音声におけるアクセント情報の持つ情報量の考察

A Study of Information Measure of Accents

村上仁一 * 荒木 哲郎 ** 池原悟 *** 嵯峨山 茂樹 *

Jin'ichi Murakami* Tetsurou Araki Satoru Ikehara*** Shigeki Sagayama***

*ATR 自動翻訳電話研究所 ** 福井大学
***NTT 情報通信網研究所

*ATR Interpreting Telephony Research Labs. **Fukui University
***NTT Network Information Systems Labs.

概 要

本報告では, 音声信号における韻律情報の中からアクセント句境界の位置およびアクセント核の位置の持つ情報量について報告する。情報量とは、その情報を利用したときに減らせる曖昧さの値であると考えられる。したがって、アクセント情報の情報量は、漢字変換において、音韻情報のみを利用した場合と、音韻情報およびアクセント情報を利用した場合に生成される漢字かなまじり文の比で測定可能であると考えられる。本報告では、同様な実験を、漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に変換する日本語音声出力システムを利用することによって、アクセント情報の情報量の測定を行なった。この結果、アクセント情報の情報量は、5.16 ビットであることが示された。この値は、日本語の音韻の平均情報量より小さいが、情報量としてはかなり大きな値であると評価できる。

ABSTRACT

This paper describes the information measure of accents in speech signals. It is very difficult to measure the information measure of accents because these concepts are not clearly defined. Therefore, the Kana-Kanji translation are used. First, the number of kanji candidates that are translated using syllable information is counted. Second, the number of kanji candidates that are translated using syllable and accent information is counted.The ratio of them indicates the information measure of accents in speech signals. As a result of this experiment, the information measure of accents is 5.16 bits. Although this quantity is a little low compared with the Japanese syllable, it is important for speech recognition.

1 まえがき

音声信号は、音韻情報のほかに韻律情報を含んでいるが、従来の音声認識では主に音韻情報に着目されていて、韻律情報を利用した音声認識は、全体としては研究があまりされていない。これは、現段階ではピッチの抽出が必ずしも容易でないこと、韻律情報は個人差が多く、さらに地域差が存在するため基準が定まらないなどの理由であろう。しかし、韻律情報は音声認識にとって 1 つの有効な情報源であり、その効果が期待される。例えば高橋ら [1] は、単語認識において、韻律情報が有効であることを示した。今後も韻律情報を利用した音声認識の手法の研究は重要であろう。

一方、韻律情報がどれほど有効であるか、他の種類の情報 (音響情報、言語情報) と同一の尺度で比較することも、重要な課題であると考えられる。たとえば、韻律の持つ情報量を定量的に把握してお

くことは望ましいが、まだ研究がなされていない。

そこで、本論文ではそのような予備的な研究として、かな漢字変換系における韻律情報の利用に着目して、韻律の持つ情報量の定量的な把握を試みた。韻律情報は F_0, power, duration などの多くの要素からなりたっているが、本論文では、この中から特にアクセント句境界の位置およびアクセント核の位置の持つ情報量に焦点を当てて情報量を測定した。

2 アクセント情報の持つ情報量の測定方法

音声中における韻律情報には F_0, power, duration, アクセント句、アクセント核、メジャーフレーズ、マイナーフレーズなどが考えられる。本論文では、この中でアクセント句境界の位置およびアクセント核の位置の情報量の把握を試みた。

なお、本論文では以後、アクセント句境界の位置の情報およびアクセント核の位置の情報をアクセント情報とし、音韻情報およびアクセント情報を韻律とした。

2.1 アクセント情報の持つ情報量の基本的な測定方法

2.1.1 基本的な測定方法

現状の音声ワードプロセッサなどの連続文音声認識では、認識単位は音素もしくは音節であるため、出力も、ひらがなべた書き文、もしくはそれに類するものである [3][4][5]。しかし、これらの出力は、音声ワードプロセッサなど音声認識のあとに接続される言語処理を考えると、日本語では漢字かなまじり文の出力が相応しいと思われる。しかし、現状では、漢字かなまじり文への変換は、通常のワードプロセッサなどに使用されているかな漢字変換において見られるように、１文のひらがなべた書き文に対して、複数の漢字かなまじり文が生成される。通常は言語処理で、これらの曖昧さを絞り込んでいるが、音声は、音韻情報の他に韻律情報も持っているため、この情報を利用することによっても、これらの曖昧さを絞り込むのに有効であると考えられる。

