

対話音声合成のための CRF による 日本語東京方言のアクセント結合推定

服部充¹ 狩野芳伸²

概要: 高品質な対話音声の合成を実現するには、テキスト情報から高精度でアクセントを推定しそれを音声合成に反映させる必要がある。一般に、対話音声は朗読音声に比べて自発性が高く、そのためアクセントもより多様な変化をすると考えられる。先行研究では日本音響学会新聞記事読み上げ音声コーパス (JNAS) の文章を自然に読み上げた際に付与したアクセントラベルからデータベースを構築していたが、本研究では、日本語話し言葉コーパス (CSJ) のコアデータからアクセントラベルデータベースを作成し、条件付確率場 (CRF) による統計的なアクセント結合推定を行う手法を提案・報告する。さらに、いくつかの発話タイプの組み合わせで学習・実験を行い、発話タイプによるアクセントの異なりと同一方言話者間でのアクセントの異なりを調査した。

キーワード: 対話音声合成, アクセント結合, アクセント句境界推定, アクセント型推定, 条件付確率, 朗読音声, 対話音声

Accent Sandhi Estimation of Tokyo Dialect of Japanese Using CRF for Dialogue Speech Synthesis

MITSURU HATTORI¹ YOSHINOBU KANO²

Abstract: In order to realize the synthesis of high quality dialogue speech, it is necessary to estimate accent with high accuracy from text information and reflect it in speech synthesis. In general, dialogue speech is more spontaneous than reader speech, so accent is considered to change more diversely. In previous studies, a database was constructed from the accent label given when reading the text of Japanese Newspaper Article Sentences (JNAS) naturally, but in this research, we create an accent label database from the core data of Corpus of Spontaneous Japanese (CSJ) and propose and report a method for statistically accent sandhi estimation by Conditional Random Field (CRF). In addition, we trained and tested models with some combination of speech types, and researched differences of accent by speech types and speakers who use same dialect.

Keywords: Dialog speech synthesis, accent sandhi, accent phrases estimation, accent sandhi estimation, Conditional Random Field, recitation, dialog

1. はじめに

近年スマートフォンやスマートスピーカーの普及により、ユーザがデバイスと音声によってインタラクティブにやり取りする機会が増え、対話音声合成の高品質化に対するニーズは日々高まっている。また、高品質な日本語 Text To Speech (TTS) を実現するためには、入力テキストからアクセント情報を適切に推定することが必要であり、それにまつわる手法も今日に至るまでいくつか報告されている [1] [2]。

しかしながら、それらはいずれも朗読音声、もしくは一部に話し言葉が含まれているものを対象にしたものであり、対話音声のみを対象とはしていない。一般に、朗読音声と比べて対話音声は自発性が高いことが知られており、アクセントもより多様な変化をすると考えられるため、朗読音声でのアクセント推定手法がそのまま対話音声に適用できるとは限らない。鈴木ら (2010) によって音声データの F_0

パターンのクラスタリングに基づく統計的 F_0 クラスタリングと CRF (Conditional Random Fields) を用いてアクセント型を推定する手法が提案されている [3] が、これは音声データにアクセントラベルを付与することを目的としており、テキスト情報のみから推定できないため、対話音声合成に組み込むには不適である。そこで、本研究では日本語話し言葉コーパス (以下 CSJ) のコアデータに記載されているアクセント情報を活用し、条件付確率場 (Conditional Random Field; 以下 CRF) による統計的なアクセント結合推定の提案を行う。

文献 [1] では日本音響学会新聞記事読み上げ音声コーパス (以下 JNAS) [4] をベースにしており、これは朗読音声であるため自発性が低いと考えられるが、CSJ に収録されている講演音声・対話音声は朗読音声よりも自発性が高いため、より高い精度で対話音声のアクセント予測をモデル化することができることが期待される。

¹ 静岡大学大学院
Shizuoka University graduate school
² 静岡大学
Shizuoka University

2. 日本語東京方言アクセントの定義

日本語は、モーラを単位とした音高変化によるアクセントを持つ、一つ以上の形態素が連なって作られるアクセント的まとまりのことをアクセント句と呼ぶ、東京方言においては、アクセント句内に、高々一つ、音の高さが下降する箇所がある。この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、各アクセント句は、アクセント核の位置が N モーラ目にあるものを N 型、アクセント核がないものを 0 型と、アクセント型を使って分類できる。1 型のアクセント句以外では、音の高さの下降に加えて、アクセント句の 1 モーラ目から 2 モーラ目にかけて音の高さの上昇が発生する。

