

C/D モデルにおける閉鎖要素と摩擦要素について

松井 理直

神戸松蔭言語科学研究所・大阪保健医療大学

michinao.matsui [at] ohsu.ac.jp

On the Edge Element and the Noise Element in the C/D Model

Michinao F. MATSUI

Shoin Institute for Linguistic Sciences, Osaka Health Science University

Abstract

弁別素性の概念はローマン・ヤーコブソン以降、様々な形で研究されてきた。近年でも、弁別素性間の階層理論や過小指定、最適性理論における入力情報の完全指定と多様性といった形で議論が続いている。その中で、これらの概念が持つ多くの利点と、いくつかの問題点が明らかにされてきた。例えば、ソシュールの言う「差異の体系」に関する表示の問題や計算システムの並列性／直列性に関わる問題などが挙げられるであろう。その中で、統率音韻論などの要素理論で採用されている「音韻要素 (phonological elements)」は、過小指定や素性階層の性質を反映すると共に、表示の完全性という点でも、離散のカテゴリーとプロトタイプカテゴリーの統合という点でも、こうした問題をクリアできる利点を持つ。しかし、その内部構造については十分な議論がなされていない。本稿では、C/D モデル (藤村 2007) に立脚しながら、要素理論における「閉鎖要素」と「摩擦要素」の性質について検討を行う。

The concept of distinctive feature has been widely used after it was introduced by Roman Jakobson (Jakobson, Fant & Halle 1952). It has been further extended to incorporate such concepts as feature geometry, underspecification of distinctive features and richness of the base in the Optimality Theory. Even though these approaches have numerous advantages, there are at least two kinds of problems. One is concerned with the interpretation of phonemes: underspecification makes it impossible to use phonemes as indicators of the system of distinction. The other problem is concerned with the parallelism/serialism of the theoretical frameworks. The Element Theory, however, expresses phonemes and phonetic forms as bundles

of phonological elements. Using these phonological elements, it is now explicitly specified that a set of distinctive features included in a certain phonological element behaves together. This paper explores the inner structures of the 'edge' element and the 'noise' element in the framework of the C/D model (Fujimura 2007).

キーワード: 要素理論、閉鎖音、摩擦音、素性指定、C/D モデル

Key Words: Element Theory, Stop, Fricatives, Feature specification, C/D model

1. 音韻の離散的カテゴリーとプロトタイプカテゴリー

1.1 2種類の言語的カテゴリー

心的表象 (mental representation) は、ある情報のカテゴリー化を明示する表現方法の集合と、その計算体系から成る。表象の種類によって、どのような情報が明示され、どの情報が明示されないか、また様々な実体がいかなるカテゴリーに属するのかが決まっている。言語認知機構が処理するカテゴリーの表象については、よく知られているように、大きく分けて2種類のアプローチが議論されてきた。1つはある属性を持つか持たないかという二項対立に基づく離散的カテゴリーの考え方、もう一方は属性の連続的な変化を認めるプロトタイプカテゴリーの考え方である (Tyler, 2004; Lakoff, 1987; 河上, 1996)。

このうち、離散的カテゴリーは古典的カテゴリーとも呼ばれており、(1) に示すような特徴を持つ。これは、離散的カテゴリーが矛盾律と排中律に従うことを意味している。1つのカテゴリーは、ある素性を有するか有さないかのいずれかであり、また、ある対象は1つのカテゴリーに属するか属さないかのいずれかでなければならない。言い換えるならば、離散的カテゴリー間には明確な境界が存在する。

- (1) a. 素性はそれ以上分解できない原子要素的 (atomic and primitive) な性質を示す。
- b. 素性の値は二項対立的である。
- c. 各カテゴリーは必要十分な素性の連言によって定義される。

言語において、こうした二項対立に基づく離散的カテゴリーを用いる最大の長所は、カテゴリーを Saussure (1916) の言う差異の体系として表示することが可能になる点であろう。そのため、文法理論や音韻理論でも当該の性質を持つか持たないかという二値的素性を用いることが多い。心理的実在性という点でも、Liberman, Harris, Hoffman, and Griffith (1959) が行った子音の弁別実験において、子音間のカテゴリー境界が極めて急峻であることが示されており (子音の範疇的知覚と呼ばれる)、離散的カテゴリーはこうした範疇的知覚様式のプロセスをうまく説明できる。

これに対し、プロトタイプカテゴリーの性質は、自然種を表す語の意味を考える上で特に有効なものであり、特に認知言語学の分野で重点的に研究されてきた (河上, 1996; Tyler, 2004)。プロトタイプカテゴリーの性質についてはいくつかの異なったアプローチが研究されているが、中でも重要なものは、Wittgenstein (1953) の「家族的類似性」に基づく哲学的考察、および Roshe (1977) による心理学的な研究であろう。これらの多くのアプローチに共通する「プロトタイプ」の概念は、次のようなものである。

- (2) a. カテゴリー間には重複が許され、各カテゴリーは分布性や家族的類似性を成す。
- b. カテゴリーは、プロトタイプという中心的な成員に関する表象を持つ。

こうした性質の結果、プロトタイプカテゴリーではカテゴリー間の境界が急峻になるとは限らない。実際に Liberman et al. (1959) による母音の弁別実験では、物理量 (第 1 フォルマント・第 2 フォルマント) の変化に伴って知覚の性質が緩やかに変化していき、子音の範疇的知覚と異なり、母音間の知覚カテゴリー境界が曖昧であることが示されている (母音の連続的知覚と呼ばれる)。このように、心理的に実在する音韻情報の性質としては、離散的カテゴリーを示すものと、プロトタイプカテゴリーの性質を示すものがあり、どちらの性質も満たすような表象でなければならない。

1.2 音韻論における離散的カテゴリー：弁別素性

音韻論における離散的カテゴリーの代表的な表象としては、弁別素性を挙げることできよう。弁別素性は音韻の最小単位と考えられており、Jakobson, Fant, and Halle (1952) による音響特性に基づく素性に定義に始まり、Chomsky, , and Halle (1968) における調音に基づいた弁別素性の定義を経て、Prince and Smolensky (1993) による最適性理論に至るまで音韻論の中心的な概念となっている。特に初期の音韻論では、差異の体系という哲学を反映した二値的弁別素性を用い、各音韻・音声全ての弁別素性に関して + か − の値を満たすという完全指定 (full specification) 表示を行うことで、音韻間の対立を明示していた。こうした素性の完全指定によって、(3), (4) のように音韻・音声のネットワーク全体を表現することができる。

(3) 日本語の子音に関する完全指定された弁別素性の例

	p	b	m	t	d	n	s	z	ɕ	ʑ	r	j	w	k	g	...
cons	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	+	+	...
son	−	−	+	−	−	+	−	−	−	−	+	+	+	−	−	...
voi	−	+	+	−	+	+	−	+	−	+	+	+	+	−	+	...
nas	−	−	+	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	...
cont	−	−	−	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+	−	−	...
ant	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	+	−	−	−	−	...
col	−	−	−	+	+	+	+	+	+	+	+	−	−	−	−	...
back	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	+	+	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

(4) 日本語の母音に関する完全指定された弁別素性

	i	e	a	o	u
high	+	−	−	−	+
low	−	−	+	−	−
back	−	−	+	+	+

しかし、二値的弁別素性にはいくつかの問題点も指摘されてきた。中でも、弁別素性としてどのような性質のものが必要であるか、また全ての素性が+か-の完全な指定を受けているのかといった問題は未だに多くの議論を呼んでいる。例えば、日本語のような母音体系では(4)のような素性で十分であるが、スイスのドイツ語方言のように母音の高さに関して4段階の対立を持つような言語では、その母音体系を[high]と[low]という弁別素性を用いて表現することができない。母音の高さに関して(1, 2, 3, 4)といった多値の素性表現を用いるか、あるいは(5)のように[high]と[mid]という素性を導入する必要がある。

(5) 母音に関する独立した弁別素性を用いた場合の例

	i	e	ɛ	æ	ɑ	ɔ	o	u
high	+	+	-	-	-	-	+	+
mid	-	+	+	-	-	+	+	-
back	-	-	-	-	+	+	+	+

同じように3つの二値的弁別素性を用いた場合であっても、(4)では5母音しか区別できないのに対し、(6)では8母音を区別できるのは、弁別素性の独立関係／従属関係に起因することは言うまでもないだろう。弁別素性が[high]と[mid]のように互いに独立である素性を用いる場合には、[+high]かつ[+mid]という組み合わせも可能であるため、 $2^3 = 8$ より(5)のように8つの情報を区別できる。しかし、[high]-[low]といった従属関係にある素性を用いる場合には、[+high]かつ[+low]という組み合わせは概念的に許されないため、3つの二値的弁別素性を用いていても、(4)のように8つの情報を区別することができない。

1.3 弁別素性の不完全指定理論

このように弁別素性が従属関係にある場合、ある弁別素性の値から別の弁別素性を取る値を予測したり、複数の弁別素性値からある特定の弁別素性値を導出することができるはずである。例えば(4)であれば、[+high]であれば[-low]であることが予測でき、[+low]であれば[-high]であることが必然的に決まっていく。語彙情報に含まれる情報は少ない方がよいという経済性の原理が成立するのであれば、こうした余情的な情報は削除されていた方がよい。こうした余情的な弁別素性情報を排除するような方法を、弁別素性の弱不完全指定 (weak underspecification) という。例として、(4)の不完全指定表示を(6)に示す。

(6) 日本語5母音の弱い不完全指定

	i	e	ɑ	o	u
high	+	-	-	-	+
low	-	-	+	-	-
back	-	-	+	+	+

さらに Archangeli (1988) はこうした不完全指定のあり方を極端にまで推し進め、語彙目

録に含まれる情報を可能な限り最小化した徹底不完全指定理論 (radical underspecification) を提案した。徹底不完全指定理論では、他の弁別素性から予測できる情報のみならず、default となる弁別素性値も全て表示から省いていく。この結果、日本語の 5 母音は (7) のような表示を持つ。

(7) a. 日本語 5 母音の徹底不完全指定

	i	e	ɑ	o	u
high		—		—	
low			+		
back	—	—			

b. 情報の補完

1. [+low] → [—high]

2. 他の空所 (default 値) : [+high], [—low], [+back]

徹底不完全理論による (7) に従うと、日本語の母音体系では母音 /u/ が一切の素性値を持たないことになり、これが日本語の default vowel であると言ってよいだろう。実際よく知られているように、漢語や借用語で音節構造を保つために母音の挿入が必要な場合、日本語では基本的に /u/ 音の挿入が行われる。なお、子音が t や d, h(w) の場合は挿入母音が /u/ ではなく、母音 /o/ が用いられるが、これはタ行やハ行においてウ段の子音が原音の [t], [h] という音価を保てないことに由来するもので、default の母音とは質の異なる現象であり、default vowel /u/ の反証にはならない。

(8) a. 圧 /at/ : 圧倒 /at-to:/ 圧力 /atu-r^hoku/

b. 楽 /gak/ : 楽器 /gak-ki/ 音楽 /on-gaku/

c. scram [skɾæm] → スクラム [sukuramu]

d. splash [spɾʌʃ] → スプラッシュ [suupuuɾɕ:u]

無標の母音である /u/ に対し、(7) は日本語における最も有標な母音が /e/ であることも予測する。実際、母音 /e/ は日本語 5 母音の中で最も出現頻度が少ない。また、この性質はオノマトペにおける音象徴にも反映されているようである。例えば /e/ 以外の母音 /a/, /o/, /i/, /u/ は、その開口度や聞こえ度と関連する「大きさ／小ささ」と関わる(ガツン／ゴツンと叩く、バリバリ／ボリボリ食べる、キラリと光る、ブツンと切れるなど)ことが多いのに対し、母音 /e/ は「ゲーゲー吐く」「ゼーゼー咳き込む」「ベラベラしゃべる」といった否定的なイメージを持ちやすい。

母音と同様に、子音情報 (3) に対しても含意関係および default 情報の補完によって不完全指定を行うことができる。弱い不完全指定の例を (9) に、徹底不完全指定の例を (10) に示す。弱い不完全指定では他の音素と対立しにくい音韻情報ほど素性指定が少なくなり、徹底不完全指定では default 情報に近い音韻情報ほど素性指定が少なくなっていく。

(9) a. 日本語の子音に関する不完全指定の例

	p	b	m	t	d	n	s	z	ɕ	ʑ	r	j	w	k	g	...
cons												-	-			...
son	-	-		-	-		-	-	-	-	+			-	-	...
voi	-	+		-	+		-	+	-	+				-	+	...
nas			+			+					-					...
cont	-	-		-	-		+	+	+	+				-	-	...
ant	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-						...
col	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+					...
back												-	+	+	+	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

b. 素性補完の含意関係

[-sonorant] → [-nasal], [+sonorant] → [+voiced], [-voiced] → [-nasal]

[-consonantal] → [+sonorant, +voiced, -nasal, +continuant]

[-continuant] → [+consonantal]

[+anterior] → [-back, +consonantal]

[+coronal] → [-back, +consonantal]

[+back] → [-anterior, -coronal]

[+nasal] → [+sonorant, -continuant]

[+sonorant, -nasal, +coronal] → [+continuant, +anterior] など。

(10) a. 日本語の子音に関する徹底不完全指定の例

	p	b	m	t	d	n	s	z	ɕ	ʑ	r	j	w	k	g	...
cons												-	-			...
son											+					...
voi		+			+			+		+					+	...
nas			+			+										...
cont							+	+	+	+						...
ant									-	-						...
col	-	-	-													...
back													+	+	+	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

b. 含意情報の補完：(9b) と同一。

c. 子音における default 情報の補完：

[-sonorant], [-nasal], [-voiced], [-continuant], [+anterior], [+coronal], [-back]

など。

この結果、日本語の default 子音は /t/ であると言えるだろう。この性質は (11) のような漢語語幹の語末子音における /t/ 音と /k/ 音の非対称性に影響を与えている。漢語語末子音 /t/ は後続する子音 /k/ に同化するが、漢語語末子音 /k/ は後続する子音 /t/ に同化しない。これは、徹底不完全指定において /t/ が一切の指定を受けないが、/k/ には素性指定が存在していることが原因であると考えられる。

- (11) a. 圧 /at/ : 圧倒 /at-to/ 圧巻 /ak-kan/ (*あつかん /atu-kan/)
 b. 楽 /gak/ : 楽器 /gak-ki/ 楽隊 /gaku-tai/ (*がったい /gat-tai/)

1.4 不完全指定情報の可視性

不完全指定理論には様々な利点があるが、情報補完のタイミングという点で問題点も持つ。ここではまず、窪園 (1999) に挙げられている日本語の母音融合現象を取り上げてみよう。まず、日本語における母音融合の例を (12) に示す。窪園 (1999) は、これらの融合母音について、(13) のように、先行母音の [high] に関する素性値と、後続母音の [low] および [back] に関する特性を組み合わせることでその音価が決定されると分析している。

- (12) a. /oi/ → [e:] : すごい (凄い) → すげー、ひどい (酷い) → ひでー
 b. /ei/ → [e:] : えいが (映画) → えーが、せんせい (先生) → せんせー
 c. /ui/ → [i:] : あつい (熱い) → あちー、かゆい (痒い) → かいー
 d. /ae/ → [e:] : かえる (帰る) → けーる、おまえ (お前) → おめー
 e. /oe/ → [e:] : たとえれば (例えれば) → たてーれば、なえる (萎える) → ねーる
 f. /eu/ → [(j)o:] : てふてふ (蝶々) → てうてう → ちょーちょー、ねう (尿) → によー
 g. /ou/ → [o:] : おうじ (王子) → おーじ、こうえん (公園) → こーえん
 h. /au/ → [o:] : とうた (問うた) → とーた、かうた (買うた) → こーた
 i. /iu/ → [(j)u:] : いう (言う) → ゆー、りう (龍) → りゅー
 j. /ao/ → [o:] : はたおり (機織り) → はとーり

