

Form Sequence and pair-MERGE : The axiom of syntactic asymmetry

大宗 純 (関西外国語大学)

omune@kansaigaidai.ac.jp

August 1, 2021

1. Sequence and pair-MERGE

(1) Form Sequence (FSQ): $\langle X_1, \dots, X_n \rangle$

(2) Pair-MERGE:

Given $WS = [P, Q, X_1, \dots, X_n]$,

$\text{pair-MERGE}(P, Q, WS) = [\langle P, Q \rangle, X_1, \dots, X_n]$

(Cf. Chomsky 2019a, b, Omune et al. 2020)

Form Sequence (FSQ)はpair-MERGEの入力となる要素 (i.e. P, Q) を3以上に拡張したものとと言える。Pair-MERGEはbinaryだが、FSQはbinaryである必要はない。FSQがbinaryである場合にpair-MERGEと同様の効果が得られると予測可能。Binaryという条件がかかる場合 (pair-MERGE) に特殊な付加の特性が現れる。これはForm Set (FST)にbinary条件がかかった場合に特殊な特性 (RR: アクセス可能なtermが1つ増える) を示すMERGEとなる点に類似性が見られる。(Cf. Ishii & Goto 2021)

(3) Form Set (FST): $\{X_1, \dots, X_n\}$

(4) MERGE:

Given $WS = [P, Q, X_1, \dots, X_n]$,

$\text{MERGE}(P, Q, WS) = [\{P, Q\}, X_1, \dots, X_n]$

Pair-MERGEとMERGEはP,Qの2つの要素をとり (binary)、集合を作るという意味で同じような操作に見えるが、前者は、Pを最初の入力にし、Qを次の入力にするというdirectionality (指向性) を含むと考えられる。

(5) Pair-MERGE:

Given $WS = [P, Q, X_1, \dots, X_n]$,

$\text{pair-MERGE}(Q, P, WS) = [\langle Q, P \rangle, X_1, \dots, X_n]$

この指向性をもって、付加の非対称性を説明できる訳だが、Markovian派生を考えるとMERGEの入力がどのようになっていたかという情報は利用できない。よって、入力指向性がどうなつていようとFSQやpair-MERGEは順序集合の順序を自由に決められるということになる。つまり、 $\text{pair-MERGE}(P, Q, WS)$ でも $\text{pair-MERGE}(Q, P, WS)$ でもそれぞれ同じ2つの結果 ($\langle P, Q \rangle$ or $\langle Q, P \rangle$) が返ってくる。これはDeterminacyに違反しており、Learnabilityの問題が発生する。言語理論の真の説明を達成するためにはこの問題を解決する必要がある。

本発表では、このDeterminacy-Learnabilityの問題を解決するために、FSQとpair-MERGEは独立した演算操作ではなくFSTやMERGEから導き出された帰結であると主張する。

2. Sequences under Form Set

集合論的には順序集合は非順序集合から導き出せる。

(6) a. $\{\{a\}, \{a, b\}\} = \langle a, b \rangle$

b. $\{a, \{a, b\}\} = \langle a, b \rangle$

上記の式が数学的にどの程度正しいのかはここでは重要ではない。我々が取り扱っているものは純粹に数学的な集合ではなく、言語である。言語の付加構造の非対称性を捉えるために順序対を利用しているに過ぎないのである。つまり、2要素の非対称性をSMT沿った形で捉えることが重要であり、(6)の定義の数学的正確性は重要ではない。つまり、**第3要因 (資源節約、計算効率) の下、統辞構造がbinaryでなければならないという点を考慮すると、以下のような最小の定義で統辞構造の非対称性を捉えることも可能である。**

(7) $\{a, a, b\} = \langle a, b \rangle$

(8) 統辞構造において、ある元 (member) a のコピーを2個含み、かつ、別の元 b のコピーを1個含む3元の非順序集合は、非対称的構造 $\langle a, b \rangle$ である。

上の定義では、統辞構造において、同一要素の元のコピーを2つ含み、かつ、別の要素の元のコピーを1つ含む3元非順序集合は、非対称的構造であると述べている。FSTはMERGEのようにbinary集合だけでなく、どんな非順序集合でも作成することができる。また、FSTはMERGEの素となるような操作であり、MERGEが自由適用であるにも関わらずFSTの適用を禁止するのは不自然である。しかし、FSTが3元以上の集合を作ったとしても、第3要因より、作業領域内で作られる集合は2元集合でなければならない。よって、3元以上の集合を2元集合とみなす上の定義は第3要因の観点からも妥当である。

