

Internal Use Only

TR-I-0147

Hidden Markov Modelによる音韻認識実験の結果
Phoneme Recognition Using Hidden Markov Models

花沢 利行, 川端 豪[†], 鹿野 清宏^{††}

Toshiyuki Hanazawa, Takeshi Kawabata,
and Kiyohiro Shikano

1990.2

内容梗概

本報告では離散型のHMM, 連続型のHMMのそれぞれに対して、ATRの大語彙単語データベースを用いて音韻モデルの学習を行い、①単語発声、②複合語を許さない文節、③文節、④自由発声中の音韻の認識実験を行い、離散型と連続型のHMMを比較するとともに、発話様式の違いが音韻認識率におよぼす影響を調べた。

ATR自動翻訳電話研究所

ATR Interpreting Telephony Reseach Laboratories

© (株) ATR自動翻訳電話研究所 1988

© 1988 by ATR Interpreting Telephony Reseach Laboratories

[†]現在NTT基礎研究所, ^{††}現在NTTヒューマンインターフェース研究所

目次

1. はじめに	1
2. Hidden Markov Model	1
2.1 離散型のHMM	2
2.2 連続型のHMM	3
3. 音韻認識実験	4
3.1 実験条件	4
3.2 実験結果	6
4. むすび	7
文献	11

付録:18子音の認識結果混同表	12
(18子音: 単語中の音韻)	
○ 離散モデル	13
○ 1混合対角連続モデル	14
○ 3混合対角連続モデル	15
○ 3混合共分散連続モデル	16
(18子音: 複合語を許さない文節中の音韻)	
○ 離散モデル	17
○ 1混合対角連続モデル	18
○ 3混合対角連続モデル	19
○ 3混合共分散連続モデル	20
(18子音: 複合語を許す文節中の音韻)	
○ 離散モデル	21
○ 1混合対角連続モデル	22
○ 3混合対角連続モデル	23
○ 3混合共分散連続モデル	24
(18子音: 自由発声中の音韻)	
○ 離散モデル	25
○ 1混合対角連続モデル	26
○ 3混合対角連続モデル	27
○ 3混合共分散連続モデル	28

付録:/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/の認識結果混同表	29
---	----

(/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/: 単語中の音韻)

○ 離散モデル	30
○ 1混合対角連続モデル	30
○ 3混合対角連続モデル	30
○ 3混合共分散連続モデル	30

(/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/: 複合語を許さない文節中の音韻)

○ 離散モデル	31
○ 1混合対角連続モデル	31
○ 3混合対角連続モデル	31
○ 3混合共分散連続モデル	31

(/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/: 複合語を許す文節中の音韻)

○ 離散モデル	32
○ 1混合対角連続モデル	32
○ 3混合対角連続モデル	32
○ 3混合共分散連続モデル	32

(/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/: 自由発声中の音韻)

○ 離散モデル	33
○ 1混合対角連続モデル	33
○ 3混合対角連続モデル	33
○ 3混合共分散連続モデル	33

付録:/b/, /d/, /g/の認識結果混同表	34
--------------------------	----

(/b/, /d/, /g/: 単語中の音韻)

○ 離散モデル	35
○ 1混合対角連続モデル	35
○ 3混合対角連続モデル	35
○ 3混合共分散連続モデル	35

(/b/, /d/, /g/: 複合語を許さない文節中の音韻)

○ 離散モデル	36
○ 1混合対角連続モデル	36
○ 3混合対角連続モデル	36
○ 3混合共分散連続モデル	36

(/b/, /d/, /g/: 複合語を許す文節中の音韻)

○ 離散モデル	37
○ 1混合対角連続モデル	37
○ 3混合対角連続モデル	37
○ 3混合共分散連続モデル	37

(/b/, /d/, /g/: 自由発声中の音韻)

○ 離散モデル	38
○ 1混合対角連続モデル	38
○ 3混合対角連続モデル	38
○ 3混合共分散連続モデル	38

1. はじめに

HMM(Hidden Markov Model)による音韻認識実験を行った。HMMによる音声認識はBarker¹⁾, Jelinek²⁾らによって試みられ、以後多くの研究機関で研究されてきている^{3)~12)}。HMMは音韻のゆらぎを統計的に表現できるという特徴があり、発声状況やコンテキスト等の違いによる音韻変動に対して強いモデルを構成することが期待できる。

本報告ではモデルの単位を音韻として、離散型のHMM, 連続型のHMMのそれぞれに対して、ATRの大語彙単語データベースを用いてモデルの学習を行い、①単語発声、②複合語を許さない文節、③文節、④自由発声中の音韻の認識実験を行い、離散型と連続型のHMMを比較するとともに、発話様式の違いが音韻認識率におよぼす影響を調べた。

2. Hidden Markov Model³⁾

Hidden Markov Model (HMM)は図1に示すように数個の状態(s_1, s_2, s_3, s_4)と各状態間を結ぶ弧によって構成される。各弧にはその弧を通して各状態間を遷移する遷移確率 a_{ij} と、遷移の際に音声の特徴ベクトル \mathbf{x} を出力する出力確率 $b_{ij}(\mathbf{x})$ とがパラメータとして与えられている。HMMは初期状態 s_1 から最終状態 s_4 へ遷移し、その間に遷移確率 a_{ij} と出力確率 $b_{ij}(\mathbf{x})$ とによって定まる確率で様々なベクトル列を出力する。すなわちHMMは、状態遷移によって音声の特徴ベクトル列を生成する確率モデルであると考えることができる。

[HMMの学習]

HMMのパラメータ遷移確率 a_{ij} と、出力確率 $b_{ij}(\mathbf{x})$ は、認識を行う前に大量の学習データを用いてforward-backwardアルゴリズム³⁾によって推定しておく。推定方法は最尤推定を基本としており、モデルからの学習データのベクトル列の生起確率を最大化するように遷移確率 a_{ij} と出力確率 $b_{ij}(\mathbf{x})$ の繰り返し学習を行う。

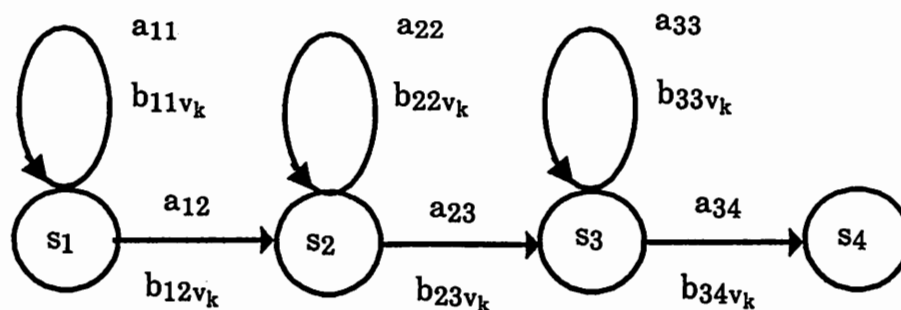


図1 Hidden Markov Model

[HMMによる音韻認識]

HMMを音韻認識に用いるためには、認識対象とする音韻ごとにHMMを学習しておき、認識時に入力データのベクトル列に対して各音韻のHMMからの生起確率を計算し、一番高い生起確率を示したHMMの音韻を認識結果とする。

HMMは出力確率 $b_{ij}(x)$ の設定方法によって離散型と連続型の2つに分けられる。

2.1 離散型のHMM

離散型のHMMは音声の特徴パラメータをベクトル量子化(VQ)して扱うものであり、出力確率 $b_{ij}(x)$ は、VQコードラベル v_k を出力する出力確率 $b_{ij}(v_k)$ となる。コードラベル v_k は具体的には整数番号であり、出力確率 $b_{ij}(v_k)$ は整数番号の生起確率を与える離散分布になる。

離散型のHMMの特徴は、音声の特徴パラメータをベクトル量子化して離散量にするので出力確率 $b_{ij}(v_k)$ には特定の分布形を仮定しなくてもよい点である。短所としては、ベクトル量子化を行うために量子化歪みが避けられないということがある。

[複数のコードブックを用いるHMM]

音声認識に有効な特徴パラメータとして音声のスペクトルの他にパワーやそれらの動的特徴等があり、これらのパラメータを組み合わせることで認識能力が向上することが報告されている¹⁶⁾。これらの特徴パラメータの組み合わせをベクトル量子化する場合、量子化歪みを増加させないことが必要である。通常の単一コードブックを用いる場合、量子化歪みを増加させないためにはコードブックサイズを大きくする必要があるが、コードブックの作成及びHMMの学習に必要なデータ数が増加するのであまり好ましくない。そこでスペクトル、パワー等の特性の異なる幾つかの音声の特徴パラメータに対して複数個のコードブックを作成し、それらのコードラベルの組合せで入力ベクトルを表現し、HMMの学習・認識に適用する数種の試みがなされている⁹⁾¹⁰⁾。

本報告では、文献⁹⁾の方法に従って、(1)式に示すように各コードブック c ごとのコードラベルの出力確率 $b^{(c)}_{ij}(v_k)$ の積として出力確率を計算する方法を用いる。

$$B_{ijt} = \prod_{c=1}^N b_{ij}^{(c)}(x_t) \quad (1)$$

- B_{ijt} : 時刻 t での複数個のコードラベルの出力確率
 $b^{(c)}_{ij}(x_t)$: 時刻 t でのコードブック c のコードラベルの出力確率
 N : コードブックの数

2.2 連続型のHMM(11)12)

離散型のHMMは音声の特徴パラメータをベクトル量子化して扱うのに対して、連続型のHMMでは特徴パラメータを量子化せずに、多次元正規分布等からの標本としてみなす。したがって離散型のHMMとは出力確率 b_{ij} の形式が違う。すなわち離散型のHMMでは出力確率はコードラベル v_k が出力される確率 $b_{ij}(v_k)$ であるのに対し、連続型での出力確率は入力ベクトル x に対する多次元正規分布等の確率密度関数になる。