- (13) a. /oi/ → [e:] : [-high] + [-low, -back] = [-high, -low, -back]
 b. /ei/ → [e:] : [-high] + [-low, -back] = [-high, -low, -back]
 c. /ui/ → [i:] : [+high] + [-low, -back] = [+high, -low, -back]
 d. /ae/ → [e:] : [-high] + [-low, -back] = [-high, -low, -back]
 e. /oe/ → [e:] : [-high] + [-low, -back] = [-high, -low, -back]
 f. /eu/ → [(j)o:] : [-high] + [-low, +back] = [-high, -low, +back]
 g. /ou/ → [o:] : [-high] + [-low, +back] = [-high, -low, +back]
 h. /au/ → [o:] : [-high] + [-low, +back] = [-high, -low, +back]
 i. /iu/ → [(j)u:] : [+high] + [-low, +back] = [+high, -low, +back]
 j. /ao/ → [o:] : [-high] + [-low, +back] = [-high, -low, +back]

しかし、弱い不完全指定情報に基づく、こうした母音融合の音価をうまく予測できるとは限らない。まずうまくいく例として、(13a)を見てみよう。(6)より、先行母音 /o/ からは [-high] の情報が取り出されるが、後続母音 /i/ からは [-back] の情報のみが取り出され、[low] の素性値は取り出せない。したがって、これらの情報を合わせると [-high, -back] のみとなり、[-high] という情報からは [low] の素性値を予測できないため、融合した結果の母音素性は [-high, +low, -back] か [-high, -low, -back] のいずれかとなる。このうち、後者は日本語の母音素性では認められていない組み合わせであるため、結果的に前者の [-high, +low, -back] が生き残り、母音融合の音価が [e:] として決定していく。しかし、(13h) の母音連鎖 /au/ になるとこうしたプロセスがうまく機能しない。(6)に基づく、先行母音の /a/ は [high] の情報を持っておらず、後続母音 /u/ も [+back] の情報は存在するものの [low] の情報は持っていないため、これらの情報を統合すると [+back] のみが指定されていることになる。弱い不完全指定理論では [+high] から [-low] という含意関係を、[+low] から [-high] という含意関係を導出することになるため、[+back] のみの情報からは母音融合の結果が [u], [o], [a] のいずれの音価になるのかを決定することができない。

弱い不完全指定理論ではなく、徹底不完全指定理論を用いても同様の困難に直面してしまう。母音連鎖 /au/ について、(7)に基づく、先行母音の /a/ は [high] の素性値を取り出せず、後続母音 /u/ からも [low], [back] の素性値を取り出すことができない。したがって、これらの情報を統合して母音融合の音価を求めた場合、一切の素性値を持たない default 母音、すなわち [u] 音を謝って予測してしまう。

このように、弱い不完全指定理論でも徹底不完全指定理論でも母音融合の音価を正確に決定できない場合がある。結局のところ、(13a), (13b), (13c), (13i) から、[i] については [+high], [-low], [+back] の全ての情報が分かっているなければならない。これは /e/, /o/, /u/ についても同様で、各々 (13b, d, e, f), (13a, e, g, j), (13c, f, g, h, i) の現象から、[high], [low], [back] に関する全ての素性値が必要となる。すなわち、不完全指定理論の枠組みに則るならば、母音融合の音価計算は不完全指定された素性値を補完した後に行わなければならない。

こうした事情は、子音の不完全指定についても同様である。まず、不完全指定理論が有効に働く例として日本語の連濁現象に関わる「ライマンの法則」を見てみよう (Nishimura, 2003)。よく知られているように、和語 (および一部の漢語) の複合語を形成する際に、後部要素が基底レベルで有声子音を含んでいなければ (14) のように連濁が起こり得る。一方、後部要素が基底子音に有声子音を持っている場合には、(15) のように連濁が阻止されてしまう。しかし、これはその有声子音が有声阻害音である時、すなわち (10) において [+voiced] 素性を持っている場合に限られる。基底の子音が有声子音であっても、(10) において [voiced] 素性が徹底不完全指定されている場合 (すなわち共鳴子音の場合) には、(16) に示すように連濁は阻止されない。これは、ライマンの法則が「徹底不完全指定されているレベル」における必異規則 (Obligatory Contour Principle)—すなわち OCP(voiced)—と等価であることを意味している。

- (14) a. 甘+柿=あまがき (後続要素の基底子音は /k/, /k/)
 b. 一本+勝ち=いっぽんがち (後続要素の基底子音は /k/, /t/)
 c. 置く+傘=おきがさ (後続要素の基底子音は /k/, /s/)
 d. 雨+合羽=あまがっぱ (後続要素の基底子音は /k/, /p/)
- (15) a. 合う+鍵=あいかぎ/*あいがぎ (後続要素の基底子音は /k/, /g/)
 b. 曲がり+角=まがりかど/*まがりかど (後続要素の基底子音は /g/, /d/)
 c. 北+風=きたかぜ/*きたがぜ (後続要素の基底子音は /g/, /z/)
 d. 青+黴=あおかび/*あいがび (後続要素の基底子音は /k/, /b/)
- (16) a. 三+観=さんがん (後続要素の基底子音は /k/, /n/)
 b. 色+紙=いろがみ (後続要素の基底子音は /k/, /m/)
 c. 平家+蟹=へいけがに (後続要素の基底子音は /k/, /n/)
 d. 虎+狩=とらがり (後続要素の基底子音は /k/, /t/)
 e. 天井+川=てんじょうがわ (後続要素の基底子音は /k/, /w/)
 f. 丸太+小屋=まるたごや (後続要素の基底子音は /k/, /j/)

しかし、語形成に関わる音韻現象であっても、共鳴子音の [voiced] 素性が常に不完全指定され、「不可視である」とは限らない。その1つの例として、Kuroda (1965) によるリ延長強調副詞の語形成を見てみよう。この語形成では、原形態素における2番目の基底子音が無声子音である時、すなわち (10) において [voiced] 素性が不完全指定されている子音である時には、強調形として (17) のように撥音ではなく、促音が出現する。逆に、原形態素における2番目の基底子音が有声阻害音で、(10) において [+voiced] 素性を持つ時には、(18) に示す通り撥音が生じ、促音は生起しない。同様に、徹底不完全指定では [voiced] 素性の値を「持たないはず」の有声共鳴音を2番目の基底子音に持つ (19) でも、撥音が出現する。すなわち (19) の現象は、リ延長強調副詞の語形成において [voiced] 素性が不完全指定されているのではなく、[+voiced] という素性値が「可視」になっていることを示す。

- (17) a. はき (2番目の基底子音は /k/) → はっきり/*はんきり、はきはき
 b. こて (2番目の基底子音は /t/) → こってり/*こんてり、こてこて
 c. こそ (2番目の基底子音は /s/) → こっそり/*こんそり、こそこそ
 d. すぱ (2番目の基底子音は /p/) → すっぱり/*すんぱり、すぱすぱ
- (18) a. あぐ (2番目の基底子音は /g/) → あんぐり/*あっぐり、あぐあぐ
 b. まじ (2番目の基底子音は /z/) → まんじり/*まっじり、まじまじ
 c. のび (2番目の基底子音は /b/) → のんびり/*のっびり、のびのび

- (19) a. ふわ (2 番目の基底子音は /w/) → ふんわり / *ふっわり、ふわふわ
 b. ぼや (2 番目の基底子音は /j/) → ぼんやり / *ぼっやり、ぼやぼや
 c. しな (2 番目の基底子音は /n/) → しんなり / *しっなり、しなしな
 d. ちま (2 番目の基底子音は /m/) → ちんまり / *ちっまり、ちまちま

このように、語形成の音韻現象に限っても素性が不完全指定されているように思われる現象と、完全指定が必要となる現象があるが、一見矛盾しているように思われるこうした問題点は、最適性理論における *richness of the base* (Tesar & Smolensky, 2000) や *lexical optimization* (Itô, Mester, & Padgett, 1995) といった枠組みでは問題とならない。最適性理論では制約のランキング付けが許されているため、素性値を完全表示しておいたとしても、下位の *markedness* 制約にしか違反しない音韻は「不完全指定されている」こととほぼ等価な振る舞いを示すからである。連濁現象 (14)~(16) と、リ延長強調副詞 (17)~(19) における [voiced] 素性の顕在性に関する違いも、OCP(voicing) 制約や NasalVoicing 制約などが持つランキングの違いに帰着できるだろう。この点は本稿の目的を超えるため、稿を改めて議論を行うこととし、本稿では扱わない。

1.5 音韻のプロトタイプ表象

素性の完全指定と不完全指定には、哲学的にも重要な違いがある。前述したように、素性の完全指定は言語カテゴリーの体系全体でどのような差異が生じているのかを示す。しかし、不完全指定理論は情報があるかそれとも欠如的 (*privative*) であるかという違いであり、厳密に言うところ「二値的」というよりも単一的な性質 (*unary*) に近い。

こうした *unary* な音韻素性は、依存音韻論 (*dependency phonology*) や統率音韻論 (*Government Phonology*) において集中的に研究されてきた。依存音韻論 (Anderson & Durand, 1987) では、例えば母音の音質 (*quality*) を 4 つの基本成分 [i], [u], [a], [ə] の依存関係によって示す。例えば、前舌半狭母音 /e/ であれば成分 [i] が成分 [a] を支配する (すなわち成分 [a] が成分 [i] に依存している) [i;a] と表現される。統率音韻論の要素理論 (*Element Theory*) が用いている音韻の「原子要素 (*phonological particle, element*)」も同様であるが、中でも原子要素に関する Charette (1991) の議論は、原子要素がその内部に弁別素性の構造を持つこと提案している点で特に注目すべき研究であろう。

Charette (1991) では、音韻要素の内部構造となる弁別素性に、強素性 (*hot feature*) と弱素性 (*cold feature*) というある種の強度差が存在するとされている。本稿では強素性をゴシック体で示す。例えば、日本語の母音に関わる原子要素は (20) のような内部構造を持つ。なお、一般に母音の前後に関しては [±back] が使われるが、本稿では [±palatal] ([±front]) を用いておく (松井, 2016)。

- (20) a. 原子要素 A (密集性, *mass*): スペクトルピークの集中
 調音素性: [-**high**, +low, -palatal, +cont, +voiced...]
 音響素性: [-**diffuse**, +compact, +grave, -abrupt, +periodic...]

- b. 原子要素 I (両極性, dip) : スペクトルピークの二極化
 調音素性 : [+high, -low, +**palatal**, -labial, +cont, +voiced...]
 音響素性 : [+diffuse, -compact, -**grave**, -flat, -abrupt, +periodic...]
- c. 原子要素 U (平滑性, rump) : なだらかなスペクトル包絡
 調音素性 : [+high, -low, +back, -palatal, +labial, +cont, +voiced...]
 音響素性 : [+diffuse, -compact, +grave, +flat, -abrupt, +periodic...]

原子要素の持つ弁別素性はあくまで内部構造であり、「音韻現象」レベルの「最小単位」は原子要素である点に注意されたい。各音韻情報は単独の原子要素かあるいは依存関係を伴った原子要素の集合体であり、様々な音韻現象の性質は原子要素の共有や消失といった要素レベルの変化のみによって決まっていく。内部構造である弁別素性の情報は要素の組み合わせから自然に決まってくる抽象的な性質であり、音韻現象を直接決定づける性質ではない。また、各音韻要素がどのような弁別素性を内部構造に持つか、またその中で何が強素性になるかという性質も、完全に普遍的というわけではなく、言語によって若干の違いがある。

原子要素が複数組み合わせられた情報(複合要素)における依存関係については、支配的な音韻要素を主要素 (*head element*) と呼ぶ。本稿では主要素をアンダーラインで示す。すなわち、{I, A} は依存音韻論における [i;a] と同じ意味を持つ。この複合要素の内部構造は、その情報を構成する原子要素が含有する弁別素性から計算される。強素性は弱素性よりも常に強く、また主要素の持つ素性は依存要素の素性よりも強い。例えば、日本語の [e] は原子要素の集合 {I, A} となるが、その内部構造は (21) のように計算される。

(21)

主要素	依存要素	実際の分節音
<u>{I,</u>	A}	⇒ /e/
+high	- high	-high
-low	+low	-low
+ palatal	-palatal	+palatal
-labial		-labial
⋮	⋮	⋮
+diffuse	- diffuse	-diffuse
-compact	+compact	-compact
- grave	+grave	-grave
-flat		-flat
⋮	⋮	⋮

要素理論は、音韻論にいくつかの利点をもたらす。まず、音韻要素の離散的カテゴリーとプロトタイプカテゴリーを止揚する情報となっている点に注目されたい (Tayler, 2004; Jaeger, 1980; Miller, 2006)。例えば、原子要素 A, I, U はこの要素単独で日本語の [a], [i],

[u] として経験的に実在する情報である。一方、母音 [e] は (21) のように要素 I と要素 A の集合として成り立つ。同様に、母音 [o] も要素 U と要素 A の複合集合を成す。したがって、日本語では [a], [i], [u] を中心とし、[e], [o] を周辺とする母音のカテゴリーネットワークが形成される。このように、原子要素は音韻を相互排他的な類と見なさないという点で、プロトタイプカテゴリーの性質に近い。しかし同時に、(20), (21) で見た通り、原子要素であれ複合要素であれ、各音韻は内部に弁別素性という離散的性質をも含む。このように、原子要素は中心性と周辺性に関するプロトタイプカテゴリーと、弁別素性という離散的カテゴリーの内在的性質を併せ持つ。

また、主体は原子要素で、弁別素性は内在的な性質に過ぎないことから、音韻表象が表示の経済性原理に従うとしても、それは原子要素の数に対して掛かる原理であり、弁別素性に関しては余情的な表示や不完全指定表示には関与しない点も重要である。生成音韻論では、弁別素性が調音的性質なのか音響的性質なのかという点に関して議論されてきたが、要素理論では (20) のように 1 つの要素が調音的素性と音響的素性のいずれをも持っていてよい。また、(20), 21 で素性 [labial], [flat] が部分的に表示されているように、音韻要素の持つ弁別素性は不完全指定が許されている。

さらに、原子要素がプロトタイプカテゴリーの一種であるので、内在する性質も離散的なものばかりでなく、連続的な性質を持っていたてもよい。例えば、(5) のような 4 段階の高さを区別する母音体系を再考してみよう。今、舌の高さ (vertical 素性) について mid position を 0 とし、closed (high) は -2, open (low) は +2 という連続量を成すとする。また、この言語では、要素 I, U は vertical 素性について [-2vertical], 要素 A は [+2vertical] を取り、さらにその要素が従属要素になる時には値が弱化して各々半分の値、すなわち [-1vertical], [+1vertical] になるとしよう。そうすると、I, A は vertical 素性について [-2vertical] + [+1vertical] = [-1vertical] となり、狭さが若干緩んだ半狭前舌母音 [e] の情報を表す。一方、A, I は [+2vertical] + [-1vertical] = [+1vertical] より半広前舌母音 [ɛ] となり、同じ原子要素 I, A の組み合わせであっても、何が主要素になるかによって [e] と [ɛ] の区別が可能となる。また、母音に関わる原子要素がこうした多値の定性的性質を内包しているなら、前述したような母音知覚の連続的知覚様式も自然に説明できるだろう。

このように、音韻要素はプロトタイプカテゴリーと離散的カテゴリーを統合でき、同時に音韻に関する心的性質をよく説明する枠組みを提供できる。しかし、要素理論には未だに未解決の問題も多い。例えば、どのような原子要素が存在するか、またある言語における音声情報はどのような原子要素の組み合わせから成立しているのかといった問題ですら、検討すべき点が多く残っている。さらに音声情報は調音運動や疎密波という実時間上で展開される定量的な物理情報という側面も持つが、音韻要素がこうした定量的特性とどのように関わっているかという点に関しても不明な点が多い。そこで本稿では、藤村 (2007) の提案する C/D モデルに立脚しながら、特に破裂性や摩擦性といった原子要素の内部構造について、特に声門制御に関わる [voiced] 素性の観点から検討を行う。

