

Title	「否定は描けるか」プロジェクトの概要： 意味論と実世界データ分析
Sub Title	A brief introduction to "can negation be depicted?" project : semantics and real-world data analysis
Author	佐藤, 有理(Satō, Yūri)
Publisher	三田哲學會
Publication year	2021
Jtitle	哲學 (Philosophy). No.146 (2021. 3) ,p.151- 161
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	特集：岡田光弘教授 退職記念号 依頼論文・エッセイ
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000146-0151

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

「否定は描けるか」 プロジェクトの概要：

意味論と実世界データ分析

佐 藤 有 理*

「否定は描けるか」という意味論的問題にデータ駆動アプローチで取り組む、新たな研究プロジェクトについて紹介します。

否定は描けない？ 否定は、私達の思考やコミュニケーションにおいて重要な役割を果たしています。日本語や英語のような人が日常的に使用している自然言語や、数学的推論や論証を表現するための形式言語において、否定は重要な研究対象として捉えられ、哲学や論理学、言語学などの分野で継続的に研究が行われてきました (Horn [9])。しかし、言語表現とは異なり、視覚表現（例えば絵や写真）と否定は相性が良くないと捉えられることが多いようです。例えば、哲学では、Wittgenstein [18] による『論理哲学論考』に至る草稿における「言語文と違って、絵（に描かれていること）は否定できない」という主張が知られています (Notebook, 26 Nov 1914)。より最近では、Crane [6] は、絵や写真は否定や選言による不確定な情報を描けないために、自然言語の文とは異なり、真や偽を問えるような命題を表現しないと主張しています。また、より実践的な場面において、Barwise and Etchemendy [4] は、視覚表現を含む論理学学習支援システムを構築する際に、「百聞は一見にしかず (A diagram is worth ten thousand words)、この

* 東京大学大学院総合文化研究科

「否定は描けるか」プロジェクトの概要

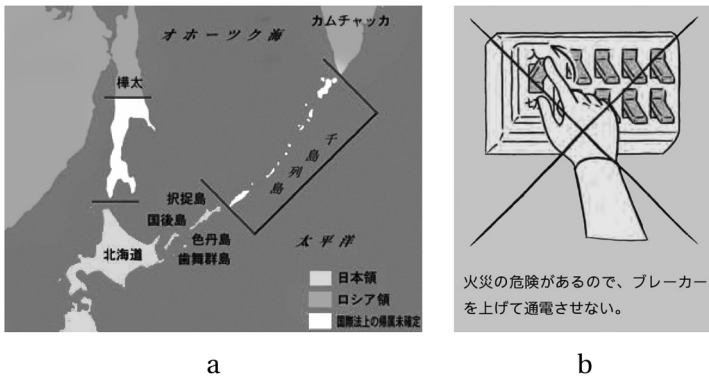


図1 (a) 北方領土の地図, 『北方領土ガイド: 千島の歴史と北方領土の問題』より引用 © 北海道総務部北方領土対策本部, 許諾を得て転載; (b) 防災対策の説明イラスト, 東京都発行『東京防災』p.38より引用 © 東京都

言葉の背後にある真理は、図や絵、特定の、連言的情報を提示するのに向いているという事実である。図や絵を使って、不確定な情報、否定的情報や選言的情報を表すのはもっとずっと大変である (p.79) と触れています。最近の(機械学習課題としての)画像キャプション自動生成のAI研究も、同様の問題に直面しているようです。Bernardi et al. [5] は、与えられた画像から、対象物、属性、関係などの言語記述を生成するのと比べて、「電車がまだ来てない」のような画像に直接描写されていない対象物について言及したり、背景知識を必要とするようなキャプション情報を生成することは、困難なケースとして残されている (p.410), と書いています。

実世界の視覚表現 これらの見解に反して、実世界の視覚表現では否定が表現されているようにも思われます。具体的な事例として、例えば、図1aの地図では、領土帰属が未確定である場所(南樺太と千島列島)が無着色(白色)によって表現されています(オリジナル画像はカラーで、日本領が橙色、ロシア領が緑色)。図1bの説明イラストでは、地震発生時にはブレーカーを上げないことがイラストにバツを重ねることによって表現され