連続型のHMMの特徴は、音声の特徴パラメータをベクトル量子化しないので量子化歪みの影響を受けない点である。一方特徴パラメータに分布を仮定するため、分布からずれた場合にはモデルの精度が悪くなる。また離散型のHMMと比べて計算量が多い。

より複雑な分布を表現するために、(2)式のように複数個の連続分布の和で出力確率を表現することもできる。このモデルを混合分布モデル(11)12)という。

$$b_{ij}(x) = \sum_{m=1}^M \lambda_m b_{ij}^{(m)}(x) \quad (2)$$

$$\sum_{m=1}^M \lambda_m = 1 \quad (3)$$

- x : 特徴ベクトル
- $b_{ij}(x)$: 特徴ベクトルの確率密度関数
- λ_m : 混合係数

複数の特徴量を用いる場合の出力確率は、離散型のHMMと同様に各特徴量の確率密度関数の積とした。

確率密度関数は以下の通りである。

[対角正規分布の場合]

$$b_{ij}(x) = \prod_k \left\{ \left(\frac{1}{2\pi\sigma_{ijk}^2} \right)^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{(x_k - \mu_{ijk})^2}{2\sigma_{ijk}^2} \right) \right\} \quad (4)$$

- x : 特徴ベクトル
- x_k : 特徴ベクトルの第 k 成分
- μ_{ijk} : 第 k 成分の平均値
- σ_{ijk}^2 : 第 k 成分の分散

[正規分布の場合]

$$b_{ij}(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{n}{2}} |\Sigma_{ij}|^{\frac{1}{2}}} \exp\left(-\frac{(\mathbf{x} - \mu_{ij})^t \Sigma_{ij}^{-1} (\mathbf{x} - \mu_{ij})}{2}\right) \quad (5)$$

- \mathbf{x} : 特徴ベクトル
 μ_{ij} : 平均ベクトル
 Σ_{ij} : 共分散行列

3. 音韻認識実験

3.1 実験条件

[音声試料]

ATRで収集しているデータベース13)から、成人男性1名(MAU)の発声した以下の試料を用いた。

○ 単語データベース

- 1) 重要語5,240単語
- 2) 音韻バランス216単語

○ 連続音声データベース

国際会議の問合せを想定した会話のデータベースであり、同一内容について3種の発話様式がある。

- 1) 複合語を許さない文節ごとに区切って発声したもの。(DSB)
- 2) 複合語を許した文節ごとに区切って発声したもの。(DSA)
- 3) 自由に発声したもの。(DSC)

各発話様式の発話速度を表1にまとめておく。

表1 発話速度 (モーラ/秒)

単語 (5240+216)	複合語を許さない文節 (DSB)	複合語を許す文節 (DSA)	自由発声 (DSC)
5.7	7.1	7.7	9.6

これらを12KHzでサンプリングし窓長21.3msec、周期3msecのハミング窓で切り出し、高域強調後12次のLPC分析を行った。

[特徴パラメータ]

○ 離散型のHMM

離散型のHMMでは複数個のVQコードブックを用いる方法で学習・認識を行った。音韻バランス216単語を用いて次の3種類の特徴パラメータについてVQコードブックを作成した。

- 1) スペクトル(WLR)¹⁴⁾
WLR距離尺度による256個のベクトルからなるコードブック
- 2) パワー(POW)
PWLR¹⁵⁾のパワー項の距離尺度による64個のスカラーからなるコードブック
- 3) スペクトルの動的特徴(DCEP)¹⁶⁾
LPCケプストラム係数の1次から16次までの時間方向の線形回帰係数である。時間変化の計算範囲は48msecとした。コードブックはユークリッド距離による256個のベクトルからなるものとした。

○ 連続型のHMM

連続型のHMMでも基本的には離散型のHMMと同様であり、以下の3種の特徴パラメータを用いた。

- 1) スペクトル
1次から16次までのLPCケプストラム係数
- 2) 正規化対数パワー
単語中のパワーの最大値を1に正規化した後、対数をとったものである。
- 3) スペクトルの動的特徴(DCEP)

3種の連続モデルに対して実験を行った。

- 1) 対角正規分布
- 2) 3混合対角正規分 (但し/w/については1混合分布)
- 3) 3混合正規分布 (但し/p/と/w/については1混合分布)

[音韻モデルの学習]

本報告で用いた音韻モデルは図1に示した4状態3ループのモデルである。破擦音/ch/ /ts/, 摩擦音/p/ /t/ /k/, /b/ /d/ /g/に対しては語頭・語中別にHMMを作成し、他の音韻については、1音韻につき1つのHMMを作成した。

[HMM学習データ]

HMMの学習データは、重要語5,240単語の偶数番目の単語中から音韻ラベルを参照して抽出した音韻である。

[認識評価データ]

上述したようにHMMの学習は単語中の音韻を用いるが、評価データとしては、以下の4種の発話様式中の音韻を用いた。

- 1) 5240単語中の奇数番目の単語中の音韻,
- 2) 複合語を許さない文節,
- 3) 文節,
- 4) 自由発声.

認識タスクは、

- 1) 18子音 (/s/, /sh/, /h/, /z/, /ch/, /ts/, /p/, /t/, /k/, /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/, /r/, /w/, /y/).
- 2) /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/,
- 3) /b/, /d/, /g/,

の3種である。但し、/sh/, /h/, /z/, /ch/, /ts/ に対しては、以下の条件を満たすデータのみを用いた。

- /sh/ 後続母音が/i/のデータ.
- /h/ 後続母音が/u/以外のデータ.
- /z/ 後続母音が/i/以外のデータ.
- /ch/ 後続母音が/i/のデータ.
- /ts/ 後続母音が/u/のデータ.

音韻の切り出しは音韻ラベルを用い、/N/を除く子音に対しては後続母音の区間15msecを含めて切り出した。

3.2 実験結果

18子音に対する認識実験結果を図1に示す。また、/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/ に対する結果を図2に、/b/, /d/, /g/に対する認識実験結果を図3に示す。図中の認識率の値は(6)式にしたがって計算した値である。

$$\text{音韻認識率} = \frac{\text{全音韻数} - \text{全誤り数}}{\text{全音韻数}} * 100 \quad (6)$$

また図中で使われている記号の意味は次の通りである。

- DIS (Discrete) : 離散モデル
CD1 (Continuous Diagonal 1 mixture) : 1混合分布, 対角連続モデル
CD3 (Continuous Diagonal 3 mixture) : 3混合分布, 対角連続モデル
CC3 (Continuous Covariance 3 mixture) : 3混合分布, 共分散連続モデル

単語中の18子音の認識率をみると、3混合共分散連続モデルが最も良い認識率であり、次いで3混合対角連続、離散分布、1混合対角連続モデルの順となっている。これは学習データと評価データが同一の(あるいは非常に近い)発話様式である場合には、共分散を考慮した混合連続モデルが高い精度で音韻をモデル化できることを示していると考えられる。1混合対角連続モデルでは認識率がやや低いが、これは様々なコンテキスト中の音韻を1つの正規分布であらわすのは無理があるためだと考えられる。また混合連続モデルと比較して、離散分布モデルで認識率がやや低いのは、①ベクトル量子化の際に各コードベクトルの分散を考慮していない、②量子化歪みの影響、等の原因が考えられる。

一方、評価データが文節、自由発声中の音韻になると、すべてのモデルで認識率が低下することがわかる。とくに3混合共分散連続モデルで低下の程度が一番大きい。これはモデルの記述能力が高い反面、学習データとは異なる発話様式のデータに対しては推定したパラメータのずれが大きくなるためだと思われる。離散分布モデルと対角成分のみの3混合連続モデルでは、発話様式の違いに対しては比較的強くなっている。これは離散分布モデルや対角成分のみの連続モデルでは、共分散連続モデルよりも分布形の仮定が少ないためだと思われる。

以上の検討から、どのモデルが良いとは一概には結論できないが、①混合共分散連続モデルは、高い精度で音韻をモデル化できるが学習データとは異なる発話様式のデータに対しては弱い面がある。②離散分布モデルは、混合共分散連続モデルほどの精度はないが発話様式の違いに対しては比較的強くなっている。③混合対角連続モデルは、精度では混合共分散連続モデルには及ばないが離散分布モデルよりは良く、発話様式の違いに対しては離散分布モデルと同程度の強さがある等のことがいえる。

4. むすび

本報告では離散型のHMM, 連続型のHMMのそれぞれに対して、ATRの大語彙単語データベースを用いて音韻モデルの学習を行い、①単語発声、②複合語を許さない文節、③文節、④自由発声中の音韻の認識実験を行い、離散型と連続型のHMMを比較するとともに、発話様式の違いが音韻認識率におよぼす影響を調べた。

