

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 3 月 31 日現在

機関番号：34506

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21320083

研究課題名（和文）作業記憶と文処理アーキテクチャの実証的研究：構造的複雑性と構造的頻度の観点から

研究課題名（英文）A study of working memory and processing architecture in sentence comprehension: From a perspective of structural complexity and structural frequency

研究代表者

中谷 健太郎（NAKATANI Kentaro）

甲南大学・文学部・教授

研究者番号：80388751

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、日本語話者による漸増的文処理（文が終わるのを待たず入力をどんどん処理していくこと）において、作業記憶への負荷となる条件を読文の速度や脳波を測定することにより検証し、「シカ...ナイ」や「誰ガ...シタカ」といった文法依存関係の処理において、通常の主語述語関係の処理には見られない種類の反応を発見した。これは前者の処理が後者の処理とは異なる記憶のスレッドを利用していることを示唆している。

研究成果の概要（英文）：The present study examined the incremental processing by Japanese native speakers through self-paced reading experiments and event-related potential experiments, in order to address the issue of what kind of structural conditions are costly in utilizing working memory resources. We focused on the processing of syntactic dependencies such as the negative polarity relation (*sika ... nai*) and the *wh*-questions, and found that the processing of these relations showed different patterns from the processing of more basic, thematic relations, indicating that the former may utilize a different memory thread than the latter.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
年度			
年度			
総計	10,600,000	3,180,000	13,780,000

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、文理解、日本語学、文処理における距離の効果、否定対極表現、作業記憶、疑問文の処理、文法依存関係

1. 研究開始当初の背景

先行研究において、漸増的処理がどのような条件下で作業記憶の負荷になるのかについては諸説あり、未解決の問題が多く残されている。一つの考え方として、文の構造の複雑

性が作業記憶に負荷を与えるという仮説が先行研究で提唱されている。例えば、英語において中央埋め込み文は右枝分かれ文より処理が難しいことが知られている(Yngve, 1960; Chomsky & Miller, 1963 など)が、こ

れは前者の方が構造的に複雑だからだと考えることが可能である。

構造的複雑性をどう定量化するかについては諸説あるが、例えば Gibson (2000) の「依存の局所性理論」によれば、ある語 $w1$ とある語 $w2$ が文法関係を確立するとき、その処理の負荷（の一部）は $w1$ と $w2$ の線形的距離に比例する。中央埋め込み構造の方が右枝分かれ構造より処理のコストが高いのは、後者と比較して前者においては動詞と項の距離が遠いからである。

文の「意味」を構成する「事象」の意味論の中心には動詞があると考えられるが、そのため、これまでの先行研究での「構造的複雑性」の理論では、しばしば動詞の処理が大きな役割を担ってきた (Pritchett, 1988; Gorrell, 1995; Gibson, 1991, 1998, 2000; Lewis & Vasishth, 2005)。一方、「構造的頻度」の理論においては、「文法関係における動詞の役割」といった構造的因子は仮定されていない。これまでの先行研究では、動詞が文中の早い段階で現れる SVO 言語の研究が中心であったため、2つの理論の予測に大きな違いがない場合が多かったが、日本語のように、すべての項が現れた後にやっと動詞が登場する SOV 言語では、2つの理論の予測が大きく異なるケースが見られ、2つの理論を分かつのに、日英対照研究が非常に大きな役割を果たすと考えられる。

もう1つの大きな問題としては先行研究では、SOV 言語において動詞の構造的複雑性の効果は観察されないことが多いということである (Konieczny & Doring, 2003; Nakatani & Gibson, 2008; Vasishth & Lewis, 2006)。これは Levy (2008) などの提唱する構造的頻度に基づく蓋然性の要因によってうまく説明ができる。Levy などの意外性 (Surprisal) の理論においては、後続する語の意外性が下がるほど処理負荷が提言すると仮定されるが、SOV 言語において動詞以前に項が出そろった状態では、動詞の意外性が小さいと考えられ、構造的複雑性の効果が出ないことの説明となる。

しかしこれらの研究の多くは述語と項/付加詞の間の処理に関するものであり、演算子が絡む処理では異なる結果が出る可能性がある。

2. 研究の目的

本研究の目標は構造的頻度ベースの蓋然性の因子 (Levy 2008) を制御した条件下で構造の複雑性が作業記憶へ負荷を与える条件を検証することにより文処理アーキテクチャを明らかにすることにある。特に、構造の複雑性の因子が頻度の因子に還元できるのかを批判的に検証する。

例えば以下の材料文には「しか」という、

否定辞を要求する否定対極表現が用いられている。この2文はまったく同じ語で構成された同じ文であるが、「しか」を含む文節の位置のみが異なっている。

- a. 機長しか/ スチュワーデスが/ 未確認情報を/ もらしたと/ 報告しなかった
- b. スチュワーデスが/ 未確認情報を/ もらしたと/ 機長しか/ 報告しなかった

