

## II

# 生成文法の主な源泉

# 生成文法の主な源泉

1. (アメリカ) 構造主義言語学 (特にZellig Harris)

2. 史的文法/生成音韻論

3. 形式科学/数理論理学

その他：哲学、エソロジー、物理学、Freudian/  
Jungian心理学、Karl Lashleyの神経心理学、等々

# 1. 構造主義言語学の特徴

1. 「構造・システム」の強調
2. 記述主義
3. 言語の多様性の強調
4. 観察可能性の重視

# 「構造」

言語において、部分と全体は有機的に係わりあい、個々の項目は他の項目との関係および全体との関係において意味を有する。

個々の項目を孤立したものとして考えてそれに関する断片的な記述を集めただけではシステムとしての「言語」の本質を捉えることはできない。

Saussure以来の構造主義の思想を受け継ぐ。

# 記述主義

言語学の目標は、言語現象の純粹の記述 (description) である。

vs. 歴史的、比較言語学的「説明」

vs. 目的論的、心理的、文化的「解釈」・「説明」

vs. 規範的評価

→ E. Machの記述主義、論理的経験主義等の影響

Children want explanations, and there is a child in each of us;  
descriptivism makes a virtue of not pampering that child.

(Joos 1957)

# 言語の多様性の強調

各言語はそれぞれ独自の特性を持っている。ラテン語や印欧語系の特性を無批判に仮定して、それからの借り物の体系に合わせて様々な言語を記述しようとするのは誤りである。← Boasian tradition

Trubetzkoy phonology tried to explain everything from articulatory acoustics and a minimum set of phonological laws..., flatly contradicting the American (Boas) tradition that languages could differ from each other without limit and in unpredictable ways, and offering too much of a phonological explanation where a sober taxonomy would serve as well. (Joos 1957; emphasis by NF)

# 観察可能性の重視

「科学」主義。経験主義、論理的経験主義、さらには行動主義の影響。

→ 反メンタリズム

→ 「意味」を研究対象から外す

→ 音声形式の分析を優先

→ 分布主義：メンタリズムを排し、意味を研究対象から外してもっぱら発話の分析を重んじた結果、単位の設定および分類の有力な規準となったのは分布 (**distribution**) である。Harrisの言語学には特にこの傾向が強い。

→ 理論的構成物 (theoretical construct) を虚構 (fiction) として排除する。Item and Arrangement (IA)方式 [vs. Item and Process (IP)]

# 直接構成素分析 (Immediate Constituent Analysis)

My most recent plays closed down

{I} {Z<sub>2</sub>} {most} {recent} {play} {Z<sub>1</sub>} {close} {D} {down}

({Z<sub>1</sub>} = plural, {Z<sub>2</sub>} = genitive, {D} = past)


I		Z <sub>2</sub>		most		recent		play		Z <sub>1</sub>		close		D		down
3		2		4		3		4		1		3		3		2

ICの数(2つ, binary), 代入の原則, 構成素類,  
文全体の位置付け(独立文はconstructionではあるが,  
constituentではない → unlabeled?), 等



# Zellig Harrisの言語学

分布主義を徹底して、発話（コーパス）から文法を得る形式的な手続を探求。音素分析から文、「談話」の分析まで範囲を拡げる。

文法的変換： **grammatical equivalences** that preserve the morphemes and the grammatical relations among them, though in a changed grammatical form. Cf. papers in Harris (1981)  a **geometric** conception of grammar

$N_1 \nu V N_2 \leftrightarrow N_2 \nu \text{ be } V \text{ en by } N_1$  (passive transformation)

it seems that  $N_x \text{ be } A \leftrightarrow N_x \text{ seems to be } A$  (raising transformation)

component divisor transformations、elementary transformations、string analysis (center-adjunct)等々の現在の理論にも関連性を持つ様々なアイデアを提出している。

## 2. 史的文法/生成音韻論

Chomskyは父親（William Chomsky）の仕事を通して幼少の頃から史的言語学の伝統に親しんでいた。

The structural linguistics that I was studying...developed in part in parallel with radical behaviorism in psychology and was very similar to it...One of its characteristics is a sort of **infantile obsession to worry about explanations**... The work in structural linguistics, as I knew it, was concerned with **collection and careful organization of data**.

From the very beginning of my work I have tried to **explain** the characteristics of a given stage of language by trying to understand what a person knows about his language, not by means of historical explanation, which would be irrelevant, but rather by trying to attribute to him **certain mental characteristics from which one could derive the facts** — just as an historical linguist would seek to **explain** things by looking at the historical stages of its development.

