

# 修士論文

## 条件付確率場に基づく 日本語アクセント型予測モデルの改良と 日本語教育システムへの応用



平成24年2月8日

指導教員 廣瀬 啓吉 教授

提出者

東京大学大学院 情報理工学系研究科  
電子情報学専攻 48-106413

小林 俊平



## 条件付確率場に基づく 日本語アクセント型予測モデルの改良と 日本語教育システムへの応用

指導教員 廣瀬 啓吉 教授  
情報理工学系研究科 電子情報学専攻  
48\_106413 小林 俊平

任意の日本語テキストを入力としてその自然な読上げ音声を出力する日本語テキスト音声合成 (Text to Speech) を実現するためには、その文中のアクセント句境界位置、及び、各句内のアクセント核位置を適切に推定する必要がある。日本語は単語を孤立発声した場合と複数単語を連続発声した場合とでアクセントが変化するアクセント結合が起こるため、自然な日本語音声を機械に出力させるためには、それらを適切に推定するモジュールの開発が必須である。

このようなアクセント処理に関する代表的な先行研究として、アクセント価や結合様式などの属性を定義することで規則によりアクセント結合を記述した句坂らの研究があり、従来アクセント処理に関しては、この手法が広く用いられてきた。一方で最近では、CRF(条件付確率場)と比較的大規模なアクセントラベルが施されたコーパスを用いた統計的なアクセント結合処理手法が考案され、単純な規則処理の手法よりも高い精度を実現している。しかしどの先行研究においても、全てのアクセント句に対して適切な処理をできているとは言いがたい。エラー解析を試みると、特に数詞を含む句や外来語を含む句など、特殊なアクセント変化を起こす句で誤りが多いという問題があり、素性を改良するなどして、これらの句における予測精度向上が求められている。

そこで本稿では、上述した CRF を用いた既存手法において特に誤推定率の高かった数詞や外来語を含むアクセント句に対し、その句特有の特性を考慮した素性を追加することで、精度を更に上げることを試みた。その結果、従来の CRF 手法に比べ数詞句を含むに対しては約 37.0%、外来語を含む句に関しては約 40.9%のエラー削減率を達成し、提案手法の有効性が示された。

また、アクセント結合処理技術の他分野へ応用として日本語のアクセント教育において本手法で検討したアクセント変形予測モデルを導入したシステムを開発した。具体的には任意のテキストを入力として、そこに現れる活用語のアクセント情報を出力するオンライン辞書を作成した。



# 目次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1 はじめに	1
1.2 日本語テキスト音声合成システムの概要と問題点	1
1.3 本論文の目的	3
1.4 本論文の構成	4
<b>第2章 日本語アクセントの基礎知識</b>	<b>5</b>
2.1 アクセント句とアクセント核	5
2.1.1 アクセント句・アクセント句境界	5
2.1.2 アクセント核	6
2.2 アクセント型	6
2.3 アクセント結合	7
<b>第3章 先行研究：規則を用いたアクセント結合処理</b>	<b>9</b>
3.1 句坂らによるアクセント結合規則	9
3.1.1 付属語アクセント結合規則	9
3.1.2 複合名詞アクセント規則	11
3.1.3 接頭辞アクセント規則	12
3.1.4 アクセント修飾型規則	14
3.1.5 アクセント結合規則適用則	14
<b>第4章 先行研究：機械学習を用いた統計的アクセント結合処理</b>	<b>15</b>
4.1 N-gramを用いた読みとアクセントの同時推定	15
4.2 CRFを用いたアクセント変形予測モデル	16
4.2.1 アクセントラベリングデータベース	16
4.2.2 CRF：Conditional Random Fields	16
4.2.3 CRFを用いたアクセント処理の学習・推定	18
4.2.4 印南らによるCRFの素性に規則を組み込んだ手法	20
4.3 先行研究におけるアクセント予測の実装とその評価	21
4.3.1 実験条件	21
4.3.2 結果	22
4.3.3 エラー解析	22

<b>第5章</b>	<b>数詞句を考慮したアクセント処理</b>	<b>23</b>
5.1	語頭・語末変化結合型	23
5.2	数詞句アクセントに関する先行研究	24
5.3	数詞句を考慮した素性の追加	26
5.3.1	前後形態素との品詞の組合せ素性	26
5.3.2	語頭・語末変化結合型に関する素性	26
5.3.3	数詞-助数詞アクセント変化表に関する素性	27
5.4	評価実験	27
5.5	考察	28
5.5.1	エラー解析	28
<b>第6章</b>	<b>外来語を考慮したアクセント処理</b>	<b>31</b>
6.1	外来語アクセントの特徴	31
6.1.1	日本語における外来語アクセントの変化	32
6.1.2	重音節と軽音節	32
6.2	外来語アクセントの特徴を取り入れた素性の追加	33
6.3	評価実験	33
<b>第7章</b>	<b>アクセント型推定手法の日本語教育システムへの応用</b>	<b>35</b>
7.1	任意の日本語テキストを対象とした活用語アクセント辞書の自動生成	35
7.1.1	本システムの目的	35
7.1.2	オンラインアクセント辞書	36
7.1.3	本システムに用いる日本語のアクセント解析の要素技術	36
7.1.4	活用語アクセント辞書の自動生成	37
7.1.5	オンライン活用語辞書のWEB上でのインタフェース	38
7.1.6	システムの問題点	40
7.1.7	本システムの今後の課題	40
<b>第8章</b>	<b>結論</b>	<b>43</b>
8.1	おわりに	43
8.2	今後の課題	44
	<b>謝辞</b>	<b>46</b>
	<b>参考文献</b>	<b>48</b>
	<b>発表文献</b>	<b>52</b>

# 目次

1.1	音声合成における処理の概要 . . . . .	2
1.2	アクセント結合によるアクセント型変化の例 . . . . .	3
2.1	アクセント核の例 . . . . .	6
4.1	観測データ $\mathbf{x}$ と出力ラベル $\mathbf{y}$ の例 . . . . .	17
4.2	観測素性 (Observed Feature) と遷移素性 (Transitional Feature) . . . . .	18
4.3	アクセント結合 . . . . .	18
4.4	アクセント結合を各形態素の文中アクセント型への変化と捉える場合 . . . . .	18
5.1	語頭変化結合型 . . . . .	24
5.2	語末変化結合型 . . . . .	24
7.1	OJAD のインタフェース . . . . .	37
7.2	オンライン活用語辞書の入力 . . . . .	38
7.3	オンライン活用語辞書の出力 . . . . .	39
7.4	マウスカーソルを活用語に合わせた際に出るポップアップ . . . . .	39

# 表 目 次

2.1	東京方言における 4 モーラ単語のアクセント型の種類 . . . . .	7
3.1	付属語アクセント結合規則 . . . . .	10
3.2	複合名詞アクセント結合規則 . . . . .	11
3.3	接頭辞アクセント結合規則 . . . . .	12
3.4	アクセント修飾型規則 . . . . .	13
4.1	長野らの手法における単語「京都タワー」の 4 つ組 N-gram の例 . . .	16
4.2	先行研究におけるアクセント型予測の精度 . . . . .	21
4.3	先行研究におけるエラー解析結果 . . . . .	22
5.1	数詞-助数詞のアクセント変化に着目した助数詞の分類 . . . . .	25
5.2	数詞-助数詞アクセント変化表 . . . . .	26
5.3	宮崎の規則による手法による推定精度 . . . . .	27
5.4	従来の CRF に数詞句の素性を追加した提案手法の推定精度 . . . . .	28
6.1	外来語に関する素性を追加した提案手法による推定精度 . . . . .	33



# 第1章

## 序論

### 1.1 はじめに

今日の日常生活において、電話における自動音声ガイダンスや、公共交通機関やカーナビゲーションシステムでの音声案内など、機械による音声合成を利用した様々なサービスが一般化してきている。さらに近年のスマートフォンやタブレット端末等のユビキタスコンピューティング端末の爆発的な普及とコンピュータ性能の向上に伴い、音声による自然な出力への期待がより一層高まってきていると思われる。

現在実用化している音声出力システムには、必要な文章全体を録音したものを再生する単純なものや、ある程度の発話長の音声を繋ぎ合わせて再生する波形接続方式と呼ばれるシステムなどがあるが、これらが可能としているのは電車での旅客案内等のような出力文が少数に限られる場合のみであり、多用途への利用には不向きである。そこで多用途への出力が可能である手法の一つとして、任意の日本語テキストを入力としてその読上げ音声を出力するテキスト音声合成 (Text to Speech) があり、これは電子書籍の読み上げ機能のような多様な出力を必要とするシステムなどに広く利用されている。しかしテキスト中の文字列のみから誤りなく自然な音声を合成して出力するのは非常に難しく、いまだに十分な技術を得られているとは言い難い。よってより高品質なテキスト音声合成の実現に関する研究の重要性は高く、これは日本語テキスト音声合成に関しても例に漏れず同様である。

### 1.2 日本語テキスト音声合成システムの概要と問題点

日本語テキスト音声合成システムにおける処理の概要を述べる。音声合成システムの概要図は図 1.1 となっている。システムにテキストが入力されると、まず文章解析部においてテキストの解析が行われる。日本語のテキスト解析の代表的手法は形態素解析であり、付属する単語辞書を利用して文章の単語境界や各単語の読みやアクセント型などを得る。次に音声解析部において、前段で得た言語情報を基に音韻情報（スペクトル変換・無声化处理など）と韻律情報（アクセント・イントネー

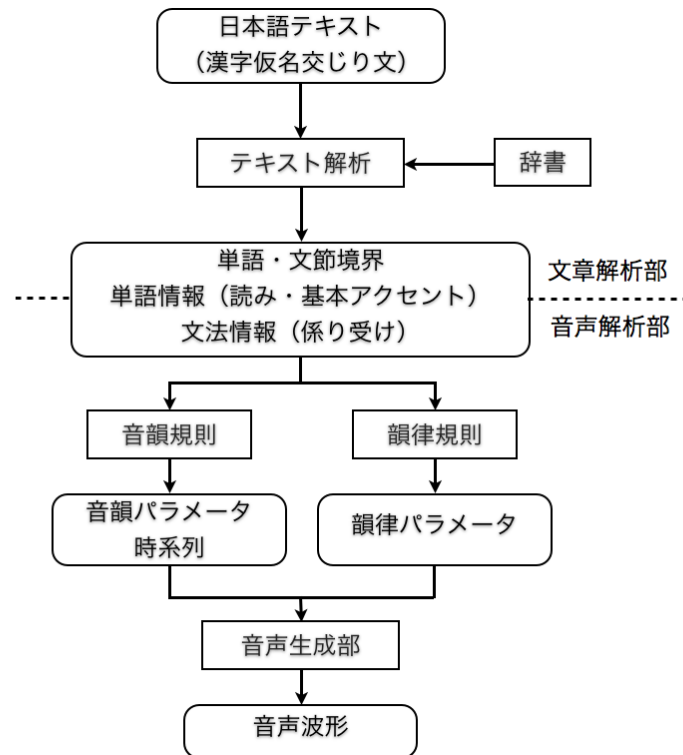


図 1.1 音声合成における処理の概要

ション・継続長・パワーなど)に関する処理がそれぞれ行われ、最終的に音声波形として出力される。

ここで図 1.1 の韻律処理において、出力音声にラベル付けされたアクセント核の位置が不適切であれば、出力音声の品質や自然性の低下を招く。日本語は孤立単語を発声した場合と複数単語を連続発声した場合とでそのアクセントの位置が変化する「アクセント結合」が頻繁に起こるため、これが日本語テキスト音声合成を難しくしている大きな一因となっている。例えば図 1.2 を見ていただきたい。図 1.2 は、「東京」、「大学」、「東京大学」という 3 つの単語のそれぞれのアクセント位置を表した図である。この図から、「東京」と「大学」という 2 単語を個別に発声した場合と、「東京大学」というように一続きに発声した場合では、「大学」という単語のアクセント核の位置が異なっていることがわかる（アクセント核位置が左に移動している）。このようなアクセント核位置の変化は日本語を母国語とする人には無意識にできるが、外国人が日本語を適切なアクセントで発声するのが難しいように、機械にとっても非常に難しい作業である。

従ってより自然な音声を機械に出力させるためには、文中に現れる自立語の孤立発声時のアクセントやその他の種々の言語情報などから、与えられた文に対して、適切なアクセント結合を推定するモジュールの開発が必須である。

このようなアクセント処理に関する代表的な先行研究として、アクセント価や結合様式などの属性を定義することで規則によりアクセント結合を記述した勾坂らの研究 [1, 2] があり、この手法がある程度高い処理精度を示すことから、従来アクセ

