

要旨

本研究は、日本語の *wh* 疑問文における「文法性の錯覚」の生起メカニズムを解明することで、オンラインの文理解における文解析器 (parser) と文法 (grammar) との関係性を検討する。文法性の錯覚とは、文法的には許されない非文法的な文であるにもかかわらず、母語話者がそれを産出してしまったり、文理解においてその非文法性に気づけなかったりするという現象である。一見すると、このような文処理上のエラーは、文解析器と文法との乖離を示しているように思われる。しかし、本研究は文法性の錯覚を引き起こす認知メカニズムを詳細に検討することで、それが文法と独立に生じる現象ではなく、むしろ文法に制限された限られた条件でのみ生じる現象であることを示す。つまり、文法性の錯覚は文解析器と文法との密接な関係性を示していると主張する。

1. 背景

文解析器と文法との関係性は、言語学における長年の争点である (Chomsky 1965)。心理言語学では、文解析器と文法を2つの異なる認知システムと捉える仮説 (「独立仮説」: Townsend and Bever 2001) と、それらを1つの同じ認知システムと捉える仮説 (「同一仮説」: Lewis and Phillips 2015) が存在する。この問題を念頭に、多くの先行研究は、オンラインの文理解がどれほど文法に忠実な形で実行されているかに焦点を当ててきた。それらの研究では、母語の文理解は文法を遵守して行なわれることが多いことが示されてきた (Phillips 2006)。一方で、母語の文理解においても、文法に一致しない処理が観察される場合もある。その一例が「文法性の錯覚」と呼ばれる現象である (Phillips et al. 2011)。例えば、(1a) のような英語の非文法的な文については、どちらも主語と動詞の数が一致していないにもかかわらず、容認性判断課題において (1a) の方が (1b) よりも容認度が高くなる (Wagers et al. 2009)。

(1) a. *The key [+SUBJ] [-PL] [to the cabinets [-SUBJ] [+PL]] are [+SUBJ] [+PL] on the table.

b. *The key [+SUBJ] [-PL] [to the cabinet [-SUBJ] [-PL]] are [+SUBJ] [+PL] on the table.

(1a) の文はいずれも、動詞 *are* が持つ2つの素性 [+SUBJ][+PL] 両方に合致する素性を持つ名詞句が存在しないため非文法的である。つまり、文法理論は (1a) と (1b) の間に容認度の差は予測しない。よって、(1a) と (1b) の容認度の差 (文法性の錯覚) は文処理の観点から説明されるべきであると考えられる。先行研究は、(1a) において、構造的に無関係な位置にある複数の名詞句 *cabinets* [+PL] が、作業記憶内での探索・想起 (retrieval) 処理で錯覚的な数の一致を引き起こすことで、このような文法性の錯覚が生じるという仮説を提案している (Lewis and Vasishth 2005, Wagers et al. 2009)。しかし、そのような記憶処理に起因する錯覚的依存関係の形成が、文法とは独立にいつでも生じうるのか、それとも文法による制限が働いているのかという問題については議論がある。

Lewis and Vasishth (2005) では、文理解における依存関係の形成が、常に、文法とは独立した作業記憶内での探索・想起処理によって実現されると考えられている。この仮説に従えば、依存関係の一端を

担う要素（例：動詞 *are*）が入力された時点で、それが持つ素性（例：[+SUBJ][+PL]）に合致する要素を作業記憶内で探索する処理が生じる。その際、(1a) では動詞の数素性[+PL]に合致する要素 *cabinets* [+PL] が想起されるため錯覚的依存関係が形成される。文法からは独立した一般的認知システムである記憶システムが常に文解析を担うと仮定されている点で、この仮説は、文解析器と文法が異なるシステムであるとする「独立仮説」に整合する。

