

幼児の語意学習バイアスの計算メカニズムに関する研究

学位論文内容の要旨

幼児は語彙獲得において非常に smart な学習者である。語意学習の困難性とそれに反するヒトの smart な語意学習能力のパラドックスを顕著に示す問題として「Gavagai 問題」がある。この問題では、走っているウサギを指して「Gavagai」と言われるのを未知の言語が使われている土地で聞いた際、その「Gavagai」が何を指すのか推定することが困難であることを指摘している。その語は、ウサギの形を指すのか、ウサギの色を指すのか、フワフワした毛皮を持つものを指すのか、そのウサギの固有名詞なのか、それとも名詞ですらなく走るという行為を指すのか、これらの部分や組み合わせを考慮するとほとんど無数に近い意味の可能性がある。もしヒトがこのような可能性全てを吟味するのであれば、語の意味の推定には途方もない経験と労力が必要とされるはずである。しかしながら、成人はおろか2歳前後の幼児ですらそのような振る舞いを見せず、語の一度の提示からでもその意味を推定できることが明らかにされている。この非常に素早い語意推定は「即時マッピング」と呼ばれている。さらに興味深いことに、その即時マッピングの仕方には偏った傾向がある。例えば上述の「Gavagai」の例であれば、それはウサギと「形」が類似したものを指すと認識される。この偏ったマッピングの振る舞いは「語意学習バイアス」として知られ、1980年代からさかんに研究されてきた。本論文では、その中で特に形に注目する「shape bias」と材質に注目する「material bias」に関してそのメカニズムを提案し検証する。

従来、語意学習バイアスは現象記述として多く研究されてきたが、そのメカニズムに関しては生得的な能力とされ、深い議論は多くはなされていない。本研究は、この語意バイアスは学習的に獲得されるものと考え、その情報処理過程を脳でも十分に可能な計算として記述することを試みる。従来、語意学習バイアスのメカニズムに関しては、語意学習経験を通して各語の意味を学習し（一次汎化）、その過程でさらに高次の知識を抽象し（高次汎化）、その高次汎化知識を用いて新奇語の語意学習を効率化するという仮説があり、計算としての妥当性も粗くは検証されてきていた。しかしながら、その仮説には発達過程での認知能力の妥当性および過去に報告されている現象に対する再現性の観点で問題があった。そこで、本研究では先行研究のそれらの問題点を克服したモデルを提案し、それをより精密化したコンピューターシミュレーションで検証した。具体的には、帰納的な語意学習（WDP）、新奇語の意味の ad-hoc な一撃推定（AMS）、そして初期語意の統計的偏りの3つが shape

bias と material bias に本質的な 3 要素であるとするモデルを提案している。

本論文は以下の 7 章から構成される。

1 章では, Gavagai 問題を切り口に語意学習バイアス研究の概観と意義を説明する。そして, 学習説の問題点と本研究の仮説を簡単に説明している。

2 章では, 語意学習バイアスに関わる先行研究についてより詳細に説明を加え, その研究の流れを整理している。また, 今後のモデル構築のために必要な語意学習バイアスを調査するためのタスクを説明し, その知見をモデル構築の観点から整理し, 特に学習説に関わる計算モデルの説明と問題点の整理を行なっている。

3 章では, 本研究で提案するモデルを示している。本論文で提案した WDP と AMS と偏りを含む初期語彙についての説明を行い, それらがどのようにして語意学習バイアスという振る舞いとして現れるか, モデルから予測されるプロセスの全体像を解説している。

4 章では, WDP と AMS と初期語彙だけを実装したモデルにより計算機シミュレーションを行なっている。シミュレーションの結果, 24 ヶ月以前など特に早期においては, この 3 要素が shape bias と material bias に関わるバイアスの必要十分条件となりうることが示されている。

5 章では, 前章の実装に加えて学習機構の成熟および経験の度数の指標である maturity を新たに導入し, 計算機シミュレーションを行なっている。それにより, 語彙数が少ない時期にはバイアスが発現しないという no bias 現象を再現でき, 先行研究の行動実験結果により近くなることが示されている。この章の結果から, 語意学習バイアスに本質的なのは WDP, AMS, 偏りのある初期語彙の 3 要素であることがより強く示唆されている。

6 章では, 本研究の仮説と先行研究の仮説の比較を元にそれらの妥当性などを議論し, 今後の展望を述べている。7 章では, 本研究の総括を行なっている。

以上をまとめると, 本研究は言語獲得の分野で注目を浴びている語意学習バイアスという振る舞いに対して, より妥当で現象説明力のある計算メカニズムの提案を行い, 計算機シミュレーションによってその高い再現能力を検証したものである。言語はヒトという種に固有かつ普遍的な能力である。その中で語意学習バイアスというのも不合理な振る舞いでありながらヒトに普遍的に現れるものであり, ヒトという種が持つ独自の知性を明らかにするための手掛かりとして重要である。本論文はそれに対して一つの有効な知見を提示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 和 田 充 雄