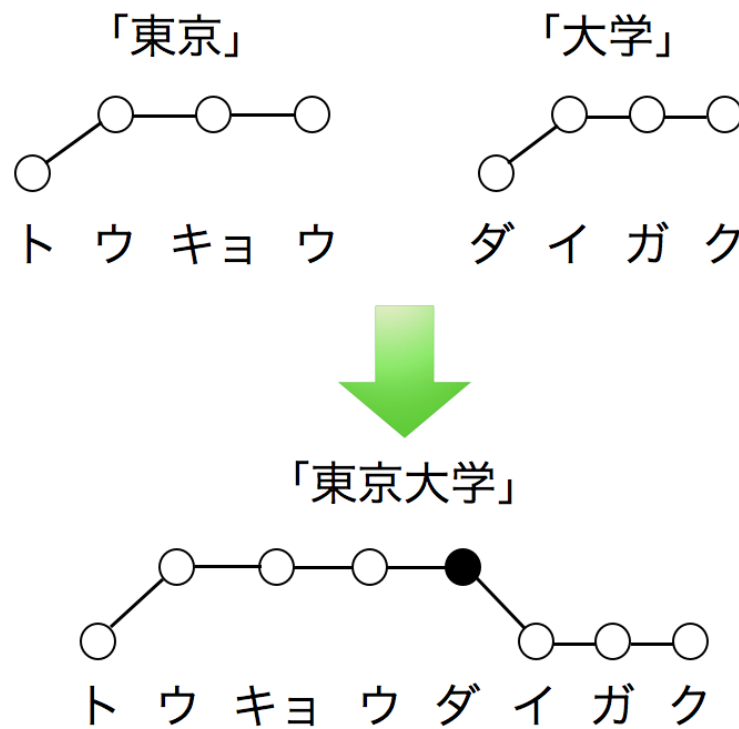


図 1.2 アクセント結合によるアクセント型変化の例

ント処理に関してはこの手法が広く用いられてきた。一方で黒岩ら [3, 4] は、条件付確率場（Conditional Random Fields：CRF）と比較的大規模なアクセントラベルが施されたコーパスを用いた、統計的なアクセント結合処理手法を提案し、単純な規則処理の手法よりも高い精度を実現した。また印南ら [5] は、黒岩らの手法に上記の句坂らによるアクセント結合規則を考慮した素性を加えることで、さらに高い精度を得ることに成功している。しかしどの先行研究においても、全てのアクセント句に対して適切な処理をできているとは言いがたい。エラー解析を試みると、特に数詞を含む句や外来語を含む句など、特殊なアクセント変化を起こす句で誤りが多いという問題があり、素性を改良するなどして、これらの句における予測精度向上が求められている。

### 1.3 本論文の目的

本研究の目的は大きく分けて2つある。まず一つ目として、上述したCRFを用いた既存手法において誤推定率の高かったアクセント句に対し、その句特有の特性を考慮した素性を追加することで、精度を更に上げることである。具体的には、特に誤推定率の高かった数詞を含む句と外来語を含む句のアクセント特性をCRFの学習

素性として使える形に変換して追加し、推定精度の向上を試みた。

2つ目として、アクセント結合処理技術の日本語のアクセント教育への応用である。具体的には本研究で作成したアクセント型予測モデルを用いたオンラインアクセント辞書について説明し、このシステムの問題点や今後の展望について述べる。

## 1.4 本論文の構成

本論文は、以下のような構成になっている。

まず本章では、本研究の背景と目的について述べた。次に第2章では本研究で扱う日本語のアクセントに関する基礎知識を述べる。さらに第3章では規則を用いてアクセント結合予測処理を行っている先行研究を紹介し、第4章では機械学習を用いた統計的手法に関する先行研究及びこれらの先行研究におけるアクセント推定の精度について詳説する。次に第5章と第6章では、既存研究であるCRFを用いた手法に数詞句を考慮した素性を追加した手法と、外来語を含む句を考慮した素性を追加した手法の2つの提案手法についてそれぞれ紹介する。さらに第7章では本研究に用いたアクセント処理モジュールを利用した日本語教育用のオンラインアクセント辞書について説明し、最後に第8章で本研究を総括する。

## 第2章

# 日本語アクセントの基礎知識

## 2.1 アクセント句とアクセント核

### 2.1.1 アクセント句・アクセント句境界

アクセントとは、発声時に起こる音の相対的強弱や相対的高低のようなメリハリのことをいう。アクセントは、発声内容を音響的に制御するための韻律情報であり、発話のフレーズや単語境界の知覚、同音異義語の識別などに影響する。

アクセントは多くの言語に存在するが、実際の表現形態としては強勢アクセント（ストレスアクセント）と高低アクセント（ピッチアクセント）の2種類に大きく分かれる。強勢アクセントとは主に音の強さの変化で表現するアクセントであり、例えば英語などで使われている。それに対し、高低アクセントは主に音の高さの変化によるアクセントであり、日本語におけるアクセントはこの高低アクセントである。

日本語の単語を発話単位で細かく分けたものに、「モーラ（拍）」がある。モーラは母音1つ、または母音と子音を組み合わせたものであり、およそカナ1文字に対応する。撥音（ン）や促音（ッ）も1つのモーラとなるが、拗音（キュ・ミャなど）は直前の母音と合わせた2文字で1つのモーラを形成する。また伸ばした音（アーなど）は2モーラとなる。すなわち、「ダイガク（大学）」は4モーラ、「ソツギョウ（卒業）」は4モーラ、「コーラ」は3モーラの語である。日本語のアクセントは、このモーラ単位の音の高さの変化として生ずる。実際の会話においては強弱・高低ともに多様に変化し、特に感情がこもればいっそう激しい物となるが、文全体に渡る緩やかな変化（イントネーション）を取り除けば、一定の範囲ごとに、アクセントによる決まった高低変化が現れる。このようないくつかの単語が連なって作られる1つのアクセント的まとまりのことを**アクセント句** [6] と呼び、アクセント句を構成する単語によって当該アクセント句でのアクセントの型が決まる。また、アクセント句とアクセント句の境のことを、**アクセント句境界**と呼ぶ。

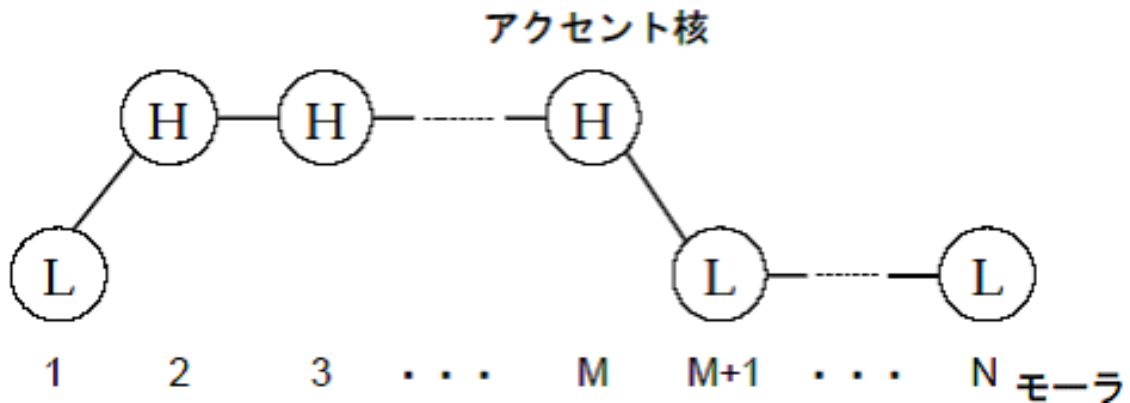


図 2.1 アクセント核の例

### 2.1.2 アクセント核

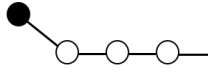
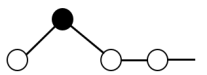
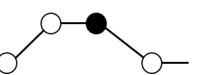
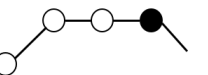
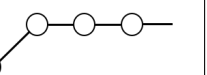
東京方言においては、音の高さが下降する箇所のみがアクセントとして重要な意味を持ち、上昇する箇所はそうではないと言われている [7, 8]. また、音の高さの上昇はアクセント句の先頭のみにはしばしば発生するものであり、アクセント句としてのまとまりが始まることを表すのみでしかない。よって、アクセント句は、先頭で音の高さの上昇が発生し、以後は個々の単語が持つアクセント的特徴の表れとしての下降のみが起こる構造を持つ。この下降する箇所、もしくは下降が起こる直前のモーラのことを**アクセント核**と呼ぶ。例えば図 2.1 では、 $M$  モーラ目と  $M+1$  モーラ目の間で高から低へとアクセントが下降している。よってこの場合のアクセント核は、 $M$  モーラ目となる。また、同一アクセント句中に複数の核をもつ場合を許容する研究もある [8, 9]. これは例えば「アヤシ' カッタヨ' ーダ (怪しかったようだ)」などの場合であるが、この場合、最初に現れるアクセント核で音の高さが最も大きく下降するため、最初のアクセント核を主アクセント、それ以降のアクセント核を副次アクセントと呼ぶことが多い [10].

## 2.2 アクセント型

アクセントによって現れる音の高低を抽象化し、音の高さを**高・低**の2値のみで表すことが可能であるとされる事が多く、実際多くの場合はこれに当てはまる。この考え方に基づき、単語などのアクセントの型を表現するため、「アメ (雨)」などのように**高**の部分の上に線を引いて表記することが多い。

前述のとおり、アクセント句の内部では音の高さの上昇は (多くの場合) 発生しないため、音の高さを**高・低**の2値で表せるものとしたときには、音の高さの下降 (**高**から**低**に変化する箇所) もアクセント句に高々一つしか存在しないこととなる (ただし副次アクセントを許す場合には複数ある)。つまり、アクセント句の1モーラ目と2モーラ目の間に必ず**低**から**高**もしくは**高**から**低**に変化し、それ以外の場所では**低**から**高**に変化することはなく、**高**から**低**の変化のみが起こることとなる。し

表 2.1 東京方言における 4 モーラ単語のアクセント型の種類

起伏型				平板型
頭高型	中高型		尾高型	
1 型	2 型	3 型	4 型	0 型 ( $\phi$ 型)
 サ ン ガ ッ	 オ テ ダ マ	 ガ イ ヤ シ ュ	 オ ト ー ト	 ケ ー タ イ

たがって、どの位置でアクセントが**高**から**低**に変化するかというアクセント核の位置を示すことでアクセントの型を区別することができる。核が  $M$  モーラ目にある場合には、アクセント型は  $M$  型と表現される。核が無い場合には一般的に 0 型と表現されることが多いが、便宜性から  $\phi$  型 [4, 8] と表されることもある。この方法で表現すると、例えば 4 モーラである 5 つの単語「三月」「お手玉」「外野手」「弟」「携帯」は、1 型:「サ<sup>1</sup>ンガッ (三月)」, 2 型:「オ<sup>2</sup>テダマ (お手玉)」, 3 型:「ガ<sup>3</sup>イヤシュ (外野手)」, 4 型:「オト<sup>4</sup>ー (弟)」, 0 型 ( $\phi$  型):「ケータイ (携帯)」として型を区別することができる。これを表で表したものが、表 2.1 である。アクセント核があるものを起伏型、核がないもの (0 型) を平板型ということもある。また起伏型のうち、核が 1 モーラ目にある物 (1 型) を頭高型、中間のモーラにあるものを中高型、最終モーラにあるものを尾高型とさらに分けることもある。

## 2.3 アクセント結合

孤立発声時の単語のアクセント核位置は、単語固有のものである。よって音声合成システムにおいて単語の読み上げを行う場合には、辞書等に記載しているアクセント型を指定するだけで容易にアクセントを指定できる。しかし図 1.2 で示したように、複数単語が接続して発声された場合、その単語を孤立発声した時のアクセント核とは異なる位置にアクセント核が付与される現象が生じる。この現象を**アクセント結合**と呼ぶ。アクセント結合はその変化の仕方によって以下のように「移動」「生起」「消失」の 3 種類に分類できる。

- アクセント核の**移動**

アルク (歩く) + マス → アルキマス

- アクセント核の**生起**

ケータイ (携帯) + デンワ (電話) → ケイタイデンワ

- アクセント核の**消失**

デイズイ (経済) + テキ (的) → ケイザイテキ

アクセント核の移動が起こる場合は孤立発声時とは別の位置にアクセント核が移動し、アクセント核の生起が起こる場合には、孤立発声時にアクセント核を持たなかった単語がアクセント核を持つようになる。そしてアクセント核の消失が起こる場合には、生起とは逆に、孤立発声時に有核であった単語が、接続することでアクセント核を持たなくなる。



## 第3章

# 先行研究：規則を用いたアクセント結合処理

前章では，本研究を理解する上で必要となる日本語アクセントの基礎知識について述べた．本章と次章では，アクセント結合処理に関する既存研究を紹介する．アクセント位置推定に関する既存研究は数多くなされているが，それらは大きく分けて「規則を用いた手法 [1, 11, 12, 13]」と「機械学習による統計的手法 [4, 5, 14]」の2つに大別される．本章ではまず，規則を用いた既存手法について紹介していく．

### 3.1 句坂らによるアクセント結合規則

規則を用いた手法の代表的な既存研究である句坂ら [1] によるアクセント結合規則について説明する．句坂らはテキスト音声合成を念頭において，日本語におけるアクセント結合の現象を網羅的に説明可能な規則を構築した．ここではその規則について概説する．

#### 3.1.1 付属語アクセント結合規則

自立語（名詞，動詞，形容詞，形状詞<sup>\*1</sup>）と付属語（助詞，助動詞）が結合して文節ができる時の規則である．このような結合のできる文節は，自立語のアクセント型や品詞・活用種類・活用形などの文法的諸性質とともに，付属語のアクセントに関する性質が強く影響しており，結合規則は付属語に焦点を当てたものとなっている．

まず，後続の付属語に**結合アクセント価**というものを定義する．結合アクセント価とは，複合語が結合した後のモーラの中にアクセント核が現れる場合の核位置を，（結合前の）その語の先頭から数えたものである．例えば，結合アクセント価が2であれば，その語の2モーラ目が結合後に核となることを意味し，結合アクセント価が

<sup>\*1</sup>形状詞とは，形容動詞の語幹となる名詞（例：「容易だ」の「容易」など）のことで，形態論用アクセント辞書“Unidic” [15] で定義されている品詞である

**表 3.1** 付属語アクセント結合規則  
( $N_1$  モーラ  $M_1$  型 +  $N_2$  モーラ  $M_2$  型  $\cdot \tilde{M}_2$  価  $\rightarrow N_c$  モーラ  $M_c$  型)

結合様式	$M_c$		具体例
	$M_1 = 0$	$M_1 \neq 0$	
(F1) 従属型	$M_1$		が (格助詞), た (助動詞)
(F2@ $\tilde{M}_2$ ) 不完全支配型	$N_1 + \tilde{M}_2$	$M_1$	か (終助詞), です (助動詞)
(F3@ $\tilde{M}_2$ ) 融合型	$M_1$	$N_1 + \tilde{M}_2$	せる (助動詞)
(F4@ $\tilde{M}_2$ ) 支配型	$N_1 + \tilde{M}_2$		ます (助動詞)
(F5) 平板化型	0		だけ (副助詞)
(F6@ $\tilde{M}_{2a}, \tilde{M}_{2b}$ )	$N_1 + \tilde{M}_{2a}$	$N_1 + \tilde{M}_{2b}$	ず (助動詞)