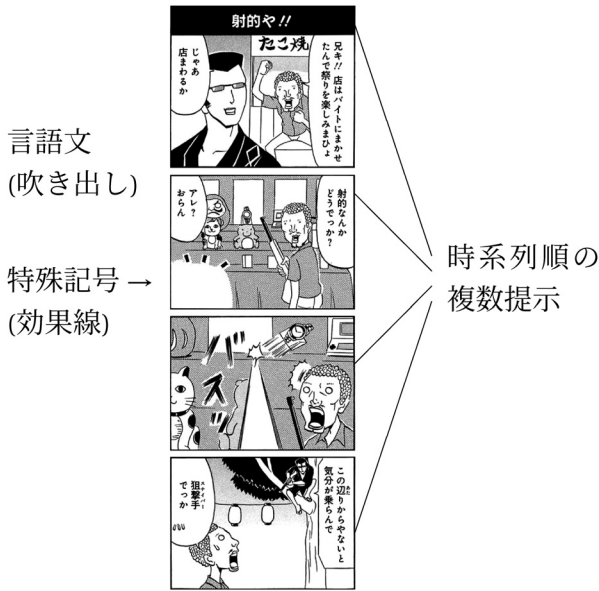


図2 マンガの事例、『徹さん』 p.26 より © 川口憲吾／東京三世社

ています。

純粋な視覚的要素だけで構成されていない ただし、実世界の視覚表現を構成する要素は様々であることに注意が必要です。複雑な実世界視覚表現であるマンガでは、純粋な視覚的要素であるイラストだけでなく、様々なシンタクスが意味を担っています¹。例えば、図2のマンガ『徹さん』の事例では、時系列順に複数のコマとして提示されていること、言语文が吹き出し内のセリフとして付されていること、効果線などの特殊記号が使われていることなどが分かります。そのため「否定は描けるか」を問うためには、各要素の切り分けが必要になります（コマを一枚にする、言語部分を削除する、記号部分を削除する等）。

表現力解明のためのデータ駆動アプローチ 「否定は描けるか」という問いは、視覚表現の表現力 (expressive power) を根本的な問題としています。

この問題へのアプローチのとしては、合理主義・要求駆動型のものがひとつにはあります。理論的な要求に合わせてシステムを構築して評価を行うもので、視覚表現に関する研究のなかでも図的推論や図形論理 (Glasgow et al. [7]) においてよくとられているように思います²。オイラー図やヴェン図を典型として、図形オブジェクトに対して (集合論的) 意味を与えて論理体系を構築します。Shin [17] はヴェン図に様々なデバイス (空集合を表す影、選言を表すリンク線など) を加えることで、単項 FOL と同等の表現力をもつ図形表現系を構築しました。そして、システムのユーザ評価などを行なって、実際に人が正しく使えるかを調べます (Sato & Mineshima [13]; Sato et al. [16])。別のアプローチとしては、経験主義・データ駆動型のものがあります。これは特定の要求に沿ったものでない視覚表現を扱い、実世界で流通し文化として生き残っているものを掘り起こして分析します (cf. Sato & Mineshima [14])。本研究プロジェクトは、こちらの経験主義・データ駆動型アプローチに重点を置き、マンガについて分析を行います。

データセット マンガのデータセットとして、デファクトスタンダードである Manga109 [3, 11]³ と合わせて、傑作マンガ作品をリストアップしました。主要な漫画賞受賞者 (日本漫画家協会賞文部大臣賞など) による主要な漫画賞受賞作品 (小学館漫画賞や講談社漫画賞など) を要件として選定し、手塚治虫『火の鳥』、石ノ森章太郎『サイボーグ 009』、みつはしちかこ『小さな恋のものがたり』など 131 作品を含めました。

Neg 画像セット Manga109 と傑作リストから Neg 画像セットを作成します。数ページの大まかな範囲で否定に関連する画像を収集したのち (122 画像)、外部の評価者に否定に関連するどうかを評価してもらい、一定基準以上の評価が得られたページ (と最も関連するコマ) を採用し、最終的に 111 画像を収録しました。また、データ分析のベースラインとして、否定フリーのコマを特定し、否定フリー画像セットも用意しました。否定画像セットと同じページから、否定と関連しない画像として一定基準以上

(評価者により) 選択されたコマを否定フリーとして収録しました。さらに、存在の否定か性質の否定かいずれかのタイプ情報として、各画像に正解アノテーションを付与しました。存在の否定は、 $\neg\exists xPx$ (P であるものはない) で、例えば、「母親がいなくなった」や「財布がない」などが典型です。性質の否定は、 $\neg Pc$ (c は P でない) で、例えば、「信号が青でない」や「体が動かない」などが典型です。

