

An Analysis of Japanese Vowel Sequence with Optimality Theory and its Statistical Evaluation of the Constraints

**Takahisa Ota
Akira Ujihira**

Abstract

This paper consists of two parts. The first part is an attempt to construct a constraint ranking for vowel sequences in Japanese. The framework of the analysis is from Optimality Theory. Vowel sequences tend to disappear in any language for reasons of ease of diction. Some survive as they are, some are fused into one vowel with the other being deleted. We set four constraints for the output of consecutive vowels on the survivals or the fusions. The constraints for fusion and deletion of one vowel are *ADJUST HIGH* and *TAKE LAST*. Those for survival and blocking of vowel sequence are *LINEARITY-IO* and *OCP*. With these constraints we get two constraints rankings: one for formal speech, the other for informal speech. Each of these two constraints plays a crucial role in how changes occur in speech style. The former's ranking is *LINEARITY-IO* >> *OCP* and the latter's is the opposite. In the both cases *ADJUST HIGH* >> *TAKE LAST* is common. These rankings are reversed for ancient Japanese. In the second part of this paper, an evaluation for the validity of the ranking in formal speech is attempted employing a method from information engineering and the use of one dictionary and two language corpuses. These references sources were the UniDic, CSJ, and BCCWJ (from The National Institute of Japanese Language). The main procedure for the estimation of the importance of the constraints was done using the Maximum Entropy Model. Consequently the evaluation proves the validity of the ranking in the corpuses.

最適性理論による日本語の 母音連続の分析と制約の統計的検討

太田貴久
氏平明

キーワード: 母音連続、母音融合、最適性理論、制約の序列, 最大エントロピー法

1. はじめに

音声の分節素または分節音 (segment) の配列では、類似するものを隣接させないという普遍的な方略がある。異種の分節音を並べた語句の構成の方が、メリハリのきいた弁別しやすい音声となり、伝達効率がいいからである。音韻論ではそれに関する制約が OCP : Obligatory Contour Principle (Goldsmith 1979) で、音声学ではその現象を異化と言っている (竹林 1996)。しかし、その方略が個別の事象でどのように機能して音声が出力するのかが不明である。

日本語も母音すなわち音韻素性の [+母音性] の連なりを嫌う。上代の日本語は母音が2つ続くことがなかった。母音の直前には必ず [-母音性] の音韻素性をもつ分節音、子音が位置した。また語頭を除いて母音が単独では現れないという頭音法則があった (沖 1992)。しかし、時代を経て語頭の母音で始まる語が他の語に後続することにより母音が連続するような状況が生じてきた。

この母音連続を回避する方法が3つ考えられる。第1が2つの母音をそれらの中間の母音に集約する方法、第2が前の母音または後ろの母音を削除する方法、そして母音間に子音を挿入する方法である。さらに、室町時代後期には連母音が単母音を引き延ばす形にも変化していった。以上のことは金田一 (1976) に述べられている。これは日本語の母音連続の歴史的な変化であるが、現代日本語ではていねいな発音とぞんざいな発音で、同様な母音連続の回避が観察される (窪蘭 1999、窪蘭・本間 2002、岸田 1984)。また母音連続がそのまま生き残るものも多く観察される (小野 2001、Kubozono 2008)。この通時的、ならびに共時的変化の事実を先行研究 (稲田 2008、Kawai 2005、窪蘭・本間 2002、小野 2001、窪蘭 1999、岸田 1984、金田一 1976) から引用して以下に例示する。

- (1) a. /eiga/ (映画) → [e:ga]、/ouji/ (王子) → [o:ʒi]、/iu/ (言う) → [ju:]
 b. /hakoo/ (箱を) → [hako:]、/kobe/ (神戸へ) → [kobe:]
 c. /sugoi/ (凄い) → [sü:ye]、/takai/ (高い) → [take:]、/samui/ (寒い) → [sami:]
 /kaeru/ (帰る) → [ke:rü]、/hukuoka/ (福岡) → [ɸuko:ka]
 d. /kaitekou/ (書いておこう) → [kaitoko]、/kaitegeru/ (書いてあげる) → [kaitayerü]
 e. /daikon/ (大根) → [dekon]、/saigoodon/ (西郷どん) → [segodon]
 f. /kai/ (貝) → [kai]、/ie/ (家) → [ie]、
 g. /kouma/ (子馬) → [kouma]、/satooya/ (里親) → [satooja]
 h. /sakiari/ (咲きあり) → [sakeri]、/araiso/ (荒磯) → [ariso]、/awaumi/ (淡海) → [o:mi]
 /neu/ (尿) → [no:]、/hataori/ (機織り) → [hat'tori]、/tokoe/ (処へ) → [toke:]

(1a) と (1b) は現代語で、基底に母音連続を仮定すれば、表層で1つの母音になるものである。(1c)、(1d) と (1e) は現代語の丁寧な発音とぞんざいな発音が異なるもので、(1f) と (1g) は母音連続に変化がないものである。また (1h) は過去に母音連続の変化が生じて、それが終了したものである。他の観点からみると、現代語で (1a)、(1c)、(1e) と (1f) は単独の形態素からなり、(1b)、(1d) と (1g) は複数の形態素からなっている。また (1c) と (1e) はぞんざいな発音に属し、(1c) が東京方言、(1e) が鹿児島方言 (シラビーム方言) である。

連続する2つの母音を1つの母音にまとめるには、先ほど述べた金田一 (1976) にあるように一方の母音を削除するか、他の母音に置き換えるかである。そして1つになった母音は短母音または長母音である。これらの現象は母音融合とも言われている (上田 1996、窪蘭 1999、小野 2001、2004、稲田 2008)。

本研究は、この現代語の母音連続とその融合形を最適性理論 (以後 OT: Prince & Smolensky 1993、2004、McCarthy & Prince 1993) の枠組みで分析する。これらの不変形や変化形の一般化から背景に潜む規則や制約の妥当性と整合性を吟味してそのメカニズムを探究する。従来の生成音韻論の枠組みでは、一般化や規則が限定された範囲に留まってこの現象の全貌をとらえられない (窪蘭 1996)。そこで、普遍性のある制約の序列による候補の選択で出力が決まる OT の枠組みで分析を試みる。そしてそこで提示した制約の序列を、国立国語研究所によって作成された現代語の辞書と2つのコーパスに基づき、最大エントロピー法で検証する。

2. 先行研究

日本語の母音連続とその変化を歴史的に記述した先行研究は、橋本 (1950、1966)、金田一 (1976)、岸田 (1984) 等がある。これらの事例の一部を (1h) に挙げた。日本語の母音融合の一般化を試みた主な研究には、上田 (1996)、窪蘭 (1999)、小野 (2001、2004)、稲田 (2008) がある。上田 (1996) は静岡市とその周辺の方言における母音変遷を依存音韻論 (Anderson, J & Ewen Colin 1987) の枠組みで分析し、そこに方言圏論 (柳田 1969、亀井他 1996) を見た。連続する母音

が中間の母音に変遷する過程を母音同士の綱引きで量るという分析手法が用いられている。これは金田一（1976）の言う「中間の母音」や小野（2001、2004）が議論した母音同士の力関係や距離と同様な発想あるいは観点である。