以上のようなアクセント句とアクセント型の定義は厳密にすべての日本語東京方言のアクセントに関する現象を網羅する定義ではないが、工学的な利便性から、また、先行研究においても本定義を用いていることから、本論文においてもこの定義を採用する。この定義を用いると、本研究の目的である日本語東京方言のアクセント結合推定は、1) 形態素を入力としてアクセント句境界を推定するタスク、2) アクセント句のアクセント型を推定するタスク、の 2 つに分割できる。

3. 従来法：朗読音声によるアクセント結合推定

鈴木ら (2012) は、独自に構築したアクセントラベルデータベース [4] を学習データとし、CRF でモデル化している [1]。アクセントラベルデータベースは JNAS で使用されている文から選ばれた 6334 文を、UniDic [6] で利用されている短単位 [7] を利用して形態素解析し、主動で読みを修正したものに対して、約 7 モーラ/秒の速さで自然に読んだ場合のアクセント句境界とアクセント核をラベリングさせたものである。方言や個人によるアクセント感覚の違いの影響を取り除くため、音感に優れた東京出身東京方言話者 1 名のみがラベリングを行った。ただし、ラベリングの誤りを防ぐため、別の東京出身東京方言話者がチェックを行い、不自然な箇所については、先の話者に再度ラベリングさせている。

なお、この文中アクセントラベルデータベースは、JNAS [5] 購入者に無償配布されている。引用文献 [1] の第一著者もしくは第六著者に連絡されたい。

3.1 CRF を用いたアクセント境界推定

形態素列からアクセント句境界を推定するタスクは、形態素ごとに、当該形態素の直前にアクセント句境界があるか否かを推定するタスクとして定式化する。具体的には、 x を一文分の形態素列、 y を当該形態素の直前にアクセント句境界が存在するかないかの $0/1$ ラベル系列とし、 $P(y|x)$ を CRF でモデル化する [8]。そして、この事後確率が最も

表 1 CRF を用いたアクセント句境界推定で用いる特徴
Table 1 Feature types for CRF-based accent phrase boundary estimation

以下は当該形態素の二つ前から二つ後の形態素五つ分の特徴それぞれを、すべて当該形態素の特徴として用いる	
a	品詞
b	書字形、発音形、活用型の組
c	活用型
d	活用形
e	語種
f	後藤変化結合型
g	単独発生アクセント型
h	アクセント修飾値
i	直前に文節区切りがあると推定されたかの $0/1$
以下は当該形態素のモーラ数と二つ前から二つ後の形態素のモーラ数の組五つ分	
j	当該形態素のモーラ数と二つ前から二つ後の形態素のモーラ数の組五つ分
k	当該形態素の単独発生アクセント型と二つ前から二つ後の形態素のアクセント結合型の組五つ分
l	常に 1 となる特徴 (バイアス項)
m	アクセント句境界 $0/1$ ラベルの bigram (遷移素性)
以下は学習データを 5 等分するしきい値で $1/2/3/4/5$ に離散化	
n	前の名詞と当該名詞の bigram
o	前の名詞と当該名詞の bigram の出現頻度を、前の名詞の unigram 出現頻度で割った値
p	前の名詞と当該名詞の bigram の出現頻度を、当該名詞の unigram 出現頻度で割った値
q	前の名詞と当該名詞の bigram の出現頻度を、前の名詞と当該名詞の unigram 出現頻度で割った値

大きくなる y を推定結果とする。

アクセント句境界推定のために用いる CRF で利用されている特徴量を、表 1 に記載する。 n, o, p, q は、名詞が連続する際にアクセント句境界推定を誤りやすい傾向に対応するために導入されている。例えば、「東京大学工学部」は「東京大学/工学部」と区切るの適切だが、「東京/工学部」は不自然である。 n, o, p, q を用いることで、比較的連続して出現しやすい「東京」と「大学」の間にはアクセント句境界がなく、比較的連続しにくい「大学」「工学部」の間にはアクセント句境界がある、といったように適切にアクセント句境界が推定されることが期待される。

