

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 4 月 28 日現在

機関番号：34419

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21720152

研究課題名（和文）文処理における依存関係の計算アルゴリズムとその習得過程の解明

研究課題名（英文）An investigation of the computational algorithm for dependency formation in human sentence processing and its learning processes

研究代表者

小野 創（ONO HAJIME）

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号：90510561

研究成果の概要（和文）：ある特定の要素が構造内に存在しないことを積極的に予測するために、人間の文処理メカニズムにどのようなアルゴリズムが備わっているのかを探った。Aggressively non-D-linked wh 疑問文という特定の wh 疑問文を用いて、文処理メカニズムの特質を、特に人間の作動記憶との関連という点から研究を進めた。また、英語の多重 wh 疑問文の処理に関わる緻密な処理の段階を調べた。逆方向への先行詞の探索が重要な役割を果たしていることを明らかにし、日本語の様な意味役割をもらう位置に登場する wh 句の処理とはやや異なる処理段階が含まれていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：This study aimed at investigating what kind of algorithm the human sentence processor is endowed with in order to predict the absence of a certain element. A particular type of Japanese wh-interrogative sentences, namely “aggressively non-D-linked wh-interrogative sentences”, played a crucial role in the study to investigate the properties of the human sentence processor, with particular relation to the working memory system. Also, detailed procedures were examined that are involved in processing English multiple wh-interrogative sentences. It was argued that backward search is crucially involved, and it was suggested that Japanese in situ wh-phrases are processed somewhat differently.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学・言語学

キーワード：心理言語学，日本語，文処理，文法的依存関係，Wh 疑問文，自己ペース読文課題，島の効果，イッタイ，

1. 研究開始当初の背景

1990年代後半から、言語知識とその運用の間に一線を画すそれまでの研究とは異なり、両者をより密接なものであると考えて、言語の統語的研究で明らかにされた原理や制約が言語処理においてどのように使用されているかを実験的に探ろうとする文処理研究が

盛んになってきた (Phillips, 1996 他)。そのなかでも文法的依存関係の文処理過程（例：空所と埋語の依存関係, Crain & Fodor, 1985）は、これまでの文処理研究で最も多く議論されてきたテーマではないだろうか。文法的依存関係を手がかりにして、これまでの先行研究で詳細に調べられてきた研究課題を要約す

ると、ある要素 a (被認可要素) の存在によって別の要素 b (認可要素) の登場が文法的に不可欠という状況で、文処理アルゴリズムが要素 a から要素 b の登場をどれだけ正確かつ効率的に予測するかを調査してきたとまとめることが出来る。

2. 研究の目的

本研究では心理言語学的実験に基づいて、(1) 要素 d が登場しないことを予測する様な文処理アルゴリズムが、そもそも備わっているのか、そうだとすると具体的にそれはどのような文処理アルゴリズムであるのか、(2) そのようなアルゴリズムはどう習得されるのかを明らかにするのが目的であった。

3. 研究の方法

Miyamoto & Takahashi (2002) や Aoshima, et al. (2004) 等の日本語 wh 依存関係の研究によって、文解析器が wh 句を文法的に可能な最も早い時点で認可する様な統語構造を構築することが明らかにされた。これらの研究の目的の1つは、入力された文法的依存関係を必要とする wh 疑問詞(被認可要素)が終助詞の「か」(認可要素)を予測する手がかりとしてどのように機能していたかを検討することであった。これらの研究を出発点とし、本研究では日本語の統語的依存関係の中で、被認可要素から統語的に近い位置に認可要素があえて登場する必要がない構造を材料とし、文解析器がそういった構造を一体どのように処理するのかを検証する。その処理過程を解明することで、より具体的な文処理アルゴリズムの姿を明らかにすることができると思われる。

