

ガーデンパス文処理における視覚情報とプロソディー情報の交互作用 —視覚世界パラダイムを用いた予測的眼球運動計測実験— Immediate influence of contextually appropriate prosody on processing of garden-path sentences

中村 智栄[†], 新井 学[‡], 馬塚 れい子[¶]
Chie Nakamura, Manabu Arai, Reiko Mazuka

[†]慶應義塾大学/JSPS/理化学研究所, [‡]東京大学/JSPS/理化学研究所, [¶]理化学研究所/Duke University
Keio University/JSPS/RIKEN, The university of Tokyo/JSPS/RIKEN, RIKEN/Duke University
nak@brain.riken.jp

Abstract

An eye-tracking experiment examined whether prosodic cues (contrastive intonation) can be used to correctly predict a sentence structure. Japanese listeners listened to a temporally ambiguous sentence such as “The boy stared at the girl who was riding on the tricycle”, either with or without contrastive intonation on the RC-theme (tricycle). While listening to the sentence, they looked at a visual scene that contained either an object that makes a contrast to the RC-head noun (another girl riding on a hobbyhorse) or an object that makes no contrast (a woman riding on a bicycle). When hearing the sentences that carried contrastive intonation on the RC-theme, more looks to the correct RC-head noun was observed when the picture contained a contrast in the scene. No such effect of contrastive intonation was observed with the scenes without contrast. Given contextually appropriate prosody, contrastive intonation was used rapidly enough to affect listeners’ interpretation to predict a sentence structure (upcoming object) before disambiguating information was available.

Keywords — prosody, contrastive intonation, garden-path sentence, eye tracking, sentence processing

1. はじめに

日本語で「男の子が三輪車に乗っていた女の子を見つめた」のような文を漸次的に処理する場合、「乗っている」まで処理した時点では通常、三輪

車に乗っていたのは男の子であると解釈（つまり「三輪車に乗っていた」を主節の構成要素と分析）される。しかしその後続く「女の子を」を処理した時点で、三輪車に乗っていたのは男の子ではなく女の子であることが明らかになり、「三輪車に乗っていた女の子」を埋め込み関係詞節として再分析する正しい解釈が行われる。こうした構造的曖昧性によって再分析を引き起こす文はガーデンパス文と呼ばれ、このような文の処理過程に音声情報としてのプロソディーがどのように影響を与えるかについては多くの研究が行われてきた [11,12]。しかし、これらの研究で得られた結果の多くは、曖昧性が解消された時点、もしくはその後観測された現象の報告に留まっており、初分析の段階（上の文で言えば「男の子が三輪車に乗っている」を処理する時点）でプロソディー情報が正しい文型を予測するキューとして用いられるか否かについては明らかになっていない。

2. 目的

本研究では、(1)のような文を用い、プロソディー情報の一つであり、指示表現において対比的な解釈を喚起する役割を持つ contrastive intonation が日本語ガーデンパス文の初分析に与える影響を眼球運動計測実験により明らかにした。

(1) 男の子が(Subject)三輪車に(RC-object)乗っていた(RC-verb)女の子を(RC-head)見つめた(MC-verb).

3. 実験

3.1. 実験手法

視覚世界パラダイムによる眼球運動計測とは、スクリーン上の絵への注視パターンから漸次的処理の方略を明らかにする手法である[1][12]。本実験では、被験者はスクリーンに表示される絵を見ながら流れてくる音声文を聞き、その間の眼球運動を計測装置により測定した。

3.2. 被験者

日本語を母語とする大学生 28 人

3.3. 視覚刺激

スクリーンには、視覚刺激として、音声に関連した情景が提示された。情景は、各音声に対してコントラストなし条件とコントラストあり条件の 2 パターンが用意された。情景内には 4 つのオブジェクトが存在し、4 つのオブジェクトのうち 3 つは常に、主節の主語(Subject, 男の子)、関係詞節の名詞句(RC-object, 三輪車)、関係詞が修飾する主節の目的語に対応するオブジェクト(RC-head, 女の子)が描写されている。残りの 1 つのオブジェクトは、コントラストなし条件においては、関係詞が修飾する主節の目的語に関係のないオブジェクト(自転車に乗っている大人の女性)が描かれ(図 1a)、一方コントラストあり条件では、その目的語に対してコントラストとなるオブジェクト(木馬に乗っている女の子)が用意された(図 1b)。

