

言語進化研究の現在

生成生物言語学からのアプローチ

藤田 耕司
京都大学

1

- 生物進化 Biological evolution
 - 遺伝子 Gene
- 文化進化 Cultural evolution
 - 模倣子、文化遺伝子 Meme
- 大進化 Macro-evolution
 - 起源、最初の出現
- 小進化 Micro-evolution
 - 出現後の変化・多様化

3

生物進化とは

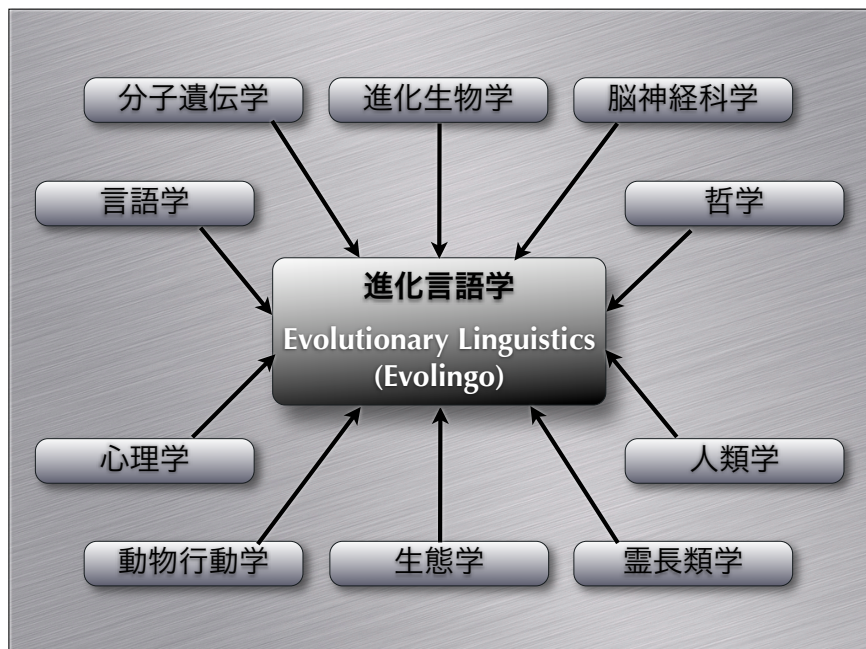
- 旧質の再配列・再結合による新質の創造
- "To create is to recombine." (F. Jacob)
- "... an evolutionary novelty may result from the combination of two pre-existing parts with unrelated functions." (M. Ridley. 2004. *Evolution*. 3rd ed.)

2

言語の起源・進化という問題

- 言語能力という新形質が生物進化の中で、いかにしてヒト種（のみ）に生じたのか
- 言語が結果的に種固有・領域固有だとしても、その由来もそうである必要はない。
- "Evolution has recruited for language purposes brain structures that performed other functions in non-human primates." (T. W. Deacon)

4



5

研究の三つのレベル

- 設計 Design
 - 記述的妥当性 Descriptive Adequacy
- 発達（発生） Development
 - 説明的妥当性 Explanatory Adequacy
- 進化 Evolution
 - 進化的妥当性 Evolutionary Adequacy

7

生成文法・生物言語学

- 言語から人間の本性 Human Natureへ迫る
- 言語：ヒト種固有の生得的・生物学的能力
- 心的器官 a mental organ
- 普遍文法 Universal Grammar (UG)
- 方法論的自然主義

6

言語(生物)設計の三要因

- 遺伝的要因
 - UG
- 環境的要因
 - 言語刺激
- 自然法則 (The Third Factor)
 - 自己組織化原理、計算効率化、etc.

8

第三要因への注視

- "We want to see how ... the forms of living things, and of the parts of living things, can be explained by physical considerations, and to realise that in general no organic forms exist save such as are in conformity with physical and mathematical laws."

- D'Arcy W. Thompson

9

言語進化と生物進化

- 言語進化のみが特別な出来事なのではなく、生物進化の1つのケーススタディとしてヒト型言語の進化を探る。
- 言語進化理論は生物進化理論と整合しなければならず、衝突するのであれば（少なくとも）いずれか一方が誤っていることになる。
- 言語進化に基づいて、従来の生物進化理論を改善することができる。