副 査 教 授 栗 原 正 仁

副 査 教 授 大 内 東

副 査 教 授 大 森 隆 司 (玉川大学学術研究所)

学位論文題名

幼児の語意学習バイアスの計算メカニズムに関する研究

幼児は語彙獲得において非常に smart な学習者である。語意学習の困難性とそれに反するヒトの smart な語意学習能力のパラドックスを顕著に示す問題として「Gavagai 問題」がある。この問題では、走っているウサギを指して「Gavagai」と言われるのを未知の言語が使われている土地で聞いた際、その「Gavagai」が何を指すのか推定することが困難であることを指摘している。その語は、ウサギの形を指すのか、ウサギの色を指すのか、フワフワした毛皮を持つものを指すのか、そのウサギの固有名詞なのか、それとも名詞ですらなく走るという行為を指すのか、これらの部分や組み合わせを考慮するとほとんど無数に近い意味の可能性がある。もしヒトがこのような可能性全てを吟味するのであれば、語の意味の推定には途方もない経験と労力が必要とされるはずである。しかしながら、成人はおろか 2 歳前後の幼児ですらそのような振る舞いを見せず、語の一度の提示からでもその意味を推定できることが明らかにされている。この非常に素早い語意推定は「即時マッピング」と呼ばれているが、さらに興味深いことに、その即時マッピングの仕方には偏った傾向がある。この振る舞いは「語意学習バイアス」として知られ、1980 年代からさかんに研究されてきたものの、そのメカニズムに関しては生得的な能力とされ、これまで深い議論は多くはなされていない。

本論文は、この「語意学習バイアス」問題を解決するために、この中で特に形に注目する「shape bias」と材質に注目する「material bias」に関してその学習による獲得メカニズムを提案し検証し、新たな知見を得ている。すなわち、このような語意バイアスは学習的によって獲得されるものと考え、その情報処理過程を脳でも十分に可能な計算として記述することを試みている。語意学習バイアスのメカニズムに関しては、語意学習経験を通して各語の意味を学習し(一次汎化)、その過程でさらに高次の知識を抽象し(高次汎化)、その高次汎化知識を用いて新規語の語意学習を効率化するという仮説があり、計算としての妥当性も粗くは検証されてきてはいるが、その仮説には発達過程での認知能力の妥当性および過去に報告されている現象に対する再現性の観点で問題があることが述べられている。そこで、本論文ではこの問題点を克服したモデルを提案し、より精密化したコンピューターシミュレーションで検証して、帰納的な語意学習(WDP)、新規語の意味の ad-hoc な一撃推定(AMS)、そして初期語意の統計的偏りの 3 つが shape bias と material bias に本質的な 3 要素であるとするモデルの提案にいたる有益な知見を得ている。

本論文は以下の 8 章から構成されている。

第 1 章では、Gavagai 問題を切り口に語意学習バイアス研究の概観と意義を説明する。そして、学習説の問題点と本研究の仮説を簡単に説明している。

第 2 章では、語意学習バイアスに関わる先行研究についてより詳細に説明を加え、その研究の流れを整理している。また、今後のモデル構築のために必要な語意学習バイアスを調査するためのタスクを説明し、その知見をモデル構築の観点から整理し、特に学習説に関わる計算モデルの説明と問題点の整理を行なっている。

第 3 章では、本研究で提案するモデルを示している。本論文で提案した WDP と AMS と偏りを含む初期語彙についての説明を行い、それらがどのようにして語意学習バイアスという振る舞いとして現れるか、モデルから予測されるプロセスの全体像を示している。

第 4 章では、WDP と AMS と初期語彙だけを実装したモデルにより計算機シミュレーションを行なっている。シミュレーションの結果、24 ヶ月以前など特に早期においては、この 3 要素が shape bias と material bias の必要十分条件となりうることを明らかにしている。

第 5 章では、前章の実装に加えて学習機構の成熟および経験の度数の指標である maturity を新たに導入し、計算機シミュレーションを行なっている。それにより、語彙数が少ない時期にはバイアスが発現しないという no bias 現象を再現でき、先行研究の行動実験結果により近くなることを示している。この章の結果から、語意学習バイアスに本質的なのは WDP、AMS、偏りのある初期語彙の 3 要素であることをより強く示唆している。

第 6 章では、本研究の仮説と先行研究の仮説の比較を行い、本研究の仮説の妥当性と今後の展望を示している。また、学習説の対立仮説への反論も行っている。

第 7 章では、高校生 22 名を被験者とした心理実験を行い、2 歳前後の幼児たちがよく使う名詞 100 語について評定したアンケート結果を分析している。この結果から、学習説が語意学習バイアスのより多様な様相を説明しうる仮説であることを明らかにしている。

第 8 章では、本研究の総括を行ない、成果をまとめている。

これを要するに、著者は新規の語意獲得場面において幼児が示す学習バイアスという現象に対し、新たな脳計算モデルを提案・検証したものであり、情報科学、認知工学の分野に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める。