

音韻研究における問題と謎について*

高橋幸雄

本稿は、①直感に整合しながらも精査により覆される可能性のある認識と②その可能性を検証する「客観的な」方法を明確にする。最終段本稿は③言語音を幾何学図形によって図示したときに音韻的特性が指定可能な分布を為すことを指摘し、その分布が応用数学的に説明される可能性を示す。「問題」とは、言語音声を対象とする科学的探求によって解明され得る問いであり、「謎」とは言語音声を対象とする科学的探求を支える少なくとも現在の理論体系の範囲の中に収まり得ないものを指している。

第1節 言語音声捉える直感的手法

日本語の音声は「子音+母音」の連なりであるとする言説があり、これは太陽は朝には東から昇り夕には西に沈むように回転しているという受けとめに類似している。日本語の発音に関するこの日常的感覚がどのようなものであるかを一般論のみで語るに留めず具体的な詳細を観察することである程度明確にすることから始めたい。問題への最初の接近として次の語をローマ字で書いてみよう。ヘボン式の場合にはローマ字は次のようになるであろう。

(1) 表記と母音の数

- a. ストライク デスクトップ
- b. sutoraiku desukutoppu

母音の数を数えるとなるといづれも5という数字が得られる¹。促音「っ」は重子音 (gemimates) と見なす。ここでは母音の数は「拍の数」とは異なることを指摘しておこう。

少なくとも次のことは観察者の (認識力や注意力の) 如何に関わらず共通して観察されるであろう。

(2) 「ストライク」の第3音節と「デスクトップ」の第4音節には母音がある。

この際それぞれの語の主アクセントが「ストライク」と「デスクトップ」のように下線部にあることが想定されている。

* 本稿の投稿を取りまとめるにあたり英語文化学科学科長の新沼史和先生から投稿のご提案を賜り、吉植庄栄先生には編集の労をおかけすることとなった。印刷製本の現場においては杜陵印刷営業部の菅野一樹さんにお世話になった。ここに記して感謝申し上げる。今後の言語の基礎研究に一石を投じたいが為であるが、他方で投稿者は論考袋を手に掲げ今後も言語の基礎研究という修行を歩みたいと思っている。

¹ 日本語には二重母音、長母音があるという説がある。それを採用すれば上掲の語の母音の数に関して4と5という数値が得られる。しかし、当面は本文の立場で論を展開することにする。何れの立場が有効であるかは、本論の展開には影響を与えない。

問題は、アクセントの置かれていない場所に母音は所在しているか、という点である。具体例において□で囲まれた部分に母音が所在するであろうか。

(3) s□toraik□ des□k□topp□

このことを何らかの科学的に妥当な方法によって確認したい。実在すると想定されているものが現実には存在しない、ということを証明しようとする、どのような物や事が理論的枠組みにより証拠と認定されうるかを含む幾つかの道具立てが必要になってくる。

そこで、「特定の母音が存在しない」事を証明する展開ではなく、「特定の母音は存在する」事を如何にして証明するかを先ずは考えてみよう。再度 (3) において母音の所在を意識に上らせた部分に母音が存在するのかを次のように検証してみたい。

(4) 喉仏にそっと指を当てて自然な発音を行う。

喉仏にそっと指を当てるといのは、喉仏をよく意識するためであり、ここでの振動を認識する一助とするためである。指先で喉仏の振動を感知できることも在るかもしれない。しかしむしろそれは指先の感覚の高度な鋭敏さを求めるものになる可能性が高い。「喉仏」と記したが、それは「喉仏から指1本下の部分」とするのが妥当であろう。

喉仏に指を当てての検証は次のような結果となるであろう。「ストライク」では「…トライ…」の辺り、「デスクトップ」では「デ…トツ…」の辺りに母音の存在を示唆する振動を感じず（ここでは、「…」の部分では振動を感じないことを表す）。詳細な分析は一時後回しにするとし、母音の不在についての大枠でのまとめは次のようになるであろう。

(5) アクセントの配置されていない場所のうち母音が存在しない箇所がある。

(5) に要約された言語事実は、いわゆる日本人による英語の「カタカナ発音」についての言説「借用語（外来語）において子音の後に母音が嵌入する（嵌入してしまう）」に疑問を生じさせるものである。

そのような疑問は日本語の本来語にも当てはまる。たとえば次の語の母音の所在を検証してみよう。

(6) かくさん（拡散） ふせい（不正）

前者においては「く」にはアクセントがなく、後者においては「ふ」にアクセントは置かれない。上記のカタカナ語の事例と同様の手順を適用するとそれらは母音を含まないことが判明するであろう。議論の本筋から著しく逸れてしまうが、ローマ字でこの事を表そうとすると、kakusan、fusei ではなく、kaksan、

fsei という綴りも可能ではないかという印象もある。

これまでの事例は文脈を除外した環境に置かれている。自然な発話においては、語は文中に配置され調音される。次に同一の語彙が音韻的な環境の多様性に応じて変化することを検証しておきたい。次の事例を観察してみよう。ここで「無声軟口蓋閉鎖音」と称しているのは「帰宅」([kitaku]) という語の末尾の音節に含まれる[k]音のことである。

(7) 無声軟口蓋閉鎖音の比較

- a. 私は、帰宅します。
- b. 私は、帰宅と伺っています。
- c. 帰宅の後私がお電話します。

何れにおいても「帰宅」という語を含む事例としてある。この語の音連鎖において「ク」([ku]) に焦点を当てて観察しよう。(7a) においては、[k]音の軟口蓋閉鎖が開放されると間髪おくことなく[e]の摩擦が始まりやや長めに継続する。これら 2 音の間に母音[u]が介在するという直観は存在しない。(7b) においては、[k]音の無い梗概閉鎖の開放を待つことなく、[t]音の閉鎖が着手されるような発音も可能である。聴覚的印象は「キタクト」ではなく「キタット」に近似している。とはいえ言語音の聴覚的印象は「キタット」とも異なる。しかしながら、(7b) の言語音連鎖においては (7a) の事例同様に「ク」の部分には母音の所在は認められない。これらとは対照的に (7c) においては、「ク」の[k]の軟口蓋閉鎖の開放と「ノ」の歯(茎)での閉鎖の間に母音が介在することを確認できる。

この節において行ったことをまとめ問題点を整理しておくことにする。

(8) 日本語の発音に関わる、この節での論点

- a. ローマ字表記、漢字かな交じり表記は必ずしも全ての音声的特性を表示するものではない。
- b. 幾つかの母音の存在が疑われる事例がある。
- c. 前項の事柄は、特定の手法(喉元に触れる)によって確認可能である。

ここでの論点整理は仮のものとしておく。というのも、喉元に触れることで母音の無声化についての言語事実がいわば客観的かつ不動の事実として確認できたわけではないからである。

第 2 節 不完全指定理論、非該当条件、「音韻の特徴を拡張せよ」の相互作用

ここでは標題にある 3 原理を相互作用させることによってどのような説明が可能となるかを説明する。ごく概略的にそれらの主旨をここで記載しておきたい。これらは全て音韻過程が存在すること、音韻過程は基底の音韻表示を表面の音声表示へと変換させるものであることを想定している。不完全指定理論