画像説明課題 Neg 画像セットの各画像について6様式を用意しました(被検者間)。1. 文脈あり(時系列提示), 2. 文脈あり negation-free, 3. 文脈あり-特殊記号削除, 4. 文脈なし(一枚提示), 5. 文脈なし negation-free, 6. 文脈なし-特殊記号削除です。ここで条件2と5は分析のためのベースラインとなり、1と2, 3と2, 4と5, 6と5という形で比較されます。また、いずれの作品も出版されていますので、言語を付ければ正解できるのは当然として、言語部分は削除されて提示されました。教示は、「マンガの画像(言語のセリフ部分にはモザイクがかけてあります)が与えられますので、読み取れることを日本語で書き出してください」というようなものです。課題の例を図3に示します。八神健『ありさ²』から抽出したケースです。いずれも「指定のコマをできるだけ詳しく説明してください」という文とともに提示されました。

否定句出現のカウン 人々から集めた説明文データは、「いなくなって」「逃げた」「驚いて叫んだ」というようなものでした。これについて、形態素解析、単語頻度集計をした上で、ベースラインと比較する形ですべての単語で χ^2 検定をし、テキストマイニング的手法で特徴語を抽出します。ここに否定に関連する句(例えば「ない」)があれば良さそうです。しかし、言語表現には幅がありますので、個々の否定句でなく否定タイプをもって正解とします。そのため、先述の存在の否定、性質の否定それぞれのタイプに属する句をリスト化します。この際、「～ない」などの典型的な否定句に加えて、「消える」「痺れる」などの非典型的な言葉も作中では

「否定は描けるか」プロジェクトの概要

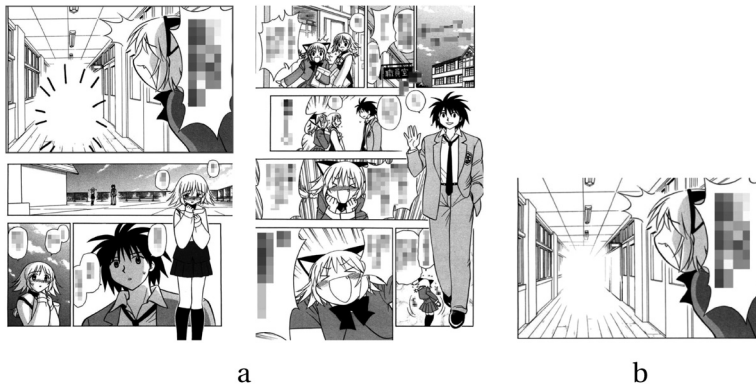
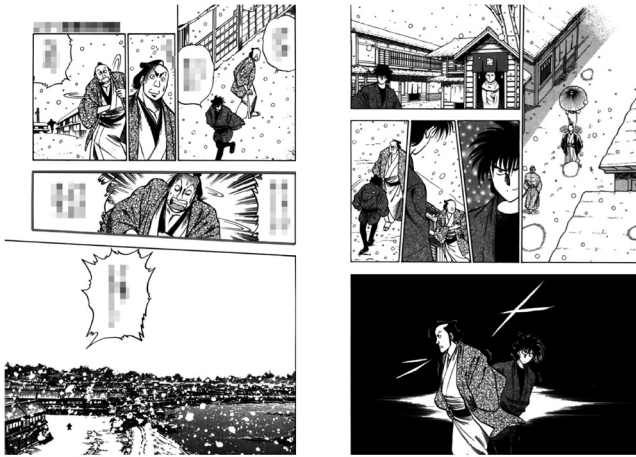


図3 (a)条件1(文脈あり)の課題例(左ページ1コマ目が指定);(b)条件6(文脈なし-特殊記号削除)の課題例.『ありさ²』pp.21-22より©八神健/角川書店

使用されていたので、これらもリストに加えました⁴。それぞれのタイプに属する句すべての出現を画像ごとに集計し、ベースラインと比較しました(Fisher's Exact Test)。例えば、『ありさ²』のケースは、存在の否定として正解アノテーションが与えられていて、「いなくなっている」は1、「逃げた」は1、「驚いて叫んだ」は0としてカウントされます。

