 $\{w_i\}$ ($w_i \geq 0$) は、重み係数である。

もし、 w_i が対称 ($w_i = w_{-i}$) ならば、 a と b は簡単に求められ、

$$a = \frac{\sum_{i=-n}^n i w_i \theta(i)}{\sum_{i=-n}^n i^2 w_i} \quad (1.19)$$

$$b = \frac{\sum_{i=-n}^n w_i \theta(i)}{\sum_{i=-n}^n w_i} \quad (1.20)$$

により得られる。 $\theta(i)$ がケプストラムの場合、係数 a は、最近、デルタケプストラムと呼ばれ、近年、非常によく用いられる。

以上のようにして、音声信号から、フレームごとに LPC ケプストラムベクトルが求められる。これは音声分析の一例であるが、広く用いられていて、音声パターンを表現する基礎的な手法である。このようにして、音声パターンはスペクトルパラメータベクトルの時系列として表現され、音声認識系への入力として用いられる。

図 1.4 は、以上に述べた音声分析の手順を図示したもので、図中の数値は標準的な (ATR で実際に用いている) 数値である。

²最初は、嵯峨山、板倉「動的尺度に含まれる個人性情報」日本音響学会講演論文集 1979 年 6 月。のち、古井が音声認識に適用して精力的に展開し有効性を実証。

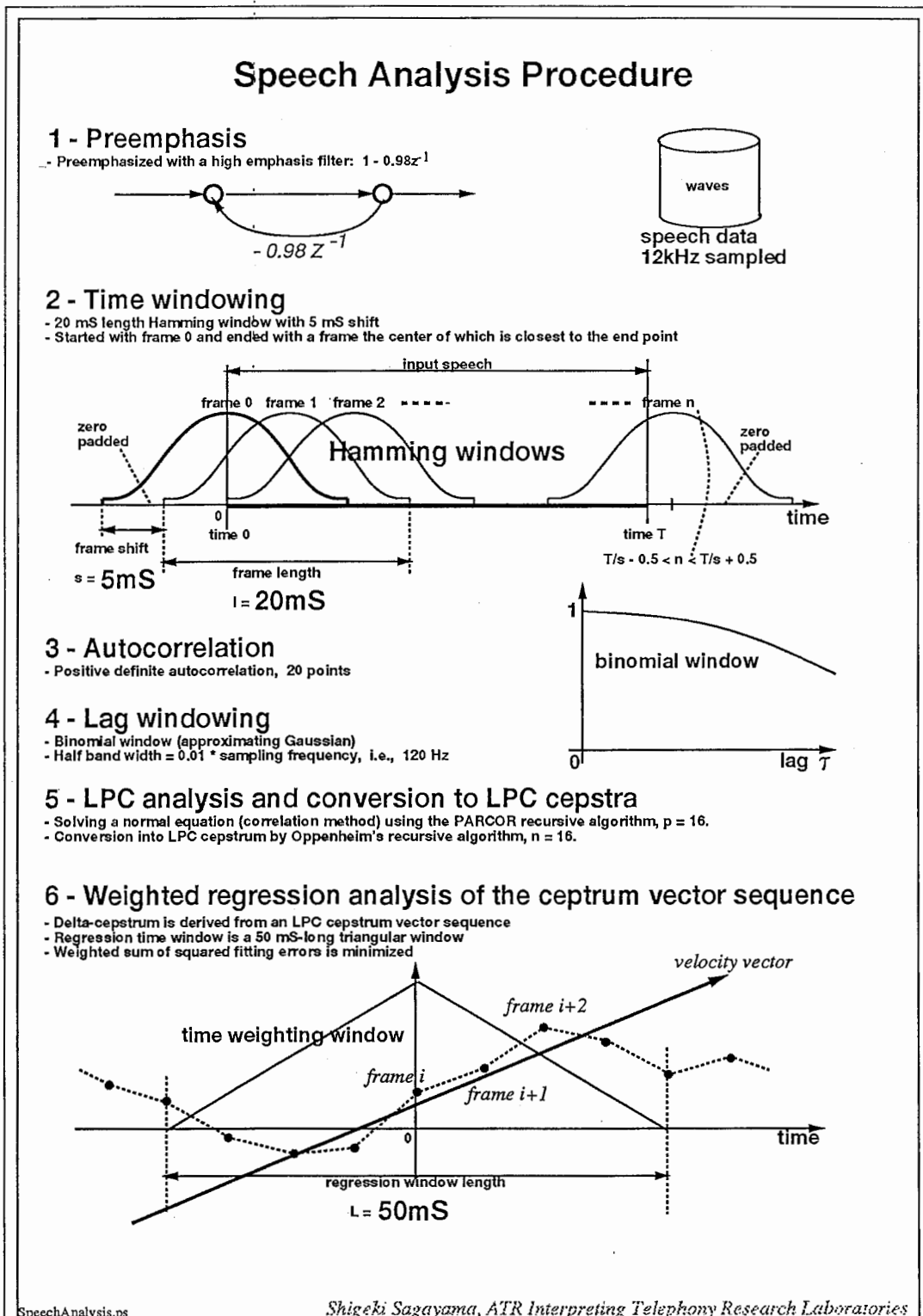


図 1.4: 音声分析の手順

第 2 章

音素ラベルの変換

ATR では、音素ラベル付きの音声データを大量に作成してきた。(これは、現在、外部に販売している。) これは、大量に使える音素ラベル付きの音声データとしては、現在、ほとんど唯一のものである。しかし、そのラベルは多層構造になっていて、そのままでは音声認識の研究用に必ずしも用いやすくない。そこで、目的に応じて、音素ラベルの変換を行なわねばならない。ここでは、そのために、どのようなラベルに変換したいのか、それをどのように行なうのか、について述べる。

2.1 日本語音声の特徴

音声認識の立場からみた日本語 (関東方言) の音声的特徴を挙げよう。

1. 音素の種類が少ない。母音はわずか 5 種類 (a, i, u, e, o)、子音は、無声破裂音 p, t, k、有声破裂音: b, d, g, r、無声摩擦音 s, sh, h (F, ç,)、有声摩擦音 z, zh, (β)、鼻音 m, n, η 、半母音 w, j など、数え方にもよるが、14 ないし 20 種程度であり、ヨーロッパ系の言語と比較するとかなり少ない。
2. 音節の種類が少ない。
どの言語でも音素の並び方には制約 (phonotactic constraint) があるが、日本語では、原則的に子音は連続しないという強い制約がある。その結果、日本語の音節構造は単純に子音と母音あるいは母音のみで構成され、音節末には子音が来ない「開音節」となっている。日本語固有の音節は「あいうえおかきくけこ…ぴゃぴゅぴょ」など 100 種類あり、日本語 100 音節と呼ばれるが、最近では、外来語の影響でそれより増えつつある。
3. 促音 (っ)・撥音 (ん)・長音 (ー) がある。
/kita/(来た、着た), /kita/(北), /kiQta/(切った), /ki:ta/(聞いた、効いた) などの区別がある。これは、ヨーロッパ系言語ではあまり見られない特徴である。
4. 高低アクセントがある。
いわゆるピッチアクセントがある。日本国内でも、アクセントの性質は大きく異なり、方言によってはアクセントがなかったり、ストレスアクセントがあったりする。

5. 連濁の現象がある。

たとえば、「空」 / kara / と「箱」 / hako / がつながって複合語となると、「空箱」 / karabako / となって、/h/ が /b/ に変化する。これを連濁という。これは文法に基づく音声認識や、テキストからの音声合成において問題になる。

6. 無声化、無声化傾向

「光」 /h(i)kari/、**「扱う」** /ats(u)kau / の括弧内の音のように、関東方言では無声子音に挟まれた /i/ および /u/ は脱落する傾向がある。これを無声化という。

2.2 音素ラベルについての考え方

2.3 音素ラベルの基本方針

音声認識あるいは音声合成を目的として、音声信号に対応した音素 (phoneme) ラベルを付与するにあたっては、次のような原則で行なうのが望ましいと考えている。

(1) 言語と音声の接点となるようなラベルとする。

この意味は、テキストが与えられると、それを標準的な発音でどのような発声となるかをできるだけ妥当に予想することができ、それを記述することができるような記号体系を持つべきである、ということである。実際に発声された音声を観察しなければわからない、各発声ごとの変動は、音声認識では使えないことが多いので採用しない方がよい。

異音 (allophone) の記述法と音声学との知識があれば、精度の良い、テキストから音への変換規則 (text-to-sound rule) が作れる可能性はある。しかし、どのような異音が存在しているかをこれから研究し、自動的に異音セットを構築するアルゴリズムを構築する立場では、そのようなことは不可能である。

また、これは発話内容を記述したラベルとすることである。どのような調音で発声されたか、という音声学的な記述 (いわゆる調音のイベント) はしない。音響的にバリエーションがあっても言語情報として発話内容に差がない場合は同一のラベルが望ましい。従って、ATR ラベルのイベント層 (第2層) は、基本的に不必要になる。

このような方針の意味は、明らかである。ラベルつき音声データは、発話内容の言語情報とその音響的表象である音声信号との間の相関関係を調べるためのサンプルである。このようなサンプルを多く用いて、複雑な相関関係を解明して音声認識を行なうのであるから、ラベルは発話内容の言語情報を表現するものでなければならぬ。音声学的なラベルをつけると、それは音響的表象の別表現に過ぎなくなる。

(2) 標準的な発声に対応するラベルとする。

これは、一見、上記と相反する要求である。発話内容の言語情報の正書法による記述は、実際の発音との間に余分な変換関係を挟み込んでしまうことになるので、扱いが厄

介である。この意味で、ATR データベースのローマ字層(第1層)は、そのままでは使えない。たとえば、「格子」と「子牛」はいずれも「こうし」とかなで書かれ、ATR データベースのローマ字層は、それをそのままローマ字化したものである。

(3) 音声現象を覆うのに必要十分・最小限である。

音素コンテキスト(環境)などを考慮するには、ラベルの種類が多過ぎるのは不都合を生じやすい。また、音声認識タスクに依存した音素カテゴリを設けるのは、一般性が乏しく拡張しにくくなり、長期的に見て墓穴を掘る結果となりやすい。

(4) できるだけ音声学の記号法を尊重する。

記号法は、情報の記述のため、情報の交換のために重要である。音声の基礎学問は音声学であるから、できる範囲で音声学の記号法を尊重するのがよい。たとえば、IPA (International Association of Phonetics) の記法などが、分かりやすく、確立している点で妥当である。言語に依存した音素記号は避ける方が、将来に複数言語を扱う場合や、海外に発表する場合などに混乱が少ない。

(5) 個人差をできるだけ反映しない。

無声化、鼻濁音化 etc は、個人・発声によって一意に決まらない。視察によりラベリングできる音素セットとし、聴かなければ分からない聴いても音声学でなければ分からない) 区別は、原則としてしない。このような意味では、音声学的なラベルではない。

(6) ラベルがふりやすいこと。

ラベラー間のばらつきは、母音連続・半母音と母音の連続の境界などで顕著であり、破裂音などではほとんどない。また、ラベラーが最も神経と時間を使うのも、前者の決定に際してである。ラベラー間のばらつきのないラベルを得るためにも、ラベリングの能率を高めるためにも、融合ラベル (ij, uw etc.) を使うことも許す。

以下に述べる音素ラベルの付け方は、何度も version up したので、統一が取れていない所もあるが、基本的な考え方は伝わると思うので、その点はご了解頂きたい。

2.4 使用する音素記号及びその他の記号

記号の意味はあとで述べるが、使用する記号の一覧は次の通りである。

母音	a, i, u, e, o	
子音	k, s, sh, t, ch, ts, n, N, h, m, r, g, z, zh, d, b, p	
半母音	j, w	
記号	-	無音 (silence) 記号。語頭、語尾、あるいは語中の促音などに見られる1モーラ分の無音部分。
	*	無音部分との区別がつかない、語頭あるいは促音後の p, t, k, ch, ts のために採用した記号。音素 p, t, k, ch, ts は、それぞれいつでも /*p/, /*t/, /*k/, /*ch/, /*ts/ と記載される。
	()	音素の脱落を表す。いわゆる「母音の無声化」は、実際は多くの場合は「母音の脱落」である。
	:	長音記号。モーラ数が増すごとに ::, :::, ... のように重ねる。
	+	音声的特徴の見られる有音記号。

記号と音素記号の併用例 (-),(i),(u),-* ,a:,o::,s:,sh: など。

2.5 音素記号についての方針

記号法はできるだけ国際音声記号に準ずる。ただし、記号が ASCII 文字セット中に入らない場合、組合せにより表現する。たとえば、いくつかのポイントを示すと、

- 「や」は /ya/(へボン式ローマ字) でなく /j a/ とする。
- 「じゃ」は /ja/(へボン式ローマ字) でなく /zh a/ or /dzh a/ とする。精神としては、音素表記(発話内容の記述)と音声表記(調音の記述)の間を現実的にとり、音響的内容の記述を目指す。
- 「大きい」は /ookii/ ではなく、 /o: k i:/ とする。
- 「きゃ」、「しゃ」、「ちゃ」はそれぞれ、 /k j a/, /sh j a/, /ch j a/ とする。
- 促音記号や撥音記号のような音韻論的な表記はしない。実態に合わせて、「あっさり」 /a s: a r i/, 「寒波」 /k a m p a/, 「専門」 /s e m: o N/ とする。しかし、個々の発声(調音)に合わせて表記を変えることは、原則としてしない。音素の種類を必要十分に作る。なるべく少数の音素記号により音声全体をカバーするとともに、同一音素記号はなるべく同一パターンを表現するようにしたい。(限界はあるが。)
- いわゆる「融合ラベル」は、無制限に用いるとラベルの種類が多くなり過ぎるのでできるだけ用いない。福島 /huk u sh i m a/ ではなく、 /h (u) k u sh i m a/ としたい。
- 視察によりラベリングできる音素セットとする。
- 聴かなければ分からない(聴いても音声学者でなければ分からない)区別は、原則としてしない。

- ラベリングの能率も考慮する。
- 境界が本来的に存在しないものに無理に境界を設定しない。たとえば、「格子」をかな表記で「こうし」と書いて、「koushi」の /o/ と /u/ が「融合して」境界が「分からない」と考えるのは間違いで、本来的に境界はないと考える。また、「子牛」の場合は、「koushi」の /o/ と /u/ の境界が分かりにくいからといって、融合した一つの音素ではない。

2.6 音素記号セットと音声記号との対応 (便宜主義音声学)

使用する音素記号セットを下に示す。音声認識の立場は、音韻論でもなく音声学でもなく、その中間的な立場である。すなわち、一種の便宜主義的な音声学と考えて良い。ここで使われる音素記号に意味をまとめると、(ただし、音声記号はうまく印刷できないので、ありあわせの記号などで代用した。)