窪菌（1999）は日本語の母音融合を音声素性により一般化した。窪菌（1999）が対象にしたのは現代語の丁寧な発音やぞんざいな発音に見られる母音融合である。そこで母音連続 V_1V_2 (V は母音を表す、 V_1 は母音連続の前部の母音を V_2 は同後部の母音を表す) において、つぎのような一般化が可能なことを提示した。「基底の母音連続 V_1V_2 は表層で V_3 に融合し、 V_3 は V_1 の素性 [high] の指定と V_2 の素性 [low] と素性 [back] の指定を受け継ぐ。」これは明解な一般化であるが、小野（2001、2004）と稲田（2008）は、ともにこの一般化の弱点を指摘して、より妥当性の高いそして OT 分析に結びつく一般化を試みている。弱点とは、 V_3 が V_1V_2 の素性を分離して受け継ぐ概念的な問題、なぜ前部のその素性を、後部のその素性を引き継ぐのかの理由等、が未解決であることと、その一般化で過剰生成が生じる点である。小野（2001、2004）と稲田（2008）は、現代日本語の母音融合の経験的事実を網羅し、表現は異なるが、一般化の根拠として同じような観察結果を得た。

小野（2001、2004）は、母音融合を起こす前提として、母音連続の聞こえ度 (Selkirk 1984) が $V_1 > V_2$ であることを示した。そして日本語の母音融合の重要な特徴が、 V_1V_2 の母音融合 V_3 が /e/ または /o/ のいずれかであることを述べている。要するに高さが中和されることである。

稲田（2008）は、まず不完全指定理論 (Archangeli 1988) の表示法を用いた。それは素性に ± の指定をせずに、素性の + を有標に、- を無標、すなわち無指定とする表現である。そしてつぎのような一般化を導いた。第一に、 V_1V_2 がともに [high] ([+ high]) か、ともに無指定 ([- high]) のとき V_2 となる。第二に、 V_1V_2 の一方が [high] のとき、 V_2 の [high] と [low] が中和されて、 V_2 が [back] ([+ back]) のとき /o/ に、無指定 ([- back]) のとき /e/ となる。そして OT を用いた分析を試みて、その制約として、TAKE LAST (後部母音の特性を残せ) と ADJUST HIGH (高さを調和させよ) を提示した。序列は ADJUST HIGH だけの適格が条件付きで母音融合を許すが、TAKE LAST だけの適格では母音融合が生じないので、ADJUST HIGH >> TAKE LAST となる。この一般化と OT 分析で (1) で提示した (1a) の「言う」、/iu/ → [ju:]、と (1b) の「荒磯」、/ai/ → [i]、以外の母音融合がすべて生成する。稲田の提示した一般化と制約は、窪菌（1999）の概念に関する解説不足と、その一般化が当てはまらなかった例を補ったきわめて優れた仮説である。これらの母音融合を現在常にそうなるもの、丁寧な発音とぞんざいな発音で異なるもの、昔融合したものの 3 分類で再構成すると以下ようになる。母音連続の前部要素が + の前で後部要素が + の後ろである。(4j) は 12 世紀半ばに開発された京都の北山の花背峰定寺が位置する地形に基づいた谷の名前である (澤 1991)。

(2) 現在常に融合

- a. /i/ + /u/ = /yu:/ 例：言う b. /e/ + /i/ = /e:/ 例：映画
c. /o/ + /u/ = /o:/ 例：王子

(3) ぞんざいな発音で融合

- a. /u/ + /i/ = /i:/ 例：寒い b. /u/ + /o/ = /o:/ 例：静岡、福岡
c. /e/ + /o/ = /o/ 例：書いておこう d. /e/ + /a/ = /a/ 例：書いてあげる
e. /o/ + /i/ = /e:/ 例：凄い f. /a/ + /i/ = /e:/ 例：高い
g. /a/ + /e/ = /e:/ 例：帰る

(4) 過去に融合したもの

- a. /i/ + /e/ = /e/ 例：野家 (のえ) b. /i/ + /o/ = /o/ 例：端折る (はしよる)
c. /i/ + /a/ = /e/ 例：咲あり (さけり) d. /u/ + /e/ = /e/ 例：尾上 (おのえ)
e. /e/ + /u/ = /o:/ 例：尿 (にょう) f. /o/ + /e/ = /e:/ 例：処へ (とけえ)
g. /a/ + /u/ = /o:/ 例：淡海 (おうみ) h. /a/ + /o/ = /o/ 例：機織り (はっとり)
i. /a/ + /i/ = /i/ 例：荒磯 (ありそ) j. /a/ + /i/ = /e/ 例：たいら谷 (てらだに)

母音連続 (hiatus) の OT 分析では Casali (1998) がある。日本語の例は挙げられていないのだが、形態素境界や音節境界の母音連続が 1 音節として、融合されるための制約とその序列を論じている。この研究には、母音連続が生き残る要件としての制約や適格性について示唆されるところがある。例えば Sonority Fall というダガ語の母音連続の適格性で提案された制約は、分節音の聞こえ度の尺度 (Selkirk 1984) を導入して V_1V_2 で聞こえ度の $V_1 > V_2$ を禁じている。母音連続は本来聞こえ度 $V_1 < V_2$ が望ましく、 V_2 が重視される場所は普遍的な根拠があると思われる。聞こえ度が $V_1 > V_2$ で、この母音連続が生き残るには V_1 と V_2 聞こえ度の差が大きくなければならない。日本語においても Kubozono (2008) が母音連続 /ai/ と /au/ の非対称性を同様な適格性から音声学的に論じている。

Kawai (2005) と Kawai (2006) の前者は formal speech (ていねいな発音)、後者は vulgarism または casual speech (ぞんざいな発音) に関するものである。Kawai の研究には問題点が 2 つある。1 つは、Kawai (2005) 提示の 6 つのタブローが、著者が提案している複雑な制約群のランキングより単純な OCP >> UNIFORMITY-IO >> Onset の序列で、すべて説明可能なことである。2 つ目は、母音融合も視野に入れた分析なのに、重要な先行研究である 窪蘭 (1999) と 小野 (2001, 2004) を無視して、母音融合の有力な先行研究に対する考察がない点である。

Casali (1998) と kawai (2005, 2006) の共通の問題点の 1 つは日本語の /kaeru/ (帰る) が [ke : rü] になるような形態素内の融合を彼らの提示する制約群で、生成できないことである。母音連続で後部要素を残す融合は、形態素境界に関係なく、単純に後部要素を残す制約で候補を絞らなければならない。Casali や Kawai は、形態素境界の後部要素の頭を生かす制約、P(°)-lex (Casali 1998) や ALIGN-MORPH-L にその役割を担わせているので、誤った生成をしてしまうので

ある。本研究では Casali の研究も一部参考にするが、稲田 (2008) に母音連続が生き残るか否かの制約を加えて OT 分析を試みる。

また制約ランキングの妥当性の検証は、最大エントロピー法で行う。最大エントロピー法とはコンピューター言語学 (Computer Linguistic) や自然言語処理などで用いられる統計モデルの一種である。ここでのエントロピーは、情報理論の分野におけるエントロピーで、ある事象の起こりにくさを表す尺度である。実際のコーパスから各制約の重要度ともいえる値を最大エントロピー法によって計算し、その値から制約ランキングの妥当性と、状況による制約ランキングの変化を検証する。OT に最大エントロピー法を用いた研究として Goldwater and Johnson (2003) がある。本研究は Goldwater and Johnson (2003) と同様の手法を用いるが、実際にコーパスから求めた結果に対する分析は Goldwater らの研究ではなされていない。