一方 Wagers et al. (2009) では、文法に基づいて生成される予測に反して非文法的な要素が入力された場合に限り、文法からは独立した記憶システムが働き、それにより錯覚的な依存関係が形成されると考えられている。(1) では、単数の主語名詞句 *key* [-PL] が単数の動詞を予測する。しかし、実際に入力されるのは複数の動詞 *are* [+PL] であり、これは予測と一致しない非文法的な入力である。つまり、この時点で文法を遵守した文解析が破綻する。文法的な文解析が破綻したことにより、文法から独立した記憶処理が作動し、錯覚的な依存関係が形成される。予測に反する非文法的な要素が入力されるまでは、文法に忠実な文解析が行われるという点で、この仮説は、文法と文解析器が同一のシステムであるとする「同一仮説」に整合する。

ただ、ここで問題となるのが、(1) の英語の文では、依存関係の一端を担う要素が入力される位置と、依存関係に関する予測と実際の入力との不一致が判明する位置が、どちらも同じ動詞位置であるため、上記2つの仮説の妥当性を検証できないという点である。そこで、本研究は、日本語の *wh* 疑問文における文法性の錯覚を用いて、文解析器と文法の関係性に関して「独立仮説」と「同一仮説」のどちらが妥当であるかを検証する。

2. 本研究

日本語において、疑問の *wh* 句は疑問助詞（例：「か」や「の」）に c-統御されなければならない (Harada 1972)。そのため、主節に疑問の *wh* 句「どの生徒」を持つ (2), (3ab) は主節の補文標識 (C) 位置に疑問助詞が必要である。(2) は主節に疑問助詞「の」があるため文法的だが、(3ab) はともに主節に疑問助詞がないため非文法的である (Saito 1985)。(3a) には埋込節に疑問助詞「か」があるが、これは主節の *wh* 句を認可できない構造的に無関係な位置にあるため、文法的な依存関係は形成できない。

(2) どの生徒が [先生が教室でマンガを読んでいたと] 教頭に言ったの？

(3) a. *どの生徒が [先生が教室でマンガを読んでいたか] 教頭に言った。

b. *どの生徒が [先生が教室でマンガを読んでいたと] 教頭に言った。

Minemi and Hirose (2019) では時間制限付きの容認性判断課題を用いて (3) の容認性が調査された。その結果、(3a) の方が (3b) よりも容認度が高かった。この結果は、(3a) において、構造的に無関係な埋込節にある疑問助詞「か」の存在によって、主節の疑問 *wh* 句が錯覚的に認可されたことで、文法性の錯覚が生じていることを示している。

しかし、容認性判断課題の結果だけでは、どのタイミングで *wh* 句の錯覚的な依存関係の形成が行なわれたかを検証できない。つまり、「独立仮説」の予測通り、埋込節に依存関係の一端を担う疑問助詞「か」が入力された時点で錯覚的依存関係が形成されたのか、それとも「同一仮説」の予測通り、主節 C 位置に、*wh* 句に基づいて予測された疑問助詞が入力されなかったことにより非文法性が判明した時点で錯覚的依存関係が形成されたのかを区別できない。文理解の観点からすると、主節に *wh* 句が入力

2.2. 結果予測

もし「独立仮説」が正しければ、文法性に関係なく依存関係の一端を担う要素が入力された時点で記憶処理が働くため、R5「読んでいたか・と」において、*wh* 句を含まない (4c), (4d) の方がそれぞれ *wh* 句を含む (4a), (4b) より読み時間 (RT) が長くなると予測される (統計的には *wh* 要因の効果)。まず全条件において、埋込節 R5 の[-MATRIX]素性が作業記憶内での 1 つ目の探索手がかりとなる。その際、[-MATRIX]素性を持つ埋込節非 *wh* 主語「先生」が想起対象となる。加えて、(4ac) では、R5 が疑問助詞「か」を含む「読んでいたか」であるため、それが持つ[+Q]素性が 2 つ目の探索手がかりとなり、(4a) では[+Q]素性を持つ主節 *wh* 主語「どの生徒」も想起対象となる。この時 (4a) では、[-MATRIX]素性に一致する非 *wh* 句「先生」と[+Q]素性に一致する *wh* 句「どの生徒」という異なる 2 種類の探索が同時に生じることによる競争処理 (race process: Raab 1962) が、探索処理を促進させる (促進干渉: *facilitatory interference*)。しかし、(4c) では 2 つ目の探索手がかりである[+Q]素性を持つ要素が作業記憶内に存在しないため探索処理が失敗に終わる。よって、(4c) の方が (4a) よりも RT が長くなると予測される。

