

音声の局所話速と時間構造

Local Speech Rate and Temporal Structure of Speech

電気通信大学 電気通信学部

Faculty of Electro-Communications, The University of Electro-Communications

吉田 利信

Toshinobu YOSHIDA

We investigate a scale which represents the subjective speech rate. The conventionally used speech rate scale can not well reflect the subjective speech rate. The new scale uses the effective number of morae which represent the duration ratio of a mora to a standard mora. We show an auditory discrimination test which examine the validity of the new scale. The scale reduces the fluctuation in local speech rate and mora duration. Using the scale, three speech temporal models are proposed which give time structure of phonemes, morae and phrases of speech, respectively.

Key words: prosody, temporal structure, local speech rate, subjective speech rate, effective number of morae

1 研究の目的

音声知覚における韻律の役割の解明を目指し、特に、局所話速に依存した韻律変化とその韻律変化が知覚に及ぼす影響を調べることを目標とした。韻律的特徴から時間的制約を推定し、音声の認識や理解の手がかりとすることを目指した。

韻律情報のうち、発話における音声の大きさと高さは、時間軸に沿って音韻情報と共に制御されている。そこでまず、音素継続長やポーズ長などの発話の時間構造について分析をし、その後、音声の大きさや高さとの関連を調べる方針を立てた。

以下に話速に関連した研究を概観する。

日本語はモーラ言語と言われ、1モーラが心理的には1拍に対応するが、発話の時間構造はこのように単純ではない。発話の速さが変化していないように感じられる発話であっても、発話中のモーラ継続時間長は一定ではなく、そのモーラを構成する音素の種類や近傍の音素、文中の位置、そのモーラが属する句のモーラ数などによって、モーラ継続時間長は伸縮している。

発話の時間構造に関して、海木他 [1] は、言語情報を利用することによって母音継続時間長が精度良く制御されることを示している。また、音韻長制御の許容度については、加藤他 [12] が研究を行っている。話速を考慮した音素継続時間長の制御については、母音中心間の時間構造が発話テンポの変化に対して最も安定していることを岩田他 [2] が示している。また、石井他 [14] は、母音継続時間長を話速の

逆数に対する関数として前後の音韻を考慮してモデル化し、話速が母音継続時間長に与える影響を調べている。ポーズについて、海木他 [3] は発話速度によるポーズ挿入の有無やポーズ長について分析し、また、垣田 [5] はポーズ長が文節話速に与える影響について調べている。

発話中に発話の速さが変化していないように感じられる発話であっても、上記のように時間構造は複雑である。実際の発話では発話中に発話の速さが変化する。発話の速さの変化に強調や意図、感情などの情報が含まれることがある。

局所話速の変動の大きい対話音声において、話速の変動は韻律や調音に影響を及ぼしている。話速に依存した音節の知覚について、H. Kuwabara *et al.*[18] は遅い話速、普通の話速、速い話速の3通りの話速で単独のCV音節を聴取したときの認識率、その子音部のみ、母音部のみ、さらに、連続した2音節を聴取したときの各音節の認識率を調べ、話速によって認識率に大きな影響がでることを示している。

聴覚において、このように音素認識率が話速によって影響を受けるが、音声認識における音響モデルにおいても話速の影響を受ける。そこで、これらの影響を考慮した認識手法の研究もなされている [21, 24, 25]。

話速は一般には単位時間当りのモーラ数で定義される。この値は時間窓内のモーラ数を用いて計算され、時間窓の長さに依存する。また、促音、撥音はそれぞれ1モーラ、長音、二重母音は2モーラと数

えられている。このため、このように計算される話速は感覚的な話速とは必ずしも一致しない。高丸他 [8] は、促音や撥音などの特殊拍に換算モーラ数を導入し、局所話速の変化の分析のための話速表現について検討している。また、K. Takamaru et al. [23] では、発話意図を局所話速の変動から求めるため局所話速の減速を測定する方法を検討している。話速の知覚については、鈴木貫太郎他 [7, 9]、および、M. Hiroshige et al. [22] によって局所話速変化の知覚弁別閾が調べられている。

話速の情報を音声認識に用いようとする場合、音素ラベルを必要としない話速の求め方が必要となる。北澤他 [4, 10, 11, 19] は TEMAX 法やウェーブレット変換による方法を、川本他 [13] はデルタケプストラムを用いる方法を提案している。

