

日本語の関係節における Weak Crossover 現象の非構造的要因を制御した経験的検証

福島遥¹ Daniel Plesniak² 戸次大介¹
¹ お茶の水女子大学大学院 ² Seoul National University
 {fukushima.haruka,bekki}@is.ocha.ac.jp
 {plesniak}@usc.edu

概要

本研究では、Language Faculty Science の手法を基に、日本語の関係節における Weak Crossover 現象に関する仮説の検証を行った。英語での同様の検証では、非構造的要因を排除しても、関係節の Weak Crossover 構文における照応的解釈が容認されるという結果が得られた。しかし、英語の語順により、その結果が構造的要因と先行関係のどちらに依るものか不明であった。本研究では、日本語の語順を使用することで、関係節における Weak Crossover 構文における照応的解釈が容認されるのは構造的要因に依るものである可能性が高いことが示された。

1 はじめに

Weak Crossover (WCO) [1] 現象とは、束縛変項照応 (Bound Variable Anaphora: 以下, BVA) 解釈のような照応的解釈の容認可能性に関わる現象である。たとえば, (1a) では量化詞 *Every boy* と照応表現 *his* の間に「それぞれの男の子が自身の母親を愛している」という BVA 解釈が可能だが, (1b) のような主節における WCO (以下, M-WCO) 構文では、「それぞれの男の子が自身の母親に愛されている」という BVA 解釈が難しいとされる。

- (1) a. Every boy_i loves his_i mother.
 b. His_i mother loves every boy_i.

ただし, (2) のような主題化文では BVA 解釈が一般的に可能とされるため, WCO 現象は「*his* が *Every boy* に先行するので BVA 解釈が可能でない」というような単純な語順の問題ではないと考えられる。

- (2) His_i mother, every boy_i loves.

したがって, 量化詞 *every boy* が照応表現 *his* を論理表示 (Logical Form: LF) において C 統御 (c-command)

しているとき, BVA 解釈が可能である [2] といった統語構造に基づく説明がなされてきた。

また, 関係節における WCO (以下, R-WCO) 現象も存在するとされる。(3b) が R-WCO 構文である。

- (3) a. Every boy_i who loves his_i mother bought flowers.
 b. Every boy_i who his_i mother loves bought flowers.

M-WCO の場合は, Safir [3], Bekki [4] など多くの分析で, (1b) のような文における BVA 解釈が不可能とされる。一方, R-WCO の場合, (3b) のような文に対する BVA 解釈が可能かどうかについては, 様々な分析が存在する。Safir [3] の分析では, (3b) のような文の統語構造において量化詞のコピーが関係節の中に存在するが, その量化詞のコピーが照応表現よりも関係節の中で構造的に下位であるため, 照応表現を束縛できないとされる。一方, Bekki [4] が採用する依存型意味論 (Dependent Type Semantics: DTS) [5, 6, 4] では, (3b) で BVA 解釈が可能とされる (2.1 節で述べる)。

これらの分析を検証するには, 母語話者の R-WCO 構文における BVA 解釈の容認可能性判断を明確にする必要がある, そのためには判断に影響する非構造的要因を制御することができる実験デザインが必要である。

Fukushima et al. [7] では, 英語の R-WCO に関する検証実験を Language Faculty Science (LFS) [8, 9] の手法に基づいて行った。その結果, 非構造的要因に影響されず, M-WCO 構文における BVA 解釈を容認しない英語母語話者でも, R-WCO 構文における BVA 解釈を容認することが分かった。R-WCO 構文においては Safir [3] に代表される LF 上の C 統御に基づく分析は支持されないことを示唆している。しかし, 英語の関係節では常に量化詞の一部が照応表現

に先行するため、(3b)における BVA 解釈が構造的要因ではなく、先行関係に依るものである可能性は残されていた。そこで、本研究では、関係節が量化詞より先行する日本語において、Fukushima et al. [7] の結果を再現する実験を行い、R-WCO 構文における BVA 解釈の容認可能性の要因の特定を試みた。

