

P-1 文処理における意味的、統語的促進性干渉—英語母語話者を対象にして— 新井大智・中野陽子（関西学院大学大学院）¹

要旨：

文を処理では先行する語句は作業記憶(WM)に保持され、後行する語句と結びつき依存関係を作る。キュー呼び出しモデルは、依存関係を成立させる際、ヘッドが項に要求する情報(キュー)を基に WM から同じキューを持つ構成素を呼び出すとする。このモデルは、非文であるが正文だと錯覚してしまう現象(促進性干渉)を説明できるため、促進性干渉を見つけることがモデルの妥当性の証明となる。促進性干渉は複雑な構文で意味情報が要因となって起こることや、単文で統語情報が要因となって起こることが報告されているが、まだ同一の構文で意味情報と統語情報のそれぞれが要因となって起こるかどうかについては研究されていない。そこで、英語の単文の受動態を刺激として時間制限のある意味的容認性判断課題、統語的容認性判断課題を用いて検証した。両方の実験で結果が促進性干渉を示したため、キュー呼び出しモデルがより普遍的であることが示唆された。

1. はじめに

文処理のモデルの中にキュー呼び出しモデル (cue-based retrieval model) というものがある。述部のヘッド (動詞) は項構造に関する情報(キュー)を持っている。例えば例文(1d)では、*were* は複数形の名詞句 (*the cells*) を目的語に取るというキューを持っている。(1c)を処理する際、先に *key* をワーキングメモリー(WM)に保持しておき、動詞があとから出現して処理されると、キューが生成され、WM 内に保持されている構成素のうち同じキューを持っているものが呼び出されて動詞と結びつくというモデルである (Jäger et al., 2017; Lewis & Vasishth, 2005; 祐伯, 2021)。

キュー呼び出しモデルは促進性干渉と呼ばれる現象を予測したり、その現象が起こる原因を説明できるとされる。たとえば、(1)では be 動詞 *was, were* が本来結びつくべき語句は主語の中の名詞(主語名詞、*key*)で *target* と言う。(1c & d)では *were* は複数の主語名詞を要求しているが、*key* が単数形であるため非文である。しかし、*key* を修飾する前置詞句内の名詞(*cells*)が複数であるため誤って *were* と結び付けられ正文と錯覚する。*cells* のように誤りを誘引する構成素を *attractor* と呼び、このような現象を促進性干渉と呼ぶ。時間制限のある容認性判断課題 (speeded acceptability judgment task, PC のモニター上に 300ms 前後の間隔で単語を提示し、そのあと文の容認性を二者択一式などで答えてもらう課題) では(1c)は(1d) よりも容認度が高くなることが報告されている (Parker, 2019; Slioussar, 2018; Wagers et al., 2009)。(1a)と(1b)は be 動詞の *was* は文を構成するために必要な構成素は単数形の名詞であるという情報 (キュー) を持っており、単数形の主語名詞の *key* と文法上の数において一致しているため、正文である。一方、(1c)と(1d)は be 動詞の *were* が単数形の主語名詞 *key* と文法上の数において一致しないため非文である。Wagers らの実験では、実験文が正文であるとの判断の率が非文 (1c & d) より正文 (1a & b) において有意に多く、かつ、非文では、*attractor* の前置詞句内の名詞(*cell*)が文法上の数で一致していない単数形の (1c)より、一致している複数形の (1d) の方が有意に多くなった。このような結

¹ 連絡先：y-k.nakano@kwansei.ac.jp

果は(1c)と比べて(1d)では *the cells* が複数形であるために誤って *were* と結び付けられたことから生じたと考えられる。したがって統語情報で促進性干渉が起こったと言える。

- (1) a. The key to the cell was rusty from many years of disuse.
- b. The key to the cells was rusty from many years of disuse.
- c. The key to the cell were rusty from many years of disuse.
- d. The key to the cells were rusty from many years of disuse.