繰り返しになるが、集合論的表記を借りているが、この定義が数学的・集合論的に正しいかどうかはここでは重要ではない。

上の定義を採用すると、FSTを利用して以下のような構造を作ることができる。

(9) Given $WS = [\{P, Q\}, X_1, \dots, X_n]$,

$$FST(P, P, Q) = \{P, P, Q\}$$

$$\{P, P, Q\} = \langle P, Q \rangle$$

(9)から分かるように $\langle P, Q \rangle$ という集合を見れば FST がどのように適用されたかが分かるため、Determinacy-Learnability の問題は解決される。また、これまで pair-MERGE で捉えられていた付加等の構造は SMT に違反しない方法で形成可能である。

3. The Axiom of Asymmetric Structure

同様の方法で unbounded unstructured sequence も捉えられる。

(10) Given $WS = [\{P, \{Q, R\}\}, X_1, \dots, X_n]$,

$$FST(P, P, P, Q, Q, R) = \{P, P, P, Q, Q, R\} = \{P^3, Q^2, R\}$$

$$\{P^3, Q^2, R\} = \langle P, Q, R \rangle$$

(11) Given $WS = [\{P, \{Q, \{R, S\}\}, X_1, \dots, X_n]$,

$$FST(P^4, Q^3, R^2, S) = \{ P^4, Q^3, R^2, S \}$$

$$\{P^4, Q^3, R^2, S\} = \langle P, Q, R, S \rangle$$

(12) The Axiom of Syntactic Asymmetry (ASA):

$$\{a^x, b^{x-1}, c^{x-2}, \dots, k^1\} = \langle a, b, c, \dots, k \rangle$$

- (13) a. 統辞構造において、元aのコピーをx個含み、かつ、別の元b, c, ..., kのコピーをそれぞれx-1, x-2, ..., 1個含む非順序集合は、非対称的構造 $\langle a, b, c, \dots, k \rangle$ である。
- b. この時、非順序集合の基数 (cardinality) は $n(n+1)/2$ であり、かつnは自然数である。

(14) 上の定義で $x=1$ の時、「John ran. という単純なXPもシークエンス $\{\langle \text{John} \rangle, \langle \text{ran} \rangle\}$ である」というChomsky (2020, 2021)の直感を形式的に表すことができる。

Form Sequence と pair-MERGE を独立した操作と仮定した場合、SMT (Determinacy-learnability) の違反となるが、Form Set で sequence を作成することでその問題を避けられる。故に、言語理論の真の説明に近づく。

理論的貢献：

FSQ や pair-MERGE は SMT、特に Determinacy-Learnability に違反しており、真の説明理論を求める上で解決すべき問題であるが、統辞的非対称性の公理 (Axiom of Syntactic Asymmetry) と FST はこの問題を解決する。

経験的貢献：

統辞的非対称性の公理の下、FST で FSQ や pair-MERGE で説明されていた現象 (無限の非構造的シークエンス、等位構造、付加、主要部移動等) を説明できる。

(以下、(15)–(19)の例文は全て Chomsky (2020, 2021)による)

4. 非構造的シーケンス、等位構造、主要部移動、付加

非構造的シーケンス

(15) John lived [[on a farm] [with his family]]

1. MERGE: {on a farm}, {with his family}
2. MERGE: {{on a farm}, {with his family}}
3. MERGE: {XP, {{on a farm}, {with his family}}}
4. MERGE: {C,..., {XP, {{on a farm}, {with his family}}}}
- 5'. FSQ: {C,..., {XP, <{on a farm}, {with his family}>}}
5. FST: {C,..., {XP, {{on a farm}, {on a farm}, {with his family}}}}
- = {C,..., {XP, {{on a farm}², {with his family}}}}
- ASA = {C,..., {XP, <{on a farm}, {with his family}>}}

MERGE : 構造を拡張 (WSの写像)

FSQ: 構造を変更 (WS内の集合を変更)

FST: 構造を変更 (WS内の集合を変更)

→ NTCはMERGEに関わる制約

NTCが第3要因だとすると、第3要因の制約の1つであるbinaryに従わないFSTがNTCに従わないのは当然であると言える。(なぜ自然法則が無視されるのかは今後の課題)

非構造的シーケンスからの取り出し

(16) which farm did John live on __ with his family

1. MERGE: {C,..., {XP, {{which farm}, {with his family}}}}
2. MERGE: {{which farm}, {C,..., {XP, {{which farm}, {with his family}}}}
3. FST: {{which farm}, {C,..., {XP, {{which farm}², {with his family}}}}
- ASA = {{which farm}, {C,..., {XP, <{which farm}, {with his family}>}}}}

→ FST-ASAはlower copyにアクセス可能

等位構造

(17) John lived [[on a farm] and [with his family]]

