

BE 動詞と HAVE 動詞の統語的特性: 自己ペース読み課題と容認性判断実験による検証

木村 一馬

筑波大学大学院

November 7, 2024

- 1 導入
- 2 言語事実・理論的背景
- 3 論点
- 4 実験 1: 自己ペース読み課題
- 5 実験 2: 自己ペース読み課題 + ターゲットアクセス課題
- 6 実験 3: 容認性判断課題
- 7 全体考察
- 8 まとめ

目的

- BE 動詞・HAVE 動詞の統語的特性を文処理研究の観点から検証
- **自己ペース読み課題**を用いて, BE 動詞・HAVE 動詞の統語構造の特性による読み時間への影響を検討
- **容認性判断課題**を用いて, BE 動詞文の統語構造が wh 句移動に及ぼす影響を検討

言語理論と文処理の効果

統語部門における移動操作は, 文処理に影響する一方, その移動前の統語位置 (e.g., **痕跡**, Chomsky (1973), Fiengo (1977), Chomsky (1993)) と処理負荷がかかる領域は連動している。

BE 動詞 (Moro (1997))

- BE 動詞 (コピュラ文) は, 埋め込み構造から派生される。
- (1)
- a. A picture of the wall was the cause of the riot.
 - b. [*BE* [[*DP* a picture of the wall]][*DP* the cause of the riot]]
 - c. [*TP* [*DP* A picture of the wall]][*SC* *ti* [*DP* the cause of the riot]]]
- (2)
- a. The cause of the riot was a picture of the wall.
 - b. [*TP* [*DP* the cause of the riot]][*FP* *ti* [*SC* *ti* [*DP* a picture of the wall]]]]

項の移動操作 (A 移動) が関与する現象である。

BE 動詞の特語的特性

- **動詞のすぐ下の領域に移動した要素 (主語名詞句) の痕跡を含む**
- **派生が複雑なものとならないものが存在する (inverse vs. canonical)**

HAVE 動詞

- HAVE 動詞 (所有文) は, 埋め込み構造から派生される (Freeze (1992), Kayne (1993), Kim (2012), Myler (2016))

- (3) a. John has a brother.
 b. [*HAVE* [*PP* [*DP* a brother]][*TO* [*DP* John]]]
 c. [[*DP* John]_i [*HAVE* [*PP* [*DP* a brother]][*TO* *t*_i]]]

HAVE 動詞の特語的特性

目的語よりも下の領域に移動した要素 (主語名詞句) の痕跡を含む

心理実験 (Samar and Berent (1991))

Samar and Berent (1991)

BE 動詞文が、刺激文提示後の主語名詞句へのアクセスにおいて自動詞・他動詞と比較して短いアクセス時間を示す。

Table: 動詞タイプごとのターゲットへの平均アクセス時間

Reference	Mean RT	Copular analog	Mean RT	Difference RT
Unaccusative	706.5	Unaccusative analog	708.9	-2.4
Passive	689.9	Passive analog	743.3	-53.4
Intransitive	725.7	Intransitive analog	656.5	69.2
Transitive	707.1	Transitive analog	627.4	79.7

BE 動詞が動詞の後ろに痕跡を含むという経験的証拠を提示 (Intransitive・Transitive vs copular; 被験者; Scheffe's $F(1, 22) = 4.64, p < 0.001$, 項目; Scheffe's $F(1, 40) = 29.23, p < 0.0001$)