4. 研究成果

本研究課題の中心になる成果として、以下の2つの論文に関してまとめる。これらの研究は、日本語の wh 句の処理に関してこれまでの先行研究から前進し、より緻密な処理のアルゴリズムを探る取り組みであった。(1) Ono & Sakai (2010) では、陳述の副詞「いったい」の統語的な制約を用いることで、wh 句の処理に関して多くの関連が指摘される作動記憶との対立を調査した。また、(2) Sprouse, Fukuda, Ono & Kluender (2011) では、英語の多重 wh 構文の性質を利用し、wh 句の処理にはどのような細分化された処理段階が含まれているのか、またそのような処理が言語によってどの様に異なるのかについて仮説を立てている。

(1) Ono & Sakai (2010).

人間の文解析機構の重要な性質の1つは漸増性である。つまり解析器は入力を少しずつ処理するということが知られている。また、

この解析機構は他の認知システムとのインターフェースを持ち、その1つ作動記憶は、解析器がどのように文を解析、また産出するかに大きな影響を与えられている。本研究では、文解析機構の漸増性と作動記憶の要求の関係を明らかにすることを目的とした。これまで多くの研究が漸増性と作動記憶の要求が一致する構造を対象に進められてきたのに対して、漸増性が作動記憶の要求と対立するケースについてはまだ詳しい研究が進んでいない。Kamide & Mitchell (1999) では解析器が漸増的に処理を進めた結果、全体としては作動記憶に負荷のかかる構造を構築してしまうことを示している。本研究では、類似する状況を生み出す可能性のある wh 依存関係に焦点を当て、漸増性の本質に迫ることを目的とした。特に、「いったい」を伴う疑問詞の処理を題材とし、文完成課題を用いた実験2つと自己ペース読文課題を用いた実験を1つ実施した。

陳述の副詞の一種である「いったい」は wh 句とともに文中に現れることが一般的である。「いったい」は wh 句に隣接することが多いが、以下の例文の様に節境界を越えて登場することも可能である (Huang & Ochi, 2004)。

(a) 太郎は花子がいったい何を買ったと思いましたか。

(b) いったい太郎は花子が何を買ったと思いましたか。

しかし、「いったい」の位置は無制限という訳ではなく、「いったい」は関係付けられている wh 句を認可する終助詞「か」に c-統御される位置に登場しなければならない。例文 (b) では「いったい」は主節の「か」によって c-統御され、認可されているが、以下の例文 (c) では「いったい」は埋め込み節の「か」によって c-統御されることが出来ず、非文になっている。

(c) *いったい太郎は花子が何を買ったか知っています。

このような文頭に置かれた「いったい」を含む wh 疑問文はどのように処理されるのだろうか。次の様な文を途中まで処理したと仮定しよう。

(d) いったい太郎は花子が何を。。

上で見た様な「いったい」の制約が漸増的に用いられたとすると、文解析器は埋め込み節の存在を認識しながらも主節に認可要素の「か」を仮定すると考えられる。しかし、このような処理は、wh 句を認可するのに最も早い時点で「か」を予測するという wh 句の処理の一般的な選好性と対立する (Miyamoto & Takahashi, 2002)。もちろん、論理的な可能性として、文解析器は埋め込み節に「か」を予測することは可能である。しかし、その場合は、主節に「いったい」と関係付けられる

別の wh 句の存在を仮定し、「いったい」とその新たな wh 句を認可する「か」を主節に仮定する必要がある。このような処理は非常に負荷が高いと考えられる。

実験 1 (文完成課題) では、文頭に置かれた「いったい」が埋め込み節の疑問詞の認可にどう影響するかを調査した。他の条件と比較して、「いったい」の条件では Miyamoto & Takahashi (2002) 等の多くの先行研究で観察されている wh 疑問文の選好性が幾分弱まるという効果が観察されたが、その効果は弱いものだった。つまり、例文(d)のような刺激に対しては、埋め込み節に「か」が登場する様な完成形が多かった。さらに、そのような場合で、主節に「か」が置かれることはあまり多くなかった。