3. 本研究の手順

3.1 入力と出力

先行研究では、基底を母音連続のかな表示の通りとし、表層を融合形としている。OT 分析では、生成音韻論の基底表示が入力、表層表示が出力とみなされる。古典時代の人々は発音するとおりのかな表示をしていた (金田一 1976)。しかし現代語はかな文字と対応していない発音がある。その中には /ei/ (えい) の場合のように、実際の発音に [ei] と [e:] が入り混じっているものがある。それはまだ頭の中で正しい発音は「かな表示どおり」だという規範意識があり、特に「青春」「人生」は /ei/ と発音する場合が少ない (高山 2003)。このことは /ei/ が基底にあって、表層が [ei] と [e:] の二つの場合があると考えられる。最適性理論では、生成音韻論と同様に、入力は心的辞書から引き出されるものとし、それは母語において一定だとするが、言語獲得等を通してそのことに疑問を呈する意見もある (上田 2008)。出力に現れた形態が [ei] か [e:] であるとき、一方が入力形である可能性が考えられる。それを確認するためにつきのような実験を行った。

材料は「えいが (映画)」（/ei/ が語頭に現われて東京方言でアクセント核が /e/）と「ちめい (地名)」（/ei/ が語末に現われて東京方言でアクセントが平板）である。この /ei/ を含んだ語が中核になる文を、ていねいな表現とぞんざいな表現で成人の被験者 50 名（各地方出身の日本語母語話者）に発話してもらった。それを DAT で録音し、音響分析（サンプリング周波数 48KHz 16 ビット、ソフト praat5.1）を行い、スペクトログラム表示の第 1 フォルマントと第 2 フォルマントの遷移で、[ei] か [e:] を確認した。手順と留意点は以下のとおりである。

手順 1. 提示文：	ていねいな発話	ぞんざいな発話
	「きのう映画に行ったのです。」	「きのう映画に行ったんよ。」
	「その地名がわかりません。」	「その地名がわからん」

手順 2. 話者にはていねいな発話とぞんざいな発話をアトランダムに紙面の文を見て練習をした

後に、ていねいな発話とぞんざいな発話（/ei/ 以外の部分を各方言に変更可能）2回ずつ紙面を見ながら言ってもらい、2回目を分析対象とした。

留意点 /ei/ に後続する位置には有声の閉鎖音 /g/ を置いた。理由は [ei] と [e:] の後続に閉鎖区間があって有声であれば、[ei] と [e:] の末尾のフォルマントの遷移が明確に観察できるからである。ただ有声破裂音 [g] の弱化が生じて [ɣ] が出現する可能性がないでもないが（前川 2010）、有声摩擦音が後続していても、母音と異質な形がスペクトログラムに現れ、観察の指標がなくなる可能性が少ないと判断したからである。いずれにしても母音連続は [ei] であれば、第2フォルマントが閉鎖区間に向かって上昇しているが、[e:] では平たくなっている。

図1にスペクトログラムの結果を表示し表1表2にそれらの出現率を示す。

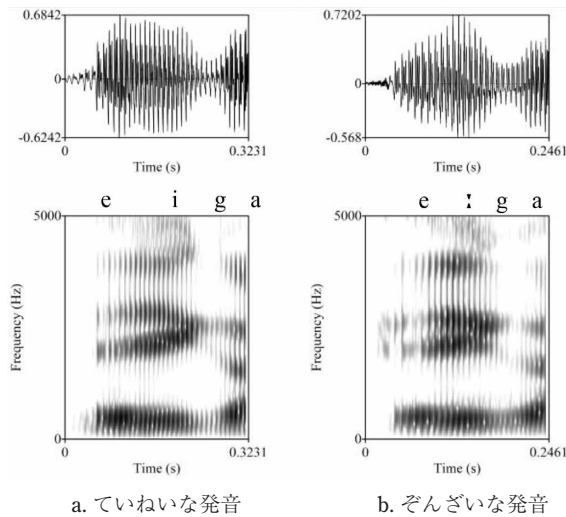


図1：スペクトログラム

出現率の結果は「映画」を含むていねいな発話で66%が [ei] で、残りが [e:]、ぞんざいな発話はすべて [e:] であった。「地名」を含む文ではていねいな発話の54%が [ei] で、残りが [e:]、これもぞんざいな発話はすべて [e:] であった。

表1：音響分析結果（ていねいな発話）

語	[ei]	[e:]	?
映画	33 (66%)	17 (34%)	0 (0%)
地名が ^s	27 (54%)	18 (36%)	5 (10%)
累計	60 (60%)	35 (35%)	5 (5%)

表 2：音響分析結果（ぞんざいな発話）

語	[ei]	[e:]	?
映画	0 (0%)	50 (100%)	0 (0%)
地名が	0 (0%)	50 (100%)	0 (0%)
累計	0 (0%)	100 (100%)	0 (0%)

これは「映画」という文字を見て、34 名が丁寧な発話で [eiga] と発し、ぞんざいな発話で [e:ga] と発したという事実である。言い換えれば、入力表示が /eiga/ で表層表示が [eiga] の場合と [e:ga] の場合があるという可能性を示唆している。「地名」についても同様に 27 名が /timei/ を入力にして、[t̚imei] または [t̚ime:] を出力している可能性が窺われる。以上から少なくとも複数の現代日本語母語話者が /ei/ を基底表示にしている可能性を確認できた。「映画」と「地名」で、ていねいな発音において [ei] の出現率が異なることや、他の母音連続の各語彙も含めて、語彙によってあるいは母音連続の種類によって、「映画」の例と異なることも考慮するべきかもしれない。しかし、本実験により複数の日本語母語話者が、母音連続のかな文字表記を基底表示（入力）としている可能性が確認できたと考える。本研究は、それを前提としてかな文字表記を入力として OT 分析を進める。

3.2 母音融合に関わる制約

日本語の連続母音は、子音挿入を除けば、個々の母音が共にそのまま生き残るか、または融合するかあるいは一方を削除して一つの母音になるかである。すなわち生き残るための制約と融合するための制約が機能している。言い換えると、前者が融合するか否かを、後者が融合の適正な形を生成する制約である。融合の一般化とその生成の制約は稲田（2008）を踏襲する。

稲田の仮説は高さの中和と連続母音の後部要素の素性を引き継ぐことが融合の要件である。融合は二者の区別をなくして一つになることなので、中和は納得のいく解決法である。後部要素の素性を引き継ぐのは、後部要素が前部要素より優位にあるということである。Casali (1998) や Kubozono (2008) からも、母音連続で後部要素が重視されたり、その振る舞いが注目されたりすることが窺われる。これは音声学・音韻論的の同化の傾向からも分節音の後続要素が前接要素より優位であることが理解できる。例えば日本語の「ん」の調音は逆行同化で決まる。これは後続する分節音からの同器性の要求である。「ん」に後続する分節素がないときは、順行同化で決まる。これは同器官的ではなく、その影響である。「ん」の環境が母音である時、例えば /senen/ (千円) の語中の /n/ は [ẽ] となり、/sen/ (千) の語末の /n/ は [ŋ] となる。環境が子音の時、/kanburi/ (寒鯛) /n/ は /b/ のとの同器性で [m] となる。後続要素からの影響は強く直接的であるが、前接要素からの影響はそれほど強くなく二次的で間接的である。音韻論的には、「ん」は音韻素性の腔素性で鼻音性以外は、不完全指定であり、その他の素性は後続する分節素の腔素性の素性と同指定となる。これらから二者の連続では後部要素が前部要素により大