一方 (4bd) では、R5 が疑問助詞を含まない「読んでいたと」であるため、[-Q]素性が 2 つ目の探索手がかりとなる。(4bd) とともに、埋込節主語の「先生」が[-Q]素性を持つため、まず「先生」がその想起対象となる。加えて (4d) では、主節主語の「その生徒」も[-Q]素性を持っており、こちらも同時に想起対象となる。(4d) では、同じ[-Q]素性に対する想起対象が複数働くことによって、探索処理の競合 (*cue overload*) が生じ、それが探索処理を抑制する (抑制干渉: *inhibitory interference*)。よって、(4d) の方が (4b) よりも RT が長くなると予測される。つまり、「独立仮説」が正しければ、R5 において *wh* 句を含まない (4bd) の方が *wh* 句を含む (4ac) よりも RT が長くなると予測される。

他方、もし「同一仮説」が正しければ、非文法性が判明するまで記憶処理が働かないため、R5「読んでいたか・と」ではなく、R7「言った。」で RT 差が観察されると予測される。なぜなら、予測に反する非文法的な要素が入力されるのは、埋込節 C 位置 (R5) ではなく主節 C 位置 (R7) だからである。主節に *wh* 句を含む (4ab) の主節 C 位置に疑問助詞がないことは、予測に反した非文法的な入力であるため、これが引き金となって文法に従わない錯覚的な依存関係の形成が引き起こされると考えられる²。この場合、R7 において、(4b) の方が (4a) よりも RT が長くなると予測されるが、(4cd) にはそのような RT 差は予測されない (統計的には *wh* 要因と C 要因の交互作用)。

(4ab) では予測に反して非文法的な「言った。」が入力されるが、*wh* 句が疑問助詞を必要とすることには変わりはない。そのため、主節の *wh* 句「どの生徒」が持つ素性が探索手がかりとなって、作業記憶内での探索処理が始まると考えられる。その際、(4a) においては、主節の *wh* 句が持つ[+Q]素性に対して疑問助詞を含む埋込節の「読んでいたか」が、[+MATRIX]素性に対しては空の C を含む主節の「言った。」が想起対象となる。よって、異なる 2 種類の探索による競争処理が生じ、探索処理が促進される (促進干渉)。(4b) でも同様に *wh* 句の素性を手掛かりとした探索処理が生じるが、こちらでは作業記

² 本研究では、単に予測に反する要素が入力されるだけでなく、予測に反した“非文法的な要素”が入力されることが、錯覚的依存関係形成の引き金になると考える。つまり、埋込節の非 *wh* 主語「先生」に基づいて埋込節 C が[-Q]素性を持つことが予測された状態で、(4ac) の埋込節 C に[+Q]素性を持つ「読んでいたか」が入力されることも予測と入力の不一致を引き起こすのだが、この入力是非文法的な入力ではないため、錯覚的依存関係形成の引き金にはならないと考える。ただし、錯覚的依存関係の形成における予測処理と文法性の関係性については、今後さらなる検討が必要である。

憶内に[+Q]素性を持つ要素が存在せず、探索処理が破綻する。したがって、探索処理が破綻する(4b)の方が、促進干渉が生じる(4a)よりもRTが長くなると予測される。一方で、wh句を含まない(4cd)においては、そもそも「言った。」の入力が予測と一致する文法的な入力であり、問題なく構造解析が完成するため、RTの差は予測されない。