ところで、情報量は、その情報を利用したときに減らせる曖昧さの値であると考えられる。

したがって、アクセント情報の持つ情報量は、音声認識システムが音韻情報を完全に認識したと仮定して、この情報から生成される漢字かなまじり文の数と、音声認識システムが音韻情報および韻律情報を完全に認識したと仮定して、この情報から生成される漢字かなまじり文の数を比較することによって測定できる。具体的な方法を次にしめす。

1. 音声認識システムが音韻情報を完全に認識したと仮定して、この音韻情報を利用して漢字変換を行い、漢字かなまじり文を生成する。
2. 音声認識システムが音韻情報および韻律情報を完全に認識したと仮定して、この音韻情報およびアクセント情報を利用して漢字変換をおこない、漢字かなまじり文を生成する。
3. 両方の漢字かなまじり文の数の比を計算する。

2.1.2 基本的な測定方法のフローチャート

図１にアクセント情報の持つ情報量の基本的な測定方法を示す。例文として “私は牡蛎を投げた。” を用いて説明する。

音声認識システムが音韻情報を完全に認識したとして、まず初めに、韻律情報を用いずに音韻情報から漢字かなまじり文を生成する。この例文の場合の音韻情報は “ワタシワカキオナゲタ” である。音韻情報から漢字かなまじり文に変換するとき、日本語では同一の読みに対し複数の漢字が存在するため、大量の漢字かなまじり文が生成される。この例文では “私は牡蛎を投げた。”、“私は柿を投げた。”、“私は火器を投げた。”、“私、若木を投げた。” などが生成される。

次に、音声認識システムが音韻情報をに完全に認識し、韻律情報も与えられたと仮定して、この音韻情報およびアクセント情報から漢字かなまじり文を生成する。この例文では、音韻情報およびアクセント情報は “ワタシワ_ガ^キオ_ノ^ゲタ” として与えられる。ここで “^” はアクセント核の位置を示し、“_” はアクセント句境界の位置を示す。日本語では、アクセント情報が加わっても複数の漢字かなまじり文が生成されるが、この数は音韻情報から生成された漢字かなまじり文の数よりも少なくなる。この例文では “私は牡蛎を投げた。”、“私は火器を投げた。” などが生成される。

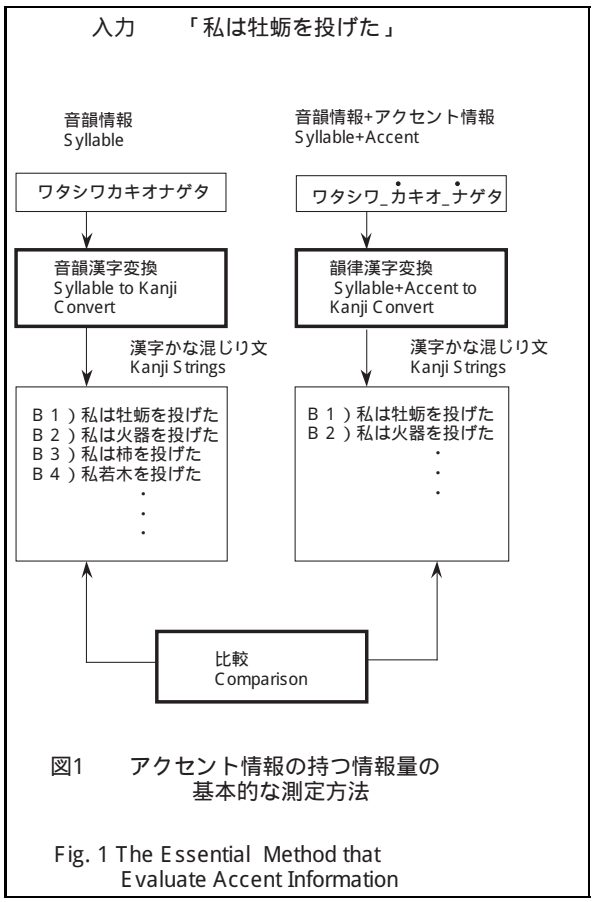

図1　アクセント情報の持つ情報量の
基本的な測定方法

Fig. 1 The Essential Method that
Evaluate Accent Information

最後に、この両者の漢字かなまじり文の数の比を計算する。音韻情報から生成される漢字かなまじり文の数と、音韻情報およびアクセント情報から生成される漢字かなまじり文の数の差は、アクセント情報の持つ情報に起因する。したがって、この比がこのような定義に基づくアクセント情報の持つ情報量となる。