11

Morphological Transformation

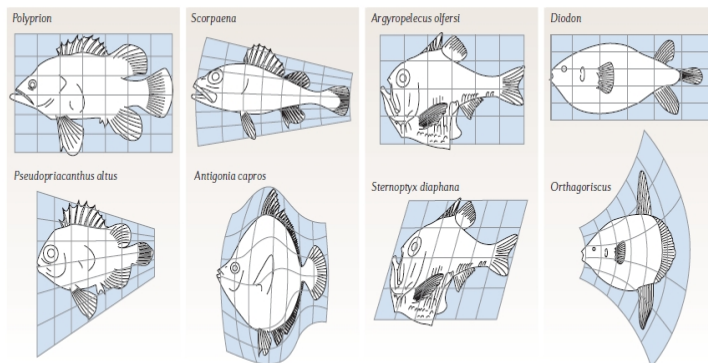
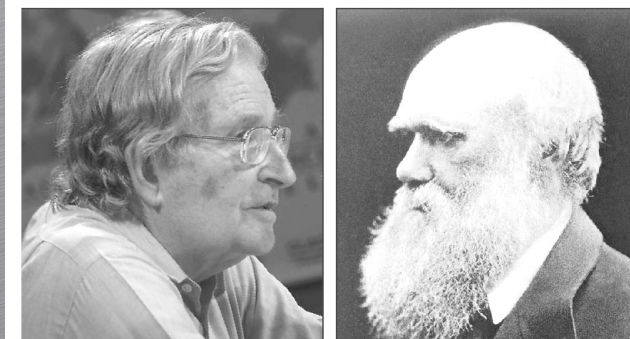


Figure 3 | Transformations that are used to relate different fish to each other. Again, some of the transformations are more complex than others. The simplest transformation is the 'shear' required to produce the form of *Sternopyx diaphana* from that of *Argyropelecus olfersi*. Reproduced with permission from REF. 10 © (1917) Cambridge University Press.

10



The descent of language. Noam Chomsky (left) and Charles Darwin (right) differ in their view of the part played by emotion in the evolution of language.

12

自然選択説の不備

- 選択されるべき変異体が生じるプロセスを「ブラックボックス」化し、結果の是非だけを問う。
- そのプロセス自体を明らかにしなければ、選択の果たす役割を精密化できない。
- Survival of the Fittest
- Arrival of the Fittest

13

ミニマリスト・プログラムと言語進化

- Strong Minimalist Thesis (SMT):
 - 言語は意味と音声を繋ぐシステムとしての最適解である。
 - UGの特性はすべて原理的に説明することができる。
 - 言語の起源・進化に特殊な事情は存在しない。
- "... the more varied and intricate the conditions specific to language, the less hope there is for a reasonable account of the evolutionary origins of UG." (N. Chomsky)

15

- "... even though selection induces motion down a permitted path, the channel itself represents the primary determinant of evolutionary direction."

- S. J. Gould

- "Natural selection can only function within a 'channel' of options afforded by natural law, including properties of complex systems."
- "It may be that the whole of evolution is shaped by physical processes in a deep sense, yielding many properties that are casually attributed to selection."

- N. Chomsky

14

エボ・デボ (Evo-Devo)

- 進化発生生物学 Evolutionary Developmental Biology
 - 発生過程で起きる変化が進化を駆動する。
 - 遺伝子決定論からの脱却。
 - 生物多様性と「ボディプラン」に対する新しい学際的アプローチ。

16

エボ・デボ言語学の可能性

- UG自体から第三要因へのシフト。
- モジュール性・生得性・自律性の再検討。
- 言語発達（個体発生）と言語進化（系統発生）への統合理解。

17

- 言語獲得の論理的問題 Logical Problem of Language Acquisition
- 言語進化の論理的問題 Logical Problem of Language Evolution
- 進化的妥当性とその問題点
 - 進化的に可能性が高く、LPLEを解決できる文法モデル
 - 採用する進化理論に左右される

19

- "... the MP offers a framework in which both sides of the development of language (=ontogeny and phylogeny) can be essentially equated"

(Lorenzo, G., and V. M. Longa. 2003. Minimizing the genes for grammar.)

- "One nice thing about the P&P approach ... is that it essentially eliminates ... the principled distinction between the initial state and the attained states."

(N. Chomsky. 2002. *On Nature and Language*.)

18

Modular Architecture of the Mind

- Domain-Specificity
- Informational Encapsulation
- Autonomous
- Innate
- Mandatory
- Fast
- Deterministic
- Neural Localization
- Idiosyncratic
- Pathological Breakdown



