

# 国際音声記号を用いた発音類似度算出アルゴリズムの検討

## Examination of pronunciation similarity calculation algorithm using International Phonetic Alphabet

河野 宏志†                  城塚 音也†                  高木 徹†  
 Hiroshi Kono              Otoya Shirottsuka              Toru Takaki

### 1. はじめに

企業活動のグローバル化に伴う海外への製品展開等において、各国でのブランド権利確保のためには商標登録が必要である。近年、第三者が発音を類似させた不正出願する場合があります。企業は常に各国の出願状況を監視しておく必要がある。しかし、監視のための読みを考慮した従来の商標検索システムは、カタカナ等の表音文字や発音記号を、編集距離[1]をベースとして比較しているだけの場合が多く、検索精度が悪いという問題があり、高度化が求められている。そこで、音の種類・聞こえ度を考慮した類似度算出方式を考案し、発音の類似する商標を対象とした検索実験により方式の有効性を確認した。

### 2. 発音類似度算出アルゴリズム

発音類似度の算出方法について、従来手法と提案手法を述べる。

#### 2.1 従来手法

従来、単語の発音類似度の計算では、単語を表音文字(例 日本語:カタカナ, 中国語:ピンイン)や発音記号に変換し、文字・記号の一致度合や編集距離から算出する方法がとられている。例えば、英語発音「NTT(enti:ti)」とNTTの中国語発音「恩梯梯(əntiti)」を比較する場合、編集距離は3(置換 e⇒ə, 挿入:)であるが、「tarantiti」等の明らかに聴覚的に異なる単語でも距離が等しい場合があり、音の類似性が検索順位に反映されていない問題がある。

#### 2.2 提案手法

本研究では、編集距離を 0, 1 の 2 値の合計で定義するのではなく、音の種類・聞こえ度を考慮して算出した類似度に応じて定義する。まず、音の種類を考慮するにあたり、発音記号には調音点・調音法などの発声方法等を考慮して記号を分類した国際音声記号(International Phonetic Alphabet 以下, IPA) [2] を採用した。

子音・母音の分類表を表 1, 2 に示す。表 1 の子音は縦軸が調音法を、横軸が調音点を表し、記号が 2 つ並んでいるものは、右が有声音、左が無声音を表す。表 2 の母音は、縦軸が舌の頂上の位置、横軸が舌の盛り上りの頂上の位置を表し、記号が 2 つ並んでいるものは右が円唇母音、左が非円唇母音を表す。なお、IPA 分類表では子音は 1 つの表にまとめられているが、調音法が異なると音が類似して聞こえない場合があるため、音が類似して聞こえる調音法毎にまとめ、5 つの表に分割した。

表 2: 母音記号分類表

舌の頂上の位置	舌の盛り上りの頂上の位置				
	前舌	前舌め	中舌	後舌め	後舌
狭	i y		i u		u u
広めの狭		ɪ ʏ			ʊ
半狭	e ø		ə ə		ɤ o
中央			ə		
半広		ɛ œ	ɛ œ	ɜ ɝ	ʌ ɔ
狭めの広			æ	ɐ	
広			a ɑ		ɑ ɒ

置換・挿入・削除の 3 種類の編集種別のうち、まず、置換の編集距離 $d_r$ を音の類似度を考慮して算出する。従来手法では子音と母音のような全く異なる記号の編集距離も、「e」と「ə」のような発声方法が一致または類似しており、聴覚的に類似する記号の編集距離も共に 1 となるが、本手法では、聴覚的な差を編集距離に反映するため、類似する記号は編集距離が 0 に近く、類似しない記号は編集距離が 1 に近くなるように定める。本手法では、音の類似を判断するために、記号分類表を用い、同じ記号分類表に存在する記号は類似している可能性があると考え、表の上下左右のセル距離から編集距離 $d_r$ を以下の式で計算する。

$$d_r = \min(1, \text{聞こえ度係数} \times \text{セル距離}) \quad (\text{式 1})$$

表 1: 子音記号分類表

表名	調音法	両唇音	唇歯音	歯音	歯茎音	後部歯茎音	そり舌音	硬口蓋音	軟口蓋音	口蓋垂音	咽頭音	声門音	歯茎側面	喉頭蓋音
①鼻音・肺臓気流音・有声音	鼻音	m	ɱ		n		ɳ	ɲ	ŋ	ɴ				
②口音・肺臓気流音	破裂音	p b			t d		ʈ ɟ	c ɟ	k ɡ	q ɢ		ʔ		ɦ
	破擦音				ts dz	tʃ dʒ	tʂ ʈʂ	tɕ dʑ						
	摩擦音	ɸ β	f v	θ ð	s z	ʃ ʒ	ʂ ʐ	ç ʝ	x ɣ	χ ʁ	ħ ʕ	h ɦ		ʕʔ
	側面摩擦音				ʈ ɟ									
③口音・肺臓気流音	ふるえ音	ʙ			r					ʀ				
	はじき音		v		rɻ		ɽ							
	接近音	w ɥ	u		ɹ		ɻ	j ɥ	ɰ w					
	側面接近音				ɻ		ɻ	ʎ	ʎ					
④非肺臓気流音・無声音	吸着音	o	l		!			ɸ						
⑤非肺臓気流音・有声音	入破音	b			d			f	ɣ	ɢ				