(The Creative Experience, 1969; emphasis by NF)

# ヘブライ語音韻論

## – 順序付けられた書き換え規則の概念 –

mlk “king”

malki “my king”

malke “queen”

mlaxim “kings”

Hebrew phonological rules

(1) Spirantization:  $k \rightarrow x / V \underline{\quad}$

(2) Vowel Reduction:  $V \rightarrow \emptyset / \underline{\quad} \dots [+stress] \dots$

maláxim  $\rightarrow$  mláxim

↓

∅

malaxey  $\rightarrow$  malxey-X

↓

∅

(X contains main stress)

Question: *malxey* “king of” Why not *malkey*, even though there is no vowel that triggers Spirantization??

Answer: Spirantization > Vowel Reduction

Underlying Form: /malakey/

↓

Spirantization

malaxey

↓

Vowel Reduction

malxey

---

[malxey]

生成音韻論はMorris HalleがChomskyとは独立にある程度展開していた。

…一方では、大学生として初めてことばの不思議の解明に参加しようとして情熱を傾けて完成した労作が、思いがけずも誰もが説き学び信じていた音韻論の基本原則と調和しないという不可解な謎、どのように考え直してみても自分の議論の進め方に誤りを見出すことができず、とうとう「この研究の学問上の位置は不確定のままである」と書残すことを余儀なくさせたその謎、その後全く別の方向に発展した研究に没頭していた間にも折にふれては重く心にかかることもあったであろうその謎、その謎が、今、友の知識の助けで解け去る喜び、やはり自分は間違っていなかったのだという確信が今や友の知識に支えられた喜び、そして、他方では、自分の一言半句をとらえては、まるですべての問題に答えが出してあるかのように、たちどころに全く新しい見方での説明をつけていく友をみての驚き — 二人の若い言語学者が感激のうちに生成音韻論を作り上げて行った様子は想像に難くない。

(黒田 (1966) 「ノーム・チョムスキーの横顔」)

# Chomsky 初期3部作

1949, 1951: *The Morphophonemics of Modern Hebrew*

生成音韻論の嚆矢。単純性の徹底的追求

1955: *The Logical Structure of Linguistic Theory*

変換生成文法の最初の包括的研究。公理系としての文法、言語理論の目標、単純性、句構造文法、変換のシステム

1956: *Three Models for the Description of Language*

有限状態文法、句構造文法、変換文法。有限状態文法では人間言語を扱えないことを証明

### 3. 形式科学/数理論理学

19世紀における数学は、Felix Kleinがその著書『19世紀の数学』で云うように、

一方では一変数の複素関数論や射影幾何学のようなまったく新しい分野が  
つくりだされ、他方では、継承されてきた学問的財産が、批判的検討に委  
ねられることになった。後者は、おびただしい新発見のあった18世紀には  
やや抑制されていたが、再び目覚めた厳密性に対する感覚に応えたもので  
ある。 (Klein 1926)

連続、無限、などの概念が批判的な吟味にさらされたが、そ  
の中で自然数の概念の厳密化・公理化がG. Peanoによって試み  
られる。

# Peanoの公理系

The axioms are based on three primitive symbols: the predicate ‘**is a natural number**,’ the unary operation symbol  $^+$  for the **successor function** (intuitively  $x^+ = x + 1$ ), and the individual constant ‘**0**’ for the number zero. Peano’s axioms are then:

P1. 0 is a natural number.

P2. If  $x$  is a natural number then  $x^+$  is a natural number.

P3. There is no natural number  $x$  such that  $x^+ = 0$ .

P4. If  $x$  and  $y$  are natural numbers and  $x^+ = y^+$  then  $x = y$ .

P5. If  $\varphi(0)$  and for every natural number  $x$  if  $\varphi(x)$  then  $\varphi(x^+)$ , then for every natural number  $x$ ,  $\varphi(x)$ .

Axiom P2 says that the successor of any natural number is a natural number. Axiom P3 just says that 0 is the successor of no natural number, that is, it expresses the intuitively obvious fact that there is no natural number  $x$  such that  $x + 1 = 0$ . Axiom P4 asserts that the successor function is 1-to-1. Axiom P5 is really an axiom schema which expresses **the principles of mathematical induction** for the natural numbers.



It is a proper question and not an idle philosophical speculation to ask why mathematicians agree almost uniformly on Peano's axioms. Deep and difficult theorems about the natural numbers were proved before any adequate axioms were formulated. Putative axioms which did not yield these theorems would be rejected because, it seems, **independent of any axioms there is a quite precise notion of what is true or false of the natural numbers.**

Adapted from Suppes, Patrick. 1960. *Axiomatic Set Theory*, D. Van Nostrand, New Jersey, pp. 121-122.