0であればその語の直前が核となることを意味する。付属語のアクセント型と結合アクセント価は多くの場合一致するが、短い助詞の場合には一致しないこともある。

$N_1$  モーラ  $M_1$  型アクセントを持つ先行自立語に  $N_2$  モーラ  $\tilde{M}_2$  結合アクセント価を持つ後続付属語が接続して  $N_c$  モーラ  $M_c$  型アクセントを持つ文節が出来る場合を考える。この時、その様子は表 3.1 のように分類され、そのそれぞれを「アクセント結合様式」という。

付属語アクセント結合様式には以下のような種類がある。

- F1 (従属型)：自立語のアクセント核がそのまま文節のアクセント核になる。  
・具体例 … が (格助詞), た (助動詞)
- F2 (不完全支配型)：アクセント核を持たない自立語に結合した場合にのみ、付属語部分にアクセント核が現れる。  
・具体例 … か (終助詞), です (助動詞)
- F3 (融合型)：アクセント核を持つ自立語に結合した場合にのみ付属語部分にアクセント核が現れる。  
・具体例 … せる (助動詞)
- F4 (支配型)：自立語のアクセント核の有無に無関係に付属語部分にアクセント核が現れる。  
・具体例 … ます (助動詞)
- F5 (平板化型)：自立語のアクセント核の有無に無関係にアクセント核が消失する  
・具体例 … だけ (副助詞)
- F6：自立語のアクセント核の有無に応じて、付属語部分に異なるアクセント核が現れる。  
・具体例 … ず (助動詞)

**表 3.2** 複合名詞アクセント結合規則  
 $(N_1 \text{ モーラ } M_1 \text{ 型} + N_2 \text{ モーラ } M_2 \text{ 型} \cdot \tilde{M}_2 \text{ 価} \rightarrow N_c \text{ モーラ } M_c \text{ 型})$

結合様式	後続語の性質	$\tilde{M}_2$	$M_c$	具体例
(C1)	$N_2 \geq 2$	$M_2$	$N_1 + \tilde{M}_2$	手続き (テツヅキ)
	$M_2 \neq (N_2 - 1, )N_2, 0$			日間 (ニチカン)
(C2)	$N_2 \geq 2$	1	$N_1 + 1$	生活 (セイカツ)
	$M_2 \neq (N_2 - 1, )N_2, 0$			時間 (ジカン)
(C3)	$N_2 \leq 2$	0	$N_1$	湾 (ワン) 学 (ガク)
(C4)	$N_2 \leq 2$	*	0	島 (トウ) 系 (ケイ)
(C5)	—	*	$M_1$	殿 (ドノ)
(C10)	—	*	$M_1   M_2$	等々 (トウトウ)

これを用いることで、付属語のアクセント核を持つ自立語と持たない自立語にそれぞれ結合させて結果を見れば、その付属語のアクセント結合様式と結合アクセント価を決定することができる。また逆に、付属語についてこれらの結合様式が分かっているならば、任意の自立語に結合させた結果を規則から導くことができる。

### 3.1.2 複合名詞アクセント規則

複数の自立語の結合や自立語と接尾辞の結合によって複合単語ができるときの規則である。一部のものを除き、結合の結果には先行する自立語のアクセント核は現れない。すなわち、支配型または平板化型(表 3.1 の F4 または F5)になり、後続単語・接辞の結合アクセント価に起因するものとなる。

後続単語の結合アクセント価は、後続単語が名詞である場合、ほとんどの場合は単独発声時のアクセント型と一致するが、後続名詞にアクセント核が無いまたはアクセント核が最終音節内にあるときは、結合アクセント価は1となる。また、短い名詞(2 モーラ以下)の場合は接尾辞としての性格を持つことがあり、この場合は長い名詞(2 モーラ以上)の場合とは違い、先行単語の最終モーラに核を生じさせるものと平板化させるものの2種類がある。2 モーラの名詞はいずれになることもありうる。他に特殊なものとして、先行する自立語の核を残すもの、韻律的な複合をせず先行する自立語と自身の双方の核が現れるものがある。この様子を表したのが表 3.2 である。

複合名詞アクセント結合様式には以下のような種類がある。

- C1 (自立語結合保存型)：後続語が2 モーラ以上、かつ最終音節以外の位置にアクセント核を持つ場合後続語の単独発声アクセント型が保持される。例えば、「転居 (テ'ンキョ)」は1 型アクセントを持つ名詞であるが、これに「手

表 3.3 接頭辞アクセント結合規則

(N<sub>1</sub> モーラ M<sub>1</sub> 型 + N<sub>2</sub> モーラ M<sub>2</sub> 型・ $\tilde{M}_2$  価 → N<sub>c</sub> モーラ M<sub>c</sub> 型)

結合様式	$M_c$		
	$M_2 = 0, N_2$	$M_2 \neq 0, N_2$	具体例
(P1)	0	$N_1 + M_2$	御 (ゴ)
(P2)	$N_1 + 1$	$N_1 + M_2$	総 (ソウ)
(P4)	$N_1 + 1$	$N_1 + M_2$	両 (リョウ)
	$M_1$		
	$M_1 \mid M_2$		
(P6)	0		再来 (サライ)
(P13)	$M_1$		現 (ゲン)
	$M_1 \mid M_2$		
(P14)	$M_1$	$N_1 + M_2$	要 (ヨウ)

続き (テツ' ズキ)」という単語が後続した場合、先行語のアクセント核が消え、後続語の2モーラ目のアクセント核が保持される。

- C2 (自立語結合生起型)：後続語が2モーラ以上で、かつアクセント核を持たない、あるいは最終音節内に核を持つ場合結合アクセント価が1となる。つまり、先行語のアクセント核が消え、後続要素の先頭モーラにアクセント核がくる。
- C3 (接辞結合標準型)：接尾辞または2モーラ以下の名詞が後続した場合、先行語の末尾モーラに核を生じさせる。
- C4 (接辞結合平板化型)：接尾辞または2モーラ以下の名詞が後続した場合、結合した複合語を平板化させる。
- C5 (従属型)：後続語のモーラ数、アクセント型にかかわらず、先行語のアクセント型が保持される。

なお、後続単語が動詞・形容詞の場合は、結合後は通常の動詞・形容詞と同様に核を持たないか最終音節の直前に核があるかのいずれかの形にしかない。後者となるのが普通である。

### 3.1.3 接頭辞アクセント規則

接頭辞と自立語が結合するときの規則である。後続の自立語が動詞・形容詞の時は前述のようになるが、名詞のときは特別な変化が見られる場合がある。接頭辞では、後部要素が尾高型・平板型であるかどうかによって適用される式が区別される。結合の種類は、表 3.3 のように分類される。

表 3.4 アクセント修飾型規則

(N<sub>0</sub>: 当該活用形のモーラ数, M<sub>0</sub>: 基本形のアクセント型, M: 当該活用形のアクセント修飾価)

アクセント 修飾型	活用形のアクセント型			具体例
	基本形のアクセント型が			
	0 型	1 型	それ以外	
M1 @ $M$	$N_0 - M$			意志推量形
M2 @ $M$	$N_0 - M$	$M_0$		一段・サ変活用形の命令形
M4 @ $M$	$M_0$		$M_0 - M$	一段活用の未然形

接頭辞アクセント結合様式には以下のような種類がある。

- P1 (一体化型) : 先行する接尾辞が, 後続自立語のアクセント核への影響力を持たない.  
・具体例 … 御 (ゴ)
- P2 (自立語結合型) : 後続語のアクセント型が平板型, または尾高型の場合のみ, 結合アクセント価が 1 となる. これは複合名詞結合規則における C1・C2 と同種の規則である.  
・具体例 … 総 (ソウ)
- P4 (混合型) : 構文や意味の相違に従い, 自立語結合型と分離型のどちらも出現する可能性がある.  
・具体例 … 両 (リョウ)
- P6 (平板型) : 後続語のモーラ数, アクセント型にかかわらず, 複合語のアクセント型が平板型となる.  
・具体例 … 再来 (サライ)
- P13 (分離型 1) : 後続語のモーラ数, アクセント型にかかわらず, 先行語である接尾辞のアクセント型が保持される. ただし, 接頭辞と後続名詞の発声の間に休止が入るため, この接頭辞の直後にアクセント句境界が来ることも多い.  
・具体例 … 現 (ゲン)
- P14 (分離型 2) : 後続語のアクセント型が平板型または尾高型の場合のみ, 行語である接尾辞のアクセント型が保持される.  
・具体例 … 要 (ヨウ)

なお P13 および P4 に属する接頭辞の結合した句は, 複数のアクセント型を取ることが可能であるが, これらは構文・意味上の違いによって使い分けられる。

### 3.1.4 アクセント修飾型規則

活用がある語が特定の活用形を取る場合に、基本形のアクセント型が変化することがある。句坂らは活用後のアクセント核位置の変化量としてアクセント修飾価  $M$  というものを定義し、これを用いて表 3.4 のようなアクセント修飾型規則を作成した。なお、アクセント修飾型規則は上記に示した各種結合様式を適応する前段階で処理を行う。アクセントが修飾型規則には以下のようなものがある。

- $M1 @ M$  (意思推量型)：活用語が意思推量形 (～よう, ～しよう) である場合の規則であり、語末から数えて  $M$  モーラ目にアクセント核がくる。
- $M2 @ M$  (命令型)：活用語が一段・サ変活用の命令形である場合の規則であり、基本形のアクセント型が 0 型の場合にのみ、語末から数えて  $M$  モーラ目にアクセント核がくる。
- $M4 @ M$  (未然型)：活用語が一段活用の未然形である場合の規則であり、基本形のアクセントが 0 型と 1 型のどちらでもない場合にのみ、語末から数えて  $M$  モーラ目にアクセント核がくる。

### 3.1.5 アクセント結合規則適用則

アクセント結合規則を実際に適用する場合には、以下で述べる各種文節内アクセント制御規則に従う必要がある。

#### 1. 巡回適用則

単語が複数個接続した場合 (例：食べられませんから=食べる+られる+ます+ん+から)，原則としてアクセント結合規則は左から巡回的に適用される。

#### 2. 音節内移動規則

撥音，促音，長母音，重母音などのモーラにアクセント核がくると，アクセント核は原則として 1 モーラ前にずれる。

#### 3. 無声化に伴う移動規則

無声化した母音にアクセント核がくると，アクセント核は原則として 1 モーラ前にずれる。

#### 4. 一段活用動詞処理規則

終止形を基本とすると，一段活用動詞の未然形，連用形のモーラ数は 1 つ減少し，アクセント核も 1 モーラ前に移動する。

これらのアクセント規則を利用して，句坂らはテキスト音声合成用の網羅的なアクセント処理を可能とした。実際の推定精度に関しては，第 4 章で詳しく述べる。

また，これらの規則に用言の活用形による規則を細かく設定し精度改善を目指した黒岩らの研究 [13] など，このアクセント規則に関する多くの研究が活発に行われている [12]。

## 第4章

# 先行研究：機械学習を用いた統計的アクセント結合処理

第3章では、規則を用いたアクセント結合処理手法について紹介した。次に本章では機械学習を用いた統計的アクセント結合処理を行った手法について説明する。またこのあと紹介するCRFを用いた手法は本研究の基礎となる手法であるため、それらの実装方法とその評価結果についても本章で詳しく述べる。

### 4.1 N-gramを用いた読みとアクセントの同時推定

前節のルールベースの手法に対して、長野ら [14] は、N-gram モデル [16] を用いてアクセントと読みの推定を同時に行う確率ベースの手法を提案した。

長野らの手法では、表 4.1 に示すように「表層（仮名漢字表記） $w$ 、品詞  $t$ 、読み  $s$ 、アクセント  $a$ 」の4つ組を1つの単位  $u$  とし、形態素の4つ組 N-gram を  $M_u$  を以下のように確率的に表している。

$$M_u(u_1 u_2 \cdots u_h) = \prod_{i=1}^{h+1} P(u_i | u_{i-k} \cdots u_{i-2} u_{i-1}) \quad (4.1)$$

用意した学習データを基に、最適な  $P$  の組み合わせを決定する。そして、入力されたテストデータに対し、形態素列の表層を結合させた文字列と元の文が一致するとの制約条件の下で、 $M_u$  を最も高くする  $u$  の列を探索することで、形態素解析とアクセントが決定される。この手法の評価を行なうため、長野らは実際の学習・推定および規則に基づいたアクセント処理との比較を行なった。その結果、アクセント処理精度が、規則による処理精度を上回った。

この研究の学習・推定に使用されたコーパスは、新聞記事・テレビニュースの書き起こし・電話応答文など雑多な内容を含み、書き言葉のみならず話し言葉も含むコーパスであるとされる。しかし学習と推定に使用したコーパスが公開されておらず、どのような人物によってどのような基準でラベリングされたものであるかが不

表 4.1 長野らの手法における単語「京都タワー」の4つ組 N-gram の例

表層	<i>w</i>	京都	タワー
品詞	<i>t</i>	固有名詞	一般名詞
読み	<i>s</i>	kyo : to	ta wa :
アクセント	<i>a</i>	L H H	H L L

明である。そのため、長野らによる研究を追試することは難しく、実際の処理性能を検証することは不可能である。

## 4.2 CRF を用いたアクセント変形予測モデル

上記で述べたように、規則に基づいて全ての事象に対するアクセント処理を行うには限界がある。また、長野らの手法は統計的手法の有効性を示したが、コーパスの仕様が不透明なため再現性の面で問題があった。

そこで黒岩ら [4] は、仕様を明確化したアクセントデータベースを作成し、そのコーパスを用いて条件付確率場（以下 CRF）を用いた統計的なアクセント処理を行う手法を提案した。以下その手法について説明する。