大分類	分類	有声・無声	調音点	記号法	対応する音声記号
母音				a	a
				i	i, I
				u	逆 m
				e	e, ε
				o	o
鼻音化母音				N	ã, i, ü, ê, õ
半母音				j	j
				w	w
子音	破裂音	無声	口唇	p	p
			硬口蓋	t	t
			軟口蓋	k	k
		有声	口唇	b	b
			硬口蓋	d	d
			軟口蓋	g	g
	破擦音	無声	つ	ts	ts
			ち	ch	tʃ k'
		有声	(づ dz)		dz
			(ぢ dh)		d, dʒ
	摩擦音	無声	口唇	h(u,w)	φ, F
			歯茎	f(外来語のみ)	f, F
			硬口蓋	s, sh, h(i)	s, ʃ, ʒ
			軟口蓋	k, h(a,e,o)	x, h
有声		口唇	b	β	
		硬口蓋	v(外来語のみ)	v	
	軟口蓋	z, zh	z, ʒ		
	軟口蓋	g	g		
鼻音		口唇	m	m	
		硬口蓋	n	n,	
		軟口蓋	N	ng 記号	
流音?		る	r	r, 逆 J	

例を挙げて再度記号の意味を示そう。但し、括弧内の記述は、通常は使う必要がないもので、特に音声認識のためにはできるだけ少ない記号で表現する観点から、使わない方がよい。

記号	調音	例
a	母音	赤い /a k a i/
e	母音	雨 /a m e/
i	母音	勢い /i k i o i/
o	母音	面白い /o m o s h i r o i/
u	母音	美しい /u t s (u) k u s h i:/
j	半母音	あやしい /a j a s h i:/
w	半母音	わがまま /w a g a m a m a/
p	口唇無声破裂音	乾杯 /k a m p a i/
b	口唇有声破裂音	陰謀 /i m b o:/
m	口唇鼻音	あんまり /a m : a r i/
t	歯茎無声破裂音	期待 /k i t a i/
d	歯茎有声破裂音	たどる /t a d o r u/
r	歯茎有声破裂音?	種類 /s h j u r u i/
ch	歯茎無声破擦音	関知 /k a n c h i/
ts	歯茎無声破擦音	摩擦 /m a s a t s u/
s	歯茎無声摩擦音	関数 /k a n g s u:/
sh	歯茎無声摩擦音	試合 /s h i a i/
z	歯茎有声摩擦音	材料 /z a i r j o:/
zh	歯茎有声摩擦音	火事 /k a z h i/
n	歯茎鼻音	避難 /h i n a n g/
k	軟口蓋無声破裂音	金庫 /k i n g k o/
g	軟口蓋有声破裂音	化学 /k a g a k u/
ng	軟口蓋鼻音	関係 /k a n g k e:/
h	気音 (母音の無声化)	母 /h a h a/
-	(長い) 無音	発展 /h a - t e n g/
=	buzz	ベッド /b e = d o/
		バッグ /b a = g u/
*	閉塞	赤い /a * k a i/ (用途により使用)
:	1 モーラの長音	応用 /o : j o:/
		経営 /k e :::/
ã, ê, î, ô, û	(鼻母音)	
nj	(硬口蓋鼻音)	こんにゃく /k o n j a k u/
ç	(硬口蓋無声摩擦音)	光 /ç (i) k a r i/
j	(硬口蓋有声摩擦音)	規約 /k i j a k u/
G	(軟口蓋鼻濁音)	化学 /k a G a k u/
k'	(軟口蓋無声破擦音)	かかる /k' (a) k a r u/
g'	(軟口蓋有声破擦音)	
x	(喉頭摩擦音)	乱反射 /r a N x a N s h a/
φ	(口唇無声摩擦音)	インフォメーション /i i φ o m e : s h o n g/
B	(口唇有声摩擦音)	かぶれる /k a B u r e r u/

2.7 音素表記との関係

2.7.1 長音 (おお・おう・ええ・えい など)

2モーラ分の音価を持つ音素は、“:”で長音を表す。3モーラ分は、“:::”。長音の例を以下に挙げる。

かな表記	記号	例
おお	o:	「遠い」 /t o: i/ 「氷」 /k o: r i/
おう	o: o u	「王」 /o:/ 「格子」 /k o: sh i/ 「追う・負う」 /o u/ 「子牛」 /k o u sh i/
ええ	e:	「おねえさん」 /o n e: s a N/
えい	e: e i	「定例」 /t e: r e:/ 「手入れ」 /t e i r e/
おおお	o::	「大叔父」 /o:: zh i/
おうをおう	o::: u	「王を追う」 /o::: u/
おうをおお	o::::	資料をお送り... /sh i r j o:::: k u r i .../
おおおうをおおう	o:::::	「おお王を追おう」 /o:::::/
えいえい	e:::	「経営」 /k e: e:/(e: と e: 間に明確な パワディップがあるとき) or /k e:::/ 「経営状態」 /k e::: zh j o: t a i/
えいえいえいえ	e:::::	「経営へ永遠の」 /k e::::: N n o/ または /k e::::: e:: N n o/
おうおうをおおお	o:::::	「東欧を大岡山で」 /t o::::: k a j a m a d e/
いいいいい	i::::	「正しいいい言い方」 /t a d a sh i:::: k a t a/

2.7.2 促音

促音は、一言で言えば後続子音の1モーラ分の長音化と言える。子音の長音化は、無声破裂音なら閉塞時間(無音)が長くなり、有声破裂音ならバズバーが長くなり、摩擦音なら摩擦の時間が長くなると解釈できる。

後続音素	現象	後続	例	表記
破裂音	閉塞時間が延びる。 1モーラの無音と みなす。	k	とっくり	/toQkuri/ tok:uri → t o - k u r i
		t	ぴったり	/piQtari/ pit:ari → p i - t a r i
		p	あっぱれ	/aQpare/ ap:are → a - p a r e
破擦音	閉塞時間が延びる。 1モーラの無音と みなす。	ch	てっちり	/teQchiri/ tech:ri → t e - c h i r i
		ts	おっつけ	/oQtsuke/ ot:uke → o - t s (u) k e
摩擦音	摩擦時間が延びる。 長音と見なす。	s	あっさり	/aQsari/ as:ari → a s : a r i
		sh	圧死	/aQshi/ ash:i → a s h : i
特殊	(日本語にはない): 閉塞(バズ)時間が 延びる。	d	ベッド	/beQdo/ bed:o → b e = d o (= はバズを表すものとする。)
		g	バッグ	/baQgu/ bag:u → b a = g u (= はバズを表すものとする。)
		b	スラップ	/suraQbu/ surab:u → s u r a = b u (= はバズを表すものとする。)

2.7.3 撥音

撥音の調音は、5種類(閉塞部位が、口唇 m、硬口蓋 n、軟口蓋、喉頭 ng、閉塞無しの鼻音化(母音 aiueo))が考えられる。これらのうち、3種類を m(口唇)、n(硬口蓋)、N(その他)として表記に用いる。

後続音条件	後続音素	例
口唇音なら /m/ (p, b, m)	p	乾杯 /k a m p a i/
	b	陰謀 /i m b o:/
	m	冠 /k a m: u r i/ (mの長音化)
硬口蓋音なら /n/ (t, d, ch, ts, n, r, z, dzh)	t	歓待 /k a n t a i/
	d	今度 /k o n d o/
	ch	関知 /k a n ch i/
	ts	貫通 /k a n ts u:/
	n	案内 /a n: a i/
	r	分類 /b u n r u i/
	z	ぞんざい /z o N z a i/ [/z o n dz a i/]
dzh	順々に /dzh j u n dzh j u n: i/	
摩擦音なら /N/ (s, sh, zh, h) (あるいは鼻音化母音)	s	関数 /k a N s u:/ (or /k a n s u:/)
	sh	感謝 /k a N sh a/ (or /k a n sh a/)
	z or dz	肝臓 /k a n dz o:/ (or /k a N z o:/)
	zh or dzh	漢字 /k a n dzh i/ (or /k a N zh i/)
	h	カンフル /k a N h u r u/
語尾なら /N/		破綻 /h a t a N/ (or /h a t a n/)
軟口蓋音なら /N/ (k, g)	k	金庫 /k i N k o/
	g	見学 /k e N g a k u/
摩擦音なら /N/ (s, sh, z, zh)	s	関数 /k a N s u:/
	sh	感謝 /k a N sh j a/
	z	存在 /s o N z a i/ [/s o n dz a i/]
zh	真実 /sh i n zh i ts u/ [/sh i n dzh i ts u/]	
母音及び半母音なら /N/ (a, i, u, e, o, j, w)	j	儉約 /k e N j a k u/ (本当は /k ě j a k u/ (鼻音化 e) としたい。)
	w	電話 /d e N w a/

再度、促音と撥音の、環境による表記の違いをまとめる。

後続音素	撥音	例	促音	例
口唇無声破裂音 p	m	乾杯 /k a m p a i/	-*	あっぱれ /a -* p a r e/
口唇有声破裂音 b	m	陰謀 /i m b o:/	=	日本語にはない /スラップ /s u r a = b u/
口唇無声摩擦音 F	N	インフォメーション /i N F o m e : sh o N/		
口唇有声摩擦音 B				
口唇鼻音 m	m の長音化	あんまり /a m : a r i/		
硬口蓋無声破裂音 t	n	歓待 /k a n t a i/	-*	びったり /p i -* t a r i/
硬口蓋有声破裂音 d	n	今度 /k o n d o/	=	日本語にはない: ベッド /b e = d/
硬口蓋無声破擦音 ch	n の調音	関知 /k a n c h i/	-*	てっちり /t e -* c h i r i/
硬口蓋無声破擦音 ts	n の調音	貫通 /k a n t s u:/	-*	おっつけ /o -* t s (u) k e/
硬口蓋鼻音 n	n の長音化	案内 /a n : a i/		
硬口蓋有声破裂音? r	n	分類 /b u n r u i/		
硬口蓋有声摩擦音 z	ng	肝臓 /k a n d z o:/ or /k a N z o :/ ; ぞんざい /z o N z a i/ or /z o n d z a i/		
硬口蓋有声摩擦音 zh	n	漢字 /k a n d z h i/ or /k a N z h i/ ; 順々に /z h j u n z h j u n : i/ or /d z h j u n d z h j u n : i/	=	日本語にはない /バッジ /b a = d z h i/
硬口蓋無声摩擦音 s	ng	関数 /k a n g s u : / or /k a n s u :/	s の長音化	あっさり /a s : a r i/
硬口蓋無声摩擦音 sh	N	感謝 /k a N s h a/ (or /k a n s h a/)	sh の長音化	必死 /h i s h : i/
軟口蓋無声破裂音 k	ng	金庫 /k i n g k o/	-*	とっくり /t o -* k u r i/
軟口蓋有声破裂音 g	N	見学 /k e N g a k u/	=	バッグ /b a = g u (= はバズを表すものとする。)
軟口蓋有声破裂音 s	N	関数 /k a N s u:/		
硬口蓋有声摩擦音 sh	N	感謝 /k a N s h j a/	sh の長音化	圧縮 /a s h : (u) k u/
硬口蓋有声摩擦音 z	N	存在 /s o N z a i/ or /s o n d z a i/		
硬口蓋有声摩擦音 zh	N	真実 /s h i n z h i t s u/ or /s h i n d z h i t s u/		
気音 h	N	カンフル /k a N h u r u/		
喉頭摩擦音 x	N	乱反射 /r a N x a N s h a/		
母音 a	N	勘案 /k a N a N/ or /k ā a N/		
母音 e	N	反映 /h a N e:/ or /h ā e:/		
母音 i	N	検印 /k e N i N/ or /k ē i N/		
母音 o	N	単音 /t a N o N/ or /t ā o N/		
母音 u	N	暗雲 /a N u N/ or /ā u N/		
半母音 j	N	儉約 /k e N j a k u/ or /k ē j a k u/		
半母音 w	N	電話 /d e N w a/		
語尾	N	破綻 /h a t a N/		

2.7.4 拗音

- /j/ を独立した音素と認める。例 虚業 /k j o g j o:/
旧規則: 但し、/ju/ は、/j/ + /u/ とは余りにも異なるので、/ju/ で一音素とする。
(後日この規則は廃止) 例 急遽 /k j u: k j o/
- /sh, ch, zh, dzh/ に後続する母音の前に /j/ を想定する。ただし、/i/ の直前には必要ない。例 出張 /sh j u - ch j o:/

2.7.5 ず・づ・じ・ぢ

文字「ず」・「づ」、「じ」・「ぢ」の区別と調音は無関係と見なす。(関東方言では)

例 おぼろづき /o b o r o z u k i/ ← 本来なら、/o b o r o d z u k i/ 感ずる /k a n d z u r u/ ← /k a n z u r u/ たんざく /t a n d z a k u/ ← /t a n z a k u/ 鼻血(はなぢ) /h a n a z h i/ or /h a n a d z h i/ 漢字(かんじ) /k a n d z h i/ ← /k a N z h i/

2.7.6 母音の脱落あるいは無声化

脱落は () で囲む。原則的には無声子音には含まれた i, u は脱落する。また、母音の「無声化」は考慮しない。これらは、脱落と見る方が妥当である。

j も、特に h 音の直後では無声化することがある。例 福島 /h (u) k u s h i m a/ or /h (u) k (u) s h i m a/ 百 /h j a k u/ ← /ç a k u/

2.7.7 鼻音化

無視する。例 安心 /a N s h i N/ ← 本当は /ã s h ĩ/ としたいところ。

2.7.8 は行音 (h)

h の音は、母音の無声化と見ることができ、h 音というものは存在しないと考えるもよい。
ha = ʔa

従って、h のフォルマントは、後続母音と同一である場合が多い。同様に、hja は、ja の無声化と見ることができ、hja = ja = ʔa

2.7.9 無声化母音あるいは脱落

() で囲む。

例 福島 /h (u) k u s h i m a/ or /h (u) k (u) s h (i) m a/

2.7.10 鼻濁音

/G/ で表すか、あるいは /g/ で表す。(関西系は、用いない)

例 小学校 /sh o: G a - k o:/

無視する。

例 小学校 /sh j o: g a - k o:/ ← /sh j o: G a - k o:/

2.7.11 閉塞区間 *

破裂音 /p, t, k/ では、破裂に先駆けて、閉塞 (closure) 区間が存在する。これは、厄介な問題である。通常の話中の破裂音については、これらの音素の区間は、比較的決めやすい。しかし、通常、語頭では、無音区間と閉塞とを区別することができない。話中でも、促音の場合は、促音のためにおこった長い閉塞区間のうちどれだけが音素本来の閉塞区間であるか決められない。

そこで、以上の状況を考えて、語頭・語末の無音区間を含めて、以下のような表記法を取ることとする。

テキスト	表記
あかい (赤い)	/- a * k a i -/
あと (後)	/- a * t o -/
アパート	/- a * p a : t o -/
かいぎ (会議)	/- * k a i g i -/
とびら (扉)	/- * t o b i r a -/
パン	/- * p a N -/
ひっこし (引越し)	/- h i - * k o s h i -/
はってん (発展)	/- h a - * t e N -/
のっぽ	/- n o - * p o -/
きっぷ (切符)	/- * k i - * p u -/
ぴったり	/- * p i - * t a r i -/
とっくり (徳利)	/- * t o - * k u r i -/
とっぴ (突飛)	/- * t o - * p i -/

こうすることにより、/-* / は、無音 /- / と、破裂音の閉塞 /* / を加えたものとみなすことになる。/* / に相当する一定時間を後続の破裂音に組み入れて、/*k, *t, *p / とすることにより、音素モデルの学習などで、学習パターンの不統一をあるていど補償することができる。