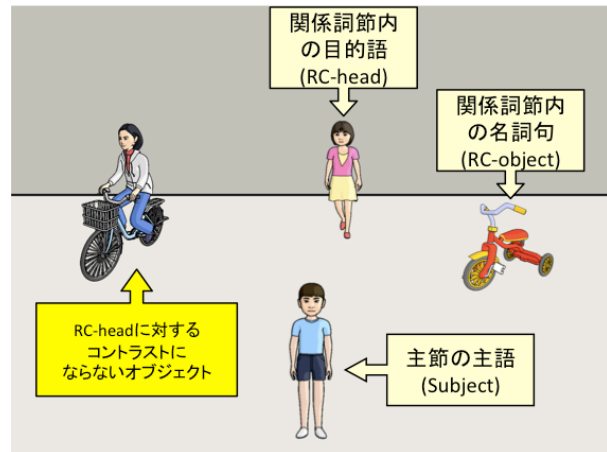


図 1a. コントラストなし条件の絵

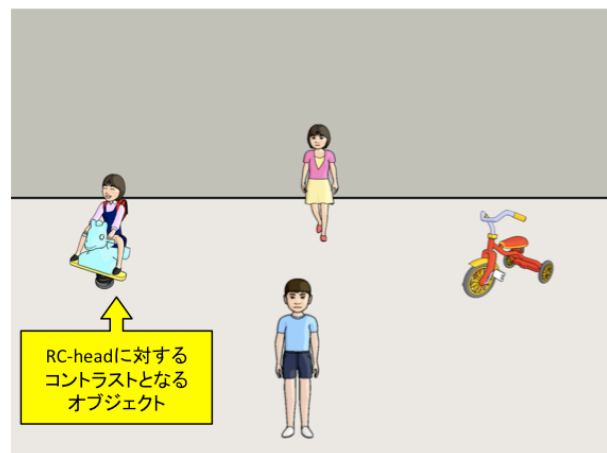


図 1b. コントラストあり条件の絵

3.4. 音声刺激

音声刺激には、関係詞節内の名詞句に contrastive intonation がかかっている音声(図 2a)と contrastive intonation がない音声(図 2b)が用意された。[6]や[13]によれば、contrastive intonation は指示表現において対比的な解釈を喚起する役割を持つ。このことから、関係詞節内の名詞句に contrastive intonation がかかった音声を聞いている際に、コントラストなし条件の絵を見ている場合には情景の中に関係詞節内の目的語(女の子)の対比となるオブジェクトがないため、contrastive intonation は無意味な情報となる。その一方、コントラストあり条件を見ている際には、情景の中に関係詞節内の目的語に対するコントラストとなるオブジェクト(木馬に乗っている女の子)が存在することから、contrastive intonation の情報が「(木

馬ではなく) 三輪車に乗っていた女の子」という解釈を聞き手に想起させると考えられる。

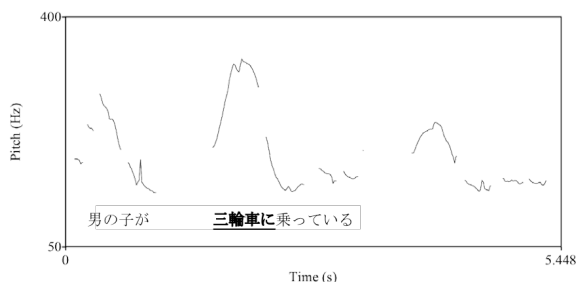


図 2a. *contrastive intonation* あり音声

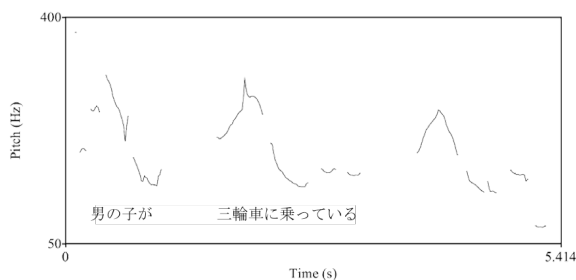


図 2b. *contrastive intonation* なし音声

3.5. 手続き

眼球運動測定には SR Research 社製 Eyelink Arm Mount (サンプリングレート 500Hz)を用いた。音声は絵の提示から 2500ms 後に提示された。被験者は流れてくる音声を聞きながらスクリーンに表示される絵を見るように指示され、その間の眼球運動が記録された。本試行に先立ち、3つの練習試行を行った。実験は、説明、練習、カリブレーションを含め約 30 分を要した。