ここでポイントとなるのは、第4文節までの漸増的処理において、順序は異なるものの、入力として与えられた語に差がないということである。よって、第5文節以降がどう続くかについての期待はほぼ同じであると予想される。つまり、「否定辞を含む述語」を期待するという点で両者は同じということになり、第5文節の「報告しなかった」の「意外性」も同程度であり、蓋然性の理論からは処理負荷に差がないことが予測できる。一方、語順の違いにより、文法的に密接に関係する「報告しなかった」と「機長しか」との線形距離が両文で異なる。もし「構造の複雑性」が処理の負荷に影響を及ぼすならば、(作業記憶内情報の減衰などの理由により) 距離が長い前者の方が局所的な後者よりも第5文節において処理の負荷がかかると予測される。このような効果が発見されるかが1つの試金石となる。

さらに、SOV 言語の主述関係の処理において発見されていない依存関係の局所性の効果がもし上記のようなケースで発見されれば、演算子処理が主述関係処理とは異なる種類の処理であることが示唆され、文処理における記憶資源の利用の実際を解明する一つの手がかりとなる。

同様の目的で「誰ガ...シタカ」という疑問文の依存関係の処理も検証した。

3. 研究の方法

本研究では、実験方法としては、行動指標実験として自己制御読文法 (Self-paced reading) に加え、電気整理指標実験として、EEG (脳波) 計測技術を用いた事象関連電位 (ERP) 実験を執り行った。SOV 言語を対象とした先行研究では、少なくとも行動指標実験においては主語と動詞の距離の効果は観られないという報告が多い (Konieczny & Doring, 2003; Vasishth & Lewis, 2006; Nakatani & Gibson, 2008) が、行動指標で観測できない生理反応が、EEG/MEG 計測実験により観察されるかを検証した。特に、言語活動における「文法情報の記憶保持」の脳活動を、事象関連電位のひとつである随伴性運動準備変動 (CNV) の計測・観察により定量化できるかを検証した。

4. 研究成果

自己ペース読み実験において、疑問名詞句

「誰が」に対応する疑問終助詞「か」の処理が距離要因の影響下にあることが発見され、疑問詞処理のような演算子が絡む処理が通常の項・述語処理とは異なる可能性が示唆された。さらに、Miyamoto & Takahashi (2002)などの先行研究で報告されているタイプ不一致の効果が逆方向に観察された。これは疑問助詞「カ」の処理負荷が距離要因により増大し、補文標識「ト」のタイプ不一致による負荷をはるかに超えてしまったため起こったのではないかと考えられる。「カ/ト」の処理負荷は、タイプ不一致処理の処理負荷(ト>カ)と疑問助詞自体の処理負荷(カ>ト)の差異として計測されるので、前者の負荷を軽減すれば後者の効果が顕在化すると予測される。

そこで、M&Tらの材料に近い、よりシンプルな実験材料をもって自己制御読み実験を行ったところ、先行研究と同様のタイプ不一致効果が有意に観察できた。よって、「カ/ト」の処理で先行研究において観察されたタイプ不一致効果は、実際にはタイプ不一致効果と「カ」処理負荷の差異であるという仮説が支持された。

さらに一番目の疑問文実験の材料の疑問詞を「誰ガ」から「ドノ NP ガ」に変更して自己ペース読文実験を行ったところ、「誰」と比べ「ドノ」では距離効果が弱く、タイプ不一致効果が強かった。これは、D-linked (Pesetsky, 1987)であるドノ句が作業記憶においてWh句よりも強く活性化している可能性を示唆する。

また、自己ペース読文法を用いて「シカナイ」構文の距離効果の追試実験および距離を構成する要素の「構造」の効果を検証する実験が行われた。シカナイの距離効果が再現された他、ガ...ナイ構文でも距離の効果が見られたが、より詳細な検証が必要である。

電気生理学的実験では、文処理時に作動する作業記憶に関わる脳内現象として事象関連電位に着目し、文脈認知時に作動する作業記憶の脳内現象を反映していると考えられる随伴性陰性変動(CNV)を計測し評価・分析を行った。「...シカ...ナイ」、「...ハ...デアル(デナイ)」、「...ダケガ...デアル(デナイ)」の比較・分析では、「...ハ...デアル(デナイ)」、「...ダケガ...デアル(デナイ)」、「...シカ...ナイ」の順に随伴性陰性変動が大きいことが明らかになった。このことは、Levy (2008)などの蓋然性に基づく作業記憶配分の理論の予測とは逆に、「...シカ...ナイ」のように主語と述語の否定形に義務的な共起関係がある構文(つまり蓋然性が非常に高い構文)ではその他のものより作業記憶の配分が少ない可能性を示唆する。

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 15 件)

[1] Hajime Kataoka and Kentaro Nakatani. "The Effects of a Pragmatic Factor in the Processing of Japanese Benefactive Constructions." JELS 29, pp.246-252, 2012. 査読有

