



Kobe Shoin Women's University Repository

Title	HPSG における音韻情報のタイプ継承と制約 Type Inheritance and Constraints of Phonological Information on HPSG
Author(s)	松井理直 Michinao Matsui
<i>Citation</i>	Theoretical and applied linguistics at Kobe Shoin, No.5 : 53-82
Issue Date	2002
Resource Type	Bulletin Paper / 紀要論文
Resource Version	
URL	
Right	
Additional Information	

HPSG における音韻情報のタイプ継承と制約*

松井 理直

Type Inheritance and Constraints of Phonological Information on HPSG

Michinao MATSUI

Abstract

Type inheritance is one of the most effective methods to compact information of lexical items. Some generative grammars including Head-driven Phrase Structure Grammar (HPSG) adopt this approach. Many researches have cleared the aspects of semantic or syntactic type subsumption. However, little is known about computational features of constraints based on phonological types. This study draws the outline of type inheritance of phonological information in lexical items.

情報の構造化は、認知機構の処理する情報のエントロピーの減少として捉えることができる。情報が構造化されるにつれ、エントロピーが減少し、探索に必要な範囲が限定されていく。こうした認知機構の情報構造化過程を形式的に表現する方法の一つに、タイプ継承という手法がある。本研究は、主辞句構造文法 (HPSG) における音韻情報の構造と制約の相互作用を、タイプ継承という点から議論したものである。

1. 情報構造

1.1 情報の部分性とゲシュタルト性

多くの認知機構は、情報の産出過程や理解過程において、情報の構造化を行う。構造化により、情報のエントロピーが減少し、その情報が「より意味のある」ものになる。例えば、音楽のメロディにおいて、主音 C のみが提示された場合、メロディとしての価値は極めて少ない。しかし、次に E の音が出現すると、メロディの体制化が起り始め、F

Theoretical and Applied Linguistics at Kobe Shoin 5, 53–82, 2002.

© Kobe Shoin Institute for Linguistic Sciences.

*本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金 (基盤研究 (B), 課題番号: 12410129, 「言語における制約間のインターフェースに関する総合的研究」, 研究代表者: 西垣内泰介) の援助を受けている。

やDなどの音が続く可能性が高いという予測ができる。さらに、実際にD音が現れ、続いてE音が出現した場合、次はE-Fという「系列」が出現するという予測も可能になる。こうした系列の予測は、情報の構造化が行われるからこそ可能になる事態である。認知機構におけるこうした情報の構造化は、「ゲシュタルト性」としてよく知られている。

ゲシュタルト性は、全体が部分の総和を越えることがあるという点で興味深い現象である。西洋古典音楽のメロディは、部分としてはせいぜい12個程度の音を集めたものでしかない。しかし、その音が系列として体制化された時、メロディという全体としての属性が新たに現れる。情報の構造化により、部分の総和からは導出できない属性が創発するという性質は、認知機構の重要な特徴である。

1.2 HPSG とタイプ継承

ある構造のレベルにおける情報の創発性を、明示的かつ形式的に表現する方法の一つにタイプ継承 (type inheritance) という技法がある。このアプローチは、ラッセルのパラドックスに端を発し、その後、推論におけるデフォルト性や限定された非単調性 (nonmonotonicity) を形式的に表現する方法として、拡張されてきた。言語理論においても、Head-driven Phrase Structure Grammar (HPSG; Pollard and Sag 1987, 1996, Gunji 1987, Gunji and Hasida 1998) などの制約に基づく文法理論などに積極的に取り込まれている概念である。

HPSG にタイプ継承を導入された理由の一つに、語彙間の類似性や情報の共有を明示的に表現できるという利点をあげることができる。HSPG は語彙主義の立場に立ち、中央制御的なモジュールが存在しないという特徴をもつ。文の生成は、個々の語彙項目に含まれる情報の相互作用、および一般的な制約とのにより行われる。こうしたオブジェクト指向的 (object-oriented) な特徴により、原理的には、辞書 (語彙データベース) が適切に用意されれば、複雑な文法規則を用いることなく、文の構造を決定することができる。また、個々の語彙項目の情報が自由に相互作用を持てるため、統語的な情報と共に、意味的な情報や音韻情報を柔軟に辞書に盛りこむことも可能になる。

逆に、語彙主義の立場にもいくつかの欠点がある。特に、般に辞書を構成する各々の項目がもつ情報は膨大な量になるのが普通である。しかし、その中には複数の語彙項目によって共有されている情報も多い。さらに、語彙項目同士は全く独立に存在するのではなく、内部的に階層的な関係を有しており、かつ相互に情報を参照し合っている。したがって、辞書に登録された個々の語彙項目をそれ自体が必要にして十分な情報をもつオブジェクトとして捉え、異なるオブジェクトが共有する情報は共通のスーパーオブジェクトに重複なしに記述しておくような構成をとると、記述の冗長性を排除できる。各オブジェクトから共有情報へ、またオブジェクト同士にリンクを張っておけば、リンクをたどることによって必要な情報が得られるのである。さらに、各オブジェクトの属するタイプと、タイプ間の依存関係 (タイプ包摂; type subsumption) が明らかになっていれば、タイプの上下関係を自由にたどることで、必要な情報を展開することが可能になる。

こうしたタイプ継承の技法は、同時に、論理の非単調性や、構造化された時に創発す

るゲシュタルト性の表現が容易になるという利点をも持つ。非単調性は、認知機構が推論を行う際に必要になることが多い。認知機構は、対象とする世界の全情報を知ることができないため、ある条件下では、暗に設定された前提条件を用いざるを得ない。しかし、推論が進むにつれ、その条件とは相反する条件が明らかになった場合には、それまで設定されてきた前提条件を覆す (override) する必要がある。タイプ継承を用いると、知識表現の一般的な性質である override のメカニズムを容易に表現できる。デフォルトの情報があるタイプに指定しておき、下位タイプや具現化により、デフォルト情報が破棄されるという限られた非単調性を、タイプ包摂により表現できるからである。また、各タイプに属するを制約により、あるタイプにおいて、それまで非明示的であった情報が展開・具現化するため、ある構造レベルにおけるゲシュタルト性も表現可能になる。言語における非単調性のタイプ継承の研究としては、Shieber (1992) および Carpenter (1997) で詳しく議論されている。

こうした論理の非単調性や情報の創発性は、語彙情報のコンパクト化や意味情報を扱う上で特に効果的であるため、HPSG の枠組みにおいても、タイプ継承に基づく研究が多く行われてきた (Flicinger 1987, Imaizumi 2000 など)。日本語の音韻タイプに関するものでは、吉本 (1994) によるアクセント生成の優れた研究がある。これは、minor-phrase や major-phrase というタイプに属する制約を用いて、複合語アクセントの導出を試みたものである。そこで、本研究では、吉本 (1994) では考察されていない、より下位の音韻タイプを HPSG の立場から考察することを目的とする。

2. 音韻素性構造

2.1 音韻の基本単位

まず、音韻タイプの最も下位のレベルから議論を始めよう。HPSG の音韻論では、音韻の基本単位として phonon という atomic な要素を設定する (松井 1998, 2001)。音素や分節音は phonon 単独あるいは phonon の集合体として扱われる。日本語では、A (開口), I (口蓋), U (唇性), @ (母音性), R (舌頂), q (破裂), h (摩擦), N (鼻音), v (無声), V (有声) という phonon が存在する。各 phonon は、以下のように、それぞれ **major** 素性、**manner** 素性、**place** 素性の素性値になる。

$$(1) \left[\begin{array}{ll} \mathbf{major} & \{V, v, N\} \\ \mathbf{manner} & \{q, h, \langle q, h \rangle\} \\ \mathbf{place} & \{A, I, U, R, @\} \end{array} \right]$$

素性構造を使うと、例えば e 音や t 音などは (2), (3) のように表現される。括弧のすぐ外にある C や V は、その構造のタイプを示し、それぞれ子音と母音であることを意味する。なお、こうした表示を簡略して、 $[A, \underline{I}]$, $[v, R, \underline{q}]$ のように表記することもある。

$$(2) \quad e = \left[\begin{array}{cc} \text{major} & \\ \text{manner} & \{A, \underline{I}\} \\ \text{place} & \\ \text{head} & \underline{I} \text{ I} \end{array} \right]_v$$

$$(3) \quad t = \left[\begin{array}{cc} \text{major} & v \\ \text{manner} & \underline{I} \\ \text{place} & R \\ \text{head} & \underline{I} \text{ q} \end{array} \right]_c$$

この phonon は音韻の基本単位であり、タイプ階層の最下位に属するが、最小単位ではない。最小単位とは、それ以上分解できない要素であるが、各 phonon は固有の定性的性質および定量的性質を持つ。しかし、「音韻」レベルの記号操作に関与するのは、phonon よりも上位のタイプであり、phonon の内部構造は直接操作されることはない(松井 2001)。

2.2 語彙項目中の音韻情報

(1), (2) のような構造は、さらに上位の音韻構造に組み込まれる。例えば、基底形 /si/ を表す素性構造は、**morph** 素性という上位構造の素性値になる。この **morph** 素性は、単純な平板構造をしており、素性値の順序を保存するリスト構造によって示される。¹ 一方 /si/ の表層形である [i] は、表層形および韻律構造に関する情報を表す **phon** 素性に組み込まれる。

$$(4) \quad /si/ = \left[\text{morph} \left\langle \left[\begin{array}{cc} \text{major} & v \\ \text{manner} & \underline{h} \\ \text{place} & R \end{array} \right]_c, \left[\begin{array}{cc} \text{place} & \underline{I} \end{array} \right]_v \right\rangle \right]$$

$$(5) \quad [i] = \left[\text{phon} \left\langle \left[\begin{array}{cc} \text{onset} & \left[\begin{array}{cc} \text{major} & v \\ \text{manner} & \underline{h} \\ \text{place} & \{R, \underline{I}\} \end{array} \right]_c \\ \text{peak} & \left[\begin{array}{cc} \text{major} & \\ \text{manner} & \underline{I} \text{ I} \\ \text{place} & \end{array} \right]_v \end{array} \right\rangle \right]$$