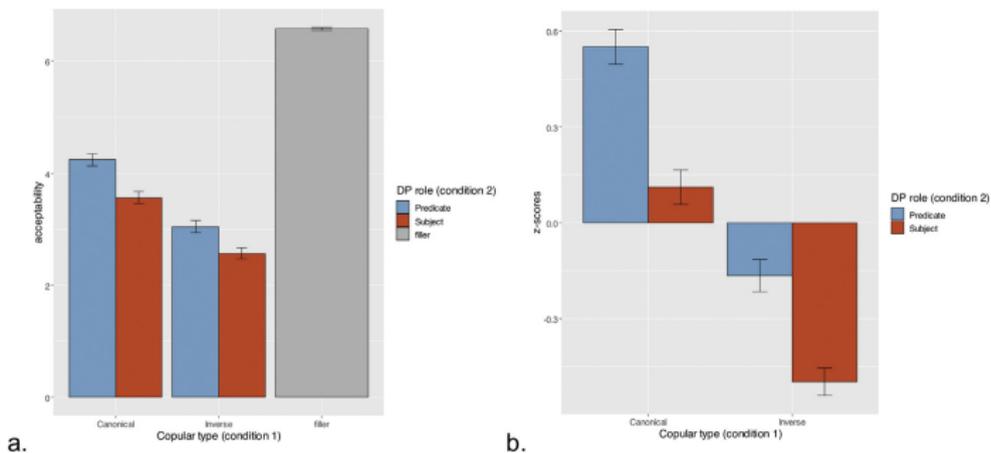
BE 動詞の wh 句抜き出し

Greco et al. (2020)

BE 動詞は, wh 句の抜き出しにおいて, inverse タイプの構造のみ容認度が低下する (イタリア語)

- (4) a. *Which riot do you think that the cause of was a picture of the wall?
 [CP Which riot_i[TP ... [FP [DP the cause of t_i]_j[SC t_j [DP a picture of the wall]]]]]
- b. *Which wall do you think that the cause of the riot was a picture of?
 [CP Which riot_i[TP ... [SC [DP the cause of t_i]][DP a picture of the wall]]]

BE 動詞の wh 句抜き出し



- inverse 語順になると容認度が低下する
(抜き出す要素が主語か述部かによらず, 容認度は低下)

リサーチクエスチョン

- BE・HAVE 文は埋め込み構造のうち、痕跡を含む領域周辺での読み時間が伸びるのか (BE: 後動詞領域, HAVE: 後目的語領域)
→ 実験 1, 2
- BE 文のうち, canonical 構造と比較して, inverse 構造からの wh 句の抜き出しは, 容認度を低下させるのか
→ 実験 3

設計・刺激文

実験 1

自己ペース読み課題 (Self-paced Reading Task) を用いて, 痕跡位置と読み時間の関係を検証

- 1 要因 4 水準 (動詞タイプ) の刺激文

- (5) a. Airline pilots with great experience **are** rolemodels for aspiring pilots.
 b. Airline pilots with great experience **have** opportunities for career growth.
 c. Airline pilots with great experience **are involved** in this company.
 d. Airline pilots with great experience **talk** friendly in this room.

- 文を 10 領域に分割 (動詞は領域 6 に置くよう統一)

Region→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BE sentence (=8a))	Airline	pilot	with	great	experience	are	role-models	for	aspiring	pilots.
HAVE sentence (=8b))	Airline	pilot	with	great	experience	have	opportunities	for	career	growth.

Table: ターゲット文の領域

方法・実験参加者

- 実験:

PCIBex farm (Zehr and Schwarz (2018)) 上で実施

(i) 24 刺激文 + 36 フィラー文をランダム化した順番で提示

(ii) 1 文ずつ単語区切りで読ませ (moving window 法), 各領域の読み時間を計測

(iii) 各刺激文を提示したあと, 文の真偽を問う comprehension question を解いてもらう

(6) a. Airline pilots with great experience are role models for aspiring pilots.

b. Do airline pilots have great experience? (Yes)

- 実験参加者:

