

# 語意推論とレキシコンの構築におけるアブダクションの役割

## The role of abductive inference in word learning and constructing the lexicon

今井 むつみ<sup>†</sup>

Mutsumi Imai

<sup>†</sup>慶應義塾大学

Keio University

imai@sfc.keio.ac.jp

### Abstract

The problem children face has long been considered as a problem of induction in learning words and constructing the lexicon. A number of proposals have been made concerning biases children utilize to constrain their inference of word meaning from a single example, including the taxonomic bias, the shape bias, and the mutual exclusivity bias. Other researchers have argued that the ability to read social cues is the main driving force for word learning. However, what children go through a complex chain of inference to come up with the “best possible word meaning” by utilizing different sources of cues, knowledge about the lexicon, and knowledge of words already present in their vocabulary. I maintain that this process of inference should be considered as abduction, and largely overlaps with that made by scientists in constructing the best explanation of the mechanism. I argue that a key question for the symbol grounding problem is to uncover how children make abductive inference in word learning as well as in learning of other conceptual domains, and to identify the cognitive function that makes abductive reasoning possible.

**Keywords** —記号接地問題、語意推論、帰納推論、アブダクション推論、枠問題

記号は身体から抽象化され、恣意的な性質であるという言語学の伝統的な考えに対するアンチテーゼとして言語の身体性の問題、さらに記号接地問題が投げかけられた[1].そのため、記号接地の問題は一般的に記号をいかに身体に結び付けるのかという問題として捉えられている。実際、子どもの単語学習において語の形式と指示対象の類像性(iconicity)は大きな役割を果たすことが発表者の一連の研究から示されている[2].例えば Asano et al. [3]は単語をほとんど知らない11か月の乳児が丸みを帯びた図形には「ブ

ーバ」、トゲトゲの図形には「キキ」がマッチするという直観を持ち、音と図形がミスマッチのときに単語の意味のアノマリーを感じるという知見を示した。

しかし、単に単語の音と対象の一つの結びつきを覚えてもその単語を他の状況で使うことはできない。子どもが日常生活で経験する言語インプットは非常に複雑で、そこ単語を実際のコミュニケーションの場での確に使うためには単語の指示する対象の外延、つまり指示対象の範囲を知り、どのような対象は当該の単語の指示対象になりえて、どのような対象はなりえないか、また、その単語が他のどのような状況で使うことが適切で、どのような状況では不適切かを判断できなければならない。そのような柔軟で適切な判断を可能にする語意は、直接観察される対象の知覚表象を捨象した抽象的なものであると考えざるを得ない。

つまり、記号接地問題とは、記号が身体に接地しているか、抽象的で恣意的なものかというような単純な議論に留まらない。語彙習得における記号接地問題とは、いかに子ども（あるいは人工知能を含む記号学習者）が身体経験を最初の記号に接地するのか、その際の記号とはどのようなものなのか、子どもは膨大な数の単語の意味をどのように推論し、単語同士を関連付け、どのように複雑で精緻な知識システムとしてのレキシコンを構築していくのか。その過程全体とその背後にある認知能力の起源を明らかにすることであると発表者は考えている。

子どもの語意推論は長きにわたり、帰納推論の問題と考えられてきた[4][5][6]。クワインの提示した帰納推論の不可能性に直面して、子どもはことばの意味についての知識(=バイアス)を生得的に持っているという考え方から語意学習のバイアス理論が生まれた[6]。これはひとことで言うなら、例えば、ことばは分類学的なカテゴリーに対応している(分類学

的バイアス),あるいは一つの対象はただ一つの名前を持つ(相互排他性バイアス),あるいは文法と意味の間の対応関係が動詞の語意推論を絞り込むというような(統語ブートストラッピング理論, [7] [8]),一事例からの帰納推論を制約する心の機能を子どもが生得的に持っているという提案であった。それに対し,コネクショニストの研究者は帰納推論を制約するバイアスは語意学習の経験(単語とその指示する事物カテゴリーの結びつき)の統計分布を抽出したものであると主張する[9]。

生得性における考えは異なるが,どちらの立場でも語意推論は帰納推論によって行われること,その際にそれを制約するバイアスが必要であるということは一貫している。しかしこれらの単一の制約,バイアスは語意学習に必要な一連の推論の輪の一つに過ぎない。形バイアス(あるいは事物カテゴリーバイアス),相互排他性バイアスなどを個別知識として持っているだけでは語意の適切な推論はできないからである。形バイアスは単語の指示対象がバターのような物質のときに適用すれば誤った意味を推論してしまう。さらに,形バイアスは固有名詞には使えない。形バイアスや相互排他性バイアスが制約として機能するためには,それらのバイアスをどのような状況でどのように使うか,という知識がさらに必要となるのである。

