

日本語ガーデンパス文処理における初分析への傾倒と再分析の処理負荷

The Degree of Commitment to the Initial Analysis Predicts the Cost of Reanalysis: Evidence from Japanese Garden-Path Sentences

中村 智栄[†], 新井 学[‡]
Chie Nakamura, Manabu Arai

[†]慶應義塾大学, [‡]東京大学, [¶]日本学術振興会
Keio University, University of Tokyo, JSPS
arumakan@nak.ics.keio.ac.jp, m-arai@phiz.c.u-tokyo.ac.jp

Abstract

Previous research demonstrated that comprehenders of head-final languages do not delay associating pre-head arguments until the head is received. As a consequence, readers are sometimes forced to reanalyze a structure due to an incorrect pre-head attachment. It is, however, still unclear what makes comprehenders of head-final languages to commit to pre-head attachment and to experience processing difficulty when a sentence is disambiguated. The current study addressed this issue by testing Japanese relative clause structure. We conducted two reading experiments using eye-tracking technique. The results demonstrated that both semantic information and temporal delay of disambiguation point influenced the degree of comprehenders' commitment to the incorrect initial analysis and the amount of cost for structural reanalysis.

Keywords — Garden-path sentence, initial analysis, reanalysis, eye-tracking, reading, relative clause structure

1. はじめに

これまで人間の文理解を明らかにする研究において、人間の文処理は時間軸に即して得られる入力を遅延することなく即時的に行われるという前提が英語など主要部前置型の言語を対象とした研究を中心に共有されてきた。さらに近年の研究では、この即時処理という前提が英語のような主要部前置型の言語のみならず、後置された節の主要部が現れるまで文構造が判明しない主要部後置型言語である日本語においても同様であることが明らかになってきている[1,2]。人間の言語処理過程を探る試みにおいて、英語のガーデンパス文を用いた研究では文の再分析における負荷を増大させる要因を特定するため

の研究が多く行われており[3,4], 中でも Tabor and Hutching (2004)は (1a)と(1b)のような文における読み時間を比べ、(1b)では曖昧性が解消される情報までの距離が(1a)に比べて長く、その分読み手が初分析理解により深く傾倒し、その結果再分析が困難になるという効果 (Digging-in effect) を報告している[5]。

(1a) As the author wrote the book grew.

(1b) As the author wrote the book describing Babylon grew.

これら先行研究の結果からは、読み手がどれだけ強く初分析理解に傾倒するか度合いがその後の再分析にかかる処理負荷に直接影響を及ぼしていることが推測される。しかしながら、英語を対象としたこれまでの研究では比較している文の間に文字数による違いがあり、例えば上記の(1b)は(1a)に比べて処理する情報量が多く、単純に情報量が増加したことで再分析の困難が引き起こされたという可能性も否定できない。そこで本研究では、まず実験1において主要部後置型言語である日本語においても英語を対象とした先行研究で報告されているような結果が得られるかを確認し、続いて実験2では文内の語順を操作し、処理する情報量が同じだが初分析への傾倒の度合いが異なる条件下における文処理過程について眼球運動計測技術を用いた検討を行った。

2. 実験 1

実験 1 では、主語と主語に続く関係節内の動詞句の意味的整合性が高い条件 (Plausibility: High 条件) と低い条件 (Plausibility: Low 条件) 及び、関係節部分に修飾句がない条件 (RC Length: Short 条件) と関係節部分に修飾句がある条件 (RC Length: Long 条件) による 2 要因 4 水準における読み時間を比較し、各コンディションにおけるリージョンごとの読み時間を眼球運動計測装置により計測した。

2.1 手続き

2.1.1 被験者

正常な視力を持ち、日本語を母語とする大学生 28 名が実験に参加した。

2.1.2 課題

ヘッドマウント型眼球運動測定機 (Eye Link II, SR Research) を用い、被験者が画面に提示された文を自然に読んでいる際の眼球運動の計測を行った。最初に画面上に文の一字目にあたる部分に ■ が表示され、■ 内に一定時間注視の注視が確認された後、文全体が一行で提示された。被験者が手元のボタンを押すと、同じ手順で次の文が提示された。