# 自然数概念の構成

First we need to define natural numbers as suitable sets. Now numbers do not at first glance appear to be sets. In 1908, Zermelo proposed to use

$$\emptyset, \{\emptyset\}, \{\{\emptyset\}\}, \dots$$

as the natural numbers. Later von Neumann proposed an alternative, which has become standard.

$$0 = \emptyset,$$

$$1 = \{\emptyset\} = \{\emptyset\},$$

$$2 = \{0, 1\} = \{\emptyset, \{\emptyset\}\},$$

$$3 = \{0, 1, 2\} = \{\emptyset, \{\emptyset\}, \{\emptyset, \{\emptyset\}\}\}, \dots$$

This **construction of the numbers as sets** involves some extraneous properties that we did not originally expect. For example,

$$0 \in 1 \in 2 \in 3 \in \dots$$

and

$$0 \subseteq 1 \subseteq 2 \subseteq 3 \subseteq \dots$$

But these properties can be regarded as accidental side effects of the definition, and they do not harm.

Although we have defined the first four natural numbers, we do not yet have a definition of what it means in general for something to be a natural number. That is, we have not defined the set of ALL natural numbers. First we define some preliminary concepts.

Definition: For any set  $a$ , its successor  $a^+$  is defined by

$$a^+ = a \cup \{a\}.$$

A set  $A$  is said to be inductive iff  $\emptyset \in A$  and it is “closed under successor,” i.e.,

$$\forall a \in A \quad a^+ \in A$$

In terms of the successor operation, the first few natural numbers can be characterized as

$$0 = \emptyset, 1 = \emptyset^+, 2 = \emptyset^{++}, 3 = \emptyset^{+++}, \dots$$

**Infinity Axiom** There exists an inductive set:

$$\exists A[\emptyset \in A \ \& \ \forall a \in A \ a^+ \in A]$$

We can now define the concept of natural number.

Definition: A natural number is a set that belongs to every inductive set.

(Adapted from Enderton 1977; emphasis by NF)

# 順序対が集合より複雑であること

**Definition** (due to Kazimierz Kuratowski in 1921)

$\langle x, y \rangle$  is defined to be  $\{\{x\}, \{x, y\}\}$ .

Given the objects  $x$  and  $y$ , **Merge applies three times to form an ordered pair.**

We must prove that this definition succeeds in capturing the desired property: The ordered pair  $\langle x, y \rangle$  uniquely determines both what  $x$  and  $y$  are, and the order upon them.

**Theorem:**  $\langle u, v \rangle = \langle x, y \rangle \Leftrightarrow u = x \text{ and } v = y$

(proof omitted; see Enderton 1977)

Peanoによる自然数概念の明確化、Cantorによる素朴集合論の提案、さらにFregeの思考の算術化、Russellなどが指摘した様々なパラドックスの発見に伴う、いわゆる「集合論の危機」などを通して、数学の基礎づけ、数学化された論理学（数理論理学）が発展してくる。

こういった流れの延長で、「計算とは何か」という根本的問題に対してA. TuringはTuring (1936)においてTuring machineの概念を提出し、計算概念の外縁を押しやる仕事をする。Turing machineに可能な操作が計算であり、Turing machineに出来ないことは計算ではない。さらに、類似の様々な概念（計算可能関数、アルゴリズム、再帰関数、等）は全てTuring machineの概念に還元できるとされた — **Church-Turing Thesis**。


このような研究が、**人間言語が示す離散無限性**を捉える上で重要な役割を果たす。

こういった状況の中で、Chomskyが援用したのは、証明論 (proof theory) のために考案されたPost systemと云われるシステムである。これによって「公理系」の概念が明確化された。

**公理系**：公理系とは以下の条件を満たす3つ組  $(V, S, F)$  である。

1.  $V$ は**語彙** (vocabulary, alphabet) と呼ばれる原始記号の有限集合である。
2.  $S$ は $V$ の上に定義される連鎖の集合であり、**公理**と呼ばれる。
3.  $F$ は $V^*$  ( $*$ はKleene star) の中の連鎖の上に定義される $n$ 項関係 ( $n \geq 2$ 、即ち、 $F$ の中の $n$ 組は少なくとも順序対でなければならない) の集合である。 $F$ の要素は、プロダクション、**推論規則**、**書き換え規則**、などの名前と呼ばれる。

## 公理系としての文法

Chomskyの改訂  語彙に**非終端記号**を加えることにより、**抽象的な階層構造**を表示できるようにした。さらに、この改変によって、**終端連鎖の生成**（弱生成）と**構造の生成**（強生成）を区別できるようにした。

**拡大公理系**（生成文法） $G$ とは以下の条件を満たす4つ組  $G = (V_N, V_T, S, F)$ である。

1.  $V_N$ は記号の有限集合で**非終端記号**と呼ばれる。
2.  $V_T$ は記号の有限集合で**終端記号**と呼ばれる。 $V_N \cap V_T = \phi$ である。
3.  $S$ は  $(V_N \cup V_T)^*$ の上に定義された連鎖であり、**公理**（始発記号）と呼ばれる。
4.  $F$ は $(V_N \cup V_T)^*$ の中の連鎖上に定義された **$n$ 項関係** ( $n \geq 2$ )の集合であり、**書き換え規則**と呼ばれる。



