

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23720201

研究課題名(和文) 言語コーパスを用いた「確率的規則からの逸脱予測システム」の構築

研究課題名(英文) Constructing an alert system of violations of the normative axiom of probability using a text-corpus

研究代表者

和嶋 雄一郎(WAJIMA, Yuichiro)

東京大学・大学院情報学環・特任助教

研究者番号：20572093

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円、(間接経費) 630,000円

研究成果の概要(和文)：連言錯誤と呼ばれる確率判断のバイアスに対して提案されたベイズ的確証度判断に基づく説明を言語統計的データを用いて検討した。言語統計データから算出した確証度指標を、先行研究の実験結果に当てはめ、中心的な確証度指標が実験結果に高い当てはまりを示すことを明らかにした。この知見は、実験参加者は連言の確証度を評価している可能性を示唆すると共に、言語統計的データが確率判断のバイアスを説明する上で重要な役割を果たしている可能性を示すものといえる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to explain the conjunction fallacy (Tversky & Kahneman, 1983) in terms of degree of confirmation (Crupi, Tentori, & Gonzalez, 2007) by employing corpus data analysis. To accomplish this, we calculated indexes of the degrees of confirmation from the British National Corpus and fitted them to data of the previous study (Shafir et al., 1990). The results show that a major index of the degree of confirmation (Crupi et al., 2007) can significantly predict the conjunction fallacy, indicating a relationship between the conjunction fallacy and degree of confirmation as well as the importance of corpus data to explain biases in judgment.

研究分野：言語学

科研費の分科・細目：若手研究(B)

キーワード：言語心理学 確率判断 認知科学 言語コーパス

### 1. 研究開始当初の背景

人間の判断が確率規範から逸脱する現象の一つとして、連言錯誤があげられる。連言錯誤 3 とは、ある対象を記述する条件文が与えられた時に、その対象を表す命題文が連言である場合の方が、その連言を構成する個々の命題よりも成立する確率が高いとみなされる現象である。例えば、条件文として E:「リンダは独身で聡明であり、差別に深い関心を持ち、反核運動にも参加したことがある」と提示された場合、A:「リンダは銀行の出納係」であるよりも、A&B:「リンダは男女同権運動をしたことがある銀行の出納係」である確率が高いと判断されてしまう。

この連言錯誤に対する近年の有力な説明として、先行研究の標準的な手続きで連言の確率判断を求められた時、被験者は連言の確率ではなく、条件文 E が与えられた際の連言 A&B の確証度  $c(A\&B, E)$  を評価しているとするものがある<sup>4</sup>。これらは、様々な確証度の指標(表1)では一貫して、前提が与えられた時の連言の確証度  $c(A\&B, E)$  が、連言を構成する個々の命題の確証度  $c(A, E)$  を上回る場合が存在し、それによって連言錯誤が起こっていると説明している。

表 1. 様々な確証度  $c(A, E)$

$$D(A, E) = p(A | E) - p(A)$$

(Carnap, 1950; Eells, 1982)

$$C(A, E) = p(A \& E) - p(A) \times p(E)$$

(Carnap, 1950)

$$S(A, E) = p(A | E) - p(A | \neg E)$$

(Christensen, 1999; Joyce, 1999)

$$Z(A, E) = \begin{cases} \frac{p(A | E) - p(A)}{1 - p(A)} & \text{if } p(A | E) \geq p(A) \\ \frac{p(A | E) - p(A)}{p(A)} & \text{otherwise} \end{cases}$$

(Crupi, Tentori & Gonzalez, 2007)

このような意思決定における人間の確率判

断が規範的な規則から逸脱する現象は、連言錯誤以外にも、提示された文章の影響で基準となる比率を無視してしまう現象(基準比率の無視) 1 や、より目立ちやすい事象を提示されると、その事象の起こりやすさを高く評定してしまう現象 (Salience bias) など、様々指摘されている。これらの現象により、従来の確率論的な手法を用いたシステムによる判断が、人間の判断と異なるという結果をもたらしていると考えられる。人間特有の確率判断過程を予測するシステムができれば、そのようなシステムと人間のギャップを埋めることができ、様々なシステムを飛躍的に進化させることが可能になる。

られる。

### 2. 研究の目的

本研究では、連言錯誤に焦点を当て、それぞれの現象についての心理実験を行う。また、それぞれ現象を起こす課題内の単語の生起頻度、共起頻度から、確証度を計算し、心理実験結果と比較しもっとも予測精度のよい確証度を導き出す。