これら 2 種類の音韻素性は、語彙項目中において、共に **morphon** 素性の下位構造となる。この **morphon** 素性は音韻構造全体を支配する最上位の素性であり、統語・意味構造の素性である **synsem** 素性と並列して存在する。こうした構造により「音と意味の対応物」である語彙項目が完成すると共に、音韻情報と意味情報は、互いに関連し合いながらも、独立した構造として生成可能になる。これにより、解析時に音韻情報を済ませてから、意味解析に移るといった手続きが必要なくなり、決定されている情報を自由に使えることを意味する(松井・郡司 1998, Gunji 1998)。

¹構造を単純化するため、**head** 要素を下線で示す。

(6) 日本語の語彙項目の一般形

morphon	morph	基底形・形態素情報
	phon mora	表層形と韻律構造
synsem		統語・意味情報

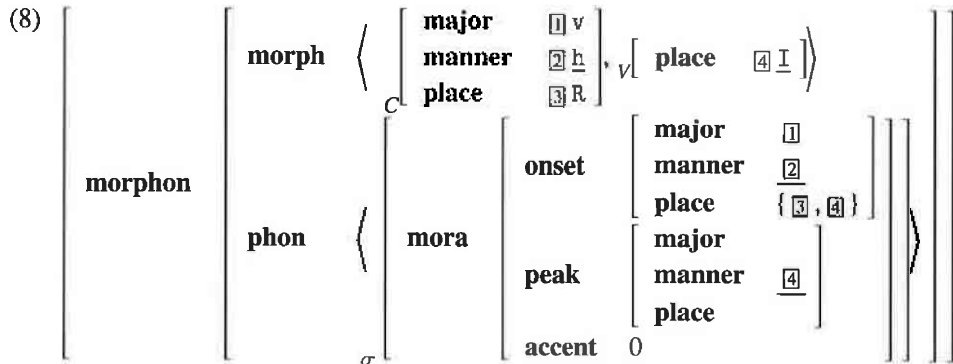
こうした語彙項目中においては、**phon** 素性における phonon の値と **morph** 素性における phonon の値は、常に両者共に決定しているわけではなく、産出時には **morph** 素性の値が、理解時には **phon** 素性の値が決まっているような状態にある。両素性は phonon に関する一定の制約によって互いに束縛されており、この制約によって、決定している片方の素性の情報が、もう一方の未決定の素性値を自動的に集束させる。また、素性制約は、こうした異なった素性間のみならず、**phon** 素性における素性値の連鎖を束縛するようなものも存在する。² **morph-phon** 素性間の対応制約としては、**morph** 素性の I と **phon** 素性の I 要素は共起する (すなわち基底における i と表層における i は同一トークンとして対応する) といった制約があり、**phon** 素性間の制約としては、**peak** 素性の I 要素は **onset** 素性の値としても共起する (すなわち表層における口蓋要素の逆行同化) といった制約がある。これらの制約により、(4) と (5) を統合した「詩」という語彙項目の情報は、次のように表現される。

(7)	morphon	morph	C	major	manner	place	v	place	I
	phon	mora	onset	major	manner	place	{	major	manner
	peak	major	manner	place	{	major	manner	place	I

ここで、(7) の **phon** 素性において、*Mora* というタイプが指定されている点に注意されたい。さらに、前述したように **phon** 素性は、表層形の情報を示すと共に、韻律構造に関する情報をも担う。しかし、日本語における **mora** 素性以上の韻律構造は、素性構造の形式では表現されず、**mora** 素性がどのような上位タイプに属するかという、タイプ継承のみによって表現されると考える。³ 例えば、(5) の情報はタイプ *Mora* に属しているが、この素性構造がシラブルのタイプ σ に上昇したとしても、*syllable* という「素性名」を持つ素性構造ができるわけではない。しかし、タイプ *Mora* の場合とは情報量が異なり、アクセントに関する情報が決定されていることが分かる。

²いわゆる phonotactic に近い制約である。なお、**morph** 素性内の情報は、**phon-morph** 素性間の対応制約と、**phon** 素性内制約があれば自動的に決定されるため、特別な制約は必要ない。

³英語ではシラブルの構造までが明示され、それ以上のタイプは素性構造としては示されない。



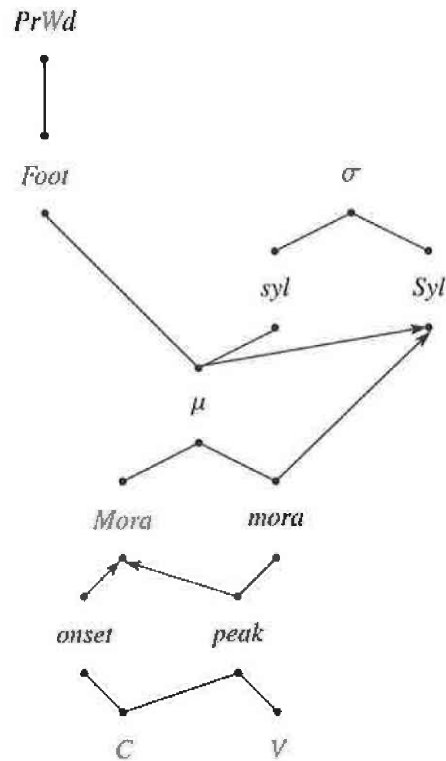
このようにタイプσに上昇した時に音調情報が確定するのは、アクセントに関する一連の制約がタイプσに属しているためである。HPSGでは、各タイプに固有の制約があるため、あるタイプが実現すると、下位タイプでは見られなかった新規の現象が創発することがある。すなわち、上位タイプの情報は、下位タイプの情報の単なる総和とは限らない。これは、タイプ継承に基づくゲシュタルト性の実現例の一つである。吉本(1994)の研究は、こうしたHPSGのタイプ継承の観点から、日本語アクセントの様々な現象を説明している注目すべきものである。彼の研究では、アクセントに影響する *accent phrase* や *intermediate phrase* のタイプについて論じられている。そこで、以下では、吉本では述べられていない、音調句よりも下位のタイプ、すなわち形態現象に影響するタイプについて論じることにはしたい。

2.3 音韻素性のタイプ継承

(2) および (3) で見たように、音韻における「素性構造」としての最も小さいものは、**major** 素性、**manner** 素性、**place** 素性をまとめ上げる構造である。この構造は **morph** 素性の中ではほぼ音素に相当し、**phon** 素性ではほぼ分節音に相当する情報である。したがって、この最小の素性構造は子音あるいは母音を表すものであり、言い換えるならば、音韻素性における最も低いタイプは、C か V ということになる。ここから、韻律語のタイプである *PrWd* までのタイプ階層を Figure 1 に示す。なお、この図は日本語の音韻タイプ階層であり、英語の場合は、タイプ *Foot* が直接タイプσを支配するような階層になる。また、*PrWd* が最上位のタイプというわけではなく、これよりも上位のタイプとして、*accent phrase*, *intermediate phrase*, *utterance* などがあるが、この上位タイプについては吉本(1994)を参照されたい。

低いタイプから順に見ていこう。まず、子音(タイプC)と母音(タイプV)は、前述したように最小の音韻素性構造のタイプである。このレベルでは、タイプVに対し、**manner** 素性がどのような値とも単一化されない(すなわち矛盾⊥である)という制約が掛かる。一方のタイプCには何の制限もない。また、日本語の場合は、5母音しかないため、**place** 素性の取りうる範囲も子音よりは少ない。以上のことから、このタイプのレベルにおける制約は、以下のように形式化して示される。⁴

⁴Tはその素性に属するいかなる値とも共起できることを示し、⊥はどのような値とも共起できないことを

図 1: **phon** 素性のタイプ継承 (部分)

- (9)
- a. $C = \begin{bmatrix} \text{major} & \top \\ \text{manner} & \top \\ \text{place} & \top \end{bmatrix}$
- b. $V = \begin{bmatrix} \text{major} & \top \\ \text{manner} & \perp \\ \text{place} & [A, I, U] \end{bmatrix}$

タイプ C, V の一段上のタイプは、日本語と英語で大きく異なる。日本語では、Figure 1 に示されている通り、音節頭子音に相当する *onset* と音節の中心をなす *peak* がくる。一方、英語では C, V を支配するタイプは、*Mora* と *mora* であり、*onset* は *Mora* と *mora* を支配する μ と同じレベルのタイプとして存在する。一般的な英語の音節理論でいうなら、*Mora* は *peak* に、*mora* は *coda* に相当し、 μ は *rhyme* に、*onset* は *onset* に相当する。一方、日本語におけるタイプ *Mora* は *heavy mora* のことで、子音と母音の揃ったモーラ構造を意味する。Figure 1 で、*onset, peak* から *Mora* にかけて矢印線が引かれているのは、このタイプ上昇が共起関係にあることを示しており、*onset* か *peak* かのどちらか片方のタイプしかない場合には、*Mora* へのタイプ上昇はブロックされる。一方、*mora* は *light*

示す。

mora で、母音あるいは特殊拍のみからなるモーラ構造のタイプである。つまり、このタイプでは、以下のような制約が掛かることになる。

- (10) a. $Mora = \begin{bmatrix} \text{onset} & C \\ \text{peak} & V \end{bmatrix}$
 b. $mora = \begin{bmatrix} \text{onset} & \perp \\ \text{peak} & \{C, V\} \end{bmatrix}$
 c. $\mu = \{Mora, mora\}$

このタイプ *Mora* および *mora* は、一般的なモーラ構造のタイプである μ の下位タイプになっている。後に見るように、ほとんどの日本語の語彙項目は、**phon** 素性の値に、このタイプ μ が指定されている。このタイプ μ は、日本語の音韻タイプ階層において最も重要なレベルであり、日本語の音韻構造はどのようなものであれ、必ずタイプ μ を満たさなければならない。このレベルを満たさない限り、(10a,b) で示した **phon** 素性構造を作ることができないからである。