1. MERGE: {on a farm}, {with his family}

2. MERGE: $\{\{\text{on a farm}\}, \{\text{with his family}\}\}$
3. MERGE: $\{\&, \{\{\text{on a farm}\}, \{\text{with his family}\}\}\}$
4. MERGE: $\{\text{XP}, \{\&, \{\{\text{on a farm}\}, \{\text{with his family}\}\}\}\}$
5. MERGE: $\{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \{\&, \{\{\text{on a farm}\}, \{\text{with his family}\}\}\}\}\}$
6. FST: $\{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \{\&^3, \{\text{on a farm}\}^2, \{\text{with his family}\}\}\}\}\}$
 $= \{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \langle \&, \{\text{on a farm}\}, \{\text{with his family}\} \rangle \}\}$

等位構造からの取り出し

(18) * which farm did John live on __ and with his family

1. MERGE: $\{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \{\&, \{\{\text{which farm}\}, \{\text{with his family}\}\}\}\}\}$
 2. MERGE: $\{\{\text{which farm}\}, \{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \{\&, \{\{\text{which farm}\}, \{\text{with his family}\}\}\}\}\}\}$
 3. FST: $\{\{\text{which farm}\}, \{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \{\&^3, \{\text{which farm}\}^2, \{\text{with his family}\}\}\}\}\}$
ASA = $\{\{\text{which farm}\}, \{\text{C}, \dots, \{\text{XP}, \langle \&, \{\text{which farm}\}, \{\text{with his family}\} \rangle \}\}\}$
- &のstrict matching conditionにより容認不可

ATB削除

(19) what did John buy __ and Bill hand __ to Tom:

what₁ [John bought what₂ and Bill handed what₃ to Tom]

1. MERGE $\{\text{what}_1, \{\text{C}, \{\&, \{\{\text{John}, \{\text{INFL}, \{\text{John}, \{\text{v}^*, \{\text{buy}, \text{what}_2\}\}\}\}\}, \{\text{Bill}, \{\text{INFL}, \{\text{Bill}, \{\text{v}^*, \{\text{hand}, \{\text{what}_3, \{\text{to}, \text{Tom}\}\}\}\}\}\}\}\}\}\}\}$
 2. FST $\{\text{what}_1, \{\text{C}, \{\&^3, \{\text{John}, \{\text{INFL}, \{\text{John}, \{\text{v}^*, \{\text{buy}, \text{what}_2\}\}\}\}\}^2, \{\text{Bill}, \{\text{INFL}, \{\text{Bill}, \{\text{v}^*, \{\text{hand}, \{\text{what}_3, \{\text{to}, \text{Tom}\}\}\}\}\}\}\}\}\}\}$
- ASA** = $\{\text{what}_1, \{\text{C}, \langle \&, \{\text{John}, \{\text{INFL}, \{\text{John}, \{\text{v}^*, \{\text{buy}, \text{what}_2\}\}\}\}\}, \{\text{Bill}, \{\text{INFL}, \{\text{Bill}, \{\text{v}^*, \{\text{hand}, \{\text{what}_3, \{\text{to}, \text{Tom}\}\}\}\}\}\}\}\}\rangle \}$

更に、主要部移動 (INFL-to-C movement) を示すと、以下のようなになる。

WS = [INFL, C, $\{\&, \{\{\text{John}, \{\text{INFL}, \{\text{John}, \{\text{v}^*, \{\text{buy}, \text{what}_2\}\}\}\}\}, \{\text{Bill}, \{\text{INFL}, \{\text{Bill}, \{\text{v}^*, \{\text{hand}, \{\text{what}_3, \{\text{to}, \text{Tom}\}\}\}\}\}\}\}\}\}$]

1. MERGE (INFL, C, WS):

WS' = [$\{\text{INFL}, \text{C}\}, \{\&, \{\{\text{John}, \{\text{INFL}, \{\text{John}, \{\text{v}^*, \{\text{buy}, \text{what}_2\}\}\}\}\}, \{\text{Bill}, \{\text{INFL}, \{\text{Bill}, \{\text{v}^*, \{\text{hand}, \{\text{what}_3, \{\text{to}, \text{Tom}\}\}\}\}\}\}\}\}\}$]

2. FST (INFL², C):

[{INFL², C}, {&, {{John, {INFL, {John, {v*, {buy, what_{2}}3}, {to, Tom}}}}}}}}]}

ASA:

[<INFL, C>, {&, {{John, {INFL, {John, {v*, {buy, what_{2}}3}, {to, Tom}}}}}}}}]}

3. MERGE (<INFL, C>, &P, WS'):

WS'' = [{<INFL, C>, {&, {{John, {INFL, {John, {v*, {buy, what_{2}}3}, {to, Tom}}}}}}}}]}