2.2　漢字韻律変換を利用したアクセント情報の持つ情報量の測定方法

2.2.1　基本的な方法の問題点

上記２．１においてアクセント情報の情報量を測定する基本的な方法を提案した。しかし、韻律情報を完全に認識することは現時点ではかなり困難であることや、音韻情報およびアクセント情報から漢字かなまじり文に変換する韻律漢字変換の方法は、まだ確立していないこと、および韻律情報には個人差が激しいことなどを考えると、この方法を実行するには、かなりの無理がある。

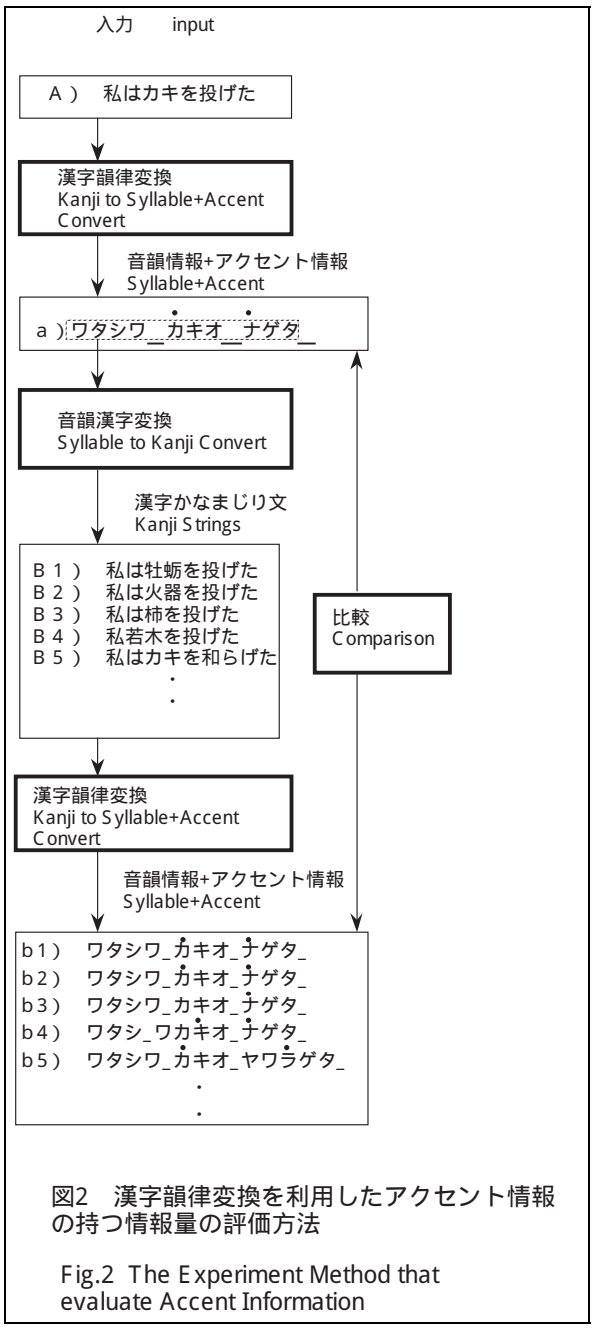

図2　漢字韻律変換を利用したアクセント情報
の持つ情報量の評価方法

Fig.2 The Experiment Method that
evaluate Accent Information

2.2.2　漢字韻律変換を利用した測定方法

上記２．１の図１において、音韻情報を使用して生成された漢字かなまじり文と、音韻情報およびアクセント情報を使用して生成された漢字かなまじり文の、両方の集合を、再び音韻情報およびアクセント情報に変換した場合、後者は前者の部分集合となる。