謝辞

研究の機会を与えて頂いたATR自動翻訳電話研究所 榎松明 社長に感謝いたします。また、日頃、熱心に討論頂くATR自動翻訳電話研究所の皆さまに感謝します。

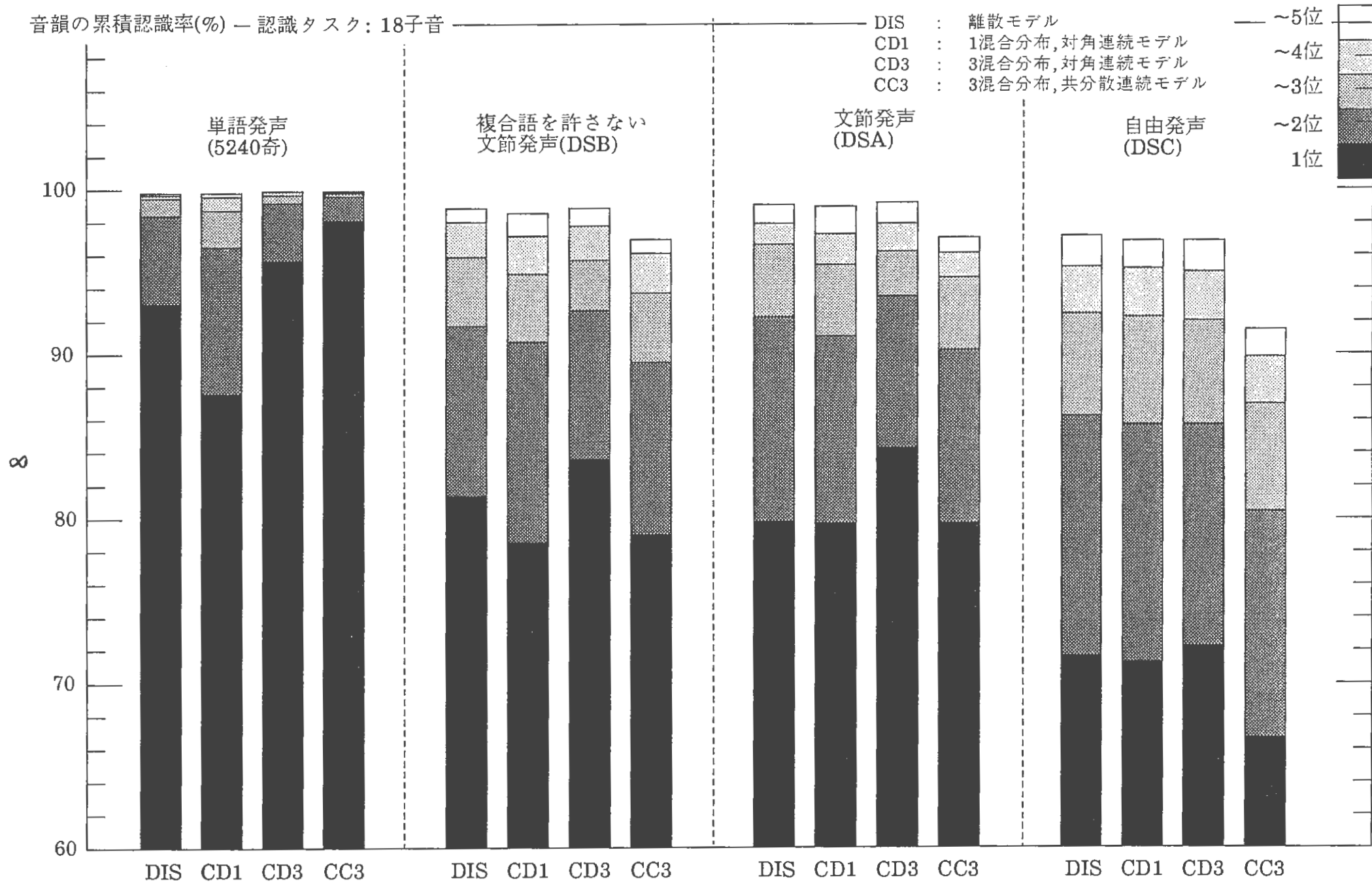


図1. 種々の発話様式における音韻認識率(18子音)

音韻の累積認識率(%) — 認識タスク: /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/

DIS : 離散モデル
 CD1 : 1混合分布, 対角連続モデル
 CD3 : 3混合分布, 対角連続モデル
 CC3 : 3混合分布, 共分散連続モデル

~5位
 ~4位
 ~3位
 ~2位
 1位

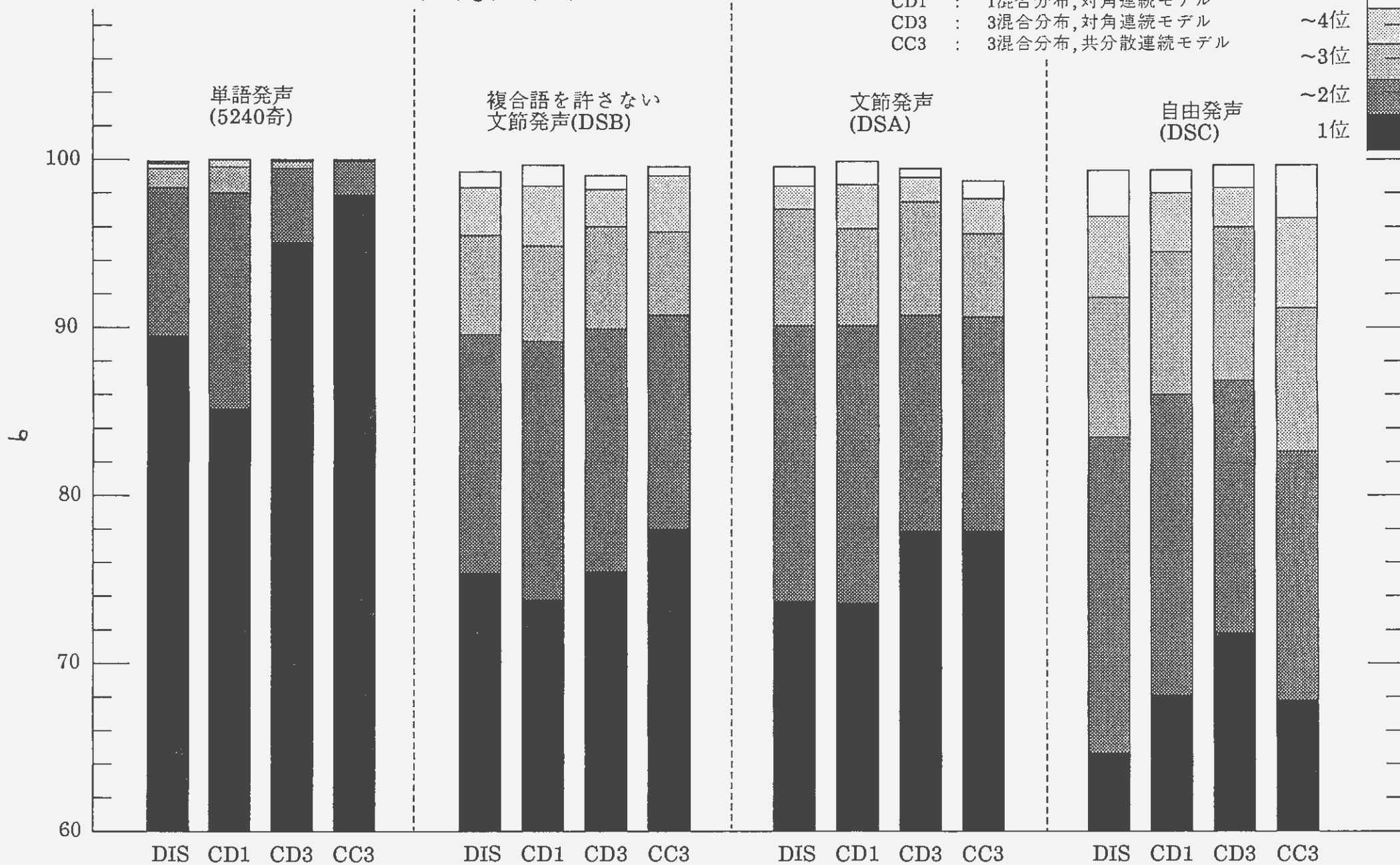


図2. 種々の発話様式における音韻認識率 (/b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/)

音韻の累積認識率(%) — 認識タスク: /b/, /d/, /g/

DIS : 離散モデル
 CD1 : 1混合分布, 対角連続モデル
 CD3 : 3混合分布, 対角連続モデル
 CC3 : 3混合分布, 共分散連続モデル

— ~3位
 ~2位
 1位

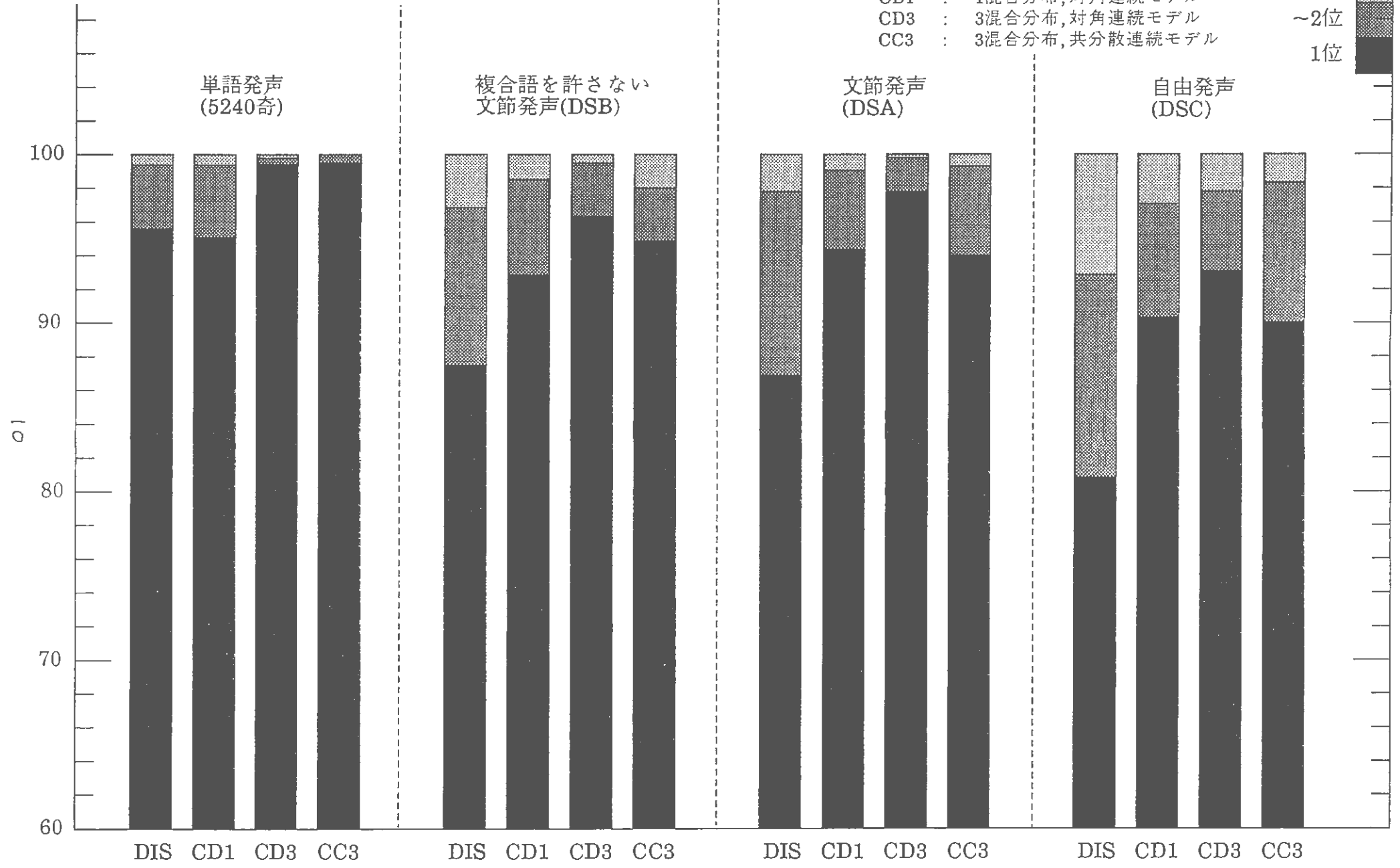


図3. 種々の発話様式における音韻認識率 (/b/, /d/, /g/)