Swiss Army Knife

20

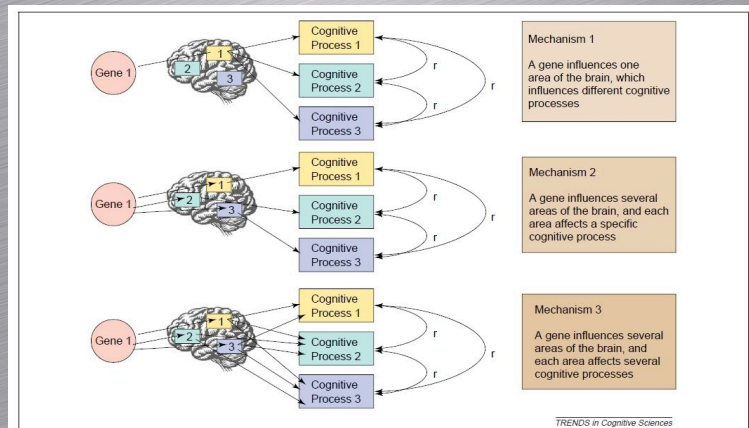
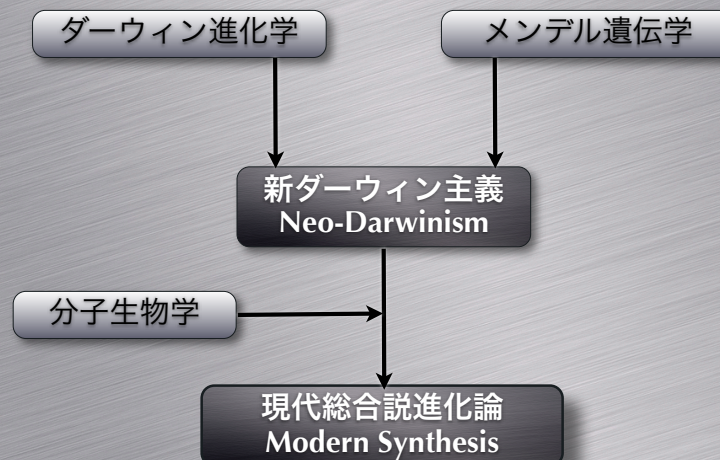


Figure 1. Contrasting three hypothesized mechanisms of effects of a single gene on the brain and associated cognitive processes (pleiotropy). In our opinion, Mechanism 3 is the most likely. This figure can be extended by replacing the single gene shown for each mechanism with multiple genes to illustrate polygenicity (the involvement of many genes). Polygenicity will greatly multiply and magnify the effects of pleiotropy.

Y. Kovas and R. Plomin 2006. Generalist genes: implications for the cognitive sciences. *Trends in Cognitive Sciences* 10.

21



23

形態発生 (morphogenesis) との近似

「細胞・組織の世界での遺伝子の役割は、自己構築の場を設定し、増殖し、かつ自分で動く構成要素を供給することである。あとはその時その時の環境の影響を織り込みながら形が形成される。遺伝子はデバイス（ダイナミックな構成単位）を作り、デバイスの集合は自己構築して生物体を作るといってもよい。このように考えれば、遺伝子が形の形成に関してすべてをとりしきっているわけではないことは自然に納得できる。現時点で理解できない事柄を、何でもできることになっている遺伝子におしつけてしまいそれ以上深く考えないですませてしまっている状況、高度な科学技術時代のなかでの非科学的雰囲気から抜け出すことができる。」

(『生物の形づくりの数理と物理』2000.)

22

- 総合説
- 適応主義 Adaptationist Program
- 自然選択（や性選択）による漸進適応進化論
- 新総合説・拡大総合説 (Neo-Neo-Darwinism)
- 複数要因主義 Pluralism
- 選択によらない中立的進化
- 断続平衡進化 Punctuated Equilibrium
- 外適応・前適応 Exaptation / Preadaptation

24



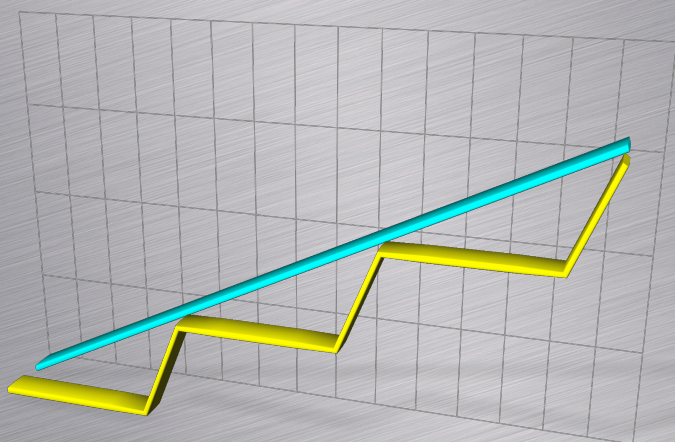
Figure 2. Peacock with a highly ornamented tail which, like the male quetzal's tail, evolved by female choice. If some "eyes" are removed from his tail, he becomes less attractive to peahens. It is hard to imagine how such an enormous encumbrance would be compatible with escape from predators, and indeed further enlargement of the tail may have been constrained by natural selection.

25

Aptation	Adaptation	Natural selection shapes the character for a current use.
	Exaptation	A character, previously shaped by natural selection for a particular function, is co-opted for a new one. (Preadaptation)
		A character whose origin cannot be ascribed to the direct action of natural selection (a non-adaptation) is co-opted for a current use.