3.2 CRF を用いたアクセント型推定

形態素列からアクセント型を推定するタスクは、アクセント句内の各形態素を単独で発声した場合のアクセント型が、文中でどのように変化するかを表す相対変化ラベルを推定するタスクとして定式化する。

まず相対変化ラベルについて説明する [4]。文中での形態素のアクセント核位置は、あらゆる位置にアクセント核が生じ得るわけではなく、ほとんどの場合、ある特定のアクセント核位置の変化パターン (相対変化パターン) を取る。具体的には、以下の V から P の 7 パターンのいずれかとなる。

- **Vanish** : 単独発生時の核がなくなる
- **Remain** : 単独発生時の核がそのまま残る
- **Never** : 単独発生時もアクセント結合後も無核

- **Before** : 単独発生時の核の一つ前が核になる
- **Last** : 末尾のモーラが核になる
- **First** : 1 モーラ目が核になる
- **Penultimate** : 末尾の一つ前が核になる

ただし、複数の条件に当てはまる場合は、先に書いた方のパターンを採用させる。また、数は非常に少ないものの上記のいずれにも当てはまらない場合は、元のアクセント核位置 (0 型の場合は 0) から何モーラ後ろに核が移動したかの数字 (1, 2...) を相対変化ラベルとして用いる。以上のような相対変化ラベルを利用すると、形態素ごとに上記のラベルのいずれになるかを識別するだけで、効率的にアクセント句のアクセント型を決定することができる。これを、 x をアクセント句内の形態素系列、 y をそれに対応する相対変化ラベル系列として、 $p(y|x)$ を CRF でモデル化することで実現する。

アクセント相対変化ラベル推定のために用いる CRF で利用する特徴を、表 2-1、2-2 にまとめた。句法規則 [9] でも利用されている、品詞、単独発生アクセント型、モーラ数、アクセント結合様式などといった情報が有効だと考えられるため、これらが特徴として用いられている。

3.3 実験結果

3.3.1 アクセント句境界推定

先行研究では、アクセントラベルデータベースから形態素解析誤りと読み誤りを除いた 4785 文を、3786 文の学習データと 999 文の評価データに分割し、実験を行った結果、従来手法の規則ベースによる手法に比べて適合率、再現率ともに精度が向上しており、加えて F 値では約 5 ポイント精度が向上していることから、CRF ベースである提案手法が有効であると報告されている。

3.3.2 アクセント句型推定

先の研究と同様に、3786 文の学習データと 999 文の評価データを用意し、実験を行った結果、従来の規則ベースによる手法と比べて、アクセント句境界推定に正解データ、規則ベースの結果、CRF ベースの結果いずれを用いた場合も提案手法の CRF ベースによるアクセント型推定の精度が高くなったことが報告されている。

4. 提案手法：話し言葉によるアクセント結合推定

本稿では、話し言葉からアクセントラベルデータベースを作成し、CRF によりアクセント結合推定を行う手法を提案する。具体的には、CSJ の朗読・再朗読データを除くコアデータ上の <PerceivedAccPos> タグに記載されているアクセントデータを取得する。その後、<IPU> タグに記載されている内容を一文としてアクセントラベルデータベースを作成したのち、先行研究と同じ手法で CRF によりアクセント結合推定を行う。

本研究で作成したアクセントデータベース (CSJ アクセ

表 2-1 CRF を用いた相対変化ラベル推定で用いる特徴
Table 2-1 Feature types for CRF-based estimation of labels for relative accent sandhi.