))

文献

- 1) J. K. Barker : "The DRAGON System- An Overview", IEEE, Trans., on Acoust. Speech and Signal Proc. Vol ASSP-23. No.3. (1975)
- 2) F. Jelinek : "Continuous Speech Recognition by Statistical Methods", Proc. IEEE, Vol. 64. (1976)
- 3) S. E. Levinson, L. R. Rabiner, and M. M. Sondhi, : "An Introduction to the Application of the Theory of Probabilistic Functions of a Markov Process to Automatic Speech Recognition", The Bell System Technical Journal, vol.62, No.4.(April 1983)
- 4) 菅原 一秀, 年岡 晃一, 大河内 正明, 金子 豊久: "マルコフ過程を応用した音声認識", 音講論集(昭和58年10月)
- 5) R. Schwartz, Y. Chow, O. Kimball, S. Roucos, M. Krasner, J. Makhoul : "Context-Dependent Modeling for Acoustic-Phonetic Recognition of Continuous Speech", ICASSP85 (1985)
- 6) Y. L. Chow, M. O. Dunham, O. A. Kimball, M.A. Krasner, G.F. Kubala, J. Makhoul, P. J. Price, S. Roucos, and R. M. Schwartz : "BYBLOS: The BBN Continuous Speech Recognition System", ICASSP87 (1987)
- 7) K.-F. Lee and H.-W. Hon : "Large-Vocabulary Speaker-Independent Continuous Speech Recognition Using HMM", ICASSP88 (1988)
- 8) L. R. Bahl, P. F. Brown, P. V. de Souza, R. L. Mercer and M. A. Picheny : "Acoustic Markov Models Used in the Tangora Speech Recognition System", ICASSP88 (1988)
- 9) V. N. Gupta, M. Lennig, and P. Mermelstein : "Integration of Acoustic Information in a Large Vocabulary Word Recognizer", ICASSP87(April 1987)
- 10) M. Nishimura and K. Toshioka : "HMM-Based Speech Recognition Using Multi-Dimensional Multi-Labeling", ICASSP87(April 1987)
- 11) B-H Juang and L.R. Rabiner, : "Mixture autoregressive Hidden Markov Models for Speech Signals", IEEE, Trans., Vol. ASSP-33, No.6, pp1404-1413 (1985)
- 12) 中川 聖一著: "確率モデルによる音声認識", 電子情報通信学会
- 13) 武田 一也, 匂坂 芳典, 片桐 滋, 桑原 尚夫, : "研究用日本語音声データベースの構築", 音響学会誌 Vol.44 No.10, pp747-754, (1988-10)
- 14) 杉山 雅英, 鹿野 清宏, : "ピークに重みを置いたLPCスペクトルマッチング尺度", 信学論 A Vol. J64-A No.5, pp409-416 (1981)
- 15) 相川 清明, 杉山 雅英, 鹿野 清宏: "パワー情報とスペクトル情報を用いたベクトル量子化による単語音声認識", 音声研究会資料S82-61(1982-12)
- 16) S. Furui : "Speaker-Independent Isolated Word Recognition Using Dynamic Features of Speech Spectrum", IEEE Trans. ASSP-34,1, (1986)

付録: 18子音の認識結果混同表

reclist: mau_cons_5240odd_wdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	528	4				6													538	10	0	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
sh		177																	177	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
h			2	199				1	2			1					2		207	8	0	96.1	99.0	100.0	100.0	100.0
z	12				98	5													115	17	0	85.2	94.8	100.0	100.0	100.0
ch		2				69													71	2	0	97.2	100.0	100.0	100.0	100.0
ts	11					166													177	11	0	93.8	100.0	100.0	100.0	100.0
p			1				7	4	2								1		15	8	0	46.7	60.0	86.7	86.7	86.7
t	1		2				3	426	8										440	14	0	96.8	99.3	100.0	100.0	100.0
k		6	13		1			17	1127										1164	37	0	96.8	99.7	99.9	100.0	100.0
b							1		209	8		4	1			4			227	18	0	92.1	98.2	99.1	99.1	99.6
d							4		3	167				1		4			179	12	0	93.3	97.2	98.9	98.9	98.9
g								1	13	1	201	25	3	1	4			3	252	51	0	79.8	93.7	97.2	98.8	99.2
m			1						4		20	387	61	5	2	1			481	94	0	80.5	98.5	99.6	100.0	100.0
n								2	3	10	15	231	3	1					265	34	0	87.2	97.0	98.9	99.6	99.6
N										5	4	2	475	2					488	13	0	97.3	99.2	100.0	100.0	100.0
r				1				2	2	11	12	19	5	7		661	1	1	722	61	0	91.6	96.5	98.8	99.3	99.6
w									4								77		81	4	0	95.1	98.8	100.0	100.0	100.0
y																2	172		174	2	0	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0
sum																			5773	396	0	93.1	98.4	99.5	99.7	99.8
ave																						90.4	96.2	98.8	99.0	99.1

DATA: word (5240odd).
HMM: discrete.

13

reclist: mau_cons_5240odd_lm3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	483					55													538	55	0	89.8	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		173			4														177	4	0	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0	
h		15	178		2				9		2					1			207	29	0	86.0	91.8	94.2	99.0	99.5	
z	3			110		2													115	5	0	95.7	98.3	100.0	100.0	100.0	
ch					71														71	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ts	2					175													177	2	0	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0	
p		2					10	2	1										15	5	0	66.7	80.0	80.0	86.7	93.3	
t							30	402	8										440	38	0	91.4	99.3	99.8	100.0	100.0	
k		32	30		54		15	16	1017										1164	147	0	87.4	94.2	98.8	100.0	100.0	
b			1				1			195	17	2	4			4	2	1	227	32	0	85.9	97.8	98.2	99.1	99.6	
d			1					3			171					4			179	8	0	95.5	97.2	99.4	99.4	99.4	
g									1	6		206	26	3		1		9	252	46	0	81.7	96.8	98.4	98.4	99.6	
m										10		34	330	97	5	1	4		481	151	0	68.6	95.4	98.8	99.6	99.8	
n			1								4	3	14	240		3			265	25	0	90.6	97.4	98.1	99.6	100.0	
N			1							2		11	15	16	441	1		1	488	47	0	90.4	99.2	99.6	100.0	100.0	
r		3	5							1	14	29	48	8	11		599		4	722	123	0	83.0	91.7	97.1	98.9	99.3
w										1								80	81	1	0	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0	
y																		174	174	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
sum																			5773	718	0	87.6	96.5	98.7	99.6	99.8	
ave																						89.3	96.6	97.9	98.9	99.5	

DATA: word (5240odd).
HMM: continuous diagonal 1-mixture.

71

2.reclist: mau_cons_5240odd_3m3cdp_kigou.2

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	513					25													538	25	0	95.4	100.0	100.0	100.0	100.0
sh		175				2													177	2	0	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0
h			197					2	5								3		207	10	0	95.2	98.6	99.5	100.0	100.0
z	1			112		2													115	3	0	97.4	99.1	100.0	100.0	100.0
ch					71														71	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ts	1					176													177	1	0	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
p			3				8	2	1								1		15	7	0	53.3	66.7	73.3	86.7	86.7
t							8	430	2										440	10	0	97.7	100.0	100.0	100.0	100.0
k		1	5		1		4	12	1141										1164	23	0	98.0	99.8	100.0	100.0	100.0
b										217	2		7				1		227	10	0	95.6	99.6	100.0	100.0	100.0
d								4			173						2		179	6	0	96.6	98.9	99.4	99.4	100.0
g									1	2		236	9	2	1	1			252	16	0	93.7	98.8	99.2	99.2	99.6
m										5		12	442	19	1		2		481	39	0	91.9	98.3	99.6	99.8	99.8
n												4	6	255					265	10	0	96.2	100.0	100.0	100.0	100.0
N												6	15	1	465			1	488	23	0	95.3	100.0	100.0	100.0	100.0
r				2				1		1	29	14	5	7		661		2	722	61	0	91.6	97.4	98.9	99.9	100.0
w										2							79		81	2	0	97.5	100.0	100.0	100.0	100.0
y												1						173	174	1	0	99.4	99.4	100.0	100.0	100.0
sum																			5773	249	0	95.7	99.2	99.7	99.9	99.9
ave																						94.1	97.6	98.3	99.2	99.2

DATA: word (5240odd).
HMM: continuous diagonal 3-mixture.
! CAUTION /w/ is one mixture.