2.3. データ分析

RTデータは線形混合効果モデルを用いて分析された(Baayen, Davidson, and Bates 2008)。固定効果にはwh要因と埋込節C要因、さらにそれらの交互作用が含まれており、最大モデルのランダム効果には、実験参加者と刺激セットについてのランダム切片とランダムスロープが含まれていた。また、本稿での結果報告に用いられた最適モデルは、parsimonious approachに基づいて選択された(Bates et al. 2015)。本稿では、関心領域であるR5「読んでいたか・と」とR7「言った。」のFirst Pass Time (FPT)とTotal Time (TT)の分析結果を報告する。FPTとは、視線がその領域に初めて侵入してから次にその領域を出るまでの時間であり、想起処理などの依存関係形成における初期段階の処理負荷を反映していると考えられている。一方TTは、その領域への読み戻りも含めて領域内に視線が停留した全ての合計時間であり、構造の再分析などの後期段階の処理負荷を反映すると考えられている。

2.4. 結果

2.4.1. 埋込節「読んでいたか・と」(R5)

R5における各条件の参加者平均RTは図1に示されており、左側がFPT、右側がTTの平均RTである。線形混合効果モデルによる分析の結果、FPTに関しては、埋込節C要因の効果が有意であった($B = -24.293, t = -2.144, p = 0.032$)。これは、埋込節「か」条件の方が埋込節「と」条件よりも平均RTが長かったことを示している。またTTに関しては、wh要因と埋込節C要因の効果がともに有意であった(wh要因： $B = 104.194, t = 2.953, p = 0.003$ ；埋込節C要因： $B = -306.899, t = -8.709, p < 0.001$)。しかし、交互作用も有意であり($B = -442.586, t = -6.274, p < 0.001$)、対比較の結果、埋込節「か」条件において非wh条件(4c)の方がwh条件(4a)よりもRTが長く(wh要因の単純効果： $B = 328.485, t = 6.387, p < 0.001$)、埋込節「と」条件においてwh条件(4b)の方が非wh条件(4d)よりもRTが長かった(wh要因の単純効果： $B = -118.901, t = -2.317, p = 0.020$)。

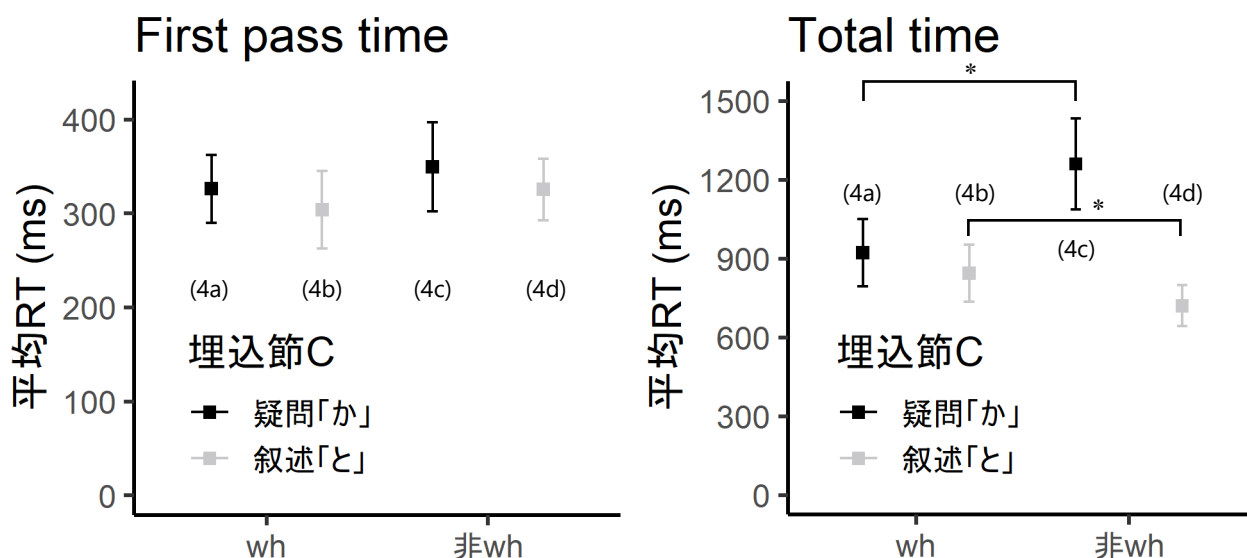


図 1. R5「読んでいたか・と」の各条件における参加者平均RT (ms)。誤差は95%信頼区間を示している。

2.4.2. 主節「言った。」(R7)