この後、what を内部大併合させ、(19-2)の FST を適用させる。

付加

(20) [{<important, topics> }]

WS = [important, topics]

1. MERGE (important, topics, WS): WS' = [{important, topics}]

2. FST (important², topics): WS' = [{important², topics}] = [<important, topics>]

付加詞内からの取り出し

取り出し不可の場合：

(21) *Who did Mary cry [_{ADJ} after John hit __]? Huang (1982: 503)

{who, {C, {Mary, {INFL, { {Mary, {v, cry}}, < [after John hit __] > } } } } }

→ *{who, {C, {Mary, {INFL, < {Mary, {v*, cry}}, < [after John hit __] > > } } } }

[after John hit __]は v*P に MERGE する前に FST と ASA により既に順序集合となっており、その内部にアクセスできないので who を取り出せない。

取り出し可の場合：

(22) What did John arrive [_{ADJ} whistling __]? Borgonovo and Neeleman (2000: 200)

{what, {C, {John, {INFL, { {v, {arrive, John} }, { [whistling __] } } } } }

→ {what, {C, {John, {INFL, < {v, {arrive, John} }, { [whistling __] } > } } } }

[after John hit __]は v^*P に MERGE する前は非順序集合であり、内部にアクセス可能。

取り出し可能な場合は何らかの **matching condition** が働いていると考えられるかもしれない。den Dikken (2012), Miyamoto (2012), Oseki (2015)は、付加詞内部にアクセス可能な場合は付加詞と v 等の要素が一致関係にあると述べている。Oseki (2015)はこの一致は **labeling** 理論で考えられているような素性共有とよく似たものであることを示唆している。もし、この考えが正しいとすると、内部にアクセス可能な付加詞には何らかの **matching condition** が働いていると考えられる。FSQ の等位構造で見てきたように、**matching condition** は非順序集合同士で働くと考えると、(22)のような付加詞句は順序集合ではあってはならない。反対に、(21)のような場合は、そのような **matching condition** が働かないため、通常の付加詞同様に 1 元集合で順序集合となっても問題ない。

語彙範疇化

(23) Lexiconでの語彙範疇化：

- a. $V = \langle v, R \rangle$ b. $N = \langle n, R \rangle$ Chomsky (2019a, b), Epstein, et al. (2016)

(24) $WS = [R, v, \dots]$ (LexiconにWSがあるのかどうかは議論の余地あり)

1. MERGE (v, R, WS):

$WS' = [\{v, R\}]$

2. FST (v^2, R):

$WS' = [\{v^2, R\}] = [\langle v, R \rangle]$

5. まとめ

- ・ FSQ と pair-MERGE: SMT (Determinacy-Learnability) の違反。
- ・ FST と ASA: SMT に違反せず統辞構造の非対称性を説明可能。
- ・ FST+ASA は FSQ と同様に非構造的シークエンス、等位構造、主要部移動、付加現象、語彙範疇化を説明可能。

参考文献

Borgonovo, Claudia & Ad Neeleman. 2000. Transparent adjuncts. *Canadian Journal of Linguistics* 45. 199–224.

Chomsky, Noam. 2019a. MIT lectures. [<http://whamit.mit.edu/2019/05/06/noam-chomskys-lectures-now-online/>]

Chomsky, Noam. 2019b. UCLA lectures. [<https://linguistics.ucla.edu/noam-chomsky/>]

Chomsky, Noam. 2020. Minimalism: where we are now, and where we are going. a talk given at the 161st meeting of the Linguistic Society of Japan.

[<https://www.youtube.com/watch?v=X4F9NSVVUw>]

Chomsky, Noam. 2021. Genuine explanations. a talk given at WCCFL 39.

[<https://www.youtube.com/watch?v=F6SbPKmVNVQ>]

Epstein, Samuel D., Hisatsugu Kitahara & T. Daniel Seely. 2016. Phase-cancellation by pair-Merge of heads. *The Linguistic Review* 33. 87–102. DOI: [10.1515/tlr-2015-0015](https://doi.org/10.1515/tlr-2015-0015).

Huang, C.-T. James. 1982. *Logical relations in Chinese and the theory of grammar*. Dissertation. MIT.

Ishii, Toru & Nobu Goto. 2021. Multiple nominative and Form Sequence.

[<https://ling.auf.net/lingbuzz/005931>]

Omune, Jun, Hisatsugu Kitahara, Masayuki Oishi & Masashi Nomura. 2020. Pair-Merge under MERGE. *JELS* 27. 270–271.

Oseki, Yohei. 2015. Eliminating pair-Merge. *WCCFL* 32. 303–312.