話速と他の韻律との関係について、大野他 [6] は、基本周波数パターン生成過程モデルのパラメータに発話速度がどのように影響するかを調べている。また、藤崎他 [15] は、強調やアクセント型が局所話速に与える影響について調べている。パワー変化と発話速度との関係については田部井他 [20] が調べている。

本研究では、上記の先行研究を踏まえ、高丸他 [8] によって導入された換算モーラ数について、これをコーパスから統計的に決定する方法に拡張し、局所話速の計測方法を開発した [17]。次に、局所話速の計算値と感覚的な話速との対応を検証するための聴覚実験を行った [26]。さらに、特殊拍以外のモーラもその継続時間長が伸縮することから、局所話速の算出方法の改良を行った [27]。これらについて第 2 節に示す。

また本研究では、上記の伸縮率を用いた局所話速の測定方法を用いることによって、発話の時間構造を階層的に制御することを検討してきた。即ち、発話の速さが変化していないように感じられる発話における音節やモーラの継続時間長のばらつきは、局所話速、モーラの音韻環境、文中の位置などに依存する伸縮率に吸収させる。文や文節単位の時間構造は局所話速で制御する。局所話速の制御として、文に含まれる文節継続長をその文構造に依存して制御するモデルを統計的に構築する。さらに、文全体の平均話速を指定したときに、その話速を実現する文節継続長をこのモデルを用いて決定する方法を提案する。これらについて第 3 節に示す。

第 4 節にまとめを示す。

2 局所話速尺度

音声中的のある位置における局所話速は、その近傍のモーラ系列のモーラ数をその系列の継続時間で割ることによって求めることができる。しかし、その系列中に特殊拍を含む場合、局所話速が大きく変動することがある。高丸他 [8] では、例えば促音や撥音が短く発話されることから、これらには 0.75 モーラを割り当て、局所話速を求めている。これはその話速における 1 モーラの平均継続時間を基準に、当該モーラ継続時間を換算したもので、換算モーラ数と呼んでいる。

我々もこの換算モーラ数を用いることにしたが、換算モーラ数をあらかじめ定めておくのではなく、コーパスから繰り返し法により換算モーラ数を求める方法を提案した [17]。この方法を以下に示す。

2.1 換算モーラ数

繰り返し法により換算モーラ数を求める。

まず、特殊拍の換算モーラ数の初期値を促音、撥音はそれぞれ 1 モーラ、長音、二重母音はそれぞれ 2 モーラのように、通常用いられているモーラ数とする。

次に、現在の換算モーラ数を用いて以下のように換算モーラ数を更新する。

ポーズで区切られた韻律句について、その韻律句中の全てのモーラの換算モーラ数の総和と、韻律句の継続時間長から韻律句の平均話速を求める。また、その逆数から 1 モーラ当たりの平均継続時間長が得られる。この平均継続時間長で、韻律句中の特殊拍の継続時間長を除き、これをモーラ比と呼ぶことにする。図 1 に二重母音/ou/のモーラ比の分布を示す。コーパスに含まれるすべての特殊拍についてこの計算を行い、特殊拍の種類ごとにモーラ比の平均値を求め、それぞれを次の繰り返しにおける換算モーラ数とする。

この手続きを繰り返すことによって換算モーラ数が収束する。

このようにして求めた換算モーラ数を用いて、当該音素とこの前後のモーラの 3 モーラからなるモーラ列の平均話速を求めたものを、換算 3 モーラ平均話速と定義した。同様に、換算 5 モーラ平均話速と換算 7 モーラ平均話速を定義した。これらに対して換算モーラ数を用いずに、特殊拍にも通常用いられているモーラ数を用いた 3 モーラ平均話速、5 モーラ平均話速と 7 モーラ平均話速も定義した。