### 4.2.1 アクセントラベリングデータベース

黒岩らは、日本音響学会新聞記事読上げコーパス (JNAS)[17] で使用されている文（毎日新聞記事 12,516 文）に対し、日本語アクセントに対する教育を施した単独のラベラによりアクセントラベルの付与を行った以下のようなラベル付けを行ったコーパスを作成した [3]。

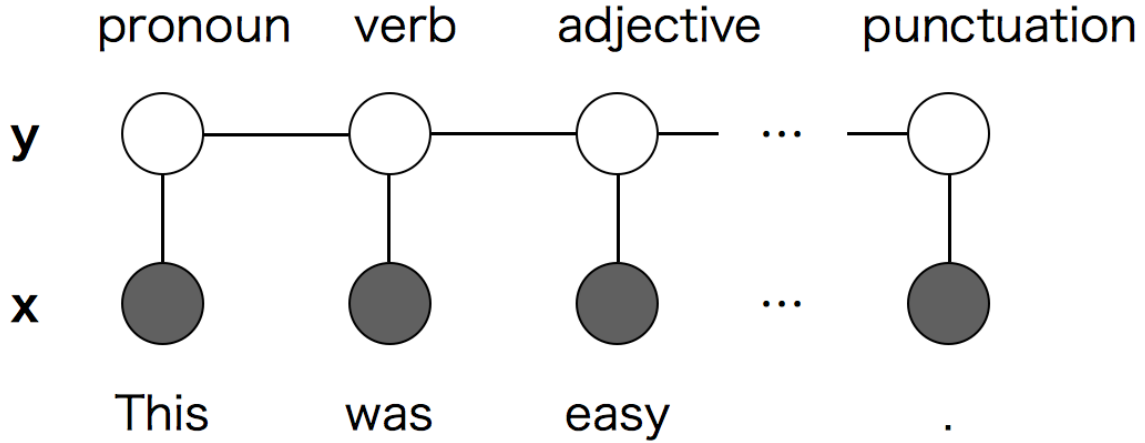
- 文発声時についての「アクセント句境界」と「アクセント核位置」
- 文中に現れる自立語の単独発声時についての「アクセント核位置」

これらのラベル付けは、一人のラベラによってなされている。ラベラを一人にした理由としては、複数人によるラベリングではアクセント感覚の個人差が入ってしまい、アクセントが変化する現象と個人差によるアクセント差異が混ざってしまう可能性があるためである。

### 4.2.2 CRF : Conditional Random Fields

条件付き確率場（CRF）は、J.Lafferty ら [18] によって提案された、シンボル列の分割とラベリングに特化した識別モデルである。CRF では、観測データ  $\mathbf{x}$  を与えられた場合の出力ラベル  $\mathbf{y}$  を学習する (図 4.1) にあたり、まず観測データと出力ラベル



図 4.1 観測データ  $\mathbf{x}$  と出力ラベル  $\mathbf{y}$  の例

の対 ( $y_t$  と  $x_t$ ) もしくは隣り合う出力ラベルの対 ( $y_{t-1}$  と  $y_t$ ) についての特徴 (素性と呼ばれる)  $f$  として考えられるものを列挙する. 例えば, 「 $y_t$  が “pronoun(代名詞)” であるかつ  $x_t$  が “大文字で始まる”」「 $y_{t-1}$  が “verb(動詞) である” かつ  $y_t$  が “adjective(形容詞) である”」などがこれに該当する. なお, 観測データと出力ラベルの対に関する素性を観測素性 (Observed Feature), 隣り合う出力ラベルの対に関する素性を遷移素性 (Transitional Feature) と呼び, これを図に表したのが図 4.2 である. その上で, 各素性  $f$  についての重要度  $\theta_f$  を考え,  $(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  内で素性  $f$  が出現した回数を  $\phi_f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  とすると, 素性  $f$  のスコアは  $\theta_f \phi_f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  で求められる. これを全ての素性について足し合わせることで, 系列の全体スコアは  $\sum_f \theta_f \phi_f(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  として表すことができる. さらに全ての系列候補を考慮し, 全ての系列の出現確率の和が 1 となるように正規化を行うと, 入力  $\mathbf{x}$  に出力  $\mathbf{y}$  を割り当てることの確信度合いは, 以下のように表すことができる.

$$P(\mathbf{y}|\mathbf{x}) = \frac{\exp \sum_f \theta_f \phi_f(\mathbf{x}, \mathbf{y})}{\sum_{\mathbf{y}} (\exp \sum_f \theta_f \phi_f(\mathbf{x}, \mathbf{y}))} \quad (4.2)$$

学習の際には, 正解ラベルデータを与えることにより, 与えられた多くの  $\mathbf{x}$  と  $\mathbf{y}$  の組みを使用した上で, この確率値  $P(\mathbf{y}|\mathbf{x})$  を最大化するような  $\theta$  の重み付けを行なう. これはすなわち, 以下の値を最大にするような最尤推定処理を行うということである.

$$\mathcal{L}_\theta = \sum_i \log(P(y_i|x_i)) \quad (4.3)$$

推定の際には, 観測された  $\mathbf{x}$  と学習の段階で決定された重要度  $\theta_f$  を用いて,  $P(\mathbf{y}|\mathbf{x})$  を最大にする  $\mathbf{y}$  を見つける処理となる.

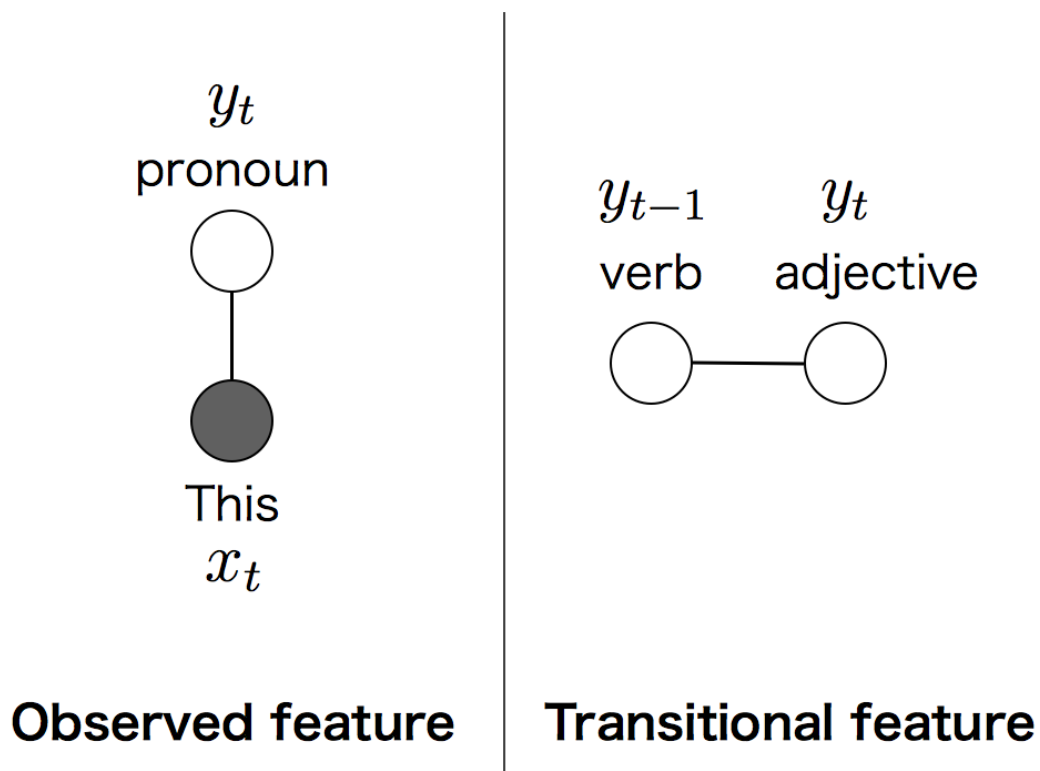


図 4.2 観測素性 (Observed Feature) と遷移素性 (Transitional Feature)

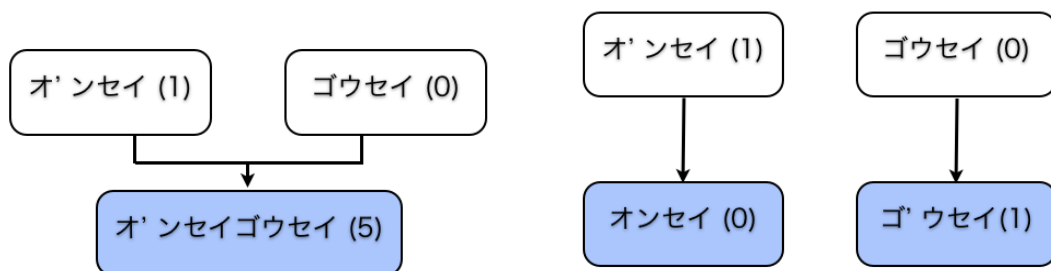


図 4.3 アクセント結合

図 4.4 アクセント結合を各形態素の文中アクセント型への変化と捉える場合

### 4.2.3 CRF を用いたアクセント処理の学習・推定

黒岩らは前述の CRF による処理を行うツールキットとして CRF++[19] を使用し、前項で述べたアクセントデータベースの読上げ文を用いてアクセント核の位置を推定する実験を行った。これは、各形態素単位で、アクセント核位置がどのように移動するのかを、当該語及び隣接する語の各種語彙特性を素性とすることで予測するものである。図 4.3 に示したとおり、本来のアクセント結合は、複数単語のアクセン

トの特徴がひとまとまりになるような現象である。しかし黒岩らの手法では、図 4.4 に示すように、各形態素のアクセント型がアクセント結合によって文中アクセント型へと変化した、という解釈をしてアクセントを推定する。同一アクセント句内の全形態素において推定した文中アクセント型を参照すれば、アクセント結合後の核位置を導きだすことが可能となる。黒岩らは、学習・推定どちらにおいてもこの文中アクセント型をラベルとして用いている。

黒岩らは様々な素性の追加・削除を行いその推定精度を比較しているが、基本的に全ての実験で用いていた学習素性ラベルは以下の通りである。ただし観測素性としては、前後の 2 形態素も含めた計 5 形態素の情報が用いられている。

- <基本形／基本形読み／書字形／品詞／活用形>の組み合わせ
- <品詞>
- <活用型>
- <活用形>
- <モーラ数>

上記の素性のうち、「基本形」とは、語彙素とも呼ばれ、活用形や表記のぶれ等を吸収する語彙の見出しに相当する。例えば「言う」という単語は、ひらがなで表記された「いう」や、未然形の「言わ」などのように文章中に様々な表記で出現することがあるが、これらの単語には全て基本形「言う」が与えられる。また書字形とは、異なる発音を吸収する表記上の見出しである。例えば助数詞の「本」には、「ホン」、「ボン」、「ポン」などの読み方が考えられるが、これらに共通の書字形「本」が与えられる。

黒岩らはこれらの基本的な素性にさらに以下のような素性を追加し、実験を行なっている。ただしここでは具体的な精度ではなく、基本の素性からそれぞれの素性を追加していくことによってどれだけ精度が改善したかのみ示す。具体的な推定精度については、先行研究における最高精度を示した場合の結果として、4.3 で後述する。

### 単独発声アクセント型

各自立語に登録されている単独発声アクセント型を学習素性に追加し、その制度を比較している。この素性を追加したことにより、アクセント句単位で 5% 以上の精度改善を達成している。

### アクセント核位置の変化量

孤立発声時のアクセント核が、アクセント結合によってどれだけ変化したかの変化量を学習させる素性を導入した。これにより、類似の変化を起こした現象を共通のものとして学習できる。これにより、上記の実験よりもさらに約 2% の精度改善を達成している。

### 隣接形態素組み合わせ素性

第3章の句坂らのアクセント結合規則でも示したとおり、当該形態素と隣接する形態素の品詞やアクセント型によってどの結合規則を取るのかが決まる。これを機械に学習させるため、黒岩らは当該形態素と隣接形態素の品詞やアクセント型の組み合わせを素性として用いた。その結果、上記よりもさらに約1%の精度改善を達成し、特に名詞が連続して出現するアクセント句では約4%もの精度改善を達成した。

### 相対変化ラベル

学習・推定によって導き出す各形態素のアクセント結合後のアクセント型を、アクセント型そのものの値ではなく、その変化内容によって表す手法を導入した。これは例えば、「末尾モーラの1つ前が核となる」といったものや、「アクセント型が平板型となる」といった素性である。これを用いることにより、変化の種類が同じであるものを、同一の現象としてラベル付けすることが可能となる。これにより、上記よりもさらに約2%の精度改善を達成し、全体の精度も約90%まで上げることに成功している。

このように、CRFを用いた手法によって規則を用いた手法を大幅に上回る精度を達成することが出来ている。しかしながら、自立語+付属語のような、比較的単純なアクセント結合においては、規則による推定の方が精度が高くなっていることが報告されている。これは、そのような単純な結合においては、規則によりすでにかなり高い精度が得られているためである。

#### 4.2.4 印南らによる CRF の素性に規則を組み込んだ手法

印南ら [5] によって、前述の CRF を用いた手法に規則を統合する手法が提案された。具体的には、上述した黒岩らの CRF 手法に、句坂らのアクセント結合規則を以下のような形で素性として追加したものである。

- 付属語アクセント結合規則 (F1,F2... など) と結合アクセント価の組み合わせ
- 複合名詞アクセント結合規則 (C1,C2... など)
- 接頭辞アクセント結合規則 (P1,P2... など)

また印南らはこの他にも、アクセント句単位でのモーラ長を考慮した素性や、当該形態素のアクセント句中でのインデックス (何番目に登場した形態素か) を考慮した素性なども追加した。この結果、従来の CRF を用いた黒岩らの手法では規則に劣っていた単純な結合の場合においても、規則を超える精度を実現している。