実験 2 (文完成課題) でも同様の観察が得られた。実験 3 (自己ペース読文課題) では、上で述べた選好性をリアルタイムで観察することを目的としたが、「いったい」の効果は観察されなかった。これらの結果から、作動記憶の要求が非常に強力であり、総合的な処理負荷の計算がされていないことが示唆された。今後の課題としては、「いったい」のように談話上の機能が通常の疑問文とはやや異なる要素であることを考慮にいれ、談話情報を統制しながら実験計画をたてること、またどの程度の作動記憶の負荷が生じる際にこのような wh 句の処理が阻害されてしまうのかを検討する必要があると思われる。

(2) Sprouse, Fukuda, Ono & Kluender. (2011).

この論文は、あまりこれまで検討されてこなかった英語の多重 wh 疑問文の統語的性質を調査した実験結果 (適格性判断課題) を報告した。ここでの実験は心理学における因子計画法 (factorial design) を使用し、いわゆる「島の制約」を複数の要因に分解した上で、ME 法 (精神物理学的測定法, magnitude estimation) を用いて被験者の評価を分析した。通常「島の制約」とは、ある特定の構造から wh 句を長距離移動させた場合に観察されるものであり、「分解した」というのは、その環境を「特定の構造」の有無 (例; 補文標識に whether を使うか, that を使うか) と wh 句の長距離移動の有無 (例; 埋め込み節の目的語が wh 句, もしくは主節の主語が wh 句) の 2 つの要因に分解したということである。つまり、島の制約はその 2 つの要因の 4 つの組み合わせの可能性のうちの 1 つで観察されるという予測が成り立つ。

複数の島の制約に関わる構造を検証したが、whether と付加詞の島を多重 wh 疑問文で調べたところ「逆の島の効果」という意外な結果が観察された。これは、(例えば whether の島の場合) 主節の主語が wh 句の単純疑問文の場合に埋め込み節の構造が that の条件と

whether の条件の間に観察された容認性の差 (つまり構造の複雑性の効果) が、多重 wh 疑問文の場合 (主節の主語に加えて、埋め込み節にも wh 句が存在する条件) に観察された両条件の差よりも大きかった。言い換えると、「島の構造」という要因の影響は多重 wh 疑問文の時には非常に小さかったということになる。一方、主語の島、また複合名詞句の島の場合はそのような結果は得られなかった。

このような一見予期できない結果は、実時間上で英語の多重 wh 疑問文を処理する際の文処理過程を考慮に入れると適正に分析できると主張した。特に、英語の多重 wh 疑問文の処理には、逆方向への先行詞の探索 (backward search) が要求されていることを提案した。英語の多重 wh 疑問文では、2 つ目の wh 句が登場した場合、その wh 句は意味役割が認可される位置に置かれ (in situ wh 句), その wh 句のスコープの認可のためには、その wh 句に先行する (i.e., 高い位置に登場している) Spec CP に別の wh 句が存在している必要がある。一般的に、wh 疑問文が処理される際にはそれが多重 wh 疑問文であることを期待しているとは考えにくいので、2 つ目の wh 句が登場して初めてその認可要素を探索する処理が開始されると考える。そのため Spec CP に存在する先行している wh 句を逆方向に (文頭に向けて) 探索していく必要があるという仮説を立てた。

この仮説を用いると英語の wh 島の構造と付加詞の島の構造の場合に逆の島の効果が見られたのかを説明することが出来る。逆方向への探索が行われると仮定し、またこの探索はなるべく近くに認可してくれる先行詞が存在することを期待している (通常の Active filler strategy の様に) と仮定すると、最も近い Spec CP 要素は whether (wh の島の構造), または if (付加詞の島の構造) である。これらの要素は、多重 wh 疑問文の 2 つ目の wh 句を認可できる要素ではないが、本来の認可要素の wh 句と共通の素性を持つ。[+wh] という素性ではないが、[+Q] という素性を持つためにこれらの構造では、文処理メカニズムが一時的に処理が完結してしまったと勘違いすることが予測できる。これは、近年幾つかの報告がある “good enough” の処理と呼ばれるものの一種である可能性がある。いずれにせよ、wh の島の構造や付加詞の島の構造には、このような処理のワナがあり、それが逆の島の効果という結果につながっていると考えることが出来る。