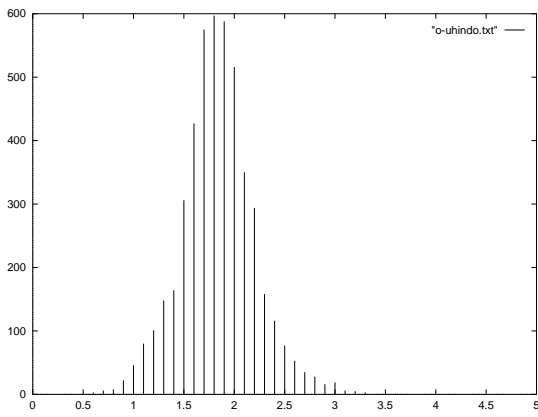


図 1: 二重母音/ou/のモーラ比の分布。横軸はモーラ比、縦軸は頻度を表す。

換算 7 モーラ平均話速で求めた局所話速は、細かい変動が少ないことが示されている。

2.2 話速の聴覚実験

聴覚的な発話速度感覚を表現する話速尺度について聴覚実験を行った。

前節では、局所話速の測定に換算モーラ数を導入することによって、局所話速の細かい変動が少なく、促音や撥音などの特殊拍からの影響を軽減できることを示した。しかし、その計算値と感覚的な話速との対応についてはまだ検討がなされていなかった。そこで、アクセント句程度の長さの発話 2 つを聴取し、どちらが速く聞こえるかを調べる聴覚実験を行い、話速感覚を表現する話速尺度について検討した。

話速は単位時間当りのモーラ数で定義されることが普通であるが、平均をとるための時間窓の長さに依存することと、促音、撥音、単母音、長音、2 重母音などの特殊拍のモーラ数をどうとらえるかという問題があった。

そこで、まず、アクセント句程度長さの時間窓を用い、促音、撥音、単母音を 1 モーラ、長音、2 重母音を 2 モーラとして話速を計算し、聴覚実験を行う。

ATR 音声データベースセット B 連続音声話者 mho を用い、ラベルファイルをもとにアクセント句を抽出した。つぎに、特殊拍および単母音を含まない 4 モーラ句、特殊拍および単母音を含まない 3 モーラ句、2 拍目に単母音が来る 4 モーラ句、2 拍目に促音が来る 4 モーラ句、2 拍目に撥音が来る 4 モーラ句をデータベースから選択した。さらに、それぞれのサンプルのアクセント句継続時間長をラベルファイルの音韻開始時刻と終了時刻を用いて求めた。そ

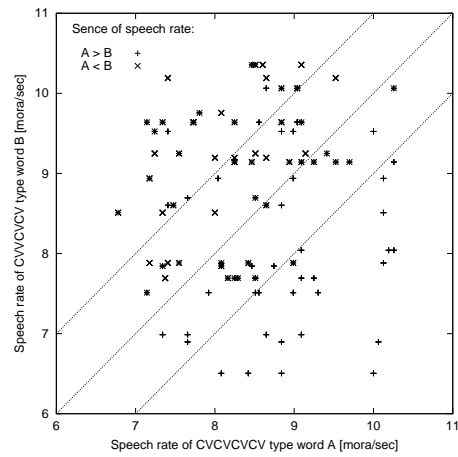


図 2: 比較聴取

れぞれのサンプル中のモーラ数をアクセント句継続時間長で除し、話速の計算値 [more/sec] を求めた。

聴取実験は上記の特殊拍および単母音を含まない 4 モーラ句 A と他のモーラ句 B に対して行った。まず、2 つのアクセント句を 1 秒間程の間隔を空け、ヘッドフォンで両耳に提示する。A と B のどちらが速く聞こえたかを強制選択させた。A と B の同一の組合せが 2 回現れるようにし、提示順をランダムに変えて聴取実験を行った。

特殊拍を含まない 4 モーラ句と長母音または 2 重母音を含む 4 モーラ句にたいする結果を図 2 に示す。

特殊拍を含まない 4 モーラ句 A の話速を r_A とし横軸に、長母音または 2 重母音を含む句 B の話速を r_B とし縦軸に表している。A のほうが速く聞こえた点に + を、B のほうが速く聞こえた点に × をプロットした。図中の 3 本の直線は、中央が A の話速と B の話速が等しいサンプルを、上の線は B の話速が A の話速より 1 more/sec 速いサンプルを表している。同様に下の線は B の話速が A の話速より 1 more/sec 遅いサンプルを表している。

中央の線より上に × がプロットされ、中央の線より下に + がプロットされれば感覚的な話速の評価と話速の計算値が一致していることになる。しかし、図 2 に示すように、計算上の話速に差が無い中央の線の近傍では、話速の弁別が難しく 2 回の聴取の結果が異なり + と × が重なった点が多く表示されている。また、全体に × が上方に偏り、話速の計算値よりも遅く感じていることを示している。