(Wagers et al., 2009, p.221)

一方、意味情報でも促進性干渉が起こることが報告されている。Cunnings & Sturt (2018)は(2a)から(2d)のような英語の複文を実験文として用い、視線計測法による読文課題を実施した。目的語関係節内の動詞 *shattered* は[+shatterable]というキューを持った名詞句を目的語として取る。(2a & b)では、目的語関係節の先行詞が *the plate* のように[+shatterable]というキューを持っていれば、関係節の動詞 *shattered* と意味的に一致する。一方で、(2c & d)では、先行詞の *the letter* は落としたり投げつけたりしても碎けるものでは無いため *shattered* と意味上一致しない。しかし、(2c)は関係節内の主語の一部で動詞より前に現れる *the cup* が[+shatterable]というキューを持っている。視線計測法による読文課題では(2a)と(2b)は(2c)と(2d)に比べて眼球の総停留時間 (total duration) が短く、(2c)と(2d)の間では(2c)の方が動詞領域(*shattered*)とその後ろの spill-over 領域にて総停留時間が有意に短かった。(2c)と(2d)の差は、(2c)において *shattered* と主語名詞句を修飾する前置詞句内にある名詞 *the cup* が誤って結びついてしまったためと解釈することができ、意味情報によっても促進性干渉が起こるとされる。

- (2) a. Sue remembered the plate that the butler with the cup accidentally shattered in the dining room.
- b. Sue remembered the plate that the butler with the tie accidentally shattered in the dining room.
- c. Sue remembered the letter that the butler with the cup accidentally shattered in the dining room.
- d. Sue remembered the letter that the butler with the tie accidentally shattered in the dining room.

(Cunnings, & Sturt, 2018, p.18)

上記の先行研究はそれぞれ実験文の構造や複雑さ、促進性干渉の原因となる情報の種類が異なり、同一の構文で種類の異なる情報によって促進性干渉が起こるかどうかが調べている研究はほとんどない。Cunnings & Sturt (2018)の(2)の実験文は関係節を伴った名詞句を含み複雑な構造である。Wagers et al. (2009)は単文であるが意味情報の影響については調べていない。もしキュー呼び出しモデルが普遍的なものであるなら、同じ構造を持った単文において、意味情報でも統語情報でも、促進性干渉が起こるはずである。そこで本研究では英語の受動態の単文を用いて、時間制限のある意味的容認性判断課題(実験1)と時間制限のある統語的容認性判断課題(実験2)で英語母語話者を対象に検証した。

2. 実験

2.1 実験参加者

実験参加者はクラウドサービスの *Prolific* で、英語圏に在住の英語の monolingual のみを対象に募集した。実験 1 には英語母語話者 42 人（19-40 歳、平均年齢 29.3 歳、男性 15 名、女性 25 名、その他 2 名）が参加した。実験 2 には英語母語話者 41 人（19-55 歳、平均年齢 30.3 歳、男性 24 名、女性 17 名）が参加した。参加者はオンライン上で参加に同意した後、実験に参加した。参加者には実験終了後に約 800 円を謝金として支払った。

2.2 実験材料

実験材料は主語名詞句・前置詞句の名詞句と動詞の関係が意味的(実験 1) または統語的(実験 2)に一致・不一致を組み合わせて 4 条件に対応した 4 文(表 1、表 2)を 1 セットとし、それを実験ごとに 44 セット作成し、ラテン方格によって 4 リストに分けた。フィラー文は正文 33 文、非文 10 文から成る 43 文を作成した。リスト毎に上記の実験文とフィラー文を合わせ、計 87 文となった。

表 1. 意味一致・不一致条件と実験 1 の例文²

主語名詞 (太文字, target)	前置詞句内名詞 (斜字体, attractor)	主語名詞句	述部
a. 意味一致	意味一致	The egg on the <i>plate</i>	was cracked mistakenly by the boy.
b. 意味一致	意味不一致	The egg on the <i>napkin</i>	
c. 意味不一致	意味一致	The menu on the <i>plate</i>	
d. 意味不一致	意味不一致	The menu on the <i>napkin</i>	

実験 2 は上記の a 条件の動詞を *were* に変え、主語名詞または前置詞句内名詞の複数形（一致）または単数形（不一致）を組み合わせて 4 条件とし、対応する刺激文(1a&b)を作成した。

表 2. 統語的一致・統語的不一致条件と実験 2 の例文

主語名詞 (太文字, target)	前置詞句内名詞 (斜字体, attractor)	主語名詞句	述部
a. 統語的一致	統語的一致	The eggs on the <i>plates</i>	were cracked mistakenly by the boy.
b. 統語的一致	統語的不一致	The eggs on the <i>plate</i>	
c. 統語的不一致	統語的一致	The egg on the <i>plates</i>	
d. 統語的不一致	統語的不一致	The egg on the <i>plate</i>	