2. 日本語阻害音の有声性・無声性と摩擦要素

2.1 那須川による阻害音の要素理論分析

日本語の分節音を構成する原子要素の構造については、Nasukawa (2005), Nasukawa and Phillip (2009)) による一連の研究が最も詳しい。要素理論では、要素 **N** は単独では有声口蓋垂鼻音として存在可能なカテゴリであり、要素 **h** は単独では無声声門摩擦音、単独の要素 **?** は声門破裂音としての実体を持つ。この性質から、那須川は要素 **N**, **h**, **?** が複合要素を構成した時に (22) のような特性を表すと考えている。この考え方に従うと、例えば両唇阻害音は (23) のような複合要素を成す。

- (22) a. 複合要素における要素 **N**: periodicity の性質で、有声音や鼻音と関係。
 b. 複合要素における要素 **h**: aperiodicity の性質で、摩擦音や帯気音に関係。
 c. 複合要素における要素 **?**: closure の性質で、完全閉鎖に関係。

(23) [p] : {h, ?, U} [b] : {N, ?, U} [m] : {N, U} [ɸ] : {h, U} [β] : {N, h, U}

(23) の表示に基づき、Nasukawa (2016) は「羽」などに見られる日本語の唇音退化 (十羽 [pa] → [ɸa] → 二羽 [wa], 羽根 [ha] など) を次のような要素の喪失過程とみなす。すなわち、[p] : {h, ?, U} の要素 **?** が失われて [ɸ] : {h, U} となり、さらに残った要素のうち **h** か **U** のいずれかを失って [h] : {h} または [w] : {U} に変化する過程である。この考え方に従うと、「寂しい」の [b] 音「さみしい」という [m] 音に弱化するのも、[b] : {N, ?, U} から要素 **?** が失われる過程と見なすことができよう。また、英語の **t** 音が母音間で歯茎はじき音や声門破裂音に変異する現象も、[t] : {?, h, I} から要素 **h** が失われて [ɾ] : {?, I} や [ʔ] : {?} と変異する過程と見てよい。

しかし、こうした分析で捉えにくい現象もある。例えば、日本語やスペイン語では「有声」破裂音 [b], [g] が母音間で弱化し、摩擦音に変化しやすい。弁別素性を用いるなら、この現象は母音の [+continuant] 素性が子音に波及した結果という形で変異の動機を説明できる。一方の要素理論では、有声破裂音は無声破裂音と異なり要素 **h** を持たないため、有声破裂音の弱化を説明するためには要素 **?** と要素 **h** の交換過程を考えなければならない。しかし、原子要素という実在性を伴う表示を用いる要素理論において、母音間でこうした交換過程の起こる動機が明確でない。(22a), (22b) から分かる通り、無声阻害音は無声性と関わる摩擦要素 **h** を構成成分として持つが故に摩擦化する可能性を潜在的に持っているが、有声阻害音は要素集合にこの摩擦要素 **h** を含まないため、摩擦化する潜在的可能性がないのである。

この問題を解決するには、有声破裂音も無声破裂音と同様に摩擦要素 **h** を持つと仮定すればよい。どのような破裂音であっても摩擦要素 **h** を持つということは、要素 **?** は閉鎖にのみ関わり、破裂音の開放は要素 **h** によってもたらされることを示す。言い換えれば、[p] 音や [b] 音は「破裂音」であって、「閉鎖音」ではないことを意味している。確かに、英語の [p], [b], [t], [d], [k], [g] 音は、これらの分節音が母音の後続しない音節末子音になった場合であっても開放を持ち得ることからも、「破裂音」であると言ってよいだ

ろう。しかし、日本語の [p], [t], [k] 音は母音の後続しない促音部では全く開放を持たない。したがって、[ta] の [t] 音が開放されるのは後続する母音 [a] の影響と考えられ、(服部, 1951) が指摘するように日本語の破裂音は正確には閉鎖音と見なした方がよいだろう。そうすると、日本語の有声破裂音は摩擦要素 *h* を持っていないことになり、有声破裂音が要素 *h* を持つために摩擦音への弱化が成立するという仮定は成立しない。また、日本語の破裂音が正確には「閉鎖音」であるなら、無声破裂音が要素集合に摩擦要素 *h* を含むのは、閉鎖を開放する必要性からではなく、摩擦要素 *h* が無声性をもたらすという点のみが根拠となる。しかし、Charette (1991) や Harris (1994) では有声性／無声性はトーンの低音／高音と関わる要素 *L*, *H* がもたらすものと考えられており、摩擦要素 *h* が無声性をもたらしている保証はない。無声性が高音要素 *H* によってもたらされており、かつ日本語の閉鎖性阻害音が破裂音でなく「閉鎖音」であるならば、日本語の [p] 音は複合要素 {*H*, *U*, ?} として表現されることになり、摩擦音 [ɸ] への変化が要素理論で説明できなくなってしまう。

そこで以下の節では、日本語阻害音の韻表示における要素 *h* に関する 2 つの問題点 (24) について、調音実験および知覚実験によって検証する。実験の結果として、(24a) には “Yes” という結論を、(24b) には基本的に “No” という結論を導く。

- (24) a. 日本語において、要素 *h* は無声性に関わっているか。
- b. 日本語の [p], [t], [k], [b], [d], [g] 音は破裂音と言えるか。

2.2 2種類の母音無声化現象

(24a) の問題を考察する上で最も適している現象は、日本語の母音無声化である。よく知られているように、東京方言などでは無声阻害音に挟まれた狭母音がほぼ義務的に無声化を起こす。川上 (1977) は、その実態について (25) のような特性を主張した。

- (25) a. 無声子音に先行する「し、す、ち、つ、ひ、ふ」は無声母音すら持たない。
- b. 無声子音に先行する「き、ぴ、く、ぷ、しゅ、ちゅ」等は無声母音を持つ。

前川 (1989) も、「秋から」の「き」は [ki] であるが、「明日」の「し」には母音がなく、子音 [ç] が延長したものであると述べ、川上の主張を支持している。川上の観察を大雑把に要約すると、母音の性質が残留しない (25a) は摩擦音・破擦音に後続するグループ、母音の性質を何らかの形で残す (25b) は破擦音に後続するグループと言ってよいだろう。すなわち、摩擦要素を喪失したり持っていなかったりする可能性のある破裂音・閉鎖音と異なり、確実に摩擦要素 *h* を保持している摩擦音は母音をほぼ完全に無声化してしまう。このことは、日本語において摩擦要素 *h* が無声性に関わっているという、(24a) に対する 1 つの肯定的な証拠である。なお、英語などでは無声摩擦音に挟まれた環境下にある母音が無声化を起こすことはない。これは英語では摩擦要素 *h* が母音に波及しないと考えるか、あるいは英語の無声性が摩擦要素 *h* ではなく高音要素 *H* によってもたらされている (Harris, 1994) と考えれば説明がつく。

ただし、摩擦音であってもシュ音・チュ音が (25a) ではなく (25b) に含まれている点は注目に値する。実際に音響面から無声化を起こしたス音やシ音と、シュ音との違いを見た場合、図 1 に示した通り、摩擦成分の時間特性に顕著な違いを持つ。すなわち、無声化を起こした「す」「し」の摩擦成分が比較的安定して持続するのに対し、「しゅ」では時間と共に摩擦極周波数が低下するという極周波数遷移を伴う。これは、口腔の広さは母音として十分でないものの、ウ音の後舌性という性質が時間的に残存していることを示す。一方、無声化したス音とシ音では後続母音「のみ」の音響特性は見出し難い。

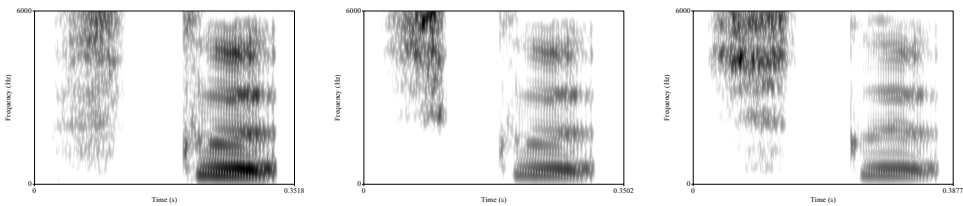


図 1: 第 1 音節の狭母音が無声化を起こした「すく」「しく」「しゅく」のスペクトログラム

要素理論からこの現象を見た場合、(26) のような性質の反映と考えることができる。すなわち、[s] 音自身がウ音と関わる性質を、[ç] 音自身がイ音と関わる性質を持っているため、[s] 音は後続するウ音と一体化し、[ç] 音は後続するイ音と一体化できる潜在的な可能性を持つ。その結果、ス音やシ音においては (25a) のように母音の自立性が失われてしまう。一方、シュ音の場合は [ç] 音が要素 U を持っていないため、無声性をもたらす摩擦要素 h によって母音が無声化したとしても、母音の自立性を保つ。

- (26) a. 日本語の [s] 音はこの子音自身がウ音と関わる要素 U を潜在的に持つ。
 b. 日本語の [ç] 音はこの子音自身イ音と関わる要素 I を潜在的に持つが、ウ音と関わる要素 U は持っていない。

ただし、(25) はあくまで川上自身の内観であるため、本当に無声化したス音・シ音では母音の自立性が失われ、シュ音では母音の自立性が保たれていることを確認しておかなければならない。次節ではこの点を検証するため、電氣的パラトグラフ (EPG) を用いた音調動態分析を紹介する。

2.3 無声化母音の自立性に関する EPG データ

EPG の調音動態測定には、WinEPG (Articulate Instruments Ltd.) および Stars system (EPG 研究会, 山本一郎氏) を用いた。人工口蓋床は山本氏により開発されたもので、話者間の比較ができる標準化された電極配置を持つ (歯茎 2 列、後部歯茎 2 列、硬口蓋 3 列、軟口蓋境界部 1 列; 最前列 6 点、他は 8 点)。被験者は人工口蓋床に慣れた関西方言話者の男女 1 名ずつで、刺激語には第 2 モーラが無声化する 3 モーラの有意味語・無意味語を用いた。

母音無声化を起こしたス音の音節前半部と後半部、および標準的な [u] 音の EPG を図 2 に、母音無声化を伴うシ音と標準的な [i] 音の EPG を図 3 に、母音が無声化したシュ音の EPG を図 4 に示す。ス音とシ音では音節内の調音動態変化がほぼ観察されず、(25a) や図 1(a), (b) の性質に合う。一方、無声化を起こしたシュ音は、後半部で調音動態の変化 (図 4) が観察され、前半部と比べると硬口蓋後部から軟口蓋にかけてウ音 (図 2(c)) の性質が加わっている。すなわち実際の調音動態として、無声化したス音やシ音は母音の自立性を失っているのに対し、シュ音では母音の自立性が保持されていると言ってよい。

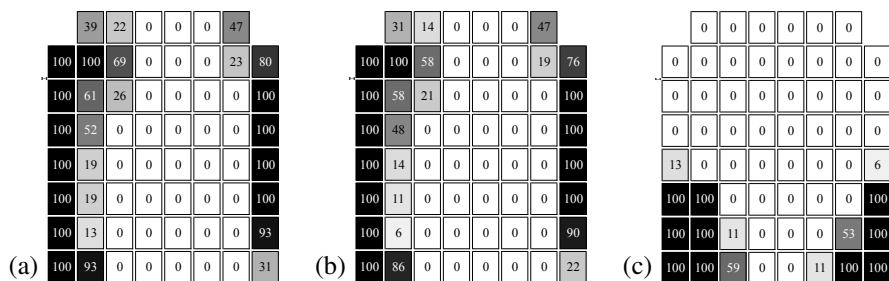


図 2: 無声化を起こした「ス」音前半部 (a)・後半部 (b)・標準的なウ音 (c) の平均接触率

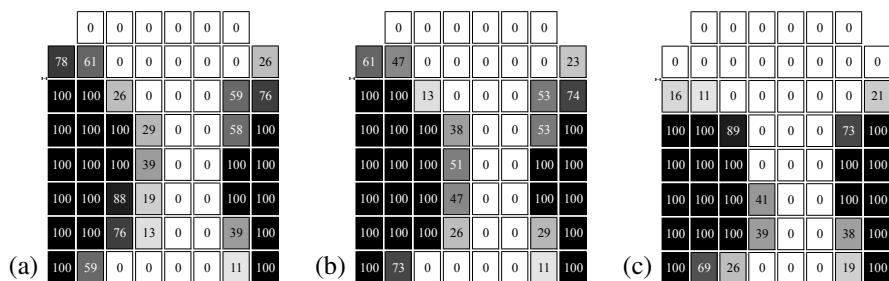


図 3: 無声化を起こした「シ」音前半部 (a)・後半部 (b)・標準的なイ音 (c) の平均接触率

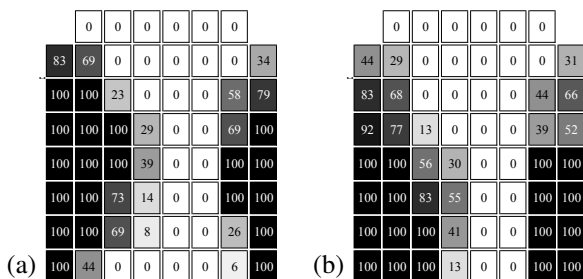


図 4: 無声化「シュ」音の前半・後半部

ただし、(26) の妥当性を保証するためには、無声化母音における自立性喪失が先行子音との一体化であって、母音脱落ではないことを証明しておかなければならない。この点を、有声摩擦子音に後続する狭母音の調音動態から検討してみよう。図 5 は、「崩す・外す」「指示詞・宇治市」(「ズス」「ジシ」という連鎖を持つ環境下)の「ズ音・ジ音」における後半部(母音部と見なしうる部分)の EPG である。いずれも摩擦子音とほぼ同一の調音であり、母音の自立性が観察されない。日本語では有声摩擦音に後続する母音が脱落や無声化を起こすことはないため、これは [z] 音は後続のウ音と、[ɟ] 音は後続のイ音と一体化した状態であると見なせる。本稿では、こうした摩擦音と一体化した母音の性質を「摩擦母音」と呼んでおく。日本語の母音無声化の実態は、この摩擦母音である。こうした摩擦母音の存在は、有声音／無声音に関わらず、日本語の歯茎阻害音が (26a) の性質を、硬口蓋と関わる阻害音が (26a) の性質を持つことの直接的な証拠といってよい。

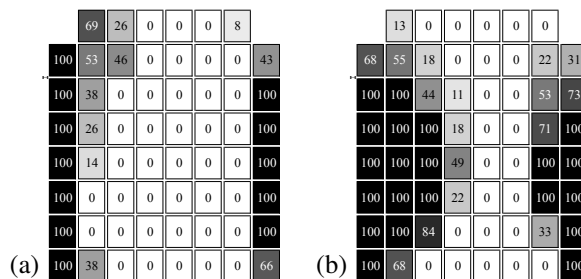


図 5: 「(く)ず(す)・(指)示(詞)」後半部

2.4 破裂音の音響特性と後続母音の知覚

次に、(24b) の問題を考えてみよう。前述したように、日本語の閉鎖性阻害音が「破裂音」ではなく「閉鎖音」である証拠として、(27a)～(27c) のように「破裂音」に先行する促音が開放部を持たない「閉鎖音」であることが挙げられる。摩擦音に先行する促音は (27d)～(27e) のような完全逆行同化を受けるので、もし閉鎖性阻害音を伴う促音も完全逆行同化を受けているとするならば、日本語の閉鎖性阻害音は「破裂音」ではなく、「閉鎖音」であると考えるべきであろう。

- (27) a. 一歩: [ip:o] = [ipʰpo]
 b. 一途: [it:o] = [itʰpo]
 c. 一個: [ik:o] = [ikʰpo]
 d. 一茶: [is:a] = [isʰsa]
 e. 一緒: [ic:o] = [icʰco]

