

## コーパスと事象関連電位計測からみた 証拠性とモダリティの意味差

原 由理枝<sup>1</sup>  
(酒井 弘<sup>1</sup> トウ エン<sup>2</sup> 折田 奈南<sup>3</sup> 越塚 毅<sup>3</sup> との共同研究)

<sup>1</sup> 早稲田大学

<sup>2</sup> 東京大学

<sup>3</sup> 東京理科大学

「語用論的推論に関する比較認知神経科学的研究」研究発表会



1 / 51

### 日本語学におけるモダリティ

寺村 (1984)、澤田 (2006)、Takubo (2009)

蓋然性 (ダロウ型) モダリティ: deductive-reasoning

「だろう」「はずだ」「にちがいない」「かもしれない」

- (1) a. 雨が降った。道が濡れているだろう。  
b. #道が濡れている。雨が降っただろう。

証拠性 (ヨウダ型) モダリティ: abductive-reasoning

「ようだ」「みたいだ」「らしい」

- (2) a. 道が濡れている。雨が降ったようだ。  
b. #雨が降った。道が濡れているようだ。

3 / 51

## Outline

① モダリティ or Modality?

② 因果関係

③ Naturalness Rating Study

④ 事象関連電位 (ERP)

⑤ まとめ

2 / 51

### 形式意味論における狭義の Modality

Modality in Formal Semantics

可能世界の集合に対する量化 (Kratzer, 2005)

- (3) It might be raining.  
 $\exists w \in W_{\text{dox.}}$  it is raining in  $w$   
(4) It must be raining.  
 $\forall w \in W_{\text{dox.}}$  it is raining in  $w$

4 / 51

Davis & Hara (2014), Hara (2017), Hara et al. (2018)

- (5) a. #雨が降ったけど、実は降ってない。  
b. #It rained, but in fact it didn't.
- (6) a. #雨が降っただろうけど、実は降ってない。  
b. #Probably it rained, but in fact it didn't.
- (7) a. 雨が降ったようだけど、実は降ってない。  
b. It seems that it rained but in fact it didn't.

- $p$ -ダロウ:  $p$  へのコミットメント有
- $p$ -ヨウダ:  $p$  へのコミットメント無

- $p$ -ダロウ  $\approx$  複数の可能世界を考慮し、 $p$  の蓋然性が高いと判断  
↑ 狭義の Modality
- $p$ -ヨウダ  $\approx$  ( $p$  の証拠となる)  $q$  の現実世界での観察  
↑ 証拠性 (Evidentiality)、狭義の Modality ではない

- (8) **Interpretation of daroo:**  
Daroo( $p$ ) is defined at  $\mathbf{f}, \mathbf{g}, w$  iff **Must**( $p$ ) is true at  $\mathbf{f}, \mathbf{g}, w$ .  
(assertion)
- (9) **Interpretation of yooda:**  
Yooda( $p$ ) is defined at  $\mathbf{f}_c, \mathbf{g}, w$  iff  $\exists q$  such that **Must** <sub>$p$</sub> ( $q$ ) is true at  $\mathbf{f}_c, \mathbf{g}, w$ .  
(presupposition)  
If defined, Yooda( $p$ ) is true at  $w$  iff the speaker perceives  $q$  at  $w$ .  
(assertion)

(modified from Hara, 2017)

5 / 51

6 / 51

### Research Question 1.1

- コーパスや、脳科学的手法により、理論の裏付けはできるのだろうか？

### Research Question 1.2

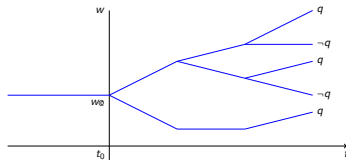
- 脳科学的手法を用いることに意義はあるのか？  
(内省のみでは得られないデータはあるのか？)

### Research Question 2

- 狭義の Modality と Evidentiality の脳における言語処理に違いはあるのか？

## Hara (2017) and Hara, Orita & Sakai (2018)

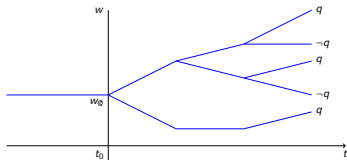
- Modality  $q$ -ダロウ  $\approx$  複数の可能世界を考慮し、未来の  $q$  を予想
- Evidentiality  $p$ -ヨウダ  $\approx q$  の現実世界での観察  
(ポイント:  $p$  自体にはコミットしない)



7 / 51

8 / 51

## Modality と Evidentiality の意味処理の違い



### 文末助動詞処理の予測

**q-ダロウ** 狭義の Modality  $\Rightarrow$  複数の可能世界を処理  
 $\Rightarrow$  負荷が大きい

**p-ヨウダ** Evidentiality  $\Rightarrow$  単数の可能世界  $w_0$  を処理  
 $\Rightarrow$  負荷が小さい

9 / 51

## Davis & Hara (2014)

### 背景知識にある因果関係

原因：雨が降った  $\rightarrow$  結果：道が濡れている



### Davis and Hara's (2014) hypotheses

- ヨウダは、因果関係の原因を表す命題に後接する。
- ダロウは、因果関係の結果を表す命題に後接する。

11 / 51

## Outline

- 1 モダリティ or Modality?
- 2 因果関係
- 3 Naturalness Rating Study
- 4 事象関連電位 (ERP)
- 5 まとめ

10 / 51

## Method

- 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』  
 (Balanced Corpus of Contemporary Written Japanese (BCCWJ))
- ダロウ・ヨウダを含む文を収集  
 ただし、以下を除く
  - 「動詞・形容詞 の だろう」
- ダロウ文： 47538; ヨウダ文： 30686
- 自己相互情報量 (Normalized Pointwise Mutual Information, NPMI)  
 2つの事象の間の関連度合いを測る尺度

12 / 51

## 過去形か否か

### 仮定

因果関係：原因イベント → 結果状態

	ようだ	だろう
動詞-過去形	0.222 > 0.06	
動詞-非過去形	0.176 < 0.207	
形容詞-過去形	0.118 > 0.014	
形容詞-非過去形	0.11 < 0.143	
過去形	0.22 > 0.057	
非過去形	0.177 < 0.214	

- 過去形-ヨウダ > 過去形-ダロウ
- 非過去形-ヨウダ < 非過去形-ダロウ

13 / 51

### コーパススタディ

ヨウダ 過去形 (タ形) の述語、イベントを表す述語を取りやすい。

ダロウ 非過去 (ル形) の述語、状態を表す述語を取りやすい。

- 背景知識:  $p \rightarrow q$  ( $p$  causes  $q$ )
- $q$ -ダロウ: 因果関係  $p \rightarrow q$  の結果  $q$  に後接。
- $p$ -ヨウダ: 因果関係  $p \rightarrow q$  の原因  $p$  に後接。

15 / 51

## イベントか状態か

- 動詞はイベントを表すものでも、否定が付いたら状態を表す。  
雨が降る。(イベント) → 雨が降らない。(状態)
- 形容詞は状態を表す。  
寒い。(状態) → 寒くない。(状態)

	ようだ	だろう
動詞	0.204 > 0.188	
動詞-肯定	0.196 > 0.17	
動詞-否定	0.209 < 0.253	
形容詞	0.116 < 0.135	
形容詞-肯定	0.112 < 0.132	
形容詞-否定	0.187 < 0.201	

- イベント
  - ・ 動詞 (肯定)-ヨウダ > 動詞 (肯定)-ダロウ
- 状態
  - ・ 形容詞-ヨウダ < 形容詞-ダロウ
  - ・ 動詞否定-ヨウダ < 動詞否定-ダロウ

14 / 51

### Research Question 3

- 文のオンライン処理において、Parser は、それまでの文脈から、文末助動詞を予測しているのか？

### オンライン処理の予測

原因。結果... 雨が降っている。道が濡れている...

ダロウ-Expected ヨウダ ←Unexpected!

結果。原因... 道が濡れている。雨が降った...

ヨウダ-Expected ダロウ ←Unexpected!

16 / 51

## Outline

- ① モダリティ or Modality?
- ② 因果関係
- ③ Naturalness Rating Study
- ④ 事象関連電位 (ERP)
- ⑤ まとめ

17 / 51

## 原因-結果-ヨウダ

A: 「Bさんの足がむくんでいた。ずっと立っていたようだ。」

Aさんの発話はどれくらい自然だと思いますか？

- ☐ 7: すごく自然
- ☐ 6
- ☐ 5
- ☐ 4
- ☐ 3
- ☐ 2
- ☐ 1: すごく不自然

19 / 51

## ターゲット刺激

- 2 要因
  - 文脈 (原因-結果 or 結果-原因)
  - 文末助動詞 (ダロウ or ヨウダ)
- 4 条件 × 80 アイテム

- (10) a. 原因-結果-ダロウ (Expected)  
雨が降った。道が濡れているだろう。
- b. 結果-原因-ダロウ (Unexpected)  
道が濡れている。#雨が降っただろう。
- (11) a. 原因-結果-ヨウダ (Unexpected)  
雨が降った。#道が濡れているようだ。
- b. 結果-原因-ヨウダ (Expected)  
道が濡れている。雨が降ったようだ。

フィラー刺激 : 80

18 / 51

## 結果-原因-ダロウ

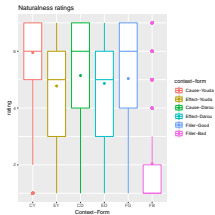
A: 「Bさんの苗字が変わった。最近結婚しただろう。」

Aさんの発話はどれくらい自然だと思いますか？

- ☐ 7: すごく自然
- ☐ 6
- ☐ 5
- ☐ 4
- ☐ 3
- ☐ 2
- ☐ 1: すごく不自然

20 / 51

## Rating : 結果



21 / 51

## 補助実験: Cause-Effect

原因：腕立て伏せをする

結果：腕が痛くなる

この因果関係は妥当だと思いますか？

- ☐ 7. 思う
- ☐ 6
- ☐ 5
- ☐ 4
- ☐ 3
- ☐ 2
- ☐ 1. 思わない

23 / 51

## Outline

- 1 モダリティ or Modality?
- 2 因果関係
- 3 Naturalness Rating Study
- 4 事象関連電位 (ERP)
- 5 まとめ

22 / 51

## 補助実験: Effect-Cause

原因：苗字が変わる

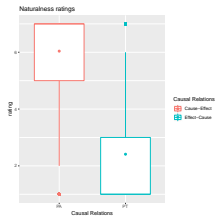
結果：結婚する

この因果関係は妥当だと思いますか？

- ☐ 7. 思う
- ☐ 6
- ☐ 5
- ☐ 4
- ☐ 3
- ☐ 2
- ☐ 1. 思わない

24 / 51

## 補助実験：結果



25 / 51

## 統計

- A  $2 \times 2 \times 3$  repeated measures ANOVA with the factors
  - CONTEXT (Cause-Effect/Effect-Cause)
  - AUX (*yooda/daroo*)
  - MIDLINE (Fz/Cz/Pz)

27 / 51

## EEG 本実験：ダロウとヨウダの処理

ターゲット刺激：

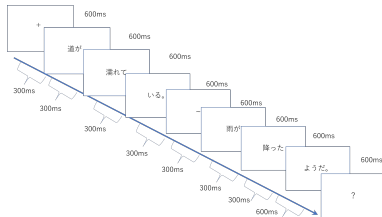
- 2 要因
  - 文脈 (原因-結果 or 結果-原因)
  - 文末助動詞 (ダロウ or ヨウダ)
- 4 条件  $\times$  78 アイテム

- (12) a. 原因-結果-ダロウ (Expected)  
雨が降った。道が濡れているだろう。
- b. 結果-原因-ダロウ (Unexpected)  
道が濡れている。#雨が降っただろう。
- (13) a. 原因-結果-ヨウダ (Unexpected)  
雨が降った。#道が濡れているようだ。
- b. 結果-原因-ヨウダ (Expected)  
道が濡れている。雨が降ったようだ。

フィラー刺激： 78

26 / 51

## 試行の流れ



被検者：早稲田大学の学生 27 名が参加し、24 名分を分析（加算試行の少ない 3 名を分析から除外）

28 / 51

## ヨウダの予測

### Research Question 3

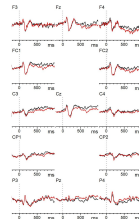
- 文のオンライン処理において、Parser は、それまでの文脈から、文末助動詞を予測しているのか？

### オンライン処理の予測

原因. 結果... 雨が降っている。道が濡れている...  
 ダロウ-Expected ヨウダ ←Unexpected!

結果. 原因... 道が濡れている。雨が降った...  
 ヨウダ-Expected ダロウ ←Unexpected!

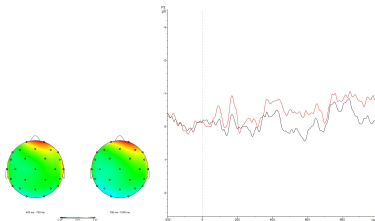
- 原因-結果-ヨウダ (U)  
 雨が降った。  
 #道が濡れているようだ。
- 結果-原因-ヨウダ (E)  
 道が濡れている。  
 雨が降ったようだ。



29 / 51

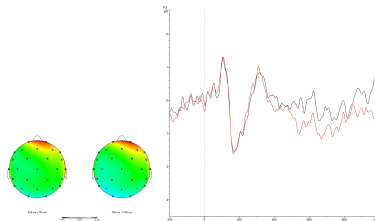
30 / 51

Pz



31 / 51

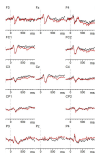
Fz



32 / 51



## N400/P600-like Effect



a significant  $\text{CONTEXT} \times \text{AUX} \times \text{MIDLINE}$  interaction in the 500-700ms time window ( $F(2,46) = 4.2, p < 0.05$ ).

後方 (Pz) に Negative-going Deflection ( $F(1,138) = 5.38, p < 0.05$ )

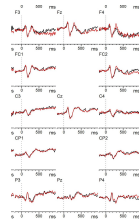
前方 (Fz) に Positive-going Deflection, ( $F(1,138) = 4.02, p < 0.05$ )

← N400/P600-like Effect of Semantic Anomaly and Reanalysis

33 / 51

## ダロウの予測

- 原因-結果-ダロウ (E)  
雨が降った。  
道が濡れているだろう。
- 結果-原因-ダロウ (U)  
道が濡れている。  
#雨が降っただろう。



Expected/Unexpected 条件間の違いはみられなかった。

34 / 51

## Research Question 2

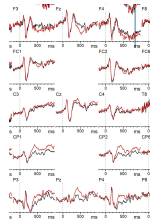
- 狭義の Modality と Evidentiality の脳における言語処理に違いはあるのか？

## 文末助動詞処理の予測

- $q$ -ダロウ 狭義の Modality  $\Rightarrow$  複数の可能世界を処理  
 $\Rightarrow$  負荷が大きい
- $p$ -ヨウダ Evidentiality  $\Rightarrow$  単数の可能世界  $w_0$  を処理  
 $\Rightarrow$  負荷が小さい

## 文末助動詞の比較

Context 要因を無視したダロウとヨウダの比較

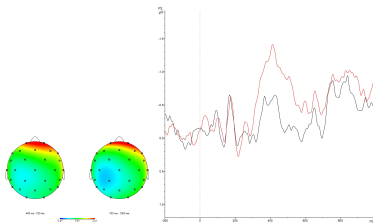


The midline analysis in the 300-500ms

- a significant main effect of AUX ( $F(1,23) = 4.88, p < 0.05$ )
- a significant  $\text{AUX} \times \text{MIDLINE}$  interaction ( $F(2,46) = 6.15, p < 0.005$ ).

35 / 51

36 / 51

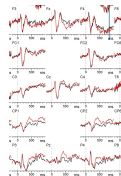


## Negativity and increased cognitive load

- ダロウの頻度が少ないわけではない  
ダロウ文： 47538; ヨウダ文： 30686 (BCCWJ)

仮想的文脈、モデルを含む文は処理負荷が大きい。

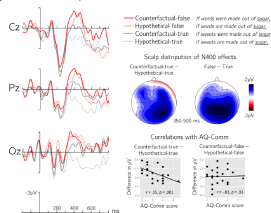
### Negative-trend



Pzにおいて、ヨウダに比べ、ダロウが Negativity を惹起  
( $F(1,69) = 10.56, p < 0.005$ )  
⇒ ダロウの処理は意味的負荷が大きい。

先行研究: English counterfactuals

Kulakova & Nieuwland (2016)  
larger N400s compared to indicatives

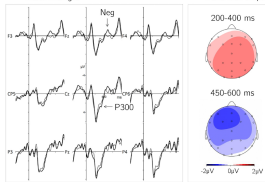


## 先行研究: German subjunctives

Kulakova et al. (2014)

Left Anterior **Negativity** compared to indicatives

A Grand averages B Difference maps



Subjunctive (counterfactual): Wenn die Würfel geizt wären, ...  
Indicative: Wenn die Würfel geizt wären, ...

If the dice had been rigged, ...  
If the dice were rigged, ...

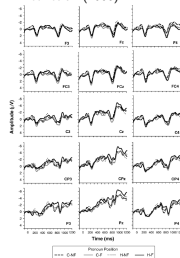
41 / 51

## Negativity in Processing of multiple possible worlds

- English counterfactuals: N400
- German subjunctives: LAN
- Hypothetical contexts in English: Negative-trend
- Japanese modal *daroo*: N400/Negative-trend ← **New!**

## 先行研究: Hypothetical contexts in English

Dwivedi et al. (2006)



negative-going waveforms.

- (14) Control-Factual  
John is reading a novel. It ends quite abruptly.
- (15) Control-Non-Factual  
John is reading a novel. It might end quite abruptly.
- (16) Hypothetical-Non-Factual  
John is considering writing a novel. It might end quite abruptly.
- (17) #Hypothetical-Factual  
John is considering writing a novel. #It ends quite abruptly.

42 / 51

### Research Question 1.2

- 脳科学的手法を用いることに意義はあるのか?  
(内省のみでは得られないデータはあるのか?)

- (18) a. 原因-結果-ヨウダ (Unexpected)  
雨が降った。#道が濡れているようだ。  
b. 結果-原因-ヨウダ (Expected)  
道が濡れている。雨が降ったようだ。
- (19) a. 原因-結果-ダロウ (Expected)  
雨が降った。道が濡れているだろう。  
b. 結果-原因-ダロウ (Unexpected)  
道が濡れている。#雨が降っただろう。

仮想的文脈、モダルを含む文は処理負荷が大きい。← 内省では得られないデータ

43 / 51

44 / 51

## EEG 実験のまとめ

### Research Question 2

- 狭義の Modality と Evidentiality の脳における言語処理に違いはあるのか？
- 文末助動詞の主効果: ダロウに Negative-going trend  
⇒ ダロウの処理はヨウダよりも意味的負荷が大きい。

### Research Question 3

- 文のオンライン処理において、Parser は、それまでの文脈から、文末助動詞を予測しているのか？

ヨウダ Unexpected 原因-結果-ヨウダ → N400/P600-like effect of Semantic Anomaly and Reanalysis

ダロウ Expected/Unexpected 間の違いなし

45 / 51

### Hara (2017) and Hara, Orita & Sakai (2018)

ダロウ 複数の可能世界を処理する、狭義の Modality

ヨウダ 単数の可能世界（現実世界）のみ処理する、Evidentiality

#### ● EEG 実験

- ・ Unexpected 原因-結果-ヨウダ  
→ N400/P600-like effect of Semantic Anomaly and Reanalysis  
⇒ Parser は、結果-原因-Context から、文末にヨウダがくることを予測している。
- ・ ダロウの単純効果: Negative-going trend  
⇒ 複数の可能世界を処理するモダリティであるダロウは、単数の可能世界を処理する証拠性のヨウダよりも処理負荷が大きい。  
↑ 内省では得られないデータ

47 / 51

## Outline

① モダリティ or Modality?

② 因果関係

③ Naturalness Rating Study

④ 事象関連電位 (ERP)

⑤ まとめ

48 / 51

- (20) a. 原因-ヨウダ。結果-カラネ。(Expected)  
雨が降ったようだ。道が濡れているからね。  
b. 結果-ヨウダ。原因-カラネ。(Unexpected)  
道が濡れているようだ。#雨が降ったからね。
- (21) a. 結果-ダロウ。原因-カラネ。(Expected)  
道が濡れている だろう。雨が降ったからね。  
b. 原因-ダロウ。結果-カラネ。(Unexpected)  
雨が降った だろう。#道が濡れているからね。

49 / 51

## Acknowledgment

This research was supported by :

- NINJAL プロジェクト 「語用論的推論に関する比較認知神経科学的研究」 (PI: 酒井弘).
- JSPS 基盤 (C) 「左方周辺部における意味と語用のインターフェース : 脳科学的研究のアプローチ」 (18K00589) (PI: 原由理枝)

49 / 51

## References I

- Davis, Christopher & Yurie Hara. 2014. Evidentiality as a causal relation: A case study from Japanese *youda*. In Christopher Piñón (ed.), *Empirical Issues in Syntax and Semantics 10*, .
- Dwivedi, Veena D., Natalie A. Phillips, Maude Laguë-Beauvais & Shari R. Baum. 2006. An electrophysiological study of mood, modal context, and anaphora. *Brain research* 1117 1. 135–53.
- Hara, Yurie. 2017. Causality and evidentiality. In *Proceedings of the Amsterdam Colloquium 2017*, 295–304.
- Hara, Yurie, Naho Orita & Hiromu Sakai. 2018. Evidentials in causal premise semantics: A rating study. In *New Frontiers in Artificial Intelligence: JSAT-isAI 2017 Workshops*, 282–298. Springer International Publishing.
- Kratzer, A. 2005. Constraining premise sets for counterfactuals. *Journal of Semantics* 22. 153–158.
- Kulakova, Eugenia, Dominik Freunberger & Dietmar Roehm. 2014. Marking the counterfactual: ERP evidence for pragmatic processing of German subjunctives. *Frontiers in human neuroscience* 8. 548. doi:10.3389/fnhum.2014.00548.

50 / 51

## References II

- Kulakova, Eugenia & Mante Nieuwland. 2016. Pragmatic skills predict online counterfactual comprehension: Evidence from the n400. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience* in press. doi:10.3758/s13415-016-0433-4.
- Takubo, Y. 2009. Conditional modality: Two types of modal auxiliaries in Japanese. In B. Pizziconi & M. Kizu (eds.), *Japanese Modality: Exploring its Scope and Interpretation*, Palgrave Macmillan.

51 / 51