19

reclist: mau_cons_5240odd_3m3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	531			1		6													538	7	0	98.7	100.0	100.0	100.0	100.0
sh		177																	177	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
h			203						4										207	4	0	98.1	100.0	100.0	100.0	100.0
z	1			114															115	1	0	99.1	99.1	100.0	100.0	100.0
ch		1			70														71	1	0	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
ts	1					176													177	1	0	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
p			3				7	2	3										15	8	0	46.7	53.3	66.7	86.7	100.0
t							1	438	1										440	2	0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
k		2	4						1158										1164	6	0	99.5	99.9	100.0	100.0	100.0
b										217	1		3			6			227	10	0	95.6	99.1	100.0	100.0	100.0
d								4			172								179	7	0	96.1	97.8	98.3	98.3	98.9
g									1			237	8	1		3		2	252	15	0	94.0	98.4	99.6	99.6	99.6
m												2	477	1			1		481	4	0	99.2	100.0	100.0	100.0	100.0
n													8	256		1			265	9	0	96.6	99.6	100.0	100.0	100.0
N												1	11	1	475				488	13	0	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0
r			2							1	5	1		1		712			722	10	0	98.6	99.9	100.0	100.0	100.0
w										6			1				74		81	7	0	91.4	97.5	100.0	100.0	100.0
y															1	1		172	174	2	0	98.9	100.0	100.0	100.0	100.0
sum																			5773	107	0	98.1	99.6	99.8	99.9	99.9
ave																						94.8	96.9	98.0	99.1	99.9

DATA: word (5240odd).
HMM: continuous covarians 3-mixture.
! CAUTION /p/ and /w/ are one mixture

reclist: mau_cons_dsb_wdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	144																		144	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		71																	71	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
h			6	50						6	1						1		64	14	0	78.1	84.4	93.8	96.9	98.4	
z					15			1											19	4	0	78.9	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch		1	15			16	1												33	17	0	48.5	84.8	97.0	97.0	100.0	
ts		10						36											46	10	0	78.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
p						1							1						2	2	0	0.0	0.0	50.0	50.0	50.0	
t				2	3			3	225	17		1							251	26	0	89.6	97.6	99.6	99.6	99.6	
k			2	8					11	454									475	21	0	95.6	100.0	100.0	100.0	100.0	
b											37	6	2	1			1	1	48	11	0	77.1	93.8	100.0	100.0	100.0	
d					2			2		10	200	2				1	17		234	34	0	85.5	95.3	97.9	98.7	99.1	
g									2	5	11	73	10	9	1	7			118	45	0	61.9	77.1	88.1	93.2	96.6	
m										26	12	3	133	16					190	57	0	70.0	85.8	92.1	97.9	98.4	
n					2					9	29	2	29	170	21	12			274	104	0	62.0	79.2	89.1	93.4	96.7	
N					1					3	4	7	5		96	1			117	21	0	82.1	91.5	97.4	99.1	99.1	
r		1			2					13	11	4	2		1	200			234	34	0	85.5	93.6	95.7	97.9	99.6	
w										28			1			4	47		80	33	0	58.8	80.0	90.0	97.5	97.5	
y		1									3	4	1	1		20		60	90	30	0	66.7	81.1	88.9	95.6	95.6	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2490	463	0	81.4	91.7	95.9	98.0	98.8	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0	73.2	85.8	93.3	95.4	96.2

DATA: short phrase (DSB).
HMM: discrete.

41

reclist: mau_cons_dsb_lm3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	143					1													144	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0
sh		70			1														71	1	0	98.6	100.0	100.0	100.0	100.0
h			7	37	1			3	14	1		1							64	27	0	57.8	81.3	85.9	96.9	98.4
z					19														19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ch	3	12			18														33	15	0	54.5	75.8	90.9	97.0	100.0
ts	11					35													46	11	0	76.1	100.0	100.0	100.0	100.0
p							2												2	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
t	4		1		1	12	221	12											251	30	0	88.0	98.0	100.0	100.0	100.0
k		3	7		4			26	434			1							475	41	0	91.4	98.1	99.6	100.0	100.0
b										30	17					1			48	18	0	62.5	93.8	100.0	100.0	100.0
d				2				1			212	1				18			234	22	0	90.6	99.6	99.6	100.0	100.0
g									2	6		92	12	4		2			118	26	0	78.0	84.7	90.7	94.9	98.3
m										38	5	14	120	3		4	6		190	70	0	63.2	86.8	95.8	98.9	99.5
n					5					17	33	10	43	134	16	16			274	140	0	48.9	70.4	79.2	89.1	92.7
N					1					1	6	9	2		96	2			117	21	0	82.1	93.2	96.6	98.3	99.1
r					5					2	42	21		3		161			234	73	0	68.8	84.6	92.3	94.4	97.4
w										12		6	6			5	51		80	29	0	63.8	76.3	87.5	88.8	95.0
y				1							2	5				3	79		90	11	0	87.8	92.2	93.3	95.6	97.8
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2490	536	0	78.5	90.7	94.8	97.2	98.5
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	78.4	90.8	95.1	97.4	98.8

DATA: short phrase (DSB).
HMM: continuous diagonal 1-mixture (CD1).

2.reclist: mau_cons_dsb_3m3cdp_kigou.2

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	144																		144	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		71																	71	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
h			3	49				1	9		1					1			64	15	0	76.6	85.9	95.3	100.0	100.0	
z					19														19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch	1	11	1		20														33	13	0	60.6	75.8	78.8	90.9	97.0	
ts	9					37													46	9	0	80.4	100.0	100.0	100.0	100.0	
p							1	1											2	1	0	50.0	50.0	100.0	100.0	100.0	
t	1						1	242	6		1								251	9	0	96.4	98.0	99.2	100.0	100.0	
k			5					15	455										475	20	0	95.8	100.0	100.0	100.0	100.0	
b										37	11								48	11	0	77.1	93.8	97.9	100.0	100.0	
d				1				1			220					12			234	14	0	94.0	98.7	99.6	100.0	100.0	
g									1	3		90	10			14			118	28	0	76.3	88.1	95.8	98.3	99.2	
m									1	31		27	120	2		8	1		190	70	0	63.2	81.1	86.8	93.2	96.8	
n										5	7	13	52	144	37	14			274	130	0	52.6	72.3	82.8	89.4	93.8	
N											1	8	9		98	1			117	19	0	83.8	95.7	98.3	100.0	100.0	
r				4						3	18	3				1	205		234	29	0	87.6	96.2	98.3	99.1	100.0	
w										22		1				8	49		80	31	0	61.3	85.0	91.3	96.3	97.5	
y								1			1					7		81	90	9	0	90.0	95.6	95.6	96.7	97.8	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2490	408	0	83.6	92.6	95.7	97.8	98.8	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	80.3	89.8	95.5	98.0	99.0

DATA: short phrase (DSB).
HMM: continuous diagonal 3-mixture (CD3).
! CAUTION /w/ is one mixture.

b1

reclist: mau_cons_dsb_3m3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	143							1											144	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh	1	67						1		2									71	4	0	94.4	98.6	98.6	100.0	100.0	
h			1	40					3	20									64	24	0	62.5	84.4	96.9	100.0	100.0	
z					19														19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch	4	12			1	12				4									33	21	0	36.4	45.5	57.6	63.6	66.7	
ts	16							30											46	16	0	65.2	100.0	100.0	100.0	100.0	
p									1	1									2	1	0	50.0	50.0	100.0	100.0	100.0	
t	1		1						238	9		1					1		251	13	0	94.8	98.4	99.6	100.0	100.0	
k	1		3						6	465									475	10	0	97.9	99.4	100.0	100.0	100.0	
b											33	6		4			5		48	15	0	68.8	79.2	89.6	91.7	91.7	
d				3					1		1	185					44		234	49	0	79.1	96.2	98.7	100.0	100.0	
g					4					14	1		78	4		1	16		118	40	0	66.1	73.7	84.7	89.8	93.2	
m			2								4		6	154			24		190	36	0	81.1	92.1	94.7	95.8	97.4	
n									4		13	9	46	103	52	47			274	171	0	37.6	67.5	79.6	88.7	92.0	
N												9	10	1	94	3			117	23	0	80.3	96.6	97.4	99.1	100.0	
r				1							5	2			1	225			234	9	0	96.2	100.0	100.0	100.0	100.0	
w			5								40		5			17	13		80	67	0	16.3	33.8	55.0	70.0	73.8	
y											1				1	24		64	90	26	0	71.1	84.4	90.0	93.3	94.4	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2490	526	0	78.9	89.5	93.7	96.1	96.9	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	72.0	83.3	91.2	94.0	94.9

DATA: short phrase (DSB).
HMM: continuous covarians 3-mixture (CC3).
! CAUTION /p/ and /w/ are one mixture.

reclist: mau_cons_dsa_wdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	145	1																	146	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0
sh		67																	67	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
h		5	46						12	1	1							65	19	0	70.8	89.2	95.4	96.9	96.9	
z	5			14														19	5	0	73.7	94.7	100.0	100.0	100.0	
ch		18			12													30	18	0	40.0	83.3	90.0	90.0	100.0	
ts	9					37												46	9	0	80.4	100.0	100.0	100.0	100.0	
p							1	1										2	1	0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
t			3				2	214	30		1					1		251	37	0	85.3	96.0	98.4	99.2	99.6	
k		6						18	446		1	1						472	26	0	94.5	100.0	100.0	100.0	100.0	
b										38	7	1				1		47	9	0	80.9	95.7	97.9	100.0	100.0	
d				3						16	184	2			2	28		235	51	0	78.3	94.5	97.9	98.7	99.1	
g									2	6	5	63	13	15	2	13	1	120	57	0	52.5	75.0	89.2	92.5	97.5	
m										28	4	5	135	15			3	190	55	0	71.1	90.5	98.4	99.5	100.0	
n				2						15	37	3	31	165	10	13		276	111	0	59.8	78.6	90.9	93.8	96.7	
N				1						3	1	9	7		94			115	21	0	81.7	93.0	99.1	99.1	99.1	
r	1			3						3	5	16	5	2	1	199		235	36	0	84.7	95.3	97.9	99.1	99.6	
w										1	13						4	81	18	0	77.8	87.7	92.6	96.3	98.8	
y										1	4	1	1	1		17		77	25	0	67.5	76.6	81.8	89.6	93.5	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2474	499	0	79.8	92.2	96.6	97.9	99.0	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---				74.9	91.7	96.1	97.5	98.9	

DATA: phrase (DSA).
HMM: discrete.