これらの散布図上の位置 (r_A, r_B) から $r_A = r_B$ の方向へ射影を取り、A のほうが速く聞こえた点 + の度数を話速の差の負の側から累積し、B のほうが速く聞こえた点 × の度数を話速の差の正の側から累

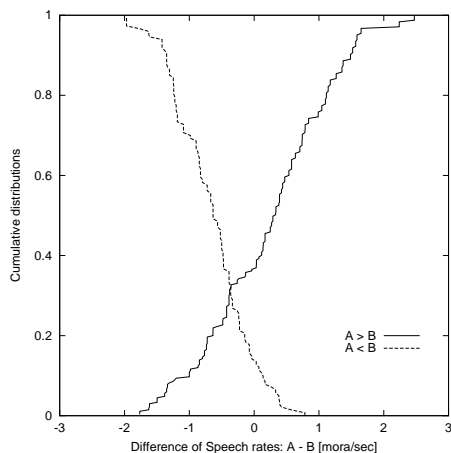


図 3: 累積分布

積し、累積分布曲線を描く。

図 2 に対する累積分布曲線は図 3 のようになる。この図において、2つの累積分布曲線の交点が負の側に寄っている。これは平均的に計算値の話速よりも句 B を遅いと聞いていることを示している。

図 2 から換算モーラ数を求める方法を以下に示す。句 B の 2 モーラ目の長母音、二重母音の換算モーラ数を x とし、句 B のモーラ数を $3 + x$ モーラとする。このときの話速の計算値が感覚的な話速を表しているとする。句 B の継続時間長を t_B とすると、話速 $r'_B = (3 + x)/t_B$ は、通常の話速 $r_B = 4/t_B$ を用いて $r'_B = (3 + x)/4r_B$ と書くことができる。この話速 r'_B と r_A が一致したとき、感覚的に句 B の速さと句 A の速さが同じに聞こえるとする。図 2 の各点を $\alpha r_A = r_B$ の方向に射影を取り、+および×のそれぞれの累積分布曲線を求め、2つの累積分布曲線の交点が中央で交わるように α を探索する。その α を用いて、 $x = 4/\alpha - 3$ より換算モーラ数を求めることができる。

図 2 において、 $\alpha = 1.06$ の方向に射影を取ると、図 4 に示すように 2つの累積分布曲線の交点が中央で交わる。したがって、 $x = 0.77$ となり、2重母音や長音の V を 0.77 モーラと換算することで、感覚的な話速を数値に対応づける可能性が示された。

また逆に、図 2 の散布図を、換算モーラ数を用いて描き、その累積分布曲線を描くと、2つの累積分布曲線が中央で交わる。換算モーラ数を用いる話速の計算方法の有効性を示された。

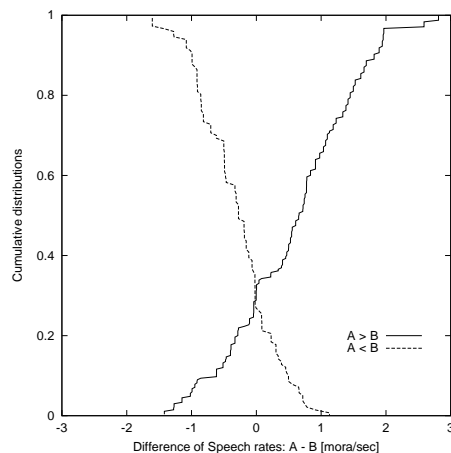


図 4: 累積分布 (射影軸勾配 1.06)

2.3 局所話速の算出方法の改良

第 2.1 節に示したように、高丸他 [8] や田中他 [17] は、これらの特殊拍の短縮に対して換算モーラ数を提案し、それを導入することによって局所話速が安定することを示した。

この節では、特殊拍だけではなく、全てのモーラに対して、換算モーラ数を改良 [27] した伸縮率を導入する。また、各モーラの伸縮率を文頭、文末などの文位置毎に求めた。

局所的な発話速度を、単位時間あたりの基準モーラ（ここでは /ma/）の拍の数と定義する。個々のモーラの拍の伸縮率（以下、伸縮率）とは、ある局所的な発話速度のもとで、そのモーラの継続長が基準モーラ /ma/ の継続長の何倍に当たるかを表す量であり、以下のように繰り返しによって求める。