2.1.3 刺激文

実験 1 では、主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高い条件 (Plausibility: High 条件)、主語と意味的整合性が低い条件 (Plausibility: Low 条件) に対し、関係節の長さ (RC Length: Short 条件, Long 条件) を条件に加えた 2×2 デザインで実験を行った (2a-2d)。実験に用いられた文は、ターゲット文 24 文、フィラー文 72 文の計 96 文であった。

2a. 赤ちゃんが|ミルクを|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (Short + High 条件)

2b. 赤ちゃんが|シャンパンを|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (Short + Low 条件)

2c. 赤ちゃんが|ミルクを|テーブルで派手にこぼした|女優を|じっと見つめた。 (Long + High 条件)

2d. 赤ちゃんが|シャンパンを|テーブルで派手にこぼした|女優を|じっと見つめた。 (Long + Low 条件)

2.2 分析と結果

文節ごとに区切った各リージョンにおける読み時間に関して、1200ms 以上及び 80ms 以下の注視を除外した上で分析を行った [4]。ここでは、First-pass reading time と Second-pass reading time の 2 つの指標から得られた結果を報告する。First-pass reading time とは、リージョンに初めて入り、左右のいずれかへ出るまでの注視時間の合計であり、対象リージョンにおける初期段階の処理負荷を示す指標である。Second-pass reading time とは、対象リージョンから視線が一度出た後、二度目以降リージョンに入った注視時間の合計であり、既に読んだ領域を含めない読み返しの時間を示す指標である。一般的に、First-pass reading time は文理解における初期段階の処理プロセスを反映し、Second-pass reading time は再分析を反映するとされている。本研究内の実験データは全て、線形混合効果 (Linear Mixed-Effects: LME) モデルにより解析した [6,7]。リージョン 2 (「ミルク/シャンパンを」) からリージョン 5 (「じっと」) の条件ごとの読み時間に関して、Plausibility (High/Low) と RC Length (Short/Long) を固定要因として、被験者と実験アイテムをランダム要因として分析を行った。ランダムスロープには最大項構造を用い分析を行った。

First-pass reading times.

リージョン 2 (関係節内の目的語 ; 「ミルクを」) では Plausibility の主効果が得られ ($\beta = 29.2$, $t = 3.64$, $p < 0.001$)、Low 条件のほうが High 条件よりも読み時間が長いことが示された。リージョン 3

（「こぼした」）では RC Length の主効果が得られ ($\beta = 22.6, t = 10.86, p < 0.001$), 関係節が長い条件よりも短い条件の方が読み時間が長いことが示された。これは単純に追加された修飾句の情報による効果であると考えられる。続いてリージョン 5（「じつと」）では RC Length と Plausibility の交互作用が得られた ($\beta = 19.2, t = 3.21, p < 0.01$)。単純主効果検定の結果、関係節の長さにより Plausibility の主効果が反対方向に出ていることが明らかとなり、関係節が長い時には Low 条件の読み時間が High 条件よりも短いのに対し ($\beta = 18.7, t = 9.93, p = 0.07$), 関係節が短い時には Low 条件のほうが読み時間が長いことが示された ($\beta = -19.2, t = 1.93, p = 0.06$)。さらに、このリージョンからの読み返しが起こった割合を示す Regression-out の分析結果を行った結果、関係節が長く、且つ関係節内の動詞句が主節の解釈を指示する条件 (Long + High 条件) では他の条件よりも多く読み返しが起こっていることが示され (0.42), 処理負荷が最も高いことが明らかになった。

Second pass reading times.