21

reclist: mau_cons_dsa_lm3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	145	1																	146	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		66			1														67	1	0	98.5	100.0	100.0	100.0	100.0	
h		6	41					1	13	3		1							65	24	0	63.1	81.5	86.2	89.2	96.9	
z				19															19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch	3	12			15														30	15	0	50.0	70.0	83.3	90.0	96.7	
ts	5					41													46	5	0	89.1	100.0	100.0	100.0	100.0	
p							2												2	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
t	4			1			7	221	16		1					1			251	30	0	88.0	96.0	98.8	99.6	100.0	
k		3	6		4		2	21	434			1					1		472	38	0	91.9	98.3	99.4	100.0	100.0	
b										34	10	1				2			47	13	0	72.3	95.7	100.0	100.0	100.0	
d				4							216					15			235	19	0	91.9	99.6	100.0	100.0	100.0	
g									3	7	1	100	5	2		2			120	20	0	83.3	90.8	95.8	98.3	100.0	
m									49	3	20	107	1			3	7		190	83	0	56.3	84.2	96.3	100.0	100.0	
n				11					14	49	6	29	138	13	15	1			276	138	0	50.0	71.7	81.9	88.4	93.8	
N				1					8	6	6	1	91	2					115	24	0	79.1	95.7	99.1	100.0	100.0	
r		1	5						2	27	23		3			174			235	61	0	74.0	84.3	92.8	95.3	99.1	
w									9		5	3					64		81	17	0	79.0	86.4	88.9	91.4	96.3	
y									3	5	1	1				3		64	77	13	0	83.1	88.3	92.2	96.1	96.1	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2474	502	0	79.7	91.0	95.4	97.3	98.9	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0	80.5	91.3	95.3	97.1	98.8

DATA: phrase (DSA).
HMM: continuous diagonal 1-mixture (CD1).

22

2.reclist: mau_cons_dsa_3m3cdp_kigou.2

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	145	1																	146	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		67																	67	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
h		2	42					2	17			1					1		65	23	0	64.6	90.8	96.9	100.0	100.0	
z				19															19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch	1	11			18														30	12	0	60.0	76.7	80.0	86.7	90.0	
ts	4					42													46	4	0	91.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
p							1	1											2	1	0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
t	1						1	239	8		2								251	12	0	95.2	98.4	98.8	99.6	100.0	
k			3				1	15	451			1					1		472	21	0	95.6	99.6	100.0	100.0	100.0	
b										40	4		1				2		47	7	0	85.1	97.9	100.0	100.0	100.0	
d				2							221						12		235	14	0	94.0	99.6	100.0	100.0	100.0	
g									3	3		96	9	1		7	1		120	24	0	80.0	90.8	95.0	97.5	99.2	
m										45		29	106	2		4	4		190	84	0	55.8	74.7	84.7	92.1	98.9	
n				2						6	8	3	37	160	26	32	2		276	116	0	58.0	80.1	87.7	92.8	95.7	
N											1	5	7	1	101				115	14	0	87.8	96.5	100.0	100.0	100.0	
r				3						1	18	5		1		207			235	28	0	88.1	97.4	98.7	99.1	100.0	
w										9		2	1				7	62	81	19	0	76.5	86.4	92.6	97.5	98.8	
y								1				1						9	66	11	0	85.7	92.2	92.2	93.5	97.4	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2474	391	0	84.2	93.5	96.2	97.9	99.2	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	81.5	93.4	95.9	97.7	98.9

DATA: phrase (DSA).
HMM: continuous diagonal 3-mixture (CD3).
! CAUTION /w/ is one mixture.

reclist: mau_cons_dsa_3m3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	145									1									146	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		65			2														67	2	0	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
h			1	36				5	22	1									65	29	0	55.4	83.1	98.5	100.0	100.0	
z					19														19	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
ch	2	12			13			1	2										30	17	0	43.3	46.7	56.7	63.3	66.7	
ts	10					36													46	10	0	78.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
p								2											2	2	0	0.0	50.0	50.0	100.0	100.0	
t	3		1					236	8		2						1		251	15	0	94.0	98.0	100.0	100.0	100.0	
k	1		3					6	462										472	10	0	97.9	99.6	100.0	100.0	100.0	
b										34	5		4				4		47	13	0	72.3	78.7	89.4	93.6	93.6	
d			1	4						1	173							56	235	62	0	73.6	97.0	99.6	99.6	99.6	
g										16	1	80	7		2	12			120	40	0	66.7	80.0	90.0	94.2	94.2	
m			1							1	17	1	5	156		8	1		190	34	0	82.1	95.8	98.9	99.5	100.0	
n			1	1						2	6	17	5	39	123	49	33		276	153	0	44.6	64.9	80.1	86.2	90.6	
N										1		7	10			96	1		115	19	0	83.5	94.8	99.1	99.1	100.0	
r				2							3				1		229		235	6	0	97.4	100.0	100.0	100.0	100.0	
w			7					1			30		6				14	23	81	58	0	28.4	46.9	56.8	64.2	75.3	
y										2						2	27	46	77	31	0	59.7	83.1	90.9	92.2	92.2	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2474	502	0	79.7	90.2	94.6	96.1	97.0	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	70.8	84.4	89.4	94.0	95.1

DATA: phrase (DSA).
HMM: continuous covarians 3-mixture (CC3).
! CAUTION /p/ and /w/ are one mixture.

24

reclst: mau_cons_dsc_wdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	142																		142	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh		70																	70	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
h			3	40	2				3	9	2	1	1		1		3		65	25	0	61.5	78.5	87.7	92.3	95.4	
z		3			15						2								20	5	0	75.0	90.0	100.0	100.0	100.0	
ch		1	17			10													28	18	0	35.7	60.7	71.4	78.6	96.4	
ts		9					31						1						41	10	0	75.6	100.0	100.0	100.0	100.0	
p													2						2	2	0	0.0	50.0	100.0	100.0	100.0	
t		24	1	3	4		1	1	160	51		2					2		249	89	0	64.3	87.1	93.6	95.6	98.0	
k		1	4	14	2	1			27	419		1							469	50	0	89.3	98.3	99.4	99.6	100.0	
b											39	4	1	2	1		1		48	9	0	81.3	95.8	95.8	97.9	97.9	
d					5				2		10	168	1	1	4	3	40		234	66	0	71.8	86.3	93.6	97.4	97.4	
g									1		12	11	32	17	20	5	17	3	118	86	0	27.1	52.5	70.3	79.7	87.3	
m											24	7	3	119	29	1	3	4	190	71	0	62.6	84.7	92.6	97.4	98.4	
n				1	2						16	23	11	34	143	17	28	2	277	134	0	51.6	70.0	83.0	90.6	94.9	
N						1					3	6	7	7	17	77	1		119	42	0	64.7	84.0	94.1	95.8	97.5	
r		3			1				4	1	6	9		1	1		207		233	26	0	88.8	94.4	97.4	97.9	98.7	
w									1		8	1	1				10	57	78	21	0	73.1	84.6	88.5	94.9	96.2	
y				1	2						5	2	1	3			32		81	46	0	43.2	66.7	77.8	79.0	84.0	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2464	700	0	71.6	86.2	92.4	95.3	97.2	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	64.8	82.4	91.4	94.3	96.8

25

DATA: free (DSC).
HMM: discrete

reclist: mau_cons_dsc_lm3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5	
s	141						1												142	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0	
sh	2	68																	70	2	0	97.1	98.6	100.0	100.0	100.0	
h			4	32	3			2	12	2	4	2				4			65	33	0	49.2	72.3	84.6	87.7	90.8	
z					19		1												20	1	0	95.0	95.0	100.0	100.0	100.0	
ch	6	6	4			9	1			2									28	19	0	32.1	46.4	57.1	64.3	78.6	
ts	11						30												41	11	0	73.2	97.6	100.0	100.0	100.0	
p								1	1										2	1	0	50.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
t	18		4	9		8	6	181	19		3					1			249	68	0	72.7	89.6	96.0	97.6	98.8	
k	4	4	11	2	4			29	413	1		1							469	56	0	88.1	96.6	98.5	100.0	100.0	
b										33	14					1			48	15	0	68.8	97.9	97.9	100.0	100.0	
d				9				1		2	197	2		3		20			234	37	0	84.2	97.0	98.7	99.1	99.1	
g										12	4	92	4	3		3			118	26	0	78.0	86.4	92.4	95.8	97.5	
m										37	7	36	89	4	6	5	6		190	101	0	46.8	72.1	92.1	97.4	99.5	
n			1	21						3	51	23	15	125	12	26			277	152	0	45.1	66.1	79.1	87.7	92.8	
N				7						4	7	14	1	5	78	3			119	41	0	65.5	85.7	92.4	94.1	96.6	
r			1	10				1		2	30	28	2	2		157			233	76	0	67.4	84.1	91.4	95.7	97.4	
w							1			8	2	21	1	2		1	42		78	36	0	53.8	65.4	69.2	73.1	74.4	
y										1	7	17	1			6		49	81	32	0	60.5	72.8	84.0	87.7	88.9	
sum	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	2464	708	0	71.3	85.7	92.2	95.2	96.8	
ave	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0	68.2	84.6	90.7	93.3	95.2

26

DATA: free (DSC).
HMM: continuous diagonal 1-mixture (CD1).