さらに、入力された文章から単語を取り出し、その単語の言語コーパス内の単語の共起、生起頻度から、実験結果によって得られた最も予測可能な確証度指標を用いて確証度を計算し、人間の判断が確率的な規則から逸脱する現象の予測システムを構築する。

### 3. 研究の方法

本研究では、連言錯誤に対して、以下の 3 つのステップで検証・システムの構築を行う。

- I. 確証度の計算対象となる単語を抽出
- II. 大量言語データ (TSUBAKI もしくは ALAGIN) を用いて I で抽出された単語の生起確率、共起確率を計算し、それを使って

表 2. 比較予測 (確証度と実験結果)

現象	I. 抽出単語	II. 計算する確証度	III. 実験による測定値	IV. 比較予想
連言錯誤	E: 聡明、哲学、反核デモ A: 出納係 B: フェミニスト	$c(A, E)$ $c(A\&B, E)$	選択率 $p(A \& B), p(A)$	$p(A\&B) > p(A)$ ならば $c(A\&B, E) > c(A, E)$

確証度を計算 (対象とする確証度は、表 3 の 6 つ)

III. 心理実験

IV. 確証度と心理実験結果を比較

V. 人間の判断が確率的な規則から逸脱する現象の予測システムの構築

確率規範からの逸脱が起こっていれば、計算された確証度と心理実験結果の比較が表 2 における IV の予測と一致するはずである。この結果からもっとも人間の意思決定を予測可能な確証度を割り出し、確率判断逸脱予測システムに利用する。

4. 研究成果

分析対象とした連言錯誤データ

本研究では Shafir et al. (1990) の行った連言錯誤の実験結果と言語コーパスから計算された確証度を比較した。彼らの実験では、15 種類の条件文、および命題の組み合わせについて、その文章が言及している内容の起こりやすさを評定させたうえで、連言に対する評定値と連言を構成する命題に対する評定値の差から連言錯誤の度合い (fallacy 度) を定義し、その度合いが命題の典型性とどのような関係を有しているのかを検討した。具体的に彼らが用いたのは、以下のような刺激文であり、上の単独条件の文章と下の連言条件の比較を通じて連言錯誤を検討している；

単独条件：“Every single lawyer in the group is conservative.”

連言条件：“Every single labor-union lawyer in the group is conservative.”  
この場合、前提 (E) が「conservative」、

命題 (A), 命題 (A&B) がそれぞれ「lawyer」, 「labor-union lawyer」となる。

この刺激文を見るとわかるように、Shafir et al (1990) の実験では命題と前提の属性がそれぞれ 1 つの単語だけで構成されている。このような刺激を用いた連言錯誤の実験は、被験者の判断が個々の単語の性質・関係に依存していると自然に仮定できるため、言語統計と連言錯誤との関連を見るうえで非常に適切であると考えられ、本研究の分析対象とした。本研究では、Shafir et al. (1990) の行った連言錯誤の実験結果と言語コーパスから計算された確証度を比較する。

言語統計データと確証度計算

本研究では British National Corpus (BNC) を言語統計データとして使用した。BNC は 1991 年から作成が始まった、書き言葉、話し言葉両方のイギリス英語を集めた約 1 億語から成る世界最大の英語コーパスで、可能な限り幅広く現代イギリス英語を代表するように設計されている。その内訳は、書き言葉が約 90%、話し言葉が約 10% となっており、イギリス国内における年間出版点数の分野別統計数値をもとに収録内容が決定されている。このように、データ量が十分に大きいことと、BNC に収録してある文章のオリジナルが作成された年代が、Shafir et al. (1990) の実験が行われた年代と近いもしくはそれ以前であるという理由から、本研究では確証度計算を行う元データとして BNC を用いた。