以下は当該形態素の二つ前から二つ後の形態素五つ分の特徴それぞれを、すべて当該形態素の特徴として用いる	
<i>a</i>	品詞
<i>b</i>	単独発生アクセント型
<i>c</i>	モーラ数
<i>d</i>	動詞に対するアクセント結合様式
<i>e</i>	形容詞に対するアクセント結合様式
<i>f</i>	名詞に対するアクセント結合様式
<i>g</i>	アクセント修飾型
<i>h</i>	修正された単独発生アクセント型の第一候補
<i>i</i>	規則に基づくアクセント相対変化ラベル
<i>j</i>	<i>h</i> の種類ラベル
<i>k</i>	書字形
<i>l</i>	発音形
<i>m</i>	活用型
<i>n</i>	活用形
<i>o</i>	語彙素
<i>p</i>	語種
<i>q</i>	語頭変化結合型
<i>r</i>	アクセント句の一つ目の形態素か否かの 0/1
<i>s</i>	アクセント句内の形態素数
<i>t</i>	IREX の定義に基づく固有表現タグ推定値 [10]
<i>u</i>	2 モーラ以下か否かの 0/1
<i>v</i>	2 モーラ以下か否かの 0/1 と、語種の組
<i>w</i>	重音節を含むか否かの 0/1
<i>x</i>	先頭のモーラ
<i>y</i>	先頭から二つめのモーラ
<i>z</i>	アクセント核の一つ前のモーラ
<i>A</i>	アクセント核のモーラ
<i>B</i>	アクセント核の一つ後のモーラ
<i>C</i>	末尾の一つ前のモーラ
<i>D</i>	末尾のモーラ
<i>E</i>	規則から測定したアクセント相対変化ラベルと、当該形態素と一つ前の形態素の品詞の組
<i>F</i>	当該形態素の <i>h</i> と当該形態素を除く二つ前から二つ後の形態素のアクセント結合型の組四つ分
<i>G</i>	当該形態素のアクセント結合型と当該形態素を除く二つ前から二つ後の形態素の <i>h</i> の組四つ分
<i>H</i>	当該形態素の品詞、 <i>h</i> と当該形態素を除く二つ前から二つ後の形態素の [deɪ] の組計 3×4 = 12 っ分
<i>I</i>	当該形態素の [deɪ] と当該形態素を除く二つ前から二つ後の形態素の品詞、 <i>h</i> の組計 3×4 = 12 っ分
<i>J</i>	常に 1 となる特徴 (バイアス項)
<i>K</i>	相対アクセント変化ラベルの bigram (繊維素性)

ントラベルデータベース) と先行研究で作成されたアクセントラベルデータベース (JNAS アクセントラベルデータベース) の違いを表 3 にまとめた。本研究で作成したアクセントラベルデータベースは話者延べ 140 名 (これにはインタビューアも含まれる)、41683 文によって構成されている。話者は先行研究と同じく東京出身東京方言話者を選別した。本研究で話者を 1 名に限定しなかったのは、1 名に限定するとデータ数の差が大きくなってしまったためである。

表 2-2 CRF を用いた相対変化ラベル推定で用いる特徴
Table 2-2 Feature types for CRF-based estimation of labels for relative accent sandhi.

以下は数詞/助動詞を適切に取り扱うための特徴	
L	当該形態素の後藤変化結合型と当該形態素から 1 or 2 つ後の形態素の助動詞タイプ二つ分
M	当該形態素が数詞か否かの 0/1 と当該形態素から 1 or 2 つ後の形態素の助数詞タイプ二つ分
N	当該形態素の後藤変化結合型と当該形態素から 1 or 2 つ後の形態素が助数詞か否かの 0/1 二つ分
O	当該形態素が数詞か否かの 0/1 と当該形態素から 1 or 2 つ後の形態素が助数詞か否かの 0/1 二つ分
P	当該形態素の助数詞タイプと当該形態素から 1 or 2 つ前の形態素の語頭変化結合型二つ分
Q	当該形態素の助数詞タイプと当該形態素から 1 or 2 つ前の形態素が数詞か否かの 0/1 二つ分
R	当該形態素の助数詞か否かの 0/1 と当該形態素から 1 or 2 つ前の形態素の語頭変化結合型二つ分
S	当該形態素の助数詞か否かの 0/1 と当該形態素から 1 or 2 つ前の形態素が数詞か否かの 0/1 二つ分

表 3 JNAS アクセントラベルデータベースと
CSJ アクセントラベルデータベースの違い

Table 3 Differences between database of accent label from JNAS and database of accent label from CSJ.

	JNAS アクセントラベルデータベース	CSJ アクセントラベルデータベース
延べ話者数	1 名	140 名
文章数	6334 文	41683 文
形態素数	127717 個	334402 個
発話タイプ	朗読	独話・対話
方言	東京出身東京方言	東京出身東京方言

5. 実験

提案手法である, CSJ から作成したアクセントラベルデータベースを用いて CRF を学習させ, アクセント結合推定を行う手法と, 従来の JNAS から作成したアクセントラベルデータベースを用いた手法と比較する実験を行った.