27

— 断続平衡進化 — 漸進適応進化



26

元の機能と現在の有用性 Original Function and Current Utility

- 外適応・前適応は、進化の過程で新しい機能が追加されることを指摘している。
- 言語の現在の用途は、その本来の機能とは異なっている可能性が高い。
- "The predominant uses of language today are probably quite different from the critical uses that brought it into existence in the first place." (T. W. Deacon)

28

思考かコミュニケーションか

- 言語は本来、思考のツールであり、コミュニケーションのために進化したのではない。
- 言語デザインはコミュニケーションにとって不都合な面が多い。
- 最初に言語を獲得した個体にとっては、コミュニケーション可能な相手はまだ存在しない。（「孤独なミュータント問題」）
- 言語の起源を動物コミュニケーションに求めることはできない。

29

- 1,2人称よりも3人称のほうが再帰代名詞の機能的利点大きい。
 - I like *me / myself.
 - You like *you / yourself.
 - He likes him / himself.
- 同じ利点があるにも関わらず、再帰代名詞が使えないケース。
 - He thinks [that he / *himself is intelligent].
 - He thinks [that Mary likes him / *himself].
- 機能に優先する構造的制約が存在する。

31

再帰代名詞/人称代名詞

- John likes himself.
- John likes him.

	3人称	1,2人称
ModE, Russian	yes	yes
OE	no	no
French	yes	no
(none)	no	yes

B. Comrie. 2003. On explaining language universals.
In: M. Tomasello ed. *The New Psychology of Language*.

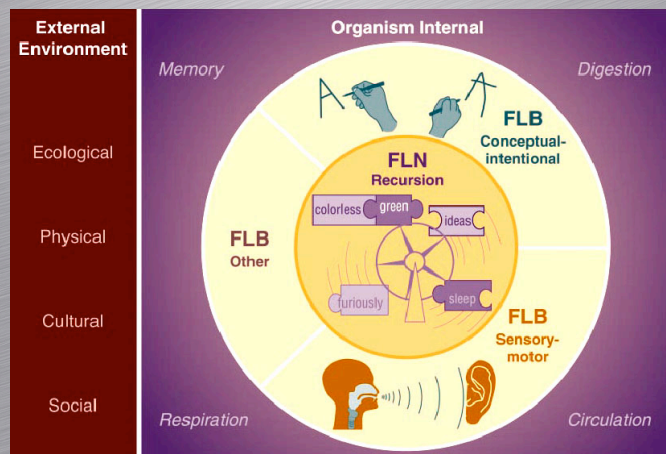
30

狭義言語機構と広義言語機構

- 広義言語機構 FLB:
 - 感覚運動システム(SM-system)
 - 概念意図システム(CI-system), etc.
- 狭義言語機構 FLN:
 - 回帰 (Recursion, Recursiveness)

M. D. Hauser, N. Chomsky & W. T. Fitch. 2002. The faculty of language: What is it, who has it, and how did it evolve?

32



33

回帰的言語構造

補文構造

- [CP [IP John [VP thinks [CP that [IP Mary [VP thinks [CP that [IP Bill [VP thinks [CP that [IP Jane [VP sings well]]]]]]]]]]]].

関係節

- [DP the boy [CP who loves [DP the girl [CP who owns [DP the dog [CP which hates [DP the cat [CP which likes [DP the mouse]]]]]]]]]]
- [DP the mouse [CP [DP the cat [CP [DP the dog [CP [DP the girl [CP the boy loves]]] owns]]] hates]]] likes]]

35

- 「回帰性のみが人間および人間言語に固有の特性である。」

- 回帰性以外には人間言語に固有の特性はない。
- 人間言語は必ず回帰性を持つ。
- 言語以外には回帰性を持つ人間の能力はない。
- 人間以外の動物は回帰性を持たない。

- cf. "If future empirical progress demonstrates that FLN represents an empty set, so be it." (W. T. Fitch, M. D. Hauser & N. Chomsky 2005. The evolution of the language faculty: Clarification and implications.)

34

複合語

- [student] film] committee] program] office]

多重属格

- [Mary's father's] brother's] friend's] house]

P-PP

- [PP from [PP behind the curtain]]

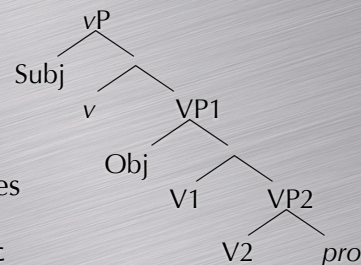
36

- 連続動詞 Serial Verbs

- Ozó ghá suà akhé dè. (Edo)

Ozo will push pot fall

'Ozo will push-fall the pot'



- 複雑述語 Complex Predicates

- 花子がパソコンを叩き壊した

- 次郎がドアを蹴破った

37

Vol 440 27 April 2006

nature

NEWS & VIEWS

LANGUAGE

Startling starlings

Gary F. Marcus

Recursion, once thought to be the unique province of human language, now seems to be within the ken of a common songbird — perhaps providing insight into the origins of language.

