

# 紙上討論

「口論や議論の目的は勝利ではなく、進歩であるべきだ。」

——ジョセフ・ジュベール

1つのテーマに対して、異なる見解を持つAとBの2者により、①Aによるレビュー、②Aに対するBのコメント、③Bに対するAの回答という構成で、議論を深めます。

## Theme 人間以外の動物に「文法」は使えるのか？

**A** 尾島 司 郎<sup>1)</sup>  
宮川 繁<sup>2)</sup>  
岡ノ谷 一 夫<sup>1,3,4)\*</sup>

**B** 成田 広 樹<sup>5,7)</sup>  
飯島 和 樹<sup>6,7)</sup>  
酒井 邦 嘉<sup>6,7)\*\*</sup>

### A 尾島ら 鳥に文法が学べるのか？

英語で“bird-brained”という表現をご存じだろうか？直訳すると「鳥の脳をしている」ということだが、これはstupidを意味する。一般的に、鳥は頭の悪い動物だと見做されることも多い。しかし、動物行動学の成果は、必ずしもこうした見方が正しくないことを示している<sup>1)</sup>。鳥の認知研究で、近年特に注目を浴びているのは、今回のテーマである「文法」の学習である。鳥にも文法が学べるのだろうか？

#### チョムスキー階層

文法と聞いて、普通思い浮かべるのは、人間の言語にみられる文法だろう。現在では、人間の文法を脳に宿る自然物と見做し、物理学などの自然科学に倣って研究す

る学問が存在する。ノーム・チョムスキーに始まる「生成文法」だ。

生成文法の初期の成果の1つとして、考え得る種々の文法の間「階層」を見出したことが挙げられる<sup>2)</sup>。これは「チョムスキー階層」と呼ばれ、計算機科学にも影響を与えた。われわれ日本人は、脳に日本語文法を備えており、無限に日本語の文をつくることができる。文法をこのように文を生成するシステムと捉えると、仮定するシステムによって、文を生成する能力に差が出る。つまり、文法1は、文法2が生成できるすべての文を生成でき、かつそれ以外の文も生成できるといった、包含関係が成り立つ。チョムスキー階層とは、文生成能力に基づいて、いくつかの文法システムの包含関係を示したも

1) 東京大学大学院総合文化研究科認知行動科学大講座, 2) Department of Linguistics and Philosophy, Massachusetts Institute of Technology, 3) 科学技術振興機構 ERATO 岡ノ谷情動情報プロジェクト, 4) 理化学研究所脳科学総合研究センター情動情報連携研究チーム

\*[連絡先] kazuookanoya@gmail.com

5) 早稲田大学高等研究所, 6) 東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻相関基礎科学系, 7) CREST, JST

\*\*[連絡先] kuni@mind.c.u-tokyo.ac.jp

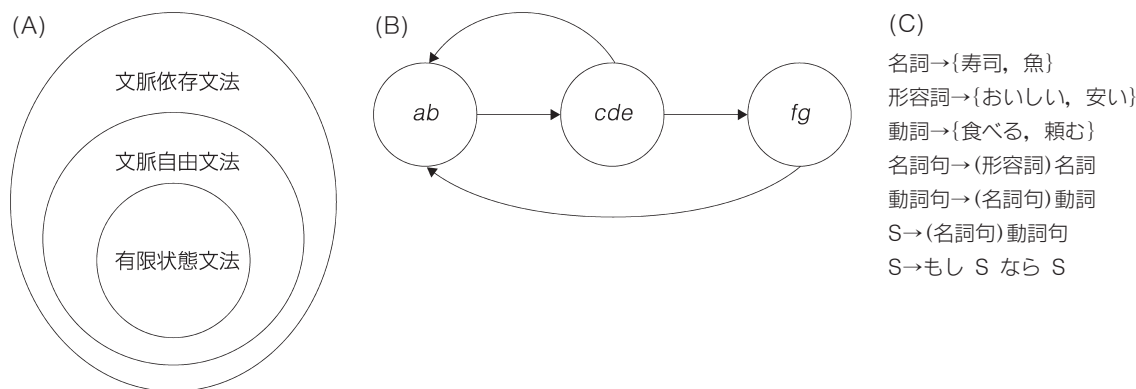


Fig.1 チョムスキー階層, 有限状態文法, 文脈自由文法

**A:** 文法にはさまざまな種類があり得る。チョムスキー階層とは、文を生成する能力に基づき、種々の文法の包含関係を示したものである。より上位 (図では外側) にある文法は、下位にある文法では生成できない文を生成できる。チョムスキー階層を用いると、どの種類の文法なら動物に学習可能かという問いが設定できる。**B:** ジュウシマツなどの鳥の歌は、有限状態文法に相当する。歌に現れる音の要素を  $a, b, c$ , などと表すと、 $ab\ cde$  と歌った後に、 $fg$  に遷移するのか、再び  $ab$  に遷移するのが確率的になっている。鳥にも有限状態文法が学習できるとすると、人間と動物の比較研究で重要なのは、動物でも有限状態文法を越えられるのかということである。**C:** 人間言語にみられる長距離依存関係 (例: 「もし」で生まれれば「なら」で受ける) を正しく生成するには、有限状態文法を越える文脈自由文法 (もしくはそれ以上) が必要である。文脈自由文法では、単語が抽象的な句にまとめられ、句が連結してさらに大きな句をつくる。正しい句の連結を生み出す少数のルールから、無限の文が生まれる。