また、漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に変換する漢字韻律変換は、規則音声

合成の分野で研究され続けている。この結果アルゴリズムも、かなり確立していて高い変換精度が得られている [6][7]。

そして、音韻情報から漢字かなまじり文に変換する音韻漢字変換は表記と発音がことなる単語 (例えば鼻音や長音を含む単語および助詞の “は” と “を”) が存在していることをのぞけば、従来のかな漢字変換と技術的に同等である。この変換精度は低いため、複数の漢字かなまじり文が生成される。

以上のことを考慮して、本論文では 2 ．1 にしめしたアクセント情報の持つ情報量の基本的な測定方法と等価な方法を考案し、アクセント情報の情報量の測定を行なった。この方法を次に示す。

1. 初めに任意の漢字かなまじり文を音韻情報とアクセント情報に変換する。
2. 次に、この情報から音韻情報のみを利用して複数の漢字かなまじり文を生成する。
3. 次に、これらの漢字かなまじり文を再び音韻情報とアクセント情報に変換する。
4. 最後に、これらの出力された音韻情報とアクセント情報を、はじめの音韻情報およびアクセント情報と比較して、音韻情報およびアクセント情報の一致する漢字かなまじり文の数と音韻情報の一致する漢字かなまじり文の数を比較する。

この方法は、漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に正しく変換できると仮定すれば、 2 ．1 で示したアクセント情報の持つ情報量の基本的な測定方法と同一になる。この仮定は正しくないが、漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に変換する漢字韻律変換の変換精度は、かなり高いため、この方法はアクセント情報のもつ情報量を、近似ではあるが、得られると予測される。

2.2.3 漢字韻律変換を利用したアクセント情報の持つ情報量の測定方法のフローチャート

図 2 に、本報告で採用した、アクセント情報の情報量の測定方法のフローチャートを示す。例文として “私は牡蛎を投げた” を用いて説明する。

まず初めに、この漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に変換する。この例文では “ワタシワ_ガキオ_ヲゲタ” が出力される。

次に、この出力結果からアクセント情報を除いて音韻情報のみ取り出す。例文では “ワタシワカキオナゲタ” になる。この音韻情報から漢字かなまじり文を生成する。この変換精度は低いため、大量の漢字かなまじり文が出力される。この結果 “私は牡蛎を投げた。”、“私は火器を投げた。”、“私は柿を投げた。”、“私若木を投げた。”、“私は牡蛎を和げた。” などの漢字かなまじり文が出力される。

次に、これらの漢字かなまじり文を再び音韻情報およびアクセント情報に変換する。この変換精度は高いため、 1 つの漢字かなまじり文に対して 1 つの正しい音韻情報およびアクセント情報が出力される。

B1 “私は牡蛎を投げた。” →
“ワタシワ_ガキオ_ヲゲタ”

B2 “私は火器を投げた。” →
“ワタシワ_ガキオ_ヲゲタ”

B3 “私は柿を投げた。” →
“ワタシワ_カキオ_ヲゲタ”

B4 “私若木を投げた。” →
“ワタシ_ワカキオ_ヲゲタ”

B5 “私は牡蛎を和げた。” →
“ワタシワ_ガキオ_ヤワヲゲタ”

最後に、これらを元の音韻情報およびアクセント情報 “ワタシワ_ガキオ_ヲゲタ” と比較する。B1) は元の漢字かなまじり文である。 B2) は音韻とアクセント句境界およびアクセント核が一致している。B3) は音韻情報とアクセント句境界が一致しているがアクセント核が異なっている。B4) は音韻情報が正しいがアクセント句境界およびアクセント核が異なっている。 B5) はすべての情報が異なっている。 この例文では、元の音韻情報およびアクセント情報に一致する漢字かなまじり文は 2 文である。また、音韻情報が一致する漢字かなまじり文は 4 文である。したがってアクセント情報の持つ情報量 E は $-\log_2(2/4) = 1$ と計算できる。