表 4.2 先行研究におけるアクセント型予測の精度

		総数	規則ベース		CRF ベース	
			正答数	正答率	正答数	正答率
形態素		16,682	14,615	87.6%	15,936	95.6%
アクセント句	全ての句	7,184	6,171	85.9%	6,796	94.6%
	単純な句	2,287	2,126	93.0%	2,174	95.1%
	名詞連続	1,000	866	86.6%	958	95.8%

## 4.3 先行研究におけるアクセント予測の実装とその評価

前章と本章で、アクセント結合処理に関する先行研究について詳説してきた。次に本節では、これらの先行研究におけるアクセント予測の具体的な精度を示す。ただし、今回精度の比較するのは、句坂らの規則による手法と、印南らの CRF 手法における最高精度を示した素性を用いた手法の 2 手法である。以後、この 2 手法の精度は本研究におけるベースラインとなる。

### 4.3.1 実験条件

先行研究で構築されたアクセント結合予測手法及びその精度について概説する。ただし実験には、4.2.1 で述べたアクセントコーパス 12,516 文 (46,086 アクセント句, 131,467 形態素) から、学習用として 10,684 文 (38,900 アクセント句, 114,783 形態素) を用い、残りの 1,832 文 (7,184 アクセント句, 16,682 形態素) を評価用に用いた。また、CRF による処理を行うツールキットとしては先行研究と同様 CRF++[19] を使用し、結果の集計は形態素単位とアクセント句単位で行なっている。また本実験では、正解に複数アクセント核がある場合<sup>\*1</sup>、二つ目以降の核は副次アクセント核であると考え、一つ目のアクセント核 (主核) の位置のみに着眼して正誤判定を行なった。一方、正解が無アクセントの場合は、推定結果も無アクセントと判定された場合を正解とした。

さらに先行研究では、頻繁に現れる特徴的な句として、下記の 2 種のアクセント句に着目している。

- **単純なアクセント句**

{ 名詞, 動詞, 形容詞, 形状詞 } + { 助詞, 助動詞 } の 2 語で構成されたもの

- **名詞連続を含むアクセント句**

2 語以上連続して名詞が出現するアクセント句

<sup>\*1</sup>本コーパスではアクセント句の中に複数の核を認めている

表 4.3 先行研究におけるエラー解析結果

	全ての句	単純な句	名詞連続	数詞	外来語	付属語連続
該当アクセント句数	7,184	2,287	1,000	751	631	5,190
誤答数	338	113	42	73	49	287
正答率	94.6%	95.1%	95.8%	<b>90.3%</b>	<b>92.2%</b>	94.5%

### 4.3.2 結果

表 4.2 に、第 3 章で述べた句坂らの規則に基づく手法と、CRF を用いた統計的手法の推定結果を示す。

表 4.2 より、CRF を用いた統計的手法のほうが、規則を用いる手法よりもすべての項目において高い精度を示している。単純なアクセント句や名詞連続を含む句のような頻繁に現れるアクセント句に対しては、95%を超える高い精度を実現することが出来ている。

### 4.3.3 エラー解析

さらに 4.3.2 で示した CRF における手法の実験結果に対して、先行研究 [20] で行なっているエラー解析の結果が表 4.3 である。

この結果より、特に正答率の低いのは数詞を含むアクセント句 (90.3%) と、外来語を含むアクセント句 (92.4%) であることが分かる。これらのアクセント句は、他のアクセント句とは違ったアクセント変化の挙動を示すことが原因であると考えられるため、これらのアクセント句を考慮した素性の追加が必要となってくる。

## 第5章

# 数詞句を考慮したアクセント処理

本節では、新たな提案手法として数詞句のアクセントを考慮した CRF によるアクセント処理手法について説明する。

### 5.1 語頭・語末変化結合型

まずは数詞の読みに関する重要な要素である、語頭・語末変化結合型 [15] について説明する。日本語においては、例えば「ホン (本)」という単語が「ボン」や「ポン」に変わるように、語頭音や語末音が頻繁に変化する。オンラインで配布されている電子化辞書 Unidic [15] では、このような変化の規則を記述するため、語頭変化形という属性を設けている。同様に、「イチ (一)」という単語が「イッ」や「ヒト」に変わるような現象を扱うため、語末変化形という属性を定義している。そして語頭変化形の決定に際しては前接要素が、語末変化形の決定に際しては後続要素が何であるかが影響を与える。たとえば、「ホン (本)」が濁音形「ボン」を取るのは、前接要素が「三」の場合であり、「イチ (一)」が促音形「イッ」を取るのは、後続要素が「本」「階」「杯」などの場合である。このような隣接要素に対する影響力を記すために、**語頭変化結合型 (iConType)**・**語末変化結合型 (fConType)**という属性を設けている。語頭変化結合型は、前接要素が後続要素に与える規則であり、語末変化結合型は、後続要素が前接要素に与える規則である。

図 5.1 と図 5.2 に語頭変化結合型と語末変化結合型のそれぞれの例を示す。図 5.1 より、「一 (イッ)」、「二 (ニ)」、「三 (サン)」のそれぞれの数詞がもつ語頭変化結合型に従い、後続形態素である「本」の読み方としてそれぞれ「ポン」、「ホン」、「ボン」を取ることが分かる。同様に図 5.2 より、「円 (エン)」、「本 (ポン)」のそれぞれの助数詞がもつ語末変化結合型に従い、先行形態素の「一」の読み方が「イチ」なのか「イッ」なのかが決まっていることがわかる。

これらの語頭変化結合型と語末変化結合型が深く影響するのは数詞と助数詞がほとんどであり、これは数詞・助数詞のアクセントを決める上で非常に有効であると考えられる（現在無償で配布されているテキスト音声合成システム GalateaTalk [21]

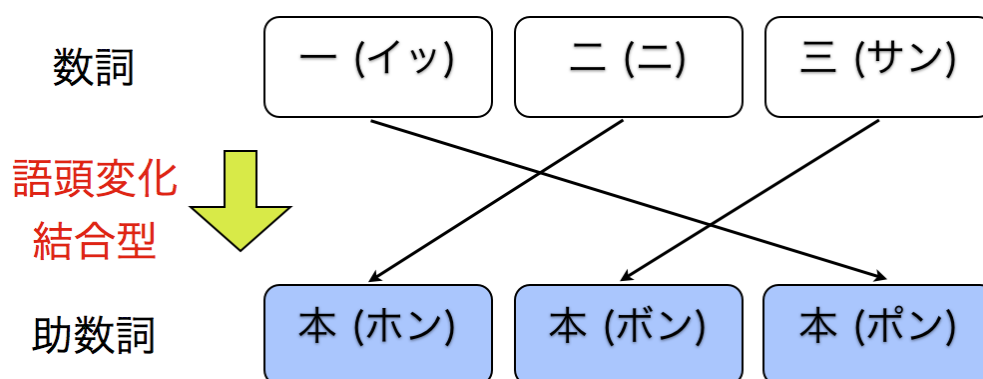


図 5.1 語頭変化結合型

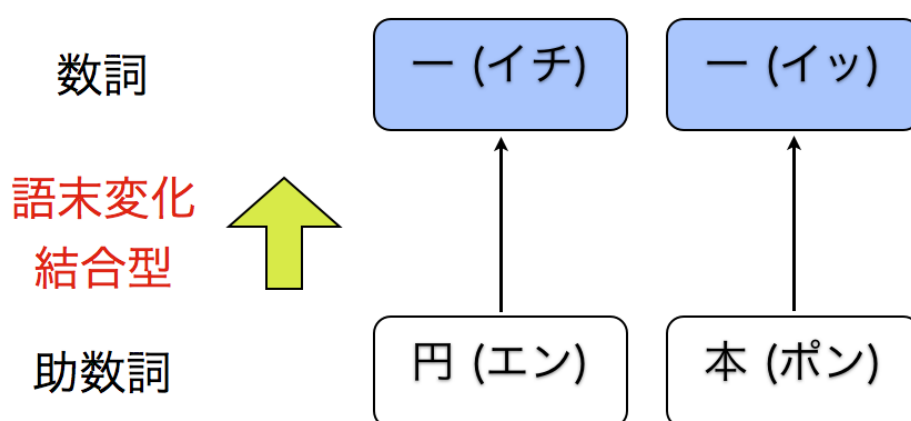


図 5.2 語末変化結合型

でも、実際にこの2つの結合型を用いて、数詞句の読みとアクセント型を規則により決定している)。

よって語頭・語末変化結合型をうまくCRFの素性として利用できれば、数詞句のアクセント推定精度を上げるのに貢献できると考えられる。具体的には、促音のモーラにはアクセント核はこない[1]、などという特徴をうまく表せると考えられる。

## 5.2 数詞句アクセントに関する先行研究

次に、数詞句のアクセントに関する先行研究として、宮崎[22]の「数詞-助数詞アクセント変化表」について説明する。宮崎は、数詞の音韻変化や数詞-助数詞のアクセント変化に従って数詞を19個、助数詞を13個に分類し、そのそれぞれのグループにおけるアクセント変化の規則を示した。助数詞の分類は表5.1、「数詞-助数詞アクセント変化表」は表5.2である。なお、表5.1と表5.2の縦軸のギリシャ数字はそ



表 5.1 数詞-助数詞のアクセント変化に着目した助数詞の分類

$T_k$	例
$\alpha$	個, 位, 時, 分(ふん), 時間, 歳, 羽, 通り, 斤, 層, アール, センチ, キロ, ドル, 度(ど: 温度, 角度), 階, 球, 巡, 乗, 週, 人前, 敗, 着(到着), 度目, 代目, 貫目, 幕目, 日目, 球目, 丁目, 畳, ヶ月
$\beta$	問, 台, 軒, 票, 町, 艘, 代, 枚, 名, 面, 本, 枚, 丁
$\gamma$	升
$\delta$	年(ねん), 段(階段), 番
$\epsilon$	貫, 版, 銭, 回, 点, 巻
$\zeta$	尺, 着(衣服), 角
$\eta$	円
$\theta$	曲, 石(こく), 匹, 冊, 足, 拍, 脚, 局, 発
$\iota$	合
$\kappa$	度(ど: 回数)
$\lambda$	人
$\mu$	月(がつ), 日(にち)
$\nu$	寸

れぞれが対応しており, 表 5.2 の表中の 0~3 の数字はそれぞれ,

$$A(S_l, T_k) = \begin{cases} 0: \text{アクセント結合規則に従う} \\ 1: 0 \text{ 型となる} \\ 2: \text{助数詞の第一音節にアクセント核が移動する} \\ 3: \text{助数詞の最終音節にアクセント核が移動する} \end{cases}$$

を表している.

宮崎によると, これらの規則は数詞のみに当てはまる特殊な規則であり, 先行研究である句坂らによるアクセント結合規則にはこの規則は適応されていない.

\*<sup>2</sup> $S_l$  の一つ前の形態素  $S_{l-1} \neq$  二~九の時は規則が変化する. 詳しくは [22] 参照

表 5.2 数詞-助数詞アクセント変化表

$T_k \backslash S_l$	○	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	百	千	万	億	兆	数	何	幾
$\alpha$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\beta$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\gamma$	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\delta$	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\epsilon$	2	2	2	2	0	2	2	0	2	0	$0^{*2}$		1	1	1	1	0	0	0
$\zeta$	3	3	3	0	0	3	3	0	3	0	$0^{*2}$		1	1	1	1	0	0	0
$\eta$	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	$0^{*2}$		1	1	1	1	0	0	0
$\theta$	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	$0^{*2}$		1	1	1	1	0	0	0
$\iota$	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\kappa$	0	3	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\lambda$	0	0	0	2	2	2	0	0	0	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$\mu$	0	3	3	0	3	0	3	3	3	0	3	3	1	1	1	1	0	0	0
$\nu$	0	2	2	0	0	2	2	0	2	0	2	2	1	1	1	1	0	0	0

## 5.3 数詞句を考慮した素性の追加

5.1 と 5.2 で示した二つの数詞に関する重要な規則に関する要素を，従来手法で用いていた CRF の素性に追加する形で利用し，数詞句における精度向上を試みる．

### 5.3.1 前後形態素との品詞の組合せ素性

5.2 より，当該形態素が数詞であった場合，次に助数詞がくるかこないかでそのアクセント変化は異なる．よって前後の品詞を考慮するために，以下のラベルを用いた．

- <当該形態素の品詞とその前後形態素 (2 形態素まで) の品詞> の組合せ素性

これにより，数詞-助数詞が含まれるアクセント句を他のアクセント句と区別することが可能であると思われる．

### 5.3.2 語頭・語末変化結合型に関する素性

4.2.1 で示したコーパスには語頭・語末変化結合型の情報は載っていないため，形態素解析機 Mecab[23] と形態論辞書 Unidic[15] を用いて再度形態素解析し，これらの情報を得た．CRF 素性としての用い方としては，語頭・語末変化結合型が前後の形態素との規則であることを踏まえ，

- <当該形態素の語頭変化結合型と後続形態素の語末変化結合型> の組合せ素性
- <当該形態素の語末変化結合型と前出形態素の語頭変化結合型> の組合せ素性

として用いた．

表 5.3 宮崎の規則による手法による推定精度

		総数	1: 規則 (従来)		2: 規則 (+数詞規則)	
			正答数	正答率	正答数	正答率
形態素		16,682	14,615	87.6%	14,686	88.0%
アクセント句	全ての句	7,184	6,171	85.9%	6,185	86.1%
	単純な句	2,287	2,126	93.0%	2,123	92.8%
	名詞連続	1,000	866	86.6%	870	87.0%
	数詞句	751	587	78.1%	604	80.4%

### 5.3.3 数詞-助数詞アクセント変化表に関する素性

数詞-助数詞アクセント変化表に関する素性としては、表 5.2 の横軸である“○(ゼロ)”から“幾”までの 19 個の数詞の分類（以下“数詞カテゴリ”と呼ぶ）と、縦軸である“ $\alpha$ ”から“ $\nu$ ”までの 13 個の分類（以下“助数詞カテゴリ”と呼ぶ）を用いて、以下のような素性を作成した。