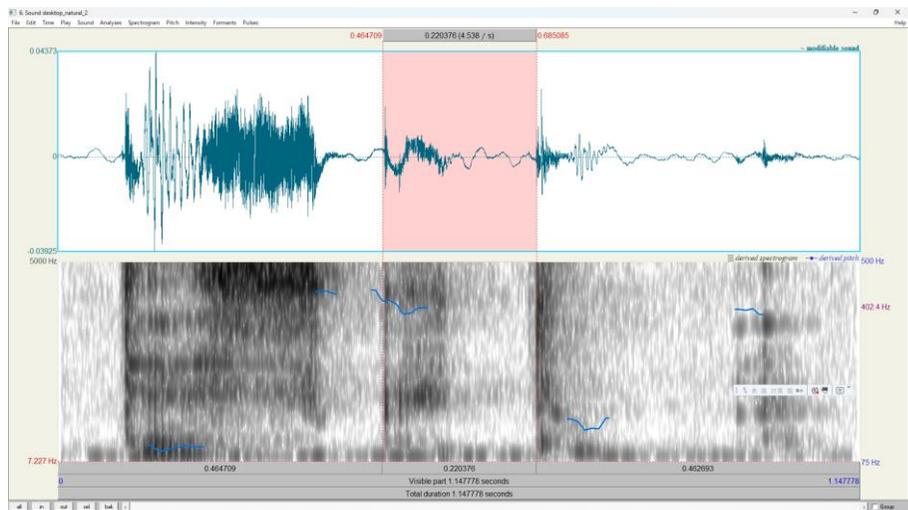
とは「予測可能な情報は基底の音韻表示から省け」とするものであり、音韻論的説明の簡潔化をもたらすものである。非該当条件とは「一般規則と特殊規則が存在し、それらの適用環境が包含関係にあり且つ適用結果が異なる場合には特殊規則の適用を先行せよ」とするものである。「音韻的特徴を拡張せよ」は隣接する言語要素の表示内に空（から）が存在する場合には隣接する要素の特徴を拡張させることによって情報を補填せよとするものである。これら三つの原理は、単に説明の都合のため、この節の終盤に登場する。

前節から引き継いだ課題は、日本語の母音、とくに「後舌高段母音が無声化される」ことはあるのか、さらに進み「後舌母音がまるごと脱落する」ことがあるか、という事柄である。前者の件は、Praat を利用した音声の画像化によって対処が可能である²。

前節において取り上げた事例「ストライク」と「デスクトップ」に戻り、Praat を利用しこれらの発音を画像化する。紙面の都合で後者「デスクトップ」の画像のみ掲示する。

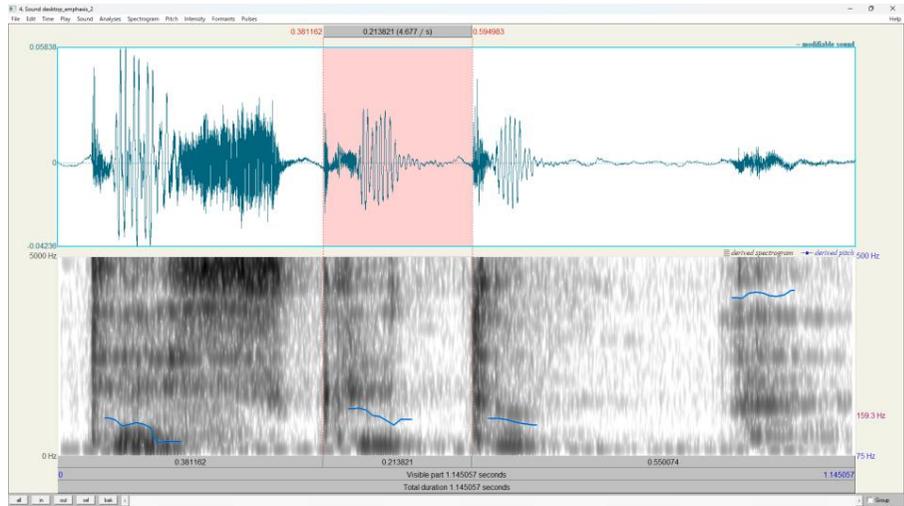
(9) 「デスクトップ」の音声画像

a. 自然な通常の発音



² 他方において、後者においては一見無関係と思える促音化（「っ」の付加）との関係性を考慮する必要がある。たとえば「必然」の発音においては促音化は通常観察されないが、「必至」では促音化が自然である。必然は「ひっぜん」と発音されることが無いのに対して必至は「ひっし」と発音されるのが自然である。関連して、筆談が「ひっだん」と発音されることが無いのに対して筆舌は「ひっぜつ」と発音されるのが自然である。これらの言語事実を統合的に扱うためには理論が必要となる。なお Praat は下記の URL から公開されている。

b. 念を押すための特別な発音



これら2つの図において中央の網掛けの部分が「デスクトップ」の「ク」に当たる部分である³。

まずはこの音声画像が表す要素を解説しておく。上下二段から構成されており、x軸は時間を表している。上段におけるy軸は音量を表している。とくに正弦波を為す部分は母音成分であり、(9a)においては2カ所、(9b)においては3カ所ある⁴。他の黒くなっている非正弦波の部分は子音成分である。したがって前者の発音を含む母音は2つ、後者の発音を含む母音は3つとなることを「客観的に」確認できる。

下段は音声のエネルギーの集中する周波数帯であるフォルマント (formant) を図示したものである。母音成分は縞模様のフォルマント数本を伴う。図にあるように子音成分がフォルマントを伴うこともありうる。本論では上段において正弦波となる部分が下段においてフォルマントを含んでいることを確認することにする。ヒトの言語の母音において決定的な差異をもたらすものは F_0 と F_1 であるとされている。図の下からフォルマントのナンバリングは為される。

ここで指摘しておかなくてはならない言語事実は次のようなものである。

(10) 「デスクトップ」の自然な通常発音 (α) と念を押すための特別な発音 (β)

- 「デ」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在する。
- 「ス」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在しない。

³ ここで音声ファイルを成形したものを提示してある。基本的構想としては全ての学問分野を対象として、いわゆる実験によって得られたデータを公のものとして科学的な議論の対象とする試みが始まっている。オープンサイエンスにおけるオープンデータの構想である。たとえば「政府CIOポータル」がある。これは国及び地方公共団体による取り組みである。しかしながら本論の公開の都合により、論文にデータを付属させることは出来ない。これらの2つの発音を画像化すると中央部分において明白な相違が認められるもの、実際の聴覚的印象の差異は僅少である。

⁴ 正弦波とするのは次の二つによる。第1は観測可能な周期的変化を為す波動であるからであり、第2は音声の波動は増幅から開始するからである。

- c. 「ク」の発音においては、 α では母音は喪われているが β では母音は存在する。
- d. 「ト」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在する。
- e. 「プ」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在しない。

