

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

印南圭祐* 渡辺美知子* 峯松信明† 広瀬啓吉‡

* 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 † 東京大学大学院 工学系研究科 ‡ 東京大学大学院 情報理工学系研究科

1 はじめに

日本語テキスト音声合成システムにおいて、アクセント核位置を適切に推定することで、より高品質な読み上げ音声の出力が期待できる。そのためには、複数単語の接続に伴い単語のアクセント核位置が変化する、アクセント結合という現象に対応する必要がある。従来はアクセント結合の処理手法として、規則に基づく手法が用いられてきたが [1]、筆者らは CRF (条件付き確率場) を用いた統計的なアクセント推定手法を提案し、従来より高精度な処理を実現した [2][3]。またエラー分析を通し、従来の規則処理を参考にすることで更なる精度向上の可能性について論じた [4]。本報では、規則処理で用いられるアクセント属性を、機械学習へ直接利用することによる精度改善について報告する。

2 CRF を用いた統計的アクセント結合処理の先行研究

筆者らは、まず JNAS [7] 及び ATR 音素バランス 503 文のテキストに対し、単独のラベラにアクセント句境界・アクセント核の位置をラベル付けさせてデータベースを作成した [2][3]。そして利用可能な状態の JNAS の読み上げ文 70 セット (7,280 文) を、学習データ文 / 評価データ文として 65 セット (6,753 文) と 5 セット (527 文) に分割し、CRF++ [8] を用い、文中発声時の各形態素のアクセント核位置を推定する実験を行なった。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。学習素性に利用したラベルは表. 1 の通りである。各ラベルの詳細な情報は [2],[3] を参照して戴きたい。

実験結果を表. 2 に示す。CRF の推定精度が、今後の評価実験におけるベースラインの性能となる。集計は形態素単位とアクセント句単位で行なった。アクセント句単位の集計は、アクセント句内の全ての核位置を

表 1: 先行研究 [2] における CRF の学習素性

- ・観測素性 (当該形態素および前後 2 形態素のラベルを利用)
 - [基本形, 基本形読み, 書字形, 品詞, 活用型の組み合わせ]
 - [品詞]
 - [品詞 (大分類のみ)]
 - [活用型 (大分類のみ)]
 - [活用形 (大分類のみ)]
 - [モーラ数]
 - [単独発声アクセント型]
 - [当該形態素と隣接形態素の組み合わせ素性]
 - [単独型種類ラベル]

判定対象とした場合と、アクセント句中で最初のアクセント核を主アクセントとみなし、その推定結果のみを判定した場合の 2 通りを行なった。また評価データ中のアクセント句のうち、「一つの自立語 + 一つの付属語」の 2 形態素から構成される「単純なアクセント句」と、名詞が連続で出現する「名詞連続を含むアクセント句」の各カテゴリに関しても精度を求め、学習素性設計の指標とした。なお、比較対象として取り上げた規則処理の精度は、GalateaTalk [9] で実装されている規則によるものである。実験結果から、CRF によるアクセント推定手法を用いることで、規則処理よりも全体的に高精度なアクセント結合処理が可能であると分かった。また、単純なアクセント句は規則処理・CRF 推定のどちらも高い処理精度を示したが、名詞連続を含む句の誤推定がともに多く、今後の改善が必要であることが分かった。

そこでアクセント句の構成要素に着目したカテゴリ分析を行なった結果 [4]、名詞連続が出現する句などの複合名詞に関連したカテゴリ以外にも、副助詞を含む句や付属語が連続で出現する句など、付属語に関連したカテゴリで誤推定率が高いことが分かった。複合名詞や付属語を含む句のアクセント結合処理規則が既に定義されていることから、規則の知見をより直接的に利用した学習素性へと、改良の余地があると考えた。

表 2: 規則処理と CRF によるアクセント推定処理精度の比較

	形態素	すべての核			主核のみ		
		すべての句	単純	名詞連続	すべての句	単純	名詞連続
規則に基づく手法	%	76.4%	94.4%	73.5%	76.8%	94.5%	74.2%
CRF による推定手法	96.5%	91.9%	97.2%	86.6%	93.5%	97.7%	87.9%