Amazon Mechanical Turk で募集した英語母語話者 24 人

予測

BE・HAVE 動詞が, それぞれ痕跡のあると考えられる位置で読み時間が伸びる

結果

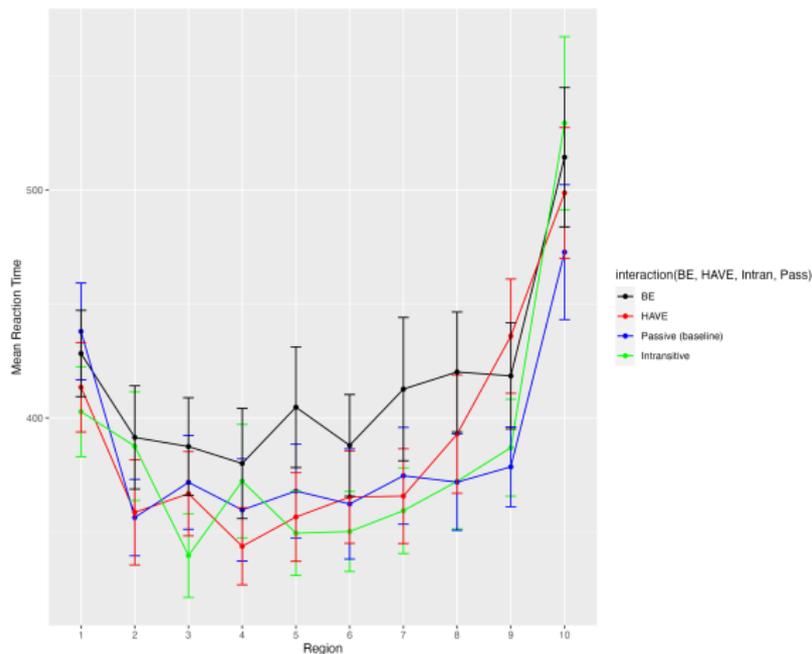


Figure: 各動詞タイプにおける領域ごとの読み時間

BE 動詞文で、領域 6, 7 の読み時間が伸びている。

結果

線形混合効果モデル (Linear Mixed Effect Model, LME) を用いて、各動詞タイプが着目する領域の読み時間に与える影響を検証 (いずれの解析にも, R studio (R Core Team (2018))) の lmerTest パッケージの lmer 関数を用いた。)

Table: 領域 6, 7 における RT の線形混合効果モデルによる分析

	Estimate	Std. Error	t value	P Value
(Intercept)	-0.02018	0.14424	-0.140	0.8897
BE	0.10859	0.04534	2.395	0.0264 *
HAVE	0.02465	0.04520	0.545	0.5916
Intran	0.04370	0.04528	0.965	0.3460

モデル式: $\text{lmer}(\text{RT67} \sim \text{BE} + \text{HAVE} + \text{Intran} + (1 | \text{subj}) + (1 | \text{item}))$

結果

Table: 刺激文全体の RT の線形混合効果モデルによる分析

	Estimate	Std. Error	t value	P Value
(Intercept)	0.084999	0.125717	0.676	0.5043
BE	0.065051	0.034943	1.862	0.0774
HAVE	0.009972	0.034905	0.286	0.7781
Intran	0.008141	0.034936	0.233	0.8181

モデル式: lmer(RT ~ BE + HAVE + Intran + (1 | subj) + (1 | item))

Table: 領域 9 における RT の線形混合効果モデルによる分析

	Estimate	Std. Error	t value	P value
(Intercept)	0.12855	0.14998	0.857	0.399
BE	0.06765	0.04839	1.398	0.163
HAVE	0.08020	0.04793	1.673	0.095
Intran	-0.01680	0.04837	-0.347	0.729

モデル式: lmer(RT9 ~ BE + HAVE + Intran + (1 | subj) + (1 | item))

考察

- 領域 6, 7 (動詞周辺) での読み時間の伸び
→ 後動詞に含まれる痕跡が影響した可能性

(7) [BE [[DP a picture of the wall][DP the cause of the riot]]

- 領域 9 (後目的語) での読み時間の伸び
→ 目的語の後ろにある痕跡が影響した可能性

(8) [[DP John]_i [HAVE [PP [DP a brother]][TO ti]]]

設計・刺激文

実験 2

comprehension question を用いて, **主語名詞句の痕跡位置と回答時間の関係**を検証 (Bever and McElree (1988), Samar and Berent (1991))

- 動詞のタイプ 1 要因 (5 水準)

- (9) a. College students in small dorms are participants in study groups. (BE)
b. College students in small dorms have access to study resources. (HAVE)
c. College students in small dorms are provided with study resources. (Passive)
d. College students in small dorms may gather for study sessions. (Intransitive)
e. College students in small dorms obtain access to study resource. (Transitive)

方法・実験参加者 I

- 実験:

PCIBex farm 上で実施

(i) 24 刺激文 + 36 フィラー文をランダム化した順番で提示

(ii) 1 文ずつ単語区切りで読ませ (moving window 法), 各領域の読み時間を計測

(iii) 各刺激文を提示したあと, 文の真偽を問う comprehension question を解いてもらう

- (10) a. Airline pilots with great experience are rolemodels for aspiring pilots.
→ It was **airline pilots with great experience** that are role models for aspiring pilots. (Yes)
- b. Active adults in good health have memberships in fitness clubs.
→ It was **inacitive adults in good health** that have membership in fitness clubs. (No)

- 実験参加者:

Amazon Mechanical Turk で募集した英語母語話者 24 人

方法・実験参加者 II

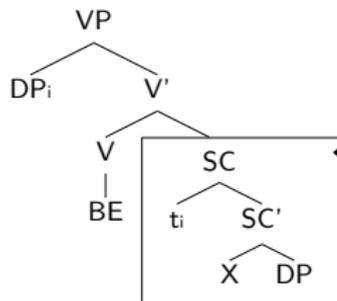
予測

痕跡を含む動詞は含まない動詞よりもアクセス時間が短くなる
 BE 動詞よりも HAVE 動詞の方がアクセス時間が短くなる

刺激文

想起

質問文



痕跡の位置で主語位置の情報を取得

痕跡があれば、分裂文に生起する主語が適切かどうか素早く判断できる?