「デ」と「ト」にはアクセントが付与されており、母音無声化の対象とはならない⁵。これらにアクセントが付与されていることは、正弦波の y 軸の振れ幅が大きいことから判定できる。促音「ッ」の属性について言及しておく必要がある。音声画像上段において無音として記録されている。下段においてフォルマントは存在せず母音性が存在しないことを表している。この無音の状態が何を指し示すものであるかは Praat 画像には反映されていないが、当該語彙の調音を試みると[p]の入りでの両唇閉鎖と理解できるであろう。この部分の調音において両唇が閉鎖され無音となることが予測される。

指摘しておくべき事は、この無音部分が相当時間を占めていると言うことである。この閉鎖が十分に長くないと「デスクトップ」のような発音になるはずである。まとめれば、このような長音化が促音化の実在であると言うことである。長音化を惹起する音韻過程として有力な可能性は、先行するあるいは並列的に行われる削除であろうと私は推測している。たとえば 6「ロク」を数詞「回」に形態的に接続したときに「ロッカイ」という促音の発生が観察される。これは「ロク」の末尾の母音の何らかの欠落によって引き起こされると推測できる。このような推測は、「言語音の調音上の属性」とは独立して「言語音のタイミング」の層が存在するとの理論から得られるものである。具体的には「ロク」の末尾の「ウ」が欠落することでタイミングが残存することになり、「ロク」の[k]の調音上の属性（軟口蓋無声閉鎖）が拡張する、という説明である。この説明にはかつては代償的長音化（compensatory lengthening）という名称が与えられていた。この話題から離れる前に指摘しておきたいことは、代償的長音化を惹起するものが母音の脱落であるとする場合、その該当母音が「ウ」であるということである⁶。

この段階で説明を要する言語事実を次に再掲しておく。

(10) 「デスクトップ」の自然な通常の発音（ α ）と念を押すための特別な発音（ β ）

- b. 「ス」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在しない。
- c. 「ク」の発音においては、 α では母音は喪われているが β では母音は存在する。
- e. 「プ」の発音においては、 α と β 両者において母音が存在しない。

非公式ながらも、ローマ字表記によって、これらの事実をまとめると次のように言える。発音の精密な

⁵ ここでアクセントといているのは強弱アクセントのことであり、高低アクセントのことではない。「デスクトップ」という語が「デスク」と「トップ」からの合成語であるとするならば、その形態論的過程に起因して第 1 要素である「デスク」の脱アクセント化が適用されることになる。単独では「デ」にアクセントが置かれるのに対して合成語には「ト」にアクセントが配置されることになる。

⁶ 他にも母音の脱落が推測される事例は「イッカイ」（一回）であろう。形態的に「いち+かい」が想定される。ここでは「イチ」の「イ」の脱落が仮定される。というのも、連動して行われる代償的長音化を推定するからである。「イチ」の末尾の[i]は脱落するかを考えると、「予測されることは省かれる」という不完全指定（underspecification）理論に行き着く。この「イ」には硬口蓋破擦音[tʃ]が先行している。「硬口蓋破擦音には[i]が後続する」のであれば[i]は基底において不完全指定、すなわち言語音の調音上の属性が空であることが予測される。

表記は様々な様式の発音表記によって為されるのが妥当であることは言うまでもない⁷。通常使用される英語辞典のそれぞれの語彙項目エントリーの冒頭の発音記号を比較すると必ずしも統一されているとは限らないことが解る。

(11) 「デスクトップ」の二つの発音上の異形

- a. desktopp
- b. deskutopp

(11a) は母音を二つ含み (11b) は母音を三つ含む発音を表記したものである。

ここで想起されるのは、一例として次のように定義される日本語の音声特性である⁸。

(12) 日本語の音節は「花 (/ha・na/)」のように概ね開音節で構成されていますので開音節言語と呼ばれることがあります。

引用されている事例が含む音節は何れも母音で終わっている。しかしながら (11) に音節の境界を置くと次のように幾つかの閉音節が観察される。ここで言語学での音韻研究の慣例により音節境界は「\$」により示す。

(13) 「デスクトップ」の異形発音の音節分け

- a. desk \$ topp
- b. des \$ ku \$ topp

ここで開音節と見做されるのは (11b) の第2音節[ku]のみである。

ここで振り返っておく必要があるのは「デスクトップ」の語末の母音/の消失である。漢字かな交じり文での標記においては、語末は[u]で終わるはずである⁹。これまで取り上げてきた事例を考慮すると、この際想定されるであろう母音無声化規則あるいは母音削除規則は次のようなものになるかもしれない。

(14) 母音無声化あるいは母音削除

- a. V → [-voice] / [-voice] _____ [-voice]

⁷ 発音表記の精密さという点に関して、発音表記には精密表記と簡略表記があることを思いだしておきたいところである。前者においては日本語の/d/音と英語の/d/音を必然的に区別することになる。というも精密な観察においては日本語の/d/音においては舌先が歯（の内側）にも押し当てられるのに対して、英語の/d/音においては舌先が歯に決定的に押し当てられることはない。よく観察すると2音は異なる聴覚的印象を与える。これに対して、日本語の発音において「だいがく」の冒頭の音を調音する際に舌先を歯に触れないようにして発音しても違和感あるもの他の語として（たとえば退学）解されるなどの支障は発生しない。

⁸ たとえば「篠研」（<https://www.kanjifumi.jp/>）を参照のこと。

⁹ 日本語を対象とする音声標記においてはとくに当該母音が非円唇母音であることを考慮して[o]を用いることがある。

b. V → φ / [−voice] _____ [−voice]

ここでφは空を指している。(14a)は「デスクトップ」の「ク」が随意的 (optional) に無声化され事を捉えようとし、(14b)は当該の母音が

(14a)の構造記述 (structural description) に構造変化 (structural change) を埋め込むと次のような連鎖が得られる。

(15) [−voice][−voice][−voice]

これは確かに簡潔な形式ではあるが[−voice]を羅列したものになっており、[−voice]の列記の必然性が形式化されていない。(15)が差異超されるべきものであることを理解するために、一旦たとえば次の事例をみてみよう。

(16) 本もらう、本買う、本読む

指摘されてきたように日本語の「ン」は後続音によって調音点が「変わる」¹⁰。

「本」の基底の音韻構造を[hon]と見なして鼻音[n]が「基底において調音点の指定を持たない鼻音」と定義づけると次のような説明がありうる。

(17) 「本」の発音の多様性についての説明

- a. [hon]の鼻音の調音点は基底において空である。
- b. その空を補うようにして後続語先頭の「もらう」、「買う」、「読む」の両唇音性、軟口蓋音性、硬口蓋音性が拡張する

(17)により「本」が(16)に掲示の3例においてそれぞれ[hom]、[hon]、[hɔn]と発音されることが説明される。ここでは[hom morau]、[hon kau]、[hɔn jom]の下線部に在るように、共通に同一の調音点が継続している。その点において(15)は(16)と同様の音韻過程を経た結果である可能性がある。ここでは次のような非該当条件が関与している。非該当条件とは「特殊規則と一般規則が並列しており、それぞれの出力が異なる場合には特殊規則が優先する」というものである。

(18) 「本もらう」においては「もらう」が「本」に後続するという特殊な環境にあり、「も」の両唇音性が「ほん」の「ん」の調音点を決定する。

¹⁰「変わる」の意味合いはよく考えておきたいところである。「撥音「ン」は後続音が何かによって調音点が変わります」という指摘がある。「SenSeeMedia」(<https://sensee.jp/media>)を参照のこと。

これは、不完全指定理論が非該当条件と連携した結果である。

二原理のそのような連携を日本語の母音「ウ」に適用した場合にどのような理論的帰結 (theoretical consequence) が得られるのかをここで計算しておこう。

不完全指定理論により次項を設定しておこう。

(19) 日本語の「ウ」は調音点および有声音性において基底で空である。

(19) によって当該言語音が母音であれば、それは有声であることが予測できる。ただし「ウ」を取り巻く特殊な環境が成立すると次の特殊規則が適用される可能性がある。

(20) 前後に無声の子音が生起する場合、その無声性が「ウ」に拡張される。

(20) は「本もろう」、「本買う」、「本読む」での「ン」の調音点の決定過程と同様に機能する。「デスクトップ」においては次のような音韻過程が実行される。

(21) 「デスクトップ」において「ク」の母音は有声音性において空であると仮定されている。

更にここにある母音[v]の左右には無声音子音[k]と[t]が隣接している。これらは無声音であり、その無声音性は母音[v]へと拡張される。

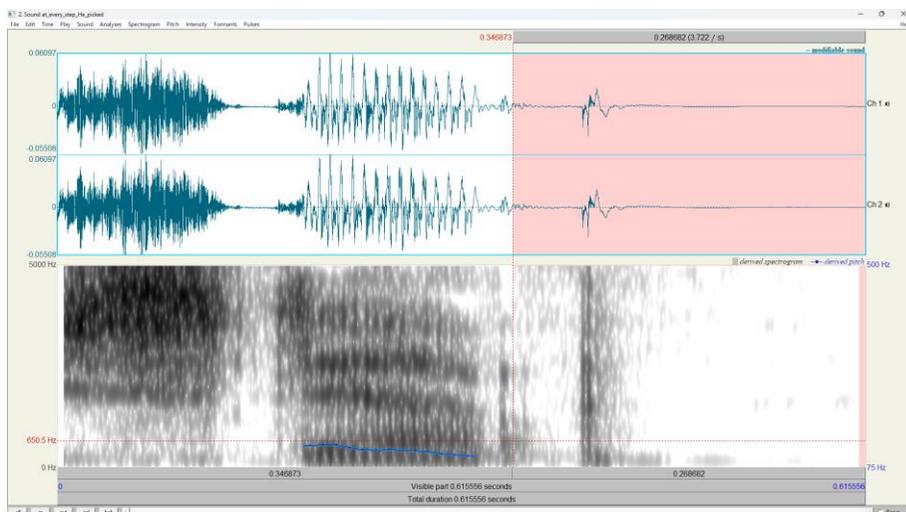
「本もろう」などの「ほん」の「ん」の調音点決定の過程は、「デスクトップ」の「ク」の無声音性と同一の音韻過程 (22) によって説明されることになる。

(22) 音韻的特徴を拡張せよ

(22) は不完全指定と非該当条件という一般原理との相互作用で予測、説明を産み出すことになる。

このような展開において、「デスクトップ」の音声画像における一つの奇異な現象に対して一つの説明が得られる。まずは該当の画像をここで再掲しておく。

(25) Thick plant life held the moisture close to the surface and the water flowed from under his feet at every step.



先頭の非正弦波は[s]のものである。引き続き無音部分の後小さな非正弦波がある。これは[t]のものである。続いて大きな正弦波があり、これは[e]のものであり、続く殆ど無音の部分が[p]音に対応する。ここで読者は(9b)の[p]音対応部分の音声画像との明確な違いに気がつくであろう。

(26) 日本語の「デスクトップ」末尾の[p]音においては明確なフォルマントがあるが、(25)の英語母語話者の発音には明確なフォルマントは存在しない。

日本人が step を末尾に取る英文を発音する際に往々にして[p]音を明確に発音してしまうことがよくある。この点において英語母語話者の発音は大いに異なることがここに掲示した Praat 画像に顕れている。

大きく本論の展開を巻き戻してみると、日本語は必ずしも開音節言語というわけではなく、体系的に閉音節を内在する言語であるという可能性を既に示した。その場合、日本語の音節体系がどのようなものであるかを以下では述べていきたい。英語の音節分け、すなわち分節においてもまた幾つかの限定された数の原理が相互に作用することで行われることを示す。更に進み、その原理は日本語にも適用されること、換言すれば日本語と英語において音節分けの原理は共有されていることを示したい。

第3節 音節形成の原理

前節最終段において、一般の言説の述べるところとは異なり、日本語は開音節言語では「ない」かもしれない、という趣旨のことを述べた。日本語は5母音組織とされるが実はもっと少ない、あるいは多いということが主張されることもある。

ここで議論の基盤部分をよく確認しておかなくてはならない。それは範疇化あるいは分類の成立基盤である。同一の人物・存在においても、あるいは複数の人物においても、範疇化（あるいは分類、仕分け）によって区分けされた結果となるモノの数は異なる。集団がいくつあるかと言うときに、該当が二人の人物であり、彼らが別個の集団に属するときには集団は2であるが、同一の手段に属す場合には1である。

言語音声においても範疇化によって仕分けされた結果の数は異なりうる。日本語においては「ハ」「ヒ」は同一の「ハ」行の系列の音である。ところがドイツ語においては発音記号上これらは[x ç]によって表記され別々である¹³。日本語の「サ」行音において標準的な発音は[s]のみと考えられがちだが、構音障碍を持つ人々においては歯間音（あるいは歯音）すなわち[θ]が存在（lisp（舌足らずの異常発音））しており、日本語での意思伝達において決定的な混乱を来すことはない¹⁴。英語において[s θ]は2音であるが日本語においては1音である。

これらのような事例を体系的に整理し理解するには派生という概念、捉え方が必要である。それは次のような学問的図式（disciplinary matrix）である¹⁵。学問的図式という用語は、理論言語学においては理論的枠組（theoretical framework）みと呼ばれるのが通例である。

(27) 派生の図式 言語音声には（少なくとも）二つのレベルが存在する

- a. 機能（分類）的レベルと個別（即物）的レベル
- b. 機能的レベルの表示に一連の音韻規則を適用することで個別的レベルが生成される

ここでは音韻規則の一群が想定され、これによって（27a）において言及されている2つのレベルが関連付けられる¹⁶。これはChomsky (1964) “Current Issues in Linguistic Theory”と Halle (1964) “Phonology in a Generative Grammar”に端を発し Chomsky and Halle (1968) *The Sound Pattern of English* において一度包括的な体系となった生成音韻論（generative phonology）の学問的図式である。この学問的図式は、アメリカ構造主義言語学における分類的音素論（taxonomic phonemics）へのアンチテーゼとして提案されたものである。

¹³ たとえば *der Bach*（小川）と *ich* を参照のこと。前者は接尾辞付加により *das Bächlein*（せせらぎ）が形成され、[x]は[c]へと変換される。形態的な変化が音素的交替を惹起した事例である。この音韻交替は形態的派生によって引き起こされたものである。