きく直接的な影響力をもつことがわかる。したがって母音連続の連続する二つの母音において後部要素が優位であり、制約でその要素を引き継ぐという設定が可能と考える。

稲田 (2008) の表示法でも同じ結果となるが、本研究では従来の素性の指定法を用いて、高さの素性は $[\pm \text{high}]$ と $[\pm \text{low}]$ とする。すなわち /i/ と /u/ のみが $[\text{+ high}]$ で、/a/ と /o/ と /u/ が $[- \text{high}]$ 、/a/ が $[\text{+ low}]$ で他が $[- \text{low}]$ である。前後の位置についても /a/ と /o/ と /u/ を $[\text{+ back}]$ とし、/e/ と /i/ は $[- \text{back}]$ とする。日本語の母音の高さは三種類あり、高さの中和とは、その高さの対立がなくなることであり、一方か中間への集束となるから高さの三段階の弁別要件が不可欠である。また後部要素を引き継ぐには $[\pm \text{round}]$ も影響してくる。少しでも両唇が関係しているところを $[\text{+ round}]$ とすると /u/ と /o/ がその素性を持ち、/i/ と /e/ と /a/ が $[- \text{round}]$ である。

日本語の /a/ は、音声学的には $[\text{a}]$ と $[\text{ɑ}]$ を含むかなり広い範囲の母音で、前舌か後ろ舌かどちらともきめることはできないと言われる (川上 1992)。音韻論的にも日本語の /a/ は $[\pm \text{back}]$ または無指定の両方の特性をもつ可能性もある。しかし語末鼻音の /n/ の実現形、これは前接する分節素の影響をうける順行同化がおこって /n/ の調音の位置が決まる。/n/ は $[- \text{back}]$ の /i/ や /e/ が前接すると軟口蓋音の $[\text{ŋ}]$ となる。/a/ が前接すると $[\text{+ back}]$ の /o/ や /u/ と同様に口蓋垂の $[\text{ŋ}]$ となる。これらは /in/ (院)、/en/ (円)、/an/ (案)、/on/ (音)、/un/ (運) 等の内省で確認できる。すなわち /a/ は $[\text{+ back}]$ の母音と同じ振る舞いをする。それを考慮すると /a/ は $[\text{+ back}]$ となる。また音響分析で母音の第2フォルマントから第1フォルマントを差し引いた値が舌の前後の位置を反映していると言われている (ラディフォギッド 1999、Ladefoged 1993)。筆者が男女同数の 50 人の日本語成人母語話者のその数値を検証したことがある。結果は、/a/ が前舌の /i/ や /e/ から離れて後ろ舌の位置の /o/ と /i/ の近くにあり、/u/ より後ろに位置することも多数あった。音響音声学的にも日本語の /a/ が $[\text{+ back}]$ であることが窺われる。

(5) 母音融合生成の制約

a. TAKE LAST : 後部母音の特性を残せ。

V_2 の素性の指定を残す。

b. ADJUST HIGH : 高さを調和させよ。

V_1V_2 がともに $[\pm \text{high}]$ または $[\pm \text{low}]$ で同指定のとき、一方を出力する。

それ以外は $[- \text{high}]$ $[- \text{low}]$ の母音 : /e/ または /o/ が出力。

その序列は、ADJUST HIGH >> TAKE LAST である (2. を参照)。稲田 (2008) の融合の制約を踏襲すると、(1a) (2a) の「言う」と (1h) (4i) の「荒磯」の生成が出来ないが、「言う」は後述の HIATUS-RAISING (Kager 1999) で /i/ が /y/ に変化した例と見られる。「荒磯」(4i) と「たいら谷」(4j) は /a/ + /i/ の融合が時代の異なりで出力形が異なると考えられる。古い時代は TAKE

LAST >>ADJUST HIGH で、(4i) の「荒磯」がそれに当たり後部要素を残すことを中和より優先させている。(4j)「たいら谷」の地区が開発されたのは 12 世紀の半ばで、その頃は融合が中和優先となっていたことが想像できる。それが現代の融合の出力形となる。

母音連続を入力とすれば、母音連続が融合しない例も多数あり、それらが出力する過程も分析に組み込む必要がある。したがってこの母音融合を入出力過程で阻止する制約も必要となる。それが LINEARITY-IO で、出力は入力 of 先行構造を反映させなければならない、そして逆もまた同様である (Kager 1999) という制約である。LINEARITY-IO は強力な母音融合阻止の制約である。そして、母音融合を阻止する制約に対して母音連続を阻止する制約も必要となる。これが OCP で、同一の隣接する自律分節を阻止するものである (Goldsmith 1976)。

(6) 連続母音生き残りとその阻止の制約

- a. LINEARITY-IO : 出力は入力 of 先行構造を反映させなければならない。また入力も出力 of 構造を持っていなければならない。すなわち V_1V_2 をそのまま保持せよ。
- b. OCP : 同じ素性をもつ分節音を隣接させるな。すなわち母音連続を許さない。

その序列は連続母音の生き残りを期待するかどうかで変化する。期待が高いと LINEARITY-IO >> OCP となり、期待が低いすなわち融合の期待が高いと LINEARITY-IO << OCP となる。連続母音が共に生きるということは、個々の母音の存在が際だっているということだろう。2 母音の位置から、Casali (1998) 等の言うように連続母音が生き残るには聞こえ度 $V_1 < V_2$ が望ましい配置であるが、聞こえ度 $V_1 > V_2$ でもその差が大きいと二重母音になる場合がある (Kubozono 2008)。聞こえ度の差が小さいか無いとき融合が生じやすくなる。このことは、先に言及した Casali (1998) の SONORITY-FALLING や Kager (1999) で提示されている HIATUS-RAISING も同様な背景と考えられる。HIATUS-RAISING は、母音連続 V_1V_2 で V_1 の舌の位置が上昇し、聞こえ度 $V_1 < V_2$ を達成する制約である。現代日本語でも、このことを導入しないと分析できない事例が生じる。それらが (1a) (2a) の例、/iu/ (言う) → [ju] である。

また母音連続生き残りの聞こえ度 $V_1 < V_2$ でも (1c) の /hukuoka/ や (1d) の /kaiteageru/ のような /uo/ や /ea/ で、融合するものが見られる。窪蘭 (1999) の音声素性を用いた母音融合の一般化では、前部要素 [\pm high] の指定と後部要素の [\pm low] と [\pm back] の指定が融合母音に継承される。後部要素が二つの素性の指定を引き継ぐことから後部要素が重視されることや、前後の母音から高さに関する素性の指定を引き継ぐことから高さが中和されていることが窺える。これらは、小野 (2001, 2004) や 稲田 (2008) の経験的事実の綿密な考察からも引き出されている。

母音融合生成の制約、ADJUST HIGH と TAKE LAST は、母音連続の生き残り制約 LINEARITY-IO とその阻止の制約、OCP とそれぞれ同位置にあり、母音連続が生き残れば、融合の制約は機能しない。

3.3 連続母音生き残りとの融合に関する OT 分析

以下に 39 例の連続母音生き残りとの融合の OT 分析を示す。(2) (3) (4) で例示したものを網羅している。左欄が連続母音生き残りの期待が大きいもの、例えば丁寧な発音で、右欄が母音融合の期待が大きいもの、ぞんざいな発音等である。その他 1 は時代的な制約の序列移動の例で、その他 2 は HIATUS-RAISING が不可欠な例である。AH は ADJUST HIGH、TL は TAKE LAST、LINE は LINEARITY-IO を表す。表内の縦の実線がランキング境界で破線が同ランキングの他の制約境界である。「*」が制約違反、複数の「**」が複数の制約違反、例えば素性の違反数が複数となると「*」が複数になる。序列の高い制約違反が候補排除の第 1 要件、2 番目が違反数の多いものである。「*!」が排除決定違反で、☞が最終的に選択された候補を示す。

図 2：母音融合の OT 分析

(1) 例：高い

Input: /ai/	AH	LINE	TL	OCP
a. ☞ ai				*
b. a	*!	*	**	
c. i	*!	*		
d. e		*!	*	

(3) 例：寒い

Input: /ui/	AH	LINE	TL	OCP
a. ☞ ui				*
b. u		*!	*	
c. i		*!		