2 背景

2.1 DTS による WCO の予測

照応の可否を証明可能性として捉える DTS では、照応表現が量化表現のスコープに含まれるとき BVA 解釈が容認可能であると予測する。これは (1a) では成り立つが (1b) では成り立たないという、M-WCO 構文における主語と目的語の非対称性を正しく説明するものである。しかし、R-WCO 構文の場合、(4a) と (4b) のように、(3a) と (3b) における *his* の意味表示は、いずれも存在量化における変項 x のスコープ内に現れる。

$$(4) \quad \begin{array}{l} \text{a. } \left(u : \left[\begin{array}{l} x : \text{entity} \\ w : \text{boy}(x) \\ \text{love}(x, \pi_1(\text{motherOf}(x, w))) \end{array} \right] \right) \rightarrow \text{buy}(\pi_1 u, \text{flowers}) \\ \text{b. } \left(u : \left[\begin{array}{l} x : \text{entity} \\ w : \text{boy}(x) \\ \text{love}(\pi_1(\text{motherOf}(x, w)), x) \end{array} \right] \right) \rightarrow \text{buy}(\pi_1 u, \text{flowers}) \end{array}$$

したがって、DTS では (3a) と (3b) の両方の BVA 解釈が可能であることが予測される。

2.2 LFS の実験手法

Hoji [9] は、BVA 解釈に対する判断のばらつきに対し、異なる被験者間の判断でも、また異なる時間になされた判断であっても、判断に影響する複数の要因のうち、C 統御のような文の構造的関係 (Formal Dependency: FD) が共通して存在する、という立場をとっている。ゆえに、BVA 解釈に対する FD 以外の要因を制御し、被験者が FD のみに基づいて文を判断したとき、WCO 現象が観測されるという予測が立てられている。そして、日本語、英語、中国語、韓国語の M-WCO 現象に対し、この予測通りの結果が得られている。[9, 10, 7]

2.3 英語の R-WCO に対する検証実験

Fukushima et al. [7] は、先行研究 [9, 10] を参考に、BVA 解釈の非構造的要因を制御した場合の R-WCO 構文に対する英語母語話者の容認可能性判断を調査した。その結果、M-WCO 構文において非構造的要因に基づく BVA 解釈を容認しない英語母語話者で

も、R-WCO 構文における BVA 解釈を容認する場合があることがわかった。

しかし、上記の研究 [9, 10] では、量化詞と照応表現の先行関係 (Indexical Dependency: ID) [11] に基づく BVA 解釈も存在することが主張されている¹⁾。(3) のような R-WCO 構文の場合、英語では量化詞の一部 *every boy* が照応表現 *his* に先行するため、R-WCO 構文における BVA 解釈の容認が、先述の構造的要因 (FD) によるものか、それとも量化詞の一部と照応表現の間の先行関係 (ID) によるものかは明確でない。したがって、(Safir [3] のように) 「R-WCO 構文は構造的には容認されないが、英語の語順により容認される」という仮説と、(Bekki [4] のように) 「R-WCO 構文は構造的要因により容認される」という仮説のいずれが妥当であるかを検証する必要がある。

3 実験デザイン

3.1 文の形式

本研究では、構造的要因 (FD) のみに基づいて R-WCO 構文における BVA 解釈が容認されるのかどうかを明らかにするため、M-WCO 構文に対し FD のみに基づいて判断する被験者の、R-WCO 構文における BVA 解釈を確認した。FD のみに基づいて判断する被験者に注目するためには、様々な文の形式での様々な解釈に対する容認可能判断を比較し検証する必要がある。実験で使用した文の形式を表 1 に示す。

なお、表 1 における X と Y は、それぞれ量化詞と照応表現に対応する。SOV は (1a) のような文に対

1) DTS においては Ueyama [11] が ID と呼ぶような、表層形 (Phonetic Form: PF) の先行関係に基づく BVA 解釈は存在しないと考えられている。ID の理論上の問題として、PF 上の構成素と LF 上の構成素は 1 対 1 に対応しないため、PF 上の先行関係が、LF 上ではどの構成素の間の関係に相当するのかが非自明であることが挙げられる。一方、Ueyama が ID として捉える照応関係の多くは、E タイプ照応である。DTS では、E タイプ照応の可否もまた証明可能性によって捉えられるが、これは LF での構造的関係に基づく照応と統一的に説明することが可能である。DTS の分析では (4) に示すように、(3a)(3b) ともに *his* の意味表示は u のスコープには含まれないが x のスコープには含まれるため、*his* の先行詞を決定するための証明探索において u は使用できないが x は使用できる。*every boy* と *his* の PF における先行関係は、この証明可能性には影響しない、というのが DTS の分析である。したがって、本論文で繰り返し述べている「BVA 解釈が ID によるものである可能性」とは、DTS が考慮しない要因によって BVA 解釈が生じている可能性を指しており、本研究の実験が示す結果は、少なくともここでの実験によっては、そのような要因を考慮すべき経験的な動機は存在しない、ということである。