否定はどんなシンタクス要素が担っているのか 文脈(時系列提示)と特殊記号の両方を使うという条件付きで否定が描けていた事例としては、図2の『徹さん』などが該当しました。文脈(時系列提示)のみ使う条件付きで否定が描けていた事例には、『ぶらり鉄扇捕物帳』(図4a)などが該当しました。特殊記号のみ使う条件付きで否定が描けていた事例には、『あくはむ』(図4b)などが該当しました。文脈(時系列提示)か特殊記号のどちらかを使うという条件付きで否定が描けていた事例としては、『ありさ²』(図3)が該当しました。さらに、文脈も特殊記号も必要なく、純粋な視覚的要素だけで否定が描けていた事例もあり、『ハイスクール!奇面組』(図4c)などがこれに該当しました。



a



b



c

図4 (a) 文脈の条件付きで否定が描ける『ぶらり鉄扇捕物帳』pp.36-37 (左ページ4コマ目が指定) © 佐佐木あつし/集英社；(b) 特殊記号の条件付きで否定が描ける『あくはむ』p.77 © 新居さとし/講談社；(c) 条件なしで否定が描ける『ハイスクール! 奇面組』vol.20, p.139 © 新沢基栄/集英社

画像分類課題・機械学習 ここまでの分析により、精緻なアノテーション（否定を担うシンタクスも明らかにされています）が付いた Neg マンガ画像データセットが構築されました。次の段階としては、否定を表現する画像とそうでない画像を分けるものは何なのかという問いに挑戦します。分類課題として機械学習で一般化することを考えます。今回得られた精緻なアノテーションが付いた画像を訓練データとして、機械学習・深層学習モ

「否定は描けるか」プロジェクトの概要

デル上（例えば、Convolutional Neural Network）で学習させ、新規のマンガ画像を分類できるか判定します。合わせて、同様の分類課題を人を対象に実施し、機械の学習後のパフォーマンスと、人の学習後のパフォーマンスを比較します。人間にとってはこの画像分類は容易であることが予想されますが、（データ駆動で画像的特徴のみから判定をする）機械でも同様のパフォーマンスをみせることができるでしょうか。

また否定以外にも、選言や条件法や量子化や再帰などへ研究を拡張していく計画です。こうした論理情報を操作できるのは、（言語を操る）人間に固有の能力だと思われませんが、それらを視覚表現として扱えるのか検討していくのは興味深い課題であると考えています。

謝辞

岡田研で取り組んでいたオイラー図やヴェン図などの図的推論に関する研究が、本研究プロジェクトの原点となっています⁵。岡田先生のご指導に心より感謝申し上げます。また本研究は、峯島宏次氏、植田一博氏との共同研究として進めているものの一部で、JSPS 科研費 JP20K12782 の助成を受けたものです。また、伊藤遼さん、大貫祐太郎さん、今泉拓さんにはとくに貴重なコメントやご協力を頂きました。感謝しております。

注

¹ ピクチャーの形式意味論では、3次元シーンを2次元平面として表す関係を、世界 w と視点 v をとってピクチャー p を返す射影関数 $\pi(w, v) = p$ として捉えます (Greenberg [8]; Abusch [2])。これが成り立っているとき、 p （の意味論的値）は w と v において真となります： $[[p]]^{w, v} = 1$ iff $\pi(w, v) = p$ 。さらに談話表示理論を利用して、マンガのコマ (panel) のようなピクチャーの時系列提示を捉えます (Abusch [1])。ピクチャー p_2 がピクチャー p_1 より時間的に後であること $p_1 < p_2$ が視点 v のピクチャー条件として入れられ、 p_1 のキャラクターと p_2 のキャラクターが同一であるというプラグマティクス $m_1 = m_2$ が埋め込み関数 f の記述条件に入れられ、それらが適切に合成されているとき、 p （の意味論的値）は w と v と f において真となります。さらに最近の Maier [10] で

は、ピクチャー系列の描写を個体だけではなくイベントへ拡張し、イベントに参画するものとして吹き出し (speech balloon) や効果線などの特殊記号を扱うことを提案しています。