このタイプ μ は、日本語においては、次にその上位タイプであるフット構造 (タイプ *Foot*) およびシラブル構造 (タイプ σ) に組み込まれる。⁵ タイプ σ は、light syllable のタイプである *syl* と heavy syllable のタイプである *Syl* という 2 種類の下位タイプを持つ。前者は、ただ 1 つのモーラ構造 (それが light mora か heavy mora かは無関係) を持つのに対し、後者のタイプは、あるモーラ構造と light mora の構造が共起した時に成立する。すなわち、シラブルレベルでの制約は以下の通りである。⁶

- (11) a. $\langle syl \rangle = \langle \mu \rangle$
 b. $\langle Syl \rangle = \langle \mu, m \rangle$

シラブルレベルでは他にもいくつかの制約がある。代表的なものは音調に関するもので、吉本 (1993) などに述べられているが、分節音レベルでも次のような制約がある。

- (12) a. $Syl = [\text{cost} \ -C]$
 b. $Syl^* = \mu$
 c. $\langle \sigma \rangle = \langle \dots, V, \dots \rangle$

(12a) は、タイプ *Syl* が形成できる場合、 $-C$ というマイナスの経済負荷が掛かる、すなわち利益がもらえることを意味する (離散的成本値の意味に関しては、松井 (1999) を参照のこと)。タイプ *syl* は利益も経済負荷も掛かっていないため、ある分節音列がタイプ *Syl* にもタイプ *syl* にもなれるような場合には、タイプ *Syl* のほうが形成されやすいことになる。(11) の制約から、タイプ *Syl* は複数のモーラ構造をまとめあげるのに対し、タイプ *syl* は 1 つのモーラ構造に対応するので、(12a) の制約は「シラブルの構造数を減らすほうがよい」と言い換えることもできる。

⁵ このタイプ継承は日本語の場合であり、英語などではタイプ *Foot* はタイプ σ の上位タイプとして存在する。

⁶ なお、以下ではタイプ *Mora* を *M*、タイプ *mora* を *m* のように頭文字で略することがある。

一方 (12b) は、シラブルの中心を意味するタイプ *Syl**、すなわちシラブル内の sonority hierarchy に関する制約である。(11b) の制約から、heavy syllable のモーラ連鎖 $\langle \mu, m \rangle$ においては、 μ のほうが先行することが分かっている。したがって、(12b) の制約は heavy syllable の中心となる要素は先行する要素であることを意味しており、逆にいうならば、先行要素は後続要素よりも sonority が高くなければならないことを示す制約と考えることができる。

最後の (12c) は、シラブルの連鎖の中には、必ず母音が必要であることを意味している。例えば、タイプ継承に従うなら、 $C \Rightarrow peak \Rightarrow mora \Rightarrow \mu \Rightarrow syl \Rightarrow \sigma$ のような上昇ルートで、子音だけから構成されるシラブルが生じうるが、これはタイプ σ に属する (12c) の制約によってブロックされるのである。

シラブルと共に、モーラ構造の上位タイプとなっている *Foot* は、アクセントの位置や脚韻 (*Foot*) を形成する際に強く働くレベルである。日本語では、2 モーラ 1 フットという構造になる。さらに *Foot* の上位タイプである *PrWd* は、「単語」としての成立を規定するレベルであり、日本語では 1 つの prosodic word は最低 1 つの foot を持たなければならないという制約が働く。

- (13) a. $\langle Foot \rangle = \langle \mu, \mu \rangle$
 b. $\langle PrWd \rangle = \langle \dots, Foot, \dots \rangle$

このように、**phon** 素性の各タイプには、そのタイプに固有の制約が存在する。このタイプ固有の制約は、タイプ継承において、そのタイプが実現された時に初めて働くものであり、こうしたタイプ付きの制約が機能することで、下位の構造には見られない現象が上位タイプにおいて創発するというゲシュタルト性が達成される。

3. 音韻タイプと形態現象

3.1 単一化違反解消系

音韻タイプの継承を使うと、辞書情報をかなり軽減させることができると共に、ある語彙層に共通する一般的特性を明確にすることができる。しかし、このアプローチを徹底すると、後に見るように、**morph** 素性の要素と **phon** 素性の構造との単一化に失敗することが起こりうる。どちらかの素性値が不足していたり、あるいは過剰であったりするためである。しかし、言語表現において、優先されるべきものは意味の生成であり、音韻構造が完成されないからといって、言語表現の生成がクラッシュするのは好ましくない。そこで、原形態素のレベルで音韻情報の単一化違反が起こる場合、そうした違反を回避するような制約群が存在すると考えられる。こうした系を単一化違反解消系と呼ぶ。この系は、次の 4 つの制約群から成立する。

- (14) a. 波及制約
 b. 黙約値制約
 c. 強化制約

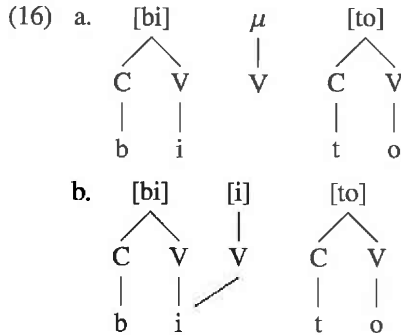
d. 弱化制約

波及制約 (14a) は、先行する文脈から未決定の情報を補間する制約であり、隣接要素の情報を「可能な限り」コピーし、単一化を完成させる制約として捉えられる。この制約は、(15) に示すように、タイプ C あるいはタイプ V のレベルにおいて適用される語彙規則である。タグ \square から分かるとおり、波及制約は **morph** 素性に適用されるものであり、適用された時点で、(日本語では) 経済負荷 ε が掛かる。

(15) 波及制約：要素 α がタイプ A と対応可能である時、

$$\left[\begin{array}{ll} \mathbf{morph} & \langle (\dots), \alpha, \neg\alpha, \dots \rangle \\ \mathbf{phon} & \langle (\dots), A, A, \neg A, \dots \rangle \end{array} \right] \iff \left[\begin{array}{ll} \mathbf{morph} & \langle (\dots), \square \alpha, \square, \neg\alpha, \dots \rangle \\ \mathbf{phon} & \langle (\dots), A, A, \neg A, \dots \rangle \\ \mathbf{cost} & \varepsilon \end{array} \right]$$

この波及制約は語彙規則であるから、左辺の語彙項目があれば「同時」に右辺の語彙項目も存在することを保証する。例えば、(16a) のような構造があれば、(16b) の構造も同時に存在する。この時、(16b) には経済負荷が掛かっているが、(16a) のような単一化違反を起こしていないため、(16b) のほうがよりよい解となる。



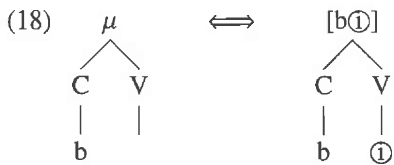
(14b) の黙約値制約も、波及制約と同じく過小指定された素性値の情報量を安定させる制約である。ただし、文脈から情報を補間するのではなく、デフォルトに与えられた情報を強制的に与える性質を持つ。この黙約値は、分節音に直接働きかける制約であるため、母音に関するものと子音に関するものが必要となる。母音の黙約値は (17) のような形で記述される。この制約がタイプ C に後続するタイプ V、すなわち子音に後続する母音に対してのみ適用される点に注意されたい。また、和語とそれ以外の語彙層とで、最も経済的な黙約値は異なる。

(17) 母音の黙約値制約：

$$\begin{array}{ll} \text{a. } \langle \dots, \text{C}, \underline{\text{V}}, \dots \rangle = & \left[\begin{array}{ll} \mathbf{morph|place} & \text{I} \\ \mathbf{synsem|class} & \text{Yamato} \\ \mathbf{cost} & 2D \end{array} \right] \\ \text{b. } \langle \dots, \text{C}, \underline{\text{V}}, \dots \rangle = & \left[\begin{array}{ll} \mathbf{morph|place} & X \\ \mathbf{synsem|class} & \neg\text{Yamato} \\ \mathbf{cost} & Y \end{array} \right] \end{array}$$

ただし、 $(X, Y) = (A, 2C), (I, 2D), (U, 2E)$.

和語では、default の母音は i で固定である。この時の経済負荷 [cost 2D] となる。和語以外の語彙層では全ての母音が候補になり得るが、母音 a を黙約値とする場合には [cost 2C]、i 音ならば [cost 2D]、u 音は [cost 2E]、e 音は [cost C+D]、o 音であるなら [cost C+E] という経済負荷を持つことになるため、結果的に /u/, /i/, /o/, /e/, /a/ の順で黙約値になりやすいことになる。この制約が適用された時の直感的な構造は次のようなものである。この黙約値制約も語彙規則であるため、黙約値の入っていない語彙項目と同時に、黙約値が取り込まれた語彙項目も存在する。

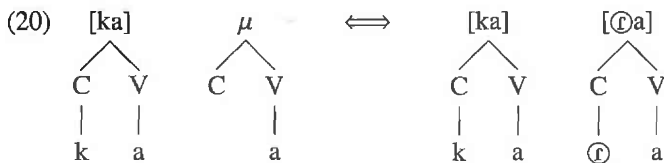


一方、子音の黙約値制約は (19) のようになる。子音においては、調音点のみならず、調音法も重要な性質であるため、黙約値も **place** 素性および **manner** 素性それぞれに設定されることになる。母音の黙約値同様、この制約も適用される環境が決まっており、母音に挟まれた子音に対して適用される。

(19) 子音の黙約値制約:

$$\begin{array}{l} \text{a. } \langle \dots, V, \underline{C}, V, \dots \rangle = \begin{bmatrix} \text{morph|place} & R \\ \text{cost} & D \end{bmatrix} \\ \text{b. } \langle \dots, V, \underline{C}, V, \dots \rangle = \begin{bmatrix} \text{morph|manner} & q \\ \text{cost} & D \end{bmatrix} \end{array}$$