タイプ	形式	FD	ID
SOV	Xが[YのN]を/にV.	○	○
M-WCO	[YのN]がXを/にV.	×	×
OSV	[YのN]を/にXがV.	○	×
MS	Xが[YのN]がV.	○	○
SRC	[[YのN]をV]X...	○	×
ORC	[[YのN]がV]X...	?	×

応し、OSVはSOVのかき混ぜ文である。OSVは目的語をSOV文の目的語として解釈することができ、FDのみに基づくBVA解釈が可能である、という点で(2)と一致している²⁾。そして、M-WCOは(1b)のようなM-WCO構文、SRC(subject relative clause)は(3a)のような文に対応し、ORC(object relative clause)は、(3b)のようなR-WCO構文に対応する。本研究で新たに導入したMSは、(5)のようなMajor Subject [12, 13]構文の形式である。

(5) 自動車会社3社以上が、その社長が連絡した。

これにより、「R-WCO構文はMajor Subject構文によってBVA解釈が容認される可能性がある」という仮説³⁾を検証することを試みた。また、○印と×印は、BVA解釈が厳密にFDおよび/またはIDに基づく場合に予測される判断を示す。ORCには「?」が付けられているが、これは容認可能性が明らかでない状態を示している。

3.2 実験の形式

BVA解釈には構造的要因(FD)、先行関係(ID)以外に量化詞と照応表現の語彙的性質が被験者の判断に影響する。それらの非構造的要因を制御するために、文の形式(表1)それぞれに対しBVA解釈の文と、以下のような量化詞が共通するDR(分配読み)、および照応表現が共通するCoref(共参照)の2種類の文の判断を比較し、分析する。[10]

DR:自動車会社3社以上が部長2人を批判した。

Coref:ある自動車会社がその社長を批判した。

被験者は各文に対し、その文の、BVA(またはDR,Coref)解釈またはそれ以外の解釈に相当する2つの図が示される。そして、被験者は2つの図の解釈が両方とも可能か、片方だけ可能か、どちらも可

2) Ueyama [11]に依れば、日本語のOSVには2通り(surface OSとdeep OS)の構造が存在する。表1のOSVは、○の中に照応表現、Sの中に量化詞をおき、それらの間のBVA解釈を要請していることから、前者のsurface OSに該当する。

3) 傍士元氏による(p.c. Fall 2023)。

能でないかを回答する。実験形式の例として、SOVの形式のBVA解釈の文の問いを(6)に示す。

(6) 自動車会社3社以上がその社長を批判した。

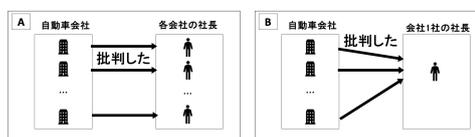


図1 (6)の解釈の図

4 実験結果

日本語母語話者を対象に、Prolific (<https://www.prolific.com/>)を使用した実験と、著者が直接参加を依頼した実験の2つを行った。その結果、関係節が量化詞(の一部)に先行する日本語においても、Fukushima et al. [7]の結果の再現に成功した。すなわち、M-WCO構文に対し構造的要因にのみ基づき判断する被験者でも、R-WCO構文におけるBVA解釈を容認する被験者が存在した。この結果は、R-WCO構文におけるBVA解釈が構造関係のみに基づくわけではないという理論を反証する。

4.1 クラウドソーシング型実験

被験者全体のBVA解釈の容認率 まず、ORCの文におけるBVA解釈の容認率は62%だった。これは、SOVの文の容認率(88%)ほど高くないが、OSVの文におけるBVA解釈の容認率(62%)と同程度の比較的高い割合を示した。日本語のOSVの文(SOVのかき混ぜ文)は量化詞と照応表現の先行関係(ID)によるBVA解釈ができないことにより、構造的要因(FD)によるBVA解釈のみ可能である[11]。