4. 予測

音声の *contrastive intonation* が初分析の段階において予測的キューとしての影響を持つのであれば、コントラストあり条件の絵を見ながら関係詞節内の名詞句に *contrastive intonation* がかかっている音声を聞いた場合、聞き手は三輪車に乗っていた動作主（つまり関係詞節の主語）が女の子であるということを、曖昧性が解消される情報（e.g., 女の子）を聞く以前の段階で推測し、聞いている文型が関係詞節の文であることを予測できる可能性がある。そうであれば、関係詞節内の動詞を

聞いている時点で、その動詞の動作主（e.g., 女の子）に予測的注視が見られるはずである。

5. 結果

曖昧性が解消される情報を聞く前に聞き手が正しい文構造を予測したかどうかを分析するため、関係詞節内の動詞（e.g., 乗っていた）のオンセットから 1000 ms における関係詞節内の目的語への注視について解析を行った。実験データは全て線形混合効果モデル（linear mixed effects: LME）により解析した。LME モデルとは、被験者とアイテムをランダム要因とみなし、それらのランダム効果を踏まえた上で検討したい要因（固定要因）の効果が有意であるかを分析する手法である[2,3]。固定要因として Prosody（*contrastive intonation* なし音声／あり音声）、Visual Context（コントラストなし条件の絵／あり条件の絵）とこれらの交互作用をモデルに含めて解析を行った結果、Visual Context と Prosody の交互作用が見られた（ $\beta = 0.09$, $t = 4.81$, $p < .001$ ）。さらに、コントラストあり条件の絵とコントラストなし条件の絵それぞれにおけるプロソディーの効果を分析したところ、コントラストなし条件の絵を見ている時はプロソディーの影響がない（ $t < 1$ ）のに対し（図 3a）、コントラストあり条件の絵を見ている時は明らかなプロソディー効果が得られた（ $\beta = 0.20$, $t = 7.42$, $p < .001$, 図 3b）。つまり、被験者がコントラストなし条件の絵を見ている時はプロソディー情報が文理解に影響を与えなかったのに対し、コントラストあり条件の絵を見ている時は、プロソディー情報により、関係詞節内の名詞句を聞いた時点で文の構造が関係詞節文であることを正しく予測したと言える。

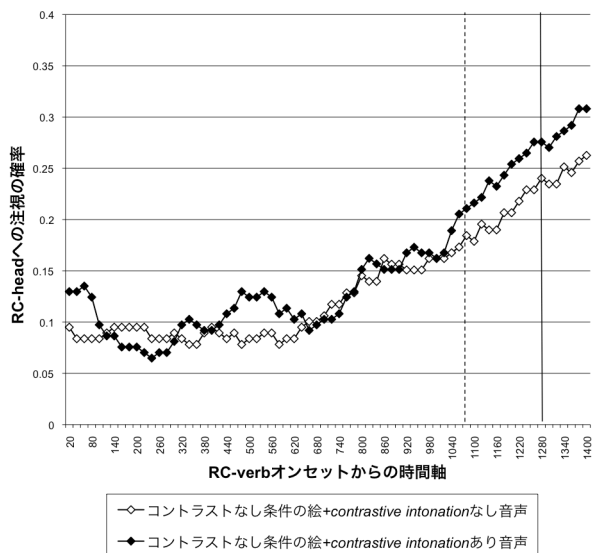


図 3a. 関係詞節内の動詞のオンセットから1400msにおけるRC-headへの注視の確率(コントラストなし条件) 点線: RC-head オンセット最小値, 実線: RC-head オンセット平均値