のである (Fig. 1 A)。

チョムスキー階層の中で、ここで特に重要なのは、「有限状態文法」と「文脈自由文法」である。結論からいうと、鳥の歌は、有限状態文法 (finite-state grammar) に相当する<sup>3)</sup>。人間の言語は、これよりも文生成能力が高い、文脈自由文法 (もしくはそれ以上) でないと記述できない。

われわれが研究対象にしているジュウシマツ (十姉妹) という鳥は、同じ個体がある時々に少しずつ異なる歌を歌う。歌の中で頻繁に出てくる音に、 $a, b, c$  ……などとラベルづけしていくと、あるときは、 $ab\ cde\ fg$  と歌い、別のときは  $ab\ cde\ ab\ cde\ fg$  と歌うといった感じである (Fig. 1 B)。ここで大事なことは、 $cde$  と歌った後に、 $fg$  に進むのか、ループして  $ab$  に戻るのが、確率的になっているということである。例えば  $cde \rightarrow fg$  の遷移は 70% の確率で起こり、 $cde \rightarrow ab$  の遷移は 30% の確率で起こるといった具合だ。

人間の言語でも、文の中で単語間の遷移が確率的になっている面がある。例えば、「昨日、寿司を」と来たら、「食べた」と続くほうが、「頼んだ」と続くよりも確率的には高いだろう。しかし、人間の文法を、このような単語間の遷移確率だけで表すことはできない。「寿司を食べた。」は単独で文として成り立つが、文の頭に「もし」を追加して、「もし寿司を食べた。」とすると、日本語の文としてはおかしい。「もし」をつけるなら、

「なら」などで受けて、「もし寿司を食べたなら、……」などとする必要がある。このように人間言語の文では、前のほうの履歴を考慮し、離れた所で依存関係を完成させる、「長距離依存」が存在する。有限状態文法で長距離依存を扱おうとすると、記憶すべき内容が指数関数的に増えてしまう。このことから、限られた記憶容量しかない人間の脳が、有限状態文法として言語を覚えていることはあり得ない。

そこでチョムスキーが提唱したのが、文脈自由文法である (Fig. 1 C)。この文法では、単語はまず動詞や名詞などの抽象的なカテゴリー、「品詞」に分類され、さらに単独 (例: 寿司) もしくは複数 (例: おいしい寿司) で「句」を形成する [Fig. 1 C では、名詞句  $\rightarrow$  (形容詞) 名詞]。名詞句や動詞句などの句が集まって、さらに大きな句を形成する。文も句の一種であり、以下、文を  $S$  と表す。「もし-なら」の関係性は、ここでは、「 $S \rightarrow$  もし  $S$  なら  $S$ 」とすれば捉えられる。 $S$  の中には  $S$  の要件を満たすどんな単語のつながりも入れることができる。 $S$  は無限にあるし、今まで存在しなかった  $S$  を作り出すこともできるが、上のフレームが文法に組み込まれていれば、常に「もし-なら」の関係性を正しく生み出すことができる。このように文脈自由文法は、単語を抽象的な句にまとめて、句の連結に関する少数の規則をつくることで、長距離依存を含む無限の文を生み出すのである。

そしてわれわれは、鳥を含めて人間以外の動物が、文脈自由文法を獲得できるという明確な証拠は、まだ存在していないと考える。既にみたとおり、有限状態文法は、ジュウシマツの歌などで確認されているが、文脈自由文法となると、話は別である。この点は、最近10年ほどの研究で、最も活発に議論されてきた。そこでは、人間と動物の文法学習能力を比較する手法として、「人工文法」の学習パラダイムが用いられた。

Fitch と Hauser<sup>4)</sup> は 2004 年に発表した論文で、無意味語からなる人工文法の受動的学習を、人間（大学生）とサル（ワタボウシタマリン）の間で比較した。使用した人工文法には、(AB)<sup>n</sup> grammar と A<sup>n</sup>B<sup>n</sup> grammar の 2 種類があり、それぞれ、有限状態文法と文脈自由文法に相当するとされた。争点は、文脈自由文法を動物が学べるかということだったが、Fitch らは、やはりサルには文脈自由文法を学ぶことができなかつたと結論づけた。しかし、2006 年に Gentner ら<sup>5)</sup> が、鳥（ムクドリ）で成功したという報告をし、研究者を驚かせた。しかし、当時の A<sup>n</sup>B<sup>n</sup> grammar には大きな不備があることが指摘され、今では Gentner らのデータは、文脈自由文法の学習だとは見做されていない。

現在では、不備を改良した、第二世代の A<sup>n</sup>B<sup>n</sup> grammar の学習実験が多く報告されている。これらはほとんどが人間を対象としたものだが、2011 年に発表された Abe と Watanabe の論文<sup>6)</sup> は、ジュウシマツが第二世代の A<sup>n</sup>B<sup>n</sup> grammar を、訓練なしに自発的に学んだと報告し、注目を集めた。これが正しければ、鳥でも、文脈自由文法を扱えるということになる。しかし、Beckers ら<sup>7)</sup> が指摘したように、Abe らの使用した人工文法では、音響的な類似性が手がかりとなり得るので、鳥は文法をまったく学ばずに課題をこなした可能性がある。したがって、Abe らの主張を受け入れるのは早計である。

