

# LFSの手法による依存型意味論の経験的検証

福島遥 (指導教員: 戸次 大介)

## 1 はじめに

自然言語意味論の証明理論的枠組みである依存型意味論 (以下, DTS: [1]) では照応の可否を証明可能性として分析可能である. 近年, Bekki [1] は照応的解釈の容認可能性に関わる Weak Crossover (以下, WCO: [14, 10]) 現象を分析するため, 照応に関する理論のアップデートを提案した. WCO 現象は, 主節における WCO (以下, M-WCO) 現象と関係節における WCO (以下, R-WCO) 現象などが存在するとされる. まず, 文 (1b) が M-WCO 構文である.

- (1) a. Every boy loves his mother.
- b. His mother loves every boy.

Bekki [1] を含む多くの分析で, (1a) は照応表現 *his* に対して「量化表現 *everyboy* それぞれの」という束縛変項照応 (以下, BVA: [11]) 解釈が可能であるが, (1b) における照応表現 *his* と量化表現 *everyboy* の間では BVA 解釈が可能でないと予測される. ただし, (2) のような文における BVA 解釈が広く容認されるため, WCO 現象は語順だけの問題でないと主張されている.

- (2) His mother, every boy loves.

次に, 文 (3b) が R-WCO 構文である.

- (3) a. Every boy who loves his mother bought flowers.
- b. Every boy who his mother loves bought flowers.

(3b) における量化表現 *every boy* と照応表現 *his* の間の BVA 解釈について, Safir [12] などでは可能でないと予測する一方, Bekki [1] は可能であると予測する.

これらの分析を検証するには, 母語話者間でも判断が異なるような, 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.

M-WCO 現象も R-WCO 現象も母語話者間で判断が異なる現象だが, M-WCO 現象については, 言語機能科学 (以下, LFS: [4, 5]) の手法により, 非構造的要因に影響されない被験者に注目すると, それらの被験者が一貫して M-WCO 構文における BVA 解釈を容認しないことが判明している.

本研究では, 上記の Bekki [1] の DTS の予測の検証のため, LFS の手法による R-WCO 構文に対する母語話者の判断の分析を英語 [3, 15] と日本語 [2] で試みた.

## 2 先行研究

LFS の手法により, 量化表現と照応表現の間の構造的関係 (以下, FD: [13]) 以外の要因が判断に影響していない母語話者は一貫して M-WCO 構文における BVA 解釈を容認しないことが, 異なる言語間で示されている [4, 5, 8, 9]. Hoji [4] などで行われた非対面式実験では, 被験者の注意力などを確認する補助実験と, FD 以外の要因 (使用される量化表現と照応表現の組み合わせ, 量化表現と照応表現の先行関係 (以下,

ID: [13]) を制御し, M-WCO 構文について被験者に解釈を尋ねる主実験を行っていた. また, 主実験では, BVA 解釈と量化表現が共通する分配読み (DR: [5]) と照応表現が共通する共参照 (Coref: [5]) の文に対する被験者の判断が FD 以外の要因に基づいていないかを確認し, BVA 解釈に対する判断を確認していた.

## 3 英語での実験

### 3.1 使用した文

表 1: 英語での実験で使用される文の形式

タイプ	形式	FD	ID
SVO	X V [Y's N].	○	○
OSV	[Y's N], X V.	○	×
WCO	[Y's N] V X.	×	×
PSB	[X's N <sub>1</sub> ] V [Y's N <sub>2</sub> ].	×	○
SRC	X which V <sub>1</sub> [Y's N] V <sub>2</sub> .	○	○
ORC	X which [Y's N] V <sub>1</sub> V <sub>2</sub> .	?	○

この実験 [3] では表 1 のような形式で BVA, DR, Coref の文を作成した. Plesniak [9] で ID を制御するために使用された OSV((2) のような再構築化された SVO) と WCO に, SVO と PSB (Precedence Spec-Binding), SRC (Subject Relative Clause), ORC (Object Relative Clause) を加えた. PSB は ID に影響されない被験者に注目するための文であり, SRC は (3a) のような文, ORC が (3b) のような R-WCO 構文に相当する. そして, BVA の文の場合は X に量化表現, Y に照応表現が該当する.<sup>1</sup> また, ○印と×印は, BVA 解釈が FD/ID に基づくときに予測される判断を示す. ただし, ORC に関しては, FD に基づく BVA 解釈の容認可能性が不明であるため, 「?」にした.

