

# gap-filler 依存関係の処理について一文脈を用いた日本語分裂文の ERP 研究一

矢野雅貴<sup>1,2</sup> 立山憂<sup>1</sup> 坂本勉<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>九州大学大学院人文科学府,<sup>2</sup>日本学術振興会特別研究員,<sup>3</sup>九州大学大学院人文科学研究院)

masayano@kyudai.jp

## 1. はじめに

人が文を理解するためには、文中に存在する様々な要素間の依存関係を構築しなければならない。これまでの文理解研究では、空所(gap)と埋語(filler)の依存関係が注目されてきた。本研究では、gap-filler 依存関係を含む日本語分裂文を用いて、gap-filler 依存関係を構築する際の処理負荷を予測する仮説の妥当性を検討した。

## 2. 日本語の分裂文に関する先行研究

カフラマン(2011)は、(1)のような分裂文を用いて、実験参加者(自己)ペースの読文実験を行った。実験の結果、第4文節(介抱したのは)で、目的語分裂文(OC)である(1b)の方が、主語分裂文(SC)の(1a)に比べて読み時間が有意に短くなった。この結果は、OCの方がSCよりも処理負荷が低いことを示している。

(1)a. SC 去年 <gap> 祖母を 田舎で 介抱したのは 遠い 親戚<sub>i</sub>だと 母が 言った。

b. OC 去年 祖母が <gap> 田舎で 介抱したのは 遠い 親戚<sub>i</sub>だと 母が 言った。

しかし、日本語分裂文の処理では、遷移的確率(transitional probabilities)が処理に影響を及ぼしている可能性が指摘されている(Kahraman et al. 2011)。遷移的確率とは、隣接した要素の予測可能性を測定する条件的な確率として定義されるもので、以下のような定式に基づく。

(2) XにおけるYの確率 = XにYが続く頻度 / Xの頻度 (Kahraman, 2011, p.70)

Kahraman et al. (2011) は、コーパス調査の結果、以下の結果を報告した。

### SC と OC の遷移的確率

文型	分裂文構造	遷移的確率
名詞句-を + 他動詞-のは(357)	SC (205)	.57 (205/357)
名詞句-が + 他動詞-のは(114)	OC (86)	.75 (86/114)

※( )内はそれを含む文の数

「名詞句-を+他動詞-のは」という連続の後、主語要素が出現する確率は、57%である。一方、「名詞句-が+他動詞-のは」という連続の後、目的語要素が出現する確率は75%である。つまり、「他動詞+のは」の時点における遷移的確率は、目的語分裂文の方が高い。このような遷移的確率に基づ

いた filler に対する予測可能性が、分裂文の処理に影響を及ぼしているとするれば、カフラマン(2011)が報告した実験は、gap-filler 依存関係の構築における処理を適切に検討できていない可能性がある。

### 3. 実験 1

2 節で述べた通り、日本語分裂文では、filler に対する予測可能性が処理に影響を及ぼしている可能性がある。そこで本研究では、分裂文に先行して、以下に示す文脈を呈示した。

#### (3) 文脈

1. “竹内さん” “小西さん” と示される 2 人の画像を呈示
2. 「この 2 人のうち、」

- (4) 実験文 SC : 去年 一郎を 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。  
OC : 去年 一郎が 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。

文脈を呈示することによって、主語・目的語以外の要素が動詞 (介抱したのは) に後続する文は、以下の(5)に示すように、容認不可能となる。このため、動詞位置における予測可能性は、条件間で統制されている。

- (5) \*この 2 人のうち、去年一郎を / が手厚く介抱したのは 大変だった / 実家だった。

実験文は、5 文節で構成され、条件間で、第 3 文節の格助詞 (を/が) 以外の違いはない。実験文は、2 条件を 1 ペアとし、64 セット 128 文用いた。また、フィラー文として、関係節を含む 64 セット、128 文を作成した。これらの刺激文は、ラテン方格法に基づき、2 つのリストに分配し、実験参加者には、一方のリストの文をランダム呈示した。