子音に黙約値は、**place** 素性、**manner** 素性の各素性に対し、各々 R, q となっている。これらの制約は独立に適用可能である。言うまでもなく、両制約を同時に適用することもでき、この場合は、[q, R], すなわち子音 r 音が生成される。



あるいは、[major v] のみが指定されているタイプ C といった環境にも、これらの制約を適用することが可能であり、この場合は [v, R, q] すなわち t 音がそこに生成される。逆に、[manner h] が指定されている場所には、(19b) の制約は適用できない。単一化に成功しないからである。

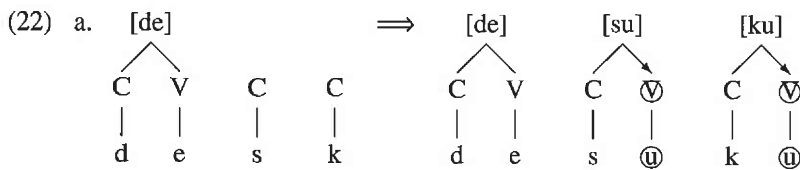
残りの強化制約および弱化制約は、構造変換に関わる制約である。前述したように、日本語は必ずタイプ μ までタイプ継承を行わないといけない。このレベルまでタイプを引き継がない限り、(10) の制約を掛けることができず、タイプを音節構造にマッチング

させることができなくなるからである。しかし、いくつかの音韻現象においては、音韻タイプが最も低いレベルで止まってしまう場合が考えられる。代表的な例は借用語の取り込みであり、例えば 'desk' という語は、そのままの状態では [s], [k] の部分がタイプ C に止まったままであり、タイプ μ まで継承できず、したがって **phon|mora** 素性の構造に変換されない。**phon** 素性の構造がないということは、この [s], [k] の要素を構造に単一化することができないことになり、ここで単一化違反が起こってしまう。本節で述べる強化制約はこうした違反をさけるための違反回避制約である。この制約は、以下のよう

(21) 強化制約:

$$\begin{aligned} \text{a. } \left[\begin{array}{l} \text{phon} \\ \text{cost} \end{array} \begin{array}{l} \langle (\dots) C, C, \dots \rangle \\ \mathcal{B} \end{array} \right] &\iff \left[\begin{array}{l} \text{phon} \\ \text{cost} \end{array} \begin{array}{l} \langle (\dots) C, V, C, \dots \rangle \\ \mathcal{B} \end{array} \right] \\ \text{b. } \left[\begin{array}{l} \text{phon} \\ \text{cost} \end{array} \begin{array}{l} \langle (\dots) V, V, \dots \rangle \\ \mathcal{B} \end{array} \right] &\iff \left[\begin{array}{l} \text{phon} \\ \text{cost} \end{array} \begin{array}{l} \langle (\dots) V, C, V, \dots \rangle \\ \mathcal{B} \end{array} \right] \end{aligned}$$

この制約の適用によって、借用語や語形成などにおいて、どのような語であっても日本語として正しい音節構造を持つことができるようになる。ただし、こうした語彙項目においては、強化制約によって掛けられる経済負荷 [cost \mathcal{B}] と共に、黙約値制約あるいは波及制約の適用も必要になる。これらの制約を掛けない限り、**phon** 素性と **morph** 素性との単一化に成功しないからである。例えば 'desk' という借用語は、次のように強化制約と黙約値制約によって、日本語の語彙として完成する。⁷



なお、残る単一化違反回避制約である弱化解約は、強化制約と鏡像関係にある制約で、タイプ数を減らすことによって、構造と要素との単一化を完成させる性質を持つ。例えば、英語やフランス語では、schwa を落とすことによって、音節数を減らし、発音を容易にする傾向が観察される。これは、要素を減少させることによって、その場面におけるより適切な音韻構造を作り出している例と考えられる。日本語では、この制約は極めてコストが高く、この制約の適用を受けた候補は、ほとんど生き残ることができない。また本議論での議論は直接は関係しない制約であるため、本稿では説明を省略する。

3.2 長音・促音の生起

次に、こうした違反解消系の関わるいくつかの形態現象について見てみよう。中でも、日本語の特殊拍である長音と促音、および挿入母音の例を中心に考えてみる。

⁷ 矢印線は、強化制約によってタイプ μ に認可される (逆にいうとタイプ μ にタイプ上昇ができるようになる) ことを示す。

長音と促音は、「ミート」「ミット」のように、しばしば日本語の中に現れる。これらの音は、[miito], [mittō] のように同じ音が連続している点に特徴がある。しかし、こうした同一音の連鎖は、多くの言語で観察される OCP 制約 (Obligatory Contour Principle) の違反である。さらに、長音・促音は、英語圏の日本語学習者にとって極めて難しい音であることが知られている。多く英語話者は、日本語の「ミート」と「ミット」および「三戸(みと)」の区別が困難である。これは、「三戸／ミート／ミット」の区別が要素レベルのものというより、何からの韻律的な要因 (例えばモーラタイミング) に依存する違いによるものと考えられる。これらの点を踏まえ、JPSG 音韻論では、これら 3 種の単語は、次のように表示される。⁸

- (23) a. 三 戸: $\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, \mu \rangle \end{bmatrix}$
 b. ミート: $\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, V, \mu \rangle \end{bmatrix}$
 c. ミット: $\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, C, \mu \rangle \end{bmatrix}$

(23a,b,c) では、いずれの **morph** 素性も $\langle m, i, t, o \rangle$ となっており、OCP 違反は起こしていない。これらの違いは、**phon** 素性のタイプによって引き起こされており、すなわち韻律リズムのレベルでの違いであることが明示的に表現されている。次に、これらの語彙項目における **morph-phon** 素性間の単一化について見てみよう。まず (23a) は、**phon** 素性のタイプとして μ が指定されているため、Figure 1 によって、次のようなタイプ継承が可能である。

- (24) a. $\mu \Rightarrow M \Rightarrow \langle C, V \rangle$
 b. $\mu \Rightarrow m \Rightarrow \langle C \rangle$
 c. $\mu \Rightarrow m \Rightarrow \langle V \rangle$

さらにタイプ C, V は (9) によって、**phonon** の入るべき構造と対応づけることが可能である。この結果、(24a) のような **phon** 素性は、何の問題もなく [**morph** $\langle m, i, t, o \rangle$] と単一化可能になる。一方、(24b,c) は、そのままでは単一化できない要素が出てきてしまうため、違反解消系の強化制約あるいは弱化制約の適用を受ける形で単一化を行う必要がある。しかし、この場合にはコストが掛かり、全くコストの掛からない (24a) に負けてしまう。したがって、(24a) のような **phon** 素性の構造によって、表層の音形が [mito] と決定されることになる。

一方、(23b,c) は、たとえ (24a) のタイプ継承を経たとしても **morph** 素性における要素が不足する。したがって、単一化違反を必ず起こすことになり、違反解消系の適用を受けた語彙項目が必要になる。例えば (23b) の場合なら、この語彙構造と「同時」に次のような語彙項目も存在する。

⁸**morph** 素性の値は、本来なら **phonon** の集合体であるが、表記の簡便上、音素表記を行う。

(25) a. 波及制約の適用を受けて

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, \square i, \square t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, V, \mu \rangle \\ \text{cost} & \mathcal{E} \end{bmatrix}$$

b. 黙約値制約の適用を受けて

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, u, t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, V, \mu \rangle \\ \text{cost} & 2\mathcal{E} \end{bmatrix}$$

c. 強化制約および黙約値制約の適用を受けて

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, t, u, t, o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, C, V, \mu \rangle \\ \text{cost} & \mathcal{B} + 2\mathcal{D} + 2\mathcal{E} \end{bmatrix}$$

これらの語彙項目はいずれも単一化に成功する。しかし、この中で最も経済性のよい (25a) が最終的な解として選択され、その結果 [biito] という音形が成立する。(23c) の場合も同様に、

$$(26) \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle m, i, \square t, \square o \rangle \\ \text{phon} & \langle \mu, C, \mu \rangle \\ \text{cost} & \mathcal{E} \end{bmatrix}$$

という語彙項目により、[mitto] という促音が発生することになる。

3.3 漢語の原形態素

日本語の漢語形態素は、もともとモノシラブルの形態素しかない中国語の影響により成立している。したがって、日本語においても、原形態素のレベルでは、次のようなモノシラブルの構造として一般的表現がなされることが考えられる。

$$(27) \begin{bmatrix} \text{phon} & \langle \sigma \rangle \\ \text{synsem|class} & \text{sino-J} \end{bmatrix}$$

この σ のタイプを Figure 1 に従って下降していくと、(28) に示すようにタイプ C, V の列からなる構造にまでたどり着くことができる。これらの語彙項目は、いずれも個別の形態素語彙項目内で **morph-phon** 間の単一化に成功している。⁹ このように、タイプ継承を使うと、ある同一の語彙クラスのもの共通する性質を明示的に表すことができるようになる。なお、各形態素内で単一化を成功させなければならないのは、漢語形態素の絶対的な制約である。これに対し、後に見るように、和語の形態素は各語彙項目内で単一化が行われなくてもよく、形態素を組み合わせた条件で単一化可能であればよい。

(28) a. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu \rangle \Rightarrow \langle \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{peak} \rangle \Rightarrow \langle V \rangle$

例: /i/ (位)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle i \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \longleftrightarrow \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle i \rangle \\ \text{phon} & \langle V \rangle \end{bmatrix}$$