3 実験

実験に使用した各ブロックを次に示す。

3.1 入力単位

入力文は、1982 年の日本経済新聞を使用した。入力単位は、文ではなく文節にした。これは入力単位を文にしたとき、音韻情報から大量の漢字かなまじり文が生成されたためである。実験は 50 文節についておこなった。この入力文節を表 1 に示す。

表 1: 実験に使用した文節

大蔵省は これによって 在日外銀に 関する 法的 根拠が 明確になるほか 在日外銀の 国内活動が しやすくなり 欧米諸国の 間に 出始めている わが国の 金融制度に 対する 不満を 和らげるのに 役立つと みている 国際化に 伴い 日本に 進出する 外国銀行は 急増している 大蔵省は 邦銀に 対しては 銀行の 経営基盤を 安定させる 目的で 同 準備金の 積立てを 義務 づけて おり 大きな 損失などが 生じる 時だけに 取り崩しを 認めている 大蔵省は この 規定を 在日外銀に 適用することで 取引先などの

3.2 漢字韻律変換

実験に用いた漢字かなまじり文から音韻情報およびアクセント情報に変換する漢字韻律変換の変換精度は、音韻正解率で 99.8%アクセント情報の正解率で 95%である [7]。このシステムは、アクセント句境界の位置の他に、3 種類の境界の長さが出力されるが、今回の実験では 1 種類に圧縮した。またアクセント核も、第 1 アクセント核と第 2 アクセント核が出力されるが、同様に第 1 アクセント核だけを選択した。したがって、この実験ではアクセント句境界の位置の情報と第 1 アクセント核の位置の情報量が測定される。

3.3 音韻漢字変換

音韻情報から漢字かなまじり文を生成する音韻漢字変換には文節数最小法を使用した。ただし変換精度を上げるため分割数を最小分割数+1 まで分割した [8]。そして、生成された漢字かなまじり文に対して単語接続情報、頻度情報などの言語情報による選択はしなかった。したがって音韻情報から連想される、すべて漢字かなまじり文が出力される。ただし分割の違いから生成される、同じ表記の重複する漢字かなまじり文は、1 つにした。例えば “大蔵省” は固有名詞の “大蔵省” と一般名詞の “大蔵” と “省” の 2 種類が出力される。このように重複する漢字かなまじり文は “大蔵省” の 1 つと数えた。音韻漢字変換において使用した単語辞書は、約 16 万語である。

3.4 情報量の計算

情報量の計算は以下の 3 種類について行った。

1. アクセント句境界の位置の持つ情報量

   計算式は P_1 を (音韻情報およびアクセント句境界の一致する漢字かなまじり文の数 / 音韻情報の一致する漢字かなまじり文の数) としてアクセント句境界が持つ情報量 E_1 は $-\log_2(P_1)$ となる。

2. アクセント核の位置の持つ情報量

   計算式は P_2 を (音韻情報およびアクセント句境界およびアクセント核の一致する漢字かなまじり文の数 / 音韻情報およびアクセント句境界の一致する漢字かなまじり文の数) としてアクセント核の持つ情報量 E_2 は $-\log_2(P_2)$ となる。

3. アクセント情報の持つ情報量

   計算式は P_3 を (音韻情報およびアクセント句境界およびアクセント核の一致する漢字かなまじり文の数 / 音韻情報の一致する漢字かなまじり文の数) としてアクセント情報が持つ情報量 E_3 は $-\log_2(P_3)$ となる。

4 実験結果

4.1 アクセント情報が一致する漢字かなまじり文の数

各文節に対する実験結果を図 3 に示した。図 3 では横軸は文節番号で、縦軸は各情報で一致した漢字かなまじり文の数を log スケールで書いた。× は音韻漢字変換によって生成された漢字かなまじり文の数、○ は音韻情報が一致した漢字かなまじり文の数、△ は音韻情報とアクセント句境界が一致した漢字かなまじり文の数、□ は音節情報とア