Man the tool-maker. Man the cultural animal. Man the mimic. It's tempting to summarize the differences between humans and other species in a concise phrase, but most posited differences have turned out to be overstated. Chimpanzees and gorillas use sticks to fish for termites; orangutans use sticks for autoeroticism. And many of these capacities seem to be culturally mediated; they are transferred from one primate to the next by illustration and observation, rather than learned afresh by trial and error.

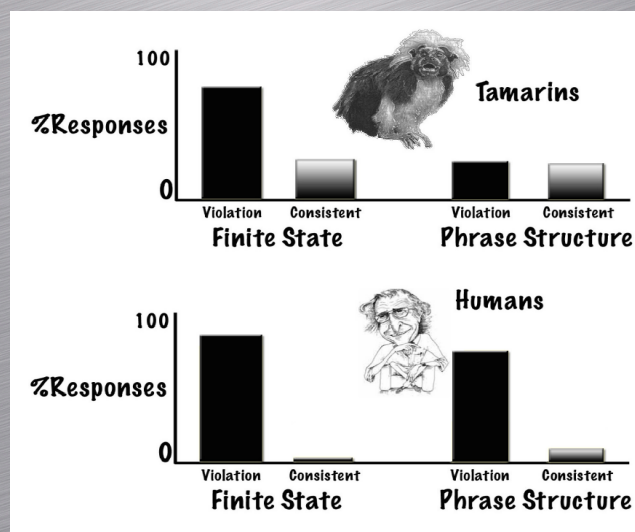
The report by Timothy Gentner and colleagues on page 1204 of this issue¹ challenges one more putatively uniquely human adaptation: the capacity to recognize complex 'recursive' structure. Gentner *et al.* showed that at least one non-human species, the European starling (Fig. 1), can be trained to acquire complex recursive grammars such as the *AⁿBⁿ* language (in the case of the starling, *rattle rattle warble warble*; see below).

Recursion, or self-embedding, is without question a hallmark of human language. For example, one can take a phrase such as *I love conquers all* and embed it in a frame such as *X knows Y, yielding, say, Chris knows love conquers all*.



Figure 1 | No bird brain. The European starling, *Sturnus vulgaris*, which Gentner *et al.*¹ show is capable of recognizing complex grammar.

39



R. Tincoff and M. D. Hauser. Cognitive basis for language evolution in nonhuman primates.

38

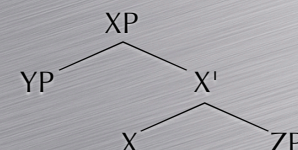
- 句構造規則 Phrase Structure Rules:

$S \rightarrow NP VP$

$VP \rightarrow V S$

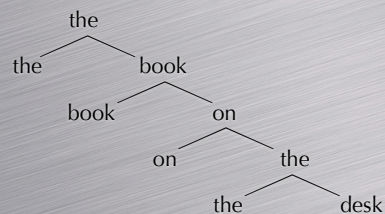
...

- Xバー理論 X-bar Theory:



40

● 素句構造理論 Bare Phrase Structure Theory:



● Merge (併合):

- Merge $(\alpha, \beta) = \{\alpha, \beta\}$
- Binary
- Symmetric
- Unbounded

41

Pirahã: 回帰性のない言語?

- D. L. Everett. 2005. Cultural constraints on grammar and cognition in Pirahã.
 - 文法の多様性は文化に支配され、「UG」は存在しない。
 - 直接経験原理 Immediacy of Experience Principle: 発話時に直接関係する話者の経験等を主張することしかできない。
 - 埋め込み構造なし (句構造なし)
 - 数詞なし、数量詞なし
 - 色彩用語なし
 - 完了時制なし
 - 極めて単純な代名詞類や親族用語
 - 創世神話・フィクションなし

43

- 言語構造の回帰性は「無限マージ」 (unbounded Merge) が適用した結果として表出する特性。

- "... unbounded Merge is not only a genetically determined property of language, but also unique to it." (N. Chomsky)

● Representational Recursiveness:

- 構造上、ある範疇の内部に同じ範疇が繰り返し生じる。

● Derivational Recursiveness:

- 統語派生上、マージの出力に再度マージがかかる。

42

- ti gáí -sai kó'oi hi kaháp -íí

I say-old.info Kó'oi he leave intention

'I say. Kó'oi will leave.' (parataxis)

- (hi) 'oba'axa'i' (hi) kahai'-kai -sai

he sees well he arrow-makes-old.info

'He is really smart. He makes arrows well.'