チョムスキー階層に基づく動物と人間の比較研究では、文脈自由文法を動物も扱えるかという 1 点に焦点が当てられて来たが、もう少し多様な観点からの比較があつてよい。実際に、チョムスキー階層では、人間の言語と鳥の歌の間に、明確な 1 本のラインを引くことはできない<sup>8)</sup>。人間の言語でも「音韻」に関しては、有限状態文法でほぼすべて記述可能であるし、逆に「統語」（文の文法）は、人間の言語で知られているすべての文法現象を捉えるには、文脈自由文法よりも強力な生成能力を持つ「文脈依存文法」が必要である。

## 動物との連続性

チョムスキー階層以外の観点を採用すると、動物と人間の間で共通点を見出すこともできる。Lipkind ら<sup>9)</sup> の研究は、人間の乳幼児と鳥（ジュウシマツとキンカチョウ）を比較した。いくつかの音が連なった音列の産出を学習する際に、人間の乳幼児も鳥も、いきなり正しい音列を産出できるわけではない。この研究は、音列の正しい組み合わせを産出できるようになるまでの発達段階が、乳幼児と鳥で共通していることを見出した。

大局的に考えると、文法学習において、人間と動物の間に越えられない壁を設けることは、人間言語の進化を考えるうえでは得策ではない。生物界で、ある種が新しい機能を獲得したように見えるとき、それは既に保有していたが別の機能を果たしていた能力が新たな文脈で利用された、もしくは、既に保有していた複数の能力が組み合わせることで新たな機能が果たせるようになった、という説明をつけるほうが、まったくの無から新しい機能が生まれたと主張するよりも容易である。これは、人間言語の進化を考える場合も同様だ。

この考えに基づき提唱された Miyagawa ら<sup>10)</sup> の新しい仮説を紹介する。人間言語の文法（文の文法）は、動物界に以前から存在した 2 つのシステムが組み合わせることで生まれた、というものだ。これを「統合理論」（integration theory）と呼ぶことにする。1 つ目の Type E システム（expressive の E）は、動物界では鳥の歌にみられる。鳥の歌は全体として求愛などの 1 つのメッセージを表現し、中身の音の順番が少々変わっても、メッセージの種類は変わらない（求愛が縄張り主張に変わったりしない）。もう 1 つのシステムを Type L という（lexical の L）。これはミツバチのダンスや霊長類の警戒コールにみられ、要素を組み合わせることで意味を変化させる。Type E も Type L も単独では有限状態文法といえるシステムだ。統合理論では、人間言語の文法は、Type L の上に Type E が乗る形で階層をつくって生じたと考える。有限状態文法を重ねることで、有限状態を越える文生成能力をつくり出したのだ（Fig. 2）。

現在の生成文法は、人間言語の文の中に、階層構造があると考えている。「寿司を食べたの？」という疑問文を例にとると、階層的には「寿司を食べー」という動詞句全体が、過去時制を表す「た」の下にあり、動詞句全体の意味内容が過去の事象として表される。さらに、「寿司を食べた」全体が、疑問詞「の」の下にあることで、寿司を食べたという過去の事象全体について、真か偽かの疑問が問われる。

統合理論では、文の意味的な核となる動詞句は Type



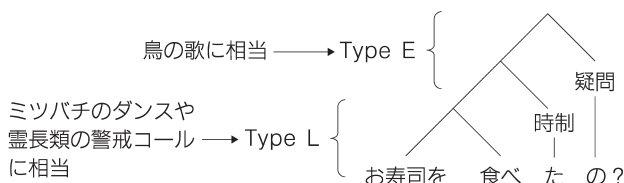


Fig. 2 人間言語にみられる Type E と Type L システム

人間の文の中には階層がある。「お寿司を食べたの?」という文の中では、「お寿司を食べ」という動詞句が、過去時制「た」の下にあり、さらに、その2つが連結したものが、疑問の「の」の下にある。動詞句と、その上にあるもの（ここでは時制と疑問）の間には、性質上の違いがあることが指摘されてきたが、Miyagawa ら<sup>10)</sup>の「統合理論」は、この2つが動物界に別々にみられる2つのシステムに相当することを提案する。つまり、時制や疑問は、鳥の歌に代表される Type E システムに相当し、動詞句は、ミツバチのダンスや霊長類の警戒コールに代表される Type L システムに相当する。人間言語の文法は、Type L システムの上に Type E システムが重なることで生まれた。それぞれのシステムは有限状態文法だが、2つが組み合わさることで、有限状態文法以上の文生成能力が生まれる。

L に、文全体の種類を決める時制や疑問の部分は Type E に相当すると提案する。動詞句と、それより階層的に上位にある部分の間に、性質上の違いがあることは生成文法で既にいわれていた。統合理論の提案は、動詞句と、それ以上の部分を、動物界に存在する別々のシステムに対応づけるものだ。そして、現在、生成文法で多くの議論の対象になっている文法的な一致現象 (agreement) や移動現象 (displacement) が、人間の言語では、Type L の層と Type E の層を結びつける役割を果たしていると、統合理論では考えている。

鳥に文法が学べるのかという問いに答えるには、まず文法とは何かを定義する必要がある。チョムスキー階層に従い文法の種類を考えると、鳥に学習できることが証明されていない領域が確かに存在する。このような結論は、われわれ人間は特別だという心地よいものだが、ここで満足しては、言語の進化を説明することは永遠にできない。言語学を生物学の一部として捉え、言語の

進化に真正面から取り組むなら、われわれの言語観を解体し、動物との連続性を探る方向に進むべきだ。したがって、動物行動学者が鳥に種々の文法が学べるかを問うと同時に、人間言語の研究者も人間の文法を動物にも学べる形に分解できないか探っていくという、双方向の歩み寄りが必要なのだ。

## 文献

- 1) Morell V: Into the minds of birds. *Science* **341**: 22-25, 2013
- 2) Chomsky N: *Syntactic Structures*. Mouton, The Hague, 1957
- 3) Honda E, Okanoya K: Acoustical and syntactical comparisons between songs of the white-backed munia *Lonchura striata* and its domesticated strain, the Bengalese finch *Lonchura striata* var. *domestica*. *Zoological Science* **16**: 319-326, 1999
- 4) Fitch WT, Hauser MD: Computational constraints on syntactic processing in a nonhuman primate. *Science* **303**: 377-380, 2004
- 5) Gentner TQ, Fenn KM, Margoliash D, Nusbaum HC: Recursive syntactic pattern learning by songbirds. *Nature* **440**: 1204-1207, 2006
- 6) Abe K, Watanabe D: Songbirds possess the spontaneous ability to discriminate syntactic rules. *Nat Neurosci* **14**: 1067-1074, 2011
- 7) Beckers GJL, Bolhuis JJ, Okanoya K, Berwick RC: Birdsong neurolinguistics: songbird context-free grammar claim is premature. *Neuroreport* **23**: 139-145, 2012
- 8) Berwick RC, Okanoya K, Beckers GJL, Bolhuis JJ: Songs to syntax: The linguistics of birdsong. *Trends Cogn Sci* **15**: 113-121, 2011
- 9) Lipkind D, Marcus GF, Bemis DK, Sasahara K, Jacoby N, et al: Stepwise acquisition of vocal combinatorial capacity in songbirds and human infants. *Nature* **498**: 104-108, 2013
- 10) Miyagawa S, Berwick RC, Okanoya K: The emergence of hierarchical structure in human language. *Front Psychol* **4**: Article 71, 2013

有限個の記号を組み合わせて記号列(「文」)の集合を出力するシステム一般を、広い意味での「文法」と呼ぶとすると、動物界に存在する鳥の歌や人間の言語等々の背後には、この意味での文法を見出すことができる。こ

れらの文法には、その文生成力に関してチョムスキー階層と呼ばれる包含関係が存在するが(尾島ら<sup>11)</sup>の Fig. 1 A), 人間の言語を生成する文法は文脈自由文法以上の生成力を持ち、有限状態文法によって生成できる鳥の歌

などと質的に異なることが十分に確立されている。それでは、いかにして人間だけがその特異的な言語能力を獲得するに至ったのであろうか。尾島らの論考は、このような進化論上の難題に挑戦する1つの試みである。尾島らは、人間の言語能力は他の動物が示す能力から一切断絶されたものではなく、むしろその根本にある認知機構は鳥などとある程度まで共有されており、ゆえに人間言語の進化は他の動物の認知能力の進化と一定の連続性を持つものであると主張する。特に Miyagawa ら<sup>2)</sup>の論考に基づいて、尾島らは以下の主張①～④を展開する。

①人間言語の文構造は動詞句を中心とする「Type L (lexical)」構造と、時制や疑問詞などを含む「Type E (expressive)」構造の2種類が交互に現れるパターンを示し、それら2種類の構造を生成するメカニズムとして Type L 文法と Type E 文法という2種の異なる文法が存在する。

②Type L 文法、Type E 文法はそれぞれ有限状態文法である。

③Type L 文法はミツバチのダンスや霊長類の警戒コールなどに、Type E 文法は鳥の歌などに、それぞれその進化的な対応を見出すことができる。

④これら2つの有限状態文法を組み合わせることで文脈自由文法を越える生成力を持つ人間言語の文法を構成することができる。

もし尾島らの主張が真実の一端を突いているとなれば、人間言語の進化の謎は部分的に解消されることになるであろうし、少なくとも他の動物とも共有する認知機構の進化の問題へと還元されるだろう。

しかし、尾島らの①～④の提案は、現時点では経験的・数学的根拠に乏しく、それが経験的基礎に基づく科学的仮説として成立するためには、解決すべきいくつかの課題が存在する。以下、それらの問題点のいくつかを検討し、生物言語学の将来的研究への一助とすることが本稿の目的である。

まず①についてであるが、これは理論言語学においてチョムスキー<sup>3)</sup>などによって提唱されている文法理論と真っ向から対立する主張である。チョムスキーなどによれば、人間言語の文法にはその根幹をなす基本演算として「併合 (Merge)」と呼ばれる操作が備わっている。この演算は基本的には2個の言語記号 X, Y を結合してより大きな構造 {X, Y} をつくる操作である。例えば「お寿司を」と「食べ(る)」という2つの語が言語記号として与えられれば、併合は新たにその2つを直接