実験は表 4 に記載する組み合わせで行った. 左が学習に用いるアクセントラベルデータベースで, 右が評価データである. 実験 1 で使用するアクセントラベルデータベースには, 評価に使用する 1 対話以外の 5 対話を含めている. 実験 3, 4 には JNAS アクセントラベルデータベースを 6 分割したものを評価データに使用する. つまり, 実験 4 は 6 分割交差検定を実施するのと同様の操作を行う. また, 実験 5, 6 を実施する理由は, CSJ は複数人の話者から構成されているのに対して, JNAS は話者一人のみによって構成されているためである. 実験 3, 4 から何らかの有意差が出たところで, 純粋なモデルの性能差ではなく話者の固有性によって差がでたことは否めない. そこで, 実験 5, 6 によって, CSJ の複数話者でも評価することにより, より厳密にモデルの評価を行うことができ, かつ話者の固有性についても踏み込んだ議論ができるものと考えられる.

いずれの実験もアクセント句境界推定とアクセント型推

表 4 学習データと評価データの組み合わせ

Table 4 Combination of training data and test data.

実験番号	学習データ	評価データ
1	CSJ	CSJ (6 対話)
2	JNAS	CSJ (6 対話)
3	CSJ	JNAS
4	JNAS	JNAS
5	CSJ	CSJ (6 朗読)
6	JNAS	CSJ (6 朗読)

定の二種類の実験を行う. なお, アクセント型推定の実験では, アクセント句境界推定の結果にアクセント句境界推定で CRF により予測した結果と正解データを用いる. これにより前者からは音声合成時の性能を, 後者からは純粋なモデルの性能をそれぞれ観測することができる.

CRF のパラメータにはアクセント句境界推定タスクでは表 1 を, アクセント型推定タスクでは表 2-1, 2-2 を用いる. 特徴の抽出に利用する名詞連続の形態素 bigram は, 2018 年 4 月 1 日における日本語版 wikipedia 全記事のダンプ結果を, WP2TXT version 0.1.0 [11]を利用してテキスト化し, それを MeCab version 0.996 [12]に UniDic-cwj-2.3.0 [13]を用いて形態素解析したものから学習した. CRF の実装には CRF++ version 0.57 [14]を用いた.

また, 前処理として, アクセントラベルデータベース中の形態素解析誤りと読み誤りを含む文は削除している. この処理により, JNAS アクセントラベルデータベースは 4637 文に, CSJ アクセントラベルデータベースは 30899 文にそれぞれ減少する.

6. 実験結果

6.1 アクセント句境界推定

実験 1-実験 6 のアクセント句境界推定の結果を表 5 に示す. 数値は F 値を示している. 実験 1 では F 値が 98.2, 実験 2 では F 値が 89.4 となったことから, 対話音声のアクセント句境界の推定には CSJ から学習したモデルの方が高い精度で推定できることが分かる. 実験 3 では F 値が 87.4, 実験 4 では F 値が 91.8 となったことから, 話者一人の朗読音声のアクセント句境界推定にはその話者一人から学習したモデルが有効に働くことが分かる. 実験 5 では F 値が 97.0, 実験 6 では F 値が 87.0 となったことから, 複数の話者の朗読音声でアクセント句境界推定を行う場合には, 単独話者から学習を行うより複数の話者から学習を行ったモデルの方が有効に働くことが分かる.

6.2 アクセント型推定

実験 1-実験 6 のアクセント型推定の結果を表 6 に示す. 先述した通り, 実環境での性能と純粋なアクセント型推定の性能を計るため, いずれの実験もアクセント句境界推定の結果に先の実験で推定した結果と正解データの二通りを用いている. いずれの正解率もアクセント句を単位として

表 5 アクセント句境界推定の実験結果

Table 5 Result of accent phrase boundary estimation.

実験番号	学習データ	評価データ	F 値
1	CSJ	CSJ (6 対話)	98.2
2	JNAS	CSJ (6 対話)	89.4
3	CSJ	JNAS	87.4
4	JNAS	JNAS	91.8
5	CSJ	CSJ (6 朗読)	97.0
6	JNAS	CSJ (6 朗読)	87.0

表 6 アクセント型推定の実験結果

Table 6 Result of accent sandhi estimation.