¹⁴ とくに本文において記す必要は無いと考えるが日本語話者の少なくとも5分の1はこの障碍を負っている。この事は、舌尖（舌の先端）がこの障碍を矯正しなくては英語教員としての発音スキルに悪影響をもたらす可能性があるため、私は、個人的な矯正の数ヶ月の試みを行ったことがあるが、吃音に陥ったことにより、その試みは停止した。

¹⁵ 初期 Thomas Kuhn の著作 *The Structure of Scientific Revolutions* (1962)において提唱された科学哲学的な概念「パラダイムシフト」（paradigm shift）をここで復活させ引用することも可能かもしれない。

¹⁶ 「関連付けられる」のであって、音韻規則によって定義づけられるような過程が「生成」という用語同様、脳内で行われていることを主張しているわけではない。

生成音韻論における言語音声研究を理解する鍵は、自然類 (natural class) という概念である。閉音節コーダにおける無声閉鎖音の音声的属性に関わる次のような音韻規則群があると仮定する。以下では生成音韻論の伝統により、(27) の機能的レベルの発音の表示を音韻表示と個別的レベルの表示を音声表示と呼び、前者を斜線により、後者を角括弧で表示することにする。ここで無開放閉鎖と呼んでいる音韻過程は picture が英語母語話者の発音において「ピッチャー」のように聞こえる現象を指している。印刷上の明瞭性を考慮し、ここでは発音補助記号「 \sim 」により表す。

(28) 閉音節コーダ内の無声閉鎖音の無開放閉鎖

a. laptop /læptɒp/ → /læp[~]tɒp[~]/

b. atlas /ætɫəs/ → /æt[~]ɫəs/

c. nocturn /náktɔrn/ → /nák[~]tɔrn/

ここでは各列を見る限りでは音韻過程上の一般性は必ずしも明示的 (explicit) ではない。次のような一般化が考えられ得るかもしれない。

(29) 音節内コーダにおいて無声閉鎖音は無開放閉鎖を被る。

(28) の3行が1行とまとめられたという点においては、簡潔性 (simplicity)、言い換えれば説明の短さ (brevity) という点において (29) は前進がみられたと言えるかもしれない¹⁷。

生成音韻論、とくに Halle と Chomsky の提案は次のテーゼである。

(30) 言語音は音韻的特徴の束 (bundles of features) である。

この段階において生成音韻論の手法が理論物理学、とくに物質の究極に対して取った姿勢に酷似していることが明らかとなる。何れにおいても、究極の要素 (atom) を同定する手続きが研究の進展を決定づけるという点においてである。Morris Halle は Noam Chomsky とともに、/p t k/ という三つの言語要素 (かつては音素とも呼ばれた) が次のような特徴の束であることを仮定する生成音韻論の体系を提案した。

(31) 特徴の束としての /p t k/

p [-coronal, +anterior, -voice, -continuant, -constricted glottis, +spread glottis]

t [+coronal, +anterior, -voice, -continuant, -constricted glottis, +spread glottis]

¹⁷ 殊更に「オッカムの剃刀」(Occam's razor) に頼るだけで真理に近づけるとは限らないであろうが、生成音韻論の1970年代はこれもまた研究推進の原動力の一つとして活用してきたという側面はある。もちろんここでは彼らが言語研究に対して三つの妥当性レベル (観察の妥当性、記述の妥当、説明の妥当性) に言及しておかなければならない。これらが生成音韻論、生成文法の研究を理解する基盤となる。言語学研究の意味合いについてはとくに郡司隆男「一般教養としての生成文法」を参照のこと。

k [-coronal, -anterior, -voice, -continuant, -constricted glottis, +spread glottis]

(32) では基底において /p t k/ が開放音であると仮定されている。ここで声門での明確な開放を伴う調音を [+spread glottis] (たとえば帯気化された音)、他方では声門の明確な閉鎖を伴う調音を [+constricted glottis] (たとえば声門破裂音) と考える。これにより本稿は、無開放閉鎖音を [-spread glottis, +constricted glottis] と見做すことにする¹⁸。他方、activity の第 2 音節のオンセットの [t] が帯気音化されることについては [+spread glottis, -constricted glottis] と表すことが出来る。

無開放閉鎖音に関わる (29) の効果をもたらす何らかの音韻規則によって (32) が派生されると仮定しよう。変更される部分に下線を付しておく。

(32) 派生された特徴の束としての /p t k/

p [-coronal, +anterior, -voice, -continuant, +constricted glottis, -open glottis]

t [+coronal, +anterior, -voice, -continuant, +constricted glottis, -open glottis]

k [-coronal, -anterior, -voice, -continuant, +constricted glottis, -open glottis]

(31) と (32) の表示は余剰性 (redundancy) を内包している。

特段の事情がない限りにおいて無声閉鎖音は開放音であると想定できるのであれば (31) は次のように変更できる¹⁹。

(31') 余剰情報の削除

p [-coronal, +anterior, ϕ voice, -continuant, ϕ constricted glottis, ϕ spread glottis]

t [+coronal, +anterior, ϕ voice, -continuant, ϕ constricted glottis, ϕ spread glottis]

k [-coronal, -anterior, ϕ voice, -continuant, ϕ constricted glottis, ϕ spread glottis]

その際には次の二つの余剰規則が仮定されることになる²⁰。

(33) 余剰規則

a. [-vocalic] → [-voice]

b. [-continuant] → [-constricted glottis, +spread glottis]

¹⁸ 単語内において音節主音に挟まれた位置での音節コーダ内の閉鎖音の無開放閉鎖に関しては Sagey (1986) の音韻素性の三次元的手法を採り入れた分析方法もあり得る。筆者はこの考え方に賛成であるが、本稿において詳細を論ずることは出来ない。

¹⁹ ここで ϕ は + / - が無指定であることを表している。

²⁰ 母音を考慮に入れるならば次の余剰規則へと (33a) を修正することが望ましい。

[α vocalic] → [- α voice]

(33a) は「母音性がないのであれば有声性が無いことがデフォルトである」ということを規定するものであり、(33b) は「非継続音はデフォルトにおいて非狭窄声門的であり、拡張声門的である」ということを述べている。(33) を仮定することにより、たとえば (31) において指定されている音韻的特徴の数が 18 であったところが (33) を設定することによって 9 に減少する。ここでは余剰規則群 (33) において言及されている音韻的特徴の数が 5 であることから、差し引き 13 の情報の削減、すなわち簡潔化をもたらすかの如くであるが、自然言語における開かれたクラス (open class) に属す語の数は膨大であることから、余剰規則を設けることの利点は相当に大きいことになる²¹。

このような準備をしてきたところを受け、我々が提案できる音韻規則は次のような形式のものとなる。

(34) 無開放閉鎖音生成規則

[−continuant] → [+constricted glottis, −spread glottis] syllable-finally

ここで syllable-finally は「音節コード内において」を意味している。音節コードというのは、音節を構成する三要素の一つであり、その中心を音節核、その先頭部を音節オンセット、その末尾を音節コードと呼ぶ。

非該当条件について既に我々は述べてある。この条件は、音韻規則の適用の優先関係を決定するものである。ここで (33b) と (34) を比較してみよう。これらは①適用環境が包含関係にあり②出力が異なる。これを記号により記述すると次のようになる。