リージョン 2（関係節内の目的語；「ミルクを」）では RC-Length の主効果 ($\beta = 61.2, t = 4.65, p < 0.001$) が得られ、関係節が長い時のほうが再分析にかかる処理負荷が高いことが示された。また、リージョン 3 からリージョン 5 にかけて、Plausibility の主効果 (リージョン 3: $\beta = -136.9, t = 3.41, p < 0.01$; リージョン 4: $\beta = -37.9, t = 3.22, p < 0.01$; リージョン 5: $\beta = -44.2, t = 3.60, p < 0.001$), 及び、RC Length の主効果 (リージョン 3: $\beta = 455.1, t = 8.67, p < 0.001$; リージョン 4: $\beta = 36.0, t = 3.32, p < 0.05$; リージョン 5: $\beta = -41.2, t = 3.46, p = 0.07$) が得られた。これにより、主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高い時のほうが、低い時に比べて再分析にかかる処理負荷が大きいことが示され、同様に関係節が長い時のほうが短い時に比べ再分析の処理負荷が高いことが示された。さらに、リージョン 3 では Plausibility と RC Length の交互作用が見られ ($\beta = -86.8, t = 2.35, p < 0.05$),

単純主効果検定の結果、関係節が長い Long 条件のほうが、関係節が短い Short 条件に比べて Plausibility の影響が大きいことが示された (Long 条件: $\beta = -224.9, t = 3.63, p < 0.001$; Short 条件: $\beta = -50.9, t = 2.41, p < 0.05$)。

2.3 実験 1 考察

実験 1 の結果から、主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高く、主節の解釈を支持する条件 (Plausibility: High 条件)のほうが、主節の解釈を支持しない条件 (Plausibility: Low 条件)に比べ再分析における処理負荷が高いことが示された。また、関係節が長い文では、構造的曖昧性を解消する情報が遅く現れるため読み手が誤った主節の解釈により強く傾倒し、再分析にかかる負荷が増大することが示された。さらに、リージョン 3 では Second-pass reading time で、リージョン 5 では First-pass reading time で、Plausibility と RC Length の交互作用が見られた。これにより、関係節が長く、かつ主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高い条件の文で最も処理負荷が高くなることが実証された。しかし、関係節の長い条件において処理負荷が高まった理由としては、構造的曖昧性が解消する情報が遅れて現れたので主節の解釈を保持する時間が長くなりその結果初分析の解釈を棄却しにくくなったのではなく、単純に関係節内に修飾句が追加されたことにより処理する情報量が増えたため処理負荷が増大し、再解釈が難しくなったという可能性も考えられる。そのため、実験 2 では関係節内の目的語の語順を変えた文を用いてこの可能性の検証を行った。

3. 実験 2

3.1 手続き

3.1.1 被験者

実験 1 には参加していない大学生 27 名が実験に参加した。

3.1.2 課題

実験 1 と同様、文を読む際の眼球運動の計測実験を行った。

3.1.3 刺激文

実験1で用いた Plausibility (High 条件/Low 条件)に加え、関係節内の目的語が主語の後に続き、その後に修飾句が現れる条件 (Word Order: NP-Adjunct 条件)、修飾句が関係節内の目的語よりも前に現れる条件 (Word Order: Adjunct-NP 条件)を加えた 2×2 デザインの 4 条件で実験を行った (3a-3d)。実験に用いられた文は、ターゲット文 24 文、フィラー文 72 文の計 96 文であった。

3a. 赤ちゃんが|ミルクをテーブルで派手に|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (High + NP-Adjunct 条件)

3b. 赤ちゃんが|テーブルで派手にミルクを|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (High + Adjunct-NP 条件)

3c. 赤ちゃんが|シャンパンをテーブルで派手に|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (Low + NP-Adjunct 条件)

3d. 赤ちゃんが|テーブルで派手にシャンパンを|こぼした|女優を|じっと|見つめた。 (Low + Adjunct-NP 条件)

3.2 分析と結果

Plausibility (High 条件/Low 条件)と Word Order (NP-Adjunct 条件/Adjunct-NP 条件)を固定要因、被験者と実験アイテムをランダム要因に加え LME モデルによる分析を行った。ランダムスロープ項の選定には forward-selection の手法を用いた。各リージョンにおける読み時間に関して、ここでは Right-bounded reading time と Second-pass reading time の指標による結果を報告する。リージョン2 (「(テーブルで派手に) シャンパン/ミルクを (テーブルで派手に)」) の second-pass reading time において、Word Order の主効果が得られ ($\beta = -0.08, t = 2.21, p < 0.001$)、関係節内の目的語が主語の後に続き、修飾句がその後に現れる

