

「脳からみた統辞構造の計算」

(The Calculation of Syntactic Structures from the Viewpoint of the Brain)

東京大学 酒井邦嘉 (The University of Tokyo, Kuniyoshi L. Sakai)

講演では最初に、「社会科学的」言語観と対比しながら「自然科学的言語観 (Biolinguistics)」について述べる。事物の名称 (例えば「令和」) などは、社会的慣習に従う「約束事」として自由に定められる。それでも言語は人間の脳による制約を受けており、句 (phrase) や文などの「構造」を生み出すような最適なシステムとして機能する。fMRIなどの脳機能イメージングの手法を用いた言語脳科学の研究により、文の統辞構造の計算においてブローカ野の一部が「文法中枢」として働くことが明らかとなった (酒井 (2019 [1]) など)。

次に、言語学者ノーム・チョムスキーによって半世紀以上にわたって明らかにされてきた「統辞構造 (syntactic structures)」 (チョムスキー (2014 [2]) など) という考え方について、特にあらゆる個別言語 (日本語や英語など) に共通する「普遍文法 (Universal Grammar, UG)」を中心に説明する。このような普遍文法に基づく演繹的な言語理論によれば、句や文などを「木構造」で表すことで、意味の構造的曖昧性を説明できる。また、2つの要素を合わせるという単純な演算である「併合 (Merge)」を再帰的に繰り返すことで、有限の数の音素や単語から、無限の種類や長さの文を作ることができる。このような「離散無限性 (discrete infinity)」は、数学にも応用される真理であるから、自然科学的言語観の重要性は明らかであろう。

最後に、そうした理論的な提案が脳科学によって実証された典型例を2つ紹介したい。Ohta et al. (2013 [3])は、文法中枢の脳活動が「併合度 (Degree of Merger)」の計算を反映することを初めて明らかにした。併合度とは、二つの統辞体を一つにまとめる併合操作の深さであり、短期記憶の負荷などから独立した指標である。また、Tanaka et al. (2019 [4])は、自然な文 (Merge-generable) と人工的な語列 (Non-Merge-generable) を対比することで、両者で脳活動のパターンが大きく異なり、文法中枢は自然言語の文処理において選択的に働くことを示した。以上の実験結果は、自然言語に共通の神経基盤があり、言語が生得的な脳機能であることを示す証拠である。これらの例のように、言語における脳の「機能分化」と「機能局在」を示すことは、自然科学的言語観の基礎を成すと言えよう。

[1] 『チョムスキーと言語脳科学』 (インターナショナル新書)

[2] 『統辞構造論』 (岩波文庫)

[3] *PLOS ONE* 8, e56230

[4] *Front. Psychol.* 10, 2673

脳からみた 統辞構造の計算

酒井 邦 嘉



201108

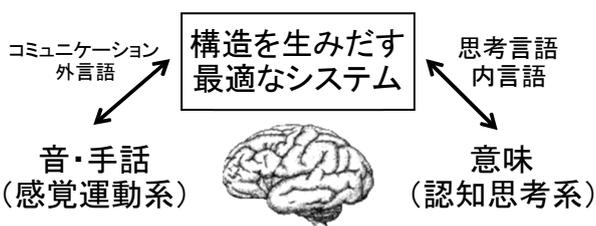
根強い「社会科学的」言語観

音・手話と意味を、**社会的慣習**として結びつけた「言語という約束事」。これは、社会や人が自由に決めたものである



自然科学的言語観 (Biolinguistics)

言語は人間の脳にあり、音・手話と意味を結びつけ、構造を生み出す最適なシステム



酒井邦嘉
Sakai Kuniyoshi

チョムスキーと 言語脳科学

国際的書



統辞構造論

付「言語理論の論理構造」序論

チョムスキー 著

福井直樹・辻子美保子 訳



生成文法による言語研究の「革命」開始を告げる記念碑的著作。句構造や変換構造などの抽象的な言語学的レベル、言語の一般形式に関する理論、文法の単純性の概念などが、人間言語に対する深く透徹した洞察を与えることを立証する。併録の論考および訳者解説では本書の知的背景を詳細に説明し、その後の展開も概観する。



青 695.1
岩波文庫

『統辞構造論』の核心は「変換」

- そして言語構造に関する第3のモデル、即ち**変換** (transformational) モデル〔第5章〕を展開する。このモデルは、〔中略〕文同士の関係を**自然な形で説明できる**ものである。
 - その説明の対象とされた現象を超える**広範囲の諸現象**に対して多くの洞察を与える。
- これが単純で啓発的 (simple and revealing)

普遍文法 (UG) とは

1. (第1原理) 木構造で枝分かれの生じる節点では、下に主辞(head)が必ず含まれる。
 2. (第2原理) 木構造で枝分かれの生じる節点では、二股の分岐が必ず生じる。
- 普遍文法は、人間が生まれつき持つ言語機能であり(言語生得説)、教わる必要はない。

Head-Final Language (SOVなど)