あるモーラを中心に、前後のモーラを加えた 3 モーラの範囲のことを部分モーラ列と呼ぶことにする。ラベル付き音声コーパスに含まれる全ての部分モーラ列の集合を X とし、部分モーラ列の総数を $|X|$ とする。

$$X = \{p_1, p_2, \dots, p_j, \dots, p_{|X|}\} \quad (1)$$

まず、モーラ m に対する伸縮率の初期値 $R_m^{(0)}$ をそのモーラの拍数とする。つまり、子音なし短母音、子音+短母音、促音、撥音の伸縮率を 1、子音なし長母音、子音+長母音の伸縮率を 2 とする。また、促音/q/は後続子音との分離がしばしば困難であるので、促音の直後のモーラに結合させ、そのモーラの伸縮率に 1 を加える。それ以外の場合でも、実際のデータにおいてはモーラの分離が困難な場合があるので、分離できないモーラ同士を連結し上記の規

則に則って伸縮率の初期値を定める。

次に、 n 回目 ($n \geq 1$) の繰り返しについて考える。

部分モーラ列 p の先頭から i 番目のモーラを $m(p, i)$ とし、 $n - 1$ 回目の $m(p, i)$ の伸縮率を $R_{m(p, i)}^{(n-1)}$ とすると、部分モーラ列 $p \in X$ が基準モーラ /ma/ の継続長の何倍であるかは、 $\sum_{i=1}^3 R_{m(p, i)}^{(n-1)}$ で表される。

部分モーラ列内のモーラ $m(p, i)$ の継続長を $|m(p, i)|$ とすると、部分モーラ列の継続長は $\sum_{i=1}^3 |m(p, i)|$ と表され、この部分モーラ列での基準モーラ /ma/ 一つ当たりの継続長は、

$$\bar{d}_p^{(n)} = \frac{\sum_{i=1}^3 |m(p, i)|}{\sum_{i=1}^3 R_{m(p, i)}^{(n-1)}} \quad (2)$$

となる。

この $\bar{d}_p^{(n)}$ に対する、部分モーラ列 p の i 番目のモーラの継続長が /ma/ の継続長の何倍かであるかを表す量

$$R_{m(p, i)}^{(n)} = \frac{|m(p, i)|}{\bar{d}_p^{(n)}} \quad (3)$$

をモーラ比と呼ぶことにする。

X_m をデータセット内でのモーラ m の出現の全体とし、 $|X_m|$ をその個数とする。このとき、モーラ m のモーラ比の平均 $\overline{R_m^{(n)}}$ は

$$\overline{R_m^{(n)}} = \frac{\sum_p \sum_{m(p, i)=m} R_{m(p, i)}^{(n)}}{|X_m|} \quad (4)$$

のように求めることができる。

$n - 1$ 回目の伸縮率 $R_m^{(n-1)}$ を用いると、 n 回目の基準モーラ /ma/ のモーラ比の平均 $\overline{R_{/ma/}^{(n)}}$ も同様に得られる。/ma/ の伸縮率を 1 とするために、以下のように各モーラのモーラ比の平均を補正し、 n 回目の伸縮率を定める。

$$R_m^{(n)} = \frac{\overline{R_m^{(n)}}}{\overline{R_{/ma/}^{(n)}}} \quad (5)$$

ATR 連続音声データベース B セットを用い、文節、ポーズ句末などでのモーラの伸張を考慮して、各モーラを文頭、文末、呼吸段落頭、呼吸段落末、文節頭、文節末、中間、および、文頭、呼吸段落頭、文節頭、中間のそれぞれの促音の前の 11 種類の文位置に分類した。文位置毎にそれぞれ別個に伸縮率を求めた。

繰り返し計算することでモーラ比の平均はほぼ収束するが、サンプルの少ないモーラに関しては、収束の悪いものもあった。

サンプルが 10 以上のモーラにおいて、モーラ比の平均値の最大値はポーズ句末の /qte/ の 2.453 であり、最小値は文頭の /hi/ の 0.437 であった。標準偏差の最大値は文節末の /qte/ の 0.358 であり、最小値は文頭の /ka/ の 0.0551 であった。

3 音素継続長の制御

音素の継続時間長は、局所話速に依存する要因と前後の音素の調音位置に依存する要因から決まると考えられる。朗読文音声では話速の変動は比較的小さいため、音素継続時間長の制御に、調音器官の制約だけでなく、局所話速の制御にかかわる句構造や形態素情報などの言語情報を含めたモデルが検討され、その有効性が示されている [1]。すでに、石井他 [14] によって、話速が音素継続時間長に与える影響について調べられている。これは指定された話速で読み上げた無意味語の台本を用いて、子音、母音、子音の連鎖における母音の継続時間長を推定している。本研究では、このように制御された状況の発話ではなく、話速の変動を含む文朗読発話を用い、各発話音声に局所話速を付与し、音素環境毎の音素継続時間長と局所話速との関係について分析した [16]。