3 規則処理のアクセント属性を利用した CRF 学習

アクセント結合の規則処理に関与する「アクセント結合様式」と「結合アクセント価」の 2 つのアクセント属性を機械学習に利用した評価実験を行なった。

3.1 アクセント結合様式と結合アクセント価

句坂らは、アクセント結合の規則化にあたり、規則処理を制御する要素としてアクセント結合様式と結合アクセント価の 2 属性を定義した [1]。そしてこれらを用いて付属語の接続や名詞連続、接頭辞結合等のアクセント結合の統一的な説明を可能にした。表 3 に提示した結合規則は、句坂らの規則をベースに改良が加えられたものである [3][5][6]。

3.1.1 付属語アクセント結合規則

N_1 モーラ M_1 型アクセントを持つ先行自立語 (名詞, 動詞, 形容詞) に N_2 モーラ M_2 の結合アクセント価を持つ後続付属語 (助詞, 助動詞) が接続した結果, N_c モーラ M_c 型アクセントを持つ文節が構成されたと考える。このとき, アクセント結合後のアクセント核位置を示す M_c は, そして後続付属語のアクセント結合様式および結合アクセント価 M_2 によって決定される。また, アクセント結合による変化の傾向は先行自立語のアクセント核の有無, そして後続付属語のアクセント結合様式によって分類される。(表 3-(a))

3.1.2 複合単語アクセント結合規則

N_1 モーラ M_1 型アクセントを持つ先行する自立語に対して, 後続単語として N_2 モーラ M_2 型の結合アクセント価を持つ自立語や接尾辞が接続し, N_c モーラ M_c 型アクセントを持つ複合語が構成された場合を考える。この時, 後続単語が動詞または形容詞なら, 複合語の最終モーラの直前に核がくる ($M_c = N_1 + N_2 - 1$) 場合が普通である。後続単語が名詞または接尾辞の場合の処理を表 3-(b) に示す。複合単語アクセント結合も, 付

属語アクセント結合と同様に, アクセント結合様式と結合アクセント価を用いて処理体系を説明できる。ただし, 処理を決定する要素の殆どを後続単語が持つ点で, 付属語アクセント結合とは異なる。

3.1.3 接頭辞アクセント結合規則

N_1 モーラ M_1 型アクセントを持つ先行する接頭辞に対して, 後続単語として N_2 モーラ M_2 型の結合アクセント価を持つ自立語が接続し, N_c モーラ M_c 型アクセントを持つ複合語が構成された場合を考える。後続単語が動詞, 形容詞の場合, 前述のように単純な規則で処理可能である。後続単語が名詞の場合の処理体系を表 3-(c) に示す。一部のアクセント結合様式を持つ接頭辞は, 構文や意味上の使い分けに対応して, 複数のアクセント型を持つ場合がある。

3.2 アクセント結合様式を CRF 学習に取り入れたアクセント推定

先行研究 [2],[3],[4] で用いたアクセントラベリングデータベースの作成に利用した形態素解析辞書 UniDic[10] は, 各単語に対してアクセント結合様式と結合アクセント価にあたる属性情報が「アクセント結合型」として登録されており, その値を利用した規則に基づくアクセント処理が可能である。最新バージョンの UniDic は, アクセント型やアクセント結合型など規則処理に用いられる属性ラベルが更新されているが, 最新のラベル情報を用いた精度算出はまだ行っていない。

なお, 自立語および接辞は, アクセント結合様式の情報のみが登録されている。しかし付属語の場合, アクセント句結合後のアクセント核位置を求める際に, 後続する付属語固有の結合アクセント価が必要であり, アクセント結合様式と結合アクセント価が共に登録されている。また, 付属語のみ, 先行する自立語の品詞によって異なるアクセント結合型を持つ場合がある¹。こ

¹句坂らは直前の語の品詞には依存しないと述べているが [1], アクセント属性の指定実験の結果, 直前の語の品詞ごとに異なるアクセント型を持たせることの有効性が確認された [5]。

表 3: 各種アクセント結合規則

(N_1 モーラ M_1 型 + N_2 モーラ M_2 価 N_c モーラ M_c 型)