包含する {お寿司を, 食べ} という構造を生成する。併合は再帰的に適用可能であり、{お寿司を, 食べ} を新たに時制辞「た」と結合して {{お寿司を, 食べ}, た} という構造を生成することができるし、さらにこの構造が疑問の終助詞「の」と併合されれば {{{お寿司を, 食べ}, た}, の} を得る。この構造が尾島ら<sup>1)</sup>の Fig. 2 と対応する。このように併合理論によれば、すべての言語構造は再帰的併合によって一元的に生成される。チョムスキーなどはまた、併合という単一の演算の出現に言語進化の起源を還元する可能性をも示唆している。

尾島らは、このシンプルな仮説を逸脱し、動詞句には Type L 文法を、それ以上の領域には Type E 文法を独立に仮定する。併合という単一の演算で統一的に扱える現象に対し、2つの異なる生成機構を想定することは、言語理論の洗練化にとって明らかな後退であり、「オッカムの剃刀」に反する。尾島らの主張は、言語進化の仮説として優れたものとはいえず、むしろ事態を複雑化してしまっている。もちろん、シンプルな仮説から逸脱しているからといって、直ちに尾島らの代案が間違っていると結論づけることはできないが、このように理論的に望ましいとはいえない方向を正当化するには、十分な経験的証拠を示すことが必要である。しかし、以下に述べるように、②～④に関する尾島らの主張には経験的な難点が複数ある。

最初に、②は明確に誤りである。有限状態文法では取り扱えない典型的な依存関係として「入れ子型依存」があるが、人間言語のあらゆる側面にこの依存関係が多数存在している。例えば日本語において、「太郎に<sub>1</sub> [次郎に<sub>2</sub> …… [寿司を<sub>n</sub> 食べた<sub>n</sub>] …… と伝えた<sub>2</sub>] と言った<sub>1</sub>」のように、埋め込みを行った場合、目的語と動詞の間に入れ子型の対応関係が存在し、同じ添字の語句が対応しなければならない。この対応は、動詞 (述語) の項の意味役割に関する対応であり、Type L 領域で起きている現象の中核的事例である。ここで、時制はこの依存関係に対して何の役割も果たしていないことに注意したい。

また、英語の anti<sup>k</sup>-missile<sup>m</sup> は、種類を限定するための名詞形成法であるが、 $m = k + 1$  ( $k = 0, 1, \dots$ ) のとき、かつそのときにのみ、正しい名詞を生み出す<sup>4)</sup>。例えば、[anti-missile]-missile や [anti-[[anti-missile]-missile]]-missile は正しい名詞だが、anti-[anti-missile] は誤った名詞である。このことは語形成のレベルにおいてさえも入れ子型依存関係が観察されることを示している。したがって、純粋に Type L 領域内部にとどまる範囲であっても、有限状態文法では不十分

であり、少なくとも文脈自由文法と同等の生成力を持つ文法が要求されるのである。

このような観察からも明らかなように、人間言語の中心には、少なくとも文脈自由文法の生成力を要求するような特性が深く組み込まれており、この特性はあらゆる領域で作用している。人間言語に関するこの基本的事実を看過して、Type L・Type E という2つの有限状態文法のシステムを言語の下位領域に仮定しようとする尾島らの主張には明らかに無理がある。この状況を彼らのアプローチで克服するには、経験的根拠を欠く複雑な仮定をさらに言語理論に持ち込まざるを得ないであろう。

次に③であるが、Type L 文法と Type E 文法がミツバチのダンス・霊長類の警戒コールと鳥の歌に各々どのように、そしてなぜ対応するかはまったく明らかにされていない。人間言語の構成要素に関して進化的な対応を他の動物に見出せるとしたら、それは大変魅力的ではあるが、説得力を持ってそのことを示すためには十分な経験的根拠を提示する必要がある。果たして鳥の歌に時制辞「た」や疑問詞「の」などに対応するものを何か1つでも見出せるのだろうか。もしも尾島らが Type E と鳥の歌の間に、個々の語彙レベルの一致よりも抽象的な同一性を見出せると主張するのであれば、まずはその同一性を明示的に定義する必要があるだろう。

さらに④では、それらの2つの有限状態文法を重ねるだけで文脈自由文法、あるいはそれ以上の生成力を実現できるとされているが、これは明らかな誤りである。有限状態言語が和集合・補集合・連結などの演算の下で閉じていること、つまりその演算の結果も有限状態言語にとどまることは既に数学的に証明されている<sup>5-6)</sup>。どのような形で「組み合わせる」ことで、これとは違う結果を導くことができるのだろうか。尾島らの論考にはその説明はなく、数学的根拠の提出が待たれる。Miyagawa<sup>2)</sup>は、Type L と Type E が交互に現れるような生成規則を示しているが、これは文脈自由文法に基づく生成規則であり、説明されるべき文脈自由文法性自体を「組み合わせ」の定式化に持ち込むことは、明白な循環論法である。