- ・＜当該形態素の数詞カテゴリと、前後形態素(2 形態素まで)の数詞カテゴリ＞の組合せ素性
- ・＜当該形態素の数詞カテゴリと、前後形態素(2 形態素まで)の助数詞カテゴリ＞の組合せ素性

前者は数詞が連続した場合に考慮したものであり、後者は数詞と助数詞が連続して現れる場合に考慮したものである。

## 5.4 評価実験

4.3.1 で述べた実験条件と同じ条件で、提案手法の評価実験を行った。比較する手法としては、1：句坂らによる規則ベースの手法、2：句坂らの手法に宮崎の数詞-助数詞アクセント変化表の規則を取り入れた手法、3：従来の CRF による手法、そして 4：CRF 手法に 5.3 で示した数詞句アクセントに関する素性を加えた提案手法、の 4 つである。ただし、2 の宮崎らの手法は、表 5.1 と表 5.2 を規則として筆者が実装した簡易的なものであり、実際の宮崎の研究にある細かな例外規則などは実装には含まれていない。宮崎の手法の例外規則等の詳細情報については、[22] を参照していただきたい。また 3 の従来の CRF 手法とは、CRF を用いた先行研究において現時点での最高性能を示している印南らの手法 [5] のことである。

ここで 1 と 2 の、規則を用いた手法の結果を表 5.3 に、3 と 4 の CRF を用いた手法の結果を表 5.4 にそれぞれ示す。

表 5.4 従来の CRF に数詞句の素性を追加した提案手法の推定精度

		総数	3: CRF(従来)		4: CRF(+数詞素性)	
			正答数	正答率	正答数	正答率
形態素		16,682	15,936	95.6%	16,003	95.9%
アクセント句	全ての句	7,184	6,796	94.6%	6,833	95.1%
	単純な句	2,287	2,174	95.1%	2,177	95.2%
	名詞連続	1,000	958	95.8%	960	96.0%
	数詞句	751	678	90.3%	<b>705</b>	<b>93.9%</b>

## 5.5 考察

表 5.3 より、提案手法である、数詞素性を新たに加えた CRF 手法が最も良い精度を示すことが分かる。特に数詞を含む句へのエラー削減率は、従来の規則ベース手法と比べて約 72.0% (誤推定 164 個→46 個)、従来の CRF と比べても 37.0% (誤推定 73 個→46 個) を達成している。句坂らのアクセント結合規則に宮崎の数詞規則を取り入れた手法も、数詞句に対して従来の規則ベースの手法と比べれば約 10.4%(誤推定 164 個→147 個)のエラー削減率が得られたが、提案手法には及ばなかった。これは、宮崎の手法が数詞と助数詞が連続した場合にしか適応されないため、その効果が限定的であったことが原因であったためと考えられる。またもう一つ注目すべき点は、提案手法は数詞句だけではなく、他のアクセント句に対しても精度改善をもたらしている点である(数詞句以外のアクセント句でも従来の CRF 手法に比べ約 3.2%のエラー削減率を達成)。これは数詞のような特殊なアクセント句を考慮した素性を入れたことで、他の素性に対する重み付けも変わり、他のアクセント句に対しても良い影響を与えたことによるものと考えられる。

### 5.5.1 エラー解析

次に提案手法を適用後でも誤ってしまった 46 個の数詞を含むアクセント句に対して詳細なエラー解析を行った。その結果、誤っていた数詞句には以下のような傾向があった。

- 助数詞を含むアクセント句  
誤った数詞句のうち、「数詞+助数詞」のアクセント句の割合は約 65.2%(30 個)であった。これは宮崎の数詞-助数詞アクセント変化表を考慮した素性が完全には機能していないことを表しており、まだまだ素性の改善の余地があると考えられる。
- 数詞の「十」、「百」、「千」を含むアクセント句  
誤った数詞句のうち、その数詞が「十」「百」「千」であったものが全体の約 37.0%(17 個)あった。これは、これらの数詞は直前に他の数詞が有るか無いか

によってアクセントが変化する場合がある（例： $\overline{\text{ジュウエン}}$ (十円)[0 型] と  $\overline{\text{ニジュウエン}}$ (二十円)[2 型] など）からであると考えられ，これらに対する改良も必要となってくる．

これらの数詞句を考慮したさらなる素性の改善が望まれる．



## 第6章

# 外来語を考慮したアクセント処理

前章では CRF を用いた印南らの手法において最も精度の低かった数詞を含む句に対する新たな素性の追加を行った手法を提案した。次に本章では、次に推定精度の低かった外来語アクセントに対する素性を考慮した新たな手法の提案を行う。

### 6.1 外来語アクセントの特徴

外来語とは、主に西洋諸国などから借用した語であり、洋語やカタカナ語とも呼ばれる。第2章で説明したとおり、日本語のアクセントは音の高低でアクセントを表す高低アクセント（ピッチアクセント）であるのに対し、英語は音の強弱によってアクセントを表す強弱アクセント（ストレスアクセント）である。柴田 [24] によると、以下の例のように、外来語の約 70% が原語である英語のアクセントの位置と同じところに日本語に取り込まれた外来語でもアクセントを置くということがわかっている。

- 英語「**condition**」と日本語「コン**デ**イション」
- 英語「**sentence**」と日本語「セン**テ**ンス」

つまりこれより、日本語では音の高低によって英語の強さアクセントを実現しようとしているというのがわかる。また、ストレスアクセント言語においては、韻律語（内容語）は必ず最低一つのアクセントを有さなければならないという概念がある [25] のに対し、ピッチアクセントである日本語はアクセント核のない平板化アクセントを許容する。実際、竹村 [26] の実験結果によると、外来語は 90% 以上が起伏式であることであるのに対し、和語に目を向けてみると 70% 以上が平板式のアクセント型であることが分かっている。このように、日本語と外来語ではアクセントの特徴が大きく異なっていることが分かる。

### 6.1.1 日本語における外来語アクセントの変化

日本語の中で外来語が和語とは異なるアクセント型の振舞いをみてきたが、この特異な外来語のアクセントにも規則が存在する。それは[27]による日本語の「外来語のアクセント規則」である。この規則は「(語を)後ろから数えて3モーラ目(－3モーラ目)を含む音節にアクセントを置く」というものである。この規則は一般性が高く多くの外来語に当てはまる。

- 例：ス<sup>1</sup>トレス、ハ<sup>1</sup>ワイ、ミ<sup>1</sup>ルクなど

しかし、この外来語のアクセント規則に従わない例もある。例えば以下のような単語は語末から数えて3モーラ目ではない位置にアクセント核が許容されている。

- 例：ミ<sup>1</sup>ュージシャン、アレ<sup>1</sup>ルギー、エン<sup>1</sup>デバーなど

これらは、外来語中に登場する音節に重音節が存在するか否かに依存しているとされている(重音節については次節で説明する)。また、2モーラ以下の外来語に対しても、もちろんこの規則は当てはまらない(ペ<sup>1</sup>ン、パ<sup>1</sup>ンなど)。

### 6.1.2 重音節と軽音節

重音節とは、音節末に特殊拍(長音(アーなど)、撥音(ン)、促音(ッ)、拗音(ニャなど)、二重母音(アイなど))を含む、直前のモーラと合わせて2モーラ分の長さを有する音節のことである。対して軽音節は、これらの重音節を含まない音節のことである[28]。前述したとおり、重音節を含む外来語に対しては「アクセント核の位置が後ろから数えて3モーラ目になる」という外来語のアクセント規則に当てはまらない事象が散見される。また外来語の複合名詞においても、重音節、及びモーラ数が重要な要素となる。一般的に外来語のアクセント結合は、以下のように後続要素のアクセント核がそのまま保存される場合が多い。

- 例：デ<sup>1</sup>ジタル + カ<sup>1</sup>メラ → デ<sup>1</sup>ジタルカ<sup>1</sup>メラ

しかし後続語に重音節を含み、かつ2モーラ以下であった場合、以下のようにアクセント結合によってアクセント核が先行語最終モーラにきやすいといった特徴があることが報告されている。

- 例；フラ<sup>1</sup>ンス + パ<sup>1</sup>ン → フラ<sup>1</sup>ンスパ<sup>1</sup>ン

このように、外来語においてはモーラ数や重音節の有無がアクセントにおいて重要な役割を担う。



表 6.1 外来語に関する素性を追加した提案手法による推定精度

		総数	1: 規則 (従来)		2: CRF(従来)		2: CRF+外来語素性	
			正答数	正答率	正答数	正答率	正答数	正答率
形態素		16,682	14,615	87.6%	15,936	95.6%	16,048	96.2%
アクセント句	全ての句	7,184	6,171	85.9%	6,796	94.6%	6,867	95.6%
	単純な句	2,287	2,126	93.0%	2,174	95.1%	2,184	95.5%
	名詞連続	1,000	866	86.6%	958	95.8%	964	96.4%
	外来語句	631	571	90.5%	582	92.2%	<b>602</b>	<b>95.4%</b>

## 6.2 外来語アクセントの特徴を取り入れた素性の追加

6.1 で説明した外来語の特徴を，CRF の素性に取り入れて外来語を含むアクセント句の精度改善を目指す。

今回新たに取り入れた素性は以下の通りである。

1. <語種ラベル>
2. <モーラ長が2モーラ以下であるか否かのラベル>
3. <モーラの中に重音節を含むか否かのラベル>
4. <上記 1～3 >の組合せ素性

ただし上記の素性は，先行研究と同様に前後2形態素までの情報をラベルとして用いた。1の語種ラベルは，形態素解析辞書 Unidic を用いた形態素解析結果の一素性として出力されたものを利用する。語種ラベルには，以下のような種類がある。

- 「和」... 和語（一般的な用言や助詞など）
- 「外」... 外来語（例：ボランティア・メディアなど）
- 「固」... 固有名詞（例：アメリカ・東大など）
- 「漢」... 漢字の名詞・中国伝来語（例：国会・運動など）

## 6.3 評価実験

5.4 と同様に，1：句坂らによる規則を用いた手法，2：従来の CRF 手法，3：CRF 手法に 6.2 で述べた外来語素性を加えた提案手法，の3つの手法の精度の比較を行った。また実験条件に関しても，4.3.1 で述べたものと全く同じ条件で行なっている。

このような条件で行った評価実験の結果が，表 6.1 である。

この結果より，提案手法において，外来語を含む句の精度が約 95.4% となり，他のアクセント句の精度と同等近くの精度まで上げることに成功した．外来語に関して従来の規則手法と比べて 51.7% (誤推定 60 個 → 29 個)，従来の CRF 手法よりも 40.9% (誤推定 49 個 → 29 個) のエラー改善率を達成することができ，本手法の有効性が示された．

また，外来語句でないその他のアクセント句に対しても，約 15.0% (誤推定 339 個 → 288 個) のエラー改善率を達成した．これは，外来語のために設定した語種ラベルや重音節ラベルが，他のアクセント句にも良い影響を与えたためと考えられる．また，3.1.2 で示した複合名詞アクセント規則でもあったように，2 モーラ以下の単語は外来語に限らず特殊なアクセント結合を起こす．この特徴を「2 モーラ以下の単語かどうか」を記した 6.2 のラベルがそれらを的確に捉え，精度向上につながったと考えられる．

## 第7章

# アクセント型推定手法の日本語教育システムへの応用

前章までで、日本語テキスト音声合成のためのアクセント処理に関する先行研究の問題点や、それに対する提案手法の紹介を行った。本章ではもうひとつの本研究の目的であった、アクセント処理推定手法の日本語教育システムへの応用について説明する。

## 7.1 任意の日本語テキストを対象とした活用語アクセント辞書の自動生成

これまでに説明してきたテキスト音声合成に用いるアクセント処理技術のひとつ応用先として、日本語教育分野への応用を検討した。具体的には前章までに説明してきたアクセント結合処理モジュールを用いて、任意の日本語テキストを対象にしたオンラインアクセント辞書のシステムを作成した [29]。

### 7.1.1 本システムの目的

近年の日本語発音教育の中心は単語の発音に関わるものがほとんどであるが、より自然な日本語発音を獲得するためには、単語のアクセントや、その変形パターンを学習することも重要である。第2章で説明したとおり、ピッチ・アクセント言語である日本語ではこの日本語らしさに音の高さの変化パターンが主要に関与する。そしてこのようなアクセントの体系的に教育するためには、当然その教材開発も必要となる。平野ら [30] はこれまで、特定の日本語教材に出現する活用語を対象に、活用によるアクセント変形を体系的に一望できる、オンラインアクセント辞書 (OJAD) [31] を主に人手で作成してきた。

一方で自然言語処理の分野では、日本語テキストを自動解析 (形態素解析) するツールが広く用いられている。また音声工学の分野では任意の日本語テキストに対

して、アクセント句境界やアクセント核位置を推定する技術が整備されつつある。

そこで本研究ではこれらの技術を用い、任意の日本語テキストに対して活用語（動詞，形容詞，形容動詞）を抽出し、各活用語が有する全活用パターンを、アクセント核位置を明示した上で表示するオンラインアクセント辞書を作成した。すなわち、従来人手で用意していたアクセント辞書を、任意の日本語テキスト中の活用語に対して対応できるように拡張を行った。