結果

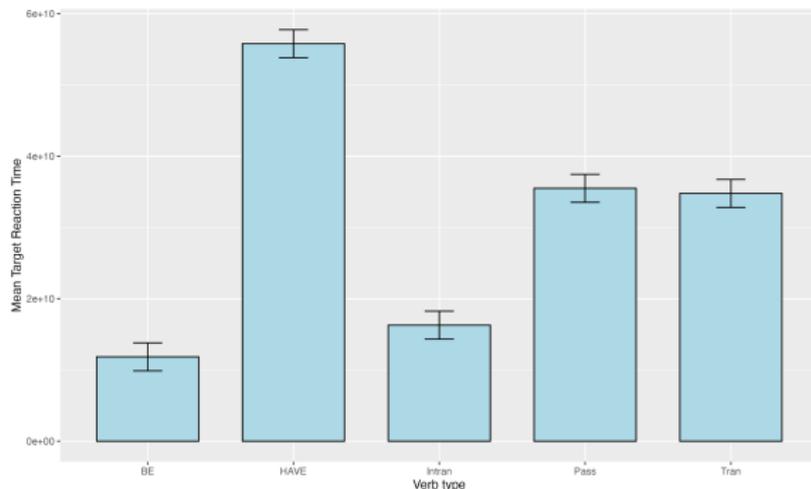


Figure: 動詞ごとの刺激文における主語名詞句へのアクセス時間 (エラーバーは標準誤差)

結果

Table: 一般化線形混合モデルによるターゲット（主語名詞句）へアクセスするまでの反応時間の分析

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> z)
(Intercept)	38.29	12.19	3.14	0.00168 **
BE	-6.99	2.59	-2.70	0.00697 **
HAVE	14.99	10.97	1.37	0.17174
Tran	4.48	5.72	0.78	0.43357

- BE 動詞は他の動詞と比べて、アクセス時間が短く、HAVE 動詞は長くなる (有意差はない)

考察

- 統語構造上の**痕跡の位置**が影響した可能性

- (11) a. [[DP a picture of the wall]_i [BE [t_i [DP the cause of the riot]]]]
- b. [[DP John]_i [HAVE [PP [DP a brother]][TO t_i]]]]

痕跡の再構築の距離と処理負荷

痕跡の位置ではなく、痕跡とその移動先の要素の距離が遠くなると解析が困難になる?

→ HAVE > **Pass** > **Tran** > **Intran** > BE のパターンをどう説明するのか不明
(Tran, Intran は痕跡を含まない)

設計・刺激文

実験 3

BE 動詞が許す 2 パターンの構造が, wh 句の抜き出しに影響するかを容認性判断課題で検証 (Greco et al. (2020))

● 抜き出し条件・構造条件 (2 × 2 要因)

- (12) a. 主語抜き出し + canonical
Which wall do you think that a picture of was the cause of the riot?
- b. 述部抜き出し + canonical
Which riot do you think that a picture of the wall was the cause of?
- c. 主語抜き出し + inverse
Which riot do you think that the cause of was the picture of the wall?
- d. 述部抜き出し + inverse
Which wall do you think that the cause of the riot was a picture of?