しかし、摩擦の促音が完全逆行同化を受けるからといって、「破裂」の促音が「完全」逆行同化を受けるとは限らない。そこで、母音に先行する閉鎖性阻害音が「破裂音」で

はなく「閉鎖音」である可能性を、知覚実験によって検証してみよう。まず、破裂開放を持たない [ot] を Klatt synthesizer で合成し、母音 [o] の終端部の音響特性について (a) フォルマント遷移、(b) dB 変化、(c) オフセットの遷移時間、(d) 閉鎖運動に伴うアンチフォルマントの各条件が、末尾子音の知覚に与える影響について調査を行った。被験者は言語聴覚士養成校で基本的な音声学の訓練を受けた 39 名で、実験を行う前に、「聞こえた音を発音記号で表記してください」という教示を与えている。実験の結果、特に条件 (d) は子音の判断自体は不安定であったものの (/p/, /t/, /k/ の判断が各々 13%, 41%, 8%)、62% の確率で何らかの「語末子音のみ」の判断が可能であった。注目すべきことは、日本語の phonotactic の制約として、撥音を除き、子音で終わる音韻列は許されていないにも関わらず、子音の判断が行われた 96 例のうち、子音の後に母音をつけて表記したもののがわずか 2 例しかなかった点である。これは、閉鎖阻害音の知覚に、必ずしも「開放」に伴う摩擦成分が必要でないことを示す。

一方、[ot] の [t] 音が開放され帯気音を持っていた場合には、74% の確率で子音 [t] の後に母音が知覚された (残り 26% は語末子音のみを知覚)。また母音が知覚された場合、その音価は帯気音の周波数帯域に依存して変わっていく。図 6 (a) のように周波数帯域が低ければ [otu] が知覚され、図 6 (b) のような刺激が [otu] と [oti] の知覚境界となる刺激音である。図 6 (c) のようにエッジとなる極周波数帯域が 2500Hz を超えていくと /i/ 以外の母音が知覚される可能性はなくなる。なお、図 6 (c) の刺激音では、破擦音を知覚する被験者もいたが、図 6 (a), (b) の刺激では破擦音の知覚はほとんど生じていなかった。

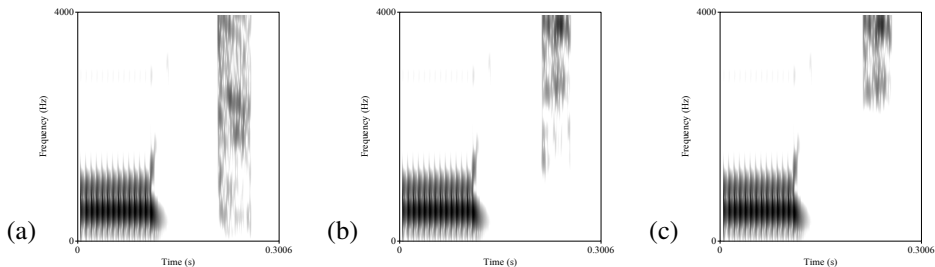


図 6: 子音後に /u/ 音を知覚する刺激 (a) と、曖昧な刺激 (b)、/i/ 音を知覚する刺激 (c)

本節の結果から、破裂子音が知覚されたからと言って後続母音が知覚されるとは限らないこと (すなわち語末促音のような特殊な知覚も生じうること)、後続母音が知覚されるためには必ず破裂開放に伴う帯気音が必要なこと、またその帯気音の特性によって知覚される母音が異なることが確認された。こうした破裂子音と後続母音に関する知覚特性では、次の 2 通りの解釈が可能である。

- (28) a. 帯気音の特性は調音結合の手がかりであり、この情報から知覚的母音挿入によって後続母音の同定が可能になる。帯気音がない閉鎖音の場合は、調音結合の手がかりが失われているため、知覚的母音挿入が行われない。

- b. 帯気音の特性は摩擦母音の情報であり、この情報から後続母音が直接同定される。帯気音がない閉鎖音の場合は、母音の情報が得られないため、当然のことながら母音知覚が生じない。

(28a) の妥当性は、日本語のタ行において破擦音でない [ti], [tu] という音韻連鎖が認められるか否かに掛かっている。もしこうした音韻連鎖が日本語として定着しているのであれば (28a) の説明も有効であるが、もし認められないのであれば、調音結合に基づく説明は正しくない。借用語において、原音の子音 [t] の後に「挿入される母音」が /u/ ではなく /o/ である。その原因が日本語の phonotactics に基づくのであれば、図 6 (a) の刺激で /o/ 音が知覚されない理由が必要となろう。一方、(28b) の説明は、音響特性から摩擦母音を直接同定する過程であるため、狭母音に先行するタ行が破擦化するか否かに関わらず、常に何らかの母音の認識が可能であることを予測する。本実験の結果において、母音の存在しない [ot] の刺激である図 6(a) において、子音に後続する母音が /o/ ではなく /u/ として認識されていることから、(28a) よりも (28b) の解釈のほうが妥当性を持つと言ってよい。また、この結果は Dupoux, Kakehi, Hirose, Pallier, and Mehler (1999), Dupoux, Parlato, Frota, Hirose, and Peperkamp (2011) で議論されている「知覚的母音挿入 (perceptual vowel epenthesis)」を否定した研究である 松井 (2016) の実験結果とも合致している。

本節で取り上げた全ての現象は、日本語における破裂音の開放は子音自身の性質ではなく、後続母音によって受動的に引き起こされる性質に過ぎないことを示す。すなわち、日本語の閉鎖性阻害音は破裂音ではなく閉鎖音と考えた方が良い。問題は、無声化母音の実験から得られた結論 (29a) と、本項の結論 (29b) が、「無声閉鎖音」を考える上で互いに矛盾するという点である。

- (29) a. 日本語では摩擦要素が音声の無声性をもたらす。
- b. 日本語の閉鎖性阻害音は、破裂音ではなく閉鎖音である。閉鎖音は開放がないため、摩擦要素を持たない。

この矛盾を解決するためには、要素理論における摩擦要素という概念自体を捉え直さないといけない。ことになる。次節では、阻害音を実現する原子素性として、摩擦要素 *h* や閉鎖要素 *ʔ* ではなく、声道内の狭窄をもたらす要素 *C* という概念を導入し、この狭窄性要素 *C* によって日本語の音韻体系が適切に表現できることを示す。

3. 狭窄性原子要素を用いた要素理論

3.1 狭窄要素の導入

本稿で導入する狭窄性要素 *C* は、従来の要素理論における摩擦要素 *h* を再定義したものであると言ってよい。口腔内の狭窄は、結果的に気流の摩擦を引き起こすからである。したがって、これは新しい要素を設定するという意味ではなく、従来の理論との混乱を避けるために、要素 *C* として表示するに過ぎず、誤解がないようであれば狭窄要素を *h* として

表示してもよい。また、声帯振動が有声音の音源であるのに対し、口腔内の狭窄によってもたらされる摩擦音源は全ての「無声音」の音源である。したがって、狭窄性要素 C は内部構造として無声性を持つ。すなわち、(29a) は、「狭窄要素 C は内部に [-voiced] 素性を持ち、この要素 C が日本語音声の無声性をもたらす」と言い換えることができる。

さらに、この狭窄要素 C は内部構造として側面狭窄に関わる [+ (lateral) constriction] 素性や正中面での中線的接触に関する [+ (central) contact] 素性も持つ。この弁別素性は馴染みのないものである、これらの性質を日本語歯茎音における舌の接触パターンから見ておこう。図 7 は日本語母語話者が破裂音 [d], 摩擦音 [z] およびラ行子音を発音した際の舌による狭窄性の面積を EPG によって分析した例である (ただし図 7(b) は図 5(a) を流用)。ラ行音の調音は一貫しておらず、図 7(c) は弾き音 [ɾ] であるが、図 7(d) はほぼ側面接近音 [l] であると言ってよい。側面狭窄の面積を見てみると、[d] 音、[z] 音がほぼ完全に側面狭窄が行われているのに対し、[ɾ] 音と [l] 音の側面狭窄はこの順でかなり弱くなっていく。一方、正中面の接触パターンを見てみると、[d], [ɾ], [l] が中線的な接触を持つのに対し、摩擦音 [z] は当然ながら正中面の接触が存在しない。このことから、破裂音 [d] の接触パターンは、摩擦音 [z] と側面音 [l] (あるいは弾き音 [ɾ]) の性質を併せ持つことが分かる。

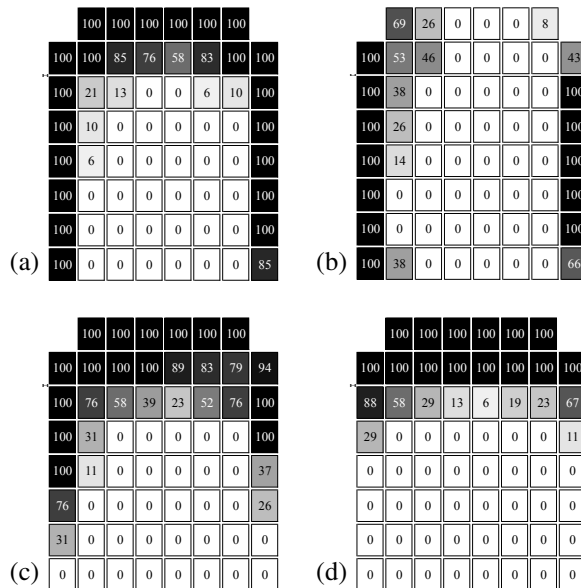


図 7: 日本語母語話者によるダ行子音 (a), ザ行子音 (b), ラ行子音 (c, d の 2 種) の調音例

(7) のパターンを、[constriction] 素性と [contact] 素性によって区別してみよう。まず、側面狭窄はあるが中線的接触のない摩擦音は弁別素性 [+constriction] 素性のみを持つ。一方、弾き音 [ɾ] や側面音 [l] は、側面狭窄の性質を大きく失っているものの歯茎前部に

しっかりとした接触が起こるため、[+contact] 素性によって特徴づけられる。残る破裂音 [d] は側面狭窄と中線の接触のいずれをも持ち、完全接触が起こるため、[+constriction, +contact] のいずれの素性をも持つ。一方、母音や中線の接近音は [-constriction, -contact] であり、[constriction] 素性と [contact] 素性のいずれをも持たない。なお、従来の弁別素性で言うなら、[+constriction, +contact] は [-sonorant, -continuant] に、[+constriction] のみの音声は [-sonorant, +continuant] に相当する。[+contact] 素性のみの情報は従来の弁別素性における [+lateral] 素性に近いが、[+contact] は弾き音と側面音のいずれの調音方法にも関与するのに対し、[+lateral] 素性は弾き音に関わる特徴ではない。

3.2 日本語における原子要素

ここで、日本語の音韻体系を生成する原子要素について概観しておく。最低限必要となる原子要素は A, I, U, N, C の 5 つであり (余剰的な原子要素を考えることができるが、本稿では考慮しない)、各々 (30), (31) のような特性を持つ。(30) は主に調音位置に関わる原子要素で、従来から用いられている原子要素 (20) と変わらない。一方、(31) は調音方法に強く影響する原子要素である。ただし、いずれも原子要素であるため、どの原子要素も調音方法・調音位置に関する情報を何らかの形で内在的に持っており、いずれも単独で調音可能な実在性を持つプロトタイプカテゴリーといってよい。

- (30) a. 原子要素 A: 開口性。要素単独では [ɑ] に相当。
- b. 原子要素 I: 硬口蓋性。要素単独では [i] に相当。
- c. 原子要素 U: 周辺性。要素単独では [u] に相当。

- (31) a. 原子要素 N: 鼻音性。要素単独では [N] に相当。
- b. 原子要素 C: 狭窄性。要素単独では [h] に相当。

依存音韻論や統率音韻論では、ある成分の依存関係、すなわち原子要素が主要素となるか依存要素となるかで、その性質の「強度」が異なることを許す。例えば英語の母音では、lax の [ɪ] は硬口蓋要素 I が単独で主要素なった {I} として表現されるが、tense の [i] は {I, I} として硬口蓋要素を主要素と依存要素のいずれにも持つ。このことによって、量的に素性が強化されると共に、tense の [i] のほうが IRF のパルス強度が強く、結果的に実時間上の持続時間も長くなる傾向を示す。本稿では、こうした主要素／依存要素に加え、「超主要素」としての性質も考慮する。超主要素とは、「主要素となる原子要素」を依存要素として支配する可能性を持つか、あるいは主要素が同一の原子要素を依存要素として取る場合の依存関係を示す。なお、本稿では主要素を「下線(要素)」超主要素を「二重線(要素)」で表し、依存要素は要素記号を単独で用いることとする。

プロトタイプカテゴリーであるこれらの原子要素は、日本語音声として用いられる場合には、内部構造として表 1 のような二値的弁別素性、すなわち離散的カテゴリーの性質を併せ持つ。枠で囲ってある弁別素性値は強素性 (hot feature) で、無枠の素性値は弱素性を、素性値が空白になっている部分はその性質が欠落している (含意関係や default

情報によって補完が可能である)ことを示す。複合要素においては、強素性は弱素性より常に強く、また強素性同士・弱素性同士の場合は超主要素に内在する素性値が最も強く、依存要素の持つ素性値が最も弱い。もし同一強度の要素が矛盾する強素性を持っていた場合、あるいは矛盾する弱素性を互いに持っていた場合、その素性は打ち消しあい、音韻を特徴づける性質から消失する。

表 1: 日本語の音韻体系を構成する原子要素の内部構造

	開口性	硬口蓋性			周辺性			鼻音性		狭窄性		
	A	<u>I</u>	<u>I</u>	I	<u>U</u>	<u>U</u>	U	<u>N</u>	N	<u>C</u>	<u>C</u>	C
syllabic	+	+								[-]	[-]	-
consonantal								+	+	+	+	+
sonorant	+	+	+		+	[+]	+	+	+	[-]	[-]	+
voiced	+							[+]	[+]	[-]	-	+
nasal	-	-	-		-	-		[+]	+	[-]	[-]	
constriction	-	-						+	+	[+]	[+]	
contact	[-]	-	-		-	-						[+]
strident	-	-			-	-				+	-	-
high	[-]	+	+				+			-		
low	+	-	-		-	-	-					
palatal	-	[+]	[+]	[+]	-	-	-	-	-	-	-	-
anterior	-	[-]	[-]		[+]	[+]		-	-	-	-	
labial					+					-	-	-

これらの原子要素を用いて、次節以降で日本語の代表的な音韻の要素表示を検討するが、まずここで各要素の特性を大雑把に見ておこう。要素 A は原子要素の中で唯一 [+low] 素性を持つことから分かる通り、大きな開口度をもたらす。すなわち、要素 A を持つ音韻には気流の妨害が起こらないため、日本語では子音が要素 A を持つことはない(ただし、Charette (1991), Harris (1994) で議論されているように、言語によっては要素 A が歯茎と関わり得る)。これに対し、要素 I は [+palatal] (すなわち [+front]) に関わる成分で、母音であれ子音であれ硬口蓋に関わる全ての音韻は何らかの形でこの要素を持つ。この声道の中央部である硬口蓋要素 I と排他的な役割を果たす成分が、周辺性要素 U で硬口蓋以外の調音位置(両唇、歯茎、軟口蓋)のいずれにも関与する。また、鼻音性要素 N は鼻音や有声性に関する性質を持つ。狭窄性要素 C については既に述べた。

3.3 日本語 5 母音の音韻要素表示

この原子要素を用いて、まず日本語 5 母音を表してみると、次のようになる。前舌母音は硬口蓋性要素 I を、非狭母音は開口性要素 A を必ず含む。

- (32) a. 前舌母音: [i] 音 = {I} [e] 音 = {I, A}
 b. 後舌母音: [u] 音 = {U} [o] 音 = {U, A} [ɑ] 音 = {A}