(a) 付属語アクセント結合規則

結合様式	M_c	
	$M_1 = 0$	$M_1 = 0$
(F1) 従属型	M_1	
(F2@ M_2) 不完全支配型	$N_1 + M_2$	M_1
(F3@ M_2) 融合型	M_1	$N_1 + M_2$
(F4@ M_2) 支配型	$N_1 + M_2$	
(F5) 平板化型	0	
(F6@ M_{2a}, M_{2b})	$N_1 + M_{2a}$	$N_1 + M_{2b}$

(b) 複合名詞アクセント結合規則

結合様式	後続語の性質	M_2	M_c
(C1) 保存型	$N_2 = 2$	M_2	$N_1 + M_2$
	$M_2 = (N_2 - 1), N_2, 0$		
(C2) 生起型	$N_2 = 2$	1	$N_1 + 1$
	$M_2 = (N_2 - 1), N_2, 0$		
(C3) 標準型	$N_2 = 2$	0	N_1
(C4) 平板型	$N_2 = 2$	*	0
(C5)		*	M_1
(C10)		*	$M_1 M_2$

(c) 接頭辞アクセント結合規則

結合様式	M_c	
	$M_2 = 0, N_2$	$M_2 = 0, N_2$
(P1) 一体化型	0	$N_1 + M_2$
(P2) 自立語結合型	$N_1 + 1$	$N_1 + M_2$
(P4) 混合型	$N_1 + 1$	$N_1 + M_2$
		M_1
	$M_1 M_2$	
(P6)	0	
(P13)	M_1	
	$M_1 M_2$	
(P14)	M_1	$N_1 + M_2$

れに伴い付属語は、先行する自立語が「名詞・動詞・形容詞」に合わせて、最大で3種類のアクセント結合型が併記されている。

例えば係助詞「は」の場合、先行単語が動詞の場合は平板化型 (F5)、名詞の場合は従属型 (F1)、形容詞の場合は不完全支配型 (F2) のアクセント結合様式を持つ。また、同様に結合アクセント価は、形容詞との接続する場合にのみ「-1」の値を持つ。以上の情報をまとめて、係助詞「は」のアクセント結合型は「動詞%F5, 名詞%F1, 形容詞%F2@-1」という形式で辞書に登録されている。

そこでまず、付属語の結合アクセント価を除き、各単語のアクセント結合様式のみを CRF によるアクセント結合処理に利用することを検討した。

3.2.1 実験手順

UniDic の各単語のアクセント結合型を基に、以下の5種のラベルを実験用データベースに登録し、アクセント結合様式を素性に追加した CRF によるアクセント推定モデルの評価実験を行なった。

- ・付属語アクセント結合様式 (先行語: 名詞)
- ・付属語アクセント結合様式 (先行語: 動詞)
- ・付属語アクセント結合様式 (先行語: 形容詞)
- ・複合単語アクセント結合様式
- ・接頭辞アクセント結合様式

データベースの読み上げ文 70 セット (7,280 文) の全形態素に上記の5種のラベルを追加した上で、学習用/評価用として 65 セット (6,753 文) / 5 セット (527 文) に分割した。なお実験結果の比較のため、学習用/評価用データはそれぞれ先行研究と同一の文セットを利用した。そして、従来の学習素性 (表. 1) に上記のラベルを追加して実験を行なった。

なお先行研究の素性設計 (表. 1) を踏まえ、今回の実験においても、上記のアクセント結合様式のラベルに着目する形態素数を「当該形態素のみ (1 形態素) / 前後 1 形態素まで含む (3 形態素) / 前後 2 形態素まで含む (5 形態素)」と変更して処理精度を比較した。

3.2.2 実験結果

実験結果を表. 4 に示す。前後 1・2 形態素のアクセント結合様式まで利用した場合、総合的な推定精度は僅かに向上した。誤推定の減少率は形態素単位で最大約 5.7%、アクセント句単位で最大約 3.7% であった。また、複合名詞アクセント結合が起きる「名詞連続を含むアクセント句」に対して特に効果的な学習が行なわれていることが分かる。

最も処理精度が高かった、前後 1 形態素まで素性に追加した場合に関して、先行研究 [4] のエラー分析で取り上げた「副助詞を含む句」「付属語が連続出現する句」の精度を求め、先行研究の精度と比較した。その結果を表. 5 に示す。アクセント結合様式を CRF 学習に用いることで、処理精度が特に低いカテゴリのアクセント句に対し、効果的な学習ができたと言える。しかし一方で、付属語アクセント結合が起きる「自立語 + 付属語」の構成をした「単純なアクセント句」の処理精度が若干低下する傾向が見られた。