(35) 非該当条件の適用

a. [−continuant] ⊂ [−continuant] in syllable coda

b. [−constricted glottis, +spread glottis] ≠ [+constricted glottis, −spread glottis]

(35) が成立することによって非該当条件が発動され、特定環境下、ここでは音節コード内においては音韻規則 (34) がたとえば Neptune に適用され、/p/を[p̠]に変更する。他方 rampant の/p/には (34) は適用されず余剰規則 (33b) によって[p^h]が生成される。ここで肝要な点は音韻規則 (34) と余剰規則 (33b) の間の適用順序が非該当条件という一般条件から帰結するということである。このように一般原理から規則の適用順序が決まることを内在的順序 (intrinsic ordering) と呼ぶ。これに対して非該当条件を欠く言語理論においては、このような内在的順序を定義づけることは出来ず、したがって都度規則の順序が規定されることになる。これを外在的順序 (extrinsic ordering) と呼ぶ。

このように言語音声の要素を音韻的な特徴の束とするテーゼは、不完全指定理論、非該当条件と相互作用することで音韻上の表示が簡潔化されると共に、音韻的派生に関わる音韻規則と余剰規則の間の適

²¹ 「開かれたクラス」とは自然言語の語彙を構成する名詞、形容詞、動詞、副詞の類を指し、「閉ざされたクラス」(close class)、たとえば前置詞、接続詞と組み合わせられて理解される概念である。

用順序が内在的に決定されるという理論的帰結を生むと言うことになる。観察可能な現象と手許にある理論的装置を手がかりに逆推論 (reverse engineering) の手法で言語の音韻体系の仕組みを明らかにしてきたところである。部分的にここではしかしながら音節分けの仕組みを検討していない。したがって次の節はこの課題に取り組むことになる。そこでは理論言語学を応用数学的議論に基盤を置くことの是非を検討する。

次の節に進む前に日本語の開音節性について一言述べておく必要がある。検討事例「デスクトップ」が機能上は5つの母音を含んでいるかの如くであるが、Praatの音声画像を検討したところ、母音の存在を指し示すものは2つであった。不完全指定理論と非該当条件を想定しつつ、次を提案したところである。

(36) 日本語の開音節性の検証

- a. 「ウ」は基底において省かれている (不完全指定)。
- b. 無声子音に後続する位置においては「ウ」は無声化される (音韻規則)
- c. デフォルトにおいて母音には「ウ」の属性が付与される (余剰規則)

ここで (36b, c) の音韻規則と余剰規則は非該当条件によって適用順序が制御される。実質的にそれらは内在的に順序を与えられる。音韻規則 (36a) の構造記述と構造変化は先送りされている。次の節においては母音無声化という音韻規則は音節内コーダという環境において適用されるということを提案する。

第3節 音節分けすなわち分節の原理と数学的論理

この節では音節分けすなわち分節の体系を提案する。主要部分において3つのモジュールから構成される。

(37) 分節の3つの原理

- a. 言語要素の非浮動性 (Avoid Floating Elements)
- b. 音節成分の空白回避 (Avoid Vacant Syllable Modules)
- c. 音節オンセットの最大化 (Maximize Syllable Onsets)

以下ではこれらの動作を具体的に説明する。無論用語の定義により、(37a) と (37b) を1つにまとめることは不可能ではない。単に説明の便宜と混乱回避のためひとまずこれらを分けて考えることとする。

その前に分節すなわち音節分け、音節の定義を再確認する必要がある。この内容は脚注とするのが相応しいかもしれないが、誤解が招く言語の科学への災禍は小さくないため本文に記しておく。

(38) 分節は「分綴」(ぶんでつ) とは区別しなくてはならない。

ここで言っている分節あるいは音節分けとは、言語音の並びを音節に区分けすることである。「綴りの長い単語が行末に配置される場合、特定の場所で単語を区分けする」こととは別の作業である。分節は言語音すなわち発音記号を区分けすることであり、分綴とは単語の綴りを分割することである。たしかに綴りは言語音声を表記したものではあるが言語音声の基礎研究の対象ではない。

さて本節では、言語の音韻形式が(i)音節と(ii)分節音(言語音声の要素)の二層から構成されていると想定して論を展開してきた。ここでもまたこれを背景として分節の過程を論ずる。分節音とは、人間の言語の連続する流れを分節して得られる音のことであり、言語の音韻表示と同義である。音節という概念は、音節核を中心とした言語音の集合を指す。典型的には、単純母音だけでなく、二重母音や長母音も含む母音が音節核となり、子音が先行し子音が後続する。したがって、*discuss* という単語には、2つの母音/i/と/ʌ/が含まれ、これらの母音はともに音節核として機能する。なお、音節の表記に関して、単なる印刷上の理由から下記のような二重角括弧表記を採用したい。

(39) 音節構造

- a. 分節音のならば [diskʌs]
- b. 音節 [[dis]] [[kʌs]]

音節核に先行する音、すなわち/d/と/k/は音節の「オンセット」と呼ばれ、音節核に後続する音は音節の「コーダ」と呼ばれる。

音節化の問題に対する第1の接近として、次の三つの原則を仮定しよう。

(40) 音節形成の原理 初期版

- a. 分節音の非浮動性
分節音は音節に所属しなければならない。
- b. 音節成分の空白回避
空白のオンセットとコーダは認められない。
- c. オンセットの最大化
当該言語において可能な語頭子音群を形成するようにオンセットを最大化する。

ここでは[diskʌs]の分節を検討する。「分節音の非浮動性」の原則により、以下の可能性が禁止される。浮動というのは分節音が音節要素(オンセット、核、コーダ)の何れにも所属しない状態を指す。

(41) *discuss* の分節可能性

- a. d [[is]] [[kʌs]]

- b. [[di]] s [[kʌs]]
- c. [[dis]] k [[ʌs]]

(41a)の音節化は、セグメント[d]が浮動しているため禁止されている。同じ理由で(41)b と c の分節も、[s] と [k] のセグメントが音節要素に連結されていないため禁止される。

(40b)「音節成分の回避」という原理により(42)の可能性は禁止される。

- (42) a. [[d]] [[is]] [kʌs]
- b. [[dis]] [[kʌ]] [[s]]

(42a)の2番目の音節はオンセットが空いているため認可されず、(42b)の2番目の音節はコーダが空いているため認可されない。

「オンセットの最大化」(40c)の原則は、abstain と frustrate の以下の事例で観察されるように、子音クラスターの形成を促進するものである。

(43) abstain と frustrate における子音結合群

- a. [[əb]] [[stein]]
- b. [[frʌs]] [treit]

英語では、語頭子音結合群[st]と[fr]、[tr]を持つことが可能である。次のような分節は不可能である。

(44) 不可能な分節

- a. [[ə]] [[bstein]]
- b. [[frʌst]] [reit] [[frʌstr]] [eit]
- c. [[frʌ]] [streit]

(44a)においては英語においては不可能な子音結合が仮定されているため不可能である。(44c)においては確かに最大限の子音結合群[str]を含むものではあるが、第1音節のコーダ要素が不在のため不可能である。(44b)においては第2音節のオンセットが最大化されていないため不可能である。