2.8 音素ラベルの変換

以上に述べたような、音声認識のための音素ラベルについての考え方に従うと、現在のATR 音声データベースの音素ラベルは、そのままでは使用できないので、ラベルを変換する必要がある。

ラベル変換は、きわめて厄介である。ATR ラベルのうち、この目的に使えるのは、以下の2層である。

1. 第1層: 「音素記号層」

「音素記号層」と呼ばれているが、実は、仮名表記に相当するローマ字表記に過ぎない。この場合の問題は、たとえば、「格子」と「子牛」のような、かな表記では区別で

きないが、発音は明らかに異なり、意味も異なるような場合である。

2. 第2層: 「イベント層」

「イベント層」と呼ばれていて「音素記号層」より詳細な情報が含まれているが、これ単独で十分な情報があるわけではない。たとえば、鼻音は区別せずに“mm”(nasal murmurの意味?)と表記される。「音素記号層」を参照せねば分らない。

基本的に、これらは、機械で処理するには情報が足りない。人間が見れば理解できるが、意味や語彙知識と想像力を動員して可能である。このような情報から、前章で述べたような音素ラベルを自動的に生成することは、大変難しい。

また、いわゆる融合ラベルが多く、融合のパターンも種類が多く、単純な処理では変換は不可能である。

この解説で述べるラベル変換は、かなり粗いものであり、誤りも相当量生じることは御了解願いたい。

2.9 ラベル変換の方法

ATR ラベルの第1層と第2層を連結したパターンに対して、どのように置き換えるかを、変換規則の形にして記述したのが次の規則集である。これらの規則は実際に変換プログラム lab_conv1 により読み込まれ、変換に使用される。

これらの規則の数は、数百にのぼるが、それでも実際のパターンをつくることができない。特に文章発声音声の場合は、ラベリング作業者の判断で「融合」しているとみなされる音素が多く、その場合のイベントの記述も多様で、結局どのように変換するべきか、規則では書き切れない。

この記号法では、時間的に対応する第一層と第二層のパターンを連結して、「第一層|第二層」の形で表現する。これが、下の表では左端に表記される。これに対する変換後のパターンを、中ほどに表現する。右端は、その規則が必要であることがはじめて分かった音声データファイルの名である。

パターン記号法では、“/”は、音素あるいはイベントの境界を表す。変換前の第二層と変換後の間で、この境界数は等しいはずである。記号“.”は、“.”は、直前の音素区間の延長である、という意味である。また、括弧つきの音素記号は、脱落(いわゆる母音の無声化は、脱落と見る方が多い場合が多い)をしていて、継続時間が0とみなせる場合である。

たとえば、ATR ラベルの第1層と第2層の対応関係が、

a		
<	a	>

のようになるとすると、この場合の連結パターンは“a|</a/>”と表現される。これは、一層の音素ラベルとしては、“a”のみでよいので、変換は“a|</a/>”→“a”と置き換えることにより行

なわれる。同様に、

k,i,h
cl k,h

は、“cl”がk音の閉塞部分を表すので、“k,i,h|cl/k,h”→“*/k,(i),h”と変換される。

by		
*cl	b	j

 の場合は、第二層の *cl と b を連結して b とし、j は j のままである。これを “by|*cl/b/j” → “b./j” のように表現する。

```

#
# phoneme symbol conversion rules
#
# label pattern:      solution:      first found in:
#
a|</a                a                MAU
a|</a/*>             a                MAU
a|</a/>               a                MAU
a|a                  a                MAU
a|a/*>               a                MAU
a|a/>                a                MAU
a,a|</a/>            a:               MAU
a,a|a                a:               MAU
a,a|a/>              a:               MAU
b|*cl                b                MAU
b|*cl/b              b                MAU
b|b                  b                MAU
by|*cl/b/j           b./j             MAU
by|*cl/j             b/j              MAU
cch|cl/ch            -* /ch           MAU
cch|cl/ch/j          -* /ch/j         MAU
ch|ch                ch               MAU
ch|ch/j              ch/j             MAU
ch|cl/ch             */ch             MAU
ch|cl/ch/j           */ch/j           MAU
ch|cl/tr/cl/ch       */././ch         MAU
ch|tr/ch              */ch             MAU
ch|tr/ch/j           */ch/j           MAU
ch|tr/cl/ch          */./ch           MAU
ch,i|ch               ch+(i)           MAU
ch,i|cl/ch           */ch+(i)         MAU
ch,i,s|cl/ch,s       */ch,(i),s       MAU
ch,i,ts|ch,ts        ch,(i),ts        MAU
d|*cl                d                MAU
d|*cl/d              d                MAU
d|*cl/tr/*cl/d       d                MAU
d|d                  d                MAU
dd|*cl/d             d:               MAU
e|</e                e                MAU
e|</e/*>             e                MAU
e|</e/>               e                MAU
e|e                  e                MAU
e|e/*>               e                MAU
e|e/>                e                MAU
e,e|e                e:               MAU
e,e|e/>              e:               MAU
e,i|</e              e:               MAU
e,i|</e/>            e:               MAU
e,i|e                e:               MAU
e,i|e/*>             e:               MAU
e,i|e/>              e:               MAU
e,i,e,i|e/>         e:::             MAU
f|f                  h                MAU
f|h                  h                MAU
f,u|h                h+(u)            MAU
f,u,s|h,s            h,(u),s          MAU
g|*cl                g                MAU
g|*cl/g              g                MAU
g|g                  g                MAU
g,o|*cl,o/>          g,o              MAU
g,u|*cl,u             g,u              MAU
gy|*cl/g/j           g./j             MAU
gy|*cl/j             g/j              MAU
h|h                  h                MAU
h|w                  w                MAU
h,i|h                h+(i)            MAU
h,i|h/tr              h./.(i)          MAU
h,i,s|h,s            h,(i),s          MAU
hy|h/j                h/j              MAU
i|</i                i                MAU
i|</i/*>             i                MAU
i|</i/>               i                MAU
i|i                  i                MAU
  
```

i i/*>	i	MAU
i i/>	i	MAU
i,N i,N	i,N	MAU
i,g i,*cl	i,g	MAU
i,i </i	i:	MAU
i,i </i/>	i:	MAU
i,i i	i:	MAU
i,i i/*>	i:	MAU
i,i i/>	i:	MAU
i,y </i,y	i,j	MAU
i,y i,y	i,j	MAU
i,z i,z	i,z	MAU
j *cl/dj	zh	MAU
j *cl/dj/j	zh	MAU
j dj	zh	MAU
j dj/j	zh/j	MAU
j,i *cl/dj,i	zh,i	MAU
j,i *cl/dj,i/>	zh,i	MAU
k cl/k	*/k	MAU
k cl/tr/cl/k	*/././k	MAU
k k	k	MAU
k tr/cl/k	*/./k	MAU
k tr/k	*/k	MAU
k,i cl/k	*/k+(i)	MAU
k,i k	k+(i)	MAU
k,i,h cl/k,h	*/k,(i),h	MAU
k,i,k k,k	k,(i),k	MAU
k,i,s cl/k,s	*/k,(i),s	MAU
k,i,s k,s	k,(i),s	MAU
k,i,sh cl/k,sh	*/k,(i),sh	MAU
k,i,sh k,sh	k,(i),sh	MAU
k,i,sh k,sh/j	k,(i),sh/j	MAU
k,u cl/k	*/k+(u)	MAU
k,u k	k+(u)	MAU
k,u,h cl/k,h	*/k,(u),h	MAU
k,u,s cl/k,s	*/k,(u),s	MAU
k,u,s k,s	k,(u),s	MAU
k,u,s,u k,s	k,(u),s,(u)	MAU
k,u,sh cl/k,sh	*/k,(u),sh	MAU
k,u,sh cl/k,sh/j	*/k,(u),sh/j	MAU
k,u,sh k,sh	k,(u),sh	MAU
kk cl/k	-*/k	MAU
kk cl/tr/cl/k	-*/././k	MAU
kk tr/cl/k	-*/./k	MAU
kky cl/k/j	-*/k/j	MAU
ky cl/k/j	*/k/j	MAU
ky k/j	k/j	MAU
ky tr/cl/k/j	*/./k/j	MAU
ky tr/k/j	*/k/j	MAU
m mm	m	MAU
ny mm/j	m/j	MAU
n mm	n	MAU
n tr/mm	n	MAU
ny mm/j	n/j	MAU
o </o	o	MAU
o </o/*>	o	MAU
o </o/>	o	MAU
o o	o	MAU
o o/*>	o	MAU
o o/>	o	MAU
o,o </o	o:	MAU
o,o </o/*>	o:	MAU
o,o </o/>	o:	MAU
o,o o :	o:	MAU
o,o o/>	o:	MAU
o,r,o o,r,o/>	o,r,o	MAU
o,u </o	o:	MAU
o,u </o/*>	o:	MAU
o,u </o/>	o:	MAU
o,u o	o:	MAU
o,u o/*>	o:	MAU
o,u o/>	o:	MAU
o,w </o,w	o,w	MAU
p cl/p	*/p	MAU
p p	p	MAU
p tr/cl/p	*/./p	MAU
pp cl/p	-*/p	MAU
pp tr/cl/p	-*/./p	MAU
ppy cl/p/j	-*/p/j	MAU

py cl/p/j	*/p/j	MAU
r r	r	MAU
r,u r,u/>	r,u	MAU
ry r/j	r/j	MAU
s s	s	MAU
s tr/s	s	MAU
s,u s	s+(u)	MAU
sh sh	sh	MAU
sh sh/j	sh/j	MAU
sh tr/sh/j	sh././j	MAU
sh,i sh	sh+(i)	MAU
sh,i,ch sh,ch	sh,(i),ch	MAU
sh,i,k sh,k	sh,(i),k	MAU
sh,i,k tr/sh,k	sh,(i),k	MAU
sh,i,s sh,s	sh,(i),s	MAU
sh,i,ts sh,ts	sh,(i),ts	MAU
sh,i,ts tr/sh,ts	sh,(i),ts	MAU
sh,i,ts,u sh,ts	sh,(i),ts+(u)	MAU
sh,u sh	sh+(j)+(u)	MAU
ss s	s:	MAU
ssh sh	sh:	MAU
ssh sh/j	sh:/j	MAU
ssh,i sh	sh:+(i)	MAU
t cl/t	*/t	MAU
t cl/tr/cl/t	*/././t	MAU
t t	t	MAU
t tr/cl/t	*/./t	MAU
t tr/t	*/t	MAU
ts cl/ts	*/ts	MAU
ts tr/cl/ts	*/./ts	MAU
ts tr/ts	*/ts	MAU
ts ts	ts	MAU
ts,u cl/ts	*/ts+(u)	MAU
ts,u tr/cl/ts	*/./ts+(u)	MAU
ts,u tr/ts	*/ts+(u)	MAU
ts,u ts	ts+(u)	MAU
ts,u,s cl/ts,s	*/ts,(u),s	MAU
ts,u,z cl/ts,u,z	*/ts,(u),z	MAU
tt cl/t	-*/t	MAU
tt tr/cl/t	-*/./t	MAU
tts cl/ts	-*/ts	MAU
tts,u cl/ts	-*/ts+(u)	MAU
u </u	u	MAU
u </u/>	u	MAU
u u	u	MAU
u u/*>	u	MAU
u u/>	u	MAU
u u/>/tr/>	u	MAU
u,N u,N/>	u,ng	MAU
u,g u,*cl	u,g	MAU
u,gy u,*cl/j	u,g/j	MAU
u,h u,w	u,w	MAU
u,m </u,mm	u,m	MAU
u,r u,r	u,r	MAU
u,r,u u,r,u/>	u,r,u	MAU
u,u u	u:	MAU
u,u u/*>	u:	MAU
u,u u/>	u:	MAU
u,u,u u/>	u::	MAU
u,u,w u,w	u:,w	MAU
u,w </u,w	u,w	MAU
u,w u,w	u,w	MAU
u,y u,y	u,j	MAU
u,z u,z	u,z	MAU
w w	w	MAU
y </y	j	MAU
y tr/y	j	MAU
y y	j	MAU
y,u y	j+(u)	MAU
z *cl	z	MAU
z *cl/z	z	MAU
z z	z	MAU
N N	ng	MAU
N N/*>	ng	MAU
N N/>	ng	MAU
N,b N,*cl	m,b	MAU
N,d N,*cl/d	n,d	MAU
N,g N,*cl	ng,g	MAU
N,gy N,*cl/j	ng,g/j	MAU

N,i N,i	ng,i	MAU
N,j N,*cl/dj	n,zh	MAU
N,j N,*cl/dj/j	n,zh/. /j	MAU
N,m N,mm	m:	MAU
N,ny N,mm/j	m:/j	MAU
N,n N,mm	n:	MAU
N,ny N,mm/j	n:/j	MAU
N,r N,r	n,r	MAU
N,ry N,r/j	n,r/j	MAU
N,w N,w	ng,w	MAU
N,y N,y	ng,j	MAU
N,z N,*cl/z	n,z	MAU
- -	-	MAU saga
e i	i	MHT saga
ssh,u sh	sh:+(u)	MHT saga
ts cl/tr/cl/ts	*././ts	MHT saga
N,g N,*cl/g	ng/g	MHT saga
z,u *cl/z,u	z,u	MHT saga
ch cl/tr/cl/ch/j	*././ch/j	MHT saga
p,i cl/p	*p	MHT saga
ts,u cl/tr/cl/ts	*././ts+(u)	MHT saga
j,i,i *cl/dj,i	zh,i:	MHT saga
N,d N,*cl	n,d	MHT saga
ky cl/tr/cl/k/j	*././k/j	MHT saga
ch tr/cl/ch/j	*./ch/j	MHT saga
z,u z,u	z,u	MHT saga
N,b N,*cl/b	ng,b	MHT saga
N,by N,*cl/j	m,b,j	MHT saga
j,u *cl/dj,j,u/>	zh,j,u	MHT saga
N,j,i N,*cl/dj,i	n/zh,i	MHT saga
z,u *cl/z,u/>	z,u	MHT saga
N,gy N,*cl/g/j	ng/g/j	MHT saga
j,i dj,i/>	zh,i	MHT saga
o,o,u o/>	o::	MHT saga
j,i,i *cl/dj,i/>	zh,i:	MHT saga
e,i,y e,y	e:,j	MHT saga
ch,i,ss ch,s	ch,(i),s:	MHT saga
u,z,u u,z,u/>	u,z,u	MHT saga
e,i,i e,i	e:,i	MHT saga
p,u cl/p	*p+(u)	MHT saga
sh sh,j	sh,j	MHT saga
h,i,ssh h,sh	h,(i),sh:	MHT saga
z,u z,u/>	z,u	MHT saga
f,u,sh h,sh	h,(u),sh	MHT saga
f,u,sh h,sh/j	h,(u),sh/j	MHT saga
e,y e,y	e,j	MHT saga
k,u,hy cl/k,h/j	*k,(u),h/j	MHT saga
kk,u,s cl/k,s	-*k,(u),s	MHT saga
ts,u,s ts,s	ts,(u),s	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
n,i mm/j	n/j	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
k cl/tr/k	*./k	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,i dj	zh+(i)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
z,u z/>	z+(u)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
p,i p	p+(i)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
s,u s/>	s+(u)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
z,u z	z+(u)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
i i/tr/>	i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
d tr/*cl/d	d	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
k,a k/>	k+(a)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
k,a k	k+(a)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
a,a a/*>	a:	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
k,u,sh k,sh/j	k,(u),sh/j	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,u *cl/dj/>	zh/. /j,u	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,i *cl/dj/>	zh/. /i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,i *cl/dj	zh,i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,i dj/>	zh/i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
g *cl/cl/g	g	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
ch,i,s ch,s	ch,(i),s	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
sh,i sh/>	sh+(i)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
sh,i sh/*>	sh/i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
sh tr/sh	sh	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,u *cl/dj,u/>	zh,u	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
sh,u tr/sh	sh+(u)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j *cl/cl/dj	zh	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j *cl/cl/dj/j	zh/. /j	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
o,o o/*>	o:	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
s,u,s s,u,s	s,(u),s	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
j,i dj,i	zh,i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
s,u tr/s	s+(u)	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx

b cl/b	b	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
z *cl/z/tr	z	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
o,u,olo	o: :	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
i i/tr	i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
d *cl/cl/d	d	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
e,e e/*>	e:	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
k,i cl/k,i	*/k,i	/para3/MNM/MNM_1.5mS.idx
pp cl	*(p)	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
ily	j	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
u </u/*>	u	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
p cl	p	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
o,w o,w	o,w	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
k,u,h k,h	k,(u),h	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
N,by N,*cl/b/j	m/b/j	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
k,i,h k,h	k,(i),h	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
d cl/d	d	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
N,i N,i/>	ng,i	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
s,u,s s	s,(u),s	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
ts,u,sh cl/ts,sh	*/ts,(u),sh	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
k,i,s,u k,s	k,(i),s+(u)	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
p,u p	p+(u)	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
a,w,a a,w,a	a,w,a	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
ppy cl/j	-*,p/j	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
h,i h,i	h,i	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
f,u tr/h	h+(u)	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
f,u,sh tr/h,sh	h,(u),sh	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
k,u,hy k,h/j	k,(u),h/j	/para3/MXM/MXM_1.5mS.idx
k,u,ts cl/k,ts	k,(u),ts	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
t cl/tr/t	*/./t	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
e e/cl	e	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
ts,u,ts cl/ts,ts	*/ts,(u),ts	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k,i cl/tr/cl/k	*/././k	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
p,i,ts cl/p,ts	*/p,(i),ts	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
ch,i,ts,u cl/ch,ts	ch,(i),ts+(u)	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k,i,ts,u cl/k,ts	*/k,(i),ts+(u)	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k,i k,i	k+(i)	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k,u cl/k,u	*/k,u	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k,u,f k,h	k,(u),h	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
o,u o,u	o:	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
s,u s,u	s,u	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
sh,i,t sh,t	sh,(i),t	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
u i/>	u	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
k k/k	k	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
ts,u,ts ts,ts	ts,(u),ts	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
n,i,N mm,i,N/>	n,i,ng	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
u,,u u/>	u:	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
w </w	w	/para1/MMS/MMS_1.5mS.idx
z cl/z	z	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
kk cl	k	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
b *cl/cl/b	b	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
h,i tr/h	h+(i)	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
h,i,s tr/h,s	h,(i),s	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
hy h	h,j	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
h tr/h	h	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
by b/j	b/j	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
f tr/h	h	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
f,u,s tr/h,s	h,(u),s	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
f,u,sh tr/h,sh/j	h,(u),sh	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
b tr/*cl/b	b	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
m,u mm/>	m+(u)	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
m tr/mm	m	/para1/MNM/MNM_1.5mS.idx
ry r	r,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
g,u *cl,u/>	g,u	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,g </u,*cl/g	u,g	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,g </u,*cl	u,g	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,g,u u,*cl,u/*>	u,g,u	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,N </u,N	u,N	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
e,i </e/*>	e:	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
e,i,y </e,y	e:,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
ky cl/k	*/k,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
ky k	k,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i,N,y i,N,y	i,N,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
gy g/j	g/j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
kky cl/k	*/k,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,e u,e/>	u,e	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
e,N,e e,N,e/>	e,N,e	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
o,u,u o,u	o:,u	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
o,u,w o,w	o:,w	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i,g i,*cl/g	i/g	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx

u,N u,N	u,N	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i,N,i i,N,i	i,N,i	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i,N i,N/>	i,ng	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,i u,i	u,i	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,i u,i/*>	u,i	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
u,g u,*cl/g	u/g	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
b cl	b	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i,g,i,y i,*cl,i,y	i,g,i,j	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
N,n,i,N N,mm,i,N/>	n:,i,ng	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
b,a b,a	b,a	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
a,w,a a,w,a/>	a,w,a	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
dd cl/d	d:	/para4/FSU/FSU_1.5mS.idx
i </i/>/tr	i	/para3/MAU/MAU_1.5mS.idx
k,u,h cl/k/h	*/k+(u)/h	/para3/MAU/MAU_1.5mS.idx
pau pau	-:	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
wo o/>	o	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
i </y	j	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
o,u,wo o,o/>	o::	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
j,i,z *cl/dj,i,z	zh,i,z	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
e,e </e/>	e:	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
g cl/g	g	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
u,u,y u,y	u:,j	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
g,i *cl,i	g,i	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
N,h N,w	ng,w	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
i,g,i i,*cl,i	i,g,i	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
y,o </y,o	j,o	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
o,wo o,o/>	o:	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
he e	e	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
he e/>	e	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
i,j,i i,dj,i/>	i,zh,i	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
g,a *cl,a/>	g,a	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
u,n u,mm	u,n	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
k cl	k	/para3/MAU/MAU_DSA.5mS.idx
o,o o,o	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,o o,o/>	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,o o,o/*>	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
k,u,s k/s	k+(u)/s	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
sh,u,ts,u,s sh,ts,s	sh,(u),ts,(u),s	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,u,wo o,o	o::	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
a,a a,a	a:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
a,a a,a/>	a:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
t,a t,a	t,a	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
wo o	o	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,g o,*cl	o,g	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
u,wo u,o/>	u,o	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,r,e o,r,e/*>	o,r,e	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
i,i i,i/>	i:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,u </o,u/>	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
wo,o o,o/>	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
sh,u,ts sh,ts	sh,(u),ts	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
u,N,h u,N,w	u,ng,w	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,u,wo,o,o o,o,o/>	o:::	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,wo o,o	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
i,e i,e/>	i,e	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
t,a cl/t	t,a	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,u,h o,w	o:,w	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,wo,o o,o,o	o::	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
e,i e,i/>	e,i	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
k,i,k k	k,(i),k	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
i,u y,u/>	j,u:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
pau pau/tr/pau	-:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
n,i mm,i/>	n,i	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
i,r i,r	i,r	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
s,u,k s,k	s,(u),k	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
u,wo,u u,o,u/>	u,o,u	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
o,o,o o,o,o/>	o::	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
wo,o o,o	o:	/para3/MAU/MAU_DSC.5mS.idx
d,e cl/d,e	d,e	/para3/MAU/MAU_DSB.5mS.idx
h,o h,o	h,o	/para3/MAU/MAU_DSB.5mS.idx
i,n i,mm	i,n	/para3/MAU/MAU_DSB.5mS.idx
i,j i,dj	i,zh	/para3/MAU/MAU_DSB.5mS.idx
o,r o,r	o,r	/para3/MAU/MAU_DSB.5mS.idx
py p/j	p/j	/para3/MAU/MAU_B.5mS.idx
dd cl/*cl/d	d	/para3/FKS/FKS_B.5mS.idx
k,u,sh,i cl/k,sh	*/k,(u),sh+(i)	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
a tr/a	a	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
tt cl	*,t	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
n,i mm,i	n,i	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
ts,u ts/>	ts+(u)	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx

m,i mm,i	m,i	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
m,u mm,u	m,u	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
u,f,u h	(u),h+(u)	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
o o/tr	o	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
n,i mm	n,i	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
ts,u,sh ts,sh	ts,(u),sh	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
t cl	t	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
k,a cl/k	*/k+(a)	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
m,i mm/>	m,i	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
kk,u cl/k	*/k+(u)	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
e i/>	e	/para3/FKS/FKS_1.5mS.idx
k,u,sh tr/cl/k,sh/j	*/./k,(u),sh/j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u,s tr/cl/k,s	*/./k,(u),s	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
r,a r,a/>	r,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
i,i </i/tr	i:	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u tr/cl/k	*/./k+(u)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
i,N,y </i,N,y	i,ng,j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k tr/cl/tr/k	*/././k	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
p tr/p	*/p	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u cl/k/cl	*/k/./+(u)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
e e/tr	e	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
gy *cl/cl/g/j	g/././j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u tr/k	*/k+(u)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
o,u,u o	o:./u	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
sh,i tr/sh	sh+(i)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
ts cl/tr/ts	*/./ts	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
s,u,s s,s	s,(u),s	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
N,z N,*cl/cl/z	ng/z/.	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u,sh tr/k,sh	*/k,(u),sh	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
ch,i tr/ch	*/ch+(u)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
ch,i,h ch,h	ch,(i),h	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
ky cl/tr/k/j	*/./k/j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,i,s tr/cl/k,s	*/./k,(i),s	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
a,w,a	a,w,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k tr/cl/tr/cl/k	*/./././k	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
tt cl/tr/cl/t	-*/././t	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
ky tr/cl/tr/k/j	*/././k/j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
g tr/g	g	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u,hy cl/k,h	*/k,(u),h+(j)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
a,r,a a,r,a	a,r,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
k,u,s tr/k,s	*/k,(u),s	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
j cl/dj/j	zh	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
r tr/r	r	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
z *cl/cl/z	z	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_1.5mS.idx
a,o a,o	a,o	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_B.5mS.idx
N N/tr	N	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_B.5mS.idx
ky tr/cl/k	*/./k+(j)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_B.5mS.idx
j tr/*cl/dj	zh	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
i,m i,mm	i,m	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
a,h,a a,w,a/>	a,w,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
r,e r,e	r,e	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
k,u,h tr/k,h	*/k,(u),h	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
j *cl	zh	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
i i/>/tr	i	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
p,u,s cl/p,s	*/p,(u),s	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
o,h o,w	o,w	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
e,N,w e,N,w	e,N,w	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
e,N,e e,N,e	e,N,e	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
a,e a,e/>	a,e	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
k,i tr/k	*/k+(i)	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
k,u,hy tr/k,h/j	*/k,(u),h/j	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
u,d u,*cl	u,d	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
e,i e,i	e,i	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
a,y,a a,y,a	a,j,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
u,r,u u,r,u	u,r,u	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSA.5mS.idx
a a/>/tr	a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
pau pau/tr/pau/tr/pau -:		/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
h,a h,a/>	h,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
u,N,d u,N,*cl/d	u,N/d	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
i,r,i i,r,i	i,r,i	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
N,e N,e	N,e	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
e,e </e	e:	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
a,y,a a,y,a/>	a,j,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
d *cl/cl/*cl/d	d	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSB.5mS.idx
e,a e,a	e,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,h,a o,w,a	o,w,a	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
e,n,i e,mm,i/>	e,n,i	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
b *cl/cl	b	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
ts,u,h cl/ts,h	*/ts,(u),h	/NFS/atrf33/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx

z,u *cl/z	z+(u)	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
i,n,ili,mm,i	i,n,i	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
e,y,o,y e,y,o,y	e,j,o,j	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
k,u,k cl/k,k	*k,(u),k	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
r,u r,u	r,u	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
a,N a,N/>	a,N	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,r,o o,r,o	o,r,o	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,a o,a	o,a	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,y o,y	o,j	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,i,u o,y,u	o,j,u:	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o tr/o/>	o	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
ts,u,sh,i cl/ts,sh	*/ts,u,sh+(i)	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
u,o u,o	u,o	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,wo,o o,o,o/>	o::	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
d tr/d	d	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
u,i u,i/>	u,i	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
u,r,a u,r,a/>	u,r,a	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
e,N,e,N e,N,e,N/>	e,N,e,N	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,e o,e/>	o,e	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
k,u,hy tr/k,h	*k,(u),h+(j)	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
r,e r,e/>	r,e	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,o,o o/>	o::	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
n,i,n mm,i,mm	n,i,n	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
o,r,u o,r,u/>	o,r,u	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
e,o e,o	e,o	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
N,wo N,o/>	N,o	/NFS/atrf3/work9/FFS/FFS_DSC.5mS.idx
ts,u cl/ts,u	*/ts,u	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
i tr/i	i	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
sh,i sh,i	sh,i	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
h,u h	h+(u)	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
ts,u ts,u	ts,u	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
k k cl/k	*/.k	/work8/FMS/FMS_1.5mS.idx
i,u y/u	j/u:	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
i,u y/u/>	j/u:./	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
N,d,e N,*cl,e	N,d,e	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
o,u,g,o o,*cl,o	o:g,o	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
pp,i cl/p	-*p+(i)	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
o,u,wo,o,o o/>	o:::	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
o,wo,o o,o/>	o::	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
k,u,k cl/k	*k,(u),k	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
wo,o o/>	o:	/para1/MHT/MHT_DSC.5mS.idx
s,u s/cl	s+(u)	/para1/MHT/MHT_DSB.5mS.idx
z e/*cl/z	e/z/.	/para1/MHT/MHT_DSB.5mS.idx
n e/mm	e/n	/para1/MHT/MHT_DSB.5mS.idx
k,u,ts,u cl/k,ts	*k,(u),ts+(u)	/para3/MXM/MXM_DSA.5mS.idx
o,o <o,o/>	o:	/para3/MXM/MXM_DSA.5mS.idx
i,i i,i	i:	/para3/MXM/MXM_DSA.5mS.idx
wo o/*>	o	/para3/MXM/MXM_DSC.5mS.idx
ts,u,sh,i ts,u,sh	ts,u,sh+(i)	/para3/MXM/MXM_DSC.5mS.idx
o,u,wo,o,o o,o,o,o/>	o:::	/para3/MXM/MXM_DSC.5mS.idx
k,u,ts,u k,ts	k,(u),ts+(u)	/para3/MXM/MXM_DSC.5mS.idx
o,u,o o,o	o::	/para3/MXM/MXM_DSC.5mS.idx
ch,i,ch ch	ch,(i),ch	/para3/MXM/MXM_B.5mS.idx
r,i r,i	r,i	/para3/MXM/MXM_B.5mS.idx
w,a w,a/*>	w,a	/para1/MNM/MNM_B.5mS.idx
w,a w,a	w,a	/para1/MNM/MNM_B.5mS.idx
N,u,N N,u,N/>	ng,u,N	/para1/MNM/MNM_B.5mS.idx
a a/tr	a	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
g,i *cl,i/>	g,i	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
k,u,f,u cl/k,h	*k,(u),h+(u)	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
sh,u,ss sh,s	sh,(u),s	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
o,o,u o,o/>	o::	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
ch,i cl/ch,i	*/ch,i	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
s,a s	s,a	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
gy cl/g/j	g/.j	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
f,u,s h,u,s	h,u,s	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
m,u mm,u/>	m,u	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
w,a <w,a	w,a	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
w,a <w,a/>	w,a	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
w,a w,a/>	w,a	/work8/FTK/FTK_1.5mS.idx
k,u,ky cl/k/j	*k,(u),k/j	/para1/MNM/MNM_DSA.5mS.idx
k,u,s k,u,s	k,u,s	/para1/MNM/MNM_DSA.5mS.idx
kk k	-*k	/para1/MNM/MNM_DSA.5mS.idx
pau pau/<	-:	/work8/FMS/FMS_DSA.5mS.idx
s,a,sh s,sh	s,(a),sh	/work8/FMS/FMS_DSA.5mS.idx
p,u,s p,s	p,(u),s	/work8/FMS/FMS_DSA.5mS.idx
f,u h,u	h,u	/work8/FMS/FMS_DSA.5mS.idx
n,i mm/>	n,i	/work8/FMS/FMS_DSA.5mS.idx
ch,i ch/>	ch+(i)	/work8/FMS/FMS_DSB.5mS.idx