またこの仮説の検証として、日本語の結果も報告した。日本語は英語と異なり、wh 句は意味役割が認可される位置に置かれ、認可要素の「か」の位置によってその wh 句のスコープが決まるという言語である。英語の多

重 wh 疑問文中の 2 つ目の wh 句の場合と異なり、認可要素の探索は順方向（左から右）であることから、英語の実験に見られた様な逆の島の効果は観察されないという予測になる。実際に、日本語の wh 島を含む刺激では逆の島の効果は観察されず、英語の多重 wh 疑問文では逆方向への先行詞の探索が行われていることが示唆された。

この研究成果は、日本語や英語の wh 句がどのように処理されているのかという研究課題に基づき、英語の多重 wh 疑問文を用いて言語処理のアルゴリズムを検討したものである。これにより、英語の一種の wh 句の処理に逆方向への先行詞の探索が行われていることが示唆され、このような処理は日本語にも当てはまるかどうか（またどうした場合にそれが行われるのか）が今後の課題として残された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 10 件）

- ① Sprouse, Jon, Shin Fukuda, Hajime Ono & Robert Kluender. (2011). Reverse island effects and the backward search for a licenser in multiple wh-questions. *Syntax*, 14:2, pp.179–203. 査読有.
- ② Deng, Ying, Hajime Ono & Hiromu Sakai. (2011). Grammatical encoding in the production of passive sentence: Evidence from structural priming effects in Japanese. In *Proceedings of the Twelfth Tokyo Conference on Psycholinguistics*, ed. by Yukio Otsu. pp.71–92. Hituzi Syobo. 査読有.
- ③ Kahraman, Barış, Atsushi Sato, Hajime Ono & Hiromu Sakai. (2011). Incremental processing of gap-filler dependencies: Evidence from the processing of subject and object clefts in Japanese. In *Proceedings of the Twelfth Tokyo Conference on Psycholinguistics*, ed. by Yukio Otsu. pp.133–147. Hituzi Syobo. 査読有.
- ④ トウエン, 小野創, 酒井弘. (2011). 日本語の文産出における文法的役割の付与と語順の決定 – 統語的プライミング効果を用いた絵描写課題による検討. 信学技報（電子情報通信学会技術研究報告 TL2011）, vol. 111, pp.25–30. 電子情報通信学会. 査読無.
- ⑤ 龍盛艶, 小野創, 酒井弘. (2010). 文理解の過程における事象タイプの認知--日本語のアスペクト情報処理を手がかりに. 『認知科学』, 17:2, pp.313–331. 査読有.

⑥ 小野創, 酒井弘. (2010). 副詞イッタイを伴う Wh 疑問文の処理と文脈の効果. 『日本語学会第 141 回大会予稿集』, pp.206–211. 日本語学会. 査読有.

⑦ Ono, Hajime. (2010). Review of Hornstein's A Theory of Syntax: Minimal Operations and Universal Grammar. *English Linguistics*, 27:2, pp.516–527. 査読有.

⑧ Ono, Hajime & Hiromu Sakai. (2010). Locality and incrementality in the human linguistic computation: A view from processing of the aggressively non-D-linked wh-phrases in Japanese. *Proceedings of the Thirty-Fourth Meeting of The Kansai Linguistic Society*. pp.180–191. 査読有.

⑨ Kahraman, Barış, Atsushi Sato, Hajime Ono, & Hiromu Sakai. (2010). Relative clauses processing before the head noun: evidence for strong forward prediction in Turkish. In *Proceedings of the 6th Workshop on Altaic Formal Linguistics (WAFL6)*. eds. by H. Maezawa & A. Yokogoshi. MIT Working Papers in Linguistics 61. pp.155–170. Cambridge, MA: MIT Press. 査読有.