確証度は、以下の手順に基づいて計算した。まず、連言を構成する個々の命題の事前確

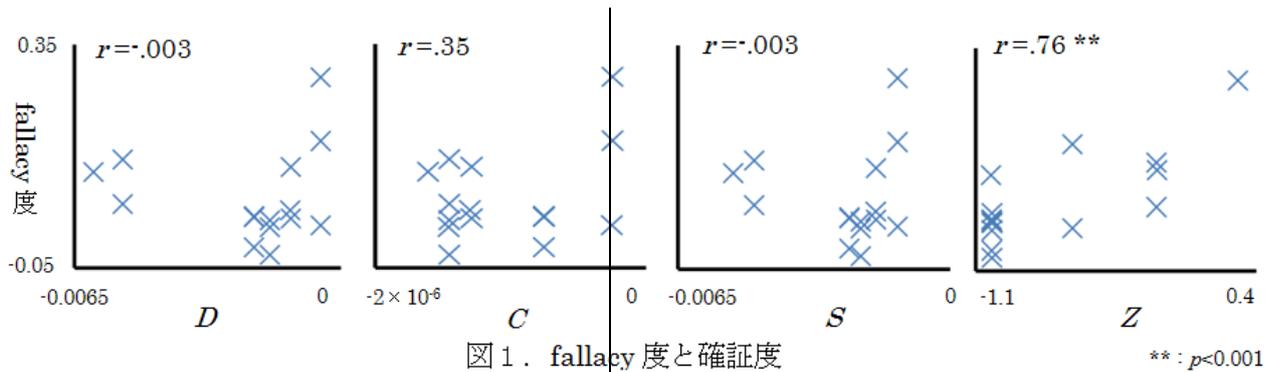


図1. fallacy 度と確証度

率( $P(A)$ ,  $P(B)$ ), および同時確率を, その命題の元となる単語の生起頻度, および共起頻度から算出した. 続いてベイズの定理に基づいて条件付確率を計算した上で, 連言・および個々の命題に対する確証度を, 各確証度指標の式に代入して計算した. そして連言の確証度と個々の命題との差を連言錯誤の度合いの予測値とした上で, Shafir et al. (1990)のデータとの相関係数を算出した.

Shafir et al. (1990) で計算された fallacy 度と, 彼らの研究で用いられた単語の生起頻度, 及び共起頻度を BNC から計測して算出した各確証度指標との関連を図1に示す. これをみると, 複数の確証度指標と fallacy 度との有意な正の相関が見られ, その中でも Z( $r=0.76$ ,  $p<.001$ ) が最も高い相関を示した. この Z は, Crupi et al (2007) が提案している確証度の指標であり, 他の指標に伴う様々な確証のパラドクスを生じないものとして知られている. このような結果は, 連言錯誤は前提が与えられたときの確証度のベイズ的な仮説更新を行なった結果として生じることを示唆するものである. また, くじの確証度を予測した先行研究においても確証度として Z を用いた場合に最も高い相関を示すことが明らかになっており (Crupi, et. al., 2007), 意思決定における確証度の予測値としては Z がもっとも適している可能性が示唆される.

確証度 Z は, 前提 (E) が命題 (A) を支

持した時, 事後確率と事前確率の差を命題 (A) の余事象の事前確率で割り, 命題 (A) を支持しなかった時, 事後確率と事前確率の差を命題 (A) の事前確率で割るという計算を行っている. つまり, 前提 (E) が命題 (A) を支持した時は, 命題 (A) 以外の命題(支持されない可能性が高い命題)を考慮して事後確率と事前確率の差を調整し, 命題 (A) を支持しなかった場合には, 支持されなかった命題 (A) を考慮して事後確率と事前確率の差を調整していることになる. この支持されない命題を考慮するという確証度 Z の特徴は他の確証度 D, C, S にはない. Z がもっとも意思決定者の判断とよい相関を示すのは, 意思決定者も支持されない命題を考慮し, 確率判断を行っている可能性を示唆するものと言える.

確証度 Z を利用した確率判断逸脱予測システムは, 現在公開に向けて準備中である.

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 4 件)

1. 和嶋 雄一郎・鷺田 祐一・富永 直基・植田 一博, 2013. ユーザ視点の導入による事業アイデアの質の向上 -企業でのアイデア生成にユーザ視点を持ち込む方法の提案と検証-. 2013 年度人工知能学会全国大会発表論文集, 富山国際会議場, 1I4-0S-11b-5
2. 和嶋雄一郎, 植阪友理, Emmanuel Manalo, 2012, 自由記述を利用した図に対する認知イメージの推定とその傾向, 日本認知科学会第 29 回大会発表論文集, 仙台国際センター, P3-15
3. Yuichiro Wajima, Kuninori Nakamura, Asuka Terai, Kimihiko Yamagishi, Masanori Nakagawa, 2011, A Text

Corpus Analysis Approach to the  
Conjunction Fallacy, Proc. of the  
33rd Meeting of the Cognitive Science  
Society, pp.1527 - 1532

4. 和嶋雄一郎, 中村國則, 寺井あすか, 山  
岸侯彦, 中川正宣, 2010, 連言錯誤に対  
する言語統計的アプローチ, 日本認知科  
学会第 27 回大会発表論文集, 神戸大学,  
01-2

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

和嶋 雄一郎 (WAJIMA, Yuichiro)  
東京大学・大学院情報学環・特任助教  
研究者番号：20572093