### 7.1.2 オンラインアクセント辞書

まずは平野らが作成したオンラインアクセント辞書 OJAD(Online Japanese Accent Dictionary)[30] について説明する。

従来のアクセント辞書では、そこに掲載されているのは辞書形のアクセント型のみで、各単語それぞれの活用形のアクセント型は、各々が規則を当てはめて考える必要があった。それに対して OJAD の大きな特徴は、見出し語のアクセントに加えて、用言が活用した際のアクセント型も表示している点である。活用形の種類としては、日本語教育に用いられる代表的な活用形 10 個（ます，て，た，ない，なかった，ば，受身，使役，意志，命令）を掲載している。これにより、教科書等に出現した用言に対し、その活用形のアクセント型をそのまま調べられるだけでなく、その語が他の活用をした場合のアクセントも合わせて知ることができ、これは日本語学習者や日本語教師にとって非常に有用であると考えられる。ここで OJAD の WEB 上でのインタフェースは図 7.1 の通りである。図 7.1 のように、品詞の種類や出題教科書、難易レベルなどを用いて、ユーザーの希望にあわせて検索することができる。しかし一方で、OJAD が扱っている語彙は日本語能力試験の 4 級から 1 級までの出題範囲が主であり、単語数が圧倒的に少ないこと、また文章を読みながら辞書を引く場合、検索するのにいちいち手間がかかってしまう、などという問題点も残っている。

### 7.1.3 本システムに用いる日本語のアクセント解析の要素技術

次に本節では、任意のテキストの活用語アクセント辞書を作成するに当たり、使用する工学的な要素技術について説明する。

- 形態素解析

日本語は英語のように単語同士が空白で区切られていないため、日本語の解析を行うにあたって、まずは文章を単語に分割する形態素解析が必要である。形態素解析に関しては、Web 上にフリーで提供されている日本語辞書 [15] と解析器 [23] を用いることで、高い精度を達成している。

- アクセント結合処理

本システムにおいても、活用語が活用する際に自立語と付属語の単語接続によ

Online Japanese Accent Dictionary -H&M's OJAD-

検索

品詞別検索: すべての動詞 All verbs  
 レベル: 全レベル エレベルは目安です  
 教科書: みんなの日本語 第9課  
 頭文字: すべて  
 ソート: ☒ 読みでソート ☐ カテゴリでソート ☐ レベルでソート  
 検索語:  検索

36 単語が該当しています。

☒ 見出し ☒ 辞書 ☒ ます ☒ て ☒ た ☒ ない ☒ なかった ☒ ば ☒ 使役 ☒ 受身・尊敬 ☒ 可能 ☒ 意志

見出し	辞書	ます	て	た	ない	なかった	ば	使役
会う・会います		あ	あ	あ	あ	あ	あ	あ
あがる・あがります		あ	あ	あ	あ	あ	あ	あ
行く・行きます		い	い	い	い	い	い	い
起きる・起きます		お	お	お	お	お	お	お
送る・送ります		お	お	お	お	お	お	お
教える・教えます		お	お	お	お	お	お	お
一終わる・一終わります		お	お	お	お	お	お	お
終わる・終わります		お	お	お	お	お	お	お

図 7.1 OJAD のインタフェース

るアクセント結合が起こる，連接後のアクセント位置を適切に推定するために，今まで本論文で述べてきたアクセント型推定モジュールを用いる。

#### 7.1.4 活用語アクセント辞書の自動生成

7.1.3で紹介した要素技術を用い，任意の日本語テキストを対象に活用語のアクセント辞書を作成する．その手順は以下のとおりである．

1. 任意のテキストを入力とし，それに形態素解析を施してテキスト中の用言(動詞，形容詞，形容動詞)を全て抽出する
2. 形態素解析用辞書 Unidic から，1で抽出した自立語の全活用形(未然形・連用形・終止形など)を抽出する．
3. 抽出した各用言を辞書に表示させる形式の付属語(助詞・助動詞)と接続させ，その接続語のアクセント型を，アクセント推定技術を用いて推定する
4. ユーザーが見やすい形式にしてブラウザ上に辞書情報を表示する．

なお，形態素解析には形態素解析器 MeCab と解析用日本語辞書 Unidic を，アクセントの推定には CRF を用いた統計的手法を用いた．また CRF++ に学習させるデータは，4.2.1 で説明したアクセントラベリングコーパスの全文である 12,516 文を用いた．さらに素性は印南らの手法 [5] で用いているものと同じものを用い，これら

**オンライン活用語アクセント辞書**

---

[<<入力エリアの非表示>>](#)

日本語のアクセントについて学習できるサイトです。  
あなたが入力したテキストに対して、そのテキスト中に現れる活用語（動詞、い形容詞、な形容詞）のいくつかの活用パターンと、そのアクセントを表示します。  
活用語は種類ごとに色分けして分類されます。また、マウスをそれぞれの活用語の上にもっていくと、その語の情報がポップアップされます。  
日本語の学習にぜひお役立てください。

ここに解析したいテキストを入力してください（解析には数秒～数十秒の時間がかかります）

東日本大震災の被災者を癒やそうと、東京都は公認する大道芸人「ヘブンアーティスト」を被災地へ派遣している。都生活文化局の担当者は「被災者を精神面で支援しつつ、アーティストも励まされる。双方向で共感し合える活動にしたい」と話す。ヘブンアーティストは、都民に身近な場所で芸術・文化に触れてもらおうと都が02年から登録を始め、公園など指定された48の施設での公演を認めている。ジャズや邦楽などの「音楽部門」と、ダンスやマジックなどの「パフォーマンス部門」に、合格率10%の審査を通過した336組（3月現在）が登録されている。

第1陣は4組が、7月30日から今月1日、宮城県名取市と山元、女川両町の公民館や学校の校庭などで、計300人以上に得意の芸を披露した。第2陣の5組は7～9日、宮城県で公演。第3陣は9月に岩手、福島両県への派遣を目指す。

第1陣でヨーヨーと一輪車のショーを披露した2人組「KURIKONEKA（クリコネカ）」の金子隆也さん（25）＝東京都八王子市＝は、日本ヨーヨー協会などから提供されたヨーヨー200個を子供たちに配り、遊び方も教えた。金子さんは「皆さんが明るく迎えてくれて救われた。被災地を見て自分も視野が広がり、励みにもなった」と話した。

[analyze](#)

図 7.2 オンライン活用語辞書の入力

の処理を WEB アプリケーション上で統一的に実装した [32]。これにより、ユーザーはテキストファイルやテキストのコピーを入力するだけで、そのテキスト中に出現した全ての活用語の活用形とそのアクセント型を知ることができる。

### 7.1.5 オンライン活用語辞書の WEB 上でのインタフェース

次に本システムの具体的なインタフェースについて説明する。まず図 7.2 のように、入力画面に WEB 上の任意の文章をコピー＆ペーストで入力ボックスに貼り付ける。解析ボタンを押すと、図 7.3 のように活用語が色付けされた本文と、下部にはそのそれぞれの活用語の全活用形のアクセント型が表示される。なお、図 7.3 の活用語の色の違いによる分類は、以下のようになっている。

- **1 グループの動詞** 五段活用の動詞（例：会う など）
- **2 グループの動詞** 上一段活用・下一段活用の動詞（例：着る [上一段]，食べる [下一段] など）
- **3 グループの動詞** カ行変格活用・サ行変格活用の動詞（例：来る [カ変]，勉強する [サ変] など）
- **い形容詞** 形容詞（例：甘い など）
- **な形容詞** 形容詞（例：容易な など）



■ 1グループの動詞    ■ 2グループの動詞    ■ 3グループの動詞    ■ い形容詞    ■ な形容詞  
※色のついた語にマウスオーバーするとその語の情報が現れます

東日本大震災の被災者を**癒やそう**と、東京都は**公認**する大道芸人「ヘブンアーティスト」を被災地へ**派遣**している。都生活文化局の担当者は「被災者を精神面で**支援**しつつ、アーティストも**励ま**される。双方で**共感し合**える活動にしたい」と**話**す。ヘブンアーティストは、都民に**身近**な場所で芸術・文化に**触**れてもらおうと都が02年から登録を**始**め、公園など**指定**された48の施設での公演を**認**めている。ジャズや邦楽などの「音楽部門」と、ダンスやマジックなどの「パフォーマンス部門」に、合格率10%の審査を**通**過した336組（3月現在）が登録されている。第1陣は4組が、7月30日から今月1日、宮城県名取市と山元、女川両町の公民館や学校の校庭などで、計300人以上に**得意**の芸を**披露**した。第2陣の5組は7～9日、宮城県で公演。第3陣は9月に岩手、福島両県への派遣を**目**指す。第1陣でヨーヨーと一輪車のショーを**披露**した2人組「0」の金子隆也さん（25）＝東京都八王子市＝は、日本ヨーヨー協会などから**提供**されたヨーヨー200個を子供たちに**配**り、**遊び**方も**教**えた。金子さんは「皆さんが**明るく迎**えてくれて**救**われた。被災地を**見**て自分も視野が**広**がり、励みにも**な**った」と話した。

見出し	品詞	辞書	ます	て	た	ない	なかった	ば	使役	受身	可能	意思
癒やす	動1	いやす	いやします	いやして	いやした	いやさない	いやさなかった	いやせば	いやさせる	いやされる	いやせる	いやそ
励ます	動1	はげます	はげまします	はげまして	はげました	はげまない	はげさなかった	はげませば	はげまさせる	はげまされる	はげませる	はげまそ
話す	動1	はなす	はなします	はなして	はなした	はなさない	はなさなかった	はなせば	はなさせる	はなされる	はなせる	はなそ
目指す	動1	めざす	めざします	めざして	めざした	めざさない	めざさなかった	めざせば	めざさせる	めざされる	めざせる	めざそ
配る	動1	くばる	くばります	くばって	くばった	くばらない	くばらなかった	くばれば	くばらせる	くばられる	くばせる	くばそ
なる	動1	なる	なります	なって	なった	ならない	ならなかった	なれば	ならせる	なられる	なせる	なそ
もらう	動1	もらう	もらいます	もらって	もらった	もらわない	もらわなかった	もらえば	もらわせる	もらわれる	もらせる	もらそ
遊ぶ	動1	あそぶ	あそびます	あそんで	あそんだ	あそばない	あそばなかった	あそべば	あそぼせる	あそばれる	あそべる	あそぼ
教う	動1	すぐ	すぐいます	すぐて	すぐた	すぐない	すぐなかった	すぐれば	すぐさせる	すぐられる	すぐせる	すぐそ
広がる	動1	ひろがる	ひろがります	ひろがって	ひろがった	ひろがらない	ひろがらなかった	ひろがれば	ひろがらせる	ひろがられる	ひろがせる	ひろがそ
合える	動2	あえる	あえます	あえて	あえた	あえない	あえなかった	あえれば	あえさせる	あえられる	あえせる	あえそ
見る	動2	みる	みます	みて	みた	みない	みなかった	みれば	みさせる	みられる	みせる	みそ
いる	動2	いる	います	いて	いた	いない	いなかった	いれば	いさせる	いられる	いせる	いそ
触れる	動2	ふれる	ふれます	ふれて	ふれた	ふれない	ふれなかった	ふれれば	ふれさせる	ふれられる	ふれせる	ふれそ
始める	動2	はじめる	はじめます	はじめて	はじめた	はじめない	はじめなかった	はじめれば	はじめさせる	はじめられる	はじめせる	はじめそ
認める	動2	みとめる	みとめます	みとめて	みとめた	みとめない	みとめなかった	みとめれば	みとめさせる	みとめられる	みとめせる	みとめそ
教える	動2	おしえる	おしえます	おしえて	おしえた	おしえない	おしえなかった	おしえれば	おしえさせる	おしえられる	おしえせる	おしえそ
迎える	動2	むかえる	むかえます	むかえて	むかえた	むかえない	むかえなかった	むかえれば	むかえさせる	むかえられる	むかえせる	むかえそ
くれる	動2	くれる	くれます	くれて	くれた	くれない	くれなかった	くれれば	くれさせる	くれられる	くれせる	くれそ
支援する	動3	しえんする	しえんします	しえんして	しえんした	しえんしない	しえんしなかった	しえんすれば	しえんさせる	しえんされる	しえんせる	しえんそ
披露する	動3	ひろうする	ひろうします	ひろうして	ひろうした	ひろうしない	ひろうしなかった	ひろうすれば	ひろうさせる	ひろうされる	ひろうせる	ひろうそ
公認する	動3	こうにんする	こうにんします	こうにんして	こうにんした	こうにんしない	こうにんしなかった	こうにんすれば	こうにんさせる	こうにんされる	こうにんせる	こうにんそ
派遣する	動3	はけんする	はけんします	はけんして	はけんした	はけんしない	はけんしなかった	はけんすれば	はけんさせる	はけんされる	はけんせる	はけんそ
共感する	動3	きょうかんする	きょうかんします	きょうかんして	きょうかんした	きょうかんしない	きょうかんしなかった	きょうかんすれば	きょうかんさせる	きょうかんされる	きょうかんせる	きょうかんそ
する	動3	する	します	して	した	しない	しなかった	すれば	させる	される	せる	そ
指定する	動3	していする	していします	していして	していした	していしない	していしなかった	していすれば	していさせる	いられる	いせる	いそ

図 7.3 オンライン活用語辞書の出力

化局の担当者は「被災者を精神面で**支援**しつつ、アーティストも**励ま**される。双方で**共感し合**える活動にしたい」と**話**す。

見出し	品詞	辞書	ます	て	た	ない	なかった	ば	使役	受身	可能	意思
話す	動1	はなす	はなします	はなして	はなした	はなさない	はなさなかった	はなせば	はなさせる	はなされる	はなせる	はなそ

に、合格率10%の審査を**通**過した336組（3月現在）が登録されている。第1陣は4組が、7月30日から今月1日、宮城県名取市と山元、女川両町の公民館や学校の校庭などで、計300人以上に**得意**の芸を**披露**した。第2陣の5組は7～9

図 7.4 マウスカーソルを活用語に合わせた際に出るポップアップ

この分類は、日本語教育における活用語の分類に基づいて行った。

また、文章を読みながらリアルタイムでアクセントを参照するための工夫として、図 7.4 のようにマウスポインタを色付けされた活用語にマウスオーバーした際、その語のアクセント情報を表示するようにした。なお図 7.4 は文章中に登場した「話す」という動詞にマウスカーソルを合わせた際の様子である。