(5) 例：青春

Input: /ei/	AH	LINE	TL	OCP
a. ☞ ei				*
b. e		*!	*	
c. i	*!	*		

(7) 例：福岡

Input: /uo/	AH	LINE	TL	OCP
a. ☞ uo				*
b. u	*!	*	*	
c. o		*!		

(9) 例：すごい

Input: /oi/	AH	LINE	TL	OCP
a. ☞ oi				*
b. o		*!	**	
c. i	*	*!		
d. e		*!	*	

(2) 例：たけえ

Input: /ai/	AH	OCP	TL	LINE
a. ai		*!		
b. a	*!		**	*
c. i	*!			*
d. ☞ e			*	*

(4) 例：さみい

Input: /ui/	AH	OCP	TL	LINE
a. ui		*!		
b. u			*!	*
c. ☞ i				*

(6) 例：映画

Input: /ei/	AH	OCP	TL	LINE
a. ei		*!		
b. ☞ e			*	*
c. i	*!			

(8) 例：福岡

Input: /uo/	AH	OCP	TL	LINE
a. uo		*!		
b. u	*!		*	*
c. ☞ o				*

(10) 例：すげえ

Input: /oi/	AH	OCP	TL	LINE
a. oi		*!		
b. o			**!	*
c. i	*!			*
d. ☞ e			*	*

(11) 例：書いておこう

Input: /eo/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> eo				*
b. e		*!	*	
c. o		*!		

(13) 例：書いてあげる

Input: /ea/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ea				*
b. e		*!	*	
c. a		*!		

(15) 例：仔馬

Input: /ou/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ou				*
b. o		*!	*	
c. u	*!	*		

(17) 例：里親

Input: /oo/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> oo				*
b. i	*!	*	**	
c. a	*!	*	**	
d. o		*!		

(19) 例：家

Input: /ie/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ie				*
b. i	*!	*	*	
c. e		*!		

(21) 例：記憶

Input: /io/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> io				*
b. i	*!	*	**	
c. o		*!		

(23) 例：気合

Input: /ia/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ia				*
b. i	*!	*	**	
c. a	*!	*		
d. e		*!	*	
e. o		*!	**	

(25) 例：上

Input: /ue/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ue				*
b. u	*!	*	**	
c. e		*!		

(27) 例：稀有

Input: /eu/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> eu				*
b. e		*!	**	
c. u	*!	*		
d. o		*!	*	

(12) 例：書いとう

Input: /eo/	AH	OCP	TL	LINE
a. eo		*!		
b. e			*!	*
c. <small>ㇿ</small> o				*

(14) 例：書いたげる

Input: /ea/	AH	OCP	TL	LINE
a. ea		*!		
b. e			*!	*
c. <small>ㇿ</small> a				*

(16) 例：王子

Input: /ou/	AH	OCP	TL	LINE
a. ou		*!		
b. <small>ㇿ</small> o			*	*
c. u	*!			*

(18) 例：砂糖屋

Input: /oo/	AH	OCP	TL	LINE
a. oo		*!		
b. e			*!	*
c. i	*!		**	*
d. <small>ㇿ</small> o				*

(20) 例：野家 (のえ)

Input: /ie/	AH	OCP	TL	LINE
a. ie		*!		
b. i	*!		*	*
c. <small>ㇿ</small> e				*

(22) 例：端折る (はしよる)

Input: /io/	AH	OCP	TL	LINE
a. io		*!		
b. i	*!		**	*
c. <small>ㇿ</small> o				*

(24) 例：咲けり

Input: /ia/	AH	OCP	TL	LINE
a. ia		*!		
b. i	*!		**	*
c. a	*!			*
d. <small>ㇿ</small> e			*	*
e. o			**!	*

(26) 例：尾上 (おのえ)

Input: /ue/	AH	OCP	TL	LINE
a. ue		*!		
b. u	*!		**	*
c. <small>ㇿ</small> e				*

(28) 例：尿

Input: /eu/	AH	OCP	TL	LINE
a. eu		*!		
b. e			**!	*
c. u	*!			*
d. <small>ㇿ</small> o			*	*

(29) 例：声

Input: /oe/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> oe				*
b. o	*!	*	**	
c. <small>ㇿ</small> e				*

(31) 例：会う

Input: /au/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> au				*
b. a	*!	*	***	
c. u	*!	*		
d. o		*!	*	
e. e		*!	**	

(33) 例：青

Input: /ao/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ao				*
b. a	*!	*	**	
c. o		*!		
d. e		*!	**	

(35) 例：大根

Input: /ai/	AH	LINE	TL	OCP
a. <small>ㇿ</small> ai				*
b. a	*!	*	**	
c. i	*!	*		
d. e		*!	*	

その他 1：歴史的な変遷 TL > AH ⇒ AH > TL

(37) 例：荒磯（ぞんざいな発音）

Input: /ai/	TL	OCP	AH	LINE
a. ai		*!		
b. a	**!		*	*
c. <small>ㇿ</small> i			*	*
d. e	*!			*

その他 2：HIATUS-RAISING

(39) 例：言う（ていねいな発音）

Input: /iu/	HR	AH	LINE	TL	OCP
a. iu	*!				*
b. i			*!	*	
c. u			*!		
d. e			*!	**	
e. o			*	*!	
f. <small>ㇿ</small> yu			*		

(30) 例：処へ（とけえ）

Input: /oe/	AH	OCP	TL	LINE
a. oe		*!		
b. o			**!	*
c. <small>ㇿ</small> e				*

(32) 例：淡海（おうみ）

Input: /au/	AH	OCP	TL	LINE
a. au		*!		
b. a	*!		***	*
c. u	*!			*
d. <small>ㇿ</small> o			*	*
e. e			**!	*

(34) 例：機織り（はっとり）

Input: /ao/	AH	OCP	TL	LINE
a. ao		*!		
b. a	*!		**	*
c. <small>ㇿ</small> o				*
d. e			**!	*

(36) 例：大根（でえこん）

Input: /ai/	AH	OCP	TL	LINE
a. ai		*!		
b. a	*!		***	*
c. i	*!			*
d. <small>ㇿ</small> e			*	*

(38) 例：寺谷

Input: /ai/	AH	OCP	TL	LINE
a. ai		*!		
b. a	*!		**	*
c. i	*!			*
d. <small>ㇿ</small> e			*	*

HIATUS-RAISING がないと出力は iu となる。しかし /i/ と /u/ はともに [+ high] でともに生き残ることができない。聞こえも対等であるから、ともに生き残るには前部要素の聞こえを低くする必要がある。その制約が、対等な聞こえの母音連続がともに生き残るための HIATUS-RAISING (HR で表す) で、HR、AH、LINE>>TL、OCP の順序で入力 /iu/ から /yu/ を出力する