「言語学を生物学の一部として捉え、言語の進化に真正面から取り組むなら、われわれの言語観を解体し、動物との連続性を探る方向に進むべきだ」という尾島らが強調するスローガンは、既に広く言語学者・生物学者の間で共有された願いである。この目標に向けて現在展開されているアプローチは、人間言語に特化した仮定を極限まで削減することで言語モデルの最小化を図る極小主義プログラムの方向と、言語理論の構成要素に他の動物

の認知機構との共通部分を想定して比較検証の可能性を探る方向に、概ね二分されるようである。単一の根本演算である併合に言語機能の本質を還元しようとするチョムスキーなどの取り組みは前者に相当する。これら2つのアプローチは、ともに人間言語の本質を探るという目標を達成するうえで不可欠であるが、研究の中途段階においては、一方は言語モデルの簡素化を追究し、他方は言語モデルの拡大化を図るという方向性の違いが生じることになる。このような見かけ上の緊張関係の収束点を最終的に決定するのは、純粋に人間言語に関わる経験的考察である。それゆえ経験科学としての生物言語学は、観察事実の蓄積に確たる基盤を置く考察の展開を必要としているのである。

そのような経験科学の例として、人間の言語処理に関するわれわれの脳機能イメージング研究に触れておきたい。特に以下に述べる3つの知見は、すべての言語構造が再帰的併合によって一元的に生成されるという仮説に対して、経験的な裏づけを与えるものである。

第一に、併合理論によって仮定される句構造の差異が、言語処理における脳活動に影響を与えることが明らかになった。われわれは、他動詞文（「ゆきをとかす」など）と自動詞文（「ゆきがとける」など）を用いて、動詞に対する脳活動を脳磁図（MEG）で計測した<sup>7)</sup>。その結果、動詞提示から150 ms という早い段階で、左下前頭回の活動が、他動詞文の文法判断において選択的に強まることが明らかとなった。この活動変化は、先行する目的語から動詞への予測的効果を反映したものであり、他動詞文の動詞句内部で目的語と動詞が併合されることを支持する。なお、有限状態文法が与える遷移確率などの概念によってこの結果を説明することはできない。

第二に、所有（「友人に家具をあげた」など）と移動（「家具を二階にあげた」など）の2種類の意味を持つ二重目的語文について比較を行い、動詞に対する脳活動を計測した<sup>8)</sup>。文中の2つの名詞句の順序を変えて、動詞の直前に提示された名詞句と動詞間の構造的距離、すなわち動詞句の階層構造における両者の位置関係を変化させたところ、2種類の意味の両方において、構造的距離が近いほど左下前頭回の活動が強まること明らかになった。これは、動詞句に限ったとしても併合理論を支持する知見である。

第三に、文法処理の計算原理を明らかにするため、われわれは入れ子型依存をなす埋め込み文を用いて、機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）で脳活動を計測した<sup>9)</sup>。その結果、句構造の枝分かれの最大の深さである「併合



度」が、左下前頭回の脳活動を最もよく説明することが明らかになった。文法処理に関わるこうした神経科学の知見は、人間言語の基礎が極めて単純であることを示している。

人間言語の進化に関する考察は、言語能力が示すさまざまな特性の正確な記述のもとに初めて可能となるものである。人間言語の文法と人間以外の動物の認知能力との間に、進化的な連続性を性急に仮定することは、言語学や神経科学が第一に追求すべき人間言語の正確な記述を歪める恐れがある。確かな目標設定のもとにさまざまな研究のバックグラウンドや方向性を持った研究者の力を結集させ、言語を巡る経験科学をさらに発展させていく必要があるだろう。

### 文 献

- 1) 尾島司郎, 宮川繁, 岡ノ谷一夫: 鳥に文法が学べるのか? Brain Nerve [this issue]
- 2) Miyagawa S, Berwick RC, Okanoya K: The emergence of hierarchical structure in human language. Front Psychol 4: 71, 2013
- 3) Chomsky N: The Minimalist Program. The MIT Press. Cambridge, Mass, 1995
- 4) Bar-Hillel Y, Shamir E: Finite-state languages: Formal representations and adequacy problems. Bull Res Counc Isr 8F: 155-166, 1960
- 5) Chomsky N, Miller GA: Finite-state languages. Information Control 1: 91-112, 1958
- 6) Hopcroft JE, Ullman JD: Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation. Addison-Wesley, Reading, Mass, 1979
- 7) Iijima K, Fukui N, Sakai KL: The cortical dynamics in building syntactic structures of sentences: An MEG study in a minimal-pair paradigm. NeuroImage 44: 1387-1396, 2009
- 8) Inubushi T, Iijima K, Koizumi M, Sakai KL: Left inferior frontal activations depending on the canonicity determined by the argument structures of ditransitive sentences: An MEG study. PLOS ONE 7: e37192, 2012
- 9) Ohta S, Fukui N, Sakai KL: Syntactic computation in the human brain: The Degree of Merger as a key factor. PLOS ONE 8: e56230, 2013