このように音節形成の原理(初期版)(40)は妥当な出力を生むものではあるが、既に述べたように形式上(40a, b)は一つに統合できる可能性がある。

(45) 非浮動性の原理

音韻上の浮動要素は禁止される。

これは音節のオンセットとコーダは何らかの分節音に接続されていなくてはならないと共に、分節音は何らかの音節成分に接続されていなくてはならないことを表している。これによって本論が提起する音節形成原理は (40c) と (45) ということになる。ただしこの理論体系においては *better* や *soccer* のような 1 音のみが音節核の間にある場合オンセットへの接続を優先するか、コーダへの接続を優先するかの、問題を内在させている。そこで本論は次のような原理、両音節性 (ambisyllabicity) を加えることにする²²。

(46) 両音節性の原理

1 音が複数の音節に連結することは可能である。

たとえば *better* は [[be][t][ə]] となる。二つの音節を分けて表示すると [[bet]] と [[tə]] に変換される。

さてこのような音節形成原理を認める場合、*better* の [t] が弾音 [r] となること、*tape* /teip/ の /t/ が帯気を伴う音 [t̥] となること、*cat* /kæt/ の /t/ が無開放閉鎖音 [t̰] となることが次のような一連の音声解釈規則によって説明できる。

(48) 音声解釈規則群

- a. オンセットにある場合、無声閉鎖音は帯気音化される。
- b. コーダにある場合、無声閉鎖音は無開放閉鎖音となる。
- c. 両音節である場合、無声閉鎖音 /t/ は弾音となる。

無論ここに掲げる音声解釈規則は、不完全指定理論、非該当条件の下、余剰規則と音韻規則とが適切に内在的に順序づけられるべく構成された上で説明される内容を簡潔にまとめた結果である。

さてこのようなことを考慮しつつ、音節形成の原理がどのように適用されるかを次節で述べていきたい。問題点は、これら三つの音節形成の原理 (40c) (45) (46) の適用をどのように制約、制御するかということである。たとえば無開放閉鎖音に関わる音韻規則と余剰規則の関係は不完全指定理論と非該当条件の相互作用によって内在的に順序づけることが可能であった。

第 4 節 音節形成と戦略的利得計算

前節において次の音節形成規則を提案した²³。

²² 両音節性という属性を形式的に認めるか否かについてもまた議論は分かれている。これを認めようとするのは生成音韻論における音節研究の草分け的論文となった Daniel Kahn の博士論文であり、これを認めない立場は Paul Kiparsky が学術雑誌において論じている。

²³ ここで説明の便宜から略称を導入する。それぞれの略称の由来は次の通りである。

Non-Floating > NF Ambisyllabicity > Ambi Maximize Onset > MaxOns

(49) 音節形成原理

a. 非浮動性の原理 (NF)

音韻上の浮動要素は禁止される。

b. 両音節性の原理 (Ambi)

1 音が複数の音節に連結することは可能である。

c. オンセットの最大化の原理²⁴ (MaxOns)

オンセットを最大化する。

但し当該言語の可能な語頭子音群の部分集合でなくてはならない。

問題点は、これらの間には構造記述間の包含関係は認められず、構造記述の弁別的示差性を定義づけることは出来ない。

本稿はこれらの原理を心的モジュールとみなし、それぞれが充足されるごとに利得が与えられると仮定する。たとえば *discuss* [diskʌs]、*abstain* [əbsteɪn] に関して次のような音節形成の評価候補群 (reference set) が提起されると考えよう。それぞれの音節形成原理に適合しない場合にはアステリスク (*) を付与するものとする。

(50) *discuss* [diskʌs] の音節形成の評価候補群

a. [[dis]] [[kʌs]] NF, *Ambi, *MaxOns >>> -2 最適解

b. [[di] s [[kʌs]] *NF, *Ambi, *MaxOns >>> -3

c. [[dis]] [[kʌ]] [[s]] *NF, *Ambi, *MaxOns >>> -3

(50) において全て両音節性を満たしていないので全てに一つのアステリスクが付与される。(50a) においては英語に *sk*-語頭子音群が可能であるにも拘わらずオンセットが最大化されておらずアステリスクが付与される。(50b) では[s]が所属しておらず第1音節のコーダが空(から)となっているためアステリスクが付与され、英語に *sk*-語頭子音群が可能であるにも拘わらずオンセットが最大化されておらずアステリスクが付与される。(50c) においては語末の音節核に母音が接続していないためアステリスクが付与され、英語に *sk*-語頭子音群が可能であるにも拘わらずオンセットが最大化されておらずアステリスクが付与される。(50a) がもっとも評価値が高く音節形成の候補群の最適解として選択されることになる。

次は *abstain* の3連続の子音クラスタが含まれる事例を検討する。

(51) *abstain* [əbsteɪn] の音節形成の評価候補群

²⁴ 「オンセットの最大化」を2行に分けて本体部分と但し書き部分と何分けた。これによって原理と媒介変数の関係を明示できる。この事例に関しては表現形式の違いが実際の予測、説明に違いをもたらすとは考えていない。

- a. [[əb]] [[stein]] NF, *Ambi, MaxOns >>> -1 最適解
- b. [[ə]] [[bstein]] *NF, *Ambi, *MaxOns >>> -3
- c. [[əbs]][[tein]] NF, *Ambi, *MaxOns >>> -2

(51)においては全ての事例において両音節性を含まないので全てにアスタリスクが付与される。(51a)は最大オンセットを連結している。英語には st-クラスタはあるが、bst-は存在しない。(51b)は第2音節に英語としては不可能なオンセットを含んでいる。(51c)は最大ではないオンセットを第2音節に含んでいる。(51a)がもっとも評価値が高く音節形成の候補群の最適解として選択されることになる。

次に better [betə]の両音節性を含む音節形成評価対象群を検討する。

(52) better [betə]の音節形成の評価候補群

- a. [[bet]] [[tə]] NF, Ambi, MaxOns >>> ±0 最適解
- b. [[be]] [[tə]] *NF, *Ambi, MaxOns >>> -2

(52a)はいずれの原理をも充足している。(52b)は両音節性に抵触し、第1音節のコーダが空となっている。(52a)がより評価値が高く音節形成の候補群の最適解として選択されることになる。

ここで提示した方法は一見最適整理論 (Optimality Theory) の手法に酷似しているとも言えるが、決定的に原理間の優先関係を認めてはいない。この手法はモジュールとモジュールの関係から最適解を選ぶとする試みである。ここでモジュールと言っているものは、一方において①音韻表示、たとえば[[dis]][[kAs]]と[[di]]s[[kAs]]、を生成する音韻装置と②評価原理の集合 (NF, Ambi, MaxOns) との間関係のことである。

他者との関係において戦略を繰り出し、最適解を算定するという手法は Game Theory において展開されてきた。Game Theory が多様な分野に適用、応用され斬新且つ有効な成果を上げている。たとえば経済学、国際関係論、進化生物学などがこれに相当する。次節においては Game Theory を理論言語学の理論様式 (architecture) とすることの帰結に関して考察する。

第5節 戦略的利得計算の理論と言語理論の理論様式

生成音韻論の学問としての進展を動機づけてきたものは理論言語学固有の原理あるいは立証しようとする主張の妥当性だけではなく、科学研究一般を成り立たせている原理でもある。そのような原理のなかでも本稿が言及しているものは下記のものである。