表 4: アクセント結合様式・結合アクセント価を用いた CRF 推定結果

	形態素	すべての核			主核のみ		
		すべての句	単純	名詞連続	全ての句	単純	名詞連続
規則手法	%	76.4%	94.4%	73.5%	76.8%	94.5%	74.2%
従来の CRF 手法		96.5%	91.9%	97.2%	86.6%	93.5%	97.7%
CRF 手法 (+結合様式)	当該のみ	96.5%	91.7%	96.8%	86.5%	93.5%	97.3%
	前後 1 語含む	96.7%	92.2%	96.8%	87.9%	93.7%	97.3%
	前後 2 語含む	96.5%	92.0%	97.0%	87.2%	93.6%	97.4%
CRF 手法 (+結合様式 &結合アクセント価)	当該のみ	96.5%	91.9%	97.0%	86.8%	93.6%	97.4%
	前後 1 語含む	96.6%	92.1%	96.8%	87.6%	93.7%	97.3%
	前後 2 語含む	96.5%	92.0%	97.0%	87.2%	93.6%	97.4%

表 5: 誤推定が多いアクセント句カテゴリの精度比較

	すべての句	副助詞	付属語連続
先行研究の素性	91.9%	84.4%	85.6%
+結合様式	92.2%	85.9%	87.5%

3.3 付属語の結合アクセント価を用いたアクセント推定

アクセント結合様式だけでなく、付属語の結合アクセント価についても CRF 学習に利用したアクセント推定を試みた。

3.3.1 実験手順

3.2.2 で追加したデータベースに追加した五種のラベルのうち、付属語のアクセント結合様式に関する 3 種を、アクセント結合様式と結合アクセント価の値を組み合わせたものにそれぞれ変更した上で、3.2.2 の実験と共通の学習用データ 65 セットと評価用データ 5 セット、および学習素性を用いて評価実験を行なった。

3.3.2 実験結果

実験結果を表 4 に示す。前後 1 形態素まで学習に直接利用した場合が最も高精度であり、名詞連続を含むアクセント句に特に効果的であったように、3.2.2 の実験結果と同様の傾向を示した。しかし、アクセント結合様式のみを利用した場合の方が、結合アクセント価を加えた場合より処理精度が良いという結果になった。また、付属語の結合アクセント価を考慮することで名詞連続を含むアクセント句の処理精度が落ちている点について、今後調査していく必要があると考えられる。

4 まとめ

アクセント結合規則のアクセント結合様式を CRF 学習に利用することで、従来の素性より処理精度を上昇させることができた。ただしその上昇幅は小さいため、アクセント結合様式に関してより効率的な学習が行なえるよう、今後学習素性の改良を行なっていく予定である。また、推定形態素の前後の語のアクセント結合様式を参照することで精度が上がったが、規則処理を十分に反映した学習が出来たとは言いがたい。よって、アクセント結合様式の導入を通し、規則処理の知見に適った学習素性の改良を進めていくべきだと考える。

謝辞 本研究に全面的にご協力頂いた黒岩龍様と、度々御助言と御支援を頂いた特定領域研究「日本語コーパス」電子化辞書班の皆様へ厚く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 匂坂, 佐藤, 信学論, J66-D7, pp.849-856, 1983.
- [2] 黒岩他, 信学技報, SP2006-174, pp.31-36, 2007.
- [3] 黒岩, “日本語音声合成のためのアクセント結合規則の改善とデータベースに基づく統計的アクセント処理”, 東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻修士論文, 2007.
- [4] 印南他, 言語処理学会第 14 回年次大会 発表論文集, pp.969-972, 2008.
- [5] 喜多他, 電子情報通信学会音声研究会, SP2002-26, pp.13-18, 2002.
- [6] 伝他, “UniDic version 1.3.9 ユーザーズマニュアル”, 2008
- [7] <http://www.mibel.cs.tsukuba.ac.jp/jnas/>
- [8] <http://crfpp.sourceforge.net/>
- [9] <http://hil.t.u-tokyo.ac.jp/galatea/index-jp.html>
- [10] <http://www.tokuteicorpus.jp/dist/>