⁹ このタイプ継承を行う際、(12c) の σ に関わる制約により、子音だけでできるような構造はブロックされ、生成されない。

- b. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu \rangle \Rightarrow \langle \text{Mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{onset, peak} \rangle \Rightarrow \langle C, V \rangle$
 例: /ka/ (火)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a \rangle \\ \text{phon} & \langle C, V \rangle \end{bmatrix}$$
- c. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{Syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu, \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{mora, mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{peak, peak} \rangle \Rightarrow \langle V, V \rangle$
 例: /ei/ (永)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle e, i \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle e, i \rangle \\ \text{phon} & \langle V, V \rangle \end{bmatrix}$$
- d. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{Syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu, \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{mora, mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{peak, peak} \rangle \Rightarrow \langle V, C \rangle$
 例: /eN/ (遠)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle e, N \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle e, N \rangle \\ \text{phon} & \langle V, C \rangle \end{bmatrix}$$
- e. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{Syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu, \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{Mora, mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{onset, peak, peak} \rangle \Rightarrow \langle C, V, V \rangle$
 例: /kai/ (快)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a, i \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a, i \rangle \\ \text{phon} & \langle C, V, V \rangle \end{bmatrix}$$
- f. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{Syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu, \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{Mora, mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{onset, peak, peak} \rangle \Rightarrow \langle C, V, C \rangle$
 例: /kaN/ (完)

$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a, N \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma \rangle \end{bmatrix} \iff \begin{bmatrix} \text{morph} & \langle k, a, N \rangle \\ \text{phon} & \langle C, V, C \rangle \end{bmatrix}$$

なお、 σ からのタイプ継承のみでは、形態素の性質により、単一化違反を引き起こすものが存在する。これは (28d,f) の系列で出てくるもので、最後の子音が撥音以外で終わる形態素、具体的には「圧/at/」や「活/kat/」などである。こうした語末子音は、いわゆる促音として表層に出現した場合に限り、音韻タイプ *C* の構造と単一化可能である。しかし、促音として出現するためには、「圧巻」「活気」などのように、後続する形態素が無声子音で始まらなければならない (**phon** 素性内制約で束縛される)。したがって、無声子音が後続しない場合には、「圧力」「活動」のように、デフォルトの母音が挿入された形が生き残る。

3.4 和語の形態現象

和語においても、単一化違反解消系の関わる現象がある。例えば、「ぐさぐさ」から「ぐっさり」、「のびのび」から「のんびり」といった副詞が作られる例で見てみよう。このような「リ延長副詞 (Kuroda 1965)」は、2 モーラの原形態素があり、それがオノマトペやある種の副詞に拡張されたものとして取らえられる。

- (29) a. ばた(ばた)、ぼき(ぼき)、すば(すば)、ぐさ(ぐさ)
 b. ばったり、ぼっきり、すっぱり、ぐっさり
 c. ぼや(ぼや)、ふわ(ふわ)、のび(のび)、ほの(ほの)、にま(にま)
 d. ぼんやり、ふんわり、のんびり、ほんのり、にんまり、

したがって、原形態素は次のような語彙情報を持っていると考えられる。

- (30)
$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle \alpha, \beta, \gamma, \delta \rangle \\ \text{phon} & \langle M, M \rangle \end{bmatrix}$$

ただし、 α, γ は子音, β, δ は母音。

これに対し、リ延長副詞は次のような形で与えられる。

- (31)
$$\begin{bmatrix} \text{morph} & \langle \alpha, \beta, \gamma, \delta, \tau, i \rangle \\ \text{phon} & \langle \sigma, M, M \rangle \end{bmatrix}$$

(31) において、**phon** 素性の最後の M には **morph** 素性の $\langle \tau, i \rangle$ が、**phon** 素性の最後から 2 つ目の M には **morph** 素性の $\langle \gamma, \delta \rangle$ が対応する。ここで重要になるのは、**phon** 素性の最初の構造 σ である。これは、漢語形態素の場合同様、音韻タイプを下ることによって、次のように展開できる。

- (32) a. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu \rangle \Rightarrow \langle \text{Mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{onset, peak} \rangle \Rightarrow \langle C, V \rangle$
 b. $\langle \sigma \rangle \Rightarrow \langle \text{Syl} \rangle \Rightarrow \langle \mu, \text{mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{Mora, mora} \rangle \Rightarrow \langle \text{onset, peak, peak} \rangle \Rightarrow \langle C, V, C \rangle$

したがって、(31) の音韻構造を樹形図で示すと以下ようになる。なお、この例では原形態素を「ぐさ /gusa/」としている。

- (33) a.
$$\begin{array}{ccc} [\text{gu}] & [\text{sa}] & [\text{ri}] \\ \swarrow \searrow & \swarrow \searrow & \swarrow \searrow \\ \text{C} & \text{V} & \text{C} & \text{V} & \text{C} & \text{V} \\ | & | & | & | & | & | \\ \text{g} & \text{u} & \text{s} & \text{a} & \text{r} & \text{i} \end{array}$$

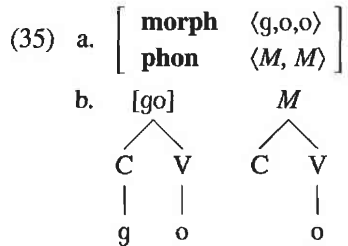
 b.
$$\begin{array}{ccc} [\text{gu}] & m & [\text{sa}] & [\text{ri}] \\ \swarrow \searrow & | & \swarrow \searrow & \swarrow \searrow \\ \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{V} & \text{C} & \text{V} \\ | & | & | & | & | & | \\ \text{g} & \text{u} & \text{s} & \text{a} & \text{r} & \text{i} \end{array}$$

(33a) は、この状態で単一化に成功しており、「ぐさり」という副詞が生成される。一方、(33b) は第 2 モーラ目において単一化違反を起こすため、単一化違反解消系の適用が必要である。この場合は、波及制約を適用することが可能であり、その結果、「ぐっさり」という音形も可能になる。

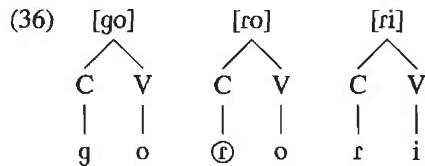
- (34)
$$\begin{array}{ccc} [\text{gu}] & [\text{s}] & [\text{sa}] & [\text{ri}] \\ \swarrow \searrow & | & \swarrow \searrow & \swarrow \searrow \\ \text{C} & \text{C} & \text{C} & \text{V} & \text{C} & \text{V} \\ | & | & | & | & | & | \\ \text{g} & \text{u} & \text{s} & \text{a} & \text{r} & \text{i} \end{array}$$

さらに、この語形成では興味深い現象が起こる。それは、原形態素の第 2 モーラ目がラ行音の場合で、この場合には (33a) に相当する副詞は生成されるのに対し、一般に (33b) に相当する副詞の生成はブロックされるのである。例えば、「ごろ (ごろ)」から「ごろり」

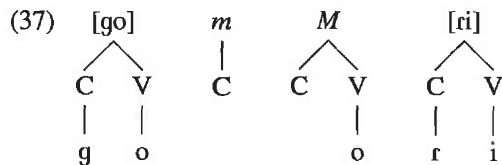
は作り出されるが、「ごんろり」という副詞は存在しないといった現象である。この例で注目すべき点は、原形態素の第2モーラ目の子音 r である。これは、黙約値制約のところでもみたように、default の子音と考えられる。(19) の黙約値制約は、相対的な語彙規則であるから、語彙項目中において、**morph** 素性に r 音を指定していない語彙は、単一化操作さえ掛からなければ、 r 音を持っている語彙よりも 2D 分だけ経済的になる。したがって、単一化操作の必要とされない単独の語彙項目においては、 r 音が指定されていないと考えられる。すなわち、「ごろ(ごろ)」という原形態素は、次のような音韻構造を持つ。



これに対し、 σ を C, V に展開したり延長副詞の音韻構造は、



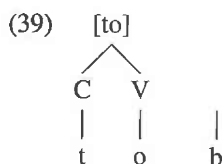
となり、黙約値制約を適用することにより、単一化を完成させることができる。しかし、 σ を C, V, C に展開したり延長副詞については、不完全指定されている環境が、 V, C, V というタイプ連鎖になっていないため、(19) の適用を受けることができない。この結果、第2モーラ目が特殊拍になるような音形は生成がブロックされてしまい、こうした音形が存在が許可されない。



3.5 日本語動詞の形態現象

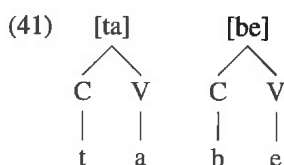
最後に、日本語の動詞形態素の振る舞いを見てみよう。日本語の動詞は、語幹語尾の性質により、「子音語幹動詞」と「母音語幹動詞」に分類される。子音語幹動詞は、一般に次のような語彙情報を持つ(郡司(2000)も参照のこと)。ここでは、例として動詞「飛ぶ /*tobu*/」を取り上げる。

$$(38) \left[\begin{array}{l} \text{morphon} \\ \text{synsem} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{morph} \\ \text{phon} \\ \text{head} \end{array} \left[\begin{array}{l} \left\langle \begin{array}{ll} \text{major} & v \\ \text{manner} & q \\ \text{place} & R \end{array} \right\rangle, \left[\text{place} \quad \{A,U\} \right] \\ \langle M \rangle \\ \left[\begin{array}{ll} \text{align} & \boxed{1} \\ \text{vform} & \text{inf} \end{array} \right] \end{array} \right] \right] \right]$$



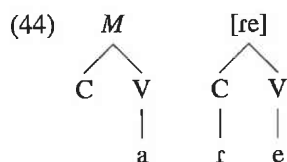
このように、子音語幹動詞は、語末の子音 (この場合は /b/) が **phon** 素性の構造をもっていない点、およびこの子音の **major** 素性の値が、**synsem|head|align** 素性と共起関係を起こしている点に特徴がある。一方、母音語幹動詞 (e.g. 「食べ/tabe/」) の語彙情報は、(40) に示すように、全ての **morph** 情報が **mora** 構造と共起しており、そのため **synsem|head|align** 素性は空になっている点が子音語幹動詞と異っている。なお、**synsem|head|align** 素性は、郡司 (2000) における **head|infl** 素性に相当するものと考えてよい。

$$(40) \left[\begin{array}{l} \text{morphon} \\ \text{synsem} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{morph} \\ \text{phon} \\ \text{head} \end{array} \left[\begin{array}{l} \langle t,a,b,e \rangle \\ \langle M, M \rangle \\ \left[\begin{array}{ll} \text{align} & \phi \\ \text{vform} & \text{inf} \end{array} \right] \end{array} \right] \right] \right]$$