[2] Sprouse, Jon, Shin Fukuda, Hajime Ono & Robert Kluender. "Reverse island effects and the backward search for a licenser in multiple wh-questions." Syntax 14, pp.179-203, 2011. 査読有
DOI: 10.1111/j.1467-9612.2011.00153.x

[3] Baris Kahraman, Atsushi Sato, Hajime Ono & Hiromu Sakai. "Incremental processing of gap-filler dependencies: Evidence from the processing of subject and object clefts in Japanese." Proceedings of the Twelfth Tokyo Conference on Psycholinguistics, pp.133-147. 2011. 査読有

[4] Ono, Hajime & Kentaro Nakatani. "Integration of wh-phrases and predicates in Japanese sentence processing." 信学技報 (電子情報通信学会技術研究報告 TL2010) 110, pp.99-104, 2010. 査読無

[5] 前田多章. 「格助詞処理脳活動 - 脳磁計による大脳皮質における責任部位の同定 -」甲南大学知能情報学部紀要 3-1, pp.23-29, 2010. 査読無

[6] 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」日本言語学会第 141 回大会予稿集, pp.206-211, 2010. 査読有

[7] Ono, 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." Proceedings of the Thirty-Fourth Meeting of The Kansai Linguistic Society, pp.180-191, 2010. 査読有

[8] Nakatani, Kentaro and Gibson, Edward. "An On-Line Study of Japanese Nesting Complexity." Cognitive Science 34, pp.94-112, 2010. 査読有
DOI: 10.1111/j.1551-6709.2009.01067.x

[9] Sato, Atsushi, Kahraman, Baris, Ono, Hajime & Sakai, Hiromu. "Expectation driven by case-markers: Its effect in Japanese relative clause processing." Proceedings of the 10th Tokyo Conference on Psycholinguistics, pp.215-237, 2009. 査読有

[10] 前田多章. 「経穴に対する経皮的電気刺激による痛効果 -多チャンネル脳波計による責任部位の同定-」 甲南大学紀要知能情報学編 2(2), pp.197-202, 2009. 査読無

〔学会発表〕(計 13 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) 2012 年 3 月 6 日, 国立国語研究所 (東京)

[2] Kahraman, Baris, Atsushi Sato, Hajime Ono, & Hiromu Sakai. "Why object clefts are easier to process than subject clefts in Japanese: Frequency or expectation?" Mental Architecture for Processing and Learning of Language 2011, 2011 年 8 月 6 日, 広島大学 (広島)

[3] 小野創・中谷健太郎・中野陽子. 「ことばの実験研究の実際—関西における心理言語学研究的の萌芽に向けて—」 関西言語学会 (第 36 回大会), 2011 年 6 月 11 日, 大阪府立大学 (大阪)

[4] Ono, Hajime & Kentaro Nakatani. "Distance effects with Japanese Wh-phrases." The 24th Annual CUNY Conference on Human Sentence Processing, 2011 年 3 月 24 日, スタンフォード大学 (アメリカ)

[5] Deng, 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, 2011 年 3 月 12 日, 慶応大学 (東京)

[6] 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」 日本言語学会第 141 回大会, 2010 年 11 月 28 日, 東北大学 (宮城)

[7] Ono, Hajime & Kentaro Nakatani. "Integration of wh-phrases and predicates

in Japanese sentence processing." Mental Architecture for Processing and Learning of Language 2010, 2010 年 8 月 6 日, 機械振興会館 (東京)

[8] 酒井弘, 小野創, 龍盛艶, トウエン, 入野野宏. 「日本語における語順交替処理のタイムコース -- 可逆文を用いた事象関連電位計測研究.」 思考と言語研究会/電子情報通信学会, 2010 年 8 月 5 日, 機械振興会館 (東京)

[9] 中谷健太郎, 小野創. 「日本語疑問詞のオンライン処理にみる距離の効果について」 甲南英文学会 第 26 回大会, 2010 年 7 月 3 日, 甲南大学 (兵庫)

[10] 中谷健太郎. 「日本語否定対極表現のオンライン処理にみる分断の効果」 甲南英文学会 第 25 回大会, 2009 年 6 月 27 日, 甲南大学 (兵庫)

[11] 小野創、酒井弘 "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, 2009 年 6 月 6 日, 神戸松蔭女子学院大学 (兵庫)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ
<http://www.konan-u.ac.jp/~nakatani/kcp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中谷 健太郎 (NAKATANI Kentaro)
甲南大学・文学部・教授
研究者番号：80388751

(2) 研究分担者

前田 多章 (MAEDA Kazuaki)
甲南大学・知能情報学部・准教授
研究者番号：90319830

小野 創 (ONO Hajime)
近畿大学・理工学部・講師
研究者番号：90510561

(3) 連携研究者

無し