つまり、ORCの文の容認率は、構造的要因によるBVA解釈が可能な文の形式に対する容認率とほぼ同様、ということになる。一方、M-WCO構文でBVA解釈を容認したのは20%だった。なお、BVA解釈の全体的な容認率は付録の図2を参照されたい。

LFSの手法による分析結果 まず、文の判断が構造的な要因(FD)にのみ基づく被験者に注目するために、DRとCorefの文に対する判断が構造的な要因のみに基づくかどうかで被験者を分類する必要がある。この実験では、(A)DRをM-WCOの形式で容認しないが、FDが存在する文(SOVやOSV)では容認する、(B)Corefに関しても(A)と同様の条件を満たす、この2つの基準で被験者を分類した。

また、M-WCO 構文の BVA 解釈に対する被験者の判断を (7) のように分類した。

- (7) (M-WCO 構文における) BVA 解釈についての被験者の分類
- OSV における BVA 解釈を容認するが、M-WCO に関しては容認しない
 - OSV でも M-WCO でも容認しない
 - M-WCO で BVA 解釈を容認する

言い換えると、(7a) は BVA 解釈が FD にのみ基づく、「Safir [3] の予測通り」の被験者、(7b) は (FD がない時は BVA 解釈を容認しないが) BVA 解釈が FD にのみ基づくと言えない、「Safir [3] の予測を積極的に支持しない」被験者、(7c) は FD がなくても BVA 解釈を容認する、「Safir [3] の予測とは異なる」被験者ということになる。

上記の (A) と (B)、(7) の条件で被験者を分類した結果を表 2 に示す。

表 2 クラウドソーシング型実験の分類結果 (M-WCO)

BVA	(A) かつ (B)	(A)	(B)	None	合計
(7a)	5	8	3	7	23
(7b)	5	4	5	3	17
(7c)	0	2	1	7	10
合計	10	14	9	17	50

(A) と (B) の両方を満たす被験者のうち、(7c) に該当する被験者は存在しなかった。したがって、FD に基づいて文を判断する被験者は、M-WCO 構文の BVA 解釈を容認しない。また、それらの被験者の半分が (7a) に該当するため、主節における BVA 解釈を容認する構造的要因が存在するとわかる。

次に、基準 (7) における OSV を SRC、M-WCO を ORC で置き換え、被験者を分類した結果が表 3 である。表 2 とは異なり、(A) と (B) の両方を満たす被験者でも、(7c) に該当する被験者が半分も存在した。したがって、FD に基づいて M-WCO 構文の BVA 解釈をする被験者でも、R-WCO 構文の BVA 解釈を容認したことになる。ゆえに、R-WCO 構文における BVA 解釈は、BVA 解釈の非構造的要因に影響されるかどうかに関係なく容認可能といえる。

表 3 クラウドソーシング型実験の分類結果 (R-WCO)

BVA	(A) かつ (B)	(A)	(B)	None	合計
(7a)	3	3	4	2	12
(7b)	2	1	1	3	7
(7c)	5	10	4	12	31
合計	10	14	9	17	50

4.2 直接依頼型実験

直接依頼型の実験結果の LFS の手法による分析を表 4, 5 に示す。

表 4 直接依頼型実験の分類結果 (M-WCO)

BVA	(A) かつ (B)	(A)	(B)	None	合計
(7a)	3	2	2	1	8
(7b)	4	2	0	0	6
(7c)	0	0	1	2	3
合計	7	4	3	3	17

表 5 直接依頼型実験の分類結果 (R-WCO)

BVA	(A) かつ (B)	(A)	(B)	None	合計
(7a)	3	0	1	0	4
(7b)	1	0	0	0	1
(7c)	3	4	2	3	12
合計	4	4	3	1	17

この実験でも 4.1 節と同様に、FD に基づき文を判断する被験者は M-WCO 構文の BVA 解釈を容認しなかったが、R-WCO 構文の BVA 解釈は容認する被験者もいるという結果が得られた。

4.3 結論と考察

表 2-5 の結果は、Fukushima et al. [7] の英語での結果を再現しており、日本語でも、LF 上の C 統御に基づく R-WCO 構文の分析は支持されないことを示している。日本語では量化詞が関係節に先行しないため、この結果から、R-WCO 構文における BVA 解釈の容認可能性は先行関係によるものではなく、構造的要因による可能性が高いとわかった。