2.reclist: mau_cons_dsc_3m3cdp_kigou.2

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	141				1														142	1	0	99.3	100.0	100.0	100.0	100.0
sh	2	67	1																70	3	0	95.7	97.1	100.0	100.0	100.0
h		2	41	2					12	1		1				6			65	24	0	63.1	83.1	92.3	93.8	96.9
z				19		1													20	1	0	95.0	95.0	100.0	100.0	100.0
ch	7	4	5		11					1									28	17	0	39.3	53.6	57.1	64.3	64.3
ts	5					36													41	5	0	87.8	100.0	100.0	100.0	100.0
p							2												2	2	0	0.0	50.0	100.0	100.0	100.0
t	7		7	10		10	2	190	18		5								249	59	0	76.3	88.4	93.2	97.6	99.6
k	3	2	24	1				39	397			1				2			469	72	0	84.6	98.3	99.4	99.6	100.0
b										38	2	2	1			4	1		48	10	0	79.2	95.8	97.9	100.0	100.0
d				22				2		1	162					47			234	72	0	69.2	85.9	96.6	97.9	98.3
g								1	1	9	2	81	10	1		12	1		118	37	0	68.6	78.0	86.4	90.7	94.9
m									1	33	1	33	90	3	1	18	10		190	100	0	47.4	62.6	77.9	86.3	93.7
n				11					1	2	7	10	25	119	25	77			277	158	0	43.0	67.1	82.3	88.4	93.5
N				1						1		7	10	1	96	3			119	23	0	80.7	96.6	100.0	100.0	100.0
r				8					3	1	10					211			233	22	0	90.6	96.1	98.3	100.0	100.0
w										12		3	1			20	42		78	36	0	53.8	67.9	76.9	84.6	85.9
y				2				2		2	6					30	39		81	42	0	48.1	67.9	72.8	79.0	82.7
sum																			2464	684	0	72.2	85.7	92.0	94.9	96.8
ave																						67.9	82.4	90.6	93.5	95.0

27

DATA: free (DSC).
HMM: continuous diagonal 3-mixture (CD3).
! CAUTION /w/ is onre mixture.

reclist: mau_cons_dsc_3m3cdp_kigou

phon	s	sh	h	z	ch	ts	p	t	k	b	d	g	m	n	N	r	w	y	data	err	zero	1	2	3	4	5
s	142																		142	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
sh	7	60	1						2										70	10	0	85.7	91.4	97.1	98.6	100.0
h			32	4				6	19				1			3			65	33	0	49.2	67.7	84.6	92.3	93.8
z	1			19															20	1	0	95.0	100.0	100.0	100.0	100.0
ch	8	2		1	8				9										28	20	0	28.6	42.9	42.9	46.4	46.4
ts	24					17													41	24	0	41.5	100.0	100.0	100.0	100.0
p							2												2	2	0	0.0	50.0	50.0	100.0	100.0
t	13		2	10		1		198	24		1								249	51	0	79.5	94.0	97.6	99.2	99.6
k	1		9	1				22	435							1			469	34	0	92.8	98.9	99.8	100.0	100.0
b			1							24	6		3			14			48	24	0	50.0	64.6	85.4	87.5	97.9
d				24				1		1	103					105			234	131	0	44.0	76.9	92.7	96.6	97.9
g			2	2					8	3	3	71	8		3	17	1		118	47	0	60.2	77.1	80.5	88.1	93.2
m			1						1	7	5	4	129	2	2	37	2		190	61	0	67.9	85.3	95.8	97.4	98.4
n			2	18				3	5	1	15	21	29	64	59	60			277	213	0	23.1	37.9	51.6	62.5	68.6
N			1	4								11	12	1	86	4			119	33	0	72.3	90.8	97.5	99.2	99.2
r			1	5					1	1	4	2				219			233	14	0	94.0	97.9	100.0	100.0	100.0
w			11						3	18		2	11			21	12		78	66	0	15.4	24.4	30.8	34.6	39.7
y			1	1				7	3		5	5	1		1	34		23	81	58	0	28.4	43.2	50.6	50.6	53.1
sum																			2464	822	0	66.6	80.4	86.9	89.8	91.5
ave																						57.1	74.6	80.9	86.3	88.2

DATA: free (DSC).
HMM: continuous covarance 3-mixture (CC3).
! CAUTION /p/ and /w/ are onre mixture.

28

DATA: word (5240odd) | Task: /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, N/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	213	8	1	4	1		227	14	0	93.8	98.7	99.1	99.6	100.0
d	3	173	1	1	1		179	6	0	96.6	99.4	100.0	100.0	100.0
g	13	1	208	25	3	2	252	44	0	82.5	95.2	98.4	99.6	100.0
m	4		20	391	61	5	481	90	0	81.3	98.5	99.6	100.0	100.0
n	2	3	10	15	232	3	265	33	0	87.5	97.7	99.6	99.6	99.6
N			6	4	2	476	488	12	0	97.5	99.4	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	1892	199	0	89.5	98.3	99.5	99.8	99.9
ave	---	---	---	---	---	---				89.9	98.2	99.5	99.8	99.9

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	203	18	2	4			227	24	0	89.4	98.2	99.6	100.0	100.0
d	2	175	2				179	4	0	97.8	99.4	99.4	100.0	100.0
g	6		216	27	3		252	36	0	85.7	98.0	98.8	100.0	100.0
m	10		35	332	99	5	481	149	0	69.0	95.8	99.4	100.0	100.0
n		6	3	14	242		265	23	0	91.3	97.7	100.0	100.0	100.0
N	2		11	15	16	444	488	44	0	91.0	99.6	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	1892	280	0	85.2	98.0	99.6	100.0	100.0
ave	---	---	---	---	---	---				87.4	98.1	99.5	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	218	2		7			227	9	0	96.0	99.6	100.0	100.0	100.0
d		179					179	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
g	2		238	9	2	1	252	14	0	94.4	99.2	99.6	99.6	100.0
m	5		13	443	19	1	481	38	0	92.1	98.8	100.0	100.0	100.0
n			4	6	255		265	10	0	96.2	100.0	100.0	100.0	100.0
N			6	15	1	466	488	22	0	95.5	100.0	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	1892	93	0	95.1	99.5	99.9	99.9	100.0
ave	---	---	---	---	---	---				95.7	99.6	99.9	99.9	100.0

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	222	2		3			227	5	0	97.8	100.0	100.0	100.0	100.0
d		178	1				179	1	0	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
g			243	8	1		252	9	0	96.4	99.2	100.0	100.0	100.0
m			2	478	1		481	3	0	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
n		1		8	256		265	9	0	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0
N			1	11	1	475	488	13	0	97.3	100.0	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	1892	40	0	97.9	99.9	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---	---	---	---				97.8	99.9	100.0	100.0	100.0

DATA: short phrase (DSB) | Task: /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, N/
HMM: discrete.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	38	7	2	1			48	10	0	79.2	95.8	100.0	100.0	100.0
d	13	217	3			1	234	17	0	92.7	98.3	99.1	99.6	99.6
g	8	11	78	11	9	1	118	40	0	66.1	83.1	89.8	96.6	99.2
m	26	12	3	133	16		190	57	0	70.0	86.3	96.3	98.9	100.0
n	10	29	3	33	177	22	274	97	0	64.6	83.6	92.0	96.7	98.5
N	3	4	8	5		97	117	20	0	82.9	95.7	99.1	99.1	99.1
sum	---	---	---	---	---	---	981	241	0	75.4	89.6	95.5	98.3	99.3
ave	---	---	---	---	---	---				75.9	90.5	96.1	98.5	99.4

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	31	17					48	17	0	64.6	95.8	100.0	100.0	100.0
d		233	1				234	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	7		94	13	4		118	24	0	79.7	86.4	97.5	100.0	100.0
m	43	5	14	124	4		190	66	0	65.3	93.2	98.9	99.5	100.0
n	18	36	12	46	145	17	274	129	0	52.9	75.2	83.6	94.9	98.9
N	1	6	10	3		97	117	20	0	82.9	94.0	99.1	99.1	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	981	257	0	73.8	89.2	94.8	98.4	99.7
ave	---	---	---	---	---	---				74.2	90.8	96.5	98.9	99.8

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	37	11					48	11	0	77.1	95.8	100.0	100.0	100.0
d		233				1	234	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	3	1	100	14			118	18	0	84.7	96.6	99.2	100.0	100.0
m	32		31	125	2		190	65	0	65.8	85.3	97.4	98.9	100.0
n	6	10	19	53	148	38	274	126	0	54.0	77.0	88.0	94.2	96.7
N		1	9	9		98	117	19	0	83.8	98.3	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	981	240	0	75.5	89.9	96.0	98.2	99.1
ave	---	---	---	---	---	---				77.5	92.2	97.4	98.9	99.5

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	36	8		4			48	12	0	75.0	87.5	89.6	91.7	95.8
d	1	233					234	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	3	3	98	10		4	118	20	0	83.1	93.2	96.6	100.0	100.0
m	10	2	8	170			190	20	0	89.5	96.8	98.9	100.0	100.0
n	1	20	10	51	132	60	274	142	0	48.2	75.5	89.4	97.8	99.3
N		1	9	10	1	96	117	21	0	82.1	96.6	98.3	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	981	216	0	78.0	90.7	95.7	99.0	99.6
ave	---	---	---	---	---	---				79.6	91.6	95.5	98.2	99.2

DATA: phrase (DSA) | Task: /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, N/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	39	7	1				47	8	0	83.0	95.7	100.0	100.0	100.0
d	19	210	4			2	235	25	0	89.4	98.7	100.0	100.0	100.0
g	7	6	75	13	17	2	120	45	0	62.5	80.0	92.5	95.0	100.0
m	31	4	5	135	15		190	55	0	71.1	92.6	98.9	100.0	100.0
n	18	39	4	34	170	11	276	106	0	61.6	83.0	93.8	96.7	98.9
N	3	1	9	7		95	115	20	0	82.6	93.9	99.1	99.1	99.1
sum	---	---	---	---	---	---	983	259	0	73.7	90.1	97.0	98.4	99.6
ave	---	---	---	---	---	---				75.0	90.7	97.4	98.5	99.7