- ² それまでの representation (表現, 表象) に関する論理学や計算機科学や認知科学の研究が言語・記号表現に注目していたのに対抗する形で、1990年代より盛んに研究が行われるようになりました (論理の図形表現に関するサーベイ論文として [15])
- ³ Manga109 に収録されているマンガ作品については、作者からの利用許諾を受けており、画像加工も含めて論文等での掲載が可能となっています。本稿に掲載されているマンガ画像はすべて Manga109 データセットの収録作品です。
- ⁴ 類義語もリストに加えしました。word2vec (日本語 wikipedia で学習) と日本語 wordnet の重複したものを類義語として定義しました。
- ⁵ 図的推論の国際会議として、International Conference on the Theory and Application of Diagrams (DIAGRAMS) があります。岡田先生から「佐藤君にぴったりの国際会議があるよ」とこの会議を紹介して頂きました (2007年、三田東宝ビルに当時入っていた研究室でのことです)。理由としては、(1) formal な研究だけでなく empirical な研究もスコープに含まれていることと、(2) 熱意だけで受け入れてくれそうなポスターセッションもあるからとのことでした。(2) の真偽は未だ不明ですが、岡田先生や先輩方と書いた theory & experiment の Diagrams 2008 論文 [12] が、私にとっては研究の本格的なスタートでした。岡田先生とは研究以外にも色々なお話をさせて頂き、とくに同じ高校の出身で地元も隣町同士という (とても光栄な) ことが判明したときにはとても驚いたことをよく憶えています。

参 考 文 献

- [1] Abusch, D.: Applying discourse semantics and pragmatics to co-reference in picture sequences. In: Sinn und Bedeutung 17, pp. 9–25 (2013).
- [2] Abusch, D.: Possible-worlds semantics for pictures. In: D. Gutzmann, L. Matthewson, C. Meier, H. Rullmann, & T. E. Zimmermann (eds.), The Wiley Blackwell Companion to Semantics. 31 pages. Wiley-Blackwell (2021).
- [3] Aizawa, K., Fujimoto, A., Otsubo, A., Ogawa, T., Matsui, Y., Tsubota, K., Ikuta, H.: Building a manga dataset “Manga109” with annotations for multimedia applications. IEEE MultiMedia, 27, 8–18 (2020).

- [4] Barwise, J., Etchemendy, J.: Hyperproof: Logical reasoning with diagrams. In: Reasoning with diagrammatic representations: Paper from the 1992 AAAI Spring Symposium, pp. 77–81. AAAI Press (1992).
- [5] Bernardi, R., Cakici, R., Elliott, D., Erdem, A., Erdem, E., Ikizler-Cinbis, N., Keller, F., Muscat, A., Plank, B.: Automatic description generation from images: A survey of models, datasets, and evaluation measures. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 55, 409–442 (2016).
- [6] Crane, T.: Is perception a propositional attitude? *The Philosophical Quarterly*, 59, 452–469 (2009).
- [7] Glasgow, J., Narayanan, N.H., Chandrasekaran, B. (Eds): Diagrammatic reasoning: cognitive and computational perspectives. MIT Press (1995).
- [8] Greenberg, G. J.: The Semiotic Spectrum. Ph.D thesis. Rutgers University (2011).
- [9] Horn, L. R.: A Natural History of Negation. University of Chicago Press (1989).
- [10] Maier, E.: Picturing words: the semantics of speech balloons. *Proceedings of the 22nd Amsterdam Colloquium*, pp.584–592 (2019).
- [11] Matsui, Y., Ito, K., Aramaki, Y., Fujimoto, A., Ogawa, T., Yamasaki, T., Aizawa, K.: Sketch-based manga retrieval using manga109 dataset. *Multi-media Tools and Applications*, 76 (20), 21811–21838 (2017).
- [12] Mineshima, K., Okada, M., Sato, Y., Takemura, R.: Diagrammatic reasoning system with Euler circles: theory and experiment design. *Proceedings of Diagrams 2008, LNAI vol.5223*, pp.188–205. Springer (2008).
- [13] Sato, Y., Mineshima, K.: How diagrams can support syllogistic reasoning: An experimental study. *Journal of Logic, Language and Information*. 24, 409–455 (2015).
- [14] Sato, Y., Mineshima, K.: Depicting negative information in photographs,

- videos, and comics: a preliminary analysis. *Proceedings of Diagrams 2020*, LNAI vol.12169, pp.485–489. Springer (2020).
- [15] 佐藤有理, 峯島宏次: 論理の図形表現. *認知科学*. 28(1), 14 pages (2021).
- [16] Sato, Y., Stapleton, G., Jamnik, M., Shams, Z.: Human inference beyond syllogisms: an approach using external graphical representations. *Cognitive Processing*, 20, 103–115 (2019).
- [17] Shin, S.-J.: *The logical status of diagrams*. Cambridge University Press (1994).
- [18] Wittgenstein, L.: *Notebooks 1914–1916.*, Anscombe, G.E. M. & von Wright, G.H. (Eds.). University of Chicago Press. (1914/1984).