A

尾島ら

## 言語進化を説明するために

3

鳥などの動物にも、文法が学習できるのかという問いは、生物界における人間言語の特異性と深く関係しており、進化の研究において重要な意味を持つ。われわれの前の論文<sup>1)</sup>では、鳥が人間言語の文法を学べるという証拠はまだないとしながらも、人間の文法を、従来とは違ったやり方で分解することで、他の動物との連続性を探る、Miyagawaらの「統合理論」<sup>2)</sup>を紹介した。これに対して、成田らの論文<sup>3)</sup>は、理論言語学、特に極小主義プログラム<sup>4)</sup>をもとに、批判を展開している。成田論文の後半では、脳機能計測データを、言語における「再帰」に関する観察事実として扱っている。われわれは、統合理論も極小主義を出発点としており、2つは相容れないものではないことを、まず強調したい。さらに、言語進化に関して、これまでの極小主義が解決できない問題を、統合理論が解決しようとしていることを説明したい。また、統合理論に関する成田らの批判は、単純に統合理論を誤解していることと、議論を支える観測事実の分析に代案があることを指摘したい。最後に、脳機能データを言語理論構築における観察事実として扱うことに合意があるのかを問いたい。

### 「極小主義プログラム」と言語進化

言語進化を説明するには、まず言語とは何かを理解するための理論研究が必要である。最近20年の理論言語学研究は、成田らが説明するように、「人間言語に特化した仮定を極限まで削減することで言語モデルの最小化を図る極小主義プログラム」<sup>3)</sup>を追求することで、言語進化に関して説明すべき事項をなるべく減らし、説明が簡単になるようにしてきた。2002年にチョムスキー<sup>4)</sup>は既に、人間言語の大部分は動物にもみられる能力と連続しており、人間言語に特異的なのは「再帰」(recursion)のみであるという説を提唱している。極論すれば、言語進化について特別に説明が必要なのは、再帰の出現のみということになる。成田らの考えは、チョムスキーらのこの主張に深く根ざしているが、統合理論も極小主義を出発点にしているという点では同じである。

成田らは、生物言語学の今日的アプローチを、「極小主義」の方向と、「言語理論の構成要素に他の動物の認知機構との共通部分を想定して比較検証の可能性を探る方向」に二分されるとし、統合理論を後者だと解釈しようだが、それは違う。Miyagawaら<sup>2)</sup>の統合理論はむしろ、極小主義を出発点にしつつも、これまで重視され

てこなかった観察事実に基づき、極小主義の方向と、後者の比較認知科学的な方向を、融合させようとする試みである。成田らはまた、「人間言語の文法と人間以外の動物の認知能力との間に、進化的な連続性を性急に仮定することは、言語学や神経科学が第一に追求すべき人間言語の正確な記述を歪める恐れがある」<sup>3)</sup>ともいうが、統合理論は、長年追及してきた人間言語の正確な記述の結果として、他の動物との連続性がみえてきたという洞察である。

### 統合理論

Miyagawa らの統合理論は、従来の極小主義から踏み出して、言語進化を通常のダーウィンの過程として説明しようとしている。つまり、以前から他の目的のために存在していた2つのシステムが、組み合わせさったことで言語が生まれたと主張している。この2つのシステムは、最終的に言語に用いられたとしても、その前から他の用途に役立つ機能として使用されていた、すなわち、「外適応」(exaptation)として言語に転用されたと考えられる。極小主義では、「再帰」が人間言語と動物の認知を隔てる、越えられない壁になってしまっているが、統合理論は、言語を Type E システムと Type L システムに分けることで、この壁を取り去る。

成田らは、「Type L 文法・Type E 文法」という、Miyagawa ら<sup>2)</sup>も用いていない表現により、統合理論が言語の基礎を複雑にしていると批判しているが(成田らの論点①)、言語の文構造における Type E と Type L システムの「区別」に相当するものは、従来の言語理論研究にも存在し、統合理論はそれを踏襲している。人間言語の単語が、動詞(例:食ベー)などの「内容語」と、時制辞(例:た)などの「機能語」に分けられ、この違いが文の階層構造にも反映されるというのは、ごく一般的な考えである。これを踏襲しているだけで、「オッカムの剃刀」の指針に反するとはいえない。

統合理論では、人間言語が全体として有限状態文法以上の文生成能力を持つことは認めている。しかし、人間言語を Type E と Type L システムに分解した場合、それぞれのシステムは有限状態文法と見做せる。成田らはこの点について、例を挙げて反論している(成田らの論点②)。「太郎に<sub>1</sub> [次郎に<sub>2</sub> …… [寿司を<sub>n</sub> 食べた<sub>n</sub>] …… と伝えた<sub>2</sub>] と言った<sub>1</sub>」の例では、1~n の添え字がついている関係は確かに Type L システムに限定されているが、入れ子が生じることができるのは、Type L と Type E システムが重なった後である。単独の Type L 層の中に入れ子があるわけではない。したがって、

Type L システム単独では有限状態文法を越えていない。[anti-[[anti-missile]-missile]]-missile の例は、成田らが採用している古い分析よりも適切な分析が可能である。成田らは、上の例では最初の anti と最後の missile (もしくは最後の2つの missile) に、離れた依存関係があると分析しているが、むしろ anti は直後の要素と結合することで、2つで一緒に修飾語(さらに後ろに来る名詞を修飾する役割)をつくり出している。anti-missile は、missile の一種ではなく、全体として anti-missile という性質を表す修飾語であり、この性質を持つのが anti-missile missile である。これを何回繰り返しても、長距離依存関係は出現しないので、有限状態文法で記述可能である。Type E と Type L システムと、動物の認知機能に関する類似性(成田らの論点③)は、元の論文<sup>2)</sup>に列挙されているので、参照されたい。