⑩ Sato, Atsushi, Barış Kahraman, Hajime Ono & Hiromu Sakai. (2010). Expectation driven by case-markers: Its effect in Japanese relative clause processing. In *Proceedings of the 10th Tokyo Conference on Psycholinguistics*, ed. by Yukio Otsu. pp.215–237. Hituzi Syobo. 査読有.

〔学会発表〕（計 6 件）

- ① 小野創. これまでの日本語文処理研究の概要：構文と実験手法. 第 1 回コーパス日本語学ワークショップ シンポジウム『コーパスアノテーションと心理言語学』招待講演. 国立国語研究所, 東京. 2012 年 3 月 6 日.
- ② Deng, Ying, Hajime Ono & Hiromu Sakai. Grammatical function assignment and word order determination in grammatical encoding level: Evidence from structural priming effects in Japanese sentence production. *Architectures and Mechanisms for Language Processing 2011*. Descartes University, Paris. September 2, 2011.
- ③ 小野創. ことばの実験研究の実際—関西における心理言語学研究の萌芽に向けて—. 関西言語学会 (第 36 回大会). 大阪府立大学, 大阪. 2011 年 6 月 11 日.

④Deng, Ying, Hajime Ono & Hiromu Sakai. Grammatical encoding in the production of passive sentence: Evidence from structural priming effects in Japanese. The Twelfth Tokyo Conference on Psycholinguistics, Keio University, Tokyo. March 12, 2011.

⑤小野創, 酒井弘. 副詞イッタイを伴う Wh 疑問文の処理と文脈の効果. 日本語学会 第 141 回大会, 東北大学, 仙台. 2010 年 11 月 27 日.

⑥Deng, Ying, Kanako Ono, Hajime Ono & Hiromu Sakai. The time course of animacy and word order effects on sentence production: An eye-tracking study on Japanese existential sentences. Poster presented at the 7th International Conference on Cognitive Science, Beijing, China. August, 2010.

⑦Long, Shengyan, Ying Deng, Hajime Ono, Hiroshi Nittono & Hiromu Sakai. Real-time computation for semantic composition of events: An ERP study on aspectual coercion in Japanese. The Sixth International Workshop on Theoretical East Asian Linguistics, 2010, August 15, Beijing University, Beijing, China.

⑧龍盛艶, 中石ゆうこ, 小野創, 酒井弘. 第二言語における文処理に動詞のアスペクト情報が及ぼす影響—中国語を母語とする日本語学習者を対象として—. 言語科学会 (第 11 回年次国際大会) JSLs 2009. 東京電機大学, 埼玉. 2009 年 7 月 4 日.

⑨Ono, Hajime & Hiromu Sakai. Locality and incrementality in the human linguistic computation: A view from processing of the aggressively non-D-linked wh-phrases in Japanese. 関西言語学会 (第 34 回大会). 招待講演. 神戸松蔭女子学院大学, 神戸. 2009 年 6 月 6 日.

⑩Deng, Ying, Hajime Ono, Katsuo Tamaoka, Yayoi Miyaoka & Hiromu Sakai. Does structural priming override conceptual constraints? A case of passive sentence production in Japanese. Poster presented at the 22nd Annual CUNY Conference on Human Sentence Processing, University of California, Davis. March, 2009.

[図書] (計 1 件)

①小野創. (2010). 『心のなかの言葉--心内辞書への招待』 (18 章~21 章の翻訳を担当)

J. エイチソン(著). 宮谷真人・酒井弘(監訳). 培風館.

[その他]

研究室ホームページ

<https://sites.google.com/site/hajimeonoling/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野 創 (ONO HAJIME)

近畿大学・理工学部・准教授

研究者番号 : 90510561

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし