

二重目的語構文，与格構文における Weak Crossover 現象の分析と検証実験

藤田琴海¹ Daniel Plesniak² 福島遥¹ 戸次大介¹
お茶の水女子大学¹ Seoul National University²
{g2120533, haruka.fukushima, bekki}@is.ocha.ac.jp
plesniak@usc.edu

概要

理論言語学において，統語構造を決定するテストの一つに弱交差現象がある．英語の二重目的語構文，与格構文内の二つの目的語のなす階層構造には異なる分析が存在するが，弱交差現象が観測できれば，それらの間の優劣を決めることができる．しかしながら，上述の二つの構文についての弱交差現象の判断には一般的に揺れがあり，これまで決定的な結論は得られていなかった．本研究では，言語機能科学の手法を採用して，上述の異なる分析について，判断に関わる様々な要因をコントロールした厳密な実験を行った．検証の結果は，生成文法における Larson の古典的な分析や，近年の継続文法を支持し，組み合わせ範疇文法と依存型意味論による Bekki の分析を反証するものである．

1 はじめに

理論言語学において，束縛変項照応 (Bound Variable Anaphora : 以下 BVA) 解釈とは，代名詞の指示対象が，先行詞である量化詞の解釈に連動する解釈である．たとえば主語・目的語間では，(1a)¹は，「全ての従業員がそれぞれ自身のメンターを褒めた」のように，“their mentor”を従業員ひとりひとりに対し，それぞれのメンターとして解釈可能である．しかし，(1b)においては「それぞれの従業員のメンターがその従業員を褒めたということが，すべての従業員について起こった」という BVA 解釈は難しいとされている．この現象は弱交差 (Weak Crossover : 以下，WCO) 現象 [1, 2] として知られている．

- (1) a. [Every employee]_i praised their_i mentor.
b. *Their_i mentor praised [every employee]_i.

1) ここでの their はいわゆる singular they を意図しており，単数である．

WCO 現象は，自然言語の統語構造が階層的であることの証拠の一つとして捉えられてきたが，同時に統語構造を決定するためにも用いられてきた．英語において，その統語構造について異なる分析が与えられてきた構文として，二重目的語構文 (double object construction, DOC) と与格構文 (oblique dative construction, ODC) がある．組合せ範疇文法 (Combinatory categorial grammar : 以下，CCG; Steedman [3, 4]) では，二つ目の目的語が一つ目の目的語より上の位置にあり，(2a) や (3a) で WCO 現象がみられることを予測するが，Larson [5] や Barker and Shan [6] では，一つ目の目的語が二つ目の目的語より上の位置になるため (2b) や (3b) で WCO 現象がみられることを予測する．

- (2) a. John showed [every employee]_i their_i mentor.
b. John showed their_i mentor [every employee]_i.
(3) a. John showed [every employee]_i to their_i mentor.
b. John showed their_i mentor to [every employee]_i.

このように WCO 現象は，上述の分析のいずれが正しいかを決定するテストになりうるが，WCO 現象には被験者の判断に揺れがあるとされており，これまで強い証拠として扱われてこなかった．しかし，言語機能科学 (Language Faculty Science : 以下 LFS; Hoji [7, 8]) では，主語・目的語間の WCO 現象に対し，構造以外の要因に基づく BVA 解釈をする被験者を排除するようにコントロールした実験を行うと，判断の揺れが取り除くことができ，(1b) のような文は容認不可能となることを示した．この実験結果は，Fukushima et al. [9] でも再現されている．

そこで本研究では，LFS の手法を用いることによって，二重目的語構文や与格構文における WCO

現象について、構造以外の要因に基づく BVA 解釈を排除するようにコントロールした実験を行う。この実験によって得られた結果は、二重目的語構文と与格構文について、異なる分析のいずれが正しい予測をもたらすのかを検証することができる。そのような分析のうち、本稿では、二つの意味論的アプローチ、Barker and Shan [6] の Continuation-based grammar と、Bekki [10] の依存型意味論 (dependent type semantics : 以下, DTS) を取り上げ、それらの二重目的語構文や与格構文についての予測を検証する。

2 先行研究

2.1 Barker and Shan [6] での予測

Barker and Shan [6] では、(2a)(3a) に対し、BVA 解釈が可能であると予測し、一方 (2b)(3b) に対しては、BVA 解釈が不可能であると予測する。図 1 に (2a)、図 2 に (2b) の統語・意味計算を示す。

$$\frac{\frac{S|S}{DP} \left(\left(\frac{S|S}{(DP\backslash S)/DP/DP} \quad \frac{S|DP>S}{DP} \right) \quad \frac{DP>S}{DP} \right)}{\frac{[]}{John} \left(\left(\frac{[]}{showed} \quad \frac{\forall x. \mathbf{employee} x \rightarrow ([x])}{x} \right) \quad \frac{\lambda y. []}{\mathbf{mentorOf}(y)} \right)} \quad \frac{DP>S}{DP} \quad \frac{\lambda y. []}{\mathbf{mentorOf}(y)}$$

図 1: [6] による (2a) の統語・意味計算

$$\frac{\frac{S|S}{DP} \left(\left(\frac{S|S}{(DP\backslash S)/DP/DP} \quad \frac{DP>S}{DP} \right) \quad \frac{S|DP>S}{DP} \right)}{\frac{[]}{John} \left(\left(\frac{[]}{showed} \quad \frac{\lambda y. []}{\mathbf{mentorOf}(y)} \right) \quad \frac{\forall x. \mathbf{employee} x \rightarrow ([x])}{x} \right)} \quad \frac{DP>S}{DP} \quad \frac{\lambda y. []}{\mathbf{mentorOf}(y)}$$

図 2: [6] による (2b) の統語・意味計算

これにより図 1 は最終的に $\forall x. \mathbf{employee}(x) \rightarrow (\mathbf{showed}(\mathbf{John}, x, \mathbf{mentorOf}(x)))$ という意味表示を出す。(2b) の BVA 解釈が成立しない理由は、図 2 において Lower 規則を適用することができないためである。

2.2 Bekki [11] での予測

Bekki [11] は、依存型理論に未指定型を追加した体系を用いた証明論的意味論を提案しており、証明探索によって照応の到達性を決定する。統語論には CCG を仮定しており、主語・目的語間の BVA 解釈については (1a) を容認可能、(1b) を容認不可能とする予測を出す。一方で、(2a)(3a) に対しては容認不可能、(2b)(3b) では容認可能という予測を出す。図 3 に (2a)、図 4 に (2b) の未指定型を使用した意味表示を示す。

$$\left[\begin{array}{l} u @ (x : e) \times \mathbf{human}(x) \\ v @ (y : e) \times \mathbf{mentor}(y) \times \mathbf{of}(y, \pi_1 u) \\ \left(w : \left[\begin{array}{l} x : \mathbf{entity} \\ \mathbf{employee}(x) \end{array} \right] \right) \rightarrow \mathbf{showed}(\mathbf{John}, \pi_1 w, \pi_1 u) \end{array} \right]$$

図 3: [11] による (2a) の underspecified type を使用した意味表示

$$\left(w : \left[\begin{array}{l} x : \mathbf{entity} \\ \mathbf{employee}(x) \end{array} \right] \right) \rightarrow \left[\begin{array}{l} u @ (x : e) \times \mathbf{human}(x) \\ v @ (y : e) \times \mathbf{mentor}(y) \times \mathbf{of}(y, \pi_1 u) \\ \mathbf{showed}(\mathbf{John}, \pi_1 w, \pi_1 u) \end{array} \right]$$

図 4: [11] による (2b) の underspecified type を使用した意味表示

図 3 は、証明探索を行うと $\Gamma \vdash ? : (x : e) \times \mathbf{human}(x)$ の型推論が行えない。図 4 は、証明探索を行うことで最終的に $\left(w : \left[\begin{array}{l} x : \mathbf{entity} \\ \mathbf{employee}(x) \end{array} \right] \right) \rightarrow (\mathbf{showed}(\mathbf{John}, \pi_1 \mathbf{mentorOf}(w), \pi_1 w))$ という意味表示を出す。

2.3 LFS による検証

以下では、X を binder といい量化表現などを指し、Y を bindee といい照応表現を指す。構造以外の要因に影響を受けない被験者 (と X, Y の組み合わせ) を探すために、LFS の手法では以下の文を用いて実験が行われる。

- (4) 共参照 (Coreference : 以下, Coref)
- [An employee]_i praised their_i mentor.
 - Their_i mentor praised [an employee].

(4a) や (4b) のような文に対して、“an employee” と “their” が、同一人物を指すような解釈が Coref の解釈である。(4b) のような文における Coref の解釈を拒否した場合、Y がその被験者にとっての適切な照応表現であることを示す。

- (5) 分配読み (Distributive Readings : 以下, DR)
- Every employee praised two mentors.
 - *Two mentors praised every employee.

(5a) や (5b) の文に対して、それぞれの従業員に、2 人のメンターが対応するような解釈が DR である。(5b) のような文において、(5a) と同じ DR を拒否した場合、X がその被験者にとっての適切な量化表現であることを示す。

被験者の属性の一つとして、注意力 (attentiveness) がある。注意力があり、かつ (4b) と (5b) のような、

DR と Coref の解釈を持つ WCO 構文を拒否した被験者は、構造 (c-command など) 以外の要因に影響を受けない被験者であり、また、(1b) のような BVA 解釈の WCO 構文に対しても、一貫して拒否するとされている。

また、Fukushima et al. [9] では、日本語母語話者が英語の文の WCO 現象に関して実験を作成し、英語母語話者の被験者に対し、実験を行い Plesniak [12] の英語における主語・目的語間の WCO 現象が再現され、英語の関係節における WCO 現象の検証を行っている。

3 提案手法

今回の実験では 2.3 節で紹介した LFS の手法を用いて主語・目的語間における WCO の再現に加えて、DOC, ODC における WCO 現象についての分析の検証を行う。

3.1 実験に使用した文の種類

本実験で使用した文の構造は表 1 のとおりである。(1a) のような XVOY, YXVO (XVOY の倒置),

表 1: 実験に用いた文の種類

タイプ	形式
XVOY	X showed John [Y's N].
YXVO	[Y's N], X showed John.
YVOX (WCO)	[Y's N] showed John X.
SVXY	John showed X [Y's N].
YSVX	[Y's N], John showed X.
SVYX (WCOinDOC)	John showed [Y's N] X.
SVXtoY	John showed X to [Y's N].
YSVtoX	[Y's N], John showed to X.
toYSVX	[Y's N], John showed X.
SVYtoX (WCOinODC)	John showed [Y's N] to X.

(1b) のような YVOX (WCO) は、主語・目的語間の WCO 現象について検証するために使用した。(2a) のような SVXY, YSVX (SVXY の倒置), (2b) のような SVYX (WCO) を二重目的語構文の動詞句内の WCO を検証するために使用し、(3a) のような SVXtoY, toYSVX (SVXtoY の倒置), (3b) のような SVYtoX(WCO), YSVtoX (SVYtoX の倒置) を与格構文の動詞句内の WCO を検証するために使用した。

3.2 実験の手法

被験者には、各文について A,B 二つの図が表示される。それぞれの図は、その文についての 2 つの解釈に対応しており、A はその文の BVA 解釈、B はその文の BVA 解釈とは別の解釈である。そのような

図を Coref の解釈、DR の解釈に対してもそれぞれ作成し、実験を行った。

4 実験結果

本実験は Prolific (<https://www.prolific.com/>) を用いて被験者を集め、108 名の英語母語話者を対象に行った。

4.1 分類結果と考察

被験者の判断を ok (容認可能) か* (容認不可能) かどうかを確認する。

まず、英語の文の主語・目的語間の WCO の構文を構造以外の要因に影響を受けない被験者は容認しないという Plesniak [12], Fukushima et al. [9] の先行研究の再現を行った。

表 2 は YXVO と toYXVO のような倒置文と、YVOX のような主語・目的語間の WCO 構文に対する被験者の判断を yes (容認可能) か no (容認不可能) で分類する。表の列の項目は、Coref と DR のそれぞれに対して、倒置文を容認し、かつ WCO 構文を容認不可とするかどうかによる分類を示す。ただし、DR に関して XVOY を容認した被験者も主語・目的語間の DR を容認したタイプの分類に加えている。表の行の項目は、倒置文と WCO 構文の BVA に関する容認可否の予測に関して「支持 (Supporting)」「(倒置文: yes かつ WCO 構文: no)」、「中立 (Neutral)」「(倒置文:no かつ WCO 構文:no)」、「反証 (Contradicting)」「(WCO 構文:yes) という分類を示す。これらの項目で以下のように被験者を分類した。

表 2: 主語・目的語間の WCO を容認しないという予測に対する分類

sub-obj WCO as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	7	0	0	7
Coref only	3	0	3	6
DR only	30	6	10	46
Neither	16	5	28	49
Total	56	11	41	108

表 2 は、Coref+DR の行は、Coref, DR どちらの判断も構造的要因以外の影響を受けない被験者が該当する。したがって、「構造以外の要因に影響を受けない被験者は主語・目的語間の WCO 構文を容認しない」という予測を、支持する被験者が 7 名であるのに対して、支持しない被験者は 0 名であった。これは先行研究 [12][9] と同程度の割合であり、再現に成功したといえる。

次に、二重目的語構文と与格構文の分析の検証を行う。以下、各分析の予測と、対応する判断を記す。

- (6) Barker and Shan [6] の分析
- SVYX を容認しない (*)
 - SVYtoX を容認しない (*)
 - YSVX を容認する (ok)
 - YSVtoX を容認する (ok)
- (7) Bekki [11] の分析
- SVYX を容認する (ok)
 - SVYtoX を容認する (ok)
 - YSVX を容認しない (*)
 - YSVtoX を容認しない (*)

予測 (6) に基づき、a.b.c.d. の各構文について、Coref+DR に分類される被験者のみに注目した判断を分類したものを表 3 に示す。²⁾

表 3: Coref+DR で予測 (6) に対する分類

	Supporting	Neutral	Contradicting	Coref+DR
SVYX as *(6a)	13	1	0	14
SVYtoX as *(6b)	5	0	0	5
YSVX as ok(6c)	5	0	0	5
toYSVX as ok(6d)	7	0	0	7

全ての構文で予測 (6) を支持する結果が得られた。次に、予測 (7) に基づき、各構文について、同様に Coref+DR に分類される被験者のみに注目した判断を分類したものを表 4 に示す。³⁾

表 4: Coref+DR で予測 (7) に対する分類

	Supporting	Neutral	Contradicting	Coref+DR
SVYX as ok(7a)	0	0	0	0
SVYtoX as ok(7b)	0	2	0	2
YSVX as *(7c)	5	2	0	7
toYSVX as *(7d)	9	1	2	12

表 4 は、予測 (7a) と予測 (7b) に対して、支持も反証もしない結果になった。予測 (7d) は、指示する被験者も存在するが、反証する被験者が存在するため、Bekki [11] の分析は反証される結果となった。これらの結果は、表 3 と合わせて考えると、SVYX と SVYtoX を容認せず、toYSVX を容認可能とする分析を支持する。

また、予測 (7c) に関して、YSVX は元の形が、SVXY である場合と、SVYX である場合の二種類の

可能性があることによって、被験者の判断が揺れた可能性がある。

ただし、予測 (7d) の結果には「支持 (Supporting)」をする結果を出した被験者が多くはないが存在する (弱い支持)。このことは、toYSVX と SVYtoX の両方が容認可能である可能性、つまり、与格構文においては一つ目の目的語が二つ目の目的語を c-command するのか、あるいは二つ目の目的語が一つ目の目的語を c-command するのが曖昧である可能性を示唆する。この可能性は、YSVtoX を考慮した表 5 の分類を見るとさらに高まる。表 5 の列の項目は、(i) YSVtoX を単体で容認するか (ii) それともしないか、と (iii) YSVtoX と SVYtoX をどちらも容認するか、(iv) それともしないか、を示している。YSVtoX 単体では、容認しないことが支持されているが、容認することも弱く支持されている。また、YSVtoX と SVYtoX のどちらも考慮すると、容認するという予測、容認しないという予測両方とも弱く支持された。⁴⁾

表 5: Coref+DR の YSVtoX に対する分類

	Supporting	Neutral	Contradicting	Coref+DR
YSVtoX as *	6	2	0	8
YSVtoX as ok	1	1	0	2
YSVtoX and SVYtoX as *	2	2	0	4
YSVtoX and SVYtoX as ok	1	0	0	1

5 おわりに

本論文では、二重目的語構文、与格構文における WCO 構文について LFS の手法を用いて実験・検証を行った。結果は、Larson [5]、Barker and Shan [6] の分析を支持する結果となった。つまり、二重目的語構文、与格構文においては、一つ目の目的語が二つ目の目的語よりも構造的に上位であると結論づけられる。

しかし、与格構文において、二つ目の目的語が一つ目の目的語より構造的に上位になりうる可能性については、十分な検証ができなかった。今後は、与格構文の二つの目的語に関するより厳密な検証をするための実験を行う必要がある。