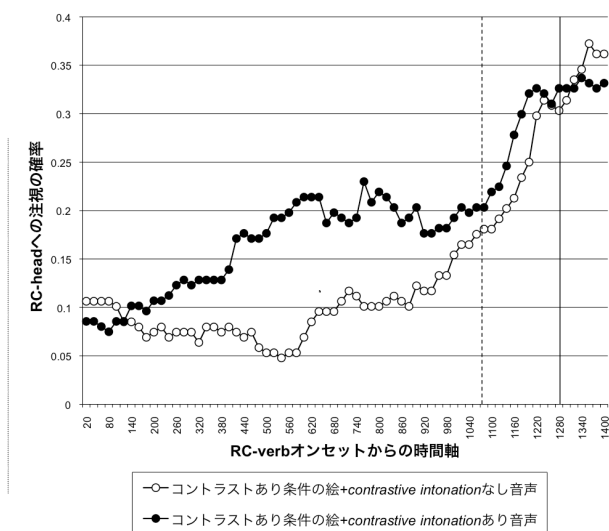


図 3b. 関係詞節内の動詞のオンセットから1400msにおける主節の目的語への注視の確率(コントラストあり条件)

6. 考察

本実験の結果として、ガーデンパス文処理における視覚情報とプロソディー情報の交互作用が見られた。視覚刺激がコントラストなし条件の絵の場合、音声刺激の contrastive intonation は聞き手の眼球運動に差を生じさせなかった。一方、コントラストあり条件の絵においては、音声に

contrastive intonation がある時には、contrastive intonation がない音声に比べて関係詞節内の目的語(女の子)への注視が有意に多く見られた。さらに、この差が見られたのは聞き手が文型の構造的曖昧性が解消される前の時点(女の子のオンセットよりも手前)であったことから、日本語のガーデンパス文の初分析において、プロソディー情報が、聞き手が文型を正しく理解するための予測的キューとして使われることが示された。

参考文献

- [1] Altmann, G. T. M. & Kamide, Y., (1999) "Incremental interpretation at verbs: restricting the domain of subsequent reference", *Cognition*, Vol. 73, pp. 247-264
- [2] Baayen, R. H., (2008) "Analyzing linguistic data: a practical introduction to statistics using R", Cambridge: Cambridge University Press.
- [3] 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*, Vol. 59, pp. 390-412.
- [4] Braun, B. & Tagliapietra, L., (2010) "The role of contrastive intonation contours in the retrieval of contextual alternatives", *Language and Cognitive Processes*, Vol. 25, pp. 1024-1043.
- [5] Dahan, D., Tanenhaus, M.K., & Chambers, C.G., (2002) "Accent and reference resolution in spoken-language comprehension", *Journal of Memory and Language*, Vol. 47, pp. 292-314.
- [6] Ito, K. & Speer, S.R., (2008) "Anticipatory effect of intonation: Eye movements during instructed visual search", *Journal of Memory and Language*, Vol. 58, pp. 541-573.
- [7] Kjeilgaard, M. & Speer, S., (1999) "Prosodic facilitation and interference in the resolution of temporary syntactic closure ambiguity", *Journal of Memory and Language*, Vol. 40, pp. 153-194

- [8] Mazuka, R. & Itoh, K., (1995) “Can Japanese speakers be led down the garden path?” In R. Mazuka & N. Nagai (eds.), *Japanese sentence processing*, pp. 295-329. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- [9] Schafer, A., Speer, S., Warren, P. & White, S., (2000) “Intonational disambiguation in sentence production and comprehension”, *Journal of Psycholinguistic Research*, Vol. 29, pp. 169-182
- [10] Snedeker, J. & Trueswell, J., (2003) “Using prosody to avoid ambiguity: Effects of speaker awareness and referential context”, *Journal of Memory and Language*, Vol. 48, pp. 103-130
- [11] Speer, S. R., Kjelgaard, M. M., & Dobroth, K. M., (1996) “The influence of prosodic structure on the resolution of temporary syntactic closure ambiguities”, *Journal of Psycholinguistic Research*, Vol. 25, pp. 249-271.
- [12] Tanenhaus, M. K., Spivey Knowlton, M. J., Eberhard, K. M., & Sedivy, J. C., (1995) “Integration of visual and linguistic information in spoken language comprehension”, *Science*, Vol. 268, pp. 1632-1634.
- [13] Weber, A., M. Grice, M. & Crocker, M. W., (2006) “The role of prosody in the interpretation of structural ambiguities: A study of anticipatory eye movements”, *Cognition*, Vol. 99, pp. B63-B72.