# 形式文法、オートマトン、 人間言語

ハンドアウトで説明

# (拡張) Chomsky 階層

<u>文法</u>	<u>言語</u>	<u>受理器</u>	<u>受理効率</u>
無制限書き換え系	再帰可算集合	チューリング機械	undecidable (?)
∪	∪		
文脈依存句構造 文法	文脈依存言語	線型有界オートマトン	exponential (?)
∪	∪		
文脈自由句構造 文法	文脈自由言語	プッシュダウン オートマトン	polynomial
∪	∪		
正規文法	正規言語	有限状態オートマトン	linear

# Nesting, Crossing, Merge-generability

形式文法の研究から、nesting (nested dependency) が有限状態文法の非妥当性を、そしてcrossing (cross-serial dependency) が文脈自由句構造文法の非妥当性を示す特性として認識されてきた。

そして、人間言語にはcrossingを示す依存性現象があり、このことが「人間言語は文脈自由句構造文法では取り扱えない」という主張の根拠とされてきた。👉 ハンドアウトの文献参照。Postal 1964, Stabler 2004, Wurmbrand 2006等も参照。

しかし、こういった議論にはいくつか根本的な問題がある。

1. Crossing現象があるからと云って、そこからすぐに（弱生成力の階層のみに基づいて）文脈依存句構造文法にジャンプしてしまうのは間違いである。文脈依存句構造文法が（弱生成力以外の面で）人間言語のモデルとして不適格であることは十分に論証されている。（Chomsky 1963、Section 3などを参照）

例えば、このタイプの文法は置換（permutation;  $ab \rightarrow ba$ ）を執行でき（cf.  $ab \rightarrow Bb$ ,  $Bb \rightarrow Ba$ ,  $B \rightarrow b$ ）、それゆえにコピー言語（copying language）を生成できるしcrossingも規定できるのだが、この特性は、同時に、John will arrive  $\rightarrow$  will John arriveの置換の出力において、willにNPを、Johnにmodal auxiliaryのラベルを与えてしまう。強生成力の面で根本的な問題が生じるのである。

2. 人間言語におけるnestingとcrossing現象の分布、特性には大きな違いがある。Nestingは人間言語の統辞法においてあらゆるところに見られ、例えば日本語のような言語では文の埋め込みという中核的プロセスを担っている。

それに対してcrossingは、非常に限定された環境にのみ生じ、それらの環境を子細に調べてみると、プロセスの無限性（再帰性）に疑いがあったり、あるいは形態音韻的操作（いわゆる線條化に係わる操作）が深く関わっていたりすることがほとんどである。

こういった状況から、人間言語は“mildly context-sensitive”であるという言い方もされてきた（Joshi 1985）。要するに、人間言語は弱生成力のChomsky階層にうまく位置付けられないのである。

こういった状況は、現在の文法モデルで提案されている根本演算である**併合 (Merge)** を仮定すれば、次のように分析できる。

つまり、弱生成力ではなく強生成力に目を転じ、**nesting**や**crossing**などの依存関係も全て併合によってその基盤を与えられることなくしては不可能であるとするのである (Fukui 2015)。

**仮説** : Dependencies are possible in human language only when they are Merge-generable.

上述の仮説で用いられているMerge-generabilityという概念は、さらに、依存関係が直接、Mergeのみによって付与される場合（directly Merge-generable）と、Mergeによって生成された構造に他のプロセス（線条化や解釈のメカニズム）が適用されて得られるもの（non-directly Merge-generable）とに分かれる。

すなわち、依存関係には以下の種類があることになる。

Merge-generable ↔ Non-Merge-generable

- directly Merge-generable

- non-directly Merge-generable

実際の言語現象を調べてみると、nestingはほとんどがdirectly Merge-generableであり、crossingはnon-directly Merge-generableのものが少数見られることが判る。Non-Merge-generableな依存関係は人間言語では許されない。

こうして、表面に現れる線形列ではなくその背後の構造および構造生成の演算に着目することにより、終端連鎖のみを見ていたのでは判らなかつた、人間言語においてnestingとcrossingが持つ根本的に異なつた特性・位置付けを明らかにすることができる。

同時に、弱生成力の階層において問題になっていた人間言語のmild context-sensitivityなどは擬似問題に過ぎず、併合と線条化等のプロセスが絡まって生じた周辺の現象を表わす名称であつたことになる。

文脈自由句構造文法とコピー変換（『統辞構造論』、p. 73、註11）の強生成力がちょうど併合（と線条化等のメカニズム）に対応しているということであり、Chomskyの見通しが基本的に正しかつたことになる。

以上の諸論点は、神経科学的実験によってある程度確かめることができる。Tanaka et al. (2017)等を参照。