3.4 全体の入出力に対応する制約

MAX-IO と DEP-IO は削除と挿入を規制するための基本的な制約で、WT-IDENT-IO は入出力においてモーラ数を保持するために不可欠な制約である (Kager 1999)。大多数の日本語の方言はモーラを主たる音韻単位としており (窪蘭・本間 2002)、入力と出力の過程で補償効果としてモーラ数を保たなければならない。一方シラビーム方言では音節が主たる音韻単位であるから、その過程でモーラ数ではなく音節の数を保持する。前者の東京方言が (1c) で、後者の鹿児島方言が (1e) である。例えば入力を /daikon/ (大根) とすると、出力は前者が [de:kon] で、入出力でモーラ数が保持され、後者が [dekon] で、音節の数が保持される。

現代日本語では母音連続の一方の母音が削除される場合も、稲田 (2008) の一般化の規則に従った母音融合で、例えば入力 /eigo/ (英語) が出力 [e:go] となり、入力 /toori/ (通り) で出力 [to:ri] となる。これらは WT-IDENT-IO によりモーラ数が保持されているのである。また WT-IDENT-IO がモーラ数を保持することで、入出力の削除も制御するので、これが MAX-IO の役割も担っている。ただ (1d) 「書いてあげる」「書いておこう」のような語彙の意味を有する二つの形態素の境界を越える母音連続が融合する場合は、WT-IDENT-IO は機能しない。換言すると、その場合は WT-IDENT-IO は制約の序列の下位に位置する。

DEP-IO、WT-IDENT-IO、LINEARITY-IO、OCP を入出力に対応する制約とする。DEP-IO は入力にならないものの挿入を規制する。WT-IDENT-IO はモーラ数を保ち、削除を規制する。LINEARITY-IO は融合を規制する。OCP は母音連続を阻止する。これらの制約が融合に関する制約と相互作用して、最終出力を生成する。

4. 現代日本語の制約の序列

前節までの結果を踏まえて、母音連続に関する OT 分析を行う。DEP-IO と WT-IDENT-IO は制約ランキングの上位にある。それらは挿入と削除を規制するからである。挿入と削除を阻止する力が弱いと、出力候補を経済的に制御できない。したがって DEP-IO と WT-IDENT-IO は、と同位置にあると思われる。いくつかの例をタブロー図 3 に示す。

図 3：母音連続の OT 分析
(WT は WT-IDENT-IO を、DEP は DEP-IO を表す)

(a) 「映画」 (融合の期待が大きい場合)

Input: /eiga/	WT	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. eiga			*!			
b. ega	*!				*	*
c. i:ga				*!		*
d. esiga		*!				
e. <small>映画</small> e:ga					*	*

(b) 「公理」

Input : /kouri/	WT	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. kouri			*!			
b. kori	*!				*	*
c. ku:ri				*!		*
d. kosuri		*!				
e. ko:ri					*	*

(c) 「帰る」(ていねいな発音時)

Input : /kaeru/	WT	DEP	LINE	AH	TL	OCP
a. kaeru						*
b. keru	*!					*
c. ka:ru				*!	*	*
d. kaseru		*!				
e. ke:ru			*!			

(d) 「帰る」(ぞんざいな発音時)

Input : /kaeru/	WT	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. kaeru			*!			
b. keru	*!					*
c. ka:ru				*!	*	*
d. kaseru		*!				
e. ke:ru						*

(e) 「大根」(東京方言:ぞんざいな発音、WT はモーラ数を保持する)

Input : /daikon/	WT	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. daikon			*!			
b. dekon	*!				*	*
c. de:kon					*	*
d. dasikon		*!				*
e. dakon	*!				**	*
f. dikon	*!					*

ここで鹿児島方言のぞんざいな発音の「大根」を見てみよう。鹿児島方言はシラビーム方言で、モーラが音韻単位ではなくて音節がそれを担っている。したがって鹿児島方言では WT を音節数を維持する制約として WTs としてみる。

(f) 「大根」(鹿児島方言:ぞんざいな発音、WTs は音節の数を保持する)

Input : /daikon/	WTs	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. daikon			*!			
b. <small>ㇿ</small> dekon					*	*
c. <small>ㇿ</small> de : kon					*	*
d. dasikon		*!				*
e. dakon				*!	**	*
f. dikon				*!		*

鹿児島方言の出力は /dekon/ と /de : kon/ となる。これは現実の出力とは一致しない。鹿児島方言は /dekon/ である。これは WTs が音節数を保持し、/dakon/ も /de : kon/ も同じ2音節で LINE にも違反する。これは過去の融合の /araiso/ が /ariso/、/tairadani/ が /teradani/ になるとき /ai/ が /i/ に /ai/ が /e/ に融合され、/i:/ や /e:/ になって、モーラ数または音節数を保持しない。モーラは音節の下位範疇にある音韻単位、言い換えれば音節の構成要素で、この時代にはモーラに音韻的な長さの基準になる機能がなかったと考えられる。したがって主な音韻単位は音節であり、鹿児島方言も方言圏論的な観点（柳田 1969、亀井他 1996）からするとその古い体系を継承していることが窺われる（窪蘭・本間 2002）。音節が主たる音韻単位であるなら、WT に変わって音節の基本的な制約が強い縛りとなるはずである。その基本的なものは Onset、音節は頭子音をもたねばならない、と No-coda、音節には尾子音（二重母音の後部要素や長音も含む）は不要である、であろう（Prince and Smolensky 1993）。これから音節の無標の構造 CV が形成される。したがってシラビーム方言やモーラが主たる音韻単位になる以前の日本語では、Onset・No-coda 制約、音節は CV でなくてはならないを、WT の序列の位置に置く。

(g) 「大根」(鹿児島方言:ぞんざいな発音 2)

Input : /daikon/	Onset・No-coda	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. daikon	*!		*			
b. <small>ㇿ</small> dekon					*	*
c. de : kon	*!				*	*
d. dasikon		*!				*
e. dakon				*!	**	*
f. dikon				*!		*

(h) 「てらだに」

Input : /tairadani/	Onset・No-coda	DEP	OCP	AH	TL	LINE
a. tairadani	*!		*			
b. <small>ㇿ</small> teradani					*	*
c. te : radani	*!				*	*
d. tasiradani		*!				*
e. taradani				*!	**	*
f. tiradani				*!	**	*

ここまでの分析から結論づけた現代日本語のていねいな発音とぞんざいな発音の制約の序列を(7)に提示する。

(7) a. ていねいな発音：

WT-IDENT-IO, Dep-IO, LINEARITY-IO, ADJUST HIGH >> TAKE LAST, OCP

b. ぞんざいな発音：

WT-IDENT-IO, Dep-IO, OCP, ADJUST HIGH >> TAKE LAST, LINEARITY-IO

例外としてシラビーム方言や過去の日本語は、WT-IDENT-IO の代わりに Onset・No-coda を置く。また過去の一時期、例えば平安後期より前は ADJUST HIGH >> TAKE LAST の序列が入れ替わる。そして /iu/ の母音連続は HIATUS-RAISING で前部要素がより聞こえの低い、言い換えればより [high] が高い位置に移動する。

5. 検証

本研究では、1つの辞書と2つのコーパスを用いて、提案した制約の序列(7)の妥当性検証を試みる。今回、単純な違反数を調べるのではなく、機械学習を利用して各制約の重要度といえる値を求め、この値に基づいて制約の序列の検証を行う。本検証で用いる辞書は国立国語研究所の UniDic で、コーパスは日本語話し言葉コーパス (CSJ) と「現代日本語書き言葉均衡コーパス」モニター公開データ (2008年度版) (BCCWJ) である。また、今回使用する語彙数はそれぞれ、UniDic が 430,794 語、CSJ が 504,485 語、BCCWJ が 225,583 語である。