2) 詳細は付録 A 参照。

3) 詳細は付録 A 参照。

4) 詳細は付録 A 参照。

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] Paul Postal. **Cross-over Phenomena**. Holt, Reinhart and Winston, New York, 1971.
- [2] Thomas Wasow. **Anaphoric relations in English**. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1972.
- [3] Mark Steedman. **Surface Structure and Interpretation**. MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
- [4] Mark Steedman. **The Syntactic Process**. MIT Press, Cambridge, MA, 2000.
- [5] Richard K. Larson. On the double object construction. **Linguistic Inquiry**, Vol. 19, p. 335–391, 1988.
- [6] Chris Barker and Chung chieh Shan. **Continuations and Natural Language**. Oxford University Press, 2014.
- [7] Hajime Hoji. **Language Faculty Science**. Cambridge University Press, 2016.
- [8] Hajime Hoji, Daniel Plesniak, and Yukinori Takubo. **The Theory and Practice of Language Faculty Science**. De Gruyter Mouton, 2023.
- [9] Haruka Fukushima, Daniel Plesniak, and Daisuke Bekki. Matrix and relative weak crossover in japanese: An experimental investigation, 2024.
- [10] Daisuke Bekki and Koji Mineshima. Context-passing and underspecification in dependent type semantics. In Stergios Chatzikyriakidis and Zhaohui Luo, editors, **Studies of Linguistics and Philosophy**, pp. 11–41. Springer International Publishing, 2017.
- [11] Daisuke Bekki. A proof-theoretic analysis of weak crossover. In **New Frontiers in Artificial Intelligence**, 2023.
- [12] Daniel Plesniak. Predicted correlations of judgements in english. In **The Theory and Practice of Language Faculty Science**, chapter 7. De Gruyter Mouton, 2022.

付録

A 容認可能性判断の分類結果

(a) 予測 (6a) に対する分類

SVYX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	13	1	0	14
Coref only	4	0	2	6
DR only	18	6	8	32
Neither	18	5	33	56
Total	53	12	43	108

(b) 予測 (6b) に対する分類

SVYtoX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	5	0	0	5
Coref only	11	1	2	14
DR only	7	5	6	18
Neither	22	9	40	71
Total	45	15	48	108

(c) 予測 (6c) に対する分類

YSVX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	5	0	0	5
Coref only	5	0	3	8
DR only	23	3	9	35
Neither	23	8	29	60
Total	56	11	41	108

(d) 予測 (6d) に対する分類

toYSVX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	7	0	0	7
Coref only	3	0	3	6
DR only	30	6	10	46
Neither	16	5	28	49
Total	56	11	41	108

(e) 予測 (7a) に対する分類

SVYX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	0	0	0	0
Coref only	2	3	2	7
DR only	7	8	4	19
Neither	11	36	35	82
Total	20	47	41	108

(f) 予測 (7b) に対する分類

SVYtoX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	0	2	0	2
Coref only	2	2	2	6
DR only	8	18	7	33
Neither	9	26	32	67
Total	19	48	41	108

(g) 予測 (7c) に対する分類

YSVX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	5	2	0	7
Coref only	5	2	2	9
DR only	14	6	10	30
Neither	15	5	42	62
Total	39	15	54	108

(h) 予測 (7d) に対する分類

toYSVX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	9	1	2	12
Coref only	4	1	4	9
DR only	6	5	8	19
Neither	11	8	49	68
Total	30	15	63	108

(i) YSVtoX を容認しないという予測に対する分類

YSVtoX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	6	2	0	8
Coref only	8	2	1	11
DR only	13	5	5	23
Neither	11	6	49	66
Total	38	15	55	108

(j) YSVtoX を容認するという予測に対する分類

YSVtoX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	1	1	0	2
Coref only	3	4	2	9
DR only	6	14	6	26
Neither	14	24	33	71
Total	19	48	41	108

(k) YSVtoX と SVYtoX どちらも容認しないという予測に対する分類

YSVtoX & SVYtoX as *	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	2	2	0	4
Coref only	3	3	2	8
DR only	11	18	8	37
Neither	15	13	31	59
Total	31	36	41	108

(l) YSVtoX と SVYtoX どちらも容認するという予測に対する分類

YSVtoX & SVYtoX as ok	Supporting	Neutral	Contradicting	Total
Coref+DR	1	0	0	1
Coref only	6	0	0	6
DR only	7	3	3	13
Neither	15	8	65	88
Total	29	11	68	108