実験番号	学習データ	評価データ	アクセント句境界に用いたデータ	正解率
1	CSJ	CSJ (6 対話)	正解データ	83.9
			CRF	83.8
2	JNAS	CSJ (6 対話)	正解データ	78.5
			CRF	74.3
3	CSJ	JNAS	正解データ	84.3
			CRF	83.8
4	JNAS	JNAS	正解データ	92.3
			CRF	90.0
5	CSJ	CSJ (6 朗読)	正解データ	85.7
			CRF	85.8
6	JNAS	CSJ (6 朗読)	正解データ	81.6
			CRF	81.0

算出している。

実験 1 と実験 2 を比較すると、アクセント句境界推定結果に正解データを用いた場合と CRF を用いた場合のいずれも CSJ から学習したモデルが高い性能を示した。実験 3 と実験 4 を比較すると、アクセント句境界推定結果に正解データを用いた場合と CRF を用いた場合のいずれも JNAS から学習したモデルが高い性能を示している。実験 5 と実験 6 を比較すると、アクセント句境界推定結果に正解データを用いた場合と CRF を用いた場合のいずれも CSJ から学習したモデルが高い性能を示した。

7. 考察

アクセント型推定の実験 2 と実験 6 を比較すると実験 6 の方がアクセント型推定のスコアが高い。このことから発話タイプによってアクセントが異なるという結論が得られる。一方で、学習データに JNAS アクセントラベルデータベースを用いた実験の中では実験 4 が最も高いスコアを示している。これは、JNAS が話者一名によってアクセントラベルが振られたことを考慮すると、発話タイプ以上に話者によってアクセントが異なるということが考えられる。

CSJ を学習データに用いた時には、発話タイプや話者によるスコアの変動はほとんどなかった。これは、CSJ に含まれているデータのほとんどが対話と朗読の中間の発話タイプである独話であることと、延べ 140 名の話者からなる

データであることが影響していると考えられる。どちらの要因の方が大きい影響を与えているかは追加の調査が必要であろう。

8. まとめ

提案手法が従来の手法に比べて、対話音声についてはより高い精度で推定できることが示された。また、アクセントにおいても話者一人ひとりに特性があり、また発話タイプにおいてもアクセントに多様性があるということが示された。今後は新たにコーパスを作る等、データを拡充する対策を取り、より対話に特化したモデルを作成していくことが求められる。

また、実際に今回の手法を音声合成に組み込み、合成音声がどの程度対話音声らしくなるのか、聴取実験を追加に行う予定である。

参考文献

- [1] 鈴木雅之, 黒岩龍, 印南圭祐, 小林俊平, 清水信哉, 峯松信明, 広瀬啓吉. CRF を用いた日本語東京方言のアクセント自動推定. 電子情報通信学会論文誌, Vol.J96-D, No.3, 2012, pp644-654.
- [2] 長野徹, 森信介, 西村雅史. N-gram 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 47 巻 6 号, 2006, pp1793-1801.
- [3] 鈴木和博, 山本麻実, 趙國, 山下洋一. アクセント結合規則を利用した統計的手法に基づく連続音声のアクセント型自動ラベリング. 日本音響学会誌 66 巻 10 号 2010, PP.487-496.
- [4] JNAS. <http://research.nii.ac.jp/src/JNAS.html>.
- [5] 黒岩龍. 日本語音声合成のためのアクセント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. 東京大学大学院修士論文, 2007.
- [6] UniDic. <http://unidic.ninjal.ac.jp/>.
- [7] 伝 康晴, 小木曾 智信, 小椋 秀樹, 山田 篤, 峯松 信明, 内元 清貴, 小磯 花絵. コーパス日本語学のための言語資源: 形態素解析用電子化辞書の開発とその応用. 日本語科学, Vol.22, 2007, pp.101-123
- [8] 印南圭祐. CRF を用いた日本語アクセント結合処理における誤り解析とそれに基づく改良. 東京大学大学院修士論文, 2009.
- [9] 句坂芳典, 佐藤大和. 日本語単語連鎖のアクセント規則. 電子情報通信学会論文誌, D J66(7), 1983. pp849-856.
- [10] S.SEKINE, H.Ishihara. IREX: IR and IE evaluation project in Japanese. Proc. LREC, 2000.
- [11] WP2TXT. <https://github.com/yohasebe/wp2txt>.
- [12] MeCab. <http://taku910.github.io/mecab/>.
- [13] UniDic. <http://unidic.ninjal.ac.jp/>.
- [14] CRF++. <https://taku910.github.io/crfpp/>.