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	35	11	1				47	12	0	74.5	97.9	100.0	100.0	100.0
d		234	1				235	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	7	1	103	7	2		120	17	0	85.8	93.3	99.2	100.0	100.0
m	55	3	20	111	1		190	79	0	58.4	90.0	100.0	100.0	100.0
n	15	50	10	36	147	18	276	129	0	53.3	76.4	85.9	94.6	99.6
N		8	6	7	1	93	115	22	0	80.9	96.5	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	983	260	0	73.6	90.1	95.9	98.5	99.9
ave	---	---	---	---	---	---				75.4	92.4	97.5	99.1	99.9

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	41	5			1		47	6	0	87.2	100.0	100.0	100.0	100.0
d		235					235	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
g	3		105	10	2		120	15	0	87.5	95.8	99.2	100.0	100.0
m	50		30	108	2		190	82	0	56.8	79.5	98.9	99.5	100.0
n	12	10	9	38	176	31	276	100	0	63.8	84.4	92.0	96.4	98.2
N		1	5	7	1	101	115	14	0	87.8	96.5	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	983	217	0	77.9	90.7	97.5	98.9	99.5
ave	---	---	---	---	---	---				80.5	92.7	98.4	99.3	99.7

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	35	8			4		47	12	0	74.5	89.4	91.5	95.7	95.7
d	3	231				1	235	4	0	98.3	99.6	100.0	100.0	100.0
g	7		100	10		3	120	20	0	83.3	95.0	98.3	100.0	100.0
m	20	1	5	164			190	26	0	86.3	98.9	100.0	100.0	100.0
n	6	27	6	43	139	55	276	137	0	50.4	73.9	87.0	96.4	99.6
N	1		7	10		97	115	18	0	84.3	94.8	99.1	99.1	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	983	217	0	77.9	90.6	95.6	98.7	99.7
ave	---	---	---	---	---	---				79.5	91.9	96.0	98.5	99.2

DATA: free (DSC) | Task: /b/, /d/, /g/, /m/, /n/, /N/
HMM: discrete.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	40	4	1	2	1		48	8	0	83.3	95.8	97.9	97.9	100.0
d	22	198	4	1	6	3	234	36	0	84.6	96.6	97.4	97.9	100.0
g	16	15	42	19	21	5	118	76	0	35.6	58.5	78.8	89.8	97.5
m	25	7	3	124	30	1	190	66	0	65.3	86.3	95.3	99.5	100.0
n	22	27	12	43	154	19	277	123	0	55.6	77.6	88.1	96.4	99.3
N	3	6	7	7	17	79	119	40	0	66.4	86.6	94.1	95.8	99.2
sum	---	---	---	---	---	---	986	349	0	64.6	83.5	91.8	96.6	99.4
ave	---	---	---	---	---	---				65.1	83.6	91.9	96.2	99.3

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	34	14					48	14	0	70.8	97.9	100.0	100.0	100.0
d	2	224	3		5		234	10	0	95.7	98.7	99.6	100.0	100.0
g	13	4	94	4	3		118	24	0	79.7	87.3	95.8	97.5	99.2
m	40	7	38	95	4	6	190	95	0	50.0	78.4	96.3	100.0	100.0
n	5	60	38	23	139	12	277	138	0	50.2	76.2	87.0	95.3	98.9
N	5	8	14	2	5	85	119	34	0	71.4	89.9	95.8	96.6	98.3
sum	---	---	---	---	---	---	986	315	0	68.1	86.0	94.5	98.0	99.4
ave	---	---	---	---	---	---				69.6	88.1	95.7	98.2	99.4

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	42	3	2	1			48	6	0	87.5	97.9	100.0	100.0	100.0
d	1	224	3	2	4		234	10	0	95.7	97.4	98.7	99.1	100.0
g	11	3	89	12	3		118	29	0	75.4	84.7	94.9	97.5	99.2
m	41	1	44	100	3	1	190	90	0	52.6	73.7	97.4	98.9	100.0
n	6	12	30	30	153	46	277	124	0	55.2	81.6	91.0	96.4	99.3
N	1		7	10	1	100	119	19	0	84.0	96.6	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	986	278	0	71.8	86.8	96.0	98.3	99.7
ave	---	---	---	---	---	---				75.1	88.7	97.0	98.7	99.7

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	m	n	N	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	27	15		6			48	21	0	56.3	85.4	95.8	100.0	100.0
d	2	222	4	1	1	4	234	12	0	94.9	98.3	99.1	99.6	100.0
g	5	5	89	13	1	5	118	29	0	75.4	87.3	95.8	97.5	100.0
m	10	6	9	160	3	2	190	30	0	84.2	95.8	98.9	98.9	100.0
n	1	35	44	49	78	70	277	199	0	28.2	52.3	72.9	89.5	98.9
N		1	11	13	1	93	119	26	0	78.2	95.0	99.2	100.0	100.0
sum	---	---	---	---	---	---	986	317	0	67.8	82.6	91.2	96.5	99.7
ave	---	---	---	---	---	---				69.5	85.7	93.6	97.6	99.8

DATA: word (5240odd) | Task: /b/, /d/, /g/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	217	8	2	227	10	0	95.6	99.1	100.0	100.0	100.0
d	4	174	1	179	5	0	97.2	100.0	100.0	100.0	100.0
g	13	1	238	252	14	0	94.4	99.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	658	29	0	95.6	99.4	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				95.7	99.4	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	205	18	4	227	22	0	90.3	99.6	100.0	100.0	100.0
d	2	175	2	179	4	0	97.8	99.4	100.0	100.0	100.0
g	7		245	252	7	0	97.2	99.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	658	33	0	95.0	99.4	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				95.1	99.4	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	225	2		227	2	0	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
d		179		179	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
g	2		250	252	2	0	99.2	99.6	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	658	4	0	99.4	99.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				99.4	99.9	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous covarince 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	225	2		227	2	0	99.1	100.0	100.0	100.0	100.0
d		178	1	179	1	0	99.4	100.0	100.0	100.0	100.0
g			252	252	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	658	3	0	99.5	100.0	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				99.5	100.0	100.0	100.0	100.0

DATA: short phrase (DSB) | Task: /b/, /d/, /g/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	39	7	2	48	9	0	81.3	95.8	100.0	100.0	100.0
d	14	217	3	234	17	0	92.7	98.7	100.0	100.0	100.0
g	9	15	94	118	24	0	79.7	93.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	400	50	0	87.5	96.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				84.5	95.9	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	31	17		48	17	0	64.6	95.8	100.0	100.0	100.0
d		233	1	234	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	9	2	107	118	11	0	90.7	96.6	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	400	29	0	92.8	98.5	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				84.9	97.5	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	37	11		48	11	0	77.1	97.9	100.0	100.0	100.0
d		234		234	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
g	3	1	114	118	4	0	96.6	99.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	400	15	0	96.3	99.5	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				91.2	99.0	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	36	11	1	48	12	0	75.0	93.8	100.0	100.0	100.0
d	1	233		234	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	4	4	110	118	8	0	93.2	95.8	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	400	21	0	94.8	98.0	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				89.3	96.5	100.0	100.0	100.0

DATA: phrase (DSA) | Task: /b/, /d/, /g/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	39	7	1	47	8	0	83.0	97.9	100.0	100.0	100.0
d	19	212	4	235	23	0	90.2	99.1	100.0	100.0	100.0
g	10	12	98	120	22	0	81.7	95.0	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	402	53	0	86.8	97.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				85.0	97.3	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	35	11	1	47	12	0	74.5	97.9	100.0	100.0	100.0
d		234	1	235	1	0	99.6	100.0	100.0	100.0	100.0
g	8	2	110	120	10	0	91.7	97.5	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	402	23	0	94.3	99.0	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				88.6	98.5	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	42	5		47	5	0	89.4	100.0	100.0	100.0	100.0
d		235		235	0	0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
g	4		116	120	4	0	96.7	99.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	402	9	0	97.8	99.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				95.3	99.7	100.0	100.0	100.0

#####

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	36	11		47	11	0	76.6	95.7	100.0	100.0	100.0
d	4	231		235	4	0	98.3	100.0	100.0	100.0	100.0
g	8	1	111	120	9	0	92.5	99.2	100.0	100.0	100.0
sum	---	---	---	402	24	0	94.0	99.3	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				89.1	98.3	100.0	100.0	100.0

DATA: free (DSC) | Task: /b/, /d/, /g/

HMM: discrete.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	41	6	1	48	7	0	85.4	97.9	100.0	100.0	100.0
+				+							
d	24	206	4	234	28	0	88.0	97.4	100.0	100.0	100.0
+				+							
g	23	19	76	118	42	0	64.4	81.4	100.0	100.0	100.0
+				+							
sum	---	---	---	400	77	0	80.8	92.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				79.3	92.2	100.0	100.0	100.0

HMM: continuous diagonal 1-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	34	14		48	14	0	70.8	97.9	100.0	100.0	100.0
+				+							
d	2	227	5	234	7	0	97.0	100.0	100.0	100.0	100.0
+				+							
g	14	4	100	118	18	0	84.7	90.7	100.0	100.0	100.0
+				+							
sum	---	---	---	400	39	0	90.3	97.0	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				84.2	96.2	100.0	100.0	100.0

HMM: continuous diagonal 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	43	3	2	48	5	0	89.6	97.9	100.0	100.0	100.0
+				+							
d	2	226	6	234	8	0	96.6	98.7	100.0	100.0	100.0
+				+							
g	12	3	103	118	15	0	87.3	95.8	100.0	100.0	100.0
+				+							
sum	---	---	---	400	28	0	93.0	97.8	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				91.2	97.5	100.0	100.0	100.0

HMM: continuous covariance 3-mixture.

phon	b	d	g	data	err	zero	1	2	3	4	5
b	29	19		48	19	0	60.4	100.0	100.0	100.0	100.0
+				+							
d	2	226	6	234	8	0	96.6	100.0	100.0	100.0	100.0
+				+							
g	7	6	105	118	13	0	89.0	94.1	100.0	100.0	100.0
+				+							
sum	---	---	---	400	40	0	90.0	98.3	100.0	100.0	100.0
ave	---	---	---				82.0	98.0	100.0	100.0	100.0