o,w,a o,w,a/*>	o,w,a	/work8/FTK/FTK_B.5mS.idx
sh,u sh,u	sh,u	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
u,h,a u,h,a/>	u,h,a	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
k,u,sh,i,s cl/k,sh,s	*k,(u),sh,(i),s	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
o,N o,N	o,N	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
pp cl/p/j	*/p/j	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
wo w/o/>	w/o/.	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
a,r,o,u a,r,o	a,r,o:	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
k,u,s cl/k,u,s	*/k,u,s	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
e,r,u e,r,u	e,r,u	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
pau pau/i/>	-/i/.	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
s,u,n s/cl/mm	s/.+(u)/n	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
i >	i	/work8/FTK/FTK_DSA.5mS.idx
N,n N,mm/o/>	n:/o/.	/work8/FTK/FTK_DSB.5mS.idx
k k/j	k/j	/work8/FTK/FTK_DSB.5mS.idx
i,ry i,r,j	i,r,j	/work8/FTK/FTK_DSB.5mS.idx
n mm/i	n/i	/work8/FTK/FTK_DSB.5mS.idx
e,i e,i/*>	e,i	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
a,m,a a,mm,a	a,m,a	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
N,mm N,mm	m:	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
d *cl/d/a/>	d/./a/.	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
o,u,wo o,o/*>	o::	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
t t/e	t/e	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
r r/j	r/j	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
n mm/i/>	n/i/.	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
u,wo u,o	u,o	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
he,i e,i/>	e,i	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
s,u,d s/cl/*cl/d	s/.+(u)/d/.	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
i,r,o i,r,o	i,r,o	/work8/FTK/FTK_DSC.5mS.idx
k,u k,u	k,u	/work8/FMS/FMS_DSC.5mS.idx
e,i e,i/>	e/i/.	/work8/FMS/FMS_DSC.5mS.idx
a,a </a	a:	/work8/FMS/FMS_DSC.5mS.idx
a,a tr/a	a:	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
a tr/a/>	a	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ts,u,s cl/tr/cl/ts,s	*././ts,(u),s	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
t cl/tr/cl/tr/cl/t	*./././t	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
i tr/i/>	i	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ch cl/tr/cl/tr/cl/ch	*././././ch	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
e,i tr/e	e:	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
e tr/e	e	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
o tr/o	o	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
z *cl/tr/*cl/z	z	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
t tr/cl/tr/t	*././t	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
e,i e/tr	e:	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ch cl/tr/ch	*././ch	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
cch tr/cl/ch	-*/./ch	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
cch cl/tr/cl/ch/j	-*/././ch/j	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
j *cl/tr/*cl/dj	zh	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
z tr/*cl/z	z	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
k cl/tr/cl/tr/k	*./././k	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ts cl/tr/cl/tr/cl/ts	*././././ts	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
p cl/tr/cl/p	*././p	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ch,i cl/tr/cl/ch	*./././ch	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
ts tr/cl/tr/cl/ts	*./././ts	/work7/FYM/FYM_1.5mS.idx
p,u tr/cl/p	*././p+(u)	/work7/FYM/FYM_DSA.5mS.idx
k,u,k tr/cl/k	*././k,(u),k	/work7/FYM/FYM_DSA.5mS.idx
ts tr/cl/ts	-*/./ts	/work7/FYM/FYM_DSA.5mS.idx
e,N e,N	e,N	/work7/FYM/FYM_DSB.5mS.idx
p,u cl/tr/cl/p	*././p+(u)	/work7/FYM/FYM_DSB.5mS.idx
e,r,e e,r,e	e,r,e	/work7/FYM/FYM_DSC.5mS.idx
wo,o o	o:	/work7/FYM/FYM_DSC.5mS.idx
o,wo,o o	o::	/work7/FYM/FYM_DSC.5mS.idx
m,o mm,o	m,o	/work7/FYM/FYM_DSC.5mS.idx
i,u,i y,u,i	j,u:,i	/work7/FYM/FYM_DSC.5mS.idx
i,e,e i,e/>	i,e:	/para4/FSU/FSU_B.5mS.idx
e,o e,o/*>	e,o	/para4/FSU/FSU_DSA.5mS.idx
u,N,y u,N,y	u,N,j	/para4/FSU/FSU_DSA.5mS.idx
he e/*>	e	/para4/FSU/FSU_DSA.5mS.idx
i y/u/>	j/u/.	/para4/FSU/FSU_DSA.5mS.idx
i,i </i/*>	i:	/para4/FSU/FSU_DSA.5mS.idx
e,a e,a/*>	e,a	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
o,a o,a/>	o,a	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
a,N a,N	a,N	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
a,a a,a/*>	a:	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
o,a o,a/*>	o,a	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
u,o u,o/*>	u,o	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
e,N e,N/>	e,N	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
u,d u,*cl/d	u/d	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
u,wo u,o/*>	u,o	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx

i,g,i i,*cl,i/*>	i,g,i	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
a,wo a,o	a,o	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
o,u o,u/>	o,u	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
i,i i,i/*>	i:	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
N,wo N,o	N,o	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
o,u,o o/*>	o::	/para4/FSU/FSU_DSC.5mS.idx
k,u,sh cl/k/sh	*/k+(u)/sh	/NFS/atrf-fs/pub1/set1p/FAF/FAF_1.5mS.idx
u u/>/cl	u	/NFS/atrf-fs/pub1/set1p/FAF/FAF_1.5mS.idx
e,i e/>/cl	e:	/NFS/atrf-fs/pub1/set1p/FAF/FAF_1.5mS.idx
u,u,u u,u/>	u::	/NFS/atrf-fs/pub1/set1p/FAF/FAF_1.5mS.idx
k,u,sh k/sh/j	k,(u)/sh/j	/new/atrddata/M001/M001_B.5mS.idx
kk,u,s cl/k/s	-*k,(u)/s	/new/atrddata/M001/M001_B.5mS.idx
f,u,s h/s	f,(u),s	/new/atrddata/M001/M001_B.5mS.idx
t,o cl/t	*/t+(o)	/new/atrddata/M004/M004_B.5mS.idx
k,u,s cl/k/s	*/k,(u)/s	/new/atrddata/M101/M101_B.5mS.idx
u,g,u u,*cl,u	u,g,u	/new/atrddata/M103/M103_B.5mS.idx
mm mm	m	/new/atrddata/M402/M402_B.5mS.idx
p cl/p/j	*/p/j	/new/atrddata/M402/M402_B.5mS.idx
g tr/*cl/g	g	/new/atrddata/M403/M403_B.5mS.idx
N,u,N N,u,N	ng,u,ng	/new/atrddata/M403/M403_B.5mS.idx
k,i,sh k/sh/j	k,(i)/sh/j	/new/atrddata/M001/M001_WI.5mS.idx
k,u,sh k/sh	k,(u)/sh	/new/atrddata/M001/M001_WI.5mS.idx
t,o t	t+(o)	/new/atrddata/M002/M002_WI.5mS.idx
h,a h	h+(a)	/new/atrddata/M004/M004_WI.5mS.idx
ts,u,ts,u ts	ts+(u),ts+(u)	/new/atrddata/M101/M101_WI.5mS.idx
i,r,a i,r,a	i,r,a	/new/atrddata/M402/M402_WI.5mS.idx
ts,u,ts ts	ts+(u),ts	/new/atrddata/M402/M402_WI.5mS.idx
u,u u,u	u,u	/new/atrddata/MMS/MMS_B.5mS.idx
ch,i,ch ch,ch	ch,(i),ch	/new/atrddata/MTM/MTM_B.5mS.idx
k,u,sh cl/k/sh/j	*/k,(u)/sh/j	/new/atrddata/MTM/MTM_B.5mS.idx
i,h i,h	i,h	/new/atrddata/MMS/MMS_DSB.5mS.idx
i,ts i,ts	(i),ts	/new/atrddata/MMS/MMS_DSB.5mS.idx
ch,i ch,i	ch+(i)	/new/atrddata/MMS/MMS_DSB.5mS.idx
k,o k,o	k+(o)	/new/atrddata/MMS/MMS_DSB.5mS.idx
a,w a,w	a,w	/new/atrddata/MMS/MMS_DSB.5mS.idx
k,i tr/cl/k	*/./k+(u)	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
i tr/</y	i	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
y tr/</y	j	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
k,i,k cl/k,k	*/k,(i),k	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
k,i,sh,i cl/k,sh	*/k,(i),sh+(i)	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
j tr/dj	zh	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
i tr/</i/>	i	/new/atrddata/MMY/MMY_DSB.5mS.idx
ch,i tr/cl/ch	*/./ch+(i)	/new/atrddata/MNM/MNM_DSB.5mS.idx
d cl/*cl/d	d	/new/atrddata/MNM/MNM_DSB.5mS.idx
e,r,u e,r,u/>	e,r,u	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
sh,u,k sh,k	sh,(u),k	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
u,wo u,w/o/>	o:	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
o,r,e o,r,e	o,r,e	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
s,u,g s/cl/*cl	s,u,g	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
o,o,wo o,o/>	o::	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
k,i,k cl/k	*/k+(i),k	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
ch,i,k ch,k	ch,(i),k	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
k,u,ts k,ts	k,(u),ts	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
N,wo N,w/o/>	ng,o	/new/atrddata/MSH/MSH_DSB.5mS.idx
i,u </y/u/>	j+(u)	/new/atrddata/MTK/MTK_DSB.5mS.idx
i,u </y/u	j+(u)	/new/atrddata/MTK/MTK_DSB.5mS.idx
s s/cl	s	/new/atrddata/MTK/MTK_DSB.5mS.idx
j,i dj/i/>	zh,i	/new/atrddata/MTK/MTK_DSB.5mS.idx
a,a a/tr	a:	/new/atrddata/MTK/MTK_DSB.5mS.idx
k,u,h k/u,w	k,(u),h	/new/atrddata/MTM/MTM_DSB.5mS.idx
k,u,hy k/h/j	k,(u)/h/j	/new/atrddata/MTM/MTM_DSB.5mS.idx
k *cl	k	/new/atrddata/MTT/MTT_DSB.5mS.idx
h,a,h h	h,(i),h	/q19/users/kosaka/tmp/data/F003/F003_B.5mS.idx
dd *cl/cl/d	d:	/q19/users/kosaka/tmp/data/F003/F003_B.5mS.idx
k,i,h k/h	k,(i),h	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/F004/F004_B.5mS.idx
b,a *cl,a	b,a	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/F007/F007_B.5mS.idx
ts,u,d cl/ts/cl/*cl/d	ts,(u),d	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKM/FKM_DSB.5mS.idx
e,e tr/e	e:	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKN/FKN_DSB.5mS.idx
d tr/*cl	d	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKN/FKN_DSB.5mS.idx
a,a tr/a/>	a:	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKN/FKN_DSB.5mS.idx
i,u tr/y/u	i,u	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKN/FKN_DSB.5mS.idx
i,i i tr	i:	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKS/FKS_DSB.5mS.idx
u,u,h u,w	u,w	/new/TOOL/F001/F001_SFA.5mS.idx
dy *cl/d/j	d/./j	/new/TOOL/F001/F001_SFA.5mS.idx
u,m u,mm	u,m	/new/TOOL/M206/M206_B.5mS.idx
N,u N,u	ng,i	/new/TOOL/M206/M206_B.5mS.idx
N,by N,*cl,j	ng,b,j	/new/TOOL/M207/M207_B.5mS.idx
a,N a	a,N	/new/TOOL/M405/M405_B.5mS.idx

b,u cl/b,u	b,u	/new/TOOL/M406/M406_B.5mS.idx
u,r,o u,r,o	u,r,o	/new/TOOL/M406/M406_B.5mS.idx
h,i h,i/>	h,i	/new/TOOL/M007/M007_B.5mS.idx
b,u *cl,u	b,u	/new/TOOL/M107/M107_B.5mS.idx
e,i,i e,i/>	e::	/new/TOOL/M202/M202_B.5mS.idx
i,e </i,e	i,e	/new/TOOL/M202/M202_B.5mS.idx
o,N o,N/>	o,N	/new/TOOL/M202/M202_B.5mS.idx
i,j,i i,dj,i	i,zh,i	/new/TOOL/M303/M303_B.5mS.idx
z cl	z	/new/TOOL/M304/M304_B.5mS.idx

2.10 融合ラベルの切り離し

ATR ラベルには融合ラベルが多い。音素境界を正確に決定することが困難な場合はすべて融合ラベルとして扱われるので、数が多い。融合ラベルを無視して音素モデルを学習すると、音素境界が明確でないような現象を音素モデルとして学習することができない。これは、学習の観点からは望ましくない。音素モデルの学習は、音素境界が最重要ではなく、むしろ音素パターンのあらゆる変形を学習することの方が重要だと思われるので、以下のような融合ラベルの分割規則を作成して分割した。

例えば、“ts,(u),s 70,0” という規則は、/ts/,/(u)/,/s/ が「融合」しているラベルについて、/ts/,/(u)/,/s/ に全体の時間のそれぞれ 70%, 0%, 30% を割り当てるように分割することを意味する。この場合の 30% は、冗長な情報なので省略できる。