NP-Adjunct 条件 (e.g., 「赤ちゃんがミルク/シャンパンをテーブルで派手にこぼした」)のほうが、修飾句が主語の後に続き、その後に関係節内の目的語が現れる Adjunct-NP 条件 (e.g., 「赤ちゃんがテーブルで派手にミルク/シャンパンをこぼした」)に比べ再分析にかかる処理負荷が高いことが示された。さらに、リージョン4 (「女優を」)においては right-bounded reading time において Plausibility と Word Order の交互作用が見られた ($\beta = 0.05, t = 2.30, p < 0.05$)。単純主効果検定の結果、関係節内の目的語が修飾句の前に現れる NP-Adjunct 条件においては Plausibility の効果が有意であるのに対し ($\beta = 38.35, t = 2.13, p < 0.05$)、関係節内の目的語が修飾句の後に現れる Adjunct-NP 条件では Plausibility の効果が見られなかった ($\beta = 3.40, t = 0.29, p = 0.59$)。

3.3 実験2考察

実験2の結果から、処理する情報量が同じ文の処理過程において、修飾句が目的語の後に現れる NP-Adjunct 条件のほうが、修飾句が目的語の前に現れる Adjunct-NP 条件に比べて再分析にかかる処理負荷が大きいことが示された。さらに、リージョン4では Plausibility と Word Order の交互作用が見られ、このことから、主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高く、主節の解釈を支持する条件 (High 条件)のほうが、主節の解釈を支持しない条件 (Low 条件)に比べ再分析における処理負荷が高いという Plausibility の効果は、修飾句が目的語の後に現れる NP-Adjunct 条件でのみ有意であり、修飾句が目的語の前に現れる Adjunct-NP 条件では差が見られないことが示された。これは、主語に続いて目的語が現れる NP-Adjunct 条件では、読み手が目的語を受け取った時点で主節の構造分析を行うためその後に続く修飾句を読む際に誤った初分析理解により深く傾倒するのに対し、主語の後に修飾句が現れる Adjunct-NP 条件では、修飾句を受け取った時点では主節の構造分析が行われず、その結果 Plausibility が初分析への傾倒の度合いに影響を与えなかったことを示していると考え

られる。

4. 結論

本研究では、実験 1 の結果により、主要部後置型言語である日本語でも英語における先行研究と同様、文の構造的曖昧性が解消される情報が遅れて現れる条件において再分析にかかるコストが大きく、さらに主語と関係節内の動詞句の意味的整合性が高いほど主節解釈により強く傾倒し、それによって再分析にかかる負荷が増大することが示された。続いて実験 2 では語順の異なる文を用いることで、実験 1 の結果とこれまで英語を対象とした研究において報告された結果が単なる情報量の差によってもたらされたのではなく、読み手の初分析に対する傾倒の度合いが再分析にかかる処理負荷に反映していることが明らかとなった。

参考文献

- [1] Kamide, Y. (2006). Incrementality in Japanese sentence processing. In M. Nakayama, R. Mazuka & Y. Shirai (Eds.), *Handbook of Japanese psycholinguistics*; Cambridge University Press.
- [2] Miyamoto, E. T. 2002. Case markers as clause boundary inducers in Japanese. *Journal of Psycholinguistic Research*, 31, 307-347.
- [3] Ferreira, F., & Henderson, J. M. (1991). Recovery from misanalyses of garden-path sentences. *Journal of Memory and Language*, 30, 725-745
- [4] Sturt, P., Pickering, M. J., & Crocker, M. W. (1999). Structural change and reanalysis difficulty in language comprehension. *Journal of Memory and Language*, 40, 136-150.
- [5] Tabor, W., & Hutchins, S. (2004). Evidence for self-organized sentence processing: Digging in effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 431-450.
- [6] Baayen, R. H. (2008). *Analyzing linguistic data: a practical introduction to statistics using R*. Cambridge: Cambridge University Press.
- [7] Baayen, R. H., Davidson, D. J., & Bates, D. M. (2008). Mixed-effects modeling with crossed random effects for subjects and items. *Journal of Memory and Language*, 59, 390-412.