### 3.2 実験結果

クラウドソーシング Prolific (<https://www.prolific.com/>) を使用して英語母語話者に対し実験を行った.

まず, 補助実験と DR と Coref の文に対する判断を基にした (4) の基準で被験者を分類することで非構造的要因に影響されない被験者に注目した.

- (4) 非構造的要因に影響されない被験者の分類基準
  - a. 補助実験で意図された通りに回答できる
  - b. SVO/OSV の DR を容認し, M-WCO の DR を容認しない
  - c. OSV の Coref を容認し, M-WCO の Coref を容認しない<sup>2</sup>

次に, 基準 (5) で BVA 解釈に対する判断を分類した結果, 基準 (4) を満たす被験者全員が (5a) に該当した.

- (5) BVA 解釈に対する被験者の分類基準
  - a. OSV の BVA 解釈を容認するが, M-WCO の BVA 解釈は容認しない
  - b. OSV, M-WCO の BVA 解釈を容認しない

<sup>1</sup>DR の文は BVA と X が共通で Y には量化表現, Coref の文は Y が BVA と共通で X には固有名詞などが使用される

<sup>2</sup>3 節の実験では 1 度は容認しない被験者, 4 節の実験では一貫して容認しない被験者が該当

### c. M-WCO の BVA 解釈を容認

つまり、非構造的要因に影響されず DR と Coref の文を判断できる被験者は、M-WCO 構文における BVA 解釈を容認しなかった。次に、基準 (5) における OSV を SRC, M-WCO を ORC で置き換え、R-WCO 構文に対する判断を分類した結果が表 2 である。

表 2: 被験者の判断の分類結果 (英語)

R-WCO	(4a)(4b)(4c)	(4a)(4b)	(4b)(4c)	(4a)(4c)	(4a)	(4b)	(4c)	None	合計
(5a)	0	1	0	0	2	0	1	1	5
(5b)	0	0	0	0	1	0	0	0	1
(5c)	6	19	3	12	28	9	11	13	101
合計	6	20	3	12	31	9	12	14	107

分類の結果、M-WCO 構文とは異なり、基準 (4) を満たす非構造的要因に判断が影響されない被験者が、(5c) に該当し、R-WCO 構文の BVA 解釈は容認した。

### 3.3 考察と結論

表 2 の結果は Bekki [1] の R-WCO 構文における BVA 解釈が可能だとする予測通りであるが、英語の R-WCO 構文では量化表現が照応表現に先行する上、PSB の容認率が高かったため、FD と ID のどちらに依る結果か不明であった。そのため、4 章では関係節が修飾する量化表現 (の一部) に先行する言語である日本語で実験を行った。

## 4 日本語での実験

### 4.1 使用した例文

この実験 [2] では、日本語で 3 章の実験を再現することで、ID に基づく BVA 解釈を制御し、R-WCO 構文に対する DTS の理論の検証を試みた。この実験で使った文の形式を表 1 に示す。

表 3: 日本語での実験の文の形式

タイプ	文の形式	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/に V] X ...	○	×
ORC	[[Y の N] が V] X...	?	×

この実験で新たに導入した MS は、(6) のような Major Subject [6, 7] 構文の形式である。

(6) 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<sup>3</sup>を検証することを試みた。

### 4.2 実験結果

日本語母語話者を対象にクラウドソーシングを使用した実験 [2] と、直接参加依頼型の 2 つの実験を行った。M-WCO 構文に関しては 3.2 節同様、(4) を満たす被験者は、M-WCO の BVA 解釈を容認しなかった。そして、3.2 節と同様に、R-WCO 構文に対する判断を分類した結果が表 4.5 である。

分類の結果、(4b) と (4c) の両方を満たす被験者でも、(5c) に該当する被験者も存在した。

したがって、FD のみに基づいて BVA 解釈をする被験者でも、R-WCO 構文の BVA 解釈を容認する。そ

<sup>3</sup> 傍士元氏による (Fall 2023)