5 おわりに

本研究では、日本語の主節と関係節における Weak Crossover 現象に関する仮説を、LFS の方法論に基づいて検証した。その結果、M-WCO 構文における BVA 解釈が構造的要因にのみ基づく被験者のうち、R-WCO 構文における BVA 解釈を容認する被験者も存在すると分かった。英語の関係節では量化詞が照応表現に先行するが、日本語の関係節では量化詞が照応表現に先行しないため、この結果は、BVA 解釈が先行関係のみに基づくものでないことを示している。今後、日本語の R-WCO 構文において BVA 解釈をもたらす可能性のある他の要因 (Major Subject 構文の影響等) の有無を明らかにする必要があるが、もし本論文で考慮していない要因が存在しないならば、R-WCO 現象が存在しないと予測する理論 (Bekki [4] の DTS) が支持されることになる。

謝辞 本研究の一部は、JST CREST JPMJCR20D2 および JSPS 科研費 JP23H03452 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Thomas Wasow. **Anaphoric relations in English**. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1972.
- [2] Tanya Reinhart. Coreference and bound anaphora: a restatement of the anaphora questions. **Linguistics and Philosophy**, Vol. 6, pp. 47–88, 1983.
- [3] Ken Safir. **Weak Crossover**, pp. 1–40. John Wiley & Sons, Ltd, 2017.
- [4] Daisuke Bekki. A proof-theoretic analysis of weak crossover. In Katsutoshi Yada, Yasufumi Takama, Koji Mineshima, and Ken Satoh, editors, **New Frontiers in Artificial Intelligence**, pp. 228–241, Cham, 2023. Springer Nature Switzerland.
- [5] Daisuke Bekki. Representing anaphora with dependent types. In Nicholas Asher and Sergei Soloviev, editors, **Logical Aspects of Computational Linguistics**, pp. 14–29. Springer Berlin Heidelberg, 2014.
- [6] Daisuke Bekki and Koji Mineshima. Context-passing and underspecification in dependent type semantics. In Stergios Chatzikyriakidis and Zhaohui Luo, editors, **Modern Perspectives in Type-Theoretical Semantics**, Studies of Linguistics and Philosophy, pp. 11–41. Springer International Publishing, 2017.
- [7] Haruka Fukushima, Daniel Plesniak, and Daisuke Bekki. Matrix and relative weak crossover on the level of the individual: An experimental investigation. In Daisuke Bekki, Koji Mineshima, and Elin McCready, editors, **Logic and Engineering of Natural Language Semantics**, pp. 68–83. Springer Nature Switzerland, 2024.
- [8] Hajime Hoji. **Language Faculty Science**. Cambridge University Press, 2015.
- [9] Hajime Hoji. Predicted correlations of judgments in Japanese. In **The Theory and Practice of Language Faculty Science**. Berlin and Boston: De Gruyter Mouton, 2022.
- [10] Daniel Plesniak. Possibility-seeking experiments: Testing syntactic hypotheses on the level of the individual 1. In **Studies in Generative Grammar 33**, pp. 1–47, 2023.
- [11] Ayumi Ueyama. **Two Types of Dependency**. PhD thesis, Los Angeles: University of Southern California, 1998.
- [12] Susumu Kuno. **The Structure of the Japanese Language**. MIT Press, 1973.
- [13] Akira Mikami. **Zou wa hana ga nagai**. Kurosio Syuppan, 1960.

A 付録

A.1 クラウドソーシング型実験における、BVA 解釈の全体的な容認率

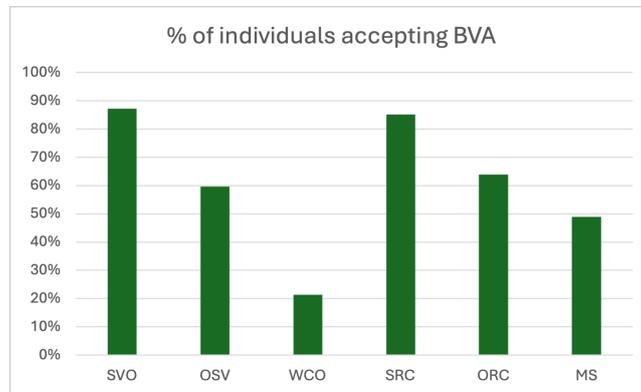


図2 文の形式別の BVA 解釈の容認率