#### 3.1. 予測

本研究では、文脈を与えることによって、予測可能性を統制した。このため、条件間に処理負荷の非対称性が見られるとすれば、それは gap-filler 依存関係の構築にかかる処理負荷を反映したものであると考えられる。

先行研究では、gap-filler 依存関係の構築において、gap と filler 間の距離が処理負荷に影響を及ぼすことが指摘されている。そこで本研究では、gap と filler の距離に関する二つの仮説に基づいて実験結果の予測を行った。一つは、線形的距離仮説 (Linear Distance Hypothesis: LDH) (Gibson, 1998, 2000) である。この仮説に基づけば、filler と gap 間に介在する要素数が多くなるほど、処理負荷が増大することを予測する。従って、線形的距離が長い SC の方が処理負荷が大きくなると予測される。

SC : 去年 <gap> 一郎を 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。  
OC : 去年 一郎が <gap> 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。

もう一つは、構造的距離仮説(Structural Distance Hypothesis: SDH)(Hawkins, 2004; O'Grady, 1997)である。これは、filler と gap 間に介在する節点の数が、処理負荷を決定することを予測する仮説である。従って、構造的距離が長い OC の方が、処理負荷の方が大きくなると予測される。

また、これらの読み時間の差が現れるのは、gap-filler 依存関係の構築の行われると考えられる第 4 文節（介抱したのは）であると予測される。

### 3.2. 手順・実験参加者

刺激の呈示と読み時間の記録には LinguaTools<sup>1</sup>を用いた。実験方法は、文節ごとに文が呈示される実験参加者（自己）ペースの読文実験である。各試行の開始前には凝視点（+）が呈示され、(3) の文脈 1、2 が順に示された後、ターゲット文が文節ごとに呈示された。実験参加者には、スペースキーを押して文を読み進めるように教示した。

参加者の集中力を持続させるため、最後の文節が消失した後に 3 回に 1 回程度の割合で正誤判断課題が呈示された。参加者は、質問内容が直前に見た文の内容に合致していれば○のボタン、そうでなければ×のボタンを押すように指示された。○と×のボタンの位置はリストごとにカウンターバランスを取った。正誤判断課題は実験参加者がボタンを押すと消え、数秒後ふたたび最初の注視点（+）が呈示された。

実験参加者は、日本語を母語とする九州大学の学部生 24 人（男性：13 人、女性：11 人、平均年齢：21 歳 6 ヶ月）であった。参加者には謝金が支払われた。

### 3.3. 実験結果

参加者 24 人の課題に対する平均正答率は 89.9%で、正答率が 70%を下回る参加者はいなかった。したがって 24 人全員を分析の対象とし、その中で正誤判断課題に正答したデータのみを対象とし誤答の場合のデータは削除した。さらに参加者ごとに、各条件の各文節における読み時間の平均値から標準偏差の 2.5 倍を超える値をはずれ値として削除した（除外率 9.34%）。

実験 1 における平均読み時間 (ms)

	去年	一郎を/が	手厚く	介抱したのは	竹内さんだ。	文全体
SC	605	659	632	709	851	5004
OC	613	675	638	718	863	5042

第 4 文節（介抱したのは）の平均読み時間について文の種類（SC 条件、OC 条件）を要因とする  $t$  検定を行ったところ、被験者分析・項目分析ともに有意な差はなかった ( $t_1(23) = -0.495, p = .62, t_2(63) = -0.731, p = .46$ )。また、第 5 文節についても同様の  $t$  検定を行ったところ、被験者分析・項目分析ともに有意な差は見られなかった ( $t_1(23) = -0.623, p = .53, t_2(63) = -0.72, p = .47$ )。文

<sup>1</sup> 監修 坂本勉（九州大学大学院人文科学府言語学講座・教授）・開発 安永大地（金沢大学 人間社会研究域・准教授）・LINO LAB

全体の平均読み時間についても、被験者分析・項目分析ともに有意な差はなかった ( $t_1(23) = -0.713$ ,  $p = .48$ ,  $t_2(63) = -0.696$ ,  $p = .48$ )。