表 4: クラウドソーシング型実験の分類結果

R-WCO	(4a)(4b)(4c)	(4a)(4b)	(4b)(4c)	(4a)(4c)	(4a)	(4b)	(4c)	None	合計
(5a)	3	0	3	4	0	0	1	1	12
(5b)	1	1	1	1	0	0	2	1	7
(5c)	4	1	9	2	1	2	6	6	31
合計	8	2	13	7	1	2	9	8	50

表 5: 直接依頼型実験の分類結果

R-WCO	(4a)(4b)(4c)	(4a)(4b)	(4b)(4c)	(4a)(4c)	(4a)	(4b)	(4c)	None	合計
(5a)	2	1	0	1	0	0	0	0	4
(5b)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
(5c)	3	1	4	1	1	1	2	1	14
合計	6	2	4	2	1	1	2	1	19

して、日本語では量化表現の一部が関係節に先行しないため、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ないことがわかった。

ただし、Major Subject 構文により R-WCO 構文における BVA 解釈を容認されるという仮説に関しては、仮説と一致する被験者の数が少ないため、現時点では明確な結果は得られなかった。

## 5 おわりに

本論文では、R-WCO 現象に対する Bekki[1] の DTS の理論の検証として、英語と日本語で LFS の方法論に基づいて行われた調査実験について説明した。その結果、英語と日本語で、非構造的要因に影響されない被験者でも、R-WCO 構文における BVA 解釈を容認する被験者が存在した。今後、日本語の R-WCO 構文における BVA 解釈を可能にする非構造的要因が存在するか明らかにする必要があるが、本論文の実験では DTS の予測を支持する結果が得られた。

**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] Bekki, D.: A Proof-Theoretic Analysis of Weak Crossover, in Yada, K., Takama, Y., Mineshima, K. and Satoh, K. eds., *New Frontiers in Artificial Intelligence*, pp. 228–241, Cham (2023), Springer Nature Switzerland.
- [2] Fukushima, H., Plesniak, D. and Bekki, D.: Matrix and Relative Weak Crossover in Japanese: An Experimental Investigation, in *2024 SMOG @ ANU International Conference on Syntax and Semantics*, pp. 424–441 (2024).
- [3] Fukushima, H., Plesniak, D. and Bekki, D.: Matrix and Relative Weak Crossover on the Level of the Individual: An Experimental Investigation, in Bekki, D., Mineshima, K. and McCready, E. eds., *Logic and Engineering of Natural Language Semantics*, pp. 68–83, Springer Nature Switzerland (2024).
- [4] Hoji, H.: *Language Faculty Science*, Cambridge University Press (2015).
- [5] Hoji, H.: Detection of c-command effects. In *The Theory and Practice of Language Faculty Science*, in *The Theory and Practice of Language Faculty Science*, chapter 5, Berlin and Boston: De Gruyter Mouton (2022).
- [6] Kuno, S.: *The Structure of the Japanese Language*, MIT Press (1973).
- [7] Mikami, A.: *Zou wa hana ga nagai*, Kuroosio Syuppan (1960).
- [8] Plesniak, D.: *Towards a correlational law of language: Three factors constraining judgement variation*, PhD thesis, University of Southern California (2022).
- [9] Plesniak, D.: Possibility-Seeking Experiments: Testing Syntactic Hypotheses on the Level of the Individual 1, in *Studies in Generative Grammar 33*, pp. 1–47 (2023).
- [10] Postal, P.: *Cross-over Phenomena*, Holt, Rinehart and Winston (1971).
- [11] Reinhart, T.: Coreference and Bound Anaphora: a Restatement of the Anaphora Questions, *Linguistics and Philosophy*, Vol. 6, pp. 47–88 (1983).
- [12] Safir, K.: *Weak Crossover*, pp. 1–40, John Wiley & Sons, Ltd (2017).
- [13] Ueyama, A.: *Two Types of Dependency*, PhD thesis, Los Angeles: University of Southern California (1998).
- [14] Wasow, T.: *Anaphoric relations in English*, PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology (1972).
- [15] 福島通, Plesniak, D., 戸次大介主節と関係節における Weak Crossover 現象の非構造的要因を制御した経験的検証, 言語処理学会第 30 回年次大会 発表論文集, pp. 419–423 (2024).