3.4 日本語両唇音の音韻要素表示

次に、日本語の子音がどのような要素から構成されるのかを、日本語の両唇音に関する音韻要素表示から見ていこう。言うまでもなく、両唇音は声道の最も周辺に位置する調音器官である。したがって、表 1 で示した通り、両唇音は周辺性要素 U を最も強い性質として、すなわちこの要素を超主要素 U として持つ。ただし、要素 U を持っていたとしても、この要素を同じく超主要素になった狭窄要素 C と組み合わせると、支配関係が生じないため、C の持つ [-labial] の性質によって U の [+labial] 素性が打ち消されてしまう。したがって、例えば [p] 音は要素 U が要素 C を依存関係に取る {U, C, C} という複合要素によってしか存在し得ない。すなわち、要素 U が超主要素になった U によって両唇性が、主要素 C の側面狭窄 [+constriction] と依存要素 C の中線の接触 [+contact] によって完全妨害が実現され、また主要素 C の持つ素性 [-voiced] によって無声性が実現される。一方 [b] 音になると、[p] 音の複合要素集合 {U, C, C} に、有声性を実現する唯一の要素 N を追加しなければならない。ただし、この原子要素が主要素になっている場合には強素性 [+nasal] によって複合要素の内部構造が鼻音性を持つてしまう。これに対し、要素 N が依存要素であった場合には [+nasal] が弱素性であるため、その性質が主要素 C の強素性 [-nasal] によって覆され、複合要素全体は鼻音性を持たない。したがって、[b] 音は {U, C, C, N} という複合要素集合によって成り立つ。

表 2: 日本語における両唇音の音韻表示

	{ <u>U</u> , <u>C</u> , C}	{ <u>U</u> , <u>C</u> , C, N}	{ <u>U</u> , <u>N</u> , C}	{ <u>U</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> , N}	{ <u>U</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> , N}
	p	b	m	ϕ	β	× f	× v
syl	—	—	—	—	—	—	—
cons	+	+	+	+	+	+	+
son	—	—	+	—	—	—	—
voi	—	+	—	—	+	—	+
nas	—	—	+	—	—	—	—
constr	+	+	+	+	+	+	+
contct	+	+	+	—	—	—	—
strid	—	—	—	—	—	+	+
high							
low	—	—	—	—	—	—	—
pal	—	—	—	—	—	—	—
ant	+	+	+	+	+	+	+
lab	+	+	+	+	+		

両唇の摩擦音も同様の形で計算される。今、超主要素 U と主要素 h を組み合わせる場合を考えてみよう。超主要素 U は弱要素 [+labial] を持ち、主要素 h は弱要素 [-labial] を持つため、両素性は矛盾した関係にあるが、超主要素は主要素を支配する関係であるため、両者は打ち消し合うことはなく、超主要素 U の持つ弱要素 [+labial] が集合 {U, h} 全体に引き継がれる。また、主要素 h は [-strident] 素性を持っているため、集合 {U, h} は両唇の [-strident] な摩擦音、すなわち [ɸ] を表す。さてここで、超主要素 U と対等な関係になる超主要素 h を組み合わせてみよう。この場合は、超主要素 h の持つ [+strident] 素性によって [f] 音が実現される可能性があるのだが、「日本語」の場合、超主要素 U の持つ弱要素 [+labial] と超主要素 h の持つ弱要素 [-labial] が「対等な関係」であるが故に打ち消し合ってしまう、「両唇音」という性質を実現できない。この結果、日本語の音韻体系から [f] 音が欠落する。なお、英語では超主要素 U の両唇音性が「強素性 [+labial]」であるため、集合 {U, C} が [+labial, +strident] 素性を持てる。この結果、英語では [f] 音が成り立つ。また、こうした英語の [f] 音: {U, C} を日本語として借用する場合には、最も近い原子要素の組み合わせである [ɸ] 音: {U, C} にマッピングされていく。離散的カテゴリーを内部構造を持つプロトタイプカテゴリーとしての原子素性は、こうした言語内の音韻体系や言語間の対応関係を自然に説明できるという利点も持つ。

音韻要素の利点はこれだけに留まらない。例えば、和語の語頭子音は [p]-[b]-[m] という三項対立の関係ではなく、[p]-[m] の二項対立を持つ。和語の語頭濁音は、連濁などの条件によって無声阻害音から派生的に生じる。弁別素性に基づく、完全指定理論 (表 3) でも不完全指定理論 (表 9, 表 10) でも、この [p]-[m] の二項対立を自然に表現することができない。しかし要素理論では、[p] 音と [m] 音は {U, C, C}, {U, N, C} という要素 C と要素 N のみの対立であり、表示レベルでも二項対立関係が成り立つ。これに対して [b] 音は {U, C, C, N} で、[p] 音から見ても、[b] 音から見ても、何らかの要素が付加されており、[p]-[m] の二項対立からの派生であることが表示レベルで明示できる。

最後に、Nasukawa (2016) による唇音退化の説明を本稿の枠組みで再考してみよう。前述したように、那須川は日本語の唇音退化を [p]: {U, ?, h} → [ɸ]: {U, h} → [h] [h] として分析した。これは非常に美しい分析であるが、母音間の [b] 音: {U, ?, N} が [β] 音: {U, h, N} に弱化する過程を統一的に扱えない。しかし本稿の枠組みでは、[p] 音から [ɸ] 音への変化も、[b] 音から [β] 音への変化も、いずれも依存要素である狭窄要素 C の喪失 (すなわち [+contact] 素性の喪失) として説明できる。また、後述する図 5 から分かる通り、{U} が [ɰ] 音を、{C} が [h] 音を表すため、[ɸ] 音: {U, C} がいずれかの原子要素 (および支配関係) を失うと、[ɸ] 音から [h] 音か [ɰ] 音への変異が起こっていく。すなわち、Nasukawa (2016) と同様に、本稿でも日本語の唇音退化を原子要素の順次的喪失と見なす。

3.5 日本語歯茎音の音韻要素表示

次に日本語の子音として最もよく使われる歯茎音の性質を見てみよう。まず歯茎音を作り出す舌端と上歯茎は、両唇と同様にやはり声道の周辺に位置する調音器官であるが、両唇よりは若干周辺性が落ちる。したがって、歯茎音は周辺要素 U を超主要素としてで

はなく、主要素 U として持つ。これは、(26a) で述べた性質を満たす。また、主要素 U は単独で歯茎接近音 [ɹ] を意味する。したがって、超主要素 U とは異なり、主要素 U は内部構造に強素性の [+sonorant] を持つ。

この性質が歯茎音特有の問題をもたらす。今、[p]: {U,C,C} と同様に、調音位置だけを歯茎に変えた {U,C,C} という複合要素の意味を考えてみよう。[p] 音からの連想で言うと、この表示は [t] 音を意味するはずである。ここで、両唇音の場合と異なり、周辺性要素 U と狭窄性要素 C が共に主要素であり、依存関係が生じていない点に注意されたい。両素性間に依存関係がないことにより、狭窄性主要素 C の持つ [+constriction] 素性は要素集合全体に引き継がれるが、狭窄性主要素 C の持つ強素性 [-sonorant] は周辺性主要素 U の持つ強素性 [+sonorant] と打ち消し合ってしまう。この結果、{U,C,C} は rhotic の性質は実現されるものの、阻害音が持つべき非共鳴性という性質を満たさない。したがって、[-sonorant] である [t] 音を実現するためには、狭窄性要素 C が周辺性主要素 U を支配する必要がある。この結果、[t] 音は狭窄性要素 C を超主要素として持つ {U,C,C} という複合要素を持つ。

表 3: 日本語における歯茎音の音韻表示

	{ <u>U</u> , <u>C</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> , <u>C</u> , <u>N</u> }	{ <u>U</u> , <u>N</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> , <u>N</u> }	{ <u>I</u> , <u>C</u> }	{ <u>I</u> , <u>C</u> , <u>N</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> }
	t	d	n	s	z	ʃ	ʒ	r
syl	—	—	—	—	—	—	—	—
cons	+	+	+	+	+	+	+	+
son	—	—	+	—	—	—	—	+
voi	—	+	—	—	+	—	+	+
nas	—	—	+	—	—	—	—	—
constr	+	+	+	+	+	+	+	
contct	+	+	+	—	—	—	—	+
strid	—	—	—	+	+	+	+	—
high	—	—		—	—	—	—	
low	—	—		—	—	—	—	—
pal	—	—	—	—	—	+	+	—
ant	+	+	+	+	+	—	—	+
lab	—	—	—	—	—	—	—	—

歯茎閉鎖音が、狭窄性要素について超主要素 C と依存要素 C を持つ点に注意されたい。後述する C/D モデルによって超主要素 C と依存要素 C の性質を実時間上で定量的に展開する場合、その実現時間が十分にあるならば主要素 C の性質が調音動作上「自然」と引き起こされる。Pinter (2008) で詳しく議論されている通り、強い閉鎖状態から時間をかけて開口運動が起こる場合、摩擦性の中間段階を実現する時間を確保できたため、結果的

に破擦音が生み出されていく。この時に鍵になるのが、破裂音が実時間上で十分な時間を取れるのは、後続する母音が狭母音である場合に限るという点である。後続母音が広母音であれば、より大きな距離の開口運動が必要であり、狭窄性要素 C の実現に十分な実時間を確保できない。しかし後続母音が狭母音であるなら、開口運動の距離が短いため、十分な時間をかけて狭窄性要素 C が実現されていく。この結果、狭母音が歯茎閉鎖音に後続する場合、閉鎖解放後に狭窄要素 C が十分な時間で実現され、破擦化を引き起こす。何よりも重要なことは、こうした破擦化が起こる動機が、[t] 音が「潜在的に破擦音になる可能性」を秘めた {U,C,C} という表示を持つことに起因している点にある。

歯茎音は、借用語音韻論においてもいくつかの興味深い問題を持つ。最も代表的な問題は、ラ行に関わるものであろう。表 4 から分かる通り、日本語母語話者にとって英語の [ɹ] 音は日本語の [ɾ] 音と表示上区別がつかない。また、[ʃ], [ʒ] は日本語の [ɕ], [ʑ] と比べて要素 U を余分に持つ。これは、英語教育で「英語の [ʃ] は唇を丸めなさい」と指導される要因と関係しているであろう。

表 4: 日本語母語話者における英語歯茎音の音韻要素表示

	{ <u>U</u> , <u>I</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> , <u>I</u> , <u>C</u> , <u>N</u> }	{ <u>U</u> , <u>C</u> }	{ <u>U</u> }
	ʃ	ʒ	l	ɹ
syl	—	—	—	
cons	+	+	+	
son	—	—	+	+
voi	—	+	+	
nas	—	—	—	—
constr	+	+		
contct	—	—	+	
strid	+	+	—	—
high	—	—		
low	—	—	—	—
pal	+	+	—	—
ant	—	—	+	+
lab	—	—	—	

3.6 硬口蓋より後方の調音

本節の最後に、硬口蓋より後方の調音に関して簡単に見ておく。まず硬口蓋音に関しては、硬口蓋性要素 I が必ず関与する。この結果、無声硬口蓋摩擦音 [ç] は {I,C} という表示を持ち、シャ行子音である [ɕ]: {I,C} とは狭窄性要素 C の支配関係のみが違う。これが東京方言などで、シ音とヒ音の交代が起こる原因であろう。

一方、軟口蓋音は調音位置としては母音 [ɯ] と同じ場所であるので、やはり周辺性要

素 U によって実現される。ただし、依存要素 U として用いられ、子音の調音位置としては最も顕在性が低い。この結果、有声閉鎖音において興味深いことが起こる。

図 2, 図 3 で見てきた通り、有声阻害音は鼻音性要素 N を依存要素として持つのに対し、鼻音破裂音は鼻音性要素 N を主要素として持たなければならない。これは前述したように、周辺性要素 U が超主要素や主要素になる場合、[-nasal] の性質が顕在的であることが原因である。しかし、周辺性要素 U が依存要素になった場合、[nasal] 素性も含め多くの特性を失う。これは、日本語の [ɰ] 音がほとんど何の特性も持たないことから分かるであろう。この結果、軟口蓋鼻音 [ŋ] は、{U,C,N} という表示に限らず、{U,C,N} という表示であってもよい。この特性が、有声軟口蓋閉鎖音の変異音に強い影響を与える。すなわち、有声軟口蓋閉鎖音 [g] : {U,C,C,N} の主要素 C が脱落すると鼻音 [ŋ] : {U,C,N} に、閉鎖音 [g] : {U,C,C,N} の依存要素 C が脱落すると摩擦音 [ɣ] : {U,C,N} に変異していく。しかし、有声両唇閉鎖音 [b] : {U,C,C,N} や有声歯茎閉鎖音 [d] : {U,C,C,N} の主要素 C が脱落しても、{U,C,N} や {U,C,N} という表示は鼻音 [m], [n] にならない。この組み合わせでは、依存要素 N の持つ弱素性 [+nasal] は、超主要素や主要素となる要素 C が持つ弱素性 [-nasal] に支配関係として打ち勝てないからである。しかし、軟口蓋鼻音 {U,C,N} の場合は、要素 U と要素 N が対等の関係にあるため、要素 N が依存要素であっても [+nasal] の性質が顕在化されていく。

表 5: 日本語における硬口蓋音・軟口蓋音・口蓋垂・声門音の要素表示

	{I,C}	{I}	{U,C,C}	{U,C,C,N}	{U,C,N}	{U,C,N}	{N}	{U}	{U}	{C}
	ç	j	k	g	ŋ	ɣ	N	ɰ	(w)	h
syllabic	—		—	—	—	—				—
consonantal	+		+	+	+	+	+			+
sonorant	—	+	—	—	+	—	—	+	+	—
voiced	—		—	+	+	+	+			—
nasal	—	—	—	—	+	—	+		—	—
constriction	+		+	+	+	+	+		—	+
contact		—	+	+	+					
strident	—	—	—	—	—	—	—		—	—
high		+	+	+	+	+		+	+	
low		—	—	—	—	—	—	—	—	
palatal	+	+	—	—	—	—	—	—	—	—
anterior	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
labial	—								+	—

このように、要素理論では各音韻がどのような変異音を持つかという情報が、表示の中に潜在的に表現されている。あとは、それがどのような形で実現されるかは、実時間

上で展開される定量的性質によって決まる。最後にこの点について、Fujimura (1992)・藤村 (2007) が提案している Converter/Distributor model (以下 C/D モデル) の観点から考察を行う。

4. C/D モデルにおける音韻要素

4.1 C/D モデルについて

Fujimura (1992)・藤村 (2007) による C/D モデルは、音韻情報や意味情報・パラ言語情報等の影響を受けた定性的情報を入力として、定量的な調音運動・音響情報を導出する枠組みの 1 つである。例として、「甘美」という音声情報に関する C/D モデルの情報生成 (C/D ダイアグラム) を見てみよう。