これにより、ユーザーは従来の OJAD では載っていなかったような（日本語学習者にとっては）上級者向けの単語のアクセントも知ることができる。さらに、読みたい文書中に現れる全ての活用語の辞書が表示されるため、辞書で調べる時間を短縮することができ、文書を読むこととアクセントを確認することを並行して行うことが可能となる。

### 7.1.6 システムの問題点

本システムの現状の問題点としては以下のようなものが挙げられる。

- アクセント自動推定のミス  
7.1.4 で示したとおり、活用語辞書を自動で作成する際に、自立語+付属語の単語接続によるアクセント結合を推定する必要がある。しかしこのモジュールは完全なものではないため、当然誤推定が起こる。特に今回のタスクでは、学習用に使用したアクセントラベリングコーパス（新聞記事）と推定すべき活用語のアクセント結合との間でミスマッチが起きたのか、誤推定の割合が高くなってしまった。教育利用という性質上、辞書に間違った情報を提示することはできる限り避けたいため、今回は日本語のアクセント教育の参考書 [33] や日本語教師の意見を参考に、日本語教育用の規則を導入したパッチを当てることで対処した。その結果目立った誤りはほとんどなくなったが、いまだに少数の誤推定も残っている。
- 使役・受身・可能形などの活用形がない動詞の誤表示  
例えば動詞「ある」は可能形を取らないが、本システムでは「あられる」などと誤表示をしてしまった。

これらの問題は早急に対処する必要があると考えられる。

### 7.1.7 本システムの今後の課題

本システムに関する今後の課題としては、以下のようなものが考えられる。

- 7.1.6 で示した問題点の解消  
アクセントの誤推定や誤表示は教育目的用途としては致命的であるため、早急に修正する必要がある。だが、誤推定を起こすものは例外的なアクセント変化を起こすものが多いため、個別に修正していくしかない。そこで、ユーザーによるフィードバックなどをもとに、例外的な句を人出で修正していくことを考えている。
- 音声情報の追加  
アクセント型の表示だけではなく、それを読み上げた音声も提示することが出来れば、更に使い勝手の良いものとなるはずである。そこで今後はフリーで配布されているテキスト音声合成ソフトを用い、アクセント辞書に音声情報を加えることを考えている。
- 検索速度の向上  
現在のシステムでは入力テキストの分析から辞書の表示までに数秒～数十秒の時間を要してしまっているため、この速度を向上することが必要である。具体的には SQL を用いた検索の高速化を可能にしていく予定である。



- 他の品詞の追加

今回は活用語のみを抽出してそのアクセントを表示するシステムを開発したが、他の品詞に関するアクセントも表示できたらなお良い。今後はテキスト中に登場した複合名詞のアクセント型や数詞、外来語など、様々な品詞のアクセント情報をのせられるようシステムを改良していく予定である。



## 第8章

## 結論

### 8.1 おわりに

本研究では、テキスト音声合成システムにおけるアクセント型予測処理における、CRFを用いた手法におけるモデルの改善、及びアクセント処理モジュールを用いたオンラインアクセント辞書システムの作成を行った。

まず第1章では、本研究の背景と日本語テキスト音声合成システムの概要及び問題点、さらには本研究の目的について述べた。次に第2章では本研究の研究対象である日本語のアクセントの概念及び基礎知識について述べた。さらに第3章では、日本語のアクセント処理に関する先行研究の一手法である匂坂らのアクセント結合規則について詳説した。また第4章では、機械学習を用いた統計的手法についてそれぞれ述べた。特に本研究の元となったCRFを用いたアクセント推定モデルについては素性等も含めて詳しく述べ、さらには詳しい推定精度とエラー解析の結果も述べた。第5章では先行研究のエラー解析結果において特に精度の低かった数詞を含むアクセント句を考慮したモデルの改良を行った提案手法について述べた。数詞や助数詞の読みやアクセント位置を決める上で重要な要素である語頭・語末変化結合型や、数詞と助数詞の結合によるアクセント結合の変化を記述した宮崎の「数詞-助数詞アクセント変化表」をCRFの素性として利用出来る形にして追加し、アクセント精度の向上を試みた。その結果、数詞を含む句へのエラー削減率は、匂坂らの規則ベース手法と比べて約72.0%、従来のCRF手法と比べても約37.0%を達成した。ただ、エラー解析結果を見ると、促音の位置にアクセント核がきてしまっているものや、特定の数詞に対しての精度が低いなど、まだまだモデルの改善が要求される。次に第6章では、外来語を含む句に対する規則の素性を追加し精度の改善を試みた。具体的には外来語アクセントを決める上で重要な要素であるモーラ数と、最終音節における軽音節、重音節の有無に関する素性、及び五首ラベルを追加して精度向上を試みた。その結果、外来語を含むアクセント句において、従来のCRF手法よりも約40.9%のエラー改善率を達成した。

また、第7章では、本論文で説明したアクセント処理モジュールを日本語教育に応用したシステムの構築を行った。具体的には、人手で構築していた既存のオンラ

インアクセント辞書を拡張し、任意のテキストに対する活用語のアクセント辞書をWEB上に表示するシステムを作成した。本システムはまだまだ改良点が多いが、将来日本語教育の現場で副教材として実際に使用してもらえるよう、システムの改良を行う予定である。

## 8.2 今後の課題

今後の研究課題としては、以下のような点が考えられる。

### コーパスの拡大

本研究で用いたコーパスでは、テストデータにおいて数詞を含む句と外来語を含む句が合わせて1000個ほどしかなく、データがスパースであった可能性がある。よって今後はアクセントラベルの付いたコーパスをさらに拡大したうえで同様の実験を行い、提案手法の有効性をさらに確かめていく予定である。

### 素性の改良

数詞句や外来語を含む句に関する新たな素性の追加を行い精度の向上を実現したものの、先行研究におけるエラー解析の結果が全てとは言えず、数詞句に関してはまだまだモデル改善の余地があった。よって今回誤ってしまったアクセント句の傾向をしっかりと捉え、さらなる素性の改良を行っていく必要がある。

### 他のアクセント句に対する素性の追加

先行研究において、数詞句や外来語を含む句に誤りが多いことが示されたが、誤りの中には他の傾向を持つものもあるはずである。今後はさらなる詳細なエラー解析を行うことで他の特徴を見つけ、それらに対する新たな素性を追加してモデルを改良していくことが重要である。

### 品詞等のラベルを用いた選択的 CRF 手法の提案

本研究で示した通り、数詞や外来語などの特殊なアクセント変化を起こす句に関してはその句特有のアクセント規則を素性として導入することで大きな精度改善を得られた。そこで、それぞれの句に対して異なる CRF モデルを用意し、品詞等を用いてモデルを選択することで、効率的に学習・推定が行えると考えられ、この手法の導入によってさらなる精度改善が期待できる。

### アクセント句境界を制約条件に入れた機械学習手法

本研究ではアクセント句境界を CRF の一素性として用いている。しかしアクセント句境界の前後ではアクセント的な依存関係は殆ど無いと考えられるので、アクセント句境界は既知であるという条件のもと、それぞれのアクセント句内のアクセント型を推定する方が効率的であると考えられる。そこで、アクセント句中のモーラ全てにラベル付を行い、ランキングモデル等を用いてどのモーラにアクセント核が来るのが最もふさわしいかを学習・推定する新手法の提案を行うことを考えている。

### 作成したオンラインアクセント辞書の改良

本研究で日本語教育用のオンライン活用語アクセント辞書を作成したが、7.1.7 に示したようないくつかの問題点が散見された。これらの問題点を解決し、日本語教育の現場で実際に使っていただくことでさらなる改良を行っていく予定である。



## 謝辞

本研究を進めるにあたり，終始熱心かつ丁寧なご指導を賜りました広瀬啓吉教授，峯松信明准教授に心より感謝いたします。また，本研究に日本語教育者の立場から多大な協力をしてくださいました，平野宏子氏にも深く御礼申し上げます。

そして，快適な研究環境を提供してくださいました広瀬研究室及び峯松研究室的メンバーの方々に深く感謝いたします。特に齋藤大輔助教授と鈴木雅之氏の両氏には，研究討論会等において多くの有益な助言をいただきました。厚く御礼申し上げます。また同期として共に歩んできた砂田宜宏氏，清水信哉氏，千々岩圭吾氏には，研究面だけでなく精神面でも大きく支えられました。本当にありがとうございました。さらに，私の研究活動を設備面や事務面など陰から支えてくださった，技術専門職員の高橋登氏と，秘書の池上恵氏，折茂結実子氏にも感謝申し上げます。

最後に，経済面，生活面をはじめ，あらゆる場面で私を支えてくださった家族に感謝の意を表し，謝辞とさせていただきます。

2012年2月8日

小林 俊平





## 参考文献

- [1] 匂坂芳典ら. 日本語単語連鎖のアクセント規則. 信学論, Vol. 66, pp. 847–856, 1983.
- [2] 匂坂芳典ら. テキストからの音声合成を目的とした日本語アクセント規則. NTT 研究実用化報告, Vol. 32, No. 11, pp. 2253–2265, 1983.
- [3] 黒岩龍ら. 単独ラベラによる大規模アクセントデータベースの構築およびそれを用いた統計的アクセント結合処理の検討. 電子情報通信学会音声研究会, pp. 31–36, 2007.
- [4] R.Kuroiwa et al. CRF-based statistical learning of Japanese accent sandhi for developing Japanese text-to-speech synthesis systems. *Proc. ISCA Workshop on Speech Synthesis*, pp. 148–153, 2007.
- [5] 印南圭祐ら. CRF を用いたアクセント変形予測モデルの規則処理に基づく改良. 第 15 回言語処理学会年次大会発表論文集, pp. 574–577, 2009.
- [6] P.Beckman. *Japanese Tone Structure (Linguistic Inquiry Monograph, Vol.15)*. MIT Press, 1988.
- [7] 日本放送協会. 日本語アクセント辞書 改訂新版. 日本放送出版協会, 1985.
- [8] 川上泰. 日本語アクセント論集. 汲古書院, 1995.
- [9] 匂坂芳典ら. 付属語連鎖における副次アクセントの分析. 日本音響学会研究会資料, Vol. 5, pp. 31–37, 1983.
- [10] NHK 放送文化研究所・編. 日本語発音アクセント辞典 新版. 2007.
- [11] 田中宣廣. 付属語アクセントからみた日本語アクセントの構造. おうふう, 2005.
- [12] 喜多竜二ら. 日本語テキスト音声合成を目的としたアクセント結合規則の構築と改良. 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 102, pp. 13–18, 2002.
- [13] 黒岩龍ら. 活用語尾に着眼した日本語アクセント結合規則の整理と高精度化. 第 12 回言語処理学会年次大会発表論文集, pp. 995–998, 2006.
- [14] 長野徹ら. N-gram モデルを用いた音声合成のための読みおよびアクセントの同時推定. 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 6, pp. 1793–1801, 2006.

- [15] 形態素解析辞書 unidic. <http://www.tokuteicorpus.jp/dist/>.
- [16] Shannon C. E. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, pp. 623–656, 1948.
- [17] K.Ito et al. JNAS : Japanese speech corpus for large vocabulary continuous speech recognition research. *Journal of the Acoustical Society of Japan*, Vol. 20, No. 3, pp. 199–206, 1999.
- [18] J.Lafferty et al. Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data. *the 18th International Conference on Machine Learning*, pp. 282–289, 2001.
- [19] 工藤拓. CRF++. <http://crfpp.sourceforge.net/>.
- [20] 印南圭祐ら. CRFに基づくアクセント変形予測モデルにおけるエラー解析. 第14回言語処理学会年次大会発表論文集, pp. 969–972, 2008.
- [21] Galatea ウェブサイト. <http://sourceforge.jp/projects/galateatalk/>.
- [22] 宮崎正弘. 日本文音声変換のための数詞読み規則. 情報処理学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 1035–1043, 1984.
- [23] 形態素解析器 和布蕪 (mecab) . <http://mecab.sourceforge.net/>.
- [24] 柴田武. 外来語におけるアクセント核の位置. 明治書院, 1994.
- [25] Larry M Hyman. Word-prosodic typology. *Phonology*, Vol. 23, pp. 225–257, 2006.
- [26] 竹村亜希子. 日本語における外来語アクセントとその変化. 紀要論文, Vol. 3, pp. 143–154, 2008.
- [27] James D McCawley. What is a tone language? in: Victoria fromkin (ed.). *Tone: A linguistic survey*, pp. 113–131, 1978.
- [28] W. Sidney Allen. Accent and rhythm. *Prosodic Features of Latin and Greek: a Study in Theory and Reconstruction*, 1973.
- [29] S.Kobayashi et al. Automatic generation of accent dictionary of conjugational words for any Japanese text. *Proc. Int. Conference on Japanese Language Education*, pp. 784–786, 2011.
- [30] H. Hirano et al. Development of an on-line word accent dictionary of Japanese. *Proc. Int. Conference on Japanese Language Education*, 2009.
- [31] オンラインアクセント辞書 ojad. <http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/maria/>.

- [32] オンライン活用語アクセント辞書. <http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/skobayashi/JsWebTestIndex.html>.
- [33] 中川千恵子ら. さらに進んだスピーチ・プレゼンのための日本語発音練習帳. ひつじ書房, 2009.



## 発表文献

- [1] S.Kobayashi, S.Shimizu, N.Minematsu, and K.Hirose. Automatic generation of accent dictionary of conjugational words for any Japanese text. *Proc. Int. Conference on Japanese Language Education*, pp.784–786, 2011
- [2] 小林俊平, 清水信哉, 峯松信明, 広瀬啓吉. 数詞句アクセントを考慮した CRF による日本語のアクセント型変形予測モデルの改良. 日本音響学会春季講演論文集. 2012 (予定)
- [3] 小林俊平, 清水信哉, 峯松信明, 広瀬啓吉, 平野宏子. 規則処理と CRF に基づくアクセント予測の高精度化. 電子情報通信学会音声研究会. 2012 (予定)