なお、これらの動詞は [**vform** inf] が指定されているが、ほとんどの動詞において、いわゆる音便形である [**vform** euph] も同じ構造を持つ。例外になるのは、語尾の子音が k, g のもので、これは語彙規則により euph 形が作られる。例えば、「漕ぐ/kog/」の euph 形は次のようになり、**morph** 素性の情報から g 音が消えている。しかし、**align** 素性に元の語末子音の情報が残されている点に注意されたい (末尾子音 k の場合は、**align** 素性が v となる。)。また、inf 形と euph 形とで、**phon** 素性の構造数が増えていることも重要である。この語彙規則は、形容詞「美しき-美しい」などにも適用される。

$$(42) \left[\begin{array}{l} \text{morphon} \\ \text{synsem} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{morph} \\ \text{phon} \\ \text{head} \end{array} \left[\begin{array}{l} \langle k,o \rangle \\ \langle M \rangle \\ \left[\begin{array}{ll} \text{align} & v \\ \text{vform} & \text{euph} \end{array} \right] \end{array} \right] \right] \right]$$

$$(43) \left[\begin{array}{l} \text{morphon} \\ \text{syntsem} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{morph} \quad \langle a, r, e \rangle \\ \text{phon} \quad \langle M, M \rangle \\ \text{adjacent} \quad \left[\begin{array}{l} \text{head} | \text{vform} \quad \text{inf} \end{array} \right] \end{array} \right] \right]$$


(45)

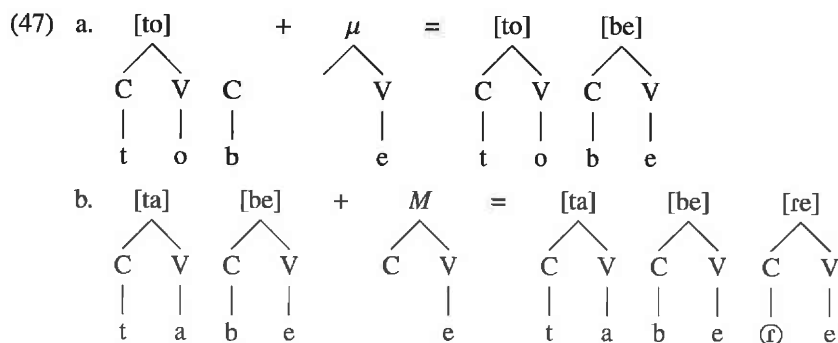
$\begin{array}{c} \text{[to]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \quad \\ \text{t} \quad \text{o} \end{array}$	$+$	$\begin{array}{c} M \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \\ \text{a} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{[re]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \quad \\ \text{r} \quad \text{e} \end{array}$	$=$	$\begin{array}{c} \text{[to]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \quad \\ \text{t} \quad \text{o} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{[ba]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \quad \\ \text{b} \quad \text{a} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{[re]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ \quad \\ \text{r} \quad \text{e} \end{array}$
--	-----	---	--	-----	--	--	--

(46) a. $\begin{array}{c} \text{[ta]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{t} \quad \text{a} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{[be]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{b} \quad \text{e} \end{array} \quad \begin{array}{c} M \\ \swarrow \quad \searrow \\ \quad \text{V} \\ | \\ \text{a} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{[re]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{r} \quad \text{e} \end{array}$

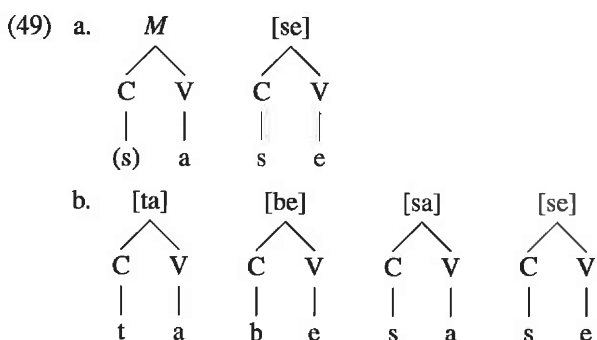
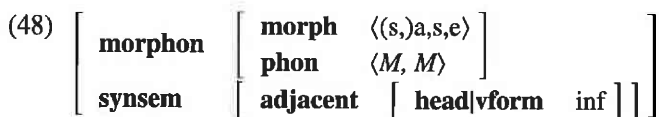
b. $\begin{array}{c} \text{[ta]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{t} \quad \text{a} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{[be]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{b} \quad \text{e} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{[}\odot\text{a]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \odot \quad \text{a} \end{array} \quad \begin{array}{c} \text{[re]} \\ \swarrow \quad \searrow \\ \text{C} \quad \text{V} \\ | \quad | \\ \text{r} \quad \text{e} \end{array}$

¹⁰ **morph** 素性の情報は、本来ならば (a,e) と指定されていてよい。本稿では、議論の無用な混乱をさけるために、本質的でない部分の情報を全て明記しているに過ぎない。

このタイプの後続形は、「られ」の他に、非過去の「る」、条件を表わす「れば」などがある。また、一般に「ラ抜きことば (e.g., 食べれる)」と呼ばれている現象は、本来子音動詞のみに後続していた可能の形態素「え (e.g., 呼べる)」が母音動詞に対しても過剰に適用された結果、(46b) と同様の制約解消系の影響を受け、生じたものである。これを (47) に示す。



こうしたアプローチでは、「られ」「る」などの後続形に対し、/rare/, /are/ といった複数の語彙項目を設定する必要がなく、また特別な語彙規則も要求されない。こうした r 音で始まる後続形とは異なり、使役形「させ /s(ase)/」のような場合には、最初の s 音を随意的な要素として指定されているため、上位のタイプに属する黙約値制約によって与えられるデフォルトの値が覆され、r 音は生起しない。¹¹



4. タイプ継承に要求される形式的性質

最後に、本稿で述べたタイプ継承とタイプに属する制約により情報生成を行うようなアプローチに求められる形式的性質について議論を行う。

¹¹ 鶴岡方言では使役形において [taberase] という音形が生起する。これは語彙情報として s 音が指定されておらず、/ase/ という形を持つめ、受身形と同じく黙約値制約が効力を持つためと考えられる。

$$(53) \quad \text{鼻音要素制約: } \text{Cor(N)} = \{a, b\}$$

$$\text{a. } \left[\begin{array}{l} \text{morph} \\ \text{phon|mora} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{major} \{ \square \text{N}, \neg \text{N} \} \\ \text{major} \{ \square, \neg \text{N} \} \end{array} \right] \right]$$

$$\text{b. } \left[\begin{array}{l} \text{morph} \\ \text{phon|mora} \\ \text{cost} \end{array} \left[\begin{array}{l} \text{major} \neg \text{N} \\ \text{major} \text{N} \\ C \end{array} \right] \right]$$

この3つの制約は、**phon** 素性と **morph** 素性の対応関係を規定したもの(最適性理論における **faith** 制約に類似したもの)である。HPSG phonology の制約には、こうした素性間の対応関係に関する制約と共に、**phon** 素性内の制約も存在する(こちらは最適性理論という **markedness** に類似した制約である。)。例として、日本語の [ŋ] の生起に関する制約を (54) に示す。なお、**morph** 素性内の制約は必要ない。**morph** 素性の性質は現実のデータから直接得られるものではないため、こうした制約を必要としないのは、言語獲得の点からも妥当である。

$$(54) \quad \left[\begin{array}{l} \text{phon|mora} \\ \text{cost} \end{array} \left\langle \dots, [\text{N}, \text{q}, \text{Q}], \dots \right\rangle \right]$$

$$\quad \quad \quad -\mathcal{A}$$

phon 素性と **morph** 素性における **major** 素性値は、これらの制約の相互作用により決定される。以下では、**major** 素性以外の値を固定し¹³、基底形と表層形における有声性の変異は、次のようなコスト計算によって得られる。(55) の左側は /g/ 音が語頭にある場合、右側は /g/ 音が語中にある場合である。

(55)	/#g .../	/#g .../	/#g .../	/...g .../	/...g .../	/...g .../
Cor(V)	↑	B	B	↑	B	B
Cor(v)	↑	*	↑	↑	*	↑
Cor(N)	↑	↑	C	↑	↑	C
Con(ŋ)	↑	↑	↑	↑	↑	−A
	[#g ...]	[#k ...]	[#ŋ ...]	[...g ...]	[...k ...]	[...ŋ ...]