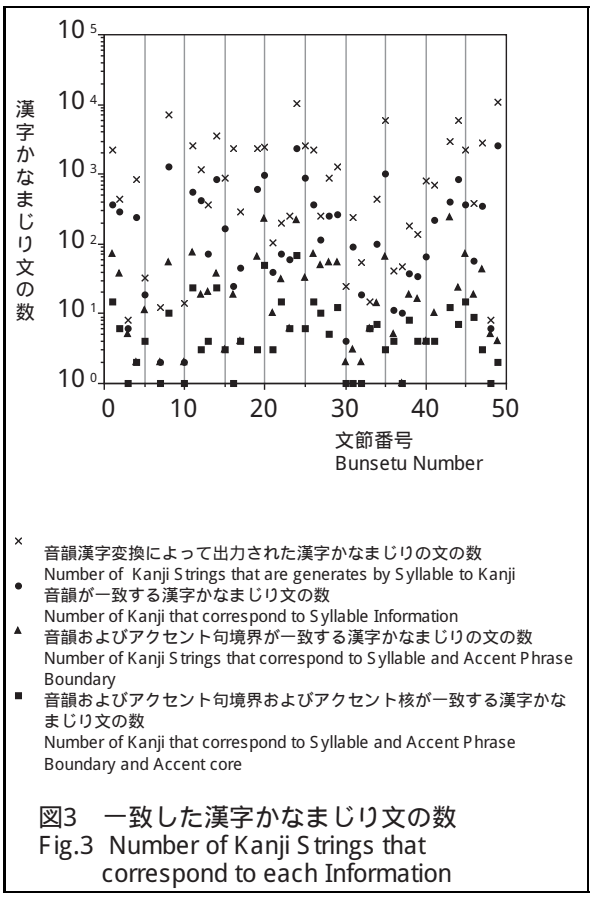

図3　一致した漢字かなまじり文の数
Fig.3 Number of Kanji Strings that correspond to each Information

クセント句境界およびアクセント核が一致した漢字かなまじり文の数を示している。

この結果から、文節番号によって、各情報で一致した漢字かなまじり文の数に大きな差があることがわかる。これは音韻漢字変換に文節数最小法のアルゴリズムを使用したためである。グラフ中空白になっている文節は、音韻漢字変換の出力の漢字かなまじり文の数が多すぎるため、処理を中止したことをしめしている。

4.2　アクセント情報の持つ情報量

50 文節を実験して得られた各情報量の平均値を、表 2 に示した。実験の結果、アクセント句境界の位置が持つ情報量は 3.21bit、アクセント核の位置の持つ情報量は 1.97bit、アクセント情報が持つ情報量は 5.16bit であることが示された。

ところで文献 10 では、日本語における音韻のエントロピーは 5.55bit であることが報告されている。今回、日経新聞 78 日文を文節単位にくぎって音韻のエントロピーを計算したところ 5.67bit であった。したがって、音韻の情報量と比較すると、アクセント句境界が持つ情報量は 0.58、アクセント核の持つ情報量は 0.36、アクセント情報が持つ情報量は 0.93 になる。

これらの値から、アクセント情報の持つ情報量は日本語の 1 音韻の平均の情報量と比較するとわずかに小さいが、かなりの情報量を持っていると評価できる。

表 2: アクセント情報の持つ情報量 (bit)

情報	情報量	分散
アクセント句境界の位置	3.21	3.37
アクセント核の位置	1.97	1.62
アクセント情報	5.16	3.20
（アクセント句境界 + アクセント核）		

5　考察

5.1　アクセント情報の情報量の値の信頼性

5.1.1　実験方法の問題点

本報告で使用したアクセント情報の持つ情報量の計算方法は、誤差がはいる要因を 3 種類持っている。

1. 文と文節

   この実験では、入力単位を文にしたとき大量の漢字かなまじり文が生成されるため、文節を入力単位とした。したがって文と文節においてアクセント情報の情報量の差はないと仮定した。

2. 漢字韻律変換

   漢字韻律変換は、漢字かなまじり文を、必ず正しい音韻情報およびアクセント情報に変換すると仮定した。

3. 音韻漢字変換

   音韻漢字変換において変換方法として文節数最小法を用いた。この変換方法を使用したとき、出力される漢字かなまじり文の数は

大幅にかわる。このため、アクセント情報の情報量の計算値が変動する可能性がある。ここでは 50 文節の平均を取ることにより、変動は無視できると仮定した。

5.1.2 生成確率によるアクセント句境界の位置の持つ情報量の値

ところで、情報量とは、その情報が存在したときにどれだれの曖昧さを減少できるかをしめす値であると考えられる。しかし、この値は生成確率によっても測定可能である。以下に、生成確率を使用したアクセント句境界の位置の持つ情報量の測定方法を示す。