統合理論は、人間言語の文の構築において、「併合」(Merge)が最も重要な操作であることは認めている。しかし、併合できる要素には制限があるという観察事実に依拠している点は、従来の理論と異なる。制限とは、例えば動詞句や名詞句など、Type L に相当する句が、直接、二重三重に重なることはない、といったことである。「太郎の本」とはいえるが、「太郎 本」となると、正しく結合した1つの構造体とは見做せない。機能的な要素であり、Type E に相当する「の」が間に入らないと、Type L 同士を結合することはできない。Type E はというと、2つまでなら結合することができるが、直接3つはできない。この意味で、Type L システム単独ではまったく階層をつくることができず、Type E システムでは1つだけなら階層をつくることできるといえる。2つのものを1回併合できるだけというのは再帰的とはいえないので、再帰もしくは再帰的併合(Recursive Merge)はない。再帰的併合にみえるものは、有限状態文法の枠の中で、単独の併合が1度ずつ、L+EP, E+LP, L+EP といった具合に、起り続けた結果である。このように再帰を解体し随伴現象として捉えることで、再帰を人間言語と動物認知の間の壁とする必要はなくなる。

Miyagawa ら<sup>2)</sup>の統合理論では、Type L システムと Type E システムを統合するものは、言語学的な一致(agreement)や移動(movement, displacement)だとしている。成田らは、この特別な仕組みがないものとして、2つのシステムがつながると理解したようだが(成田らの論点④)、それは誤解である。今後の研究では、両方のシステムを同時に持った動物の脳の中に、どのようにして一致・移動の仕組みが生じたのかを検討す



る必要がある。

### 観察事実としての脳機能データ

成田ら<sup>3)</sup>は、「観察事実の蓄積に確たる基盤を置く考察の展開を必要」とする経験科学の例として、言語処理に関する脳機能イメージング研究を紹介しながら、「すべての言語構造が再帰的併合によって一元的に生成されるという仮説に対して、経験的な裏づけを与える」としている。これは、言語理論を構築する際に基盤となる観察事実の一部に、脳機能データも含めるという考えだが、ある重要な帰結をもたらす。すなわち、現状の言語理論が、観察された脳機能データに合わない場合、言語理論のほうを修正する必要がある。例えば、脳機能データとして、ある言語構造1（例：他動詞文の動詞句）は左半球の下前頭回で生成され、言語構造2（例：二重目的語を含む動詞句）は頭頂葉下部で生成され、言語構造3（例：埋め込み）は右半球の下前頭回で生成されるということが支持された場合、すべての言語構造が一元的に生成されるという仮説とは相容れないために、仮説のほうを修正する必要がある。しかし、これまで母語話者の文法性判断を観察事実として言語理論を構築してきた言語学者が、脳機能データに合わないという理由で、言語理論を破棄するとは、到底考えられない。それでは、脳機能データは、現状の言語理論を支持する場合のみ、「観察事実」の地位を与えればよいのだろうか？ それでは観察事実とはいえない。もし本当に脳機能データを言語理論構築のための観察事実に加えるというなら、まずは脳科学者と言語学者の間に観察事実に関する合意形成が必要だろうが、近い将来これが達成されそうな気運は生じていないと思われる。

### おわりに

パリの言語学会が言語進化の研究を禁じてから150年近く経った現在、鳥や猿などをモデル動物とした言語進化の研究（例えば、他個体が発した音声を模倣学習するvocal learningの種間比較研究）が盛んである。海外では動物行動学者、言語研究者、脳科学者が共著で論文を発表することも増えており<sup>6,7)</sup>、日本でもそうした共同研究から斬新な研究が生まれる機運がある<sup>8)</sup>。今回の企画がこの流れに勢いを加えることを期待しつつ、発案者の酒井邦嘉氏に感謝したい。

### 文 献

- 1) 尾島司郎, 宮川繁, 岡ノ谷一夫: 鳥に文法が学べるのか? Brain Nerve [this issue]
- 2) Miyagawa S, Berwick RC, Okanoya K: The emergence of hierarchical structure in human language. Front Psychol 4: Article 71, 2013
- 3) 成田広樹, 飯島和樹, 酒井邦嘉: 人間言語の基礎は複雑なのか? Brain Nerve [this issue]
- 4) Chomsky N: The Minimalist Program. The MIT Press, Cambridge, MA, 1995
- 5) Hauser MD, Chomsky N, Fitch WT: The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve? Science 298: 1569-1579, 2002
- 6) Berwick RC, Okanoya K, Beckers GJL, Bolhuis JJ: Songs to syntax: The linguistics of birdsong. Trends Cogn Sci 15: 113-121, 2011
- 7) Berwick RC, Friederici AD, Chomsky N, Bolhuis JJ: Evolution, brain, and the nature of language. Trends Cogn Sci 17: 89-98, 2013
- 8) 藤田耕司, 岡ノ谷一夫(編): 進化言語学の構築 新しい人間科学を目指して. ひつじ書房, 東京, 2012