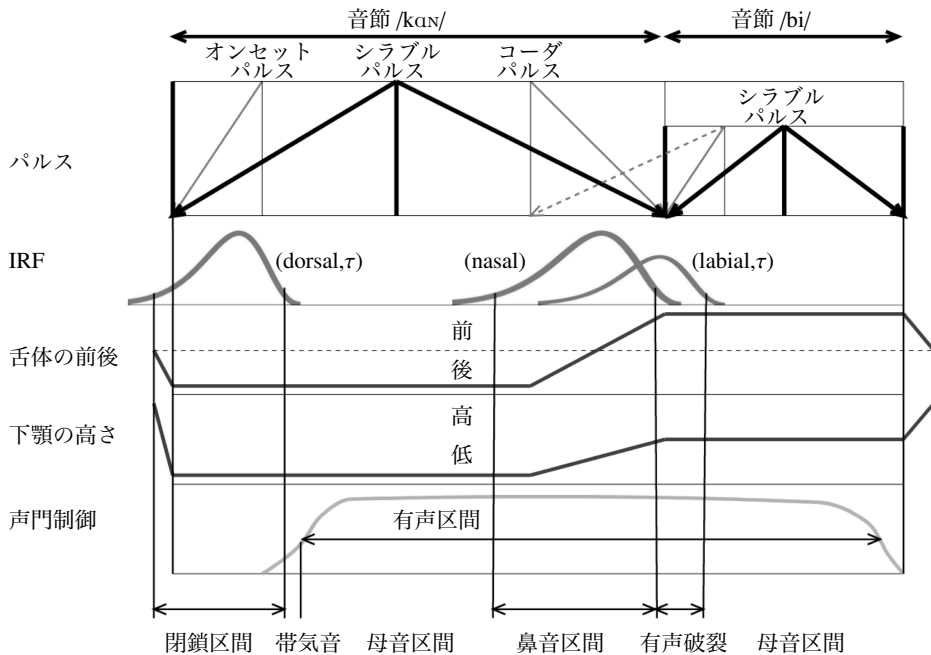


図 8: 「甘美」の C/D ダイアグラム

C/D モデルは、調音運動を「音節」が決定する大局的な運動の上に子音の局所的な調音動作が乗ったものと見なす点に、他の理論にはない重要な特徴を持つ (北原, 2008; Kawahara, 2015)。図 8 に示す通り、各音節の時間特性がシラブルパルス (図 8 のパルス) によって決定され、音節の中心を担う母音 “a, i” の大きな口腔状態 (図 8 の舌体・顎) の上に、子音 “k, m, b” のインパルス応答関数 (図 8 の IRF) が局所的に影響を及ぼす形で計算される。したがって C/D モデルは、(音素ではなく) 音節を単位とする入力情報を持つ。「甘美」の例なら、入力情報は {/kan/} と {/bi/}、すなわち {{U, C, C}, {A}, {N}} と {{U, C, C, N}, {I}} という原子要素を要素とする音節の集合を成す。このうち、要素 A と要素 I が調音運動の大き

な基準点となり、要素 C の IRF がその基準点上に局所的な子音情報を生み出す。最終的に C/D モデルでは、こうした音韻情報や韻律、発話スタイルを含む定性的入力情報をシラブルパルス(シラブル三角形)によって定量的性質に変換し(convert)、その中に原子要素の特徴を分配(distribute)することで、定量的な調音運動・音響情報の導出がなされる。

4.2 阻害要素が持つ無声性の内部構造と IRF の性質

この C/D モデルの枠組みに基づくと、摩擦要素 h の内部構造を定量的に考えることができるようになる。この定量的性質の最もよい例として、高田(2011)で体系的に研究されている日本語の語頭閉鎖音における Voice Onset Time (VOT: 発声開始時間)の分布を取り上げよう。高田の研究では、日本語の語頭有声破裂音が持つ VOT がマイナスから若干プラスまでの値を持ち、無声破裂音はかなり長いプラスの VOT 値を持つことが定量的に示されていると共に、その分布が方言によって大きくことなることが明らかにされた。中でも興味深いのは関西若年層話者における VOT の分布で、図 9 から分かる通り、語頭無声破裂音の VOT 分布がプラス値の範囲で一極化しているのに対し、語頭有声破裂音の VOT はマイナス値の範囲とプラス値の範囲という双極性分布を示す。語頭有声破裂音の VOT 分布が、マイナス側の分布はあるピークを境に VOT 値が 0 に近づくほど出現確率が低下する一方で、プラス側の分布は VOT が 0 に近い部分で最大の出現確率となっている点に注意されたい。

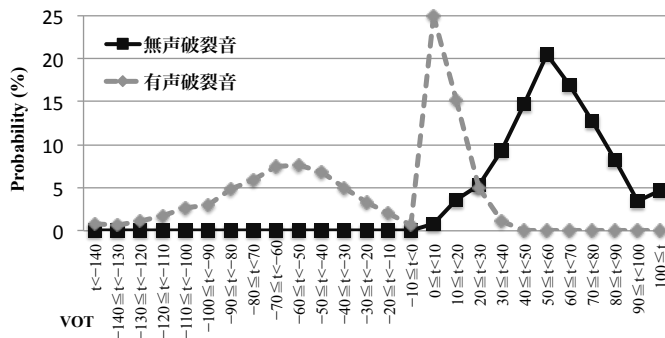


図 9: 関西方言若年層における語頭破裂音の VOT 分布

関西若年層話者におけるこのような VOT 分布は、後述するように、声門制御の指令が行われるタイミングが狭窄性要素 C の IRF が決定する時間分布に依存して決まっていると考えなければうまく説明できない。狭窄性要素 C がこうした声門制御の指令と関わるのは、その内部構造に [-voiced] 素性を持っているためである。実際に、C/D モデルに基づいて狭窄性要素 C の性質がどのような VOT を生み出すのかを見てみよう。図 10 はオンセット・パルスの強さと IRF の関係を示したもので、パルスが強いほど破裂子音の閉鎖時間が長く、開放時点が遅くることが分かる。

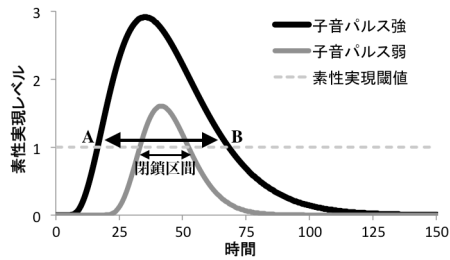


図 10: オンセット・パルスの強度によって決定される IRF の特性

一方、有声性に関係する声門制御は、図 11 の様なステップ応答の特性を持ち、先行子音による声門制御の妨害やシラブル・パルスの強度といった音韻環境が応答パターンに影響を与える。なお、応答パターンの時定数は、Flanagan, Ishizaka, and Shipley (1975), 石坂フラナガン (1978) の 2 質量モデルに基づいて計算されるものとしよう。また、いずれの場合も音韻素性の実現レベルは、1 以上で実際の音響特性が出現するように標準化しておく。

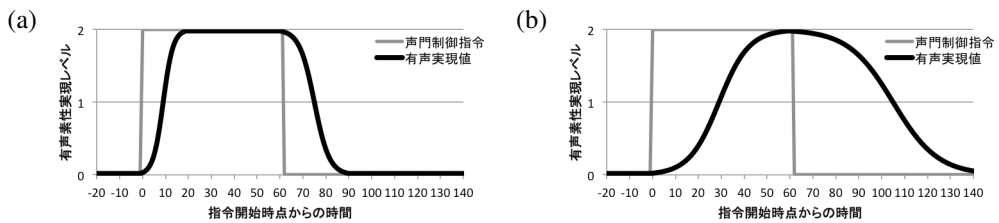


図 11: 声門制御時点と声帯振動の実現 (a: 抑制が弱い場合 b: 抑制が強い場合)

最終的に、語頭破裂音の持つ VOT 値は、図 10 と図 11 の組み合わせによって決まる。狭窄要素 C が内部構造に [-voiceless] 素性を持つという定性的な特性は、C/D モデルにおける定量的性質として「狭窄要素 C の IRF が声帯振動を局所的に抑制しており、その IRF 終了時点で抑制が解除された結果、母音部に声帯振動が現れる」ことに等しい。この表現に基づく VOT 値計算を図 12 示す。

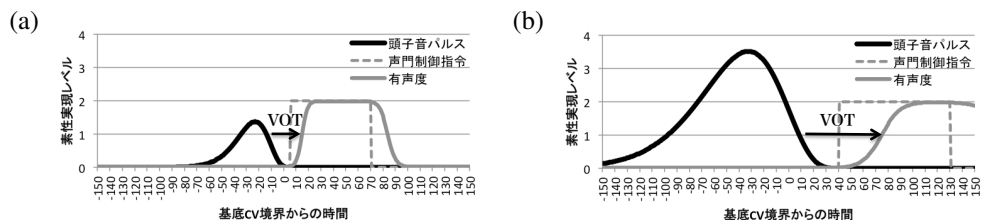


図 12: パルス強度と無声破裂音の VOT 値 (a: パルス弱 b: パルス強)

図 12 より、オンセット・パルスが強いほどプラス側に長い VOT となることが分かる。またパルスの強さに関わらず、破裂開放時点は IRF の終了時点よりも以前に存在するため、無声破裂音の VOT は原理的にマイナス値を取ることはない。ここで、シラブルパルスの強さを正規分布に従って変化させた結果が図 13 で、実測データに近い分布を模擬できる。

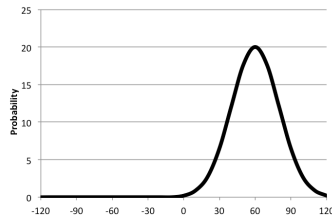


図 13: C/D モデルに基づく無声破裂音の VOT 値

これに対し、有声阻害音は有声性に関わる要素 **N** を明示的に持つ。したがって、この要素の力で狭窄要素 **C** の IRF 中であっても、声帯振動の励起が可能となる。今、この要素 **N** によって発令される声門閉鎖制御のタイミングが、IRF によって決まる閉鎖開始時点と閉鎖開放時点にあるとしよう。閉鎖開始時点が声門閉鎖制御のタイミングとなる場合、図 14(a)~(c) に示す通り、オンセット・パルスが強いほどより大きなマイナス値を持つ VOT が生成される。ただし、パルスが弱いときでも図 14(c) のように VOT 値がプラス値になることはない。この結果、閉鎖開始時点が声門閉鎖制御のタイミングとなる場合には、パルスの強度に従って、図 14(d) のようなマイナス側に正規分布するような VOT 分布を描く。

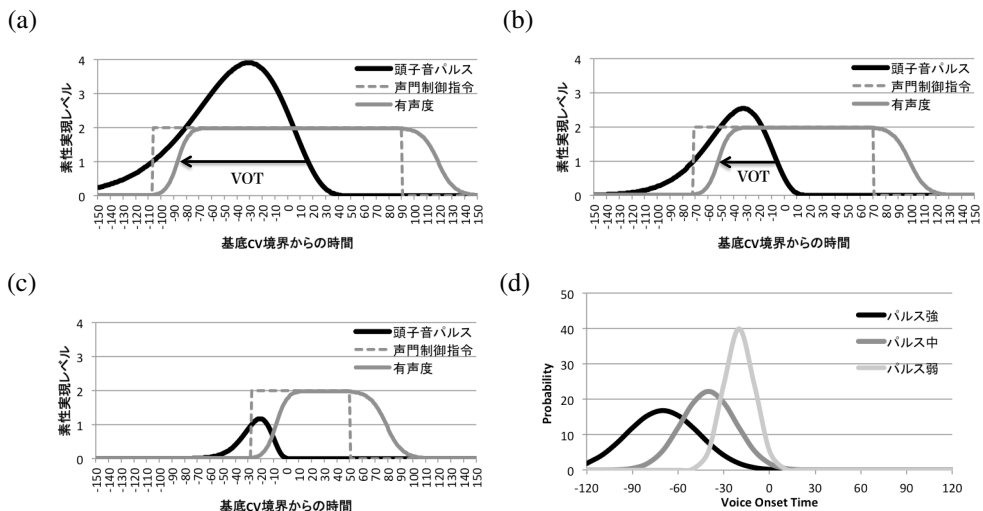


図 14: C/D モデルに基づく閉鎖開始時点を基準にした語頭有声破裂音の VOT 値

一方、閉鎖開放時点が声門閉鎖制御のタイミングとなる場合には、当然ながらオンセットパルスの強度に従って図 15 に示すような若干プラス値となる VOT 分布が生成される。この場合はオンセットパルスが弱いほど若干長いプラスの VOT 値となるが、図 12 のような大きくプラスの VOT 値を取ることはない。こうした図 14 と図 15 の分布が合わさった結果、図 9 における有声破裂音の双極性 VOT 分布が生成されることになる。まとめると、無声破裂音と語頭有声破裂音の VOT 分布の違いは、無声阻害音後の母音が持つ声帯振動は要素 C が持つ声門閉小運動の抑制が解除されることによって受動的に生じる静的な現象であるのに対し、有声阻害音の声帯振動は要素 N によってもたらされる動的な声門制御であることに起因しているのである。

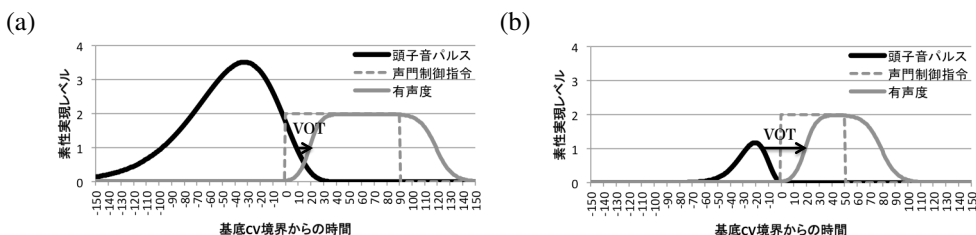


図 15: 閉鎖時点基準仮説におけるパルス強度と有声破裂音の VOT 値

4.3 語中における声門制御

こうした計算は、阻害音後に生じる母音や語中に現れる子音の時間特性やについても成立する。今、「木々」や「義気」といった破裂子音を持つ発話の C/D ダイアグラムを考えてみよう。図 16 はその概略図で、2つのシラブルパルスが音節の範囲を決定し、その中で破裂音の IRF が配置 (distribute) されている。点 (a), (b) が各々破裂音の閉鎖時点と開放時点となるため、結果的に区間 (A) が破裂音の閉鎖部、区間 (B) が開放区間の遷移部および母音部として実現されていく。

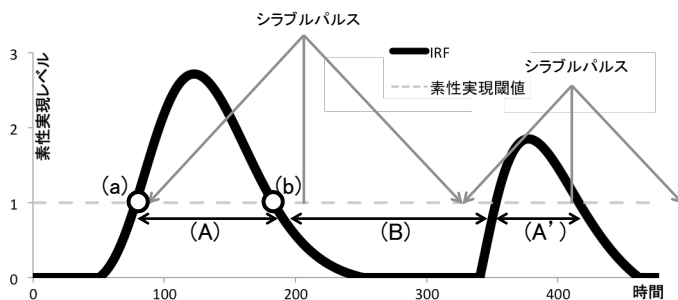


図 16: 破裂に関する C/D ダイアグラムのシラブルパルスと IRF

同様に、「木々」という発話のダイアグラムである図 17 では、語頭 (句頭) にある無声破裂子音 [k] の要素 C が IRF の終了時点 (A) まで声門閉小指令 (細い灰色線で示されるステップ関数) をゼロレベル (声門開大) の状態で抑制し、IRF の終了時点 (A) で声帯抑制

効果が解除されて初めて、声門閉小指令が素性実現レベル 1 以上の有声状態が実現される。ただし、有効な声帯振動は声門閉小指令から遅れるため、実際に有声性が実現されるのは時点 (C) である点に注意されたい。一方、第 2 音節の子音 [g] は有声要素 N を持つため、時点 (A) 以降は声門閉小指令がレベル 1 を下回ることはないため、[k] の後続母音 [a] から [g] 音の閉鎖区間 (D) を経て、[g] 音の後続母音 [i] に至るまで声帯振動が続く。

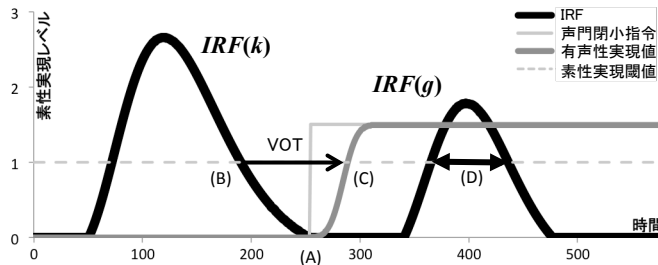


図 17: 「木々」の C/D ダイアグラム (IRF と声帯制御のみ)

これに対し、図 18 は「義気」という発話のダイアグラムで、語頭 (句頭) の [g] 音を持つ要素 N が閉鎖開始時点 (A) で積極的に声門閉小指令を出す。その結果、開放時点 (C) よりも前の時点 (B) で有声度がレベル 1 を越え、有声破裂音の VOT がマイナス値として実現される (図 18 の “VOT1”)。一方、第 2 音節の子音 [k] は有声要素を持たないために閉鎖要素 C の持つ声帯振動の効果が作用し、声門閉小指令が [k] の IRF 開始時点 (D) においてレベル 1 未満まで下がっていく。この結果、[k] の閉鎖区間 (E) では声帯振動が起これず、[k] 音の無声性が実現される。なお、声門閉小指令の抑制効果は IRF の終了時点 (F) で解除されるため、母音の有声性は時間遅れを持った時点 (G) から始まっていく。したがって区間 “VOT2” が [k] 音の VOT 値となる。