### 3.4. 考察

読文時間を比較した結果、SC と OC の間に有意差は見られなかった。従って、実験 1 からは、SDH と LDH のどちらかを支持する結果は得られなかった。しかし、gap-filler 依存関係の構築にかかる処理負荷は、SC/OC 間で差がごく小さく、読み時間には反映されなかったという可能性がある。そこで、実験 2 では、事象関連電位(Event-related brain potentials; ERPs)を指標として実験を行った。

## 4. 実験 2

実験 2 では、実験 1 と同じ刺激文を用いて、gap-filler 依存関係の構築を行う際の脳波を観察した。本実験では、gap と filler の統合を反映する成分である P600 を指標とした(Kaan et al. 2000; Phillips et al. 2005)。

### 4.1. 予測

- (6) a. SC : 去年 一郎を 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。  
b. OC : 去年 一郎が 手厚く 介抱したのは 竹内さんだ。

SDH によれば、(6a)と比較して、(6b)の方が、gap-filler の統合の処理負荷がより大きいことを予測する。そのため、(6b)において、より大きな P600 が観察されると考えられる。一方、LDH によれば、(6b)に比べて、(6a)の方が処理負荷が高いことを予測する。そのため、(6a)において、より大きな P600 が観察されると予測される。

### 4.2. 手順・実験参加者

実験文は、実験参加者から約 130 センチメートル前に置かれた CRT 画面の中央に呈示した。各試行では、まず文脈が呈示され、その後、実験文が、実験者ペースで文節毎に呈示された。各文節の呈示時間(DOS)は 700ms、刺激呈示時間間隔(ISI)は、200ms であった。

実験参加者は、日本語を母語とする九州大学の学部生 16 人 (男性 : 6 人、女性 : 10 人、平均年齢 : 21 歳 6 ヶ月) であった。参加者全員が正常な視力 (矯正視力を含む) を有しており、Oldfield (1971)の利き手調査票によって右利きであることを確認した。測定前に、脳波測定装置の安全性・個人情報等の取扱いについて説明を行い、実験参加者からインフォームドコンセントを得た上で、同意書への署名をして頂いた。実験終了後、謝金を支払った。

### 4.3. 脳波の記録方法

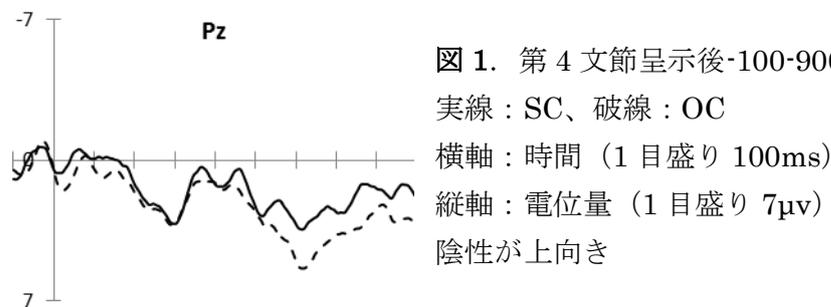
脳波の記録には日本光電製の EEG-1200 を用いた。電極は銀-塩化銀皿電極 (日本光電製 NE-113A) を用い、国際 10-20 法に基づいて、頭皮上の 19 カ所 (Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P3, P4,

O1, O2, F7, F8, T3, T4, T5, T6, Fz, Cz, Pz) に配置した(Jasper, 1958)。接地電極は Fpz、基準電極は両耳朶結合とした。さらに、眼球運動と瞬目によるアーチファクトの監視のために、左眼下及び左眼左に電極を装着した。電極間抵抗値は全て 5k $\Omega$  未満とし、ローカットフィルタは 0.03Hz、ハイカットフィルタは 60Hz に設定した。サンプリング周波数は 1000Hz とした。

#### 4.4. 実験結果

実験参加者 16 人の課題に対する平均正答率は 87.1% で、正答率が 70% を下回る参加者はいなかった。また、参加者全員について、各条件の加算回数が 25 回以上であったため、16 人分のデータを最終的な分析対象とした。