R7における各条件の参加者平均 RT は図 2 に示されており、左側が FPT, 右側が TT の平均 RT である。線形混合効果モデルによる分析の結果, FPT では交互作用が有意であった ($B = -48.204, t = -2.401, p = 0.016$)。また対比較の結果, *wh* 条件において, 埋込節「と」条件 (4b) の方が埋込節「か」条件 (4a) よりも RT が長かった ($B = 36.3448, t = 2.599, p = 0.009$)。一方, TT では有意な効果は観察されなかった。

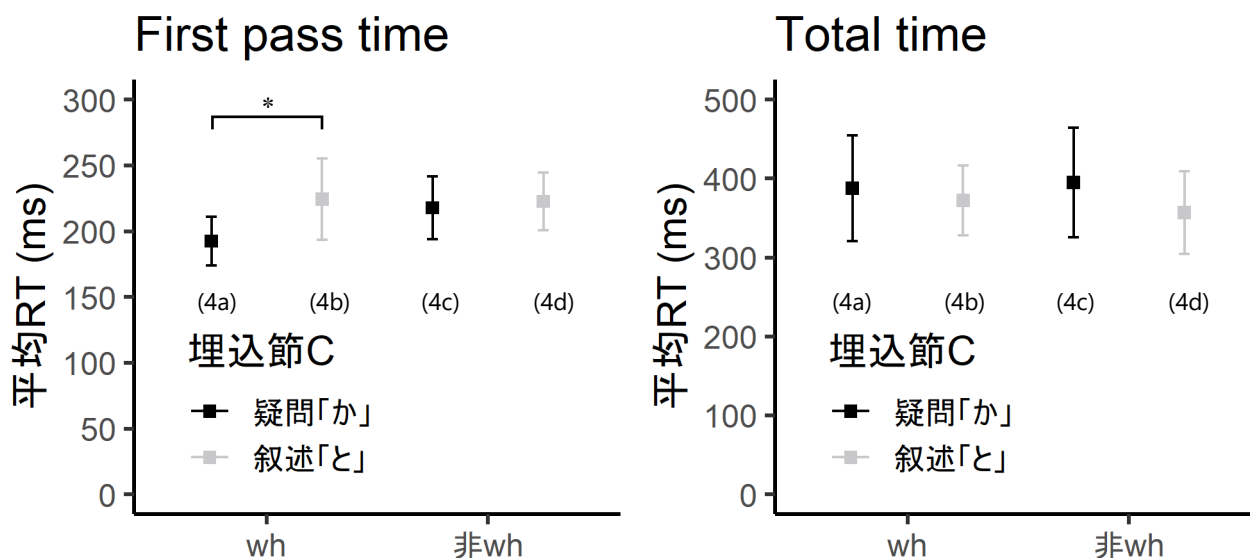


図 2. R7 「言った。」の各条件における参加者平均 RT (ms). 誤差は 95%信頼区間を示している。

3. 考察

本研究の結果は「同一仮説」を支持する。なぜなら, その予測通り主節「言った。」(R7)の *wh* 条件においてのみ, 埋込節「か」条件 (4a) の方が埋込節「と」条件 (4b) よりも RT が短いという促進干渉が観察されたためである。つまりこの結果は, 主節に *wh* 句を含む文において, 主節の「言った。」を読んで, その文が非文法的であることが判明して初めて, 文法からは独立した記憶システムによる錯覚的依存関係の形成が生じることを示している。

もし「独立仮説」が正しければ, 文法性に関係なく常に記憶システム内の探索・想起処理によって依存関係が形成されるはずである。その場合, 埋込節の「読んでいたか・と」(R5)において, *wh* 条件 (4ab) の方が非 *wh* 条件 (4cd) よりも RT が短いという促進干渉が観察されるはずであるが, そのような効果は有意ではなかった。つまり, 文法からは独立した記憶システム内の処理によって錯覚的な依存関係の形成が実現されるのだが, その生起条件として文法が働いているため, いつでも非文法的な依存関係が形成されるというわけではないことが示された。したがって, 本研究の結果は, 文法と文解析器が異なるシステムであるとする「独立仮説」ではなく, 文法と文解析器が同じシステムであるとする「同一仮説」を支持していると考えられる。