1. 大量の日本語を用意する。
2. これを漢字韻律変換して音韻情報およびアクセント情報に変換する。
3. アクセント句境界および音韻の出現回数をもとめる
4. 出現回数からアクセント句境界の情報量を計算する。

日経新聞 1982 年の 1 月 5 日の 1 日分の記事、約１０万文字を漢字音韻変換してアクセント句境界および音韻の出現回数を求めたところ、それぞれ 28677 回と 130068 回出現した。したがってアクセント句境界の持つ情報量は
$E = -\log_2[(28677/(130068 + 28677)] = 2.47(bit)$
となった。

5.1.3 実験で求めた情報量の値の信頼性

５．１．２で求めたアクセント句境界の持つ情報量は 2.47bit であった。また、４．２において求めたアクセント句境界の持つ情報量 3.20bit であった。両者に大きな差はないと考えられるため、本報告で求めた情報量は、日本語の音声におけるアクセント情報の持つ情報量を、ほぼ正しく表していると考えられる。したがって、５．１．１であげた 3 つの誤差のはいる要因は無視できると思われる。

5.2 漢字の読みの知識の情報量

日本語の漢字には複数の読みかたが存在する。そして前後の漢字や意味によって、この読みかたが変化する。したがって音韻情報を漢字かなまじり文に変換し、これを再び音韻情報に変換したとき、元の音韻情報には戻らない漢字かなまじり文が存在する。図 2 において “私は牡蛎を和げた。” が良い例文である。 ここに漢字の読みの知識がはいると考えられる。この情報量も、今回の実験から簡単に測定できる。計算式は P を (音韻情報の一致する漢字かなまじり文の数 / 音韻漢字変換が出力する漢字かなまじり文の数) として、漢字の読みの知識の情報量 E は $-\log_2(P)$ となる。これを計算すると 2.26bit、分散は 0.88 となった。この値は音韻換算で 0.41 となる。つまり漢字の読みの知識は、日本語の音韻のもつ平均情報量より小さいと言える。

5.3 韻律の情報と文法

この実験において “大蔵省は” を入力したとき、音韻情報およびアクセント情報が一致する漢字かなまじり文を表 3 に示した。この入力文では、音韻漢字変換において生成される漢字かなまじり文は 2174 文であり、元の音韻情報と一致した漢字かなまじり文は 361 文、音韻情報およびアクセント句境界と一致した漢字かなまじり文は 72 文、音韻情報およびアクセント情報と一致した漢字かなまじり文は 15 文であった。この表をみると、すべての文は名詞 + 助詞になっていて、元の漢字かなまじり文と等しい品詞列が出力された。つまり、アクセント情報と文法には、かなり強い相関が示される。この理由は次のように考えている。

1. 一般に人間は漢字かなまじり文を読むとき、文法や意味的な情報を考慮してアクセント情報をつけている。
2. したがってアクセント情報には言語的な文法や意味情報を含んでいる。
3. よってアクセント情報の一致する文は元の文の品詞と等しくなる。

表 3: 音韻情報およびアクセント情報の一致した漢字かなまじり文　入力「大蔵省は」

大蔵省は　大蔵商は　大蔵将は　大蔵小は　大蔵称は　大蔵抄は　大蔵賞は　大蔵衝は　大蔵賞は　大倉商は　大倉賞は　大倉小は　大倉抄は　大倉省は　大倉ショウは

5.4　音声認識におけるアクセント情報の持つ情報量

実際の音声認識 (例えば [1]) においては、音素系列を決定する目的のために、韻律情報を利用する場合が多いと考えられる。このために用いられる韻律情報の情報量を定量的に求めることは困難であろう。

今回の実験は、音声認識において、音素系列が正しく与えられた上で、かな漢字変換したときに生成される漢字かなまじり文をどれくらい減らせるかを示すことによって、韻律情報 (アクセント情報) の情報量を定量的に把握したものである。韻律情報は正しく与えられるものと仮定しているから、これはかな漢字変換の視点から見た、利用できる韻律情報 (アクセント情報) の情報量の上限を与えるものと考えられる。