44

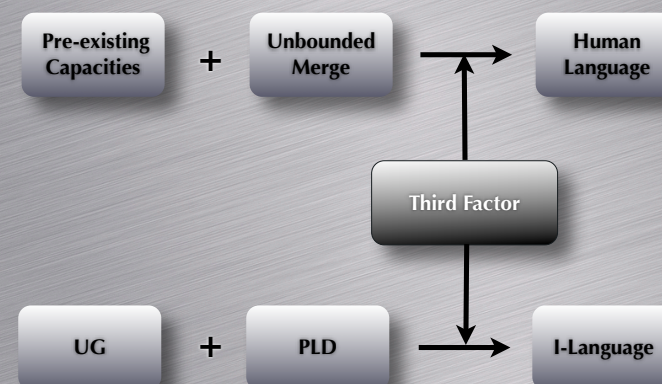
- Pirahãもderivational recursiveness(unbounded Merge)を持つ。
- representational recursivenessは個別文法・文化による多様性を示す。

"... it would mean that the speakers of this language aren't making use of a capacity that they surely have, a normal situation; plenty of people throughout history would drown if they fall into water. Nothing much follows except for a question as to why they haven't made use of these capacities."

(N. Chomsky, from *Radical Anthropology* Issue 2)

45

Instantaneous Model of Language Evolution



Instantaneous Model of Language Acquisition

47

言語進化の主要問題

- Unbounded Mergeの由来（前駆体）
- インターフェイスの成立
- レキシコン

"... for both evolution and development, there seems to be little reason to suppose that there were precursors to unbounded Merge." (N. Chomsky)

46

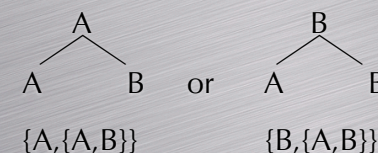
Mergeの対称性（とその破れ）

- Merge自体は対称的な操作

• Merge (A,B) = {A,B}



- しかしラベル(label)決定によって非対称性が生じる



48

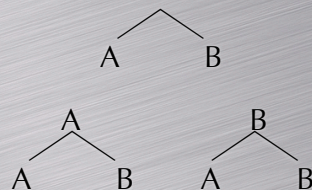
Embed

● N. Fukui. 2006. Merge and/or Embed.

● Merge $(A, B) = \{A, B\}$

● Embed $(A, \{A, B\}) = \{A, \{A, B\}\}$

● Embed $(B, \{A, B\}) = \{B, \{A, B\}\}$

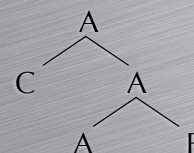


● ラベル決定も Mergeの一種

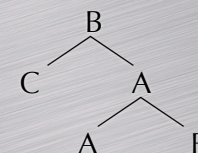
● 内心構造型 Endocentricity、投射 Projection

49

Local Embed



Nonlocal Embed

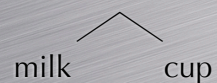


→ 外心構造型 Exocentricity

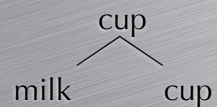
51

二語発話の内心性

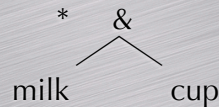
ラベルなし



内心構造



外心構造 (or 多重内心構造)



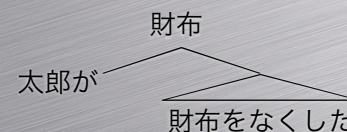
言語発達の最初期から Merge+Embedが稼働している。

50

主要部内在型関係節：

[太郎が財布をなくしたのを] 花子が見つけた。

cf. [[太郎が __ なくした] 財布を] 花子が見つけた。



52

Merge = Move = Embed

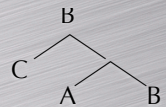
Move = Internal Merge

Merge (B, {C, {A, B}}) = {B, {C, {A, B}}}



これは形式上、nonlocal Embedと同じ

Embed (B, {C, {A, B}}) = {B, {C, {A, B}}}



すべて同じ集合形成操作のヴァリエーション

cf. "projection = chain"

53

考えられる前駆体

- 音節構造
- 音楽
- トリのさえずり
- 社会的知性（心の理論 ToM、互惠的利他主義）
- 航路探査
- 採食行動
- 数認知
- 道具使用、etc.