5.1 検証の手順

検証の手順を以下に示す。

手順1. 辞書を利用してコーパス上の各語に入力と出力を設定する。

手順2. 入力と出力を設定した語の集合を用いて、最大エントロピー法により、制約の重みを求める。

手順3. 制約の重みの大小関係を調べ制約の序列の妥当性を評価する。

OTの評価を行うためには入力と出力を設定する必要がある。そこで、検証の Step 1 では、コーパス上の出現する個々の単語に対して入力と出力を設定する。コーパス上の各語には「品詞」、「活用型」、「読み」、「発音」といったさまざまな情報が付与されており、本研究では、基本的に、入力に「読み」を、出力に「発音」を対応させる(例:語「映画」→入力:/eiga/,出力:[e:ga])。しかしながら、いくつかの語に対しては入力の補正を行う必要があり、この補正のために辞書 UniDic を用いた。例えば、語「おっきい」はコーパスでは「読み」/okkii/ が設定されている。本研究では UniDic を用いて、入力を /ookii/ に設定し直す。これは、UniDic 上の各語に設定さ

れた「語彙素」の項を参照することで実現する。

以上のようにしてコーパス上の各語に入力と出力を設定するが、DEP-IO や LINERITY-IO といった対応に関する制約の評価を行うためにはこれらの情報に加えて入力の各要素が出力のどの要素に対応するかを決める必要がある。本来ならば UniDic のすべての語に対して人手で要素間の対応関係を求めるべきだが、これは現実的でない。そこで本研究では入力と出力の各要素の対応を、レーベンシュタイン距離¹に基づいて自動的に行った。

次に、Step 2 では、Step 1 で入力と出力を設定した語の集合から制約の重要度ともいえる値を求める。本研究では、機械学習法の1つである最大エントロピー法（北 1999）を用いて制約の重みを求め、この制約の重みをもとに制約の序列の妥当性を検証する。最大エントロピー法では、ある入力 i から候補 o が出力される確率 $\Pr(o|i)$ を以下のように定義する。

$$(8) \quad \Pr(o|i) = \frac{1}{Z(i)} \exp\left(\sum_k w_k v_k(o, i)\right)$$

$$Z(i) = \sum_{o \in \text{Gen}(i)} \exp\left(\sum_k w_k v_k(o, i)\right)$$

ここで、 w_k は制約 c_k の重みを表し、これは制約の重要度と捉えることができる。この w_k を分析し、制約の妥当性を検証する。また、 $Z(i)$ は $\Pr(o|i)$ が確率の定義を満たすために必要な正規化項であり、 $v_k(o, i)$ は入力 i のもとで出力候補 o が制約 c_k に違反する数、 $\text{Gen}(i)$ は入力 i に対する出力候補の集合を表す。最大エントロピー法では、 $\Pr(o|i)$ が最大となるような候補 o が実際に出力されるという仮定の元で、コーパスから適切な重み w_k を推定する。最後に、Step 3 で、求めた制約の重みと (7) で提示した制約の序列とを比較する。

5.2 結果

前節で示した手順に従って求めた制約の重みを表 3 に示す。表 3 において、各数値は制約の重みを表し、数値が大きい制約ほど、より重要な制約（より上位に位置する制約）であることを意味する。

表 3：最大エントロピー法によって求めた制約の重み

コーパス	重み					
	WT	DEP	LINE	AH	TL	OCP
CSJ	916	4.62×10^4	3.57	4.63×10^4	5.04	25.7
BCCWJ	134	7.42×10^3	3.61	2.41×10^4	1.85	8.62
UniDic (参考)	27.1	1.28×10^3	3.35	641	0.825	1.41

表 3 に示した制約の重みは、推定に用いた学習データに依存するため、同じ制約の重みでも異なるコーパスで値を直接比較することはできない。そこで、本研究では、(7) に示した制約の序

列と各コーパスにおける制約の重みの順位を比較することで検証を行う。なお、表2には参考として UniDic から求めた制約の重みも併記している。しかしながら、UniDic の値は検証には用いない。本研究で求めたい制約の重みとは日本語母語話者の平均的な制約の重みである。コーパスと辞書では語の分布が大きく異なり、コーパスの方がより実際の言語運用の実態を表していると考えたため、今回、辞書から求めた制約の重みは用いないこととした。

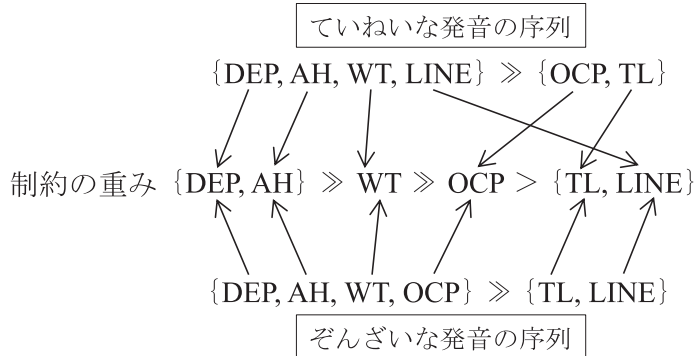


図4：重みと提案した序列の対応

表3の値と(7)で示した各制約の序列との対応を図4に示す。図4は、制約ごとに対応する重みと序列を線で結んだもので、この線が交差する点が少ないほど制約の重みと(4)の序列との矛盾が少ないことを表す。図4を見て分かるように、機械学習を用いて求めた制約の重みの大小関係は、ぞんざいな発音時の序列と一致している。今回用いたコーパスでは、代表的な母音融合である「言う」/iu/ → [ju̯i:] が数多く現れる（CSJで8846回、BCCWJで1303回）。今回、学習対象にHIATUS-RAISINGは含まれておらず、また、母音融合は基本的にぞんざいな発音のときに現れる現象である。この影響が学習結果に強く現れたため、ていねいな発音の序列ではなく、ぞんざいな発音の序列と一致したと考えられる。

以上のように、コーパスから本研究で提案した制約の序列を確認することができた。しかしながら、本検証は、あくまで最大エントロピー法での検証であって、結果が正しいとは言いきれない。最大エントロピー法では、学習データに現れなかったデータを「エントロピー最大化」という基準で一般化している。機械学習の分野を応用すれば、最大エントロピー法以外にも制約の重みを一般化する推定方法は数多く考えられるため、最大エントロピー法以外での検証も行う必要がある。また、重みの導出方法以外にも、今回はレーベンシュタイン距離に基づいて決定した入力と出力の対応方法や、入力から出力の候補を生成する方法など、検討すべき事項は数多く残っている。

6. まとめ

本研究では、現代日本語で多く観察される母音融合と母音連続の生き残りを最適性理論の枠組みで分析した。2つの母音融合生成の制約と、入出力の経済的な過程操作を考慮して母音連続の

生き残りとその阻止をする4つ制約にもとづき母音融合と母音連続の生き残りのOT分析を行い、制約の序列を提示した。それが、ていねいな発音では、WT-IDENT-IO, DEP-IO, LINEARITY-IO, ADJUST HIGH >> TAKE LAST, OCP で、ぞんざいな発音では WT-IDENT-IO, DEP-IO, OCP, ADJUST HIGH >> TAKE LAST, LINEARITY-IO である。ていねいな発音か、ぞんざいな発音かの違いは、OCP と LINEARITY-IO の序列上の位置が決定づけている。