話速の変動が大きい発話音声に対しては、局所話速の制御と、音素継続時間長の制御を分離することによって、これらを同時に制御することが可能になると考えられる。

3.1 音素継続時間長と局所話速

3 モーラ平均話速を、先行モーラの開始時刻から後続モーラの終了時刻までの時間を 3 で除したものの逆数と定義した。文頭、文末、ポーズの前後では、2 モーラを用いて同様に定義した。また、5 モーラ平均話速、7 モーラ平均話速も同様に定義した。文中の各音素について、先行音素名、後続音素名、当該音素の継続時間長とその音素における上記の 3 種類の局所話速データを、音素別にファイルに出力した。

このデータファイルの中から、音素 /e/ について、横軸に 3 モーラ平均話速を縦軸に当該音素の継続時間長を小さい点でプロットし、先行音素が /d/ であり後続音素が /n/ である場合を大きい点でプロットしたものを図 5 に示す。

局所話速に対する音素継続時間長の分布および回帰直線が、音素、音素環境ごとに得られた。その結果、音素、音素環境ごとに分布が異なることが分か

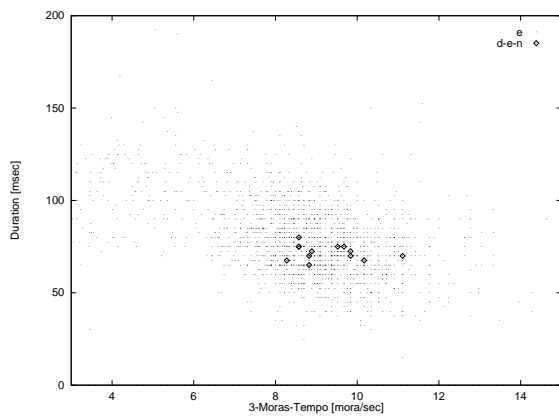


図 5: 先行音素/d/、後続音素/n/の音素/e/

り、局所話速を考慮した音素継続時間長の制御の必要性が示された。

3.2 3階層時間構造モデル

伸縮率を用いた文節発話速度、伸縮率を用いた文発話速度をそれぞれ、文節内に含まれるモーラの伸縮率の総和を文節の継続長で除したものと、および、文中に含まれるモーラの伸縮率の総和をポーズを除いた文の継続長で除したものと定義する。さらに文節発話速度の文発話速度に対する比をその文節の速度比と定義する。

3.2.1 文内の文節継続長

文内の文節数と文節位置、ポーズ句内の文節数と文節位置のすべての組み合わせについて、文節の各モーラの伸縮率の合計に対する速度比を回帰分析によってモデル化する。

文が与えられたとき、この速度比推定モデルによって、その中の各文節の速度比を推定することができ、さらに、文発話速度が与えられれば各文節の文節発話速度および文節継続時間長を推定することができる。

3.2.2 文節内のモーラ継続時間長

文節継続時間長が与えられたとき、文節内の各モーラの継続時間長を推定する方法を検討する。

単純な方法として、各モーラの継続時間長が等しいとし、文節継続時間長を文節中のモーラ数で割り、モーラ継続時間長を求める方法が考えられる。この方法で得たモーラ継続時間長の予測値と実測値の関

係の例を図 6 に示す。この方法では、通常の 1 モー

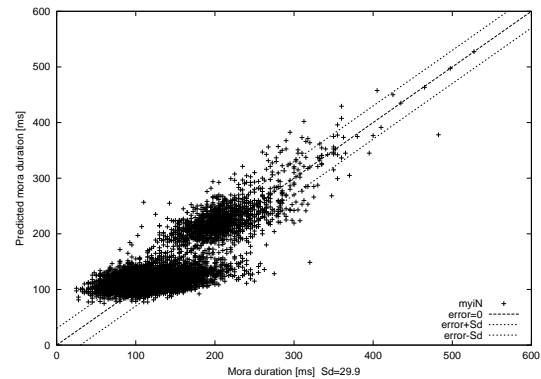


図 6: モーラ継続時間長に対する予測値の分布 (1)