さらに,未知の単語の意味の推論には,その単語を発話した話者の意図の推論も欠かすことができない。日常生活の中で単語はシームレスなイベントの連続の中で発話される。その中で子どもはその単語がダイナミックに変化するイベントのどの部分に対応するのかを見極めなければならない。名詞,動詞,形容詞などの単語の品詞情報はそこで重要な役割を果たすがそれのみでは十分でない場合が多い。筆者の関わる実験で,ある子どもは,手で豆腐を押しつぶしているシーンを見せられ,「この人何してるの?」と問われて「手で押ししてる」と答えた。成人は全員このビデオを見て「つぶしている」と表現した。つまり,成人はビデオを見て,「押ししている」,「押しつぶしている」,「つぶしている」などの可能性のうち,「つぶしている」という動詞で表現することが実験者が期待している解釈だと推論したのだろう。実際,このような対話の相手の意図の推論や状況の解釈が語意学習にもっとも重要な認知能力だと主張する研究者もいる[10]。但し,話者の意図の推論は,イベント中のどの要

素に当該の単語が対応するのかの判断に有益な一方で,この推論のみではその単語が他のどの対象にも使えるのかという判断はできない。

発表者の一連の研究は,2歳の幼児でも,形バイアス,相互排他性バイアスを他の手がかり,特に既知の単語の知識と組み合わせて,非常に蓋然性の高い語意推論をすることを示した。例えばすでに名前を知っている物体(例えばボール)と名前を知らない物体が目の前にあり,指差しをせず,「ネケはどこ?」という相互排他性バイアスを使い,新奇な名前の物体を「ネケ」だと思ふ。しかし,名前を知っている方を指差し「ネケ」というと,その物体の相互排他性バイアスを捨て,そのモノの別の名前として受け入れる。そのとき,形バイアスにより,子どもはもともと知っていた名前の上位カテゴリー(おもちゃ)ではなく下位のカテゴリーの名前(この種類のボール)だと思ふ[11]。上位カテゴリーは成員間の形が大きく異なるものが含まれ,形バイアスに反してしまうからである。しかし,同じ状況で名づけられたモノがペンギンなどの動物の場合には,新奇な名前は対象の固有の名前(固有名詞)だと考える。また,今教えられたことばの意味を推論し覚えるだけではなく,すでに知っている語の意味を修正することも同時にしてしまうのである[12]。

このようにもっとも蓋然性が高い解を探すため様々な知識のリソースを手がかりにして推論を積み重ねる複雑な推論は,帰納推論よりもむしろアブダクション推論と考えるべきだろう。Pierceは帰納推論について「帰納推論はすでに得られた例を一般化しようとする試みであるが,必ずしもその背後にあるメカニズムを明らかにしようとするものではない」と述べている。子どもは非常に少ない事例を一般化して語意を推論する際に,言語外の知識を使い,話者の意図を様々な手がかりから推論し,文脈を考え,さらに形バイアスを組み合わせ,非常に複雑かつ合理的な推論をして新しい語の意味を考えている。その際,持てる知識,その状況で入手可能なリソースを総動員し,柔軟に組み合わせて,最も蓋然性の高い解を考える[13] [14]。アブダクションの重要性はPierceをはじめとした哲学者によってその重要性が指摘され,特に科学における仮説形成のプロセスで核となる役割を果たすとされており[15][16], Thagard[17]は私たちが日常的に行う推論はほとんどがアブダクションで,アブダクションを伴わない純粋な帰納推論や類

推はほとんど存在しないと指摘している。例えば私たちは日常で頻繁に類推を使うが、そのときにもっとも重要なのは、どのようにベースとターゲットの写像を行うかよりもいかに目の前の問題を解決するのに、類推の適切なベースを探すことである。つまり実際に私たちが日常生活に行っている類推はアブダクションを必要としているのである。

チンパンジーをはじめとした動物には統計的な推移確率や分布のパターンを検出する推論能力はあっても、事例からの一般化を制約するバイアスの出現は見られない。このことは、バイアスを作り出すためには、統計的な学習だけでは不十分で、仮説形成のためのアブダクション推論が必要ということを示唆している。

上記のような、既存の知識と状況中の手がかりを柔軟に組み合わせながら問題に対する解を探し、新しい知識を創造していく学習過程は、認知科学でよく知られた「枠問題」と深いかかわりがある。「枠(フレーム)問題」とは初期の人工知能の問題として取り上げられた。ロボットに何らかの行為をさせるようプログラムする際に、世の中に存在するありとあらゆる情報の中から、今、目の前の仕事に関連する情報と、関連しない情報を区別することは不可能なことであるという問題であった[18]。この人工知能の枠問題は、その後、Dennet [19]や Fodor [20]のような哲学者によって人間の推論における枠問題(「認識論的枠問題」)として取り上げられ、現在も議論が続く。世の中に無限にある情報の中から、あるいは自分の中に持つ「知識」の中から、どのようにして人は、目の前の問題の解決に「関連する」情報や知識を探してこることができるのか。この枠問題は、アブダクション推論をどのように行うのかと同根の問題なのである。

実際、認識論的枠問題は、まさに、子どもの語意推論で直面する問題となる。時間とともにダイナミックに変化していく目の前の事象を、何をどのように切りとり——逆にいうと目の前にある非常に豊かな知覚情報から何を捨てて——今聞いたことばの指示対象とし、指示対象のどの特徴を汎用の基準として、つまり意味表象として切り取るのか。これはまさに Quine の「ガヴァーイ問題」である。さらに、いったいどのようにして、対象とことばの結びつきの限られた事例から、特定の知覚情報である「形」だけを取り出し、それが一般化に関連することをわかると同時に、色や大きさ、テクスチャなどはそこにおいて関