一見, R5 「読んでいたか・と」の TT における交互作用は「同一仮説」に整合しないようにも思われるが, これは発表者らが文法的だと想定していた (4c) の容認性が低かったことに起因すると考えられるため, 決して「同一仮説」を否定する証拠ではない。本実験における容認性判断の結果, とともに文法的であると想定されていた非 *wh* 文 (4cd) において, (4c) の方が (4d) よりも容認度が有意に低かった (74.019% vs. 91.666%)。つまり, 主節動詞「言った」と埋込節「か」の組み合わせの容認性が低かつ

たために、(4c) の R5 「読んでいたか」において TT が長くなったと考えられる。

以上のことから、日本語の *wh* 疑問文における「文法性の錯覚」は、文法と無関係に生じる現象ではなく、むしろ文法的な文解析が破綻したときにのみ生じる現象であることが、本研究によって示唆された。よって、本研究は、文解析器と文法を同一の認知システムと捉える「同一仮説」を支持する。

参考文献

- Baayen, R. Harald, Douglas Davidson, and Douglas Bates. (2008) Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language* 59: 390–412.
- Bates, Douglas, Reinhold Kliegl, Shravan Vasishth, and Harald Baayen. (2015) Parsimonious mixed models. *Available from ArXiv:1506.04967v2 (Stat.ME)*.
- Chomsky, Noam. (1965) *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Harada, Kazuko I. (1972) Constraints on WH-Q binding. *Studies in Descriptive and Applied Linguistics* 5: 180–206.
- Kush, Dave W. (2013) *Respecting relations: Memory access and antecedent retrieval in incremental sentence processing*. Unpublished doctoral dissertation, University of Maryland.
- Lewis, Richard L., and Shravan Vasishth. (2005) An activation-based model of sentence processing as skilled memory retrieval. *Cognitive Science* 29: 375–419.
- Lewis, Shevaun, and Colin Phillips. (2015) Aligning grammatical theories and language processing models. *Journal of Psycholinguistic Research* 44: 27–46.
- Minemi, Itsuki, and Yuki Hirose. (2019) Ungrammaticality triggers illusory licensing of *wh* phrases in Japanese. *IEICE Technical Report* 119(151): 83–88.
- Miyamoto, Edson T. (2002) Case markers as clause boundary inducers in Japanese. *Journal of Psycholinguistic Research* 31: 307–347.
- Miyamoto, Edson T., and Shoichi Takahashi. (2002a) The processing of *wh*-phrases and interrogative complementizers in Japanese. In: Noriko Akatsuka, Susan Strauss, and Bernard Comrie (eds.) *Japanese/Korean Linguistics*, 62–75. Stanford, CA: CSLI Publications.
- Miyamoto, Edson T., and Shoichi Takahashi. (2002b) The processing of *wh*-phrases in Japanese. *Scientific Approaches to Language* 1: 133–172.
- Phillips, Colin. (2006) The real-time status of island phenomena. *Language* 82: 795–823.
- Phillips, Colin, Matthew W. Wagers, and Ellen F. Lau. (2011) Grammatical illusions and selective fallibility in real-time language comprehension. In: Jeffrey Runner (ed.) *Experiments at the Interfaces*, 147–180. Bingley, England, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- Raab, David H. (1962) Division of psychology: Statistical facilitation of simple reaction times. *Transactions of the New York Academy of Sciences* 24: 574–590.
- Saito, Mamoru. (1985) *Some asymmetries in Japanese and their theoretical implications*. Unpublished doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology.
- Townsend, David J., and Thomas G. Bever. (2001) *Sentence comprehension: The integration of habits and rules*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wagers, Matthew W., Ellen F. Lau, and Colin Phillips. (2009) Agreement attraction in comprehension: Representations and processes. *Journal of Memory and Language* 61: 206–237.