以下の規則は、ラベル変換プログラム lab_conv2 で用いているものである。この場合も、規則はすべての場合をカバーしているわけではない。

```
#
# phoneme symbol conversion rules (#2)
# (phoneme dividing ratios)
#
# rules defined by
# S.Sagayama, 4/11/1991
#
# label pattern:      dividing ratio: first found in:
#
ts,(u),s             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
N,g                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
n,z                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
sh,(i),k             80,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,w                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
i,j                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,m                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
o,w                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(u),sh             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(u),h              70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
n,zh                 80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(i),k              70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(i),s              70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(i),sh             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
sh,(i),ts           70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
n,d                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(u),s              70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(u),s,(u)         50,0,50        /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
r,u                  20            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,r                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
n,r                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
m,b                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
g,o                  20            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
ch,(i),s             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
k,(i),h              70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
sh,(i),s             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,g                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
ts,(u),z             70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
i,z                  70            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
sh,(i),ch            70,0           /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
N,w                  80            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
zh,i                 20            /para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
```

u,z	70	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,r,u	45,10	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
o,r,o	45,10	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
N,i	50	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
i,g	80	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
ch,(i),ts	70,0	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,N	50	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
g,u	20	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
i,N	50	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
h,(i),s	70,0	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
h,(u),s	70,0	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
N,j	80	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u,j	80	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
u:,w	80	/para3/MAU/MAU_1.5mS.saga
ng,g	80	_lab_conv1_MAU
ng,w	80	_lab_conv1_MAU
ng,i	50	_lab_conv1_MAU
u,ng	40	_lab_conv1_MAU
ng,j	80	_lab_conv1_MAU
ng,b	80	_MNM_1
j,u	20	_MNM_1
zh,u	30	_MNM_1
s,(u),s	50,0	_MNM_1
k,i	40	_MNM_1
h,j	60	_MNM_1
h,(u),sh	60,0	_MNM_1
k,(u),ts	70,0	_MMS_1
ts,(u),ts	60,0	_MMS_1
p,(i),ts	60,0	_MMS_1
k,(i),ts	70,0	_MMS_1
k,u	50	_MMS_1
s,u	60	_MMS_1
sh,(i),t	80,0	_MMS_1
ch,(i),s:	70,0	_MMS_1
n,i,ng	40,20	_MMS_1
z,u	40	_MHT_1
zh,i:	20	_MHT_1
m,b,j	70,15	_MHT_1
zh,j,u	30,30	_MHT_1
e:,j	80	_MHT_1
u,z,u	40,20	_MHT_1
e:,i	65	_MHT_1
sh,j	70	_MHT_1
h,(i),sh:	50,0	_MHT_1
e,j	70	_MHT_1
zh,i,z	30,50	_MAU_DSA
u:,j	80	_MAU_DSA
g,i	20	_MAU_DSA
i,g,i	45,10	_MAU_DSA
j,o	20	_MAU_DSA
i,zh,i	40,20	_MAU_DSA
g,a	20	_MAU_DSA
u,n	50	_MAU_DSA
-,p	85	_MAU_DSB
sh,(u),ts	70,0	_MAU_DSB
n,i	20	_MAU_DSB
d,e	20	_MAU_DSB
o:,w	80	_MAU_DSB
h,o	30	_MAU_DSB
i,n	70	_MAU_DSB
i,zh	70	_MAU_DSB
i,ng	50	_MAU_DSB
o,r	80	_MAU_DSB
sh,(u),ts,(u),s	40,0,40,0	_MAU_DSC
t,a	20	_MAU_DSC
o,g	80	_MAU_DSC
u,o	50	_MAU_DSC
o,r,e	45,10	_MAU_DSC
u,ng,w	40,40	_MAU_DSC
i,e	50	_MAU_DSC
e,i	50	_MAU_DSC
j,u:	20	_MAU_DSC
i,r	80	_MAU_DSC
s,(u),k	80,0	_MAU_DSC
u,o,u	33,33	_MAU_DSC
ts,(u),sh	50,0	_MXM_1
a,w,a	40,20	_MXM_1
h,i	30	_MXM_1
*,t	30	_FKS_1

m,i	30	_FKS_1
k,j	80	_FKS_1
m,u	30	_FKS_1
(u),h	0	_FKS_1
r,a	20	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
i,ng,j	40,40	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
i,N,j	40,40	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
o:,u	65	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
u,i	50	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
ch,(i),h	70,0	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
a,r,a	45,10	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
r,j	70	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_1
a,o	50	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_B
e,a	50	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_DSC
o,w,a	45,10	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_DSC
e,n,i	40,20	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_DSC
ts,(u),h	70,0	/NFS/atrf3/work9/FFS/_FFS_DSC
ts,u	50	/work8/FMS/_FMS_1
sh,i	50	/work8/FMS/_FMS_1
N,d,e	40,20	/para1/MHT/_MHT_DSC
o:,g,o	60,10	/para1/MHT/_MHT_DSC
p,(u),s	30,0	/para1/MHT/_MHT_DSC
k,(u),k	50,0	/para1/MHT/_MHT_DSC
ts,u,sh	40,20	/para3/MXM/_MXM_DSC
ch,(i),ch	60,0	/para3/MXM/_MXM_B
r,i	20	/para3/MXM/_MXM_B
w,a	30	/para1/MNM/_MNM_B
ng,u,N	30,30	/para1/MNM/_MNM_B
sh,(u),s	50,0	/work8/FTK/_FTK_1
ch,i	50	/work8/FTK/_FTK_1
s,a	30	/work8/FTK/_FTK_1
h,u,s	30,20	/work8/FTK/_FTK_1
k,u,s	30,10	/para1/MNM/_MNM_DSA
~*,k	70	/para1/MNM/_MNM_DSA
s,(a),sh	50,0	/work8/FMS/_FMS_DSA
h,u	40	/work8/FMS/_FMS_DSA
sh,u	50	/work8/FTK/_FTK_DSA
u,h,a	40,20	/work8/FTK/_FTK_DSA
k,(u),sh,(i),s	40,0,40,0	/work8/FTK/_FTK_DSA
o,N	50	/work8/FTK/_FTK_DSA
a,r,o:	30,10	/work8/FTK/_FTK_DSA
e,r,u	45,10	/work8/FTK/_FTK_DSA
i,r,j	70,10	/work8/FTK/_FTK_DSB
a,m,a	40,20	/work8/FTK/_FTK_DSC
h,a	30	/work8/FTK/_FTK_DSC
i,r,o	45,10	/work8/FTK/_FTK_DSC
e,N	40	/work7/FYM/_FYM_DSB
e,r,e	45,10	/work7/FYM/_FYM_DSC
n,i,n	30,40	/work7/FYM/_FYM_DSC
m,o	20	/work7/FYM/_FYM_DSC
j,u:,i	10,50	/work7/FYM/_FYM_DSC
i,e:	30	/para4/FSU/_FSU_B
e,o	50	/para4/FSU/_FSU_DSA
u,N,j	35,50	/para4/FSU/_FSU_DSA
N,e	50	/para4/FSU/_FSU_DSA
i,m	70	/para4/FSU/_FSU_DSB
o,a	50	/para4/FSU/_FSU_DSC
N,o	50	/para4/FSU/_FSU_DSC
a,N	50	/para4/FSU/_FSU_DSC
o,u	50	/para4/FSU/_FSU_DSC
k,(u)	100	/new/atrddata/M001/_M001_B
f,(u),s	50,0	/new/atrddata/M001/_M001_B
i,N,i	33,33	/new/atrddata/M103/_M103_B
u,g,u	40,20	/new/atrddata/M103/_M103_B
ng,u,ng	33,33	/new/atrddata/M403/_M403_B
k,(i)	100 0	/new/atrddata/M001/_M001_WI
(u),ts	50	/new/atrddata/M101/_M101_WI
i,r,a	45,10	/new/atrddata/M402/_M402_WI
u,u	50	/new/atrddata/MMS/_MMS_B
i,h	70	/new/atrddata/MMS/_MMS_DSB
(i),ts	0	/new/atrddata/MMS/_MMS_DSB
a,w	80	/new/atrddata/MMS/_MMS_DSB
sh,(u),k	70,0	/new/atrddata/MSH/_MSH_DSB
s,u,g	70,0	/new/atrddata/MSH/_MSH_DSB
(i),k	0	/new/atrddata/MSH/_MSH_DSB
ch,(i),k	80,0	/new/atrddata/MSH/_MSH_DSB
ng,o	50	/new/atrddata/MSH/_MSH_DSB
h,(i),h	70,0	/q19/users/kosaka/tmp/data/F003/_F003_B
b,a	20	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/F007/_F007_B

i,r,i	i,r	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FFS/_FFS_DSB
a,j,a	45,10	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FFS/_FFS_DSB
ts,(u),d	70,0	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKM/_FKM_DSB
i,u	50	/NFS/atrp11/users/kosaka/data/FKN/_FKN_DSB
ng,b,j	70,10	/new/TOOL/M207/_M207_B
b,u	20	/new/TOOL/M406/_M406_B
u,r,o	40,20	/new/TOOL/M406/_M406_B

第 3 章

音声分析のソフトウェア

3.1 実行環境

実行する前に、音声データが、以下の例のようなディレクトリ構造になっている必要がある。この例は、ATR が販売している「ATR 音声データベース (A セット)」をディスク上にリストアしたものである。/set1 というルートディレクトリ上のディレクトリは、実際はどこのディレクトリでも良く、そこをシンボリックリンクしておけば良い。A セット以外については、付録の csh プログラムを若干変更して対処できる。

```
/set1/MAU
|- LBL ( 10 files)
|   |- D0 ( 999 files)
|   |- D1 (1000 files)
|   |- D2 (1000 files)
|   |- D3 (1000 files)
|   |- D4 (1000 files)
|   |- D5 ( 241 files)
|   |- D6 ( 386 files)
|   |- DSA ( 115 files)
|   |- DSB ( 115 files)
|   |- DSC ( 115 files)
|- WAV ( 10 files)
|   |- D0 ( 999 files)
|   |- D1 (1000 files)
|   |- D2 (1000 files)
|   |- D3 (1000 files)
|   |- D4 (1000 files)
|   |- D5 ( 241 files)
|   |- D6 ( 386 files)
|   |- DSA ( 115 files)
|   |- DSB ( 115 files)
|   |- DSC ( 115 files)
```

3.2 音声分析プログラム類のコンパイル

実行するには、まず、すべての C プログラム:

```
CorrCeps.c CorrLSP.c CorrLpow.c atr_mlab.c cep2dyc_db.c cep2dyc_db_gw.c deltavec.c
deltavec_v1.0.c directsum.c directsum_old.c dividelab.c lab_conv1.c lab_conv2.c lab_conv3.c
```


lab_conv4.c lab_conv4_old.c lab_conv5.c labwords.c mlabcrr.c change.c cutout.c form.c
permute.c pow2dyp_db.c seefloat.c tree.c

をコンパイルする。これは、

```
CompileAll.csh 
```

によって実行できる。

メニュー操作により、音声分析やラベル変換を行なうには、

```
A-menu 
```

とする。

3.3 関係ファイルの意味

3.3.1 ファイル名の意味

例えば“MAU_1.5mS.saga”は、パラメータファイルへのインデックスファイルである。その音素記号法は、この資料で述べた方針によって作られたものである。‘5mS’は、分析フレーム周期が5mSであることを表す。

3.3.2 ファイル名の拡張子の意味

ASCII files (index files) の意味は、以下のようである。

*.log A log file of speech analysis by which all files have been created. It contains so much information that you can know the specifications of having run programs.

*.w+l A list of file names of both waveforms and labels in same lines. For example, <MAU_1.w+l> looks like:
/WAV/D0/MAU_0001.12K /LBL/D0/MAU_0001.LB
/WAV/D0/MAU_0002.12K /LBL/D0/MAU_0002.LB
..... etc.

*.1+2 1st and 2nd layers of ATR labels in index format the numbers are in mS. The format is as follows:
WAV/D0/MAU_1_0001.12K 260 640
362.5 17.5 a,a <
380 275 . a
655 145 . >

```
# WAV/D0/MAU_1_0002.12K 250 520
352.5 17.5 a <
370 105 . a
475 150 i i
625 40 . >
..... etc.
```

*.idx Frame number index to parameter files with ATR 2-layer labels. Basically, labels are identical to above. A label of silence "-" is added before and after words.

```
# WAV/D0/MAU_1_0001.12K 260.0 640.0
0 21 - -
21 3 a,a <
24 55 . a
79 29 . >
108 20 - -
```

```
# WAV/D0/MAU_1_0002.12K 250.0 520.0
128 21 - -
149 3 a <
152 21 . a
173 30 i i
203 8 . >
211 21 - -
..... etc.
```

*.saga Single layer (Sagayama's) phonetical labels derived from above label file. Undivided labels have been split into individual phoneme segments.

Indices are identical to above. Phoneme symbols used here are:

/ a, i, u, e, o, j, w, p, t, k, b, d, g, m, n, ng,
s, sh, ch, ts, z, zh, r, h, -, * / (-:silence, *:closure)

It looks like:

```
# WAV/D0/MAU_1_0001.12K 260.0 640.0
0 21 -
21 87 a:
108 20 -
```

```
# WAV/DO/MAU_1_0002.12K 250.0 520.0
128 21 -
149 24 a
173 38 i
211 21 -
..... etc.
```

*.cxt Index file with context labels.

```
# WAV/DO/MAU_1_0001.12K 260.0 640.0
0 21 - -/-/-/a/a
21 43 a -/-/a/a/-
64 44 a -/a/a/-/-
108 20 - a/a/-/-/-
```

```
# WAV/DO/MAU_1_0002.12K 250.0 520.0
128 21 - -/-/-/a/i
149 24 a -/-/a/i/-
173 38 i -/a/i/-/-
211 21 - a/i/-/-/-
..... etc.
```

Binary files (Speech Data)

(All data files are simple vector sequences without any other information inside. The index files to the contents are *.idx, *.saga, and *.cxt.)

*.cor21 21-dimensional Autocorrelation file which contains both power and autocorrelation coefficients 1 - 20.

*.lpow 1-dimensional Logarithmic power.

*.dpow 1-dimensional Delta-log-power with a regression time window of 100mS.

*.cep16 16-dimensional LPC cepstrum driven from 16-th order LPC.

*.dcep16 16-dimensional delta-LPC-cepstrum with a regression time window of 100mS.