方法・実験参加者

- 実験:

PCIBex farm 上で実施

(i) 24 刺激文 + 36 フィラー文をランダム化した順番で提示

(ii) 1 文ずつ読ませ、7 段階のリッカート尺度で容認性を評価

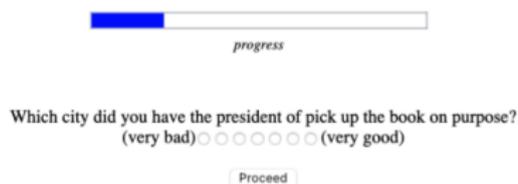


Figure: PCIBex 上の画面の例

- 実験参加者:

Amazon Mechanical Turk で募集した英語母語話者 24 人

予測

構造が複雑なパターン (inverse 構造) のみ wh 句の抜き出しに対して低い容認度を見せる

結果

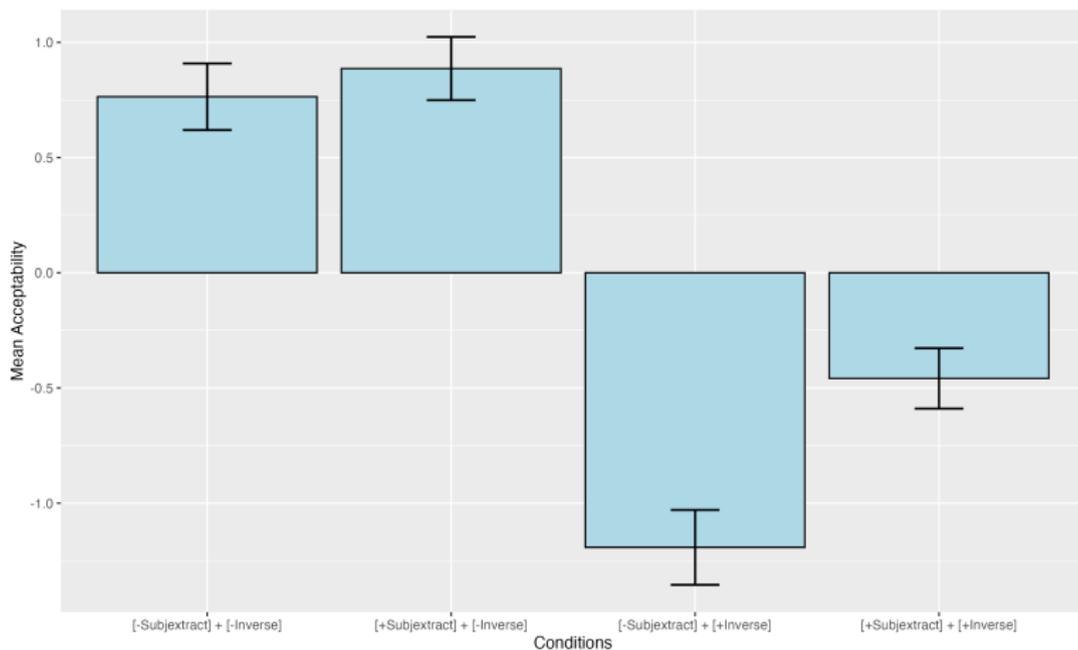


Figure: 各条件ごとの wh 句抜き出しの容認度 (エラーバーは標準誤差)

結果

Table: wh 句の移動を伴う BE 動詞文の容認度の線形混合効果モデルによる分析

	Estimate	Std. Error	t value	P Value
(Intercept)	-0.05995	0.17900	-0.335	0.7413
SubjExtract	0.01751	0.03867	0.453	0.6509
Inverse	-0.06755	0.03867	-1.747	0.0817.
SubjExtract:Inverse	0.01253	0.03873	0.324	0.7465

モデル式: $\text{lmer}(\text{Value} \sim \text{SubjExtract} + \text{Inverse} + \text{SubjExtract} * \text{Inverse} + (1 | \text{subject}) + (1 | \text{item}))$

- inverse 構造の場合, 容認度が低下する (優位傾向, $t = -1.747$, $p = 0.0817$)

考察

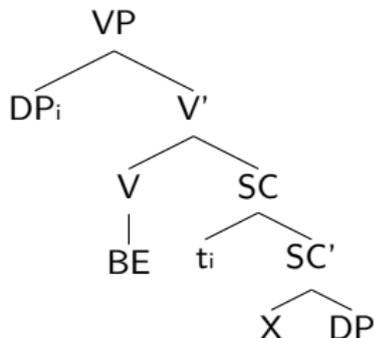
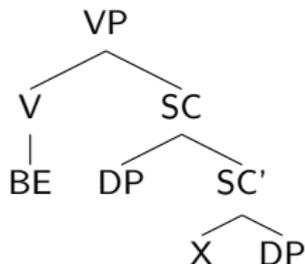
- inverse 構造は, 補部位置の名詞句が移動し, 統語構造が複雑に
痕跡の位置が 2 つになり, 処理負荷増大

- (13) a. *Which wall do you think that a picture of was the cause of the riot?
[CP Which riot_i[TP ... [SC [DP a picture of t_i]][DP the cause of the riot
]]]]?
- b. *Which riot do you think that the cause of was a picture of the wall?
[CP Which riot_i[TP ... [FP [DP the cause of t_i]][SC t_j [DP a picture of
the wall]]]]]?