† 株式会社 NTT データ, NTT DATA Corporation

ここで、聞こえ度係数は表3に示す音の種類に応じた補正係数である。一般に子音と母音では、母音の方が音の聞こえ度が大きく、また、子音は調音法に応じて、母音は舌の頂上の位置に応じてそれぞれ聞こえ度が異なる。そこで、編集距離 $d_r$ を計算する際に、音の聞こえ度が大きい音の距離が大きくなるよう、音の種類に応じた聞こえ度係数を予備実験から定めた。なお、子音・母音以外の記号を含め、同じ分類表に存在しない音は編集距離を1とする。

表3：音の種類別聞こえ度係数

音の種類		置換	挿入・削除
子音	破裂音・破擦音・摩擦音・側面摩擦音・吸着音・入破音	0.20	0.75
	接近音・側面接近音・鼻音	0.21	0.80
	ふるえ音・はじき音	0.22	0.85
母音	狭母音・広め狭母音	0.23	0.90
	半狭母音・中央母音・半広母音	0.24	0.95
	狭め広母音・広母音	0.25	1.00

次に、挿入・削除の編集距離 $d_i$ も、置換と同様に音の類似度を考慮して算出する。記号数が異なる場合、置換として編集距離を算出するためのペアが存在しない記号が生じる。このようなペアが存在しない記号において、音の聞こえ度の小さい記号が挿入・削除された時と比べ、聞こえ度が大きい記号が挿入・削除された時の方が聴覚的な影響が大きい。そこで置換と同様に表3に示す聞こえ度係数を考慮し、編集距離 $d_i$ を以下の式で計算する。

$$d_i = \text{聞こえ度係数} \quad (式2)$$

式1, 2より音の類似度を考慮した編集距離 $d$ を、以下の通り定義する。

$$d = \sum d_r + \sum d_i \quad (式3)$$

ここで、単語の比較においては、記号の対応付けパターンは複数存在し、各記号が置換、挿入・削除のどれに該当するか判別できない場合がある。そこで、本研究では全対応付けパターンを作成し、式3に定める編集距離 $d$ が最も小さくなるパターンを対応付けパターンとした。

### 3. 評価実験

提案手法の有効性を確認するために、検索精度を従来手法と比較する。

#### 3.1 実験条件

日本語と中国語の発音が類似するデータ95件を正解データとして作成し、中国語データベース(94,715件)に加える。正解データ95件それぞれについて、データベースの各データとの編集距離を従来手法を用いて計算し、距離が小さい順に順位付けし、正解データの出現順位を求める。次に、正解データと同じ編集距離のデータについて、提案手法を用いて編集距離の計算・順位付けする。

#### 3.2 評価観点

各検索における正解データの出現順位により、従来手法と提案手法を比較する。すなわち、所望の発音の類似する商標を発見するまでに確認すべき検索結果の数が少ないほど効率的な検索となる。同順位のデータが $n$ 件ある場合は、

その中で正解データが $(n+1)/2$ 番目に出現したものとみなす。なお、商標検索実務では検索結果上位数百件を確認するため、上位1000件以内の検索結果を確認する。

### 3.3 実験結果

検索結果を表4に示す。検索結果上位1000件以内に正解データが出現した件数は、正解データ95件中、従来手法は51件、提案手法は62件であった。また、正解データの平均検索順位は、従来手法は4,929位、提案手法は4,130位であり、検索精度が向上し効果的に検索結果を確認できることがわかる。

正解データ95件中、提案手法と比較して順位が上がったデータは66件(69%)、下がったデータは23件(24%)、従来手法において検索結果の中で同じ編集距離を持つデータが存在しないなど、順位の変動がなかったデータが6件(7%)であった。順位の上がった正解データ「キリン(kirin)／麒麟(teilin)」を例とした場合、従来手法の編集距離は3であり、データベース内で距離が等しいデータは417件存在した。再順位付けの結果、上位に出現したデータには「奇琳(teilin)」「希林(cilin)」等があり、これらは発音記号の子音 $k$ が $tc$ や $c$ に、 $r$ が $l$ に、母音 $i$ が $i$ に変更されたデータであり、子音・母音ともに発声方法が近似し、聴覚的にも似ていると考えられる。一方、下位に出現したデータには「港安(kan'an)」「口岸(kou'an)」等があり、発音記号の変更に規則性は少なく、音の種類(子音・母音)や発声方法が異なり、聴覚的にも似ていない。

表4：検索結果

正解データ出現件数	従来手法	提案手法
1位	5件	9件
1-10位	13件	19件
1-100位	27件	32件
1-1000位	51件	62件
平均順位	4929位	4130位

### 4. おわりに

本研究では、従来の編集距離だけでは対応できない音の類似性について、音の種類・聞こえ度を考慮した類似度算出アルゴリズムにより定義した編集距離を用いて、音の類似度順に順位付けをすることを検討し、有効性を確認した。編集距離 $d_r$ の計算において、厳密には、子音は有声音と無声音の差を、母音は円唇母音と非円唇母音の差を考慮する必要があるため、聞こえ度係数も含めて今後検討したい。

#### 参考文献

- [1] V. I. Levenshtein. Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. Soviet Physics Doklady. 1966, vol. 10, no. 8, p. 707-710.
- [2] 国際音声学会編 竹林滋, 神山孝夫訳. 国際音声記号ガイドブック - 国際音声学会案内. 大修館書店, 2003, 320p.