語頭・語中共に、/g/ 音から産出される候補は、{[g], [ŋ]} のみであるが、語頭においては、[g] 音は経済負荷が 0 であり、[ŋ] 音は **[cost B+C]** という値を持つため、最終的な解としては、より経済的な [g] 音が選択される。一方、語中においては、[g] 音の経済負荷が 0 であるのに対し、[ŋ] 音のコスト値は **[cost B+C−A]** であり、経済負荷はマイナス—すなわち「利益」をもらえる値—となっている。したがって、[g] 音よりも [ŋ] 音のほうがより経済的な候補ということになり、語中では [ŋ] 音が出現することになる。¹⁴

こうした制約の重要な性質の一つには、制約そのものが解の候補の生成器としても機能する点が挙げられる。例えば、入力 /...g .../ に関して、各制約を単一化していくと、最終的に (55) と同様の結果が得られる。

¹³ 調音法は破裂に ([**manner** q]) に、調音点は軟口蓋 ([**place** v]) に限定する。実際は、これらの素性に関する対応もチェックするため、さらに探索範囲は広くなる。

¹⁴ なお、若年層で観察される語中の [g]/[ŋ] の揺れは、(54) のコストが **[cost −B]** であり、(55) における [ŋ] 音の経済負荷が **[cost B−B(=0)]**、すなわち [g] 音の経済負荷と等しい値になるためである。

- (56) • (51a) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right]$$

- この結果に (52) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right]$$

- この結果に (53a) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg N \\ \text{phon|major} & \neg N \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \boxed{1} V \\ \text{phon|major} & \boxed{1} \end{array} \right]$$

- (57) • (51b) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \\ \text{cost} & \mathcal{B} \end{array} \right]$$

- この結果に (52) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \\ \text{cost} & \mathcal{B} \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \\ \text{cost} & \mathcal{B} \end{array} \right]$$

- この結果に (53b) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \\ \text{cost} & \mathcal{B} \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg N \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & \mathcal{B}+C \end{array} \right]$$

- この結果に (54) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & \mathcal{B}+C \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{phon|mora} & \langle \dots, [N, q, \underline{q}], \dots \rangle \\ \text{cost} & -\mathcal{A} \end{array} \right]$$

$$= \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & \mathcal{B}+C-\mathcal{A} \end{array} \right]$$

制約に関するもう 1 つ重要な点は、最終的な結果は各制約を掛ける順序には依存しないということである。この性質により、タイプを自由にシフトした場合でも、必ず適切な解を得ることができる。

- (58) • (53b) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg N \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{array} \right]$$

- この結果に (52) を掛けて

$$\left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{array} \right] \wedge \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & \neg V \\ \text{phon|major} & \neg V \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{array} \right]$$

- この結果に (51b) を掛けて

$$\begin{bmatrix} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & C \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & \neg V \\ \text{cost} & B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & B+C \end{bmatrix}$$

- この結果に (54) を掛けて

$$\begin{bmatrix} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & B+C \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} \text{phon|mora} & \langle \dots, [N, q, @], \dots \rangle \\ \text{cost} & -\mathcal{A} \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} \text{morph|major} & V \\ \text{phon|major} & N \\ \text{cost} & B+C-\mathcal{A} \end{bmatrix}$$

以上のことから、こうしたアプローチにおいては、前述した規則適用の順序依存性や処理の dead lock といった問題が生じないことが分かる。なお、規則群の説明で例に取った動詞過去形は、以下のような **phon** 内の制約があれば、正しく生成可能である。

(59) 鼻音連鎖制約 Nas(C) =

$$\begin{bmatrix} \text{phon|mora} & \langle \dots [\text{peak|major } N], [\text{onset|major } \neg v] \dots \rangle \\ \text{synsem|class} & \{ \text{Yamato, onomatopia} \} \\ \text{cost} & -\mathcal{A} \end{bmatrix}$$

4.2 解の探索

この制約間に rule ordering がないという性質は、並列計算の特徴でもある。並列的とは仮説保持の方法に関しての性質であり、必ずしも計算を並列的に行うという意味ではない。前節で見たように、直列的な計算で実現することも可能であるが、その手続きの順序は最終的な結果に影響を与えないという点が重要なのである。この性質は、タイプシフトを自由に行っても、最終的に同一の解が得られるという利点のみならず、解を探索する際の頑強性も保証する。ある制約は、最終的な正解を含んだ複数の候補を要素として持つ集合を生成する。別の制約も、集合の要素こそ異なるが、最終的な正解を含んだ候補群を生成する。したがって、解は、全ての制約が生成する集合のいずれにも要素として含まれることになる。したがって、このアプローチでは解の探索に関する頑強性が保証される。

この性質は、コスト値の設定についても有利に働く。文法の予測する最適解と現実のデータに違いが生じた時、近傍解を探索することで、現実のデータに合致するものが見つかるからである。したがって、既知のクラスに属する対象を、その正・負両方の具体例を用いて同定することができる。言い換えるならば、タイプ継承に従うコスト付き制約の下では、言語獲得において間接否定証拠を用いることが許され、探索経路に従ってコスト値を変更することで、文法獲得の遂行も可能になる。

さらに、この探索範囲と制約コストにはもう一つ別の重要な関係が存在する。ここで、コストの性質そのものについて考えてみよう。**cost** 素性値が0であるということは、その状態が最も *unmarked* な標準状態であることを意味すると考えられる。一方、**cost** 素

性の値がプラスの場合は、その制約を受けた候補は出現しにくくなることから明かなように、抑制的な制約であることを意味する。逆に、マイナスの値であれば促進的な制約ということになる。すなわち我々のシステムでは、制約の競合のみならず、制約の協調も考慮されていると言ってよい。

ここで鍵になるのは、促進的な制約である。前述したように **cost** 素性値が 0 であるということは、unmarked な音型 (や文型) を意味するが、一般に、音声における最も unmarked な状態は、基底形と表層形が同一の形を取る場合であろう。したがって、音韻制約のうち、(51), (52), (53) で見たような **morph—phon** 素性間の制約には、マイナスの数値を持つ促進的な制約は存在しないと考えられる。これらの制約は、(a) 両素性間で素性値が共有されるか (b) あるいは素性値の対応が破れているか、のどちらかの可能性しかないため、(a) の場合は **cost** 素性値が 0 であり、(b) の場合は最良の場合でも **cost** 素性値は 0、悪ければ何らかのプラスの経済負荷が掛かるような制約になってしまうからである。したがって、促進的な性質を持つ制約は、**phon** 素性内の制約に限定されると考えられる。

このマイナスのコスト値を持つ制約 — すなわち利益を与える制約 — が、表層 (**phon** 素性内) の制約に限られるという性質は、言語獲得において重要な点である。認知機構における情報の産出過程では、様々な表層形が候補として生成されるため、マイナスのコスト値を持つ制約は、解の選択に重要な基準となる可能性が高い。しかし、理解過程においては、表層形は固定されている (話者が最適な解を選択した情報を聞き手が分析する) 状況にあるため、こうした表層に関係する制約は実際の役割は果たしていない。すなわち、表層形のみに関与するような「利益」をもたらす制約については、産出と理解において、その重要度が異なっている。そのため、産出においては最適解を選択すればよいが、理解においては、利益を持つ候補はその利益が表層形に関わる制約によってもたらされたものであることが明確であるため、解としての可能性を残して置いたほうがよい、ということが考えられる。そこで、経済性による解の決定を行う際に、以下のような制限を設けることにする。

- (60) a. 産出の場合は、最も経済性のよい候補を解として選択する。
 b. 理解の場合は、「損失」を持たない候補全て、あるいは「損失」を持つ候補のうち最も経済性のよいものを解として選択する。

この制限を使った言語獲得の例として、音素探索の問題を取り上げよう。前述した g 音の分布例にすると、まず、語頭の [g] 音は以下のように分析される。

(61)	[#g ...]	[#g ...]	[#g ...]
Cor(V)	⇕	⇕	⇕
Cor(v)	⇕	*	⇕
Cor(N)	⇕	⇕	*
Con(η)	⇕	⇕	⇕
	/#g .../	/#k .../	/#ŋ .../

このように、語頭の [#g...] 音の音素は、/g/ 以外に候補がない。一方、語中の [...ŋ...] 音の理解は以下になる。

(62)		[...ŋ...]	[...ŋ...]	[...ŋ...]
Cor(V)	\mathcal{B}	\updownarrow	\updownarrow	\updownarrow
Cor(v)	\updownarrow	*	\updownarrow	\updownarrow
Cor(N)	\mathcal{C}	\updownarrow	\updownarrow	\updownarrow
Con(ŋ)	$-\mathcal{A}$	$-\mathcal{A}$	$-\mathcal{A}$	$-\mathcal{A}$
		/...g.../	/...k.../	/...ŋ.../

この場合は、[...] 音に対する候補として、/...g.../ と /...ŋ.../ があり、これらは共に「利益」となる経済性を持っているために、(60b) の定義から、両者ともに解として選択されることになる。これらの結果から、言語認知機構は以下のような可能性を見つけ出すことになる。

- (63) a. 語頭 [g] 音の音素は /g/、語中 [ŋ] 音の音素は /ŋ/ である。
 b. 語頭 [g] 音および語中 [ŋ] 音の音素は共に /g/ である。

もし言語認知機構が言語の知識体系をなるべく単純にするように働くならば、(63b) の可能性のほうが選択されることになる。これによって、[ŋ] 音の音素が、最適解でないにせよ、g 音として決定できることになる。重要な点は、促進的な制約の持つマイナスのコスト値によって、理解・解析場面においては、最適解以外の部分にまで解の探索範囲を広げることができ、その結果、局所的な最適解ではなく、システム全体を安定化・コンパクト化させる候補を選択できるようになる所にある。また、探索範囲は、利益を持つ候補に限定されるため、無限の可能性を考慮する必要もなく、逆問題に対し、自然に「フレーム」を設定できる点にも注目されたい。

4.3 タイプ継承に従う制約の形式的性質

最後に、タイプ継承に従う制約と、そのコスト値の同定に必要な形式的性質を簡単に概観しておきたい。まず、収束に必要な一般的戦略 (64) とアルゴリズム (65) を示す。

- (64) a. 制約は十分に簡単な代数的言語 (音韻制約の場合は有限状態オートマトンと等価である) で表現される。
 b. 実データは、制約や文法と矛盾するか否かが決定可能な形に変換される。
 c. アルゴリズムは、それまでに与えられた実データの集合と矛盾しない仮説を選択し、反例が見つかった時のみ、仮説を更新する。
 d. 反例があった場合、候補群の集合から、反例に矛盾しない制約の形式を探索する。