2.3 手続き

本研究では PennController for Ibx (2021) を用いてオンラインで実施した。参加者は実験の概要や課題に関する説明を読んで理解した上で実験参加に同意した。同意した人のみが実験に参加した。最初に言語の学習歴に関する質問に答えてもらった。次に本実験に進んだ。文中の語が一

² 実験 1 の一部は Arai and Nakano (2022) から引用した。

つずつモニターの中央に 300ms ずつ呈示された。文の最後の語はピリオド共に呈示された。その後 3 秒以内に呈示された文の容認性を *Yes* または *No* のラジオボタンを押して回答してもらった。それから、呈示された文に関する二者択一式内容理解問題 (*Yes* または *No*) に回答してもらった。

2.4 結果の予測

もし促進性干渉が起こるなら、実験 1 と実験 2、共に target の主語名詞句の一致条件の方 (a & b) が不一致条件 (c & d) よりも *Yes* 回答(呈示文が正文と判断して *Yes* のボタンを押した回答)の比率が大きくなる。更に、実験 1 では主語目的語が意味的不一致の条件下で、attractor の前置詞句内名詞句が意味的一致条件 (c) である方が意味的不一致条件よりも *Yes* 回答の比率が大きくなると予測される。また実験 2 では主語名詞が統語的不一致条件下において、attractor の前置詞句内名詞句が統語的一致条件(c)である方が統語的不一致条件(d)よりも *Yes* 回答の比率が大きくなると予測される。

2.5 データクリーニング

刺激文呈示後に回答した内容理解の正答率、フィラー文での容認性判断値、もしくは実験文での容認性判断値の SD が 2.5 の範囲内に入らなかった被験者はデータ分析から除外された。実験 1 では 4 人、実験 2 では 5 人が分析の対象外となった。その結果、実験 1 では 38 人、実験 2 では 36 人のデータが分析の対象となった。データ分析対象者の中でも、内容理解問題に不正解となったデータは分析対象外とした。

2.6 実験 1 の結果

条件毎に *Yes* 回答の比率と標準偏差 (SD) を算出した (表 3)。その後、*R* (R Core Team, 2021)を用いて線形混合効果ロジスティック回帰分析を実施した。Target:主語名詞 (意味一致・意味不一致)、Attractor:前置詞句内名詞(意味一致・意味不一致)を固定要因、被験者と項目をランダム要因とし切片と傾きに反映させた。従属変数は容認性判断の回答であった。更に収束しやすくするため *bobyga* という optimizer を使用した。Bar et al. (2013)に従って、最大モデルを選択した。ただし、収束しない場合は、収束した中で最大のモデルを採用した。その結果、 $\langle \text{回答} \sim \text{Target} * \text{Attractor} + (1 + \text{Target} * \text{Attractor} | \text{被験者}) + (1 + \text{Target} * \text{Attractor} | \text{項目}) \rangle$ が最大モデルとなった。結果は、主語名詞の主効果が有意であった ($\beta = 2.70, SE = 0.36, z = 7.42, p < 0.001$)。一方で前置詞句内名詞には有意な効果は見られなかった ($\beta = 0.39, SE = 0.27, z = 1.45, p = 0.15$)。更に、主語名詞と前置詞句内名詞の交互作用も見られなかった ($\beta = -0.37, SE = 0.53, z = -0.70, p = 0.48$)。

表 3. 実験 1 (意味的容認性判断課題) の条件ごとの *Yes* 反応の比率と標準偏差

主語名詞	前置詞句内名詞	<i>Yes</i> 反応の比率	SD
a. 意味一致	意味一致	0.90	0.29
b. 意味一致	意味不一致	0.88	0.32

c. 意味不一致	意味一致	0.53	0.50
d. 意味不一致	意味不一致	0.43	0.50

更に主語名詞句を固定要因として線形混合効果ロジスティック回帰分析を行ったところ、主語名詞が意味一致条件の時 (a & b) の方が意味不一致条件(c & d)よりも Yes 反応の比率が高かった ($\beta=2.60, SE=0.33, z=7.80, p<0.001$)³。前置詞句内名詞句を固定要因にして線形混合効果ロジスティック回帰分析を行ったところ、前置詞句内名詞が意味不一致条件 (b & d) より一致条件 (a & c)の方が Yes 反応の比率が有意に高くなった($\beta=0.30, SE=0.16, z=1.96, p=0.05$)⁴。