図 1 に、第 4 文節（介抱したのは）における総加算平均波形を示した。



第 4 文節呈示開始後 550-800ms における平均電位量について、電極位置（正中線：3 水準、傍矢状洞部：10 水準、側頭部：6 水準） $\times$ 文の種類（2 水準：SC、OC）の 2 要因分散分析を行った。その結果、文の種類について、正中線における主効果が有意傾向 ( $F(1,15) = 3.189, p = .0944$ )、傍矢状洞部における主効果が有意傾向 ( $F(1,15) = 3.432, p = .0837$ )、側頭部における主効果が有意であった ( $F(1,15) = 5.225, p = .0372$ )。すべての電極位置において交互作用は確認されなかった。したがって、第 4 文節呈示開始後 550-800ms の潜時帯において、頭部全体で、SC の波形に比べ OC の波形が陽性に偏位していた。この成分は、極性・潜時帯・頭皮上分布などから、P600 であると考えられる。

#### 5. 総合考察

本研究では、日本語分裂文における gap-filler 依存関係の処理を検討するため、文脈を用いて予測可能性を統制した上で、読文実験・ERP 実験を行った。読文実験においては、読み時間の差が見られず、どちらかの仮説を支持する結果は得られなかった。しかし、ERP 実験の結果、目的語分裂文における gap-filler 依存関係の構築の処理負荷は、主語分裂文よりも大きかった。この結果から、以下の 2 点が明らかとなった。

- 分裂文における **gap-filler** 依存関係の処理負荷を予測する仮説として、線形的距離仮説よりも、構造的距離仮説の方が妥当性が高い。
- 文脈を用いずに分裂文の **gap-filler** 依存関係の処理負荷を検討したカフラマン(2011)では、主語分裂文の方が処理が困難である結果が報告されている。一方、文脈を用いて予測可能性を統制して検討した本研究では、目的語分裂文の方が処理が困難である結果が得られた。従って、分裂文の処理負荷の非対称性における「予測可能性」の及ぼす影響は、**gap-filler** 依存関係の構築処理の影響よりも大きいことが示唆された。

## 参考文献

- Gibson, E. (1998) Linguistic complexity: Locality of syntactic dependencies. *Cognition*, 68, 1-76.
- Gibson, E. (2000) The dependency locality theory: A distance-based theory of linguistic complexity. In A. Marantz, Y. Miyashita, and W. O'Neil (eds.), *Image, language, brain: Papers from the first mind articulation project symposium*, 95-126.
- Hawkins, J. (2004) *Efficiency and complexity in grammars*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Jasper, H. H. (1958) The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology* 10: 371-375.
- Kaan, E., Harris, A., Gibson, E. and Holcomb, P. (2000) The P600 as an index of syntactic integration difficulty. *Language and Cognitive Processes*, 15, 159-201.
- Kahraman, B., Sato, A., Ono, H. and Sakai, H. (2011) Why object clefts are easier to process than subject clefts in Japanese: Frequency or expectation?. *Technical report of IECIE*, 111(170), 67-72.
- Oldfield, R. (1971) The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9, 812-815.
- O'Grady, W. (1997) *Syntactic development*. Chicago, University of Chicago Press.
- Phillips, C., Kazanina, N., and Abada, S. (2005) ERP effects of the processing of syntactic long distance dependencies. *Cognitive Brain Research*, 22, 407-428.
- カフラマン バルシュ (2011) 日本語及びトルコ語における「空所と埋語の依存関係」の処理—文処理の逐次性をめぐって—, 広島大学教育学研究科博士論文.

## 謝辞

本研究は、以下の助成を受けて行われた。記して謝意を表す。

- |                              |              |
|------------------------------|--------------|
| 九州大学基金 学生の独創的研究活動支援          | (研究代表者：矢野雅貴) |
| 日本学術振興会科学研究費基盤研究 (A)25244018 | (研究代表者：坂本勉)  |
| 日本学術振興会科学研究費基盤研究 (S)22222001 | (研究代表者：小泉政利) |