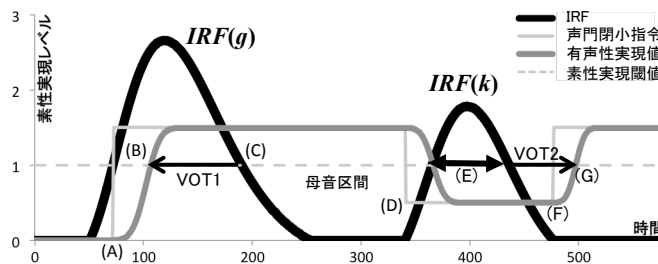


図 18: 「義気」の C/D ダイアグラム (IRF と声帯制御のみ)

4.4 原子要素の持つ抑制効果の違い

前節の議論では、原子要素 C が内在的に持つ声帯振動を抑制する特性について、要素の依存関係や要素数を見捨てて扱ってきた。しかし、こうした要素の依存関係は声門制御の効果に関して一定の効果を生み出す。本節ではこの点を明確にするため、前述した

母音の無声化現象を C/D モデルの観点から再考してみよう。まず、ス音・シ音・シュ音の入力情報は原子要素の集合で表すと (33) のような可能性を持つ。(33a-ii), (33b-ii) で、ウ音 U, イ音 I が音節集合に含まれていないのは、先行子音 [s] 音、[ç] 音が要素 U や要素 I を持っているため、集合として要素が共有されているためである。

- (33) a. ス音 : (i) $\{\underline{U}, \underline{C}\}, U\}$ あるいは (ii) $\{\underline{U}, \underline{C}\}$
 b. シ音 : (i) $\{\underline{I}, \underline{C}\}, \underline{I}\}$ あるいは (ii) $\{\underline{I}, \underline{C}\}$
 c. シュ音 : $\{\underline{I}, \underline{C}\}, \{U\}$ のみ

この結果、(33a-ii), (33b-ii) は音節全体が摩擦成分に被覆された入力となり、図 19 に示すように第 1 音節の IRF と第 2 音節の IRF が必ず overlap するダイアグラムが生成される。その結果、時点 (A) 以降も要素 C の持つ声帯振動の抑制効果が持続し、第 1 音節内で声門閉小指令が出されることは決してない。換言すれば、(33a-ii), (33b-ii) はどのような発話スピードであれ母音無声化を「義務的」に引き起こす入力情報である。

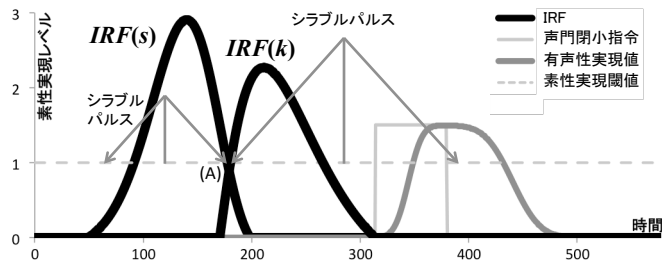


図 19: (33a-ii) の入力あるいは極めて弱いパルスを持つ「すく」の C/D ダイアグラム

一方、入力 (33a-i), (33b-i), (33c) は母音情報を明示的に持つ。したがってこの母音が無声化するか否かは、シラブルパルスおよび原子要素 C の IRF 特性に依存して決まる。シラブルパルスが極めて弱く、相対的に IRF の影響が強い場合は、図 19 と同様のダイアグラムになり、摩擦成分が第 1 音節全体を被覆する。それよりシラブルパルスが少し強く (IRF が相対的に少し弱く) なった時のダイアグラムが図 20 で、第 1 音節に渡りを含む母音区間 (A) が生じるが、時点 (B) で IRF の声帯振動抑制効果が連続するため、母音は摩擦母音となる。

パルスがより強く、IRF の相対強度がさらに下がると、図 21 のように母音区間 (A) で声門閉小指令 (B) が起きるが、その時間が極めて短いため、有声実現値は閾値に達しない。その結果、やはり母音の無声化 (時に半有声化) が起きる。しかしパルスがそれ以上に強い (図 22) 時は、声門閉小指令 (B) の有声実現値が閾値を超え、もはや母音の無声化は生じない。こうした多様な無声化の変異は、(藤本桐谷, 2003; 藤本, 2004) の議論とも合致する。

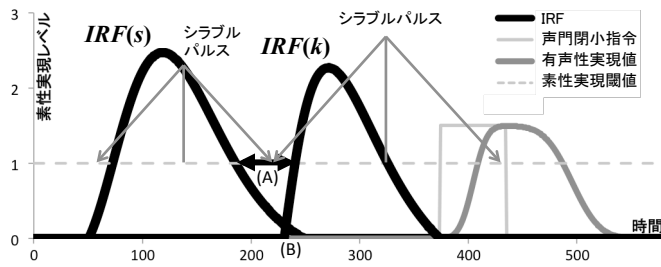


図 20: 第 1 音節のシラブルパルスが弱い「すく」の C/D ダイアグラム

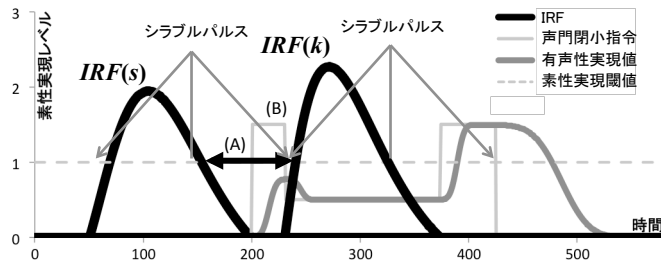


図 21: シラブルパルスが若干強くなった「すく」の C/D ダイアグラム

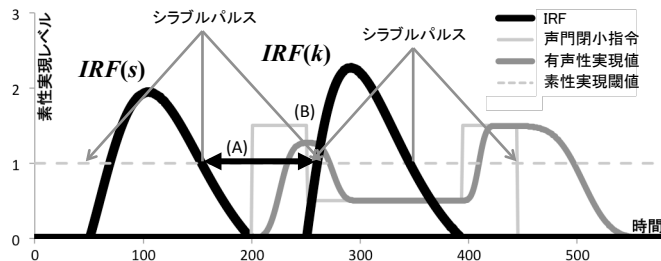


図 22: シラブルパルスが強い「すく」の C/D ダイアグラム

ここで無声化に関する興味深い事実を取り上げよう。(吉田, 2002, 2006) 無声摩擦子音が後続する場合に母音無声化率が低下することを指摘した。これは、閉鎖音が狭窄要素を主要素 \underline{C} (あるいは超主要素 \underline{C}) と依存要素 C の両方を持つのにに対し、摩擦音は狭窄要素を主要素 \underline{C} (あるいは超主要素 \underline{C}) としてのみ持ち、依存要素 C を持たないという性質に帰着できる現象なのである。すなわち、閉鎖音は複数の狭窄要素 C の依存関係を持つため、強い声帯振動抑制効果を持つのにに対し、摩擦音は狭窄要素 C を 1 つのみ持つため、結果的に IRF の声帯振動抑制効率が閉鎖音の場合よりも低くなるという定量的な性質が、母音無声化率と相関を持つ。

より具体的に見てみよう。狭窄要素 C を依存関係として複数持つという性質により、無声破裂音では声門閉小指令を 0 (すなわち十分な開大) にせず、閉小状態 (声門閉小指

令が1以上)を少し緩める(声門閉小指令が0.5など)だけで無声性を実現できる。図21、図22の第2音節で声門閉小指令を0.5に下げる(閉小状態のわずかな緩み)だけで実際に子音が無声破裂音として実現されているのは、複数の要素CによってIRFの声帯振動に対する強い抑制効果が強まる所以である。これに対し、図21と同じシラブルパルスで入力の後続子音が無声摩擦音の場合には、IRFの声帯振動抑制効果が弱いダイアグラム(図23)が生成され、声帯振動が再び抑制される時点(B)では有声実現値の低下がすぐに起こらず、しばらく有声性の性質が尾を引く。この結果、声門閉小指令を0.5に下げただけでは、後続摩擦音が有声性要素Nを持っていないにも関わらず、摩擦区間(C)において声帯振動が残留してしまう。すなわち、後続子音を完全な無声摩擦音として実現できない。

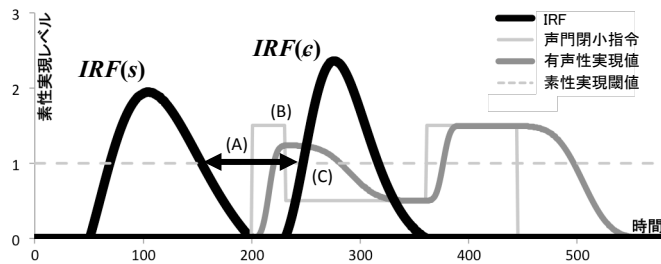


図 23: 摩擦音が後続し、声門閉小指令が中間的な性質を持つ C/D ダイアグラム

したがって、母音に後続する無声摩擦音を「無声」として実現するためには、声門閉小指令を完全に0レベル(十分な声門開大)にすることが求められる。しかし、声門閉小指令が0レベルから1以上に上昇した直後に、再び0レベルに下がるという調音計画は、その指令が実現される可能性が極めて低い(undershootする可能性が極めて高い)ため、基本的に望ましくない。声門閉小指令を0レベルまで下げるためには母音の持続時間が少し長いことが理想的で、そのため図22と同様にある程度強いシラブルパルスが出力される。この結果、図24のように無声摩擦音が後続する場合の狭母音は無声化を起こしにくい。

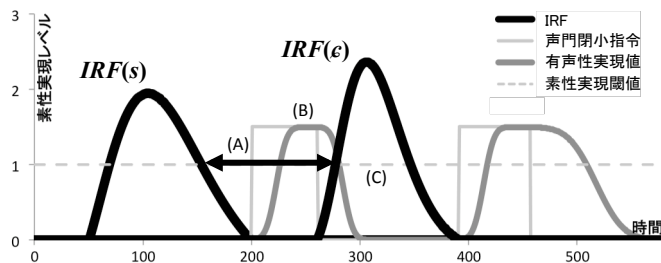


図 24: 摩擦音が後続し、声門閉小指令が0レベルになる C/D ダイアグラム

こうした C/D モデルによる母音無声化の説明は、(藤本, 2005) による詳細な生理学実験の結果とも良い一致を示す。藤本の研究では、無声破裂音が後続する場合の母音無声化では、その無声破裂音の調音時に声門の開大が見られないのに対し、無声摩擦音が後続する場合には明確な声門の開大が行われているという。これは、無声破裂音が後続している図 21, 図 22 の C/D ダイアグラムにおいて、第 2 音節の IRF が声門閉小指令を 0.5 レベルにまでしか抑制していない (声門閉小がわずかに緩む) のに対し、後続に無声摩擦音を持つ図 22 の C/D ダイアグラムでは声門閉小指令が 0 レベルまで落ち込んでいる (声門開大が起こっている) ことに対応すると見なしてよい。

5. 総合論議

以上、要素理論に基づく日本語の音韻表示と、その定性的・定量的内部構造について概観した。議論のポイントは、従来の要素理論で用いられてきた閉鎖要素 *l*, 摩擦要素 *h* の代わりに、狭窄要素 *c* を導入するという点にある。この狭窄要素 *c* は主要素または超主要素として働く場合、内部構造として [-voiced] 素性を持つ。したがって、無声阻害音は無声性に関する表示を独立して持つ必要はない。また、要素 *c* の持つ [-voiced] 素性は、実時間上における音声実現として、有声性に関わる声門閉小指令を抑制する。この要素 *c* が持つ IRF の定量的効果が、VOT の定量的な分布や母音無声化率における連続的な違いを生み出す。

一方、有声阻害音は鼻音要素 *N* を依存要素として明を示的に持たなければならない。これによって、第 1 節で触れた連濁に関わるライマンの法則、依存要素 *N* に関わる制約として捉え直すことができる。すなわち、和語では同一形態素内に依存要素 *N* がある場合、語頭子音に新たに依存要素 *N* を付け加えることができない。それに対し、無声阻害音や母音、鼻音以外の共鳴音はこの依存要素 *N* を表示上持っていないため、複合語形成において依存要素 *N* の追加が認められ、連濁の生起が可能になる。また、[m] 音と [n] 音の場合は要素 *N* を表示レベルに持っているため、有声阻害音と同様、要素 *N* に関する OCP 違反を引き起こすが、主要素 *N* からの支配を受けることができるため、付加的な依存要素 *N* の認可が可能となる。

最後に、音韻要素のまとめとして、(12) で触れた日本語の母音融合について再考しておこう。弁別素性理論では、(13) で見たように先行母音の [high] に関する素性値と、後続母音の [low] および [back] に関する特性を取り出してまとめる操作としてこの現象が捉えられる。しかし、窪蘭 (1999) が指摘するように、なぜ先行母音から [high] の性質を取り出すのか、後続母音から [low] および [back] の素性を取り出すのかという動機がはっきりしない。要素理論に基づく、(34) のように先行母音と後続母音のそれぞれから「互いに異なる」原子要素を取り出し、それを組み合わせることで融合後の母音を生成していることがわかる。ただし、{I,U} のように日本語の母音として許されない組み合わせは、言うまでもなく行われぬ。(34a) で先行母音の要素 *A* を選んで後続母音の要素 *I* を組み合わせているのはこのためで、先行母音の要素 *U* が選ぶと {I,U} という許されない組み合わせが生じるからである。

- (34) a. /oi/ → [e:] : { $\boxed{\text{A}}$, U} + { $\boxed{\text{I}}$ } = {A, I}
 b. /ei/ → [e:] : { $\boxed{\text{A}}$, I} + { $\boxed{\text{I}}$ } = {A, I}
 c. /ui/ → [i:] : {U} + { $\boxed{\text{I}}$ } = {I}
 d. /ae/ → [e:] : { $\boxed{\text{A}}$ } + {A, $\boxed{\text{I}}$ } = {A, I}
 e. /oe/ → [e:] : { $\boxed{\text{A}}$, U} + {A, $\boxed{\text{I}}$ } = {A, I}
 f. /eu/ → [(j)o:] : { $\boxed{\text{A}}$, I} + { $\boxed{\text{U}}$ } = (子音 {I}) {A, U}
 g. /ou/ → [o:] : { $\boxed{\text{A}}$, U} + { $\boxed{\text{U}}$ } = {A, U}
 h. /au/ → [o:] : { $\boxed{\text{A}}$ } + { $\boxed{\text{U}}$ } = {A, U}
 i. /iu/ → [(j)u:] : {I} + { $\boxed{\text{U}}$ } = (子音 {I}) {U}
 j. /ao/ → [o:] : { $\boxed{\text{A}}$ } + {A, $\boxed{\text{U}}$ } = {A, U}

ここで興味深いのは、(34f) : /eu/ → [(j)o:] (ねう (尿) → にょー) の例であろう。[e] 音は要素 A と I を持ち、[u] 音は要素 U を持つ。したがって、要素の組み合わせは {A, U} か {I, U} となり、この場合も日本語では前者しか認められないので、融合後の母音は [o] 音となる。しかし、要素 I は捨てられてしまうのではなく、硬口蓋化の要因として先行子音に取り込まれ、「てふてふ (蝶々) → てうてう → ちょーちょー」「ねう (尿) → にょー」のような開拗音化を引き起こす。これは、(34i) でも同様である。(34)を見ると、要素 A と要素 I は融合母音かあるいは融合母音に先行する子音に必ず取り込まれており、要素 U だけが融合後の音形に取り込まれない可能性を持つ。