また、主語名詞不一致、前置詞句内名詞句一致条件(c)と主語名詞、前置詞句内名詞共に意味的に不一致条件(d)を比較したところ、主語名詞不一致、前置詞句内名詞句一致条件の方が Yes 反応の比率が高かった($\beta=0.58, SE=0.28, z=2.09, p=0.036$)⁵。以上のことから(c)条件と(d)条件間で有意な差があることが明らかとなった。

2.7 実験2の結果

条件毎に正文判断の比率と標準偏差 (SD) を算出した (表 4)。その後、R (R Core Team, 2021)を用いて線形混合効果ロジスティック回帰分析を実施した。Target:主語名詞 (統語的一致・意味的一致)、Attractor:前置詞句内名詞(意味整合・意味不整合)を固定要因、被験者と項目をランダム要因とし切片と傾きに反映させた。従属変数は容認性判断の回答であった。更に収束しやすくするため *bobyga* という optimizer を使用した。Bar et al. (2013)に従って、最大モデルを選択した。ただし、収束しない場合は、収束した中で最大のモデルを採用した。その結果、<回答 ~ Target * Attractor + (1 + Target * Attractor | 被験者) + (1 + Target * Attractor | 項目)>が最大モデルとなった。主語名詞の主効果が有意であることが確認された($\beta=1.83, SE=0.48, z=3.86, p=0.00012$)。一方で前置詞句内名詞は有意な効果が見られなかった ($\beta=-0.01, SE=0.45, z=-0.03, p=0.97$)。主語名詞と前置詞句内名詞の間には有意な交互作用が見られた ($\beta=-1.91, SE=0.90, z=-2.13, p=0.03$)。

表 4. 実験2 (統語的容認性判断課題) の条件ごとの Yes 反応の比率と標準偏差

主語名詞	前置詞句内名詞	Yes 反応の比率	SD
a. 統語的一致	統語的一致	0.92	0.26
b. 統語的一致	統語的不一致	0.93	0.24
c. 統語的不一致	統語的一致	0.84	0.37
d. 統語的不一致	統語的不一致	0.72	0.45

³ 右のモデルを採用した。回答 ~ Target + (1 + Target | 被験者) + (1 + Target | 項目)

⁴ 右のモデルを採用した。回答 ~ Attractor + (1 + Attractor | 被験者) + (1 + Attractor | 項目)

⁵ 右のモデルを採用した。回答 ~ 条件 b * 条件 c + (1 + 条件 b * 条件 c | 被験者) + (1 + 条件 b * 条件 c | 項目)

更に主語名詞句を固定要因として線形混合効果ロジスティック回帰分析を行ったところ、主語名詞が統語的一致条件(a & b)の方が統語的不一致条件(c & d)よりも、前置詞句内名詞が統語的一致条件より不一致条件の方が Yes 反応の比率が有意に高かった($\beta=1.97, SE=0.44, z=4.45, p<0.001$)⁶。前置詞句内名詞句を固定要因にして線形混合効果ロジスティック回帰分析を行ったところ、前置詞句内名詞が統語的不一致条件 (b & d) より統語的一致条件 (a & c)の方が Yes 反応の比率が有意に高くなった($\beta=0.56, SE=0.26, z=2.19, p=0.03$)⁷。

加えて主語名詞不一致、前置詞句内名詞句一致条件と主語名詞、前置詞句内名詞共に統語的に不一致条件間では主語名詞不一致、前置詞句内名詞句一致条件の方が Yes 反応の比率が高かった($\beta=0.90, SE=0.42, z=2.16, p=0.03$)⁸。以上のことから実験 1 と同様に(c)条件と(d)条件間で有意な差があることが明らかとなった。