- (65) 入力 (a) 再帰的に列挙可能な表現の集合 ε
 (b) 十分な例を得るためのオラクル Ex
 (c) 半順序関係の情報を得るオラクル $GE?$

出力 仮説の集合 H_i . ただし、 H_i は ε に属し、これまでの i 個の例と無矛盾である。

処理 1. i と実例集合の初期化

2. $Ex()$ を呼び出し、 ε に追加。

3. 正の例 $+x$ が $GE?(e_i, +x) = no$ であるなら $i = i + 1$ (繰り返し処理)

4. 負の例 $-x$ が $GE?(e_i, -x) = yes$ であるなら $i = i + 1$ (繰り返し処理)

5. 可能な仮説を ε の要素として追加。

ここで、 ε 上の再帰的に列挙可能 (recursively enumerable) な二項関係であり、反射的かつ推移的閉包が \geq であるものを上向き精緻化 (upward refinement) という。本稿で述べた有限状態オートマトンで表現される制約群に対する上向き精緻化 γ は次のように定義される。なお、 R は記号列 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ を生成するオートマトン上の正則表現を表すのに用いる変数である。

$$(66) \quad \begin{aligned} R &\xrightarrow{\gamma} (R + R) \\ \phi &\xrightarrow{\gamma} (\phi \cdot \phi) \\ R &\xrightarrow{\gamma} (R)^* \\ \phi &\xrightarrow{\gamma} \sigma_i \ (1 \leq i \leq n) \end{aligned}$$

同様に、 ε 上の再帰的に列挙可能な二項関係であり、反射的かつ推移的閉包が \leq であるものを下向き精緻化 (downward refinement) といい、以下のように定義する。

$$(67) \quad \begin{aligned} R &\xrightarrow{\rho} (R + R) \\ R^* &\xrightarrow{\rho} (R^* \cdot R^*) \\ R^* &\xrightarrow{\rho} (R^*)^* \\ \phi &\xrightarrow{\rho} \sigma_i \ (1 \leq i \leq n) \\ R^* &\xrightarrow{\rho} R \end{aligned}$$

次に、 ε の二項演算に関し、h-単調下向き (h-monotonic downward) な演算 \odot と h-単調上向き (h-monotonic upward) な演算 \oplus を定義する。演算 \odot は ε 中の任意の e_1 と e_2 に対し、 $h(e_i) \geq h(e_1 \odot e_2)$ を満たす ($i = 1, 2$)。一方、演算 \oplus は ε 中の任意の e_1 と e_2 に対し、 $h(e_i) \leq h(e_1 \oplus e_2)$ と定義される。

ここで、 $d = h(e_1 \odot e_2 \odot \dots \odot e_n)$ とする時、新たな表現 e_{n+1} が $h(e \oplus e_{n+1}) > d$ を満たす時、表現 e_{n+1} は過剰に一般的 (too general) であると判断できる。一方、もし新たな表現 e_{n+1} が $h(e \odot e_{n+1}) < d$ を満たすならば、表現 e_{n+1} は d に対し過剰に特殊 (too specific) であると判断できる。もし、 $h(e \odot e_{n+1}) = d$ を満たすならば、 e_{n+1} は d に対し正しい表現である。

もし、与えられるデータがある程度規則的で、質のよいものであれば、これらの精緻化プログラムで上界集合と下界集合を決定することができる。しかし、このアプローチには欠点が存在する。まず、この方法では、基本的に枚挙的な性質を持つため、選択的に動作するにせよ、帰納的に動作するにせよ、その効率は極めて悪いものになるだろう。

2つ目に、このアプローチでは、獲得に用いられるデータに含まれるエラーに対して非常に敏感に振る舞ってしまう。もし誤った具体例が与えられた場合、仮説が収束しない状況も起こりうる。

第一の欠点を克服する方法の一つは、現実データの生起確率を導入することである。こうした方法は、PAC 同定 (probabilistic, approximately correct identification) として知られる有限過程で実現できる (Pitt and Valiant 1986)。ただし、PAC 同定が可能であるためには、 ε のクラスが有限であることが必要十分条件となる。幸いなことに、これまでの議論で見たように、音韻のクラスは、どのタイプ階層においても有限クラスであることが保証されており、かつ HPSG の用いる構造が半順序関係を保証することから、PAC 同定は探索アルゴリズムとして見込みのある方法といえるだろう。

これに対し、第二の欠点を克服するには、データそのものの性質が大きく関わってくる。ここで、獲得途中に形成される仮説に対する実データのノイズの影響について、ごく簡単に考えてみよう。今、ある制約のコスト値に関する仮説が誤差 e を含んでいる時、もしノイズがなければ、この制約は x 個の列に対し、平均で ex 回失敗する。さらにデータにノイズが含まれる場合を考えると、誤った仮説の確率が f であるなら、この仮説の失敗率 e_f は、

$$(68) \quad e_f = (1 - f)e + f(1 - e)$$

となる。したがって、もし仮説が誤差を含んでいない (すなわち $e = 0$) ならば、失敗率 e_f はノイズにより f にまで増加する。さらに、 e がある誤差率 ϵ より大きい場合 ($e \geq \epsilon$)、失敗率 e_n は少なくとも $f + \epsilon(1 - 2f)$ になる。 $(1 - 2f) > 0$ であるから、この失敗率は、任意の正しい仮説 (誤差 0 の仮説) の失敗率より常に大きい。また、平均すると、誤差率 ϵ よりも大きな誤差を持つ仮説の失敗率は、正しい仮説の失敗率より、少なくとも $\epsilon(1 - 2f)$ だけ大きい。したがって、もしデータの個数 x が十分に大きければ、この $\epsilon(1 - 2f)$ という誤差率の違い ($\epsilon(1 - 2f) > 0$ が常に成立する点に注意) を用いて、2 種類の仮説の「良さ (goodness)」を識別することができる。

この問題は、Chomsky の言う「プラトンの問題」とも関るものであるが、現実の言語データが各制約に対し、どの程度のノイズとなり得るのかは明確ではない。守 (1992) のミニチュア人工言語を用いた研究では、規則から逸脱したエラーが 20% ほどデータに含まれる場合でも、被験者 (成人) は規則の習得が可能であると報告されている。ここで述べた精緻化アルゴリズムで、この不純率を克服するためには、膨大な実データが必要になる。また、十分な数のデータが与えられたとしても、過剰に特殊 (too special) なデータに引きずられ、制約のコストが収束しない可能性も残る。こうした問題をクリアするためには、効果的な heuristics が必要となると思われるが、この点については今後の研究課題としたい。

5. まとめ

本論文では、音韻のタイプを設定し、タイプ継承の考え方をを用いることによって、辞書における音韻情報をコンパクト化する方法の理論的な基礎付けに関する議論を行った。特に、**phon** 素性にタイプ階層およびそのタイプに固有の制約を設定することで、個々の語彙情報を軽減できると共に、ある語彙クラスに共通する性質を見通しよく示せることを論じた。また、このタイプ固有の制約がタイプ継承の実現時に初めて機能するというシステムにより、下位の構造には見られない現象が上位タイプにおいて創発するというゲシュタルト性が達成され、認知システムの理論としてもよい特性を備えることを述べ、その具体例と形式的な性質に関する議論を行った。

参考文献

- Bird, S. and Klein, E. (1993). Enriching HPSG phonology. *Research Paper EUCCS/RP-56*, Edinburgh university.
- Carpenter, B. 1997. *Type-Logical Semantics*. The MIT Press.
- Flickinger, D. C. 1987. *Lexical Rules in Hierarchical Lexicon*. Ph.D Dissertation, Stanford University.
- Gunji, T. 1987. *Japanese Phrase Structure Grammar*. D. Reidel, Dordrecht.
- Gunji, T. 1998. On lexicalist treatments of Japanese causatives. In Green, G. and Levine, R. (eds.) *Studies in Contemporary Phrase Structure Grammar*. Cambridge University Press.
- Gunji, T. and Hasida, K. 1998. *Topics in Constraint-Based Grammar of Japanese*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht and Boston.
- Imaizumi, S. 2000. *A Lexical Approach to Voice Alternation in Japanese Verbs*. Ph. D. dissertation, Osaka University.
- Kuroda, S.-Y. 1965. *Generative Grammatical Studies in the Japanese Language*. Ph. D. dissertation, MIT.
- 松井理直. 1998. 『制約単一化に基づく日本語音韻論』. 大阪大学大学院言語文化研究科博士論文.
- 松井理直 1999. 協調行為として見た音韻論の経済性. 音声文法研究会 (編). 『文法と音声 II』. pp. 109–126.
- 松井理直 2001. プロトタイプカテゴリーとしての音韻表象. 音声文法研究会 (編). 『文法と音声 III』. pp. 141–153.

- 松井理直・郡司隆男 1998. 制約に基づく音韻論と形態論の試み. 堂下修司ほか (編). 『音声による人間と機械の対話』. Ohmsha. pp.105–118.
- 守 一雄 1992. 『ミニチュア人工言語研究: 言語習得の実験心理学』. 風間書房.
- Pitt, L and L. Valiant. 1986. *Computational Limitations on Learning from Examples*. Technical Report TR-05-86, Harvard University.
- Pollard, C. J. and Sag, I. A. 1987. *Information-Based Syntax and Semantics, Vol. 1: Fundamentals*. CSLI Lecture Notes Series. No.13. Center for the Study of Language and Information, Stanford University, Stanford. 郡司隆男 (訳). 『HPSG 入門: 制約に基づく統語論と意味論』. 産業図書. 1994.
- Pollard, C. J. and Sag, I. A. 1994. *Head-Driven Phrase Structure Grammar*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Prince, A. and P. Smolensky. 1993. *Optimality Theory : Constraint Interaction in Generative Grammar*. Technical Report 2, Center for Cognitive Science, Rutgers University.
- Shieber, S. M. 1992. *Constraint-Based Grammar Formalisms: Parsing and Type Inference for Natural and Computer Languages*. The MIT Press.
- 吉本啓 1994. タイプつきユニフィケーション文法による音調情報を含む文法の形式化. 『国語学』, 178, pp. 117–108.

Author's E-mail Address: matsui@sils.shoin.ac.jp

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