そうすると、(34a) で融合母音に取り込まれなかった要素 U は単に捨てられているだけなのかという疑問が生じる。これに対する 1 つの答えは、融合母音に取り込まれなかった要素 U は、本来は先行子音に取り込まれているはずであるというものだろう。ただし、現代日本語には合拗音が存在していないので、結局音形上は現れてこない。もう 1 つの可能性は、先行子音に取り込まれた場合、硬口蓋子音以外は全て何らかの形で周辺性要素 U を持っているため (両唇音なら超主要素、歯茎音なら主要素、軟口蓋音なら依存要素)、この先行子音の持っている要素を融合してしまっていることである。この点については、また別の論文で議論を行うが、後者の「硬口蓋子音以外は全て何らかの形で周辺性要素 U を持っている」という性質は、別の現象にも関与していることを最後に見ておきたい。

英語のような子音連続を持つ言語から日本語に借用が行われる時、原語の子音連続間に母音挿入が行われる。これは日本語の CV 音節構造を保つためであるが、この借用語 (および漢語) における挿入母音の基本は /u/ 音であり、これは 2.4 節で議論した「単独の子音から知覚される母音」が /u/ 音であることに起因していると見てよいだろう。問題は、なぜ「単独の子音から知覚される母音」が /u/ 音になるのかという点である。ここで、その理由として「単独の子音から知覚される母音」は、分節音を構成する原子要素から決まるという可能性を検討してみよう。

前述したように、本稿の分析に基づくと、「硬口蓋子音以外は全て何らかの形で周辺性要素 U を持っている」ため、日本語母語話者は硬口蓋子音以外の子音に対し全て母音 /u/

を「知覚」し、硬口蓋子音のみは母音 /i/ を「知覚」することが予測される。実際、(35)、(36)に見るとおり、多くの子音に対してこの予測は正しく働く。

- (35) a. 両唇音 : map → マップ (pu)、hub → ハブ (bu)、rough → ラフ (fu)、gum → ガム (mu) etc.
 b. 歯茎音 : kiss → kiss (su)、biz → ビズ (zu)、cats → キャツ (tsu)、kids → キッズ (dzu)、beer → ビール (ru)、ball → ボール (ru) etc.
 c. 軟口蓋音 : kick → キック (kɛu)、bag → バッグ (gu) etc.
- (36) a. 歯茎硬口蓋破擦音 : catch → キャッチ (tɕi)、bridge → ブリッジ (dʒi) etc.
 b. 歯茎硬口蓋摩擦音 (古形) : brush → ブラシ (ɕi)、radish → ラデシ (ɕi) etc.

例外になるのは、歯茎破裂音である (37) で、この場合は要素 U を含むものの /u/ 音ではなく /o/ 音が挿入される (ほかに wh にも /o/ が挿入される)。さらに問題は要素 I を持つ歯茎硬口蓋摩擦音で、これは (36) のように /i/ 音が挿入されることもあるものの、(38) のように /u/ 音が挿入されることが最も多い。

- (37) 歯茎破裂音 : bat → バット (to)、bed → ベッド (do) etc.

- (38) 歯茎硬口蓋摩擦音 (新形) : dash → ダッシュ (ɕu)、rush → ラッシュ (ɕu) etc.

この現象は、音素体系の維持と要素理論から説明がつく。今、Kurisu (2013) に基づいて、ある音素に属する異音が集合を成しているとしよう。例えば、音素 /s/ に属する異音は集合 {s, ɕ} を形成し、音素 /t/ の異音は集合 {t, ts, tɕ} を成す。ここで、借用語の母音挿入は、この異音の集合に対して唯一の挿入母音が割り当てられるという制約 UniEPENV (UniEV) が掛かるとする。挿入母音を唯一つに限定することによって、音素判定に必要な相補分布と最小対の計算が可能となる環境が整う。簡単に言うなら、制約 UniEPENV は出力の音声形の集合が同一音素に属する可能性があるか否かを原始的な形でチェックする機能を果たす。また、UniEV と共に、入力の子音からボトムアップに知覚される摩擦母音と、出力の挿入母音が一致していなければならないという制約 DepV も存在すると仮定する。

さらに、Otaki (2011) に基づき、借用語の挿入母音には次のような制約が掛かると考えておく (本稿の議論に無関係な制約は省略する)。すなわち、借用語に許される「子音-母音連鎖 (phonotactics) を満たす音節構造を持たなければならない」という制約 CV と、入力と出力の子音情報が可能な限り近似していなければならないという制約 IDENT[C] (IDT[C]) である。

最後に、母音の「非類似度 (dissimilarity; 制約 DisSim)」が原子要素の違いによって計算されているとしよう。例えば /u/ と /i/ なら非類似度が 1 (*), 同様に、/u/ と /o/ は 1 (*), 非類似度、/u/ と /e/ は 2 (**), /i/ と /o/ も 2 (***) の非類似度性を持つ。

近年の借用語では、これらの制約が CV \gg IdT[C] \gg IdT[C] \gg UNiEV \gg DEPv \gg DisSim という階層を成す。この制約階層の下で、新しい借用形における [s] 音・[j] 音の挿入母音 (すなわち ‘miss’ のス音や ‘dash’ のシュ音) は次のように計算される。

表 6: 新しい借用形における [s] 音・[j] 音の挿入母音

原語入力: {s, ʃ} 音韻要素: {U, I}	CV	IdT[C]	EPENTHESIS VOWEL		
			UNiEV	DEPv	DisSim
{s, ɛ}	*!*			**	
{suu, suu}		*!		*	*
☞{suu, ɛuu}				*	*
{suu, ɛi}			*!		
{si, ɛi}	*!			*	*

これに対し、「ブラシ (*brush*)」「ラデシ (*radish*)」のシ音のような古い借用形は、制約 UNiEV と制約 DEPv の序列が入れ替わった CV \gg IdT[C] \gg IdT[C] \gg DEPv \gg UNiEV \gg DisSim という制約によって出力が選ばれたものと考えてよいだろう。

表 7: 古い借用形における [s] 音・[j] 音の挿入母音

原語入力: {s, ʃ} 音韻要素: {U, I}	CV	IdT[C]	EPENTHESIS VOWEL		
			DEPv	UNiEV	DisSim
{s, ɛ}	*!*		**		
{suu, suu}		*!	*		*
{suu, ɛuu}			*!		*
☞{suu, ɛi}				*	
{si, ɛi}	*!		*		*

表 7 は、古い借用形が摩擦母音の音価を大切にし、なるべく原音と音声的に近い音形を求めたものであることを示す。これは、‘pudding’ の音形が古くは「プリン」という原音に近い形であったものが、近年は「プディング」という綴り字に引き摺られた形になっていることから伺える。一方、表 6 の新しい借用形は、挿入母音を揃えることで [s] と [ɛ] の相補分布を崩し、最小対の関係を成立させることで、両者が別音素に属することを強調した結果と見てよい。すなわち、新旧の借用形の違いは、音素情報を大切にするか、音声情報の近似性を大切にするかの違いであろう。

ところで、借用語の [j] 音は他にも興味深い問題を持つ。それは、新しい借用形において摩擦音の [j] にウ音が挿入されるのに対し、破擦音の [tʃ] にはイ音が挿入される (‘cat’ のト音と ‘catch’ のチ音, ‘cats’ のツ音) という現象である。これは、表 8 に示すように、日本語のタ行音素は狭母音が後続する時に破擦化してしまい、原音 [t] の破裂音という性

質を保持できないという性質に基づく。なお、この場合は制約 U_{NiEV} と制約 DEP_V の序列が入れ替わった古い借用形においても、結果的に同じ挿入母音が選ばれる (表 9)。

表 8: 新しい借用形における [t] 音・[tʃ] 音・[ts] 音の挿入母音

原語入力: {t, tʃ, ts} 音韻要素: {U, I, U}	CV	IDT[C]	EPENTHESIS VOWEL		
			UNI EV	DEP V	DIS SIM
{t, tɕ, ts}	*!***			***	
{tuɪ, tɕuɪ, tsuɪ}	*!			*	*
{tsuɪ, tɕi, tsuɪ}		*!	*		
{tsuɪ, tɕuɪ, tsuɪ}		*!		*	*
⦿{to, tɕi, tsuɪ}			*		*
{to, tɕuɪ, tsuɪ}			*	*!	*

表 9: 古い借用形における [t] 音・[tʃ] 音・[ts] 音の挿入母音

原語入力: {t, tʃ, ts} 音韻要素: {U, I, U}	CV	IDT[C]	EPENTHESIS VOWEL		
			DEP V	UNI EV	DIS SIM
{t, tɕ, ts}	*!***		***		
{tuɪ, tɕuɪ, tsuɪ}	*!		*		*
{tsuɪ, tɕi, tsuɪ}		*!		*	
{tsuɪ, tɕuɪ, tsuɪ}		*!	*		*
⦿{to, tɕi, tsuɪ}				*	*
{to, tɕuɪ, tsuɪ}			*!	*	*

このようにプロトタイプカテゴリーとしての音韻要素は、様々な音韻現象を自然に説明できる。また、繰り返し述べてきたように、音韻要素は内部構造として離散的カテゴリーを含む。こうした性質は、認知言語学におけるカテゴリー論にも一定の貢献をするだろう。音韻要素が内部構造としてどのような弁別素性を持つか、また支配関係によってどのような弁別素性が不完全指定を受けるかといった多くの問題も残されているが、これらの問題は今後の課題として、また稿を改めて議論を行うことにしたい。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金・基盤研究 (C) 「音声知覚における摩擦性極周波数特性の影響に関する総合的研究」(平成 26 年度～平成 29 年度、研究代表者: 松井理直、課題番号: 26370467) による援助を受けた。

参考文献

- Anderson, John & Durand, Jacques Monica (1987). *Explorations in Dependency Phonology*. Foris Publications, Dordrecht, Netherlands.
- Archangeli, Diana (1988). Aspects of underspecification theory. *Phonology*, **5**, 183–207.
- Charette, Monica (1991). *Conditions on Phonological Government*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Chomsky, Noam, , & Halle, Morris (1968). *The Sound Pattern of English*. Harper and Row, New York.
- Dupoux, Emmanuel., Kakehi, Kazuhiko., Hirose, Yuki., Pallier, Christophe., & Mehler, Jacques. (1999). Epenthetic vowels in Japanese: A perceptual illusion?. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **25** (6), 1568–1578.
- Dupoux, Emmanuel., Parlato, Erika., Frota, Sonia., Hirose, Yuki., & Peperkamp, Sharon (2011). Where do illusory vowels come from?. *Journal of Memory and Language*, **64**, 199–210.
- Flanagan, James L., Ishizaka, Kenzo, & Shipley, K. L. (1975). Synthesis of Speech From a Dynamic Model of the Vocal Cords and Vocal Tract. *The Bell System Technical Journal*, **54** (3), 485–506.
- 藤本雅子 桐谷滋 (2003). 東京方言と大阪方言における母音の無声化の比較. 『音声研究』, **7** (1), 58–69.
- 藤本雅子 (2004). 母音長と母音無声化との関係—東京方言話者と大阪方言話者の比較—. 『国語学』, **55** (4), 2–15.
- 藤本雅子 (2005). 母音無声化時の喉頭調節—無声化の少ない大阪方言話者の場合—. 『音声研究』, **9** (1), 50–59.
- Fujimura, Osamu (1992). Phonology and phonetics — A syllable-based model of articulatory organization. *The Acoustical Society of Japan (E)*, **13** (1), 39–48.
- 藤村靖 (2007). 『音声科学原論—言語の本質を考える』. 岩波書店, 東京.
- Harris, John (1994). *English Sound Structure*. Blackwell, Oxford.
- 服部四郎 (1951). 『音聲學』. 岩波書店.
- 石坂謙三 フラナガンジェームズ (1978). 声帯音源の自励振動モデル. 『日本音響学会誌』, **34** (3), 122–131.

- Itô, Junko., Mester, Armin., & Padgett, Jaye. (1995). Licensing and underspecification in Optimality Theory. *Linguistic Inquiry*, **17**, 49–73.
- Jaeger, Jeri Juanita (1980). *Categorization in Phonology: An Experimental Approach*. Ph. D. dissertation, University of California, Berkeley.
- Jakobson, Roman, Fant, Gunnar, & Halle, Morris (1952). *Preliminaries to Speech Analysis: the Distinctive Features and their Correlates*. The MIT Press, Cambridge.
- 河上誓作 (1996). 『認知言語学の基礎』. 研究社出版.
- 川上泰 (1977). 『日本語音声概説』. 桜楓社.
- Kawahara, Shigeto (2015). The C/D model as a theory of the phonetics-phonology interface. 『音声研究』, **19** (2), 9–15.
- 北原真冬 (2008). 書評：藤村靖著『音声科学原論』岩波書店 2007. 『音声研究』, **12** (1), 63–69.
- 窪園晴夫 (1999). 『日本語の音声』. 岩波書店, 東京.
- Kurisu, Kiyotaka (2013). Allophone Listing. 日本音韻論学会第 20 回春期大会ハンドアウト.
- Kuroda, Shige-Yuki (1965). *Generative grammatical studies in the Japanese language*. Ph. D. dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- Lakoff, George. (1987). *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal about the Mind*. Cambridge University Press, Chicago. 池上・河上ほか (訳) 『認知意味論：言語からみた人間の心』. 紀伊國屋書店.
- Liberman, Alvin M., Harris, Katherine Aafford., Hoffman, Howard S., & Griffith, Belver C. (1959). The discrimination of speech sounds within and across phoneme boundaries. *Journal of Experimental Psychoclogy*, **54** (5), 358–368.
- 前川喜久雄 (1989). 母音の無声化. 杉藤美代子 (編)., 『講座 日本語と日本語教育第 2 巻』, pp. 135–153. 明治書院, 東京.
- 松井理直 (2016). 日本語における無声摩擦音の特性と摩擦母音—知覚的母音挿入の再検討—. *Kansai Linguistic Society*, **36**. (印刷中).
- Miller, Joanne L. (2006). On the Internal Structure of Phonetic Categories: A Progress Report. *Cognition*, **50**, 271–285.
- Nasukawa, Kuniya (2005). *A Unified Approach to Nasality and Voicing*. Mouton de Gruyter, Berlin.

- Nasukawa, Kuniya (2016). The Role of Elements in the Development of Japanese *h*. 『音韻研究』, **19**. 印刷中.
- Nasukawa, Kuniya & Phillip, Backley (2009). *Strength Relations in Phonology*. Mouton de Gruyter, Berlin.
- Nishimura, Kohei (2003). *Lyman's Law in loanwords*. M. A. thesis, Nagoya University.
- Otaki, Yasushi (2011). A phonological account of vowel epenthesis in Japanese loanwords: Synchronic and diachronic perspectives. Phonology Forum 2001 (Doshisha University), Handout.
- Pinter, Gabor (2008). *Asymmetrical segment distributions in Japanese*. Ph. D. dissertation, Kobe University.
- Prince, Alan & Smolensky, Paul (1993). Optimality Theory: Constraint interaction in Generative Grammar. Tech. rep., Rutgers University.
- Saussure, Ferdinand de. (1916). *Course in General Linguistics*. McGraw, New York. 小林英夫訳 (1972). 『一般言語学講義』. 岩波書店.
- 高田三枝子 (2011). 『日本語の語頭閉鎖音の研究』. くろしお出版.
- Tayler, John R. (2004). *Linguistic Categorization*. Oxford University Press, Cambridge.
- Tesar, Bruce & Smolensky, Paul (2000). *Learnability in Optimality Theory*. The MIT Press.
- 吉田夏也 (2002). 音声環境が母音の無声化に与える影響について. 『國語學』, **53** (3), 34–47.
- 吉田夏也 (2006). 日本語母音無声化の音声学的研究. 『音韻研究』, **9**, 173–180.

Author's web site: <http://sils.shoin.ac.jp/~matsui/>

(受付日: 2015 年 12 月 10 日)