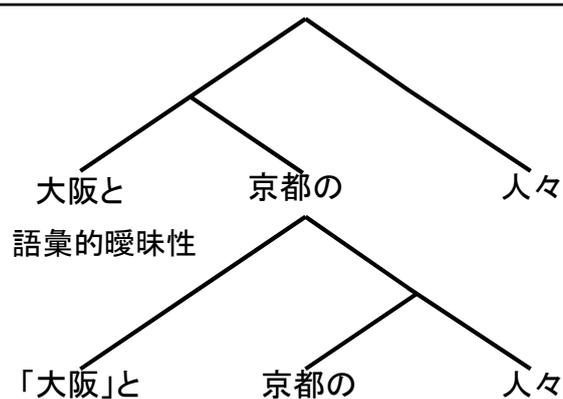
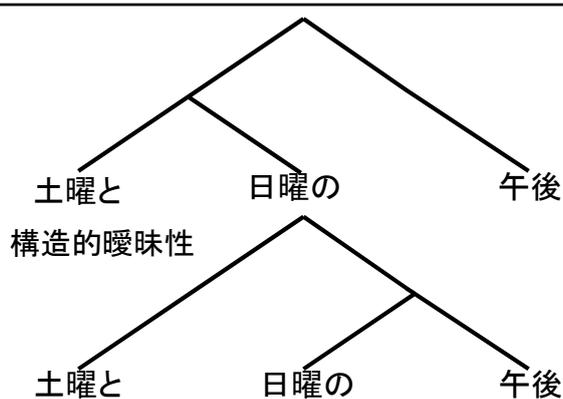
動詞句OVでは
Vがhead

みんなの 家

Head-Initial Language (SVOなど)

動詞句VOでは
Vがhead

a house for everyone



言語は何次元？

- 音声・手話の連鎖は「線型順序」(linear order)
- その次元は「時間」で、1次元
- 人間の言語は、すべて木構造で表される
- 木構造の水平方向の次元は「時間」
- 木構造のもう一つの次元は「分岐」(branching)
- 従って、言語は2次元

演繹的な言語理論の必要性

「言語能力・言語知識に関する情報も、直接観察できる形で提示されているわけではなく、また、現在知られているどのような種類の帰納的手続によっても、データから直接引き出すことは出来ない」

チョムスキー『統辞理論の諸相』岩波文庫 p.64

【演繹 deduction】と【帰納 induction】

離散無限性 (discrete infinity)

- 離散無限性の典型例は「自然数」: 0, 1, 2, ...
- 言語は、有限で離散的な言語要素(音素・形態素・統辞体[syntactic object])から成る
- 言語は、そのような要素を無限に組み合わせてできる「構造」を持つ
- 「水」という物質では、離散的な水分子(H₂O)が無限に(地球サイズまで!)広がった構造を持つ

証明なしで発見される真理もある

ラマヌジャンは、数学の「ネイティブ・スピーカー」だった! 直感によって結論が導かれ、証明は後付け

Ramanujan's nested radical



S. Ramanujan (1887-1920)

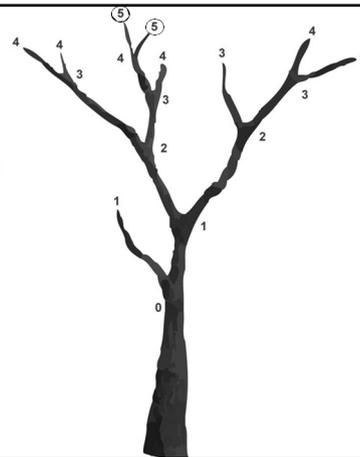
$$3 = \sqrt{1 + 2\sqrt{1 + 3\sqrt{1 + 4\sqrt{1 + \dots}}}}$$

Proof: Define $f(x) = x + n + a$, so that $f(x)^2 = ax + (n+a)^2 + xf(x+n)$. Set $a = 0$, $n = 1$, $x = 2$ and substitute recursively for $f(x)$.

普遍文法: 言語はフラクタル

- 2つの要素を合わせるという単純な演算「併合」(Merge)を再帰的に繰り返す事で文が作られる。
- あらゆる文は、すべて2股で出来た、階層的な木構造で表される。その幾何学はフラクタル。
- この原理こそ、母語話者の脳にある文法知識。
- 有限の数の音素や単語から、無限の種類や長さの文が作れる。

木構造の複雑さを測る "併合度"
(枝分かれの最大数)



併合: 2つの言語要素
(名詞句や動詞句等)を
まとめていく操作。
併合度は、この最大の
深さを数値化したもの

「なぜ、言語は最適に一あるいはそれに非常に近い形で一設計されていなくてはならないのかという問いです。[中略]あるわずかな変化、脳内のわずかな再配線があったことは間違いなく、その再配線によって言語のシステムがどうにかして作り出されたということを意味しています。そこに選択圧は存在しません。ですから、言語の設計は完璧であったのでしょう。それはただ自然法則に従って起こったことなのです。」

チョムスキー 『我々はどのような生き物なのかーソフィア・レクチャーズ』 p.32 岩波書店 (2015)

言語における脳の 「機能分化」と「機能局在」