ラからなるグループと複合モーラに対するグループとに分布が分かれている。また、モーラ継続時間長の伸縮が考慮されていないため、伸張して発話されているモーラが短く、縮小して発話されるモーラが長く平均化されていることが分かる。

つぎに、モーラ継続時間長を決める方法として、文節内の各モーラの伸縮率に比例してモーラ継続時間長を決める方法が考えられる。この方法での予測値と実測値との関係の例を図 7 に示す。モーラ継続

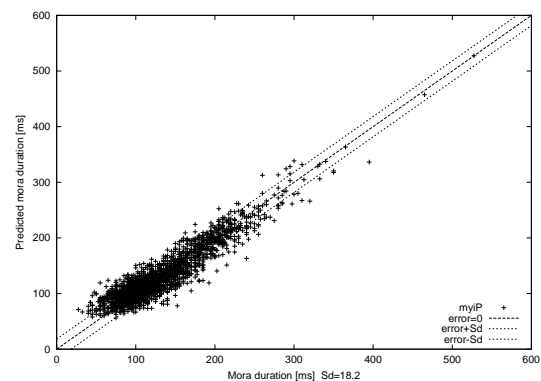


図 7: モーラ継続時間長に対する予測値の分布 (2)

時間長の伸縮を考慮した結果、モーラ継続時間長の予測値の誤差が大幅に減っている。

このように、モーラ継続時間長の伸縮を考慮することによって、与えられた文節発話速度を実現するモーラ継続時間長を精度良く推定することができた。

3.2.3 モーラ内での音素継続時間長

発話速度が変化した場合に、モーラ内の音素継続時間長がどのように変化するか分析を行った [28]。

音素継続時間長は話者に依らずに分布の位置が直線上に位置していることが確認されている。

以上のことから、モーラの文内出現位置毎にモーラ継続時間長に対する音素継続時間長を回帰分析によってモデル化した。

4 まとめ

話速に着目し、局所話速の計測法と、音素、モーラ、文節などの話速に依存した時間継続長制御モデルについて検討を行ってきた。

この研究を行うに当たり、音素アライメントシステムを作成した。その結果、音素ラベルのないデータベースに対しても、話速の計測が可能となっている。また、韻律を変化させた音声を合成するシステムも作成した。時間構造を変化させた音声に対する知覚実験に用いている。

換算モーラ数を導入することによって、局所話速の測定値が特殊拍からの影響を受けにくくなることを示した。

また、この局所話速の測定値と話速感との対応を調べるために、聴覚実験を行った。その結果、換算モーラ数を用いた局所話速値が話速感をよりよく表現していることが示された。

特殊拍以外の拍に対しても継続長は伸縮しているため、局所話速の算出方法の改良を行った。3モーラ平均局所話速に対するモーラ継続時間長の分布を求め、基準モーラに対する伸縮率を求めた。この伸縮率を用いた局所話速の算出法により、前後の環境の影響を受けにくい局所話速を求めることができるようになった。

局所話速に依存した韻律変化を調べるために、(a) 文内の局所話速の変化を表すモデル、(b) 局所話速に依存したモーラ継続長制御モデル、さらに、(c) モーラ継続長に依存した音素継続長制御モデルの3階層からなる時間構造モデルを提案した。また、これらのそれぞれのモデルについて時間構造の知覚実験を行い、その有効性を確認した。