55

- Merge / Move / Embed に共通する前駆体の存在
- Merge / Moveの起源とLabelingの起源を別個に説明する必要なし
- Descent with modification

54

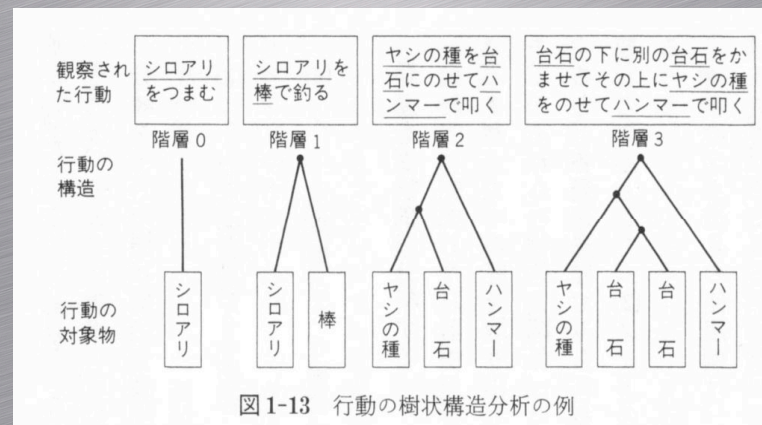


図 1-13 行動の樹状構造分析の例

松沢哲朗 『チンパンジーの心』

56

Action Grammar

- 物体の系列的な使用に見られる組み合わせ操作の階層

P. Greenfield. 1991. Language, tools, and brain: The ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior. *BBS* 14.

- ペア方式 Pairing method
- ポット方式 Pot method
- 部分部品方式 Subassembly method

57

II. Pot Method



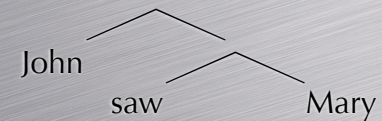
59

I. Pairing Method



58

Merge (saw, Mary) = {saw, Mary}
Merge (John, {saw, Mary}) = {John, {saw, Mary}}



60

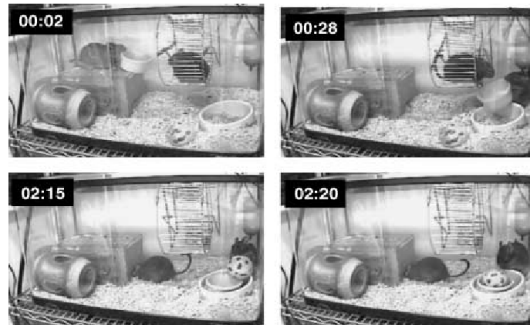


Figure 1. A Degu manipulating object with "pot" strategy. (by the male of pair DG). The bowl had the diameter of 13 cm and weighted 586 g, the food cup 9 cm and 46 g, and the ball 7 cm and 22 g.

N. Tokimoto and K. Okanoya: Spontaneous construction of "Chinese boxes" by Degus (*Octodon degu*): A rudiment of recursive intelligence? *Japanese Psychological Research* 46 (2004).

61

Merge (saw, Mary) = {saw, Mary}

Merge (the, boy) = {the, boy}

Merge ({the, boy}, {saw, Mary})

= {{the, boy}, {saw, Mary}}



63

III. Subassembly Method



62

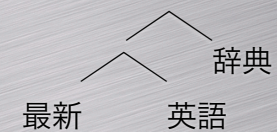
複合語形成

右方分岐

左方分岐



Pot Method



Subassembly Method

64

English:



Swedish:



T. Roeper & W. Snyder. 2005. Language learnability and the forms of recursion. In: A.M.D. Sciullo ed. *UG and External Systems: Language, Brain and Computation*.

65

● サブアセンブリ型Mergeの起源

- ワーキングメモリ
- チャンク化
- 反転可能性
- 無限化
- Phase = derivational chunk
- Phase Impenetrability Condition:
Once formed, chunks cannot be unpacked.

67

● Pot Merge:

- Merge (A,B): A attracts B, forming {A,B}=A.
- Merge (A,C): A attracts C, forming {{A,B},C}=A.

● Subassembly Merge:

- Merge (A,B): A attracts B, forming {A,B}=A.
- Merge (A,C): C attracts A, forming {{A,B},C}=C.

66

レキシコン: FLB or FLN?

- 人間言語に固有の豊潤で生産的なレキシコン
- その起源・進化が説明できなければ、言語の起源・進化の説明にならない

68

反語彙主義 Anti-Lexicalism

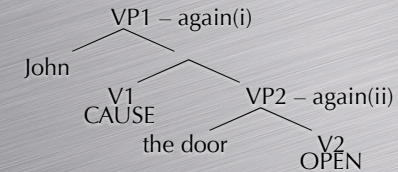
- 語はシンタクスへの入力ではなく、出力である。
(語も文と同じくシンタクスで生成される。)
- レキシコンはFLN(Merge)とFLB(concept/sound)に解体できる。
- 理論上、レキシコンは存在しない。

69

語彙的動詞の統語的本質

John opened the door again.

- i. repetitive reading
- ii. restitutive reading



(語彙分解 Lexical Decomposition)

CS: [John CAUSE [the door OPEN again(ii)] again(i)]

71

- "... the work often called 'natural-language semantics' and 'lexical semantics' ... can be regarded as part of syntax,..."