3.4 音声分析メニュー csh コマンド “A-menu”

図 3.1は、音声分析の手順の概要を示したものである。いくつかのステップを通して、音素モデルの学習に使えるような、音声パラメータファイルとそれへのポインタを含むラベルファイルが作られる。

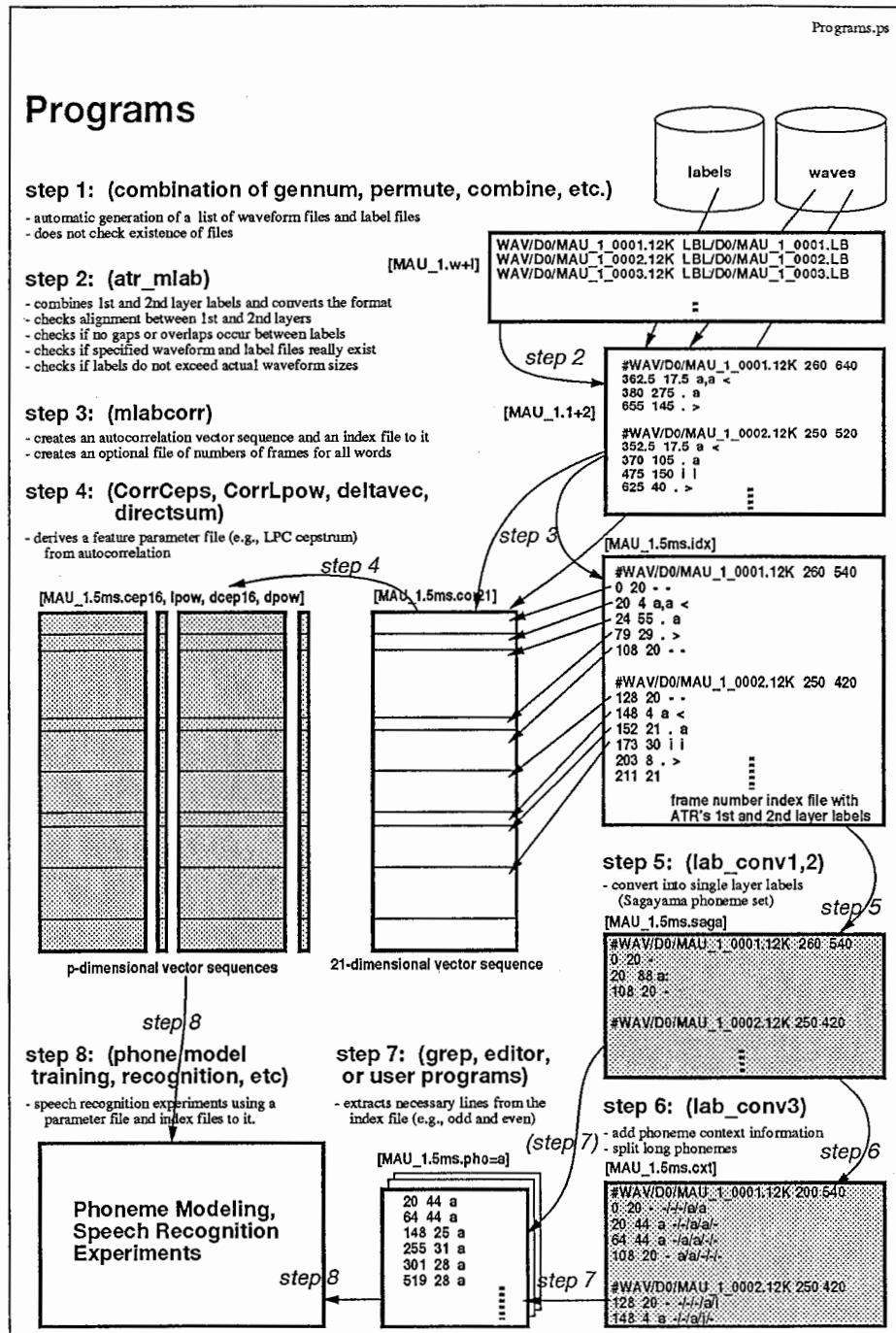


図 3.1: 音声分析の手順の概要

図3.2は、両者の関係を図示したものである。

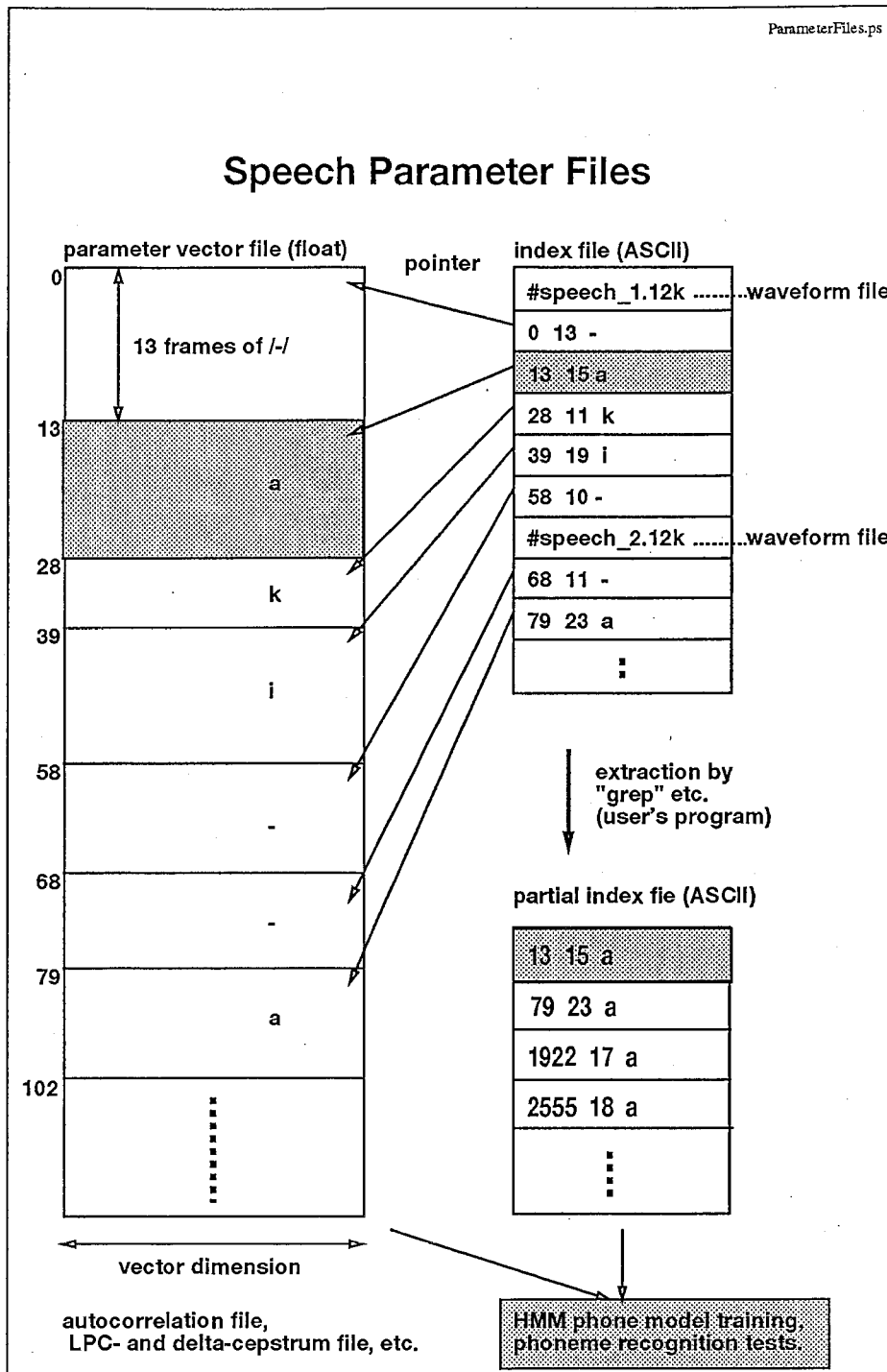


図 3.2: パラメータファイルとラベルファイルの関係

図3.3は、音声ファイルを一つのファイルシステム(一つの磁気ディスク)に収めることができない場合に、リンクエントリを作ることにより、空き領域を有効に活用することができる、というヒントを示す。

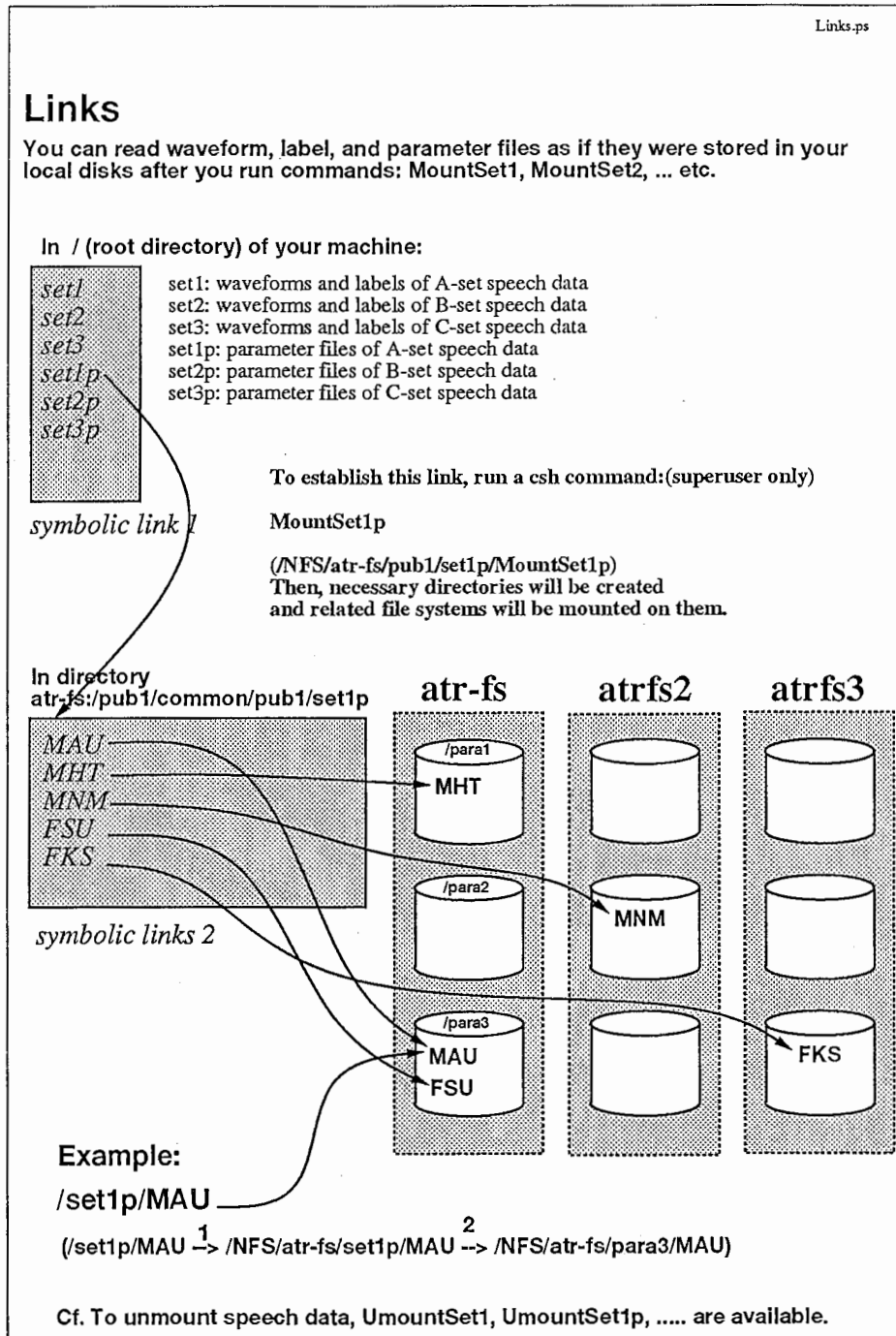


図 3.3: 音声ファイルのリンクエントリの作り方の例

音声分析メニュー csh コマンドファイルの例を以下に示す。これは、ファイル名 “A-menu” という名が付けられている。これを起動すると、コマンドを受け付けるので、表示されている使えるコマンドから選択して動作させる。

csh コマンド A-menu の中で、音声分析は、次のような手順で行なわれる。

1. step 1: 音声波形ファイルとラベルファイルのリストの作成 (creates a list of speech waveform and label file names)
2. step 2: ラベル情報の寄せ集めとラベル記述の変換 (collection of labels and format conversion)
3. step 3: 21 次元自己相関係数の計算とそのファイルへのポインタファイルの作成 (computes 21-dim autocorrelation and makes an index file to it)
4. step 4: 対数パワー計算 (computes log power)
5. step 5: デルタ対数パワー計算 (computes delta power)
6. step 6: 16 次元 LPC ケプストラム計算 (computes 16-dim LPC cepstrum)
7. step 7: 16 次元デルタ LPC ケプストラム計算 (computes 16-dim delta cepstrum)
8. step x: 対数パワー、LPC ケプストラム、デルタ対数パワー、デルタ LPC ケプストラムの結合 (combines LPC cepstrum and delta cepstrum) — 音素モデルの学習アルゴリズムによっては、これが必要になる。

このような手順が、csh プログラムの中で進められる。

個々のプログラムモジュールについては解説しないが、csh を使いなれた人なら、このプログラムを読んで、個々のプログラムの役割と引数の使い方が想像できるだろう。詳しくはソースプログラム中のコメントを参照されたい。

```
#!/bin/csh
#
# menu - speech analysis for speech recognition at ATR including:
#   step 1: creates a list of speech waveform and label file names
#   step 2: collection of labels and format conversion
#   step 3: computes 21-dim autocorrelation and makes an index file to it
#   step 4: computes log power
#   step 5: computes delta power
#   step 6: computes 16-dim LPC cepstrum
#   step 7: computes 16-dim delta cepstrum
#   ( step x: combines LPC cepstrum and delta cepstrum )
#
# usage: menu.sh
#
# coded by S.Sagayama, 3/23/1991; 4/14/1991

if($#argv > 0) then
  echo 'usage: menu.sh'
  exit
endif

# --- defaults ---
set orig = '/NFS/atr-fs/pub1/set1'
set spkr = 'none'
set dset = 'none'
set fsys = 'pwd'
```

```

set curdir = 'pwd'
set tool   = "/NFS/atr-fs/pub1/common/Analys"

# --- menu ---
menu:

set dir    = $fsys/$spkr
set temp   = $dir
set log     = $dir/$spkr'_'$dset.log

# echo "-----"
# echo " current setting is as follows:"
# echo "   speaker =" $spkr
# if($dset == '1') then
#   echo "   data set =" $dset ' (which means 5240 words)'
# else
#   echo "   data set =" $dset
# endif
# echo "   output file system =" $fsys " (This means the directory is $dir)"
echo "-----"
echo " [ host = 'hostname' ] [ user = 'whoami' ] [ in directory = 'pwd' ]"
echo " s - speaker [$spkr] d - data set [$dset] f - file system [$fsys]"
echo "-----"
echo " A - Analyze" $spkr_"_$dset
echo " lsp - LSP analysis of" $spkr_"_$dset
echo " L - Make a unified label file for $spkr_"_$dset
echo " C - clear the old log file (as well as -.34d)"
echo " j - Jump to and restart at the specified step"
echo " ls - take a look into the directory: $dir"
echo " tree - Show the parameter file configuration"
echo " 34d - Bind all parameter files to make a 34-dim file"
echo " q - Exit"
echo "-----"

echo -n "> enter a menu item #s = "
set list = $<

foreach item ('echo $list | /NFS/atr-fs/pub1/common/bin/separate')
switch($item)

# -----
case q:
  exit

# -----
case x:
  echo -n "> csh command: "
  set cmd = $<
  $cmd
  breaksw

# -----
case E:
  ee $0
  breaksw

# -----
case j:
  echo \
"> select one of (list, label, corr, logpow, delatpow, LPCcep, deltacep)"
  echo -n " = "
  set jump = $<
  goto $jump
  breaksw

# -----
case C:
  echo "$item> Clear log file and 34 dim file"
  ls -l $dir
  rm -i $log $dir/$spkr'_'$dset.34d
  breaksw

# -----
case ls:
  echo "$item> Looking into the directory: $dir"
  ls -l $dir
  breaksw