今後さらに、局所話速に依存した時間構造と基本周波数やパワーなどの韻律情報との関連を調べ、音声知覚における時間的制約の推定の手がかりとしたい。

参考文献

- [1] 海木延佳 他, “言語情報を利用した母音継続時間長の制御、” 信学論 (A)、J75-A, no.3, pp.467-473 (1992).
- [2] 岩田和彦 他, “発話テンポと種々の音声区間長との関係、” 日本音響学会講演論文集, 1-5-12, pp.239-240 (1992.10).
- [3] 海木延佳 他, “発話速度による文音声のポーズ長変化の分析、” 日本音響学会講演論文集, 1-5-16, pp.247-248 (1992.10).
- [4] 北澤茂良 他, “TEMAX による発話リズムの抽出について、” 信学技報 SP96-68 (1996).
- [5] 垣田邦子, “ポーズの韻律的特徴: 発話の時間構造の局所的変化について、” 日本音響学会講演論文集, 1-7-10, pp.199-200 (1998.3).
- [6] 大野澄雄 他, “基本周波数パターン生成モデルのパラメータに対する発話速度の影響について、” 日本音響学会講演論文集, 1-7-27, pp.233-234 (1998.3).
- [7] 鈴木貫太郎 他, “単語単位の局所的話速変化の知覚に関する基礎的検討、” 日本音響学会講演論文集, 2-P-1, pp.269-270 (1999.3).
- [8] 高丸圭一 他, “自由会話音声における局所的話速変化分析のための話速表現の検討、” 日本音響学会講演論文集, 2-Q-3, pp.285-286 (1999.9).
- [9] 鈴木貫太郎 他, “フォーカスを定めない場合の局所的話速変化の弁別閾測定について、” 日本音響学会講演論文集, 2-Q-4, pp.287-288 (1999.9).
- [10] 北澤茂良 他, “TEMAX 法による対話音声の発話速度の分析、” 日本音響学会講演論文集, 2-Q-5, pp.289-290 (1999.9).
- [11] 北澤茂良 他, “TEMAX 法による対話音声の発話リズムの分析、” 日本音響学会講演論文集, 2-Q-6, pp.289-290 (1999.9).
- [12] 加藤宏明 他, “聴知覚特性を考慮した音韻長制御規則の客観評価モデル、” 日本音響学会誌, vol.55, pp.752-760 (1999).
- [13] 川本真一 他, “動的尺度を用いた発話速度の推定、” 平成 11 年度電気関係学会北陸支部連合大会講演論文集, F-69, p.369 (1999).

- [14] 石井カルロス寿憲 他, “話速に伴う音の持続時間変化の分析,” 日本音響学会講演論文集, 1-7-20, pp.235-236 (2000.3).
- [15] 藤崎博也 他, “日本語音声における強調とアクセント型の局所話速に与える影響について,” 日本音響学会講演論文集, 2-1-14, pp.201-202 (2000.9).
- [16] 中野信幸 他, “音素継続長と局所話速との関係の分析,” 日本音響学会講演論文集, 1-Q-11, pp.251-252 (2000.9).
- [17] 田中晴信 他, “局所話速の分析,” 日本音響学会講演論文集, 1-Q-13, pp.255-256 (2000.9).
- [18] H. Kuwabara et al., “Acoustic and Perceptual Properties of Syllables in Continuous Speech as a Function of Speaking Rate,” Proc. of TSD2000, pp.229-236 (2000).
- [19] 北澤茂良 他, “Wavelet 変換による発話リズムの分析,” 日本音響学会講演論文集, 1-1-6, pp.155-156 (2000.9).
- [20] 田部井淳 他, “自由会話における発話速度とパワー変化との関係の基礎的検討,” 日本音響学会講演論文集, 3-Q-12, pp.365-266 (2001.3).
- [21] 南條浩輝 他, “発話速度に依存したデコーディングの検討,” 日本音響学会講演論文集, 1-6-1, pp.11-12 (2001.10).
- [22] M. Hiroshige et al., “On Differential Limen of Word-based Local Speech Rate Variation in Japanese Expressed by Duration Ratio,” Proc. Eurospeech'2001, Vol.1, pp.375-378 (2001)
- [23] K. Takamaru et al., “Detecting Japanese Local Speech Rate Deceleration in Spontaneous Conversational Speech Using a Variable Threshold,” Proc. Eurospeech'2001, Vol.2, pp.935-938 (2001).
- [24] H. Nanjo et al., “Speaking Rate Dependent Acoustic Modeling for Spontaneous Lecture Speech Recognition,” Proc. Eurospeech'2001, Vol.4, pp.2531-2534 (2001).
- [25] B. Wrede et al., “An investigation of modelling aspects for rate-dependent speech recognition,” Proc. Eurospeech'2001, Vol.4, pp.2527-2530 (2001).
- [26] 谷迫孝司 他, “発話の速さ感を表す話速尺度の検討,” 日本音響学会講演論文集, 1-P-10, pp.389-390 (2002.3).
- [27] 中野信幸 他, “局所話速の算出方法の改良,” 日本音響学会講演論文集, 3-10-11, pp.349-350 (2002.9).
- [28] 織原直史 他, “モーラ内での子音継続時間長制御の検討,” 日本音響学会講演論文集, 2-Q-18, pp.347-348 (2003.9).