BE 動詞の統語構造

- BE 動詞: 統語構造が複雑である
- コピュラ文は, 埋め込みの small clause から派生される (Stowell (1983), Burzio (1986), Samar and Berent (1991), Moro (1997))。

(14)

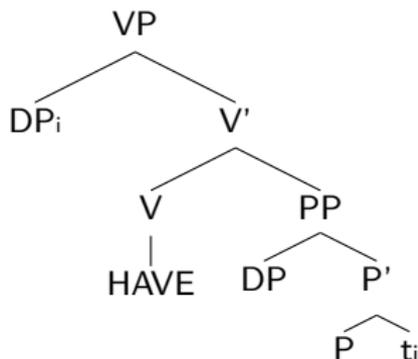
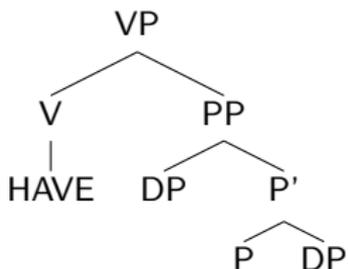


痕跡の存在が読み時間や容認性判断に影響している可能性 (コピュラの意味が読み時間や容認性判断に影響しているとは考えにくい)

HAVE 動詞の統語構造

- 埋め込みに PP を持ち、主語名詞句は PP の補部 (目的語の後ろ)

(15)



痕跡を再構築する際に、PP 指定部にある DP が介在して、処理負荷がかかる？

まとめ

3つの実験から示唆されること

- BE 動詞・HAVE 動詞は、それぞれ動詞後領域 (領域 6, 7), 目的語後ろの領域 (領域 9) での読み時間が優位に伸びた。
- HAVE 動詞は、主語名詞句へのアクセスするための反応時間が他の動詞と比べて、著しく長い。
- BE 動詞は、その埋め込み構造が複雑である文でのみ、wh 句の一部抜き出しを許さない。

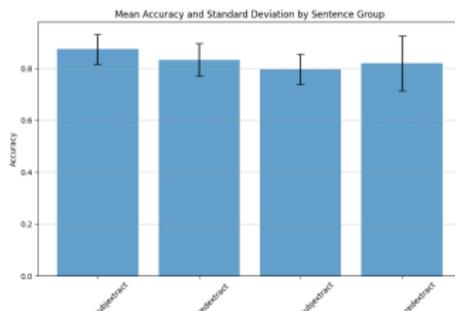
痕跡の数が多く、再構築の距離が長い場合に、処理負荷がかかる

今後の課題

大規模言語モデルの構造解析と比較

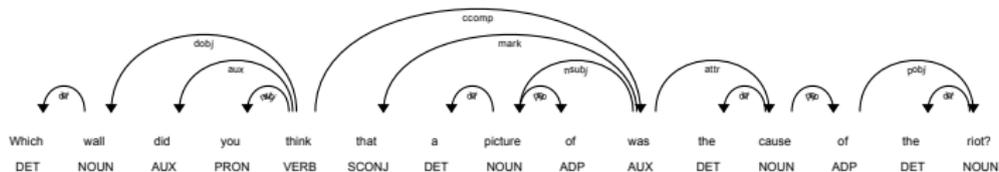
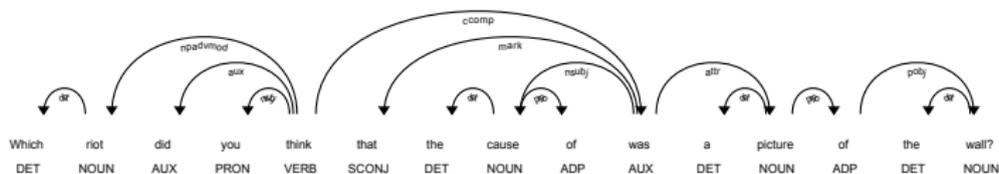
- 実験 3 に用いた 16 の刺激文を LLM に解析させる
→ spaCY の事前学習済みモデル *en_core_web_sm* を用いて、構文解析 (品詞と依存関係先を特定) し、正解データの品詞 ("dep") と 依存関係先 ("head") の一致率を各条件ごとに比較