(53) 本稿が拠り所とする科学一般の原理

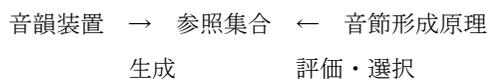
- a. 簡潔性 (Occam's razor)
- b. 不完全指定 (Underspecification)

- c. 非該当条件 (Elsewhere Condition)
- d. 参照集合 (Reference-set)

(53a, b, c) は本稿第3節終盤に至る議論を形成してきた。参照集合 (53d) は複数の候補からなるものであり、これらに対して特定の (指定可能な) 原理を当てはめて1つないし複数を選択する際の考慮の範囲あるいは限界、あるいは特定の理論が通用する範囲 (境界条件 (boundary condition)) を定義づけるものである。

本稿が提案する理論様式は次のような構造を為している。

(54) 音節形成をめぐる本稿の理論様式



たとえば discuss [diskʌs] の分節の可能性は無限に列挙されるわけではない。音節核は特定の分節音からの選択となり、オンセットとコーダの選択もまた有限の可能性の中に収まる。生成音韻論での慣習により音節の境界は \$ で表示する。

(54) 参照集合に基づく discuss [diskʌs] の分節の可能性

- a. [di\$skʌs]
- b. [dis\$skʌs]
- c. [disk\$ʌs]

2つの音節の間を句切る音節境界は1カ所のみであり、何れかに必ず音節核を担うものが存在しなくてはならないので分節の可能性は3つだけである。非浮動性の原理 (49a) により (54b) が選択されることになる。

これとは対照的に最適性理論においては候補となるものは無限に生成されると想定される。以下のものは最適解の選択結果が2音節のものであるという想定に立っている。

(55) 最適整理論に基づく discuss [diskʌs] の分節の可能性

- a. [d\$iskʌs]
- b. [di\$skʌs]
- c. [dis\$skʌs]
- d. [disk\$ʌs]
- e. [diskʌs\$]

最適性理論の元では、たとえば「音節核を占める母音は1つに限定される」とするような制約を最上位にランク付けしなくてはならない。このようにすることで (55a, e) が排除される。というのも、最適性理論の音韻装置はブラックボックスと想定されるからである。

結語

本論はまず言語音声の事実を直感的に捉える手法から始め、その事実を Praat によって描画された音声画像を判定することで裏付ける過程を紹介した。その上で、簡潔性、生成音韻論の原理である不完全指定理論と非該当条件、加えて参照集合の原理によって言語事実に説明を加える理論の様式を提案した。ここでは、その理論様式が与える理論的帰結 (theoretical consequences) を記述する。

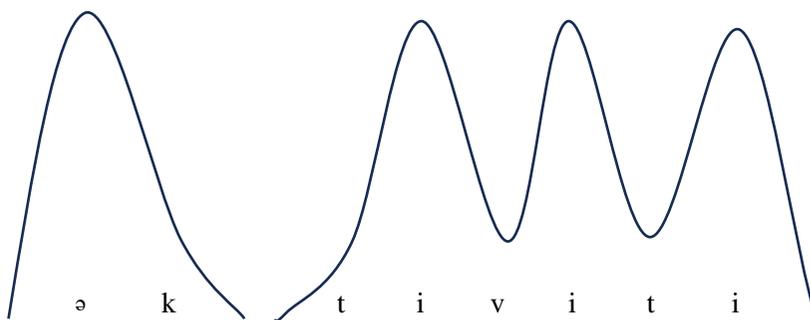
統語論における樹形図 (tree diagram) に見られる幾何学的図式は言語研究を数学的真理に接続させた。わたくしは、音韻研究において「きこえ」と称されてきたものを幾何学的図式に変換する方式を提案してきた。ここでは x 軸は言語音の並びであり、y 軸はきこえである。y 軸は次のランク付けによる。ランク付けは以下の通りである。

(56) 言語音のきこえのランク

母音を 5、半母音を 4、流音 (r と l) を 3、鼻音 (m と n、ŋ) を 2、真子音を 1 とする。

英単語 activity [əktiviti] の幾何学図式は (57) の通りである²⁵。

(57) activity [əktiviti] の幾何学図式



²⁵ (57) は/k/と/t/の間に音節境界を含んでいる。他方において/v/と後半の/t/は両音節的である。これらの事によって、幾何学図式内の曲線は/k/と/t/の間のところで日本に分断されることになる。これらの事柄をもたらすものは分節の原理 (49)、とくに非浮動性の原理と両音節性の原理に拠ってもたらされるものである。とくに英語においては/k/によって開始される語は存在しないため、第1音節と第2音節の間には音節境界が生ずることになる。両音節性を認めない立場を主張することも可能であろうが、その場合には音声解釈規則はここで提案するものとは異なる形式と実質を備えたものになる。

この幾何学図式により音声解釈規則（48）は次のように書き換えることが出来る。

（58）音声解釈規則群

- a. 上昇線上にある場合、無声閉鎖音は帯気音化される。
- b. 下降線上にある場合、無声閉鎖音は無開放閉鎖音となる。
- c. 凹みにある場合、無声閉鎖音/tは弾音となる。

ここで音節の内部構造を表す用語はより直感的な言葉に変換されている。

一般に生物が特定の指定可能な環境に生息することに擬^{なぞら}えて音声解釈規則群を次のように書き換えてみよう。

（59）音声解釈規則の生態学的再定義

- a. 帯気化された無声閉鎖音は上昇線上に在る。
- b. 無開放無声閉鎖音は下降線上に在る。
- c. 弾音の/tは凹みに在る。

ここでさらに応用数学的視点（ゲーム理論）を想定し、（59a）を「帯気化、無声性、閉鎖音性は上昇線上における最適解である」と再定義してみよう。同様の手順を適用すると、（59b）は「無開放、無声性、閉鎖音性は下降線上における最適解となる」と再定義できる。（59c）は（59a, b）とは決定的に異なる形式となっている。前者2項は音韻的な特性の束として捉えられているが、後者はそうではない。Praatによる弾音の音声画像は①正弦波からなり、②フォルマントを含むという点において、弾音は母音的な特性を備えている。他方において弾音は英語の側音に酷似しているものの③正弦波の上下の振幅が大幅に縮小しているという点において子音性は高い。弾音を「自鳴音性、子音性、閉鎖音性」の束とし（59a, b）同様の地平に置き、応用数学的最適解との関係でその分布を定義づけることも可能かもしれない。

一方において一般に生物は環境と相互作用し、他方では生物は他の生物との間で相互作用する。その相互関係の分析に際しては生物個体は特性の束として分析に付される。生物の進化が前述の相互作用の所産であるという仮説を自然言語に適用すれば次のような仮説が得られる。

（60）自然言語に関する応用数学的仮説

- a. 個別言語の文法（音韻体系を含み）は言語進化の所産である。
- b. 言語音声の音韻体系は属性間の関係の最適解の集合体である。

文化的ミームの研究から示唆されるように、文化が幾つかの指定可能な因子から構成されており、それらの文化的因子が総体として言語の進化の動因として機能することは全く以て想像に難くない。