```



```

case df:
  df
  breaksw
case LS:
  ls $fsys/*
  breaksw
# -----
case tree:
  echo "$item> current status of speech data is as follows:"
  tree -2 -a /para1
  tree -2 -a /para2
  tree -2 -a /para3
  breaksw

# -----
# --- change the speaker ---
case s:
  echo "$item> change the speaker [currently $spkr]; specify one of"
  ls $orig
  echo -n "> specify = "
  set spkr = $<
  breaksw

# -----
# --- change the data set ---
case d:
  echo "$item> change the data set [currently $dset]; specify one of"
  echo \
  "(1: 5240 words, DSA: short phrase, DSB: long phrase, DSC: sentence,"
  echo \
  " B: 216 ballanced words, NA: numbers, NB: numbers, SY: 101 syllables)"
  echo -n "> specify = "
  set dset = $<
  breaksw

# -----
# --- change the file system ---
case f:
  echo "$item> change the file system [currently $fsys]"
  # echo \
  # "/para1, /para2, /para3, /para4)"
  # foreach x (/NFS/atr-fs/para* /NFS/atrfs2/work* /NFS/atrfs3/work*)
  #   echo $x '-----'
  #   df $x
  #   ls $x
  # end
  echo -n "> specify a file system = "
  set fsys = $<
  breaksw

# -----
#                               case A:
# -----
# --- analysis ---

mkdir $dir

echo '-----' >> $log
echo "          Speech Analysis Log " >> $log
echo '-----' >> $log
echo ' speaker      =' $spkr >> $log
if($dset == '1') then
  echo ' data set    =' $dset ' (5240 words)' >> $log
else
  echo ' data set    =' $dset >> $log
endif
echo ' date & time  =' 'date' >> $log
echo ' running user =' 'whoami' >> $log
echo ' host machine =' 'hostname' >> $log

echo "> speaker $spkr"

cd $orig/$spkr
echo ' running dir  =' 'pwd' >> $log
echo ' output dir   =' $dir >> $log

# ----- file name list creation -----
#
list:

```

```

echo '' >> $log
echo '(step 1) list creation (5240 words) -' 'date'
echo '(step 1) list creation (5240 words) -' 'date' >> $log

# --- depending on the data set ---
switch($dset)
case '1':
  gennum -n5240 -f04 \
  | permute 1 1 \
  | cutout 1 6 \
  | permute 2 1 \
  | form 'LBL/D%s/'$spkr'_'$dset'_%s.LB' \
  > $curdir/_LB
  breaksw
case 'DSA':
case 'DSB':
case 'DSC':
  ls $orig/$spkr/LBL/$dset \
  | form LBL/$dset/'%s' \
  > $curdir/_LB
  breaksw
case 'B':
case 'NA':
case 'NB':
case 'SY':
  ls $orig/$spkr/LBL/D6 \
  | grep '_'$dset'_' \
  | form LBL/D6/'%s' \
  > $curdir/_LB
  breaksw
default:
  echo "?? illegal data code:" $dset
  goto menu
endsw

echo '> wc : ' 'wc $curdir/_LB'
echo '> wc : ' 'wc $curdir/_LB' >> $log

# --- general ---
cat $curdir/_LB \
| change LBL/ WAV/ .LB .12K \
> $curdir/_12

combine $curdir/_12 $curdir/_LB \
> $dir/$spkr'_'$dset'.w+1'
echo "> $dir/$spkr'_'$dset'.w+1 has been created." >> $log

rm $curdir/_12 $curdir/_LB

echo "***** step 1: creating a list file - finished *****"
tail $dir/$spkr'_'$dset'.w+1'

#---- atr_mlab: creating a combined label file -----
#
label:
echo '' >> $log
echo '(step 2) atr_mlab -' 'date'
echo '(step 2) atr_mlab -' 'date' >> $log
echo \
"> atr_mlab -f 12 < \"$dir/$spkr\"_'$dset'.w+1 > \"$dir/$spkr\"_'$dset'.1+2\" \
>> $log

$tool/atr_mlab -f 12 \
< $dir/$spkr'_'$dset'.w+1' \
> $dir/$spkr'_'$dset'.1+2'
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 2: collection of labels - finished *****"
tail $dir/$spkr'_'$dset'.1+2'

#---- mlabcorr: computing the autocorrelation and making an index to it ----
# (computation of autocorrelation)
#
corr:
echo '' >> $log
echo '(step 3) mlabcorr -' 'date'
echo '(step 3) mlabcorr -' 'date' >> $log

$tool/mlabcorr \
-Debug \

```

```

-input      $dir/$spkr_'_$dset'.1+2' \
-output     $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.cor21' \
-count      $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.cnt' \
-xedni      $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.idx' \
-freq       12 \
-length     20 \
-shift      5 \
-p:order    21 \
-emphasis   0.98 \
>> $log
if($status == 1) goto illegal

echo "***** step 3: autocorrelation - finished *****"
tail $log

#
#---- CorrLpow: autocorrelation to log power conversion ----
# (computation of log only)
#
logpow:
echo '' >> $log
echo '(step 4) CorrLpow -' 'date'
echo '(step 4) corrLpow -' 'date' >> $log
echo "> CorrLpow -i \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.cor21" >> $log
echo "      -p 21" >> $log
echo "      -o \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.lpow" >> $log

$tool/CorrLpow \
-i:inputfile      $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.cor21' \
-p:inputdim       21 \
-o:outputfile     $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.lpow' \
>> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 4: log power - finished *****"
tail $log

#
#---- deltavec: delta vector sequence computation ----
# (computation of delta-cepstrum)
#
deltapow:
echo '' >> $log
echo '(step 5) deltavec -' 'date'
echo '(step 5) deltavec -' 'date' >> $log
echo "> deltavec" >> $log
echo "  -i \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.lpow" >> $log
echo "  -p 1" >> $log
echo "  -o \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.dcep16" >> $log
echo "  -w 10 ... (10x5mSx2=100mS window)" >> $log

$tool/deltavec \
-i:inputfile      $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.lpow' \
-p:inputdim       1 \
-o:outputfile     $dir/$spkr_'_$dset'.5mS.dpow' \
-w:regressionlength 10 \
>> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 5: delta log power - finished *****"

/*-----*/
#---- ending ----
echo '' >> $log
echo '(finished) -' 'date' >> $log
echo '***** LPC cep, del-cep, log-pow, delta-pow: analysis finished *****'
tail $log

breaksw

cep:
#
#
#---- CorrCeps: autocorrelation to LPC-cepstrum conversion ----
# (computation of LPC cepstrum)
#
LPCcep:
echo '' >> $log
echo '(step 6) corrceps -' 'date'
echo '(step 6) corrceps -' 'date' >> $log
echo "> corrceps -i \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.cor21" >> $log

```

```

echo "          -p 21" >> $log
echo "          -o "$dir/$spkr"_"$dset".5mS.cep16" >> $log
echo "          -m 16" >> $log
echo "          -n 16" >> $log
echo "          -h 0.01" >> $log

$tool/CorrCeps \
-i:inputfile      $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.cor21' \
-p:inputdim       21 \
-o:outputfile     $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.cep16' \
-m:LPCorder       16 \
-n:outputdim      16 \
-h:lagwindowhalfband 0.01 \
>> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 6: LPC cepstrum - finished *****"
tail $log

#
#---- deltavec: delta vector sequence computation ----
# (computation of delta-cepstrum)
#
deltacep:
echo '' >> $log
echo '(step 7) deltavec -' 'date'
echo '(step 7) deltavec -' 'date' >> $log
echo "> deltavec" >> $log
echo "  -i "$dir/$spkr"_"$dset".5mS.cep16" >> $log
echo "  -p 16" >> $log
echo "  -o "$dir/$spkr"_"$dset".5mS.dcep16" >> $log
echo "  -w 10" >> $log

$tool/deltavec \
-i:inputfile      $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.cep16' \
-p:inputdim       16 \
-o:outputfile     $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.dcep16' \
-w:regressionlength 10 \
>> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 7: delta cepstrum - finished *****"
#
#---- ending ----
echo '' >> $log
echo '(finished) -' 'date' >> $log
echo "***** LPC cep, del-cep, log-pow, delta-pow: analysis finished *****"
tail $log

breaksw

# -----
#                               case lsp:
# -----
#
#---- CorrLSP: autocorrelation to LPC-cepstrum conversion ----
# (computation of LPC cepstrum)
#
LSP:
echo '' >> $log
echo '(step 6) CorrLSP -' 'date'
echo '(step 6) CorrLSP -' 'date' >> $log
echo "> CorrLSP -i "$dir/$spkr"_"$dset".5mS.cor21" >> $log
echo "          -p 21" >> $log
echo "          -o "$dir/$spkr"_"$dset".5mS.lsp16" >> $log
echo "          -m 16" >> $log
echo "          -h 0.01" >> $log

$tool/CorrLSP \
-i:inputfile      $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.cor21' \
-p:inputdim       21 \
-o:outputfile     $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.lsp16' \
-m:LPCorder       16 \
-h:lagwindowhalfband 0.01 \
>> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** LSP - finished *****"
tail $log

#
#---- deltavec: delta vector sequence computation ----

```

```

# (computation of delta-cepstrum)
#
deltacep:
echo '' >> $log
echo '(step 7) deltavec -' 'date'
echo '(step 7) deltavec -' 'date' >> $log
echo "> deltavec" >> $log
echo "  -i \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.cep16" >> $log
echo "  -p 16" >> $log
echo "  -o \"$dir/$spkr\"_\"$dset\".5mS.dcep16" >> $log
echo "  -w 10" >> $log

$tool/deltavec \
  -i:inputfile      $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.lsp16' \
  -p:inputdim      16 \
  -o:outputfile    $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.dlsp16' \
  -w:regressionlength 10 \
  >> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** step 7: delta LSP - finished *****"
#
#---- ending ----
echo '' >> $log
echo '(LSP analysis finished) -' 'date' >> $log
echo '***** LSP, delta-LSP: analysis finished *****'
tail $log

breaksw

# -----
#                               case 34d:
# -----
# ---- directsum: concatenation of LPC cepstrum and delta-cepstrum ----
# (The output file is a sequence of 34-dimensional composite vectors of
# 16-dimensional LPC cepstrum vectors and 16-dimensional delta-cepstrum
# vectors.)
#
echo '' >> $log
echo 'directsum -' 'date'
echo 'directsum -' 'date' >> $log
cd $dir

echo '> directsum' \
  $spkr'_'$dset'.5mS.lpow' 1 $spkr'_'$dset'.5mS.cep16' 16 \
  $spkr'_'$dset'.5mS.dpow' 1 $spkr'_'$dset'.5mS.dcep16' 16 \
  $spkr'_'$dset'.5mS.34d' >> $log

$tool/directsum \
  $spkr'_'$dset'.5mS.lpow' 1 $spkr'_'$dset'.5mS.cep16' 16 \
  $spkr'_'$dset'.5mS.dpow' 1 $spkr'_'$dset'.5mS.dcep16' 16 \
  $spkr'_'$dset'.5mS.34d' >> $log
if($status == 1) goto illegal
echo "***** directsum - finished *****"
tail $log
#
breaksw

# -----
#                               case I:
# -----
# original: lab_conv.sh
# (usage: lab_conv.sh MAU /para3)
#

$tool/lab_conv1 $tool/lab_conv1.rule $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.idx' \
  > $dir/_$spkr'_'$dset

head $dir/_$spkr'_'$dset
$tool/lab_conv2 $tool/lab_conv2.rule $dir/_$spkr'_'$dset \
  > $dir/_$spkr'_'$dset

head $dir/_$spkr'_'$dset
rm $dir/_$spkr'_'$dset

$tool/lab_conv3 \
  < $dir/_$spkr'_'$dset \
  > $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.saga'
head $dir/$spkr'_'$dset'.5mS.saga'
rm $dir/_$spkr'_'$dset

```

```
$tool/lab_conv5 < $dir/$spkr_'$dset'.5mS.saga' \  
> $dir/$spkr_'$dset'.words'  
head $dir/$spkr_'$dset'.words'  
  
grep '*' $dir/$spkr_'$dset'.5mS.saga'  
  
$tool/lab_conv4 $dir/$spkr_'$dset'.5mS.saga' \  
> $dir/$spkr_'$dset'.5mS.cxt'  
tail $dir/$spkr_'$dset'.5mS.cxt'  
  
breaksw  
  
# -----  
#                                     endsw  
#                                     end  
#                                     goto menu  
# -----  
  
#---- illegal ending ----  
illegal:  
echo '?? illegal ending caused by an error' >> $log  
echo '?? illegal ending caused by an error'  
echo " current setting is as follows:" >> $log  
echo "   speaker =" $spkr >> $log  
if($dset == '1') then  
  echo "   data set =" $dset ' (which means 5240 words)' >> $log  
else  
  echo "   data set =" $dset >> $log  
endif  
echo "   output file system =" $fsys \  
  " (This means the directory is $dir)" >> $log  
exit
```

3.5 SSS アルゴリズム実行のためのラベルの変換

SSS(逐次状態分割)法を実行するには、ここまで述べてきたラベル変換でなく、さらに以下のような変換を行なって用いた。以下の説明は、鷹見淳一氏提供のものである。

ここまで説明されてきた方法で作成されたラベルには、幾つかの音声学的な考慮が採り入れられている。それらをまとめると以下の通りである。

1. /d/, /t/, /n/, /z/, /ch/, /ts/, /zh/, /r/ に先行する撥音は /n/ と表す。
2. /b/, /p/, /m/ に先行する撥音は /m/ と表す。
3. /s/, /sh/ に先行する促音はそれぞれ /s/, /sh/ と表す。
4. /s/, /sh/ 以外の音素に先行する促音は語頭や語尾の無音と同じ /-/ で表す。

逐次状態分割法(SSS)は、このような音声学的な先見的知識を用いなくて音素コンテキスト情報のみから異音カテゴリの自動決定をするアルゴリズムであるから、ここでは敢えてこのような情報を用いないことにする。そこで、このようなラベルを修正し、より音韻論的な音素ラベルに変換する。

ここでは、このラベル修正プログラムの使用法について説明する。

プログラムのコンパイルは以下の通りである。

```
cc lab_convSSS.c -lm -o lab_convSSS
```

使用法は以下の通りである。

```
lab_convSSS file_name < rule_file > new_file_name
```

ここで、ラベルの修正ルールを記述するファイル(“rule_file”)について説明する。ラベルファイルは、以下のフォーマットで記述される。

```
先々行音素の条件 先行音素の条件 中心音素の条件 後続音素の条件 後々続音素の条件
新しいラベル
```

このようなルールの記述によって、5つの適合条件がすべて“真”となるときの中心音素が新しいラベルに書き換えられる。このようなルールを必要に応じて複数行記述する。なお、ラベルの修正時には、ルールファイルの上の方の行に記述されたルールほど先に実行される。(この順番によって最終的なラベルが違ってくる場合があるので注意が必要である。)

適合条件の記述方法としては以下のような表現が許されている。

- * : どのような音素であっても“真”
- phoneme : phoneme と一致する音素のみ“真”
- !phoneme : phoneme と一致する音素のみ“偽”

SSS 実行のためのラベルとしては、以下のルールによって修正されたものを使用している。これは、lab_convSSS.rule という名のファイルに収められている。

```
* d n * * ng
* t n * * ng
* n n * * ng
* z n * * ng
* ch n * * ng
* ts n * * ng
* zh n * * ng
* r n * * ng
* b m * * ng
* p m * * ng
* m m * * ng
* * s s * q
* * sh sh * q
* !- - !- * q
```

ただし、/ng/ は撥音、/q/ は促音を表す。