係がない、ということがわかるのか。その時に、「個別性のない事物を指す名前(物質名詞)のときには、この「形への注目」は関係ない、ということまでわかるのか。つまり、人間の子どもにとっては、この「枠問題」はなぜまったく問題にならないのだろうか。

「枠問題」が人間にとって問題にならないのは、人が形式論理的な推論をするのではなく、知識(思い込み)を用いたヒューリスティクスに頼る推論をするからだと言われる[21]。ヒューリスティクスに頼る推論は、時に誤謬をもたらすが、結論を得るための労力を削減し、柔軟な思考を可能にする。しかし「知識の柔軟な組み合わせ」が実際にどのように行われているのか、どのような発達過程でできるようになるのか、どのような進化の過程で生まれ、どこまでがヒト以外の動物と共有され、何がヒト固有の推論のしかたなのかという一連の問題は、人間の知性を理解する上で非常に重要な問題として残る。これらの問題は、従来言語習得の研究では直接扱われることがなかったが、実は記号接地問題にアプローチする上で考えるべき重要な要素なのである。

## 参考文献

- [1] Harnad, S. (1990). The symbol grounding problem. *Physica D*, 42, 335-346.
- [2] Imai, M. & Kita, S. (2014). The sound symbolism bootstrapping hypothesis for language acquisition and language evolution. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Phil.*, vol., 369: no. 1651, pii: 20130298, doi: 10.1098/rstb.2013.0298
- [3] Asano, M., Imai, M., Kita, S., Kitajo, K., Okada, H. & Thierry, G. (2015). Sound Symbolism Scaffolds Language Development in Preverbal Infants. *Cortex*, 63, 196-205. doi: 10.1016/j.cortex.2014.08.025
- [4] Quine, W. V. O. (1960). *Word and Object*. MIT Press.
- [5] Carey, S. (1978). The child as word learner. In M. Halle, J. Bresnan, & G. A. Miller (Eds.), *Linguistic Theory and Psychological Reality*. MIT Press, 269-293.
- [6] Markman, E.M. (1989). *Categorization and Naming in Children*. MIT Press.
- [7] Pinker, S. (1989). *Learnability and Cognition: The*

- Acquisition of Argument Structure . Cambridge, MIT Press.
- [8] Gleitman, L. (1990). The Structural Sources of Verb Meanings. *LANGUAGE ACQUISITION*, 1(1), pp.3-55.
- [9] Smith, L. B. (2001) . How domain-general processes may create domain-specific biases. In Bowerman, M., & Levinson, S. ( Eds.) , *Language Acquisition and Conceptual Development*. Cambridge University Press, 101-131.
- [10] Tomasello, M. ( 2003) . *Constructing a Language: A Usage-based Theory of Language Acquisition*. Harvard University Press.
- [11] Imai, M., & Haryu, E. (2001) . Learning proper nouns and common nouns without clues from syntax. *Child Development*, 72 (3) , 787-803.
- [12] Haryu, E., & Imai, M. (2002) . Reorganizing the lexicon by learning a new word: Japanese children's interpretation of the meaning of a new word for a familiar artifact. *Child Development*, 73, 1378-1391.
- [13] Imai, M., & Haryu, E. (2004). The nature of word learning biases and their roles for lexical development: From a cross-linguistic perspective. *Weaving a lexicon*, 411-444.
- [14] 今井むつみ, 針生悦子.(2014). *言葉をおぼえるしくみ*, 筑摩書房.
- [15] *The Essential Peirce: Selected Philosophical Writings*, 2 vols. ed. Peirce Edition Project. Bloomington & Indianapolis: Indiana University Press, 1992-1998.
- [16] Holland, J. H., Holyoak, K. J., Nisbett, R. E., & Thagard, P. R. (1989) . *Induction: Processes of Inference, Learning, and Discovery*. A Bradford Book.
- [17] Thagard, P. (2007). Abductive inference: From philosophical analysis to neural mechanisms. *Inductive reasoning: Experimental, developmental, and computational approaches*, 226-247.
- [18] McCarthy, J., & Hayes, P. J. (1969) . Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. In D. Michie, & B. Meltzer (Ed.) , *Machine Intelligence*, vol. 4. Edinburgh University Press, 463-502.
- [19] Dennett, D. ( 1984) . Cognitive wheels: The frame problem of artificial intelligence. In C. Hookway ( Ed. ) , *Minds, Machines and Evolution*. Cambridge University Press, 129-150.
- [20] Fodor, J. A. ( 1987) . Modules, frames, fridgeons, sleeping dogs, and the music of the spheres. In Z.W. Pylyshyn ( Ed.) , *The Robot's Dilemma*. Ablex, 139-149.
- [21] Tversky, A.; Kahneman, D. (1974). "Judgment under uncertainty: Heuristics and biases". *Science* 185 (4157): 1124–1131.