Figure: 実験 1 の刺激文の *en_core_web_sm* による解析結果



今後の課題

- OpenAI の GPT-3.5-turb を用いて、実験文を解析した。



- 実験 1 のようなコントラストは見られなかった。

今後の課題

文処理と言語理論の関係

- 人間の文処理に痕跡の有無が影響するさらなる証拠がほしい (McElree and Bever (1989), Bever and McElree (1988), Yamaguchi and Ohta (2023))
- 痕跡以外の統語的装置が文処理に影響するケース (数量詞上昇; Wurmbrand (2018), Orth and Yoshida (2022))

(16) A different chef tries to prepare every dish. ($a > \text{every}$, $\text{every} > a$)

- 逐次的な文処理に基づいたモデリング (CCG; Steedman (1987), Steedman (1996), Steedman (2000), Steedman (2012), Steedman (2024))
- 文処理の困難さを定量的に評価できる指標 (サプライザル理論; Hale (2001), Levy (2008))

参考文献 I

- Bever, T. G. and McElree, B. (1988). Empty categories access their antecedents during comprehension. *Linguistic Inquiry*, 19(1):35–43.
- Burzio, L. (1986). Italian syntax: A government-binding approach. *Dordrecht: Reidel*.
- Chomsky, N. (1973). Conditions on transformations. *A Festschrift for Morris Halle/Holt, Reinhart and Winston*.
- Chomsky, N. (1993). *Lectures on government and binding: The Pisa lectures*. Number 9. Walter de Gruyter.
- Fiengo, R. (1977). On trace theory. *Linguistic Inquiry*, 8(1):35–61.
- Freeze, R. (1992). Existentials and other locatives. *Language*, pages 553–595.
- Greco, M., Lorusso, P., Chesi, C., and Moro, A. (2020). Asymmetries in nominal copular sentences: Psycholinguistic evidence in favor of the raising analysis.
- Hale, J. (2001). A probabilistic earley parser as a psycholinguistic model. Second Meeting of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics.
- Kayne, R. S. (1993). Toward a modular theory of auxiliary selection. *Studia linguistica*, 47(1):3–31.
- Kim, K. (2012). Argument structure licensing and english have. *Journal of Linguistics*, 48.
- Levy, R. (2008). Expectation-based syntactic comprehension. *Cognition*, 106(3):1126–1177.
- McElree, B. and Bever, T. G. (1989). The psychological reality of linguistically defined gaps. *Journal of Psycholinguistic Research*, 18:21–35.
- Moro, A. (1997). *The raising of predicates: Predicative noun phrases and the theory of clause structure*, volume 80. Cambridge University Press.
- Myler, N. (2016). *Building and Interpreting Possession Sentences*. MIT Press.
- Orth, W. and Yoshida, M. (2022). Processing profile for quantifiers in verb phrase ellipsis: Evidence for grammatical economy. volume 7. Linguistic Society of America.
- R Core Team (2018). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

参考文献 II

- Samar, V. J. and Berent, G. P. (1991). Be is a raising verb: Psycholinguistic evidence. *Journal of Psycholinguistic Research*, 20(5):419–443.
- Steedman, M. (1987). Combinatory grammars and parasitic gaps. *Natural Language Linguistic Theory*, 5(3):403–439.
- Steedman, M. (1996). *Surface structure and interpretation*. MIT Press.
- Steedman, M. (2000). *The syntactic process*. MIT Press.
- Steedman, M. (2012). *Taking scope: The natural semantics of quantifiers*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Steedman, M. (2024). On internal merge. *Linguistic Inquiry*, pages 1–59.
- Stowell, T. (1983). Subjects across categories. *The linguistic review*, 2(3):285–313.
- Wurmbrand, S. (2018). The cost of raising quantifiers. *Glossa: A Journal of General Linguistics*, 3(1):1–40.
- Yamaguchi, K. and Ohta, S. (2023). Dissociating the processing of empty categories in raising and control sentences: A self-paced reading study in Japanese. *Frontiers in Language Sciences*, 2:1138749.
- Zehr, J. and Schwarz, F. (2018). Pennccontroller for internet based experiments (ibex).