また、提示した制約の序列の妥当性を、統計的に検証した。形態素解析用の辞書と2つのコーパスを用いて、最大エントロピー法から制約の重みを推定し、その重みから制約の順列の妥当性を見るという手法である。その結果、提示した制約の序列と推定した重み結果が一致した。

¹ レーベンシュタイン距離は編集距離とも呼ばれる2つの文字列の差を測る尺度である。レーベンシュタイン距離では一方の文字列をもう一方の文字列へ変換するための最小操作回数によって定義される。ここで操作とは文字の挿入、削除、変換である。文字列 "kitten" と "sitting" のレーベンシュタイン距離の例を図5に示す。図5のように、操作回数は置換2回と挿入1回の計3回なので、レーベンシュタイン距離は3となる。また、二つの文字列が全く同じ場合レーベンシュタイン距離は0となる。

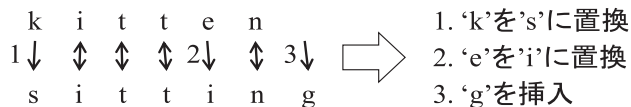


図5：レーベンシュタイン距離の例

図5のように、最小操作回数を求める過程で、各文字の対応関係が求められる。本研究では、このときに求められた文字の対応関係から入出力の対応関係を見ている。

参考文献

- Archangeli, D. (1988) "Aspects of underspecification theory." *Phonology* 5, 183-207
- Anderson, John and Ewen, Colin (1987) *Principles of Dependency Phonology*. Cambridge: Cambridge.
- Boersma, Paul (1997) "How we learn variation, optimality, and probability," *Proceedings of the Institute of Phonetic Sciences of the Univ. of Amsterdam* 21, 43-58.
- Boersma, Paul and Joe Pater. (2008) "Convergence properties of a gradual learning algorithm for Harmonic Grammar." <http://people.umass.edu/pater/boersma-pater-HG-GLA.pdf>. Ms., University of Amsterdam and UMass.
- Casali, Roderic F. (1998) *Resolving Hiatus*, New York & London: Garland Publishing, Inc.
- 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 (2007) 「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』22, 101-122.
- Goldsmith, J. (1979) *Autosegmental Phonology*, New York : Garland.
- Goldwater, Sharon and Mark Johnson (2003) "Learning OT Constraint Rankings Using a Maximum Entropy Model," *Proceedings of the Workshop on Variation within Optimality Theory*, 111-120.

- 橋本進吉 (1950) 『国語音韻の研究』 東京：岩波書店。
- 橋本進吉 (1966) 『国語音韻史』 東京：岩波書店。
- 服部四郎 (1971) 『音声学』 岩波全書。
- 稲田俊明 (2008) 「日本語の母音融合に関する覚書」『文学研究』(九州大学大学院文学研究科) 105, 39-59.
- Kager, Rene (1999) *Optimality Theory*, Cambridge:Cambridge University Press.
- 亀井孝他編 (1996) 『言語学大辞典』 第6巻, 東京：三省堂。
- Kawai, Junji (2005) "Optimality Theoretical Analysis of Underlying Vowel Sequences," *Phonological Studies* 8, 9-16.
- Kawai, Junji (2006) "Vowel Coalescence in Vulgarisms," *Phonological Studies* 9, 33-40.
- 川上素 (1992) 『日本語音声概説』 東京：桜楓社
- 岸田武夫 (1984) 『国語音韻変化の研究』 東京：武蔵野書院。
- 金田一京助 (1976) 『日本語の変遷』(講談社学術文庫) 東京：講談社。
- 北研二 (1999) 『確率的言語モデル』 東京：東京大学出版会。
- 窪蘭晴夫 (1996) 「制約理論の台頭」『月刊言語』4月号, pp.85-92.
- 窪蘭晴夫 (1999) 『日本語の音声』 東京：岩波書店。
- Kubozono, H. (2008) "/ai/-/au/ Asymmetry: A Phonetic Account." In Kubozono, H. (eds) *Asymmetries in Phonology An East-Asian Perspective*. Tokyo: Kuroosio, pp147-163.
- 窪蘭晴夫・本間猛 (2002) 『音節とモーラ』 東京：研究社
- 前川喜久雄 (2010) 「日本語有声破裂音における閉鎖調音の弱化」『音声研究』14-2, pp.1-15.
- 小野浩司 (2001) 「日本語の母音融合について」中右実教授還暦記念論文集編集委員会編 『意味と形のインターフェース』下巻 東京：くろしお出版, 885-896.
- 小野浩司 (2004) 「日本語の母音融合と母音交替」『佐賀大学文化教育学部研究論文集』9:1, 107-115.
- McCarthy, John J. & Prince, Alan (1993) *Prosodic Morphology I: Constraints Interaction and Satisfaction*. ms. University of Massachusetts and Rutgers University.
- Pater, Joe (2007) "Harmonic Grammar, gradual learning, and phonological gradience," *Paper presented at the Workshop on Variation, Gradience, and Frequency in Phonology*, Stanford, CA: Stanford University.
- ピーター・ラディフォギット (1999) 竹林滋 牧野武彦訳 『音声学概説』 東京：大修館書店
- Prince, Alan & Smolensky, Paul (1993) *Optimality Theory: Constraints Interaction in Generative Grammar*. ms., Rutgers University and University of Colorado.
- Prince, Alan & Smolensky, Paul (2004) *Optimality Theory: Constraints Interaction in Generative Grammar*. Cambridge, MA:Blackwell.
- Ladefoged, P. (1993) *A Course In Phonetics 3rd Edition*, Orlando, Florida: Harcourt Brace & Company.
- Rosenblatt, Frank (1958) "The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain," *Psychological Review* 65, 386-408.
- 澤潔 (1991) 『京都北山を歩く3』 京都：ナカニシヤ出版
- Selkirk, Elisabeth O. (1984) "On the Major Class Features and Syllable Theory." *Language Sound Structure: Studies in Phonology Presented to Morris Halle by His Teacher and Students*. D. by Mark Aronof and Richard T.Oehrle, 107-136, Cambridge, MA: MIT Press.
- Smolensky, Paul and Geraldine Legendre (2006) *the harmonic mind: from neural computation to optimality-theoretic grammar*, vol.1, Cambridge, MA: MIT Press.
- Smolensky, Paul and Geraldine Legendre (2006) *the harmonic mind: from neural computation to optimality-theoretic grammar*, vol.2, Cambridge, MA: MIT Press.
- 竹林 滋 (1996) 『英語音声学』 東京：研究社。
- 高山知明 (2003) 「現代日本語の音韻とその機能」上野善道 (編) 朝倉日本語講座3 『音声・音韻』22-42. 東京：朝倉書店。
- 上田功 (1996) 「連母音融合に係わる音韻変化とその変異形をめぐって」上田功等編 『言語研究の領域小泉保博士古稀記念論文集』79-92. 東京：大学書林。

上村幸雄（1997）「琉球列島の言語」 亀井孝・河野六郎・千野栄一編 『日本列島の言語』 311-354, 東京：三省堂.

柳田國男（1969）「蝸牛考」『定本柳田國男集』 第 18 卷, 1-136, 東京：筑摩書房.

使用データの詳細

日本語話し言葉コーパスの構築法 http://www.kokken.go.jp/katsudo/seika/corpus/csj_report/

現代日本語書き言葉均衡コーパス <http://www2.kokken.go.jp/kotonoha/>