この意味では、今回情報量を把握した韻律情報は、上記のような一般の音声認識での韻律情報とは若干異なる性格のものであるが、一応の目安にはなるであろう。今回の実験によって、韻律のもつ情報量は、かなり大きいことが示されたことから、韻律情報は音声認識において認識性能を向上させる有効なパラメータであると思われる。

6　むすび

本報告では、韻律情報を利用した文音声認識の研究の予備的な研究として、日本語の音声の韻律情報の中から、アクセント句境界の位置および第１アクセント核の位置について、これらアクセント情報の持つ情報量を定量的に測定した。アクセント情報の情報量は、音韻情報を漢字変換したときに生成される漢字かなまじり文の数と、音韻情報とアクセント情報を漢字変換したときに生成される漢字かなまじり文の数を比較することによって得た。ただし本報告では、漢字かなまじり文を音韻情報およびアクセント情報に変換する漢字韻律変換を利用して、近似的に同等と考えられる方法で、実験をおこなった。

この実験によれば、アクセント句あたりのアクセント情報の持つ情報量は 5.16bit であった。一方、日本語における音韻情報の平均情報量は音節あたり 5.67bit 程度であった。すなわち、アクセント句あたりのアクセント情報の情報量は、音節あたりの音韻情報の平均情報量に比較してほぼ同等程度と、かなり大きい情報量をもつことがわかった。このことから、音声認識におけるアクセント情報の利用は、極めて有効である可能性がある。

なお、本論文では、韻律情報の中からアクセント句境界の位置および第 1 アクセント核の位置に焦点をあてたが、韻律には、その他アクセント境界の長さの情報や第 2 アクセント核などの多くの情報がある。したがって、全韻律情報の情報量は、上で示した値より大きいことが予想される。これらの情報は、方言などの個人差が大きく、また信号処理により検出することは容易でなく、断片的な情報しか得られない可能性はあるが、それでもなお音声認識に有効な情報を含むと思われる。

謝辞

本研究をすすめるにあたり、コンピュータの環境開発にはＮＴＴ情報通信処理網研究所の安田、高木、島崎氏にお世話になりました。これらの方々に深く感謝いたします。

参考文献

[1] 高橋、松永、嵯峨山 “ピッチパタン情報を用いた単語音声認識” 日本音響学会講演論文集, 1-3-20, pp.39-40(Mar. 1990)

[2] 鈴木、斉藤, “文構造に応じたポーズ長の制御,” 日本音響学会講演論文集, 2-7-15, pp.199-200(Mar. 1989)

[3] 花沢, 川端, 伊藤, 鹿野, “ＨＭＭ音韻認識における音節連鎖統計情報の利用,” 日本音響学会講演論文集, 3-3-9, pp. 87-88 (1990)

[4] 中川, 大黒, 橋本,“構文解析駆動型日本語連続音声認識システム,” 信学会論文誌, Vol.72-D-2,

No.8, pp. 1276-1283 (Aug. 1989)

[5] 牧野、伊藤、遠藤、城戸, “日本語 Dictation システムによる文音声の認識,” 日本音響学会講演論文集, 3-3-13, pp. 95-96 (Mar. 1990)

[6] 箱田、佐藤, “文音声における音調規則,” 電子通信学会論文誌, D-104,Vol.J63-D,pp.715-720(1980)

[7] 宮崎、大山 “日本音声出力のための言語処理方式,” 情処論文誌,Vol.27, No.11, pp.1053-1061 (1986)

[8] 長尾 真 “日本語情報処理,” 電子通信学会 (昭和 59 年)

[9] 池原、安田、島崎、高木 “日本文訂正支援システム,” ＮＴＴ研究実用化報告第 36 巻第 9 号 (1987)

[10] 中川 聖一 “確率モデルによる音声認識,” 電子通信学会 (昭和 63 年)

[11] 村上、荒木、池原 “音声におけるポーズ長およびアクセント位置の情報量の考察,” 日本音響学会講演論文集, 3-3-11, pp.89-90 (Oct. 1989)