(N. Chomsky, 2000. *New Horizons in the Study of Language and Mind*.)

- 「分散形態論」 Distributed Morphology

70

Syntax-CI Interface

- John gave Mary an apple.

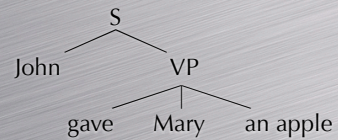
- 概念構造: [John CAUSE [Mary HAVE an apple]]

- 統語構造: [John V1=CAUSE [Mary V2=HAVE an apple]]

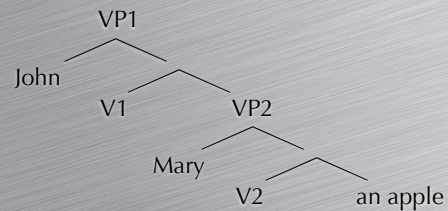
- 統語構造と概念構造の同型的関係により、両者間の写像関係が効率化、最適化 → インターフェイス問題軽減

72

- Flat VP: ('Simpler Syntax')



- Layered VP:



73

- 統語計算と概念計算に共通する組み合わせ操作の前駆体

- Mergeはその外適応

- Subassembly型Mergeに関わる chunkingの能力が語彙の形成にも関与 (統語計算のサブルーチン化)

- 語はフェーズの特殊ケース (lexical integrityとPICの共通の由来)

75

- Flat VP

- 表示上、シンプル
- 統語構造はSM-systemに対して都合よい
- 言語 = コミュニケーションのツール

- Layered VP

- 派生上、シンプル (binary Merge)
- 統語構造はCI-systemに対して都合よい
- 言語 = 思考のツール

74

語彙発達：初期文法とMerge

- 幼児はMergeを用いて動詞を獲得・産出している。

- CAUSE (2;0.4) ≥ HAVE (2;0.7) ≥ Double Obj verbs (2;1.6) > GO (2;4.0) ≥ Dative Obj verbs (2;4.9)

J. Viau 2006. *Give* = CAUSE + HAVE/GO: Evidence for early semantic decomposition of dative verbs in English child corpora. *BUCLD* 30.

76

"No verb is an island."

(cf. M. Tomasello's *Verb Island Hypothesis*)

"Children start to use Merge already with their very first word combinations."

A. Ninio. 2006. *Language and the Learning Curve*.

77

- 原言語 (Proto-language)は「全体的」(holistic)か「合成的」(synthetic)か、の問題とは性質が異なる。

79

- レキシコンに特定の進化のシナリオは不要

- 語が先か文が先か、ではない。

- "In the beginning was the word."

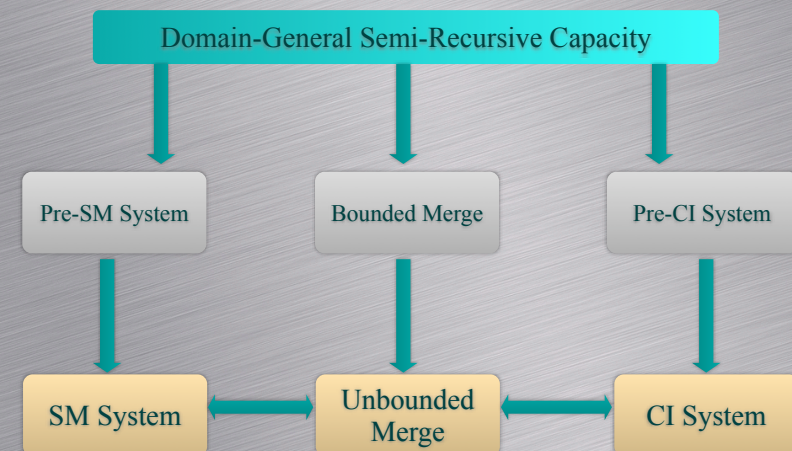
- "In the beginning was the sentence."

(J. Bronowski. 1977. *A Sense of the Future*.)

- In the beginning was Merge.

78

Possible Scenario (Descent with Modification)



80

回帰: 心のモジュールの生成装置



81

To create is to Merge.

Thank you.

83

むすびと展望

- 言語進化は生物進化の一例であり、生成生物言語学は言語のみならず進化研究一般に対して問題提起・検証・貢献を行うことができる。
- ミニマリスト・プログラムは言語学のエボ・デボ化を推進する。言語の進化研究と発達研究は相互に依存しており、また記述的研究の重要性もさらに増す。
- 言語の起源・進化はMerge、特にSubassembly型Mergeの起源・進化に集約される（シンタクス、インターフェイス、レキシコンを含む）。その前駆体としてはAction Grammarを想定できる。

82