3. 考察

本研究の目的は、同じ構造を持った単文一英語の受動態の単文に於いて、意味情報でも統語情報でも、促進性干渉が起こるかどうか調べることであった。時間制限のある意味的容認性判断課題と統語的容認性判断課題の結果、実験 1、実験 2 共に主語名詞句 (Target) の一致条件 (a & b) の方が不一致条件 (c & d) よりも Yes 反応の比率が大きくなった。更に、実験 1 では主語名詞句 (Target) が不一致条件のとき、前置詞句内名詞句 (Attractor) が意味的一致条件 (c) の方が意味的不一致条件(d)よりも正文判断の比率が大きかった。このような実験結果は、*the plate* が [+crackable]のキューを持っているため *cracked* と結びつけられ誤って正文と判断してしまったのが原因で促進性干渉が起こったと考えられる。また実験 2 でも主語名詞 (Target) が統語的不一致条件下において、前置詞句内名詞句が統語的一致条件(c)の方が統語的不一致条件(d)よりも正文判断の比率が大きくなった。*the plates* が複数形の名詞を主語に要求する *were* と結びつけられ、誤って正文と判断してしまったため(d)よりも(c)の方が正文判断の比率が大きくなり、促進性干渉が見られたと言える。実験 1 と実験 2 の結果から考えると、英語の受動態の単文に於いて、意味情報、統語情報のそれぞれが促進性干渉を引き起こしたと解釈できる。

促進性干渉が同一の文構造において意味と統語と異なる種類の情報によって引き起こされたことが観察されたことは、キュー呼び出しモデルがより普遍的なモデルであることを示唆している。

実験 1 と 2 の c 条件と d 条件の yes 反応の比率を見ると、実験 2 の方が数値の上では高い。情報の種類によって促進性干渉への影響が異なる可能性が考えられるが、実験文が異なっているため統計的に比較することはできない。また、意味的一致と不一致は、組み合わせる構成素間の適合度によって変化し、その変化が促進性干渉の大きさに影響する可能性もある。情報の種類や意味的一致と不一致の度合いによる促進性干渉への影響については今後の課題としたい。

本研究では時間制限のある容認性課題しか実施していない。時間制限のある容認性課題では文

⁶ 右のモデルを採用した。回答 ~ Target + (1 + Target | 被験者) + (1 + Target | 項目)

⁷ 右のモデルを採用した。回答 ~ Attractor + (1 + Attractor | 被験者) + (1 + Attractor | 項目)

⁸ 右のモデルを採用した。回答 ~ 条件 b * 条件 c + (1 + 条件 b * 条件 c | 被験者) + (1 + 条件 b * 条

が語句に区切って短い時間表示されており、文脈や複数の構造の可能性を検討する時間が読み手に与えられておらず、自然な読文とは異なっている。被験者ペースの読文課題や視線計測による読文課題により自然な読文の実験を実施していく必要がある。

謝辞

本研究の実施に際してご協力くださったすべての方に感謝致します。また本研究は科研費助成 (no. 21K00492 中野)を受けています。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- Arai, D., & Nakano, Y. (2022, September 7-9). *Semantic facilitatory interference in English simplex passive sentences* (Virtual poster presentation). Architectures and Mechanisms for Language Processing 28 (AMLaP 2022), University of York.
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, 68(3), 255-278.
- Cunnings, I., & Sturt, P. (2018). Retrieval interference and semantic interpretation. *Journal of Memory and Language* 102. 16-27.
- Jäger, L. A., Engelmann, F., & Vasishth, S. (2017). Similarity-based interference in sentence comprehension: Literature review and Bayesian meta-analysis. *Journal of Memory and Language*, 94, 316-339.
- Parker, Dan. (2019). Two minds are not always better than one: Modeling evidence for a single sentence analyzer. *Glossa: a journal of general linguistics*, 4(1), 64. 1-31.
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/>
- Slioussar, N. (2018). Forms and features: The role of syncretism in number agreement attraction. *Journal of Memory and Language* 101. 51-63.
- Wagers, M. W, Lau, E. F., & Phillips, C. (2009). Agreement attraction in comprehension: Representations and process. *Journal of Memory and Language* 61. 206-237.
- Zehr, J., & Schwarz, F. (2021). PennController for Internet Based Experiments (IBEX). <https://www.pcibex.net/>
- 祐伯敦史. (2021). 日本語の文理解とキュー呼び出しモデル：尊敬表現に焦点を当てて. 関西学院大学大学院.